

施策検討での活用事例①

巡航経路における時間管理性能評価と 今後の交通管理の見通し

武市 昇

CARATS推進協議会

航空交通流時間管理検討WG 座長

(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 准教授)

CARATSオープンデータ活用促進フォーラム

2017年12月4日

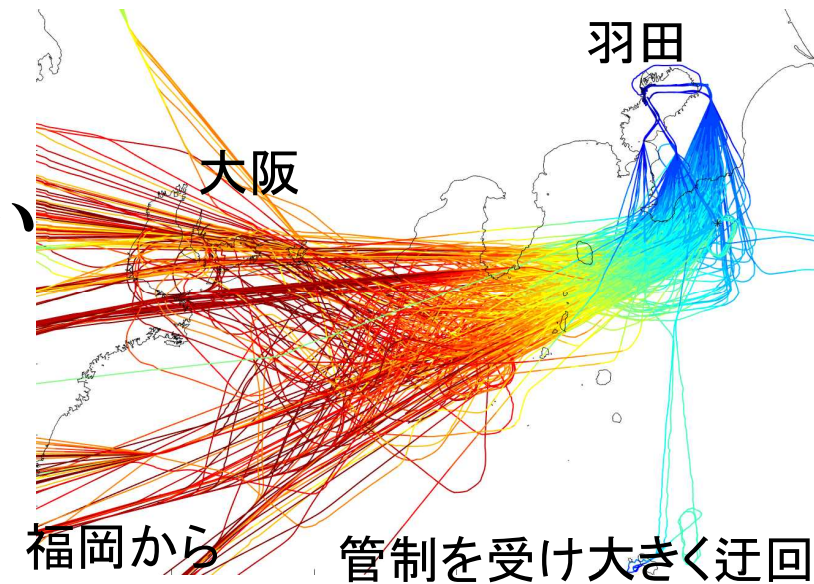
航空交通の現在と方向性

- 現在の航空交通

- 管制官による安全な運航
- 安全であるが必ずしも効率的では無い
 - 遠回り・低空での低速飛行 ⇒ 環境負荷

- これからの方向性

- 空域ベース運用 ⇒ 軌道ベース運用
 - 主役：管制官 ⇒ 航空機
 - “管制しやすいように飛ばす” ⇒ “飛ぶべき様に飛ばす”
- 四次元航法の導入
 - 3次元の位置＋時刻で運航を管理
 - 空間的間隔 ⇒ 時間間隔
- 時間基準の運航管理
 - 離陸前から着陸まで

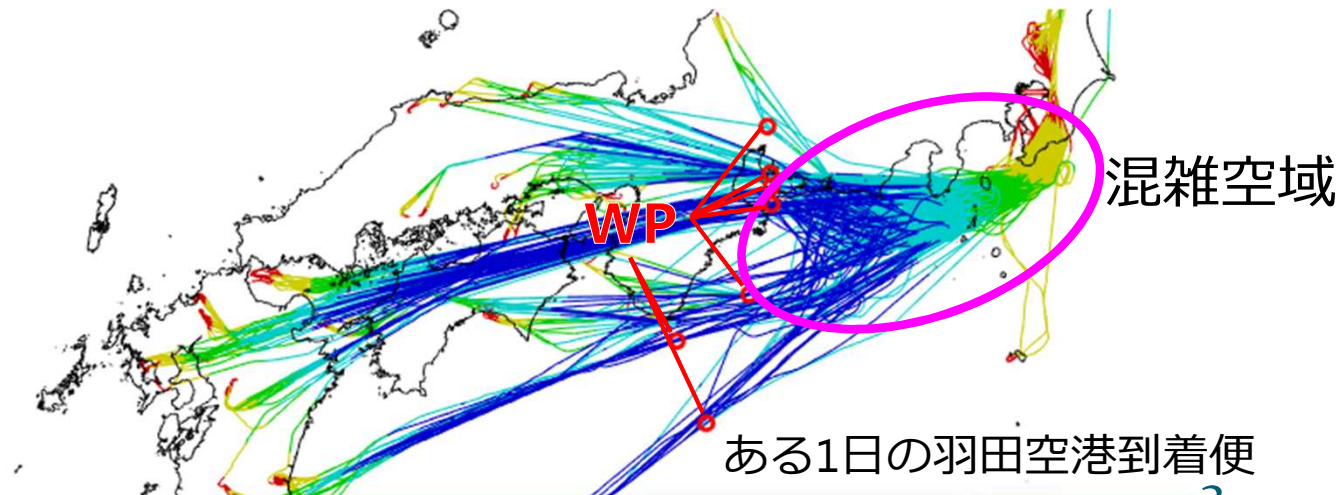


時刻基準の運航管理方式

- EDCT：出発時刻を意図的に遅らせる
 - 混雑空域で生じ得る遅延 ⇒ 離陸前に待機
 - 現在も運航中
- CFDT：混雑空域直前WPの通過時刻を指定し遅延させる^[1]
 - 2011年8月～2014年9月まで試行・2019年度後半に再開予定
 - 米国FAAでも同様の運航^[2]
 - 再開時とそれ以降にアルゴリズム改善の機会がある
- 目的は同じ：混雑空域の交通量の超過を抑制

※EDCT: Expected Departure Clearance Time

CFDT: Calculated Fix Departure Time



[1] JCAB, "ATFM/CDM in JAPAN," The 3rd Meeting of ATFM Steering Group, Singapore, 10-14 Mar., 2014.

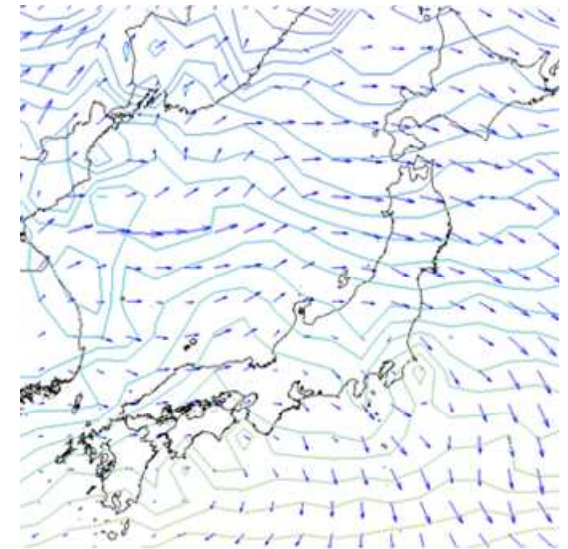
[2] Lascara, B. et al., "Measuring Performance of Initial Ground-based Interval Management – Spacing (GIM-S) Operations," 12th ATM Seminar, Jun. 2017

CFDT運航の再開へ向けて

- CARATS推進協議会に航空交通流時間管理検討WGを設置
 - 2017年度から活動開始
 - 構成：研究機関・大学・航空局・エアライン・管制システムメーカー
 - 他WGと比べて研究的要素が強い ⇒ 研究機関・大学・航空局が主体
- WGの主な取り組み
 - 時間管理アルゴリズムの検証・改善
 - EDCT運航との併用
 - 海外便（EDCT適用不可）と国内便の効率の良い公平な運航
 - 時間管理性能の向上
 - 軌道予測精度の検証・改善
 - 離陸前の予測・精度向上（本日の岡さんのご発表内容）
 - 離陸後の予測精度評価 下線：本日の発表内容
 - 到着時刻の制御性能の評価 これらの評価にCARATSオープンデータを使用
 - 地上システムと機上装置の差異を解消する運航方式

時間管理性能の評価

- CFDTにおける時間管理：WP到着時刻の予測と制御
- 予測方法：対地速度を積分 ⇒ 到着時刻を計算
 - 標準的運航モデル（EUROCONTROL提供^[3]）
 - 上昇率や対気速度が機種ごとに提供されている
 - 数値気象予報（気象庁提供^[4]）
 - 風情報を使用
- 予測精度の評価
 - CARATSオープンデータを正解として扱う
 - 目的WPの最近傍点の通過時刻
- 到着時刻の制御性能の評価
 - 標準的運航モデルの速度上限/下限を使用
 - 実際の運航便の到着時刻の短縮/延長可能時間を評価



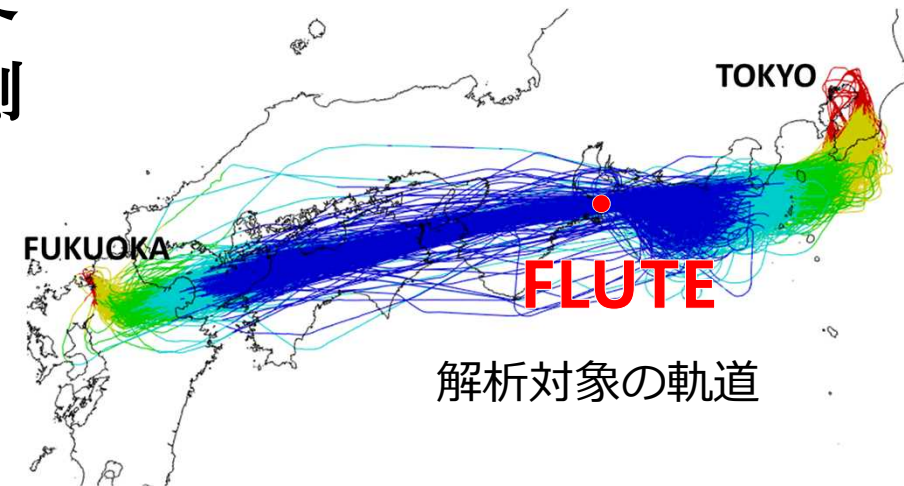
数値予報の風ベクトルの例

[3] Nuic, A., "User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA) Revision 3.13," Eurocontrol Experimental Center, May 2015.

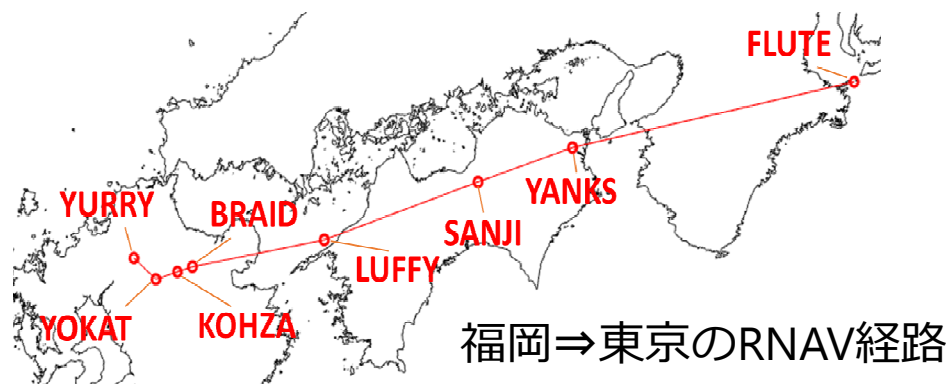
[4] 気象庁, 数値予報 メソモデル・局地モデル, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-6.html>

到着時刻の予測

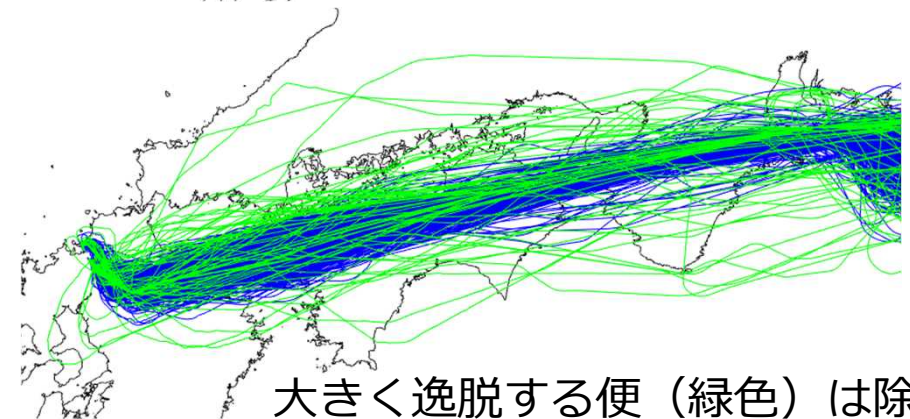
- 解析対象：福岡 ⇒ 東京便
 - 混雑空域（関東南セクタ）に入る前にFLUTEを通過
 - 2012~2014年度の126日間の5647便
 - 一便ごとにFLUTE到着時刻を予測
 - RNAV経路に沿うものとして
 - 大きく逸脱する便は除外
 - 通常運行を予測するため



解析対象の軌道



福岡⇒東京のRNAV経路

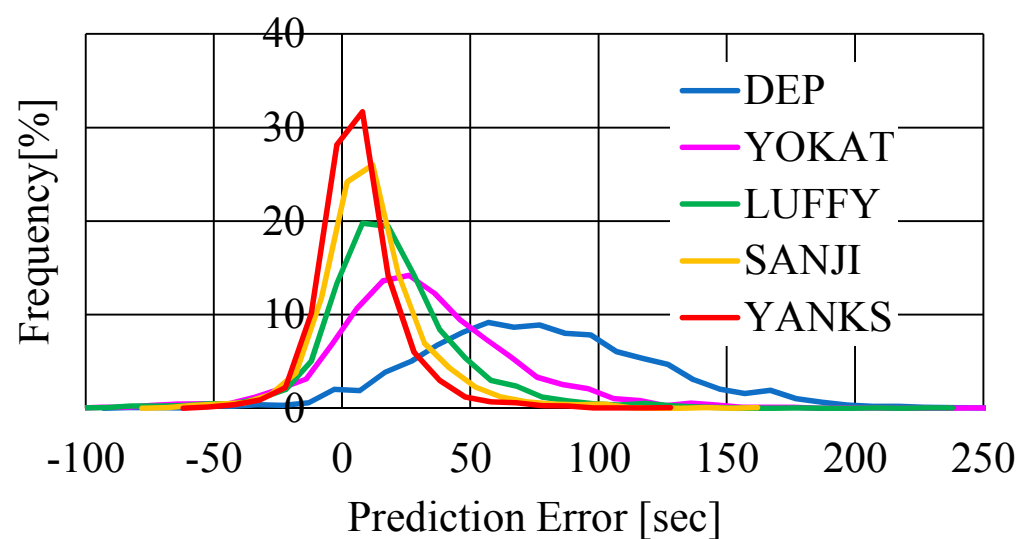
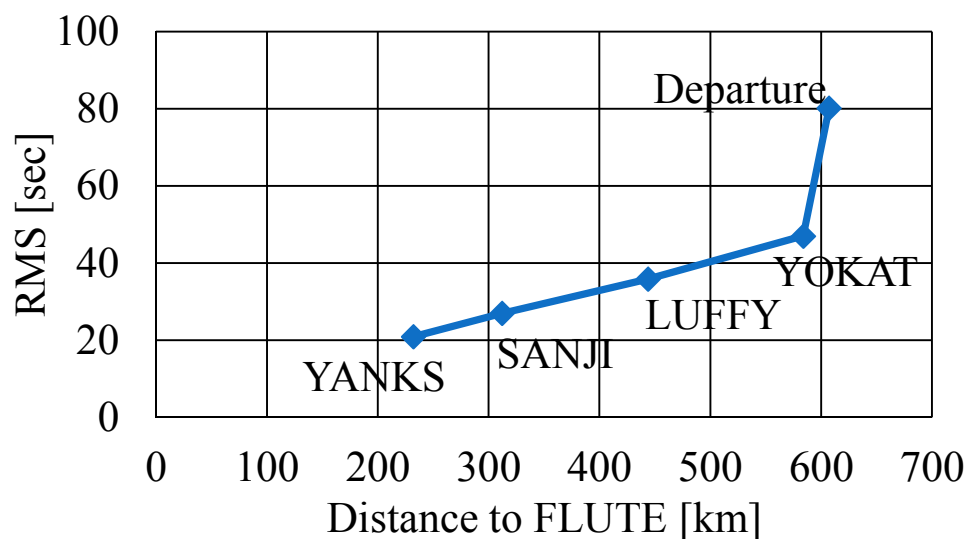
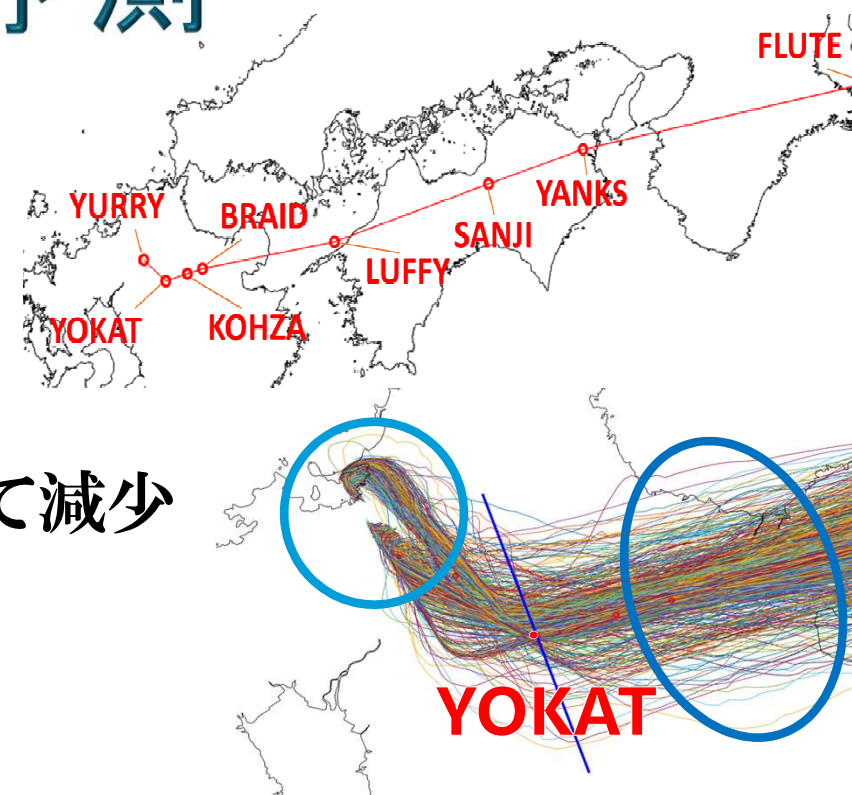


大きく逸脱する便（緑色）は除外

到着時刻の予測

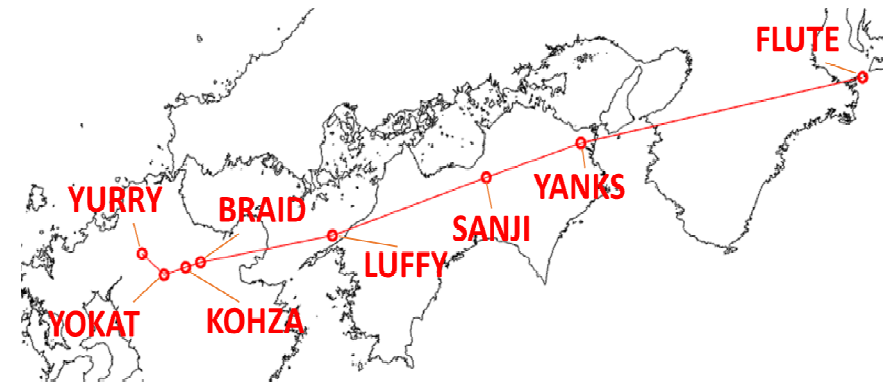
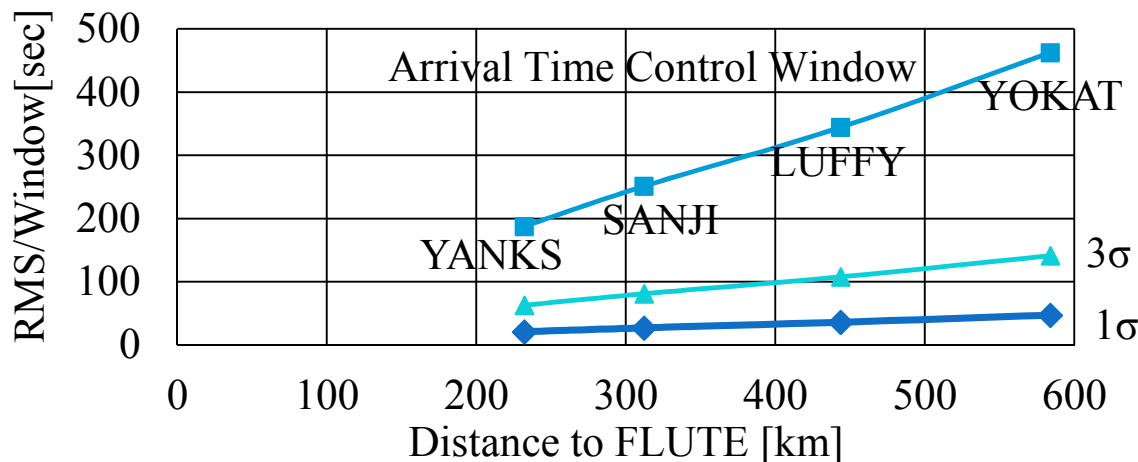
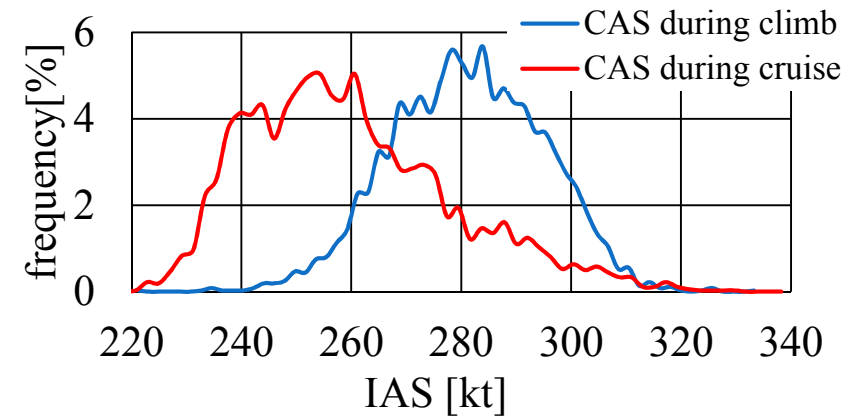
● 予測結果

- 離陸後に急激に予測精度が向上
 - YOKAT通過後はほぼ平行に飛行
 - 飛行位置が予測精度の向上に寄与
- 予測誤差RMSが距離にほぼ比例して減少
 - 最初は偏りが大きい
 - 当初の想定よりかなり良かった



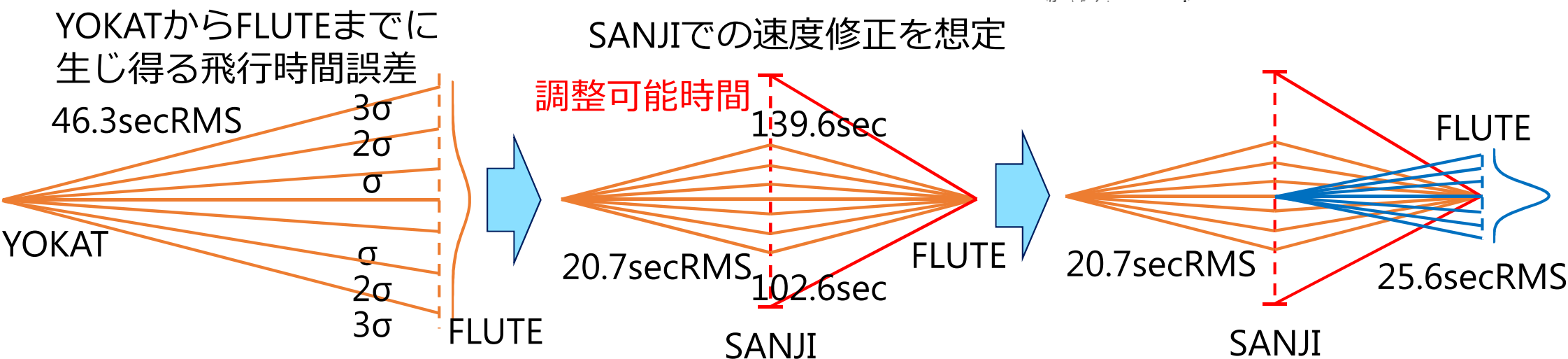
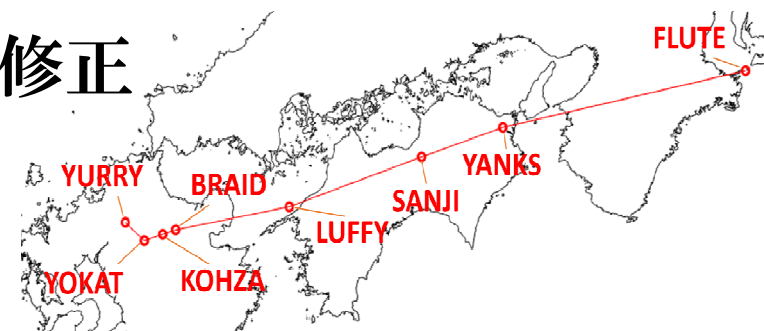
到着時刻の制御性能の評価

- 飛行中：一定の速度を維持（何事も無ければ）
 - 速度の上限/下限により調整可能な飛行時間が決まる
- オープンデータからIASの上限/下限を決定
 - 上昇時：最小260[kt]・最大：310[kt]
 - 巡航時：最小230[kt]・最大：310[kt]
- 実現しうる到着時刻差を評価
 - ほぼ距離に比例して減少
 - 予測誤差RMSに比べてはるかに大きい（当初の想定よりも）



精密な時間管理の可能性

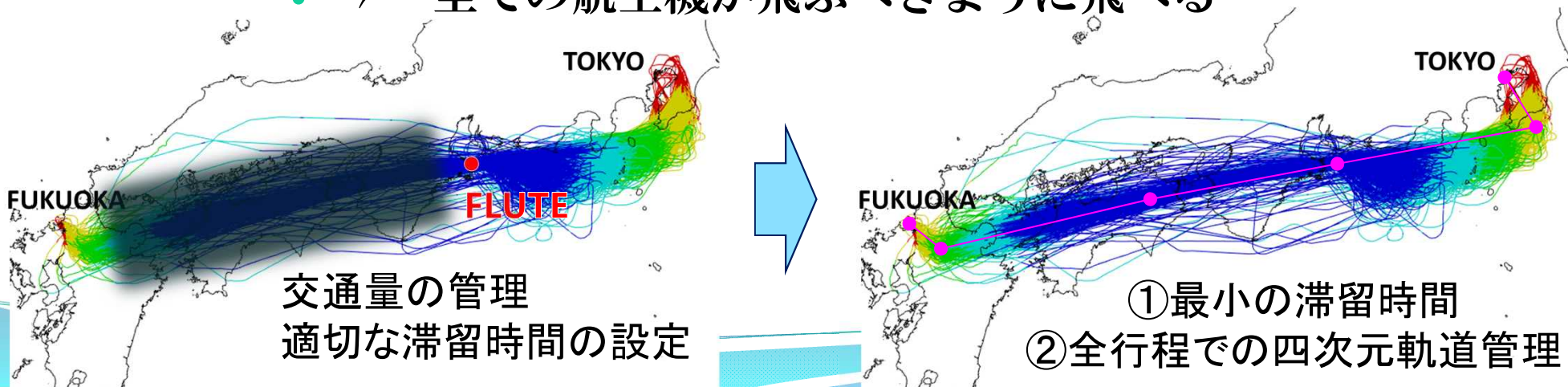
- 到着時刻の制御可能時間 >> 到着時刻のばらつき大きさ
 - 途中での到着予測時刻の計測と速度の修正
 - 高精度な到着時刻の制御が可能に
 - 例：SANJIでの修正



- 修正地点を追加すればさらなる高精度化が可能

精密な時間管理の可能性

- FLUTE以降の管制
 - 現在およびCFDT再開後：管制指示（ベクタリング等）による処理
 - 関東南セクタ内の交通量が適切に調整されていれば良い
 - 密な着陸間隔を維持するため意図的に滞留時間を設定
 - 近い将来：四次元航法を活用した継続降下運用
- CFDT運航の発展可能性
 - 今回の解析：セクタ入域までの時間管理の可能性が明らかに
 - ①滞留時間の最小化
 - ②離陸から着陸までの全行程での四次元軌道管理
 - 交通量の管理＋高精度な時間基準の運航管理
 - ⇒ “全ての航空機が飛ぶべきように飛べる”



まとめ

- 施策検討の場でのオープンデータの活用事例の紹介
 - 航空交通流時間管理WGでの検証
- 実データの解析
 - 当初想定していなかった予測精度・制御性能が明らかに
 - 実データは雄弁
- CFDT運航の発展可能性
 - これまで：交通量管理が目的
 - 管制官の手に負える範囲に抑える
 - 密な着陸間隔の維持のため滞留時間が不可欠
 - 予測と制御の高い性能を必要としない
 - 米国FAAの現在の施策でも同様
 - これから：着陸までの時間管理の可能性
 - 制御可能時間 >> 到着時刻のばらつきの大きさ
 - ①滞留時間の最小化が可能に
 - ②混雑空港への着陸までを見通した時間管理の実現性が明らかに
 - 将来想定される全行程での四次元軌道管理への第一歩



memo