

國立交通大學  
運輸與物流管理學系

碩士論文

具服務時窗及溫度限制之多溫層車輛路線規劃問題

Multi-Compartment Refrigerated Vehicle Routing  
Problems with Time Windows and Temperature  
Restrictions

研究生：陳紀瑜

指導教授：張宗勝

中華民國一〇七年十二月

具服務時窗及溫度限制之多溫層車輛路線規劃問題

Multi-Compartment Refrigerated Vehicle Routing Problems with Time  
Windows and Temperature Restrictions

研 究 生：陳紀瑜

Student: Chi-Yu Chen

指導教授：張宗勝

Advisor: Tsung-Sheng Chang



A Thesis  
Submitted to Department of Transportation and Logistics Management  
College of Management  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master  
in

Logistics Management

December 2018

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇七年十二月

# 具服務時窗及溫度限制之多溫層車輛路線規劃問題

學生：陳紀瑜

指導教授：張宗勝 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

## 摘要

近年來由於消費者生活型態的改變，物流業者發展出多溫層車輛，利用可移動式的隔板與溫控設備將商品依溫度或特性劃分不同的溫層來滿足消費者多樣化的需求。隨著易腐性產品的需求逐漸增加且民眾對於商品的品質和安全更加注重，良好的溫度控管是影響產品新鮮度最關鍵的因素，當溫度越高時有害的微生物也將大幅增加。然而在進行都市配送時，短時間內頻繁的開門作業將導致沒有足夠的時間讓車廂內溫度下降到規範溫度內，對車廂內的產品品質更是一大威脅。為此，本研究利用配送過程中車廂內溫度的實際資料描繪開門作業與車門關閉時溫度隨時間變化的曲線，透過溫度曲線確保在配送過程中車廂內溫度都能維持在規範溫度內，另外提出整合停等與跳島式的配送策略，在最小化行駛油耗成本、停等油耗成本與產品在配送過程中損失的價值三項成本的情況下，建構一個具服務時窗及溫度限制之多溫層車輛路線規劃的數學模型。

本研究的問題屬於具時窗之多艙車輛途程問題之結合，再加上每位顧客卸貨順序的安排與溫度的計算，當問題的規模擴大時 Gurobi 求解時間也將拉長，因此本研究進一步透過大規模鄰域搜尋演算法求解實際案例，比較不同行駛油耗成本與停等油耗成本對路線的影響，在兼顧成本、溫度與品質的情況下規劃合適的路線。

關鍵字：車輛路線問題、低溫物流、易腐性產品、多溫層共配、配送溫度、大規模鄰域搜尋演算法

# **Multi-Compartment Refrigerated Vehicle Routing Problems with Time Windows and Temperature Restrictions**

Student: Chi-Yu Chen

Advisor: Dr. Tsung-Sheng Chang

Department of Transportation and Logistics Management

National Chiao Tung University

## **Abstract**

Nowadays, multi-compartment vehicles are commonly used to deliver perishable goods such as fresh fruits and vegetables, meats, frozen foods, and dairy products. However, it is quite difficult to maintain the temperature in refrigerated vehicles that conduct multi-drop deliveries to customers with a little time between two stops because door openings cause heat ingress directly from outside air, and may damage foods. Conventional vehicle routing strategies intend to minimize travel cost, which may lead to temperature restriction violations. Hence, we integrate two routing strategies to minimize the total cost and maintain the temperature variability within predefined limits at the same time. With the real temperature data, we fit the temperature functions of time associated with the compartment during the door-opened time and door-closed time respectively. This paper intends to tackle the multi-compartment refrigerated vehicle routing problems with time windows by explicitly and strictly controlling the temperature in each compartment along the delivery journeys. As this problem is NP-hard and difficult to be solved, a heuristic based on large neighborhood search is presented to solve a real large scale case. In addition to perform a routing schedule with minimizing the total cost and temperature controlled, we conduct the analysis of the impact of transportation fuel cost and idle fuel cost.

**Keywords:** Vehicle routing problem, Cold chain logistics, Perishable food product, Multi-compartment, Refrigerated vehicle, Temperature, Large neighborhood search

## 誌謝

時光飛逝，碩士班修業的生涯也即將結束，經歷過無數個辛苦或煎熬的日子後走到了這裡，感謝一路上每個人的支持與幫助讓我能夠完成碩士學位。首先，謝謝張宗勝老師從大學到研所以來的指導，在研究中遇到瓶頸或困難時，謝謝老師總能逐步釐清思緒並提供適當的提點或建議，在徬徨時給予鼓勵讓我突破現況，如今才能順利完成論文。謝謝元智大學 丁慶榮教授和成功大學 王逸琳教授在論文審查期間所給的建議與指教，使論文更加完善。

一開始對於多溫層車配送的實際作業情況並不熟悉，謝謝每一位曾經花時間解答我疑問的人，在一來一往的交流中都使我對低溫物流更加熟悉，其中特別感謝以下諸位：感謝姚總經理的肯定與指教，讓研究得以順利進行；謝謝張專員的協助，在百忙之中騰出時間且總是耐心地解答我的疑問；感謝余經理在我剛踏入這個領域時，做了深入淺出的介紹並傾囊相授。

同時，謝謝陪在我身旁的夥伴們。謝謝在研究室一同打拼的邵葉、耿樺、東東，彼此在討論的過程中一同突破，在聊天的過程中相互扶持，也謝謝學長姐、學弟妹們的關心和鼓勵。謝謝以衡的陪伴與鼓勵，在需要時成為最好的傾聽者，並給予我無限的動力。謝謝安安成為我最好的酒肉朋友，謝謝小朱學長出手相助，謝謝永遠的小天使小樂，謝謝曉玲姊和宇歆姊對我無微不至的照顧。謝謝你們出現在我的碩班生活中，驅使我不斷前進。最後，謝謝一路上陪伴的家人，永遠都是我最棒的依靠，讓我能夠無後顧之憂的北漂求學。

看似漫長的六年交大生活也即將結束，各種喜怒哀樂也將化作回憶，所經歷的人事物也將化作養分，謝謝每一位曾經幫助我的人，謹將完成此本論文的榮耀和喜悅與你們分享。

陳紀瑜 謹誌

2019 年 1 月

於 交通大學 TS lab

# 目錄

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 摘要 .....                    | i         |
| Abstract .....              | ii        |
| 誌謝 .....                    | iii       |
| 目錄 .....                    | iv        |
| 表目錄 .....                   | vi        |
| 圖目錄 .....                   | viii      |
| <b>第一章 緒論 .....</b>         | <b>1</b>  |
| 1.1 研究背景與目的 .....           | 1         |
| 1.2 研究架構 .....              | 5         |
| <b>第二章 文獻回顧 .....</b>       | <b>7</b>  |
| 2.1 車輛途程問題 .....            | 7         |
| 2.1.1 含時窗限制之車輛途程問題 .....    | 7         |
| 2.1.2 多艙車輛途程問題 .....        | 8         |
| 2.1.3 易腐性商品車輛途程問題 .....     | 9         |
| 2.2 低溫配送車輛影響車廂內溫度之因素 .....  | 12        |
| 2.3 小結 .....                | 15        |
| <b>第三章 研究方法 .....</b>       | <b>16</b> |
| 3.1 溫度曲線擬合 .....            | 16        |
| 3.2 溫度曲線分段線性化 .....         | 18        |
| 3.3 產品品質變化量估算 .....         | 22        |
| 3.4 路線規劃模型 .....            | 23        |
| 3.4.1 問題描述 .....            | 23        |
| 3.4.2 數學模型建立 .....          | 25        |
| <b>第四章 演算法 .....</b>        | <b>36</b> |
| 4.1 起始路線插入法 .....           | 42        |
| 4.2 改善路線移除法 .....           | 47        |
| 4.3 改善路線插入法 .....           | 49        |
| 4.4 卸貨順序安排與車廂內溫度計算 .....    | 51        |
| 4.5 路線與卸貨順序調整 .....         | 54        |
| 4.6 目前最佳解更新及演算法終止條件設定 ..... | 57        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>第五章 溫度資料處理與溫度曲線擬合 .....</b> | <b>58</b>  |
| 5.1 實際資料說明 .....               | 58         |
| 5.2 資料處理 .....                 | 58         |
| 5.2.1 原始資料轉換 .....             | 58         |
| 5.2.2 資料校正 .....               | 61         |
| 5.2.3 資料分類 .....               | 63         |
| 5.3 溫度曲線擬合 .....               | 66         |
| 5.3.1 降溫曲線擬合 .....             | 66         |
| 5.3.2 升溫曲線擬合 .....             | 69         |
| 5.4 溫度曲線分段線性化 .....            | 76         |
| <b>第六章 例題測試 .....</b>          | <b>81</b>  |
| 6.1 演算法測試 .....                | 81         |
| 6.1.1 小例題測試 .....              | 81         |
| 6.1.2 參數敏感度測試 .....            | 83         |
| 6.2 範例說明 .....                 | 85         |
| 6.3 實際案例測試 .....               | 90         |
| <b>第七章 結論與建議 .....</b>         | <b>93</b>  |
| <b>參考文獻 .....</b>              | <b>95</b>  |
| <b>附錄 .....</b>                | <b>101</b> |
| 附錄 A .....                     | 101        |
| 附錄 B .....                     | 116        |
| 附錄 C .....                     | 120        |
| 附錄 D .....                     | 122        |
| 附錄 E .....                     | 156        |

## 表目錄

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 表 1-1 低溫食品分類表 .....                        | 2  |
| 表 2-1 多溫層的配送方式比較表 .....                    | 10 |
| 表 2-2 易腐性商品的車輛配送問題文獻整理表 .....              | 12 |
| 表 2-3 冷凍冷藏車廂內溫度影響因素整理表 .....               | 14 |
| 表 3-1 各項產品之估計參數值 .....                     | 23 |
| 表 4-1 LNS 架構之虛擬碼 .....                     | 37 |
| 表 4-2 起始解建構之虛擬碼 .....                      | 39 |
| 表 4-3 本研究 LNS 之虛擬碼 .....                   | 41 |
| 表 4-4 計算新顧客在路線中的插入成本之虛擬碼 .....             | 43 |
| 表 4-5 車輛硬體可行性之虛擬碼 .....                    | 44 |
| 表 4-6 服務時窗可行性之虛擬碼 .....                    | 45 |
| 表 4-7 SHAW REMOVAL 之虛擬碼 .....              | 47 |
| 表 4-8 REGRET-K INSERTION 之虛擬碼 .....        | 49 |
| 表 4-9 搜尋路線中最佳位置之虛擬碼 .....                  | 50 |
| 表 4-10 卸貨安排與溫度計算之虛擬碼 .....                 | 51 |
| 表 4-11 安排卸貨順序之虛擬碼 .....                    | 52 |
| 表 4-12 加入降溫時間後時窗可行性之虛擬碼 .....              | 53 |
| 表 4-13 路線與卸貨順序調整之虛擬碼 .....                 | 54 |
| 表 4-14 計算卸貨順序並搜尋路線中最佳位置之虛擬碼 .....          | 55 |
| 表 5-1 車門開關記錄表之欄位說明 .....                   | 59 |
| 表 5-2 車廂內溫度記錄表之欄位說明 .....                  | 60 |
| 表 5-3 工作日配送班表之欄位說明 .....                   | 60 |
| 表 5-4 室外環境資料之欄位說明 .....                    | 61 |
| 表 5-5 資料欄位綜合整理 .....                       | 61 |
| 表 5-6 總表之欄位說明 .....                        | 63 |
| 表 5-7 關門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(一).....          | 67 |
| 表 5-8 關門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(二).....          | 68 |
| 表 5-9 關門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(三).....          | 68 |
| 表 5-10 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(一).....         | 70 |
| 表 5-11 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(二).....         | 71 |
| 表 5-12 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(三).....         | 71 |
| 表 5-13 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(四).....         | 71 |
| 表 5-14 開門作業時間以時間劃分的溫度與時間函數資訊表 .....        | 72 |
| 表 5-15 不同段點數與不同樣本點下之平均誤差值和最大誤差絕對值一覽表 ..... | 77 |
| 表 5-16 不同段點數下的數學模型執行結果 .....               | 79 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 表 6-1 例題資訊表 .....                | 81 |
| 表 6-2 相關參數設定 .....               | 82 |
| 表 6-3 例題求解數值比較表 .....            | 83 |
| 表 6-4 演算法參數敏感度測試結果整理表 .....      | 84 |
| 表 6-5 依原路線行駛之配送相關資料表 .....       | 86 |
| 表 6-6 依原路線行駛但須停等時的配送相關資料表 .....  | 86 |
| 表 6-7 依原路線行駛之配送相關資料表 .....       | 87 |
| 表 6-8 成本敏感度分析之情境列表 .....         | 88 |
| 表 6-9 不同情境下之配送路線整理表 .....        | 89 |
| 表 6-10 實際案例之運算時間與結果記錄表 .....     | 91 |
| 表 6-11 有限時間內不同誤差值下的運算結果整理表 ..... | 92 |



## 圖目錄

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 圖 1-1 三溫宅配車 .....                                                       | 1  |
| 圖 1-2 不同開門時間長對車廂內溫度的影響關係圖 .....                                         | 3  |
| 圖 1-3 有害細菌在不同溫度下的繁殖速度 .....                                             | 3  |
| 圖 1-4 國內四大業者配送時車廂內溫度記錄圖 .....                                           | 4  |
| 圖 1-5 研究架構圖 .....                                                       | 6  |
| 圖 2-1 文獻分析架構圖 .....                                                     | 7  |
| 圖 2-2 熱量侵入車體的途徑 .....                                                   | 13 |
| 圖 2-3 車門上配置不同門簾與開門侵入熱占總熱能比例的關係圖 .....                                   | 14 |
| 圖 3-1 溫度曲線擬合流程圖 .....                                                   | 17 |
| 圖 3-2 單一變數函數之分段線性化示意圖 .....                                             | 18 |
| 圖 3-3 三角形法(TRIANGLE METHOD)示意圖 .....                                    | 19 |
| 圖 3-4 長方形法(RECTANGLE METHOD)示意圖 .....                                   | 20 |
| 圖 3-5 三角形法(TRIANGLE METHOD)之定義域示意圖 .....                                | 20 |
| 圖 3-6 兩種配送策略示意圖 .....                                                   | 24 |
| 圖 3-7 數學模型之參變數關係圖 .....                                                 | 33 |
| 圖 4-1 本研究數學模型之架構圖 .....                                                 | 36 |
| 圖 4-2 本研究演算法之整體架構流程圖 .....                                              | 38 |
| 圖 4-3 配送時間軸——加入新顧客前 .....                                               | 46 |
| 圖 4-4 配送時間軸——加入新顧客後 .....                                               | 46 |
| 圖 4-5 配送時間軸——加入降溫停等時間 .....                                             | 53 |
| 圖 4-6 加入新顧客對其他顧客的影響示意圖 .....                                            | 56 |
| 圖 5-1 車廂內溫度記錄器位置示意圖 .....                                               | 58 |
| 圖 5-2 資料對應流程圖 .....                                                     | 62 |
| 圖 5-3 整月車門關閉時之溫度記錄圖 .....                                               | 64 |
| 圖 5-4 車門關閉時車廂內溫度之等高線圖 .....                                             | 64 |
| 圖 5-5 車門關閉時溫度記錄點依時分組之長條圖 .....                                          | 65 |
| 圖 5-6 整月車門開啟時之溫度記錄圖 .....                                               | 65 |
| 圖 5-7 車門開啟時車廂內溫度之等高線圖 .....                                             | 66 |
| 圖 5-8 車門開啟時溫度記錄點依時分組之長條圖 .....                                          | 66 |
| 圖 5-9 兩次車門關閉時的溫度記錄 .....                                                | 67 |
| 圖 5-10 $Y = \Theta_1 * \text{EXP}(\Theta_2 * X)$ 函數曲線圖 .....            | 68 |
| 圖 5-11 $Y = \Theta_1 - \Theta_2 * \text{EXP}(\Theta_3 * X)$ 函數曲線圖 ..... | 68 |
| 圖 5-12 降溫曲線函數圖 .....                                                    | 69 |
| 圖 5-13 兩次車門開啟時的溫度記錄 .....                                               | 70 |
| 圖 5-14 升溫函數圖 .....                                                      | 73 |

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 圖 5-15 不同起始溫度與時間之區間圖 .....     | 74 |
| 圖 5-16 不同起始溫度與時間之盒鬚圖 .....     | 75 |
| 圖 5-17 降溫曲線函數圖 .....           | 76 |
| 圖 5-18 不同斷點數下之平均誤差值比較圖 .....   | 78 |
| 圖 6-1 範例中顧客與配送中心之分佈圖 .....     | 85 |
| 圖 6-2 依原路線行駛時的車廂內溫度圖 .....     | 86 |
| 圖 6-3 依原路線行駛但須停等時的車廂內溫度圖 ..... | 87 |
| 圖 6-4 本研究安排之路線與車廂內溫度圖 .....    | 87 |
| 圖 6-5 停等時間與不同油耗比值之關係圖 .....    | 88 |
| 圖 6-6 實際案例的顧客與配送中心之分佈圖 .....   | 90 |
| 圖 6-7 求解記錄圖 .....              | 92 |



# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與目的

隨著現代人生活型態的改變，過去民眾習慣到傳統市場或超市購物，現在透過網路就能挑選各樣的商品，不受時空與地點的限制，線上購物的蓬勃也帶動宅配業，快速又便利的物流服務縮短了產地與消費者的距離，據經濟部商業司(2012)調查有 95.7%的網路消費者都曾選擇宅配到府，郭儒家、鐘震麒(2006)預估 2020 年台灣的宅配市場可達 500~800 億元，其中低溫宅配的比例將佔 30~50%。如此龐大的市場商機吸引許多物流公司紛紛投入資金打造低溫配送車輛或低溫物流倉庫以因應消費者需求。面對少量多樣的消費需求，為了提供消費者全方位的服務，近年來各家業者打造全溫層的物流配送服務，改變傳統的多車配送系統必須使用個別車輛配送不同溫度的物品，發展出多溫共配的物流車，其車廂內的隔板可隨需求移動，將低溫物流車輛的車廂隔出常溫、冷凍與冷藏等不同的溫度區域(如圖 1-1 所示)，不但能提高車輛的使用效率，不同車廂內可獨立設定環境以提供更多元的商品配送服務，也能因應顧客對於不同溫層的需求量做車廂空間的調整。此外，Estrada-Flores (2008)指出多層的配送可以將小量且需要多種溫度需求的配送中得到一些獲利，當不同種類的產品需求量越小，多層配送的獲利就會增加。

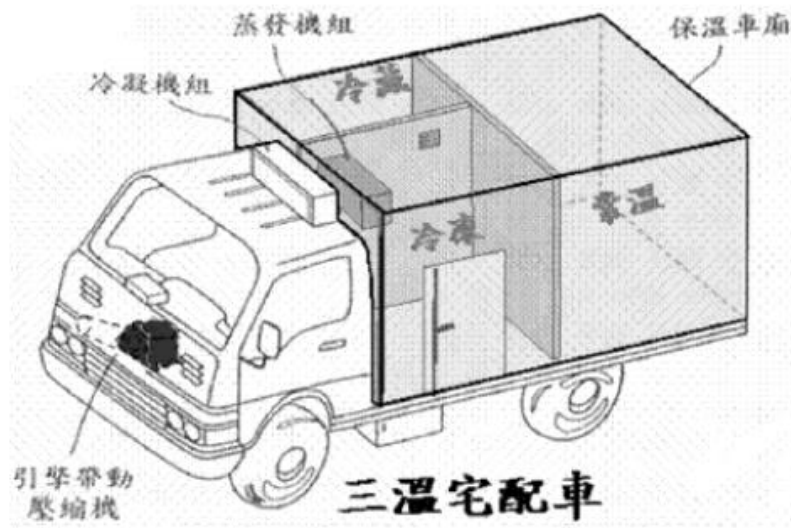


圖 1-1 三溫宅配車

資料來源：郭儒家、鐘震麒(2006)

近年來民眾對於配送的服務標準越來越高，對配送的品質要求更高，且隨著民眾的食安意識日漸抬頭，為此物流業者不僅要將商品送達顧客手中，更須兼顧品質和安全。商品可依保存溫度簡單區分成鮮食、冷藏、冷凍三類(郭儒家、郭幸民，2015)，如表 1-1

所示，存放於 18°C 以上的產品稱之為鮮食或常溫商品，冷藏商品泛指存放在 7°C 以下凍結點以上之產品，冷凍則為 -18°C 以下之產品，不同商品也有最適合的溫度，如冰淇淋需存放在 -25°C 左右的環境以維持其冰晶結構與口感 (Australian Food and Grocery Council, 2017)，香蕉的輸送品溫為 12°C 左右，蘋果則為 3~10°C (池惠婷、郭儒家，2000)，這些保存期限較短，在運送過程中需維持低溫以防腐敗的產品，又被稱為易腐性產品 (Perishable Products)，使用多溫層車輛計進行配送除了能根據車廂內的商品設定該溫層的溫度範圍，同時將不可共同擺放的產品加以區隔，維持商品的品質。

表 1-1 低溫食品分類表

| 種類    | 保存溫層     | 品項                      | 廣義 |
|-------|----------|-------------------------|----|
| 鮮食品   | +18°C    | 便當、三明治、飯糰等              | 鮮食 |
| 冷藏食品  | 0~7°C    | 生鮮蔬菜、果汁、牛乳、乳製品、豆腐、加工食品等 | 冷藏 |
| 冰溫食品  | -2~2°C   | 畜肉品、禽肉、水產品等             |    |
| 冷凍食品  | -18°C 以下 | 冰品、冷凍蔬菜、冷凍調理食品等         | 冷凍 |
| 超低溫食品 | -30°C 以下 | 生魚片                     |    |

資料來源：郭儒家、郭幸民 (2015)

生鮮產品不同於日常用品，對於配送時間與環境的敏感性更高，合適的溫度控制是必須的，而且有以下三種好處：第一，能減緩品質的衰壞；第二，可以減少浪費 (食物壞掉所造成的)；第三，使食品的安全更添一分保障。Laguerre et al. (2013) 針對冷鏈 (cold chain) 的各個環節進行檢視，從製造、儲存、配送到銷售至消費者手中，在配送過程中車廂內溫度失控的情形最為嚴重。根據郭儒家、鐘震麒 (2006) 與株式会社デンソー (2005) 指出在整趟配送過程中，因開門導致冷熱空氣交換所產生的熱負荷約佔總熱負荷之七成左右。開門一次對車廂內空氣溫度的影響如圖 1-2 所示，手塚芳明 (1976) 將車廂內溫度設定在 0°F，車廂外溫度為 100°F 時，分別記錄開門作業 1 至 3 分鐘的車廂內空氣溫度變化。以開門 1 分鐘為例，作業結束後車廂內溫度約為 65°F，大約需要 3 分鐘左右的時間才能使車廂內溫度下降回 0°F。在都市地區人口較為聚集，以台灣為例，台灣相較於歐美國家人口稠密，顧客之間的配送距離短，在結束服務一位顧客後，車廂內所增加的熱負荷尚未冷卻移去時，就已抵達下一個顧客服務點，需要再一次承受開門卸貨所侵入的熱負荷，一次又一次的開關門作業將使車廂內的冷度持續流失，外界熱能大量流入，不但增加斷鏈的風險，更助長食品中的微生物的生長。為了減少開門所侵入的熱負荷，國內業者在車門處加裝塑膠門簾或是空氣門簾減少冷空氣的流失與熱空氣的侵入，減緩車廂內溫度上升的幅度。

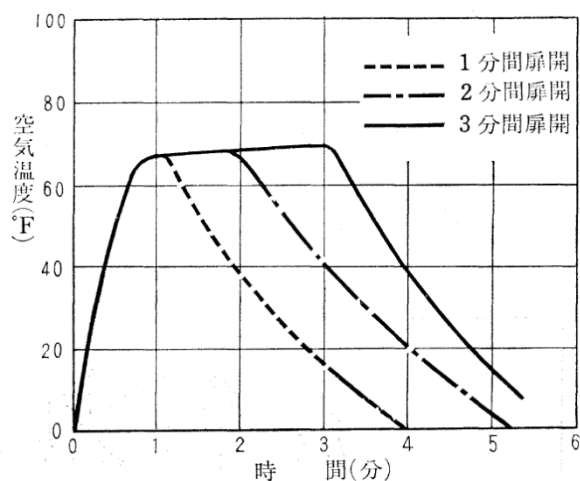


圖 1-2 不同開門時間長對車廂內溫度的影響關係圖

資料來源：手塚芳明(1976)

Aung and Chang (2014)、Bogataj et al. (2005)、Zhang et al. (2009)、Montanari (2008) 與 Carullo et al. (2009)均指出溫度和時間是影響生鮮產品中微生物生長數的關鍵。圖 1-3 為冷藏商品在不同溫度下有害菌種的繁殖速度，當溫度落在 10~40°C 時被稱為危險區域 (Danger Zone)，此時為有害菌種最活躍的溫度，食物的品質也將隨有害菌種的增加而下降。以蔬菜為例，若存放在 2 度以上的環境，微生物就會增加 10%，溫度越高增加的幅度越大(Aung and Chang, 2014)。Jol et al. (2006) 則表示若能有效控制環境的溫度就能有效減緩細菌增長的速度，同時兼顧食物的品質與安全性。為此，冷鏈物流業者須添購隔熱車廂並配置冷凍設備，於配送過程中須維持車廂的溫度在標準範圍內，盡可能減少貨品損壞的賠償；對於供應商，則須確保物流業者能在適宜的溫度與衛生的環境裡運送，避免消費者吃壞肚子。

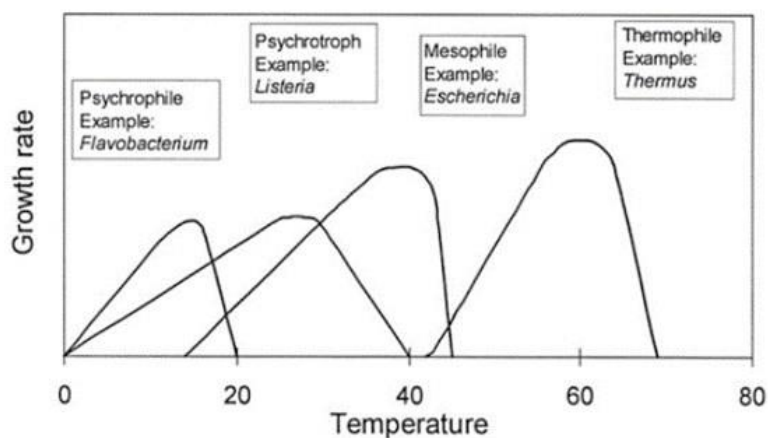


圖 1-3 有害細菌在不同溫度下的繁殖速度

資料來源：Doyle and Buchanan(2012)

根據本研究訪問物流配送業者與閱讀相關新聞報導(上下游 News&Market, 2016), 多數業者所搭載的冷凍車機系統會於駕駛座旁安裝即時監測系統, 在配送過程中會將車廂內的溫度顯示於面板上, 方便司機確認車廂內溫度。少數業者與電信業者合作, 除了車輛上的溫度顯示面板, 也會將車廂內的溫度回傳至公司系統, 若車廂內溫度出現超過規範溫度的情況, 公司將傳送簡訊提醒駕駛員應停靠於路邊陰涼處, 待車廂內溫度下降至規範溫度後, 再繼續下一位顧客的配送。但隨著低溫商品的需求逐日攀升, 業者為了將貨物準時送達而疏忽車廂內溫度的監控, 導致近年來皆有相關報導指出車廂內溫度如心電圖般劇烈震盪, 甚至出現三十幾度的高溫(如圖 1-4)。



圖 1-4 國內四大業者配送時車廂內溫度記錄圖

資料來源：蘋果日報(2016)

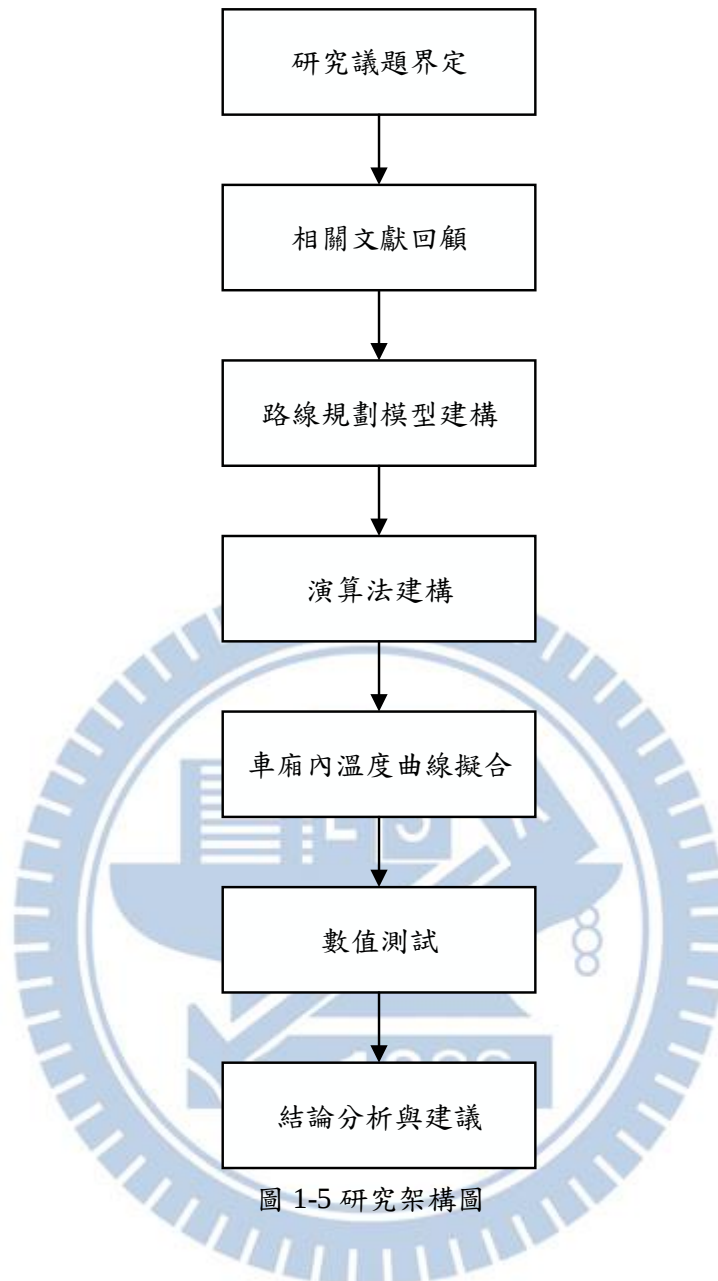
為解決物流業者在配送過程中面臨溫度失控的難題與服務品質的考量, 本研究將綜合以下兩種配送策略, 第一種為停車降溫策略, 參考現行業者在配送過程中若出現車廂內溫度超過標準時將於路邊停車等待車廂內溫度下降的方式, 然而行駛過程中車廂內溫度也會下降, 也同時考慮跳島式的配送策略, 利用等待降溫的時間改行駛至較遠的店家, 抵達時即可進行配送, 可減少等待時間並完成一位顧客的服務。此外, 過去生鮮產品的配送研究著重在不同生鮮產品的腐敗特性與顧客對產品的接受程度不同, 假設車廂內溫度在配送過程中始終能維持在標準內(如: Hsu et al., 2007; Zhang and Chen, 2014), 或是藉由指標(Process Capability Indices, PCI)以最小化車廂內溫度的起伏(Novaes et al., 2015), 但溫度乃為影響新鮮度的重要因素之一, 本研究在路線規劃時就將車廂內溫度的浮動納入考量, 適當的存放溫度也能有效降低有害菌種的孳生, 利用實際的溫度數據描繪出開門裝卸貨與車廂門關閉時車廂內溫度起伏的曲線, 由於曲線可能為非線性函數(Novaes, et al., 2015)在數學模型中求解較為困難, 本研究採用分段線性化的方式將曲線分段後再與路線規劃模型結合, 藉此就能確保配送過程中溫度都能維持在規範內, 除了可以直接

避免運送過程中溫度失去控制的風險，有效維持產品的新鮮度並確保食用的安全性，同時在合理的成本下與店家要求的時間內送達。

## 1.2 研究架構

本研究的架構主要分成六大部分，如圖 1-5 所示。

1. 首先確立研究問題方向，了解多溫層車在實務上的使用、顧客對配送商品的要求與生鮮產品的特性，探討存放溫度對生鮮產品的影響。
2. 回顧之文獻主要分成兩部分，第一部分為易腐性產品之配送問題，包含具時窗之車輛配送問題與多溫層車輛配送問題，了解這類問題的特性和求解方式。第二部分為低溫配送車輛之車廂內溫度影響因子，回顧過去車廂內溫度模擬或實驗的相關分析，作為曲線推導的參考依據。
3. 逐一介紹本研究在解決問題過程中所使用的方法，定義本研究之問題環境與假設並建立路線規劃之模型，結合分段線性化的方法將升溫與降溫曲線分段後納入路線規劃之模型，並進一步建立其演算法。
4. 將推導升溫與降溫曲線所需要的相關數據進行合併與整理後，利用曲線擬合的方式分別找出溫度隨時間變化的曲線，作為後續路線規劃時可追蹤車廂內溫度變化情形，確保車廂內溫度持續保持在規定之範圍內。
5. 蒐集並整理本研究所需之相關實際資料，利用程式加以求解，藉由不同情境的例題做分析，後續提出結論與相關建議。



## 第二章 文獻回顧

本研究為多溫層車之配送問題，同時考量在配送低溫商品時車廂內的溫度變化，因此在本章節第一部分將針對車輛途程問題中的具時窗之車輛途程問題、多艙車輛途程問題與易腐性產品配送問題的相關文獻進行回顧，特別著重在易腐性產品的配送和多艙車輛的問題。第二部分則討論車廂內溫度影響因素，將回顧過去低溫物流車輛利用電腦模擬配送過程或實驗的結果分析，統整出配送過程中影響車廂溫度的重要因素。整體文獻架構圖如下圖 2-1：

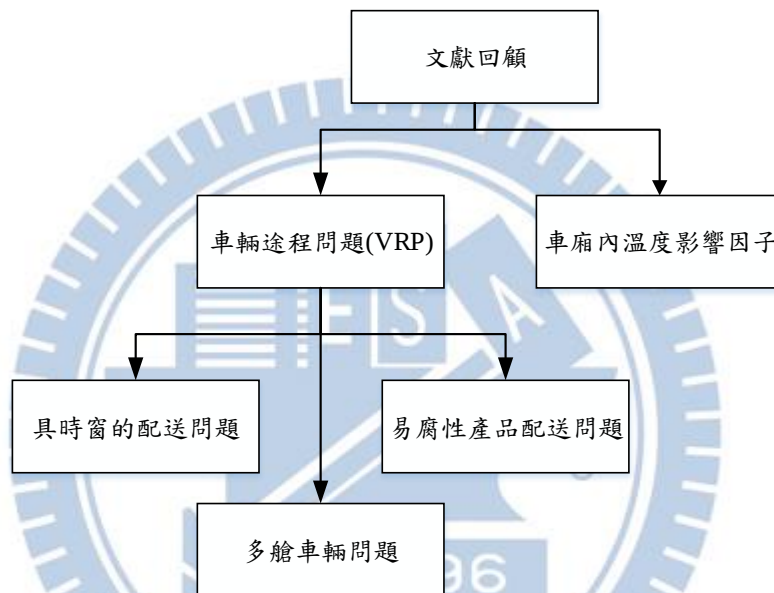


圖 2-1 文獻分析架構圖

### 2.1 車輛途程問題

#### 2.1.1 含時窗限制之車輛途程問題

含時窗限制之車輛途程問題(Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW)是車輛途程問題的延伸，不同處在於每個需求點都有一個可被服務時間段，這一段時間稱為時窗(Time Window)。時窗又可分成軟時窗(Soft Time Window)與硬時窗(Hard Time Window)。軟時窗與硬時窗的主要差別在於限制時間點的彈性，軟時窗的車輛途程問題允許車輛在顧客要求的時窗外送達，但會依據提早或遲到的時間長短制定不同的懲罰成本。硬時窗則不允許車輛遲到或是提早開始服務，若車輛提早到達，必須在原地等待直到時窗下限時間才能開始服務。

### 2.1.2 多艙車輛途程問題

當配送過程中包含多樣的產品，其中包含不可混和擺放的產品時，就可使用多艙的車輛達到同時配送的效果，在車輛中放置隔板，使不同車廂間不會互相影響。多艙車輛途程問題(Multi-Compartment Vehicle Routing Problem)為具容量限制之車輛途程問題(Capacitated Vehicle Routing Problem)的延伸，車輛可載運的貨品重量或體積除了受整輛車的載重或體積限制外，同時須考慮每個隔層的可裝載的貨量，此類型的問題多探討在石油相關產品的配送上(如：van der Bruggen et al., 1995; Coelho and Laporte, 2015)，亦曾被使用在化學品(Jetlund and Karimi, 2004)、食品(Derigs et al., 2011; Ambrosino and Sciomachen, 2007)、動物飼料(El Fallahi et al., 2008)與垃圾回收(Muyldermans and Pang, 2010)等不同的環境中。該類型的問題又可依隔板是否能調整分成兩類：固定式(fixed compartment sizes)和移動式(flexible compartment sizes)。在現實生活中，當產品需求穩定時，業者會採用固定式隔板來因應每日的需求；當產品需求變化大時則採用移動式的隔板，提高車輛空間的使用效率。

固定式隔層的多艙車輛途程問題最早由 van der Bruggen et al. (1995)提出，當時文獻探討石油的配送問題，由於不同種類的油品不可混合在同一車廂內，車廂內利用固定式的隔板劃分且所有車輛均同質，將不同種類的油品分配到各隔層中，一次配送就可滿足顧客對於不同油品的需求。在求解上，作者將問題切割成三個子問題：顧客指派問題、貨品分配問題與路線規劃問題，並利用演算法加以求解。Coelho and Laporte (2015)針對石油配送問題進行分類，視同一油槽是否能讓不同車輛進行補給和車輛中同一隔層內的油品是否能分配給多位顧客分成四種類別，過去文章均討論單一種類別，同一油槽僅能由一輛車進行供貨，每一輛車的同一隔層中的貨品僅能滿足給一位顧客，如：Avella et al. (2004)、Cornillier et al. (2007)、El Fallahi et al. (2008)，針對其他三種新型態的問題，作者建構其模型並利用分支切割演算法(branch-and-cut algorithm)求解各類型的問題。Mirzaei and Wöhlk (2016)根據顧客的所有類型的需求是否能由不同車輛進行服務分成兩個問題建構模型，採用分支價格演算法(Branch-and-Price algorithm)解決兩種類型之問題。

針對移動式隔層的多艙車輛途程問題最早由 Derigs et al. (2011) 提出，所有車輛皆同質且隔層大小可視需求彈性移動，作者建構數學模型並利用不同的啟發式演算法進行測試，其中以大規模鄰域搜尋法(Large Neighborhood Search, LNS)求解能適應各種問題的變形並在合理的時間內找出較好的可行解。Henke et al. (2015) 考慮玻璃回收的問題，車廂內的隔層可以視需求劃分，但每個隔層的劃分為單位空間( $q^{unit}$ ) 的倍數，每輛車單

次可載運的貨品類別也有限，作者依據其問題背景與假設建構數學模型，並採用變動鄰域搜尋法(Variable Neighborhood Search, VNS)求解。Koch et al. (2016) 和 Henke et al. (2017) 則修改 Henke et al. (2015)所建構的數學模型，分別以基因演算法進行求解和分支切割法(branch-and-cut algorithm)進行求解。Ostermeier et al. (2017)結合 VRPTW 和 MCVRP 問題，除了分配各車輛每日的溫層種類和大小，將裝卸貨的成本納入目標式，並規劃不同產品在一周內的補貨日。該篇論文所考慮的顧客時窗類別為軟時窗，若商品無法於顧客所指定的時間內送達(早到或遲到)時，設置一懲罰成本。在演算法的部分，作者採用適應性大規模鄰域搜尋法(adaptive large neighborhood search, ALNS)進行求解。Ostermeier and Hübner (2018)為雜貨的配送，同時考慮單一溫層和多溫層的車輛，由於兩者在裝卸貨過程中產生的成本不同，藉由最小化成本找出最適合的車隊組合與多溫層車輛的溫層劃分，另外，多溫層車輛車廂內可劃分的溫層型態與大小有限，將視整體規劃安排每輛車的溫層，作者採用大規模鄰域搜尋法求解。

### 2.1.3 易腐性商品車輛途程問題

易腐性商品例如食物、蔬果、花卉和混水泥等等…指的是生命週期較短的商品，根據 Chen et al. (2009)大致可以分成兩類：

1. 固定的架上時間(Fixed Shelf-life)：商品維持相同的品質直到過了有效期限後就失去其全部的價值，例如血液和水泥等商品。
2. 持續性腐壞(Continuous decay)：商品的品質會隨著時間的流逝而跟著減少，例如食物、蔬果和花卉等商品。

易腐性商品的車輛途程問題主要可以分成兩層面來探討，一是車輛途程問題的延伸，考量顧客時窗、多溫層、車隊大小或多場站的問題；另一部分則考量了產品的特性，包含配送產品的種類、品質、溫度的影響等。在成本上也可以分成兩大面向：最小化總成本、最大化新鮮度。成本包含營運成本(包含派車成本、油耗成本等等)、違反時窗的懲罰成本、商品腐敗的損壞成本。新鮮度則是計算當商品送達顧客手中時，最大化其仍保有的新鮮度。

多數易腐性商品的車輛途程問題均有考量時窗的限制，主要依照消費者所指定的時窗內送達，Amorim and Almada-Lobo (2014)、Hsiao et al. (2016)、Hu et al. (2017)、Zou and Xie (2013)考量硬時窗，不允許早到或遲到；Hsu et al. (2007)、Osvald and Stirn (2008)、Zhang and Chen (2014)則考量軟時窗，Hsu et al. (2007)與 Zhang and Chen (2014)針對早到

或遲到依時間會有不同的懲罰成本，Osvold and Stirn (2008)僅針對遲到設置懲罰成本。

在一趟配送中，若需同時載運不同溫層的產品，除了使用隔層區隔，也有使用常溫車載運多個保冷箱配送多種溫層商品的方式(multi-temperature joint distribution, MTJD)，此種配送方式受開關門溫度變化的影響較小，產品的品質僅受運送時間漸增而遞減。Kuo and Chen (2010)最早提出 MTJD 的概念，Hsu and Liu (2011) 整理三種不同配送方式的特性比較(如下表 2-1，分別為傳統單車配送、多艙配送、常溫車搭配保冷箱配送)，討論使用 MTJD 的配送模式下，場站的設置與每日配送的成本，Hsu et al. (2013)規劃其配送的周期，Hsu and Chen (2014)則規劃其車隊大小與配送規則。

表 2-1 多溫層的配送方式比較表

| Technique type             | 1 Traditional multi-vehicle distribution                  | 2 Mechanical refrigerated compartment division                                                | 3 Replaceable cold accumulation & insulated box                           |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Technique characteristics  | Distributed separately using various temperature vehicles | Compartments divided into different-temperature divisions, refrigerator unit driven by engine | Replaceable cold accumulation & insulated box (without refrigerator unit) |
| Vehicle equipment          | Frozen vehicle refrigerated vehicle regular vehicle       | Refrigerated vehicle (with compartment division)                                              | Regular vehicle (with accumulation & insulated box)                       |
| Terminal equipment         | Frozen warehouse refrigerated warehouse regular warehouse | Frozen warehouse refrigerated warehouse regular warehouse                                     | Regular warehouse & freezers                                              |
| Distribution mode          | Single-temperature distribution                           | Multi-temperature joint distribution                                                          | Multi-temperature joint distribution                                      |
| Freezing system            | Individual vehicle freezer                                | Individual vehicle freezer                                                                    | Collective freezer                                                        |
| Fault rate                 | High                                                      | High                                                                                          | Low                                                                       |
| Temperature consistency    | Low (mechanically refrigerated)                           | Low (mechanically refrigerated)                                                               | High                                                                      |
| Space flexibility          | Low                                                       | Medium                                                                                        | High                                                                      |
| Operating cost             | High                                                      | High                                                                                          | Low                                                                       |
| Fixed cost                 | High                                                      | High                                                                                          | Low                                                                       |
| Single distribution volume | High                                                      | High                                                                                          | Low                                                                       |
| Loading time               | Short                                                     | Short                                                                                         | Long                                                                      |

資料來源：Hsu and Liu (2011)

過去已有許多文獻分別探討不同種類的商品，又可分成討論單一產品的配送或是同時配送多種商品的，不同種類的產品其品質隨時間減少的情況也不同。單一類型產品的配送如 Belenguer et al. (2005)、Tarantilies and Kiranoudis (2002)、Hu et al. (2009)和 Hsiao et al. (2016)討論肉類商品，Osvold and Stirn (2008)針對蔬菜類，Novaes et al.(2015)探討肉類加工食品，Hsu et al. (2007)、Chen et al. (2009)、Hu et al. (2017)則沒有特定的產品種類，配送產品的價值將依時間按比例的下降。Osvold and Stirn(2008)採用 Pawsey (1995)所提出的模型，蔬果類的貨物離開倉庫後，品質與時間呈遞減得線性關係。Novaes et al. (2015) 使用 CoolVan 軟體規畫單一車輛的路線，並模擬配送過程中車廂內的溫度變化，藉由最小化溫度的指標(Process Capability Indices , PCI)，確保溫度的起伏越小，食物的品質也會越穩定。Ambrosino and Sciomachen (2007)則是直接限制每輛車最多可以開門作業的次數，進而確保運送商品的品質。Hsu et al. (2007) 考量當車廂進行開門作業時，車內的溫度將產生較明顯的變動，此時產品的腐敗速度更快，綜合計算商品在送達顧客前開門的次數與時間，估算其整體商品損失的價值。

探討多種商品配送的文獻通常沒有針對特定的產品，在損壞成本的計算上會針對不同的產品給予不同的腐敗率，如 Hu et al. (2017)。Zhang and Chen (2014)將腐敗率區分成配送與交貨期間，根據各階段耗費的時間乘上該產品的價值即為損壞成本。Amorim and Almada-Lobo (2014)則以每位顧客訂單中壽命最短的產品做為基準，新鮮度計算方式為該訂單被運送時間除以壽命，商品必須在新鮮度為零之前送達。Song and Ko (2016)針對使用不同的配送車輛、不同的產品與開門作業期間給予不同的腐敗率，再依據其運送的時間計算出損壞成本。

由於易腐性產品多使用搭配冷藏機組的車輛，因此除了一般行駛的油耗，還需考慮機組運轉消耗的部分。Hsu et al. (2007)、Zhang and Chen(2014)、Hu et al. (2017)、Hsiao et al. (2016)均使用郭儒家(1996)所提出的熱負荷公式，計算自然傳入的熱負荷與開關門侵入的熱，該公式需計算內外溫度差，四篇文獻均假設車廂內溫度在行駛途中均能維持在同一溫度下，Hsu et al. (2007)、Zhang and Chen (2014)、Hu et al. (2017)則有考慮每日在不同時間下的外界溫度。

表 2-2 為上述文獻的綜合整理與比較：



表 2-2 易腐性商品的車輛配送問題文獻整理表

|                        | This Paper                      | Amorim and Almada-Lobo (2014)                | Hsiao et al. (2016)    | Hsu et al. (2007)     | Hu et al. (2017)         | Novaes et al. (2015)                         | Osvald and Stirn (2008) | Song and Ko (2016)             | Zou and Xie (2013)            | Zhang and Chen (2014) |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Type of Trucks         | Refrigerated                    | Refrigerated                                 | Refrigerated           | Refrigerated          | Refrigerated             | Refrigerated                                 | Refrigerated            | Refrigerated & General         | Refrigerated                  | Refrigerated          |
| Type of compartments   | Multiple                        | Single                                       | Single                 | Single                | Single                   | Single                                       | Single                  | Single                         | Single                        | Single                |
| Type of Products       | Multiple                        | Multiple                                     | Multiple               | Single                | Single                   | Single                                       | Single                  | Multiple                       | Single                        | Multiple              |
| Travel Time            | Deterministic                   | Deterministic                                | Deterministic          | Stochastic            | Deterministic            | Deterministic                                | Time Dependent          | Deterministic                  | Deterministic                 | Deterministic         |
| Time Window            | HTW                             | HTW                                          | HTW                    | STW                   | HTW                      |                                              | STW                     |                                | HTW                           | STW                   |
| Door-Opening influence | Spoilage Rate                   | ✓                                            |                        | ✓                     |                          |                                              |                         | ✓                              |                               | ✓                     |
|                        | Heat Transfer                   | ✓                                            |                        | ✓                     | ✓                        |                                              |                         |                                |                               | ✓                     |
| Temperature Variation  | Inner                           | Fluctuating                                  |                        | Fixed                 | Fixed                    | Fluctuating                                  |                         |                                | Fixed                         | Fixed                 |
|                        | Outer                           | Fixed                                        |                        | Fluctuating           | Fluctuating              | Fixed                                        |                         |                                |                               | Fixed                 |
| Objectives             | Min. Operational Cost           | Max. Freshness Level & Min. Operational Cost | Min. Operational Cost  | Min. Operational Cost | Min. Operational Cost    | Min. Temperature PCI & Max. Operational Cost | Min. Operational Cost   | Max. Freshness Level           | Min. Operational Cost         | Min. Operational Cost |
| Operational Cost       | Dispatching                     |                                              | ✓                      | ✓                     | ✓                        |                                              |                         |                                |                               |                       |
|                        | Transportation                  | ✓                                            |                        | ✓                     | ✓                        | ✓                                            | ✓                       |                                |                               | ✓                     |
|                        | Travel-time                     |                                              | ✓                      |                       |                          |                                              | ✓                       |                                | ✓                             |                       |
|                        | Penalty                         |                                              |                        | ✓                     | ✓                        |                                              | ✓                       |                                |                               | ✓                     |
|                        | Energy                          | ✓                                            |                        | ✓                     | ✓                        |                                              |                         |                                |                               | ✓                     |
|                        | Damage                          | ✓                                            |                        | ✓                     | ✓                        |                                              | ✓                       |                                | ✓                             | ✓                     |
|                        | Carbon Emission                 |                                              | ✓                      |                       |                          |                                              |                         |                                |                               |                       |
| Solution method        | LNS (Large Neighborhood Search) | MOEA (multiobjective evolutionary algorithm) | GA (genetic algorithm) | Heuristic             | PSO-VNS based heuristics | SA (Simulated Annealing)                     | Heuristic               | PBH (priority-based heuristic) | ACO (Ant Colony Optimization) | Genetic Algorithm     |

## 2.2 低溫配送車輛影響車廂內溫度之因素

由於溫度與時間是決定生鮮產品在配送過程中，食物腐敗速度的兩大關鍵(Aung and Chang, 2014; Bogataj et al., 2005; Zhang et al., 2009; Montanari, 2008; Carullo et al., 2009)，若能有效控制溫度就能有效減緩細菌增長的速度，同時兼顧食物的品質和安全性(Jol et al., 2006)，因此根據過去文獻的實驗或電腦模擬結果分析，統整出影響車廂內溫度的重要特性。郭儒家(1996)整理出所有熱量侵入車體的途徑，如圖 2-2 所示。

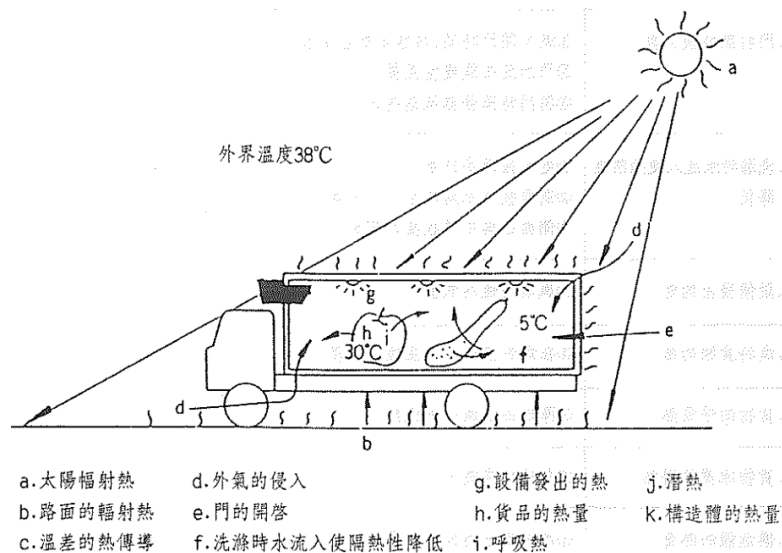


圖 2-2 熱量侵入車體的途徑

資料來源：郭儒家(1996)

本研究的環境為短距離的配送，相較於長距離的配送，面對少量多樣的顧客，中小型的低溫車輛在單位時間內開門卸貨的次數較多，此時因頻繁的開門使內外冷熱空氣交換將使車廂內溫度將不易維持(James et al., 2006)，所產生的熱負荷約占總熱負荷之 70% (郭儒家、鐘震麒，2006)。株式会社デンソー (2005)經實驗計算發現在沒有任何保護措施下，開門所產生的熱占了總熱能的 74.9%。de Micheaux et al. (2015)藉由實驗發現開門所造成的熱遠超過傳導或是其他因素產生的熱，James et al. (2006) 比較在不同開門作業次數與加裝不同設備的車廂門(沒有保護措施、使用塑膠門簾)下，在整趟配送過程中因開關門侵入熱所佔的比例(如圖 2-3)，發現在一趟配送過程中開門的次數不得超過 50 次，否則會導致車廂內的熱無法被冷卻，也就讓溫度無法下降。Tso et al. (2002)多考慮了空氣門簾，實驗比較這些不同設備的車廂門之間，開門對車廂溫度的影響，並與模擬結果比較發現軟體通常會高估車廂內的溫度多達三至四度，而加裝門簾的確能減緩車廂內溫度上升的幅度。Hoang et al. (2012) 將車廂區分成前後兩部分，提出的簡化模型來推估車廂內的溫度，當車廂門開啟後，車廂內溫度呈線性增長，相較於過去熱力學的模擬在實際應用上更容易也節省成本，藉由實際、實驗室或專家提供的數據帶入簡化後的模型，發現內外的溫差大小會影響空氣滲透入車廂內的程度(air infiltration rate)，溫差大時，內外空氣的對流率也會增加，除此之外，車廂門的大小、開門的次數和時間都會對車廂內的溫度產生影響。Estrada-Flores and Eddy (2006)實測開門後關門回溫的情形，發現頻繁的開門將加重冷凍機組的負擔，若外界空氣濕度高時，除霜的次數也將明顯增加。另外，Estrada-Flores and Eddy (2006)與張銘振(2013)均指出關門後車廂內溫度恢復的速度與關門前溫度、冷凍機的冷凍效率有關。手塚芳明(1976)也表示內外溫度的差距越大，車門

開啟時所侵入的熱越多，必須縮短開門的時間或減少作業的次數。

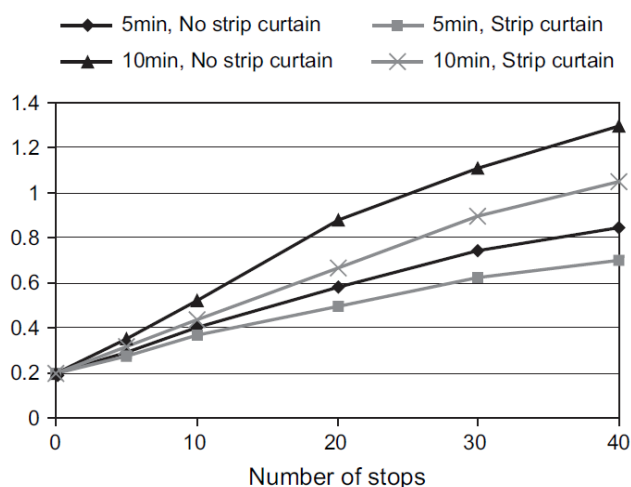


圖 2-3 車門上配置不同門簾與開門侵入熱占總熱能比例的關係圖

資料來源：James et al. (2006)

除了因開門作業所侵入熱，還有車廂的傳導熱、路面與太陽的輻射熱、產品潛在的熱，前兩個因素均和車廂面積和曝曬的時間有關。Laguerre et al. (2014) 表示輻射熱的影響在夏天時才較為明顯，針對傳導熱，James et al. (2006) 表示車廂厚度僅 5 公分就能有效隔絕多數的熱從外面傳導入車廂，Laguerre et al. (2014) 實驗分析指出若車廂有良好的隔熱層，就算內外溫差大，傳導的熱對車廂內部的影響也不顯著，手塚芳明 (1976) 強調確保車廂有良好的隔熱層是配送上重要的措施。

將上述文獻提出的相關因素整理如表 2-3：

表 2-3 冷凍冷藏車廂內溫度影響因素整理表

|                                      |                     | Estrada-Flores and Eddy (2006) | Hoang et al. (2012) | James et al. (2006) | Laguerre et al. (2014) | Tso et al. (2002) | 手塚芳明 (1976) | 張銘振(2013) |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|-------------------|-------------|-----------|
| Air infiltration rate (Door-opening) | Size of the Doorway |                                | ✓                   |                     | ✓                      |                   |             |           |
|                                      | Temperature Inside  | ✓                              | ✓                   | ✓                   | ✓                      | ✓                 | ✓           | ✓         |
|                                      | Temperature Outside | Fixed                          | ✓                   | ✓                   | ✓                      | 38°C              | ✓           | ✓         |
|                                      | Air Density         |                                | ✓                   |                     | ✓                      | ✓                 |             |           |
|                                      | Frequency           | 30 mins                        | ✓                   | ✓                   | ✓                      |                   | 2 times     |           |
|                                      | Duration            | 1 min                          | ✓                   | ✓                   | ✓                      | 2 mins            | ✓           | ✓         |
|                                      | Humidity            | ✓                              | ✓                   | ✓                   | ✓                      | ✓                 | ✓           | ✓         |
| Flow rate of supply air              |                     | ✓                              | ✓                   | ✓                   | ✓                      |                   | ✓           | ✓         |
| Convection between air/load          |                     |                                | ✓                   | ✓                   | ✓                      | ✓                 |             | ✓         |
| Wall Insulation                      |                     | ✓                              | ✓                   | ✓                   | ✓                      |                   | ✓           |           |
| Heat of respiration                  |                     |                                | ✓                   | ✓                   | ✓                      |                   |             |           |
| External Radiation                   |                     |                                |                     |                     | ✓                      |                   |             |           |

## 2.3 小結

易腐性產品的特性如前面所述，價值會隨著時間而減少，且不同種類的產品有其適合的儲存溫度，因此利用多溫層的車輛進行配送時可分別設定適當的環境。此外，存放的溫度也會影響產品價值流失的速度，除 Novaes et al. (2015) 結合軟體模擬車廂內溫度的變化情形，其餘文獻多將配送過程中車廂內的溫度視為定值，僅考量時間對於產品之影響，計算時以線性的方式處理，或是將作業的情況分成車廂門關閉與卸貨期間(如 Hsu et al., 2007)，給予產品不同的腐敗率，但受到開門作業熱氣侵入的影響，車廂內的溫度將會受到外在環境的影響而有所波動，從實驗的統計來看，開關門對車廂內的影響也是不容忽視的。為此，本研究針對產品的價值將採用同時考量溫度與時間的方法，以得到更準確的計算，並將整趟配送過程的溫度變化分成開門作業時與關門期間討論，找出溫度與時間之關係，而後再將曲線與路線規劃模型結合，確保配送過程中的溫度均維持與規範溫度內。

針對多艙車輛問題，早期主要針對石油的配送，隔板通常是固定的或者是只能有限制的移動，因此每個艙通常是固定的容量或者有上下限的容量。隨著科技的發展，不論在石油的運輸上或是低溫物流車輛的設計上也跟著進步，隔板的移動不再受到限制。在非易腐性產品上使用多艙車輛配送的問題最早由 Derigs et al. (2011) 提出，所有車輛均同質且隔層大小可視需求彈性移動。在易腐性產品上，除 Ostermeier et al. (2017) 提及利用多艙車輛配送易腐性產品，討論不同貨品在不同碼頭裝卸貨的過程中所產生的成本，將具時窗之車輛途程問題與移動式隔層的多艙車輛途程問題結合，但並未考慮車廂內產品的新鮮度隨時間遞減的特性，其餘易腐性產品的文獻仍使用單溫層車輛進行配送。本研究除了利用多溫層車輛進行配送外，當顧客有不同的需求時，不同的卸貨順序會影響每個溫層卸貨過程中的溫度，為此也將安排車輛抵達顧客點時溫層的卸貨順序。

在具時窗的車輛途程問題上，過去文獻僅探討因車輛早到所產生的停等時間，為了遵守車廂內溫度的限制，允許車輛在服務過程中等待車廂內溫度下降後再開始卸貨的作業，因此在本研究中的停等時間包含早到的停等時間與降溫的停等時間。

綜合上述文獻，本研究探討移動式隔層的多艙車輛途程問題，所有車輛的車廂總體積均相等，車廂內部每個溫層的大小可自由移動，隔板位置並不受限，將依照每台車輛當日的服務路徑進行劃分，不同溫層可個別設定環境，相同溫層內可擺放相同存放環境下的商品，在最小化成本為目標的情況下，滿足所有顧客的需求並遵守溫度規範，成本包含行駛所消耗之油耗成本、產品與配送過程中減少之價值與停車空轉期間的油耗成本。

## 第三章 研究方法

由於問題中包含路線規劃與車廂內溫度兩部分，因此在建立路線規劃的數學模型前須描繪出車廂內溫度隨時間的變化。首先，本研究採用曲線擬合的方法將車廂內溫度分成開門作業時間的升溫函數與車廂門關閉期間的降溫函數進行討論，針對非線性的函數將利用分段線性化的方法處理後，在與路線規劃結合並建立一個混和整數規劃之數學模型，以下將逐一介紹。

### 3.1 溫度曲線擬合

為了解低溫車輛在配送過程中，開門作業時與關門時車廂內溫度隨時間變化的情形，以下將利用 Archontoulis and Miguez(2015)所提出之曲線擬合(curve fitting)流程圖(圖 3-1)作為本研究溫度曲線擬合的流程。

首先，觀察溫度隨時間變化的趨勢以選擇適當的曲線模型，根據 Motulsky and Christopoulos (2004)一書，曲線擬合常見的求解方法包含最陡坡降法(Method of Steepest Descent)、高斯—牛頓法(Gauss-Newton Method)與萊文貝格—馬夸特法(Levenberg-Marquardt Method)，三種方法的基本概念均是先設定各參數的起始值，而後找出下一步的方向與步幅，反覆執行直至找到最小平方和或是已達迭代次數之上限。最陡坡降法最為單純，採固定步幅並往目標值減少最多的方向不斷前進，直到找出局部的極小值，若採較大的步幅在開始時可以迅速接近目標，但越往目標靠近時可能出現來回震盪的現象，若使用較小的步幅時，則需要較多的時間才可達收斂，因此不容易找出最佳解。高斯—牛頓法為二階收斂，與最陡坡降法不同的地方在於選擇方向時，除了考慮此次往該方向是否變好，同時考慮在下一次迭代中是否也持續往更好的方向前進，因此在靠近目標時能更快的找到目標，收斂速度更快，但若起始值離目標值仍較遠時，收斂的速度則較最陡坡降法慢。萊文貝格—馬夸特法則介於兩者之間，當現階段的解距離目標較遠時採取最陡坡降法，距離目標較近時則採高斯—牛頓法，在求解上較另外兩者快且準確。綜合上述比較，本研究將採用萊文貝格—馬夸特法(Levenberg-Marquardt Method)求解非線性函數之係數，並藉由 Minitab 18 軟體中非線性迴歸的功能完成計算。

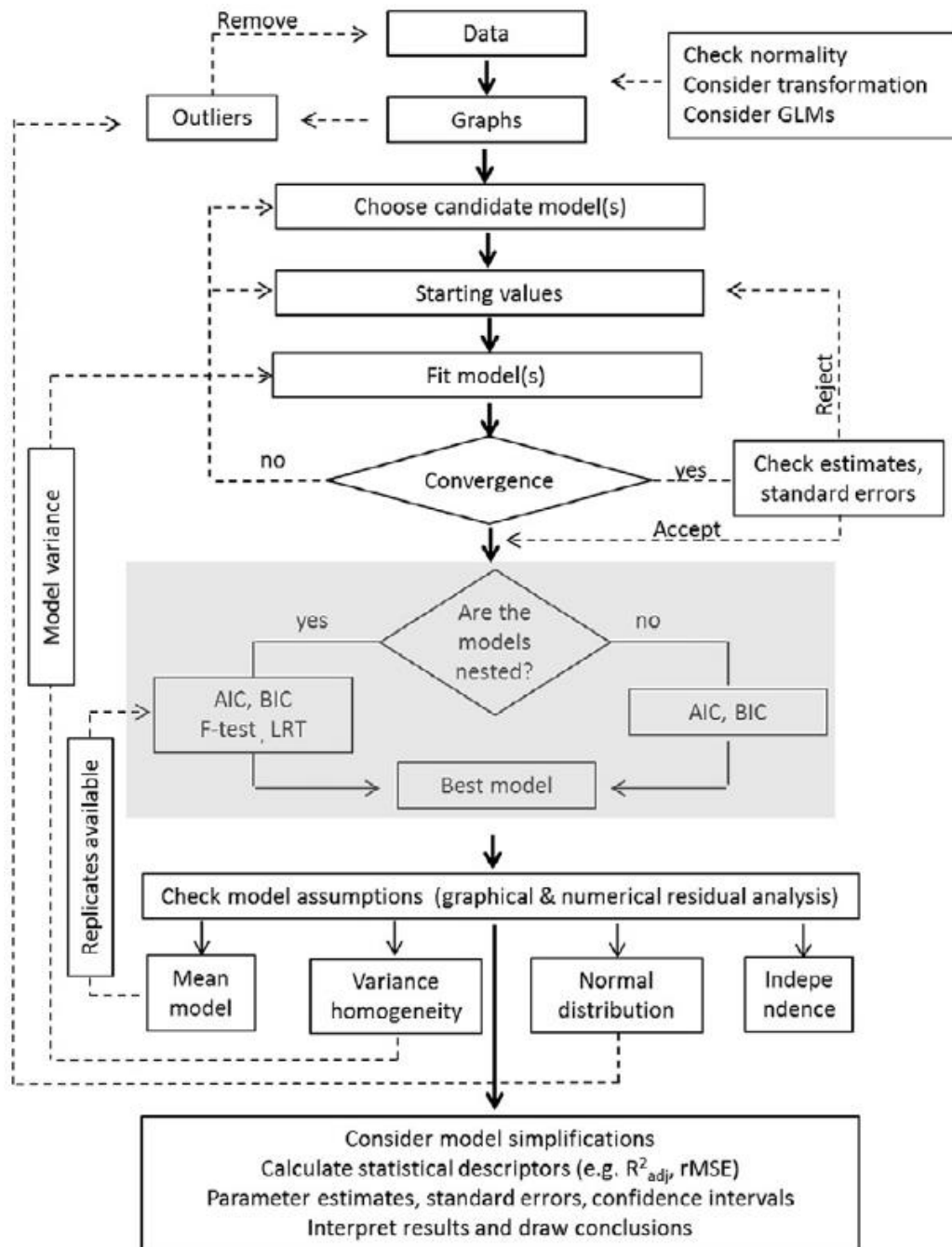


圖 3-1 溫度曲線擬合流程圖

資料來源：Archontoulis and Miguez (2015)

找出該函數之係數後，透過 F 檢定或是 AIC(Akaike information criterion)作為函數比較之依據，進而選取適切之曲線供後續使用。當該函數有新增變數時，可透過 F 檢定與該參數之信賴區間決定該變數是否合理且須加入後續討論。若沒有加入新變數，但採取不同的函數型態時，則改以 AIC 作為判斷標準，AIC 越小越佳，若樣本數量沒有改變時，亦可以均方誤差 (MSE, Mean Square Error)作為比較依據，誤差越小越好。最後將綜合比較各個函數，選出合理且適當之函數納入路線規劃的模型中。

### 3.2 溫度曲線分段線性化

當溫度曲線為非線性之函數，若直接與路線規劃模型結合，非線性之數學模型將使求解較為困難，因此本研究採用分段線性化(Piecewise Linear Approximation)的方式，事先得將曲線線性化後再與路線規劃模型結合。

在管理或工程方面的最佳化問題經常出現非線性規劃之模型，而分段線性化的方法藉由加入二元變數、連續變數與限制式，在每個區段中找出近似的直線段、平面或立方體使其成為線性規劃問題或是混合整數規劃問題(Lin et al., 2013)。若要將一個連續的二維函數式進行分段線性化，在 $x$ 軸的範圍 $[b_0, b_{k+1}]$ 內取 $k$ 個斷點(breakpoints)、 $k+1$ 個區段(intervals)，其中 $b_0 < b_1 < b_2 < \dots < b_k < b_{k+1}$ ，此時每一個區段即可利用透過 $[(x_i, f(x_i)), (x_{i+1}, f(x_{i+1}))], i=0, 1, \dots, k$ 求得直線方程式，以圖 3-2 為例，該函數共有 4 個斷點，而(b)圖則為各區段的組合結果。此時可藉由相連的兩點得知該線段的斜率，當 $x$ 值落在該區段時的近似值即可透過 $f^a(\bar{x}) = f(x_i) + (\bar{x} - x_i) \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{x_{i+1} - x_i}$ 計算。

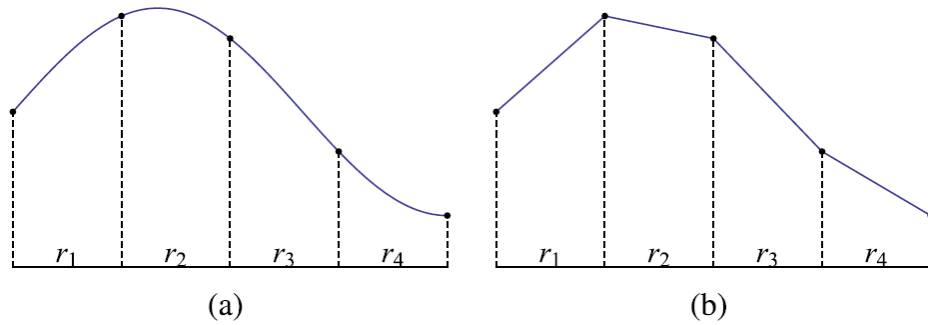


圖 3-2 單一變數函數之分段線性化示意圖

資料來源：Rovatti et al. (2014)

根據 Lin et al. (2013)，二維分段線性化的基本模型如下： $\alpha_i$  為斷點的權重，式(3.2.1)利用權重和已知斷點的 $y$ 值計算 $i$ 點的估計值，式(3.2.2)和(3.2.3)則利用權重組合出 $x$ 值且權重的總和必須為 1。 $h_i \in \{0, 1\}$ 則代表 $x$ 值所在的區段，且僅能選擇其中一個區段(式(3.2.4))，並用該區段的兩個段點值來組合出 $x$ 值(式(3.2.5))。

$$f^a(\bar{x}) = \sum_{i=0}^{k+1} \alpha_i f(x_i) \quad (3.2.1)$$

$$\sum_{i=0}^{k+1} \alpha_i = 1 \quad (3.2.2)$$

$$x = \sum_{i=0}^{k+1} \alpha_i b_i \quad (3.2.3)$$

$$\sum_{i=0}^k h_i = 1 \quad (3.2.4)$$

$$\alpha_i + \alpha_{i+1} \geq h_i \quad i=0, \dots, k \quad (3.2.5)$$

若函數為三維函數，其分段線性化的方法包含兩大類，第一類為一維法(One-dimensional Method)，根據函數型態將多維的函數轉化為平面，再利用上述二維函數式的做法求解(Rebennack and Kallrath, 2015)。第二類方法則保留其三維的型態  $f(x, y)$ ，解法包含三角形法(Triangle Method)與長方形法(Rectangle Method)，兩種方法均將  $x$  軸與  $y$  軸分成數段，兩軸所切割的斷點數可不相同，示意圖分別如圖 3-3、圖 3-4，根據樣本點於兩軸所在的區段可圍出一個長方形或是兩個三角形，以頂點來求得近似值。其中最常被使用的方法為三角形法(Rovatti et al., 2014)，Rebennack and Kallrath (2015)與 D'Ambrosio et al. (2010)兩篇文獻皆透過例題對三種方法進行測試，雖然三角形法的計算複雜度最高，須耗費較多的時間進行求解，但其求解後之誤差最小，三角形法的做法說明如下：

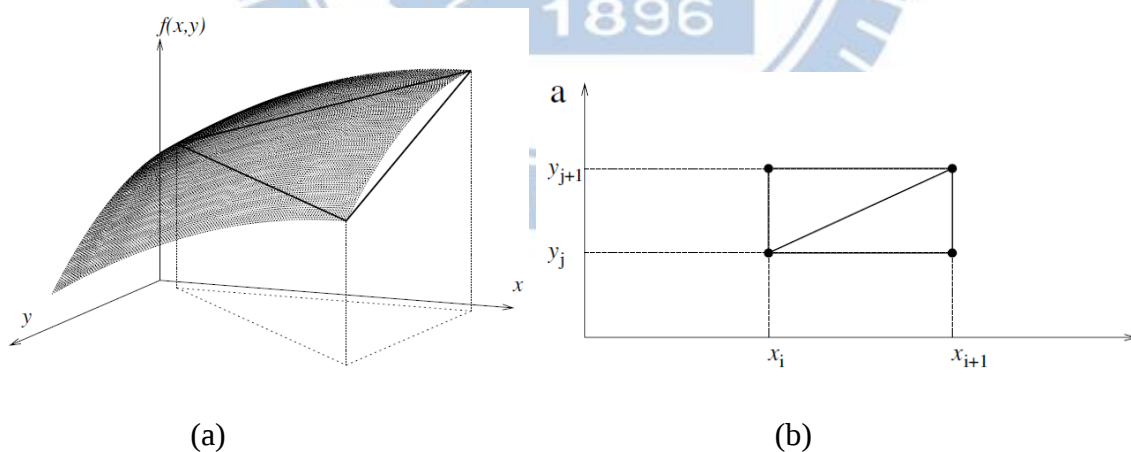


圖 3-3 三角形法(Triangle Method)示意圖

資料來源：D'Ambrosio et al. (2010)

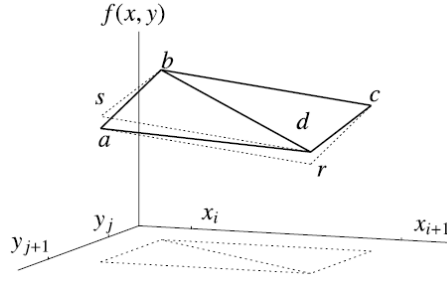


圖 3-4 長方形法(Rectangle Method)示意圖

資料來源：D'Ambrosio et al. (2010)

首先，分別在兩軸選定斷點數， $x$  軸上取  $m+1$  個斷點 ( $a_0 \leq x \leq a_m$ )、 $y$  軸上取  $n+1$  個斷點 ( $b_0 \leq y \leq b_n$ )，此時可透過原函數式  $f(x, y)$  算出兩軸所有斷點組合的值，兩軸斷點所圍出的定義域繪製如圖 3-5(a)，每一個組合點  $(a_t, b_t)$  可能為上三角形  $((a_t, b_t), (a_t, b_{t+1}), (a_{t+1}, b_{t+1}))$  的其中一點或是下三角形  $((a_t, b_t), (a_{t+1}, b_t), (a_{t+1}, b_{t+1}))$  的其中一點(如圖 3-5(b))，每個平面三角形彼此均不重疊且  $f^a(a_t, b_t) \cong f(a_t, b_t)$ ，因此在計算估計值時，每個樣本點僅會對應到一個平面三角形，並且透過該平面三角形的三點求得估計值。

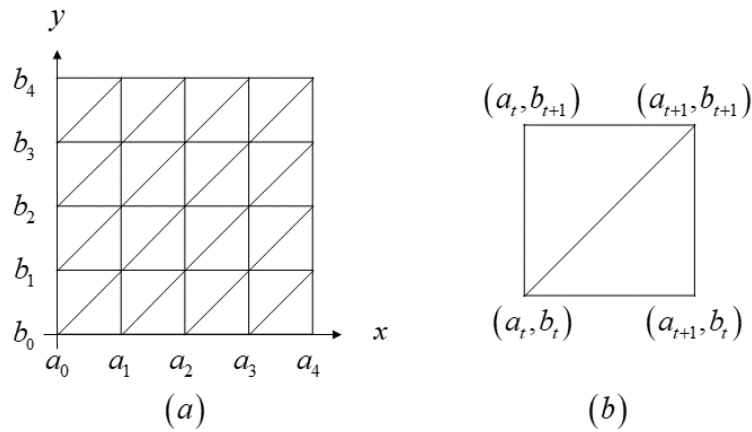


圖 3-5 三角形法(Triangle Method)之定義域示意圖

根據 D'Ambrosio et al. (2010)三角形法的基本數學模型如下： $\alpha_{pq} \in [0, 1]$  為三角形各點之權重，權重的總和為 1(式(3.2.9))， $p$  為  $x$  軸上所選的斷點， $q$  為  $y$  軸上所選的斷點，式(3.2.6)利用權重計算  $(x, y)$  的估計值，式(3.2.7)和(3.2.8)的概念和式(3.2.3)相同。根據上述，式(3.2.12)即表示該點僅能選擇其中一種三角形， $u_{pq} \in \{0, 1\}$  代表上三角形、

$v_{pq} \in \{0,1\}$  代表下三角形，選定三角形後其三點的權重加總須為 1(式(3.2.10)和式(3.2.11))。

$$f^a(x, y) = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n f(a_p, b_q) \alpha_{pq} \quad (3.2.6)$$

$$x = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n a_p \alpha_{pq} \quad (3.2.7)$$

$$y = \sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n b_q \alpha_{pq} \quad (3.2.8)$$

$$\sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n \alpha_{pq} = 1 \quad (3.2.9)$$

$$\alpha_{p,q} + \alpha_{p+1,q} + \alpha_{p+1,q+1} \geq v_{p,q} \quad p = 0, \dots, m; q = 0, \dots, n \quad (3.2.10)$$

$$\alpha_{p,q} + \alpha_{p,q+1} + \alpha_{p+1,q+1} \geq u_{p,q} \quad p = 0, \dots, m; q = 0, \dots, n \quad (3.2.11)$$

$$\sum_{p=0}^m \sum_{q=0}^n (u_{p,q} + v_{p,q}) = 1 \quad (3.2.12)$$

另外，斷點的數量和位置也是分段線性化問題中的一大重點，由於斷點的數量和位置將影響估計的品質，D'Ambrosio et al. (2010)藉由調整斷點的數量並均分每個斷點間的距離，找到可接受誤差範圍內的斷點數，除了均分的方式外，根據 Lin and Tsai (2015)亦可在每一個區段找出誤差值最大的位置，插入一個新的斷點。本研究將沿用 D'Ambrosio et al. (2010)的方式，若函數為三維型態  $f(x, y)$ ，為計算其品質將在兩個座標軸各自的範圍內 ( $a_0 \leq x \leq a_k, b_0 \leq y \leq b_n$ ) 選出適當的斷點數量( $x$  軸取  $k$  個斷點、 $y$  軸取  $n$  個斷點)均分座標軸，並在座標軸上選出  $L$  個點  $(x^l, y^l)$  做為測試點 ( $l = 1, \dots, L$ )，透過計算其平均誤差與最大誤差作為比較的基準，兩種誤差的計算方式如下：

- ◆ 平均誤差值： $\varepsilon_1 = (1/L) \sum_{l=1}^L |f(x^l, y^l) - f^a(x^l, y^l)|$
- ◆ 最大誤差值： $\varepsilon_\infty = \max_{l=1, \dots, L} |f(x^l, y^l) - f^a(x^l, y^l)|$

綜合上述，本研究將採用 D'Ambrosio et al. (2010)和 Vielma and Nemhauser (2011)所提出之三角形法，做為本研究分段線性化的方法，並在求解前事先計算不同斷點數下的平均誤差值與最大誤差值，權衡模型計算時間與誤差選取適當的斷點。

### 3.3 產品品質變化量估算

產品的腐敗成本可透過該產品在單位時間內品質的下降率和單位成本，並根據其離開配送中心至送達顧客手中的時間進行估算，本研究探討的對象為持續性腐敗之生鮮產品，即使配送過程中的車廂內溫度均維持在規範內，其品質仍會隨時間遞減(Zhang et al., 2003)。一般來說，在配送過程中生鮮產品品質的下降比率受到存放時間( $t$ )、存放溫度( $T$ )與其他環境因素(如：產品的活化能、氣體常數等等)的影響。本研究參考 Labuza(1982)所提出的方法，產品品質隨時間的變化可透過該式子進行表示： $\frac{dq}{dt} = kq^n$ ， $q$  為產品的品質， $k$  為退化率(視環境狀態而定)， $n$  為反應級數( $n=0$  為蔬果類、 $n=1$  為肉類)。退化率  $k$  中包含溫度和品質的關係，可透過阿瑞尼斯方程式(Arrhenius equation)表示： $k = k_0 e^{-(E_a/RT)}$ ， $k_0$  為前因子可透過實驗求得， $E_a$  為活化能(J/mol)， $R$  為氣體常數(J/mol/K)， $T$  為溫度(K)，方程式中的  $k_0$  和  $E_a$  將參考 Tijskens and Polderdijk (1996)的表格(如表 3-1)。針對不同產品在配送過程中品質的變化即表示為： $q(t) = q_0 - kt$  和  $q(t) = q_0 e^{-kt}$ ，在給定環境溫度的情況下，反應級數為 0 的品質變化量為線性關係，反應級數為 1 的品質變化量為指數關係，可透過取對數後轉換成線性關係式。為此在單位時間內( $t$ )和固定溫度( $T$ )下，以反應級數為 0 的方程式為例，其品質變化量為  $\Delta q(t, T) = -k_0 \exp(-E_a / RT) \cdot t$ ，而品質變化率( $r$ )即為  $-k_0 \exp(-E_a / RT)$ 。

本研究將配送過程中的溫度納入考量，並透過溫度曲線確保車廂內溫度均維持在標準內，由於在配送過程中的溫度將不斷變動，且標準溫度範圍內的品質變化率的變動幅度小，為簡化模型計算之複雜度，將平均在標準溫度範圍內的品質變化率作為該項產品在整個配送過程中每單位時間內的品質變化率( $\bar{r}$ )。另外，為能評估在配送過程中產品的腐敗成本，加入各項產品的單位重量價值( $p_{unit}$ )，因此產品腐敗成本的計算方式為  $\bar{r} p_{unit} \cdot t$ ， $t$  為從配送中心出發至送達顧客手上的時間。

表 3-1 各項產品之估計參數值

| Product                 | R <sup>2</sup> <sub>adj</sub> N |   | Estimated parameters |                      |        | Standard Error    |       |
|-------------------------|---------------------------------|---|----------------------|----------------------|--------|-------------------|-------|
|                         |                                 |   | KQ <sub>ref</sub>    | k <sub>ref</sub> (1) | Ea(1)  | KQ <sub>ref</sub> | Ea(1) |
| Asparagus spears        | 98                              | 1 | 2.876                | 1                    | 108.23 | 0.359             | 9.85  |
| Bean broad              | 95                              | 1 | 3.701                | 1                    | 104.09 | 0.575             | 11.81 |
| Blackberry              | 99                              | 1 | 2.768                | 1                    | 55.45  | 0.073             | 2.30  |
| Brussels Sprouts        | 94                              | 1 | 1.552                | 1                    | 142.56 | 0.408             | 17.19 |
| Cabbage, Chinese        | 100                             | 1 | 6.814                | 1                    | 81.62  | 0.223             | 2.45  |
| Cabbage, Savoy green    | 95                              | 1 | 0.657                | 1                    | 275.56 | 0.385             | 32.55 |
| Cabbage, Savoy red      | 92                              | 1 | 12.250               | 1                    | 168.52 | 4.710             | 27.07 |
| Cabbage, Savoy yellow   | 92                              | 1 | 12.250               | 1                    | 168.52 | 4.710             | 27.07 |
| Cabbage, White          | 93                              | 1 | 20.150               | 1                    | 154.35 | 6.380             | 22.56 |
| Carrot, winter          | 93                              | 1 | 25.190               | 1                    | 118.33 | 6.180             | 18.16 |
| Carrot, unwashed        | 98                              | 1 | 8.401                | 1                    | 200.17 | 1.800             | 15.21 |
| Carrot, washed          | 95                              | 1 | 1.983                | 1                    | 165.07 | 0.465             | 17.18 |
| Cauliflower             | 99                              | 1 | 6.074                | 1                    | 124.24 | 0.461             | 5.55  |
| Celeriac                | 99                              | 1 | 35.460               | 1                    | 98.54  | 1.620             | 3.55  |
| Celery                  | 100                             | 1 | 4.920                | 1                    | 112.39 | 0.297             | 4.01  |
| Celery, blanched        | 94                              | 1 | 0.622                | 1                    | 240.08 | 0.343             | 37.81 |
| Cherry                  | 100                             | 1 | 4.913                | 1                    | 73.14  | 0.093             | 1.70  |
| Chicory                 | 99                              | 1 | 5.347                | 1                    | 93.81  | 0.221             | 3.18  |
| Currant, black          | 98                              | 1 | 3.096                | 1                    | 85.67  | 0.232             | 5.18  |
| Currant, red            | 99                              | 1 | 5.001                | 1                    | 86.68  | 0.291             | 4.61  |
| Endive                  | 98                              | 1 | 2.914                | 1                    | 99.08  | 0.381             | 9.73  |
| Gherkin                 | 95                              | 1 | 6.602                | 1                    | 91.01  | 0.548             | 11.21 |
| Gooseberry, ripe        | 99                              | 1 | 5.001                | 1                    | 86.68  | 0.291             | 4.61  |
| Gooseberry, unripe      | 99                              | 1 | 7.869                | 1                    | 79.35  | 0.403             | 4.12  |
| Grape                   | 100                             | 1 | 33.500               | 1                    | 113.89 | 1.230             | 2.83  |
| Kale                    | 97                              | 1 | 3.892                | 1                    | 122.08 | 0.601             | 11.65 |
| Kohlrabi + leaf         | 100                             | 1 | 12.680               | 1                    | 57.31  | 0.092             | 0.58  |
| Leek                    | 98                              | 1 | 5.311                | 1                    | 116.57 | 0.865             | 10.51 |
| Lettuce                 | 99                              | 1 | 2.762                | 1                    | 91.58  | 0.233             | 6.36  |
| Lettuce Iceberg         | 100                             | 1 | 4.885                | 1                    | 68.11  | 0.135             | 2.16  |
| Mushroom                | 100                             | 1 | 2.410                | 1                    | 51.50  | 0.031             | 1.16  |
| Onion                   | 99                              | 1 | 99.570               | 1                    | 55.67  | 5.140             | 3.35  |
| Onion, cut              | 99                              | 1 | 1.825                | 1                    | 34.94  | 0.044             | 1.90  |
| Onion, hand peeled      | 94                              | 1 | 4.499                | 1                    | 73.38  | 0.600             | 10.21 |
| Onion, mach. dry peeled | 100                             | 1 | 3.374                | 1                    | 49.82  | 0.021             | 0.52  |
| Parsley                 | 100                             | 1 | 5.099                | 1                    | 100.81 | 0.242             | 3.30  |
| Pea green               | 99                              | 1 | 2.194                | 1                    | 72.36  | 0.084             | 3.25  |
| Peach                   | 88                              | 1 | 2.105                | 1                    | 110.58 | 0.503             | 18.09 |
| Plum Victoria           | 99                              | 1 | 6.393                | 1                    | 71.78  | 0.412             | 4.91  |
| Purslane                | 97                              | 1 | 2.586                | 1                    | 47.46  | 0.119             | 4.11  |
| Radish, Black + leaf    | 98                              | 1 | 2.276                | 1                    | 77.43  | 0.109             | 3.94  |
| Radish, Black – leaf    | 100                             | 1 | 24.730               | 1                    | 102.03 | 1.090             | 3.41  |
| Raspberry               | 97                              | 1 | 2.528                | 1                    | 49.85  | 0.133             | 4.64  |
| Rhubarb + leaf          | 98                              | 1 | 2.144                | 1                    | 81.23  | 0.107             | 4.04  |
| Rhubarb – leaf          | 100                             | 1 | 6.221                | 1                    | 75.66  | 0.051             | 0.68  |
| Spinach                 | 100                             | 1 | 2.523                | 1                    | 72.88  | 0.071             | 2.22  |
| Strawberry              | 100                             | 1 | 2.226                | 1                    | 37.35  | 0.010             | 0.41  |
| Turnip                  | 99                              | 1 | 62.910               | 1                    | 68.88  | 2.690             | 3.36  |

資料來源：Tijskens and Polderdijk (1996)

### 3.4 路線規劃模型

#### 3.4.1 問題描述

近年來由於健康意識的抬頭，人們對於生鮮產品的品質也就越來越講究。隨著科技的發達，物流業者利用配有冷凍機組的車輛低溫運送易腐性產品，藉此維持其新鮮度已經成了必然的趨勢，而多溫層的車輛進行配送時可依據產品種類不同，配合其最適合貯藏的溫度，減緩產品在運送過程中的腐壞。

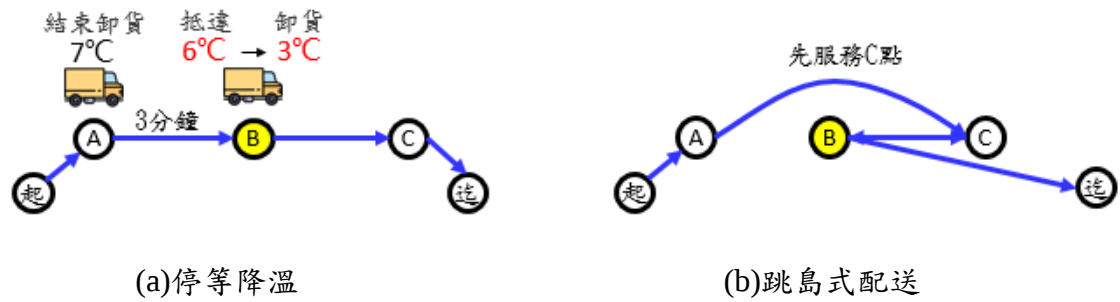


圖 3-6 兩種配送策略示意圖

為了使配送過程中車廂內溫度能夠符合標準，本研究提出兩種配送策略，第一種為停等降溫的策略，現行業者在車輛出現溫度異常時才於路邊停車等待車廂內溫度下降之標準範圍，而本研究在路線規劃時就將溫度曲線納入考慮，因此可事先預留車輛須等待降溫的時間，以圖 3-6 為例，在配送過程中的溫度必須維持在  $0\sim 7^{\circ}\text{C}$ ，經過事前計算車輛抵達顧客 B 時的溫度必須在  $3^{\circ}\text{C}$  以下，否則在作業過程中溫度將違反規定，但車輛結束顧客 A 的服務抵達顧客 B 時的溫度為  $6^{\circ}\text{C}$ ，此時就須預留車輛等待降溫的時間。然而車輛行駛過程中車廂內溫度也會持續下降，因此第二個方案則是跳島式配送，改以優先服務顧客 C，抵達後即可進行卸貨作業，顧客 B 則由原車輛或其他車輛進行服務。本研究整合兩種策略，在最小化成本並遵守溫度規範的情況下安排車輛配送的路線。

本研究探討單一物流中心服務多個顧客之路線規劃問題，同時安排車廂內每個溫層的體積，並且考慮車廂內溫度的變化確保在配送過程中不出現溫度違反限制的情形並滿足所有顧客的需求，問題的情境如下：

1. 所有多溫層車輛的體積均同質，每台車輛因硬體上限制而有最大隔層數的限制，但車廂內的隔板可任意移動，車輛依照配送路線與商品，於出車前規劃每輛車之隔艙大小與溫度，在配送過程中不再變動。
2. 所有車輛必須自物流中心出發，結束後返回物流中心。
3. 所有顧客的位置、各項產品之需求與服務時窗皆為已知的情況下，每位顧客可有多種溫層的需求，所有顧客的所有種類需求都須被一台車滿足。此外，同一溫層在同一顧客點服務時僅能開啟一次，若需要等待時窗或是等待車廂內溫度下降，僅可在車輛抵達顧客至開始服務前進行等待，開始作業後服務不中斷。
4. 需求種類以溫層劃分，同一溫層內之商品均受相同的溫度規範，且單位時間內的腐敗率相同，若有不同價值的產品則取單位價格最高者做為代表，各項產品的價值自物流中心出發後隨時間減少。由於本研究嚴格規範配送過程車廂內的

溫度，因此各產品的腐敗率變動不大，利用 3.3 的方法計算不同溫度下的腐敗率，取其平均值做為該溫層產品的腐敗率。

5. 針對升溫與降溫函數，根據第二章相關文獻的回顧，影響車廂內溫度的各種熱源將隨時間影響，因此在模型中考慮的變數包含：車廂門開啟/關閉前的起始溫度、車廂門開啟/關閉的時間長，函數型態將於第五章以實際資料進行曲線擬合。曲線將事先以 3.2 的方式線性化後，再與數學模型結合。
6. 本研究之目標為最小化總成本，總成本包含行駛的油耗成本、停等閒置所消耗的油耗成本、運送過程中產品損失的價值。其中的停等時間包含：早到的停等時間與車廂冷卻的停等時間，根據本研究提出的整合策略，車輛可於接下來要服務的顧客點附近等待溫度下降至規範溫度後再開啟車廂門開始卸貨作業；若車輛於時窗開始前抵達，尚未開始卸貨前車廂門均保持關閉的狀態，此時車廂內溫度將持續下降，兩種停等狀態下的冷凍機組均持續運轉並產生油耗，因此將等待的成本納入考量。

### 3.4.2 數學模型建立

依據 3.4.1 的敘述，建構具服務時窗及溫度限制之多溫層車輛配送問題之 (multi-compartment refrigerated vehicle routing problem with time windows and temperature restrictions, MCVRPTWTR)，以下將依序介紹集合、參數、變數與數學模型。

#### ◆ 集合(Sets)

本模型為一個具有方向性之網路  $G=(V,A)$ ，網路中的所有點集合為  $V=\{0,1,2,...,v,v+1\}$  (第 0 個點與第  $v+1$  點皆為配送中心)，路網中的路段集合以  $A$  表示。

$C$ :顧客點集合

$K$ :車輛集合

$W$ :車廂內溫層類型的集合

$\Delta^+(i)$ :由  $i$  點出發可連接的所有點集合， $i \in V \setminus \{v+1\}$

$\Delta^-(i)$ :任何點可連接至  $i$  點的集合,  $i \in V \setminus \{0\}$

$N_x^m$ :溫層  $m$  之降溫曲線  $x$  座標之分段點集合

$N_y^m$ :溫層  $m$  之降溫曲線  $y$  座標之分段點集合

$P_x^m$ :溫層  $m$  之升溫曲線  $x$  座標之分段點集合

$P_y^m$ :溫層  $m$  之升溫曲線  $y$  座標之分段點集合

◆ **參數(Parameters)**

$[a_i, b_i]$ :點  $i \in V$  所指定的時窗範圍

$[l^m, u^m]$ :溫層  $m \in W$  規範的溫度範圍

$t_{ij}$ :路段  $(i, j) \in A$  所需的旅行時間(分鐘)

$c_{ij}$ :路段  $(i, j) \in A$  所需的旅行成本(元/公里)

$s_i^m$ :於點  $i \in V$  卸下溫層  $m \in W$  中的產品所需要的卸貨時間(分鐘)

$S_i$ :於點  $i \in V$  所需的總卸貨時間,  $S_i = \sum_{m \in W} s_i^m$

$q_i^m$ :顧客  $i \in C$  對於溫層  $m \in W$  的總需求體積(立方毫米)

$d_i^m$ :顧客  $i \in C$  若有溫層  $m \in W$  之需求時為 1, 否則為 0

$D_i^m$ :顧客  $i \in C$  對於溫層  $m \in W$  的總需求重量(公克)

$Q$ :配送車輛的車廂總體積(萬立方毫米)

$g$ :隔板的體積(萬立方毫米)

$m$ :車體在設計上最多可劃分的溫層數

$e$ :單位行駛的油耗成本(元/分鐘)

$M$  : 一個很大的正數

$\Omega^m$  : 溫層  $m \in W$  中產品的單位成本(元/公克)

$\delta^m$  : 在單位時間內，溫層  $m \in W$  的產品新鮮度下降率

$\alpha_i^m$  : 溫層  $m$  降溫曲線之  $x$  軸  $[\alpha_0^m = 0, \alpha_n^m = T]$  經分段線性化後共有  $n+1$  個斷點、  
 $n$  個區段，且  $\alpha_0^m < \alpha_1^m < \dots < \alpha_n^m$ ， $\alpha_i^m$  即為第  $i \in N_x^m$  個斷點的值

$\beta_j^m$  : 溫層  $m$  降溫曲線之  $y$  軸  $[\beta_0^m = l^m, \beta_n^m = u^m]$  經分段線性化後共有  $p+1$  個斷點、  
 $p$  個區段，且  $\beta_0^m < \beta_1^m < \dots < \beta_p^m$ ， $\beta_j^m$  即為第  $j \in N_y^m$  個斷點的值

$f_1^m(\alpha_i, \beta_j)$  : 溫層  $m$  的降溫曲線  $(\alpha_i, \beta_j)$  所對應的降溫函數值

$\rho_i^m$  : 溫層  $m$  升溫曲線之  $x$  軸  $[\rho_0^m = 0, \rho_r^m = T]$  經分段線性化後共有  $r+1$  個斷點、  
 $r$  個區段，且  $\rho_0^m < \rho_1^m < \dots < \rho_r^m$ ， $\rho_i^m$  即為第  $i \in P_x^m$  個斷點的值

$\omega_j^m$  : 溫層  $m$  升溫曲線之  $y$  軸  $[\omega_1 = l^m, \omega_v = P]$  經分段線性化後共有  $v+1$  個斷點、  
 $v$  個區段，且  $\omega_0^m < \omega_1^m < \dots < \omega_v^m$ ， $\omega_j^m$  即為第  $j \in P_y^m$  個斷點的值

$f_2^m(\rho_i, \omega_j)$  : 溫層  $m$  的升溫曲線  $(\rho_i, \omega_j)$  所對應之函數值

◆ **變數(Variables)**

$x_{ij}^k$  : 若當車輛  $k \in K$  有行經路段  $(i, j) \in A$  時為 1，反之為 0

$t_i^k$  : 車輛  $k \in K$  於顧客點  $i \in V$  的開始服務時間(分鐘)

$w_i^k$  : 車輛  $k \in K$  抵達點  $i \in V$  後到開始卸貨前的停等時間，包含在時窗前抵達與  
車廂降溫的停等時間(分鐘)

$z_{ik}^{mh}$  : 若車輛  $k \in K$  中的溫層  $m \in W$  於顧客點  $i \in C$  的卸貨順序為第  $h^m \in W$  個時為  
1，否則為 0

$y_m^k$  : 若車輛  $k \in K$  中有溫層  $m \in W$  的空間則為 1，否則為 0

$\sigma_{ik}^m$ :若車輛  $k \in K$  有服務點  $i \in V \setminus \{v+1\}$ ，並且該點有溫層  $m \in W$  之需求，則為溫層  $m \in W$  之開始卸貨時間

$\gamma_{ik}^m$ :若車輛  $k \in K$  有服務點  $i \in V \setminus \{v+1\}$ ，但該點無溫層  $m \in W$  之需求，則此變數等同於前一次溫層  $m \in W$  之結束卸貨時間

$P_{ik}^m$ :車輛  $k \in K$  的溫層  $m \in W$  於點  $i \in C$  要開始卸貨前，距上一次溫層  $m \in W$  卸貨完成後，車門關閉之時間長(分鐘)

$T_{ik}^m$ :當車輛  $k \in K$  抵達點  $i \in V \setminus \{v+1\}$ ，要開啟溫層  $m \in W$  的起始溫度

$\pi_{ik}^m$ :當車輛  $k \in K$  於點  $i \in V \setminus \{v+1\}$  結束溫層  $m \in W$  的卸貨作業時，車門關閉當下的溫度

$\lambda_{ik}^m$ :車輛  $k \in K$  在開始服務點  $i \in C$  之溫層  $m \in W$  的需求時，前一次開門作業完成時，關閉車廂門當下之溫度

$\mu_{pq}^{imk}$ :為一個介於[0,1]的連續變數，代表  $(\alpha_p, \beta_q)$  所組合的三角形各點之權重，  
 $p \in N_x^m, q \in N_y^m, i \in C, m \in W, k \in K$

$\phi_{pq}^{imk}$ :為一個介於[0,1]的連續變數，代表  $(\rho_p, \omega_q)$  所組合的三角形各點之權重，  
 $p \in P_x^m, q \in P_y^m, i \in C, m \in W, k \in K$

${}_1U_{pq}^{imk}$ :為一個二元變數，針對降溫過程中的樣本點落在左上方的三角形時為 1，  
 $p \in N_x^m, q \in N_y^m, i \in C, m \in W, k \in K$

${}_1L_{pq}^{imk}$ :為一個二元變數，針對降溫過程中的樣本點落在右下方的三角形時為 1，  
 $p \in N_x^m, q \in N_y^m, i \in C, m \in W, k \in K$

${}_2U_{pq}^{imk}$ :為一個二元變數，針對升溫過程中的樣本點落在左上方的三角形時為 1，  
 $p \in P_x^m, q \in P_y^m, i \in C, m \in W, k \in K$

${}_2L_{pq}^{imk}$ :為一個二元變數，針對升溫過程中的樣本點落在右下方的三角形時為 1，  
 $p \in P_x^m, q \in P_y^m, i \in C, m \in W, k \in K$

◆ 數學模型

$$\min \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i \in C} e w_i^k + \sum_{i \in C} \sum_{k \in K} \sum_{m \in W} \Omega^m D_i^m \delta^m \sigma_{ik}^m d_i^m \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in C \quad (2)$$

$$\sum_{j \in \Delta^+(0)} x_{0j}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (3)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(v+1)} x_{i(v+1)}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in \Delta^-(j)} x_{ij}^k - \sum_{i \in \Delta^+(j)} x_{ji}^k = 0 \quad \forall j \in C; k \in K \quad (5)$$

$$a_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k \leq t_i^k \leq b_i \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k \quad \forall k \in K; i \in V \quad (6)$$

$$w_j^k - (1 - x_{ij}^k) M \leq t_j^k - t_{ij} - S_i - t_i^k \leq w_j^k + (1 - x_{ij}^k) M \quad \forall k \in K, i \in V \setminus \{v+1\}, j \in C \quad (7)$$

$$\sum_{i \in C} q_i^m \left( \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k \right) \leq y_m^k Q \quad \forall k \in K, m \in W \quad (8)$$

$$\sum_{i \in C} \sum_{m \in W} q_i^m \left( \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k \right) + \left( \sum_{m \in W} y_m^k - 1 \right) g \leq Q \quad \forall k \in K \quad (9)$$

$$\sum_{m \in W} y_m^k \leq m \quad \forall k \in K \quad (10)$$

$$\sum_{h \in W} z_{ik}^{mh} \leq d_i^m \sum_{j \in \Delta^+(i)} x_{ij}^k \quad \forall k \in K, i \in C, m \in W \quad (11)$$

$$\sum_{m \in W} z_{ik}^{mh} \leq 1 \quad \forall k \in K; i \in C; h \in W \quad (12)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{m \in W} \sum_{h \in W} z_{ik}^{mh} = \sum_{m \in W} d_i^m \quad \forall i \in C \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
& -\left(1-x_{ij}^k\right) M-\left(1-z_{ik}^{mh_i}\right) M-\left(1-z_{jk}^{mh_j}\right) M \leq \\
& \sigma_{jk}^m-\sum_{\substack{m' \in W, h_j' < h_j, \\ m \neq m', h_j \in W}} s_j^{m'} z_{jk}^{m' h_j'}-w_j^k-t_{ij}-\sum_{\substack{m' \in W, h_i' \geq h_i, \\ h_i \in W}} s_i^{m'} z_{ik}^{m' h_i'}-\sigma_{ik}^m \\
& \leq\left(1-x_{ij}^k\right) M+\left(1-z_{ik}^{mh_i}\right) M+\left(1-z_{jk}^{mh_j}\right) M \quad \forall i, j \in C, i \neq j, m \in M, k \in K, h_i, h_j \in W
\end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}
& -M\left(1-x_{ij}^k\right)-M\left(1-\sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}\right)-M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \leq \gamma_{jk}^m-\left(\sigma_{ik}^m+s_i^m\right) \\
& \leq M\left(1-x_{ij}^k\right)+M\left(1-\sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}\right)+M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \quad \forall m \in M, k \in K, i, j \in C, i \neq j
\end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
& -M\left(1-x_{ij}^k\right)-M\left(1-z_{ik}^{mh_i}\right)-M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \leq \sigma_{jk}^m-w_j^k-t_{ij}-\sum_{\substack{m' \in W, h_i' \geq h_i, h_i \in W}} s_i^{m'} z_{ik}^{m' h_i'}-\sigma_{ik}^m \\
& \leq M\left(1-x_{ij}^k\right)+M\left(1-z_{ik}^{mh_i}\right)+M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \quad \forall m \in M, k \in K, i, j \in C, i \neq j, h_i \in W
\end{aligned} \tag{16}$$

$$\begin{aligned}
& -M\left(1-x_{ij}^k\right)-M \sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}-M\left(1-z_{jk}^{mh_j}\right) \leq \sigma_{jk}^m-\sum_{\substack{m \in W, h_j' < h_j, h_j \in W}} s_j^{m'} z_{jk}^{m' h_j'}-w_j^k-t_{ij}-S_i-\sigma_{ik}^m \\
& \leq M\left(1-x_{ij}^k\right)+M \sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}+M\left(1-z_{jk}^{mh_j}\right) \quad \forall i, j \in C, i \neq j, m \in M, k \in K, h_j \in W
\end{aligned} \tag{17}$$

$$\begin{aligned}
& -M\left(1-x_{ij}^k\right)-M \sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}-M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \leq \gamma_{jk}^m-\gamma_{ik}^m \leq M\left(1-x_{ij}^k\right)+M \sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}+M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \\
& \quad \forall i, j \in C, i \neq j, m \in M, k \in K
\end{aligned} \tag{18}$$

$$\begin{aligned}
& -M\left(1-x_{ij}^k\right)-M \sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}-M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \leq \sigma_{jk}^m-w_j^k-t_{ij}-S_i-\sigma_{ik}^m \\
& \leq M\left(1-x_{ij}^k\right)+M \sum_{h_i \in W} z_{ik}^{mh_i}+M \sum_{h_j \in W} z_{jk}^{mh_j} \quad \forall i, j \in C, i \neq j, m \in M, k \in K, h_i \in W
\end{aligned} \tag{19}$$

$$\begin{aligned}
& \sigma_{ik}^{m'}-\left(\sigma_{ik}^m+s_i^m\right) \geq-\left(1-z_{ik}^{m' h_i'}\right) M-\left(1-\sum_{h < h', h \in W} z_{ik}^{mh}\right) M \\
& \quad \forall k \in K, i \in C, h' \in W, m, m' \in W, m \neq m'
\end{aligned} \tag{20}$$

$$t_i^k \leq \sigma_{ik}^m \leq t_i^k + S_i - s_i^m \quad \forall k \in K, i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W \tag{21}$$

$$\gamma_{0k}^m = 0 \quad \forall k \in K, m \in W \tag{22}$$

$$-M(1-x_{0j}^k) - M \sum_{h \in W} z_{jk}^{mh} \leq \gamma_{jk}^m - \gamma_{0k}^m \leq M(1-x_{0j}^k) + M \sum_{h \in W} z_{jk}^{mh} \quad \forall j \in C, k \in K, m \in W \quad (23)$$

$$\begin{aligned} -M(1-x_{ij}^k) &\leq P_{jk}^m - \left\{ \left[ \sigma_{jk}^m d_j^m + \gamma_{jk}^m (1-d_j^m) \right] - \left[ \sigma_{ik}^m d_i^m + \gamma_{ik}^m (1-d_i^m) \right] - s_i^m d_i^m \right\} \\ &\leq M(1-x_{ij}^k) \quad \forall m \in M, k \in K, i \in V \setminus \{v+1\}, j \in C, i \neq j \end{aligned} \quad (24)$$

$$P_{jk}^m \leq M \sum_{i \in V \setminus \{v+1\}} x_{ij}^k \quad \forall k \in K, j \in C, m \in W \quad (25)$$

$$T_{ik}^m = \sum_{p \in P_x^m} \sum_{q \in P_y^m} \phi_{pq}^{imk} \omega_q^m \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K \quad (26)$$

$$60s_i^m = \sum_{p \in P_x^m} \sum_{q \in P_y^m} \phi_{pq}^{imk} \rho_p^m \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K \quad (27)$$

$$\sum_{p \in P_x^m} \sum_{q \in P_y^m} \phi_{pq}^{imk} = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K \quad (28)$$

$$\pi_{ik}^m = \sum_{p \in P_x^m} \sum_{q \in P_y^m} \phi_{pq}^{imk} f_1^m(\rho_p^m, \omega_q^m) \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K \quad (29)$$

$$\phi_{p,q}^{imk} + \phi_{p+1,q}^{imk} + \phi_{p+1,q+1}^{imk} \geq {}_2L_{pq}^{imk} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K, p \in P_x^m \setminus \{r\}, q \in P_y^m \setminus \{v\} \quad (30)$$

$$\phi_{p,q}^{imk} + \phi_{p,q+1}^{imk} + \phi_{p+1,q+1}^{imk} \geq {}_2U_{pq}^{imk} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K, p \in P_x^m \setminus \{r\}, q \in P_y^m \setminus \{v\} \quad (31)$$

$$\sum_{p \in P_x^m} \sum_{q \in P_y^m} ({}_2L_{pq}^{imk} + {}_2U_{pq}^{imk}) = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K \quad (32)$$

$$-(1-x_{ij}^k)M \leq \lambda_{jk}^m - \pi_{ik}^m \leq (1-x_{ij}^k)M \quad \forall k \in K, i \in V \setminus \{v+1\}, j \in C, i \neq j, m \in W \quad (33)$$

$$\lambda_{ik}^m = \sum_{p \in N_x^m} \sum_{q \in N_y^m} \mu_{pq}^{imk} \beta_q^m \quad \forall i \in C, m \in W, k \in K \quad (34)$$

$$60P_{ik}^m = \sum_{p \in N_x^m} \sum_{q \in N_y^m} \mu_{pq}^{imk} \alpha_p^m \quad \forall i \in C, m \in W, k \in K \quad (35)$$

$$\sum_{p \in N_x^m} \sum_{q \in N_y^m} \mu_{pq}^{imk} = 1 \quad \forall i \in C, m \in W, k \in K \quad (36)$$

$$T_{ik}^m = \sum_{p \in N_x^m} \sum_{q \in N_y^m} \mu_{pq}^{imk} f_2^m(\alpha_p^m, \beta_q^m) \quad \forall i \in C, m \in W, k \in K \quad (37)$$

$$\mu_{p,q}^{imk} + \mu_{p+1,q}^{imk} + \mu_{p+1,q+1}^{imk} \geq {}_1L_{pq}^{imk} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K, p \in N_x^m \setminus \{n\}, q \in N_y^m \setminus \{p\} \quad (38)$$

$$\mu_{p,q}^{imk} + \mu_{p,q+1}^{imk} + \mu_{p+1,q+1}^{imk} \geq {}_1U_{pq}^{imk} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K, p \in N_x^m \setminus \{n\}, q \in N_y^m \setminus \{p\} \quad (39)$$

$$\sum_{q \in N_x^m} \sum_{q \in N_y^m} ({}_1L_{pq}^{imk} + {}_1U_{pq}^{imk}) = 1 \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, m \in W, k \in K \quad (40)$$

$$T_{0k}^m = l^m \quad \forall k \in K, m \in W \quad (41)$$

$$l^m \leq T_{ik}^m \leq u^m \quad \forall k \in K, i \in C, m \in W \quad (42)$$

$$l^m \leq \pi_{ik}^m \leq u^m \quad \forall k \in K, i \in C, m \in W \quad (43)$$

$$x_{ij}^k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, (i,j) \in A \quad (44)$$

$$t_i^k \in \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \quad \forall k \in K, i \in V \quad (45)$$

$$w_i^k \in \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \quad \forall k \in K, i \in V \quad (46)$$

$$z_{ik}^{mh} \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, i \in C, m \in W, h \in W \quad (47)$$

$$y_m^k \in \{0,1\} \quad \forall k \in K, m \in W \quad (48)$$

$$\sigma_{ik}^m \in \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (49)$$

$$\gamma_{ik}^m \in \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (50)$$

$$P_{ik}^m \in \mathbb{R}^+ \cup \{0\} \quad \forall i \in C, k \in K, m \in W \quad (51)$$

$$T_{ik}^m \in \mathbb{R} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (52)$$

$$\pi_{ik}^m \in \mathbb{R} \quad \forall i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (53)$$

$$\lambda_{ik}^m \in \mathbb{R} \quad \forall i \in C, k \in K, m \in W \quad (54)$$

$$\mu_{pq}^{imk} \in [0,1] \quad \forall p \in N_x^m, q \in N_y^m, i \in C, k \in K, m \in W \quad (55)$$

$$\phi_{pq}^{imk} \in [0,1] \quad \forall p \in P_x^m, q \in P_y^m, i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (56)$$

$${}_1U_{pq}^{imk} \in [0,1] \quad \forall p \in P_x^m, q \in P_y^m, i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (57)$$

$${}_1L_{pq}^{imk} \in [0,1] \quad \forall p \in P_x^m, q \in P_y^m, i \in V \setminus \{v+1\}, k \in K, m \in W \quad (58)$$

$${}_2U_{pq}^{imk} \in [0,1] \quad \forall p \in N_x^m, q \in N_y^m, i \in C, k \in K, m \in W \quad (59)$$

$${}_2L_{pq}^{imk} \in [0,1] \quad \forall p \in N_x^m, q \in N_y^m, i \in C, k \in K, m \in W \quad (60)$$

目標式為最小化總成本，成本包含行駛的油耗成本(Transportation Fuel Cost)、停等的油耗成本(Idle Fuel Cost)與產品在行駛過程中品質降低的成本(Devalued Cost)。

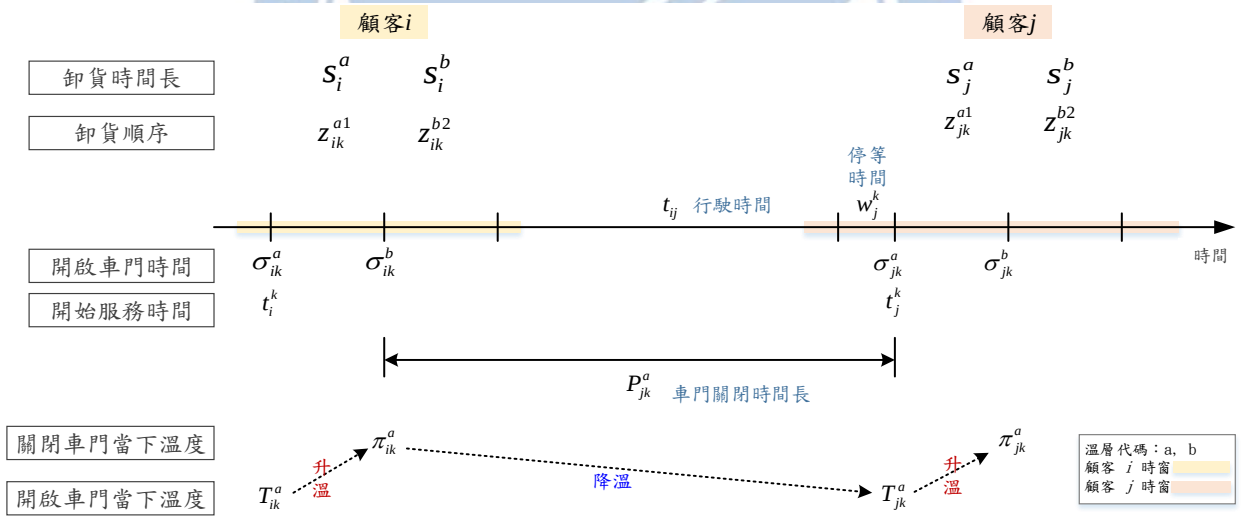


圖 3-7 數學模型之參變數關係圖

在介紹限制式前，本研究將模型中幾個重要變數的關係以時間軸的方式呈現如圖 3-7，圖中包含兩個顧客的距離、所指定的時窗和每個溫層所需的卸貨時間，兩個顧客均有相同的需求類型，一般具時窗之路線規劃模型(VRPTW)中所探討的停等時間為車輛在顧客視窗開始前抵達所需等待的時間，而本研究所考慮的停等情況有兩種，除了上述的情形外，也將車輛於開始卸貨作業前等待車廂內溫度下降至足夠低溫前的等待時間納入

考量，如圖 3-7 所示，車輛在服務時窗內抵達，為等待車廂內溫度下降所產生的停等時間。模型將安排溫層的卸貨順序，記錄兩個顧客點的抵達時間與各溫層結束卸貨的時間，進一步計算同一溫層兩次卸貨的時間間格，也就是車門關閉時間長，同時藉由溫度含數計算過程中開門與關門間的溫度變化，以下將限制式分成三大類一一介紹：

#### 1. 含顧客時窗與容量限制的車輛途程問題與各顧客之需求溫層的卸貨順序

限制式(2)至(5)為車輛路線規劃問題的相關限制，包含每位顧客僅能被一台車服務一次，過程中必須遵守流量守恒的限制，且所有車輛均自物流中心出發一次並回到物流中心。限制式(6)和(7)則為開始服務時間的限制，與過去文獻不同的地方在於本研究記錄車輛在過程中停等的時間( $w_i^k$ )，不同於以往僅考慮早到的停等時間，為了避免開門卸貨後車廂溫度超過規範，車輛在開始服務前亦可停等待車廂內溫度下降，透過限制式(7)計算該車輛在抵達顧客點到開始服務前的停等時間，並在目標式計算其成本。

車輛的容量限制式為(8)、(9)、(10)，由於本研究探討彈性隔層的多艙車輛，因此每個溫層的最大容量即為車廂的總容量，然而因車體在設計時已限制隔層的數量(受冷凍機組或車門數量的限制)，在限制式(10)計算隔層數量不得超過其溫層數的上限，限制式(8)與(9)則確保該車輛得以容下其服務路線中所有顧客需求溫層的體積和與所需隔板體積。

若該顧客有多項產品需求時，在開啟其中一個溫層進行卸貨的同時，其他溫層不受影響且車廂內溫度可持續降溫直至再次開啟時，儘管抵達時該車廂內溫度不夠低，仍可優先對其他溫層進行作業。因此，本研究規劃每個顧客所需溫層的卸貨順序，限制式(11)至(13)針對顧客所需的溫層給予一順序編號，若無該類需求在該顧客點就不分配卸貨順序。

#### 2. 各溫層之開始卸貨時間與車門關閉時間長計算

開始卸貨時間之計算可依照連續兩顧客( $i, j$ )的是否擁有同類型的溫層( $m$ )需求成四類：兩顧客均有該溫層  $m$  之需求(限制式(14))、顧客  $i$  有  $m$  溫層的需求但  $j$  沒有(限制式(15)、(16))、顧客  $i$  沒有  $m$  溫層的需求但  $j$  有(限制式(17))、兩顧客均無該溫層  $m$  的需求(限制式(18)、(19))。若該顧客沒有該溫層需求時， $\sigma_{ik}^m$  將等同於車輛抵達時間，另外以  $\gamma_{ik}^m$  記錄前一次該溫層結束卸貨的時間，以確保正確計算車門關閉的時間長。限制式(20)確保同一時間下只會對一個溫層進行卸貨作業。限制式(21)確保該顧客各溫層的開始卸

貨時間均於抵達時間之後，由於本研究限制同一顧客不同溫層的卸貨作業不可間斷，中途不會因溫度或其他因素進行停等，因此開始卸貨時間將不會超過抵達時間加上總卸貨時間長扣除該溫層的卸貨時間長。限制式(22)為所有溫層於物流中心結束卸貨時間均為 0，限制式(23)若第一位顧客無該溫層之需求，則前次結束卸貨時間亦為 0。

限制式(24)透過各顧客點各溫層的開始卸貨時間計算其關門時間長，若該顧客無該溫層之需求，則車門關閉時間長為 0。限制式(25)則是非該車輛服務的需求點，其車門關閉時間長亦為 0。

### 3. 藉分段線性化計算開門當下與關門當下之溫度

考量溫度變化曲線可能為非線性的情況，因此透過分段線性化的手法加入變數與限制式來計算車輛在服務過程中車廂內溫度的變化。本研究將車廂內溫度劃分成開門的升溫曲線與關門的降溫曲線。限制式(26)至(29)為開門後溫度的計算，考慮車門開啟當下的溫度與該溫層的卸貨作業時間長，找出兩者在兩軸斷點間的權重並計算開門作業完成後的車廂內估計溫度，限制式(30)至(32)則是三角形法的限制式，針對同一車輛的其中一個溫層在一顧客進行開門作業時的溫度計算，限制式(32)限制該點僅能用 1 個三角形來進行估算，如圖 3-5(a)的其中一個三角形，且三點的權重加總為 1(限制式(30)(31))，限制式(34)至(37)為關門後溫度的計算，限制式(33)則將上一個顧客開門作業完成後的溫度作為限制式(34)中關門當下的起始溫度，限制式(38)至(40)的做法與(30)至(32)相同。限制式(41)為每台車在離開物流中心時，車廂內溫度均為規範溫度的最低溫。限制式(42)與(43)則確保在開門或關門作業完成後的溫度均於該溫層的規範溫度範圍內。

限制式(44)至(60)定義各變數的值域。

## 第四章 演算法

依據第三章的數學模型整理後可將問題切割成兩部分(如圖 4-1)，第一部分為具時窗之多艙車輛途程問題(MCVRPTW)，再加上車輛抵達顧客時各個溫層的卸貨順序，第二部分為車廂內溫度的計算並確認各溫層在配送過程中是否遵守溫度的限制，目標式考慮車輛的行駛油耗成本、車輛停等閒置的油耗成本與產品在配送過程中損失的價值，除了因等待降溫所產生的油耗成本，其餘都和第一部分有關。然而第二部分的溫度計算則和第一部分的服務路線順序與卸貨順序息息相關，若溫度不符合限制仍須等待車廂內的溫度下降或更改路線。基於上述的數學模型架構，本研究將問題拆解成兩部分，首先在服務時窗與車輛容量的限制下建構每輛車的顧客服務路線，接著分別安排每一條路線中每位顧客的卸貨順序並計算車廂內溫度，若有違反溫度限制的情況，再回到第一部分進行路線調整，不斷遞迴尋找可行解。而第一部分中具時窗之多艙車輛途程問題(MCVRPTW)為 NP-hard 的問題(Coelho and Laporte, 2015)，面對大規模的問題求解時間也將快速增加，故本研究採用啟發式演算法在合理的計算時間內取得一個可接受的解。

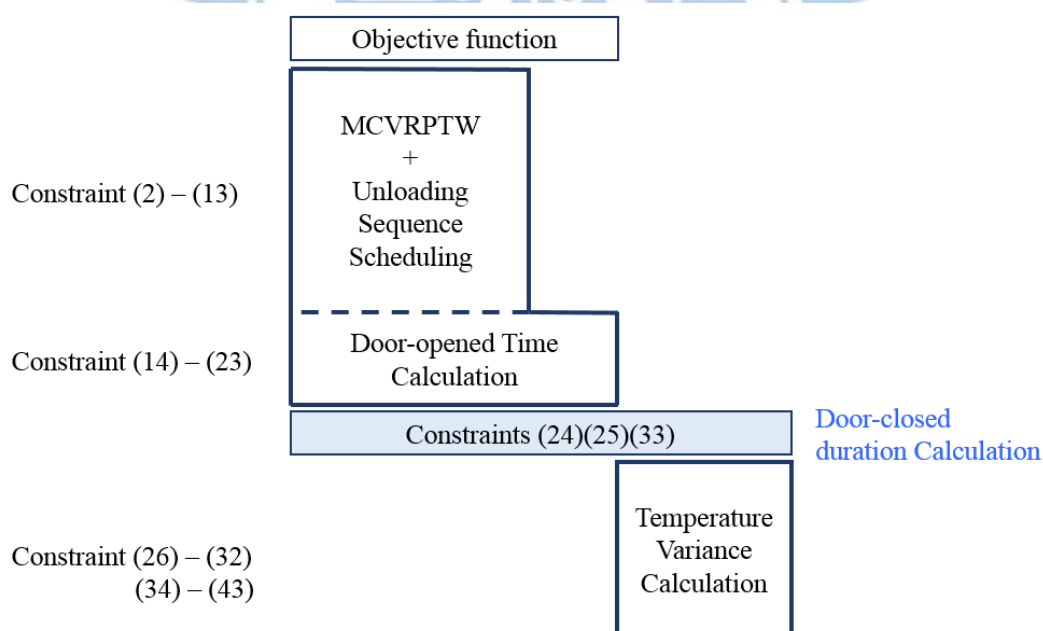


圖 4-1 本研究數學模型之架構圖

大規模鄰域搜尋法(Large Neighborhood Search Algorithm, LNS)在近年來被廣泛應用於車輛途程(VRP)相關的問題上，如：具時窗之車輛途程問題(VRPTW)(Shaw, 1998; Pisinger and Ropke, 2007)、具容量之車輛途程問題(CVRP)(Derigs et al., 2011; Pisinger and Ropke, 2007)、收送貨問題(PDPTW) (Ropke and Pisinger, 2006)，本研究屬於具容量之車

輾途程問題與具時窗之車輛途程問題的結合，根據 Toth and Vigo (2014)比較求解兩種問題的各種啟發式解法，LNS 均有不錯的表現。此方法最早由 Shaw (1998)提出並應用於車輛途程問題上，其屬於廣域搜尋法(Very large-scale neighborhood search, VLNS)的一種 (Pisinger and Ropke, 2010)，一般而言當搜尋範圍越大時，所得到的區域解會較好但十分費時，然而廣域搜尋法藉由不同的搜尋方法在鄰近區域做大範圍的搜尋，並同時兼顧求解時間和品質。大規模鄰域搜尋法(LNS)即從一個初始解開始，透過破壞(destroy)和修復(repair)兩個步驟有效率地針對大範圍的鄰近區域進行搜索並找尋更好的解，其最大的特色在於破壞和修復的方法可依照問題的特性做修改，可適應各樣問題的變形(Hübner and Ostermeier, 2018)，也使其在近年來能夠被廣泛的應用於各類型的問題上(Pisinger and Ropke, 2010)，因此本研究採 LNS 作為求解的方法。表 4-1 概述大規模鄰域搜尋演算法 (LNS)的流程。

表 4-1 LNS 架構之虛擬碼

---

**Algorithm 0** Large Neighborhood Search

---

```

1: Input: a feasible solution  $x$ 
2:  $x^b = x$ ;
3: repeat
4:    $x^t = r(d(x))$ ;
5:   if accept  $(x^t, x)$  then
6:      $x = x^t$ ;
7:   end if
8:   if  $c(x^t) < c(x^b)$  then
9:      $x^b = x^t$ ;
10:  end if
11: until stop criterion is met
12: return  $x^b$ 

```

---

資料來源：Pisinger and Ropke (2010)

步驟一(第 1-2 行)，給定一個可行的起始解  $x$ ，並將其視為目前的最佳解  $x^b$ 。

步驟二(第 4 行)， $d(\cdot)$  為破壞(destroy)方法的函式， $r(\cdot)$  為修復(repair)方法函式。現行解  $x$  傳入破壞的函式，將部分破壞後的解傳入修復函式，將其修復至形成一組可行解  $x^t$  後回傳。破壞的方式為 LNS 中最重要的過程，現行解  $x$  被破壞的程度將影響搜尋空間的大小，若對解進行大幅度地破壞，在修復時就近似於找一組新的解，此時必須花較多的時間重建亦或得到一組較差的解，因此在破壞時須留意是否能探索到整個環境而不陷於局部空間內。在修復時，則須確保被破壞後的不完整解能透過該種修復的方法重新建構成一組完整的解，並且確保其品質，若在修復過程中建構出一組較好的解，可能讓後

續幾次的計算都不斷往更好的方向前進，但修復的計算時間也相對拉長，因此若能利用修復的方法在此空間中找一組較佳的解，再利用破壞的過程去探索空間，將能使求解地過程更加有效率。

步驟三(第 5-7 行)，確認是否接受此組解  $x^t$  作為下一輪的起始解，最常見的方式為判斷該組解的目標值是否較前一組解好。在 Shaw(1998)的文章中僅接受更好的解，但近期也有文獻引入模擬退火法(Simulated annealing algorithm, SA)中的方法(如 Ropke and Pisinger ,2006)，若  $c(x^t) > c(x)$  時透過接受機率( $e^{-(c(x^t)-c(x))/T}$ ) 作為判斷依據。步驟四(第 8-10 行)，若此組解  $x^t$  優於當前的最佳解  $x^b$ ，則取代其成為新的一組最佳解。步驟五(第 11 行)，若達疊代次數上限或計算時間上限即終止運算，輸出當前的最佳解  $x^b$ 。

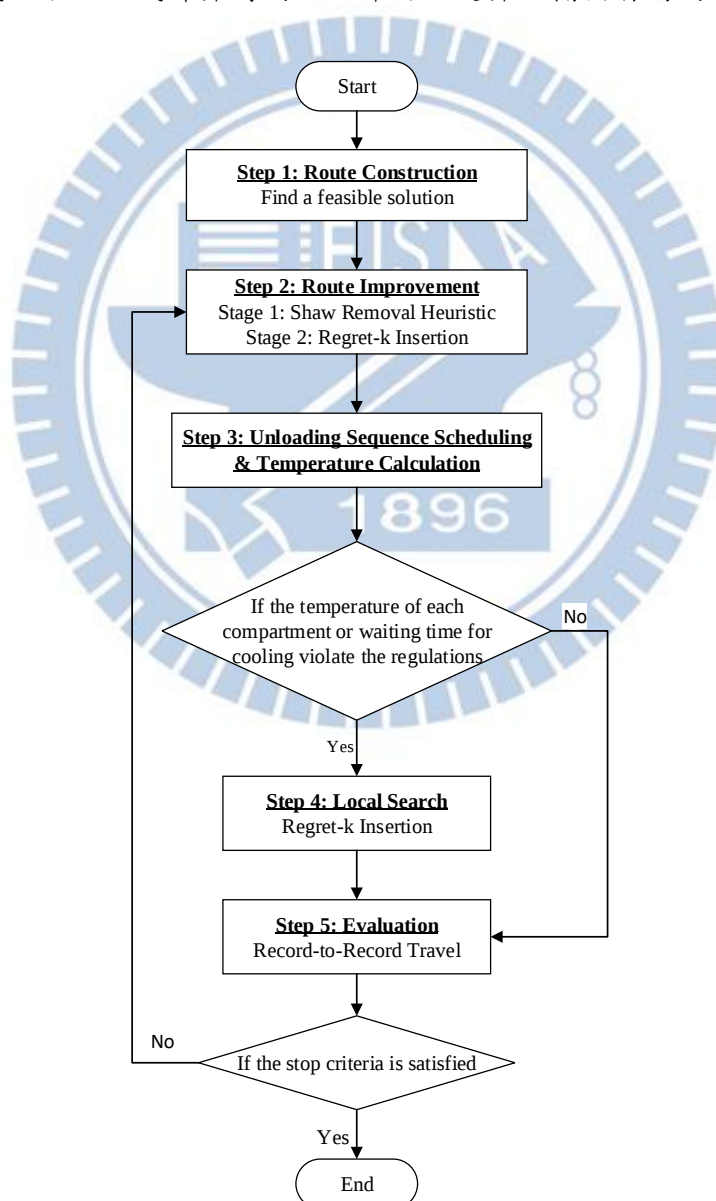


圖 4-2 本研究演算法之整體架構流程圖

本研究以大規模鄰域搜尋演算法為基礎，圖 4-2 概述了本研究演算法之流程，由於問題本身包含三個部分：各車輛的配送路線、各個溫層的卸貨順序、各個溫層在配送過程中的溫度，本研究將整個問題的求解演算發分成五個階段：產生起始的可行解、規劃車輛的服務路線、安排每一位顧客的卸貨順序並計算各個溫層的溫度、路線與卸貨順序之調整、是否接受當前解。在演算法中將在配送過程中的兩種停等狀況(早到產生的停等(WT)、降溫產生的停等(WC))分開討論，因新顧客加入路線後將可能使後方顧客的時間受到影響，此時因早到產生的停等(WT)可作為影響的緩衝，然而降溫產生的停等(WC)則視車廂內溫度的變化，兩者特性不同，為此須特別留意。

表 4-2 起始解建構之虛擬碼

---

**Algorithm 1** Route Construction

---

```

1: Set number of routes  $r$ 
2: Function InitialSol ()
3:   Array  $L$  = an array sorting all customers from  $C$  by three ordering rules
4:   Insert the first customer to each route from the top of  $L$  and remove them from  $L$ 
5:   While  $|L| \neq \phi$  do
6:     Select one customer  $j$  from the top of  $L$ 
7:     For all routes  $r$  do
8:        $c_{lr}(p) = \text{InsertCost}(j, r)$ 
9:     End for
10:    Insert customer  $j$  in route  $r$  with the lowest  $c_{lr}(p)$ 
11:    Remove customer  $j$  from  $L$ 
12:  End while
13:   $C^- = \text{Unloading}(Z_{\text{initial}}, LS(C^-, Z_{\text{initial}}))$ 
14:  If  $Z_{\text{initial}}$  is a feasible solution then
15:    Return initial solution  $Z_{\text{initial}}$ 
16:  Else
17:    Do
18:       $C^- = SR(Z_{\text{initial}}, r), Z_{\text{initial}} = RI(C^-, Z_{\text{initial}}, k), C^- = \text{Unloading}(Z_{\text{initial}}, LS(C^-, Z_{\text{initial}}))$ 
19:    While  $Z_{\text{initial}}$  is an infeasible solution
20:    End while
21:    Return initial solution  $Z_{\text{initial}}$ 
22:  End if
23: End function

```

---

表 4-2 為第一階段建構起始解之演算法，一開始利用平行插入法，在車輛容量限制與顧客服務時窗限制的條件下，迅速將所有顧客依序安排至路線中，建構起始的每輛車的服務路線，接著則依序安排車輛抵達顧客點後的卸貨順序，從每條路線中的第一位顧客開始找出其成本最小的卸貨順序並計算每個溫層的溫度變化，如果

過程中有任一個溫層的溫度違反限制則將該名顧客與其後方的所有顧客移除，待所有路線都確認後，最後利用 Regret-k 插入法把顧客安排至路線中。若在插入時出現至少一位顧客無法被安排進任何一條路線時，則返回至平行插入法所產生的路線順序，利用 Shaw Removal 和 Regret-k 插入法重新產生每輛車的服務路線，再依序安排每位顧客的卸貨順序和計算車廂內溫度的變化，反覆執行直到產生一組起始的可行解後，進入大規模鄰域搜尋演算法(LNS)的迭代過程。

在大規模鄰域搜尋演算法(LNS)中利用 Shaw Removal 和 Regret-k 插入法來改善當前車輛的路線。第二階段進行車輛路線規劃時僅考慮因早到而產生的停等時間，為了減少下一階段溫度計算時出現溫度超過規範或停等時間過長的情況，本研究利用 Shaw Removal 過程中須計算兩顧客的相似度，考慮各溫層的卸貨時間，盡可能讓鄰近顧客的需求不同。依照目前車輛服務路線的安排下，在第三階段依序找出各個顧客最佳的卸貨順序，計算過程中車廂內的溫度是否會違反限制，而開始作業前是否須等待車廂內溫度下降的時間，若顧客作業過程中的溫度超出標準範圍內或是等待時間過長，將違反限制的顧客與其後方的顧客移除該路線，並在第四階段找出適合的位置插入。於第四階段同樣利用 Regret-k 插入法把被移除的顧客安排回其中一條路線，此時須同時考量該顧客的加入是否會違反車輛容量限制、服務時窗限制與溫度限制，若發生無解的情況，則累計迭代次數並回到上一次的可行解繼續以拔除和插入的方式尋找下一組解。第五階段則決策是否更新當前解、最佳解和判斷是否達停止條件，本研究參考 Derigs(2011)的做法，利用 Record-to-Record Travel (RRT) 方法決定是否接受新的配送方案。表 4-3 為本研究整體演算法之虛擬法，以下將逐一介紹演算法中所使用到的平行插入法、破壞、修復的方法、終止條件、卸貨順序與溫度之計算方式。

表 4-3 本研究 LNS 之虛擬碼

---

**Algorithm 2** Large neighborhood search

---

Set allowed deviation  $D$ , termination limit  $limit$ , limit for resetting a solution  $reset$ ,  
removal parameter  $r$ , regret parameter  $k$

Construct an initial feasible solution  $Z_{initial} = \text{InitialSol}()$

**Function** LNS( $Z_{initial}$ )

$Z_{pre} := Z_{initial}$ ,  $Z_{best} := Z_{initial}$ , Set unsuccessful runs  $run = 0$

**While**  $true$  **do**

$Z_{tmp} := Z_{pre}$

**If**  $run = limit$  **then**

**Break;**

**Else if**  $run = reset$  **then**

        Remove half number of customers from  $Z_{tmp}$  using  $SR(Z_{tmp}, n/2)$

        Reinsert removed customers into  $Z'$  using  $RI(C^-, Z_{tmp}, k)$

$C^- = \text{Unloading}(Z_{tmp})$

$LS(C^-, Z_{tmp})$

**Else**

$C^- = SR(Z_{tmp}, r)$ ,  $Z_{tmp} = RI(C^-, Z_{tmp}, k)$ ,  $C^- = \text{Unloading}(Z_{tmp})$

$LS(C^-, Z_{tmp})$

**End if**

**If**  $Z_{tmp}$  is a feasible solution **then**

**If**  $\text{Objective}(Z_{tmp}) < \text{Objective}(Z_{best})$  **then**

$Z_{best} := Z_{tmp}$ ,  $Z_{pre} := Z_{tmp}$

            Reset  $run = 0$

**Else if**  $\text{Objective}(Z_{tmp}) \leq \text{Objective}(Z_{best}) * D$  **then**

$Z_{pre} := Z_{tmp}$ ,  $run++$

**Else**

$run++$

            Continue with original solution  $Z_{pre}$

**End if**

**Else**

$run++$

        Continue with original solution  $Z_{pre}$

**End if**

**End while**

**Return**  $Z_{best}$

**End function**

---

#### 4.1 起始路線插入法

在表 4-2 本研究建構起始解之虛擬碼中的第 3 行至第 12 行利用平行插入法 (Parallel Insertion Heuristic) 建構起始的每輛車的服務路線。VRP 問題中最廣為使用的路線建構方式屬節省法 (Saving Algorithm) 和插入法 (Insertion Heuristic) 兩種，由於本研究須同時考量車輛體積與顧客時窗，且可使用之車輛數已知，因此引用 Russell (1995) 所提出的平行插入法 (Parallel Insertion Heuristic) 作為建構起始路線的方式，此方法得以同時考量所有車輛，逐步加入顧客點，並選擇插入成本最小的路線並滿足車輛容量與顧客服務時窗的限制，此時尚未考慮各溫層的卸貨順序與溫度。

首先，在給定路線數(車輛數)的情況下，將所有顧客進行排序，排序的準則如下：

- i. 時窗開始時間( $a_i$ )較早者排序在前
- ii. 若時窗開始時間相同，則計算其時窗寬度和該顧客與起點之距離： $100(b_i - a_i) - c(0, i)$ ，值較小者排序在前
- iii. 若仍相同，則距離起點較遠者排序較前

排序完成後，依排序填入每條路線之第一位顧客。

每條路線皆填入第一位顧客後，針對下一個排序中未安排進路線中的顧客進行計算，先確認該顧客加入路線後是否會違反車輛的容量限制、顧客的時窗(流程如表 4-4)，並找出插入成本最小的路線與位置。

表 4-4 計算新顧客在路線中的插入成本之虛擬碼

---

**Algorithm 3** Insertion Cost Calculation

---

**Set** weight  $\alpha_1, \alpha_2$

**Function** InsertCost(customer  $j$ , route  $m$ )

**If** CapacityAndType ( $m, j$ ) **then**

**For** position  $p$  in route  $m$  **do**

**If** TWFeasibility ( $m, p, j$ ) **then**

            Calculate the insertion cost:  $c_1^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m) = \alpha_1 c_{11}^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m) + \alpha_2 c_{12}^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m)$

**Else**

$c_{1p}^m = \infty$

**End if**

**End For**

    value = the minimum value of  $c_{1p}^m$

**Return** value,  $p$

**Else**

**Return**  $c_{1p}^m = \infty, p = -1$ ;

**End if**

**End function**

---

插入成本中考慮行駛成本與開始服務時間差，計算方式如下：

$$c_1^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m) = \alpha_1 c_{11}^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m) + \alpha_2 c_{12}^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m)$$

- ◆  $\alpha_1, \alpha_2$  為給定的權重且  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$
- ◆  $j$  為新顧客， $i_p^m$  為在路線  $m$  位置  $p$  上的顧客(路線  $m$  上  $u$  位顧客的排序為  $i_0^m, i_1^m, \dots, i_{u-1}^m$ )
- ◆ 行駛成本變化量： $c_{11}^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m) = c(i_{p-1}^m, j) + c(j, i_p^m) - c(i_{p-1}^m, i_p^m)$ ， $c(a, b)$  為顧客  $a$  至顧客  $b$  的行駛成本
- ◆ 開始服務時間變化量： $c_{12}^m(i_{p-1}^m, j, i_p^m) = t_{j, i_p^m}^m - t_{i_p^m}^m$

[未插入新顧客  $j$ ] 顧客  $i_p^m$  的開始服務時間： $t_{i_p^m}^m = \max \left\{ a_{i_p^m}^m, t_{i_{p-1}^m}^m + S_{i_{p-1}^m} + t(i_{p-1}^m, i_p^m) \right\}$

[插入新顧客  $j$ ] 顧客  $i_p^m$  的開始服務時間： $t_{j, i_p^m}^m = \max \left\{ a_{i_p^m}^m, t_j^m + S_j + t(j, i_p^m) \right\}$

依序將顧客插入路線，若有顧客到最後仍無法插入任一路線中的任一位置，則新增一條路線，直到所有顧客都被安排進其中一條路線中。

在選擇路線與位置的過程中，由於本研究在路線規劃上具有車輛硬體上的限制與顧客時窗的限制，為此將顧客加入該路線前，須確認加入後是否會超過車輛的容

量或隔層數的限制，還有加入後是否滿足該顧客的時窗與對其他顧客開始服務時間的影響，以下將說明車輛硬體可行性與服務時窗可行性的兩種演算法。

針對車輛硬體可行性上主要包含兩部分：車輛總體積的限制與車輛最大溫層數的限制，其演算法流程如表 4-5，車輛總體積包含所有貨品的體積總和與隔板的體積，若總體積或是類別數任一項超過限制，則該顧客無法加入當前路線中。

表 4-5 車輛硬體可行性之虛擬碼

---

|                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Algorithm 4</b> Capacity and type Feasibility Check                                                                                |
| <b>Function</b> CapacityAndType (route $m$ , customer $i$ )                                                                           |
| Calculate $type\_count$ = total types of demand of all customer $j$ in route $m$ and customer $i$                                     |
| Calculate $capacity$ = total demand volume of all customer $j$ in route $m$ and customer $i$<br>+ bulkhead volume*( $type\_count-1$ ) |
| <b>If</b> $type\_count \leq m$ and $capacity \leq Q$ <b>then</b>                                                                      |
| <b>Return</b> true                                                                                                                    |
| <b>Else</b>                                                                                                                           |
| <b>Return</b> false                                                                                                                   |
| <b>End if</b>                                                                                                                         |
| <b>End function</b>                                                                                                                   |

---

新顧客的加入對時間的影響在於新顧客的開始服務時間是否於服務時窗內，而原本路線上顧客的開始服務時間是否仍在服務時窗內，本研究參考 Solomon (1987) 所提出的 Push forward 方法，演算法的虛擬碼如表 4-6，此方法在確認的過程中插入位置前方所有顧客的資訊均維持不變，只須計算原本在該插入位置點上的顧客與後方顧客的影響，以下搭配圖 4-3 與圖 4-4 進行說明。

表 4-6 服務時窗可行性之虛擬碼

---

**Algorithm 5** Time Windows Feasibility Check

---

**Function** TWFeasibility (route  $m$ , insert position  $p$ , customer  $u$ )

---

Calculate the start time of  $i$  at  $p$  :  $t_{i_p}^m = \max \left\{ a_{i_p}, t_{i_{p-1}}^m + S_{i_{p-1}} + t(i_{p-1}, i_p) \right\}$

**If**  $t_u^m \leq b_u$  **then**

**If**  $u$  inserted in the end of route  $m$  **then**

**If**  $t_u^m + S_u + t(u, 0) \leq b_0$  **then**

**Return** *true*

**Else**

**Return** *false*

**End if**

**Else**

        Calculate new start time of customer  $i_p$  at  $p$  at first :  $t_{u,i_p}^m = \max \left\{ a_{i_p}, t_u^m + S_u + t(u, i_p) \right\}$

        Calculate the *push forward* in the schedule:  $PF_{i_p} = \max \left\{ t_{u,i_p}^m - t_{i_p}^m, 0 \right\}$

**For** customer  $i_k$  at position  $k$  in route  $m$ ,  $p \leq k \leq h-1$  **do**

**If**  $t_{i_k}^m + PF_{i_k} \leq b_{i_k}$  **then**

                Calculate waiting time for early arriving:

$$WT_{i_{k+1}}^m = \max \left\{ 0, a_{i_{k+1}} - (t_{i_k}^m + S_{i_k} + t(i_k, i_{k+1})) \right\}$$

                Calculate the *push forward* of  $i_{k+1}$  :  $PF_{i_{k+1}} = \max \left\{ 0, PF_{i_k} - WT_{i_{k+1}} \right\}$

**If**  $PF_{i_{k+1}} = 0$  or  $i_{h+1}$  is the end of route  $m$  **then**

**Return** *true*

**End if**

**Else**

**Return** *false*

**End if**

**End for**

**End if**

**Else**

**Return** *false*

**End if**

**End function**

---

圖 4-3 為新顧客  $u$  加入前的配送規劃，由於顧客 2 和顧客 3 的抵達時間較服務時窗早，因此在抵達後均經過一段停等時間才進行服務，圖 4-4 為新顧客  $u$  加入後的配送規劃，顧客  $u$  取代顧客 2 成為第二位被服務的顧客，此時顧客 1 的開始服務時間不受影響，但顧客 2 的開始服務時間被往後推了  $PF_2 = t_{u,2} - t_u$ ，其開始服務時間仍在時窗內。在結束顧客 2 的服務後前往顧客 3，由於尚未加入新顧客前，顧客 3 在開始服務前有一段停等時間，在新顧客加入後，其需要被延後的時間等同於時

窗的停等時間，因此開始服務時間正好為服務時窗的開始時間，顧客3的結束服務時間與未加入新顧客前相同，連帶後方顧客4的開始服務時間也不變。藉由上述說明可以發現，若後方顧客在新顧客加入前有時窗等待的時間，此時在新顧客加入後可做為緩衝，減少後方顧客開始服務時間的變化量，當後推的時間均被時窗等待時間折抵後( $PF=0$ )，則後方顧客的開始服務時間均不受影響，此方法可減少演算法中的計算次數，其最佳的情況時只須計算一個顧客(如圖 4-4 中僅須計算到顧客 3)即可，最差的情況則須計算至該路線的最後一位顧客。

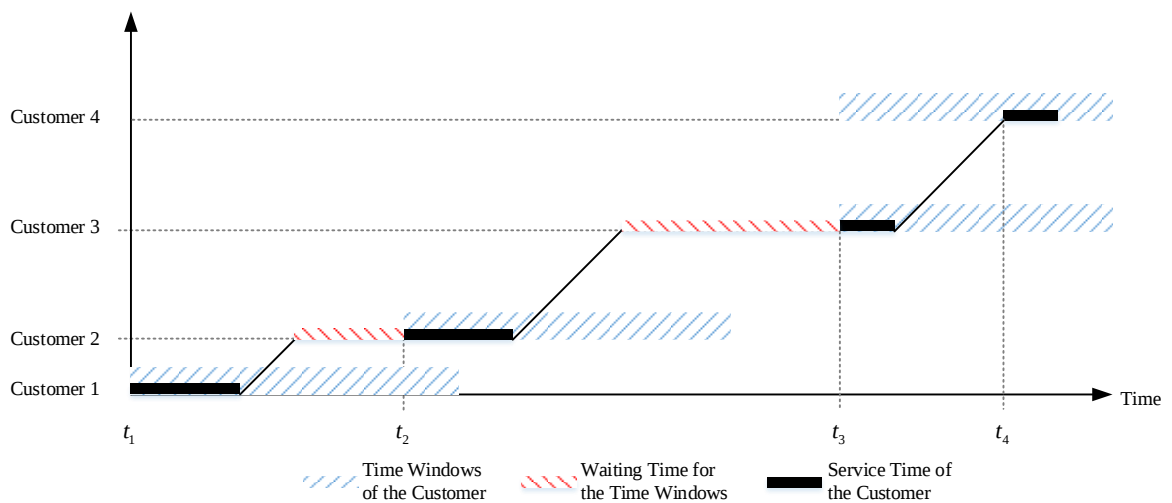


圖 4-3 配送時間軸——加入新顧客前

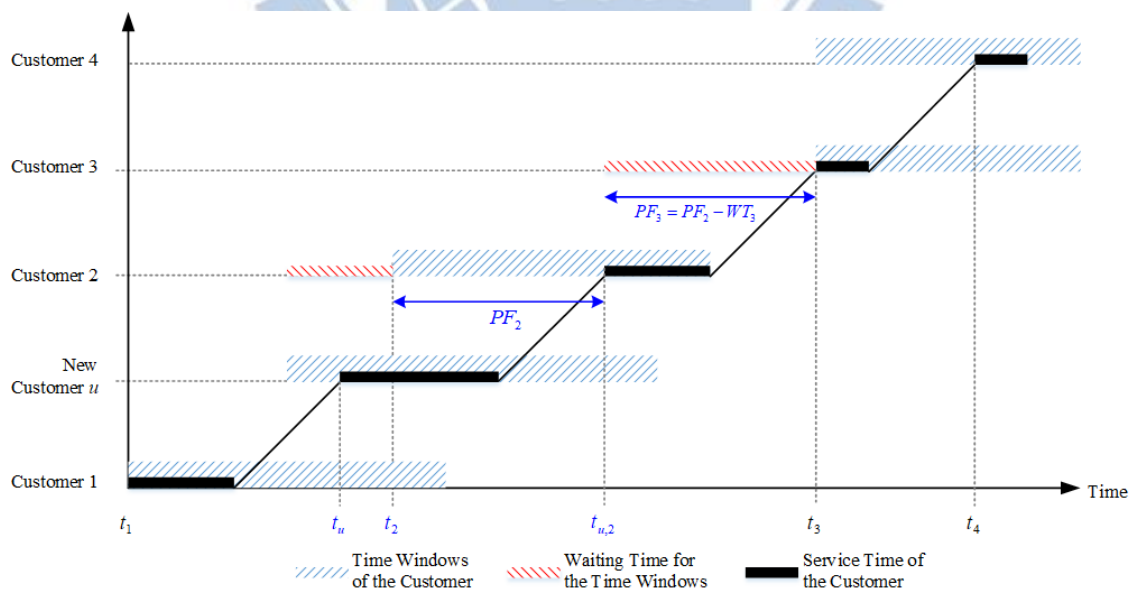


圖 4-4 配送時間軸——加入新顧客後

綜合上述說明，若新顧客為路線中的最後一個顧客，只須確認其開始服務時間與回到配送中心的時間是否符合時窗，若新顧客的插入未至於路線中或是為第一個顧客，在演算法中首先須計算加入新顧客後，對原本在該位置上的顧客其開始服務時間是否有延後、延後了多長的時間，且是否會超出時窗的下界，接著計算下一位顧客原本開始服務前的停等時間能夠抵去多少延後的時間，若能完全抵銷則下一位顧客新的開始時間不受影響，若只能抵消部分延後的時間，則須繼續確認下一位顧客直到延後的時間被完全抵消，若是檢查至最後一位顧客即可停止。若途中有任一顧客無法於服務時窗內進行服務，在該顧客無法插入該位置。

## 4.2 改善路線移除法

根據 Derigs (2011) 比較 3 種常見的移除方法，其中以 Shaw (1998) 所提出的 Shaw Removal 的表現最好，因此本研究選用 Shaw Removal 作為 LNS 中破壞(destroy)的方法。該方法先隨機選擇一位顧客，藉由計算相似度(Similarity)將重要的特徵納入考量後移除與該顧客相似度最高者，每次均隨機選擇一位顧客來計算與其他顧客間的相似度，增加解的多樣性，其演算法流程如表 4-7。

表 4-7 Shaw Removal 之虛擬碼

---

### Algorithm 6 Shaw Removal

---

Set a determination parameter  $h \geq 1$ , weight  $\chi, \phi, \omega, \psi, \delta$

**Function** SR(solution  $Z$ , number of customers to remove  $r$ )

Randomly select a customer  $i$  from  $Z$  and remove it from  $Z$

Set of removed customer  $C^- = \{i\}$

**While**  $|C^-| < r$  **do**

$i$  = a randomly selected customer from  $C^-$

    Array  $L$  = an array containing all customers from  $Z$  not in  $C^-$

    Sort  $L$  in descending order based on  $R(i, L[j])$

    Choose a random number  $y \in [0, 1)$

$C^- = C^- \cup \{L[y^h | L|]\}$

    Remove the customers from  $Z$  to  $C^-$

**End while**

**End function**

---

首先，先從所有路線中的所有顧客隨機選一位顧客  $i$ ，將其移至被移除顧客的集合  $C^-$ ，接下來計算被移除的顧客  $i$  與路線中所有顧客的相似度，當  $R(i, j)$  越大時

則兩顧客的相似度越低，為避免重複搜索相同解空間，盡可能在過程中找出不同的組合，為此本研究將優先移除相似度較高的顧客，而相似度的計算公式如下：

$$\frac{1}{R(i, j)} = \chi \cdot \frac{W_{ij}}{W_{\max}} + \phi \cdot \frac{c(i, j)}{c_{\max}} + \omega \cdot p(i, j) + \psi \cdot \sum_m \frac{|q_i^m - q_j^m|}{q_{\max}^m} + \delta \cdot \sum_m |s_i^m - s_j^m|。$$

$R(i, j)$  中包含 5 項元素重要：時窗、距離成本、需求類別的多樣性、產品需求量與各溫層的服務時間， $\chi, \phi, \omega, \psi, \delta$  為事先給定的權重，可依照其重要程度給予 1 至 10 之間的整數。

第一項為兩顧客時窗的相關性， $W$  為兩顧客服務時窗寬度的差值，計算方式為：

$$W_{ij} = \left| \frac{b_i - a_i}{2} - \frac{b_j - a_j}{2} \right|, W_{\max} \text{ 為所有顧客中服務時窗最長的顧客，當 } W_{ij} \text{ 越小時代表其}$$

中一人的服務時窗有可能涵蓋另一位顧客的時窗或是兩者的時窗相同，因此比值越小時兩顧客的關聯性越高。第二項為兩顧客的距離， $c_{\max}$  為距離最遠的兩顧客點，當  $c(i, j)$  越小表示兩顧客點的距離越近，相似度越高。第三項為需求的多樣性， $p(i, j)$  為 0,1 變數，當兩顧客具有任一種相同溫層的需求時，則  $p(i, j) = 0$ ，若所有需求種類均不同時則為 1。第四項為各溫層需求體積差異與最大需求體積量的比值，當兩顧客的需求量較相近時，彼此在車輛體積的取代性也越高，其相似度越高。第五項為相同溫層的服務時間差，為了避免後續計算溫度時，若兩顧客的卸貨時間均較長，配送過程中可能需要等待降溫的停等成本，因此當兩顧客相通溫層的服務時間差值越大時，本研究視兩顧客的關聯性較低。

計算完顧客  $i$  與其他未被移除顧客的相似度後，依照相似度由大至小排序，此時可藉由  $y$  和  $h$  來選擇被移除的對象，此時被選中的顧客不一定為相似度最高的，而是排在第  $y^h |L|$  個的顧客，若  $y$  值越小、 $h$  值越接近 1 時，則選出的顧客與顧客  $i$  的關聯性越高；若  $y$  值越大、 $h$  值越接近 1，則能選到其他顧客，藉此能夠增加選出顧客的多樣性，但彼此的差異也不會相距過大。

選出顧客後，將其從路線中移至  $C^-$ ，當  $C^-$  中的顧客數仍未達預定的移除數量時，繼續從  $C^-$  中隨機選出一名顧客，並計算其與其他路線中的顧客之相似度，依照上述的作法計算後排序、移除，直到達預定數量  $r$  為止。

### 4.3 改善路線插入法

在重建的演算法中，本研究參考 Ropke and Pisinger (2006)和 Pisinger and Ropke (2007)，選用 Regret-k 演算法作為本研究重建路線的方法，相較於貪婪式插入法 (greedy heuristic)，Regret-k 演算法在選擇顧客與插入位置時除了考量現階段插入的情況，同時蒐集後續的資訊，減少在最後幾輪難以找到符合限制的位置之情形。其演算法如表 4-8。

表 4-8 Regret-k Insertion 之虛擬碼

---

#### Algorithm 7 Regret-k Insertion

---

**Set** parameter  $k$

**Function** RI(removed customer  $C^-$ , current partial solution  $Z$ )

**While**  $|C^-| > 0$  **do**

**For**  $i \in C^-$  **do**

**For all** route  $m \in K$  in  $Z$  **do**

$value_i^{m_p} = \text{RegretValue}(i, m)$

**End for**

        Array  $L = \text{Sort } value_i^{m_p}$  for the routes in increasing order

        Calculate  $regret_i^{m_p} = \sum_{u=1}^{k-1} (L[u] - L[0])$

**End for**

    Remove customer  $i$  from  $C^-$  which  $\max_{i \in C^-} regret_i^{m_p}$

    Insert customer  $i$  at position  $p$  in route  $m$

**End while**

**Return**  $Z$

**End function**

---

首先，計算  $C^-$  中的所有顧客在各路線中最佳的位置與增加的成本，利用  $value_i^{m_p}$  紀錄顧客  $i$  加入路線  $m$  中最好的位置  $p$  所增加的目標值，計算流程如表 4-9。一開始先利用表 4-5 確認該顧客  $i$  加入路線  $m$  後是否會超過車輛硬體的限制，若為是則無法加入該路線，將其增加的成本  $c_p$  設定為極大值；若為否則開始尋找該路線中成本變動最小的位置。在選擇插入路線中每一個位置時，須先利用表 4-6 的方法確認插入後是否導致任一顧客違反時窗的限制，若為是則增加的成本亦設定為無限大，並進行下一個位置的計算；若為否，則計算插入該位置  $p$  後對於目標值的增加量，此時目標值的計算方式如下：

$$objective = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i \in C} eWT_i^k + \sum_{i \in C} \sum_{k \in K} \sum_{m \in W} \Omega^m D_i^m \delta^m t_i^k d_i^m$$

第一項為行駛的油耗成本，第二項為因早到產生的停等油耗成本，由於目前尚未安排卸貨順序與計算溫度，因此未將因降溫產生的油耗成本納入考量，第三項為產品在配送過程中損失的價值，因尚未安排卸貨順序，無各溫層開始卸貨的時間，為此利用車輛抵達時間取代所有溫層的開始作業時間。

計算完該路線所有可插入的位置後，回傳目標值變化量最小的位置與變化量。

表 4-9 搜尋路線中最佳位置之虛擬碼

---

**Algorithm 8** Regret Value Calculation

---

**Function** RegretValue(customer  $i$ , route  $m$ )

**If** CapacityAndType ( $m, i$ ) **then**

**For** position  $p$  in route  $m$  **do**

**If** TWFeasibility ( $m, p, i$ ) **then**

$m_{new}$  = the route after inserting customer  $i$  at position  $p$  into route  $m$

            Calculate the change in the objective  $c_p = objective(m_{new}) - objective(m)$

**Else**

$c_p = \infty$

**End if**

**End For**

$value = \min_p c_p$

**Else**

$value = \infty, p = -1$

**End if**

**Return**  $value, p$

**End function**

---

回到表 4-8 的演算法中，計算完該顧客在所有路線的位置與目標值變化量後，將結果依目標值變化量由小到大排序，接下來引用 regret-k 演算法中的計算公式：

$$regret_i^{m_p} = \sum_{u=1}^{k-1} (L[u] - L[0]), \quad L[0] \text{ 為目標值變化量最小的路線與位置, } k \text{ 值為給定的}$$

參數 (total number of routes  $\geq k \geq 2$ )，藉由加總後續  $k$  個位置目標值的變化量與最佳位置目標值的變化量的差值，做為評估所有顧客中誰須優先插入其最佳的位置。當  $regret_i^{m_p}$  的值越大時，表示該顧客的急迫性越高，若在此階段未加入其最佳的路線中，在後續搜尋中可能更難找到符合限制的位置。選擇  $regret_i^{m_p}$  值越大的顧客加入其最佳路線與位置後，更新  $C^-$  中剩餘顧客在各路線的最佳位置與目標值變化量，反覆計算與比較後，一一加入顧客直到所有  $C^-$  中的顧客均回到路線中。

#### 4.4 卸貨順序安排與車廂內溫度計算

經過上一階段安排好配送路線後，接著在既定路線順序上依序安排每個顧客每個溫層的卸貨順序，選擇停等時間最少的做為該顧客的卸貨順序，此時可直接利用升溫與降溫函數計算配送過程中的溫度變化。本研究設定一個容許停等降溫時間的上限( $wc\_limit$ )，若在過程中違反溫度規範、因停等導致後續出現違反服務時窗的狀況或停車等待時間過長，此時將移除該顧客與路線中在其後方的所有顧客，本階段整體演算法如表 4-10。

表 4-10 卸貨安排與溫度計算之虛擬碼

---

**Algorithm 9** Unloading Process

---

**Function** Unloading(solution  $Z$ )

**For** all route  $r$  **do**

**Initialize** Door-closed duration:  $CT = 0$

        Door-opened temperature of each compartment  $m$ :  $IT = u^m$

**For** all customer  $i$  at position  $p$  in route  $r$  **do**

        Find minimum waiting for cooling time of customer  $i$ :

$WC = \text{AllPossible}(\text{demanded compartment type, start servicing time, } CT, IT)$

**If**  $WC \leq wc\_limit$  **then**

**If**  $WCTW(\text{route } m, \text{position } p, \text{wait for cooling time } WC)$  **then**

                Updated the start service time, door-closed temperature, door-opened temperature

**Else**

                Remove the customer from position  $p$  to the end of this route to set  $C^-$

                Break;

**End if**

**Else**

            Remove the customer from position  $p$  to the end of this route to set  $C^-$

            Break;

**End if**

**End for**

**End for**

**End function**

---

首先，所有車輛從配送中心出發時，其車廂內溫度均設定為該車廂規範溫度的下界。從每條路線的第一位顧客開始，計算所有卸貨順序的組合中停等時間最小的排序，其演算法如表 4-11。在已知抵達開始服務時間的情況下，可計算每個需求溫層開始卸貨的時間，接著計算該溫層從上一次卸貨完成關閉車廂門到此次開門作業前的車門關閉時間長，用以計算車廂內溫度下降至幾度。由於開門卸貨時間長已知，因此可計算在該溫度下開門作業後，車廂內溫度使否會超過規範溫度之上界，若可維持在過規範溫度內，則繼續計算該顧客的下一種需求；若超過規範溫度之上界，

此時須計算在開門作業前須預留的降溫時間長  $WC_h$ 。計算完同一個顧客的所有溫層後，可得每種溫層所需的降溫時間，而本研究規定車輛僅能在抵達後到開始卸貨作業前進行停等降溫，在卸貨期間作業不中斷，因此綜合該顧客所有溫層的降溫時間後，取  $WC_h$  最長者作為該顧客在開始作業前所需的車輛停等降溫時間  $WC$ 。

表 4-11 安排卸貨順序之虛擬碼

---

|                                               |                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Algorithm 10</b>                           | All Possible Unloading Sequence                                                                                                                                                      |
| <b>Function</b>                               | AllPossible( demand types, start servicing time $ST$ , last Door-closed time of each compartment $CT_{(y)}$ , Door-closed temperature of each compartment when arriving $IT_{(y)}$ ) |
| <b>For</b>                                    | all possible sequence $k$ <b>do</b>                                                                                                                                                  |
| <b>For</b>                                    | all position $h$ <b>do</b>                                                                                                                                                           |
| <b>If</b>                                     | $h = 0$ <b>then</b>                                                                                                                                                                  |
| Calculate the door-opened time:               | $\sigma_{y(h)} = ST + s_{i_p}^{y(h)}$                                                                                                                                                |
| <b>Else</b>                                   |                                                                                                                                                                                      |
| Calculate the door-opened time:               | $\sigma_{y(h)} = \sigma_{h-1} + s_{i_p}^{y(h)}$                                                                                                                                      |
| <b>End if</b>                                 |                                                                                                                                                                                      |
| Calculate the door-closed duration:           | $P_{y(h)} = \sigma_{y(h)}^{i_p} - \sigma_{y(h)}^{i_{p-1}} - s_{i_{p-1}}^{y(h)}$                                                                                                      |
| Calculate the needed waiting for cooling time | $WC_h$                                                                                                                                                                               |
| <b>End for</b>                                |                                                                                                                                                                                      |
| Find the maximum waiting time in the sequence | $WC_k = \max \{WC_h\}$                                                                                                                                                               |
| <b>End for</b>                                |                                                                                                                                                                                      |
| $WC = \min \{WC_k\}$                          |                                                                                                                                                                                      |
| <b>Return</b>                                 | $WC$                                                                                                                                                                                 |
| <b>End function</b>                           |                                                                                                                                                                                      |

---

找出停等時間最短的卸貨順序組合後，先確認停等時間是否超過停等時間之規定，若為是，將該顧客與其後方的所有顧客移除並結束該路線的運算；若為否，則確認加入停等時間後對後方顧客的影響，其確認流程如表 4-12。概念和表 4-6 相似，但此時往後推的時間長即為該顧客停等降溫的時間，若後方顧客的早到停等時間  $WT$  足以抵銷  $WC$ ，代表後方顧客仍可在時窗內進行服務，此顧客得以新增停車降溫的時間，若可能導致後方顧客違反時窗限制，則將該顧客與其後方的所有顧客移至  $C^-$  並結束該路線的運算。同樣搭配圖 4-3 和圖 4-5 來說明，經過計算後顧客 2 在開始卸貨前須等待  $WC$  的時間，其開始服務前的總停等時間即為圖上時窗前的早到時間(紅色區塊)加上停等降溫的時間(綠色區塊)，此時顧客 2 的開始服務時間仍在時窗內，原本顧客 3 在開始服務前的早到的時間足以抵銷顧客 2 往後延的時間，因此

後續所有顧客的時間均不受影響。待確認所有路線後，結束此階段的計算。

表 4-12 加入降溫時間後時窗可行性之虛擬碼

---

**Algorithm 11** Time Windows Feasibility Check \_ Waiting Time

---

**Function** WCTW (route  $m$ , position  $p$ , wait for cooling duration  $WC$ )

New start time of customer  $i$  after  $WC$ :  $t\_new_{i_p}^m = t_{i_{p-1}}^m + S_{i_{p-1}} + t(i_{p-1}, i_p) + WC$

Calculate  $PF_{i_p} = WC$

**If**  $t\_new_{i_p}^m \leq b_{i_p}$  **then**

**For** customer  $j$  at position  $k$  in route  $m$ ,  $p \leq k \leq h$  **do**

$t\_new_{i_k}^m = t\_new_{i_{k-1}}^m + S_{i_{k-1}} + t(i_{k-1}, i_k)$

**If**  $t\_new_{i_k}^m \leq b_{i_k}$  **then**

        Calculate  $WT_{i_{k+1}} = \max \{0, a_{i_{k+1}} - t\_new_{i_k}^m\}$ ,  $PF_{i_{k+1}} = \max \{0, PF_{i_k} - WT_{i_{k+1}}\}$

**If**  $PF_{i_{k+1}} = 0$  or  $i_{k+1}$  is the depot of route  $m$  **then**

        break;

**End if**

**Else**

        break;

**End if**

**End for**

**End if**

Return *true*

**End function**

---

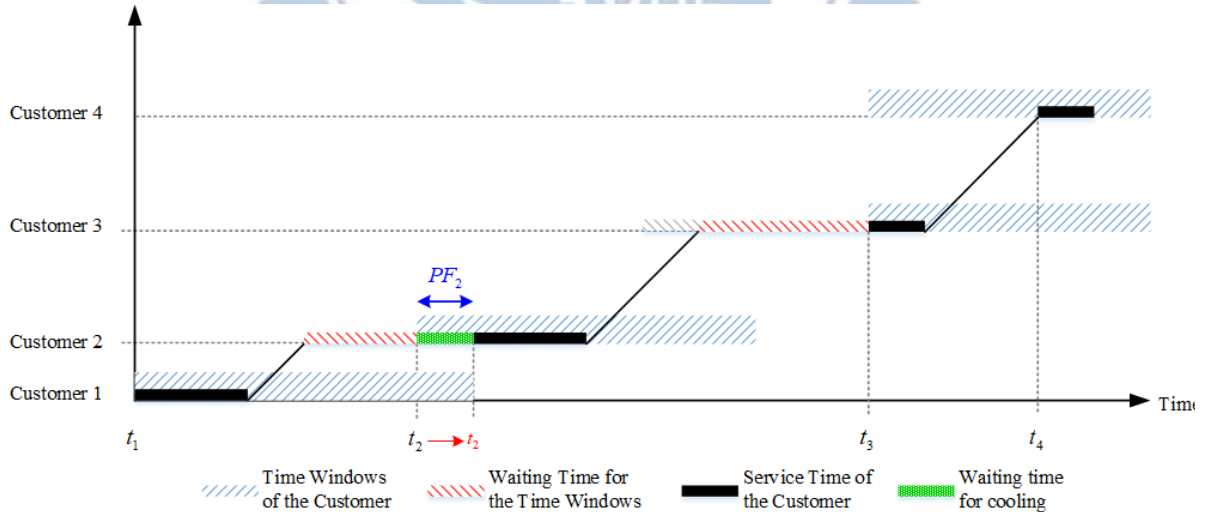


圖 4-5 配送時間軸 — 加入降溫停等時間

#### 4.5 路線與卸貨順序調整

承接上個步驟，若有顧客違反溫度限制或等待降溫的時間過長而遭移除，將在此階段沿用 Regret-k 演算法的概念把顧客依序插入路線中，然而此時已知路線上顧客的溫層卸貨順序，因此目標值的計算方式即與數學模型相同。依序計算所有被移除顧客在所有路線中可被插入位置的成本變化量與 regret 值，每次選擇一位 regret 值最大的顧客插入其成本變化量最小的路線與位置，整體演算法流程如表 4-13。

表 4-13 路線與卸貨順序調整之虛擬碼

---

##### Algorithm 12 Local Search

---

**Function**  $LS$  (removed customer  $C^-$ , current partial solution  $Z_c$ )

**While**  $C^- \neq \emptyset$  **do**

**For**  $i \in C^-$  **do**

**For** all route  $r \in K$  in  $Z_c$  **do**

$value_i^{r_p} = LS\_RegretValue(i, r)$

**End for**

        Array  $L = \text{Sort } value$  for routes in increasing order

**If**  $L[0] \neq \infty$  **then**

            Calculate  $regret_i^{r_p} = \sum_{u=1}^{k-1} (L[u] - L[0])$

**Else**

**Return** a infeasible solution  $Z_c$

**End if**

**End for**

    Remove customer  $i$  from  $C^-$  which  $\max_{i \in C^-} regret_i^{r_p}$

    Insert customer  $i$  at position  $p$  in route  $r$  and remove  $i$  from  $C^-$

**End while**

**Return** a feasible solution  $Z_c$

**End function**

---

表 4-14 則計算每個顧客在每條路線中成本最小的位置與其加入後增加的成本，和表 4-9 不同的地方在於此次計算除了要確認車輛容量上限與服務時窗之外，同時必須安排該顧客在該位置上的溫層卸貨順序與降溫停等時間，並確認溫度符合規定且降溫停等時間不使後續顧客違反其服務時窗。

表 4-14 計算卸貨順序並搜尋路線中最佳位置之虛擬碼

---

**Algorithm 13** Local Search\_Regret Value Calculation

---

**Function** LS\_RegretValue(customer  $i$ , route  $r$ )

**If** CapacityAndType ( $r, i$ ) **then**

**For** position  $p$  in route  $r$  **do**

**If** TWFeasibility ( $r, p, i$ ) **then**

            Calculate the information of customer  $i$ : start service time  $ST$ , Door-closed time of each compartment last time  $CT_{(y)}$ , Door-closed temperature of each compartment when arriving  $IT_{(y)}$

$WC = \text{AllPossible}(\text{unloading sequence}, ST, CT_{(y)}, IT_{(y)})$

**If**  $WC \leq wc\_limit$  **then**

$r_{new}$  = the route after inserting customer  $i$  at position  $p$  into route  $r$

**If** WCTW(route  $r_{new}$ , position  $p$ ,  $WC$ ) **then**

**For** the customer  $j$  after customer  $i$  **then**

                        Calculate the waiting time for cooling ( $WC_j$ ) and updated  $ST_j$

**If**  $WC_j \leq wc\_limit$  and  $ST_j \leq b_j$  **then**

                            Calculate  $c_p = \text{objective}(m_{new}) - \text{objective}(m)$

**Else**

$c_p = \infty$ , Next insertion position

**End if**

**End for**

**Else**

$c_p = \infty$ , Next insertion position

**End if**

**Else**

$c_p = \infty$ , Next insertion position

**End if**

**End For**

$value = \min_p c_p$

**Else**

$value = \infty, p = -1$

**End if**

    Return  $value, p$

**End function**

---

當新顧客加入原路線時，搭配圖 4-6 進行說明，當新顧客 3 加入該路線中顧客 1 和顧客 2 之間且顧客 3 具有溫層 B 的需求，利用表 4-11 的方法找出在此路線下若顧客 2 更改其卸貨順序，對總成本的影響最小。但是當原路線中共有  $n$  個顧客，此時新顧客共有  $n+1$  個候選位置，假設該顧客加入任何一個位置均遵守車輛容量與服務時窗的限制，一一計算插入每個位置後的總成本、新顧客在該位置上成本最小的

卸貨順序與溫度、該位置後方顧客的卸貨順序與溫度，共須計算  $\frac{(n+2)(n+1)}{2}$  次，

將使計算時間拉長，權衡求解品質與計算時間，本研究在不更動原本在路線上之顧客卸貨順序下，安排該顧客於該位置上成本最小的卸貨順序，再依序確認後方顧客的降溫停等時間與是否違反其服務時窗，若有任一顧客的溫度超過標準、降溫停等時間(WC)過長或是超過服務時窗，則此顧客不得加入該位置。

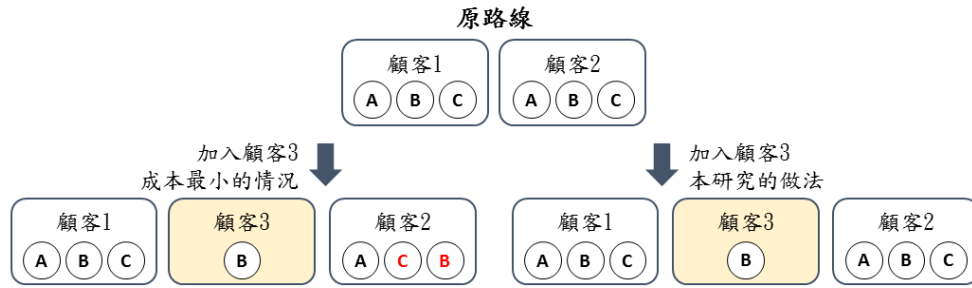


圖 4-6 加入新顧客對其他顧客的影響示意圖

此階段的目標式如下：

$$objective = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij}^k + \sum_{k \in K} \sum_{i \in C} e (WT_i^k + WC_i^k) + \sum_{i \in C} \sum_{k \in K} \sum_{m \in W} \Omega^m D_i^m \delta^m \sigma_i^k d_i^m$$

由於已知各顧客的卸貨順序與停等降溫時間，此時成本的計算方式即與數學模型相同，第一項為行駛的油耗成本，第二項為停等的油耗成本，包含等待時窗開始的時間與等待車廂內溫度下降停等的時間，第三項為自配送中心出發至送達顧客過程中所損失的產品價值，此時可以各個溫層開啟車廂門開始卸貨的時間來計算。

若有任一位顧客無法加入目前任何一條路線中即停止計算，記錄為一組不可行解並回傳至主程式，若所有顧客皆能被安排回路線中，則回傳此組可行解至主程式進行比較與判斷。

## 4.6 目前最佳解更新及演算法終止條件設定

透過上述步驟產生一組新的配送方案後，在決策層判斷是否接受新的解，其中以下包含兩部分：

### 1. 接受準則

本研究引用 Dueck (1993)提出的 Record-to-Record Travel(RRT)方法決定是否接受新的配送方案，其概念簡單但成效亦不差(Derigs, 2011)，該方法定義一個可允許的誤差值  $D$ ，儘管新的方案未優於當前最佳解，若在誤差範圍內仍可被接受，詳細準則如下：

- i. 若新方案並非為一組可行解，不取代當前最佳解，並維持本次迭代的起始解作為下一輪計算的起始解。
- ii. 若新配送方案的目標值優於當前最佳解的目標值，則取代當前最佳解，並以新配送方案作為下一輪計算的起始解。
- iii. 若新配送方案的目標值優於當前最佳解的目標值加上可允許的誤差值，則以新的配送方案作為下一輪計算的起始解。
- iv. 若新配送方案未優於當前最佳解的目標值加上可允許的誤差值，則本次迭代的起始解作為下一輪計算的起始解。

### 2. 控制機制

常見的控制包含限制計算時間或是迭代次數，本研究參考 Hübner and Ostermeier (2018)的方法，設定一個迭代次數的上限值。為了避免受限於區域解當中，因此除了計算配送方案沒有改善的累積次數外，另外設定一個迭代次數值，當累積此數達該預定值時，演算法同樣利用 Shaw Removal 的方法但移除一半以上的顧客來進行大規模重組。重組後若並未得到更好的解，迭代次數將繼續累計。

當迭代次數達上限後，則停止演算法並輸出當前最佳解。

## 第五章 溫度資料處理與溫度曲線擬合

### 5.1 實際資料說明

為了解低溫車輛進行配送作業時車廂內溫度隨時間變化之情形，並求得升溫與降溫之曲線，本研究使用 A 公司的單一冷藏車於 2017 年 7 月實際配送資料，該車輛的噸位數為 11 公噸，車廂厚度 10 公分，車廂門皆有加裝塑膠門簾減緩室外熱空氣的侵入與冷空氣的洩漏，採用機械式冷凍機組(型號為 SS42LN-S4LN2)，車廂內設定溫度為 4°C，溫度記錄裝置位於回風口處(如圖 5-1 所示)。依據環保署機動車輛停車怠速管理辦法規範一般車輛在道路上不可怠速超過 3 分鐘，但低溫車輛在配送過程中須確保產品的新鮮度，不受停車須熄火的法律限制，因此該車輛的冷凍機組不論於行駛或卸貨期間均不會熄火。另外，該車輛的冷凍機組將透過蒸發器偵測車廂環境並自動進行除霜，此時冷凍機組將視當下霜的厚度以熱氣除去，然而因資料中沒有記錄除霜時間點與除霜的時間長度，因此在本研究中將不特別討論。

實際配送資料中包含整月的配送路線、配送時的溫度紀錄與車廂門開關記錄作為分析對象，資料內容包含資料寫入時間、發生地點、車廂門狀態、車廂內溫度、抵達時間、離開時間…等。除此之外，亦透過中央氣象局網站取得該月份各地區之室外溫度。將上述資料合併處理後，進一步推導出車廂內溫度在配送過程中升溫與降溫的兩條曲線。



圖 5-1 車廂內溫度記錄器位置示意圖

### 5.2 資料處理

針對本研究所使用之資料由車輛配送資料與室外環境資料兩部分組成，處理過程主要分為原始資料轉換、資料對應與校正、資料分類，以下針對各步驟的逐一說明。

#### 5.2.1 原始資料轉換

在車輛配送資料中包含三大表格：車門開關記錄、車廂內溫度記錄、工作日配送班

表。室外環境資料則依氣象站區分，包含各地區每小時的氣象資料。以下將逐一介紹各個表格與處理過程，再將上述表格合併為一大表格以利後續使用。

#### i. 車門開關記錄表

該表格記錄車輛整月所有車門開關動作的時間與地點，該車輛共有五個車門，包含駕駛門、車廂右側車門、車廂後側的左側與右側車門，記錄表欄位如表 5-1，共有 13733 筆記錄。

由於本研究探討配送過程中車廂內溫度的變化情形，因此以發生地點與電子圍籬名稱為依據，移除在物流中心理貨時的開關門記錄。除此之外，駕駛車門開啟或關閉時並不會影響車廂內溫度，也予以移除。為取得開門作業時室外環境情形，藉由發生地點的欄位，新增一欄「縣市」作為合併室外環境資料之依據。最後，刪除六個欄位(序號、公司、區域、站所、物流士姓名、車號)，留下發生時間、發生地點、電子圍籬名稱、狀態、縣市五個欄位，成為轉換後的車門開關記錄表。

表 5-1 車門開關記錄表之欄位說明

| 欄位     | 說明                                                                               |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 序號     |                                                                                  |
| 公司     |                                                                                  |
| 區域     |                                                                                  |
| 站所     | 所屬物流中心                                                                           |
| 物流士姓名  |                                                                                  |
| 車號     |                                                                                  |
| 發生時間   | Unix-time                                                                        |
| 發生地點   | 地址                                                                               |
| 電子圍籬名稱 | 配送點為中心，半徑 100 公尺範圍內                                                              |
| 狀態     | 駕駛門開啟 / 駕駛門關閉<br>側門一開啟 / 側門一關閉<br>後車箱後門右側開啟 / 後車箱後門右側關閉<br>後車箱後門左側開啟 / 後車箱後門左側關閉 |

#### ii. 車廂內溫度記錄表

車廂內溫度記錄表格欄位如表 5-2 所示，車機會於每 30 或 31 秒回傳一筆車廂內溫度的記錄，精準度至小數點後第一位，且最小間隔為攝氏 0.5 度，該記錄表將每日資料儲存為單一資料檔，但實際配送作業上，出車配送至完成所有任務回到物流中心途中會有跨日的情況發生，因此，本研究將每日資料合併為單一檔案，共有 23758 筆記錄，移除型號與單位兩個欄位，作為後續使用。

表 5-2 車廂內溫度記錄表之欄位說明

| 欄位 | 說明        |
|----|-----------|
| 時間 | Unix-time |
| 型號 |           |
| 溫度 |           |
| 單位 | °C        |

### iii. 工作日配送班表

工作日配送班表記錄欄位如表 5-3 所示，共有 624 筆記錄，為確保當車輛於電子圍籬內時，是於該店家進行配送服務，保留配送班表中的實際抵達與離開時間作為後續比對的依據。

表 5-3 工作日配送班表之欄位說明

| 欄位     | 說明                |
|--------|-------------------|
| 路順     |                   |
| 客戶別    |                   |
| 編號     |                   |
| 客戶名稱   |                   |
| 預計抵達時間 | Unix-time         |
| 實際抵達時間 | Unix-time         |
| 實際離開時間 | Unix-time         |
| 實際路順   |                   |
| 狀態     | 準時 / 遲到 / 早到 / 未到 |
| 準時不計   |                   |
| 抵達不計   |                   |
| 迴轉     |                   |
| 地址     |                   |

### iv. 室外環境資料

室外環境資料取自於中央氣象局氣象資料開放平台，中央氣象局之自動氣象站會於每小時更新一次氣象資料，其資料記錄欄位如表 5-4 所示，僅取用配送範圍內之縣市氣象資料，共 2941 筆記錄。根據文獻，影響車廂內溫度的外在因素為溫度與濕度，因此保留縣市、觀測資料時間、溫度、相對濕度四個欄位，作為後續使用。

表 5-4 室外環境資料之欄位說明

| 欄位                        | 說明        |
|---------------------------|-----------|
| 緯度                        | TWD67     |
| 經度                        | TWD67     |
| 測站編號                      |           |
| 測站 ID                     |           |
| 觀測資料時間                    | Unix-time |
| 高度                        | 單位 公尺     |
| 風向                        | 單位 度      |
| 風速                        | 單位 公尺/秒   |
| 溫度                        | 單位 °C     |
| 相對溼度                      | 百分比率      |
| 測站氣壓                      | 單位 百帕     |
| 日照指數                      | 單位 小時     |
| 日累積雨量                     | 單位 公釐     |
| 觀測時間前推十五分鐘內<br>發生最大風的風速   | 單位 公尺/秒   |
| 觀測時間前推十五分鐘內<br>發生最大風的風向   | 單位 度      |
| 觀測時間前推十五分鐘內<br>發生最大風的發生時間 | hhmm      |
| 縣市                        |           |
| 縣市編號                      |           |
| 鄉鎮                        |           |
| 鄉鎮編號                      |           |

### 5.2.2 資料校正

綜合上述資料，將重要比對欄位整理如表 5-5 所示。

表 5-5 資料欄位綜合整理

|      | 車門開關記錄表 | 工作日配送班表          | 室外環境資料表 | 車廂內溫度記錄表    |
|------|---------|------------------|---------|-------------|
| 時間欄位 | 發生時間    | 實際抵達時間<br>實際離開時間 | 觀測資料時間  | 時間          |
| 記錄間隔 | 不規律     | 不規律              | 每小時     | 每 30 或 31 秒 |
| 地點欄位 | 縣市      |                  | 縣市      |             |

資料對應流程如圖 5-2 所示，以車門開關記錄表為基底，將工作日配送班表與室外環境資料納入表中，而後再與車廂內溫度記錄表作對應，形成最終的表格。

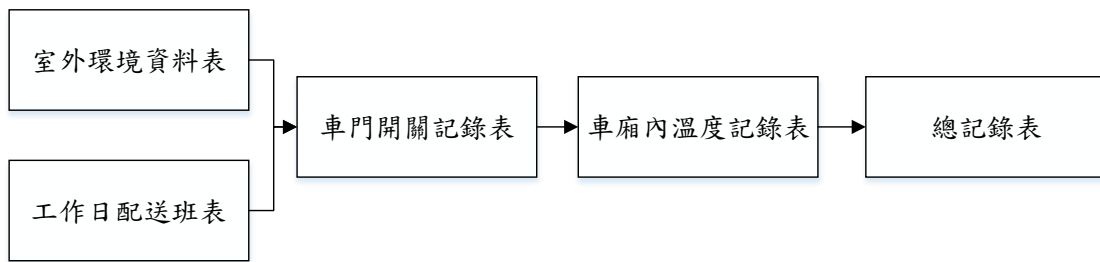


圖 5-2 資料對應流程圖

首先，為確保車廂門開啟時是於顧客點進行卸貨作業，去除在倉儲理貨或是其他無法判定之情形，利用工作日配送班表與車門開關記錄表進行比對，若車門開啟的時間非落在實際抵達與離開的時間內，將該筆資料刪除。第二步，由於車輛在配送過程中，車門開啟時將受外界溫度影響，因此依據車門開啟或關閉的時間，填入該小時的室外溫度。

為得知車廂內溫度於開門作業與關門時的變化，須將上述合併的資料表與車廂內溫度進行合併，為減少資料比對時間，於兩個資料表加入時段的欄位，將時間以每 30 秒劃分為一個時段，每分鐘共有兩個時段，0 至 30 秒、31 至 59 秒各為一個時段，每日共有 2880 個時段。但由於車廂內溫度的記錄時間為 30 或 31 秒，共有 601 個時段無溫度記錄，為此取其前後 30 秒的溫度記錄加總後平均，填補缺漏值。藉由時段與日期作為比對依據，將車輛開關門記錄表中的每筆記錄對應至車廂內溫度記錄表中。利用時段合併兩大資料雖能加快計算速度，但同一時段內的溫度記錄與開關門動作時間可能相差近三十秒，與上一時段的溫度記錄時間較近，因此在合併後須做校正，讓車門動作時的溫度能夠更準確表現當下的情形。另外，由於車廂內設定溫度為  $4^{\circ}\text{C}$ ，若在開門作業期間或是車廂門關閉期間，車廂內溫度若有低於設定溫度的情形，也將該次作業予以移除。

結束校正後，新增一欄開門前的溫度，記錄各個車門動作時，於 0 秒的溫度記錄作為起始溫度。另外，由於車廂在開門作業的時間小於室外溫度記錄的週期，故將該次作業當下的室外溫度固定在 0 秒時的室外溫度。

最終合併後的表格欄位如下：

表 5-6 總表之欄位說明

| 欄位     | 說明                                                              |
|--------|-----------------------------------------------------------------|
| 日期     | yy-mm-dd                                                        |
| 時段     | 每 30 秒為一時段                                                      |
| 溫度記錄時間 | Unix-time                                                       |
| 車廂內溫度  |                                                                 |
| 0 秒溫度  |                                                                 |
| 動作時間   | Unix-time                                                       |
| 發生地點   |                                                                 |
| 電子圍籬名稱 |                                                                 |
| 狀態     | 側門一開啟 / 側門一關閉<br>後車箱後門右側開啟 / 後車箱後門右側關閉<br>後車箱後門左側開啟 / 後車箱後門左側關閉 |
| 縣市     |                                                                 |
| 室外溫度   |                                                                 |
| 組別代號   | 同一次開門或關門期間視為一組                                                  |
| 作業時間長  |                                                                 |

### 5.2.3 資料分類

為了解車廂門開啟或關閉時溫度隨時間之變化，因此在進行分類前，先將總表中作業時間小於 30 秒(僅有一個記錄點)的資料移除，再根據狀態欄位切割成兩個表格：車門開啟(側門一開啟、後車箱後門右側開啟、後車箱後門左側開啟)、車門關閉(側門一關閉、後車箱後門右側關閉、後車箱後門左側關閉)。

在車門關閉時的溫度記錄中共有 2426 筆，將其記錄點繪製如下圖 5-3，橫軸為關門時間，縱軸為溫度(°C)，不同的顏色分別代表各次關門時的溫度記錄。利用圖 5-4 可以看出在不同起始溫度下的降溫情況，當溫度接近車廂內預設溫度 4 度時，降溫的情況較為和緩。圖 5-5 將關門時間長以 30 秒做分組，計算期間溫度記錄的資料點數量，八成的資料點為在 300 秒內，最長的關門時間為 1050 秒。

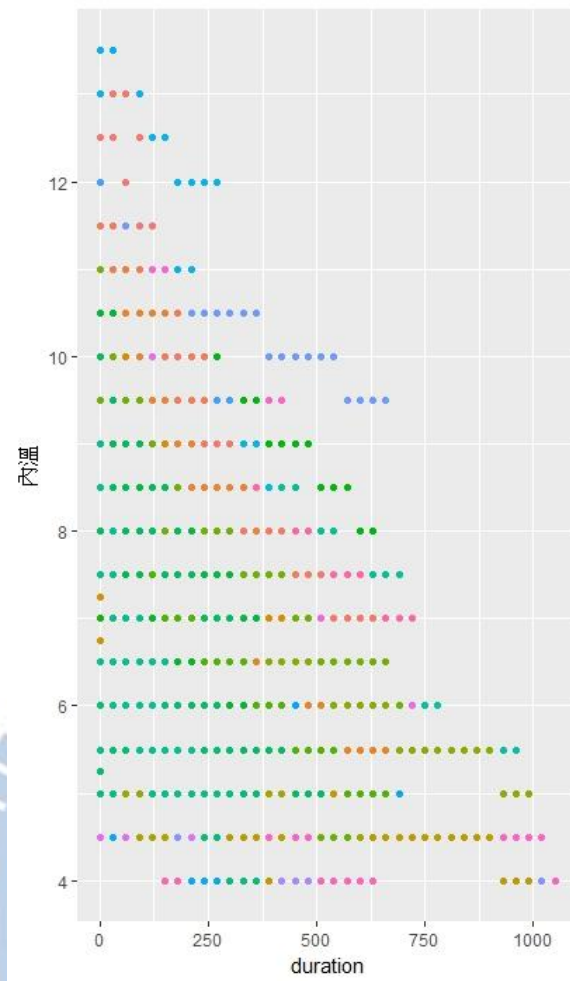


圖 5-3 整月車門關閉時之溫度記錄圖

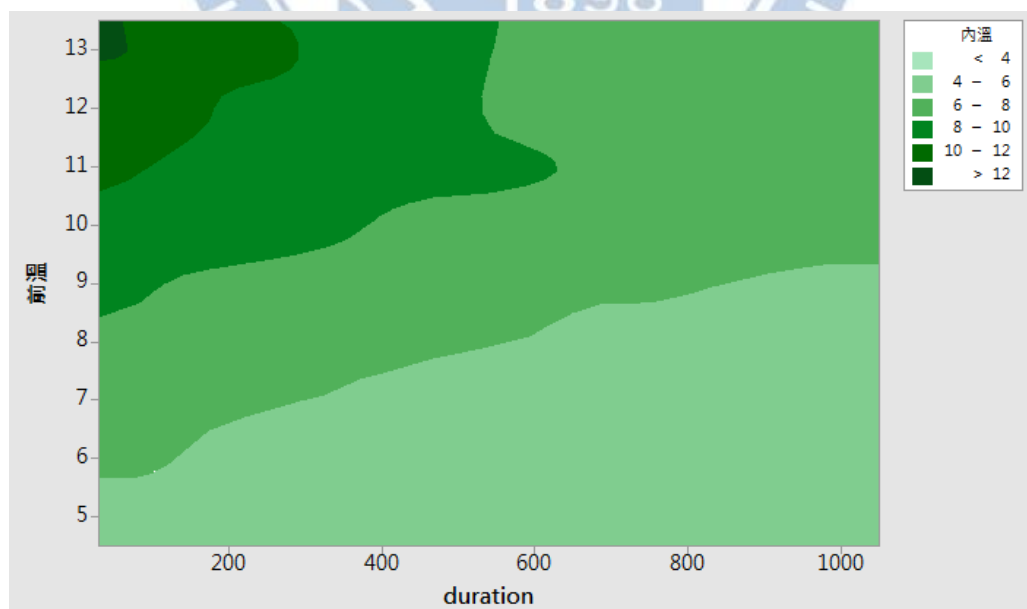


圖 5-4 車門關閉時車廂內溫度之等高線圖

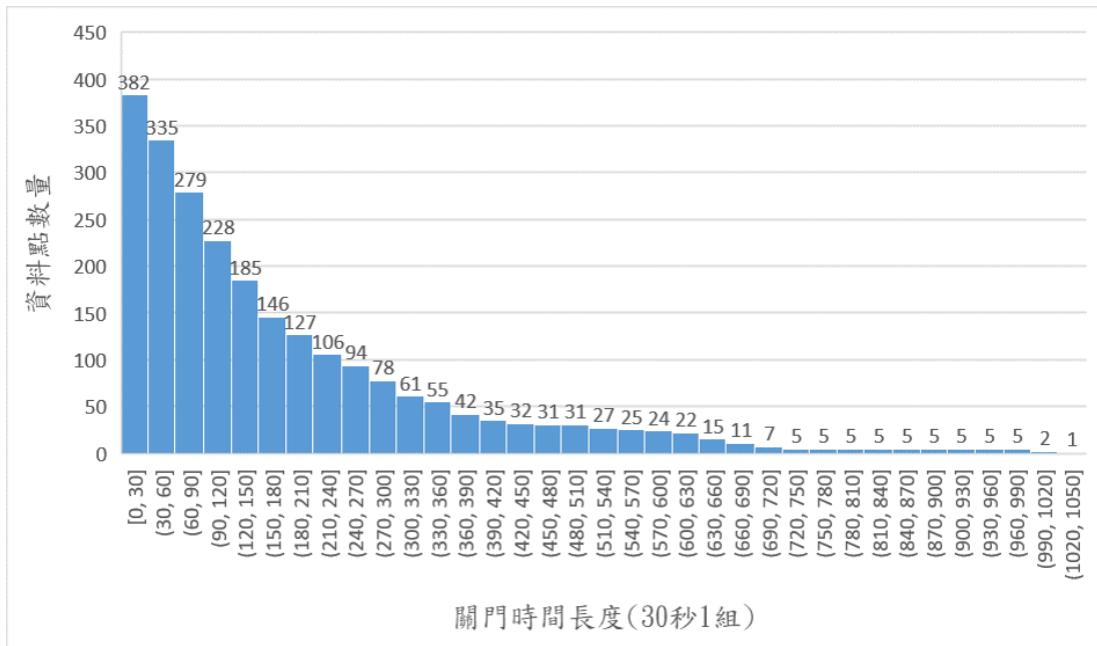


圖 5-5 車門關閉時溫度記錄點依時分組之長條圖

在車門開啟時的溫度記錄中共有 973 筆，將其記錄點繪製如圖 5-6，橫軸為開門作業時間長，縱軸為溫度( $^{\circ}\text{C}$ )，不同的顏色分別代表各次開門時的溫度記錄。利用圖 5-7 可以看出在不同起始溫度下，車廂內溫度隨時間的整體變化情形。圖 5-8 則將開門作業期間的溫度記錄資料點數量依照作業時間長進行分組計算，每 30 秒為一組，經加總計算後有八成數據的資料點是落在 0 至 180 秒期間，最長作業時間為 600 秒。

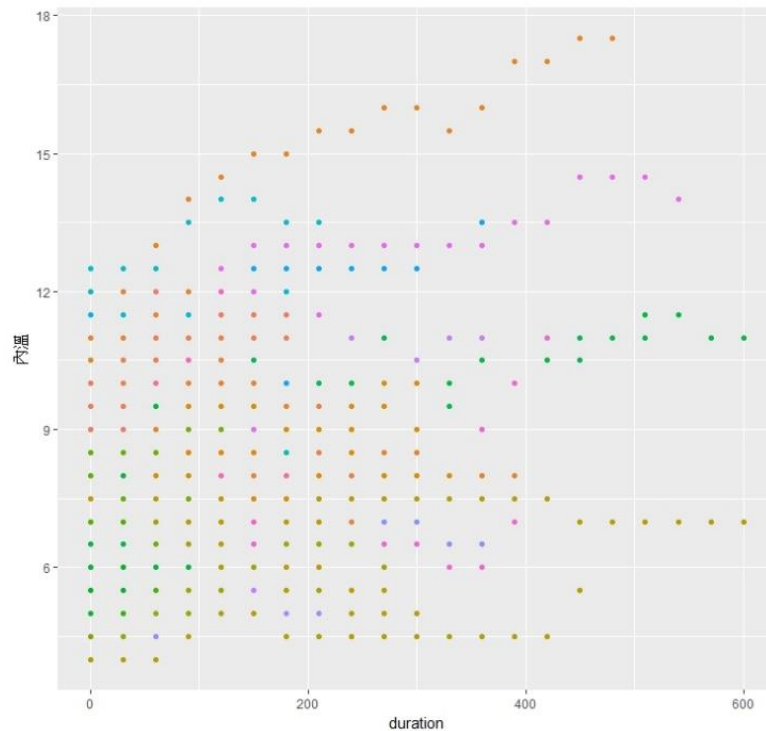


圖 5-6 整月車門開啟時之溫度記錄圖

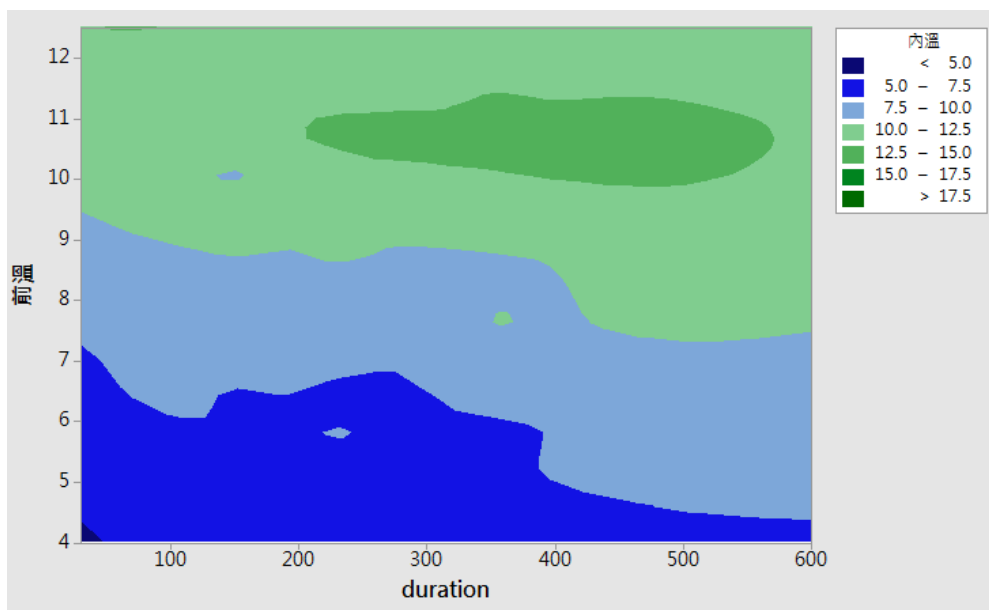


圖 5-7 車門開啟時車廂內溫度之等高線圖

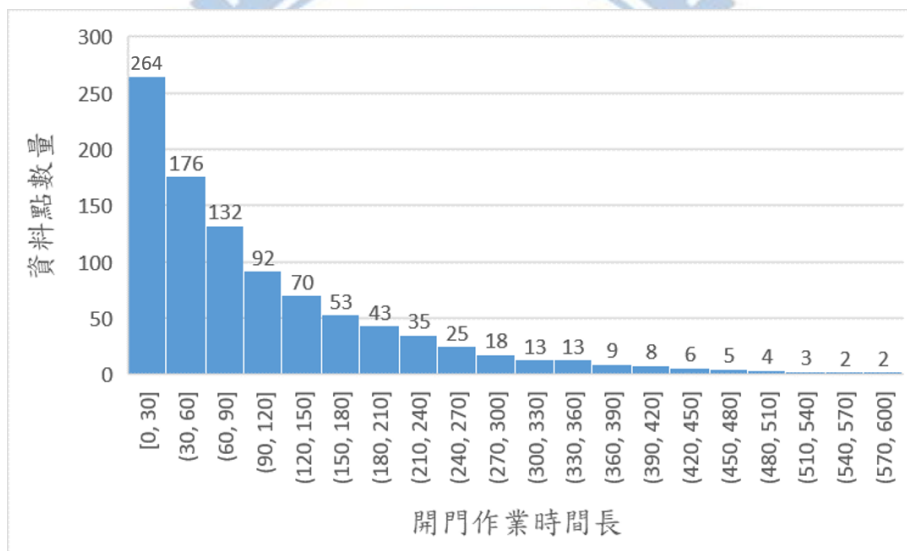


圖 5-8 車門開啟時溫度記錄點依時分組之長條圖

## 5.3 溫度曲線擬合

### 5.3.1 降溫曲線擬合

首先，任選兩組關門時溫度隨時間的完整紀錄如圖 5-9，綜合圖 5-4 與圖 5-9 可以看出當原本車廂內溫度越高，車廂門剛關閉時的溫度下降速度較快，越接近設定溫度 4 度時，車廂內的溫度變化越和緩。因此在以下的函數中我們將 0 秒時的溫度視為起始值，考慮的變數包含起始溫度(x)、關門時間長(t)、車廂內溫度(y)。

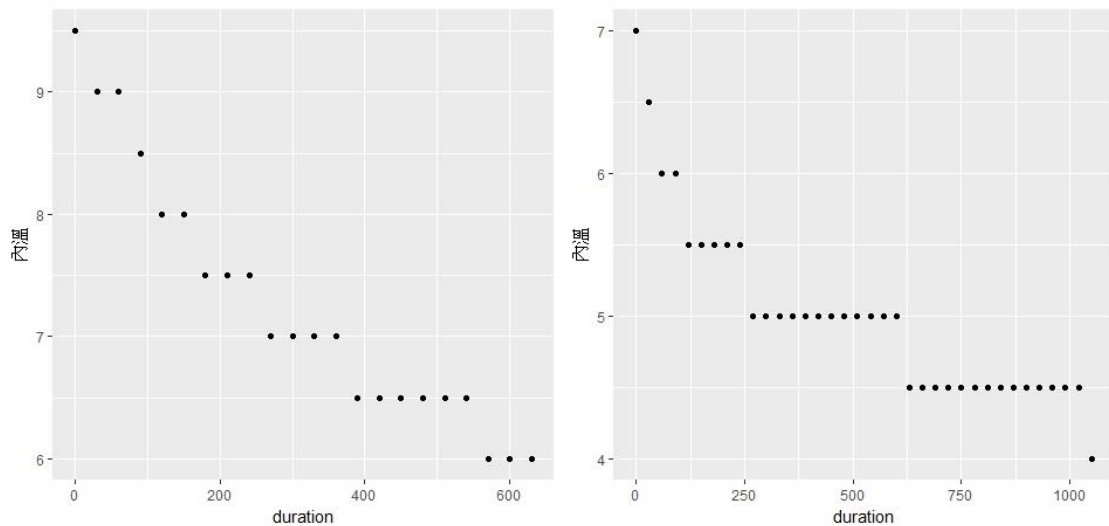


圖 5-9 兩次車門關閉時的溫度記錄

依據圖 3-1 之流程，備選的函數式型態包含線性( $y = x + b*t + c$ )與指數( $y = x*exp(t*a)$ 、 $y = 4+(x-4)*exp(t*a)$ )，從線性函數開始逐步確認並比較。當函數型態為線性時，相關參數與檢定結果如表 5-7，關門時間與起始溫度皆具有足夠的解釋力，由於關門時間的參數為負值，當關門時間越長時車廂內溫度也將逐漸下降，此與預期也是相符的。

表 5-7 關門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(一)

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| 函數式            | $y = x - 0.00354547t + 0.0228236$ |
| 參數 b 的 95%信賴區間 | (-0.0037020, -0.0033890)          |
| 參數 c 的 95%信賴區間 | (-0.0193083, 0.0649555)           |
| F 值 (df=2424)  | 2.86                              |
| P-value        | 0.00                              |
| MSE            | 0.523                             |

第二個候選的函數式為  $y = x*exp(t*a)$ ，其呈現型態如圖 5-10。 $\theta_1$  為曲線的起點，針對關門時降溫曲線即為 0 秒時的溫度，車廂內溫度隨時間呈指數下降。經過迭代計算後的結果如表 5-8。

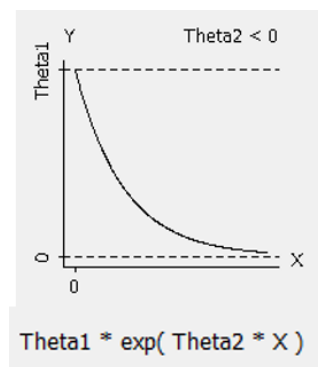


圖 5-10  $y = \theta_1 \cdot \exp(\theta_2 \cdot X)$  函數曲線圖

表 5-8 關門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(二)

|                |                             |
|----------------|-----------------------------|
| 函數式            | $y = x * e^{-0.000528946t}$ |
| 參數 a 的 95%信賴區間 | (-0.0005452, -0.0005128)    |
| F 值 (df=2425)  | 1.53                        |
| P-value        | 0.00                        |
| MSE            | 0.439                       |

第三個候選函數式  $y = 4 + (x-4) \cdot \exp(t \cdot a)$  是將車廂內所設定最低溫(4°C)納入考慮，溫度隨時間的降溫趨勢仍為指數型態，其示意圖如圖 5-11。 $\theta_1$ 為最低溫，於本研究所採用的數據即為攝氏 4 度， $\theta_2$ 為開門前溫度與最低溫之差距，經過迭代後的結果如表 5-9。

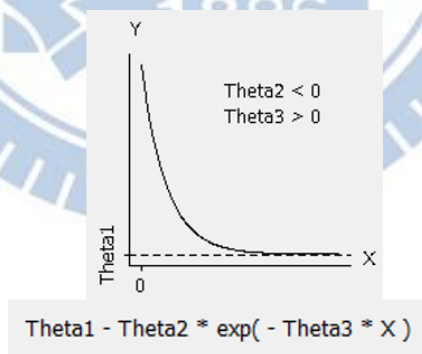


圖 5-11  $y = \theta_1 - \theta_2 \cdot \exp(\theta_3 \cdot X)$  函數曲線圖

表 5-9 關門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(三)

|                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| 函數式            | $y = 4 + (x-4) * e^{-0.00117889t}$ |
| 參數 a 的 95%信賴區間 | (-0.0012199, -0.0011385)           |
| F 值 (df=2425)  | 1.48                               |
| P-value        | 0.00                               |
| MSE            | 0.436                              |

綜觀三條函數式，起始溫度與時間皆能有效解釋車廂內溫度隨時間的變化，因三條函數式之資料數量均相同，可使用 MSE 作為比較依據，其中指數型態之 MSE 均小於線性型態，又以第三條函數式最佳，其意義為該函數式中的任一點與真實資料的平均平方誤差為 0.436。除此之外，第三條函數式同時將車廂設定溫度納入考量，不會出現溫度低於 4 度的情形，因此將選用該曲線作為降溫曲線(如圖 5-12)，納入路線規劃模型以追蹤車廂內之溫度變化。

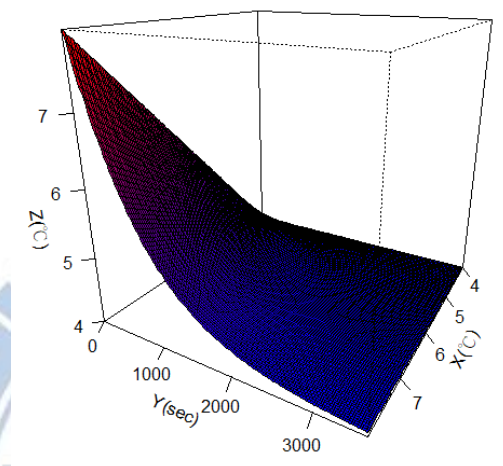


圖 5-12 降溫曲線函數圖

### 5.3.2 升溫曲線擬合

從圖 5-7 上可以看出開門時的溫度變化和關門時相比，車廂內的溫度變化情形較不一致，任取其中兩次開門的完整溫度變化情形來看(如圖 5-13)，雖然左圖於 330 秒時的溫度有下降，但整體而言仍隨開門作業時間越長，車廂內溫度也不斷提高。若取相同作業時間下(200 秒)，從下方兩個示意圖可以看出左圖的起始溫度較高，其溫度的變化幅度較右圖大(左圖上升了 5 度，右圖上升了 2 度)，推測可能是起始溫度、室外溫度或是車廂內剩餘貨量的影響，經相關度分析，三者與車廂內溫度的相關係數分別為 0.64、-0.089 和 -0.369，後兩者的相關度不高，推測可能是該公司的所有物流車的車廂門上皆有加裝塑膠門簾可隔絕外界熱的侵入，亦有可能是當天室外溫度變化幅度不大所導致的，而起始溫度對車廂內溫度變化的相關度最高，因此以下考慮的變數包含車廂內溫度(y)、起始溫度(x)與作業時間(t)，另外也嘗試將室外溫度(z)作為車廂內溫度的上界，選出開門後溫度隨時間之變化函數。根據 Hoang et al.(2012) 表示車廂門開啟時，車廂內的溫度將以線性增長，因此開門時的溫度變化候選的趨勢線包含線性的  $y = x + bt + c$ 、 $y = ax + bt + c$  和指數關係的  $y = x * e^{bt}$ 、 $y = z - (z - x) * e^{bt}$ 。

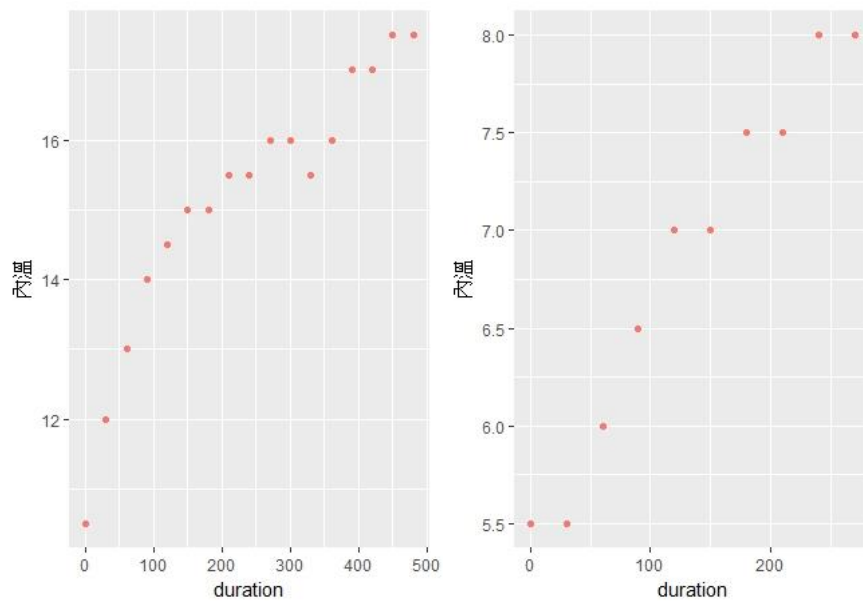


圖 5-13 兩次車門開啟時的溫度記錄

第一條候選的函數式為  $y = x + bt + c$ ，將起始溫度作為起點，因此其參數固定為 1，作業時間與車廂內溫度為線性關係，求解後的結果如表 5-10，根據 F 值查表後的 P 值可確認開門前溫度與時間具有解釋力，時間項的參數也如同預期，模型的均方誤差接近於 1 偏高，但整體而言尚可接受。

表 5-10 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(一)

|                |                                 |
|----------------|---------------------------------|
| 函數式            | $y = x + 0.00536051t + 0.35578$ |
| 參數 b 的 95%信賴區間 | (0.004811, 0.005910)            |
| 參數 c 的 95%信賴區間 | (0.266942, 0.444617)            |
| F 值 (df = 971) | 2.38                            |
| P-value        | 0.00                            |
| MSE            | 0.873                           |

第二個候選的函數式則將起始溫度的參數值放寬，觀察起始溫度對車廂內溫度的影響，並與第一個模型比較。求解後的結果如表 5-11。均方誤差略為下降，起始溫度之參數項增加了 0.0528，該項在兩個模型的差異不大，但截距項之信賴區間增大，估計之精確度下滑。兩個模型的均方誤差差距不大的情況下，以第一個模型的各項參數估計較為穩定，因此選擇第一個模型與後續比較。

表 5-11 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(二)

|                |                                          |
|----------------|------------------------------------------|
| 函數式            | $y = 1.0528x + 0.00530219t - 0.00563951$ |
| 參數 a 的 95%信賴區間 | (1.02041, 1.08519)                       |
| 參數 b 的 95%信賴區間 | (0.00475, 0.00585)                       |
| 參數 c 的 95%信賴區間 | (-0.24436, 0.23308)                      |
| F 值 (df = 970) | 2.33                                     |
| P-value        | 0.00                                     |
| MSE            | 0.865                                    |

第三種函數式為  $y = x * e^{bt}$ ，溫度隨時間呈指數型態上升，求解結果如表 5-12。雖然其均方誤差小於 1，但較線性來得差。

表 5-12 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(三)

|                |                           |
|----------------|---------------------------|
| 函數式            | $y = x * e^{0.00079844t}$ |
| 參數 b 的 95%信賴區間 | (0.0007598, 0.0008366)    |
| F 值 (df = 972) | 2.99                      |
| P-value        | 0.00                      |
| MSE            | 0.955                     |

若長時間將車廂門開啟，車廂內可達到的最高溫即為與室外溫度相同，因此第四個模型則將室外溫度視為曲線之上界，曲線型態為  $y = z - (z - x) * e^{bt}$ ，其求解後的結果如表 5-13，考慮室外氣溫後誤差不減反增。

表 5-13 開門時車廂內溫度與時間函數的相關資訊表(四)

|                |                                       |
|----------------|---------------------------------------|
| 函數式            | $y = z - (z - x) * e^{-0.000339432t}$ |
| 參數 b 的 95%信賴區間 | (-0.0003594, -0.0003196)              |
| F 值 (df = 972) | 3.92                                  |
| P-value        | 0.00                                  |
| MSE            | 0.971                                 |

綜合上述四種型態的函數式，均方誤差皆小於 1，其中以線性的誤差最小，但整體誤差仍偏高。為找出更貼近真實資料之函數，本研究嘗試將資料依照開門作業時間進行劃分，仍以起始溫度、作業時間與車廂內溫度做為變數，看是否能找出誤差更小、更適合各階段之趨勢線。根據圖 5-8 各時間段中的溫度記錄數量，有五成的資料是在 90 秒內，另外有八成以上的資料落在 180 秒內，以下將試著討論 4 種情形，將資料以 90 秒、120 秒、150 秒、180 秒做為斷點分成兩組，使用相同的變數分別討論前後兩組資料適合之趨勢線。表 5-14 嘗試線性和指數兩種型態，可以發現在作業時間的前期所擬合出來的趨勢線誤差較小，隨著作業時間拉長均方誤差也大幅提升，這個情況也能透過圖

5-15 與圖 5-16 發現溫度的變異度隨時間增加，但前兩組的數據仍能以線性函數結合起始溫度與作業時間兩個變數表示。若將前兩組數據之不同時間段的函數對時間進行微分，均可發現在時間前段的斜率均大於後段，以第二組數據之線性函數為例，可得兩時間段之斜率分別為 0.0114853 與 0.00499927，在單位時間內，前段溫度之上升溫度量為後段的一半左右。

表 5-14 開門作業時間以時間劃分的溫度與時間函數資訊表

|   | 時間段       | 函數式                                | F 值  | P-value | MSE   |
|---|-----------|------------------------------------|------|---------|-------|
| 1 | 0~89 秒    | $y = x + 0.0131453t - 0.0753367$   | 1.22 | 0.158   | 0.379 |
|   |           | $y = x * e^{0.00152191t}$          | 2.41 | 0.000   | 0.417 |
|   | 90~600 秒  | $y = x + 0.00382906t + 0.7631249$  | 1.59 | 0.000   | 1.316 |
|   |           | $y = x * e^{0.000763251t}$         | 1.54 | 0.002   | 1.565 |
| 2 | 0~119 秒   | $y = x + 0.0114853t - 0.00149428$  | 1.4  | 0.027   | 0.455 |
|   |           | $y = x * e^{0.00144915t}$          | 2.39 | 0.000   | 0.497 |
|   | 120~600 秒 | $y = x + 0.00316074t + 0.99745292$ | 1.51 | 0.002   | 1.553 |
|   |           | $y = x * e^{0.0000276t}$           | 1.23 | 0.102   | 1.638 |
| 3 | 0~149 秒   | $y = x + 0.00979227t + 0.0841704$  | 1.51 | 0.004   | 0.526 |
|   |           | $y = x * e^{0.0013389t}$           | 2.31 | 0.000   | 0.569 |
|   | 150~600 秒 | $y = x + 0.00298641t + 1.1050494$  | 1.46 | 0.010   | 1.773 |
|   |           | $y = x * e^{0.000719635t}$         | 1.08 | 0.341   | 1.701 |
| 4 | 0~179 秒   | $y = x + 0.00820736t + 0.173113$   | 1.58 | 0.001   | 0.578 |
|   |           | $y = x * e^{0.00122163t}$          | 2.33 | 0.000   | 0.627 |
|   | 180~600 秒 | $y = x + 0.00337931t + 1.042162$   | 1.46 | 0.010   | 1.774 |
|   |           | $y = x * e^{0.00122163t}$          | 1.02 | 0.454   | 1.831 |

綜合上述的函數式與相關分析圖表，藉由將資料以作業時間進行劃分後可以發現前段時間內的資料趨勢較為一致，所產生之誤差值較小，且溫度上升速度也較快。針對升溫曲線，本研究將採以 120 秒為劃分之線性函數做為後續與主模型合併之函數(如圖 5-14)。

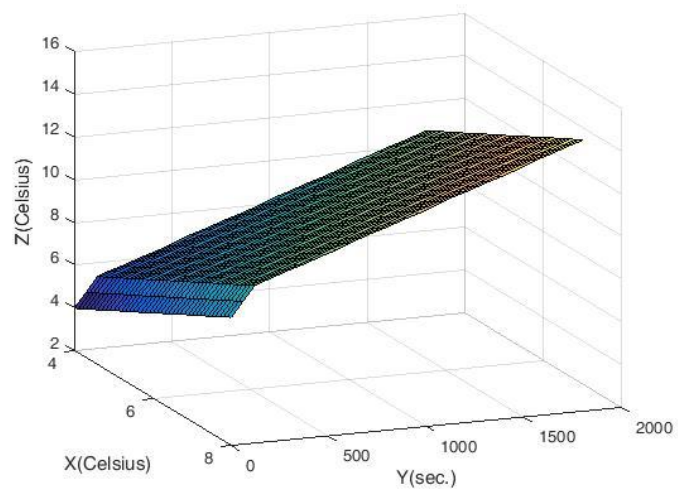
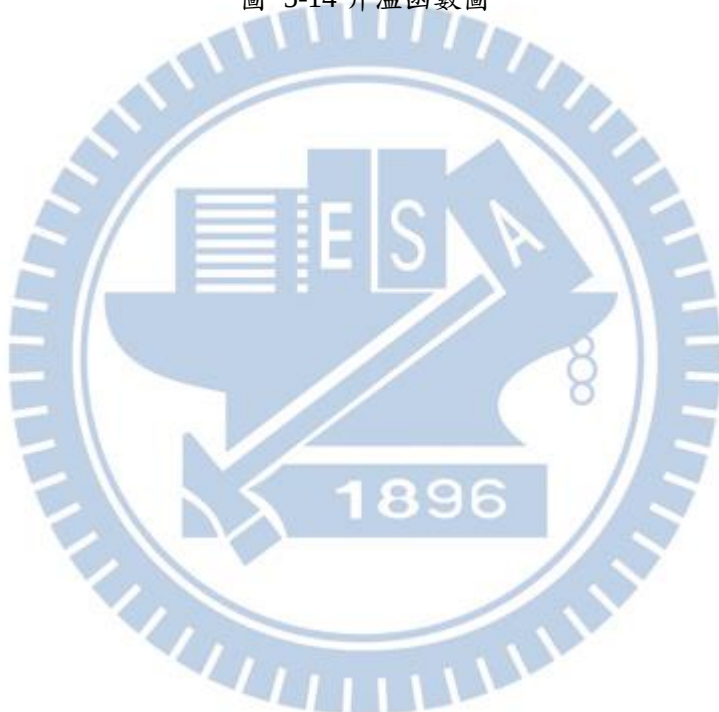


圖 5-14 升溫函數圖



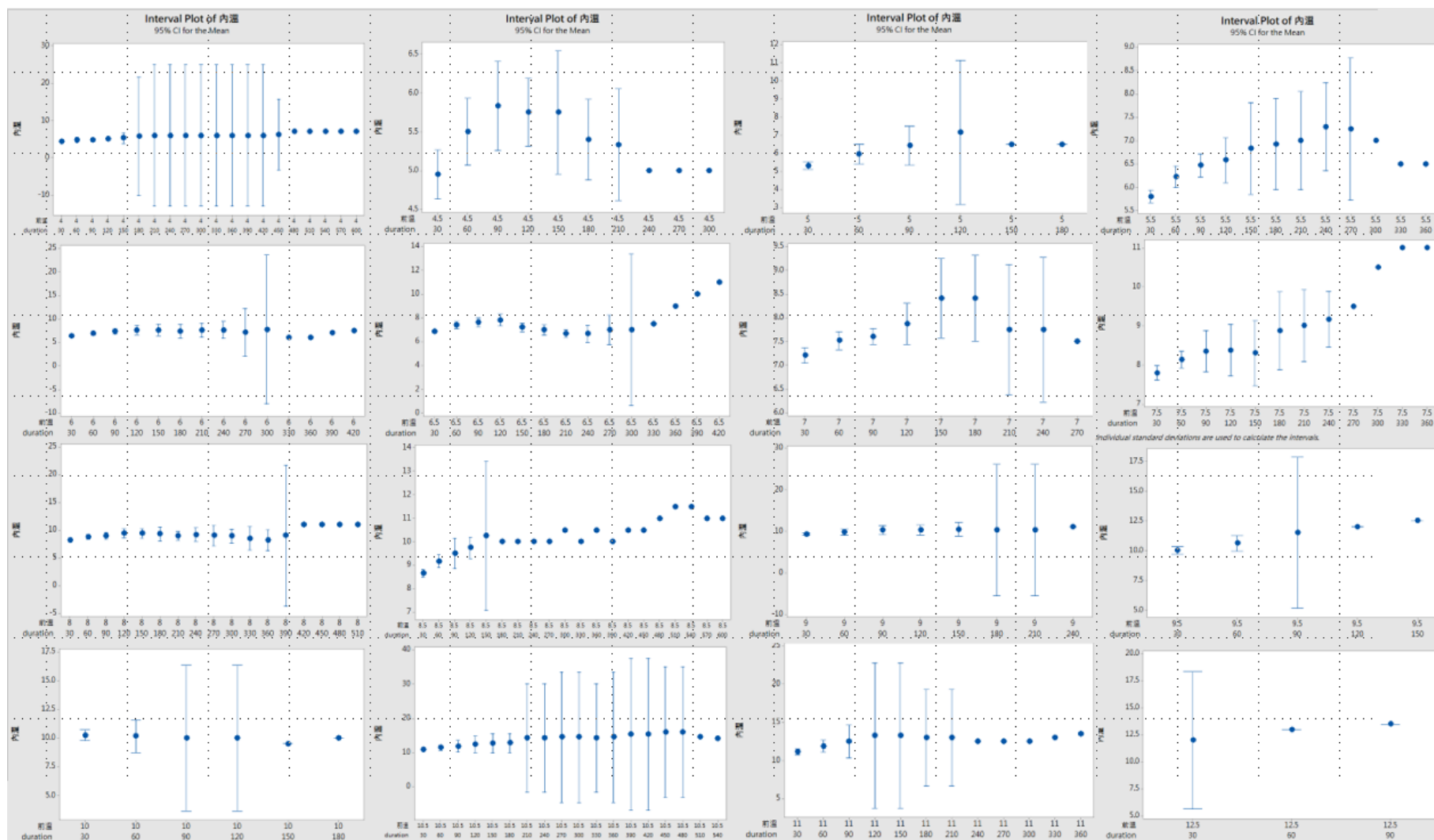


圖 5-15 不同起始溫度與時間之區間圖

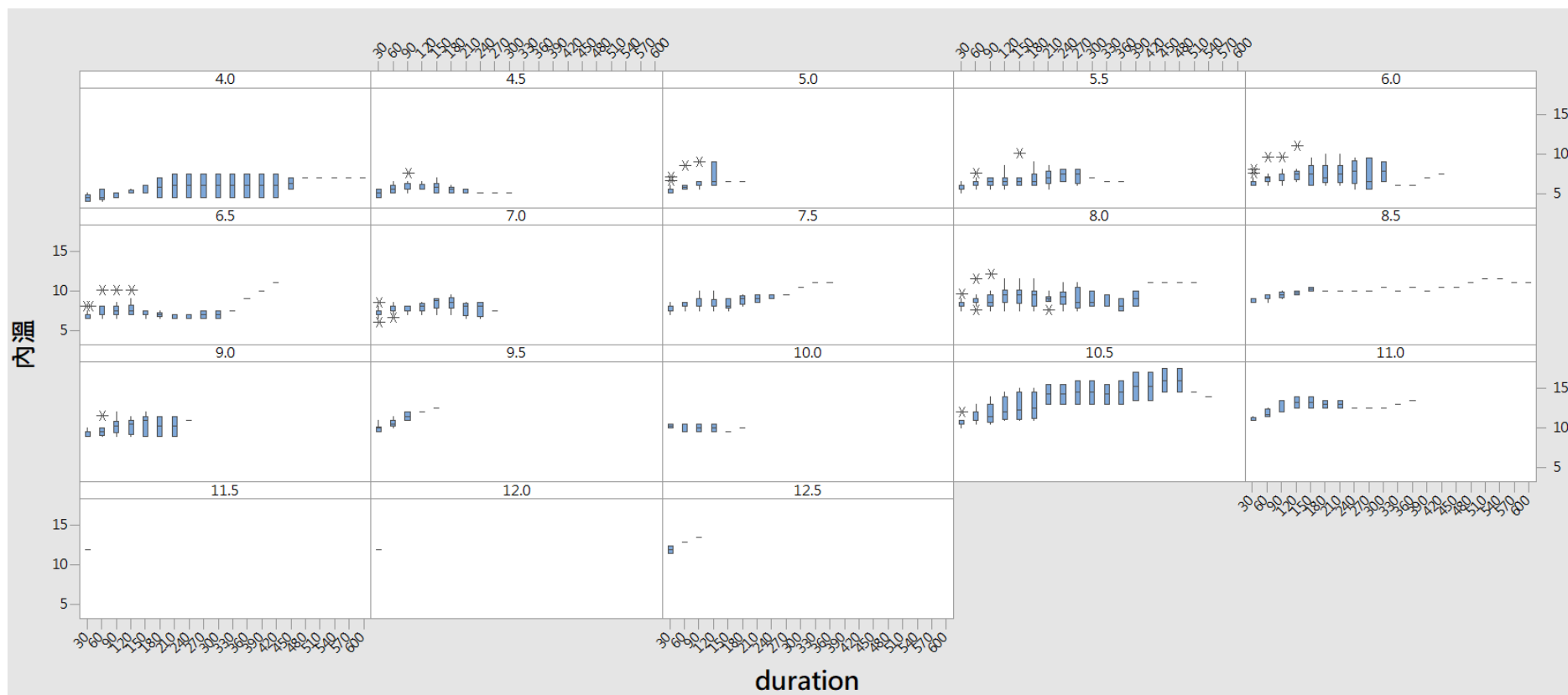


圖 5-16 不同起始溫度與時間之盒鬚圖

## 5.4 溫度曲線分段線性化

根據 5.3 節的討論後，降溫曲線為一條多變數函數，以下將利用 3.2 節所介紹的方法將降溫曲線分段線性化，由於斷點數的多寡將影響估計的品質和數學模型計算的複雜度，以下計算在相同區間內不同斷點數下的平均誤差和最大誤差。

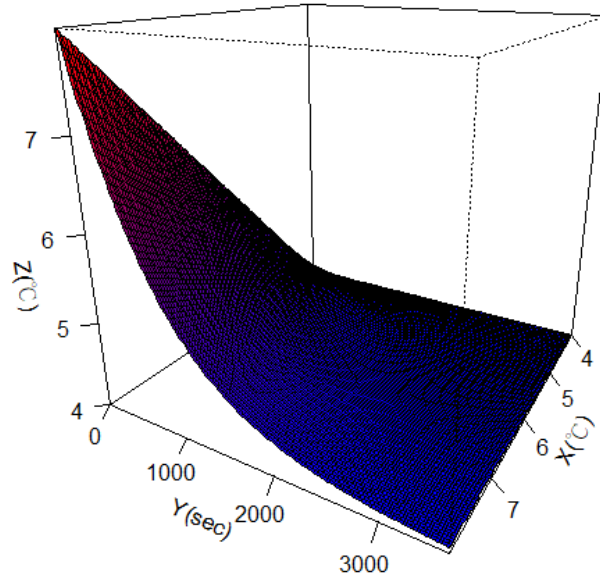


圖 5-17 降溫曲線函數圖

圖 5-17 為降溫曲線之函數圖， $x$  軸為車廂門關閉當下的起始溫度( $^{\circ}\text{C}$ )，依據 A 公司規定其車廂內溫度須維持在  $4^{\circ}\text{C}$  到  $8^{\circ}\text{C}$  間，因此本研究  $x$  軸的定義域(Domain)為  $x \in [4, 8]$ ； $y$  軸為車廂門關閉的時間長(秒)，當車廂門關閉的溫度為最高溫  $8^{\circ}\text{C}$  時，溫度要降至最低溫( $4^{\circ}\text{C}$ )左右約需 1 個小時，因此以下設定  $y$  軸(單位：秒)的定義域為  $y \in [0, 3600]$ ； $z$  軸則將  $x$  值和  $y$  值代入函數式  $z = 4 + (x - 4) * e^{-0.00117889y}$  計算其值域(Range)。以下將  $x$  軸和  $y$  軸的定義域各自均勻劃分成 8 到 20 個區間(9 到 21 個斷點)，為了比較不同斷點數下估計品質的差異，每一次測試會在  $x$  軸和  $y$  軸上各自選取  $l$  個斷點並均勻劃分兩軸，此時共可產生  $L$  個樣本點  $(x^l, y^l)$  ( $l = 1, \dots, L; L \in \{100, 20000\}$ )，並記錄其平均誤差( $\varepsilon_1$ )和最大誤差( $\varepsilon_{\infty}$ )作為比較依據。

表 5-15 不同段點數與不同樣本點下之平均誤差值和最大誤差絕對值一覽表

|    | # of breakpoints |       | Average Error |         |         |         |         | Max. Absolute Error ( Actual Value - Estimated Value ) |         |         |         |         |
|----|------------------|-------|---------------|---------|---------|---------|---------|--------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
|    | x(溫度)            | y(時間) | 31*31         | 61*61   | 91*91   | 121*121 | 151*151 | 31*31                                                  | 61*61   | 91*91   | 121*121 | 151*151 |
| 1  | 9                | 9     | 0.00713       | 0.00724 | 0.00728 | 0.00729 | 0.00730 | 0.10745                                                | 0.10745 | 0.10828 | 0.10872 | 0.10877 |
| 2  | 10               | 9     | 0.00774       | 0.00764 | 0.00759 | 0.00760 | 0.00756 | 0.11135                                                | 0.11135 | 0.11237 | 0.11276 | 0.11279 |
| 3  | 9                | 10    | 0.00546       | 0.00558 | 0.00555 | 0.00562 | 0.00561 | 0.08339                                                | 0.08804 | 0.08824 | 0.08804 | 0.08837 |
| 4  | 10               | 10    | 0.00607       | 0.00596 | 0.00592 | 0.00591 | 0.00588 | 0.08726                                                | 0.09220 | 0.09230 | 0.09220 | 0.09247 |
| 5  | 9                | 11    | 0.00386       | 0.00431 | 0.00438 | 0.00443 | 0.00443 | 0.06655                                                | 0.07311 | 0.07278 | 0.07311 | 0.07313 |
| 6  | 11               | 11    | 0.00432       | 0.00460 | 0.00465 | 0.00467 | 0.00468 | 0.06655                                                | 0.07311 | 0.07278 | 0.07311 | 0.07313 |
| 7  | 9                | 12    | 0.00355       | 0.00362 | 0.00363 | 0.00364 | 0.00364 | 0.05836                                                | 0.06084 | 0.06187 | 0.06169 | 0.06167 |
| 8  | 12               | 12    | 0.00379       | 0.00386 | 0.00387 | 0.00388 | 0.00389 | 0.05789                                                | 0.06013 | 0.06124 | 0.06111 | 0.06102 |
| 9  | 9                | 13    | 0.00285       | 0.00289 | 0.00300 | 0.00300 | 0.00301 | 0.05104                                                | 0.05104 | 0.05210 | 0.05254 | 0.05258 |
| 10 | 13               | 13    | 0.00314       | 0.00318 | 0.00324 | 0.00324 | 0.00325 | 0.05104                                                | 0.05104 | 0.05210 | 0.05254 | 0.05258 |
| 11 | 9                | 14    | 0.00250       | 0.00256 | 0.00255 | 0.00258 | 0.00257 | 0.04488                                                | 0.04488 | 0.04488 | 0.04488 | 0.04519 |
| 12 | 14               | 14    | 0.00272       | 0.00275 | 0.00276 | 0.00277 | 0.00277 | 0.04488                                                | 0.04488 | 0.04488 | 0.04488 | 0.04519 |
| 13 | 9                | 15    | 0.00214       | 0.00222 | 0.00222 | 0.00224 | 0.00223 | 0.03952                                                | 0.03952 | 0.03952 | 0.03952 | 0.03952 |
| 14 | 15               | 15    | 0.00230       | 0.00237 | 0.00238 | 0.00239 | 0.00239 | 0.03952                                                | 0.03952 | 0.03952 | 0.03952 | 0.03952 |
| 15 | 9                | 16    | 0.00141       | 0.00183 | 0.00190 | 0.00194 | 0.00195 | 0.03480                                                | 0.03480 | 0.03480 | 0.03480 | 0.03480 |
| 16 | 16               | 16    | 0.00170       | 0.00201 | 0.00205 | 0.00207 | 0.00208 | 0.03480                                                | 0.03480 | 0.03480 | 0.03480 | 0.03480 |
| 17 | 9                | 17    | 0.00171       | 0.00176 | 0.00176 | 0.00177 | 0.00176 | 0.03063                                                | 0.03063 | 0.03063 | 0.03063 | 0.03063 |
| 18 | 17               | 17    | 0.00175       | 0.00182 | 0.00183 | 0.00183 | 0.00183 | 0.03063                                                | 0.03063 | 0.03063 | 0.03063 | 0.03063 |
| 19 | 9                | 18    | 0.00156       | 0.00159 | 0.00160 | 0.00160 | 0.00160 | 0.02690                                                | 0.02690 | 0.02690 | 0.02709 | 0.02741 |
| 20 | 18               | 18    | 0.00159       | 0.00161 | 0.00162 | 0.00162 | 0.00162 | 0.02690                                                | 0.02690 | 0.02690 | 0.02709 | 0.02741 |
| 21 | 9                | 19    | 0.00138       | 0.00146 | 0.00141 | 0.00148 | 0.00147 | 0.02356                                                | 0.02356 | 0.02393 | 0.02458 | 0.02473 |
| 22 | 10               | 19    | 0.00134       | 0.00138 | 0.00136 | 0.00139 | 0.00139 | 0.02356                                                | 0.02356 | 0.02393 | 0.02458 | 0.02473 |
| 23 | 19               | 19    | 0.00139       | 0.00143 | 0.00142 | 0.00145 | 0.00145 | 0.02356                                                | 0.02356 | 0.02393 | 0.02458 | 0.02473 |
| 24 | 10               | 20    | 0.00127       | 0.00127 | 0.00129 | 0.00128 | 0.00128 | 0.02054                                                | 0.02054 | 0.02192 | 0.02232 | 0.02232 |
| 25 | 20               | 20    | 0.00127       | 0.00128 | 0.00130 | 0.00130 | 0.00130 | 0.02054                                                | 0.02054 | 0.02192 | 0.02232 | 0.02232 |
| 26 | 10               | 21    | 0.00104       | 0.00105 | 0.00118 | 0.00115 | 0.00118 | 0.01780                                                | 0.01823 | 0.02010 | 0.02027 | 0.02013 |
| 27 | 21               | 21    | 0.00108       | 0.00109 | 0.00116 | 0.00116 | 0.00117 | 0.01780                                                | 0.01823 | 0.02010 | 0.02027 | 0.02013 |

表 5-15 為不同斷點數下， $x$  軸與  $y$  軸分別取 31、61、91、121、151 個樣本點所產生的平均誤差與最大誤差值，當兩軸僅有 9 個斷點(8 個區間)時的平均誤差與最大誤差值都高於其他情況，但所有斷點組合的平均誤差均在 1%以下，隨著斷點數增加兩種誤差的數值也逐漸下降，當  $y$  軸的斷點數達 16 時的平均誤差更降至 0.01%左右。由於兩軸的定義域大小不同，因此本研究測試將兩軸各自新增一個斷點時對兩種誤差的影響，從表 5-15 的第 1 列至第 3 列開始，分別在  $x$  軸和  $y$  軸上新增一個斷點，可以發現當時間軸上多取一個斷點(第 3 列)的誤差值相較於其他兩者均較小，甚至比兩軸都各增加一個斷點來的好，因此後續將比較兩軸取相同的斷點數和時間軸上單獨增加斷點數兩種情況下的的誤差值。隨著斷點數增加，兩種情況的差距逐漸縮小，直到  $y$  軸上取 19 個斷點時，取相同斷點的情況變為較優，為此本研究試著將  $x$  軸上的斷點增加至 10 個時，單獨增加的情況又變為較佳。從圖 5-18 更能清楚看見不同斷點下的差異，且隨著斷點數逐漸增加後，其誤差值變動的幅度越來越小。

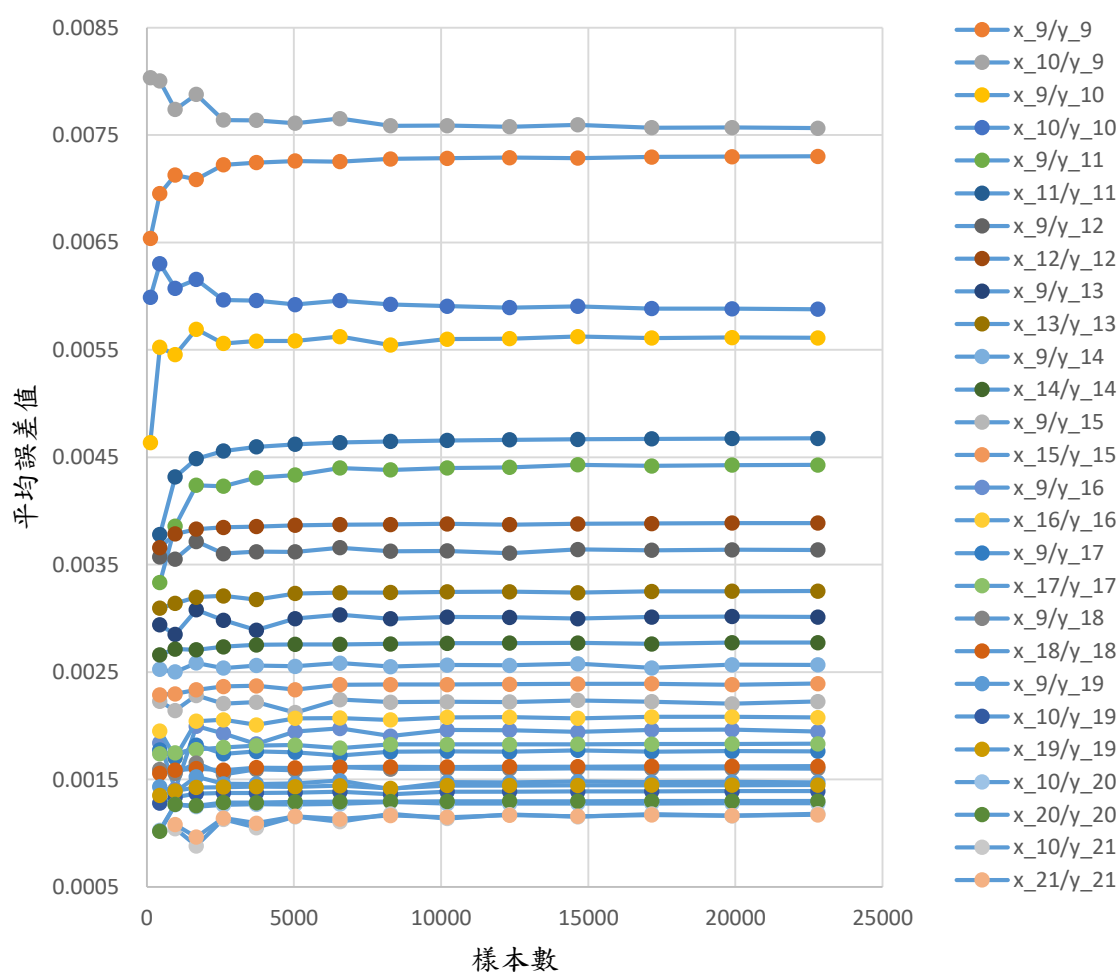


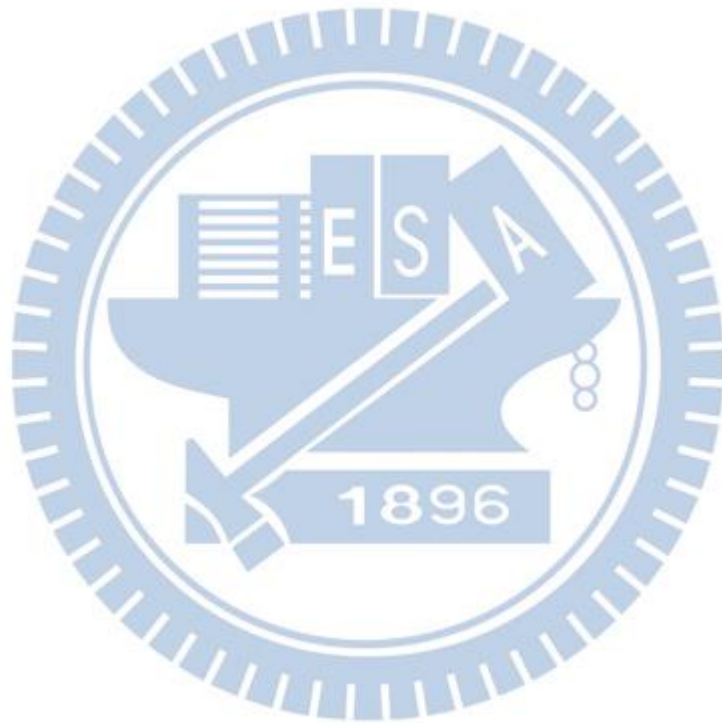
圖 5-18 不同斷點數下之平均誤差值比較圖

綜合上述，已知在不同斷點數下的平均誤差值與最大誤差值後，接著以本研究的數學模型測試在不同斷點數下的執行時間，利用套裝軟體 Gurobi 8.0.1 進行求解，利用附錄 A 中的例題三進行測試，例題中包含 1 個配送中心、5 個顧客、2 台可使用的車輛，每位顧客包含 1 或 2 種需求，兩種需求的規範溫度分別為  $4^{\circ}\text{C}\sim 8^{\circ}\text{C}$  和  $4^{\circ}\text{C}\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。進行例題測試時將從斷點數組合少的方案開始，因斷點的多寡將影響模型的複雜度，進而影響求解的時間，測試過程中設定一個時間上限(1 小時)，測試結果如表 5-16，表中資訊包含：(i) 兩軸上的斷點數，(ii) 在時間內求得的目標值，若在時間內無法找到任何一組解則註記為 x，(iii) 輸出解的間距(gap)，若無法在時間內求得任一組解則註記為 x，(iv) CPU 執行時間，若在時間內無法求的任一組解則註記為 T.L.，(v) Branch and bound 算法中已搜尋的節點數。

表 5-16 不同段點數下的數學模型執行結果

| # of breakpoints |       |     | Solution value | Final Gap | CPU time | # of nodes |
|------------------|-------|-----|----------------|-----------|----------|------------|
| x(溫度)            | y(時間) | x*y |                | %         | Second   |            |
| 9                | 9     | 81  | 246.39         | 0.0       | 1182.51  | 437244     |
| 9                | 10    | 90  | 246.39         | 0.0       | 477.56   | 102824     |
| 9                | 11    | 99  | 246.39         | 0.0081    | 303.07   | 20259      |
| 10               | 10    | 100 | 246.39         | 0.0       | 718.55   | 207322     |
| 9                | 12    | 108 | 246.39         | 0.0       | 1013.7   | 229093     |
| 9                | 13    | 117 | 246.39         | 0.0047    | 463.04   | 180890     |
| 11               | 11    | 121 | 246.39         | 0.0022    | 450.77   | 41890      |
| 9                | 14    | 126 | 246.39         | 0.0099    | 934.85   | 34248      |
| 9                | 15    | 135 | 246.39         | 0.0094    | 1382.48  | 298981     |
| 9                | 16    | 144 | 246.39         | 0.0056    | 1026.19  | 352470     |
| 12               | 12    | 144 | 246.39         | 0.0       | 2016.31  | 299477     |
| 9                | 17    | 153 | 246.39         | 0.0081    | 1074.79  | 101638     |
| 9                | 18    | 162 | 246.39         | 0.0079    | 1292.42  | 93530      |
| 13               | 13    | 169 | x              | x         | T.L.     | 333645     |
| 10               | 19    | 190 | 246.39         | 0.0058    | 2566.35  | 156406     |
| 14               | 14    | 196 | x              | x         | T.L.     | 770507     |
| 10               | 20    | 200 | 246.39         | 0.0065    | 3394.42  | 540069     |
| 10               | 21    | 210 | 328.368        | 25.5117   | T.L.     | 101272     |
| 15               | 15    | 225 | 246.39         | 0.0098    | 2512.16  | 92267      |
| 16               | 16    | 256 | x              | x         | T.L.     | 572826     |
| 17               | 17    | 289 | x              | x         | T.L.     | 191708     |
| 18               | 18    | 324 | 246.39         | 0.0065    | 3201.34  | 365353     |
| 19               | 19    | 361 | x              | x         | T.L.     | 286458     |
| 20               | 20    | 400 | x              | x         | T.L.     | 346763     |
| 21               | 21    | 441 | x              | x         | T.L.     | 137705     |

以測試的結果來看，當斷點數越少時求解的時間越短，當兩軸相乘的斷點數大於 160 個點時，無法於時間內找到任何一組解的情況就開始出現，綜合表 5-16 的求解時間與表 5-15 的平均誤差值，將有在時間內求的最佳解的組合依平均誤差值進行排序，前三者分別為：x 軸 10 點/y 軸 20 點、x 軸 10 點/y 軸 19 點、x 軸 9 點/y 軸 18 點，本研究將參考表 5-15 和表 5-16 並考量模型的運算時間來決定後續實例測試求解過程中兩軸的斷點數。



## 第六章 例題測試

本研究中的演算法與線性規劃問題皆以 C++ 撰寫，而最佳化問題以套裝軟體 Gurobi 8.0.1 求解，使用的電腦設備為 Intel Core i5-4460 (3.2 GHz) 處理器與 8G 的記憶體於 Windows 10 上執行。

例題測試主要分成三部分，第一部分隨機產生不同大小和類型的例題，進行最佳化與演算法的比較，並測試演算法中的參數值對運算時間和求解品質的影響；第二部分選用 A 公司某日 2 台車的配送資料進行數學模型的測試與敏感度分析；第三部分利用 A 公司某日的實際配送資料，測試本研究的演算法在實際問題上的應用。

### 6.1 演算法測試

#### 6.1.1 小例題測試

為了證明演算法的求解效果，本研究隨機產生 10 個大小和類型不同的例題並分別使用 Gurobi 和演算法進行測試與比較，例題中包含 5、8、10、15 個顧客和二種或三種的需求溫層類型，例題的相關資訊如表 6-1，每個例題的完整資訊於附錄 A。

表 6-1 例題資訊表

| 項目        | 數值                                        |
|-----------|-------------------------------------------|
| 顧客數       | 5, 8, 10, 15                              |
| 分佈型態      | 相距 10 公里內(N)、隨機分佈(R)                      |
| 車輛總體積     | 3000, 4000, 6000                          |
| 隔板體積      | 100                                       |
| 溫層類別數     | 2, 3                                      |
| 需求分配      | (0.68, 0.32) & (0.68, 0.1, 0.22)          |
| 溫層的標準溫度範圍 | (4, 8) & (4, 7), (4, 8) & (4, 6) & (4, 7) |

Gurobi 與演算法的相關參數設定值如表 6-2，LNS 的相關參數設定參考 Hübner and Ostermeier (2018)，Shaw Removal 中相似度的權重則基於成本和溫度的考量，給予顧客間的距離和溫層間的關係較高的權重，透過移除相近的顧客點來找出更多樣的組合，而當兩顧客相同溫層的卸貨時間差異大時，可減少第二階段須停等降溫的情況。油耗成本則依實際情況給定，一公升汽油約可行駛 6.75 公里或停等 60 分鐘，每公升價格為 26.7 元。產品的腐敗率則根據產品與其最佳存放溫度對照表 3-1 計算，並取在存放溫度範圍內腐敗率的平均值，產品單位價格則取自臺北農產運銷股份有限公司所公佈的時價。

表 6-2 相關參數設定

|        | 參數                       |                                                | 數值                                                                                                                          |
|--------|--------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gurobi | 求解限制時間(秒)                |                                                | 36000                                                                                                                       |
| 演算法    | 起始解                      | $(\alpha_1, \alpha_2)$                         | Random                                                                                                                      |
|        | LNS                      | 總迭代次數上限(limit)                                 | 2000                                                                                                                        |
|        |                          | 大幅變動之迭代次數(reset)                               | 500                                                                                                                         |
|        |                          | 容忍誤差比例(D)                                      | 0.9%                                                                                                                        |
|        | Shaw Removal             | 移除顧客數(r)                                       | 總顧客數/4                                                                                                                      |
|        |                          | 相似度的權重<br>$(\chi, \phi, \omega, \psi, \delta)$ | (1,6,6,1,6)                                                                                                                 |
|        |                          | 移除位置(h)                                        | 2                                                                                                                           |
|        | Regret-k Insertion       | k                                              | 2                                                                                                                           |
|        | 其他                       | 停等降溫時間上限<br>(wc_limit)(分)                      | 10                                                                                                                          |
| 其他     | 行駛時的單位油耗成本 (元/1 公里)      |                                                | 3.95                                                                                                                        |
|        | 停等時的單位油耗成本 (元/1 分鐘)      |                                                | 0.445                                                                                                                       |
|        | 單位時間內產品腐敗率 (每分鐘)         |                                                | (0.00066, 0.00066)<br>(0.000661, 0.000673, 0.0006625)                                                                       |
|        | 產品的單位成本 (每公克)            |                                                | (0.071, 0.063)<br>(0.0573, 0.0379, 0.07)                                                                                    |
|        | 降溫函數 (x:起始溫度, y:時間(秒))   |                                                | $z = 4 + (x - 4) * e^{-0.00117889y}$                                                                                        |
|        | 升溫函數 (x: 起始溫度, y: 時間(秒)) |                                                | $\begin{cases} z = x + 0.0114853y - 0.00149428, 0 \leq y < 120 \\ z = x + 0.00316074y + 0.99745292, 120 \leq y \end{cases}$ |

在利用 Gurobi 進行數學模型的運算時，因降溫函數分段線性化後的斷點數也將影響計算的複雜度，測試過程中優先以 x 軸 10 點/y 軸 19 點進行運算，若無法於規定時間內求得任一組解，則減少兩軸斷點數至 x 軸 9 點/y 軸 11 點重新運算。另外，因 Gurobi 求解收斂至最佳解須花費較長的時間，本研究設定求解時間最長為 36000 秒並記錄記錄當下的 gap 值和目標值，若無法在時間內得到最佳解，則紀錄最後的下界值，Gurobi 中的 gap 值計算方式如下：

$$gap = \frac{\text{best integer solution} - \text{lower bound}}{\text{best integer solution}}$$

接著依照上述的參數設定執行演算法，記錄演算法的求解時間與目標值，在比較兩者的差距，計算公式如下：

$$\text{差異} = \frac{\text{演算法目標值} - \text{Gurobi 目標值}}{\text{Gurobi 目標值}}$$

各個例題的執行結果如表 6-3，當顧客點數量僅有 5 個時，Gurobi 能在時限內找到最佳解或可行解，而演算法均能在 1 秒內得到結果，當顧客數量或溫層類別數增加後，Gurobi 無法於時間內求得任一組解。當顧客間的距離約接近時，Gurobi 的求解時間也較長，以例題 4 與例題 5 比較，同一個編號的顧客給定相同的需求種類與數量，例題 4 中的顧客分佈較密集，彼此間的旅行時間在 6 分鐘內，而例題 5 的旅行時間則介在 5 到 20 分鐘內。從表 6-3 的結果可以發現當顧客距離越集中時，Gurobi 求解的時間也隨之拉長。在解的品質上，Gurobi 和演算法目標值差距均在 1% 以下，由於數學模型中使用分段線性化的方法，在計算降溫過程的車廂內溫度時會有高估的情況發生導致須要額外的停等成本或是更改路線，如例題 1 中雖然 Gurobi 能在時間內找到最佳解但目標值仍高於演算法的結果，兩個方法所安排的車輛服務順序與每位顧客的卸貨順序均相同，但 Gurobi 的結果中在其中一位顧客點上多等待了 1 分鐘的時間。另外在例題四中則因為 Gurobi 在時間內有找到可行解但無法收斂至最佳解，所以和演算法的差異為負值。

綜合上述，本研究提出的演算法在求解問題上不論品質或是時間均有不錯的表現，將以此演算法進行實際例題的測試。

表 6-3 例題求解數值比較表

| 例題<br>編號 | 顧客數 | 溫層<br>類別數 | 分佈<br>型態 | Gurobi |               |          |          |            | 演算法    |          | Gurobi 和<br>演算法差異 |
|----------|-----|-----------|----------|--------|---------------|----------|----------|------------|--------|----------|-------------------|
|          |     |           |          | 目標值    | 兩軸斷點數         | Gap 值(%) | Best Bd  | 求解時間       | 目標值    | 求解時間     |                   |
| 1        | 5   | 2         | N        | 50.34  | x(11) / y(9)  | 0.01     | x        | 22509 sec. | 49.88  | < 1 sec. | -0.90%            |
| 2        | 5   | 2         | N        | 61.88  | x(19) / y(10) | 0.01     | x        | 6220 sec.  | 62.32  | < 1 sec. | 0.71%             |
| 3        | 5   | 2         | R        | 246.39 | x(19) / y(10) | 0.0058   | x        | 3003 sec.  | 246.83 | < 1 sec. | 0.18%             |
| 4        | 5   | 3         | N        | 49.08  | x(11) / y(9)  | 4.5859   | 49.08    | 36000 sec. | 48.95  | < 1 sec. | -0.27%            |
| 5        | 5   | 3         | R        | 242.51 | x(11) / y(9)  | 0.0025   | x        | 10278 sec. | 242.51 | < 1 sec. | 0.00%             |
| 6        | 8   | 2         | N        | n/a    | x(11) / y(9)  | n/a      | 82.117   | > 1 days   | 87.54  | < 1 sec. | n/a               |
| 7        | 8   | 3         | N        | n/a    | x(11) / y(9)  | n/a      | 73.14267 | > 1 days   | 86.96  | < 1 sec. | n/a               |
| 8        | 10  | 2         | N        | n/a    | x(11) / y(9)  | n/a      | 76.57576 | > 1 days   | 129.35 | < 1 sec. | n/a               |
| 9        | 10  | 3         | N        | n/a    | x(11) / y(9)  | n/a      | 79.23194 | > 1 days   | 128.80 | < 1 sec. | n/a               |
| 10       | 15  | 2         | N        | n/a    | x(11) / y(9)  | n/a      | 96.3683  | > 1 days   | 196.02 | < 1 sec. | n/a               |

### 6.1.2 參數敏感度測試

根據 Hübner and Ostermeier (2018) 提到影響 LNS 求解速度的主要原因為參數的設定而非問題的大小，以下將針對 LNS 中移除、插入和 RRT 中的重要參數進行測試，測試所使用的例題中包含自實例中取出由 5 台車所服務的 100 位顧客，每位顧客均有 2 種溫

層的需求且不同顧客間的數量相同，彼此間的旅行距離介在 30 公里內，詳細資料於附錄 B，起始的參數值則依據以表 6-2 的設定，每一組參數測試 20 次並將結果整理如表 6-4。

表 6-4 演算法參數敏感度測試結果整理表

|                           | 最短運算時間 | 最長運算時間 | 平均時間   | 目標值變化量 |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                           |        |        |        | 最佳     | 平均     |
| 移除顧客數 $r$                 |        |        |        |        |        |
| 5                         | 2      | 10     | 5.47   | 5.39%  | 13.49% |
| 25                        | 48     | 215    | 112.73 | -      | -      |
| 50                        | 206    | 647    | 376.20 | -3.05% | -0.43% |
| Random( $r \in [1, 50]$ ) | 3      | 306    | 107.00 | -0.41% | 2.27%  |
| Regret-k 的 $k$ 值          |        |        |        |        |        |
| 2                         | 48     | 215    | 112.73 | -      | -      |
| 4                         | 53     | 163    | 102.07 | 0.26%  | 0.96%  |
| 8                         | 80     | 153    | 107.20 | 0.49%  | 1.68%  |
| 誤差值 $D$                   |        |        |        |        |        |
| 0.40%                     | 71     | 436    | 140.76 | -1.00% | 0.23%  |
| 0.60%                     | 52     | 357    | 158.31 | -1.66% | -0.89% |
| 0.90%                     | 48     | 215    | 112.73 | -      | -      |
| 1.20%                     | 47     | 140    | 92.07  | 0.05%  | 0.66%  |
| 1.40%                     | 55     | 214    | 112.40 | 0.27%  | 0.16%  |

在 Shaw Removal 中的重要參數為每次移除顧客的數量( $r$ )，同時也三項測試中最明顯影響 LNS 計算時間與求解品質的參數。原本設定每次移除的顧客數量為總顧客數的四分之一，當移除的數量增加時所得到的結果也較好，但求解的時間也相對拉長。比較四種測試結果，每次都在範圍內取一個服從均勻分布的隨機亂數作為移除的顧客數量可以在合理的時間內取得不錯的結果，在顧客點移除較少時可做細部的搜尋，移除大量的顧客時則可做廣部的搜尋，每次選擇不同的數量強化兩者的組合關係。

Regret-k 插入法的  $k$  值初始設定值為 2，當  $k$  值增加時求解的時間下降但目標值增加，由於  $k$  值增加時，在每一次插入的過程中考慮更多位置的情況而非以更早找到解決方案的進行改進，每次解改進的幅度有限，導致更快達停止條件，因此  $k$  值不得設定過高以免導致解的品質大幅下滑。

Record-to-Record Travel (RRT) 中的誤差值越大時，每次求解出的解過將更容易被接受，因此求解時間縮短，但目標值的變化量則沒有明顯的趨勢，推測可能是成本的總值

較小，乘上誤差值後可接受值和原始值相比差距不大，因此變化量僅介在-1.66%~0.66%間。

綜合上述，不同參數設定值的大小將對目標值和求解時間造成一定的影響，其中又以 Shaw Removal 中的顧客移除數量( $r$ )的對時間和目標值影響最為顯著，其餘在時間和品質的變化量和原始設定值差距不大，因此後續測試將 Shaw Removal 中的顧客移除數量( $r$ )改為隨機選取，在不同移除顧客數量( $r$ )中找尋更好的目標值。

## 6.2 範例說明

由於行駛的單位油耗成本和停等的單位油耗成本是決定車輛將會停等待車廂內溫度下降或是優先配送其他顧客的關鍵，本章節自 A 公司的實際資料中選出 2 輛車(共 10 位顧客)的資料做為測試範例，資料中包含顧客位置、原訂的服務順序、時窗、車輛總體積(2748900 萬立方毫米)、隔板體積(23100 萬立方毫米)，每台車最多可分隔出 3 種溫層，而顧客與配送中心的分佈如圖 6-1，星號為配送中心，編號分別代表兩輛車原本的路線順序，同一輛車服務的顧客點間距離在 3 公里內，不同車輛服務的顧客點則相距 9 公里以上。在顧客需求方面，每位顧客共有 1 或 2 種需求，本研究假設兩台車同樣順序的顧客具有相同的需求，優先以實際情況中行駛和停等的油耗成本做測試(分別為 3.956 元/1 公里和 0.445 元/分鐘)，所有顧客的第一種溫層的需求均設定為 8 分鐘，第二種溫層的需求則隨機給定，本例題的相關資訊於附錄 C。

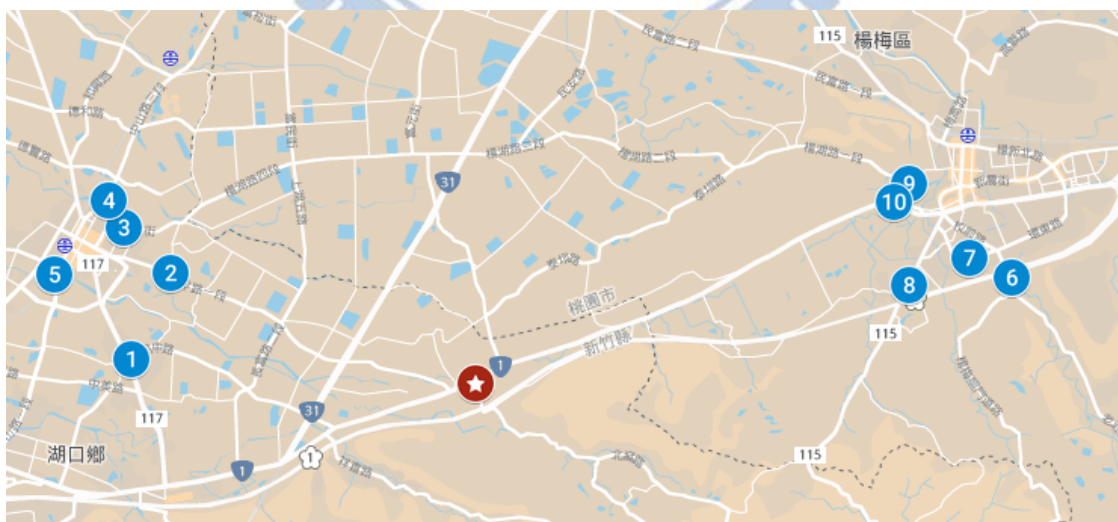


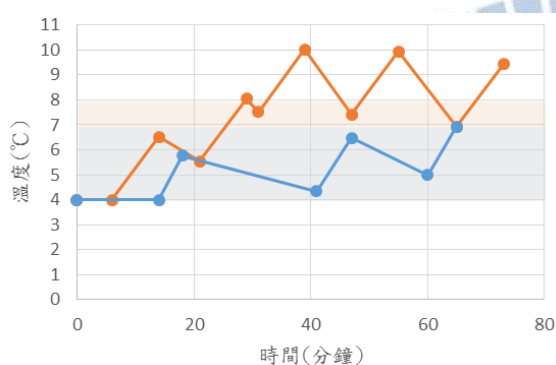
圖 6-1 範例中顧客與配送中心之分佈圖

首先，情境一依照原 A 公司所安排的路線與作業情況，實際配送中若車廂內溫度超

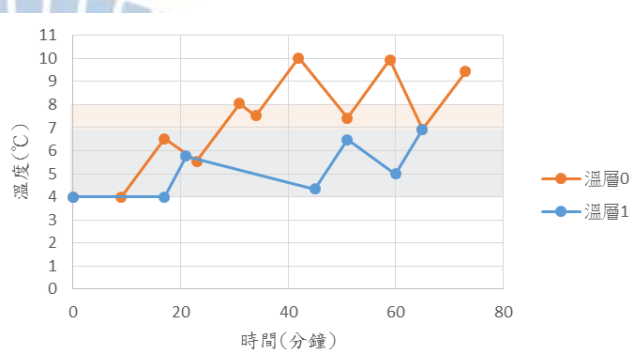
過規範溫度範圍的時間不超過 30 分鐘將不強制暫停配送，此時配送過程的車廂內溫度如圖 6-2，可以發現兩台車在進行後三次的卸貨作業時，溫層 0 的車廂內溫度將高於標準，雖然能在抵達下一個顧客前降溫至標準範圍內，但仍對車廂內的商品帶來風險，在本研究中也是不被允許的。

表 6-5 依原路線行駛之配送相關資料表

|        | 車輛 1  |   |     |     |       |       | 車輛 2  |   |     |     |       |       |
|--------|-------|---|-----|-----|-------|-------|-------|---|-----|-----|-------|-------|
| 服務順序   | 0     | 1 | 2   | 3   | 4     | 5     | 0     | 6 | 7   | 8   | 9     | 10    |
| 開始服務時間 | 0     | 6 | 21  | 31  | 41    | 60    | 0     | 9 | 23  | 34  | 45    | 60    |
| 停等時間   | -     | - | -   | -   | -     | -     | -     | - | -   | -   | -     | -     |
| 卸貨順序   | (0,1) |   | (0) | (0) | (1,0) | (1,0) | (0,1) |   | (0) | (0) | (1,0) | (1,0) |



(a) 車輛 1



(b) 車輛 2

圖 6-2 依原路線行駛時的車廂內溫度圖

情境二則依舊按安排好的路線行駛，在路線規劃時安排好每個配送點須停等的時間，司機在配送過程中須適時停等避免卸貨過程中車廂內溫度超過標準，此時配送過程中車廂內的溫度如圖 6-3，成本為 180.73 元(包含行駛油耗成本為 126 元、產品腐敗成本為 32.035 元與停等降溫的油耗成本為 22.695 元)，但每次卸貨過程中與作業後的溫度皆可維持在規範溫度的範圍內。

表 6-6 依原路線行駛但須停等時的配送相關資料表

|        | 車輛 1  |   |     |     |       |       | 車輛 2  |   |     |     |       |       |
|--------|-------|---|-----|-----|-------|-------|-------|---|-----|-----|-------|-------|
| 服務順序   | 0     | 1 | 2   | 3   | 4     | 5     | 0     | 6 | 7   | 8   | 9     | 10    |
| 開始服務時間 | 0     | 6 | 22  | 44  | 61    | 84    | 0     | 9 | 25  | 47  | 64    | 87    |
| 停等時間   | -     | - | 1   | 12  | 7     | 4     | -     | - | 2   | 11  | 6     | 8     |
| 卸貨順序   | (0,1) |   | (0) | (0) | (1,0) | (1,0) | (0,1) |   | (0) | (0) | (1,0) | (1,0) |

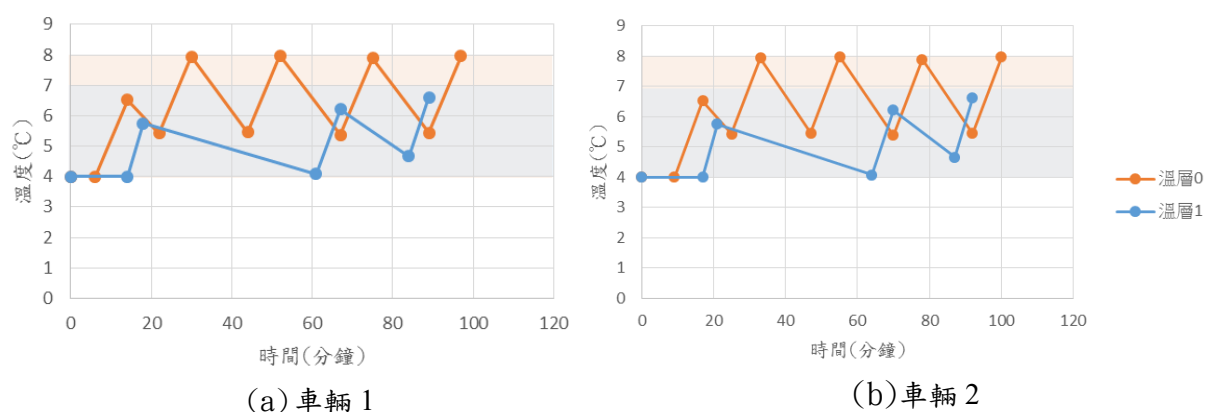


圖 6-3 依原路線行駛但須停等時的車廂內溫度圖

情境三針對目前路線進行調整，透過本研究的演算法找出適當的配送順序和各點的停等時間，求解後的路線與車廂內溫度如下表 6-7 和圖 6-4，總成本為 171.11 元(包含行駛油耗成本為 116 元、產品腐敗成本為 32.86272 元與停等降溫的油耗成本為 22.25 元)，相較於情境二則下降了 5.32%，兩輛車的路線均有所調整。在本研究的規劃下，所有車輛在配送過程中的溫度都能維持在規範內，其中第一台車輛所服務的顧客 1 也因溫度所須，調整其卸貨順序。

表 6-7 依原路線行駛之配送相關資料表

|        | 車輛 1 |     |     |       |       |       | 車輛 2 |     |       |     |       |       |
|--------|------|-----|-----|-------|-------|-------|------|-----|-------|-----|-------|-------|
| 服務順序   | 0    | 2   | 3   | 4     | 5     | 1     | 0    | 8   | 6     | 7   | 9     | 10    |
| 開始服務時間 | 0    | 6   | 22  | 38    | 61    | 84    | 0    | 10  | 26    | 48  | 64    | 87    |
| 停等時間   | -    | -   | 6   | 6     | 4     | 7     | -    | 1   | 5     | 8   | 5     | 8     |
| 卸貨順序   |      | (0) | (0) | (1,0) | (1,0) | (1,0) |      | (0) | (0,1) | (0) | (1,0) | (1,0) |

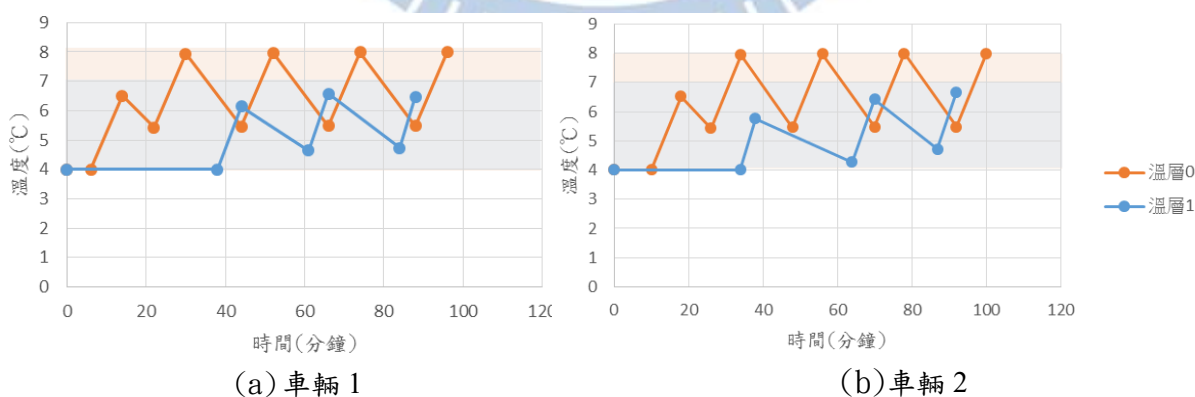


圖 6-4 本研究安排之路線與車廂內溫度圖

同本章節開始所述，行駛的油耗成本與停等的油耗成本是本研究進行路線規劃時，選擇於路邊停靠或是行駛至其他顧客點進行服務的關鍵，在進行敏感度分析前，將行駛

的油耗成本依照市區道路的行駛速限 50 公里/小時進行轉換，從每公里的行駛油耗為 3.95 元轉為每分鐘的行駛油耗為 3.29 元後，與停等油耗進行比較。從實際的停等油耗開始測試，以固定行駛油耗下調整其與停等油耗的比值，將實際的情況設為情境 0，依序列出 7 個方案如表 6-8。

表 6-8 成本敏感度分析之情境列表

| 情境 | 單位行駛油耗<br>(分鐘/元) | 單位停等油耗<br>(分鐘/元) | 比值<br>( $\frac{\text{單位行駛油耗成本}}{\text{單位停等油耗成本}}$ ) |
|----|------------------|------------------|-----------------------------------------------------|
| 0  | 3.29             | 0.445            | 7.397                                               |
| 1  | 3.29             | 0.658            | 5                                                   |
| 2  | 3.29             | 1.097            | 3                                                   |
| 3  | 3.29             | 3.29             | 1                                                   |
| 4  | 3.29             | 9.87             | 0.33                                                |
| 5  | 3.29             | 16.45            | 0.2                                                 |
| 6  | 3.29             | 26.32            | 0.125                                               |

將不同的單位停等成本以演算法進行測試，其餘參數設定如表 6-2。將所有情境的總停等時間繪製如圖 6-5，不難從圖上發現當兩者的比值為 1 是分水嶺，當單位停等成本大於單位行駛油耗時，總停等時間也大幅減少。表 6-9 為不同情境的配送路線，也可以發現情境 4、5、6 中兩輛車的配送路線出線交織的情況，情境 1、2、3 中兩輛車各別服務的顧客仍和情境 0 相同，只是服務順序上有所調整。

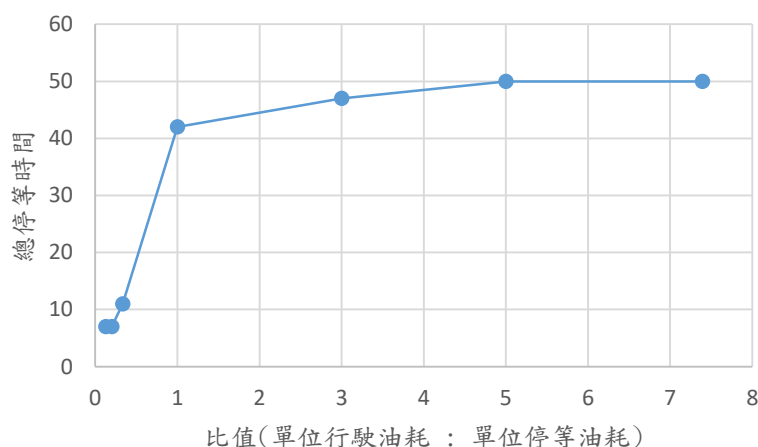
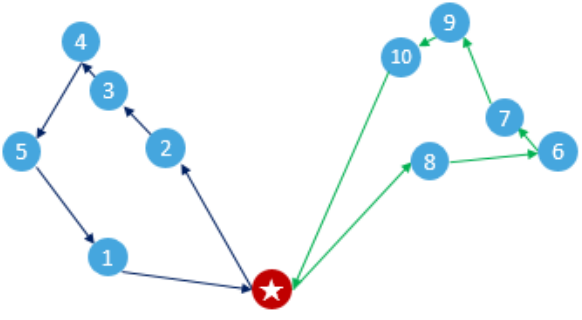
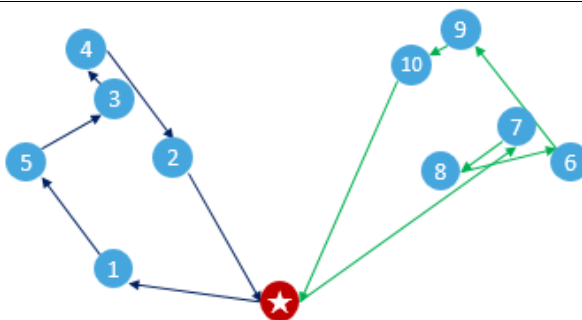
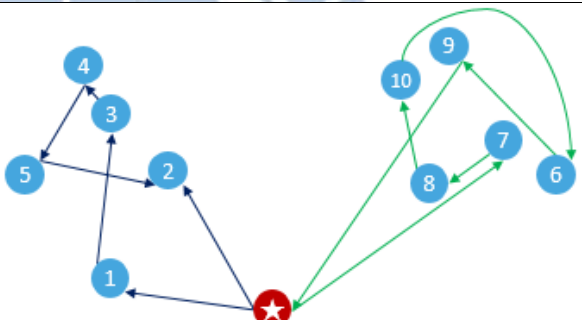
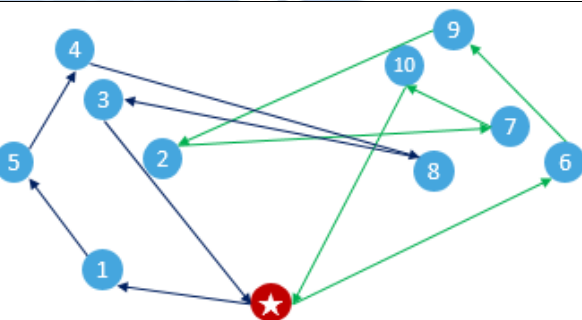
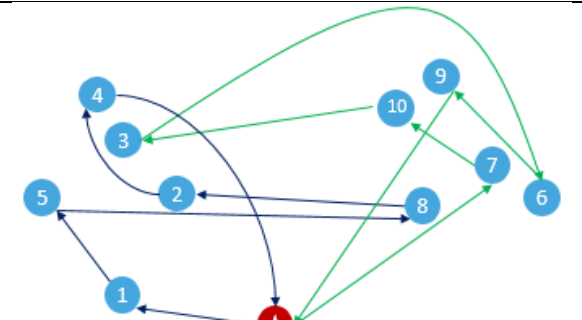
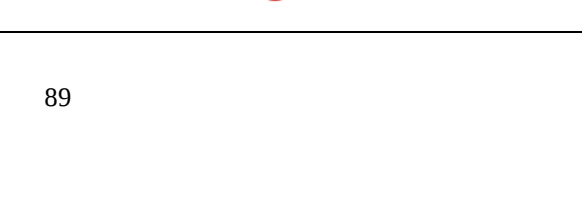


圖 6-5 停等時間與不同油耗比值之關係圖

表 6-9 不同情境下之配送路線整理表

|                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>➤ 情境 0 (3.29 : 0.445)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 2-3-4-5-1</li> <li>■ 路線 2: 8-6-7-9-10</li> </ul>                                                                                                                              |    |
| <p>➤ 情境 1 (3.29 : 0.658)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 2-3-4-5-1</li> <li>■ 路線 2: 8-6-7-9-10</li> </ul>                                                                                                                              |    |
| <p>➤ 情境 2 (3.29 : 1.097)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 1-5-3-4-2</li> <li>■ 路線 2: 7-8-6-9-10</li> </ul>                                                                                                                              |   |
| <p>➤ 情境 3 (3.29 : 3.29)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 1-3-4-5-2</li> <li>■ 路線 2: 7-8-10-6-9</li> </ul>                                                                                                                               |  |
| <p>➤ 情境 4 (3.29 : 9.87)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 1-5-4-8-3</li> <li>■ 路線 2: 6-9-2-7-10</li> </ul>                                                                                                                               |  |
| <p>➤ 情境 5 (3.29 : 16.45)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 1-5-8-2-4</li> <li>■ 路線 2: 7-10-3-6-9</li> </ul> <p>➤ 情境 6 (3.29 : 26.32)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 路線 1: 1-5-8-2-4</li> <li>■ 路線 2: 7-10-3-6-9</li> </ul> |  |

藉由上述情境可以看出單位行駛油耗成本與單位停等油耗成本對於兩種策略的影響，當單位停等的油耗成本較低時，車輛會選擇停等降溫的策略；當單位停等的油耗成本較單位行駛油耗成本高時，則會偏好行駛至其他顧客點進行服務。

### 6.3 實際案例測試

本研究取得 A 公司於某日的低溫配送資料，資料中包含一個物流中心與 678 個顧客點，其分布如圖 6-6，本研究使用 openstreet map 計算各點間的行駛距離與時間，並根據業者所提供的油耗數據，低溫配送車輛每公升可行駛 6.75 公里或是怠速 1 小時，再根據柴油每公升 26.9 元計算得出各點間的旅行成本。該物流中心的車隊規模為 35 輛，每輛車的最多可分成三個溫層，車輛皆搭載機械式冷凍機組可針對不同溫層進行溫控，車輛規格為 11 噸貨車，內部總體積為 2748900 萬立方毫米 (5950mm\*2200mm\*2100mm)，隔板體積為 23100 立方毫米 (50mm\*2200mm\*2100mm)，該公司所使用的物流箱體積為 4042.6 萬立方毫米 (410mm\*340mm\*290mm)。

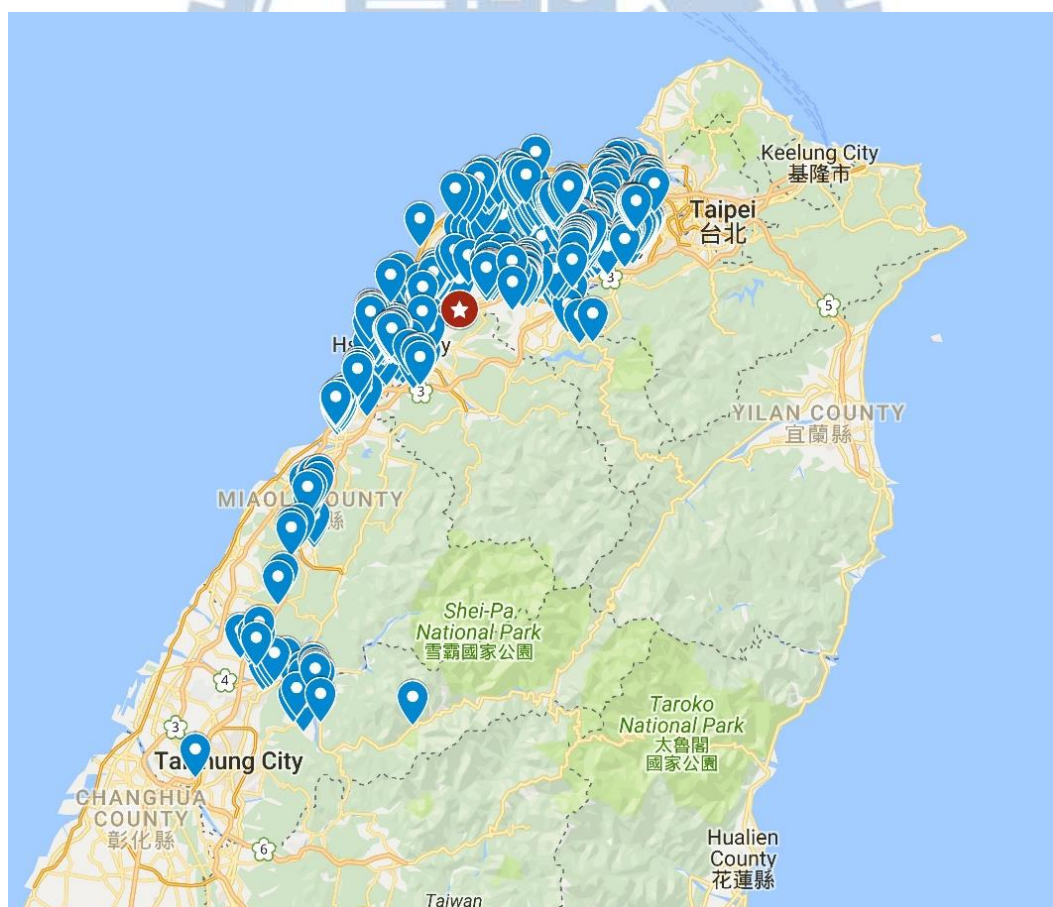


圖 6-6 實際案例的顧客與配送中心之分佈圖

由於各顧客的實際訂單內容取得不易，僅取得車輛於該顧客點的總服務時間與各顧客的預計抵達時間，因此本研究將顧客的需求分成三類，依序將各個顧客的總服務時間隨機分配給三個溫層，假設三個溫層分別配送葡萄、波菜與甜桃，其最適合的儲存溫度範圍為 4-8°C、4-6°C、4-7°C，在溫度範圍內的平均新鮮度每分鐘下降率為 0.000661、0.000673、0.000663，每公克單價則根據臺北農產運銷股份有限公司所公佈的時價分別計為 0.0573 元/公克、0.0379 元/公克和 0.07 元/公克，而每個物流箱可分別裝入 6 公斤、9 公斤和 12 公斤的商品，假設配送員每分鐘的作業量為 2 個物流箱，據此計算該顧客各種溫層需求的總體積與總重量。在顧客的服務時窗方面，業者表示配送員須在預計抵達時間的前 1 個小時至後半個小時內抵達，也就是每個顧客的時窗長度為 90 分鐘，本研究以此資訊推算每個顧客的服務時窗。演算法中相關參數設定值如表 6-2，經過 6.1.2 參數測試後，將每次移除的顧客數輛改為在 1 到 150 的範圍內取一個服從均勻分布的隨機亂數，其餘參數維持不變。

表 6-10 實際案例之運算時間與結果記錄表

| 最佳目標值    | 平均目標值    | 平均運算時間(秒) | 改善幅度  |
|----------|----------|-----------|-------|
| 665978.5 | 675644.3 | 18600     | 0.61% |

首先，輸入相關數據後以演算法進行運算，將求解後的結果整理於表 6-10，另外將運算中最好的結果整理於附錄 E，該表格中括號內為車輛抵達該顧客後的溫層卸貨順序，ST 為車輛開始服務時間，WT 為車輛等待時窗的停等時間，WC 為等待車廂內溫度下降的時間。演算法進行一次完整的運算需時約 5 小時，若演算法開始的起始解較好則最終結果也較好，將一次測試過程中被接受的解(包含較當前最佳解好的解與在當前最佳解誤差範圍內的解)依序描繪如圖 6-7，可以清楚看見本研究演算法的效果，透過大規模鄰域搜尋演算法移除和插入的過程搜索周遭的可行解，由於接受在誤差範圍內的可行解，因此記錄的目標值並非持續縮小而是有所起伏。

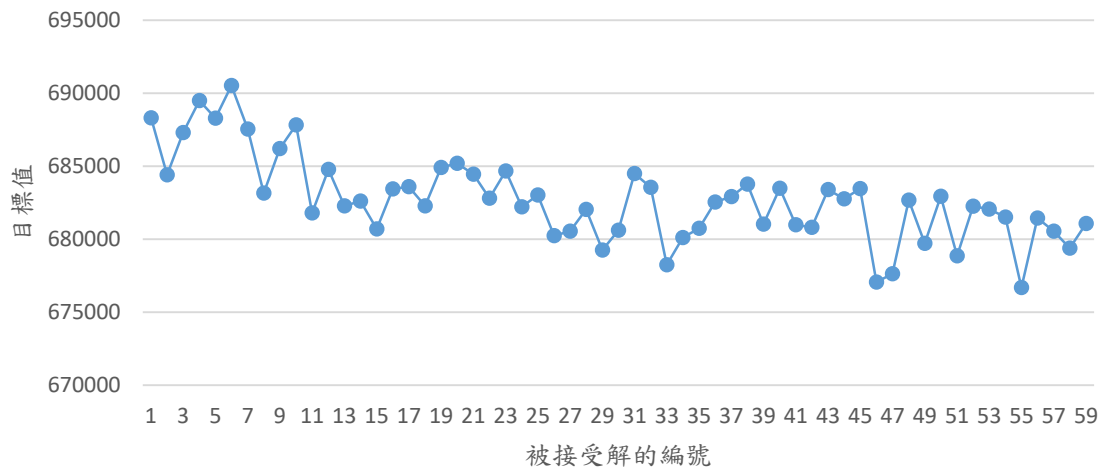


圖 6-7 求解記錄圖

根據本研究訪問業者，實務上每日利用約 1 個小時的時間進行路線安排，因此以下在終止條件中增加運算時間的上限，並且根據 6.1.2 節測試中，誤差值(D)的大小也將影響求解品質，因此針對不同誤差值與有限時間內進行測試，運算結果如表 6-11。若依照原始的參數設定(誤差值為 0.009)時，其從起始解至最終結果的改善幅度最小，當誤差值越小時的最佳目標值也較小，但三種測試情況下的平均誤差值並無明顯差異。

表 6-11 有限時間內不同誤差值下的運算結果整理表

| 誤差值       | 最佳目標值    | 平均目標值    | 改善幅度  |
|-----------|----------|----------|-------|
| D = 0.009 | 671228.7 | 676385.2 | 0.09% |
| D = 0.006 | 667906.1 | 673335.5 | 0.15% |
| D = 0.004 | 666560   | 677497.8 | 0.27% |

## 第七章 結論與建議

近年來由於消費者生活習慣的改變與科技的進步，物流業者研發多溫層配送車輛來滿足消費者多樣化的需求，透過可移動式的隔板將不同存放溫度或不同類別的產品區隔開來，每個溫層可分別設定適合的溫度，改善過去以整車配送的模式，提高車輛空間的使用率。隨著顧客對於產品的品質與安全更加重視，在配送過程中更須嚴加控管溫度以確保產品的新鮮度。然而面對都市近距離的配送，短時間內頻繁的開門作業將導致沒有足夠的時間讓車廂內溫度下降到規範溫度內，對車廂內的產品品質更是一大威脅。為解決物流業者在配送過程中面臨溫度失控的危機，本研究在路線規劃時加入停車打冷與跳島式的配送策略，透過升溫與降溫的函數確保車輛在運送過程中溫度皆維持在規範溫度內，並在最小化油耗成本與產品損失價值的情況下找出合適的路線。

根據第二章文獻回顧，目前僅有 Ostermeier et al. (2017) 針對多溫層車輛的配送問題進行討論，然而該篇文獻並未考慮易腐性產品新鮮度隨時間遞減的特性和配送過程中溫度的變化。本研究透過實際溫度數據描繪出升溫與降溫的函數，將函數分段線性化後與路線規劃模型結合，建立一個具服務時窗及溫度限制之多溫層車輛配送問題 (MCVRPTWTR) 的混合整數規劃模型，透過適時的停等、適當的路線規劃並妥善安排每位顧客的卸貨順序，可確保車廂內溫度在配送過程中均維持在規範內。隨著問題規模擴大 Gurobi 的求解時間也隨之拉長，本研究提出一個以大規模鄰域搜尋演算法 (LNS) 為基礎之方法進行求解，在小例題上的求解表現還不錯。透過第六章的演算法參數的敏感度分析可以發現移除的數量對於求解時間與品質有極大的影響，改採每輪隨機選取移除的數量，可增加搜尋過程的廣度及深度。

第五章透過本研究所取得的真實溫度數據擬合出在車門關閉與車門開啟期間，車廂內溫度隨時間變化的函數，當車廂門關閉時，溫度和關門時間長呈指數關係，且該函數可描述當車廂內溫度達設定溫度時，溫度將穩定維持在最低溫的情形；當車廂門開啟時，無法利用單一函數來描述實際資料，由於塑膠門簾的阻隔也減少室外溫度在開門作業時對車廂內溫度的影響，透過時間切割成兩部分後，在剛開始作業時溫度上升速度較快，經過一段時間後會趨緩但仍持續上升。未來若能取得更多實際配送時的溫度資料，可以本研究擬合出來的關係式為出發點，做更細部分析與比較以找出合適的參數值或函數式。

第六章透過例題測試 Gurobi 和演算法的求解品質與效率，藉由分段線性化可解決非線性函數的問題，然而當溫度和時間的斷點數增加時 Gurobi 的計算複雜度也跟著提

高，減少斷點數勢必增加溫度計算的誤差。範例則呈現配送路線與車廂內溫度的變化，利用本研究的方法可權衡行駛與停等的油耗成本找出適當的配送路線，由於現況中停等的單位油耗成本低於行駛的單位油耗成本，當單位停等的油耗成本大於行駛的單位油耗成本時，可以發現兩輛車的配送路線有所改變，總停等時間也相對減少。在實際案例中共有 678 位顧客，每次演算法的完整執行時間約為 7 個小時，仍有改善的空間。

本研究尚有未臻完善之處。首先，由於本研究僅取得一輛冷藏車於單月的實際配送時的溫度資料，未來若取得不同車輛的資料，可針對不同溫層的曲線進行描繪與測試。其次，受限於溫度規範，若顧客有大量需求時無法在一次服務中卸下所有的貨品，因此未來可以考慮由同一輛車或是另一輛車負責配送。另外，為均衡各個司機的工作量，多數公司會在路線規劃前事先劃分配送區域，除了司機總工時的限制外，依照顧客的時窗限制、配送距離、裝載量等特徵進行劃分，均衡每位司機的工作量以減少紛爭。在演算法中可嘗試不同的做法來尋找起始解，好的起始解有助於後續的運算，在安排路線的過程中除了盡可能讓需求種類不同或是卸貨時間差異較大的顧客排在同一條路線上，可試著找出其他影響顧客服務路線、顧客的卸貨順序與車廂內溫度三者的重要因素，減少進入最後一階段重新安排路線的可能性。

## 參考文獻

### ◆ 英文文獻

1. Australian Food and Grocery Council (2017). The Australian Cold Chain Guidelines 2017: For the handling, storage and transport of frozen foods, ice cream and chilled foods for retail sale and in food service outlets. Australian Food and Grocery Council (AFGC).
2. Amorim, P., Almada-Lobo, B. (2014). The impact of food perishability issues in the vehicle routing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 67, 223-233.
3. Avella, P., Boccia, M., Sforza, A. (2004). Solving a fuel delivery problem by heuristic and exact approaches. *European Journal of Operational Research*, 152(1), 170-179.
4. Aung, M. M., Chang, Y. S. (2014). Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain. *Food Control*, 40, 198-207.
5. Archontoulis, S. V., Miguez, F. E. (2015). Nonlinear regression models and applications in agricultural research. *Agronomy Journal*, 107(2), 786-798.
6. Belenguer, J. M., Benavent, E., Martínez, M. C. (2005). RutaRep: a computer package to design dispatching routes in the meat industry. *Journal of Food Engineering* 70, 435-445.
7. Bogataj, M., Bogataj, L., Vodopivec, R. (2005). Stability of perishable goods in cold logistic chains. *International Journal of Production Economics*, 93, 345-356.
8. Cornillier, F., Boctor, F. F., Laporte, G., Renaud, J. (2008). An exact algorithm for the petrol station replenishment problem. *Journal of the Operational Research Society*, 59(5), 607-615.
9. Carullo, A., Corbellini, S., Parvis, M., Vallan, A. (2009). A wireless sensor network for cold-chain monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 58(5), 1405-1411.
10. Chen, H. K., Hsueh, C. F., Chang, M. S. (2009). Production scheduling and vehicle routing with time windows for perishable food products. *Computers & Operations Research*, 36(7), 2311-2319.
11. Coelho, L. C., Laporte, G. (2015). Classification, models and exact algorithms for multi-compartment delivery problems. *European Journal of Operational Research*, 242(3), 854-864.
12. Cordeau, J. F., Laporte, G., Savelsbergh, M. W., Vigo, D. (2007). Vehicle routing. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 14, 367-428.
13. Dueck, G. (1993). New optimization heuristics. *Journal of Computational Physics*, 104(1), 86-92.
14. Doyle, M. P., Buchanan, R. L. (Eds.). (2012). Food microbiology: fundamentals and frontiers. American Society for Microbiology Press.
15. De Micheaux, T. L., Ducoulombier, M., Moureh, J., Sartre, V., Bonjour, J. (2015). Experimental and numerical investigation of the infiltration heat load during the

- opening of a refrigerated truck body. *International Journal of Refrigeration*, 54, 170-189.
16. Derigs, U., Gottlieb, J., Kalkoff, J., Piesche, M., Rothlauf, F., Vogel, U. (2011). Vehicle routing with compartments: applications, modelling and heuristics. *OR Spectrum*, 33(4), 885-914.
  17. D'Ambrosio, C., Lodi, A., Martello, S. (2010). Piecewise linear approximation of functions of two variables in MILP models. *Operations Research Letters*, 38(1), 39-46.
  18. Estrada-Flores, S., Eddy, A. (2006). Thermal performance indicators for refrigerated road vehicles. *International Journal of Refrigeration*, 29(6), 889-898.
  19. El Fallahi, A., Prins, C., Calvo, R. W. (2008). A memetic algorithm and a tabu search for the multi-compartment vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 35(5), 1725-1741.
  20. Hsu, C. I., Chen, W. T. (2014). Optimizing fleet size and delivery scheduling for multi-temperature food distribution. *Applied Mathematical Modelling*, 38(3), 1077-1091.
  21. Hsu, C. I., Chen, W. T., Wu, W. J. (2013). Optimal delivery cycles for joint distribution of multi-temperature food. *Food Control*, 34(1), 106-114.
  22. Hsiao, Y. H., Chen, M. C., Chin, C. L. (2017). Distribution planning for perishable foods in cold chains with quality concerns: Formulation and solution procedure. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 80-93.
  23. Hsu, C. I., Hung, S. F., Li, H. C. (2007). Vehicle routing problem with time-windows for perishable food delivery. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 465-475.
  24. Hsu, C. I., Liu, K. P. (2011). A model for facilities planning for multi-temperature joint distribution system. *Food Control*, 22(12), 1873-1882.
  25. Hoang, M. H., Laguerre, O., Moureh, J., Flick, D. (2012). Heat transfer modelling in a ventilated cavity loaded with food product: Application to a refrigerated vehicle. *Journal of Food Engineering*, 113(3), 389-398.
  26. Hübner, A., Ostermeier, M. (2018). A multi-compartment vehicle routing problem with loading and unloading costs. *Transportation Science*, 52(6), 1-19.
  27. Henke, T., Speranza, M. G., Wäscher, G. (2015). The multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes. *European Journal of Operational Research*, 246(3), 730-743.
  28. Henke, T., Speranza, M. G., Wäscher, G. (2017). A branch-and-cut algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes (No. 170004). Otto-von-Guericke University Magdeburg, Faculty of Economics and Management.
  29. Hu, X., Wang, Z., Huang, M., Zeng, A. Z. (2009). A computer-enabled solution procedure for food wholesalers' distribution decision in cities with a circular transportation infrastructure. *Computer & Operations Research* 36, 2201-2209.
  30. Hu, H., Zhang, Y., & Zhen, L. (2017). A two-stage decomposition method on fresh product distribution problem. *International Journal of Production Research*, 55(16), 4729-4752.

31. James, S. J., James, C., Evans, J. A. (2006). Modelling of food transportation systems—a review. *International Journal of Refrigeration*, 29(6), 947-957.
32. Jetlund, A. S., Karimi, I. A. (2004). Improving the logistics of multi-compartment chemical tankers. *Computers & Chemical Engineering*, 28(8), 1267-1283.
33. Jol, S., Kassianenko, A., Wszol, K., Oggel, J. (2006). Process control issues in time and temperature abuse of refrigerated foods. *Food Safety Magazine*. Dec 2005/Jan 2006.
34. Kuo, J. C., Chen, M. C. (2010). Developing an advanced multi-temperature joint distribution system for the food cold chain. *Food Control*, 21(4), 559-566.
35. Koch, H., Henke, T., & Wäscher, G. (2016). A genetic algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with flexible compartment sizes (No. 160004). Otto-von-Guericke University Magdeburg, Faculty of Economics and Management.
36. Labuza, T. P. (1982). Shelf-life dating of foods. Food & Nutrition Press, Inc.
37. Lin, M. H., Carlsson, J. G., Ge, D., Shi, J., Tsai, J. F. (2013). A review of piecewise linearization methods. *Mathematical problems in Engineering*, vol. 2013, 8 pages.
38. Laguerre, O., Duret, S., Hoang, H. M., Flick, D. (2014). Using simplified models of cold chain equipment to assess the influence of operating conditions and equipment design on cold chain performance. *International Journal of Refrigeration*, 47, 120-133.
39. Laguerre, O., Hoang, H. M., Flick, D. (2013). Experimental investigation and modelling in the food cold chain: Thermal and quality evolution. *Trends in Food Science & Technology*, 29(2), 87-97.
40. Lin, M. H., Tsai, J. F. (2015). Comparisons of Break Points Selection Strategies for Piecewise Linear Approximation. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 4(3), 247.
41. Montanari, R. (2008). Cold chain tracking: a managerial perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 19(8), 425-431.
42. Motulsky, H., Christopoulos, A. (2004). Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression: a practical guide to curve fitting. Oxford University Press.
43. Muyldermans, L., Pang, G. (2010). On the benefits of co-collection: Experiments with a multi-compartment vehicle routing algorithm. *European Journal of Operational Research*, 206(1), 93-103.
44. Mirzaei, S., Wøhlk, S. (2017). Erratum to: A Branch-and-Price algorithm for two multi-compartment vehicle routing problems. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 6(2), 185-218.
45. Novaes, A. G., Lima Jr, O. F., Carvalho, C. C. D., Bez, E. T. (2015). Thermal performance of refrigerated vehicles in the distribution of perishable food. *Pesquisa Operacional*, 35(2), 251-284.
46. Ostermeier, M., Hübner, A. (2018). Vehicle selection for a multi-compartment vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 269(2), 682-694.
47. Ostermeier, M., Martins, S., Amorim, P., Hübner, A., Almada-Lobo, B. (2018). Product-Oriented Time-Window Assignment for Multi-Compartment Vehicle

- Routing Problem. (Doctoral thesis, University of Porto, Porto, Portugal). Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/110501/2/249123.pdf>
48. Osvald, A., Stirn, L. Z. (2008). A vehicle routing algorithm for the distribution of fresh vegetables and similar perishable food. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 285-295.
  49. Pisinger, D., Ropke, S. (2007). A general heuristic for vehicle routing problems. *Computers & Operations Research*, 34(8), 2403-2435.
  50. Pisinger, D., Ropke, S. (2010). Large neighborhood search. In *Handbook of metaheuristics*. Springer, 399-419.
  51. Russell, R. A. (1995). Hybrid heuristics for the vehicle routing problem with time windows. *Transportation Science*, 29(2), 156-166.
  52. Rovatti, R., D'Ambrosio, C., Lodi, A., Martello, S. (2014). Optimistic MILP modeling of non-linear optimization problems. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 32-45.
  53. Rebennack, S., Kallrath, J. (2015). Continuous piecewise linear delta-approximations for bivariate and multivariate functions. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 167(1), 102-117.
  54. Ropke, S., Pisinger, D. (2006). An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Science*, 40(4), 455-472.
  55. Shaw, P. (1998). Using constraint programming and local search methods to solve vehicle routing problems. In *International conference on principles and practice of constraint programming*. Springer, 417-431.
  56. Song, B. D., Ko, Y. D. (2016). A vehicle routing problem of both refrigerated-and general-type vehicles for perishable food products delivery. *Journal of Food Engineering*, 169, 61-71.
  57. Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. *Operations Research*, 35(2), 254-265.
  58. Store, M. (2017). Cold Chain Market Set for Explosive Growth, To Reach USD 271.9 Billion Globally by 2020, Growing at 13.9% CAGR- Market Research Store. [online] GlobeNewswire News Room. Available at: <https://globenewswire.com/news-release/2016/01/22/803959/0/en/Cold-Chain-Market-Set-for-Explosive-Growth-To-Reach-USD-271-9-Billion-Globally-by-2020-Growing-at-13-9-CAGR-Market-Research-Store.html> [Accessed 10 Sep. 2017].
  59. Tarantilis, C. T., Kiranoudis, C. D. (2002). Distribution of fresh meat. *Journal of Food Engineering*, 51, 85-91.
  60. Tijskens, L. M. M., Polderdijk, J. J. (1996). A generic model for keeping quality of vegetable produce during storage and distribution. *Agricultural Systems*, 51(4), 431-452.
  61. Toth, P., Vigo, D. (Eds.). (2014). *Vehicle routing: problems, methods, and applications*. Society for Industrial and Applied Mathematics.

62. Tso, C. P., Yu, S. C. M., Poh, H. J., Jolly, P. G. (2002). Experimental study on the heat and mass transfer characteristics in a refrigerated truck. *International Journal of Refrigeration*, 25(3), 340-350.
63. Van der Bruggen, L., Gruson, R., Salomon, M. (1995). Reconsidering the distribution structure of gasoline products for a large oil company. *European Journal of Operational Research*, 81(3), 460-473.
64. Vielma, J. P., Nemhauser, G. L. (2011). Modeling disjunctive constraints with a logarithmic number of binary variables and constraints. *Mathematical Programming*, 128(1-2), 49-72.
65. Zou, Y., Xie, R. (2013). Application of cold chain logistics safety reliability in fresh food distribution optimization. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5, 356-360.
66. Zhang, Y., Chen, X. D. (2014). An optimization model for the vehicle routing problem in multi-product frozen food delivery. *Journal of Applied Research and Technology*, 12(2), 239-250.
67. Zhang, G., Habenicht, W., Spieß, W. E. L. (2003). Improving the structure of deep frozen and chilled food chain with tabu search procedure. *Journal of Food Engineering*, 60(1), 67-79.
68. Zhang, J., Liu, L., Mu, W., Moga, L. M., Zhang, X. (2009). Development of temperature-managed traceability system for frozen and chilled food during storage and transportation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3&4), 28-31.

◆ 中文文獻

1. 上下游News&Market(2016)，「失控的低溫物流，揭開四大宅配亂象」，2018年2月9號，取自 <http://coldchain.newsmarket.tw/>。
2. 手塚芳明(1976)，「冷凍品および冷凍食品の流通の技術的問題」，コールドチェーン研究, 2(3), 頁90-98。
3. 池惠婷、郭儒家(2000)，「物流產業分析—我國低溫食品物流發展現況」，工研院IEK系統能源組，ITRIMI-0267-S308(89)。
4. 株式会社デンソー(2005)，「冷凍車用薄型エアカーテンシステム(エアリターン)」，日本機械工業連合会会長賞。
5. 張銘振(2013)，「低溫物流倉儲與配送階段溫度波動影響因子之研究」。國立臺灣海洋大學運輸科學系碩士論文。
6. 郭儒家(1996)，「冷凍車現況與發展概述」，中國冷凍空調雜誌。
7. 郭儒家、郭幸民(2015)，「冷鏈物流概論」，2015冷鏈物流人才培訓課程簡報，台北市。
8. 郭儒家、鐘震麒(2006)，「蓄冷式低溫宅配系統」，中華水電冷凍空調月刊。
9. 經濟部商業司(2012)，「經濟部101年度新網路時代電子商務發展計畫—我國B2C電子商店調查結案報告」，經濟部委託財團法人資訊工業策進會執行。

10. 衛生福利部食品藥物管理署(2015)，「低溫食品物流業者衛生安全宣導手冊」，國立台灣海洋大學承辦。



## 附錄

### 附錄 A

#### 1. 例題 1

##### ◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 5    |
| 車輛數(路線數)     | 1    |
| 溫層類別數        | 2    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 2    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 3000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

##### ◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

##### ◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   |
|----|-----|----|----|----|----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 |

##### ◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 6 | 4 | 6 | 5 | 3 |
| 溫層 1 | 0 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 |

##### ◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 300 | 200 | 300 | 250 | 150 |
| 溫層 1 | 0 | 200 | 150 | 150 | 150 | 100 |

##### ◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|------|---|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 60 | 40 | 60 | 50 | 30 |
| 溫層 1 | 0 | 40 | 30 | 30 | 30 | 20 |

##### ◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 0  | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 |
| 1  | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| 2  | 6 | 3 | 0 | 1 | 2 | 4 |
| 3  | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 |
| 4  | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 |
| 5  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 23 | 20 | 13 | 16 | 16 |
| 1  | 23 | 0  | 10 | 10 | 10 | 16 |
| 2  | 20 | 10 | 0  | 3  | 7  | 13 |
| 3  | 13 | 10 | 3  | 0  | 7  | 13 |
| 4  | 16 | 10 | 7  | 7  | 0  | 7  |
| 5  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 0  |

2. 例題 2

◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 5    |
| 車輛數(路線數)     | 1    |
| 溫層類別數        | 2    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 2    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 3000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   |
|----|-----|----|----|----|----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 |

◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 溫層 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

- ◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 200 | 150 | 100 | 100 | 100 |
| 溫層 1 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

- ◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|------|---|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 40 | 30 | 20 | 20 | 20 |
| 溫層 1 | 0 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

- ◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

- ◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 0  | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 |
| 1  | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| 2  | 6 | 3 | 0 | 1 | 2 | 4 |
| 3  | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 |
| 4  | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 |
| 5  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 |

- ◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 23 | 20 | 13 | 16 | 16 |
| 1  | 23 | 0  | 10 | 10 | 10 | 16 |
| 2  | 20 | 10 | 0  | 3  | 7  | 13 |
| 3  | 13 | 10 | 3  | 0  | 7  | 13 |
| 4  | 16 | 10 | 7  | 7  | 0  | 7  |
| 5  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 0  |

### 3. 例題 3

- ◆ 基本資料

|          |   |
|----------|---|
| 總顧客數     | 5 |
| 車輛數(路線數) | 1 |
| 溫層類別數    | 2 |

|              |      |
|--------------|------|
| 每台車最大可隔溫層數   | 2    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 3000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4   | 5   |
|----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 10 | 25  | 0   |
| 下界 | 180 | 60 | 60 | 80 | 100 | 180 |

◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 4 | 0 |
| 溫層 1 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 200 | 0   | 200 | 200 | 0   |
| 溫層 1 | 0 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |

◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|------|---|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 40 | 0  | 40 | 40 | 0  |
| 溫層 1 | 0 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 10 | 15 | 8  | 10 | 9  |
| 1  | 10 | 0  | 12 | 6  | 5  | 10 |
| 2  | 15 | 12 | 0  | 15 | 6  | 9  |
| 3  | 8  | 6  | 15 | 0  | 20 | 13 |
| 4  | 10 | 5  | 6  | 20 | 0  | 8  |
| 5  | 9  | 10 | 17 | 13 | 8  | 0  |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3   | 4   | 5  |
|----|----|----|----|-----|-----|----|
| 0  | 0  | 56 | 84 | 45  | 56  | 50 |
| 1  | 56 | 0  | 67 | 34  | 28  | 56 |
| 2  | 84 | 67 | 0  | 84  | 34  | 50 |
| 3  | 45 | 34 | 84 | 0   | 112 | 73 |
| 4  | 56 | 28 | 34 | 112 | 0   | 45 |
| 5  | 50 | 56 | 95 | 73  | 45  | 0  |

#### 4. 例題 4

##### ◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 5    |
| 車輛數(路線數)     | 1    |
| 溫層類別數        | 3    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 3    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 3000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

##### ◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

##### ◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   |
|----|-----|----|----|----|----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 |

##### ◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 |
| 溫層 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫層 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 |

##### ◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
|------|---|-----|-----|-----|----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 250 | 250 | 300 | 50 | 300 |
| 溫層 1 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   |
| 溫層 2 | 0 | 150 | 150 | 150 | 50 | 150 |

##### ◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|------|---|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 50 | 50 | 60 | 10 | 60 |
| 溫層 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 溫層 2 | 0 | 30 | 30 | 30 | 10 | 30 |

◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
|--------|----------|----------|----------|
| 產品單位價格 | 0.0573   | 0.0379   | 0.07     |
| 產品腐敗率  | 0.000661 | 0.000673 | 0.000663 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
| 最低溫    | 4        | 4        | 4        |
| 最高溫    | 8        | 6        | 7        |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 0  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1  | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 2  | 2 | 1 | 0 | 1 | 3 | 5 |
| 3  | 3 | 2 | 1 | 0 | 4 | 6 |
| 4  | 4 | 3 | 3 | 4 | 0 | 2 |
| 5  | 5 | 4 | 5 | 6 | 2 | 0 |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 3  | 7  | 10 | 13 | 16 |
| 1  | 3  | 0  | 3  | 7  | 10 | 13 |
| 2  | 7  | 3  | 0  | 3  | 10 | 16 |
| 3  | 10 | 7  | 3  | 0  | 13 | 20 |
| 4  | 13 | 10 | 10 | 13 | 0  | 7  |
| 5  | 16 | 13 | 16 | 20 | 7  | 0  |

## 5. 例題 5

◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 5    |
| 車輛數(路線數)     | 1    |
| 溫層類別數        | 3    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 3    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 3000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4   | 5   |
|----|-----|----|----|----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 10 | 25  | 0   |
| 下界 | 180 | 60 | 60 | 80 | 100 | 180 |

◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 |
| 溫層 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 溫層 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 |

◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
|------|---|-----|-----|-----|----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 250 | 250 | 300 | 50 | 300 |
| 溫層 1 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   |
| 溫層 2 | 0 | 150 | 150 | 150 | 50 | 150 |

◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|------|---|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 50 | 50 | 60 | 10 | 60 |
| 溫層 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 溫層 2 | 0 | 30 | 30 | 30 | 10 | 30 |

◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
|--------|----------|----------|----------|
| 產品單位價格 | 0.0573   | 0.0379   | 0.07     |
| 產品腐敗率  | 0.000661 | 0.000673 | 0.000663 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
| 最低溫    | 4        | 4        | 4        |
| 最高溫    | 8        | 6        | 7        |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 10 | 15 | 8  | 10 | 9  |
| 1  | 10 | 0  | 12 | 6  | 5  | 10 |
| 2  | 15 | 12 | 0  | 15 | 6  | 9  |
| 3  | 8  | 6  | 15 | 0  | 20 | 13 |
| 4  | 10 | 5  | 6  | 20 | 0  | 8  |
| 5  | 9  | 10 | 17 | 13 | 8  | 0  |

- 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3   | 4   | 5  |
|----|----|----|----|-----|-----|----|
| 0  | 0  | 56 | 84 | 45  | 56  | 50 |
| 1  | 56 | 0  | 67 | 34  | 28  | 56 |
| 2  | 84 | 67 | 0  | 84  | 34  | 50 |
| 3  | 45 | 34 | 84 | 0   | 112 | 73 |
| 4  | 56 | 28 | 34 | 112 | 0   | 45 |
| 5  | 50 | 56 | 95 | 73  | 45  | 0  |

## 6. 例題 6

- 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 8    |
| 車輛數(路線數)     | 2    |
| 溫層類別數        | 2    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 2    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 4000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

- 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

- 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   |
|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  | 10  | 10  | 20  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 |

- 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 | 7 | 5 | 5 |
| 溫層 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 |

- 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   |
|------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 250 | 250 | 300 | 50 | 300 | 350 | 250 | 250 |
| 溫層 1 | 0 | 150 | 150 | 150 | 50 | 150 | 200 | 150 | 150 |

- 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 50 | 50 | 60 | 10 | 60 | 70 | 50 | 50 |
| 溫層 1 | 0 | 30 | 30 | 30 | 10 | 30 | 40 | 30 | 30 |

- 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0  | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1  | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| 2  | 6 | 3 | 0 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 3  | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| 4  | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 5  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 | 1 | 4 | 4 |
| 6  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 1 | 0 | 4 | 5 |
| 7  | 6 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 0 | 1 |
| 8  | 6 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 1 | 0 |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 23 | 20 | 13 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 |
| 1  | 23 | 0  | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 10 | 13 |
| 2  | 20 | 10 | 0  | 3  | 7  | 13 | 13 | 7  | 10 |
| 3  | 13 | 10 | 3  | 0  | 7  | 13 | 13 | 3  | 7  |
| 4  | 16 | 10 | 7  | 7  | 0  | 7  | 7  | 10 | 13 |
| 5  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 0  | 3  | 13 | 13 |
| 6  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 3  | 0  | 13 | 16 |
| 7  | 20 | 10 | 7  | 3  | 10 | 13 | 13 | 0  | 3  |
| 8  | 20 | 13 | 10 | 7  | 13 | 13 | 16 | 3  | 0  |

7. 例題 7

◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 8    |
| 車輛數(路線數)     | 2    |
| 溫層類別數        | 3    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 3    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 4000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   |
|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  | 10  | 10  | 20  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 |

◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 | 7 | 5 | 5 |
| 溫層 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 溫層 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 |

◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   |
|------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 250 | 250 | 300 | 50 | 300 | 350 | 250 | 250 |
| 溫層 1 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 50  | 0   | 0   |
| 溫層 2 | 0 | 150 | 150 | 150 | 50 | 150 | 150 | 150 | 150 |

◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 50 | 50 | 60 | 10 | 60 | 70 | 50 | 50 |
| 溫層 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 0  | 0  |
| 溫層 2 | 0 | 30 | 30 | 30 | 10 | 30 | 30 | 30 | 30 |

◆ 每個溫層的產品資訊

| ◆      | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
|--------|----------|----------|----------|
| 產品單位價格 | 0.0573   | 0.0379   | 0.07     |
| 產品腐敗率  | 0.000661 | 0.000673 | 0.000663 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
| 最低溫    | 4        | 4        | 4        |
| 最高溫    | 8        | 6        | 7        |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0  | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 1  | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| 2  | 6 | 3 | 0 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 3  | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 |
| 4  | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 5  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 | 1 | 4 | 4 |
| 6  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 1 | 0 | 4 | 5 |
| 7  | 6 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 0 | 1 |
| 8  | 6 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 1 | 0 |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 23 | 20 | 13 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 |
| 1  | 23 | 0  | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 10 | 13 |
| 2  | 20 | 10 | 0  | 3  | 7  | 13 | 13 | 7  | 10 |
| 3  | 13 | 10 | 3  | 0  | 7  | 13 | 13 | 3  | 7  |
| 4  | 16 | 10 | 7  | 7  | 0  | 7  | 7  | 10 | 13 |
| 5  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 0  | 3  | 13 | 13 |
| 6  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 3  | 0  | 13 | 16 |
| 7  | 20 | 10 | 7  | 3  | 10 | 13 | 13 | 0  | 3  |
| 8  | 20 | 13 | 10 | 7  | 13 | 13 | 16 | 3  | 0  |

## 8. 例題 8

### ◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 10   |
| 車輛數(路線數)     | 2    |
| 溫層類別數        | 2    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 2    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 4000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

### ◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

#### ◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  | 10  | 10  | 20  | 20  | 20  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 | 110 | 110 |

#### ◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 溫層 0 | 0 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4  |
| 溫層 1 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2  |

#### ◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 250 | 250 | 300 | 50 | 300 | 350 | 250 | 250 | 200 | 200 |
| 溫層 1 | 0 | 150 | 150 | 150 | 50 | 150 | 200 | 150 | 150 | 100 | 100 |

#### ◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 50 | 50 | 60 | 10 | 60 | 70 | 50 | 50 | 40 | 40 |
| 溫層 1 | 0 | 30 | 30 | 30 | 10 | 30 | 40 | 30 | 30 | 20 | 20 |

◆ 每個溫層的產品資訊

| ◆      | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0  | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7  |
| 1  | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6  |
| 2  | 6 | 3 | 0 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5  |
| 3  | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 5  |
| 4  | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3  |
| 5  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| 6  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 1 | 0 | 4 | 5 | 3 | 3  |
| 7  | 6 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 0 | 1 | 3 | 4  |
| 8  | 6 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 1 | 0 | 2 | 3  |
| 9  | 7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 3  |
| 10 | 7 | 6 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 0  |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 23 | 20 | 13 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 23 | 23 |
| 1  | 23 | 0  | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 10 | 13 | 16 | 20 |
| 2  | 20 | 10 | 0  | 3  | 7  | 13 | 13 | 7  | 10 | 13 | 16 |
| 3  | 13 | 10 | 3  | 0  | 7  | 13 | 13 | 3  | 7  | 13 | 16 |
| 4  | 16 | 10 | 7  | 7  | 0  | 7  | 7  | 10 | 13 | 13 | 10 |
| 5  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 0  | 3  | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 6  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 3  | 0  | 13 | 16 | 10 | 10 |
| 7  | 20 | 10 | 7  | 3  | 10 | 13 | 13 | 0  | 3  | 10 | 13 |
| 8  | 20 | 13 | 10 | 7  | 13 | 13 | 16 | 3  | 0  | 7  | 10 |
| 9  | 23 | 16 | 13 | 13 | 13 | 13 | 10 | 10 | 7  | 0  | 10 |
| 10 | 23 | 20 | 16 | 16 | 10 | 13 | 10 | 13 | 10 | 10 | 0  |

9. 例題 9

◆ 基本資料

|      |    |
|------|----|
| 總顧客數 | 10 |
|------|----|

|              |      |
|--------------|------|
| 車輛數(路線數)     | 2    |
| 溫層類別數        | 3    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 3    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 4000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 0  | 0  | 10  | 10  | 10  | 20  | 20  | 20  |
| 下界 | 180 | 90 | 90 | 90 | 90 | 100 | 100 | 100 | 110 | 110 | 110 |

◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 溫層 0 | 0 | 5 | 5 | 6 | 1 | 6 | 7 | 5 | 5 | 4 | 4  |
| 溫層 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 溫層 2 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2  |

◆ 每個溫層的體積

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4  | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
|------|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 溫層 0 | 0 | 250 | 250 | 300 | 50 | 300 | 350 | 250 | 250 | 200 | 200 |
| 溫層 1 | 0 | 0   | 0   | 0   | 0  | 0   | 50  | 0   | 0   | 0   | 0   |
| 溫層 2 | 0 | 150 | 150 | 150 | 50 | 150 | 150 | 150 | 150 | 100 | 100 |

◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0 | 50 | 50 | 60 | 10 | 60 | 70 | 50 | 50 | 40 | 40 |
| 溫層 1 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10 | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 溫層 2 | 0 | 30 | 30 | 30 | 10 | 30 | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 |

◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0  | 1 | 2  | 3  | 4 | 5  | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|----|---|----|----|---|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 9 | 10 | 10 | 8 | 10 | 9 | 8 | 7 | 8 | 4  | 5  | 5  | 8  | 8  | 8  |
| 1  | 9  | 0 | 1  | 1  | 2 | 4  | 6 | 4 | 6 | 7 | 6  | 5  | 4  | 5  | 4  | 4  |
| 2  | 10 | 1 | 0  | 1  | 3 | 5  | 7 | 5 | 8 | 8 | 7  | 6  | 5  | 6  | 5  | 5  |
| 3  | 10 | 1 | 1  | 0  | 3 | 5  | 7 | 5 | 6 | 7 | 7  | 6  | 5  | 6  | 5  | 5  |
| 4  | 8  | 2 | 3  | 3  | 0 | 2  | 5 | 2 | 6 | 6 | 5  | 3  | 2  | 4  | 3  | 3  |
| 5  | 10 | 4 | 5  | 5  | 2 | 0  | 3 | 2 | 7 | 8 | 6  | 4  | 4  | 3  | 2  | 2  |
| 6  | 9  | 6 | 7  | 7  | 5 | 3  | 0 | 3 | 8 | 8 | 7  | 5  | 5  | 3  | 2  | 2  |
| 7  | 8  | 4 | 5  | 5  | 2 | 2  | 3 | 0 | 6 | 6 | 5  | 3  | 3  | 2  | 1  | 1  |
| 8  | 7  | 6 | 8  | 6  | 6 | 7  | 8 | 6 | 0 | 1 | 5  | 4  | 5  | 7  | 6  | 6  |
| 9  | 8  | 7 | 8  | 7  | 6 | 8  | 8 | 6 | 1 | 0 | 5  | 4  | 5  | 7  | 6  | 7  |
| 10 | 4  | 6 | 7  | 7  | 5 | 6  | 7 | 5 | 5 | 5 | 0  | 2  | 2  | 5  | 5  | 5  |
| 11 | 5  | 5 | 6  | 6  | 3 | 4  | 5 | 3 | 4 | 4 | 2  | 0  | 1  | 4  | 5  | 5  |
| 12 | 5  | 4 | 5  | 5  | 2 | 4  | 5 | 3 | 5 | 5 | 2  | 1  | 0  | 3  | 3  | 4  |
| 13 | 8  | 5 | 6  | 6  | 4 | 3  | 3 | 2 | 7 | 7 | 5  | 4  | 3  | 0  | 2  | 2  |
| 14 | 8  | 4 | 5  | 5  | 3 | 2  | 2 | 1 | 6 | 6 | 5  | 5  | 3  | 2  | 0  | 0  |
| 15 | 8  | 4 | 5  | 5  | 3 | 2  | 2 | 1 | 6 | 7 | 5  | 5  | 4  | 2  | 0  | 0  |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 30 | 33 | 33 | 26 | 33 | 30 | 26 | 23 | 26 | 13 | 16 | 16 | 26 | 26 | 26 |
| 1  | 30 | 0  | 3  | 3  | 7  | 13 | 20 | 13 | 20 | 23 | 20 | 16 | 13 | 16 | 13 | 13 |
| 2  | 33 | 3  | 0  | 3  | 10 | 16 | 23 | 16 | 26 | 26 | 23 | 20 | 16 | 20 | 16 | 16 |
| 3  | 33 | 3  | 3  | 0  | 10 | 16 | 23 | 16 | 20 | 23 | 23 | 20 | 16 | 20 | 16 | 16 |
| 4  | 26 | 7  | 10 | 10 | 0  | 7  | 16 | 7  | 20 | 20 | 16 | 10 | 7  | 13 | 10 | 10 |
| 5  | 33 | 13 | 16 | 16 | 7  | 0  | 10 | 7  | 23 | 26 | 20 | 13 | 13 | 10 | 7  | 7  |
| 6  | 30 | 20 | 23 | 23 | 16 | 10 | 0  | 10 | 26 | 26 | 23 | 16 | 16 | 10 | 7  | 7  |
| 7  | 26 | 13 | 16 | 16 | 7  | 7  | 10 | 0  | 20 | 20 | 16 | 10 | 10 | 7  | 3  | 3  |
| 8  | 23 | 20 | 26 | 20 | 20 | 23 | 26 | 20 | 0  | 3  | 16 | 13 | 16 | 23 | 20 | 20 |
| 9  | 26 | 23 | 26 | 23 | 20 | 26 | 26 | 20 | 3  | 0  | 16 | 13 | 16 | 23 | 20 | 23 |
| 10 | 13 | 20 | 23 | 23 | 16 | 20 | 23 | 16 | 16 | 16 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 11 | 16 | 16 | 20 | 20 | 10 | 13 | 16 | 10 | 13 | 13 | 7  | 0  | 3  | 13 | 16 | 16 |
| 12 | 16 | 13 | 16 | 16 | 7  | 13 | 16 | 10 | 16 | 16 | 7  | 3  | 0  | 10 | 10 | 13 |
| 13 | 26 | 16 | 20 | 20 | 13 | 10 | 10 | 7  | 23 | 23 | 16 | 13 | 10 | 0  | 7  | 7  |
| 14 | 26 | 13 | 16 | 16 | 10 | 7  | 7  | 3  | 20 | 20 | 16 | 16 | 10 | 7  | 0  | 0  |
| 15 | 26 | 13 | 16 | 16 | 10 | 7  | 7  | 3  | 20 | 23 | 16 | 16 | 13 | 7  | 0  | 0  |

10. 例題 10

- ◆ 基本資料

|              |      |
|--------------|------|
| 總顧客數         | 15   |
| 車輛數(路線數)     | 2    |
| 溫層類別數        | 2    |
| 每台車最大可隔溫層數   | 2    |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 6000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100  |

- ◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

- ◆ 時窗

|    | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 10  | 10  | 10  | 10  |
| 下界 | 180 | 90  | 90  | 90  | 90  | 100 | 100 | 100 | 100 |
|    | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |     |     |
| 上界 | 20  | 20  | 20  | 30  | 30  | 30  | 0   |     |     |
| 下界 | 110 | 110 | 110 | 120 | 120 | 120 | 180 |     |     |

- ◆ 各溫層服務時間

|      | 0 | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|------|---|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 溫層 0 | 0 | 2  | 8  | 2  | 7  | 10 | 4  | 0 | 3 |
| 溫層 1 | 0 | 1  | 4  | 2  | 4  | 5  | 3  | 1 | 2 |
|      | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |   |   |
| 溫層 0 | 4 | 8  | 4  | 6  | 6  | 4  | 7  |   |   |
| 溫層 1 | 2 | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  |   |   |

- ◆ 每個溫層的體積

|      | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8   |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| 溫層 0 | 0   | 100 | 400 | 100 | 350 | 500 | 200 | 0  | 150 |
| 溫層 1 | 0   | 50  | 200 | 100 | 200 | 250 | 150 | 50 | 100 |
|      | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |    |     |
| 溫層 0 | 200 | 400 | 200 | 300 | 300 | 200 | 350 |    |     |
| 溫層 1 | 100 | 200 | 150 | 200 | 150 | 150 | 200 |    |     |

- ◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5   | 6  | 7  | 8  |
|------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| 溫層 0 | 0  | 20 | 80 | 20 | 70 | 100 | 40 | 0  | 30 |
| 溫層 1 | 0  | 10 | 40 | 20 | 40 | 50  | 30 | 10 | 20 |
|      | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14  | 15 |    |    |
| 溫層 0 | 40 | 80 | 40 | 60 | 60 | 40  | 70 |    |    |
| 溫層 1 | 20 | 40 | 30 | 40 | 30 | 30  | 40 |    |    |

- ◆ 每個溫層的產品資訊

| ◆      | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
|--------|----------|----------|----------|
| 產品單位價格 | 0.0573   | 0.0379   | 0.07     |
| 產品腐敗率  | 0.000661 | 0.000673 | 0.000663 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0     | 溫層 1     | 溫層 2     |
| 最低溫    | 4        | 4        | 4        |
| 最高溫    | 8        | 6        | 7        |

◆ 旅行時間

| 顧客 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 0  | 0 | 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7  |
| 1  | 7 | 0 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 | 6  |
| 2  | 6 | 3 | 0 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5  |
| 3  | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 4 | 4 | 1 | 2 | 4 | 5  |
| 4  | 5 | 3 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3  |
| 5  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4  |
| 6  | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 1 | 0 | 4 | 5 | 3 | 3  |
| 7  | 6 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 0 | 1 | 3 | 4  |
| 8  | 6 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 1 | 0 | 2 | 3  |
| 9  | 7 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 0 | 3  |
| 10 | 7 | 6 | 5 | 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 0  |

◆ 旅行成本

| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 0  | 23 | 20 | 13 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 23 | 23 |
| 1  | 23 | 0  | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 10 | 13 | 16 | 20 |
| 2  | 20 | 10 | 0  | 3  | 7  | 13 | 13 | 7  | 10 | 13 | 16 |
| 3  | 13 | 10 | 3  | 0  | 7  | 13 | 13 | 3  | 7  | 13 | 16 |
| 4  | 16 | 10 | 7  | 7  | 0  | 7  | 7  | 10 | 13 | 13 | 10 |
| 5  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 0  | 3  | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 6  | 16 | 16 | 13 | 13 | 7  | 3  | 0  | 13 | 16 | 10 | 10 |
| 7  | 20 | 10 | 7  | 3  | 10 | 13 | 13 | 0  | 3  | 10 | 13 |
| 8  | 20 | 13 | 10 | 7  | 13 | 13 | 16 | 3  | 0  | 7  | 10 |
| 9  | 23 | 16 | 13 | 13 | 13 | 13 | 10 | 10 | 7  | 0  | 10 |
| 10 | 23 | 20 | 16 | 16 | 10 | 13 | 10 | 13 | 10 | 10 | 0  |

## 附錄 B

◆ 基本資料

|          |     |
|----------|-----|
| 總顧客數     | 100 |
| 車輛數(路線數) | 6   |

|              |       |
|--------------|-------|
| 溫層類別數        | 2     |
| 每台車最大可隔溫層數   | 2     |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 12000 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 100   |

◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

◆ 時窗

|    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 顧客 | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| 上界 | 0   | 0   | 30  | 30  | 60  | 60  | 90  | 0   | 120 | 0   | 150 | 180 | 180 | 180 | 210 |
| 下界 | 500 | 90  | 120 | 120 | 150 | 150 | 180 | 90  | 210 | 90  | 240 | 270 | 270 | 270 | 300 |
| 顧客 | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  |
| 上界 | 210 | 210 | 240 | 240 | 240 | 270 | 270 | 300 | 0   | 60  | 60  | 90  | 90  | 90  | 90  |
| 下界 | 300 | 300 | 330 | 330 | 330 | 360 | 360 | 390 | 90  | 150 | 150 | 180 | 180 | 180 | 180 |
| 顧客 | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  |
| 上界 | 120 | 120 | 120 | 120 | 150 | 150 | 150 | 180 | 180 | 180 | 180 | 210 | 210 | 210 | 240 |
| 下界 | 210 | 210 | 210 | 210 | 240 | 240 | 240 | 270 | 270 | 270 | 270 | 300 | 300 | 300 | 330 |
| 顧客 | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  |
| 上界 | 240 | 240 | 240 | 270 | 270 | 270 | 270 | 300 | 300 | 300 | 0   | 30  | 30  | 60  | 60  |
| 下界 | 330 | 330 | 330 | 360 | 360 | 360 | 360 | 390 | 390 | 390 | 90  | 120 | 120 | 150 | 150 |
| 顧客 | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  |
| 上界 | 60  | 60  | 90  | 120 | 120 | 150 | 150 | 180 | 180 | 180 | 180 | 210 | 210 | 240 | 240 |
| 下界 | 150 | 150 | 180 | 210 | 210 | 240 | 240 | 270 | 270 | 270 | 270 | 300 | 300 | 330 | 330 |
| 顧客 | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  |
| 上界 | 240 | 240 | 270 | 270 | 270 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 330 | 330 | 0   | 60  | 60  |
| 下界 | 330 | 330 | 360 | 360 | 360 | 390 | 390 | 390 | 390 | 390 | 420 | 420 | 90  | 150 | 150 |
| 顧客 | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 |     |     |     |     |
| 上界 | 60  | 90  | 120 | 120 | 120 | 120 | 150 | 150 | 150 | 180 | 180 |     |     |     |     |
| 下界 | 150 | 180 | 210 | 210 | 210 | 210 | 240 | 240 | 240 | 270 | 270 |     |     |     |     |

◆ 各溫層服務時間

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| #0 | 0  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| #1 | 0  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 顧客 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| #0 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| #1 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 顧客 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
| #0 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| #1 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 顧客 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 |
| #0 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| #1 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 顧客 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70  | 71 | 72 | 73 | 74 |
| #0 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  |
| #1 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 顧客 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85  | 86 | 87 | 88 | 89 |
| #0 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  |
| #1 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 顧客 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |    |    |    |    |
| #0 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   |    |    |    |    |
| #1 | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5   |    |    |    |    |

◆ 每個溫層的需求體積

|    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 顧客 | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
| #0 | 0   | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| #1 | 0   | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 顧客 | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  |
| #0 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| #1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 顧客 | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  |
| #0 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| #1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 顧客 | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  |
| #0 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| #1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 顧客 | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  |
| #0 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| #1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 顧客 | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  |
| #0 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| #1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 顧客 | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 |     |     |     |     |
| #0 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |     |     |     |     |
| #1 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |     |     |     |     |

◆ 每個溫層的需求重量

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 顧客 | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| #0 | 0  | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| #1 | 0  | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 顧客 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| #0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| #1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 顧客 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 |
| #0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| #1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 顧客 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55  | 56 | 57 | 58 | 59 |
| #0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| #1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 顧客 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70  | 71 | 72 | 73 | 74 |
| #0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| #1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 顧客 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85  | 86 | 87 | 88 | 89 |
| #0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| #1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 顧客 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |    |    |    |    |
| #0 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  |    |    |    |    |
| #1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50  |    |    |    |    |

- ◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.071   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 8       |

- ◆ 經緯度

| 顧客 | 緯度       | 經度       | 顧客 | 緯度       | 經度       | 顧客 | 緯度       | 經度       |
|----|----------|----------|----|----------|----------|----|----------|----------|
| 0  | 25.05686 | 121.374  | 31 | 25.07945 | 121.3795 | 66 | 25.03907 | 121.3532 |
| 1  | 25.05411 | 121.3767 | 32 | 25.07454 | 121.3824 | 67 | 25.01987 | 121.35   |
| 2  | 25.05519 | 121.3757 | 33 | 25.07761 | 121.3872 | 68 | 24.99045 | 121.3442 |
| 3  | 25.03488 | 121.3837 | 34 | 25.07742 | 121.3919 | 69 | 24.9888  | 121.3438 |
| 4  | 25.03342 | 121.3875 | 35 | 25.07739 | 121.3943 | 70 | 24.98818 | 121.348  |
| 5  | 25.03977 | 121.3892 | 36 | 25.07848 | 121.397  | 71 | 24.9945  | 121.339  |
| 6  | 25.04082 | 121.3895 | 37 | 25.07728 | 121.4002 | 72 | 24.99184 | 121.3355 |
| 7  | 25.04752 | 121.4144 | 38 | 25.0867  | 121.4034 | 73 | 24.99128 | 121.3281 |
| 8  | 25.05288 | 121.381  | 39 | 25.0808  | 121.3891 | 74 | 24.99413 | 121.3354 |
| 9  | 25.0558  | 121.3791 | 40 | 25.08275 | 121.3874 | 75 | 25.00166 | 121.3614 |
| 10 | 25.05764 | 121.3823 | 41 | 25.07958 | 121.3861 | 76 | 25.00206 | 121.3638 |
| 11 | 25.05793 | 121.3848 | 42 | 25.06423 | 121.3638 | 77 | 25.00651 | 121.3435 |
| 12 | 25.05235 | 121.3719 | 43 | 25.08407 | 121.3774 | 78 | 25.001   | 121.342  |
| 13 | 25.05711 | 121.3672 | 44 | 25.09135 | 121.3835 | 79 | 24.99932 | 121.3412 |
| 14 | 25.05953 | 121.3684 | 45 | 25.08982 | 121.3755 | 80 | 24.99575 | 121.3309 |
| 15 | 25.06001 | 121.369  | 46 | 25.07803 | 121.3754 | 81 | 24.99355 | 121.3323 |
| 16 | 25.05676 | 121.3642 | 47 | 25.07726 | 121.374  | 82 | 24.99315 | 121.3316 |
| 17 | 25.05623 | 121.3662 | 48 | 25.07872 | 121.3737 | 83 | 24.9884  | 121.3248 |

|    |          |          |    |          |          |     |          |          |
|----|----------|----------|----|----------|----------|-----|----------|----------|
| 18 | 25.05387 | 121.3644 | 49 | 25.06755 | 121.3666 | 84  | 24.98263 | 121.3334 |
| 19 | 25.05191 | 121.3675 | 50 | 25.06742 | 121.3649 | 85  | 24.98086 | 121.3304 |
| 20 | 25.0384  | 121.3737 | 51 | 25.07626 | 121.3578 | 86  | 24.97794 | 121.4185 |
| 21 | 25.03596 | 121.3749 | 52 | 25.07344 | 121.3607 | 87  | 24.9837  | 121.4181 |
| 22 | 25.06154 | 121.3684 | 53 | 25.06881 | 121.3567 | 88  | 24.99329 | 121.4272 |
| 23 | 25.07206 | 121.3644 | 54 | 25.06017 | 121.3489 | 89  | 24.99141 | 121.4246 |
| 24 | 25.07039 | 121.3682 | 55 | 25.05636 | 121.3577 | 90  | 25.00084 | 121.4312 |
| 25 | 25.0713  | 121.3695 | 56 | 25.06048 | 121.3619 | 91  | 25.00653 | 121.4269 |
| 26 | 25.06974 | 121.3708 | 57 | 25.06059 | 121.3644 | 92  | 25.01028 | 121.4249 |
| 27 | 25.06848 | 121.3791 | 58 | 25.05981 | 121.3649 | 93  | 25.01548 | 121.4144 |
| 28 | 25.0705  | 121.377  | 59 | 25.05112 | 121.3732 | 94  | 25.0153  | 121.4177 |
| 29 | 25.07348 | 121.3712 | 60 | 25.04946 | 121.3702 | 95  | 25.00754 | 121.417  |
| 30 | 25.07638 | 121.3742 | 61 | 25.04676 | 121.3735 | 96  | 25.00655 | 121.4192 |
|    |          |          | 62 | 25.02489 | 121.3682 | 97  | 25.01002 | 121.4125 |
|    |          |          | 63 | 25.01458 | 121.3606 | 98  | 25.00374 | 121.4136 |
|    |          |          | 64 | 25.03064 | 121.3669 | 99  | 25.00131 | 121.4159 |
|    |          |          | 65 | 25.0464  | 121.3561 | 100 | 24.99802 | 121.4177 |

## 附錄 C

### ◆ 基本資料

|              |         |
|--------------|---------|
| 總顧客數         | 10      |
| 車輛數(路線數)     | 2       |
| 溫層類別數        | 2       |
| 每台車最大可隔溫層數   | 3       |
| 車輛總體積(萬立方毫米) | 2748900 |
| 隔板體積(萬立方毫米)  | 23100   |

### ◆ 顧客資訊(第 0 點為配送中心)

#### ◆ 時窗

|    | 0   | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6  | 7  | 8   | 9   | 10  |
|----|-----|----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 上界 | 0   | 0  | 0  | 30  | 30  | 30  | 0  | 0  | 30  | 30  | 30  |
| 下界 | 200 | 90 | 90 | 120 | 120 | 120 | 90 | 90 | 120 | 120 | 120 |

#### ◆ 每個溫層的服務時間

|      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 溫層 0 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8  |
| 溫層 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 | 5 | 4 | 0 | 0 | 6 | 5  |

◆ 每個溫層的需求體積

|      | 0 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 溫層 0 | 0 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 | 396480 |
| 溫層 1 | 0 | 198240 | 0      | 0      | 297360 | 247800 | 198240 | 0      | 0      | 297360 | 247800 |

◆ 每個溫層的需求重量

|      | 0 | 1   | 2   | 3   | 4    | 5    | 6   | 7   | 8   | 9    | 10   |
|------|---|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|
| 溫層 0 | 0 | 800 | 800 | 800 | 800  | 800  | 800 | 800 | 800 | 800  | 800  |
| 溫層 1 | 0 | 800 | 0   | 0   | 1200 | 1000 | 800 | 0   | 0   | 1200 | 1000 |

◆ 每個溫層的產品資訊

|        | 溫層 0    | 溫層 1    |
|--------|---------|---------|
| 產品單位價格 | 0.071   | 0.063   |
| 產品腐敗率  | 0.00066 | 0.00066 |
| 溫層規範溫度 | 溫層 0    | 溫層 1    |
| 最低溫    | 4       | 4       |
| 最高溫    | 8       | 7       |

## 附錄 D

| 顧客 | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|    |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| DC | 24.888749  | 121.090175  | 0   | 480 | 0        | 0   | 0   | 0         | 0     | 0     | 0      | 0     | 0      |
| 1  | 24.2744423 | 120.7770108 | 120 | 210 | 1        | 3   | 4   | 8085      | 24256 | 32341 | 12000  | 54000 | 96000  |
| 2  | 24.2523596 | 120.8082482 | 120 | 210 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000  |
| 3  | 24.2417115 | 120.8087203 | 150 | 240 | 3        | 0   | 3   | 24256     | 0     | 24256 | 36000  | 0     | 72000  |
| 4  | 24.1923523 | 120.8084932 | 180 | 270 | 2        | 2   | 2   | 16170     | 16170 | 16170 | 24000  | 36000 | 48000  |
| 5  | 24.2080455 | 120.7901018 | 180 | 270 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0      |
| 6  | 24.2174163 | 120.7960128 | 180 | 270 | 2        | 2   | 1   | 16170     | 16170 | 8085  | 24000  | 36000 | 24000  |
| 7  | 24.2646748 | 120.8261446 | 210 | 300 | 6        | 4   | 1   | 48511     | 32341 | 8085  | 72000  | 72000 | 24000  |
| 8  | 24.257481  | 120.829698  | 240 | 330 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 9  | 24.2535884 | 120.8297859 | 240 | 330 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 10 | 24.2516341 | 120.8309334 | 240 | 330 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000  |
| 11 | 24.2447548 | 120.8379006 | 240 | 330 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 12 | 24.2493192 | 120.8293881 | 270 | 360 | 0        | 4   | 2   | 0         | 32341 | 16170 | 0      | 72000 | 48000  |
| 13 | 24.2078602 | 120.8396239 | 270 | 360 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0      |
| 14 | 24.2028446 | 121.0051617 | 300 | 390 | 2        | 3   | 1   | 16170     | 24256 | 8085  | 24000  | 54000 | 24000  |
| 15 | 24.3174976 | 120.7256664 | 120 | 210 | 7        | 2   | 5   | 56596     | 16170 | 40426 | 84000  | 36000 | 120000 |
| 16 | 24.3177655 | 120.7228881 | 120 | 210 | 8        | 1   | 0   | 64682     | 8085  | 0     | 96000  | 18000 | 0      |
| 17 | 24.3061532 | 120.7216447 | 120 | 210 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 18 | 24.2954401 | 120.7268487 | 150 | 240 | 5        | 1   | 2   | 40426     | 8085  | 16170 | 60000  | 18000 | 48000  |
| 19 | 24.2946088 | 120.723579  | 180 | 270 | 4        | 1   | 1   | 32341     | 8085  | 8085  | 48000  | 18000 | 24000  |
| 20 | 24.2608806 | 120.7359603 | 180 | 270 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |

| 顧客 | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|    |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 21 | 24.2645467 | 120.7445266 | 210 | 300 | 1        | 2   | 3   | 8085      | 16170 | 24256 | 12000  | 36000 | 72000  |
| 22 | 24.2688047 | 120.7502458 | 210 | 300 | 4        | 0   | 2   | 32341     | 0     | 16170 | 48000  | 0     | 48000  |
| 23 | 24.275205  | 120.755913  | 240 | 330 | 2        | 3   | 1   | 16170     | 24256 | 8085  | 24000  | 54000 | 24000  |
| 24 | 24.3064008 | 120.713564  | 240 | 330 | 7        | 0   | 0   | 56596     | 0     | 0     | 84000  | 0     | 0      |
| 25 | 24.3048511 | 120.7105015 | 240 | 330 | 1        | 2   | 5   | 8085      | 16170 | 40426 | 12000  | 36000 | 120000 |
| 26 | 24.3112421 | 120.7089252 | 270 | 360 | 3        | 2   | 3   | 24256     | 16170 | 24256 | 36000  | 36000 | 72000  |
| 27 | 24.3135121 | 120.6940922 | 270 | 360 | 3        | 2   | 8   | 24256     | 16170 | 64682 | 36000  | 36000 | 192000 |
| 28 | 24.309653  | 120.7169705 | 300 | 390 | 5        | 1   | 1   | 40426     | 8085  | 8085  | 60000  | 18000 | 24000  |
| 29 | 24.3089534 | 120.7246666 | 300 | 390 | 5        | 1   | 0   | 40426     | 8085  | 0     | 60000  | 18000 | 0      |
| 30 | 24.309335  | 120.7303719 | 300 | 390 | 1        | 2   | 5   | 8085      | 16170 | 40426 | 12000  | 36000 | 120000 |
| 31 | 24.3259926 | 120.7286185 | 330 | 420 | 0        | 3   | 5   | 0         | 24256 | 40426 | 0      | 54000 | 120000 |
| 32 | 24.300435  | 120.7230883 | 330 | 420 | 8        | 0   | 1   | 64682     | 0     | 8085  | 96000  | 0     | 24000  |
| 33 | 24.5251317 | 120.8183077 | 120 | 210 | 2        | 0   | 0   | 16170     | 0     | 0     | 24000  | 0     | 0      |
| 34 | 24.502994  | 120.823658  | 150 | 240 | 0        | 1   | 8   | 0         | 8085  | 64682 | 0      | 18000 | 192000 |
| 35 | 24.4946936 | 120.8279629 | 150 | 240 | 5        | 2   | 4   | 40426     | 16170 | 32341 | 60000  | 36000 | 96000  |
| 36 | 24.5020961 | 120.8282978 | 180 | 270 | 6        | 0   | 2   | 48511     | 0     | 16170 | 72000  | 0     | 48000  |
| 37 | 24.5623732 | 120.8098628 | 180 | 270 | 5        | 0   | 3   | 40426     | 0     | 24256 | 60000  | 0     | 72000  |
| 38 | 24.5321743 | 120.8172834 | 180 | 270 | 2        | 0   | 4   | 16170     | 0     | 32341 | 24000  | 0     | 96000  |
| 39 | 24.568745  | 120.824186  | 180 | 270 | 1        | 1   | 4   | 8085      | 8085  | 32341 | 12000  | 18000 | 96000  |
| 40 | 24.570955  | 120.826845  | 210 | 300 | 1        | 0   | 6   | 8085      | 0     | 48511 | 12000  | 0     | 144000 |

| 顧客 | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|    |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 41 | 24.573343  | 120.837002  | 210 | 300 | 4        | 3   | 1   | 32341     | 24256 | 8085  | 48000  | 54000 | 24000  |
| 42 | 24.5627386 | 120.8352747 | 240 | 330 | 1        | 1   | 4   | 8085      | 8085  | 32341 | 12000  | 18000 | 96000  |
| 43 | 24.5505931 | 120.8231181 | 240 | 330 | 6        | 1   | 2   | 48511     | 8085  | 16170 | 72000  | 18000 | 48000  |
| 44 | 24.5485063 | 120.8162046 | 240 | 330 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 45 | 24.494557  | 120.8015413 | 270 | 360 | 9        | 4   | 0   | 72767     | 32341 | 0     | 108000 | 72000 | 0      |
| 46 | 24.4886101 | 120.7872903 | 270 | 360 | 0        | 2   | 8   | 0         | 16170 | 64682 | 0      | 36000 | 192000 |
| 47 | 24.4818227 | 120.7866673 | 300 | 390 | 8        | 0   | 0   | 64682     | 0     | 0     | 96000  | 0     | 0      |
| 48 | 24.4135876 | 120.771892  | 300 | 390 | 6        | 1   | 2   | 48511     | 8085  | 16170 | 72000  | 18000 | 48000  |
| 49 | 24.4005778 | 120.7627446 | 300 | 390 | 7        | 3   | 0   | 56596     | 24256 | 0     | 84000  | 54000 | 0      |
| 50 | 24.7564582 | 120.952712  | 120 | 210 | 2        | 1   | 2   | 16170     | 8085  | 16170 | 24000  | 18000 | 48000  |
| 51 | 24.7566286 | 120.9521889 | 120 | 210 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0      |
| 52 | 24.7350592 | 120.9126192 | 120 | 210 | 6        | 4   | 2   | 48511     | 32341 | 16170 | 72000  | 72000 | 48000  |
| 53 | 24.710268  | 120.923421  | 150 | 240 | 0        | 2   | 2   | 0         | 16170 | 16170 | 0      | 36000 | 48000  |
| 54 | 24.7244846 | 120.9043479 | 150 | 240 | 0        | 3   | 8   | 0         | 24256 | 64682 | 0      | 54000 | 192000 |
| 55 | 24.7075987 | 120.8836222 | 180 | 270 | 7        | 0   | 8   | 56596     | 0     | 64682 | 84000  | 0     | 192000 |
| 56 | 24.701981  | 120.883412  | 180 | 270 | 0        | 2   | 5   | 0         | 16170 | 40426 | 0      | 36000 | 120000 |
| 57 | 24.6914144 | 120.8793565 | 180 | 270 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 58 | 24.682451  | 120.878362  | 210 | 300 | 0        | 2   | 3   | 0         | 16170 | 24256 | 0      | 36000 | 72000  |
| 59 | 24.6815987 | 120.8678883 | 210 | 300 | 0        | 0   | 6   | 0         | 0     | 48511 | 0      | 0     | 144000 |
| 60 | 24.6794787 | 120.8696482 | 210 | 300 | 0        | 4   | 8   | 0         | 32341 | 64682 | 0      | 72000 | 192000 |

| 顧客 | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |      |      | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|----|------------|-------------|-----|-----|----------|------|------|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|    |            |             | 上界  | 下界  | 溫層 1     | 溫層 2 | 溫層 3 | 溫層 1      | 溫層 2  | 溫層 3  | 溫層 1   | 溫層 2  | 溫層 3   |
| 61 | 24.6835326 | 120.873575  | 240 | 330 | 1        | 1    | 5    | 8085      | 8085  | 40426 | 12000  | 18000 | 120000 |
| 62 | 24.6854034 | 120.8785008 | 240 | 330 | 4        | 1    | 4    | 32341     | 8085  | 32341 | 48000  | 18000 | 96000  |
| 63 | 24.6895741 | 120.8755723 | 240 | 330 | 3        | 3    | 3    | 24256     | 24256 | 24256 | 36000  | 54000 | 72000  |
| 64 | 24.697802  | 120.8703728 | 270 | 360 | 0        | 2    | 5    | 0         | 16170 | 40426 | 0      | 36000 | 120000 |
| 65 | 24.700464  | 120.8738865 | 270 | 360 | 5        | 0    | 6    | 40426     | 0     | 48511 | 60000  | 0     | 144000 |
| 66 | 24.6883021 | 120.8678339 | 270 | 360 | 11       | 0    | 0    | 88937     | 0     | 0     | 132000 | 0     | 0      |
| 67 | 24.6921035 | 120.8665931 | 300 | 390 | 1        | 0    | 1    | 8085      | 0     | 8085  | 12000  | 0     | 24000  |
| 68 | 24.6955815 | 120.8671072 | 300 | 390 | 2        | 0    | 4    | 16170     | 0     | 32341 | 24000  | 0     | 96000  |
| 69 | 25.0568646 | 121.3739568 | 0   | 90  | 5        | 0    | 1    | 40426     | 0     | 8085  | 60000  | 0     | 24000  |
| 70 | 25.054111  | 121.3767148 | 30  | 120 | 4        | 0    | 0    | 32341     | 0     | 0     | 48000  | 0     | 0      |
| 71 | 25.055188  | 121.3757432 | 30  | 120 | 2        | 1    | 1    | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 72 | 25.0348848 | 121.3836827 | 60  | 150 | 7        | 3    | 8    | 56596     | 24256 | 64682 | 84000  | 54000 | 192000 |
| 73 | 25.0334238 | 121.3874884 | 60  | 150 | 1        | 2    | 8    | 8085      | 16170 | 64682 | 12000  | 36000 | 192000 |
| 74 | 25.0397697 | 121.3891587 | 90  | 180 | 1        | 0    | 0    | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 75 | 25.0408162 | 121.3894629 | 90  | 180 | 4        | 1    | 0    | 32341     | 8085  | 0     | 48000  | 18000 | 0      |
| 76 | 25.0475248 | 121.4144029 | 120 | 210 | 4        | 2    | 1    | 32341     | 16170 | 8085  | 48000  | 36000 | 24000  |
| 77 | 25.0528828 | 121.3810245 | 150 | 240 | 2        | 1    | 0    | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |
| 78 | 25.0558005 | 121.3790806 | 150 | 240 | 2        | 1    | 7    | 16170     | 8085  | 56596 | 24000  | 18000 | 168000 |
| 79 | 25.0576435 | 121.3823179 | 180 | 270 | 0        | 3    | 4    | 0         | 24256 | 32341 | 0      | 54000 | 96000  |
| 80 | 25.0579271 | 121.3847664 | 180 | 270 | 0        | 4    | 5    | 0         | 32341 | 40426 | 0      | 72000 | 120000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 81  | 25.0523548 | 121.3719408 | 180 | 270 | 1        | 3   | 4   | 8085      | 24256 | 32341 | 12000  | 54000 | 96000  |
| 82  | 25.0571092 | 121.3671548 | 210 | 300 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 83  | 25.0595282 | 121.3683543 | 210 | 300 | 7        | 4   | 3   | 56596     | 32341 | 24256 | 84000  | 72000 | 72000  |
| 84  | 25.060006  | 121.3690044 | 210 | 300 | 10       | 3   | 1   | 80852     | 24256 | 8085  | 120000 | 54000 | 24000  |
| 85  | 25.0567641 | 121.3641805 | 240 | 330 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 86  | 25.056225  | 121.3661793 | 240 | 330 | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000  |
| 87  | 25.0538733 | 121.3643974 | 240 | 330 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 88  | 25.0519076 | 121.3674649 | 270 | 360 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 89  | 25.0383964 | 121.3736985 | 270 | 360 | 4        | 4   | 0   | 32341     | 32341 | 0     | 48000  | 72000 | 0      |
| 90  | 25.0359573 | 121.3749488 | 300 | 390 | 4        | 3   | 0   | 32341     | 24256 | 0     | 48000  | 54000 | 0      |
| 91  | 25.0615411 | 121.3684024 | 0   | 90  | 11       | 3   | 5   | 88937     | 24256 | 40426 | 132000 | 54000 | 120000 |
| 92  | 25.0720565 | 121.3644193 | 60  | 150 | 0        | 0   | 6   | 0         | 0     | 48511 | 0      | 0     | 144000 |
| 93  | 25.0703897 | 121.3681687 | 60  | 150 | 2        | 0   | 3   | 16170     | 0     | 24256 | 24000  | 0     | 72000  |
| 94  | 25.0713034 | 121.3695458 | 90  | 180 | 3        | 1   | 0   | 24256     | 8085  | 0     | 36000  | 18000 | 0      |
| 95  | 25.0697433 | 121.3707869 | 90  | 180 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 96  | 25.0684753 | 121.379077  | 90  | 180 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 97  | 25.070498  | 121.3770239 | 90  | 180 | 1        | 0   | 4   | 8085      | 0     | 32341 | 12000  | 0     | 96000  |
| 98  | 25.0734764 | 121.3711687 | 120 | 210 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0      |
| 99  | 25.0763798 | 121.3741584 | 120 | 210 | 2        | 1   | 2   | 16170     | 8085  | 16170 | 24000  | 18000 | 48000  |
| 100 | 25.0794516 | 121.3794725 | 120 | 210 | 2        | 1   | 5   | 16170     | 8085  | 40426 | 24000  | 18000 | 120000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 101 | 25.0745355 | 121.3823564 | 120 | 210 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000  |
| 102 | 25.077609  | 121.387157  | 150 | 240 | 2        | 1   | 3   | 16170     | 8085  | 24256 | 24000  | 18000 | 72000  |
| 103 | 25.0774181 | 121.391863  | 150 | 240 | 0        | 0   | 2   | 0         | 0     | 16170 | 0      | 0     | 48000  |
| 104 | 25.0773879 | 121.3943346 | 150 | 240 | 1        | 1   | 4   | 8085      | 8085  | 32341 | 12000  | 18000 | 96000  |
| 105 | 25.0784847 | 121.3970472 | 180 | 270 | 2        | 2   | 3   | 16170     | 16170 | 24256 | 24000  | 36000 | 72000  |
| 106 | 25.0772845 | 121.4001889 | 180 | 270 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 107 | 25.0866954 | 121.4033518 | 180 | 270 | 0        | 0   | 5   | 0         | 0     | 40426 | 0      | 0     | 120000 |
| 108 | 25.080798  | 121.3891485 | 180 | 270 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 109 | 25.082751  | 121.3874335 | 210 | 300 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 110 | 25.0795809 | 121.3860615 | 210 | 300 | 1        | 2   | 4   | 8085      | 16170 | 32341 | 12000  | 36000 | 96000  |
| 111 | 25.0642254 | 121.3638262 | 210 | 300 | 1        | 0   | 5   | 8085      | 0     | 40426 | 12000  | 0     | 120000 |
| 112 | 25.0840717 | 121.3773819 | 240 | 330 | 0        | 4   | 2   | 0         | 32341 | 16170 | 0      | 72000 | 48000  |
| 113 | 25.0913538 | 121.3834507 | 240 | 330 | 1        | 3   | 3   | 8085      | 24256 | 24256 | 12000  | 54000 | 72000  |
| 114 | 25.089819  | 121.375545  | 240 | 330 | 0        | 2   | 5   | 0         | 16170 | 40426 | 0      | 36000 | 120000 |
| 115 | 25.0780273 | 121.3753804 | 240 | 330 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 116 | 25.077257  | 121.3739843 | 270 | 360 | 0        | 4   | 1   | 0         | 32341 | 8085  | 0      | 72000 | 24000  |
| 117 | 25.0787207 | 121.3736812 | 270 | 360 | 1        | 4   | 1   | 8085      | 32341 | 8085  | 12000  | 72000 | 24000  |
| 118 | 25.0675452 | 121.3666176 | 270 | 360 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |
| 119 | 25.0674152 | 121.3648993 | 270 | 360 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |
| 120 | 25.0762596 | 121.3577676 | 300 | 390 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 121 | 25.0734351 | 121.3607017 | 300 | 390 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 122 | 25.0688065 | 121.3566923 | 300 | 390 | 1        | 4   | 1   | 8085      | 32341 | 8085  | 12000  | 72000 | 24000  |
| 123 | 25.0601739 | 121.34889   | 0   | 90  | 0        | 0   | 5   | 0         | 0     | 40426 | 0      | 0     | 120000 |
| 124 | 25.056356  | 121.35774   | 30  | 120 | 2        | 4   | 0   | 16170     | 32341 | 0     | 24000  | 72000 | 0      |
| 125 | 25.060476  | 121.3618716 | 30  | 120 | 2        | 2   | 2   | 16170     | 16170 | 16170 | 24000  | 36000 | 48000  |
| 126 | 25.0605874 | 121.3644479 | 60  | 150 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 127 | 25.0598121 | 121.3648737 | 60  | 150 | 0        | 2   | 8   | 0         | 16170 | 64682 | 0      | 36000 | 192000 |
| 128 | 25.0511193 | 121.373196  | 60  | 150 | 3        | 0   | 6   | 24256     | 0     | 48511 | 36000  | 0     | 144000 |
| 129 | 25.0494568 | 121.370183  | 60  | 150 | 1        | 0   | 7   | 8085      | 0     | 56596 | 12000  | 0     | 168000 |
| 130 | 25.0467572 | 121.3735344 | 90  | 180 | 12       | 4   | 2   | 97022     | 32341 | 16170 | 144000 | 72000 | 48000  |
| 131 | 25.0248853 | 121.3682039 | 120 | 210 | 4        | 3   | 5   | 32341     | 24256 | 40426 | 48000  | 54000 | 120000 |
| 132 | 25.0145836 | 121.3606175 | 120 | 210 | 1        | 0   | 5   | 8085      | 0     | 40426 | 12000  | 0     | 120000 |
| 133 | 25.030638  | 121.366919  | 150 | 240 | 2        | 2   | 2   | 16170     | 16170 | 16170 | 24000  | 36000 | 48000  |
| 134 | 25.0463979 | 121.356058  | 150 | 240 | 4        | 0   | 1   | 32341     | 0     | 8085  | 48000  | 0     | 24000  |
| 135 | 25.0390659 | 121.3532157 | 180 | 270 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0      |
| 136 | 25.01987   | 121.350037  | 180 | 270 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 137 | 24.9904504 | 121.3442437 | 180 | 270 | 0        | 1   | 2   | 0         | 8085  | 16170 | 0      | 18000 | 48000  |
| 138 | 24.9888023 | 121.3438157 | 180 | 270 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 139 | 24.9881764 | 121.3479659 | 210 | 300 | 2        | 0   | 1   | 16170     | 0     | 8085  | 24000  | 0     | 24000  |
| 140 | 24.9944975 | 121.339009  | 210 | 300 | 0        | 2   | 5   | 0         | 16170 | 40426 | 0      | 36000 | 120000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |       |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3   |
| 141 | 24.991844  | 121.335479  | 240 | 330 | 0        | 2   | 3   | 0         | 16170 | 24256 | 0      | 36000 | 72000 |
| 142 | 24.9912775 | 121.3281003 | 240 | 330 | 2        | 0   | 0   | 16170     | 0     | 0     | 24000  | 0     | 0     |
| 143 | 24.994127  | 121.33535   | 240 | 330 | 4        | 1   | 0   | 32341     | 8085  | 0     | 48000  | 18000 | 0     |
| 144 | 25.0016601 | 121.3614391 | 240 | 330 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0     |
| 145 | 25.0020639 | 121.363762  | 270 | 360 | 1        | 3   | 1   | 8085      | 24256 | 8085  | 12000  | 54000 | 24000 |
| 146 | 25.0065108 | 121.3435245 | 270 | 360 | 1        | 4   | 2   | 8085      | 32341 | 16170 | 12000  | 72000 | 48000 |
| 147 | 25.0010014 | 121.3420496 | 270 | 360 | 0        | 2   | 3   | 0         | 16170 | 24256 | 0      | 36000 | 72000 |
| 148 | 24.999317  | 121.341217  | 300 | 390 | 4        | 0   | 0   | 32341     | 0     | 0     | 48000  | 0     | 0     |
| 149 | 24.9957483 | 121.3308906 | 300 | 390 | 3        | 2   | 0   | 24256     | 16170 | 0     | 36000  | 36000 | 0     |
| 150 | 24.9935459 | 121.332334  | 300 | 390 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000 |
| 151 | 24.9931479 | 121.33158   | 300 | 390 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000 |
| 152 | 24.9884039 | 121.3247949 | 300 | 390 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000 |
| 153 | 24.982626  | 121.3334391 | 330 | 420 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000 |
| 154 | 24.9808594 | 121.330397  | 330 | 420 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0     |
| 155 | 24.9779391 | 121.4184696 | 30  | 120 | 0        | 4   | 2   | 0         | 32341 | 16170 | 0      | 72000 | 48000 |
| 156 | 24.983697  | 121.418127  | 60  | 150 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000 |
| 157 | 24.9932874 | 121.4271722 | 60  | 150 | 3        | 0   | 3   | 24256     | 0     | 24256 | 36000  | 0     | 72000 |
| 158 | 24.9914074 | 121.4246008 | 60  | 150 | 1        | 0   | 4   | 8085      | 0     | 32341 | 12000  | 0     | 96000 |
| 159 | 25.0008385 | 121.4312055 | 90  | 180 | 3        | 1   | 0   | 24256     | 8085  | 0     | 36000  | 18000 | 0     |
| 160 | 25.006527  | 121.426895  | 120 | 210 | 0        | 1   | 3   | 0         | 8085  | 24256 | 0      | 18000 | 72000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |       |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3   |
| 161 | 25.0102821 | 121.4248573 | 120 | 210 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0     |
| 162 | 25.0154789 | 121.414372  | 120 | 210 | 3        | 0   | 0   | 24256     | 0     | 0     | 36000  | 0     | 0     |
| 163 | 25.015295  | 121.417667  | 120 | 210 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000 |
| 164 | 25.0075448 | 121.4170031 | 150 | 240 | 1        | 0   | 4   | 8085      | 0     | 32341 | 12000  | 0     | 96000 |
| 165 | 25.006551  | 121.419158  | 150 | 240 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000 |
| 166 | 25.0100219 | 121.412478  | 150 | 240 | 0        | 1   | 3   | 0         | 8085  | 24256 | 0      | 18000 | 72000 |
| 167 | 25.0037436 | 121.4136046 | 180 | 270 | 6        | 0   | 0   | 48511     | 0     | 0     | 72000  | 0     | 0     |
| 168 | 25.0013057 | 121.4159321 | 180 | 270 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0     |
| 169 | 24.998015  | 121.417683  | 180 | 270 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0     |
| 170 | 24.997716  | 121.422562  | 180 | 270 | 3        | 1   | 2   | 24256     | 8085  | 16170 | 36000  | 18000 | 48000 |
| 171 | 24.985878  | 121.413653  | 180 | 270 | 3        | 2   | 2   | 24256     | 16170 | 16170 | 36000  | 36000 | 48000 |
| 172 | 24.9864535 | 121.4160472 | 210 | 300 | 0        | 2   | 2   | 0         | 16170 | 16170 | 0      | 36000 | 48000 |
| 173 | 24.9875763 | 121.4193687 | 210 | 300 | 0        | 2   | 0   | 0         | 16170 | 0     | 0      | 36000 | 0     |
| 174 | 24.990862  | 121.420016  | 210 | 300 | 9        | 0   | 1   | 72767     | 0     | 8085  | 108000 | 0     | 24000 |
| 175 | 24.9930944 | 121.4216574 | 210 | 300 | 6        | 1   | 3   | 48511     | 8085  | 24256 | 72000  | 18000 | 72000 |
| 176 | 24.9949054 | 121.4228923 | 240 | 330 | 0        | 1   | 1   | 0         | 8085  | 8085  | 0      | 18000 | 24000 |
| 177 | 24.99148   | 121.423309  | 240 | 330 | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000 |
| 178 | 24.9961128 | 121.4253928 | 240 | 330 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0     |
| 179 | 24.989958  | 121.4275934 | 240 | 330 | 0        | 1   | 3   | 0         | 8085  | 24256 | 0      | 18000 | 72000 |
| 180 | 24.9932079 | 121.4301615 | 270 | 360 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0     |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 181 | 24.991824  | 121.431439  | 270 | 360 | 1        | 1   | 4   | 8085      | 8085  | 32341 | 12000  | 18000 | 96000  |
| 182 | 24.9938077 | 121.4332279 | 270 | 360 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000  |
| 183 | 24.9902079 | 121.4326251 | 270 | 360 | 0        | 2   | 7   | 0         | 16170 | 56596 | 0      | 36000 | 168000 |
| 184 | 24.9864355 | 121.4300668 | 300 | 390 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0      |
| 185 | 24.9847946 | 121.4282623 | 300 | 390 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000  |
| 186 | 24.982761  | 121.4274802 | 300 | 390 | 1        | 0   | 2   | 8085      | 0     | 16170 | 12000  | 0     | 48000  |
| 187 | 24.985812  | 121.427641  | 300 | 390 | 2        | 3   | 1   | 16170     | 24256 | 8085  | 24000  | 54000 | 24000  |
| 188 | 24.9793489 | 121.4210549 | 300 | 390 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0      |
| 189 | 24.9791696 | 121.4179082 | 330 | 420 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0      |
| 190 | 24.949566  | 121.35289   | 30  | 120 | 2        | 0   | 1   | 16170     | 0     | 8085  | 24000  | 0     | 24000  |
| 191 | 24.953693  | 121.350913  | 30  | 120 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 192 | 24.9545245 | 121.3552804 | 60  | 150 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 193 | 24.9485932 | 121.3464127 | 60  | 150 | 0        | 1   | 5   | 0         | 8085  | 40426 | 0      | 18000 | 120000 |
| 194 | 24.9448993 | 121.340656  | 60  | 150 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 195 | 24.9316519 | 121.319385  | 90  | 180 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0      |
| 196 | 24.9370919 | 121.33095   | 90  | 180 | 1        | 3   | 0   | 8085      | 24256 | 0     | 12000  | 54000 | 0      |
| 197 | 24.9399494 | 121.3364692 | 90  | 180 | 2        | 0   | 1   | 16170     | 0     | 8085  | 24000  | 0     | 24000  |
| 198 | 24.9409317 | 121.3383246 | 90  | 180 | 1        | 1   | 8   | 8085      | 8085  | 64682 | 12000  | 18000 | 192000 |
| 199 | 24.9512301 | 121.3474511 | 120 | 210 | 2        | 2   | 2   | 16170     | 16170 | 16170 | 24000  | 36000 | 48000  |
| 200 | 24.95467   | 121.337982  | 120 | 210 | 0        | 0   | 3   | 0         | 0     | 24256 | 0      | 0     | 72000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |       |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3   |
| 201 | 24.9575629 | 121.333245  | 120 | 210 | 0        | 0   | 3   | 0         | 0     | 24256 | 0      | 0     | 72000 |
| 202 | 24.964655  | 121.333196  | 150 | 240 | 2        | 2   | 3   | 16170     | 16170 | 24256 | 24000  | 36000 | 72000 |
| 203 | 24.973732  | 121.3383419 | 150 | 240 | 2        | 2   | 1   | 16170     | 16170 | 8085  | 24000  | 36000 | 24000 |
| 204 | 24.9693435 | 121.3290714 | 150 | 240 | 1        | 2   | 0   | 8085      | 16170 | 0     | 12000  | 36000 | 0     |
| 205 | 24.9727852 | 121.325384  | 180 | 270 | 5        | 1   | 0   | 40426     | 8085  | 0     | 60000  | 18000 | 0     |
| 206 | 24.971921  | 121.325925  | 180 | 270 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000 |
| 207 | 24.965841  | 121.331745  | 180 | 270 | 2        | 0   | 0   | 16170     | 0     | 0     | 24000  | 0     | 0     |
| 208 | 24.9571414 | 121.3499718 | 180 | 270 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0     |
| 209 | 24.9539931 | 121.3487308 | 180 | 270 | 3        | 3   | 0   | 24256     | 24256 | 0     | 36000  | 54000 | 0     |
| 210 | 24.9535154 | 121.3470584 | 210 | 300 | 1        | 0   | 1   | 8085      | 0     | 8085  | 12000  | 0     | 24000 |
| 211 | 24.9559421 | 121.3454386 | 210 | 300 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000 |
| 212 | 24.9556709 | 121.34296   | 210 | 300 | 2        | 0   | 1   | 16170     | 0     | 8085  | 24000  | 0     | 24000 |
| 213 | 24.9420372 | 121.3569298 | 240 | 330 | 1        | 0   | 1   | 8085      | 0     | 8085  | 12000  | 0     | 24000 |
| 214 | 24.9601923 | 121.4022922 | 240 | 330 | 0        | 2   | 0   | 0         | 16170 | 0     | 0      | 36000 | 0     |
| 215 | 24.9747558 | 121.4001666 | 240 | 330 | 0        | 0   | 3   | 0         | 0     | 24256 | 0      | 0     | 72000 |
| 216 | 24.9801698 | 121.4152634 | 270 | 360 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0     |
| 217 | 24.9806484 | 121.4177915 | 270 | 360 | 0        | 1   | 1   | 0         | 8085  | 8085  | 0      | 18000 | 24000 |
| 218 | 24.9778862 | 121.4106008 | 270 | 360 | 3        | 0   | 4   | 24256     | 0     | 32341 | 36000  | 0     | 96000 |
| 219 | 24.9709431 | 121.3966659 | 300 | 390 | 0        | 1   | 1   | 0         | 8085  | 8085  | 0      | 18000 | 24000 |
| 220 | 24.9704444 | 121.3929661 | 300 | 390 | 3        | 1   | 0   | 24256     | 8085  | 0     | 36000  | 18000 | 0     |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 221 | 24.9623994 | 121.3913731 | 300 | 390 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0      |
| 222 | 24.9599028 | 121.3906305 | 300 | 390 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0      |
| 223 | 24.9540493 | 121.3877933 | 300 | 390 | 1        | 0   | 2   | 8085      | 0     | 16170 | 12000  | 0     | 48000  |
| 224 | 25.0327892 | 121.4220708 | 60  | 150 | 9        | 4   | 0   | 72767     | 32341 | 0     | 108000 | 72000 | 0      |
| 225 | 25.030234  | 121.413006  | 60  | 150 | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000  |
| 226 | 25.0234583 | 121.4136566 | 60  | 150 | 2        | 0   | 5   | 16170     | 0     | 40426 | 24000  | 0     | 120000 |
| 227 | 25.0177037 | 121.4092711 | 90  | 180 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0      |
| 228 | 25.0282167 | 121.4135476 | 90  | 180 | 3        | 0   | 3   | 24256     | 0     | 24256 | 36000  | 0     | 72000  |
| 229 | 25.0273801 | 121.4175049 | 120 | 210 | 1        | 0   | 3   | 8085      | 0     | 24256 | 12000  | 0     | 72000  |
| 230 | 25.0293923 | 121.4158668 | 120 | 210 | 3        | 1   | 0   | 24256     | 8085  | 0     | 36000  | 18000 | 0      |
| 231 | 25.03159   | 121.4210809 | 120 | 210 | 2        | 0   | 4   | 16170     | 0     | 32341 | 24000  | 0     | 96000  |
| 232 | 25.0404955 | 121.4226871 | 120 | 210 | 1        | 2   | 0   | 8085      | 16170 | 0     | 12000  | 36000 | 0      |
| 233 | 25.0498839 | 121.4276297 | 150 | 240 | 0        | 1   | 4   | 0         | 8085  | 32341 | 0      | 18000 | 96000  |
| 234 | 25.0538066 | 121.4302519 | 150 | 240 | 0        | 4   | 1   | 0         | 32341 | 8085  | 0      | 72000 | 24000  |
| 235 | 25.0629019 | 121.4309394 | 150 | 240 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 236 | 25.0638955 | 121.4284703 | 180 | 270 | 1        | 3   | 0   | 8085      | 24256 | 0     | 12000  | 54000 | 0      |
| 237 | 25.0637475 | 121.4241534 | 180 | 270 | 0        | 0   | 3   | 0         | 0     | 24256 | 0      | 0     | 72000  |
| 238 | 25.0623703 | 121.4340617 | 180 | 270 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 239 | 25.0538066 | 121.4302519 | 180 | 270 | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000  |
| 240 | 25.0577435 | 121.4320893 | 180 | 270 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 241 | 25.0548574 | 121.4334218 | 210 | 300 | 1        | 1   | 1   | 8085      | 8085  | 8085  | 12000  | 18000 | 24000  |
| 242 | 25.0549434 | 121.4322735 | 210 | 300 | 5        | 2   | 3   | 40426     | 16170 | 24256 | 60000  | 36000 | 72000  |
| 243 | 25.0568368 | 121.4337914 | 210 | 300 | 2        | 0   | 3   | 16170     | 0     | 24256 | 24000  | 0     | 72000  |
| 244 | 25.0524739 | 121.4287787 | 210 | 300 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 245 | 25.0449942 | 121.4255388 | 240 | 330 | 3        | 0   | 1   | 24256     | 0     | 8085  | 36000  | 0     | 24000  |
| 246 | 25.0424628 | 121.4248205 | 240 | 330 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 247 | 25.0384093 | 121.4242587 | 240 | 330 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 248 | 25.0440745 | 121.4328293 | 240 | 330 | 0        | 0   | 3   | 0         | 0     | 24256 | 0      | 0     | 72000  |
| 249 | 25.0448608 | 121.4417563 | 270 | 360 | 6        | 0   | 1   | 48511     | 0     | 8085  | 72000  | 0     | 24000  |
| 250 | 25.0186469 | 121.4071142 | 270 | 360 | 0        | 2   | 3   | 0         | 16170 | 24256 | 0      | 36000 | 72000  |
| 251 | 25.0175436 | 121.4031593 | 300 | 390 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000  |
| 252 | 25.0170102 | 121.4008466 | 300 | 390 | 0        | 3   | 4   | 0         | 24256 | 32341 | 0      | 54000 | 96000  |
| 253 | 25.0173296 | 121.3979813 | 300 | 390 | 0        | 4   | 1   | 0         | 32341 | 8085  | 0      | 72000 | 24000  |
| 254 | 25.0173379 | 121.4024244 | 300 | 390 | 1        | 2   | 0   | 8085      | 16170 | 0     | 12000  | 36000 | 0      |
| 255 | 25.015865  | 121.403108  | 300 | 390 | 10       | 4   | 0   | 80852     | 32341 | 0     | 120000 | 72000 | 0      |
| 256 | 25.0163459 | 121.404955  | 330 | 420 | 12       | 1   | 0   | 97022     | 8085  | 0     | 144000 | 18000 | 0      |
| 257 | 25.0166249 | 121.4084399 | 330 | 420 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |
| 258 | 24.98417   | 121.1061328 | 0   | 90  | 3        | 1   | 5   | 24256     | 8085  | 40426 | 36000  | 18000 | 120000 |
| 259 | 24.99356   | 121.100202  | 30  | 120 | 9        | 1   | 4   | 72767     | 8085  | 32341 | 108000 | 18000 | 96000  |
| 260 | 24.9931816 | 121.1119125 | 60  | 150 | 3        | 3   | 2   | 24256     | 24256 | 16170 | 36000  | 54000 | 48000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 261 | 24.9754798 | 121.1061437 | 60  | 150 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 262 | 24.97286   | 121.106587  | 60  | 150 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000  |
| 263 | 24.9751184 | 121.089557  | 60  | 150 | 1        | 4   | 2   | 8085      | 32341 | 16170 | 12000  | 72000 | 48000  |
| 264 | 24.9882036 | 121.0185316 | 60  | 150 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 265 | 24.9728972 | 121.1021528 | 90  | 180 | 5        | 0   | 4   | 40426     | 0     | 32341 | 60000  | 0     | 96000  |
| 266 | 24.970034  | 121.115335  | 120 | 210 | 3        | 3   | 5   | 24256     | 24256 | 40426 | 36000  | 54000 | 120000 |
| 267 | 24.971796  | 121.1313636 | 120 | 210 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 268 | 24.9581468 | 121.1451897 | 120 | 210 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 269 | 24.962855  | 121.1464695 | 120 | 210 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 270 | 24.1168834 | 120.6135306 | 150 | 240 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 271 | 24.9754839 | 121.1373651 | 150 | 240 | 4        | 2   | 1   | 32341     | 16170 | 8085  | 48000  | 36000 | 24000  |
| 272 | 24.9942995 | 121.1663527 | 180 | 270 | 1        | 0   | 3   | 8085      | 0     | 24256 | 12000  | 0     | 72000  |
| 273 | 25.009746  | 121.1411853 | 180 | 270 | 9        | 0   | 4   | 72767     | 0     | 32341 | 108000 | 0     | 96000  |
| 274 | 25.0129917 | 121.1361612 | 180 | 270 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000  |
| 275 | 25.0419533 | 121.1436035 | 180 | 270 | 3        | 1   | 2   | 24256     | 8085  | 16170 | 36000  | 18000 | 48000  |
| 276 | 25.0432609 | 121.137152  | 210 | 300 | 4        | 1   | 4   | 32341     | 8085  | 32341 | 48000  | 18000 | 96000  |
| 277 | 25.0475914 | 121.1432247 | 210 | 300 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 278 | 25.0649905 | 121.18307   | 210 | 300 | 1        | 1   | 1   | 8085      | 8085  | 8085  | 12000  | 18000 | 24000  |
| 279 | 25.0676034 | 121.1798451 | 240 | 330 | 1        | 0   | 9   | 8085      | 0     | 72767 | 12000  | 0     | 216000 |
| 280 | 25.0622213 | 121.1756082 | 240 | 330 | 6        | 0   | 0   | 48511     | 0     | 0     | 72000  | 0     | 0      |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 281 | 25.0556633 | 121.1599095 | 240 | 330 | 2        | 1   | 2   | 16170     | 8085  | 16170 | 24000  | 18000 | 48000  |
| 282 | 25.0624613 | 121.1326554 | 270 | 360 | 0        | 0   | 5   | 0         | 0     | 40426 | 0      | 0     | 120000 |
| 283 | 25.051715  | 121.118259  | 270 | 360 | 4        | 1   | 1   | 32341     | 8085  | 8085  | 48000  | 18000 | 24000  |
| 284 | 25.0547519 | 121.1241418 | 270 | 360 | 3        | 0   | 3   | 24256     | 0     | 24256 | 36000  | 0     | 72000  |
| 285 | 25.054724  | 121.125122  | 300 | 390 | 2        | 3   | 1   | 16170     | 24256 | 8085  | 24000  | 54000 | 24000  |
| 286 | 25.0273329 | 121.109988  | 300 | 390 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 287 | 25.034599  | 121.098676  | 300 | 390 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000  |
| 288 | 25.036878  | 121.08217   | 300 | 390 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 289 | 24.9458825 | 121.2045224 | 0   | 90  | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000  |
| 290 | 24.9534545 | 121.2257365 | 30  | 120 | 13       | 0   | 0   | 105108    | 0     | 0     | 156000 | 0     | 0      |
| 291 | 24.9757769 | 121.244086  | 60  | 150 | 6        | 1   | 6   | 48511     | 8085  | 48511 | 72000  | 18000 | 144000 |
| 292 | 24.9792969 | 121.2452771 | 60  | 150 | 3        | 1   | 4   | 24256     | 8085  | 32341 | 36000  | 18000 | 96000  |
| 293 | 24.969882  | 121.2511673 | 90  | 180 | 0        | 1   | 0   | 0         | 8085  | 0     | 0      | 18000 | 0      |
| 294 | 24.9683518 | 121.2485314 | 90  | 180 | 2        | 4   | 2   | 16170     | 32341 | 16170 | 24000  | 72000 | 48000  |
| 295 | 24.9568317 | 121.2557357 | 120 | 210 | 2        | 0   | 5   | 16170     | 0     | 40426 | 24000  | 0     | 120000 |
| 296 | 24.9610269 | 121.2578218 | 120 | 210 | 4        | 1   | 0   | 32341     | 8085  | 0     | 48000  | 18000 | 0      |
| 297 | 24.9636009 | 121.258335  | 120 | 210 | 1        | 0   | 5   | 8085      | 0     | 40426 | 12000  | 0     | 120000 |
| 298 | 24.964483  | 121.2551226 | 120 | 210 | 3        | 4   | 0   | 24256     | 32341 | 0     | 36000  | 72000 | 0      |
| 299 | 24.9685887 | 121.2574989 | 120 | 210 | 3        | 1   | 3   | 24256     | 8085  | 24256 | 36000  | 18000 | 72000  |
| 300 | 24.9708365 | 121.2567997 | 150 | 240 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 301 | 24.974868  | 121.264971  | 150 | 240 | 1        | 1   | 3   | 8085      | 8085  | 24256 | 12000  | 18000 | 72000  |
| 302 | 24.9741946 | 121.2482802 | 150 | 240 | 5        | 0   | 2   | 40426     | 0     | 16170 | 60000  | 0     | 48000  |
| 303 | 24.9788625 | 121.2499335 | 180 | 270 | 9        | 1   | 7   | 72767     | 8085  | 56596 | 108000 | 18000 | 168000 |
| 304 | 24.9784065 | 121.2545378 | 180 | 270 | 5        | 1   | 1   | 40426     | 8085  | 8085  | 60000  | 18000 | 24000  |
| 305 | 24.9831631 | 121.2476965 | 180 | 270 | 4        | 2   | 0   | 32341     | 16170 | 0     | 48000  | 36000 | 0      |
| 306 | 24.993364  | 121.245142  | 210 | 300 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 307 | 24.9840418 | 121.250347  | 210 | 300 | 8        | 2   | 0   | 64682     | 16170 | 0     | 96000  | 36000 | 0      |
| 308 | 24.980354  | 121.257145  | 210 | 300 | 3        | 1   | 2   | 24256     | 8085  | 16170 | 36000  | 18000 | 48000  |
| 309 | 24.9771306 | 121.2593415 | 240 | 330 | 1        | 4   | 1   | 8085      | 32341 | 8085  | 12000  | 72000 | 24000  |
| 310 | 24.9748969 | 121.257742  | 240 | 330 | 6        | 2   | 1   | 48511     | 16170 | 8085  | 72000  | 36000 | 24000  |
| 311 | 24.9755748 | 121.2710727 | 240 | 330 | 1        | 3   | 2   | 8085      | 24256 | 16170 | 12000  | 54000 | 48000  |
| 312 | 24.9721769 | 121.275108  | 240 | 330 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 313 | 24.9780585 | 121.2743375 | 270 | 360 | 0        | 0   | 1   | 0         | 0     | 8085  | 0      | 0     | 24000  |
| 314 | 24.9675531 | 121.2627239 | 270 | 360 | 0        | 4   | 2   | 0         | 32341 | 16170 | 0      | 72000 | 48000  |
| 315 | 24.9662224 | 121.2628719 | 270 | 360 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |
| 316 | 24.9671255 | 121.2631299 | 300 | 390 | 3        | 2   | 0   | 24256     | 16170 | 0     | 36000  | 36000 | 0      |
| 317 | 24.967237  | 121.260198  | 300 | 390 | 0        | 3   | 1   | 0         | 24256 | 8085  | 0      | 54000 | 24000  |
| 318 | 24.9609479 | 121.246215  | 300 | 390 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 319 | 24.9581969 | 121.244877  | 300 | 390 | 3        | 1   | 0   | 24256     | 8085  | 0     | 36000  | 18000 | 0      |
| 320 | 24.9592475 | 121.239699  | 300 | 390 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 321 | 24.9586868 | 121.2379999 | 330 | 420 | 5        | 0   | 5   | 40426     | 0     | 40426 | 60000  | 0     | 120000 |
| 322 | 24.8675129 | 120.9984884 | 0   | 90  | 3        | 3   | 3   | 24256     | 24256 | 24256 | 36000  | 54000 | 72000  |
| 323 | 24.8703509 | 121.00024   | 0   | 90  | 12       | 4   | 0   | 97022     | 32341 | 0     | 144000 | 72000 | 0      |
| 324 | 24.8704759 | 120.999166  | 0   | 90  | 3        | 2   | 1   | 24256     | 16170 | 8085  | 36000  | 36000 | 24000  |
| 325 | 24.8688366 | 120.9978468 | 0   | 90  | 6        | 2   | 7   | 48511     | 16170 | 56596 | 72000  | 36000 | 168000 |
| 326 | 24.8653472 | 120.9956923 | 30  | 120 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000  |
| 327 | 24.865961  | 120.9973064 | 60  | 150 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 328 | 24.8730882 | 121.0106852 | 60  | 150 | 0        | 4   | 2   | 0         | 32341 | 16170 | 0      | 72000 | 48000  |
| 329 | 24.873977  | 121.0125849 | 60  | 150 | 2        | 1   | 2   | 16170     | 8085  | 16170 | 24000  | 18000 | 48000  |
| 330 | 24.8703778 | 121.0150257 | 60  | 150 | 1        | 4   | 1   | 8085      | 32341 | 8085  | 12000  | 72000 | 24000  |
| 331 | 24.8785685 | 121.0058949 | 90  | 180 | 3        | 1   | 2   | 24256     | 8085  | 16170 | 36000  | 18000 | 48000  |
| 332 | 24.8688602 | 120.9949417 | 90  | 180 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 333 | 24.8647875 | 120.9916535 | 90  | 180 | 3        | 3   | 0   | 24256     | 24256 | 0     | 36000  | 54000 | 0      |
| 334 | 24.8638512 | 120.9912167 | 120 | 210 | 3        | 0   | 4   | 24256     | 0     | 32341 | 36000  | 0     | 96000  |
| 335 | 24.8692386 | 120.9885814 | 120 | 210 | 2        | 4   | 1   | 16170     | 32341 | 8085  | 24000  | 72000 | 24000  |
| 336 | 24.8717138 | 120.9859621 | 120 | 210 | 0        | 4   | 1   | 0         | 32341 | 8085  | 0      | 72000 | 24000  |
| 337 | 24.8930011 | 120.9877265 | 120 | 210 | 7        | 3   | 1   | 56596     | 24256 | 8085  | 84000  | 54000 | 24000  |
| 338 | 24.8995239 | 120.987153  | 150 | 240 | 0        | 3   | 5   | 0         | 24256 | 40426 | 0      | 54000 | 120000 |
| 339 | 24.9058509 | 120.9838412 | 180 | 270 | 7        | 2   | 0   | 56596     | 16170 | 0     | 84000  | 36000 | 0      |
| 340 | 24.8702178 | 120.9955433 | 180 | 270 | 0        | 1   | 4   | 0         | 8085  | 32341 | 0      | 18000 | 96000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 341 | 24.8754604 | 120.9942035 | 180 | 270 | 1        | 2   | 3   | 8085      | 16170 | 24256 | 12000  | 36000 | 72000  |
| 342 | 24.8760235 | 120.9966367 | 180 | 270 | 2        | 4   | 0   | 16170     | 32341 | 0     | 24000  | 72000 | 0      |
| 343 | 24.8731077 | 120.9949338 | 210 | 300 | 0        | 1   | 3   | 0         | 8085  | 24256 | 0      | 18000 | 72000  |
| 344 | 24.880122  | 121.007761  | 210 | 300 | 2        | 2   | 1   | 16170     | 16170 | 8085  | 24000  | 36000 | 24000  |
| 345 | 24.8774968 | 121.051968  | 240 | 330 | 4        | 3   | 1   | 32341     | 24256 | 8085  | 48000  | 54000 | 24000  |
| 346 | 24.8887474 | 121.090196  | 300 | 390 | 0        | 1   | 7   | 0         | 8085  | 56596 | 0      | 18000 | 168000 |
| 347 | 24.8942865 | 121.0412322 | 300 | 390 | 3        | 0   | 0   | 24256     | 0     | 0     | 36000  | 0     | 0      |
| 348 | 24.8934132 | 121.0413991 | 300 | 390 | 2        | 0   | 1   | 16170     | 0     | 8085  | 24000  | 0     | 24000  |
| 349 | 24.9022589 | 121.044991  | 300 | 390 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 350 | 24.9006555 | 121.0458717 | 330 | 420 | 3        | 2   | 0   | 24256     | 16170 | 0     | 36000  | 36000 | 0      |
| 351 | 24.9105909 | 121.044834  | 330 | 420 | 5        | 0   | 1   | 40426     | 0     | 8085  | 60000  | 0     | 24000  |
| 352 | 24.9016755 | 121.0410304 | 360 | 450 | 5        | 0   | 1   | 40426     | 0     | 8085  | 60000  | 0     | 24000  |
| 353 | 24.8890999 | 121.019219  | 360 | 450 | 0        | 4   | 3   | 0         | 32341 | 24256 | 0      | 72000 | 72000  |
| 354 | 24.863105  | 121.025923  | 360 | 450 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 355 | 24.8586339 | 121.020104  | 360 | 450 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 356 | 24.8661289 | 121.0233234 | 390 | 480 | 0        | 1   | 2   | 0         | 8085  | 16170 | 0      | 18000 | 48000  |
| 357 | 24.8702303 | 121.026561  | 390 | 480 | 2        | 1   | 2   | 16170     | 8085  | 16170 | 24000  | 18000 | 48000  |
| 358 | 24.8689429 | 121.0247094 | 390 | 480 | 0        | 1   | 0   | 0         | 8085  | 0     | 0      | 18000 | 0      |
| 359 | 25.0030693 | 121.2975095 | 30  | 120 | 2        | 0   | 3   | 16170     | 0     | 24256 | 24000  | 0     | 72000  |
| 360 | 25.008314  | 121.294414  | 60  | 150 | 2        | 1   | 3   | 16170     | 8085  | 24256 | 24000  | 18000 | 72000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 361 | 25.0120518 | 121.3001552 | 60  | 150 | 7        | 1   | 0   | 56596     | 8085  | 0     | 84000  | 18000 | 0      |
| 362 | 25.0163919 | 121.3063525 | 60  | 150 | 7        | 0   | 1   | 56596     | 0     | 8085  | 84000  | 0     | 24000  |
| 363 | 25.017527  | 121.304858  | 90  | 180 | 0        | 1   | 7   | 0         | 8085  | 56596 | 0      | 18000 | 168000 |
| 364 | 25.0143959 | 121.3045654 | 90  | 180 | 2        | 2   | 3   | 16170     | 16170 | 24256 | 24000  | 36000 | 72000  |
| 365 | 25.0146921 | 121.3026638 | 120 | 210 | 7        | 1   | 1   | 56596     | 8085  | 8085  | 84000  | 18000 | 24000  |
| 366 | 25.0154944 | 121.2968196 | 120 | 210 | 2        | 3   | 3   | 16170     | 24256 | 24256 | 24000  | 54000 | 72000  |
| 367 | 25.0125815 | 121.2957549 | 120 | 210 | 0        | 0   | 1   | 0         | 0     | 8085  | 0      | 0     | 24000  |
| 368 | 25.0132762 | 121.2930186 | 120 | 210 | 5        | 4   | 3   | 40426     | 32341 | 24256 | 60000  | 72000 | 72000  |
| 369 | 25.0165788 | 121.296181  | 120 | 210 | 0        | 1   | 1   | 0         | 8085  | 8085  | 0      | 18000 | 24000  |
| 370 | 25.016939  | 121.2979506 | 150 | 240 | 0        | 0   | 6   | 0         | 0     | 48511 | 0      | 0     | 144000 |
| 371 | 25.0074268 | 121.3006576 | 150 | 240 | 5        | 1   | 1   | 40426     | 8085  | 8085  | 60000  | 18000 | 24000  |
| 372 | 25.0057827 | 121.3022859 | 150 | 240 | 4        | 1   | 3   | 32341     | 8085  | 24256 | 48000  | 18000 | 72000  |
| 373 | 25.0014908 | 121.3015258 | 180 | 270 | 6        | 0   | 1   | 48511     | 0     | 8085  | 72000  | 0     | 24000  |
| 374 | 25.0030689 | 121.3049651 | 180 | 270 | 9        | 0   | 0   | 72767     | 0     | 0     | 108000 | 0     | 0      |
| 375 | 25.0173354 | 121.2960197 | 180 | 270 | 0        | 0   | 6   | 0         | 0     | 48511 | 0      | 0     | 144000 |
| 376 | 25.0184138 | 121.2925752 | 210 | 300 | 2        | 1   | 3   | 16170     | 8085  | 24256 | 24000  | 18000 | 72000  |
| 377 | 25.0188113 | 121.2903655 | 210 | 300 | 3        | 1   | 0   | 24256     | 8085  | 0     | 36000  | 18000 | 0      |
| 378 | 25.020387  | 121.282658  | 210 | 300 | 0        | 1   | 6   | 0         | 8085  | 48511 | 0      | 18000 | 144000 |
| 379 | 25.0224291 | 121.2929114 | 240 | 330 | 2        | 0   | 1   | 16170     | 0     | 8085  | 24000  | 0     | 24000  |
| 380 | 25.0242396 | 121.2943388 | 240 | 330 | 3        | 1   | 3   | 24256     | 8085  | 24256 | 36000  | 18000 | 72000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 381 | 25.0204084 | 121.2955525 | 240 | 330 | 4        | 1   | 1   | 32341     | 8085  | 8085  | 48000  | 18000 | 24000  |
| 382 | 25.0223475 | 121.2952771 | 240 | 330 | 3        | 2   | 1   | 24256     | 16170 | 8085  | 36000  | 36000 | 24000  |
| 383 | 25.0252239 | 121.3003368 | 240 | 330 | 4        | 0   | 2   | 32341     | 0     | 16170 | 48000  | 0     | 48000  |
| 384 | 25.023801  | 121.302149  | 270 | 360 | 4        | 1   | 8   | 32341     | 8085  | 64682 | 48000  | 18000 | 192000 |
| 385 | 25.0206108 | 121.3039809 | 270 | 360 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 386 | 25.0316593 | 121.3005768 | 270 | 360 | 4        | 2   | 0   | 32341     | 16170 | 0     | 48000  | 36000 | 0      |
| 387 | 25.0475219 | 121.2922848 | 300 | 390 | 5        | 1   | 1   | 40426     | 8085  | 8085  | 60000  | 18000 | 24000  |
| 388 | 25.0462073 | 121.2953089 | 300 | 390 | 2        | 2   | 2   | 16170     | 16170 | 16170 | 24000  | 36000 | 48000  |
| 389 | 25.05188   | 121.287259  | 300 | 390 | 0        | 1   | 0   | 0         | 8085  | 0     | 0      | 18000 | 0      |
| 390 | 25.0470649 | 121.2878874 | 300 | 390 | 1        | 2   | 7   | 8085      | 16170 | 56596 | 12000  | 36000 | 168000 |
| 391 | 25.045658  | 121.289047  | 300 | 390 | 0        | 1   | 0   | 0         | 8085  | 0     | 0      | 18000 | 0      |
| 392 | 25.0422038 | 121.2875237 | 300 | 390 | 0        | 2   | 2   | 0         | 16170 | 16170 | 0      | 36000 | 48000  |
| 393 | 25.0403757 | 121.2930467 | 330 | 420 | 3        | 1   | 3   | 24256     | 8085  | 24256 | 36000  | 18000 | 72000  |
| 394 | 25.0442116 | 121.2928541 | 330 | 420 | 5        | 1   | 0   | 40426     | 8085  | 0     | 60000  | 18000 | 0      |
| 395 | 24.9922024 | 121.31221   | 360 | 450 | 3        | 2   | 4   | 24256     | 16170 | 32341 | 36000  | 36000 | 96000  |
| 396 | 24.8912675 | 121.0510998 | 0   | 90  | 2        | 2   | 4   | 16170     | 16170 | 32341 | 24000  | 36000 | 96000  |
| 397 | 24.9000617 | 121.0556463 | 0   | 90  | 4        | 0   | 4   | 32341     | 0     | 32341 | 48000  | 0     | 96000  |
| 398 | 24.9047969 | 121.050358  | 30  | 120 | 5        | 1   | 2   | 40426     | 8085  | 16170 | 60000  | 18000 | 48000  |
| 399 | 24.907678  | 121.048589  | 30  | 120 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000  |
| 400 | 24.8999069 | 121.042469  | 30  | 120 | 4        | 4   | 0   | 32341     | 32341 | 0     | 48000  | 72000 | 0      |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 401 | 24.93054   | 121.073467  | 60  | 150 | 2        | 2   | 6   | 16170     | 16170 | 48511 | 24000  | 36000 | 144000 |
| 402 | 24.9363128 | 121.0817977 | 60  | 150 | 4        | 1   | 2   | 32341     | 8085  | 16170 | 48000  | 18000 | 48000  |
| 403 | 24.9273741 | 121.1056071 | 60  | 150 | 0        | 3   | 1   | 0         | 24256 | 8085  | 0      | 54000 | 24000  |
| 404 | 24.9198654 | 121.136156  | 60  | 150 | 2        | 2   | 3   | 16170     | 16170 | 24256 | 24000  | 36000 | 72000  |
| 405 | 24.9131032 | 121.14785   | 90  | 180 | 8        | 1   | 0   | 64682     | 8085  | 0     | 96000  | 18000 | 0      |
| 406 | 24.9377216 | 121.1447518 | 90  | 180 | 2        | 2   | 1   | 16170     | 16170 | 8085  | 24000  | 36000 | 24000  |
| 407 | 24.9366751 | 121.1675415 | 120 | 210 | 1        | 1   | 5   | 8085      | 8085  | 40426 | 12000  | 18000 | 120000 |
| 408 | 24.9228065 | 121.1775717 | 120 | 210 | 4        | 1   | 0   | 32341     | 8085  | 0     | 48000  | 18000 | 0      |
| 409 | 24.9082614 | 121.1700428 | 120 | 210 | 6        | 1   | 1   | 48511     | 8085  | 8085  | 72000  | 18000 | 24000  |
| 410 | 24.9060051 | 121.177458  | 150 | 240 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 411 | 24.9091866 | 121.1818895 | 150 | 240 | 2        | 4   | 2   | 16170     | 32341 | 16170 | 24000  | 72000 | 48000  |
| 412 | 24.9122417 | 121.1835519 | 180 | 270 | 2        | 0   | 4   | 16170     | 0     | 32341 | 24000  | 0     | 96000  |
| 413 | 24.9104127 | 121.1783194 | 180 | 270 | 3        | 3   | 0   | 24256     | 24256 | 0     | 36000  | 54000 | 0      |
| 414 | 24.9124663 | 121.1698978 | 180 | 270 | 4        | 4   | 3   | 32341     | 32341 | 24256 | 48000  | 72000 | 72000  |
| 415 | 24.9089654 | 121.1590196 | 180 | 270 | 1        | 3   | 0   | 8085      | 24256 | 0     | 12000  | 54000 | 0      |
| 416 | 24.9127093 | 121.1597358 | 210 | 300 | 4        | 1   | 0   | 32341     | 8085  | 0     | 48000  | 18000 | 0      |
| 417 | 24.9110007 | 121.1561003 | 210 | 300 | 0        | 1   | 6   | 0         | 8085  | 48511 | 0      | 18000 | 144000 |
| 418 | 24.9129921 | 121.1489409 | 210 | 300 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 419 | 24.9169524 | 121.1456317 | 240 | 330 | 5        | 1   | 2   | 40426     | 8085  | 16170 | 60000  | 18000 | 48000  |
| 420 | 24.9246411 | 121.1450349 | 240 | 330 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 421 | 24.9132128 | 121.1455194 | 240 | 330 | 3        | 0   | 4   | 24256     | 0     | 32341 | 36000  | 0     | 96000  |
| 422 | 24.909221  | 121.145312  | 240 | 330 | 2        | 2   | 4   | 16170     | 16170 | 32341 | 24000  | 36000 | 96000  |
| 423 | 24.9108021 | 121.1469147 | 270 | 360 | 4        | 3   | 6   | 32341     | 24256 | 48511 | 48000  | 54000 | 144000 |
| 424 | 24.9073134 | 121.1500092 | 270 | 360 | 0        | 2   | 3   | 0         | 16170 | 24256 | 0      | 36000 | 72000  |
| 425 | 24.8994734 | 121.1509664 | 300 | 390 | 2        | 4   | 5   | 16170     | 32341 | 40426 | 24000  | 72000 | 120000 |
| 426 | 24.8997417 | 121.1511523 | 300 | 390 | 4        | 0   | 0   | 32341     | 0     | 0     | 48000  | 0     | 0      |
| 427 | 24.9016679 | 121.1464161 | 300 | 390 | 8        | 0   | 0   | 64682     | 0     | 0     | 96000  | 0     | 0      |
| 428 | 24.8988467 | 121.1395084 | 300 | 390 | 3        | 2   | 2   | 24256     | 16170 | 16170 | 36000  | 36000 | 48000  |
| 429 | 24.9092792 | 121.1396165 | 300 | 390 | 3        | 0   | 3   | 24256     | 0     | 24256 | 36000  | 0     | 72000  |
| 430 | 24.9075129 | 121.137867  | 300 | 390 | 5        | 3   | 0   | 40426     | 24256 | 0     | 60000  | 54000 | 0      |
| 431 | 24.8968492 | 121.2618918 | 30  | 120 | 3        | 0   | 5   | 24256     | 0     | 40426 | 36000  | 0     | 120000 |
| 432 | 24.8799949 | 121.261912  | 30  | 120 | 0        | 3   | 5   | 0         | 24256 | 40426 | 0      | 54000 | 120000 |
| 433 | 24.8843601 | 121.2685068 | 60  | 150 | 3        | 1   | 3   | 24256     | 8085  | 24256 | 36000  | 18000 | 72000  |
| 434 | 24.895431  | 121.277141  | 60  | 150 | 1        | 3   | 4   | 8085      | 24256 | 32341 | 12000  | 54000 | 96000  |
| 435 | 24.9006308 | 121.2839133 | 60  | 150 | 2        | 0   | 6   | 16170     | 0     | 48511 | 24000  | 0     | 144000 |
| 436 | 24.8614014 | 121.2823662 | 90  | 180 | 3        | 4   | 0   | 24256     | 32341 | 0     | 36000  | 72000 | 0      |
| 437 | 24.8827477 | 121.2876488 | 90  | 180 | 6        | 1   | 1   | 48511     | 8085  | 8085  | 72000  | 18000 | 24000  |
| 438 | 24.8813461 | 121.2930246 | 120 | 210 | 4        | 0   | 3   | 32341     | 0     | 24256 | 48000  | 0     | 72000  |
| 439 | 24.8804617 | 121.2896163 | 120 | 210 | 6        | 4   | 2   | 48511     | 32341 | 16170 | 72000  | 72000 | 48000  |
| 440 | 24.8773243 | 121.2898258 | 120 | 210 | 1        | 2   | 7   | 8085      | 16170 | 56596 | 12000  | 36000 | 168000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 441 | 24.877906  | 121.2930719 | 120 | 210 | 6        | 0   | 0   | 48511     | 0     | 0     | 72000  | 0     | 0      |
| 442 | 24.8480859 | 121.2848268 | 150 | 240 | 8        | 0   | 0   | 64682     | 0     | 0     | 96000  | 0     | 0      |
| 443 | 24.8297917 | 121.3063971 | 150 | 240 | 4        | 0   | 1   | 32341     | 0     | 8085  | 48000  | 0     | 24000  |
| 444 | 24.8320476 | 121.3303722 | 180 | 270 | 4        | 3   | 5   | 32341     | 24256 | 40426 | 48000  | 54000 | 120000 |
| 445 | 24.9518412 | 121.3235607 | 210 | 300 | 4        | 3   | 2   | 32341     | 24256 | 16170 | 48000  | 54000 | 48000  |
| 446 | 24.9371212 | 121.3061168 | 240 | 330 | 4        | 0   | 2   | 32341     | 0     | 16170 | 48000  | 0     | 48000  |
| 447 | 24.9387628 | 121.2992677 | 240 | 330 | 1        | 3   | 4   | 8085      | 24256 | 32341 | 12000  | 54000 | 96000  |
| 448 | 24.9457089 | 121.2975323 | 240 | 330 | 2        | 1   | 1   | 16170     | 8085  | 8085  | 24000  | 18000 | 24000  |
| 449 | 24.9314011 | 121.2963132 | 240 | 330 | 0        | 1   | 5   | 0         | 8085  | 40426 | 0      | 18000 | 120000 |
| 450 | 24.9353881 | 121.2845524 | 270 | 360 | 5        | 3   | 1   | 40426     | 24256 | 8085  | 60000  | 54000 | 24000  |
| 451 | 24.9343779 | 121.287134  | 270 | 360 | 0        | 1   | 5   | 0         | 8085  | 40426 | 0      | 18000 | 120000 |
| 452 | 24.9308078 | 121.2827604 | 270 | 360 | 6        | 0   | 0   | 48511     | 0     | 0     | 72000  | 0     | 0      |
| 453 | 24.9306816 | 121.2809702 | 300 | 390 | 3        | 3   | 7   | 24256     | 24256 | 56596 | 36000  | 54000 | 168000 |
| 454 | 24.928119  | 121.2821646 | 300 | 390 | 2        | 0   | 3   | 16170     | 0     | 24256 | 24000  | 0     | 72000  |
| 455 | 24.9267811 | 121.2843949 | 300 | 390 | 2        | 1   | 3   | 16170     | 8085  | 24256 | 24000  | 18000 | 72000  |
| 456 | 24.929751  | 121.2890921 | 300 | 390 | 6        | 0   | 0   | 48511     | 0     | 0     | 72000  | 0     | 0      |
| 457 | 24.9247653 | 121.2947228 | 330 | 420 | 1        | 1   | 3   | 8085      | 8085  | 24256 | 12000  | 18000 | 72000  |
| 458 | 24.9224414 | 121.2943256 | 330 | 420 | 2        | 1   | 2   | 16170     | 8085  | 16170 | 24000  | 18000 | 48000  |
| 459 | 24.9105702 | 121.2795069 | 330 | 420 | 4        | 3   | 0   | 32341     | 24256 | 0     | 48000  | 54000 | 0      |
| 460 | 24.9052268 | 121.2770529 | 360 | 450 | 3        | 1   | 2   | 24256     | 8085  | 16170 | 36000  | 18000 | 48000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 461 | 24.902875  | 121.268738  | 360 | 450 | 4        | 0   | 2   | 32341     | 0     | 16170 | 48000  | 0     | 48000  |
| 462 | 24.9059855 | 121.2615817 | 360 | 450 | 2        | 2   | 4   | 16170     | 16170 | 32341 | 24000  | 36000 | 96000  |
| 463 | 24.8962204 | 121.2263219 | 390 | 480 | 0        | 3   | 1   | 0         | 24256 | 8085  | 0      | 54000 | 24000  |
| 464 | 24.9044499 | 121.231104  | 390 | 480 | 2        | 0   | 7   | 16170     | 0     | 56596 | 24000  | 0     | 168000 |
| 465 | 24.9955059 | 121.293231  | 0   | 90  | 0        | 2   | 0   | 0         | 16170 | 0     | 0      | 36000 | 0      |
| 466 | 24.9892245 | 121.3128926 | 30  | 120 | 14       | 0   | 2   | 113193    | 0     | 16170 | 168000 | 0     | 48000  |
| 467 | 24.99474   | 121.305761  | 60  | 150 | 0        | 0   | 3   | 0         | 0     | 24256 | 0      | 0     | 72000  |
| 468 | 24.9931749 | 121.303446  | 60  | 150 | 1        | 1   | 1   | 8085      | 8085  | 8085  | 12000  | 18000 | 24000  |
| 469 | 24.9952292 | 121.3031971 | 60  | 150 | 1        | 3   | 0   | 8085      | 24256 | 0     | 12000  | 54000 | 0      |
| 470 | 24.994698  | 121.299956  | 90  | 180 | 1        | 3   | 1   | 8085      | 24256 | 8085  | 12000  | 54000 | 24000  |
| 471 | 24.992674  | 121.300082  | 90  | 180 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000  |
| 472 | 24.9943551 | 121.2890258 | 120 | 210 | 0        | 1   | 3   | 0         | 8085  | 24256 | 0      | 18000 | 72000  |
| 473 | 24.9917541 | 121.2934921 | 120 | 210 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 474 | 24.999161  | 121.287824  | 120 | 210 | 1        | 0   | 2   | 8085      | 0     | 16170 | 12000  | 0     | 48000  |
| 475 | 25.0093219 | 121.287878  | 150 | 240 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 476 | 25.0092794 | 121.2708183 | 150 | 240 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 477 | 25.0121195 | 121.274372  | 150 | 240 | 2        | 2   | 0   | 16170     | 16170 | 0     | 24000  | 36000 | 0      |
| 478 | 25.0059332 | 121.2859211 | 180 | 270 | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000  |
| 479 | 24.992893  | 121.275014  | 180 | 270 | 1        | 2   | 0   | 8085      | 16170 | 0     | 12000  | 36000 | 0      |
| 480 | 24.9897603 | 121.2833394 | 180 | 270 | 1        | 1   | 1   | 8085      | 8085  | 8085  | 12000  | 18000 | 24000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 481 | 24.9911646 | 121.2795032 | 180 | 270 | 3        | 2   | 0   | 24256     | 16170 | 0     | 36000  | 36000 | 0      |
| 482 | 24.9880703 | 121.2783703 | 210 | 300 | 0        | 2   | 1   | 0         | 16170 | 8085  | 0      | 36000 | 24000  |
| 483 | 24.9886414 | 121.2802355 | 210 | 300 | 0        | 3   | 0   | 0         | 24256 | 0     | 0      | 54000 | 0      |
| 484 | 24.9818145 | 121.276102  | 210 | 300 | 0        | 2   | 3   | 0         | 16170 | 24256 | 0      | 36000 | 72000  |
| 485 | 24.9783297 | 121.2697099 | 240 | 330 | 2        | 1   | 0   | 16170     | 8085  | 0     | 24000  | 18000 | 0      |
| 486 | 24.9803167 | 121.269756  | 240 | 330 | 1        | 1   | 4   | 8085      | 8085  | 32341 | 12000  | 18000 | 96000  |
| 487 | 24.9824187 | 121.2710255 | 240 | 330 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000  |
| 488 | 24.9812802 | 121.2685974 | 240 | 330 | 3        | 0   | 0   | 24256     | 0     | 0     | 36000  | 0     | 0      |
| 489 | 24.9889617 | 121.2671145 | 270 | 360 | 4        | 0   | 9   | 32341     | 0     | 72767 | 48000  | 0     | 216000 |
| 490 | 24.9777031 | 121.2691911 | 270 | 360 | 1        | 4   | 2   | 8085      | 32341 | 16170 | 12000  | 72000 | 48000  |
| 491 | 24.9841777 | 121.2792229 | 270 | 360 | 6        | 4   | 0   | 48511     | 32341 | 0     | 72000  | 72000 | 0      |
| 492 | 24.9892509 | 121.288619  | 300 | 390 | 4        | 1   | 5   | 32341     | 8085  | 40426 | 48000  | 18000 | 120000 |
| 493 | 24.9865838 | 121.2883087 | 300 | 390 | 6        | 1   | 3   | 48511     | 8085  | 24256 | 72000  | 18000 | 72000  |
| 494 | 24.984517  | 121.288638  | 300 | 390 | 0        | 4   | 6   | 0         | 32341 | 48511 | 0      | 72000 | 144000 |
| 495 | 24.9856776 | 121.2936451 | 300 | 390 | 0        | 3   | 7   | 0         | 24256 | 56596 | 0      | 54000 | 168000 |
| 496 | 24.9895473 | 121.2924083 | 300 | 390 | 6        | 0   | 4   | 48511     | 0     | 32341 | 72000  | 0     | 96000  |
| 497 | 24.9873949 | 121.2927615 | 330 | 420 | 5        | 1   | 4   | 40426     | 8085  | 32341 | 60000  | 18000 | 96000  |
| 498 | 24.987812  | 121.294893  | 330 | 420 | 0        | 3   | 7   | 0         | 24256 | 56596 | 0      | 54000 | 168000 |
| 499 | 24.98844   | 121.301829  | 330 | 420 | 0        | 0   | 8   | 0         | 0     | 64682 | 0      | 0     | 192000 |
| 500 | 25.001035  | 121.203355  | 0   | 90  | 1        | 1   | 8   | 8085      | 8085  | 64682 | 12000  | 18000 | 192000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 501 | 25.0096375 | 121.205157  | 30  | 120 | 8        | 0   | 2   | 64682     | 0     | 16170 | 96000  | 0     | 48000  |
| 502 | 25.0130935 | 121.215217  | 30  | 120 | 2        | 3   | 5   | 16170     | 24256 | 40426 | 24000  | 54000 | 120000 |
| 503 | 25.0130935 | 121.215217  | 30  | 120 | 4        | 2   | 4   | 32341     | 16170 | 32341 | 48000  | 36000 | 96000  |
| 504 | 25.0130935 | 121.215217  | 30  | 120 | 7        | 3   | 0   | 56596     | 24256 | 0     | 84000  | 54000 | 0      |
| 505 | 25.0074762 | 121.2195227 | 60  | 150 | 5        | 1   | 4   | 40426     | 8085  | 32341 | 60000  | 18000 | 96000  |
| 506 | 25.0039189 | 121.214416  | 60  | 150 | 0        | 2   | 8   | 0         | 16170 | 64682 | 0      | 36000 | 192000 |
| 507 | 25.0155702 | 121.2204241 | 90  | 180 | 3        | 0   | 7   | 24256     | 0     | 56596 | 36000  | 0     | 168000 |
| 508 | 25.0206974 | 121.2228896 | 90  | 180 | 3        | 0   | 7   | 24256     | 0     | 56596 | 36000  | 0     | 168000 |
| 509 | 25.0279295 | 121.230318  | 120 | 210 | 6        | 2   | 2   | 48511     | 16170 | 16170 | 72000  | 36000 | 48000  |
| 510 | 25.0199157 | 121.2330499 | 120 | 210 | 0        | 2   | 8   | 0         | 16170 | 64682 | 0      | 36000 | 192000 |
| 511 | 25.023199  | 121.242875  | 120 | 210 | 9        | 0   | 1   | 72767     | 0     | 8085  | 108000 | 0     | 24000  |
| 512 | 25.049529  | 121.224328  | 150 | 240 | 0        | 2   | 8   | 0         | 16170 | 64682 | 0      | 36000 | 192000 |
| 513 | 25.064018  | 121.202591  | 150 | 240 | 1        | 1   | 8   | 8085      | 8085  | 64682 | 12000  | 18000 | 192000 |
| 514 | 25.097085  | 121.226926  | 150 | 240 | 9        | 0   | 1   | 72767     | 0     | 8085  | 108000 | 0     | 24000  |
| 515 | 25.073023  | 121.190288  | 180 | 270 | 9        | 0   | 1   | 72767     | 0     | 8085  | 108000 | 0     | 24000  |
| 516 | 25.0709744 | 121.1972021 | 180 | 270 | 2        | 1   | 7   | 16170     | 8085  | 56596 | 24000  | 18000 | 168000 |
| 517 | 25.063413  | 121.1944977 | 180 | 270 | 8        | 1   | 1   | 64682     | 8085  | 8085  | 96000  | 18000 | 24000  |
| 518 | 25.0473945 | 121.1877835 | 210 | 300 | 3        | 2   | 5   | 24256     | 16170 | 40426 | 36000  | 36000 | 120000 |
| 519 | 25.056312  | 121.1960405 | 210 | 300 | 6        | 1   | 3   | 48511     | 8085  | 24256 | 72000  | 18000 | 72000  |
| 520 | 25.0596646 | 121.2000452 | 210 | 300 | 5        | 1   | 4   | 40426     | 8085  | 32341 | 60000  | 18000 | 96000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 521 | 25.0626614 | 121.200714  | 240 | 330 | 7        | 0   | 3   | 56596     | 0     | 24256 | 84000  | 0     | 72000  |
| 522 | 25.0594273 | 121.2102436 | 240 | 330 | 4        | 1   | 5   | 32341     | 8085  | 40426 | 48000  | 18000 | 120000 |
| 523 | 25.0244015 | 121.2487124 | 240 | 330 | 0        | 4   | 6   | 0         | 32341 | 48511 | 0      | 72000 | 144000 |
| 524 | 25.0247431 | 121.2552744 | 270 | 360 | 7        | 0   | 3   | 56596     | 0     | 24256 | 84000  | 0     | 72000  |
| 525 | 25.0208036 | 121.2577361 | 270 | 360 | 9        | 0   | 1   | 72767     | 0     | 8085  | 108000 | 0     | 24000  |
| 526 | 25.0186644 | 121.2562571 | 270 | 360 | 3        | 1   | 6   | 24256     | 8085  | 48511 | 36000  | 18000 | 144000 |
| 527 | 25.0187195 | 121.260491  | 270 | 360 | 4        | 4   | 2   | 32341     | 32341 | 16170 | 48000  | 72000 | 48000  |
| 528 | 25.0154539 | 121.2649352 | 300 | 390 | 1        | 1   | 8   | 8085      | 8085  | 64682 | 12000  | 18000 | 192000 |
| 529 | 25.0199106 | 121.2657643 | 300 | 390 | 9        | 0   | 1   | 72767     | 0     | 8085  | 108000 | 0     | 24000  |
| 530 | 25.0256887 | 121.2607516 | 300 | 390 | 8        | 0   | 2   | 64682     | 0     | 16170 | 96000  | 0     | 48000  |
| 531 | 25.0352716 | 121.2790013 | 300 | 390 | 7        | 2   | 1   | 56596     | 16170 | 8085  | 84000  | 36000 | 24000  |
| 532 | 25.0405506 | 121.2805623 | 330 | 420 | 10       | 0   | 0   | 80852     | 0     | 0     | 120000 | 0     | 0      |
| 533 | 25.0383748 | 121.2904694 | 330 | 420 | 0        | 4   | 6   | 0         | 32341 | 48511 | 0      | 72000 | 144000 |
| 534 | 25.0395532 | 121.2887921 | 330 | 420 | 6        | 2   | 2   | 48511     | 16170 | 16170 | 72000  | 36000 | 48000  |
| 535 | 25.0408941 | 121.2864734 | 330 | 420 | 6        | 0   | 4   | 48511     | 0     | 32341 | 72000  | 0     | 96000  |
| 536 | 24.9661668 | 121.3286424 | 30  | 120 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000  |
| 537 | 24.9597405 | 121.3195252 | 30  | 120 | 0        | 4   | 3   | 0         | 32341 | 24256 | 0      | 72000 | 72000  |
| 538 | 24.9759974 | 121.3273747 | 60  | 150 | 5        | 4   | 1   | 40426     | 32341 | 8085  | 60000  | 72000 | 24000  |
| 539 | 24.9690666 | 121.3066788 | 90  | 180 | 0        | 3   | 3   | 0         | 24256 | 24256 | 0      | 54000 | 72000  |
| 540 | 24.9653127 | 121.309092  | 90  | 180 | 2        | 4   | 5   | 16170     | 32341 | 40426 | 24000  | 72000 | 120000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |       |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|-------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3   |
| 541 | 24.9632184 | 121.3067604 | 120 | 210 | 4        | 2   | 0   | 32341     | 16170 | 0     | 48000  | 36000 | 0     |
| 542 | 24.9635183 | 121.3053717 | 120 | 210 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000 |
| 543 | 24.9681447 | 121.3033349 | 120 | 210 | 0        | 0   | 4   | 0         | 0     | 32341 | 0      | 0     | 96000 |
| 544 | 24.9622122 | 121.3037197 | 120 | 210 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000 |
| 545 | 24.956063  | 121.3037461 | 150 | 240 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000 |
| 546 | 24.9575951 | 121.3023655 | 150 | 240 | 0        | 2   | 2   | 0         | 16170 | 16170 | 0      | 36000 | 48000 |
| 547 | 24.9562901 | 121.2973256 | 150 | 240 | 2        | 0   | 3   | 16170     | 0     | 24256 | 24000  | 0     | 72000 |
| 548 | 24.951917  | 121.298002  | 180 | 270 | 1        | 3   | 0   | 8085      | 24256 | 0     | 12000  | 54000 | 0     |
| 549 | 24.9481824 | 121.2974521 | 180 | 270 | 3        | 0   | 1   | 24256     | 0     | 8085  | 36000  | 0     | 24000 |
| 550 | 24.940285  | 121.297338  | 180 | 270 | 3        | 0   | 1   | 24256     | 0     | 8085  | 36000  | 0     | 24000 |
| 551 | 24.9208891 | 121.2932781 | 180 | 270 | 1        | 1   | 3   | 8085      | 8085  | 24256 | 12000  | 18000 | 72000 |
| 552 | 24.9297276 | 121.2137001 | 210 | 300 | 2        | 3   | 1   | 16170     | 24256 | 8085  | 24000  | 54000 | 24000 |
| 553 | 24.9259544 | 121.2127596 | 210 | 300 | 4        | 0   | 0   | 32341     | 0     | 0     | 48000  | 0     | 0     |
| 554 | 24.9203937 | 121.2063779 | 240 | 330 | 3        | 0   | 1   | 24256     | 0     | 8085  | 36000  | 0     | 24000 |
| 555 | 24.9161786 | 121.2063717 | 240 | 330 | 5        | 2   | 0   | 40426     | 16170 | 0     | 60000  | 36000 | 0     |
| 556 | 24.9162419 | 121.2106243 | 240 | 330 | 1        | 0   | 3   | 8085      | 0     | 24256 | 12000  | 0     | 72000 |
| 557 | 24.9135175 | 121.2063239 | 240 | 330 | 0        | 4   | 0   | 0         | 32341 | 0     | 0      | 72000 | 0     |
| 558 | 24.9111457 | 121.2063906 | 270 | 360 | 1        | 0   | 4   | 8085      | 0     | 32341 | 12000  | 0     | 96000 |
| 559 | 24.909571  | 121.211611  | 270 | 360 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000 |
| 560 | 24.899471  | 121.2106947 | 270 | 360 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0     |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 561 | 24.8880195 | 121.21233   | 300 | 390 | 0        | 2   | 2   | 0         | 16170 | 16170 | 0      | 36000 | 48000  |
| 562 | 24.8940516 | 121.211766  | 300 | 390 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 563 | 24.9000607 | 121.2083293 | 300 | 390 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000  |
| 564 | 24.8998972 | 121.205014  | 300 | 390 | 1        | 0   | 5   | 8085      | 0     | 40426 | 12000  | 0     | 120000 |
| 565 | 24.89229   | 121.204106  | 300 | 390 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 566 | 24.890093  | 121.203847  | 330 | 420 | 1        | 3   | 1   | 8085      | 24256 | 8085  | 12000  | 54000 | 24000  |
| 567 | 24.9024683 | 121.1916156 | 330 | 420 | 4        | 0   | 1   | 32341     | 0     | 8085  | 48000  | 0     | 24000  |
| 568 | 24.9183069 | 121.1844859 | 330 | 420 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000  |
| 569 | 24.8836369 | 121.1855573 | 360 | 450 | 7        | 2   | 8   | 56596     | 16170 | 64682 | 84000  | 36000 | 192000 |
| 570 | 24.7806712 | 120.990611  | 60  | 150 | 0        | 1   | 0   | 0         | 8085  | 0     | 0      | 18000 | 0      |
| 571 | 24.77517   | 120.990297  | 90  | 180 | 7        | 4   | 9   | 56596     | 32341 | 72767 | 84000  | 72000 | 216000 |
| 572 | 24.7766286 | 120.989761  | 120 | 210 | 9        | 2   | 6   | 72767     | 16170 | 48511 | 108000 | 36000 | 144000 |
| 573 | 24.774977  | 120.993813  | 150 | 240 | 5        | 1   | 2   | 40426     | 8085  | 16170 | 60000  | 18000 | 48000  |
| 574 | 24.7755569 | 120.9964335 | 150 | 240 | 0        | 4   | 4   | 0         | 32341 | 32341 | 0      | 72000 | 96000  |
| 575 | 24.7738436 | 120.9977804 | 180 | 270 | 7        | 0   | 1   | 56596     | 0     | 8085  | 84000  | 0     | 24000  |
| 576 | 24.812867  | 120.964159  | 210 | 300 | 0        | 2   | 4   | 0         | 16170 | 32341 | 0      | 36000 | 96000  |
| 577 | 24.810943  | 120.962472  | 240 | 330 | 1        | 1   | 2   | 8085      | 8085  | 16170 | 12000  | 18000 | 48000  |
| 578 | 24.8081129 | 120.9580922 | 240 | 330 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 579 | 24.807045  | 120.961848  | 240 | 330 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000  |
| 580 | 24.812825  | 120.959203  | 240 | 330 | 4        | 4   | 0   | 32341     | 32341 | 0     | 48000  | 72000 | 0      |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 581 | 24.815398  | 120.961016  | 270 | 360 | 1        | 4   | 2   | 8085      | 32341 | 16170 | 12000  | 72000 | 48000  |
| 582 | 24.8072963 | 120.9714057 | 270 | 360 | 8        | 2   | 2   | 64682     | 16170 | 16170 | 96000  | 36000 | 48000  |
| 583 | 24.809542  | 120.973719  | 300 | 390 | 1        | 3   | 1   | 8085      | 24256 | 8085  | 12000  | 54000 | 24000  |
| 584 | 24.8077169 | 120.9772419 | 300 | 390 | 2        | 0   | 4   | 16170     | 0     | 32341 | 24000  | 0     | 96000  |
| 585 | 24.8127315 | 120.9749477 | 300 | 390 | 1        | 0   | 2   | 8085      | 0     | 16170 | 12000  | 0     | 48000  |
| 586 | 24.8098441 | 120.9800926 | 300 | 390 | 0        | 3   | 5   | 0         | 24256 | 40426 | 0      | 54000 | 120000 |
| 587 | 24.7768459 | 121.008316  | 60  | 150 | 6        | 3   | 0   | 48511     | 24256 | 0     | 72000  | 54000 | 0      |
| 588 | 24.7736866 | 121.0159957 | 120 | 210 | 2        | 4   | 3   | 16170     | 32341 | 24256 | 24000  | 72000 | 72000  |
| 589 | 24.7656491 | 121.024529  | 120 | 210 | 0        | 0   | 1   | 0         | 0     | 8085  | 0      | 0     | 24000  |
| 590 | 24.7703771 | 121.019247  | 150 | 240 | 8        | 2   | 6   | 64682     | 16170 | 48511 | 96000  | 36000 | 144000 |
| 591 | 24.7703771 | 121.019247  | 180 | 270 | 11       | 1   | 5   | 88937     | 8085  | 40426 | 132000 | 18000 | 120000 |
| 592 | 24.7719762 | 121.0283872 | 180 | 270 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 593 | 24.7622827 | 121.0202192 | 210 | 300 | 5        | 2   | 8   | 40426     | 16170 | 64682 | 60000  | 36000 | 192000 |
| 594 | 24.7738145 | 121.0093764 | 240 | 330 | 2        | 2   | 9   | 16170     | 16170 | 72767 | 24000  | 36000 | 216000 |
| 595 | 24.7746385 | 120.985039  | 270 | 360 | 5        | 3   | 7   | 40426     | 24256 | 56596 | 60000  | 54000 | 168000 |
| 596 | 24.7638272 | 120.9879076 | 300 | 390 | 1        | 4   | 1   | 8085      | 32341 | 8085  | 12000  | 72000 | 24000  |
| 597 | 24.7686883 | 120.9773314 | 300 | 390 | 2        | 1   | 7   | 16170     | 8085  | 56596 | 24000  | 18000 | 168000 |
| 598 | 24.7736302 | 120.9668213 | 300 | 390 | 2        | 3   | 0   | 16170     | 24256 | 0     | 24000  | 54000 | 0      |
| 599 | 24.7851641 | 120.9674777 | 300 | 390 | 3        | 4   | 1   | 24256     | 32341 | 8085  | 36000  | 72000 | 24000  |
| 600 | 24.7882588 | 120.9673034 | 330 | 420 | 4        | 1   | 3   | 32341     | 8085  | 24256 | 48000  | 18000 | 72000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 601 | 24.7949205 | 120.9626039 | 330 | 420 | 4        | 4   | 0   | 32341     | 32341 | 0     | 48000  | 72000 | 0      |
| 602 | 24.8078284 | 121.0059919 | 360 | 450 | 1        | 1   | 3   | 8085      | 8085  | 24256 | 12000  | 18000 | 72000  |
| 603 | 24.8757342 | 121.02343   | 60  | 150 | 1        | 0   | 3   | 8085      | 0     | 24256 | 12000  | 0     | 72000  |
| 604 | 24.7602837 | 120.9582026 | 120 | 210 | 0        | 1   | 8   | 0         | 8085  | 64682 | 0      | 18000 | 192000 |
| 605 | 24.7764831 | 120.943623  | 120 | 210 | 1        | 1   | 6   | 8085      | 8085  | 48511 | 12000  | 18000 | 144000 |
| 606 | 24.796062  | 120.954459  | 150 | 240 | 5        | 3   | 3   | 40426     | 24256 | 24256 | 60000  | 54000 | 72000  |
| 607 | 24.7996611 | 120.95235   | 150 | 240 | 1        | 4   | 2   | 8085      | 32341 | 16170 | 12000  | 72000 | 48000  |
| 608 | 24.7965762 | 120.9514146 | 180 | 270 | 6        | 2   | 3   | 48511     | 16170 | 24256 | 72000  | 36000 | 72000  |
| 609 | 24.804399  | 120.956522  | 180 | 270 | 4        | 1   | 5   | 32341     | 8085  | 40426 | 48000  | 18000 | 120000 |
| 610 | 24.8051655 | 120.9530692 | 180 | 270 | 8        | 0   | 1   | 64682     | 0     | 8085  | 96000  | 0     | 24000  |
| 611 | 24.80529   | 120.940207  | 180 | 270 | 0        | 0   | 5   | 0         | 0     | 40426 | 0      | 0     | 120000 |
| 612 | 24.7983671 | 120.941793  | 210 | 300 | 8        | 2   | 1   | 64682     | 16170 | 8085  | 96000  | 36000 | 24000  |
| 613 | 24.796179  | 120.9410532 | 210 | 300 | 2        | 3   | 1   | 16170     | 24256 | 8085  | 24000  | 54000 | 24000  |
| 614 | 24.7960214 | 120.9437831 | 210 | 300 | 1        | 2   | 2   | 8085      | 16170 | 16170 | 12000  | 36000 | 48000  |
| 615 | 24.792724  | 120.942476  | 240 | 330 | 9        | 0   | 0   | 72767     | 0     | 0     | 108000 | 0     | 0      |
| 616 | 24.7888641 | 120.92906   | 240 | 330 | 0        | 3   | 1   | 0         | 24256 | 8085  | 0      | 54000 | 24000  |
| 617 | 24.792185  | 120.927432  | 240 | 330 | 3        | 1   | 1   | 24256     | 8085  | 8085  | 36000  | 18000 | 24000  |
| 618 | 24.7907964 | 120.9261386 | 240 | 330 | 3        | 0   | 0   | 24256     | 0     | 0     | 36000  | 0     | 0      |
| 619 | 24.7863632 | 120.9248771 | 270 | 360 | 7        | 2   | 3   | 56596     | 16170 | 24256 | 84000  | 36000 | 72000  |
| 620 | 24.7509214 | 120.9084357 | 270 | 360 | 0        | 1   | 5   | 0         | 8085  | 40426 | 0      | 18000 | 120000 |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 621 | 24.7470115 | 120.9069323 | 300 | 390 | 0        | 2   | 4   | 0         | 16170 | 32341 | 0      | 36000 | 96000  |
| 622 | 24.7418258 | 120.9059706 | 300 | 390 | 5        | 2   | 0   | 40426     | 16170 | 0     | 60000  | 36000 | 0      |
| 623 | 24.7554538 | 121.0067546 | 300 | 390 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 624 | 24.8153552 | 121.031682  | 60  | 150 | 1        | 4   | 0   | 8085      | 32341 | 0     | 12000  | 72000 | 0      |
| 625 | 24.8103781 | 121.0364578 | 60  | 150 | 5        | 1   | 3   | 40426     | 8085  | 24256 | 60000  | 18000 | 72000  |
| 626 | 24.8160556 | 120.993773  | 120 | 210 | 1        | 4   | 1   | 8085      | 32341 | 8085  | 12000  | 72000 | 24000  |
| 627 | 24.8230306 | 120.966483  | 120 | 210 | 2        | 0   | 6   | 16170     | 0     | 48511 | 24000  | 0     | 144000 |
| 628 | 24.8130659 | 120.980608  | 120 | 210 | 3        | 0   | 3   | 24256     | 0     | 24256 | 36000  | 0     | 72000  |
| 629 | 24.8157687 | 120.9660339 | 150 | 240 | 8        | 0   | 3   | 64682     | 0     | 24256 | 96000  | 0     | 72000  |
| 630 | 24.8179769 | 120.9708507 | 150 | 240 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 631 | 24.8206472 | 120.9740921 | 150 | 240 | 0        | 3   | 2   | 0         | 24256 | 16170 | 0      | 54000 | 48000  |
| 632 | 24.821983  | 120.9753794 | 180 | 270 | 7        | 0   | 2   | 56596     | 0     | 16170 | 84000  | 0     | 48000  |
| 633 | 24.8232533 | 120.9685557 | 180 | 270 | 0        | 0   | 6   | 0         | 0     | 48511 | 0      | 0     | 144000 |
| 634 | 24.819801  | 120.9612222 | 180 | 270 | 1        | 4   | 4   | 8085      | 32341 | 32341 | 12000  | 72000 | 96000  |
| 635 | 24.8354255 | 120.9449036 | 210 | 300 | 0        | 1   | 0   | 0         | 8085  | 0     | 0      | 18000 | 0      |
| 636 | 24.8407081 | 120.9374513 | 210 | 300 | 1        | 0   | 0   | 8085      | 0     | 0     | 12000  | 0     | 0      |
| 637 | 24.8449848 | 120.9291295 | 240 | 330 | 2        | 0   | 7   | 16170     | 0     | 56596 | 24000  | 0     | 168000 |
| 638 | 24.8400288 | 120.9295784 | 240 | 330 | 4        | 1   | 3   | 32341     | 8085  | 24256 | 48000  | 18000 | 72000  |
| 639 | 24.8409764 | 120.9323917 | 240 | 330 | 1        | 2   | 8   | 8085      | 16170 | 64682 | 12000  | 36000 | 192000 |
| 640 | 24.8390614 | 120.9334349 | 240 | 330 | 2        | 2   | 4   | 16170     | 16170 | 32341 | 24000  | 36000 | 96000  |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 641 | 24.8188611 | 120.924936  | 270 | 360 | 4        | 1   | 8   | 32341     | 8085  | 64682 | 48000  | 18000 | 192000 |
| 642 | 24.8355189 | 120.9294051 | 270 | 360 | 8        | 2   | 0   | 64682     | 16170 | 0     | 96000  | 36000 | 0      |
| 643 | 24.896016  | 120.965665  | 300 | 390 | 3        | 3   | 1   | 24256     | 24256 | 8085  | 36000  | 54000 | 24000  |
| 644 | 24.8361326 | 121.022371  | 300 | 390 | 4        | 0   | 3   | 32341     | 0     | 24256 | 48000  | 0     | 72000  |
| 645 | 24.8125396 | 120.9784124 | 90  | 180 | 3        | 3   | 5   | 24256     | 24256 | 40426 | 36000  | 54000 | 120000 |
| 646 | 24.804347  | 120.973507  | 120 | 210 | 6        | 3   | 1   | 48511     | 24256 | 8085  | 72000  | 54000 | 24000  |
| 647 | 24.8030264 | 120.9717255 | 120 | 210 | 2        | 1   | 5   | 16170     | 8085  | 40426 | 24000  | 18000 | 120000 |
| 648 | 24.7984085 | 120.9655935 | 120 | 210 | 3        | 2   | 1   | 24256     | 16170 | 8085  | 36000  | 36000 | 24000  |
| 649 | 24.8008758 | 120.9673892 | 150 | 240 | 7        | 0   | 0   | 56596     | 0     | 0     | 84000  | 0     | 0      |
| 650 | 24.8017534 | 120.9706749 | 150 | 240 | 0        | 3   | 4   | 0         | 24256 | 32341 | 0      | 54000 | 96000  |
| 651 | 24.80126   | 120.970554  | 150 | 240 | 0        | 0   | 1   | 0         | 0     | 8085  | 0      | 0     | 24000  |
| 652 | 24.8016432 | 120.9716955 | 180 | 270 | 4        | 3   | 2   | 32341     | 24256 | 16170 | 48000  | 54000 | 48000  |
| 653 | 24.799247  | 120.964089  | 180 | 270 | 7        | 3   | 0   | 56596     | 24256 | 0     | 84000  | 54000 | 0      |
| 654 | 24.801623  | 120.9637915 | 180 | 270 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 655 | 24.8059431 | 120.9617319 | 180 | 270 | 8        | 2   | 0   | 64682     | 16170 | 0     | 96000  | 36000 | 0      |
| 656 | 24.8032338 | 120.9688634 | 210 | 300 | 0        | 4   | 1   | 0         | 32341 | 8085  | 0      | 72000 | 24000  |
| 657 | 24.8042424 | 120.9669066 | 210 | 300 | 5        | 1   | 1   | 40426     | 8085  | 8085  | 60000  | 18000 | 24000  |
| 658 | 24.8045972 | 120.9653234 | 240 | 330 | 2        | 0   | 2   | 16170     | 0     | 16170 | 24000  | 0     | 48000  |
| 659 | 24.7980684 | 120.973668  | 240 | 330 | 3        | 2   | 5   | 24256     | 16170 | 40426 | 36000  | 36000 | 120000 |
| 660 | 24.797568  | 120.9768    | 240 | 330 | 2        | 4   | 0   | 16170     | 32341 | 0     | 24000  | 72000 | 0      |

| 顧客  | 緯度         | 經度          | 時窗  |     | 服務時間(分鐘) |     |     | 體積(萬立方毫米) |       |       | 重量(公克) |       |        |
|-----|------------|-------------|-----|-----|----------|-----|-----|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|
|     |            |             | 上界  | 下界  | 溫層1      | 溫層2 | 溫層3 | 溫層1       | 溫層2   | 溫層3   | 溫層1    | 溫層2   | 溫層3    |
| 661 | 24.795899  | 120.9799    | 270 | 360 | 0        | 0   | 8   | 0         | 0     | 64682 | 0      | 0     | 192000 |
| 662 | 24.7973736 | 120.985738  | 270 | 360 | 7        | 0   | 1   | 56596     | 0     | 8085  | 84000  | 0     | 24000  |
| 663 | 24.8000704 | 120.9907507 | 270 | 360 | 3        | 1   | 3   | 24256     | 8085  | 24256 | 36000  | 18000 | 72000  |
| 664 | 24.7968941 | 120.9996329 | 300 | 390 | 1        | 2   | 1   | 8085      | 16170 | 8085  | 12000  | 36000 | 24000  |
| 665 | 24.8156198 | 120.9767545 | 60  | 150 | 1        | 1   | 7   | 8085      | 8085  | 56596 | 12000  | 18000 | 168000 |
| 666 | 24.816247  | 120.973306  | 90  | 180 | 2        | 4   | 0   | 16170     | 32341 | 0     | 24000  | 72000 | 0      |
| 667 | 24.817797  | 120.9746691 | 90  | 180 | 3        | 0   | 2   | 24256     | 0     | 16170 | 36000  | 0     | 48000  |
| 668 | 24.8128611 | 120.972843  | 90  | 180 | 5        | 0   | 0   | 40426     | 0     | 0     | 60000  | 0     | 0      |
| 669 | 24.8102453 | 120.9659756 | 120 | 210 | 5        | 1   | 8   | 40426     | 8085  | 64682 | 60000  | 18000 | 192000 |
| 670 | 24.8078891 | 120.961239  | 120 | 210 | 5        | 2   | 2   | 40426     | 16170 | 16170 | 60000  | 36000 | 48000  |
| 671 | 24.8098188 | 120.9640286 | 120 | 210 | 2        | 2   | 1   | 16170     | 16170 | 8085  | 24000  | 36000 | 24000  |
| 672 | 24.8079157 | 120.9675051 | 120 | 210 | 0        | 1   | 6   | 0         | 8085  | 48511 | 0      | 18000 | 144000 |
| 673 | 24.779613  | 120.997721  | 180 | 270 | 7        | 0   | 1   | 56596     | 0     | 8085  | 84000  | 0     | 24000  |
| 674 | 24.7730433 | 121.0128003 | 210 | 300 | 10       | 2   | 4   | 80852     | 16170 | 32341 | 120000 | 36000 | 96000  |
| 675 | 24.7738401 | 121.019329  | 210 | 300 | 8        | 0   | 0   | 64682     | 0     | 0     | 96000  | 0     | 0      |
| 676 | 24.7627456 | 121.0193323 | 240 | 330 | 9        | 2   | 5   | 72767     | 16170 | 40426 | 108000 | 36000 | 120000 |
| 677 | 24.770444  | 121.0125115 | 240 | 330 | 2        | 2   | 1   | 16170     | 16170 | 8085  | 24000  | 36000 | 24000  |
| 678 | 24.7611676 | 121.0188031 | 270 | 360 | 0        | 2   | 0   | 0         | 16170 | 0     | 0      | 36000 | 0      |

## 附錄 E

| Route # | 1                    | 2              | 3                    | 4              | 5               | 6              | 7              | 8              | 9               |
|---------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 0       | 69(2 0 )             | 70(0 )         | 226(2 0 )            | 224(1 0 )      | 74(0 )          | 75(1 0 )       | 365(2 1 0 )    | 546(2 1 )      | 547(2 0 )       |
|         | ST: 32               | ST: 39         | WT: 7, ST: 60        | ST: 71         | ST: 91          | WC: 3, ST: 96  | ST: 124        | WT: 1, ST: 150 | ST: 156         |
|         | 10                   | 11             | 12                   | 13             | 14              | 15             | 16             | 17             | 18              |
|         | 545(2 0 1 )          | 549(2 0 )      | 550(2 0 )            | 551(2 1 0 )    | 445(2 1 0 )     | 138(2 1 0 )    | 140(2 1 )      | 311(2 0 1 )    | 525(2 0 )       |
|         | WC: 2, ST: 165       | WT: 6, ST: 180 | ST: 186              | ST: 195        | WT: 2, ST: 210  | ST: 234        | ST: 241        | ST: 267        | ST: 288         |
|         | 19                   | 20             | 21                   | 22             |                 |                |                |                |                 |
|         | 530(2 0 )            | 491(1 0 )      | 386(0 1 )            | 392(2 1 )      |                 |                |                |                |                 |
|         | WC: 5, ST: 306       | ST: 331        | ST: 353              | WC: 5, ST: 372 |                 |                |                |                |                 |
| 1       | 123(2 )              | 129(2 0 )      | 95(2 0 )             | 94(1 0 )       | 473(1 0 )       | 472(2 1 )      | 78(2 1 0 )     | 77(1 0 )       | 79(2 1 )        |
|         | ST: 33               | WT: 14, ST: 60 | WT: 13, ST: 90       | ST: 96         | ST: 120         | ST: 127        | WT: 1, ST: 150 | ST: 161        | WT: 14, ST: 180 |
|         | 10                   | 11             | 12                   | 13             | 14              | 15             | 16             | 17             | 18              |
|         | 482(2 1 )            | 376(2 1 0 )    | 113(2 1 0 )          | 114(2 1 )      | 385(2 0 1 )     | 528(1 0 2 )    | 382(0 2 1 )    | 535(2 0 )      | 388(1 2 0 )     |
|         | WT: 2, ST: 210       | ST: 224        | ST: 249              | WC: 8, ST: 266 | ST: 289         | ST: 305        | ST: 325        | ST: 337        | ST: 353         |
|         | 19                   |                |                      |                |                 |                |                |                |                 |
|         | 317(2 1 )            |                |                      |                |                 |                |                |                |                 |
|         | ST: 379              |                |                      |                |                 |                |                |                |                 |
| 2       | 91(2 1 0 )           | 72(2 1 0 )     | 130(2 0 1 )          | 132(2 0 )      | 131(0 1 2 )     | 133(0 2 1 )    | 375(2 )        | 480(2 1 0 )    | 209(1 0 )       |
|         | ST: 33               | WT: 1, ST: 60  | WT: 6, WC: 7, ST: 97 | ST: 123        | WC: 1, ST: 132  | WC: 2, ST: 152 | WT: 1, ST: 180 | ST: 196        | ST: 216         |
|         | 10                   | 11             | 12                   | 13             | 14              | 15             | 16             | 17             | 18              |
|         | 210(2 0 )            | 211(2 1 0 )    | 212(2 0 )            | 208(1 0 )      | 213(2 0 )       | 214(1 )        | 215(2 )        | 218(0 2 )      | 216(1 )         |
|         | ST: 223              | ST: 227        | WC: 1, ST: 233       | WC: 2, ST: 241 | ST: 250         | ST: 261        | ST: 268        | ST: 275        | WC: 6, ST: 291  |
|         | 19                   | 20             | 21                   | 22             | 23              | 24             | 25             | 26             |                 |
|         | 217(2 1 )            | 186(2 0 )      | 185(0 2 )            | 178(1 )        | 256(1 0 )       | 189(1 0 )      | 219(2 1 )      | 220(0 1 )      |                 |
|         | WC: 4, ST: 300       | ST: 307        | WC: 1, ST: 312       | ST: 324        | ST: 336         | ST: 363        | ST: 376        | ST: 380        |                 |
| 3       | 290(0 )              | 291(2 1 0 )    | 294(2 1 0 )          | 293(1 )        | 297(2 0 )       | 296(1 0 )      | 371(2 1 0 )    | 303(2 1 0 )    | 305(1 0 )       |
|         | WT: 4, ST: 30        | WT: 7, ST: 60  | WT: 14, ST: 90       | WC: 3, ST: 102 | WT: 12, ST: 120 | ST: 128        | ST: 153        | WT: 4, ST: 180 | WC: 1, ST: 200  |
|         | 10                   | 11             | 12                   | 13             | 14              | 15             | 16             | 17             | 18              |
|         | 304(2 1 0 )          | 308(2 1 0 )    | 310(2 1 0 )          | 486(2 1 0 )    | 488(0 )         | 484(2 1 )      | 313(2 )        | 312(0 2 1 )    | 452(0 )         |
|         | WC: 4, ST: 214       | WC: 2, ST: 225 | WT: 7, ST: 240       | ST: 254        | ST: 261         | ST: 267        | ST: 274        | ST: 277        | ST: 291         |
|         | 19                   | 20             | 21                   | 22             | 23              | 24             | 25             |                |                 |
|         | 453(1 0 2 )          | 455(1 0 2 )    | 456(0 )              | 458(1 0 2 )    | 457(1 0 2 )     | 459(0 1 )      | 460(2 0 1 )    |                |                 |
|         | WT: 2, WC: 2, ST: 30 | WC: 4, ST: 322 | ST: 330              | WC: 1, ST: 341 | WC: 3, ST: 351  | WC: 3, ST: 363 | ST: 371        |                |                 |
| 4       | 258(2 1 0 )          | 263(2 1 0 )    | 262(2 0 )            | 405(1 0 )      | 406(2 1 0 )     | 266(2 0 1 )    | 267(0 )        | 271(2 1 0 )    | 268(0 )         |
|         | ST: 20               | WT: 27, ST: 60 | ST: 70               | WT: 1, ST: 90  | ST: 105         | ST: 121        | ST: 134        | WT: 6, ST: 150 | ST: 162         |
|         | 10                   | 11             | 12                   | 13             | 14              | 15             | 16             | 17             | 18              |
|         | 415(1 0 )            | 374(0 )        | 135(1 )              | 548(1 0 )      | 448(2 0 1 )     | 449(2 1 )      | 446(0 2 )      | 188(1 )        | 454(2 0 )       |
|         | WT: 8, ST: 180       | ST: 207        | ST: 231              | ST: 259        | ST: 266         | ST: 274        | ST: 283        | ST: 310        | ST: 339         |
|         | 19                   |                |                      |                |                 |                |                |                |                 |
|         | 490(2 1 0 )          |                |                      |                |                 |                |                |                |                 |
|         | ST: 357              |                |                      |                |                 |                |                |                |                 |

|    |                     |                       |                       |                       |                |                 |                 |                       |                 |
|----|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
|    | 1                   | 2                     | 3                     | 4                     | 5              | 6               | 7               | 8                     | 9               |
| 5  | 190(2 0 )           | 155(2 1 )             | 156(2 )               | 192(0 )               | 198(2 1 0 )    | 197(0 2 )       | 196(0 1 )       | 441(0 )               | 439(2 0 1 )     |
|    | ST: 36              | ST: 51                | ST: 60                | ST: 78                | WT: 6, ST: 90  | ST: 100         | WC: 3, ST: 107  | ST: 127               | WC: 3, ST: 137  |
|    | 10                  | 11                    | 12                    | 13                    | 14             | 15              | 16              | 17                    | 18              |
|    | 410(1 0 )           | 412(2 0 )             | 413(0 1 )             | 553(0 )               | 552(2 0 1 )    | 556(2 0 )       | 554(2 0 )       | 557(1 )               | 558(2 0 )       |
|    | ST: 180             | ST: 187               | WC: 3, ST: 198        | ST: 214               | WC: 2, ST: 223 | WT: 8, ST: 240  | ST: 248         | WC: 3, ST: 259        | WT: 6, ST: 270  |
|    | 19                  | 20                    | 21                    | 22                    | 23             | 24              | 25              |                       |                 |
|    | 555(0 1 )           | 314(2 1 )             | 485(0 1 )             | 499(2 )               | 145(1 2 0 )    | 149(0 1 )       | 154(0 )         |                       |                 |
|    | ST: 277             | WC: 8, ST: 311        | ST: 321               | ST: 334               | ST: 358        | WC: 3, ST: 373  | ST: 384         |                       |                 |
|    | 1                   | 2                     | 3                     | 4                     | 5              | 6               | 7               | 8                     | 9               |
| 6  | 397(2 0 )           | 399(2 0 )             | 264(0 )               | 334(2 0 )             | 335(2 1 0 )    | 338(2 1 )       | 414(2 0 1 )     | 111(2 0 )             | 110(2 1 0 )     |
|    | ST: 6               | WT: 12, ST: 30        | WT: 6, ST: 60         | WT: 31, ST: 120       | ST: 129        | WT: 6, ST: 150  | ST: 184         | ST: 218               | ST: 233         |
|    | 10                  | 11                    | 12                    | 13                    | 14             | 15              | 16              | 17                    | 18              |
|    | 87(2 0 )            | 82(2 1 )              | 86(0 2 1 )            | 119(0 1 )             | 118(0 1 )      | 88(2 1 )        | 90(0 1 )        | 115(2 0 1 )           | 89(1 0 )        |
|    | ST: 250             | WC: 3, ST: 259        | WC: 4, ST: 269        | ST: 277               | WC: 1, ST: 283 | WC: 14, ST: 306 | WC: 13, ST: 329 | ST: 351               | WC: 19, ST: 385 |
|    | 19                  |                       |                       |                       |                |                 |                 |                       |                 |
|    | 184(1 )             |                       |                       |                       |                |                 |                 |                       |                 |
|    | WC: 4, ST: 419      |                       |                       |                       |                |                 |                 |                       |                 |
|    | 1                   | 2                     | 3                     | 4                     | 5              | 6               | 7               | 8                     | 9               |
| 7  | 322(2 1 0 )         | 330(2 1 0 )           | 571(2 1 0 )           | 648(2 1 0 )           | 590(2 1 0 )    | 631(2 1 )       | 632(2 0 )       | 343(2 1 )             | 344(2 1 0 )     |
|    | ST: 17              | WT: 27, ST: 60        | WT: 5, ST: 90         | ST: 121               | WT: 6, ST: 150 | ST: 183         | ST: 189         | ST: 214               | WC: 2, ST: 223  |
|    | 10                  | 11                    | 12                    | 13                    | 14             | 15              | 16              | 17                    |                 |
|    | 637(2 0 )           | 660(1 0 )             | 662(2 0 )             | 661(2 )               | 583(1 0 2 )    | 582(0 2 1 )     | 48(2 1 0 )      | 49(1 0 )              |                 |
|    | ST: 249             | ST: 271               | ST: 279               | WC: 4, ST: 293        | ST: 307        | WC: 2, ST: 315  | ST: 374         | ST: 387               |                 |
|    | 1                   | 2                     | 3                     | 4                     | 5              | 6               | 7               | 8                     | 9               |
| 8  | 587(1 0 )           | 588(2 1 0 )           | 589(2 )               | 574(2 1 )             | 573(2 0 1 )    | 575(2 0 )       | 608(2 1 0 )     | 60(2 1 )              | 61(1 0 2 )      |
|    | WT: 37, ST: 60      | WT: 47, ST: 120       | ST: 134               | WT: 6, WC: 2, ST: 152 | ST: 162        | WT: 8, ST: 180  | ST: 202         | ST: 235               | WC: 6, ST: 255  |
|    | 10                  | 11                    | 12                    | 13                    | 14             | 15              | 16              | 17                    |                 |
|    | 64(1 2 )            | 66(0 )                | 68(2 0 )              | 67(2 0 )              | 621(1 2 )      | 643(2 1 0 )     | 355(1 0 )       | 356(2 1 )             |                 |
|    | WT: 2, WC: 5, ST: 2 | ST: 285               | WT: 1, ST: 300        | ST: 307               | ST: 319        | ST: 346         | ST: 369         | WT: 15, ST: 390       |                 |
|    | 1                   | 2                     | 3                     | 4                     | 5              | 6               | 7               | 8                     | 9               |
| 9  | 325(2 1 0 )         | 15(2 1 0 )            | 16(1 0 )              | 17(2 0 )              | 18(2 1 0 )     | 19(2 1 0 )      | 20(2 1 )        | 21(2 0 1 )            | 22(2 0 )        |
|    | ST: 18              | WT: 18, ST: 120       | WC: 2, ST: 140        | ST: 154               | ST: 165        | WT: 1, ST: 180  | ST: 196         | WT: 4, WC: 3, ST: 213 | ST: 221         |
|    | 10                  | 11                    | 12                    | 13                    | 14             | 15              | 16              |                       |                 |
|    | 23(2 1 0 )          | 11(0 )                | 12(2 1 )              | 30(2 1 0 )            | 29(0 1 )       | 32(2 0 )        | 31(2 1 )        |                       |                 |
|    | WT: 11, ST: 240     | ST: 262               | WT: 1, WC: 2, ST: 272 | ST: 304               | ST: 313        | WT: 7, ST: 330  | ST: 345         |                       |                 |
|    | 1                   | 2                     | 3                     | 4                     | 5              | 6               | 7               | 8                     | 9               |
| 10 | 396(2 1 0 )         | 400(0 1 )             | 327(2 1 )             | 666(0 1 )             | 668(0 )        | 605(2 1 0 )     | 50(2 1 0 )      | 650(2 1 )             | 649(0 )         |
|    | ST: 6               | WT: 13, WC: 3, ST: 33 | WT: 7, WC: 1, ST: 61  | WT: 8, WC: 4, ST: 94  | ST: 101        | WT: 2, ST: 120  | ST: 134         | ST: 151               | ST: 159         |
|    | 10                  | 11                    | 12                    | 13                    | 14             | 15              | 16              | 17                    | 18              |
|    | 341(2 1 0 )         | 339(0 1 )             | 279(2 0 )             | 278(1 2 0 )           | 517(2 1 0 )    | 524(2 0 )       | 492(2 1 0 )     | 493(1 2 0 )           | 497(1 2 0 )     |
|    | ST: 186             | ST: 200               | ST: 242               | ST: 253               | ST: 260        | ST: 285         | ST: 308         | WC: 1, ST: 320        | WC: 4, ST: 336  |
|    | 19                  | 20                    | 21                    |                       |                |                 |                 |                       |                 |
|    | 316(1 0 )           | 315(1 0 )             | 567(2 0 )             |                       |                |                 |                 |                       |                 |
|    | ST: 358             | ST: 364               | ST: 393               |                       |                |                 |                 |                       |                 |

|    | 1                             | 2                             | 3                             | 4                              | 5                            | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 11 | 625(2 1 0 )<br>WT: 38, ST: 60 | 624(0 1 )<br>WC: 6, ST: 78    | 33(0 )<br>WT: 3, ST: 120      | 34(2 1 )<br>WT: 21, ST: 150    | 35(1 0 2 )<br>ST: 162        | 36(0 2 )<br>WT: 5, ST: 180    | 38(0 2 )<br>ST: 198           | 42(2 1 0 )<br>WT: 30, ST: 240 | 43(2 1 0 )<br>ST: 251         |
|    | 10                            | 11                            | 12                            | 13                             | 14                           | 15                            | 16                            | 17                            | 18                            |
|    | 40(0 2 )<br>WC: 2, ST: 268    | 44(0 )<br>ST: 282             | 45(1 0 )<br>ST: 291           | 46(2 1 )<br>ST: 310            | 47(0 )<br>ST: 322            | 598(0 1 )<br>ST: 364          | 357(2 1 0 )<br>WT: 1, ST: 390 | 358(1 )<br>ST: 396            | 354(2 1 )<br>WC: 9, ST: 409   |
|    | 1                             | 2                             | 3                             | 4                              | 5                            | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| 12 | 570(1 )<br>WT: 36, ST: 60     | 1(2 1 0 )<br>WT: 1, ST: 120   | 2(2 )<br>ST: 136              | 3(2 0 )<br>WT: 8, ST: 150      | 4(2 1 0 )<br>WT: 13, ST: 180 | 5(0 1 )<br>WC: 8, ST: 199     | 6(2 0 1 )<br>WC: 10, ST: 218  | 7(2 0 1 )<br>WC: 8, ST: 246   | 8(2 0 1 )<br>ST: 260          |
|    | 10                            | 11                            | 12                            |                                |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 10(2 0 1 )<br>ST: 267         | 9(2 0 1 )<br>WC: 13, ST: 286  | 14(2 1 0 )<br>ST: 334         |                                |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 1                             | 2                             | 3                             | 4                              | 5                            | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| 13 | 125(2 1 0 )<br>ST: 31         | 73(2 1 0 )<br>WT: 14, ST: 60  | 225(2 1 0 )<br>ST: 81         | 228(0 2 )<br>WT: 4, ST: 90     | 227(1 0 )<br>ST: 101         | 232(0 1 )<br>WT: 6, ST: 120   | 231(2 0 )<br>ST: 126          | 229(0 2 )<br>WC: 1, ST: 135   | 230(1 0 )<br>ST: 140          |
|    | 10                            | 11                            | 12                            | 13                             | 14                           | 15                            | 16                            | 17                            | 18                            |
|    | 165(2 )<br>ST: 152            | 136(2 1 0 )<br>WT: 6, ST: 180 | 137(2 1 )<br>ST: 193          | 164(2 0 )<br>ST: 213           | 174(2 0 )<br>ST: 224         | 173(1 )<br>ST: 236            | 144(1 0 )<br>ST: 259          | 176(2 1 )<br>ST: 279          | 183(2 1 )<br>ST: 285          |
|    | 19                            | 20                            | 21                            | 22                             |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 254(0 1 )<br>WC: 4, ST: 310   | 150(2 0 )<br>ST: 326          | 494(2 1 )<br>ST: 344          | 395(2 0 1 )<br>ST: 363         |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 1                             | 2                             | 3                             | 4                              | 5                            | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| 14 | 503(2 1 0 )<br>WT: 2, ST: 30  | 127(2 1 )<br>ST: 60           | 539(2 1 )<br>ST: 94           | 366(2 1 0 )<br>WT: 3, ST: 120  | 367(2 )<br>ST: 130           | 369(2 1 )<br>ST: 133          | 474(2 0 )<br>ST: 141          | 477(0 1 )<br>WT: 1, ST: 150   | 370(2 )<br>ST: 162            |
|    | 10                            | 11                            | 12                            | 13                             | 14                           | 15                            | 16                            | 17                            | 18                            |
|    | 81(2 1 0 )<br>ST: 184         | 378(2 1 )<br>ST: 212          | 377(1 0 )<br>ST: 222          | 419(2 1 0 )<br>ST: 251         | 579(2 1 0 )<br>ST: 293       | 641(2 1 0 )<br>WC: 1, ST: 311 | 642(1 0 )<br>ST: 327          | 586(2 1 )<br>ST: 348          | 602(2 1 0 )<br>ST: 364        |
|    | 19                            |                               |                               |                                |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 623(0 1 )<br>WC: 13, ST: 394  |                               |                               |                                |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 1                             | 2                             | 3                             | 4                              | 5                            | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| 15 | 431(2 0 )<br>WT: 8, ST: 30    | 434(2 1 0 )<br>WT: 17, ST: 60 | 437(2 1 0 )<br>WT: 14, ST: 90 | 436(0 1 )<br>WC: 5, ST: 109    | 438(2 0 )<br>ST: 122         | 440(1 0 2 )<br>WC: 4, ST: 135 | 442(0 )<br>ST: 151            | 443(2 0 )<br>ST: 164          | 444(2 1 0 )<br>WT: 5, ST: 180 |
|    | 10                            | 11                            | 12                            | 13                             | 14                           | 15                            | 16                            | 17                            | 18                            |
|    | 139(2 0 )<br>ST: 238          | 141(2 1 )<br>ST: 246          | 143(0 1 )<br>ST: 253          | 384(2 1 0 )<br>ST: 270         | 383(0 2 )<br>ST: 286         | 381(2 1 0 )<br>ST: 295        | 146(2 1 0 )<br>ST: 317        | 148(0 )<br>ST: 326            | 147(2 1 )<br>WC: 6, ST: 337   |
|    | 19                            | 20                            |                               |                                |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 253(2 1 )<br>WC: 18, ST: 371  | 222(1 )<br>WC: 9, ST: 406     |                               |                                |                              |                               |                               |                               |                               |
|    | 1                             | 2                             | 3                             | 4                              | 5                            | 6                             | 7                             | 8                             | 9                             |
| 16 | 504(1 0 )<br>WT: 2, ST: 30    | 505(2 1 0 )<br>WT: 18, ST: 60 | 508(2 0 )<br>WT: 16, ST: 90   | 509(2 1 0 )<br>WT: 18, ST: 120 | 511(2 0 )<br>WC: 5, ST: 139  | 512(2 1 )<br>ST: 156          | 272(2 0 )<br>ST: 183          | 274(2 )<br>WC: 1, ST: 195     | 275(1 0 2 )<br>ST: 204        |
|    | 10                            | 11                            | 12                            | 13                             | 14                           | 15                            | 16                            | 17                            | 18                            |
|    | 276(1 0 2 )<br>WC: 5, ST: 218 | 277(0 )<br>ST: 229            | 280(0 )<br>WC: 4, ST: 244     | 420(2 1 0 )<br>ST: 275         | 423(2 1 0 )<br>ST: 285       | 346(1 2 )<br>WC: 2, ST: 309   | 430(0 1 )<br>ST: 323          | 563(2 1 0 )<br>ST: 351        | 569(0 2 1 )<br>ST: 367        |

|    | 1                            | 2                             | 3                            | 4                                    | 5                                   | 6                              | 7                             | 8                              | 9                           |
|----|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 17 | 124(1 0 )<br>ST: 31          | 92(2 )<br>WT: 18, ST: 60      | 93(0 2 )<br>WC: 1, ST: 70    | 97(2 0 )<br>WT: 11, ST: 90           | 99(2 1 0 )<br>WT: 20, ST: 120       | 234(2 1 )<br>WT: 9, ST: 150    | 235(0 )<br>ST: 159            | 101(2 )<br>ST: 178             | 98(1 )<br>ST: 186           |
|    | 10                           | 11                            | 12                           | 13                                   | 14                                  | 15                             | 16                            | 17                             | 18                          |
|    | 233(2 1 )<br>ST: 207         | 240(0 2 )<br>ST: 215          | 244(2 1 )<br>ST: 223         | 242(2 0 1 )<br>WC: 6, ST: 234        | 243(0 2 )<br>ST: 246                | 107(2 )<br>ST: 266             | 112(2 1 )<br>WC: 1, ST: 280   | 117(2 0 1 )<br>WC: 23, ST: 313 | 532(0 )<br>ST: 335          |
|    | 19                           | 20                            |                              |                                      |                                     |                                |                               |                                |                             |
|    | 533(2 1 )<br>ST: 349         | 393(0 2 1 )<br>ST: 361        |                              |                                      |                                     |                                |                               |                                |                             |
|    | 1                            | 2                             | 3                            | 4                                    | 5                                   | 6                              | 7                             | 8                              | 9                           |
| 18 | 432(2 1 )<br>WT: 4, ST: 30   | 433(2 1 0 )<br>WT: 20, ST: 60 | 295(2 0 )<br>WT: 32, ST: 120 | 298(1 0 )<br>ST: 132                 | 102(2 1 0 )<br>ST: 168              | 103(2 )<br>ST: 176             | 105(1 0 2 )<br>WC: 2, ST: 183 | 106(0 )<br>ST: 191             | 237(2 )<br>ST: 205          |
|    | 10                           | 11                            | 12                           | 13                                   | 14                                  | 15                             | 16                            | 17                             | 18                          |
|    | 238(1 0 )<br>ST: 211         | 239(2 1 0 )<br>ST: 219        | 241(2 1 0 )<br>ST: 225       | 247(2 0 1 )<br>WT: 6, WC: 1, ST: 241 | 248(2 )<br>ST: 247                  | 245(0 2 )<br>ST: 254           | 236(0 1 )<br>WC: 1, ST: 266   | 249(2 0 )<br>ST: 277           | 246(2 1 )<br>ST: 291        |
|    | 19                           | 20                            | 21                           | 22                                   | 23                                  |                                |                               |                                |                             |
|    | 251(2 1 0 )<br>ST: 305       | 250(2 1 )<br>WC: 6, ST: 318   | 180(1 )<br>WC: 13, ST: 345   | 461(2 0 )<br>ST: 373                 | 463(2 1 )<br>WT: 3, ST: 390         |                                |                               |                                |                             |
|    | 1                            | 2                             | 3                            | 4                                    | 5                                   | 6                              | 7                             | 8                              | 9                           |
| 19 | 502(2 1 0 )<br>WT: 2, ST: 30 | 126(0 )<br>ST: 60             | 128(2 0 )<br>ST: 69          | 96(2 0 )<br>WT: 4, ST: 90            | 76(2 1 0 )<br>WT: 14, ST: 120       | 100(2 1 0 )<br>ST: 142         | 104(2 1 0 )<br>ST: 157        | 80(2 1 )<br>WT: 2, ST: 180     | 134(2 0 )<br>ST: 200        |
|    | 10                           | 11                            | 12                           | 13                                   | 14                                  | 15                             | 16                            | 17                             | 18                          |
|    | 83(2 0 1 )<br>ST: 211        | 380(2 1 0 )<br>WT: 1, ST: 240 | 379(2 0 )<br>ST: 248         | 108(2 1 )<br>ST: 268                 | 523(2 1 )<br>ST: 297                | 153(2 1 )<br>WT: 1, ST: 330    | 498(2 1 )<br>ST: 349          | 320(0 1 )<br>ST: 376           |                             |
|    | 1                            | 2                             | 3                            | 4                                    | 5                                   | 6                              | 7                             | 8                              | 9                           |
| 20 | 289(2 1 0 )<br>ST: 19        | 435(2 0 )<br>WT: 17, ST: 60   | 195(1 0 )<br>WT: 10, ST: 90  | 543(2 )<br>WT: 9, ST: 120            | 542(2 1 0 )<br>ST: 126              | 202(2 1 0 )<br>WT: 13, ST: 150 | 203(2 0 1 )<br>WC: 5, ST: 166 | 205(1 0 )<br>WT: 4, ST: 180    | 206(2 1 0 )<br>ST: 187      |
|    | 10                           | 11                            | 12                           | 13                                   | 14                                  | 15                             | 16                            | 17                             | 18                          |
|    | 207(0 )<br>WC: 3, ST: 198    | 175(2 1 0 )<br>ST: 221        | 447(2 1 0 )<br>ST: 258       | 451(2 1 )<br>ST: 272                 | 487(2 0 1 )<br>ST: 290              | 152(2 1 0 )<br>ST: 311         | 142(0 )<br>ST: 318            | 151(2 )<br>ST: 322             | 255(0 1 )<br>ST: 340        |
|    | 19                           |                               |                              |                                      |                                     |                                |                               |                                |                             |
|    | 257(0 1 )<br>WC: 2, ST: 358  |                               |                              |                                      |                                     |                                |                               |                                |                             |
|    | 1                            | 2                             | 3                            | 4                                    | 5                                   | 6                              | 7                             | 8                              | 9                           |
| 21 | 536(2 )<br>ST: 30            | 191(1 0 )<br>ST: 43           | 193(2 1 )<br>WT: 10, ST: 60  | 194(2 1 )<br>WC: 4, ST: 72           | 540(2 0 1 )<br>WT: 2, WC: 8, ST: 98 | 201(2 )<br>WT: 2, ST: 120      | 544(2 0 )<br>ST: 132          | 541(1 0 )<br>ST: 139           | 204(0 1 )<br>WC: 2, ST: 154 |
|    | 10                           | 11                            | 12                           | 13                                   | 14                                  | 15                             | 16                            | 17                             | 18                          |
|    | 372(2 1 0 )<br>ST: 170       | 475(2 1 )<br>WC: 1, ST: 184   | 373(2 0 )<br>ST: 192         | 479(1 0 )<br>ST: 206                 | 516(2 1 0 )<br>ST: 224              | 84(2 1 0 )<br>ST: 257          | 109(2 1 )<br>ST: 279          | 120(2 1 0 )<br>WT: 6, ST: 300  | 85(0 1 )<br>WC: 5, ST: 319  |
|    | 19                           | 20                            | 21                           |                                      |                                     |                                |                               |                                |                             |
|    | 390(2 0 1 )<br>ST: 338       | 534(2 0 1 )<br>WC: 3, ST: 355 | 391(1 )<br>WC: 3, ST: 371    |                                      |                                     |                                |                               |                                |                             |

|    | 1               | 2                     | 3              | 4                      | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9               |
|----|-----------------|-----------------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 22 | 466(2 0 )       | 538(2 1 0 )           | 468(2 1 0 )    | 470(2 0 1 )            | 199(2 1 0 )     | 200(2 )               | 476(2 1 0 )    | 269(1 0 )       | 273(2 0 )       |
|    | ST: 36          | ST: 60                | ST: 81         | WT: 4, WC: 6, ST: 96   | ST: 121         | ST: 130               | ST: 151        | WC: 2, ST: 181  | ST: 195         |
|    | 10              | 11                    | 12             | 13                     | 14              | 15                    | 16             | 17              | 18              |
|    | 418(0 1 )       | 417(2 1 )             | 307(0 1 )      | 489(2 0 )              | 483(1 )         | 496(2 0 )             | 309(2 1 0 )    | 318(2 0 1 )     | 319(0 1 )       |
|    | ST: 227         | ST: 234               | ST: 258        | ST: 274                | ST: 293         | ST: 301               | WC: 2, ST: 324 | ST: 338         | ST: 344         |
|    | 19              | 20                    |                |                        |                 |                       |                |                 |                 |
|    | 321(2 0 )       | 566(2 1 0 )           |                |                        |                 |                       |                |                 |                 |
|    | ST: 350         | ST: 382               |                |                        |                 |                       |                |                 |                 |
|    | 1               | 2                     | 3              | 4                      | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9               |
| 23 | 465(1 )         | 359(2 0 )             | 361(1 0 )      | 362(2 0 )              | 363(2 1 )       | 368(2 1 0 )           | 302(2 0 )      | 300(1 0 )       | 301(2 1 0 )     |
|    | ST: 28          | ST: 33                | WT: 18, ST: 60 | WC: 3, ST: 74          | WT: 7, ST: 90   | WT: 16, ST: 120       | WT: 3, ST: 150 | ST: 162         | ST: 170         |
|    | 10              | 11                    | 12             | 13                     | 14              | 15                    | 16             | 17              | 18              |
|    | 481(0 1 )       | 478(2 1 0 )           | 518(2 1 0 )    | 519(1 2 0 )            | 521(2 0 )       | 281(2 1 0 )           | 282(2 )        | 284(0 2 )       | 283(1 0 2 )     |
|    | WC: 3, ST: 184  | ST: 193               | ST: 215        | ST: 227                | WC: 5, ST: 245  | ST: 264               | WC: 4, ST: 277 | WC: 5, ST: 290  | ST: 298         |
|    | 19              | 20                    | 21             | 22                     | 23              | 24                    |                |                 |                 |
|    | 285(2 0 1 )     | 287(2 )               | 288(1 2 0 )    | 286(0 1 )              | 425(2 0 1 )     | 426(0 )               |                |                 |                 |
|    | ST: 306         | ST: 319               | ST: 326        | WC: 2, ST: 337         | ST: 364         | ST: 375               |                |                 |                 |
|    | 1               | 2                     | 3              | 4                      | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9               |
| 24 | 500(2 1 0 )     | 506(2 1 )             | 507(2 0 )      | 510(1 2 )              | 514(2 0 )       | 513(2 1 0 )           | 515(2 0 )      | 306(1 0 )       | 520(2 1 0 )     |
|    | ST: 22          | WT: 24, ST: 60        | WT: 17, ST: 90 | WT: 16, WC: 1, ST: 121 | WT: 2, ST: 150  | ST: 168               | ST: 182        | ST: 211         | ST: 234         |
|    | 10              | 11                    | 12             | 13                     | 14              | 15                    | 16             | 17              | 18              |
|    | 522(2 1 0 )     | 527(2 0 1 )           | 526(0 2 1 )    | 531(2 0 1 )            | 387(2 1 0 )     | 389(1 )               | 394(1 0 )      | 121(2 1 )       | 116(2 1 )       |
|    | ST: 248         | ST: 270               | WC: 1, ST: 283 | ST: 300                | ST: 315         | ST: 325               | WC: 1, ST: 331 | ST: 349         | WC: 24, ST: 381 |
|    | 1               | 2                     | 3              | 4                      | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9               |
| 25 | 324(2 1 0 )     | 326(2 0 1 )           | 665(2 1 0 )    | 667(2 0 )              | 672(2 1 )       | 671(2 1 0 )           | 627(0 2 )      | 607(0 2 1 )     | 651(2 )         |
|    | ST: 18          | WT: 4, ST: 30         | WT: 11, ST: 60 | WT: 20, ST: 90         | WT: 21, ST: 120 | ST: 128               | WC: 7, ST: 144 | WC: 2, ST: 160  | ST: 171         |
|    | 10              | 11                    | 12             | 13                     | 14              | 15                    | 16             | 17              | 18              |
|    | 611(2 )         | 655(1 0 )             | 652(2 0 1 )    | 576(2 1 )              | 578(2 0 )       | 615(0 )               | 659(2 0 1 )    | 663(2 1 0 )     | 675(0 )         |
|    | WC: 4, ST: 184  | ST: 194               | WC: 2, ST: 210 | WC: 10, ST: 232        | WC: 1, ST: 241  | WC: 2, ST: 251        | ST: 268        | ST: 283         | ST: 300         |
|    | 19              | 20                    | 21             | 22                     |                 |                       |                |                 |                 |
|    | 580(1 0 )       | 664(2 0 1 )           | 600(2 1 0 )    | 601(0 1 )              |                 |                       |                |                 |                 |
|    | ST: 324         | WC: 1, ST: 342        | ST: 355        | WC: 16, ST: 381        |                 |                       |                |                 |                 |
|    | 1               | 2                     | 3              | 4                      | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9               |
| 26 | 404(2 1 0 )     | 403(2 1 )             | 331(2 1 0 )    | 669(2 1 0 )            | 54(1 2 )        | 56(1 2 )              | 57(0 )         | 59(2 )          | 58(1 2 )        |
|    | WT: 50, ST: 60  | WC: 10, ST: 81        | ST: 101        | ST: 127                | ST: 158         | WT: 5, WC: 2, ST: 182 | ST: 193        | WT: 10, ST: 210 | WC: 4, ST: 224  |
|    | 10              | 11                    | 12             | 13                     | 14              | 15                    | 16             | 17              |                 |
|    | 677(2 1 0 )     | 592(0 )               | 560(1 0 )      | 564(2 0 )              | 565(2 0 )       | 562(2 1 0 )           | 122(2 1 0 )    | 221(1 )         |                 |
|    | ST: 250         | ST: 261               | ST: 299        | ST: 306                | ST: 315         | ST: 323               | ST: 355        | ST: 390         |                 |
|    | 1               | 2                     | 3              | 4                      | 5               | 6                     | 7              | 8               | 9               |
| 27 | 71(2 1 0 )      | 158(2 0 )             | 157(0 2 )      | 159(1 0 )              | 160(2 1 )       | 161(1 )               | 163(2 0 1 )    | 162(0 )         | 166(2 1 )       |
|    | ST: 33          | WT: 2, ST: 60         | ST: 66         | WT: 15, ST: 90         | WT: 23, ST: 120 | WC: 7, ST: 132        | ST: 138        | ST: 144         | WT: 1, ST: 150  |
|    | 10              | 11                    | 12             | 13                     | 14              | 15                    | 16             | 17              | 18              |
|    | 170(2 1 0 )     | 171(2 1 0 )           | 167(0 )        | 169(1 0 )              | 168(0 1 )       | 179(2 1 )             | 177(2 1 0 )    | 172(2 1 )       | 181(2 1 0 )     |
|    | WT: 20, ST: 180 | ST: 189               | ST: 203        | WC: 2, ST: 214         | WC: 4, ST: 223  | WT: 7, ST: 240        | ST: 248        | WC: 6, ST: 262  | ST: 274         |
|    | 19              | 20                    | 21             | 22                     | 23              |                       |                |                 |                 |
|    | 182(2 1 0 )     | 252(2 1 )             | 187(2 0 1 )    | 223(2 0 )              | 529(2 0 )       |                       |                |                 |                 |
|    | ST: 282         | WT: 2, WC: 1, ST: 301 | WC: 7, ST: 327 | ST: 344                | ST: 370         |                       |                |                 |                 |

|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
|----|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| 28 | 603(2 0 )      | 329(2 1 0 )     | 333(1 0 )      | 604(2 1 )       | 52(2 0 1 )      | 53(2 1 )              | 37(2 0 )              | 39(2 1 0 )     | 41(2 0 1 )     |
|    | WT: 49, ST: 60 | ST: 67          | WT: 12, ST: 90 | ST: 120         | WC: 5, ST: 139  | WC: 10, ST: 166       | ST: 199               | ST: 213        | ST: 222        |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              | 14              | 15                    | 16                    | 17             |                |
|    | 62(2 1 0 )     | 63(2 0 1 )      | 65(0 2 )       | 597(1 0 2 )     | 596(2 0 1 )     | 351(2 0 )             | 352(2 0 )             | 350(0 1 )      |                |
|    | ST: 251        | ST: 263         | WC: 2, ST: 278 | WC: 1, ST: 307  | WC: 5, ST: 324  | ST: 360               | ST: 368               | WC: 3, ST: 380 |                |
|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
| 29 | 501(2 0 )      | 292(2 1 0 )     | 469(0 1 )      | 471(2 0 1 )     | 299(2 1 0 )     | 409(2 1 0 )           | 342(1 0 )             | 610(2 0 )      | 654(2 1 0 )    |
|    | WT: 7, ST: 30  | WT: 5, ST: 60   | ST: 83         | WT: 1, ST: 90   | WT: 12, ST: 120 | ST: 149               | WT: 3, ST: 180        | ST: 207        | ST: 219        |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              | 14              | 15                    | 16                    | 17             |                |
|    | 594(2 1 0 )    | 673(2 0 )       | 595(2 1 0 )    | 584(2 0 )       | 581(2 0 1 )     | 585(0 2 )             | 599(2 0 1 )           | 353(2 1 )      |                |
|    | WT: 4, ST: 240 | ST: 257         | WC: 5, ST: 276 | ST: 303         | ST: 314         | ST: 324               | WC: 12, ST: 347       | ST: 383        |                |
|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
| 30 | 537(2 1 )      | 360(2 1 0 )     | 467(2 )        | 364(2 1 0 )     | 407(2 1 0 )     | 408(1 0 )             | 411(2 0 1 )           | 340(2 1 )      | 653(1 0 )      |
|    | WT: 1, ST: 30  | WT: 14, ST: 60  | ST: 72         | WT: 7, ST: 90   | WT: 1, ST: 120  | ST: 131               | WT: 8, WC: 2, ST: 152 | ST: 182        | ST: 207        |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              | 14              | 15                    | 16                    | 17             |                |
|    | 614(2 0 1 )    | 593(2 1 0 )     | 676(2 1 0 )    | 678(1 )         | 561(2 1 )       | 559(2 1 )             | 568(2 0 )             | 427(0 )        |                |
|    | WC: 1, ST: 223 | ST: 245         | WC: 4, ST: 268 | WC: 3, ST: 291  | ST: 326         | WC: 11, ST: 346       | ST: 360               | ST: 374        |                |
|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
| 31 | 259(2 1 0 )    | 260(2 1 0 )     | 261(0 1 )      | 265(2 0 )       | 337(2 1 0 )     | 629(2 0 )             | 633(2 )               | 634(1 0 2 )    | 612(2 1 0 )    |
|    | WT: 11, ST: 30 | WT: 13, ST: 60  | WC: 5, ST: 77  | WT: 7, ST: 90   | ST: 123         | ST: 156               | WT: 10, ST: 180       | WC: 3, ST: 191 | WT: 2, ST: 210 |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              | 14              | 15                    | 16                    | 17             | 18             |
|    | 609(1 0 2 )    | 657(1 2 0 )     | 658(2 0 )      | 613(2 0 1 )     | 577(2 1 0 )     | 640(2 0 1 )           | 644(2 0 )             | 348(2 0 )      | 347(0 )        |
|    | ST: 225        | ST: 238         | WC: 3, ST: 249 | ST: 259         | ST: 271         | ST: 285               | ST: 308               | ST: 326        | ST: 329        |
|    | 19             | 20              |                |                 |                 |                       |                       |                |                |
|    | 349(2 1 )      | 495(2 1 )       |                |                 |                 |                       |                       |                |                |
|    | ST: 335        | ST: 379         |                |                 |                 |                       |                       |                |                |
|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
| 32 | 402(2 1 0 )    | 572(2 1 0 )     | 606(2 1 0 )    | 55(2 0 )        | 674(2 1 0 )     | 345(2 1 0 )           | 422(2 1 0 )           | 421(0 2 )      | 416(1 0 )      |
|    | WT: 47, ST: 60 | WT: 20, ST: 120 | ST: 150        | ST: 180         | ST: 212         | ST: 247               | ST: 268               | ST: 278        | ST: 288        |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              | 14              | 15                    |                       |                |                |
|    | 429(2 0 )      | 428(2 1 0 )     | 424(2 1 )      | 450(2 1 0 )     | 462(2 1 0 )     | 464(0 2 )             |                       |                |                |
|    | WT: 1, ST: 300 | ST: 310         | WC: 5, ST: 325 | ST: 354         | ST: 374         | WT: 2, WC: 2, ST: 392 |                       |                |                |
|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
| 33 | 398(2 1 0 )    | 401(2 1 0 )     | 332(2 1 )      | 336(2 1 )       | 670(2 1 0 )     | 630(2 0 )             | 628(2 0 )             | 626(2 0 1 )    | 591(2 0 1 )    |
|    | WT: 22, ST: 30 | WT: 13, ST: 60  | WT: 2, ST: 90  | WT: 24, ST: 120 | ST: 145         | ST: 157               | WC: 1, ST: 165        | WC: 2, ST: 176 | ST: 195        |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              | 14              | 15                    | 16                    | 17             | 18             |
|    | 656(2 1 )      | 635(1 )         | 636(0 )        | 639(2 0 1 )     | 638(0 1 2 )     | 619(2 0 1 )           | 620(1 2 )             | 618(0 )        | 616(2 1 )      |
|    | WC: 3, ST: 231 | ST: 245         | ST: 248        | WC: 1, ST: 252  | WC: 1, ST: 265  | ST: 284               | ST: 302               | ST: 316        | WC: 1, ST: 323 |
|    | 19             | 20              |                |                 |                 |                       |                       |                |                |
|    | 617(2 0 1 )    | 622(0 1 )       |                |                 |                 |                       |                       |                |                |
|    | ST: 329        | WC: 2, ST: 346  |                |                 |                 |                       |                       |                |                |
|    | 1              | 2               | 3              | 4               | 5               | 6                     | 7                     | 8              | 9              |
| 34 | 323(1 0 )      | 328(2 1 )       | 645(2 1 0 )    | 647(2 1 0 )     | 646(2 0 1 )     | 51(1 )                | 270(1 0 )             | 25(2 1 0 )     | 24(0 )         |
|    | ST: 19         | WT: 20, ST: 60  | WT: 3, ST: 90  | WT: 16, ST: 120 | WC: 2, ST: 131  | WC: 8, ST: 163        | ST: 227               | ST: 252        | ST: 262        |
|    | 10             | 11              | 12             | 13              |                 |                       |                       |                |                |
|    | 27(1 0 2 )     | 26(1 0 2 )      | 28(1 0 2 )     | 13(1 )          | 161             |                       |                       |                |                |
|    | ST: 274        | WC: 3, ST: 293  | ST: 303        | ST: 348         |                 |                       |                       |                |                |