

DARP運用における気象予測誤差の 影響に関する検討

平成30年度(第18回)電子航法研究所発表会
平成30年5月31日

ビクラマシンハ ナヴィンダ, 平林博子, マーク ブラウン
航空交通管理領域



Electronic Navigation Research Institute

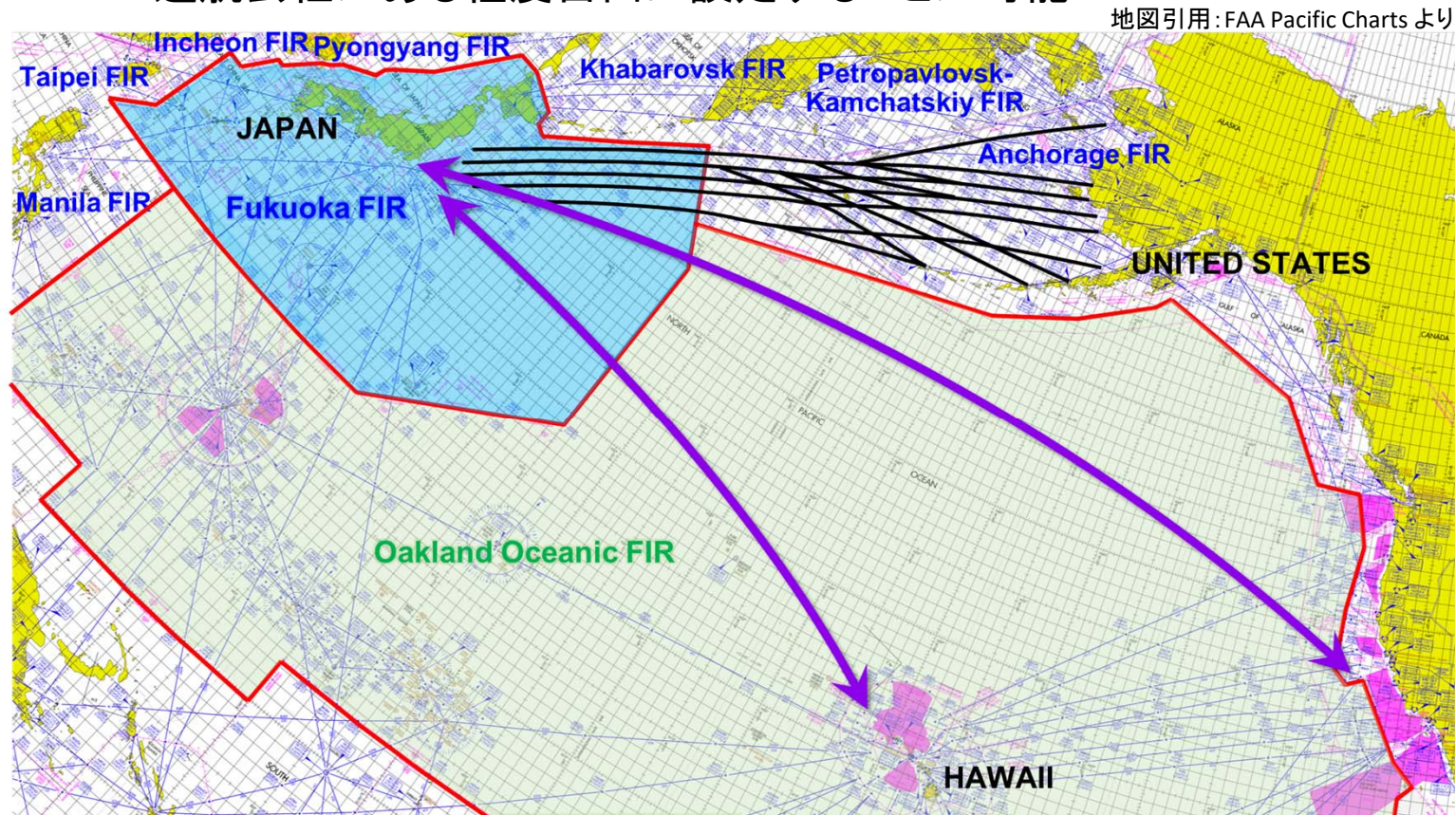
1. はじめに
 - 研究背景
 - DARP運用・課題点
 - 研究目的

2. 解析に使用するデータについて
 - 飛行データ
 - 気象予報データ

3. 解析方法と結果

4. 今後の課題とまとめ

- 太平洋上の飛行経路において、基本的に以下の3種類の設定経路がある。
 - NOPAC Route:** (NOPAC: North Pacific)
固定航空路として定義
 - PACOTS Route:** (PACOTS: Pacific Organized Track System)
日々気象予報に基づき日米航空局によって設定
 - UPR route:** (UPR: User Preferred Route)
運航会社がある程度自由に設定することが可能



NOPAC Routeの課題

- 固定経路のため飛行経路の自由度がない。
- 航空機同士の縦間隔を10分→5分への短縮(2011年)以降は改善されていない。

PACOTS Routeの課題

- 限定された航空機性能による計算のため、実際に飛行する航空機の性能と異なる。
- 1日一回のみ公示されるため、実際に飛行する際の気象データと異なる。

出発時刻:機種性能に応じて



最適な経路を選択したい

PACOTS Routeの制限

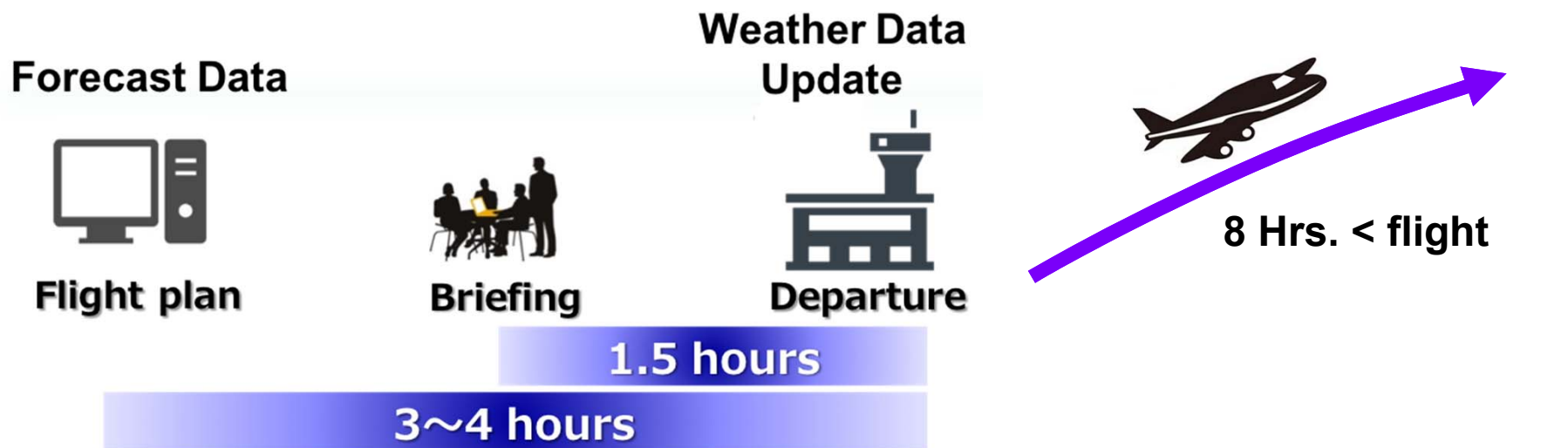
- 特定のPACOTS Routeから50NMの横間隔を保つ必要がある。
- PACOTS Routeを飛行する航空機の方が、飛行高度の優先度が高い。

より制約の少ない



自由な経路を選択したい

DARP (Dynamic Airborne Reroute Procedure)運用の導入



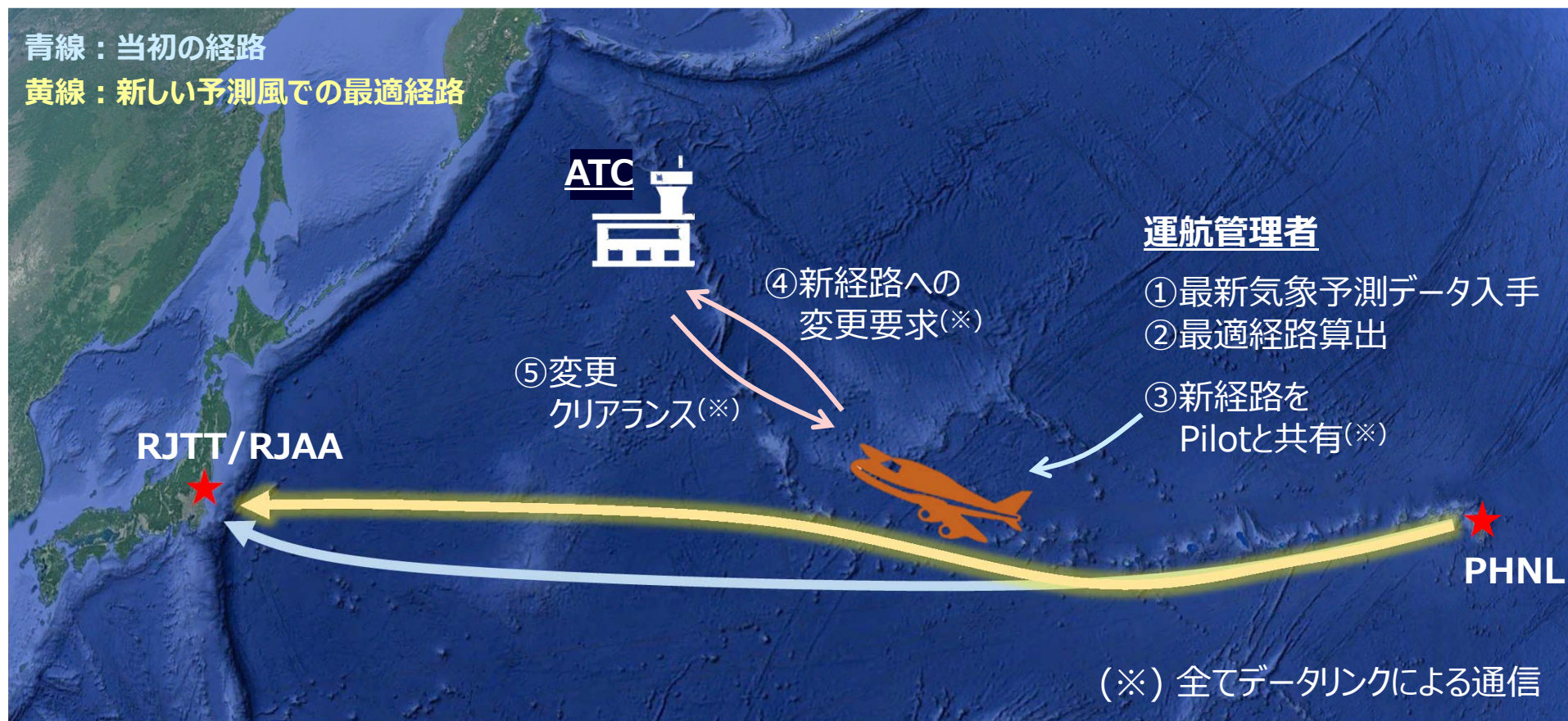
- 飛行計画は、飛行開始3~4時間前に気象予報データを用いて作成する。
 - ✓ 気象予報データは、1日4回(00, 06, 12, 18)UTCに更新される。
- 出発前に航空機の飛行管理装置(FMS)の気象予報データを更新する。



長時間のフライト

飛行する時点での気象状況が異なることより、本飛行計画は、燃料効率の良い経路であるとは限らない、

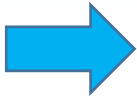
DARP（動的飛行経路変更方式, Dynamic Airborne Reroute Procedure）運用は、飛行開始後最新の予測風を基に新経路を算出し動的に経路変更を行う、洋上空域における燃料・飛行時間削減等の観点から効率的な運航を目的とした新たな運航方式である。



引用：松本紋子：DARP現状について，第55回飛行機シンポジウム

はじめに

DARP運用における課題点

- 運航管理者の業務量が増加する。
最適経路算出の手順
新経路をパイロットと共有する手順
 DARP実施率: 約3%
- DARP経路による便益推定において、気象データの予測誤差が及ぼす影響は未定である。
地上推定による便益と飛行中の航空機の性能による便益の差異の不確実性

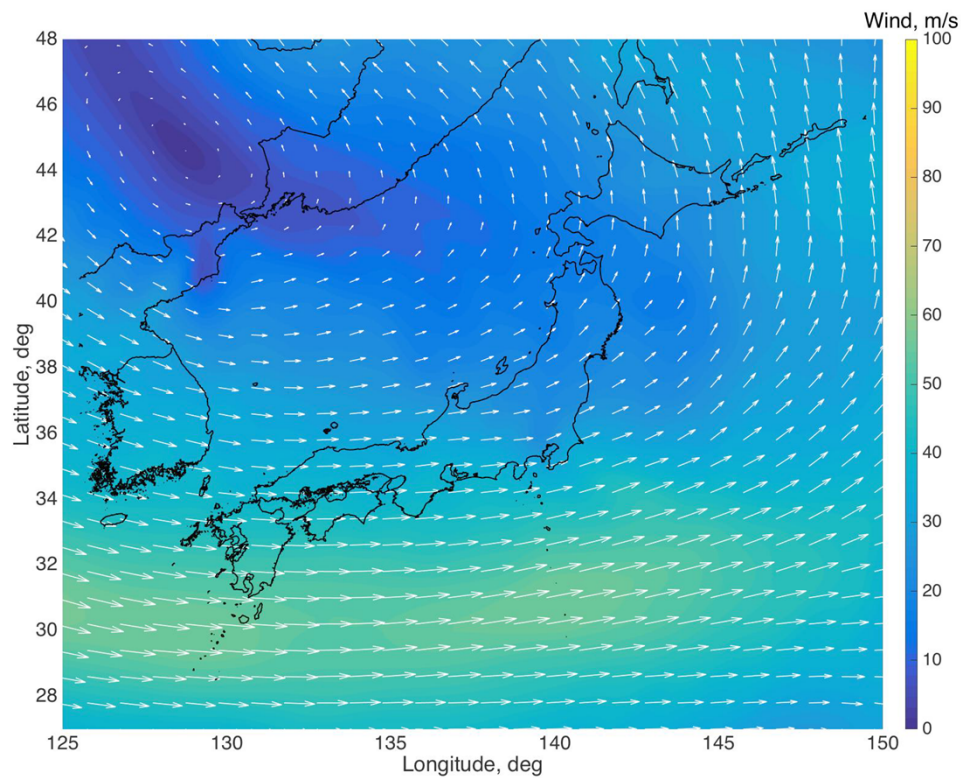
研究目的

気象予測誤差によるDARP運用の便益推定の不確実性を明確にする。
→ DARP運用の継続・拡大に貢献する。

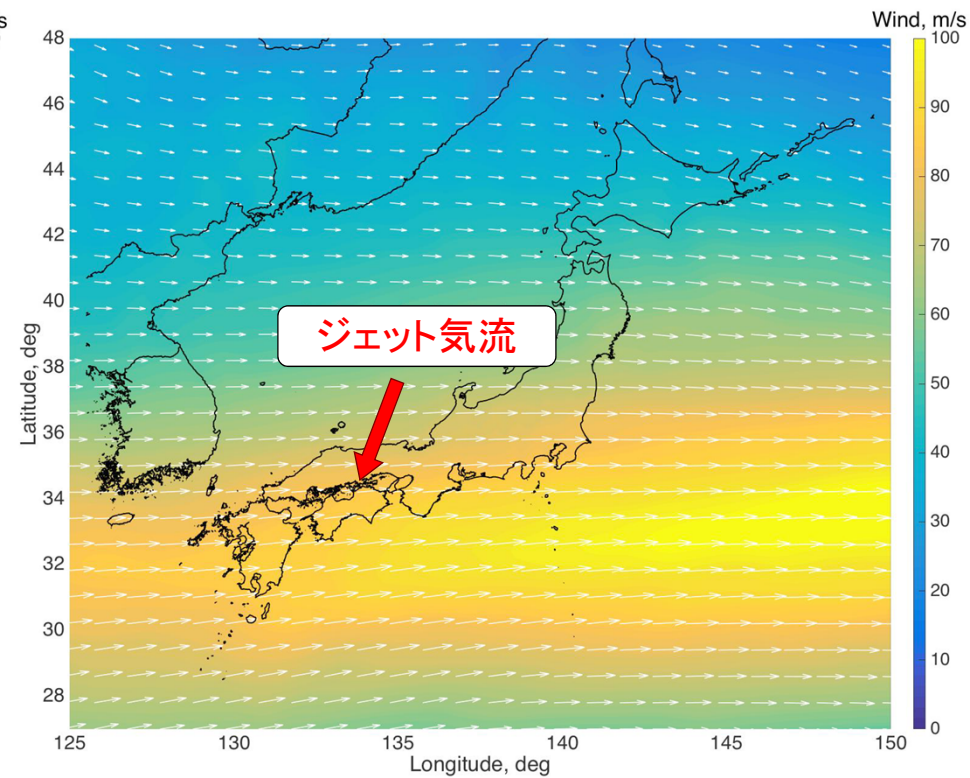


DARP運用における気象予測誤差の影響について定量的な評価を行う。

— 250hPa (高度約10 km) 気圧面上の風 —

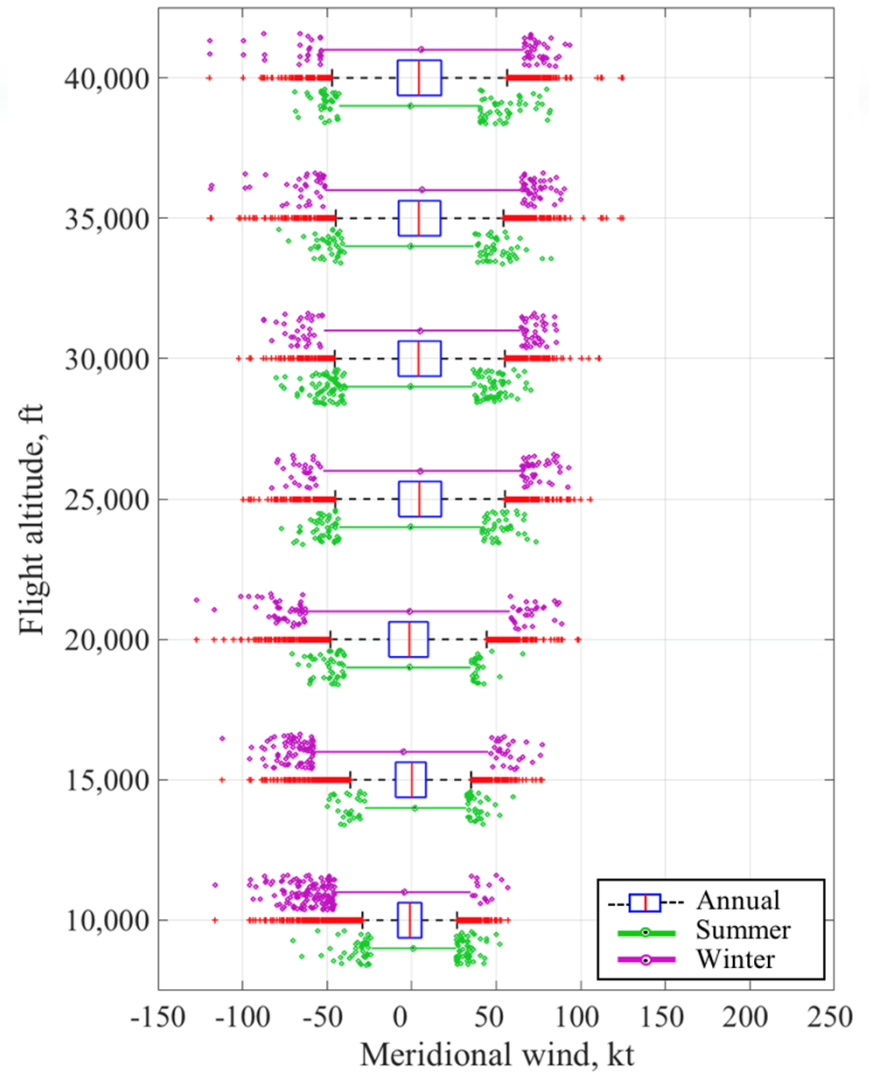
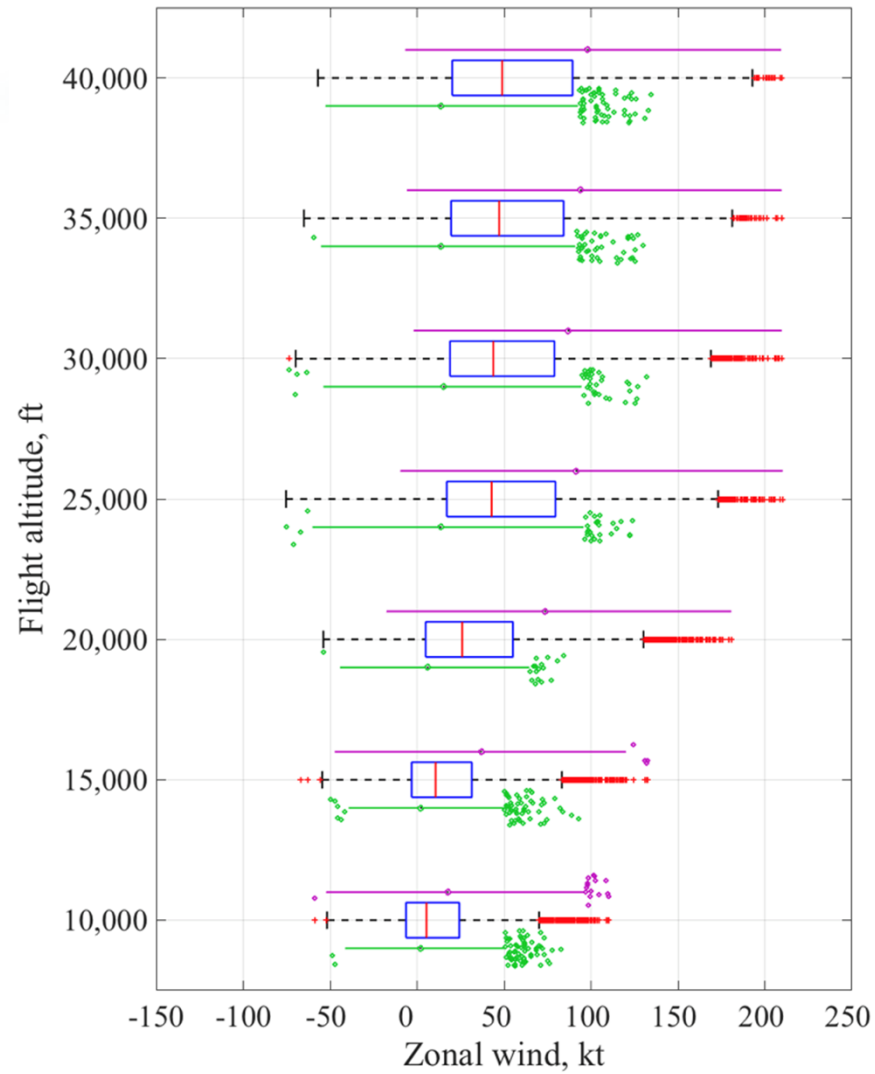


夏季の様子



冬季の様子

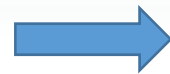
Introduction - Jet Stream over Japanese airspace



使用するデータ

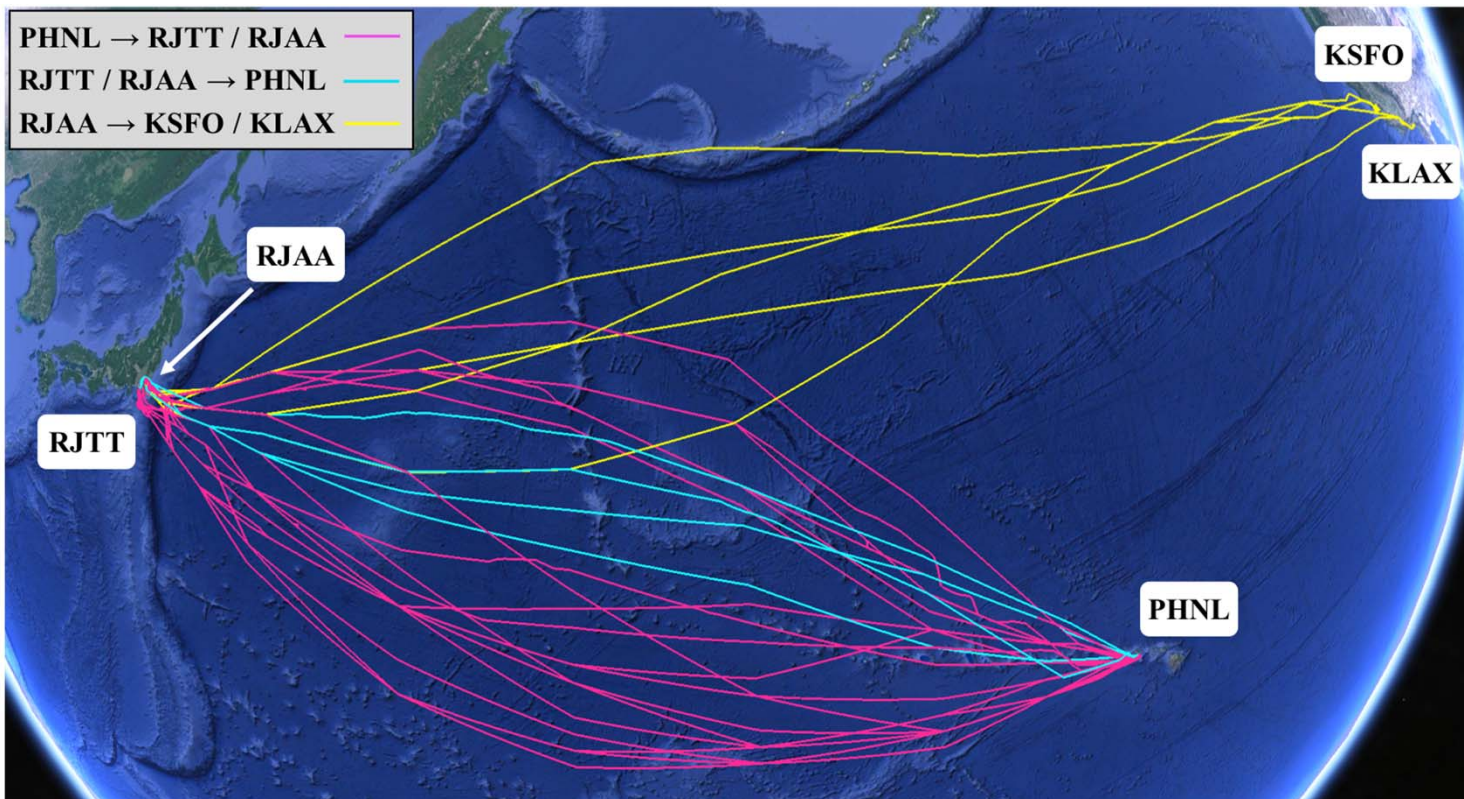
- DARP実施便のQuick Access Recorder (QAR) データ(38便)

- ・航空機の位置・速度・姿勢情報
- ・風速・風向・外気温情報



解析の真値として適用する.

対象路線: PHNL ⇔ RJTT / RJAA
RJAA ⇒ KSFO / KLAX



使用するデータ

- DARP実施便の飛行計画データ(飛行開始前・DARP)
 - original / DARPの軌道情報
 - wind/temp aloft 予報データ

-WINDS/TEMP ALOFT FCST

	12000	18000	24000	30000	34000	39000	45000
KEOLA	1314P06	1715M07	2009M21	2207M34	2407M45	2616M57	2417M65
GRAIL	1215P06	1614M07	1908M21	2208M34	2408M45	2615M57	2417M65
NAPUA	1215P06	1612M07	1908M21	2108M34	2308M45	2513M57	2316M65
SOK	1115P06	1612M07	1808M21	2008M34	2110M45	2412M57	2315M65
DANNO	0917P05	1212M08	1308M21	1607M35	1807M45	2211M57	2212M65
ECEDO	0917P05	1110M08	1304M21	2207M36	2108M46	2207M57	2109M64
27N70	1214P05	0909M08	0110M21	0015M36	0017M46	3516M59	3109M65
31E80	1810P04	2013M08	2212M19	2217M34	2520M45	2727M58	2721M69
34E70	0506P04	3309M09	2917M23	2729M38	2734M47	2832M56	3419M59
35E60	1314P06	1114M05	1117M18	1111M31	1413M42	1218M55	0922M67
34E50	0723P08	0623M03	0619M15	0525M30	0441M40	0361M52	0349M63
MORAY	0106P09	0110M03	3512M13	0017M27	0121M37	0137M51	0146M65
JANIS	2307P09	3107M02	3207M13	3412M26	0018M36	0129M50	0039M66

- 気象庁発表の数値予報気象データ
 - ✓ 緯度・経度・気圧面のグリッドで定義された気象状況を表す物理量
 - ✓ 南北・東西風速, 外気温, ジオポテンシャル高度, 湿度等
 - 初期値データ(00, 06, 12, 18 UTC)
 - 初期値を用いた予報データ

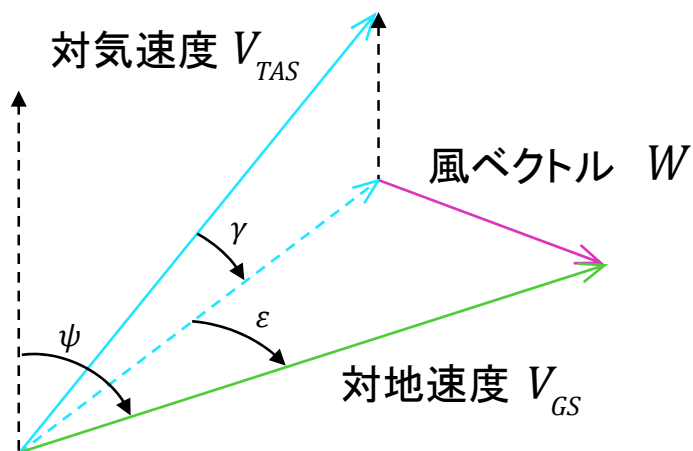
解析方法

QARデータから抽出した航空機の三次元位置において、

- 飛行開始前の飛行計画データに使用する気象予報データ：Original
- 飛行中に作られる飛行計画データに使用する気象予報データ：DARP
- 気象予報データ(実況値)：Nowcast

を用いた**東西・南北風速**、**外気温**パラメータについて比較検討する。

➡ Original / DARPについては、wind/temp aloft データに記載のデータ作成時を時刻として使用する。



γ : 飛行経路角 ψ : トラック角 ϵ : 偏流角

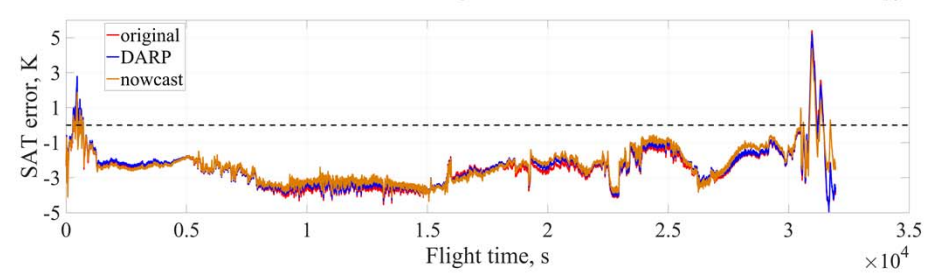
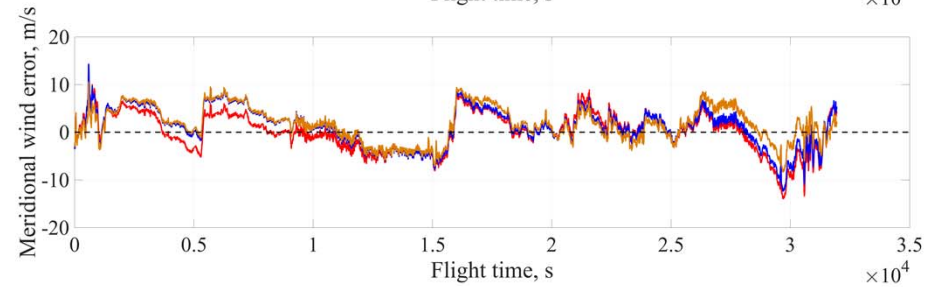
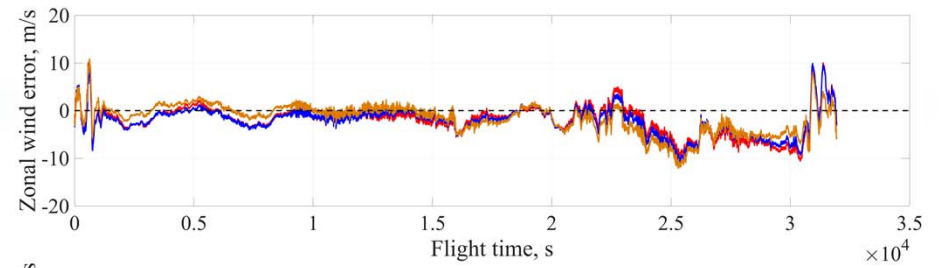
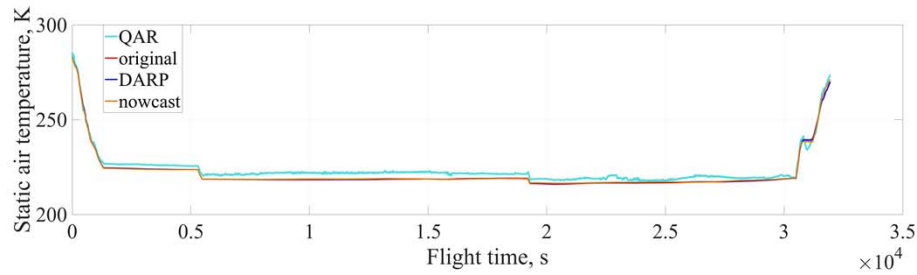
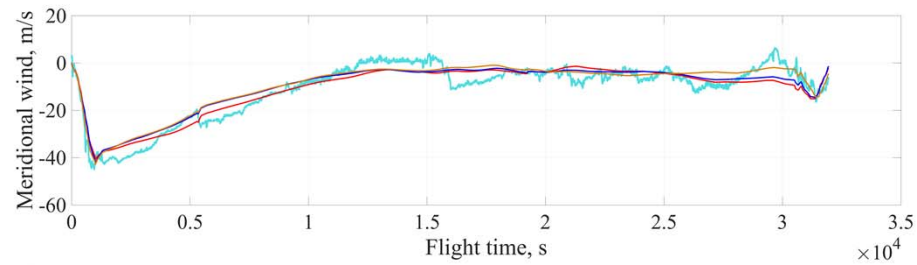
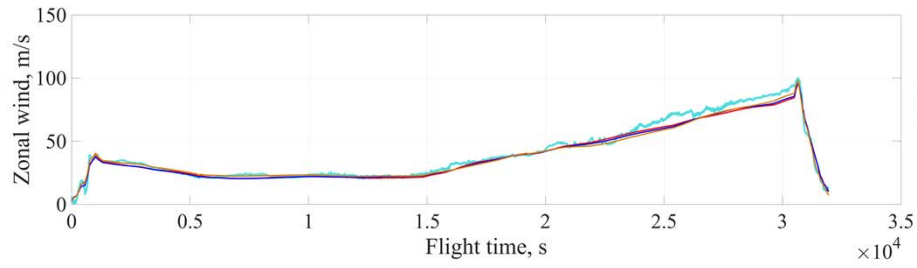
東西風速:

$$V_{GS} \cos(\psi) - V_{TAS} \cos(\gamma) \cos(\psi - \epsilon)$$

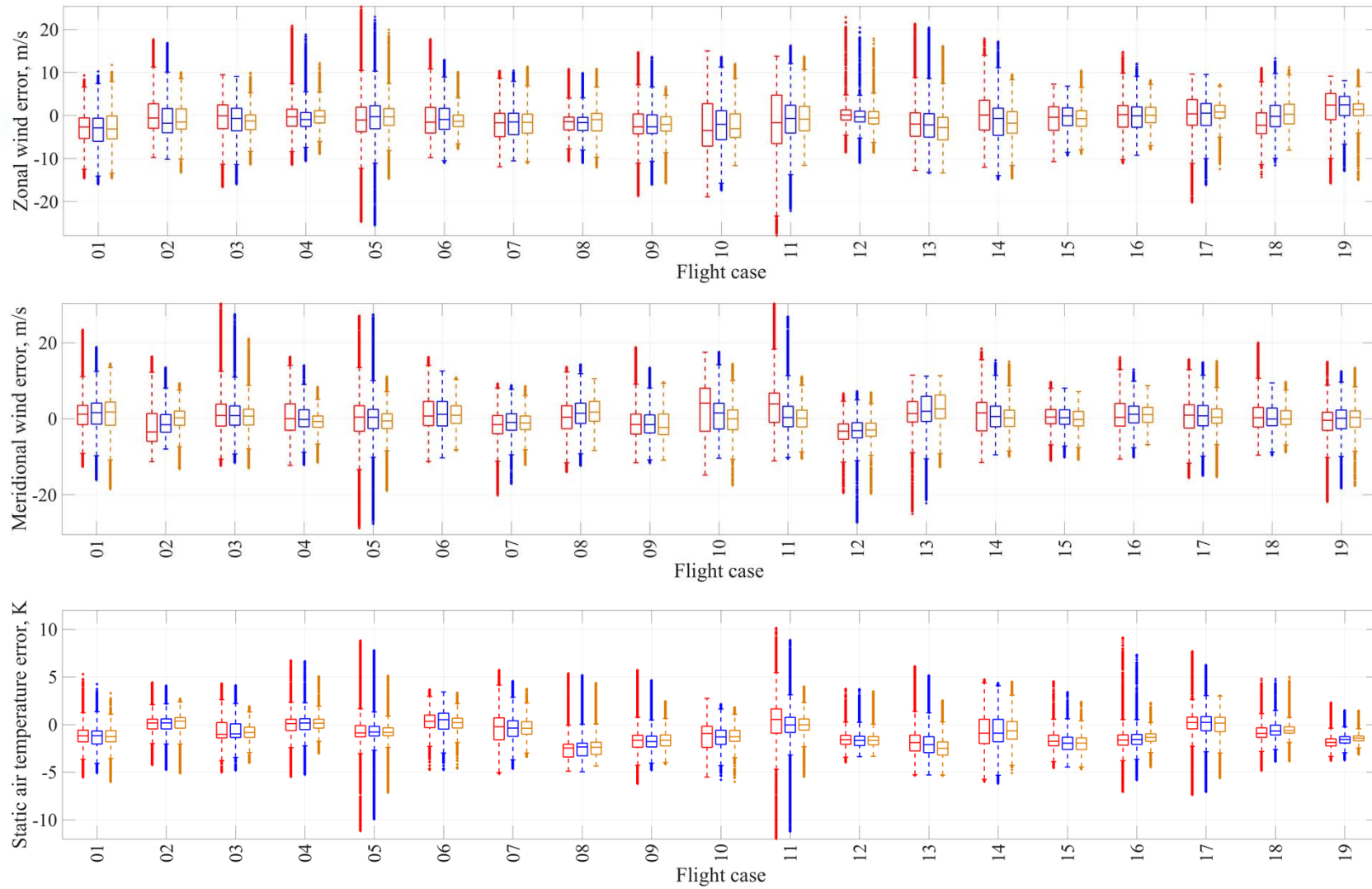
南北風速:

$$V_{GS} \sin(\psi) - V_{TAS} \cos(\gamma) \sin(\psi - \epsilon)$$

解析結果一例



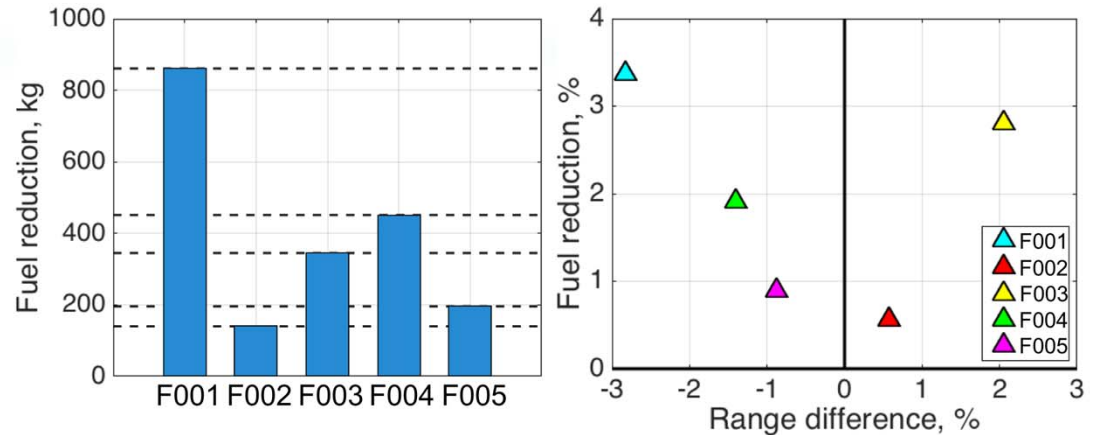
解析結果 - 定量的な評価



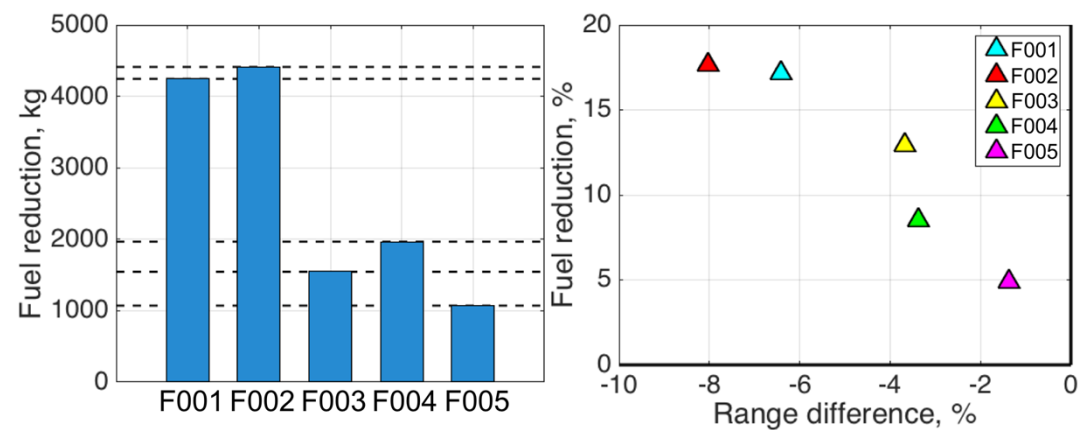
今後の課題

- 路線・季節等による気象予測誤差の変化を検討する。
- 航空機の性能評価に気象予測誤差が及ぼす影響について定量的な評価を行う。
- DARP運用の拡大に貢献するとともに、将来の軌道ベース運用(4D-TBO)における便益拡大の可能性について検討する。

DARP運用による便益推定



4D-TBO運用による便益拡大の検討



まとめ

- 本研究では、DARP運用の継続・拡大に貢献できることを目指している。
 - ✓ DARP運用による便益推定の不確実性を明らかにすることを趣旨とし、第一段階として、DARP運用における気象予測誤差について検討を行った。
- 航空会社提供のQARデータを用いて気象予測誤差について定量的な評価を行った。
 - ✓ 飛行開始前・飛行中に作成される飛行計画データに使用する気象予報データの精度とリアルタイムの気象データが運航に使える環境を前提に気象データ(実況値)の精度との比較検討を行った。
- 得られた結果から、
 - ✓ 東西風速の予測誤差: $-5\text{m/s} \sim 2\text{m/s}$
 - ✓ 南北風速の予測誤差: $-5\text{m/s} \sim 5\text{m/s}$
 - ✓ 外気温の予測誤差: $-4\text{K} \sim 4\text{K}$
 - ✓ Nowcastデータを用いることによって風速の予測誤差が縮小できる。
- DARP運用の拡大に貢献するとともに、将来の軌道ベース運用(4D-TBO)における便益拡大の可能性について検討する。

A photograph of an airport tarmac at sunset. The sun is a large, bright yellow-orange orb in the upper center, casting a warm glow over the scene. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds. In the foreground, an ANA aircraft is parked on the tarmac, its tail fin clearly visible with the ANA logo. The aircraft's registration number, 787, is visible on the fuselage. The background shows the silhouettes of airport buildings and structures against the bright sky. The overall mood is peaceful and serene.

ご清聴ありがとうございました。

お問い合わせ: navinda@mpat.go.jp