



国内定期便の運航効率向上に向けた 飛行計画データの活用

○原田 明德(高知工科大学)

○増木 拓海, 松並 孝次, 中畑 洋明, 猪端 沙希,
杉山 太一, 河村 麻莉乃, 大野 暉宙(日本航空株式会社)



JAPAN AIRLINES



高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

研究の背景と目的

背景

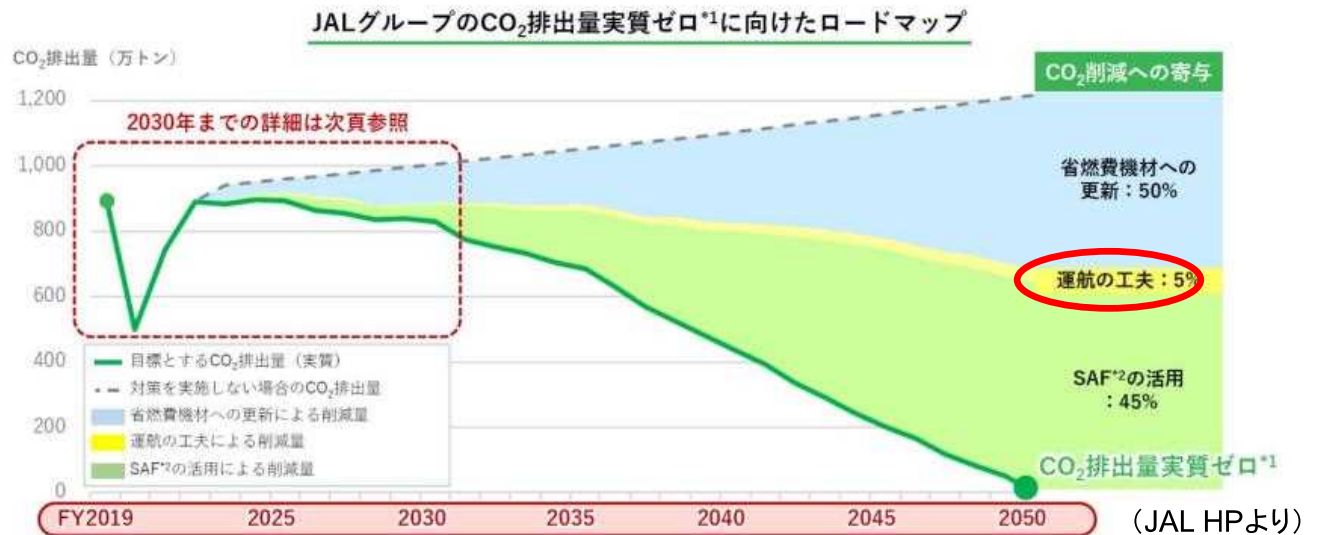
- 脱炭素化への取り組み
 - ・燃料搭載適正化
 - ・重量予測の精緻化
- ⇒CARATSの観点からも軌道ベース運用導入への取り組みを強化したい
- 航空交通に関するデータが蓄積されつつある。
(CARATSオープンデータ, ADS-B航跡データ)

目的

- 軌道ベース運用導入に向けて、飛行計画データの活用の方向性を検討

本発表

- 一例として、運航効率向上を目的とした実フライトとの燃料消費量の比較について紹介。
- 飛行計画データそのものの特徴についても概説。



飛行計画と実フライトのデータ

- **飛行計画データ(OFP):**
CAE社が提供する飛行計画システムにより作成されたデータ。
実際の運航の出発に際して生成された最新のデータを用いる。
- **実フライトの航跡データ(ADS-B):**
Flightradar24.comよりダウンロード。時刻, 緯度・経度, 気圧高度, 機種。

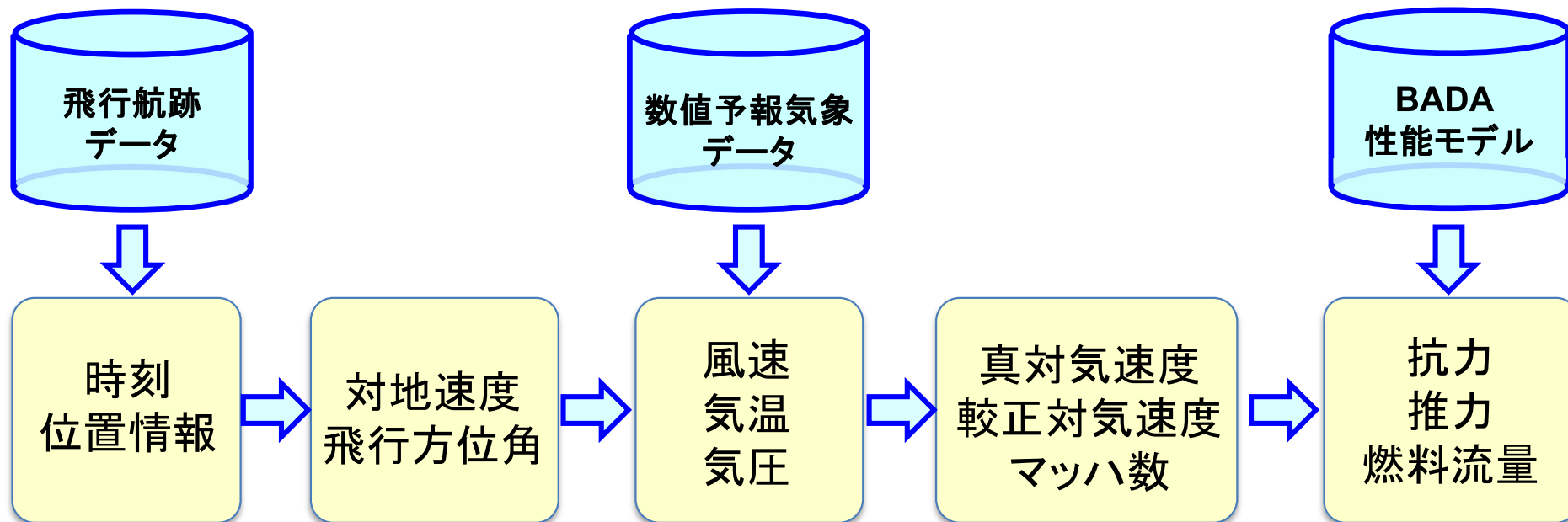
2022年6月の便数(JAL便のみ)						
	A359	B772	B763	B738	B788	合計
羽田→新千歳	272	111	37	60	0	480
新千歳→羽田	272	111	37	59	0	479
羽田→福岡	299	38	83	30	60	510
福岡→羽田	299	37	84	30	60	510
羽田→那覇	195	59	66	40	0	360
那覇→羽田	194	58	67	40	0	359
合計	1531	414	375	259	120	2698
割合 [%]	56.7	15.3	13.9	9.6	4.4	100

OFP: Operational Flight Plan
ADS-B: Automatic Dependent Surveillance Broadcast

飛行航跡からの燃料消費量の推算

飛行状態推定法

- 対気速度や推力，燃料などの飛行状態量を航跡データから推定する方法。 [1-3]
- 本解析では気象に気象庁GSMデータ，性能モデルにEUROCONTROL BADA3.14を使用。
- 初期重量として実際の無燃料重量 (ACTZFWT) と計画の離陸燃料重量 (PLNTOF) を使用。



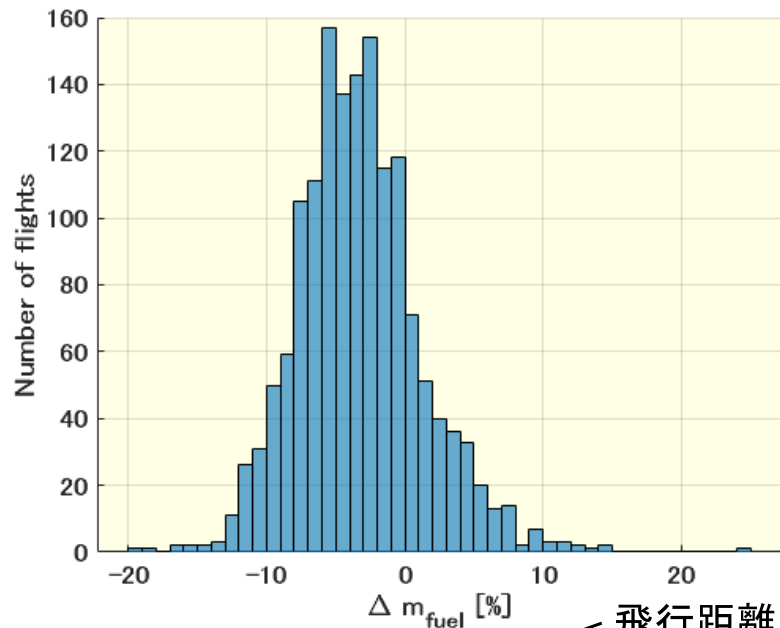
GSM: Global Spectral Model
BADA: Base of Aircraft Data

[1] 十時寛典, ビクラマシンハナヴィンダ, 濱田達郎, 宮沢与和: 旅客機キャビン内で計測したGPSデータからの飛行状態の推定, 航空宇宙技術, Vol. 11, pp. 43-50, 2012.

[2] 十時寛典, 小塚智之, 宮沢与和, 船曳孝三: 定期便フライトデータと気象庁数値予報GPVデータとの比較評価, Vol. 12, pp. 57-63, 2013.

[3] A. Harada, Y. Miyamoto, Y. Miyazawa and K. Funabiki: Accuracy Evaluation of an Aircraft Performance Model with Airliner Flight Data, Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan, Vol. 11, pp. 79-85, 2013.

燃料消費量の差 (A359, 1527ケース)

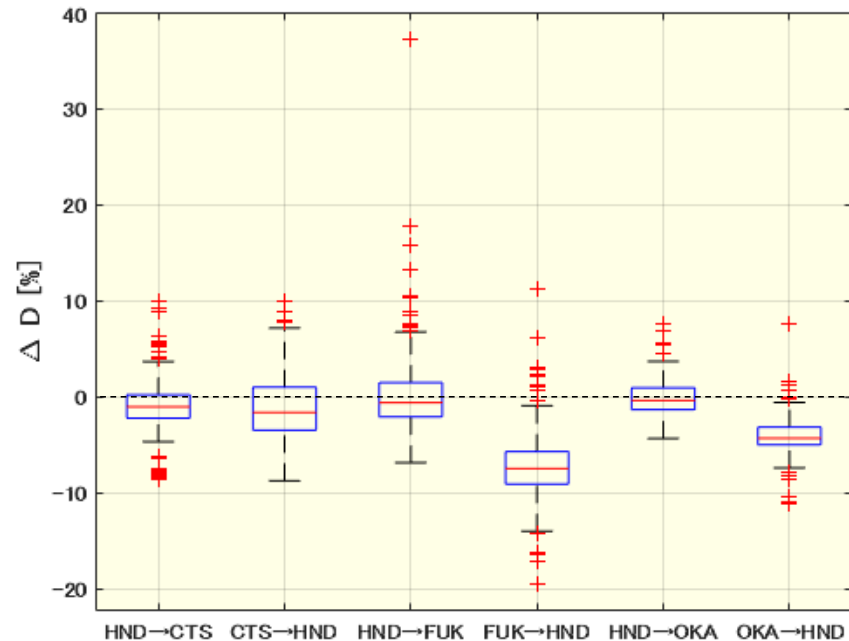
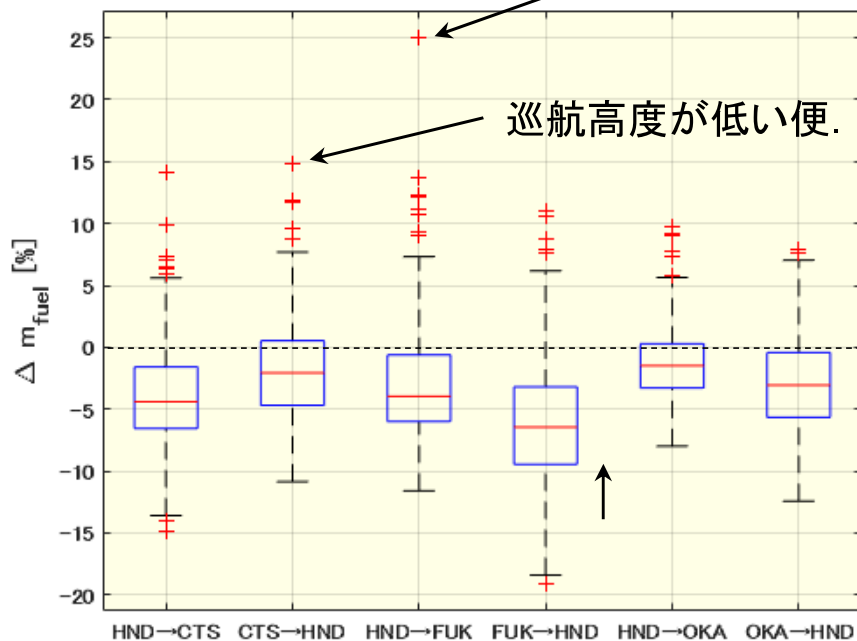


$$\Delta m_{fuel}[\%] := \frac{m_{fuel_{est}} - m_{fuel_{OFP}}}{m_{fuel_{OFP}}} \times 100$$

燃料の差は複数の要因(機種, 機体質量, 巡航高度・速度の差, 飛行距離の差, 風速など)に起因する.

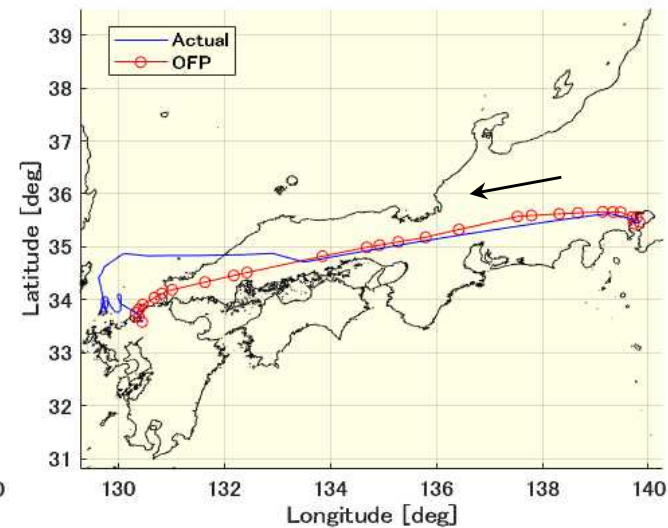
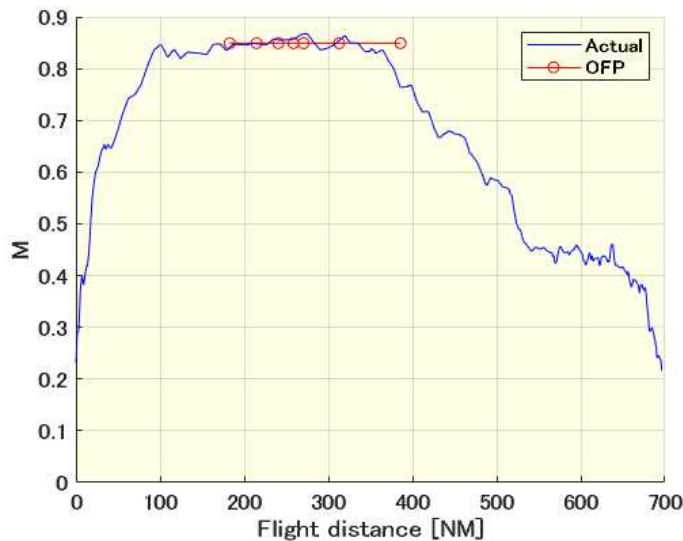
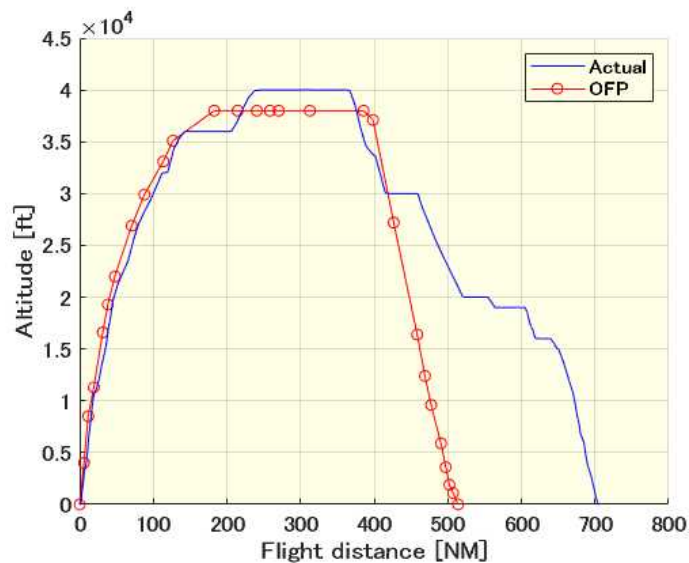
$$\Delta D[\%] := \frac{D_{act} - D_{OFP}}{D_{OFP}} \times 100$$

$\Delta m_{fuel}[\%]$ と $\Delta D[\%]$ 間に相関 ($r = -0.56$).

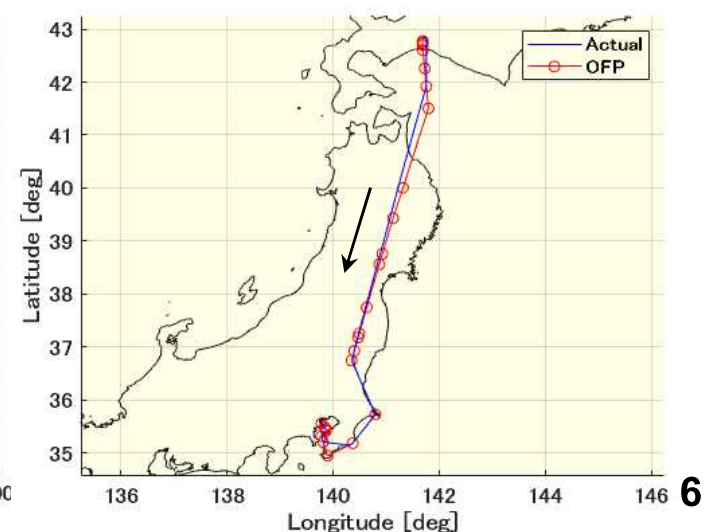
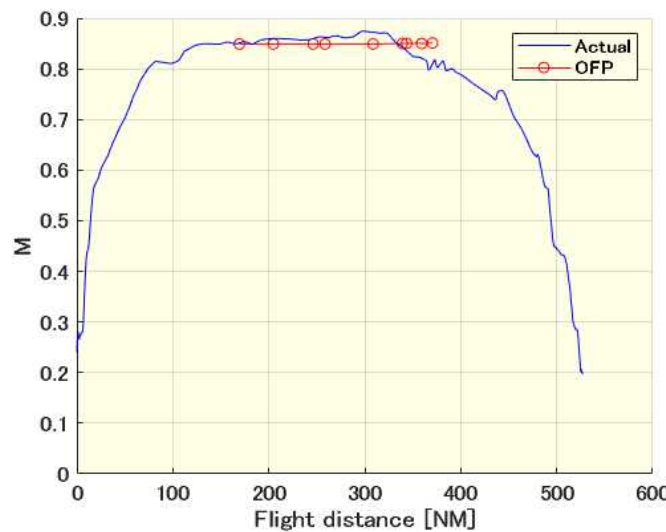
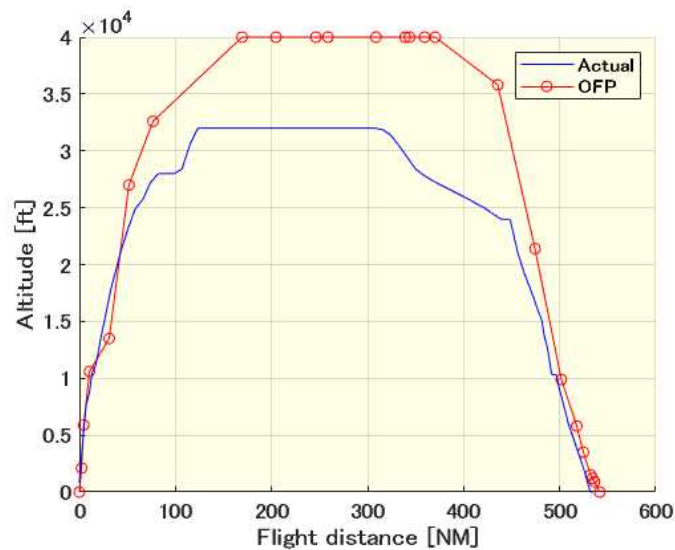


計画よりも燃料を多く消費したケース 2例

① 6/25 JL313, STD 10:05, ATD 10:40, STA 12:00, ATA 12:41 (JST), $\Delta m_{fuel} = +4406$ [lb] (+25.0%)

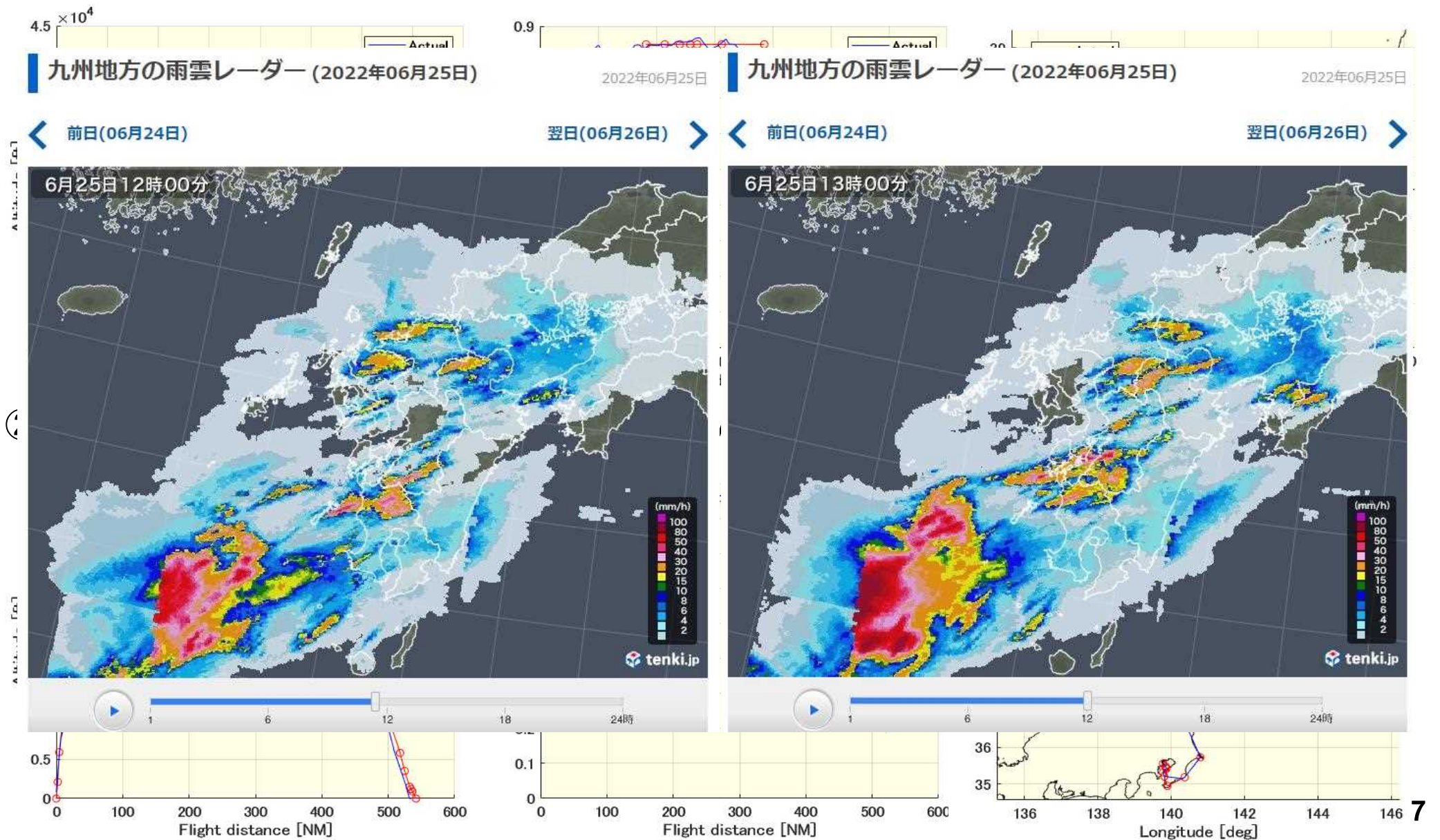


② 6/3 JL528, STD 21:05, ATD 21:47, STA 22:40, ATA 23:03 (JST), $\Delta m_{fuel} = +2212$ [lb] (+14.8%)



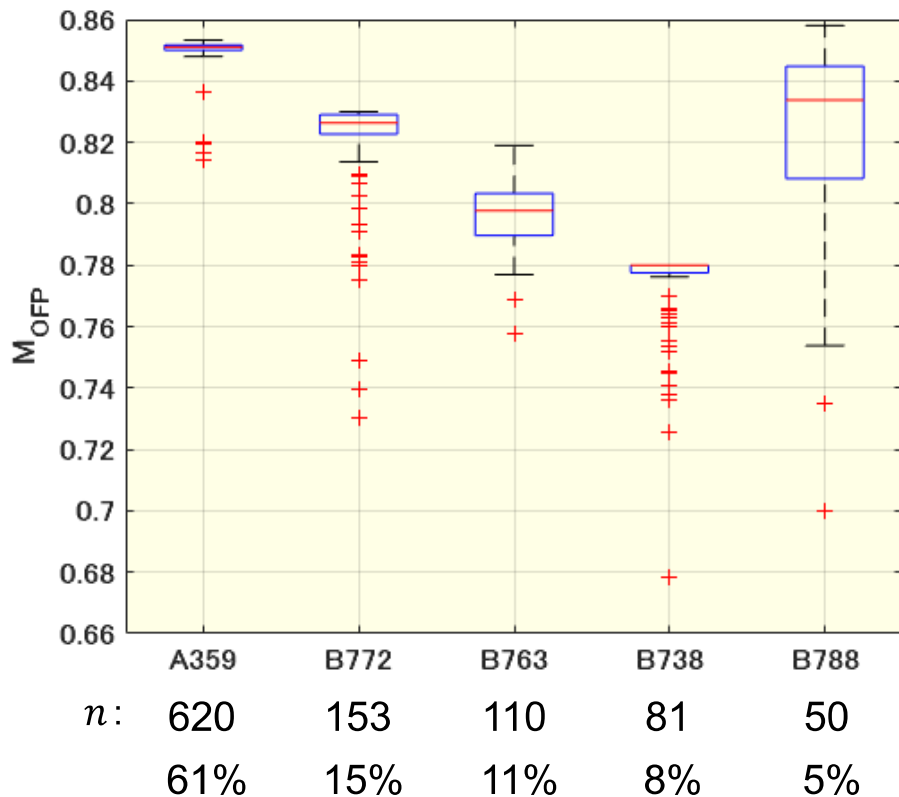
計画よりも燃料を多く消費したケース 2例

① 6/25 JL313, STD 10:05, ATD 10:40, STA 12:00, ATA 12:41 (JST), $\Delta m_{fuel} = +4406$ [lb] (+25.0%)

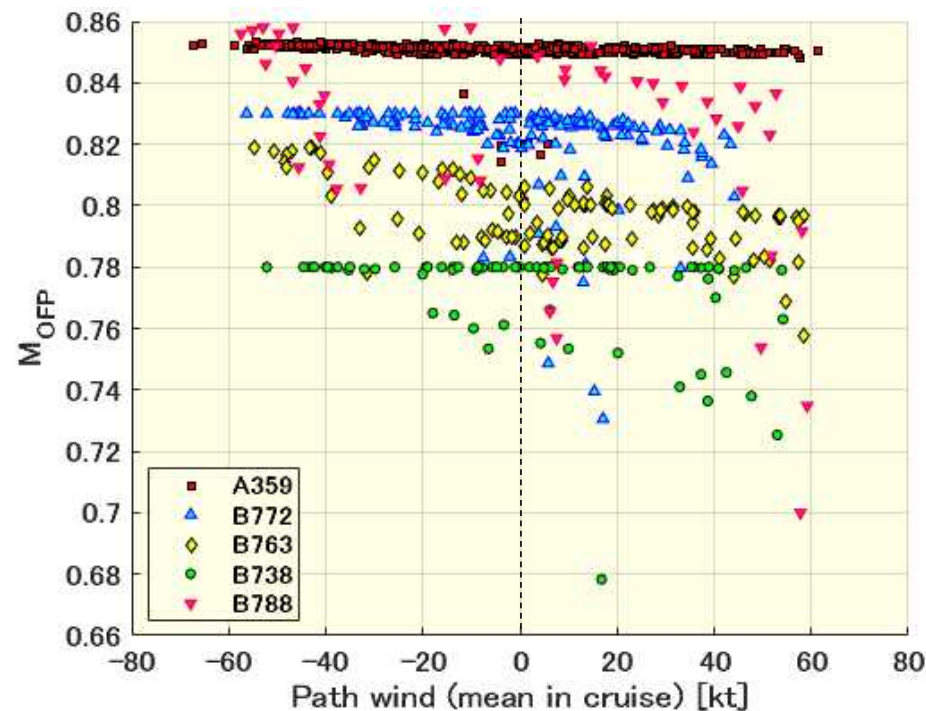


OFPデータから分かること 風速と巡航マッハ数

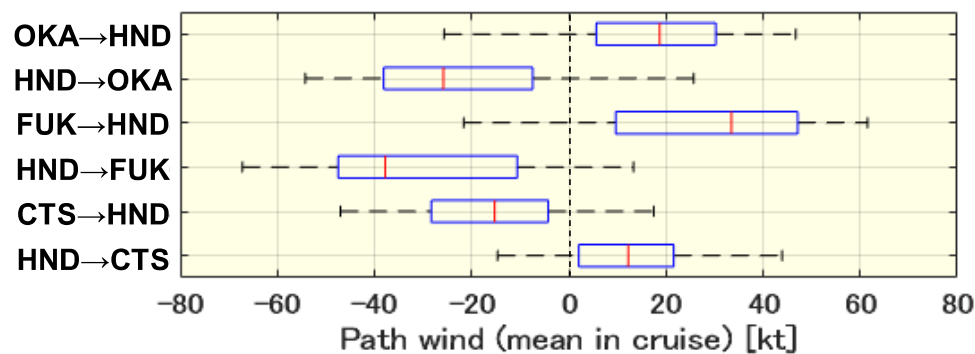
機種ごとの計画巡航マッハ数



経路方向の風速と計画巡航マッハ数の関係



- 飛行計画生成システムによりCIを変化させると、A359ではM0.85付近でほぼ変化せず、B772、B738、B788では比較的広い範囲で変化。
- 向かい風では上限に近い値を取るが、追い風が強くなるにつれて低くなる傾向。



向かい風 ← → 追い風

OFPデータから分かること 風速と燃料消費率

風速と燃料消費率の関係

燃料消費率 μ を飛行距離当たりの燃料消費量と定義

$$\mu = \frac{m_{fuel}}{D}$$

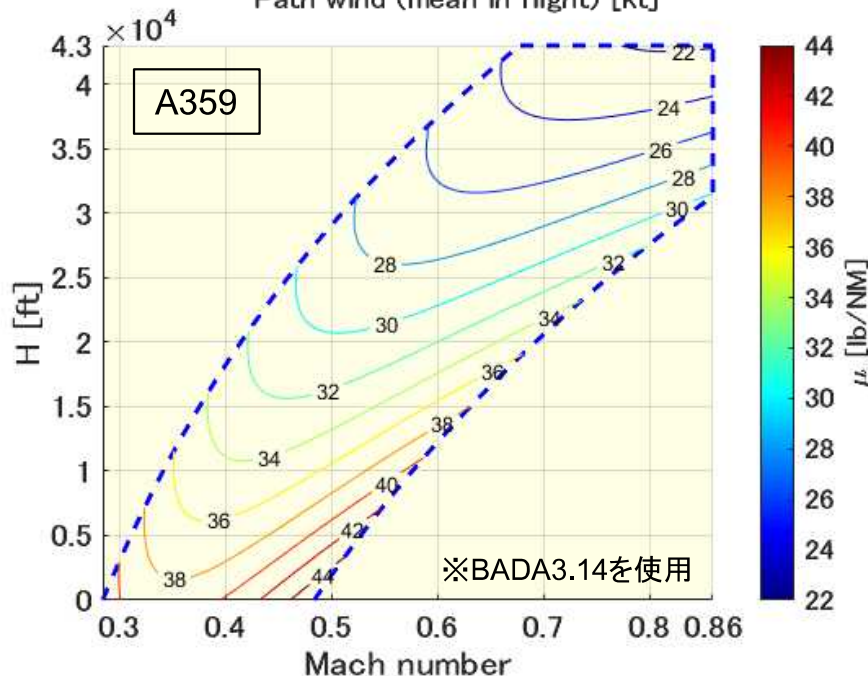
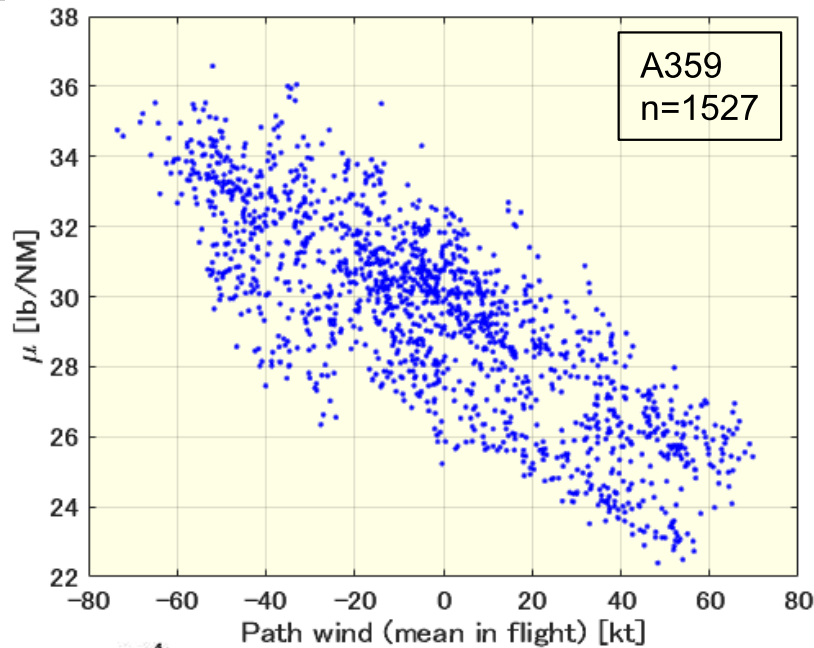
風速と燃料消費率の間には高い相関($r = -0.80$)。飛行計画の燃費は風速の影響を強く受ける。

巡航性能

$$\mu_{opt} = f \left(\begin{matrix} M_{opt} \\ H_{opt} \end{matrix} \right), \quad \left(\begin{matrix} M_{opt} \\ H_{opt} \end{matrix} \right) = f(V_{wind}, m)$$

飛行計画の巡航高度, 巡航マッハ数は風速に依存。

飛行性能, 効率を考慮した計画が行われていることを示唆。



まとめ

1. 燃料消費量について実飛行と飛行計画とを比較. 燃料を多く消費するケースの特徴(路線, 気象, 巡航高度・速度, 距離)の抽出に役立つ可能性を示した.
(羽田→福岡/那覇で, 悪天の影響により計画のルートから外れたり着陸前にホールディングしたりして長い距離を飛行するケースや, 遅延を取り戻そうと低高度を飛行するケースなどが見られた.)
2. 飛行計画データそのものの特徴について, 風速と巡航マッハ数, および風速と燃料消費率との関係を確認した.
(いずれも両者の間に明確な関係. 効率を考慮した計画が行われている.)
3. 飛行計画データは軌道ベース運用の導入を後押しする諸解析に有効.
飛行計画データの活用方法について引き続き検討.



JAPAN AIRLINES



高知工科大学
KOCHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY