

# 羽田空港再拡張後の新規滑走路整備による 容量拡大方策と騒音影響に関する研究

平田 輝満<sup>1</sup>・清水 吾妻介<sup>2</sup>・屋井 鉄雄<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 (財)運輸政策研究機構 運輸政策研究所 研究員 (〒105-0001 港区虎ノ門3-18-19)

E-mail: hirata@jterc.or.jp

<sup>2</sup>学生会員 東京工業大学大学院総合理工学研究科 博士後期課程 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

<sup>3</sup>正会員 東京工業大学教授 大学院総合理工学研究科 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259)

首都圏空港の容量は、国際需要の継続的な伸びや小型機による多頻度運航化などを考慮すると長期的にみた場合未だ十分とは言えない。羽田空港再拡張後は4本の滑走路が井桁状の配置となり、飛行経路が複雑に交差する。その状態から新たな5本目の滑走路整備によるさらなる容量拡大を考えると、既存の滑走路との運用従属性が必ず生じるため、通常期待される追加滑走路1本による容量拡大効果が実現しない可能性が高い。また現状の空域スペースを考えると追加的な飛行経路を引くことは容易ではなく、現在は基本的に使用していない東京等の内陸上空空域の活用も必要になると考えられる。本研究では首都圏空港の将来的容量拡大の可能性について、羽田空港の第5滑走路整備による容量拡大の可能性と騒音影響について定量的な検討を行った。

**Key Words :** runway capacity, Haneda's 5<sup>th</sup> Runway, aircraft noise impact

## 1. 研究の背景と目的

羽田空港の再拡張（D滑走路整備）、成田空港の滑走路延伸による容量拡大を前提としても、長期的にみた場合、国際需要の継続的な伸びや小型機による多頻度運航化などを考慮すると、世界の主要首都圏と比しても、我が国の首都圏空港の容量は未だ十分とは言えない。成田空港については技術的な最大容量として30万回/年まで拡大可能との報告がなされており、実現に向けた施設整備や管制方式の検討などが進められている。羽田空港については、都心からのアクセス利便性の高さからその容量拡大の有効性が主張されることが多い。しかしながら、再拡張後は4本の滑走路が井桁状の配置となり、飛行経路が複雑に交差し、その状態から新たな5本目の滑走路整備によるさらなる容量拡大を考えると、既存の滑走路との運用従属性が生じる可能性が極めて高く、追加滑走路1本により通常期待される容量拡大効果が実現しない可能性が高い（独立運用可能滑走路の検討や再拡張後ストックの有効活用方策については別稿<sup>1),3)</sup>を参照）。また現状では騒音対策の面から東京湾内上空に閉じ込めている羽田発着の飛行経路であるが、現状の空域制約の中で追加的な飛行経路を引くことは容易ではなく、現在は基本的に使用していない東京等の内陸上空低高度空域の

活用も必要になる可能性が高い。

以上のように、我が国首都圏の長期的な空港容量拡大の技術的可能性は我が国の航空政策を検討する上で重要な課題であるものの羽田再拡張以後の政策展開に関する具体的議論がなく、特に羽田空港については管制運用の技術面や騒音環境面など様々な角度から検討する必要がある。そこで、本研究では羽田空港の新規滑走路整備を含めた容量拡大の可能性と騒音影響について定量的な検討を行うことを目的とした。そのために、(1)再拡張を行った現状の羽田空港において、滑走路容量拡大に対してどのような制約があるかについて空域における管制運用や騒音影響面などから整理と考察を行い、(2)羽田再拡張後および新規滑走路整備後の滑走路容量を分析するための容量算定方法に関して、既存の方法をベースとした滑走路占有時間の考え方の改良とシークエンシング（機材離着陸順序づけ）による容量変化に関する検討を行い、(3)その容量算定方法をもとに羽田再拡張後の新規滑走路整備による容量拡大方策の検討および騒音影響評価を行い、(4)最後に、提案した容量拡大方策の抱える課題と対策案に関する考察を行う。なお、本研究は運輸政策研究機構で実施した検討調査<sup>1)</sup>の成果の一部をもとにしている。

## 2. 既往の研究と本研究の位置づけ

まず、本研究の分析対象としている羽田空港の容量拡大方策に関しては筆者らの過去の研究<sup>3)4)</sup>で羽田再拡張前後の滑走路配置を対象とした容量拡大方策の検討と拡大効果を定量分析している。それら研究でも使用した滑走路容量算定方法は、航空機間の飛行最低間隔と滑走路占有時間を基に、連続する機材組み合わせの発生確率から1機当たり処理時間を期待値計算する古典的な統計的容量算定方法（例えば、Hockaday & Kanafani<sup>5)</sup>, Newell<sup>6)</sup>, Gilbo<sup>7)</sup>など）を基にしており、それらに羽田空港に特有の運用方法やルールを加味して容量算定を行っている。これら統計的容量算定方法は単一滑走路や1組の交差滑走路では容量算定は容易だが、1本の滑走路が他の2本と交差する場合（飛行経路の交差も含む）は非常に複雑となり解析的な計算は困難となる<sup>9)</sup>。図-1に示す羽田再拡張後の滑走路運用をみて分かるように、特に南風運用時にはD滑走路着陸機がA・C滑走路2本からの離陸機と交差する。このような形態の滑走路運用時の容量算定方法は筆者の知る限り存在しない。これは通常はそのような運用は容量面から非効率となるため行わないことも理由の一つであると思われるが、羽田の場合は強い環境・空域制約によりそのような運用をせざるを得ない状況となっている。羽田再拡張後を対象とした複雑な交差滑走路に対する容量算定方法に関しては筆者らの先行研究<sup>9)</sup>で検討しており、本研究の一部の分析でも同様の方法を活用するとともに、現状の羽田（4本滑走路）に対する新規滑走路（第5滑走路）整備による容量拡大効果の分析に必要な滑走路占有時間等の新たな考え方の検討も行う。

また、羽田再拡張後のさらなる容量拡大方策については、4本滑走路と従属関係がなく独立運用が可能な滑走路整備の可能性が東京湾内で可能であるかどうか検討した筆者らの研究<sup>3)</sup>が存在する。この研究は前述のとおり羽田近傍への新規滑走路整備では空域制約を維持した場合には追加滑走路1本により通常期待される容量拡大効果が実現しない可能性が高いため、独立運用が可能な滑走路を置くためにはどの程度離れば可能かどうか、東京湾内にはその可能性があるかについて、空域における飛行方式設定の観点から網羅的に分析する方法を提案しながら検討を行い、飛行高度制限などの運用制約はかかるものの東京湾内で羽田とは独立運用可能な滑走路が配置可能であることを明らかにした。この研究に対し、本研究では滑走路近傍の滑走路整備で従属性のある中でどの程度容量拡大が可能か、さらに空域制約（東京都心上空飛行制約）を緩和した場合にはどの程度の容量拡大が可能で、騒音影響は環境基準と比べて許容可能なレベルかどうかに関して分析を行うものであり、これら一連の

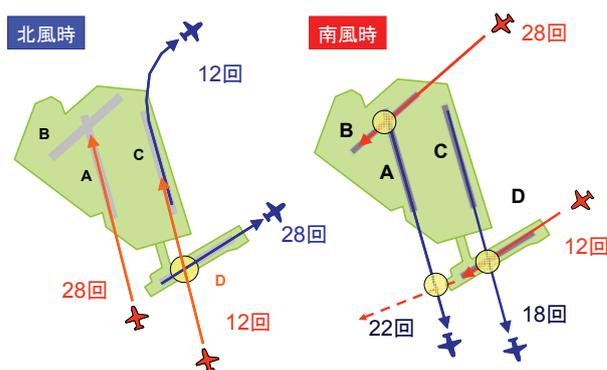


図-1 再拡張後の滑走路運用と時間容量（航空局計画値）

研究成果から、首都圏の長期的な空港容量拡大の技術的見極めに有益な情報提供ができると考えられる。

## 3. 羽田再拡張後の滑走路運用と容量拡大に対する諸制約の整理

### (1) 羽田再拡張後の滑走路運用計画

国土交通省航空局は、再拡張後の発着容量について、常時同時に3~4本の滑走路を使用して運用を行うこととし、出発・進入経路を東京湾内とすること、輻輳する交通を円滑に処理するため滑走路を方面別に運用すること、First Come First Serve (FCFS：先着順で処理)、滑走路によって使用機材の制限はしないこと等を前提として航空管制官によるリアルタイムシミュレーションを実施し、世界初となる進入方式（同時LDA：Localizer-Type Directional Aids）の導入等を前提に、80回/時（40.7万回/年）の処理が可能となるとしている（図-1）。

### (2) 容量拡大に対する諸制約について

以下に、羽田空港の容量拡大に向けた主な制約について概説する。

#### a) 滑走路間の従属性

図-1に示す通り、再拡張後の羽田では井桁状の滑走路配置となり離着陸機の交錯が多数生じる。特に南風時のA・Cラン離陸とDラン着陸を如何に効率的に処理するかが容量拡大に向けて重要となる<sup>3)4)</sup>。また新規滑走路を空港近傍で追加する場合にも既存滑走路との従属性が強く、一定程度の容量拡大のためには飛行経路の抜本的改変が必要になる（都心上空の活用など）。

#### b) 都心上空の活用時の騒音影響と制限表面

上記の通り容量拡大のために都心上空を活用することを想定すると、羽田との近接性から騒音影響も非常に大きいため発着回数が限られる。また航空法上の制限表面に抵触する地上物件が幾つか存在する（特に進入表面）。

c) 到着機の最終進入間隔と陸域最低通過高度の引き上げ

再拡張前の羽田の着陸滑走路1本の容量は31回/時としていたが、再拡張後は28回着陸/時としている。これは最終進入開始地点の高度が3000ftから4~5000ft (Bラン着陸では5000ft) に引き上げられ(騒音軽減対策)、管制官によって間隔をコントロールできる範囲が小さくなるのが原因の一つである<sup>8)</sup>。つまり、最終進入開始後の速度調整は基本的にパイロット任せであり、その区間が長くなれば着陸機間の間隔が管制官の想定した間隔からずれる確率が高まるため、その分、現状以上にバッファが必要となる。このことへの対策としては、最終進入区間の速度制限の強化、パイロットの間隔設定意識の向上、また条件付きの高度制限の緩和や空域設計の工夫<sup>8)</sup>などが考えられる。

d) 方面別滑走路 (空域制約)

現状では空港近傍の離着陸経路はそれぞれ1本ずつであるが、再拡張後は2本ずつに増える。限られた空域における航空機の過度の輻輳を避けるため、基本的に飛行方面別に使用滑走路を限定し、空港近傍で飛行経路が交錯しないようにする。これら課題の詳細や対策案については参考文献<sup>8)</sup>を参照。

e) 地上走行の複雑性と滑走路横断

再拡張後にAラン東側に開業する新国際ターミナルを使用する便がC・Dランを使用する際にAランを横断することが管制負荷を上げる(詳細は参考文献<sup>8)</sup>を参照)。

以上、羽田の容量拡大に対する管制運用面、環境面の主な制約に関して整理を行ったが、これらを踏まえながら次章以降で容量拡大方策に関する検討を行う。

4. 滑走路容量算定方法と騒音影響評価方法

(1) 滑走路容量算定方法について

a) 基本的な容量算定方法

滑走路の運用方法の変更や、滑走路の移設や新設による容量拡大方策を検討する際には、先行研究<sup>3)4)</sup>で検討した羽田再拡張後の容量算定方法に加え、他の滑走路配置を対象とした容量算定についても別途検討が必要となる。それらを含め、本研究における容量算定方法に関して以下で検討を行う。なお、滑走路の運用方法や管制間隔については我が国の管制方式基準に準拠して検討しており、速度や所要時間等の各パラメータについては既存の容量算定方式と同様バラツキを考慮した安全係数を掛けるか、もしくは今回のデータ制約内で考える最大の安全側の数値を使用する。主要な条件設定について表-1に示す。

前述の通り、容量算定は基本的に古典的な統計的算定方法を基にしている。つまり、連続する離着陸機で先行

表-1 容量算定における基本的な条件設定<sup>3)</sup>

【1】 機種	B777 (大型)・B767 (中型)・B737 (小型)の3機種に代表させた。比率は、後方乱気流区分でHeavy: Mediumを7:3とした(現状と同じ)。
【2】 飛行速度	【離陸上昇】離陸後しばらくは160kt<羽田離陸容量算出方式を参考> 【着陸進入】滑走路末端手前9NMで180kt, 同5NMで160kt, 同3NM以降145kt (大型機)・135kt (中型機)・125kt (小型機) <前2者はAIP, 後者はエアライン提供データからの独自設定に基づく> 【着陸復行】SOC (飛行方式設定基準におけるStart of ClimB: 滑走路末端から0.36NM先) から160ktに加速, もしくはMAPtで160ktに一気に加速(不連続)⇒安全間隔の対象とする前後機によって計算すべき安全側の値が異なる *速度のバラツキは3機種の違いは表現しているが、個々の機種でのバラツキ(風速の影響等)は考慮していない。
【3】 滑走路占有時間	【単一滑走路の連続離陸・連続着陸】連続離陸は95秒(離陸許可~離陸後45秒), 連続着陸は115秒(滑走路手前1NM~停止線離脱) <羽田容量算出方式> 【南風時A・C離陸とD着陸】A離陸100秒・C離陸95秒(離陸許可~経路交差点) (詳細後述)
【4】 管制間隔・その他確認時間等	【離着陸機相互間の管制間隔】基本的には管制方式基準に従い, (1)初期レーダー最低間隔として2NM以上(かつ離陸1分後に3NM以上), (2)大型機に後続する場合の後方乱気流間隔2分間(滑走路上で離陸上昇経路と着陸進入経路が交差する場合(南風時の先行C離陸と後続D着陸の間)) 【着陸確認時間】タワー管制官により着陸機が確実に着陸し, 復行はしないと判断に要する時間を, 滑走路進入端通過後25秒と設定<運航特性等を考慮し独自に設定> 【離陸機のプラスト影響確認】離陸開始地点後方に着陸滑走路がある場合(南風時のB着陸がある場合のA離陸)に, その影響の確認時間として15秒を設定<運航特性等を考慮し独自に設定> 【着陸許可発出の限界点】着陸機に対しては滑走路進入端から1NM手前までに着陸許可を発出<羽田容量算出方式>

機*i*, 後続機*k*の間の機*j*の実際の処理時間を $t_{ijk}$  ( $i, j, k$ は使用滑走路を表わす)とすると、容量算定時に想定する1機当たり処理時間 $T_{ijk}$ は $t_{ijk}$ の平均値にバラツキを考慮したバッファを加えて以下のように表わされる<sup>5)</sup>。

$$T_{ijk} = \bar{t}_{ijk} + \sigma\Phi^{-1}(1 - p_v) \quad (1)$$

$$t_{ijk} \sim N(\bar{t}_{ijk}, \sigma^2) \quad (2)$$

ここで、 $\sigma$ は処理時間の標準偏差、 $\Phi^{-1}$ は標準正規分布の累積分布関数、 $p_v$ は最低管制間隔をきる確率(我が国の滑走路容量算定では通常0.005としておりバッファとしては $2.6\sigma$ をとることになる)である。ただし、後続機が離陸機の場合は地上で待機可能であるため、容量計算上のバッファ時間が必要ない。この $T_{ijk}$ に関して連続する離着陸機材の組み合わせの発生確率 $P_{ijk}$ で1機当たり処理時間の期待値を計算することで単位時間あたりの滑走路処理容量 $C$ を算定する(式(3))。

$$C = 1 / \sum_i \sum_j \sum_k P_{ijk} T_{ijk} \quad (3)$$

式(3)は、ランダムな離着陸順序を想定した際の容量であるが、後述するように、本研究では実際の進入管制区における飛行中の航空機間隔設定の自由度や容量拡大のための戦略的順序付けを考慮し、アприオリな固定の順序付けを想定することもある。この場合は固定の順序に対する処理間隔が式(1)と式(2)から算出されるため、その処理間隔をもとに単位時間当たりの処理容量を算出する。具体的な事例は本章 b) c) を参照されたい。

ここで、最も基本となる単一滑走路における着陸専用と離陸専用の処理容量について以下に述べる。我が国では着陸が連続する場合の滑走路容量は、図-2 のように滑走路を3分割して定義されている処理時間をもとに算出されている(2007年9月に変更)。図-2中の各区間の時間の意味は以下の通りである。

- (1)  $t_1$  : 滑走路進入端手前 1NM の通過時間(着陸復行の指示とそのレスポンスに必要な時間)であり、実測値に安全率を考慮して27秒の定数を設定;
- (2)  $t_2$  : 滑走路進入端から滑走路縁を横切るまでの時間であり、実測時間の平均値 57 秒にバッファ値 ( $2.6\sigma$ ) を加えた 76 秒;
- (3)  $t_3$  : 滑走路縁から停止線を横切るまでの時間を、実測時間に安全率を加えた 15 秒の定数を設定している。

以上の3つの時間を合計して着陸機1機当たりの処理時間(滑走路占有時間: ROT, Runway Occupancy Time)は118秒となり着陸容量は「3600秒/118秒 $\approx$ 30.5機/時」となる。なお、2007年9月より、 $t_2$ と $t_3$ の合計時間を1つの確率変数とする新たな考え方で到着容量が31回/時(1機当たり処理時間115秒)に増加している。ここで、通常欧米ではROTが羽田より小さく飛行中の最低管制間隔の方が主な制約になる。羽田では諸外国に比べROTが大きく(大型機が多いことや誘導路レイアウトなどが影響)、飛行中の間隔(時間間隔の場合、最大で後方乱気流間隔の120秒)と同程度であることからROTのみで容量算定を行っている。しかし、現在は、上記の通りROTが後方乱気流間隔120秒と同程度かそれ以下となったことから、今後の着陸容量増加については最終進入飛行中の安全間隔がボトルネックとなる可能性もあり、滑走路と飛行中の両者の視点から検討する必要があると考えられる。いずれにしても大きなROTが着陸容量の拡大のネックになっていることには変わりはない(この解消による容量拡大方策は後述)

また、離陸が連続する場合の容量は、滑走路を以下のように3分割して考えている。

- (1)  $t_1$  : 後続の離陸機が離陸許可を受け、離陸開始するまでに必要な時間(管制通信とレスポンスにかかる時間を含む)を一律として15秒;

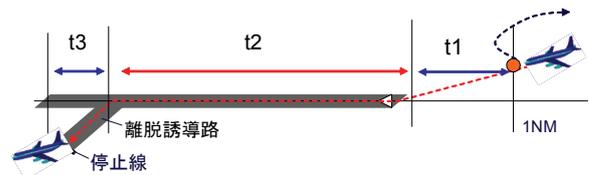


図-2 羽田容量算定時の着陸処理時間(2007年8月以前)

- (2)  $t_2$  : 離陸滑走を開始して離陸地点又 1800m 地点のいずれか遠い方を通過する時間として実測値の平均の 35 秒(後続離陸機は地上で待機可能なため容量計算上はバッファは必要なく平均でよい);
- (3)  $t_3$  : 先行出発機が離陸位置から 2NM の区間を通過する時間を一律として 45 秒(これは、先行離陸機がレーダー識別され、かつ、後続離陸機への出発待機解除に必要な距離の飛行を想定した時間)。

以上から1機当たりの処理時間は「15秒+35秒+45秒=95秒」となる。先行機がHeavy機の場合は後方乱気流間隔の120秒を採用し、先行機がMedium機の場合は上記処理時間を採用するため、羽田空港の機材比率 Heavy:Medium=7:3を考慮すると1機当たりの平均処理時間は「 $120 \times 0.7 + (15 + 35 + 45) \times 0.3 = 112.5$ 秒」となり離陸処理容量は「 $3600 \text{ 秒} / 112.5 \text{ 秒} = 32 \text{ 回/時}$ 」となる。本研究では適用していないが、上記の着陸専用滑走路の容量算定に関する新たな方法論については筆者らの先行研究を参照されたい<sup>9)</sup>。

以下では、羽田への新規滑走路整備における容量計算で必要となる「単一滑走路におけるMixed-mode運用」と「交差滑走路におけるMixed-mode+離陸専用運用」の2ケースについて滑走路占有時間等の考え方を検討した。

#### b) 単一滑走路におけるMixed-Mode運用

Mixed-Modeは1本の滑走路を離着陸共用で運用する方式であり、離陸・着陸で専用を使用する場合にはSegregate-Modeと呼んでいる。通常、Mixed-Modeにした方が後方乱気流の影響が軽減されることなどから滑走路容量は上がる。これは離陸機の後方乱気流(離陸後に発生)は着陸機に影響せず、逆も同様であるからである。図-3には本研究で設定したMixed-mode時の滑走路容量算定のための処理時間と滑走路占有時間(ROT: Runway Occupancy Time)のイメージを図示している。図では離陸→着陸→離陸と続く際の処理時間を時間の帯を並べている。福岡空港の総合的調査<sup>11)</sup>で同運用時の処理時間の検討例があるが離陸のROTである $Td_2$ と着陸のROTである $Ta_2$ が実測所要時間の平均値で計算されている。しかし、着陸が後続する場合は平均ではなく所要時間のばらつきを考慮したバッファ込みの値(式(1))を使用することを基本的な考え方だとすると(着陸機は空中で待てないことを考慮するため)、離陸の $Td_2$ は羽田の滑走

路ではバッファ込みの48秒（航空局観測値）となる。さらに、着陸のTa2であるが、一見離陸が後続するので、離陸が連続する場合の容量算定と同様、平均で計算してよいと考えられるが、そのさらに後続機が着陸であることを考慮すると、着陸のTa2が遅れると後続離陸機も当然離陸開始が遅れるため、1機目の着陸Ta2の遅れがその後続着陸機に影響する。つまり、着陸のTa2についてもバラツキを考慮してバッファを設定することが必要であると考えられる（羽田H16年時の計測値で76秒）。また着陸機の最終進入1NM区間の飛行時間については、着陸が連続する場合は27秒（平均的な考え方：1NMは復行指示限界の目安なので平均的な考えでもよい）としていたが、Mixed-modeの場合は相手が先行離陸機とのレーダー間隔であり、方式基準上2NMの最低間隔を切ってはいけない。従って、この1NMの所要時間に対しても平均値にバッファを加える必要がある。飛行時間の分散が不明なため、本研究で想定した機材で最も低速のB737の速度（125kt）で所要時間を計算するとともに、エアボン時の離陸機と正確に2NMする微調整を行い30秒とした。離着陸機の両者にバッファを考慮したときの容量は、42.6回/時（離着陸完全交互）、36.3回/時（ランダム順序かつ離着陸同数）となる。

### c) 交差滑走路におけるMixed-Mode+離陸専用運用

ここでは、2本が交差する滑走路において、一方がMixed-Modeで、もう一方が離陸専用で運用する場合の容量を検討する。これは、東京都心上空空域の使用を想定した場合の離着陸方式となる羽田のAラン離着陸（滑走路16R）とBラン離陸（滑走路22）を想定している（図-4参照）。前節のMixed-Modeで、離着陸完全交互運用した場合、毎サイクルにBラン離陸が可能となり、この時の合計処理容量は21.3回着陸/時、42.6回離陸/時となる。また、Aラン着陸機の間は何機A・Bラン離陸を挟むかで色々な運用パターンが考えられるが、例えば、図-3に示すようにAラン着陸機の間毎回2機をA・Bランそれぞれから離陸させ、さらにAラン離陸機の1機目はMediumに限定することを仮定すると、13.0回着陸/時、52.0回離陸/時となる。

前述のMixed-Modeや交差滑走路における離着陸では、その順序付け（シーケンシング）をどのように仮定するかによって算定処理容量が大きく変化する。実際の運用を想定すると、離陸機は滑走路脇で待機させることで比較的容易に間隔設定や順序付けができるが、連続する着陸機間の間隔設定は進入管制区に入ってから予め想定した間隔（後方乱気流区分からみた機材の組み合わせや間に挟む離陸機数により変化）を設定するために空中でレーダー誘導や速度調整をする必要があるため、（管制システムの高度化により状況は変化しうるが、現時点では）その間隔設定の自由度はさほど大きくはない。言い

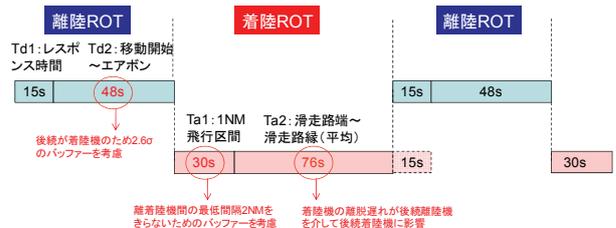


図-3 本研究で設定したMixed-Mode運用時のROT

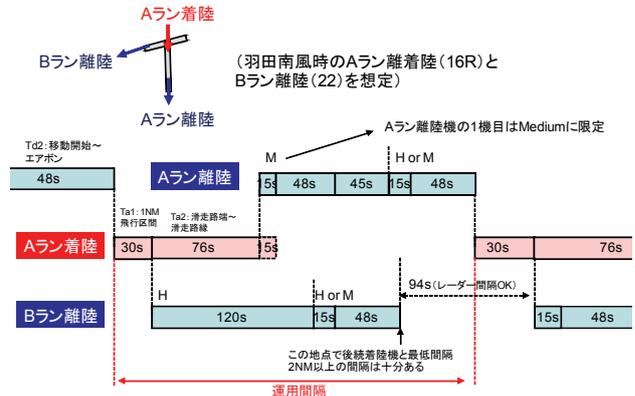


図-4 本研究で設定した交差滑走路におけるMixed-Mode+離陸専用運用時のROT（離陸2機を挟む時の例）

換えると、ある程度、決まったルールで間隔設定する方が実現性が高く、設定する間隔も2種類程度といった少ない数が現実的である。以降の検討では、この実運用上の観点から離着陸機のシーケンシングの仮定を行い、また離着陸需要は継続的に存在するとして検討を行った。

## (2) 騒音影響の評価方法

騒音評価はFAAのIntegrated Noise Model (INM7.0) を使用し、評価指標としてはWECPNL値を使用した。我が国では独自のツールにて評価をしているため、両者の結果は必ずしも完全には一致しないが、基本的な計算式は同一であり、羽田再拡張の環境影響評価における設定条件と騒音コンターを使用して簡易な比較を行った結果、両者に大きな差はないことを確認している。なお、騒音評価の際の各種設定（将来の機種構成、時間帯別便数、離陸上昇率など）については、基本的には評価としての安全側（騒音評価値を大きく見積もる側）で設定している。具体的な設定値については表-2に示す。

## 5. 新規滑走路整備による羽田の容量拡大方策

### (1) 滑走路配置、管制運用、容量算定の前提

新規滑走路整備による羽田の容量拡大方策の検討にあたっては、滑走路配置や管制運用、また容量算定につい

て以下の前提を仮定した。

- ・Aランの南側延伸（A・Bランの緩衝を解消）は完了。
- ・新規滑走路は1本として、既存滑走路は一部延伸が可能。
- ・着陸経路は基本的に2本まで（空域の処理効率を考慮）。
- ・東京港第1航路には影響を与えない。

新規滑走路整備の場所としては、既存空港島内、Cラン沖、Dラン沖が主に考えられる。紙面の都合上、以降では前者2か所を対象に、制約の強い南風時の運用について主に述べる。なお、Dラン沖については、以降で検討するCラン沖と同程度の容量拡大の可能性はあるものの、羽田のウィンドカバレッジの観点で横風運用が主となること、水深がCラン沖より非常に深いこと、既存ターミナルからの距離が遠いこと、また、騒音影響はCラン沖に比べて東京上空を使用しないため新たな影響範囲は小さいが千葉方面に影響がさらに偏ること、等の課題が考えられる。以下では滑走路容量に関して述べるが、旅客ターミナルや駐機場等の施設容量の検討結果については文献1)を参照されたい。

## (2) 旧Bランの再活用

まずは既存空港島内での施設整備であるが、前章でも触れたように羽田再拡張後は南風時のDラン着陸機とA・Cラン離陸機の従属関係が大きな制約となる。そこで、離陸機と干渉が少ないBランへの着陸を増加させるために、旧Bラン（現Bランと約350m離れた平行滑走路）の活用を検討した。現在の羽田空港では着陸の滑走路占有時間が世界に比して長いことが着陸容量の制約と

表-2 騒音影響評価（騒音コンター作成）の前提

発着回数	各ケースで示している年間発着容量（+ 公用機枠分）一杯で飛行することを仮定し、その値から日便数を算出し、時間帯別の回数は6:00~23:00の17時間に等分配した。それ以外の深夜早朝は需要規模から別途設定した（需要予測を参照。また、深夜早朝時間帯は海上飛行ルートを設定している）。
機材（機種）	大型ジェット機は全てB777-300 中型ジェット機は全てB787 (Integrated Noise Model (INM) データはA330-343を使用*) (*B787は新機材でINMデータが無いことによるFAAの推奨方法。) 小型ジェット機は全てB737-800  (各機材の比率は、国内線については現状の羽田を参考にこれまでの小型化トレンドを考慮し、国際線については現状の成田および関空を参考に設定した)
航空機重量	離陸：INMデータベースにおける各機材の最も重い重量* 着陸：INMデータベースにおける標準的な重量 (着陸時重量は路線によって大差なし) (*国内線・国際線を問わず全機材に対して設定⇒騒音を大きく見積もる傾向となる)
航空機飛行プロファイル (高度/速度/推力設定等)	INMデータベースにおける上記重量の機材に対応した標準的なプロファイル
滑走路運用形態 (北風時運用：南風時運用)	7:3（機材更新・飛行性能向上等を考慮した将来想定であり、環境影響評価書の64についても比較対象としてコンターを作成しているが本概要では割愛）
好天/悪天経路割合	好天：悪天=5:7（北風時）、12:1（南風時） (環境影響評価書に同じ)
飛行経路	羽田再拡張後の飛行経路（環境影響評価書）を基本とし、必要な場合には独自に設定

なっているが、Bランと旧Bランに交互に着陸することでその制約が緩和され、最終進入飛行中の安全間隔（レーダー間隔もしくは後方乱気流間隔）により容量が決まることとなり（図-5）、容量増加が期待できる。そこで、図-6に示す羽田の機材別進入速度と図-4に示す機材組み合わせ別の飛行最低間隔（Heavy機が先行機の場合4~5NMの後方乱気流間隔、それ以外はレーダー管制間隔の最低基準である3NM）をもとにB・旧B交互着陸運用時の着陸容量の算定を行った。図-7にはその算定結果を示しているが、飛行最低間隔にバッファ距離（例として0.2NM、0.5NM）を考慮したケースとともに、図中(1)(2)は単一滑走路の場合のROTを考慮したケース、(3)(4)(5)はB・旧Bラン活用でROTを考慮しないケース、また(2)(4)は時間間隔を後方乱気流時間間隔120秒を上限としたケース（Heavy-Mediumの順で飛行する場合の後方乱気流間隔5NMでは秒間隔で120秒を超える）、さらに(5)はレーダー間隔3NMを2.5NMに短縮したケースである。2.5NM短縮間隔は欧米ではしばしば適用されており、ROTが規定値（50秒など）より小さいことや気象条件が

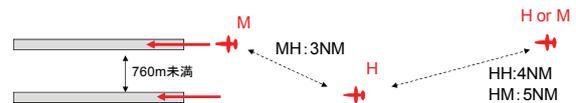


図-5 B+旧Bラン着陸時の間隔設定

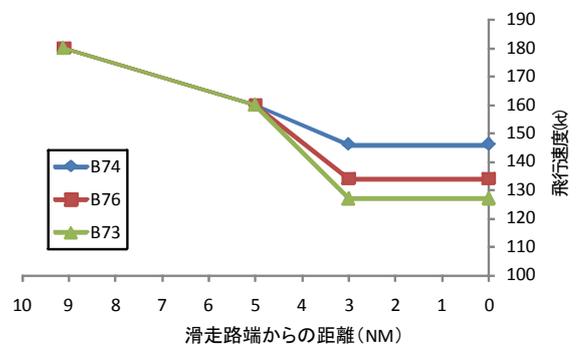


図-6 機材別の着陸時の飛行速度

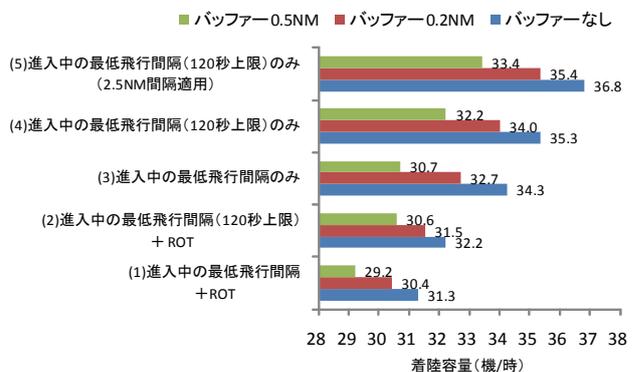


図-7 B・旧Bランの着陸容量算定結果

規定値より良好なことに適用でき、今回のB・旧Bでは事実上ROTが無視できる条件であるので参考として試算した。その結果、単一滑走路でROTを考慮した場合に比べ、飛行中の最低間隔のみ（B・旧B活用時）の容量は2～3回/時増加する。バッファがないケースでは(4)で35回/時、さらに2.5NM短縮間隔を想定すると36回/時まで拡大できるが、バッファを0.2NM考慮すれば34～35回/時程度の容量拡大となる。ここではB・旧Bランへの着陸容量を仮に0.2NMバッファで2.5NM短縮間隔のケースの容量35回/時を最大容量とした上で、筆者らの先行研究<sup>3,4)</sup>で示したA・C・Dの従属運用の中での後方乱気流間隔を考慮した戦略的離着陸順序付けを実施した際の容量を合計すると空港全体では離着陸合計で96回/時（48.8万回/年<sup>注1)</sup>）まで容量拡大が可能となる（表-3参照）。なお、詳細は省くが、北風時の容量は、再拡張後の滑走路運用のまま戦略的順序付けを行うことで47.8万回/年、Aラン北側の東京上空への離陸（4回/時）を実施することで同じく48.8万回/年まで容量拡大が可能である）。

この容量拡大方策のメリットは基本的に飛行経路が再拡張後と変わらないため騒音影響の範囲は東京湾内に収まることである。

### (3) Cラン東側に平行する新規滑走路の整備

#### a) 容量拡大効果と騒音影響評価

次に、Cラン沖の平行滑走路（Eランとする）であるが、滑走路の配置としてはCランとClose-Parallel（滑走路間距離760m未満）、Semi-Open-Parallel（同760～1310m）、Open-Parallel（同1310m以上）が考えられ、管制運用上、滑走路間距離が大きくなるにつれ従属性が緩和し管制運用は容易になる。詳細は割愛するが、Close-Parallelでは東京・川崎方面への（からの）離（着）陸を活用することにより技術的容量としては55万回強/年程度は可能であるが、騒音影響が環境基準を大幅に超える。Semi-Openでは同様に60万回強/年程度まで技術的には可能であるが騒音影響がネックとなる。Semi-Openの場合は、後述のOpen-Parallel時のように発着回数を制限しMixed-Modeを柔軟に活用することで環境基準に収まるようにすると56万回/年程度は可能となるが、CとEランへの北からの着陸が従属運用となりCランのMixed-Mode運用との兼ね合いも考慮すると運用は容易ではない。

以上から、当然ながらOpen-Parallelが最も望ましい（エプロン等の施設展開を考えても）。図-8左にCラン沖Open-Parallelによる容量拡大方策の北風時滑走路運用を示す。北風時についてはAランとCランに同時平行ILSによる着陸、DランとEランから離陸を行うことで合計124回/時（63万回/年）の容量（それぞれの滑走路から31回/時の着陸または離陸）が達成される。ここで、Cラン

表-3 旧Bランの再活用による容量拡大方策

D着陸機	約5分弱の間隔で着陸。但し、1時間で1サイクルは2機連続で着陸させる。
A離陸機	Dラン着陸機の間機種を問わず毎回2機ずつ出発。
C離陸機	Dラン着陸機の間毎回ヘビー機→ミディアム機の順序で出発。また、約85%のミディアム機はCランから離陸させる。
B・旧B着陸機	B・旧Bラン着陸機はそれぞれ交互にレーダー間隔もしくは後方乱気流間隔の最低基準3～5NMの間隔でアプローチさせる。

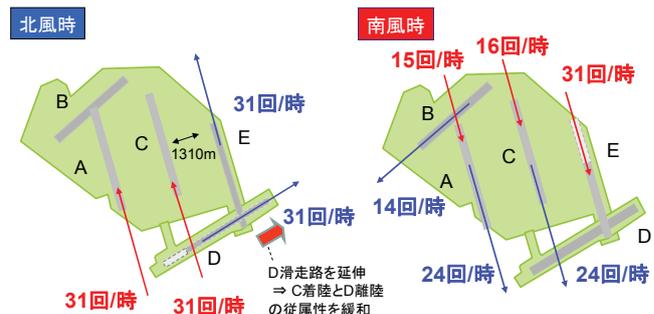
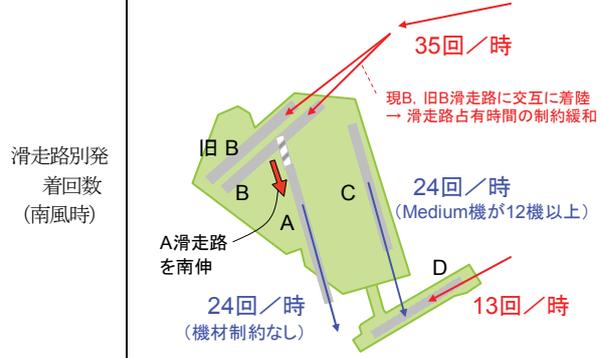


図-8 Cラン平行の新規滑走路整備案と発着回数（発着回数124回/時（63万回/年）：技術的な最大容量であり、騒音環境基準の考慮なし）

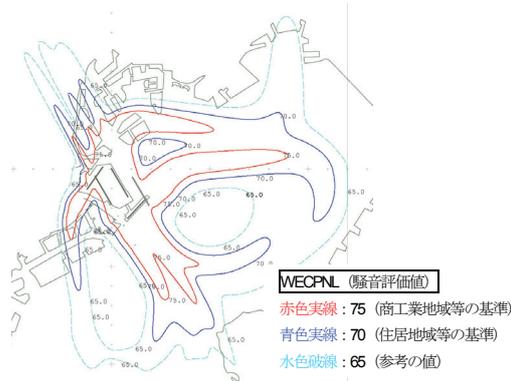


図-9 騒音コンター図（63万回/年）

着陸とDラン離陸については、Dランを離陸専用とし沖出しを行うことで従属性を緩和<sup>8)</sup>し、当該離陸数を達成可能である。また、Dラン離陸機とEラン離陸機は滑走路が一部交差しているがEランを3,500m滑走路とすれば

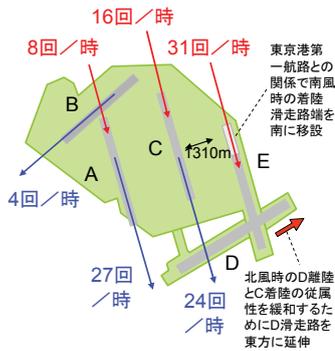


図-10 Cラン平行の新規滑走路整備案と発着回数（56万回/年：騒音環境基準を考慮、北風時は図-8と同様）

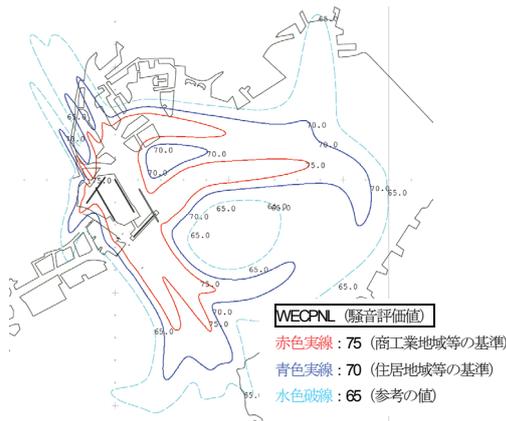


図-11 騒音コンター図（56万回/年）

滑走路途中である交差部以北からでも十分離陸が可能であり（インターセクション・デパーチャーと呼ばれ、この場合3,000m程度は利用可能）、欧米便等の長距離便やフレーター便は滑走路長をフルに使用して離陸をすればよい<sup>注2)</sup>。

南風時については、北風時と異なり内陸上空を比較的低空で飛行することが必要となる。従って、単純に考えると北風時の滑走路運用を180度回転させた運用（A・B離陸、C・E着陸）により合計124回/時の容量が同様に可能であるが、Bラン離陸およびC・Eラン着陸に起因した騒音が環境基準を超えて東京や神奈川方面の陸域に広く発生する。

そこで、同一回数を前提に、陸域に近いCラン着陸についてはAランにも一部を分散させ、離陸についてはA・Cランを離着陸共用運用にすることでBラン離陸機の回数を減らし<sup>注3)</sup>、さらにBラン離陸機（時間4便）は国内線最長路線内に限定した（離陸重量を制限することで上昇率が増加し騒音が低減）（図-8右）。ここで、A・Cランでは基本的に着陸機の間離陸1機挟みと2機挟み（1機目はMediumとして後方乱気流間隔を緩和）を半数ずつ交互に行い（それぞれ8サイクルで完全に交互でなくともよい）、着陸機の間隔設定も2種類を交互に設定する戦略的な間隔設定と順序付けを行う

ことを想定した容量である（図-4参照）。この方法により騒音は分散されるが、依然、騒音の環境基準を超えるエリアが存在することから（図-9）、そのエリアがなくなるように、さらに全体の回数を減少させた（図-10）。その結果、およそ110回/時（56万回/年）程度であれば、環境基準を超えるエリアをほぼなくすることが可能であることが確認された（図-11。沿岸地域にWECPNL70が残っているが、そのエリアの大半は環境基準上の「地域の類型II（専ら住居の用に供される地域以外：商業地や準工業地域など）」にあたる）。ここで、Aランでは着陸機の間離陸3機挟み（1or2機目はMedium）を基本としている。

前述のとおり、騒音評価値としては安全側に（大きめに）予測をしているため、本案で示す程度の発着回数についての環境基準からみた実現性については十分あると考えられる。しかしながら、AランやCランへの北側からの直線進入及びBランから西側への出発については、騒音問題を背景として現状の羽田空港では原則実施されていない飛行方式であり、環境基準を満たすものの現在の千葉上空の飛行高度よりもかなりの低高度の使用が必要となる。今後、順次、低騒音機材の導入が進むと思われるが、内陸上空低高度ルートを低騒音機材に限定すること、着陸地点を滑走路内側に移設することによる進入高度の上昇、騒音軽減のための先進的な運航方法、オフピーク時には前述の旧Bラン活用案方式での運用を実施することなど、騒音軽減のための様々な施策を講じることが必要であり、それら施策により上記の内陸上空ルートの活用の実現性も高まる。Cラン沖の平行滑走路による容量拡大の実現にあたっては、地域の環境保全に十分に配慮した上で、地域の合意を得ることが不可欠である。

なお、東京上空空域における飛行経路設定の可能性については、現状の空域制約下で確認しており、当該空域制約が上記で検討した容量拡大に対する制約にはならないが、実現にあたっては横田空域制約の解消等により空域的余裕を広げることが望ましいと考えられる。

#### b) 制限表面からみた東京タワーの回避について

Cランの制限表面（延長進入表面）から突出する可能性のある地上物件が滑走路端から10km以上離れた位置にあるが、突出量がごく僅かであるとみられることと、実際の運航側の地上障害物との安全性を評価するOAS（Obstacle Assessment Surface）からは突出しないことから、ここではCラン北側ILS進入が可能であると仮定した。

Eランの制限表面（延長進入表面）から現在の東京タワーが突出する。OASからは突出しないため、現行のままでも運航できない程の危険性があるとは言いきれないが、もし上記制限表面をクリアしようとする、東京タワーの高さを変更するか、飛行経路を変更することが考えられる。後者について、以下に検討した。

南風時のEランへの最終進入経路が東京タワーにかからないようにするためには、その経路を東に振り、滑走路手前で滑走路への直進方向へ進路を変更することが考えられる（オフセット進入）。しかしながら、CランへのILS直線進入とEランへのオフセット進入を考えると、平行滑走路へのこのような形態による進入方式は、一部の海外空港（サンフランシスコなど）で類似の実施例はあるものの、既存のルールでは規定されていないため、その実現性について確かなことは言えない。そこで、Cランへは通常のILS直線進入、Eランへは再拡張後のB・Dラン着陸に使用する予定のLDA（Localizer-Type Directional Aids）や近年使用されつつあるRNP（Required Navigation Performance：航法性能要件<sup>注4)</sup>）の考え方にもとづいた着陸方式によるオフセット進入を考えた。オフセット角は直線進入扱いになる限界の15度を仮定し、各飛行経路（復行経路含む）の保護空域のうち1次区域（RNP進入では2次区域）が分離されていれば異なる飛行経路間の横方向の安全間隔はとれている（独立運用できる）とする管制方式基準の考え方と計器飛行方式設定基準を用いてその実現性を検討した。図-12にはRNPの場合の例を示している。検討の結果、CランILSとEランRNPの保護空域を分離することは十分可能であり、Eランの復行開始地点（Missed-Approach-Point）の滑走路からの距離も許容可能な距離内で設定できることが分かった。

なお、現状の東京港港湾施設の位置に関しては、本研究で提案している新規滑走路や滑走路運用に起因する制限表面によって現状より厳しい高さ制限を受けることはない。

#### (4) 容量拡大に向けた課題と対策案

本節では3.(2)で挙げた容量拡大に対する諸制約をもとに、本研究で提案した容量拡大方策の実現を考えた際の課題と対策案を述べる。

##### a) 旧Bラン活用時の進入機間隔設定について

着陸滑走路のROTの制約緩和に着目し旧Bラン活用による容量拡大策を検討したが、3.(2)で述べたように、羽田の着陸容量は再拡張前の31回/時から再拡張後は28回着陸/時と容量を落としている。これは騒音対策で最終進入開始地点の高度が3000ftから4-5000ft（Bラン着陸では5000ft）に引き上げられ、管制官によって間隔をコントロールできる範囲が小さくなることが主な原因とされている。先行機がHeavy機の場合は4~5NMの後方乱気流間隔が必要となり、上記の高度引き上げに起因して間隔設定時のバッファを多めにとらなくてはならないことを想定すると、仮にバッファを0.5NMとすると2~3回/時程度容量が低下する（図-6参照）。多めのバッファを考慮すると、3NMといった比較的短い管制間隔時においても、ROTではなく、むしろ進入中の間隔が制約と

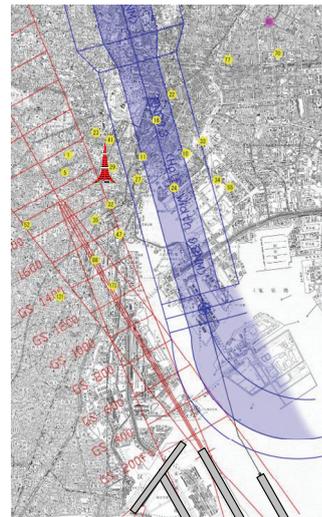


図-12 CランILSとEランRNP（オフセット進入）の空域検討の例

なる可能性もある。先行ヘビーのときはバッファを考慮して最終的に4~5+0.3~0.5 NMくらい、先行ミディアムときはROTを考慮して3.5~4 NM程度を目標に間隔設定をしている。つまり、現状でいえばROTが制約になっていることも3割程度は少なくともあり、旧B活用によりこの部分が短縮可能である。つまり、着陸容量を再拡張前の31回/時に増加させるためや、旧B活用による容量増加のためには、最終進入中の間隔設定のコントロールの精度を上げる必要がある。

これを解決するための対策案を幾つか下記に列挙する。

- ・現状でも実施しているように、滑走路から9マイル、5マイル地点などの速度制限を課す。最終進入開始地点の高度引き上げがあるため、より遠方の地点（13 NMなど）での速度制限も課す。これにより進入速度の一定化し、管制間隔のばらつきを最小化する。
- ・好天時にはビジュアルアプローチ（視認進入）を積極的に活用する。通常、管制官の判断と指示に従い航空機間の管制間隔を設定するが、米国では好天時などパイロットが先行機を視認可能な場合、ビジュアルアプローチによる着陸進入を指示し、管制間隔はパイロットの判断で設定させることが通常である<sup>12)</sup>。管制官が管制間隔を設定するにはレーダーを使用していることから、そのレーダーの性能（分解能や測位誤差）の影響を考慮したレーダー管制間隔以上を維持させる（3NMなど）。一方、ビジュアルアプローチの場合はパイロットが先行機を視認しながら自分の判断で管制間隔を維持するため、レーダー管制間隔よりも、通常、短い間隔で飛行でき、その結果、滑走路の処理容量も増加する。さらに管制官としても間隔設定作業から開放されるため、管制官のワークロードの低減にも繋がる。一方で、パイロットの判断で安全間隔として必要以上の間隔をとることも考えら

れ、容量の効率的利用のために管制官のみならず、パイロットの間隔設定意識や技術の向上も必要と考えられる。

・前述の通り、再拡張後は関東空域再編により方面別滑走路となり、Bラン着陸はすべて西からの到着便となるため再拡張前に実施していた北からの便との合流作業がない(図-13)。具体的には、中間空域で7マイルといったほぼ一定の間隔の流れに調整された後に進入管制区へ移管(ハンドオフ)され、進入管制区ではその整流済みの航空機間隔の微調整のみを実施すればよい。合流作業を要する再拡張前よりは、その点では作業負荷は少なく、間隔設定作業に集中しやすいと思われる。さらに、筆者の先行研究<sup>12)</sup>でも提案しているように、最終進入の間隔設定の精度向上のためには、極力、航空機監視レーダーの精度がエンルートよりも良い進入管制(ターミナルレーダー管制)のエリアを多く取っておいた方が有利であるため(NY空域再編の例)、そのような空域設計にするか、エンルート管制である中間空域のレーダー精度の向上を図ることが、最終進入の間隔設定精度の向上に繋がると考えられる。

・天候不良時や遅延時間の増大時などには、高度制限を再拡張前程度まで緩和するなどの柔軟な運用を実施する(海外の混雑空港でも遅延拡大時などに高度制限や使用空域の制限などを緩和する例がある)。

・Bランと旧Bラン活用時にはROTの問題がなくなるので2.5NM短縮間隔を適用できるか検討する。

#### b) 地上走行の複雑性

検討した容量拡大方策において、後方乱気流区分を考慮した離陸機の戦略的順序付けを条件としていたが、そのような順序付けを行うためには離陸滑走路付近で離陸機の順序を入れ替える作業が生じる可能性がある。羽田再拡張後は地上交通流の動線が複雑となり、またスペースも狭隘なことから、そのような順序の入れ替えが容易ではないことが想像される。これに対しては諸外国の混雑空港(英国ヒースロー空港や米国オークランド空港など)で容量拡大を目的とした離陸順序付けを効率化するために、離陸滑走路への進入誘導路を複数設け、機材区分や方面別に異なる誘導路へ並べ、望ましい順に滑走路へ進入、離陸させることを実施している。この他にも離陸滑走路付近に航空機を一時待機させ順序の入れ替えを行うためスペース(ホールディングパッド)を導入している事例もある。これらの方式を応用すれば羽田空港においても一定程度の戦略的順序付けが可能と考えられる。

#### c) 都心上空進入表面の問題

Cラン平行の新規滑走路による容量拡大に関しては都心上空の活用を前提としていた。(3b)で述べたように、Eランの進入表面にひっかかる東京タワーに関しては飛行経路を東に振ることで回避する可能性を検討したが、Cランの制限表面(延長進入表面)から突出する可能性

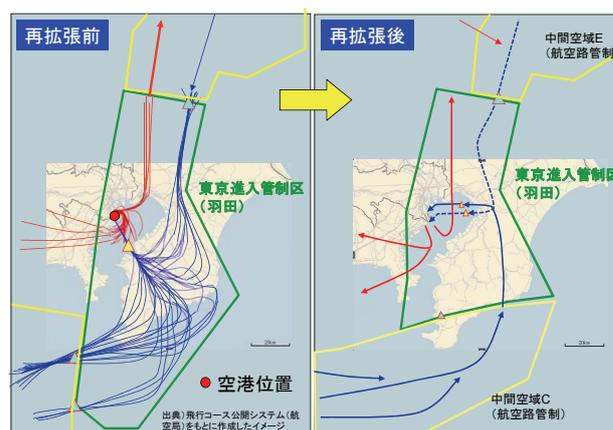


図-13 関東空域の再編と方面別滑走路

のある地上物件が滑走路端から10km以上離れた位置にある(突出量ごく僅かであるもの)。前述の通り、運航上の安全性を評価するOASからは突出しないが進入表面に抵触していることには変わらない。これについては、OASはDラン着陸機と第1航路上の船舶との安全クリアランスの評価に実際使用しており、OASを使用した根拠は、相手が船舶という移動物件である、ということであった<sup>13)</sup>。固定物件である建物に対してもOASによる評価ができるか検討することに加え、米国連邦航空局(FAA)の進入表面をみると勾配2.0%の部分の長さが3000m(日本の進入表面と同じ勾配と長さ)で、その外側に2.5%の部分12000m(日本の延長進入表面と同じ長さで急勾配)であり、この定義であると都心の高層ビルも問題がなくなる。基本的に決まった進入角(3度など)で着陸する航空機に対して、勾配で進入表面を決めると滑走路から距離が離れるほど航空機と進入表面とのクリアランス自体は大きくなるためFAAの定義は安全上合理的であるように思える。正確には衝突安全確率などを計算する必要もあり単純には言えないが、進入表面自体の考え方についても検討する価値があるかもしれない。

## 6. おわりに

本稿では、羽田空港再拡張後の新規滑走路整備による容量拡大の可能性について明らかにするために、まず羽田再拡張後の容量拡大に対する制約の整理を行い、その後、新規滑走路整備による容量拡大効果を分析するための容量算定方法について既存の方法をベースに検討を行った。その方法を活用し、容量拡大方策を検討した結果、旧Bランの再活用により48.8万回/年(+8万回)、Cラン沖のOpen-Parallelで56万回/年(+15万回)の容量拡大の可能性を示した。しかしながら、前者については空域上における間隔設定の精度向上などが課題とな

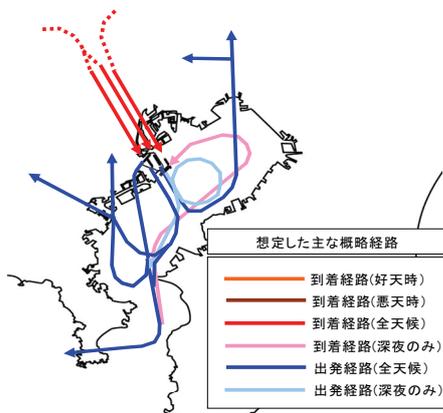
る。また、後者については東京や神奈川の上空低高度域を活用する必要があり、環境基準は満たすものの、現行と比べて相当程度の騒音負担は必要となるため容易ではない。最後に、提案した容量拡大方策の実現を考えた際の課題と対策案についても示した。本稿で示した案が全てではなく、発着容量や騒音影響についても設定条件によって変化しうるが、首都圏空港の将来的な容量拡大について一定の可能性を客観的定量的に示すことができたと考えている。今後の課題としては空域における誘導方法やより不確実性を考慮した容量算定方法の検討などが挙げられる。

## 補注

注1) 再拡張後の時間容量と年間容量の比率を仮定

注2) ヘビー機（長距離便はほぼヘビー機）に後続するインターセクション・デパーチャーの場合は、ミディアム機の場合3分間の後方乱気流間隔（通常は2分）が適用されるので、後続機はヘビー機とすることで容量減が防げる。

注3) ここで、到着経路が3本になることについて、A・Cラン着陸機は合計で31回着陸（滑走路1本の着陸容量）としているので、最終進入経路はAランとCランで2本だが、それまでのアプローチ経路は実質1本でよい（補図）、ターミナル空域でのアプローチの処理は、2本の滑走路への着陸誘導とさほど変化はないと思われる。離陸についても同様に、離陸の総数としては滑走路2本分の容量以内であるが、ターミナル空域において複数滑走路から出発する機材を巡航高度まで誘導できるような飛行経路設定、空域調整など別途検討が必要である。



補図 Cラン平行案（Eラン）の飛行経路のイメージ図

注4) 定められた空域内での運航に必要な航法上の性能要件。航空機の真の位置が95%の含有率で存在する範囲を表した数値で示される。例えば、RNP4とは全飛行時間の95%の飛行における航法精度が±4マイル以内のRNPをいう。

## 参考文献

- 1) 首都圏空港将来像検討調査委員会編：首都圏空港の未来，財団法人運輸政策研究機構，2010。
- 2) 清水吾妻介，平田輝満，屋井鉄雄：空域からみた東京湾内新規独立滑走路整備の可能性に関する検討，土木計画学研究・論文集，Vol.27，pp.851-862，2010。
- 3) 平田輝満，清水吾妻介，屋井鉄雄：羽田空港再拡張後を対象とした滑走路容量算定方法と容量拡大方策に関する研究，第40回土木計画学研究発表会，CD-ROM，2009。
- 4) Hirata, T., Shimizu, A. and Yai, T.: Runway Capacity Estimation for Haneda Airport, *The Second ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC2010)*, pp.349-356, 2010.
- 5) Hockaday, S. L. M. and Kanafani, A. K.: Development in Airport Capacity Analysis, *Transportation Research*, Vol.8, pp.171-180, 1974.
- 6) Newell, G. F.: Airport Capacity and Delays, *Transportation Science*, Vol.13, No.3, pp.201-241, 1979.
- 7) Gilbo, E. P.: Airport Capacity: Representation, Estimation, Optimization, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol.1, No.3, pp. 144-154, 1993.
- 8) 平田輝満：羽田空港の容量拡大に向けた短中期的課題と対策案，運輸政策研究，Vol.12，No.4，pp.43-48，2010。
- 9) 屋井鉄雄，平田輝満，山田直樹：飛行場管制からみた空港容量拡大方法に関する研究，土木学会論文集D，Vol.64，No.1，pp.122-133，2008。
- 10) 市村修一：「空港処理容量についての考え方」について，羽田のスロット問題，新規航空会社の現状等について〔航空の安全及び経済に関する研究会40〕，（財）航空保安協会，2000。
- 11) 福岡空港調査連絡調整会議：福岡空港の総合的な調査（詳細版）PIレポートステップ1，2005。
- 12) 平田輝満：ニューヨーク首都圏空域における航空管制の現状と空域再編ー我が国首都圏空域における航空管制運用の効率化への示唆ー，運輸政策研究，Vol.13，No.2，pp.33-41，2010。
- 13) 国土交通省関東地方整備局：羽田空港新滑走路建設工事に係る入札の過程等に関する情報の公表について，2005。

(2011.2.25 受付)

# STUDY ON CAPACITY EXPANSION OF HANEDA AIRPORT BY THE 5<sup>TH</sup> RUNWAY AND AIRCRAFT NOISE IMPACT

Terumitsu HIRATA, Azumanosuke SHIMIZU and Tetsuo YAI

Airport capacity in Tokyo metropolitan area has been always insufficient, especially in HANEDA airport. In 2010, The runway capacity of Haneda have been expanded by 4<sup>th</sup> runway and it will have two set of open-parallel runways with crossing layout which makes the ATC operation more complex. Therefore the future additional runway (5<sup>th</sup> runway) to the current 4-runway system will not be easy to be developed and must need to use the lower altitude airspace over the inland Tokyo which have been basically unused due to the aircraft noise problem. This study analyze the possibility of the development the 5<sup>th</sup> runway in Haneda and assess the aircraft noise impact. The results shows that the runway capacity of Haneda can be increase to around 96 from current 80 movements per hour by 5<sup>th</sup> runway without significant aircraft noise impact and increased to around 110 movements by opening the airspace over Tokyo inland area.