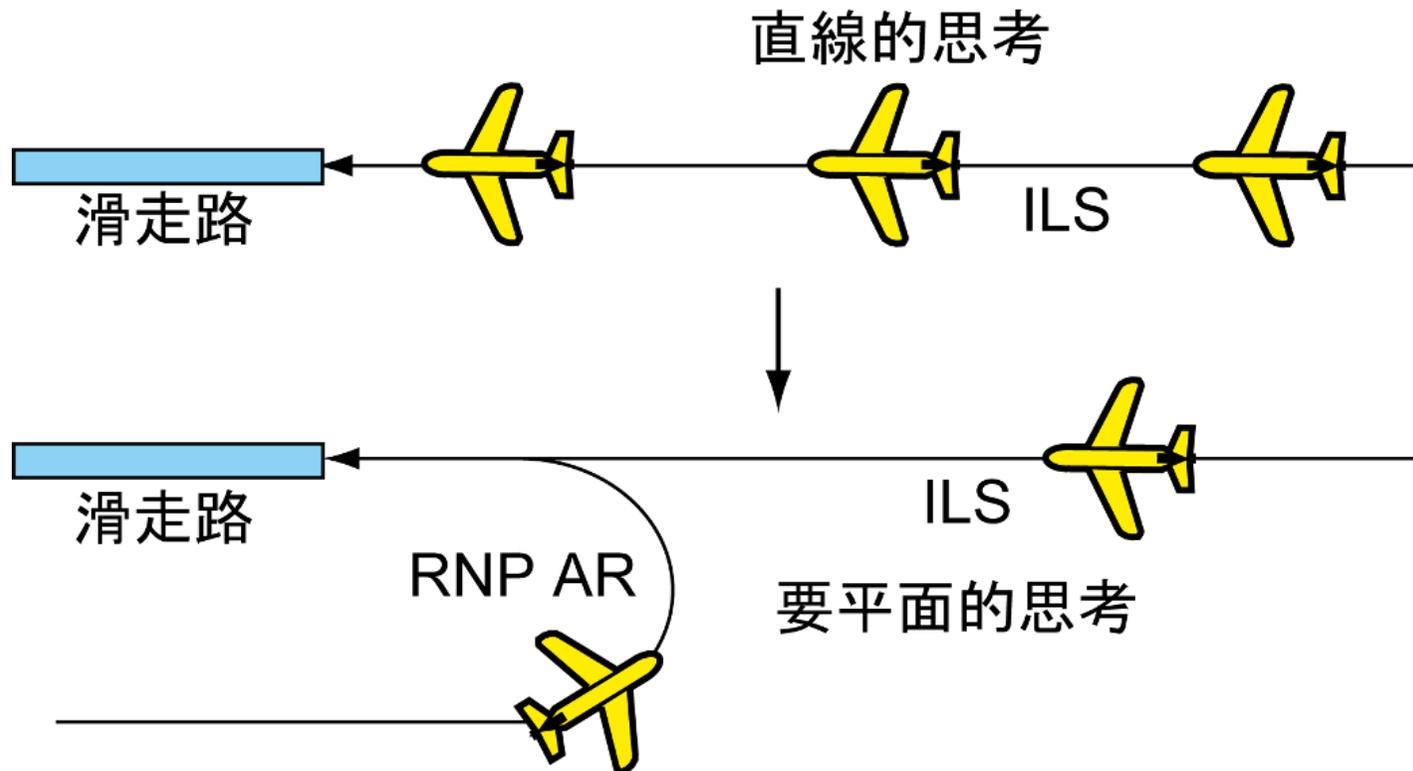


# RNP AR機最優先方式での従来機との混合運用の可能性

航空交通管理領域 天井 治、松岡 猛



# 内容

## 1. 研究の背景

RNP AR進入方式と従来方式との混合運用

## 2. 航空管制リアルタイムシミュレーション

### 2.1 シミュレータ概要

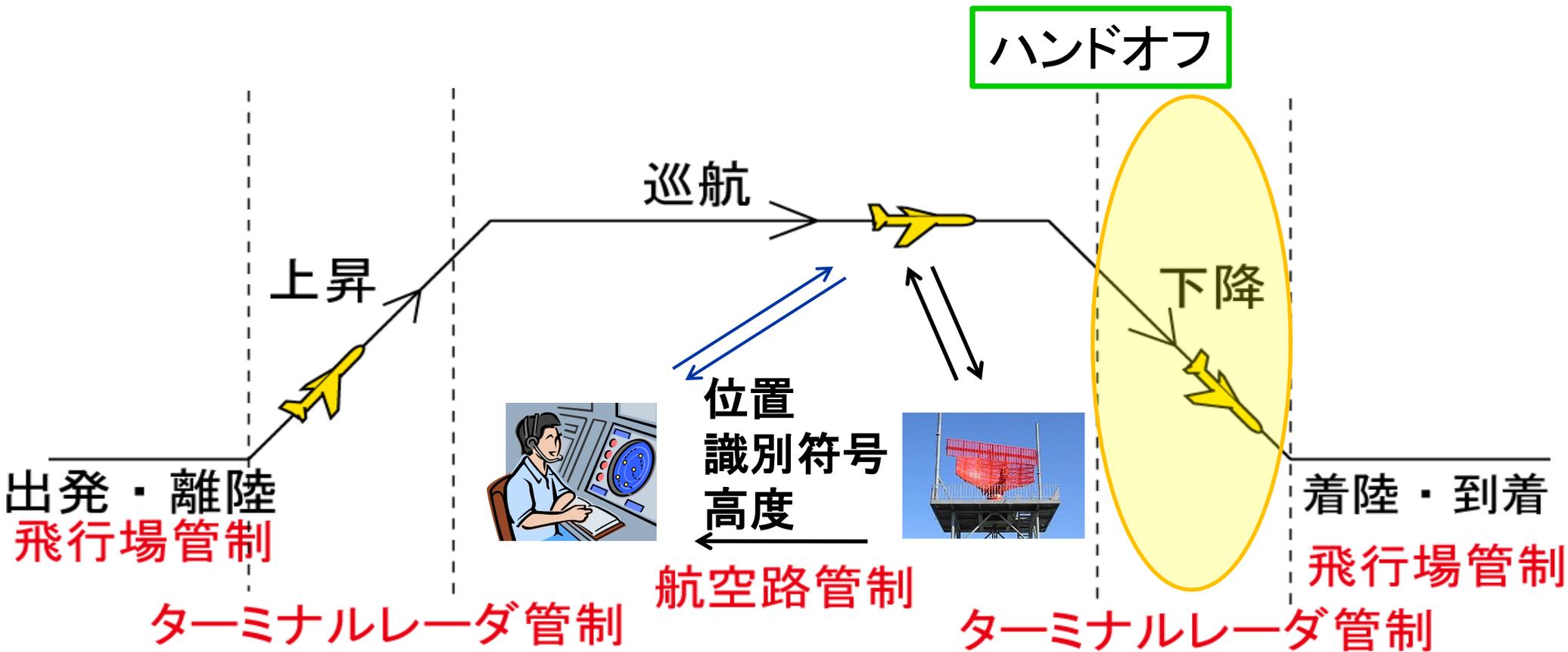
### 2.2 実験概要

条件、変化項目、(定量的、定性的)評価量

### 2.3 実験結果

## 3. まとめ

# 研究の背景



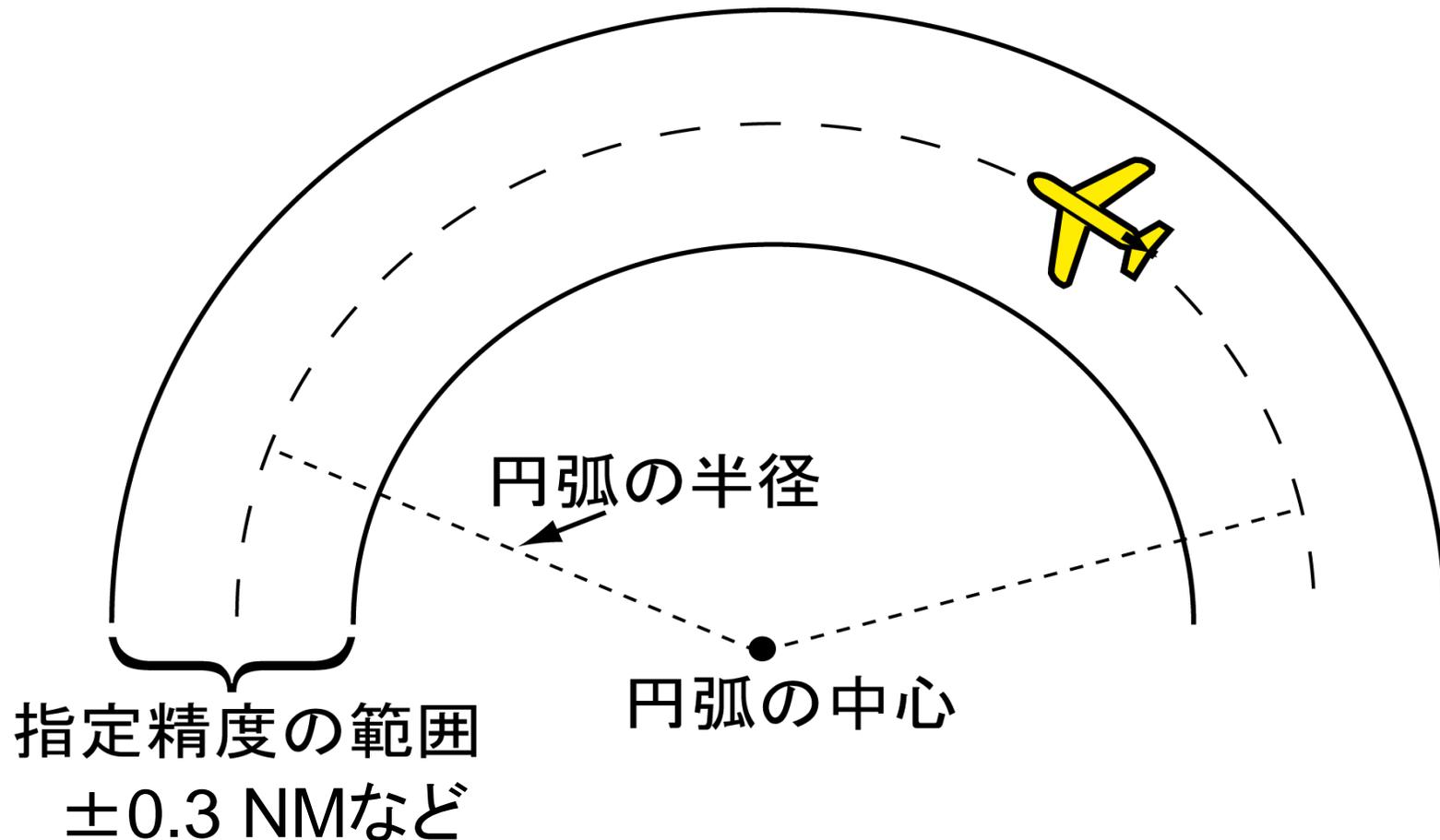
# 飛行フェーズ

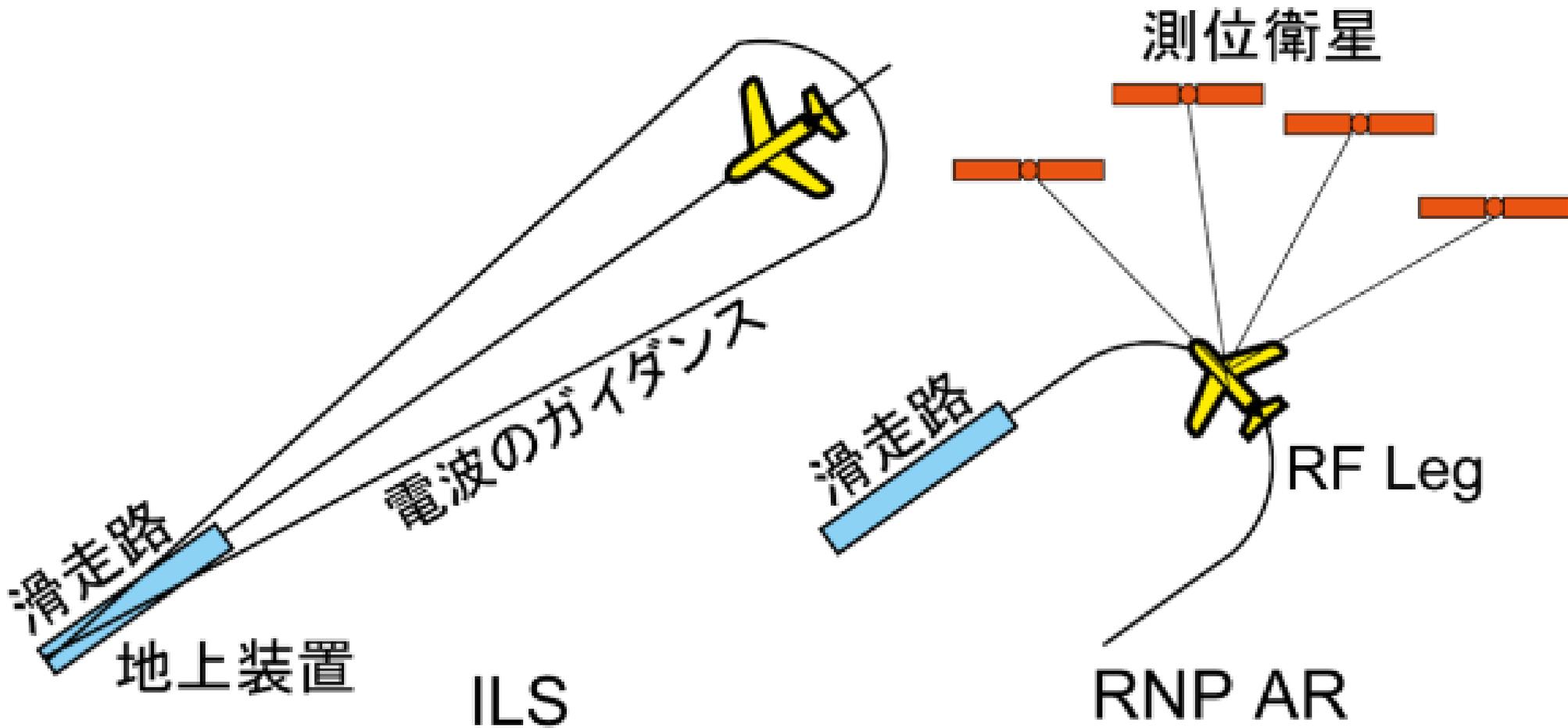
# RNP AR (Required Navigation Performance – Authorization Required: 特別許可を要する航法性能要件)

- ・効果が見込まれる小規模空港から**順次導入中**(20空港弱)
- ・航空機の**航法性能を十分に活用**した飛行方式
- ・**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)  
(0.3 NM= **556 m**)**以下**となる性能要件
- ・**曲線進入**  
同様の精度での曲線進入(**RF(Radius to Fix) Leg**)も可能
- ・**承認機のみ、乗員訓練**  
運航は**許可を受けた機体のみ**に限られる。  
**パイロットの訓練等**が要求される。

- 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。



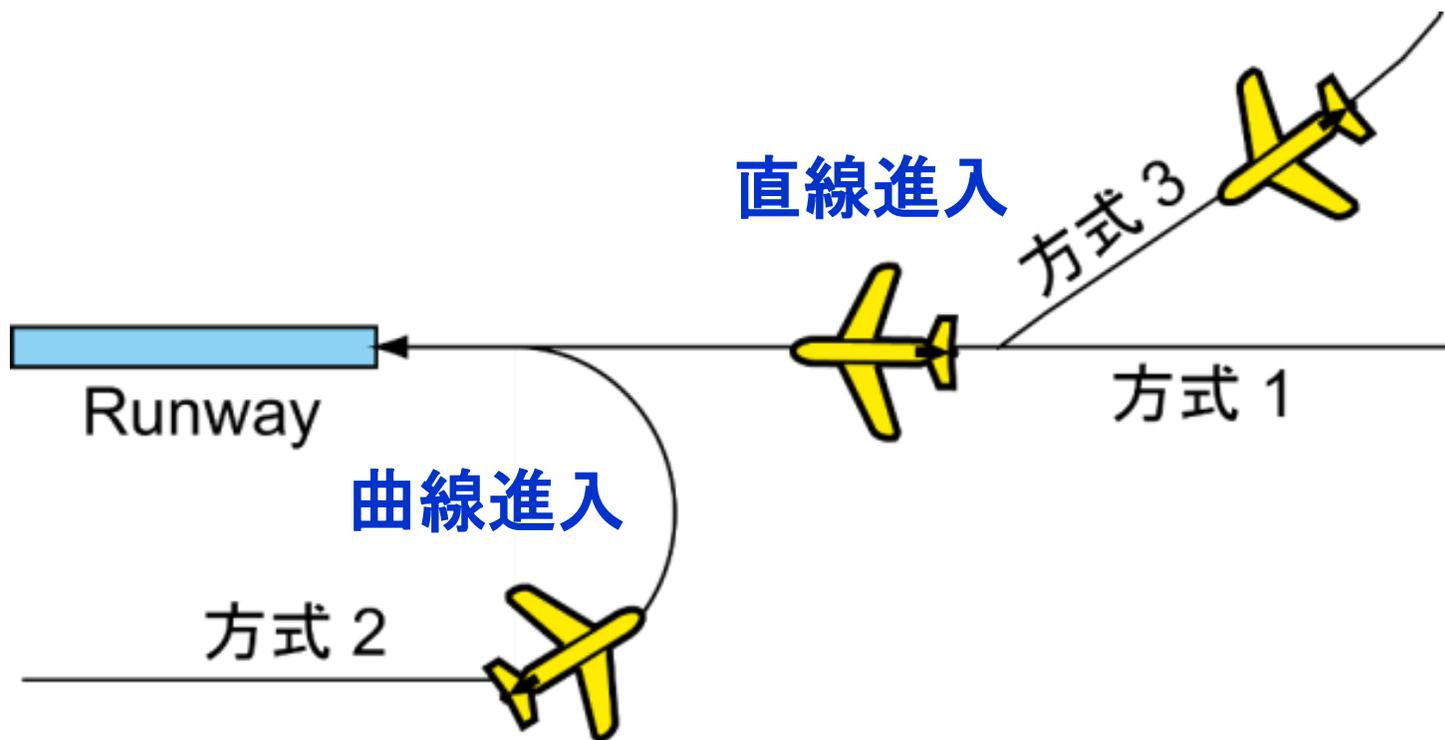


## ILS進入方式とRNP AR進入方式

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

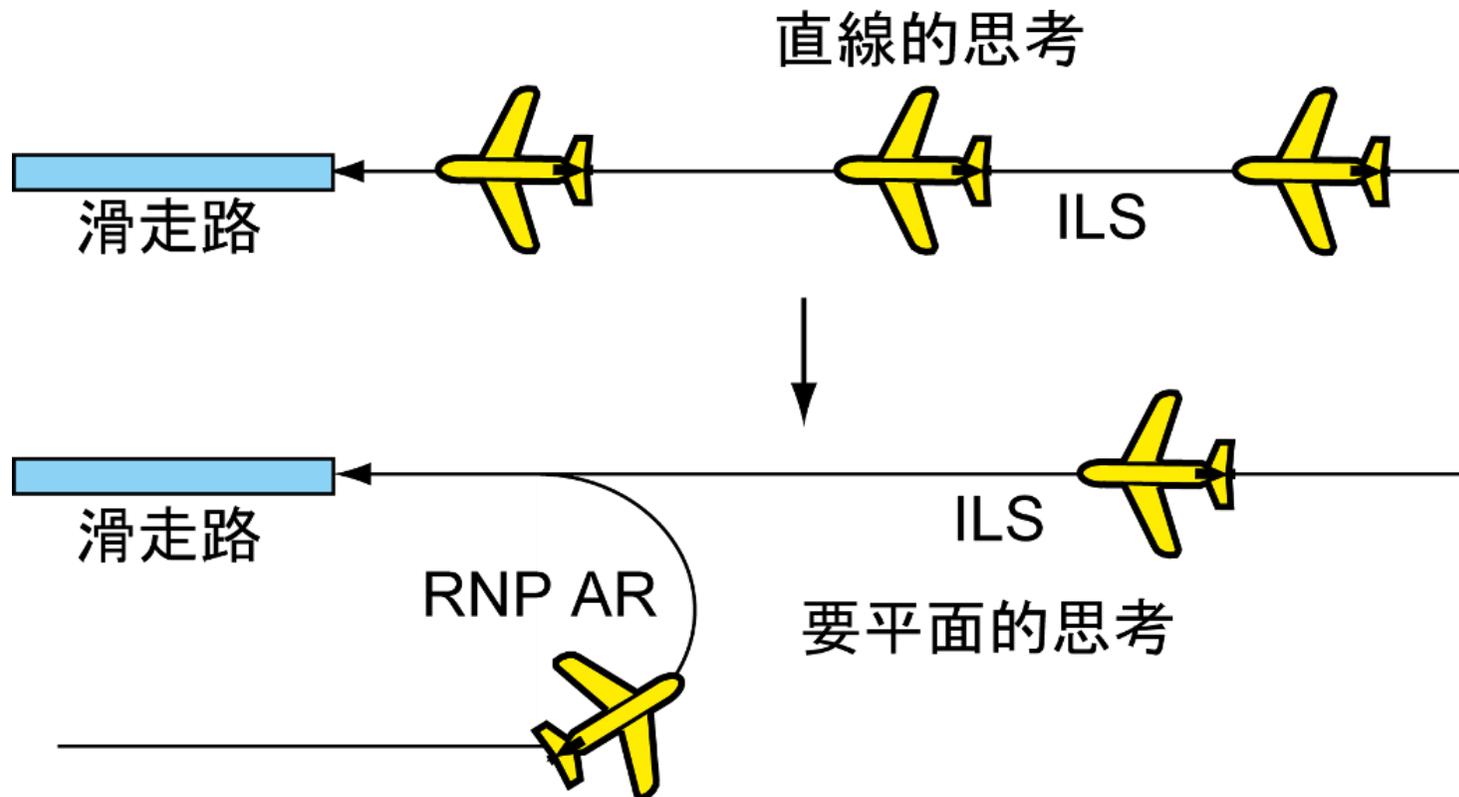
同一滑走路に対し、複数の進入方式が設定され、ILS進入方式等の進入とRF (Radius to Fix) Legを含むRNP AR進入方式を実施する到着機が同時に出現するような運用を**混合運用**と呼ぶ。

**混合率**: 曲線進入方式と直線進入方式の割合



・航空管制官は通常、飛行中の航空機を**一列に並べる**ことにより航空機の**縦間隔**を保って安全を確保。

・航空機が幾つかの**異なる方向**から進入してくる場合、**新たな考え方、方式の変更や制限の付加**が必要となる可能性あり。



- ・混合運用での管制→従来より**困難**になると予想。
- ・先行研究 NASA, MITRE→**同一、単一滑走路ではない等**
- ・**どのくらいの交通量、どのくらいの混合率**で管制可能か？



- ・**航空管制経験者によるリアルタイムシミュレーション実験**  
(平成27年1~2月)

到着機数： 15機／時～25機／時（主に20機／時）

混合率 RNP AR機： 20%～50%

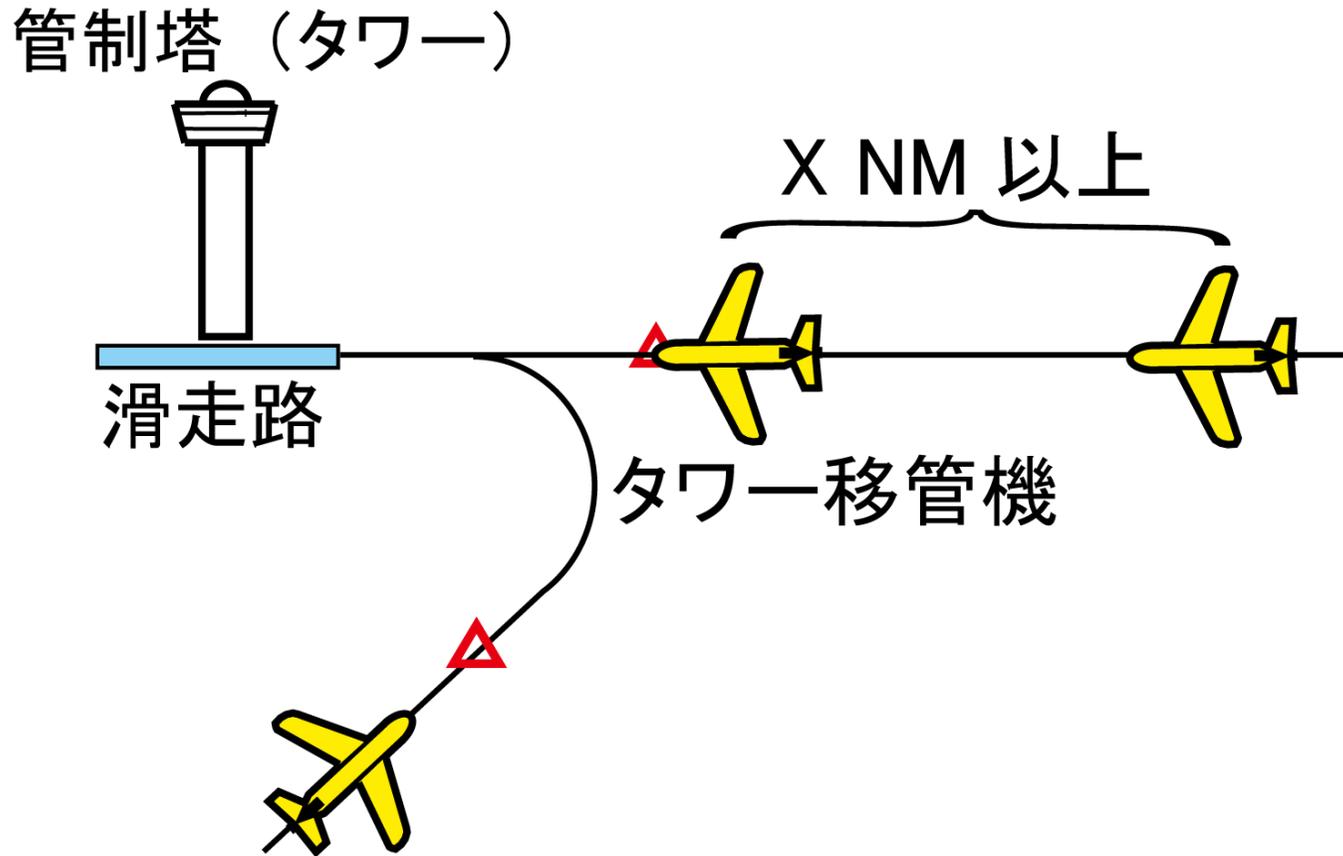
到着機**20機／時**、混合率 RNP AR機**30%**、  
タワー移管間隔**7 NM** →**実現可能性が見えた。**

平成27年11月～平成28年2月の実験

20機／時、**0%** or **30%**、7 NMで試行回数多数(80回程)

→**現行運用と混合運用の困難度の差異**を調査

# タワー移管間隔



タワー移管: ターミナルレーダ管制官から管制塔の管制官への航空機の受け渡し

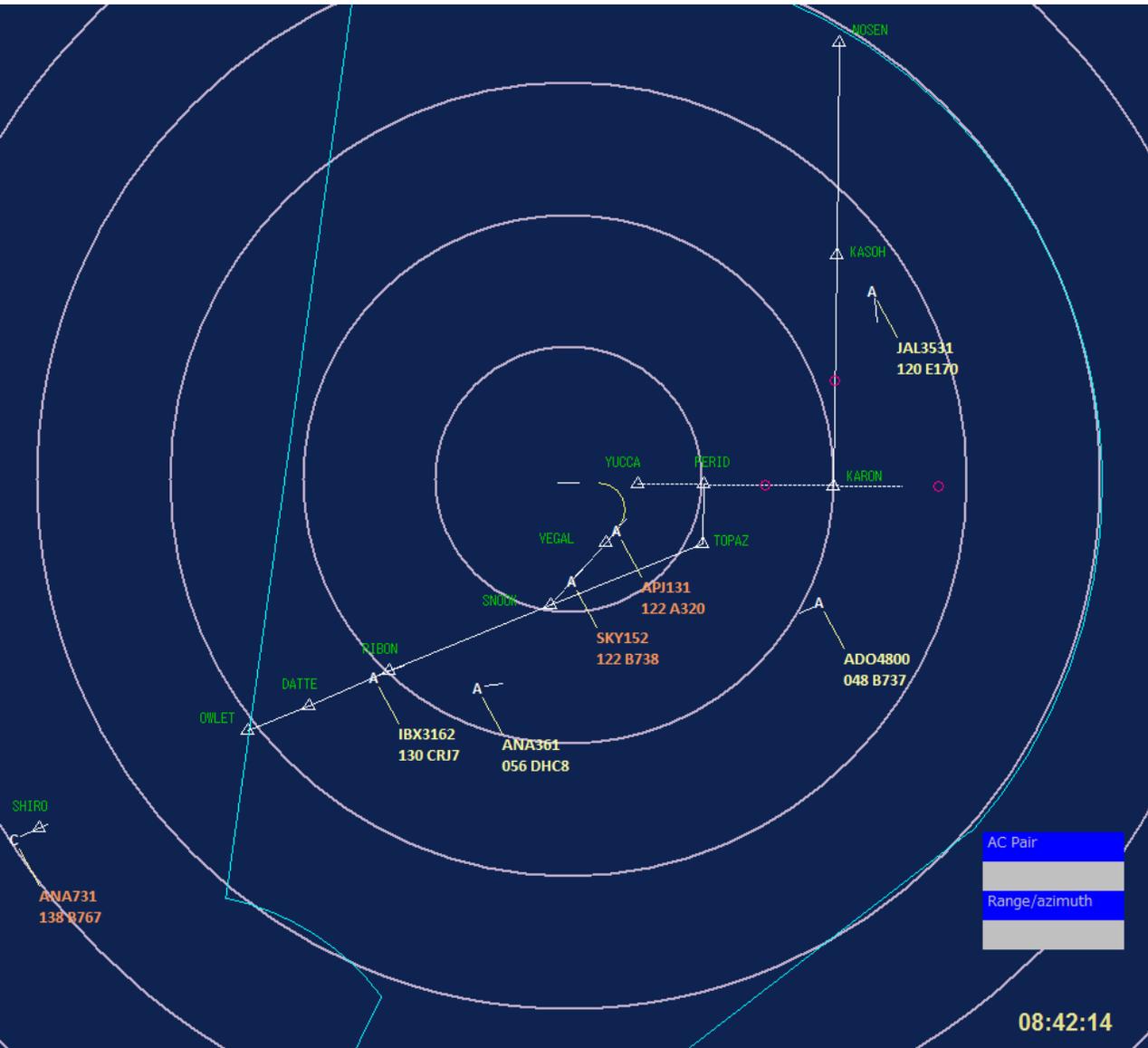
7 NM: 2機の到着機の間に出発機が出せる間隔

航空管制

リアルタイムシミュレーション

# パソコン上の簡易シミュレータ





- 2) レンジ機能：地図の縮尺を変更する。  
 「60NM」, 「50NM」, 「40NM」, 「30NM」 ボタンの何れかを押下すると地図の中心から指定半径までの領域を拡大・縮小して表示する。
- 3) レンジマーク機能：レンジマークの間隔を変更する。  
 「10NM」, 「5NM」, 「2NM」 ボタンの何れかを押下すると、指定した間隔のレンジマークを表示する。
- 4) 速度ベクター表示機能：各航空機に速度ベクター線を表示する。
  - A. 「VCTR」 ボタンを押下する。
  - B. 「3」, 「7」, 「15」 ボタンの何れかを押下する。
  - C. 再度、「VCTR」 ボタンを押下すると、速度ベクターは非表示となる。

o_ctr	ctr		
60NM	50NM	40NM	30NM
10NM	5NM	2NM	
BDY	RNG	MVA	map
LOC	AR	WP	WPN
STAR	IIP		
VCTR	3	7	15
ILS/AR	trail		
CUSR			

# 模擬管制卓表示例



Operation Command Input

callsign

Command

Operation Log

[08:41:42] ADO4800: d\_PERID a15 s190

[08:39:22] JAL3531: h170

[08:38:55] ANA361: h80

[08:38:40] ADO4800: a40

[08:38:33] ANA361: h90 a50

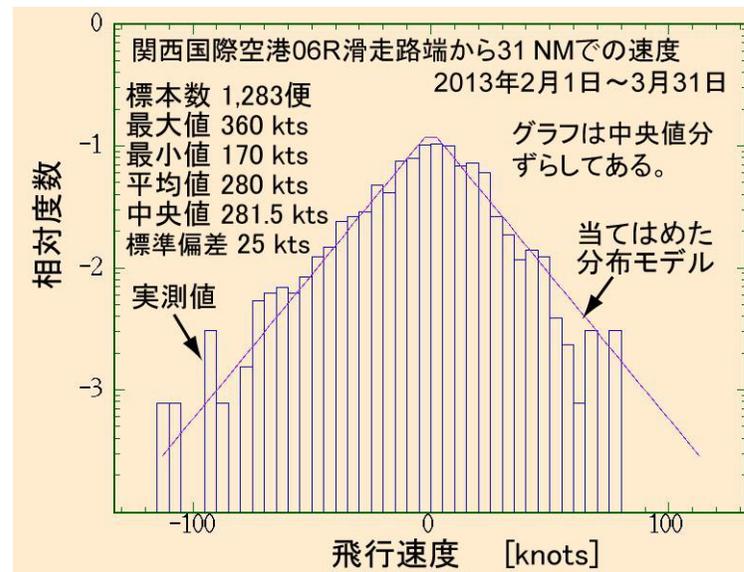
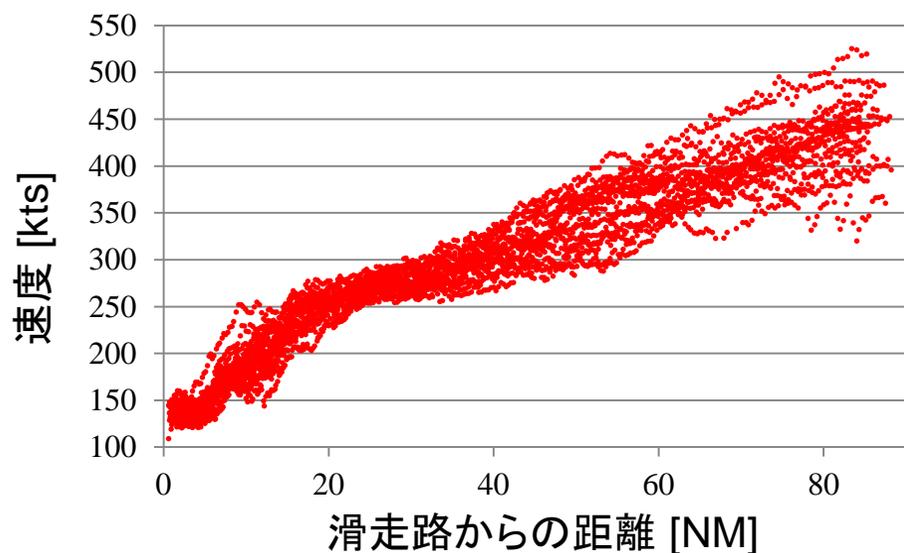
Error Log

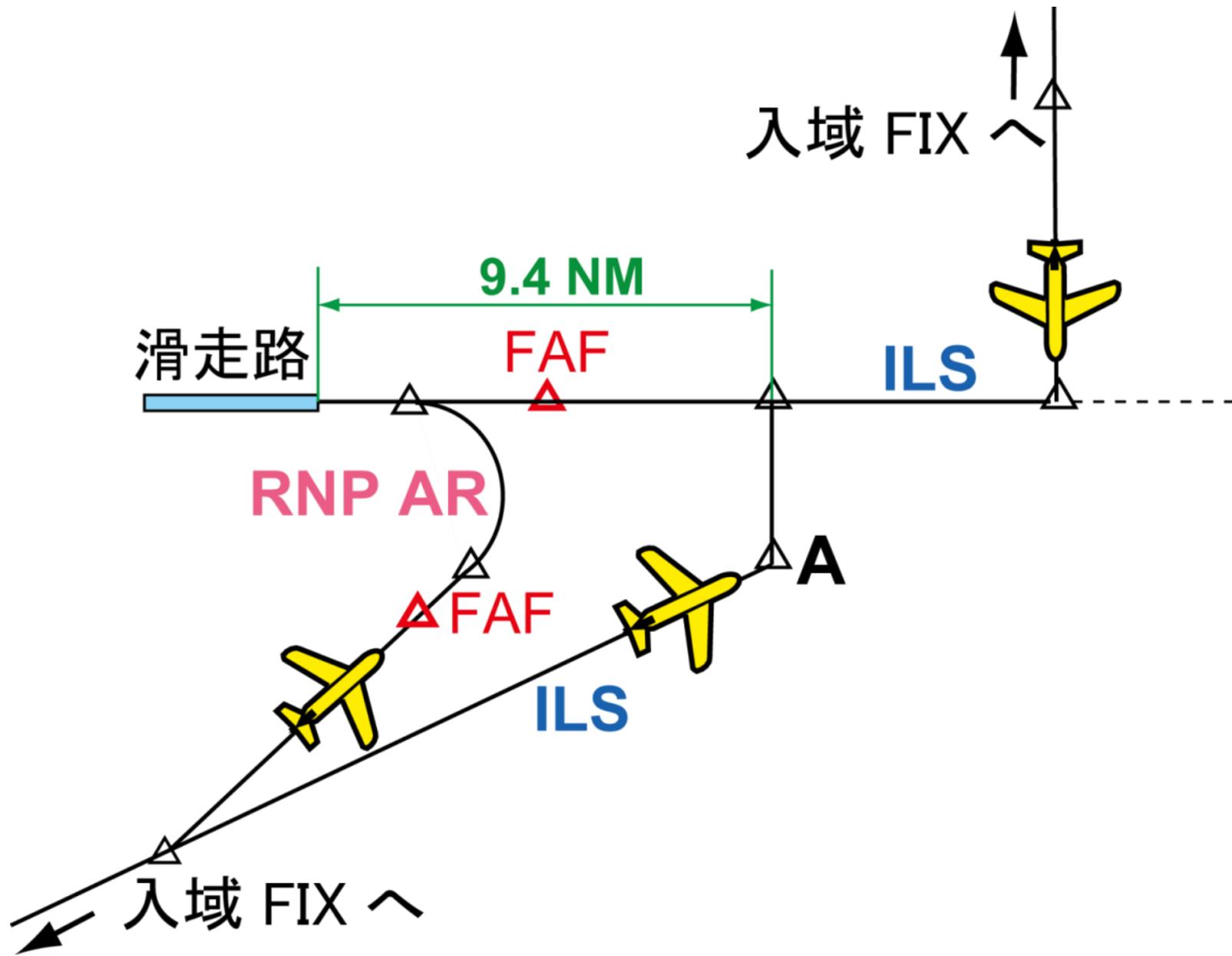
エラーログ

# パイロット卓画面

# シナリオ設定

- ・航空機の**出現時刻固定** (シナリオファイルに記載)
- ・**出現地点**: 入域FIXの15 NM程手前
- ・**ハンドオフ開始地点**: 入域FIXの10 NM手前
- ・**入域間隔**: **10 NM** (ILS機の後がRNP AR機の場合は20 NM)
- ・**速度**: **実データ**から機種毎にプロファイルを作成  
両側指数分布に従って**バラツキを付加**
- ・**飛行高度**: **実データ**から機種毎にプロファイルを作成





経路構成

## 実験の条件

- RNP AR進入は必ず許可。
- RNP AR機へのレーダ誘導、空中待機は不可。
- RNP AR機の速度調整は可。RF Leg上では制限有り。
- FAF (Final Approach FIX) までにタワーに移管。

### RNP AR機最優先

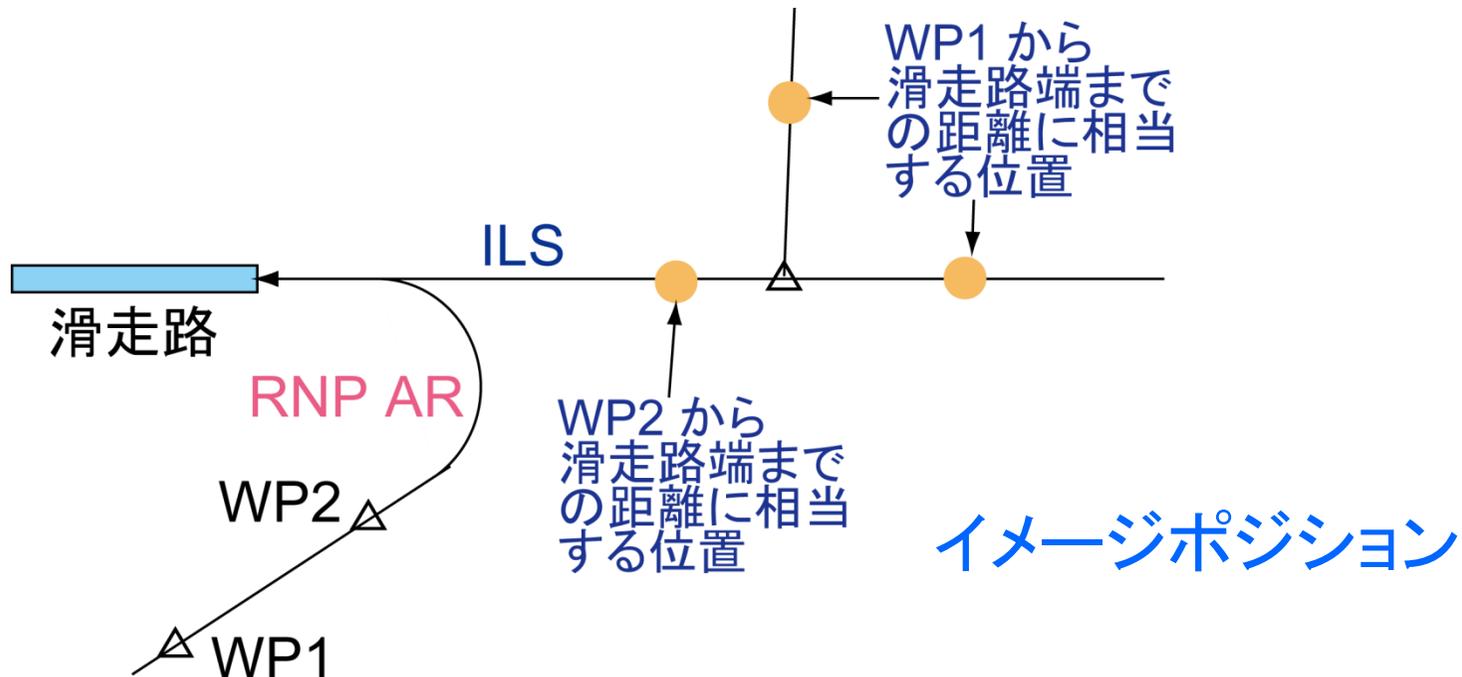
欧米でもBest-Equipped, Best-Served (BEBS、良い機材(装備)には良いサービスを)という考え方あり。

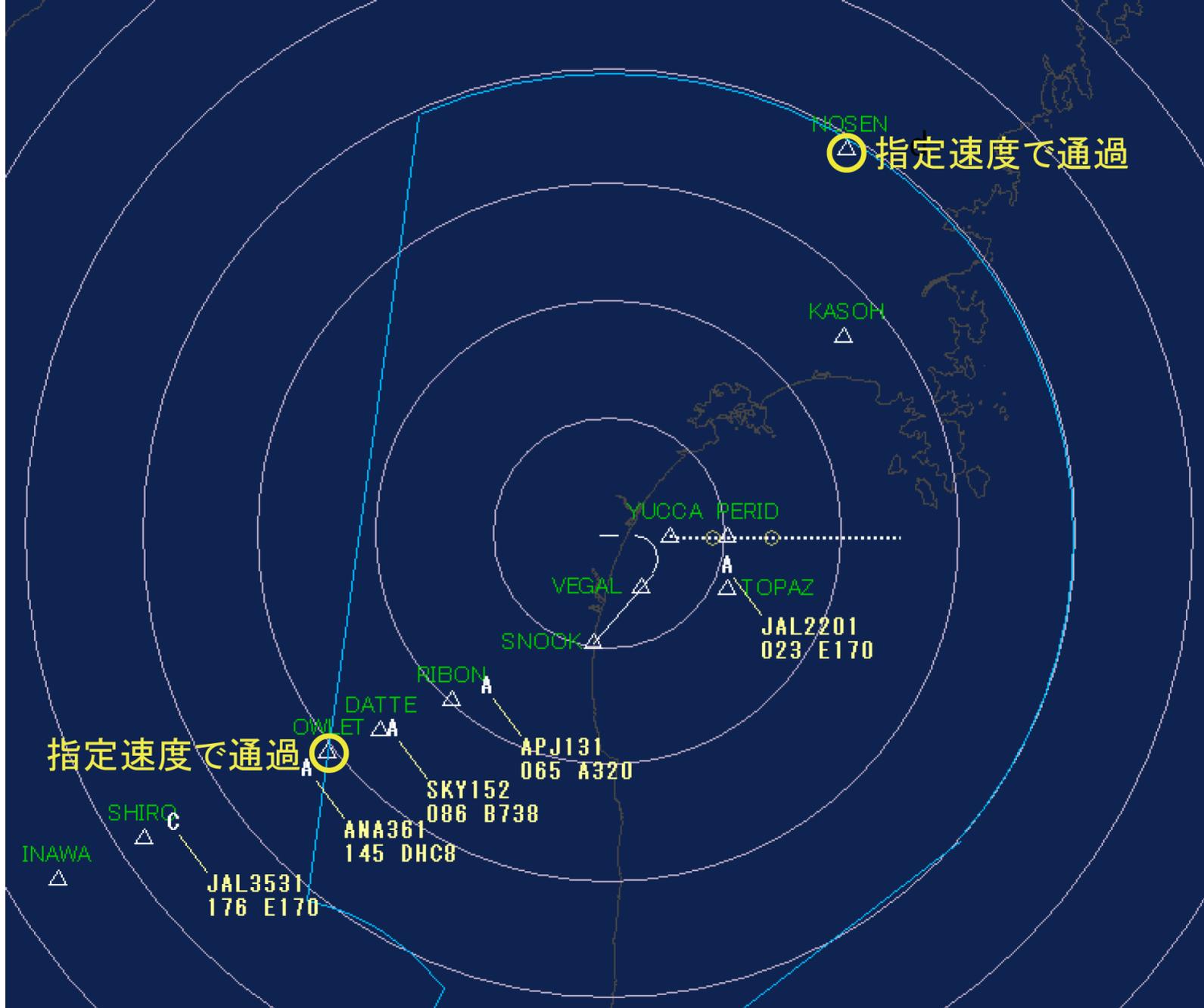
RNP AR運航にはトレーニングなどコストが大変掛かるため、運航メリットの有無が重要。メリットがあればRNP AR運航の増加を促進できると考える。

- ・1時間当たりの到着機数: 20機
- ・RNP AR便とILS便の混合率: 30%  
50%=RNP AR便とILS便半々
- ・タワー移管時の航空機間隔: 7 NM

### 変化させる量

- ・イメージポジション(I)表示の有無
- ・入域FIXにおける速度指定(S)の有無





入域FIXでの速度指定

# 評価指標

## 定量的評価量

- ・同時取扱機数（平均、最大）
- ・レーダ誘導の総迂回距離
- ・速度指示の回数
- ・針路指示の回数
- ・タワー移管間隔

## 定性的評価量

- ・NASA TLXを基にしたアンケート  
（管制官自身の主観的評価）

# 質問票

日付	シミュレーションシナリオ番号	氏名
----	----------------	----

## 時間的負担

作業はどの程度急がされ、あるいは慌しかったですか？

10段階評価で○印もしくは✓印を必ず付けて下さい。

<input type="checkbox"/>									
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

低い

高い

慌ただしさを感じた場合、どのような場面で特に慌ただしさを感じましたか？

( )

### 評価尺度の定義

時間的負担	作業頻度あるいは作業ペースにより、どの程度の時間的圧力を感じましたか。ペースはゆっくりでのんびり、あるいは急速で慌ただしかったですか。
-------	---

## 努力

今回の試行にどの程度の努力が必要とされましたか？

10段階評価で○印もしくは✓印を必ず付けて下さい。

<input type="checkbox"/>									
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

低い

高い

管制官役 4名

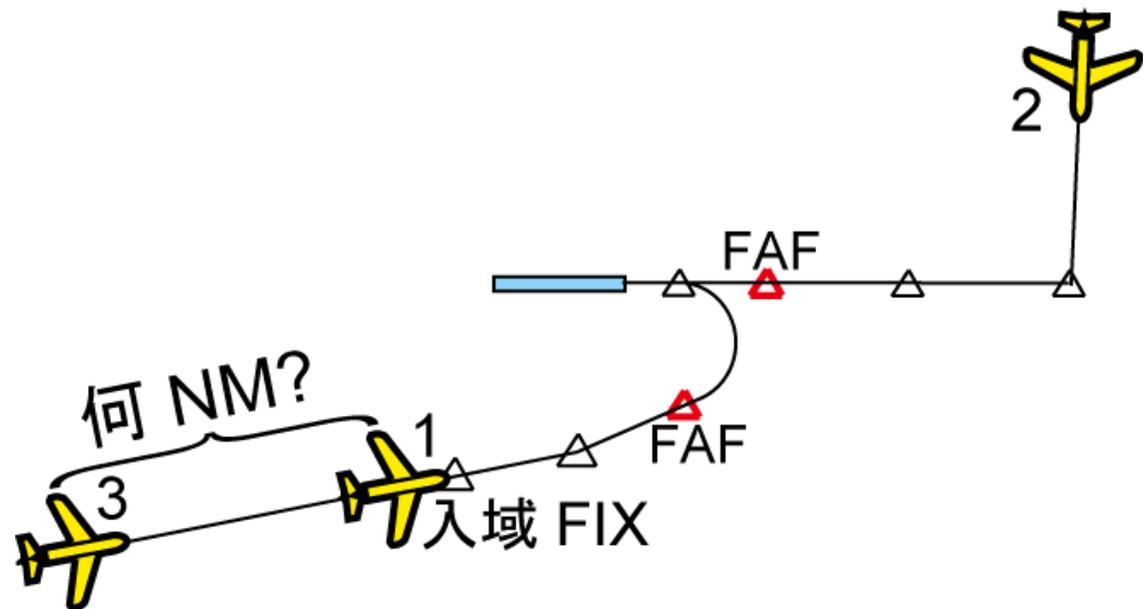
1人5日 2週間で5日→最短で2ヶ月

1回のシナリオの試行時間→40分～60分

合計 約80試行

別途、

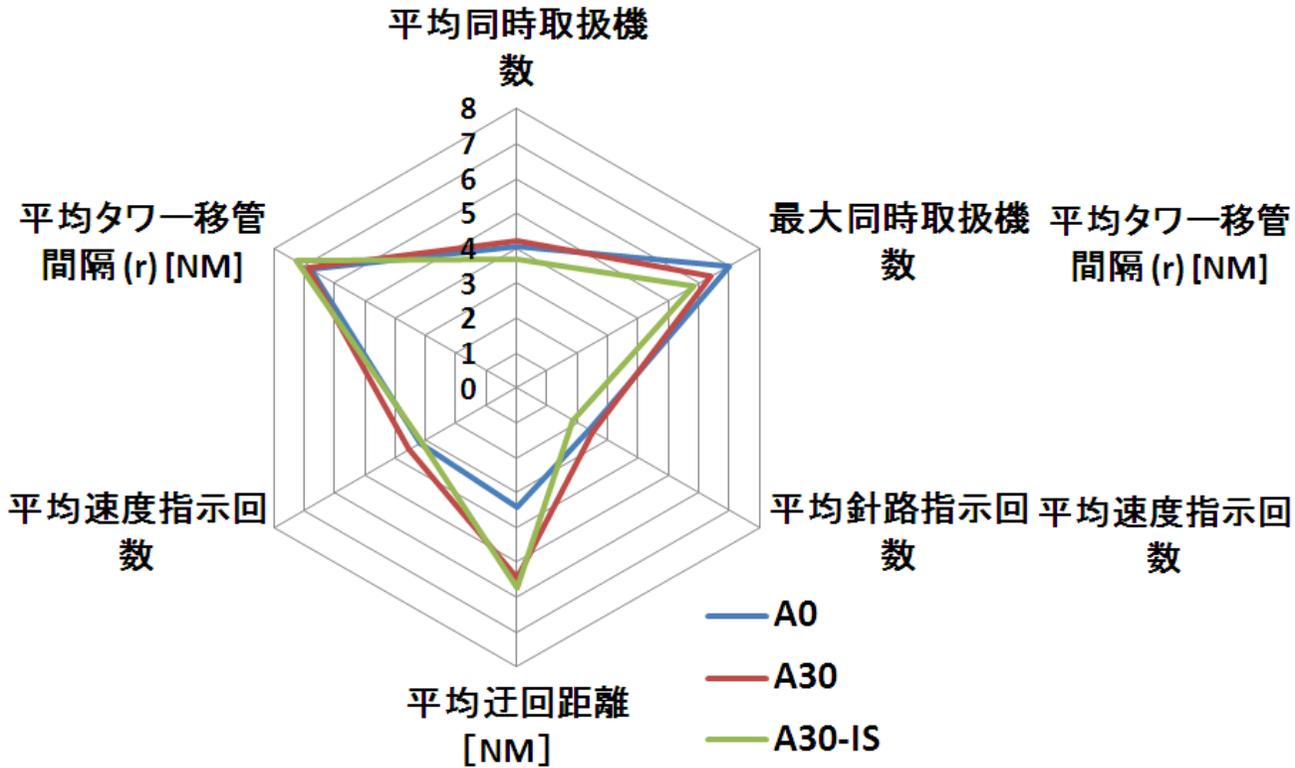
- ・潜在的異常接近の検知率の差異
- ・連続するRNP AR機の中にILS機を挿入する場合の管制間隔に関する実験を実施



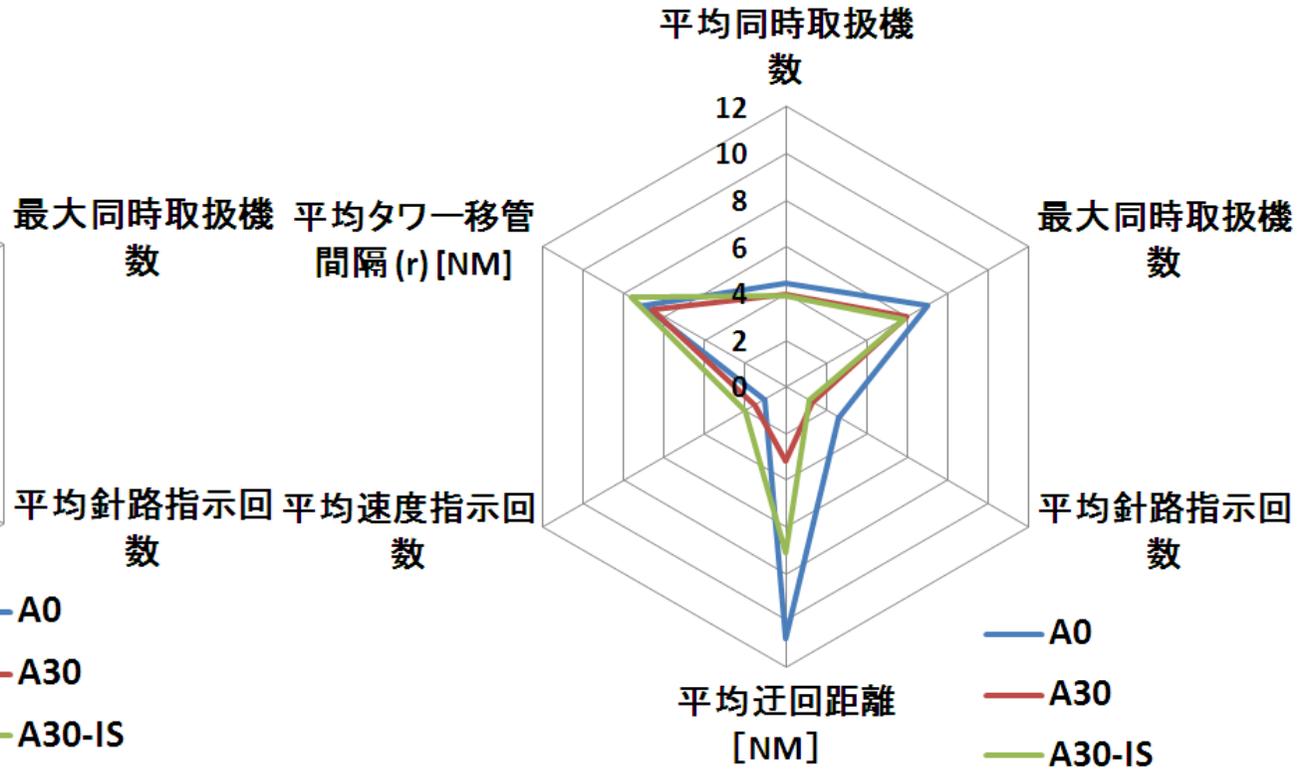
# 実験結果

# 定量的評価量

- AR便無し(0%) A0(従来運用)
- AR便30% A30(混合運用)
- AR便30%, IS有り A30-IS(混合運用)

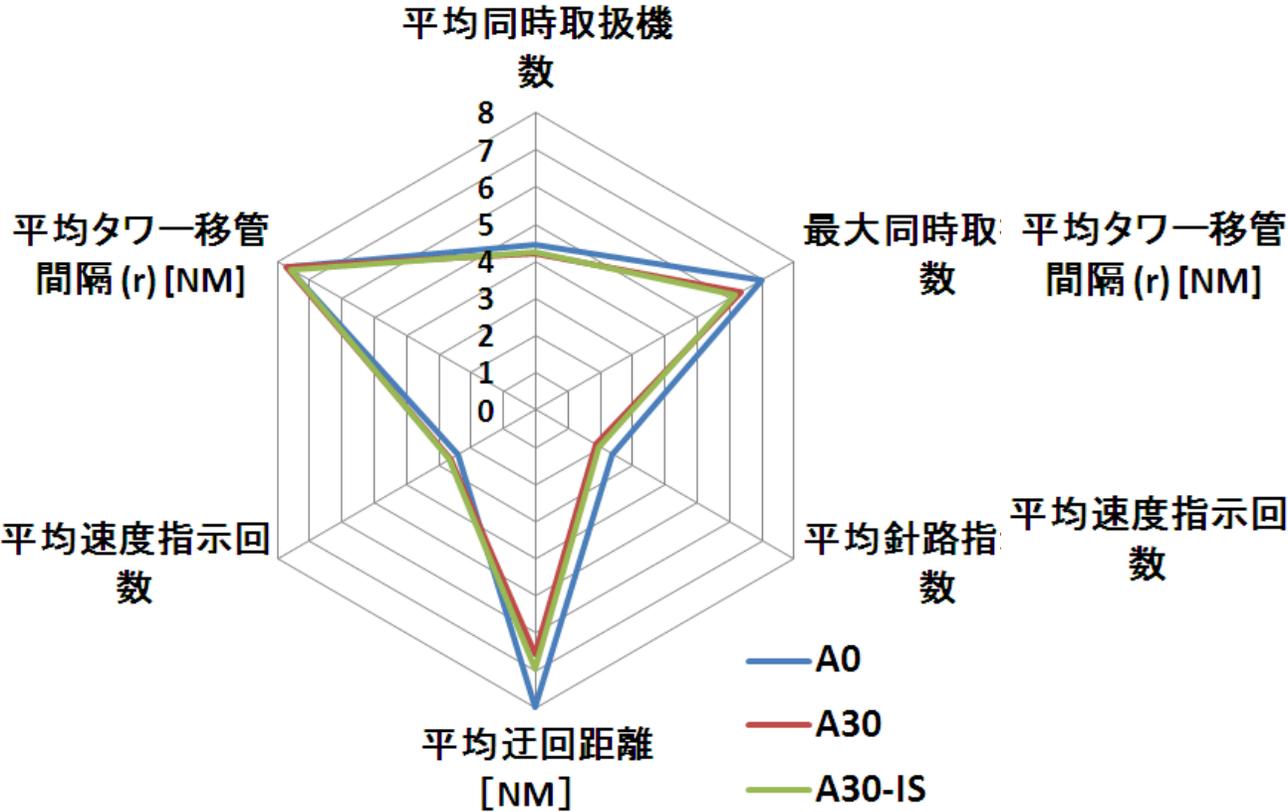


被験者Aの定量的評価量の差異

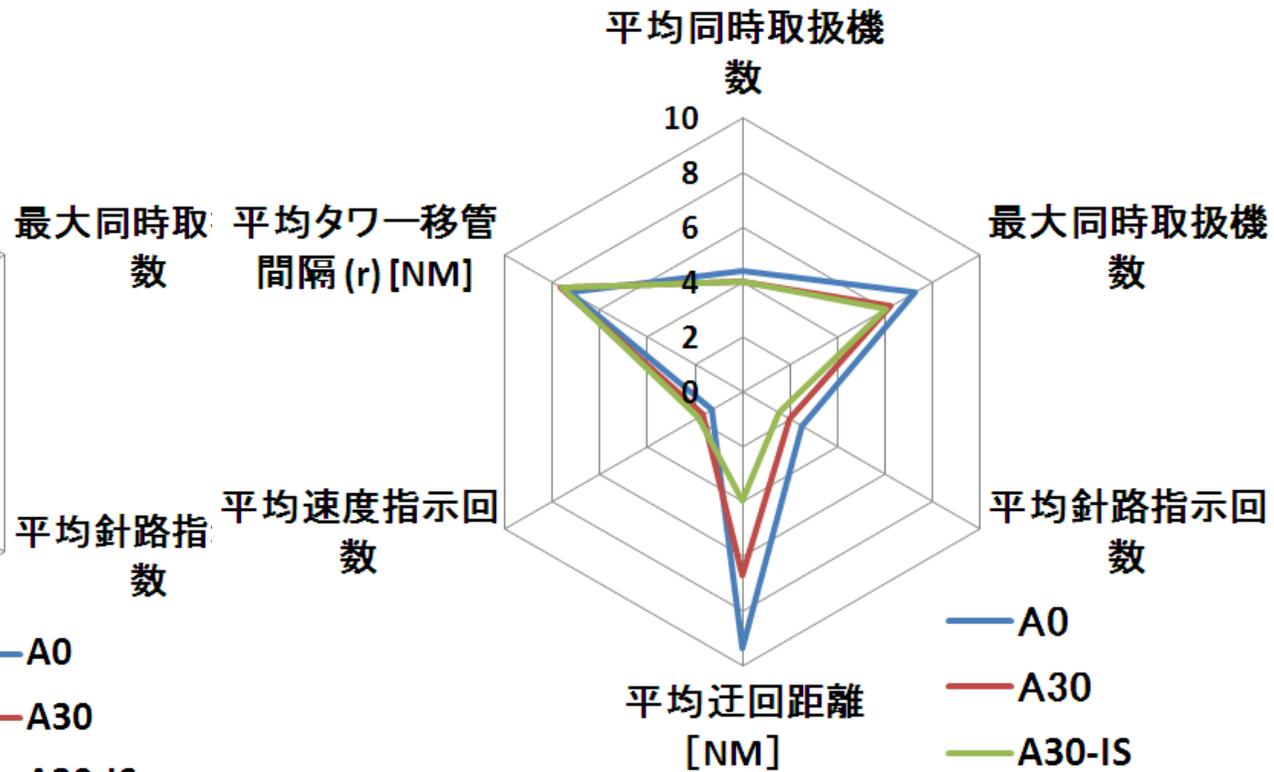


被験者Bの定量的評価量の差異

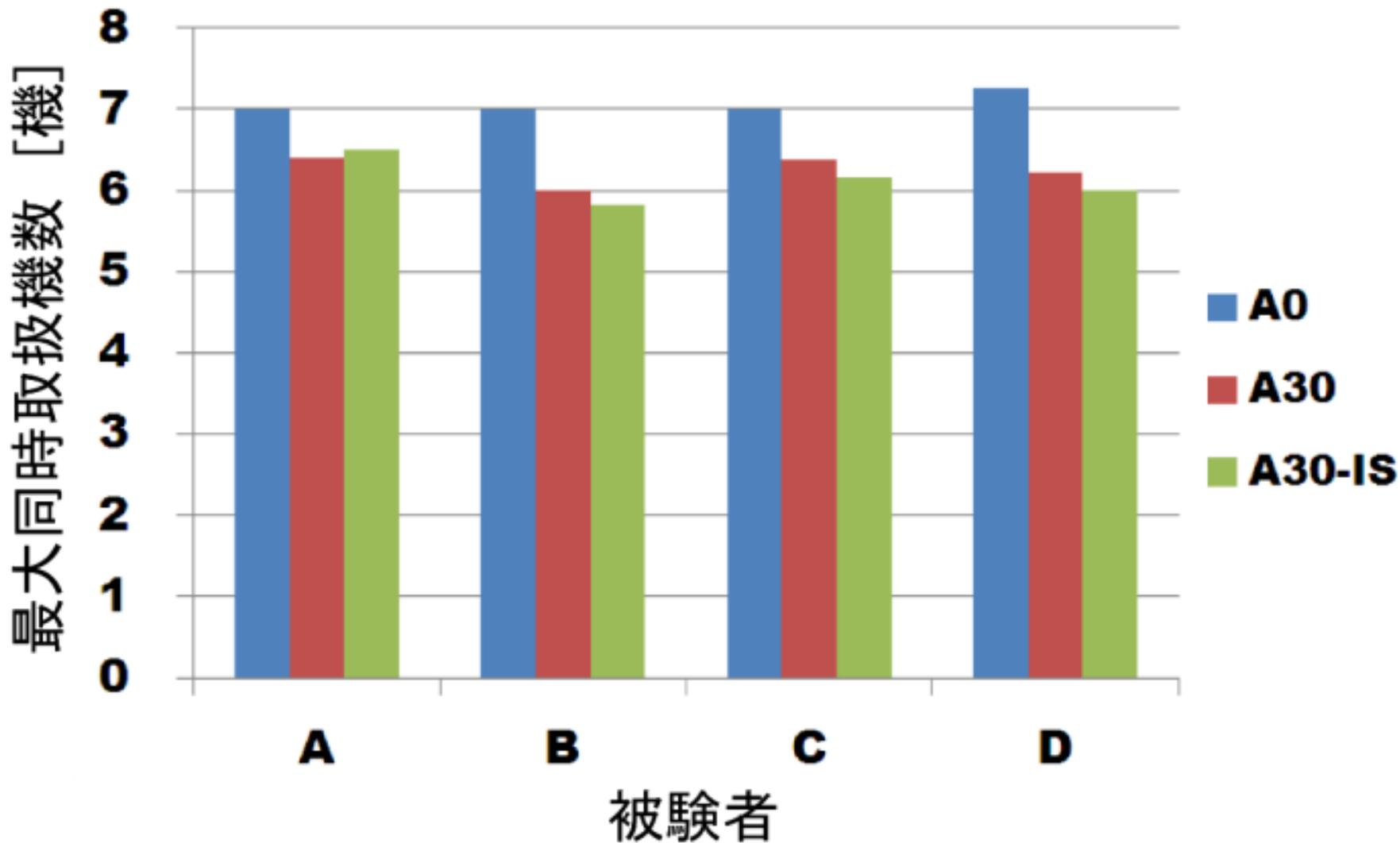
# 定量的評価量



被験者Cの定量的評価量の差異



被験者Dの定量的評価量の差異

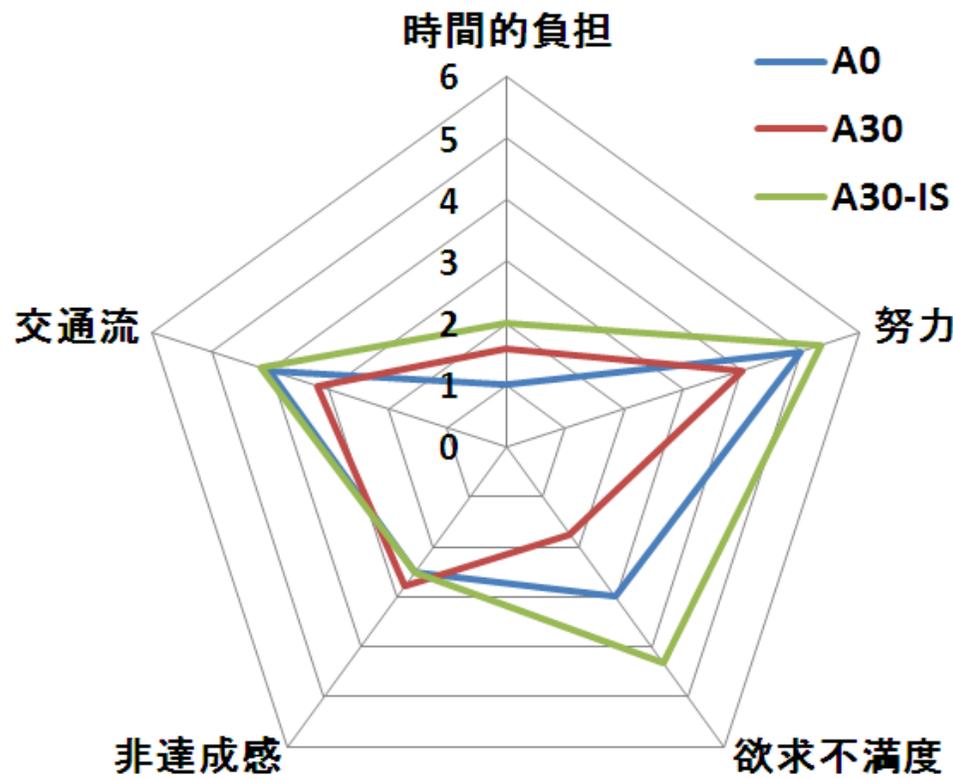


## 最大同時取扱機数の差異

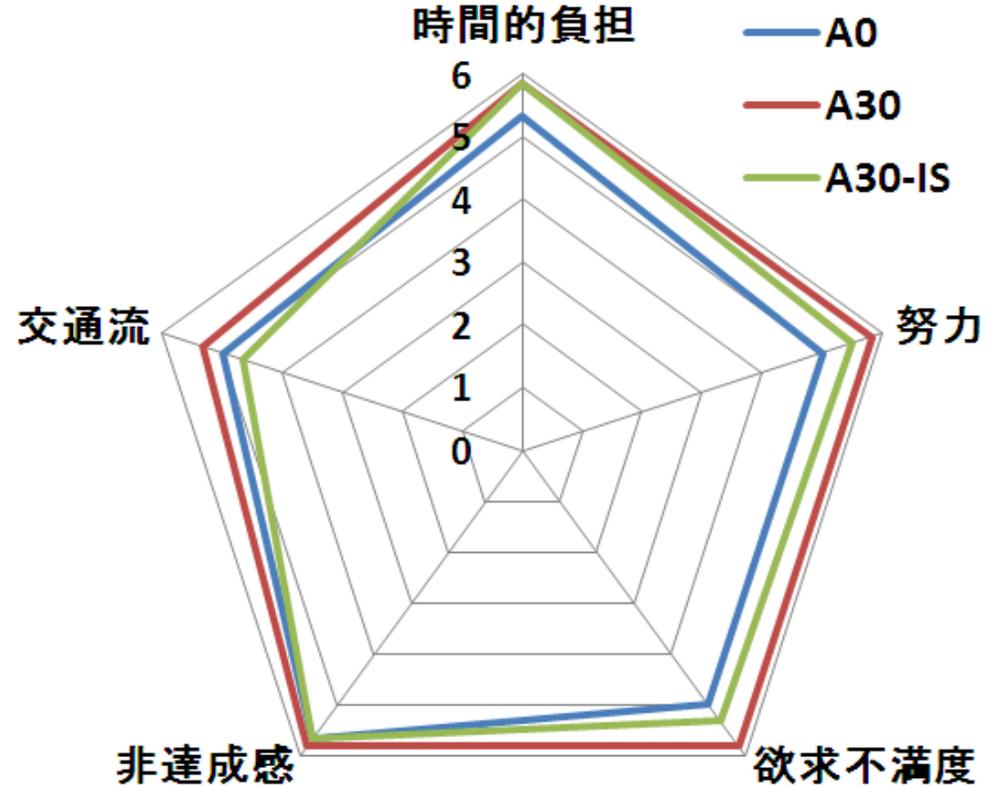
A0とA30\*は有意水準0.1%で**有意な差異**あり

# 定性的評価量

- AR便無し(0%)      A0(従来運用)
- AR便30%            A30(混合運用)
- AR便30%, IS有り    A30-IS(混合運用)

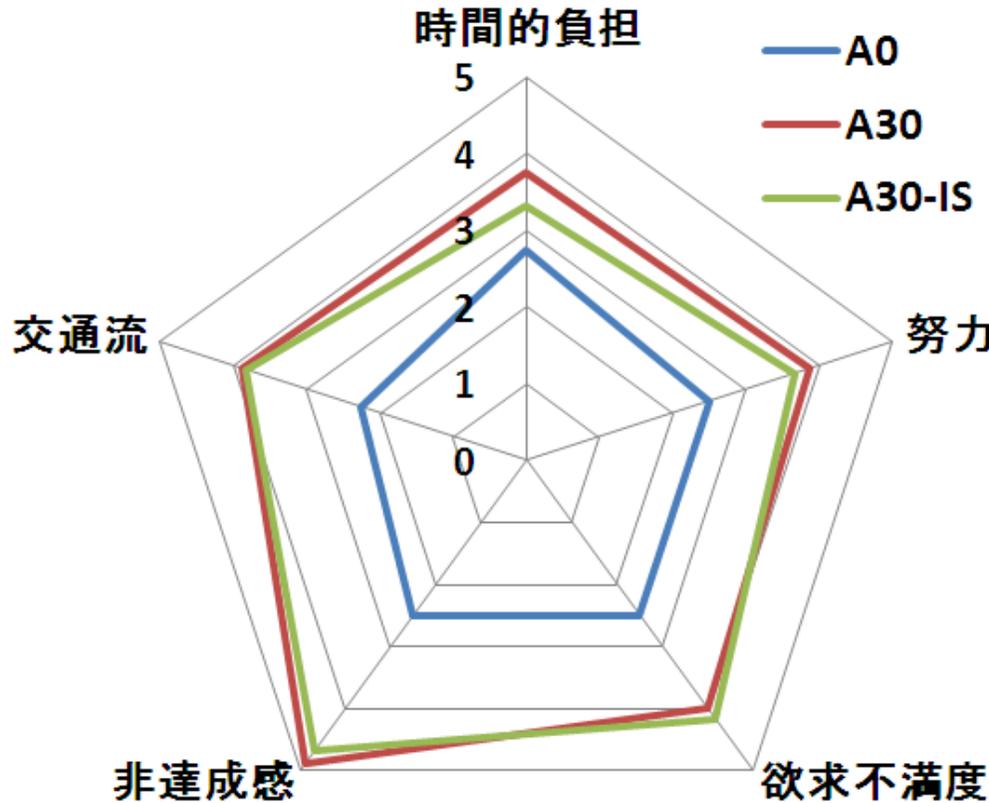


被験者Aの定性的評価量の差異

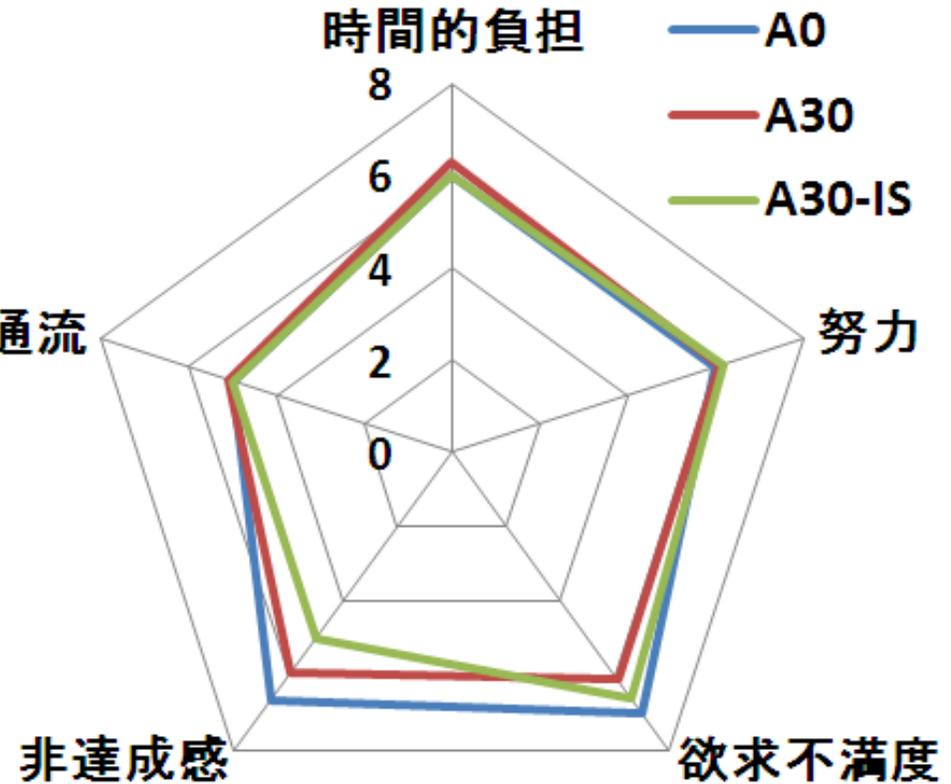


被験者Bの定性的評価量の差異

# 定性的評価量



被験者Cの定性的評価量の差異



被験者Dの定性的評価量の差異

# まとめ

RNP ARとILS進入方式との**混合運用**の可能性  
→航空管制**リアルタイムシミュレーション**実験

**RNP AR機最優先**方式にて、  
**到着機20機/時**、**混合率RNP AR30%**、  
**タワー移管間隔7 NM**

## ➤ 定量的評価量：

混合運用について従来運用より困難度が増すことを示唆せず。

➤ 最大同時取扱機数の平均値：従来運用の方が大。

## ➤ 定性的評価量：

被験者による**差異大**。

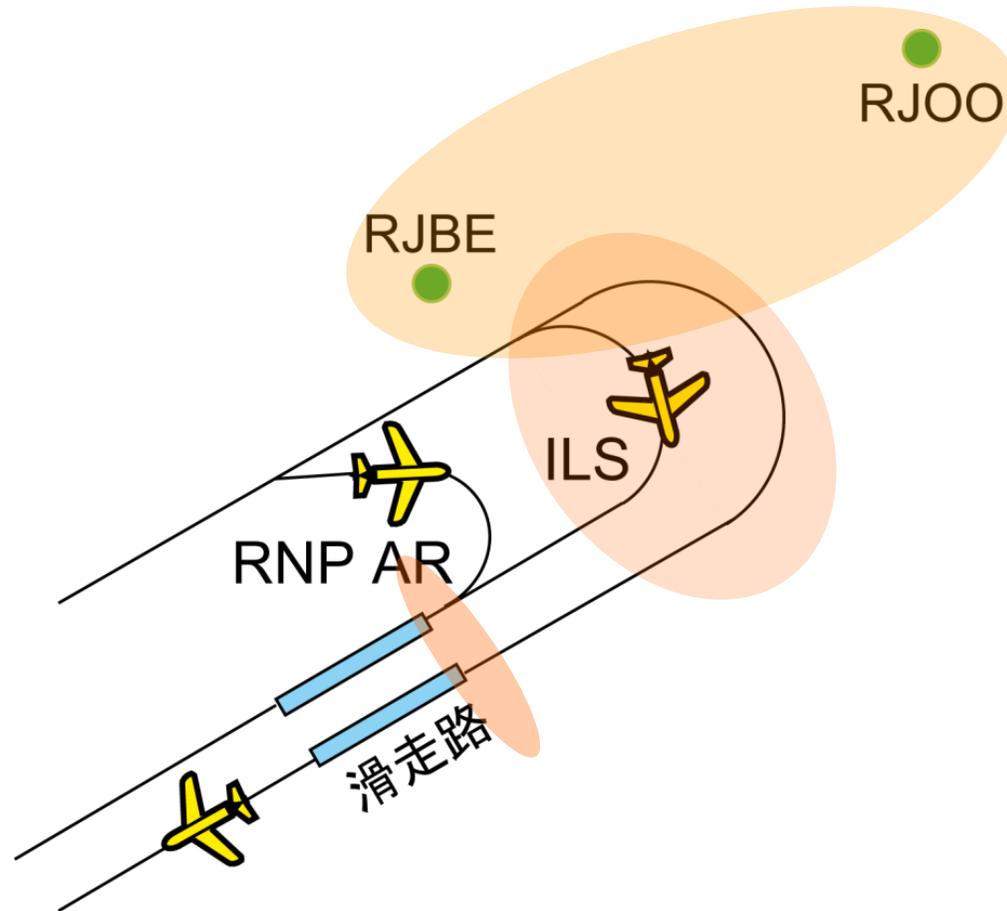
一部の項目で従来運用の方が困難と感じた被験者も存在。

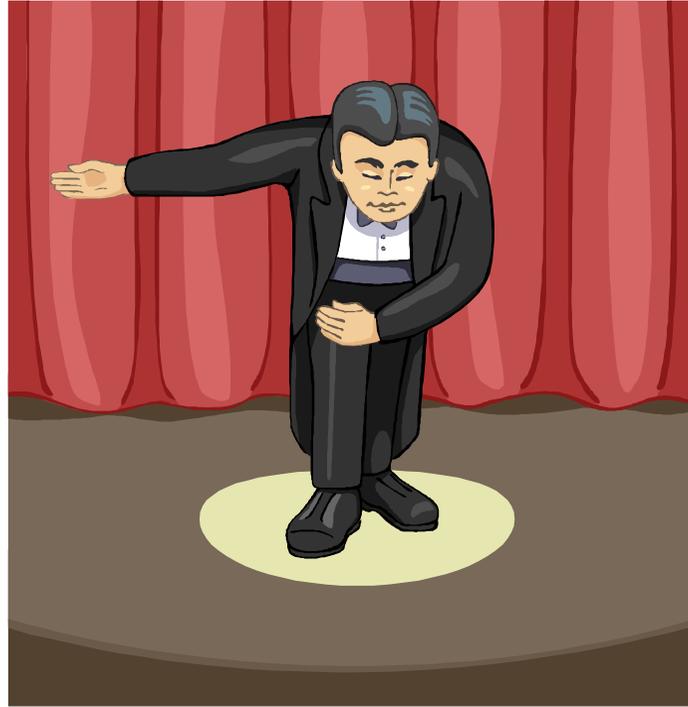
➤ 管制はレーダ誘導よりも**速度調整**を**多用**。

➤ RNP AR機とILS機の画面上での**表示色**を**違える**→**有効**

# 今後の計画

- ・**関西国際空港**を対象としてより現実的な航空管制リアルタイムシミュレーション実験  
→ **導入支援**





ご清聴ありがとうございました。