

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

機場航空網路直接連結動因探究

Exploring factors affecting airport direct connections

研究生：陳威勳

指導教授：汪進財

中華民國一〇七年一月

機場航空網路直接連結動因探究

Exploring factors affecting airport direct connections

研 究 生：陳威勳

Student：Wei-Hsun Chen

指導教授：汪進財

Advisor：Jinn-Tsai Wong

國 立 交 通 大 學

運輸與物流管理學系

碩 士 論 文

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

Traffic and Transportation

January 2018

Taipei, Taiwan, Republic of China

中 華 民 國 一 〇 七 年 一 月

機場航空網路直接連結動因探究

學生：陳威勳

指導教授：汪進財 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系 碩士班

摘要

在過去十年來亞太地區的航空運輸網路發展迅速，機場的直接連接航點快速擴張，對於機場運營者或航空公司而言，了解影響機場航空網路發展背後的驅動力極為重要，可作為日後經營管理策略的參考。因此，本研究旨在探索影響機場直接連接的因素，特別是機場直接連接與機場距離、機場交通量、樞紐效應、國籍航空公司機隊規模、國家競爭力…等相關因素與直接連結之間的關係。本研究透過 Innovata 2016 年的航班資料以及收集的因素變數資料，建立羅吉斯迴歸模式，並且符合預期的結果顯示影響機場直接連接的主要正向因素是機場所在國家和城市的競爭力、機場交通量、重力指標、主要機場在多機場大都會區、以及國籍航空公司的機隊規模；相比之下，負面影響的因素則包括航線距離，航線上的潛在中轉樞紐機場數量以及多機場地區的次要機場。總體而言，該模式解釋了逾 88% 的航線樣本，結果表明該模式已能充分解釋了機場直接連接與相關因素之間的因果關係，因此該模式可用於航線開發和評估潛在的機場市場，並向機場管理當局或候選航空公司推廣這些潛在市場。

關鍵字：機場航空網路、直接連結、潛在航線市場、羅吉斯迴歸

Exploring factors affecting airport direct connections

student : Wei-Hsun Chen

Advisors : Dr. Jinn-Tsai Wong

Abstract

Over the past decade, air transport networks in the Asia-Pacific region have developed rapidly, and airport direct connectivity has expanded remarkably; for airport operators and airlines, it might be important to understand the driving force behind this expansion. Thus, this study intends to explore the factors that affect airport direct connectivity, specifically, the relationship between airports' direct connections and associated factors such as distance between airports, airport traffic, effect of hubs, national carriers' fleet sizes, etc. Using Innovata 2016 flight data and collected factor data, logistic regression models were developed, and as expected, the results showed that the major positive influences on airport direct connections are the competitiveness of the countries and cities where airports are located, airport traffic volume, the primary airports in multi-airport metropolitan areas, and the fleet sizes of home-base carriers. In contrast, the factors with negative effects include route distance, the number of hub airports available along the route, and the secondary airports in multi-airport areas. Overall, the model explained approximately 88% of the route samples, and the findings suggested that the model adequately interpreted the causal relationships between airport direct connections and the associated factors; the model could be applied to develop and evaluate potential airport markets and to promote these potential markets to candidate airlines.

Keywords: *Airport network, Direct connections, Potential route markets, Logistic regression*

誌謝

時光荏苒，歲月如梭，來到國立交通大學台北校區已有兩年半載，每每走在那百年古蹟建築的迴廊上，總會想起在此充實又美好的快樂時光。

求知若渴，虛心若愚。在求學的過程中，感謝老師們的指導與訓練，培養我們成為能獨立思考和解決問題的學生，特別是汪進財老師，帶著我從民航局的計畫案學習，在論文研中提供許多寶貴的意見和深入的見解，最後帶領我投稿國內外研討會以及論文期刊，受用無窮。還有台北校區的黃台生老師、馮正民老師、邱裕鈞老師、陳穆臻老師與盧宗成老師，新竹校區的王晉元老師，有您們課程上的教導以及專題研討上給與的建議，讓我不論是在國家考試或是論文的撰寫上都能順利達成。此外也感謝兩位口試委員鍾易詩老師與蕭傑諭老師，有您們的審查與建議才能讓我的論文能找到需要修改的部分以順利完成。另外也感謝系辦的柳姐、何姐以及圖書資訊中心的陳姐，總是對學生很好也給與我們很多的協助。最後還有同為汪老師的門生，郝珍學姐、奕豪、復志、宇勤，大家總是互相鼓勵和幫忙。

兩年同窗，一生同行。朝夕在研究室相處，一同學習一同成長，每次節日或是學校活動，大家總會一起同樂，讓平淡無奇的研究生活增添許多歡笑。特別謝謝怡翠在這兩年多來的陪伴，一起認真工作、一起出遊、一起到歐洲交換，有你真好！最後感謝我的家人，不論是在經濟上還是生活上總是一路支持我的決定，成為我學生時代最有力的後盾。還有以前再興、華江、明倫、班聯、棋社、陳立張維補習班、鐵道社、士林真理堂…等各時期的親朋好友，在我偶爾迷失方向的時候陪我聊天給我力量，謝謝你們。

最後感謝上帝，也期許自己走在未來的路上，莫忘初衷，繼續努力。

陳威勳 謹誌于

國立交通大學台北校區

中華民國一〇七年三月

目錄

摘要	I
Abstract	II
誌謝	III
目錄	IV
圖目錄	VI
表目錄	VII
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機	8
1.3 研究目的	10
1.4 研究架構與流程	10
1.5 研究範圍	11
第二章 文獻回顧	15
2.1 航空運輸網路(Air transport network)	15
2.1.1 網路類型與複雜網路	15
2.1.2 中心性指標	18
2.1.3 連結型態	21
2.1.4 航空公司網路(Airline network)	22
2.1.5 軸幅式網路(Hub-and-spoke network)	23
2.1.6 航空網路連結指標	25
2.2 機場競爭與航空公司網路競爭	26
2.2.1 機場競爭	26
2.2.2 航空公司網路競爭	28
2.3 航空網路發展及影響動因	29
2.3.1 航空網路之發展概況	29
2.3.2 航空網路形成之影響動因	32
2.4 小結	39
第三章 資料來源與研究方法	40
3.1 航班資料來源	41
3.2 個別變數來源	41
3.2.1 機場運量	41
3.2.2 航點距離	41
3.2.3 樞紐機場個數與彎繞係數	42
3.2.4 國籍機隊數(廣體、窄體)	44

3.2.5 航線類型(越洋、區域).....	45
3.2.6 航空公司類型(低成本航空、傳統航空).....	46
3.2.7 重力指標.....	46
3.2.8 國家旅遊競爭力指數(T&T).....	47
3.2.9 全球競爭力指數(GCI).....	47
3.2.10 航空自由化指數.....	48
3.3 建構計量二元結果模式.....	49
3.4 敘述性統計結果.....	50
3.5 小結.....	52
第四章 資料處理與模式建構.....	55
4.1 資料處理與變數選定.....	55
4.1.1 個別變數分析.....	55
4.1.2 變數相關性分析.....	61
4.1.3 變數選定與模式設定.....	62
4.2 二元羅吉斯模式建立.....	63
4.2.1 模式一.....	63
4.2.3 模式二.....	64
4.3 ROC 曲線與 AUC 曲線下面積.....	65
4.4 勝算比.....	67
4.5 模式驗證.....	68
4.6 模式修正-考量多機場因素.....	69
第五章 結果分析與討論.....	77
5.1 潛在航線發展與應用.....	77
5.1.1 樣本分類.....	77
5.1.2 決定判定臨界標準.....	77
5.2 預測結果分析.....	79
5.2.1 亞太地區.....	79
5.2.2 亞洲其它地區(中東、南亞).....	81
5.2.3 歐洲、非洲、大洋洲地區.....	82
5.2.4 美洲地區.....	84
5.2.5 小結.....	85
5.3 模式結果應用.....	89
5.3.1 航線開發預測結果.....	89
5.3.2 預測結果討論.....	99
5.4 航空公司類型議題.....	100

5.5 中停航線議題.....	102
第六章 結論與建議.....	104
參考文獻.....	106
附錄	110

圖目錄

圖 1.1 全球機場旅客運量.....	2
圖 1.2 全球機場交通量.....	2
圖 1.3 全球機場航機起降數.....	3
圖 1.4 全球起降架次及客貨運量的指數變化.....	4
圖 1.5 全球各項交通量趨勢圖(2000-2014).....	4
圖 1.6 2004 台灣桃園國際機場航網圖.....	8
圖 1.7 2016 台灣桃園國際機場航網圖.....	9
圖 1.8 2004 與 2016 台灣桃園國際機場亞太地區航網圖.....	9
圖 1.9 研究流程圖.....	12
圖 1.10 亞洲地區 27 個航點分布圖.....	13
圖 1.11 全球國際運量 TOP 200 機場分布圖.....	13
圖 1.12 亞太地區全球國際運量 TOP 201-400 機場分布.....	14
圖 2.1 四種機場連結型態(Jaap et al., 2009).....	21
圖 2.2 時間-空間連續性的航空公司網路結構圖.....	23
圖 2.3 亞太樞紐機場競爭力分析之五大因素(Park, 2003).....	28
圖 2.4 航空公司網路競爭的 4 種型態(Burghouwt et al., 2009).....	29
圖 2.5 中心性指數與客運量、人口、GDP 之關係(Wang et al., 2011).....	30
圖 2.6 中國 GDP、航空公司家數、機場個數趨勢圖(Zhang, 2010).....	31
圖 2.7 中國 GDP 與旅客運量、貨運量之關係圖(Zhang, 2010).....	31
圖 2.8 影響機場連結發展之因素(O'Connor, 1996).....	32
圖 2.9 國際機場的發展階段示意圖(O'Connor, 1996).....	34
圖 2.10 分析三者影響航網因素之框架(Burghouwt et al., 2009).....	36
圖 2.11 航空網路運作與發展架構圖(Fu, 2013).....	37
圖 3.1 研究架構圖.....	40
圖 3.2 中華航空(CI/CAL)機隊各機型統計資料.....	45
圖 3.3 國家旅遊競爭指數階層架構圖.....	47
圖 3.4 全球競爭力指數階層架構圖.....	48
圖 3.5 logit、probit 和 OLS 模式之預測機率圖(Wooldridge, 2012).....	50
圖 4.1 開航與否與機場運量乘積之機率分配圖(單位：百萬).....	56
圖 4.2 開航與否與航點距離之機率分配圖(單位：英里).....	56
圖 4.3 開航與否與航點間樞紐個數之機率分配圖(單位：個數).....	57

圖 4.4 開航與否與重力($\alpha=1.25$)之機率分配圖	58
圖 4.5 開航與否與廣體客機*越洋航線之機率分配圖(單位：架數) ..	59
圖 4.6 開航與否與窄體客機*區域航線之機率分配圖(單位：架數) ..	59
圖 4.7 開航與否與到航空自由化指數之機率分配圖	60
圖 4.8 開航與否與到達機場旅遊競爭力指數之機率分配圖	60
圖 4.9 開航與否與到達機場國家競爭力指數之機率分配圖	61
圖 4.10 相關矩陣結果	62
圖 4.11 模式一的 ROC 曲線圖，AUC=0.9077	66
圖 4.12 模式二的 ROC 曲線圖，AUC=0.9201	67
圖 4.13 模式驗證過程	69
圖 4.14 修正後模式一之 ROC 圖	75
圖 4.15 修正後模式二之 ROC 圖	76
圖 5.4 僅有低成本航空經營之航線特性	101
圖 5.5 僅有傳統航空經營之航線特性	101
圖 5.6 同時有低成本航空和傳統航空經營之航線特性	101
圖 5.3 中停航線區域分布比例圓餅圖	103

表目錄

表 1.1 ACI 全球機場個數於之變化(2011-2015)	3
表 1.2 東北亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)	5
表 1.3 東南亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)	5
表 1.4 中國地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)	6
表 1.5 南亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)	6
表 1.6 中東地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)	7
表 1.7 北亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)	7
表 1.8 亞洲各區域對應之國家及機場	11
表 2.1 各種網路特性分類表	16
表 2.2 以中國的機場計算中心性指標級分群後的結果	20
表 2.3 群聚分析結果歸類出四個層級的機場	21
表 2.4 航空公司網路配置矩陣	22
表 2.5 軸幅網路(Hub-and-spoke network)定義	24
表 2.6 NetScan Model 模式的指標計算	25
表 2.7 中國國際航線的發展概況	30
表 2.8 影響機場航網的因素分類及其相對應的替代衡量變數	39
表 3.1 TOP200 之航點距離矩陣(200*200)(單位：英里)	42
表 3.2 亞太 27 航點與 TOP 201-400 之航點距離矩陣 (單位：英里) ..	42
表 3.3 亞洲地區樞紐機場列表(19 座)	43
表 3.4 歐洲地區樞紐機場列表(9 座)	44

表 3.5 北美地區樞紐機場列表(8 座).....	44
表 3.6 各國國籍航空廣體客機、窄體客機之機隊數.....	45
表 3.7 航線上經營航空公司特性.....	46
表 3.8 基本敘述性統計結果.....	51
表 3.9 航點直飛與否統計.....	52
表 3.12 各變數定義及資料來源一覽表.....	53
表 4.1 不同 α 次方之模式配適比較表.....	57
表 4.2 廣體、窄體客機機型列表.....	58
表 4.3 模式一整體模式檢定.....	63
表 4.4 模式一羅吉斯迴歸程序結果.....	64
表 4.5 模式二整體模式檢定.....	64
表 4.6 模式二羅吉斯迴歸程序結果.....	65
表 4.7 四種情況之混淆矩陣.....	66
表 4.8 模式一勝算比計算結果.....	68
表 4.9 模式二勝算比計算結果.....	68
表 4.10 多機場城市列表.....	70
表 4.11 修正後模式一整體模式檢定.....	71
表 4.12 修正後模式一羅吉斯迴歸程序結果.....	71
表 4.13 修正後模式一勝算比結果.....	72
表 4.14 修正後模式二整體模式檢定.....	73
表 4.15 修正後模式二羅吉斯迴歸程序結果.....	73
表 4.16 修正後模式二勝算比結果.....	74
表 5.1 預測結果與實際情況之混淆矩陣.....	77
表 5.2 模式一最大化各組準確率之結果.....	78
表 5.3 模式二最大化各組準確率之結果.....	78
表 5.4 亞太地區旅遊景點機場列表.....	80
表 5.5 東北亞黃金航圈機場列表.....	80
表 5.6 中東主要航空及樞紐列表.....	81
表 5.7 菲律賓馬尼拉機場與中東地區航班連結現況.....	81
表 5.8 馬來西亞與中東地區航班連結現況.....	82
表 5.9 印度尼西亞與中東地區航班連結現況.....	82
表 5.10 多機場複雜因素導致預測失準(高估).....	83
表 5.11 多機場複雜因素導致預測失準(低估).....	83
表 5.12 旅遊景點預測失準低估開航機率.....	84
表 5.13 四組預測結果統計.....	85
表 5.14 台灣桃園國際機場(TPE)潛在航線.....	89
表 5.15 高雄小港國際機場(KHH)潛在航線.....	89
表 5.16 北京首都國際機場(PEK)潛在航線.....	90

表 5.17 上海浦東國際機場(PVG)潛在航線	90
表 5.18 廣州白雲國際機場(CAN)潛在航線	90
表 5.19 成都雙流國際機場(CTU)潛在航線	90
表 5.20 香港國際機場(HKG)潛在航線	91
表 5.21 澳門國際機場(MFM)潛在航線	92
表 5.22 東京羽田國際機場(HND)潛在航線	92
表 5.23 東京成田國際機場(NRT)潛在航線	93
表 5.24 大阪關西國際機場(KIX)潛在航線	93
表 5.25 名古屋中部國際機場(NGO)潛在航線	93
表 5.26 福岡國際機場(FUK)潛在航線	94
表 5.27 首爾仁川國際機場(ICN)潛在航線	94
表 5.28 首爾金浦機場(GMP)潛在航線	94
表 5.29 釜山國際機場(PUS)潛在航線	95
表 5.30 曼谷蘇凡納布國際機場(BKK)潛在航線	95
表 5.31 曼谷廊曼國際機場(DMK)潛在航線	96
表 5.32 普吉島國際機場(HKT)潛在航線	96
表 5.33 新加坡樟宜國際機場(SIN)潛在航線	96
表 5.34 吉隆坡國際機場(KUL)潛在航線	97
表 5.35 雅加達國際機場(CGK)潛在航線	97
表 5.36 峇里島國際機場(DPS)潛在航線	97
表 5.37 河內內排國際機場(HAN)潛在航線	97
表 5.38 胡志明市新山一國際機場(SGN)潛在航線	98
表 5.39 馬尼拉國際機場(MNL)潛在航線	98
表 5.40 仰光國際機場(RGN)潛在航線	99
表 5.42 主要亞太地區航點低成本航空列表	101
表 5.43 第五航權之延遠中停範例	103
表 5.44 第八航權之境內運輸中停範例	103
附錄表 1-1 全球國際運量 TOP200 列表	110
附錄表 1-7 亞太全球國際運量 TOP201-400 列表	115
附錄表 2 全球競爭力旅遊與國家旅遊競爭力指數	116
附錄 3-1 中停航班資訊列表	120

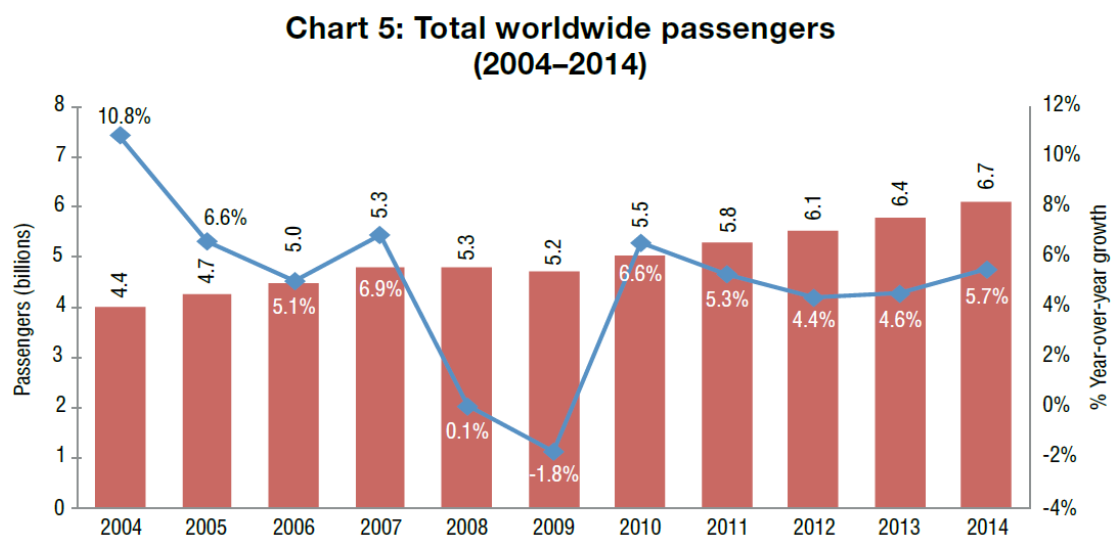
第一章 緒論

1.1 研究背景

隨著航空科技的進步，今日的航空器已經可以在不須技術中停加油的情況下提供更多更遠的長程直飛航線服務，譬如在過去位於美國阿拉斯加的安格拉至機場(ANC)曾被作為連接北美和亞洲之間的一個橋樑，但近年來逐漸被直飛的航班或其它中停點所取代。航空網路的成形與發展，機場區位扮演著關鍵的角色，在重要的航空交通廊帶上的機場擁有較短的彎繞度，因此有較大的競爭力發展成為軸幅式網路中的樞紐機場，集散區域的旅客並吸引長程航線的旅客中轉，像是日本的東京與韓國的首爾，皆位於往返亞洲和北美各大主要航點的大圓航線上，因而發展成為進出亞太地區的重要門戶。此外各國政府對於航空網路也有一定的影響力，直接的影響政府透過決定機場的定位和對於機場軟硬體設施的投資，提高或維持機場服務的品質、容量…等；間接的影響則是政府透過政策和法規的制定，如：航空產業自由化政策中的航線自由化，政府與多國簽署雙邊互惠的航權協議，允許他國航空器擁有落地權並經營兩國的國際航線，打破過去航線發展無形的壁壘，讓航網的連結更加完整、自由化政策中的解除航空產業市場管制，允許新興航空成立進入市場，民間企業得以透過投資進入提供航空運輸有更多的選擇與機會；而經濟的發展同樣扮演著關鍵的角色，經濟的成長帶動商業化的發展提升國民平均所得及生活水平，使得以商務或觀光為目的的旅運需求增長，促進航線的增闢及機場航網的發展。

在過去十年全球的航空運輸的旅客運量除了在 2009 年受到金融海嘯影響而呈現負成長之外，其它年度均大致呈現穩定成長之趨勢，其中以亞太地區以及中東地區成長特別的迅速，根據國際機場協會 2009 年度的報告書內容，雖然在該年度全球機場旅客運量平均下滑 1.8%來到 48 億，但在中東地區以及亞太地區仍然持續上漲，分別為 7.7%和 4.9%。根據國際機場協會 2014 年度的報告書內容，全球機場旅客運量在 2014 年度的平均成長率為 5.7%達到 67 億，如圖 1.1，其中亞太地區的成長率為 7.1%，中東地區的成長率更達到兩位數 10.8%，如圖 1.2。國際機場協會的報告書中所提供的資訊包含全球所有機場的總旅客運量(total worldwide passenger)、總貨運量(total worldwide air cargo)以及總航機起降(total worldwide aircraft movements)的統計總數，總航機起降的趨勢與總旅客運量類似，但在 2008 年和 2009 年經濟蕭條的時候跌幅比起運量來得顯著，而其它年度的成長幅度則較小，最新的資料顯示 2014 年度的全球總航機起降數成長約 1.3%，增加 1 百萬來到八千五百萬，其中亞太地區成長 5%，中東地區成長 4.8%，

如圖 1.2 和圖 1.3。



資料來源：2014 ACI Annual World Airport Traffic Report

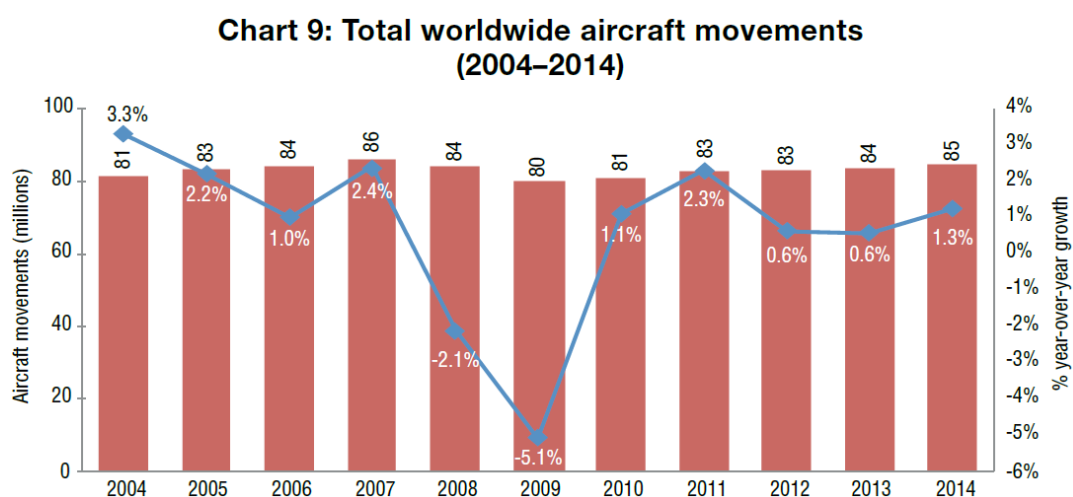
圖 1.1 全球機場旅客運量

Table 1: Airport traffic summary (2014/2013)

Region	Total passengers	2014/2013 % change	Total cargo	2014/2013 % change	Total aircraft movements	2014/2013 % change
Africa	179 808 691	2.7%	1 904 055	5.1%	2 856 373	0.5%
Asia-Pacific	2 252 936 512	7.1%	40 474 544	6.3%	19 691 273	5.0%
Europe	1 830 123 665	5.5%	18 427 227	3.2%	21 211 468	1.4%
Latin America-Caribbean	531 269 913	6.4%	4 996 116	0.6%	8 675 027	0.8%
Middle East	307 784 051	10.8%	7 408 866	9.2%	2 600 001	4.8%
North America	1 630 613 166	3.2%	28 868 121	3.0%	29 602 775	-1.0%
World	6 732 535 998	5.7%	102 078 929	4.7%	84 636 917	1.3%

資料來源：2014 ACI Annual World Airport Traffic Report

圖 1.2 全球機場交通量



資料來源：2014 ACI Annual World Airport Traffic Report

圖 1.3 全球機場航機起降數

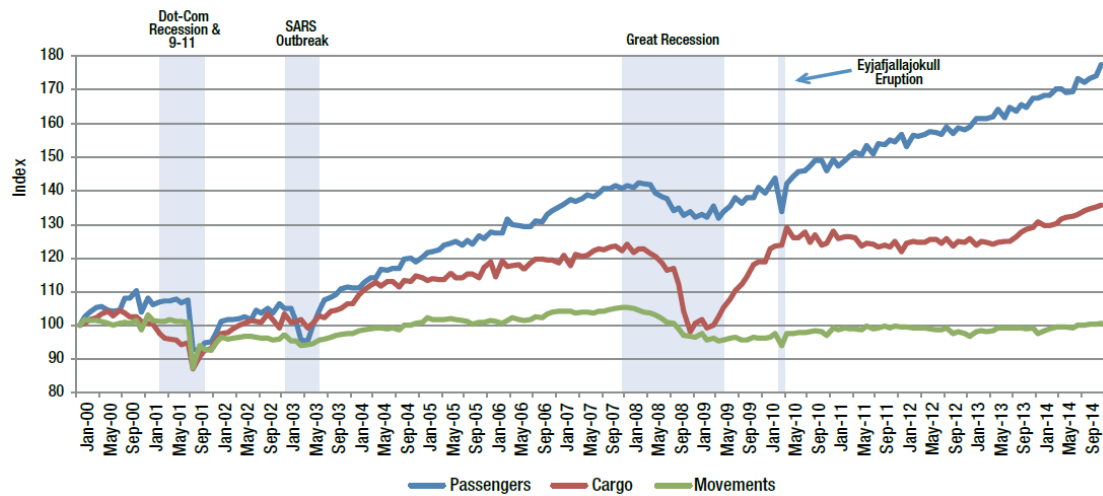
此外依據國際機場協會(Airports Council International, ACI)統計報告指出 2015 年全球客運量較上一年度成長 6.4%，其中亞太地區的成長率為 8.6%，僅次於中東地區的 9.6%；在 ACI 統計之機場中，亞太地區的機場佔全球機場三分之一以上，且在過去 5 年內機場數量增加幅度更超出 1.4 倍，居全球各區之冠，如表 1.1，由此可見，亞太地區航空網路已產生顯見的變動，其也具體的影響各機場在市場的角色及關係。

表 1.1 ACI 全球機場個數於之變化(2011-2015)

地區	ACI 統計年度機場個數					
	2015	2014	2013	2012	2011	變化率 (15-11)
非洲	195	193	164	168	154	126.62%
亞太地區	722	710	564	312	298	242.28%
歐洲	830	683	661	524	495	167.68%
拉丁美洲-加勒比海	330	305	286	275	266	124.06%
中東地區	97	104	102	103	93	104.30%
北美洲	223	220	212	216	214	104.21%
全球	2,397	2,215	1,989	1,598	1,520	157.70%

資料來源：ACI World Airport Annual Traffic Report 2015

Chart 14: Total worldwide movements, passengers and cargo evolution (2000–2014)

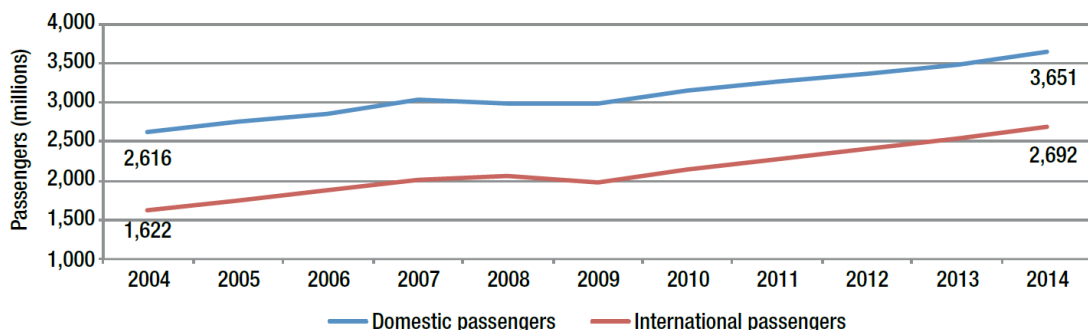


資料來源：2014 ACI Annual World Airport Traffic Report

圖 1.4 全球起降架次及客貨運量的指數變化

圖 1.4 顯示近 14 年來全球航機起降架次、客運量以及貨運量的趨勢圖，除了在四個時期遭逢重大變故外均呈現穩定成長，這四個事件分別為 911 事件、SARS、全球金融海嘯以及日本 311 地震，可見航空運輸會受許多不確定性因素所影響，不論是正向或是負向。若將時間尺度放大為以年度統計則可以發現對於上述的突發事件雖然在短時間內造成顯著的影響，但以長時間來看可能僅出現成長停滯或些許下降，可見通常在幾個月後運量及恢復到受影響前的狀態，如圖 1.5。此外針對成長較為迅速的亞洲地區更進一步檢視位於前 200 大機場在近十二年來各航點數消長之變化量，並計算出各區域之成長百分比，如表 1.2 到表 1.7。

Chart 16: Evolution of passenger traffic (2004–2014)



資料來源：2014 ACI Annual World Airport Traffic Report

圖 1.5 全球各項交通量趨勢圖(2000-2014)

表 1.2 東北亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)

東北亞	2004		2008		2012		2016
機場代碼	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數
FUK	19	0	19	0	19	1	20
GMP	1	1	2	3	5	1	6
HKG	99	17	116	1	117	36	153
HND	1	1	2	17	19	13	32
ICN	98	27	125	10	135	7	142
KHH	15	-3	12	19	31	10	41
KIX	52	-2	50	1	51	18	69
MFM	18	15	33	4	37	2	39
NGO	21	8	29	-3	26	9	35
NRT	77	3	80	7	87	14	101
PUS	14	14	28	0	28	14	42
TPE	43	3	46	42	88	21	109
Total	458	84	542	101	643	146	789
		18%		19%		23%	

表 1.3 東南亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)

東南亞	2004		2008		2012		2016
機場代碼	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數
BKK	90	18	108	14	122	2	124
CGK	19	2	21	8	29	4	33
DMK	N/A	#N/A	0	0	0	42	42
DPS	18	-2	16	9	25	7	32
HAN	14	7	21	7	28	5	33
HKT	12	5	17	16	33	13	46
KUL	60	17	77	22	99	7	106
MNL	42	0	42	2	44	6	50
RGN	8	3	11	2	13	7	20
SGN	18	10	28	7	35	7	42
SIN	92	17	109	12	121	12	133
Total	373	77	450	99	549	112	661
		21%		22%		21%	

表 1.4 中國地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)

中國	2004		2008		2012		2016
機場代碼	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數
CAN	19	15	34	29	63	1	64
CTU	6	1	7	14	21	18	39
PEK	42	24	66	27	93	19	112
PVG	50	14	64	17	81	11	92
SHE	11	0	11	2	13	2	15
TAO	8	0	8	3	11	2	13
Total	136	54	190	92	282	53	335
		40%		48%		19%	

表 1.5 南亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)

南亞	2004		2008		2012		2016
機場代碼	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數
BLR	9	3	12	5	17	3	20
BOM	36	8	44	-3	41	-2	39
CMB	33	0	33	7	40	7	47
COK	11	2	13	0	13	2	15
DEL	41	6	47	9	56	5	61
KHI	23	0	23	1	24	0	24
KTM	19	0	19	6	25	0	25
LHE	18	6	24	-2	22	2	24
MAA	13	5	18	0	18	3	21
MLE	15	7	22	5	27	-3	24
Total	218	37	255	28	283	17	30
		17%		11%		6%	

表 1.6 中東地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)

中東	2004		2008		2012		2016
機場代碼	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數
AMM	45	14	59	4	63	#N/A	N/A
AUH	40	18	58	32	90	18	108
AYT	29	6	35	28	63	39	102
BAH	34	15	49	11	60	N/A	N/A
BEY	40	6	46	8	54	N/A	N/A
DLM	8	4	12	16	28	14	42
DMM	25	4	29	7	36	-3	33
DOH	48	35	83	21	104	N/A	N/A
DXB	108	43	151	33	184	37	221
IKA	N/A	N/A	31	12	43	N/A	N/A
IST	78	48	126	34	160	67	227
JED	68	6	74	-7	67	17	84
KWI	49	10	59	2	61	N/A	N/A
MCT	29	8	37	12	49	N/A	N/A
MED	7	-1	6	6	12	30	42
RUH	42	4	46	12	58	-3	55
SAW	2	19	21	26	47	32	79
SHJ	37	17	54	13	67	7	74
TLV	54	12	66	12	78	N/A	N/A
Total	743	299 40%	1042	282 27%	1324	-257 N/A	1067

表 1.7 北亞地區 top200 機場航點連結變化(單位：航點數)

北亞	2004		2008		2012		2016
機場代碼	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數	變化量	航點數
DME	50	42	92	33	125	-12	113
LED	45	16	61	27	88	-6	82
SVO	80	0	80	28	108	-11	97
VKO	10	7	17	22	39	34	73
Total	185	65 35%	250	110 44%	360	5 1%	365

綜合以上限縮研究範圍，可見在亞洲區域內以中國地區成長最快，其次是北亞以及亞太地區(東南亞、東北亞)，而南亞成長幅度最為趨緩，中東的趨勢同樣成長快速，然而受到資料缺失的問題影響，未能實際計算出實際的成長變化，至於北亞的 4 座機場為莫斯科和聖彼得堡，其實際位置皆位於俄羅斯在歐洲境內，故本研究選擇以亞太地區機場作為研究範圍。

1.2 研究動機

航空網路是如何發展而形成今日的規模，這些影響航網形成之動因在過去的研究中主要以論述的型態提出不同的觀點，然而這方面的相關文獻十分缺乏且大部分已年代久遠，且並未有全面性的整理出影響航網形成之關鍵因素，因此本研究希望以航網快速成長的亞太地區(東北亞、東南亞、中國)之主要 27 座機場為範圍，試圖從文獻回顧中歸納出影響動因後更進一步找出合適的影響變數，透過導入計量模式來分析影響航線開航與否的關鍵因素，最後根據研究結果解釋航網形成之現象，找出各項因素對於航網形成的程度及顯著性，給與未來機場或航空公司對於航線潛在市場分析及全球航網布局上有利之參考依據。

以台灣桃園國際機場為例，2004 年的航網連結僅有 43 個航點，如圖 1.6；2016 年增長至 109 個航點，如圖 1.7，成長幅度高達 250%，其中新增的航點主要位於亞太區域內，如圖 1.8，如：中國、日本以及東南亞地區。形成之因素可能與台日開放天空、經濟成長以及政治因素(兩岸直航)有關，期望本研究之結果可解釋亞太航網發展之動因。



圖 1.6 2004 台灣桃園國際機場航網圖



圖 1.7 2016 台灣桃園國際機場航網圖

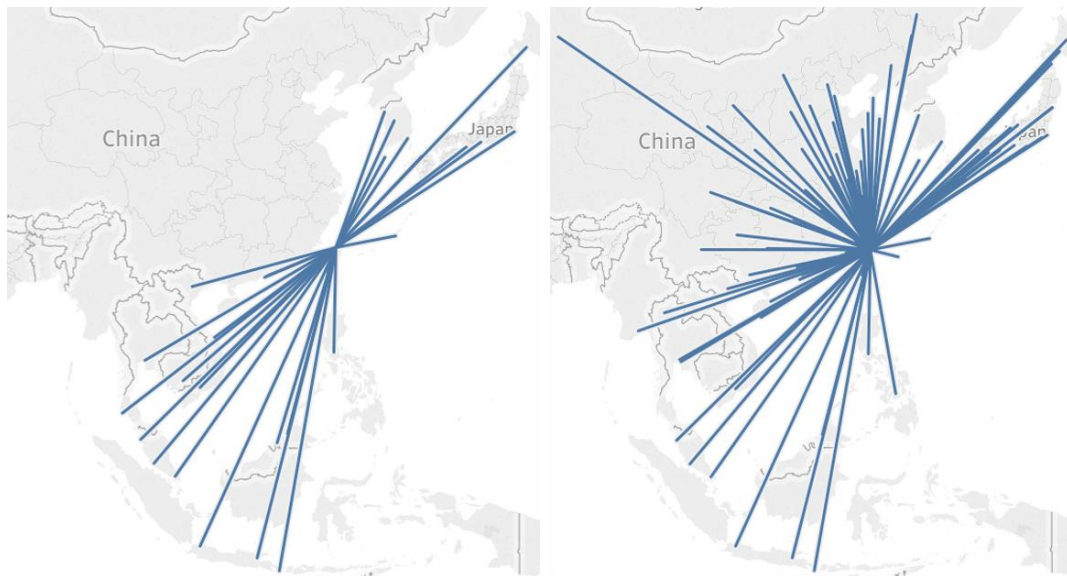


圖 1.8 2004 與 2016 台灣桃園國際機場亞太地區航網圖

自開放天空實施後，航網的型態已從點對點(point to point)的直接連接，逐漸轉變成樞紐連結(hub and spoke)，機場的角色更從以往的被動收租者逐漸轉變成主動行銷者，如何藉由機場連結性的分析，評估既有市場和潛在市場的連結狀況及發展，偵測可能開發之市場，更進一步分析該等市場的型態、特性及合適經營的航空公司，尋求機會擴展航網與密度，以滿足更多的需求以獲取利潤，已成為目前機場經營者所關注的重要課題。若能對於影響機場連結的因素，建立全面性、系統性的量化分析探討，不僅能對機場的市場競爭有更完整的解讀分析，並能作為機場經營者評估潛在航線市場及全球航網布局發展策略之重要參考。然而，對於航空網路是如何發展而形成至現在的規模、如何回應市場的變化及影響機場發展策略，尚需要更為深入及完整的探討，以釐清整個航空市場的發展全貌，及對機場競爭關係有更佳的檢視及解讀。

因此，本研究將從亞太地區的航空網路變化，探討形成機場直接連結的驅動因素，並以 Innovata 2016 年航班資料及相關因素的變數資料，建立計量因果模式，進行分析及討論，以確認各項因素對於航網形成的影響程度及顯著性，對於航網的形成提供更為具體、明確的解釋，進而釐清航網變化與市場競爭之關係。

1.3 研究目的

有鑒於過去探討機場航網發展之文獻大多是以文字概念性的陳述，或是透過歷史資料的統計結果呈現變化的趨勢，此外也有結合簡單的指標來解釋航網發展的結構，然而大部分相關的文獻年代已久，也鮮少用學術性的計量模式來表現，雖然如此但這些文獻仍然非常重要地給予啟發性地想法，在確認航網形成之動因以及找尋能代表這些因素的變數時便可以參考過去相關的文獻。近十年來全球航網發展迅速，根據 2004、2008、2012 以及 2016 的機場航線連結資料可以從航點數看出各航點的連結性的變化，因此在本研究希望可以使用過去文獻所提及的影響因素，搭配現有的歷史資料，透過計量方法建立二元結果模式，有系統性地補足過去研究尚未完成的部分。本研究的研究目的包括：

1. **確認影響航網形成之因素：**根據文獻回顧中主要四大類別之影響因素尋找出能夠反應影響航網形成之變數，以挑選作為模式建立之選取變數。
2. **彙整歷史航班資料與變數資料統計分析比較：**彙整研究範圍之歷年航班資料，並以統計方法初步分析影響航網形成之變數。
3. **建立計量數學模式並解釋結果：**透過二元羅吉斯迴歸模式參數校估，解釋影響自變數與應變數之間的因果關係，作為預測未來機場開航之潛在市場趨勢以提供機場管理當局或航空公司之參考。

1.4 研究架構與流程

本研究架構可分為兩大區塊，首先透過文獻回顧找出影響因素並選定合適的變數，接下來建構計量模式進行航空網路連結因素分析。研究範圍針對亞太地區位於全球 TOP200 之機場作為出發機場(總計有 27 個航點)，與其餘的全球 TOP200 機場和 TOP201-400 的亞太地區機場作為到達機場(總計有 224 個航點)，探討歷年航網發展與其航空網路變化之動因分析。航空網路形成之動因，分別從地理區位、政府政策與社會經濟三大方向著手，代表地理區位特性的變數有航點距離、彎繞係數、兩航點間之樞紐機場；代表國家政府政策變數有航空自由化指數；代表社會經濟發展變數有機場機場互動指標(運量乘積)、總體競爭力、旅遊競爭力、人口、國籍航空

公司家數、國籍噴射客機(廣體、窄體)架數。本研究彙整 2016 年度航點與航班資料，建構研究範圍內航空網路連結之與否之二元結果計量模式。完成航空網路連結模式建構後，依照其航線連結性進行影響因素分析，並對於未來機場與航空公司航空發展與潛在航網佈局進行市場預測。本研究之研究流程圖如圖 1.9。

1.5 研究範圍

本研究對於亞洲各區域之定義及各國對應之機場如表 1.8，總計有 13 個國家或地區，27 座國際機場。

表 1.8 亞洲各區域對應之國家及機場

區域	國家/地區	機場代碼
中國	中國	廣州(CAN)、成都(CTU)、北京(PEK)、上海(PVG)
東北亞	日本	東京(HND、NRT)、大阪(KIX)、名古屋(NGO)、福岡(FUK)
	韓國	首爾(GMP)、仁川(ICN)、釜山(PUS)
	台灣	台北(TPE)、高雄(KHH)
	香港	香港(HKG)
	澳門	澳門(MFM)
東南亞	新加坡	新加坡(SIN)
	馬來西亞	吉隆坡(KUL)
	泰國	曼谷(BKK、DMK)、普吉島(HKT)
	菲律賓	馬尼拉(MNL)
	越南	河內(HAN)、胡志明市(SGN)
	印尼	雅加達(CGK)、峇里島(DPS)
	緬甸	仰光(RGN)

本研究之研究對象為上述表 1.8 所挑選的亞洲 27 座機場連結到全球其它 TOP 200 機場，以及亞太地區 TOP 201-300 機場之所有潛在航線，詳細總表如附錄表 1-1 至表 1-5。亞太 27 座機場選取依據為全球機場協會 2014 年報告書國中際旅客運量名列前 200 名且位於亞太地區的機場，包含中國、東北亞以及東南亞總計有 13 個國家或地區，實際這 27 座機場的地理分布圖如圖 1.10。而選擇連結的機場航點除了 TOP 200 的所有機場，特別考量了區域性的因素而將位於第 201 名到第 300 名的亞太地區航點納入連結的研究範圍，總計有 13 個到達航點，因為一般來說區域內的航線由於航點距離較近，未必需要很大的運量吸引便能提供直飛航班的服務，TOP 200 的航點分布如圖 1.11，位於 TOP 201-300 之亞太區域航點分布如圖 1.12。而航班及航點資料則是來自於 Innovata 2016 年的資料進行彙整與分析。

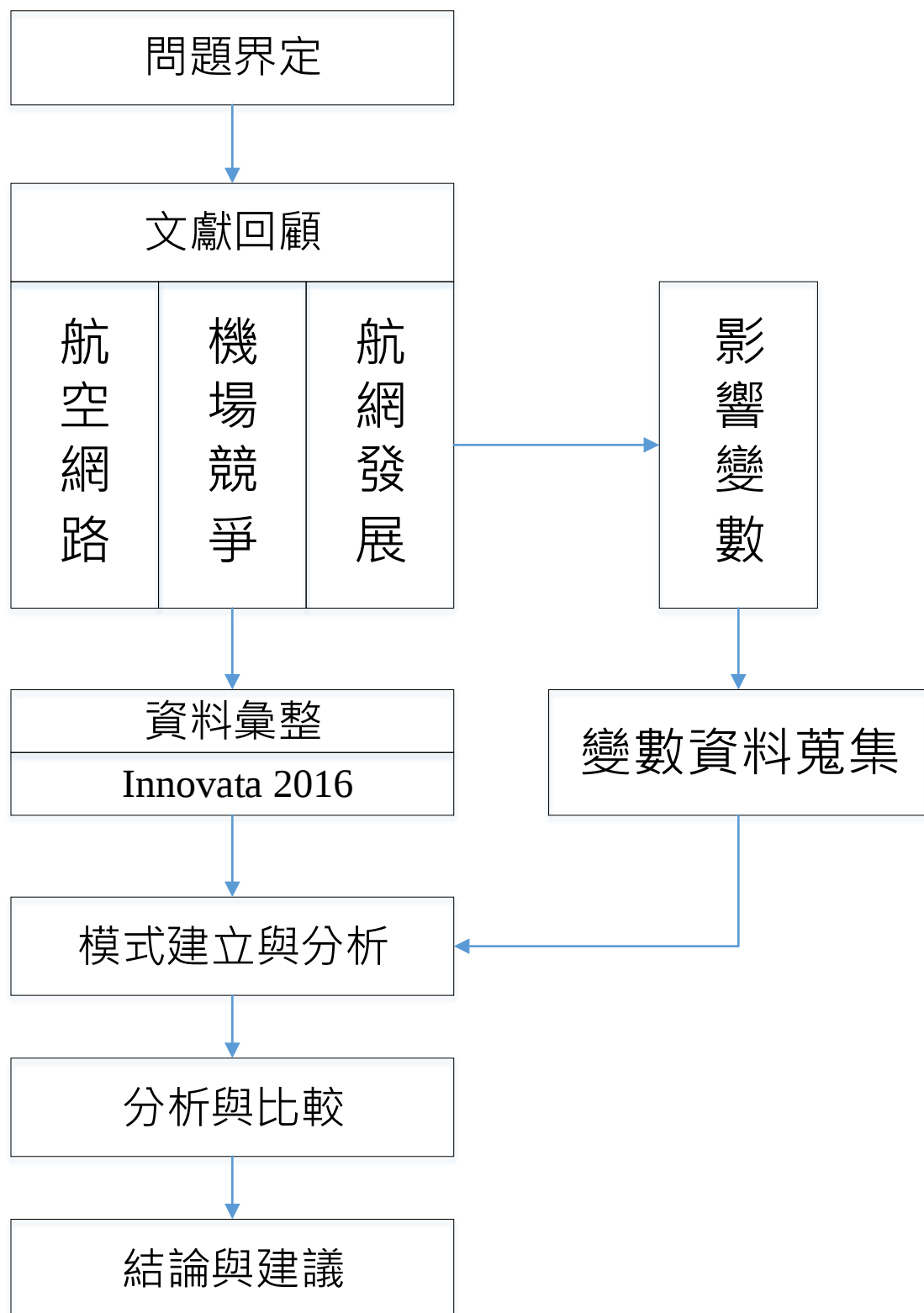


圖 1.9 研究流程圖



圖 1.10 亞洲地區 27 個航點分布圖



圖 1.11 全球國際運量 TOP 200 機場分布圖



圖 1.12 亞太地區全球國際運量 TOP 201-400 機場分布

第二章 文獻回顧

本研究的目的是在於以「航空網路」為基礎，探討「機場競爭」下的「航空網路形成動因」，首先第一部分回顧航空網路文獻，藉以了解亞太地區航網連結現況與國內外相關研究內容；第二部分從機場競爭觀點出發，探討樞紐機場發展與影響競爭力之因素；最後第三部分整理出影響航網形成之動因，因此在文獻回顧共分成三部分來探討上述三大主題。

2.1 航空運輸網路(Air transport network)

網路係由一群節點(nodes)與線(links)所組成，而節點與節點之間是靠節線來連接，最基本的網路研究通常從如何去描述網路開始，這些描述可以透過節點的個數和線的個數去表示一個網路的大小(network size)，然而這些資訊仍不足以呈現一個網路的結構(network structure)，若要描述一個網路的結構，必須了解每個節點是如何與其它節點連接(劉維中，2008)。

在運輸領域中的網路係討論、顯示運輸系統特徵及運輸系統建模的一個方法，網路的元素主要由節點及連結節點的路段所組成，這些路段通常是軌道、公路、空中走廊…等(Sussman, 2003)。近十多年來的網路研究發現很多的生物網路(biological networks)都有一種奇特的結構，研究發現節點與周圍鄰近節點的連結呈現冪律(power-law)分佈的現象(Jeong et al. 2000; Jeong et al. 2001)，也就是大部分的節點只有和少數幾個鄰居有連結，這種情況的節點佔所有點的多數(劉維中，2008)，該現象亦同樣存在於航空運輸網路當中，在全球的航空運輸網路當中僅有少數的幾座機場會成為樞紐機場，擁有許多的航點連結，而其它大部分的機場通常僅有與其鄰近區域的機場連結，服從冪律分布(Guimer et al. 2004; Guimer et al. 2005)。

2.1.1 網路類型與複雜網路

網路的類型主要可分為：常規網路(Regular network)、隨機網路(Random network)、小世界網路(Small-world network)、無尺度網路(Scale-free network)與真實網路(Real network)，各種網路特性及分類如表 2.1。

- 常規網路(Regular network)係指網路中各節點間幾乎皆有連結，亦即各節點皆可直接到達其它各節點。
- 隨機網路(Random network)係指網路中節點之間的連結為隨機。
- 小世界網路(Small-world network)係由多個群體所組成，每個群體裏包含了密集連結的點，其最大的特性為同群體的點互相連結的

程度遠高於來自不同群體的點，而來自不同群體的點可以因捷徑而拉近彼此的距離。

- 無尺度網路(Scale-free network)其大部分節點並無太多鄰居(neighbors)，但能在少數連結中到達各節點。

表 2.1 各種網路特性分類表

網路類型	平均路徑長度(L)	群聚係數(C)	維度分布 P(k)
常規網路	長	大	點到點(Point to point)
隨機網路	短	小	Binomial、Poisson
小世界網路	短	大	Exponential、Power-law
無尺度網路	短	大	Power-law
真實網路	短	大	類似 Power-law

資料來源：Wang, et al., 2009

Guimerá et al. (2004) 和 Guimerá et al. (2005) 根據 OAG 資料庫中 2001 年世界機場網路的資料進行分析，該研究所得兩個重要的結果為：1.全球機場網路是一個幂律遞減的小世界網路，以及中介中心分布；2.擁有最多連結的城市未必是最核心的城市，而是中介中心性指標最大的城市。此外也有研究發現中國城市航空網路是一個小世界網路，具有短的平均路徑長度和大的簇係數，且其維度分布服從雙段幂律分布(Liu and Zhou, 2007)。

複雜網路的指標可用來分析及測量整體航空運輸網路結構，基本的指標包含以下主要三個，首先維度為一個節點與它點共享的邊數(Tombor, et al., 2000)；平均路徑長度被定義為沿著最短路徑邊緣的用於在網路中的所有可能的節點對平均數目(Watts and Strogatz, 1998)；一個節點的群聚係數是其相鄰節點間相互連接的比例(Watts and Strogatz, 1998)，較大的群聚係數代表節點與它的鄰近節點是一個緊密的系統，在完全連接的網路中，所有節點的群聚係數為 1(Wang, et al., 2011)。

Yu et al. (2006) 將複雜網路理論應用在航空網路當中，定義複雜網路的靜態統計量，對航空網路結構進行統計分析，作為複雜網路研究的基礎。Mo et al. (2009)研究中國航空網路空間結構的複雜性，以量化的公式來表示網路複雜性的測度方法，整合兩者相關內容如下：

- 維度和維度分布(degree and degree distribution)

節點維度 k 係該點所連接的邊數，可用分佈函數 P(k)來描述具有相同度 k 的節點的出現機率。維度係描述網路局部特性的基本參數；維度分佈函數則反映了網路系統的巨觀統計特徵。

$$P(k) = \sum_{k'=k}^{\infty} p(k')$$

k ：網路的平均維度

$p(k)$ ：維度為 k 之節點的分數

$P(k)$ ：累積維度分布

● 平均路徑長度(average path length)

平均路徑長度又稱為特徵路徑長度，定義網路中任意兩點間的距離 d_{ij} 為連接這兩個節點的最短路所包含的邊數，網路的平均路徑長度被定義為任意兩個節點之間距離的平均值。

$$L = \frac{1}{\frac{1}{2}n(n-1)} \sum_{i>j} d_{ij}$$

L ：平均路徑長度

d_{ij} ：從 i 到 j 點之距離

n ：網路節點個數

● 群聚係數(clustering coefficient)

節點的群聚係數 C_i 被定義為它所有相鄰節點 v_i 之間的實際連接數目 E_i 占可能的最大連接邊數目的比例，網路的群聚係數 C 則是所有節點群聚係數的平均值。

$$C_i = \frac{E_i}{k_i(k_i-1)/2}$$

$$C = \frac{1}{n} \sum_{v_i \in V} C_i$$

C_i ：節點 i 之群聚係數

k_i ：一個節點 i 和其它節點相連之條數

E_i ： k_i 節點之間實際存在的邊數

C ：群聚係數，網路中所有節點 i 的群聚係數之平均值

● 維度的相關性(assortativity)

維度值大的節點傾向於和維度值大的節點連接，具體做法為任意一條

邊都可以找到兩個節點，進而得到兩個維度值，這樣通過所有的邊，我們就得到了兩個序列，分析這兩個序列的相關性即可。

- 中介數(betweenness)

節點的中介數定義為網路中經過該點的最短路徑的數目，該指標反映了節點的影響力，各種交通樞紐都是中介數較大的節點；同樣地，可以定義線的中介數，即經過該線段的最短路徑的數目，它反映了線段的影響力。

從過去的文獻可以發現複雜網路方法已被廣泛運用在分析航空網路，並且可以透過量化的方法來呈現複雜網路的節點、距離以及彼此之間的關係，最後研究顯示全球的航空網路結構則是呈現一個小世界網路的型態。

2.1.2 中心性指標

中心性的測量可以了解一個節點在網路當中相對的重要性，主要三種指標分別為：維度中心性指標、鄰近中心性指標、中介中心性指標，可用來衡量或量化一個點在網路中的位置及重要性，是否為在核心之位置。

- 維度中心性(degree centrality)指標，定義為一個節點與網路其它節點直接相連結的個數(Freeman, 1977, 1979)，計算方式最為簡單，直觀地反映該節點與網路其它節點發生直接聯繫的可能性大小。一個具有高連結維度中心性的節點可能是網路當中重要的一個節點，因為它可以影響很多節點或者是被很多節點所影響。

$$DC_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1, j \neq i}^n \alpha_{ij}$$

DC_i ：維度中心性指標，表示節點 i 的維度，該指標介於 0 到 1 之間，若該值越大，代表該節點維度中心性越強。

n：網路節點數

α_{ij} ：直接相連的兩節點 $\alpha_{ij} = 1$ ，否則為 0

- 鄰近中心性(closeness centrality)指標，主要目的在於量化一個節點與網路中其它節點的距離，反映該節點在網路中相對易達性大小，一個具有高鄰近中心性的節點代表它與網路中的其它節點距離很近，因此它可以很快地被其它點所影響或影響其它點。

$$CC_i = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{j=1, j \neq i}^n d_{ij} \right]^{-1}$$

CC_i ：鄰近中心性指標，該指標介於 0 到 1 之間，若該值越大，代表該節點鄰近中心性越強。

n ：網路節點數， $n-1$ 代表節點可達性的最大值。

d_{ij} ：從 i 到 j 點之距離

- 中介中心性(betweenness centrality)指標，量化一個點出現在網路中最短路徑的次數，用所有節點對之間的最短路徑經過一個節點的次數來衡量，反映該節點在網路中的中轉與銜接功能。

$$BC_i = \frac{2}{n^2 - 3n + a} \sum_{i=1, j \neq k}^n \sum_{j>1, j \neq k}^n \frac{\delta_{ij}^k}{\delta_{ij}}$$

BC_i ：中介中心性指標，經過標準化後指標介於 0 到 1 之間，若該值越大，代表該節點中介中心性越強。

n ：網路節點數

δ_{ij} ：從節點 i 到 j 的最短路徑 d_{ij} 邊的總條數

δ_{ij}^k ：在此 δ_{ij} 條最短路徑中，經過節點 k 的最短路徑數

Dang and Peng (2012) 基於複雜網路的中心性來分析航空貨運網路的層級結構，中心性指標採用維度中心性、中介中心性和鄰近中心另三個關鍵指標，結合航空貨運的資料用統計軟體 SPSS 將中國航空貨運網路進行群聚分析，歸納出四個不同層級的機場，其中第三、四層級的貨物大多要透過前兩類城市進行貨物的樞紐中轉，各層級分類所屬之機場城市如表 2.3。

Mo et al. (2010) 運用中心性網路分析方法探討中國的機場體系，根據 2007 年到 2008 年共計一個年度的資料，由 1570 條定期航的線連結計算出中國 146 個定期通航節點的三個中心性指標，並且透過排序-規模體系下之係數來分類，最後歸納出不同層級結構下所歸屬的城市，分群之結果如表 2.2。

Wang et al. (2015) 以中國一帶一路為研究範圍，探討中國對外的航空運輸聯繫，並且透過機場排序與規模特徵進行航空樞紐識別，歸納出第一

類樞紐機場：北京、上海、廣州；第二類次級樞紐機場：昆明、成都、烏魯木齊、杭州、武漢…等。中國各大城市與這些一帶一路上的城市的國際客、貨運呈現軸幅式與點對點式兩種航空網路形式並存。

根據上述中心性指標之定義，本研究是以維度中心性(degree centrality)指標之概念來統計出航空網路中機場直接連結個數，作為初步了解機場於研究範圍之航空網路中與其它航點連結程度以及不同年度間之維度變化。

表 2.2 以中國的機場計算中心性指標級分群後的結果

中心性測度指標	排序-規模(Rank – Size)體系下之係數與分類		城市
維度中心性	第一層級結構 $DC_i > 0.5$		北京(0.643)、上海(0.573)、廣州(0.552)
	第二層級結構 $0.5 > DC_i > 0.35$		深圳(0.455)、成都(0.406)、昆明(0.406)、西安(0.399)、重慶(0.392)
	第三層級結構 $0.35 > DC_i$	$DC_i > 0.24$	航空聯繫城市介於 7~50 個，包括青島、長沙、杭州等 49 座城市
		$0.05 > DC_i$	航空聯繫城市少於 7 個，包括拉薩、伊寧、運城等 87 座城市
鄰近中心性	上層結構 $CC_i > 0.6$		北京(0.733)、上海(0.698)、廣州(0.688)、深圳(0.644)、成都(0.624)、西安(0.622)、重慶(0.619)、昆明(0.601)
	下層結構 $0.6 > CC_i$		下層結構城市數量達到 136 個，占總量的 94.4%
中介中心性	國家層級樞紐(National Hub)		北京、上海
	連結性中心(Connector Hub)		昆明、廣州、烏魯木齊、西安
	區域性中心(Regional Hub)		成都、深圳、重慶、長沙
	次級中心(Sub - Hub)		呼和浩特等 35 座城市
	邊緣節點	次邊緣節點 (Sub- Periphery)	23 座城市
		邊緣節點 (Periphery)	臨沂、洛陽、柳州等 77 座城市

資料來源：Mo, et al. (2010)

表 2.3 群聚分析結果歸類出四個層級的機場

樞紐城市(5)	區域城市(21)	中級城市(14)	邊緣城市(119)
北京、上海、廣州、深圳、成都	昆明、杭州、重慶、長沙、西安、武漢、南京、廈門、濟南、烏魯木齊、哈爾濱、福州、貴陽、天津、寧波、溫州、無錫、南寧、南昌、合肥、蘭州	青島、鄭州、海口、大連、瀋陽、三亞、桂林、長春、太原、呼和浩特、拉薩、晉江、珠海、濰坊	洛陽、海拉爾、鹽城、銀川、煙台、石家莊、汕頭、西寧、麗江、包頭、宜昌、南通、大理、大同、敦煌、康定、連雲港、齊齊哈爾、佛山…等

資料來源：Dang, and Peng (2012)

2.1.3 連結型態

航網連結的型態可分成直接連結、間接連結以及樞紐連結，如圖 2.1。

1. 直接連結：航班由機場 A 到機場 B 提供直航，不須經過中轉。(如：航班由台北出發飛往洛杉磯)
2. 間接連結：航班由機場 A 到機場 B 沒有直航，須經由樞紐機場 H 中轉。(如：航班由台北出發經由東京飛往洛杉磯)
3. 樞紐連結：航班由機場 C 出發經由樞紐機場 A 中轉至機場 B，或者是航班由機場 A 出發經由樞紐機場 B 中轉至機場 D。(如：航班由馬尼拉出發經由台北飛往洛杉磯、航班由台北出發經由洛杉磯飛往芝加哥)

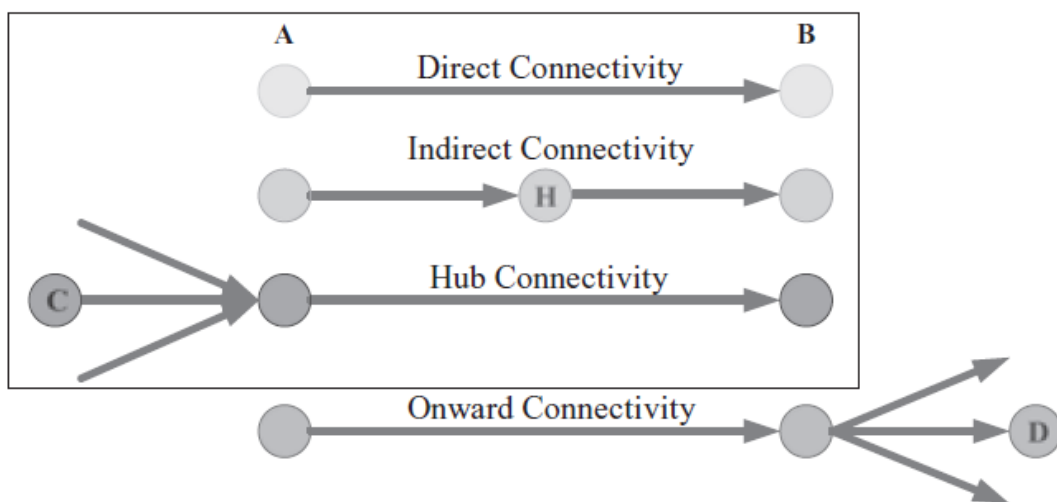


圖 2.1 四種機場連結型態(Jaap et al., 2009)

Wojahn(2001)指出真實世界的航空網路為軸幅式網路及點對點網路的混和型態，即使是在樞紐連結為主的軸幅式網路當中，某些支線上的機場彼此之間仍然有點對點直接連結的航線存在，相反地在主要為直接連結的點對點網路當中，其中亦仍然會存在著轉運的旅次。

2.1.4 航空公司網路(Airline network)

要描述航空公司網路是一件非常困難的事，因為航空公司網路的結構相當複雜，根據過去文獻回顧發現主要有兩種方法，分別是空間方法與時間方法兩種。空間方法的作法係透過圖形理論研究、樞紐位置及分配的最佳化模式以及探討集中及離散的程度，圖形理論和集中及離散的量測著重於描述網路的空間結構，如：節點、節線，最佳化模式則是著重於節點間相互連結的流量，然而空間方法卻忽略了重要的時間因素。時間方法是最近才在學術界航空運輸經濟的文獻獲得承認，軸幅式網路的蓬勃發展，旅客在樞紐中轉的等候時間以及航班銜接的議題開始受到重視，時間亦成為描述航空公司網路重要的一個要素之一(Burghouwt, 2007)。

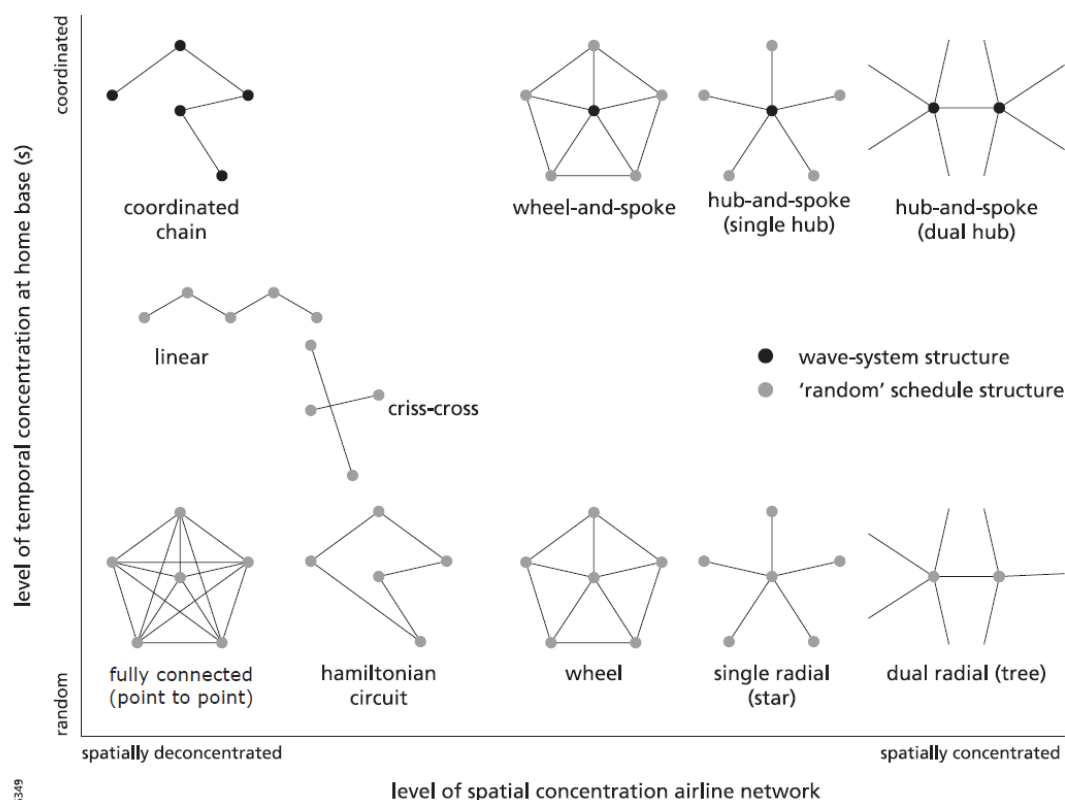
Burghouwt (2007)在一本探討歐洲航空公司網路發展的著作當中定義了何謂航空公司網路，跟隨著圖形理論方法，首先定義出網路為一組相互連結的節點，這些節點的關聯性不僅存在於空間，同時亦考慮了時間的觀點；於是定義出一個航空公司網路結構為航空公司網路的空間與時間的集中程度，也就是航空公司網路會在空間集中度與時間集中度有著二維的連續變化，因此航空公司網路可以構成一個二維矩陣，如表 2.4，此外針對該網路配置矩陣可繪製出時間-空間連續性的航空公司網路結構圖，如圖 2.2。

表 2.4 航空公司網路配置矩陣

	時間集中程度	
空間集中程度	相互協調	隨機
集中	軸幅式網路	隨機放射式網路
離散	相互協調/離散	點到點

資料來源：Airline Network Development in Europe and its Implications for Airport Planning, 2007

- 非樞紐機場類型：此類型無明顯之樞紐機場特徵，從一般簡單之點對點型態，到交叉航網(Cross)、星徑向(Star)、雙徑向(Tree)、輪型(Wheel)再到完整連結的點對點(fully connected)航網型態。
- 樞紐機場類型：此類型具有明顯之樞紐機場特徵，包含單一樞紐軸幅式系統(single-hub)、雙樞紐軸幅式系統(dual-hub)、輪型軸幅式系統(wheel-and-spoke)...等航網型態。



資料來源：Airline Network Development in Europe and its Implications for Airport Planning, 2007

圖 2.2 時間-空間連續性的航空公司網路結構圖

2.1.5 軸幅式網路(Hub-and-spoke network)

軸幅式網路的航空公司經營策略最早出現於美國航空管制解禁之前，航空公司的航網設計產生主要一到兩個樞紐機場，該樞紐作為集散區域性的運量，而在兩樞紐之間則是以密集航班及使用大型的機型，有助於提升服務品質，然而取消或減少的直飛航線增加旅客於樞紐中轉的必要，因此航班的協調、機隊的調度將會影響旅客在樞紐中轉停留時間，如何兼顧航空公司航網設計來降低成本及旅客的服務品質為軸幅式網路重要的議題。

Chia (2012, 2014)將過去探討軸幅式網路之研究分為三類，第一類係從經濟觀點出發，研究經濟密度與範圍、樞紐溢價以及航空結盟；第二類為使用作業研究方法，以最小成本為目標，規畫求解航空網路空間分配之最佳化；第三類為運輸地理空間方法，分析軸幅式網路結構、性能和空間維度的實證研究。關於過去軸幅式網路之定義參照(Burghouwt, 2006)之整理彙整於表 2.5。本研究係屬於第三類之研究，探討航空網路形成之動因。

表 2.5 軸幅網路(Hub-and-spoke network)定義

研究	定義
Berry et al. (1996)	在軸幅網路中，旅客在樞紐機場轉機以達到旅程最後的目的地。
Bootsma (1997)	軸幅網路特別被設計將航線集中於有限數量的連結設施，也就是樞紐機場。此外為了最大化這些連結的可能性，樞紐機場的航空公司通常將其航班安排在有限數量的時間帶中。
Button (1998)	在軸幅網路的營運中，航空公司通常使用一個或多個大型機場，而航班的時間安排也會允許旅客能夠繼續轉接下一個航班至最終目的地。
Button (2002)	航空公司透過大型樞紐機場來整合來自不同起點的旅客至不同地最終目的地。
Dempsey and Gesell(1997)	航空公司透過樞紐機場來整合航班營運
Dennis (1998)	軸幅網路的目標在於載運來自國外起迄點之旅客透過自己國家的樞紐機場中轉。
Goetz and Sutton(1997)	為航空公司主要連結的航點。
Kanafani and Ghobrial (1985)	樞紐發生於航空公司為集中他們的航班在少數的幾座機場，作為他們收集及分配旅客的機場。
O'Kelly (1998)	樞紐是網路中一個特別的節點，係位於兩個互動點中間的設施。
Oum et al. (1995)	軸幅網路集中某一航空公司大多數的航班於一點或少數幾個樞紐城市。
Pels (2000)	在軸幅網路中，樞紐機場是唯一的機場擁有直接連結所有機場，支線機場上的旅客皆必須經由樞紐機場中轉。
Shaw (1993)	在軸幅網路中，樞紐作為一個中心區位，在樞紐所連結的節點中收集並重新分配服務旅客。
Reynolds-Feighan(2001)	軸幅網路需要空間和時間在交通上的集中。
Shy (1997)	航空公司減少直航之航班數量，使得旅客必須經由第三城市，也就是我們俗稱的樞紐。
Wojahn (2001)	軸幅網路將交通上的空間與時間集中。

資料來源：Airline Network Development in Europe and its Implications for Airport Planning, 2006

2.1.6 航空網路連結指標

Burghouwt(2009)使用 NetScan Model 來量化直接和間接連結的質量，該模式為每個連結計算出它的質量指數，範圍介於 0 到 1 之間，直接連結不中停的航班被給予最大的指數為 1，間接連接的指數必定小於 1，因為轉機時間加上彎繞時間而產生額外的旅行時間，如果間接連結的時間超過某個定值則指數為 0，該定值取決於每條航線上兩機場的時航時間而有所不同，最後得到各條航線的指數後乘上頻率便可以得到連結單元的總數—CNU 來表示。研究結果顯示東京(NRT)有最大的總連結性最具有競爭力，然而在網路當中增長最明顯的是中國三個主要機場，為北京(PEK)、上海(PVG)以及廣州(CAN)，相反地大阪和台北則是經歷網路性能惡化。NetScan Model 模式的變數解釋以及公式如表 2.6。

表 2.6 NetScan Model 模式的指標計算

編號	變數	公式
1.	NST	$NST = (40 + 0.068 * gcd \text{ km}) / 60$
2.	MXT	$MXT = (3 - 0.075 * NST) * NST$
3.	PTT	$PTT = FLT + (3 - 0.075 * NST) * TRT$
4.	QLX	$QLX = 1 - ((PTT - NST) / (MXT - NST))$
5.	CNU	$CNU = QLX * NOP$
變數解釋		
NST(non-stop travel time in hours)：直航旅行時間(單位：小時)		
GCD km(great circle distance)：大圓航線距離(單位：公里)		
MXT(maximum perceived travel time in hours)：最大感知旅行時間(單位：小時)		
PTT(perceived travel time in hours)：感知旅行時間(單位：小時)		
FLT(flying time in hours)：飛行時間(單位：小時)		
TRT(transfer time in hours)：轉機時間(單位：小時)		
QLX(quality index of a connection)：連結的質量指標		
CNU(number of connectivity units)：連結的單元數量		
NOP (number of operations)：營運的數量		

資料來源：Burghouwt et al., 2009

在過去與航空網路相關的文獻大部分在探討如何描述航空網路，複雜網路以及中心性指標是非常適合用來解釋網路的方法；另外也有航點連結的相關議題，在航空自由化之後開始出現軸幅式網路與點對點網路並存，然而對於航空網路形成的原因卻鮮少有相關的研究，因此本研究希望以上述的航空網路文獻作為背景及參考，深入研究航空網路形成之動因。

2.2 機場競爭與航空公司網路競爭

2.2.1 機場競爭

機場競爭被定義為一座機場與其它機場競爭以吸引航空公司，機場主要的客戶係航空公司而非乘客，從網路個觀點出發，機場若要吸引更多的使用者必須達到一定的規模。機場的競爭主要來自服務和價錢，服務涵蓋區位因素、可及性、服務品質以及設施的規模，除了區位因素之外機場管理者均可以從這些變數來改善，然而機場時間帶容量以及環境限制將會影響機場的競爭力；價錢的部分可分為向航空公司的落地費以及向旅客收取的離境稅，此外機場的收入來源亦包含其它商業收入(Forsyth, 2010)。

ACI Europe(1999)辨認了機場間六種不同形式的競爭：

1. 競爭以吸引新的服務
2. 腹地重疊的機場間競爭
3. 機場作為一個樞紐的競爭
4. 都會區內的機場間競爭
5. 對於機場所提供的服務之競爭
6. 機場航廈之間的競爭

第一項為最嚴格的機場間之競爭，吸引新的航空公司開航提供服務；第二和第四項可以有效地結合為一體，競爭的條件必須為航線擁有相同的起迄點才有競爭的意義；第六項則是透過航空連結來延伸網路的可及範圍其中最後兩項的競爭並非在不同的機場之間，而是在同一座機場內不同提供服務者之間，如：不同航空公司所經營的航廈。本研究主要從航空網路觀點出發，探討亞太地區第三種形式的樞紐機場競爭下航網形成之動因。

關於機場競爭議題的相關研究可以分成幾個主要的面向，如：鄰近區域內的主次要機場之間的競爭、旅客對於鄰近機場的選擇行為，也有設定某些特定情境的研究，如：在解除管制下的機場競爭；設定特定範圍的研究，如：低成本航空與機場競爭，或是一些其它相關的案例研究，如：機場之間的可及性競爭，以舊金山灣區為例。

Barrett(2000)認為機場的競爭始於航空解除管制，機場的私有化以及商業化所提供的折扣對於乘客以及低成本航空具有吸引力，以愛爾蘭為例，政府解除管制後為了促進都柏林機場在運量上的增長進行了一連串的優惠措施，包含新航線的折扣高達 90%、冬季降落費折扣 50%、使用低成本

航廈的優惠以及對於低票價航線折扣 25%，以促進更大的國家競爭力。

Bao(2016)以中國江蘇省九座機場為範圍探討機場可及性與機場競爭的關聯性，研究結果顯示當可及性的水平上升 1%將會帶來機場客運量增加 2%，同時機場的競爭力也會獲得顯著的改善，然而要促進機場的發展除了增加航班和航線外，也要積極改善機場聯外的運輸系統，以提升機場的整體吸引力。

Porter(1979)提出五力分析(Porter five forces analysis)架構，可定義出一個市場吸引力的高低程度，波特認為影響市場吸引力係由五種力所組成，這五力分別為：來自買方的議價能力、來自供應商的議價能力、來自潛在進入者的威脅、來自替代品的威脅以及來自現有競爭者的威脅。以機場公司的觀點套用五力分析，若將機場的航線視為商品，供應商為政府、買方為航空公司、潛在進入者為周邊其它新建的機場建設計畫、替代品為其它運輸工具、現有競爭者為周邊的其它機場。

Park(2003)採用 Porter(1979)所提出的競爭策略五力分析為架構，針對東亞地區主要機場進行競爭力分析，評估準則係基於機場服務、需求、管理、設施以及空間品質共五項因素如圖 2.3，應用多決策準則方法與質性資料分析選定機場之競爭狀況，並將各機場的競爭力分成 4 個級別。

1. 空間因素：

機場周邊發展、環境與經濟狀況

2. 需求因素：

O-D 起迄點運輸需求、軸幅式網路轉運需求

3. 設施因素：

設施水平、實體狀況與未來擴展

4. 管理因素

成本與收益、生產力

5. 服務因素

服務水準、營運狀況、營運系統

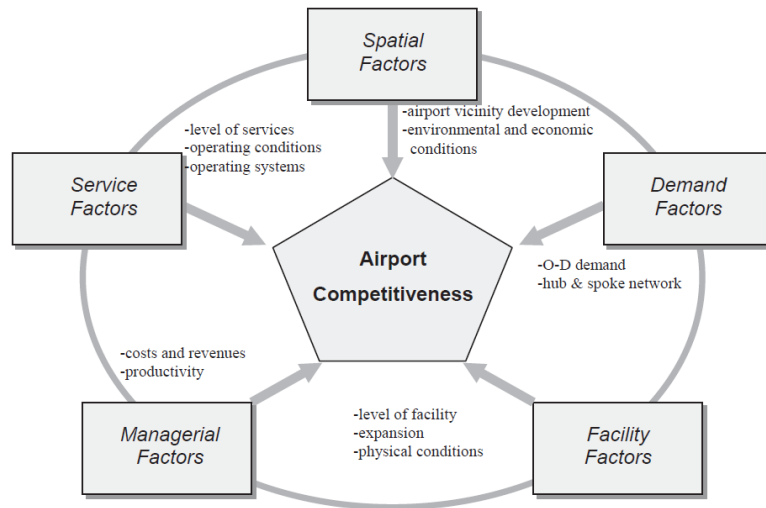


圖 2.3 亞太樞紐機場競爭力分析之五大因素(Park, 2003)

2.2.2 航空公司網路競爭

Burghouwt et al. (2009) 以荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場為例，探討樞紐機場之間的競爭，荷蘭阿姆斯特丹史基浦機場為天合聯盟樞紐，其鄰近國家主要競爭樞紐機場為作為星空聯盟樞紐的德國法蘭克福機場以及作為寰宇一家樞紐的英國希斯洛機場，另外還有同為天合聯盟樞紐的法國巴黎戴高樂機場，但由於法國巴黎與荷蘭阿姆斯特丹的主要營運航空皆為法航-荷航同一個聯盟和集團，使得兩樞紐的航空網路為重疊而非競爭的模式，四種競爭模式分類如下：

1. 直接競爭(direct)，如：荷航與德航在 AMS-FRA 航線上
2. 直接/樞紐競爭(direct/hub)，如：AMS 直航 SIN 與經由 FRA
3. 內陸競爭(hinterland)，如：該內陸可 AMS、RTM、EIN 到達
4. 樞紐/樞紐競爭(hub/hub)，如：RHX 經由 FRA 或 AMS 到 SIN

四種競爭模式分類之示意圖如圖 2.4。

機場競爭與航網的連結有著緊密的關係，較有競爭力的機場將會吸引更多的航空公司願意開航，因而帶來更多的旅客運量，如：位在重要交通廊帶上的樞紐機場彼此競爭，集散區域性的旅客中轉；同樣地，航空公司網路競爭會影響航空公司航線的配置，如：歐陸樞紐機場間不同航空公司的網路競爭，有競爭力的航空公司發展其基地作為樞紐，拓展軸幅式機場網路。綜合以上可見機場與航空公司網路的競爭對於航空網路的形成扮演著關鍵的重要地位。

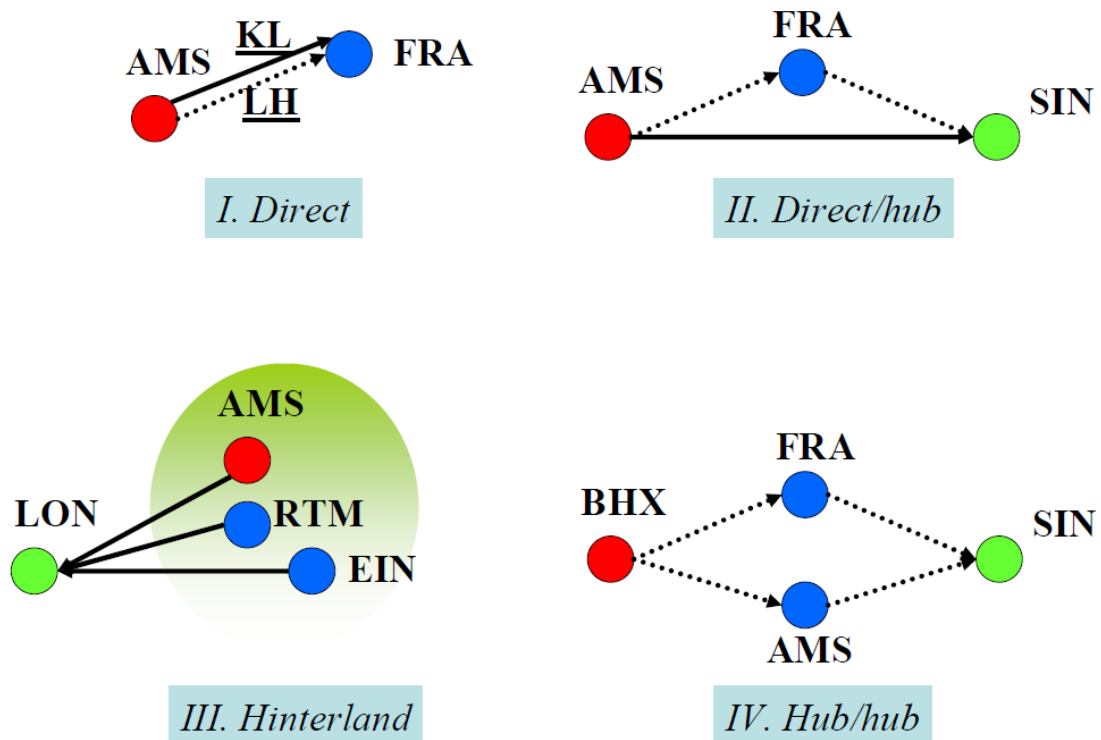


圖 2.4 航空公司網路競爭的 4 種型態(Burghouwt et al., 2009)

2.3 航空網路發展及影響動因

航空網路是如何發展而演進成今日的規模是個值得探討的議題，航網發展相關的研究在過去大部分是以中心性指標或是歷史資料的統計結果來描述航空網路的型態及變化，然而深入探討航網形成之影響因素的研究大多僅以論述的型態提出不同的觀點，像是從國家政策、社會經濟以及地理區位…等不同面向探討與航空運輸之間的因果關係，雖然這方面的相關文獻十分缺乏，且大部分年代久遠，但其中內容所提出的觀點仍對於今日航網形成動因之研究提供研究背景的熟悉與啟發。

2.3.1 航空網路之發展概況

美國的航空網路在解除管制後產生劇變，逐漸發展成為軸幅式網路，透過在一個中央樞紐點，以點流量與傳輸流量結合，使得航空公司提供更廣泛的目的地以及每天高頻率的服務給消費者。Burghouwt and Hakfoort (2001)想要研究歐盟在解除管制後是否導致類似的變化，相較於美國作者發現歐洲內的航空交通量並沒有顯著的證據可以證明集中在少數特定的樞紐機場，然而在洲際的交通量卻明顯地集中在樞紐機場，其中各國的國家航空保持著期支配的地位。研究顯示五個不同等級的機場在歐洲內部並

未有明確的交通量集中於主要樞紐的趨勢，對於那些較小的機場對於周遭鄰近歐洲內部航點格外重要，往往擁有增長的潛力；若從四個不同等級的航線來看，樞紐與輻射航點間航線的容量成長最快，輻射航點之間的航線甚至面臨下降。

根據中國民航出版社(2009)從統計看民航一書中提到中國航線網路變化：1950 年，國內航線只有 7 條，通航 8 個城市。1955 年始有國際航線 1 條，通航 1 個國際城市。2008 年有國內航線 1235 條，通航 150 個城市；有國際航線 297 條，通航 46 個國家 146 個城市，可見快速之成長。

Jin and Wang (2005)基於中國航空國際網路發展歷程，分析國際航空區域系統的空間演化，採用集中度指數(CI)，考慮航線、通航國家和中國對外通航成是三個面向，論述空間集散程度，探討中國對外聯繫的空間演進關係，中國國際航線從 1978 年以來至 2002 年之發展概況如表 2.7。

表 2.7 中國國際航線的發展概況

年份	航線	中國通航城市	通航國家/城市	
		數量	數量	城市
1978 以前	5	3	5	10
1978	12	9	13	13
1990	44	9	26	36
1996	98	18	31	56
2002	161	27	34	68

資料來源：Jin and Wang (2005)

Wang et al. (2011)使用複雜網路方法，探討中國的航空運輸網路(Air Transport Network of China, ATNC)，研究最後特別針對三個中心性指標與社會經濟指標，如：航空客運量、人口與區域生產毛額(GRDP)等進行關連性分析，結果發現兩者之間有高度的關連性，如圖 2.5，接著作者將航空客運量與三個中心性指標進行函數配適，發現航空客運量與維度中心性以及鄰近中心性呈現冪函數關係，而與中介中心性呈現線性關係。

Relationship between centralities and the air passenger volume, population, and GRDP.

Correlation coefficient	Degree	Closeness	Betweenness	Air passenger volume	Population	GRDP
Degree	1	0.924 ^(*)	0.766 ^(*)	0.837 ^(*)	0.771 ^(*)	0.793 ^(*)
Closeness		1	0.644 ^(*)	0.708 ^(*)	0.698 ^(*)	0.709 ^(*)
Betweenness			1	0.905 ^(*)	0.750 ^(*)	0.770 ^(*)

圖 2.5 中心性指數與客運量、人口、GDP 之關係(Wang et al., 2011)

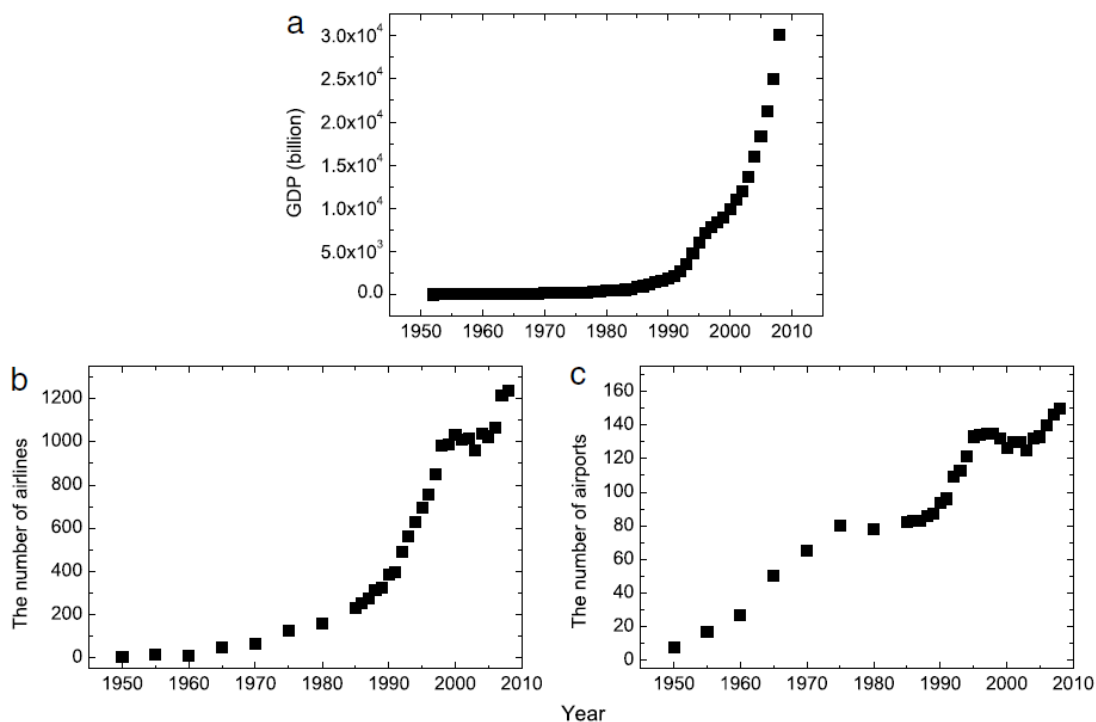


圖 2.6 中國 GDP、航空公司家數、機場個數趨勢圖(Zhang, 2010)

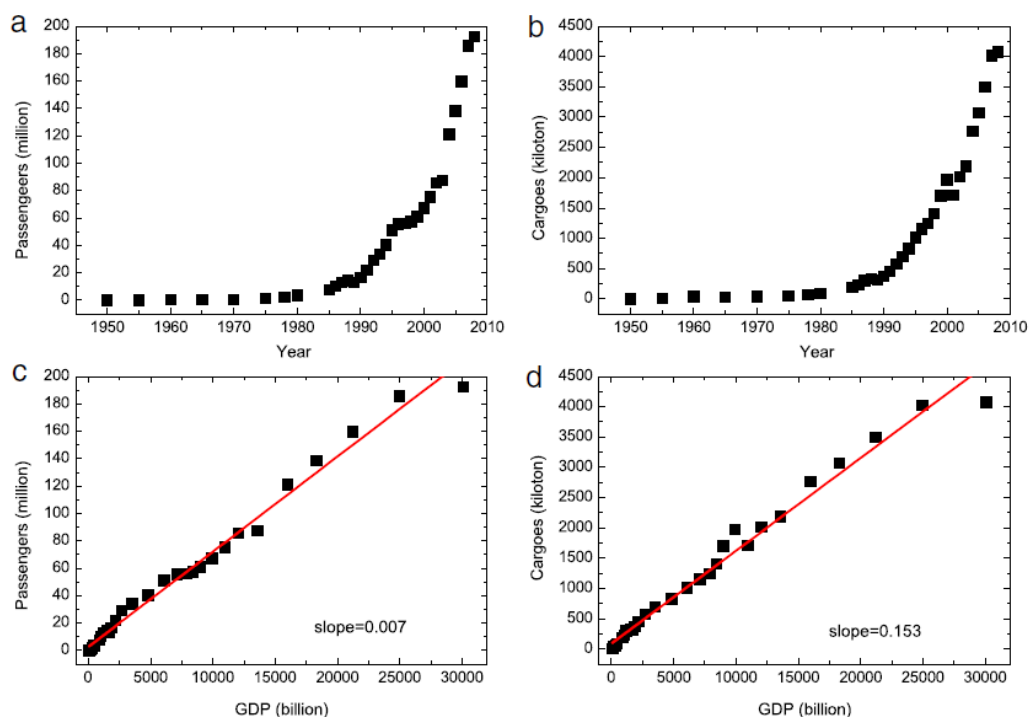


圖 2.7 中國 GDP 與旅客運量、貨運量之關係圖(Zhang, 2010)

Zhang et al. (2010) 同樣運用複雜網路理論來研究中國機場網路 (Chinese Airport Network, CAN) 的演進，其中探討中國航網演進與對中國經

濟的的關係，首先作者根據中國過去的民航統計資料，繪製出過去六十年來中國 GDP、航空公司家數與機場個數的成長折線圖，可以發現航空公司與機場發展與 GDP 的成長未必一致，如圖 2.6。雖然航空公司與機場受到某些因素的限制而未跟隨 GDP 呈現指數成長，但客運及貨物的交通量卻與 GDP 有明顯的線性成長關係，如圖 2.7，透過計算的結果可以發現每增加一百萬的 GDP 可以支持大約 7 位乘客以及 153 公斤的貨。

2.3.2 航空網路形成之影響動因

O'Connor (1996)以亞太地區為觀點探討機場發展，作者認為機場的發展係由三股相互依存的力量而形成，這三個關鍵因素為：實體區位及科技、國家政府的政策、該區域的經濟活動成長，上述三個因素將會影響機場的活動及發展，反映在機場連結的航點個數、航班數以及航空公司家數…等。本研究主要係探討影響機場航點連結的動因。影響航網發展的架構如圖 2.8。

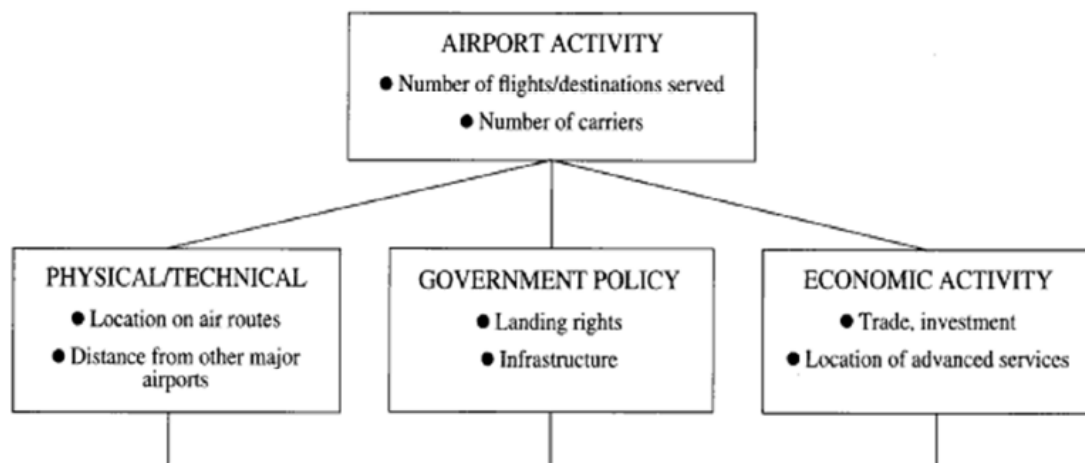


圖 2.8 影響機場連結發展之因素(O'Connor, 1996)

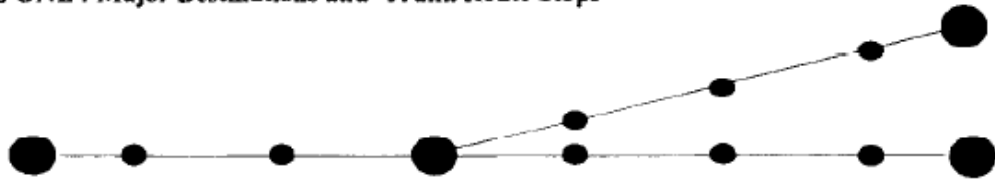
- 實體區位的影響包含機場位於航線上的區位、到達其它主要機場的距離，連結的個數呈現出城市的可及性，以亞太機場觀點來看，東京剛好位於大陸的邊陲，交通的廊帶可延伸至北美地區發展出洲際樞紐的區位，同樣地，曼谷位於亞太地區及歐洲的航線上，使其發展成為亞太地區進出歐洲的一個重要門戶；而航太科技的影響促使航空公司發展長程的直飛航線，取消過去技術性中停加油的航班，如：亞太地區經安格拉至到北美地區的航線。

- 政府政策的影響可區分為直接和間接，直接的影響為政府對於機場及相關建設的投資，如：興建機場、擴建機場、改善助導航設施帶…等，皆能帶動機場的發展；而間接的影響則是透過雙邊的航權協議，如：允許起落權、開放天空讓市場回歸自由化，免除航點間無形的壁壘、機場宵禁、政治敏感因素…等。以亞太地區為例，中國特殊的政治環境影響了區域航線的發展，在 2008 年兩岸直航以前民航機必須透過第三地中轉，限制了兩岸航網發展，此外機場若為軍民合用也可能會受到政府及軍機起降影響。
- 經濟活動的影響為貿易、投資以及服務的區位，亞太地區長期作為出口導向的國度，偌大的人口、市場以及低廉的勞力吸引外資的投入，國際貿易發展盛行，經濟的成長產生對於航班服務的衍生需求，促使亞太航網連結到全世界。社會經濟活動的可以透過人口、銀行家數、投資公司數以及設立總部的個數…等來衡量。

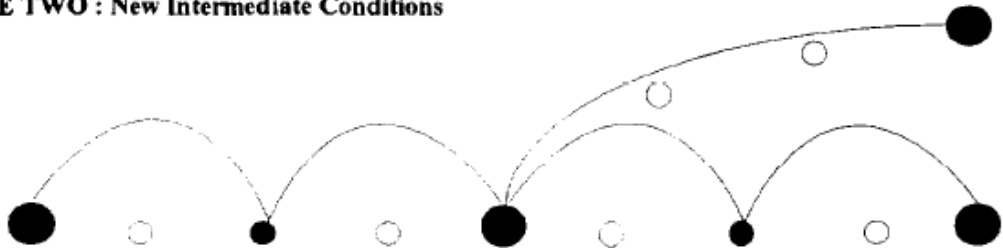
O'Connor (1995)研究東南亞的機場發展，城市之間機場連結的改變說明了對於城市網路的中心性、中介性以及鄰近性產生影響，其中關鍵的角色為航空公司以及雙邊協議，另外作者透過簡單的模式展示了航空網路演化的四個階段，可以發現第一階段的航空網路為線性航網；第二階段開始發展出通過某些航點的航網；第三階段產生軸幅式網路模式的國際樞紐機場；第四階段被稱為主軸轉變的航網，航網演進示意圖如圖 2.9。

Bowen(2000)同樣以東南亞作為研究範圍，探討國家的經濟發展以及城市可及性的改善對於航空公司樞紐的影響，特別關注樞紐機場在該區域的主要樞紐競爭。國家政府的政策可以直接或間接地影響機場發展，直接的影響如：機場設施建設，決定機場定位及提供的容量及服務品質、國營航空公司；間接的影響如：政策法規、宵禁時間、雙邊航權協議…等，以上種種因素促使機場的航空網路成形。若從經濟因素觀點出發，隨著東南亞經濟成長快速，積極發展國際貿易並吸引外國投資邁向國際化，作者認為製造業、商業服務業以及旅遊業係經濟層面影響東南亞航網連結的一個關鍵因素。

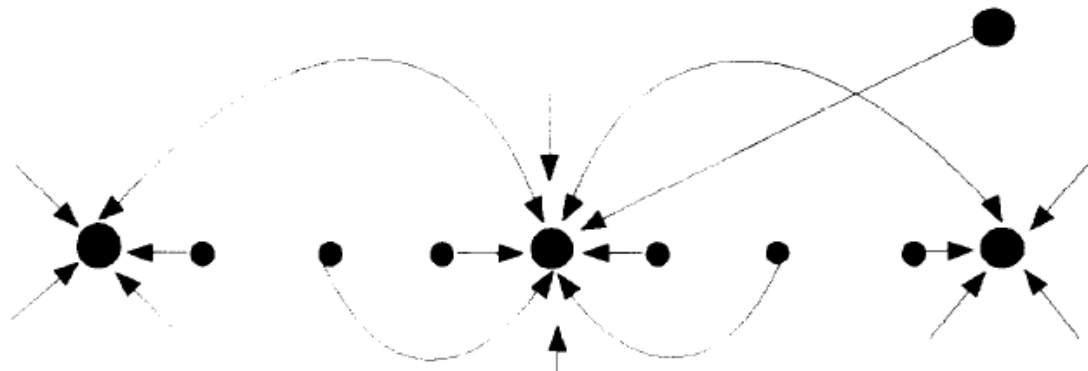
STAGE ONE : Major Destinations and Trunk Route Stops



STAGE TWO : New Intermediate Conditions



STAGE THREE : International Hub Development and Proximity



STAGE FOUR: Principal Axis Shift

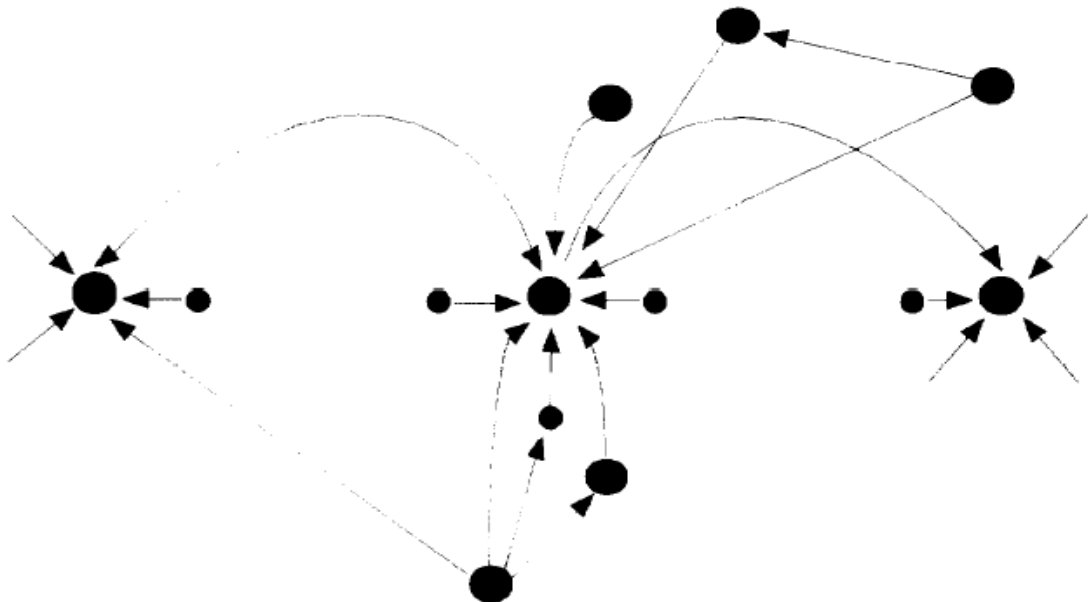


圖 2.9 國際機場的發展階段示意圖(O'Connor, 1996)

Burghouwt and Veldhuis (2006)在跨大西洋航線的樞紐機場地位競爭研究中提到歐盟內部市場得以從星狀網路發展為軸幅式網路主要是因為自由化的政策，其中也涉及歐洲各國對於航權分配及協調的雙邊協議，政府對於這些新航權分配的結果往往指派給國籍航空經營，因此各國主要機場的主要起降航班大多也是該國的國籍航空公司，有此可知政府對於機場以及航網有相當程度的影響力主掌控能力。

Bieger and Wittmerb (2006) 以政府和航空公司的觀點，探討航空運輸與旅遊業的關係，作者認為兩者之間會相互影響，旅遊業作為一個驅動的角色，刺激航空運輸產業的改變，特別是新形式的旅遊業或是新的旅遊景點，如：新的主題樂園，會直接影響旅運需求進而間接影響航空運輸發展。研究流程首先開發一個系統模式來分析航空運輸與旅遊業之間的相互關係，接下來建立一個分係框架來分析基於這樣的系統模式下最重要的影響因素，最後得到航空公司的目的地和政策制定者的結論。

Piermartini and Rousová (2008) 使用重力模式來解釋航線旅客交通量，估計航空運輸服務自由化對於航空旅客交通量的影響，總共有 184 個國家的樣本，結果顯示交通量與航空市場自由化程度之間存在正向且顯著的關係，作者認為航線的距離可以作為旅行成本的代表（包含時間成本），旅客運量會受到距離而有負面的影響；此外關於文化鄰近之相似區域國家則是對旅客運量有正向關係，如：語言、曾有殖民關係。該模式迴歸式為：

$$\ln(\text{PassengerTraffic}) = \alpha + \beta_1 * \ln(\text{distance}) + \beta_2 * \text{border} + \beta_3 * \text{colony} + \beta_4 * \text{language} + \beta_5 * \text{low}_{\text{income}} + \beta_6 * \text{ASA}_{\text{age}} + \beta_7 * \text{air}_{\text{liberalization}} +$$

$\sum_k (\gamma_k * D_k) + \varepsilon$ ，應變數 y 為兩國家之間的總旅客交通量，該研究主要關注航線自由化變數，用以表示兩國之間航空服務貿易的自由化程度，其餘變數包含距離：兩航點間距離、邊界：為一個二元虛擬變數，代表兩國家是否相鄰、文化(殖民地、語言)、低收入：為一個二元虛擬變數，代表兩國家是否其中一個為低收入國家、 ASA_{age} (air service agreements)為計算航空協議生效的年期。最後研究結果發現旅客交通量與航空市場自由化程度之間存在著正向且顯著的關係，自由化程度從的 25 百分位數增加到的 75 百

分位數時，增加了直接的航空運輸服務的交通量大約 30%。

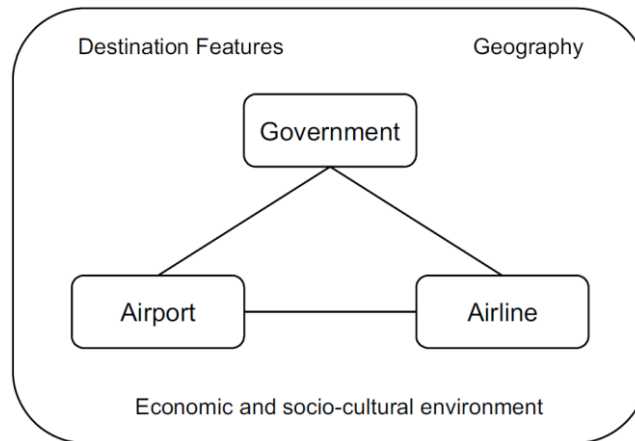


圖 2.10 分析三者影響航網因素之框架(Burghouwt et al., 2009)

Burghouwt et al. (2009) 認為地理區位因素是影響機場發展的其中一項因素，包含所在區位的商業與產業發展、社會經濟環境…等，然而機場或航空公司若要發展成功，不能僅僅仰賴好的位置，更重要的是精心設計規劃、易於執行的航空運輸政策以及積極發展旅遊業，作者在最後的結論表示政府適當的投資相關設施，會改變中轉樞紐成為旅客的目的地，其中地理、經濟以及社會文化環境也扮演影響策略的關鍵角色，關係如圖 2.10。

Hooper et al. (2011) 研究過去一個世紀以來中東海灣地區的航空網路發展，波斯灣的處歐亞非大陸板塊交界，早期該區域機場曾作為提供技術性中停的服務，如：加油…等，時至今日，航太科技及航網發展彼此交互影響，部分機場與航空公司在過去十幾年來蓬勃的發展與世界接軌成為區域重要的樞紐門戶，新興的航空公司扮演關鍵的角色，如：阿聯酋航空、阿提哈德航空…等。作者使用中心性、中介性以及鄰近性的概念來解釋航空網路的演進，研究發現該地區的航網位於主軸轉變的階段，其作用不再僅是作為東西向航線的中轉樞紐，此外該地區成為貿易中心和積極發展觀光，以上社會發展及經濟因素影響了阿拉伯海灣地區的航網發展。研究同時整理出與社會經濟發展相關的變數，包含國內生產總額(GDP)成長率、石油出口收入、波斯灣地區人口、機隊的變化，如：廣體、窄體客機。

Fu (2013)研究兩岸航空運輸直航與桃園機場競爭力的變遷，他承接文

獻回顧中 Lohmann 認為「政府」、「機場」、「航空公司」是影響航空網路之關鍵因素，分門別類進行探討。首先政府雖然無法直接影響航空網路的發展，但是政府可以透過其對內以及對外的能力來影響機場營運單位以及航空公司的經營與決策，促進航空網路的發展；然而政府不是航線的經營者，通常無法直接地影響航空網路的發展，須透過與機場以及航空公司之間的協調，以提升國籍航空公司與機場競爭力的目的，除了政府的影響因素之外，直接的「商業利潤」是影響機場以及航空公司決策的另外一項重要因素，商業利潤主要取決於旅客對於航空的運輸需求。作者根據過往文獻的整理，以「航空網路」為核心，以「政府」、「機場」、「航空公司」三個關鍵角色為主體，建構出兩個層次以及三個方面的關係，如圖 2.11。

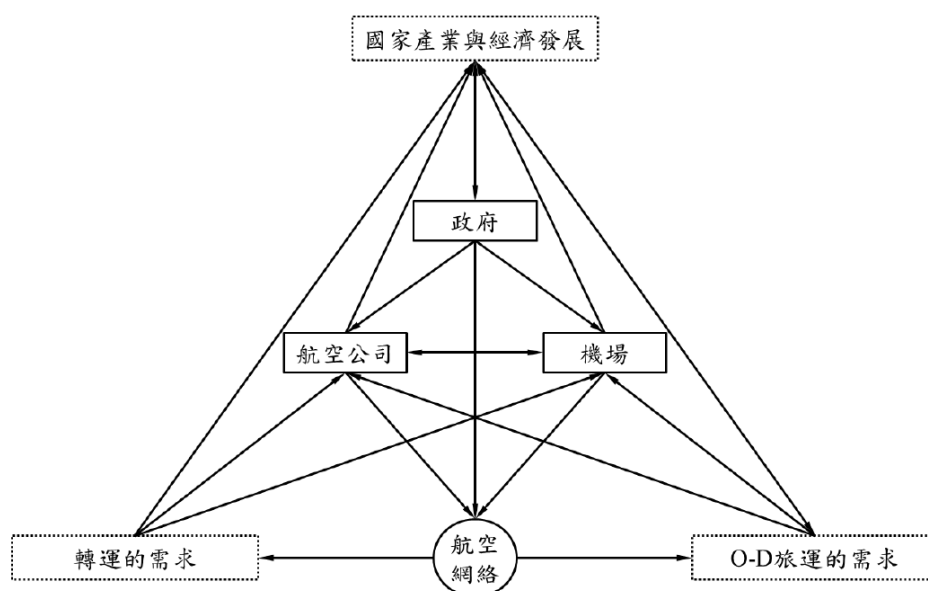


圖 2.11 航空網路運作與發展架構圖(Fu, 2013)

Hazledine(2014)使用計量方法解釋每個城市對直飛航班，以左側截斷的 TOBIT 模式來估計航線上直飛航班的數量，公式： $NSFLIGHT = -8.28 + 0.031 * PAX12 * \left(\frac{100}{PRELSEATS}\right) - 0.0000068 * \left(PAX12 * \left(\frac{100}{PRELSEATS}\right)\right)^2 + 2.77 * STOPPENALTY + 5.27 * PORTER + 1.35 * BORDER$ ，其中第一部分是

由一個以最小平方法(OLS)迴歸得到的預測座位數 PRELSEATS。第二部分同樣以計量方法預測乘客的數量，其中透過重力模式來解釋每年城市對當中旅客的移動。作者認為可以將結果應用在機場的政策上，探討如果在目

前尚未有直接連結的航線上提供直飛服務，是否能夠成功吸引額外的乘客來搭乘。

Surovitskikh and Lubbe (2015)採用世界貿易組織(WTO)開發的航空自由化指數(ALI)來衡量南非和非洲內部市場自由化政策對航空客運量的影響，其固定單向追蹤資料迴歸(Panel regression)模式為： $\ln(\text{Traffic}) = \alpha + \beta_1 * \ln(\text{GDP}) + \beta_2 * (\text{Low_Inc}) + \beta_3 * (\text{ASA_age}) + \beta_4 * \ln(\text{Trade}) + \beta_5 * \ln(\text{Population}) + \beta_6 * \text{ALI} + \varepsilon$ ，其中 ALI 指數即可被用來衡量政府對於航空的政策，特別是針對第五航權、容量與合作協議，研究結果發現在這三個市場有統計上地顯著影響，這三個市場分別為：南非-非洲內陸、南非-非洲南部、南非-東非，其中以南非-非洲內部交通量成長 36%-45%多，南非-非洲南部成長 21%-25%次多。

Hakim and Merkert (2016) 以南亞為範圍探討航空運輸與經濟增長之間的因果關係，應用計量方法中的 Pedroni/Johansen 協整檢驗方法(Cointegration test methods)和格蘭傑(Granger)長期以及華德(Wald)短期因果關係檢驗。最後研究結果證實長期的單向格蘭傑因果關係存在於 GDP 對於航空客運及貨運，這項結果推翻過去雙向因果存在的關係，推測可能與時空背景不同有關，然而在他的研究當中的南亞區域擁有大量的人口以及較低的人均所得，因此合理的認為若僅有大規模的 GDP，對於航空的增長影響較小。

Zhang et al. (2016) 透過 2010 年中國航空公司網路 (CAN) 建構出的機率模式進行模擬，以探索各種因素對航路連接的影響，並且討論第三級產業的產出、機場規模以及空間的距離進行影響因素分析。模擬結果顯示航線的開發並不完全取決於航空公司的潛在乘客流量，同樣也受到第三級產業的產出和起迄點城市之規模大小有顯著影響，此外經濟規模的影響取決於程度的增加，明顯地大於發展中的社會經濟，因此中國航空公司網路更傾向於演變為軸幅式網路。

2.4 小結

綜合以上文獻回顧的三大小節，基於航空網路之定義及透過複雜網路方法或中心性指標所描述的航空網路結構，在機場或航空公司網路競爭下促使現行航網的形成，回顧過去機場發展的相關文獻，可以將影響機場發展的動因歸納為主要三類，分別為地理區位及科技進步因素、經濟活動因素以及政治因素，各項因素所對應的變數如表 2.8。此外在過去的文獻當中使用各種不同的計量方法來解釋變數之間的因果關係，針對不同的資料搭配其適合的模式，本研究所採用的應變數 y 為二元變數，因此較為適合採用計量方法當中的羅吉斯迴歸來分析直飛與否的影響動因。

表 2.8 影響機場航網的因素分類及其相對應的替代衡量變數

影響機場航網因素	相對應的替代衡量變數
地理區位	兩航點間距離、路徑中競爭樞紐機場個數、航線類型(越洋、區域)等
政府政策 (機場功能定位、基礎建設投入、航權開放等)	機場跑道數量、是否為國家主要機場、航空自由化指數等
航空營運環境 (航機大型化、航空公司經營模式、航空聯盟成員等)	航空公司廣體客機(窄體客機)數量、航空公司類型(低成本航空、傳統航空)、國籍航空公司家數等
社會經濟活動	人口、機場運量、國家(城市)競爭力指數、公司總部個數、觀光客人數、國際貿易額、國民生產毛額 (GDP) 等

第三章 資料來源與研究方法

本研究將內容劃分為兩大區塊，第一部分為影響變數之選定與資料彙整，第二部分將選定變數建構計量模式及分析，最後歸納出關鍵的顯著影響變數應用在未開航之潛在市場，以利未來對於航空網路發展之預測，本研究之研究架構圖如圖 3.1 所示：

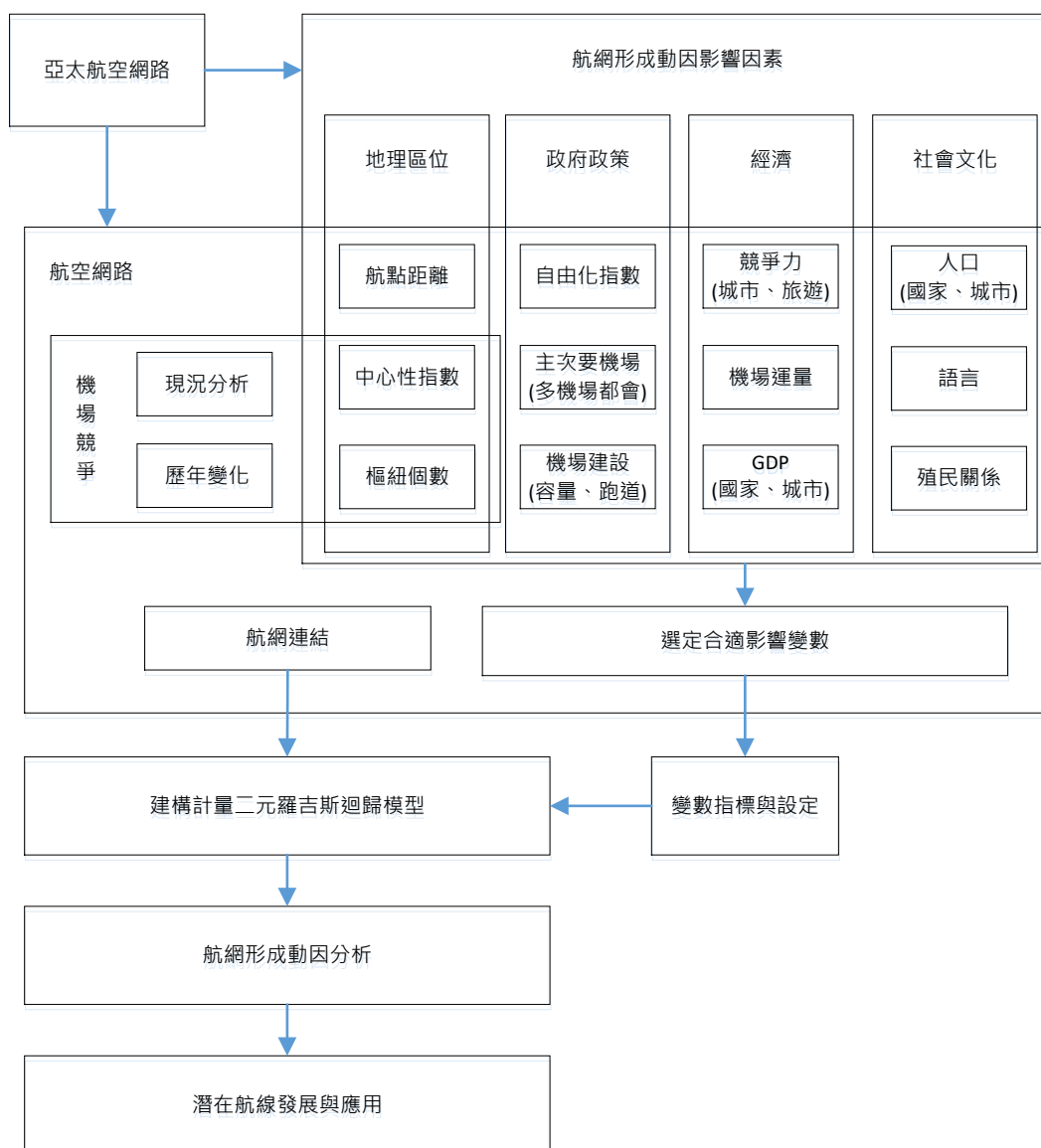


圖 3.1 研究架構圖

首先本研究以亞太航空網路為範圍，分別探討航空網路發展現況與航網形成的影響動因，主要因素包含地理區位、政府政策、經濟實力以及社會文化，根據航網的連結特性與選定能代表影響動因之影響變數，建立二

元羅吉斯迴歸模式，解釋迴歸結果分析影響動因，最後透過較佳的模式進行應用，預測出亞太航空網路未來發展的潛在市場，提供有關當局之參考。

3.1 航班資料來源

本研究的機場運量資料來源為 Innovata 2016 年所有航班表原始資料，主要欄位包含航班代碼(由航空公司代碼、航班編號所組成)、出發地以及目的地資訊(國家、城市、機場)、航程資訊(出發時間、到達時間、航程時間及距離)、中停資訊(是否中停、中停機場名稱)、航班共享資訊、航班服務頻率、機型資訊(機型、噴射引擎或螺旋槳)、座位數(頭等艙、商務艙、經濟艙)……等等，根據原始資料彙整研究範圍航點間有提供航班服務資料。

3.2 個別變數來源

3.2.1 機場運量

本研究的機場運量資料來源為 2014、2015 年國際機場協會(Airports Council International, ACI)所出版的年度全球機場交通量報告書(ANNUAL WORLD AIRPORT TRAFFIC REPORT)，報告書中有詳盡列出該年度全球機場的發展趨勢及相關變數的統計資料結果，世界機場運量排行，並且依照總旅客運量、國內客運旅次、國際客運旅次、總貨運運量、國內貨運量、國際貨運量以及總起降次數、國內起降次數、國際起降次數分類排序，本研究的研究範圍選用 2014 年度機場國際運量排行前 200 名的機場，並使用 2015 年度的數據作為模式的資料依據。

3.2.2 航點距離

本研究其中一項變數為兩航點間之航線距離，該距離是以國際運量排行前兩百名之機場為範圍，計算出任意兩航點間之大圓航線距離，建立一個前 200 大機場彼此之間維度為 200*200 的距離矩陣，如表 3.1；以及建立亞太出發 27 航點與亞太前 201-400 大機場彼此之間維度為 27*24 的距離矩陣，如表 3.2，雖然大圓航線距離可能與實際進場、離場或是巡航之航道可能有些許差異，但航點距離變數仍以此方式進行估算。

表 3.1 TOP200 之航點距離矩陣(200*200)(單位：英里)

起\迄點	ACE	ADD	AGP	AKL	...	YYC	YYZ	ZRH
ACE	0	3659	751	11697		5116	3721	1744
ADD	3659	0	3312	9083		7987	7154	3189
AGP	751	3312	0	12392		5039	3868	1000
AKL	11697	9083	12392	0		7439	8617	11429
:								
YYC	5116	7987	5039	7439		0	1675	4838
YYZ	3721	7154	3868	8617		1675	0	4044
ZRH	1744	3189	1000	11429		4838	4044	0

表 3.2 亞太 27 航點與 TOP 201-400 之航點距離矩陣 (單位：英里)

起\迄點	PEN	XMN	CJU	NKG	...	KLO	CRK	BDO
BKK	577	1358	2116	1692		1466	1331	1490
CAN	1518	315	1061	668		1003	737	2118
CGK	900	2246	3020	2726		1633	1747	83
CTU	1755	963	1336	887		1757	1494	2588
:								
SIN	373	1853	2649	2304		1447	1477	619
TAO	2484	818	396	323		1697	1451	3083
TPE	1945	199	662	481		925	682	2383

3.2.3 樞紐機場個數與彎繞係數

該變數為兩航點間樞紐機場之個數，顧名思義係指兩航點間採用一定彎繞係數標準之內，統計兩航點之間樞紐機場的個數。本研究若以 TOP200 作為亞太地區 27 個出發航點連結至全球 224 座機場中間的樞紐機場，資料量將逾百萬筆會非常龐大，況且在 TOP200 機場當中僅有少數的機場有作為中轉樞紐之機會，因此第一步必須先選定樞紐機場，再彙整出所有經過這些機場中轉的所有可能路徑。然而完成後其中仍存在大量不合理的樣本，譬如兩個航段中一個段航點距離過近，如：澳門經由香港連結至其它航點，亦或彎繞係數過大之航線，如：超過彎繞係數 1.4 之可能路徑，故必須將整理的資料進行第二階段之篩選後，再進行兩航點間樞紐機場個數之統計，最後將結果作為該項變數的值。

樞紐機場之判定主要透過 2014 年 ACI 運量統計資料，依據不同區域之特性以及不同航線之特性進行樞紐機場選擇。由於本研究是以亞太地區之出發航點作為研究範圍，因此樞紐機場之選擇也以亞洲地區較多，其次

是北美以及歐洲，非洲選擇兩座機場，中南美洲以及大洋洲之主要機場由於並非位於主要航點之航線上故不採計，判定之依據參考線有航班資料、合理彎繞係數範圍以及機場運量作為判定準則，樞紐機場列表如表 3.3、表 3.4、表 3.5。

彎繞係數的公式為 $R=IDT/DDT$ (非直飛距離/直飛距離)，其值為一恆大於 1 的數值，本研究所取判定樞紐機場個數的標準為 1.4，因此可以排除彎繞係數超過 1.4 的所有中停航點，而彎繞係數 1.4 的意涵為透過中轉的距離在原始兩航點直飛的 1.4 倍以內。

表 3.3 亞洲地區樞紐機場列表(19 座)

機場代碼	地區	國家	城市
AUH	中東	阿拉伯聯合大公國	阿布達比
BKK	東南亞	泰國	曼谷
CAN	中國	中國	廣州
CGK	印尼	印尼	雅加達
DOH	中東	卡達	杜哈
DXB	中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜
HKG	東北亞	中國	香港
HND	東北亞	日本	東京
ICN	東北亞	韓國	首爾
IST	中東	土耳其	伊斯坦堡
KIX	東北亞	日本	大阪
KUL	東南亞	馬來西亞	吉隆坡
MNL	東南亞	菲律賓	馬尼拉
NRT	東北亞	日本	東京
PEK	中國	中國	北京
PVG	中國	中國	上海
SGN	東南亞	越南	胡志明市
SIN	東南亞	新加坡	新加坡
TPE	東北亞	台灣	台北

表 3.4 歐洲地區樞紐機場列表(9 座)

機場代碼	地區	國家	城市
LHR	西歐	英國	倫敦
CDG	西歐	法國	巴黎
AMS	西歐	荷蘭	阿姆斯特丹
FRA	歐洲中部	德國	法蘭克福
MUC	歐洲中部	德國	慕尼黑
ZRH	歐洲中部	瑞士	蘇黎世
VIE	歐洲中部	奧地利	維也納
MAN	西歐	英國	曼徹斯特
SVO	東歐	俄羅斯	莫斯科

表 3.5 北美地區樞紐機場列表(8 座)

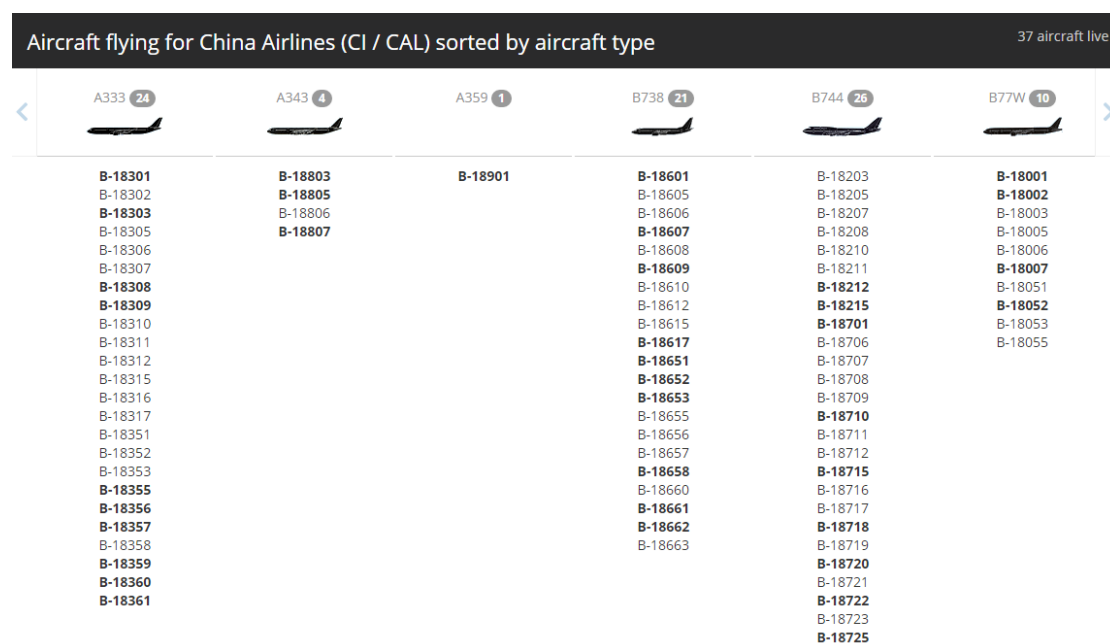
機場代碼	地區	國家	城市
JFK	北美東岸	美國	紐約
YYZ	北美東岸	加拿大	多倫多
MIA	北美東岸	美國	邁阿密
LAX	北美西岸	美國	洛杉磯
EWR	北美東岸	美國	紐約
ATL	北美東岸	美國	亞特蘭大
ORD	北美中部	美國	芝加哥
SFO	北美西岸	美國	舊金山

3.2.4 國籍機隊數(廣體、窄體)

根據文獻回顧中 Burghouwt(2006)提到當政府完成雙邊協議簽署後，航權分配的結果往往指派給該國國籍航空經營，因此各國主要機場的主要起降航班也大多是該國的國籍航空公司，可見國籍航空公司與航網發展有著緊密的關係。本研究中其中一項變數為「國籍機隊數」，它被定義為註冊在該國的航空公司之機隊數量，資料來源為 Flightradar24 網站的機隊資料庫，Flightradar24 係一家提供即時航班飛行狀況的網際網路服務商，網站提供航班的飛行軌跡、出發地、目的地、航班號、註冊編號、飛行器型號、當前位置、高度和速度…等，資料型態以航空公司分類，統計有各家航空公司旗下機隊的機體註冊編號，如圖 3.2，以台灣的國籍航空公司——中華航空為例，資料內容詳細包含各種機型的編號及數量，於是在資料處理的過程中將機隊區分成廣體噴射客機、窄體噴射客機以及螺旋槳客機的架數。在本研究中僅採納廣體噴射機以及窄體噴射客機的架數作為研究資料，排除螺旋槳飛機架數以及盡可能地排除全貨機的架數，統計結果如表 3.6。

表 3.6 各國國籍航空廣體客機、窄體客機之機隊數

區域	國家/地區	廣體機隊數	窄體機隊數
中國	中國	284	2412
東北亞	香港	188	49
	澳門	0	17
	台灣	118	82
	日本	274	233
	韓國	160	168
東南亞	新加坡	119	91
	泰國	100	145
	馬來西亞	50	160
	菲律賓	34	102
	印度尼西亞	44	361
	越南	25	102
	緬甸	0	13



資料來源：Flightradar24 網站資料庫

圖 3.2 中華航空(CI/CAL)機隊各機型統計資料

3.2.5 航線類型(越洋、區域)

本研究以亞太地區 27 座機場作為出發航點與全球前 200 大機場以及亞太區前 400 大機場連結，該變數用來區分航線係亞洲區域內之航線亦或

係越洋之航線，以二元變數代表之，由於本研究中的出發地皆未於亞洲地區，因此與之連結之越洋航線總計有 142 個越洋航點與 82 個亞洲航點。

3.2.6 航空公司類型(低成本航空、傳統航空)

近年來低成本航空的出現逐漸在市場中取得一定的市場佔有率，低成本航空的飛航特性有別於傳統航空，為了節省營運成本通常選擇機場起降規費較低的次要機場或是在主要機場較差的時間帶起降，由於低成本航空大多使用單走道之窄體客機，以短程及區域內航線作為其市場目標，鮮少有低成本航空開闢越洋航線，在本研究中針對每一條開航的航線透過低成本航空以及傳統航空兩個二元變數加以判斷，增加既有航線上的資訊，了解該航線係由什麼型態的航空公司所經營，總計有四種情況如表 3.7，若該航線有低成本航空(LCC)則欄位為 1；0 則否，若該航線有傳統航空(FSC)欄位為 1；0 則否。首先第一種情況該條航線上同時擁有低成本航空與傳統航空經營，有 278 條、第二種情況該條航線上僅有傳統航空經營，有 935 條、第三種情況該條航線上僅有低成本航空經營，有 94 條，從原始資料發現這些機場有些為多機場城市之次要機場，如：泰國曼谷廊曼機場、第四種情況為沒有任何航空飛航，有 5885 條航線，該類型航線往往為長距離之越洋航線且兩機場運量乘積較小，綜合以上計算出的重力指標也較小，不足以吸引航空公司開航。

表 3.7 航線上經營航空公司特性

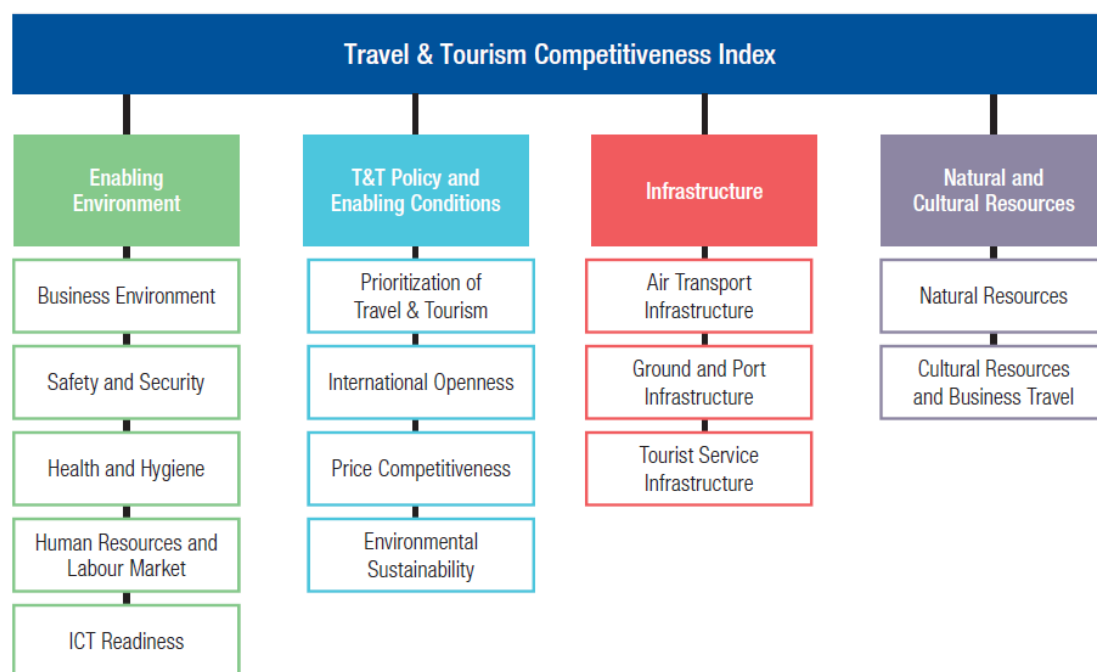
情況\航空類型	LCC	FSC	航線個數
1.	1	1	278
2.	0	1	935
3.	1	0	92
4.	0	0	4580

3.2.7 重力指標

為了更進一步探討運量乘積與航點距離對於航點連結的影響，將兩個變數整合成重力變數，其公式為： $Gravity = \frac{V_i * V_j}{d_{ij}^\alpha}$ ，分子為兩起迄機場 i 與 j 之運量乘積，分母為兩航點 i 到 j 距離之 α 次方。在原始型態的重力模式當中係以距離平方作為分母，該重力指標也可被視為兩機場的吸引力，然而若要在模式當中使用該變數時，必須將原先的運量乘積與航點距離變數移除，避免類似的變數重複被使用於配適出的模式當中，而導致多重貢獻性之問題而產生偏誤，因此本研究當中有比較兩個模式的結果。

3.2.8 國家旅遊競爭力指數(T&T)

世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF)發行觀光與旅遊業競爭指數(Travel & Tourism Competitiveness Index, 簡稱 T&T Index), 透過四個構面以及階層下方的指標來衡量一個國家的旅遊競爭指數, 架構如圖 3.3。當一個國家的觀光資源豐富, 越有機會吸引外國的觀光客造訪帶動航線之發展, 因此彙整出樣本當中各國的旅遊競爭指數成為其中一項變數。



資料來源：The Travel & Tourism Competitiveness Report 2015

圖 3.3 國家旅遊競爭力指數階層架構圖

3.2.9 全球競爭力指數(GCI)

世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF)自 2004 年以來根據 Xavier Sala-i-Martin 和 Elsa V. Artadi 開發的「全球競爭力指數」計算, 於年度報告書當中排名世界各國的國家競爭力指數, 該指數透過三個構面以及階層下方的指標來衡量一個國家的全球競爭力指數, 架構如圖 3.4。當一個國家的國家競爭力越強, 越有機會吸引外資投入、設立國際總部或是發展國際貿易, 上述商業行為也將帶動航線直接連結之發展, 因此彙整出樣本當中各國的全球競爭力指數作為其中一項變數使用。

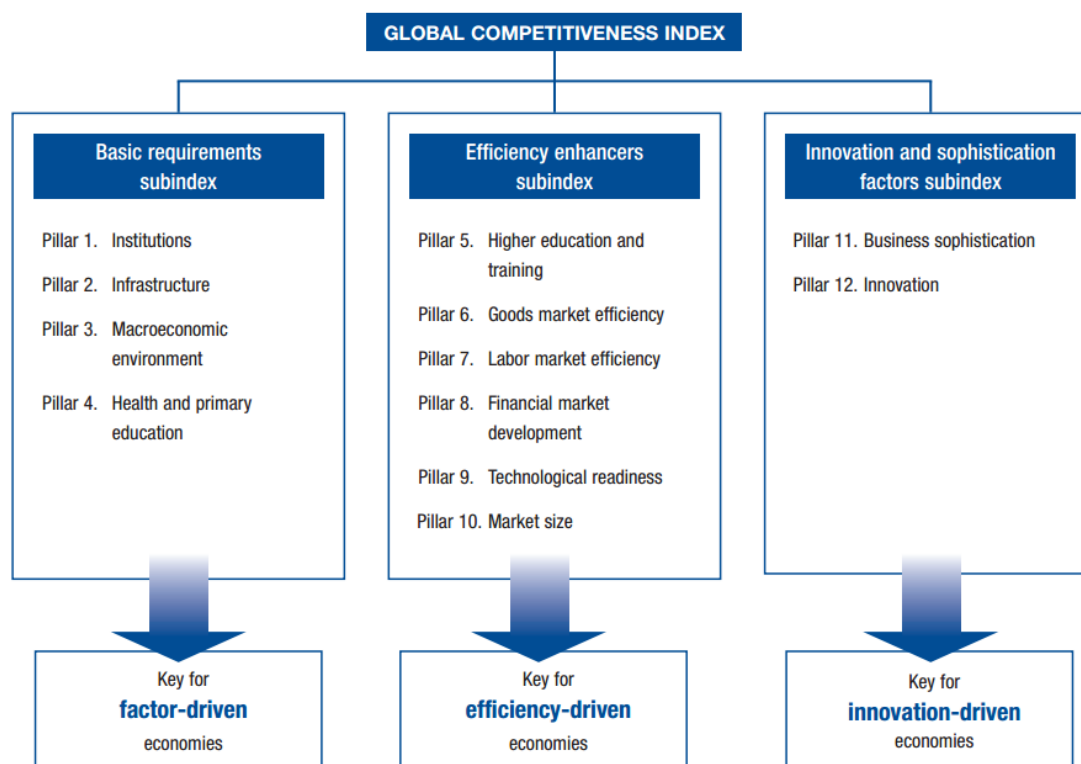


圖 3.4 全球競爭力指數階層架構圖

3.2.10 航空自由化指數

世界貿易組織(WTO)於 2006 年建立航空自由化指數(Air Liberalization Index, ALI)，資料樣本涵蓋 180 多個國家之間的雙邊交通量，該指數可用來代表航空旅客服務自由化程度，ALI 指數的範圍介於 0 和 50 之間，其中 0 代表最嚴格的協議，越接近 0 也就是越不自由的國家；50 則是最寬鬆的協議，越接近 50 也就是越自由的國家，其評分是由以下七個項目所組成：

1. 授予的權利(Grant of rights)：內容規範了兩國之間開展航線服務的權利，考慮第五航權(fifth freedom)、第七航權(seventh freedom)以及境內經營權，若擁有同意授予該權利上述三項權利每項可得 6 分。
2. 指派(Designation)：指定單一或多家航空公司在兩國之間經營服務的權利，在限制性協議中，政府僅允許單一航空公司成為國家航空公司，項目得分為 0；相對在較自由的協議中，多家航空公司被指定在兩國之間經營航線服務，其得分為 4。
3. 控制及所有權(Withholding or ownership)：該項目係規定另一方指定航空公司是否有權經營兩國航線之條件，可分為三種類別，由嚴格到自由分別為實質有效地控制、利益共同體制度以及主要營業地制

度，依序可得 0 分、4 分、8 分。

4. 容量條款(Capacity clause): 可用於決定航空執行服務的容量(根據交通量、頻率或飛機類型), 總共分成以下五種程度, 分別為預先決定、其它限制、百慕達 I 協議、其它自由、完全自由決定, 依序可得 0 分、2 分、4 分、6 分、8 分。
5. 費率審議(Tariff approval): 政府對於兩國航空服務訂價批准的制度, 主要可以分成以下五種類別, 最嚴格的制度是雙重審議, 其次為半自由主義制度的出發地國家審議、雙重否決、給予區間訂價空間以及完全自由訂價, 依序可得 0 分到 8 分。
6. 統計(Statistics): 相關統計數據是否提供國家或其航空公司間, 若有的話代表政府可以透過統計數據來監測對方航空公司, 因此被視為一個限制的指標, 若有要求提供其得分為 0; 沒有則得分為 1。
7. 合作協議(Cooperative arrangements): 定義為政府指定航空公司簽訂合作營銷協議的權利, 如: 代碼共享和聯盟, 這項權利被認為是一個自由化的象徵, 若這項權利不被允許得分為 0; 允許得分為 3。

3.3 建構計量二元結果模式

此部分將 2016 年度的航班資料進行彙整與分析, 首先進行初步的統計分析, 接下來針對研究範圍亞太地區出發的 27 個航點與其餘的 TOP 200 加上 TOP 201-400 中位於亞太地區的航點, 建立二元羅吉斯迴歸模式, 應變數 y 為二元的資料型態, 1 代表該條航線有直飛; 0 則否, 自變數 x 則為選定之影響變數, 包含航點距離、兩機場運量乘積、兩航點間的樞紐機場個數、國籍機隊數...等。

二元結果模式屬於離散結果的一種, 二元結果最簡單的情況只有兩種可能的結果, 如: 是或否、有或無, 如果一個結果的機率為 p , 則另一結果的機率必須是 $(1-p)$, 運用在迴歸時機率 p 會隨著函數而有所變化, 羅吉斯迴歸 (Logistic regression) 通常用最大概似估計法 (Maximum likelihood estimation) 來校估機率模式的參數, 因為資料必須服從白努利分布 (Bernoulli distribution)。主要的兩種二元結果模式為 logit 和 probit 模式, 兩者非常的相似, 前者假設為羅吉斯分配, 後者則須服從常態分配, 此外前者若表示為廣義線性模式, 此時最小平方法也可以被用來估計參數。

綜合以上本研究決定採用二元 logit 模式, $p_i \equiv \Pr[y_i = 1|x] = F(x'_i\beta)$,

$y_i = \begin{cases} 1 & \text{該航線有直飛} \\ 0 & \text{該航線沒直飛} \end{cases}$ 。最後再從參數估計值校估的結果代回原式計算出

每一個樣本的 $F(x'_i\beta)$ ，並依照 Logit 模式的定義將 $F(x'_i\beta)$ 轉換為機率值 ($p = \Pr[y = 1|x]$)，公式如下： $\Pr[y_i = 1|x] = \Lambda(x'\beta) = \exp(x'\beta) / 1 + \exp(x'\beta)$ 。

圖 3.5 是計量教科書中的範例，圖中的點代表實際資料散佈的位置，從 logit、probit 和 OLS 三種不同方法進行預測機率配適出三條不同的曲線，可以發現二元模式 logit 和 probit 所配適出的曲線與實際的資料分布大致呈現一致，比起透過最小平方法配適出的線性曲線更為吻合。

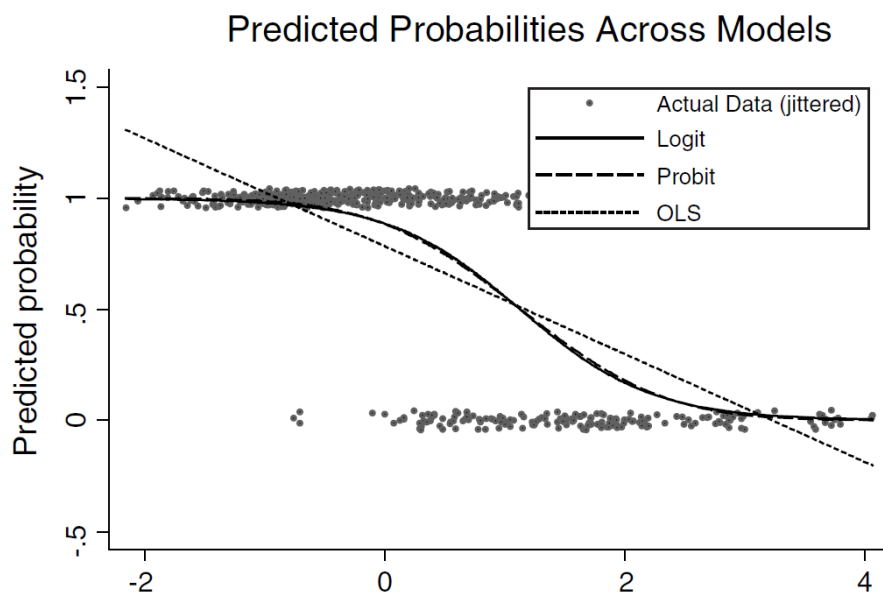


圖 3.5 logit、probit 和 OLS 模式之預測機率圖(Wooldridge, 2012)

3.4 敘述性統計結果

本研究彙整亞太地區 27 座出發機場與選定連結之到達機場共有 5885 個樣本，以下為各變數定義說明與敘述性統計如下：

VOLUME(V1*V2)：兩航點之運量乘積，運量單位為百萬英里(mile)

DISTANCE：兩航點之距離，單位為百英里(mile)

HUB：兩航點間的樞紐機場個數，單位為座

TRANSHUB：越洋航線航點間之樞紐機場個數，單位為座

wideANDtrans：出發機場國籍廣體機隊數與越洋航線與否乘積

narrowANDreginal：出發機場國籍窄體機隊數與區域航線與否乘積

GRAVITY(G125)：兩航點間之重力指標，為運量乘積除以距離平方
($\text{GRAVITY} = V1 * V2 / \text{DISTANCE}^2$) (運量單位為百萬；距離單位為百英里)

ALI：到達機場所在國家之航空自由化指數

TTI：到達機場所在國家之旅遊競爭力指數

GCI：到達機場所在國家之全球競爭力指數

MAXttigci：到達機場所在國家之旅遊競爭力與全球競爭力的最大值
 $= \text{MAX}(TTI_i, GCI_i)$

基本敘述性統計結果如表 3.8，計算出變數的平均、標準差、最大值、最小值以及中位數。航點直飛與否統計結果如表 3.9，其中應變數 Y—Direct 為代表該航線樣本直飛與否，1 為有直飛；0 則否，總計 5885 筆樣本中有 1305 條線有航線有直接連結，剩餘的 4580 筆樣本則尚未有直接連結，在所有樣本中未開航的航線佔有 77.8%。

表 3.8 基本敘述性統計結果

變數	N	平均值	標準差	最小值	最大值	中位數
VOLUME(V1*V2)	5885	210.44	378.15	2.03	5272.36	86.06
DISTANCE	5885	50.93	24.91	0.84	123.22	54.21
G125	5885	104.75	727.43	0.89	27080.03	20.59
HUB	5885	16.33	9.77	0	36.00	17
TRANSHUB	5885	14.03	11.82	0	36.00	17
wideANDtrans	5885	97.75	109.28	0	284.00	44
narrowANDreginal	5885	155.24	495.79	0	2412.00	0
ALI	5885	14.81	7.96	3.73	39.06	11.25
TTI	5885	4.49	0.62	2.72	5.31	4.54
GCI	5885	4.82	0.59	3.30	5.80	4.9

變數	N	平均值	標準差	最小值	最大值	中位數
MAXttigci	5885	4.89	0.58	3.30	5.80	5

表 3.9 航點直飛與否統計

回應概況		
已排序的值	Direct	總次數
1	1	1305
2	0	4580

3.5 小結

依據第二章表 2.8 文獻回顧所列影響機場航網的四類因素及其相對應的替代衡量變數，考量資料取得之代表性、一致性等，篩選整理出可以取得且具代表性之三群變數：(1)經濟活動相關變數，包括：機場運量、航點距離、樞紐機場個數、國籍機隊數(廣體、窄體)、國家旅遊競爭力指數(Travel & Tourism Competitiveness Index ,TTI)、全球競爭力指數(Global Competitiveness Index, GCI)、航空自由化指數(Air Liberalization Index, ALI)等 7 項變數，上述經濟活動變數將會影響航空運輸旅次的產生及吸引，在本研究中主要以出發機場角度出發，探討抵達機場的經濟競爭力等變數是否對於出發機場之航班有旅次吸引的效果存在；(2)航線特性變數，包括航線類型(越洋、區域)、航空公司類型(低成本航空、傳統航空)以及出發與抵達機場是否位屬多機場區域(主要機場、次要機場)等特性，亦會影響兩航點是否會提供直接連結之航線服務，因此加入該類變數，以反映前述特性；(3)交互組合變數，如實務上廣體(窄體)客機多用於提供越洋(區域)航線服務，應用航線類型的虛擬變數產生 wideANDtrans(廣體客機*越洋航線虛擬變數)、narrowANDreginal(窄體客機*區域航線虛擬變數)等變數；另外，類似重力模式之概念，本研究亦設計一個由機場運量乘積與航點距離組合產生的重力指標變數。各變數定義及資料來源整理如表 3.12。

表 3.12 各變數定義及資料來源一覽表

解釋變數名稱	定義	資料來源
機場互動指標(運量乘積)(VOLUME)	兩連結航點機場之年國際旅客運量(以每五百萬人次為單位)相乘積。	ACI 2015 Airport Traffic Report
航線距離(DISTANCE)	兩航點間之大圓航線距離,單位為百英里(100 mile)	由機場經緯度計算獲得
重力指標(Gravity Index)	兩航點間之運量乘積除以距離 α 次方。考量航太科技進步,距離對於兩地吸引力之阻抗有降低之趨勢,經檢視不同 α 值之模式配適程度,以 α 次方為 1.25 時整體模式配適最佳。	本研究整理
樞紐機場個數(HUB)	符合兩航點間彎繞係數門檻,所涵蓋之樞紐機場(路徑中可能之中停點)的個數。其中彎繞係數(Routing Factor, R)被定義為,經樞紐機場之非直飛航線與直飛距離比值。R 值愈大表示該連結路徑對旅客的吸引力愈低。本研究設定之可行路徑門檻為 1.4。	本研究整理
國籍機隊數(廣體 wide、窄體 narrow)	機場所在國家的國籍航空公司廣體(窄體)機型數量	Flightradar24 Website
國家旅遊競爭力指數 T&T index (TTI)	代表一個國家的旅遊競爭指數,數值介於 1-7,愈高表示該國家的觀光資源愈豐富,越有機會吸引國外觀光客造訪,帶動航線之發展。	World Economic Forum (WEF) The Travel & Tourism Competitiveness Report 2015
全球競爭力指數(GCI)	代表一個國家的競爭力指數,數值介於 1-7,愈高表示該國經濟動能愈大,航空需求愈高,也愈能吸引航空公司開航,以滿足其社會經濟發展需求。	World Economic Forum (WEF) Global Competitiveness Report (2015-2016)
綜合競爭力指數(MAXttigci)	$MAXttigci = MAX(TT_i, GCI_i)$	本研究整理
航空自由化指數 ALI (ALI)	用於衡量該國航空協議寬鬆的程度,數值介於 0 和 50 之間,其中 0 表示為最嚴格的協議,數值愈大表示對外協議最為寬鬆,愈是航空自由的國家,有助於吸引航空公司開闢航線。	WTO (2006) Air Liberalization Index (ALI)

解釋變數名稱	定義	資料來源
航線類型虛擬變數 (越洋航線、區域航線) (TRANS、REGIONAL)	起迄兩航點分屬不同洲別，其連結航線屬越洋航線，1 為越洋航線；0 為區域航線。	Innovata 2016 Flight data
航空公司類型虛擬變數 (低成本、傳統) (LCC、FSC)	指航線是否有低成本航空提供服務，1 為該航線有低成本航空提供服務；0 則無。	Innovata 2016 Flight data
出發機場之多機場虛擬變數(DEPMUL)	1 代表出發機場位於多機場地區；0 則否。	本研究整理
出發機場之主要機場虛擬變數(DEPPRI)	1 代表該機場為多機場區之主要機場；0 則否。	
抵達機場之多機場虛擬變數(ARRMUL)	1 代表抵達機場係位於多機場地區；0 則否。	本研究整理
抵達機場之主要機場虛擬變數(ARRPRI)	1 代表該機場為多機場區之主要機場；0 則否。	
交互影響變數 1 (wideANDtrans)	出發機場之國籍廣體機數量*航線類型虛擬變數	本研究整理
交互影響變數 2 (narrowANDregional)	出發機場之國籍窄體機數量*(1-航線類型虛擬變數)	本研究整理
交互影響變數 3 (TRANSHUB)	樞紐機場個數*航線類型虛擬變數	本研究整理

第四章 資料處理與模式建構

本研究選定之亞太出發機場以 2014 年 ACI 報告書的資料作為標準，然而經比對 2015 年 ACI 報告書之資料發現中國地區之瀋陽、青島兩座機場在 2014 年資料中運量數據有誤，故剔除這 2 座機場，更改為選定亞太地區 27 座機場作為出發航點，此外以全球 TOP200 之機場加上 TOP400 之亞太地區機場作為到達航點，建立二元結果羅吉斯迴歸模式，總計有 6021 條航線(27 座出發機場* (224 座到達機場-1 座起迄重複之機場))。然而在 6021 條航線樣本中資料包含了不在本研究範圍之國內航線，因此在進行資料處理時必須特別篩選並排出之，如：剔除各國之國內航線。此外在航線樣本中同時將有直飛短期性包機航線以及貨運航線顯示為有直接連結之航點，因此在進行資料處理時必須特別篩選出來更改二元應變數之資料，如：顯示英國 Thomas 包機公司直飛之航線或顯示貨機之直飛貨運航線。

在整理的過程中從運量乘機變數距離變數相除之可以得到重力指數，針對資料當中有少數的區域擁有密集的機場聚集，彼此距離相近造成重力指數的極端值，如：中國珠江三角洲的香港、澳門、廣州、深圳，兩兩航點之間距離不超過 100 公里，僅有香港和廣州有提供此航線的服務，推測主要原因係作為接駁機銜接轉機旅客，故在本研究終將航線過短之航線排除以避免產生誤差影響結果。最後將上述之條件篩選後航線剩下 5885 條航線，每一條航線依據 2016 最新的航班資料判斷是否有開航給予一個二元變數代表之置於應變數 y ，以機場為單位完成亞太地區 27 座機場與其餘 224 座機場的連結總表，同時彙整每一條航線自變數的資料，完成後開始進行初步的資料檢核及分析。

4.1 資料處理與變數選定

4.1.1 個別變數分析

機場運量乘積

出發以及到達兩地之機場運量乘積比起都會區的人口更能實際地反映該區域社會經濟發展之現況，亦能解釋人口較少卻蓬勃發展轉運市場的樞紐，如：270 萬人口的杜拜、500 萬人口的新加坡以及 700 萬人口的香港，此外透過羅吉斯迴歸模式的機率圖可以明顯發現運量乘積與開航機率呈現 S 曲線，彼此為正向之關係，當機場運量乘積越大時對於兩機場之間的直飛開航機率越大，圖 4.1 係以羅吉斯迴歸校估出之開航機率。

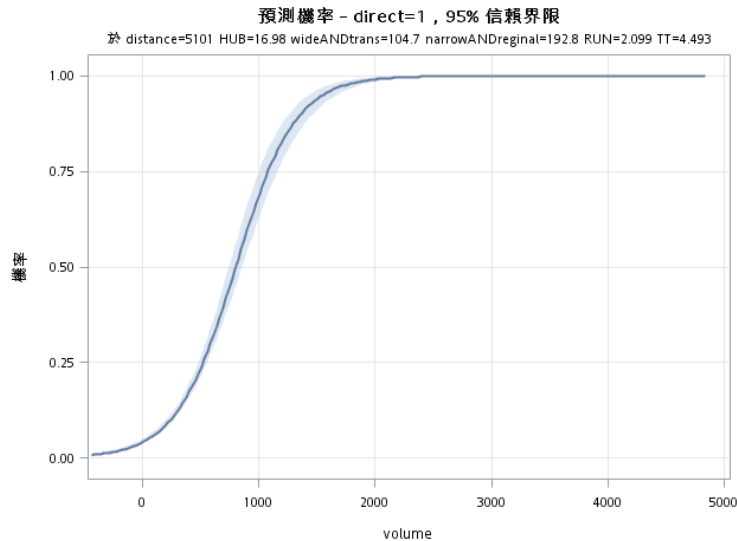


圖 4.1 開航與否與機場運量乘積之機率分配圖(單位：百萬)

航點距離

航點距離變數為兩航點間之大圓航線距離，根據航班資料最短的直飛航線距離是香港(HKG)與廣州(CAN)之間的 84 英里，最長之不中停航線距離則是新加坡(SIN)與舊金山(SFO)之間的 8446 英里，根據資料的分布發現當航線之距離越長開航直飛航班的機會則越小，而對於區域內距離過短之航線亦不會有提供直飛航班的服務，除非彼此之間有受到地形、海洋之阻隔或是有轉運的需求才有機會有直飛的航班往返其中，如：香港—廣州。

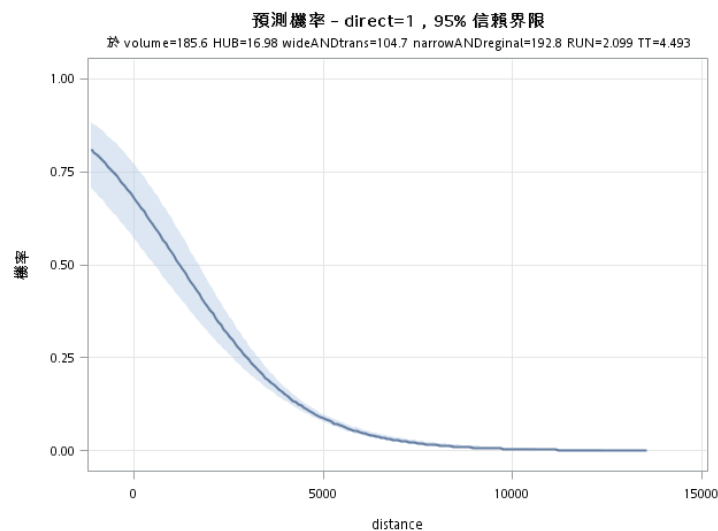


圖 4.2 開航與否與航點距離之機率分配圖(單位：英里)

航點間樞紐個數

該項變數的處理過程可以分成三部分：1.從全球機場運量排行當中選定各區域的樞紐機場，以亞太地區為例，考量在區域內的航網連結較多且完整，因此挑選較多的機場，其次選定北美洲、歐洲以及非洲的樞紐機場、2.透過距離矩陣計算出所有起迄航點經由上述選定之樞紐的彎繞係數，以1.4為標準進行篩選留下不超過1.4的所有潛在樞紐、3.兩航點之間的樞紐機場越多，開航直飛航班的機率越小。然而該變數與距離的相關性較大，通常越長的航程中間在彎繞係數範圍內之前在中轉樞紐個數也會比較多，相反地在區域內的短程航線，兩航點之間的樞紐個數較少。

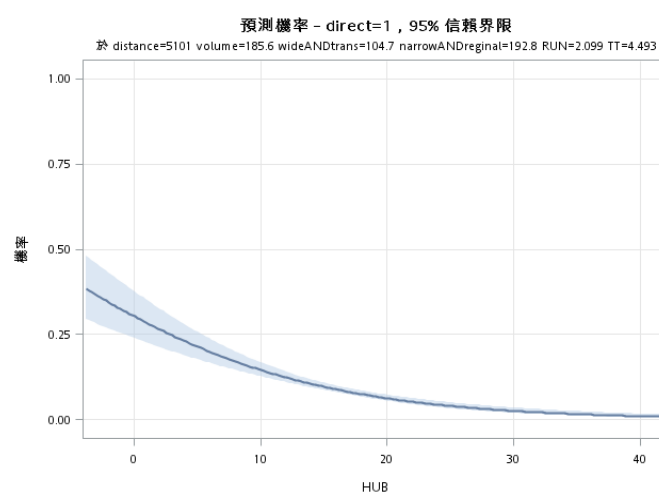


圖 4.3 開航與否與航點間樞紐個數之機率分配圖(單位：個數)

$$\text{重力指標(G125} = \frac{V_i * V_j}{d_{ij}^{1.25}})$$

重力之公式為兩機場之運量乘積除以距離 α 次方，考量現行航太科技日趨進步，距離對於兩地吸引力之阻抗有降低之趨勢，故推測 α 的值會介於1到2之間。本研究比較當 $\alpha=1.0$ 、 $\alpha=1.25$ 、 $\alpha=1.50$ 、 $\alpha=1.75$ 以及 $\alpha=2.0$ 時在模式當中的差異，透過表4.1不同 α 次方之比較結果分析，發現當 α 次方為1.25時整體模式配適最佳，圖4.4表示重力變數之開航機率圖。

表 4.1 不同 α 次方之模式配適比較表

ROC 曲線分析					
	$\alpha=1.0$	$\alpha=1.25$	$\alpha=1.50$	$\alpha=1.75$	$\alpha=2.0$
AUC	0.8860	0.9077	0.9072	0.9040	0.8963
備註	變數：G、HUB、wideANDtrans、narrowANDreginal、TT				

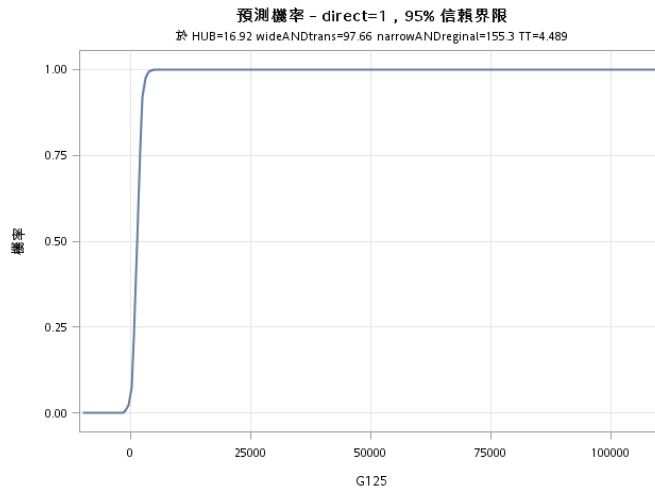


圖 4.4 開航與否與重力($\alpha=1.25$)之機率分配圖

國籍機隊數與航線類別整合之交互項

國籍航空公司機隊架數將會影響該國與各航點間開航之機率，然而機隊型態的組成不同也會影響所能提供的航程服務，一般來說可以將機隊簡要區分為廣體客機以及窄體客機，兩者主要之差異在於廣體客機可以提供長程之越洋航線服務；而窄體客機則是主要提供區域內之短程航線服務，因此可以將廣體、窄體機隊數與航線之越洋、區域特性變數整合成一個交互變數，將國籍廣體機隊數與是否為越洋航線之二元變數相乘；國籍窄體機隊數與是否為區域航線之二元變數相乘，最後將原本的四個變數整併為新的相互變數 wideANDtrans 和 narrowANDreginal。廣體客機與窄體客機機型之判斷標準依據參考如表 4.2，考量螺旋槳飛機大部分僅作為短程國內航線使用，故在研究中不採計各國籍之螺旋槳機隊數。

表 4.2 廣體、窄體客機機型列表

客機分類	製造商	機型種類
廣體客機	波音(Boeing)	B 747、B 767、B 777、B 787
	空中巴士(Airbus)	A330、A 340、A 350、A380
窄體客機	波音(Boeing)	B717、B737、B757
	空中巴士(Airbus)	A 32s
	麥道道格拉斯(MD)	MD80s、MD90
	巴西航空工業	ERJ
	龐巴迪(Bombardier)	CRJ
螺旋槳客機	ATR	ATR-72、ATR-42
	龐巴迪(Bombardier)	DH8-400、DH8-300、DH8-200

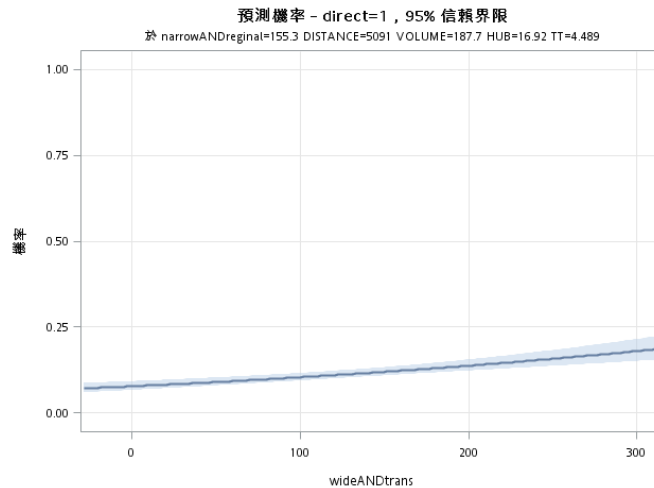


圖 4.5 開航與否與廣體客機*越洋航線之機率分配圖(單位：架數)

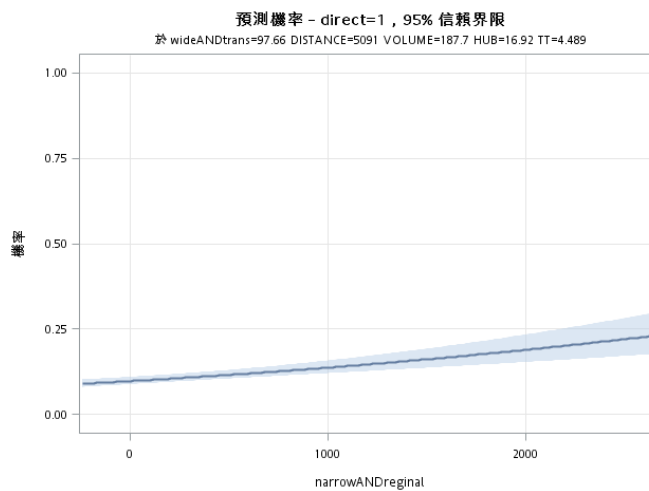


圖 4.6 開航與否與窄體客機*區域航線之機率分配圖(單位：架數)

圖 4.5 和 4.6 呈現不同機型與航線特性之交互項之開航機率圖，發現每一架國籍廣體客機*越洋航線以及每一架國籍窄體客機*區域航線變數對於開航之機率皆為正，符合原先預期。

航空自由化指數(ALI Index)

航空自由化指數用以衡量該國航空協議寬鬆的程度，根據其衡量之標準進行評分，越接近 50 代表該國之航空運輸越自由，根據研究資料顯示較自由的國家大部分皆位於歐洲、北美洲地區，相對於亞洲各國的自由化程度皆低於歐美甚多，然而亞太地區受到地緣的關係區域內的往來比起歐美更為密切，導致從模式校估出的結果顯示越大的航空自由化指數對於開航有負向的影響，並未與當初之預期相同，因此最後決定不採納相關變數放

置於模式當中，ALI 指數與開航與否之機率如圖 4.7。

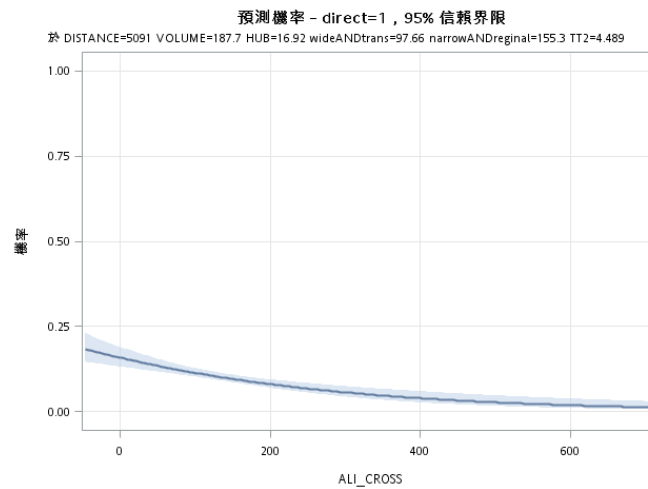


圖 4.7 開航與否與到航空自由化指數之機率分配圖

國家旅遊競爭力指數(T&T)

旅遊競爭力指數係以國家為單位，根據 2015 年世界經濟論壇最新的報告書(The Travel & Tourism Competitiveness Report 2015)計算出全球 141 個國家或地區的旅遊競爭力指數，評分尺度介於 1 到 7 分，其中最高的國家為西班牙，獲得 5.31 分，其次為法國得 5.24 分，第三則是德國得 5.22。亞太地區最高的國家為日本 4.94 分，其次依序為新加坡 4.86 分、香港 4.68 分、中國 4.54 分、馬來西亞 4.41 分、韓國 4.37 分、泰國 4.26 分、印尼 4.04 分、菲律賓 3.63 分、越南 3.60 分以及緬甸 2.72 分，台灣則是以 4.35 分排行全球第 32 名。根據模式的結果發現越高的旅遊競爭力國家，越能吸引航空公司願意飛往該國以滿足旅遊需求，符合原先的預期，如圖 4.8。

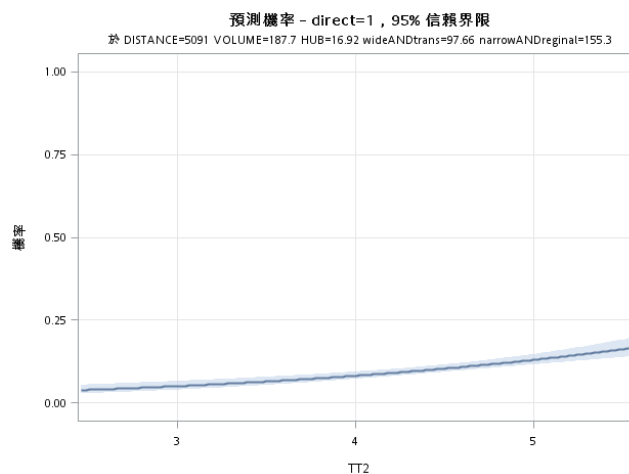


圖 4.8 開航與否與到達機場旅遊競爭力指數之機率分配圖

全球競爭力指數(Global Competitiveness Index, GCI)

全球競爭力指數係以國家為單位，根據 2016 年世界經濟論壇最新的報告書(Global Competitiveness Report 2015-2016)計算出全球 140 個國家或地區的國家競爭力指數，評分尺度介於 1 到 7 分，其中最高的國家為瑞士，獲得 5.8 分，其次為新加坡得 5.7 分，第三則是美國得 5.6。亞太地區最高的國家為新加坡，其次依序為日本 5.5 分、香港 5.5 分、台灣 5.3 分、馬來西亞 5.2 分、韓國 5.0、中國 4.9 分、泰國 4.6 分、印尼 4.5 分、菲律賓 4.4 分、越南 4.3 分以及緬甸 3.3 分，台灣則是以 5.3 分排行全球第 15 名。根據模式的結果發現越高的國家競爭力指數，能吸引航空公司願意飛往該國以滿足其社會經濟發展需求，亦符合原先的預期，如圖 4.9。

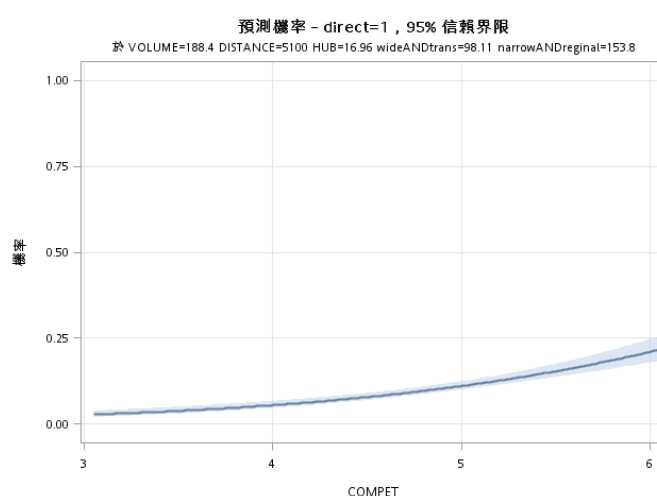


圖 4.9 開航與否與到達機場國家競爭力指數之機率分配圖

4.1.2 變數相關性分析

使用羅吉斯迴歸分析如同其它的迴歸形式，預測值中的多重共線性會導致偏差估計及誇大的標準差，因此在選定變數進入模式之前必須審慎地經過一連串縝密的變數分析及選定的過程。

針對彙整完成的候選變數進行相關性分析，本研究透過皮爾遜積差相關係數(Pearson product-moment correlation coefficient)用於度量兩個變量之間的相關性，其值介於-1 與 1 之間，正值代表正相關；負值代表負相關。相關係數之絕對值介於 0.10~0.39 為低度相關、介於 0.40~0.69 為中度相關、介於 0.70~0.99 為高度相關、當係數值為 1 時代表完全相關。

Pearson 相關係數 Prob > r (位於 H0 底下): Rho=0 觀測值數目								
	VOLUME	DISTANCE	G125	HUB	wideANDtrans	narrowANDreginal	TT	COMPET
VOLUME	1.00000	0.00399	0.31102	0.01010	-0.00599	-0.03482	0.11548	0.16356
VOLUME		0.7593	<.0001	0.4385	0.6458	0.0075	<.0001	<.0001
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
DISTANCE	0.00399	1.00000	-0.16394	0.90178	0.43322	-0.32173	0.24249	0.02158
DISTANCE			<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0985
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
G125	0.31102	-0.16394	1.00000	-0.13365	-0.08533	0.04926	0.00324	0.05932
G125		<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0002	0.8037	<.0001
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
HUB	0.01010	0.90178	-0.13365	1.00000	0.35138	-0.32035	0.26615	0.01928
HUB		<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001	0.1399
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
wideANDtrans	-0.00599	0.43322	-0.08533	0.35138	1.00000	-0.28014	0.27513	0.07633
wideANDtrans		<.0001	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001	<.0001
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
narrowANDreginal	-0.03482	-0.32173	0.04926	-0.32035	-0.28014	1.00000	-0.20292	-0.05810
narrowANDreginal		<.0001	0.0002	<.0001	<.0001		<.0001	<.0001
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
TT	0.11548	0.24249	0.00324	0.26615	0.27513	-0.20292	1.00000	0.74498
TT		<.0001	0.8037	<.0001	<.0001	<.0001		<.0001
	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5890	5863
COMPET	0.16356	0.02158	0.05932	0.01928	0.07633	-0.05810	0.74498	1.00000
COMPET		0.0985	<.0001	0.1399	<.0001	<.0001	<.0001	
	5863	5863	5863	5863	5863	5863	5863	5863

*HUB 為樞紐個數(TRANSHUB)、TT 為旅遊競爭力指數(TTI)、COMPET 為全球競爭力指數(GCI)

圖 4.10 相關矩陣結果

根據變數計算的相關矩陣計算結果如圖 4.10，可以發現各變數兩兩之間的相關係數，其中兩變數之間擁有較高相關性的變數為：國家旅遊競爭力指數和全球競爭力指數、航點距離和樞紐個數，因此為避免多重共線性問題必須將相關性較高的變數處理或擇一選取放進模式當中。於是重新檢視變數，首先競爭力指數的資料來源皆為世界經濟論壇，計算尺度相似，故決定將兩遍數合併採取兩者較高產生新變數 MAXttigci 來代表之，如此一來便可充分解釋該國之國家競爭力以及旅遊競爭力；此外樞紐個數受到航點距離影響甚大，考量在短途之區域航線兩航點間之樞紐吸引力不大，故將該變數與判斷是否為越洋航線之二元變數相乘，得到一個新的變數，兩者之相關性明顯下降。

4.1.3 變數選定與模式設定

過去的文獻主要將影響航空網路發展的影響因素分成三大類(地理區位、國家政策、社會經濟)，本節對於影響變數的選定係參照過去文獻的架構，找尋能代表該影響因素的變數作為量化的依據。相關對應代表的候選變數如：運量乘積、航點距離、自由化指數、國籍機隊數、人口(國家、都

會區)、經濟 GDP、競爭力(國家、旅遊)，最後決定建立兩個模式，比較運量乘積、航點距離與透過上述兩遍數計算之重力指標($Volume1 * Volume2/d^{1.25}$)，對於直接連結之影響程度，模式一與模式二主要差異在於將機場互動指標與航點距離整合成重力指標，希望藉此比較出使用重力指標變數是否能夠校估出有更好解釋能力的模式。

模式一：機場互動指標(運量乘積)、航點距離、交互項變數(廣體*越洋、窄體*區域、樞紐*越洋)以及綜合競爭力指數。

模式二：重力指標、交互項變數(廣體*越洋、窄體*區域)、樞紐個數、綜合競爭力指數。

4.2 二元羅吉斯模式建立

4.2.1 模式一

選擇變數：運量乘積、航點距離、越洋航線樞紐個數、廣體*越洋、窄體*區域、樞紐*越洋、綜合競爭力指數。利用 SAS 羅吉斯迴歸程序校估參數，模式一如下： $F(x'_i\beta) = \beta_0 + \beta_1 * VOLUME + \beta_2 * DISTANCE + \beta_3 * TRANSHUB + \beta_4 * wideANDtrans + \beta_5 * narrowANDreginal + \beta_6 * MAXttigci$ 。

整體模式假設檢定

根據表 4.3 整體模式配適檢定，因為 $p\text{-value} < 0.0001$ ，所以拒絕 H_0 ，我們有充分證據證明該模式之選取變數有能力去解釋航班的直接連結。

表 4.3 模式一整體模式檢定

檢定全域虛無假設: BETA=0			
檢定	卡方	自由度	Pr > ChiSq
概度比	2591.1872	6	<.0001
計分	1965.9822	6	<.0001
Wald	1017.1957	6	<.0001

個別參數檢定

根據表 4.4 參數估計值之結果顯示所有變數皆為顯著，其中運量乘積、國籍廣體客機*越洋航線、國籍窄體客機*區域航線以及綜合競爭指數對於

直接連結為正向的影響關係；航點間距離、越洋航線中的樞紐機場個數則對於直接連結影響為負向關係。

表 4.4 模式一羅吉斯迴歸程序結果

最大概度估計值的分析				
參數	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq
Intercept	-2.7004	0.4205	41.2329	<.0001
VOLUME	0.1078	0.00484	495.5240	<.0001
DISTANCE	-0.0637	0.00376	287.8667	<.0001
TRANSHUB	-0.0995	0.00960	107.3641	<.0001
wideANDtrans	0.00655	0.000621	111.3615	<.0001
narrowANDreginal	0.000284	0.000067	18.1279	<.0001
MAXttigci	0.6811	0.0857	63.1516	<.0001

4.2.3 模式二

選擇變數：重力指標($\alpha=1.25$)、廣體*越洋、窄體*區域、樞紐個數、綜合競爭力指數。利用 SAS 羅吉斯迴歸程序校估參數，模式二如下：
 $F(x'_i\beta) = \beta_0 + \beta_1 * G125 + \beta_2 * HUB + \beta_3 * wideANDtrans + \beta_4 * narrowANDreginal + \beta_5 * MAXttigci$ 。

整體模式假設檢定

根據表 4.5 整體模式配適檢定，因為 p-value < 0.0001，所以拒絕 H_0 ，我們有充分證據證明該模式之選取變數有能力去解釋航班的直接連結。

表 4.5 模式二整體模式檢定

檢定全域虛無假設: BETA=0			
檢定	卡方	自由度	Pr > ChiSq
概度比	2851.8648	5	<.0001
計分	1552.0623	5	<.0001
Wald	1001.8190	5	<.0001

個別參數檢定

根據表 4.6 參數估計值之結果顯示所有變數皆為顯著，其中重力指標、國籍廣體客機*越洋航線、國籍窄體客機*區域航線以及綜合競爭指數對於直接連結為正向的影響關係；兩航點中的樞紐機場個數則對於直接連結影響為負向關係。

表 4.6 模式二羅吉斯迴歸程序結果

最大概度估計值的分析				
參數	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq
Intercept	-3.9115	0.4249	84.7542	<.0001
G125	0.0169	0.000723	548.9348	<.0001
HUB	-0.1552	0.00688	509.4466	<.0001
wideANDtrans	0.00252	0.000475	28.1718	<.0001
narrowANDreginal	0.000390	0.000072	29.0975	<.0001
MAXttigci	0.6369	0.0884	51.9102	<.0001

4.3 ROC 曲線與 AUC 曲線下面積

ROC 曲線又稱為接收者操作特徵曲線 (Receiver Operating Characteristics Curve)，為一種座標式分析工具，用於選擇最佳的信號偵測模式、捨棄次佳的模式以及在同一模式當中設定最佳判定門檻值，ROC 曲線圖的 x 軸為假陽性率 (FPR, false positive rate)，又稱：錯誤命中率，假警報率 (false alarm rate)， $FPR = FP / N = FP / (FP + TN)$ ；y 軸為真陽性率 (TPR, true positive rate) 或敏感度 (sensitivity)，又稱：命中率 (hit rate) 或 1-特異性 (1 - specificity)， $TPR = TP / P = TP / (TP + FN)$ ，四種情境構成的混淆矩陣如表 4.7。

真陽性 (TP)：預測為有開航，實際上也有開航。

偽陽性 (FP)：預測為有開航，實際卻沒有開航。

真陰性 (TN)：預測為不開航，實際上也有開航。

偽陰性 (FN)：預測為不開航，實際卻沒有開航。

表 4.7 四種情況之混淆矩陣

		真實值		總數
		p	n	
預測輸出	p'	真陽性(TP)	偽陽性(FP)	P'
	n'	偽陰性(FN)	真陰性(TN)	N'
總數		P	N	

ROC 曲線下面積(Area under Curve, AUC)，可以用來比較不同預測模式的預測能力，ROC 曲線的縱軸為敏感度；橫軸為 1-特異性，藍色曲線即為 ROC 曲線，比較曲線下面積可作為預測模式優劣的指標，ROC 曲線下的面積介於 0 和 1 之間，AUC 可用來直觀地評價模式，當 $AUC = 1$ 為完美的預測模式，採用該預測模式進行預測時，存在至少一個臨界值可以得出完美的預測，然而絕大多數的情境並不存在完美的模式；當 $0.5 < AUC < 1$ ，該區間的模式優於隨機的猜測，該類模式若妥善設定臨界值的話，仍然能有預測的價值，本研究所得到的 AUC 值位於該區間；當 $AUC = 0.5$ ，跟隨機的猜測一樣(如：擲銅板)，因此模式並沒有預測價值；當 $AUC < 0.5$ ，代表該模式比隨機的猜測還差，但是只要將結果轉換為反預測，則會優於隨機的猜測，總的來說當 AUC 值越大的模式，代表預測正確率越高。

本研究繪製出模式的 ROC 圖如圖 4.11 和圖 4.12，模式一曲線下區域面積為 0.9077，模式二曲線下區域面積為 0.9201，顯示兩個模式皆有較高的預測能力，其中又以模式二較佳。

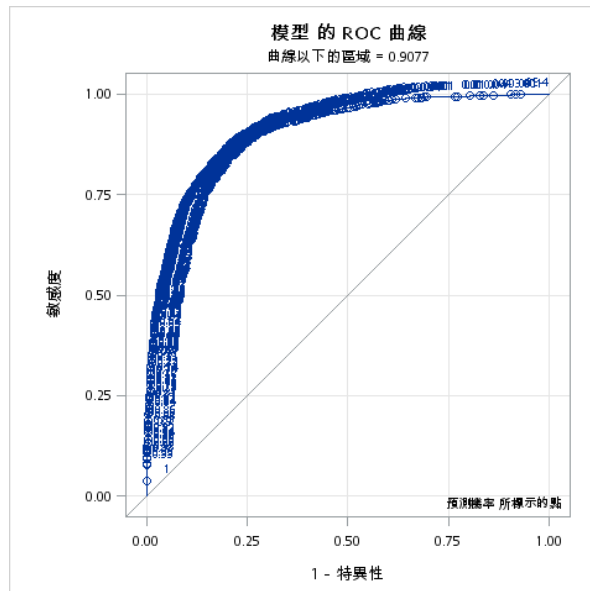


圖 4.11 模式一的 ROC 曲線圖，AUC=0.9077

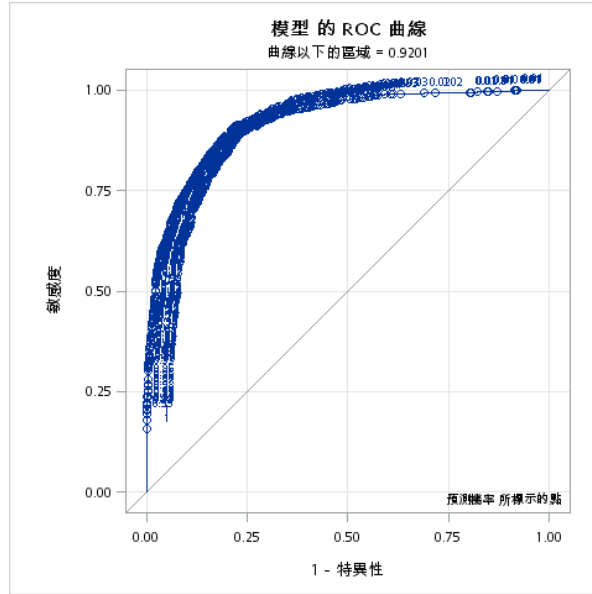


圖 4.12 模式二的 ROC 曲線圖，AUC=0.9201

4.4 勝算比

羅吉斯迴歸與簡單線性迴歸最大的差異在於應變數 y 並非連續變項而是二元變項，因此無法使用在簡單線性迴歸(OLS Regression)中校估出的參數估計值來精確地估算自變項對於應變項之影響，因此必須透過羅吉斯迴歸校估的參數估計值所計算出的勝算比來進行解釋。首先勝算(Odds)代表發生某事件的機率與未發生該事件機率的比值；勝算比(Odds Ratio, OR) 則係有發生的勝算與未發生勝算之比值。勝算之公式為：
$$\text{Odds Ratio(OR)} = \frac{p}{1-p} = \frac{\exp(x_i'\beta)}{1 + \exp(x_i'\beta)} = \exp(x_i'\beta)$$
，勝算比的應用在過去廣泛運用於醫療的實驗當中，比較投藥與否和存活與否之間的關係，舉例來說在某藥品有投藥之勝算為 0.9，其勝算比為 $0.9 / (1-0.9) = 9$ ，其意涵為有投藥該項藥品之病人的存活率是沒投藥該藥品之病人的 9 倍；若以擲硬幣為例，拿到正面與拿到反面的勝算都是 0.5，所以勝算比為 $0.5 / 0.5 = 1$ 。

然而在本研究當中的自變數大部分為連續型變數，並沒有如上述顯著的類別可以作為分界，因此無法透過上述的方式直接用勝算比來解釋，必須透過 $\exp(x_i'\beta + \beta_j) = \exp(x_i'\beta) * \exp(\beta_j)$ 來表示每增加一個單位增加的影響，舉例來說 β_j 的參數估計值為 0.1， $\exp(0.1) = 1.105$ ，因此必須將原始的勝算比再乘上 1.105 倍，因此勝算比增加 10.5%。

模式一與模式二所有變數的勝算比計算結果如表 4.8 和表 4.9，可以發現當變數對於直接連結是正向關係的影響其勝算比大於 1，如：機場運量

乘積、重力指標、廣體客機*越洋航線虛擬變數以及綜合競爭力指數；相反地當變數對於直接連結的影響是負向的關係時，其勝算比小於 1，如：航點距離、兩機場間樞紐個數以及兩機場間樞紐個數*越洋航線虛擬變數。

舉例來說，在模式二當中 β_2 為兩航點間之樞紐機場個數，羅吉斯迴歸程序對於參數 β_2 的參數估計值為 -0.1552 ， $\exp(-0.1552) = 0.856$ ，該值的意涵為有開航是沒有開航勝算比的 0.856 倍，也就是減少 14.4%的勝算。

表 4.8 模式一勝算比計算結果

勝算比估計值			
效果	點估計值	95% Wald 信賴界限	
VOLUME	1.114	1.103	1.124
DISTANCE	0.938	0.931	0.945
TRANSHUB	0.905	0.888	0.923
wideANDtrans	1.007	1.005	1.008
narrowANDreginal	1.000	1.000	1.000
MAXttigci	1.976	1.670	2.338

表 4.9 模式二勝算比計算結果

勝算比估計值			
效果	點估計值	95% Wald 信賴界限	
G125	1.017	1.016	1.019
HUB	0.856	0.845	0.868
wideANDtrans	1.003	1.002	1.003
narrowANDreginal	1.000	1.000	1.001
MAXttigci	1.891	1.590	2.248

4.5 模式驗證

在完成模式後將資料分割成 80%的訓練組和 20%的測試組，由 SPSS 模化軟體隨機分配到訓練組和測試組產生新的欄位，透過訓練組 80%的資料來建模，完成後再用 20%的資料來驗證模式，驗證結果顯示不論是訓練

組或是測試組，其解釋的正確率均高於 85%，代表配適出的模式良好，能夠解釋大部分的樣本，可應用於未來潛在航線開發之預測。

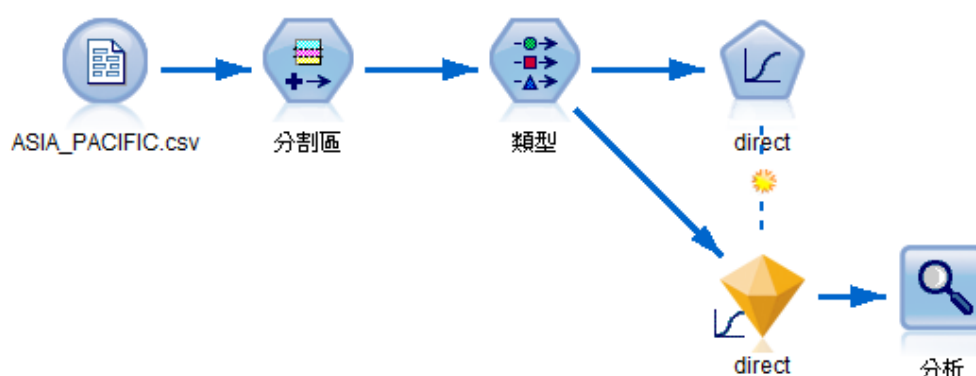


圖 4.13 模式驗證過程

4.6 模式修正-考量多機場因素

從預測之開航機率結果發現對於相同城市的多機場之預測彼此係獨立的，相同城市中的機場之間除了運量乘積比較有差異之外其它變數往往非常相似，然而當該城市之主要機場之間已有直接連結時，次要機場所預測出較高的開航機率並不符合實際情況，舉例來說曼谷同時有兩座機場，分別是蘇凡納布機場(BKK)以及廊曼機場(DMK)，前者為新建之主要樞紐機場，連結歐亞大多數的航點；後者為舊機場，現今僅有亞洲區域性的航線以及作為低成本航空的樞紐，然而在預測之結果中曼谷廊曼機場(DMK)與杜拜機場(DXB)、倫敦希斯洛機場(LHR)、巴黎戴高樂機場(CDG)、阿姆斯特丹機場(AMS)以及法蘭克福機場(FRA)之開航機率卻均大於 0.95 以上；相同不合理之預測也同時位於首爾的仁川機場(ICN)和金浦機場(GMP)，前者為主要國際機場，後者主要為國內航線機場，但亦發展亞洲區域商務航線之小型機場，在預測結果中同樣與國際主要航點皆有很高的開航機率預測，相當不合理。此外東京的成田機場(NRT)和羽田機場(HND)兩座機場都算是該都會區之主要機場，但彼此航線又有互補的關係存在，當其中一座機場已有這條航線的連結，另外一座在開航的機會便會降低。

除了上述的多機場之出發機場，根據資料亦發現位於多機場區域之到達機場同樣有類似的問題存在，若一座城市與多機場之城市已有一座機場連結的情況下，其它次級機場連結的機會大幅減少，故在進行預測的同時必須對於多機場之城市進行特別的處理。關於出發及到達之多機場之城市航點總計有 13 個共 31 座機場，整理如表 4.10，其中粗體代表該機場為該都會區之主要門戶機場，可以發現許多主要都會區機場數甚至超過 2 座，

像是倫敦大都會區存在多達 5 座前 200 大之國際機場。

表 4.10 多機場城市列表

洲別	國別	城市	機場
亞洲	韓國	首爾	金浦機場(GMP)、仁川機場(ICN)
	台灣	台北	桃園機場(TPE)、松山機場(TSA)*
	中國	上海	虹橋機場(SHA)、浦東機場(PVG)
	日本	東京	羽田機場(HND)、成田機場(NRT)
	泰國	曼谷	廊曼機場(DMK)、蘇凡納布機場(BKK)
	菲律賓	馬尼拉	尼諾伊·艾奎諾機場(MNL)、克拉克機場(CRK)
	土耳其	伊斯坦堡	阿塔圖克機場(IST)、薩比哈·格克琴機場(SAW)
歐洲	英國	倫敦	城市機場(LCY)、蓋威克機場(LGW)、希斯洛機場(LHR)、魯頓機場(LTN)、史特斯特機場(STN)
	法國	巴黎	戴高樂機場(CDG)、奧利機場(ORY)
	德國	柏林	泰格爾奧托·利林塔爾機場(TXL)、舍訥費爾德機場(SXF)
	義大利	米蘭	連尼治機場(LIN)、卡拉瓦喬機場(BGY)、馬爾彭薩機場(MXP)
	義大利	羅馬	達文西機場(FCO)、錢皮諾機場(CIA)
	俄羅斯	莫斯科	多莫傑多沃機場(DME)、謝列梅捷沃機場(SVO)、伏努科沃機場(VKO)
美洲	美國	紐約	甘迺迪機場(JFK)、紐華克機場(EWR)

*松山機場雖於 2014 年未在前 200 大機場當中，但已於 2015 年資料排行第 182 名

為解決上述問題新增多機場區域相關變數，透過虛擬變數代表出發地機場以及目的地機場是否為多機場區域，1 代表該機場係位於多機場地區；0 則否，此外若係位於多機場區域之機場再透過另一個二元變數更進一步判斷該機場在多機場區域是否為主要機場，1 代表該機場係主要機場；0 則是屬於其它次級機場，新變數之名稱定義以及新羅吉斯迴歸式如下：

DEPMUL：出發地機場是否位於多機場區

DEPPRI：位於多機場區之出發地機場是否為主要機場

ARRMUL：目的地機場是否位於多機場區

ARRPRI：位於多機場區之目的地機場是否為主要機場

模 式 一 : $F(x'_i\beta) = \beta_0 + \beta_1 * VOLUME + \beta_2 * DISTANCE + \beta_3 * DEPMUL + \beta_4 * DEPPRI + \beta_5 * ARRMUL + \beta_6 * ARRPRI + \beta_7 * TRANSHUB + \beta_8 * wideANDtrans + \beta_9 * narrowANDreginal + \beta_{10} * MAXttigci$ 。

修正後模式一的整體模式配適檢定如表 4.11，因為 p-value 值夠小，我們有充分證據證明該模式之選取變數有能力去解釋航班的直接連結，此外各個自變數的皆為顯著，如表 4.12，修正模式一的勝算比結果如表 4.13。

表 4.11 修正後模式一整體模式檢定

檢定全域虛無假設: BETA=0			
檢定	卡方	自由度	Pr > ChiSq
概度比	2760.4952	10	<.0001
計分	2113.1510	10	<.0001
Wald	1043.1489	10	<.0001

表 4.12 修正後模式一羅吉斯迴歸程序結果

最大概度估計值的分析				
參數	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq
Intercept	-2.5525	0.4295	35.3144	<.0001
VOLUME	0.0995	0.00500	396.0205	<.0001
DISTANCE	-0.0678	0.00391	300.7490	<.0001
DEPMUL	-1.3923	0.2258	38.0216	<.0001
DEPPRI	1.7639	0.2368	55.4615	<.0001
ARRMUL	-1.3893	0.1953	50.5817	<.0001
ARRPRI	2.4597	0.2472	99.0237	<.0001
TRANSHUB	-0.0946	0.00970	95.0070	<.0001
wideANDtrans	0.00640	0.000635	101.7606	<.0001
narrowANDreginal	0.000250	0.000069	13.2070	0.0003
MAXttigci	0.6866	0.0875	61.6515	<.0001

表 4.13 修正後模式一勝算比結果

勝算比估計值			
效果	點估計值	95% Wald 信賴界限	
VOLUME	1.105	1.094	1.115
DISTANCE	0.934	0.927	0.942
DEPMUL	0.248	0.160	0.387
DEPPRI	5.835	3.668	9.282
ARRMUL	0.249	0.170	0.366
ARRPRI	11.701	7.208	18.995
TRANSHUB	0.910	0.893	0.927
wideANDtrans	1.006	1.005	1.008
narrowANDreginal	1.000	1.000	1.000
MAXttigci	1.987	1.674	2.359

根據章節 4.4 對於勝算比的定義，勝算比定義為開航機率與不開航機率之比值，可清楚得看出各變數對於直接連結正負向關係及影響強度，其中多機場及主要機場虛擬變數為二元類別變數，因此可以直接透過勝算比估計值來進行解釋。根據表 4.12 結果顯示，其中勝算比大於 1 之變數，表示變數每增加一個單位，相較於初始情境其開航的勝算比會往上提升；反之勝算比小於 1 者，相較於初始情境，變數每增加一個單位則開航的勝算比會降低。依大小順序排列，開航的勝算比會往上提升之變數包括多機場區域之主要機場虛擬變數(到達、出發機場)、綜合競爭力指數變數、機場互動指標、出發機場之國籍機隊(廣體)變數，其勝算比分別為 11.701、5.835、1.987、1.105、1.007，表示上述變數每增加一個單位，相較於初始情境其開航的勝算比分別會往上提升 11.701、5.835、1.987、1.105、1.007 倍；亦即當到達或出發機場為多機場區域中之主要機場時，相較於非主要機場，其擁有極高開闢直接連結航線的勝算，此也充分反應了多機場區域中主要機場之競爭優勢；其次，由綜合競爭指數值每增加一單位時，其勝算比將增加 98.7%觀之，其也清楚的說明了一個機場所在國家的綜合競爭力對是否能開闢直接連結航線具有關鍵的影響；另外，機場互動指標也是一個對是否能開闢直接連結航線具有關鍵影響的變數，隨著機場運量的不斷成長，其開闢直接連結航線的機率亦會大幅提升。至於會造成開航勝算比降低之變數，由影響力大小依序包括多機場區域虛擬變數(出發、到達機場)、越

洋航線可中轉之樞紐機場個數、航線距離變數，其勝算比分別為 0.248、0.249、0.910、0.934，表示多機場區域中之次要機場相較上是居於競爭劣勢的地位，開闢直接連結航線的機會較少，其往往被定位為主要機場之輔助機場，或是發展作為低成本航空營運樞紐以及小型首都商務機場用途。另外，越洋航線上之樞紐機場個數增加，由於中轉的可能性與競爭亦會隨之增加，致使航點間開闢直接連結航線的機率降低；而航線距離變數勝算比為 0.934，代表每增加一百英里之距離時，其勝算比將減少 6.6%，說明了航線愈長愈不利於直接連結航線的開闢。

模式二： $F(x'_i\beta) = \beta_0 + \beta_1 * G125 + \beta_2 * DEPMUL + \beta_3 * DEPPRI + \beta_4 * ARRMUL + \beta_5 * ARRPRI + \beta_6 * HUB + \beta_7 * wideANDtrans + \beta_8 * narrowANDreginal + \beta_9 * MAXttigci$ 。

修正後模式二的整體模式配適檢定如表 4.14，因為 p-value 值夠小，我們有充分證據證明該模式之選取變數有能力去解釋航班的直接連結，各個自變數皆為顯著，如表 4.15，修正模式二的勝算比結果如表 4.16。

表 4.14 修正後模式二整體模式檢定

檢定全域虛無假設: BETA=0			
檢定	卡方	自由度	Pr > ChiSq
概度比	3012.2313	9	<.0001
計分	1899.7425	9	<.0001
Wald	1017.7105	9	<.0001

表 4.15 修正後模式二羅吉斯迴歸程序結果

最大概度估計值的分析				
參數	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq
Intercept	-3.7174	0.4302	74.6573	<.0001
G125	0.0160	0.000765	436.8564	<.0001
DEPMUL	-1.6930	0.2682	39.8461	<.0001
DEPPRI	1.9670	0.2783	49.9541	<.0001
ARRMUL	-1.5897	0.2298	47.8378	<.0001

最大概度估計值的分析				
參數	估計值	標準誤差	Wald 卡方	Pr > ChiSq
ARRPRI	2.6202	0.2799	87.6595	<.0001
HUB	-0.1676	0.00725	534.7465	<.0001
wideANDtrans	0.00235	0.000488	23.2884	<.0001
narrowANDreginal	0.000335	0.000073	20.7917	<.0001
MAXttigci	0.6469	0.0895	52.1961	<.0001

表 4.16 修正後模式二勝算比結果

勝算比估計值			
效果	點估計值	95% Wald 信賴界限	
G125	1.016	1.015	1.018
DEPMUL	0.184	0.109	0.311
DEPPRI	7.149	4.143	12.335
ARRMUL	0.204	0.130	0.320
ARRPRI	13.738	7.938	23.776
HUB	0.846	0.834	0.858
wideANDtrans	1.002	1.001	1.003
narrowANDreginal	1.000	1.000	1.000
MAXttigci	1.910	1.602	2.276

根據表 4.15 結果顯示，勝算比大於 1 之變數包括重力指標、多機場區域之主要機場虛擬變數(出發、到達機場)、出發機場之國籍機隊(廣體)變數、綜合競爭力指數變數，表示上述變數每增加一個單位，則有開航的勝算相較初始情境下增加；反之勝算比小於 1 之變數則包括兩航點間樞紐機場個數、多機場區域虛擬變數(出發、到達機場)，表示上述變數每增加一個單位則有開航的勝算相較初始情境下減少。

因此根據表 4.15 修正後模式二勝算比之結果得知，重力指標變數勝算比為 1.016，代表當樞紐機場個數增加一個時，其勝算比為原有狀況勝算比之 1.016 倍，也就是相對於原有狀況，開航機率與不開航機率比值的勝算

比將增加 1.6%，當出發位於多機場之主要機場虛擬變數勝算比為 7.149，代表主要機場有開航的勝算是非主要機場的 7.149 倍、至於到達位於多機場之主要機場虛擬變數勝算比為 13.738，代表主要機場有開航的勝算是非主要機場的 13.738 倍、出發機場之國籍機隊(廣體)變數隻勝算比為 1.002，代表每增加一架國籍廣體客機時，其勝算比為原有狀況勝算比之 1.002 倍，也就是相對於原有狀況，開航機率與不開航機率的勝算比將增加 0.7%、綜合競爭力指數變數之勝算比為 1.910，其勝算比為原有狀況勝算比之 1.910 倍，也就是相對於原有狀況，每增加一單位的綜合競爭指數值時，代表開航機率與不開航機率比值的勝算比將增加 91%，亦即當勝算比大於 1 時兩機場間直接連結之機率將增加，反之則為減少。

綜合以上可以發現這四個新增變數在模式一和模式二中的關係，首先關於多機場區域變數 DEPMUL 以及 ARRMUL，兩者與開航之機率皆為負向關係，代表若起迄點機場位於多機場區域時會分散掉開航之機會；然而若該機場係多機場區域之主要機場時，是否為主要機場之變數 DEPPRI 和 ARRPRI 將會對於開航有正向的影響，兩個模式之結果皆符合預期，比較加入新變數之前後能夠對於結果有更好的解釋，如此一來也能改善原先對於多機場區域機場高估其開航機率之問題，此外透過圖 4.14 和圖 4.15 比較兩個模式的 ROC 圖，由於 ROC 圖曲線下面積 AUC 值可作為模式優劣之指標，當曲線下面積越接近一代表模式越完美，根據結果顯示模式二的曲線下面積 AUC 值為 0.9260 優於模式一的 0.9143，因此該結果代表模式二比起模式一更完美，能有較佳的解釋及預測能力，故後續之分析與應用將以模式二進行相關預測。

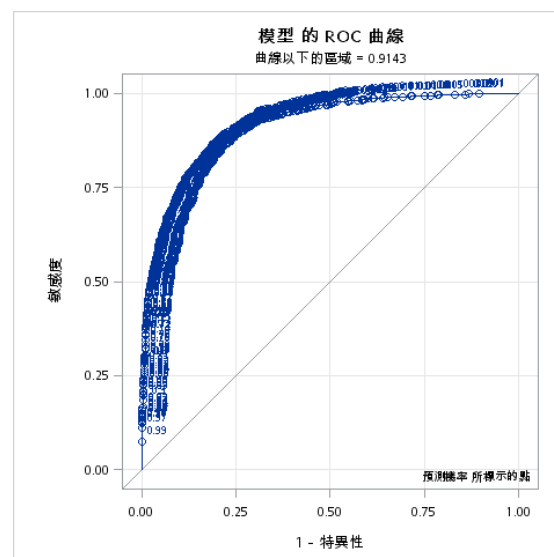


圖 4.14 修正後模式一之 ROC 圖

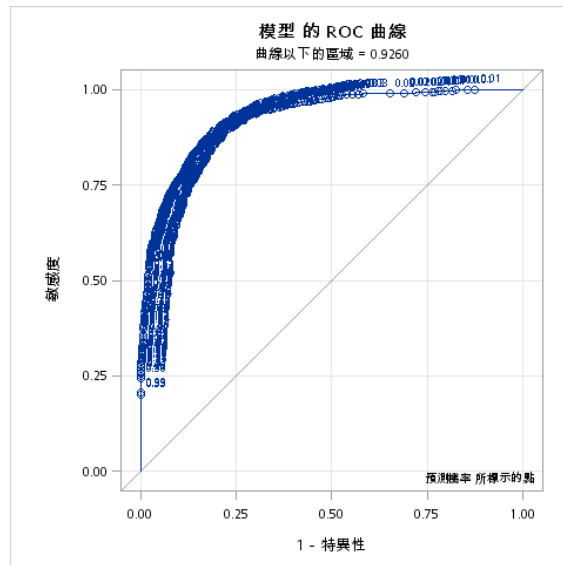


圖 4.15 修正後模式二之 ROC 圖

第五章 結果分析與討論

5.1 潛在航線發展與應用

將上述所建置的二元結果模式進行航線開航與否進行分析，得到相關參數估計值以及航線開航的機率，接下來更進一步分析影響變數的顯著程度以及敏感度分析，最後依照研究結果所得到的參數估計對於未來潛在航線發展進行預測，應用在亞太地區航網的潛在航線市場。

在 5885 個樣本當中有高達 4580 條航線在現有市場並未有直接連結的航班存在，透過樣本自變數代入羅吉斯迴歸函數得到的參數估計值得到 $F(x'_i\beta)$ ，經過轉換公式： $\Lambda(x'\beta) = \exp(x'\beta) / 1 + \exp(x'\beta)$ ，計算之後得到該條航線開航的機率，進而做出航線開發之預測。

5.1.1 樣本分類

所有航線可以被簡單分為區域航線以及越洋航線，亞洲區域內之航線可以再細分為亞太地區和中東、南亞，越洋航線則可以按照航程距離分為美洲航線和歐非大洋洲航線，在不同組別當中選定不同的開航機率作為預測的判定依據，避免航線組別存在差異過大所導致判定標準產生的誤差。

預測準確率的計算可以分成預測正確以及預測失準，預測正確包含實際有直飛預測也有直飛以及時既沒有直飛預測也沒有直飛；預測失準則是包含實際有開航但預測沒有開航以及實際沒有開航但預測有開航，總計有四種可能的混淆矩陣如表 5.1。本研究以預測結果為有開航但實際情況沒有開航之象限定義為潛在航線開發之市場，此外針對預測結果為沒有開航但實際情況有開航之樣本探究其背後的原因。

表 5.1 預測結果與實際情況之混淆矩陣

預測結果\實際情況	有開航	沒有開航
有開航	預測正確(TP)	預測失準(FP)
沒有開航	預測失準(FN)	預測正確(TN)

5.1.2 決定判定臨界標準

透過公式 $\Lambda(x'\beta) = \exp(x'\beta) / 1 + \exp(x'\beta)$ 計算，轉換後可得到 5885 條航線樣本的開航機率預測值，再透過最佳化規劃求解，目標函式為為最

大化模式預測之準確率，決策變數為判定開航或不開航之臨界機率值，找出判定標準與目標值的最佳解，模式一及模式二詳細各組準確率之最佳結果如表 5.7 與表 5.8。由於本問題之類型屬於非線性，故採用 excel 的規劃求解時選取之求解方法為演化式演算法，另外兩種則分別為用於非平滑之線性問題的一般化縮減梯度(GRG)以及線性問題的線性規劃(LP Simplex)。

表 5.2 模式一最大化各組準確率之結果

組別	最佳判定標準	正確樣本/總樣本	準確率
亞太地區	0.52251	972/1268	76.66%
中東、南亞	0.493525	665/783	84.93%
歐、非、大洋洲	0.616464	2664/2862	93.05%
美洲地區	0.239065	887/973	91.26%
總體	0.516796	5157/5885	87.63%

表 5.3 模式二最大化各組準確率之結果

組別	最佳判定標準	正確樣本/總樣本	準確率
亞太地區	0.395361	1001/1268	78.94%
中東、南亞	0.541552	678/783	86.59%
歐、非、大洋洲	0.479611	2685/2862	93.78%
美洲地區	0.361939	880/973	90.54%
總體	0.488686	5224/5885	88.77%

從表 5.2 和表 5.3 可以明顯比較出模式二對於航線開航與否擁有較高的預測準確率，該結果與第四節透過 ROC 曲線下面積 AUC 值比較相同，因此本研究在後續分析及探討將採用模式二的結果。經過最佳化運算得到判定開航與否的機率臨界值，根據模式二的結果發現航線距離最遠的美洲航線航程距離平均約 8510 英里，其開航與否之判定機率標準僅 0.361939，一般來說長程的航線受到地理區位之距離因素影響較大，而兩航點間之重要樞紐機場也會吸引中轉旅客分流直接連結航班的運輸需求，在實際的情況中大部分的航線旅客均須要透過間接連結才能抵達目的地。綜合以上導致本模式對於美洲航線之機率有低估的情形，此外也發現其中有部分的航線雖有航班的直接連結但其實係有經過第三地的中停來增加客源，然而中轉或中停之因素暫時未考慮在模式當中。

次低的判定標準出現於亞太地區，平均航程僅約 1650 英里，判定開航與否之機率值為 0.395361，其背後之主要原因為區域航線存在大量的低成本航空，在現有直接連結的 730 條航線中有 332 條航線存在低成本航空，大約占比 45%，由於低成本航空的經營策略相較於傳統航空有較低的營運成本，能夠接受的開航機率比起傳統航空來得低，因此該組別出現較低的

開航的判定機率。

歐洲、非洲以及大洋洲航線雖然和美洲航線同樣屬於越洋航線，但其航程卻遠低於美洲的航線，航程距離平均約為 5790 英里，相較於美洲航線中停航班約占直接連結的 25%，該組別中停的航班只有占直接連結的 9%，此外低成本航空經營的比例不到 5%，少數存在於東南亞和大洋洲之鄰近區域，該組的判定機率為 0.479611，介於美洲航線和亞洲其它航線之間。

最後該組為亞太區域之外的亞洲其它航線，主要為中東以及南亞地區，該組僅存在極少量的低成本航空經營，航程距離平均 3900 英里，判定機率為 0.541552。綜合以上四組可以發現亞太短程區域航線和有中停之長程航線皆會對於開航有低估的情形存在，因此判定出的開航機率標準較低。

5.2 預測結果分析

5.2.1 亞太地區

在四個分群當中以亞太區域預測之準確率最低，僅有 78%，遠低於其它三組大約 7 到 15 個百分點。由於亞太地區迄點的資料來自於全球運量前 400 大之機場，比起亞太區外的前 200 大之機場範圍來得大，也因此造成資料的歧異度較大，特別係與運量相關之變數，此外本研究重力指標中距離次方係採用 α 為 1.25，由於地形破碎且受到地形或海洋所阻隔，亞太區域航程普遍較短，導致計算重力的結果較大而得到高估的開航機率值。

此外也發現該模式對於中國次要機場(青島、瀋陽、深圳、南京、杭州、昆明、重慶、廈門、武漢、西安、天津)之開航機率誤判率較高，占預測錯誤樣本數中超過三成以上的比例(84/263)，這些機場的國際旅次運量排行皆位於 201 名到 400 名之間。Wang et.al (2016)指出中國的民航產業歷經由政府所主導的放鬆管制進程，採取有限度的自由化並將民航資源整合投入在整併後的三大航空集團，分別為以北京為樞紐的中國國際航空(CA)、以上海為樞紐的中國東方航空(MU)以及以廣州為樞紐的中國南方航空(CZ)，這三大航空集團積極發展各自經營的樞紐機場，拓展的航網並提高服務班次的頻率，以軸幅式網路來集散國內其它鄰近省分城市的需求，雖然在過去這些次級城市往往有完整的國內航網卻缺乏相稱的國際航線；然而近年來各省分亦開始積極拓展新航線，特別係低成本航空進入中國市場後開始強調點對點的直接連結，由低成本航空來經營往返東南亞各大主要城市或旅遊景點與中國次級城市的航線，綜合以上錯綜複雜之關係，故產生亞太主要航點對於連結至中國次級機場預測開航結果之低估情形。

模式二採用的樞紐變數在區域內成效較低，該變數與航點距離類似，對於預測之開航機率係負向的影響，雖然在區域航線亦時常有中轉的情形出現，可能係沒有既有直接連結之航線或航空公司提供轉機旅客低廉的票價吸引客源等因素，但該變數主要反映在長程航線，因此在亞太區域航線樣本中較不明顯，因而可能使得**低估**開航之機率。

亞太區域中的東北亞和東南亞存在大量的低成本航空，甚至是專門由低成本航空經營的機場，如：曼谷廊曼機場(DMK)，根據資料樣本統計在 730 條既有航線中有 332 條航線存在低成本航空，大約占比 45%，然而本模式未能反映低成本航空在區域內扮演的關鍵角色，以至於預測結果**低估**這些有低成本航空所經營的航線，總計有 50 筆(32 筆僅有低成本航空)。

亞太地區擁有豐富的觀光資源，舉凡熱帶島嶼到歷史文化名勝，係旅客最常造訪的景點，亞太地區的旅遊城市擁有大量的低成本航空進駐，提供廉價的航班給亞太區域內之旅客，然而這些機場規模的重力較小，導致該模式**低估**其開航之機率，亞太地區主要的旅遊景點機場列表如表 5.4。

表 5.4 亞太地區旅遊景點機場列表

國家	城市	機場代碼	備註
泰國	普吉市	普吉島(HKT)	
泰國	喀比市	喀比(KBV)	
印尼	登巴薩	峇里島(DPS)	
菲律賓	卡利博	卡利博(KLO)	長灘島
菲律賓	宿霧市	宿霧(CEB)	薄荷島
日本	那霸市	那霸(OKA)	沖繩島

表 5.5 東北亞黃金航圈機場列表

國家	城市	機場代碼	備註
台灣	台北	松山(TSA)	不在前 400 大之研究範圍
中國	上海	虹橋(SHA)	
日本	東京	羽田(HND)	逐漸轉型開闢國際航線
韓國	首爾	金浦(GMP)	

在東北亞區域的主要都會去逐漸發展出多機場的型態，在過去這些機場的分工為主要機場負責國際航線，次要機場連結國內航點，新建的國際機場區位位於都會區的近郊；而傳統的舊機場則大多位於市區，能提供的容量有限且可能因為鄰近住宅區域而受到宵禁的管制。近年來這些機場逐漸轉型重新開闢國際航線，發展定位成商務機場，打造東北亞黃金航圈，然而這些機場在模式當中未能完整被解釋，導致在某些區域航線上（如：

羽田-瀋陽)高估其開航機率，至於已有連結相同城市對(如：金浦-浦東)的航線同樣有**高估**開航機率的問題存在；而在商務機場之間(如：金浦-虹橋)則是**低估**了開航機率，可見彼此複雜之關係，東北亞商務機場列表如表 5.5。

5.2.2 亞洲其它地區(中東、南亞)

亞洲其它地區組別的準確率約 85%，略高於亞太但低於越洋航線，該組的樣本有超過 2/3 來自於中東地區，剩餘 1/3 屬於南亞地區。中東地區的機場位於亞洲往返歐洲的航道上，近年來海灣各國積極發展國籍航空及其樞紐機場成為歐亞航線重要的轉運樞紐，主要的五家航空公司的國籍和主要樞紐機場列表彙整於表 5.6，根據預測的結果發現這些國家的國籍航空為了發展完整的軸幅式網路積極拓展航線，即使開航機率低於判定之標準仍然提供直飛的航線服務，期望可以透過直接連結來培養客源，因此該模式忽略了有市場力量的大間航空公司，因而對於預測產生**低估**的情形。

表 5.6 中東主要航空及樞紐列表

主要航空公司	國家	樞紐機場城市
阿聯酋航空(EK)	阿拉伯聯合大公國	杜拜(DXB)
阿提哈德航空(EY)	阿拉伯聯合大公國	阿布達比(AUH)
卡達航空(QR)	卡達	杜哈(DOH)
土耳其航空(TK)	土耳其	伊斯坦堡(IST)
沙烏地阿拉伯航空(SV)	沙烏地阿拉伯	吉達(JED)、利雅德(RUH)

中東和南亞地區特殊地域文化及語言關係同樣影響預測結果，南亞與東南亞緊緊相鄰有著較密切的文化來往，使得連結斯里蘭卡、印度的航線未能被模式所解釋，此外中東地區獨特的語言及宗教文化，像是位於沙烏地阿拉伯麥加省的吉達和麥地那省的麥地那，皆是伊斯蘭教朝聖的宗教聖地，使其成為區域重點機場之一，然而宗教因素對於亞太多數國家難以吸引旅次造訪，連結較少，但是對於東南亞信奉伊斯蘭教的國家，如：菲律賓、印度尼西亞以及馬來西亞，對於中東的連結緊密；此外東南亞國家長期作為勞工輸出國，與其它產油國的往來頻繁，整體來看兩地的航線較完整，如：表 5.7、5.8、5.9，綜合上述原因造成誤判高估或低估的機率。

表 5.7 菲律賓馬尼拉機場與中東地區航班連結現況

出發城市	機場代碼	到達國家	到達城市	到達機場	開航機率
馬尼拉	MNL	阿聯大公國	阿布達比	AUH	0.426657
馬尼拉	MNL	土耳其	伊斯坦堡	IST	0.23359
馬尼拉	MNL	沙烏地阿拉伯	吉達	JED	0.168798
馬尼拉	MNL	沙烏地阿拉伯	利雅德	RUH	0.163801

出發城市	機場代碼	到達國家	到達城市	到達機場	開航機率
馬尼拉	MNL	沙烏地阿拉伯	達曼	DMM	0.144078
馬尼拉	MNL	阿曼	馬斯喀特	MCT	0.126237
馬尼拉	MNL	巴林	麥納麥	BAH	0.123377
馬尼拉	MNL	科威特	科威特市	KWI	0.109639

表 5.8 馬來西亞與中東地區航班連結現況

出發城市	機場代碼	到達國家	到達城市	到達機場	開航機率
吉隆坡	CGK	沙烏地阿拉伯	麥地那	MED	0.299537
吉隆坡	CGK	巴基斯坦	喀拉蚩	KHI	0.257577
吉隆坡	CGK	巴基斯坦	拉合爾	LHE	0.252308
吉隆坡	CGK	伊朗	德黑蘭	IKA	0.199509
吉隆坡	CGK	約旦	安曼	AMM	0.173844

表 5.9 印度尼西亞與中東地區航班連結現況

出發城市	機場代碼	到達國家	到達城市	到達機場	開航機率
雅加達	CGK	沙烏地阿拉伯	阿布達比	JED	0.305364
雅加達	CGK	阿曼	馬斯喀特	MCT	0.24672
雅加達	CGK	沙烏地阿拉伯	吉達	RUH	0.240155
雅加達	CGK	土耳其	伊斯坦堡	IST	0.220923
雅加達	CGK	科威特	科威特市	KWI	0.185774
雅加達	CGK	沙烏地阿拉伯	麥地那	MED	0.183496
雅加達	CGK	約旦	安曼	AMM	0.076718

此外該組別的旅遊景點馬爾地夫的馬累機場(MLE)同樣有被低估其開航機率的情形存在，然而土耳其的知名旅遊景點卻有令人意外的結果，位於土耳其南部的大城安塔莉亞在 2011 年外國旅客數為全球第四名，模式對於該城市的預測則是高估其開航機率，沒有任何一座亞太地區的城市與安塔莉亞機場(AYT)有直接的航班連結，可能主要還是透過伊斯坦堡中轉。

5.2.3 歐洲、非洲、大洋洲地區

歐非大洋洲組別有最高的準確率，高達 93.75%，雖然乍看準確最高能預測得最準，但其中多半都是實際未開航也被預測未開航的樣本。在該組別除了同樣有低估中停航班的開航機率之外，根據結果發現由中國出發的航班樣本占誤判樣本當中超過 1/3，檢視了原始資料發現中國的主要機場的國際運量遠低於其它亞太機場，但有直接連接的航點卻有近百座機場，因而產生大量的誤差。在研究範圍內國際旅次年運量一千八百餘萬的北京

有 90 座直接連結航點、國際旅次年運量二千三百餘萬的上海有 72 座、一千零五十餘萬的廣州有 57 座，遠高於其它同層級機場之直接連結航點數。

俄羅斯國土疆域橫跨歐亞兩洲，首都莫斯科都會區擁有三座機場，本研究依照國際運量的排行選定以多莫傑多沃國際機場(DME)為該區域之主要機場，而謝列梅捷沃國際機場(SVO)、伏努科沃國際機場(VKO)則是被定義成次要機場，而實際的航班連結並未與該都會區機場的主次要地位所影響，直飛航點普遍分散且互補於前兩大機場，因此預測的結果高估開航莫斯科(DME)的機率；低估開航莫斯科(SVO、VKO)的機率。高估樣本預測有開航之潛在航線如表 5.10、低估樣本預測不開航之既有航線表 5.11。

表 5.10 多機場複雜因素導致預測失準(高估)

出發國家	出發機場	到達機場	預測機率	備註
韓國	首爾仁川(ICN)	莫斯科(DME)	0.971088	已飛 SVO
中國	北京首都(PEK)	莫斯科(DME)	0.905806	已飛 SVO
中國	上海浦東(PVG)	莫斯科(DME)	0.85775	已飛 SVO
台灣	台北(TPE)	莫斯科(DME)	0.801452	季節性已停飛
中國	成都雙流(CTU)	莫斯科(DME)	0.784864	已飛 SVO
日本	東京羽田(HND)	莫斯科(DME)	0.747202	NRT 有此航線
日本	大阪關西(KIX)	莫斯科(DME)	0.684005	
日本	名古屋中部(NGO)	莫斯科(DME)	0.573622	
馬來西亞	吉隆坡(KUL)	莫斯科(DME)	0.545811	
中國	廣州白雲(CAN)	莫斯科(DME)	0.513727	已飛 SVO

表 5.11 多機場複雜因素導致預測失準(低估)

出發國家	出發機場	到達機場	預測機率	備註
中國	北京首都(PEK)	莫斯科(SVO)	0.439376	
泰國	曼谷蘇凡納布(BKK)	莫斯科(SVO)	0.379616	
中國	上海浦東(PVG)	莫斯科(SVO)	0.330763	
越南	河內內排(HAN)	莫斯科(DME)	0.264518	
越南	胡志明市(SGN)	莫斯科(DME)	0.236736	中停河內
中國	成都雙流(CTU)	莫斯科(SVO)	0.221172	
中國	廣州白雲(CAN)	莫斯科(SVO)	0.077066	
泰國	曼谷蘇凡納布(BKK)	莫斯科(VKO)	0.075333	
越南	河內內排(HAN)	莫斯科(SVO)	0.027366	
泰國	普吉島(HKT)	莫斯科(SVO)	0.024072	
越南	胡志明市(SGN)	莫斯科(SVO)	0.020282	

出發國家	出發機場	到達機場	預測機率	備註
泰國	普吉島(HKT)	莫斯科(VKO)	0.017482	

東南亞的熱帶島嶼係歐美各國度假的勝地，如：印尼的峇里島機場(DPS)和泰國的普吉島機場(HKT)，雖然本研究已有考慮國家旅遊競爭力指數，但未能實際反映到個別的機場所在地區，因此導致對於這些航線的開航機率有低估的情形，整理如表 5.12，可以發現大部分直接連結的航班型態為季節性的定期航班或是以包機型態、中間有中停第三地等方式連結；此外亞太的那霸機場(OKA)、大洋洲景點關島機場(GUM)、南亞馬爾地夫的馬累機場(MAN)與亞太各機場的連結同樣有明顯的低估情形。

表 5.12 旅遊景點預測失準低估開航機率

出發機場	到達國家	到達機場	預測機率	備註
峇里島(DPS)	紐西蘭	奧克蘭(AKL)	0.327318	季節性
普吉島(HKT)	澳洲	墨爾本(MEL)	0.266564	低成本航空
普吉島(HKT)	澳洲	雪梨(SYD)	0.259692	低成本航空
普吉島(HKT)	德國	法蘭克福(FRA)	0.087031	季節性
峇里島(DPS)	荷蘭	阿姆斯特丹(AMS)	0.054283	中停新加坡
普吉島(HKT)	芬蘭	赫爾辛基(HEL)	0.050573	季節性
普吉島(HKT)	俄羅斯	聖彼得堡(LED)	0.037914	季節性包機
普吉島(HKT)	德國	科隆(CGN)	0.036132	旅遊航空
普吉島(HKT)	俄羅斯	莫斯科(SVO)	0.024072	季節性
普吉島(HKT)	俄羅斯	莫斯科(VKO)	0.017482	
釜山(PUS)	關島	關島(GUM)	0.464866	

5.2.4 美洲地區

美洲地區組別有次高的準確率逾 90%，美洲航線的航程最高，其中有中停的航班比例約 25%，受到航程距離之影響，距離最遠的東南亞只有馬尼拉、新加坡、曼谷、胡志明市 4 個航點有飛往北美，其中除了馬尼拉之外的航點都有經過中停，至於東南亞的熱帶島嶼等旅遊景點則都未有直接與北美連結的航線。本研究亦發現有些樣本在該組別當中有被重複計算的問題，舉例來說，由北京出發經由底特律飛往波士頓的航班，貢獻了兩筆直接連結的樣本；此外若只單獨只看中停點到北美是否開航也可能忽略它是經過其它起始點的集散後才足以開航，像是上海經東京飛往亞特蘭大的樣本，綜合以上中停相關原因將導致低估開航機率或增加誤判的可能性。

起迄兩航點之間的樞紐個數變數係該組別造成誤判的主要因素之一，由於美洲航線的航程平均落在 8510 英里，在篩選樞紐機場個數時採用的

標準是以 1.4 作為彎繞係數的標準，然而八千多英里乘上 1.4 的彎繞係數之後，幾乎全球的樞紐機場都可以被統計進來作為潛在中轉的樞紐，這樣的結果並不合理，因此在計算樞紐機場個數時應該因地制宜，在不同的組別選用不同的彎繞係數，亞太區域內的航線保持使用 1.4；而長程越洋航線則使用 1.2，如此一來可以避免對於航線開發預測的誤判問題。

5.2.5 小結

本節針對四個組別預測失準「實際有開航但預測沒有開航」以及「實際沒有開航但預測有開航」的兩個象限之樣本進行預測失準原因探究，本節亦整理出四個組別預測正確以及失準的樣本個數分布如表 5.13。

表 5.13 四組預測結果統計

亞太地區				亞洲其它地區(中東、南亞)			
預測\實際	1	0	樣本數	預測\實際	1	0	樣本數
1	588	125	713	1	107	34	141
0	142	413	555	0	71	571	642
樣本數	730	538	1268	樣本數	178	605	783
歐洲、非洲、大洋洲				北美地區			
預測\實際	1	0	樣本數	預測\實際	1	0	樣本數
1	134	44	178	1	54	16	70
0	133	2551	2684	0	76	826	902
樣本數	267	2595	2862	樣本數	130	842	972

*1 代表預測/實際有直接連結航線；0 代表預測/實際沒有直接連結航線

**粗體為預測失準之樣本數

(1) 預測不開航、實際有開航類型

表示模式低估了開航的機率，這類型的樣本總計有 422 筆，占預測失準的樣本的 2/3，其中以亞太及北美地區最多，主要受到下列因素的影響：

- 越洋航線*樞紐機場數變數在區域內的效果較低，該變數與航點距離類似，對於預測之開航機率係負向的影響，雖然在區域航線亦時常有中轉的情形出現，但因區域內既有直接連結之航線多，除非航空公司提供轉機旅客低廉的票價吸引客源等因素，否則對於樞紐機場之需求性及吸引力相對低。該變數主要反映在長程航線，在亞太區域航線樣本中較不明顯，因此可能造成低估開航之機率。
- 亞太及南亞地區擁有豐富的觀光資源，吸引旅客造訪，亞太地區知名旅遊景點所在的機場，如：峇里島機場(DPS)、普吉島機場(HKT)、馬爾

地夫馬累機場(MLE)以及關島機場(GUM)，雖然其國際運量較低的，但受到觀光資源吸引，仍有不少區域內直接連結的航點，甚至是越洋航點季節性直飛或包機，模式雖已考慮國家旅遊競爭力指數，但未能實際反映至個別機場所在地區，因而造成預測低估。

- c. 近年亞太區域航線低成本航空發展迅速，低成本航空營運特性對於次級機場連結開航的評估及接受門檻與傳統航空不同，可接受較低的開航機率門檻值。此外部分次要機場被發展作為低成本航空營運之樞紐，如：曼谷廊曼機場(DMK)，同樣導致整體模式出現預測失準的情形，未來若分開獨立探討建立模式或許才能對低成本航空類型有更好的預測。
- d. 對國際旅次運量排行位於 201 名到 400 名之間的中國次要機場(青島、瀋陽、深圳、南京、杭州、昆明、重慶、廈門、武漢、西安、天津)之開航機率誤判率較高，占預測錯誤樣本數中超過三成以上，因這些次級機場多已具備完整國內航網，近年來也逐漸轉型發展國際航線，部分則是低成本航空進入中國航空市場作為樞紐，提供點對點亞太區域直飛航線，然而模式未能反映低成本航空的營運特性，因而造成開航機率的低估情形。
- e. 以中東地區為樞紐機場的航空公司崛起，如：阿聯酋航空(EK)、土耳其航空(TK)…等，積極拓展亞太地區各主要航點，雖然起迄點的吸引力未必足夠支撐直接連結中東和亞太的航線，但潛在透過中東樞紐中轉至歐洲的旅客量不容小覷，仍具有開航直接連結的誘因；此外該地區國籍航空公司為發展完整的軸幅式網路積極拓展航線，即使開航機率低於判定之標準仍然提供直飛的航線服務，培養客源。惟模式尚無法反映該等國籍航空公司對於市場的營運特性，因此產生預測低估的情形。
- f. 越洋航線和區域航線皆存在中停航班的特性，該類航線於樣本中涵蓋多個直飛航線樣本，亦即一條越洋航線同時創造了三條直飛航線，如：東京成田機場(NRT)中停香港機場(HKG)飛往阿迪斯阿貝巴機場(ADD)同時貢獻三個直接連結航班(NRT-HKG、HKG-ADD、NRT-ADD)。在現行市場中已有直接航線之 1305 條航線當中，有 95 條航線是中停第三地，又以越洋航線為主，若以開航預測門檻值為 0.5 進行判讀，有超過 81%的中停航線將被預測為不開航的，顯見模式預測低估具有中停特性航線之直接連結開航機率。檢視中停航線樣本可以發現區域航線類別的中停主要受到第八航權(中停航線其中一段為國內線)之影響；至於越洋航線類別的中停，係受到第五航權(允許起迄以外的第三國的航空公司在兩個外國之間延遠營運)的影響，模式無法反映此類型航線的特性，因有中停所以越洋航線上會同時有多個起迄點之間的旅客，模式即會低估此類型航線集散的能力與開航的潛力，在實際航線的開發中若具有此特性者，即特別列入考量以符合實際情況。

- g. 南亞與東南亞地理區位相鄰有著較密切的文化來往，使得東南亞連結斯里蘭卡、印度以及巴基斯坦的航點，如：可倫坡(CMB)、柯枝(COK)、清奈(MAA)、孟買(BOM)、邦加羅爾(BLR)、新德里(DEL)、拉合爾(LHE)、喀拉蚩(KHI)…等機場未能被模式所解釋。
- h. 東南亞少數伊斯蘭國家與中東連結緊密，如馬來西亞、印度尼西亞與沙烏地阿拉伯之間的直接連接航班，推測可能是受到宗教文化影響，到麥地那機場(MED)朝聖的穆斯林對此航線有直接連結航班之運輸需求。

(2) 預測有開航、實際不開航類型

表示模式高估了開航的機率，這類型的樣本總計有 219 筆，占預測失準的樣本的 1/3，其中樣本以亞太及中東地區最多，主要是受到下列因素的影響：

- a. 模式中樞紐機場個數與開航機率呈現負向的關係，但是實際發現部分樣本因低估該變數影響而計算出較高的預測值，推估應是樞紐機場個數僅以各區域篩選具代表性的機場為範圍，所計算的個數應較實際為少，即兩航點間可能經過的樞紐機場的個數並未被完全納入，造成模式的開航預測機率值高估。
- b. 多機場區域的議題相當複雜，雖然修正後模式已納入是否為多機場區域、是否為主要機場等解釋變數，但在部分區域多機場之間並非完全的競爭關係，取而代之的是發展為合作關係、開設互補航線，如：莫斯科都會區之 DME 和 SVO 機場、紐約都會區之 JFK 和 EWR 機場及東京都會區的 HND 和 NRT 機場等，造成以運量高低定義主要及次要機場的解釋變數，並無法完全闡釋這類互補航線的特性。
- c. 機場航線的開航與否同樣受到機場容量、宵禁、發展政策…等因素而有所影響，該類型機場主要位於東北亞都會區的城市機場。城市機場的地理位置靠近市區，但腹地較小容量早已飽和，且因為鄰近住宅區域而受到宵禁的管制，過去主要用途作為國內航線，因此即使預測出較高的開航機率，往往會受到上述限制而缺乏開航的可能，然而近年來這些次級機場逐漸轉型重新開闢國際航線，發展定位成商務機場政策，打造東北亞黃金航圈（臺北松山機場、東京羽田機場、首爾金浦機場、上海虹橋機場），綜合上述因素皆尚未考慮於模式中，因此造成高估誤差。
- d. 中東地區獨特的語言及宗教文化，如：位於沙烏地阿拉伯麥加省的吉達，是伊斯蘭教朝聖的宗教聖地，使其成為區域重點機場之一，然而對於亞太地區除了少數東南亞信奉伊斯蘭國家之外，難以實際吸引其它國家的旅次造訪，因此造成開航預測機率高估。此外阿拉伯聯合大公國的沙迦機場(SHJ)雖與杜拜機場(DXB)分屬不同酋長國之行政分區，但其距離僅 30 公里應被歸類為多機場區域中，其中沙迦機場作為低成本

航空阿拉伯航空之樞紐，成為該機場最主要的運量來源，因而產生高估亞太對沙迦機場直接連接的誤差。

- e. 位於土耳其的安塔莉亞係土耳其重要的觀光城市，在模式當中預測出數條亞太地區開航安塔莉亞的航點，然而在亞太全數 27 個出發航點卻沒有任何一座機場擁有該航點的直接連結，推測與旅遊習慣及文化不同、地理區位影響以及土耳其境內已有中東地區重要樞紐——伊斯坦堡阿塔圖克機場(IST)，因而導致高估該航線。
- f. 運量排行領先的出發機場扮演關鍵的角色，產生大者恆大趨勢，如：香港(HKG)、首爾仁川(ICN)、曼谷蘇凡納布(BKK)…等出發之機場，預測出大量與歐洲二線城市航點或次要機場的直接連結，前者如：馬德里(MAD)、巴塞隆納(BCN)、斯德哥爾摩(ARN)、布魯塞爾(BRU)、都柏林(DUB)、曼徹斯特(MAN)、慕尼黑(MUC)、奧斯陸(OSL)以及維也納(VIE)…等；後者如：倫敦蓋威克(LGW)，然而該部分樣本可列為潛在航線市場之參考。

(3) 同時存在低估或高估之因素

多機場的議題亦相當複雜，首先是有些次要機場被發展作為低成本航空營運之機場，如：曼谷廊曼機場(DMK)，對於該機場的預測往往低估，其次是作為都會區的小型城市商務機場，如：金浦機場(GMP)、虹橋機場(SHA)，受到國內航線以及機場容量的限制，僅發展少數幾條黃金國際航線，其餘的航線即便預測開航機率再高也沒有實際開航的機會，早成樣本高估。此外多機場區域的主次要機場判定，有些城市可以很明顯地從運量分辨出主從的關係，然而有些城市多機場之間卻有合作的關係平行發展互補的航線，如：莫斯科前兩大機場(DME、SVO)、紐約都會區前兩大機場(JFK、EWR)以及東京的羽田和成田(HND、NRT)，另外關於地區特有的政治、文化、宗教及語言關係也可能對於特定的點對點預測誤差，像是中東地區和東南亞信奉伊斯蘭國家有加密切的航班往來，代表有些樣本無法被現有的變數完全地解釋其現象。

雖然模式已能解釋超過 88%的樣本，但仍然有預測失準的樣本存在，其中在「實際沒有開航但預測有開航」類別之樣本列為潛在航線的開發市場，而「實際有開航但預測沒有開航」類別之樣佔了預測失準樣本大約七成，代表仍然有許多影響直接連結的因素尚未被完整考慮到，可在下一章節列舉以利未來研究延伸的建議。

5.3 模式結果應用

5.3.1 航線開發預測結果

本研究比較模式一和模式二的預測準確率，選擇使用模式二之結果計算出潛在航線開發市場之預測，預測結果依照國家及地區分類如下：

台灣

在本研究中台灣的機場有 2 座，台灣桃園國際機場(TPE)的預測潛在航線如表 5.14，其中台北往返峴港的航班已有低成本航空於 2016/12/02 開航；高雄小港國際機場(KHH)的預測潛在航線如表 5.15，皆位於亞太區域之內，主要為日本航線以及旅遊熱門景點航線。

表 5.14 台灣桃園國際機場(TPE)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	韓國	首爾金浦	GMP	0.948327	已有直接 ICN 航線
	上海	上海虹橋	SHA	0.931293	已有直飛 PVG 航線
	泰國	普吉島	HKT	0.828442	華航已於 2013 年取消
	越南	峴港市	DAD	0.635294	LCC 已於 2016/12/02 開航
中東	卡達	杜哈	DOH	0.972639	
	阿聯	阿布達比	AUH	0.92168	華航已於 2009/06/01 取消
南亞	印度	孟買	BOM	0.700492	
歐洲	德國	慕尼黑	MUC	0.697982	
	俄羅斯	莫斯科	DME	0.688262	曾有季節性航班

表 5.15 高雄小港國際機場(KHH)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	日本	東京羽田	HND	0.766462	已有直飛 NRT 航線
	日本	名古屋	NGO	0.470622	已取消直飛
亞太	關島	關島	GUM	0.535302	旅遊景點

中國

本研究選定中國的機場有 4 座，北京首都國際機場(PEK)的預測潛在航線如表 5.16，其中北京直飛曼徹斯特的航班已由海南航空於 2016/06/10 開航、北京直飛北美卡加利的航班已由海南航空於 2016/06/28 開航；上海浦東國際機場(PVG)的預測潛在航線如表 5.17，其中上海直飛曼谷廊曼航線已由低成本航空—亞洲航空於 2015/09/28 開航；廣州白雲國際機場(CAN)的預測潛在航線如表 5.18；成都雙流國際機場(CTU) 的預測潛在航線如表 5.19，其中成都直飛馬尼拉航線已由中國東方航空於 2016/09/23 開航。近

年來中國各省主要機場逐漸崛起，受到一帶一路政策的影響，主要四座門戶機場積極開航非洲、東南亞以及中東航線，未來發展不容小覷。

表 5.16 北京首都國際機場(PEK)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
中東	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.679975	
南亞	尼泊爾	加德滿都	KTM	0.591343	
歐洲	俄羅斯	莫斯科	DME	0.885202	已有直飛 SVO、VKO 航線
	德國	柏林	SXF	0.535142	已有直飛 TXL 航線
	英國	曼徹斯特	MAN	0.512782	海航已於 2016/06/10 開航
北美	加拿大	卡加利	YCC	0.345548	海航已於 2016/06/28 開航

表 5.17 上海浦東國際機場(PVG)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	韓國	首爾金浦	GMP	0.989379	已有直飛 ICN 航線
	菲律賓	宿霧	CEB	0.593551	
	馬來西亞	檳城	PEN	0.588931	預計 2017 年 8 月開航
	菲律賓	卡利博	KLO	0.568211	旅遊景點長灘島
	泰國	曼谷廊曼	DMK	0.534573	LCC 已於 2015/09/28 開航
	緬甸	仰光	RGN	0.401746	
中東	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.608482	
歐洲	俄羅斯	莫斯科	DME	0.827389	已有直飛 SVO 航線

表 5.18 廣州白雲國際機場(CAN)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	日本	那霸	OKA	0.729264	旅遊景點沖繩
	菲律賓	卡利博	KLO	0.576975	旅遊景點長灘島
	印尼	棉蘭	KNO	0.476578	
	日本	札幌	CTS	0.463725	
中東	沙烏地阿拉伯	阿布達比	AUH	0.610772	
南亞	印度	孟買	BOM	0.589925	
大洋洲	關島	關島	GUM	0.610922	旅遊景點關島

表 5.19 成都雙流國際機場(CTU)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	菲律賓	馬尼拉	MNL	0.816855	已於 2016/09/23 開航
	日本	東京羽田	HND	0.759476	已有直飛 NRT 航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
	日本	那霸	OKA	0.571075	旅遊景點沖繩
	韓國	釜山	PUS	0.527246	
	越南	胡志明市	SGN	0.516118	
	日本	名古屋	NGO	0.50932	
	馬來西亞	檳城	PEN	0.483582	
中東	土耳其	伊斯坦堡	IST	0.60212	
	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.591159	
南亞	印度	新德里	DEL	0.658033	
歐洲	俄羅斯	莫斯科	DME	0.746872	已有直飛 SVO 航線
	芬蘭	赫爾辛基	HEL	0.496175	

香港

香港國際機場(HKG)的預測潛在航線如表 5.20，其中香港直飛倫敦蓋威克航線已由國泰航空於 2016/09/02 開航；香港直飛奧地利維亞納航線已由奧地利航空於 2016/09/05 開航。香港機場之潛在航線分布於世界五大洲，香港長期作為亞太重要的航空樞紐，大者恆大之趨勢讓香港未來仍有潛力發展出更完善的直接連結航網。

表 5.20 香港國際機場(HKG)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	韓國	首爾金浦	GMP	0.948934	已有直飛 ICN 航線
	印尼	棉蘭	KNO	0.615843	
中東	沙烏地阿拉伯	吉達	JED	0.881714	僅有貨運航線
	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.869349	
	土耳其	安塔莉亞	AYT	0.859512	僅有貨運航線
	科威特	科威特市	KWI	0.69199	僅有貨運航線
	阿曼	馬斯喀特	MCT	0.648226	僅有貨運航線
南亞	印度	柯枝	COK	0.558121	
非洲	埃及	開羅	CAI	0.484733	
歐洲	英國	蓋威克	LGW	0.869459	已於 2016/09/02 開航
	丹麥	哥本哈根	CPH	0.815352	
	奧地利	維亞那	VIE	0.749717	已於 2016/09/05 開航
	西班牙	巴塞隆納	BCN	0.718017	
	比利時	布魯塞爾	BRU	0.711586	僅有貨運航線
	愛爾蘭	都柏林	DUB	0.517795	
北美	美國	檀香山	HNL	0.463974	夏威夷

澳門

澳門國際機場(MFM)的預測潛在航線如表 5.21，潛在航線主要分布於亞太地區，僅有一條航線位於中東，其中直飛福岡航線已由澳門航空於 2016/03/28 正式開航。澳門機場之潛在航線主要位於亞太區域航線。

表 5.21 澳門國際機場(MFM)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	日本	東京羽田	HND	0.737846	
	越南	胡志明市	SGN	0.732421	已有直飛 NRT 航線
	中國	昆明	KMG	0.511171	
	日本	那霸	OKA	0.483409	
	日本	福岡	FUK	0.465148	已於 2016/03/28 開航
	中國	西安	XIY	0.444824	
	日本	名古屋	NGO	0.439735	
	馬來西亞	亞庇	BKI	0.430893	
	泰國	普吉島	HKT	0.421695	
中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜	DXB	0.624578	

日本

本研究選定日本的機場有 5 座，東京羽田國際機場(HND)的預測潛在航線如表 5.22，其中羽田直飛紐約甘迺迪機場航線已由全日本空輸於 2016/10/30 開航，其餘預測的潛在航線皆與成田國際機場的現有航線重疊；東京成田國際機場(NRT)的預測潛在航線如表 5.23；大阪關西國際機場(KIX)的預測潛在航線如表 5.24；名古屋中部國際機場(NGO)的預測潛在航線如表 5.25；福岡國際機場(FUK)的預測潛在航線如表 5.26，其中往返澳門航線已由澳門航空於 2016/03/28 開航。在預測的結果中，日本因位於亞太往返北美的大圓航道上，有較佳的地理區位，因此較適合作為發展北美航線的樞紐機場。

表 5.22 東京羽田國際機場(HND)潛在航線

地區	國家/地區	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	中國	瀋陽	SHE	0.960563	已有 NRT 直飛航線
	中國	青島	TAO	0.949333	已有 NRT 直飛航線
	韓國	濟州島	CJU	0.65815	已有 NRT 直飛航線
	台灣	高雄	KHH	0.631426	已有 NRT 直飛航線
	澳門	澳門	MFM	0.584549	已有 NRT 直飛航線
	中國	南京	NKG	0.523018	已有 NRT 直飛航線
	中國	杭州	HGH	0.510262	已有 NRT 直飛航線

地區	國家/地區	城市	機場代碼	開航機率	備註
	中國	廈門	XMN	0.479852	已有 NRT 直飛航線
大洋洲	關島	關島	GUM	0.789113	已有 NRT 直飛航線
歐洲	荷蘭	阿姆斯特丹	AMS	0.716579	已有 NRT 直飛航線
	俄羅斯	莫斯科	DME	0.65439	已有 NRT 直飛航線
北美	美國	紐約	JFK	0.583546	已有 NRT 直飛航線
	美國	西雅圖	SEA	0.552013	已於 2016/10/30 開航
	美國	拉斯維加斯	LAS	0.533481	
	加拿大	卡加利	YYC	0.460889	已有 NRT 直飛航線
	美國	紐華克	EWR	0.433582	已有 NRT 直飛航線

表 5.23 東京成田國際機場(NRT)潛在航線

地區	國家/地區	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	韓國	首爾金浦	GMP	0.962046	已有直飛 ICN 航線
	中國	深圳	SZX	0.411722	
歐洲	德國	慕尼黑	MUC	0.738534	已有 HND 直飛航線
	英國	倫敦蓋威克	LGW	0.550129	已有直飛 LHR 航線
	英國	曼徹斯特	MAN	0.532614	
	愛爾蘭	都柏林	DUB	0.479632	

表 5.24 大阪關西國際機場(KIX)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
歐洲	英國	希斯洛	LHR	0.811044	
	俄羅斯	莫斯科	DME	0.633817	
北美	美國	西雅圖	SEA	0.437744	

表 5.25 名古屋中部國際機場(NGO)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	台灣	高雄	KHH	0.449906	已取消直飛
歐洲	英國	希斯洛	LHR	0.589971	
北美	美國	舊金山	SFO	0.579488	
	加拿大	溫哥華	YVR	0.486849	
	美國	西雅圖	SEA	0.473373	
	美國	拉斯維加斯	LAS	0.469419	
	美國	紐約	JFK	0.434313	
	美國	紐華克	EWR	0.430056	
	加拿大	卡加利	YYC	0.423924	

表 5.26 福岡國際機場(FUK)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	韓國	濟州島	CJU	0.749351	
	澳門	澳門	MFM	0.486063	
	中國	杭州	HGH	0.478199	已於 2016/03/28 開航
	韓國	首爾金浦	GMP	0.457347	已有直飛 ICN 航線
	中國	廈門	XMN	0.425051	
北美	美國	洛杉磯	LAX	0.370383	

韓國

本研究選定韓國的機場有 3 座，首爾仁川國際機場(ICN)的預測潛在航線如表 5.27；首爾金浦機場(GMP)的預測潛在航線如表 5.28；釜山國際機場(PUS)的預測潛在航線如表 5.29。首爾仁川機場在歐洲的航線上有較大的潛力，首爾金浦的潛在航線幾乎在該都會區主要機場—仁川機場皆已有開航，此外釜山機場的潛在航線皆為亞太區域航線。

表 5.27 首爾仁川國際機場(ICN)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	中國	上海虹橋	SHA	0.890924	已有直飛 PVG 航線
中東	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.624897	
歐洲	俄羅斯	莫斯科	DME	0.970522	已有直飛 SVO 航線
	丹麥	丹麥	CPH	0.828722	
	英國	蓋威克	LGW	0.817667	已有直飛 LHR 航線
	瑞典	斯德哥爾摩	ARN	0.733108	
	比利時	布魯塞爾	BRU	0.722	
	英國	曼徹斯特	MAN	0.706557	
	愛爾蘭	都柏林	DUB	0.680172	
	西班牙	巴塞隆納	BCN	0.634391	
	德國	杜賽道夫	DUS	0.597171	
	挪威	奧斯陸	OSL	0.492814	
北美	加拿大	卡加利	YYC	0.498197	

表 5.28 首爾金浦機場(GMP)潛在航線

地區	國家/地區	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	中國	上海浦東	PVG	0.992171	已有直飛 SHA 航線
	日本	東京成田	NRT	0.981329	已有直飛 HND 航線
	台灣	台北	TPE	0.977814	已有直飛 TSA 航線
	香港	香港	HKG	0.965035	已有 ICN 直飛航線
	日本	福岡	FUK	0.520908	已有 ICN 直飛航線

表 5.29 釜山國際機場(PUS)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	新加坡	新加坡	SIN	0.579201	
	中國	天津	TSN	0.464861	
	中國	廈門	XMN	0.446333	
	中國	武漢	WUH	0.417103	

泰國

本研究選定泰國的機場有 3 座，曼谷蘇凡納布國際機場(BKK)的預測潛在航線如表 5.30，其中直飛峴港航線已由越南航空於 2016/06/26 開航、直飛亞庇航線已由低成本航空—泰國微笑航空於 2017/03/25 開航、直飛南京航線已由中國東航航空於 2016/07/01 開航、直飛那霸航線已由日籍低成本航空—樂桃航空於 2017/02/19 開航；曼谷廊曼國際機場(DMK)的預測潛在航線如表 5.31，其中直飛上海航線已由低成本航空—亞洲航空於 2015/09/28 開航；普吉島國際機場(HKT)的預測潛在航線如表 5.32。

表 5.30 曼谷蘇凡納布國際機場(BKK)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	印尼	棉蘭	KNO	0.926126	LCC 已有 DMK 直飛航線
	越南	峴港市	DAD	0.834435	已於 2016/06/26 開航
	馬來西亞	亞庇	BKI	0.802272	LCC 已於 2017/03/25 開航
	中國	南京	NKG	0.577453	已於 2016/07/01 開航
	日本	那霸	OKA	0.530193	LCC 已於 2017/02/19 開航
	印尼	泗水	SUB	0.496057	
	菲律賓	宿霧	CEB	0.482716	
	印尼	泗水	SUB	0.474171	
中東	菲律賓	卡利博	KLO	0.455144	旅遊景點長灘島
	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.90848	
	沙烏地阿拉伯	吉達	JED	0.908365	
	土耳其	安塔莉亞	AYT	0.773411	
南亞	沙烏地阿拉伯	達曼	DMM	0.607589	
	印度	柯枝	COK	0.822811	LCC 已有 DMK 直飛航線
	大洋洲	關島	GUM	0.508344	旅遊景點關島
	歐洲	馬德里	MUD	0.622591	
歐洲	英國	蓋威克	LGW	0.589522	已有直飛倫敦 LHR
	西班牙	巴塞隆納	BCN	0.536557	

表 5.31 曼谷廊曼國際機場(DMK)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	菲律賓	馬尼拉	MNL	0.990983	已有 BKK 直飛航線
	中國	上海	PVG	0.980679	LCC 已於 2015/09/28 開航
中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜	DXB	0.934584	已有 BKK 直飛航線

表 5.32 普吉島國際機場(HKT)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	台灣	台北	TPE	0.922342	已取消直飛
	越南	胡志明市	SGN	0.909446	
	印尼	雅加達	CGK	0.717306	
	印尼	棉蘭	KNO	0.667252	
	澳門	澳門	MFM	0.584145	
	日本	東京成田	NRT	0.581355	
	越南	河內	HAN	0.453384	

新加坡

新加坡樟宜國際機場(SIN)的預測潛在航線如表 5.33，潛在航線主要分布於中東地區，僅有一條航線位於亞太地區。在過去新加坡樟宜機場為東南亞主要的航空樞紐，區域航線之發展以相對完整，往返北美航線受到地理區位影響較不利於發展。

表 5.33 新加坡樟宜國際機場(SIN)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	日本	那霸	OKA	0.407822	
中東	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.876158	
	土耳其	安塔莉亞	AYT	0.708911	
	以色列	特拉維夫	TLV	0.668789	
	科威特	科威特市	KWI	0.614424	
	巴林	麥納麥	BAH	0.610015	
大洋洲	關島	關島	GUM	0.515433	旅遊景點關島
歐洲	西班牙	馬德里	MAD	0.522246	

馬來西亞

吉隆坡國際機場(KUL)的預測潛在航線如表 5.34，潛在航線主要分布於亞太及中東地區，僅有一條航線位於中東地區。

表 5.34 吉隆坡國際機場(KUL)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
中東	沙烏地阿拉伯	沙迦	SHJ	0.751427	

印尼

本研究選定泰國的機場有 2 座，雅加達國際機場(CGK)的預測潛在航線如表 5.35；峇里島國際機場(DPS)的預測潛在航線如表 5.36，以上兩座機場潛在航線皆分部於亞太區域內。

表 5.35 雅加達國際機場(CGK)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	泰國	普吉島	HKT	0.74657	
	澳門	澳門	MFM	0.522038	

表 5.36 峇里島國際機場(DPS)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	越南	胡志明市	SGN	0.520779	
	馬來西亞	檳城	PEN	0.488588	

越南

本研究選定泰國的機場有 2 座，河內內排國際機場(HAN)的預測潛在航線如表 5.37，潛在航線主要分布於亞太地區，尤其是中國境內，推測與兩者地理區位相近有關，其中直飛廈門航線已由廈門航空於 2016/10/28 開航，位於中東的杜拜航線已由阿聯酋航空於 2016/08/03 開航(中停仰光)；胡志明市新山一國際機場(SGN)的預測潛在航線如表 5.38，潛在航線主要分布於亞太地區，僅有一條航線位於南亞，其中直飛檳城航線已由低成本航空—亞洲航空於 2016/01/25 開航。河內內排機場位處越北地區，靠近東北亞及中國，預測之潛在航線中大部分係往返中國之航線；而位於南越的胡志明市新山機場則適合拓展南亞及東南亞區域航線。

表 5.37 河內內排國際機場(HAN)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	馬來西亞	檳城	PEN	0.533563	
	中國	青島	TAO	0.531518	
	中國	重慶	CKG	0.524395	
	中國	廈門	XMN	0.516087	已於 2016/10/28 開航
	中國	深圳	SZX	0.506338	
	中國	南京	OKA	0.501851	

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
	泰國	普吉島	HKT	0.501452	
	中國	清邁	CNX	0.475361	
	中國	深圳	NKG	0.464389	
	中國	武漢	WUH	0.461804	
	中國	杭州	HGH	0.452656	
	日本	札幌	CTS	0.438708	
	中國	西安	XIY	0.41456	
	韓國	濟州島	CJU	0.400809	
中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜	DXB	0.845569	已於 2016/08/03 開航(中停仰光)

表 5.38 胡志明市新山一國際機場(SGN)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	泰國	普吉島	HKT	0.924121	
	澳門	澳門	MFM	0.831419	
	馬來西亞	檳城	PEN	0.75112	LCC 已於 2016/01/25 開航
	馬來西亞	亞庇	BKI	0.604858	
	印尼	峇里島	DPS	0.531636	
	印尼	棉蘭	KNO	0.496479	
	泰國	喀比	KBV	0.483693	
	泰國	清邁	CNX	0.481496	
	中國	廈門	XMN	0.440575	
	中國	成都	CTU	0.439858	
南亞	印度	新德里	DEL	0.439858	

菲律賓

馬尼拉國際機場(MNL)的預測潛在航線如表 5.39，預測結果分布皆位於亞太區域內，其中有超過半數的潛在航點來自於中國的次要機場，其中直飛成都航線已由中國東方航空於 2016/09/23 開航；直飛濟州島航線已由菲律賓航空於 2017/04/06 開航，每週提供兩個航班服務，預測之潛在航線皆為亞太區域航線。

表 5.39 馬尼拉國際機場(MNL)潛在航線

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	中國	青島	TAO	0.932852	
	泰國	曼谷	DMK	0.6155	已有 BKK 直飛航線
	日本	那霸	OKA	0.73537	
	中國	深圳	SZX	0.684252	
	馬來西亞	檳城	PEN	0.581386	

地區	國家	城市	機場代碼	開航機率	備註
	中國	成都	CTU	0.563996	已於 2016/09/23 開航
	中國	南京	NKG	0.531782	
	中國	杭州	HGH	0.522542	
	越南	峴港市	DAD	0.503268	
	中國	昆明	KMG	0.502505	
	中國	重慶	CKG	0.48708	
	印尼	泗水	SUB	0.485291	
	韓國	濟州島	CJU	0.470647	已於 2017/04/06 開航
	中國	武漢	WUH	0.438629	

緬甸

仰光國際機場(RGN)的預測潛在航線如表 5.40，預測結果主要分布於亞太地區，其中直飛杜拜航線已由阿聯酋航空於 2016/08/03 開航。

表 5.40 仰光國際機場(RGN)潛在航線

地區	國家/地區	城市	機場代碼	開航機率	備註
亞太	中國	上海浦東	PVG	0.633731	
	菲律賓	馬尼拉	MNL	0.581481	
	澳門	澳門	MFM	0.542714	
	泰國	普吉島	HKT	0.533384	
	馬來西亞	檳城	PEN	0.465725	
中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜	DXB	0.779421	已於 2016/08/03 開航

5.3.2 預測結果討論

在預測的結果亦發現位於多機場區域的預測潛在市場與多機場城市其它機場現有航線幾乎重疊，這些機場包括：首爾金浦機場(GMP)、東京羽田機場(HND)以及曼谷廊曼機場(DMK)，然而這三座機場的定位卻不全然相同，金浦作為首爾首都商務機場，羽田則同時主要國際機場及商務機場的功能，最後廊曼則是專門由低成本航空經營的航點。此外到達機場中的莫斯科都會區有三座機場，若依照運量來排行依序為多莫傑多沃機場(DME)、謝列梅捷沃機場(SVO)、伏努科沃機場(VKO)，因此在模式設計當中將多莫傑多沃機場(DME)設定為該都會區的主要機場，其餘則並列為次要機場，然而在最後的預測潛在市場結果卻發現亞太地區與莫斯科的連結分散於這三座機場，特別是第二大的謝列梅捷沃機場(SVO)。此外也發現當都會區的主要機場已經飽和後，若需求仍持續高漲則會促使航班轉而開發連結該都會區內的次要機場，該現象明顯出現於英國倫敦的希斯洛機場與蓋威克機場，雖為次要機場但仍有預測出高的連結機率，比較實際航線

的發展亦得到證實，如：國泰航空除了每天有四班希斯洛機場的航班外亦於去年新增香港直飛倫敦蓋威克機場的航班。

航線開發之預測受地理區位影響顯著，位於洲際主要航道上的機場有更多的機會發展越洋的航線，像是日本和韓國的機場長期作為亞太往返北美的門戶，而位於東南亞鄰近南亞的城市則是有較多連結中東或南亞的航線，像是新加坡樟宜機場(SIN)、曼谷蘇凡納布機場(BKK)預測的潛在市場大多為須中東及南亞地區，上述現象皆存在於預測的結果當中。

機場運量等級同樣是重要的關鍵因素，規模越大的機場，如：曼谷蘇凡納布機場(BKK)，擁有越多的航線樣本在預測中超過判定的臨界標準，成為預測開航的潛在航線，且航線廣泛分布於全球各大洲；相反地，規模較小的區域機場，如：高雄小港機場(KHH)，預測開航的潛在航線較少，且侷限於亞太區域內的航線。

預測的潛在航線愈少的機場主要係因為依據現有的機場規模航網的發展也趨向完整，像是航網已具相當規模的北京首都機場(PEK)，然而也可能係機場規模較小的機場，但已有該級別程度下完整地連結區域的航線，像是印尼雅加達機場(CGK)、馬來西亞吉隆坡機場(KUL)。至於預測的潛在航線愈多則代表現有的航網尚未完整，還有許多新闢航線的潛在機會，像是馬尼拉機場(MNL)、河內內排機場(HAN)以及胡志明市新山一機場(SGN)，這類機場所預測出的潛在市場區域多位於亞太地區，代表區域航線航網仍有發展的空間。

5.4 航空公司類型議題

航空公司可以細分為低成本航空(LCC)以及傳統航空(FSC)，亞太地區主要的低成本航空列表如表 5.47，主要經營亞太區域內的短程航線，少數則是往返亞太和南亞及中東地區。本研究在整理航線的直飛與否變數時一併彙整出現有 1305 條航線航空公司經營的特性，發現僅有低成本航線經營的航線 100%為區域航線，如圖 5.4；而僅有傳統航空經營的航線越洋和區域大約各占一半，如圖 5.5，區域航線略多於越洋航線一點；最後同時有低成本航空和傳統航空經營的航線大部分為區域航線，如圖 5.6，僅有少數的短程越洋航線，如：東南亞印尼往返大洋洲的澳洲北部城市。



圖 5.4 僅有低成本航空經營之航線特性

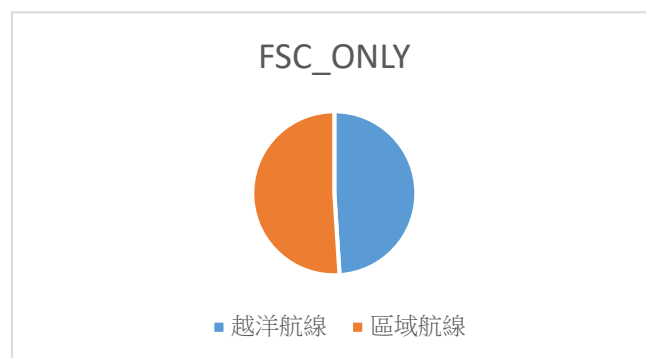


圖 5.5 僅有傳統航空經營之航線特性

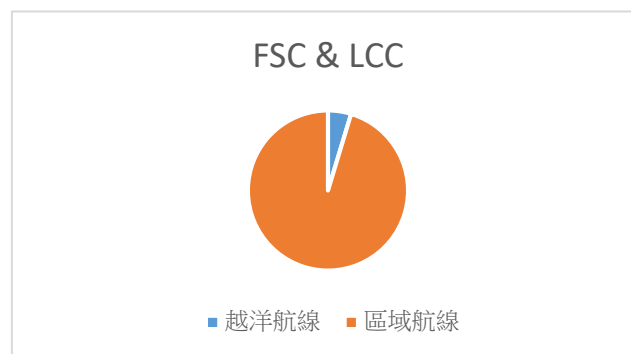


圖 5.6 同時有低成本航空和傳統航空經營之航線特性

表 5.42 主要亞太地區航點低成本航空列表

地區	國家	航空公司全名
東北亞	台灣	台灣虎航(IT)；已停業：威航(ZV)
	日本	亞洲天網航空(6J)、星悅航空(7G)、天馬航空(BC)、捷星日本航空(GK)、北海道國際航空(HD)、春秋航空日本(IJ)、香草航空(JW)、樂桃

地區	國家	航空公司全名
		航空(MM)；即將開業：日本亞洲航空(DJ)
	韓國	濟州航空(7C)、釜山航空(BX)、真航空(LJ)、德威航空(TW)、易斯達航空(ZE)
	香港	香港快運航空(UO)
中國	中國	春秋航空(9C)、九元航空(AQ)、中國聯合航空(KN)、中國西部航空(PN)、烏魯木齊航空(UQ)
東南亞	泰國	都市航空(E8)、皇雀航空(DD)、泰國亞洲航空(FD)、泰國獅子航空(SL)、泰國全亞洲航空(XJ)、酷鳥航空(XW)、泰國越捷航空(VZ)
	印尼	印尼獅子航空(JT)、連城航空(QG)、印尼亞洲航空(QZ)、印尼全亞洲航空(XT)
	緬甸	黃金緬甸航空(Y5)
	菲律賓	菲鷹航空(2P)、宿霧太平洋航空(5J)、菲律賓亞洲航空(PQ)、亞航飛龍航空(Z2)
	新加坡	捷星亞洲航空(3K)、欣豐虎航(TR)、酷航(TZ)
	馬來西亞	亞洲航空(AK)、全亞洲航空(D7)、馬印航空(OD)、飛螢航空(FY)
南亞	印度	靛藍航空(6E)、印度航空快運(IX)、香料航空(SG)
	斯里蘭卡	錫蘭航空(MJ)
西亞	沙烏地阿拉伯	納斯航空(XY)

5.5 中停航線議題

有中停的航班普遍存在於航空網路當中，特別係越洋長程航線，航空公司透過中停第三地來集散更多的客源以支撐該航線的營運。有中停之航線主要可以分成兩類，首先是兩個航端接為國際航線的中停，該類型的中停通常牽涉到第五航權，又稱作延遠權，代表允許第三國的航空公司在兩個外國之間運輸的權力，舉例如表 5.6，衣索比亞航空從阿迪斯巴貝巴機場(ADD)出發經曼谷或香港中停再飛往吉隆坡(KUL)、首爾仁川(ICN)、東京成田(NRT)以及馬尼拉(MNL)即屬於第五航權的中停概念；第二類中停的航線的兩個航段則是同時包含一段國際線和一段國內線，如表 5.7，該情形除非有開放第八航權，否則由涉及國內線的國籍航空公司來執飛，根據樣本可以發現這類的樣本大多從中國出發的航班，營運的模式為由中國主要四大門戶機場—北京首都機場、上海浦東機場、廣州白雲機場以及成都雙流機場出發，經由各省之次要機場，如：大連周水子機場、南京祿口機場、昆明長水機場、長沙黃花機場、武漢天河機場、沈陽桃仙機場、銀川河東機場…等，再連結到國際各大主要航點。

表 5.43 第五航權之延遠中停範例

出發機場	出發國家	到達機場	到達國家	航線	中停資訊	開航機率
KUL	馬來西亞	ADD	衣索匹亞	KUL-ADD	曼谷(BKK)	0.23227
ICN	韓國	ADD	衣索匹亞	ICN-ADD	香港(HKG)	0.079309
MNL	菲律賓	ADD	衣索匹亞	MNL-ADD	曼谷(BKK)	0.065779
NRT	日本	ADD	衣索匹亞	NRT-ADD	香港(HKG)	0.053327

表 5.44 第八航權之境內運輸中停範例

出發機場	出發國家	到達機場	到達國家	航線	中停資訊	開航機率
PEK	中國	FUK	日本	PEK-FUK	大連(DLC)	0.893272
CTU	中國	FUK	日本	CTU-FUK	南京(NKG)	0.731203
CTU	中國	DXB	阿聯大公國	CTU-DXB	銀川(INC)	0.901434
CTU	中國	RGN	緬甸	CTU-RGN	昆明(KMG)	0.437601
PVG	中國	KTM	尼泊爾	PVG-KTM	昆明(KMG)	0.536588
CAN	中國	FRA	德國	CAN-FRA	長沙(CSX)	0.258043
CAN	中國	FCO	義大利	CAN-FCO	武漢(WUH)	0.155865
CTU	中國	YVR	加拿大	CTU-YVR	瀋陽(SHE)	0.113457
CTU	中國	LAX	美國	CTU-LAX	南京(NKG)	0.095277

在 1305 條線有航線樣本當中有 95 條航線中停第三地，若粗略以開航機率 0.5 作為判讀開航與否之預測，在中停之 95 條航線當中有超過 81% 的現有航線樣本被預測為不開航，可見該模式低估了有中停航線直接連結的機率，因此特地將這 95 條航線的中停資訊彙整成表，能夠在進行預測時一目了然解釋低估樣本的實際情況，新增的中停資訊如附錄表 3-1，此外中停航線有 4 成來自於亞洲區域航線，其餘 6 成為越洋洲際航線，其中北美航線占全部的 31.58%、歐洲航線占全部的 13.68%、大洋洲航線占全部的 5.26%、非洲航線占全部的 7.37%以及南美航線占全部的 2.1%，如圖 5.3。

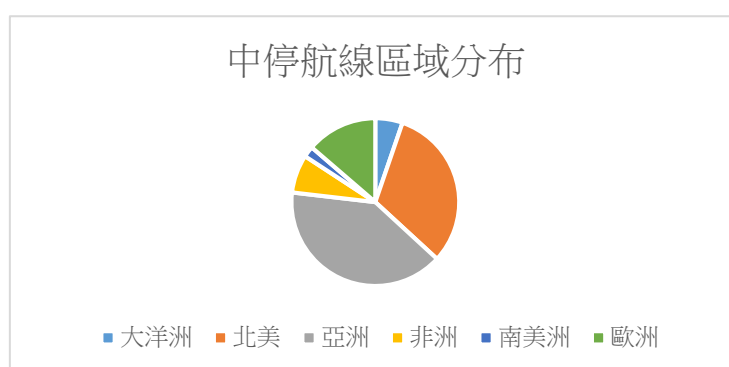


圖 5.3 中停航線區域分布比例圓餅圖

第六章 結論與建議

運用 Innovata 2016 年航班資料庫分析，本研究成功的以二元羅吉特模式來分析機場航網形成的動因及影響情形，結果顯示該模式已能相當清楚地解釋機場航網形成的動因，以其應用於是否開航直接連結航線的預測，準確度亦可高達 90%。就影響機場直接連結的主要因素而言，包括起迄點機場是否為多機場區域的主要機場、航點所在國家的競爭力(綜合競爭力指數)、機場互動指標、出發機場之國籍機隊(廣體)數…等，均對於是否形成直接連結具有正向影響，「綜合競爭力指數」代表一個國家的觀光資源和經濟動能的強度，能對機場航網發展產生巨大影響的最重要因素，也印證了兩航點之間的市場需求量才是驅動形成直飛航線的真正動力，隨著機場運量的不斷成長，其開發與其它城市直接連結航線的機率亦會大幅提升，若更進一步將運量乘積與航線距離整合成重力指標，同樣能反應出當該航線的重力指標越高，代表出發機場與到達機場之間有較高的吸引力，吸引航空公司提供該航線直接連結的服務。而當出發或到達機場為多機場區域中之主要機場時，相較於非主要機場，其擁有極高開闢直接連結航線的勝算，此也充分反應了多機場區域中主要機場之競爭優勢；反之，多機場區域中之次要機場相較上則是居於競爭劣勢的地位，開發直接連結航線的機會較少，其定位往往被歸類為主要機場之輔助機場；至於出發機場國籍航空的機隊數則是對於直接連結的開發有些微的正向影響，特別係廣體客機用於越洋航線以及窄體客機用於區域航線。另外，隨著兩航點間的距離愈遠、越洋航線涵蓋樞紐機場數愈多時，由於中轉的可能性與競爭亦會隨之增加，則愈不利直接連結航線的開發。

有關模式預測結果偏誤之可能原因，經過樣本分析與檢討，主要包括多機場區位機場所引發之問題、目的地機場獨特因素帶來之需求、低成本航空公司航網發展因素、多航段與中停航線經營以及中東地區樞紐機場與航空公司積極拓展軸幅式網路…等，上述議題除了值得後續更進一步的研究探討外，亦可提供機場單位於潛在航線的發展分析時應該特別注意的細節，實務上具有相當的參考價值。

本研究所使用的二元羅吉斯迴歸的應變數 y 僅考慮航線是否開航，未能從模式中實際反應航線原始資料中航班實際的頻率，導致不論是每週一個航班或是每天超過一個航班在二元羅吉斯模式都係呈現一樣表示有無直飛的二元變數，因此建議在未來的研究可以嘗試把應變數 y 從是否直飛修正為每週、每月或每年之該航線樣本上的航班數或航空公司提供的座位數，改以 Tobit 模式或其它計量模式來解釋航班數和座位數的現象，如此一來可以減少單獨從是否有航班的二元解果所導致的誤差，更能實際反應

各項因素對於航線市場開發更進一步的訊息。

在本研究中發現航空公司類型對於預測開航機率所能接受之門檻扮演關鍵的角色，低成本航空獨特的商業經營模式僅提供最基本的服務，將餐飲、行李額度以及選為作為附加服務，此外減少空橋的使用改以地面接駁登機、起降於次要機場或較差的時間帶以及增加航機周轉使用率以減少營運成本，因此相較於傳統航空可以接受較低的開航機率，可見若把傳統航空與低成本航空混和在同一個模式當中未必是非常好的做法，目前低成本航空的樣本僅位於短程區域航線，然而在未來有部分低成本航空則是計畫朝長程的航線發展，綜合以上可見影響直接連結航網因素與航空公司類型兩者之間有著密不可分的關係，值得在未來將該變數納入新模式的開發。

多航段暨中停航線的樣本大部分位於越洋航線，單一的一個航班號從 A 城市起飛經由 B 城市到達目的地 C 城市，一個航班貢獻了 A 到 B、B 到 C 以及 A 到 C 三條直接連結的航線，因而導致在預測結果當中有低估這類航線有直接連結的可能性，因此在未來的研究中，對於這類有中停的特殊樣本應該重新檢視直接連結的定義，排除有中停的航線為判定為有直接連結的航線，或是加入新變數以反應該航線中停特有之現象。

綜合以上，尚未考慮且可能導致預測失準的因素，不論是多航段中停的航班、多機場區域或是航空公司類型…等，都值得思考如何去改良現有的模式，舉例來說，若能加入航空公司類型變數，能幫助我們更了解在何種特性的航線上是屬於低成本航空的市場，抑或是傳統航空的市場。此外，航班的開航與否僅是最初步的研究，日後的研究可以更深入探討既有及潛在航線市場，特別是從航線上的航班數以及所提供之座位數作為預測及分析目標，此外，善用 Innovata 航班資料庫當中既有的數據有許多值得探討及研究的議題，值得作為後續研究發展的方向。

參考文獻

1. Freeman, L.C., 1977. A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness, *Sociometry*, Vol. 40, No. 1, pp. 35-41.
2. Freeman, L.C., 1979. Centrality in Social Networks Conceptual Clarification, *Social Networks*, Vol. 1, No. 3, pp. 215-239.
3. Porter, M.E., 1979. How competitive forces shape strategy, *Harvard Business Review*, 1979.
4. O'Connor, K., 1995. Airport development in Southeast Asia, *Journal of Transport Geography*, Vol. 3, No. 4, pp. 269-279.
5. O'Connor, K., 1996. Airport Development: A Pacific Asian Perspective, *Built Environment*, Vol. 22, No. 3, *Air Transport in the 1990s* (1996), pp. 212-222.
6. Watts, D.J., Strogatz, S.H., 1998. Collective dynamics of 'small-world' networks, *Nature* 393, pp.440-442.
7. ACI Europe, 1999. European airports: a competitive industry, Policy paper submitted by the Airport Council International (ACI) Europe Policy Committee.
8. Barrett, S.D., 2000. Airport competition in the deregulated European aviation market, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 6, No. 1, pp. 13-27.
9. Jeong, H., Tombor, B., Albert, R., Oltvai, Z.N., Barabási, A.L., 2000. The large-scale organization of metabolic networks, *Nature* 407, pp. 651-654.
10. Bowen, J., 2000. Airline hubs in Southeast Asia: national economic development and nodal accessibility, *Journal of Transport Geography*, Vol. 8, No. 1, pp. 25-41.
11. Jeong, H., Mason, S.P., Barabási, A.L., Oltvai, Z.N., 2001. Lethality and centrality in protein networks, *Nature* 411, pp. 41-42.
12. Wojahn, O.W., 2001. *Airline Networks*. *Volkswirtschaftliche Analysen* 9, Peter Lang, Frankfurt.
13. Burghouwt, G., Hakfoort, J., 2001. The evolution of the European aviation network, 1990-1998, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 7, No. 5, pp. 311-318.
14. Albert, R., Barabási, A.L., 2002. Statistical mechanics of complex networks, *Reviews of Modern Physics*, Vol. 74, No. 1, pp.47-97.

15. Park, Y., 2003. An analysis for the competitive strength of Asian major airports, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 9, No. 6, pp. 353–360.
16. Sussman, J., 2003. *Introduction to Transportation Systems*.
17. Guimerá, R., Amaral, L.A.N., 2004. Modeling the world-wide airport network, *The European Physical Journal B*, Vol. 38, No. 2, pp 381–385.
18. Guimer, R., Mossa, S., Turttschi, A., Amaral, L.A.N., 2005. The worldwide air transportation network: Anomalous centrality, community structure, and cities' global roles, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 102 No. 22, pp. 7794–7799.
19. Cameron, A.C., Trivedi, P.K., 2005. *Binary Outcome Models, Microeconometrics: Methods and Applications*, pp. 461-489.
20. Jin, F.J., Wang, C.J., 2005. Hub-and-Spoke System and China Aviation Network Organization, *Geographical Research(地理研究)*, Vol. 24 No. 5, pp. 774-784.
21. Bieger, T., Wittmerb, A., 2006. Air transport and tourism—Perspectives and challenges for destinations, airlines and governments, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 12, No. 1, pp. 40–46.
22. Burghouwt, G., Veldhuis, J., 2006. The Competitive Position of Hub Airports in the Transatlantic Market, *Journal of Air Transportation*, Vol. 11, No. 1, pp. 106-130.
23. Yu, G.J., Peng, Y.B., Chu, Y.C., 2006. Complex Networks Theory and Its Application in Air Networks, *Complex Systems and Complexity Science(复杂系统与复杂性科学)*, Vol.3, No.1, pp.79-84.
24. Burghouwt, G., 2007. *Airline Network Development in Europe and Its Implications for Airport Planning*.
25. Liu, H.K., Zhou, T., 2007. Empirical study of Chinese city airline network, *Acta Physica Sinica(物理学报)*, Vol.56, No.1, pp.106-112.
26. Piermartini, R., Rousova, L., 2008. Liberalization of Air Transport Services and Passenger Traffic, *World Trade Organization Economic Research and Statistics Division, Staff Working Paper ERSD-2008-06*.
27. Burghouwt, G., Jaap, D.W., Veldhuis, J., Matsumoto, H., 2009. Air Network Performance and Hub Competitive Position: Evaluation of Primary Airports in East and South-East Asia, *Journal of Airport Management*, Vol. 3, No. 4, pp 384-400.

28. Jaap, D.W., Veldhuis, J., Burghouwt, G., Matsumoto, H., 2009. Competitive position of primary airports in the Asia-Pacific, *Pacific Economic Review*, Vol.14, No.5, pp.639-650.
29. Lohmann, G., Albers, S., Koch, B., Pavlovich, K., 2009. From hub to tourist destination – An explorative study of Singapore and Dubai's aviation-based transformation, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 15, No. 5, pp. 205–211.
30. Mo, H.H., Jin, F.J., Wang, J.E., 2009. Spatial Structural Characteristics of Chinese Aviation Network Based on Complex Network Theory, *Acta Geographica Sinica(地理学报)*, Vol. 64, No.8, pp.899-910.
31. Liu, H.K., Zhang, X.L., Cao, L., Wang, B.H., Zhou, T., 2009. Analysis on the connecting mechanism of Chinese city airline network, *Science China Physics, Mechanics and Astronomy(中国科学：物理学力学天文学)*, Vol.39, No.7, pp.935-942.
32. Zhang, J., Cao, X.B., Dua, W.B., Cai, K.Q., 2010. Evolution of Chinese airport network, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Vol. 389, No. 18, pp. 3922–3931.
33. Mo, H.H., Jin, F.J., Liu, Y., Wang, J.E., 2010. Network Analysis on Centrality of Airport System, *Scientia Geographica Sinica(地理科学)*, Vol.30, No. 2, pp. 204-212.
34. Forsyth, P., Gillen, D., Muller, J., Niemeier, H.M., 2010. Airport Competition: The European Experience.
35. Hooper, P., Walker, S., Moore, C., Zubaidi, Z.A., 2011. The development of the Gulf region's air transport networks – The first century, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 17, N. 6, pp. 325–332.
36. Wang, J.E., Mo, H.H., Wang, F.H., Jin, F.J., 2011. Exploring the network structure and nodal centrality of China's air transport network: A complex network approach, *Journal of Transport Geography*, Vol. 19, No. 4, pp. 712–721.
37. Dang, Y.R., Peng, L.N., 2012. Hierarchy of Air Freight Transportation Network Based on Centrality Measure of Complex Networks, *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, Vol.12, No.3, pp.109-114.
38. Wooldridge, J.M., 2012. Introduction econometrics a modern approach,

Limited Dependent Variable Models and Sample Selection Corrections, pp. 583-631.

39. Chia, D., 2012. Airline Network Perspective for Airport Competition in the Asia-Pacific Region, Master thesis.
40. Fu, C.Y., 2013. Cross Strait Direct Flights and Changes of Taoyuan Airport Competitiveness, Master thesis.
41. Surovitskikh, S., Lubbe, B., 2015. The Air Liberalisation Index as a tool in measuring the impact of South Africa's aviation policy in Africa on air passenger traffic flows, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 42, pp. 159 – 166.
42. Hazledine, T., 2014. Searching for the sweet spot: The determinants of direct services from Canadian airports, *Journal of Air Transport Management* Vol.41, pp. 50–55.
43. Airports Council International, 2014. Annual World Airport Traffic Report.
44. Wong, J.T., Chia, D., 2014. Analyzing Competitive Potential of Airports in the Asia-Pacific Region from an Airline Network Perspective. *Journal of the Chinese Institute of Transportation*, Vol. 26, No. 1, pp.117-140.
45. Airports Council International, 2015. Annual World Airport Traffic Report.
46. Hakim, H.H., Merkert, R., 2016. The causal relationship between air transport and economic growth: Empirical evidence from South Asia, *Journal of Transport Geography*, Vol. 56, pp. 120–127.
47. Zhang, Y.P., Peng, T., Fu, C.Y., Cheng, S.W., 2016. Simulation analysis of factors affecting air route connection in China, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 50, pp. 12–20.
48. Bao, D.W., Hua, S.Y., Gu, J.Y., 2016. Relevance of airport accessibility and airport competition, *Journal of Air Transport Management*, Vol. 55, pp. 52–60.
49. Wang, J.E., Bonilla, D., Banister, D., 2016. Air deregulation in China and its impact on airline competition 1994–2012, *Journal of Transport Geography*, Vol. 50, pp. 12–23.
50. 陳順宇, 2005. 第十章羅吉斯迴歸, 迴歸分析, pp.(10-6)-(10-10).
51. 劉維中, 2008. 網路, 中央研究院周報, 第 1181 期.
52. 中國民航出版社, 2009. 從統計看民航.

附錄

附錄表 1-1 全球國際運量 TOP200 列表

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
1	DXB	亞洲	中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜	69,954,392
2	LHR	歐洲	西歐	英國	倫敦	68,091,095
3	HKG	亞洲	東北亞	香港	香港	62,901,024
4	CDG	歐洲	西歐	法國	巴黎	58,627,080
5	AMS	歐洲	西歐	荷蘭	阿姆斯特丹	54,940,534
6	SIN	亞洲	東南亞	新加坡	新加坡	53,289,000
7	FRA	歐洲	中歐	德國	法蘭克福	52,713,013
8	ICN	亞洲	東北亞	韓國	首爾	44,906,813
9	IST	亞洲	中東	土耳其	伊斯坦堡	38,152,871
10	BKK	亞洲	東南亞	泰國	曼谷	37,183,099
11	TPE	亞洲	東北亞	台灣	台北	35,402,285
12	LGW	歐洲	西歐	英國	倫敦	34,461,071
13	KUL	亞洲	東南亞	馬來西亞	吉隆坡	34,437,677
14	MUC	歐洲	中歐	德國	慕尼黑	30,247,738
15	MAD	歐洲	南歐	西班牙	馬德里	29,618,803
16	NRT	亞洲	東北亞	日本	東京	29,591,636
17	JFK	美洲	北美東	美國	紐約	28,248,253
18	BCN	歐洲	南歐	西班牙	巴塞隆納	27,246,041
19	FCO	歐洲	南歐	義大利	羅馬	26,840,909
20	DOH	亞洲	中東	卡達	杜哈	26,356,392
21	ZRH	歐洲	中歐	瑞士	蘇黎世	24,836,387
22	CPH	歐洲	北歐	丹麥	哥本哈根	23,610,452
23	YYZ	美洲	北美東	加拿大	多倫多	23,380,290
24	AYT	亞洲	中東	土耳其	安塔利亞	22,072,307
25	VIE	歐洲	中歐	奧地利	維亞納	21,831,400
26	BRU	歐洲	西歐	比利時	布魯塞爾	21,718,462
27	DUB	歐洲	西歐	愛爾蘭	都柏林	21,636,533
28	MIA	美洲	北美東	美國	邁阿密	20,096,541
29	PVG	亞洲	中國	中國	上海	19,828,628
30	MAN	歐洲	西歐	英國	曼徹斯特	19,491,717
31	AUH	亞洲	中東	阿拉伯聯合大公國	阿布達比	19,253,265
32	LAX	美洲	北美西	美國	洛杉磯	19,106,496

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
33	STN	歐洲	西歐	英國	倫敦	18,784,808
34	SVO	亞洲	北亞	俄羅斯	莫斯科	18,475,424
35	PMI	歐洲	南歐	西班牙	帕爾馬	18,018,238
36	ORY	歐洲	西歐	法國	巴黎	17,927,068
37	JED	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	吉達	17,765,017
38	DME	亞洲	北亞	俄羅斯	莫斯科	17,741,633
39	DUS	歐洲	中歐	德國	杜塞道夫	17,394,023
40	ARN	歐洲	北歐	瑞典	斯德哥爾摩	17,359,353
41	LIS	歐洲	南歐	葡萄牙	里斯本	16,081,222
42	MNL	亞洲	東南亞	菲律賓	馬尼拉	16,071,616
43	MPX	歐洲	南歐	義大利	米蘭	15,800,134
44	GVA	歐洲	中歐	瑞士	日內瓦	14,539,435
45	PEK	亞洲	中國	中國	北京	14,424,121
46	TLV	亞洲	中東	以色列	特拉維夫	14,266,737
47	GRU	美洲	南美	巴西	聖保羅	13,582,174
48	HEL	歐洲	北歐	芬蘭	赫爾辛基	13,438,321
49	OSL	歐洲	北歐	挪威	奧斯陸	13,223,314
50	SYD	大洋洲	大洋洲	澳洲	雪梨	13,145,275
51	DEL	亞洲	印度	印度	新德里	13,136,791
52	KIX	亞洲	東北亞	日本	大阪	13,049,564
*53	TAO	亞洲	中國	中國	青島	12,976,020
54	TXL	歐洲	中歐	德國	柏林	12,967,834
55	CGK	亞洲	印尼	印尼	雅加達	12,618,036
56	CUN	美洲	中美	墨西哥	坎昆	11,987,242
57	EWR	美洲	北美東	美國	紐華克	11,848,080
58	CAI	非洲	非洲	埃及	開羅	11,803,350
59	AGP	歐洲	南歐	西班牙	馬拉加	11,729,047
*60	SHE	亞洲	中國	中國	瀋陽	11,629,843
61	MEX	美洲	中美	墨西哥	墨西哥市	11,499,031
62	PRG	歐洲	中歐	捷克	布拉格	11,105,531
63	BOM	亞洲	印度	印度	孟買	10,899,921
64	ATL	美洲	北美東	美國	亞特蘭大	10,784,219
65	ORD	美洲	北美中	美國	芝加哥	10,749,937
66	HND	亞洲	東北亞	日本	東京	10,523,825
67	KWI	亞洲	中東	科威特	科威特	10,275,804
68	SFO	美洲	北美西	美國	羅德岱堡	10,269,701

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
69	ATH	歐洲	南歐	希臘	雅典	9,879,213
70	IAH	美洲	北美中	美國	休士頓	9,800,971
71	RUH	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	利雅德	9,774,396
72	JNB	非洲	非洲	南非	約翰尼斯堡	9,559,981
73	LTN	歐洲	西歐	英國	倫敦	9,547,299
74	SHJ	亞洲	中東	阿拉伯聯合大公國	沙迦	9,489,399
75	HAM	歐洲	中歐	德國	漢堡	9,451,536
76	WAW	歐洲	中歐	波蘭	華沙	9,365,122
77	YVR	美洲	北美西	加拿大	溫哥華	9,269,992
78	SGN	亞洲	東南亞	越南	胡志明市	9,130,438
79	YUL	美洲	北美東	加拿大	蒙特婁	9,113,740
80	CAN	亞洲	中國	中國	廣州	9,108,438
81	BUD	歐洲	中歐	匈牙利	布達佩斯	9,053,408
82	ALC	歐洲	南歐	西班牙	阿利坎特	8,895,548
83	SAW	亞洲	中東	土耳其	伊斯坦堡	8,471,867
84	TFS	歐洲	南歐	西班牙	特內里費島	8,424,851
85	BHX	歐洲	西歐	英國	伯明罕	8,391,158
86	BOG	美洲	南美	哥倫比亞	波哥大	8,354,587
87	DPS	亞洲	印尼	印尼	峇里島	8,291,077
88	EZE	美洲	南美	阿根廷	布宜諾斯艾利斯	8,062,649
89	MEL	大洋洲	大洋洲	澳洲	墨爾本	8,053,159
90	BAH	亞洲	中東	巴林	巴林	7,946,851
91	MCT	亞洲	中東	阿曼	馬斯喀特	7,844,959
92	AKL	大洋洲	大洋洲	紐西蘭	奧克蘭	7,841,438
93	OTP	歐洲	東歐	羅馬尼亞	布加勒斯特	7,798,141
94	CMB	亞洲	東南亞	斯里蘭卡	可倫坡	7,741,477
95	NCE	歐洲	西歐	法國	尼斯	7,354,504
96	SCL	美洲	南美	智利	聖地牙哥	7,344,766
97	SXF	歐洲	中歐	德國	柏林	7,266,967
98	LIM	美洲	南美	秘魯	利馬	7,169,126
99	DFW	美洲	北美中	美國	達拉斯	7,165,835
100	CMN	非洲	非洲	摩洛哥	卡薩布蘭卡	7,163,059
101	LED	亞洲	北亞	俄羅斯	聖彼得堡	7,107,021
102	VCE	歐洲	南歐	義大利	威尼斯	7,099,596
103	IAD	美洲	北美東	美國	華盛頓	7,099,186
104	AMM	亞洲	中東	約旦	安曼	7,028,602

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
105	STR	歐洲	中歐	德國	斯圖加特	6,746,814
106	HRG	非洲	非洲	埃及	洪加達	6,692,896
107	BEY	亞洲	中東	黎巴嫩	貝魯特	6,555,610
108	CRL	歐洲	西歐	比利時	沙勒羅瓦	6,424,163
109	HKT	亞洲	東南亞	泰國	普吉島	6,421,928
110	CGN	歐洲	中歐	德國	科隆	6,413,730
111	LPA	歐洲	南歐	西班牙	大加那利島	6,413,407
112	KBP	歐洲	東歐	烏克蘭	基輔	6,340,547
113	BSL	歐洲	中歐	瑞士	巴塞爾	6,197,791
114	VKO	亞洲	北亞	俄羅斯	莫斯科	6,118,535
115	ADD	非洲	非洲	衣索匹亞	阿迪斯阿貝巴	6,085,430
116	IKA	亞洲	中東	伊朗	德黑蘭	6,047,735
117	BGY	歐洲	南歐	義大利	米蘭	5,995,587
118	DMK	亞洲	東南亞	泰國	曼谷	5,976,796
119	OPO	歐洲	南歐	葡萄牙	波多	5,943,396
120	FAO	歐洲	南歐	葡萄牙	法魯	5,780,315
121	PUJ	美洲	中美	多明尼加	蓬塔卡納	5,554,617
122	HAN	亞洲	東南亞	越南	河內	5,516,894
123	MFM	亞洲	東北亞	澳門	澳門	5,481,441
124	SSH	非洲	非洲	埃及	沙姆沙伊赫	5,434,732
125	LYS	歐洲	西歐	法國	里昂	5,419,005
126	EDI	歐洲	西歐	英國	愛丁堡	5,348,040
127	HER	歐洲	南歐	希臘	伊拉克利翁	5,241,272
128	LCA	歐洲	南歐	賽普勒斯	拉納卡	5,236,538
129	BRS	歐洲	西歐	英國	布里斯托	5,185,853
130	HNL	美洲	北美西	美國	檀香山	5,128,478
131	BOS	美洲	北美東	美國	波士頓	4,992,225
132	BNE	大洋洲	大洋洲	澳洲	布里斯本	4,941,357
133	TUN	非洲	非洲	突尼西亞	突尼西亞市	4,868,639
134	PUS	亞洲	東北亞	韓國	釜山	4,865,634
135	BLQ	歐洲	南歐	義大利	波隆那	4,801,015
136	RIX	歐洲	東歐	拉脫維亞	里加	4,783,547
137	ALG	非洲	非洲	阿爾及利亞	阿爾及爾	4,727,667
138	MRS	歐洲	西歐	法國	馬賽	4,718,149
139	FLL	美洲	北美東	美國	羅德岱堡	4,659,756
140	BEG	歐洲	南歐	塞爾維亞	貝爾格勒	4,638,493

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
141	MAA	亞洲	印度	印度	清奈	4,561,335
142	PHL	美洲	北美東	美國	費城	4,537,605
143	YYC	美洲	北美西	加拿大	卡加利亞	4,516,102
144	NGO	亞洲	東北亞	日本	名古屋	4,485,090
145	DMM	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	達曼	4,441,703
146	MCO	美洲	北美東	美國	奧蘭多	4,324,349
147	MLA	歐洲	南歐	馬爾他	馬爾他	4,303,975
148	PER	大洋洲	大洋洲	澳洲	伯斯	4,203,321
149	HAJ	歐洲	中歐	德國	漢諾威	4,202,334
150	KHH	亞洲	東北亞	台灣	高雄	4,197,743
151	ACE	歐洲	南歐	西班牙	藍薩羅特島	4,186,669
152	PTY	美洲	中美	巴拿馬	巴拿馬市	4,167,140
153	EMA	歐洲	西歐	英國	東密德蘭	4,098,770
154	GMP	亞洲	東北亞	韓國	首爾	4,083,276
155	GIG	美洲	南美	巴西	里約熱內盧	4,050,191
156	CIA	歐洲	南歐	義大利	羅馬	3,999,371
157	NBO	非洲	非洲	肯亞	奈洛比	3,991,981
158	GLA	歐洲	西歐	英國	格拉斯哥	3,950,446
159	BVA	歐洲	西歐	法國	博韋	3,943,911
160	EIN	歐洲	西歐	荷蘭	恩荷芬	3,926,395
161	RHO	歐洲	南歐	希臘	羅德島	3,880,970
162	KEF	歐洲	北歐	冰島	雷克雅維克	3,857,406
163	LIN	歐洲	南歐	義大利	米蘭	3,854,576
164	GOT	歐洲	北歐	瑞典	哥德堡	3,844,983
165	IBZ	歐洲	南歐	西班牙	伊維薩島	3,844,501
166	SEA	美洲	北美西	美國	西雅圖	3,822,548
167	RAK	非洲	非洲	摩洛哥	馬拉喀什	3,817,626
168	FUE	歐洲	南歐	西班牙	富埃特文圖拉島	3,754,391
169	MED	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	麥地那	3,700,711
170	SOF	歐洲	東歐	保加利亞	索菲亞	3,650,259
171	COK	亞洲	印度	印度	柯枝	3,619,050
172	KTM	亞洲	東南亞	尼泊爾	加德滿都	3,586,967
173	MBJ	美洲	中美	牙買加	蒙特哥貝	3,556,618
174	KRK	歐洲	中歐	波蘭	克拉科夫	3,470,802
175	FUK	亞洲	東北亞	日本	福岡	3,454,277
176	LAS	美洲	北美西	美國	拉斯維加斯	3,444,252

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
177	NAP	歐洲	南歐	義大利	拿坡里	3,407,681
178	NCL	歐洲	西歐	英國	新堡	3,368,268
179	LOS	非洲	非洲	奈及利亞	拉哥斯	3,361,767
180	PSA	歐洲	南歐	義大利	比薩	3,303,137
181	DLM	亞洲	中東	土耳其	穆拉	3,297,084
182	SDQ	美洲	中美	多明尼加	聖多明哥	3,297,000
183	VLC	歐洲	南歐	西班牙	瓦倫西亞	3,221,565
184	KHI	亞洲	東南亞	巴基斯坦	喀拉蚩	3,209,829
185	LPL	歐洲	西歐	英國	利物浦	3,191,362
186	SKG	歐洲	南歐	希臘	塞薩洛尼基	3,178,892
187	TLS	歐洲	西歐	法國	土魯斯	3,151,888
188	CTU	亞洲	中國	中國	成都	3,105,349
189	MLE	亞洲	東南亞	馬爾地夫	瑪律	2,997,975
190	LHE	亞洲	東南亞	巴基斯坦	拉合爾	2,968,498
191	VNO	歐洲	東歐	立陶宛	維爾紐斯	2,939,428
192	DTW	美洲	北美中	美國	底特律	2,926,275
193	CLT	美洲	北美東	美國	夏洛特	2,918,681
194	RGN	亞洲	東南亞	緬甸	仰光	2,915,668
195	GDL	美洲	中美	墨西哥	瓜達拉哈拉	2,880,455
196	LBA	歐洲	西歐	英國	里茲	2,878,439
197	LCY	歐洲	西歐	英國	倫敦	2,873,254
198	BLR	亞洲	印度	印度	邦加羅爾	2,825,668
199	GDN	歐洲	中歐	波蘭	格但斯克	2,824,113
200	GUM	大洋洲	大洋洲	美國	關島	2,767,184

資料來源：本研究整理、ACI 2014 WORLD AIRPORT TRAFFIC REPORT

*53、*60 ACI 報告書中將總運量誤植為國際運量，故不計入本研究之出發機場範圍。

附錄表 1-7 亞太全球國際運量 TOP201-400 列表

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
207	PEN	亞洲	東南亞	馬來西亞	檳城	2,571,227
219	XMN	亞洲	中國	中國	廈門	2,368,709
224	CJU	亞洲	東北亞	韓國	濟州	2,257,517
251	NKG	亞洲	中國	中國	南京	1,880,984
252	KMG	亞洲	中國	中國	昆明	1,866,569
265	KNO	亞洲	東南亞	印尼	棉蘭	1,758,174
266	SUB	亞洲	東南亞	印尼	泗水	1,755,331

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
271	CEB	亞洲	東南亞	菲律賓	宿霧	1,679,740
272	CKG	亞洲	中國	中國	重慶	1,675,518
279	BKI	亞洲	東南亞	馬來西亞	亞庇	1,631,565
280	OKA	亞洲	東北亞	日本	那霸	1,627,688
286	HGH	亞洲	中國	中國	杭州	1,571,912
289	CTS	亞洲	東北亞	日本	札幌	1,542,860
304	CNX	亞洲	東南亞	泰國	清邁	1,321,118
306	WUH	亞洲	中國	中國	武漢	1,313,282
311	SHA	亞洲	中國	中國	上海	1,242,100
312	SZX	亞洲	中國	中國	深圳	1,241,583
326	TSN	亞洲	中國	中國	天津	1,118,687
338	XIY	亞洲	中國	中國	西安	1,032,128
339	KBV	亞洲	東南亞	泰國	喀比	1,029,904
352	DAD	亞洲	東南亞	越南	峴港	888,248
359	KLO	亞洲	東南亞	菲律賓	卡利博	830,477
363	CRK	亞洲	東南亞	菲律賓	馬尼拉	786,809
386	BDO	亞洲	東南亞	印尼	萬隆	696,180

資料來源：本研究整理、ACI 2014 WORLD AIRPORT TRAFFIC REPORT

附錄表 2 全球競爭力旅遊與國家旅遊競爭力指數

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
1	西班牙	5.31	瑞士	5.8
2	法國	5.24	新加坡	5.7
3	德國	5.22	美國	5.6
4	美國	5.12	德國	5.5
5	英國	5.12	荷蘭	5.5
6	瑞士	4.99	日本	5.5
7	奧地利	4.98	香港	5.5
8	意大利	4.98	芬蘭	5.5
9	日本	4.94	瑞典	5.4
10	加拿大	4.92	英國	5.4
11	新加坡	4.86	挪威	5.4
12	奧地利	4.82	丹麥	5.3
13	香港	4.68	加拿大	5.3
14	荷蘭	4.67	卡塔爾	5.3
15	葡萄牙	4.64	台灣	5.3
16	新西蘭	4.64	新西蘭	5.3

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
17	中國	4.54	阿拉伯聯合大公國	5.2
18	冰島	4.54	馬來西亞	5.2
19	愛爾蘭	4.53	比利時	5.2
20	挪威	4.52	盧森堡	5.2
21	比利時	4.51	澳大利亞	5.1
22	芬蘭	4.47	法國	5.1
23	瑞典	4.45	奧地利	5.1
24	阿拉伯聯合大公國	4.43	愛爾蘭	5.1
25	馬來西亞	4.41	沙烏地阿拉伯	5.1
26	盧森堡	4.38	韓國	5
27	丹麥	4.38	以色列	5
28	巴西	4.37	中國	4.9
29	韓國	4.37	冰島	4.8
30	墨西哥	4.36	愛沙尼亞	4.7
31	希臘	4.36	捷克共和國	4.7
32	台灣	4.35	泰國	4.6
33	克羅地亞	4.3	西班牙	4.6
34	巴拿馬	4.28	科威特	4.6
35	泰國	4.26	智利	4.6
36	塞浦勒斯	4.25	立陶宛	4.5
37	捷克	4.22	印度尼西亞	4.5
38	愛沙尼亞	4.22	葡萄牙	4.5
39	斯洛文尼亞	4.17	巴林	4.5
40	馬耳他	4.16	亞塞拜然	4.5
41	匈牙利	4.14	波蘭	4.5
42	哥斯達黎加	4.1	哈薩克斯坦	4.5
43	卡塔爾	4.09	意大利	4.5
44	土耳其	4.08	拉脫維亞	4.5
45	俄羅斯	4.08	俄羅斯	4.4
46	巴巴多斯	4.08	模里西斯	4.4
47	波蘭	4.08	菲律賓	4.4
48	南非	4.08	馬爾它	4.4
49	保加利亞	4.05	南非	4.4
50	印度尼西亞	4.04	巴拿馬	4.4
51	智利	4.04	土耳其	4.4
52	印度	4.02	哥斯達黎加	4.3
53	拉脫維亞	4.01	羅馬尼亞	4.3
54	塞席爾	4	保加利亞	4.3
55	波多黎各	3.91	印度	4.3

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
56	模里西斯	3.9	越南	4.3
57	阿根廷	3.9	墨西哥	4.3
58	秘魯	3.88	盧安達	4.3
59	立陶宛	3.88	斯洛維尼亞	4.3
60	巴林	3.85	馬其頓	4.3
61	斯洛伐克	3.84	哥倫比亞	4.3
62	摩洛哥	3.81	阿曼	4.2
63	斯里蘭卡	3.8	匈牙利	4.2
64	沙特阿拉伯	3.8	約旦	4.2
65	阿曼	3.79	塞浦勒斯	4.2
66	羅馬尼亞	3.78	喬治亞	4.2
67	黑山	3.75	斯洛伐克共和國	4.2
68	哥倫比亞	3.73	斯里蘭卡	4.2
69	特立尼達和多巴哥	3.71	秘魯	4.2
70	納米比亞	3.69	蒙特內哥羅	4.2
71	喬治亞	3.68	波札瓦	4.2
72	以色列	3.66	摩洛哥	4.2
73	烏拉圭	3.65	烏拉圭	4.1
74	菲律賓	3.63	伊朗	4.1
75	越南	3.6	巴西	4.1
76	牙買加	3.59	厄瓜多	4.1
77	約旦	3.59	克羅地亞	4.1
78	肯尼亞	3.58	瓜地馬拉	4.1
79	突尼西亞	3.54	烏克蘭	4
80	危地馬拉	3.51	塔吉克斯坦	4
81	多明尼加	3.5	希臘	4
82	馬其頓	3.5	亞美尼亞	4
83	埃及	3.49	寮國	4
84	亞塞拜然	3.48	摩爾多瓦	4
85	哈薩克斯坦	3.48	納米比亞	4
86	維德角	3.46	牙買加	4
87	不丹	3.44	阿爾及利亞	4
88	波札那	3.42	宏都拉斯	4
89	亞美尼亞	3.42	千里達及托巴哥	3.9
90	宏都拉斯	3.41	柬埔寨	3.9
91	薩爾瓦多	3.41	象牙海岸	3.9
92	尼加拉瓜	3.37	突尼西亞	3.9
93	坦桑尼亞	3.35	阿爾巴尼亞	3.9
94	黎巴嫩	3.35	塞爾維亞	3.9

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
95	塞爾維亞	3.34	薩爾瓦多	3.9
96	寮國	3.33	尚比亞	3.9
97	伊朗	3.32	塞席爾	3.9
98	盧安達	3.32	多明尼加共和國	3.9
99	蒙古	3.31	肯尼亞	3.9
100	玻利維亞	3.29	尼泊爾	3.9
101	蘇利南	3.28	黎巴嫩	3.8
102	尼泊爾	3.27	吉爾吉斯共和國	3.8
103	科威特	3.26	加彭	3.8
104	圭亞那	3.26	蒙古	3.8
105	柬埔寨	3.24	不丹	3.8
106	阿爾巴尼亞	3.22	阿根廷	3.8
107	尚比亞	3.22	孟加拉國	3.8
108	史瓦濟蘭	3.2	尼加拉瓜	3.8
109	甘比亞	3.2	衣索比亞	3.7
110	委內瑞拉	3.18	塞內加爾	3.7
111	摩爾多瓦	3.16	波士尼亞與赫塞哥維納	3.7
112	塞內加爾	3.14	維德角	3.7
113	巴拉圭	3.11	賴索托	3.7
114	烏干達	3.11	喀麥隆	3.7
115	辛巴威	3.09	烏干達	3.7
116	吉爾吉斯	3.08	埃及	3.7
117	象牙海岸	3.05	玻利維亞	3.6
118	衣索比亞	3.03	巴拉圭	3.6
119	塔吉克斯坦	3.03	加納	3.6
120	加納	3.01	坦桑尼亞	3.6
121	馬達加斯加	2.99	圭亞那	3.6
122	喀麥隆	2.95	貝寧	3.5
123	阿爾及利亞	2.93	甘比亞	3.5
124	加彭	2.92	奈及利亞	3.5
125	巴基斯坦	2.92	辛巴威	3.5
126	馬拉威	2.9	巴基斯坦	3.4
127	孟加拉國	2.9	馬利	3.4
128	馬利	2.87	史瓦濟蘭	3.4
129	賴索托	2.82	利比亞	3.4
130	莫三比克	2.81	馬達加斯加	3.3
131	奈及利亞	2.79	緬甸	3.3
132	獅子山	2.77	委內瑞拉	3.3
133	海地	2.75	莫三比克	3.2

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
134	緬甸	2.72	海地	3.2
135	蒲隆地	2.7	馬拉威	3.2
136	布基納法索	2.67	蒲隆地	3.1
137	茅利塔尼亞	2.64	獅子山	3.1
138	葉門	2.62	茅利塔尼亞	3
139	安哥拉	2.6	查德	3
140	幾內亞	2.58	幾內亞	2.8
141	查德	2.43		

資料來源：WORLD ECONOMIC FORUM (2015)

附錄 3-1 中停航班資訊列表

出發機場	出發國家	到達機場	到達國家	航線	中停資訊	開航機率
TPE	台灣	LHR	英國	TPE-LHR	BKK	0.999611
PEK	中國	FUK	日本	PEK-FUK	DLC	0.886278
TPE	台灣	FCO	義大利	TPE-FCO	DEL	0.807773
CTU	中國	FUK	日本	CTU-FUK	NKG	0.731203
FUK	日本	PEK	中國	FUK-PEK	DLC	0.664961
CTU	中國	DXB	阿聯大公國	CTU-DXB	INC	0.653026
NRT	日本	TSN	中國	NRT-TSN	DLC	0.649306
FUK	日本	WUH	中國	FUK-WUH	PVG	0.632089
ICN	韓國	JED	沙烏地阿拉伯	ICN-JED	RUH	0.627058
PVG	中國	BOM	印度	PVG-BOM	DEL	0.608534
NRT	日本	XIY	中國	NRT-XIY	PVG	0.59201
SIN	新加坡	JFK	美國	SIN-JFK	FRA	0.587675
RGN	緬甸	CTU	中國	RGN-CTU	KMG	0.547299
CTU	中國	RGN	緬甸	CTU-RGN	KMG	0.542461
BKK	泰國	RUH	沙烏地阿拉伯	BKK-RUH	BAH	0.53155
SIN	新加坡	MAN	英國	SIN-MAN	MUC	0.508232
NRT	日本	CKG	中國	NRT-CKG	PVG	0.506017
PVG	中國	KTM	尼泊爾	PVG-KTM	KMG	0.505626
NGO	日本	XIY	中國	NGO-XIY	PVG	0.495688
MNL	菲律賓	AMS	荷蘭	MNL-AMS	TPE	0.475631
FUK	日本	CTU	中國	FUK-CTU	NKG	0.459728
RGN	緬甸	DEL	印度	RGN-DEL	GAY	0.454527
CAN	中國	FRA	德國	CAN-FRA	CSX	0.443558
HKG	香港	BAH	巴林	HKG-BAH	DXB	0.422812

出發機場	出發國家	到達機場	到達國家	航線	中停資訊	開航機率
ICN	韓國	EWR	美國	ICN-EWR	NRT	0.420896
SIN	新加坡	MCT	阿曼	SIN-MCT	KUL	0.400928
ICN	韓國	MIA	美國	ICN-MIA	DFW	0.38897
NGO	日本	KMG	中國	NGO-KMG	CSX	0.380541
BKK	泰國	SHE	中國	BKK-SHE	PVG	0.3786
KIX	日本	KMG	中國	KIX-KMG	XUZ	0.375598
PEK	中國	BCN	西班牙	PEK-BCN	VIE	0.369276
CAN	中國	FCO	義大利	CAN-FCO	WUH	0.350569
SGN	越南	BOM	印度	SGN-BOM	BKK	0.342493
PEK	中國	LHE	巴基斯坦	PEK-LHE	ISB	0.337469
HAN	越南	DOH	卡達	HAN-DOH	BKK	0.313239
MNL	菲律賓	BNE	澳洲	MNL-BNE	DRW	0.276951
KIX	日本	JFK	美國	KIX-JFK	NRT	0.276275
KIX	日本	SYD	澳洲	KIX-SYD	CNS	0.26105
KUL	馬來西亞	TSN	中國	KUL-TSN	FOC	0.25855
CGK	印尼	CDG	法國	CGK-CDG	SIN	0.254703
SGN	越南	IST	土耳其	SGN-IST	BKK	0.25462
PEK	中國	KHI	巴基斯坦	PEK-KHI	ISB	0.247754
KIX	日本	DEL	印度	KIX-DEL	HKG	0.234421
PEK	中國	ATH	希臘	PEK-ATH	MUC	0.22861
HKT	泰國	SHE	中國	HKT-SHE	WUH	0.211624
SIN	新加坡	SHE	中國	SIN-SHE	CAN	0.206466
CGK	印尼	TSN	中國	CGK-TSN	XMN	0.204554
NRT	日本	MIA	美國	NRT-MIA	DFW	0.203153
KIX	日本	MEL	澳洲	KIX-MEL	CNS	0.187535
PEK	中國	BUD	匈牙利	PEK-BUD	MSQ	0.182745
SIN	新加坡	LAX	美國	SIN-LAX	NRT	0.174707
HKG	香港	AMM	約旦	HKG-AMM	BKK	0.174629
BKK	泰國	LAX	美國	BKK-LAX	NRT	0.149702
TPE	台灣	AKL	紐西蘭	TPE-AKL	SYD	0.1404
NGO	日本	LAX	美國	NGO-LAX	HNL	0.132923
CGK	印尼	FRA	德國	CGK-FRA	KUL	0.12919
ICN	韓國	MLE	馬爾地夫	ICN-MLE	CMB	0.125282
KUL	馬來西亞	MED	沙烏地阿拉伯	KUL-MED	RUH	0.121367
KUL	馬來西亞	CAI	埃及	KUL-CAI	BKK	0.115782
KUL	馬來西亞	ADD	衣索匹亞	KUL-ADD	BKK	0.093204

出發機場	出發國家	到達機場	到達國家	航線	中停資訊	開航機率
MNL	菲律賓	AKL	紐西蘭	MNL-AKL	CNS	0.090398
CGK	印尼	KWI	科威特	CGK-KWI	KUL	0.086532
HKG	香港	NBO	肯亞	HKG-NBO	BKK	0.079265
ICN	韓國	ADD	衣索匹亞	ICN-ADD	HKG	0.076698
PVG	中國	LAS	美國	PVG-LAS	LAX	0.076393
SIN	新加坡	HNL	美國	SIN-HNL	NRT	0.062081
ICN	韓國	BOS	美國	ICN-BOS	DTW	0.059599
NRT	日本	MCO	美國	NRT-MCO	ORD	0.05941
PVG	中國	ATL	美國	PVG-ATL	NRT	0.055421
NGO	日本	AUH	阿聯大公國	NGO-AUH	PEK	0.054576
PEK	中國	LAS	美國	PEK-LAS	DFW	0.049644
PVG	中國	IAD	美國	PVG-IAD	DFW	0.048915
MNL	菲律賓	JFK	美國	MNL-JFK	NRT	0.045506
NRT	日本	ADD	衣索匹亞	NRT-ADD	HKG	0.044909
CTU	中國	YVR	加拿大	CTU-YVR	SHE	0.042518
CTU	中國	LAX	美國	CTU-LAX	NKG	0.037247
DPS	印尼	AMS	荷蘭	DPS-AMS	SIN	0.035829
SIN	新加坡	SFO	美國	SIN-SFO	ICN	0.02958
MNL	菲律賓	ADD	衣索匹亞	MNL-ADD	BKK	0.028286
CGK	印尼	AMM	約旦	CGK-AMM	KUL	0.027514
NGO	日本	ATL	美國	NGO-ATL	DTW	0.026778
CGK	印尼	CAI	埃及	CGK-CAI	BKK	0.026644
PVG	中國	MCO	美國	PVG-MCO	DFW	0.024971
PVG	中國	MEX	墨西哥	PVG-MEX	TIJ	0.024926
MNL	菲律賓	YYZ	加拿大	MNL-YYZ	YVR	0.014513
SIN	新加坡	ORD	美國	SIN-ORD	NRT	0.012947
HKG	香港	DTW	美國	HKG-DTW	SEA	0.012524
SIN	新加坡	SEA	美國	SIN-SEA	NRT	0.010651
SIN	新加坡	GRU	巴西	SIN-GRU	BCN	0.008347
CGK	印尼	LGW	英國	CGK-LGW	AMS	0.007962
SIN	新加坡	IAH	美國	SIN-IAH	DME	0.007242
SIN	新加坡	IAD	美國	SIN-IAD	NRT	0.005599
MNL	菲律賓	DTW	美國	MNL-DTW	NRT	0.005144
SGN	越南	EWR	美國	SGN-EWR	HKG	0.005
ICN	韓國	GRU	巴西	ICN-GRU	LAX	0.002621

資料來源：本研究整理、ACI 2014 WORLD AIRPORT TRAFFIC REPORT