

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

—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—

世界でも有数の混雑空域であるNY首都圏の空港では、近年その混雑の影響で航空機の遅延問題が深刻化している。その1つの原因が非効率な空域設計にあり、その改善のために世界でも例のない大規模な空域再編が約10年かけて計画され2007年末から一部実行に移されている。本報告では、まず、狭隘な空域で世界最大規模の発着回数を処理しているNY首都圏空域における航空管制の運用方法の現状を紹介し、大規模な空域再編による遅延問題、環境問題の改善方法について報告する。最後に、それらNY首都圏空域の管制運用および空域再編と我が国首都圏空域における管制運用を比較しながら、我が国の将来の管制運用効率化に対する示唆を述べる。

キーワード | ニューヨーク首都圏空域, 航空管制, 空域再編

平田輝満

HIRATA, Terumitsu

博(工)(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

1—はじめに

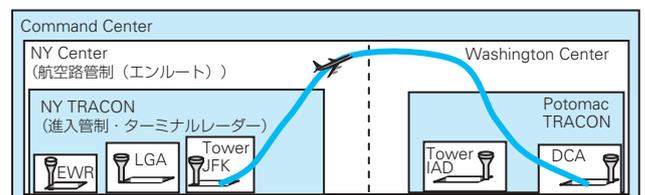
我が国では首都圏の空港容量が慢性的に不足してきた。2010年には羽田再拡張や成田の滑走路延伸により大幅に容量が拡大する予定であるが、中長期的にみればいまだ首都圏の空港容量としては世界と比較しても十分とは言いがたい。一方、欧米においてもロンドンやフランクフルト、ニューヨーク(以降NY)などの混雑空港・空域で容量拡大や遅延軽減対策が精力的に進められている。特に近年、遅延問題が深刻化しているNY首都圏空域(ニュージャージーやフィラデルフィアを含む空域)では、過去に例のない大規模な空域再編が計画され、2007年末に一部実行に移されている。この空域再編により、これまでの非効率な空域や航空路の設計を改善し、遅延や環境影響が大幅に軽減されることが期待されている。これまでNYの航空管制の運用実態や空域再編計画の詳細について我が国で報告されている例は筆者の知る限り存在しないが、その内容は今後の我が国の管制運用を検討するに当たり非常に有益な情報を含んでいる。本稿では、NY首都圏空域における航空管制の運用実態と空域再編プロジェクトについて、公開されている文書^{1),2)}および米国連邦航空局(FAA)に対するヒアリング調査^{注1)}をもとに紹介するとともに、我が国首都圏空域・空港の容量拡大に対する示唆についても考察を行う。

2—NY空域における航空管制の運用実態

2.1 米国の管制機関とNYの空域構成

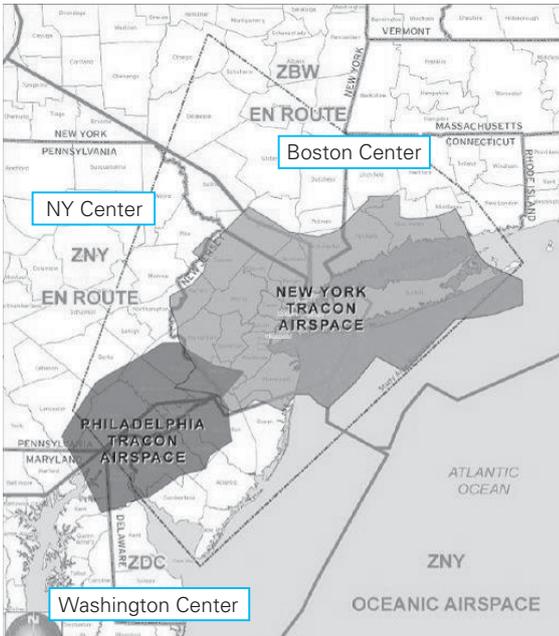
まず米国の管制機関について図—1に例示している。基本的な機能としては日本と大差はないが、一番の特徴は、日

本における進入管制・ターミナルレーダー管制業務^{注2)}にあたる部分がTRACON(Terminal Radar Approach Control)と呼ばれる機関で実施され、混雑空域では複数空港に発着する航空機をTRACONで一元的に管制を行っている点である。我が国においても関西空域ではTRACON方式で複数空港を一元管制しており、2010年1月には関東空域においても羽田と成田の空域統合がなされTRACON方式に移行しているが、米国ではNYをはじめ、非常に広域なエリアをTRACONで一元管制する方式が従来から一般的である。近年においてもワシントンのPotomac TRACONや今回のNYのように、周辺空域を統合しながらさらにTRACONエリアを拡大し効率化を図ってきている。飛行場管制^{注2)}は「タワー(Tower)またはATCT(Airport Traffic Control Tower)」、航空路管制^{注2)}は「センター(Center)」(日本ではACCとも呼ばれる)、航空交通管理(ATM: Air Traffic Management)^{注2)}は「コマンドセンター(Air Traffic Control System Command Center)」と呼ばれる機関でそれぞれ実施されている。



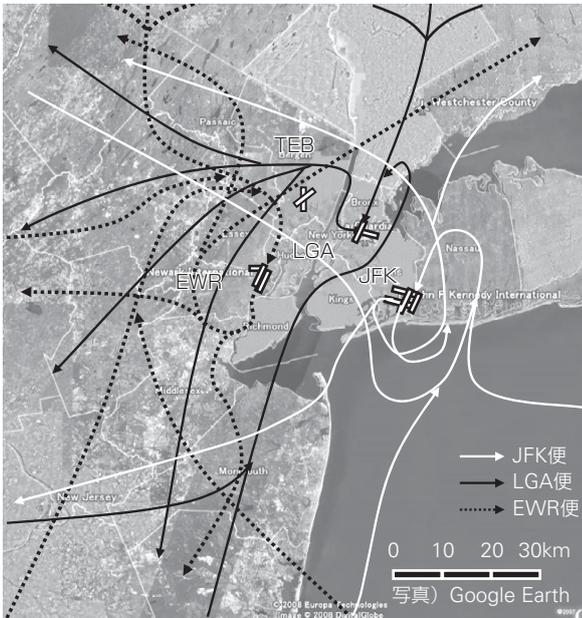
■図—1 米国管制機関の概要

図—2にNY首都圏の空域構成とNY TRACONの管制範囲を示している。NY TRACONは東西150NM、南北125NM(1NM=約1.85km)、高度17,000ft以下という非常に広域のエリアを管制している(東京から名古屋を含む程度の範囲)。周辺はBoston, NY, Washingtonの3センターおよびPhiladelphia (PHL) TRACONと隣接している。



出典：FAA：NY/NJ/PHL Metropolitan Area Airspace Redesign - Final Environmental Impact Statement (以降、FEIS)

■図-2 NY首都圏の空域構成とNY TRACON

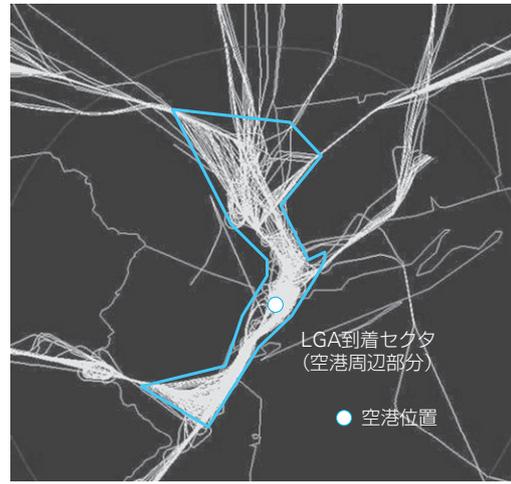


■図-3 NY3空港(JFK, LGA, EWR)への出発到着経路の例

後述のように今回の空域再編によりこれら周辺空域とNY TRACONの大規模統合を実施予定である。

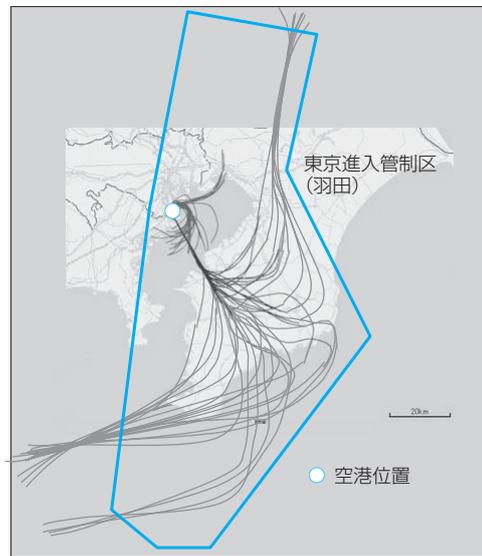
2.2 出発到着経路の設計と管制運用

本エリアでは、主要空港であるJFK, La Guardia(以後LGA), Newark(以後EWR)に加え、ジェネアビ空港ではあるものの非常に発着回数の多いTeterboro(TEB)(多いときには羽田空港並みの900回/日程度の離着陸回数を処理)が半径20kmに満たない圏内に密集して配置されており、その周辺には他のジェネアビ空港も多数存在する。羽田と成田が約60kmの距離にあることを考えるとその密集度が相当なものと思像できる。その上、それら各空港で



出典：MITRE社提供資料

■図-4 LGA到着機の航跡図と空港周辺におけるベクター可能範囲(西方はEWR, 東方はJFKの空域)



出典：飛行コース公開システム(航空局)をもとに作成

■図-5 羽田の進入管制区と到着機の航跡イメージ図(図-4と同縮尺)

羽田を上回る発着が行われている。

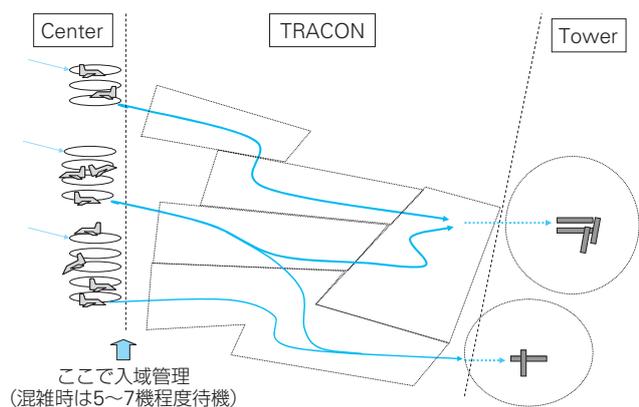
NY空域では近接する各空港へ、多くの出発到着経路が高度差を利用しながら複雑に引かれて管制がなされている(図-3)。管制運用の具体例を以下に幾つか挙げる。

- ・ JFKの北西からの到着機は、Over Topと呼ばれ、高高度(19,000ft)を維持しながら他空港の離着陸経路の上を通過後、JFKから12NM離れた地点からJFK周辺で大きく旋回しながら一気に降下する(Hammer Approach：金槌を落とすような降下)。
- ・ LGA到着機は、JFKとEWRの両空域に挟まれた狭隘な空域に向けて南北2箇所の進入FIXに集約させて(Two-Corner Post System)、空港周辺の非常に狭いセクタでレーダーベクター(レーダー画面を見ながらの誘導)し最終進入で1列に整列させる。図-4にはLGA到着機の航跡図の例と空港周辺でベクター可能な範囲を示している。空域制限などがあるため単純比較は出来

ないが、横田と成田の空域に挟まれ比較的狭いとも言われる羽田の進入管制区とその到着の航跡図(一部作成)(図一5)と比較しても、LGA到着セクタでの処理の厳しさが分かる。

- ・ EWRの北側離陸機は、その延長上にTEBが存在するため離陸直後にTEBへの南からの到着経路と平行な経路を飛行しながら東側のLGAセクタに入る前までに2500ftまで上昇し左旋回してTEB到着経路の上を1,000ftの最低垂直間隔で超える。

以上の例のような細かい管制運用ルールや飛行制限を設けることでこのような多くの離着陸経路を設定可能としている。また、図一6のTRACON内の管制運用のイメージ図に示すように、TRACON内では空域を細かく分割し、コリドー状のセクタを設定している(基本的に各セクタを飛行する航空機に対しては1人の管制官が管制指示を行う)。この設定により、近接した多数の出発到着経路を独立に運用し、一定の空域でより多くの航空機を取り扱うことを可能としている。一方、各セクタの幅が狭いため、最低限のレーダーベクターと速度調整により航空機間のスペーシング(間隔設定)を行っている。つまり、ほぼ決まった経路と高度を飛行しており、その意味では次世代型の管制運用(Tailored Arrivalなど)に近いとも言える。しかしながら、現在のNY TRACONの空域の基本設計は1960年代から大きくは変わっておらず(80年代半ばに若干変更: Expanded East Coast Plan)、非効率な運航を強いられている面が多々ある。例えば、低高度帯での長時間飛行による燃費や騒音の悪化、西行き出発経路の不足などである。この非効率性が現在の深刻な遅延問題の一因となっているため、今回の大規模な空域再編が計画された。



■図一6 TRACON内の管制運用(到着機)のイメージ図(実際は3次元でより複雑なセクタ分割)

2.3 ホールディングの運用とその他特徴

以上ではTRACON内の管制運用について紹介したが、CenterからTRACONへの移管部分についてみると、TRACON内のTraffic Management Unit(TMU)^{注3)}で各空港

の滑走路容量(気象条件等により変化)と予定到着機数を比較し、必要に応じて、TRACONへの入域直前でホールディング(空中で旋回しながらの待機、以下HLD)をさせて交通量を制御しており、混雑時は多い時で各入域点(多数存在)に5~7機程度HLDするそうである(1000ftごとに鉛直に積む)。なお、HLDの管理は現在航空路管制を実施しているCenterで行っている。しかしながら、TRACONで管理した方が、HLDからの誘導が効率化されるため、HLDのTRACON内移設も検討されている^{注4)}。

また、その他の特徴としては、以下の通りである。

- ・ 騒音影響を考慮しつつも、市街地上空ルートも積極的に使用、
- ・ 気象条件変化に伴う滑走路運用の変更はTRACONがイニシアティブをとって決定(複数空港の出発到着経路が互いに従属関係にあるため、滑走路運用の変更は全空港同時に実施)、
- ・ 到着機は、基本的にはFirst Come First Servedであるが(空域が狭いため)、出発機は、機材や方面を考慮し容量を最大化する順序付けを実施、
- ・ 好天候時はVisual Approach(視認進入)を積極活用し、管制間隔の短縮、管制官のワークロード軽減を図っている(後述)。

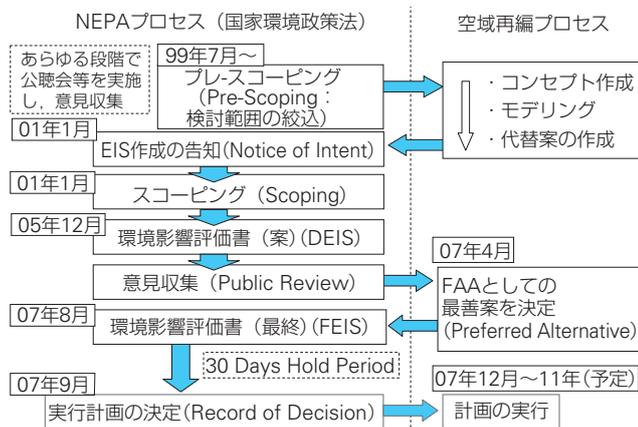
3—NY首都圏空域再編プロジェクト

3.1 空域再編の目的と検討の流れ

空域再編プロジェクト(正式名称はNew York/New Jersey/Philadelphia Metropolitan Area Airspace Redesign)は、遅延問題の深刻化と空域設計の複雑性・非効率性を背景に、今からおよそ10年前から開始された。この空域再編の実行により、航空管制システムの効率性・信頼性の向上、遅延の軽減、次世代管制システム導入の促進などが達成されることが期待されている。

図一7に空域再編における検討の流れを示している。本プロジェクトは米国国家環境政策法(NEPA: National Environmental Policy Act)のプロセスに則り実施されてきた。図一7に示すあらゆる段階で市民に対して様々な情報提供や意見収集を行う機会が提供され、トータル120回以上におよぶPublic Meeting/Workshop等が非常に広域を対象に開催された。収集された意見等は一般に公開され、空域再編計画の代替案作成にも反映がなされている。

NEPAプロセスにおいては、事業の目的に照らして複数の代替案を設定し、No Action Alternative(何の対策もしない場合)とも比較しながら、それぞれの効果、影響について分析をする必要がある。詳細検討案を絞り込む前に



■図-7 空域再編プロジェクトにおける検討の流れ

空域再編案以外の代替案(サテライト空港の活用や、スロット規制・混雑税の導入などによる混雑マネジメントプログラム等)が検討され、空域再編案以外は目的が達成できないと判断し、その後空域再編案について①既存の出発到着ルート of 修正、②海上ルート(騒音回避型)、③既存ルートを前提としない最も効率的な再編、の3つについて詳細検討された。詳細検討においては、No Action Alternativeとも比較しながら、複数の指標(空域の複雑性、管制通信量の軽減、遅延の軽減、飛行経路設定の柔軟性など)について定量評価した結果、最終決定案としては、「Integrated Airspace Alternative with Integrated Control Complex (ICC)」(統合型複合管制機関による空域統合案)となった。

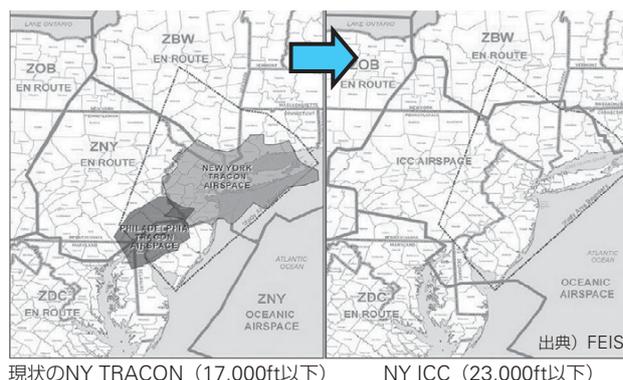
3.2 Integrated Airspace Alternative with Integrated Control Complex (ICC) の概要と主なねらい

約10年間の検討を経て、FAAとしての最善の案として最終決定されたICCによる空域統合案は、既存の設定空域、飛行ルートを全く前提とせず、過去に例のない大規模な空域・航空路の再編による混雑問題の改善策である。この空域統合案の概要と主なねらいを以下に述べる。

① TRACON エリアを拡大し、Center と統合

図-8に現状のNY TRACONと空域再編後のNY TRACON (NY ICC)のエリアを示している。現状でも非常に広域なエリアであるが、周辺のセンターおよびPHL TRACONを統合することでさらに拡大させ、高度も23,000ftまでをNY ICCで管制することになっている。東京から大阪をカバーするような広域をターミナルレーダー管制業務として管制するのである。これにより、ターミナル管制間隔(3NM)を広域で適用できる。正確には、比較的精度の高い空港監視レーダー(ASR)を現在NY TRACONで使用している5機からさらに増やし(ASR自体はNY周辺に数多く既設されているものを活用)、その覆域を拡大することで3NM間隔の適用範囲を拡大する^{注5)}。航空路管制用の航空路監視

レーダー(ARSR)では最低間隔が5NMで、かつレーダーの更新時間もターミナルレーダーの4秒と比べて10秒と遅いため、きめ細かな管制処理には不利である。ここで、最低間隔が3NMに短縮されても、航空路上の巡航速度やセクタ間で設定される移管間隔、また滑走路の容量などを考えると、そこまで間隔を短縮するニーズは少ないと思われるかもしれないが、管制間隔は航空機の前だけでなく横方向の間隔も短縮されることから限られた空域での誘導のしやすさは向上する。さらに言えば、一般的に、運用上は最低間隔を切らないようにある程度のバッファをもつて間隔設定を行うことから、最低間隔が3NMになることで5NMや4NMといった間隔設定も容易となる。つまり、同じ5NMを設定するにしても最低間隔が5NMと3NMではバッファの量が異なり、管制官に与える心理的負担は大きく異なると考えられる。また、最低間隔の短縮以外でも、現在よりも空港から離れた地点からTRACONで到着順序付け(シーケンシング)が可能となり、無駄な誘導の回避、また、それによる通信量の軽減や早い段階からの余裕をもった誘導計画が可能となることによる管制官のワークロードの軽減が可能となる。高高度を長時間維持することも可能となることから燃料効率や騒音影響が改善される。その他にも、ターミナル空域化することのメリットとしては、ターミナルツール(上記の3NM間隔および、Divergent Heading(2機の航空機が15度以上の角度差を持って擦過した後などのレーダー間隔の特例)やVisual Separation(目視間隔))の利用が可能となり、管制誘導の効率化が可能となる。



■図-8 ICCによるTRACONエリアの拡大

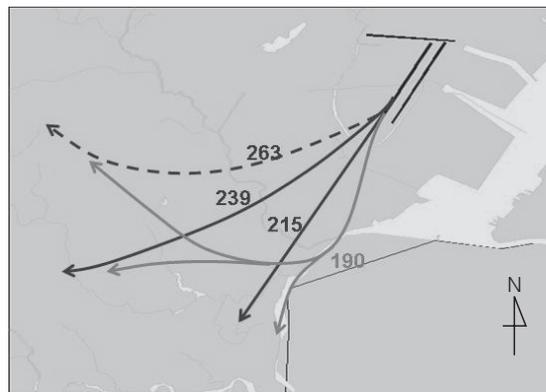
② 出発便処理の効率化

NYの地理的位置関係から西行きの出発機が比較的多いため、現在は特に西行きの出発経路が不足している。また特にJFKからの西行き出発便はEWR等からの出発経路の合間を縫う構造になっていたり、それらと重複していたりするため管制が複雑で、かつ長時間低高度を維持させられていたりしている。NY ICCでは現在の出発到着

経路を大幅にデザインし直し、西行きの出発経路を増加させ、またDeparture Fix(各航空路に接続するゲート)を鉛直方向にも複層化(Stacked Departure)することで大幅な出発容量拡大を図っている(例えば、JFKとEWRからの西行き出発機を考えた場合、東寄りにあるJFK出発便の方がEWR出発便より同じ地点では高度が当然高いため、その地点でのDeparture Fixを複層化可能となる)。これらにより、出発容量を増加させるだけでなく、離陸後に高高度まで無制限の連続上昇をさせることが可能となり、燃料効率、騒音、管制ワークロードの軽減も図られる。

③Fanned Departure(出発方位分岐)による離陸容量増加
 管制方式基準上、単一滑走路もしくは近接した平行滑走路からの連続する離陸機間の出発初期間隔は、出発直後の離陸経路が15度以上分岐している場合、1NMまで短縮が可能としている(通常はレーダー間隔の最小間隔である3NM)^{注6)}。この方式を利用して出発容量を拡大している。図一9はEWRの例であるが、これまでは南方離陸機の離陸経路は190の方向(真南が180、真北が360)の単一経路であった。それを215・239・263というそれぞれが15度以上分岐する3種類の出発方位を設定した(それぞれの方角は騒音影響が最小化するように設定)。Fanned Departureは技術的な問題というよりも、空域制限や騒音問題が大きく影響する。EWRの例でも、新たに設定した3方位は市街地上空(Elizabeth市)であり、これまではそこを避けるように飛行させていたのである。当然ながら住民から騒音悪化に反対する意見が提出されたが、騒音軽減策(新たな飛行ルートは混雑した時に限定して使用し、夜間やオフピークには非住宅地域や河川上空を通る従来のルートを使用したり、高速道路に沿う出発経路を設定したりすることによる騒音軽減)を講じることで、本方式による出発を実行に移している。ここで、先行出発機が大型機(Heavy機)の場合は後続機との間隔に対して後方乱気流間隔が適用されるため、Fanned Departureによる出発初期間隔の短縮はできない。そのため、Heavy機の多い羽田空港などではその効果は限定される(後述)。

以上が、ICCによるNY空域再編の主なねらいである。その他にも、出発・到着ルートや空域・セクタの再設計により、現在の管制運用における複雑性の軽減や効率化を図っている。また、FAAは今回の計画で、騒音影響についても評価しているが、騒音影響の軽減自体は空域再編の目的にはしていない。当然ながら計画の中で騒音軽減策については極力検討しているが、今回対象となっている2,900万人が住む広域エリアの空域再編を行う上では、騒音問題の改善は実際困難であるとしている(空港周辺や人口密度の高い地域では、あるエリアの騒音改善は他のエリアでの騒音悪化を意味するし、異なる騒音レベルに対する



出典：FAA

■図一9 Fanned Departureによる出発容量の増加(EWRの例)

暴露人口の分布を広域で比較する場合、何をもって騒音軽減と判断するかも困難である、との意見)。その他詳細については、Final Environmental Impact Statement¹⁾やRecord of Decision²⁾を参照されたい。

3.3 Record of Decision後の訴訟

2007年9月にRecord of Decisionが出され、同年12月から一部の空域再編計画が実行に移されている。しかしながら一方で、前述の通りFAAは120回以上にも及ぶPublic Meetingを開催してきたのにも関わらず、Record of Decision後に数多くの訴訟が起きている。空域再編により、騒音値が上昇する地域からの訴訟が多く、原告団は、FAAの再編プロジェクト調査に関する手続きについて、NEPAプロセス等に従っていない等の理由で訴訟を起こしている。原告団の例としては、前述のEWR南方のCity of Elizabethや、EWR北方のRockland County、PHL南西のDelaware County、NY北東のEastern Connecticut regionなどである。FAAの担当者にヒアリングをした際には、法で定められたNEPAプロセスに適切に準拠して計画してきたので問題はないと考えているが、1年程度は法廷で争うことになり、その判決次第では再編計画に修正が必要であるとのことであったが、2009年6月10日、連邦控訴裁判所(Federal Appeals Court)の判決により、FAAの環境影響評価については手続き上も問題なく、分析や評価の結果も妥当であると判断され、全ての原告からの訴えを退け、その後2009年8月19日に再審理請求も棄却した。これにより、法的障壁もなくなり、2012年を目標に完全な空域統合を目指し段階的に再編を実施中である(再編作業は4段階に分けて実施中)。

4——我が国首都圏空域・空港への示唆

4.1 羽田とNY3空港の比較とVisual Approach

以上でNY首都圏空域における管制運用と空域再編計

画について紹介してきたが、本章では我が国首都圏空域における管制運用の実態および将来計画と比較しながら我が国への示唆について考察を行う。表一1に日米比較として、羽田とNY3空港の空港発着データと管制運用の比較を示している。従来から言われているように、羽田では中大型機による大量輸送が行われ、NYでは、国際線が多く発着するJFKにおいても小型多頻度運航がなされていることが分かる。

米国では空港の離着陸容量を明示的に示していないため単純には比較ができないが(表中にはFAAレポート³⁾から参考値として掲載)、ここで強調したいことは好天時と悪天時で離着陸容量が異なることである。これは米国では好天時はVisual Approach(視認進入)を積極的に実施していることが1つの理由である。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、Visual Approach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。管制官が管制間隔を設定する際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、Visual Approach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。また河川等に沿うような柔軟な着陸ルートも設定可能であることから騒音軽減も可能である。ここで、我が国の着陸容量をみると、他国に比して長い滑走路占有時間(現在は滑走路占有時間で容量が算定されている)や、大型機が多いことから後方乱気流間隔もボトルネックとなり、Visual Approachによる容量拡大効果が米国ほどすぐには実現しない可能性もある。しかし

ながら、これまでの滑走路占有時間の短縮、今後の機材の小型化傾向、羽田再拡張後の複数滑走路間の管制間隔設定、また陸域通過高度の引き上げの飛行中の間隔設定への影響なども考慮し、Visual Approachの活用による容量拡大の可能性についても検討する価値はあると考えられる。一方で、好天時の容量に合わせて発着容量を設定するという事は、悪天時に容量が低下した時には遅延が発生することを意味する。米国ではそもそも幾つかの例外空港を除き発着回数規制は基本的に行われておらず、エアラインは自由に便数設定ができる。従ってピーク時には処理容量以上の便数となることも多く、管制官としては気象条件をみながらその時々で最大限の処理を行うだけであり、気象条件によって処理容量が変わることは特段の問題はない。しかし、どのような気象条件でも安定的に処理可能なスロット数を設定している我が国において、仮にVisual Approach等の実施により好天時の容量が増加し、その容量に合わせて発着回数(スロット数)を決める場合には、悪天時には遅延が生ずることを社会的に許容する必要がある。そもそも、現状では、容量を決定する際には、気象条件の影響も含め、遅れ時間について必ずしも明示的に議論をしていない。スロット数を増加させれば当然ながら遅れ時間が増加するというトレードオフ関係があるが、欧米空港では通常、想定される遅れ時間をもとに容量を決定している。例えば、若干古いデータ(2002年)ではあるが、空港で想定している平均遅れ時間は、JFLが12分、EWRが14分、LGAが22分となっている⁴⁾。実際の平均遅れ時間(到着遅れ)は2002年ではJFK、EWR、LGAそれぞれ11.0分、10.5分、10.5分で、2009年では16.6分、25.3分、18.2分となっている(米国 Bureau of Transportation Statistics⁵⁾で公開している Airline On-Time Performance Dataの“ArrDelayMinutes”(早着は遅延ゼロとして計算)から集計)。一方、羽田の遅延実績については2008年10月からの半年間のデータで平均到着遅延

■表一1 羽田とニューヨークの空港発着データと管制運用の比較

	羽田	ニューヨーク		
		JFK	LGA	EWR
発着回数(2007)*	約31万回(滑走路3本)	約44万回(4本)	約39万回(2本)	約44万回(3本)
旅客数(2007)*	約6,500万人	約4,700万人	約2,500万人	約3,600万人
離着陸容量(回/時) (NYは参考値**)	63回 (31回着陸・32回離陸:2007年9月時点)	87回(好天時)~ 67回(悪天時)	85回(好天時)~ 74回(悪天時)	92回(好天時)~ 66回(悪天時)
機材構成(Heavy・Medium率)***	H:約70%, M:約30%	H:約35%, M:約64%	H:約2%, M:約98%	H:約14%, M:約85%
Visual Approach	基本的に使用しない	好天時は積極活用		
空域制限等	内陸上空ルートの制限 横田空域等による制約	内陸上空ルートも飛行可能 海上に軍用空域あり		
進入管制	関東空域再編により羽田と成田の空域統合、 中間空域の創設(東京ACC)	TRACONIによる複数空港の一括管理 ⇒空域再編によりTRACONエリアの拡大 (Integrated Airspace with ICC)		

* NYについては、「The Port Authority of NY&NJ Annual Report 2007」を参照

** 「FAA Airport Capacity Benchmark Report (2004)³⁾」のOptimum RateとIFR Rateそれぞれの最大値を好天時、悪天時の数値としている

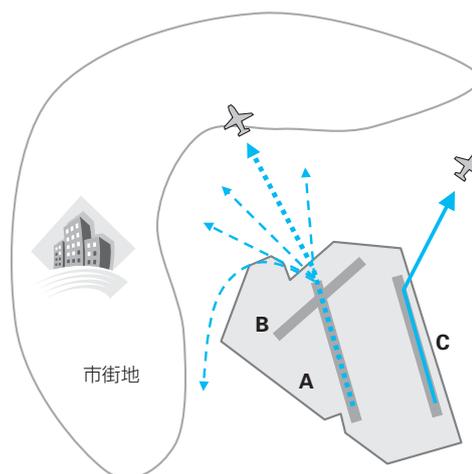
*** 2008年現在の典型的比率(FAAヒアリングより)

時間(早着は遅延ゼロとして計算)が4.4分という報告がある⁶⁾。前述の通り、NYの遅延は深刻な社会問題となっており、定時性の極めて高い羽田と比較すると実績の遅延時間には大きな差がある。当然ながら羽田でNYほどの遅延を許容してまで容量を増やすことはあり得ない。我が国では高速鉄道との競争から高い定時性が求められるものの、一方で首都圏空港に対する容量拡大ニーズは依然高く、スロット数拡大と遅延増加のトレードオフを比較検討しながら、社会・経済的に望ましいスロット数についての議論は重要であると思われる。そのためには、我が国においても遅れ時間を考慮した容量設定方法について検討する必要がある⁷⁾、その前提として、まず遅れ時間の詳細の実態把握と遅れの発生メカニズムの解明が重要な課題となり、それらをもとに、容量の設定方法、さらには発着ダイヤの設定や、遅れ時間の回復のためのバッファの適切な設定方法(いわゆるファイアブレイク枠)などの検討をする必要がある。Visual Approachによる処理容量拡大については、仮にスロット拡大に繋がらなくとも、ピーク時などの遅延拡大時の遅延解消(交通流制御で想定する予測処理容量への反映も含めて)にも大きく貢献すると考えられる。また、Visual Approachの実施による容量拡大に対しては、運航側においてもパイロットの操縦技術や間隔設定意識の向上も必要である。

4.2 Fanned Departureの活用と騒音対策

NY空域再編後にEWRやPHLで一部実行に移されているFanned Departureについてであるが、大型機比率の高い羽田空港では後方乱気流間隔が発発初期間隔のネックとなるため、単一の滑走路(または、羽田には存在しないが、近接する平行滑走路)においてはその容量拡大効果は限定される。しかしながら、羽田や成田のオープンパラレルの滑走路の場合や、小型機が比較的多い地方空港ではFanned Departureの効果が十分期待できる。図一10に示す羽田の北風運用を考えた場合は、A・C滑走路から15度以上分岐させた経路を設定することでそれぞれ独立運用が可能となるが、A滑走路からの北側離陸が市街地上空を飛行することになり、騒音や空域の問題を克服する必要がある。この際、分散ルートでの分散、つまりA滑走路からの経路を複数設定し、さらにNYでも検討しているような非住宅地域(工業地域、河川、高速道路上空など)に沿う経路設定などを実施することで、騒音軽減が可能となる。また後方乱気流が小さく、低騒音機材でもある中小型機(Medium機以下)をA滑走路から集中的に離陸させることで、出発初期間隔の短縮も可能となり、騒音影響もさらに軽減できる。また、騒音影響軽減の面からは、恒常的な容量増加の目的ではなく、遅延解消対策と

して限定的にFanned Departureやその他市街地上空ルートの活用を認めることも検討に値する。つまり、遅延がある一定時間を越えたときのみ運用を許可するのである(NY EWRのFanned DepartureやLondon HeathrowのMixed-Mode(離着陸共用)などの例)。羽田空港再拡張後は滑走路運用が複雑となり、交通量も大幅に増加するため、現状以上に遅延が問題となる可能性があり、その軽減方策についても幅広く検討する必要性が高くなると思われる。

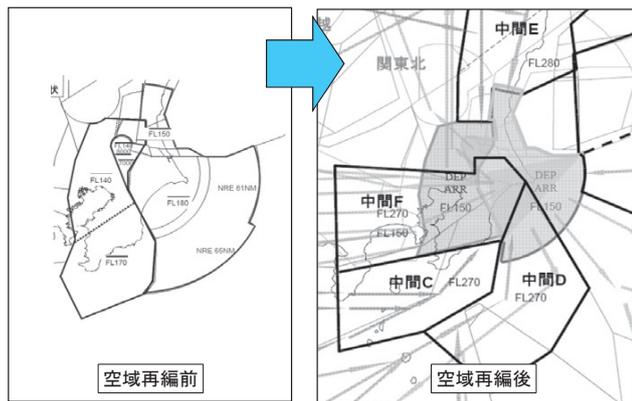


■図一10 羽田空港北風時を想定したFanned Departureの例

4.3 TRACON(進入管制区)のエリア拡大の関東空域への示唆

TRACON(進入管制区)のエリアについてであるが、NYではTRACONのエリアを大幅拡大し効率化を図っていることを紹介した。一方、我が国の首都圏においても2010年から関東空域の再編が開始されている。この再編により、羽田・成田の進入管制区を統合し一元管理している。そして、その統合空域全体としてはエリアを縮小し、中間空域と呼ばれる空域が新たに創設される(図一11)。到着用の中間空域は、航空路管制を行う東京管制部が管制し、到着順序付け(シークエンシング)を実施する予定である。羽田再拡張後の出発到着経路が現在より複雑化するため、進入管制区に入域する前に到着順序付けを完了させ、進入管制区内ではなるべくレーダーベクターを実施しないことがこの計画のコンセプトの1つである。これら空域再編は再拡張後の容量である40.7万回/年の発着回数を安全かつ円滑に処理することを前提に計画されている。今後、さらなる容量拡大や管制運用の高度化について検討するにあたって、NYの空域再編を参考に、空域設計の視点では以下の視点からの検討も必要と考えられる。それは、①中間空域において、現状の航空路管制システム(5NM最低間隔が適用)でより効率的な順序付けや精度の高い間隔設定が可能かどうか、②現在より狭い進入管制区で、最終進入でのより精度の高い間隔設定が可

能かどうか、③ターミナル管制エリアの状況変化やインシデント(自然災害, 事故など)発生時への対応(緊急的な誘導や空中待機など)や異なる機関間のコーディネーションが迅速に実施可能かどうか, といった点である。中間空域の設定は, 見方によってはNY TRACONのコリドー状のセクタ設計に近いとも言える。その意味では, 中間空域を実施する航空路管制システムの高度化や, その管理を進入管制区(TRACON)で実施することにより, さらに効率化が可能と考えられる(レーダーサイト(ASR)を増やし中間空域をターミナルレーダーで実施するなど)。羽田再拡張後は滑走路が井桁状となり離着陸機の交錯が大幅に増加するため, 到着機の間隔設定については離陸機の状態を把握しながら臨機応変に精度高く実施することが離着陸機処理の効率化に繋がる。そのためには空港面の状況を把握しているターミナル管制機関によって, より空港から遠方の早い段階から到着機の順序付けと間隔設定ができる状況が望ましい可能性もある。NY空域におけるターミナルレーダー管制エリアの拡大と同一機関による管理は一つの参考となると考えられる。



出典：航空局⁹⁾

■図—11 関東空域再編の概略図

また, 羽田空港再拡張後は羽田空港にも国際便が多数就航することになるが, そのことが関東ターミナル空域の管制運用に与える影響の1つとして, 到着便数の偏りや集中, 遅延の増加の可能性が考えられる。これまで一部の例外を除き国内線専用であった羽田空港に一定程度の国際便が就航すると, 就航路線長や便数にも因るが, 国際便の性格上, 到着遅延(もしくは早着)が生じやすい。さらに, 国際便はATMセンターによる交通流制御(出発時刻制御など)が国内線と比して困難であることも影響し, 到着便数の偏りによる混雑の発生頻度や混雑の度合い, 遅延が増加する可能性がある。その結果, 出発制御で制御しきれない到着便を, ターミナル空域におけるHLDで待機させる頻度が増す可能性がある(NYの例でも, コマンドセンターで制御しきれないターミナルへの入域機をTRA-

CONのTMUにて制御を実施)。この際, NYの例でも紹介したように, 一度HLDに入れると, 離脱指示のタイミングの問題で間隔設定にロスがしやすい(航空路管制で管理していると特に)。羽田の滑走路運用方法や出発到着経路の設定, またATMセンターによる交通流制御のパフォーマンスにも大きく影響を受けると考えられるが, NYの空域再編の紹介で述べたように, HLD機の処理の効率化のためにターミナル空域外縁部のHLDのTRACON管理と柔軟な離脱処理方法も参考にしながら, 関東空域においてもHLDや到着経路等の戦略的設計による到着便混雑への対応方法の検討も重要性が増すと考えられる。

5—おわりに

本稿では, 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プロジェクトの紹介及び考察を行い, 我が国の空域・空港容量拡大に対する示唆を幾つか示した。NYの計画やシステムがすぐに我が国に適用可能か, また有効かどうかは, 様々な制約や文化の相違などが存在するため簡単には判断できないが, 我が国にとっても参考となる視点が数多く含まれていると思われる。また, 計画の進め方についても, 空域再編というハードの整備(滑走路等の整備)の伴わないプロジェクトではあるものの, 計画の目標に対して, あらゆる代替案の効果と環境影響を評価・提示し, 適宜市民への情報提供と意見収集をしながら, 最終案決定まで進めており, そのような計画者の姿勢や米国における計画体系も改めて参考となる。

謝辞:本調査や考察にあたっては, 運輸政策研究所 森地茂所長および東京工業大学 屋井鉄雄教授から貴重な意見を頂いた。また, 本報告の内容は科学研究費補助金若手研究(B)20760352の成果の一部をまとめたものである。ここに記して感謝の意を表する。

注

注1)NY首都圏空域のターミナルレーダー管制業務を実施しているNY TRACON (Terminal Radar Approach Control)の管制官へ2008年3月に, 空域再編の計画をしている米国連邦航空局 (FAA) Air Traffic OrganizationのAirspace Redesign チーム ManagerのSteve Kelley氏他へ2008年3月および2009年3月にヒアリング調査を実施。

注2)主な管制業務の内容は以下の通り。

- ①飛行場管制:管制塔から基本的に目視により航空機の位置確認をし, 離陸や着陸の許可をしたり, 地上誘導路の走行経路の指示をしたりする管制業務。
- ②進入管制・ターミナルレーダー管制:離陸してから巡航高度まで上昇する出発機を誘導したり, 逆に巡航高度から最終進入まで降下する到着機を誘導したりする管制業務。
- ③航空路管制:比較的高高度(巡航高度)における飛行方位や高度, 速度調整の指示を行う管制業務。
- ④航空交通管理(ATM):日本全体や日本周辺の洋上空域の航空機全ての交

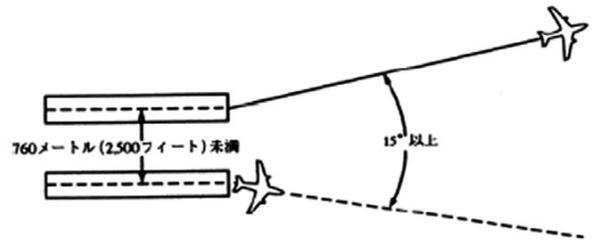
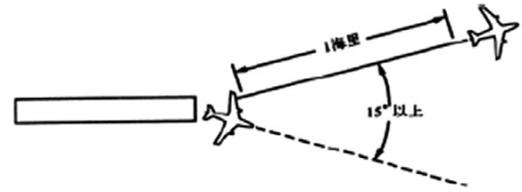
通流を管理する業務で、直接航空機に管制指示は行わないが(洋上管制は除く)、各空域の交通量の将来予測から適正な交通量の維持等を行う交通流管理(出発空港での地上待機など)や空域管理を実施する業務。

注3) 数時間先までのTRACON内の交通量予測などをもとに、安全で効率的に処理可能な範囲の交通量を維持する機能。Command Center(日本のATMセンター)のローカル版で、よりローカルで、より短時間の予測と交通流制御を実施。

注4) 現状では、ホールディング(HLD)で旋回している航空機については、TRACON内部の交通流の状況を見ながらTRACON管制官がCenter管制官に連絡してHLDから離脱させるように連絡する。当然ながら、TRACON内の状況をよく分かっているのはTRACON管制官であるが、彼らが想定した離脱して欲しいタイミングで必ずしもCenter管制官がHLDから航空機を離脱させることができるとは限らない。これは、HLDで1周旋回するのに数分かかるが、離脱指示をしたときに円周上のどの地点を飛行しているかによって実際に離脱するタイミングが大きく変わることや、TRACON管制官とCenter管制官の間の連絡に要する時間などが影響するためである。HLDをCenterで管理している場合はHLDの一番下層の航空機から順番に離脱させることしかできないが、TRACONで管理した場合は任意の層から離脱させることが可能となり、各層の航空機の飛行方位(ヘディング)を見ながらタイミングの良い航空機から離脱させることができ、さらにCenter管制官との連絡の必要もなくなる。また、複数の層のHLD機をそれぞれ15度以上分岐した飛行方位で離脱させることで、複数層から同時に離脱と降下指示が可能ともなる(航空路管制では不可)。これらの理由から、HLDをTRACON管理として到着機間の間隔設定のロスを最小化したいとのことであった。

注5) 複数のレーダーからのデータを多重処理した後のデータ(mosaic)により航空機間の管制間隔を設定する際、そのことに起因する誤差を考慮して3NMの最低間隔を適用できない場合もあるが、NY TRACONの各セクタでは管制官はmosaicを使用せず単一のASRセンサーを使用して管制間隔を設定しているため3NMを適用できるとのことであった。また、次世代の監視システムであるADS-B(Automatic Dependent Surveillance - Broadcast)などが既存レーダーを代替し、かつその監視精度が3NM間隔(もしくはそれ以下)を適用できるだけ高くなった際には、この種の複数レーダーの活用の必要もなくなる可能性がある。

注6) 管制方式基準で、下図の通り、離陸経路が15度以上分岐している連続離陸の場合は出発初期間隔が短縮できている。



出典：管制方式基準

■補図 出発経路の分岐と出発初期間隔の短縮

- Final Environmental Impact Statement (FEIS)".
- 2) U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration [2007], "New York/New Jersey/Philadelphia Metropolitan Area Airspace Redesign - Record of Decision".
- 3) U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration [2004], "Airport Capacity Benchmark Report 2004".
- 4) Airports Council International, Air Transport Action Group and International Air Transport Association [2003], "Airport Capacity/Demand Profiles 2003 Edition".
- 5) U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics website, (online), <http://www.bts.gov/>, 2010/6/24.
- 6) 坂下文規・森地茂・日比野直彦 [2009], "羽田空港における航空遅延および出発時地上走行時間に関する研究", 第40回土木計画学研究発表会・講演集(CDROM).
- 7) 屋井鉄雄・平田輝満・山田直樹 [2008], "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.
- 8) 国土交通省航空局 [2008], "関東空域再編について", 『第8回CNS/ATMシンポジウム』.

(原稿受付日 2010年4月16日)

参考文献

- 1) U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration [2007], "New York/New Jersey/Philadelphia Metropolitan Area Airspace Redesign

Current Status of Air Traffic Control and Airspace Redesign in New York Metropolitan Area

By Terumitsu HIRATA

This paper reports the current status of the air traffic control procedures and the airspace redesign project in New York (NY) metropolitan area. In this area, the air travel passengers regularly have severe delay of flights due to the heavy air traffic volume. Therefore they are planning several countermeasures for improving such a situation. The airspace redesign is one of the biggest countermeasures. Currently, NY air traffics are controlled by using the three-dimensional airspace so densely. But the current airspace is still based on the design in 1960s and includes some inefficient systems. The airspace redesign in this time is expected to improve the efficiency of air traffic control procedures. The concepts in this airspace redesign and also in current system are very informative for the air traffic control system in Japan.

Key Words : **New York Metropolitan Airspace, Air Traffic Control, Airspace Redesign**