

航空需要に対応した空港運用研究会

報 告 書

2017年5月

一般財団法人関西空港調査会

はじめに

本研究会は、近年における航空需要増加に対応した空港運用方策について国内外の空港の事例から、空港周辺地域の環境に配慮した運用方法の考え方・メニューなどを研究することを目的として、2015～2016 年度に 5 回の研究会を開催するなどの調査研究を行い、その成果を報告書としてとりまとめたものです。

研究会主査の平田輝満茨城大学工学部准教授は、2006 年から 2013 年の運輸政策研究所在職中に研究され、それ以降における首都圏空港機能強化に関する動向、次世代の管制システムなどの新しい情報にも精通されておられます。

本報告書は、平田准教授の経験に基づき、空港の処理能力や飛行経路についての最新の知見、現在の首都圏空港で行われている機能強化に関する検討状況、国内外の航空機騒音問題や対策などをわかりやすく解説いただいたものです。

本研究会の報告書が今後の関西における空港の諸問題を考える上で皆様方の参考となれば幸甚です。

航空需要に対応した空港運用研究会 報告書

目 次

第1章 研究会の概要	1
(1) 研究会の目的	1
(2) 研究会の開催実績	1
(3) 研究会メンバー	1
第2章 研究会報告の概要	3
(1) 第1回研究会	3
(2) 第2回研究会	6
(3) 第3回研究会	11
(4) 第4回研究会	15
(5) 第5回研究会	19
第3章 まとめ	23
(1) 航空機の小型化と航空需要の増大	23
(2) 次世代の航空交通システムと空港運用	23
(3) 国内外の混雑空港の動向と周辺住民への説明	24
(4) 今後に向けて	25

資料編

第1回研究会	
議事録	29
資 料	47
第2回研究会	
議事録	91
資 料	109
第3回研究会	
議事録	152
資 料	171

第4回研究会	
議事録	210
資 料	232
第5回研究会	
議事録	269
資 料	286

第1章 研究会の概要

(1) 研究会の目的

本研究会は、航空需要増加に対応した空港運用方策について国内外の空港の事例から、空港周辺地域の環境に配慮した運用方法の考え方・メニューなどを研究することを目的とする。

(2) 研究会の開催実績

以下のとおり 2015 年度に 2 回、2016 年度に 3 回開催した。

(敬称略)

開催日	テーマ	講演者
第1回 2015 年 11 月 27 日	首都圏空港の容量拡大に向けた 取り組みと課題	茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満
第2回 2016 年 3 月 4 日	混雑空港における騒音対策	茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満
第3回 2016 年 10 月 14 日	滑走路容量の考え方と容量拡大方 策の事例	茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満
第4回 2016 年 12 月 2 日	次世代の航空交通システムと空港 運用への影響	茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満
第5回 2017 年 3 月 17 日	関西圏空港・空域の運用課題と研 究会とりまとめ	茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満

(3) 研究会メンバー

本研究会のメンバーは、主査を茨城大学工学部 平田輝満准教授とし、次ページに示す学識経験者、航空・空港関係の関係団体で構成している。

航空需要に対応した空港運用研究会 メンバー

(順不同、敬称略、2017年3月現在)

研究会主査

平田 輝満 茨城大学 工学部 准教授

メンバー

横見 宗樹	大阪商業大学 総合経営学部 准教授
羽原 敬二	関西大学 政策創造学部 教授
引頭 雄一	関西外国語大学 外国語学部 教授
醍醐 昌英	関西外国語大学 外国語学部 准教授
藤本 勝	大阪市 OB
川崎 哲人	株式会社竹中土木 大阪本店 営業企画部長
北村 英和	中央復建コンサルタンツ株式会社 業務推進本部 顧問
牛島 龍一郎	中央復建コンサルタンツ株式会社 業務推進本部 執行役員
布施 健	株式会社日本政策投資銀行 関西支店 企画調整課長
齋藤 博文	パナソニック株式会社 関西支店 支店長
増森 毅	パナソニック株式会社 関西渉外室 部長
林 俊武	株式会社三井住友銀行コーポレート・アドバイザリー本部 第二部 次長
中島 将貴	株式会社三井住友銀行 総務部 部長

オブザーバー

幸松 和明	国土交通省 大阪航空局 空港部 関西国際空港・大阪国際空港課長
木田 正憲	大阪府 政策企画部 戦略事業室 空港・広域インフラ課 課長補佐
八木下 徹	兵庫県 県土整備部 県土企画局 空港政策課長
荒木 敏	大阪市 都市計画局 計画部 交通政策課長
小沢 彰史	神戸市 みなと総局 空港事業部 推進課長
本道 篤志	泉佐野市 市長公室 政策推進担当理事
太田 光彦	株式会社 ANA 総合研究所 常勤顧問
内藤 淳二	ANA ホールディングス株式会社 調査部 課長
鈴木 竜也	ANA ホールディングス株式会社 調査部 課長代理
清水 良浩	全日本空輸株式会社 オペレーションサポートセンター 業務推進部 副部長
小堀 博	全日本空輸株式会社 施設部 リーダー
田中 順二	日本航空株式会社 関西空港支店長
榎本 新也	株式会社Kスカイ 代表取締役社長
山本 雅章	新関西国際空港株式会社 執行役員 兼 伊丹空港施設オペレーションユニット長
池田 尊彦	新関西国際空港株式会社 伊丹空港施設オペレーション部 部長
松原 健二	新関西国際空港株式会社 伊丹空港環境・地域振興部 環境管理グループ
湯川 嘉康	新関西国際空港株式会社 伊丹空港環境・地域振興部 環境管理グループ
江村 剛	関西エアポート株式会社 技術部 次長
中岡 清貴	関西エアポート株式会社 技術部 次長
大田 康介	関西エアポート株式会社 技術部 企画グループ リーダー
熊田 剛夫	関西エアポート株式会社 技術部 空港計画グループ リーダー
西村 直樹	関西エアポート株式会社 技術部 空港計画グループ サブリーダー
中嶋 健二	関西エアポート株式会社 財務部 資金グループ リーダー
阿辻 覚	神戸空港ターミナル株式会社 代表取締役常務

第2章 研究会報告の概要

本研究会で開催した各回の概要は以下の通りである。

(1) 第1回研究会「首都圏空港の容量拡大に向けた取り組みと課題」

講師：茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満 氏

① 首都圏空港の現状と課題

- ・ 国土交通省の検討委員会の需要予測によると、首都圏のトータルの発着需要は2020年には中位ケースの予測でも発着容量を超えてしまう。中長期で見ると年間約7万回から23万回の容量不足になるだろうとみている。
- ・ 日本も機材の小型化が進んできたが、欧米に比べるとまだまだ大型機が多い。
- ・ 大きな飛行機はたくさんの旅客を1回で運べるが、その分便数は減る。そういう意味で、空港が旅客を運ぶ能力というのは、機材を大きくすれば良いというものでなく、便数と一機あたりの座席数のバランスが必要になる。
- ・ アメリカでも長距離になると機材は大型化するが、それでも200席未満や250席未満の機材が多い。
- ・ 空港の容量が足りないと、エアラインとしては旅客需要があるので、これまでは飛行機を大きくせざるを得なかった。たくさんの旅客を少ない回数で運ぶためには機材の大型化が必要だった。そうすると低頻度サービスになり、低頻度サービスになると、需要は減っていくことになる。
- ・ 大きな飛行機が増えると、陸域の騒音が大きくなる。地方空港も大型機をさばくために滑走路を長くしなければならない。飛行機の大型化で騒音対策費や滑走路の整備コストが増える。首都圏の空港の容量不足がこれまでの日本の航空事情のいろいろな課題につながっている。
- ・ 成田空港では2009年に2本目の滑走路を整備し、その後、管制機能の高度化や高速離脱誘導路整備も行い、羽田空港では2010年に4本目の滑走路、国際線旅客ターミナル、エプロンを整備し、それぞれ空港容量を拡大している。

② 運輸政策研究所における調査研究

- ・ 首都圏空港機能強化の経緯を振り返ってみると、羽田の再拡張を決めた検討会は首都圏第3空港調査検討会である。10年後に羽田再拡張を優先的に実施することを決定と書いてあり、その後、こまめに羽田の発着枠は、少しずつ増えている。
- ・ 運輸政策研究所では、首都圏空港将来像検討調査委員会を設置し、長期的な首都圏空港の将来像について検討を行った。
- ・ その中で、首都圏空港を含めた全面的なオープンスカイ政策へ転換すべきだとか、羽田・成田の機能分担を廃止した方が良いとか、カボタージュの開放も検討すべきだとか、市街地上空ルートの見直しに関する議論が必要だとか、かなり大胆な提言をした。
- ・ また、成田の能力を30万回としても2017～2020年ぐらいには首都圏の航空需要は容量オーバーするという需要予測結果を示した。
そのため、羽田の容量拡大方策として、①管制運用の高度化による容量拡大、②A滑走路の南側延伸による容量拡大、③内陸上空ルートの活用、④旧B滑走路の再整備、⑤C滑走路平行滑走路整備、⑥再拡張後の羽田と独立運用可能な滑走路の新設を提言した。

③ 国における首都圏空港機能強化の取り組み状況と今後の課題

- ・ 国土交通省では、首都圏空港機能強化について、技術検討小委員会を設置・検討し、半年ぐらいで中間取りまとめを出した。
羽田の都心上空ルートはとても環境影響が大きいので、「首都圏空港機能強化に関するコミュニケーションのあり方アドバイザー会議」を設置した。
どう計画を進めるか、どう住民対応をするか、どんな情報を出せば良いのを議題にした会議を立ち上げた。2015年の夏に2～3ヵ月間、第1フェーズとして、羽田空港機能強化の必要性、都心上空の利用の必要性を中心に、オープンハウスという新しい手法で住民説明会を実施した。2015年12月から第2フェーズを行い、第1フェーズでいただいた意見を踏まえ、どういう環境対策がありえるのか、新飛行経路の詳細な運用方法に少し踏み込んだ説明をして意見を得る予定をしている。2016年夏までに環境影響に配慮した方策策定を予定している。

- 羽田空港の機能強化方策として、滑走路処理能力の再検証が行われている。これまで、北風時、南風時ともに1時間80回だとしていたものが、今回あらためて南風時で1時間83回、北風時で1時間88回と違うことを初めて公表した。さらに、羽田の特定時間帯を活用し、飛行経路を見直して都心低高度空域を開放することにより、1日107便増やせる。これがメインの方策で検討が進んでいる。
- 羽田の中長期的な機能強化方策として、滑走路増設案を出されている。詳細な議論はまだこれからだと思うが、C滑走路に近いクロス・パラレルが一番有望だと今の段階では結論づけられている。
- 成田空港の機能強化方策としては、高速離脱誘導路の整備、管制機能の高度化などがある。
- 成田の3本目の滑走路増設案も2つ示されており、資料の案2は地上走行が短いというメリットがある。ただ、騒音影響があるので、ハードルが低いわけではない。

(2) 第2回研究会「混雑空港における騒音対策」

講師：茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満 氏

① 諸外国における空港の騒音対策の検討事例

- ・ ICAO では、発生源対策として航空機のエンジンの音自体を小さくするといった対策だけによらないさまざまな側面からの調和のとれた騒音対策のガイドライン **Balanced Approach** を 2004 年に出し、2007 年に改定している。

Balanced Approach には 4 つの基本対策がある。①従来型の発生源対策、②土地利用計画と管理、③騒音軽減運航方式。①、②、③をやり、これを十分精査してから、④の運航制限あるいは便数の減少、大型機をシャットアウトしたり、プロップ機に限定したりする。

これら 4 つの基本対策のほかに、プラスとして騒音課金があり、経済的な処方で低騒音機を誘導する。最後の **People issues** は住民とのコミュニケーション戦略、情報公開の高度化など。

- ・ 運航制限の例としては、1993 年からロンドンのヒースロー、ガトウィック、スタンステッドにおいて、騒音の大きさに応じて夜間の運航回数制限を決めるクォータカウントシステム (**Quota Count System**) がある。各エアラインが持っているクォータのソースが決まっていて、それを上限に機数が決められている。大きい飛行機はクォータカウントが大きいので少ない便数しか飛ばせず、小さいと 1 機当たりのクォータが小さいので多く飛ばせる。ただし、低騒音機なら多く飛ばせるという柔軟性は持たせている。
- ・ 英国のリーズ空港は小さく、混雑空港ではないが、滑走路ごとに最大の許容離陸騒音レベルが異なる珍しい例である。
例えば **Runway 32** と **14** があるのですが、**32** から離陸する場合は **85** デシベル、昼の場合は **35** デシベルまで、**14** 方向に離陸するときは **92** まで許容される。
- ・ 騒音課金、騒音税は今では世界的にも多く実施されている。最初に騒音課金を行った空港の一つが、1974 年のフランクフルト空港。騒音税はフランクフルトの場合、時間帯に応じて随分変えている。

- ・ シドニーでは、**Lden** など環境基準一つだけの指標だと、夜間は飛ぶのかとか、何機飛ぶのかといった直感的にわかる指標ではないため住民にはわかりにくいことが社会問題化した原因の一つだった。

このため、騒音に関するデータや指標を複数示したり、将来予測ができるソフトを **WEB** で提供したりしている。また、1 日当たり平均で何機がこのルート上を飛んでいるということも公表している。

- ・ 一般的には、特定地域への騒音の閉じ込めをして騒音暴露人口を最小化し、集中して騒音対策をする。

それとは異なる方法として、騒音の広域分散し、公平な負担を求め、今まで使っていない都心上空の空域を緩和することによって容量拡大する例がある。

- ・ ニューヨークは世界最大の混雑空港で、遅延が深刻化していた。空域の設計も 40～50 年基本設計を変えずに非効率だったことから、ネクストジェネレーション (**Next Generation**) という次世代の管制運航システムを入れようとしていた。

そもそも空域の形状が複雑で前時代的だと、その効果も発現しないことから、大規模に空域を変えようということで、単に空域の区割りを変える従来型ではなく、新しいコンセプトの管制機関をつくる案に決まった。それを検討したのがニューヨーク、周辺のニュージャージー、南のフィラデルフィアというニューヨーク首都圏の空域再編プロジェクトである。

空域を変え、飛行経路を変えるため、かなり広域で騒音の影響が変わることになる。

- ・ ニューヨークの西側、ニュージャージーエリアのニューアーク空港はかなり混雑しており、特にピーク時の離陸遅延がひどかった。3 本の滑走路があり、南側に出るときは、従来はエリザベス市という 20～30 万くらいの都市の上空を避けるような河川上空ルートを設定していた。

しかし、管制運用上、離陸直後の飛行方位が複数用意されていると、離陸の容量が増え、遅延は解消する。ただし、そのためには都心上空を飛ばなければいけなかった。都心上空を飛ぶのは騒音影響が大きいので、ピーク時間帯だけということで地域と合意した。このことにより広域の騒音変化が起こり、現状より悪化するところや良くなるところが出てくる。

- ・ イギリスのヒースロー空港は 2 本の平行滑走路があり、どちらも離着陸共

用にすれば容量が増加するが、あえて離着陸分離にして毎日 15 時に離陸、着陸の滑走路を変えている。

これは無騒音時間（Respite Period）を提供するためで、1 日中飛びっぱなしなのでよくないということで、騒音がない時間が増えたほうが住民にとってはいいということを、イギリス国民は重視している。

- ・ シドニー空港はもともと交差滑走路のところに第 3 滑走路をつくるために、容量拡大のために平行滑走路をつくった。そうすると今まで四方八方に騒音が行っていたのが、中心市街地のところばかりを飛ぶようになった。今まで 20%しか飛んでいなかったのが 47%と集中した。

住民との事前のコミュニケーションが不十分だったこともあり社会問題化した。その結果、97 年の LTOP（Long Term Operating Plan）の中の Noise sharing というスキームがうちだされ、3 本の滑走路を活用し、海上エリアをなるべく使う。その中で居住エリアの騒音はなるべく公平に負担する（fairly/equitably shared）ようにした。

政策目標としても、海側を最大 55%にするが、気象条件などの問題から 3 方向はなるべく公平に飛行経路を分散させている。

- ・ ニューアーク、ヒースロー、シドニーの 3 空港の事例をまとめると、従来使用を避けていた市街地上空区域を解放し、容量拡大、騒音の公平負担をしている。追加的な騒音負担を伴うときには、ピーク時、遅延拡大時、容量低下時など、時間限定で実施している。また、長期の政策方針に基づく空港計画プロセスが重要である。

② 羽田空港の運用方法と騒音影響に関する考察（私案）と環境影響評価制度について

- ・ オランダのスキポール空港はアメリカに以遠権を与え、乗り継ぎによるネットワークで成功した空港である。同じような時間帯に世界からどつと着陸させて、例えば 1 時間後に一気に出発させるということを繰り返す Wave System というダイヤ設定になっている。また、これにあわせた滑走路運用（2+1 Runway System）とスロット配分がとられている。
- ・ 羽田も国内線でハブになっているので、集計してみると、出発率が上がったたり下がったりを周期的に繰り返している。羽田は滑走路形状からみて、着

陸を 1 機増やすと離陸が 2 機減るので離陸を増やしたほうが発着総数では効率がいい。

このような特性を踏まえて、先の **Wave System** のような離着陸の発着枠配分がもし可能であれば、都心上空の着陸通過を減らすこともできるが、離陸は増える点は考慮しなければならない。

- 日本の環境影響評価制度では、飛行経路や空域再編は環境影響評価の対象になっていない。日本はある程度の規模のフィジカルなモノをつくらないと法律上では環境評価をしなくていい制度になっている。

- アメリカでは、本格的なアセスの前に簡易アセスがある。**NEPA (National Environmental Policy Act)** では、何かやると提案があったとき、明らかに環境影響が小さい場合は **Categorical Exclusion** とされ、アセスをやらなくてもいいと決まっている。しかし、そこそこ影響がある場合は簡易なアセスメントをやる。その結果、重大な影響は無いときは、**FONSI (Finding of No Significant Impact)** という、重大な影響がないことを証明する簡単なレポートを出せば終わる。影響がある場合には **Mitigated FONSI** を行い、少し方策を変えて計画提案をすればいい。

重大な影響がある場合だけ、日本でやっているような詳細なアセスをするという制度になっているので、簡易アセスを入れると非常に多くのアセスが年間で実施されている。だから環境影響評価のデータや実績も多数あり、アセスもやりやすく、抵抗も少ないと思われる。

FAA(米国連邦航空局)では内部規定があり、出発到着経路・エンルート経路の新設・変更を行うときは、まず簡易アセスをすることが決められている。

- 戦略的環境アセスは諸外国では当たり前になっている。日本でも平成 14 年くらいから埼玉県が率先してやっている。従来の事業アセスでは、事業計画段階で、どこに路線を引くか、空港の滑走路をどうデザインするかといった段階で環境アセスを行うので、ほとんど計画が固まり環境の影響があるとわかったときは、それを低減するために取りうる措置が限られてしまう。行政もある程度固まった案の段階である、どうしてもその案を守る姿勢になり、市民の意見を最大限取り入れて、より良い案をともに検討しようという形になりづらい。そうすると市民と闘うことになって、計画が進まないということも考えられる。

それではだめだということで、埼玉県では、政策(Policy)、計画(Plan)、プ

プログラム(Program)の3つのPを対象に戦略的環境アセスをすることにしており、計画の初期段階からアセスメントをして住民との合意形成をはかっていくという方針になっている。

- 環境アセスではないが、公共事業を進める段階で計画策定プロセスにおいて国交省から2008年に「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン」というものが出ている。

そこでは、計画検討の発議や事業の必要性和課題の共有を図り、複数案を設定し、比較して選定し、計画決定する一方で、技術検討もする。その段階で住民とコミュニケーションせよと随分前から言われている。

- 福岡、那覇はこのガイドラインにのっとって進められた先進的な空港整備計画の事例である。那覇も計画の構想をつくる前に、計画の必要性を裏付ける調査段階で平成15年から平成19年まで4年くらいかけている。構想段階、施設計画段階もさらに2年かけて行い、大きな反対もなく着工している。

(3) 第3回研究会「滑走路容量の考え方と容量拡大方策の事例」

講師：茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満 氏

① 離着陸の管制方法と滑走路容量に影響を与える要因

- ・ 航空交通管制業務は「飛行場管制」「進入・ターミナルレーダー管制」「航空路管制」「航空交通管理」の4つに大きく分けることができる。この中で、これから重要になってくるのは最後の「航空交通管理」をしている ATM センターの管理管制官で、全体の最適化を管理管制官がシステムを使いながらやっていく時代になる。
- ・ エアサイド(滑走路)容量の固定的な規定要因としては、空港デザイン、滑走路のレイアウト、長さ、滑走路の間隔などがある。変動的な規定要因としては、気象条件や航空機の特性(機材構成など)がある。先行機が大型機ほど、後続機が小型機ほど後方乱気流の影響を考慮した安全のために管制間隔をおおきくとらなければならない。容量上重要になってくるのは、「航空管制の運用戦略(離着陸の順序付けなど)」である。
- ・ 「騒音の影響」から離陸経路、着陸経路が自由に引けずに、空港容量が増やせないケースが日本には多い。
- ・ 日本は以前は大型機が多かったため、仮に離陸経路が分岐しても後方乱気流間隔の影響で出発初期間隔の特例が使えず容量は上がりづらい環境であった。今は大型機が大幅に減っているので、分岐経路による離陸容量の増加策は真剣に検討すべき課題である。しかし、飛行経路を新たに引くことになるので、騒音とうまくバランスをとることが重要である。
- ・ 二本の滑走路の間隔が 760m より離れるとセミオープン・パラレルと呼ばれる。セミオープン・パラレルになると、後方乱気流間隔が必要でなくなり、異なる滑走路に着陸する航空機間の間隔は 2NM で良いことになり、非常に容量が上げられる。
オープン・パラレルになると独立で運用できるので、容量的にはダブルになる。しかし、実際に独立運用するなら、離陸経路は平行ではなくて 15 度分岐する必要がある。着陸復行の経路もルールが決められていて、復行経路と離陸経路が 30 度以上離れていないといけないなど、そういう条件を満たしたとき

に初めて独立運用できるようになる。

- ・ 成田は騒音区域を広げないために、15 度分岐させていなかった。このため独立運用できなかったが、ワイド・エリア・マルチラテレーションという高精度の監視をすることになってから独立運用できるようになり、同時離陸が可能になって成田の容量は向上した。

② 滑走路容量拡大方策の事例

- ・ 羽田は、2010 年以前は 3 本の滑走路を有していて、基本的にはそのうち 2 本の滑走路をそれぞれ着陸・離陸専用として分離運用していた。ヒースローも以前の羽田と同様にオープンパラレルで 1 本が着陸専用、1 本が離陸専用で運用している。しかし、容量は、羽田の方が少なかった。
- ・ 羽田の方がヒースローより滑走路容量が少ない原因の一つとして、羽田は大型機の割合が多かったことがある。
もう一つの原因は、離陸の経路で空域制約や騒音の影響で、飛行経路の柔軟性が違うことがあげられる。ヒースローは離陸経路が分岐しているが、羽田は都心上空は使えないので 1 本しかない。容量を上げるには分岐するのは離陸直後でないといけない。
- ・ ドイツのフランクフルト空港は 2 本の平行滑走路を持っている。滑走路の間隔が 518m と 760m 以下なのでクロス・パラレルである。間隔が狭いので、片方の滑走路で発生した後方乱気流が、もう片方の滑走路の飛行機に影響する。
- ・ クロス・パラレルの場合、後方乱気流の影響で、Heavy 機後に Medium 機が着陸する場合、5NM（海里）の管制間隔が必要になる。このため、大型機が数多く到着するときに遅延が常態化することが問題となっていた。
- ・ 後方乱気流の影響を避け、管制間隔を縮めるために、片方の着陸機のタッチダウンのポイントを滑走路の中央側にずらし、着陸経路を全体的に上げようと考えられたのが HALS (High Approach Landing System) である。
- ・ しかし、HALS では、南側の滑走路を短く使うため、Heavy 機が連続した場合

に効率が落ちるという欠点があった。これをさらに改良し、元来のタッチダウンのポイントも両方使用可能にして、同時に二つの滑走路端がある運用をしようとしたのがダブル・スレッシュョルド・オペレーション (Double Threshold Operation : DTOP) である。しかし、現場の管制官からの反対や第 4 滑走路の建設などもあり、最終的に HALS/DTOP の実適用には至らなかった。

- ・ 後方乱気流関連の国際的な動向として、米国ではボーイング 787 型機や大きいリージョナルジェットなど多様な飛行機がでてきていることから、Heavy、Medium、Small という 3 区分では処理効率上や安全上問題があるということで 6 区分に変えることとしている。

また、欧州では、スロットを上げるというよりは気象条件が悪いときの容量の減少をどう抑えるかという観点で、管制間隔を距離ベースから時間ベースに変更する TBS (Time-based Separation) を導入している。

- ・ サンフランシスコ国際空港は、滑走路間隔が 250m～300m のクロースパラレルが 2 組あり、合計 4 本の滑走路がある。2 組の滑走路を例えば、横の 2 本の滑走路を着陸で使って、交差する縦の滑走路から離陸を出すということをしている。2 本の着陸、2 本の離陸というのを基本的なスタイルにしている。ただ、クロースパラレルであるため、二本同時に使えない。しかし、サンフランシスコでは VMC の天気の良いときには、滑走路間隔は狭いのに、目視間隔により飛行機をほぼ隣に並べて着陸させ、単純に容量を倍増させている (Side-by-Side)。後方乱気流の影響を回避するために Side-by-Side でつかず離れず飛行させ、後方乱気流が側方に広がりきらない位置をキープさせている。

サンフランシスコでも天気が悪いときは計器飛行状態 (IMC) になり、滑走路の容量が半減することになる。

しかし、天気は良くないが、1,000 フィートくらいは見えるという気象条件の時に、同時着陸するために SOIA という方法が考えられた。SOIA は着陸機二機のうち片方をオフセットしてある程度の位置まで計器進入させる方法である。

- ・ ニューアーク空港では、離陸経路 1 本を市街地を避けるように引いていたが、離陸容量をあげるために、市街地上空ルートを複数引いて容量を上げた。しかし、騒音影響が大きいのでピーク時間帯などの高需要時間帯のみに限定している。
- ・ NY/NJ/PHL 首都圏空域は、航空経路が複雑に絡み合って、レベル飛行した

り、なかなか上へ上がれなかったりと非効率だった。これを全体で一番良い空域設計をし、飛行経路を大規模に引きなおしたのがニューヨーク首都圏空域大再編プロジェクトである。また、管制組織についても、上空の航空路の管制とターミナルの管制を加えて一体型の新しい空域・管制機関 I C C をつくり、全体の効率を上げている。

- ・ ターミナルレーダー管制エリアとその周りの航空路管制では最低間隔が違う。I C C の最大のメリットは、ターミナルレーダーで管制する 3NM の最低間隔を従来より広域で適用することができるようになり、効率が上げられることである。航空路管制とターミナル管制が一体化することによって、到着機を早い段階から調整できるようになるので、無駄なオペレーションが減り、管制間隔を 5NM から 3NM に近づけることができる。最低間隔が短くなることで、より安心して、もっと複雑な管制がしやすくなる。
- ・ N Y / N J / P H L 首都圏空域の再編によって、騒音が軽減するエリアと悪くなるエリアといろいろある。こういうことも、10 年間程度かけて住民と十分なコミュニケーションを図り、オペレーションに移っている。

(4) 第4回研究会「次世代の航空交通システムと空港運用への影響」

講師：茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満 氏

① 軌道ベース運用

- ・ 最初に航空システムの次世代化、近代化計画が出てきたのは、アメリカとヨーロッパである。アメリカでは NextGen (Next Generation Air Transportation System) と呼ばれ、ヨーロッパでは SESAR (Single European Sky ATM Research) と呼ばれている。

この二大プログラムに追随して、日本が、2010年に「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン (CARATS : Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems)」を策定した。

- ・ 最も大きな概念の変化として掲げているのが、「空域ベースから軌道ベースへ」ということである。日本の空域が非常に細分化されたセクターなので、その「部分最適から高度な時間管理による空域全体の最適化へ」というのを「空域ベースから軌道ベースへ」と呼んでいる。
- ・ 軌道というのは3次元の飛行軌跡に時間の概念を加えた4次元の飛行軌跡のことをいう。概念的には空域を全て取り払って、飛行機が離陸してから着陸するまで、どこを何時に通過するかをあらかじめ全て計画し、その通り飛ばばコンフリクトも起きないし混雑も発生しない。あらかじめ空域の容量や交通量を予測して各飛行機に最適な軌道を割り当ててそれを順守して飛ばす、それを軌道ベース運用と呼んでいる。概念としては単純だが、それをやるために今も非常に苦労している。長期的にはこういうことを目指している。
- ・ 軌道ベースの時間管理を、空港の運用にも応用する必要がある。空港の滑走路の容量が最大になるような離着陸時刻をあらかじめ予測し、その時刻にきちんと飛行機に来てもらうようにするのが、空港面での高精度な時間管理である。
地上面のコントロールと空港まわりの進入管制区のコントロールと巡航高度のエンルートと呼ばれる航空路の管制の時間管理をいかに一体的に行うかが大きな課題である。

- ・ 交通流管理をする上で、計画的に交通量を形成することが重要である。航空は、エアラインが全て飛行計画を提出するので、交通量、各飛行機の到着時刻などの予測は道路交通に比べてやりやすいが、出発遅延や飛行時間の誤差、また気象条件の容量への影響などの不確実性に対して、継続的な精度向上が必要である。

② 航空機性能の最大活用

- ・ 従来の地上無線施設に依存した飛行・着陸では、地上から発せられる電波を受信してそれに向かって飛んでいた。地上に無線施設が必要なので、非常にジグザグした飛行経路を飛ばざるを得なかった。
- ・ RNAV (area-navigation route)は、GPS を使い、地上の無線施設にとらわれなくて、従来より精度を上げて最適な経路を飛べるようにするものである。
RNP (Required Navigation Performance) は、RNAV の中でも性能要件をさらに厳しくしたナビゲーションで、飛行位置の精度がより高く、保護空域も狭くなっている。GPS を利用し、地上の無線施設に依存しないので、どこにいても無線施設からの距離に依存しない保護空域が達成できる。
- ・ RNP や RNAV は GPS 信号や機上のイナーシャル・ナビゲーション・システムで予測しているので、着陸までの精度はなく、最後は視認進入しなければならない。本当に天気が悪いときには、ILS のカテゴリ 2 や 3 といった、滑走路の直前まで何も見えなくても着陸できるシステムが今は必要である。その ILS を使わないで GPS 信号などを活用した衛星航法に地上からの補強信号を組み合わせ着陸しようとしているのが GBAS (Ground-Based Augmentation System) である。
- ・ GBAS は RNP や RNAV よりもさらに精度が高く、滑走路の直前でも曲がれてタッチダウンまで持っていくことができる。ILS のような地上の施設がいらないので、各滑走路に方向別に全部 ILS を付けなくても良いので、GBAS があれば、経路の設定さえしておけばどの滑走路でも、滑走路のどの位置でも降りることができる。
- ・ 次世代の航空機監視システムの主力は ADS-B (放送型自動位置情報伝送・監視機能) である。飛行機は、以前から GPS や INS (イナーシャル・ナビゲーション・システム) で自分自身の位置をかなり正確に分かっている。飛行機

が分かっている位置情報を勝手にブロードキャストし、管制機関が全部集めて、そのデータを画面に映せば、レーダーで監視しているのと同じになる。

今までのレーダーよりも精度が高く、しかもレーダーの覆域に入らないような、山の陰になるようなところもない、高価な地上無線施設もいらないので、将来これがレーダーにとって代わるシステムになろうとしている。

- ・ ADS-B out という位置情報などを放送する装置の方は普及しているが、ADS-B in は、周りの飛行機の情報を受信できる装置である。ADS-B in はまだそんなに普及していないが、これができると、周りの飛行機の位置が正確に分かるので、「この飛行機に3マイルで付いていく」ということができるようになる。このようなシステムをASAS（エーサス：Airborne Separation Assistance System）という。四方八方からの飛行機が自動的に順序付けされて、勝手に一列になって入っていく時代がもうそこまで来ている。

③ 協調的意思決定

- ・ 計画的な交通流管理をしていくため、気象予測情報の活用が推進されている。各飛行機の軌道を予測する上で最も不確実なのは気象予測である。気象予測情報に誤差があれば、到着時刻にも誤差が生じる。

最近では、飛行機が気象情報を観測できるので、気象庁に細かいメッシュで即時的な情報をフィードバックして、予測精度を上げていこうとしている。

予測精度を上げた気象予測情報を、飛んでいる飛行機に対してリアルタイムでデータリンクで上げていき、「機上における気象予報情報の活用」することを長期的には目指している。

- ・ フランスのシャルル・ド・ゴール空港では、近接平行滑走路（CSPRs）での横風を活用した離着陸間隔短縮（WIDAO）、すなわち、風速をみながら後方乱気流の影響をリアルタイムに予測・分析して、動的に管制間隔を変え、離陸容量を上げようという実験的な取り組みがなされている。
- ・ 管制官とパイロットの音声通信は、聞き間違いが生じる上に、パイロットによるリードバックがあるため、時間がかかってワークロードもかかる。
現在、データリンクで行なっているのは、周波数移管指示や、航空機識別コード変更など非常に簡単なものである。経路や速度、高度といったリスポンシブで非常に時間がタイトな指示は、データリンクですると逆に容量が減る。
データリンクが本当に能力を発揮するのは、最適な四次元軌道をリアルタ

イムで逐一計算して「何時何分にこういう経路を飛べ」という複雑な内容を文字情報で送って、そのまま航空機の **FMS**（フライト・マネジメント・システム）にダウンロードできるようになるところである。

しかし、そのような通信をするためには、通信のキャパシティや通信コストが問題となるが、最終的には欠かせない技術である。

- これまではバラバラの情報で意思決定していたものを、みな同じ情報をもって協力しながら全体を統一的に管理し、情報を適切に共有する **SWIM** というシステムの構築を目指している。その上で、空港における「協調的意思決定」を導入し、空港運用の改善がすすめられようとしている。

(5) 第5回研究会「関西圏空港・空域の運用課題」

講師：茨城大学 工学部 准教授 平田 輝満 氏

①関西3空港の現状

- ・ 関空・伊丹・神戸の3空港は、お互いに44km、26km、22kmの距離がある。この規模の空港がこれほど密集しているエリアは日本で他に無い。総トラフィック数を見ると、関東の方が多いが、関西3空港もなかなか厳しい。
今のトラフィックであれば、今の制約条件でも、大きな遅延などなく運用できる。ただ、今後、航空需要が増えると、今の制約条件の何かを変えないと遅延が増えたり、そもそもトラフィックがさばけない、という状況が出てくるかもしれない
- ・ 関西3空港合計で、今、最も多い時間帯は7時台であり、75回以上さばかないといけない。これは羽田一つ分の処理容量とほぼ同じである。羽田は4本の滑走路で、関西圏では、関空で2本、伊丹で2本、神戸で1本。伊丹はほとんど1本のようなものなので、羽田と同じような施設を持ち、羽田と同様の発着回数をさばいていると考えると、ピーク時の時間容量はかなり厳しいところまできていると言える。
- ・ 関西3空港と首都圏2空港を同じスケールでそれぞれの位置関係を見ると、羽田ー成田も厳しいとは感じていたが、関西のほうがずっと厳しい。同じように湾があるが、首都圏は平地で山もそれほど高くない。また、首都圏も環境対策で4~5000ft くらいの高度の制約はあるが、誘導は自由にできる環境にある。
- ・ 羽田に来る飛行機は、東京湾の少し手前の広い空域で到着管理をしているが、伊丹、関空はそれぞれの狭い空域で管理している。
- ・ 空港同士が非常に近いところにあっても、独立運用できないわけではない。うまく設計すれば、高度処理でさばけるという例がニューヨークの例からもわかる。日本でもニューヨークのような工夫は考えられる。

②関空の現状

- ・ 関空でいうと、淡路島上空の高度制限・飛行制限があるので、使えない空域

がある。本当はこういう空域をうまく使えると時間容量が上げられる可能性がある。

今のトラフィック量だと、そんなにニーズはないかもしれないが、今後時間容量を上げるためには、この辺りの空域の誘導の制限を緩和することが必要かもしれない。

- ・ 関空は北風時と南風時で運用が逆転する。北風の時は、南から着陸して北へ離陸する。着陸の方が必要な直線区間が長く必要なので空域制約を受けやすい。その意味では、北風時は2本の直線区間が長くとれて、誘導するエリアもあるので、比較的運用は楽である。

問題はおそらく将来的にも南風時である。南風のときは北から入ってきて、かつ都市部を通れない、伊丹の離陸機がある、神戸の離着陸がある、それらの隙間を、淡路の飛行高度制限を守りながら入って行き、曲がりながら、最後は短い直線区間に入っていくからである。

- ・ 関空機が陸域で守るべき高度として7000ft以上というのは、非常に高高度である。関西は騒音環境的には非常に優しい運用をしている。しかし、そのためには遠回りをする必要があり、飛行距離が長くなるので、CO2などの温暖化ガス排出にとっては良くない。
- ・ 関空は陸域飛行高度制限が空港の東側、北側、および淡路にある。高度処理のために、飛行距離の延伸をさせられていて、使用空域制限があるため離着陸の飛行誘導が厳しい。北から着陸するとき、平行滑走路に同時離着陸する経路は今は引けない。これが関空の最大の将来的なバリアだと思われる。せっかく立派な滑走路が2本あるのに、滑走路の運用は空域とセットなので、今のままではその能力を最大限に発揮できない。

③伊丹の現状

- ・ AIPによると、伊丹の発着枠は、1時間当たり離着陸合計36機まで、連続3時間で93機、1日当たりは370機である。

着陸だけに限ると、1時間当たり20機まで、連続3時間では60機である。

また、2本の滑走路ごとに使う機材が決まっている。小型機は短い滑走路、大型機は長い滑走路と決まっている。もちろん、性能上それで良いと言えば良いが、この制約を守りつつ離着陸の容量を上げていくのは通常よりも困難かもしれない。

共有、経済発展と環境影響のバランスの考慮、地域における騒音負担のあり方の議論、次世代航空交通システムなどの新技術の積極的活用による運航の効率化と環境影響の軽減など、多面的な検討を進めていくことが重要である。

第3章 まとめ

(1) 航空機の小型化と航空需要の増大

大阪国際空港では、2006年4月から高騒音機材であるすべての3発機と4発機の就航が禁止された。その後、日本航空では2011年3月、全日空では2014年3月にジャンボジェット機（B747-400）が退役したが、それまで、日本の航空機材は大型だった。

これは、主に首都圏の空港容量が足りなかったためである。首都圏の空港容量は足りないが航空需要があるので、エアラインとしては航空機を大きくせざるを得なかった。多くの旅客を少ない回数で運ぶためには機材の大型化が必要だった。

大型化が進めば、航空機騒音は大きくなる。地方空港も大型機を受け入れるために滑走路を長くしなければならない。だから、航空機の大型化は、騒音対策費や滑走路の整備コストの増大につながる。首都圏の空港容量不足が、これまでの日本の航空事情のいろいろな課題につながっていたと言える。

このような中、成田空港では2009年に2本目の滑走路を整備し、その後、管制機能の高度化や高速離脱誘導路整備も行い、羽田空港では2010年に4本目の滑走路、国際線旅客ターミナル、エプロンを整備し、それぞれ空港容量を拡大してきている。

こうした首都圏の空港容量拡大などもあって航空機の小型化が進み、さらに日本でもLCCが増大し、アジアを中心とした航空需要の増大が顕著に進んでいる。これにあわせて、羽田や成田ではさらなる容量拡大に向けた取り組みがなされている。

(2) 次世代の航空交通システムと空港運用

アメリカのNextGen、ヨーロッパのSESARと呼ばれる次世代航空交通システムに追随して、日本は2010年に「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS）」を策定した。

CARATSでは、「空域ベースから軌道ベースへ」を最も大きな概念の変化として掲げている。日本の細分化された「個々の空域の部分最適」から「高度な時間管理による空域全体の最適化」を目指していて、これを「空域ベースから軌道ベースへ」と呼んでいる。

従来の地上無線施設に依存した飛行・着陸では、地上からの電波を受信してそれに向かって飛んでいた。地上に無線施設が必要なので、非常にジグザグした飛行経路を飛ばざるを得なかった。しかし、次世代の航空機監視システムでは、GPSを使い、地上の無線施設にとらわれなくて、従来より精度を上げて飛ぶこ

とができる。

このような最適な経路を飛べる RNAV や RNP の普及や、軌道ベース運用による高度な時間管理による空域全体の最適化などにより、運航の効率化に向けた改善が進められようとしている。

（３）国内外の混雑空港の動向と周辺住民への説明

海外の混雑空港の事例でみれば、ニューアーク、ヒースロー、シドニーなどの空港では、従来使用を避けていた市街地上空空域を開放し、容量拡大、騒音の公平負担を実現している。追加的な騒音負担は、ピーク時、遅延拡大時、容量低下時など、時間限定で実施されている。

NY/NJ/PHL 首都圏空域は、航空経路が複雑に絡み合い非効率な空域だった。これを全体で一番良い空域設計をし、飛行経路を引きなおしたのがニューヨーク首都圏空域大再編プロジェクトである。管制組織についても、上空の航空路の管制とターミナルの管制を加えて一体型の新しい空域・管制機関 I C C をつくり、全体の効率を上げている。NY/NJ/PHL 首都圏空域の再編によって、騒音が軽減するエリアと悪くなるエリアがあるが、10 年間程度かけて住民と十分にコミュニケーションしながら、オペレーションに移っている。

一方、国内では、国土交通省が首都圏空港機能強化に向けて、羽田の都心上空ルートの導入を進めている。羽田の都心上空ルートはとても環境影響が大きいため、2015 年の夏に第 1 フェーズとして、羽田空港機能強化の必要性、都心上空の利用の必要性を中心に、オープンハウスという新しい手法により多くの地点で、多くの回数、住民とのフェイス to フェイスの説明会を実施してきた。2015 年 12 月からは第 2 フェーズを行い、第 1 フェーズでいただいた意見を踏まえ、どういう環境対策がありえるのかなど、新飛行経路の詳細な運用方法の検討を進めてきている。

日本の環境影響評価制度では、飛行経路や空域再編は環境影響評価の対象になっていない。日本は決められた規模以上のフィジカルなモノをつくらないと法律上では環境影響評価はしなくてよいという制度的な課題があるが、今回の羽田空港やその他の国内外の事例も参考に、今後の空港運用や飛行経路再編の際には住民等との十分な双方向のコミュニケーションを図りながら計画を進めることが重要である。このことについては既に、国交省から 2008 年に「公共事業の構想段階における計画策定プロセスガイドライン」が出ており、そこでは、計画検討の発議や事業の必要性和課題の共有を図り、複数案を設定し、比較して選定し、計画決定する一方で、技術検討もする。その各段階で住民と十分にコミュニケーションせよとされている。

福岡、那覇はこのガイドラインに則って進められた先進的な空港整備計画の

事例である。那覇では計画の構想をつくる前に、計画の必要性を裏付ける調査段階で平成 15 年から平成 19 年まで 4 年くらいかけている。構想段階、施設計画段階もさらに 2 年かけて行い、大きな反対もなく着工している。

（４）今後に向けて

関西国際空港の航空需要は増加が続いており、大阪国際空港はほぼ容量一杯の状況が続いている。ここ数年の需要拡大のまま推移すれば、将来的には関西においても増大する航空需要に対してどのように対処していくのかについて考えていくことが必要になる。

その際、最も大切なことは周辺地域の住民とのコミュニケーションである。関西国際空港は、成田開港における反省に基づいて、アセスメント法ができる以前でも環境アセスメントをし、周辺地域とのコミュニケーションを大切にしてきた歴史をもっている。その歴史を忘れずに、航空需要への対処にあたっては、長期的視点に立った方針を立てて、関西地域全体での問題意識の共有、経済発展と環境影響のバランスの考慮、地域における騒音負担のあり方の議論、次世代航空交通システムなどの新技術の積極的活用による運航の効率化と環境影響の軽減など、多面的な検討を進めていくことが重要である。