

2019 年空運重要議題



交通部運輸研究所

中華民國 109 年 8 月

2019 年空運重要議題

低成本航空公司在亞太地區之營運分析	1
華航與長榮兩大國籍航空之營運比較分析	6
亞洲主要轉運機場競爭關係分析-以東南亞中轉北美為例 .	11
國際機場智慧化發展趨勢	19
國際民航組織推動公共衛生廊帶	19

低成本航空公司在亞太地區之營運分析

一、背景

1974 年美國西南航空將低價、陽春服務的營運模式導入航空客運市場，開啟了低成本航空公司的紀元。此一營運模式在亞洲以東南亞地區為起點，迅速向其他各地擴散。民國 93 年新加坡籍的低成本航空捷星亞洲(Jetstar Asia)首度進入臺灣市場，開闢桃園-新加坡航線。低成本航空公司的加入，為民航業帶來不小的衝擊，本文以本所空運資料庫民國 108 所購置之 IATA MarketIS 檢索資料，檢視低成本航空在亞洲主要機場的營運情形，供我國航空業者及桃園機場未來發展之參考。

二、分析說明

MarketIS 資料係以旅客實際購買之機票為基礎，資料內容包含各起迄路徑中，每個航段承運之航空公司、轉運機場以及旅客數量。本文以民國 108 年度購置之桃園、香港、成田、仁川、上海、新加坡、吉隆坡、胡志明市等國際機場 2018 年旅客起迄路徑資料進行分析。其中，亞太地區主要低成本航空公司，是以 2018 年在上述國際機場營運且自行定位為低成本航空公司者，未在上述機場營運之低成本航空公司則未予納入。

亞太地區主要的低成本航空公司計 31 家業者，於 10 個不同國家地區註冊登記，其中以韓國籍 6 家最多，日本及泰國籍各 3 家次之，新加坡、馬來西亞、越南、菲律賓、印尼則各有 2 家，香港與臺灣則各有 1 家。低成本航空公司多數是傳統航空公司投資成立之子公司，並以合資方式拓展市場。例如馬來西亞的亞洲航空是亞洲最早成立的低成本航空公司，該公司透過合資方式在馬來西亞、泰國、印尼、菲律賓、日本等地拓展市場；以新加坡為據點的捷星航空亦以合資方式，在韓國、日本等地區成立低成本航空公司。

1. 低成本航空在亞洲主要機場之營運

低成本航空公司成功導入亞洲市場，隨著其成長逐漸在各機場佔有一席之地，對機場營運的貢獻度也越來越大，成為亞洲各主要機場重要旅次來源。圖 1 及表 1 為亞太地區主要機場低成本航空公司之營運情形。以旅客數來看，低成本航空公司在仁川機場的旅客數最多，2018 年超過 1,700 萬人次；以低成本航空的旅客數佔機場總旅客人數的占比來看，最高的為胡志明市機場的 41.3%，其次為仁川機場 31.4%、新加坡機場 29.2%、成田機場 28.1%；以低成本航空的旅客數成長率來看，2018 年各主要機場以仁川機場 23.1%最高，桃園機場亦有 17.6%的

成長率，新加坡與成田機場大致維持 10% 的年成長率，皆高於各主要機場整體旅客的成長率，此顯示雖然營運家數眾多、競爭激烈，亞太地區市場仍有相當的發展潛力。

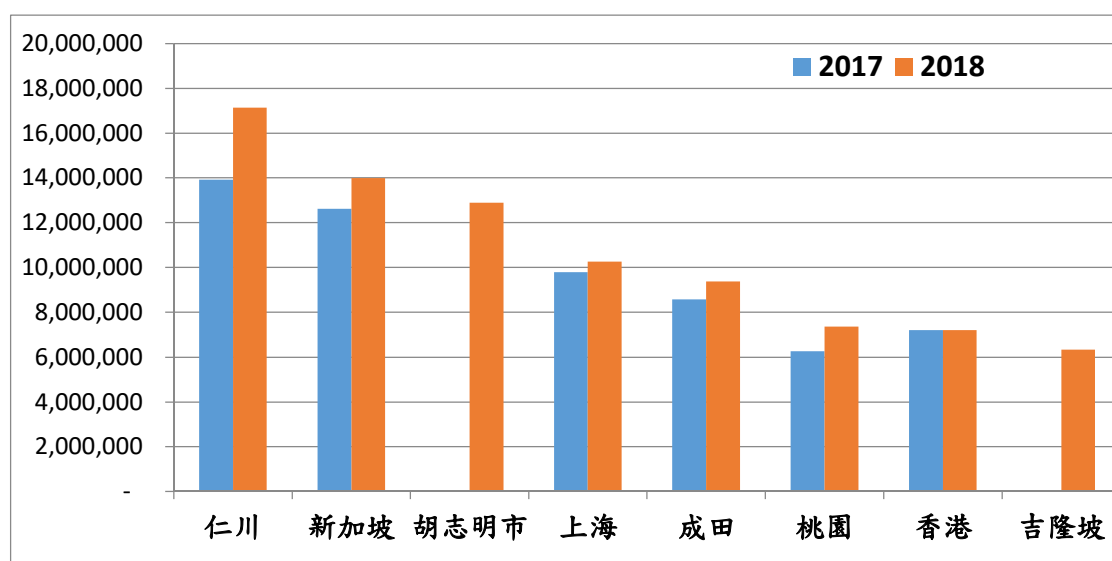


圖 1 亞太地區機場低成本航空公司旅客量

表 1 2018 年亞洲主要機場低成本航空成長及市占情形

項目	仁川	新加坡	胡志明市	上海	成田	桃園	香港	吉隆坡
成長率	23.1%	10.9%	--	4.9%	9.4%	17.6%	-0.1%	--
市占率	31.4%	29.2%	41.3%	16.0%	28.1%	17.5%	13.6%	15.5%

表 2 為亞洲六個主要機場市占率最大的低成本航空公司營運情況。其中，吉隆坡、新加坡是亞洲地區低成本航空公司最早飛航的機場，經過一段時間的競爭與淘汰，產業生態已趨穩定，龍頭業者市占率都相當高，酷航(Scoot)於新加坡機場低成本市場市占率 49.0%，全亞洲航空(AirAsia X)於吉隆坡機場低成本市場市占率甚至高達 67.8%，追隨者或新加入者很難撼動及挑戰龍頭航空公司的地位。居領先地位的業者也積極尋求各種不同策略維持成長動能，包括航線多元化，例如吉隆坡、新加坡機場的低成本航空公司飛航航線涵括短程、中長程；另一方面則透過合資模式將營運據點拓展至鄰近國家的主要機場。

相較於吉隆坡與新加坡二機場，桃園機場與仁川機場低成本航空之發展較晚。仁川機場目前已有各家該國低成本航空營運，相互競爭激烈，除了價格競爭外，航空公司也嘗試在航線上進行區隔，例如濟州航空(Jeju Air)長程之仁川往返美國航線，旅客數占比達 10.6%，中長程之越南航線更達 12.1%，並不僅專注於短程之日本航線。

表 2 2018 年亞洲主要機場規模最大之低成本航空比較

機場	航空公司	年旅客數	低成本航空市占率
桃園	臺灣虎航	200 萬	26.6%
香港	香港快運	160 萬	43.1%
仁川	濟洲航空	250 萬	28.9%
東京(成田)	捷星日本	310 萬	33.5%
新加坡(樟宜)	酷航	340 萬	49.0%
吉隆坡	全亞洲航空	220 萬	67.8%

資料來源：IATA MarketIS，本研究整理。

桃園機場遲至 2014 年才有國籍航空公司投入營運，雖然起步較晚，但由於地理位置關係，許多外籍低成本航空公司陸續於此營運，而臺灣虎航(Tigerair)雖為其市占率最高之低成本航空公司，但僅占 26.6%，顯示此一市場的競爭仍相當激烈。

2. 低成本航空公司在桃園機場之營運狀況

圖 2 為近兩年低成本航空公司在桃園機場的營運旅客數狀況。根據 IATA 資料，2018 年共有 23 家低成本航空公司在桃園機場營運，其中臺灣虎航旅客數 200 萬人次最多，另有 10 家業者旅客數超過 20 萬人次。以低成本航空市占率看，臺灣虎航占 26.6%、酷航 12.1%、香草航空(Vanilla Air)10.6%，前三大業者市占率總計約達 50%，其他業者市占率多介於 2%~5%之間。再以成長率看，2018 旅客數成長較高之業者為酷航(Scoot)、越捷(VietJet Air)與臺灣虎航，其中酷航成長率達 94.0%，係因其該年與新加坡另一業者欣豐虎航合併所致。

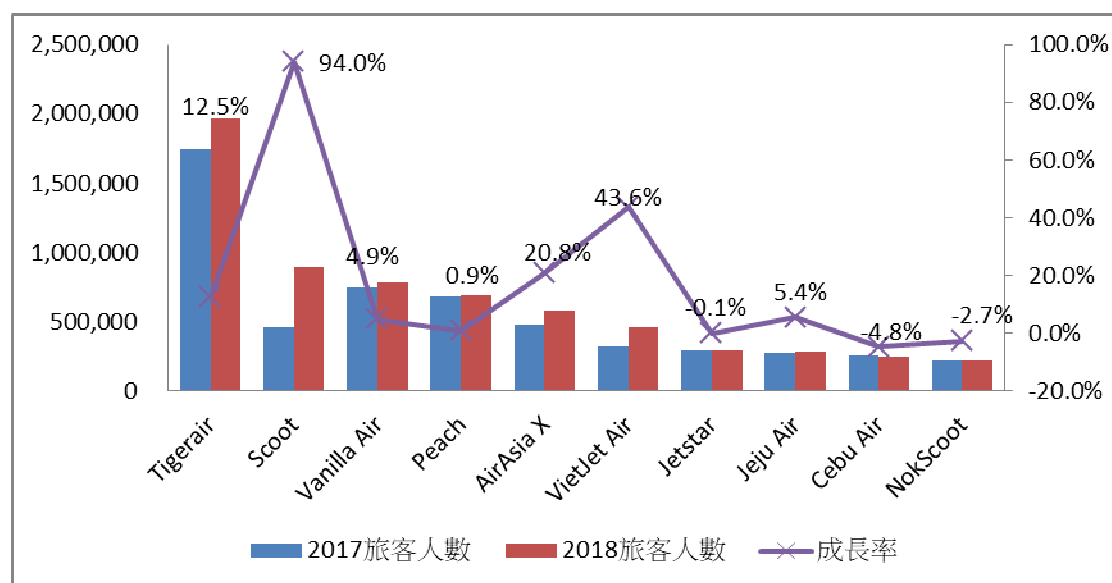


圖 2 桃園機場低成本航空公司營運旅客數狀況

臺灣虎航是桃園機場旅客數最多的低成本航空公司，也是我國唯一的低成本航空公司，圖 3 為 2018 年臺灣虎航營運航線旅客數分布狀況，可看出該公司最主要的航線為桃園機場往返日本，占虎航總旅客數 65.4%，其次為澳門 18.9%，其後依序為韓國 9.1%、泰國 4.6%。

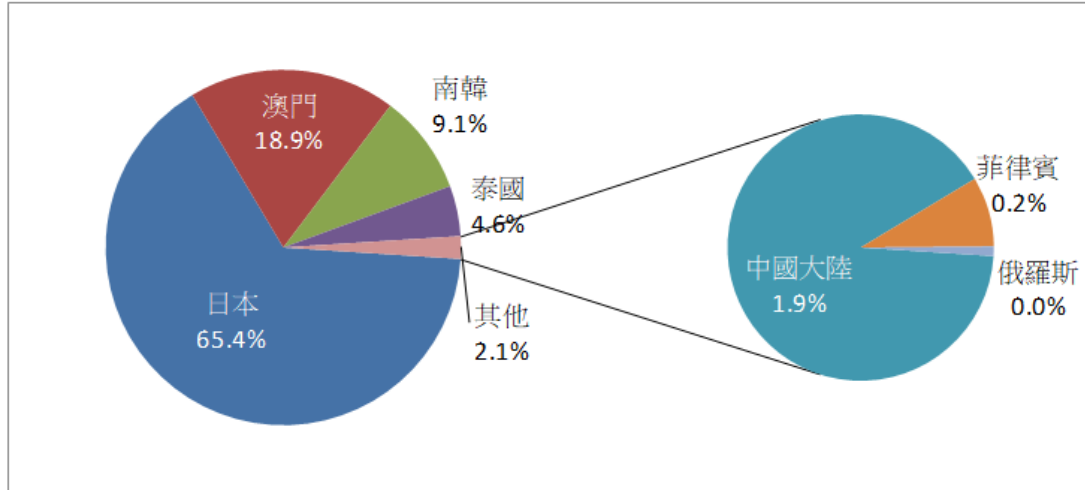


圖 3 臺灣虎航經營航線旅客數分布狀況

圖 4 為近兩年桃園機場低成本航空之航線分布狀況，由圖知，桃園機場低成本航空公司的航線主要以日韓兩國最多，其中日本航線 2018 年超過 300 萬人次，是桃園機場低成本航空公司最主要的市場，韓國航線旅客數亦有 90 萬人次。除了日韓之外，桃園機場低成本航空公司的航線亦涵括新加坡、越南、馬來西亞、泰國等東南亞國家。在成長率方面，2018 年以新加坡航線成長 41.6% 最高，除澳門、菲律賓外，多數航線均能維持 10% 以上的成長。

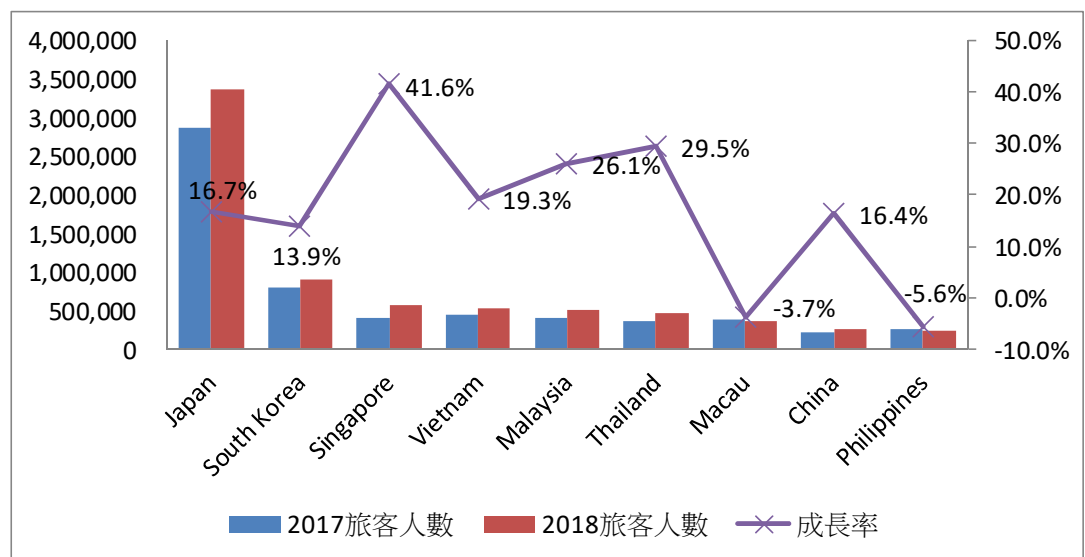


圖 4 桃園機場低成本航空各航線旅客數分布狀況

三、政策意涵

低成本航空的營運模式雖在 1974 年即已發展，但在亞洲甚至於臺灣仍屬新興模式，由於低成本航空公司家數與乘客數在航空運輸業已占有一席之地，不論政府相關政策或機場的基礎設施、作業配套等，都必須瞭解此營運模式的特性，才能營造有利環境，吸引潛在業者進駐。

桃園機場低成本航空公司飛航航線主要集中在日韓兩國，東南亞各國相對較少，以臺灣虎航為例，除日韓外，其東南亞航線亦僅及泰國與菲律賓兩國。相較於其他低成本航空業者，國籍航空公司進入市場時間較晚，未來在營運規劃上，可依國家地區、機場、旅行目的等，做更詳細的資料分析，發展具潛力的航線。

參考資料：

1. 交通部運輸研究所，「108 年度「國際空運資料庫」維護管理及資料分析服務」期末報告，2019 年 12 月。
2. 交通部民用航空局，<http://www.caa.gov.tw/big5/index.asp>。
3. International Air Transport Association (IATA),
<http://www.iata.org/Pages/default.aspx>。

華航與長榮兩大國籍航空之營運比較分析

一、背景

中華航空公司(簡稱華航)與長榮航空公司(簡稱長榮)兩大國籍航空為桃園機場最主要的航空公司，兩家業者的營運布局，對機場營運規劃及航權談判策略有相當程度的影響。本文以本所國際空運資料庫民國 108 年所購置 IATA MarketIS 檢索資料，比較分析兩家航空公司於桃園機場營運情形。

二、分析說明

根據 IATA MarketIS 檢索資料，2018 年桃園機場旅客數約 4,420 萬人次，其中 4,193 萬人次為入出境旅次，227 萬人次為經由桃園機場中轉的旅次。由於起迄與中轉旅次性質不同，爰就兩種市場分別加以探討。

1.桃園機場起迄航線營運業者

表 1 為 2018 年以桃園機場為起迄航線起載運旅客超過 50 萬人次之營運業者，旅客數最高者為中華航空之 1,019 萬人次(市占率 24.31%)，其後為長榮航空 857 萬人次(市占率 20.43%)，兩家國籍業者市占率合計達 44.7%，接續在後的國泰航空 363 萬人次(市占率 8.66%)、臺灣虎航 196 萬人次(市占率 4.68%)、中國南方航空 107 萬人次(市占率 2.55%)，載運旅客皆超過百萬人次，以上五家業者 2018 年於桃園機場起迄航線之市占率合計超過 6 成，另中國東方航空載運旅客量也近百萬，達 99.5 萬人次(市占率 2.37%)。

以成長率來看，桃園機場 2018 年旅客數較 2017 年成長 3.9%，而各別公司成長率高於整體平均者，包括臺灣虎航(12.5%)、中國南方(7.0%)、酷航(94.0%)、香草航空(4.9%)、泰國航空(8.0%)、全亞洲航空(20.8%)。酷航之高成長率主要係因其於該年與另一新加坡籍欣豐虎航合併之故，雖非市場競爭之突破，然而合併後的酷航透過航線整合策略，也確實使其競爭力有所提升。至於華航及長榮 2018 年載運旅客數僅分別小幅成長 2.9%及 1.0%，成長幅度小於桃園機場整體平均值。預期隨著桃園機場起迄市場日漸飽和，如無新航線開闢，或其他外國航商加入，成長動能將逐漸減緩。

表 1 2018 年以桃園機場為起迄航線主要航空公司

2017 年			2018 年			成長率 %
航空公司	旅客數 (萬人次)	市占率%	航空公司	旅客數 (萬人次)	市占率%	
中華航空	990.8	24.56%	中華航空	1,019.4	24.31%	2.9%
長榮航空	848.5	21.03%	長榮航空	856.9	20.43%	1.0%
國泰航空	359.8	8.92%	國泰航空	363.3	8.66%	1.0%
臺灣虎航	174.3	4.32%	臺灣虎航	196.2	4.68%	12.5%
中國南方航空	99.9	2.48%	中國南方航空	106.9	2.55%	7.0%
中國東方航空	97.4	2.41%	中國東方航空	99.5	2.37%	2.1%
中國國際航空	79.7	1.98%	酷航	89.4	2.13%	94.0%
香港航空	75.2	1.86%	中國國際航空	79.7	1.90%	0.0%
香草航空	74.4	1.84%	香草航空	78.0	1.86%	4.9%
樂桃航空	68.2	1.69%	香港航空	74.4	1.78%	-1.0%
泰國航空	58.8	1.46%	樂桃航空	68.8	1.64%	0.9%
立榮航空	56.3	1.40%	泰國航空	63.5	1.52%	8.0%
華信航空	52.9	1.31%	全亞洲航空	57.9	1.38%	20.8%
日本航空	48.5	1.20%	立榮航空	55.7	1.33%	-1.1%
全亞洲航空	47.9	1.19%	華信航空	51.9	1.24%	-1.8%
--	--	--	--	--	--	--
所有業者總計	4,034	100.0%	所有業者總計	4,193	100.0%	3.9%

2. 華航與長榮在桃園機場起迄航線之比較

圖 1 為華航及長榮於桃園機場主要之起迄航線市場。華航部分，2018 年最大的起迄航線市場為日本(287.6 萬人次)，其後為中國大陸(161.9 萬人次)、香港(132.9 萬人次)、美國(71.3 萬人次)、南韓(59.7 萬人次)；長榮部分，2018 年主要起迄航線市場與華航近似，最大起迄航線市場亦為日本(181.9 萬人次)，其後為美國(123.4 萬人次)、中國大陸(122 萬人次)、香港(112.9 萬人次)、澳門(45.1 萬人次)。兩家航空公司主要起迄市場除美國外，其餘皆為亞洲鄰近國家地區。

表 2 為華航及長榮兩家公司於桃園機場前十大起迄航線市場之占比。華航部分，最大占比為日本航線之 28.2%，其次依序為中國大陸 15.9%，香港 13%，美國 7%，南韓 5.9%，該公司前十大起迄航線占比總計高達 88.3%；長榮部分，最大占比亦為日本航線之 21.2%，其次依序為美國 14.4%，中國大陸 14.2%，香港 13.2%，澳門 5.3%，該公司前十大起迄航線占比總計接近 9 成，達 89.3%，顯示兩家國籍業者對亞洲市場著墨均深，但也意味過度仰賴亞洲市場。

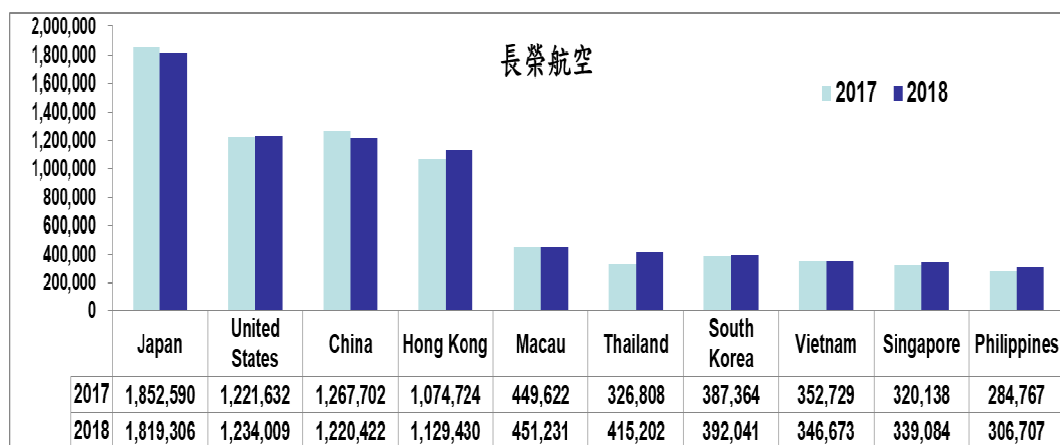
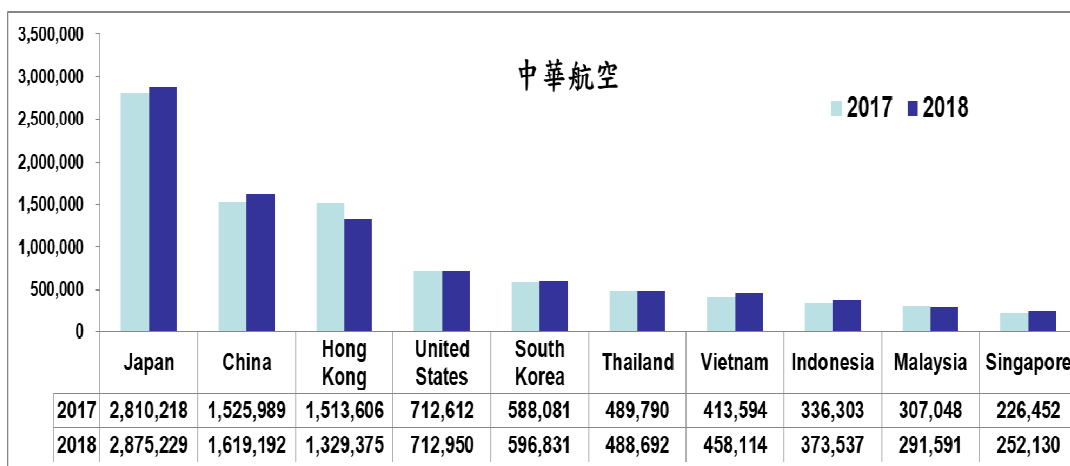


圖 1 中華及長榮航空於桃園機場主要之起迄航線

表 2 2018 年華航及長榮於桃園機場前十大起迄市場占比

中華航空			長榮航空		
市場	旅客數(萬)	占比	市場	旅客數(萬)	占比
日本	287.5	28.2%	日本	181.9	21.2%
中國大陸	161.9	15.9%	美國	123.4	14.4%
香港	132.9	13.0%	中國大陸	122.0	14.2%
美國	71.3	7.0%	香港	112.9	13.2%
韓國	59.7	5.9%	澳門	45.1	5.3%
泰國	48.9	4.8%	泰國	41.5	4.8%
越南	45.8	4.5%	韓國	39.2	4.6%
印尼	37.4	3.7%	越南	34.7	4.0%
馬來西亞	29.2	2.9%	新加坡	33.9	4.0%
新加坡	25.2	2.5%	菲律賓	30.7	3.6%
所有起迄	1,019.4	100.0%	所有起迄	856.9	100.0%
前十大起迄市場占比		88.3%	前十大起迄市場占比		89.3%

2. 華航與長榮在桃園機場主要中轉航線之比較

華航與長榮以桃園機場為中轉機場，旅客人數較多的航線大致為亞洲的越南、菲律賓、泰國、日本，及北美的美國與加拿大，亦即主要做為東南亞各國往返北美、日本等地之中轉機場，以下針對前述中轉航線 2018 年的營運予以說明。

(1) 越南經桃園機場中轉航線

越南經桃園機場中轉往返美國航線之旅客數為 31.7 萬人次，較 2017 年成長 5.7%。在此航線市場中，長榮旅客數 22.0 萬人次(市占率 69.36%)，華航則為 9.3 萬人次(市占率 28.4%)，兩家公司市占率合計達 98.2%，其他航空公司幾無營運空間。在長榮與華航的競爭上，長榮有絕對優勢，旅客數為華航的 2.4 倍，與 2017 年相較，長榮 2018 年旅客數成長 10%，華航則略微衰退，進而拉大二者之差距。

越南經桃園機場中轉往返日本航線之旅客人數為 6.6 萬人次，較 2017 年衰退 21.8%，主要原因為越南逐漸開闢起迄航班，旅客有不同的選擇所致。在中轉航線市場中，市占率最高的為華航，旅客人數 5.7 萬人次(市占率 86.6%)，其次為長榮 3,100 多人次(市占率不及 5%)。

越南經桃園機場中轉往返加拿大航線，旅客人數為 13.0 萬人次，較 2017 年成長 21.7%。因長榮在北美航線具競爭優勢，在此一中轉航線中，長榮旅客人數 9.8 萬人次(市占率 75.7%)，其市占率甚至高於越南中轉美國的航線。華航旅客人數 2.6 萬人次(市占率 20.1%)，兩家國籍航空市占率合計 95.8%，剩餘市場由越南航空及加拿大航空所有，但旅客人數都不足 5 千人次。

(2) 菲律賓經桃園機場中轉航線

菲律賓經桃園機場到美國、日本、加拿大之航線，航空業者營運情況與越南中轉航線相似。在中轉北美航線方面，長榮具極大的優勢，而在中轉日本的航線部分，華航則較具競爭優勢，各中轉航線仍由長榮與華航兩家公司主導，如中轉美國航線兩家公司市占率合計 98.0%，中轉加拿大航線市占率合計 95.8%，中轉日本航線部分即便營運之航空公司較多，華航與長榮兩家市占率合計仍高達 90.3%，其他如菲亞洲航空、臺灣虎航、樂桃航空等公司，規模都不足 2 千人次。

(3) 泰國經桃園機場中轉航線

泰國經桃園機場到美國、日本、加拿大的情況也與越南、菲律賓近似。長榮主導中轉北美的航線，華航則主導中轉日本航線。不過在泰國中轉美國的航線部分，華航的市占率僅 5.16%，少於越南、菲律賓兩國中轉美國航線的市占率(分別為 28.4%、10.7%)。而在泰國經桃園機場中轉美國航線的旅客數仍維持成長的情況下，華航旅客人數由 2017 年 1.8 萬人次，減少到不足 8,000 人，衰退幅度達 57.3%，是否為其策略性航線調整，值得進一步觀察。

三、政策意涵

華航與長榮是桃園機場最主要的航空公司，其營運狀況與航線佈局影響桃園機場國際競爭力。以 2017 及 2018 兩年比較，桃園機場起迄航線總旅客數成長 3.9%，華航與長榮 2018 年在旅客數雖有小幅成長，然成長幅度低於整體平均值，可以預見隨著桃園機場起迄市場的飽和，若未再開闢新航線，或針對現有航線旅客市場深入開拓，成長動能將逐漸減緩。而開闢新航線或拓展旅客涉及機場軟硬體設施及航權談判等議題，在考量桃園機場起迄航線與旅客人數時，必須從政策、機場經營、航空業者等不同面向著手，才能提高整體競爭優勢。

越南、菲律賓、泰國三個國家是桃園機場主要的中轉客源，而中轉的目的地則為北美與日本，此中轉航線的成形及優勢，可歸功於華航與長榮兩家國籍航空戮力經營及開拓市場。惟隨著當地航空業者崛起，各中轉航線可能面臨不同程度的競爭及挑戰，以東南亞往返日本航線為例，隨著東南亞等國低成本航空公司開闢直飛航線，經由桃園機場中轉到日本的旅客數呈相當幅度之衰退，國籍航空公司應持續關注此情況發展，並及早提出因應對策。

參考資料：

1. 交通部運輸研究所，「108 年度「國際空運資料庫」維護管理及資料分析服務」期末報告，2019 年 12 月。
2. International Air Transport Association (IATA)，
<http://www.iata.org/Pages/default.aspx>。

亞洲主要轉運機場競爭關係分析

-以東南亞中轉北美為例

一、背景

近年來亞太地區航空運輸需求快速成長，依據國際機場協會(ACI)資料顯示，2019 年國際航空客運量排名前 20 名中，亞洲機場就有 7 個，分別為香港(7,128 萬)、仁川(7,057 萬)、新加坡(6,760 萬)、曼谷(5,293 萬)、桃園(4,836 萬)、吉隆坡(4,485 萬)、成田機場(3,664 萬)，顯示其競爭激烈程度。

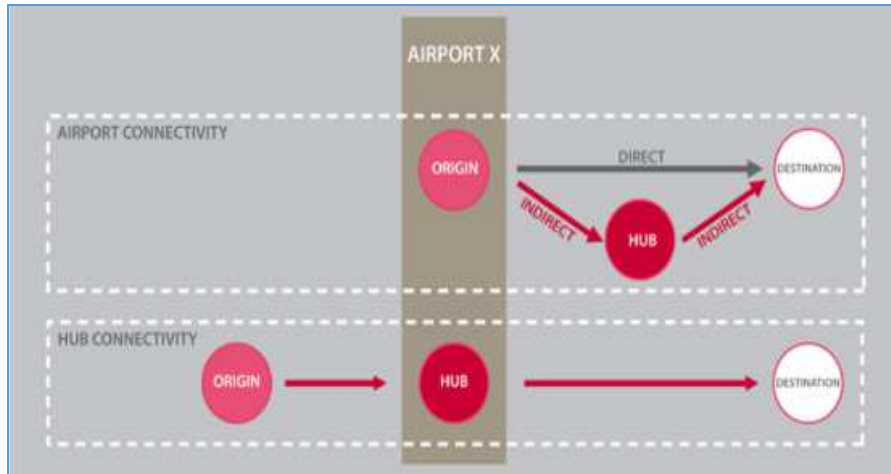
國際上用來探討機場競爭力，一般所使用的評估數據包括機場營運表現之客、貨運量，以及起降班次等資料，另外也有部分是採用以主觀的服務水準或旅客滿意度等指標來做分析。雖然這些指標數據本身很有價值，可分別直接呈現機場營運狀況與空域使用頻繁程度，或是機場對旅客與航空公司的吸引力，以及機場軟、硬體設施設備的完善程度，但它們並未提供有關航空公司航網多樣性資訊與樞紐機場競爭地位關係。由於機場競爭有許多不同的層面，且每座機場皆有其獨特性，若就單一指標針對各機場競爭能力做排名，似乎不夠客觀，因此本文希望由航空網路的觀點出發，從中找出機場的條件與優勢，並分析其發展潛力，期能更精準地規劃出機場最有效率的發展策略，並藉以提升機場競爭優勢。

二、分析說明

1.機場連結度分析方法說明

機場連結度是以一座機場航網的分布來評估與其他機場的連結狀況，傳統的做法係使用航點數或航班頻率等數值來作簡單判斷，但無法深入反應出機場真正的航網密度或可達性，因此國際上便有許多學者針對機場連結度提出不同分析方法，其中較常使用者為 Netscan Model，本文即採用此模式進行相關分析。

Netscan Model 運用 3 項指標計算各機場之連結度，即機場直接連結度、間接連結度，以及樞紐連結度(如圖 1)，其中直接連結度是機場起迄(O-D)的連結狀況，間接連結度是前往第三地轉機的連結狀況，而樞紐連結度則是其他國家來本機場轉機的連結情況；藉由這 3 項資料，各機場可瞭解其自身航網密度及分布的優劣勢。



資料來源: ACI EUROPE Airport Industry Connectivity Report 2018。

圖 1 Netscan Model 的連結分類

本文採用樞紐連結度為後續評估亞洲幾座中轉機場與其他機場的連結狀況。本法是由 Jan Veldhuis(1997)發展出來，後經 Matsumoto(2009)改良並建立迴歸式校估參數，其計算方式為：

- (1) 最大感知飛行時間：直飛時間加上一個與飛行距離有關且會隨者距離折減的參數。
- (2) 實際感知飛行時間：
 - 1) 如果是直飛航點：則兩者會相等。
 - 2) 如果不是直飛航點：除了兩段實際飛行時間外，須加上轉機等待時間。而由於轉機對於旅客是不便的，因此轉機等待時間會乘一個會隨距離折減的參數。
- (3) 品質指數(Quality Index, q)計算：
 - 1) $q=1$ ，如果實際感知飛行時間 $\leq$ 直飛時間。
 - 2) $q=1-(\text{實際感知飛行時間}-\text{直飛時間})/(\text{最大感知飛行時間}-\text{直飛時間})$ ，如果直飛時間 $\leq$ 實際感知飛行時間 $\leq$ 最大感知飛行時間。
 - 3) $q=0$ ，如果最大感知飛行時間 $\leq$ 實際感知飛行時間。
- (4) 連結度(Number of Connectivity Units, CNU)計算：

$$\text{連結度(CNU)} = \text{品質指數}(q) \times \text{頻率}(f) \quad (1)$$

其中，頻率為每周航班數。

由以上方法知，連結度的計算因需估算轉機等待時間，因此需有各機場的實際航班時間表。

2. 東南亞主要機場中轉至北美航網概況

(1) 東南亞主要市場分析

本文以 2017 年之 IATA MarketIS 資料，分析東南亞主要國家進出北美主要機場之旅客起迄分布。其中，東南亞主要國家包含印尼、菲律賓、泰國、馬來西亞、新加坡、汶萊、越南、緬甸、柬埔寨、寮國等，北美主要機場則為洛杉磯(LAX)、紐約甘迺迪(JFK)、舊金山(SFO)與溫哥華(YVR)四大機場。其中轉旅客數與機場分析如表 1 所示。

表 1 東南亞國家以中轉方式進出北美四大機場之比例分析

國家	中轉 (萬人次)	直達 (萬人次)	合計 (萬人次)	中轉百分比 (%)
越南	83	0	83	100.0
菲律賓	62	46	108	57.0
泰國	40	0	40	99.5
印尼	22	0	22	100.0
新加坡	18	24	42	43.4
馬來西亞	13	0	13	100.0
尼泊爾	3	0	3	100.0
柬埔寨	3	0	3	100.0

註：緬甸、寮國、汶萊旅客人數未達千人，爰未列入。

由表 1，東南亞國家往返北美四大機場，其中轉人數較多的國家分別是越南 83 萬人次，菲律賓 62 萬人次，泰國 40 萬人次。除新加坡與菲律賓外，大部分新南向國家中轉的比例均較高，如越南、印尼、馬來西亞，及旅客人數較少的尼泊爾、柬埔寨等之中轉比例均達 100%。本文選定東南亞中轉旅客數前 6 名之國家進行分析，包括越南、菲律賓、泰國、印尼、新加坡、馬來西亞，並利用 Netscan Model 評估各主要中轉機場之樞紐連結度。

(2) 各中轉機場至北美地區航點綜整

本文選擇亞洲香港(HKG)、仁川(ICN)、成田(NRT)與桃園(TPE) 4 座機場作為東南亞中轉至北美地區的中轉機場進行分析，其北美地區航點機場整理如表 2。

由於各中轉機場飛往北美地區航點數皆不同，為了有同一評估的基準，北美地區航點機場的選擇係以前述亞洲四座機場均有的 6 座機場，包括洛杉磯(LAX)、舊金山(SFO)、甘迺迪(JFK)、溫哥華(YVR)、芝加哥(ORD)及西雅圖(SEA)。

表 2 東南亞 6 機場中轉至北美地區航點綜整表

北美航點機場	香港(HKG)	仁川(ICN)	成田(NRT)	桃園(TPE)
LAX	●	●	●	●
SFO	●	●	●	●
YYZ	●	●		●
JFK	●	●	●	●
YVR	●	●	●	●
ORD	●	●	●	●
DFW	●	●	●	
SEA	●	●	●	●
BOS	●	●	●	
EWR	●		●	
IAD	●	●	●	
ATL		●	●	
DTW		●		
HNL		●	●	●
LAS		●		
MSP		●		
IAH			●	●
ONT				●
KOA			●	
DEN			●	
DTW			●	
SAN			●	
SJC			●	
YUL			●	
YYC			●	
數量	11	15	20	10

本文整理。

3.連結度分析與綜合評估

(1)各中轉機場樞紐連結度計算

本文利用 Netscan Model 進行分析各機場樞紐連結度(CNU)，結果如表 3 所示。其中，桃園機場的樞紐連結度(CNU)最高，為 300.06，顯示其在 6 個東南亞機場(越南(SGN)、馬尼拉(MNL)、曼谷(BKK)、吉隆坡(KUL)、雅加達(CGK)、新加坡(SIN))中轉北美地區 6 個機場中具有航網連結優勢；其次依序為香港機場(CNU 值為 266.36)、成田機場(CNU 值為 156.0)、仁川機場(CNU 值為 154.77)。

表 3 2019 年 7 月各機場樞紐連結度(CNU)計算結果

機場	香港 HKG	仁川 ICN	成田 NRT	桃園 TPE
SGN	19.07	31.75	35.57	50.98
MNL	35.94	35.06	35.19	42.59
BKK	82.45	42.66	22.61	110.07
KUL	39.97	8.72	17.69	25.48
CGK	29.87	10.15	29.04	31.15
SIN	59.06	25.89	15.54	39.79
合計	266.36	154.77	156.0	300.06

(2) 樞紐連結度與票價、客運量關係分析

表 4 為各機場樞紐連結度、票價與中轉人數的比較。為瞭解客運量與樞紐連結度之關係，本文利用 IATA MarketIS 資料整理得各中轉機場之東南亞六國至北美地區六座機場的中轉人數。其中桃園機場的中轉人數最多(50.3 萬人次)，其次依序為香港機場(32.8 萬人次)、仁川機場(28.9 萬人次)、成田機場(18.6 萬人次)。

由表知，各機場的樞紐連結度似乎與其中轉旅客量相關，例如樞紐連結度高時，中轉旅客量也會增多，以連結度第 1、2 名為例，桃園機場與香港機場的轉運人數亦分屬 1、2 名；惟成田機場連結度較仁川機場連結度高，但中轉人數卻是仁川機場較多，顯示仍有部分因素影響中轉意願。

由國際文獻中可以發現，票價也是一項重要影響因子，須將票價一併納入考量，本文遂加入 IATA MarketIS 資料中的平均票價進行比較分析，分述如下：

1) 桃園機場

桃園機場的樞紐連結度表現最佳，且平均票價最低，其中轉人數是 4 座機場中最多(50 萬人次)。

2) 香港機場

香港機場的樞紐連結度為次佳，但平均票價為第 2 高，惟雖然平均票價高於仁川機場 6%，但其樞紐連結度卻高於仁川機場 72%，故香港機場中轉人數排名第 2 (32.8 萬人次)。

3) 仁川機場

仁川機場雖然樞紐連結度最低，但票價卻是次低的，利用低票價抵銷連結度不利狀況，中轉人數僅次於桃園、香港機場，排名第 3 (28.9 萬人次)。

4) 成田機場

成田機場的樞紐連結度不高(第 3 名)，且平均票價最高，其中轉人數是 4 座機場中最少的，只有 18.6 萬人次；此外由表 4 可發現，仁川機場平均票價比成田機場低，因而吸引較多中轉旅客前往該機場轉機。

機場	HKG		ICN		NRT		TPE	
	CNU	中轉 人數	CNU	中轉 人數	CNU	中轉 人數	CNU	中轉 人數
SGN	19.07	93	31.75	101	35.57	69	50.98	151
MNL	35.94	105	35.6	102	35.19	38	42.59	167
BKK	82.45	62	42.66	72	22.61	31	110.07	101
KUL	39.97	22	8.72	3	17.69	11	25.48	20
CGK	29.87	20	10.15	3	29.4	19	31.15	30
SIN	59.06	26	25.89	8	15.54	18	39.79	34
合計	266.36	328	154.77	289	156.00	186	300.06	503
平均票價	725		681		895		642	
票價差異性	-		-6.1%		+23.4%		-11.4%	

資料來源: CNU: 2019年7月; 人數: 2018年IATA MarketIS資料。

本文最後利用表 4 資料進行迴歸分析，以瞭解中轉旅客數與樞紐連結度、票價的關係。以中轉旅客數為應變數，樞紐連結度、票價為自變數，24 個樣本，迴歸的結果如式(2)所示($R^2=0.55$ ，參數係數下括號內的值為 t 統計量)。

由式(2)知，在顯著水準為 5% 下，兩自變數的參數係數均顯著（單尾檢定 $|t| > 1.6$ ），且係數符號均符合先驗知識，即中轉旅客量與樞紐連結度成正相關（係數符號為正）、與票價成負相關（係數符號為負）。

機場連結度是用來評估機場表現的一項重要指標，同時也是用來描述機場與其他機場的連結與競爭關係。由分析結果發現旅客對特定替代路線選擇，取決於票價與航線替代性等因素，特別是在有其他航路選擇的情況下，票價將成為航空公司補償較差航線替代性的重要工具。

由迴歸分析知，旅客量與連結度呈現正相關，與票價呈負相關，代表連結度越高時，可吸引更多旅客轉機，而票價越高時，則是降低旅客轉機的吸引。目前兩家國籍航空在東南亞 6 個主要中轉北美客源航點上，採取的策略就是儘可能提高連結度，或是降低票價以吸引轉機旅客。

為了使桃園機場成為亞太地區轉運樞紐，建議時間帶協調人對於航空公司時間帶的安排與取得，應適時加以協助，以利提升航空公司連結度使其更具競爭力，以吸引更多旅客在桃園機場轉機。

參考資料：

1. 賈晉華，2012，由航空網路觀點分析亞太地區機場競爭，交通大學碩士論文。
2. 毛韻茹，2013，我國機場吸引外籍低成本航空公司營運潛力之研究，海洋大學碩士論文。
3. 交通部運輸研究所空運資料庫資料。
4. Guillaume Burghouwt , Jan Veldhuis, 2006. THE COMPETITIVE POSITION OF HUB AIRPORTS IN THE TRANSATLANTIC MARKET, Journal of Air Transportation, Vol. 11, No. 1.
5. Burghouwt, G.; de Wit, J.G.; Veldhuis, J.G.; Matsumoto, H., 2009. Air network performance and hub competitive position: evaluation of primary airports in East and South-East Asia, Journal of Airport Management, 3(4), 384- 400.
6. Nattapong Jantachalobon¹, Pongtana Vanichkobchinda, 2012. An Analysis of Airfreight Transshipment Connectivity at Suvarnabhumi International Airport, European Journal of Business and Management, Vol 4, No.13.
7. Joong Yup Kim , Yonghwa Park, 2012. Connectivity analysis of transshipments at a cargo hub airport, Journal of Airport Management, Volume 18, Issue 1.
8. Tsui Wai Hong Kan, 2012. Investigating Hong Kong's Role as the Main Air Transport Hub in the Asia-Pacific Region, the degree of Doctorate of Philosophy in Aviation, Massey University, Manawatu Campus, New Zealand.
9. Nattapong Jantachalobon, Pongtana Vanichkobchinda and Nanthi Suthikarnnarunai, 2014. Airline Network Analysis of ASEAN International Airport Region, The Open Transportation Journal, 8, 19-25.
10. Apichat Sopadang ,Tipavinee Suwanwong, 2016. Airport Connectivity Evaluation: The Study of Thailand, Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA, September 23-25.
11. Charukit Chaiwan, Korrakot Yaibuathet Tippayawong, 2018. Connectivity of Medium Airports in Thailand, Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bandung, Indonesia, March 6-8.
12. Guillaume Burghouwt, Renato Redondi, 2013. Connectivity in Air Transport Networks: An Assessment of Models and Applications, Journal of Transport Economics and Policy, January.
13. Jan Veldhuis, 1997. The Competitive Position of Airline Networks, Journal of Air Management, Vol.3, No 4, PP181-188, 1997.
14. ACI EUROPE Airport Industry Connectivity Report 2004-2014.
15. ACI EUROPE Airport Industry Connectivity Report 2015.

16. ACI EUROPE Airport Industry Connectivity Report 2016.
17. ACI EUROPE Airport Industry Connectivity Report 2017.
18. ACI EUROPE Airport Industry Connectivity Report 2018.
19. <https://centreforaviation.com/>

國際機場智慧化發展趨勢

一、背景

根據國際航空運輸協會(IATA)於 2020 年發布的「未來 20 年航空客運預測報告(Passenger Forecast Global Report 2020 (2019-2039))」，全球航空業客運需求年平均成長率將達到 3.7%，亞太地區(以亞太為起或迄點及區內)年平均成長率將達到 5%；2039 年全球航空客運量將成長為目前運量的 2.1 倍，達到 80 億人次。全球國際機場已陸續在機場管理及旅客服務上投資資訊科技，透過雲端科技、物聯網、人工智慧、網際網路等技術及人手一台智慧行動裝置，逐步改善機場服務流程，節省許多等候時間，並提升機場整體服務品質及效率，以使旅客獲得良好、自主及無縫的旅行體驗。

桃園國際機場近年來旅客人次不斷攀升，2019 年客運量已近 4,869 萬人次。在新冠肺炎流行前，現有第一、第二航廈已逐漸難以消化旅客量成長需求。未來仍需參考全球先進機場智慧化發展案例，以及標竿機場在停車、報到、行李託運與提領、通關與安檢、購物與定位引導及登機等，引入智慧技術服務發展經驗，以利及早預為規劃因應。

二、旅客智慧化服務及技術

機場的智慧化服務主要係在旅客服務流程中加入智慧化項目及技術，表 1 歸納出、入境服務流程主要項目，包含訂位、到達機場及停車、報到、行李託運與提領、通關、安檢及登機，並列出各項目的智慧化服務及技術。

三、先進機場智慧服務技術及案例

(一)建置基礎智慧技術平台

1.設置 5G 通訊網路平台

5G 是第五代行動通訊網路(5th Generation Mobile Networks)的簡稱，是 4G 之後的新一代創新通訊技術，具有高速度(Speed；5G 峰值速率可達 10 Gbps，是 4G 的 100 倍以上)、低延遲(Latency)、廣連結(Connections)等三項特性，未來將在機場物聯網、自動化調度、人工智慧服務、自助服務、行李追蹤等方面發揮巨大作用。

表 1 機場旅客服務智慧化服務項目與技術

服務程序	項目	旅客智慧體驗服務	技術
訂位 (Plan, Book)	▪ 預訂 ▪ 變更預訂 ▪ 行前報到	▪ 在家訂位 ▪ 自動傳送電子機票 ▪ 電子票券行動服務 ▪ 適時適地掌握最新航班動態 ▪ 航班延誤或服務中斷期間，自動通知旅客重新訂位	▪ 個人化互動情境式服務應用程式
到達機場及停車 (Journey to Airport and Parking)	▪ 搭乘大眾運輸或開車 ▪ 停車	▪ 使用手機搭乘大眾運輸工具 ▪ 自動導航至機場 ▪ 停車管理系統 ▪ 同步通知預先設入的聯絡人群組	▪ 車牌辨識[License Plate Recognition (LPR)] ▪ 自動號牌辨識(ANPR) ▪ 代客停車機器人 ▪ 無人自駕車 ▪ 中央付費系統
報到 (Check-in)	▪ 辦理登機手續	▪ 在家網路提早報到 ▪ 行動登機證	▪ 自助報到機(Kiosk) ▪ 生物辨識技術 ▪ 儲存雲平臺、雲計算平臺 ▪ 大數據分析/人工智慧
行李託運與提領 (Baggage Drop in / Collection)	▪ 行李託運 ▪ 行李提領	▪ 在家列印行李條碼 ▪ 自助行李條碼標籤列印 ▪ 主動提供旅客行李的即時位置 ▪ 點到點行李追蹤及分配系統	▪ 生物辨識技術 ▪ RFID(無線射頻識別)行李追蹤 ▪ 物聯網技術 ▪ 儲存雲平臺、雲計算平臺 ▪ 大數據分析/人工智慧
通關 (Clearance and Inspection)	▪ 證照通關查驗	▪ 自動查驗通關	▪ 生物識別技術(人臉識別、虹膜辨識) ▪ 自動查驗通關系統(e-Gate) ▪ 旅客自動通關系統 ▪ 儲存雲平臺、雲計算平臺 ▪ 大數據分析/人工智慧
安全檢查 (Security checks)	▪ 安全檢查	▪ 3D 自動安全檢查	▪ 生物識別技術(人臉識別、虹膜辨識) ▪ 3D 立體電腦斷層掃描儀 ▪ 旅客自動安檢系統 ▪ 儲存雲平臺、雲計算平臺 ▪ 大數據分析/人工智慧
購物、餐飲及導航 (Retails and Way Finding)	▪ 購物消費 ▪ 餐飲 ▪ 尋找機場設施 ▪ 尋找消費地點與資訊	▪ 接收機場商店優惠券 ▪ 行動付款 ▪ 與具備 NFC 功能的廣告互動	▪ 生物識別技術 ▪ 航班狀態與資訊系統 ▪ Beacon 技術 ▪ BlipTrack 系統 ▪ 擴增實境(AR) ▪ 室內定位智慧系統 ▪ 大數據分析/人工智慧
登機 (Boarding)	▪ 登機檢查	▪ 自助登機門	▪ 生物辨識(人臉、虹膜、指紋) ▪ 室內定位系統 ▪ 儲存雲平臺、雲計算平臺 ▪ 大數據分析/人工智慧

資料來源：本文彙整。

布魯塞爾機場公司(Brussels Airport Company)於 2020 年 3 月與芬蘭電信公司 Nokia 及比利時電信商 Citymesh 合作布署 5G Ready 工業級專用無線網路(詳如圖 1)，以提升機場營運效率，並支援數位化轉型、技術創新與整合及自動化。為了加速數位化轉型，該機場公司 2020 年 3 月與 Proximus 建立戰略合作夥伴關係，提供物聯網解決方案，並致力提高數據安全性及機場室內乘客區域的 5G 覆蓋率，旅客可因此獲得更佳資訊娛樂服務以優化體驗，機場單位可提升營運效率，為機場帶來更高收入。

北京大興機場於 2019 年 9 月正式啟用，東方航空、北京聯通、華為率先發布 5G 智慧旅行綜合服務系統，以利順暢運用「5G+人工智慧」科技。北京聯通及華為採用 5G LampSite 系統，完成航廈 5G 全覆蓋網路，頻寬為千兆，實測速率超過 1.2 Gbps。旅客可流暢享用高解析度影片在線播放或快速下載，並可享受雲 VR、雲遊戲等高速行動寬頻(MBB)新體驗。

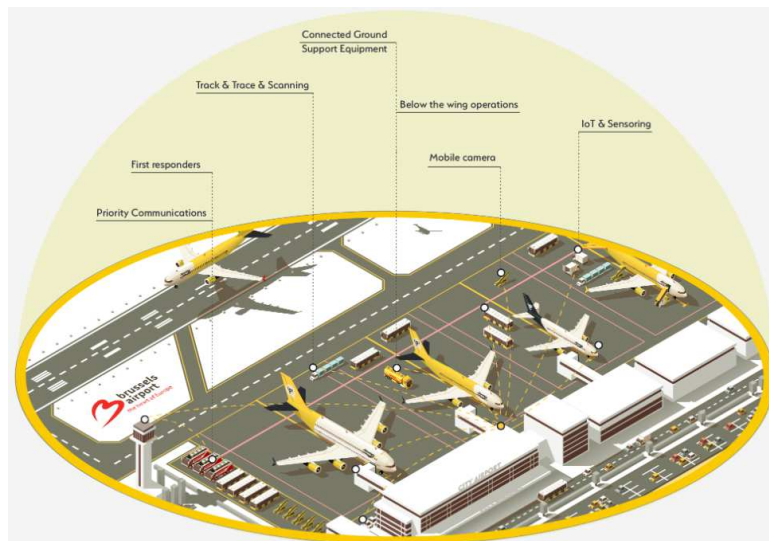


圖 1 布魯塞爾機場公司建置 5G Ready 專用無線網路進行空側作業

資料來源：<https://citymesh.com/en/news/>, June, 2020.

2.數據化管理及建立分析模型

機場的營運將越來越走向數據化管理及自動化發展，結合建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)、地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)、數位分身(Digital Twin)、機場資產管理系統(Airport Asset Management System, AAMS)及 3D 模擬等多種技術，建立機場室內外、地上、地下的全方位模型，以及對設備設施的多種空間表達，完成機場的全面物理模擬，可有利評估方案是否可行，俾可進行機場流程優化及加強機場營運效率。

洛杉磯國際機場(LAX)為次於亞特蘭大的美國第二大機場，2019 年運量為 8,750 萬人次。該機場自 2010 年開始，分 3 期推動「LAX 發展計畫」，預計 2028 年完成，為 2028 年奧運會做好準備。該計畫耗資 150 億美元，其中地理資訊系

統(GIS)擔任骨幹角色，連繫不同網路，簡化多個機場工作項目流程，同時大幅減少對日常營運干擾，讓發展計畫得以順利進行。多達 130 項工程項目同步進行，包括客運航廈、輕鐵接駁機場的交通樞紐，以及每小時載運 1 萬名乘客穿梭不同航廈的自動化列車。為掌握全盤情況，綜合 GIS 平台內有 50 萬份文件及施工詳情，只需按下地圖標示，就能展示所有資訊，更可透過 GIS 的三維(3D)預視功能，以數位分身模擬工程對旅客所造成的影響，以作出相應措施。GIS 平台並具有建立 3D 模擬模型功能(詳如圖 2)，以協助工程師優化空間及地面配置。

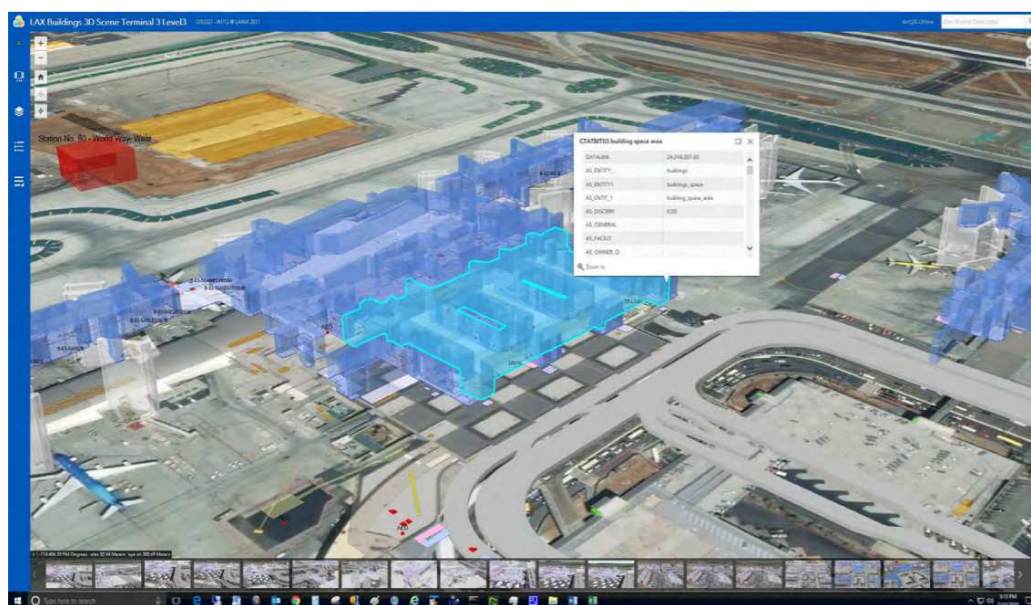


圖 2 洛杉磯機場使用 3 維 GIS 平台建立互動模擬模型配置出境大廳空間

資料來源：Don Chinery, LAX Development Program: Customizing a SharePoint GIS to Provide Construction Information to the LAWA Community, Los Angeles World Airports, July, 2018.

香港赤臘角國際機場結合了 AAMS、BIM 3D 模型、GIS、物聯網(IoT)，以 Digital Twin 平台建立 3D 模型，模擬機場的物理實體、流程或系統，並裝設各種感應器偵測現場環境，藉由機器人隨時在航廈內走動蒐集數據(人流、行李運輸、資源用量、情況監控、各種消耗品存量、溫度、濕度、照明、壓力等)，並隨時將現場蒐集的數據回傳至分析模型裡，用以模擬各種災禍或異常狀況，以進行防災策略的制定及演練。維修人員可即時確定設備的位置，附近通路及作業情況，還可預先模擬各種情況進而優化流程。

(二)自助服務及更順暢旅程體驗

1.生物辨識(Biometric Recognition)

生物辨識技術是指密切結合電腦、光學、聲學、生物感測器及生物統計學原理等高科技，利用人體固有生理特性，進行個人身分鑑定的技術，主要有指紋辨識、臉部辨識及虹膜辨識等(詳如圖 3)。部分科技廠商已與全球最大航空聯盟-星空聯盟(Star Alliance)簽署合作協議，研發生物辨識資訊系統平台。在布設生物辨識技術之國際機場，旅客可自助辦理報到及託運行李，搭配電子登機證快速通過

安檢，在免稅店刷臉購物，並在登機門快速刷臉登機。



圖 3 生物辨識技術之虹膜辨識

資料來源：Germain Chastel, The Rise of Cyberbodies – a look into the Biometrics of the Future, from Face Scans to 3D Body Scans, September, 2018.

杜拜國際機場於 2018 年 10 月啟動智慧走廊專案，設置在該機場第三航廈，是全球首先利用生物辨識系統取代人工檢查的計畫。不需經過漫長排隊等候人工檢查，旅客通過走廊時(詳如圖 4)，境管控制中心透過人臉辨識技術即可讀取旅客資料，並透過資料運算，辨別是否允許入境，僅需 15 秒就能完成通關與入境程序，無需使用任何旅行證件，包括護照、身分證或登機證。旅客可輕鬆快捷感受無縫的出境體驗，但目前僅限頭等艙、商務艙旅客使用。



圖 4 杜拜機場第三航廈智慧走廊專案

資料來源：范慧宜，杜拜：世界第一個智慧機場現身，工商時報，2019 年 1 月。

新加坡樟宜機場 2017 年 10 月 31 日啟用耗資新幣 9 億 8,500 萬元(約新台幣 221 億元)建造的第 4 航廈，引入「快捷無縫旅行(FAST)」全自動報到系統，旅客理論上可全程無須與機場人員交談而登機。其自動通關閘門(AIG)整合了入境與安檢功能，通關及安檢流程自動化，並導入臉部辨識技術，旅客只要出示護照，並掃描登機證、指紋，機器就能交叉確認以保障飛航安全，同時大幅減少人工出錯機率，提升機場營運效率，預計營運穩定之後將能節省大約 20%的人力。安檢處配備了電腦斷層攝影 CT 掃描儀，乘客無須將手提電腦取出行李，可節省安檢人力與時間，登機流程也是自助，只要掃描登機證並進行臉部辨識即可登機(詳如圖 5)。



圖 5 樟宜機場快捷無縫旅行(FAST)系統

資料來源：樟宜機場網頁 <http://www.changiairport.com/>, June, 2020。

2.生物辨識結合 One ID(唯一身分識別)管理

IATA 為了減少機場重複的身分檢查並創建無縫流程，試圖在機場點到點旅客流程中引入強大的綜合身管理，允許個人在線或親自聲明其身分及生物識別，同時保持個人數據的隱私性。透過無文檔流程進一步簡化旅程，旅客將能夠藉由簡單的生物識別，在每個機場接觸點進行身分識別，目的是在機場、航空公司及政府之間實現真正可相互操作的系統協調，此項概念稱為 One ID(唯一身分識別)。

目前美國亞特蘭大機場 F 航廈已實際運行 One ID 解決方案，英國希斯洛機場、澳洲雪梨機場、荷蘭史基浦機場、新加坡樟宜機場及阿拉伯聯合大公國杜拜機場也正在測試 One ID 理念的各個要素；日本東京成田機場也在 2020 年春季採用 One ID 管理(該機場 One ID 願景詳如圖 6)，並安裝具有人臉識別功能的各種設備 (CUSS 自動報到機系統、CUBD 自動行李託運系統、PRS 旅客安檢系統、

ABG 自動登機門系統) 及可與每種設備連接的人臉識別系統平台(示意如圖 7)，為旅客提供更為順暢舒適的機場服務。



圖 6 日本東京成田機場 One ID 願景示意圖

資料來源：陳俊佑，發展智慧化機場與航廈，民航局，2019 年 12 月。



圖 7 日本東京成田機場 One ID 設備建置規劃示意圖

資料來源：林祥生等人，參訪日本企業智慧機場科技應用，桃園國際機場股份有限公司，2020 年 1 月。

(三) 機器人(Robots)

法蘭克福機場近期試辦一個計畫，利用自動駕駛運送機器人(Your Autonomous Pony Express, YAPE)，陪同旅客走到登機門，並幫助他們搬運小件行李(詳如圖 8)。YAPE 是由義大利高科技製造商 e-Novia 的子公司 YAPE 所開發的 AI 運輸與輔助機器人。該計畫試驗地點是在法蘭克福機場第一航廈 A 登機廊廳，旅客使用智慧手機下載應用程式後，便可以與機器人進行連接。連接完成後，

旅客可將他們的小件行李放在機器人的行李箱中，而後 YAPE 機器人便會自動引導至正確登機門。藉由航站內的導航系統，YAPE 機器人可以在整個航廈自由移動。而下一階段目標，將是朝向機器人能自動與旅客互動。利用智慧機器人協助繁忙的航廈營運是一項特殊的挑戰，而法蘭克福機場公司利用新方法測試，主要是希望利用最新的人工智慧和機器人技術的便利性，進一步提高機場的服務品質及改善旅客體驗，同時減少人員工作量。



圖 8 德國法蘭克福機場人工智慧運輸與輔助機器人

資料來源：Chief Assignment Editor, Fraport and e-Novia trialed guide robot YAPE at Frankfurt Airport, ETURBONEWS, October, 2019.

倫敦蓋特威克機場(Gatwick Airport)為了消化航空高運量所帶來的車位需求，在 2019 年下半年展開機器人代客停車的測試項目，期盼能更高效率的運用原有的停車場空間。這套由國外科技公司 Stanley Robotics 所研發的自動停車機器人服務(詳如圖 9)，早期也曾在法國機場進行合作測試，在迴響不錯的前提下，也正式登陸英國倫敦的蓋特威克機場。該機場高層表示，希望能夠透過全自動化停車系統，有效消除平時機場車位一位難求的現象。未來駕駛只需透過手機 APP 或是網路預訂服務，將車輛開到指定等待區，透過現場機器掃描 QR CODE 驗證身分及確認取車時間資訊，之後智慧型停車機器人便會自行將車輛架起，並透過滑行的方式將車輛停放至合適的地區。之後駕駛只需依預約的時間前來拿車，機器人也會將車輛再度移至原先的指定等待區當中，可說是相當方便的一項服務。



圖 9 倫敦蓋特威克機場代客停車機器人

資料來源：Eve De Clerk, Robots May Soon Be Parking Cars at Gatwick Airport, International Airport Review, Jan., 2019.

香港機場管理局採用自動清潔機器人(詳如圖 10)，針對機場公共區域、旅客服務設施進行消毒作業。清潔機器人配備紫外線消毒器及空氣淨化器，全天候部署在候機室廁所及重要公共區域。可在 10 分鐘內進行移動並完成消毒作業，滅菌率可達 99.99%。香港機場管理局表示，為維護機場工作人員與旅客的安全，將持續尋找新措施，以強化清潔和消毒工作。



圖 10 香港機場機器人進行消毒作業

資料來源：林信男，當走進負壓通道消毒 40 秒成為日常…香港用 3 大措施告訴你「後疫情時代」機場有哪些變化,今周刊, 2020 年 4 月。

(四)擴增實境(Augmented Reality)

新加坡樟宜國際機場就採購了型號 M300 的智慧眼鏡配給約 600 名地勤工作人員使用(詳如圖 11)，讓工作人員能快速縮短工作流程，如貨運裝卸人員可透過 AR 眼鏡快速掃描貨物上的標籤，進而得到詳細資訊，直接下達相關指令進行作業，將原本可能需要 1 小時的工作減少至 45 分鐘，如此可增進地勤作業效率，機場或許有機會再多增加航班。

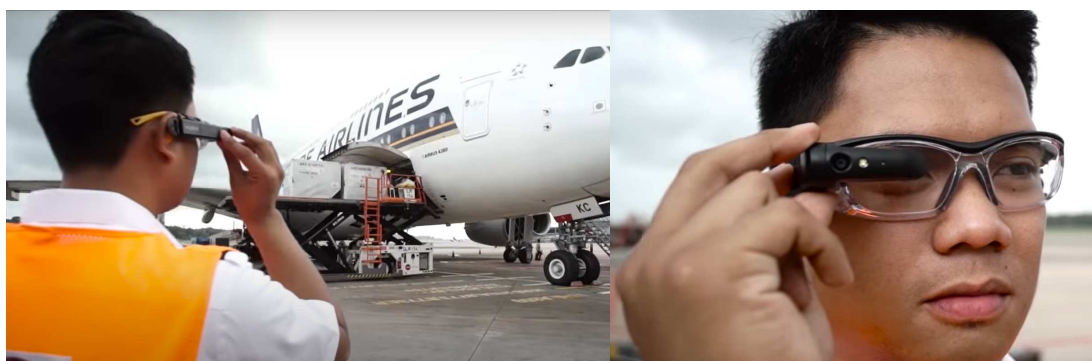


圖 11 新加坡樟宜國際機場透過擴增實境智慧眼鏡增加貨機裝卸效率

資料來源：Developerx , How Singapore's Changi Airport Uses AR to Cut Wait Times, September, 2017.

四、政策意涵

桃園機場中長期規劃經營策略包括善加運用物聯網、機器人或自動化等產業發展趨勢或技術，構建智慧機場營運中心，目前機場在報到及行李託運系統已跟上智慧化腳步，未來可在各航廈分階段全面更新，並建議參考先進機場旅客智慧化服務作法，短期考量引入停車場應用程式、信標定位技術、自駕車及旅客流量管理系統，協助旅客停車及接駁、尋找機場特定位置及選擇最適等候線；中期可結合生物辨識技術，使通關及登機便捷化，並發展行李提取通知應用程式，使旅客及時得知行李訊息，毋需在轉盤前久候。在貨運裝卸部分，可引入擴增實境技術提高營運效率；長期可建置 5G 網路技術平台、發展數據化管理及建立分析模型、結合生物辨識及 One ID 管理，並引入服務機器人與 3D 電腦斷層掃描儀等技術，以優化流程、增加營運效率及提升旅客服務體驗。

未來桃園機場在引入智慧技術時，仍須審慎評估主客觀條件，並須與機場、航空公司、地勤單位及民間相關企業等各單位緊密合作，以利有效推動旅客服務智慧化，使旅客感受到良好便捷的服務品質及無縫旅行的服務體驗，並透過採用智慧分析技術優化機場服務或作業流程，俾提升機場營運效率。

參考資料：

- 1.Don Chinery, Lax Development Program: Customizing a SharePoint GIS to Provide Construction Information to the LAWA Community, Los Angeles World Airports, July, 2018.
- 2.Germain Chastel, The Rise of Cyberbodies – a look into the Biometrics of the Future, from Face Scans to 3D Body Scans , September, 2018.
- 3.Eve De Clerk, Robots May Soon Be Parking Cars at Gatwick Airport, International Airport Review, Jan., 2019.
- 4.范慧宜，杜拜：世界第一個智慧機場現身，工商時報，2019 年 1 月。
- 5.陳俊佑，發展智慧化機場與航廈，民航局，2019 年 12 月。
- 6.林祥生等人，參訪日本企業智慧機場科技應用，桃園國際機場股份有限公司，2020 年 1 月。
- 7.Chief Assignment Editor, Fraport and e-Novia Tried Guide Robot YAPE at Frankfurt Airport, ETURBONEWS, October, 2019.
- 8.林信男，當走進負壓通道消毒 40 秒成為日常…香港用 3 大措施告訴你「後疫情時代」機場有哪些變化,今周刊, 2020 年 4 月。
9. Developerx , How Singapore's Changi Airport Uses AR to Cut Wait Times, September, 2017.
- 10.<https://citymesh.com/en/news/>, June, 2020.

國際民航組織推動公共衛生廊帶

一、背景

2020 年 1 月新冠疫情爆發，並逐漸擴及全球許多國家地區，世界各國為免疫情持續蔓延擴大波及其國內，採取各項措施以為因應，諸如加強邊境管制措施、要求入境者隔離 14 天、禁止外國人入境、限制過境轉機等，全球旅客為安全考量也減少及避免不要之航空旅行，航空產業遭受前所未有的重大衝擊，全球主要航空公司客運航班近九成停飛。依據國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)資料，2020 年第 1 季全球機場旅客量較 2019 年減少 28.4%(相當於 6.12 億人次)，預估全年旅客量(含國際及國內)將較 2019 年減少 50.4%，不論航空公司或機場皆面臨收入減損問題，全球空運需求之復甦預期將持續 2~5 年時間。目前部分國家地區因疫情有減緩跡象，逐漸恢復部分航班，本文檢視國際民航組織發佈之航空運輸作業指引，供我國航空業及機場單位參考。

二、分析說明

1. 全球空運需求及供給大幅減少

新冠疫情使全球航空業受創嚴重，迄今已有 14 家航空公司申請破產保護，其中不乏國家級航空公司如泰國航空、南非航空，及超過百年歷史之哥倫比亞航空及智利南美航空。

民用飛航服務組織(Civil Air Navigation Service Organization, CANSO)與飛航服務系統業者合作，透過衛星系統追蹤空中航機，發現今年 4 月中旬全球飛行之航機量不及 1 月初(疫情發生前)的一半；以 4 月 13 日為例，共追蹤到 16,780 架航機，較 1 月初平均 37,780 架減少 56%(21,000 架)；航機起降架次減少 74%，航機飛行時間平均減少 72%(4 月中每日飛行時間約 3.8 小時，1 月初約 6 小時)；全球各區域飛行架次減少情形如表 1。

表 1 2020 年 4 月每日全球航機飛行減少情形

區域	南美洲	歐洲	非洲	中東	北美洲	亞洲
減少%	91%	89%	88%	87%	64%	72%

資料來源：Aviation Week & Space Technology。

國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)預估 2020 年全球航空業損失高達美金 840 億，各區航空客運需求(以客運延人公里 RPKS 計)、運能(以可售座位公里 ASKS 計)減少幅度及損失情形如表 2。

表 2 2020 年全球航空業需求與運能縮減及損失情形

區域	客運需求 (RPKS)	客運運能 (ASKS)	虧損 (億美金)
全球	-54.7%	-40.4%	\$843
北美洲	-52.6%	-35.2%	\$231
歐洲	-56.4%	-42.9%	\$215
亞太地區	-53.8%	-39.2%	\$290
中東	-56.1%	-46.1%	\$48
拉丁美洲	-57.4%	-43.3%	\$40
非洲	-58.5%	-50.4%	\$20

資料來源：IATA。

2. 公共衛生廊帶

世界各國為因應疫情實施全面性的邊境管制措施，但各國作法不一且差異頗大，已嚴重影響包括重要醫療物資運送在內之全球航空運輸，國際民航組織遂提出公共衛生廊帶(Public Health Corridors, PHCs)概念，鼓勵航空業建立公共衛生廊帶，其概念係建立在風險基礎上，將相關的安全管理原則納入考量，基本要素在於以清潔的機組員(clean crew)、清潔的航空器(clean aircraft)、清潔的機場設施(clean airport facilities)，載運清潔的旅客(clean passengers)，旨在盡可能採取相關措施以確保航空運輸免受新冠病毒威脅。

隨著國際疫情逐步減緩，部分國家地區陸續解封並重啟航班，為使航空運輸不中斷，同時可避免新冠病毒散播及保護機組人員健康，經參考包括國際航空運輸協會(IATA)、國際機場協會(Airports Council International, ACI)、民用飛航服務組織(CANSO)等重要航空產業團體及世界衛生組織(WHO)之意見及建議，國際民航組織(ICAO)針對航空業重啟飛航作業提出相關準則建議，供航空業及各國政府參考，希望以一種安全無虞且持續的方法，促進全球各地航空業防疫措施整合、相互承認及協調一致，以支撐全球空運航班重啟及恢復，並將依據最新資料資訊持續更新相關措施方法。

相關指引建議分為機場、航空器、機組員及貨運作業四部分，除機場工作人員外，只有旅客及其陪伴人員(如行動不便之陪伴者)可進入航廈。與旅客相關部分措施，如優先使用網路辦理報到、須攜帶健康證明文件、抵達機場及下機後皆須接受基本的體溫量測、重新規劃設計安檢通關動線，以減少肢體接觸及排隊等

候；旅客在航廈內及飛機上皆須戴上口罩，並與他人保持至少 1 公尺的安全距離，儘量避免在機艙內走動，且不能在機上廁所外排隊等候。至於航空公司部分，包括應經常消毒機艙、提供旅客包裝完整之餐點，但不提供報章雜誌服務，並限制機上免稅商品銷售。其他建議包括使用電子機票等其他形式之不接觸技術，例如臉部或眼部掃描，但未提議航空公司在每名乘客座位旁保留一個空位，以確保機艙內的安全社交距離。

三、政策意涵

航空業因新冠疫情蒙受前所未有的重大損失，雖然預估全球空運需求之復甦將持續 2~5 年時間，在疫情漸獲控制之際，已有航空公司開始漸次恢復部分國際航班，為免疫情再次蔓延爆發，使已受創嚴重的航空產業的復甦之路時間再往後延，相關航空業者及單位應持續配合主管機關相關防疫要求及各國之邊境管制措施，無論航空公司、機場或旅客，皆應確實遵循國際民航組織最新之建議守則、持續關注國際地區疫情發展，落實以清潔的機組員、清潔的航空器、清潔的機場設施，載運清潔的旅客。

參考資料：

1. Aviation Week & Space Technology, 「Air Traffic Plunge Reflects Advance of the Pandemic」, 4-17 May, 2020。
2. International Air Transport Association, 「Industry Losses to Top \$84 Billion in 2020」, 9 June 2020。
3. International Civil Aviation Organization, Electronic Bulletin, 11 May 2020。
4. Flight Safety Foundation, 「ICAO Encourages ‘COVID-19-Free’ Air Corridors」。
5. 中時電子報, 「空運市場悲觀 估 9 月僅恢復 25%」, 109 年 5 月 14 日。
6. 中時電子報, 「新冠疫情以來 14 家航空公司折翼」, 109 年 6 月 2 日。
7. 中央社, 「航空業復飛怎麼防疫 國際民航組織公布建議守則」, 109 年 6 月 2 日。
8. 中時電子報, 「ICAO 新指引 搭機戴口罩限上廁所」, 109 年 6 月 3 日。