

汽車運送業新車配送路線規劃問題 之研究¹

ROUTING FOR NEW AUTOMOBILES DISTRIBUTING IN AUTO-CARRIER

陳春益 Chuen-Yih Chen²

林志鴻 Chih-Hung Lin³

(90 年 10 月 18 日收稿，91 年 3 月 6 日修改，91 年 12 月 25 日定稿)

摘 要

國內每年新車約銷售四十幾萬輛，如何將新車由集保場（或製造廠）直接地配送到各經銷商交車中心或銷售據點為一重要課題。本研究僅針對負責拖運新車之專業汽車運送業加以探討，經初步了解，汽車運送業者多以拖車及專用板架進行新車之配送作業，並分別依新車配送路線規劃、新車裝載規劃、以及拖車路線規劃三階段進行新車之配送規劃，而本研究僅針對新車配送路線規劃階段之新車配送路線規劃問題加以探討。經初步了解，進行新車之配送路線規劃時，除需考量途程因素外，尚需考量迄點不定與分割載運因素，故此問題實較一般車輛路線問題複雜，而本研究則先依問題特性直接構建一數學模式（稱多元商品網路設計模式），據以求解此問題，並依先分區再排路線之啟發法，研提一啟發模式（稱區位基礎啟發模式），以利於求解大型新車配送路線規劃問題。經求解分析及實例運算結果顯示，此兩個模式之運算績效頗佳，應可提供後續研究之依循或相關業者之參考。

關鍵詞：汽車運送業；新車配送路線規劃問題；區位基礎啟發法

-
1. 本研究獲國內某專業汽車運送業者提供拖車營運相關資訊，謹此感謝。
 2. 國立成功大學交通管理科學研究所教授。
 3. 私立南台科技大學行銷與流通管理系副教授（聯絡地址：711 台南縣歸仁鄉民生九街 82 號；電話：06-2533131 轉 4725；E-mail：jhlin@mail.stut.edu.tw）。

ABSTRACT

More than 400,000 new automobiles are sold in Taiwan every year. Efficiently distributing new automobiles from manufacturing centers to dealers is an important problem faced by managers. The paper addresses the New Automobiles Distribution Routing Problem (NADRP) in auto-carriers' delivery of new automobiles to dealers. In fact, the NADRP is a variant of the Vehicles Routing Problem (VRP) which belongs to a variant of NP-hard. In the paper, a mathematical programming model is built and we develop a location-based heuristic model to solve the NADRP. The computational results of case study have shown that the models can efficiently solve the NADRP.

Key Words: *Auto-carrier; New automobiles distribution routing problem; Location based heuristic*

一、前言

國內每年新車約銷售四十幾萬輛，有效的將新車配送到各地區經銷商之交車中心或銷售據點為一重要課題。一般而言，新車的配送過程多由汽車製造廠、或組合廠、或集中保管場（以下簡稱集保場）運往各地區經銷商交車中心或銷售據點，如運送到交車中心，則由經銷商自行運送到銷售據點，或由銷售據點派專人前往取車。就新車自集保場運送到各地區交車中心而言，通常皆使用拖車及專用板架，每一板架視其結構之不同，至多可裝載 8 輛或 9 輛新車（圖 1）。然因各地區經銷商交車中心每天所需新車數量大多少於此數量，基於經營成本之考量，故每趟拖車需配送數個交車中心，即進行拖車之路線規劃時，需考量途程（routing）因素。另外，因新車係裝載於專用板架進行配送，而專用板架之裝載有其限制，如部分車位有高度限制、或部分車型不能相鄰併放等，此外，為防新車碰撞、以及避免配送時間延誤等因素，多儘量避免在配送過程中有再裝載（reloading）的現象，所謂再裝載即表示新車於非目的地之交車中心卸載後，再裝載於原板架上。通常再裝載的過程多會延滯拖車配送時間及增加新車損傷的機會，故在配送過程中，多儘量減少再裝載次數。因此，對於新車配送作業而言，除需考量途程因素外，通常多會考量如何將新車裝載於板架上，即考量新車之裝載（loading）因素。



圖 1 運送新車之拖車及專用板架

經實地查訪知，國內負責新車配送之汽車運送業者，或由汽車製造商、進口商自組車隊加以經營（稱自行經營），或由專業汽車運送業者承接新車配送業務（稱委外經營），其中，

1. 自行經營：由於各汽車製造廠所屬之交車中心較少，故此類車隊之規模通常不大，且多僅設置單一拖車基地服務所屬之集保場。
2. 委外經營：由於專業汽車運送業者所服務之汽車製造廠或進口商可能不只一家，故其服務的集保場及交車中心通常較自行經營者多且其車隊規模亦較自行經營者大。為了便於服務各集保場，專業汽車運送業者通常會設置多座拖車基地，故使專業汽車運送業多屬多座拖車基地、多處集保場（或屬同一製造廠、或不屬同一製造廠）之營運方式，其拖車之路線規劃亦較自行經營者複雜。

就委外經營而言，專業汽車運送業者為降低經營成本，通常會增加拖車之回頭車使用率，如拖車裝載新車由北部集保場配送到南部交車中心，拖車欲回北部時，可至南部集保場裝載新車配送到中、北部之交車中心；或再考量拖車相互支援之效益，如圖 2 之車輛 2 由甲拖車基地出發到 A 集保場裝載新車並配送到交車中心 d 與交車中心 e 後，並不回 A 集保場，而是就近支援 B 集保場配送新車到交車中心 f 與交車中心 g，當已無任務或工作時間已到，則回原出發之甲拖車基地。易言之，專業汽車運送業者，如屬多座拖車基地、多處集保場之營運方式，對於其拖車之路線規劃，除考量途程與裝載因素外，多會再考量拖車之回頭車利用與相互支援之效益。理論上，專業汽車運送業者，應同時考量此四個因素進行拖車之路線規劃，但實務上，業者每天所需服務之交車中心約有一百多個，使用的拖車數量約有四十幾輛，且目前仍以調度人員依其經驗法則進行拖車之路線規劃，故為降低路線規劃之複雜度，調度人員多分開考量此四個因素進行拖車之路線規劃，如依考量因素之不同，則可分三階段進行，說明如下：

1. 新車配送路線規劃：首先由各集保場先行安排其新車配送路線，主要考量途程因素，由於需考量拖車之回頭車利用與相互支援之效益，故配送路線之迄點多不為原出發點，如圖 2 之 A 集保場所規劃服務交車中心 a、b、c 之實車路線，以及服務交車中心 d、e 之實車路線；
2. 新車裝載規劃：待新車配送路線規劃完成後，進而考量裝載因素，藉以規劃各配送路線之新車裝載，並使新車之再裝載次數為最少；
3. 拖車路線規劃：待上述兩個步驟完成後，再安排各拖車基地之拖車服務各集保場之配送路線，以整合拖車之回頭車利用與相互支援因素。如圖 2 之甲、乙拖車基地分別派遣拖車 1、2、3 分別前往 A、B 集保場裝載新車及執行配送任務。

然就新車配送路線規劃階段而言，由於僅考量途程因素且其配送路線之迄點並非拖車基地或集保場，而是交車中心，故此路線規劃問題與一般車輛路線問題略為不同，應可視為車輛路線問題之變化問題^[1,2]；就新車裝載規劃階段而言，由於考量裝載因素，則此問題可視為二次指派問題（quadratic assignment problem, QAP）之變化問題^[3]；就拖車路線規劃階段而言，由於專業汽車運送業多屬多座拖車基地、多處集保場，且以極小化拖車之空車旅

程為目標，藉以安排各拖車基地之拖車服務各配送路線，當已無任務或工作時間已到，則拖車需回到原出發之拖車基地，因此，依其作業特性知，此問題可視為多場站車輛路線問題 (multi-depot vehicle routing problem, MDVRP) 之變化問題^[1]。

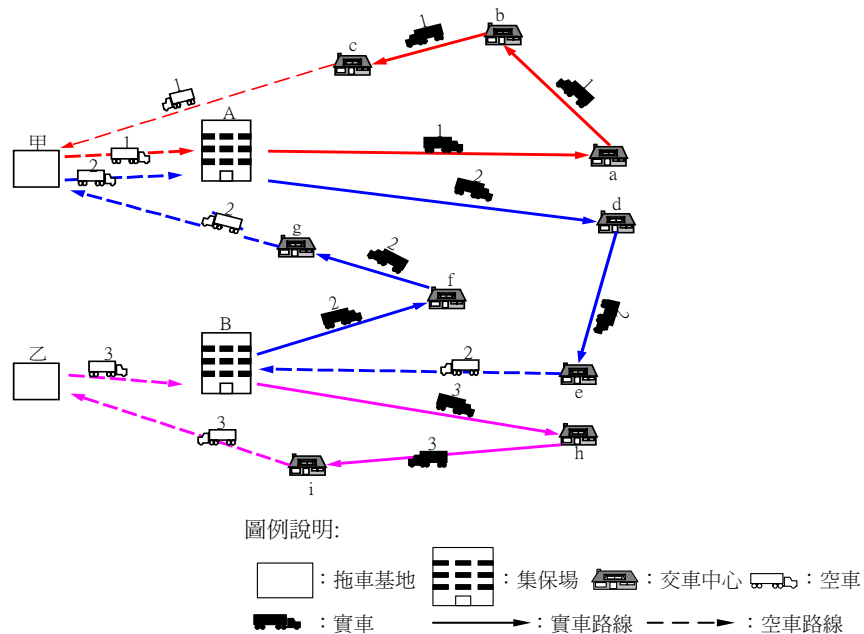


圖 2 拖車路線規劃示意

而本研究則僅針對對應新車配送路線規劃階段之新車配送路線規劃問題加以探討，其主要動機如下：

1. 如上述所言，專業汽車運送業者進行新車之配送作業，可分三階段進行，而新車配送之路線規劃階段，實為進行後續階段或後續研究之基礎，且此研究課題頗為符合實務作業情況，故其研究成果應可提供業者參考。
2. 本研究成果除可供專業汽車運送業者參考外，應可應用於通信或電腦網路設計、管線設計、... 等範疇。

此外，由於新車配送路線是分別由各集保場自行規劃，故本研究將以探討單座集保場、多處交車中心之新車配送路線規劃為主。而本研究之目的，除具體了解此問題特性外，亦將構建相關數學模式，以協助進行新車配送之路線規劃。一般而言，路線規劃問題之求解方式，多針對其問題特性直接構建數學模式，或研提啟發法，以利於求解大型路線規劃問題，同樣的為有效求解此新車配送路線規劃問題，本研究將分別依問題特性直接構建數學模式與研擬啟發式解法，故本文以下計分五節，其中，第二節探討此問題之特性，並進行相關文獻回顧；第三節則直接構建數學模式；第四節則進一步研擬啟發模式，以利於求解大型新車配送路線規劃問題；第五節則為實例研究部分；有關結論與研究則列於第六節。

二、問題特性與文獻回顧

2.1 問題特性

如前所述，本研究將針對單座集保場、多處交車中心之新車配送路線規劃問題進行探討。就此問題而言，由於各交車中心每次需求的新車數量多少於拖車容量，為節省新車之配送成本，各集保場多需考量途程因素，以有效安排新車之配送路線。此外，由於專業汽車運送業者進行拖車之路線規劃時，需考量拖車之回頭車利用與相互支援因素，致使配送新車之路線，多以集保場為起點，而迄點則為交車中心，如圖 2 所示，以 A 集保場為起點且服務交車中心 a、b、c 之實車路線、以及服務交車中心 d、e 之實車路線；或以 B 集保場為起點，服務交車中心 f、g 之實車路線、以及服務交車中心 h、i 之實車路線。

此外，就實務作業而言，基於經營成本之考量，各交車中心通常允許多部拖車前往服務，以提高拖車之裝載率，如以圖 3a 為例，各交車中心之新車需求量皆為六輛，且拖車容量為八個車位，以及各交車中心僅容許單一拖車前往服務時，則共需五輛拖車，其中每輛拖車僅裝載六部新車（圖 3b），但當各交車中心容許多部拖車前往服務，則僅需四輛拖車即可完成新車之配送，其中，有三輛拖車皆裝載八輛新車（圖 3c）。因此，各集保場進行新車配送路線規劃時，除需考量途程因素外，當配送路線之起點為集保場時，可歸納此問題之特性如后：

1. 各配送路線之迄點可不相同且有待決定（以下簡稱迄點不定因素）；
2. 各交車中心可允許多部拖車前往服務（以下簡稱分割載運因素）。

2.2 文獻回顧

有關探討汽車運送業之相關文獻較為少見，依據初步了解目前僅 Agbegha 等^[3]及 Pape^[4]進行相關研究。其中，Agbegha 等人主要是假設拖車配送路線及其服務的交車中心已知下，探討新車之裝載規劃，其主要構想是將拖車板架之車位視為固定空間，再安排此板架欲裝載之新車（設施）放置於車位（固定空間）內，使新車之再裝載次數為最小。而 Pape 則探討有關拖車之調度規劃，主要以單拖車基地為規劃對象，其構想是限定拖車於一規劃期內，在不考量新車及板架之裝載限制下，進行多次載運配送（pick up-delivery）之拖車調度，並待路線規劃完成後，再利用人工安排新車之裝載規劃。基本上，上述之相關研究多與本研究擬加探討之課題略有差異。此外，為期有效求解此路線規劃問題，本研究亦回顧一般車輛路線問題之相關求解方法，以有助於本研究構建數學模式或研擬啟發模式。一般而言，求解車輛路線問題之方法頗多，通常可依是否同時考量指派與排序兩個子因素，則有不同的求解方式^[5-8]，說明如下：

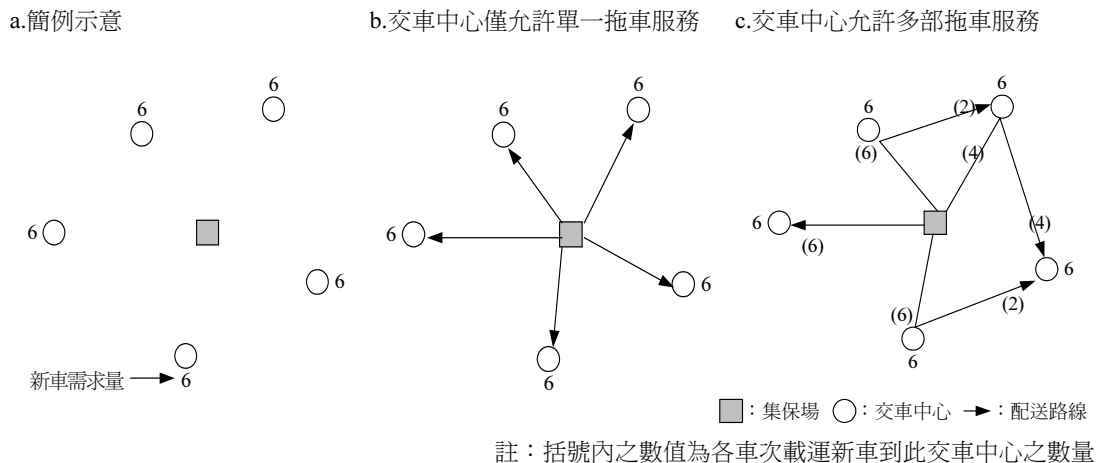


圖 3 配送路線規劃結果示意

1. 同時考量指派與排序兩因素

即依問題特性直接構建數學模式與求解，通常此求解方式可求得正確解，但當問題規模較大時，此模式較不易求解。

2. 分開考量指派與排序兩因素

一般多先考量指派因素再考量排序因素，或者反之。茲分別說明如下：

- (1) 先考量指派因素再考量排序因素：即依車輛之限制條件，先行針對需求點進行分區（指派），再針對各分區內之需求點進行路線安排（排序），屬先分區再排路線（cluster first, routing second）之求解方式，如區位基礎啟發法（location based heuristic, LBH）[5, 6, 9-11]。
- (2) 先考量排序因素再考量指派因素：即先規劃一條巡迴全部需求點之路線，再針對此路線進行分區，使各路線均符合各車輛容量或工時限制，屬先排路線再分區（routing first, cluster second）之求解方式^[7]。

此外，亦有依序考量需求點，進行路線規劃者，如節省法（saving algorithm）、插入法（insertion algorithm）、… 等等，其發展頗為豐富^[7,8]。

2.3 討論

就上述所提之求解方法而言，對問題之求解各有其限制，如同時考量指派與排序兩個子因素構建數學模式，雖可求得模式之最佳解，進而獲致在其基本假設下之最佳的車輛路線，但此數學模式多不易求解較大型之路線規劃問題，而啟發法雖較易於求解大規模路線規劃問題，但相較之下通常僅能求得次佳解。由於本研究課題，屬車輛路線問題之變化，尚無相關文獻進行探討，故本研究將先依其問題特性，直接構建數學模式，以實地了解模

式之規模，並利用此模式求解小型路線規劃問題，進而研擬啟發模式，以利於求解較大型新車配送路線規劃問題。就直接構建模式而言，由於此路線規劃問題，需考量分割載運因素，且各交車中心之新車需求量固定，因此，各拖車載運至各交車中心之新車數量將呈相依關係且為決策變數，為便於此類問題求解，通常以多元商品網路問題加以處理^[12]，故本研究將以此觀念進行模式之構建（以下簡稱多元商品網路設計模式）。此外，由於 Bramel 和 Simchi-Levi^[10]、Klincewicz 和 Luss^[11]、陳春益等^[6,9]、以及林志鴻等^[5]，應用區位基礎啟發法分別求解車輛路線問題、車隊規模問題、區位-路線問題、以及校車路線規劃問題等，其成效頗佳，因此，本研究亦利用此觀念研擬啟發模式（以下簡稱區位基礎啟發模式），以求解較大型新車配送路線規劃問題。

三、新車配送路線規劃模式（多元商品網路設計模式）

如上述所言，本節將先行利用多元商品網路問題之觀念構建數學模式，以利於求解單座集保場、多處交車中心之新車配送路線規劃問題。其中，3.1 節將研提構建模式之構想；3.2 節則進行模式之構建；3.3 節則進行模式驗證；3.4 節則為本節之小結。

3.1 構建模式之構想

由於以多元商品網路問題之觀念構建模式，多先將車輛流量與貨物流量分開考量，再以附加限制式加以整合，以利於考量拖車與新車之流量及多部拖車載運新車到同一交車中心之現象，故本研究首先將此新車配送路線規劃問題以多元拖車流網路與多元新車流網路兩部分分別加以探討，並以極小化拖車營運成本為目標，進行模式之構建。就簡單新車配送網路（圖 4）而言，設定集保場及各地區交車中心為網路上之節點，且以 N 表示所有節點之集合，而各交車中心間之最短路徑則視為節線。並分別說明如下：

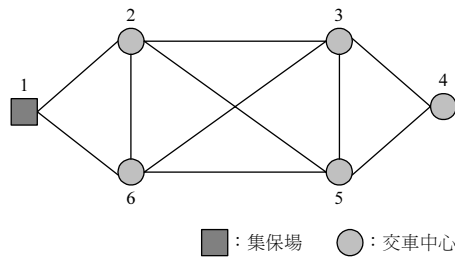


圖 4 簡單的拖車網路示意

1. 多元拖車流網路

所謂多元拖車流網路，即將每輛拖車分別在各自的網路上進行路線規劃（圖 5），以利於表示拖車之起迄點位置。如以拖車 1 之網路而言，設節點 1 為集保場，則其拖車供給量

為 1，而其餘節點為交車中心，並設定其對拖車 1 之需求量为 b_j^1 ， $\forall j \in N - \{1\}$ ，為 0-1 二元變數，如 $b_j^1 = 0$ ，則此交車中心 j 之拖車需求量为 0，亦即表示拖車 1 不以交車中心 j 為迄點，如 $b_j^1 = 1$ ，則表示此交車中心 j 對拖車需求量为 1，亦即表示拖車 1 之迄點為交車中心 j ，由於路線之迄點有待決定且唯一，因此設定 $\sum_{j \in N - \{1\}} b_j^1 = 1$ ，表示僅有一個交車中心對拖車 1 之需求量为 1，即為其迄點。此外，如設定流入及流出節點 j 之流量分別為 $\sum_{i \in N} x_{ij}^1$ 及 $\sum_{l \in N} x_{jl}^1$ ，其中， x_{ij}^1 表示拖車 1 從節點 i 進入節點 j 之拖車流量變數，並依據流量守恆之原則，其關係式應為：

$$\sum_{l \in N} x_{jl}^1 - \sum_{i \in N} x_{ij}^1 + b_j^1 = 0 \quad \forall j \in N - \{1\}$$

其中， x_{ij}^1 為 0-1 二元變數，而節點 1 之流量守恆限制式則為：

$$\sum_{j \in N - \{1\}} x_{1j}^1 = 1$$

如對所有拖車而言，則應包括下列限制式：

(1) 拖車流量守恆限制式

$$\sum_{j \in N - \{1\}} x_{1j}^k = 1 \quad \forall k$$

$$\sum_{l \in N} x_{jl}^k - \sum_{i \in N} x_{ij}^k + b_j^k = 0 \quad \forall k, \forall j \in N - \{1\}$$

(2) 各交車中心對各拖車之需求限制

$$\sum_{j \in N - \{1\}} b_j^k = 1 \quad \forall k$$

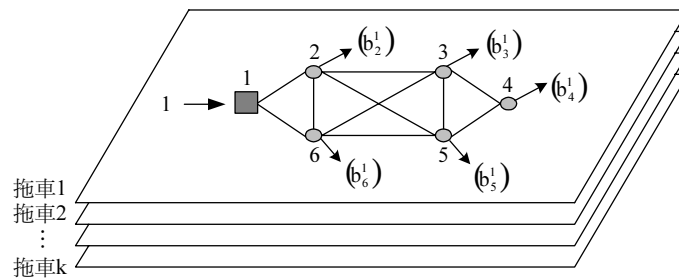


圖 5 多元拖車流網路示意

2. 多元新車流網路

所謂多元新車流網路，即配合上述多元拖車流網路，探討每一拖車網路之新車流量問題，以利於表示各拖車載運到各交車中心之新車數量（圖 6）。如以拖車 1 而言，同樣的設定節點 1 為集保場，其餘節點則設定為交車中心，且交車中心 j 之新車需求為 d_j ($\forall j \in N - \{1\}$)，並設定拖車 1 配送到交車中心 j 之新車數量為 a_j^1 ($\forall j \in N - \{1\}$)，為整數變數且 $a_j^1 \leq d_j$ ，如設定流入及流出節點 j 之新車數量分別為 $\sum_{i \in N} y_{ij}^1$ 及 $\sum_{l \in N} y_{jl}^1$ ，其中， y_{ij}^1 表示拖車 1 載運新車從節點 i 流入節點 j 之新車流量變數，依據流量守恆原則，其限制式為：

$$\sum_{l \in N} y_{jl}^1 - \sum_{i \in N} y_{ij}^1 + a_j^1 = 0 \quad \forall j \in N - \{1\}$$

其中， y_{ij}^1 為整數變數，且設定節點 1 之限制式為：

$$\sum_{j \in N} y_{1j}^1 - \sum_{j \in N} a_j^1 = 0$$

此外，本研究允許各交車中心可被多部拖車服務，如以節點 6 之新車需求為 d_6 為例，當設定拖車 1 ~ 拖車 K 配送到節點 6 之新車數量分別為 $a_6^1, a_6^2, \dots, a_6^K$ ，則節點 6 之新車需求限制可設定為 $\sum_{k=1}^K a_6^k = d_6$ 。因此，就各節點流量守恆及新車需求限制條件，則應包括下列限制式：

(1) 新車流量守恆限制

$$\sum_{j \in N - \{1\}} y_{1j}^k - \sum_{j \in N - \{1\}} a_j^k = 0 \quad \forall k$$

$$\sum_{l \in N} y_{jl}^k - \sum_{i \in N} y_{ij}^k + a_j^k = 0 \quad \forall k, \forall j \in N - \{1\}$$

(2) 各交車中心新車需求限制

$$\sum_{k=1}^K a_j^k = d_j \quad \forall j \in N - \{1\}$$

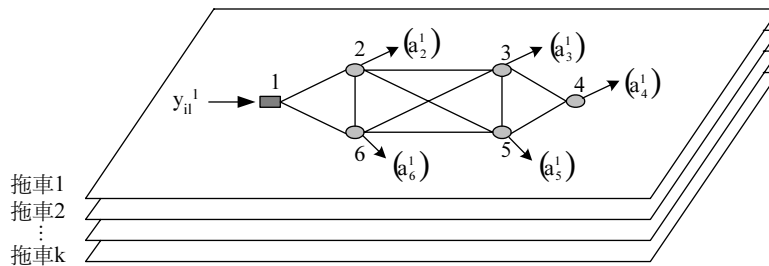


圖 6 多元新車流網路示意

3. 拖車流網路與新車流網路之整合

由於本研究為簡化問題之分析，分別以拖車流網路與新車流網路考量拖車流量與新車流量，但事實上此兩種流量應一起加以考量，因此，應將此兩種流量網路加以整合，其整合構想為：

- (1) 由於本研究主要以專業汽車運送業者之立場進行新車配送路線規劃，故以極小化拖車營運成本為目標；
- (2) 依據(1)之構想及拖車之主要任務為載運新車，因此，對配送路線之規劃，要先有拖車流量，才有新車流量。

如以圖 7 為例，就拖車 1 之網路而言， x_{ij}^1 以表示拖車 1 在節線 (i,j) 之流量變數，而以 y_{ij}^1 表示拖車 1 在節線 (i,j) 所載運之新車流量變數，則可設定：

$$y_{ij}^1 \leq \mu^1 x_{ij}^1$$

其中， x_{ij}^1 及 y_{ij}^1 分別為 0-1 整數變數與整數變數，而 μ^1 為拖車 1 之容量，則上式即表示每節線要先有拖車流量才有新車流量，且新車流量不可超過拖車容量。因此，對所有拖車及所有節線而言，應包括下列限制式：

$$y_{ij}^k \leq \mu^k x_{ij}^k \quad \forall k, \forall (i,j) \in A$$

其中， A 表示所有節線之集合。

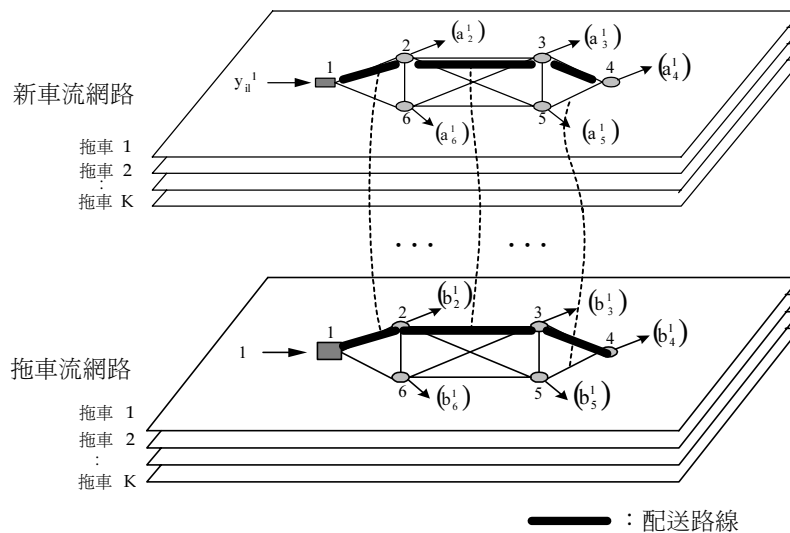


圖 7 拖車流網路與新車流網路之整合示意

3.2 數學模式

依據上述之構想，設定其基本假設如下：

1. 有 K 輛拖車均以集保場為起點，但其迄點有待決定。
2. 各拖車行駛相同的節線，其成本皆相同。
3. 各節點均容許多部拖車載運新車前往服務。
4. 各節線皆沒有容量限制。
5. 各拖車皆有容量限制。
6. 各交車中心皆沒有時窗限制。

如以極小化配送路線旅程為其目標，則其數學模式可列示如下：

$$\text{Min} \quad \sum_{k=1}^K \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in N - \{1\}} x_{1j}^k = 1 \quad \forall k \quad (2)$$

$$\sum_{l \in N} x_{jl}^k - \sum_{i \in N} x_{ij}^k + b_j^k = 0 \quad \forall k, \forall j \in N - \{1\} \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N - \{1\}} b_j^k = 1 \quad \forall k \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N - \{1\}} y_{1j}^k - \sum_{j \in N - \{1\}} a_j^k = 0 \quad \forall k \quad (5)$$

$$\sum_{l \in N} y_{jl}^k - \sum_{i \in N} y_{ij}^k + a_j^k = 0 \quad \forall k, \forall j \in N - \{1\} \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^K a_j^k = d_j \quad \forall j \in N - \{1\} \quad (7)$$

$$y_{ij}^k \leq \mu^k x_{ij}^k \quad \forall k, \forall (i, j) \in A \quad (8)$$

$$\sum_{j \in N - \{1\}} a_j^k \leq \mu^k \quad \forall k \quad (9)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad y_{ij}^k \in Z^+ \cup \{0\} \quad \forall k, \forall (i, j) \in A \quad (10)$$

$$b_j^k \in \{0, 1\}, \quad a_j^k \in Z^+ \cup \{0\} \quad \forall k, \forall j \quad (11)$$

其中：

(1) 決策變數部分

x_{ij}^k ：表節線 (i, j) 之拖車流量，如拖車 k 經過節線 (i, j) ，則其值為 1，否則為 0；

y_{ij}^k ：表拖車 k 於節線 (i, j) 所配送之新車流量，為整數變數；

a_j^k ：表拖車 k 配送到交車中心 j 之新車數量，為整數變數；

b_j^k ：表交車中心 j 對拖車 k 之需求量，如有需求其值為 1，否則為 0。

(2) 參數部分

c_{ij} ：表節線 (i, j) 之旅程；

d_j ：表交車中心 j 之新車總需求量；

K ：拖車總數；

μ^k ：拖車 k 之容量。

(3) 集合部分

A ：所有節線之集合；

N ：所有節點之集合；

Z^+ ：正整數之集合。

其中，式 (1) 為目標函數乃極小化配送路線旅程；式 (2) 及式 (3) 為拖車流量守恆限制式；式 (4) 為各交車中心之拖車需求限制；式 (5) 及式 (6) 為新車流量守恆限制式；式 (7) 為各交車中心之新車需求限制；式 (8) 表示每節線要先有拖車流量才有新車流量之限制，且新車流量不可超過拖車容量；式 (9) 為拖車容量限制；式 (10) 及式 (11) 為 0-1 整數變數或整數變數。

3.3 模式驗證

1. 測試題目說明

由於新車配送路線規劃問題僅針對各集保場進行，因此，本節之測試題目將以單一集保場為主，其服務的交車中心共有八個（圖 8），並設定拖車至多可載運八輛新車（即設定拖車容量為 8），而集保場與各交車中心之距離、以及各交車中心間之距離，如表 1 所示，各交車中心之新車需求量，如表 2 所示，其中依需求量的不同，共分三個問題，其中，問題 1 之各交車中心新車需求量皆少於八輛，而問題 2 與問題 3 則分別有交車中心之新車需求量等於或多於八輛，以測試交車中心之新車需求量等於或多於八輛時，模式的執行結果是否會先進行整車運輸，待新車需求量少於八輛時，再進行配送路線規劃之現象。

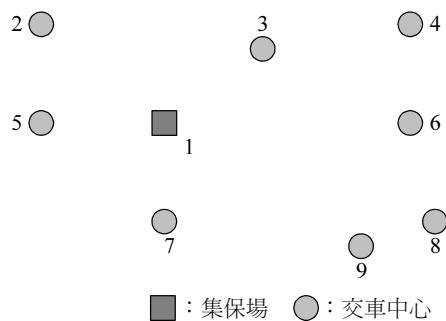


圖 8 測試題目之圖型示意

表 1 各節點間之距離

節點	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	40	30	58	32	52	28	67	55
2	40	0	43	81	29	87	63	106	94
3	30	43	0	37	53	46	57	70	70
4	58	81	37	0	88	27	77	57	67
5	32	29	53	88	0	85	40	96	80
6	52	87	46	27	85	0	62	30	43
7	28	63	57	77	40	62	0	62	40
8	67	106	70	57	96	30	62	0	25
9	55	94	70	67	80	43	40	25	0

資料來源：[13]。

表 2 各問題之集保場拖車總數及交車中心新車需求量

問 題	交 車 中 心								總需求量	拖車總數*
	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	4	7	3	2	6	3	2	3	30	4
2	4	10	3	2	4	3	2	3	31	4
3	4	8	3	2	4	6	2	2	31	4

*：以拖車可載運八輛新車為例。

2. 測試結果及分析

為便於模式測試，其參數設定如下：

(1) 運輸成本 (c_{ij})

運輸成本即為表 1 之距離矩陣資料。

(2) 拖車容量 (μ)

設定拖車容量固定為八個車位，且暫不考慮拖車板架之裝載限制。

(3) 拖車數量 (K)

拖車數量則依各問題之新車總需求量而定，如問題 1、問題 2、以及問題 3 之新車總需求量分別為三十輛及三十一輛，而各問題所需拖車數量則皆為四輛。

依據上述測試題目之資料及參數設定，配合 3.2 節之數學模式，並在個人電腦上利用 cplex6.0 進行求解，可得表 3 之求解結果。就問題 1 之結果而言，基於極小化配送路線旅程下，交車中心 3 共被兩部拖車服務 (圖 9a)；就問題 2 及問題 3 而言，當交車中心之新車需求量等於或超過八輛時，皆會先進行整車運輸，再進行配送路線規劃 (圖 9b 及圖 9c)。綜合上述測試結果顯示，在極小化拖車營運成本為目標之下，此模式之求解結果，將使各路線之迄點均不為拖車出發之集保場，而是交車中心，且各交車中心亦可被多部拖車前往服務，即其求解結果皆符合迄點不定與分割載運之特性。

表 3 測試結果 (多元商品網路設計模式)

問題	車次編號	車次規劃結果	裝載新車數量	目標值
1	1	1→5(2)→2(4)	6	297
	2	1→3(5)→4(3)	8	
	3	1→3(2)→6(6)	8	
	4	1→7(3)→9(3)→8(2)	8	
2	1	1→3(2)→2(4)→5(2)	8	304
	2	1→3(8)	8	
	3	1→6(4)→4(3)	7	
	4	1→7(3)→9(3)→8(2)	8	
3	1	1→7(2)→5(2)→2(4)	8	299
	2	1→3(8)	8	
	3	1→6(4)→4(3)	7	
	4	1→7(4)→9(2)→8(2)	8	

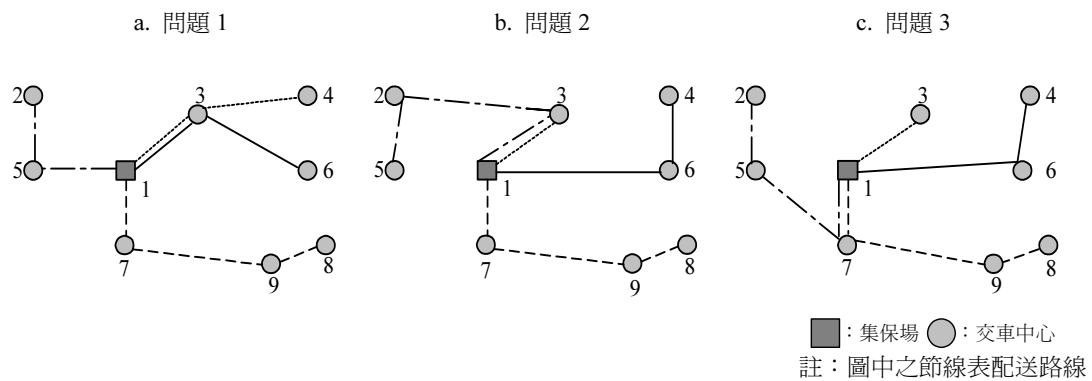


圖 9 多元商品網路設計模式之求解結果示意

3.4 小結

就上述之求解結果而言，本研究所構建之數學模式應可有效求解此新車配送路線規劃問題，但由模式結構知，當集保場所服務之交車中心數增多時，其決策變數亦呈倍數增加，故遇大型問題時，將出現較多的決策變數及附加限制式 (式 (8))，使其求解不易，因此，本研究將再研提啟發模式，以利於求解大型新車路線規劃問題，並於第四節中加以說明。

四、新車配送路線規劃模式（區位基礎啟發模式）

如前所述，本研究將依區位基礎啟發法之觀念，構建啟發模式。就此啟發法之觀念而言，主要是依設施區位問題之觀念，針對交車中心進行分區，然後再針對各分區進行路線規劃，由於各分區之交車中心較少，其路線規劃將較為簡單，頗適合大型路線規劃問題之求解。本節將據此構建相關數學模式（稱區位基礎啟發模式），以利於交車中心之分區及各分區之路線規劃。其中，4.1 節則為研提啟發模式之構想；4.2 節則進行啟發模式之構建；4.3 節則進行模式驗證；4.4 節則討論本節之內容及比較此啟發模式與多元商品網路設計模式之測試結果，藉以了解此兩類模式求解新車配送路線規劃問題之差異。

4.1 研提啟發模式之構想

本小節將針對分區規劃及各分區內之路線安排兩步驟，分別提出模式之構建構想，並說明如后：

1. 分區規劃

針對單一集保場， n 個交車中心（圖 10a），進行分區作業方式如下：

- (1) 首先在 n 個交車中心中，選取 m 個種點 (seed points)，並計算各種點到各交車中心及各種點間之最短距離 $c_{ij}, i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$ ，視為種點服務此交車中心之營運成本，其中，被選取的 m 個種點僅為候選的開放種點，且經分區規劃後，有些將成為開放種點，而有些則不為開放種點，如種點成為開放種點，則將服務其他交車中心，但不被其他開放種點服務，反之，則視為一般交車中心，應接受開放種點服務，故進行分區規劃時，應同時考量種點可能成為開放種點或一般交車中心之可能，因此，除了計算種點到各交車中心之運輸成本外，應再計算各種點間之運輸成本（圖 10b）。
- (2) 由於各交車中心具分割指派性質，所以應容許單一交車中心被多個開放種點服務，因此，本研究將據以構建分割指派容量限制性設施區位模式（以下簡稱分區規劃模式），以利於分區規劃之進行，其中，此模式之目標函數將考量種點之固定成本，期能以最少的開放種點（拖車）服務所有的交車中心，而本研究則將各種點之固定成本設定為相同常數，主要是因為拖車均屬專業汽車運送業自有，故業者進行新車配送路線規劃時，通常不需考量拖車使用成本（即固定成本）是否有所差異。

根據(1)及(2)之設定方式，如以圖 10a 為例，則其分區規劃結果，如圖 10c 所示。

2. 各分區之配送路線規劃

本小節將構建一配送路線規劃模式（以下簡稱單趟次新車配送路線規劃模式），以利

於各分區交車中心之路線規劃，如以圖 10c 之分區結果為例，其各分區之配送路線規劃結果，如圖 10d 所示。

而單趟次新車配送路線規劃模式之構建構想，以圖 11a 為例，如設定集保場與各交車中心間屬方向性路網 (圖 11b)，即可使路線之迄點不為原起點。但為便於求解，本研究將設定集保場與各交車中心間屬非方向性路網，且各交車中心到集保場之運輸成本為 0 (圖 11c)，再針對各分區求解旅行推銷員問題，由於各交車中心到集保場之運輸成本為 0，故可忽略交車中心到集保場之路段，使其求解結果符合本問題之特性 (圖 11d)，即迄點不定且不為路線起點。值得一提的是此單趟次新車配送路線規劃模式，經上述的設定方式應可視為一旅行銷售員問題 (travel salesman problem, TSP) 之數學模式。

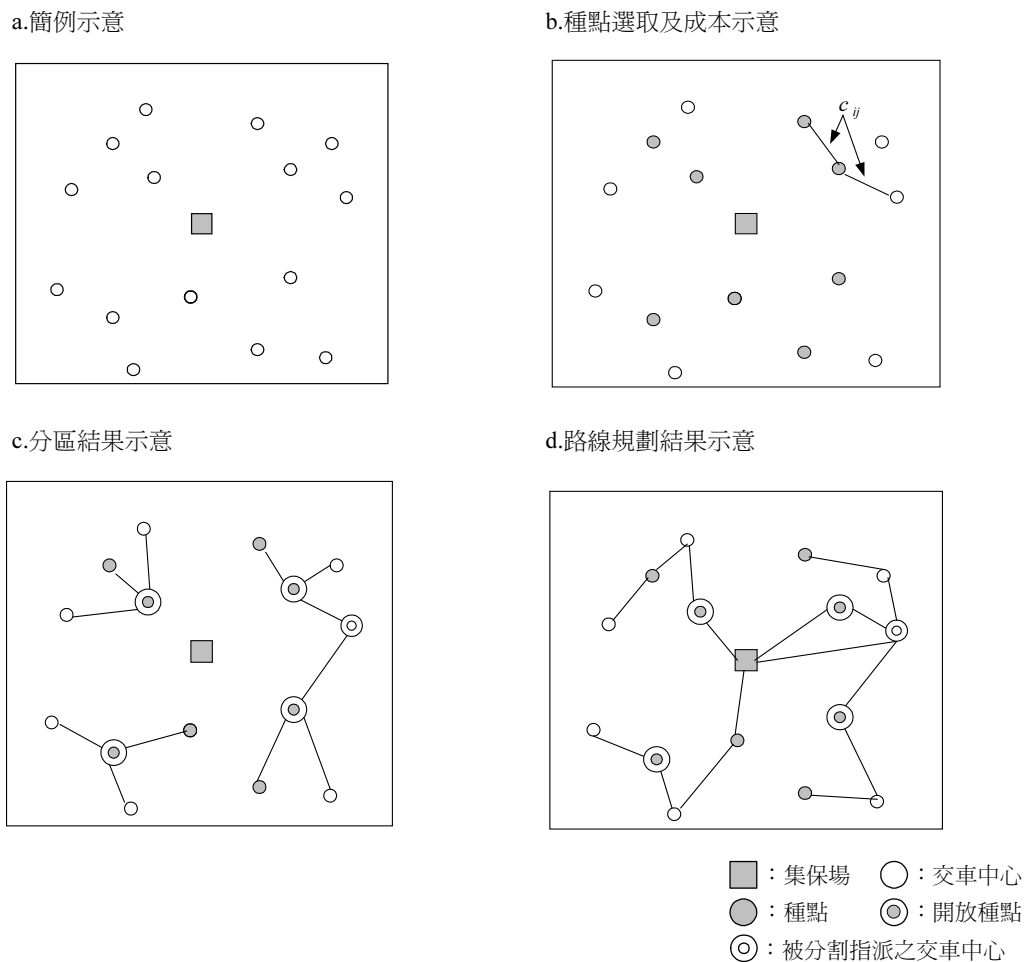


圖 10 區位基礎啟發模式求解步驟示意

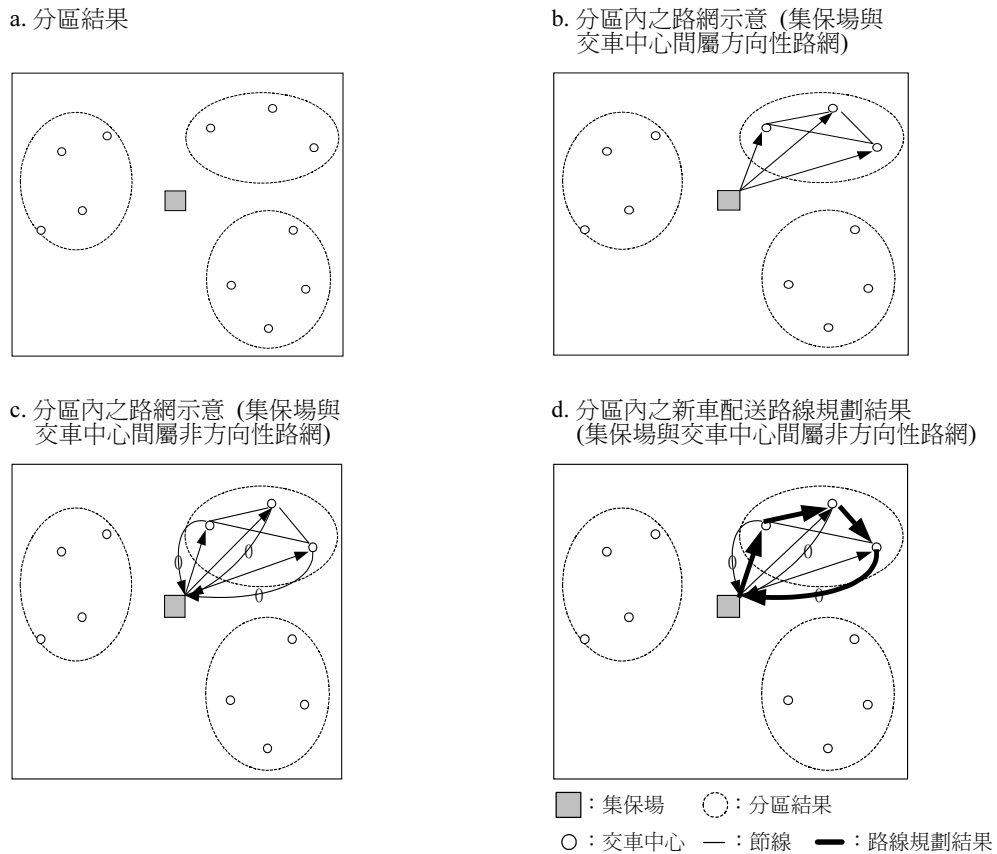


圖 11 單趟次配送路線規劃問題求解示意

4.2 模式構建 (分區規劃模式及單趟次新車配送路線規劃模式)

1. 分區規劃模式

依據上述分區步驟之構想，本小節將構建一分割指派容量限制性設施區位模式，據以決定集保場交車中心之分區。在構建此模式之前，其事先準備工作及基本假設如下：

A. 事先準備工作：

- (1) 選擇種點：一般而言，當交車中心數較少時，可將所有交車中心皆設定為種點，以增加開放種點之選擇機會，使分區結果更趨合理。但當交車中心較多時，為簡化模式及增加模式之運算效率，則可利用中位問題 (P-median problem) 之觀念先對所有交車中心選擇適當的種點，再進行分區規劃。
- (2) 節線成本 (c_{ij}) 之計算： c_{ij} 表示交車中心 j 接受種點 i 服務之運輸成本。一般而言，有兩種設定方式，簡述如后：
 - (a) 直接成本 (direct cost)：若假設種點 i 到交車中心 j 之最短距離為 d_{ij} ，則設定

$c_{ij} = 2d_{ij}$ 為車輛由種點 i 出發服務交車中心 j ，再回到種點 i 之營運成本。

- (b) 最鄰近插入成本 (nearest insertion cost): 若集保場到種點 i 之最短距離設定為 d_i ，對任一交車中心 j 到種點 i 與集保場之最短距離分別設定為 d_{ij} 及 d_j ，則其營運成本可設定為 $c_{ij} = d_{ij} + d_j - d_i$ 。

根據 Bramel 和 Simchi-Levi^[10] 針對這兩種節線成本設定方式之測試結果知，採用最鄰近插入成本之設定方式所得之結果較優於利用直接成本之設定方式，但差異不大，本研究為方便起見，則利用直接成本的方式設定節線成本。

B. 基本假設：

- (1) 拖車行駛同一路段其運輸成本相同。
- (2) 每節線皆無容量限制。
- (3) 每候選種點皆有容量限制。
- (4) 每交車中心可接受多個種點 (車輛) 服務。

依據上述基本假設，分區規劃模式可列式如后：

$$\text{Min} \quad \sum_{i \in I} f_i y_i + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (12)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad (13)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (14)$$

$$\sum_{j \in J} h_j x_{ij} \leq k_i y_i \quad \forall i \in I \quad (15)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (16)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I \quad (17)$$

其中：

a. 決策變數部分

x_{ij} ：表示交車中心 j 是否接受種點 i 之服務，如被服務則 $x_{ij} \in (0, 1]$ ，否則其值為 0；

y_i ：表示種點 i 是否被使用，如被使用其值為 1，否則為 0。

b. 參數部分

c_{ij} ：種點 i 服務交車中心 j 之運輸成本；

f_i ：使用種點 i 所需支付之設置成本；

h_j ：交車中心 j 之新車需求量；

k_i ：種點容量 (拖車容量)。

c. 集合部分

I : 種點集合;

J : 交車中心之集合。

其中, 式 (12) 為目標函數乃極小化固定成本與運輸成本; 式 (13) 表示每個交車中心至少被一開放種點 (拖車) 服務; 式 (14) 表示唯有種點 i 開放, 交車中心 j 才能被其服務; 式 (15) 表示開放種點所服務交車中心之新車數量總和不可超過其種點 (拖車) 容量限制; 式 (16) 及式 (17) 分別表示非負限制及 0-1 整數限制。

2. 單趟次新車配送路線規劃模式

依上述模式之構建構想, 並設定其基本假設如下:

- (1) 僅有一輛拖車以集保場為起點。
- (2) 各節線皆沒有容量限制。
- (3) 拖車皆有容量限制。
- (4) 各交車中心皆沒有時窗限制。

並以極小化路線旅程為目標, 則單趟次新車配送路線規劃模式, 可列式如后:

$$\text{Min} \quad \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ij} \quad (18)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \in N - \{1\}} x_{1j} = 1 \quad (19)$$

$$\sum_{l \in N} x_{jl} - \sum_{i \in N} x_{ij} = 0 \quad \forall j \in N - \{1\} \quad (20)$$

$$\sum_{j \in N - \{1\}} x_{j1} = 1 \quad (21)$$

$$\sum_{j \in N - \{1\}} y_{1j} - d = 0 \quad (22)$$

$$\sum_{l \in N} y_{jl} - \sum_{i \in N} y_{ij} + 1 = 0 \quad \forall j \in N - \{1\} \quad (23)$$

$$y_{ij} \leq \mu x_{ij} \quad \forall i, j \in N \quad (24)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N \quad (25)$$

$$y_{ij} \in Z^+ \cup \{0\} \quad \forall i, j \in N \quad (26)$$

其中:

a. 決策變數部分

x_{ij} : 拖車在節線 (i, j) 之流量變數, 如拖車經過節線 (i, j) , 則其值為 1, 否則為 0;

y_{ij} : 節線 (i, j) 之新車流量變數, 為整數變數。

b. 參數部分

c_{ij} ：節線 (i, j) 之運輸成本；

d ：交車中心數；

μ ：拖車容量。

c. 集合部分

N ：所有節點之集合；

Z^+ ：正整數之集合。

其中，式 (18) 為目標函數乃極小化拖車營運成本；式 (19) ~ (21) 為拖車流量守恒限制式；式 (22) 與 (23) 為防止子迴圈限制式；式 (24) 表示每節線要先有拖車流量才有新車流量之限制，且新車流量不可超過拖車容量；式 (25) 及式 (26) 分別為 0-1 整數變數及整數變數。

4.3 模式驗證

同樣以 3.3 節之測試題目進行求解測試，其各交車中心間及交車中心與集保場間之運輸成本如表 1 所示，而各問題交車中心之新車需求量如表 2 所示，且設定拖車容量固定為八個車位，以及拖車板架對新車無任何裝載限制等條件均與 3.3 節相同，但對分區規劃模式而言，其固定成本 (f_i) 與節線成本 (c_{ij}) 之設定則有所差異，簡述如下：

1. 固定成本：由於專業汽車運送業者皆使用自有拖車，且由公司統一調度拖車，以利提高拖車之使用效率，因此，當集保場進行配送路線規劃時，服務該路線之拖車尚未決定，因此，本研究假設所有拖車之使用成本皆相同，即種點的設置成本皆相同，若此種點開放（即此拖車被使用），則應支付此設置成本，並以極小化總設置成本為主要目標之一。
2. 節線成本 (c_{ij})：此處的節線成本僅採用直接成本的方式計算。

此外，其求解步驟如下：

- (1) 分區規劃：即依據上述之參數設定及測試題目之資料構建分區規劃模式，在個人電腦利用最佳化軟體 cplex 6.0 進行求解，即可求得各集保場交車中心之分區結果。
- (2) 各分區之路線規劃：依步驟 (1) 之分區結果、各分區之交車中心、以及新車需求量等資料，據以構建單趟次配送路線規劃模式，同樣在個人電腦利用最佳化軟體 cplex 6.0 進行求解，即可求得各集保場各分區之新車配送路線規劃結果。

依據上述之設定及執行步驟，可得表 4 及圖 12 之求解結果，其中，問題 1 之求解結果為交車中心 6 與交車中心 7 分別由兩輛拖車服務；而問題 2 之交車中心 3 則有三輛拖車前往服務，其中一輛拖車進行整車運輸；而問題 3 之求解結果則與多元商品網路設計模式之求解結果相同（表 3 之問題 3）。較值得一提的是，如要限制服務單一交車中心之拖車數量，則可將式 (16) 改為 0-1 整數限制且式 (13) 可改為：

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq T, j \text{ 表有限制拖車前往服務之交車中心}$$

其中，參數 T 表前往交車中心 j 服務之拖車數之上限。

4.4 討論

本小節將探討多元商品網路設計模式與區位基礎啟發模式之求解結果。就此兩個模式之求解結果 (表 3 與表 4) 進行比較分析,除問題 3 之求解結果相同 (圖 9c 及圖 12c) 外,由問題 1 與問題 2 之求解結果顯示,區位基礎啟發模式之目標值較多元商品網路設計模式之目標值為高 (約 0% ~ 10.8%),此一現象並不令人訝異,因為啟發模式之求解結果多為近似值及上限值 (upper bounds),故啟發模式求解結果之目標值多會略為偏高。此外,決策變數與運算時間之差異如下:

1. 就決策變數而言,以上述之測試題目,構建多元商品網路設計模式所產生的決策變數 (640 個) 約為分區規劃模式及單趟次配送路線規劃模式所產生之決策變數 (分別為 72 個及 144 個) 的 4~9 倍,且當問題規模越大時,構建多元商品網路設計模式所產生之決策變數將更多,使其求解更為不易,且與構建區位基礎模式所產生的決策變數之差距更大;
2. 就運算時間而言,多元商品網路設計模式雖可同時考量指派與排序兩因素,但需花費較多的時間進行求解,而區位基礎啟發模式雖先後處理指派與排序兩因素,但其求解時間相對較少。

故就上述之求解結果分析知,雖多元商品網路設計模式可求得正確解,但較不易求解大型問題,而區位基礎啟發模式則反之。故本研究將視集保場所服務交車中心之多寡,再擇一進行求解。

表 4 測試結果 (區位基礎啟發模式)

問題	分區規劃結果*	車次	單趟車次規劃結果	裝載新車數量	目標值
1	2(4), 5 (2), 7(1)	1	1→7(1)→ 5 (2)→2(4)	7	329
	3 (7)	2	1→ 3 (7)	7	
	4 (3), 6(5)	3	1→6(5)→ 4 (3)	8	
	6(1), 7(2), 8(3), 9 (2)	4	1→7(2)→ 9 (2)→8(3)→6(1)	8	
2	2 (4), 3(1), 5(2)	1	1→3(1)→ 2 (4)→5(2)	7	319
	3 (8)	2	1→ 3 (8)	8	
	3(1), 4 (3), 6(4)	3	1→3(1)→ 4 (3)→6(4)	8	
	7(3), 8(3), 9 (2)	4	1→7(3)→ 9 (2)→8(3)	8	
3	2(4), 5 (2), 7(2)	1	1→7(2)→ 5 (2)→2(4)	8	299
	3 (8)	2	1→ 3 (8)	8	
	4 (3), 6(4)	3	1→6(4)→ 4 (3)	7	
	7(4), 8(2), 9 (2)	4	1→7(4)→ 9 (2)→8(2)	8	

*: 粗黑體字表示此交車中心為開放種點; 括號內之數字表示各交車中心被開放種點服務的新車數量。

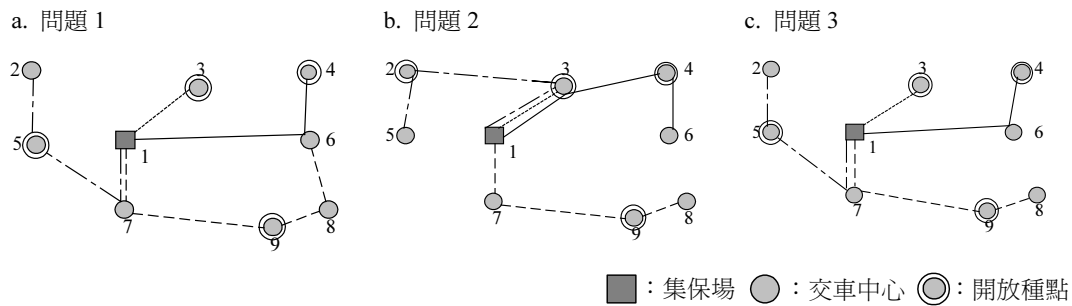


圖 12 區位基礎啟發模式之求解結果示意

五、實例研究

本節將以國內某一專業汽車運送業者為研究對象，進行實例之求解分析，期能了解本研究所研提之相關數學模式於實務上之適用情形，以利於後續研究或相關業者之參考。本節以下計分四小節，其中，5.1 節說明實例資料；5.2 節則為實例之求解結果；5.3 節則進行求解結果分析；5.4 節為本節之小結。

5.1 實例說明

本研究將以國內一專業汽車運送業者（以下簡稱為 S 業者）為研究對象，進行實例研究。據實地查訪得知，此 S 業者所服務之集保場至少有十處以上，而各集保場所服務之交車中心分布全省各約有數十個左右。如就本研究所蒐集之一天營運資料而言，此 S 業者當天所服務之集保場共計十三處，並經調度人員依其經驗法則進行路線規劃後，其當天之新車配送路線規劃結果、各集保場所屬之交車中心、以及各交車中心之新車需求量現況資料，如表 5 所示，共計有 134 趟次之現況路線，而各路線之旅程總計為 18,984 公里。

表 5 各集保場新車配送之現況路線資料

集保場	交車中心數	路線數(趟次)	旅程(公里)	集保場	交車中心數	路線數(趟次)	旅程(公里)
桃園中壢	42	24	4,187	桃園楊梅	38	37	4,492
台北林口	39	15	2,931	台中港	1	2	24
六紡集保場	3	3	410	三禾倉儲	1	2	310
台中大肚	5	3	354	裕隆倉儲	1	2	114
新竹湖口	6	6	391	台中工業區	2	1	35
苗栗三義	44	32	4,780	彰化全興	3	1	45
台北土城	15	6	911				
1.現況路線總計 134 趟次。							
2.現況路線之旅程總計為 18,984 公里。							

5.2 求解結果

本小節主要是依 5.1 節之實例資料，並配合上述所構建之相關數學模式進行新車之配送路線規劃，以了解本研究所研提之相關數學模式於實務之適用情況。其求解步驟如后：

1. 首先是利用地理資訊系統軟體 Trans-CAD 求算各集保場與其交車中心之距離矩陣。
2. 利用上述所求得之距離矩陣資料，再配合各交車中心之需求量資料，針對各集保場及其所服務之交車中心進行模式構建，如問題規模較小時，則直接構建多元商品網路設計模式；如問題規模較大時，則構建區位基礎啟發模式，即先對交車中心進行分區規劃，再針對各分區進行路線規劃。
3. 利用個人電腦配合最佳化軟體 cplex 6.0 進行模式求解。

就上述所蒐集之實例資料而言，由於中壢、林口、三義、楊梅四個集保場當天所服務之交車中心較多，故利用區位基礎啟發模式進行新車配送路線規劃。而大肚、湖口、土城、台中工業區、以及彰化全興五個集保場所服務之交車中心較少，其問題規模不大，故直接建立多元商品網路設計模式進行求解即可。此外，如集保場所服務之交車中心僅有一處，則屬整車運輸，故不需再構建模式進行路線規劃，僅簡單加以判斷即可，如台中港、三禾倉儲、以及裕隆倉儲等集保場。而依據上述之實例資料及求解步驟，各集保場之新車配送路線規劃結果（以下簡稱求解路線）及各求解路線之旅程資料，如表 6 所示，其路線總計有 127 趟次，各路線之旅程總計為 17,111 公里。

表 6 各集保場新車配送之求解路線資料

集保場	路線數 (趟次)	旅程 (公里)	集保場	路線數 (趟次)	旅程 (公里)
桃園中壢	23	3,470	桃園楊梅	36	4,400
台北林口	14	2,678	台中港	2	24
六紡集保場	3	410	三禾倉儲	2	310
台中大肚	1	404	裕隆倉儲	2	114
新竹湖口	6	346	台中工業區	1	35
苗栗三義	30	4,035	彰化全興	1	45
台北土城	6	840			
1.求解路線總計 127 趟次。 2.求解路線之旅程總計為 17,111 公里。					

5.3 結果分析

經上述之求解結果，進行比較分析如下：

1. 經本研究求解實例之結果顯示，求解路線總計為 127 趟次，明顯較現況路線總數（134 趟）減少約 5.2%。若以配送路線之總旅程進行比較分析，則求解路線之旅程總計為

17,111 公里，則較現況路線之總旅程 (18,867 公里) 減少 1,873 公里，而各集保場所減少之路線及旅程資料 (即現況路線減求解路線)，則分別列示於表 7 中，其中，除大肚集保場因求解路線較現況路線少二個趟次，而較現況路線增加 50 公里之旅程外，其餘集保場求解路線之路線數與旅程，多較現況路線為少或維持不變。

表 7 各集保場所減少之路線數與旅程資料*

集保場	減少路線 (趟次)	減少旅程 (公里)	集保場	減少路線 (趟次)	減少旅程 (公里)
桃園中壢	1	717	桃園楊梅	1	92
台北林口	1	253	台中港	0	0
六紡集保場	0	0	三禾倉儲	0	0
台中大肚	2	-50	裕隆倉儲	0	0
新竹湖口	0	45	台中工業區	0	0
苗栗三義	2	745	彰化全興	0	0
台北土城	0	71			
1.求解路線較現況路線減少 7 趟次。					
2.求解路線之總旅程較現況路線之總旅程減少 1,873 公里。					

*：表求解路線結果減去現況路線結果。

2. 如就配送路線旅程之分布情況而言，如表 8 與圖 13 所示，現況路線之旅程低於 300 公里與 400 公里者分別占總路線趟數之 84.32% 與 93.28%，而求解路線之旅程低於 300 公里與 400 公里者分別占總路線趟數之 87.4% 與 98.42%，故由此路線之分布情況知，各求解路線之旅程多較現況路線為短，亦說明本研究所構建之相關數學模式可有效求解此新車配送路線規劃問題。

表 8 現況路線與求解路線之分布*

旅程範圍 (公里)	0 ~ 100	101 ~ 200	201 ~ 300	301 ~ 400	401 ~ 500	501 ~ 600	601 ~ 700	總計 (趟次)
現況路線 (趟次)	75	31	7	12	7	1	1	134
累積比率 (%)	55.97	79.1	84.32	93.28	98.5	99.25	100	
求解路線 (趟次)	67	31	13	14	1	0	1	127
累積比率 (%)	52.75	77.17	87.4	98.42	99.21	99.21	100	
現況路線之旅程低於 300 公里與 400 公里者分別占總路線趟數之 84.32% 與 93.28%，而求解路線之旅程低於 300 公里與 400 公里者分別占總路線趟數之 87.4% 與 98.42%。								

*：第一列之資料表路線旅程範圍，如 0 ~ 100 表路線旅程從 0 公里到 100 公里間之範圍；第二、四列與第三、五列資料分別表示在該範圍間之配送路線趟次與累積比率。

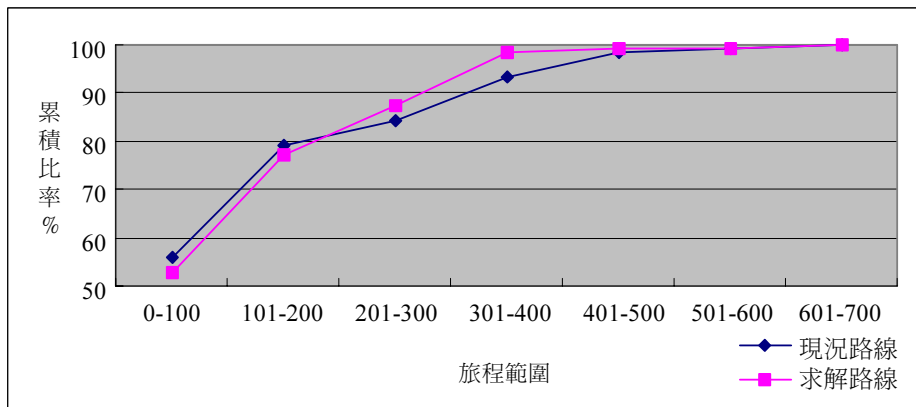


圖 13 現況路線與求解路線之旅程分布累積比率

5.4 討論

依上述之求解結果知，求解路線數（127 趟）明顯較現況路線數（134 趟）減少約 5.2%，且求解路線之總旅程（17,111 公里）較現況路線之總旅程（18,867 公里）減少 1,873 公里，故依實例研究顯示，本研究所建立之相關數學模式實可有效求解新車配送路線規劃問題。雖此實例研究結果較現況路線有所改善，但如深入了解構建模式之基本假設，則可發現本實例研究所採用之資料將較現況資料略為簡化，如 S 業者之調度人員進行新車之配送路線規劃時，其考量的目標值除極小化配送路線旅程外，可能也考量極小化運輸時間與司機工時之平均化，即採多目標的規劃方式，而本研究則僅採單目標規劃方式。此外，實務上，調度人員亦可能有考量回頭車利用與拖車相互支援之因素，進行新車配送路線規劃，但本研究則無此考量，此外，調度人員進行新車配送之路線規劃時，亦可能會同時考量新車之裝載因素，但本研究進行新車配送路線規劃時，並無考量新車之裝載規劃。故綜合上述所言，本研究所考量之因素實較現況略為簡化，但基於本研究之基本假設下，其新車之配送路線規劃結果，應屬不錯，且本研究進行新車配送路線規劃時所花費之時間實較調度人員依其經驗進行新車配送路線規劃所花費時間為短，故本研究成果應對實務有所幫助，但未來應再進一步加入更多的實務因素，使研究成果更能符合實務情況。

六、結論與建議

6.1 結論

就國內專業汽車運送業者承接各汽車製造廠之新車配送業務而言，主要分三階段處理其拖車之路線規劃，即分為新車配送路線規劃、新車裝載規劃、以及拖車路線規劃三階段，

而對應此三階段之問題可分別視為車輛路線問題、二次指派問題、以及不對稱性多場站車輛路線問題之變化問題，而本研究僅探討對應新車配送路線規劃階段之新車配送路線規劃問題，並獲致以下之結論：

1. 此問題特性，除需考量途程因素外，尚包括下列二項：
 - (1) 各車次之迄點可不相同且有待決定；
 - (2) 各交車中心可允許多部拖車前往服務。
2. 本研究分別依多元商品網路問題與區位基礎啟發法之觀念，構建相關數學模式（分別稱為多元商品網路設計模式與區位基礎啟發模式）求解新車配送路線規劃問題，經測試結果顯示，其求解成效頗佳。
3. 就實例研究結果顯示，本研究之求解成效頗佳，其中，求解路線總計為 127 趟次，較現況路線總數（134 趟）減少約 5.2%。而求解路線之旅程總計為 17,111 公里，較現況路線之總旅程（18,867 公里）減少 1,873 公里。

6.2 建議

就目前的研究階段而言，本文亦歸納出下列幾點建議，於後續研究再進一步加以探討，並列示如下：

1. 本研究僅依多元商品網路問題與區位基礎啟發法之觀念進行模式構建與求解。未來可再針對此新車配送路線規劃問題重新研擬求解方法，嘗試是否可獲得更好的結果，如可依最小擴張樹（minimum spanning tree）、多位旅行銷售員問題（m-TSP）、… 等之觀念研提求解方法。
2. 雖然本研究成果頗佳，但構建相關數學所考量的因素，仍較現況略為簡化，後續應進一步考量更多的實務特性，使研究成果更符合實務情況。
3. 由於實務上進行新車配送路線規劃階段後，尚須再進行新車裝載規劃與拖車路線規劃，才能有效安排拖車服務此配送路線，故後續可依此研究成果，進一步安排新車之裝載規劃與拖車之路線規劃，以有效協助業者進行新車之配送作業。

參考文獻

1. 林志鴻、陳春益、曹以明，「汽車運送業拖車排程問題之研究」，第九屆校際運輸聯誼研討會論文集，民國九十年，頁 101-131。
2. 陳春益、林志鴻、陳志偉，「汽車運送業拖車路線規劃問題之探討」，中華民國運輸學會第 15 屆學術研討會論文集，民國八十九年，頁 649-658。
3. Agbegha, G., Ballou, R., and Mathur, K., "Optimizing Auto-carrier Loading", *Transportation Science*, Vol. 32, No. 2, 1998, pp. 174-188.
4. Pape, U., "Car Transportation by Truck", in *Vehicle Routing: Methods and Studies* (B. Golden

- and A. Assad, eds.), North-Holland Inc., 1988, pp. 425-437.
5. 林志鴻、陳春益、林育俐、曾智強，「委外校車路線規劃問題之研究」，**運輸計劃季刊**，第三十一卷第二期，民國九十一年，頁 391-428。
 6. 陳春益、林志鴻、張蕙蘭，「網路區位問題應用於車隊管理之探討」，中華民國第四屆運輸網路研討會論文集，民國八十八年，頁 115-125。
 7. Bodin, L., Golden, B., Assad, A., and Ball, M., "Routing and Scheduling of Vehicle and Crews: The State of the Art", *Computers and Operations Research*, Vol. 10, 1983, pp. 63-211.
 8. Laporte, G., Gendreau, M., Potvin, J. Y., and Semet, F., "Classical and Modern Heuristic for the Vehicle Routing Problem", *International Transactions in Operations Research*, Vol. 7, 2000, pp. 285-300.
 9. 陳春益、郭振峰，「建立物流中心區位模式之研究」，**運輸計劃季刊**，第二十三卷第三期，民國八十三年，頁 305-326。
 10. Bramel, J. and Simchi-Levi, D., "A Location Based Heuristic for General Routing Problem", *Operation Research*, Vol. 43, 1995, pp. 649-660.
 11. Klineciewicz, J. G. and Luss, H., "Fleet Size Planning When Outside Carrier Available", *Transportation Science*, Vol. 24, No. 3, 1990, pp. 169-182.
 12. Ahuja, R. K., Magnanti, T. L., and Orlin, J. B., *Network Flows*, Prentice-Hall International, Inc., 1993.
 13. Teodorovic, D., *Transportation Network*, Gordon and Breach Science Publishers, 1986.

