

福岡進入管制区内の 航空交通流解析

九州大学 東野伸一郎



九州大学

本発表の内容

- 背景, 目的
- 福岡空港・福岡進入管制区の特徴
- 航空交通流(到着機)の年次変化
- 混雑時間の特徴, 年次変化
- 混雑の一因 - 進入方位の多様性
- 進入管制区内飛行距離の年次変化
- RWY34 VFR着陸の寄与
- 離着陸間隔の年次変化
- まとめ

背景

➤ 福岡空港

- 地元の空港
- 単一滑走路としては日本一の交通量
- 近年は混雑，遅延が常態化
- 誘導路増設工事中，滑走路増設の予定あり

平成27年度 年間着陸回数(回)



平成27年度 年間旅客数(人)



国内主要空港の年間着陸回数および年間旅客数(青字:滑走路本数)※

目的

- CARATSオープンデータによる福岡進入管制区の
 - 航空交通の特徴の抽出
 - 混雑状況, 年次変化の把握
 - 混雑理由の解明(解消に向けて)

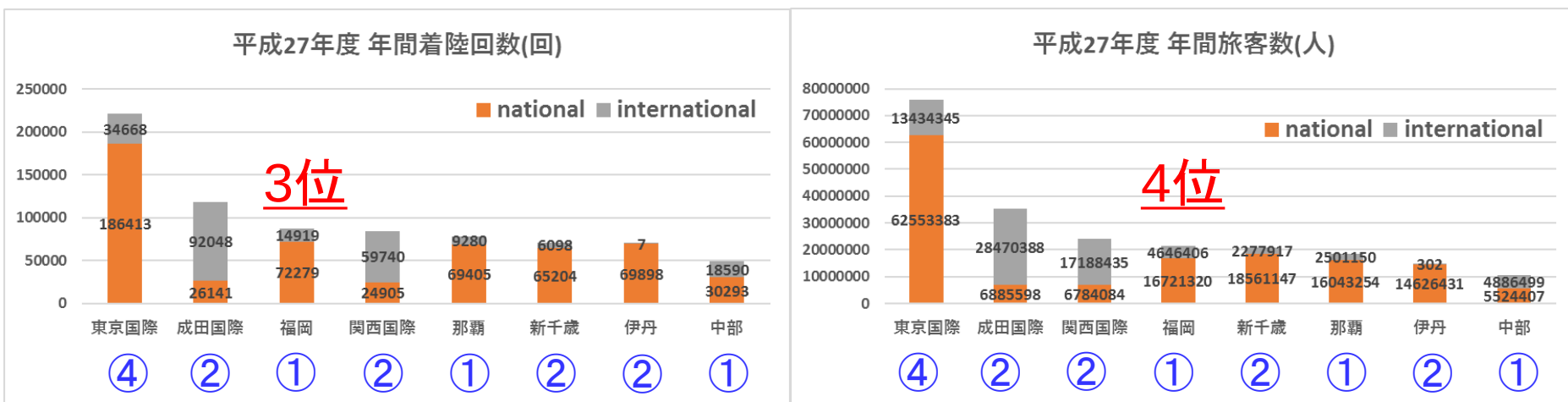
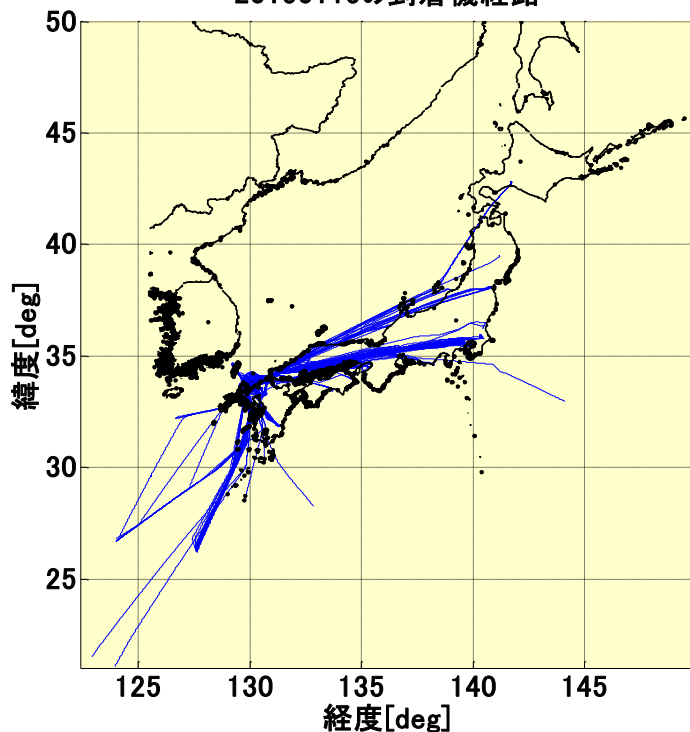


図: 国内主要空港の年間着陸回数・年間旅客数の比較(青字: 滑走路本数)※

CARATSオープンデータ

- 航空交通システムの研究活動推進のために, 国土交通省が一般公開している航空路管制用レーダデータ (2012~2015)
- 計器飛行方式による定期旅客便

20150115の到着機経路



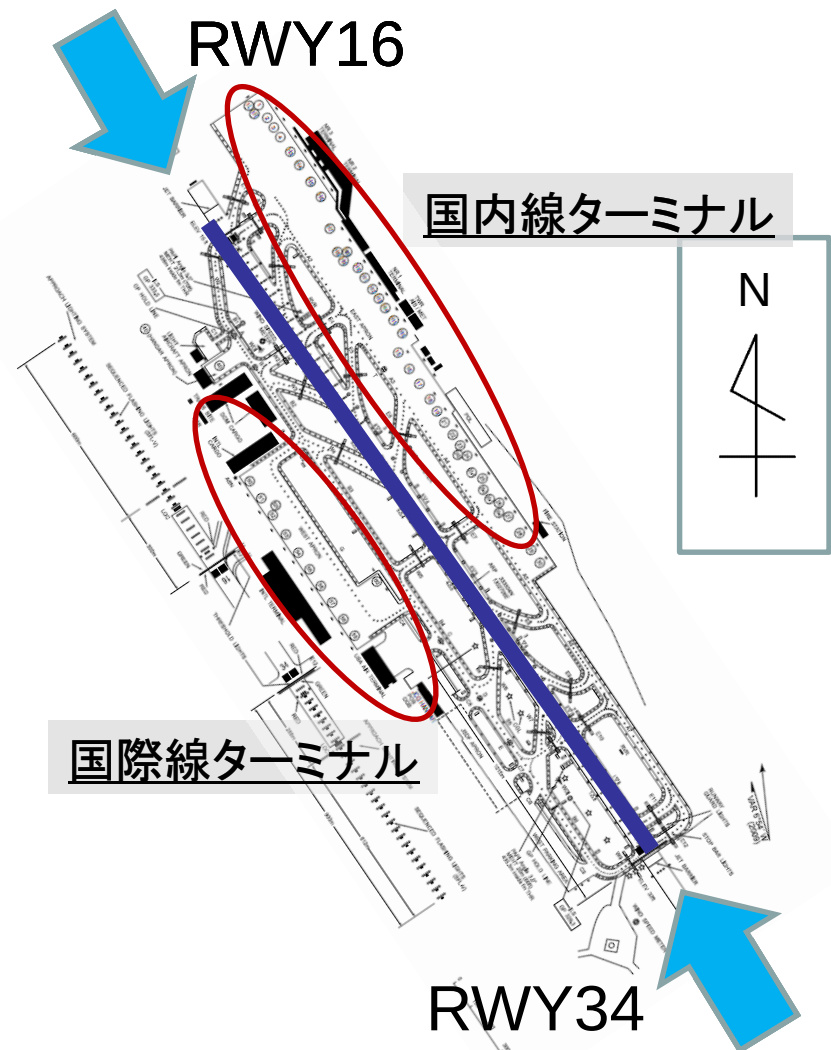
福岡空港への到着機経路の一例

CARATSオープンデータ概要

項目	概要
格納期間	2012~2015年度の奇数月の1週間 (6週間・42日/年度)
データ対象範囲	日本が管轄する福岡FIR全域における RDP及びARTS(一部)のデータ範囲
対象便	計器飛行方式(IFR)による定期旅客便
格納データ	時刻(JST), 仮想便名 緯度, 経度 気圧高度(ft), 型式

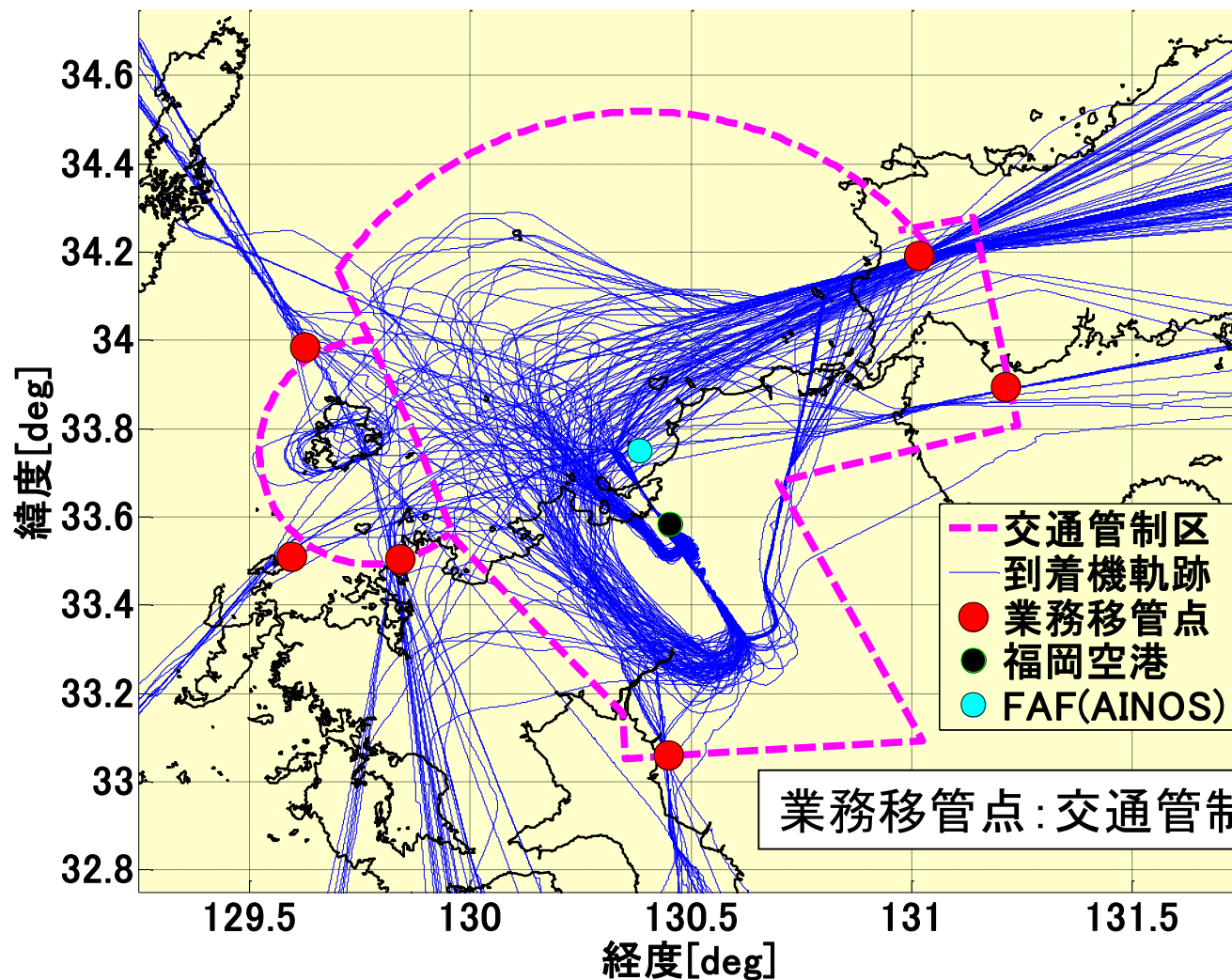
福岡空港(RJFF)の概要・特徴

- 空域 D+C
- 滑走路 2800m × 60m
- 滑走路方位 RW16, RW34 (IFR/VFR)
- 運用時間 7:00-22:00
- 特記事項
 - 国際空港
 - 小型機は事実上利用不可
 - 福岡市中心部に近く, 便利
 - 場周経路 RW34(L)のみ



福岡進入管制区の概要・特徴

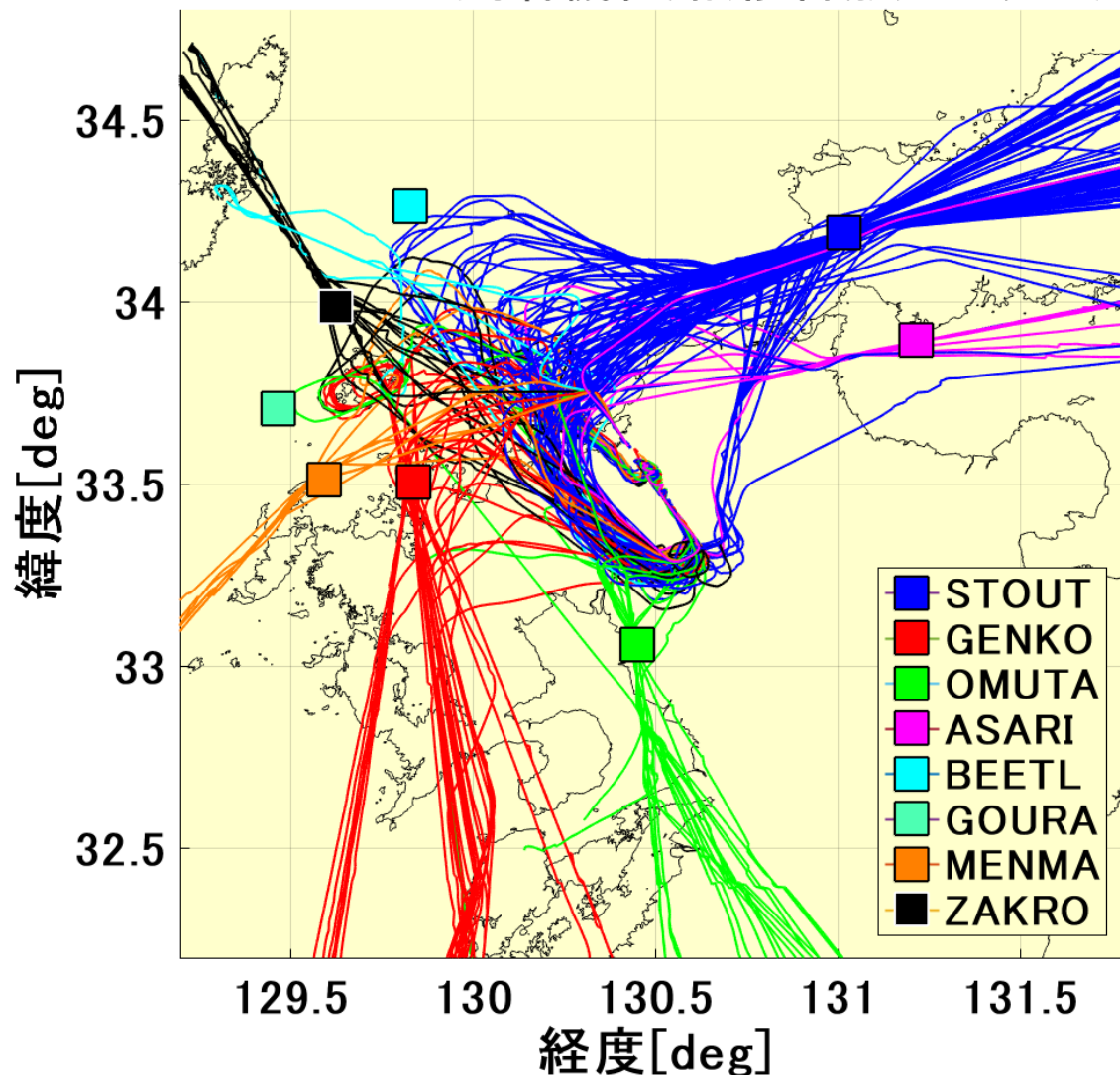
20150115の到着機経路



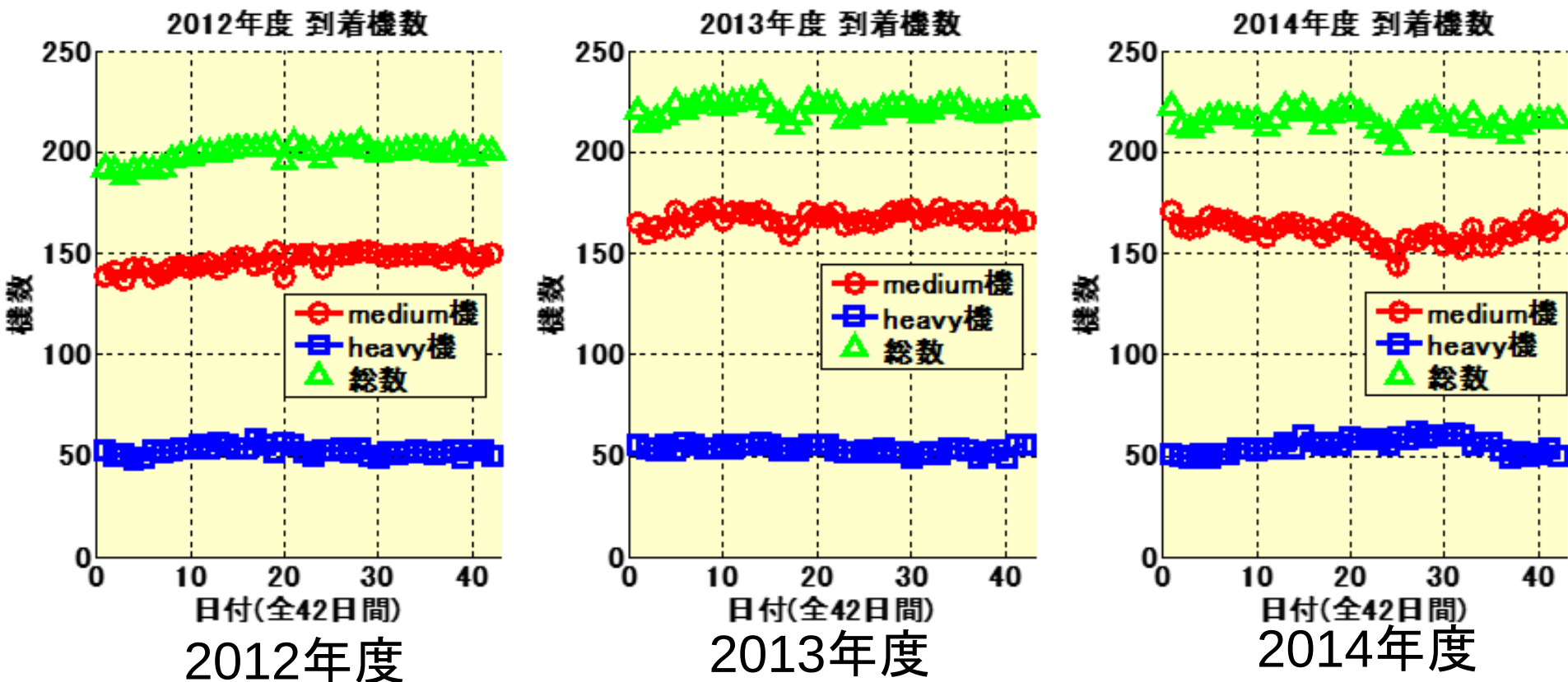
福岡空港到着経路の特徴

- 多方面からの
到着ルート
- 東からの到着機
が特に多い
- RW34運用時
VFR着陸の
場合がある

20150115の到着機経路(移管点別色分け)



1日あたりの到着機数の年次変化



Peach, JejuAir が2012年3月, Jetstarが2012年7月に福岡便の就航を開始
『小型化・多頻度運航』によって旅客数・離着陸機数の増加が生じている

時間当たりの到着機進入機数と混雑時間

単位時間当たりの到着機進入機数を $N_{in}(t)$ とし、以下に定義する.

$$E_{in}(i, t) \begin{cases} = 1 & (t - \frac{1}{2}L < T_{in}(i) < t + \frac{1}{2}L) \\ = 0 & \text{(or not)} \end{cases}$$

$$N_{in}(t) = \sum_{i=1}^n E_{in}(i, t)$$

L : 単位時間長さ

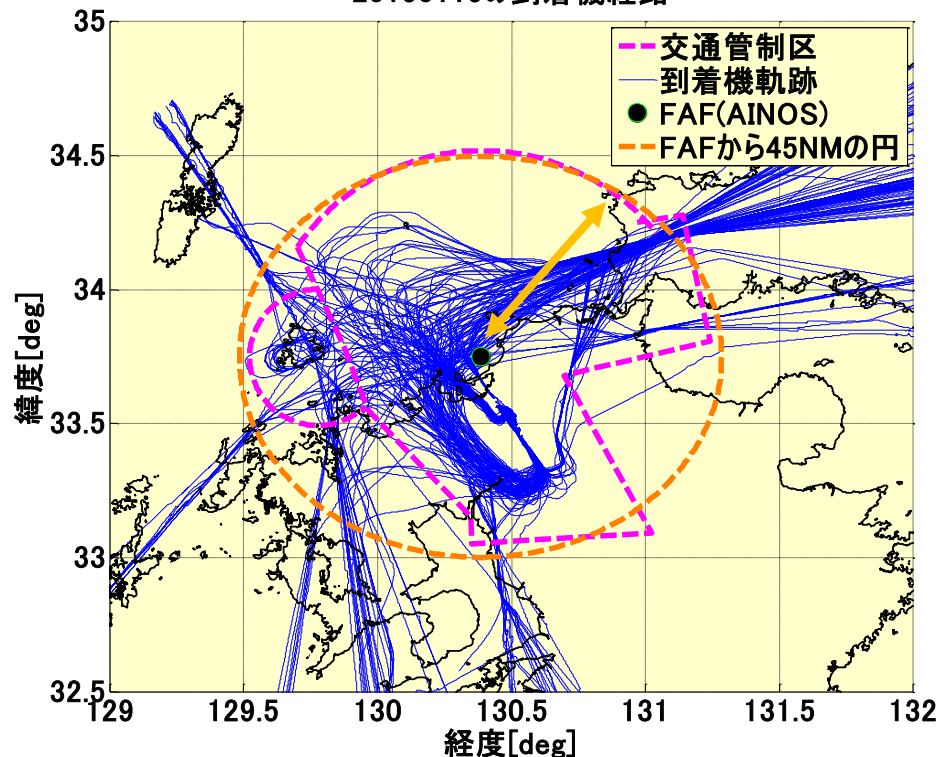
t : 時刻

i : 機体仮番号

n : 到着機総数

$T_{in}(i)$: i 番目の到着機がFAFから
45NMに到達した時刻

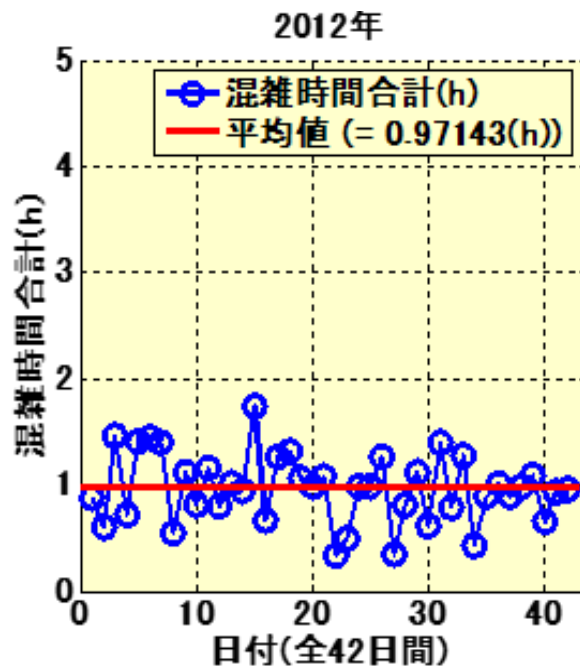
20150115の到着機経路



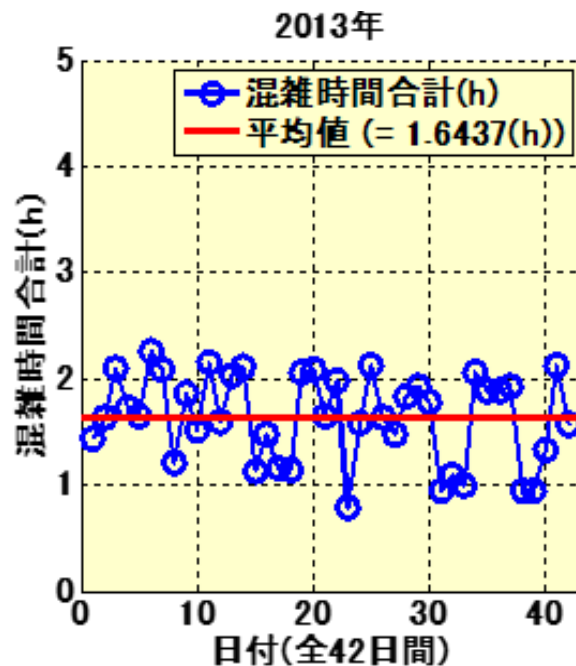
混雑時間合計値の年次変化

混雑時間の定義: 単位時間 $L = 10 \text{ min}$, $N_{in}(t) \geq 6$ 機を満たす時刻 $t \pm \frac{1}{2}L$

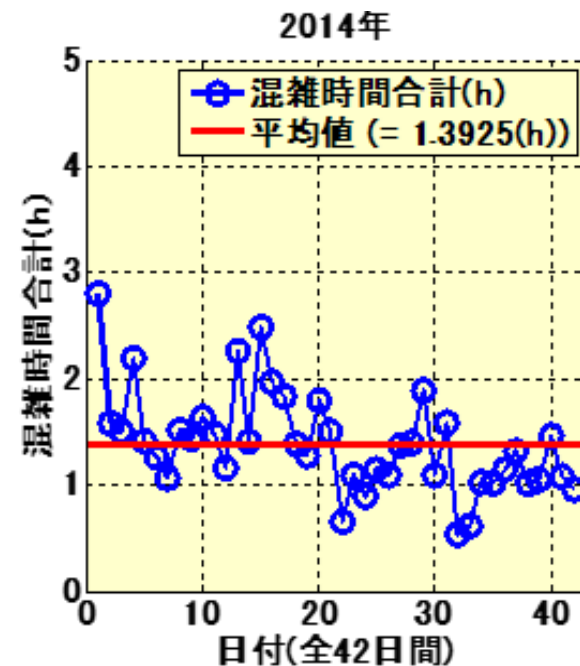
※先行heavy機の到着機連続最低間隔120s(後方乱気流管制方式)で運用した場合, 到着機連続は6機/10minが最大となる



2012年度

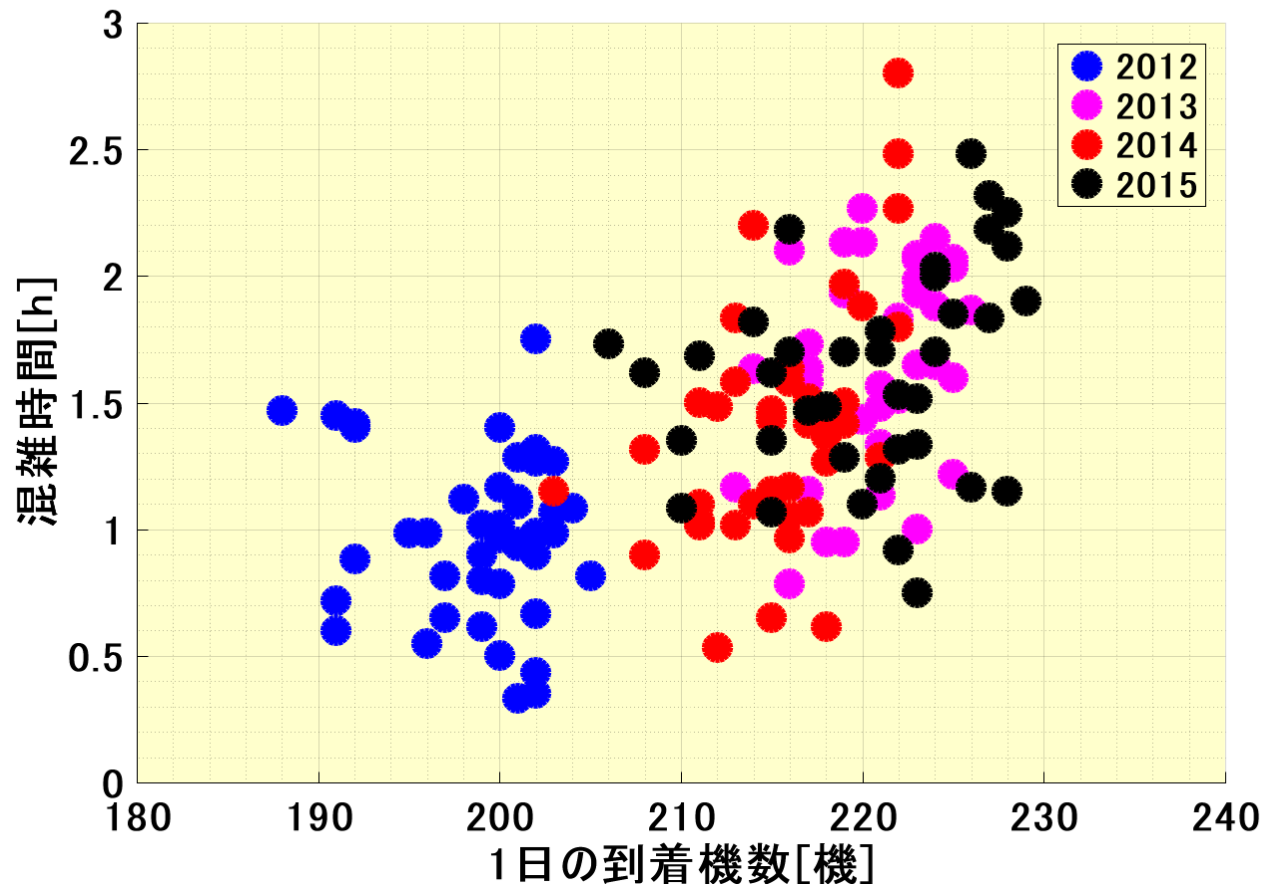


2013年度



2014年度

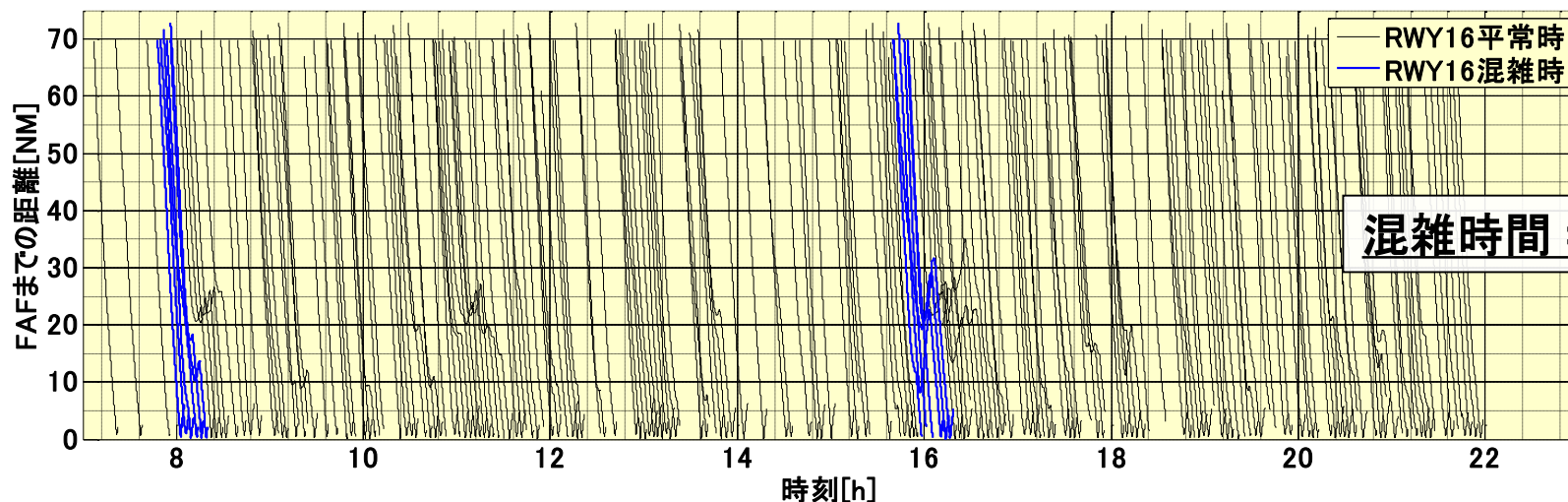
到着機数と混雑時間の相関



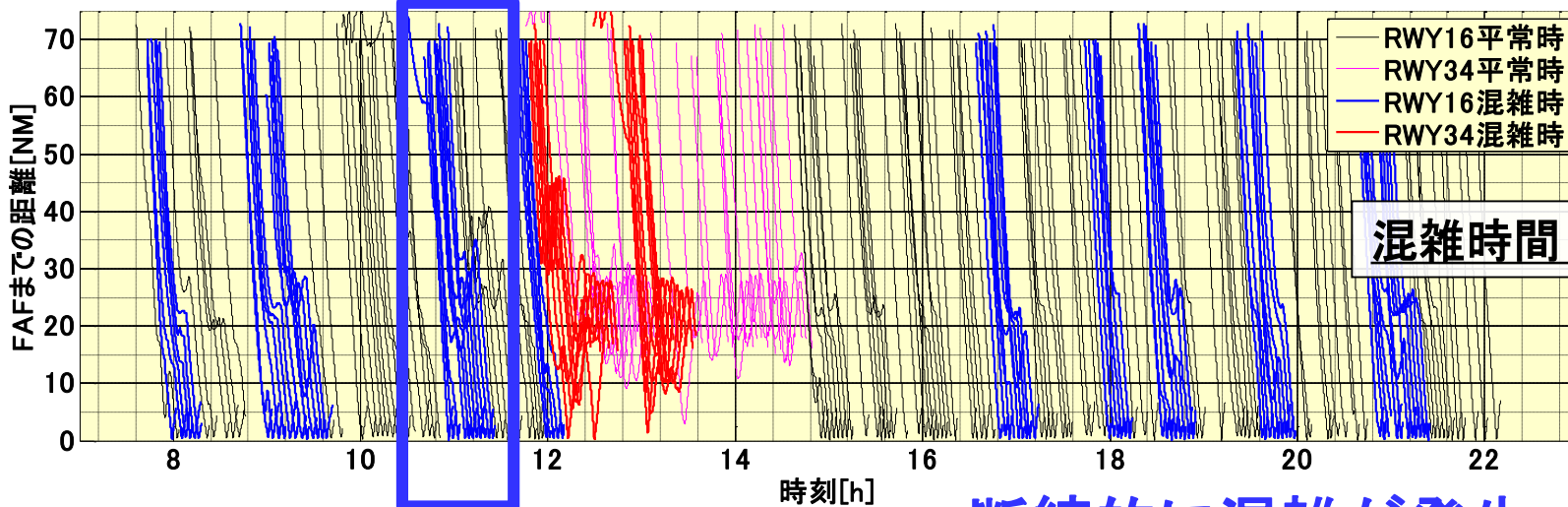
- 到着機数の増加によって混雑時間が長くなる傾向にある.
- 同機数内でもばらつきがあり, 日によって到着機の集中度合いに差がある.

混雑時間の分布と日によるばらつき

20121110の到着機経路

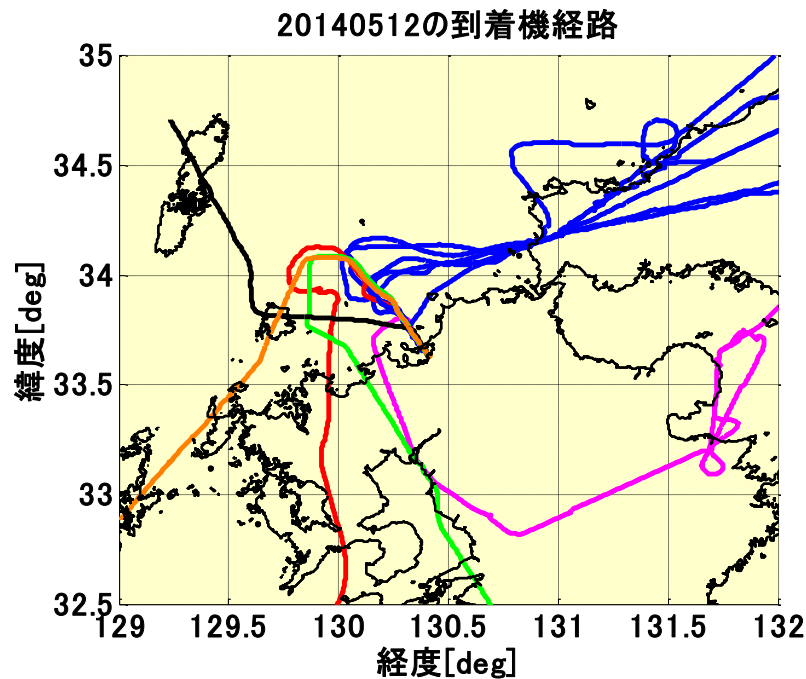
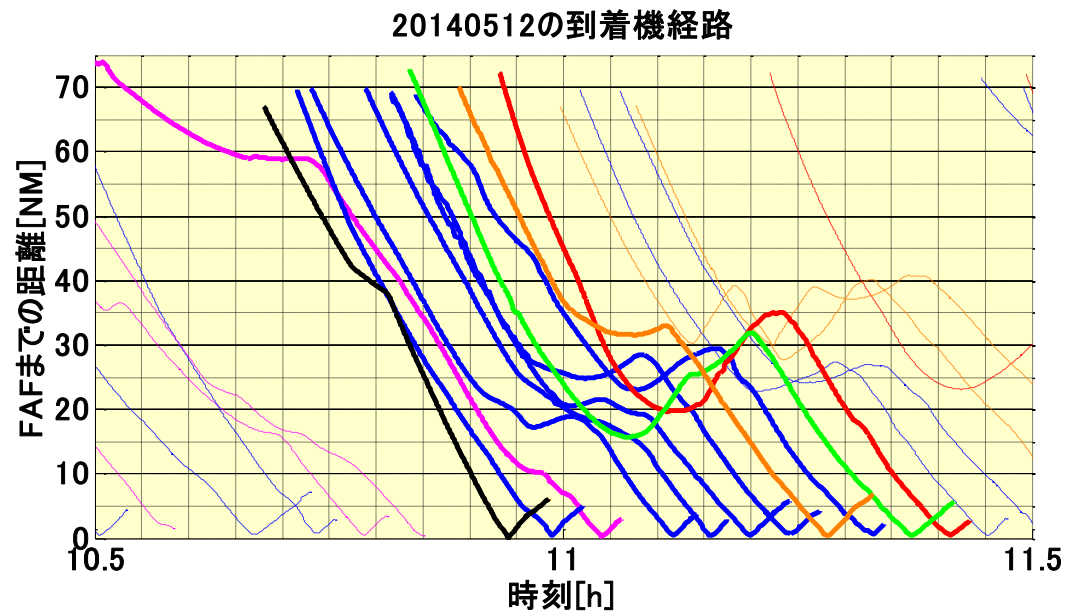


20140512の到着機経路



断続的に混雑が発生

多方面からの到着機集中の様子

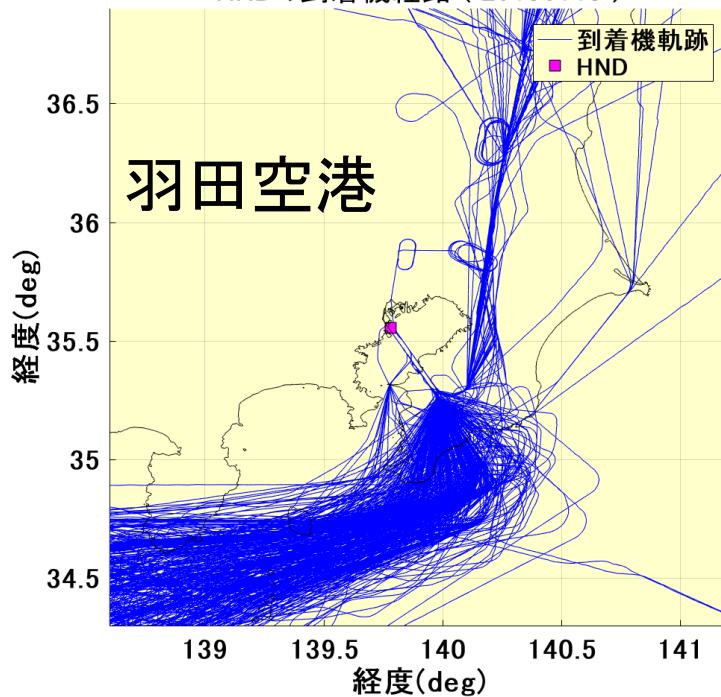


混雑時における多方面からの到着機進入と、間隔制御の実施

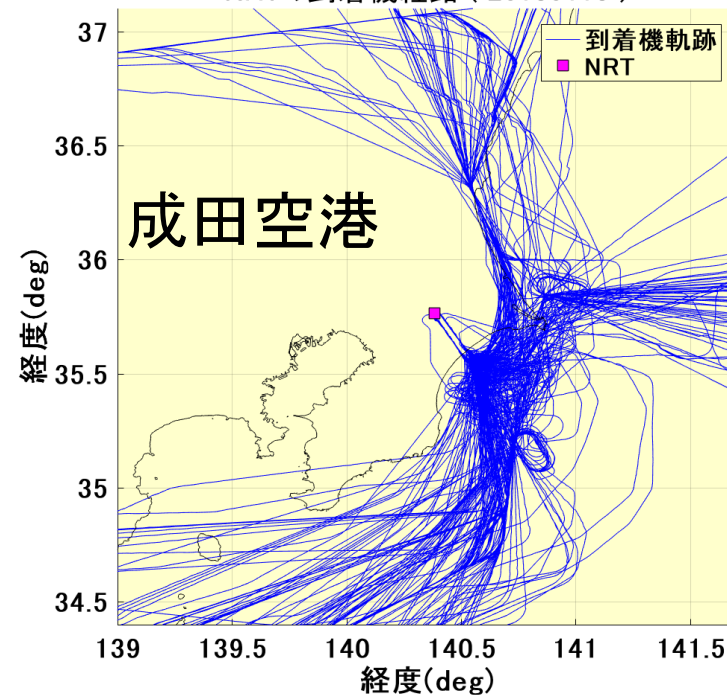
→ベクタリングの発生・拡大

国内の他の主要空港との比較

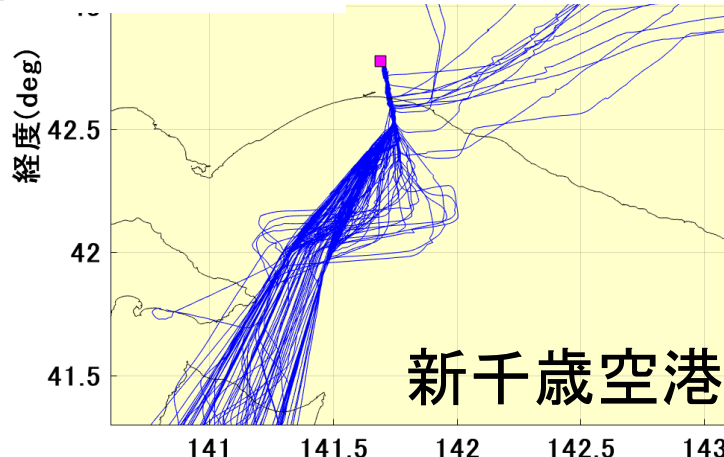
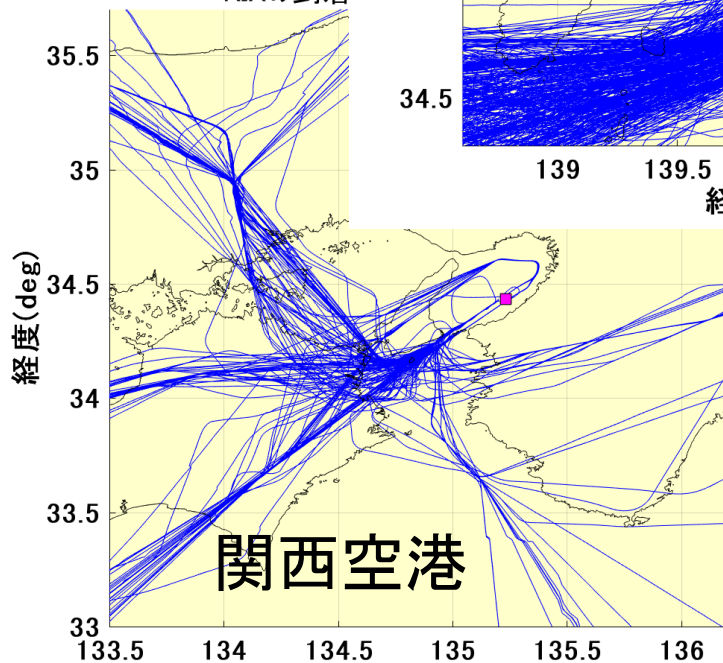
HNDの到着機経路 (20150115)



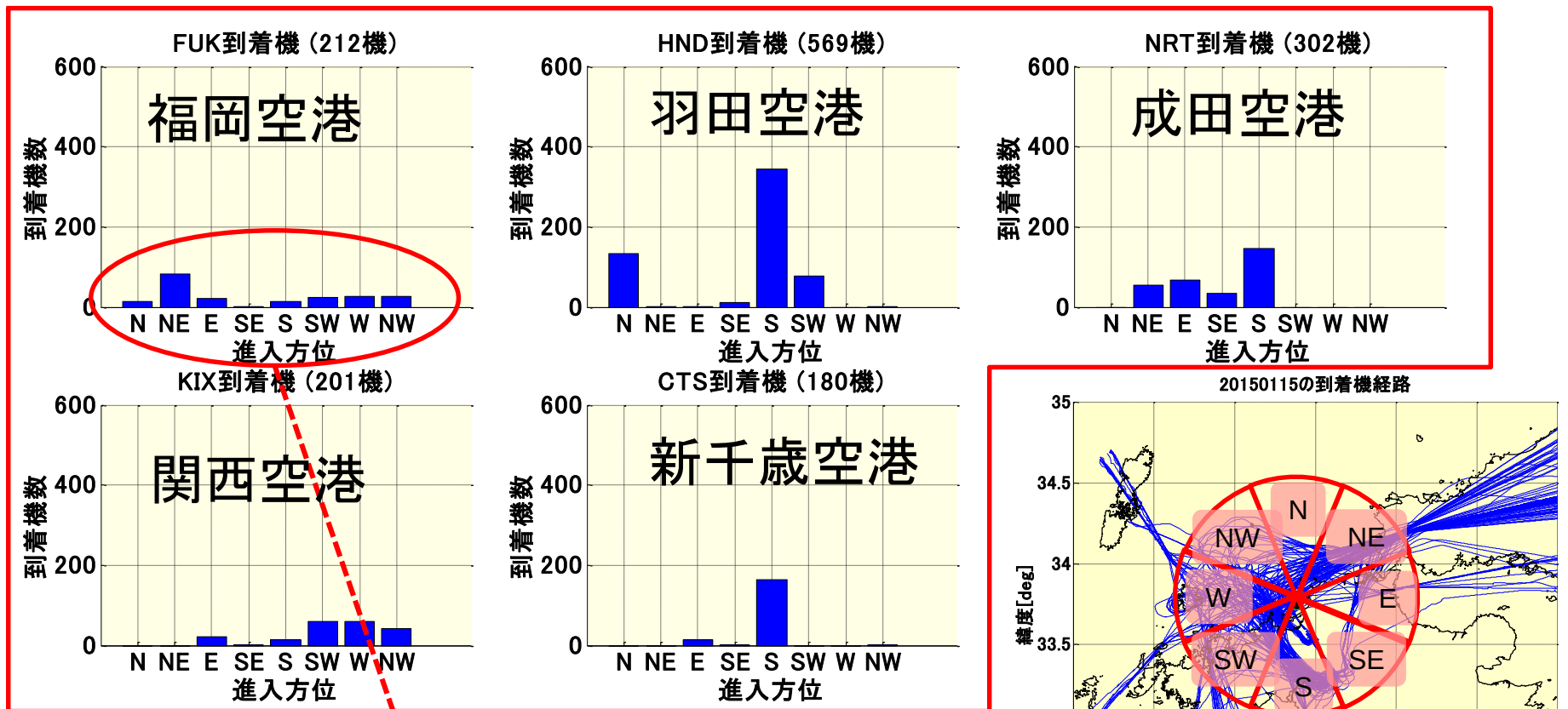
NRTの到着機経路 (20150115)



KIXの到着



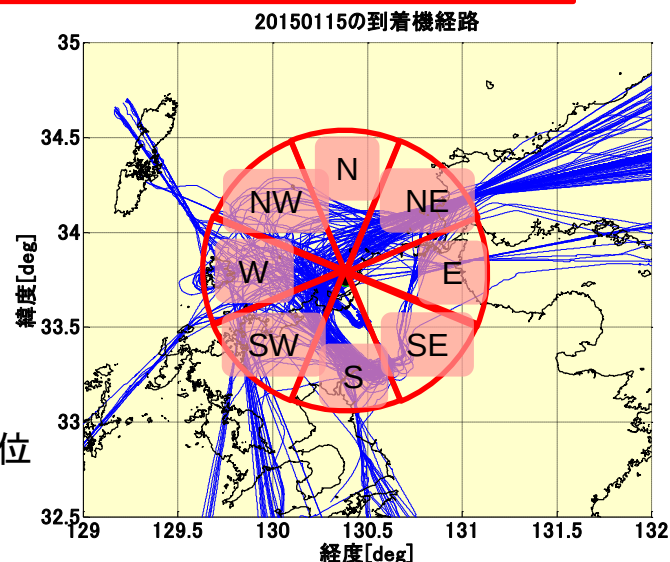
進入方位数に見る福岡空港の特徴



※進入方位：FAFから到着機の交通管制区枠付近での位置に対する方位

福岡空港の特徴：

多方面からの到着機の進入



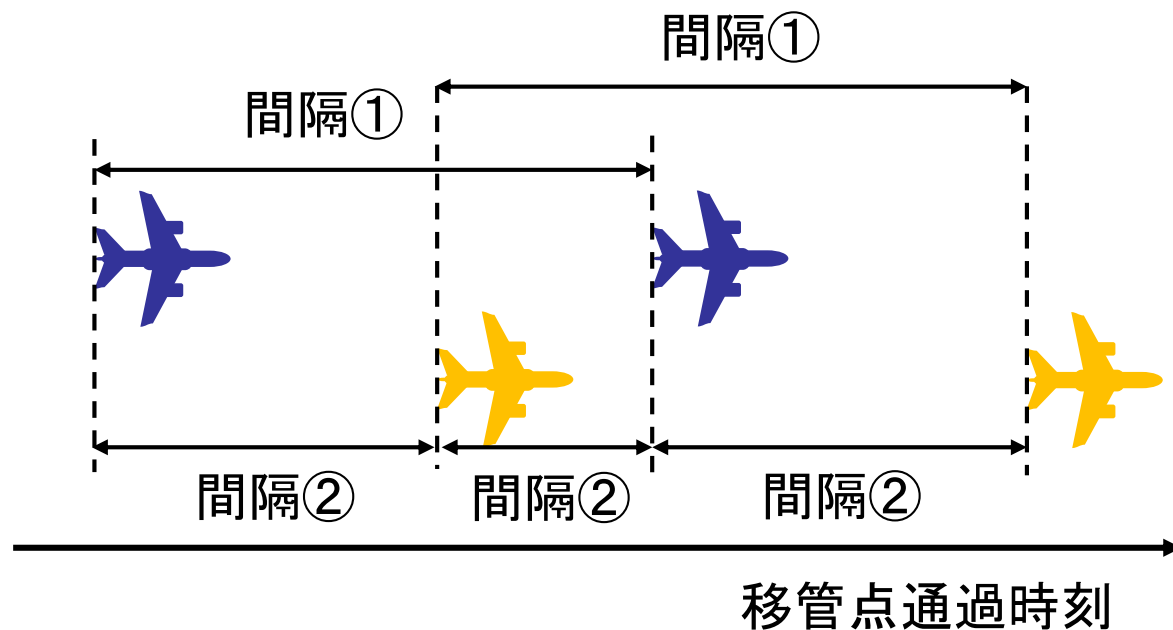
図：2015年01月15日の例

到着機前後間隔の調査

➤ 到着機間隔に関する2通りの評価

到着機の間隔制御の評価対象として以下の2通りを調査した.

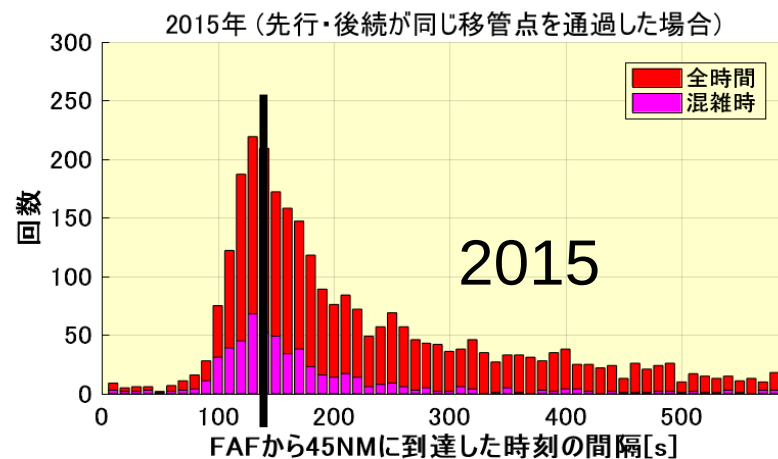
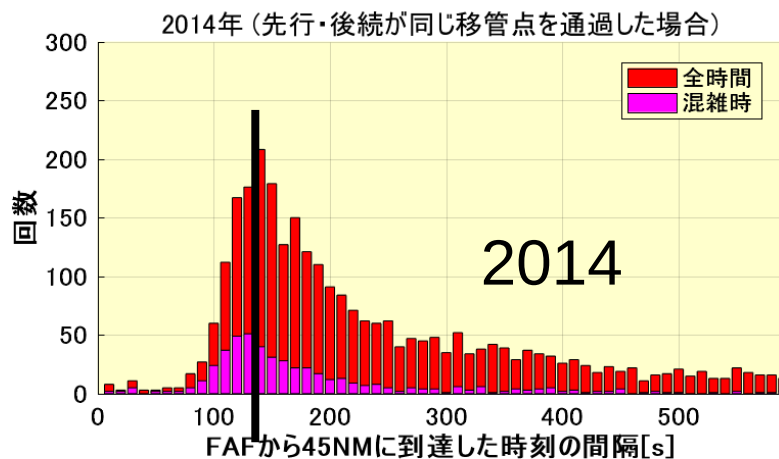
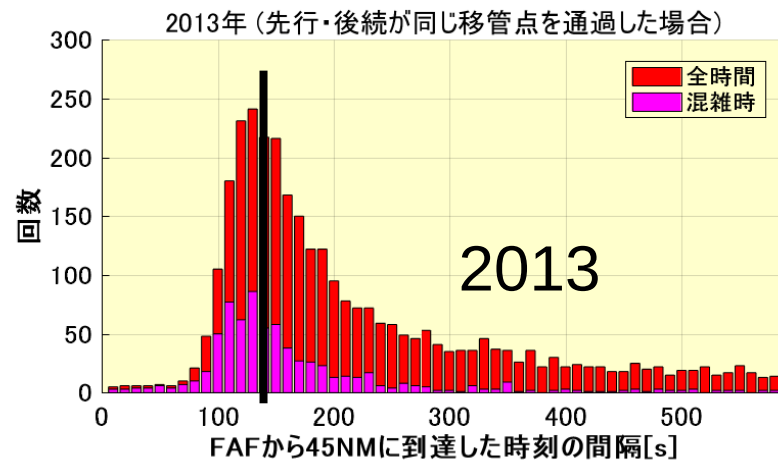
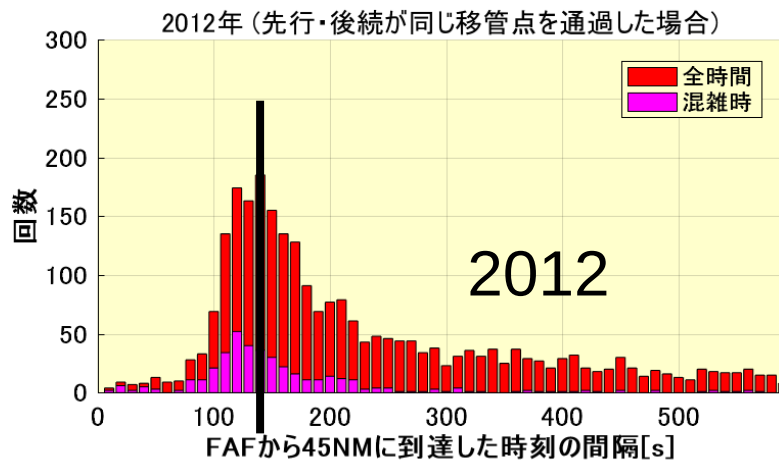
- ① 同一の移管点を通過した連続する到着機の間隔
- ② 異なる移管点を通過した到着機の間隔



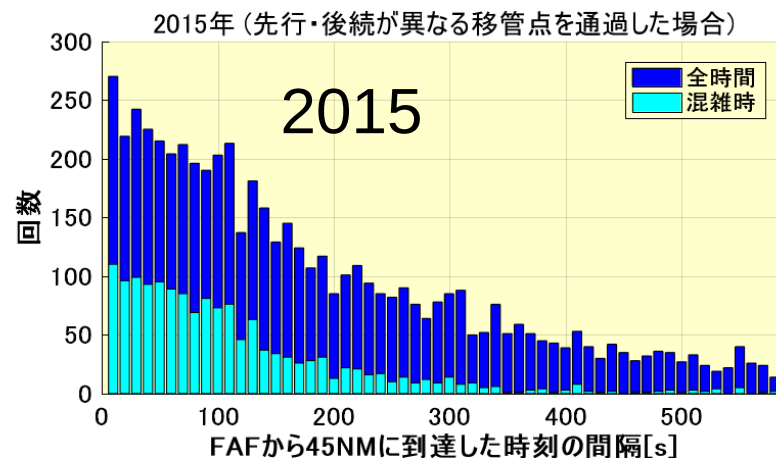
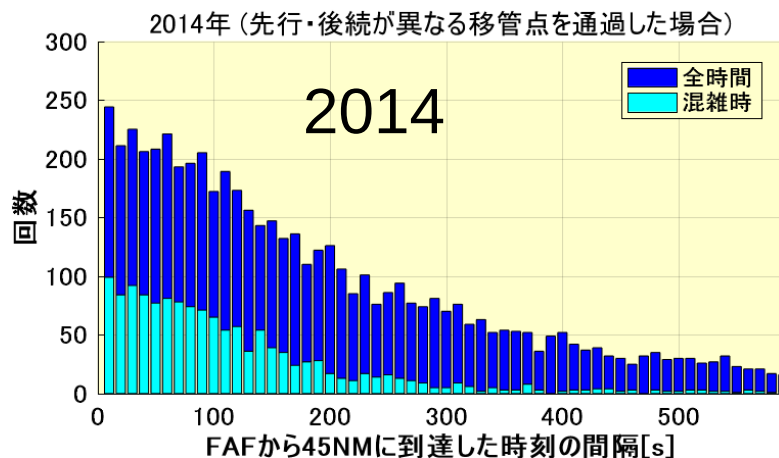
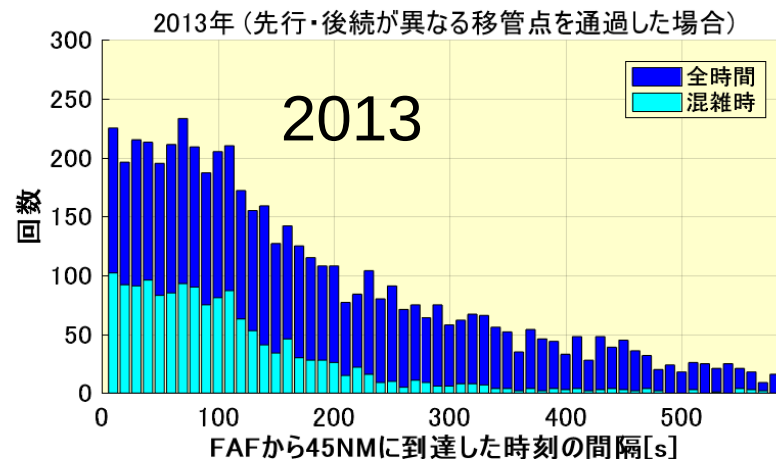
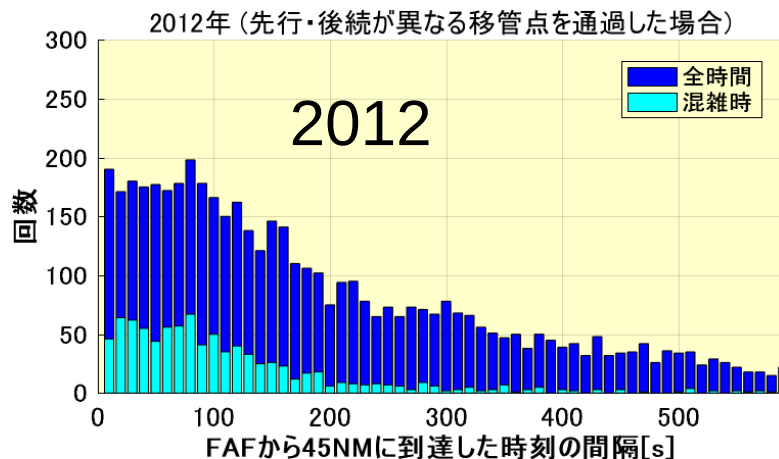
(※同色の機体は同一の移管点を通過した到着機とする)

到着機前後間隔(同じ移管点通過の場合)

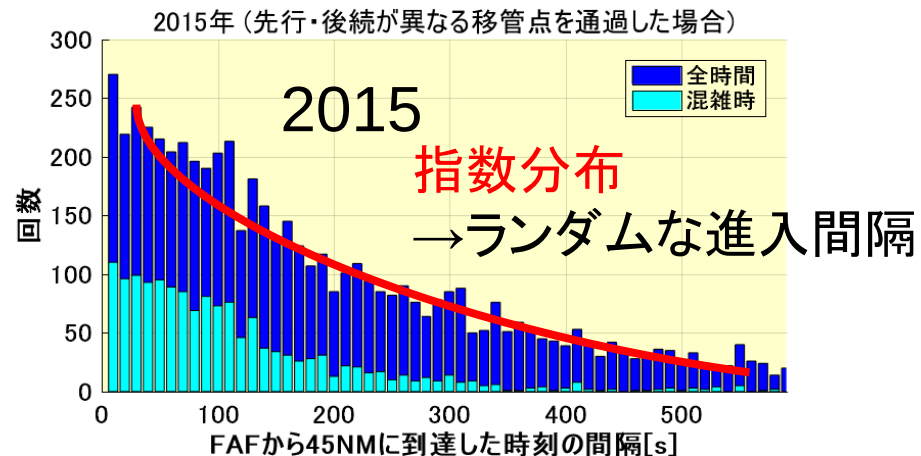
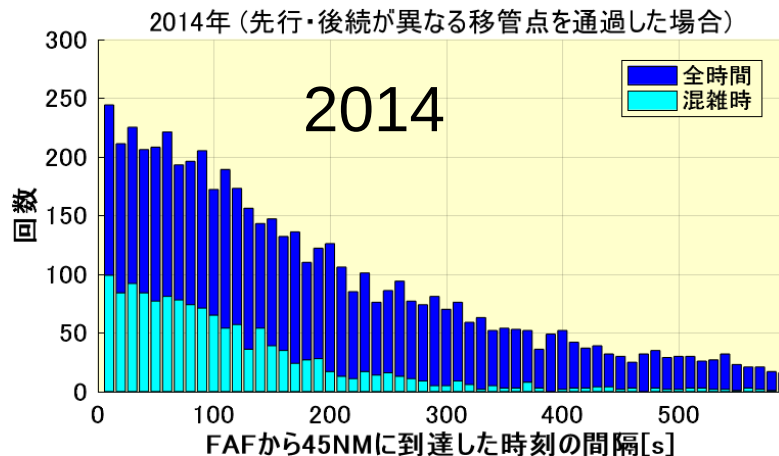
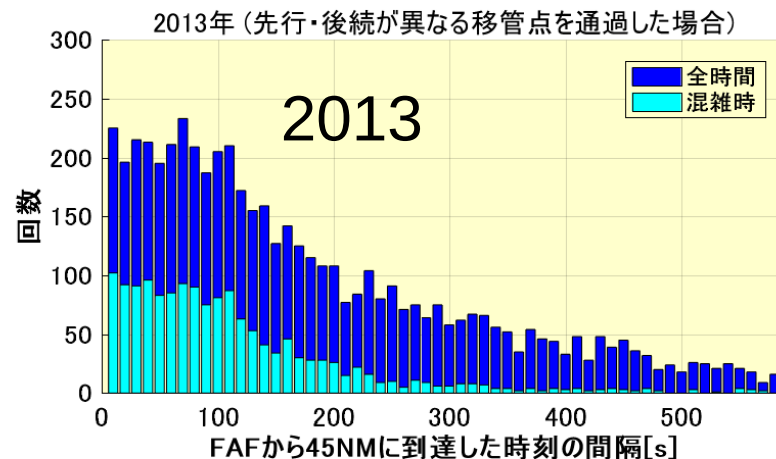
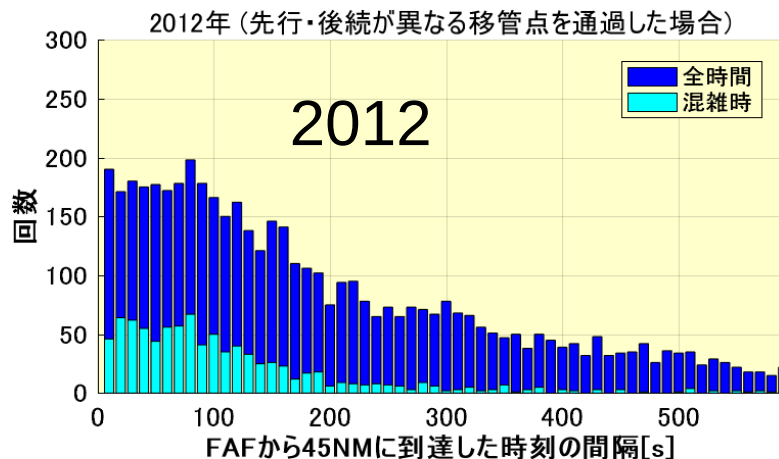
最低レーダ間隔($10\text{NM}/250\text{kt} \div 144\text{s} \times$)付近での運用



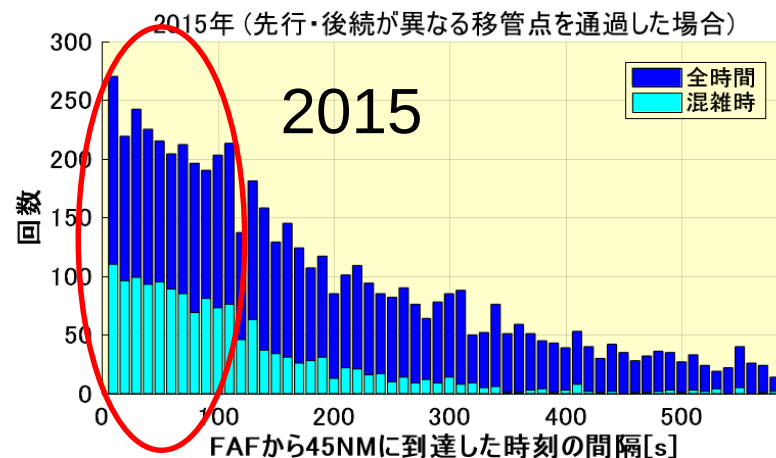
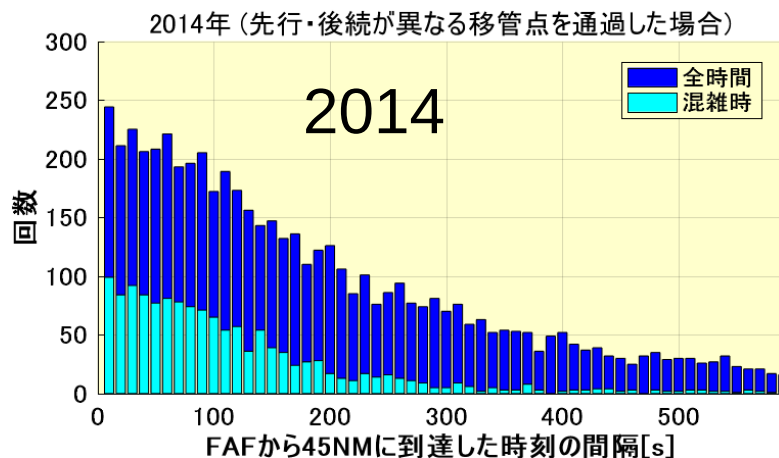
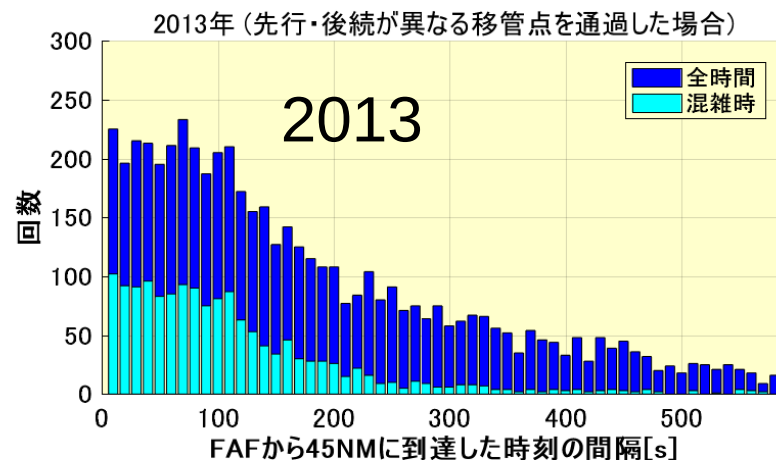
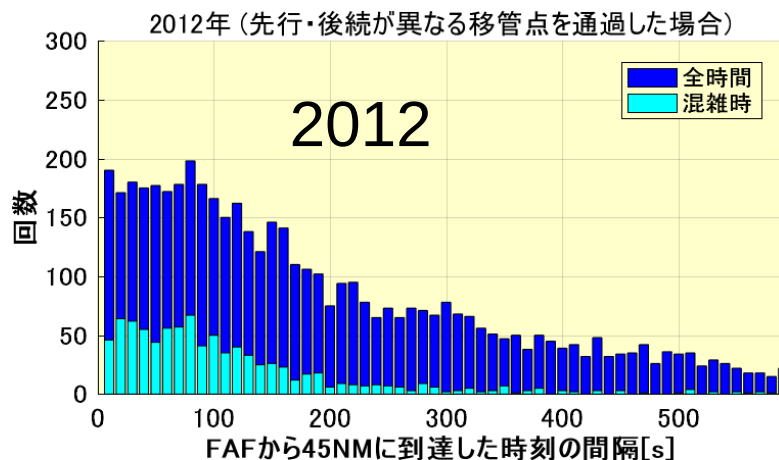
到着機前後間隔(異なる移管点通過の場合)



到着機前後間隔(異なる移管点通過の場合)

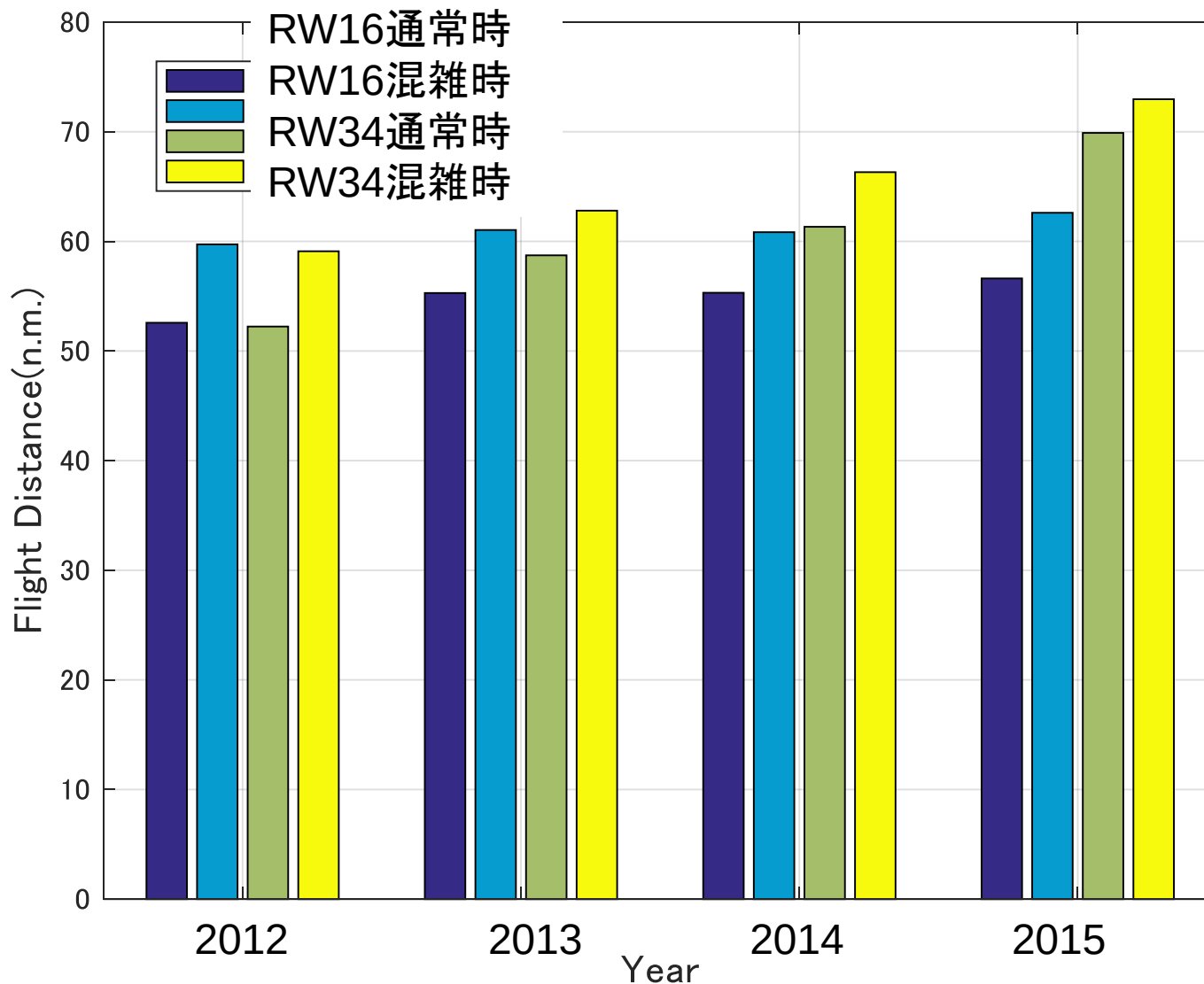


到着機前後間隔(異なる移管点通過の場合)

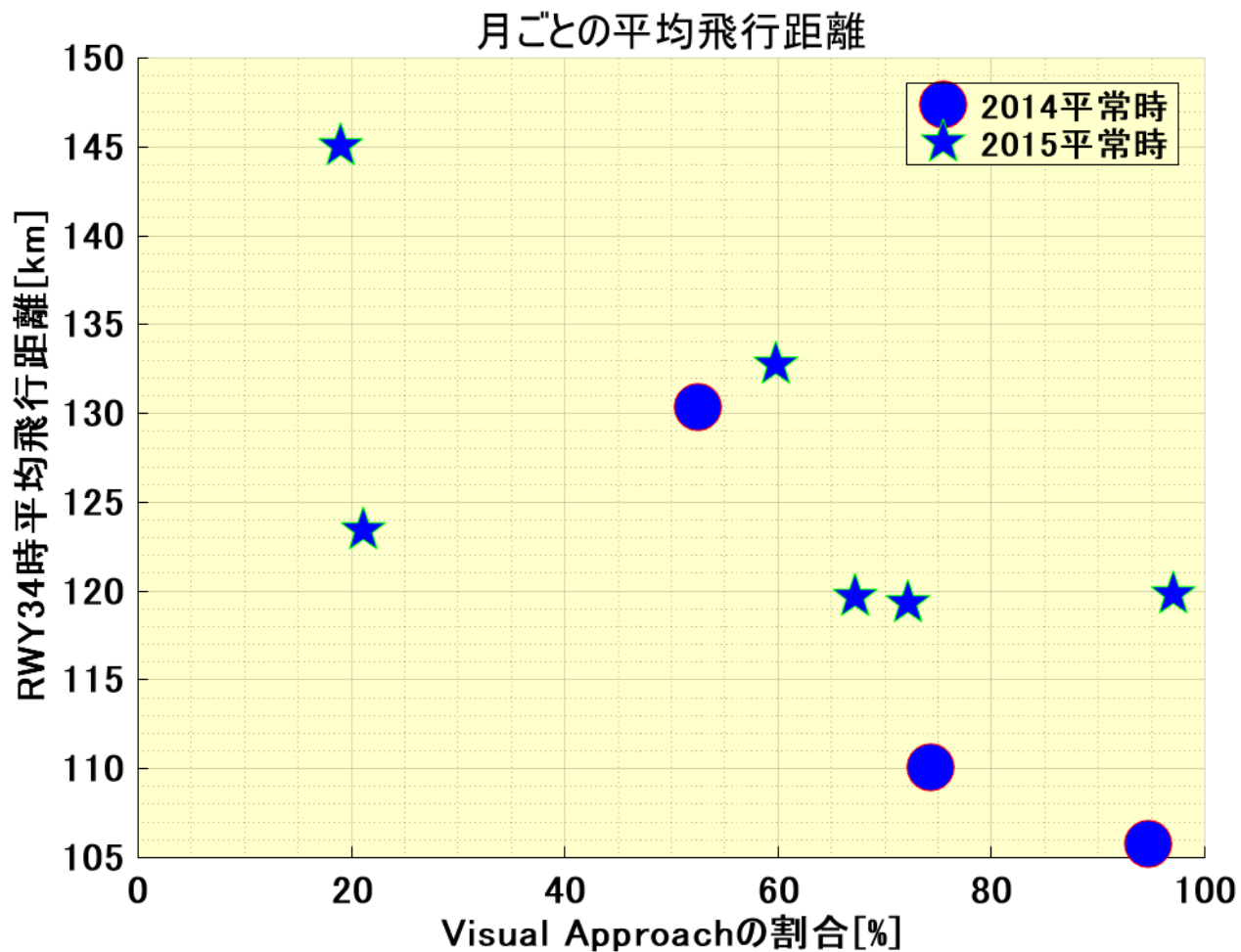


ほぼ同時に進入区内に入域する機体が多い
→ 解決すべき課題(隣接セクタ同士の連携?)

進入管制区内の平均飛行距離

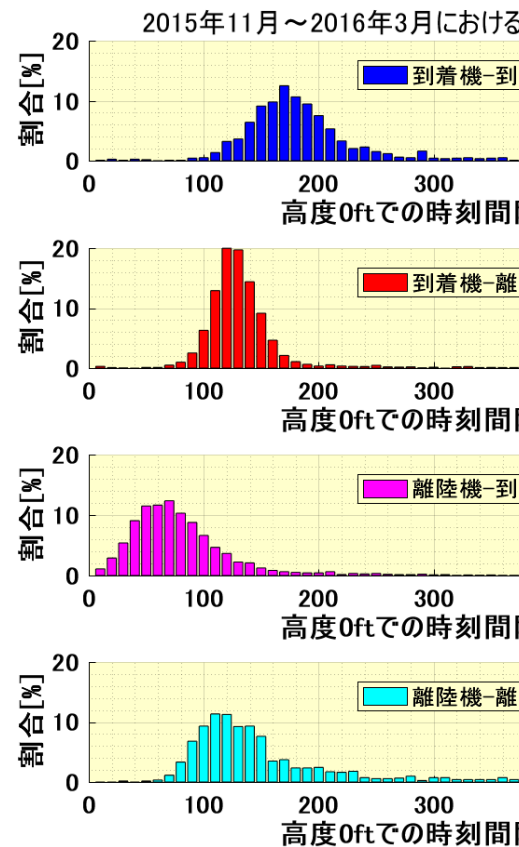
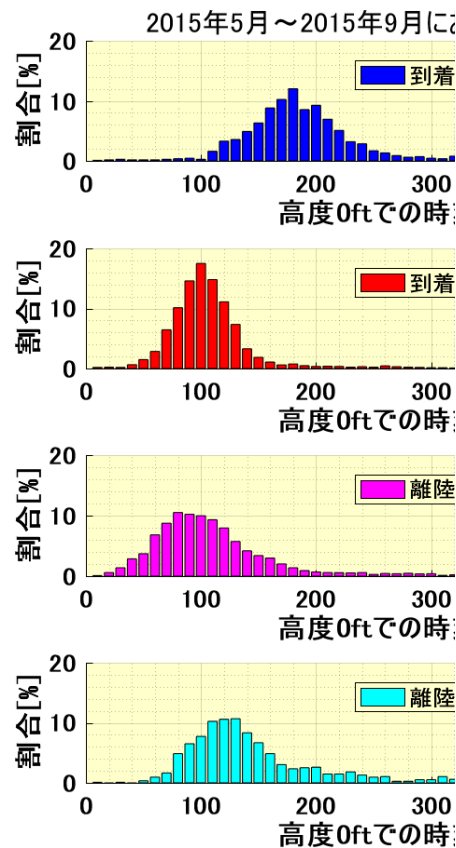
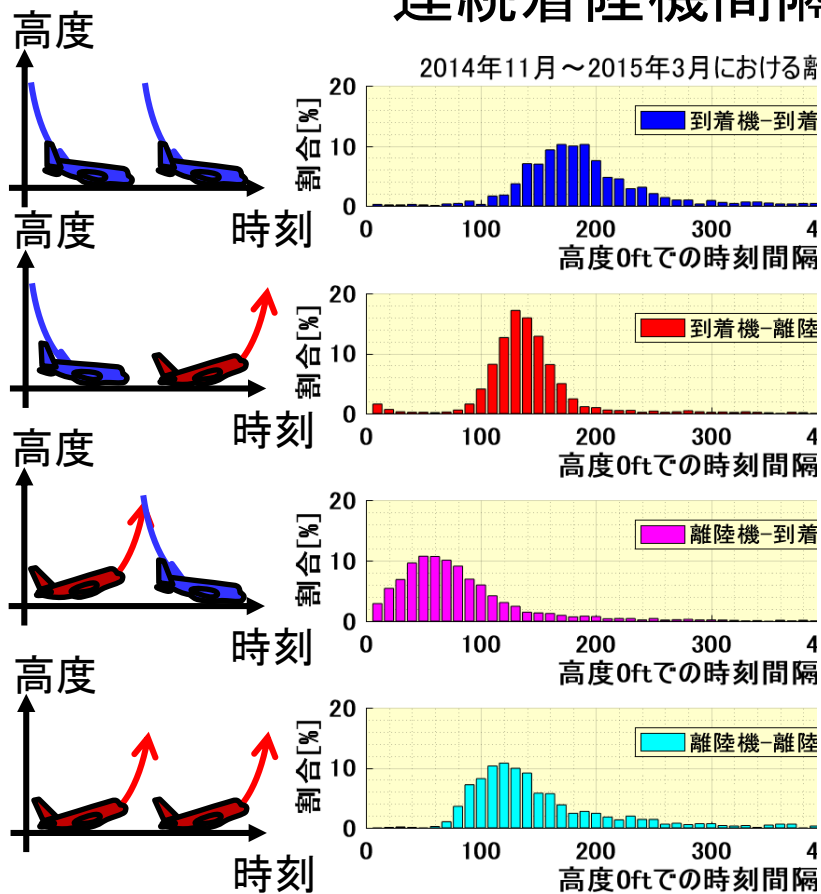


RW34 Visual Approachと飛行距離



離着陸機間隔の変化

連続着陸機間隔にはまだ少し余裕がある？



まとめ

- 福岡進入管制区の航空交通量は年々増加しており, 特に中型機の機数増加の寄与が大.
- 航空交通量の増加に伴って, 混雑時間も長時間化.
- 航空交通量の増加に伴って, 管制区内の飛行距離も年々増加.
- 混雑は連続的ではなく, 断続的に発生.
- 管制区内の多方面からのランダムな進入が混雑の原因.
→ 混雑解消の鍵? (隣接セクタ同士の連携?)
- RWY34のVFR着陸は飛行時間(距離)の短縮に寄与.
- 着陸機連続の管制間隔はまだ少し余裕あり.
→ 容量増大の鍵?