

羽田空港の容量拡大に向けた短中期的課題と対策案

平田輝満
HIRATA, Terumitsu

(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

1——はじめに

我が国では首都圏の空港容量が慢性的に不足してきた。2010年には羽田再拡張や成田滑走路延伸による発着容量拡大が行われるが、中長期的にみれば、アジアを中心とした国際航空需要の伸びやオープンスカイなどの自由化による需要拡大等を想定すると、いまだ首都圏の空港容量としては世界と比較しても十分とはいえない。そこで、運輸政策研究機構では2007年から2年間に渡り「首都圏空港将来像検討調査」を実施し、2009年9月に調査結果の報告と提言を行った¹⁾。報告では、①今後のあるべき航空政策、②2030年までの将来航空需要の予測、③首都圏空港の容量拡大方策、④羽田空港国際化に対応した施設整備と空港周辺の土地利用や都市計画、⑤需要増大に対応した空港アクセス交通、について具体的な提言を行った。本報告では、上記③空港容量拡大方策に関連して、羽田空港の容量拡大方策の実現に向けて解決すべき諸課題について、短中期的な視点も含めて整理し、いくつかの対策案を提示する。

2——羽田再拡張後の容量拡大方策 ～首都圏空港将来像検討調査における提案～

「首都圏空港将来像検討調査」で報告した羽田空港の容量拡大方策の概要は以下の通りである(図—1も参照)。

①管制運用の高度化による容量拡大

複数の滑走路からの離着陸機について機材の大きさ(後方

乱気流の大きさ)からみた戦略的な離着陸機材の順序付けを実施することで再拡張後に予定されている40.7万回/年から45万回/年程度まで容量拡大が可能。

②A滑走路の南側延伸による容量拡大

現在、B滑走路と交差しているA滑走路を南側に延伸し、A滑走路離陸機のプラストのB滑走路着陸機に対する影響を無くし、その従属性を緩和することで、上記の戦略的離着陸順序付けも実施することを前提とすると46万回/年程度まで容量拡大が可能。

③新たな5本目の滑走路整備による容量拡大

(a)旧B滑走路の活用

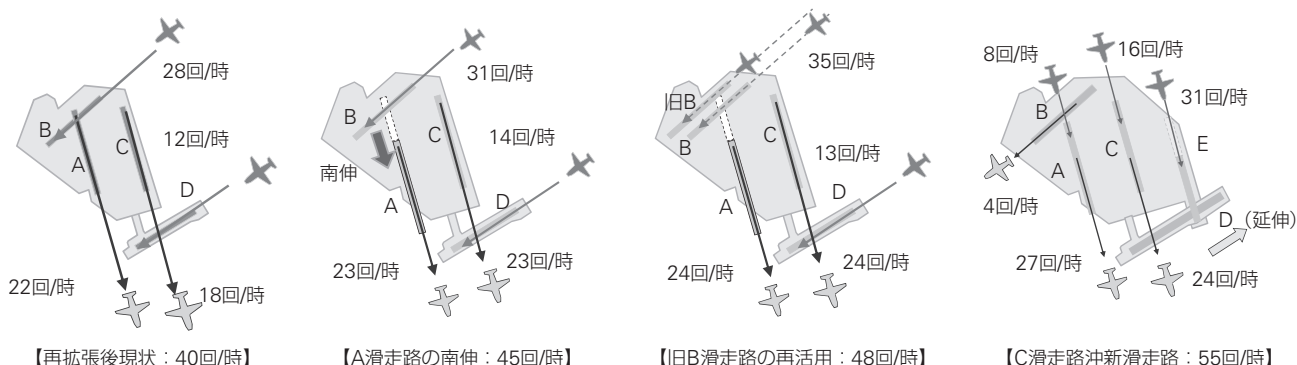
現在は使用していない旧B滑走路の再活用し、現B滑走路とともにClose-Parallel滑走路として交互に着陸させる運用により着陸容量を増加させることで最大で49万回/年程度まで容量拡大が可能(A滑走路の南伸も仮定)。

(b)C滑走路沖の新平行滑走路

C滑走路の沖合に平行滑走路を整備し、南北の平行滑走路3本と交差滑走路を同時運用し、一部東京や川崎上空の飛行を実施することで56万回/年程度まで容量拡大が可能。技術的にはさらに容量拡大が可能であるが、航空機騒音の環境基準を考慮した場合にはこの程度の容量拡大までとなる。

(c)羽田再拡張後と独立運用可能な滑走路

東京湾内で羽田再拡張後の4本の滑走路と独立運用可能な滑走路配置の可能性を検討した結果、木更津沖周辺に配置できることを示し、この滑走路と羽田再拡張後により最大で70万回/年程度まで容量拡大が可能である。



■図—1 羽田空港の容量拡大方策と発着回数

以上の検討は、滑走路としての容量を中心に検討しており、地上交通流や空域での運用方法については詳細には検討していない。羽田再拡張後の運用も含め、上記の容量拡大方策の実現のためには、それら地上および空域における運用上の課題が存在する。それらの一部について以下に整理し、いくつかの対策案を示す。

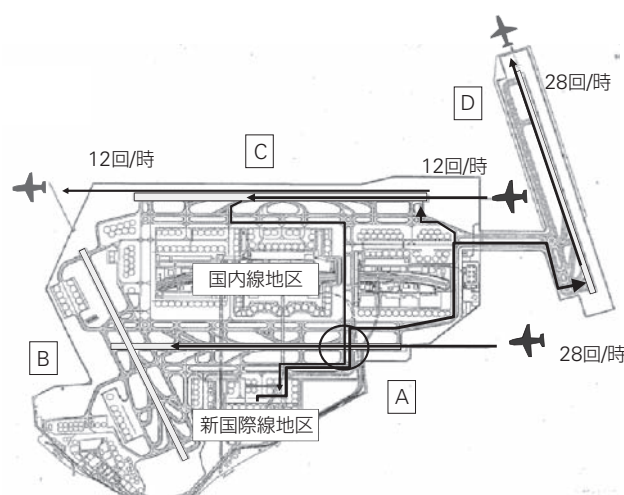
3——羽田空港の容量拡大に向けた短中期的課題と対策案

3.1 地上走行と滑走路横断

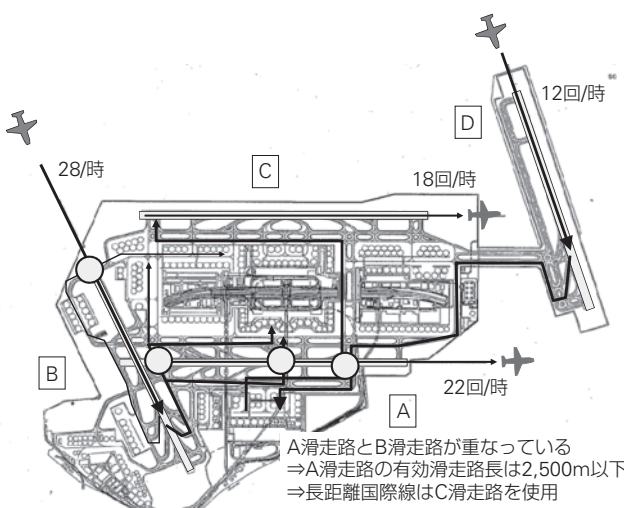
羽田再拡張後は新国際ターミナルなど、複数のターミナルが滑走路を挟んで分散し、D滑走路も非常に遠方となる。その結果、地上走行距離の長距離化が生じ、さらに離着陸に使用中の滑走路を地上走行機が頻繁に横断することになる。

図一2と図一3は羽田再拡張後の北風時と南風時の滑走路運用と地上走行経路の概略イメージを示した図である。北風時は新国際線地区からの出発機がC・D滑走路に向かう際に、着陸に使用しているA滑走路を横断することになり、C滑走路到着機が国際線地区に向かう際にもA滑走路の横断が必要となる。北風時にはA滑走路に28回/時と高頻度で着陸が行われ、その間を縫って地上走行機が横断する必要がある。また、通常、着陸滑走路の横断の方が離陸滑走路よりも管制運用上実施しづらい面がある。離陸機は地上走行機が横断を完了するのを地上で停止しながら待つことが可能である一方、着陸機はそれができないためである。南風時は国際線地区からの出発機がC滑走路に向かう際に、離陸に使用しているA滑走路を横断し、D滑走路到着機が国際線地区に向かう際にもA滑走路を横断する必要がある。また、B滑走路到着機が国内線ターミナルに向かう際にもA滑走路を横断するか、もしくはB滑走路自身を横断する必要がある。A滑走路末端付近は離陸待ちの機で混雑することも考えられ、地上誘導路の混雑と滑走路横断を円滑に処理することが重要となる。

以上のように、再拡張後は地上走行が現在より複雑化し、さらに使用中の滑走路の横断も頻発する。この滑走路横断の主な影響として、①離着陸に使用中の滑走路に誤進入するリスクと②離着陸の処理容量への影響が考えられる。①については、現在、滑走路状態表示灯システムや地上走行支援用の灯火システムに関する研究開発を実施中ではあるが、完全には防げないことや、仮に防げても滑走路横断の判断や指示などの管制負担は残る。再拡張後の南風時は4本の滑走路の同時運用で、かつ複数滑走路が従属運用となり、その複雑になる離着陸機の処理に集中できた方がよい。②については、通常1分程度あれば十分滑走路横断が可能と思われるが、横断頻度が増えたり、管制指示に対するレスポンス遅れ(特に不慣れ



■図一2 羽田再拡張後の滑走路運用と地上走行経路イメージ(北風時)

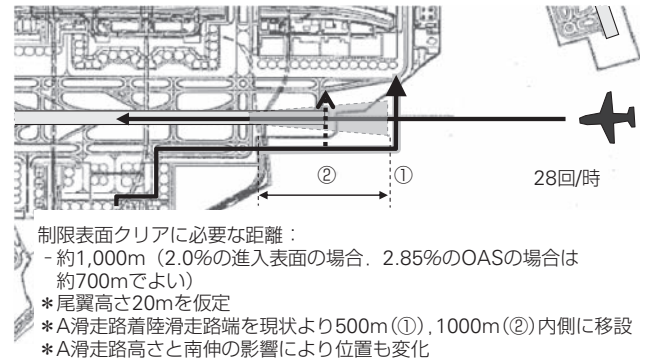


■図一3 羽田再拡張後の滑走路運用と地上走行経路イメージ(南風時)

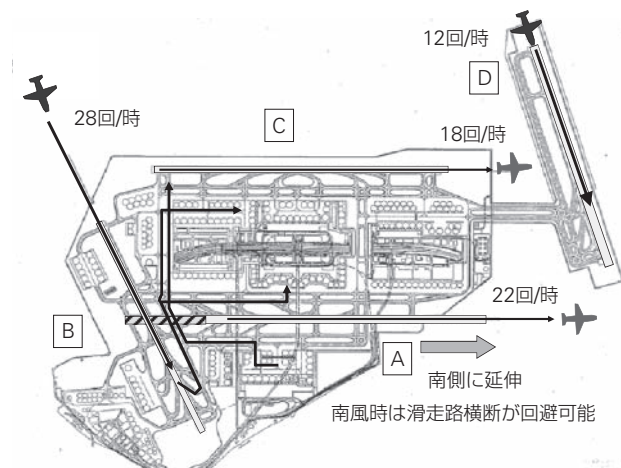
な外国エアライン)や低視程状態などがあつたりすると、処理容量等に影響しうると考えられる。また、当然ながら横断待ちにより地上走行時間が伸びることも考えられる。

これら地上走行の課題に対して、前述の容量拡大方策の1つとして挙げたA滑走路の南伸が、この地上走行の円滑化に対しても有効である。特に南風時は、A滑走路とB滑走路の間に走行スペースが生まれ、AおよびB滑走路の横断が回避できる(図一4)。しかしながら、北風時はA滑走路は着陸に使用しており、その着陸復行も考えるとAとB滑走路の間のスペースをA滑走路着陸機と独立には運用できず、円滑化の効果はほぼない。そこで、米国のアトランタ空港で実施されている滑走路横断の円滑化方策(図一5)が参考になる。アトランタ空港ではClose-Parallel滑走路をそれぞれ離陸専用と着陸専用で使用しており、外側の着陸機がターミナルに向かう際に離陸滑走路を横断する必要がある。その横断円滑化のために離陸滑走路末端から1,500ft(約460m)離れ、滑走路の制限表面をクリアできる個所に横断のための誘導路を建設し、離陸機

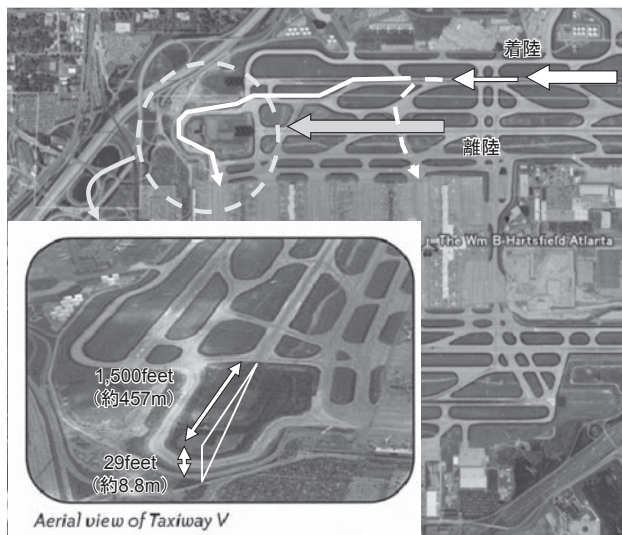
と独立で横断を可能とした。アトランタの工夫は、その離陸滑走路からの離隔距離を縮めるために(走行距離を極力短くするために)誘導路を掘割方式で滑走路よりも標高を下げていくことである。羽田で標高差を設けた誘導路整備ができるかは不明であるが、進入表面を回避して滑走路横断を円滑化する方式では図一六のような誘導路が考えられる。A滑走路の着陸地点を通常より内側に移設することで誘導路の位置を空港側に近付けることが可能となる。図中①が500m、②が1,000m移設した例であり、着陸滑走路としては十分な2,000～2,500m程度は使用可能である。



■図一六 A滑走路横断円滑化のための誘導路の例



■図一四 A滑走路の南伸と滑走路横断の円滑化(南風時)



図・写真出典：アトランタ空港, Google Earth

■図一五 アトランタ空港における滑走路横断の円滑化

以上、A滑走路の南伸と滑走路横断専用誘導路による横断円滑化について述べたが、これらの整備には土木構造的な課題も存在する。A滑走路南伸部は多摩川河口域であり、D滑走路と同様、多摩川の通水性を確保するために栈橋構造をとる必要がある。しかしながら、A滑走路南伸部の空港標高がD滑走路よりも低く海面からの高さが十分でないことと、水深の

関係などから波高自体も高いことから、栈橋構造となる延伸部にかかる波力(揚圧力)が課題となる。この解決のために構造の工夫が必要となるが、以下に幾つかの考察を列挙する。

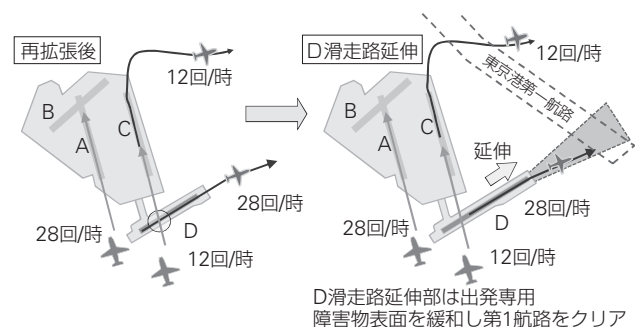
- ・ 延伸部は離陸専用でよく、通常離陸時は延伸部分ではほぼ浮いている状態であり、その使用は離陸を中止した場合が中心となる(頻度は少ない)⇒着陸がない分、そのための強度は要らないか、もしくは荷重は離陸機が大きいのでそちらがネックとなる可能性もあるが、繰り返し荷重が少ないなどの条件から強度を小さくできるか？⇒強度を下げることで極力構造物を薄くし、海面とのクリアランスをとることで揚圧力を軽減する。または橋脚を細くし河川阻害率を下げ本数を増やすことでスパンを締め桁高を小さくする。
- ・ 高潮の影響を受けない構造にする。例えば、高潮の揚圧力を逃がす空隙の設置、浮体構造の応用(下部工(鋼管)と床版が揚圧力により引き抜けるようにしたりする等)。
- ・ 延伸部に影響を及ぼすほどの高潮の頻度が非常に小さい場合、極論では壊れてもよしとする(大規模な高潮のときは滑走路は使用しないため安全上の問題はなし)⇒これで強度がさらに小さくできれば構造物を簡素化する。
- ・ 延伸部の高さを縦断勾配をつけて上げる。
- ・ A滑走路の南伸は前述の専用誘導路の必要性、設計とともに検討したほうがよい。

3.2 深夜便の発着制限とC・D滑走路の従属性

深夜早朝は騒音軽減のため基本的に東京湾内に飛行経路を限定する。南風時は全ての便がC滑走路(3,000m+延伸予定)から南向きに海上方面へ離陸するため特に騒音影響はない。北風時はD滑走路(2,500m)から離陸できれば騒音影響はないが、欧米便やフレーターは滑走路長が十分にあるC滑走路からの離陸がベターであり、その頻度が増えると内陸に騒音影響がでる(北風時、C滑走路からは離陸後すぐに右旋回するが飛行経路が陸域に近い)。このような理由から深夜便の発着数に制限がかかる。したがって、仮にD滑走路の延伸がで

されば騒音対策上メリットがあり発着数制限も緩和できる。また、実質的に3,000mフルに使用可能な滑走路はC滑走路のみであり、その負担も軽減できる。

また、D滑走路の延伸についてはもう一つのメリットがある。図一七に示す通り、再拡張後の北風時運用において、C滑走路着陸後のD滑走路離陸については、D離陸が交差点以前で浮かないことを前提に後方乱気流間隔を非適用とでき、D滑走路の延伸によりこの前提をより確かにすることができる(交差点位置を考えるとほぼ浮くことはない想定はできるが気象条件等の影響もありうると想像される)。さらに両者の安全間隔設定上の従属性も緩和でき、容量拡大も可能となる(C滑走路沖の新滑走路の検討時にも有効)。



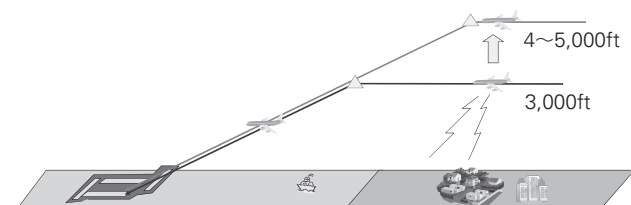
■図一七 D滑走路の延伸による北風時のC・D滑走路離着陸の従属性緩和(深夜の長距離便等は延伸D滑走路をフルに使用して離陸→C滑走路離陸機の減少による騒音軽減)

それでは、実際にD滑走路が延伸可能かどうかについてであるが、そもそも再拡張後のD滑走路の位置は、南風時の着陸のための無障害物評価表面(OAS:Obstacle Assessment Surface=2.85%)で東京湾第一航路上の船舶との関係性を評価して東端が決定している。一方で、離陸については着陸よりも障害物表面の制限は緩いことから、延伸部は離陸専用にするだけでさらに沖合に延伸可能と考えられる。離陸については、出発方式のOIS(Obstacle Identification Surface)で評価することが可能と考えられ、OISのもとになっている飛行方式設定上の出発の方式設定勾配(OISの勾配プラス0.8%)を標準の3.3%から5~7%に上げることも可能である(5%以上は運航者との調整が必要)。実際に計算すると、約450m(5%)~760m(7%)の延伸が可能である。

3.3 内陸上空通過最低高度の引き上げと管制運用への影響および関東空域再編との関係

再拡張後は飛行回数が増加することも背景に、騒音軽減のために特に千葉方面からの到着便について内陸上空通過最低高度を引き上げる(図一八)。このことにより、最終進入降下区間(ILS進入区間)が伸びる。最終進入降下中は管制官によるコントロールが通常のレーダー誘導時よりも困難であるため

着陸機間の間隔設定の精度が低下し処理容量に影響する(現在の着陸専用時の容量:31回/時→再拡張後:28回/時)。これは現在、主にCO₂削減や騒音軽減のために試験的に実施されている継続降下着陸方式(CDA)と問題の構図が同じと考えられる(CDAの実施と混雑時の精度の高い間隔設定の両立が課題)。

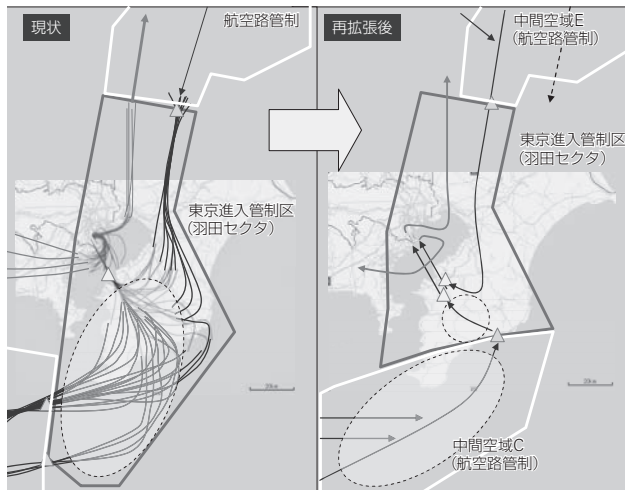


■図一八 陸域最低通過高度の引き上げによる最終進入経路長の延伸

また、2010年から始まる関東空域再編により羽田成田空域が統合され、空港近傍で最終進入に向けた間隔調整を行う進入管制区と高高度の航空路管制を行う管制区に間に新たに中間空域を設ける。図一九に示すように、羽田再拡張と関東空域再編後は、羽田の進入管制区にあたるセクタは縮小される。これに、前述の陸域通過高度引き上げによる最終進入開始点の空港からの遠方化も相まって、進入管制区内における間隔調整の自由度は下がる。したがって、最終進入に向けた間隔調整については事前の間隔設定を行う中間空域の役割が重要となる。筆者の過去の報告²⁾でも述べたように、中間空域は、進入管制区(ターミナルレーダー管制)よりも細かい誘導が比較的しづらい航空路管制で誘導を行うため、中間空域の運用の高度化や進入管制区とのコーディネーションの高度化がなされると、空域再編でねらっている機能分担がより効率的な運用に繋がると思われる。また、特に混雑時に処理回数を上げるには、最終進入直前の到着機について精度の高い間隔設定が必要である(特に、飛行場管制で離陸機との交錯が生じる東からの到着便)。したがって、(騒音軽減は極力実施したほうが当然良いものの)遅延拡大時や到着便が集中した時などは飛行高度制限を緩和するなど、柔軟な運用を可能にしておき、限定的にでも進入管制区内における間隔設定精度向上のバッファーを持つことも検討すべきであると思われる。海外空港でも飛行経路の柔軟化など、同様の事例が複数ある。過度な運用制限は管制官に負担をかける。

3.4 方面別滑走路

現状の羽田空港では着陸滑走路1本、離陸滑走路1本で運用しているため、基本的に空港周辺では飛行経路は到着と出発の2本である。再拡張後は滑走路運用変更に合わせて、その経路が到着2本、出発2本に増える。限られた空域でこれ



出典：飛行コース公開システム（航空局）をもとに作成したイメージ

■図—9 羽田再拡張と関東空域再編後の到着機処理方法の変更イメージ

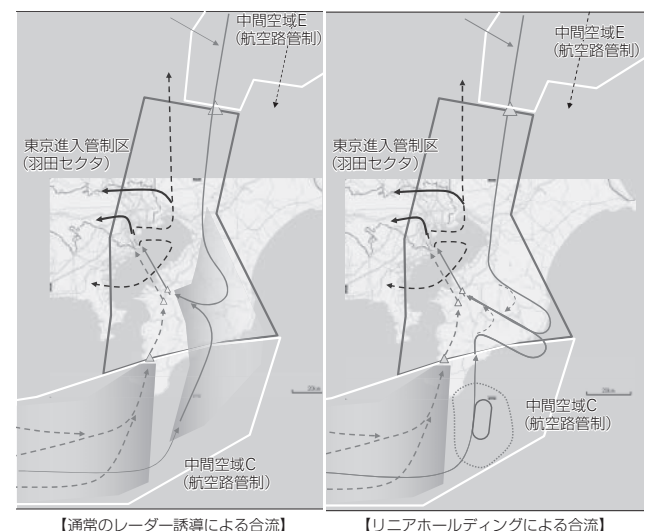
ら飛行経路増加に伴う離着陸機の輻輳を避け、安全に誘導処理するために、飛行方面別に使用する滑走路を限定する（例えば、北風時には、西行き便はD滑走路から離陸、東行き便はC滑走路から離陸といった運用）。この方面別滑走路は、各時間帯で滑走路別の処理容量に合わせた比率での方面別便数設定がエアライン側で必要となることを意味する。現在計画している時間処理回数は概ね平均的には東西方面の需要比率とマッチしていると言われている。前述の容量拡大方策でトータルの処理容量を最大化するための滑走路運用方法を提案しているが、その中では方面別の処理回数の比率は考慮していない。そのため、方面別滑走路運用計画で想定している方面別需要バランスを前提とすると、この方面別滑走路の制約を緩和する必要がある。

現在の交通量、および今後の国際化(特にアジア)を考慮すると、羽田から西方面の交通量が増加すると思われる。どの滑走路からも全ての方面に経路を引くのは、限られた空域と現在の運航・管制技術では容易ではないと思われるため、まず、需要の多い西方面についてはどの滑走路でも使用可能とすることを考えた。つまり、西行きの便を東行き経路を経由して出発させる経路と、西からの便を東からの経路に合流させる経路の検討である。

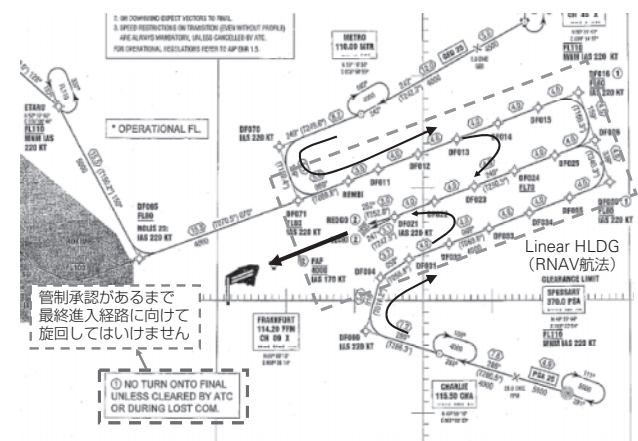
まず、出発については、既に再拡張後の南風時に東行き経路から西に分岐する経路が引かれているため、北風時も同様の経路を活用するか、もしくは部分的に(低騒音機に限るなど)、C滑走路から北に離陸し、そのまま東京方面に抜けて西に巡回してもよいのではと思われる(図—10参照)。一方、到着については、図—10の左に示しているように通常のレーダーベクター(誘導)で合流を実施することがまず考えられるが、狭隘なスペースであり、交通量が増えると厳しいと思われる。図—

11はフランクフルト空港で行われている経路合流の効率化の例であり、リニアホールディングとも呼ばれている。これは予めトロンボーン型の経路を対照に設計しておき、2方面からの到着機の位置をみながらタイミングの良いときに最終進入方向へ巡回させる方式である。これと通常の楕円型のホールディング(サーキュラーホールディング)を組み合わせることにより、合流という比較的管制負荷の高い業務の容易化と、間隔設定精度の維持を両立することが意図されているようである³⁾。これを羽田再拡張後の到着合流に応用したイメージを図—10の右に示している。もともとの進入管制区が狭隘なためリニアホールディングを作る十分なスペースがとれないかもしれないが、正確には飛行方式設定から検討する必要がある。もしくはロンドンヒースロー空港のようにサーキュラーホールディングのみで一度階層的に鉛直方向に到着機を積み交通整理することもあるが、その際にはホールディングからの離脱処理の効率化が必要と考えられる²⁾。

中長期的には、そもそも最終進入直前での勝負ではなく、な



■図—10 方面別滑走路の解消のための到着機合流方法のイメージ(北風時の例)



出典：Frankfurt AIP

■図—11 フランクフルト空港におけるリニアホールディングによる経路合流の効率化の例

るべく早期(遠方から)の順序付け・間隔設定が重要であり,そのためには南北空域の一元管理も有効と考えられる。また,羽田再拡張後は複数滑走路からの離着陸が従属運用となるため,地上の離陸待ち機等の状態を考慮して着陸機間の間隔設定をすることも重要となる。つまり,着陸容量の拡大と方面別滑走路の解消には,到着機の間隔設定の精度向上と早期の順序付けが必要と考えられ,そのためには,中間空域の運用パフォーマンスが重要で,その運用の高度化(レーダー管制システムなど),また中長期的には,技術革新とともに,拡大ターミナル空域と地上交通を,ターミナル管制で一元管理する方向もあり得ると思われる。

3.5 容量拡大に向けた課題と対策～まとめ

以上,羽田再拡張後の容量拡大に向けた短中期的課題と対策案について,大きく地上面と空域面で整理した。以下にそのまとめを示す。

・地上面の課題:

①滑走路横断:A滑走路の南伸に加え,国際線地区とD滑走路を結ぶ専用誘導路の整備の可能性,また,A滑走路の南伸における構造的課題について,条件設定や構造を柔軟に検討して対応する可能性を述べた。

②深夜便の発着制限およびC/D滑走路の従属性緩和:D滑走路の延伸により,深夜便(長距離線)による騒音影響が緩和され,発着制限が解消可能で,C滑走路の負担も軽減できる。また,北風時の離着陸交差部の後方乱気流リスクを軽減可能で,従属性緩和により容量拡大にも繋がりうる。

・空域面の課題:

①内陸通過最低高度の引き上げ・空域再編:最終進入開始地

点以前で誘導可能なエリアの減少による間隔設定の精度低下と滑走路容量低下,また,最低通過高度制限の緩和についての検討の必要性,空域再編後の中間空域の運用高度化,次世代管制システムの活用等について述べた。

②方面別滑走路:方面別の需要を見定めながら,追加的飛行ルートの設計の可能性を検討すべきあり,中長期的には,環境や周辺空域等の制約緩和も視野に,空域や航空路の設計が必要である。

4——まとめ

本報告では,羽田再拡張後の短中期的な課題の整理と対策案を提示した。空港の発着容量拡大には,当然ながら,滑走路,地上施設,空域・航空路,管制・運航システムなどの一体的・適切な整備が必要であり,羽田に関しては既存施設のメンテナンスも含めた,それら基本インフラに対しての総合的な整備計画が重要であると考えられる。また,過度な環境制約による管制運用への影響については,効率や安全の面で不利となりうるため,環境保全を進めながらも,地域との合意形成を図りながら,制約緩和による管制運用の柔軟化の可能性についても議論が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 運輸政策研究機構[2009],“首都圏空港の将来像～提言,概要～(首都圏空港将来像検討調査)”。
- 2) 平田輝満[2009],“首都圏における航空管制と空港容量に関する研究—NY空域再編に関する追加考察—(運輸政策研究所第24回研究報告会)”,運輸政策研究,Vol. 11, No. 4, pp. 107-110。
- 3) Eurocontrol[2005],“Report on Punctuality Drivers at Major European Airports (Prepared by the Performance Review Unit)”。