

投稿類別：史地類

篇名：

國際航線班機與大圓航線相符度之研究—以桃園國際機場出發之航班為例

作者：

謝宜澄。麗山高中。高二四班

顏巧媛。麗山高中。高二六班

謝沛綺。麗山高中。高二八班

指導老師：

廖偉國老師

壹、前言

一、研究動機

飛航對日常生活密不可分，在即時飛航動態網能見機場氣象、飛航路徑、高度速度等，甚至連大圓航線也能顯示，於是引發研究者的好奇心。因此本研究從台北(TPE)出發至全球十機場，以 Flightradar24 (<https://www.flightradar24.com/>) 網站上提供的各項資料、比對分析，了解究竟飛機是「看天吃飯」，抑或是有更多人為的因素干擾？

二、研究目的

- (一) 探討直飛之國際航線與大圓航線的相符度。
- (二) 分析長、短程航線的實際航路與大圓航線相符度的關係。
- (三) 分析台灣出發的直飛航線未採用大圓航線之因素與影響。

三、研究方法

(一) 研究內容界定

本研究根據桃園國際機場網站提供的航班定期航班資訊（以 2017 年 9 月 18 日至 24 日為準），從桃園國際機場直飛至世界一百二十個機場，挑選出十個目標機場，航班挑選依據主要為長、短程航線分類，其各自固定航班班次較多者，並以桃園機場為中心分為四個象限分別挑選代表性機場。長程與短程航線部分，因無法律或學術上的界定，故本研究將航空公司及旅行社提供的資料作為評斷，為三越旅行社齊董事長所提供，以五小時為界定。

表一：目標機場表

洲	終點站	平均飛行時間	長/短程航線
亞洲	上海浦東國際機場 (PVG)	1 小時 20 分鐘	短
	香港國際機場 (HKG)	1 小時 23 分鐘	短
	東京成田國際機場 (NRT)	2 小時 28 分鐘	短
	德里英迪拉·甘地國際機場 (DEL)	6 小時 11 分鐘	長
歐洲	阿姆斯特丹史基浦國際機場 (AMS)	12 小時 51 分鐘	長
	伊斯坦堡阿塔圖克機場 (IST)	11 小時 52 分鐘	長
美洲	紐約約翰·甘迺迪國際機場 (JFK)	13 小時 45 分鐘	長
	洛杉磯國際機場 (LAX)	10 小時 51 分鐘	長
大洋洲	布里斯本國際機場 (BNE)	8 小時 22 分鐘	長
	雪梨國際機場 (SYD)	8 小時 46 分鐘	長

（表一資料來源：研究者整理）

（二）文獻與地圖資料蒐集

本研究在去函徵得網站官方確保資料正確性及允諾截圖後，將每個機場取三天相近時間點，每個時間點選取兩個不同航空公司之班機，利用微軟電腦內建的剪取工具擷取 Flightradar24 提供的各項飛航相關資料，包括進行分析，其中航路圖及禁（限）航區則參考 Skyvector (<https://skyvector.com/>) 之截圖，同時搜尋民航局提供的電子飛航指南等其他資源輔助分析並整理人文及自然方面對於航路的影響。

貳、正文

一、研究分析

本研究透過觀察截圖紀錄，比照航路圖、禁（限）航區、地形及政治等因素，進行比對分析。其中，若同一地點間飛航路徑無明顯差異，則選取截圖日期時間最早的航班，惟上海、洛杉磯、阿姆斯特丹、雪梨及布里斯本之航路差異較大，故將其他日期航班並列討論，研究結果如下說明。其中本章節所指之實際飛行路徑為彩色實線，紅色虛線為大圓航線。

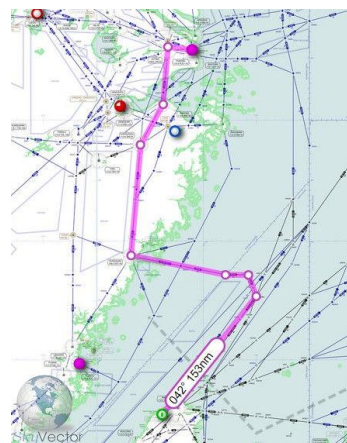
（一）上海浦東國際機場（PVG）

圖 1 中可看見實際飛行路徑從桃園起飛後，先沿 B576 國際航路，後轉西進入上海情報區，並由兩岸飛航控管部門交接，再飛往上海浦東，航路為閃電型且未採用大圓航線。目前本國籍航空公司從桃園直飛上海浦東，皆採用圖 2 海峽兩岸空運協議的北線（臺北與上海飛航情報區）直達航路。



【圖 1】

中華航空桃園上海實際飛路徑與大圓航線
（資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 7 日，<https://www.flightradar24.com/>）



【圖 2】

兩岸北線直達航路（臺北與上海飛航情報區）
（資料來源：研究者繪製）

（二）香港國際機場（HKG）

參考下頁圖 3 中實際飛行路徑並未與大圓航線符合。目前本國籍航空公司從桃園飛至香港皆從桃園（TPE）出發便採用海峽兩岸空運補充協議所建立的南線（臺北與廣州飛航情報

區)直達航路,往南沿著 A1 國際航路,至 ELATO 航管點後轉往 G581-A1 航路飛行,最後降落前需照跑道東北西南方向,故繞行抵達香港國際機場(HKG)。



【圖 3】中華航空桃園 - 香港
實際飛行路徑與大圓航線

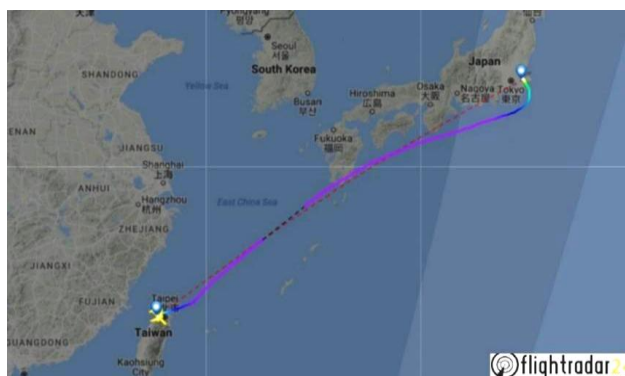
(資料來源: Flightradar24。2017 年 12 月 31
日, <https://www.flightradar24.com/>)

【圖 4】兩岸南線

(臺北與廣州飛航情報區)直達航路
(資料來源: 研究者繪製)

(三) 東京成田國際機場 (NRT)

圖 5 實際飛行路徑與大圓航線幾乎相符,唯後半段抵達東京成田機場(NRT)的過程遠離大圓航線,主要因為飛機接近起飛及降落時起降須逆風。



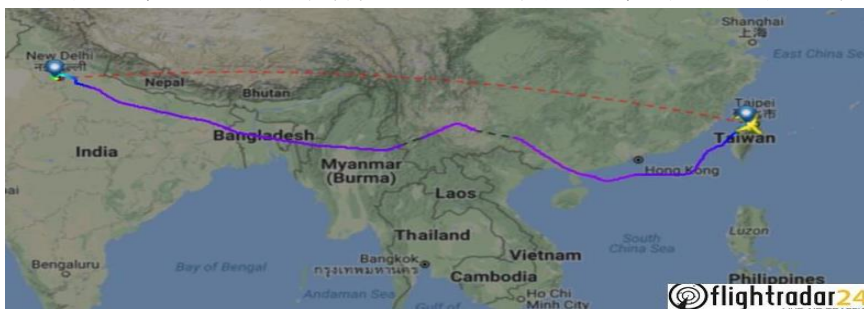
【圖 5】中華航空桃園 - 東京實際飛行路徑與大圓航線

(資料來源: Flightradar24。2017 年 12 月 31 日, <https://www.flightradar24.com/>)

(四) 德里英迪拉·甘地國際機場 (DEL)

下頁圖 6 中,實際的飛行路徑與大圓航線不相符。從桃園(TPE)向南沿著兩岸協議的南線(臺北與廣州飛航情報區)直達航路。後半段進入印度幾乎平行喜馬拉雅山脈(次頁圖 7),而不貼近大圓航線,主要是因為空氣越過山嶺發生波動,產生山岳波(Mountain Wave),飛機可能在波動破碎區附近遇到其產生之亂流而影響飛安,此波動和亂流不易預報且通常都沒有伴隨雲系,更加深其危險性(2007,陳俐如)。複雜的地形同時也造成多變的天氣,因此於山區飛行威脅甚大(2007,蕭華、蒲金標)。

國際航線班機與大圓航線相符度之研究—以桃園國際機場出發之航班為例



【圖 6】中華航空桃園－德里實際飛行路徑與大圓航線

(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 7 日，<https://www.flightradar24.com/>)



【圖 7】往德里平行喜馬拉雅山脈路徑圖

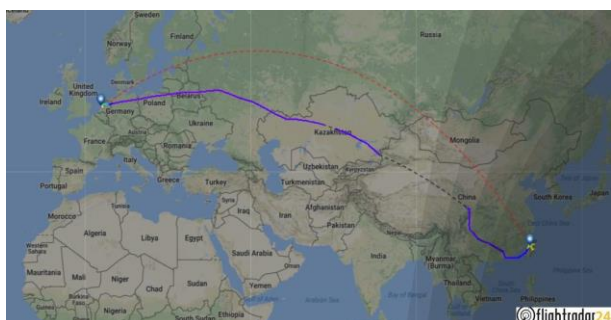
(資料來源：Flightradar24。2018 年 2 月 27 日，<https://www.flightradar24.com/>)

(五) 阿姆斯特丹史基浦國際機場 (AMS)

因中華航空與荷蘭皇家的飛行路徑截然不同，故在此將作詳細分析。

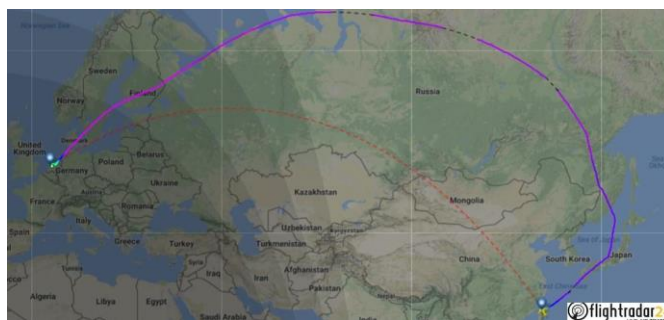
荷蘭皇家桃園飛阿姆斯特丹航線（圖 8）從桃園出發往南飛，走南線直達航路（臺北與廣州飛航情報區）進入中國領空，往西北方進入哈薩克、俄羅斯後，轉西抵達荷蘭阿姆斯特丹史基浦國際機場（AMS）；中華航空桃園飛阿姆斯特丹航線（圖 9）從桃園出發往北飛，由俄羅斯東南沿海進入，飛越西伯利亞北方，跨過北歐，最後抵達目的地。

本國籍的中華航空公司因政治因素，去程飛行航線避開了中國大陸的飛航情報區的空域，從圖中分析國籍航空採用西伯利亞航線飛歐洲，部份航段甚至已進入北極圈，與大圓航線差異極大。但外籍的荷蘭航空則因沒有政治因素疑慮，實際航線直接飛越中國大陸的空域並穿越歐亞大陸的心臟地帶，整個航程與大圓航線較為接近。



【圖 8】荷蘭皇家桃園－阿姆斯特丹
實際飛行路徑與大圓航線

(資料來源：Flightradar24。2017 年 11 月 30 日，<https://www.flightradar24.com/>)

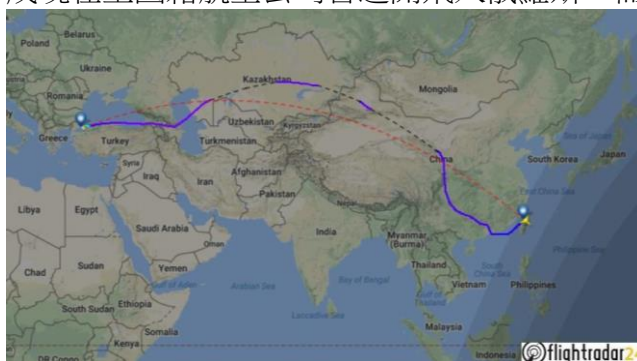


【圖 9】中華航空桃園－阿姆斯特丹
實際飛行路徑與大圓航線

(資料來源：Flightradar24。2017 年 11 月 30 日，<https://www.flightradar24.com/>)

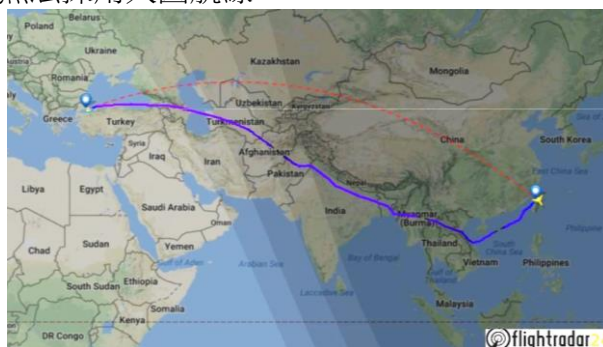
(六) 伊斯坦堡阿塔圖克機場 (IST)

因土耳其航空 2017 年 12 月 16 日與 19 日的飛行路徑截然不同，故在此將作詳細分析。於 12 月 16 日桃園飛伊斯坦堡之實際飛行路徑（圖 10），從桃園出發後南線直達航路（臺北與廣州飛航情報區），進入大陸地區，沿華南、華中，往西北西方向進入哈薩克，與荷蘭皇家航空公司從桃園飛往阿姆斯特丹前半段路徑無明顯差異，皆因為是外國籍航空公司，而無需考量政治，能穿過中國大陸的航空領域；於 12 月 19 日桃園飛伊斯坦堡之實際飛行路徑（圖 11），從桃園出發後經過南海，於越南東側進入東南半島再往西北，接著平行喜馬拉雅山，此處與桃園-德里線後半段的路徑，皆為避免山岳波可能造成的危險。而在最末，兩日飛行路徑皆避開俄羅斯飛航情報區，自 2015 年土耳其擊落俄羅斯戰鬥機事件（BBC, 2015），土耳其遭禁止或限制在俄羅斯聯邦境內從事之活動，包括航空器進入俄國領空，造成現在土國籍航空公司皆避開飛入俄羅斯，而無法採用大圓航線。



【圖 10】土耳其航空桃園 - 伊斯坦堡
實際飛行路徑與大圓航線之一

（資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 21 日，<https://www.flightradar24.com/>）



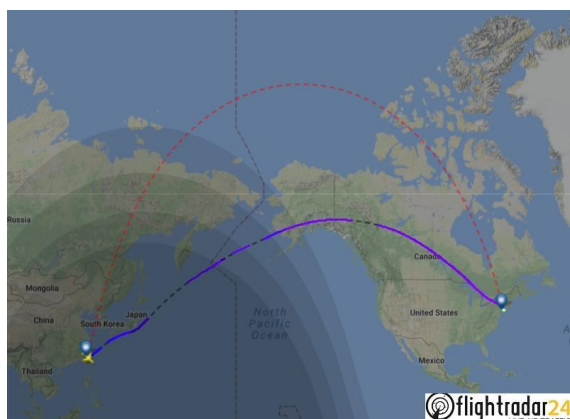
【圖 11】土耳其航空桃園 - 伊斯坦堡
實際飛行路徑與大圓航線之二

（資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 21 日，<https://www.flightradar24.com/>）

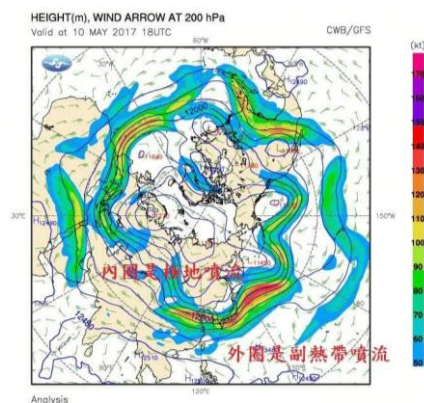
(七) 紐約約翰·甘迺迪國際機場 (JFK) 與洛杉磯國際機場 (LAX)

下頁圖 12 中桃園往紐約的大圓航線向北經過中國、俄羅斯的東側後，進入北極海，再越過加拿大，抵達位於美國東岸的紐約約翰·甘迺迪國際機場 (JFK)，但中華航空實際飛行路徑卻是向東北經過日本後走北太平洋航線，從阿拉斯加西南隅進入美洲，穿過加拿大抵達美國紐約約翰·甘迺迪國際機場 (JFK)。首先因政治因素，中國不允許非直飛中國機場的本國籍航班經過其識別區，改往北經過日本飛航情報區。其次，在北太平洋西風帶上有噴射氣流 (Jet Stream) (次頁圖 13) 飛機可順著飛行，節省燃料成本與時間。

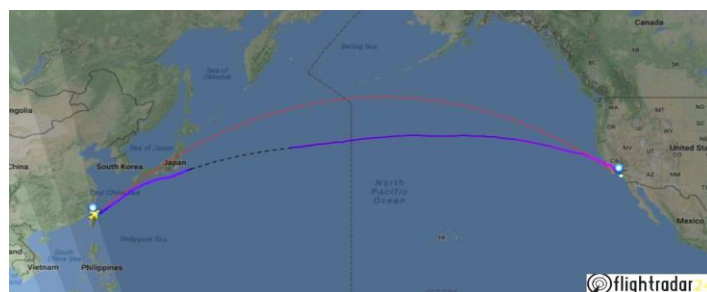
下頁圖 14 中桃園往洛杉磯，實際飛行路徑前半段與桃園-東京線大同小異，後半段則沒有貼近大圓航線，本研究推測與桃園-紐約線原因相同：因噴射氣流相較於大圓航線，能更節省燃料成本與時間。



【圖 12】中華航空桃園－紐約
實際飛行路徑與大圓航線
(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 31
日，<https://www.flightradar24.com/>)



【圖 13】噴射氣流示意圖
(資料來源：中央氣象局。2018 年 3 月 1
日，<https://www.cwb.gov.tw/>)



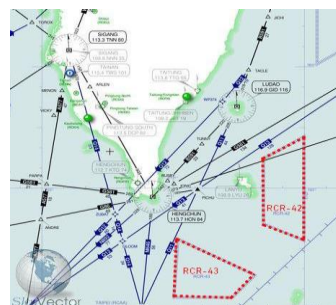
【圖 14】長榮航空桃園－洛杉磯實際飛行路徑與大圓航線
(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 31 日，<https://www.flightradar24.com/>)

(八) 布里斯本國際機場 (BNE)

在圖 15 中，可以看到粉色大圓航線會經過 RCR-17 軍事限航區，而臺灣本島南南東方有 RCR-42 及 RCR-43 限航區 (圖 16)，因此有一航路如下頁圖 17 從桃園出發後一路向南，由西側繞過 RCR-42 及 RCR-43 限航區，經菲律賓領空，朝南東南方平行大圓航線飛行，最後轉向東南，抵達布里斯本。至於該航路何以在離開菲律賓領空後沒有直接向大圓航線靠近，本研究尚未取得足以證明之證據，暫無法分析。另一航路如次頁圖 18 則是直接向東飛行，避開 RCR-17 限航區飛越太平洋，再穿過巴布亞新幾內亞，後貼近大圓航線飛行抵達布里斯本國際機場 (BNE)。



【圖 15】
臺灣 RCR-17 限航區與大圓航線位置示意圖
(資料來源：研究者繪製)



【圖 16】
臺灣 RCR-42、RCR-43 限航區位置示意圖
(資料來源：研究者繪製)



【圖 17】

長榮航空桃園－布里斯本
實際飛行路徑與大圓航線之一

(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 31 日，<https://www.flightradar24.com/>)



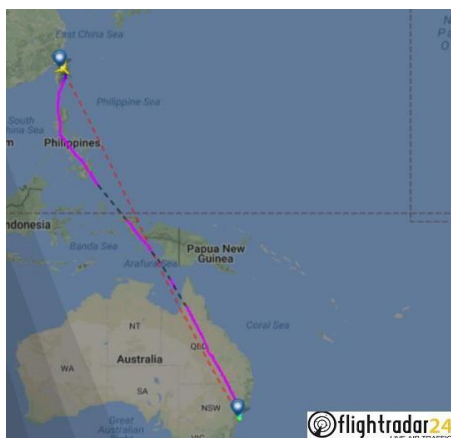
【圖 18】

長榮航空桃園－布里斯本
實際飛行路徑與大圓航線之二

(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 7 日，<https://www.flightradar24.com/>)

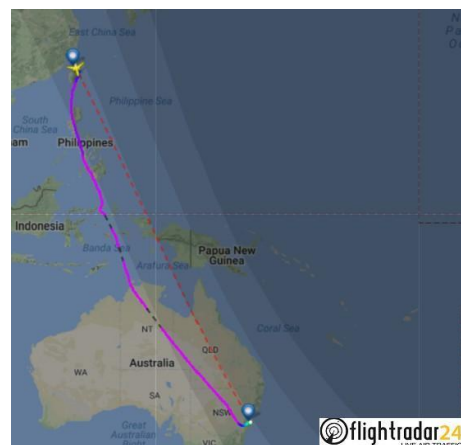
(九) 雪梨國際機場 (SYD)

在圖 19 當中可看見桃園飛往雪梨的實際路徑先往南飛經過菲律賓後慢慢貼近大圓航線飛行，幾乎相符合。而圖 20 實際飛行路徑，全程未採用大圓航線，但本研究尚未取得可信度足夠之參考資料，無法確定與其他班機不同的因素，在此暫不作分析。



【圖 19】

中華航空桃園－雪梨
實際飛行路徑與大圓航線之一
(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 14 日，<https://www.flightradar24.com/>)



【圖 20】

中華航空桃園－雪梨
實際飛行路徑與大圓航線之二
(資料來源：Flightradar24。2017 年 12 月 14 日，<https://www.flightradar24.com/>)

參、結論

透過上述分析，本章節將以洲分別進行說明，並闡述未來展望，提供後人研究參考：

一、結論

（一）亞洲航線：

桃園飛往上海浦東因應政治考量，遵循海峽兩岸空運協議建立之北線（臺北與上海飛航情報區）直達航路，在地圖上呈現閃電型航路，因此並未採用大圓航線；桃園飛往香港因應政治考量，並遵循海峽兩岸空運補充協議建立之南線（臺北與廣州飛航情報區）直達航路，因此並未採用大圓航線；而桃園飛東京的航路則為本研究所有航線中最符合大圓航線者，只有在飛機接近起飛、降落時有偏離大圓航線的情況，但進一步分析此時會偏離是因飛機起降須逆風所致；亞洲線唯一屬於長程航線的桃園至德里航線，需要經過中國內陸，所以在前半段分主要因遵循海峽南線（臺北與廣州飛航情報區）直達航路向南繞行，後半段分的偏南航路主要是因為需避開高達八千公尺喜馬拉雅山脈，因地形造成的山岳波對飛航安全可能造成巨大的危害。因此分析的亞洲四條航線中僅桃園飛東京的航線符合大圓航線。

（二）歐洲航線：

在研究桃園往阿姆斯特丹航線中，本研究意外發現本國籍航空公司與非本國籍荷蘭航空的飛行路徑有明顯差異，本國籍中華航空的飛行路徑，受限於台灣與中國大陸航權問題，飛行路線須向北繞過中國領空，從日本海進入俄羅斯，向北偏離大圓航線。然而外國籍的荷蘭皇家航空班機，雖可進入中國領土但也須先繞行海峽兩岸空運補充協議建立的南線航路，由廣州等地入境中國領空，因此未能採用大圓航線而以偏南的路線飛行；桃園飛往伊斯坦堡部分，不同日期土耳其航空前半段實際飛行路徑截然不同，但後半段皆因 2015 擊落事件，而避開俄羅斯飛航情報區，未採用大圓航線。

（三）北美航線：

越過北太平洋的北美洲航路，研究分析桃園往紐約航線與桃園往洛杉磯航線，該二航線飛行的路徑不論哪家航空公司，均不符合大圓航線，而採用中緯度高空噴射氣流向東飛行。根據調查資料顯示：從桃園飛洛杉磯或紐約的航班因利用高空噴射氣流輔助，飛行時間可節省達一小時以上，故北美航線因氣流因素選擇了較大圓航線更節省時間及燃油成本的航路。

（四）大洋洲航線：

桃園往布里斯本因受限於 RCR-17 軍事限航區，而無法採用大圓航線，其替代航路可分為向南的菲律賓航路與向東的太平洋航路；在桃園飛大洋洲雪梨的航線中，前半段分先循國際間固定航路經菲律賓後，再向西緊貼著大圓航線飛行，和東京航線同是較符合大圓航線的航線，而不同的是此為長程航線，因此得知：長程航線與短程航線並不影響與大圓航線的相符度。

最後研究結果顯示：研究中桃園出發十個目標機場的班機只有東京和雪梨航線的飛行路徑接近大圓航線，沒有採用大圓航線的航班其影響因素可歸納為人文和自然兩大因素：人文方面，桃園飛往上海浦東、香港、德里和阿姆斯特丹、伊斯坦堡，以及紐約、布里斯本、雪

梨都因為政治因素，有特定限航區域，而無法採用大圓航線飛行，出現了閃電型及繞大圈的航路；自然方面，在桃園飛紐約與洛杉磯的航線中推論有噴射氣流的影響；而透過分析桃園往德里，得知地形也是一個重要的影響因素。

二、未來展望

（一）淡旺季差異

研究期間，研究者曾在文獻中讀到貨運航班需求會有季節性變化，造成明顯的航班需求量（李綺容，2004），使研究者聯想客運在旅遊淡季及旺季的差異也不容小覷，此時是否會因顧及班機間的安全距離需轉彎等，讓航班量反映在航路上。然而研究末期才適逢春節期間，縱使研究者已完成截圖，仍不及放入研究中，希望在未來有機會完成。

（二）大比例尺

目前本研究皆觀察航路大輪廓，沒有固定大比例尺，無法觀察細部轉彎部分，且目前網路上免費的氣象網站所提供的資訊也不夠精細到能作為飛機小轉彎的依據，因此在本研究中無法考慮大比例尺中所見與大圓航線的偏差，期望後人能蒐集足夠資料將研究做得更完善。

（三）特殊航路

在本研究所擷取到的實際飛行路徑與大圓航線圖中，可看見同個機場有些航路與他日差異較大，但因研究者能力有限，暫時無法取得可信服原因作分析，期望在未來能取得公開完善的資料及詢問專業人士做更精準的研究。

肆、引註資料

李綺容（2004）。**航空貨運網路於需求不確定下之規劃**。國立嘉義大學運輸與物流工程研究所：碩士論文。

蕭華、蒲金標（2007）。**航空氣象學**。臺北市：秀威出版。

陳俐如（2007）。淺談亂流—山岳波。**飛航天氣**，7，32-37。

交通部民用航空局（2012）。**航空運輸專論**。臺北市：交通部民用航空局。

Fightradar24。（2017至2018，10月27日至2月28日），取自 <https://www.flightradar24.com>

桃園國際機場航班資訊。（2017，9月21日至11月30日），取自 <https://goo.gl/GS5mUh>

交通部民用航空局電子式飛航指南。（2018，2月26日），取自 <https://goo.gl/RypuE7>

交通部民用航空局。（2018，2月21日），取自 <https://www.caa.gov.tw>

BBC。Turkey 'shoots down Russian warplane on Syria border'。（2015，11月24日），取自 <http://www.bbc.com/news/world-middle-east-34907983>