

フローコリドーの導入が便益をもたらすための利用率の推定

山本, 聡史
首都大学東京システムデザイン研究科航空宇宙システム工学域

諸岡, 康郎

武市, 昇

原田, 明德
高知工科大学システム工学群

<https://hdl.handle.net/2324/7359938>

出版情報 : Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. D3 (Infrastructure Planning and Management). 75 (2), pp.90-96, 2019. Japan Society of Civil Engineers

バージョン :

権利関係 : © 2019 Japan Society of Civil Engineers



フローコリドーの導入が便益をもたらすための 利用率の推定

山本 聡史¹・諸岡 康郎²・武市 昇³・原田 明徳⁴

¹非会員 首都大学東京 システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域
(〒191-0065 東京都日野市旭が丘六丁目六番地)
E-mail: yamamoto-satoshi1@ed.tmu.ac.jp

²非会員 首都大学東京 システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域 (同上)
E-mail: morooka-yasuo@ed.tmu.ac.jp

³正会員 首都大学東京准教授 システムデザイン研究科 航空宇宙システム工学域 (同上)
E-mail: takeichi@tmu.ac.jp

⁴非会員 高知工科大学講師 システム工学群 (〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185)
E-mail: harada.akinori@kochi-tech.ac.jp

将来の航空交通管理においては、交通需要の大きな都市圏間等を結ぶフローコリドーと呼ばれる細長い空域の導入が検討されている。自律間隔維持の性能を持つ航空機のみが、航空管制を要することなく高効率な軌道に沿って飛行できる空域となる。一方、その外部を飛行する航空機にとっては巨大な障害物となり、その回避のために燃料消費量と所要時間が増加してしまう。本稿では、フローコリドー内部の飛行およびフローコリドーの回避に伴う運航コストの増減を評価し、フローコリドーの導入が便益をもたらすために必要な利用率を明らかにする。評価の結果、一部の大型機が自律間隔維持の機能を搭載しフローコリドーを利用できるようになるだけで、空域全体として便益が得られることが明らかとなった。

Key Words : *air traffic management, air corridor, cost-benefit analysis, installation assessment*

1. はじめに

今日の航空交通においては、特定の混雑空港間の交通量の割合が高くなっている。図-1(a)に2015年のある1日の日本の国内便の軌跡を示す。日本国内では、東京と札幌、大阪、福岡および沖縄間の航空便数だけで全体の20%以上を占め¹⁾、米国では特定の10%の空港間の航空便が全体の33%を占める²⁾。このような特定の経路上では、多くの航空機がほぼ同一の経路上を同一の方位に向かって飛行する。フローコリドー (Flow Corridor) とは、このような特定の方位の交通量の多い経路に沿って配置される細長い空域として考案された^{3,4)}。フローコリドー内を飛行する航空機は、航空機上で周辺の交通状況を把握し他の航空機から安全な間隔を維持して飛行する自律間隔維持という機能⁵⁾により、管制官の介入を要することなく安全に飛行することができる。またフローコリドー内では、航空機が互いに協調的な微小な操作で安全な間隔を確保でき、他の航空機を適宜追い越しながらほぼ最適な軌道に沿って飛行することができることが明らかと

なっている⁶⁾。一方、フローコリドーの外部は従来通り、管制官による監視及び誘導による航空管制が行われるので、空域全体としては安全性を損なうことなく交通容量を拡大することが可能となるものと考えられる¹⁾。例えば、特定の混雑空港へ向かうフローコリドーを導入すると、フローコリドーを利用せずにその空港へ向かう便数が減るため、従来の航空管制に要する空域を狭めることができる。そして、その分を他の混雑空港へ向かう運航便の航空管制に要する空域に充てることによりその交通容量を拡大できるものと期待される。また、フローコリドー内は航空管制を受けずに運航できるため、その出口にはほぼ予定通りの時刻に到着できるものと考えられる。したがって、フローコリドーを出た後は従来通りの管制に従い目的空港へ向かうことが想定されるが、その交通流の一部が望ましい時間に到着するようになることに相当する。したがって混雑空港の直前の空域においては航空管制による交通流の調整を容易にする効果も期待される。また、航空機間での自律間隔維持の機能の有無が混在する状況进行处理することができるものと考えられる。

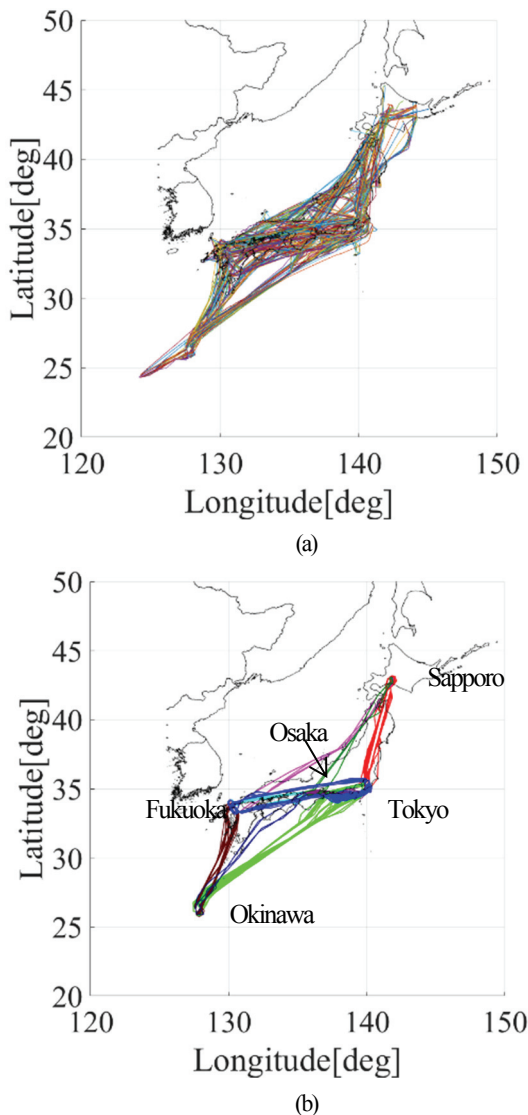


図-1 2015年のある一日の航空機の軌跡, (a) 全便の軌跡, (b) 主要都市間の軌跡 (青線: 東京-福岡, 赤線: 東京-札幌, 紫線: 東京-大阪, 明緑線: 東京-沖縄, 暗緑線: 大阪-札幌, 水色線: 大阪-福岡, 紺線: 大阪-沖縄, 茶線: 福岡-沖縄, 桃線: 福岡-札幌)

このようなフローコリドー空域の設定方法に関しては、米国内の複雑な航空輸送ネットワークへの導入を目標として、フローコリドーを利用する航空機の飛行距離の増加を最小化するように設計した研究^{7,8)}や、交通需要の大きな空港や都市間のネットワークをグループ化した研究が行われて来た⁹⁻¹²⁾。一方、図-1(b)に示すように、日本国内の大都市間の運航経路はあらかじめほとんど交錯しないように設定されているため、これらの既存の経路に沿ったフローコリドーの導入が可能であると考えられる。そして著者らはこれまでに、日本国内の特定の飛行経路に対してあらゆる機種・離陸重量の航空機の燃料消費量が最小となる飛行経路を求め、それらと実運航の運航効率とを比較した¹³⁾。フローコリドーの空域は、あらゆる離陸重量のあらゆる機種の最適軌道を包含するように設

定されるものと考えられ、この研究からその空域の概形が示唆された。そして、フローコリドーはその外部を飛行する航空機にとっては極めて大きな障害物となり、それらの運航コストの増加は無視できないものとなる可能性があることが明らかとなった。フローコリドーの導入に際しては空域全体としての便益が向上することが必須であり、そのためには外部を飛行する航空機の運航コストの増加量を定量的に評価する必要がある。そこで本研究では、単一の航空路としては最も交通量の大きい、福岡から東京へ至る経路にフローコリドーを導入することを想定し、外部の航空機がそれを回避するための飛行経路とその際の運航コストの増加量を評価する。一方、フローコリドー内部を最適軌道に沿って飛行することを想定した運航コストの低減量も評価する。最適軌道と実運航軌道の運航コストの評価とその比較による便益推定は、将来の運航方式により期待される便益の定量的な評価手法として従来より頻繁に用いられてきた¹³⁻¹⁵⁾。本研究においては従来の最適軌道の便益評価と同様の評価手法を用いるが、新たにフローコリドーを回避する飛行経路の運航コストの増加量を評価する。これらの比較により、福岡から東京へ至るフローコリドーの導入により空域全体として便益を得られる条件を明らかにする。

2. フローコリドー利用による運航コスト低減量

(1) フローコリドーの配置

福岡・東京間にフローコリドー空域を適切に設定するため、まず実運航の交通流の様子を分析する。図-2に2015年のある一日の飛行経路を示す。一般的な航空機の飛行経路は、ウェイポイントと呼ばれる緯度及び経度により定義される仮想的な点を接続することにより構成される。多くの便がFLUTEというウェイポイントを通過してベクタリングなどの管制指示を受けるために区分された空域（セクタ）に入る。本研究では、フローコリドーをこれらの管制指示の妨害とならないように配置することを想定し、FLUTE付近までは福岡から東京へ向かう標準的な経路に従い、FLUTE付近の通過後はこのセクターの最も内側を通るようにフローコリドーを配置することとした。この経路を図-2に赤線で示す。これにより、セクター内の管制指示で用いられる空域との干渉を避けることができる。

(2) 運航コスト低減量の評価

次に最適軌道と実軌道の運航コストの比較により、フローコリドーの導入がもたらし得る運航コストの低減量进行评估する。この評価には、2015年度の42日間の運航データ¹⁶⁾、数値気象予報データ¹⁷⁾、および航空機運航性能

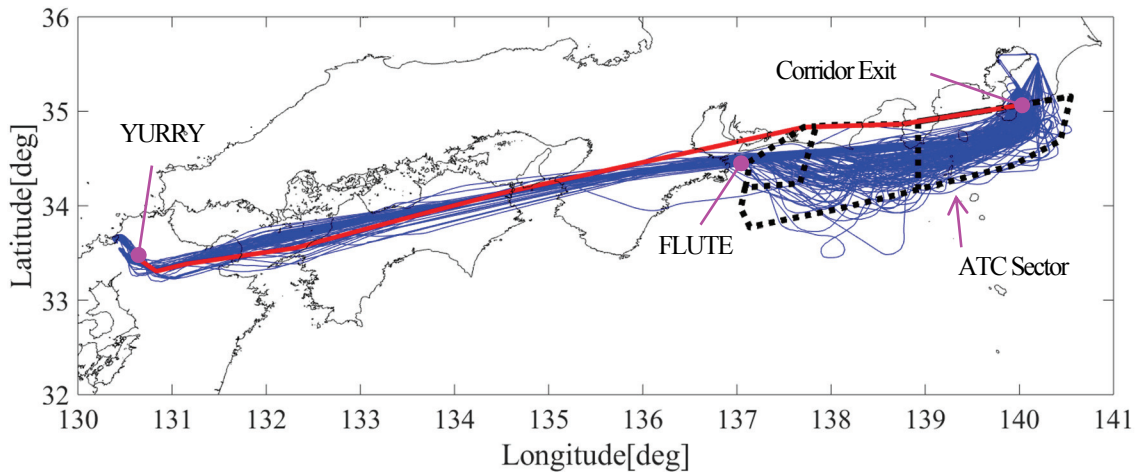


図-2 ある一日の福岡発東京着の便の水平面内の軌跡およびフローコリドー空域（青線: 実運航軌道，赤線: フローコリドー空域）

モデル¹⁸⁾を用いた。2015年度の運航データによると、福岡から東京までの経路では、一日あたり約50便が運航されている。それらのうち、ほぼ半数はB777-200（以下B772と略す）といった大型機、約20%がB767-3（同B763）のような中型機、約30%がB737-800（同B738）のような小型機により運航されている。本稿ではこれら3機種を対象として評価する。運航データからは離陸重量の情報を得られないため、過去の実績データ¹⁹⁾に基づいてB772, B763, B738のそれぞれの離陸重量を性能モデルの標準離陸重量の90%, 80%, 90%として解析を行うこととした。

運航コスト $Cost$ は燃料消費量を $Fuel$ ，所要時間を $Time$ として次式により評価される²⁰⁾。

$$Cost = Fuel + CI \times Time \quad (1)$$

運航コストは燃料消費量と所要時間の線形和で定義され、

コストインデックスと呼ばれる換算係数 $CI \left[\frac{\$/\text{hour}}{\text{cents}/\text{lb}} \right]$

によりそれらの重み付けが行われる。コストインデックスの値も運航データには含まれない。そこで本稿では実軌道からその値を推定した研究²¹⁾を参考に、B772, B763, B738のそれぞれのコストインデックスの値を80, 60, 40として解析を行った。また、本研究では時間のコストを次式に従い燃料消費量に換算し、重さの単位で評価する。

$$Cost[\text{kg}] \triangleq Fuel[\text{kg}] + \frac{CI}{79.4} [\text{kg/s}] \times Time[\text{s}] \quad (2)$$

横方向の飛行経路は図-2に示すように定められているので、指示対気速度 (Indicated Airspeed, IAS) と気圧高度を最適化することにより最適軌道を求める¹³⁾¹⁵⁾。最小化するコスト関数は以下の様になる。

$$Cost[\text{kg}] = \int_{x_{ini}}^{x_{fin}} F(x) dx + \frac{CI}{79.4} [\text{kg/s}] \times Time[\text{s}] \quad (3)$$

x_{ini} および x_{fin} は初期位置及び終端位置である。また、

燃料流量 $F(x)$ は、IAS, 気圧高度, および風速や気温といった気象条件の関数として定義された航空機運航モデル¹⁸⁾を用いて求めている。最適軌道の始点は福岡から東京へ向かう標準的な経路上にあるウェイポイント YURRY, 終点はセクター出口とし高度はどちらも10000ftとした。結果、飛行経路の全長は896.4kmとなった。初期と終端の速度は運航性能モデルの値を適用した。飛行速度と加速度の上限および下限, 気圧高度および推力の上限値を制約として与えた。コスト関数が非線形であるため Sequential Quadratic Programming (SQP法)²²⁾を用い、局所解を避けるためマルチスタート法を用いた。また、一年間の平均の風向, 風速, 気温および気圧を用いて解析を行った。実運航データの運航コストを表-1にまとめる。また、その一便あたりの平均運航コストと、最適軌道の運航コストを表-2にまとめる。最適軌道の解析には一年間の平均の気象情報を用いている一方、実軌道の解析には日ごとの気象情報を用いている。そのため、良好な気象条件においては実軌道の運航コストが最適軌道を下回るものと考えられる。一方、気象条件や交通状況が悪い場合には運航コストが大幅に増加するものと推測される。また、離陸重量を標準の70~100%まで変化させた場合の最適軌道の気圧高度の履歴を図-3に示す。フローコリドーの空域は、これらの軌道を全て含むように設定される。

3. フローコリドー回避による運航コスト増加量

(1) フローコリドー空域の決定

一般的に航空機は、水平方向に5NM, 垂直方向に1000ft以上の安全間隔を確保しながら飛行している。そこで本研究では、導出した最適軌道の左右にそれぞれ

表-1 実軌道の運航コスト

	Large size (B772)	Middle Size (B763)	Small Size (B738)
サンプル数[便]	855	273	522
平均[kg]	10466.3	7909.0	4738.7
標準偏差[kg]	915.6	999.29	487.9
最大値[kg]	15553.2	14726.5	9143.0
最小値[kg]	8907.8	6468.2	3939.1

表-2 最適軌道における一便あたりの運航コストの低減量

一便あたりの 運航コスト	Large size (B772)	Middle Size (B763)	Small Size (B738)
実軌道平均 [kg]	10466.3	7909.0	4738.7
最適軌道[kg]	9482.8	6988.9	4325.1
低減量[kg]	983.5	920.1	413.5

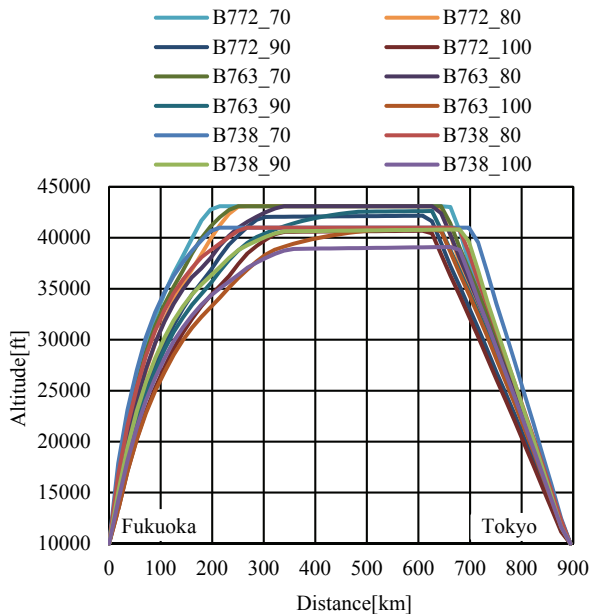
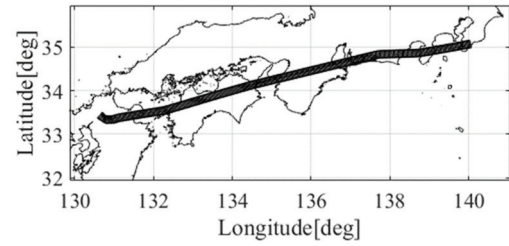


図-3 複数の離陸重量（70%～100%）の複数の機種（B772, B763およびB738）の最適軌道の気圧高度の履歴（例えばB738_90はB738の離陸重量90%の最適軌道を示す）

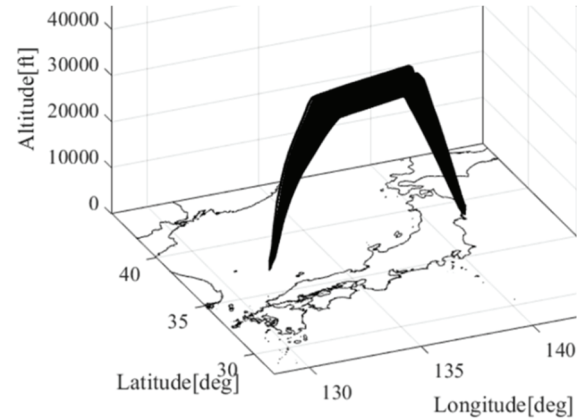
5NM, および上下にそれぞれ1000ftの厚みを加え、これをフローコリドーの占有する空域とした。図-4に設定したフローコリドー空域の概形を示す。このようにフローコリドーの空域は、その外部を飛行する航空機にとっては福岡から東京までに広く存在する巨大な障害物となる。

(2) フローコリドー空域と干渉する便の抽出

フローコリドーはその外部を飛行する航空機にとっては巨大な障害物となる。その為、外部の航空機は図-4に示すフローコリドー空域を迂回して飛行しなくてはならない。この迂回に伴い、各便は燃料消費量も飛行時間も



(a)



(b)

図-4 最適軌道を包含して設定したフローコリドー空域の概形, (a)平面図, (b)鳥瞰図

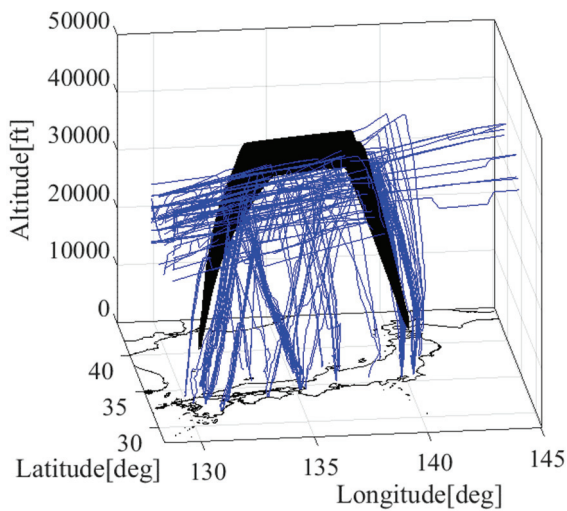
増加してしまう。本章ではこれらの増加量を定量的に評価する。

まず実運航データを解析しフローコリドーと飛行経路が干渉している便を抽出する。ただし上述の通り、フローコリドーを羽田空港へのセクターとは干渉しないように配置したため、このセクター内での羽田空港への到着便との干渉は考慮しない。以下に例としてある1日のデータを解析して得られた干渉便の航跡を図-5(a)に、それらの干渉位置を図-5(b)に示す。干渉する便のほとんどは高高度を通過する国際便か、地方空港間の国内便であった。

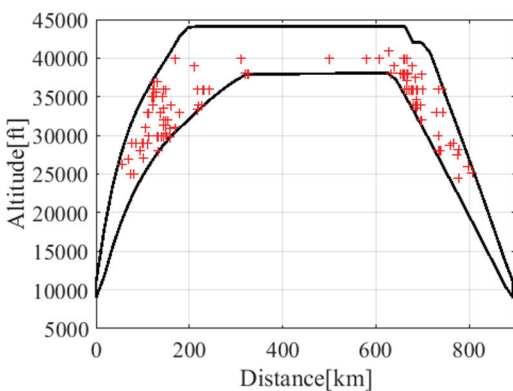
(3) 回避軌道の解析

パイロットが航空機の進路を変更する際広く用いるのが、MCP (Autopilot Mode Control Panel)である。このMCPを用いることによりパイロットは飛行方位の変更や、一定の上昇率或いは降下率による高度の変更を容易に行うことができる。そこで本研究では現実的にパイロットが簡便な操作で飛行しうる回避軌道として、飛行方位のみを変更しフローコリドーを水平方向に避ける水平回避と、高度のみを変更し下方から避ける垂直回避の二種類を検討する。ただし、回避軌道の指示対気速度は変更前と同様とする。

水平回避軌道においては、フローコリドーから5NM以上の距離を確保するため、図-6(a)に示すような接線に



(a)



(b)

図-5 ある一日の干渉便, (a)軌道, (b)干渉位置

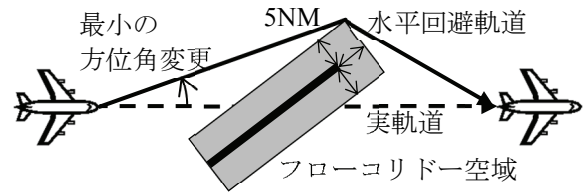
沿って飛行することを想定する。回避する便はある時点で飛行方位の変更を行い、フローコリドーを回避した後、再び方位角を変更して元の軌道に戻るものとする。この時、回避開始地点と回避終了点はいずれも方位角の変更が最小となるような地点に設定する。一方垂直回避軌道ではフローコリドーから1000ftの高度差を確保するため、図-6(b)に示す接線に沿って飛行することを想定する。回避する便は、元の軌道から一定の降下率で降下し、フローコリドーを回避後は一定の上昇率で上昇し元の軌道に戻るものとする。これらの降下率および上昇率はいずれも実運航データの平均値に近い値として900ft/minとした。水平回避と垂直回避の具体例を図-7に示す。

(4) 運航コスト増加量の評価

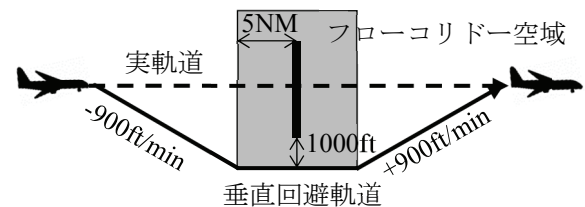
フローコリドーと干渉した全ての便に対して、前項に示した二通りの回避軌道の数値解析を行い、運航コストの増加量のいずれか小さい方の回避軌道を選択した。このようにして得た解析結果を表-3に示す。この結果から、フローコリドーと干渉している全ての便がフローコリドーを迂回するよう飛行した場合、一日あたり約8829.3kg

表-3 干渉便数と運航コスト増加量

干渉便数 (42日間) [便]	10190
水平回避の便数 [便]	7517
垂直回避の便数 [便]	2673
全運航コスト増加量 (42日間) [kg]	370829.4
一日あたりの運航コスト増加量[kg]	8829.3



(a)



(b)

図-6 回避軌道, (a)水平回避, (b)垂直回避

の運航コストが増加することが明らかとなった。したがって、フローコリドーの導入により空域全体としての便益がもたらされるためには、フローコリドーの導入により少なくとも一日あたり8829.3kg以上の運航コストを低減しなければならないことになる。

4. フローコリドー導入が便益をもたらす利用率

表-4に、運航データから求めた福岡発東京着便の一日あたりの平均運航便数、フローコリドー内を飛行することによる運航コスト低減量を示す。またこれらの値と、フローコリドー外の航空機が回避するための一日あたりの運航コスト増加量として得られた8829.3 [kg]から、各機種種の便のみがフローコリドー内を運航すると仮定した場合に最適軌道によるコスト削減量がコスト増加量を上回る便数と、実運航便数に対するその割合を求めることができる。これらの値も表-4に示す。この結果から、例えばB772のような大型機あるいはB763のような中型機であれば一日あたり10便、B738のような小型機種であれば一日あたり23便がフローコリドー内を運航するようになれば、それによる運航コスト低減量がフローコリドー

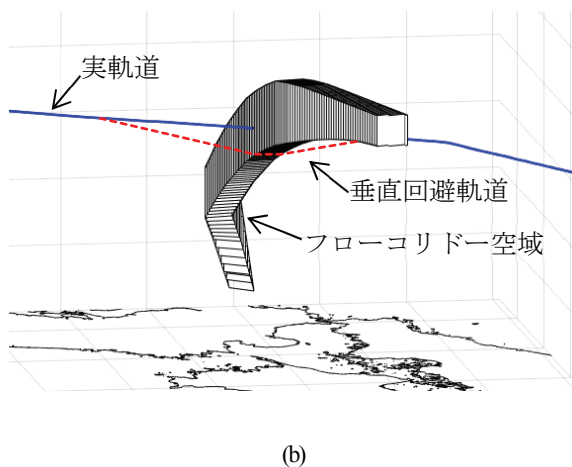
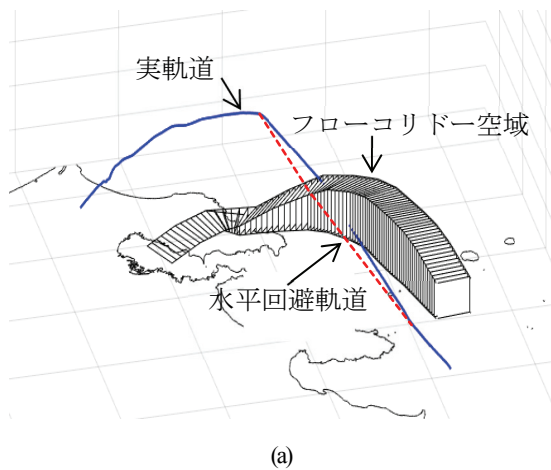


図-7 回避軌道の具体例, (a)水平回避, (b)垂直回避

外部の運航コスト増加量を上回るものと解釈できる。一方、大型機は一日あたり26.2便が運航されているので、大型機の35.6%がフローコリドー内を飛行できるようになれば、それによる運航コスト低減量がフローコリドー外部の運航コスト増加量を上回るものと解釈できる。一方、大型機は一日あたり26.2便が運航されているので、大型機の35.6%がフローコリドー内を飛行できるようになればフローコリドーの導入便益を得られることになる。つまり大型機の約3分の1強の機材が自律間隔維持の機能を導入してフローコリドー内を飛行できるようになるだけで、その導入の便益を得られるということである。一方、中型機では86.0%以上の機材への自律間隔維持の機能の導入が必要となる。さらに小型機では148.0%以上、つまり全ての機材へ自律間隔維持の機能を導入してもフローコリドー導入の便益が得られないということになる。

5. まとめ

本稿では、日本の空域を運航する全ての便に対し、福岡から東京へ向かうフローコリドー導入がもたらす影響

表-4 便益をもたらす利用率

	Large size (B772)	Middle Size (B763)	Small Size (B738)
一日あたりの運航 便数[便]	26.2	11.6	15.0
一便あたりの運航 コスト低減量[kg]	983.5	920.1	413.5
便益をもたらすた めに必要な一日あ たりの運航便数[便]	9.33	9.98	22.2
便益をもたらすた めに必要な運航便 数の割合[%]	35.6	86.0	148.0

を調べることで、その導入が便益をもたらすための利用率を明らかにした。一連の評価により、例えばB772のような大型機であれば、一日の福岡発羽田着の便のうち3分の1強が自律間隔維持の機能によりフローコリドーを利用できるようになるだけで、空域全体として運航コストを低減することができる事が明らかとなった。一方、小型機では全ての便が利用しても便益がもたらされないことも明らかとなった。この結果から、福岡から東京へ向かうフローコリドーを想定した場合、自律間隔維持の機能を大型機から優先的に導入することにより、その普及率が低い状況にあってもフローコリドーの導入が便益をもたらすことが明らかとなった。さらに、フローコリドーの導入そのものが、自律間隔維持装置の普及を促進することにもなるものと考えられる。

本稿では、フローコリドー内部および外部を運航する便の運航コストの増減を解析することにより、その導入における指針を得られることを明らかにした。フローコリドーの導入は、航空路の交通容量の拡大、管制コストの削減、安全性の向上などにも寄与するものであり、これらの分析が今後の重要な課題となる。また、フローコリドーの便益としては本研究が対象とした運航コストの他にも、航空路の交通容量の拡大、航空管制コストの削減、安全性の向上など様々な要因が挙げられる。これらの便益評価と費用対効果分析がフローコリドーの導入へ向けた今後の課題となる。

参考文献

- 1) 武市昇, 中村陽一, 蔭山康太: フローコリドーの概念と実用化への課題, 日本航空宇宙学会誌, Vol. 60, No. 12, pp. 449-454, 2012.12.
- 2) Yousefi, A., Donohue, G. L. and Sherry, L.: High volume tube shaped sectors (HTS): A network of high-capacity ribbons connecting congested city pairs, IEEE/AIAA 23rd Digital Avionics Systems Conference, Salt Lake City, UT, 2004.
- 3) Hering, H.: Air Traffic Freeway System for Europe, EEC

- Note No. 20/05, EURTOCONTROL Experimental Centre, Nov. 2005.
- 4) Yousefi, A., Lard, J. and Timmerman, J.: Nextgen flow corridors initial design, procedures, and display functionalities, IEEE/AIAA 29th Digital Avionics Systems Conference, Oct. 3-7, 2010.
 - 5) Wing, D. J. and Cotton, W. B.: Autonomous Flight Rules: A Concept for Self-Separation in U.S. Domestic Airspace, NASA TP-2011-217174, November 2011.
 - 6) Nakamura, Y. and Takeichi, N.: A Self-Separation Algorithm for High Density Air Corridor Allocated Optimal Flight Trajectory, AIAA-2016-0426, AIAA Modeling and Simulation Technology Conference, San Diego, CA, 4-8 Jan. 2016.
 - 7) Xue, M.: Design Analysis of Corridors-in-the-sky, AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, Chicago, Aug. 10-13, 2009.
 - 8) Yousefi, A., Zadeh, A. N. and Tafazzoli, A.: Dynamic allocation and benefit assessment of NextGen flow corridors, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 33, Aug. 2013, pp. 297-310.
 - 9) Sridhar, B., Grabbe, S., Sheth, K. and Bilimoria, K.: Initial Study of Tube Networks for Flexible Airspace Utilization, AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit, Keystone, Colorado, 21-24 August 2006.
 - 10) Hoffman, R. and Prete, J.: Principles of airspace tube design for dynamic airspace configuration, AIAA-2006-6768, AIAA ATIO Conference, Anchorage, Alaska, 2008.
 - 11) Wing, D., Smith, J. C. and Ballin, M. G.: Analysis of a Dynamic Multi-track Airway Concept for Air Traffic Management, NASA/tp-2008-215323, NASA Langley Research Center, July 2008.
 - 12) Xue, M. and Kopardekar, P.: High-capacity tube network design using the Hough transform, *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, Vol. 32, No. 3, pp. 788-795, 2009.
 - 13) Takeichi, N. and Abumi, Y.: Benefit optimization and operational requirement of flow corridor in Japanese airspace, *Journal of Aerospace Engineering*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part G, Vol. 230, pp. 1780-1787, July 2016.
 - 14) Wickramasinghe, N. K., Miyamoto, Y., Harada, A., Kozuka, T., Shigetomi, S., Miyazawa, Y., Brown, M. and Fukuda, Y.: Flight trajectory optimization for operational performance analysis of jet passenger aircraft, *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan*, Vol. 12, No. APISAT-2013, pp. a17-a25, 2014.
 - 15) Miyazawa, Y., Matsuda, H., Shigetomi, S., Harada, A., Kozuka, T., Wickramasinghe, N. K., Brown, M. and Fukuda, Y.: Potential benefits of arrival time assignment, dynamic programming trajectory optimization applied to Tokyo International Airport, 11th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Lisbon, 2015.
 - 16) CARATS Open Data, provided by Japan Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Press Release on CARATS Open Data, Feb, 2015.
 - 17) Japan Meteorological Agency, <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/nwp.html> (cited Feb. 15, 2018)
 - 18) Nuic, A.: User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA) Revision 3.13, Eurocontrol Experimental Center, May 2015.
 - 19) Nakamura, Y. and Kageyama, K.: Validation Study of a Fuel-Burn Estimation Model, Proceedings of the 2013 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, Takamatsu, Japan, Nov. 20-22, 2013.
 - 20) Robertson, B.: Fuel conservation strategies, cost index explained, *Boeing Aero Quarterly*, Vol. 02, No. 7, pp. 26-29, 2007.
 - 21) Harada, A., Ezaki, T., Wakayama, T. and Oka, K.: Cost Index Estimation via Optimization based Trajectory Prediction, ENRI International Workshop on ATM/CNS, Tokyo, Nov. 14-16, 2017.
 - 22) The MathWorks 2018, <https://mathworks.com/help/optim/ug/fmincon.html>, 2018年8月23日閲覧

(2018. 9. 13 受付)

COST-BENEFIT ANALYSIS FOR ASSESSMENT OF AIR CORRIDOR INSTALLATION INTO JAPANESE AIRSPACE

Satoshi YAMAMOTO, Yasuo MOROOKA, Noboru TAKEICHI
and Akinori HARADA

An air corridor is a kind of airspace concept where only the aircraft capable of self-separation can operate. Its installation is expected to increase the traffic capacity of the whole airspace, and aircraft flying inside it can reduce their fuel consumption and flight time. In contrast, aircraft flying outside it inevitably consume extra fuel and time in order to avoid the corridor airspace. In this study, the cost-benefit analysis is performed in order to clarify the feasibility and condition that the air corridor installation becomes beneficial. The operational cost increase of the flights outside the air corridor is analyzed as the difference between operational costs of the current trajectories and those of the trajectories modified to avoid the corridor airspace. The reduction of the operational cost by flying along the optimum trajectories inside the air corridor is also analyzed. Through an example analysis on the air corridor installation into the air traffic route from Fukuoka to Tokyo, the heaviest traffic in Japan, it has been found that even a small number of flights operated inside the air corridor can achieve the operational cost reduction larger than its increase per day.