

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

東北亞地區郵輪巡航路線規劃之研究
A Study on Cruise Itinerary Schedule Design in
Northeast Asia



研究生：蔡明璟

指導教授：黃明居教授

中華民國 107 年 6 月

東北亞地區郵輪巡航路線規劃之研究

A Study on Cruise Itinerary Schedule Design in Northeast Asia

研究生：蔡明璟

Student : Ming-Jing Tsai

指導教授：黃明居 教授

Advisor : Ming-Jiu Whang

國立交通大學
運輸與物流管理學系
碩士論文

A Thesis

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

June 2018

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國 107 年 6 月

東北亞地區郵輪巡航路線規劃之研究

研究生：蔡明璟

指導教授：黃明居 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

摘要

近幾年來，郵輪在亞洲地區快速發展，而當中最為吸引人的便是東北亞地區，也因此吸引越來越多郵輪公司將郵輪調往此區域，而當郵輪前往新區域時，需要先決定停靠的母港再決定郵輪的巡航路線。也因此巡航路線規劃出的候選航線數量及篩選標準，會對收入會有很大的影響。

本研究考慮郵輪公司的收入、支出、港口、巡航天數、航速、抵港及離港時間窗、每日是否靠港等因素。建置出了東北亞地區郵輪巡航路線規劃模型，以 TSP 模型為基礎，配上能反映郵輪特色的航行距離及港口選取限制式，此模型能探討東北亞地區可行航線的組合，發現會因為港口間距離、巡航速度、時間窗限制每日靠港等因素影響組合的數量。也藉由文獻分析了會影響郵輪收入及成本的因素。

規劃出的模型與設計出的航線與實際航線結果相符，表示此模型能反映出東北亞地區郵輪巡航路線規劃的特色。也針對模型中的船速、候選港口改變、吸引力影響改變等做敏感度分析。前兩者會影響最佳解以及可行解的數量，並不會影響最佳解的特性，而當中影響最佳航線特性的主要因素在於對顧客吸引力的標準差，會使選擇的航線較接近利潤最大化航線亦或是成本最小化航線。

關鍵字:郵輪、巡航路線規劃、敏感度分析、吸引力因素、東北亞

A Study on Cruise Itinerary Schedule Design in Northeast Asia

Student : Ming-Jing Tsai

Advisor : Ming-Jyu Huang

Department of Transportation and Logistics Management

National Chiao Tung University

Abstract

In recent years, cruise have developed rapidly in Asia. And the most attractive place is Northeast Asia. This trend attracts more and more cruise companies to transfer their cruises to this area. When cruises go to new area, they need to decide home port first. Then decide port of call and the cruise route. Therefore, the number of routes and the screening criteria for the cruise route will have a great impact on revenue.

This study considers the factors such as the revenue, cost, port, day of route, speed, arrival and departure time window, rely on the port daily or not. A CISD model for Northeast Asia has been built. Based on the TSP model, it consider with distance and a port selection restriction to reflect the characteristics of the cruise. This model can explore the number of feasible routes in Northeast Asia. And discover the port place, distance, cruising speed ,time window limit, daily port or not will affect the number of feasible routes. Factors that affect cruise revenue and costs are also analyzed through the literature review.

The planned model is consistent with the designed route and actual route results.It can indicate that the model can reflect the characteristics of the cruise route planning in Northeast Asia. This study still test sensitivity analysis for ship speeds, candidate port, attractiveness effects. The speed and port change will affect the number of feasible route and best solutions. The main factor affecting the route characteristics is the standard deviation of the attractiveness of customers, which will make the selected routes close to the profit maximization route or cost of minimizing the route.

Keywords: Cruise , Cruise Itinerary Schedule Design ,Sensitivity Analysis, Attractive factor, North East Asia

致謝

本論文之撰寫與完成，承蒙恩師 黃教授明居博士不辭辛勞地悉心教導，自大三專業課程，亦或是碩士班兩年修業期間，無論是專業知識、研究方向、文獻研讀、資料整理、簡報製作、口試報告與論文撰寫上提供諸多寶貴經驗與建議，本文得以完成，承蒙老師詳加審閱、逐字修正，恩師的尊尊教誨銘記吾心。此外老師也時常於咪挺時與我們聊生活中的大小事，偶爾也說出許多幽默的玩笑，使較為枯燥的研究生涯增添趣味。另特此感謝本系 邱裕鈞主任、黃寬丞教授等口試委員們，對論文口試提供諸多寶貴之建議，使本論文內容更臻完善。

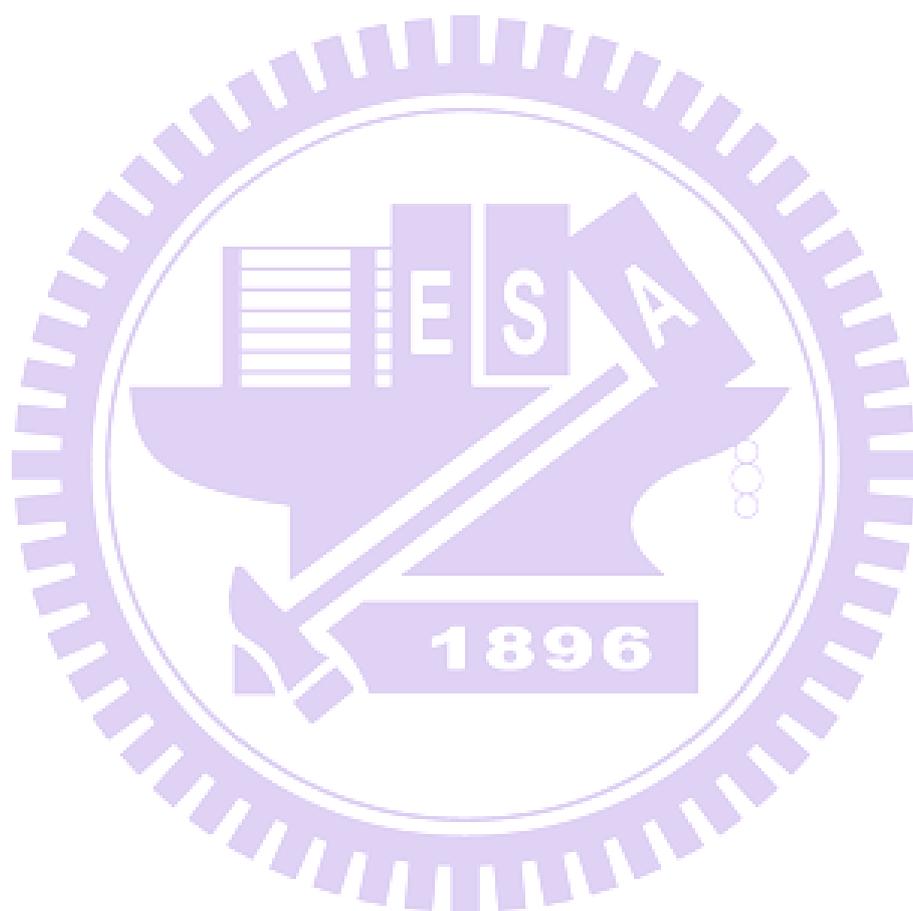
修業期間也承蒙北交研究所 邱裕鈞老師、汪進財老師、馮正民老師、陳穆臻老師、盧宗成老師、鍾易詩老師對專題研討報告與課堂上專業知識上等指導，感謝研究室學長佳約給予課堂上的指導與建議，讓我在北交人生地不熟也能了解情形；感謝同儕泰雯、勝宏、宗佑、志雄兩年來相互砥礪，互相鑽研學問，能使我於兩年內完成畢業論文；感謝辦公室柳小姐時常幫我們處理各種行政事務與課程準備用具，很熱心地幫忙我們處理生活大小事；同學耿樺能跟我聊電動與動漫，有共同話題不會感到無聊；前室友厚誼、郁修時常陪我打電動、一起看實況、一起揪吃消夜；室友冠宏、惟中、偉文，你們都是很好的室友，作息規律正常，對不起要你們包容睡眠時間完全不同的我。此外也感謝大學長詮勳總是當我們各種課程的助教，在課業上有各種不同的問題都能向他求助，處此之外在生活中有任何問題也能向他提問，偶而看到學長拍日本鐵道的照片，更能感受到他對這份專業的熱愛，更增加了我的動力

最後我想感謝我的家人，雖然媽媽生病無法輕鬆的陪伴我人生中許多重要的時刻，但您無時無刻的關心，雖然我嘴上總是不耐煩，但卻都感恩在心底。而爸爸總是沉默寡言，將許多心事都放在心裡，遇到任何困難時，向您求助也一定能解決，媽媽生病後將家裡的重擔都放在自己身上，我能順利完成大學及研究所學業，完全都是您的功勞，這份恩情我一輩子都難以答覆，哥哥雖然聚少離多，但每次見面總有聊不完的事情，雖然小時候總是吵架，但長大後發現最親近、最能聊心事的還是自己的家人，也要感謝最瞭解我的女友莉晴，讓宅男如我開始踏出腳步走出戶外，跟著我到處吃吃喝喝，雖然認識你之後胖了 8 公斤，但你也我最堅強的精神支柱，每當我苦惱的時候總是跟我一起面對處理。有太多的人需要感謝了，有些或許被我忘了，也或許只是想不起來，實在無法一一列舉，但不論是我生命中遇到的人、事、物都需要被感恩，因為沒有你們便無法成就今天的我。

目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究動機與目的.....	1
1.2 研究內容與方法.....	6
1.3 研究限制與範圍.....	8
1.4 研究流程與架構.....	8
第二章 文獻回顧	10
2.1 郵輪相關內容.....	10
2.2 貨輪巡航路線規劃.....	11
2.3 輪船油耗.....	12
2.3 小結.....	12
第三章 郵輪巡航路線規劃模型	14
3.1 郵輪航線規劃.....	14
3.2 模式考慮因素.....	15
3.3 郵輪規劃模型.....	18
第四章 實證研究	21
4.1 背景說明.....	21
4.2 模式一：郵輪一般模式.....	30
4.3 模式二：郵輪海上巡航模式.....	32
4.4 敏感度分析.....	38
4.5 小結.....	45

第五章 結論與建議.....	47
5.1 結論.....	47
5.2 建議.....	49
參考文獻.....	51



圖目錄

圖 1-1、全球郵輪旅客人數	1
圖 1-2、亞洲近年航程量	4
圖 1-3、基隆港郵輪巡航路線圖	6
圖 1-4、本研究流程圖	9
圖 3-1、各社經背景的巡航天數整理	16
圖 3-2、於海上航行之行程	17
圖 4-1、基隆港到濟洲原始航線	24
圖 4-2、基隆港到濟洲修正後航線	26
圖 4-3、基隆港周圍區域航線	32
圖 4-4、模式二 各天數最佳航線規劃	36
圖 4-5、船速改變後各天數航線規劃	39
圖 4-6、候選港口改變各天數航線規劃	41
圖 4-7、6 天吸引力敏感度分析	43
圖 4-8、8 天吸引力敏感度分析	43
圖 4-9、10 天吸引力敏感度分析	44
圖 4-10、吸引力指標敏感度分析	44

表目錄

表 1-1、近五年全球前四大郵輪市場占比	3
表 1-2、亞洲地區歷年各種船舶數量	4
表 1-3、2016 年亞洲地區目的地指標	5
表 4-1、郵輪 B 巡航地點與天數.....	21
表 4-2、郵輪 B 各房型天數之價格.....	22
表 4-3、各天數預估平均票價	22
表 4-4、2017 年東北亞各港口資料	23
表 4-5、東北亞地區各港口間距離	25
表 4-6、航段時間窗限制 378 之油耗矩陣	27
表 4-7、航段時間窗限制 378 之油耗成本矩陣	28
表 4-8、東北亞地區各港口停靠成本	29
表 4-9、東北亞地區各港口吸引力指標	30
表 4-10、模式一 四天航線規劃	31
表 4-11、模式一 五天航線規劃	31
表 4-12、模式二 各天數最大收益航線	33
表 4-13、海上漂流油耗矩陣	34
表 4-14、海上漂流油耗成本矩陣	35
表 4-15、船速改變油耗成本矩陣	37
表 4-16、船速改變 各天數收益最大航線	38
表 4-17、候選港口改變之吸引力指標	40
表 4-18、候選港口改變之各天數收益最大航線	40

第一章緒論

1.1 研究動機與目的

郵輪產業在過去二十年來旅客量穩定且快速的增長。如圖 1-1，根據國際郵輪協會所發布(Cruise Lines International Association, CLIA)，於 2009 年的 1780 萬名旅客到 2016 年的 2470 萬名，短短幾年內將近 40% 的成長(CLIA,2017)，2016 年全球郵輪業收入達到 355 億美元(Statista,2017)。郵輪的總數量也於 2016 年的 448 艘，並在 2017 年度增加了 26 艘的訂單(CLIA,2017)。

郵輪市場部分，加勒比地區和地中海地區為最主要的觀光區域，也因此是部署最多船舶的地方。而旅客主要來自已開發國家，例如，2014 年的 2204 萬名郵輪旅客中，來自北美的有 1216 萬(55%)，來自歐洲的 639 萬(29%)，只有 349 萬(16%)來自世界其他地區。然而，郵輪產業是寡占事業，嘉年華、皇家加勒比和挪威郵輪是三大公司，市占率分別為 41.8%，21.8%和 8.2%(Statista,2015)。



資料來源：CLIA(2017)

圖 1-1、全球郵輪旅客人數

郵輪巡航路線是由郵輪公司規劃的郵輪行駛路線，郵輪在規劃的航線上，依次於各港口讓旅客下船旅遊，並在規定時間返回船上並出航前往至下一個港口，

最後回到規劃的母港，並讓乘客離開來完成一次的巡航。航線上的郵輪配置、停泊港口、港口抵達順序以及上下船時間點皆於巡航路線中規劃。郵輪與油輪、貨輪等不同，不以運輸為主要目的，在船上享受飲食、住宿等基本服務外，還提供賭博、劇院、娛樂等不同的設施來供遊客使用，抵達港口時還能讓遊客下船觀光，都是郵輪旅程的特色。

郵輪停靠港主要分成三種，母港：航程開始與結束的港口；掛靠港：航巡航路線中經過的港口；混合港：同時為部分航線的母港，亦為部分航線的掛靠港。郵輪主要會在母港進行維修、補給物資、更換船員等動作，也因此需要的腹地較大、停泊的時間也較長。郵輪公司(Business Research and Economic Advisors ,BREA, 2005)、遊客(Vina and Ford, 1998)和船員(Peasley, 2003)三者為港口的**主要經濟來源**，因此母港的收入約為掛靠港的 6-7 倍(G.P. Wild,2007)，所以港口會積極爭取成為母港。

戰略決策(strategic decisions)對郵輪公司的盈利能力有長遠的影響(Veronneau and Roy,2009)，主要分為三個部分，**第一項**是航線船隊規劃，主要是關於要持有幾艘郵輪與競爭對手競爭市場。一艘大型郵輪可能有 5000 多個房位，建設成本可能高達十億美元，公司是否預訂新船來替代舊船或是增加船舶是一大考量，不只用來適應郵輪市場日益增長的需求，更需要阻止潛在對手進入市場(Wang ,K et al., 2016)**第二項**則是船舶部署。有些郵輪會在夏季時從加勒比海地區移往地中海，冬天也從地中海返回加勒比地區，就是由於季節性考量所做的部署策略。而最近由於亞洲市場的快速增長，一些郵輪也從北美及歐洲地區遷至亞洲地區，則是屬於需求上的部署策略。**第三項**是行程規劃，郵輪的行程與貨輪行程服務類似(Fransoo and Lee, 2013; Pang and Liu, 2014)，兩者都有固定的序列以及到/離港時間點規劃；事先宣布行程來吸引顧客下單，不論船艙的空間是否使用完全，兩者都必須遵照行程運行。此外，這兩種輪船都有顯著的資本密集，特點是經營者的固定成本很高，因此需要尋求大量訂單來滿足他們的生產能力(Wang ,S et al.,2015)

行程規劃的開始和結束都是在母港，母港可以是同母港或是不同母港的航線，大多數的航線規劃是同母港的，也因此大多數的旅客居住於母港的城市或國家，典型例子包括邁阿密和巴塞羅那。而有一些行程是單向的，在不同的母港開始和結束，例如橫跨大西洋、太平洋的航程。郵輪公司還需要確定哪些港口要包括在航程之中。而郵輪公司對港口的選擇，取決於許多因素，如乘客市場規模、交通條件、位置條件、港口服務水準、腹地大小、旅遊景點、政策條件。也因為有許多考慮條件，因此需要事先向港口確定抵達時間與離開時間，才能完整的規劃航程。在確定呼叫端口的順序時，當順序對總距離可能沒有太大的影響時，如加勒比海地區，則需要考量其他的因素(Wang et al., 2016)。

亞太地區近年來快速發展，如表 1-1，從 2014 年起全球前三大郵輪市場皆為：加勒比海、地中海、亞太地區。而亞太地區市佔率成長了一倍，為當中成長最快速的郵輪市場。也因此於亞洲地區的郵輪數量逐年上升，如表 1-2。也一起帶動亞洲地區航程量從 2013 年的 861 次到 2017 年預估的 2086 次，如圖 1-2。亞洲各個國家為了取得這片商機，如台灣、香港、新加坡、中國、韓國、日本等港口皆興建、整修碼頭，來滿足郵輪公司更大且更多的郵輪。

表 1-1、近五年全球前四大郵輪市場占比

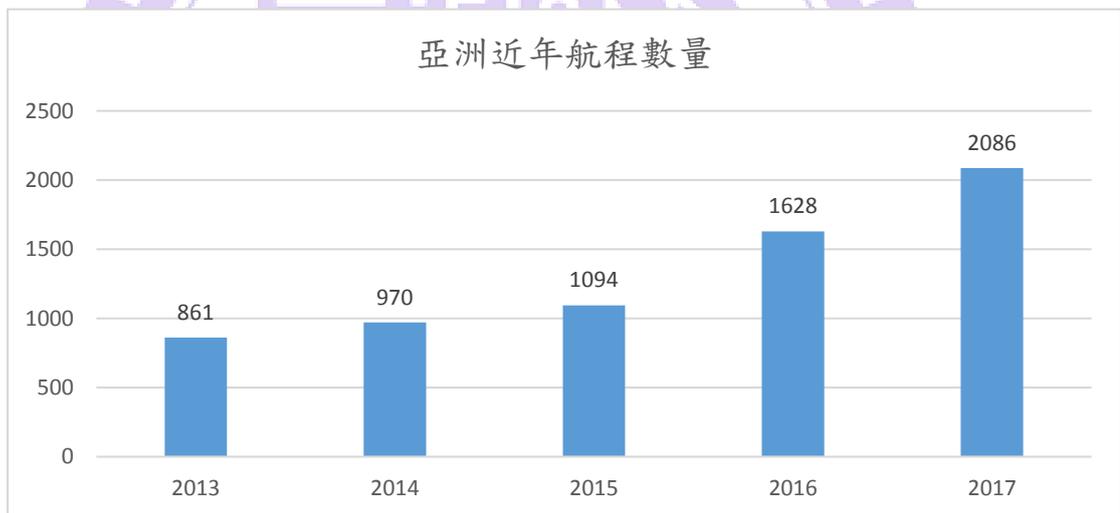
Region	2016	2015	2014	2013	2012
Caribbean/Bahamas	38.40%	39.90%	42.20%	39.50%	39.30%
Mediterranean	16.10%	17.90%	17.70%	19.60%	20.90%
Asia	13.50%	10.40%	9.10%	8.00%	6.00%
North/West Europe	9.20%	8.50%	9.00%	9.40%	8.20%

資料來源:CLIA Asia Cruise Trends 2016

表 1-2、亞洲地區歷年各種船舶數量

	Expedition	Small	Midsize	Large	Mega	Total
2013	2	14	19	8	0	43
2014	5	15	21	9	0	50
2015	4	14	22	11	1	52
2016	6	16	21	15	2	60
2017	5	17	26	13	5	66

資料來源:CLIA Asia Cruise Trends 2017



資料來源:CLIA Asia Cruise Trends 2017

圖 1-2、亞洲近年航程量

對於郵輪公司而言，為了因應亞洲區的新興市場，須將船舶重新分配，而當船舶前往新地區時，需要先選定母港，並從候選航線中來決定船舶的路線。在航線規劃中，不同郵輪之間的路線往往是獨立規劃，不同郵輪的規劃問題可以單獨解決，因此郵輪公司在考量船舶的路線分配時，候選航線的數量及標準成為了關鍵。

Manning(2006)指出郵輪公司在規劃航線時會考慮，自然及文化資產、港口設

施、下一港之距離、港口安全機構、公共基礎設施、物料供給補給、港口費用、市場銷售等。其中關於與下一港之距離，由於許多乘客希望能於白天時在岸上觀光旅遊，晚上則在郵輪上過夜，因此港與港之間的航程能以不超過 16 小時較為理想(由前一天下午五點至隔天上午 9:00)，而大型郵輪平均航速約 21-24 節，最快的郵輪為瑪莉皇后二號(RMS Queen Mary 2)，能達到 29 至 31 節的巡航速度，若粗估為 30 節，相當於兩港口間距離不得超過 480 海里。從基隆經由台灣海峽到香港約 480 海里，因此規劃一橫跨東南亞及東北亞的航線較不合適，如表 1-3，其中東北亞的造訪次數及人數高於另外兩區域，因此為亞洲地區發展及開發之重點。

表 1-3、2016 年亞洲地區目的地指標

	港口	船舶數	旅客數目標天(1000)
東亞	116	3540	7756
西南亞	75	1835	2961
南亞	13	195	154
亞洲總合	204	5570	10871

資料來源:CLIA Asia Cruise Trends 2017

台灣目前郵輪停靠港口以基隆港為主，年停泊量也為亞洲前十名，主要為公主郵輪、麗星郵輪、歌詩達郵輪三家公司，而航線天數多以三到五天為主。本研究收集 2018 年由基隆港出發之郵輪巡航路線並繪製於下圖。可以發現大多數航線集中於宮古島、石垣島、沖繩等港口，以及日本四國、九州一帶，而這兩種航線主要區分的關鍵在於天數，天數少的如三到五天的行程會集中於沖繩一帶，而天數較多的航線會有至少一天於海上巡航並前往日本高知、鹿兒島港、長崎港等較有人氣的港口巡航。

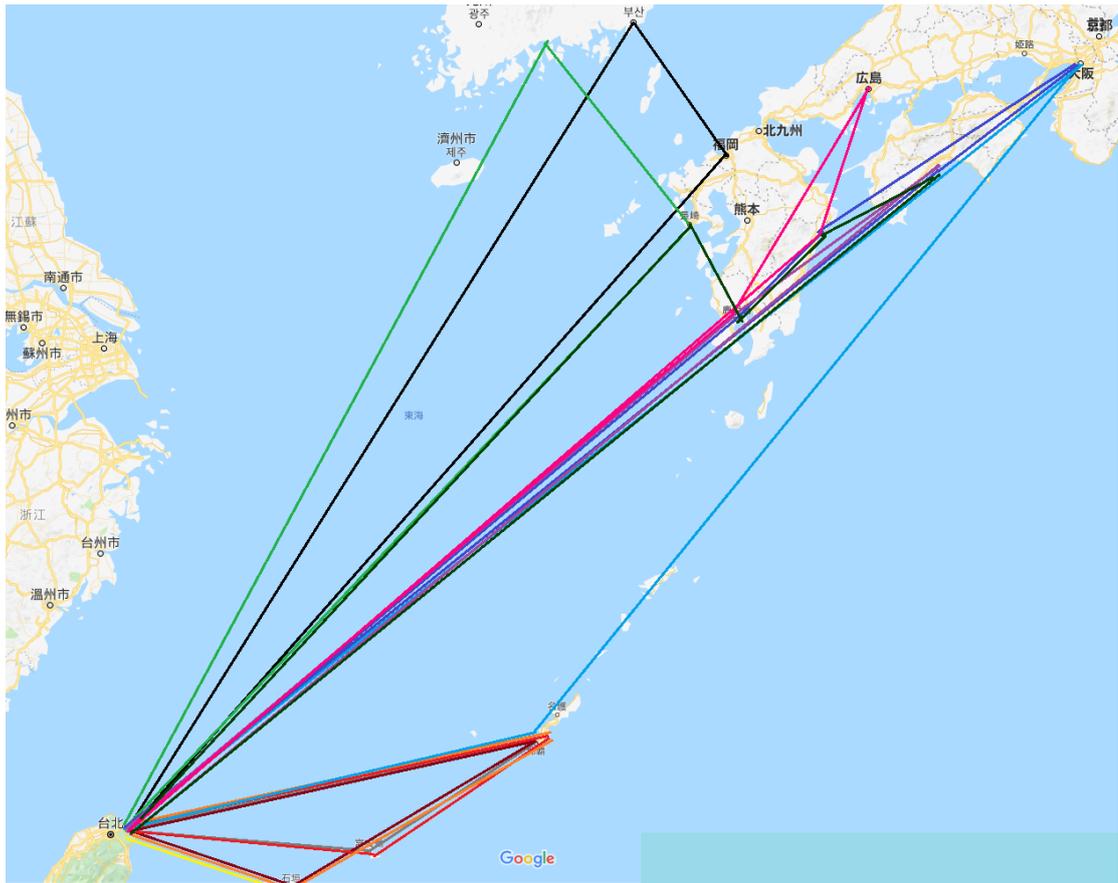


圖 1-3、基隆港郵輪巡航路線圖

資料來源:本文章繪製

本研究目標在於研究亞洲地區港口的航線規劃，如前文所言，東北亞更為市場集中區域，因此本文也將著重於東北亞之航線規劃。而如何規劃出一條從郵輪公司的角度出發，建立出利潤理想，且滿足乘客希望的航線，成為一個重要的問題。

1.2 研究內容與方法

近幾年來，亞洲地區郵輪旅客增長迅速，三大郵輪業者均將目標著重於亞洲市場，也將許多郵輪從北美及歐洲航線調往亞洲地區。而當中最受矚目的是今年的盛世公主號，將於首航巡迴地中海地區完畢之後移往亞洲地區服務。而當郵輪移往新地區服務時，郵輪部屬、航線規劃將成為郵輪公司的重要課題，也由於郵

輪不像貨輪可再旅程途中轉船，因此航線規劃可以獨立進行。

若港口確定後之最佳順序通常即為最短路徑，因此抵達順序受到各港口位置的影響。由於整個行程的總行駛距離較短，每個行程的燃料消耗更少，因此節省了更多的燃料成本。燃料費用平均每個巡航乘客 220 美元，是巡航費用的 15%。因此，燃料成本下降 1%，能為郵輪業節省 4800 萬美元(每艘郵輪乘客 220 美元，2014 年乘以 2240 萬郵輪乘客) (Statista,2015)，因此油價及總距離為考量路線時的重要因素。若郵輪在凌晨三點抵達一港口時，港口地區的公共設施皆還未營運，遊客能旅遊的區域也因此縮小，進而減少遊客的意願，因此郵輪的抵港時間、速度、離港時間，也是的考量要素。

郵輪巡航路線具有幾項特性，不重覆經過港口、各港口之航段(leg)長度及成本不同、各港口停泊成本不同、各港口對需求量有所不同、港口間的距離限制等。綜合上述條件，本研究決定使用旅行商問題來處理郵輪巡航路線規劃的問題，但目標式並非成本最小化，而是考量到港口對旅客的吸引力，以及依據港口及天數所產生的定價，兩者乘積為收入再減掉路線航行成本的利益，目標式微利益最大化，並且並非所有港口皆要抵達，只需滿足航行天數之港口數即可。因此本研究主要內容如下：

1. 探討東北亞各港口間可行航線的組合。
2. 分析各可行航線影響航行成本及收入的因素。
3. 建置東北亞郵輪巡航路線設計之模型。
4. 探討以基隆港為母港之實證研究與敏感度分析。

1.3 研究限制與範圍

郵輪觀光業在近幾年快速成長，為了因應成長的人潮，勢必須加入更多船舶，而當船舶進入新區域服務時，需先決定母港以及巡航路線。本篇研究便是對郵輪巡航路線做研究，而在郵輪業中亞洲地區發展最為快速，並在最近三年成為第三大市場，而其中先對觀光人次較多的東北亞地區做研究，先列出各國主要港口並計算港口間航線距離，規劃出航線，並利用現實資料建立起郵輪巡航路線設計 (Cruise Itinerary Schedule Design, CISD) 的模型，規劃出在已知母港、巡迴天數下的最佳航線與收益。

本篇將從郵輪公司角度出發，參照現實參數，以建立起 CISD 的模型，並假設巡迴天數，利用模型確認港口的選擇及其順序以及是否港口順序為控制變數，來設計出利潤最大化之巡航路線。最後與郵輪公司現行所規劃的路線來做比較差異，並對建立的模型做敏感度分析。

1.4 研究流程與架構

本研究首先將會確立研究問題及方向，並且針對陸上的路線規劃以及郵輪相關文獻做更多的收集與分析，將收集到的文獻針對亞洲地區港口選擇、郵輪速度與油耗氣候關係、郵輪路線規劃這三點做深入研究，並針對本篇研究之區域加以應用，先將上述資料，以及各港口間距離當輸入資料建立 CISD 模型，列出成本目標式以及時間限制式，並得出最佳化之結果，並針對結果與現行郵輪公司形成做比較並給出結論與建議。

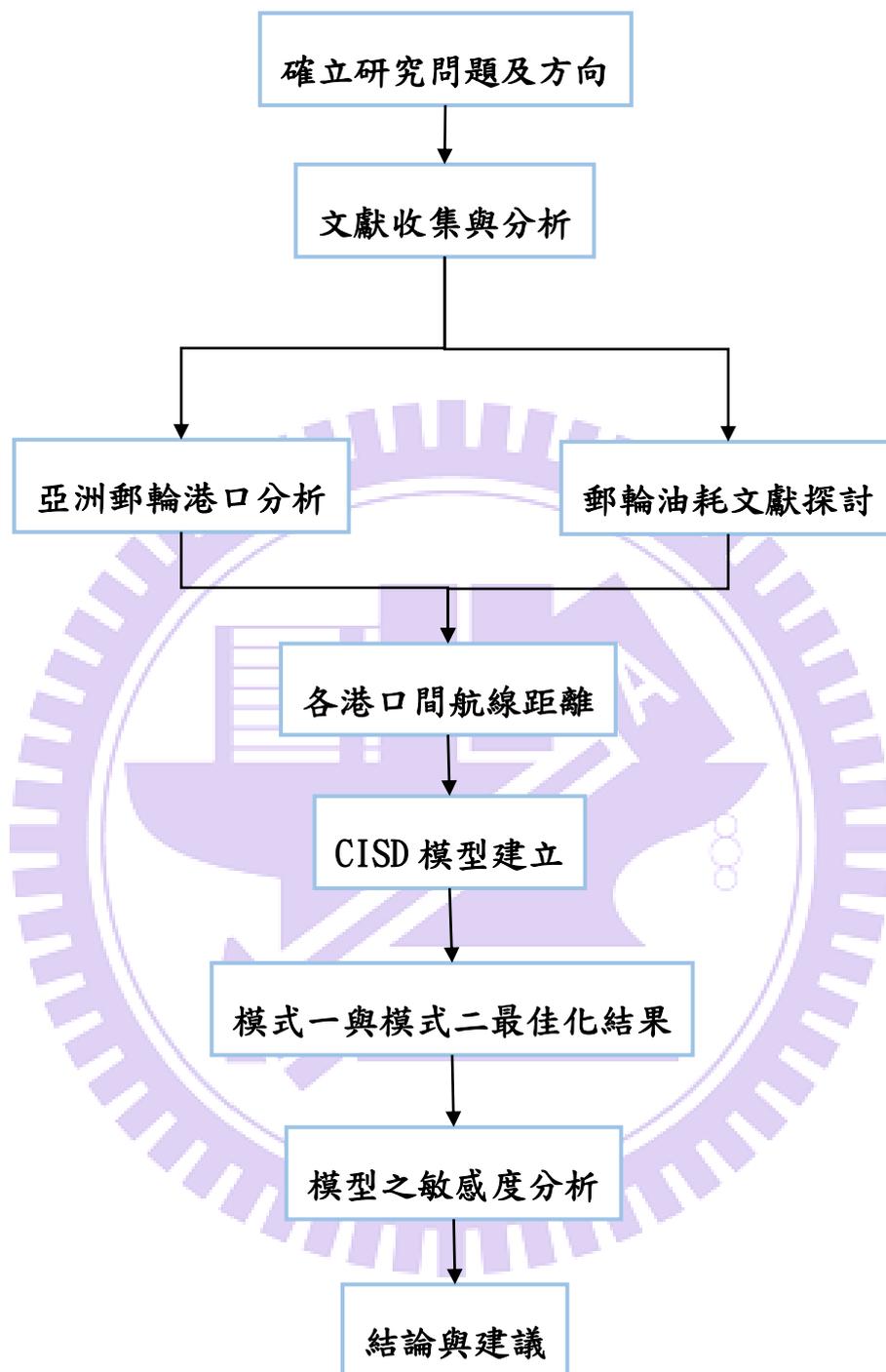


圖 1-4、本研究流程圖

第二章文獻回顧

本章將探討與郵輪航運相關之文獻，因此將文獻分為三大部分，分別是現有之郵輪相關研究，以及在航線部分與郵輪相似之貨輪相關文獻，以及輪船油耗之整理，希望從中獲取與郵輪航線規劃有關之資訊。

2.1 郵輪相關內容

旅遊研究人員對郵輪部分沒有太多的關注，可能是因為全球郵輪旅遊只佔世界旅遊業的 2%(Gui and Russo,2011)，輪船運輸也主要關注於貨運上。Veronneau 和 Roy(2009)是第一個為郵輪供應鏈提供描述性理論基礎的人士。他們指出，郵輪行業的一個獨特之處在於行程規劃會影響旅遊需求。Rodrigue 和 Notteboom(2013)對郵輪行業進行了詳細的市場調查。他們發現郵輪部署和行程設計決策受到市場考慮和運營限制的影響。

郵輪業的營收管理(RM)一直是研究人員的關注重點。據 Kimes(1989)的研究，郵輪航線，就像酒店和航空公司一樣，可以被視為傳統的 RM 問題。Talluri 和 van Ryzin(2004)表示，郵輪只不過是浮在海上的酒店。但是，Biehn(2006)強烈不同意運行郵輪與管理酒店相同的想法，並聲稱酒店管理指南不應直接用於郵輪公司的營收管理策略。他提出了一種線性規劃方法，以考慮客房數量和救生艇數量的限制來最大限度地增加郵輪收入。

Chen 以及 Nijkamp (2018)研究了日本地區航線，各港口停泊時間，與船舶類型、前後港口的距離、停泊在哪個港口是否顯著。Chen 及 Zhang (2016)調查亞洲地區郵輪市場願付價格相關之研究，主要針對社經資料、過去搭乘經驗、共同參與者數量，來調查是否顯著影響願付價格。Lincoln James Whyte(2017) 將吸引遊客使用郵輪服務的因素分為推力與拉力，推力共有十四點，主要來自於遊客的內心，而拉力則是郵輪服務本身的吸引力，並更進一步分為港口與船舶本身的吸引力，主要有郵輪環境、輪上社交互動、港口的學習與探索、港口發展、安全

與舒適度、自然環境等方面。

Wang S et al.(2017)是第一篇郵輪巡航路線設計的論文，該論文主要利用車輛路線時間窗問題來做設計。基於既有之航線，做出時間窗設計、考量岸邊效益來找出最佳航線。並針對演算法、地理序列改變、停靠時間、油價等做出敏感度分析，於隔年針對根據該篇的建議方向，又寫了一篇針對既有航線的選擇，考量泊位可行性、航線重複航行經濟邊際效應遞減的模型建構。

2.2 貨輪巡航路線規劃

郵輪運輸類似貨輪服務，因為他們都需要靠港，並在港口裝卸貨物。此外，兩者的燃料消耗效率以及在海上行動方式相近。Meng et al.(2014)探索貨輪服務的研究，一般來說兩種船舶操作的模型之間有兩個主要的區別。**第一點**，貨輪服務無法一次就將貨櫃運送往目的地，因此貨櫃在運送期間經常被轉運(Ng,2014,2015)。因此在不考慮其他服務的情況下，不能獨立設計貨輪服務，多個航運服務路線之間所組成的貨運路網非常重要(Song、Dong,2012)。然而在郵輪巡航中，遊客不能隨意於母港以外之港口離開，也因此乘客不能在不同類型的行程之間進行轉船，僅能一行程結束後，銜接下一行程，因此 CISD 可以單獨安排，不須考量中間掛靠港與其他郵輪間的接駁轉乘。**第二**，貨輪主要提供的服務是運輸，因此到達港口的主要目的是裝載和卸載貨櫃。所以貨櫃船在港口度過的時間越少越好(Song、Dong,2011)。與貨輪不同，郵輪到達港口的主要目的是為了讓遊客前往該地區旅遊，因此停泊港口時間較長可能較為有利。

與郵輪巡航研究論文數相比，貨輪運輸方面已經發展了相當多的研究。以貨輪運輸中的路線設計和進度設計研究為例，Shintani et al.(2007)提出了貨輪運輸網絡設計的問題，其中包括幾十條航運路線。Qi 和 Song(2012)致力於設計最佳時間窗的問題，以最大限度地減少總體燃料消耗。而對於港口泊位的不確定性，Wang 和 Meng(2012a)研究了穩健性的時間表設計問題。隨後，Wang 和 Meng(2012b)考慮設計了海上應急時間問題。Song 和 Dong(2013)將長途航運路線

設計的船舶部署和空船舶的重新定位組合。關於貨櫃碼頭作業，Zhen L at al.(2016) 解決了貨櫃碼頭分配問題。

2.3 輪船油耗

不同的航行時間、航行速度與引擎規模是影響郵輪油耗的因素，而根據 Du et al.(2011)的研究，產生下述輪船油耗方程式：

$$k + k' * v^s \quad (2.1)$$

其中方程式的 k 與 k' 為回歸係數， v 為航行速度(節)， s 則依據船舶大小分為 {3.5,4,4.5}，若已知航行距離為 d ，所需時間為 t (小時)，則可列出油耗式 $F(d, t)$ 。

$$F(d, t) = (k + k' * v^s) * t = kt + k' * d^s * t^{1-s} \quad (2.2)$$

為求出理想油耗，針對上式中的 t 作偏微分並移相之後可得下列理想油耗式 (3):

$$\begin{aligned} k + k' * d^s * t^{-s} * (1 - s) &= 0 \\ k + k' * v^s * (1 - s) &= 0 \\ v^* &= \left(\frac{-k}{k'(1-s)}\right)^{1/s} = \left(\frac{k}{k'(s-1)}\right)^{1/s} \quad (2.3) \end{aligned}$$

因此在郵輪航線中，時常會遇到時間上的限制，因此在已知距離及時間下的油耗式子為下式(4)

$$F(d, t) = \begin{cases} kt + k' * d^s * t^{1-s}, & \text{if } d/t \geq v^* \\ (k + k' * (v^*)^s) * \left(\frac{d}{v^*}\right), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.4)$$

2.4 小結

本篇研究欲探討亞洲地區郵輪路線最佳化問題，過去僅有 Shuaian Wang(2017)做郵輪路線模型架構的強健性(Robustness)分析，該篇論文主要參考的是貨輪運輸問題以及物流配銷路徑問題(VRP)等。而在考量到 VRP 問題時，通常是根據考量列出目標式，再根據現實條件加入限制式，而海運與陸運根據 Toth

以及 Vigo(2001)表示,兩者最大的區別在於外在交通條件以及在自由的大海上的航線,因此需要收集各港口之航線距離資料,並調查各港口開放時間以及船速油耗等現實條件,並列出限制式再求解。

現有關於郵輪巡航研究主要是描述性的,僅有少數為量化之研究,例如 Maddah(2010)與 Shuaian Wang(2017)。此外,郵輪航運的模型建構與貨輪運輸和陸路運輸配送本質上是不同的,因此要直接使用兩者的模型來套用不洽當,有鑑於巡航服務具有固定的港口和固定時間窗及港口序列,基於改善服務應能夠增加郵輪公司的利潤或節省成本,並提高巡航乘客的服務品質。考慮到郵輪市場和大型郵輪的發展迅速,迫切需要這些模型(Shuaian Wang,2017)。



第三章 郵輪巡航路線規劃模型

3.1 郵輪航線規劃

本研究之郵輪航線規劃的目標為規劃出一條利潤最大化的航線，因此需要考量的是收入與支出這兩個要素，根據 Cruzely(2016)指出而在郵輪公司的考量點中，收入主要分為兩部分，而支出主要分為四部分。

收入

(1)票面收入：是根據銷售之艙位與人數來決定，而由於每艘郵輪有艙種及人數上的不同，並且依照船型不同在各種艙等的價格也會不同，因此收入會依照實際販售的情形有所影響，計算則以旅客數量與票艙價格成積之加總。當中也包括旅行社佣金以及其他運輸費用。

(2)旅客船上消費：每艘郵輪上並非所有設施皆為免費，亦有付費享用的設施及服務，因此也是依據船型的不同以及船上乘客的消費習慣等而有所變化。

支出

(1)工資成本：包含船上從業人員、沿岸服務、銷售、管理人員等的費用。

(2)食物成本：為客人及船員的食物費用。

(3)燃料成本：為燃料油耗以及儲存成本，會隨國際價格而有所波動。

(4)其他成本：包含營運成本(維修、保養、折舊)、港口成本、船舶相關保險、娛樂服務相關成本，銷售有關損失(旅行社優惠、包機服務成本)。

由於票面收入為郵輪公司主要收入來源，因此會納入本研究討論之範圍。而船上消費則會因為消費者習慣、社經背景、船上服務設施、郵輪公司定位等有所不同，由於變數過多，且沒有一個有效的統計數據來預估，因此不列入本

文考慮。**工資成本**的部分，在相同天數下，不會因為巡航路線的改變而影響雇用的人數和其他工作人員的工作量及給薪，因此本文不列入考量。**食物成本**跟船上人數有一定的關係，根據 Shuaian Wang(2017)平均每位乘客在船上消耗的每日成本約為 100 美金，因此用此值來估計。**燃料成本**會因為航行距離而有所變化，因此納入考量，而儲存成本不會因為路線改變而變動所以不考量。**其他成本**中營運成本、船舶相關保險不會隨航線改變而有顯著變化因此本文不考量，娛樂服務相關成本、銷售有關損失，會由於船舶差異、旅行社洽談事宜、航空公司合作等有所變化較難以預估其值高低，因此本文不考慮，港口成本會因航線規劃，港口選擇有所差異因此列入考量。

3.2 模式考慮因素

港口

會依據研究地區來做港口的選擇，並將可能的候選港口加入因素之中，根據研究港口的大小、船位數量、水深、年旅客量以及所研究的郵輪種類當作基準來篩選，選擇出來的港口會直接影響模型的複雜度與結果，不同港口也會因為周圍的景點數量及種類產生不同的特色。港口本身除了是停靠船舶的地點以外，同時也是郵輪旅客觀光遊玩的地方，因此不同港口對旅客來說有不同的吸引力，而當不斷重複停靠相同性質的港口時，也會使乘客感到排斥，進而影響吸引力。而在做郵輪巡航規劃時要從候選港口中選擇一到二個母港後開始做規劃。

天數

郵輪巡航規劃中，需要決定巡航天數，才能對行程作出規劃，根據國際郵輪協會統計最後一次搭乘郵輪的資料，在各分類中最多族群的巡航天數為六到八天為主，而從基隆港出發的則為三到五天為主，香港地區也由於遊客特性，多數郵輪航線以三天以下為主，因此可以知道郵輪巡航天數的多寡會由於旅客

類型及地區發展而有所改變。

Figure 13: Length of Most Recent Cruise		How long did this cruise vacation last?				
		Under 3 days	3 to 5 days	6 to 8 days	9 to 15 days	16 days or more
Average Age	Years	32	34	43	47	49
Gender	Female	2%	30%	52%	12%	4%
	Male	6%	34%	42%	14%	4%
Generation Groups	Gen Y/Millennial	4%	39%	43%	10%	4%
	Gen X	7%	37%	41%	11%	3%
	Boomer	0%	16%	66%	16%	2%
	Traditionalist	0%	7%	47%	31%	15%
Are you...	White/Caucasian	5%	28%	48%	14%	5%
	Black/African American	2%	52%	38%	7%	2%
	Asian/Asian American	0%	42%	39%	18%	1%
	Latino/Hispanic	5%	33%	48%	11%	3%
Household Income	< \$100k	4%	35%	48%	9%	3%
	100 – 150k	3%	26%	51%	17%	4%
	150 – 200k	2%	31%	38%	18%	11%
	200k +	7%	30%	35%	22%	5%

資料來源:CLIA cruise travel report 2017 jan

圖 3-1、各社經背景的巡航天數整理

航段時間窗限制

郵輪並非以運輸為主要目的，而是以提供服務及娛樂為主要商品，郵輪一大特色為抵達掛靠港時，會讓遊客下船觀光旅遊並於時間到時返回船上繼續前往下一港口觀光，倘若郵輪抵達掛靠港時間為凌晨五點，店家都沒有開門，且無任何交通設施使用，會影響到遊客的興致，因此郵輪會考量到抵達時間，而由於郵輪有速度上的限制，因此當晚上離開港口要前往下一港口時，為了不要太早離開港口以及太晚抵達港口，因此在港口間的距離上有了限制。

每日靠港

遊客使用郵輪服務的主要目的不是交通，而是在郵輪上享用設施及靠港觀光的時間，也因此能停靠越多港口的行程，對遊客而言更有吸引力，因此在天數固定的情況下，每天停靠一個港口且港口不同能吸引更多的消費者。但由於郵輪有速度上的限制，因此會在需要抵達較遠港口時，選擇有一天在海上漂流，在海上漂流的這天主要會選擇第二天及倒數第二天。



資料來源:本文章繪製

圖 3-2、於海上航行之行程

成本

不同的航段間有不同的距離及時間限制，因此航段的距離及希望抵達時間會影響到柴油消耗的費用。而旅客也會在郵輪上產生如廢水及廚餘等消耗，所以旅客的數量也會影響郵輪公司的成本。各港口有自己的停泊費用計算方式，例如計算下船的旅客數量、船舶噸位大小、船的長度、停靠的泊位數量等，因此停泊的港口、郵輪及旅客量不同時都會造成港口停泊費的影響。

收入

郵輪公司的收入主要分為兩塊，分別是票面收入及船上消費收入，前者會由於遊客居住的房型、艙等而有所差異，整體來說較為穩定，變化較小，為船舶公司主要收入來源，後者則會因為船舶上的收費設施、個人消費習慣而變化，整體來說變動較大，也較難以估計。

預估人數

若要估計出行程總收入，就需要作販售人數上的估計，而郵輪出航的成本趨近於固定，因此能販售越多艙位便能賺越多。也因此郵輪公司會與當地旅遊業者合作，並希望將艙位販售完畢為主要目標，並且推出早鳥優惠等來吸引旅客，販售手法對販售率的影響也較難以估計。除販售手法之外，遊客數也會因為前往的地點、旅遊行程天數、價格、郵輪公司等影響。

3.3 郵輪規劃模型

於本章前段中提出本文考慮之收入及成本，而由於本篇文章是從郵輪公司角度出發，因此目標式為利潤最大化，平均價格是利用天數做為考量，而人數部分是利用預設的平均銷售率以及銷售率標準差配合各港口吸引力來做預測，並且需要考量到郵輪航線，因此限制式主要為路線選擇及路徑限制式，所建構出的模型如下：

目標式(Max)

艙房販售平均價格*預估人數-油耗成本-停泊成本-船上成本

限制式

停靠港口數為巡航天數扣掉前後港口

若停靠港口就要前往

若停靠港口則要離開

航行距離不得超過航段時間窗限制

消除子回路限制式

變數定義與解釋：

D：總巡航天數(給定值)

N：後選港口集合

P：預估人數

X_i ：是否停靠港口 i (二元變數)

$u_i = j$ ：從母港出發會於第 j 天抵達第 i 個港口

d_{ij} ：從港口 i 到港口 j 的距離

C_{ij} ：從港口 i 到港口 j 的油耗成本

C_i ：停泊於港口 i 所需的停泊成本

A_j ：港口 j 的吸引力指標

V：船舶最大載客量

As：平均銷售率(給定值)

Ss：平均銷售標準差(給定值)

Cs：平均每日船上成本(給定值)

R(D)：天數 D 之票價

F：航段時間窗限制之距離(給定值)

決策變數：

X_{ij} ：是否從郵輪從港口 i 移動到港口 j (二元變數)

介紹完上述變數後，依照上方所建構之目標式與限制式，更進一步的建構出完整的郵輪規劃模型，預設母港為第一個港口，具體的模型如下：

目標式(Max)

$$R(D) * P - \sum_{i=2}^N C_i X_i - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij} - P * Cs \quad (3.1)$$

限制式

$$\sum_{i=2}^N X_i = D - 2 \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = X_j \quad j \in N \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} = X_j \quad j \in N \quad (3.4)$$

$$X_{ij} D_{ij} \leq F \quad (3.5)$$

$$u_i - u_j + N X_{ij} \leq N - 1 \quad (3.6)$$

$$X_1 = 1$$

$$i, j \in N \quad i \neq j$$

此模型為本篇東北亞郵輪路線規劃之模型所參考的目標式以及限制式，目標式為利潤最大化，限制式則為先決定停靠哪些港口，各港口皆需要進出，最

後加上，避免子回路的限制式以及郵輪在距離上的限制，讓模型能跑出符合限制的結果，並從中找出最佳解。式子 3.5 中的航段時間窗限制 F 會由於是否於海上巡航而有所變化，F 的值也會顯著的影響到可行解區域，因此會在根據案例與假設做出變化。

本文所使用的預估人數 P，是假設平均販售率 A_s 以及販售率標準差 S_s ，將各港口於 2017 年的年造訪量以及各港口景點數量取 log 後做標準化來當作基準，對各航次的販售率做出推估，並乘上郵輪最大載客數，並且考量各港口之特色是否重複，而有一定的處罰係數 A，若同樣性質的港口重複超過兩次時，每多一次造訪下降 1 成的處罰係數，推估人數 P 的式子如下

$$P = A * (A_s + S_s * \sum_{i=2}^N X_i A_i) * V \quad (3.7)$$

於現行郵輪規劃中，並非所有航線都是每日停靠一港口。為了前往較遠的港口，會選擇一天於海上漂流，而漂流的這天通常是出發後一天或是回港前一天，這樣的改變將會影響模式的限制式，因此本文將其設為模式二。

第四章實證研究

4.1 背景說明

本研究以台灣某國際郵輪作為研究對象，該郵輪公司於 2018 年基隆港出發的航線共有 8 種航線，而服務於基隆港的時間先後順序為 4~6 月郵輪 A，7~10 月主要為郵輪 B，11 月~12 月為郵輪 C，輪流於基隆港服務，三艘郵輪艙房數皆在 1000 以上，旅客數約 2000~3000 人，在等級上為巨輪等級的郵輪。當中最為著名的就是去年 2017 四月剛下水啟航的郵輪 B，共有九種艙房，分別是主套房 (Owner's Suite) 2 間、頂樓套房 (Penthouse Suite) 24 間、高級套房 (Premium Suite) 8 間、高級迷你套房 (Premium Mini-Suite) 40 間、迷你套房 (Mini-Suite) 358 間、高級豪華陽台房 (Premium Deluxe Balcony Stateroom) 2 間、豪華陽台房 (Deluxe Balcony Stateroom) 239 間、陽台客房 (Balcony Stateroom) 705 間、內部艙房 (Interior Stateroom) 293 間，共 1670 多間艙房。共有 7 種行程並根據官網公告之數據並整理成下方表 4-1。

表 4-1、郵輪 B 巡航地點與天數

巡航地點	天數
沖繩	4
石垣	4
沖繩、石垣	5
鹿兒島、高知	6
高知、廣島、鹿兒島	7
鹿兒島、廣島、宮崎	7
高知、宮崎、鹿兒島、長崎	8

資料來源:本文章整理

藉由官網提供的資料，列出各艙房數量、價格及人數限制等，從中發現定價與巡航地點並無關係，與巡航天數較有關係，並藉由整理的資料來推算各航線之估算價格 $R(D)$

表 4-2、郵輪 B 各房型天數之價格

艙房種類	艙房數	人數限制	8 日	7 日	6 日	5 日	4 日
內部艙房	293	2	48900	42900	36900	28900	26900
陽台客房	705	2	51900	45900	39900	31900	29900
豪華陽台	239	4	54900	48900	42900	34900	32900
高級豪華陽台	2	4	57900	51900	45900	34900	35900
迷你套房	358	4	60900	54900	48900	40900	38900
高級迷你套房	40	3	66900	60900	54900	46900	44900
高級套房	8	3	72900	66900	60900	54900	46900
頂樓套房	24	3	84900	78900	72900	64900	62900

資料來源:本文章整理

利用房間數量與人數來作加權平均，來得到預估的不同天數下之平均票價，並將整理出的數據整理成表 4-3

表 4-3、各天數預估平均票價

	8 日	7 日	6 日	5 日	4 日
價格(新台幣)	55964	49964	43964	35964	33964

資料來源:本文章整理

港口選擇的部分，本文採用 CLIA 2017 年所公布之東北亞地區除了基隆港外主要的 15 個港口，分別是天津、上海、仁川、濟州、釜山、長崎、博多、鹿兒島、那霸、別府、神戶、大阪、名古屋、橫濱、東京。並加上台灣郵輪常前往的宮古島與石垣島，共 18 個港口作為選擇，其中神戶港與大阪港以及東京港與橫濱港，距離不到 15 海里，並且都在同一個灣區，因此將他們合併為一個地

點來做規劃。

影響旅客前往的意願，除了旅客內心的推力部分，便是郵輪服務本身的拉力，拉力可分為船舶與港口兩部分，本研究已鎖定郵輪 B 作為主要研究對象，因此僅需考量港口本身的吸引力。本文使用 2017 年郵輪造訪港口數量以及各港口於 Tripadvisor 上之熱門觀光景點數量做為港口吸引力之依據，而每個港口因為地理、歷史、經濟發展等因素會有不同的特色，由 Tripadvisor 各港口熱門觀光景點中前十大景點作為分類，數目最多的為該港口之特色種類，整理出來的資料如下

表 4-4、2017 年東北亞各港口資料

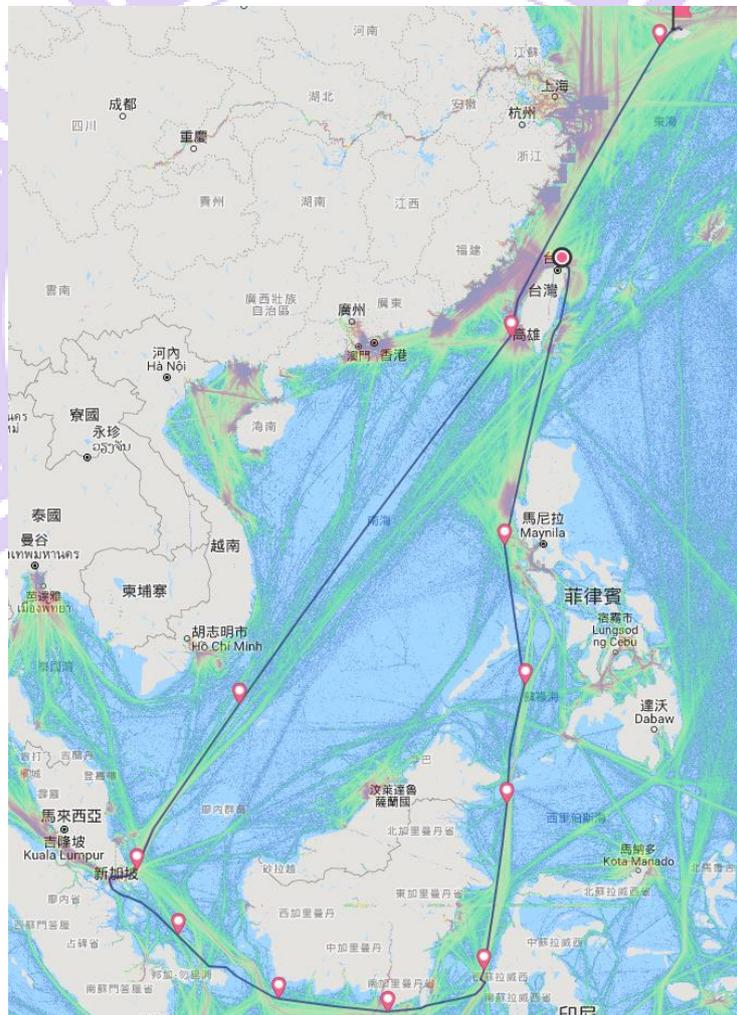
港口	年造訪量	熱門景點量	港口類型
基隆港	340	57	自然景觀
天津	175	406	歷史人文/休閒旅遊
上海	466	1293	歷史人文
仁川	17	128	自然景觀
濟州	549	132	自然景觀
釜山	108	208	平均
長崎	267	284	歷史人文
福岡(博多)	326	399	自然景觀
鹿兒島	108	166	自然景觀
沖繩	239	221	平均
宮古島	131	125	海岸觀光
石垣島	106	100	海岸觀光
別府	21	69	自然景觀
神戶/大阪	118	496	歷史人文
	46	1250	
名古屋	33	443	自然景觀
東京/橫濱	33	4643	自然景觀
	180	699	

資料來源：本研究整理

每艘郵輪有不同的移動速度，郵輪 B 於官網上公告的時速約為 22~27 節，由於郵輪具有白天抵達港口讓遊客靠港遊玩，晚上出港前往下一個港口之特

性，因此有了航段時間窗所造成的距離限制，本研究將時間限制訂為晚上八點出港，早上十點前需要抵港的十四小時並乘上 27 節，因此本研究將一般的航段時間窗限制 F 設為 378 海里。

郵輪不同於其他陸上交通工具，除了有地形限制的路線之外，其他路線皆可行駛，因此即使同樣是從那霸港前往福岡港，會因為走的地方不同而有顯著的差距，因此本研究利用 Marine Traffic 上所記載之既有的郵輪路線之距離當作港口間距離，並從中選取距離較短者，若既有的航線不盡理想時如圖 4-1，重新規劃出一條避開島嶼之最短路徑如圖 4-2，並製成距離矩陣，如表 4-5 所示。



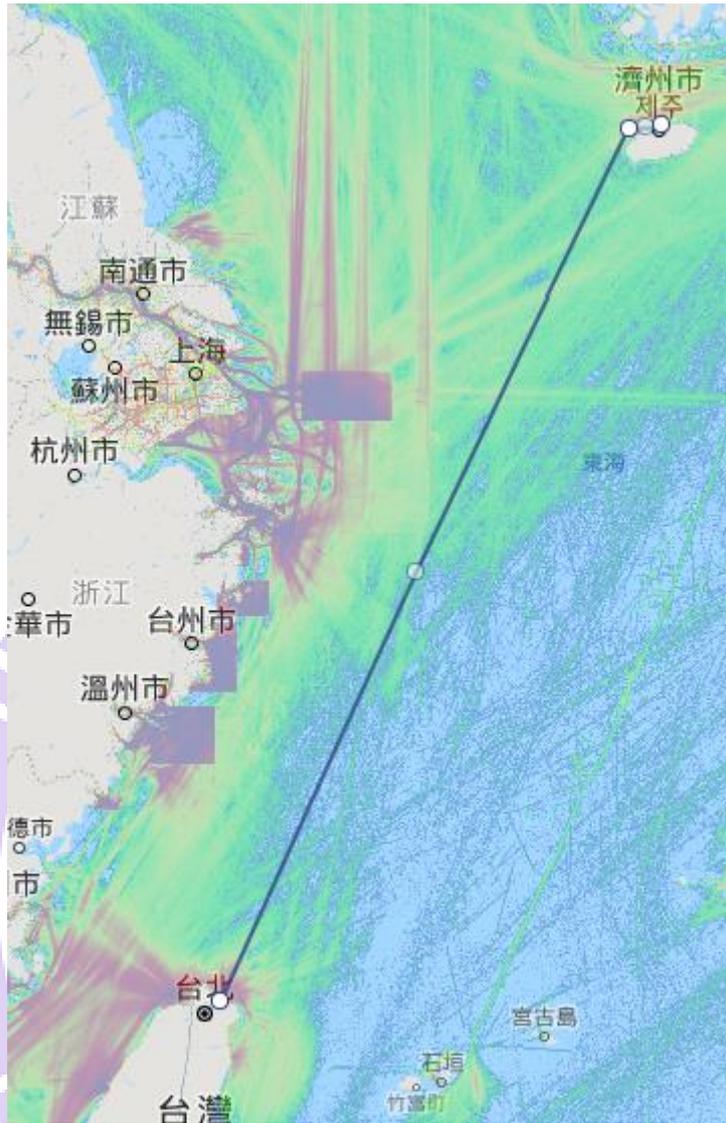
資料來源:Marine Traffic

圖 4-1、基隆港到濟洲原始航線

表 4-5、東北亞地區各港口間距離

nm	基隆	天津	上海	仁川	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石桓	別府	大阪/神戶	名古屋	東京/橫濱
基隆	-	994	399	783	594	719	621	705	617	331	194	145	787	916	1012	1126
天津	994	-	690	452	558	710	709	714	871	1011	1040	1050	859	963	1246	1312
上海	399	690	-	480	320	476	426	499	457	456	448	460	602	769	906	1017
仁川	783	452	480	-	258	419	446	441	622	702	772	802	570	739	908	1021
濟州島	594	558	320	258	-	158	228	199	281	523	571	601	308	474	718	898
釜山	719	710	476	419	158	-	158	113	304	536	659	712	199	368	571	654
長崎	621	709	426	446	228	158	-	136	166	382	552	601	229	398	572	688
福岡	705	714	499	441	199	113	136	-	345	509	639	680	138	300	465	584
鹿兒島	617	871	457	622	281	304	166	345	-	367	510	571	369	377	467	582
沖繩	331	1011	456	702	523	536	382	509	367	-	174	234	523	656	747	862
宮古	194	1040	448	772	571	659	552	639	510	174	-	88	687	815	906	1021
石桓	145	1050	460	802	601	712	601	680	571	234	88	-	728	872	972	1087
別府	787	859	602	570	308	199	229	138	369	523	687	728	-	272	370	482
大阪/神戶	916	963	769	739	474	368	398	300	377	656	815	872	272	-	227	346
名古屋	1012	1246	906	908	718	571	572	465	467	747	906	972	370	227	-	200
東京/橫濱	1126	1312	1017	1021	898	654	688	584	582	862	1021	1087	482	346	200	-

資料來源：本文章整理



資料來源:Marine Traffic

圖 4-2、基隆港到濟洲修正後航線

根據 Du et al.(2011)所列之油耗式及最佳速度，利用 $k=699$ 、 $k'=0.000865$ 、 $s=4.5$ 當作參數代入後，可推算出最佳速度 15.55482 節，並配合距離矩陣表，來建立油耗矩陣表 4-6，2018 年 6 月 4 日海運輕重柴油的平均價格為一公秉 26650 台幣的價格來估算出油耗成本矩陣 $\{C_{ij}\}$ 表 4-7，若距離超過航段時間窗限制將不予計算，從表中可以觀察出區域航線的特性，如表 4-6 中濟州島至鹿兒島產生出的橘色區塊，表示該區域中港口間兩兩能抵達，紅色區塊則表示沖繩、宮古島、石垣島也能航段時間窗限制內到底彼此的港口。

表 4-6、航段時間窗限制 378 之油耗矩陣

(加倫)	基隆	天津	上海	仁川	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石桓	別府	大阪/神戶	名古屋	東京/橫濱
基隆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28184	11208	8377	-	-	-	-
天津	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
上海	-	-	-	-	25589	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
仁川	-	-	-	-	15781	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
濟州島	-	-	25589	15781	-	9128	13223	11497	18591	-	-	-	23091	-	-	-
釜山	-	-	-	-	9128	-	9128	6528	22331	-	-	-	11497	39426	-	-
長崎	-	-	-	-	13223	9128	-	7857	9591	-	-	-	13292	-	-	-
福岡	-	-	-	-	11497	6528	7857	-	31955	-	-	-	7973	21605	-	-
鹿兒島	-	-	-	-	18591	22331	9591	31955	-	39065	-	-	39790	42830	-	-
沖繩	28184	-	-	-	-	-	-	-	39065	-	10053	13650	-	-	-	-
宮古	11208	-	-	-	-	-	-	-	-	10053	-	5084	-	-	-	-
石桓	8377	-	-	-	-	-	-	-	-	13650	5084	-	-	-	-	-
別府	-	-	-	-	23091	11497	13292	7973	39790	-	-	-	-	17391	40158	-
大阪/神戶	-	-	-	-	-	39426	-	21605	42830	-	-	-	17391	-	13156	32246
名古屋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40158	13156	-	11555
東京/橫濱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32246	11555	-

資料來源：本文章整理

表 4-7、航段時間窗限制 378 之油耗成本矩陣

(台幣)	基隆	天津	上海	仁川	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石桓	別府	大阪/神戶	名古屋	東京/橫濱
基隆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2843236	1130677	845082	-	-	-	-
天津	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
上海	-	-	-	-	2581450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
仁川	-	-	-	-	1592007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
濟州島	-	-	2581450	1592007	-	920844	1333952	1159831	1875483	-	-	-	2329448	-	-	-
釜山	-	-	-	-	920844	-	920844	658553	2252779	-	-	-	1159831	3977343	-	-
長崎	-	-	-	-	1333952	920844	-	792624	967552	-	-	-	1340913	-	-	-
福岡	-	-	-	-	1159831	658553	792624	-	3223660	-	-	-	804326	2179539	-	-
鹿兒島	-	-	-	-	1875483	2252779	967552	3223660	-	3940925	-	-	4014064	4320743	-	-
沖繩	2843236	-	-	-	-	-	-	-	3940925	-	1014159	1377029	-	-	-	-
宮古	1130677	-	-	-	-	-	-	-	-	1014159	-	512880	-	-	-	-
石桓	845082	-	-	-	-	-	-	-	-	1377029	512880	-	-	-	-	-
別府	-	-	-	-	2329448	1159831	1340913	804326	4014064	-	-	-	-	1754425	4051188	-
大阪/神戶	-	-	-	-	-	3977343	-	2179539	4320743	-	-	-	1754425	-	1327193	3253016
名古屋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4051188	1327193	-	1165683
東京/橫濱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3253016	1165683	-

資料來源：本文章整理

除油耗成本外，還須考量港口之停靠成本，主要分為碼頭碇泊費、垃圾清潔費、旅客橋費用、旅客費用等四個部分，但多數港口將垃圾清潔費及旅客橋費用計入碼頭碇泊費之中，因此整理之碼頭碇泊費包含垃圾清潔費及旅客橋費用。每個港口之收費單位及標準有所不同，本文章採停泊 12 小時、郵輪噸位 143700 公噸。匯率部分使用台灣銀行 2018 年 6 月 8 日現金匯率價格，到最後一位四捨五入，美金匯率 30.00、日幣匯率 0.275、人民幣匯率 4.72、韓元匯率 0.0299。旅客費會由於旅客數不同而有所變化，旅客數會因為巡航地點不同而有所改變，因此先訂人數為 N 再根據路線做變化，並製成停泊成本 C_j ，如表 4-8。

表 4-8、東北亞地區各港口停靠成本

(台幣)	碼頭碇泊	旅客費	總計
基隆港	152400+2400*N	460*N	152400+2860*N
天津	169566	706*N	169566+706*N
上海	169566	706*N	169566+706*N
仁川	206238	44.85*N	206238+44.85*N
濟州	206238	44.85*N	206238+44.85*N
釜山	206238	44.85*N	206238+44.85*N
長崎	165974	X	165974
福岡(博多)	102746	137.5*N	102746+137.5*N
鹿兒島	107883	X	107883
沖繩	79035	X	79035
宮古島	79035	X	79035
石垣島	79035	X	79035
別府	156489	X	156489
神戶/大阪	X	X	0
名古屋	X	X	0
東京(橫濱)	256474	X	256474

資料來源：本文章整理

4.2 模式一：郵輪一般模式

利用上一小節整理之票價表格 $R(D)$ 、油耗成本矩陣 C_{ij} 、停泊成本 C_j 、航段時間窗限制 F 、每人平均船上成本消耗 100 美金，並以基隆港為母港之行程規劃，規劃天數以現行航線之 4~8 天為主，每天需停靠一個港口，並且停靠的港口不重複，代入上一章之模型目標式與限制式當作模式一

$$R(D) * P - \sum_{j=2}^{D-1} C_{X_j} - \sum_{j=1}^{D-1} C_{X_j X_{j+1}} - P * 2990 * D \quad (4.1)$$

其中預測人數中的吸引力指標 A_j 使用各港口於 2017 年郵輪造訪數以及該地景點數量當作基準，處理後的數據如下表，並將兩項數據以 1:1 加權平均作為吸引力指標 A_j

表 4-9、東北亞地區各港口吸引力指標

	年造訪量	景點數量
基隆港	0.9065735	-1.34211
天津	-0.1933135	0.307622
上海	1.7464872	1.280981
仁川	-1.2465386	-0.66234
濟州	2.2997636	-0.63648
釜山	-0.6399342	-0.25437
長崎	0.4199568	0.007321
福岡(博多)	0.8199157	0.293008
鹿兒島	-0.6399342	-0.4439
沖繩	0.2333094	-0.20343
宮古島	-0.4866167	-0.68227
石垣島	-0.6532662	-0.86977
別府	-1.2198746	-1.18157
神戶/大阪	-0.2666393	1.533371
名古屋	-1.1398829	0.380909
東京/橫濱	0.0599938	2.473039

資料來源：本文章整理

預估人數是將標準差訂為一成乘上造訪的港口之吸引力指標加總，再加上郵輪平均販售率六成做為預估販售率，並乘上最大載客人數 3560 人，即為預估人數。

$$P = A * (0.6 + 0.1 * \sum_{i=2}^N X_i A_i) * 3560 \quad (4.2)$$

本文利用 C++ 來撰寫所需的程式碼，並將模型參數套入後，得到的模式一結果如下表

表 4-10、模式一 四天航線規劃

四天	行程內容	人數	票面收入	油耗成本	港口成本	收益
1	基隆>>沖繩>>宮古島>>基隆	2045	69454335	4988072	158070	39849993
2	基隆>>沖繩>>石垣島>>基隆	1986	67450518	5065347	158070	38474541
3	基隆>>宮古島>>沖繩>>基隆	2045	69454335	4988072	158070	39849993
4	基隆>>宮古島>>石垣島>>基隆	1730	58755990	2488639	158070	35418481
5	基隆>>石垣島>>沖繩>>基隆	1986	67450518	5065347	158070	38474541
6	基隆>>石垣島>>宮古島>>基隆	1730	58755990	2488636	158070	35418481

表 4-11、模式一 五天航線規劃

五天	行程內容	人數	票面收入	油耗成本	港口成本	收益
1	基隆>>沖繩>>宮古島>>石垣島>>基隆	1813	65200919	5215357	237105	32644107
2	基隆>>沖繩>>石垣島>>宮古島>>基隆	1813	65200919	5863822	237105	31995642
3	基隆>>宮古島>>沖繩>>石垣島>>基隆	1813	65200919	4366947	237105	33492517
4	基隆>>宮古島>>石垣島>>沖繩>>基隆	1813	65200919	5863822	237105	31995642
5	基隆>>石垣島>>沖繩>>宮古島>>基隆	1813	65200919	4366947	237105	33492517
6	基隆>>石垣島>>宮古島>>沖繩>>基隆	1813	65200919	5215357	237105	32644107

資料來源：本文章整理

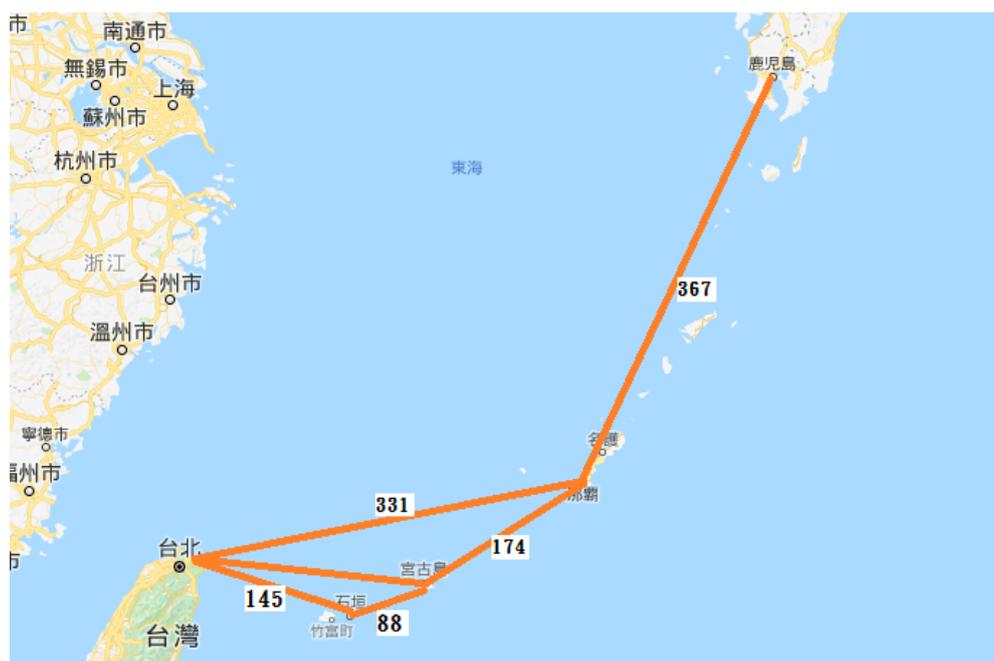
可以由上方結果中看出每個天數的行程規劃會有兩個最佳解，是由於航線的順逆視為不同種來列出，因此如果要知道總共有幾種路線，須將計算出來的數量除以二便能得知。因此在模式一中四天有三條航線，最佳航線為先前往沖繩再去宮古島、五天有三條航線，最佳航線是宮古島>>沖繩>>石垣島的順序。

六七八天沒有航線可規劃，會存在沒有航線規劃組合的原因主要有兩點。

第一點是因為航段時間窗限制為 378 海里

第二點是由於每天停靠一個港口且港口不重複

由圖 4-3 可以看出，基隆港能抵達的港口為沖繩、宮古島、石垣島三個港口，當中除了沖繩那霸港能連向鹿兒島港外，這四個港口由於航段時間窗限制較短的緣故而形成區域性航線，但也由於不能停靠重複的港口，導致若從沖繩航向鹿兒島便沒有航線能回基隆港，也因此 4、5 天的規劃已這三個島嶼的排列組合為主，而 6、7、8 天沒有航線規劃，此結果與現有之郵輪航線規劃小於五天的航線也確實一致。



資料來源：本文章繪製

圖 4-3、基隆港周圍區域航線

4.3 模式二：郵輪海上巡航模式

根據上一小節之規劃結果，可以知道天數多時無法規劃航線是由於航段時間窗限制及每日需停靠港口且港口不重複兩個條件所致。於第三章中提及於海上漂流的現況，時間窗限制與原假設相同，晚上八點離港、早上十點抵港，因此航段時間窗限制變為三十八小時乘上 27 節，第二天與倒數第二天的航段時間窗限制 F 變為 1026 海里，因此將限制式 3.4 做出改變

$$d_{x_i x_{i+1}} \leq \begin{cases} 1026 & i = 1, D - 1 \\ 378 & else \end{cases} \quad (4.3)$$

也因為距離限制發生了改變，可行範圍與油耗方程式 C_{ij} 發生改變，因此重新製作第二天與倒數第二天的油耗矩陣如表 4-13 以及油耗成本矩陣 C'_{ij} 如表 4-14。原本的目標式 3.1 也有所改變，計算油耗成本的部分改成一般情況及第二天、倒數第二天的情況，也因為有兩天在海上巡航，因此規劃的天數變為六到十天，並用線性回歸方法預估新的票價，將參數變更後的目標式與限制式即為模式二。

產生出來的航線數量眾多，因此將當中收益最大的航線列成表 4-12，並根據表格中的港口順序描繪至地圖上產生出圖 4-4。表格中越多天的航線規劃數量越多、收益也隨者天數上升符合預期。當中可以發現兩個特點，第一點是最佳航程一定都有上海及濟州島，第二點是參加人數超過船舶容量上限的情形發生，會發生這兩個現象的原因主要有二。

1. 上海及濟州島吸引力指標相較於其他港口過高
2. 預估人數的標準差一成訂的過高

表 4-12、模式二 各天數最大收益航線

天數	航線種類	最佳航程	人數	收益
6	27	基隆>>上海>>濟州島>>基隆	3576	81627997
7	120	基隆>>上海>>濟州島>>福岡>>基隆	3868	97946375
8	461	基隆>>上海>>濟州島>>福岡>>長崎>>基隆	4017	114008529
9	1433	基隆>>上海>>濟州島>>釜山>>福岡>>長崎>>基隆	3790	116790538
10	3329	基隆>>上海>>濟州島>>福岡>>長崎>>鹿兒島>>沖繩>>基隆	3873	127899530

資料來源：本文章整理

表 4-13、海上漂流油耗矩陣

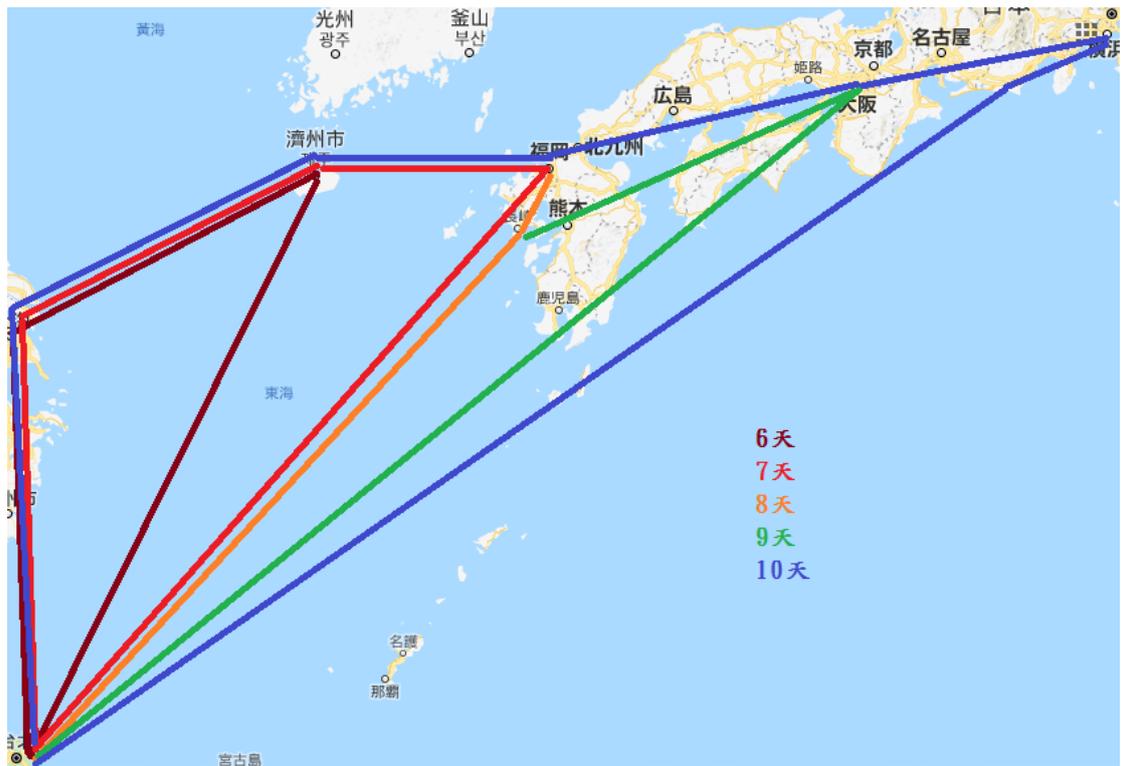
(加倫)	基隆	天津	上海	仁川	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石桓	別府	大阪/神戶	名古屋	東京/橫濱
基隆	-	105268	23053	53458	34321	44887	36039	43335	35767	19124	11208	8377	54082	81050	111888	-
天津	105268	-	41788	26115	32239	43877	43768	44320	69998	111510	-	-	67369	94810	-	-
上海	23053	41788	-	27733	18488	27501	24613	28830	26404	26346	25884	26577	34802	51361	78424	113802
仁川	53458	26115	27733	-	14906	24208	25768	25479	36108	43016	51799	56523	32933	47295	78941	115357
濟州島	34321	32239	18488	14906	-	9128	13173	11497	16235	30217	32990	34741	17795	27386	44772	76395
釜山	44887	43877	27501	24208	9128	-	9128	6528	17564	30968	38943	44098	11497	21262	32990	38525
長崎	36039	43768	24613	25768	13173	9128	-	7857	9591	22070	31893	34741	13230	22995	33048	41590
福岡	43335	44320	28830	25479	11497	6528	7857	-	19933	29408	37339	40820	7973	17333	-	33741
鹿兒島	35767	69998	26404	36108	16235	17564	9591	19933	-	21204	29466	32990	21319	21782	26981	33626
沖繩	19124	111510	26346	43016	30217	30968	22070	29408	21204	-	10053	13519	30217	38691	48324	68015
宮古	11208	-	25884	51799	32990	38943	31893	37339	29466	10053	-	5084	41492	58771	78424	115357
石桓	8377	-	26577	56523	34741	44098	34741	40820	32990	13519	5084	-	45942	70223	97727	-
別府	54082	67369	34802	32933	17795	11497	13230	7973	21319	30217	41492	45942	-	15715	21377	27848
大阪/神戶	81050	94810	51361	47295	27386	21262	22995	17333	21782	38691	58771	70223	15715	-	13115	19990
名古屋	111888	-	78424	78941	44772	32990	33048	26866	26981	48324	78424	97727	21377	13115	-	11555
東京/橫濱	-	-	113802	115357	76395	38525	41590	33741	33626	68015	115357	-	27848	19990	11555	-

資料來源：本文章整理

表 4-14、海上漂流油耗成本矩陣

(台幣)	基隆	天津	上海	仁川	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石桓	別府	大阪/神戶	名古屋	東京/橫濱
基隆	-	10619564	2325614	5392908	3462344	4528255	3635658	4371687	3608218	1929252	1130676	845082	5455858	8176423	11287398	-
天津	10619564	-	4215624	2634513	3252309	4426365	4415369	4471055	7061483	11249265	-	-	6796267	9564548	-	-
上海	2325614	4215624	-	2797738	1865092	2774334	2482989	2908405	2663667	2657816	2611209	2681120	3510868	5181360	7911509	11480485
仁川	5392908	2634513	2797738	-	1503735	2442132	2599507	2570352	3642619	4339506	5225546	5702109	3322321	4771177	7963664	11637355
濟州島	3462344	3252309	1865092	1503735	-	920843	1328908	1159831	1637806	3048327	3328071	3504714	1795181	2762733	4516654	7706821
釜山	4528255	4426365	2774334	2442132	920843	-	920843	658552	1771877	3124089	3928617	4448660	1159831	2144936	3328071	3886449
長崎	3635658	4415369	2482989	2599507	1328908	920843	-	792623	967551	2226448	3217404	3504714	1334658	2319763	3333922	4195650
福岡	4371687	4471055	2908405	2570352	1159831	658552	792623	-	2010865	2966715	3766804	4117971	804325	1748574	-	3403833
鹿兒島	3608218	7061483	2663667	3642619	1637806	1771877	967551	2010865	-	2139085	2972566	3328071	2150686	2197394	2721876	3392232
沖繩	1929252	11249265	2657816	4339506	3048327	3124089	2226448	2966715	2139085	-	1014158	1363813	3048327	3903195	4874984	6861436
宮古	1130676	-	2611209	5225546	3328071	3928617	3217404	3766804	2972566	1014158	-	512880	4185763	5928890	7911509	11637355
石桓	845082	-	2681120	5702109	3504714	4448660	3504714	4117971	3328071	1363813	512880	-	4634685	7084182	9858819	-
別府	5455858	6796267	3510868	3322321	1795181	1159831	1334658	804325	2150686	3048327	4185763	4634685	-	1585348	2156537	2809340
大阪/神戶	8176423	9564548	5181360	4771177	2762733	2144936	2319763	1748574	2197394	3903195	5928890	7084182	1585348	-	1323057	2016615
名古屋	11287398	-	7911509	7963664	4516654	3328071	3333922	2710274	2721876	4874984	7911509	9858819	2156537	1323057	-	1165682
東京/橫濱	-	-	11480485	11637355	7706821	3886449	4195650	3403833	3392232	6861436	11637355	-	2809340	2016615	1165682	-

資料來源：本文章整理



資料來源：本文章繪製

圖 4-4、模式二 各天數最佳航線規劃

由於上海跟濟州吸引力最大，並且都是在海上漂流一天內可以抵達的地點，因此優先靠這兩個港口，並且在從可行範圍內選取利潤最大的港口，來當作多一天的規劃。而當中比較特別的是第九天與第十天的差異，一個選取的是長崎港而另一個選取的是東京加上名古屋，長崎港本身的吸引力與名古屋相當，但增加的成本小於前往鹿兒島的，因此在九天時選取長崎。而在十天時因為東京港帶來的利潤大過連向東京迂迴的路徑成本，因此有了這樣的航線規劃。

表 4-15、船速改變油耗成本矩陣

(台幣)	基隆	天津	上海	仁川	濟州島	釜山	長崎	福岡	鹿兒島	沖繩	宮古	石桓	別府	大阪/神戶	名古屋	東京/橫濱
基隆	-	-	5290008	-	-	-	-	-	-	2843235	1130676	845081	-	-	-	-
天津	-	-	-	8529404	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
上海	5290008	-	-	10871866	2581449	10506575	6764387	-	8912248	8834469	8233721	9149016	-	-	-	-
仁川	-	8529404	10871866	-	1592006	6349361	8089259	7737890	-	-	-	-	-	-	-	-
濟州島	-	-	2581449	1592006	-	920843	1333952	1159831	1875482	-	-	-	2329447	10327914	-	-
釜山	-	-	10506575	6349361	920843	-	920843	658552	2252778	-	-	-	1159831	3977342	-	-
長崎	-	-	6764387	8089259	1333952	920843	-	792623	967551	4524420	-	-	1340912	5241686	-	-
福岡	-	-	-	7737890	1159831	658552	792623	-	3223658	-	-	-	804325	2179538	-	-
鹿兒島	-	-	8912248	-	1875482	2252778	967551	3223658	-	3940924	-	-	4014062	4320741	9723030	-
沖繩	2843235	-	8834469	-	-	-	4524420	-	3940924	-	1014158	1377028	-	-	-	-
宮古	1130676	-	8233721	-	-	-	-	-	-	1014158	-	512880	-	-	-	-
石桓	845081	-	9149016	-	-	-	-	-	-	1377028	512880	-	-	-	-	-
別府	-	-	-	-	2329447	1159831	1340912	804325	4014062	-	-	-	-	1754424	4051187	11058597
大阪/神戶	-	-	-	-	10327914	3977342	5241686	2179538	4320741	-	-	-	1754424	-	1327193	3253015
名古屋	-	-	-	-	-	-	-	9555870	9723030	-	-	-	4051187	1327193	-	1165682
東京/橫濱	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11058597	3253015	1165682	-

資料來源：本文章整理

4.4 敏感度分析

船速改變分析

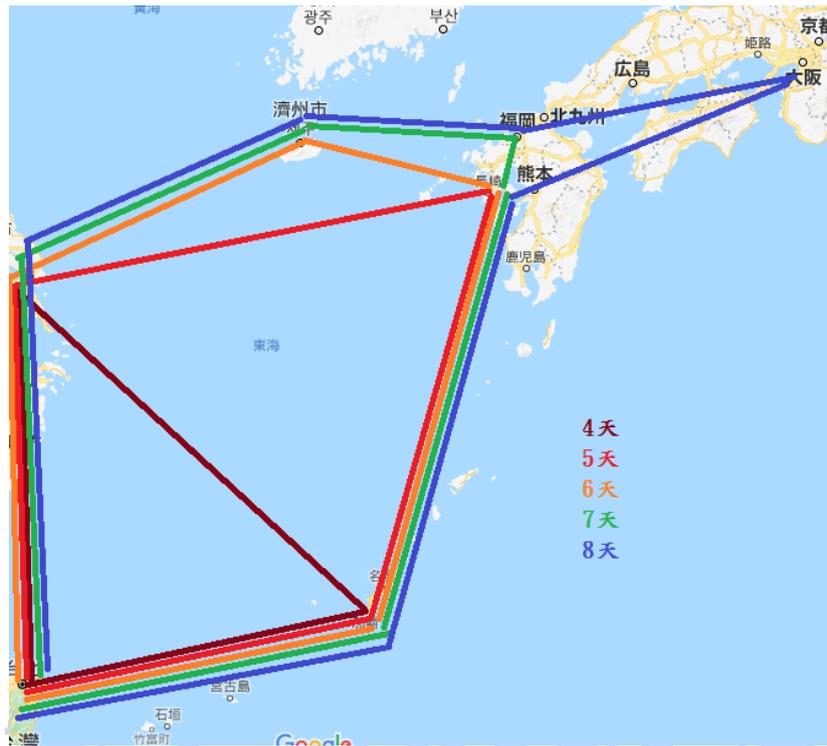
於第三章的時候提到說，航段限制 F 會顯著影響可行使區域，因此於此小節中對速度部分做出改變，目前最快速的郵輪為瑪麗皇后二號，其最大時速為 35 節，倘若以未來科技改變，郵輪速度普遍能以 35 節行駛，並帶入模式一當中，將會影響航段時間窗限制 F，將改成 14 小時乘上 35 節的 490 海里。油耗矩陣及油耗成本矩陣的可行區域也會因為距離變遠而改變，整理後的成本矩陣在上頁的表 4-15。

規劃出之最佳航線如下表 4-16，並根據最佳航程畫於地圖上成為圖 4-4，當中可以發現停靠的港口主要著重在上海及濟州兩個港口，理由與上一小節相似。規劃出來的航線也與前一節類似，以少一天的最佳航線為基礎，再選擇範圍內利潤最大港口，也因此收益有逐步上升的趨勢，但五天航程由於增加的油耗成本大於獲取的利潤，導致收益的下降小幅度下降。在 6 天的時候，由於可以到達濟州島，吸引到的人數大幅提升，因此收益值也跟者上升。

表 4-16、船速改變 各天數收益最大航線

天數	航線種類	最佳航程	人數	收益
4	6	基隆>>上海>>沖繩>>基隆	2680	39949194
5	14	基隆>>上海>>長崎>>沖繩>>基隆	2737	35831931
6	27	基隆>>上海>>濟州島>>長崎>>沖繩>>基隆	3024	59348023
7	79	基隆>>上海>>濟州島>>福岡>>長崎>>沖繩>>基隆	3183	71783772
8	386	基隆>>上海>>濟州島>>福岡>>大阪>>長崎>>沖繩>>基隆	3261	77168509

資料來源：本文章整理



資料來源：本文章繪製

圖 4-5、船速改變後各天數航線規劃

候選港口改變分析

由模式二及當中發現，選擇出來的港口都會傾向於停靠上海及濟州島，主要原因在於這兩個港口的吸引力遠高於其他港口，因此在這一小節中將會移除這兩個港口，再重新執行模式二，並分析結果如何。

由於候選港口的改變，因此港口本身的吸引力指標也會跟著改變，變更後的吸引力指標如下表 4-17：

表 4-17、候選港口改變之吸引力指標

港口	年造訪量	景點數量
基隆	1.755806	-1.29959
天津	0.140548	0.354617
上海	X	X
仁川	-1.40618	-0.61798
濟州島	X	X
釜山	-0.51534	-0.2089
長崎	1.041177	0.053502
福岡	1.628544	0.339964
鹿兒島	-0.51534	-0.39894
沖繩	0.767073	-0.15782
宮古	-0.29019	-0.63796
石垣	-0.53492	-0.82597
別府	-1.36703	-1.13862
大阪/神戶	0.032865	1.583694
名古屋	-1.24955	0.428103
東京/橫濱	0.512547	2.525912

資料來源：本文章整理

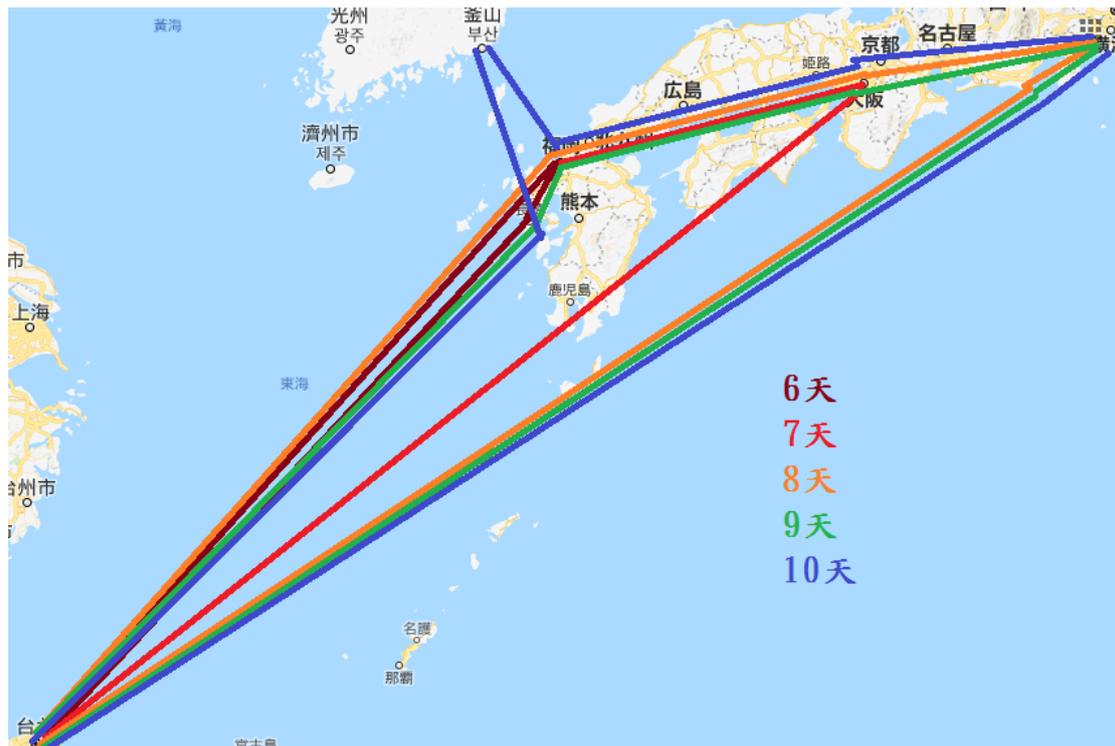
將扣除兩個港口的吸引力指標 A_j 帶入模式二並刪除包含這兩個港口的航線，得到的最佳航線規劃如下

表 4-18、候選港口改變之各天數收益最大航線

天數	航線種類	最佳航程	人數	收益
6	20	基隆>>長崎>>福岡>>基隆	2681	60330337
7	73	基隆>>長崎>>福岡>>神戶/大阪>>基隆	2968	70708880
8	222	基隆>>福岡>>大阪>>東京>>名古屋>>基隆	3168	78460081
9	521	基隆>>長崎>>福岡>>大阪>>東京>>名古屋>>基隆	3240	93893720
10	850	基隆>>長崎>>釜山>>福岡>>大阪>>東京>>名古屋>>基隆	3058	90783705

資料來源：本文章整理

藉由上方的表格，繪製出的最佳航線於地圖上成為圖 4-6



資料來源：本文章繪製

圖 4-6、候選港口改變各天數航線規劃

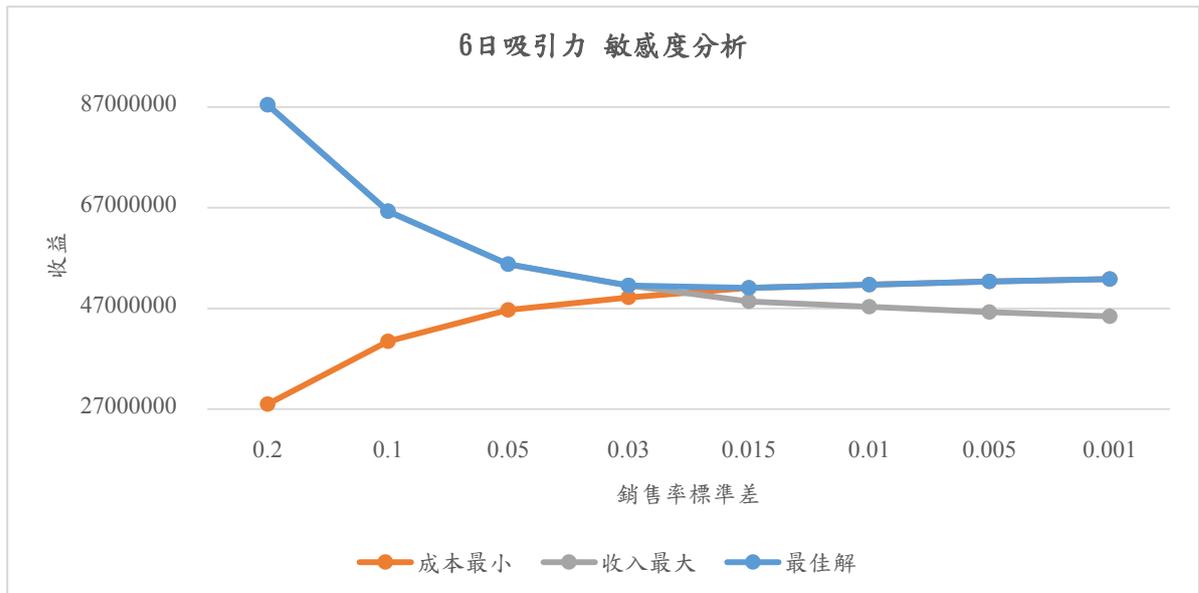
由此小節規劃出來的航線中可以看出，由於少了上海及濟州的影響，模式更早往東邊的東京名古屋一代求最佳解，而取代被刪除的兩個港口的便是在路途中，距離必走航線福岡較近的長崎以及釜山港，一是能有效減少移動距離，二是也能吸引更多的旅客。

吸引力指標敏感度分析

於第三章時說明標準差對港口選擇有顯著的影響，因此本小節將針對標準差做出改變，並分析結果。標準差設定大時，吸引力大的港口對利潤的影響力將會變高，因此收入最大化的航線將會被選擇，反之將會因為航行成本影響港口的選擇，進而選擇成本最小化的航線。因此本節將針對模式二設定中的標準差假設數值做出改變，範圍從 0.2 到 0.001，並希望找到對各天數的影響與敏感度分析。

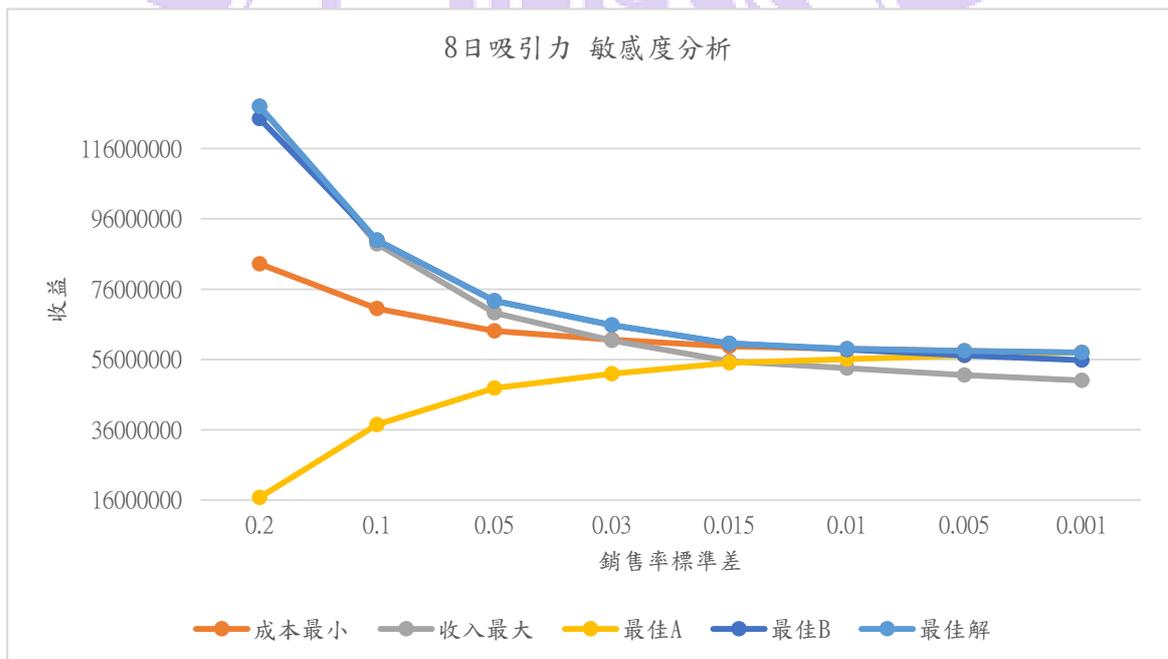
於下方圖 4-7~4-9 中，可以看出成本最小化航線收益隨者標準差下降而上升，由於選取的主要為整體吸引力指標為負的港口，因此當標準差下降時，收益值會跟者上升。而收入最大化的航線，由於選擇的港口整體吸引力總和為正，因此收益也會隨標準差下降而下降，而收入最大化的航線下降的速度更快，因此當販售率標準差為 0.015 左右時，成本最小化航線的收益值會大於收入最大化的航線。而其中要注意的點是，成本最小及收入最大的航線會隨者巡航天數變多而提早交叉，從天數較少的 0.015 到天數較多的 0.03 時交叉，也就是說當天數增加時，航行成本的影響力會使成本最小化航線更容易成為最佳解。圖 4-8、4-9 中的最佳 A、B 等航線，是除了成本最小和收入最大以外的航線，其吸引的人數沒有收入最大航線多，但亦有考量到航行成本，因此當標準差影響調低時，能超越收入最大航線成為最佳航線。

除了兩條航線提早交叉以外，也能從此敏感度分析中發現，最佳航線特性的成因，在於當標準差設定為 0.1 時，不論是幾天的最佳航線都在收入最大化航線，也因此會隨天數增加從可行解中找尋利潤最大的港口，來當作後一天的最佳解。除此之外也可以發現隨天數增加，從原本僅有兩種航線中選擇最佳航線，變為有越來越多種航線可能成為最佳解，也因此表示在天數較少時標準差的影響較為不敏感，而天數較多時會因為標準差些微的改變而影響到最佳解的現象產生。



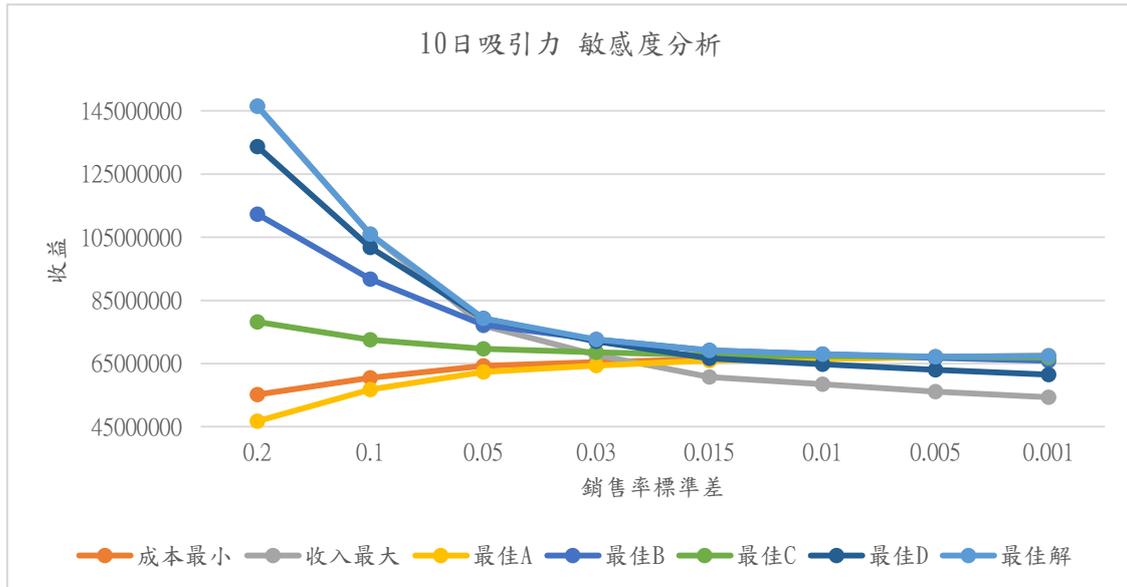
資料來源:本文章繪製

圖 4-7、6 天吸引力敏感度分析



資料來源:本文章繪製

圖 4-8、8 天吸引力敏感度分析

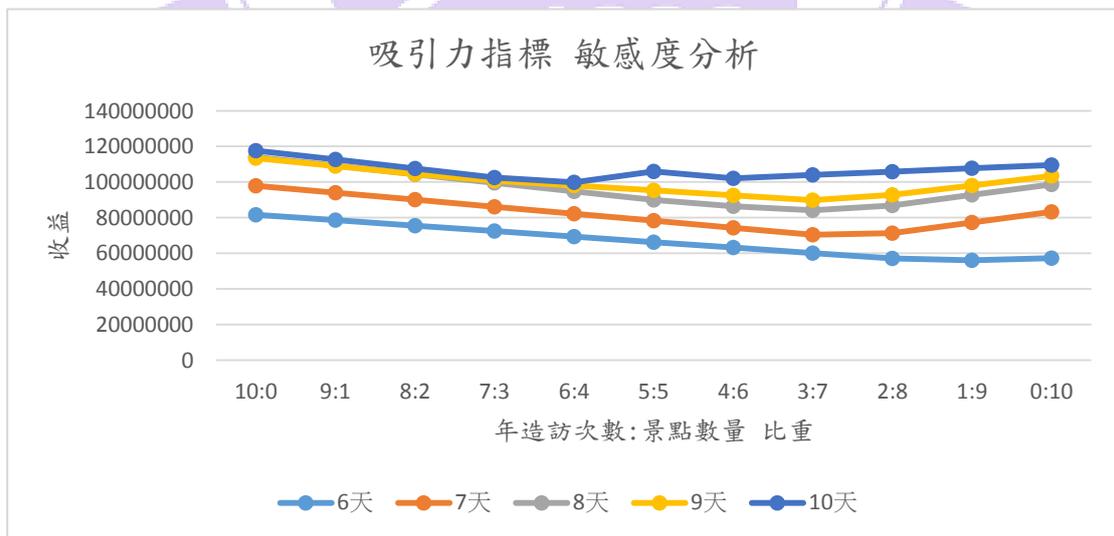


資料來源:本文章繪製

圖 4-9、10 天吸引力敏感度分析

吸引力指標比重分析

在此章前部分提到，本研究將港口年造訪次數及熱門景點數量經由標準化之後，做 1:1 的加權，因此本小節將會以模式二為基礎針對吸引力指標的權重改變，觀察是否會對最大收益造成影響來做敏感度分析。



資料來源:本文章繪製

圖 4-10、吸引力指標敏感度分析

可以從上方圖片中發現比重有凹向上且偏右的情形，根據公式(3.7)，可以得知本研究的吸引力指標會對收入有直接性的影響，收益值越高表示選取的港口的吸引力總和越高，而由於郵輪有距離上的航段時間窗限制，因此年造訪次數比重高比景點數量比重高的收益大的原因在於，前者吸引力高的港口相較於後者更為聚集在一處，這也表示了東北亞地區港口的習性。

除此之外天數越多比起天數少的收益變化量更少，較為不敏感，也因為要選取的港口數量增加，吸引力高的要都聚集在一起的可能性變低，因此天數上升時比重 1:1 可能更為準確。天數少時可能會由於分散的不均勻的緣故需要著重考量年造訪次數或是熱門景點數量對收益的影響。

4.5 小結

本章節主要對東北亞地區郵輪巡航路線做出規劃，當中包含了模式一的四天及五天最佳航線規劃，以及模式二海上巡航模式的六到十天之最佳航線規劃。可以看出最佳航線具有一項特性，是以少一天的最佳解為基礎，並從可到達的港口中選取利潤最大者，即為該天數的最佳航線，而這樣的特性也與旅行商問題使用動態規劃的解法類似，以前幾個的最佳解為基礎去尋找新的最佳解。

這個特性的成因可以從敏感度分析中的改變吸引力標準差中發現，由於各天數在標準差 0.1 的規劃時，最佳解依然在利潤最大化航線上，因此當天的最佳解就是少一天的利潤最大航線尋找能使利潤增加最多的港口，當然也會是利潤最大航線。也因此即使改變了船速，從圖 4-15 可以看出這樣的現象也依舊存在。但到改變候選港口的敏感度分析時，將兩個吸引力最大的港口移除後，各港口間吸引力總和更為接近，使航行成本的影響變大，因此出現不是利潤最大化的航線成為最佳解。

而規劃出來的結果如模式一的四天及五天解，與現實中的航程規劃一致，模式二中，由於上海港及濟州港主要作為母港使用，因此較少供掛靠使用，規

劃出來的航程與事實較不相符。而在敏感度分析中的改變候選港口時，將兩港口刪除後所規劃出來的航線與現實航線相符，具有前往一較遠的地點，並在該地點周圍巡航，最後再回母港的特性，此特性也與公主郵輪於 2019 所規劃出的東京、名古屋、大阪航線極為相似。



第五章結論與建議

5.1 結論

郵輪再近年來蓬勃發展，隨者地中海以及北美市場的飽和，郵輪產業的重心也逐漸移往亞洲的新興市場。而當郵輪移往新地區巡航時，需要先決定一母港，並針對該母港做出巡航規劃。在做巡航規劃時，須考量巡航天數、依據船舶大小對候選港口做選擇，並計算各港口間距離、停泊成本、抵港時間、離港時間、並依照巡航速度來估算出油耗成本，然而成本最小化的航線不一定是最佳航線，還需考量各港口對旅客的吸引力有所不同。因此本研究設計最佳化 CISD 模型，並以郵輪公司角度出發，規劃出以基隆港為母港之東北亞地區 4~8 天最佳巡航路線，若有海上漂流則為 6~10 天之最佳巡航路線，並使郵輪公司收益最大化。

本研究結論如下：

1. 本研究探討東北亞地區各港口間可行航線組合。港口間距離、巡航速度、時間窗限制、是否每天靠港都是影響可行航線組合的因素。如果郵輪航行時間拉長，便能前往更遠的港口，而本文將離港時間訂為晚上八點，到港時間為早上十點，共十四小時的巡航，最大航速訂為 27 節，每天需停靠一港口以吸引增進旅途豐富性來吸引更多旅客。而藉此參數設定，配合東北亞地區港口距離如表 4-5。規劃出模式一的 4 天 3 種航線、5 天 3 種航線，6 天以上沒有可行航線。若可於第二天與倒數第二天在海上漂流，則可規劃出模式二，6 天有 27 種航線、7 天 120 種航線、8 天 466 種航線、9 天 1433 種航線、10 天 3329 種航線，最佳航線在表 4-12。若將最大航速改為 35 節，其他保留模式一的設定，則規劃出 4 天 6 種航線、5 天 14 種航線、6 天 27 種航線、7 天 79 種航線、8 天 386 種航線，最佳航線在表 4-16。可

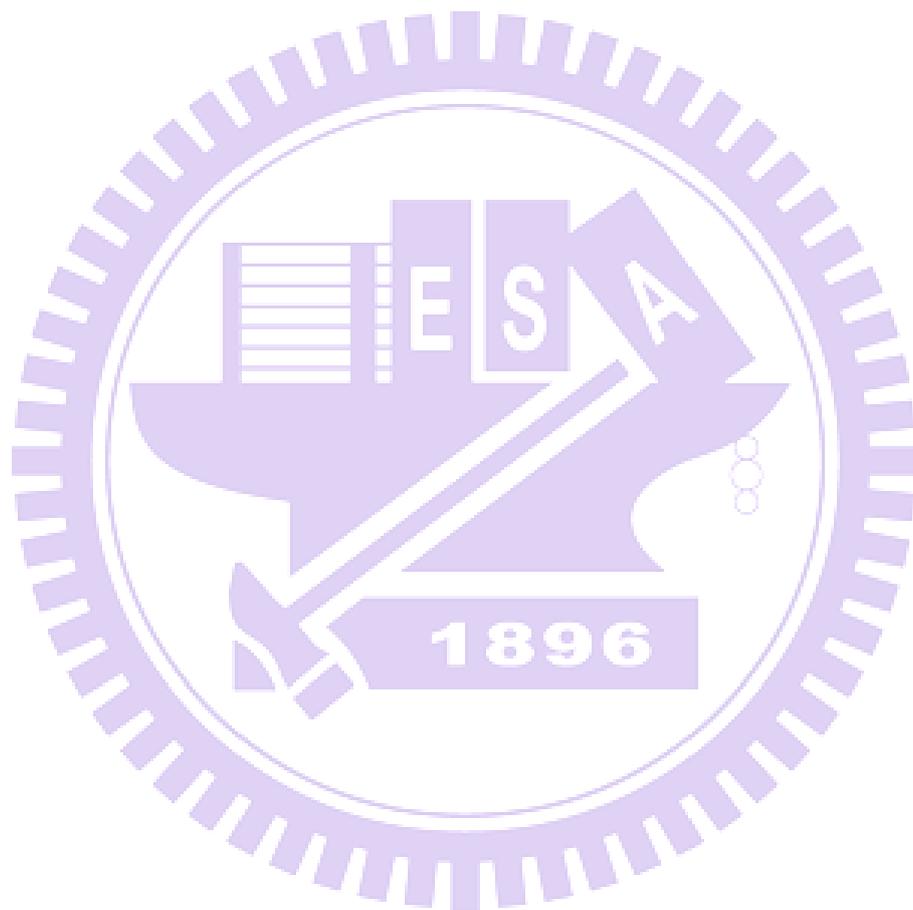
見改變參數確實會影響到各港口間可行航線的數量。

2. 分析各可行航線影響成本及收入的因素，郵輪巡航的收入主要來自票面收入以及船上消費收入，前者為票價乘上旅客人數，是郵輪公司主要收入來源，票價根據收集到的資料跟天數有高度相關，而旅客人數則會因為港口選擇而有影響，後者會由於船上娛樂設施不同、遊客的消費習慣等而有所改變，也因此較難以預估。而成本主要是油耗成本、停泊成本、船上服務成本。油耗成本會由於船舶大小、船速、油價等因素影響。停泊成本會依照各港口訂定而有所不同，主要有碇泊費與旅客費，碇泊費與船舶噸位有關而旅客通行費則與旅客數有關係。而船上消費成本根據 Shuaian Wang(2017)，每人平均一天產生 100 美金的成本。
3. 本研究根據上述兩點建置出東北亞地區 CISD 模型，目標式為收入減掉支出的利潤最大化，收入部分主要考量票面收入，支出則是油耗成本、停泊成本、船上成本三個部分。而限制式則為了滿足郵輪巡航的特性，包含要回到母港，各航段要滿足航段時間窗限制，不得停靠重複的港口，每天停靠一港口，所有停靠的港口都在候選港口內，來當作模型一。並針對每天停靠一港口做出改變，讓模型更滿足現實條件的模型二。
4. 以基隆港為母港的實證研究與敏感度分析，本研究的實證研究是以基隆港當作母港來做規劃，主要分為模型一與模型二，模型一設計出來的結果如表 4-10 與表 4-11 顯示與現實情況相符，以基隆港為母港的四到五天規劃確實是以沖繩、石垣島、宮古島一帶巡航，可見本研究中模式一的參數假設與現實相符。而六天以上的巡航模式也與模式二相符，主要都是有兩天在海上巡航以到達更遠的地方，但規劃出來的結果與事實相異，實際上的郵輪路線並不會前往上海港掛靠。而在敏感度分析中的改變候選港口，扣除上海港與濟州港所規劃出來的 6~8 天最佳航線則與現實條件相近，前往日本吸引力較高的港口後，在周圍一帶巡航，最後回到母港，可見模型結

果雖然與目前結果不完全相同，但具有反映出日本相較於韓國更有吸引力，使郵輪主要前往日本巡航後返程的特性，並且規劃出的航線與 2019 年公主郵輪所規劃的遠洋航線相符。而在敏感度分析的部分，反映出了當標準差大的時候，航線會傾向於收入較大的港口們，而當標準差轉小時，最佳航線則會傾向於成本較小的港口，並且隨者天數的增加，收入最大化的影響力容易變小，成本最小化的影響力容易變大，也由於天數變多，導致航線變多，出現非最大收益也非最小成本航線的最佳解也變多。換言之當天數越少時對敏感度越不敏感，改變數值後解還是在最大利潤或是最小成本上，而在天數多時會較容易因為敏感度的改變，而改變最佳解的現象。關於造訪數與景點數量的比重，也會發現天數較多時受到兩者比重影響會較少，而天數少時就要看哪一種較為密集，以東北亞港口當作例子的話，造訪數量相較於景點數量更為密集，也因此影響力會更大。

5.2 建議

本研究對於模型的假設還不夠完善，收入部分的預估人數，本文僅以港口的年郵輪造訪數當作依據，根據文獻顯示，港口建設、自然風景、方便程度、環境整潔、票價等因素都會影響參與人數，而販售價格部分則是以官網上建議售價當作基準來做預估，而非團體折扣、旅行社折扣、時間促銷等優惠價格。倘若能收集到郵輪公司方面的各行程販售人數、平均販售票價等資料，能使做出來的預測人數與票價更為精準，也能使最佳航線的選擇更為正確。限制式的時間窗部分，本研究將抵港時間與離港時間限制為固定值，若是將這部分改成變數，將會影響到航段時間窗距離限制，不只影響到油耗成本，更有可能影響到可行港口組合，可以依照各港口周圍設施開放時間，並考量時差來做時間窗的設定。上述建議能使研究更為貼近實務並使研究的實用性更加提升，而當預估值相當精準時也可以考慮一段時間長度，如一個月、半年的最佳郵輪規劃拿來設計。



參考文獻

- Asia Cruise Trends 2017 Report. (2017)Cruise Lines International Association. Available from: <https://www.cruising.org/about-the-industry/research/asia-cruise-trends-2017>. [15 September 2017].
- Biehn, N. (2006) A cruise ship is not a floating hotel. *Journal of Revenue and Pricing Management*, **5**, 135–142.
- Business Research and Economic Advisors (BREA), (2005). “The contribution of the North American Cruise Industry to the U.S. Economy in 2004”. Prepared for: International Council of Cruise Lines (ICCL). August.
- Chen, J. M., Zhang, J., & Nijkamp, P. (2016). A regional analysis of willingness-to-pay in Asian cruise markets. *Tourism Economics*, *22*(4), 809-824.
- Chen, J. M., & Nijkamp, P. (2018). Itinerary planning: Modelling cruise lines’ lengths of stay in ports. *International Journal of Hospitality Management*, *73*, 55-63.
- Cruise Industry News. (2017) Cruise industry statistics—Cruise ship statistics. Available from : <https://www.cruiseindustrynews.com/>. [15 September 2017].
- Cruzely.(2016) Here’s How Much Money Cruise Ships Make Off Every Passenger. Available from : <https://www.cruzely.com/heres-how-much-money-cruise-ships-make-off-every-passenger-infographic/>
- Du, Y., Chen, Q., Quan, X., Long, L., & Fung, R. Y. (2011). Berth allocation considering fuel consumption and vessel emissions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *47*(6), 1021-1037.
- Fransoo, J.C. and Lee, C.Y. (2013) The critical role of ocean container transport in global supply chain performance. *Production and Operations Management*, **22**(2), 253–268.

- Gui, L. and Russo, A.P. (2011) Cruise ports: A strategic nexus between regions and global lines—Evidence from the Mediterranean. *Maritime Policy & Management*, **38**(2), 129–150.
- G.P. Wild (International) Ltd and Business Research and Economic Advisors (BREA), (2007). “Contribution of cruise tourism to the economies of Europe”. February.
- Kimes, S.E. (1989) Yield management: A tool for capacity-considered service firms. *Journal of Operations Management*, **8**, 348–363.
- Maddah, B., Moussawi-Haidar, L., El-Taha, M. and Rida, H. (2010) Dynamic cruise ship revenue management. *European Journal of Operational Research*, **207**(1), 445–455.
- Manning, T. (2006). Managing cruise ship impacts: Guidelines for current and potential destination communities. Message posted to <http://www.tourisk.org/content/projects/downloads.html>.
- Meng, Q., Wang, S., Andersson, H. and Thun, K. (2014) Containership routing and scheduling in liner shipping: Overview and future research directions. *Transportation Science*, **48**(2), 265–280.
- Ng, M.W. (2014) Distribution-free vessel deployment for liner shipping. *European Journal of Operational Research*, **238**(3), 858–862.
- Ng, M.W. (2015) Container vessel fleet deployment for liner shipping with stochastic dependencies in shipping demand. *Transportation Research Part B*, **74**, 79–87.
- Pang, K.W. and Liu, J. (2014) An integrated model for ship routing with transshipment and berth allocation. *IIE Transactions*, **46**(12), 1357–1370.
- Peisley, T., (2003). “Cruising – A global view of the challenge and the opportunity”. Paper presented at the International Association Cities and Ports Days. Le Port, La

Reunion, 19-22 November

- Qi, X.T. and Song, D.P. (2012) Minimizing fuel emissions by optimizing vessel schedules in liner shipping with uncertain port times. *Transportation Research Part E*, **48**(4), 863–880.
- Rodrigue, J. and Notteboom, T. (2013) The geography of cruises: Itineraries, not destinations. *Applied Geography*, **38**, 31–42.
- Shintani, K., Imai, A., Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (2007) The container shipping network design problem with empty container repositioning. *Transportation Research Part E*, **43**(1), 39–59.
- Song, D.P. and Dong, J.X. (2011) Effectiveness of an empty container repositioning policy with flexible destination ports. *Transport Policy*, **18**(1), 92–101.
- Song, D.P. and Dong, J.X. (2012) Cargo routing and empty container repositioning in multiple shipping service routes. *Transportation Research Part B*, **46**(10), 1556–1575.
- Song, D.P. and Dong, J.X. (2013) Long-haul liner service route design with ship deployment and empty container repositioning. *Transportation Research Part B*, **55**, 188–211.
- Talluri, K. and van Ryzin, J. (2004) *The Theory and Practice of Revenue Management*, Kluwer Academic, Boston
- Toth, P. and Vigo, D. (2001) *The Vehicle Routing Problem*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.
- Veronneau, S. and Roy, J. (2009) Global service supply chains: An empirical study of current practices and challenges of a cruise line corporation. *Tourism Management*, **30**, 128–139.

- Vina, L., Ford, J., (1998). "Economic impact of proposed cruise ship business". *Annals of Tourism Research*, 25, 205-221.
- Wang, K., Wang, S., Zhen, L. and Qu, X. (2016) Cruise shipping review: Operations planning and research planning. *Maritime Business Review*, 1(2), 133–148.
- Wang, S. and Meng, Q. (2012a) Liner ship route schedule design with sea contingency time and port time uncertainty. *Transportation Research Part B*, 46(5), 615–633.
- Wang, S. and Meng, Q. (2012b) Robust schedule design for liner shipping services. *Transportation Research Part E*, 48(6), 1093–1106.
- Wang, S., Wang, H. and Meng, Q. (2015) Itinerary provision and pricing in container liner shipping revenue management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 77, 135–146.
- Wang, S., Wang, K., Zhen, L., & Qu, X. (2017). Cruise itinerary schedule design. *IIE Transactions*, 49(6), 622-641.
- Zhen, L., Wang, S. and Wang, K. (2016) Terminal allocation problem in a transshipment hub considering bunker consumption. *Naval Research Logistics*, 63(7), 529–548