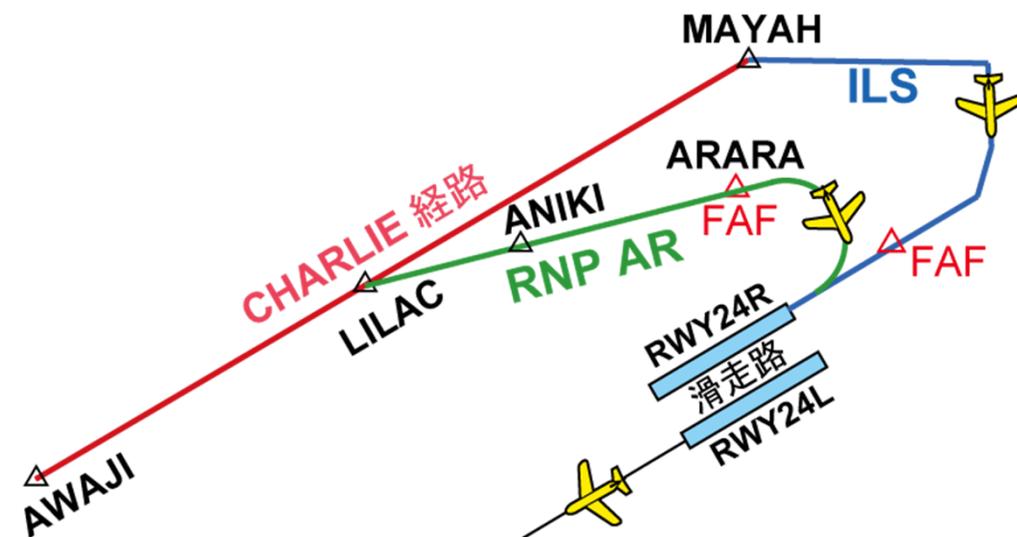
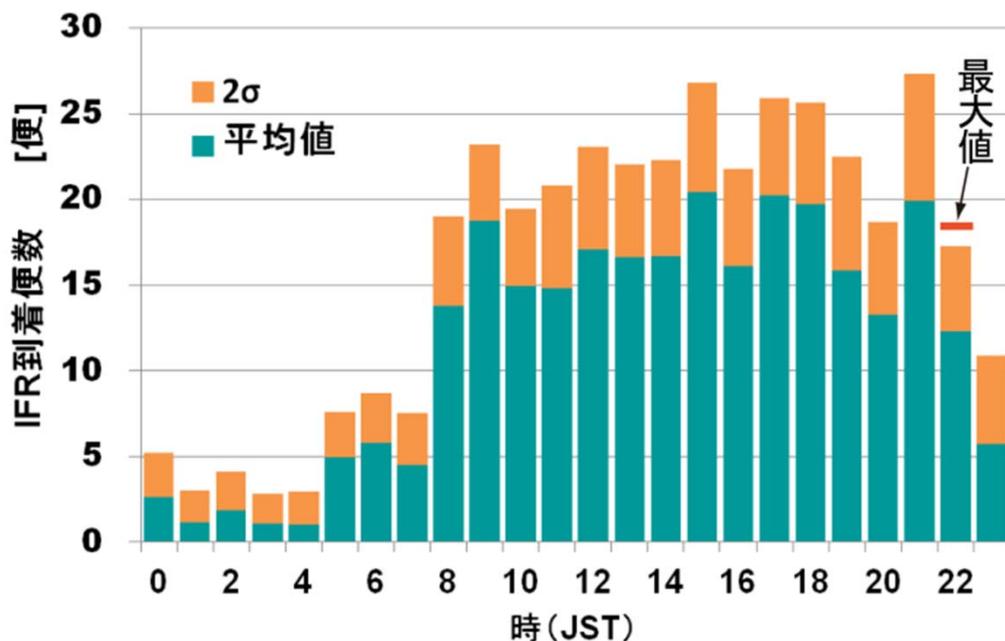


実験による関西国際空港での混合運用の実現可能性の調査

航空交通管理領域 天井 治(あまい おさむ)

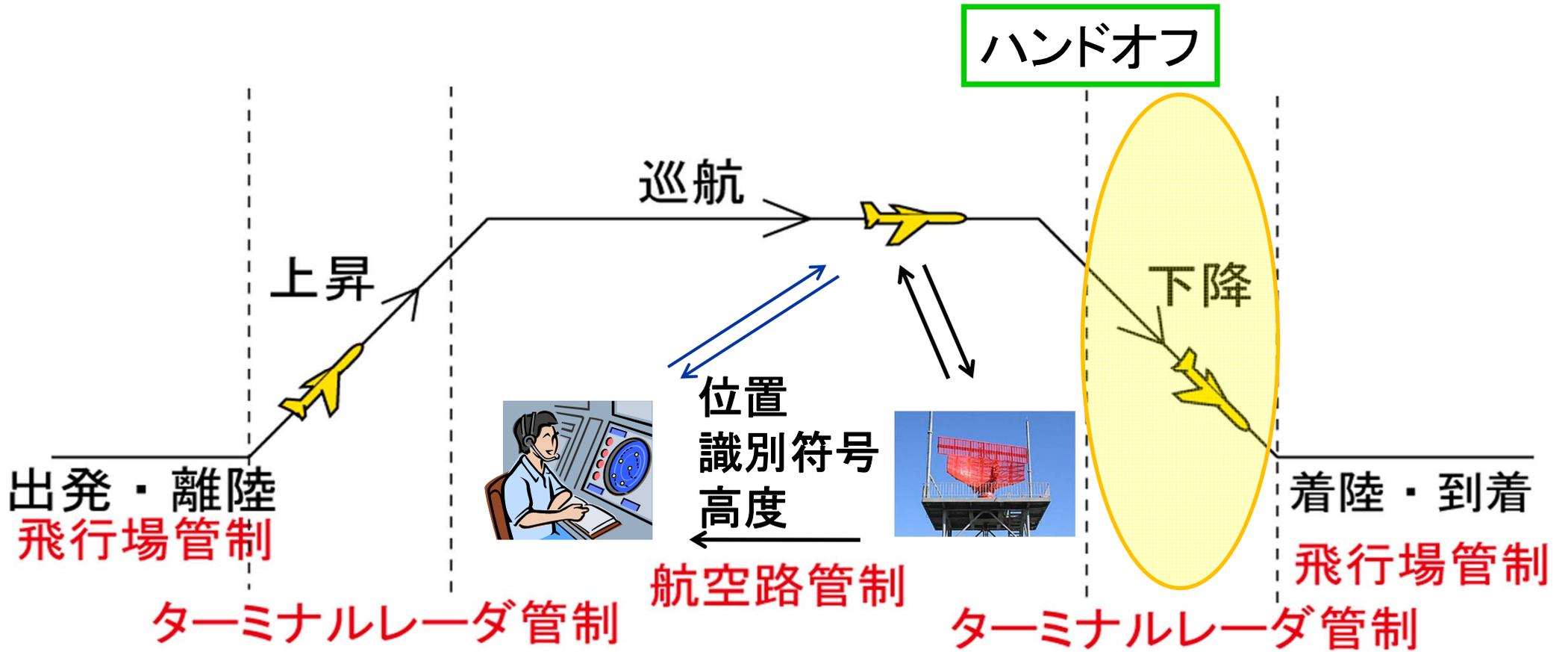
関西国際空港の時間帯毎の到着便数(2017年3月~7月)



内容

1. 背景
2. 混合運用
3. 研究の概要
4. 関西国際空港を対象とした航空管制リアルタイム
シミュレーション実験
 - 実験イメージ
 - 時間帯毎のIFR到着便数の推定
 - 飛行経路
 - シナリオ・条件
 - 実験結果
5. まとめ

研究の背景



飛行フェーズ

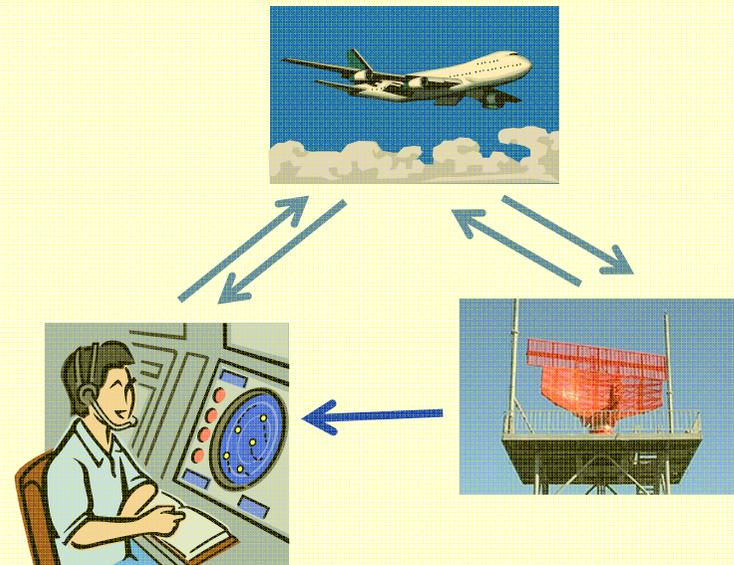
有視界飛行方式 (Visual Flight Rules: **VFR**)

- ・遊覧飛行、航空写真の撮影等
- ・VFR機用の高度帯あり
- ・視程の良い有視界気象状態 (VMC) 時のみ



計器飛行方式 (Instrument Flight Rules: **IFR**)

- ・常に航空管制官の指示に従って飛行
- ・航空会社の定期旅客便



研究の背景

RNP AR (Required Navigation Performance –
Authorization Required: 特別許可を要する航法性能要件)

- ・効果が見込まれる(小規模)空港から**順次導入中(28空港)**
- ・航空機の優れた**航法性能を十分に活用**できる飛行方式
- ・**高精度**
横方向の航法精度として総飛行時間の95%が**±0.3 NM**(海里: 1 NM=1,852 m)(0.3 NM= **556 m**)**以下**となる性能要件
- ・**曲線進入**
同様の精度で曲線進入(**RF(Radius to Fix) Leg**)も可能

研究の背景

RNP AR進入方式の導入の恩恵

- ・狭隘な空域内への経路設定
- ・騒音低減
- ・燃料削減



RNP AR進入方式の実施には

- ・機体の制約
- ・必要な機材の搭載
- ・乗員訓練等

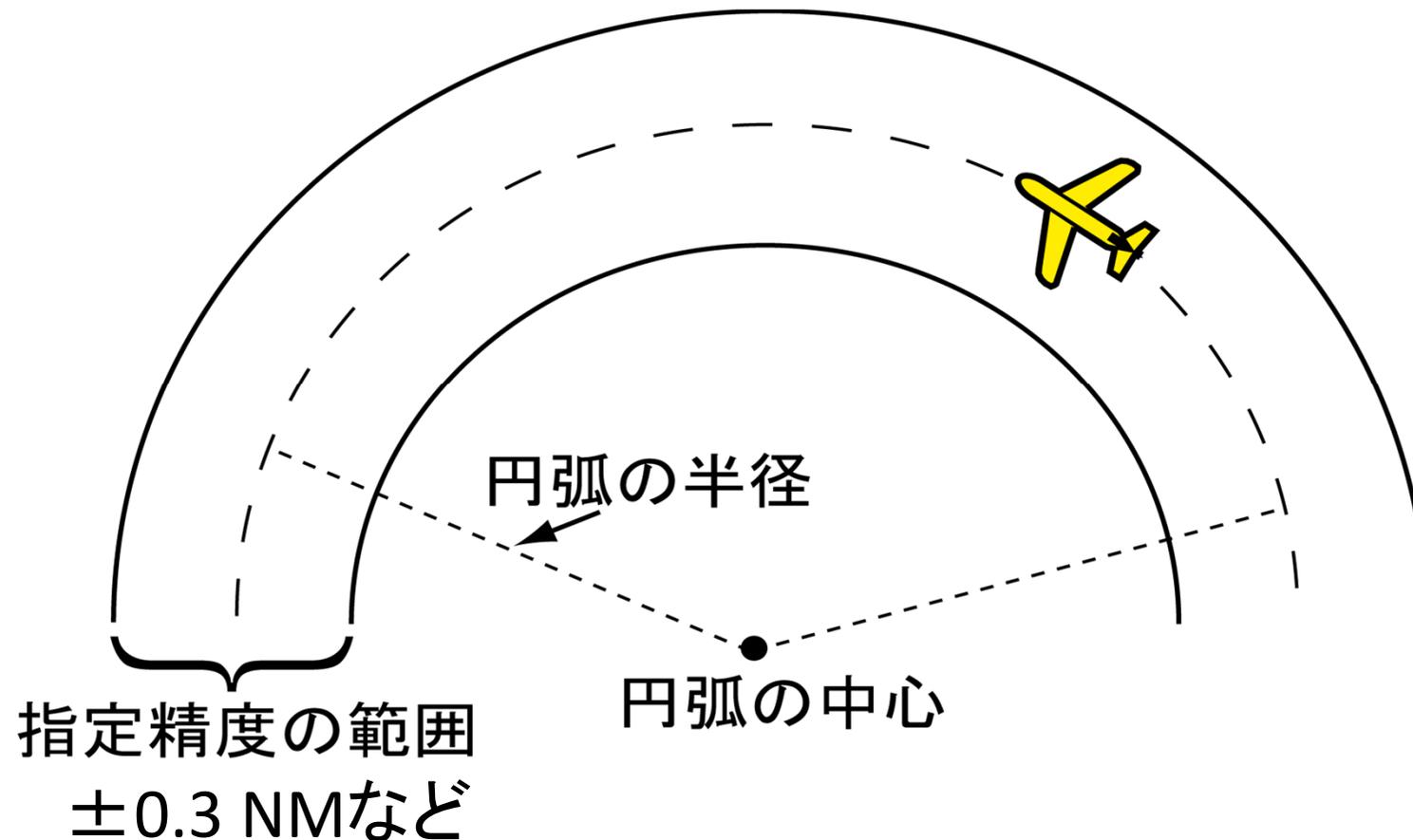


- 全ての航空機が直ちにRNP AR進入方式を実施できない。
運航者側に便益がなければRNP AR進入方式に移行され難い。
→ 従来方式とRNP AR進入方式が混在する状況。

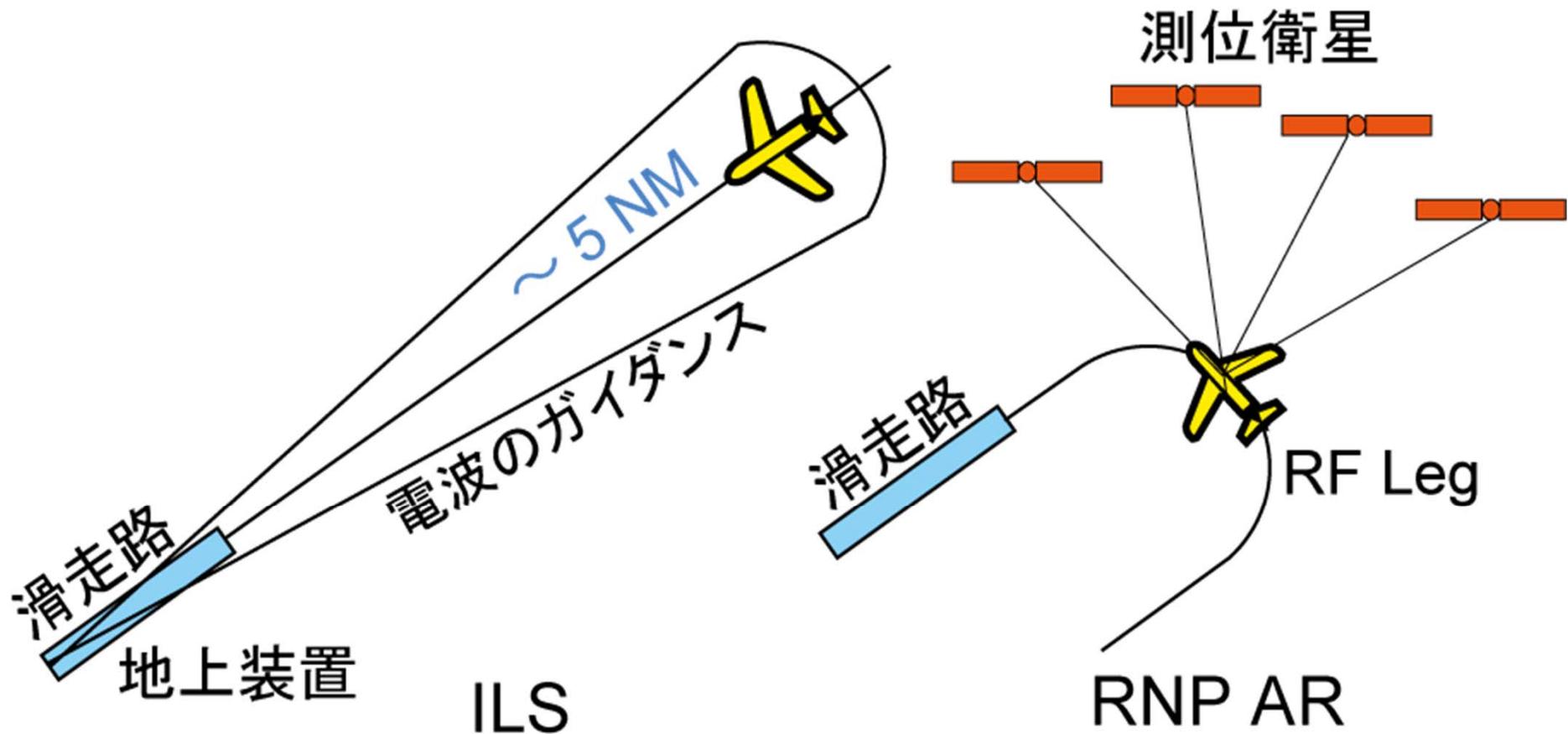
研究の背景

- RF (Radius to Fix) Leg

中心と半径を指定された円弧を中心としたRNP X(0.3など)で飛行。



研究の背景



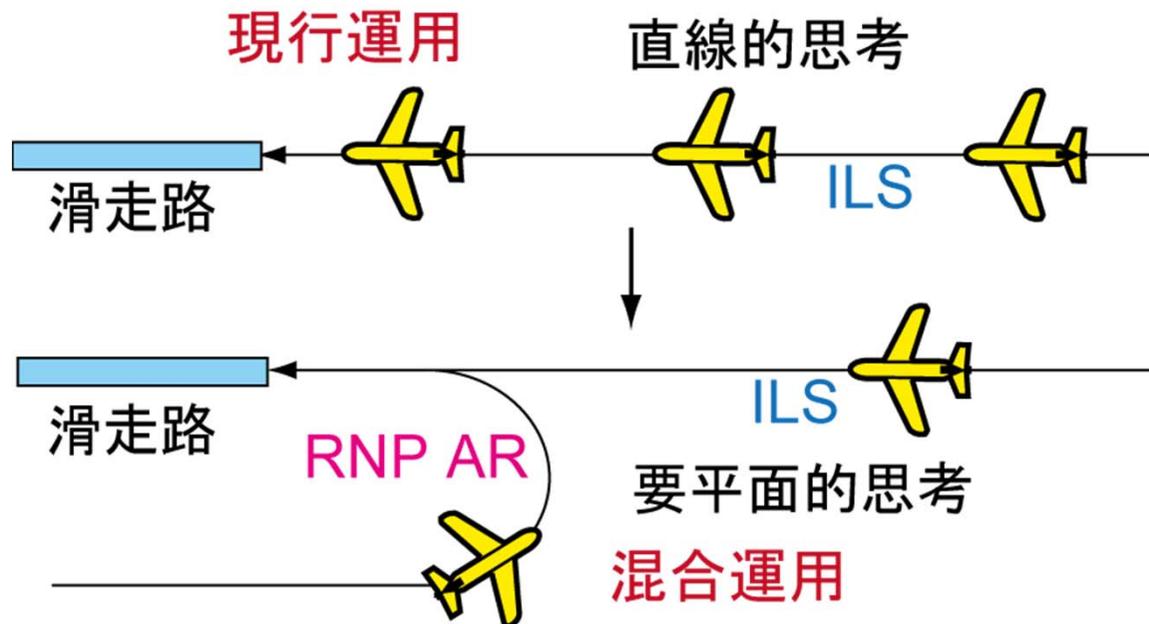
ILS進入方式とRNP AR進入方式

※ILS (Instrument Landing System: 計器着陸装置)

混合運用

繁忙空港へのRNP AR進入方式の展開

- 同一滑走路にてRNP ARとILS進入方式等を同時に行う
混合運用の実現可能性の評価必要
- ・現在航空管制官(現行運用)→通常、航空機を**一列に整列**
→航空機の**縦間隔**を保つての安全の確保
- ・航空機が異なる方向から進入してくる場合(混合運用)
→**新たな考え方**、方式の変更や制限の付加必要

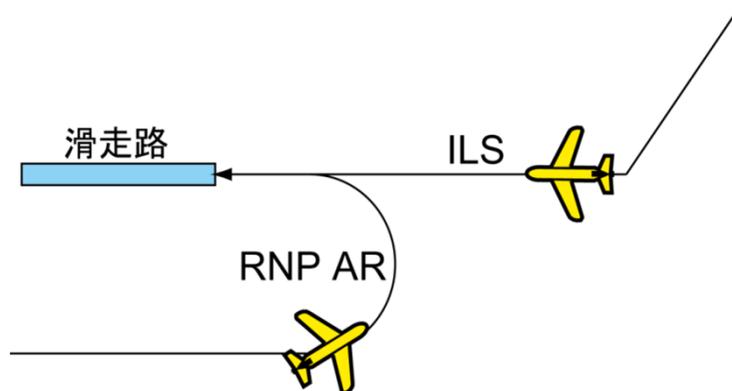


研究の概要

- ・ **CARATS研究課題** (RNP展開における機材の適合、非適合混在に係る受容可能性検証方法等の検討)を推進するための研究
- ・ 平成25年度～平成29年度の5カ年計画。(延長)
 - ・ 平成26～27年度 仙台空港ベースの空域での検討・実験
 - ・ 平成28～29年度 関西国際空港の空域における検討・実験

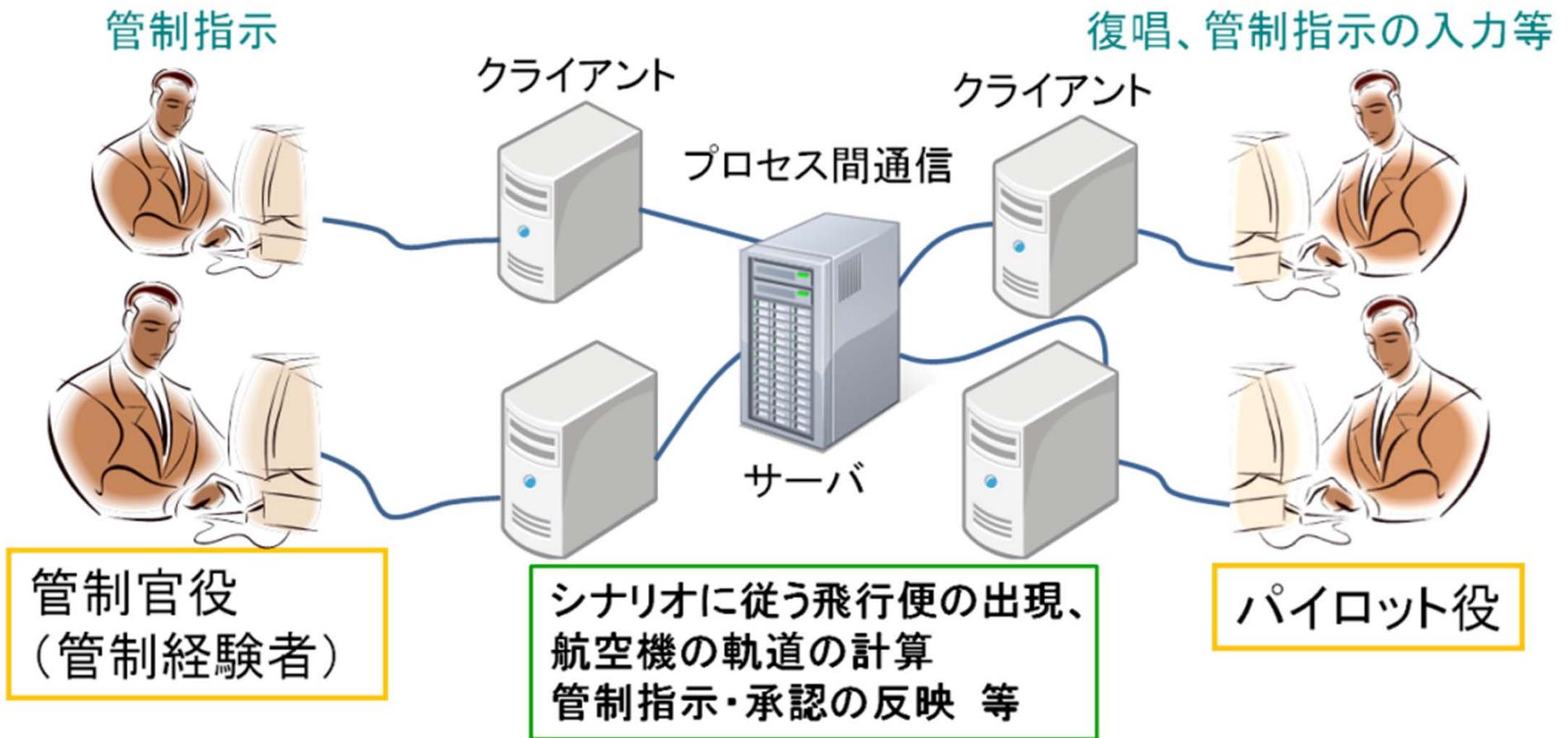
大きな柱は次の通り。

- ・ **航空管制リアルタイムシミュレーション実験**
- ・ **混合運用モデル作成**
- ・ **提案するハザード解析手法を用いたハザード同定・リスク評価**



航空管制リアルタイムシミュレーション 実験のイメージ

航空管制リアルタイムシミュレーション実験 (関西国際空港)

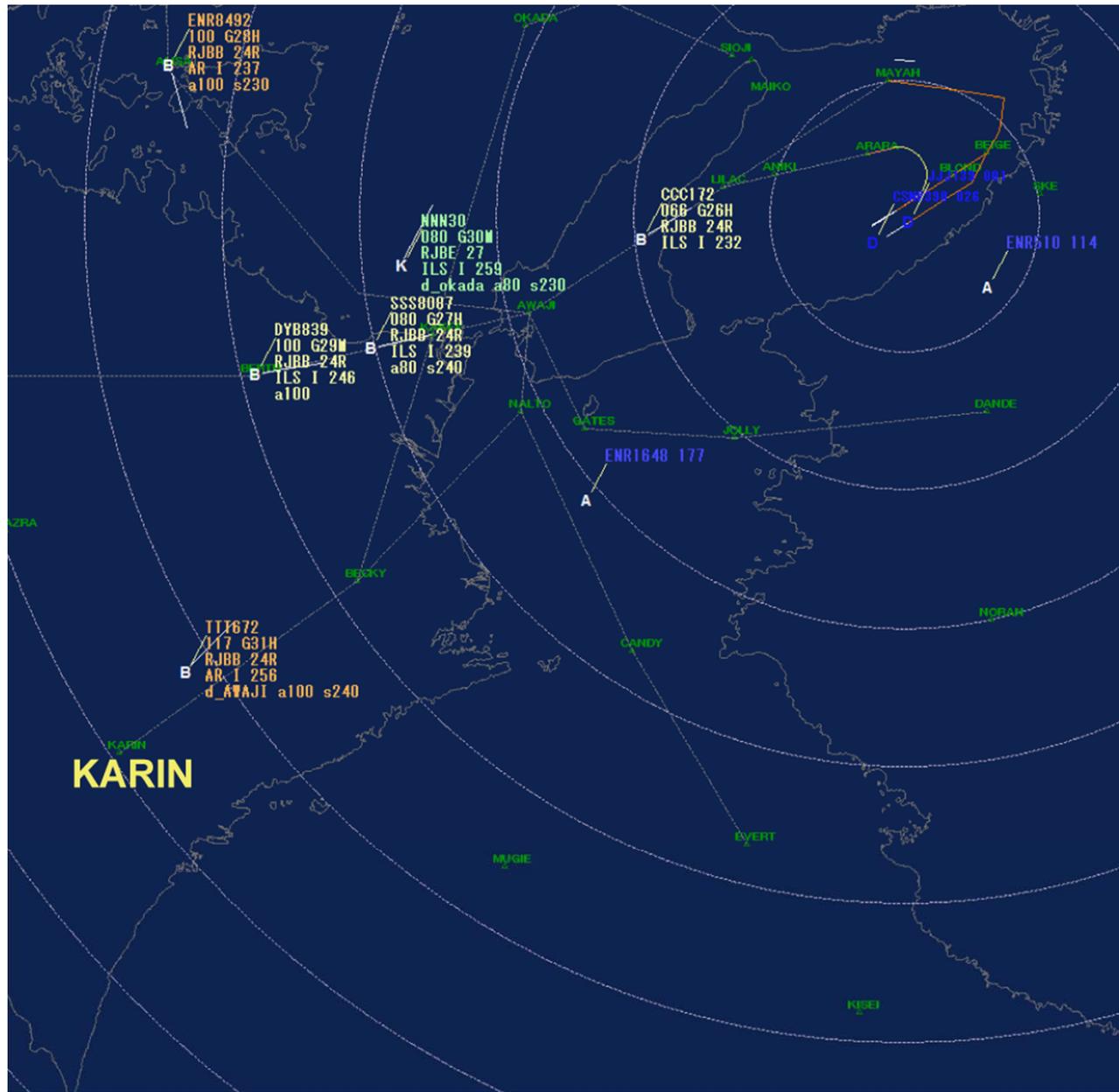


管制官役1: 到着機 ⇔ パイロット役1 (パイロット役2は支援)
管制官役2: 調整官役、神戸空港到着機のハンドオフ受取
出発機: シナリオ通りに出発 (手動での発出も可能)



o_ctr	ctr		
80NM	60NM	50NM	40NM
30NM	20NM	10NM	5NM
10NM	5NM	2NM	
BDY1	BDY2	BDY3	
RNG	MVA	map	
ILS	AR	WP	WPN
STAR	IIP		
VCTR	3	7	15
ILS/AR	trail		
CUSR			
Dep	Arrival	DataBlock	
NNN30	Handoff		

09:28:06



Operation Command Input callsign <input type="text" value="TTT672"/> Command <input type="text" value="a100 s240 da"/> <input type="button" value="instruct"/>	Operation Log コマンドログ TTT627: a100 s240 da ENR8492: a100 s230 <input type="button" value="callsign"/> <input type="button" value="time"/>	Error Log エラーログ
---	---	--------------------

時間帯毎のIFR到着便数の推定

関西国際空港を対象とした1年目の実験結果



IFR (Instrument Flight Rules: 計器飛行方式)

到着機数**21機／時** (ピーク時の平均値)、

混合率**35%** (実質値)、

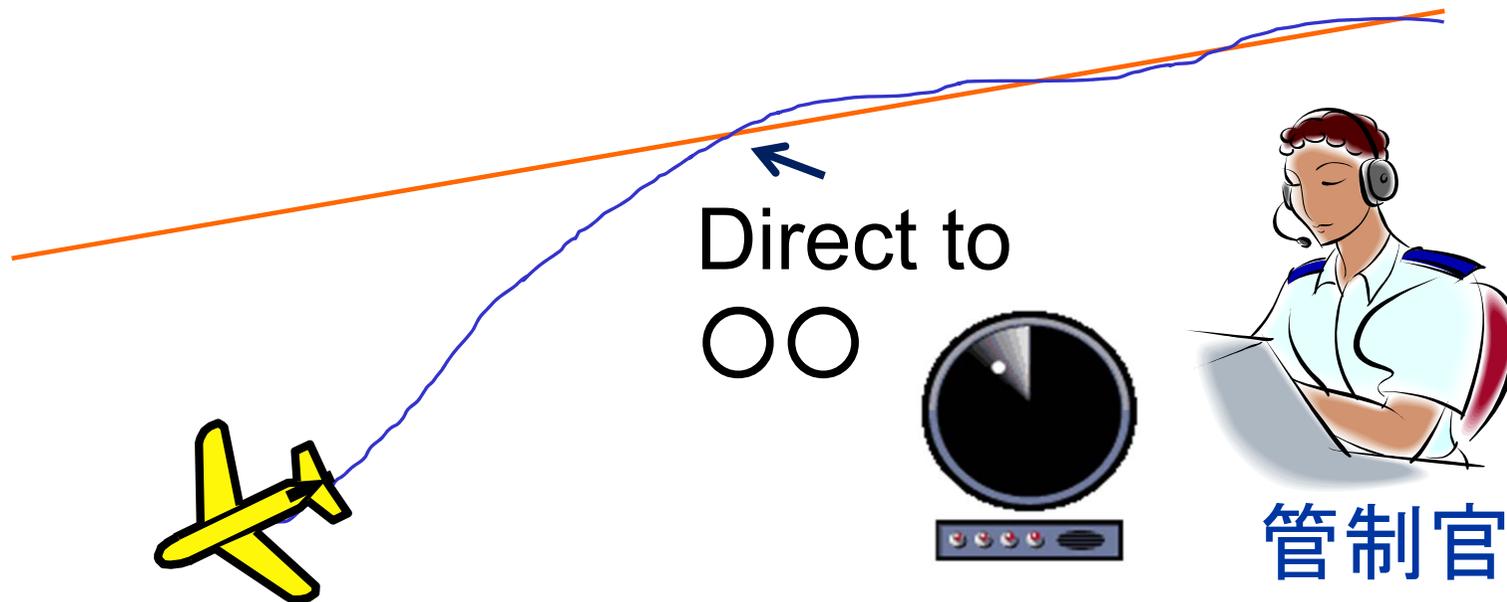
AR機最優先 (RNP AR運航の要求は必ず許可,
レーダ誘導不可, 速度調整可)

の条件では、管制官役から**難しい**とのコメントあり。

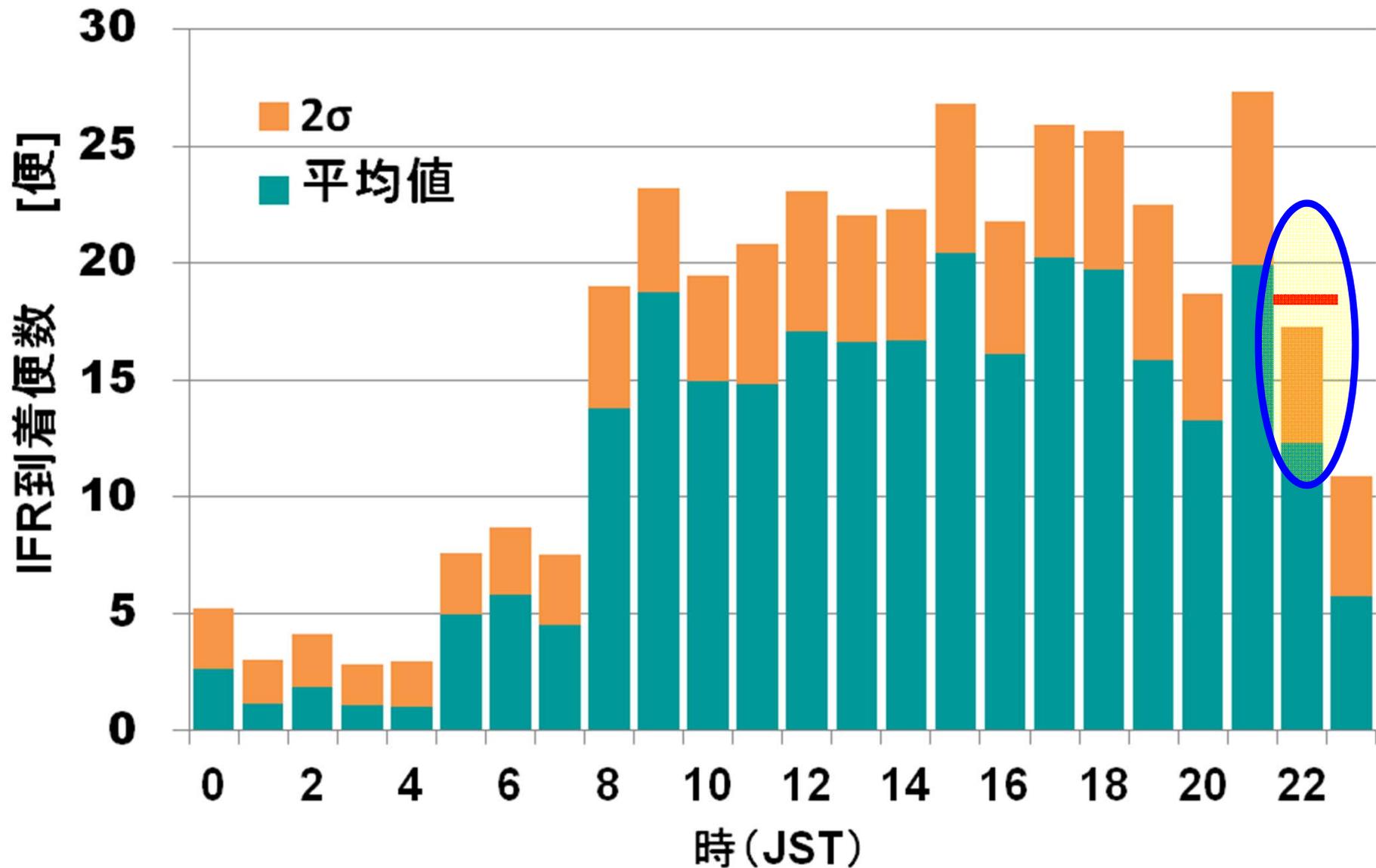
そこで、**時間帯を限定した運用**を想定し、時間毎のIFR到着機密度を調査。

レーダ誘導

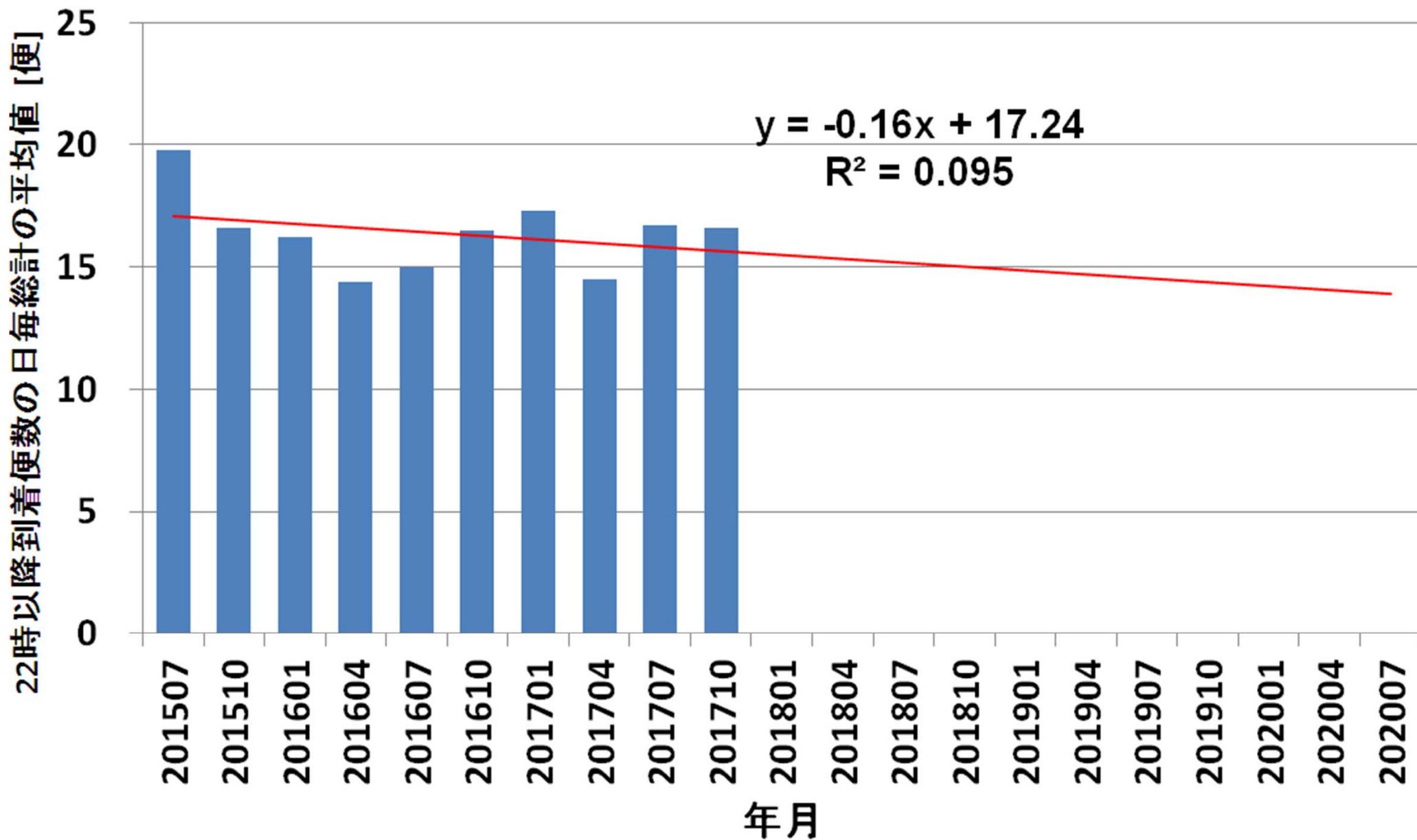
安全確保や運航効率向上のため、
管制官がレーダ画面を見ながら航空機を誘導すること。



関西国際空港の時間帯毎の到着便数(2017年3月~7月)

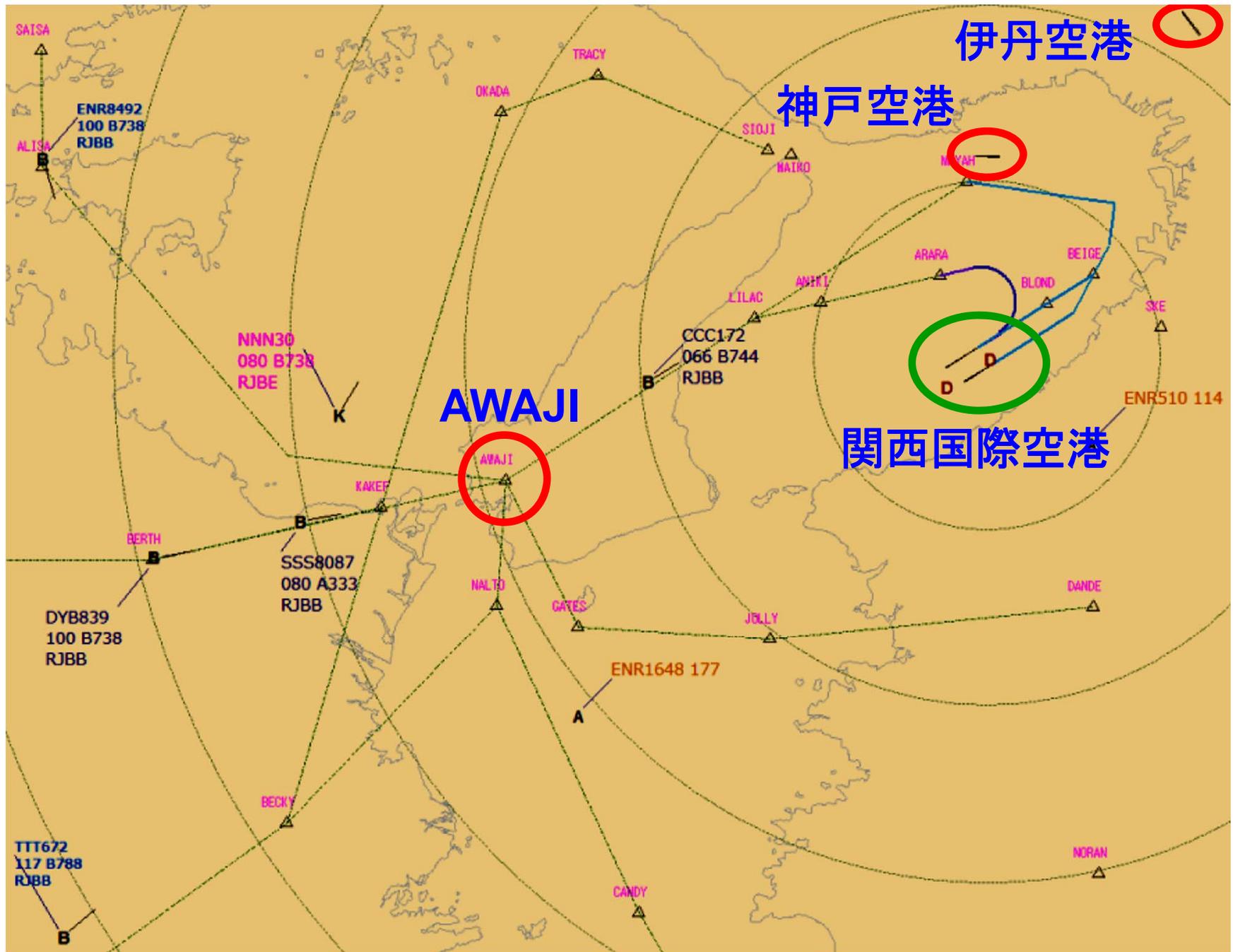


22時台:ピーク値 18便/時、平均値+2σ 17便/時

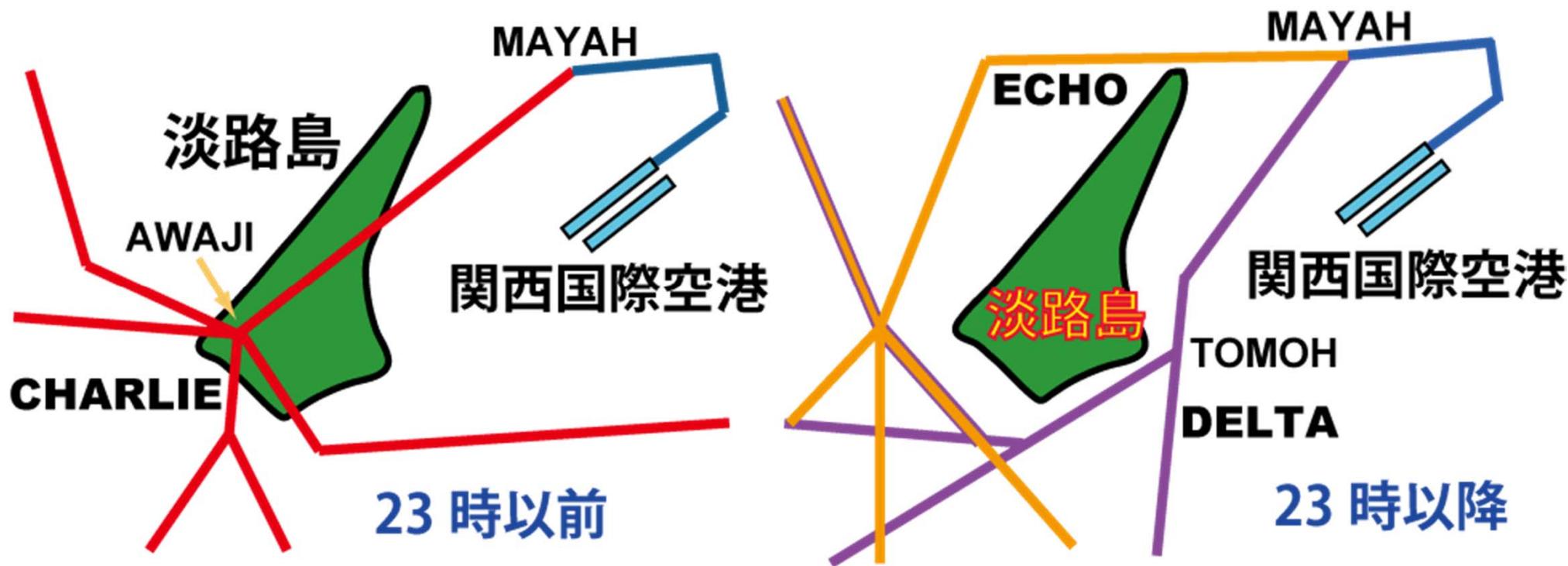


2015年7月を起点とした傾向(22時以降)

飛行経路



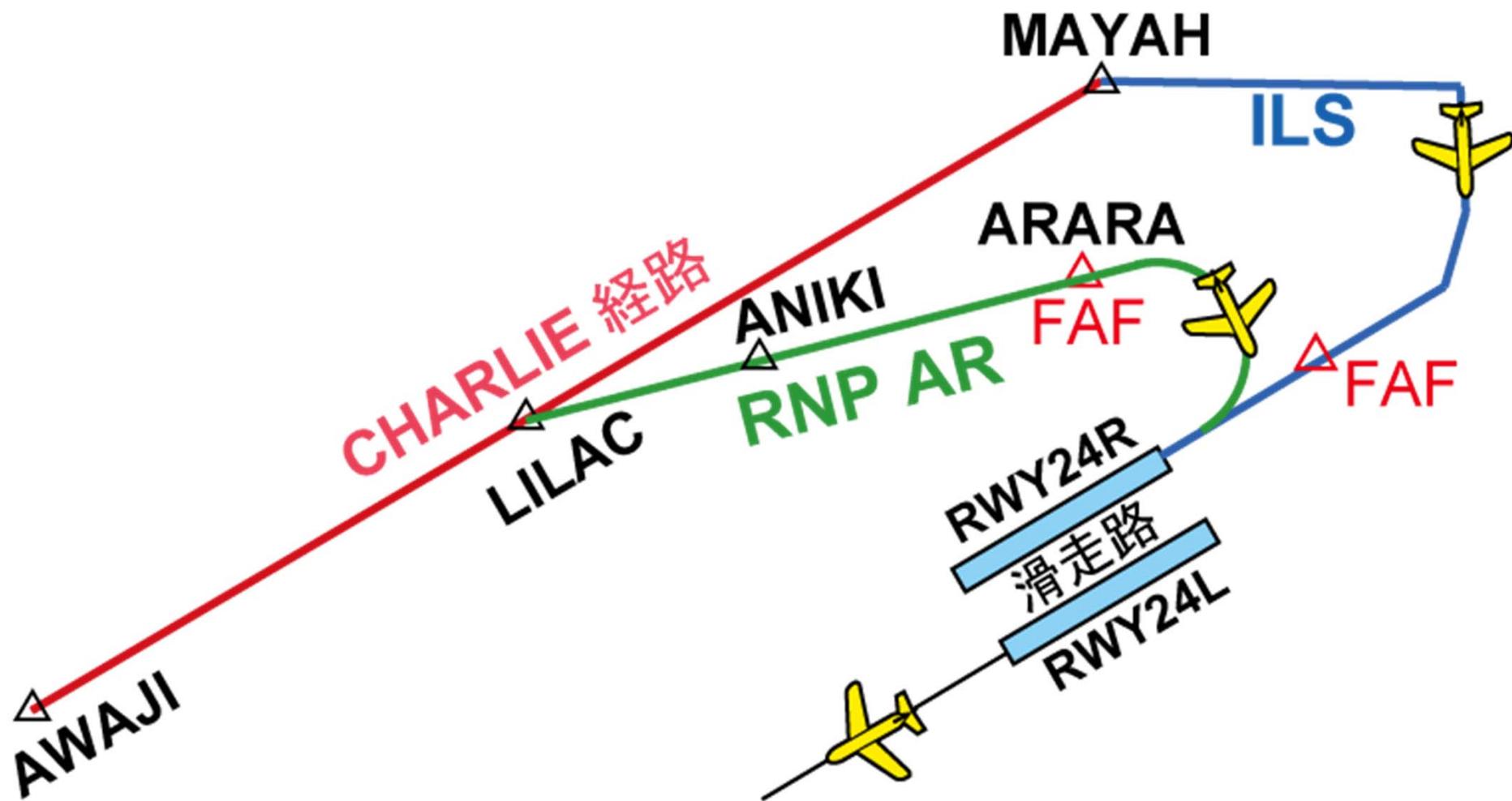
関西国際空港周辺空域、経路



関西国際空港における**23時以前**(CHARLIE)と**以降**
(DELTA, ECHO)の標準到着経路(STAR)の違い

→**23時以降は淡路島上空の飛行不可**

2本の経路は出発便の目的地等を見て使い分ける。
(到着経路と出発経路とが重なっているため)

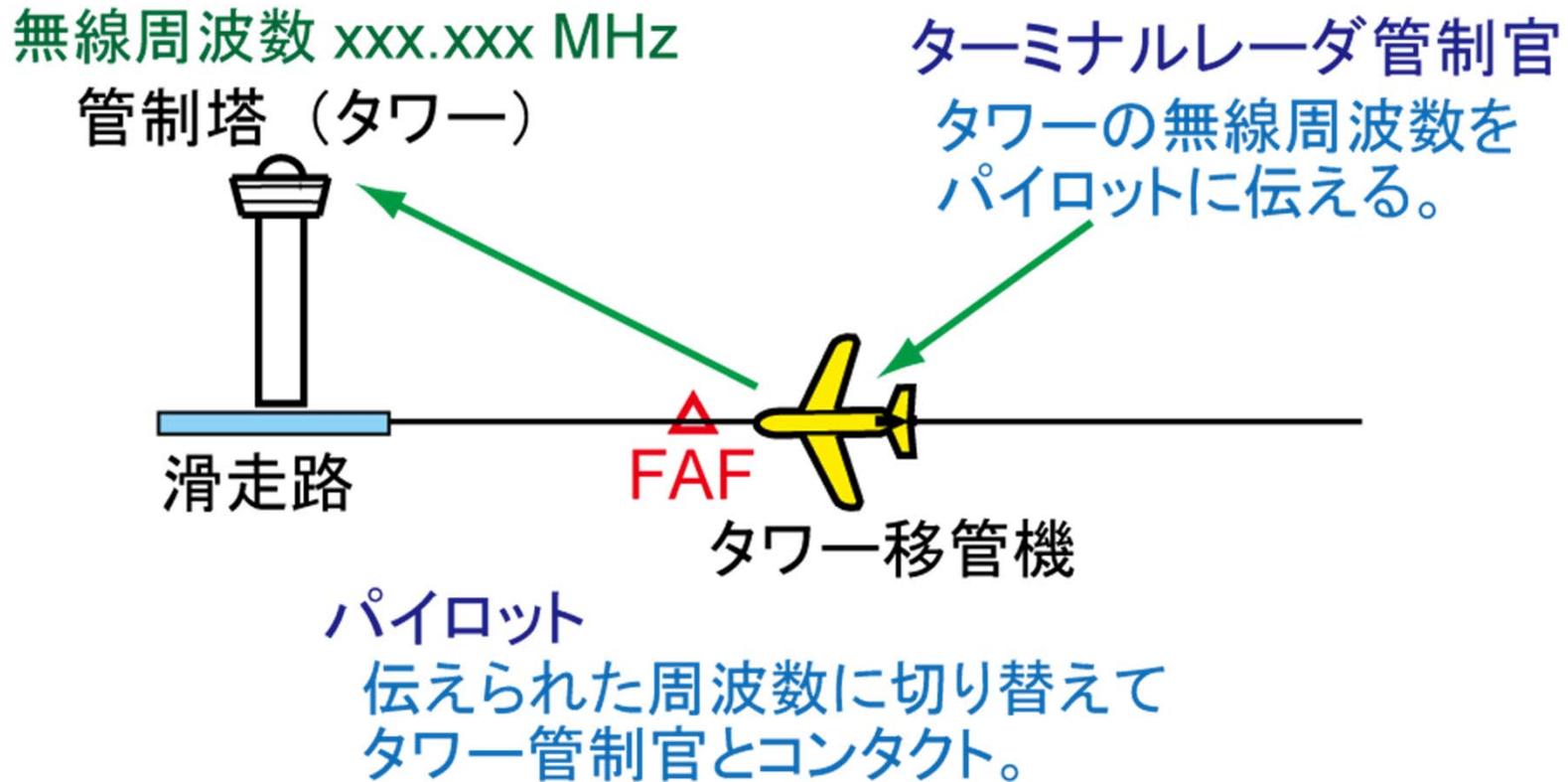


RNP AR経路案1 (CHARLIE)

FAF: Final Approach FIX (最終進入FIX)

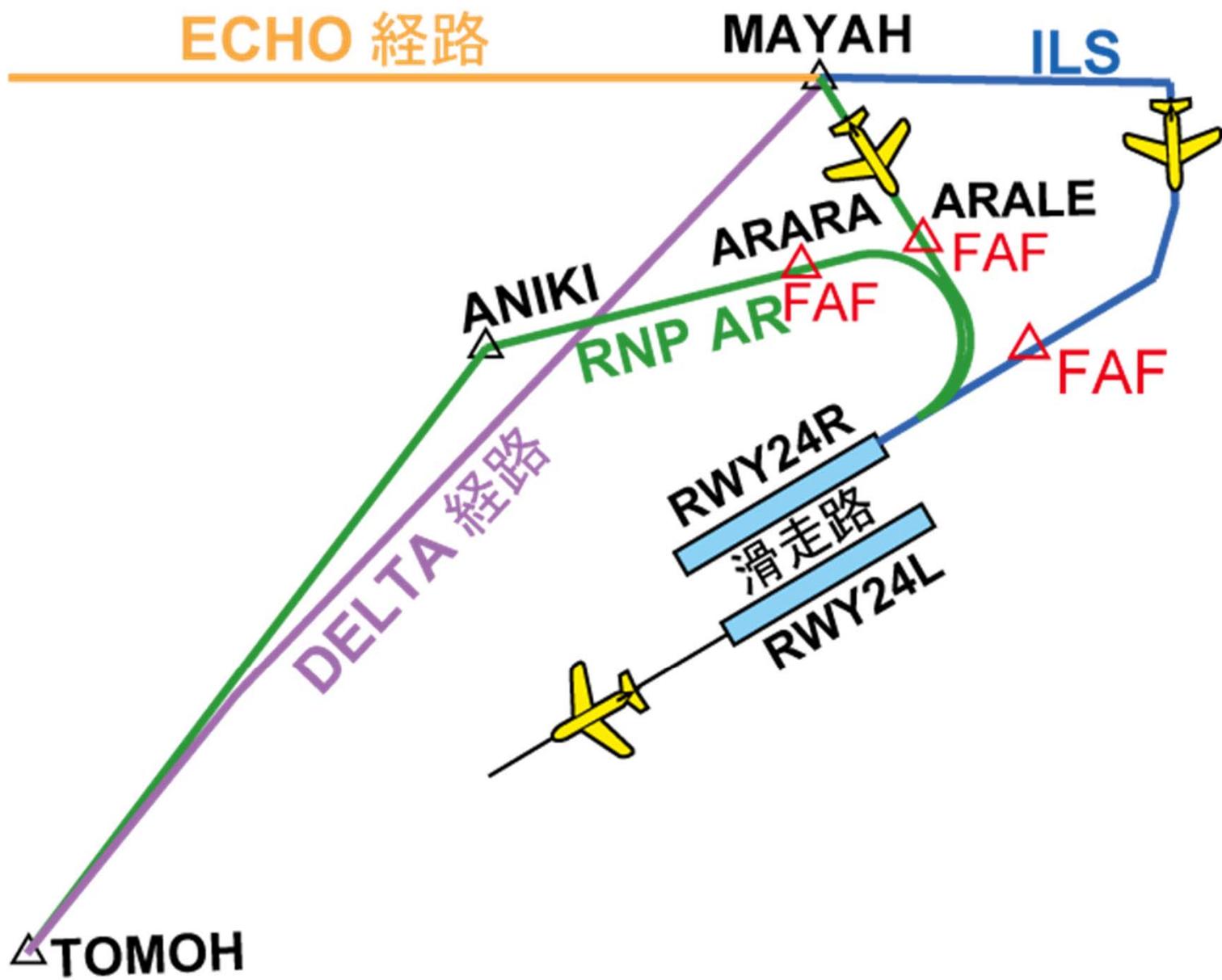
本実験ではタワー移管の最終地点として利用。

タワー移管

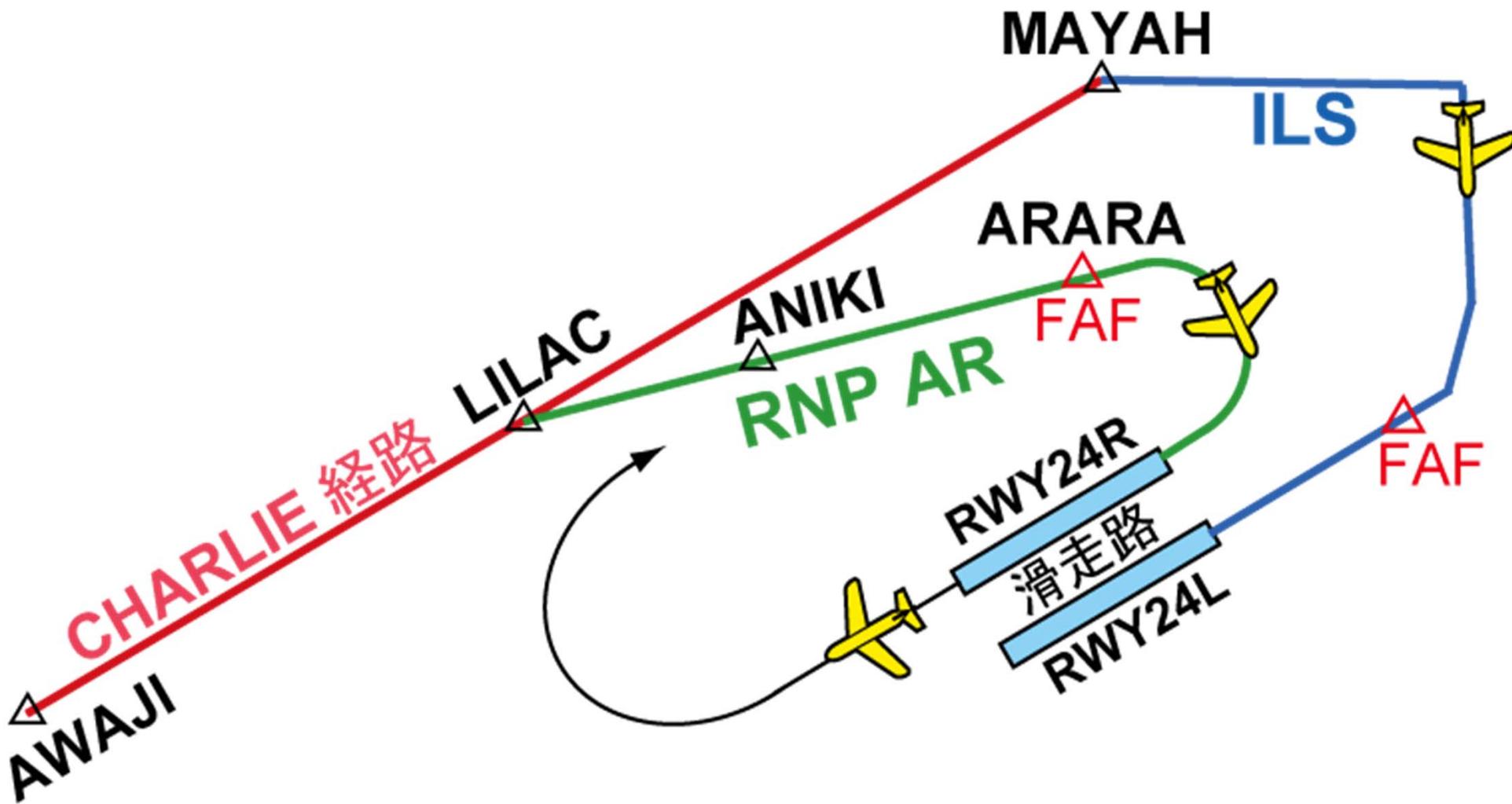


タワー移管: ターミナルレーダ管制官から**管制塔 (タワー)**の管制官への航空機の受け渡し

本実験では、タワーの無線周波数をパイロット役に伝えるのみでタワーの管制官役は不在



RNP AR經路案2(Delta, ECHO)



分離運用のイメージ

シナリオ・条件

実験シナリオの種類

項目	22時台	23時台	分離運用 (ピーク時)	混合運用 (ピーク時)
IFR 到着 便数	18便／時 (5ヶ月間のピーク時)	15便／時 (平均値+2σ は12便／時)	28便／時 (21時台の平均値+ 2σ)	28便／時 (21時台の平均値+ 2σ)
混合 率	15%(2機)又は 20%(3機)	15%(2機)又は 25%(3機)	15%(4機又は 5機)	15%(4機又は 5機)
AR 経路	CHARLIE	DELTA, ECHO	CHARLIE	CHARLIE
試行 回数	45回	14回	6回	6回
備考	最重要シナリオ につき試行回数最多	初めの6回は飛来方向等で経路を固定	分離でも3 NMの管制間隔維持は変わらず	実験の後半に慣熟が進んだ状態で試行

実験シナリオ・条件

- ・ベースシナリオ(2種類)、
RNP AR機とする便の違い(3パターン)、
風の影響(3層、風向風速を自由に設定)
を適宜変更(一つとして全く同じシナリオなし)
- ・一試行**40~50分**、1日の試行回数 4~5回

項目	範囲	平均値
風速3	35~70 kts	58 kts
風向3	270°	270°
3と2の境界高度	13,000~14,000 ft	13,930 ft
風速2	20~40 kts	31 kts
風向2	190~250°	230°
2と1の境界高度	3,000~4,000 ft	3,359 ft
風速1	12~18 kts	14 kts
風向1	190~250°	216°

kts
=NM/h
=0.54 km/h

ft
=0.3048 m

実験の条件 (AR機最優先方式)

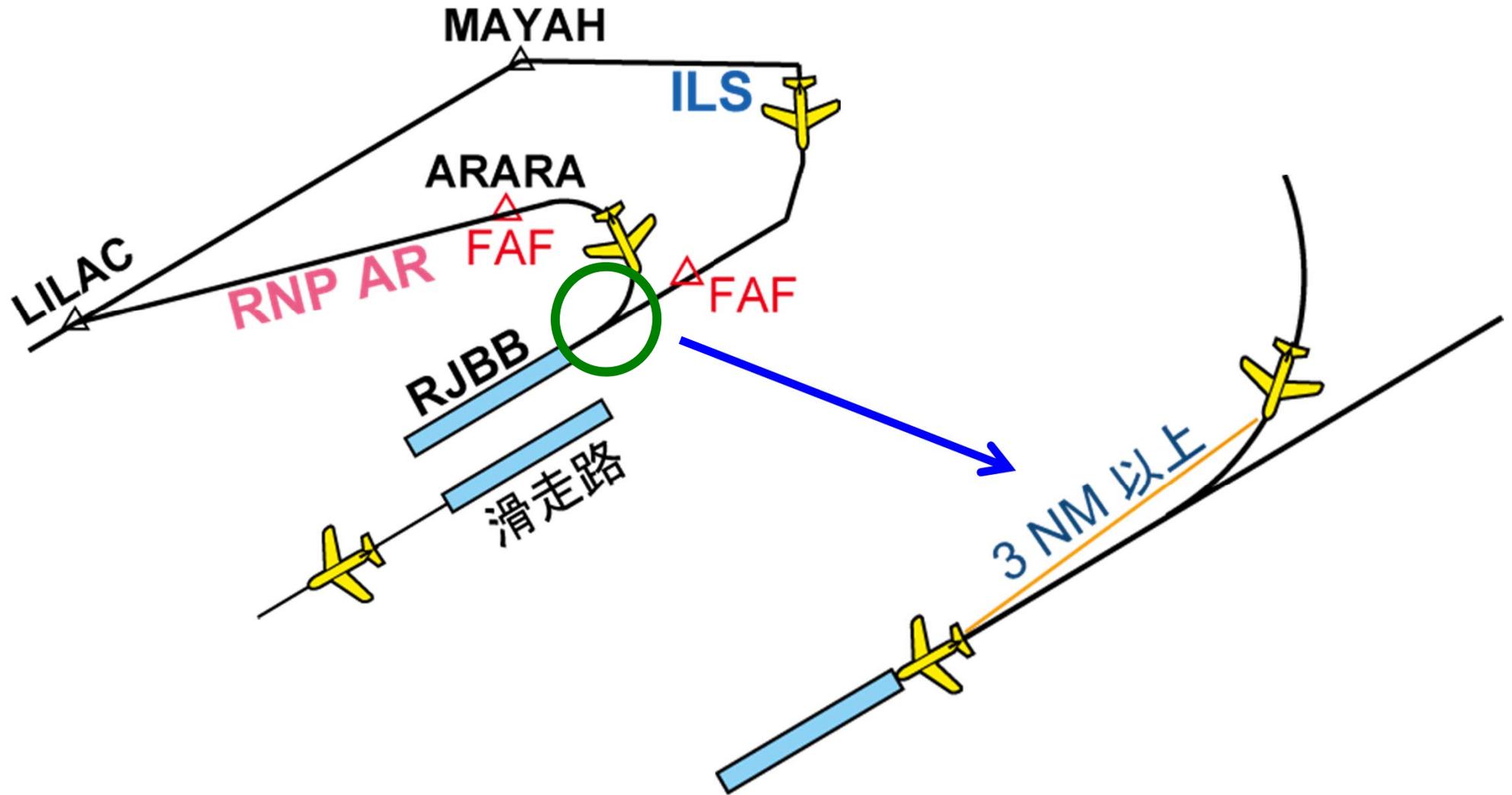
- RNP AR進入は必ず許可。
- RNP AR機への経路短縮となる針路指示のみ許可。
(途中から最大5 NMまでの迂回を許可)
- RNP AR機の速度調整は可。
- ILS機へは従来通りのレーダ誘導、速度調整等可。
- FAF (Final Approach FIX) までにタワーに移管。

RNP AR機最優先

欧米でもBest-Equipped, Best-Served (BEBS、良い機材(装備)には良いサービスを)という考え方あり。

RNP AR運航にはトレーニングなどコストが大変掛かるため、運航メリットの有無が重要。メリットがあればRNP AR運航の増加を促進できると考える。

管制間隔(レーダ間隔)



タワー移管後の動きを予測して、タワーへ移管

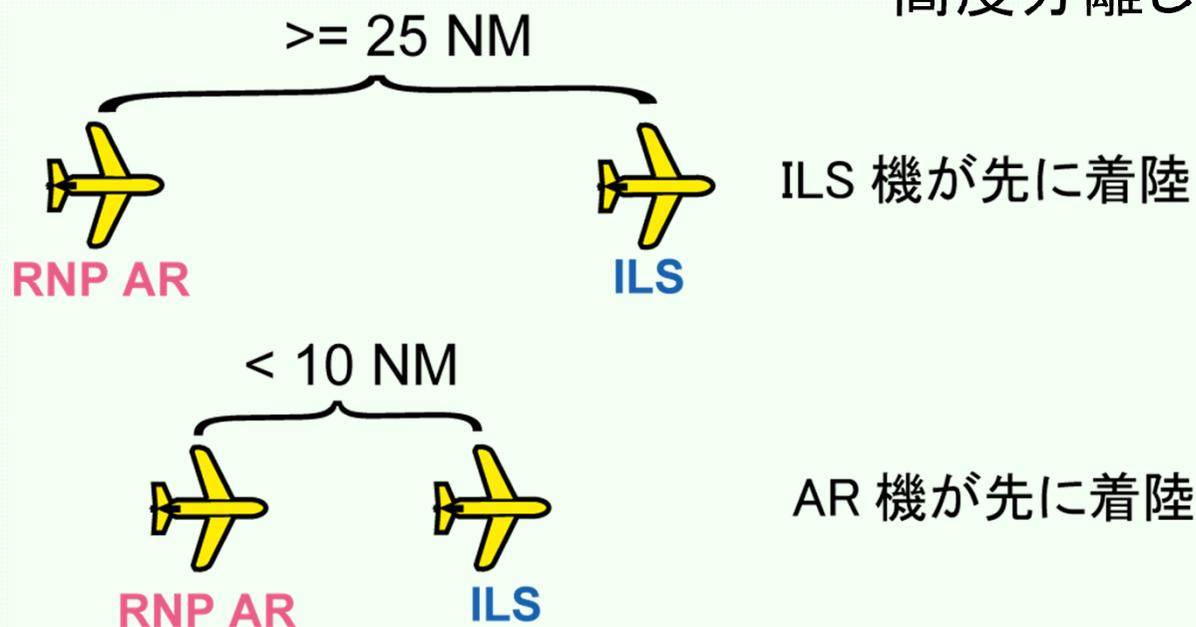
実験結果

被験者のコメント

- 入域経路が5つのため、早期順序付けが必要

- LILAC辺りまでに前後の航空機を含めた次の3機相互間の間隔設定が必要

先行ILS、後続RNP ARでILS機を先に降ろす場合 25 NM以上
先行ILS、後続RNP ARでAR機を先に降ろす場合 10 NM未満
高度分離して、重ねても良い



- 調整官役の効果大

実験結果

- ・22時以降C経路、23時以降のD,E経路での実験
AR機とILS機とに必要な間隔を念頭に管制をすれば滑走路近傍も含めて管制間隔を割らない。
- ・分離運用(24R(AR到着、出発)、24L(ILS到着)に対する試行)
「到着機間に3 NMの間隔設定が必要なため滑走路を分ける意味は感じない。但し、滑走路が異なるという安心感はある」とのコメントを管制官役から頂いた。
- ・3年後を予想した昼間のピーク時の混合運用
交通流密度 28機／時(神戸到着便含む)にて行った所、滑走路近傍でも管制間隔を割らないという結果が得られた。
 - ↑ 昨年より完熟度が向上(トレーニング重要)
航空機の速度制御の見直し(プログラム改良)
混合率低減 30%以上→15%

まとめ

RNP AR進入方式

より取り扱い便数の多い空港へ展開

→ 同一滑走路にて、RNP ARと従来進入方式とを同時に行う混合運用の実現可能性の検討が必要

CARATS研究課題推進のために行っている研究のうち、関西国際空港での航空管制リアルタイムシミュレーション実験の方法と結果について述べた。

22時台、23時以降、24R(RNP AR, 出発)24L(ILS)等の幾つかのシナリオにて試行を行った結果、どのシナリオでも良好な結果が得られた。

今後は関西国際空港特有のハザードの洗い出し(混合運用としては以前も実施)を行い、またRNP AR運航のメリットを宣伝し、関西国際空港への導入の支援を続けて行きたい。

ご清聴ありがとうございました。

