

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検討*

Study on runway capacity expansion of Haneda airport by the fifth runway and aircraft noise impact*

平田輝満**・清水吾妻***・屋井鉄雄****

By Terumitsu HIRATA**・Azumanosuke SHIMIZU ***・Tetsuo YAI ****

1. はじめに

羽田空港の再拡張、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語られることが多い。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（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¹⁾を参照）。また現状の東京湾内上空に閉じ込めている飛行経路もそ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低高度空域の活用も必要になると考えられる。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り、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うことを目的とした。そのために、現状の滑走路容量拡大に対する制約の整理と考察、既存の方式をベースとした簡易な滑走路容量算定方法に関する検討を行い、それら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を行った。なお、本研究は運輸政策研究機構で実施した検討調査¹⁾の成果の一部をもとにしている。

2. 羽田再拡張後の滑走路運用と諸制約

(1) 羽田再拡張後の滑走路運用計画

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結論している（図-1）。

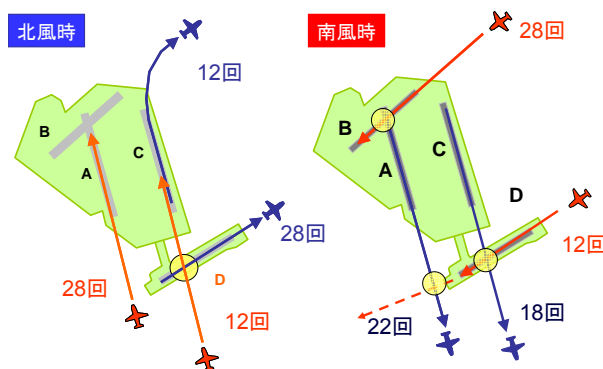


図-1 再拡張後の滑走路運用と時間容量（航空局計画値）

(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。

- ① 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³⁾。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）。
- ② 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

*キーワード：空港容量、羽田空港、新規滑走路、騒音
**正員，博(工)，(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所
(東京都港区虎の門3-18-19, TEL03-5470-8415)
***学生員，工修，東京工業大学大学院総合理工学研究科
****正員，工博，東京工業大学大学院総合理工学研究科

着回数に限られる。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）。

③ 到着機の最終進入間隔と陸域最低通過高度の引き上げ：現在の羽田着陸容量は31回/時としているが、再拡張後は28回着陸/時を予定している。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1つである⁴⁾。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⁴⁾などが考えられる。

④ 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4)を参照。

⑤ 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4)を参照）。

3. 滑走路容量算定方法と運用の仮定について

(1) 容量算定と騒音評価の基本条件

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を検討する際には、先行研究³⁾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。その算定方法についても先行研究同様、従来の航空局モデルを極力踏襲するが、新たに検討する必要がある部分もあり、それらを含め、以下に検討結果を示す。なお、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パ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。

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。

表-1 容量算定における基本的な条件設定³⁾

【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	<p>【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 ></p> <p>【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 ></p> <p>【着陸復行】SOC (飛行方式設定基準における Start of Climb) ラン末端から 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</p> <p>*速度のパラツキは3機種の違いは表現しているが、個々の機種でのパラツキ (風速の影響等) は考慮していない。</p>
【3】 滑走路占有時間	<p>【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 ></p> <p>【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)</p>
【4】 管制間隔・その他確認時間等	<p>【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))</p> <p>【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 ></p> <p>【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 ></p> <p>【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 INM 手前までに着陸許可を発出 < 羽田容量算出方式 ></p>

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時間に等配分した。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)。 (*年間発着容量 (昼間時間帯) は再拡張後の時間容量 (90回) と年間容量 (40.7万回) の比を使用)
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 (INMデータは A330-343 を使用*) 小型ジェット機は全て B737-800 (*B787は新機材で INM データが無いことによる FAA の推奨方法) (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6.4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)

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

(2) 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。図-2には航空局で検討例のある福岡と那覇の方式をもとに本研究で修正した滑走路容量算定のための滑走路占有時間 (ROT : Runway Occupancy Time) のイメージを図示している。ここで、航空局方式では離陸Td2と着陸Ta2が平均で計算されているが、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ー込みの値を使用することを基本的な考え方とすると (着陸機は空中で待てないことを考慮するため)、離陸のTd2は2.6G⁵⁾で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ー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 (平均値的な考え方: 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の最低間隔を切つてはいけな。従って、本研究で想定した機材で最も低速のB737の速度 (125kt) で所要時間を計算し、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。両者にバッファー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。

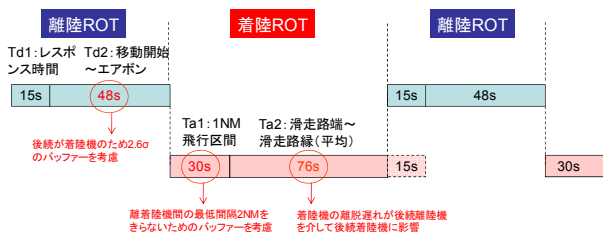


図-2 本研究で設定した Mixed-Mode 運用時の ROT

(3) 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、羽田のAラン離着陸 (16R) とBラン離陸 (22) を想定している (図-2参照)。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ラン着陸機の間には毎回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。

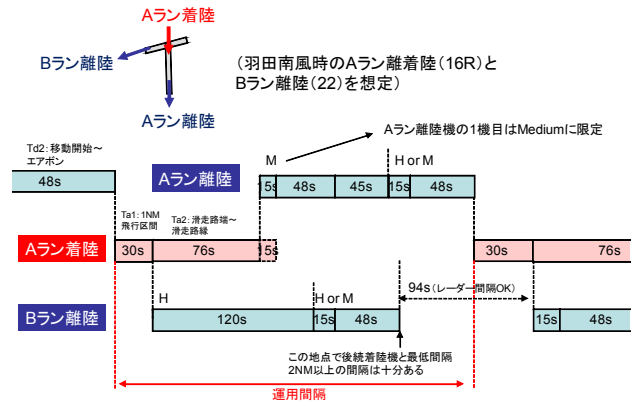


図-3 本研究で設定した交差滑走路における Mixed-Mode+離陸専用運用時の ROT (離陸2機を挟む時の例)

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ベターである。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。

4. 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

て主に紹介する。

(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-4）、HM比率を7:3としてランダム到着を仮定するとBと旧Bで最大で約35回着陸/時まで容量拡大が可能である。その結果、空港全体としては、機材の戦略的順序付け（Dラン着陸機の直前に先行するCラン離陸機はMediumに限定³⁾）とAランの南側延伸の実施を前提とすると、最大で96回/時（48.8万回/年^{注1)}）まで容量拡大の可能性はある（表-3参照。なお、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48.8万回/年まで容量拡大が可能である）。

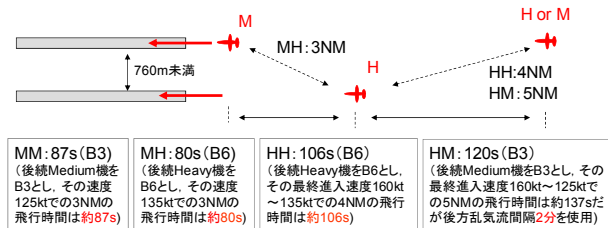


図-4 B+旧Bラン着陸時の間隔設定と所要時間

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。
滑走路別発着回数 (南風時)	

(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-5にCラン沖Open-Parallelによる容量拡大方策の滑走路運用を示す。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ラン着陸とDラン離陸については、Dランを離陸専用とし冲出しを行うことで従属性を緩和⁴⁾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^{注2)}。

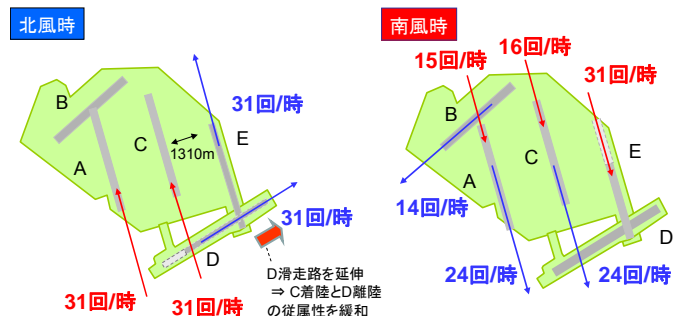


図-5 Cラン平行の新規滑走路整備案と発着回数

（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）

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^{注3)}、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 (離陸重量を制限するこ
とで上昇率が増加し騒音が低減) した (図-5)。こ
こで、A・C ランでは基本的に着陸機の上に離陸 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。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-6)、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-7)。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-8。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
陸機の上に離陸 3 機挟み (1 or 2 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。

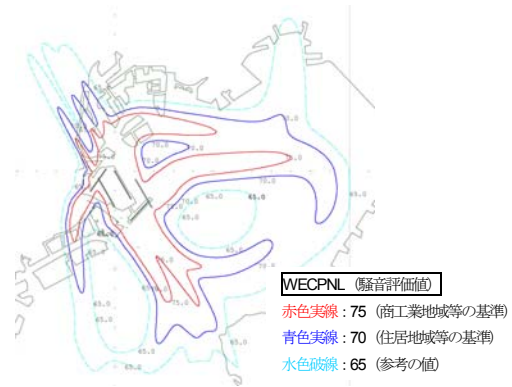


図-6 騒音コンター図 (63 万回/年)

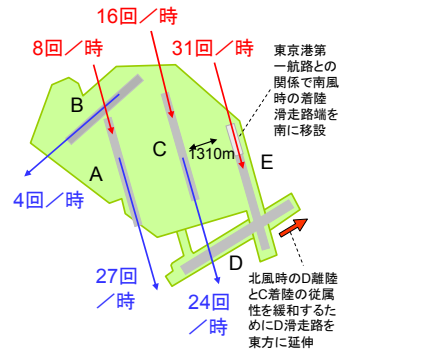


図-7 C ラン平行の新規滑走路整備案と発着回数
(56 万回/年: 騒音環境基準を考慮。北風時は図-5 と同様)

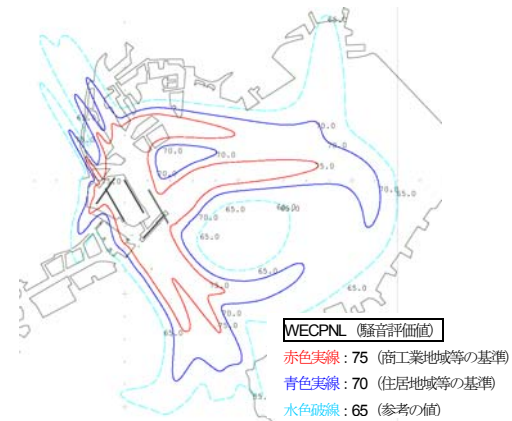


図-8 騒音コンター図 (56 万回/年)

(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 10 km 以上離れた位置にあるが、突出量ごく僅かであるとみられることと、運航上の安全性を評価する OAS 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^{注4)}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）が分離でき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-9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。

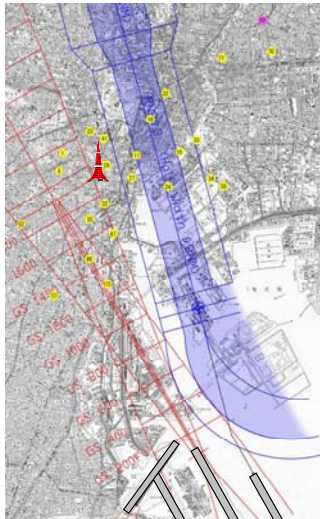


図-9 CランILSとEランRNP（オフセット進入）の空域検討の例

5. 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検討を行った結果、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

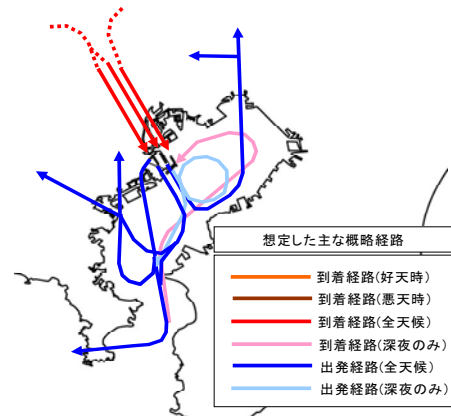
題となる。また、後者については東京や神奈川の上空低高度域を活用する必要があり、環境基準は満たすものの、現行と比べて相当程度の騒音負担は必要となるため容易ではない。本稿で示した案が全てではなく、発着容量や騒音影響についても設定条件によって変化しうる。今後の課題としては空域における誘導方法やより不確実性を考慮した容量算定方法の検討などが挙げられる。

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・デバーチャーの場合は、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) 運輸政策研究機構 首都圏空港将来像検討調査委員会：首都圏空港の将来像，2009。
- 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滑走路整備の可能性に関する検討，第40回土木計画学研究発表会，CD-ROM，2009。
- 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) 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。
- 5) 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。