

欧州混雑空港における航空管制からみた発着容量拡大方法と我が国への適用性*

Capacity Expansion by Flexible ATC Procedures in European Congested Airports*

平田輝満**

By Terumitsu HIRATA**

1. はじめに

我が国における首都圏空港の発着容量は、ニューヨーク、ロンドン、パリといった世界の首都圏空港に比べまだ低いレベルにある。2009年には成田空港で暫定平行滑走路の延伸が、2010年には羽田空港で再拡張（D滑走路の新設）が予定されており、それぞれ容量が年間約2万回、約10万回程度増加する。しかしながら、未だ旺盛な国内・国際需要やアジアのゲートウェイ空港としての容量の充分性、また近年の小型機による多頻度運航化などのニーズを勘案すると、羽田再拡張などにより生まれる新規発着容量はすぐに満杯になることが予想される。一方、福岡や那覇などの地方空港においても近年発着容量の需給が逼迫気味であり、H14の交通審議会航空分科会の答申を受け、中長期的な視点から拠点空港としての空港能力向上策について総合的な調査を精力的に実施中である。空港発着容量の拡大には、滑走路建設などのハード整備が効果的ではあるが、既存ストックの有効活用策の検討と活用限界の見極めも十分に行うべきである。

以上の問題意識から、本稿では、混雑空港の発着容量について、航空管制の運用方法からみた拡大方法について海外空港の事例を参考に検討を行った。具体的には、①羽田空港再拡張後の滑走路運用計画とさらなる容量拡大に向けた管制運用上の課題の整理及び、機材の小型化・多頻度化と管制運用との関連について述べ、続いて、海外混雑空港における管制運用方法の工夫による容量拡大方法の先進事例として、ヒースロー空港（英）及びフランクフルト空港（独）を取り上げ、それら方法の我が国への適用性について考察を行った。

2. 羽田空港再拡張後の管制運用計画と管制に関わる最近の話題の整理

(1) 羽田再拡張後の管制運用計画

現在の羽田空港では、基本的に3本の滑走路のうち離

着陸を分離して2本の滑走路を同時運用しており、それぞれ独立に運用が可能である。しかし、再拡張後は、北風運用時には3本、南風運用時には4本の滑走路全てが同時運用となり、さらにほぼ全ての離着陸機は従属運用となるため、従来と比較して高度な管制運用となる。特に南風時の運用が複雑となり、具体的には、Dラン（D滑走路）着陸機とCラン離陸機、またDラン着陸機（の復行経路）とAラン離陸機が従属運用となり、さらにAラン離陸機のプラストがBランに残存することからAラン離陸機とBラン着陸機も従属運用となる¹⁾（図-1）。現在計画されている発着容量以上にさらに容量拡大するためには、これら従属関係がネックとなる可能性がある。従って、Bラン、Dランへの着陸機を如何にシンクロさせるかが非常に重要になると考えられる。もしそうであれば、このシンクロのための対応をターミナルレーダー管制業務の中で行う必要がある。地上管制においてもBラン着陸機がターミナルへ向かうために他の滑走路を横断する必要があることなどがさらなる容量拡大への課題である。

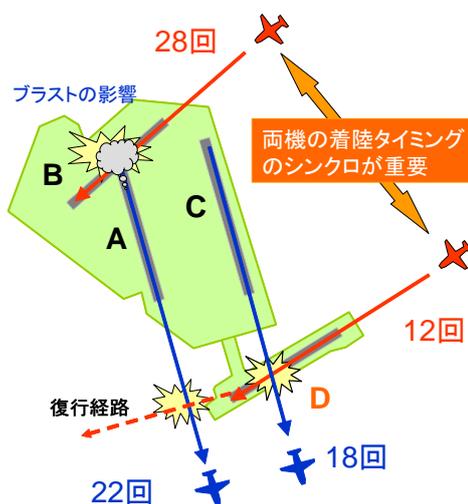


図-1 羽田再拡張後の滑走路運用計画（南風時）

(2) 関東区域の再編

2009年には羽田と成田の進入管制区が統合され、羽田のレーダ室で一元管理される予定である。このねらいの一つとして羽田・成田の交通量をみながら両者の進入管制区のエリアをより柔軟に調整可能となることが挙げら

*キーワード：空港容量、航空管制

**正員、博(工)、(財)運輸政策研究機構 運輸政策研究所
(港区虎ノ門3-18-19, TEL03-5470-8415)

れる。また、現在の東京管制部（ACC）の管轄区域と羽田のターミナルレーダー室の管轄区域との間に「中間空域（ACCで管轄）」を設立し、羽田到着機の到着順序付け作業をこの空域で行うことも検討されている²⁾。これに伴い関東空域が再編されるが、これらを機に関東ターミナル空域における管制をより効率化させるための管制方式を設定するチャンスでもあり、前述の課題なども念頭に置きながら検討を進めることも重要であろう。

（3）機材の小型化・多頻度化と管制との関連

一方、羽田の容量拡大や燃料費の高騰、旧機材の更新時期を背景に、我が国においても機材の小型化が益々進展すると思われる。中小型機の比率が増加すると、後方乱気流間隔の短縮による容量拡大も期待でき、その効果を最大限にする柔軟な管制方法の実施可能性についても十分に考慮すべきである。さらに機材の小型化に伴い航空機の低騒音化も進展するため、東京上空ルートの積極活用による容量拡大方法も検討することで、機材の小型化による提供座席数の減少を発着回数増で補える可能性もあると考える。

以上、羽田再拡張後の運用計画や容量拡大に向けた課題の整理、関東空域の再編、機材の小型化などの航空市場変化について述べてきたが、容量拡大のためには上記以外の視点も含めた総合的な検討が必要であり、以降では、特に、羽田の進入管制の効率化方策や地方混雑空港の拡張に対する管制上の新たな視点への示唆として、ヒースロー空港とフランクフルト空港における先進的な管制運用方法の紹介及び我が国への適用性について述べる。

3. 海外混雑空港における容量拡大のための管制運用方法の先進的事例と我が国への適用可能性

（1）ヒースロー空港におけるホールディングの積極活用と羽田への示唆

ヒースロー空港は羽田空港と同規模の滑走路本数を有しながら、その発着回数は羽田より非常に多いことでよく比較対象となる。機材構成の差（Medium機が、ヒースロー：7割、羽田：3割）、出発経路が複数設定可能、滑走路占有時間の短縮などが大きな原因ではあるが、管制運用上でも、ホールディング（待機）を積極活用した滑走路使用効率の最大化とBunching（同サイズの機材をまとめること）による着陸セパレーションの短縮を図っている。また地域社会としてある程度の到着遅れ時間を許容することで、設定する発着容量（スロット数）を上げている。

通常、HLDは到着空港の混雑時などに緊急避難的に使用するが、ヒースロー空港では滑走路処理容量の最大化を意図して戦略的にHLDを使用している。具体的には、

空港の進入管制区内に到着機用の複数のHLDパターンを設置し（図-2）、到着機を一旦すべてHLDさせるようにし、さらに多少過剰気味の到着枠を設定することで、常に空港の最終進入経路直前に進入を待つ航空機がスタンバイするように調整をしている。こうすることで継続的需要（Continuous Demand）³⁾を創出し滑走路使用効率の最大化、容量増加を達成している。実際、ヒースローのAIP（航空路誌）上には各HLDパターンに「管制承認があるまで必ずここでHLDせよ」といった世界的にも珍しい記載がなされている。

表-1 ヒースロー空港と羽田空港の比較

	ヒースロー (英)	羽田
年間旅客数 (2006)	6753万人	6522万人
年間発着回数 (2006)	47万7千回	31万回
1便あたり平均 座席数(2006)	約200席	約250席
同時使用可能 な滑走路本数	4000m×2本	3000m×2本
発着容量	78回/時	60回/時
離陸経路	複数	単一
機材構成	H:M=3:7	H:M=7:3
騒音制約	騒音問題から離着 陸分離方式で運用 (例外あり).	騒音問題から離着陸 分離方式で運用. 空域制限がきつい

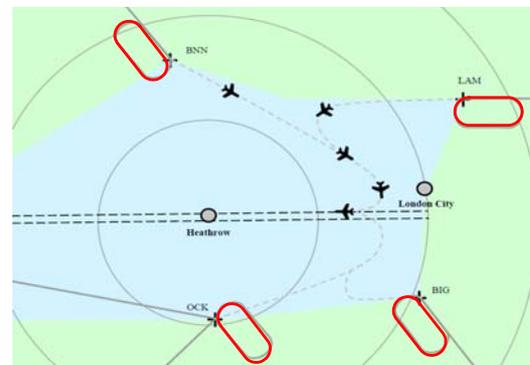


図-2 ヒースロー空港のHLDパターン（出典：Paul⁴⁾）



警告
管制承認があるまで、BIGGIN
の先に進んではいけません。

図-3 ヒースローのAIP上の珍しい記載

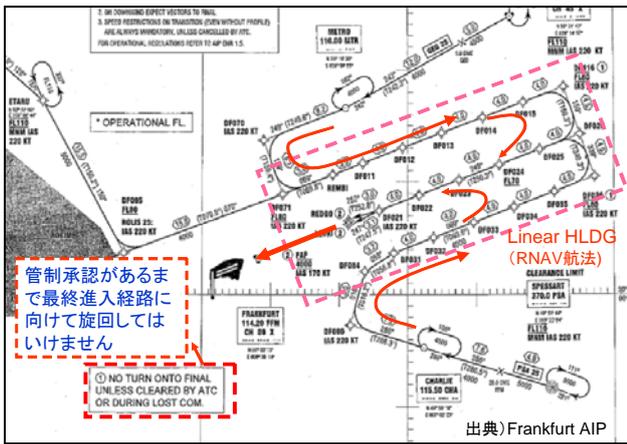


図-4 Circular HLDとLinear HLDの組み合わせ (FRA)

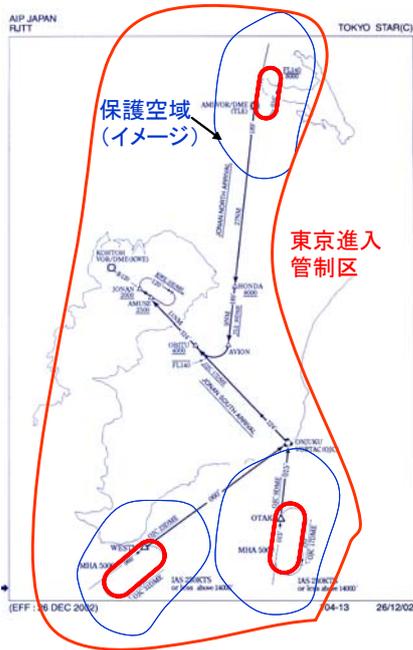


図-5 東京進入管制区 (羽田) のHLDパターン

さらに、このホールディングを複数地点で設定することで、**Bunching** (同サイズの機材をまとめること) による着陸セパレーションの短縮を容易化し容量拡大を図っている。連続する機材のサイズの組み合わせで必要なリーダーセパレーションが異なるため、HLDパターンから航空機を最終進入へ誘導する順序を機材サイズの連続性をみながら柔軟に決定しているのである。フランクフルト空港では近年次世代航法の1つであるRNAV航法 (Area Navigation) を活用したLinear HLDと旧来型のCircular HLDを組み合わせたより柔軟な運用も行っている (図-4)。

しかしながら一方で、HLDを活用した上記のような運用を行うと到着遅延時間が増加してしまうというデメリットも存在する。従って地域やエアラインなどと遅延の許容時間に関して合意が必要であり、実際にヒースロー

では10分程度の許容遅れ時間を空港として宣言し容量の設定を行っている。

以上で述べたHLDの積極活用を羽田空港で実施することを考える。現在の羽田空港の最終進入地点の手前には3つのHLDパターンが用意されているが、東京進入管制区が非常に狭いことからこれ以上増やすのは困難であり、また南側の2つは非常に近接しているといった問題もある。HLDパターンの少なさへの1つの解決策としては、1つのHLDパターンから航空機を引っ張り出す際、通常最下部に積んだ航空機から順番に出すが、上部に積んだ航空機を先に出すことも許容すれば到着順の入れ替えはより柔軟に行うことが可能である (技術的には可能)。現状の機材構成では**Bunching**の効果も小さいが将来的に小型化が進展するとすれば無視できない効果が得られる。遅れ時間の実態については、羽田の詳細な定時性に関するデータがないため定かではないが、各エアラインHP上の到着時刻を一定期間調査した結果⁹⁾、平均の到着遅れ時間は5分に満たない程度であったので、羽田においても多少の遅れ時間を許容する余地が無いわけではないと思われる。さらに、HLD活用の副次的効果として重要なことは、前述の、羽田再拡張後に重要と思われるB・D滑走路への着陸機のシンクロの容易化、管制官のワークロードの低下などが期待できることである。

(2) フランクフルト空港 (独) におけるClosed-parallel滑走路の容量拡大方法 (HALS)

フランクフルト空港は滑走路間隔が518mと独立運用ができない2本のClosed-Parallel滑走路と離陸専用の交差滑走路を有する。ヨーロッパでも有数のハブ空港であり発着航空機数も順調に伸びている中、将来的な発着容量不足が予測され、現在4本目の滑走路 (中小型機専用) の新設計画を策定する一方で、現有ストックの有効活用策が継続的に計画、試験運用されてきた。特にClosed-parallel滑走路で大きな問題となる大型機からの後方乱気流による処理容量低下の回避策として管制システムの高度化や最終進入経路の設計・管制運用の柔軟化が検討されてきた。その中心となるHALS (High Approach Landing System) を紹介する。

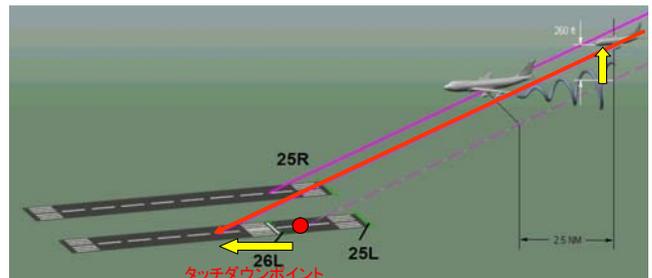


図-6 HALSのイメージ図 (出典: Stefan Mael¹⁰⁾)

HALSでは2本の平行滑走路のうち一方の滑走路進入端を内側に移設することで2本の最終進入経路に高度差をつけ、大型機からの後方乱気流を回避するというシンプルなシステムである（図-6）。滑走路端を移設した滑走路の進入経路①は、移設してない滑走路の進入経路②より高度が高くなり、かつ後方乱気流は通常下方後方に向かって広がるため、①上に中・小型機（短い滑走路でも着陸可能）、②上に大型機を着陸誘導することで、①上の航空機は②上の航空機からの後方乱気流を回避することができる。これにより、後方乱気流間隔として必要な5NMのセパレーションが必要なくなり、レーダーセパレーションの最低安全間隔2.5NM（我が国では3NM）まで短縮することができる。図-7に示す最低安全間隔を基に容量拡大効果を試算すると、理想的には15%~30%程度の容量増加が期待できる（表-2）。

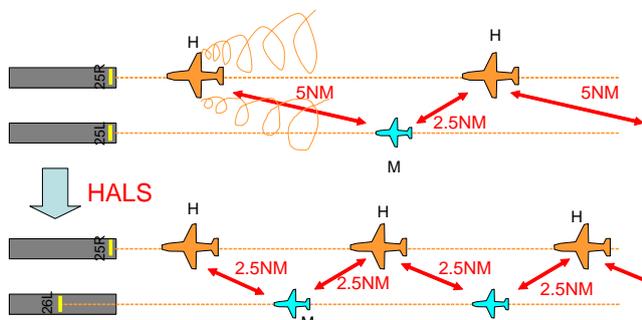


図-7 HALSによる着陸セパレーションの短縮

表-2 HALSによる容量拡大効果の試算

試算着陸容量（回/時）		Heavy : Medium =3:7	Heavy : Medium =7:3
バッファなし	HALSなし	47	40
	HALSあり	60	48
バッファ0.5NM	HALSなし	41	35
	HALSあり	50	41

*図-7のセパレーションと最終進入速度150ktを仮定

フランクフルト空港では、1999~2004年にHALSのトライアル実施（4000回以上の着陸を実施、成功）し、今後、ドイツ政府の許可が下り次第、レギュラー運用へ移行する計画としているが、現在はまだ運用はしていない。この1つの要因として想像されるのが管制官のワークロードの問題や機材サイズに応じた滑走路への振り分け作業の困難性などである。しかしながら、フランクフルト空港ではHALS/DTOP（Double Threshold Operation）というさらに柔軟な運用についても、フライトシミュレータ実験などにより実施可能性を調査中である。DTOPはHALSで滑走路進入端を移設しつつ、元々の滑走路進入端も同時に使用することで、移設側滑走路にも大型機を降ろせるようにし、機材の振り分けをする必要がなくなるメ

リットもあると思われる。

以上、フランクフルト空港を例にClosed-Parallel滑走路の容量拡大方策を紹介したが、このような取り組みは米国空港でも実施されている（サンフランシスコにおけるSOIA（Simultaneous Offset Instrument Approach））。我が国では現在Closed-Parallel滑走路を有する混雑空港は存在しないが、地方空港でも一部容量拡大の必要性が議論され始めている現在、狭隘な国土で、市街地上空への騒音に敏感な我が国では、今後平行滑走路を整備する際、滑走路間の距離を十分に取れなかったり、距離を取るとコスト高になったり、出発到着経路が限定されたりといった課題が生ずると考えられるが、その際には、Closed-Parallel滑走路における管制運用の工夫による容量増加も検討する価値があり、それらも含めた管制運用方法も十分に考慮して、滑走路の配置計画を検討すべきであると考える。

4. おわりに

本稿では、欧州の混雑空港であるヒースロー空港、フランクフルト空港における先進的な管制運用方法による容量拡大への取り組みを紹介し、羽田空港再拡張後のさらなる容量拡大に向けた課題の整理とそれら先進的取り組みの適用について述べた。HLDについては容量拡大に寄与する一方で遅延時間が増加する負の面も存在する。近年の原油高や環境問題、定時性の重要性の高まりにも当然ながら配慮しなくてはならない。容量拡大には誘導路やターミナルのデザイン、エアラインの運航（ダイヤ設定等）、地域との合意形成なども重要な課題である⁷⁾。また現在、RNAVやATM（Air Traffic Management）などの次世代管制システムが実用化されつつあり、従来型の管制システムから大きく変容しつつある。それら次世代型システムの潜在能力を十分に発揮するための方策も併せて検討が必要である。

参考文献

- 1) 蒲生猛：羽田空港の現状と未来、全地航研修会講演資料、2007。
- 2) 国土交通省：平成19年度航空局関係予算概要 III-3：航空サービス高度化推進事業、2007。
- 3) EUROCONTROL：Report on Punctuality Drivers at Major European Airports, 2005。
- 4) Paul Johnson：Application of Wake Turbulence Separation at London Heathrow, WakeNet 2 Workshop 2005。
- 5) 屋井鉄雄、平田輝満：空港管制とエアラインの行動からみた空港容量拡大方法に関する研究、第80回運輸政策コロキウム、2006。
- 6) Stefan Mauel: Frankfurt Airport Capacity Enhancement Program- The Role of Wake Vortex Reducing Measures, 2nd WakeNet 2 - Europe Workshop, 2004。
- 7) 屋井鉄雄：東アジアにおける競争優位と日本の空港政策、ていくおふ、No.114, pp.2-9, 2006。