

卒業論文要旨

羽田空港到着便の効率化に向けた飛行経路と調整時間の実データ分析

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1230174 山崎 貴生

1. はじめに

2020 年以降の新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染拡大により, 航空業界は大きな影響を受けた. 日本でも旅客数が国内線は前年比で半減, 国際線では前年比で約 6 分の 1 まで減少した. しかしながら近年の規制緩和により, 2022 年度には国内線の旅客数は前年比 81.0% 増の 7,951 万人, 国際線では前年比 387.3% 増の 679 万人にまで回復した.⁽¹⁾ このことから, 今年度以降ではより航空需要が増加し, 空港や周辺空域の混雑が悪化することが懸念される.

また近年, 地球温暖化による気候変動問題を受け, 様々な業界で脱炭素化に向けた取り組みが行われている. 航空業界も例外ではなく, 米国連邦航空局 (FAA) は 2021 年 11 月, 航空部門における 2050 年までのカーボンネットゼロ達成に向けた行動計画⁽²⁾を示した. わが国の場合, 2022 年 12 月に施工された改正航空法には, 航空の脱炭素化の推進が盛り込まれており, 国土交通省より「航空脱炭素化推進基本方針」が策定された.⁽³⁾⁽⁴⁾これらにおいて, 脱炭素へ向けた施策は, SAF (持続可能な航空燃料) の導入促進, 管制の高度化による運航の改善, 機体新技術の導入が挙げられている. このうち SAF と機体新技術の導入は現在でも進められているが, 高いコストがかかるのに対して, 運航の改善は比較的早期に低コストで温室効果ガスの排出を抑えられるため, 早期の改善が望ましいと考えられる.

上記 2 つの理由より, 各エアラインの運航改善は急務であり, 特に国内で最も混雑する羽田空港周辺空域の飛行経路を改善することは, 混雑解消や脱炭素化に大きく寄与すると思われる. この改善のためには現在, どのような運航が行われているのかを把握する必要がある. そこで本研究では, 国土交通省が提供する旅客機の運航データである CARATS Open Data を解析して, 羽田空港到着便がどのような経路を飛行し, どのようにして時間調整を行っているのかを明らかにすることで, 将来より効率的な航空交通を実現するための足掛かりとすることを目的とした.

2. 使用データ

飛行経路とフライト時間を把握するために, CARATS Open Data 2019 のうち, 2019 年 8 月 16 日分と, 2020 年 3 月 2 日分のデータを用いた.

CARATS Open Data とは, 国土交通省が「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン」 (Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic System : CARATS) を推進するために提供している定期航空便の航跡データのことである. 日本が管轄する空域全体を飛行する定期便の航跡データが 10 秒ごとに記録されている.⁽⁵⁾このデータはすべての便の座標, 高度, 使用機材等が記録されているが, すべての便が時刻順に一つの CSV ファイルに記録されているので, これを 1 便ずつの航路データに変換した. また, この航路データは数字が羅列されているだけで, 一目見ただけではどこ

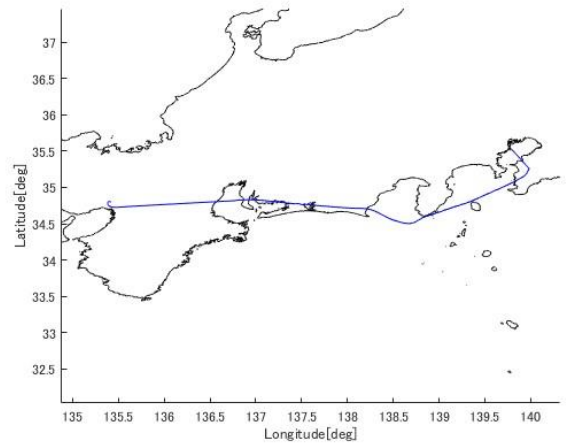


Fig. 1 Example of plotting route data

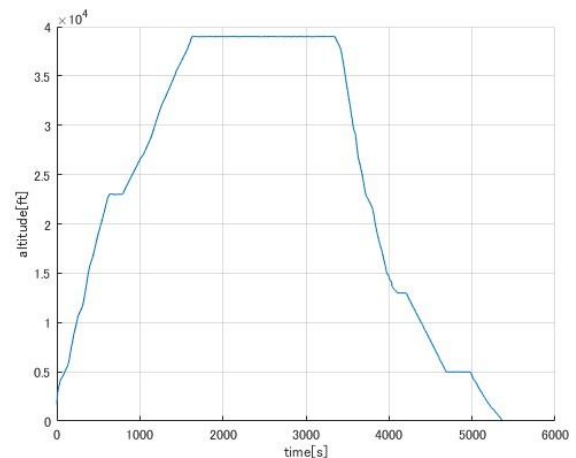


Fig. 2 Example of plotting altitude data

を飛んでいたのかが把握できないので, 図 1 のように地図上にプロットすることで, 飛行経路を視覚的にとらえやすくした. 更に, 図 2 のように高度データをプロットすることで高度の推移を分かりやすく表現した.

3. 解析手法

3.1 データの絞り込み

本研究では, 羽田空港到着便の飛行経路, 調整時間のデータ分析を行う. しかしながら, 羽田空港は国内外問わず様々な場所からの旅客機が飛来するため, このままでは図 3 に示すように様々な航空路が存在するため飛行経路による時間調整の比較が難しい. また, 多くの旅客機が通る経路の交通流について調べたい. そのため, 図 4 に示す 2 つのウェイポイントを目印として絞り込みを行った. 絞り込み

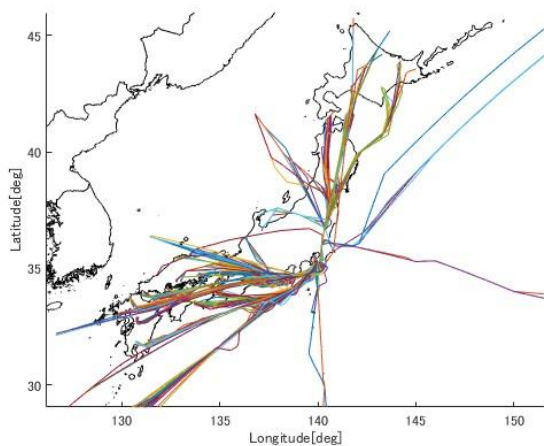


Fig. 3 Plot of arriving at Haneda Airport

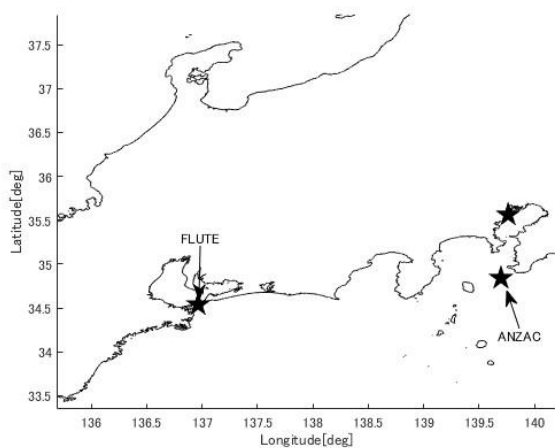


Fig. 4 Plot of FLUTE and ANZAC

条件は以下の2つである.

- ・ウェイポイント FLUTE 付近 34°N 以北を通る.
 - ・ウェイポイント ANZAC 付近で 34°48'N 以北を通る.
- 条件を満たす便の飛行経路は図5の通りである.

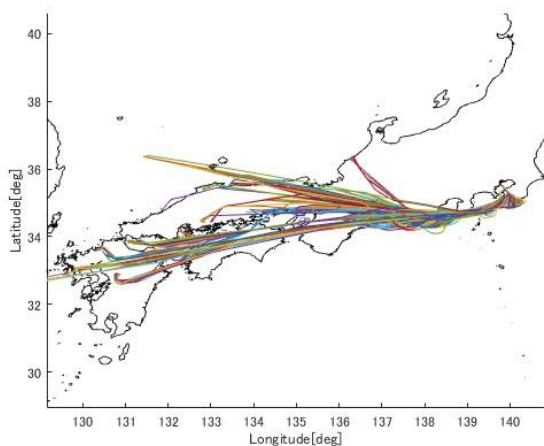


Fig. 5 Plot routes that satisfy the condition

3.2 飛行時間

本研究では, FLUTE-ANZAC 間と, ANZAC-羽田空港間の飛行時間から飛行経路による調整時間を分析する. そのために, 羽田空港から ANZAC までの距離である 43NM と, 羽田

空港から FLUTE までの距離である 150NM を半径とした円を描き, この円とプロットした飛行経路の交点から一番近い地点での時刻を FLUTE と ANZAC を通過した時刻として扱い, この時刻からフライト時間を求めた.

	2019/8/16	2020/3/2
FLUTE-Haneda	1052.4	830.7
FLUTE-ANZAC	520.5	484.4
ANZAC-Haneda	847.5	481.5

Table 1 Difference in flight time for each condition(second)

4. 解析結果

ここまでのデータ解析の結果, FLUTE-ANZAC 間と ANZAC-羽田空港間のフライト時間と飛行経路が判明した. 表1にあるように, 最短時間と最長時間の差は, FLUTE-羽田空港の場合は最長で約 17 分, FLUTE-ANZAC 間の場合は 8~9 分, ANZAC-羽田空港間の場合は 9~14 分となっていた. この時間の差が調整時間である.

次にそれぞれの空域での最短調整時間と最長調整時間の飛行経路, そして ANZAC-羽田空港間では OSHIMA 1A/1K ARRIVAL をプロットしたものを比較して飛行経路による時間調整を調べた. 例として以下に 2020 年 3 月 2 日分の最短時間と最長時間 3 便分ずつのプロットと, 羽田空港の OSHIMA 1A/1K/2C ARRIVAL のチャートを示す. ANZAC-羽田空港間のプロットは, OSHIMA-1A/1K ARRIVAL もプロットする.

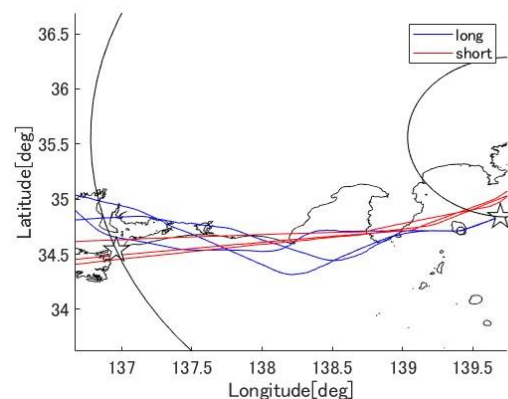


Fig. 6 Route comparison FLUTE to ANZAC

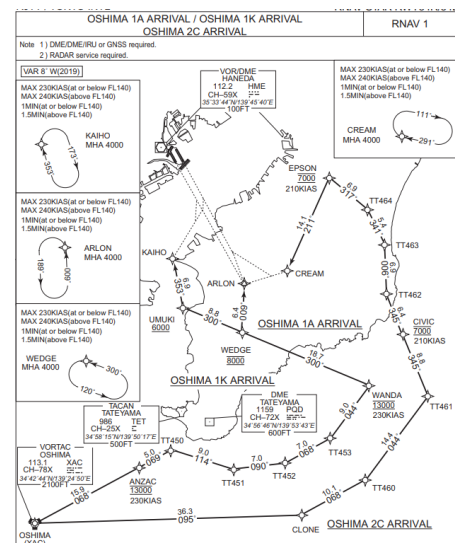


Fig. 7 OSHIMA 1A/1K/2C ARRIVAL(6)

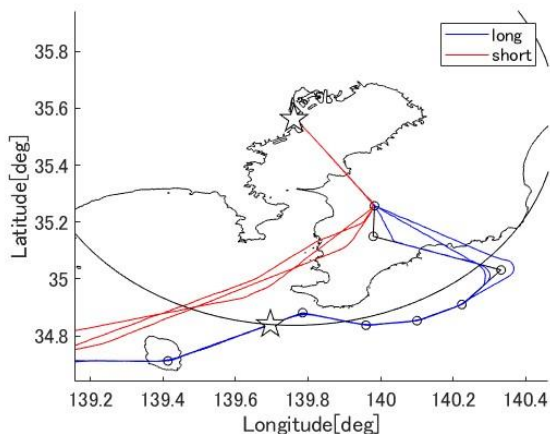


図6と図8のどちらも、赤が最短時間、青が最長時間の飛行経路である。また、図8の丸印付きのプロットが OSHIMA 1A/1K ARRIVAL のプロットである。FLUTE-ANZAC 間の最長時間は不規則な航路なのに対し、ANZAC-羽田空港間では最長時間のプロットが OSHIMA 1A/1K ARRIVAL の扇状のプロット上を綺麗になぞるような経路を通っている。この扇形は羽田空港で導入されている Point Merge System (以下 PMS) と呼ばれる合流手法で用いられるレグと呼ばれる経路で、羽田空港到着機はこの定められた経路をどれだけ通るかによってフライト時間の調整を行っている。⁽⁷⁾8月16日分のデータでも風向きの関係で⁽⁸⁾使用する侵入経路が OSHIMA 1N ARRIVAL へと変わっているだけで、PMS を用いた時間調整が行われていることは変わらない。また、FLUTE-ANZAC では最長調整時間でも比較的直線に近い経路の場合もあることから、時間調整は主に PMS により行われていることが分かる。

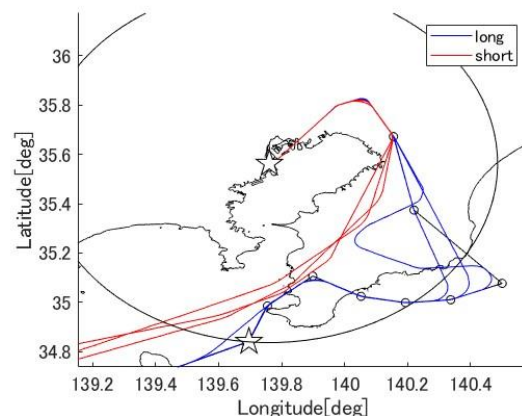


Fig. 11 Altitude change

13,000ft というかなり低い高度を飛行していることが分かる。高度が低くなるほど期待にかかる抗力が増すため必要なエンジン推力が大きくなり、燃料効率が悪くなる。そのため、現在の PMS を用いた時間調整には、PMS のような決まった時間調整用の経路が存在せず、高い高度を飛行している FLUTE-ANZAC 間で調整をするなどの改善の余地があると考える。

5. まとめ

本研究では将来のより効率的な航空交通の実現へ向け、CARATS Open Data を用いた羽田空港到着便の飛行経路と調整時間のデータ分析を行った。その結果、ANZAC-羽田空港間では PMS を用いた時間調整が行われているが、FLUTE-ANZAC 間では行われていないことと、時間調整が主に PMS により行われていること、FLUTE-羽田空港間ではおよそ 20 分の調整時間を確保する必要があることが分かった。また、PMS がかなり低い高度で行われおり、燃料効率という点で課題がありそうだということが分かった。今後は、FLUTE-ANZAC 間で、より効率的な時間調整の方法を模索したい。

文献

- (1) 国土交通省, “航空輸送統計速報 (令和 4 年 (2022 年) 分)”
URL: <https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001591078.pdf>.
- (2) Federal Aviation Administration, “Aviation Climate Action Plan”

URL:<https://www.faa.gov/sustainability/aviation-climate-action-plan>.

- (3) 国土交通省, “脱炭素化推進基本方針”

URL:<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001573999.pdf>.

- (4) 国土交通省, “航空脱炭素化推進基本方針の策定について～空のカーボンニュートラルを目指して～”

URL:https://www.mlit.go.jp/report/press/kouku08_hh_000039.html

- (5) 電子航法研究所, “CARATS Open Data 関連情報”

URL:https://www.enri.go.jp/research/carats_open_data/index.html

- (6) 国土交通省, “AIS JAPAN”

URL: <https://aisjapan.mlit.go.jp/>

- (7) 阪本 真・屋井 鉄雄, “ポイント・マージを用いた航空管制処理方式,” 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.75, No.5 (土木計画学研究・論文集第 36 巻), I_1089-I_1101, 2019

- (8) 気象庁, “過去の気象データ検索”

URL: <https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>.