

# 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—

平田輝満  
HIRATA, Terumitsu

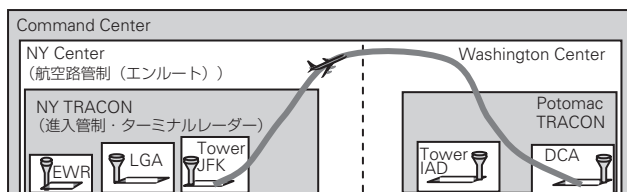
(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

## 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の滑走路延伸が実施予定であるが、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いえない。一方、欧米においてもヒースローやフランクフルト、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。本報告では、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<sup>1,2)</sup>およびFAAに対するヒアリング調査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簡単に考察を行う。なお、本報告は2008年5月に行った報告に対する質問や意見を受けた追加考察であるため、管制運用の実態や空域再編の詳細内容については先回の報告<sup>3)</sup>も参照されたい。

## 2—ニューヨーク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の概要

図一は米国の管制機関についての例示である。基本的な機能としては日本と大差ないが、日本における進入管制・ターミナルレーダー管制業務(離陸直後から巡航高度までの出発機、および巡航高度から降下する到着機を最終進入まで誘導)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

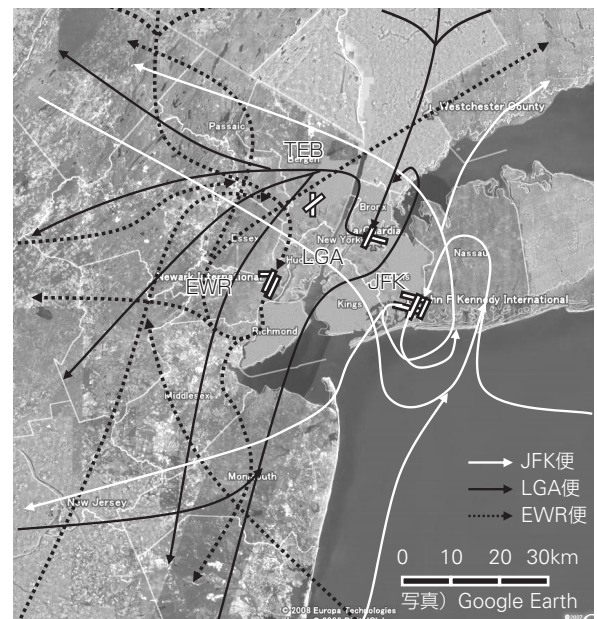


■図一 米国管制機関の概要

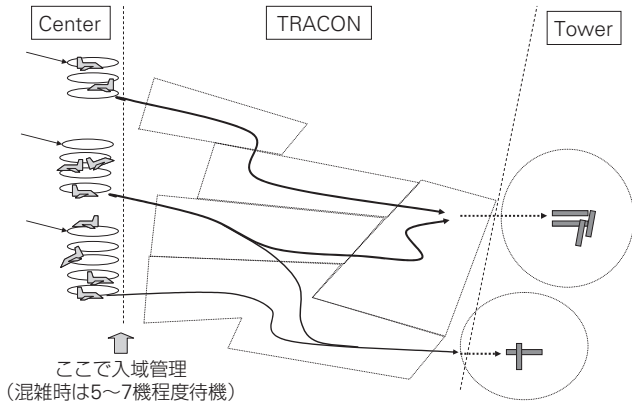
に発着する航空機をTRACONで一元的に管制を行っている。我が国においても関西空域ではTRACON方式で複数空港を一元管制しており、数年後には羽田と成田の空域統合がなされTRACON方式に移行する予定であるが、米国ではNYをはじめ、非常に広域なエリアをTRACONで一元管制する方式が従来から一般的である。飛行場管制は「TowerまたはATCT(Airport Traffic Control Tower)」、航空路管制は「Center」(日本ではACC)、航空交通管理(ATM)は「Command Center」と呼ばれる機関でそれぞれ実施されている。

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(図一4参照)。本エリアでは、主要空港であるJFK, ラガーディア(LGA), ニューアーク(EWR)に加え、ジェネアピ空港ではあるものの非常に発着回数の多いテタボロ(TEB)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ピ空港も多数存在する。

NY空域では近接する各空港へ、多くの離着陸経路が高度差を利用しながら複雑に引かれ、細かい管制運用ルールや飛行制限を設けることで多くの離着陸経路を設定可能としている(図一2)。また、図一3のTRACON内の管制運用のイメージ図に



■図二 NY3 空港 (JFK, LGA, EWR) への出発到着経路の例

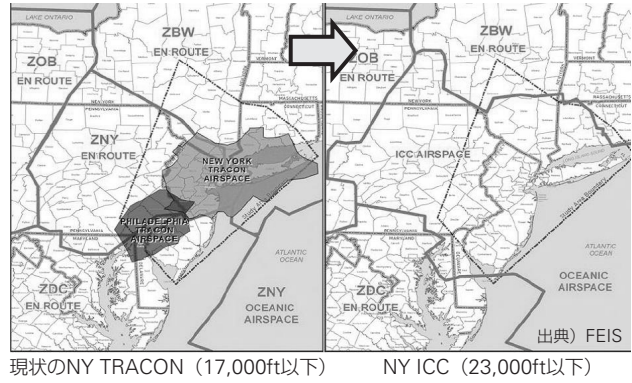


■図—3 TRACON内の管制運用(到着機)のイメージ図(実際は3次元でより複雑なセクタ分割)

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(1セクタを1人の管制官が担当)。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、限られた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。

CenterからTRACONへの移管についてみると、TRACON内のTraffic Management Unit(TMU)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(空中待機、以下HLD)をさせており、混雑時は多い時で各入域点に5~7機程度HLDするそうである。なお、HLDの管理は現在Centerで行っているが、当然ながら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。少なくとも、HLDスタックの下3層程度をTRACON管理下とし、航空機のヘディングをみながら、任意の層からのHLD離脱を可能とし、さらに、複数の層のHLD機をそれぞれ15度以上分岐して離脱させることで、複数層から同時に離脱と降下指示が可能とすることで(エンルートでは不可)、間隔設定のロスを最小化したいとのことであった。また、その他の特徴としては、好天候時はVisual Separation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)。

以上のように、NY空域では限られた空域で多くの離着陸機を処理しているが、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、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。空域再編プロジェクトは、このような遅延問題の深刻化と空域設



■図—4 ICCによるTRACONエリアの拡大

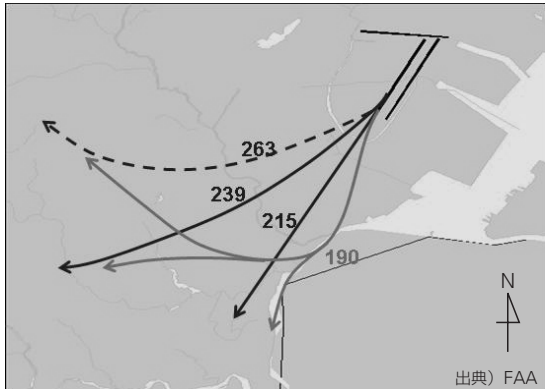
計の複雑性・非効率性を背景に、およそ10年前から米国国家環境政策法(NEPA: National Environmental Policy Act)のプロセスに則り検討されてきた。本再編の実行により、航空管制システムの効率性・信頼性の向上、遅延の軽減、次世代管制システム導入の促進などが達成されることが期待されている。複数の代替案を比較しながら(何もしない案も含め)、最終決定案としては、「Integrated Airspace Alternative with Integrated Control Complex(ICC)」(統合型複合管制機関による空域統合案)となった。この空域統合案の概要と主なねらいを以下に述べる。

(a) TRACONエリアを拡大し、Centerと統合

図—4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Center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。これにより、ターミナル管制間隔(3NM)を広域で適用でき(正確には、複数の精度の高いレーダー(ASR)により、その覆域を拡大することで3NM間隔の適用範囲を拡大)、より効率的な管制が可能となる(エンルートでは5NM、かつレーダーの更新時間が遅い)。また、現在よりも空港から離れた地点からTRACONでシークエンシングが可能となり、無駄な誘導の回避や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大幅に改善される。

(b) Fanned 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(通常は最低レーダー間隔の3NM)。この方式を利用して出発容量を拡大している。図—5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)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



■図—5 Fanned Departureによる出発容量の増加 (EWRの例)

ぞれの方位は騒音影響を考慮)。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(夜間やオフピークにおける非住宅地域や河川上空ルートでの飛行、RNAVによる高速道路に沿う出発経路の設定による騒音軽減)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)。

その他詳細については、FEIS<sup>1)</sup>やRecord of Decision<sup>2)</sup>を参照されたい。

### 3—我が国首都圏空域・空港への示唆

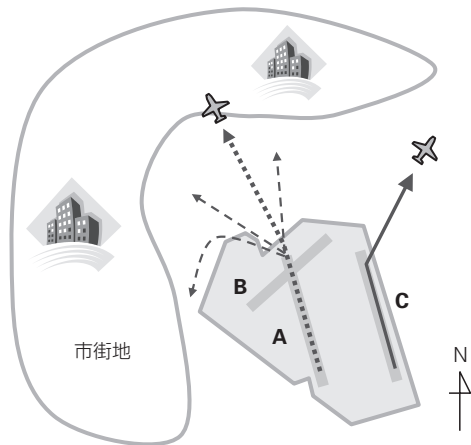
#### 3.1 Visual Approachの活用と遅れ時間を考慮した容量設定

前述の通り、米国では好天時はVisual Approach(視認進入)を積極的に実施しており、離着陸容量も好天時と悪天時で異なっている<sup>3),4)</sup>。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。しかしながら、好天時の容量に合わせて発着容量を設定するということは、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いないため問題が大きくはない。しかし、どのような気象条件でも安定的に処理可能な容量(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。さらに言えば、そもそも容量を決定する際に、気象条件の影響も含め、遅れ時間についても同時に議論をすべきである。容量(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。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べきであり<sup>5)</sup>、そのためには、まず遅れ時間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(いわゆるファイアーブレイク枠)などの検討を必要があろう。Visual Approachと容量設定については、好天時悪天時の処理容量と遅延予想時間、悪天発生頻度などの気象データをもとに、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議論し設定することが必要であらう。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。

#### 3.2 Fanned Departureの活用と騒音対策

前章で紹介した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出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—6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



■図—6 羽田空港北風時を想定したFanned Departureの例

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。ここで出発経路を多く設定し過ぎると管制指示が複雑化することも考えられるので注意が必要である。また、騒音影響の面からは、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を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, Londonなどでも実施)。

### 3.3 TRACON(進入管制区)の拡大の関東空域への示唆

進入管制区のエリアについてであるが、NYではTRACON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年には関東空域の再編が計画されている。この再編の中では、羽田・成田の進入管制区を統合するとともに、その統合空域を縮小し、中間空域が新たに創設される。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、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シークエンシングを完了させ、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つであると思われる。この空域再編に対する幾つかの懸念としては、①中間空域において、現状の航空路管制システムで効率的な順序付けや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、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、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TRACON(進入管制区)による実施により、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)。

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)が生じやすく、また、国際便はATMセンターによるフローコントロール(出発時刻制御)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、フローコントロール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ことが考えられる(NYの例でも、Command Centerで制御しきれないターミナルへの入域機をTRACONのTMUにて制御を実施)。この際、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(エンルートが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センターによるフローコントロールのパフォーマンスにも大きく影響されると考えられるが、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による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、限られた空域ではあるが、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必要かもしれない。

## 4—おわりに

本報告では、ニューヨーク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を行い、我が国の空域・空港容量拡大に対する示唆を述べたが、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。

### 参考文献

- 1) FAA [2007], New York/New Jersey/Philadelphia Airspace Redesign - Final Environmental Impact Statement (FEIS).
- 2) FAA [2007], New York/New Jersey/Philadelphia Airspace Redesign - Record of Decision.
- 3) 平田輝満 [2008], “ニューヨーク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・空港容量拡大への示唆”, 『運輸政策研究』, Vol.11, No. 2, pp. 87-92.
- 4) FAA [2004], Airport Capacity Benchmark Report.
- 5) 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.