

國立臺灣大學工學院土木工程學系



碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master Thesis

基於韌性特徵探討 COVID-19 疫情對桃園國際機場

入境航班之影響

Discussion on the impact of the COVID-19 pandemic on inbound
flights of Taoyuan Airport based on resilience characteristics

張耿嘉

Keng-Chia Chang

指導教授：許聿廷 博士

Advisor: Yu-Ting Hsu, Ph.D.

中華民國 112 年 6 月

June 2023

誌謝



自 2016 年大學畢業進入公部門工作後，很慶幸自己能在 2020 年從職場重返校園進修碩士學位，在論文即將完成之際，首先要感謝航港局葉協隆局長與施惠真副組長，謝謝你們在航政司服務時，協助我順利完成研究所的推甄申請；另外也由衷感謝於交通領域啟蒙我甚多的劉孟翰老師與陳艾懃老師所給予的鼓勵與推薦，以及航政司和空運管理科的長官與同事在我返校進修期間所提供的支持與幫助。

回顧自己 3 年來的碩士班生涯，幾乎都在疫情期間度過，但非常幸運自己能遇到一群非常好相處的 R09 同儕，不僅在課業方面提供我協助，更邀請我參加各類活動增進情誼，讓鮮少出現在學校的我也能很快地融入大家庭中。另外或許是命運的安排，此次碩士論文主題亦與疫情有關，謝謝桃園機場公司、民用航空局、運輸研究所及海洋大學盧華安老師在資料取得及研究構想上給予我協助與啟發。

在撰寫論文的過程中，非常感謝我的指導教授許聿廷老師，聿廷老師是我遇過最溫暖且富有人性的老師，在自身忙碌之餘，仍總是每週撥空指導學生論文，並在論文定稿前夕逐頁陪學生檢視訂正；聿廷老師也曾在我研究過程遭遇瓶頸，甚至在生涯規劃產生迷茫時，即時給予我鼓勵與建議，讓我能在工作和學業兩頭燒的情況下，順利完成論文及學業，實在感恩！另外要謝謝蕭傑諭老師及郭佩棻老師於論文口試時給予寶貴的建議，讓我有機會重新檢視研究過程中的不足之處，使論文內容更加周延；也謝謝博宇學弟以及 YT 家的各位在口試當天的全力支援與協助。

從職場重返校園，少了點現實與功利，多了些歡樂與真誠，但在職進修期間仍偶有苦悶煩躁之時，感謝一直在彰化默默支持著我的家人，不間斷地給予我家的溫暖，讓我能化作動力順利完成學業；另外也要特別感謝衍苓，謝謝妳的陪伴與鼓勵，時常給予我信心，陪我熬過最難熬的階段，並豐富了我的學校生活及生命。仔細回顧整個研究所生涯，這一路走來實在不易，謝謝臺大以及一路上曾幫助過我的人，期許自己未來畢業後能持續抱持感恩的精神，運用所學讓這個社會變得更好。

張耿嘉 謹誌

國立臺灣大學土木工程學系

中華民國 112 年 8 月

摘要



2020 年新冠肺炎疫情 (COVID-19) 爆發，世界各國為減緩疫情傳播速度，陸續實施邊境管制、旅遊禁令及防疫相關措施，但此舉對於疫情前蓬勃發展的航空業無疑是一場災難。依據國際民用航空組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO) 統計，2020 年全球載客量較 2019 年減少約 60%，眾多航線的航班因全球旅客量縮減而被迫取消或甚至停止營運，這導致航空公司無論在營運面或財務面均陷入困境，而桃園國際機場在疫情席捲下同樣無法倖免，2020 年航班起降架次及載客人數分別較去年減少 55% 及 85%，所受衝擊實屬巨大。

依據本研究觀察，來自不同航線入境桃園國際機場的客運及貨運航班在遭遇疫情時有其獨特的韌性表現，受影響的程度亦有所差異。因此，為系統化瞭解 COVID-19 對該機場入境航班的實際影響，本研究使用該機場的航班降落資料，從每條航線的航班變化趨勢中擷取 4 個與韌性相關的變數，並基於該等韌性特徵，運用 K-means 演算法將航線分群。此外，為進一步探討特定航線被分至同群的原因，本研究另蒐集機場設施、國際貿易及來臺旅客等因素作為變數資料，分別針對客運及貨運分群建立多項羅吉特模式，最後以 2022 年 10 月 13 日我國邊境解封後新開闢的義大利米蘭 (MXP) 及德國慕尼黑 (MUC) 2 條新航線進行案例研究分析。

整體而言，貨運航線的韌性表現優於客運，並於 2020 年 3 月已恢復至疫情前的水準並有所成長，其中貨運部分又以區域航線的韌性優於長程航線，衰退速度最慢，恢復速度最快，平均衰退幅度約 10%，而影響因素包含始發機場地理位置及所屬國與我國間貿易情形等；至於客運部分，疫情雖對來自樞紐機場的客運航線造成衝擊，但其韌性表現仍優於來自中國大陸、日本及韓國等非樞紐型機場的區域航線，而商務旅次愈多的客運航線，航班衰退幅度可能就愈大。此外，疫情期間民航主管機關開放的客機腹艙或客艙載貨政策有助於提升航線的韌性表現。

最後，本研究所提出的分群結果及羅吉特模式，有利於政府部門從韌性的角度，重新審視桃園國際機場與各航線經營業者於疫情期間受影響的情形，亦可提供航空公司未來在規劃新闢航線時，預測航線市場倘再次面臨類似 COVID-19 全球公衛危機時的表現，以作為航線籌辦及後續經營風險的評估參考。

關鍵字：COVID-19 疫情、航空運輸、機場、航班、韌性、K-means 分群、羅吉特

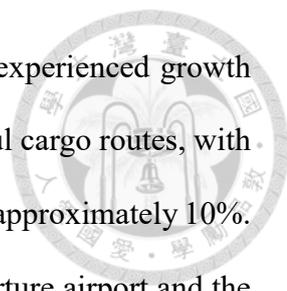
ABSTRACT



The outbreak of the COVID-19 pandemic in 2020 led to worldwide border controls, travel bans, and epidemic preventions to reduce the spread of the virus. These measures undoubtedly had a catastrophic impact on the thriving aviation industry. According to International Civil Aviation Organization (ICAO) statistics, global air passenger traffic decreased by approximately 60% in 2020 compared to 2019. Numerous flights were forced to be canceled or even suspended due to the reduction in passenger volume. This situation severely affected both the operational and financial aspects of airlines. Taoyuan International Airport was also one of the victims during the pandemic, with a 55% reduction in flight movements and a 85% decrease in air passenger traffic in 2020 compared to 2019.

This study observed that inbound passenger and cargo flights from different airports to Taoyuan International Airport exhibited unique resilience in the face of the pandemic, with varying degrees of impact. Therefore, to systematically understand the actual impact of COVID-19 on inbound flights at the airport, this study utilized flight landing data and extracted four resilience-related variables from the flight trends of each air route. Based on these resilience characteristics, this study employed the K-means algorithm to cluster the departure airports of inbound flights of Taoyuan International Airport. Additionally, to further investigate why specific routes were assigned to the same cluster, this study also established Multinomial logit (MNL) model for passenger and cargo clusters by airport facilities, international trade, and tourism data. Finally, a case study analysis was conducted on two newly opened routes, Milan (MXP) in Italy and Munich (MUC) in Germany, after the border control relaxation in Taiwan on October 13, 2022.

Overall, cargo routes demonstrated better resilience than passenger routes and had



already recovered to pre-pandemic levels by March 2020 and even experienced growth later. Regional cargo routes exhibited greater resilience than long-haul cargo routes, with the slowest decline and fastest recovery speed, averaging a decline of approximately 10%. The influencing factors included the geographic location of the departure airport and the international trade situation. As for passenger routes, although the pandemic impacted passenger flights from hub airports, their resilience performance was still better than that of regional flights from China, Japan, and South Korea. Besides, passenger routes with a higher number of business travelers may experience greater decline in flight operations. Additionally, the policy of allowing cargo to be carried in the belly holds or cabins of passenger aircraft by the Civil Aeronautics Administration of the Ministry of Transportation and Communications in Taiwan has helped enhance the resilience performance of air routes.

Finally, the clustering results and MNL models proposed in this study provide government agencies with a perspective to reassess the impact of Taoyuan International Airport and airlines during the pandemic from a resilience standpoint. They can also serve as references for airlines when planning new routes, predicting the performance of route markets in the event of a similar global public health crisis like COVID-19, and evaluating route planning and subsequent operational risks.

Keywords: *COVID-19 pandemic, air transportation, airport, flight, resilience, K-means clustering, logit model*

目錄

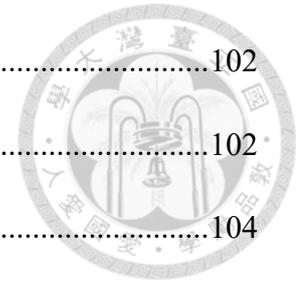


誌謝	i
摘要	ii
ABSTRACT	iii
目錄	v
圖目錄	viii
表目錄	xi
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 桃園國際機場簡介	3
1.3 研究動機及目的	6
1.4 研究範圍	7
1.5 論文架構	7
第二章 文獻回顧	9
2.1 COVID-19 對航空業衝擊相關研究	9
2.2 韌性相關研究	11
2.3 資料分群相關研究	12
2.4 航空旅運需求相關研究	13
2.5 文獻回顧小節	15
第三章 研究方法	17
3.1 原始資料處理	18
3.2 韌性特徵擷取	20

3.3 非監督式分群方法 K-means	23
3.4 多項羅吉特模式 (Multinomial logit model).....	23
3.5 研究限制.....	25
第四章 資料基本分析	27
4.1 資料概述.....	27
4.2 敘述性統計分析.....	27
4.2.1 疫情前後整體客貨運航班之變化趨勢.....	27
4.2.2 依地理分區探討疫情前後入境航班之變化趨勢.....	31
4.3 小結.....	36
第五章 資料分群與羅吉特模式	37
5.1 資料分群.....	37
5.1.1 決定資料分群數目	37
5.1.2 各分群特性分析與說明.....	39
5.1.3 分群結果探討.....	48
5.2 羅吉特模式建構結果.....	65
5.2.1 建模初始變數說明.....	65
5.2.2 羅吉特建模變數相關性分析.....	68
5.2.3 多項羅吉特模式建構結果.....	71
5.3 羅吉特模式結果討論.....	75
5.3.1 客運分群羅吉特結果探討.....	75
5.3.2 貨運分群羅吉特結果探討.....	86
5.4 羅吉特模式案例研究.....	97



第六章 結論與建議.....	102
6.1 研究結論.....	102
6.2 未來建議.....	104
6.2.1 實務建議.....	104
6.2.2 研究限制.....	104
6.2.3 未來可延伸之研究方向.....	105
參考文獻.....	106
附錄 1：始發機場詳錄及其基本資訊.....	111
附錄 2：客運航線航班分群結果.....	115
附錄 3：貨運航線航班分群結果.....	118



圖目錄



圖 1.1 1945—2022 全球航空旅客量之演變	2
圖 1.2 2008—2021 全球航空貨運量之演變	3
圖 1.3 桃園國際機場客運量之演變	5
圖 1.4 桃園國際機場貨運量之演變	6
圖 1.5 研究架構	8
圖 3.1 研究流程圖	17
圖 3.2 原始資料節錄	18
圖 3.3 大阪 (KIX) 入境桃園 (TPE) 航班趨勢	19
圖 3.4 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班趨勢	21
圖 3.5 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班之衰退斜率示意圖	21
圖 3.6 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班之衰退幅度比較圖	22
圖 3.7 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班之恢復斜率示意圖	22
圖 3.8 舊金山 (SFO) 與桃園 (TPE) 兩航點間之大圓距離示意圖	25
圖 4.1 133 座始發機場入境桃園 (TPE) 之航線分布圖	27
圖 4.2 桃園國際機場入境客運航班之趨勢	28
圖 4.3 桃園國際機場入境貨運航班之趨勢	29
圖 4.4 桃園國際機場入境航班之酬載運能趨勢	31
圖 4.5 自各地理分區入境桃園國際機場之客運航班趨勢	33
圖 4.6 成田-桃園及雪梨-桃園客運航班之趨勢比較圖	34
圖 4.7 自各地理分區入境桃園國際機場之貨運航班趨勢	36
圖 5.1 客運航線之分群績效圖	38

圖 5.2 貨運航線之分群績效圖	38
圖 5.3 客運始發機場分布圖	39
圖 5.4 客運始發機場局部分布圖 (亞洲地區)	39
圖 5.5 香港 (HKA) 入境桃園 (TPE) 客運航班趨勢	40
圖 5.6 客運分群之韌性指標比較圖	43
圖 5.7 貨運始發機場分布圖	44
圖 5.8 貨運分群之韌性指標比較圖	47
圖 5.9 客運第一群之航線分布圖	48
圖 5.10 客運第二群之航線分布圖	50
圖 5.11 客運第二群之航線分布圖 (亞洲地區).....	51
圖 5.12 客運第三群之航線分布圖	52
圖 5.13 客運第四群之航線分布圖	54
圖 5.14 香港確診人數	55
圖 5.15 貨運第一群之航線分布圖	58
圖 5.16 貨運第二群之航線分布圖	59
圖 5.17 貨運第二群之波動型趨勢	61
圖 5.18 貨運第二群之成長型趨勢	62
圖 5.19 貨運第二群之衰退型趨勢	62
圖 5.20 貨運第三群之航線分布圖	63
圖 5.21 Albatross Airport Information 資料庫節錄 (以阿姆斯特丹機場為例).....	66
圖 5.22 始發機場至桃園國際機場距離統計圖	66
圖 5.23 上海浦東及克拉克機場入境桃園國際機場之貨運航班趨勢圖	87



圖 5.24 APM (Automated People Mover) 系統前之典型機場航廈設計.....92

圖 5.25 桃園-米蘭/慕尼黑之航線分布圖.....99

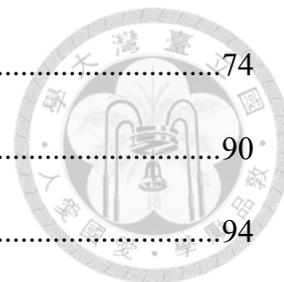


表目錄



表 3.1 大阪 (KIX) 入境桃園 (TPE) 航班資料.....	19
表 4.1 國籍航空器機型規格.....	30
表 4.2 始發機場地理分區別.....	31
表 5.1 客運分群之韌性特徵表.....	40
表 5.2 客運分群之衰退斜率敘述性統計.....	41
表 5.3 客運分群之衰退幅度敘述性統計.....	42
表 5.4 客運分群之震盪期敘述性統計.....	42
表 5.5 客運分群之恢復斜率敘述性統計.....	42
表 5.6 客運分群之各群韌性特徵表 (歸一化後).....	43
表 5.7 貨運分群之各群韌性特徵表.....	45
表 5.8 貨運分群之衰退斜率敘述性統計.....	46
表 5.9 貨運分群之衰退幅度敘述性統計.....	46
表 5.10 貨運分群之震盪期敘述性統計.....	46
表 5.11 貨運分群之恢復斜率敘述性統計.....	46
表 5.12 貨運分群之各群韌性特徵表 (歸一化後).....	47
表 5.13 桃園-香港航線客機腹艙載貨情形.....	56
表 5.14 始發機場及其所屬國相關變數.....	67
表 5.15 始發機場及其所屬國相關變數之皮爾森相關係數矩陣.....	70
表 5.16 客運分群模式之校估結果表.....	72
表 5.17 客運分群模式之變數資訊表.....	72
表 5.18 貨運分群模式之校估結果表.....	74

表 5.19 貨運分群模式之變數資訊表	74
表 5.20 2019 年我國進口額概況表	90
表 5.21 貨運第 3 群之區域/長程航線特徵表	94
表 5.22 2019 年我國對他國出超額概況表	95
表 5.23 機場相關特徵變數 (案例研究)	100



第一章 緒論



1.1 研究背景

2019 年 12 月中中國湖北省武漢市發現不明原因肺炎，疫情隨即在中國其他省市與世界各地迅速擴散，世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 於 2020 年 2 月 11 日將此疾病稱呼為 COVID-19，並於同年 3 月 11 日宣佈，此次疫情已構成「全球大流行」。臺灣為減緩疫情對國內之衝擊，於 2020 年 1 月 15 日將「嚴重特殊傳染性肺炎」列為第五類法定傳染病，並於同年 2 月 20 日成立「嚴重特殊傳染性肺炎中央流行疫情指揮中心 (下稱指揮中心)」，為避免病毒透過航空器等跨國交通運輸工具迅速傳播，指揮中心陸續實施邊境管制及防疫政策，例如 2020 年 2 月 10 日暫停小三通及限縮臺灣直航中港澳航線，只保留北京首都、上海浦東、上海虹橋、廈門高崎、成都雙流機場等 5 航線營運；同年 3 月 19 日限制非本國籍人士入境並暫停旅行業組團赴國外旅遊及接待來臺觀光團體入境；同年 3 月 21 日提升全球旅遊疫情建議至「第三級」(警告: Warning)，通告國人應避免所有非必要之出國旅遊；同年 3 月 24 日全面禁止旅客登機來臺轉機等。

對於邊境管制措施能否減緩病毒的傳播速度，Chinazzi 等 (2020) 研究發現，限制入出境中國大陸的航班確實能延緩該地區疫情的傳播。Lau 等 (2020) 亦發現實施航空禁令和邊境管制有很大可能使疫情感染率顯著下降，並增加病例翻倍的時間，對高風險地區的人員進行更嚴格的限制似乎能減緩疫情的傳播。雖然世界各國在 COVID-19 爆發後，陸續藉由實施邊境管制，成功減緩疫情擴散的速度，但該等措施卻對航空業造成嚴重的衝擊，導致航空業從疫情前蓬勃發展的榮景，突然轉變為令人震驚的局面 (Andreana et al., 2021)。因人們恐懼病毒對於身體健康的危害，同時受到前述邊境管制措施的限制下，國際運輸需求自疫情爆發後急遽銳減，航空公司基於市場供需及配合防疫等因素進行航班調整，於疫情期間取消或大幅減少航班，甚至停止部分航線市場的營運，公司營運收入亦隨之大幅下滑，對於資本密集且沉沒成本甚高的航空業來說，無論在營運面或財務面均陷入困境。

綜觀 COVID-19 對國際航空客貨運市場的衝擊，在客運市場部分，如圖 1.1，2020 年全球航空公司整體載客量較 2019 年疫情前減少約 60%，2021 年較 2019 年疫情前減少約 49%，2022 年較 2019 年減少約 24%至 27% (International Civil Aviation

Organization, ICAO, 2023), 由此可觀, 雖然航空客運市場已逐步復甦, 但是 COVID-19 對全球航空業及客運市場的衝擊仍相當巨大, 且影響程度更甚 2008 年的金融危機、2002 年的 SARS 疫情及 2001 年的 911 恐怖攻擊等國際重大事件, 載客量要恢復至疫情前的水準仍需時日。

因 COVID-19 對國際及國內航線之衝擊規模實屬巨大, 交通部針對受疫情影響而發生營運困難之民用航空運輸業、普通航空業、航空站地勤業等, 補貼其於航空站所繳納之降落費、房屋使用費、土地使用費; 維護機庫使用費、飛機修護棚廠使用費, 與貨運航班及僅載貨客運航班之降落費等, 協助民航業者共同渡過難關, 並早日恢復疫前榮景。

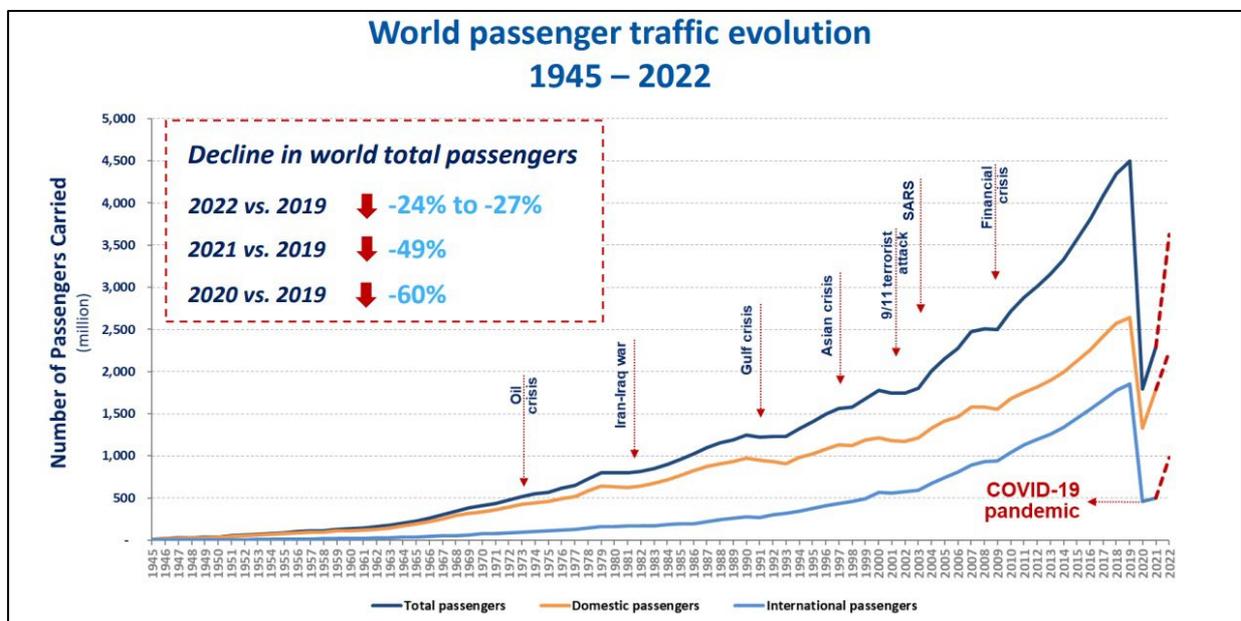


圖 1.1 1945—2022 全球航空旅客量之演變 (圖片來源: ICAO, 2023)

另外, 在貨運市場部分, 依據國際航空運輸協會 (International Air Transport Association, IATA, 2022) 2008—2021 全球航空貨運量變化圖 (如圖 1.2), COVID-19 從 2020 年 1 月開始對航空貨運市場造成衝擊, 受到各國實施邊境管制、轉機限制等措施的影響, 航空公司不得不取消或大幅減少客運航班, 導致客機腹艙載貨的運能急速銳減, 航空貨運量及營收也隨之呈現震盪般地衰退, 但有別於 COVID-19 造成航空客運量迅速且大幅度地衰退, 航空貨運量及營收的幅度均未如 2008 年全球金融危機嚴重。之後隨著疫情發展, 受到政府部門持續施行社交距離與防疫措施影響下, 民眾消費行為及習慣逐漸自實體面轉換為虛擬面, 受益於電子商務模式在

疫情期間蓬勃發展，防疫物資、醫療設備、高精密電子產品等運送需求，海運塞港致需求轉移，以及疫情趨緩後客機腹艙運能逐漸恢復等因素，全球航空貨運自 2020 年 7 月即呈現復甦趨勢，甚至在 2021 年末出現較疫情前逆勢成長的情形。

為系統化瞭解 COVID-19 對桃園國際機場入境航班的實際影響，本研究使用航班降落資料，從客貨運航線航班的變化趨勢中擷取韌性相關變數，並基於該等韌性特徵，運用 K-means 演算法將航線分群。此外，為進一步探討特定航線被分至同群的原因，本研究另蒐集機場設施、國際貿易及來臺旅客等資料，分別針對客運及貨運分群建立多項羅吉特模式進行討論。

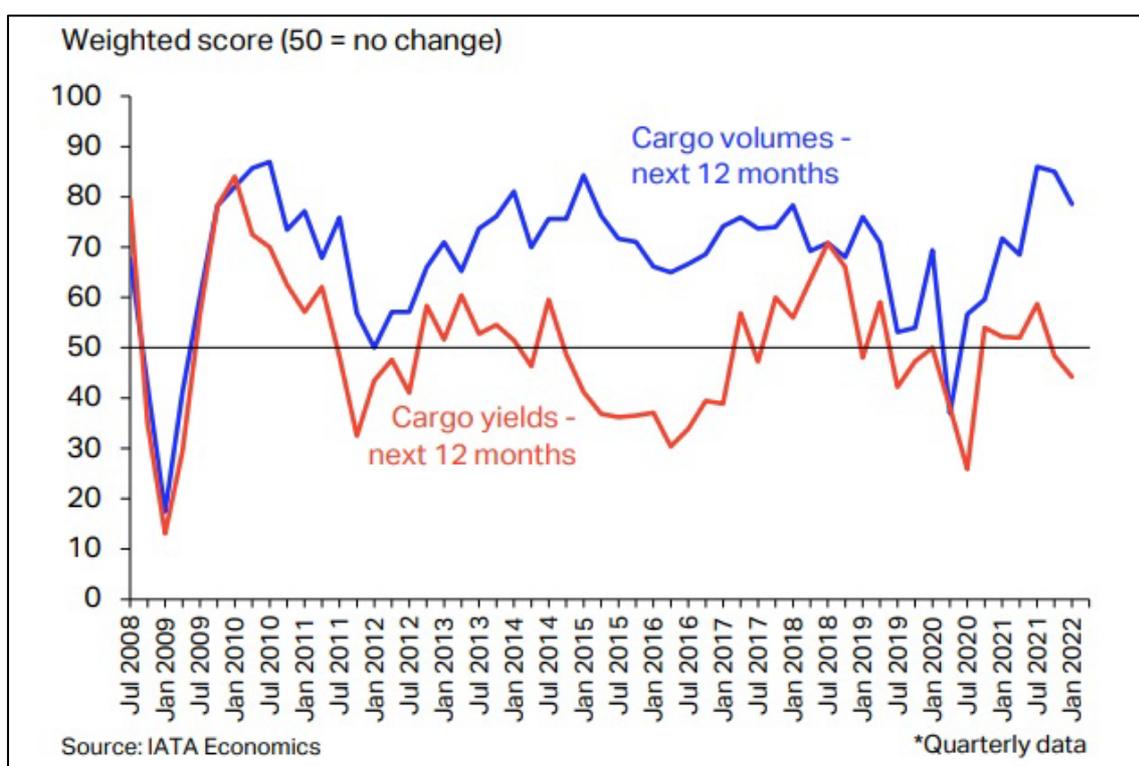


圖 1.2 2008—2021 全球航空貨運量之演變 (圖片來源：IATA, 2022)

1.2 桃園國際機場簡介

隨著 COVID-19 自 2020 年爆發，世界各國陸續實施邊境管制、旅遊禁令及防疫相關措施等影響，全球航空市場受到巨大衝擊，桃園國際機場 (TPE) 在疫情席捲下同樣無法倖免。桃園國際機場位於東北亞與東南亞航圈中心，亦處在東南亞往返北美洲之大圓航線上，其地理位置極優越，具備轉運的競爭優勢。在區域航線部分，向北連結東北亞航圈如東京成田 (NRT)、首爾仁川 (ICN) 及上海浦東 (PVG)



等機場，向南則連接東南亞航圈新加坡 (SIN)、曼谷 (BKK)、馬尼拉 (MNL)、雅加達 (CGK)、吉隆坡 (KUL) 及胡志明市 (SGN) 等機場；而向西亦與中國大陸廈門高崎 (XMN)、廣州白雲 (CAN)、成都雙流 (CTU)、香港 (HKG) 與澳門 (MFM) 等機場相連。在長程航線部分，桃園國際機場亦連結北美地區洛杉磯 (LAX)、紐約甘迺迪 (JFK)、舊金山 (SFO) 及溫哥華 (YVR) 等機場，歐洲地區則有連結巴黎 (CDG)、阿姆斯特丹 (AMS)、法蘭克福 (FRA) 等機場。至於南亞、中亞、西亞及大洋洲地區則與伊斯坦堡 (IST)、杜拜 (DXB)、德里 (DEL)、雪梨 (SYD)、墨爾本 (MEL) 及奧克蘭 (AKL) 等機場有所連結。

在機場硬體設施方面，依據交通部民用航空局民航機場設施與能量統計資料 (2023) 顯示，桃園國際機場目前有 2 座客運航廈，總計可容納年旅客數為 3,700 萬人次，有 2 條主跑道分別位於航廈的南北側，其中北跑道 (05L/23R) 為 3,660 公尺，南跑道 (05R/23L) 則為 3800 公尺，兩者均可供 A380 等巨型廣體航空器起降。在停機坪部分，客機有 38 個機位、貨運 25 個機位、遠端 15 個機位及修護 28 個機位。在貨運站部分，目前有華儲公司、榮儲公司及遠雄自貿港區經營，年容量總計為 260 萬公噸。在運量部分，以 2018 年疫情前的承平時為例，每日平均起降架次約 702 架次、旅客人數 12 萬 7,494 人。另隨亞太地區的經濟與航空客貨運市場成長，為提升機場營運能量，桃園國際機場已規劃興建第 3 航廈及第 3 跑道，預計分別在 2026 年及 2030 年完工。

依據桃園國際機場公司所公布之資料，疫情前 2019 年總起降架次為 26 萬 5,625 架次，總旅客人數為 4,868 萬 9,372 人次，疫情後 2020 年總起降架次為 11 萬 8,449 架次，較 2019 年減少 55%，總旅客人數為 743 萬 8,325 人次，較 2019 年減少 85%。其中在客運量趨勢部分，經查詢桃園國際機場股份有限公司網站所公布之營運統計資料，並繪出趨勢如圖 1.3 可觀察到，入境及出境人數大致相當，而過境人數所佔比例最小約 1%，自 2018 年起，總客運量整體呈現逐步上升的趨勢，2020 年 1 月總客運量達到 413 萬 3,011 人次，僅次於同年 8 月暑假旺季的 431 萬 2,472 人次，但後續因 COVID-19 大流行導致各國陸續實施邊境管制措施的影響，在翌 (2) 月即銳減至 202 萬 7,952 人次，較 1 月減少約 51%，更較去 (2019) 年同期減少 71%。隨後，桃園國際機場的總客運量便一路衰退，最衰退月 2020 年 3 月僅有 3 萬 4,618 人次，較去年同期減少約 99%，直至 2021 年底，客運量均未有顯著恢復，

約在 10 萬人次左右徘徊。

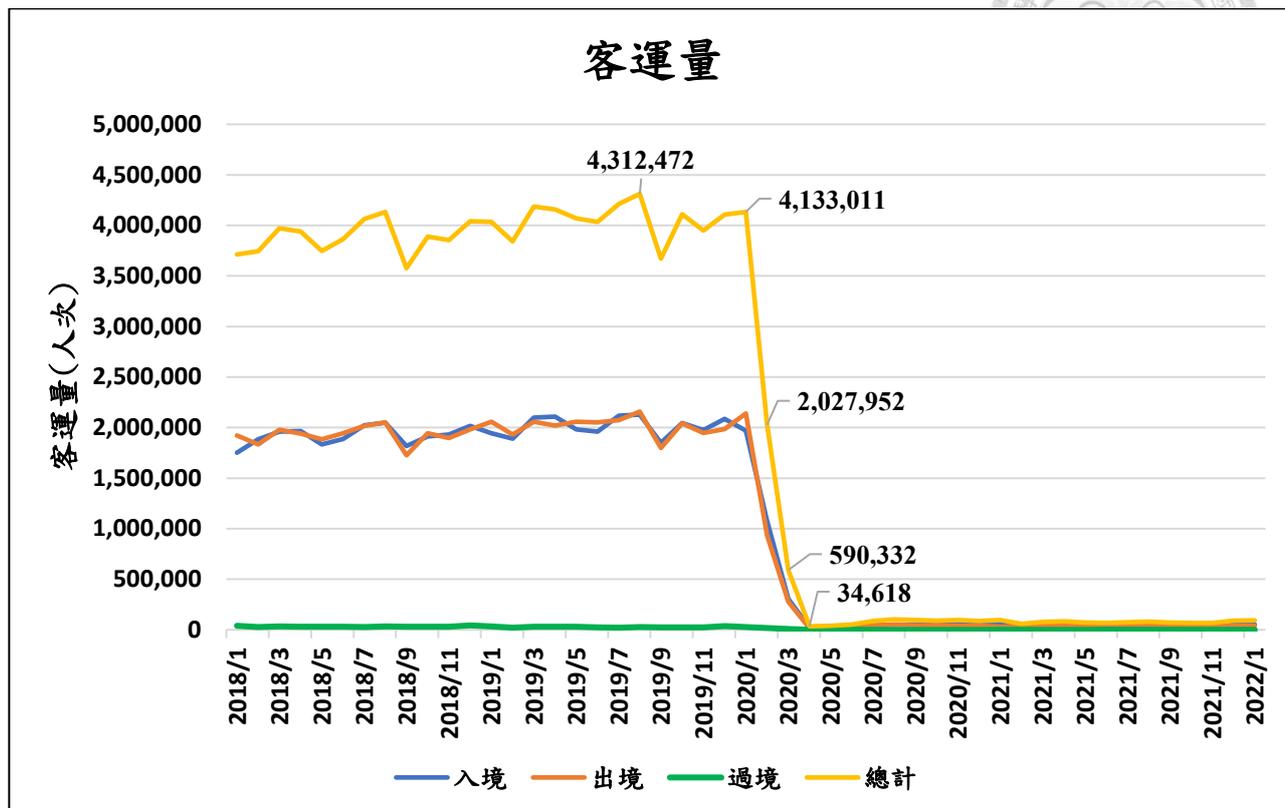


圖 1.3 桃園國際機場客運量之演變

在貨運量趨勢部分，同樣經查詢桃園國際機場股份有限公司網站所公布之營運統計資料，並加總出口貨量、進口貨量、轉口貨量及郵件進出口貨量後，畫出趨勢如圖 1.4，可觀察到在 2018 年至 2019 年的承平時期，整體貨運量大致相近，且每年均在 2 月份有重現性小幅衰退的狀況，經推測可能係因當月天數較少且適逢農曆春節連續假期所致。在 2020 年 COVID-19 爆發後，桃園國際機場的貨運量受到客運航班大規模取消，導致腹艙載貨運能急速下降影響，整體呈現先衰退後成長的趨勢，以疫情後貨運量最少的 2020 年 2 月與疫情前的 2019 年 12 月相比，總貨運量從 20 萬 4,236 公噸衰退至 14 萬 6,867 公噸，衰退 28%，但與去年同期的 12 萬 6,052 公噸相比，則略增加 17%，此後貨運量則日益攀升，在 2022 年 1 月總貨運量已達到 24 萬 489 公噸，較去 (2021) 年同期 22 萬 4,821 公噸增加約 7%，更較前 (2020) 年同期 16 萬 7,756 公噸增加約 43%。由上述資料可觀，航空貨運市場隨著疫情發展日益暢旺，而桃園國際機場的貨運量之所以能迅速恢復並逐漸成長的原因，推測與疫情期間電子商務平臺的發展、疫苗冷鍊及防疫物資的運送需求，

以及交通部民用航空局自 2020 年 4 月起開放航空公司以客機客艙載貨及客機腹艙載貨不載客等措施有關。

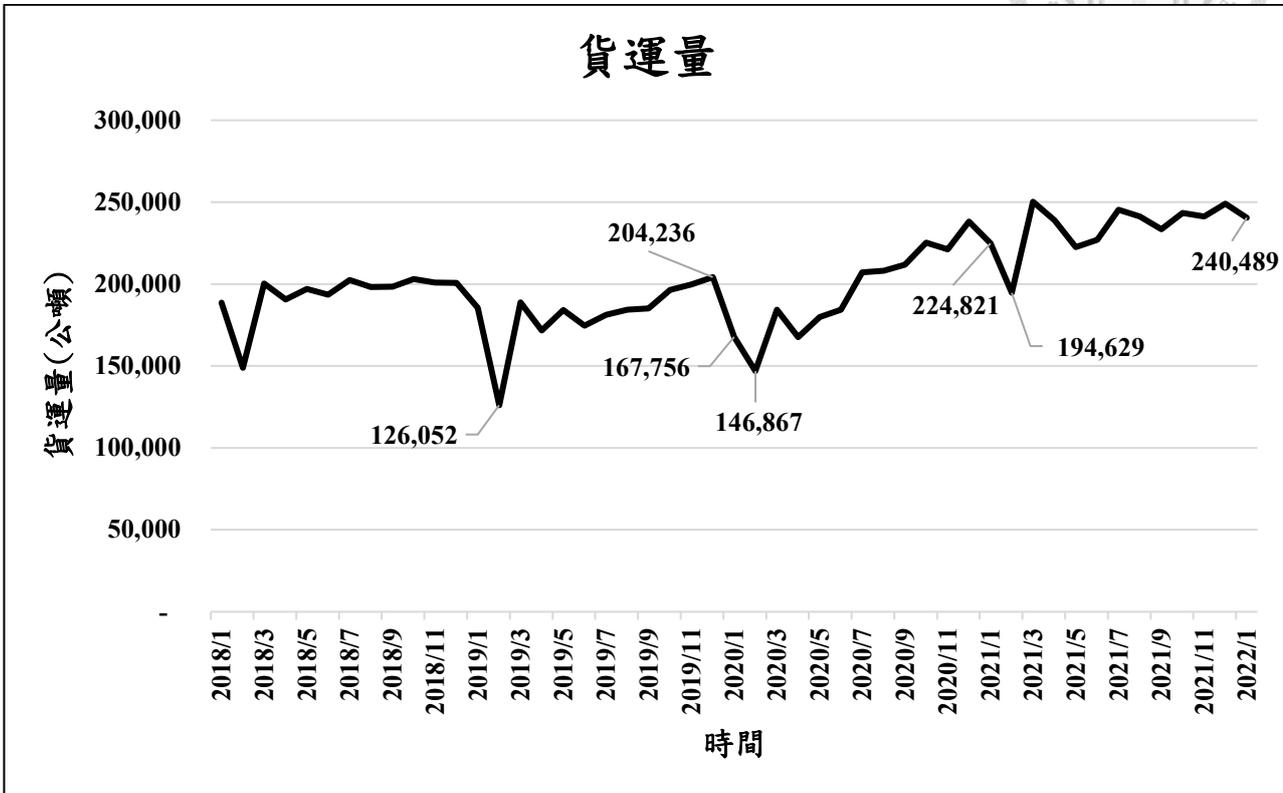


圖 1.4 桃園國際機場貨運量之演變

1.3 研究動機及目的

航空業在 2020 年後持續受到 COVID-19 的衝擊，最直接的影響反映在各機場的客貨運航班數量變化上，而之後隨著疫苗問世及接種率的提升，全球疫情逐漸產生變化，航班衰退的現象亦有所恢復。根據本研究發現，自其他國家機場抵達桃園國際機場的航班，其衰退、波動與恢復趨勢呈現不同變化，甚至在同一始發機場的客、貨運航班亦有所不同。考量來自不同機場的客貨運航班在遭遇特殊事件時有其獨特的韌性表現，若以此將不同航線航班分類並找到關鍵特徵，後續將能提升政府部門採取邊境管制或補貼策略的有效程度。本研究的主要目的如下：

1. 探討桃園國際機場在 COVID-19 衝擊下，自不同始發機場入境的客貨運航班變化趨勢。
2. 依據疫情期間入境桃園國際機場的各航線航班變化趨勢，將韌性表現相似的航線歸類分群，並找出各群的代表特徵，探討其在遭遇疫情時的韌性表現。

3. 建構一套系統性方法，發掘影響航線航班於疫情期間變化的因子，以供政府部門或機場管理單位納入政策推動參考，並加強未來對類似全球性公衛事件的反應能力。



1.4 研究範圍

本研究以桃園國際機場股份有限公司所提供之 2017 年 1 月至 2021 年 1 月航班降落資料進行分析，經剔除僅有飛航包機或未定期飛航的航線航班後，於研究範圍內的航班總計來自 133 個機場，分屬 30 個不同的國家。資料的型態及處理方式將於 3.1 節進一步說明。

1.5 論文架構

本研究之架構如圖 1.5 研究架構，第一章介紹研究背景及目的，第二章說明文獻回顧，因本研究希望從韌性角度出發，系統性地探討疫情期間，桃園國際機場入境航班受影響的情形，故針對 COVID-19 對航空業衝擊、運輸系統韌性、資料分群、航空旅運需求等相關研究進行回顧。第三章說明研究方法，本研究針對來自世界各國機場入境桃園國際機場的航班分析其韌性表現，首先將降落桃園國際機場的原始資料進行資料清洗，剔除未定期飛航的部分，續以客運、貨運航班為兩大主類別，按洲別、國家別進行敘述性統計分析，以及按航線別分別擷取在 COVID-19 疫情影響下，始發機場入境桃園國際機場航班數量衰退、震盪及恢復等三階段的韌性特徵，接續依據上述韌性特徵使用 K-means 分群法 (K-means clustering)，將韌性特徵相似的航線分門別類，並綜整出各群在疫情影響下的韌性表現，最後建立多項羅吉特模式 (multinomial logit model)，探討可能造就該等群別有如此韌性表現的影響因子。第四章詳述本研究取得入境桃園國際機場的航班資料，以及依據該資料分析客貨運航班在疫情影響之下的整體趨勢表現。第五章說明資料分群結果、各分群特性、多項羅吉特模式建構，以及案例研究等成果。第六章為本研究在特定研究限制下的結果與貢獻，透過對政府部門及機場管理單位提出建議，使其未來在遇到類似 COVID-19 疫情的重大事件時，能提前預測影響的範圍及程度，在政策研擬及應對上有更好的表現，同時提出未來可進一步研究的方向與建議。

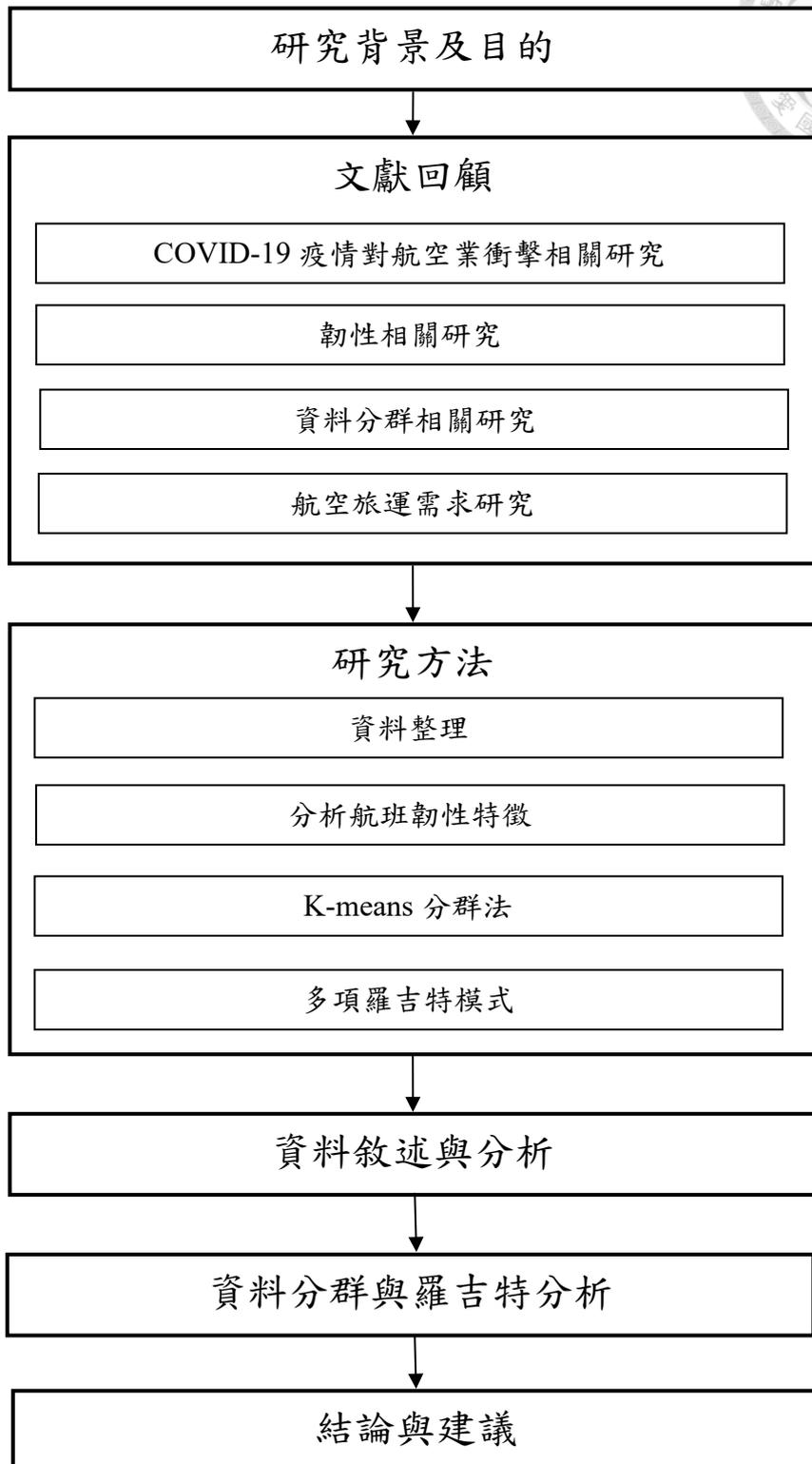
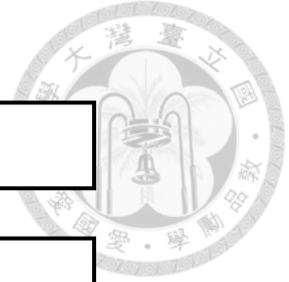


圖 1.5 研究架構

第二章 文獻回顧

依據本研究之背景及目的，本章節分別回顧四類主題文獻，第一類為 COVID-19 對航空業衝擊相關研究，瞭解世界各國為防範疫情所採取之邊境管制措施對航空業之影響；第二類為韌性相關研究，藉由回顧韌性的定義、評估方法及應用，瞭解航空運輸系統在面對破壞性事件時的危害風險及關鍵面向；第三類為資料分群相關研究，透過整理與航空相關的分群態樣，協助本研究選擇合適的分析方法及分群變數；第四類為航空旅運需求相關研究，釐明哪些關鍵因子可能是旅客在進行機場或航班選擇時所考量的因素，以作為構築本研究選擇模式之基礎。

2.1 COVID-19 對航空業衝擊相關研究

由於 2020 年 COVID-19 爆發衍生全球性的公共衛生危機，世界各國紛紛採取邊境管制措施，以遏止疫情傳播並控制傷亡。雖然實施邊境管制措施，暫停部分航空交通運輸，在短時間內確實有效減少病毒於全球的流動，但卻對社會經濟在長期與短期方面皆有高度衝擊 (Iacus et al., 2020)。Andreana 等(2021) 使用反事實分析 (counterfactual analysis) 及中斷時間序列方法 (interrupted time series) 去評估 COVID-19 對不同地區及航空營運模式的影響，如 FSC (Full-Service Carrier) 或 LCC (Low-Cost Carrier)。Forsyth 等 (2020) 檢視 COVID-19 對機場營運績效，以及機場規費漲跌對需求變化之影響。Iacus 等 (2020) 透過蒐集全球航空旅客資料，並藉由模擬過去曾發生過的疫病流行所導致航空交通中斷的情境 (例如：SARS 及 MERS)，使用基於歷史數據校準的週期性強度函數的非齊次卜瓦松過程，分析並預測疫情期間，旅遊禁令對航空業的影響。根據 Iacus 等 (2020) 觀察到的數據，在 2020 年第一季，航空損失的影響可能使全世界的 GDP 下降 0.02% 至 0.12%，在最糟糕的情況下，到 2020 年末可能高達 1.67%，失業人口可能達到 3,000 萬人。

為了從複雜系統的角度就 COVID-19 對航空業的影響進行全面性的實證分析，Sun 等 (2020) 使用網路分析的科學方法，調查自 2020 年 1 月至 2020 年 5 月 COVID-19 對不同規模的全球航空運輸的影響，從以機場為節點且存在直飛航班連接的全球性的機場網路，到以國家為節點的國際性的國家網路，以及代表性國家或地區的國內機場網路等面向，分析航空運輸網路在 COVID-19 下的時空動態演變。根據 Sun 等 (2020) 以全球機場網路中常用的 4 個複雜網路指標顯示，疫情期



間每個機場平均失去 50% 的連接，有效的網路連接逐步減少，並且在疫情期間形成以機場組的虛擬邊界；尤其以 2 個連接歐洲和亞洲/大洋洲的重要樞紐，伊斯坦堡機場 (IST) 及杜拜機場 (DXB)，營運狀況明顯地下降，但美國樞紐機場之一的亞特蘭大機場 (ATL) 在疫情期間基本上沒有受到影響。Kuo 與 Chiu (2021) 使用國際航空運輸協會 (International Air Transport Association, IATA) 2017 年的數據，透過不同的選擇路徑策略 (隨機漫步和最短路徑) 去建立航空網路，並以此估計 COVID-19 進入各國的機率函數；結果表明，有效距離模式 (effective distance model) 較地理距離模式 (geographical distance model) 能夠更精準地預測 COVID-19 的抵達日期，但如果納入疫情前的數據，在疫情期間航班停飛和旅行限制之下，疾病傳播的路徑可能不遵循隨機漫步理論。Kuo 等 (2022) 為確認 COVID-19 對航空業和受影響地區的影響，使用 CLARA 演算法 (clustering large applications)，將眾多起訖點的流量樣態依據其特徵進行分群，以確定該等特徵是否在 COVID-19 爆發後改變各組的影響嚴重程度，之後並利用配對 t 檢定 (paired t-test) 及魏克生符號等級檢定 (Wilcoxon signed-rank test) 來確定整體機場網路與前 30 個樞紐機場是否在疫情期間發生變化；研究顯示，疫情期間旅客數量和航班數量均有所下降，但大多數機場的受歡迎排名未有顯著改變，而大多數樞紐機場受政府實施的旅行限制影響，中心性指標 (centrality measurement) 值則顯著下降。

至於航空客運在疫情期間的連結度波動部分，Sun 等 (2020) 研究發現，在以國家為節點的網路連結部分，高度發展的國家與高度發展的國家有共享相似的互惠機制，產生更積極地連結，在以機場為節點的全球性機場網路部分，則發現高等級機場與低等級機場有越來越多連結。至於國內機場網路連結性的動態變化部分，則與所屬國家當地的疫情及不同程度的管制封鎖政策密切相關。

在 2020 年 COVID-19 以前，航空業也曾遭其他重大事件所重創，因此對政府部門、機場管理單位或航空公司而言，評估航空運輸系統於遭受疫情或其他破壞性事件影響下的表現，在風險管理及確保永續經營層面均非常重要，Lai 與 Lu (2005) 曾研究 911 恐怖攻擊事件對美國航空旅行需求的影響，Janić (2005) 提出一套評估航空公司軸福網絡大規模中斷的經濟模型，評估項目包含航班延誤和取消成本，隨後，Janić (2009) 也建立機場營運受大規模破壞性事件影響之模型，以估計受影響的機場、航空公司和航空旅客的成本。

綜上所述，評估 COVID-19 或其他重大事件對航空業衝擊的面向大致可歸類為成本面及營運面，在成本面主要探討包含因航班延誤或取消所衍生的機場、航空公司和航空旅客成本，而在營運面則探討機場營運績效、旅客數量、航班數量變化，以及航空運輸網路的連結度及動態演變等議題。



2.2 韌性相關研究

有關系統韌性的定義及評估，Hosseini 等 (2016) 歸納相關研究後表示，所謂韌性分析係指分析系統遭遇破壞性事件時的「吸收 (absorb)」與「適應 (adapt)」能力。至於何謂航空運輸系統的韌性，Huang (2021) 綜整各類相關文獻指出，其係指防止或減輕對空中交通營運的任何威脅的能力 (Clark et al., 2018; Yanjun et al., 2019; Pishdar et al., 2019)。Huang (2021) 等進一步將機場的韌性定義為機場快速、有效地應對危險並減少其影響，以及迅速回復正常狀態的能力。Mattsson 與 Jenelius (2015) 則綜整運輸系統脆弱性和韌性相關的研究，並依據研究切入的觀點將其分為兩大類別，第一類是基於空間特性去評估事件的影響程度；另一類則是從供需觀點去評估事件的影響程度。

針對航空運輸系統的韌性評估，在機場實體設施方面，Huang (2021) 等提出一種多決策準則模型，結合風險前的檢測能力、風險發生時的抵抗能力、應急措施和救援能力及風險發生後的恢復能力等 4 種面向，運用 27 個準則進行評估，並使用貝葉斯最好最差法 (Bayesian best worst method) 決定準則的最佳組權重，以及使用修正的偏好順序結構法 (modified PROMETHEE) 計算每個替選方案的韌性表現，最後研究結果發現抵抗能力是機場韌性的關鍵面向，而機場周圍採取適當的隔離措施則是最重要的準則。另外在航班營運方面，Guo 等 (2021) 採用績效導向的方法，整合飛機起降架次、客運及貨運吞吐量等指標，來分析全球公共衛生危機時的機場網路韌性及恢復力。Chen 與 Miller-Hooks (2012) 定義一套韌性指標，去評估複合運輸網路在遭遇自然或人為災害中斷後的恢復能力。

除了前述機場實體設施及航班營運面的韌性評估，也有研究是針對航空運輸網路 (network) 進行韌性分析。Janić (2015) 使用 Chen 與 Miller-Hooks (2012) 所提出的韌性指標，將個別機場的韌性定義為準點航班數與總規劃航班數的比值，再加以權重並聚合後，去評估整體航空網路的韌性。Hossain 等 (2013) 以澳大利亞



機場網路作為案例研究，提出一套衡量機場網路的性能和估計其穩健性的方法。Li 等 (2016) 提出一種網路系統定量空間脆弱性模型，強調空間局部危害對系統的影響。針對航空貨運，Janić (2019) 亦提出一套綜合指標來評估航空貨運航網在受大規模破壞性事件時的韌性表現，指標包含班次數、公司收益、航線重要度、航空貨運的時間價值、存貨成本等。另外，也有研究是針對機場的航空交通管制 (air traffic control) 進行分析，Jakšić 與 Janić (2020) 以航班需求、容量、交通複雜度、管制員的工作負荷、延誤成本、燃油消耗等績效指標，來評估機場的航空交通管制部門在遭遇破壞性事件影響時的韌性表現。

綜上所述，多數研究在探討運輸系統的韌性時，係以建立模型或提出一套評估指標，檢視系統或航網在遭受事件影響下的應對及恢復能力，而用來評估航空運輸系統的面向大致可分為機場實體設施面(例如：機場跑滑道或航管設施)、航班營運面(例如：航班延誤或取消架次)及航空運輸網路面等。另外在許多文獻中亦指出，當系統遭遇事件影響時，會依序經歷吸收、適應及恢復等階段，故本研究受此啟發，為從韌性的角度探討 COVID-19 對不同航線客貨運航班的影響，將分別對應上述 3 個階段，從各航線的航班數量變化趨勢中擷取與韌性相關的特徵變數，包含吸收階段的航班衰退斜率及幅度，適應階段的震盪持續時間，以及恢復階段的航班恢復斜率等。

2.3 資料分群相關研究

為完整瞭解 COVID-19 對桃園國際機場入境航班的實際影響，本研究從韌性的角度切入，參考運輸系統在遭受破壞性事件將經歷吸收、適應及恢復等過程的概念，針對疫情期間來自不同國家、不同航線別入境桃園國際機場的航班，分為衰退期、震盪期及恢復期等 3 階段分析其變化。考量入境桃園國際機場的航班來自不同航線且數量眾多，為了更有系統化地去瞭解其特性，本研究採用 K-平均演算法 (K-means clustering) 進行分群。

在航空領域有許多關於分群的研究，用來分群的特徵變數亦涉及不同的面向與考量，有些研究是採用客運相關屬性，如 Marta (2017) 基於機場處理旅客數將全世界機場做分類，Adikariwattage 等 (2012) 以客運航廈設施相關變數，如航廈規模 (登機門數量)、旅客特徵 (國際/國內客運量及轉運量) 等做為機場分群的依

據。部分研究則是採用貨運相關屬性進行分群，Mayer (2016) 以個別機場貨物吞吐量、貨物當量占比、貨機飛航里程佔比及國際貨運量佔比來對機場分群。此外也有研究是採用機場營運或財務指標進行分群，如 Vogel 與 Graham (2013) 在分群變數選擇上選用機場資本、獲利率及營收等；而 Sarkis 與 Talluri (2004) 則是採用機場營運成本、機場員工數量、登機門與跑道數量等變數來對美國機場分群。不過，目前尚未有研究係以韌性相關特徵來對航線或機場分群。

選用適當的方法進行分群對於結果的解釋有所助益，根據 Gao (2021) 所整理自 2000 至 2020 關於機場分群的文獻顯示，分群的型式大抵分為分層式分群 (hierarchical) 以及切割式分群 (partitional) 兩大型式。不過，也有研究係採用上述之外的方法，如 Postorino 與 Versaci (2014) 係以幾何模糊方法 (geometric fuzzy-based) 將機場分群。資料分群不僅能協助政策制定者、航空業從業人員和學術研究人員在偌大的運輸系統中爬梳機場營運面的脈絡，亦能在眾多的國際機場中歸納出相似性和獨特性，使機場管理單位能彼此效仿優點，並改進自身的風險缺失，同時有利於航空公司更有效地分配資源，作為拓展營運航網之重要參考。

綜上所述，資料分群於航空運輸領域的應用方面，主要係依交通量、航網連結性或機場營運績效或財務等指標進行分群，而分群的方法大致可分為分層及切割兩種型式，而本研究所採用的 K-means 演算法係屬於切割式分群的一種，具有計算速度快，操作直觀且易於理解等特性，詳細介紹另詳 3.3 節。

2.4 航空旅運需求相關研究

機場或航線營運績效與航空旅運需求息息相關，而航空旅運需求可能受內部及外部因素影響而波動，Suryani 等 (2010) 參考系統動態學框架，開發一套模型來預測航空旅客需求，並將跑道、客運航廈容量擴建相關的一些政策情境納入評估。Suryani 等 (2010) 發現機票價格、服務水準 (level of service)、國內生產毛額 GDP (gross domestic product)、人口、每日航班數量及停留等待時間 (dwell time) 等因素，在決定航空客運量、跑道利用率和客運航廈擴建所需的總額外面積方面扮演重要角色。Hsiao 與 Hansen (2011) 開發一套能夠將城市對需求產生及指派納入單一框架處理的航空乘客模型，並經由實證分析發現，票價、班次頻率、直飛路線、準點率、收入及市場距離均對航空需求有顯著影響。Boonekamp 等 (2018) 提出一套



綜合型的重力模型，並使用兩階段最小二乘法 (two-stage least squares) 去辨認在航空旅運需求中最重要決定因素。除了 GDP、人口、旅遊業等標準需求相關因素之外，他們還評估國內交通、低成本航空公司 (Low-Cost Carrier, LCC) 活動、公共服務義務、種族聯繫 (ethnic links) 及依賴航空的就業等其他因素的影響。結果證實，國家之間的種族聯繫、依賴航空的就業及低成本航空公司的存在，均導致航空客運需求的增加。另外，其他運具與航空運輸間的競爭亦會影響航空旅運需求，Park 與 Ha (2006) 透過應用敘述性偏好 (stated preference, SP) 調查方法來評估營運於首爾和大邱間的韓國高速鐵路 (Korea Train Express) 對航空旅運需求的影響。

考量航空旅客在旅行時，會在可用的機場之間做選擇，本研究亦針對此種機場選擇機制進行文獻回顧，以瞭解尚有哪些關鍵因素可能影響航空旅運需求，Ashford 與 Bencheman (1988) 依據英國民航局在 1975 年和 1978 年所蒐集的數據，為英國中部的旅客開發一套多項羅吉特選擇模型，對於商務及全包式套裝行程 (inclusive tour)，而言，最重要的選擇變數是抵達機場的時間以及到達所選目的地的航班頻率；對於國內和休閒旅次則有 3 個重要因素，按重要性排列分別為機票價格、抵達機場時間及可用航班的頻率。

此外，受限於地理及各機場定位不同之緣故，在一特定區域範圍內可能同時存在多個機場，而旅客於多機場區域 (multi-airport regions) 內選擇出入境機場時，可能會基於經濟性 (如票價、交通成本)、便利性 (航班選擇多寡、頻次密集或稀疏) 以及服務性 (機場設施設備、通關流程) 等面向，進行綜合考量後作出最終選擇。Marcucci 與 Gatta (2011) 以義大利中部地區的 4 座機場為對象，使用敘述性偏好方法，研究不同屬性在影響始發機場選擇的重要程度，結果發現低成本屬性、搭乘習慣 (inertia) 及等待時間均在機場選擇中發揮重要作用。Harvey (1987) 針對舊金山灣地區的商務和非商務旅客，開發一套多項羅吉特模式，分析結果顯示地面抵達機場時間和直達目的地的航班頻率可以有效解釋機場選擇型態的變化，並強調在規劃多個機場系統時，要注意地面可及性。Hess 與 Polak (2005) 使用混和多項羅吉特模式，分析舊金山灣地區航空旅客的機場選擇行為，其中商務旅客對票價上漲的敏感性遠低於休閒旅客，並且願意為減少抵達機場時間支付比休閒旅客更高的價格。Loo (2008) 以香港珠江機場群為主體，分析從香港機場 (HKA) 出發前往 15 個不同目的地機場的旅客選擇機場的行為，基於敘述性偏好的資料結果顯示，機票

價格、到達機場時間、航班頻率和航空公司家數是最重要的機場服務水準屬性，而抵達機場方式的數量、抵達成本、機場購物區域和在櫃檯排隊時間等，均無統計學上的意義。

最後，也有研究將機場和航線選擇同時納入考量，Yang 等 (2014) 針對從臺灣直飛上海的航班，採用敘述性偏好方式建立選擇情境，評估機場營運策略的影響，並建立一套結合機場和航線選擇的巢式羅吉特模式，分析機場特徵、抵達因子和航班屬性之間的權衡，研究結果顯示抵達機場的時間和成本在機場選擇方面都很重要，而機票價格和飛行時間則顯著地影響旅行者的航線選擇，此外，機場的快速報到服務對於高收入的旅客有所影響，而商務旅客則更關心每日的航班頻率。

綜上所述，航空旅運需求受到多種內部和外部因素所影響，包含機票價格、服務水準、航班飛航頻率、GDP 和人口等。另外在機場選擇部分，亦會就經濟性、便利性及服務性等面向進行綜合考慮，可能影響選擇的因素包含機票價格、到達機場時間、航班頻率及航空公司家數等。

2.5 文獻回顧小節

為了避免 COVID-19 隨著航空運輸四處傳播，世界各國在疫情爆發後紛紛實施邊境管制，對於防疫方面確實有所助益，但同時也重創航空業原先在疫情前蓬勃發展的榮景，導致國際航班的飛航頻率、航網結構及連結度均受到影響。同時，邊境管制亦嚴重衝擊全球社會經濟體系，對於各國 GDP 有負面的影響，而影響程度與各國的疫情控制情形及管制程度有關。在 COVID-19 前，航空業也曾遭到如 911 恐怖攻擊事等其他重大事件重創，大多數的研究係探討事件對航空業成本面或營運面的衝擊，例如航班延誤成本、機場營運績效、旅客需求變化、航空運輸網路的連結度及動態演變等。

當航空系統在面臨前述挑戰時，擁有愈高的韌性就愈能抵抗負面衝擊，而評估一個系統韌性的重點在於檢視其在遭遇破壞性事件時的吸收與適應能力。當一個系統的韌性表現愈佳，代表它在應對破壞性事件的時間愈快速，能夠迅速採取有效措施降低衝擊並回復正常狀態。在航空運輸部分，用來評估韌性的面向包含機場實體設施、航班營運、航網連結及航路交通管制等，而多數研究係建立模型或提出一套評估指標，檢視既有系統在遭受破壞性事件時的反應或表現。另從韌性相關的文



獻中亦可發現，當系統遭遇事件影響時，會依序經歷吸收、適應及恢復等階段，故本研究將分別對應上述 3 個階段，從各航線的航班數量變化趨勢中，擷取與韌性相關的特徵變數進行後續分群分析，韌性特徵變數包含吸收階段的航班衰退斜率及幅度，適應階段的震盪持續時間，以及恢復階段的航班恢復斜率等。

鑑於航空運輸系統涵蓋的元素眾多，為了擬定策略、分配資源、識別關鍵或替代節點，許多研究會將機場或航線分群後再進一步探索相關議題，而分群相關的研究在航空領域已發展多年，用來分群的變數大致包含機場營運績效（例如：客貨運量）與實體設施（例如：跑道數量），使用的方法主要可分為分層式分群 (hierarchical) 和切割式分群 (partitional) 兩大型式，而本研究所採用的 K-means 演算法係屬於切割式分群的一種，具有計算速度快，操作直觀且易於理解等特性。至於分群的結果可用來歸納機場或航線的相似性和獨特性，以提升營運績效或改進風險與缺失。

機場或航線營運績效與航空旅運需求有關，而需求端可能直接或間接受到內、外部因素影響而產生波動。在系統內可能包含機票價格、服務水準、服務型態、航班頻率等內部因素，在系統外則可能涵蓋聯外交通、人口數、觀光產業及經濟相關的 GDP 等外部因素。此外，個體面的旅運選擇亦可能造成總體面的旅運需求波動，旅客在進行機場或航線選擇時，會考量的因素包含抵達機場的時間、方式、成本、機票價格、航班頻率、機場設施、服務及航空公司進駐家數等。

透過文獻回顧，尚未發現有研究依據不同航線的航班數量變化特徵，將來自不同始發機場的航線分群後，再進一步探討各群在遭遇特殊事件時的韌性表現及影響需求變化的因子。為了更系統化地瞭解 COVID-19 對桃園國際機場入境航班的影響，本研究採用衰退斜率 (decline slope)、恢復斜率 (recovery slope)、衰退幅度 (decline magnitude) 及震盪期 (shock period) 共 4 種與韌性相關的變數，對入境航班的航線別進行分群，並進一步分析各群在疫情間的韌性表現，以及使用多項羅吉特模式去探討造成同群有相同韌性特徵的可能原因。

第三章 研究方法

本章節將就本研究所提出的原始資料處理、航線韌性特徵擷取、資料分群、多項羅吉特模式建構等研究方法、流程及研究限制進行詳細介紹。3.1 節詳述本研究資料來源、時間範圍、資料樣態、欄目、篩選與整理方式；3.2 節說明如何自各航線入境桃園國際機場的航班數變化趨勢中擷取與韌性相關的特徵變數；3.3 節介紹本研究所採用的非監督式分群方法 K-means；3.4 節講述以本研究分群結果所建構之多項羅吉特模式原理；3.5 節為研究限制。本研究整體研究流程圖如圖 3.1。

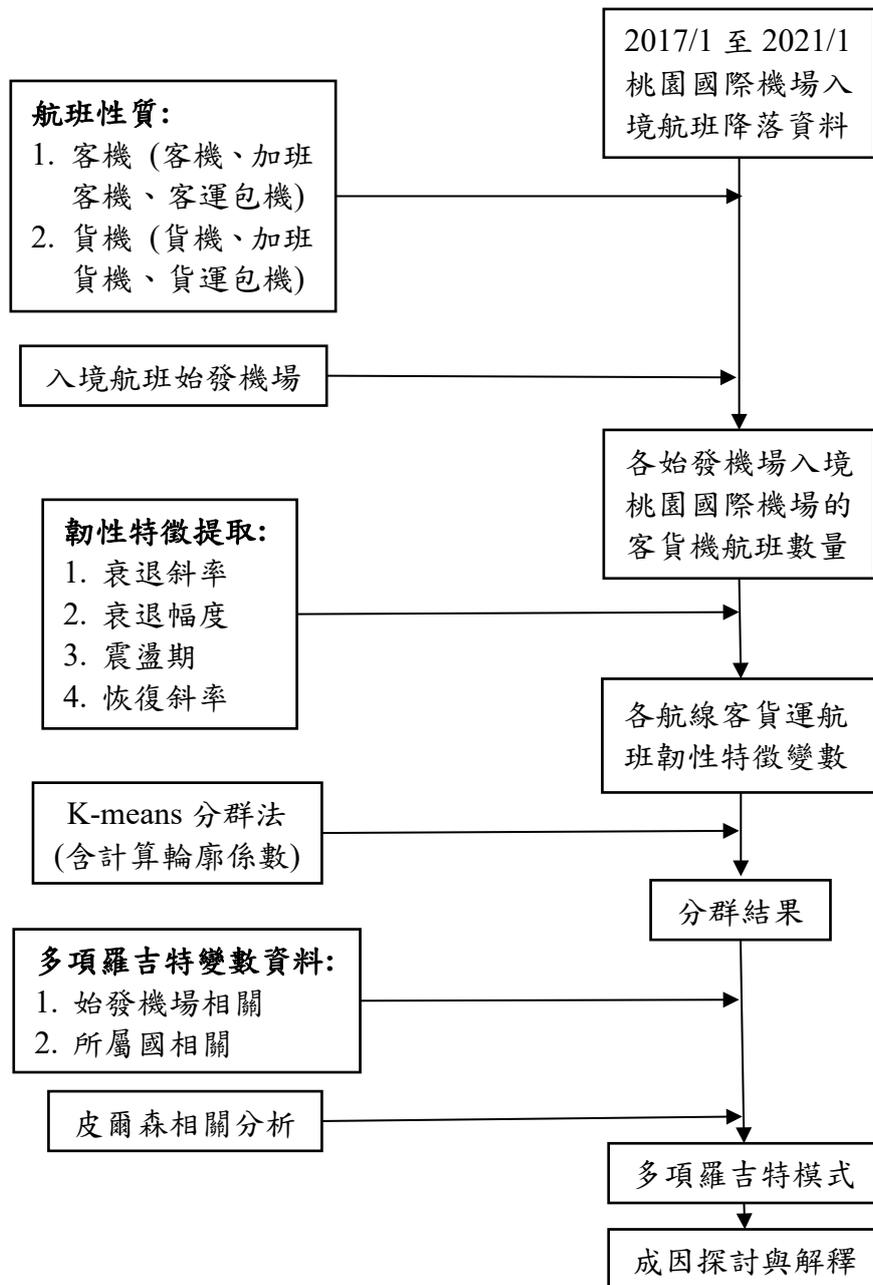


圖 3.1 研究流程圖



3.1 原始資料處理

本研究使用桃園國際機場有限公司所提供的 2017 年 1 月至 2021 年 1 月在該機場降落的客貨運航班資料 (如圖 3.2)，每筆資料包括航空公司名稱 (IACO Code)、班機日期、機號、機型、班次號、航班性質、裝載類型 (是否有客機腹艙載貨)、始發地、實際抵達日期與時間，其中航班性質又分為客機 (PAX)、加班客機 (EXP)、客運包機 (CTP)、貨機 (CGO)、加班貨機 (EXC)、貨運包機 (CTC)。

1	航空公司	班機日期	機號	機型	入出境	班次	性質	客機腹艙載貨	地名	實際日期	實際時間
2	AAR	2016/1/1	HL7741	A330-323	A	711	PAX	0	仁川	2016/1/1	12:57
3	AAR	2016/1/1	HL7767	A321-200	A	7135	CTP	0	清州	2016/1/1	01:03
4	ABL	2016/1/1	HL7711	A321-200	A	793	PAX	0	釜山	2016/1/1	12:51
5	AMU	2016/1/1	B-MCA	A321	A	608	PAX	0	澳門	2016/1/2	00:05
6	AMU	2016/1/1	B-MAJ	A321	A	610	PAX	0	澳門	2016/1/1	13:14
7	AMU	2016/1/1	B-MCC	A321	A	618	PAX	0	澳門	2016/1/1	19:32
8	AMU	2016/1/1	B-MAP	A321	A	620	PAX	0	澳門	2016/1/1	22:32
9	ANA	2016/1/1	JA616A	E767-300	A	823	PAX	0	東京(成田)	2016/1/1	21:58
10	APJ	2016/1/1	JA805P	A320-214	A	023	PAX	0	大阪	2016/1/1	09:49
11	APJ	2016/1/1	JA805P	A320-214	A	027	PAX	0	大阪	2016/1/1	18:06
12	APJ	2016/1/1	JA806P	A320-214	A	029	PAX	0	大阪	2016/1/1	23:55
13	APJ	2016/1/1	JA807P	A320-214	A	1029	PAX	0	東京(羽田)	2016/1/1	08:42
14	APJ	2016/1/1	JA816P	A320-214	A	921	PAX	0	琉球(沖繩)	2016/1/1	09:34
15	AXM	2016/1/1	9MAJI	A320-216	A	208	PAX	0	亞庇	2016/1/1	09:15
16	CAL	2016/1/1	B18005	B777-300	A	003	PAX	0	舊金山	2016/1/1	05:14
17	CAL	2016/1/1	B18052	B777-300	A	005	PAX	0	洛杉磯	2016/1/1	20:33
18	CAL	2016/1/1	B18002	B777-300	A	007	PAX	0	洛杉磯	2016/1/1	04:58
19	CAL	2016/1/1	B18306	A330-300	A	017	PAX	0	東京(成田)	2016/1/1	21:17
20	CAL	2016/1/1	B18610	B737-800	A	025	PAX	0	關島	2016/1/1	16:50

圖 3.2 原始資料節錄

本研究欲探討來自不同國家的始發機場入境桃園國際機場的航班變化，經篩選後並統計，自 2017 年 1 月至 2021 年 1 月共有來自 210 座始發機場的航班降落桃園國際機場，經剔除 77 個未有定期航班飛航的始發機場後，入境航班總計來自 133 座始發機場，分屬 30 個不同國家。本研究針對每座始發機場均個別建立單一檔案，並按始發機場別，從原始降落資料中篩選並統計出各始發機場入境桃園國際機場的 6 種性質航班飛航數量，續按航班性質 (屬客機或貨機) 進行歸類，以逐月統計出各始發機場入境桃園國際機場的總客機航班數、總貨機航班數及總航班數。

以大阪 (KIX) 入境桃園 (TPE) 航班為例，本研究先從原始降落資料之始發地欄目篩選來自大阪機場的入境航班，再逐月統計 6 種性質航班的飛航數量，接著整合成總客機航班數、總貨機航班數及總航班數 (如表 3.1)，最後以客運及貨運兩種航班性質分別呈現自大阪機場入境桃園國際機場的航班變化趨勢如圖 3.3。

表 3.1 大阪 (KIX) 入境桃園 (TPE) 航班資料



時間	客機	加班客機	客運包機	貨機	加班貨機	貨運包機	總客機數	總貨機數	總航班數
2017/01	607	3	0	46	46	0	610	46	656
2017/02	549	3	0	45	0	0	552	45	597
2017/03	615	0	0	52	0	0	615	52	667
...
2020/11	96	0	0	46	20	0	96	66	162
2020/12	105	0	0	38	2	0	105	40	145
2021/01	106	0	0	47	1	0	106	48	154

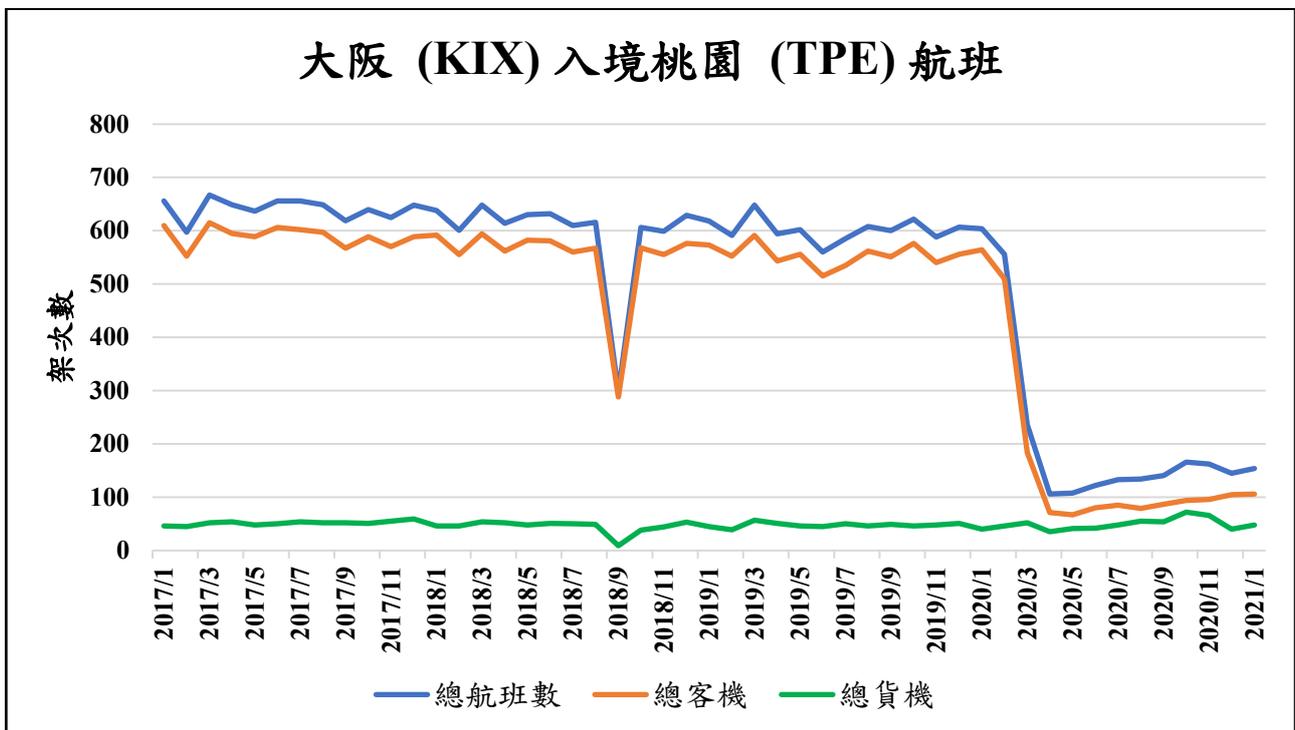


圖 3.3 大阪 (KIX) 入境桃園 (TPE) 航班趨勢



3.2 韌性特徵擷取

依據第二章所回顧的文獻可得知，當系統遭遇如 COVID-19 的破壞性事件時，會依序經歷吸收、適應及恢復等階段，本研究從韌性的角度出發，探討 COVID-19 對自不同始發機場入境桃園國際機場的客貨運航班的影響。首先，為設定用來切分不同階段的時間點，本研究將 COVID-19 爆發後，每條入境航線於 2020 年間飛航最少航班數量的月份定義為「最衰退月」，但針對航班數量於衰退及恢復趨勢間反覆反轉的部分航線，其「最衰退月」則定義為第一次由衰退趨勢反轉為恢復趨勢當月。在最衰退月之前屬於衰退（吸收）階段，其後屬於震盪（適應）或恢復階段，其中加入震盪階段係為反映各航線航班處在低靡狀態的持續期間，至於震盪的定義，本研究將其設定為當月航班數量介於最衰退月航班數增減幅度 20% 的範圍，若非屬最衰退月的其他月份航班數落入該區間，則視為處於震盪階段；若當月航班數量大於該震盪範圍區間上界門檻值，則處於恢復階段。最後，本研究自各始發機場入境桃園國際機場的航線航班數量變化所擷取與韌性相關的特徵變數定義如下：

1. 衰退斜率：2019 年 12 月與最衰退月的航班數量變化斜率。
2. 衰退幅度：最衰退月與去年同月相比的航班數量減少幅度。
3. 震盪期：介於震盪期的總月份數。
4. 恢復斜率：震盪期結束前 1 月與 2021 年 1 月的航班數量變化斜率。

以舊金山 (SFO) 入境桃園 的客運航班為例 (如圖 3.4)，自 2019 年 12 月 COVID-19 發生至 2021 年 1 月止，最衰退月發生在 2020 年 4 月，僅有飛航 49 架次，震盪上界為 59 架次，下界為 39 架次，續按前述定義計算韌性特徵變數如下：

1. 衰退斜率：以 2019 年 12 月與 2020 年 4 月 (最衰退月) 兩點間的航班架次數，計算斜率得值為 -0.869 (如圖 3.5)，代表該航線航班於衰退階段每日約衰退 0.869 架次。
2. 衰退幅度：計算 2020 年 4 月 (最衰退月) 飛航 49 架次與去(2019)年 4 月飛航 142 架次相比所減少的比例為 65.5% (如圖 3.6)，取其值 -0.655 。
3. 震盪期：查該航線航班僅 2020 年 4 月位於震盪範圍上下界中 (如圖 3.4)，故震盪期的變數值為 1。
4. 恢復斜率：以 2020 年 4 月 (最衰退月) 與 2021 年 1 月兩點間的航班架次數

數，計算斜率得值為 0.142(如圖 3.7)，代表該航線航班於恢復階段每日約恢復 0.142 架次。

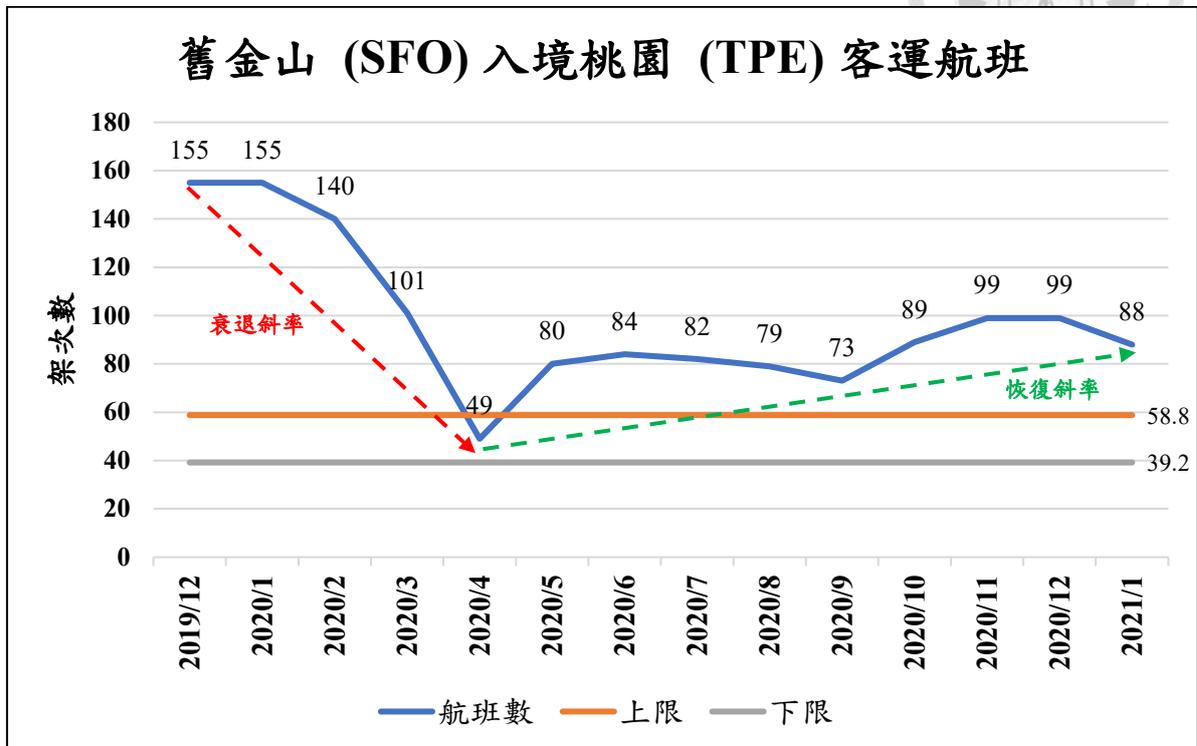


圖 3.4 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班趨勢

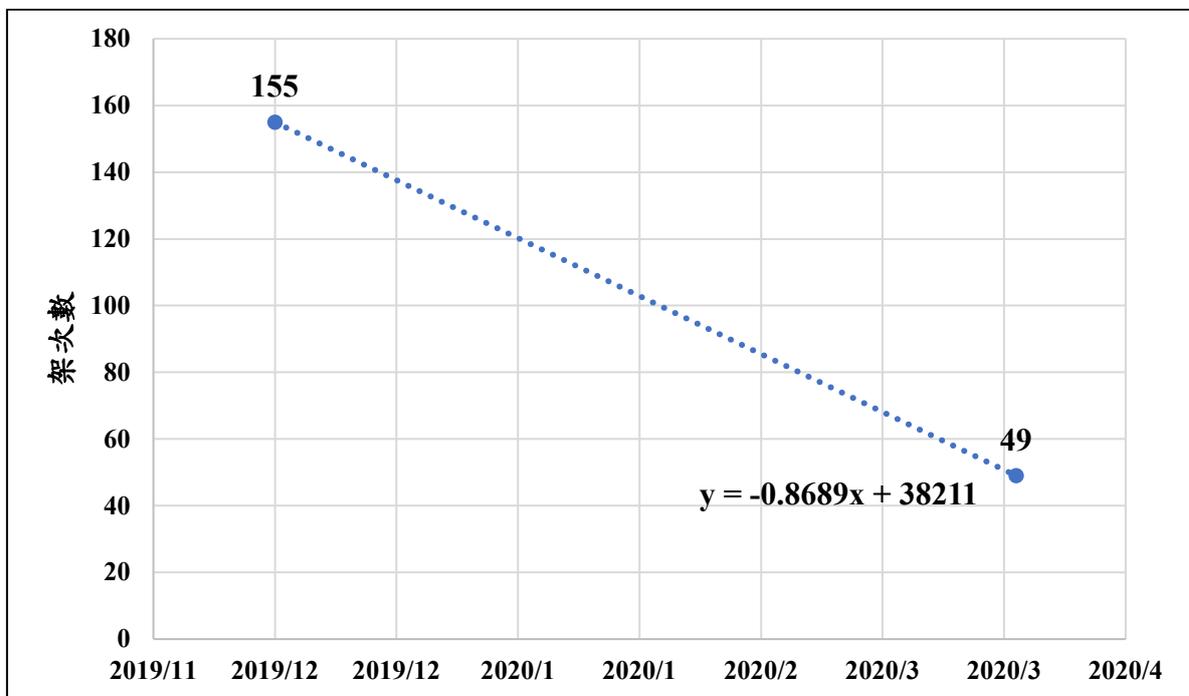


圖 3.5 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班之衰退斜率示意圖

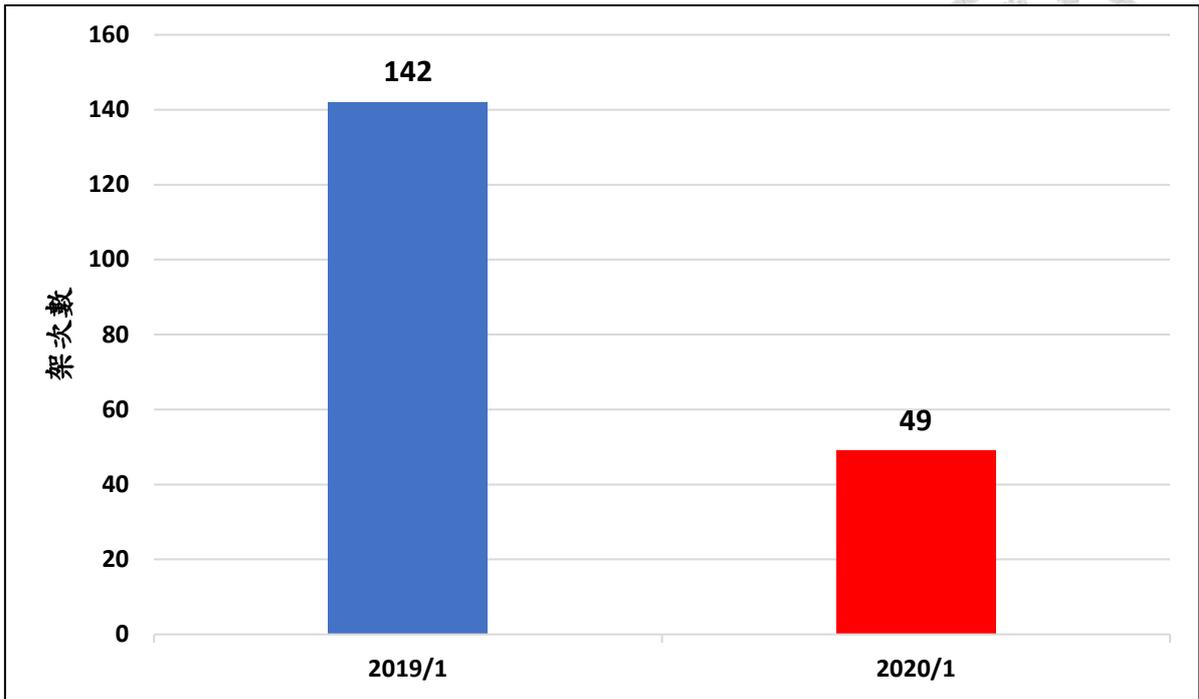


圖 3.6 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班之衰退幅度比較圖

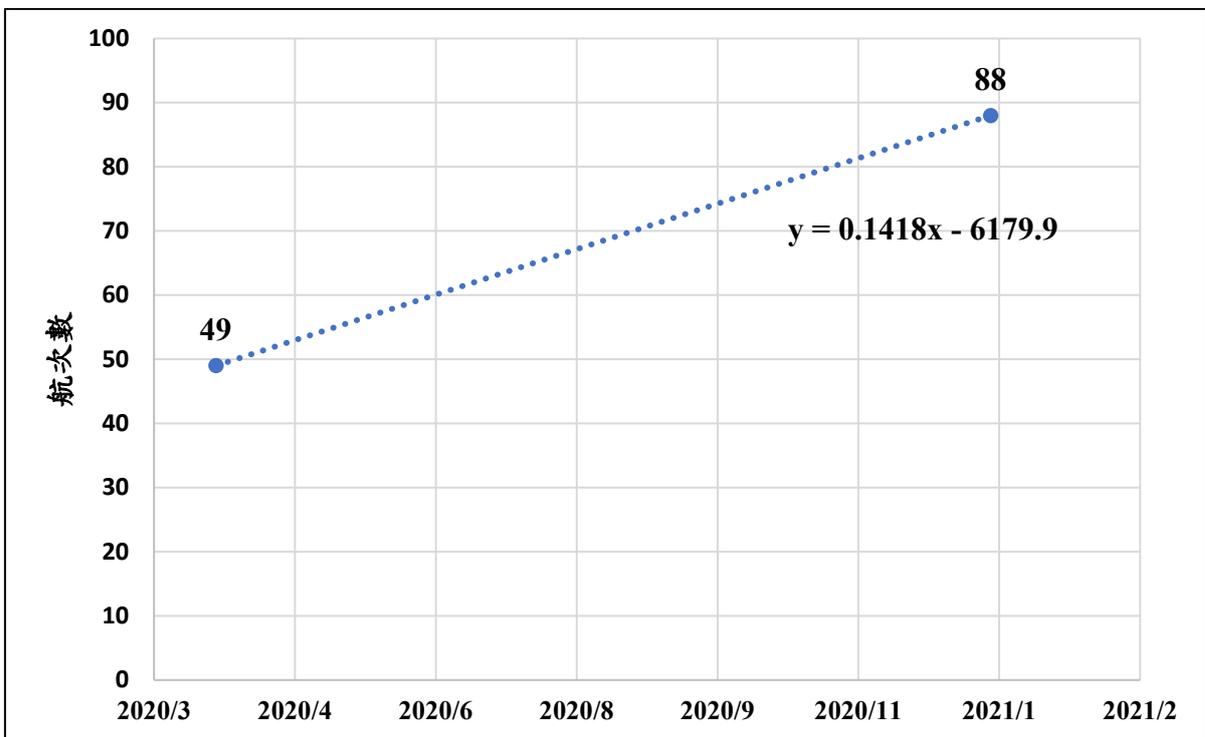


圖 3.7 舊金山 (SFO) 入境桃園 (TPE) 客運航班之恢復斜率示意圖



3.3 非監督式分群方法 K-means

在 3.2 節中，本研究說明如何自入境航班變化趨勢中擷取韌性特徵變數。為了更系統化地分析入境航班受疫情影響下的韌性表現，本研究藉由 K-means 演算法進行分群，以將具有相似韌性特徵的航線航班分門別類，接續找出各群的代表特徵作進一步分析。

K-means 是一種非監督式的分群方法，已在許多領域中被廣泛應用，此演算法必須先設定欲在資料集中分成多少群，然後隨機分配 K 個群心，並計算每個資料點到各群心的距離，續將每筆資料點分配給距離其最近的群心以產出初始群，隨後再重新計算每個群的中心，接續迭代上述過程，直到群集組成及群心不變為止。K-means 的主要缺點在於它對群心的初始位置敏感，為了使用 K-means 獲得最佳解，必須在群心的初始位置不同的情況下進行多次運行測試 (Likas et al., 2003)。

至於分群後各群間的緊密(tightness)和分散(separation)程度，可以透過 Rousseeuw (1986) 於 1986 年所提出的輪廓係數 (silhouette coefficient) 來評估，做為選擇適合分群數量的參考。輪廓係數的定義如公式 (3.1)，數值介於 -1 至 1 之間，愈接近 1 代表分群效果愈佳，群內資料點的差異愈小，而群與群之間的差異愈大。

$$s_i = \frac{b_i - a_i}{\max(b_i, a_i)} \quad (3.1)$$

s_i = 輪廓係數

a_i = 資料點 i 與所屬群內其他資料點的平均距離

b_i = 資料點 i 與他群資料點的平均距離之最小值

3.4 多項羅吉特模式 (Multinomial logit model)

在依韌性特徵完成航線分群後，每一個航線群就類似一個替選方案，為了探究航線具備哪些因素或要件會使其在分群時被歸類至同一群，故本研究建立多項羅吉特模式對此進行分析。

當人們面臨必須在替選方案集合 C_n 中進行決策選擇時，會先對集合內的每一項方案進行評估與給分，最後在方案集合 C_n 中選擇對自己效用最大的方案。凌瑞賢 (2015) 認為影響人們評估方案效用的因素有三大項：方案本身的客觀條件 (如車種的性能、餐廳的位置及價格)、決策者的主觀條件 (如性別、所得等) 以及其他隨

機因素 (如天氣)。有關替選方案對決策者的隨機效用函數可表示如公式 (3.2)，對於理性的決策者 n 來說，只有在替選方案 i 帶給他之效用高於替選方案 j 之效用的情況下，決策者 n 最終才會選擇替選方案 i ，而其機率表示如公式 (3.3)。

$$U_{ni} = V_{ni} + \varepsilon_{ni} \quad (3.2)$$

$$P_n(i|C_n) = Pr(U_{ni} \geq U_{nj}, \forall i \neq j \in C_n) \quad (3.3)$$

C_n = 替選方案集合

U_{ni} = 決策者 n 選擇替選方案 i 的效用

V_{ni} = 決策者 n 在選擇替選方案 i 可以被衡量的效用

ε_{ni} = 決策者 n 在選擇替選方案 i 不可以被衡量的誤差 (隨機) 項

針對前述可以被衡量的效用 V_{ni} 部分，凌瑞賢 (2015) 將其假設為方案的客觀條件屬性值與決策者的主觀因素屬性值的線性組合如公式 (3.4)，其中參數 α_l 及 β_k 可使用最大概似法 (maximum likelihood method) 去校估其數值。

$$V_{ni} = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{nik} + \sum_{l=1}^L \alpha_l S_{nl} \quad (3.4)$$

X_{nik} = 決策者 n 選擇替選方案 i 的第 k 種屬性值 (方案的客觀條件)

K = 替選方案的屬性總數

β_k = 第 k 種屬性的參數值

S_{nl} = 決策者 n 第 l 種社會經濟特性 (決策者的主觀因素)

L = 社會經濟特性總數

α_l = 第 l 種社會經濟特性的參數值

若假設前述效用函數中的誤差項 ε_{ni} 符合獨立且同一的 Gumbel 分配 (independent and identical Gumbel distribution, IID Gumbel)，則可依據 Gumbel 分配的機率密度函數，推導出決策者 n 選擇第 i 個替選方案之選擇機率如公式 (3.5)，此為多項羅吉特模式 (凌瑞賢，2015)。

$$P_n(i | C_n) = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{nj}}} \quad (3.5)$$

$P_n(i|C_n)$ = 決策者 n 從 C_n 的替選集中選擇替選方案 i 的機率

V_{ni} = 決策者 n 選擇替選方案 i 可以被衡量的效用

多項羅吉特模式具有不相關替選方案的獨立性 (independence of irrelevant alternatives, IIA)，決策者選擇方案 i 或 j 的相對機率是由 i 和 j 的效用所決定，而與其他可替選方案相關，該模式可應用於各種離散選擇行為的分析預測。因此，本研究透過建立多項羅吉特模式，將運用 K-means 演算法對客貨運航線航班的分群結果作為替選方案 i ，並分別建立各群可被衡量之效用式 V_{ni} ， V_{ni} 的組成包含始發機場的相關屬性 (如跑道數、航廈型式、機場聯外交通等)、始發機場所屬國與我國貿易及旅客來臺相關屬性，關於模型建構及相關變數說明詳 5.2 節。

3.5 研究限制

本研究向桃園國際機場公司索取的航班降落資料中，因原始資料欄位僅記載入境桃園國際機場前的上一座始發機場名，故無法完整得知該航班之實際飛航航路及沿途起降落機場等資訊，且資料中亦不包含載客人數及載貨噸數等資訊。基於上述研究限制，本研究欲探討之主題僅限入境桃園國際機場的航班，研究範圍則僅包含他國入境桃園國際機場此段航程，其他航段 (如自桃園國際機場再飛航至其他機場)、轉機、串飛或多行程行為等，均不在本研究欲探討之範圍中。

有關機場與機場間距離測量方式，考量各航空公司之真實航路規劃會因其營運策略、國情或政治因素考量而有所不同，且真實航路資料亦難以取得，故對於始發機場至桃園國際機場航線的飛航路徑，本研究運用 Great Circle Mapper 網站繪製兩機場間的大圓路徑做為替代，該網站同時可協助計算始發機場至桃園國際機場間的大圓距離 (great circle distance)，以舊金山機場 (SFO) 至桃園國際機場 (TPE) 為例，兩機場間的大圓距離呈現如圖 3.8，距離為 6,469 英里 (mile)。

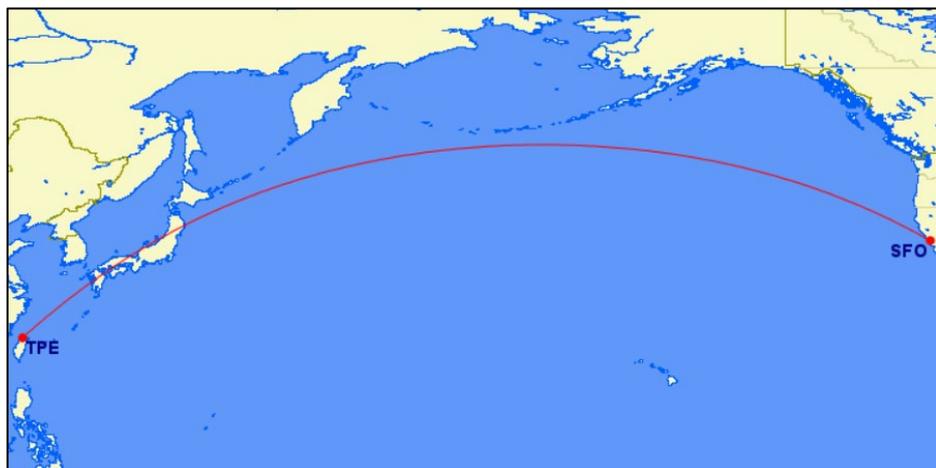


圖 3.8 舊金山 (SFO) 與桃園 (TPE) 兩航點間之大圓距離示意圖



有關用來建立多項羅吉特模型的部分變數，受限於官方資料取得困難或資料庫本身有所缺漏之故，部分資料係以自行量測方式替代，例如部分始發機場的空橋數量於機場官方網站或 Albatross Airport Information 資料庫（簡稱 AI 資料庫）中均無記載，故改採以 Google 地圖空照圖進行人工計數而得，受限於空拍圖的拍攝時間，所計數量可能與真實數量存在差異。又如，始發機場至鄰近城市的距離，因無官方資料，故亦以 Google 地圖輔助量測。

此外，本研究範疇尚包含探索 COVID-19 期間，航空旅運需求變化及相關影響因素，而影響航空客貨運量變化之因子眾多，如貨運部分可能與全球供應鏈調整、國際局勢、海空運輸競合（效率與價格的拉鋸）、海運塞港、罷工等議題有關；而客運部分，航空公司在布建航網、開闢航線或規劃班表時，除了會將空運市場的供需現況、機隊能量、營運成本及預估獲利等因素納入考量外，亦會參依航空器檢修時程、航空人員檢定給證管理、航權、航線利用率、機場歷史時間帶優先權等因素進行調整。

另因疫情演變快速且難以預測，世界各國均依自身疫情控制狀況及他國疫情風險，滾動檢討邊境管制及防疫政策，航空公司僅能被動因應，據以配合調整航班，此亦為影響航空旅運需求的重要因素。以我國與中國大陸兩岸航點開放為例，恢復直航航點因涉及兩國疫情、客運需求、民意及防疫能量等綜合因素，當時係由中央流行疫情指揮中心、大陸委員會及交通部等相關單位，進行綜合考量及通盤規劃後，才公布自 2023 年 3 月 10 日起，除原先北京、成都、廈門和上海浦東、虹橋 5 航點外，恢復開放 10 個定期航班航點。因此，本研究係基於上述複雜且巨觀尺度的背景下，試圖探討有哪些影響因素造就疫情期間不同航線群有不同的韌性表現。

第四章 資料基本分析



4.1 資料概述

本研究使用桃園國際機場有限公司所提供自 2017 年 1 月至 2021 年 1 月間在該機場降落的客貨航班數據。每筆航班數據包括航空公司名稱 (IACO Code)、班機日期、機號、機型、班次號、航班性質 (PAX-客機；EXP-加班客機；CTP-客運包機；CGO-貨機；EXC-加班貨機；CTC-貨運包機)、裝載類型 (是否有客機腹艙載貨)、始發地、實際抵達日期與時間等資訊。

經篩選並統計所有入境航班資料，自 2017 年 1 月至 2021 年 1 月共有來自 210 個始發機場的航班降落於桃園國際機場，經剔除 77 個未定期飛航者，本研究欲探討的入境航班總共來自 133 座始發機場 (如圖 4.1)，分別來自 30 個不同的國家 (機場名稱及 IATA CODE 詳附錄 1)。

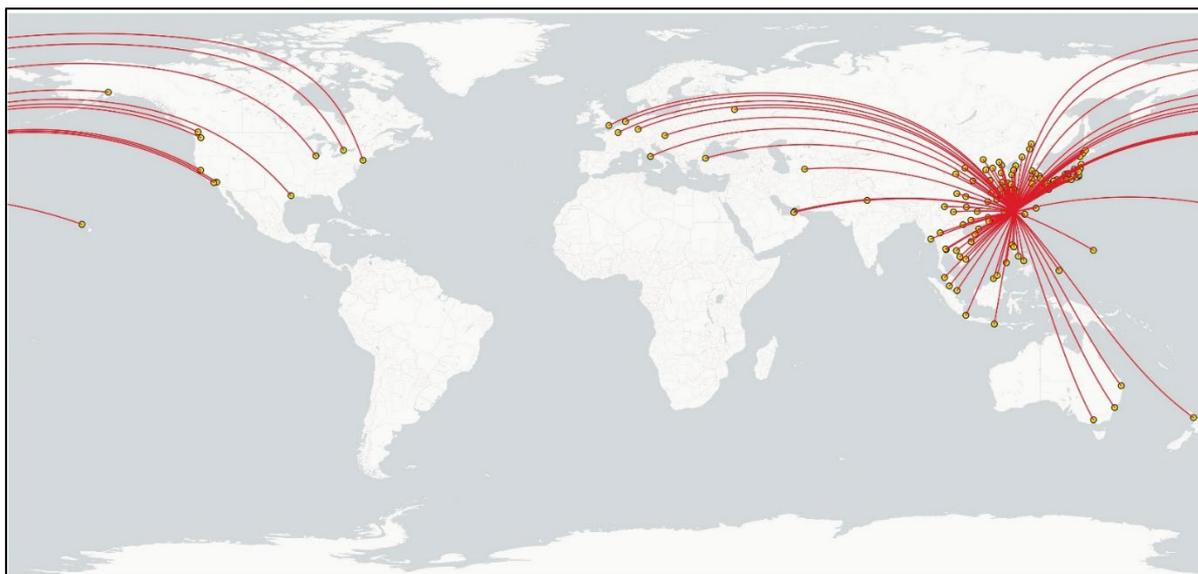


圖 4.1 133 座始發機場入境桃園 (TPE) 之航線分布圖

4.2 敘述性統計分析

4.2.1 疫情前後整體客貨運航班之變化趨勢

為瞭解 COVID-19 發生後，入境桃園國際機場的客貨運航班變化趨勢，本研究將原先 6 種不同性質的入境航班 (PAX-客機；EXP-加班客機；CTP-客運包機；CGO-貨機；EXC-加班貨機；CTC-貨運包機)，分成客運和貨運航班兩大類予以加總，並

進行疫情前後的航班變化趨勢分析。茲分以客運及貨運兩部分說明如下：

1. 客運部分

有關入境桃園國際機場的客運航班數量變化趨勢，如圖 4.2 所示，自 2017 年 1 月起整體飛航架次數呈增長趨勢，於 2020 年 1 月達最高峰計有 1 萬 612 架次，隨著 COVID-19 迅速傳播至全球各地，世界各國陸續實施邊境管制措施以減緩國內疫情升溫速度，諸如旅遊禁令、轉機限制、限制飛航航班數及暫停部分機場起降等，此情迫使航空公司不得不大規模取消航班或甚至停航部分航線，進而造成入境桃園國際機場的航班在 2020 年 2 月後急速衰退，同年 2 月總計飛航 7,070 架次，同年 3 月飛航 3,234 架次，在同年 4 月達最低谷，僅飛航 1,683 架次，與同年 1 月 1 萬 612 架次相比，航班數量減少約 84%，與去(2019) 年 4 月同期 1 萬 22 架次相比，航班數量減少約 83%。在 2020 年 4 月後，入境桃園國際機場的客運航班數量從衰退趨勢逐步轉為恢復趨勢，但整體恢復速度仍遠不及衰退速度。

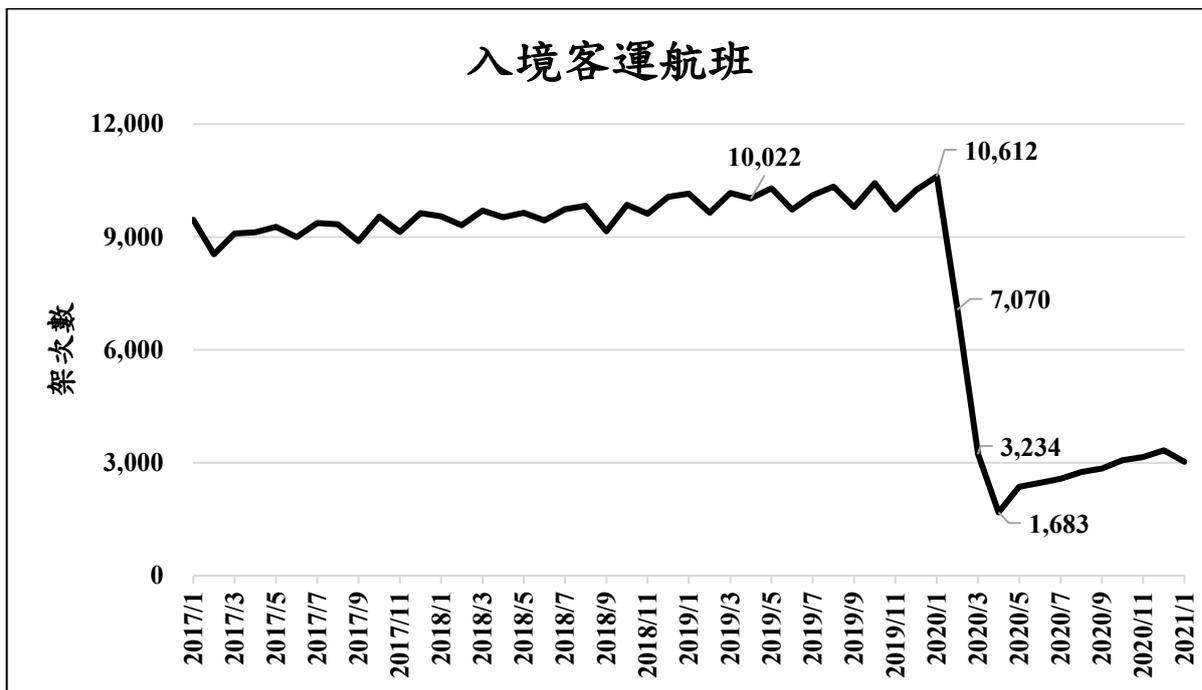


圖 4.2 桃園國際機場入境客運航班之趨勢



2. 貨運部分

有關入境桃園國際機場的貨運航班變化趨勢，如圖 4.3 所示，整體飛航架次數於 2019 年 9 月前持平，並未有明顯增加或減少趨勢，在 2019 年 9 月後，架次數呈上升趨勢，當年度飛航架次數最多的月份為 12 月，總計有 1,034 架次。隨後，COVID-19 疫情在全球開始蔓延，2020 年 1 月飛航架次數下降為 839 架次，較上 (12) 月減少 19%，較去 (2019) 年同期減少 10%，2020 年 2 月飛航 796 架次，較上 (1) 月減少 19%，但較去 (2019) 年同期增加 22%。在此之後，或許是因疫情改變民眾消費習慣，導致線上購物比例大增促使電商物流平臺迅速興起，以及因疫情期間大量產生的疫苗與相關防疫物資載運需求，航空貨運需求受此等因素刺激後有所增長，在需求的帶動下，航空公司較疫情前增飛更多的貨運航班，使整體貨運航班數量從衰退趨勢逐步走向恢復，甚至較疫情前有所成長。以 2020 年 3 月為例，入境貨運航班共計飛航 1,137 架次，較上 (2) 月增加 43%，亦較去 (2019) 年同期亦增加 14%，4 月則較去年同期增加約 17.5%。綜上，疫情對整體貨運航班的衝擊似乎僅限初期，且受疫情影響而取消的貨運航班遠低於客運航班，在 2020 年 3 月後，貨運航班已恢復疫情前的水準，後續並呈現成長的趨勢。

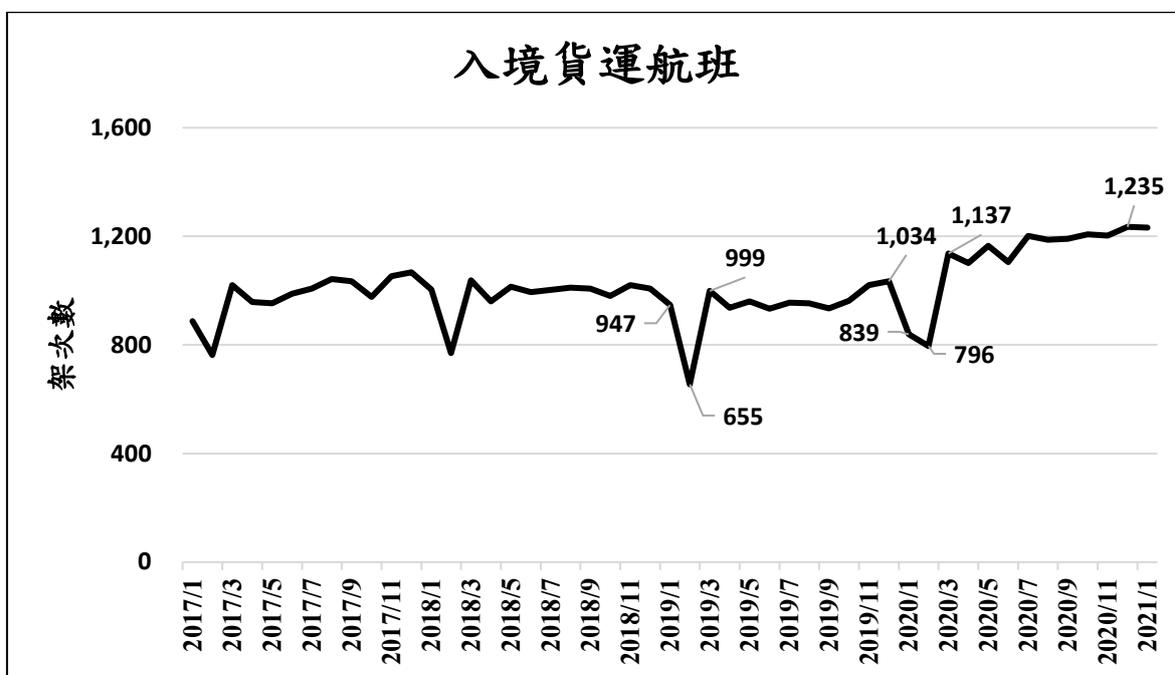


圖 4.3 桃園國際機場入境貨運航班之趨勢

航空公司除了會使用全貨機載運貨物外，亦會搭配使用客機腹艙空間進行載貨，為瞭解整體入境航班之總酬載運能在疫情前後的變化，故本研究在考量不同機型的酬載運能均有所不同下，針對每筆入境桃園國際機場的航班，依據交通部民用航空局 2020 年統計年報表 18 內有關國籍航空器機型規格資料（如表 4.1），將各航班所使用的機型按其最大酬載運能進行換算並加總，得到總入境航班酬載運能變化趨勢如圖 4.4。總入境航班酬載運能變化趨勢與客運航班數量變化趨勢雷同，自 2017 年 1 月起呈上升趨勢，在 2020 年 1 月達到最高峰為 50 萬 9,941 公噸。隨後，COVID-19 全球大流行，各國陸續實施邊境管制及防疫措施，航空公司不得不大幅減少航班，其中就有包含大量的客運航班被取消飛航，進而導致客機腹艙載貨的運能供給急遽減少，自 2020 年 2 月起，整體酬載運能急速衰退，於同年 4 月達到最低谷，僅剩 18 萬 1,263 公噸，較同年 1 月最高峰減少約 64%。在 2020 年 5 月後，總入境航班酬載運逐漸回升，原因可能與入境客運航班數量逐漸恢復，疫苗及防疫物資等航空貨運需求增長，以及交通部民用航空局在同年 4 月開放航空公司得申請客機不載客以腹艙載貨、客艙載貨等彈性政策有關。

表 4.1 國籍航空器機型規格（節錄自交通部民用航空局 2021 年統計年報表 18）

機型/型別	型式及分類	最大起飛重量 (公斤)	最大落地重量 (公斤)	最大酬載 (公斤)
A319-100	噴射客機	76,500	62,500	4,850
A320-200	噴射客機	80,000	64,500	18,971
A321-200	噴射客機	93,000	77,800	21,200
A330-200	噴射客機	230,000	180,000	36,400
A330-300	噴射客機	230,000	185,000	50,462
A350-900	噴射客機	275,000	93,893	132,532
B737-800	噴射客機	78,244	65,317	20,012
B747-400	噴射客機	396,893	285,763	62,975
B777-300ER	噴射客機	351,534	251,290	70,700

機型/型別	型式及分類	最大起飛重量 (公斤)	最大落地重量 (公斤)	最大酬載 (公斤)
B777F	噴射貨機	347,814	260,815	102,000
B787-9	噴射客機	254,011	192,776	53,036
ERJ-190	噴射客機	51,800	44,000	12,720

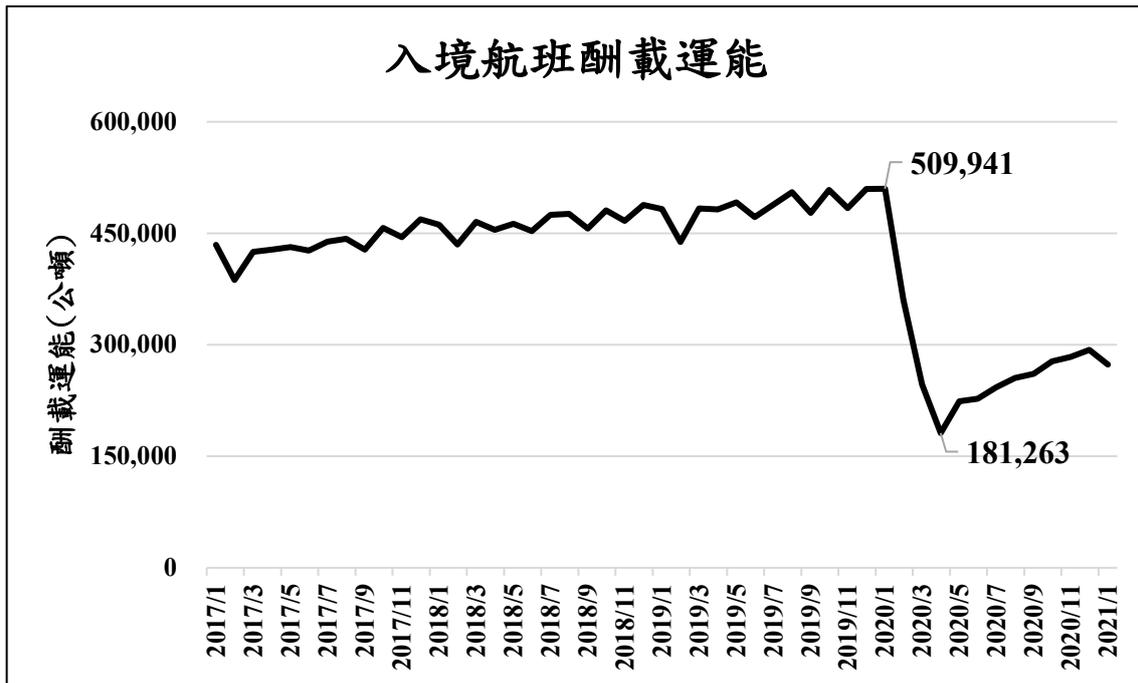


圖 4.4 桃園國際機場入境航班之酬載運能趨勢

4.2.2 依地理分區探討疫情前後入境航班之變化趨勢

為瞭解入境航班受 COVID-19 影響的程度是否與始發地機場的地理位置有關，本研究將所有入境航班依始發地機場的所在地理位置分為 8 個地理分區，分別為中國大陸、香港澳門、東北亞、東南亞、南中西亞、歐洲、北美洲及大洋洲等 (如表 4.2)，並接續分析自該等地理分區入境桃園國際機場的航班數量變化。

表 4.2 始發機場地理分區別

地理分區	群內數量	代表機場
中國大陸	49	北京首都、上海浦東、廈門高崎、成都雙流... 等
港澳	2	香港、澳門

地理分區	群內數量	代表機場
東北亞	32	東京成田、羽田、大阪、仁川、釜山... 等
東南亞	21	曼谷蘇凡納布、胡志明、馬尼拉、雅加達、新加坡... 等
南、中、西亞	5	德里、伊斯坦堡、阿什哈巴德、杜拜 (DXB)、杜拜 (DWC)
歐洲	7	倫敦蓋威克、阿姆斯特丹、巴黎、法蘭克福、羅馬... 等
美洲	10	舊金山、紐約甘迺迪、洛杉磯、芝加哥、溫哥華... 等
大洋洲	7	奧克蘭、布里斯本、雪梨、墨爾本、帛琉... 等

以下茲分以客貨運兩大部分說明來自不同地理分區的入境航班在疫情前後的數量變化情形如下：

1. 客運部分

來自不同地理分區入境桃園國際機場的客運航班數量變化趨勢經本研究整理如圖 4.5，其中以中國、港澳及東北亞等區域線的航班衰退最迅速，推測可能係因該等地區於 COVID-19 爆發後，最先受到疫情影響，且當地及我國政府迅速實施邊境管制政策有關。以兩岸航線為例，兩岸客運定期航線於疫情前總計飛航大陸 51 個航點，空運市場熱絡，後來受疫情影響，我國自 2020 年 2 月 10 日起限縮兩岸客運航線，中國大陸亦公布自同年 3 月 25 日起，虹橋國際及兩岸航班改至浦東起降，爰雙方業者僅得飛航臺灣往返北京首都 (PEK)、上海浦東 (PVG)、成都雙流 (CTU) 及廈門高崎 (XMN) 航線，其餘大陸城市往返臺灣之客運航班皆暫停飛航。在強烈的禁航政策影響下，自中國大陸入境的客運航班數量急遽銳減，所受到的衝擊最為強烈，在 2020 年 2 月即呈現顯著的衰退情形，2 月份飛抵桃園國際機場的航班僅 1,842 架次，與去年同期相比衰退幅度達 81%，直至 2023 年 3 月 10 日我國恢復開放額外 10 個定期航班航點 (深圳、廣州、南京、重慶、杭州、福州、青島、武漢、寧波、鄭州) 及 13 個可申請包機航點 (瀋陽、無錫、海口、長沙、西安、濟南、合肥、南昌、天津、溫州、大連、桂林、徐州) 前，自中國大陸入境的航班數量均未有明顯恢復的趨勢。

至於來自香港及澳門的航班在 COVID-19 發生後亦呈現衰退，最衰退月發生在 2020 年 3 月，每月僅飛航 217 架次，與去年同期相比衰退幅度達 86%，

隨後則緩慢地恢復；東南亞及東北亞最衰退月發生的時間點較晚，均在 4 月到達最低點，衰退幅度與去年同期相比分別為 83% 及 89%，隨後則緩慢地恢復。整體來說，來自亞洲地區的航班，在疫情爆發後最先受到影響，約在 2020 年 2 月及 3 月影響最嚴重，衰退幅度均超過 8 成，之後除了兩岸限航政策尚未解除導致來自中國大陸的航班未復甦外，其餘航線的航班均以緩慢的速度恢復中。

另外，來自北美洲、歐洲、南亞、中亞、西亞、大洋洲等長程航線航班部分，該等航線航班在 COVID-19 影響下，其衰退速度較東亞地區和緩，航班數量最衰退月份大約落在 2020 年 4 月，除了南中西亞與去年相比衰退 91%，幅度最高之外，其餘航線航班之衰退比例約 50%-70% 間，受疫情影響的幅度較區域航線平均約 80% 來的和緩，其中又以來自北美洲的客運航班影響較小，與去年同期相比衰退 57%。至於恢復情形部分，長程航線航班均在 2020 年 4 月後逐漸恢復，除了來自南中西亞洲航班外，其餘則以接近衰退的速度恢復，而其中又以來自北美洲的航班表現最佳，甚至在 2020 年 12 月已恢復接近疫情前的水準。

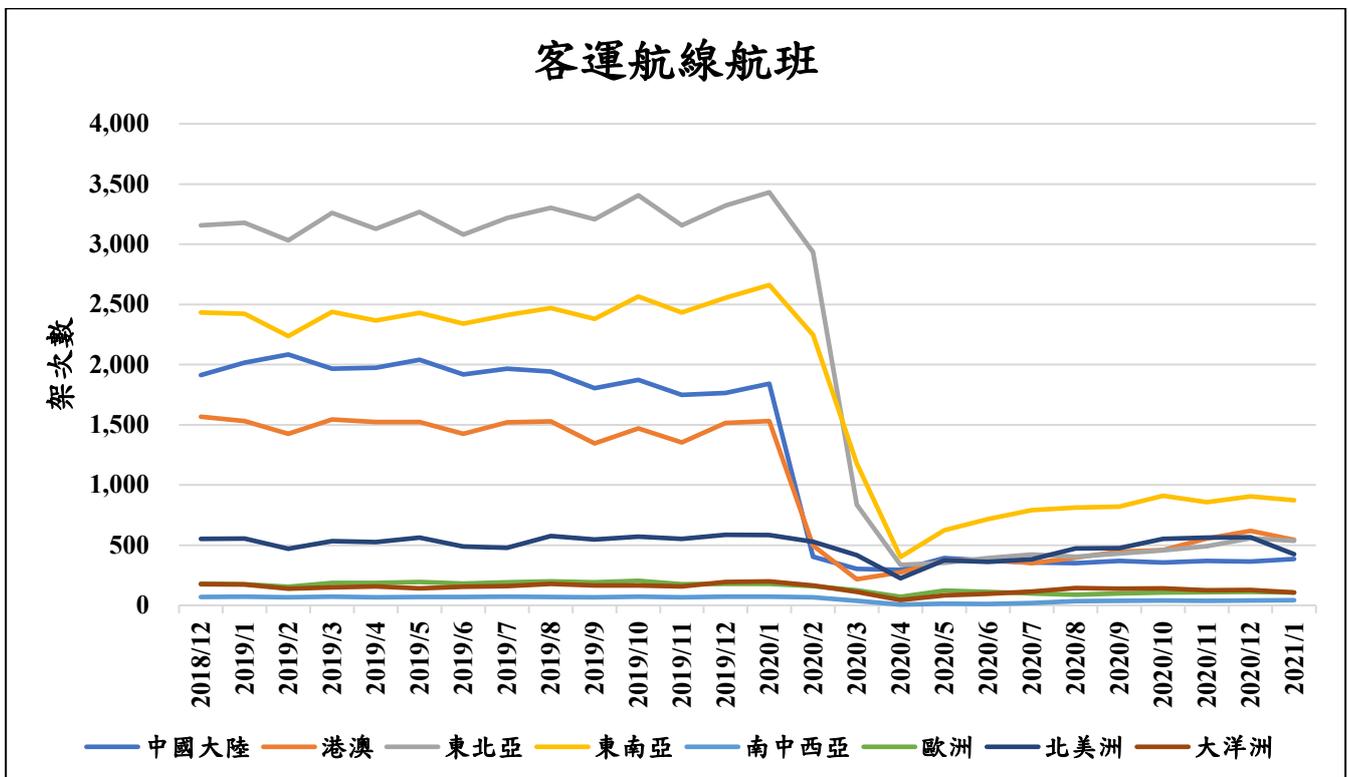


圖 4.5 自各地理分區入境桃園國際機場之客運航班趨勢

此外，依據本研究分析結果顯示，來自南半球的入境客運航班，其衰退幅度小於來自北半球的入境航班。以來自澳洲雪梨機場 (SYD) 與來自日本東京成田機場(NRT)的客運航班為例 (如圖 4.6)，在疫情初期，來自雪梨機場的客運航班從 2020 年 1 月的 49 架次逐月減少，在同年 4 月達到最低谷僅 20 架次，衰退幅度達 59%，隨後則迅速恢復，甚至有較疫情前成長的趨勢。而來自東京成田機場的客運航班在疫情發生後，從 2020 年 1 月的 557 架次逐月衰退，至同年 4 月達最低谷僅有 82 架次，衰退幅度達 85%，隨後則緩慢回升，直到 2021 年 1 月仍未恢復至疫情前的水準。不論以衰退速度或衰退幅度來看，來自雪梨機場入境的客運航班均小於或低於來自東京成田機場入境的客運航班，最衰退當月的衰退幅度差距約 26%；另在航班恢復速度與幅度部分，自雪梨機場入境的客運航班亦優於自東京成田機場入境的客運航班。基上，同樣在疫情期間，自南半球雪梨機場入境桃園國際機場的航班，其韌性表現優於自北半球東京成田機場入境桃園國際機場的航班，疫情期間航班數量受影響的幅度較輕微且過程和緩，在進入恢復期後，航班恢復的速度較迅速且幅度較大。

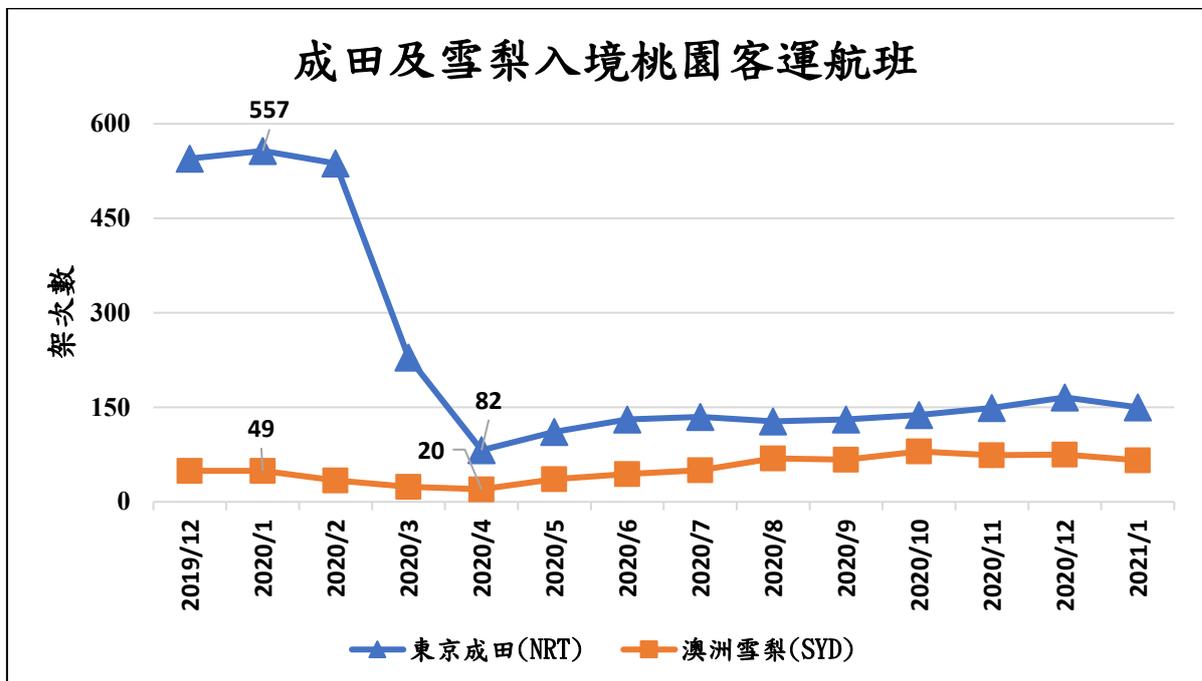


圖 4.6 成田-桃園及雪梨-桃園客運航班之趨勢比較圖



2. 貨運部分

來自不同地理分區入境桃園國際機場的貨運航班經本研究整理如圖 4.7，首先按照歷年的航班數量變化趨勢可觀察到，各航線別的貨運航班在每年的 2 月與其他月份相比，均有顯著減少的情形，隨後即於隔月恢復，推測可能係因 2 月天數較少且適逢農曆春節連續假期所致，在 COVID-19 發生後亦有上述情形。另外，入境桃園國際機場的貨運航班在疫情發生初期與客運航班相同，均受到疫情衝擊呈現衰退趨勢，但在 2020 年 3 月後，貨運航班已逐漸恢復至疫情前水準並持續成長。

在衰退階段部分，衰退幅度較大的為來自歐洲的貨運航班，最衰退月發生在 2020 年 5 月未有航班飛航，與去年同期相比衰退幅度達 100%，接續依據此原則將各地理分區最衰退月的貨運航班數量與去年同期進行比較，衰退幅度由大至小依序為來自南中西亞 (-25%)、中國 (-15%)、東北亞 (-11%) 及北美洲 (-11%) 的航班，而來自東南亞的貨運航班則受疫情影響最為輕微，僅衰退 7%；至於來自大洋洲的貨運航班於疫情前僅有零星數量，而在疫情發生後即有所衰退，在 2020 年 5 月之後幾乎就沒有航班；而來自香港及澳門的航班較其他地理分區的航班有顯著的不同，最衰退月發生在 2020 年 2 月，計有 151 班，與去年同期相比反向成長 26%，推測可能與我國自 2020 年 2 月實施兩岸航班限航政策，導致原先中國大陸的貨運需求轉移至香港及澳門有關。

在恢復階段部分，除了來自南中西亞、歐洲及大洋洲的貨運航班之外，其餘航線航班在 2020 年 2 月之後就陸續以相近疫情發生之後的衰退速度恢復，甚至均有較疫情前成長的情況，以來自中國的航班為例，2021 年 1 月的航班數 270 架次，較去 (2020) 年 1 月的航班數 173 架次相比，成長約 56%，亦較疫情前 2020 年 11 月的承平時期 228 架次相比，成長約 18%，顯示貨運航班整體受 COVID-19 影響較客運航班輕微，而恢復情形亦較客運航班良好。

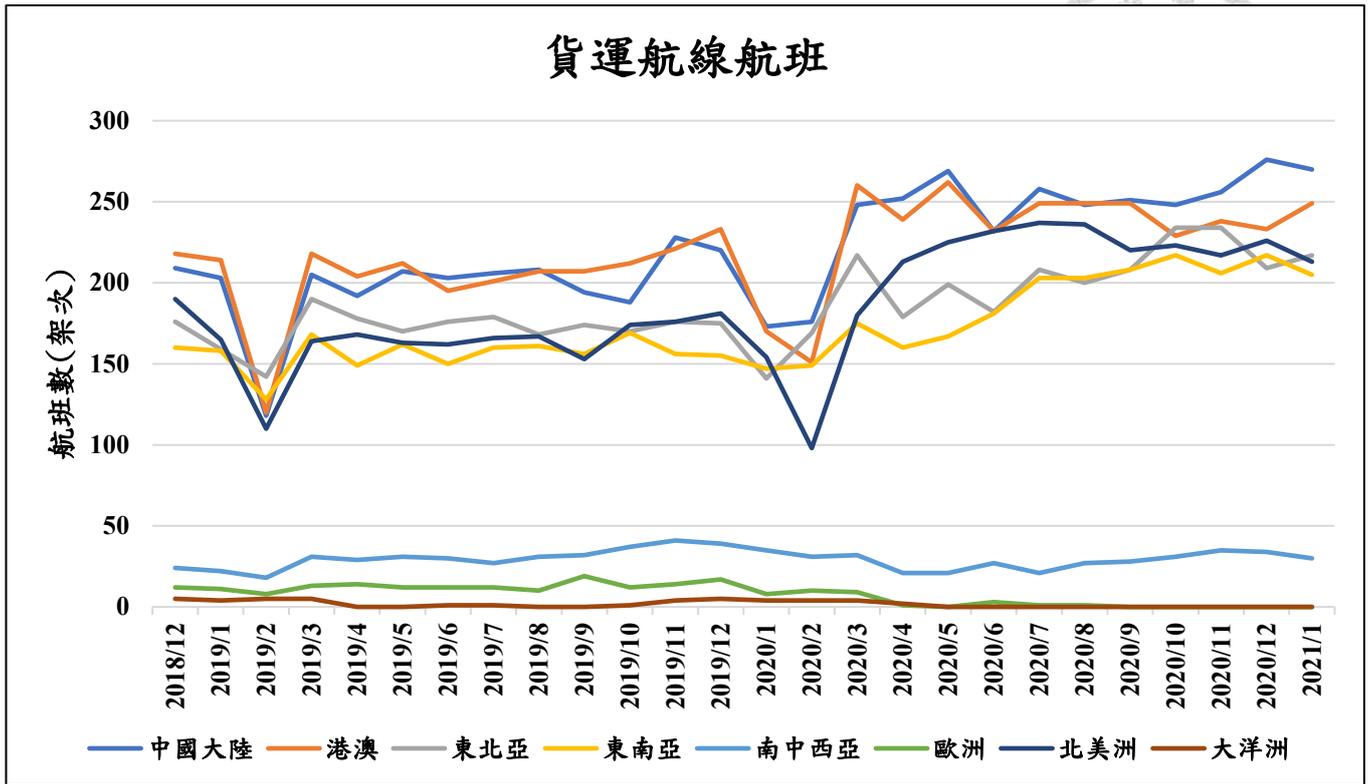


圖 4.7 自各地理分區入境桃園國際機場之貨運航班趨勢

4.3 小結

綜上，在 COVID-19 發生後，客運部分以來自亞洲區域航線的航班最先受疫情影響，最衰退月約發生在 2020 年 2 至 3 月，衰退幅度超過 8 成；來自北美洲、歐洲等長程航線航班，衰退速度較和緩，最衰退月約發生在 2020 年 4 月，衰退幅度約 5 至 7 成，其中又以來自北美洲的客運航班影響較小，與去年同期相比衰退 57%，在客運恢復部分，同樣以來自北美洲的航班表現最佳，在 2020 年 12 月幾乎已恢復至疫情前水準；如以南北半球作為區分，來自南半球的入境客運航班，其衰退幅度小於來自北半球的入境航班。另外在貨運航班部分，整體僅在疫情初期受到影響，所受衝擊程度亦小於客運，在 2020 年 3 月後，除歐洲、大洋洲及南亞、中亞及西亞等地區外，其餘航線的貨運航班幾乎已恢復至疫情前水準並持續成長。

第五章 資料分群與羅吉特模式



5.1 資料分群

本研究針對總計來自 133 個始發機場入境桃園國際機場的航線航班，以航班性質區分為客運航班及貨運航班，接續依據 3.2 節所整理與韌性相關的 4 種特徵變數：衰退斜率 (2019 年 12 月與最衰退月的航班數量變化斜率)、衰退幅度 (最衰退月與去年同月相比的航班數量減少幅度)、震盪期 (介於震盪期的總月數)、恢復斜率 (震盪期結束前 1 月與 2021 年 1 月的航班數量變化斜率)，以 K-means 演算法分別對客貨運航線的航班進行分群，輔以輪廓係數 (silhouette coefficient) 評估群與群之間的離散程度，作為決策分群數量的參考。

5.1.1 決定資料分群數目

在執行 K-means 演算法前，需先決定所要分群的群集數量，以利後續隨機選定與群集數量相同的數個點位做為群集中心，續依資料點與群集中心的距離遠近進行聚類。有關客運航線航班部分，在 133 條入境桃園國際機場的航線中，總計有 129 條航線飛航客運航班，為評估最佳分群數量，本研究將 129 條航線以分為 2 群開始，逐一測試至分為 10 群，結果所對應之輪廓係數值如圖 5.1，其中分為 2 群能得到最大的輪廓係數值 0.8，分成 4 群次之 (輪廓係數值為 0.71)，而分為 6 或 7 群則有最小輪廓係數值為 0.55。雖然將 129 條客運航線分為 2 群能得到最大的輪廓係數值，代表在所有測試結果中，可得到最小群內變異與最大群與群之間變異，但可能受到我國自 2020 年 2 月起對來自中國大陸的航班實施邊境管制政策僅剩 5 航點可飛航，而其他航點航班均暫停飛航之故，經過測試，若將客運航線僅分為 2 群容易使來自中國大陸的航線航班過於集中於某一群中，故本研究在客運航線部分，群集數量最終決定採用輪廓係數值次優的 4 群，將 129 條入境桃園國際機場的客運航線分為 4 群進行後續探討，各群內所包含的始發機場詳附錄 2。

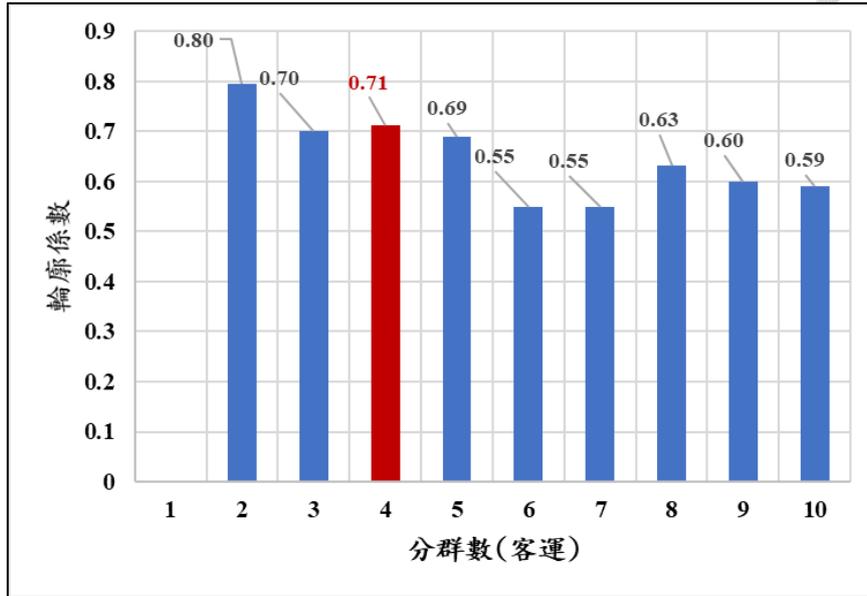


圖 5.1 客運航線之分群績效圖

有關貨運航線航班部分，在 133 條入境桃園國際機場的運航線中，總計有 30 條航線飛航貨運航班。經比照客運航線的模式，將該等貨運航線自分為 2 群至分為 10 群逐一測試，結果所對應之輪廓係數值如圖 5.2，其中分為 3 群能得到最大的輪廓係數值 0.67，分成 2 群次之（輪廓係數值為 0.66），而分為 8 群則有最小輪廓係數值為 0.42。最終在貨運航線部分，本研究採用輪廓係數值最大的 3 群做為群集數量，將 30 條入境桃園國際機場的貨運航線分為 3 群進行後續分析，各群內所包含的始發機場詳附錄 3。

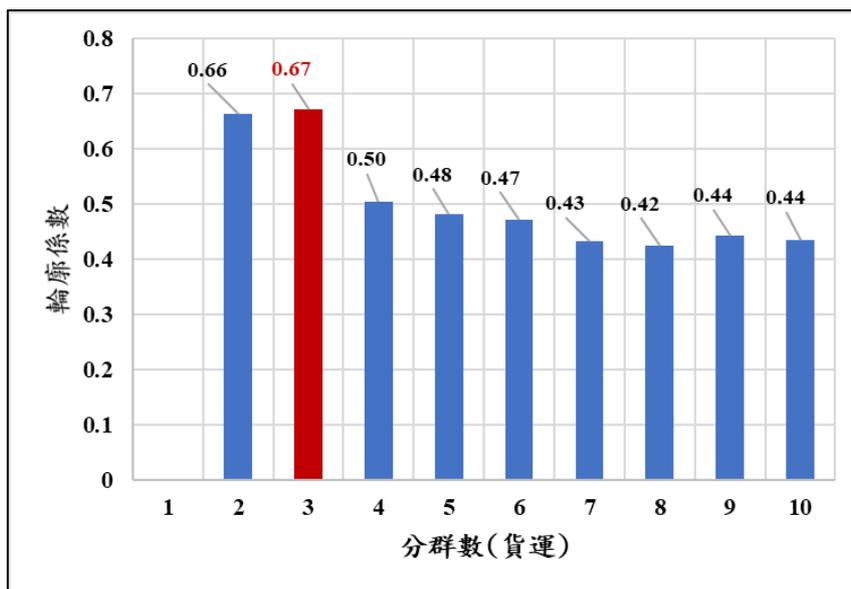


圖 5.2 貨運航線之分群績效圖



5.1.2 各分群特性分析與說明

1. 客運航線航班分群概況

本研究將 129 條入境桃園國際機場的客運航線航班分為 4 群，第一群包含 34 條航線、第二群包含 81 條航線，第三群包含 13 條航線、第四群僅包含 1 條航線。有關各客運航線群之始發機場分布圖如圖 5.3，亞洲地區的局部分布圖如圖 5.4。由圖 5.3 可觀，第一群的始發機場分布位置最為分散，遍布亞洲、歐洲、北美州及大洋洲；第二群大多集中於亞洲，尤其以來自中國大陸的機場為大宗；第三群大多分布於亞洲、歐洲及大洋洲；第四群則僅有香港—桃園 1 條航線。

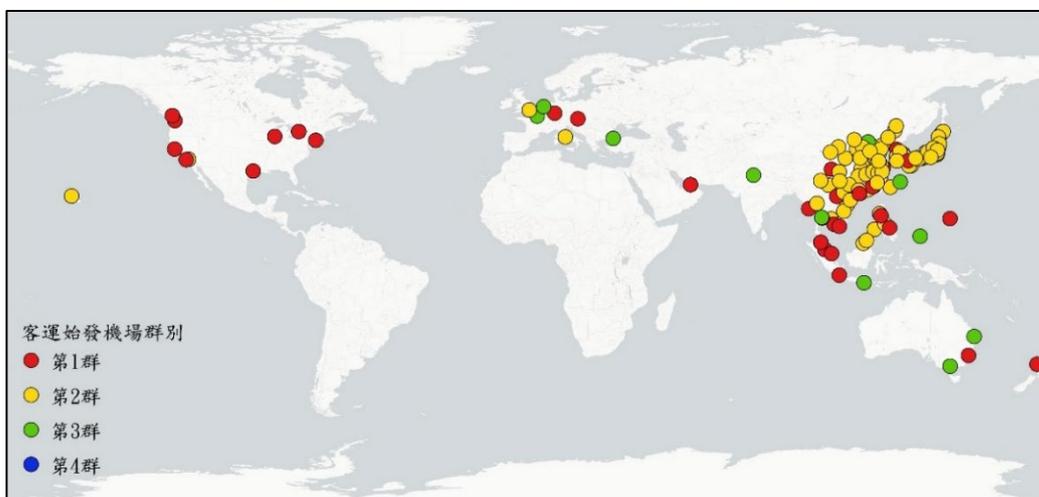


圖 5.3 客運始發機場分布圖



圖 5.4 客運始發機場局部分布圖 (亞洲地區)

為分析各客運航線航班群集在遭遇 COVID-19 時的韌性表現，本研究在客運航線航班被分為 4 群的基礎上，將每一個分群的韌性特徵變數以平均值表示並整理如表 5.1，其中第四群的平均衰退斜率絕對值為 10.637，為 4 群之最，平均衰退速度約 319 架次/月，且第四群的平均衰退幅度位居第二，最衰退月航班數較去年同期減少約 85%，代表在 COVID-19 爆發之初，第四群所受影響較為迅速且嚴重，而第四群內僅包含香港—桃園 1 條航線，其客運航班的變化趨勢如圖 5.5 所示。

表 5.1 客運分群之韌性特徵表

群	韌性變數 群內數量	平均 衰退斜率	平均 衰退幅度 (%)	平均 震盪期 (月)	平均 恢復斜率
一	34	-1.095	69.4	1.53	0.133
二	81	-0.324	100	10.99	0
三	13	-0.573	83.5	5.62	0.073
四	1	-10.637	85.2	1	0.951

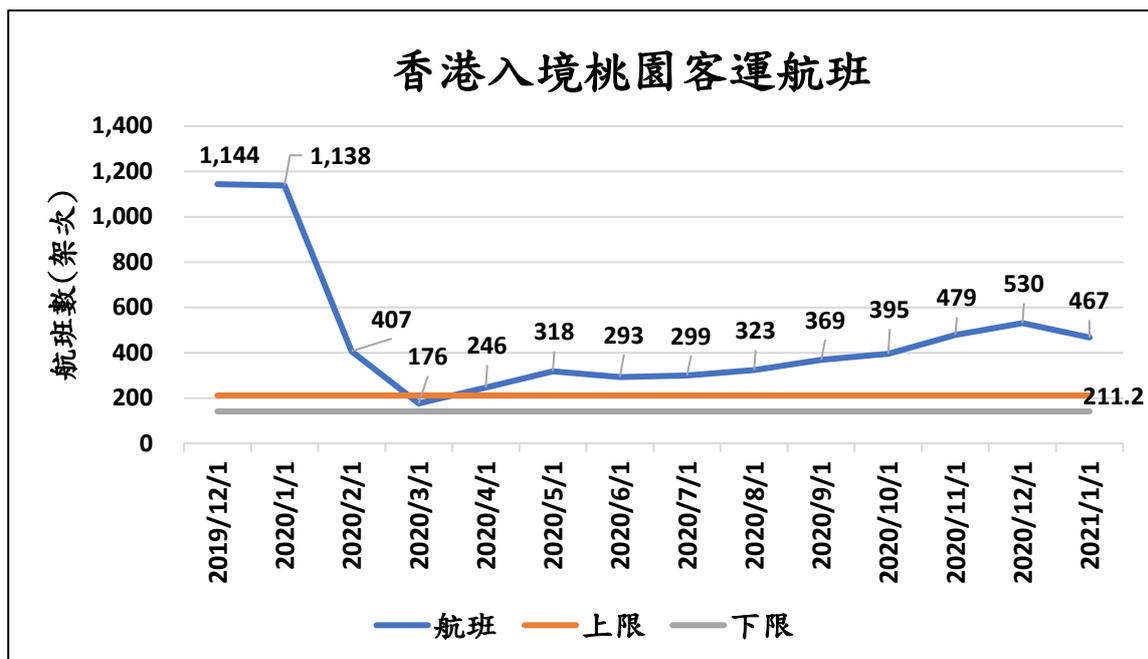


圖 5.5 香港 (HKA) 入境桃園 (TPE) 客運航班趨勢

至於客運 4 群中衰退速度較和緩者為第二群，其最小平均衰退斜率絕對值為 0.324，平均衰退速度約 10 架次/月，為 4 群中最慢者，但同時第二群卻有 4 群中最大的平均衰退幅度，最衰退月的航班數相較去年同期平均衰退幅度幾乎達到 100%，部分航線已接近停航的狀態，該群亦有最長的平均震盪期長達 11 個月，相較僅經歷 1 個月震盪期即從衰退低谷逐步恢復的第四群，第二群的航線航班受疫情影響致航班數量衰退的情形，自 2020 年初延續至 2021 年均未有顯著恢復。

另外在平均恢復斜率部分，第四群的香港—桃園表現最為優異，以 29 架次/月的速度大幅領先其餘 3 群，為表現次佳的第一群平均 4 架次/月恢復速度的 7 倍。至於恢復速度表現最差者為第二群，其平均恢復斜率為 0，僅有檀香山—桃園航線恢復斜率為極低的 0.033，代表截至 2021 年 1 月以前，第二群航線的航班幾乎未有恢復。

綜上所述，COVID-19 發生後，客運航線航班數量衰退最快速者為第四群(香港)，而其最衰退月較去年同期衰退 85%，衰退幅度排行第 2，但第四群在經歷僅約 1 個月的震盪期後即進入恢復期，且在恢復階段的恢復速度亦為客運 4 群中表現最佳者。至於航班數量衰退幅度最大者為涵蓋最多來自中國大陸航線的第二群，其最衰退月較去年同期衰退 100%，於 2021 年 1 月前一直處在震盪期中，並在其他 3 群航線於疫情趨緩逐步恢復航班之際，第二群的航線航班卻仍未有所恢復，在疫情期間屬於韌性表現較差者。有關客運航線各分群於韌性特徵變數表現之敘述性統計如表 5.2 至表 5.5。

表 5.2 客運分群之衰退斜率敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	-1.095	-0.489	1.163	-3.835	-0.052
二	-0.324	-0.242	0.369	-2.835	0.000
三	-0.573	-0.296	0.646	-2.262	-0.115
四	-10.637	-10.637	N/A	-10.637	-10.637

表 5.3 客運分群之衰退幅度敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	69.4	77.4	33.9	83.3 (成長)	100
二	100	100	0	100	100
三	83.5	91.3	21.7	31.9	100
四	85.2	85.2	N/A	85.2	85.2

表 5.4 客運分群之震盪期敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	1.5	1	0.788	1	3
二	11	11	0.733	9	13
三	5.6	5	1.502	4	8
四	1	1	N/A	1	1

表 5.5 客運分群之恢復斜率敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	0.133	0.097	0.099	0.015	0.32
二	0	0	0.004	0	0.033
三	0.073	0.067	0.047	0.015	0.16
四	0.951	0.951	N/A	0.951	0.951

另為瞭解客運 4 群在遭遇 COVID-19 影響時的綜合韌性表現，故本研究將各航線航班在經歷衰退、震盪及恢復階段的韌性特徵均納入評估，並將本研究所提出的 4 種韌性特徵變數視作 4 種韌性指標，同時假設每個韌性指標的權重均相同，接續利用各指標中的最大值及最小值進行歸一化 (normalization) 如公式 (5.1)，將資料點的數值縮放至 0 至 1 區間，做為各群於每種指標項下的得分 (如表 5.6)，然後加總各群於上述 4 種指標的總得分如圖 5.6，如數值愈大代表疫情期間的韌性表現可能愈好，結果由高至低排序為：第一群、第四群、第三群、第二群，其中第二群的綜合表現明顯落後其他三群，代表該群的整體韌性表現較差，受 COVID-19 影響程度較大，且需更長的時間恢復至疫情前的水準。

$$x_i(norm) = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (5.1)$$

$x_i(norm)$ = 資料點 i 的歸一化結果

表 5.6 客運分群之各群韌性特徵表 (歸一化後)

群	韌性變數 群內數量	平均 衰退斜率	平均 衰退幅度	平均 震盪期	平均 恢復斜率	總計
一	34	0.925	1	0.950	0.140	3.015
二	81	1	0	0	0	1
三	13	0.976	0.539	0.538	0.077	2.13
四	1	0	0.484	1	1	2.484

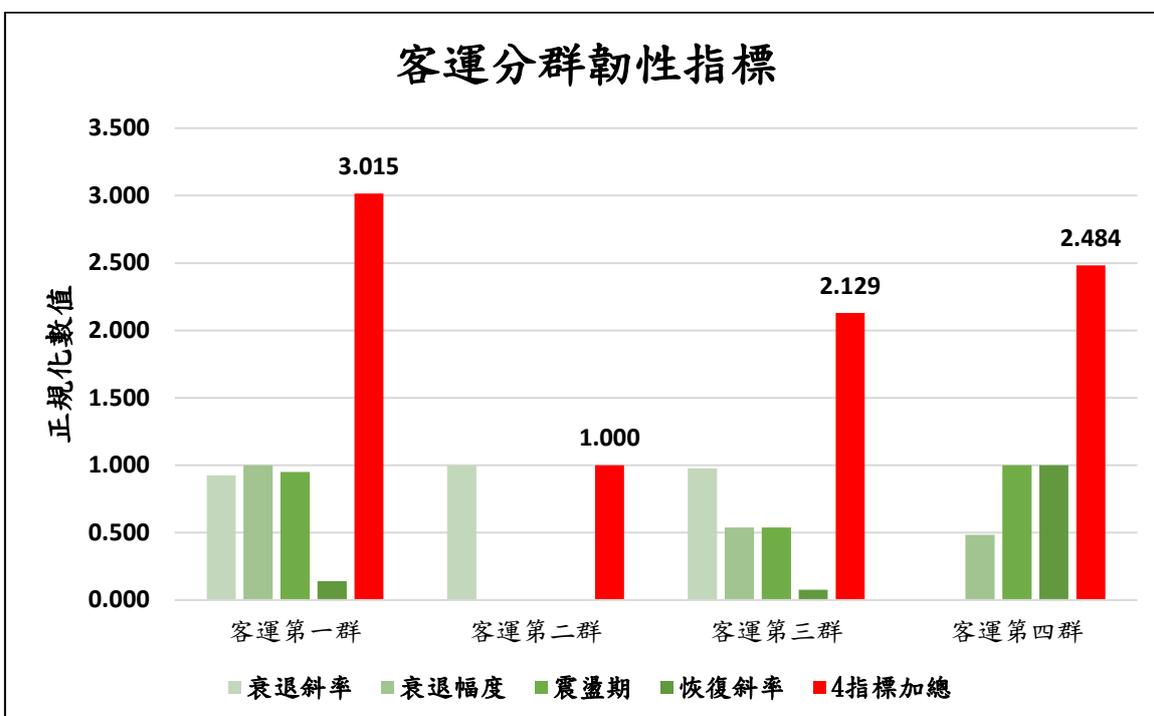


圖 5.6 客運分群之韌性指標比較圖

2. 貨運航線航班分群概況

本研究將 30 條入境桃園國際機場的貨運航線航班分為 3 群，第一群包含 2 條航線、第二群包含 8 條航線，第三群包含 20 條航線。有關各貨運航線群之始發機場分布圖如圖 5.7，第一群均位於亞洲，分別來自上海浦東及菲律賓克拉克 2 座機場；第二群主要分布於亞洲，包含日本大阪、韓國仁川、泰國曼谷（蘇凡納布）等東北亞及東南亞重要樞紐機場；第三群分布範圍最為遼闊且

分散，涵蓋亞洲、歐洲及北美洲等地區，包含洛杉磯、舊金山、安克拉治、法蘭克福等 8 條長程航線，以及名古屋、東京、香港、新加坡等 12 條區域航線，其中來自亞洲地區者佔 60%，而亞洲地區內又以來自中國大陸為大宗，如南京祿口、重慶江北、深圳寶安、廈門高崎及廣州白雲等機場。

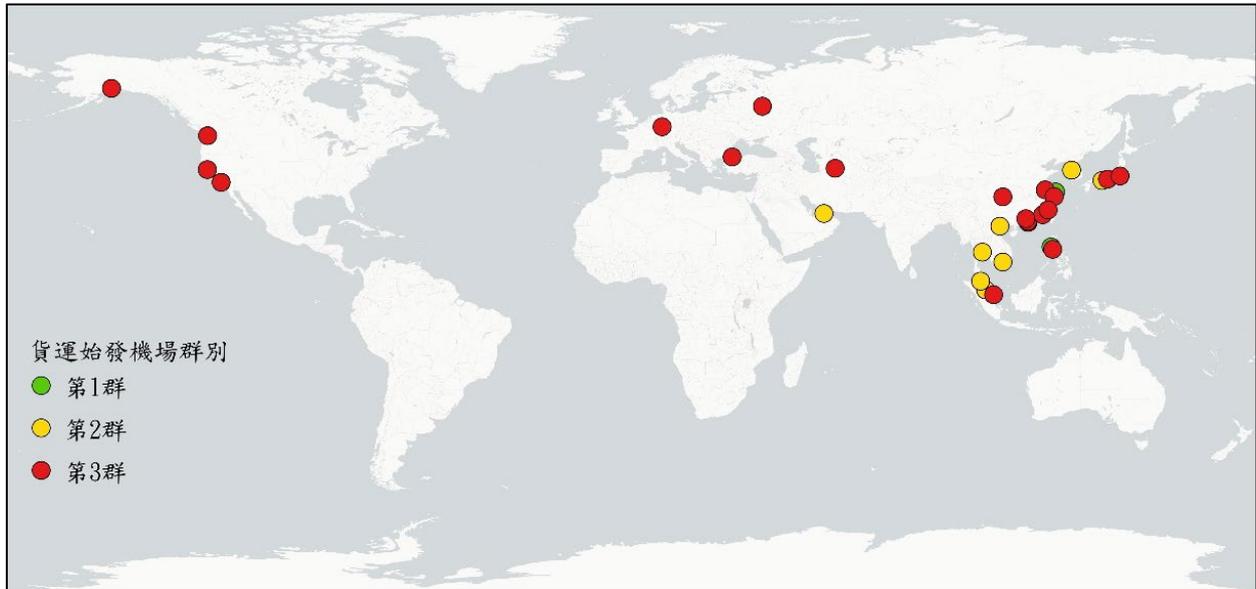
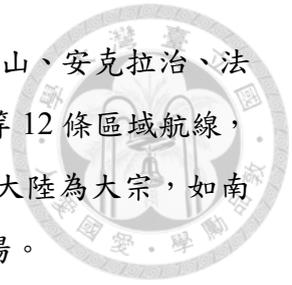


圖 5.7 貨運始發機場分布圖

為分析各貨運航線航班群集在遭遇 COVID-19 時的韌性表現，本研究在貨運航線航班被分為 3 群的基礎上，將每一個分群在韌性特徵變數上的表現以平均值表示並整理如表 5.7。在平均衰退斜率絕對值部分，第三群有最大值為 0.251，航班數量平均衰退速度約為 8 架次/月，而第二群則有平均衰退斜率絕對值的最小值為 0.08，航班數量衰退速度約為 2 架次/月，為 3 群中衰退速度最為緩慢者，將衰退速度最快的第三群與最慢的第二群進行比較，兩者差異約 3 倍，但仍未及客運航線群別中，最大值為最小值 9 倍之大幅差距情形。

表 5.7 貨運分群之各群韌性特徵表



群	韌性變數 群內數量	平均 衰退斜率	平均 衰退幅度(%)	平均 震盪期(月)	平均 恢復斜率
一	2	-0.162	4.8	12	0.033
二	8	-0.08	10.1	5.63	0.096
三	20	-0.253	25.1	1.5	0.06

有關平均衰退幅度部分，幅度最大者為第三群，其最衰退月的航班數較去年同期減少 25%，其中自伊斯坦堡及阿什哈巴德入境桃園國際機場的貨運航班受影響最大，在疫後幾乎未有飛航，自舊金山、洛杉磯、法蘭克福等入境桃園且航程較長的貨運航班，其最衰退月的航班數也較去年同期減少超過 50%，屬於衰退幅度較大者，而自廣州、廈門、香港、馬尼拉及新加坡入境桃園國際機場且航程較短的貨運航班，其衰退幅度則較小，僅較去年同期減少約 2 至 3 成。至於貨運 3 群中衰退幅度最小為第一群，其最衰退月的航班數較去年同期僅減少 4.8%，第二群則居中約衰退 10%。

至於平均震盪期部分，最長者為第一群約 12 個月，最短則為第三群約 1.5 個月。另在平均恢復斜率部分，3 群的恢復速度差異不大，最快速為第二群，恢復斜率值為 0.096，航班數量恢復速度約 3 架次/月，最慢則為第一群，恢復斜率值為 0.033，恢復速度約 1 架次/月。

綜上所述，COVID-19 發生後，貨運航線受疫情導致航班減少的情形較客運航線航班輕微，其中貨運航線航班數量衰退最快速者為第三群，且該群衰退幅度亦最大，最衰退月的航班數約較去年同期減少 25%，在疫情初期屬於韌性表現較差者，該群在經歷短暫約 1.5 個月的震盪期後，以 2 架次/月的速度緩慢恢復航班。至於來自東北亞及東南亞重要樞紐機場的第二群，在疫情初期航班衰退的速度最為和緩，約 2 架次/月，最衰退月的航班數約較去年同期減少 10%，該群在恢復速度部分亦為 3 群中最快者，約 3 架次/月。有關貨運航線各分群於韌性特徵變數表現之敘述性統計如表 5.8 至表 5.11。

表 5.8 貨運分群之衰退斜率敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	-0.162	-0.162	0.136	-0.258	-0.066
二	-0.080	-0.057	0.074	-0.194	0
三	-0.253	-0.153	0.315	-1.323	0

表 5.9 貨運分群之衰退幅度敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	4.8	4.8	13.2	4.5 (成長)	14.1
二	10.1	19.2	30.7	44.4 (成長)	40.7
三	25.1	20.5	41.9	66.7 (成長)	100

表 5.10 貨運分群之震盪期敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	12.0	12	2.828	10	14
二	5.6	6	0.916	4	7
三	1.5	1	0.761	0	3

表 5.11 貨運分群之恢復斜率敘述性統計

群	平均值	中位數	標準差	最小值	最大值
一	0.033	0.033	0.047	0	0.066
二	0.096	0.104	0.061	0.016	0.205
三	0.060	0.045	0.068	-0.02	0.293

另為瞭解貨運 3 群在遭遇 COVID-19 影響時的綜合韌性表現，本研究亦比照客運 4 群的模式，將 4 種韌性特徵變數視作 4 種韌性指標，同時假設每個韌性指標的權重均相同，接續進行歸一化 (normalization) 將資料數值縮放至 0 至 1 區間，做為各群於每種指標項下的得分 (如表 5.12)，然後加總上述 4 種指標的總得分如圖 5.8，如數值愈大即代表疫情期間的韌性表現可能愈好，結果由高至低排序為：第二群、第一群、第三群，其中第二群的綜合表現明顯領先其他 2 群，代表該群的整體韌性表現較佳，受 COVID-19 影響程度較小，能夠以較快的速度恢復至疫情前的水準。

表 5.12 貨運分群之各群韌性特徵表 (歸一化後)

群	韌性變數 群內數量	平均 衰退斜率	平均 衰退幅度	平均 震盪期	平均 恢復斜率	總計
一	2	0.526	1	0	0	1.526
二	8	1	0.739	0.607	1	3.346
三	20	0	0	1	0.429	1.429

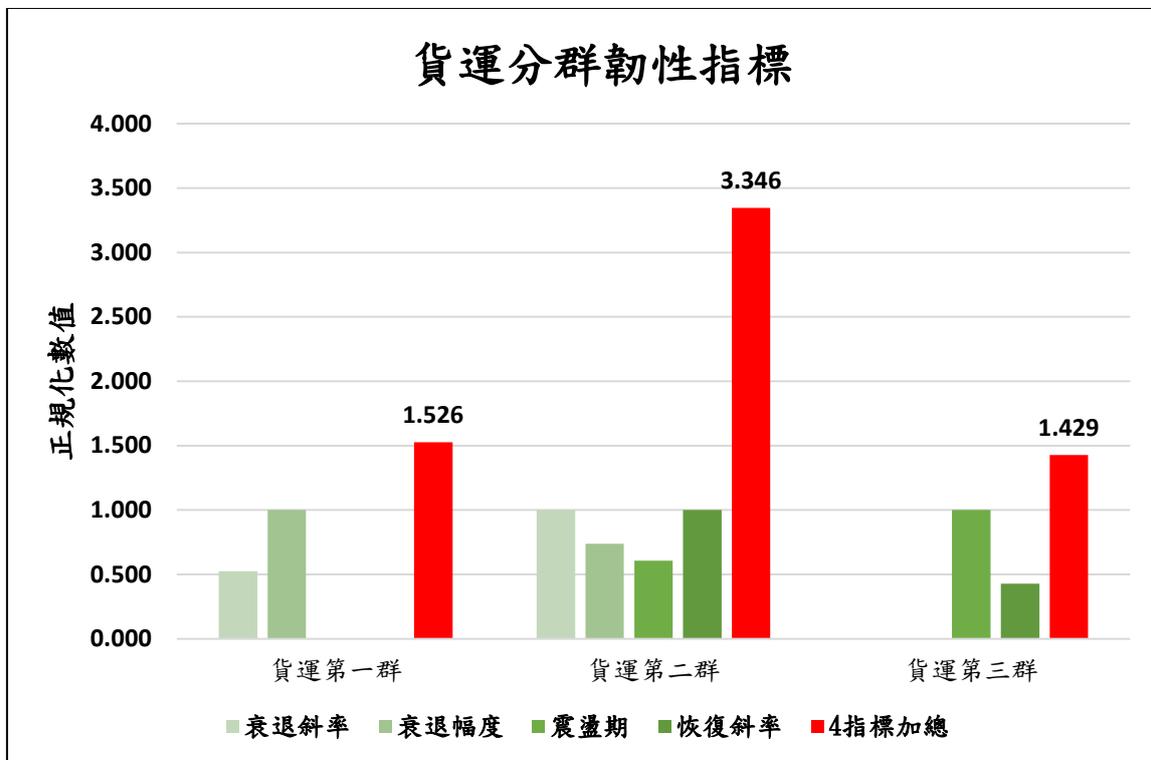


圖 5.8 貨運分群之韌性指標比較圖



5.1.3 分群結果探討

1. 客運

(1) 第一群：「衰退迅速，恢復緩慢；長程與區域航線混和，北美洲、東北亞、東南亞的樞紐機場居多」

客運第一群總計有 34 條航線，包含 13 條長程航線及 21 條區域航線，長程航線佔比為 38%、區域航線佔比為 62%，區域航線的數量略多於長程航線，航線分布如圖 5.9。長程航線航班主要來自北美洲的樞紐機場包含：紐約甘迺迪 (JFK)、芝加哥 (ORD)、休士頓 (IAH)、舊金山 (SFO)、洛杉磯 (LAX) 及西雅圖 (SEA) 等，而區域航線航班除有來自東北亞的樞紐機場如東京成田 (NRT)、大阪 (KIX)、仁川 (ICN)、上海浦東 (PVG) 外，亦有許多航班來自東南亞的樞紐機場如：河內 (HAN)、胡志明市 (SGN)、曼谷蘇凡納布 (BKK)、吉隆坡 (KUL)、馬尼拉 (MNL)、新加坡 (SIN) 等。

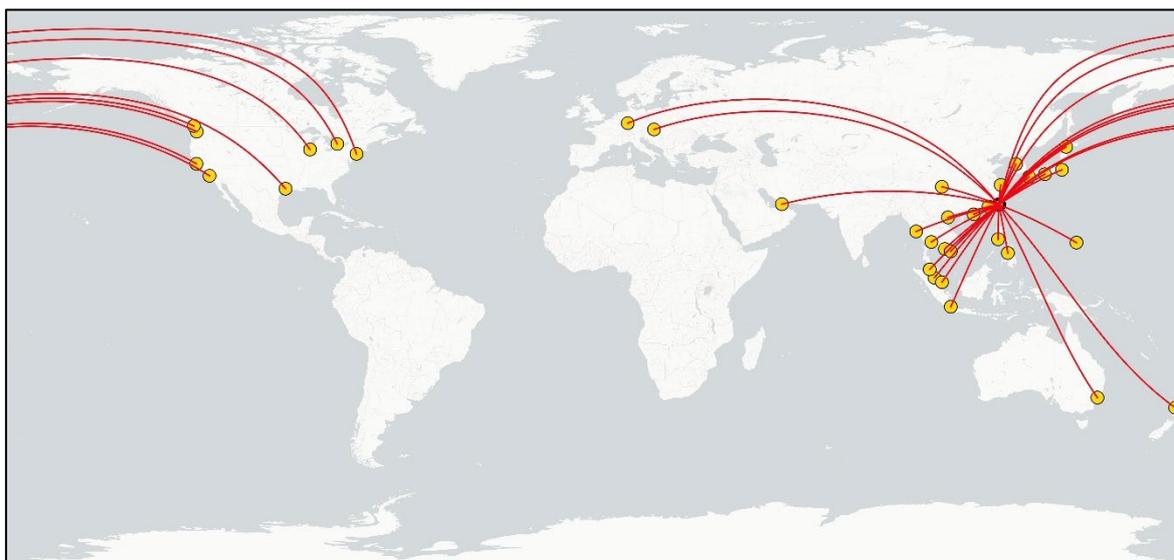


圖 5.9 客運第一群之航線分布圖

客運第一群在 COVID-19 影響之下，航班數量的平均衰退斜率為-1.095，取絕對值後在客運 4 群中由大至小排名第二，屬於航班數量受疫情衝擊後衰退較迅速的群，平均衰退速度約為 33 架次/月，僅次於第四群的 319 架次/月。在客運第一群中，航班數量衰退速度最快（即衰退斜率絕對值最大）的前三名均位於東北亞區域，依序為仁川 (ICN)、東京成田 (NRT) 及大阪 (KIX)，該等航線航班在 2019 年疫情前每月平均入境桃園之架次數分別為：仁川 434

架次、東京成田 543 架次及大阪 554 架次，在疫情發生後之航班數衰退斜率值分別為：仁川-3.84、東京成田-3.8 及大阪-3.22，所對應之衰退速度分別為：仁川 115 架次/月、東京成田 114 架次/月及大阪 97 架次/月。

在航班平均衰退幅度部分，最衰退月的航班數與去 (2019) 年同期相比衰退 69.4%，為客運 4 群中衰退幅度最小者。在客運第一群中，最衰退月較去年同期的衰退幅度小於 50%者包含：芝加哥 (+83%)、檳城 (-23%)、洛杉磯 (-23%)、雅加達 (-36%)、法蘭克福 (-43%)，其中芝加哥 (ORD) 入境桃園航班在疫情發生後幾乎未有衰退的情形，甚至在最衰退月 2020 年 7 月過後有較 2019 年同期成長的趨勢。有關芝加哥入境桃園的最衰退月航班較去年同期成長甚多的原因，推測係因 2019 年 6 至 7 月發生長榮航空空服員罷工事件，該段期間有大量國際航班被取消所致；該航線於 2019 年 7 月僅入境桃園 6 架次，遠低於同 (2019) 年每月平均 19 架次，亦低於該航線疫後最衰退月 (2020 年 7 月) 的 11 架次。

在平均震盪期部分，客運第一群僅平均經歷約 1.5 個月左右的短暫震盪後即進入恢復階段，僅次於第四群的 1 個月，震盪月份大多落在 COVID-19 全球大流行之初的 2020 年 3 至 5 月，其中 34 條航線裡有 22 條航線之震盪期僅 1 個月，如芝加哥 (ORD)、法蘭克福 (FRA)、舊金山 (SFO) 及紐約甘迺迪 (JFK) 等，至於本群中最長的震盪期為 3 個月，包含雅加達 (CGK)、曼谷蘇凡納布 (BKK)、大阪 (KIX)、仰光 (RGN)、札幌 (CTS) 及關島 (GUM) 等航程較短的區域航線。

在航班恢復部分，客運第一群的平均恢復斜率為 0.133，恢復速度約 4 架次/月，為客運 4 群中第二快者，僅次於第四群的 29 架次/月，但相較疫情初的 33 架次/月的衰退速度而言，仍有極大的落差。在客運第一群中，航班數量恢復最快 (即恢復斜率最大) 的前三名均位於亞洲，依序為仁川 (ICN)、上海浦東 (PVG) 及新加坡 (SIN)，該等航線航班在 2019 年疫情前每月平均入境桃園之架次數分別為：仁川 434 架次、上海浦東 308 架次及新加坡 336 架次，恢復斜率值分別為：仁川 0.32、上海浦東 0.32 及新加坡 0.31，所對應之恢復速度分別為：仁川 10 架次/月、上海浦東 10 架次/月及新加坡 9 架次/月。

(2)第二群：「衰退幅度最大，疫後幾乎停航未復航；區域航線為大宗，多來自中國大陸、日本及韓國等二線機場」

客運第二群總計有 81 條航線，為航線數量最多的群，包含 4 條長程航線及 77 條區域航線，長程航線佔比為 5%、區域航線佔比為 95%，是一個以區域航線為主要組成的群，航線分布如圖 5.10 客運第二群之航線分布圖，亞洲地區局部圖如圖 5.11。客運第二群中的長程航線航班來自美國安大略 (ONT)、英國倫敦蓋威克 (LGW)、美國夏威夷檀香山 (HNL) 及羅馬 (FCO) 等 4 座機場，至於 77 條區域航線組成部分，有 45 條航線來自中國大陸，佔客運第二群整體 56%，其中包含許多中國大陸的區域型機場，例如福建省泉州機場 (JJN)、海南省三亞機場 (SYX)、浙江省溫州機場 (WNZ)、廣東省揭陽潮汕 (SWA) 等機場，另有部分中國大陸的樞紐機場如杭州蕭山 (HGH)、廣州白雲 (CAN) 也被歸類至客運第二群中。至於其餘 32 條區域航線則大多來自日本、韓國以及部分東南亞國家 (泰國、越南、菲律賓等) 等較小型的二線機場、如日本小松 (KMQ)、韓國大邱 (TAE)、泰國清邁 (CNX)、越南峴港 (DAD)、公主港 (PPS) 等。



圖 5.10 客運第二群之航線分布圖



圖 5.11 客運第二群之航線分布圖 (亞洲地區)

客運第二群的航班數量平均衰退斜率絕對值為 0.324，為客運 4 群中最小者，屬於航班數量受疫情衝擊後衰退較和緩的群，平均衰退速度約為 10 架次/月，但本群中亦有衰退較迅速的航線，例如：釜山 (PUS)、大邱 (TAE)、深圳 (SZX) 等，而該等航線的共同特徵是疫情前與桃園國際機場有較多的飛航往來，在 2019 年疫情前平均每月入境桃園之架次數分別為：釜山 212 架次、大邱 116 架次、深圳 105 架次，而該等航線的航班衰退速度均高於 30 架次/月，屬於客運第二群中衰退較迅速者。

在航班平均衰退幅度部分，客運第二群內每條航線最衰退月的航班數與去年同期相比均衰退 100%，為客運 4 群中平均衰退幅度最高者。代表在持續受到 COVID-19 影響下，客運第二群的航線航班最衰退當月當航班數均為 0，呈現全面停航狀態。此等情形可能與世界各國基於防疫考量，嚴格執行邊境管制政策，僅保留重要的國際樞紐機場維持對外通航，關閉或限制二線或區域型輔助機場的航班起降數量有關。

在平均震盪期部分，客運第二群具有客運 4 群中最久的震盪期約 11 個月，且群內大部分航線在受疫情影響而停飛入境桃園國際機場航班後，即未再復航，除了檀香山 (HNL)-桃園航線航班在 2020 年 5 月僅短暫飛航過 1 架次包機但翌月又停航外，其餘 80 條航線截至 2021 年 1 月皆未恢復航班。

(3)第三群：「衰退幅度大，恢復極緩慢；長程與區域航線混合，包含區域樞紐及觀光航線」

客運第三群總計有 13 條航線，包含 5 條長程航線及 8 條區域航線，長程航線佔比為 38%，區域航線佔比為 62%，區域航線的數量略多於長程航線，航線分布如圖 5.12。本群航線的始發機場分布較為分散，有來自東亞地區的日本東京羽田 (HND)、名古屋 (NGO)、沖繩 (OKA) 及中國大陸北京首都 (PEK)；東南亞地區的印尼峇里島 (DPS) 及泰國曼谷廊曼 (DMK)；南中西亞地區的土耳其伊斯坦堡 (IST) 及印度德里 (DEL)；歐洲地區的荷蘭阿姆斯特丹 (AMS) 及法國巴黎 (CDG)；大洋洲地區的澳洲墨爾本 (MEL) 及布里斯本 (BNE) 等，該等機場大多屬於所在區域的重要樞紐機場，所服務面向包含商務及旅遊 (如峇里島) 旅次。



圖 5.12 客運第三群之航線分布圖

客運第三群的航班數量平均衰退斜率絕對值為-0.573，取絕對值後在客運 4 群中由大至小排名第三，屬於航班受疫情衝擊後衰退相對和緩的群，平均衰退速度約為 17 架次/月，與衰退速度最和緩的第二群 10 架次/月相近。但此群中亦有航班數量衰退速度極快的航線如沖繩 (OKA) 及名古屋 (NGO)。因沖繩當地具有豐富的自然環境資源，琉球-桃園航線航班所服務的旅次主要以觀光旅遊為主，在 2019 年疫情前平均每月入境桃園之架次數為 268 架次，為一熱門旅遊航線，在 COVID-19 發生後，該航線的航班數量衰退斜率值為 -2.26，衰退速度約為 68 架次/月，並在 2020 年 4 月後幾乎停航。另外，同樣



以歷史人文著名的旅遊勝地，同時也是日本本州中部地區重要交通樞紐的名古屋 (NGO)，在 2019 年疫情前平均每月入境桃園之架次數為 218 架次，受疫情影響，其航班數量衰退斜率值為-1.454，衰退速度約為 44 架次/月，在最衰退月 2020 年 5 月僅飛航 18 架次，與沖繩(OKA)同屬客運第三群中衰退較迅速者。至於印度德里 (DEL)、澳洲墨爾本 (MEL)、帛琉 (ROR)、巴黎 (CDG) 等航線，在航班衰退方面較為和緩，衰退速度平均約 4 架次/月，推測可能是因為該等航線是我國臺商與僑民往來當地與臺灣的重要連結，且鄰近區域尚無便利抵達的替代航線，故疫情間仍具基本旅次往來需求所致。

在航班平均衰退幅度部分，客運第三群最衰退月的航班數較去(2019)年同期平均減少 83%，為客運 4 群中由高至低排行第三者，與第四群 85%相當，第三群中又以東京羽田 (HND)、沖繩 (OKA)、帛琉 (ROR)、曼谷廊曼 (DMK)、德里 (DEL) 及伊斯坦堡 (IST) 等航線受疫情影響較為劇烈，最衰退月的航班數較去年同期減少約 100%。

在平均震盪期部分，客運第三群平均經歷約 5.6 個月左右的震盪變化後才進入恢復階段，震盪月份大部分落在 2020 年 4 至 8 月，部分航線於 2020 年 10 至 12 月又再次進入震盪區間，例如峇里島 (DPS)、名古屋 (NGO)、德里 (DEL)及曼谷廊曼 (DMK)等，推測係因冬季期間當地疫情有所變化有關。客運第三群中震盪期最短者為 4 個月，包含帛琉 (ROR)、伊斯坦堡 (IST)、布里斯本 (BNE) 及阿姆斯特丹 (AMS)，最長者為 8 個月，包含北京首都 (PEK) 及沖繩 (OKA)。

在航班平均恢復部分，客運第三群平均恢復斜率為 0.073，恢復速度極為緩慢約 2 架次/月，略低於第一群的 4 架次/月。本群的許多機場在短暫脫離震盪期進入恢復階段沒多久後，又再度呈現衰退趨勢，恢復狀況不甚穩定，如布里斯本 (BNE) 最衰退月發生在 2020 年 7 月入境桃園 17 架次，隨後開始緩慢恢復至 2020 年 12 月入境 26 架次，但 2021 年 1 月又衰退至 16 架次。東京羽田 (HND) 自 2020 年 4 月至同年 9 月均未有航班飛航桃園，在 10 月起緩慢恢復至 12 月入境桃園 7 架次後，又於 2021 年 1 月衰退至 0 架次。推測可能與國際間疫情瞬息萬變，以及我國持續視全球疫情發展，滾動調整邊境管制措施，導致商務及觀光旅次未能顯著恢復有關。

(4)第四群：「衰退及恢復速度最快，衰退幅度大；香港機場」

客運第四群僅有香港 (HKG) 1 條航線如圖 5.13，在 2019 年疫情前平均每月入境桃園之架次數為 1,125 架次，疫情後之航班衰退降斜率為-10.637，衰退速度約為 319 架次/月，屬於客運 4 群中衰退最迅速者。同時，香港的衰退幅度在 4 群中僅次於第二群，最衰退月航班數較去年同期減少 85%。然而，它在經歷非常短暫約 1 個月的震盪期後，就以遙遙領先其他 3 群，約 29 架次/月的速度恢復航班。



圖 5.13 客運第四群之航線分布圖

依據交通部民用航空局所公布的國際及兩岸定期航線班機載客率資料顯示，桃園-香港航線在 2019 年疫情前計有中華航空、長榮航空、國泰航空、港龍航空及香港航空經營，2019 年 12 月的總飛行架次數為 2,287，自香港入境桃園的載客人數為 25 萬 7,970 人 (載客率 77.2%)，自桃園出境至香港的載客人數為 24 萬 2,995 人 (73%)，總計載運 50 萬 965 人 (載客率為 75.1%)，為客運需求較高的航線，且自香港入境桃園人數大於自桃園出境至香港人數。

在 COVID-19 爆發後，有關香港的確診人數變化，本研究依據財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心 COVID-19 全球疫情地圖資料並整理如圖 5.14 顯示，香港在 2020 年 1 至 2 月僅有小規模感染情形，總確診人數均小於 100 人，但在 3 月即攀升至 680 人，之後可能因香港政府陸續於 3 月實施邊境管制 (禁止非港居民入境及暫停轉機服務) 及防疫政策 (如社交

距離及娛樂場所限制) 使疫情暫時得到控制，4 月至 6 月均維持在 1,000 至 1,200 人左右，香港政府也在 5 月陸續放寬相關防疫限制，但在 7 月之後又迎來第 2 次感染高峰，迫使香港再次實施新的防疫措施。

在桃園國際機場出入境旅客人數變化部分，自 2020 年 2 月起至同年 6 月止，均呈現自桃園出境至香港人數大於自香港入境桃園人數。在香港入境桃園的載客人數變化部分，2020 年 2 月計有 3 萬 9,018 人，翌 (3) 月則縮減至 4,961 人，推測係因我國自 2020 年 2 月 10 日起實施旅客經中國、香港及澳門「轉機」入境臺灣須居家檢疫 14 天之防疫政策，此舉導致入境桃園國際機場需求減少所致。

2020 年 4、5 月香港入境桃園的人數亦持續遞減，分別為 713 及 659 人，推測係因我國接續自 2020 年 3 月 19 日限制非本國籍人士入境，以及同年 3 月 24 日起全面禁止旅客來臺轉機之防疫政策所致。嗣後，我國考量疫情前眾多國際旅客來臺轉機需求，以及鄰近的香港、新加坡等樞紐機場已陸續開放轉機服務，因此復於 2020 年 6 月 25 日起，在搭配多項配套措施及限制條件下，開放桃園國際機場轉機服務 (但仍排除中國大陸地區)，另因應商務經貿交流及人道因素等需求，自同年 29 日起，放寬外籍、香港及澳門人士入境，此等政策使得自香港機場入境桃園的載客人數自 2020 年 7 月起顯著恢復至 4,000 人，之後的月份則多維持在約 2,000 至 4,000 人左右，推測係與臺港間疫情變化有關。

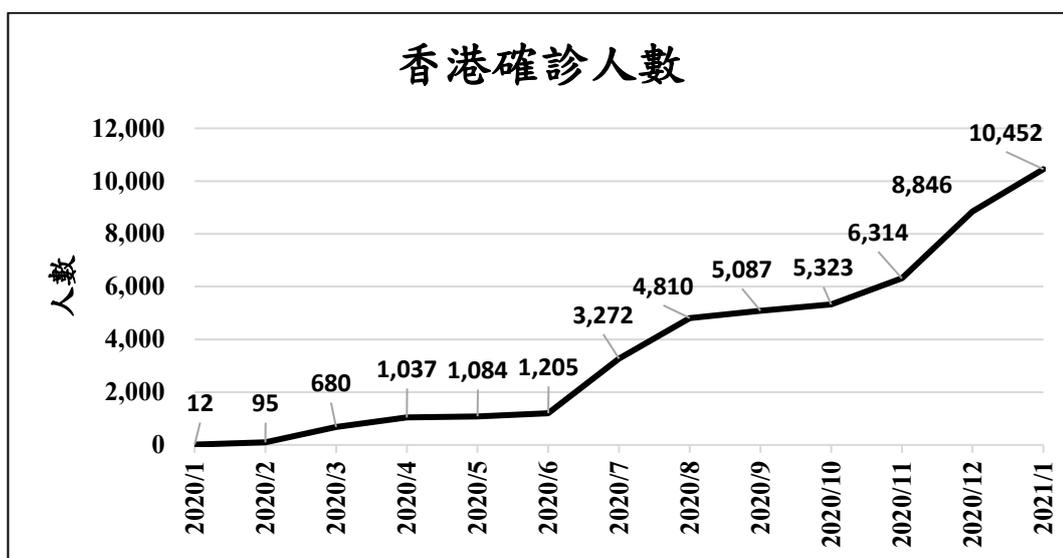


圖 5.14 香港確診人數

此外，本研究亦發現自 2020 年 4 月起，自香港入境桃園的航班開始有腹艙載貨的情形，有腹艙載貨的客機航班佔整體客機航班的比例自 2020 年 4 月一開始的 46.3%，於翌月即攀升至 75.2%，之後的月份客機腹艙載貨佔整體航班的比率均在 7 至 8 成左右，此種彈性載貨方式使得航空公司得以在疫情改變民眾消費習慣與行為，促使電子商務日益發展，以及防疫醫療物資載運需求，致使航空貨運需求湧升的浪潮下，充分利用客機腹艙空間載運貨物賺取報酬，彌補因疫情致客運量大幅減少之虧損情形。

表 5.13 桃園-香港航線客機腹艙載貨情形

時間	總客機航班數 (架次)	有腹艙載貨 (架次)	無腹艙載貨 (架次)	客機腹艙載貨 比例(%)
2019-12	1,144	0	1,144	0
2020-01	1,138	0	1,138	0
2020-02	407	0	407	0
2020-03	176	0	176	0
2020-04	246	114	132	46.3
2020-05	318	239	79	75.2
2020-06	293	233	60	79.5
2020-07	299	216	83	72.2
2020-08	323	250	73	77.4
2020-09	369	302	67	81.8
2020-10	395	321	74	81.3
2020-11	479	386	93	80.6
2020-12	530	457	73	86.2
2021-01	467	366	101	78.4

基上，推論對於來自香港機場入境桃園的客運航班，之所以能在受疫情影響致航班大幅且迅速的衰退下，在經歷短暫震盪期後即以較其他客運 3 群更快的速度恢復，其主要原因可能與 2020 年 6 月 25 日起開放轉機及逐步開放外來人士入境等邊境管制開放，交通部民用航空局自 2020 年 4 月起開放航空公司以客機客艙載貨及客機腹艙載貨不載客等措施，以及疫情期間貨運需求成長致客運腹艙載貨增加有關。



2. 貨運

(1) 第一群：「衰退幅度最小，受疫情影響輕微；均為區域航線」

貨運第一群總計有 2 條航線，為貨運 3 群中數量最少的群，2 條航線皆屬區域航線，分別來自上海浦東 (PVG) 和菲律賓克拉克 (CRK) 2 座機場，航線分布如圖 5.15。有關上海浦東-桃園貨運航線部分，該航線在 2019 年疫情前平均每月飛航架次數為 67 架次，執飛的航空公司包含中華航空公司、長榮航空公司、中國國際貨運航空公司及中國貨運航空，所使用的機型為波音 747 及波音 777 等系列的純貨機機型，依據交通部民用航空局 2020 年年報表 38 (臺灣桃園國際機場進口貨物-按國家地區分)，該航線所載運的空運貨物以電力及電器類為大宗。另有關克拉克-桃園貨運航線部分，克拉克是菲律賓境內的一座國際機場，位於菲律賓首都馬尼拉西北方約 80 公里處，機場規模及航班起降數量雖均不及馬尼拉 (MNL) 機場，但仍有連接中國、日本、韓國、新加坡、臺灣等地的航線，該機場亦為菲律賓的貨運樞紐機場，提供杜拜、東京、香港、深圳及桃園等多條國際貨運航線，在 2019 年疫情前克拉克-桃園貨運航線每月平均飛航架次數為 26 架次，執飛該航線的航空公司主要為美國聯邦快遞航空公司 (FedEx Express) 及聯合包裹服務航空公司 (UPS Airlines)，載運的貨物以水產品、電力及電器類為大宗。

貨運第一群的航班平均衰退斜率絕對值為 0.162，為貨運 3 群中排行第二者，平均衰退速度約 5 架次/月，其中上海浦東的航班衰退速度約為 8 架次/月，較克拉克 2 架次/月略為快速，推測可能與中國大陸當局在疫情期間實施封控、貨物檢測、隔離和消毒等管制措施，以及全球供應鏈受疫情影響而中斷或延遲有關；至於航班平均衰退幅度部分，貨運第一群最衰退月航班數較去年同期僅減少約 4.8%，為貨運 3 群中衰退幅度最小者，其中上海浦東最衰退月與去 (2019) 年同期相比衰退幅度約 4.5%，而克拉克機場最衰退月與去 (2019) 年同期相比則反向成長 4.5%，推測可能與其貨物運送種類為民生必需品 (水產品) 有關。

在平均震盪期及平均恢復部分，貨運第一群有貨運 3 群中最長的平均震盪期約 12 個月，其中克拉克從 2020 年 2 月至同年 11 月共經歷 10 個月的震盪期後，以約 2 架次/月的緩慢速度恢復，而上海浦東雖然截至 2021 年 1 月

都徘徊於震盪期中，但該航線自 2020 年 3 月起的航班數量幾乎已恢復至 2019 年疫情前平均每月 67 架次以上的水準。因此，不論是克拉克或上海浦東入境桃園國際機場的貨運航線航班，其受到疫情影響的情形均屬輕微。

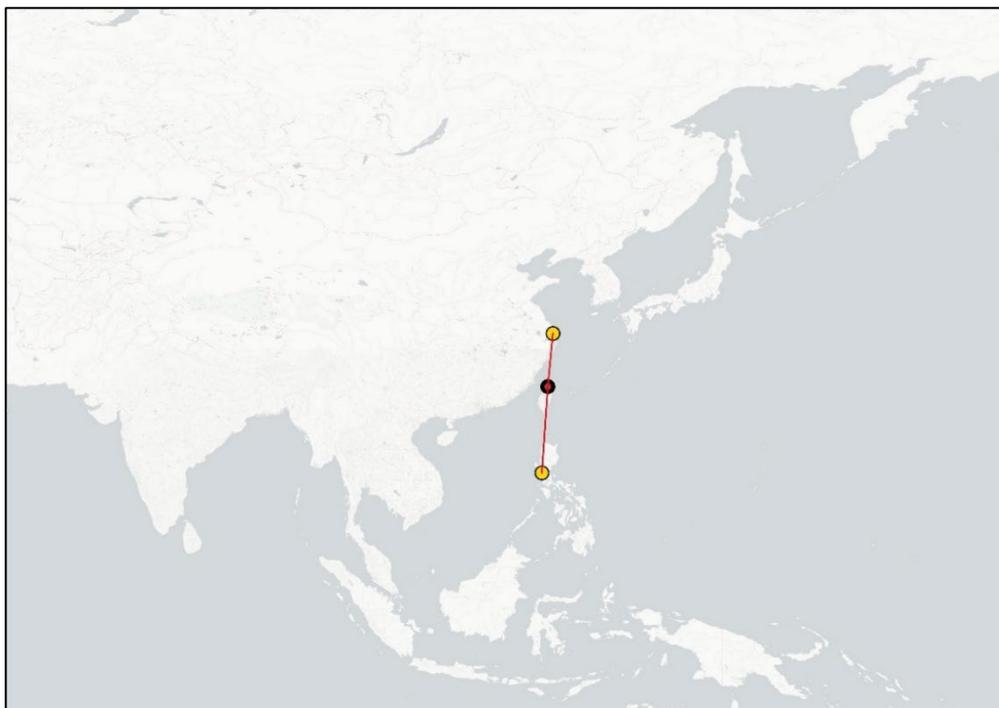


圖 5.15 貨運第一群之航線分布圖

(2)第二群：「衰退速度最慢，衰退幅度輕微，恢復速度最快；區域航線居多，來自東北亞、東南亞國際樞紐」

貨運第二群總計有 8 條航線，包含 1 條長程航線及 7 條區域航線，長程航線佔比為 12.5%，區域航線佔比為 87.5%，以區域航線為大宗，其航線分布如圖 5.16，其中長程航線為杜拜阿勒馬克圖姆機場 (DWC)，至於 7 條區域航線部分，除了大阪 (KIX)、仁川 (ICN) 位於東北亞地區外，其餘均來自東南亞地區，包含吉隆坡 (KUL)、河內 (HAN)、胡志明市 (SGN)、曼谷蘇凡納布 (BKK) 及檳城 (PEN)。在貨運第二群中，不論是長程或區域航線，每一條航線的始發機場均為有綿密航網相連及多家航空公司提供航班服務的重要國際航空樞紐。在 2019 年疫情前平均每月自該等機場入境桃園之貨運航班架次數為：杜拜 (DWC) 13 架次、大阪 (KIX) 48 架次、仁川 (ICN) 33 架次、吉隆坡 (KUL) 11 架次、河內 (HAN) 29 架次、胡志明市 (SGN) 9 架次、曼谷蘇凡納布 (BKK) 24 架次、檳城 (PEN) 28 架次，總計 195 架次，佔 2019 年貨運航線平均每月飛航 941 架次的 21%，為疫情前即與我國有頻繁貨運往來的航線群。

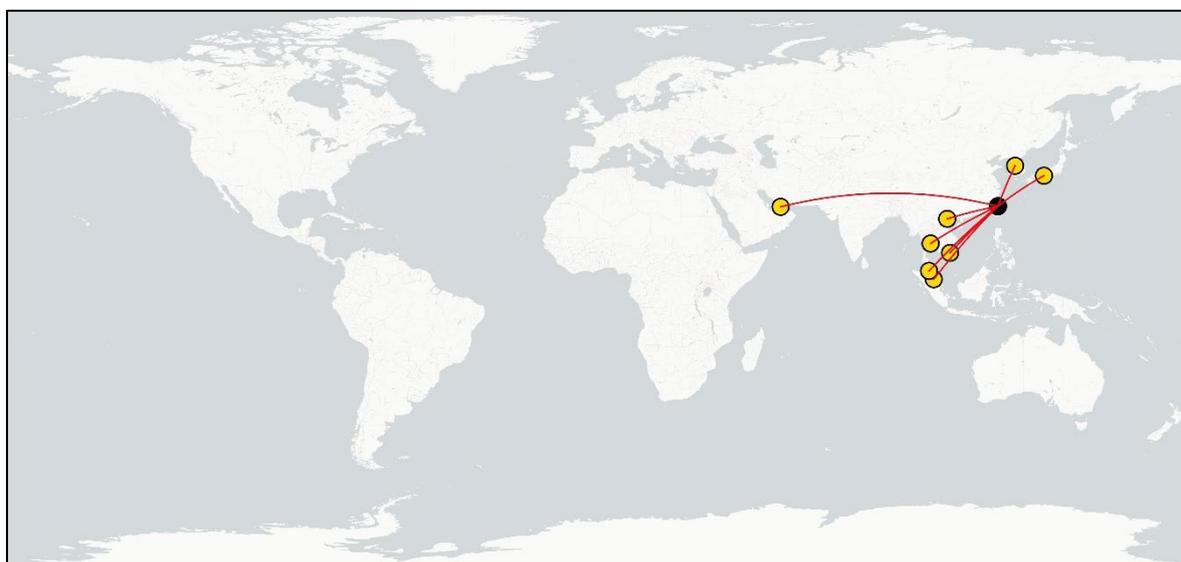


圖 5.16 貨運第二群之航線分布圖

貨運第二群的航班平均衰退斜率絕對值為 0.08，衰退速度約 2 架次/月，在貨運 3 群中受到疫情影響航班衰退速度最緩慢，其中曼谷蘇凡納布 (BKK)、仁川 (ICN) 及吉隆坡 (KUL) 航線的衰退速度僅約 1 架次/月，為表現較佳者，

至於河內 (HAN)、胡志明市 (SGN) 及大阪 (KIX) 的衰退速度約 5 架次/月，為表現相對較差者。另本群中的檳城 (PEN) 在疫情後未有衰退，反而呈現成長的情形。

在航班平均衰退幅度部分，貨運第二群最衰退月航班數較去年同期減少約 10%，略高於貨運第一群的 4.8%，屬於航班受疫情影響較輕微者，其中衰退幅度較大者包含曼谷蘇凡納布 (BKK)、吉隆坡 (KUL) 及大阪 (KIX)，較去年同期分別減少約 41%、33% 及 31%，而檳城 (PEN) 和杜拜 (DWC) 則較去年同期分別增加約 29% 及 44%。對於幅度變化差異大的原因，推測可能與航空公司在疫情期間，因應全球供應鏈調整致航空貨運市場變化，重新調整貨運航線及航班所致。

在平均震盪期及平均恢復部分，貨運第二群平均在經歷約 5.6 個月的震盪期後進入恢復階段，群內各航線的震盪期持續期間相近，震盪月份約落在 2020 年 1 至 6 月期間，其中仁川 (ICN) 及曼谷蘇凡納布 (BKK) 於 2020 年 10 至 12 月可能受到疫情變化影響，有再次進入震盪區間的情形。貨運第二群中震盪期最長者為仁川 (ICN) 7 個月，最短者為河內 (HAN) 4 個月。在震盪過後，貨運第二群以貨運 3 群中最大的恢復斜率 0.096，平均 3 架次/月最快的速度恢復航班，其中大阪 (KIX)、仁川 (ICN) 及河內 (HAN) 的恢復情形最佳，恢復速度分別約 6 架次/月、4 架次/月及 3 架次/月。另其他東南亞航線在排除疫情期間的震盪段後，於各短期恢復段的速度亦約 3 至 6 架次/月。

對於東南亞貨運航線的航班在疫情期間韌性表現較佳的原因，推測可能與我國自 2016 年開始推動新南向政策，加強我國與鄰近新南向國家的經濟、貿易關係及觀光發展有關。在雙邊產業合作及設置新南向國家諮詢窗口等相關政策推動下，增進臺商赴新南向國家投資設廠之意願，持續穩定培養雙邊貨運需求。此外，因疫情期間大量客運航班停飛致客機腹艙載貨運能銳減，再加上疫情帶動電商等新興產業成長使全球航空貨運市場需求成長之故，航空公司紛紛調整營運策略，除彈性調度客機以客艙載貨增加貨運運能供給外，更較疫情前加以善用純貨機機隊載運貨物。

另外，貨運第二群的航線如依據航班數量的變化趨勢線型大致可再分為 3 類，第一類為波動型趨勢，航班數量數於衰退及恢復狀態間變換，在震盪區間多次進出，包含大阪 (KIX)、仁川 (ICN)、河內 (HAN)、胡志明市 (SGN)、曼谷蘇凡納布(BKK)等 5 條航線 (如圖 5.17)。

針對此種多次轉折與波動的特殊案例，為更準確地描述其航班恢復情形，本研究在計算貨運第二群的波動型航線恢復斜率係將多個恢復階段加以平均後求值，而非單純取震盪期結束前 1 月與 2021 年 1 月兩點間的航班數量變化斜率。

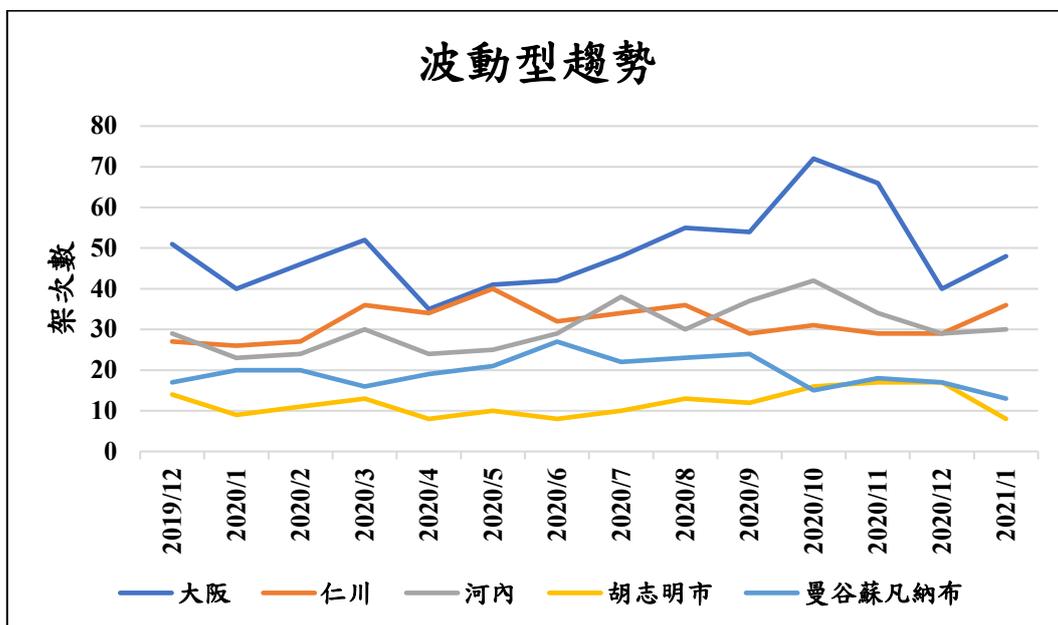


圖 5.17 貨運第二群之波動型趨勢

第二類為成長型趨勢，此類航線航班在疫情影響下幾乎未衰退，甚至在 2020 年 6 月後較疫情前有所成長，包含馬來西亞的檳城 (PEN) 及吉隆坡 (KUL) 航線 (如圖 5.18)，其中又以檳城 (PEN) 有最大幅度的成長，在 2020 年 7 月後飛航桃園的貨運航班數量幾乎為疫情前的 2 倍。

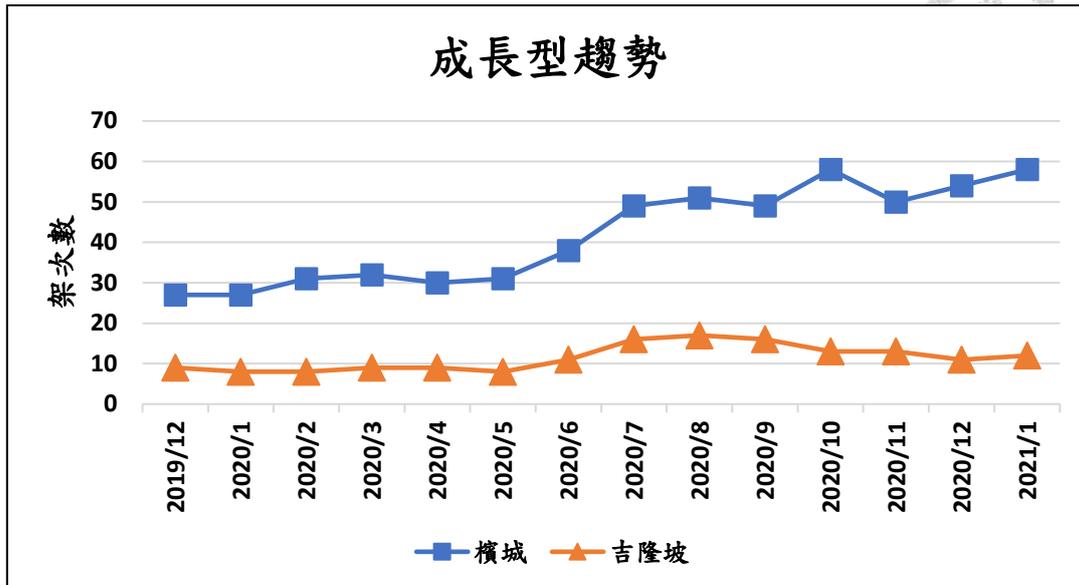


圖 5.18 貨運第二群之成長型趨勢

第三類為長期衰退型趨勢，僅有杜拜 (DWC) 1 條航線，該航線航班數量在疫情初期先衰退再恢復，復於 2020 年 6 月再度衰退並低於震盪區間的下界範圍且未再恢復 (如圖 5.19)，推測可能係與疫情期間，各國航空公司重新調整貨運航班飛航路徑，改變中間上下貨或技降加油的航點所致。為更準確地描述其航班恢復趨勢，本研究在計算杜拜 (DWC) 恢復斜率時，是加總其脫離震盪期上界的恢復段斜率及第二次衰退階段脫離震盪期下界的衰退段斜率後再平均後求值。

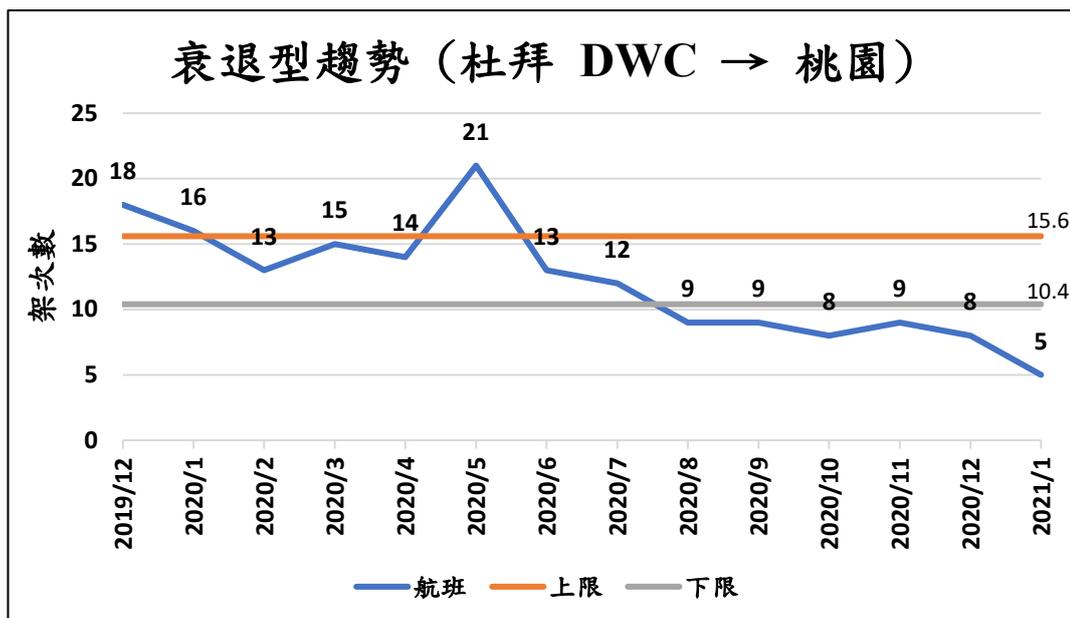


圖 5.19 貨運第二群之衰退型趨勢

(3)第三群：「衰退速度最快，衰退幅度最大；長程航線比例最高」

貨運第三群總計有 20 條航線，包含 8 條長程航線及 12 條區域航線，長程航線佔比為 40%，區域航線佔比為 60%，其航線分布如圖 5.20。本群是貨運 3 群中，長程航線佔比最高的群，幾乎所有的貨運長程航線都被歸類於此。大部分的長程航線係來自北美洲地區，例如洛杉磯 (LAX)、舊金山 (SFO)、安克拉治 (ANC)、西雅圖 (SEA) 等樞紐機場。至於區域航線部分，主要係來自中國大陸一線機場，包含南京祿口 (NKG)、重慶江北 (CKG)、深圳寶安 (SZX)、廈門，其餘亦有日本 (名古屋、東京成田)、菲律賓 (馬尼拉) 及新加坡等航線。

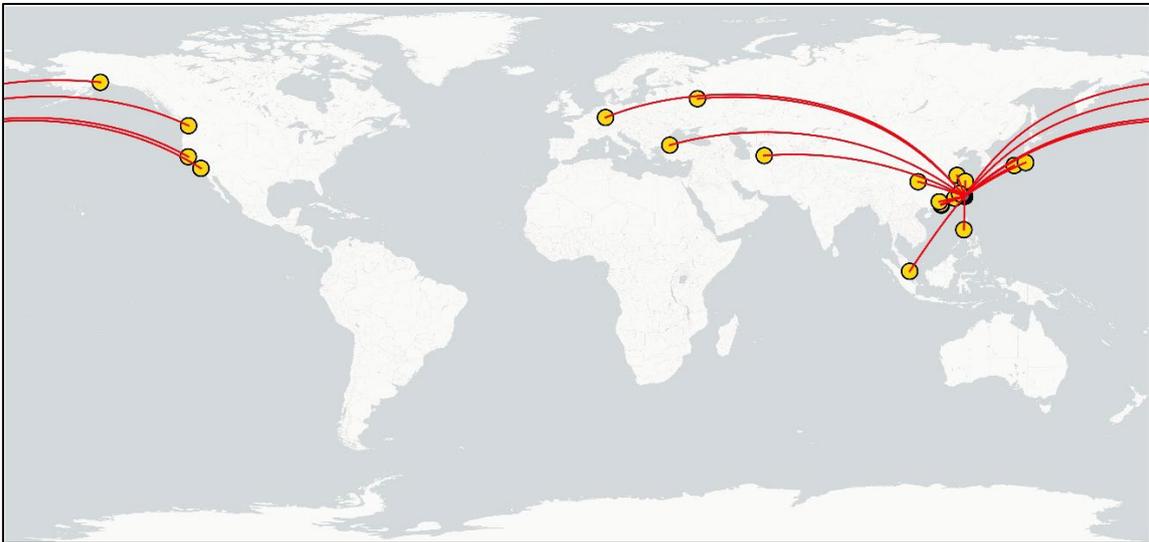


圖 5.20 貨運第三群之航線分布圖

貨運第三群的航班平均衰退斜率-0.253，衰退速度約 8 架次/月，為貨運 3 群中衰退最快者，其中又以香港衰退 40 架次/月 (衰退斜率為-1.323)、安克拉治 (ANC) 衰退 21 架次/月 (衰退斜率為-0.694)、東京成田 (NRT) 衰退 19 架次/月 (衰退斜率為-0.645) 為衰退較迅速者。其餘航線的衰退速度大多介於每月 1 架次至 10 架次之間。

在衰退幅度部分，貨運第三群為 3 群中衰退幅度最大者約 25%，其中，來自伊斯坦堡 (IST) 和阿什哈巴德 (ASB) 的貨運航班受影響最大，在 COVID-19 後的最衰退月幾乎沒有貨運航班，而來自名古屋 (NGO)、舊金山 (SFO)、洛杉磯 (LAX)、法蘭克福 (FRA) 等貨運航班，其最衰退月與去年同期相比的衰退幅度也超過 50%，以上均屬於航班衰退幅度較大者。但本群中



亦有部分貨運航線的最衰退月航班數，與去年同期相同或甚至有所成長，包含深圳寶安 (SZX) 衰退幅度 0%、南京祿口 (NKG) 衰退幅度 0%、安克拉治 (ANC) 成長幅度 8.1%、馬尼拉 (MNL) 成長幅度 25%、香港 (HKG) 成長幅度 26%、重慶江北 (CKG) 成長幅度 67%；上述航線多位於亞洲地區，最衰退月航班較去年同期雖未衰退，但可能因疫後最衰退月大多落在 2020 年 2 月且震盪期多數為 1 至 2 個月，特徵雷同，導致均被分至第三群中。

在平均震盪期部分，貨運第三群的平均震盪期約 1.5 個月，而區域航線的震盪期略長於長程航線 1 個月左右，震盪月份約集中在 2020 年 1 至 2 月期間。貨運第三群中震盪期最長者為莫斯科 (SVO) 及福州長樂 (FOC) 約 3 個月；最短者為阿什哈巴德 (ASB) 0 個月，但該航線航班係因最衰退月後即停航故無震盪情形。

在平均恢復部分，貨運第三群的航班平均恢復斜率為 0.06，恢復速度約 2 架次/月，在貨運 3 群中排行第 2，略快於第一群的 1 架次/月。本群中恢復速度前 3 名分別為香港 (HKG) 9 架次/月 (恢復斜率為 0.293)、東京成田 (NRT) 5 架次/月 (恢復斜率為 0.159) 及安克拉治 (ANC) 3 架次/月 (恢復斜率為 0.102)，該 3 條貨運航線亦為衰退速度最快者，在受疫情影響期間，航班具有迅速衰退又相對其他群以較快速度恢復的特性，其餘航線的恢復速度約 1 至 2 架次/月。

另貨運第 3 群中有一特殊航線為新加坡 (SIN)，該航線貨運航班數量的變化趨勢類似貨運第二群的檳城 (PEN) 及吉隆坡 (KUL) 航線，在疫情影響下幾乎未有衰退，甚至在 2020 年 3 月後即較疫情前有所成長，2020 年自新加坡入境桃園國際機場的航班平均每月 30 架次，較 2019 年平均每月 19 架次增加 58%，屬於在疫情期間逆勢成長的高貨運需求航線。至於該航線衰退幅度部分，新加坡入境桃園的航班在疫情後有最少飛航架次數為 2019 年 12 月的 17 架次，較去年同期減少約 25%，但 2019 年 12 月屬於全球疫情大流行前，故推測當月貨運航班較去年衰退可能與疫情影響關聯性較低。最後，新加坡航線未同檳城及吉隆坡航線被歸類於貨運第二群之原因，可能係因新加坡震盪期僅 1 個月，低於檳城及吉隆坡經歷 6 個月震盪期所致。



5.2 羅吉特模式建構結果

從 5.1 節的航線分群結果可得知，來自不同始發機場的客運或貨運航線，在遭遇 COVID-19 的特殊事件時，其入境桃園國際機場的航班數量變化確實有其獨特的韌性表現。本研究為了進一步分析有哪些因素是造就特定航線群有相近的韌性表現，故藉由查詢交通部民用航空局網站、經濟部國際貿易局進出口貿易統計網站、各國際機場官方網站、臺灣民航資訊網、交通部觀光局觀光統計資料庫、Albatross Airport Information 資料庫（簡稱 AI 資料庫）及 Google 地圖，蒐集並整理出 21 個與各航線始發機場或其所屬國相關的變數（如表 5.14），接續依上述變數測試並建立多項羅吉特模式，以深入瞭解影響各航線航班變化的可能因素。

5.2.1 建模初始變數說明

在與航線始發機場自相關的變數部分，資料主要係查詢自 AI 資料庫並加以整理而得，以阿姆斯特丹機場為例，於 AI 資料庫中查詢該機場的結果如圖 5.21，內容包含機場硬體設施基本資料、空側及陸側現況等資訊，但因 AI 資料庫中有部分機場所記載之機場設施資料有所缺漏，故針對缺漏部分本研究係藉由 Google 地圖的衛星相片與查詢機場官方網站方式予以補足。另部分資料如航廈數量、跑道數量、空橋數量及進駐航空公司家數等，囿於各機場可能持續進行新（擴）建相關工程，故現況可能與本研究所蒐集而得的資料間存在些許差異。

有關城市的定義係參考中華民國統計資訊網對於都市化地區的分類定義，一個具有二萬人以上之聚居地，其人口密度達每平方公里三百人以上者，或不同市、鎮、鄉之二個以上毗鄰聚居地，其人口數合計達二萬人以上，且平均人口密度達每平方公里三百人以上者。對於居民人數相對較少的太平洋島國帛琉，則是選擇該國的最大城市柯羅 (Koror) 做為羅曼·莫圖國際機場 (ROR) 最鄰近的城市。另外，各城市的人口數主要係查詢自 Macrotrends 網站。

有關始發機場與桃園國際機場間的距離部分，本研究係統一採用「大圓距離 (great circle distance)」進行計算，而所謂大圓距離係指地球表面上任兩點間沿著大圓弧線的最短距離，多應用於航空與航海領域；各始發機場與桃園國際機場間的距離數量統計如圖 5.22，依據結果顯示，入境桃園國際機場的區域航線（航線距離 3,000 英里內）數量遠大於長程航線（航線距離 3,000 英里以上）。至於始發機場至最鄰近城市的距離部分，本研究係採用兩者中心點的最短直線距離進行計算。

在與始發機場所在國貿易相關變數部分，本研究係查詢自經濟部國際貿易局進出口貿易統計網站，蒐集並整理各國與我國的貿易總額及進出口貿易額等資料。另始發機場所在國旅客來臺相關變數部分，本研究係查詢自交通部觀光局觀光統計資料庫，篩選並統計出居住於各始發機場所在國，為業務 (business) 或觀光 (leisure) 目的來臺的旅客人數。

The screenshot shows the 'Passenger Terminals' section for Amsterdam Airport Schiphol. It contains two tables and a 'Capacity of Car Parks' table.

Name	Status	Year	Size m2	Size sq ft	Design capacity [pax/year]	Peak capacity [pax/hour]	Actual throughput [pax/year]
	operating since		500.000	5.381.950	53.000.000		40.000.000
NEW Terminal	planned for	2.026	0	0	15.000.000	0	0
Temporary departures hall	operating since	2.017	4.400	47.361	2.000.000	0	0
Terminal	operating since		500.000	5.381.950	53.000.000		40.000.000

Name	Check-in Desks	Baggage Carousels	Gates	Boarding bridges	Aircraft Stands at Terminal	Aircraft Stands Remote	Total Aircraft Stands
	333	20	165	89	0	0	198
NEW Terminal	0	0	0	0	0	0	0
Temporary departures hall	22	0	0	0	0	0	0
Terminal	333	20	165	89			198

Capacity of Car Parks			
Total	Long-term	short-term	other
32.600	11.000	8.100	13.500

圖 5.21 Albatross Airport Information 資料庫節錄 (以阿姆斯特丹機場為例)

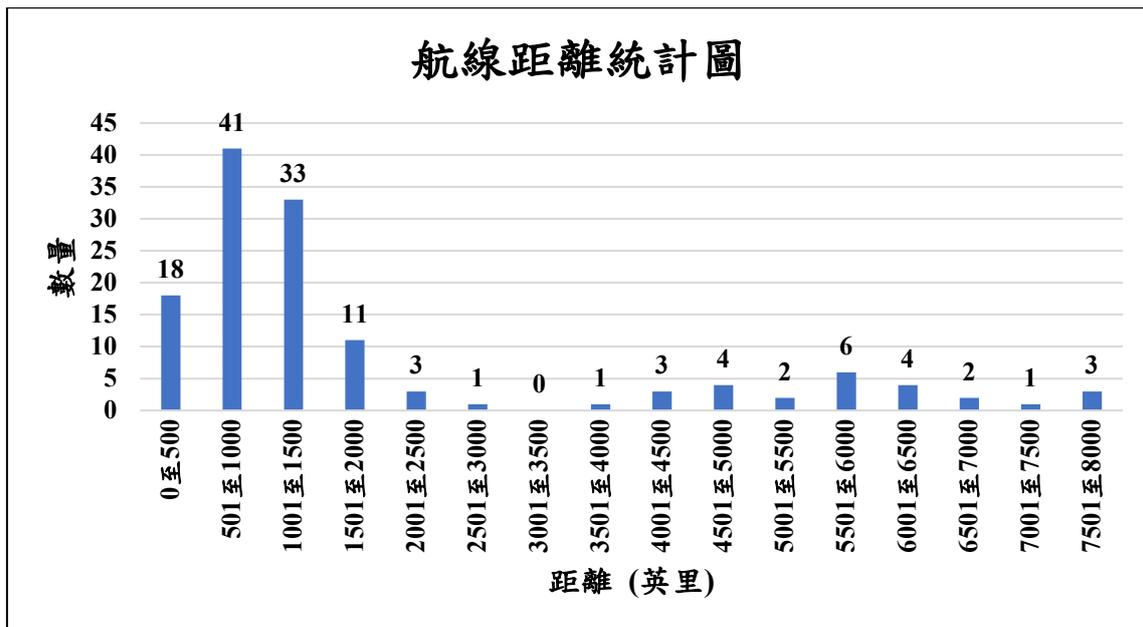


圖 5.22 始發機場至桃園國際機場距離統計圖

表 5.14 始發機場及其所屬國相關變數



項目	始發機場自相關變數	始發機場所在國貿易相關變數	始發機場所在國旅客來臺相關變數
1	機場海拔高度 (公尺)	2019年我國自始發機場所在國家進口貿易額 (億美元)	2019年始發機場所在國來臺為業務人數 (萬人)
2	航線是否為區域航線 (二元變數)	2019年我國出口至始發機場所在國家貿易額 (億美元)	2019年始發機場所在國來臺為觀光人數 (萬人)
3	與桃園國際機場的距離 (英里)	2019年我國與始發機場所在國家進出口總貿易額 (億美元)	
4	航廈數量	2019年我國對始發機場所在國家貿易出超額 (億美元)	
5	始發機場的航廈形式是否為衛星型 (二元變數)		
6	航廈空橋數量		
7	跑道數量		
8	進駐始發機場的航空公司家數		
9	於始發機場與桃園機場間飛航空運航班的航空公司家數		
10	於始發機場與桃園機場間飛航貨運航班的航空公司家數		
11	機場聯外交通是否有鐵路系統 (二元變數)		
12	機場是否位於城市內 (二元變數)		
13	機場至最鄰近城市的距離 (公里)		
14	始發機場最鄰近的城市人口數 (萬人)		

項目	始發機場自相關變數	始發機場所在國貿易相關變數	始發機場所在國旅客來臺相關變數
15	始發機場最鄰近的城市人口數除以機場至該城市的距離 (萬人/公里)		

5.2.2 羅吉特建模變數相關性分析

在建立多項羅吉特模式前，本研究先就 5.2.1 節的連續變數進行皮爾森相關分析 (Pearson correlation)，藉由計算兩兩變數之間的皮爾森相關係數值 γ ，以衡量兩變數 (X,Y) 之間的線性相關程度與方向。

皮爾森相關係數 $\gamma(X,Y)$ 的計算方式是將兩連續變數間的共變異數 $Cov(X,Y)$ 除以兩變數標準差乘積 $\sigma_X\sigma_Y$ 。 $\gamma(X,Y)$ 數值介於 -1 到 1 之間，當 $\gamma(X,Y)$ 絕對值愈大，則代表兩變數彼此間的相關程度愈高；至於兩變數之間屬於正相關或負相關，則由 $\gamma(X,Y)$ 的正負號來判定，當 $\gamma(X,Y)$ 大於 0，表示兩變數之間呈現正相關，即 X 增加時，Y 也會隨之增加；反之，當 $\gamma(X,Y)$ 小於 0，表示兩變數之間呈現負相關，即 X 增加時，Y 反而隨之下降；另若 $\gamma(X,Y)$ 等於 0 則代表兩變數之間沒有線性關係。有關皮爾森相關係數公式如 (5.2)。

$$\gamma(X,Y) = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X\sigma_Y} = \frac{\sum_{i=1}^n(X_i-\bar{X})(Y_i-\bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n(X_i-\bar{X})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^n(Y_i-\bar{Y})^2}} \quad (5.2)$$

本研究用來測試並建立多項羅吉特模式的變數總計有 21 個，屬於連續變數總計有 17 個，該等變數間的皮爾森相關係數矩陣如表 5.15，具中等以上正相關的變數對 (γ 值高於 0.5)，其數量大於具中等以上負相關的變數對 (γ 值小於 -0.5)。在正相關變數對部分，機場硬體設施變數間的 γ 值大部分皆高於 0.5，彼此呈現中等至強烈的正相關，其中 γ 值大於 0.7 以上的變數對包含「空橋數—跑道數」、「空橋數—航廈數」及「空橋數—進駐航空公司家數」等，該等變數對之間存在相對強烈的正相關，推測係因機場如果作為眾多航空公司進駐的重要樞紐航點，為因應來自世界各地的大量航班，通常會需要擁有足夠的航廈、跑道及空橋等硬體設施，以滿足蜂擁而至的航空旅運需求，同時提升機場營運績效及容量，減少擁塞與航班延誤的情形。

另外在貿易相關變數部分，進出口貿易額及貿易總額 3 個變數間的 γ 值均大於 0.8，彼此呈現強烈正相關，而上述貿易相關變數又均與來臺為觀光人數呈現正相關， γ 值亦皆大於 0.8，代表與我國貿易往來愈密切的國家，自該國來臺觀光人數可能也愈多，此結果代表國與國之間的經濟、貿易、空運及觀光往來係相輔相成且密不可分。未來於疫後復甦階段如果要增加國際旅客來臺觀光人數，除可透過觀光面的行銷推廣手段外，亦可從開闢航線、增加航班飛航頻率或經貿合作交流等面向著手。茲列舉 γ 值高於 0.5，具中等以上正相關變數對如下：

- (1) 始發機場與桃園國際機場的距離 / 始發機場航廈數、空橋數、跑道數
- (2) 始發機場航廈數 / 始發機場空橋數、進駐航空公司家數、跑道數
- (3) 始發機場空橋數 / 始發機場進駐航空公司家數、跑道數
- (4) 始發機場進駐航空公司家數 / 跑道數
- (5) 始發機場的最鄰城人口數 / 始發機場的最鄰城人口數除以機場與鄰城間的距離
- (6) 2019 年我國自始發機場所在國進口貿易額 / 2019 年我國出口至始發機場所在國貿易額、2019 年我國與始發機場所在國的總貿易額、2019 年始發機場所在國來臺為觀光人數
- (7) 2019 年我國出口至始發機場所在國貿易額 / 2019 年我國與始發機場所在國的總貿易額、2019 年我國對始發機場所在國的出超額、2019 年始發機場所在國來臺為觀光人數
- (8) 2019 年我國與始發機場所在國的總貿易額 / 2019 年我國對始發機場所在國的出超額、2019 年始發機場所在國來臺為觀光人數。

在負相關變數對部分，始發機場至桃園國際機場的距離與 2019 年始發機場所在國來臺為觀光人數呈現負相關， γ 值為 -0.68，推測來臺觀光的旅客可能仍以亞洲周邊區域的國家為大宗，例如 2019 年日本人來臺觀光者總計有 168 萬 682 人，而同年度美國人來臺觀光者總計有 23 萬 1,156，不過影響觀光人數的因素可能尚涉及各國國內生產毛額 (gross domestic product)、航點連結及航班飛航頻率等層面。

另外，2019 年我國對始發機場所在國家貿易出超額與 2019 年始發機場所在國來臺為業務人數亦呈現負相關， γ 值為 -0.69，該結果代表我國若對某國出口貿易額大於進口貿易額愈多時，則自該國來我國的商務人士將愈少，例如 2019 年我國對越南出超額為 5,490 百萬美元，來臺為業務者共計 7,515 人次。另茲列舉 γ 值小於 -0.5，具中等以上負相關的變數對如下：

- (1) 始發機場與桃園國際機場的距離 / 2019 年始發機場所在國來臺為觀光人數
- (2) 2019 年我國對始發機場所在國家貿易出超額 / 2019 年始發機場所在國來臺為業務人數

表 5.15 始發機場及其所屬國相關變數之皮爾森相關係數矩陣

	海拔高度	航線距離	航廈數量	空橋數量	駐站家數	客航家數	貨航家數	跑道數量	鄰城距離	鄰城人口	鄰城人口/鄰城距離	進口總額	出口總額	貿易總額	出超總額	業務人數	觀光人數
海拔高度	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
航線距離	-0.04	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
航廈數量	-0.05	0.67	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
空橋數量	0.01	0.54	0.70	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
駐站家數	-0.05	0.38	0.58	0.76	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
客航家數	-0.16	-0.28	0.04	0.17	0.38	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
貨航家數	-0.12	0.01	0.20	0.28	0.42	0.47	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
跑道數量	-0.07	0.67	0.64	0.79	0.55	0.07	0.23	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
鄰城距離	0.11	0.02	0.15	0.29	0.25	0.20	0.27	0.13	1	—	—	—	—	—	—	—	—
鄰城人口	-0.07	-0.02	0.26	0.38	0.41	0.38	0.35	0.31	0.46	1	—	—	—	—	—	—	—
鄰城人口/鄰城距離	-0.09	-0.06	0.16	0.14	0.25	0.30	0.11	0.16	-0.13	0.54	1	—	—	—	—	—	—
進口總額	0.22	-0.45	-0.23	-0.10	-0.20	-0.06	-0.16	-0.25	0.20	0.05	-0.07	1	—	—	—	—	—
出口總額	0.26	-0.40	-0.14	0.02	-0.02	-0.08	-0.09	-0.19	0.17	0.01	-0.04	0.88	1	—	—	—	—
貿易總額	0.25	-0.43	-0.18	-0.03	-0.09	-0.08	-0.12	-0.22	0.19	0.03	-0.06	0.95	0.98	1	—	—	—
出超總額	0.23	-0.23	0.00	0.15	0.18	-0.08	0.02	-0.06	0.09	-0.03	0.00	0.49	0.85	0.74	1	—	—
業務人數	-0.09	-0.08	-0.13	-0.19	-0.31	0.08	-0.01	-0.06	0.05	0.09	-0.05	0.22	-0.25	-0.08	-0.69	1	—
觀光人數	0.21	-0.68	-0.42	-0.24	-0.24	0.06	-0.11	-0.42	0.22	0.08	-0.05	0.93	0.80	0.87	0.44	0.23	1



5.2.3 多項羅吉特模式建構結果

本研究在 5.1 節使用 K-means 演算法，分別將入境桃園國際機場的客運及貨運航線航班，依照其韌性特徵變數，聚類為客運航線 4 群及貨運航線 3 群。為進一步瞭解有哪些因素導致該等航線航班的韌性表現在疫情期間如此不同，故本研究分別針對客運及貨運航線，建立多項羅吉特模式進行探討。有關模式的建構結果說明如下，至解釋與討論部分另詳 5.3 節：

1. 客運分群的羅吉特模式結果

本研究依據 K-means 演算法及輪廓值分析將 129 條入境桃園國際機場的客運航線分為 4 群，其中第四群僅包含 1 條香港-桃園航線，考量後續建立模式的配適度表現，故本研究僅針對第一至三群共 128 條客運航線建立多項羅吉特模式，至第四群則獨立進行討論，不納入客運模式建構中。在多項羅吉特模式中的應變數為分群結果，該變數標記該客運航線屬於客運第一至三群的哪一群，自變數則採用 5.2.1 節所列舉的變數進行組合，經過多次組合測試與模式校估，本研究最後在客運航線部分選用 10 個自變數，包含 1 個共生變數 (generic variable) 「始發機場與桃園機場間飛航客運航班的航空公司家數」及 9 個方案特定變數(alternative specific variable)來建立多項羅吉特模式。有關各群的效用函數列舉如下：

$$V_{p1} = 0.0003 * distance + 0.032 * airline + 0.84 * satellite + 0.34 * pairline$$

$$V_{p2} = 2.82 - 0.0098 * dispop + 0.0087 * exsurplus + 0.12 * business$$

$$V_{p3} = -0.77 + 0.47 * terminal + 0.37 * runway + 0.83 * railway + 0.34 * pairline$$

V_{p1} ：客運航線第一群的效用值

V_{p2} ：客運航線第二群的效用值

V_{p3} ：客運航線第三群的效用值

在模式參數部分，本研究使用 R 軟體的 apollo 套件進行校估，連同常數項在內總計校估 13 個參數，所得結果如表 5.16，其中原始資料的最大概似估計值 (log likelihood) 為-111.87，而依據本研究建立的多項羅吉特模式所求得的最大概似估計值為-67.47，用來衡量模式的配適表現，並評估自變數 (機場特徵變數) 可以解釋應變數 (客運航線航班分群結果) 變異比例的 Rho-squared 值經計算為 0.4，同時考量模式自由度 (degrees of freedom) 的 Adjusted

Rho-squared 值經計算為 0.29，足見本研究所建立的模式在描繪不同航線的航班在疫情影響下有獨特韌性表現部分，具有一定解釋力。另模式的 Chi-square 值為 88.8，在 99%信賴水準下具有統計顯著性。至於 AIC (Akaike information criterion) 及 BIC (Bayesian information criterion) 值則分別為 158.93 及 193.16。有關客運分群的多項羅吉特模式中各參數估計值、T-ratio 值、各變數統計顯著性及說明詳如表 5.17，其中在統計檢定下呈現最為顯著的變數 (顯著水準 $\alpha = 0.01$ ， $|T\text{-ratio}| > 2.58$) 包含「2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額」及「2019 年自始發機場所在國赴我國為業務的人數」，較不顯著的變數 (顯著水準 $\alpha = 0.1$ ， $|T\text{-ratio}| \leq 1.28$) 包含「始發機場的航廈形式是否為衛星型」、「始發機場的聯外交通是否有鐵路」。

表 5.16 客運分群模式之校估結果表

指標項目	值
初始最大概似估計值 (observed shares)	-111.87
建模後最大概似估計值	-67.47
Rho-squared (observed shares)	0.40
Adjusted Rho-squared (observed shares)	0.29
Chi-square (observed shares)	88.8
AIC	158.93
BIC	193.16

表 5.17 客運分群模式之變數資訊表

變數	參數估計值	T-ratio	變數說明
<i>cone</i>	0	N/A	客運效用函數 V_{p1} 截距 (常數項)
<i>ctwo</i> (***)	2.82	3.40	客運效用函數 V_{p2} 截距 (常數項)
<i>cthree</i>	-0.77	-0.93	客運效用函數 V_{p3} 截距 (常數項)
<i>distance</i> (**)	0.0003	2.49	始發機場至桃園國際機場的大圓距離 (英里)
<i>airline</i>	0.032	1.75	始發機場的駐站航空公司家數

變數	參數估計值	T-ratio	變數說明
(*)			
<i>satellite</i>	0.84	1.22	始發機場的航廈形式是否為衛星型
<i>pairline</i> (**)	0.34	2.10	於始發機場與桃園機場間飛航客運航班的航空公司家數
<i>dispop</i> (**)	-0.0098	-2.01	最鄰近始發機場的城市的總人口數除以該城市至機場的距離 (萬人/公里)
<i>exsurplus</i> (***)	0.0087	4.17	2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額 (億美元)
<i>business</i> (***)	0.12	3.36	2019 年自始發機場所在國赴我國為業務的人數 (萬人)
<i>terminal</i> (*)	0.47	1.84	始發機場的航廈數量
<i>runway</i> (*)	0.37	1.62	始發機場的跑道數量
<i>railway</i>	0.83	1.14	始發機場的聯外交通是否有鐵路
*顯著水準 $\alpha = 0.1$, $ T\text{-ratio} > 1.28$ **顯著水準 $\alpha = 0.05$, $ T\text{-ratio} > 1.96$ ***顯著水準 $\alpha = 0.01$, $ T\text{-ratio} > 2.58$			

2. 貨運分群的羅吉特模式結果

本研究依據 K-means 演算法及輪廓值分析將 30 條入境桃園國際機場的貨運航線分為 3 群，在建立多項羅吉特模式時，應變數同樣為分群結果，標記該貨運航線屬於貨運第一至三群的哪一群，自變數亦與客運航線部分相同，採用 5.2.1 節所列舉的變數進行組合，透過多次組合測試與模式校估，本研究最後在貨運航線部分選用 7 個自變數 (均為方案特定變數) 來建立多項羅吉特模式。有關各群的效用函數列舉如下：

$$V_{c1} = -0.0032 * trade - 0.0088 * distance$$

$$V_{c2} = -6.05 - 0.014 * import + 3.55 * simtrm$$

$$V_{c3} = -1.81 - 3.51 * regional - 0.087 * citydis + 0.0074 * exsurplus$$

V_{c1} ：貨運航線第一群的效用值



V_{c2} ：貨運航線第二群的效用值

V_{c3} ：貨運航線第三群的效用值

模式參數經使用 R 軟體的 apollo 套件進行校估，連同常數項在內總計校估 10 個參數，所得結果如表 5.18，其中原始資料的最大概似估計 (log likelihood) 值為-24.1，而依據本研究建立的多項羅吉特模式所求得的最大概似估計值為-11.75，用來衡量模式配適表現的 Rho-squared 值於貨運分群模式經計算為 0.51，同時考量模式自由度 (degrees of freedom) 的 Adjusted Rho-squared 值為 0.14；另模式的 Chi-square 值經計算為 24.7，在 99%信賴水準下具有統計顯著性。至於 AIC 及 BIC 值則分別為 41.49 及 54.11。有關貨運分群的多項羅吉特模式中各參數估計值、各變數統計顯著性及說明詳如表 5.19，其中在統計檢定下呈現最為顯著的變數 (顯著水準 $\alpha = 0.01$ ， $|T\text{-ratio}| > 2.58$) 為「始發機場的航廈形式是否為前列型」，較不顯著的變數 (顯著水準 $\alpha = 0.1$ ， $|T\text{-ratio}| \leq 1.28$) 包含「2019 年我國對始發機場所在國的總貿易額」及「2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額」。

表 5.18 貨運分群模式之校估結果表

指標項目	值
初始最大概似估計值 (observed shares)	-24.1
建模後最大概似估計值	-11.75
Rho-squared (observed shares)	0.51
Adjusted Rho-squared (observed shares)	0.14
Chi-square (observed shares)	24.7
AIC	41.49
BIC	54.11

表 5.19 貨運分群模式之變數資訊表

變數	參數估計值	T-ratio	變數說明
<i>cone</i>	0	N/A	貨運效用函數 V_{c1} 截距 (常數項)
<i>ctwo</i>	-6.05	-1.15	貨運效用函數 V_{c2} 截距 (常數項)
<i>cthree</i>	-1.81	-0.35	貨運效用函數 V_{c3} 截距 (常數項)

變數	參數估計值	T-ratio	變數說明
<i>trade</i>	-0.0032	-0.94	2019 年我國對始發機場所在國的總貿易額 (億美元)
<i>distance</i> (*)	-0.0088	-1.49	始發機場至桃園國際機場的大圓距離 (英里)
<i>import</i> (*)	-0.014	-1.83	2019 年我國對始發機場所在國的進口貿易額 (億美元)
<i>simtrm</i> (***)	3.55	3.08	始發機場的航廈形式是否為前列型
<i>regional</i> (**)	-3.51	-2.04	始發機場至桃園國際機場是否屬區域航線
<i>citydis</i> (**)	-0.087	-2.05	最鄰近始發機場城市至該機場的距離 (公里)
<i>exsurplus</i>	0.0074	1.10	2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額 (億美元)
*顯著水準 $\alpha = 0.1$, $ T\text{-ratio} > 1.28$ **顯著水準 $\alpha = 0.05$, $ T\text{-ratio} > 1.96$ ***顯著水準 $\alpha = 0.01$, $ T\text{-ratio} > 2.58$			

5.3 羅吉特模式結果討論

5.3.1 客運分群羅吉特結果探討

$$V_{p1} = 0.0003 * distance + 0.032 * airline + 0.84 * satellite + 0.34 * pairline$$

$$V_{p2} = 2.82 - 0.0098 * dispop + 0.0087 * exsurplus + 0.12 * business$$

$$V_{p3} = -0.77 + 0.47 * terminal + 0.37 * runway + 0.83 * railway + 0.34 * pairline$$

入境桃園國際機場的客運航線總計有 129 條，來自 28 個不同的國家，如 5.1.2 節分群結果探討所示，客運航線航班 4 群的特徵分別為：第一群「衰退迅速，恢復緩慢；長程與區域航線混和，北美洲、東北亞、東南亞的樞紐機場居多」、第二群「衰退幅度最大，疫後幾乎停航未復航；區域航線為大宗，多來自中國大陸、日本及韓國等二線機場」、第三群「衰退幅度大，恢復極緩慢；長程與區域航線混合，

包含區域樞紐及觀光航線」、第四群「衰退及恢復速度最快，衰退幅度大；香港機場」。以下就以客運分群第一至三群所建立多項羅吉特模式的結果解釋如下：

1. 客運航線航班第一群

$$V_{p1} = 0.0003 * distance + 0.032 * airline + 0.84 * satellite + 0.34 * pairline$$

客運航線第一群的入境航班在 COVID-19 影響下，韌性表現為航班數量衰退迅速，恢復速度緩慢，最衰退月較去年同期平均衰退幅度約 69%。第一群所囊括的 34 條航線中，計有 13 條長程航線及 21 條區域航線，呈現長程與區域航線混合的狀況，長程航線來自芝加哥 (ORD)、法蘭克福 (FRA)、多倫多 (YYZ)、雪梨 (SYD) 等機場，區域航線則來自大阪 (KIX)、仁川 (ICN)、胡志明市 (SGN)、新加坡 (SIN) 等機場。第一群的效用函數計有 4 個自變數，與航線距離、航空公司飛航家數、始發機場的營運規模及硬體設施有關。

(1) 「始發機場至桃園國際機場的大圓距離」變數 (*distance*)

依照多項羅吉特模式結果顯示，在第一群的效用函數中，「始發機場與桃園國際機場之大圓距離」變數之係數值大於 0，代表航程愈長的客運航線愈有可能被歸類到第一群，而第一群航線的韌性表現以航班衰退幅度而言是相對較好的，最衰退月航班數量較去年同期平均約衰退 69%。

本次 COVID-19 疫情係從亞洲爆發再向外傳播，航程較遠的歐洲、美洲除了受影響的時間較亞洲晚之外，在邊境管制上，歐美地區國家在疫情初期並未如亞洲地區國家採取嚴格的防疫及封鎖策略，例如英國和瑞典即採取所謂「佛系防疫」策略思維，也就是延後治療作法。其理論基礎是：若是有 60% 以上人口感染，就可以培養出「群體免疫」(宋鎮照，2020)。因此，該等航線旅次需求受疫情及防疫政策影響的狀況可能較亞洲地區輕微。此外，我國人赴歐美地區留學及工作者眾多，依據教育部統計，2019 年我國人赴英國、法國、德國等歐洲留學者計有 9,957 人次，約佔當年度總留學人數 14%，赴美國、加拿大留學者計有 2 萬 7,771 人次，約佔當年度總留學人數 39%；至於赴海外工作者部分，依據行政院主計總處統計，在疫情前平均年增率 1.1%，2019 年赴美國工作者計 9 萬 2,000 人，約佔當年度赴海外工作總人數 12.5%，歐洲則未有獨立統計的類別故尚無資料，但基於上述資料，歐美等長程航線航班於疫情期

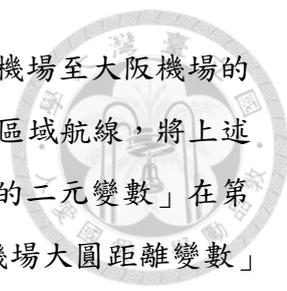


間確實仍存在一些工作與及學旅次需求。

另外，客運第一群除了長程的歐美航線外，亦有多條來自東南亞樞紐機場的航線，包含越南胡志明市 (SGN)、泰國曼谷蘇凡納布 (BKK)、菲律賓馬尼拉 (MNL) 及印尼雅加達 (CGK) 等。臺灣剛好位於東北亞與東南亞航圈的中心，而桃園國際機場亦位於東南亞往返北美洲之大圓航線上，其地理位置優越，具有極佳的轉運優勢，依據桃園國際機場公司統計，在 2022 年 10 月邊境逐漸解封後，桃園國際機場 2023 年 3 月客運量為 244 萬 7,470 人次，其中轉機旅客約有 49 萬人次，即占整體約 20%，而不論疫情前後，桃園機場均為東南亞旅客中轉前往北美航線的熱門航點。此外，自 2018 年迄今未停歇的中美經濟戰導致許多外國企業陸續將工廠及製造中心自中國大陸遷移至東南亞國家，東南亞透過桃園國際機場轉機往返美國的商務客日益增多。同時，我國亦有許多赴東南亞國家設廠的臺商以及來臺工作的東南亞移工，2019 年我國人赴東南亞工作者約 12 萬人，約佔當年度赴海外工作總人數 16.2%，從上述可推測我國與東南亞國家間縱使在疫情期間仍具有基本的工作旅次往來等需求，使得來自東南亞樞紐機場來臺的航班數量於疫情期間的減少幅度未如以區域航線為主的客運第二群航線航班來得強烈。

另為瞭解每條航線距離與該航線的航班數量變化的關係，本研究嘗試在不改動其他參數及變數的條件下，先將航線大圓距離小於 3,000 英里者定義為區域航線，在原本的客運第一群效用函數的基礎上，再加入 1 個「是否為區域航線」的二元變數並重新校估，所得結果分別為：二元變數 (是否為區域航線) 係數值為 4.13、變數 (始發機場至桃園國際機場大圓距離) 係數值為 0.00095，T-ratio 值則分別為 1.92 及 2.27，均呈現顯著。經進一步檢視兩變數係數值對效用式之影響，航程在 3,000 英里以下的航線，上揭兩變數總計給予的效用值會最大，至於長程航線距離 4,348 英里以上者，兩變數的效用值始會相等，但兩變數總計給予的效用值仍小於前者，而航線航程介在 3,000 英里以未達 5,000 英里航程的航線，它們自上揭兩變數總計所獲得的效用值會較上述兩種航程航線要來的低。

為瞭解若在客運第一群的效用式中同時納入「是否為區域航線二元變數」及「始發機場至桃園國際機場大圓距離變數」之影響，茲選取桃園-大阪 (KIX)



及桃園-布里斯本 (BNE) 客運航線作為探討案例，桃園國際機場至大阪機場的大圓距離為 1,058 英里，該航線對於桃園國際機場來說屬於區域航線，將上述距離參數帶入第一群的效用函數中計算，「是否為區域航線的二元變數」在第一群效用式所貢獻之效用值為 4.13，「始發機場至桃園國際機場大圓距離變數」所共貢獻之效用值為 1，總計效用值為 5.13。至於桃園至布里斯本的大圓距離則為 4,187 英里，對桃園國際機場來說非屬區域航線，「是否為區域航線的二元變數」在第一群效用式所貢獻之效用值為 0，「始發機場至桃園國際機場大圓距離變數」所共貢獻之效用值為 3.98，總計效用值為 3.98，略低於桃園-大阪航線。因此在第一群之效用式中如同時放入「是否為區域航線」及「始發機場至桃園國際機場大圓距離」兩變數下，桃園-大阪航線或東北亞、東南亞等區域航線相較長程航線更容易被歸類至第一群，而造成該結果與原模式迥異之原因推測可能與客運第一群本就由長程與區域航線混和組成，兩者在數量上並未有懸殊的差異，而本研究最後選擇原模式僅放入「始發機場至桃園國際機場大圓距離」的原因係基於整體模式績效最佳結果。

(2) 「始發機場的駐站航空公司家數」變數 (*airline*)

客運第一群效用函數的第二個自變數為該航線「始發機場的駐站航空公司家數」，因為機場駐站航空公司家數隨時間有所變化，且官方資料取得不易，因此「始發機場的駐站航空公司家數」資料係藉由查詢臺灣民航資訊網而得。在第一群的效用函數中，該變數的係數值大於 0，代表當始發機場有愈多的航空公司進駐經營時，則愈有機會被歸類至第一群。

影響航空公司選擇駐站機場或開闢航線可能與航線市場需求、公司本身航網佈局與配置、當地機場基礎設施及營運效率 (如起降作業、旅客作業、地面交通作業、貨物倉儲作業) 等因素有關，又影響機場航網的因素，依據陳威勳 (2018) 回顧相關文獻並歸納為 4 類，包含地理區位 (例如：兩航點間距離、路徑中競爭樞紐機場個數、航線類型)、政府政策 (例如：機場功能定位、基礎建設投入、航權開放)、航空營運環境 (例如：航機大型化、航空公司經營模式、航空聯盟成員)、社會經濟活動 (例如：觀光客人數、國際貿易額、國民生產毛額) 等。綜合上述可以推測，當始發機場的駐站航空公司總家數愈多，則代表該機場在整體航網的重要程度及競爭力可能就愈高。例如法國巴黎 (CDG) 駐

場航空公司家數約為 130 家、泰國曼谷蘇凡納布 (BKK) 駐場航空公司家數約為 109 家、香港機場 (HKG) 駐場航空公司家數約為 106 家。

另外在客運第一群的航線航班中，也有許多來自全球空運航網中的重要樞紐機場；樞紐機場通常位處航空網路中的重要位置，除了擁有較為綿密的航網連接以及大量航班起降外，亦為許多航空公司的營運基地，例如位於北美洲的芝加哥 (ORD)、紐約甘迺迪 (JFK)，位於歐洲的維也納 (VIE)、法蘭克福 (FRA)，位於亞洲的上海浦東 (PVG)、曼谷蘇凡納布 (BKK) 等機場。樞紐機場於疫情期間雖然同樣受到各國邊境管制影響而導致航班驟減，但或許是因為其航空運輸網路的連結程度較高的緣故，在商務或通學等基礎需求的支撐下，使得疫情期間仍有自該等樞紐機場直飛桃園國際機場的航班，或飛抵桃園國際機場再轉機至他國的航班，促使客運第一群在航班衰退幅度相較以亞洲二線機場為主的第二群輕微，且在經歷短暫的震盪期後即有所恢復。

(3) 「始發機場的航廈形式是否為衛星型」變數 (*satellite*)

客運第一群效用函數的第三個自變數為「始發機場航廈型式是否為衛星航廈」的二元變數，其係數值大於 0，代表當始發機場具有衛星航廈時，則愈有可能被歸類至第一群。機場管理單位會將航廈設計為衛星型式，通常係為使降落的航空器停駐在主航廈末端的圓形大廳周邊，以增進機場營運效率。衛星型式設計代表機場的航廈設計由碼頭式設計逐漸轉為分散化，方便機場管理單位在登機門附近集結乘旅客和相關售票活動，不過過長的旅客步行距離是此種設計的主要問題 (Shen, 1990)。當機場起降的架次數愈多時，機場航廈愈有可能採用衛星型式設計以服務更多班機及旅客，而起降架次數愈多亦代表該機場可能屬於航網中愈重要的客運樞紐航點，依據本研究所提出的羅吉特模式結果，具有此類特徵的航線，將愈有可能被歸類到第一群，例如泰國曼谷蘇凡納布 (BKK)、上海浦東 (PVG)、東京成田 (NRT)、新加坡 (SIN) 及洛杉磯 (LAX) 等。

該等航線航班在面臨 COVID-19 下需求變化及邊境管制衝擊時，雖然亦表現出衰退迅速且恢復緩慢的典型客運航線特徵，但或許如同前述，因樞紐機場具備較高連結度的航空運輸網路架構，使得在疫情期間仍有較其他的非樞紐機場有更多的直航及轉機需求，故在航班衰退幅度上較客運其他 3 群來的低。推

測未來若再發生類似 COVID-19 的疫情時，對自樞紐機場入境我國桃園國際機場的航線航班預期仍會遭受衝擊，但其衰退幅度很可能小於來自非樞紐航線者。

(4) 「於始發機場與桃園機場間飛航客運航班的航空公司家數」變數 (*pairline*)

客運第一群效用函數的第四個自變數為「於始發機場與桃園機場間飛航客運航班的航空公司家數」，該變數屬於共生變數，在客運第一群及第三群的效用函數中均有被放入，對於該二群的效用假設均完全相同；而該變數的係數值大於 0，代表當始發機場與桃園機場間，飛航客運航班的航空公司家數愈多時，則愈有可能被歸類至第一群（或第三群）。

在入境桃園國際機場的 129 條客運航線中，於 2019 年飛航客運航班的航空公司家數前 3 名的航線均被歸類至客運第一群中，依序為「桃園-仁川」12 家、「桃園-大阪」11 家及「桃園-東京成田」10 家，而所有飛航客運航班的航空公司家數高於 5 家共計有 16 條航線，其中亦有 11 條被歸類在客運第一群中，顯見客運第一群有許多航線是屬於有多家經營者的狀況，平均每條航線有 3.7 家航空公司飛航客運航班。

對於航空公司而言，促使它們願意加入經營特定航線的原因可能與該航線市場需求穩定（例如商務、觀光等方面的旅次需求），具有良好的經濟效益與報酬，以及能拓展公司自身的營運航網等因素有關；而當某一航線有愈多的航線經營者時，對於旅客而言，將有更多的航班可供選擇，對於鞏固客運需求有正向助益。縱使當該等航線在面臨 COVID-19 衝擊時，航班因疫情傳播及邊境管制的影響而產生衰退，但或許是因為有相對穩定的客運需求支撐下，該等航線在航班衰退幅度部分，能較平均擁有 2.1 家航空公司飛航客運航班的第二群及平均擁有 2.8 家航空公司飛航客運航班的第三群要來得輕微。

2. 客運航線航班第二群

$$V_{p2} = 2.82 - 0.0098 * dispop + 0.0087 * exsurplus + 0.12 * business$$

客運第二群的航線航班在受 COVID-19 影響下，韌性表現為衰退幅度最大，疫後幾乎停航未復航。在始發機場地理位置分布上，客運第二群的航線組成以區域航線為主，且區域航線中有超過半數來自中國大陸、日本及韓國等二線規模較小的非樞紐機場，例如中國大陸泉州晉江 (JJN)、日本小松 (KMQ)、

韓國大邱 (TAE) 等。第二群的效用式計有 3 個自變數，與始發機場周邊條件、所屬國與我國貿易及業務往來狀況有關。



(1) 「最鄰近始發機場的城市總人口數除以該城市至機場的距離」變數
(*dispop*)

依照客運羅吉特模式結果顯示，在客運第二群的效用函數中，組合變數(最鄰近始發機場的城市總人口數除以該城市至機場的距離)的係數值小於 0，代表最鄰近始發機場的城市總人口數愈少，或該城市離機場距離愈遠時，則自始發機場入境桃園國際機場的航線航班將愈可能被歸類至第二群。例如位於韓國全羅南道，鄰近光州市和木浦市的務安機場 (MWX)，距離該機場最近城市(光州廣域市)的直線距離約 47 公里，而廣域市 2019 年人口數約 152 萬人，同年自該機場飛航入境桃園國際機場約 30 架次/月，與同年自韓國樞紐機場仁川 (ICN) 入境桃園國際機場 434 架次/月的航班飛航頻率有極大差距，而仁川機場鄰近的城市為韓國首都首爾市，2019 年人口數約 996 萬人，離仁川機場直線距離約 52 公里，但機場與城市間有仁川機場快線、機場巴士等聯外交通工具可接駁搭乘。

客運第二群中包含許多來自中國大陸、日本及韓國機場的航線，而該等航線的始發機場屬於當地規模較小的區域型非樞紐機場。至於第二群航線的韌性表現以航班衰退幅度而言是最差的，最衰退月航班數量較去年同期平均約衰退 100%，且大多數航線在停航後未復航。推測各國政府可能基於防疫考量，在多機場的區域僅會保留重要的國際樞紐機場對外維持正常運作，其餘二線或輔助機場可能會限制航班飛航數量或甚至禁止他國航空器起降。例如日本前為加強對從中國大陸入境日本的防疫措施，自 2022 年 12 月 30 日起，限制來自中國大陸、香港、澳門的航班，僅能使用東京成田、東京羽田、大阪關西、中部機場 (名古屋) 起降。

(2) 「2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額」變數 (*exsurplus*)

客運第二群的效用函數亦納入貿易相關的變數，第二個自變數為「2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額」。我國對他國貿易出超代表我國對他國的出口總額大於進口總額，當貿易出超額愈高代表我國販賣至他國的商品價值大於自他國買入的商品價值，顯示國內生產的產品具有競爭優勢，除可幫助我

國增加外匯收入外，對於國家整體經濟狀況有正面影響。

依據本研究所提出的客運羅吉特模式結果顯示，「2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額」變數的係數值大於 0，代表我國對始發機場所在國的貿易出超額愈大時，則該航線就愈有可能被歸類至第二群。依據經濟部國際貿易局進出口貿易統計資料，2019 年我國對香港有最高的出超額約 393 億美元（出口額約 403 億美元、進口額約 10 億美元），其次為中國大陸出超額約 344 億美元（出口額約 918 億美元、進口額約 574 億美元），第三則為美國出超額約 114 億美元（出口額約 462 億美元、進口額約 348 億美元）。在客運第二群的 81 條航線中，來自中國大陸的航線總計有 45 條，來自美國的航線總計有 2 條，至於香港則被獨立歸類為第四群，非屬第二群。

經查行政院主計總處 2019 年國人赴海外工作人數統計結果，2019 年赴中國大陸（含港澳）者約 39.5 萬人，約佔整體 53.4%，赴美國者約 9.2 萬人，約佔整體 12.5%，兩者合佔 65.9%，故可推論中國大陸、香港、澳門及美國於疫情前即為我國重要來往之貿易對象，尤其中國大陸、香港及澳門因地利之便，與我國商業往來尤為密切，但在 COVID-19 爆發後，雙方為阻止病毒自國外傳播進入國內，實施嚴格的邊境管制，而陸方更採取清零防疫政策及封控措施以控管國內疫情避免升溫，在交通運輸、人員流動受到限制，勞動力銳減之下，中國大陸當地的供應鏈及工廠多數停擺，不僅衝擊該國及全球經濟，亦使中國大陸與我方商業往來陷入停滯，航空旅運需求進而受到影響，故航班亦隨之產生嚴重衰退。基於上述，推測未來若再次發生類似 COVID-19 的全球性公衛危機時，與我國有密切商業往來國家的入境客運航班，有可能在邊境管制及防疫政策影響下，航班飛航數量呈現迅速衰退，並極有可能陷入長期停航的窘境。

(3) 「2019 年自始發機場所在國赴我國為業務的人數」變數 (*business*)

客運第二群效用函數的第三個自變數為「2019 年自始發機場所在國赴我國為業務的總人數」，該變數的係數值大於 0，代表當始發機場的所在國因有業務 (*business*) 需求而赴我國的旅次愈多時，則該航線愈有可能被歸類至客運第二群。有關各國旅客來臺資料，本研究係使用交通部觀光局觀光統計資料庫，以各條航線的始發機場所屬國為居住地進行查詢後整理而得，其中來臺旅客人數前三名為日本 (25 萬 285 人次)、美國 (10 萬 1,361 人次) 及香港 (8 萬 2,529

人次)，而本群中佔比最高的中國大陸航線，2019 年該國為業務來臺者總計約 1 萬 5,935 人次。

對於因業務赴我國人數愈多的航線，其韌性表現較差，可能會出現航班大幅度衰退的原因在於，來臺洽公之外籍人士基於便利性，大多會選擇搭乘航空運輸為主要交通工具，而在 COVID-19 發生後，受邊境管制及為遵守防疫政策等影響，許多實體會議或展覽相繼取消或改為線上辦理，且愈來愈多企業實施「遠距辦公」或「居家上班」等新工作模式，以減少人與人的接觸，降低群聚感染的風險。此舉導致因業務所需而來臺的航空旅運需求銳減，2020 年自日本赴我國為業務的人數下降為 3 萬 1,609、自美國赴我國為業務的人數下降為 9,595、自香港赴我國為業務的人數下降為 6,747、自中國大陸赴我國為業務的人數下降為 944。在航線市場需求大幅衰減的狀況下，航空公司為避免供需失衡及虧損，優先針對需求衰退幅度較大的航線減班或停航，使得該等航線航班在疫情期間呈現大幅度衰退的情形。

3. 客運航線航班第三群

$$V_{p3} = -0.77 + 0.47 * terminal + 0.37 * runway + 0.83 * railway + 0.34 * pairline$$

客運第三群的航線航班在受 COVID-19 影響下，韌性表現與第二群相似，屬於表現較差的一群，衰退幅度大，最衰退月航班較去年同期平均衰退 84%，且恢復速度極緩慢。在航線組成部分，客運第三群由 5 條長程航線與 8 條區域航線混和組成，始發機場除了包含多個樞紐機場（如：阿姆斯特丹、北京首都等）外，亦有包括數個以觀光旅次為主的機場（如：帛琉、峇里島及沖繩等）。客運第三群的效用函數計有 3 個自變數，與始發機場本身的硬體設施及聯外交通有關，包含航廈、跑道數量及聯外交通是否有鐵路等。

(1) 「始發機場的航廈數量」、「始發機場的跑道數量」變數 (*terminal*, *runway*)

依照多項羅吉特模式結果顯示，始發機場的航廈數量及跑道數量兩自變數的係數值均大於 0，代表當航廈及跑道數量愈多時，自該始發機場入境桃園國際機場的航線航班愈有可能被歸類至客運第三群。航廈數量變數的係數值為 0.45，大於跑道數量變數的係數值 0.31，代表在第三群模式中，1 座航廈貢獻



的效用值略大於 1 條跑道。

營運規模愈大的機場，通常會興建愈多的航廈及跑道以因應龐大得客運及航機起降需求，經推測於疫情期間，自營運規模愈大的機場入境桃園國際機場的航班，可能仍會因邊境管制政策或旅客基於身體健康考量減少旅運需求等因素，而出現大幅度衰退及緩慢恢復情形，但其韌性表現略優於多來自中國大陸、日本及韓國等二線機場並以區域航線為大宗的客運第二群。以客運第三群的東京羽田 (HND) 為例，在 2019 年疫情前，平均每月飛航桃園國際機場約 61 架次，但在疫後 2020 年 3 月僅飛航 18 架次，呈現明顯衰退，自 4 月起至 9 月則均未飛航，航線陷入停擺，直至 9 月才逐漸緩慢恢復航班，衝擊幅度實屬巨大。另外，擁有 3 條跑道以上，屬於東亞及歐洲航空樞紐的北京首都機場 (PEK) 及巴黎機場 (CDG)，在 COVID-19 發生後，自該兩機場入境桃園國際機場的航班，最衰退月航班數亦較去年同期減少將近 7 成左右，由此可知，不論始發機場為樞紐型或區域型二線機場，疫情對於客運航線航班的衝擊及衰退都非常巨大。另本群中以觀光旅次為主的航線 (如:帛琉、峇里島及沖繩等)，在疫情衝擊下，最衰退月的航班數量較去年同期甚至減少近 9 成以上，推測係因疫情期間各國政府為防堵疫情升溫，要求旅行業暫停組團赴國外旅遊及接待觀光團體入境所致。

(2) 「始發機場的聯外交通是否有鐵路」變數 (railway)

客運第三群效用函數的第三個自變數為「聯外交通是否有鐵路」，其係數值大於 0，代表始發機場的聯外交通若具有鐵路系統時，則愈有可能被歸類至第三群。當機場入出境或過境旅客量及起降架次數日益成長時，機場管理單位除需規劃增建航廈及跑道以滿足旅運需求，避免壅塞外，亦需提供旅客便捷的聯外交通運輸往返機場，當所需服務的旅客量愈大時，政府部門可能就會規劃設置較高運量的鐵路系統去紓解聯外交通需求。以桃園國際機場為例，該機場目前有 2 座航廈及 2 座跑道，在聯外交通部分，除了可透過親友接送或租車外抵離機場外，亦有機場捷運、客運巴士及計程車等運具可供選擇，但在部分機場營運規模較小的機場，政府單位基於經濟效益考量，聯外交通就未必有鐵路系統，如日本福島機場 (FKS) 的聯外公共運輸就僅有客運巴士。

但縱使入境桃園國際機場的航班係來自擁有多座航廈或多條跑道或甚至

有聯外鐵路系統的大型樞紐機場，若未來再次遭遇類似 COVID-19 的重大公衛事件時，仍可能會因邊境管制、防疫政策以及旅客延後或取消行程等因素影響航空旅運需求，在需求減少之下，客運航線市場供需未能穩定平衡，導致航空公司陸續減班或停航因應，故使航班在短時間內將有大幅度衰退的情形。

(3) 「於始發機場與桃園機場間飛航空運航班的航空公司家數」變數 (*airline*)

客運第三群效用函數的第四個自變數為「於始發機場與桃園機場間飛航空運航班的航空公司家數」，該變數屬於共生變數，在客運第一群及第三群的效用函數中均有被放入，對於該二群的效用假設均完全相同；而該變數的係數值大於 0，代表當始發機場與桃園機場間，飛航空運航班的航空公司家數愈多時，則愈有可能被歸類至第三群（或第一群）。

在入境桃園國際機場的 129 條客運航線中，雖然擁有 5 家以上航空公司飛航的客運航線大多被歸類至第一群，但客運第三群的每條航線仍平均擁有 2.8 家航空公司飛航，高於平均擁有 2.1 家航空公司飛航空運航班的客運第二群。在客運第三群中，又以「桃園-名古屋」（8 家航空公司飛航）、「桃園-沖繩」（6 家航空公司飛航）及「桃園-北京首都」（4 家航空公司飛航）及「桃園-曼谷廊曼」（4 家航空公司飛航）為擁有較多航空公司飛航的客運航線，而該群的其餘航線則大多僅有 1 至 2 家航空公司飛航。

同前述，促使航空公司經營特定航線可能與該航線市場需求、經營報酬及航網拓展等因素有關；若航線有愈多航空公司飛航時，除了旅客將有更多的航班可供選擇外，對於客運需求穩定及增長亦有所助益。不過在檢視疫情期間可能影響各航線韌性表現的因素時，亦須考量每條航線的旅次特性。在整體韌性表現上，客運第三群與客運第一群的差異主要在於：更大的平均衰退幅度，更長的平均震盪期及更慢的平均恢復速度，屬於韌性表現次差的一群（優於客運第二群，劣於客運第一群），最衰退月航班較去年同期平均衰退 84%。經檢視在客運第三群中，有「桃園-沖繩」及「桃園-名古屋」等熱門的觀光航線，該等航線雖然有相對較多家的航空公司經營飛航，但或許是因為當時疫情所實施的觀光禁令尚未解除的緣故，使得觀光旅次較通學及工作旅次受到更加強烈的衝擊，造成客運第三群中數個以觀光旅次為主的機場，其航班有較大幅度的衰退，且經歷較長的震盪期後，才以極緩慢的速度恢復航班。



5.3.2 貨運分群羅吉特結果探討

$$V_{c1} = -0.0032 * trade - 0.0088 * distance$$

$$V_{c2} = -6.05 - 0.014 * import + 3.55 * simtrm$$

$$V_{c3} = -1.81 - 3.51 * regional - 0.087 * citydis + 0.0074 * exsurplus$$

入境桃園國際機場的貨運航線總計有 30 條，來自 15 個不同的國家(含香港特別行政區)，其中貨運航線第一群的特徵為：「衰退幅度最小，受疫情影響輕微；均為區域航線」、第二群的特徵為：「衰退速度最慢，衰退幅度輕微，恢復速度最快；區域航線居多，來自東北亞、東南亞國際樞紐」、第三群的特徵為：「衰退速度最快，衰退幅度最大；長程航線比例最高」。以下就貨運分群的羅吉特模式結果解釋如下：

1. 貨運航線航班第一群

$$V_{c1} = -0.0032 * trade - 0.0088 * distance$$

貨運第一群在貨運 3 群中的衰退幅度最小，最衰退月較去年同期的平均衰退幅度為 4.8%，由上海浦東 (PVG) 及菲律賓克拉克 (CRK) 兩條區域航線所組成。第一群的效用函數總計有 2 個自變數，與始發機場所屬國與我國間貿易狀況以及航線距離有關。

(1) 「2019 年我國對始發機場所所在國的總貿易額」變數 (*trade*)

貨運第一群效用函數的第一個自變數為 2019 年我國對始發機場所所在國的總貿易額 (即進口額加上出口額)，其係數值小於 0，代表當航線始發機場所所在國與我國貿易總額愈高時，愈不太可能被歸類到第一群，反之，貿易總額愈低者，則愈有可能被歸類到第一群。另依據參數校估結果顯示，此變數校估出來的 T-ratio 值為 0.94，屬於貨運羅吉特模式中最不顯著的變數。

有關 2019 年至 2020 年菲律賓-桃園及上海浦東-桃園兩條航線入境桃園國際機場的貨運航班數量變化趨勢如圖 5.23 所示，2019 年疫情前上海浦東每月平均飛航桃園國際機場 67 架次，克拉克每月平均飛航桃園 26 架次，自上海浦東入境桃園國際機場的貨運航班頻次高於克拉克；2020 年疫情期間，上海浦東每月平均飛航桃園國際機場 67 架次，在 2020 年 1 月時，航班數量有微幅衰退至 61 架次，克拉克每月平均飛航桃園 27 架次，在 2020 年 2 月及 4 月時，航班數量分別亦有微幅衰退至 23 架次及 22 架次，但整體而言，該兩航線每月平均飛航的航班數量在疫情前後未有大幅變化，僅有微幅波動的情形。

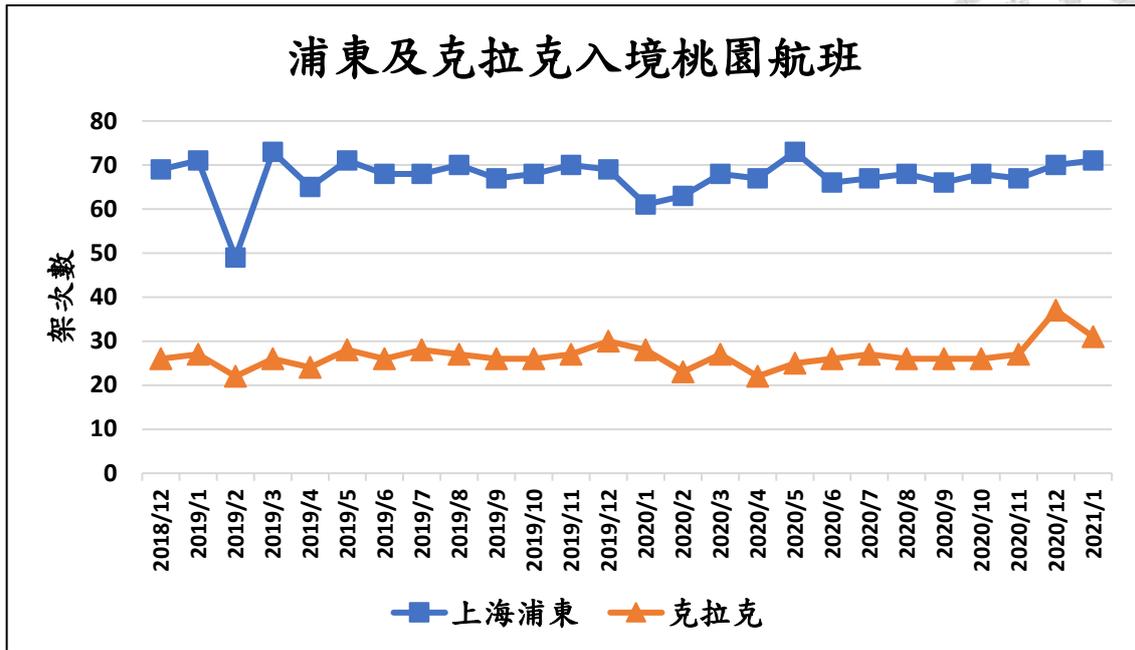


圖 5.23 上海浦東及克拉克機場入境桃園國際機場之貨運航班趨勢圖

克拉克機場的所屬國為菲律賓，依據經濟部國際貿易局進出口貿易統計，2019 年我國與菲律賓間的貿易總額為 8,271 百萬美元，較鄰近同為東南亞國家協會的越南 16,054 百萬美元，馬來西亞的 19,766 百萬美元為低，顯示在東南亞國家中，菲律賓於疫情前可能並非我國主要貿易往來的對象。另從進口貨物總噸數分析，依據民航局 2019 年統計年報 (表 38) 顯示，2019 年桃園國際機場進口貨物噸數總計為 406,758.117 公噸，其中自菲律賓進口的貨物總計 7,501.618 公噸，僅占整體約 1.8%，貨物類別以水產品 (4,877.542 公噸)、電力及電器 (1,382.571 公噸) 為大宗，由此可觀察到，菲律賓與我國的貿易，不論於貿易總額或空運進口貨物總噸數方面，均佔我國整體貿易對象中較低比例，依據本研究所提出的貨運羅吉特模式，將更容易被歸類至第 1 群。對於疫情期間來自菲律賓克拉克機場的貨運航班未受到太多影響的原因，推測係與我國自菲律賓空運進口的貨物主要以水產品等民生物資商品有關，故在疫情期間貨物供需未有太大幅度的波動，因此菲律賓入境桃園國際機場的貨運航班僅在 2020 年 2 月出現小幅度衰退 (入境 23 架次)，較 2019 年疫情前平均每月 26 架次衰退約 3 架次，接續自 2020 年 4 月起即逐步恢復航班，甚至較疫情前有微幅成長。

本群的另一條航線來自上海浦東 (PVG) 機場，該機場所屬國為中國大陸。中國大陸在疫情發生前即為我國重要貿易對象，2019 年中國大陸與我國的總貿易額為 149,186.6 百萬美元，為 30 條貨運航線的 15 個所屬國中最高者，為排名第二的美國 (總貿易額為 81,099.4 百萬美元) 的 1.84 倍。另從進口貨物總噸數分析，依據民航局 2019 年統計年報 (表 38) 顯示，2019 年桃園國際機場自中國大陸進口的貨物總計 59,999.526 公噸，佔當年度進口貨物總噸數的 14.8%，進口貨物的類別以電力及電器 (19,189.097 公噸) 為大宗。

觀察 2019 年 12 月至 2021 年 1 月，上海浦東機場入境桃園國際機場的貨運航班數量變化趨勢，2020 年 1 月可能受疫情爆發以及農曆春節連假影響，從 2019 年 12 月飛航 69 架次衰退為 61 架次，但隨即於次 (2) 月逐步恢復，但整體趨勢未有大幅波動，每月架次數均維持在 60 至 70 架次左右。依據民航局 2019 年統計年報 (表 26) 顯示，上海浦東機場與桃園國際機場間的貨運定期航線架構為雙向對飛，未串有其他航點，飛航的航空公司計有中華航空 (每週 4 班)、長榮航空 (每週 4 班)、中國國際貨運航空 (每週 6 班)、中國貨運航空 (每週 5 班)，屬於貨運航班往來極為頻繁的航線。另外，上海浦東機場於亞太地區航網具有領導性的地位，加上中國大陸強大的貿易需求的驅動下，為專業航空貨運業航網優勢機場 (許弼元，2013)。或許是上海浦東機場綿密航網帶來較為穩定的貨運需求，以及上海浦東-桃園為臺籍及陸籍航空公司的重點貨運營運航線，故在疫情發生後，該航線入境桃園國際機場的貨運航班僅在初期呈現微幅衰退後即呈現穩定，未有大幅波動的情形。

(2) 「始發機場至桃園國際機場的大圓距離」變數 (*distance*)

貨運第一群效用函數的第二個自變數為始發機場至桃園國際機場的大圓距離，其係數值小於 0，意即距離愈短的航線，愈可能被歸類到第一群，反之，距離愈長的航線，愈不可能被歸類到第一群。本群中的上海浦東及克拉克航線均為航線較短的區域航線，上海浦東至桃園航線的大圓距離為 419 英里，克拉克至桃園航線的大圓距離為 682 英里，遠低於本研究中入境桃園國際機場 30 條貨運航線的平均距離 2,242 英里。貨運第一群於疫情初期的平均衰退幅度為 3 群中最小者，而第一群又是以 2 條區域航線所組成，推測除了可能與亞洲地區的貨運需求於疫情期間維持穩定有關外，亦有可能係因航空公司所營運的區

域航線在大型航機及機組人員調度上比長程航線更具彈性，且上海浦東機場為擁有龐大客貨運需求的東北亞樞紐航點，而菲律賓克拉克亦為東南亞重要的貨運樞紐，故在疫情初期，客運需求銳減導致航空公司被迫縮減營運規模並取消大量航班之際，航空公司基於市場供需、機組員與航機調度考量，對於該兩航線的貨運航班並未有大幅減班或取消，仍繼續維持正常營運。

2. 貨運航線航班第二群

$$V_{c2} = -6.05 - 0.014 * import + 3.55 * simtrm$$

貨運第二群在貨運3群中平均衰退速度最慢，平均衰退幅度較輕微約10%，恢復速度最快。航線主要由區域航線組成，包含1條長程航線及7條區域航線，其中又以東南亞航線居多，包含吉隆坡 (KUL)、胡志明市 (SGN) 及曼谷蘇凡納布 (BKK) 等樞紐機場。第二群效用函數共有2個自變數，與始發機場所屬國與我國間貿易狀況以及始發機場航廈設計型式有關。

(1) 「2019年我國對始發機場所在國的進口額」變數 (*import*)

貨運第二群效用函數的第一個自變數為2019年我國對始發機場所在國進口額，其係數值小於0，代表當貨運航線的始發機場所屬國非屬我國在進口方面較仰賴的對象時（即進口額愈小時），愈有可能被歸類至此群。第二群的航線以東南亞航線居多，包含馬來西亞吉隆坡、檳城、越南河內、胡志明市及泰國曼谷（蘇凡納布）等。本研究依據經濟部國際貿易局進出口貿易統計資料整理2019年我國自他國進口概況表如表5.20，2019年我國自他國進口額前三名依序為中國大陸（進口額約為57,397百萬美元，佔比28.3%）、日本（進口額約為44,055百萬美元，佔比21.8%）及美國（進口額約為34,852百萬美元，佔比17.2%），而我國自馬來西亞進口貿易額約為10,366百萬美元（佔比5.1%），自越南進口貿易額約為5,282百萬美元（佔比2.6%）、自泰國進口貿易額約為4,254百萬美元（佔比2.1%），屬於進口額佔比較低的貿易對象，與中國大陸、日本及美國有很大差距。

表 5.20 2019 年我國進口額概況表

國家	進口額 (百萬美元)	進口佔比 (%)
中國大陸	57,396.5	28.3
日本	44,054.7	21.8
香港	1,062.4	0.5
南韓	17,741.3	8.8
馬來西亞	10,366	5.1
新加坡	7,922.6	3.9
菲律賓	2,114.5	1.0
泰國	4,254	2.1
美國	34,851.8	17.2
越南	5,282.3	2.6
德國	9,404.9	4.6
俄羅斯	3,137.1	1.5
阿拉伯聯合大公國	4,600.3	2.3
土耳其	336.5	0.2
土庫曼	0	0.0
總計	202,524.9	100

另從空運進口貨物量來看，依據民航局 2019 年統計年報 (表 38) 顯示，2019 年我國自中國大陸進口的貨物噸數為 5 萬 9,999.526 公噸 (主要進口貨物為電力及電器)、美國為 5 萬 8,865.139 公噸 (主要進口貨物為農產品、電力及電器)、日本為 7 萬 4,763.428 公噸 (主要進口貨物為電力及電器)，而我國自馬來西亞空運進口的貨物噸數為 8,112.594 公噸 (主要進口貨物為電力及電器)、越南為 3,338.607 公噸 (主要進口貨物為水產品、電力及電器)、泰國為 1 萬 5,819.386 公噸 (主要進口貨物為水產品、電力及電器)，顯示在疫情前，我國貿易進口仰賴中美日等國家的程度較東南亞國家來的高，在疫情發生致全球經濟衰退及貿易量縮減之際，自中美日國家入境桃園國際機場的貨運航班，其衰退狀況較東南亞國家來的嚴重。



此外，我國桃園國際機場為東亞與美洲間的重要轉運樞紐，擁有多條往返美國如洛杉磯、安克拉治 (ANC) 等貨運航線，為提升攬貨及載貨效率，貨主或航空公司可能會透由東南亞航線將零散貨物載運至我國集貨後，再藉由密集往返北美洲的航線航班將貨物載運至美國等地區。依據民航局 2019 年統計年報 (表 26) 顯示，中華航空及長榮航空均有經營東南亞的貨運航線，並多以串飛多個航點方式飛航，譬如中華航空有經營臺北 (TPE) -胡志明市 (SGN) -河內 (HAN)-臺北 (TPE) 每週 1 班，長榮航空則有經營臺北 (TPE)-檳城 (PEN)-曼谷蘇凡納布 (BKK)-臺北 (TPE) 每週 1 班，或許在疫情期間電商逐步興起，再加上近年來中美貿易戰持續進行導致製造產業外移至東南亞地區等緣故，使來自東南亞國家入境我國的貨運航班得以在疫情期間受到較和緩之衝擊並迅速恢復，甚至在全球貨運需求逐步回升之際有所成長。

(2) 「始發機場的航廈形式是否為前列型」變數 (*simtrm*)

貨運第二群效用函數的第二個自變數為二元變數：「始發機場的航廈形式是否為前列型」，其係數值大於 0，當始發機場的航廈型式為前列式時，愈有可能被歸類至第二群，而本研究使用該變數係因未能取得各機場的營運量統計資料，故改以航廈型式設計變數作為替代，以進一步瞭解始發機場的營運規模。

前列型的航廈大多以線型排列，依據 Shen (1990) 的研究顯示 (如圖 5.24)，線型前列式的航廈設計，其配置的空側長度規模較小，因此經常用於低容量機場。在貨運第二群的始發機場中，有使用前列型航廈計有大阪 (KIX)、河內 (HAN)、胡志明市 (SGN) 及檳城 (PEN) 機場，但上述機場規模及功能定位於亞洲區域仍具有一席之地。以胡志明市機場為例，胡志明市位於越南東南部，曾是越南共和國的首都 (現今越南首都為河內)，目前則是越南最大城市及 5 個中央直轄市之一，不論在交通、經濟、貿易或文化方面，均為越南的核心；而當地與我國桃園國際機場有連接的機場為胡志明市新山機場 (SGN)，該機場之航廈設計型式雖然偏向線型前列式，但卻是越南境內最大的機場，其地理位置優越，位於東南亞的核心區域，可以連接其他東南亞機場至亞洲其他主要城市，向北可連接臺灣、中國大陸，向西可連接柬埔寨、泰國、寮國、緬甸，向南可連接馬來西亞、新加坡、印尼，向東則可連接菲律賓，同時它也是東南亞的貨運樞紐航點，亦為往返亞洲和歐洲之間的重要轉運點之一。

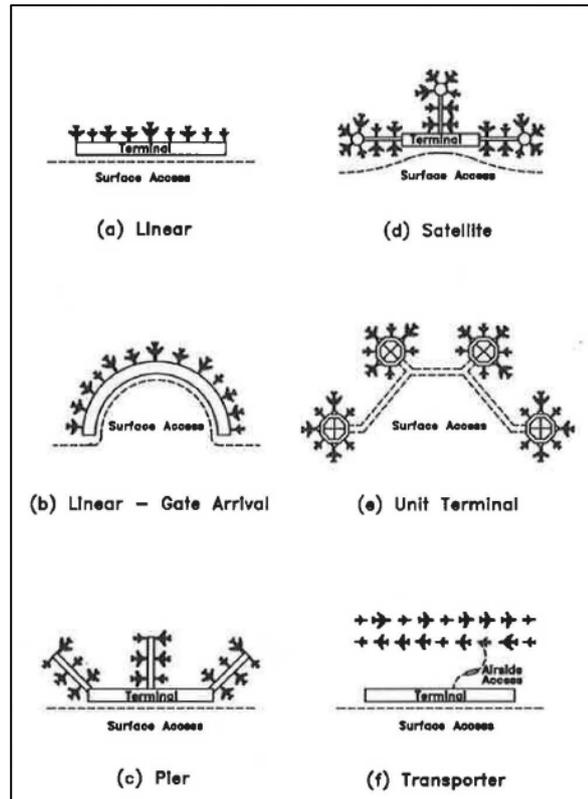


圖 5.24 APM (Automated People Mover) 系統前之典型機場航廈設計

(圖片來源：Shen, 1990)

隨著越南觀光與經濟的快速發展，國際旅客貨量成長，該機場逐漸面臨容量不足的問題，故越南政府自 2021 年起開始在胡志明市的東側興建隆城 (Long Thanh) 國際機場，預計於 2025 年開始營運，屆時將超越新山機場成為越南境內最大的國際機場。雖然「始發機場的航廈形式是否為前列型」變數在本研究所提出的貨運羅吉特模式中顯著，但機場航廈設計型式亦可能與該機場的地理位置、功能定位及所屬國家或機場管理單位的整體機場規劃有關，而第二群的機場不論航廈型式是否為線型前列型，於承平時期大多為其所屬國重要的客貨運樞紐機場，推測該等航線入境桃園國際機場的航班，在遭遇疫情影響能展現較佳韌性的原因，可能係受惠於機場地理位置優越、航網連結度較高之故，致使其在疫情期間仍有相對穩定之貨運需求，貨運航班得以在受到疫情影響後，衰退幅度輕微並以較快速度恢復。



3. 貨運航線航班第三群

$$V_{c3} = -1.81 - 3.51 * regional - 0.087 * citydis + 0.0074 * exsurplus$$

貨運第三群在貨運3群中，平均衰退速度最快，最衰退月較去年同期平均衰退幅度25%亦最大，屬於韌性相對較差的1群。在航線組成部分，第三群擁有20條航線，為數量最多的一群，其中長程航線計8條、區域航線計12條，入境桃園國際機場的30條貨運航線中的長程航線大多都被歸類至第三群中，為長程航線比例最高的一群。

(1) 「始發機場至桃園國際機場是否屬區域航線」變數 (*regional*)

貨運第三群效用函數的第一個自變數為二元變數：「始發機場連接桃園國際機場的航線是否為區域航線」，其係數值小於0，區域航線依據本研究的定義為兩機場間大圓距離小於3,000英里者，反之則屬於長程航線。第三群總計有20條航線，區域航線佔12條，長程航線佔8條，區域航線來自東北亞（名古屋、東京成田）、中國大陸（南京祿口、重慶江北、深圳寶安、廈門高崎、寧波櫟社、福州長樂、廣州白雲）、東南亞（馬尼拉、新加坡）及香港等區域，長程航線則來自北美洲（安克拉治、西雅圖、洛杉磯、舊金山）、法蘭克福、伊斯坦堡、阿什哈巴德、莫斯科等區域。

在「始發機場連接桃園國際機場的航線是否為區域航線」的變數影響下，區域航線較難以被歸類到貨運第3群；反之，長程航線則愈有可能被歸類至貨運第三群。在入境桃園國際機場的30條貨運航線中，長程航線計有9條，其中就有8條被分至第三群中，屬於擁有最多長程航線的一群。因第三群中的區域航線與長程航線數量相近，為瞭解兩者間的韌性特徵差異，故本研究將第三群中的12條區域航線及8條長程航線的韌性特徵變數再取平均值並整理如表5.21。整體而言，貨運第三群的區域航線，其平均衰退斜率略高於長程航線（即衰退速度較快），但在平均衰退幅度部分，長程航線高於區域航線，其中長程航線較去年同期平均衰退51%，區域航線則較去年同期平均衰退8%，長程航線中又以伊斯坦堡、阿什哈巴德2條航線之衰退情形最為嚴重，較去年同期相比衰退幅度達100%，至於平均震盪期及恢復斜率部分，區域及長程航線表現較為一致

對於區域航線韌性優於長程航線之現象，推測其原因可能同前述貨運第一群段落所言，在 COVID-19 爆發後，世界各國陸續實施邊境及防疫管制，在全球面臨經濟衰退及供應鏈調整之際，航空公司在調整航網結構及營運策略時，不得不基於市場供需、機組員與航機調度考量進行取捨，而在航班調度上，長程航線航班在起飛前會較區域航線航班需要更長的準備時間（航機務檢查及加油等），同時，長程航線因飛行時間通常長達幾十個小時，故機組人員在體力消耗和疲勞程度會較高，通常需要在目的地機場過夜休息，因此在調度彈性上可能會低於區域航線。

表 5.21 貨運第 3 群之區域/長程航線特徵表

航線別	數量	平均 衰退斜率	平均 衰退幅度 (%)	平均 震盪期(月)	平均 恢復斜率
區域	12	-0.27	8	1.75	0.07
長程	8	-0.22	51	1.13	0.04

(2) 「最鄰近始發機場城市至該機場的距離」變數 (*citydis*)

為瞭解機場距城市的距離與疫情期間貨運航線航班變化的關係，故本研究在貨運第三群的效用函數納入自變數「最鄰近始發機場城市至該機場的距離」。從該距離變數的校估結果係數值小於 0 可推測，若機場至鄰近城市愈近的話，則愈有可能被分至第三群。第三群的每座始發機場至其最鄰近城市中心之平均距離為 21 公里，其中有 14 座始發機場就位於都市範圍內，例如馬尼拉、新加坡及舊金山等機場。

航空運輸的貨品主要具有即時（如生鮮食品）及高價值（如高精密設備、電子產品）等特性，如果機場愈鄰近城市，對於城市周邊區域的貨物載運需求而言，選擇航空運輸在前端陸路運輸成本上將更有優勢，將會提高貨主採用航空運輸的誘因，貨運航班頻率亦有機會因需求上升而有所增加。但在 COVID-19 發生後，各國紛紛實施不同程度的防疫措施，尤其人口稠密且商業活動頻繁的城市地區，在政府限制人員流動等防疫政策下，導致勞力密集的企業被迫減產或停工，對於娛樂社交等貨品（如餐飲、旅遊業相關備品、設施設備）需求

量亦大幅下降，交通運輸工具、貨品及從業人員在疫情期間則需進行清潔消毒或防疫檢疫，致使增加額外的運送成本。因此，在市場需求量下降及運送成本增加下，貨運航線的貨運航班呈現衰退，尤其始發機場鄰近城市的貨運航線，可能因始發機場位於人口稠密區域，客貨運需求減少的幅度更為明顯，使得自該等機場入境桃園國際機場的貨運航班，在疫情初期衰退幅度較高。

(3) 「2019 年我國對始發機場所在國的貿易出超額」變數 (*exsurplus*)

貨運第三群效用函數的第三個自變數為「2019 年我國於對始發機場所屬國的出超貿易額」（即我國對他國出口額減去進口額），其係數值經校估後大於 0，故可推測當我國對該始發機場所屬國出超額愈大時（即出口大於出口愈多時），愈有可能被歸類到第 3 群。本研究依據經濟部國際貿易局進出口貿易統計資料整理 2019 年我國對他國出超額概況表如表 5.22，而第三群的群始發機場來自日本（名古屋、東京成田）、中國大陸（南京祿口、重慶江北、深圳寶安、廈門高崎、寧波櫟社、福州長樂、廣州白雲）、香港、菲律賓（馬尼拉）、新加坡、俄羅斯（莫斯科）、土耳其（伊斯坦堡）、土庫曼（阿什哈巴德）、德國（法蘭克福）、美國（安克拉治、西雅圖、洛杉磯、舊金山）等 10 個國家（行政區），其中我國對其出超額為正者，由高至低依序為香港、中國大陸、美國、新加坡、菲律賓、土耳其及土庫曼等 7 個國家；為負者，出超額取絕對值後由高至低依序為日本、德國及俄羅斯等 3 個國家。

表 5.22 2019 年我國對他國出超額概況表

國家	進口額 (百萬美元)	出口額 (百萬美元)	出超額 (百萬美元)
香港	1,062.4	40,325.8	39,263.4
中國大陸	57,396.5	91,790.1	34,393.6
美國	34,851.8	46,247.6	11,395.8
新加坡	7,922.6	18,184.7	10,262.1
越南	5,282.3	10,772.3	5,490
菲律賓	2,114.5	6,156.6	4,042.1
泰國	4,254	5,518	1,264
土耳其	336.5	1,021.7	685.2

國家	進口額 (百萬美元)	出口額 (百萬美元)	出超額 (百萬美元)
土庫曼	0	0.3	0.3
南韓	17,741.3	16,917.2	-824.1
馬來西亞	10,366	9,400.2	-965.8
俄羅斯	3,137.1	1,119.5	-2,017.6
德國	9,404.9	6,522.3	-2,882.6
阿拉伯聯合大公國	4,600.3	1,508.1	-3,092.2
日本	44,054.7	23,279.1	-20,775.6
總計	202,524.9	278,763.5	76,238.6

當我國對另一個國家的貿易出超額為正時，代表出口貨物的需求大於進口貨物的需求，如雙方已有直航者可能會促使航空公司增加既有航班頻次，若無直航者，則會提高航空公司新闢我國至該國直航航線的意願，為滿足大量貨物出口的需求並從中謀利，航空公司的操作方式可能包含從我國直接載運貨物至該國再返回，或從我國載運貨物並中途攬貨至該國機場後，再延遠至第三國。

但實務上，航空公司在貨運航線多以多個航點串飛方式經營，當中涉及各航空公司自其民航主管機關所獲配之航權、公司整體貨運航網布局及航機與機組人員調度等事宜，規劃過程甚屬複雜，礙於本研究無法取得每架貨機完整飛航航點及貨機於每個航點裝卸貨物量資料之故，故於此僅能推測疫情確實對我國乃至於全球經濟貿易發展造成負面衝擊，造成航空公司基於航空貨運市場供需變化在 COVID-19 初期不得不取消或減少航班因應，其中又以我國對始發機場所屬國出超額較大且航程較遠的航線（如美國舊金山、洛杉磯等）入境桃園國際機場的貨運航班衰退情形較為嚴重，最衰退月較去年同期減少幅度均超過 5 成。



5.4 羅吉特模式案例研究

自 2020 年 COVID-19 疫情爆發以來，各國實施的邊境管制及防疫措施重創全球民航產業，導致旅運需求急速下滑，航班飛航數量亦迅速衰退。隨著疫苗問世，各國疫情逐漸趨緩，我國自 2022 年 10 月 13 日放寬邊境管制及相關防疫政策，航空公司依市場需求，並同時考量機隊能量、營運成本及獲利狀況等因素逐步復航、增班或新闢航線。

依據民航局所提供之資料，2023 年 3 月我國往返國外航點計 79 處，截至同年 3 月止，已復航航點包含日本 (札幌、琉球)、韓國 (釜山、金浦、大邱、濟州、襄陽)、泰國 (廊曼、清邁)、菲律賓 (長灘島、公主港)、馬來西亞 (亞庇)、印尼 (峇里島) 等。至兩岸航線部分，除原先北京、成都、廈門和上海浦東、虹橋 5 航點外，2023 年 3 月 10 日恢復開放 10 個定期航班航點，分別為深圳、廣州、南京、重慶、杭州、福州、青島、武漢、寧波、鄭州。另具需求但尚無條件恢復定期航班之航點，航空公司自 2023 年 3 月 18 日起可於獲配航權額度內於清明節、端午節等節慶假日前後各 7 日申請包機，包括瀋陽、無錫、海口、長沙、西安、濟南、合肥、南昌、天津、溫州、大連、桂林、徐州等 13 個航點。

至於新闢航線部分，歐洲向來為國人之觀光旅遊勝地，長榮航空為完善歐洲航網的佈局，分別於 2022 年 10 月 25 日及 11 月 3 日新闢義大利米蘭 (MXP) 及德國慕尼黑 (MUC) 2 條新航線 (示意圖如圖 5.25)，為我國開放邊境管制措施後新闢之歐洲航點，在疫情趨緩之際，帶動我國與歐洲間之觀光、商務及經貿交流。為了解桃園-米蘭及桃園-慕尼黑兩條新航線未來如遇到類似 COVID-19 疫情衝擊時，其入境桃園國際機場的航班會有何變化，故本研究以 5.2 節建立之客運羅吉特模型，將米蘭、慕尼黑等機場相關特徵變數 (如表 5.23) 代入模式中計算，所得效用值、選擇機率及可能被歸類的群別分述說明如下：

1. 桃園-米蘭航線

米蘭 (Milano) 是義大利西北方的大城市，2019 年人口數約 313.6 萬人，屬於歐洲南方的重要交通節點，亦擁有豐富的文化古蹟及觀光景點，例如位於米蘭市中心的米蘭大教堂，每年均吸引全球各地數以萬計的觀光客前往朝聖。長榮航空於 2022 年 10 月 25 日新闢的桃園-米蘭航線，於米蘭端係利用馬爾彭

薩機場 (MXP) 進行起降，該機場擁有 2 座客運航廈和 2 條跑道，在機場聯外交通有機場快線 (Malpensa Express) 可搭乘，而機場至米蘭市中心的直線距離約為 41 公里。

經將米蘭機場相關特徵參數代入羅吉特模式的效用函數計算後可得，桃園-米蘭航線在客運第一群的效用值 V_{p1} 為 6.209、在第二群的效用值 V_{p2} 為 2.777、在第三群的效用值 V_{p3} 為 2.08，第一群的效用值遠大於第二群及第三群。另依據多項羅吉特模式計算該航線被歸類至各群的機率，被歸類至第一群的機率 P_1 為 0.954，第二群的機率 P_2 為 0.031，第三群的機率 P_3 為 0.015，被歸類至第一群的機率遠高於第二群及第三群。另經檢視，位於歐洲中部，距離米蘭機場東北方約 656 公里處，同屬歐洲重要經濟、文化中心的奧地利維也納，當地的維也納機場 (VIE) 至桃園國際機場的客運航線，依據本研究的分群結果亦屬於客運第一群的成員之一，而依據多項羅吉特模式計算該航線被歸類至第一群的機率 P_1 為 0.937，第二群的機率 P_2 為 0.029，第三群的機率 P_3 為 0.034，被歸類至第一群的機率亦遠高於第二群及第三群。

基上，依據本研究所建立的客運多項羅吉特模式，桃園-米蘭航線未來若遭遇類似 COVID-19 的全球公衛危機時，其入境桃園國際機場的航班韌性表現，可能會與客運第一群類似，在受疫情影響初期將呈現航班數量衰退迅速，最衰退月的航班數較去年同期減少近 7 成，並在經歷短暫約 1 至 2 個月的震盪期後，以緩慢的速度恢復航班。

2. 桃園-慕尼黑航線

慕尼黑 (Munich) 是德國境內僅次於柏林和漢堡的第三大城市，2019 年人口數約為 152.1 萬人，為西門子、BMW 等許多大型集團企業總部的所在地，該城市最聞名遐邇的就是每年 9 月底到 10 月初舉行的慕尼黑啤酒節，此外，慕尼黑觀光資源亦極為豐富，城市內除了擁有多個著名的知名景點 (例如：聖彌額爾教堂及新市政廳)，周邊區域亦有新天鵝堡、黑森林及國王湖等觀光勝地。長榮航空於 2022 年 11 月 3 日新闢的桃園-慕尼黑航線，於慕尼黑端係利用慕尼黑機場 (MUC) 進行起降，該機場位於慕尼黑市中心東北方約 29 公里處，擁有 2 座客運航廈和 2 條跑道，亦有聯外鐵路及大眾運輸可搭乘。

經將慕尼黑機場相關特徵參數代入羅吉特模式的效用函數式計算後可得，

桃園-慕尼黑航線在客運第一群的效用值 V_{p1} 為 5.694、在第二群的效用值 V_{p2} 為 3.025、在第三群的效用值 V_{p3} 為 2.08，第一群的效用值遠大於第二群及第三群。另依據多項羅吉特模式可分別求得該航線被歸類至各群的機率，其中該航線被歸類至第一群的機率 P_1 為 0.912，第二群的機率 P_2 為 0.063，第三群的機率 P_3 為 0.025，被歸類至第一群的機率遠高於第二群及第三群。另經檢視慕尼黑周邊與其條件相類似的機場，位於慕尼黑機場西北方約 300 公里處，同屬德國境內且為第五大城市的法蘭克福，當地的法蘭克福機場 (FRA) 至桃園國際機場的客運航線，依據本研究的分群結果亦屬於客運第一群的成員之一，而依據多項羅吉特模式計算該航線被歸類至第一群的機率 P_1 為 0.878，第二群的機率 P_2 為 0.059，第三群的機率 P_3 為 0.063，被歸類至第一群的機率亦遠高於第二群及第三群。

基上，依據本研究所建立的客運多項羅吉特模式，桃園-慕尼黑航線與桃園-米蘭航線相同，未來若遭遇類似 COVID-19 的全球公衛危機時，其入境桃園的航班韌性表現，在受疫情影響初期將呈現航班數量衰退迅速，最衰退月的航班數較去年同期減少近 7 成，並在經歷短暫約 1 至 2 個月的震盪期後，以緩慢的速度恢復航班。

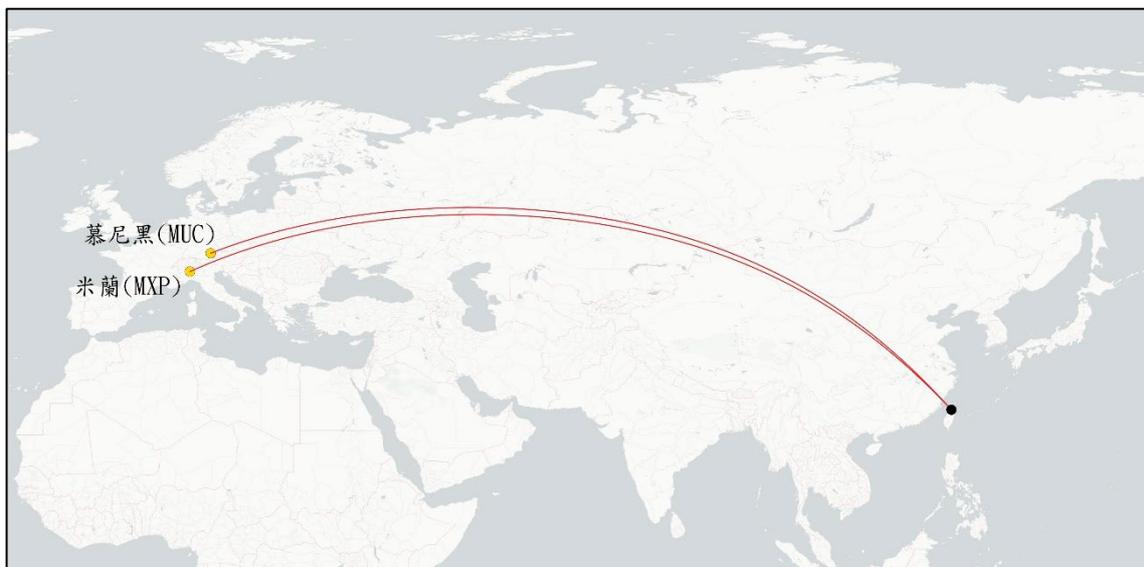


圖 5.25 桃園-米蘭/慕尼黑之航線分布圖

表 5.23 機場相關特徵變數 (案例研究)



航線別 機場相關特徵變數	米蘭 (MXP)	維也納 (VIE)	慕尼黑 (MUC)	法蘭克福 (FRA)
與桃園國際機場的大圓距離 (英里) (<i>Distance</i>)	5,990	5,883	5,768	5830
進駐的航空公司家數 (<i>Airline</i>)	101	91	87	105
航廈是否為衛星型 (<i>Satelite</i>)	是	是	是	否
於始發機場與桃園機場間飛航客運航班的航空公司家數 (<i>Pairline</i>)	1	2	1	1
最鄰近機場的城市總人口數除以該城市至機場的距離 (萬人/公里) (<i>Dispop</i>)	7.64878	10.63889	5.244828	5.915385
2019 年我國對機場所在國的貿易出超額(億美元) (<i>Exsurplus</i>)	-6.331	-3.851	2.8826	-28.826
2019 年自始發機場所在國赴我國為業務的總人數 (萬人) (<i>Business</i>)	0.7247	0.2156	1.9315	1.9315
航廈數量 (<i>Terminal</i>)	2	3	2	2
跑道數量 (<i>Runway</i>)	2	2	2	4
聯外交通是否有鐵路 (<i>Railway</i>)	是	是	是	是

綜合上述，藉由將米蘭及慕尼黑兩座機場的機場相關特徵參數套入本研究所建立之客運羅吉特模式可得知，米蘭-桃園及慕尼黑-桃園兩航線均有極高機率會被分類至 5.1 節建立之客運分群的第一群中，該群的韌性特徵為衰退迅速，恢復緩慢，衰退幅度約 69%。而同樣位於中歐鄰近義大利的奧地利維也納機場 (VIE)，以及德國境內重要樞紐的法蘭克福機場 (FRA)，兩機場入境桃園國際機場的航線在經過

分群後，亦被歸類至客運第一群中；航班皆隨著疫情爆發後逐步衰退，復於 2020 年 4 月衰退至最低點，其中維也納與法蘭克福最衰退月的航班數較去年同期相比，分別衰退 85.7%及 43.3%。

對於 COVID-19 肆虐期間，桃園國際機場連接歐洲航線的航班之所以呈現上述衰退趨勢，推測可能與疫情於 2020 年 3 月進入全球大流行有關，經對照衛生福利部的 COVID-19 防疫關鍵決策時間軸資料，2020 年 3 月歐洲為全球大流行的重災區，其確診人數和死亡病例數高於全球以外的總數，導致歐洲各國陸續實施邊境管制 (如德國於 2020 年 3 月 16 日封鎖邊境)，而我國亦於 2020 年 3 月 19 日暫停組團赴國外旅遊及接待來臺觀光團體入境，以及限制非本國籍人士入境，所有入境者都需居家檢疫 14 天等防疫政策，在疫情及邊境管制措施的影響下，來自歐洲的航班均呈現大幅度的衰退情形，隨後於 2020 年 6 月我國陸續開放轉機及外籍人士入境後，航班在 2020 年 7 月後才呈現穩定但緩慢的恢復趨勢。在此背景下，如果當時已有航空公司經營米蘭-桃園、慕尼黑-桃園的航線市場，基於地緣、疫情及防疫政策等因素，該兩航線的航班變化趨勢或許會類似維也納-桃園、法蘭克福-桃園航線，亦與本研究所提出的羅吉特模式結果相符。

第六章 結論與建議



6.1 研究結論

1. 2020 年 COVID-19 爆發後，各國政府陸續實施邊境管制影響旅客旅行意願及限制移動，在航空公司因旅運需求銳減進而減班或甚至停航之下，入境桃園國際機場的航班以亞洲航線最先受影響，隨後則是來自中東、歐洲、北美、澳大利亞等地區的航班。整體而言，入境總航班數量自 2020 年 2 月起急速衰退，最衰退月發生在同年 4 月，其中客運航班較去年同期減少約 83%，貨運航班則是反向增加 17.5%。
2. 考量不同客貨運航線其航班數量變化於疫情期間均有所不同，故本研究提出 4 個韌性特徵變數（衰退斜率、衰退幅度、震盪期及恢復斜率）去描繪每條航線在疫情期間航班數量變化的韌性特徵，其中貨運整體韌性表現優於客運，甚至受惠於疫情期間電商發展及防疫物資載運需求，航班數量較疫情前有所成長。另本研究更進一步運用 K-means 演算法，依據韌性特徵將客運航線分為 4 群、貨運航線分為 3 群，以下摘述各群重點如下：

(1) 客運

- i. 客運第一群：長程與區域航線混和（長程佔比 38%、區域佔比 62%），多來自北美洲、東亞、東南亞等樞紐機場；韌性特徵為航班衰退迅速，恢復緩慢，平均衰退幅度 69%，震盪期 1.5 個月，屬於韌性最佳的一群。
- ii. 客運第二群：以區域航線為主（區域佔比 95%），半數來自中國大陸、日本及韓國等二線的非樞紐機場；韌性特徵為航班衰退幅度最大，疫後幾乎停航且未復航，震盪期 11 個月，屬於韌性最差的一群。
- iii. 客運第三群：長程與區域航線混和（長程佔比 38%、區域佔比 62%），來自歐洲、大洋洲、亞洲等樞紐及以觀光旅次為主（如峇里島、沖繩等）的機場；韌性特徵為衰退幅度大（平均衰退幅度約 85%），恢復極緩慢，震盪期 5.6 個月，屬於韌性次差的一群。
- iv. 客運第四群：僅包含 1 條香港-桃園航線；韌性特徵為衰退與恢復速度最快，平均衰退幅度 85%，震盪期最短僅 1 個月，屬於韌性次佳的一群。



(2) 貨運

- i. 貨運第一群：均為區域航線，來自上海浦東 (PVG) 及克拉克 (CRK) 機場，韌性特徵為衰退幅度最小 (平均衰退幅度約 4.8%)，震盪期最長約 11 個月，受疫情影響輕微。
 - ii. 貨運第二群：以區域航線為主 (區域佔比 87.5%)，東南亞航線居多；韌性特徵為衰退速度最慢，恢復速度最快，平均衰退幅度 10%，震盪期 5.6 個月，屬於韌性最佳的一群。
 - iii. 貨運第三群：長程與區域航線混和 (長程佔比 40%、區域佔比 60%)，大多數的長程航線被歸類於此；韌性特徵為衰退速度最快，衰退幅度最大 (平均衰退幅度約 25%)，震盪期 1.5 個月，屬於韌性較差的一群。
3. 有關客運航線部分，疫情雖對來自樞紐機場的客運航班造成衝擊，但其航班數量較去年同期衰退的幅度小於來自非樞紐機場者，推測係各國基於防疫考量，在實施邊境管制會傾向優先保留國際樞紐機場，關閉區域型的二線機場，導致二線機場在疫情時受到的衝擊較大；另依據本研究建立的多項羅吉特模式結果，商務旅次愈多的客運航線，航班受疫情衝擊而衰退的幅度可能愈大，推測係因實體會議或展覽在疫情期間大多從實體改為線上，且企業實施「遠距辦公」或「居家上班」等新工作模式所致。
 4. 有關貨運航線部分，疫情僅在初期對整體貨運航線航班造成衝擊，且貨運航線航班的衰退幅度亦小於客運航線，且在 2020 年 3 月後，貨運航班已恢復至疫情前的水準。本研究發現可能影響入境航班數量變化的因素包含航線距離、始發機場地理位置及其所屬國與我國間貿易情形等，其中區域航線的貨運航班在疫情間韌性表現優於長程航線，而東南亞航線貨運航班可能受惠於中美貿易戰及新南向政策，在貨運需求方面較為穩定，故在疫情期間未如其他航線有巨大衝擊。
 5. 自 2020 年 4 月起，入境桃園國際機場的客運航班開始執行腹艙載貨，於同年 5 月起即佔整體客機航班比例約 7 至 8 成左右。如航線同時具有客貨運需求，再搭配民航主管機關開放客機腹艙或客艙載貨政策，將可進一步提升航線航班的韌性表現，如香港—桃園航線即為一個很好的例子。



6.2 未來建議

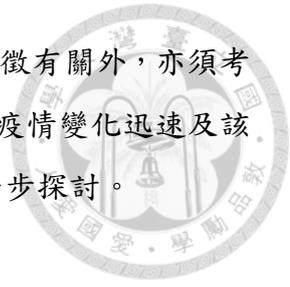
6.2.1 實務建議

1. 為減緩 COVID-19 對航空相關產業的衝擊，交通部在疫情期間對於國際及兩岸航班，依航空公司所在航空站客運量之減少幅度，提供降落費、房屋使用費及土地使用費等紓困補貼。建議政府部門可與航空公司及旅行業者共同合作，透過觀光行銷（例如採線團、線上旅展）等方式，開拓客源以加大航空市場的復甦力道，並提升各航線再次遭遇全球公衛危機時的韌性表現。
2. 目前我國籍航空公司尚未直飛立陶宛、捷克、波蘭等中東歐國家，在疫後經濟、貿易復甦及觀光交流合作下，航空公司未來如意願開闢該等航線時，於市場經營風險評估時，可參考本研究所建立之模型，預測該等航線在面臨類似 COVID-19 的全球公衛危機時的表現，並據以調整策略規劃。

6.2.2 研究限制

1. 本研究係透過桃園國際機場公司取得桃園國際機場起降航班資料，並擷取降落資料進行後續分析，而每筆降落資料中並未包含該航班完整的飛航軌跡、載客人數、載貨噸數等詳細資訊，未來如能取得上述更細緻化的資料，對於各航線航班的韌性特徵分析將能更精確，且能瞭解疫情間航空運輸網路的推移情形。
2. 本研究於羅吉特模式中所使用的航線距離變數（始發機場至桃園國際機場的距離）係採用大圓距離進行計算，而每架航班在實際飛航時，可能因天候狀況、航路交通管制等因素，未必完全沿大圓軌跡飛行，但該等資料難以取得，故本研究最終簡化使用大圓距離做為替代。
3. 羅吉特模式中的部分機場相關變數，且隨時間推移可能與現況有所落差（例如：航廈數），未來如該等資料可由機場營運單位主動公開，並同時揭露其營運相關資料（例如：年度起降架次、客貨運量），應有助於提升模式表現及可靠度。另外在入出境旅客的需求面部分，目前僅能透過交通部觀光局的觀光統計資料庫粗略瞭解各國來臺的旅客人數及其目的，尚難取得每架航班的細部資料（例如：旅客國籍及其目的等），故每條航線究竟具有多少剛性需求，以及是否與航線韌性有關尚難以在本次研究中進行討論。
4. 疫情期間各國疫情變化及邊境管制措施衝擊航空旅運需求甚鉅，因此各航線於

疫情期間的航班衰退及恢復變化，除了與航線本身的韌性特徵有關外，亦須考量整體疫情變化及各國邊境管制措施等因素，但受限於全球疫情變化迅速及該等官方資料難以取得等因素，本研究尚難以就此部分做進一步探討。



6.2.3 未來可延伸之研究方向

1. 在疫後各國逐步解除邊境管制之際，我國亦於 2022 年 10 月 13 日起邊境解封並鬆綁旅遊禁令，面對被壓抑許久的國際旅遊需求，為爭取疫後市場商機，或許可進一步探討航空公司會優先選擇恢復哪些國際航線航班，甚至在後疫情時代將再拓展哪些潛在航線市場。
2. 因各航線的歷史航班資料可能具有時間相關特性，未來可嘗試應用時間序列方法，從不同航線的航班數量變化趨勢中，擷取與時間相關的趨勢線型特徵，例如長期趨勢、周期性或季節性變動等，再據以分群並建立預測模式或進行反事實分析 (counterfactual analysis)，以延續探討未來的影響變化與發展。
3. 本研究在分群階段已初步先將入境桃園國際機場的航線航班分為客運及貨運兩群再分別進行聚類，考量實務上客機亦會利用腹艙空間進行載貨（即客運航線亦提供部分載貨運能），未來如能取得每架航班的實際載客人數、載貨噸數等詳細資訊，或許可直接將所有客、貨運航線的航班依其營運量一起進行分群，以檢視兩者之間的互動關係。
4. 本次 COVID-19 疫情自亞洲地區爆發後向世界各地傳播，未來如可取得各國官方所公布的公衛及邊境管制措施資料(例如當地國或城市的確診人數及防檢疫政策等)，亦可整理後納入羅吉特模式中進一步分析該等變數與疫情期間航線受影響情形是否有關。
5. 在韌性評估指標部分，可以嘗試從航班的變化趨勢中，再擷取其他與韌性相關的屬性做為新增的指標，並或許可進一步探討指標間的權重關係；而建立指標後，每群所得到的韌性總分數亦可做為後續羅吉特模式中的被解釋變數，以量化比較各群的韌性表現及探討其成因。另多項羅吉特模式因具有「不相關替選方案獨立性」(Independence of Irrelevant Alternatives, IIA)，對於方案間可能存在關聯性的狀況，亦可嘗試採用如巢式多項羅吉特(Nested Multinomial Logit, NMNL) 等模式來進行分析。

參考文獻



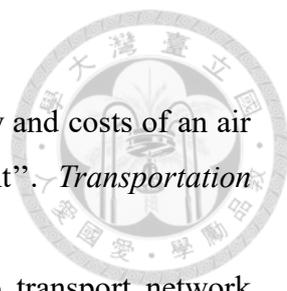
- [1] 外交部領事事務局。世界各國因應 COVID-19 疫情相關措施一覽表。檢索日期：2023 年 5 月 20 日。檢自：<https://www.boca.gov.tw/cp-56-5248-791bd-1.html>
- [2] 交通部民用航空局。111 年度民航機場設施與能量統計。檢索日期：2023 年 6 月 4 日。檢自：<https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=1749&lang=1>
- [3] 交通部民用航空局。民航統計年報。檢索日期：2023 年 2 月 27 日。檢自：<https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=283&lang=1>
- [4] 交通部民用航空局。民航運輸統計(國際及兩岸定期航線班機載客率—按航線及航空公司分)。檢索日期：2023 年 2 月 27 日。檢自：<https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=1752&lang=1>
- [5] 交通部觀光局。觀光統計資料庫。檢索日期：2022 年 7 月 30 日。檢自：<https://stat.taiwan.net.tw/>
- [6] 行政院主計總處。中華民國統計資訊網。檢索日期：2022 年 7 月 30 日。檢自：https://www.stat.gov.tw/News_Content.aspx?n=3148&s=90031&Create=1&ccms_cs=1&state=1327FD6AD8DCDA52
- [7] 宋鎮照 (2020)。新冠肺炎爆發與管制的國際政治經濟探討：在佛系抗疫和強制封鎖之間的國家政策措施分析。歐亞研究，第十二期。
- [8] 凌瑞賢 (2015)。運輸規劃原理與實務。臺北市：鼎漢國際工程顧問公司。
- [9] 桃園國際機場股份有限公司。客運量營運統計。檢索日期：2023 年 6 月 4 日。檢自：<https://www.taoyuanairport.com.tw/passengervolume>
- [10] 桃園國際機場股份有限公司。貨運量營運統計。檢索日期：2023 年 6 月 4 日。檢自：<https://www.taoyuanairport.com.tw/cargovolume>
- [11] 財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心。COVID-19 全球疫情地圖。檢索日期：2023 年 1 月 20 日。檢自：<https://covid-19.nchc.org.tw/>
- [12] 許弼元(2013)。亞太地區機場航空貨運競爭(碩士論文)。國立陽明交通大學。臺北市。
- [13] 陳威勳(2018)。機場航空網路直接連結動因探究(碩士論文)。國立陽明交通大學。臺北市。
- [14] 經濟部國際貿易局。進出口貿易統計。檢索日期：2022 年 7 月 23 日。檢自：

- <https://cuswebo.trade.gov.tw/>
- [15] 臺灣民航資訊網。世界機場查詢。檢索日期：2022 年 6 月 23 日。檢自：
<https://twairinfo.com/>
- [16] 衛生福利部。COVID-19 防疫關鍵決策時間軸。檢索日期：2023 年 2 月 15 日。
檢自：<https://covid19.mohw.gov.tw/ch/sp-timeline0-205.html>
- [17] Adikariwattage, V., Barros, A.G.d., Wirasinghe, S.C., Ruwanpura, J. (2012). Airport classification criteria based on passenger characteristics and terminal size. *Journal of Air Transport Management*, 24, 36-41.
- [18] Air Transport Bureau. (2023, January). Effects of novel Coronavirus (COVID-19) on civil aviation: Economic impact analysis. International Civil Aviation Organization. Montréal, Canada.
- [19] Albatross Airport Database. Accessed 20 November. 2022. Website:
<https://www.airport-information.com/>
- [20] Andreana, G., Gualini, A., Martini, G., Porta, F., Scotti, d. (2021). The disruptive impact of COVID-19 on air transportation: An ITS econometric analysis. *Research in Transportation Economics*, 90, Article ID: 101042.
- [21] Ashford, N., Benchemam, Messaoud. (1988). Passengers' choice of airport: an application of the multinomial logit model. *Transportation Research Record*, Issue Number: 1147.
- [22] Boonekamp, T., Zuidberg, J., Burghouwt, G. (2018). Determinants of air travel demand: The role of low-cost carriers, ethnic links and aviation-dependent employment. *Transportation Research Part A*, 112, 18-28.
- [23] Chen, L., Miller-Hooks, E. (2012). Resilience: an indicator of recovery capability in intermodal freight transport. *Transportation Science*, 46, 109–123.
- [24] Chinazzi, M., Davis, J. T., Ajelli, M., Gioannini, C., Litvinova, M., Merler, S., ...Vespignani, A. (2020). The effect of travel restrictions on the spread of the 2019 novel coronavirus (COVID-19) outbreak. *Science*, 368, 395–400.
- [25] Clark, K. L., Bhatia, U., Kodra, E. A., Ganguly, A. R. (2018). Resilience of the US national airspace system airport network. *IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems*, 19, 3785–3794.
- [26] Forsyth, P., Guiomard, C., Niemeier, H. M. (2020). Covid -19, the collapse in passenger demand and airport charges. *Journal of Air Transport Management*, 89,

Article ID: 101932.

- 
- [27] Gao, Y. (2021). What is the busiest time at an airport? Clustering U.S. hub airports based on passenger movements. *Journal of Transport Geography*, 90, Article ID: 102931.
- [28] Great Circle Mapper. Accessed 15 August. 2022. Website: <http://www.gcmap.com/>
- [29] Guo, J., Zhu, X., Liu, C., Ge, S. (2021). Resilience modeling method of airport network affected by global public health events. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, Article ID: 6622031.
- [30] Harvey, G. (1987). Airport choice in a multiple airport region. *Transportation Research Part A*, 21, 439-449.
- [31] Hess, S., Polak, J. W. (2005). Mixed logit modelling of airport choice in multi-airport regions. *Journal of Air Transport Management*, 11, 59-68.
- [32] Hossain, M., Alam, S., Rees, T., Abbass, H. (2013). Australian airport network robustness analysis: A complex network approach. Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings, Brisbane, Australia.
- [33] Hosseini, S., Barker, K., Ramirez-Marquez, J. E. (2016). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering and System Safety*, 145, 47–61.
- [34] Hsiao, C. Y., Hansen, M. (2011). A passenger demand model for air transportation in a hub-and-spoke network. *Transportation Research Part E*, 47, 1112-1125.
- [35] Huang, C. N., Liou, J. J. H., Lo, H. W., Chang, F. J. (2021). Building an assessment model for measuring airport resilience. *Journal of Air Transport Management*, 95, Article ID: 102101.
- [36] Iacus, S. M., Natale, F., Santamaria, C., Spyrtos, S., Vespe, M. (2020). Estimating and projecting air passenger traffic during the COVID-19 coronavirus outbreak and its socio-economic impact. *Safety Science*, 129, Article ID: 104791.
- [37] International Air Transport Association. (2022). Air cargo traffic eased ahead of conflict in Eastern Europe. *Cargo Chartbook*, Q1 2022, 1.
- [38] Jakšić, Z., Janic, M. (2020). Modeling resilience of the ATC (Air Traffic Control) sectors. *Journal of Air Transport Management*, 89, Article ID: 101891.
- [39] Janić, M. (2005). Modeling the large scale disruptions of an airline network. *Journal of Transportation Engineering*, 131, 249-260.
- [40] Janić, M. (2009). Modeling airport operations affected by a large-scale disruption.

Journal of Transportation Engineering, 135. 206-216.

- 
- [41] Janić, M. (2015). Reprint of “Modelling the resilience, friability and costs of an air transport network affected by a large-scale disruptive event”. *Transportation Research Part A*, 71, 77–92.
- [42] Janić, M. (2019). Modeling the resilience of an airline cargo transport network affected by a large scale disruptive event. *Transportation Research Part D*, 77. 425-448.
- [43] Kuo, P. F., Chiu, C. S. (2021). Airline transportation and arrival time of international disease spread: A case study of Covid-19. *PLoS ONE*, 16 (8), Article ID: e0256398.
- [44] Kuo, P. F., Putra, I G. B., Setiawan, F. A., Wen, T. H., Chiu, C. S., Sulistyah, U. D. (2022). The impact of the COVID-19 pandemic on O-D flow and airport networks in the origin country and in Northeast Asia. *Journal of Air Transport Management*, 100, Article ID 102192.
- [45] Lai, S. I., Lu, W. L. (2005). Impact analysis of September 11 on air travel demand in the USA. *Journal of Air Transport Management*, 11, 455-458.
- [46] Lau, H., Khosrawipour, V., Kocbach, P., Mikolajczyk, A., Schubert, J., Bania, J., & Khosrawipour, T. (2020). The positive impact of lockdown in wuhan on containing the COVID-19 outbreak in China. *Journal of Travel Medicine*, 27, 1–7.
- [47] Li H., Hu, X. B., Guo, X., Xu, Z., Gelder, P. H. A. J. M. v. (2016). A new quantitative method for studying the vulnerability of civil aviation network system to spatially localized hazards. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7, 245–256.
- [48] Likas, A., Vlassis, N., Verbeek, J. J. (2003). The global k-means clustering algorithm. *Pattern Recognitio*, 36, 451-461.
- [49] Loo, .B. P. Y., (2008). Passengers’ airport choice within multi-airport regions (MARs): some insights from a stated preference survey at Hong Kong International Airport. *Journal of Transport Geography*, 16, 117-125.
- [50] Macrotrends. Accessed 20 November. 2022. Website: <https://www.macrotrends.net/cities/21673/toyama/population>
- [51] Marcucci, E., Gatta, V. (2011). Regional airport choice: Consumer behaviour and policy implications. *Journal of Transport Geography*, 19, 70-84.
- [52] Marta, Ž. (2017). Cluster analysis of world's airports on the basis of number of passengers handled (Case Study Examining the Impact of Significant Events).

- Statistika*, 97, 74-88.
- [53] Mattsson, L. G., Jenelius, E. (2015). Vulnerability and resilience of transport systems – A discussion of recent research. *Transportation Research Part A*, 81, 16-34.
- [54] Mayer, R. (2016). Airport classification based on cargo characteristics. *Journal of Transport Geography*, 54, 53–65.
- [55] Park, Y., Ha, H. K. (2006). Analysis of the impact of high-speed railroad service on air transport demand. *Transportation Research Part E*, 42, 95-104.
- [56] Pishdar, M., Ghasemzadeh, F., Maskeliūnaitė, L., Bražiūnas, J., (2019). The influence of resilience and sustainability perception on airport brand promotion and desire to reuse of airport services: the case of Iran airports. *Transport*, 34, 617–627.
- [57] Postorino, M. N., Versaci, M. (2014). A geometric fuzzy-based approach for airport clustering. *Advances in Fuzzy Systems*, 2014, Article ID: 201243.
- [58] Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53-65.
- [59] Sarkis, J., Talluri, S. (2004). Performance based clustering for benchmarking of US airports. *Transportation Research Part A*, 38, 329–346.
- [60] Shen, L David (1990). Airport terminal designs with automated people movers. *Transportation Research Record*, Issue Number: 1273, 30-39.
- [61] Sun, X., Wandelt, S., Zhang, A. (2020). How did COVID-19 impact air transportation? A first peek through the lens of complex networks. *Journal of Air Transport Management*, 89, Article ID: 101928.
- [62] Suryani, E., Chou, S. Y., Chen, C. H. (2010). Air passenger demand forecasting and passenger terminal capacity expansion: A system dynamics framework. *Expert Systems with Applications*, 37, 2324-2339.
- [63] Vogel, H. A., Graham, A. (2013). Devising airport groupings for financial benchmarking. *Journal of Air Transport Management*, 30, 32–38.
- [64] Wang, Y., Zhan, J., Xu, X., Li, L., Chen, P., Hansen, M. (2019). Measuring the resilience of an airport network. *Chinese Journal of Aeronautics*, 32, 2694–2705.
- [65] Yang, C. W., Lu, J. L., Hsu, C. Y. (2014). Modeling joint airport and route choice behavior for international and metropolitan airports. *Journal of Air Transport Management*, 39, 89-95.

附錄 1：始發機場詳錄及其基本資訊



編號	機場名(Arrival)	IATA CODE	所屬國家	至桃園機場之大圓距離(英里)
1	三亞(鳳凰)	SYX	中國大陸	891
2	上海(浦東)	PVG	中國大陸	419
3	大阪	KIX	日本	1,081
4	大邱	TAE	南韓	866
5	大連(周子水)	DLC	中國大陸	957
6	小松	KMQ	日本	1,190
7	仁川	ICN	南韓	907
8	公主港	PPS	菲律賓	1,067
9	天津(濱海)	TSN	中國大陸	994
10	太原(武宿)	TYN	中國大陸	1,009
11	巴黎	CDG	法國	6,092
12	仙臺	SDJ	日本	1,463
13	北九州	KKJ	日本	844
14	北京(首都)	PEK	中國大陸	1,068
15	布里斯本	BNE	澳洲	4,187
16	札幌	CTS	日本	1,685
17	石垣島	ISG	日本	195
18	石家莊(正定)	SJW	中國大陸	987
19	仰光	RGN	緬甸	1,713
20	伊斯坦堡	IST	土耳其	5,227
21	休士頓	IAH	美國	7,960
22	合肥(新橋)	HFE	中國大陸	542
23	吉隆坡	KUL	馬來西亞	2,012
24	名古屋	NGO	日本	1,149
25	多倫多	YYZ	加拿大	7,519
26	安大略	ONT	美國	6,831
27	安克拉治	ANC	美國	4,680
28	成都(雙流)	CTU	中國大陸	1,122
29	旭川	AKJ	日本	1,754
30	西安(咸陽)	XIY	中國大陸	988
31	西雅圖	SEA	美國	6,074
32	佐賀	HSG	日本	780
33	克拉克機場	CRK	菲律賓	682
34	吳哥窟	REP	柬埔寨	1,390
35	杜拜	DXB	阿拉伯聯合大公國	4,080
36	杜拜(DWC)	DWC	阿拉伯聯合大公國	4,099
37	汶萊(斯里巴灣)	BWN	汶萊	1,446

編號	機場名(Arrival)	IATA CODE	所屬國家	至桃園機場之 大圓距離(英里)
38	亞庇	BKI	馬來西亞	1,360
39	函館	HKD	日本	1,606
40	呼和浩特	HET	中國大陸	1,215
41	岡山	OKJ	日本	1,007
42	帛琉	ROR	帛琉	1,502
43	昆明	KMG	中國大陸	1,146
44	杭州(蕭山)	HGH	中國大陸	358
45	東京(成田)	NRT	日本	1,356
46	東京(羽田)	HND	日本	1,319
47	松山(日本)	MYJ	日本	916
48	武漢(天河)	WUH	中國大陸	581
49	河內	HAN	越南	1,016
50	法蘭克福	FRA	德國	5,830
51	芝加哥	ORD	美國	7,457
52	花卷	HNA	日本	1,522
53	金邊	PNH	柬埔寨	1,420
54	長沙(黃花)	CSX	中國大陸	540
55	長春(龍嘉)	CGQ	中國大陸	1,328
56	長灘島	KLO	菲律賓	925
57	阿什哈巴德	ASB	土庫曼	3,744
58	阿姆斯特丹	AMS	荷蘭	5,878
59	青島(流亭)	TAO	中國大陸	772
60	南京(祿口)	NKG	中國大陸	481
61	南昌(昌北)	KHN	中國大陸	420
62	南通(興東)	NTG	中國大陸	482
63	南寧(吳圩)	NNG	中國大陸	844
64	哈爾濱(太平)	HRB	中國大陸	1,444
65	峇里島	DPS	印尼	2,361
66	泉州(晉江)	JJN	中國大陸	167
67	洛杉磯	LAX	美國	6,799
68	胡志明市	SGN	越南	1,370
69	重慶(江北)	CKG	中國大陸	951
70	香港	HKG	香港	501
71	倫敦蓋威克	LGW	英國	6,096
72	宮崎	KMI	日本	778
73	峴港	DAD	越南	1,047
74	徐州	XUZ	中國大陸	657
75	桂林(兩江)	KWL	中國大陸	701
76	海口(美蘭)	HAK	中國大陸	774

編號	機場名(Arrival)	IATA CODE	所屬國家	至桃園機場之大圓距離(英里)
77	琉球(沖繩)	OKA	日本	407
78	紐約甘迺迪	JFK	美國	7,808
79	茨城	IBR	日本	1,371
80	釜山	PUS	南韓	834
81	馬尼拉	MNL	菲律賓	727
82	高松	TAK	日本	992
83	務安	MWX	南韓	749
84	宿霧	CEB	菲律賓	1,032
85	常州	CZX	中國大陸	479
86	曼谷(蘇凡納布)	BKK	泰國	1,546
87	曼谷(廊曼)	DMK	泰國	1,546
88	淮安	HIA	中國大陸	613
89	深圳(寶安)	SZX	中國大陸	499
90	清州	CJJ	南韓	883
91	清邁	CNX	泰國	1,492
92	莫斯科	SVO	俄羅斯	4,571
93	雪梨	SYD	澳洲	4,511
94	鹿兒島	KOJ	日本	740
95	富山	TOY	日本	1,236
96	揚州(泰州)	YTY	中國大陸	524
97	揭陽潮汕	SWA	中國大陸	316
98	無錫(碩放)	WUX	中國大陸	445
99	貴陽(龍洞堡)	KWE	中國大陸	904
100	雅加達	CGK	印尼	2,357
101	黃山(屯溪)	TXN	中國大陸	369
102	奧克蘭	AKL	紐西蘭	5,512
103	廈門(高崎)	XMN	中國大陸	199
104	新加坡	SIN	新加坡	1,996
105	新瀉	KIJ	日本	1,375
106	溫州	WNZ	中國大陸	197
107	溫哥華	YVR	加拿大	5,971
108	煙臺(蓬萊)	YNT	中國大陸	867
109	義烏(義烏)	YIW	中國大陸	303
110	寧波(櫟社)	NGB	中國大陸	327
111	福州(長樂)	FOC	中國大陸	114
112	福岡	FUK	日本	807
113	福島	FKS	日本	1,407
114	維也納	VIE	奧地利	5,883
115	銀川	INC	中國大陸	1,260

編號	機場名(Arrival)	IATA CODE	所屬國家	至桃園機場之大圓距離(英里)
116	墨爾本	MEL	澳洲	4,581
117	廣州(白雲)	CAN	中國大陸	513
118	廣島	HIJ	日本	952
119	德里	DEL	印度	2,721
120	鄭州(新鄭)	CGO	中國大陸	787
121	澳門	MFM	澳門	525
122	靜岡	FSZ	日本	1,215
123	檀香山	HNL	美國	5,069
124	濟州	CJU	南韓	662
125	濟南(遙牆)	TNA	中國大陸	846
126	檳城	PEN	馬來西亞	1,945
127	瀋陽(桃仙)	SHE	中國大陸	1,149
128	舊金山	SFO	美國	6,469
129	羅馬 Fiumicino	FCO	義大利	5,980
130	關島	GUM	美國	1,729
131	麗江(三義)	LJG	中國大陸	1,310
132	蘭州(中川)	LHW	中國大陸	1,307
133	鹽城	YNZ	中國大陸	578

附錄 2：客運航線航班分群結果



編號	客運第一群	客運第二群	客運第三群	客運第四群
1	上海浦東	三亞鳳凰	巴黎	香港
2	大阪	大邱	北京首都	
3	仁川	大連周子水	布里斯本	
4	札幌	小松	伊斯坦堡	
5	仰光	公主港	名古屋	
6	休士頓	天津濱海	帛琉	
7	吉隆坡	太原武宿	東京羽田	
8	多倫多	仙臺	阿姆斯特丹	
9	成都雙流	北九州	峇里島	
10	西雅圖	石垣島	琉球沖繩	
11	杜拜	石家莊正定	曼谷廊曼	
12	東京成田	合肥新橋	墨爾本	
13	河內	安大略	德里	
14	法蘭克福	旭川		
15	芝加哥	西安咸陽		
16	金邊	佐賀		
17	洛杉磯	克拉克機場		
18	胡志明市	吳哥窟		
19	紐約甘迺迪	汶萊斯里巴灣		
20	馬尼拉	亞庇		
21	宿霧	函館		
22	曼谷蘇凡納布	呼和浩特		
23	雪梨	岡山		
24	雅加達	昆明		
25	奧克蘭	杭州蕭山		
26	廈門高崎	松山		
27	新加坡	武漢天河		
28	溫哥華	花卷		
29	福岡	長沙黃花		
30	維也納	長春龍嘉		
31	澳門	長灘島		
32	檳城	青島流亭		
33	舊金山	南京祿口		
34	關島	南昌昌北		
35		南通興東		
36		南寧吳圩		
37		哈爾濱太平		



編號	客運第一群	客運第二群	客運第三群	客運第四群
38		泉州晉江		
39		重慶江北		
40		倫敦蓋威克		
41		宮崎		
42		峴港		
43		徐州		
44		桂林兩江		
45		海口美蘭		
46		茨城		
47		釜山		
48		高松		
49		務安		
50		常州		
51		淮安		
52		深圳寶安		
53		清州		
54		清邁		
55		鹿兒島		
56		富山		
57		揚州泰州		
58		揭陽潮汕		
59		無錫碩放		
60		貴陽龍洞堡		
61		黃山屯溪		
62		新瀉		
63		溫州		
64		煙臺蓬萊		
65		義烏		
66		寧波櫟社		
67		福州長樂		
68		福島		
69		銀川		
70		廣州白雲		
71		廣島		
72		鄭州新鄭		
73		靜岡		
74		檀香山		
75		濟州		
76		濟南遙牆		

編號	客運第一群	客運第二群	客運第三群	客運第四群
77		瀋陽桃仙		
78		羅馬 Fiumicino		
79		麗江三義		
80		蘭州中川		
81		鹽城		

附錄 3：貨運航線航班分群結果



編號	貨運第一群	貨運第二群	貨運第三群	
1	上海浦東	大阪	伊斯坦堡	
2	克拉克	仁川	名古屋	
3		吉隆坡	安克拉治	
4		杜拜 DWC	西雅圖	
5		河內	東京成田	
6		胡志明市	法蘭克福	
7		曼谷蘇凡納布	阿什哈巴德	
8		檳城	南京祿口	
9				洛杉磯
10				重慶(江北)
11				香港
12				馬尼拉
13				深圳寶安
14				莫斯科
15				廈門高崎
16				新加坡
17				寧波櫟社
18				福州長樂
19				廣州白雲
20				舊金山
21				