

第1回 関西全体の航空需要拡大について考えるセミナー 平成29年9月4日

# 首都圏における空港機能拡大の取り組みと 関西3空港の運用状況

平田 輝満

茨城大学 工学部 都市システム工学科



出典) 茨城空港

# 本日の報告内容

1. 首都圏空港の容量拡大に向けた取り組み
2. 混雑空港における飛行経路設定と騒音対策の事例
3. 滑走路処理容量の考え方
4. 次世代の航空交通システムと空港運用への影響
5. 関西3空港の運用状況

### 3. 航空需要予測④

#### 【首都圏空港の航空需要予測(発着回数)】

○ 首都圏空港の発着回数(国内線+国際線)は、上位・中位ケースでは2022年度、下位ケースでは2027年度に発着枠を超過する見込み。  
 (2032年度には78~94万回と予測。→ 約7~23万回の容量不足)

発着回数(国内+国際)



約7~23万回の容量不足

\*発着枠の設定について

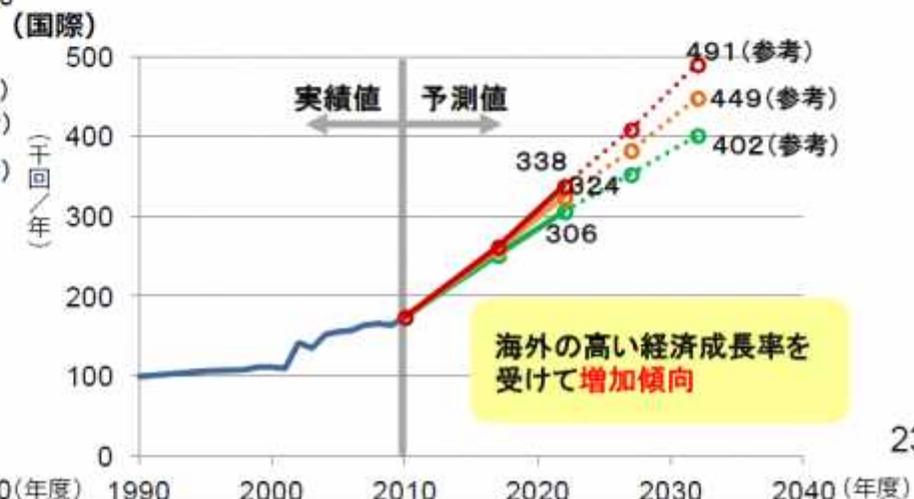
	計
首都圏空港	71万回
(羽田空港)	(44万回)
(成田空港)	(27万回)

凡例

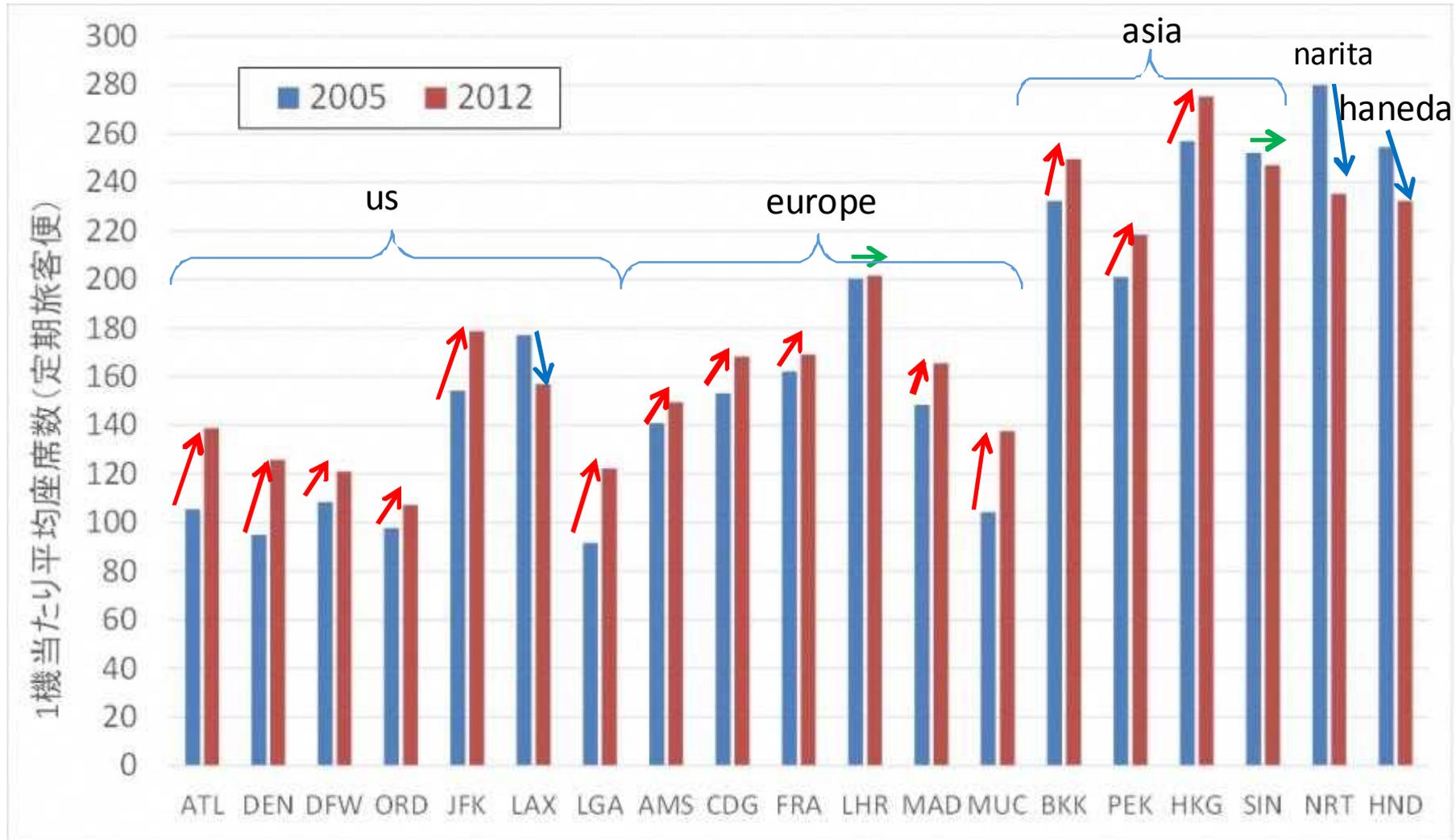
- 実績
- 上位ケース
- 中位ケース
- 下位ケース

首都圏空港の容量(約75万回)から、成田・羽田の貨物便の枠(約4万回)を除き、残り71万回を需要予測上の発着枠とした。

出典:「航空輸送統計年報」(実績値)「空港管理状況調査」他



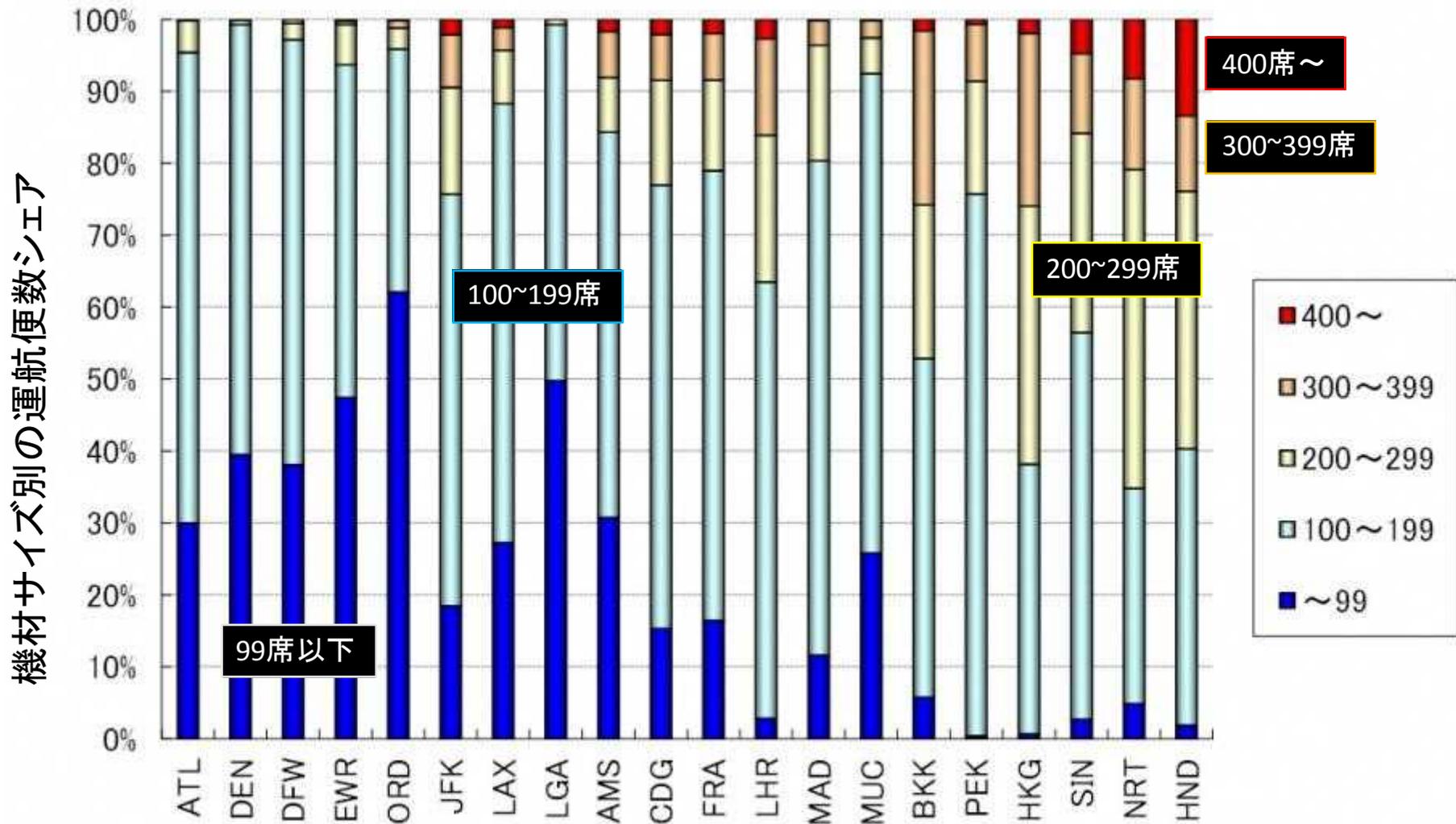
# 機材の平均サイズ:世界の主要空港との比較(2005 vs 2012)



データ出典)OAG時刻表9月データから計算(定期旅客便のみ)

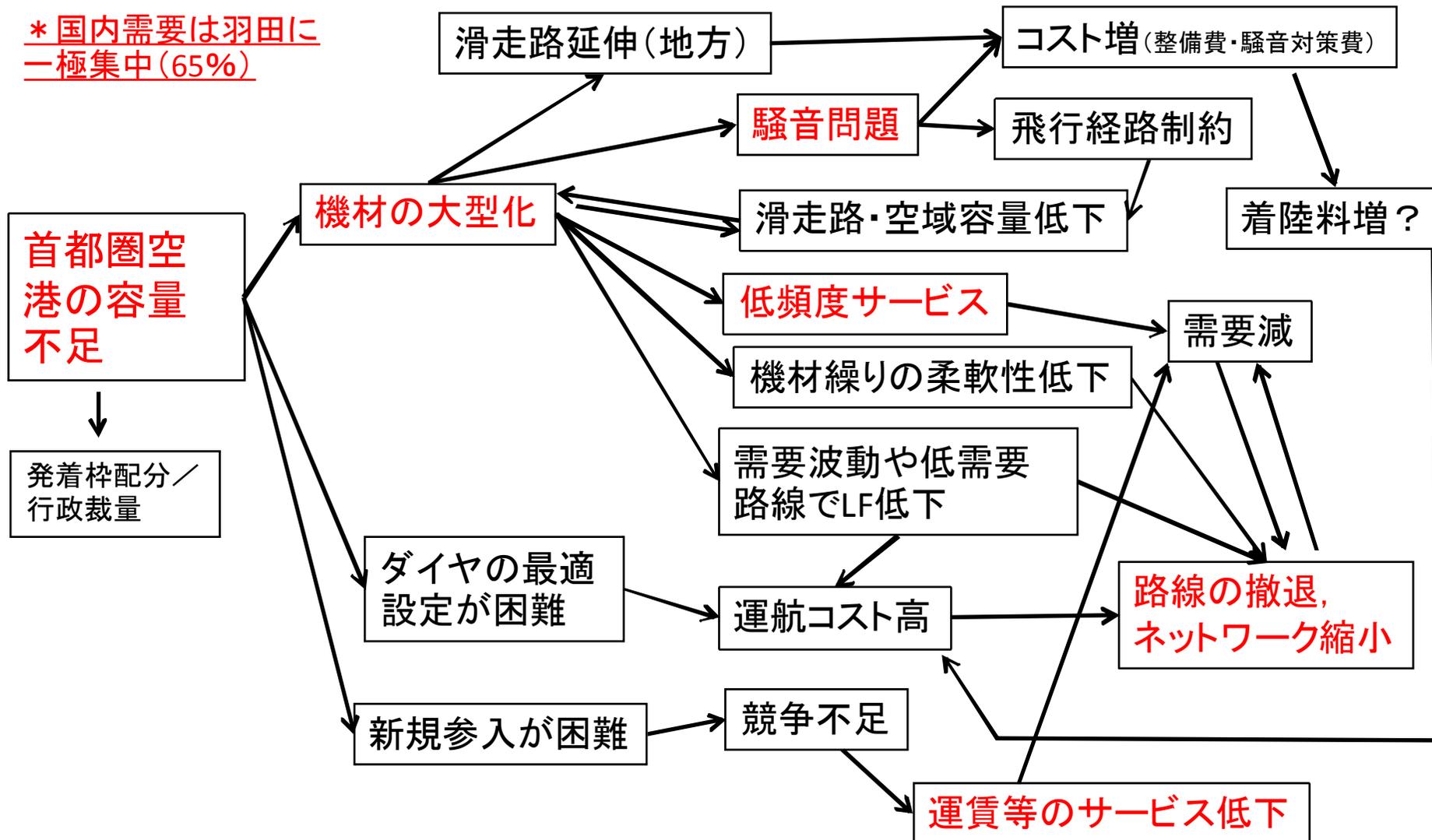
欧米では以前は小型化が進展→近年は燃料費高騰や不景気で大型化傾向  
我が国では容量拡大やエアラインの経営効率改善, 新規参入のため小型化が進展

# 機材サイズ別の運航便数シェア(2012)



# 首都圏空港容量不足の航空輸送サービスへの影響

\* 国内需要は羽田に一極集中(65%)



⇒羽田を含めた首都圏空港容量の拡大が重要  
(⇔整備コスト. 管制高度化等のソフト施策)

# 国交省での技術検討(2013年11月～)

- 羽田空港の再拡張(4本目の滑走路)以降、具体的な政策展開がなかった・・・
- 2013年から羽田・成田両空港を中心に、横田、百里(茨城)等の更なる活用等も含め、首都圏空港の更なる機能強化に資する技術的な選択肢の洗い出し
- 2014年から自治体や航空会社等との協議を経て、都心上空活用案による羽田の機能強化案について住民説明会・意見収集を実施中

## 報道・広報

ホーム > 報道・広報 > 報道発表資料 > 75万回化達成以降の首都圏空港の更なる機能強化に向け、具体的な検討に着手します！

### 75万回化達成以降の首都圏空港の更なる機能強化に向け、具体的な検討に着手します！

首都圏空港(羽田空港、成田空港)については、平成26年度中に両空港での年間合計発着容量を75万回化することを最優先課題として着実に取り組んでいるところです。

一方、本年6月14日に閣議決定された日本再興戦略において、ヒトやモノの国際的な活動を活性化し、我が国の立地競争力強化を図るため、「首都圏空港の機能強化」が盛り込まれました。

また、先般2020年のオリンピック開催地に東京が選ばれたことを受け、我が国の玄関口である首都圏空港のより一層の機能強化及び利便性向上が求められることとなります。

75万回化達成以降も羽田・成田両空港の更なる機能強化を図り、成長著しいアジアなど世界の成長力を我が国に取り込んでいくため、首都圏空港の更なる機能強化に向け、具体的な検討に着手することと致します。

具体的には、現在開催されている交通政策審議会航空分科会基本政策部会において首都圏空港をめぐる航空政策上の課題を整理し、それを踏まえ、今年度中に、学者、専門家の皆様に具体的な機能強化策の選択肢を技術的に洗い出していく予定です。それをもとに、来年度以降は、自治体や航空会社など関係者も参加した新たな場を設け、合意形成を図ってまいります。

詳細は別紙をご参照ください。

#### 添付資料

- プレスリリース(PDF形式:117KB) 

## 国交省：平成25年9月10日

## 「タブーなし」で首都圏空港の機能強化を検討、国交省が専門委設置

2013/11/05

国土交通省は11月1日、首都圏空港のさらなる機能強化を視野に、外部の有識者と関係部署の部長級を集めた「首都圏空港機能強化技術検討小委員会」を開催した。同省は9月26日に交通政策審議会航空分科会基本政策部会の場で、「今後の首都圏空港のあり方について」というテーマを提示。同小委員会は基本政策部会の下部機関という位置付けで、技術的な面に絞って可能性や選択肢を洗い出す。今年度中に一定の報告をまとめる予定だ。

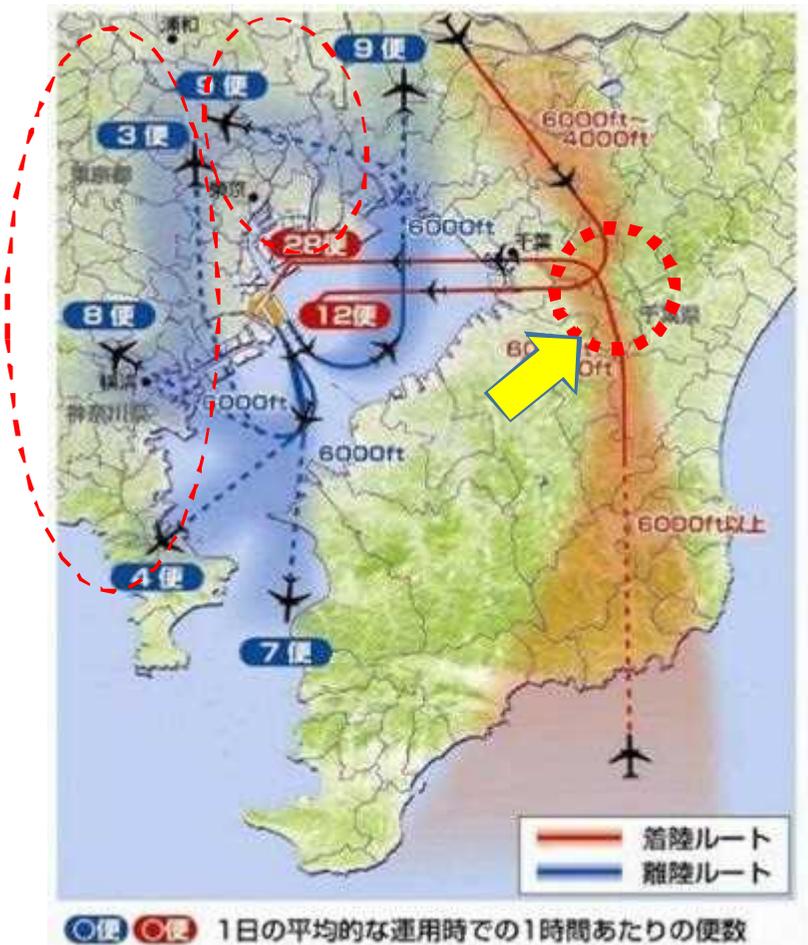
同省は2014年度中を目標に羽田空港と成田空港の年間合計発着容量で75万回達成を目指し、例えば羽田では滑走路の改良や延伸、駐機場の新設といった整備に取り組んでいる。同基本政策部会や小委員会では、この75万回達成後が検討課題となる。

同小委員会の委員長は、家田仁・東京大学大学院工学系研究科教授。そのほか外部有識者としては航空交通問題の研究者、元管制官、元パイロットなど8人の専門家が参加。小委員会開催の冒頭で、同省の田村明比古航空局長は、「国内航空需要のほぼ3分の2を占める首都圏空港の機能でいろいろな選択肢を増やしていくうえで、将来を考えるとインフラを含めて十分ではないのではないかという問題意識を持っている」と述べた。

「2020年に五輪が開かれるが、一過性のイベントのためだけに議論するわけではない。従来ならいろいろな関係から議論のテーブルに載せることがはばかれるような選択肢もあるが、この小委員会では利害関係を切り離して、まずは純粋に技術的な面から選択肢を洗い出してほしい」(田村局長)。



# 羽田空港便の千葉市における騒音集中とルート変更(2011年11月)



出典)国交省

## 県内の羽田空港騒音問題 飛行ルート一部変更

国交省が  
改善案提示

国土交通省は16日、羽田空港の滑走路拡張に伴う騒音の軽減を図る。ルートの詳細は未定だが、現行の羽田空港の騒音問題、田舎の住宅密集地の上空から、県や周辺自治体に対して、一部の飛行ルートを変更する。千葉市上空では北と南の両方から来た航空機が、千葉市など一部の自治体では騒音が減る可能性があるという。県も「変えて羽田に向かう。航空機の前進があった」と評している。騒音が深刻に悩んでいる。千葉市の熊谷俊人市長は「騒音軽減の第一歩。来春から運用ルートを変更すること」と改善案を示している。

しかし、県が国に求めている千葉県全体での飛行ルートの分散化については、管制システムの問題などから解決策は示されていない。このままでは抜本的な問題の解決にはつながらないとして、県は「早期に飛行ルートを変更するよう引き続き国に要望していく」（空港地域振興課）としている。

出典)日経 地方経済面 千葉 2011.11.17

- 都心上空や横田空域の制約から使用空域が限定
  - 複雑な滑走路運用・飛行経路設定
  - ・特定地域への騒音集中, 管制ワークロードの上昇
  - ・容量拡大への障壁

# 羽田空港発着便の騒音負担の現状

## 羽田発着便の騒音負担

⇒ 以前から地域的な偏りが課題  
(特に千葉県)

(例)

2003年:千葉県堂本知事(当時)

(羽田空港再拡張事業に関する協議会)

「羽田再拡張プロジェクトによって、千葉県上空を通過する機数がある程度増加することは受け入れざるを得ないと覚悟しているが、騒音問題等を首都圏全体で共有し、納得のいく分担を実現することが前提である」

羽田空港再拡張後の飛行経路とその影響について  
——騒音、電波障害など住民への影響の共有化について

(平成15年6月12日)

### 1 千葉県の基本姿勢

本県は、国内線を充実させるため、羽田空港を再拡張することに反対するものではない。

また、グローバル化が進む21世紀の今日、一定の国際便を羽田空港に就航させることの必要性も認識している。

この羽田再拡張プロジェクトによって、千葉県上空を通過する機数がある程度増加することは受け入れざるを得ないと覚悟しているが、騒音問題等を首都圏全体で共有し、納得のいく分担を実現することが前提である。

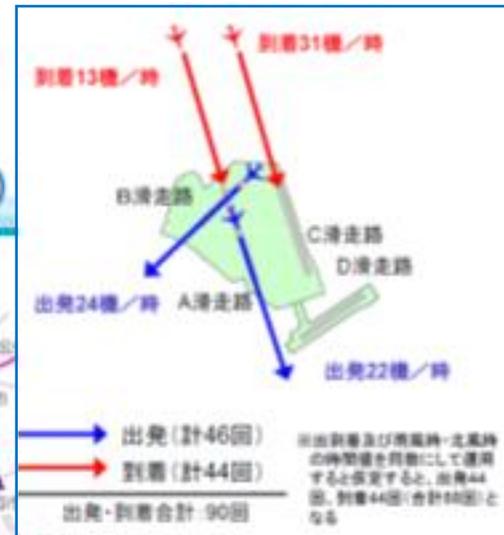
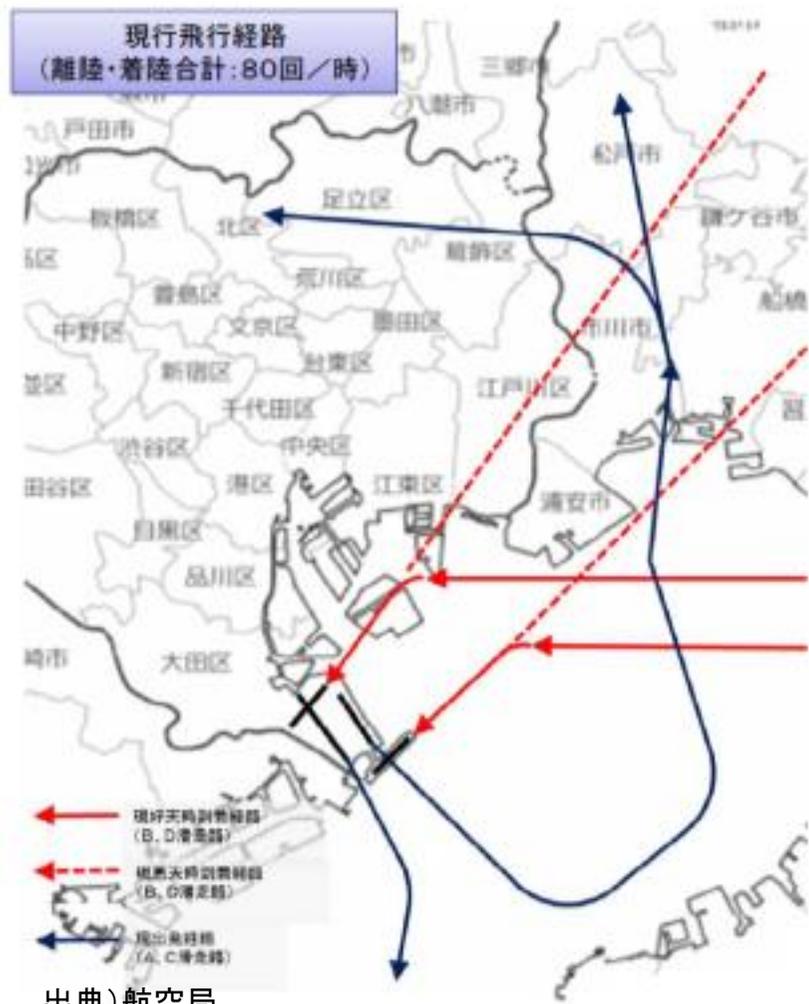
### 2 羽田再拡張事業に関して検討が必要と考える事項

- (1) 地上施設と空域利用計画とを一体として設計するという、原点に戻った検討の必要性(「40.7万回」を前提としない検討)
- (2) 飛行経路等を最優先で検討し、騒音等のマイナス面を首都圏全体で共有することの必要性
- (3) 飛行経路等を検討する際の留意事項
- (4) 住民の「体感」を踏まえた騒音影響評価の必要性
- (5) 大規模公共事業実施におけるプロセスの重要性(「成田」におけるボタンの掛け違いの教訓を生かす)

出典)第3回羽田空港再拡張事業に関する協議会(2003)資料  
(国交大臣と地元周辺7都県市で構成)

# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～羽田空港

## 羽田空港における滑走路運用・飛行経路の見直し案(南風時)

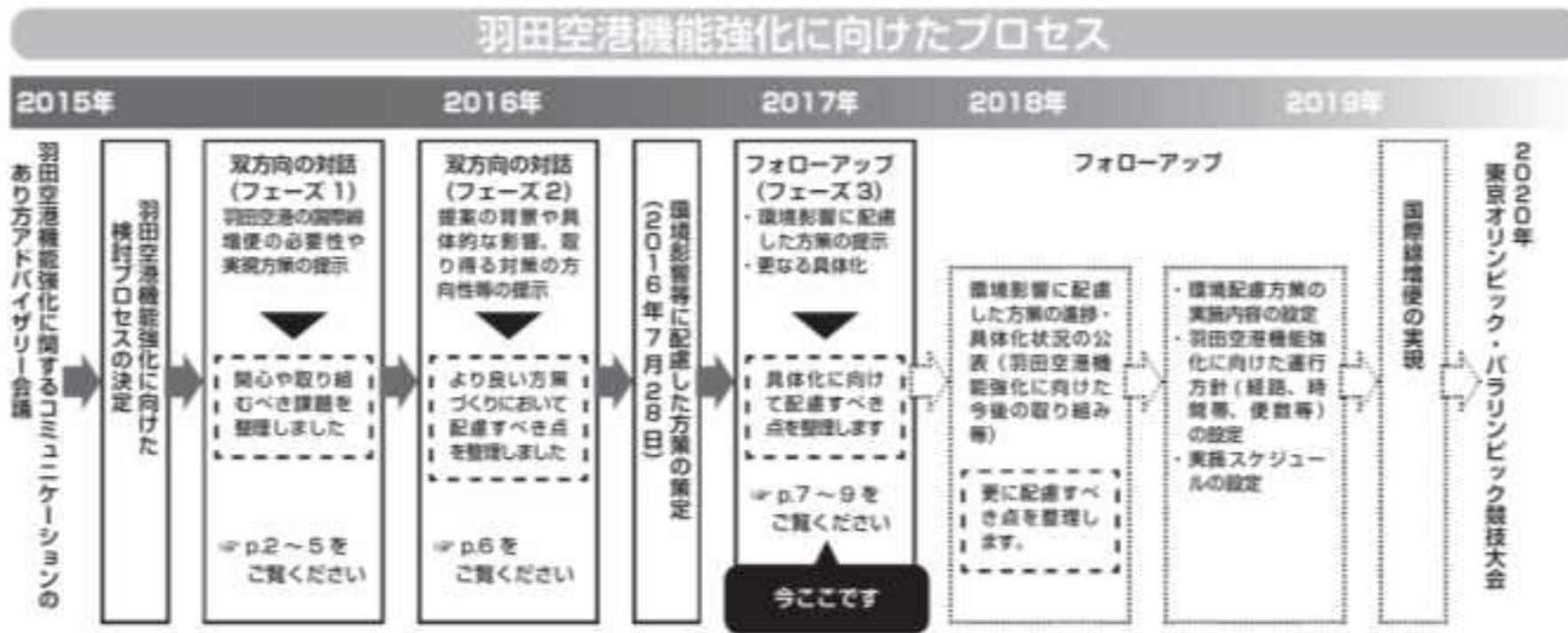


# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～羽田空港

羽田空港における滑走路運用・飛行経路の見直し案(北風時)



# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～羽田空港



## 「羽田空港のこれから」の取り組みとは？

「羽田空港のこれから」の取り組みとは、首都圏そして地方と諸外国との往来を支える羽田空港の国際線増便のための方策(飛行経路の見直し等)について、幅広く双方向のコミュニケーションを行うための取り組みです。

平成27年(2015)7月から12月までは、羽田空港の国際線増便の必要性や

実現方策について(フェーズ1)、また、同年12月からは、提案の背景や具体的な影響、取り得る対策の方向性等について(フェーズ2)、説明会や特設ホームページ、電話窓口、ニュースレターなど多様な手法を総合的に組み合わせ、情報提供と意見の聴取が行われてきました。





フェーズ1を  
振り返ります

# 羽田空港で国際線を増便すると どのような効果や影響がありますか？

## 期待や懸念

羽田空港の国際線増便の効果への期待の声や、環境等への影響はないのかといった心配の声が寄せられました。

-  国際競争力や経済活性化にホントに寄与するの？
-  東京だけでなく地方の活性化にもつながる？
-  空港の行き来が便利になるといいな！
-  騒音や安全など日々の生活への影響が心配…
-  影響の負担がどこかに集中するのは公平でないわ…
-  実施に必要な費用も慎重に考えないと…
-  国際線の増便は早急に実現することが大切

## 国際線増便の効果や影響は？

ビジネス客を中心とした羽田空港の国際線利用は高い需要があり、世界から首都圏へのアクセス性の強化は国際競争力に直結します。滑走路の運用変更で増便を図る方法では、安全上の課題を解決し、素早い効果の発現が期待できます。新たな経路については、音や安全性について懸念する声もあることから、対応策が必要です。

### 国際競争力・経済活性化

国際競争力を高め、経済活性化を図るためには、羽田・成田両空港のみならず、地方主要空港においても国際線需要への対応を図る必要があります。特に都心に直結する羽田空港での増便は、首都圏および地方の経済活性化の面で貢献が大きいと考えられます。

### 地方活性化

国内線のハブ空港である羽田空港の国際線増便は、国際線が直接就航することが難しい地方空港と世界とを効率的に結び付け、インバウンド観光需要を人口減少が著しい地方に直接送り届ける効果が期待できます。

### 利便性

羽田空港の国際線増便は、都心だけでなく、国内各地からの海外渡航の利便性が高まります。成田空港や地方空港などの国際線増便も、地域の海外渡航の利便性を高めることに寄与します。

### 生活への影響

羽田空港の新たな飛行経路について音や安全性についての懸念の声があることから、対応が必要です。低騒音機の使用など、音の影響をできるだけ小さくする取り組みを行うとともに、航空機の点検、整備の徹底など安全対策に取り組んでいます。

### 公平性

羽田空港の新たな飛行経路では、時間帯を限った運用を行うことで、首都圏全体で広く負担を分散させることができます。

### コスト

新空港の整備や新滑走路の整備、首都圏空港の新たなアクセス整備などは莫大な費用を要しますが、羽田空港の運用の変更での対応は、比較的低いコストで実施可能です。

### スピード

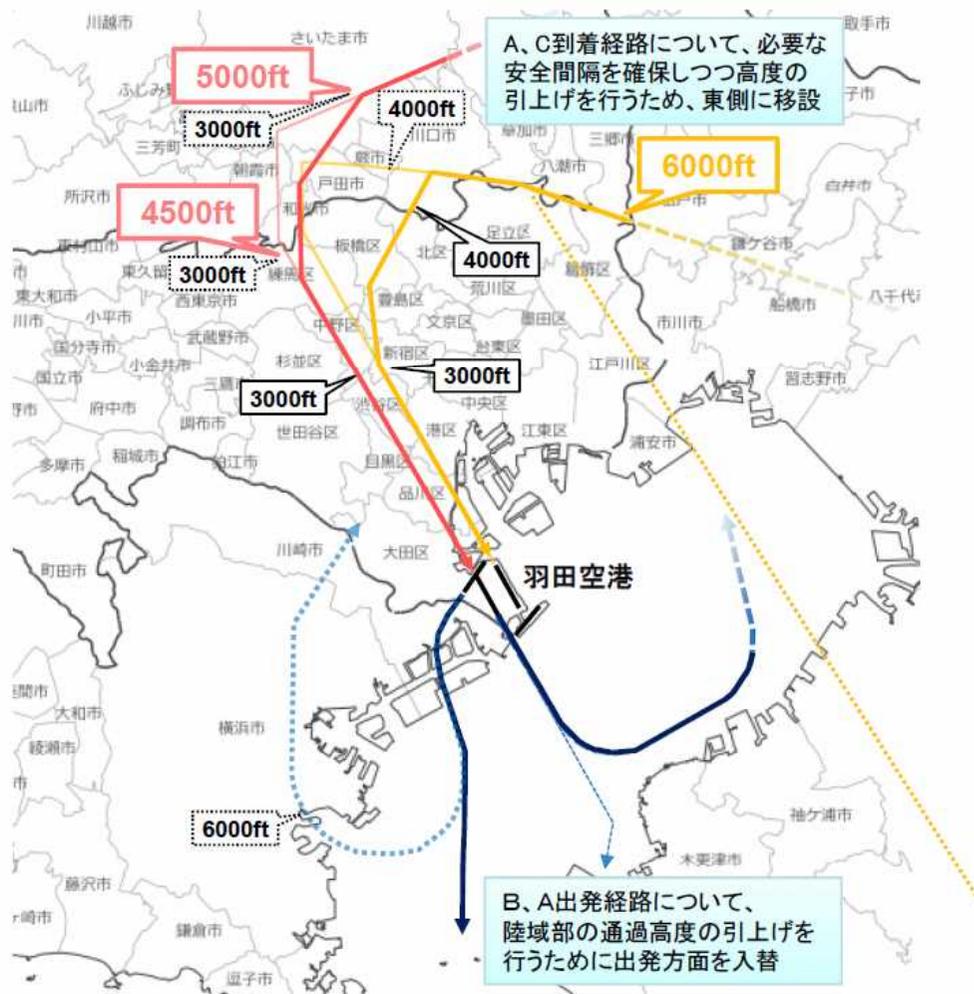
新空港や地方空港のアクセス整備は長い期間を要します。一方、羽田空港における滑走路・飛行経路の運用の変更は、東京オリンピック・パラリンピック競技大会にも対応可能です。

出典)羽田空港のこれから「ニュースレター」第7号(2017年春)

# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～羽田空港

## 南風時の新到着経路に係る進入開始高度の引き上げ

- 陸域全体への騒音影響を小さくするとともに、周辺の飛行場に離着陸する航空機との安全間隔を確保する観点から、到着経路の進入を開始する高度を引き上げるとともに東側に移設する等、南風時の新飛行経路案を一部修正。



※今回提案する経路については、使用する着陸方式が悪天候時には使用できないことから、悪天候時には、従来から提案している経路を使用することを想定。

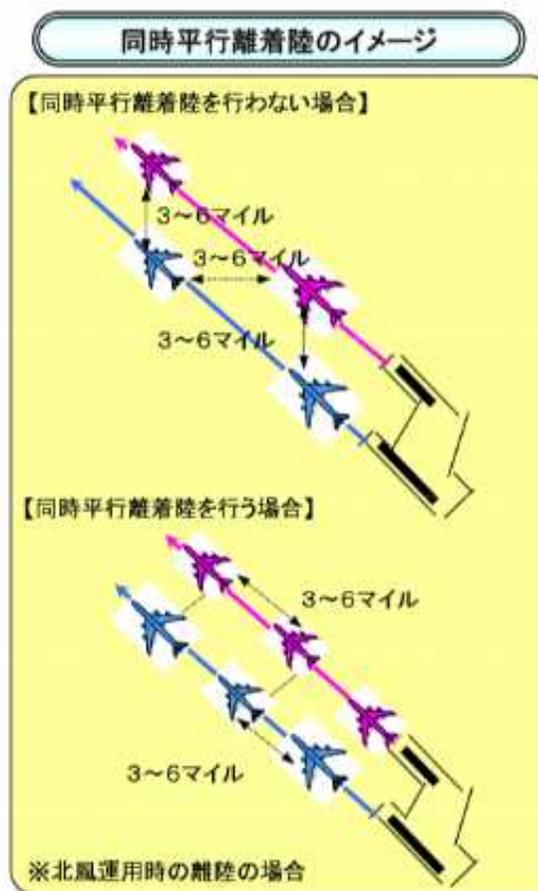
# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～成田空港

## 2. 管制機能の高度化(WAM(管制機能の高度化に必要な監視装置)の導入)

○ 2014年度から、より高い精度での航空機の監視が可能となるWAM(管制機能の高度化に必要な監視装置)の導入により、最大時間値68回を達成できることが明らかになった。(空港処理能力拡大効果は約2万回。)

- ・ 成田空港では、2011年10月より同時平行離着陸方式を導入。
- ・ 管制機器の高度化(WAM※の導入)により、悪天候による低視程時においても、管制官が航空機の位置を精密に把握して同時平行離陸を行い、2本の滑走路を独立に運用し、最大時間値68回を達成できることが明らかになった。
- ・ 2014年度中に実現する予定。

※ Wide Area Multi-lateration : 管制機能の高度化に必要な監視装置



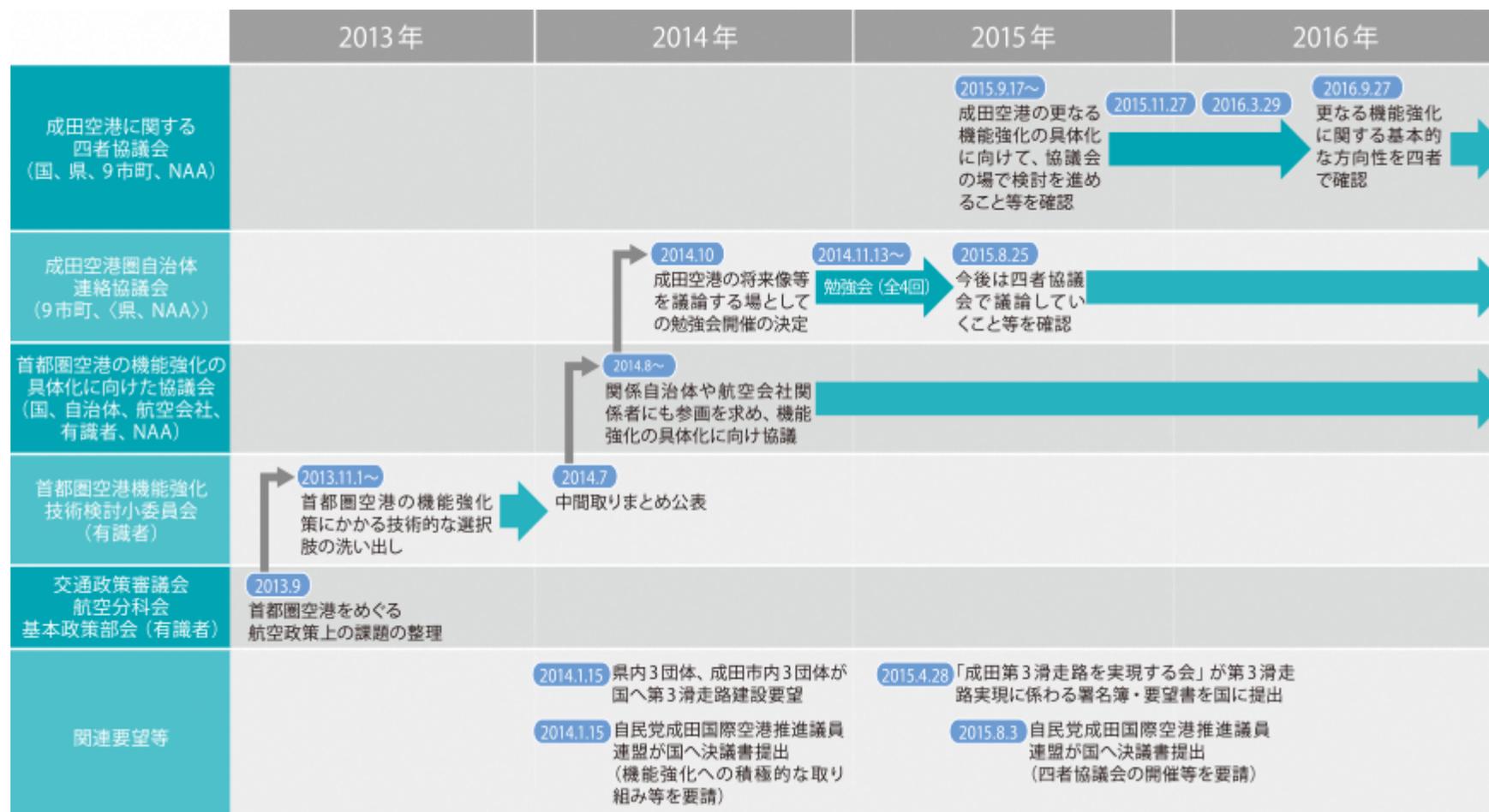
# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～成田空港



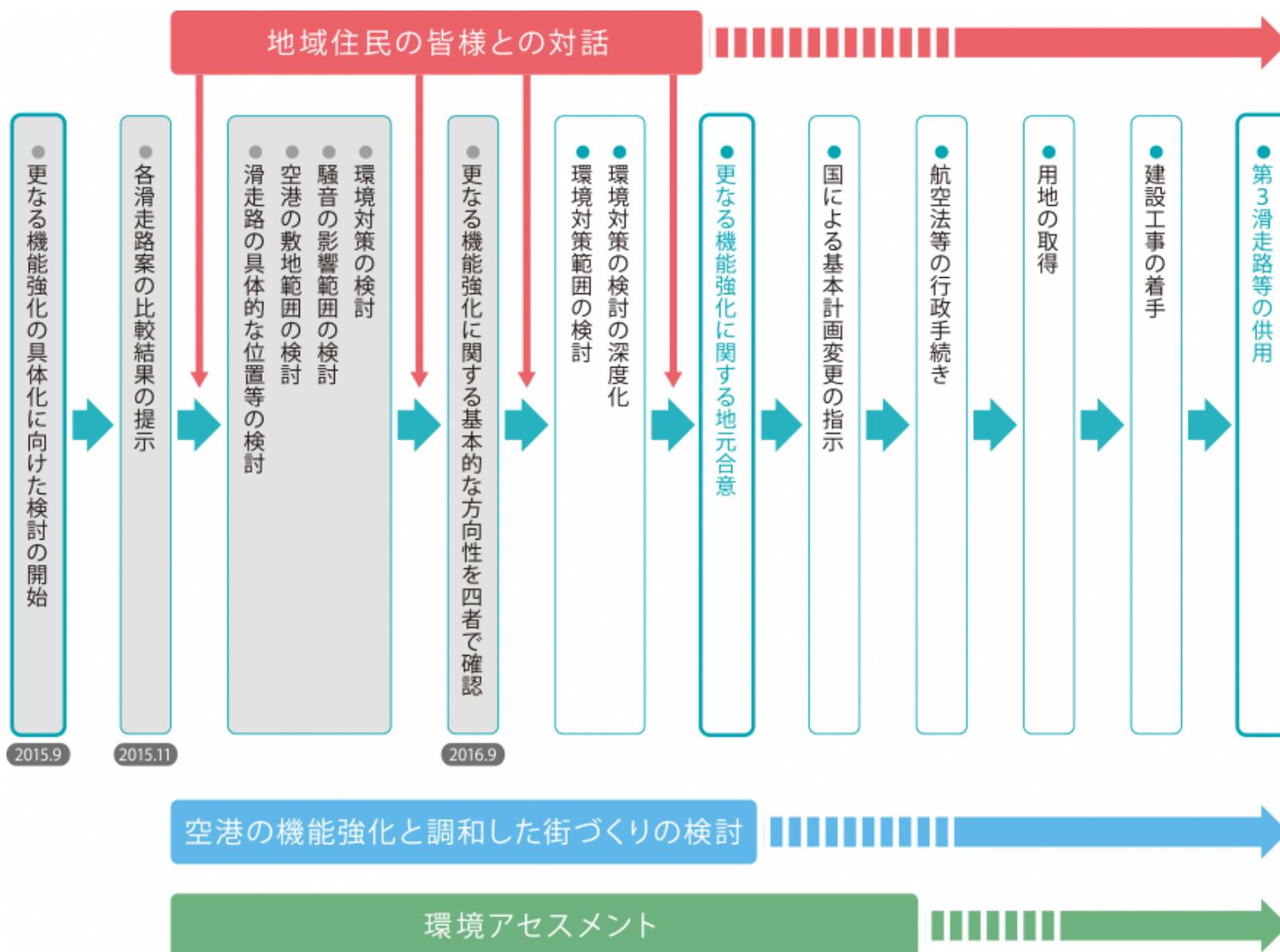
※B滑走路の延伸及びC滑走路の整備については、東関東自動車道及び圏央道を含む道路等に多大な影響を与えるため、今後関係者と協議・検討していく必要があります。  
 ※1,000haと大規模な敷地拡張となるため、展開候補地については、今後、関係者と協議・検討していく必要があります。

出典) 成田空港HP <https://www.narita-kinoukyouka.jp/maintenance.html>

# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～成田空港



# 首都圏空港の容量拡大の取り組み～成田空港



出典) 成田空港HP <https://www.narita-kinoukyouka.jp/circumstance.html>

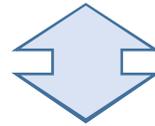
# 本日の報告内容

1. 首都圏空港の容量拡大に向けた取り組み
2. 混雑空港における飛行経路設定と騒音対策の事例
3. 滑走路処理容量の考え方
4. 次世代の航空交通システムと空港運用への影響
5. 関西3空港の運用状況

# 滑走路運用・飛行経路設定からみた騒音対策の考え方

## 特定地域への騒音の閉じ込め

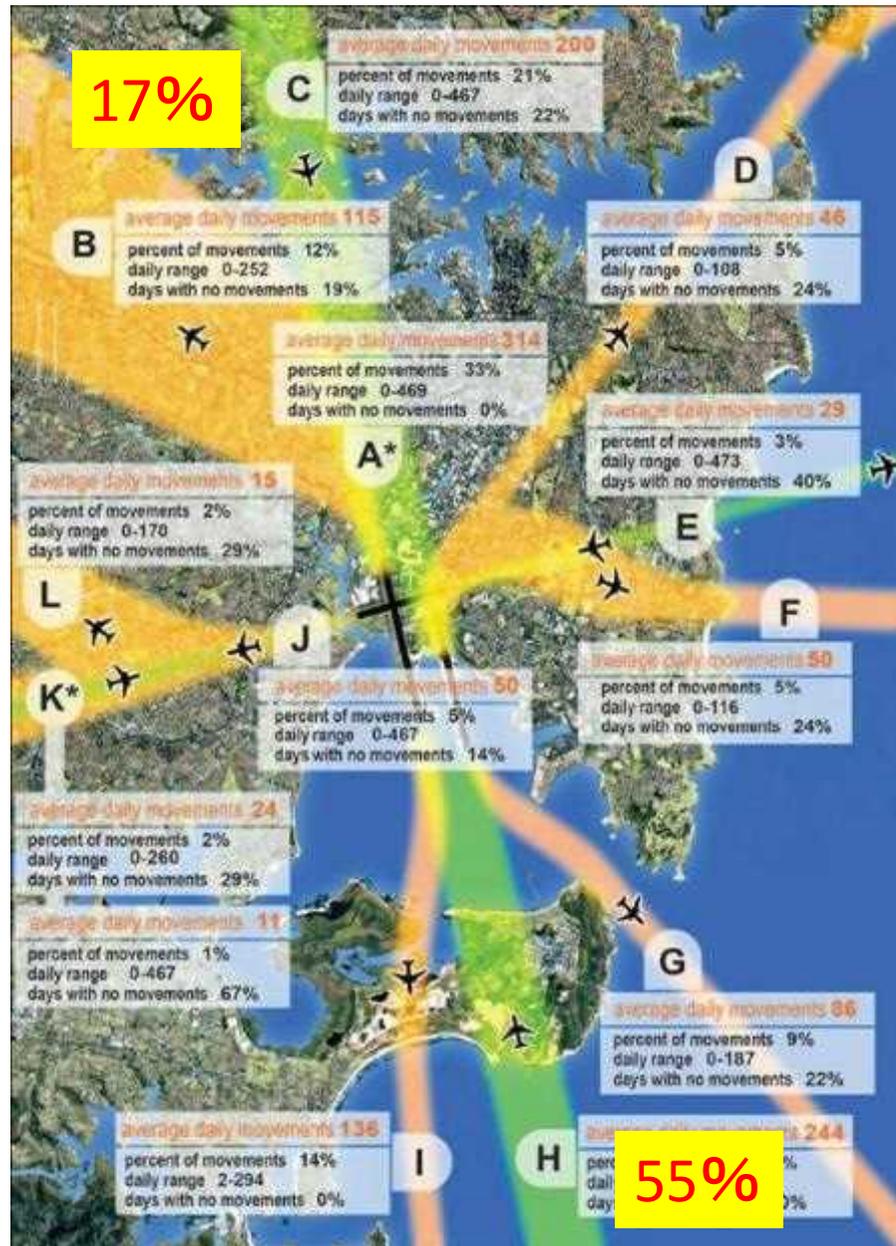
- 騒音暴露人口を最小化



## 騒音の広域分散・公平負担／空域制約の緩和による容量拡大

- 広域分散による一人当たりの騒音暴露量を抑制
  - 地域間で公平な負担
  - 空域制約の緩和による容量拡大
- シドニー空港
- ロンドン  
(ヒースロー空港)
- ニューヨーク  
(ニューアーク空港)

# シドニー空港：飛行経路の分散とNoise-sharing政策



各飛行経路の使用比率目標

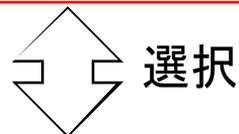
13%

出典) Sydney Airport Master Plan 2009

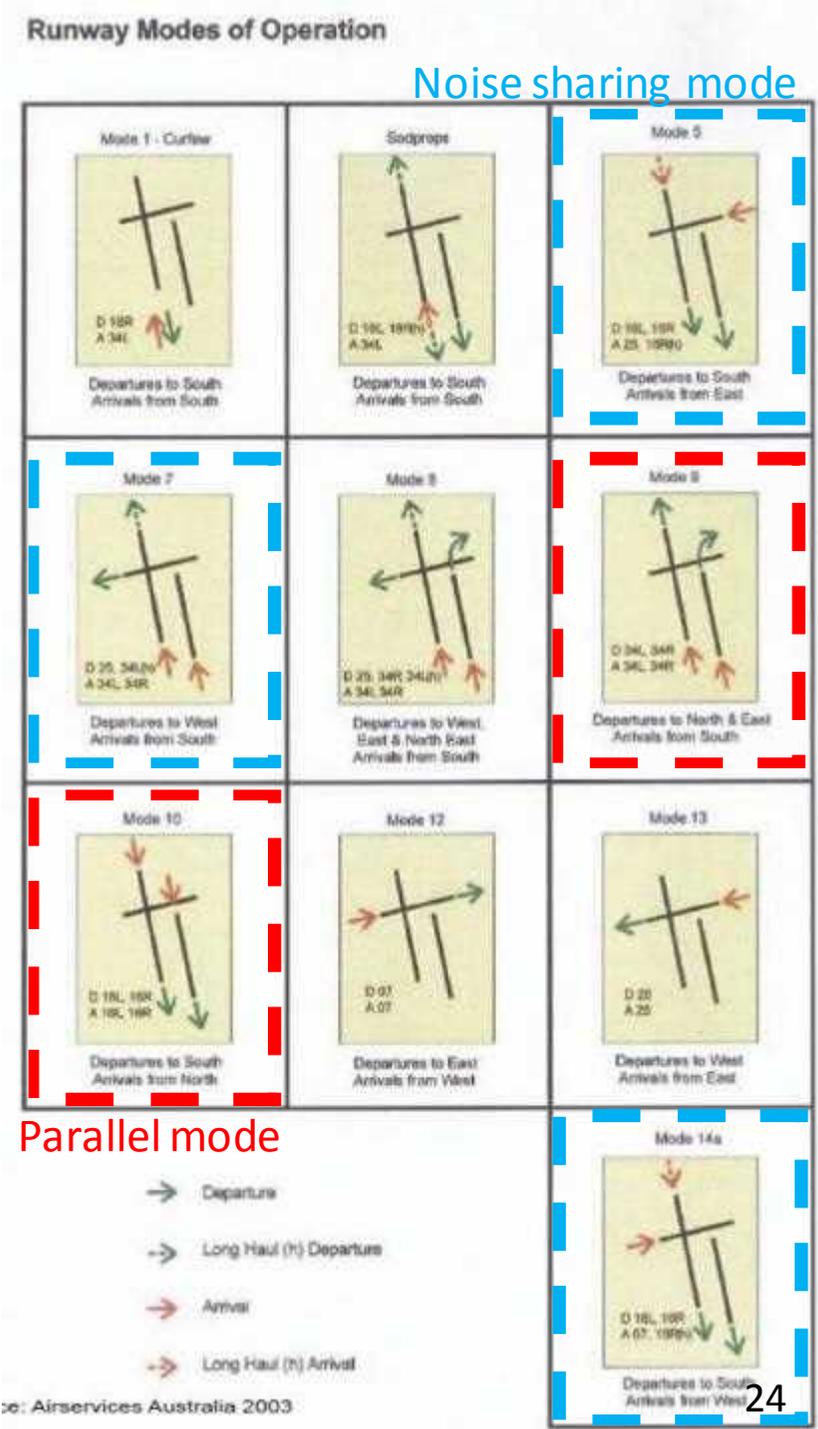
# Noise sharingのための滑走路運用モード

- 10種類の滑走路運用方式を使用.
- 騒音の公平なシェアにおいては「Respite(小休止, 一時的中断)」の時間を極力作ることを考慮.

処理能力の高い「南北平行滑走路運用方式 (Parallel mode)」



処理能力の低い「騒音分散運用方式 (Noise sharing mode)」



図出典) Sydney Airport Master Plan 2009

# 航空機騒音に関する近年の評価例

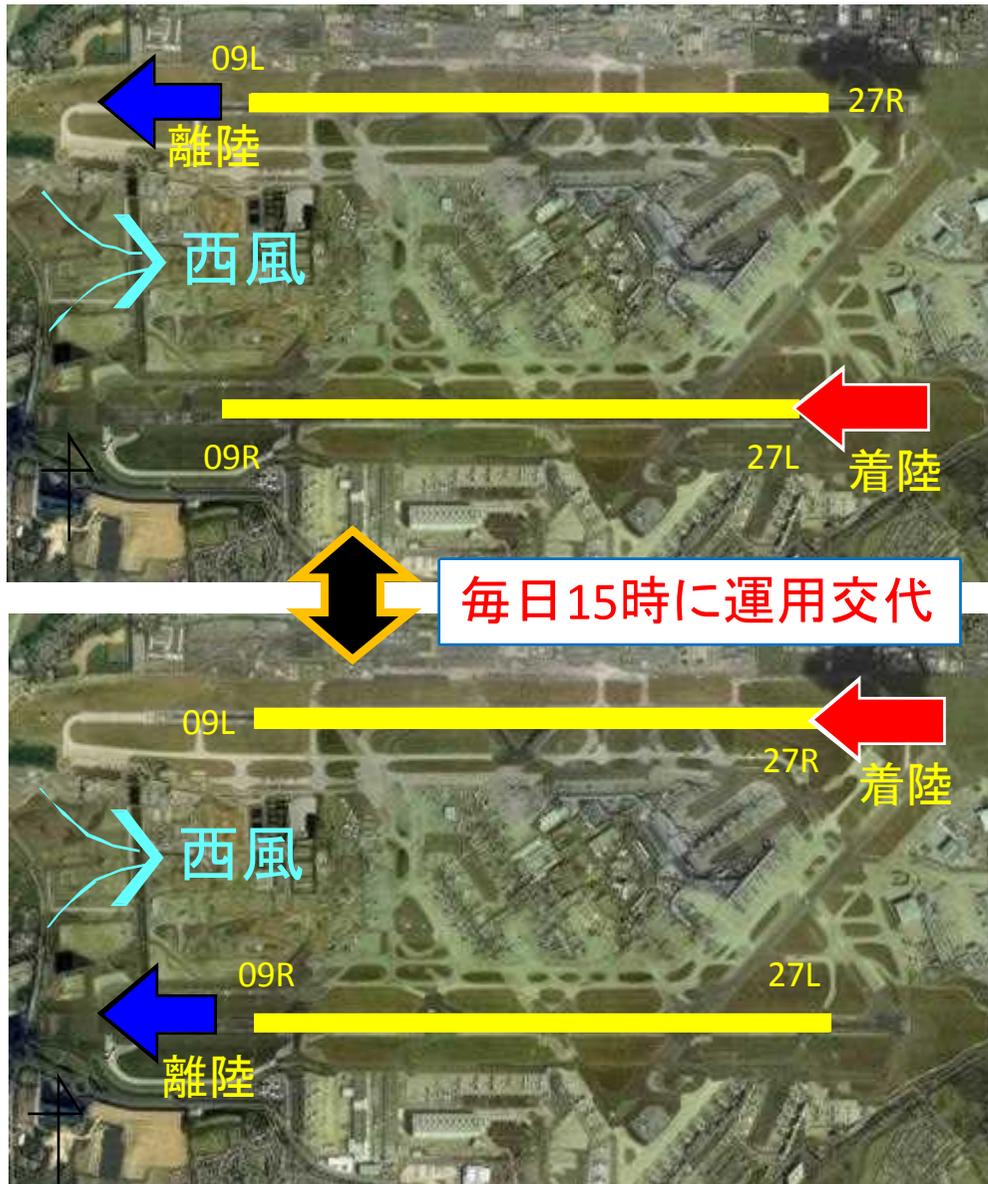
Dave Southgate氏 (2011) (Aviation and Airports, Australian Government Department of Infrastructure and Transport) :

「Noise-sharing」という環境正義のコンセプトは広く受け入れられるようになってきた。騒音に関して「受容できるか？」から「公平か？」という問いに変化。騒音の絶対量より相対的な量に、共通した関心が置かれている。

National Aviation Policy White Paper 2009:

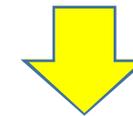
- 空港から離れた地域からの騒音苦情や対策要望が増加。
- 発着回数の増加により、Respite時間の減少が苦情の原因になっている。
- 騒音軽減のための飛行経路(迂回経路)は、CO2排出の面では望ましくない。
- 高精度の航法システムにより飛行経路(騒音)が特定地域に集中
- 将来的には、他の環境要因も含めた総合的な騒音管理手法を検討する必要がある。

# ヒースロー空港 ～滑走路運用上の騒音考慮



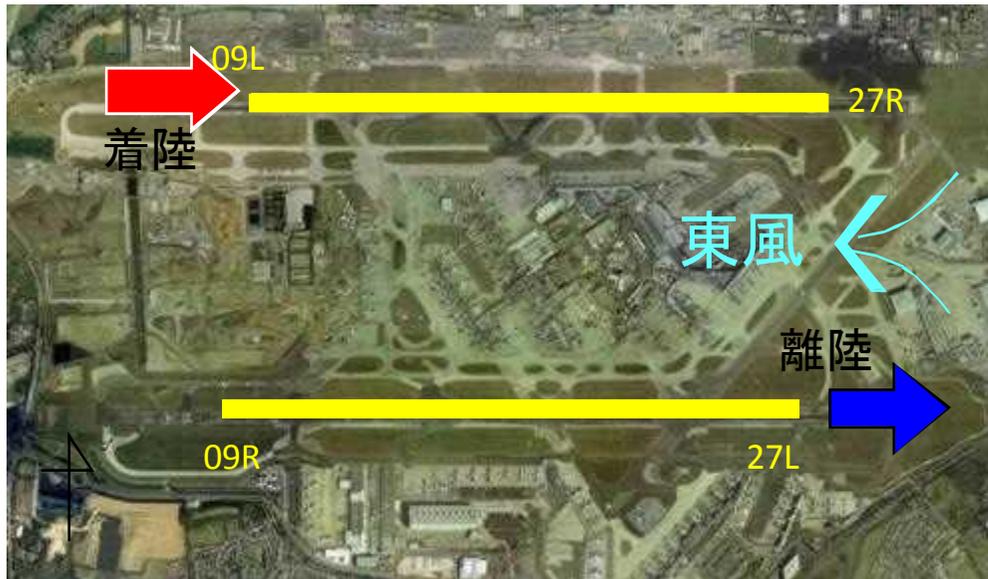
2本の平行滑走路を**離着陸分離方式**で運用

⇔ **離着陸共用方式 (Mixed-mode: 容量大)** は騒音対策上、原則行っていない。



定時に滑走路運用を交代し、地域に無騒音時間 (Respite Period) を提供 (**Runway Alternation**)

# ヒースロー空港 ～滑走路運用上の騒音考慮



2本の平行滑走路を**離着陸分離方式**で運用

⇔ **離着陸共用方式 (Mixed-mode: 容量大)** は騒音対策上、原則行っていない。



定時に滑走路運用を交代し、地域に無騒音時間 (Respite Period) を提供 (**Runway Alternation**)



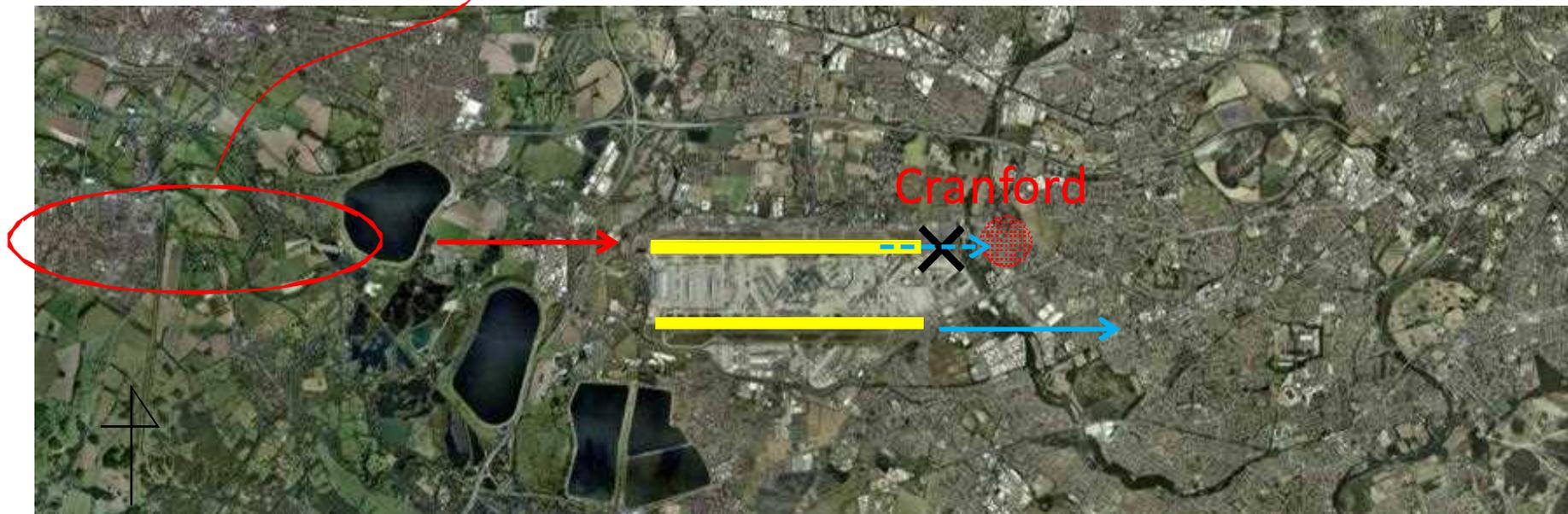
⇒ **東風運用時はNG**  
(**Cranford Agreementの存在**)

# ヒースロー空港 ～離陸禁止地域(Cranford Agreement)

- ✓ Cranford Agreement (50年以上前のAgreement)

「Cranford地区上空は出発経路として使用しないとする合意」

東風運用時はRunway Alternationが実施できず、  
騒音が特定地域に集中



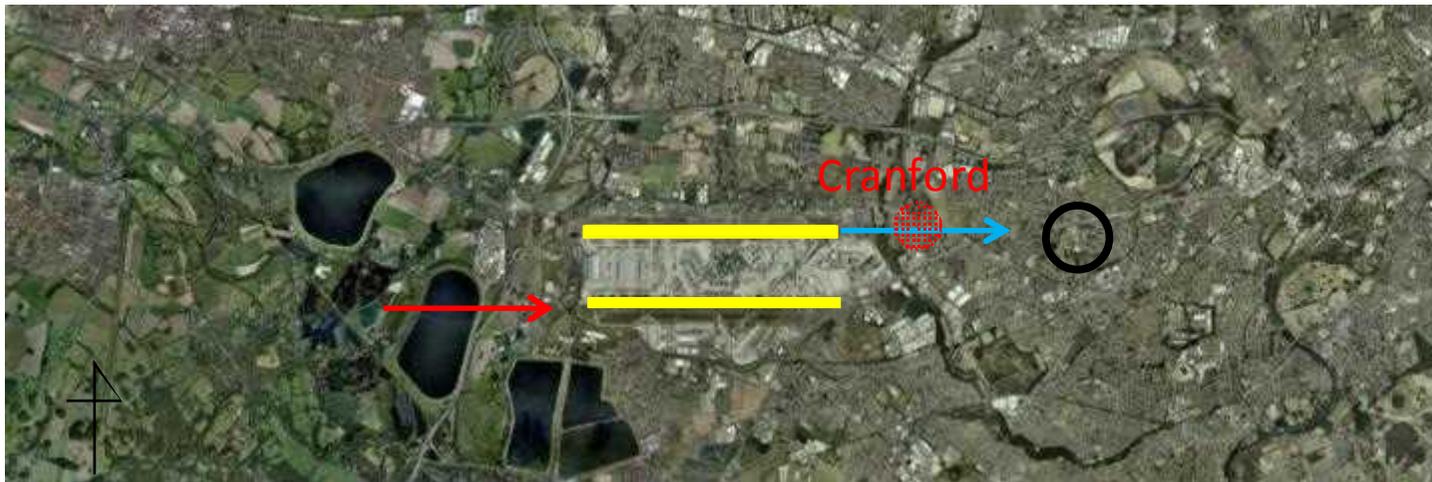
# 離陸禁止エリアの変更

- ✓ Cranford Agreement (50年以上前のAgreement)



- ✓ 2009年, 同Agreementの解消を決定 (2010年, 新政府でも再確認)
  - ⇒ 東風運用時にもRunway Alternationを実施
  - ⇒ 騒音のより公平な負担の実現 (誘導路等の施設整備後)

*“This decision was based on the desire to distribute noise more fairly around the airport and extend the benefits of runway alternation to communities under the flight paths during periods of easterly winds.”*



# Noise dispersion trial (the concept of providing **predictable respite** on departures)

Heathrow Airport Easterly Midhurst departure trial  
(16th December 2013 to 15th June 2014)

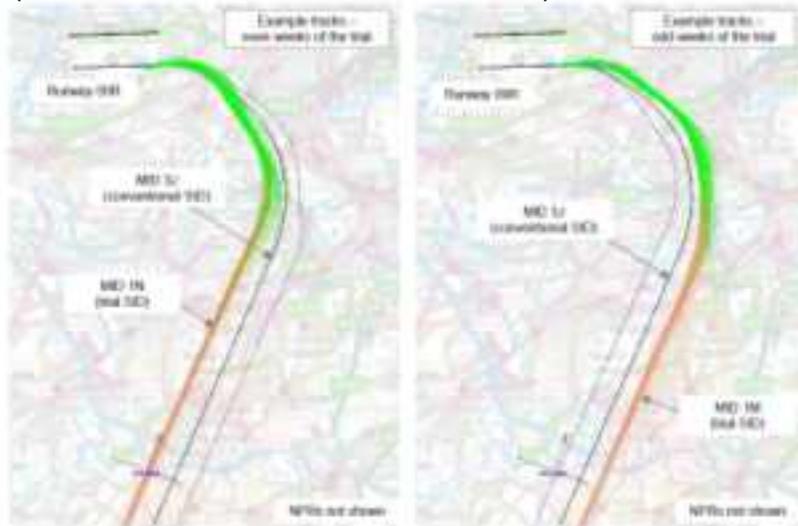


Figure 5: Examples of the tracks of departing aircraft flying the RNAV1 trial SIDs - runway 09R<sup>1</sup>

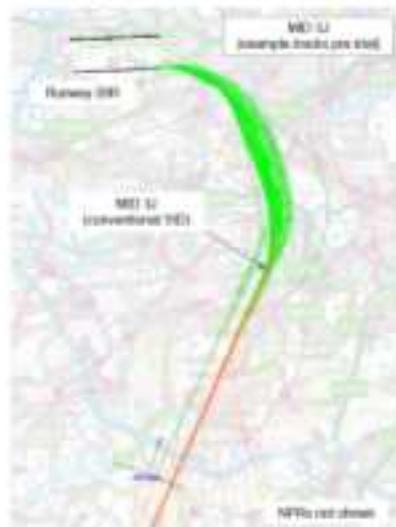
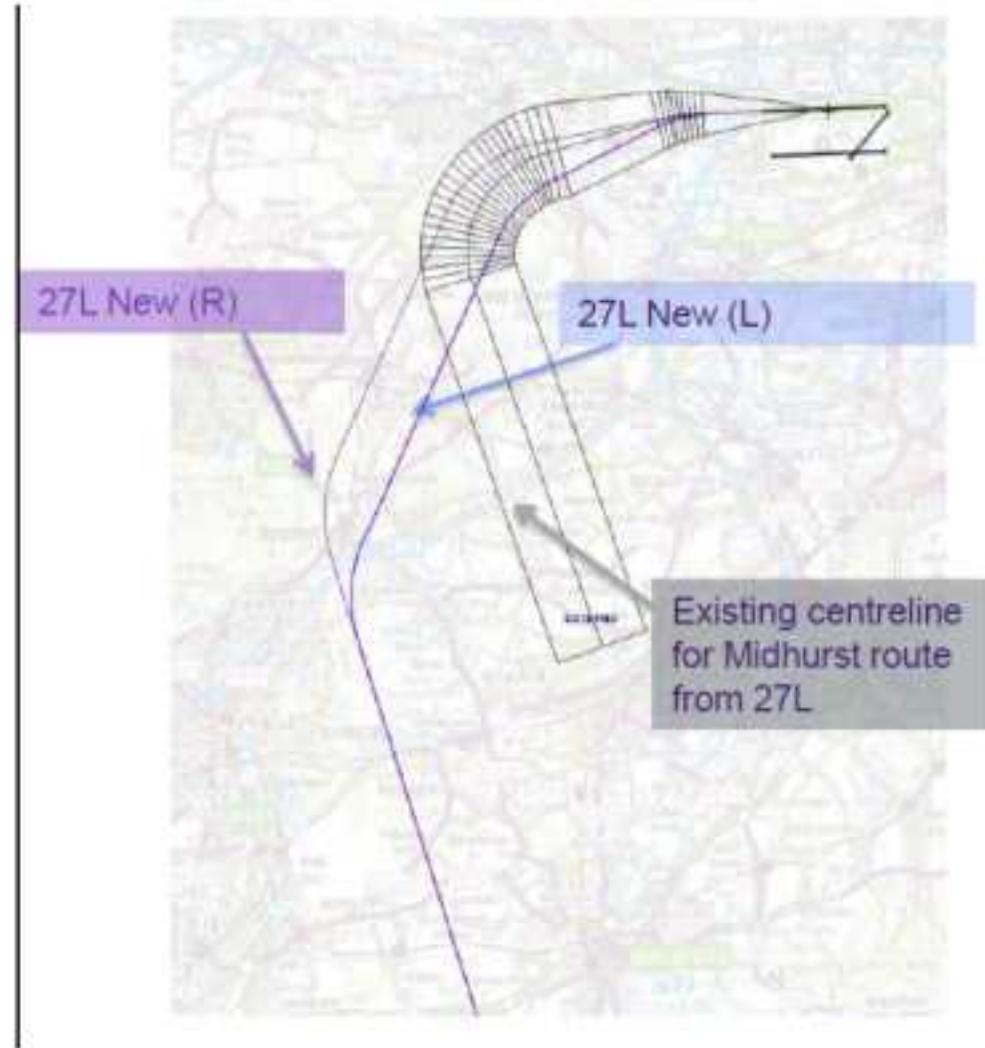


Figure 6: Examples of the tracks of departing aircraft flying the conventional MID 3J SID – runway 09R



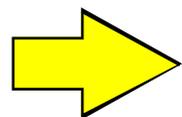
Source)

Heathrow Airport Easterly Midhurst departure trial (16th December 2013 to 15th June 2014)  
Analysis report  
Westerly departure trial 2, 25 August 2014 – 26 January 2015

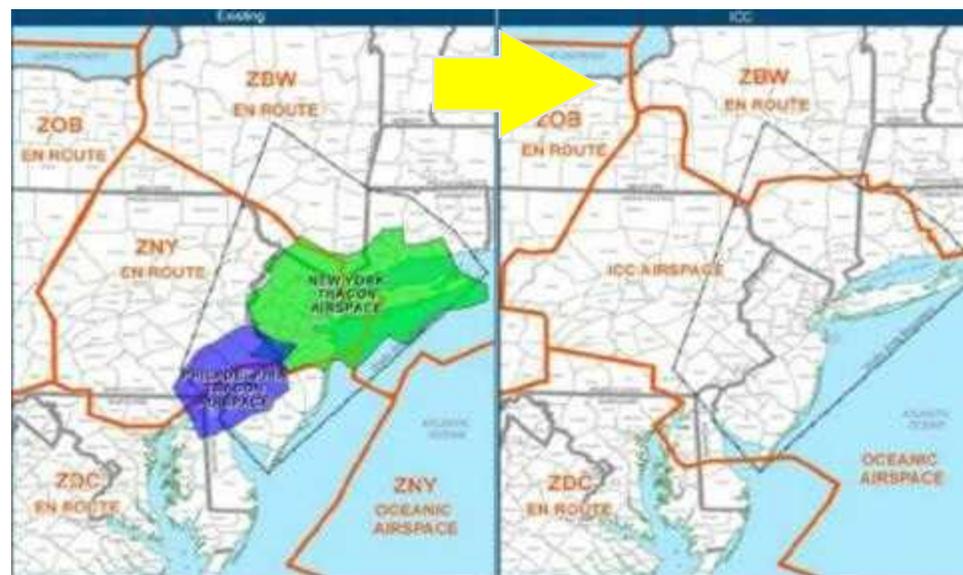
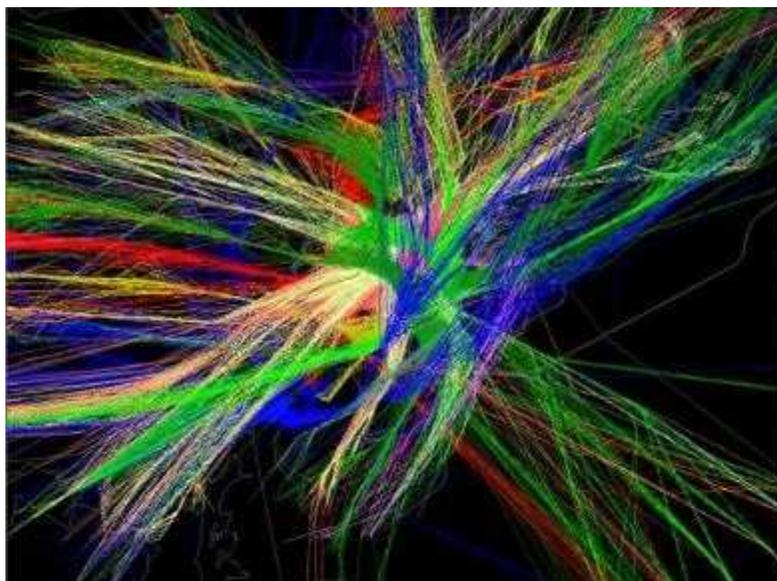
# NY/NJ/PHL首都圏空域再編プロジェクト

(NY/NJ/PHL Metropolitan Area Airspace Redesign)

- ✓ 遅延問題の深刻化
- ✓ 空域設計の複雑性・非効率性



- ✓ NY/NJ/PHLエリア全域の空域・航空路の再編
- ✓ Integrated Airspace with Integrated Control Complex (ICC)の創設



# NY空域再編の計画プロセスと計画決定

## NEPAプロセス (国家環境政策法)

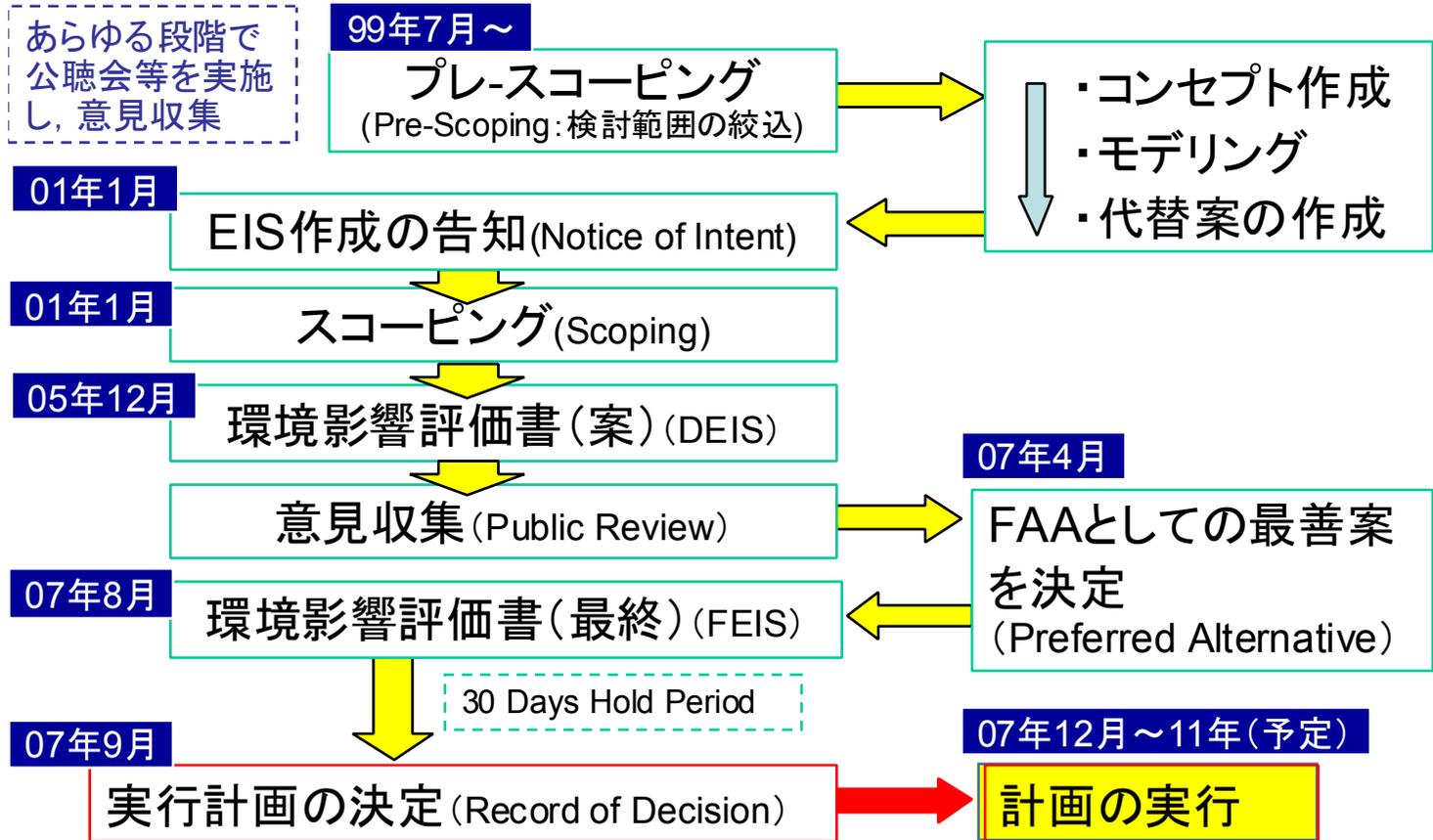
## 空域再編プロセス

・NEPAプロセスに則り、約9年間に及ぶ計画

・広域エリアを対象に120回を超えるPublic Meetingを開催

・騒音軽減策を講じながら、最終的に国として空域再編計画を決定

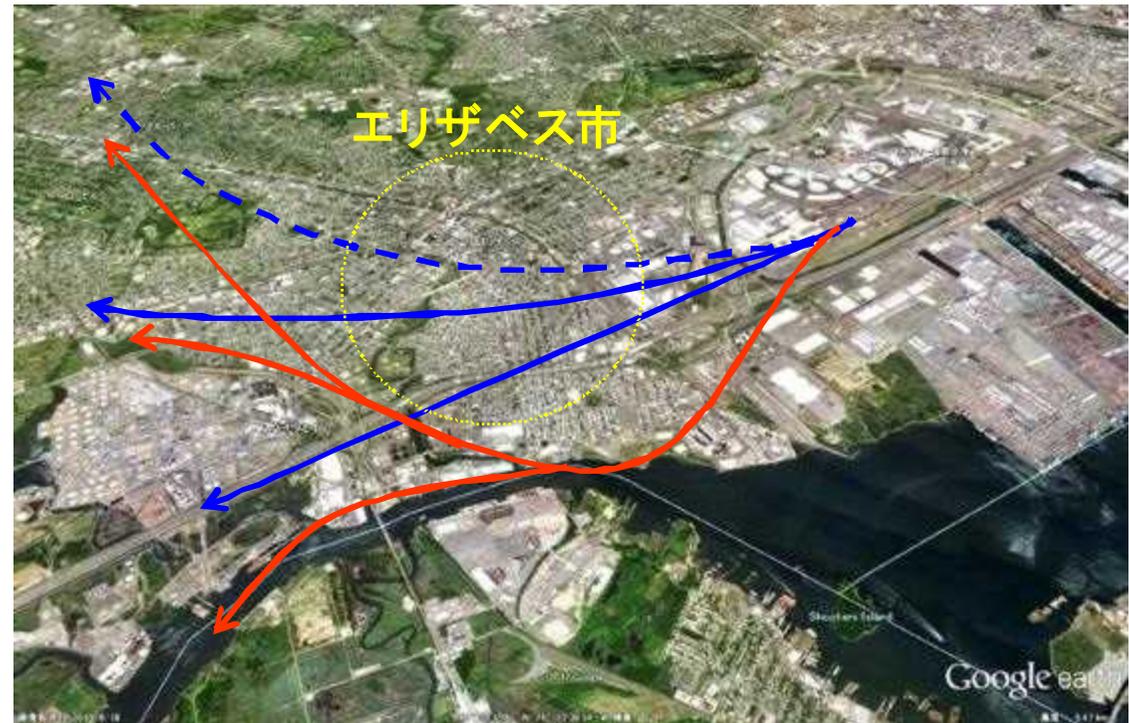
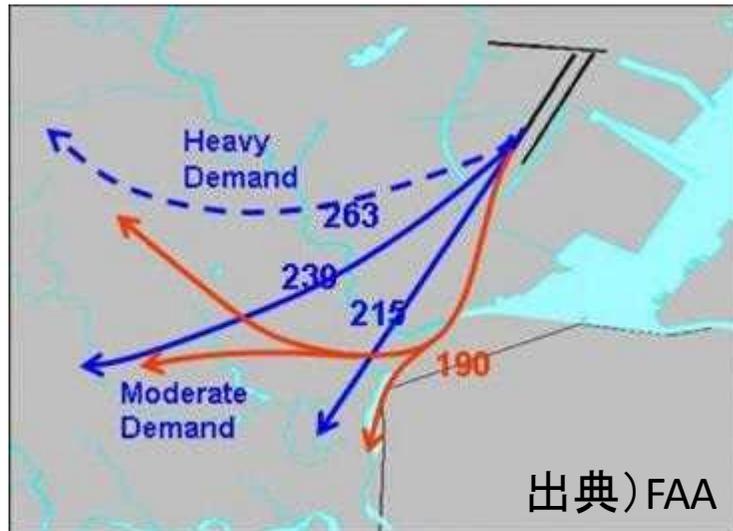
・最終計画案決定後に、特に騒音が悪化する地域から数多くの訴訟が起きたが、今年6月に原告側訴えを棄却



参加者の範囲 (非常に広域)



# ニューアーク空港における離陸経路分散と容量拡大



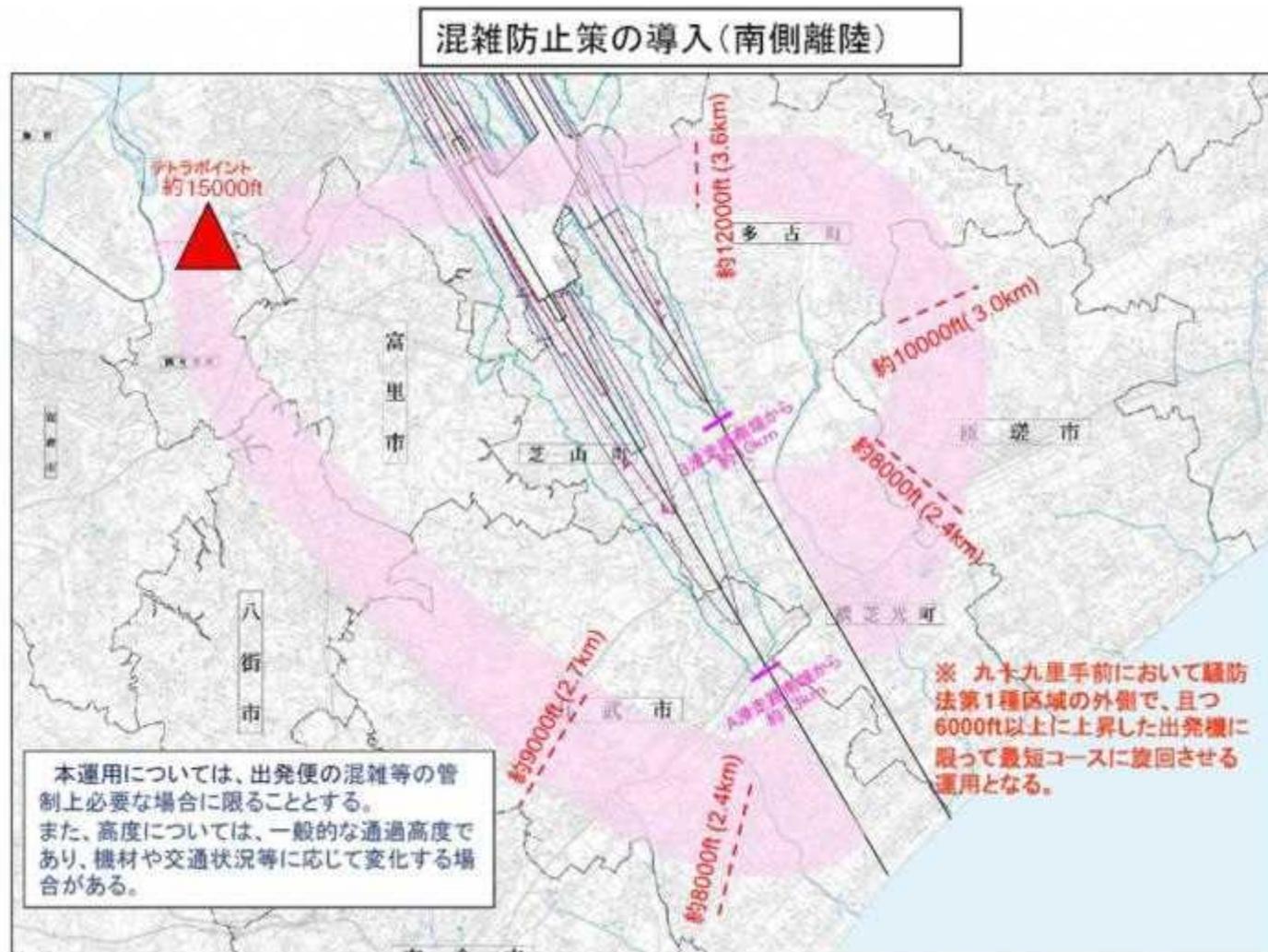
## NY首都圏の大規模空域再編(2007～)

離陸経路分散による容量拡大を実行(Fanned Departure)

→ これまで避けていた市街地上空にも出発経路を設定

( \* 但し, 騒音軽減のためピーク時などの高需要時間帯のみに限定)

# 成田空港の飛行経路の柔軟化(空域混雑の防止策)



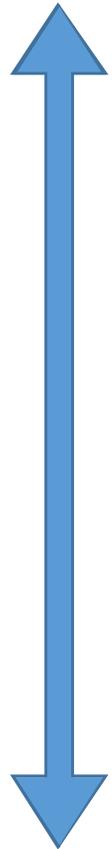
混雑時間帯限定だが、追加的な騒音負担の受け入れによる空域混雑の緩和

# 本日の報告内容

1. 首都圏空港の容量拡大に向けた取り組み
2. 混雑空港における飛行経路設定と騒音対策の事例
- 3. 滑走路処理容量の考え方**
4. 次世代の航空交通システムと空港運用への影響
5. 関西3空港の運用状況

# 滑走路容量に影響を与える要因

固定的



変動的

- 空港・滑走路のデザイン
- 出発・到着飛行経路のデザイン
- 滑走路の使用方法(離陸, 着陸, 共用)
- 環境影響(騒音, GHG)
- 管制ルール(航空機相互間の最低間隔)
  
- 航空機の機材構成 → ✓ 機材サイズ(重量)  
✓ 離着陸速度  
✓ 滑走路占有時間
- 航空管制運用上の戦術  
(離着陸順序付けなど)
  
- 気象条件 → ✓ 滑走路運用モード  
✓ IMC, VMC  
✓ 対地速度

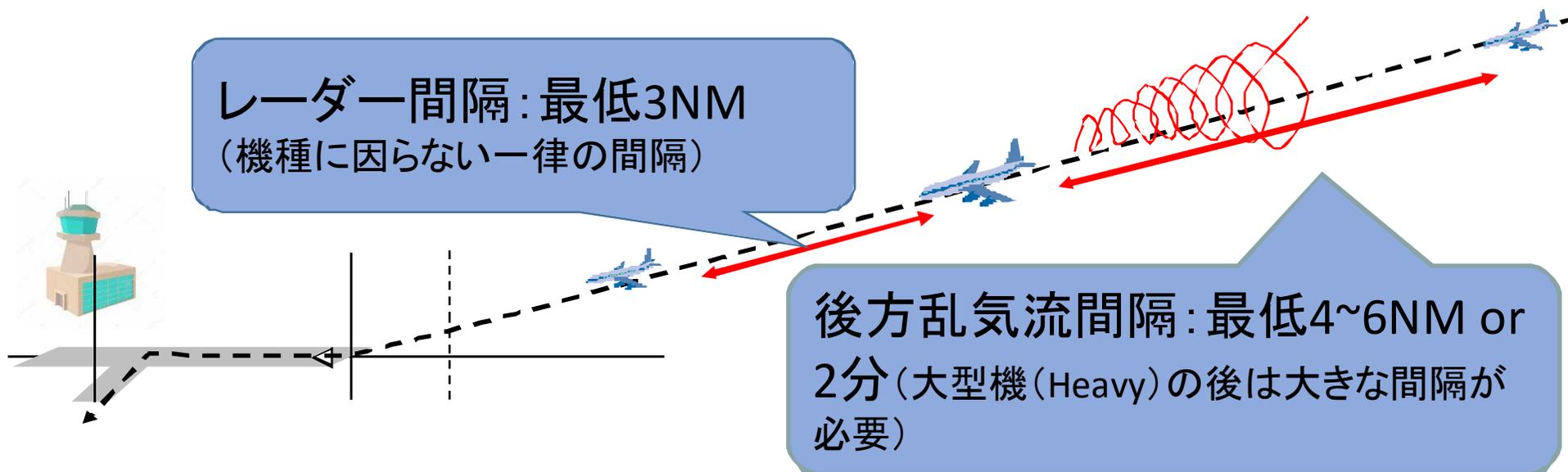
# 着陸の管制と容量

着陸容量の決定要因:

- ① 飛行中の最低安全間隔
- ② 滑走路占有時間



出典) NASA Langley Research Center (NASA-LaRC)



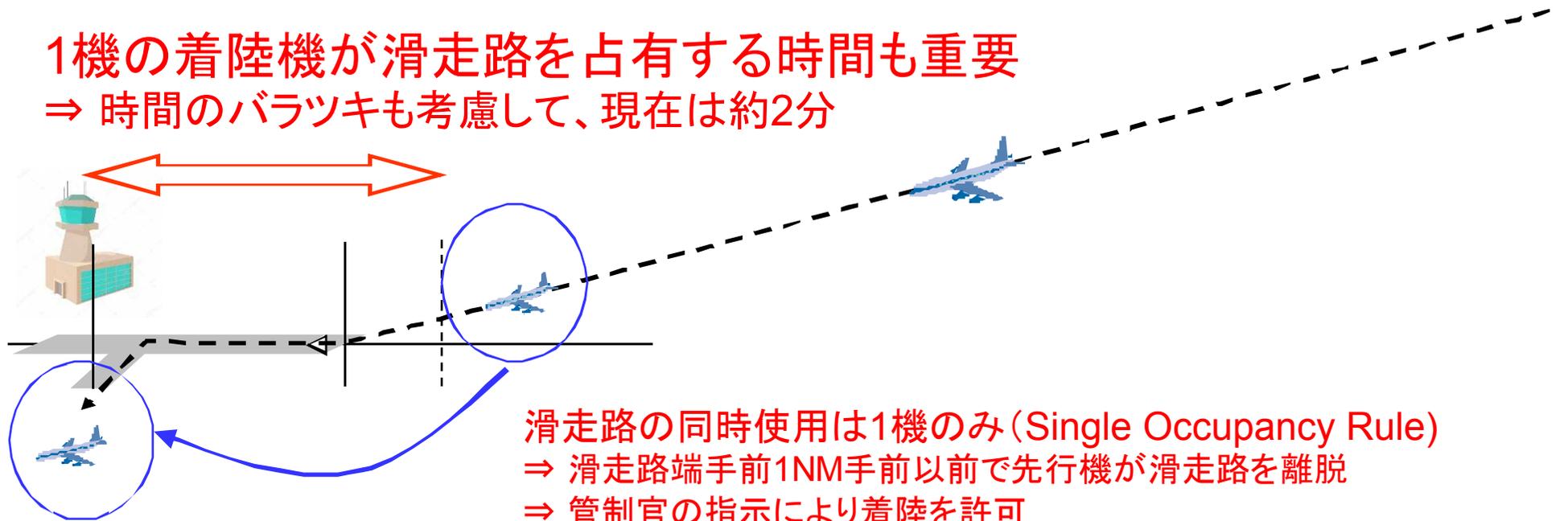
先行機/後続機	Heavy	Medium	Small
Heavy	4 NM	5 NM	6 NM
Medium	-	-	5 NM
Small	-	-	-

# 着陸の管制と容量

着陸容量の決定要因:

- ① 飛行中の最低安全間隔
- ② 滑走路占有時間

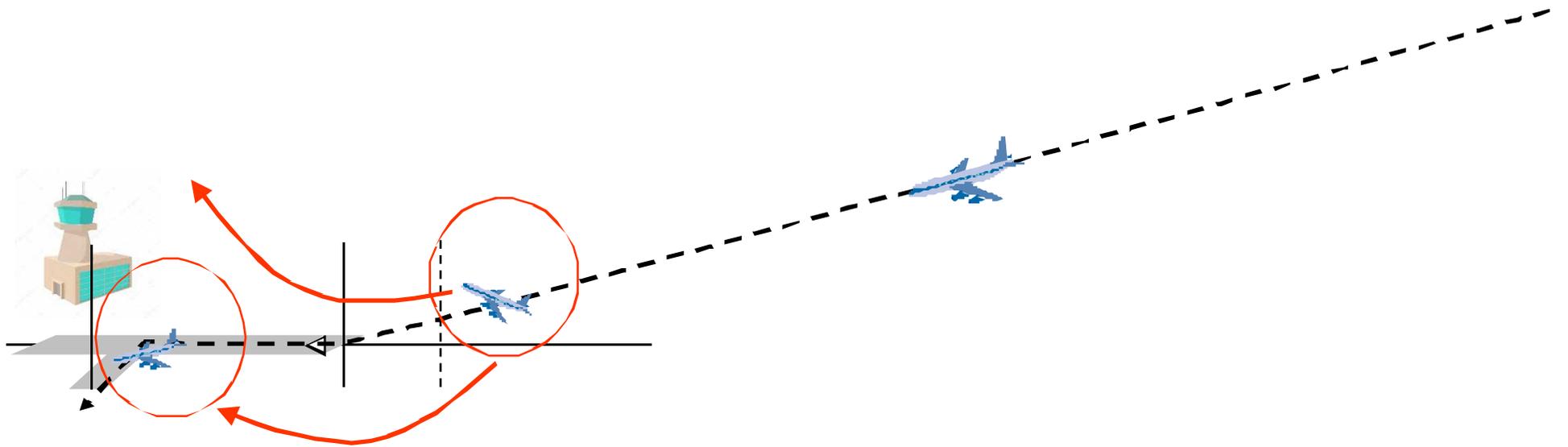
1機の着陸機が滑走路を占有する時間も重要  
⇒ 時間のバラツキも考慮して、現在は約2分



# 着陸の管制と容量

着陸容量の決定要因:

- ① 飛行中の最低安全間隔
- ② 滑走路占有時間

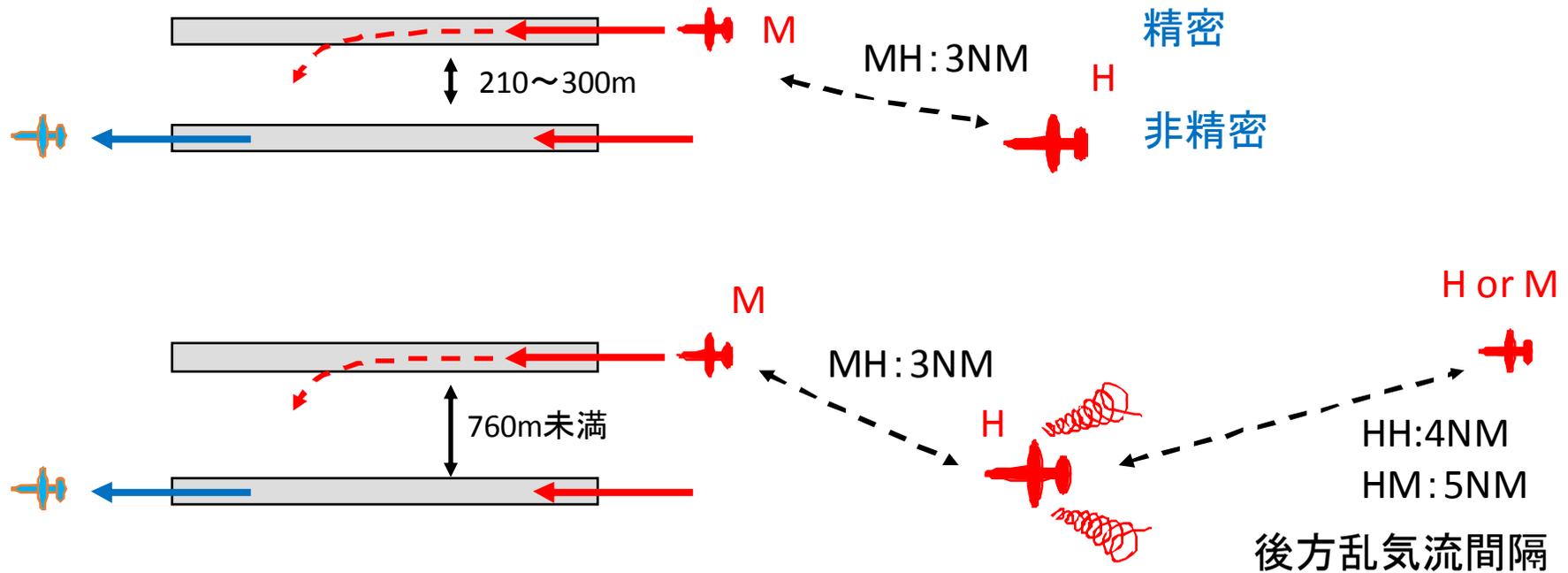


滑走路端手前1NM地点で先行機が滑走路をまだ離脱していない  
⇒ 管制官の指示により着陸復行をして着陸をやり直す

# 平行滑走路の管制と容量



## クローズパラレル(近接平行滑走路)

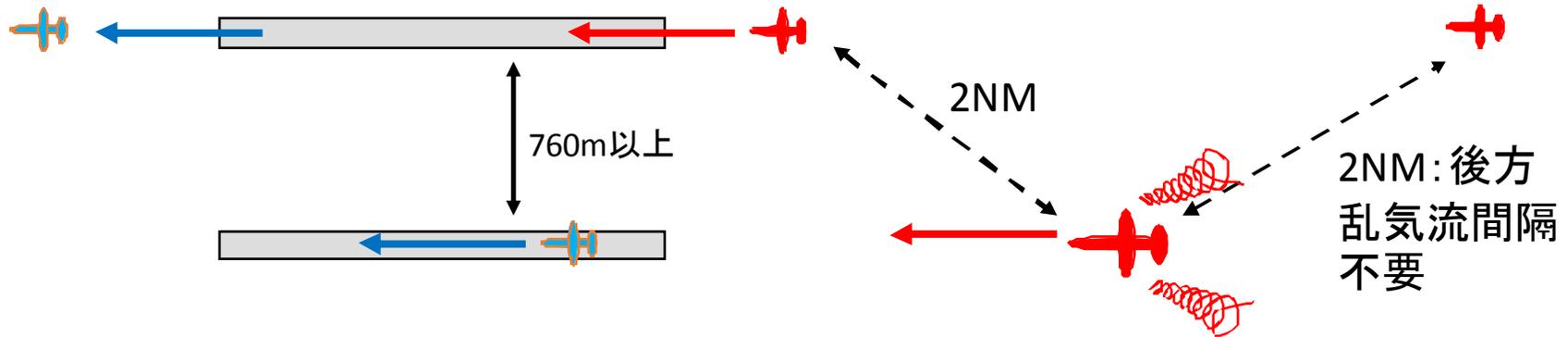


滑走路間隔が狭いと従属運用

(1本の滑走路と同じような運用. 交互に使用すれば滑走路占有時間制約は緩和)

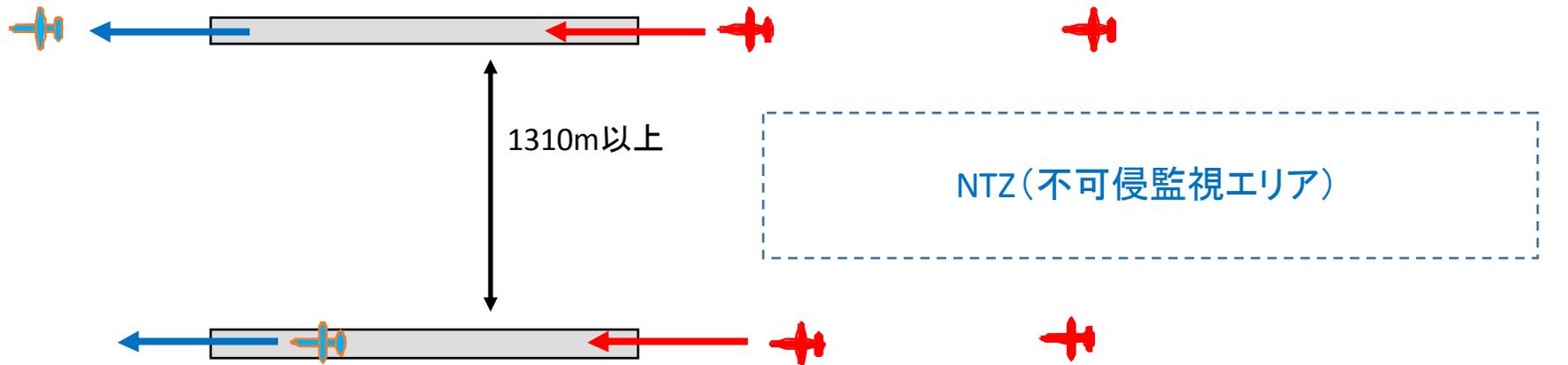
# 平行滑走路の管制と容量

## セミオープンパラレル



\* 隣の滑走路には後方乱気流が影響しなくなる！... が、従属運用

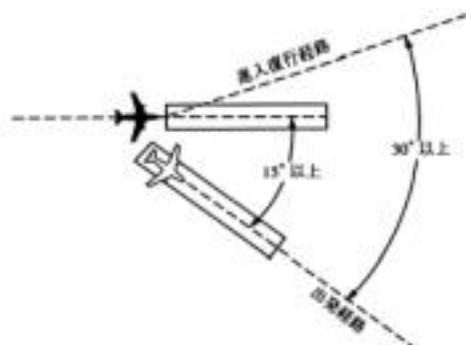
## オープンパラレル



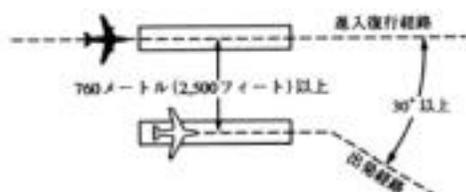
滑走路間隔1310m以上でOpen-Parallel(独立運用可能. 離陸・復行経路の分離も通常必要) 41

【到着機と出発機との間隔】

- (9) a 到着機と出発機の間には、2海里以上のレーダー間隔を設定するものとする。この場合において、出発機の離陸後1分以内に当該航空機間に(4)に掲げる基準値以上のレーダー間隔を設定するものとする。
- b aにかかわらず、次に掲げる分岐滑走路又は平行滑走路の一方の滑走路に着陸する航空機と他方の滑走路から出発する航空機であって、出発機の飛行経路が離陸直後から到着機の進入復行経路と30度以上分岐している場合は、同時離着陸を許可することができる。
- (a) 分岐角度が15度以上の分岐滑走路((9)－1図)
- (b) 滑走路の中心線の間隔が760メートル(2,500フィート)以上のA型平行滑走路((9)－2図)



(9)－1



8－4 同時平行ILS進入

【適用】

- (1) 平行滑走路にそれぞれ設置されたILSにより進入を行う場合で、次に掲げる条件を満たす場合は、同時平行ILS進入を行うことができる。
- ただし、地上の風向・風速及び最終進入コース上のウインドシヤーその他の悪気象現象等に留意し、航行の安全に支障があると思われる場合は適用しないものとする。
- a 滑走路の中心線の間隔が1,310メートル(4,300フィート)以上分離していること
  - b それぞれの滑走路に対して直線着陸が行われること
  - c ILS、レーダー及び通信機器が正常であること
  - d それぞれの進入復行経路が30度以上分岐するよう設定されていること
  - e それぞれのローカライザーコースへの会合がレーダー誘導により行われること
  - f NTZがレーダースコープ上に表示されており、進入中の航空機のレーダー監視がローカライザーコース毎に個別の管制官により行われていること
  - g レーダー監視を行う管制官が滑走路毎の飛行場管制周波数を用いて優先的に送信できる機能を持つ通信機器を有すること

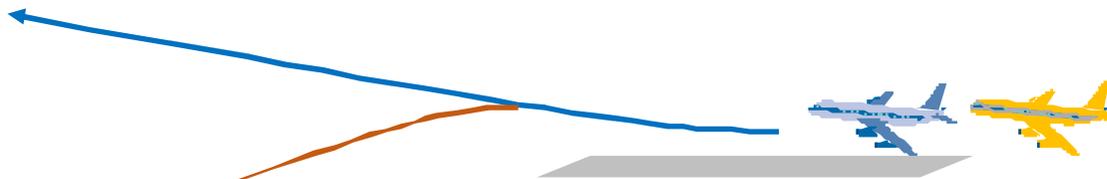
# 連続離陸の例

## 単一離陸経路



通常のレーダー間隔(3NM) or 後方乱気流間隔(4 ~ 6NM)

## 複数の分岐経路



短縮レーダー間隔 (**1NM**) or 後方乱気流間隔 (4 ~ 6NM)

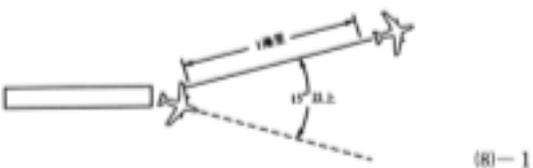
# 短縮間隔, 同時平行離陸

## 【出発機間の初期間隔】

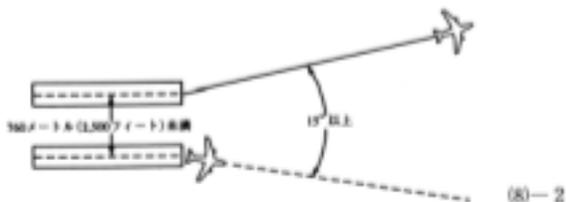
(8) a. 同一の又は近接する飛行場から出発後 15 度以上分岐する2つの異なる経路を飛行することとなる航空機相互間にあつては、次に掲げる滑走路から離陸する後続の出発機が、離陸滑走路の末端から 1 海里以内にレーダー識別される見込みがある場合は、経路の分岐点において 1 海里以上のレーダー間隔を設定維持するものとする。

(a) 同一滑走路((8)-1 図)

(b) 滑走路の中心線の間隔が 760 メートル(2,500 フィート)未満の平行滑走路((8)-2 図)



(8)-1

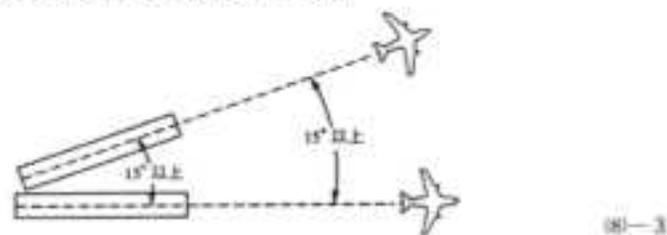


(8)-2

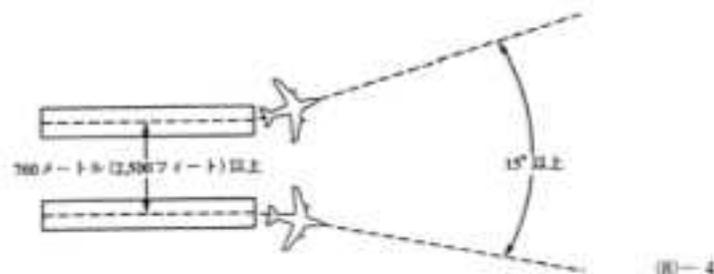
b. 次に掲げる滑走路から出発する 2 機の航空機が離陸直後から 15 度以上分岐する 2 つの異なる経路を飛行することとなる場合は、離陸滑走路の末端から 1 海里以内にレーダー識別される見込みがある場合に限って同時離陸を許可することができる。

(a) 分岐角度が 15 度以上の分岐滑走路((8)-3 図)

(b) 滑走路の中心線の間隔が 760 メートル(2,500 フィート)以上の平行滑走路をそれぞれ使用して同方向に出発する場合((8)-4 図)

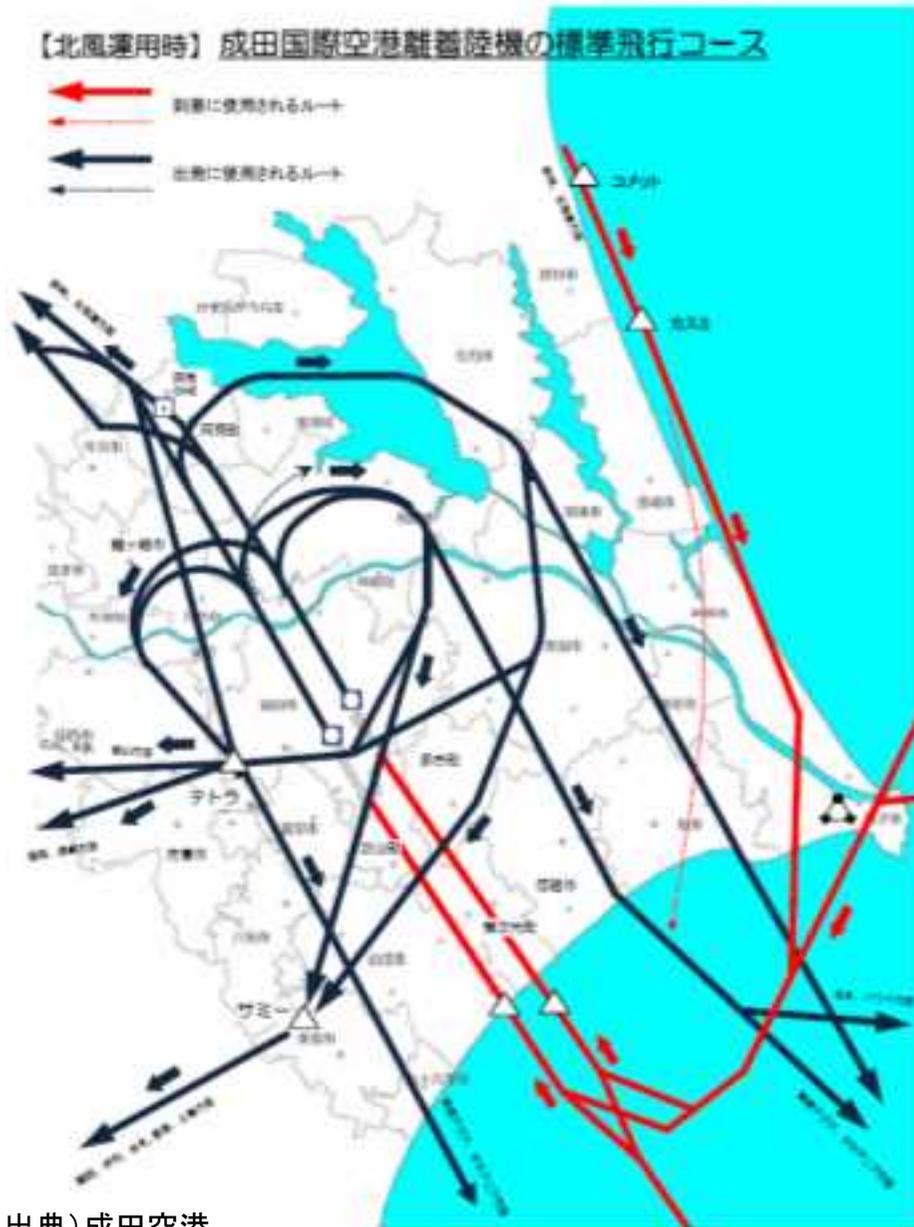


(8)-3



(8)-4

# 成田空港の同時平行離陸(新技術WAMの活用)



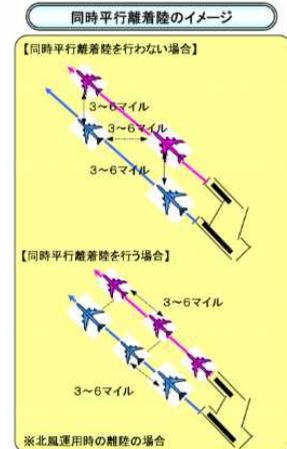
出典) 成田空港

## 2. 管制機能の高度化(WAM(管制機能の高度化に必要な監視装置)の導入)

○ 2014年度から、より高い精度での航空機の監視が可能となるWAM(管制機能の高度化に必要な監視装置)の導入により、最大時間値68回を達成できることが明らかになった。(空港処理能力拡大効果は約2万回。)

- ・ 成田空港では、2011年10月より同時平行離着陸方式を導入。
- ・ 管制機器の高度化(WAM※の導入)により、悪天候による低視程時においても、管制官が航空機の位置を精密に把握して同時平行離陸を行い、2本の滑走路を独立に運用し、最大時間値68回を達成できることが明らかになった。
- ・ 2014年度中に実現する予定。

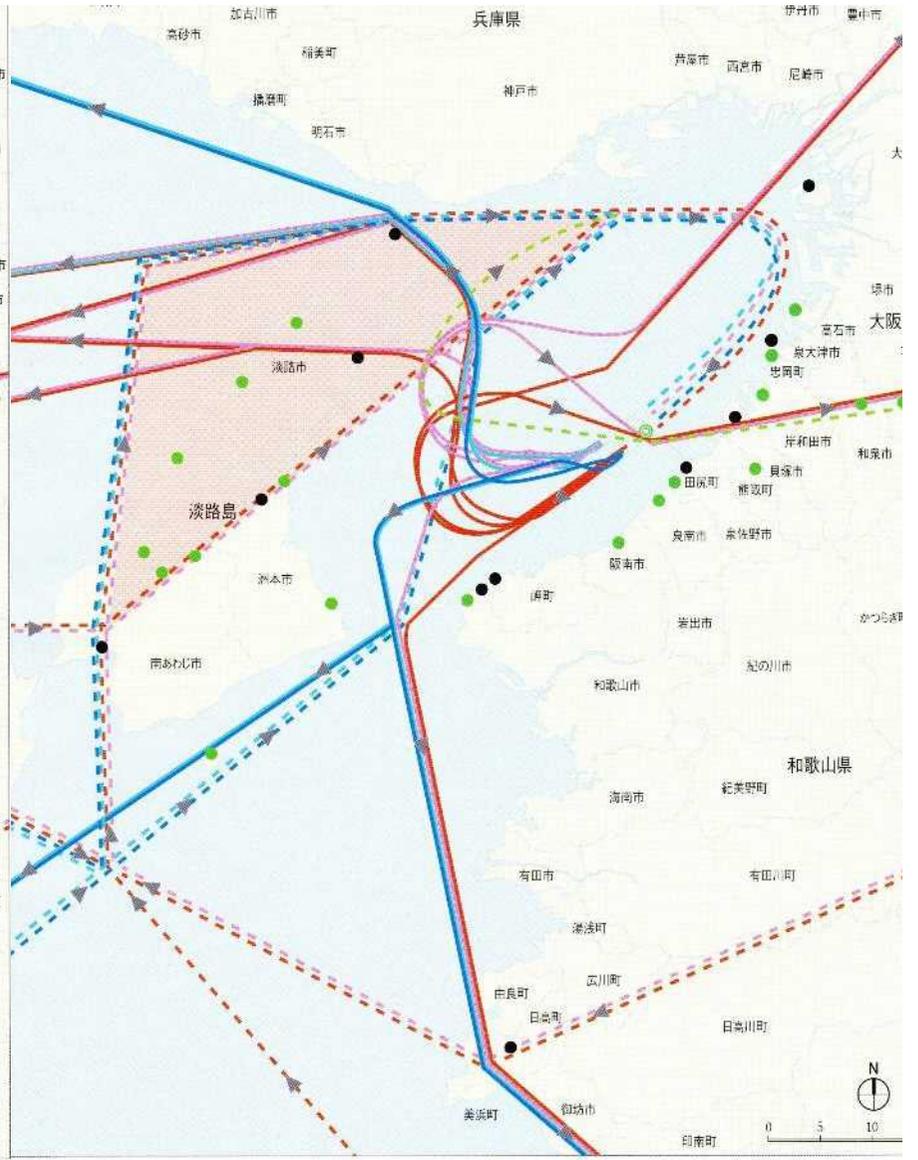
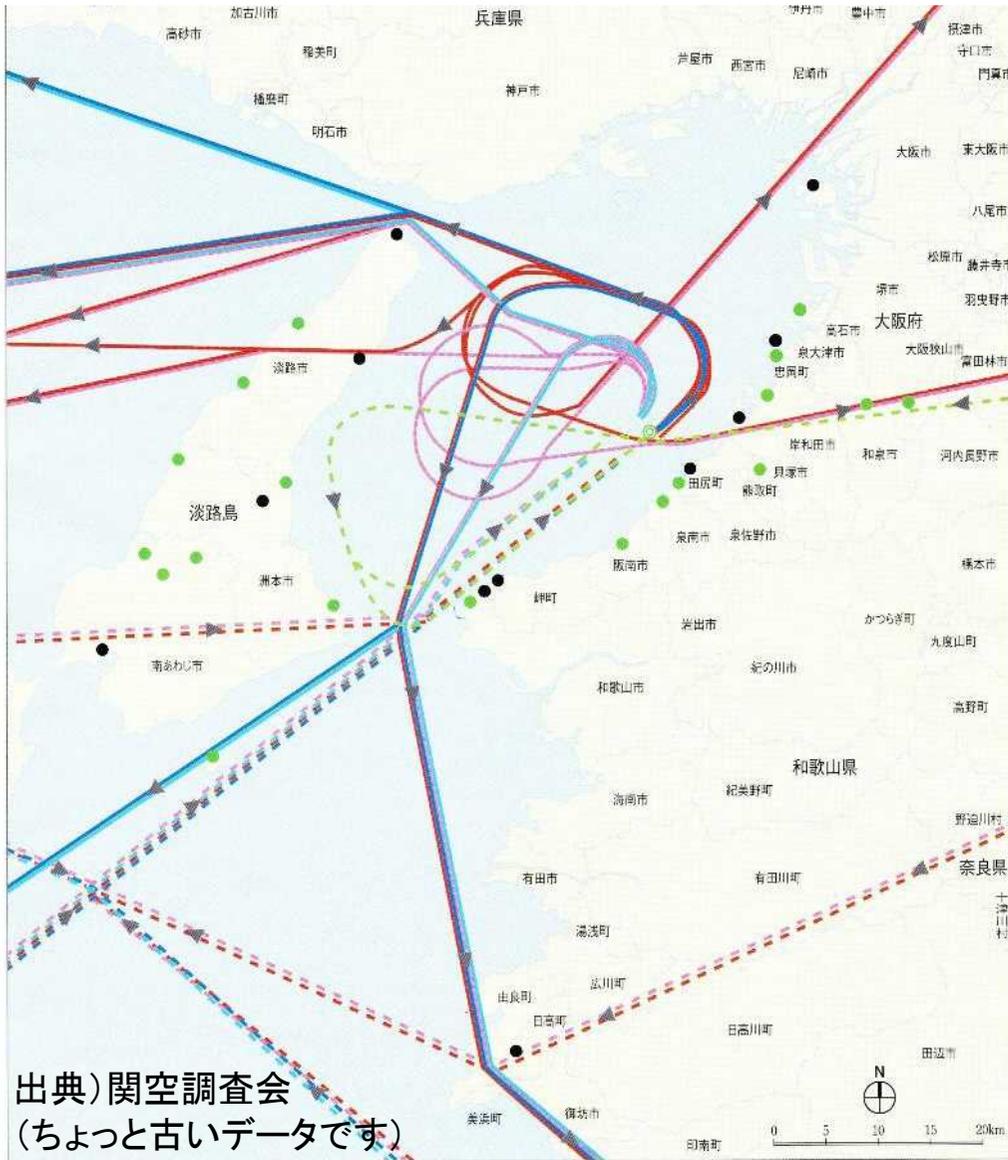
※ Wide Area Multi-lateration : 管制機能の高度化に必要な監視装置



48

45

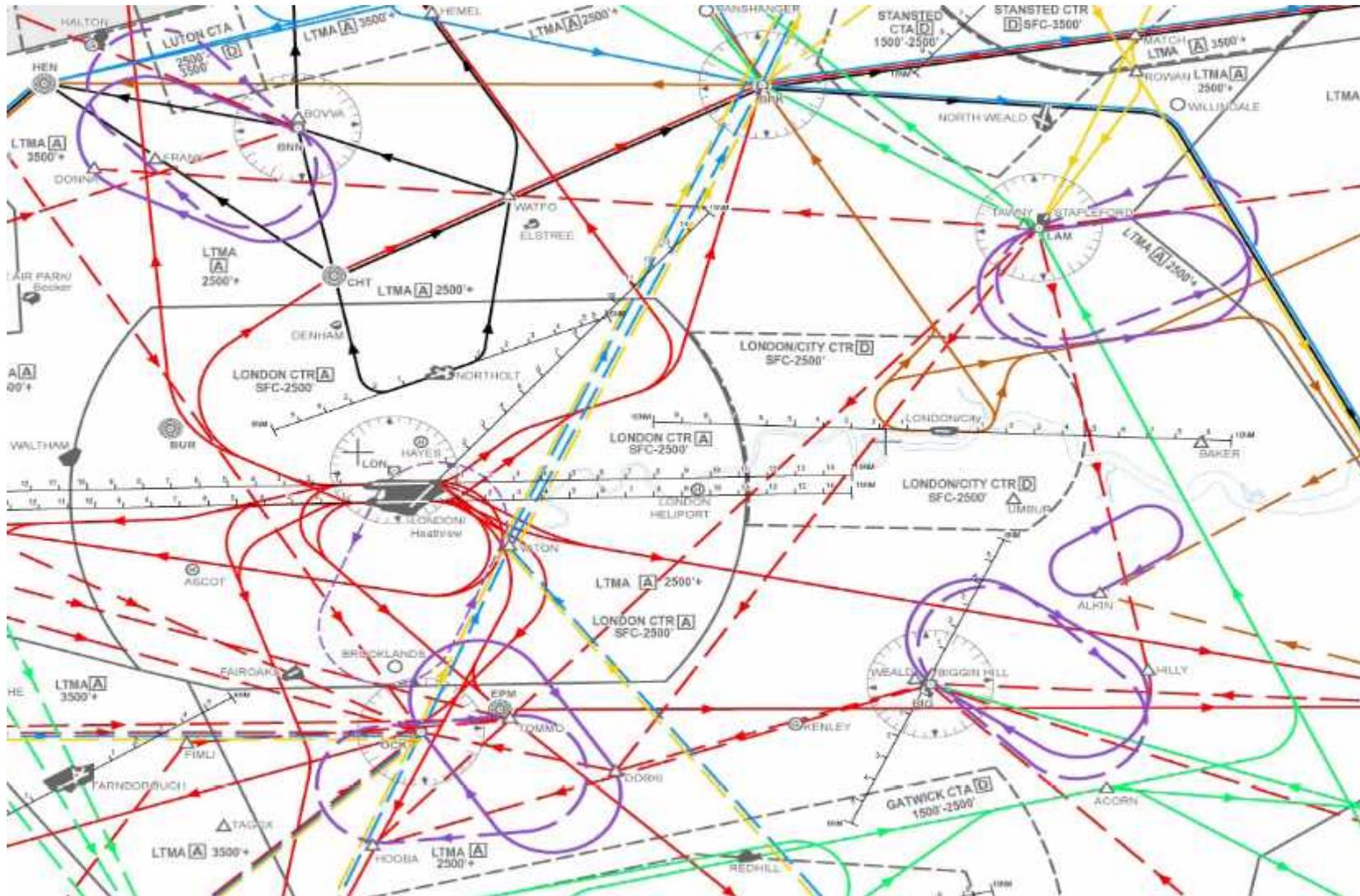
# 関西空港の飛行経路



凡例	昼 出発		夜 出発		● 航空機騒音常時観測局	● 航空機騒音定期観測局	◎ 環境センター
	経路	到着	経路	到着			
	A滑走路	→→→	A滑走路	→→→			
	B滑走路	→→→	B滑走路	→→→			
	A滑走路	- - - - -	A滑走路	- - - - -			
	B滑走路	- - - - -	B滑走路	- - - - -			

凡例	昼 出発		夜 出発		● 航空機騒音常時	● 航空機騒音定期	◎ 環境センター
	経路	到着	経路	到着			
	A滑走路	→→→	A滑走路	→→→			
	B滑走路	→→→	B滑走路	→→→			
	A滑走路	- - - - -	A滑走路	- - - - -			
	B滑走路	- - - - -	B滑走路	- - - - -			

# ヒースロー空港：離陸経路の分散



出典) UK NATS

連続する離陸機を異なる経路で出すと管制間隔を短縮可能

# 本日の報告内容

1. 首都圏空港の容量拡大に向けた取り組み
2. 混雑空港における飛行経路設定と騒音対策の事例
3. 滑走路処理容量の考え方
4. **次世代の航空交通システムと空港運用への影響**
5. 関西3空港の運用状況

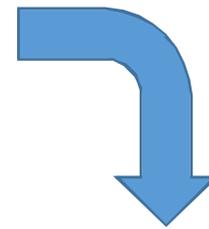
# 将来の航空交通は・・・

	航空交通システム(現在)	航空交通システム(将来)
移動空間	空を飛ぶ →3次元空間の移動, 速度が速い, 止まらない	変わらず
視認性	周りが見えないことも多い(雲の中など) →目視で操縦できない, 地上無線施設などを利用して飛ぶ	GPS等による航法精度向上と航空機間通信で, 疑似的に周囲が見えるようになる(いつでも目視と同じような状況で飛行が可能に)
天候の影響	気象(特に風と視程)の影響を受けやすい →離着陸の向きや方法, 飛行時間(対地速度)が変わる	気象の影響を精度高く予測 風の積極活用(風に応じた乱気流間隔など) 風況等の影響も, 飛行機の性能向上で変化?
移動の自由度	多数の飛行機が自由に飛ぶと危ない →航空管制官の指示に従って飛ぶ(中央集権型システム) →現在位置をもとに周辺交通とのコンフリクトを回避 →交通流制御はやりやすい	飛行機の能力を最大活用した自律分散型システムへ移行するが, 飛行機の将来位置を精度高く予測し, コンフリクトフリーな軌道生成と遵守といった全体最適のための制約は受ける.
監視能力	管制官は, 地上レーダーでほぼ全ての飛行機の現在位置が分かる(4~10秒に一度更新, ブラインドエリアあり) パイロットも一部分かる	機上で一定範囲の高精度・高頻度監視が可能になり, その情報を地上管制官も利用
運転技能	操縦者は皆プロで数も限られる	?
自動運転	自動操縦(オートパイロット)を既に実施. 航空機相互の間隔制御はまだ.	間隔制御・自動追従も可能に
責任	飛行機間の間隔設定は基本的に管制官の責任	間隔の自動制御により責任もパイロットへ移譲?

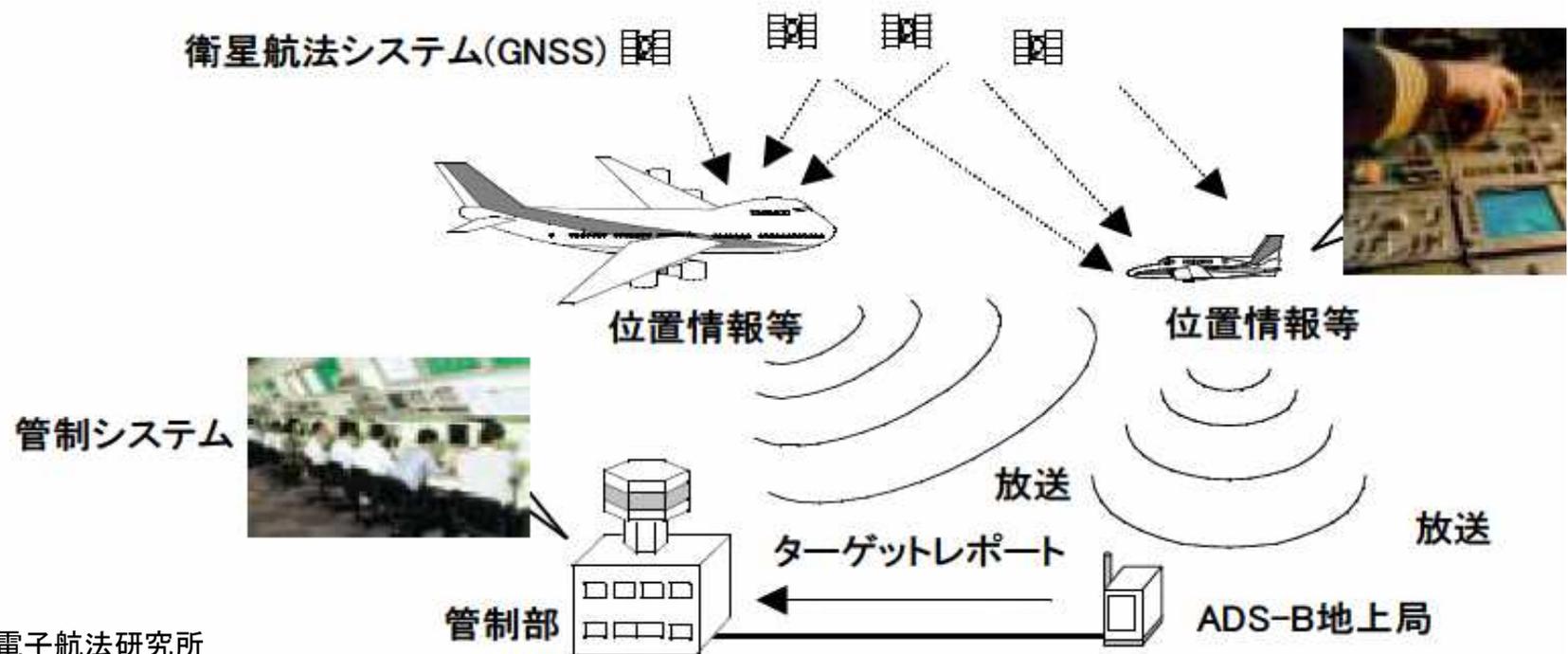
# 飛行機の技術革新: 衛星航法(GPS等)



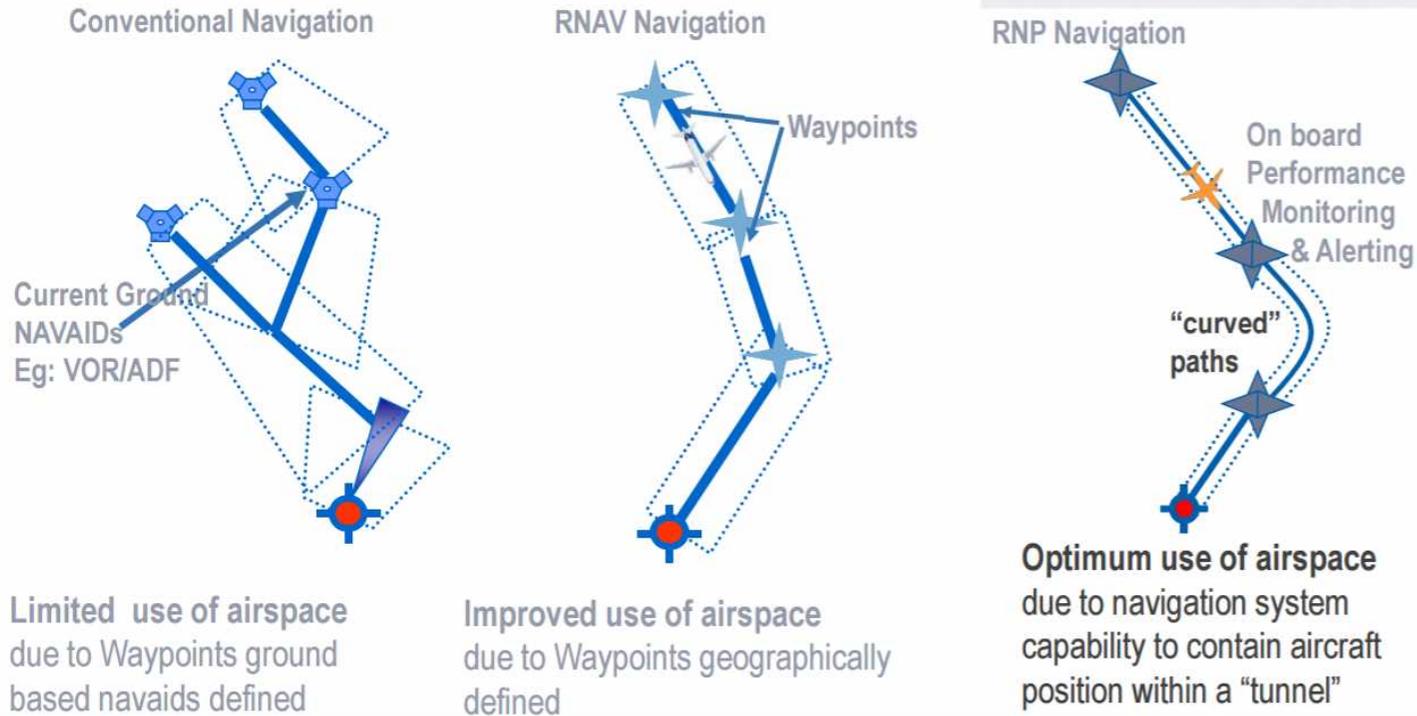
地上の無線施設を頼りにした飛行方法



衛星(GPS等)を活用した飛行方法  
+機上情報の送受信



# Conventional v.s. RNAV & RNP in procedure design



RNP vs. RNP AR		
	RNP OPERATION	RNP AR OPERATION
RNP Value 0.3	✓	✓
RNP Value < 0.3 (down to 0.1)		✓
Straight segment between FAP and RWY	✓	✓
Curve between FAP and RWY		✓
Minima DA / DH could be as low as 250ft	✓*	✓
Departure and/or missed approach RNP Value < 1		✓

Source) Hafid El Boukfaoui Airbus ProSky: PBN Implementation from Industry perspective- RNAV, RNP & RNP AR, ICAO AFI/MID ASBU Implementation Workshop 2015

# 新しい着陸方式 GBAS(Ground-Based Augmentation System)の例

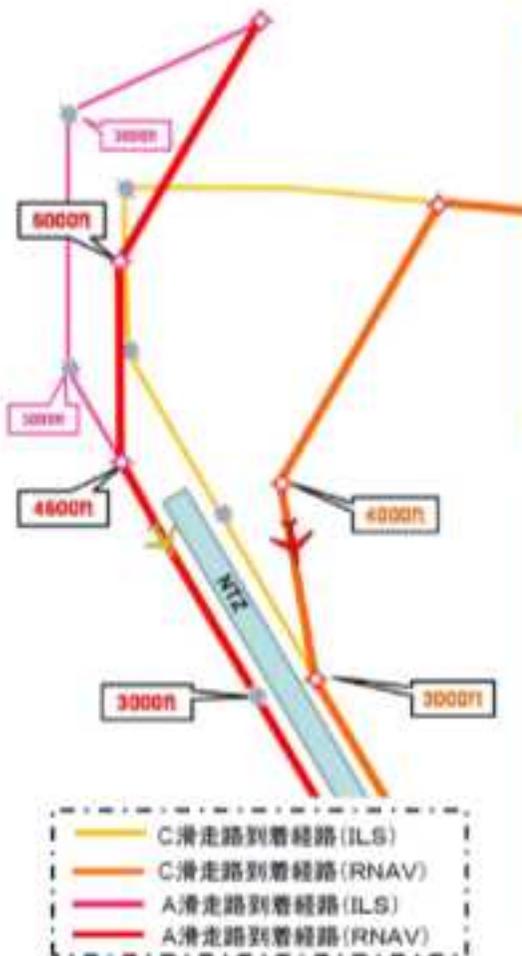
- 経路情報を補強情報として放送
  - 最終着陸進入経路:FAS(Final Approach Segment)
  - FASに至る経路:TAP(Terminal Area Path)
  - 1装置で複数の進入経路の提供が可能
    - 電波(周波数)の有効利用
    - コスト削減
- TAPによる曲線進入
  - 騒音緩和
  - 障害物回避
  - 燃料削減
- さらに…
  - ディスプレイスドスレッシュホールド
  - 高角度進入
    - 後方乱気流回避
  - 空港面誘導



# 羽田到着の検討事例(高度引き上げによる騒音緩和)

南風時の新たな飛行経路における同時平行進入(RNAV進入の導入)  国土交通省

- 南風時の新たな飛行経路の運用においては、従来提案の進入に加え、悪天候時以外に使用できるRNAV進入を導入することで、直行降下区間における水平飛行が不要となり、最終降下を開始する地点をより高くすることが可能。
- なお、RNAV進入においては、次世代センサー(WAM)を使用した高精度な監視により安全性を向上。



### ILS進入

ILS進入は、地上施設からの精密な誘導電波を利用する進入方式で、直線の飛行ルートしか設定できないものの、進入限界高度が低く設定されるため、悪天候時であっても低高度まで進入して着陸することが可能。

悪天候により視界不良であっても、進入限界高度が低いので、雲の下まで進入することで着陸が可能。

パイロットは、進入限界高度までに目視物標(滑走路標識や灯火等)を確認かつ識別できれば、着陸のための進入を継続することが可能。

進入限界高度(着陸判断地点)

位置情報: 地上(LDG, T-DME)からの誘導電波を受信  
 高度情報: 機上の高度計から入手  
 角度情報: 地上(LDG)からの誘導電波を受信

### RNAV進入

RNAV進入は、人工衛星を利用する進入方式で、進入限界高度はILS進入より比較的高いものの、地上施設や地形特性の影響に左右されず、飛行ルートが設定が可能。

人工衛星

進入限界高度(着陸判断地点)

位置情報: 人工衛星からの信号をもとに、機上コンピュータが算出  
 高度情報: 機上の高度計から入手  
 角度情報: 機上の高度計等の情報をもとに、機上コンピュータが算出

◆ 2本の経路にそれぞれ進入する航空機間の取扱いについては、NTZによる常時監視と次世代センサー(WAM)の組み合わせにより、航空機監視の精度を上げると共に、更なる安全性の向上が可能。

**【NTZ 監視の状況】**  
監視専用の管制卓により、近接滑走路へ着陸する航空機を常時監視する。

逃脱 回避

【NTZ】 No Transgression Zone

**【WAM】**  
航空機からの応答信号を、複数の地上受信機で受信し、高精度な位置測位を行う

受信局A 受信局B  
受信局C 受信局E 受信局D

【WAM】 Wide Area Multilateration

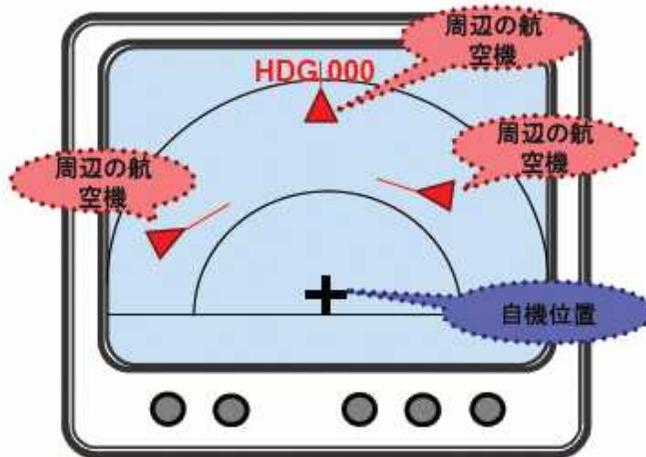
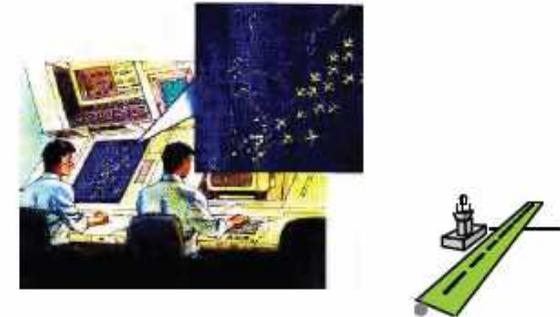
+  
2つの方法を  
合わせる

# ADS-B in / ASAS

ASAS (Airborne Separation Assistance System)は、航空機相互が位置情報等を交換しながら、お互いに監視を行うための装置

## ASASの導入効果

ASASの導入により、パイロット側の状況認識能力を向上することができ、安全性を向上させると共に、空域の容量拡大に寄与することができる。



機上表示器の例

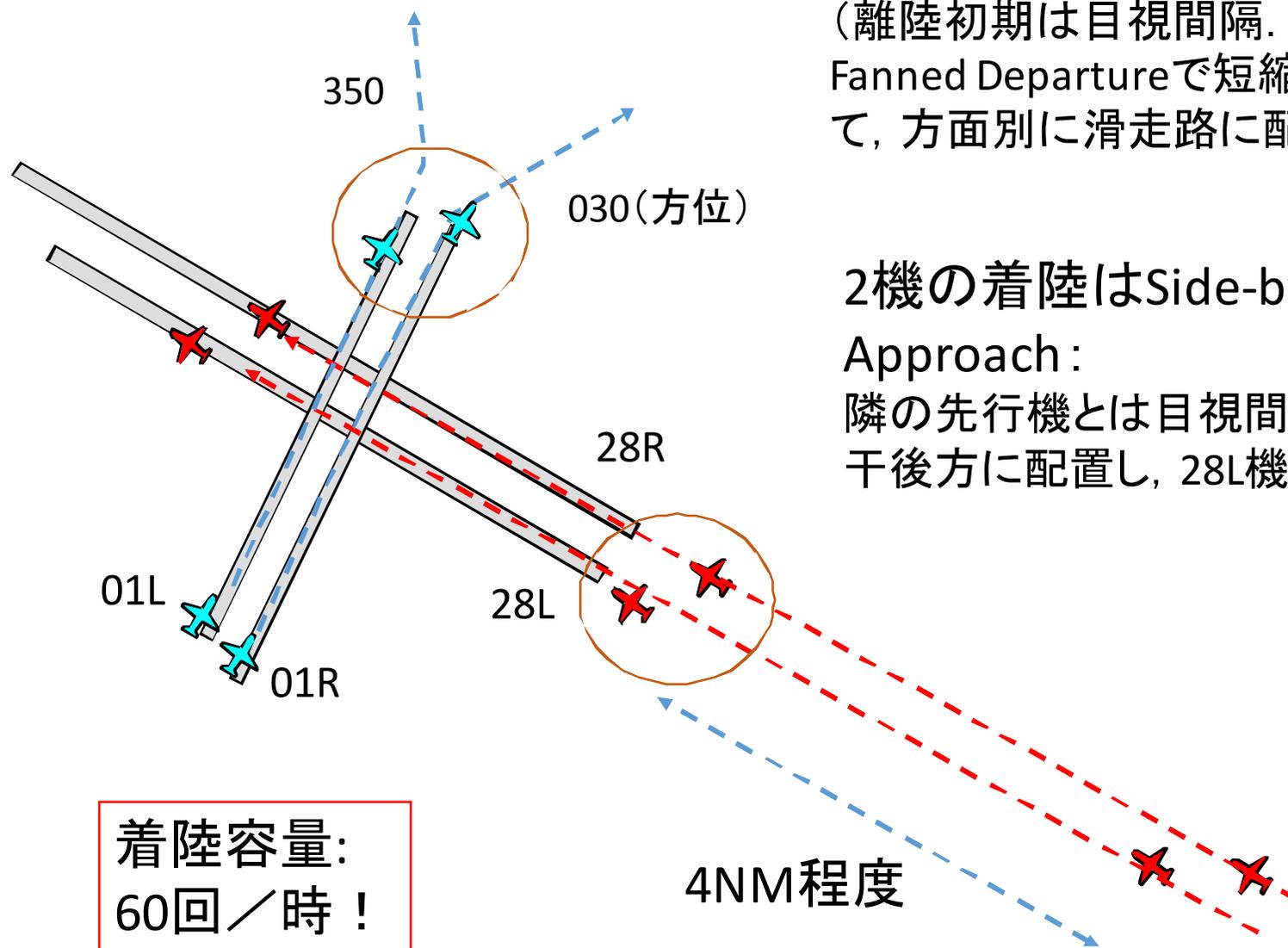


気象条件によらず、いつでも周囲の航空機の情報分かるようになる

# サンフランシスコ空港：有視界飛行状態(VMC)時の運用

離陸機もSide-by-Sideで離陸  
(離陸初期は目視間隔. その後は  
Fanned Departureで短縮間隔適用. 従っ  
て, 方面別に滑走路に配置)

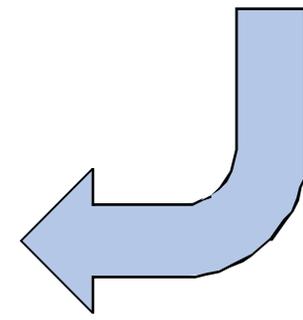
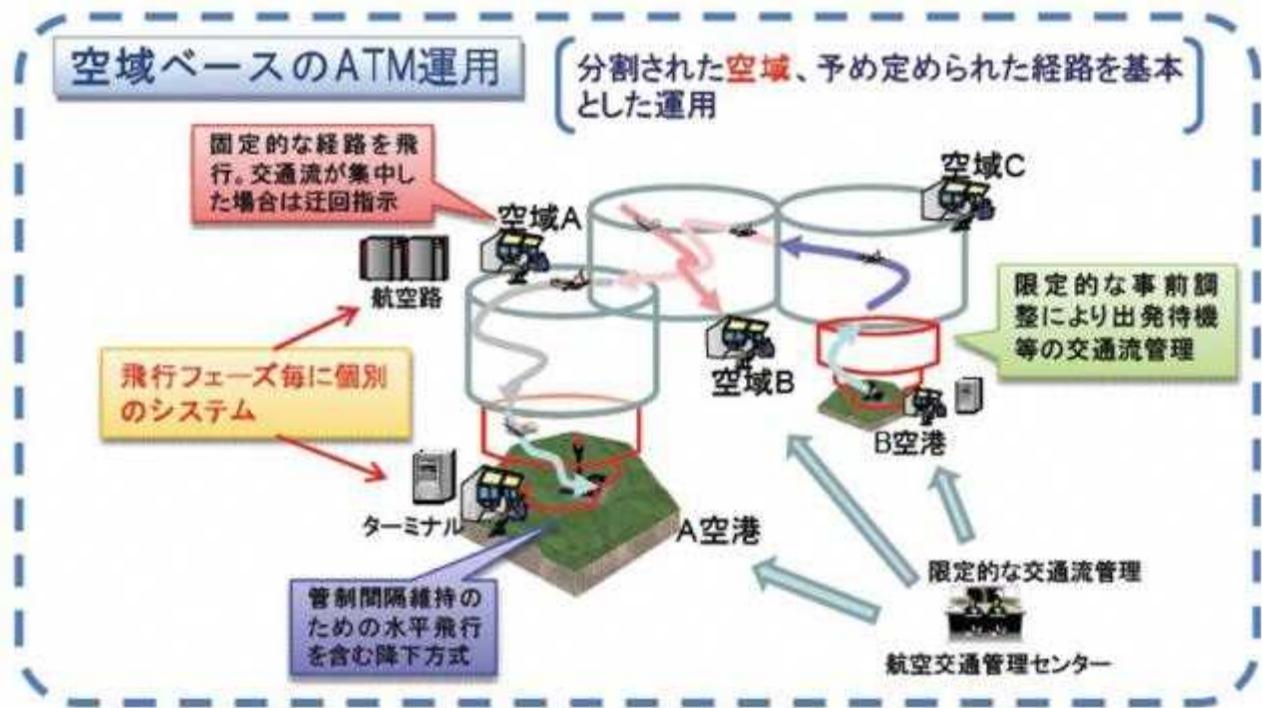
2機の着陸はSide-by-Side Visual  
Approach:  
隣の先行機とは目視間隔(28R機を若  
干後方に配置し, 28L機を目視させる)



着陸容量:  
60回/時!

# 空域ベースから 軌道ベースへ

個別空域ごとの部分最適から、高度な時間管理による空域全体の最適化へ。

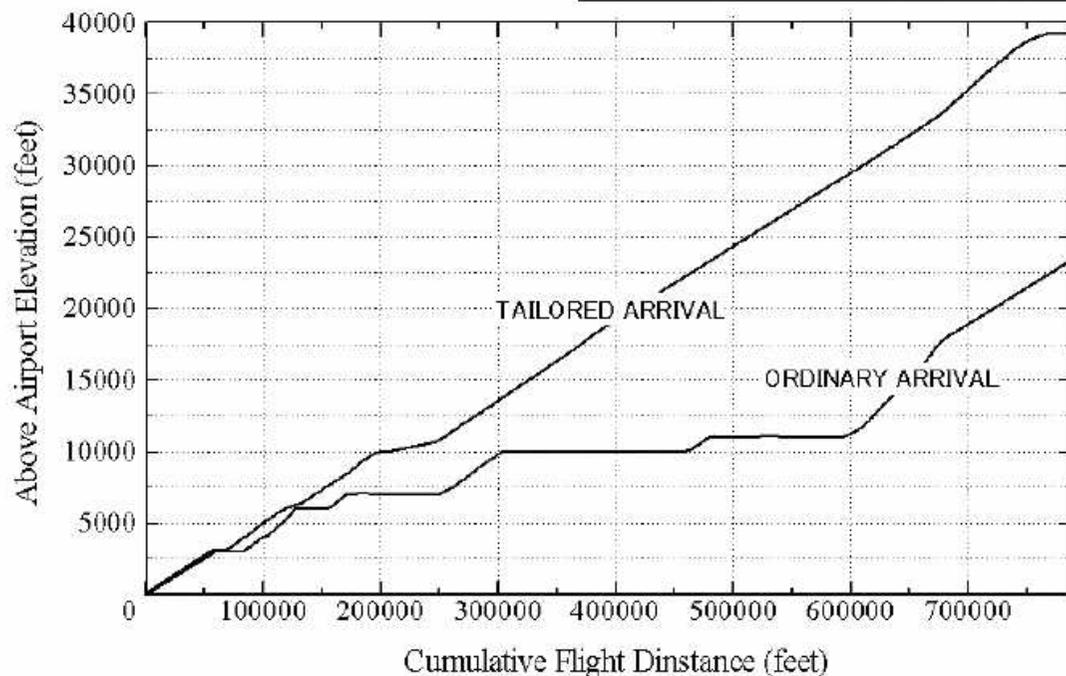


# 時間管理の高度化とContinuous Descent Operation: CDO 継続降下

## Continuous Descent方式

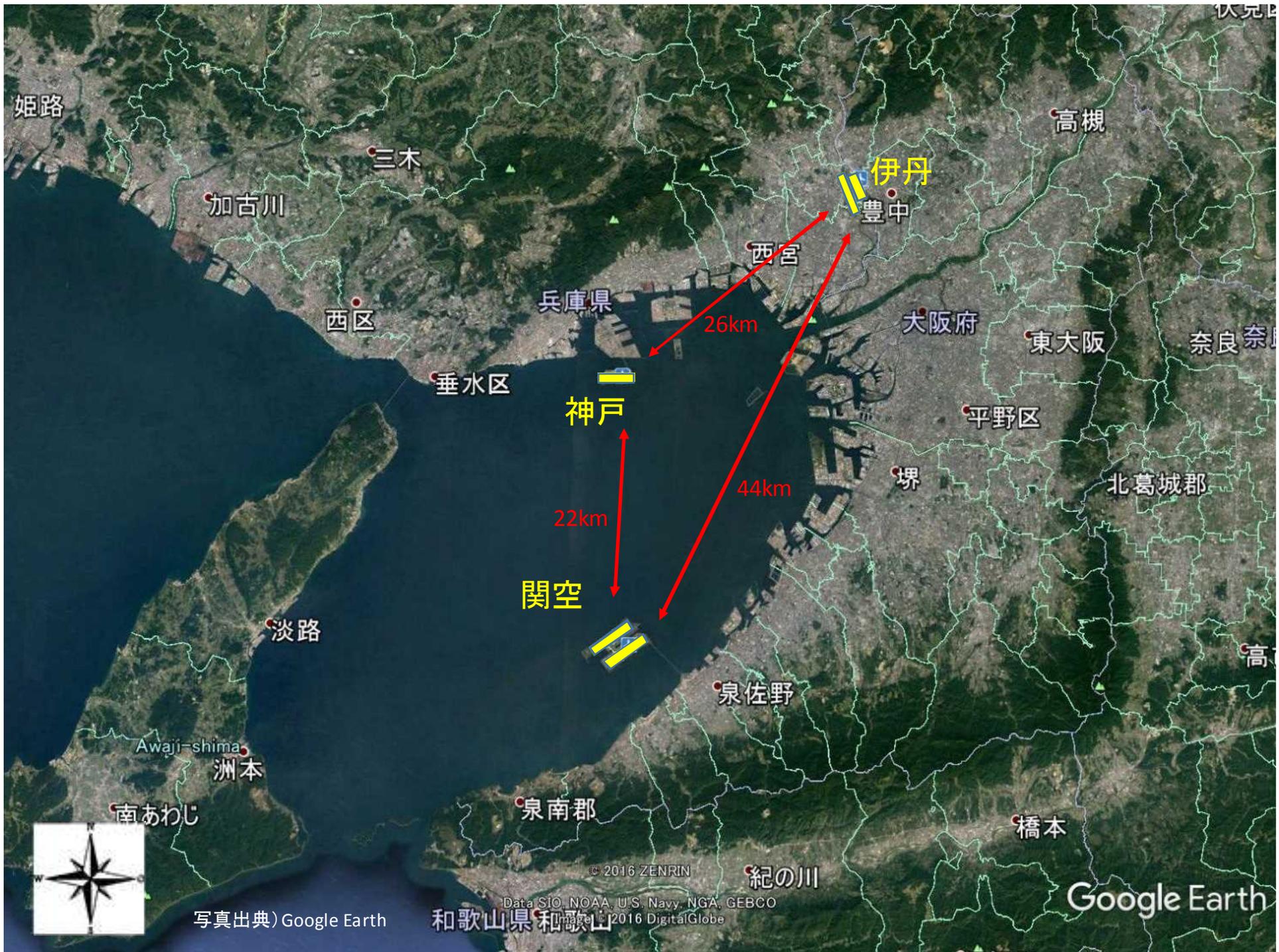
降下中に所々で水平飛行を行う、いわゆるStep Down方式での降下がこれまでの一般的な降下方法であったが、最近では連続して降下するContinuous Descent方式が実施できるようになっている。

サンフランシスコ空港での事例



# 本日の報告内容

1. 首都圏空港の容量拡大に向けた取り組み
2. 混雑空港における飛行経路設定と騒音対策の事例
3. 滑走路処理容量の考え方
4. 次世代の航空交通システムと空港運用への影響
5. 関西3空港の運用状況



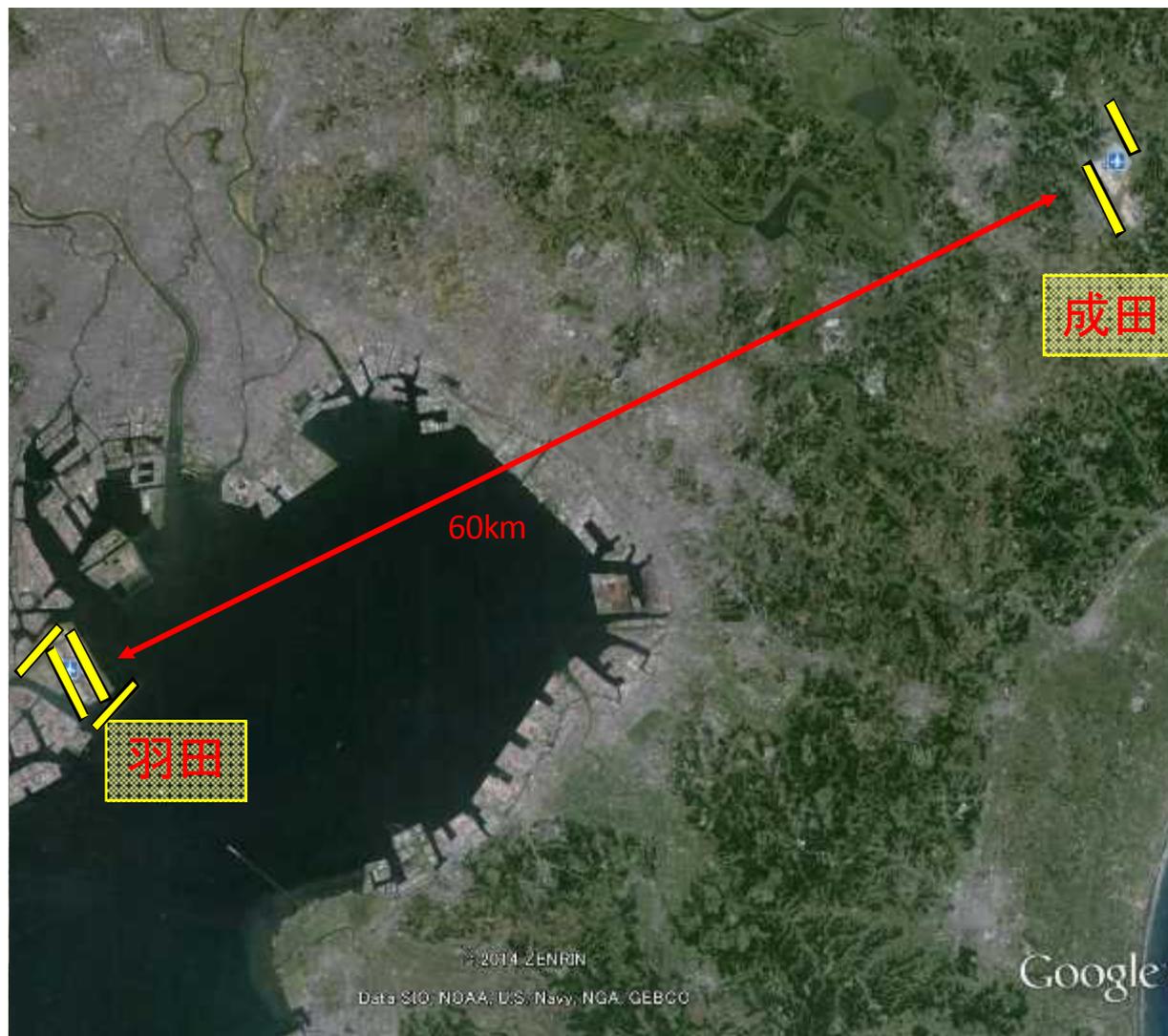
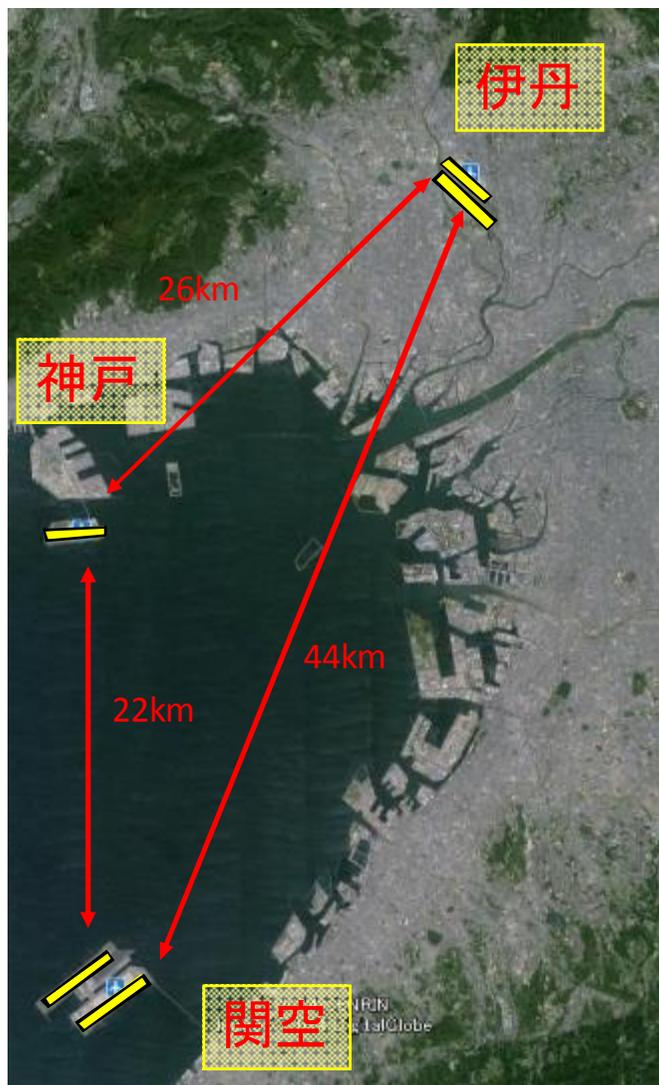
写真出典) Google Earth

和歌山県和歌山

Google Earth

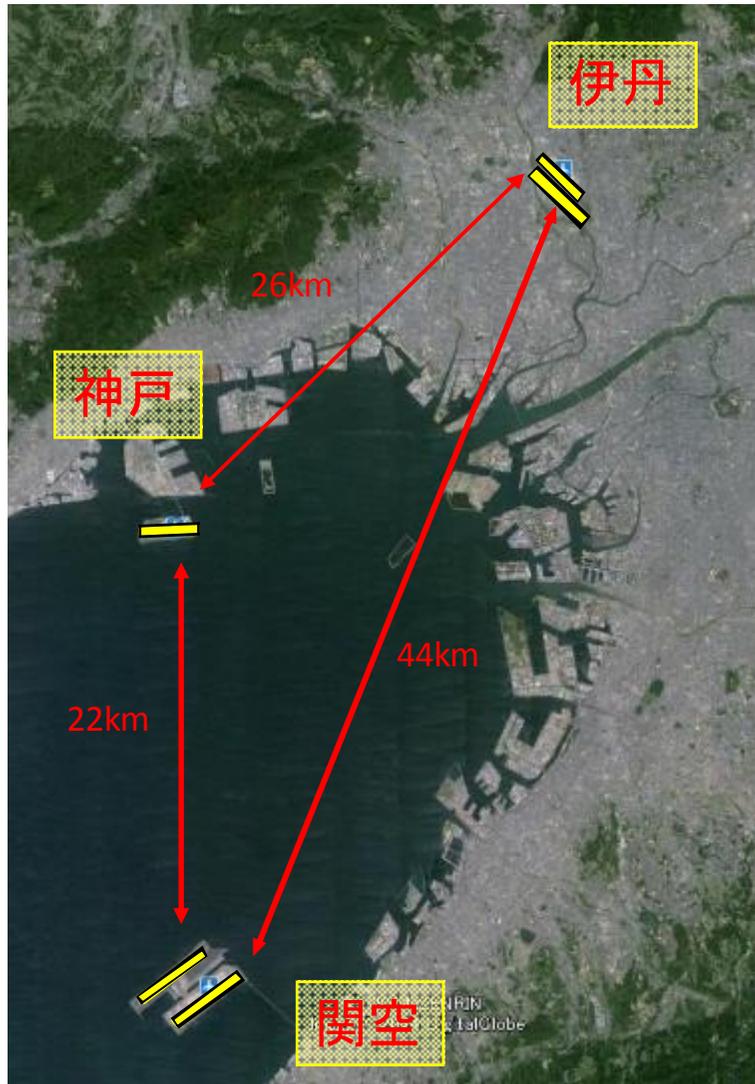
# 関西3空港と首都圏空港の配置比較

写真出典) Google Earth

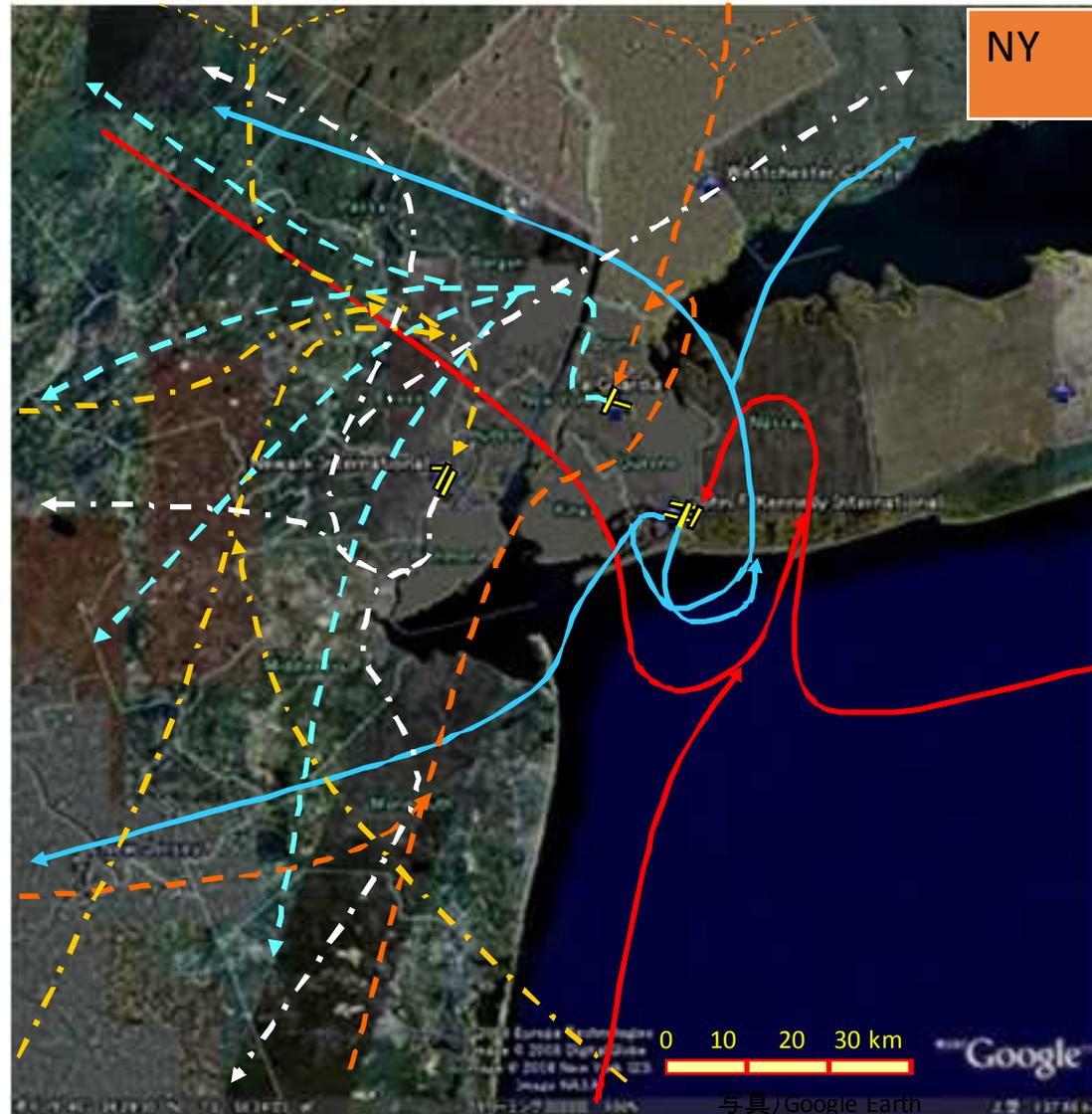


# 関西3空港とNY4空港

写真出典) Google Earth



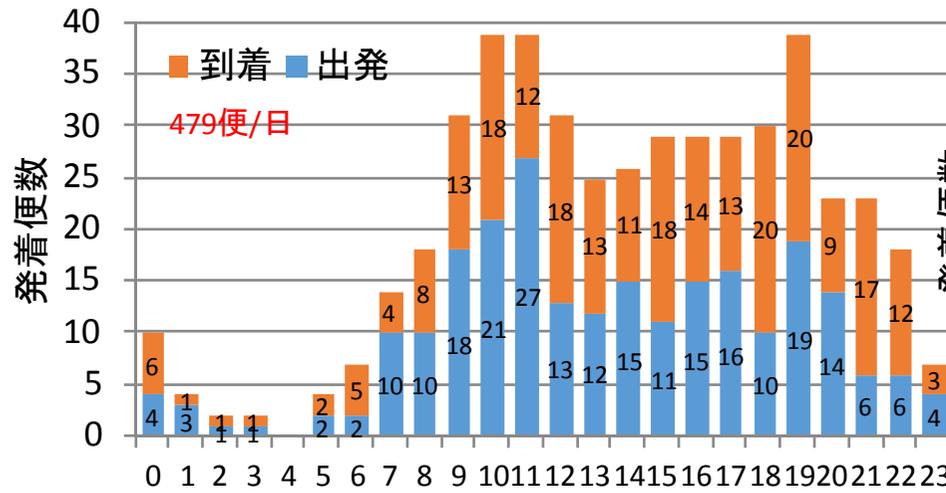
# NY首都圏の飛行経路の例



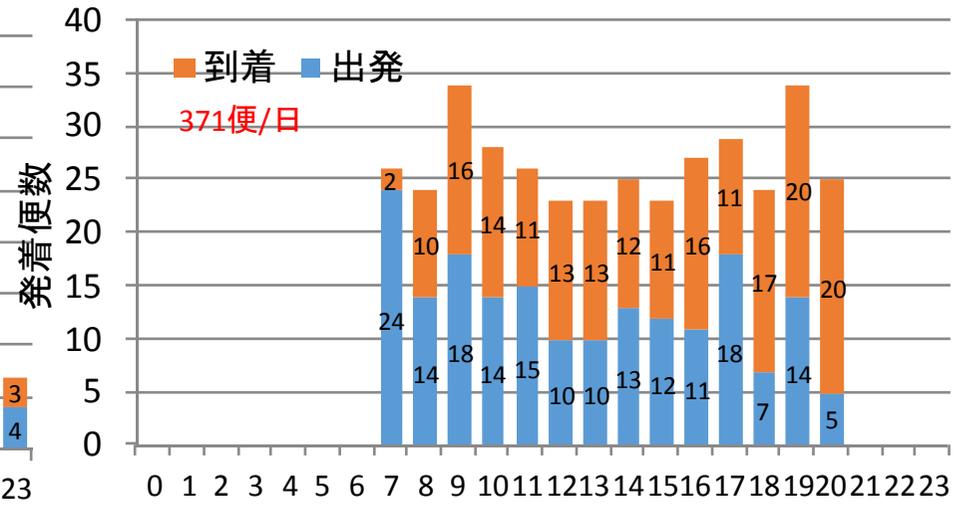
写真出典) Google Earth

# 発着便数(H29.3ダイヤ)

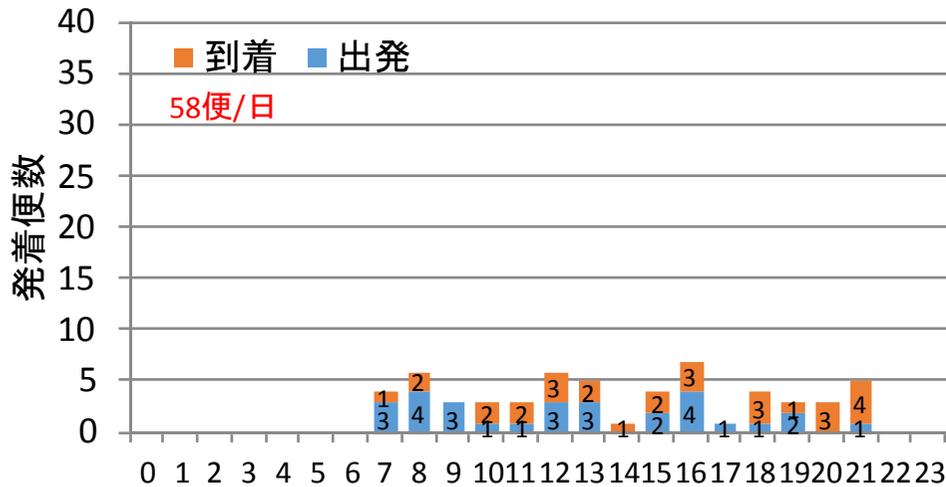
3空港合計でピーク70~80回/時



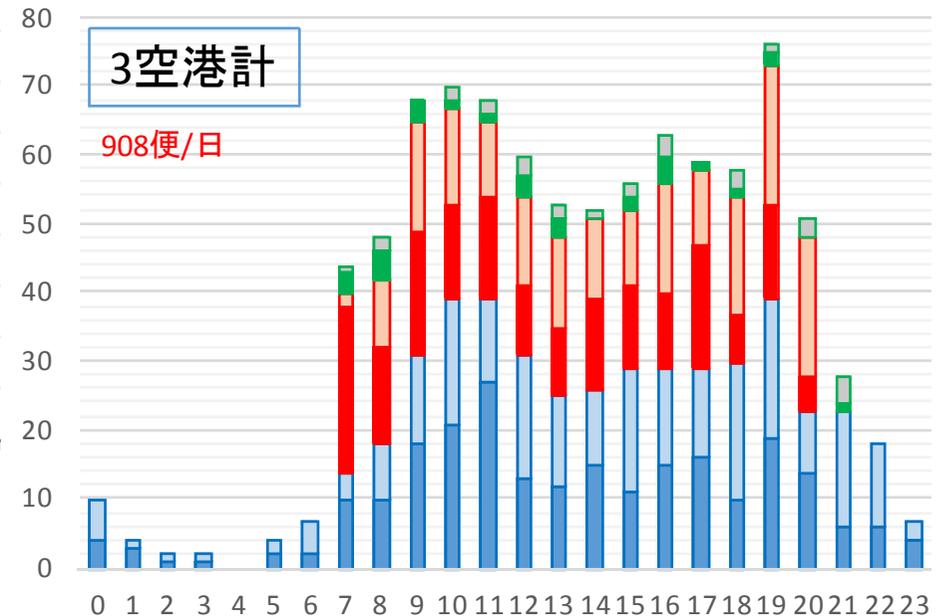
関西 時間帯 →10~11時, 19時のピーク



伊丹 時間帯



神戸 時間帯

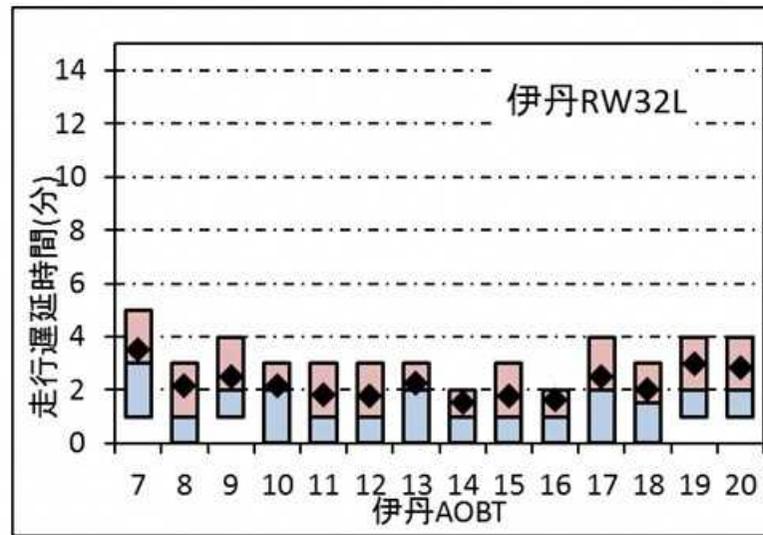
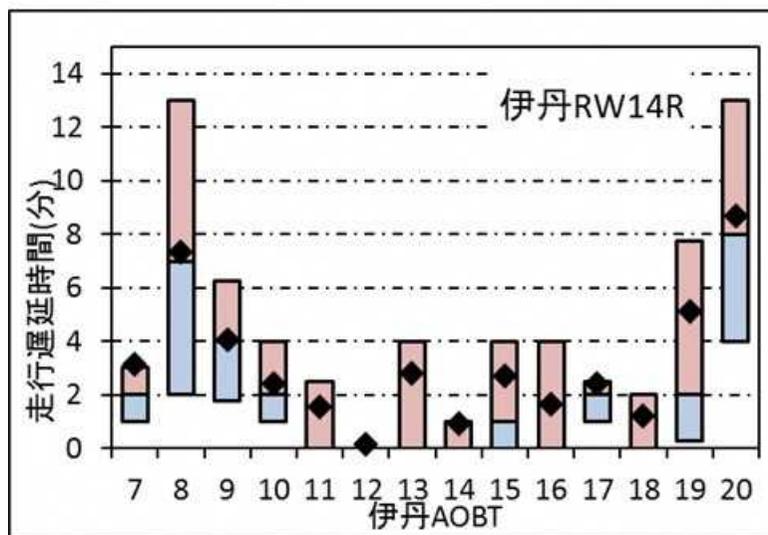
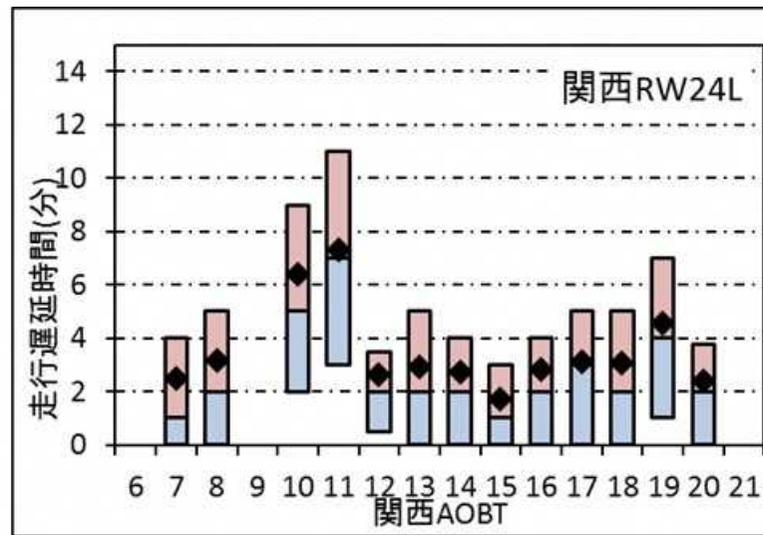
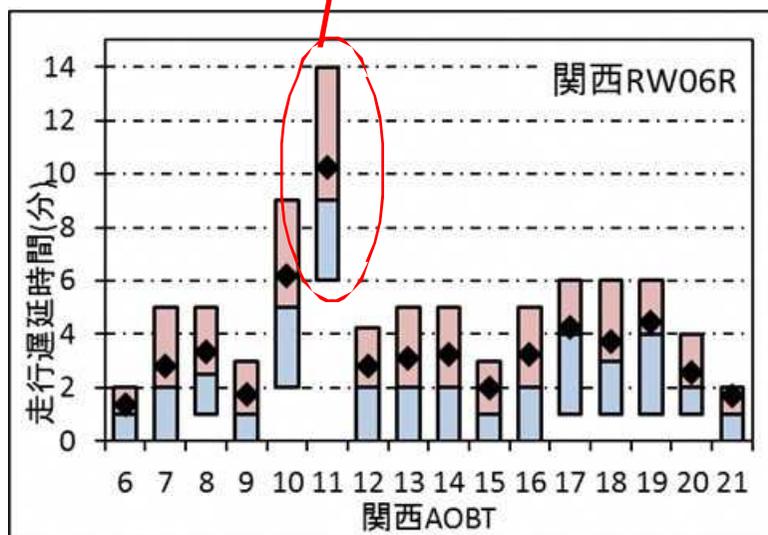


出典) 空港会社WEBから集計(数便程度の誤差の可能性あり)

■ 関西出発 ■ 関西到着 ■ 伊丹出発 ■ 伊丹到着 ■ 神戸出発 ■ 神戸到着

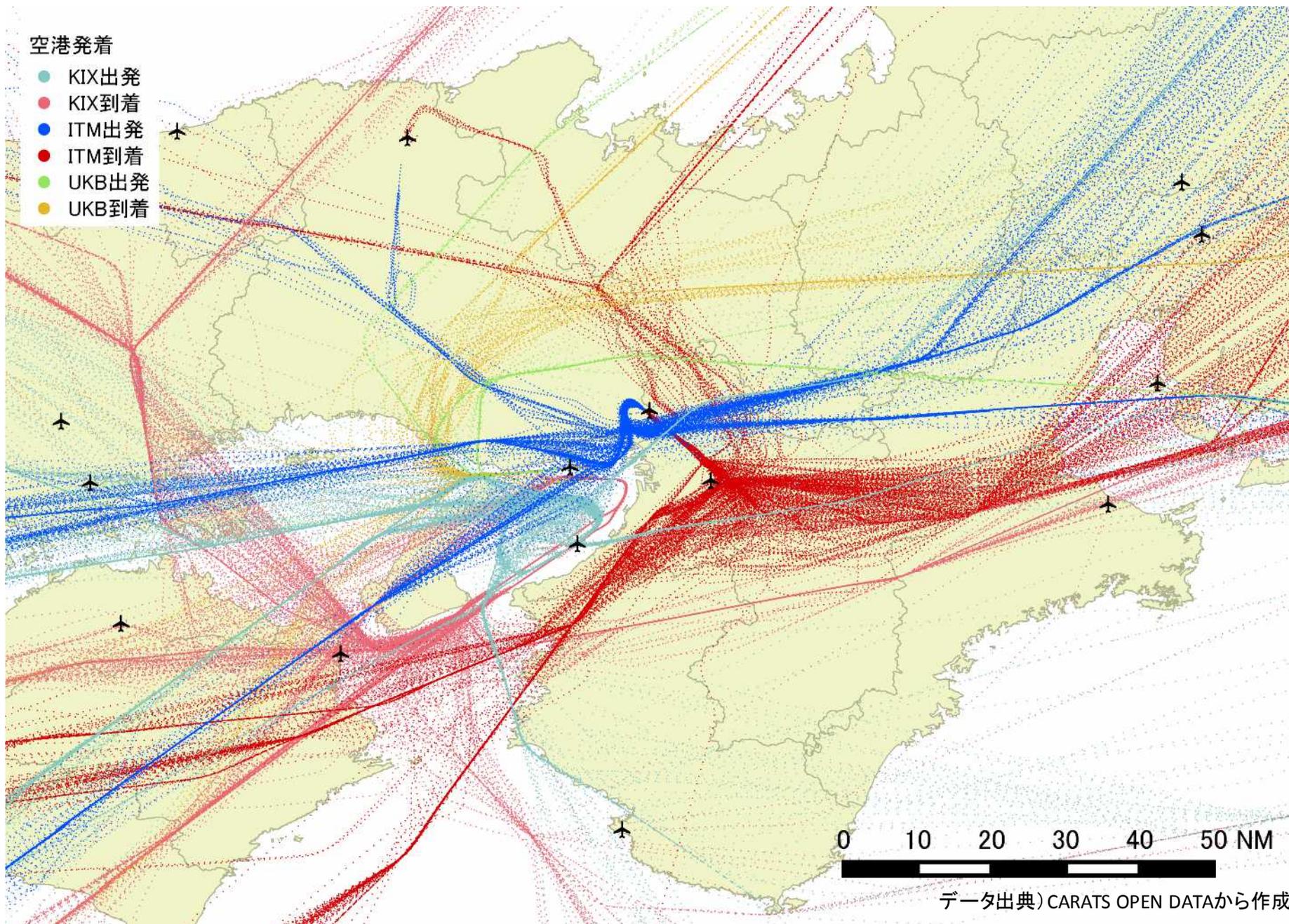
# 関空・伊丹の出発走行時間の遅延(推計値)

離陸ピーク(11時台)で離陸待ち時間が増加傾向

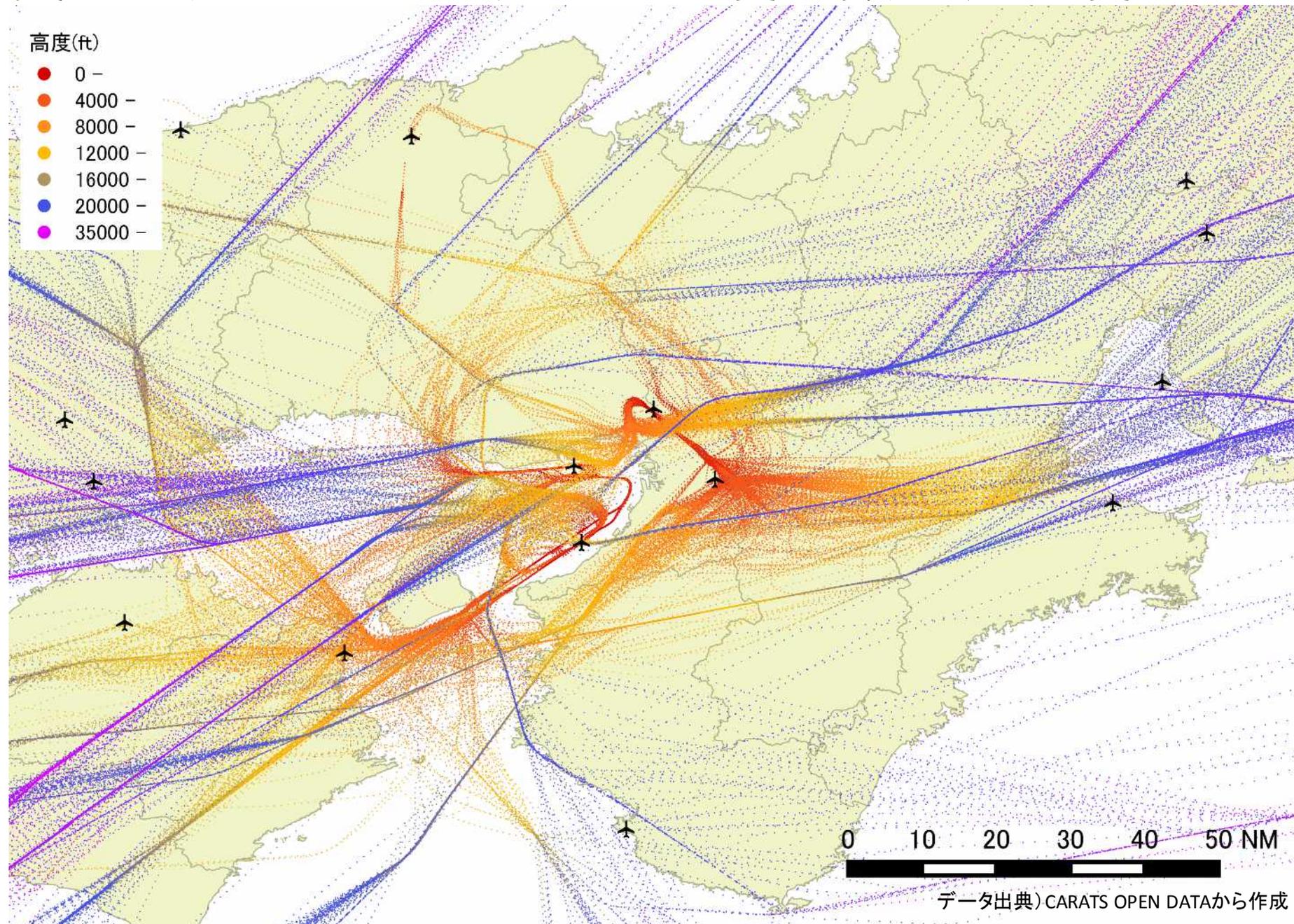


出典)FlightRadar24データから独自に集計(サンプルデータなので全体の傾向を必ずしも示していない可能性がある)

# 実際の飛行軌跡図(2014年度の数日): 空港別



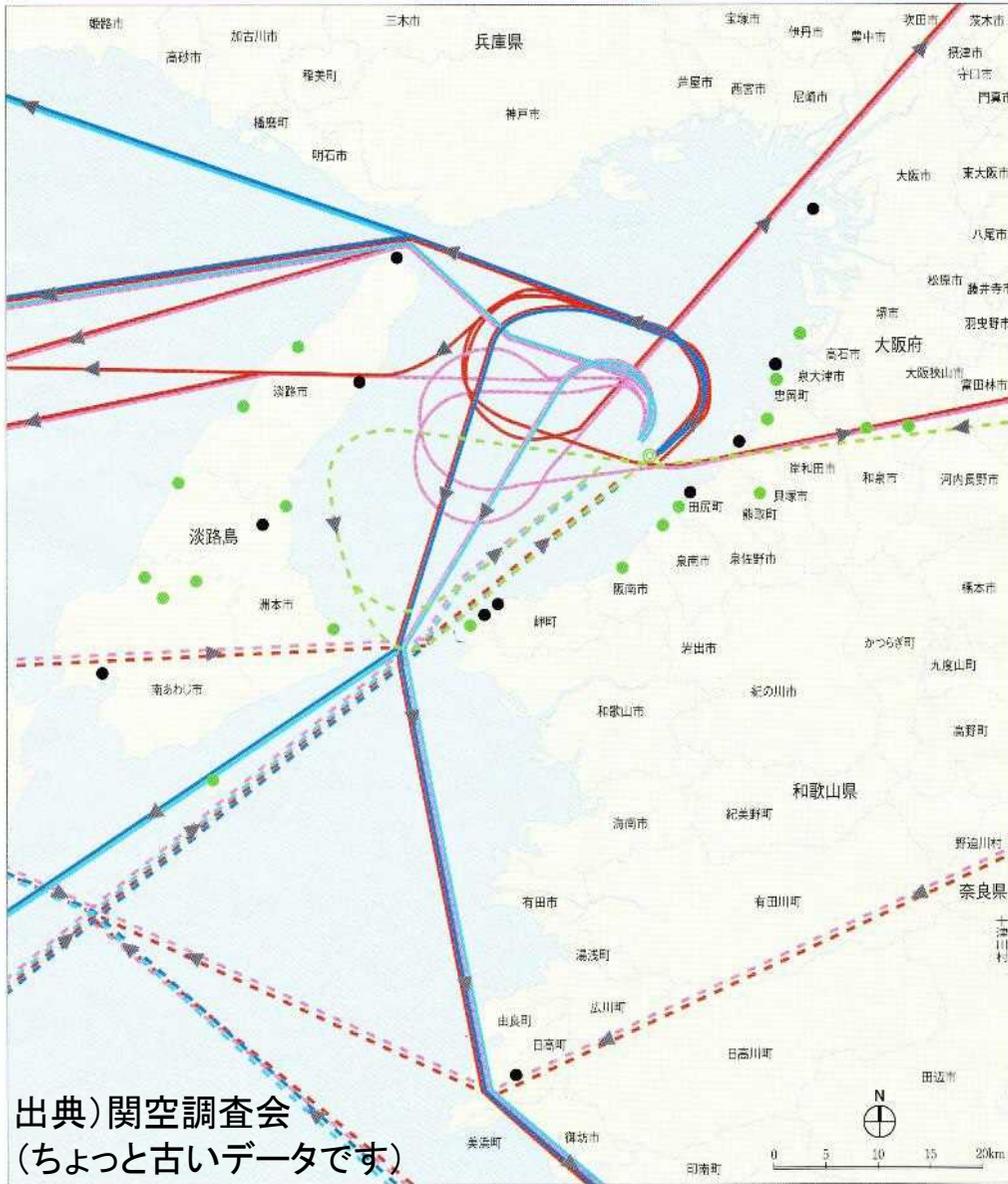
# 実際の飛行軌跡図(2014年度の数日):高度表示



# 航空機の飛行経路

(南西から到着し、北東へ出発する場合)

06  
運用



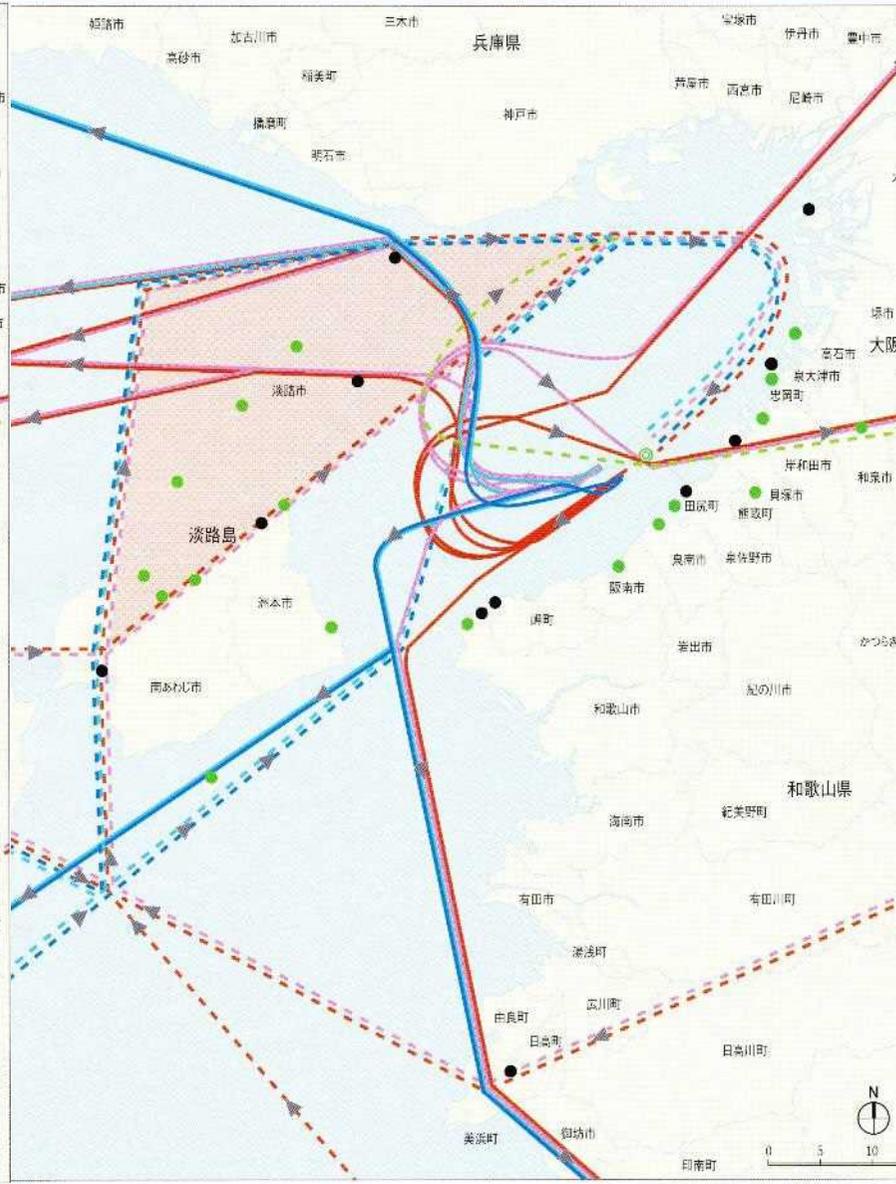
出典) 関空調査会  
(ちょっと古いデータです)

凡例	昼 出発	A 滑走路	→	夜 出発	A 滑走路	→	●	航空機騒音常時観測局
	昼 経路	B 滑走路	→	夜 経路	B 滑走路	→	●	航空機騒音定期観測局
	昼 到着	A 滑走路	←	夜 到着	A 滑走路	←	●	環境センター
	昼 経路	B 滑走路	←	夜 経路	B 滑走路	←	●	

# 航空機の飛行経路

(北東から到着し、南西へ出発する場合)

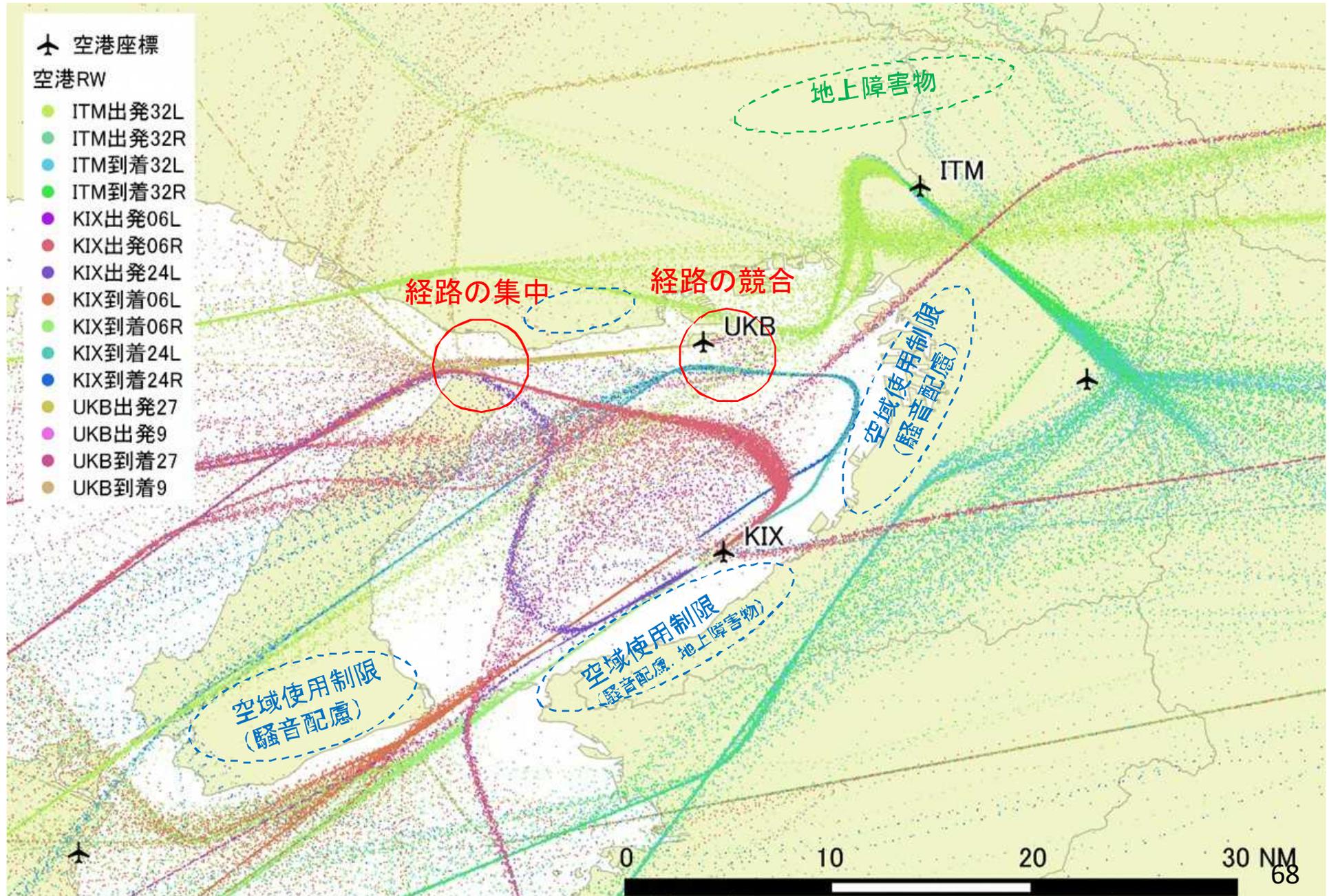
24  
運用



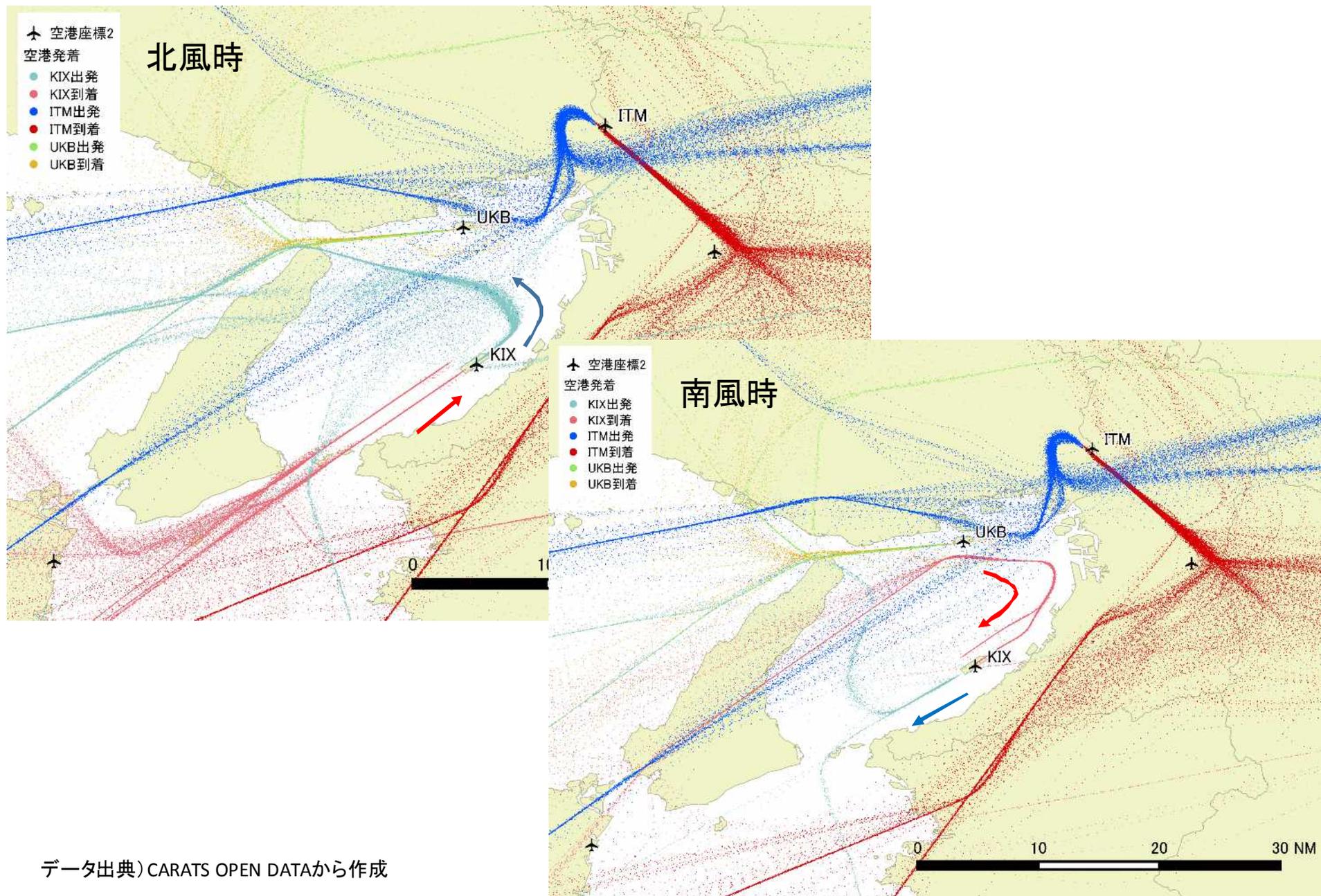
凡例	昼 出発	A 滑走路	→	夜 出発	A 滑走路	→	●	航空機騒音常時
	昼 経路	B 滑走路	→	夜 経路	B 滑走路	→	●	航空機騒音定期
	昼 到着	A 滑走路	←	夜 到着	A 滑走路	←	●	環境センター
	昼 経路	B 滑走路	←	夜 経路	B 滑走路	←	●	

# 陸域飛行への配慮と経路設定

データ出典) CARATS OPEN DATAから作成



# 関空：北風時、南風時の飛行経路



データ出典) CARATS OPEN DATAから作成

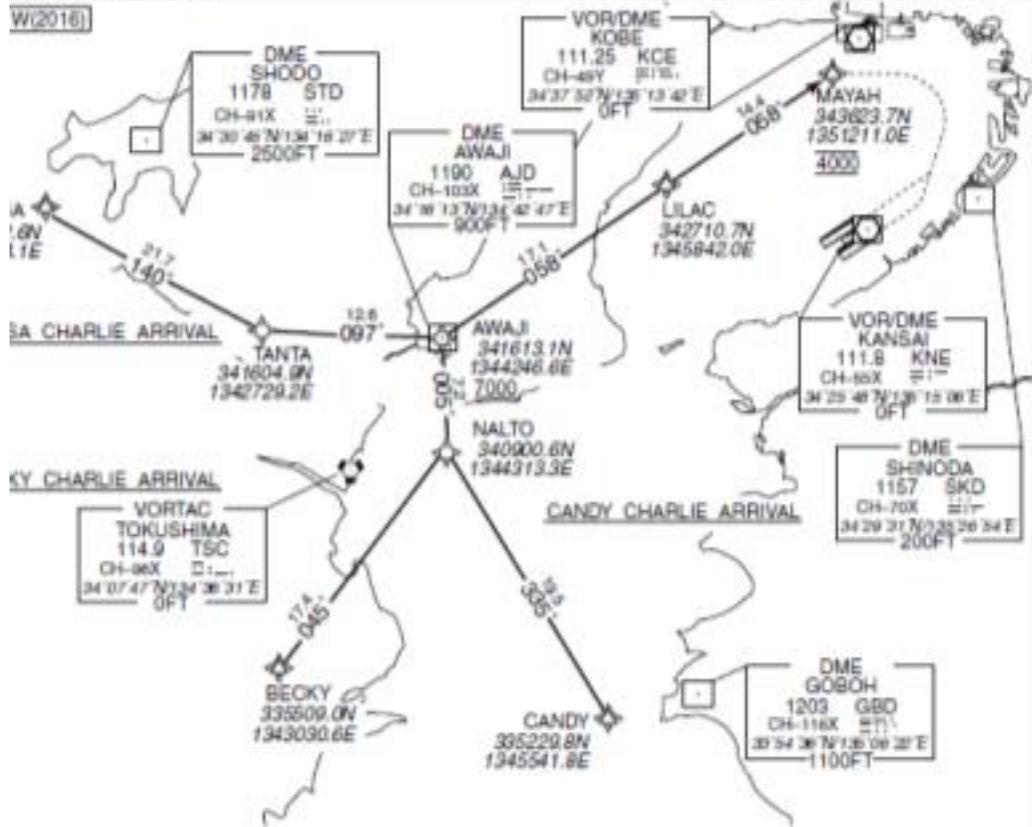
# 関空：標準到着経路の例

/ KANSAI INTL RNAV STAR RWY24L/24R

ALISA CHARLIE ARRIVAL BECKY CHARLIE ARRIVAL CANDY CHARLIE ARRIVAL	RNAV1
---	-------

1) DME/DME/IRU or GNSS required  
2) RADAR service required.

W(2016)

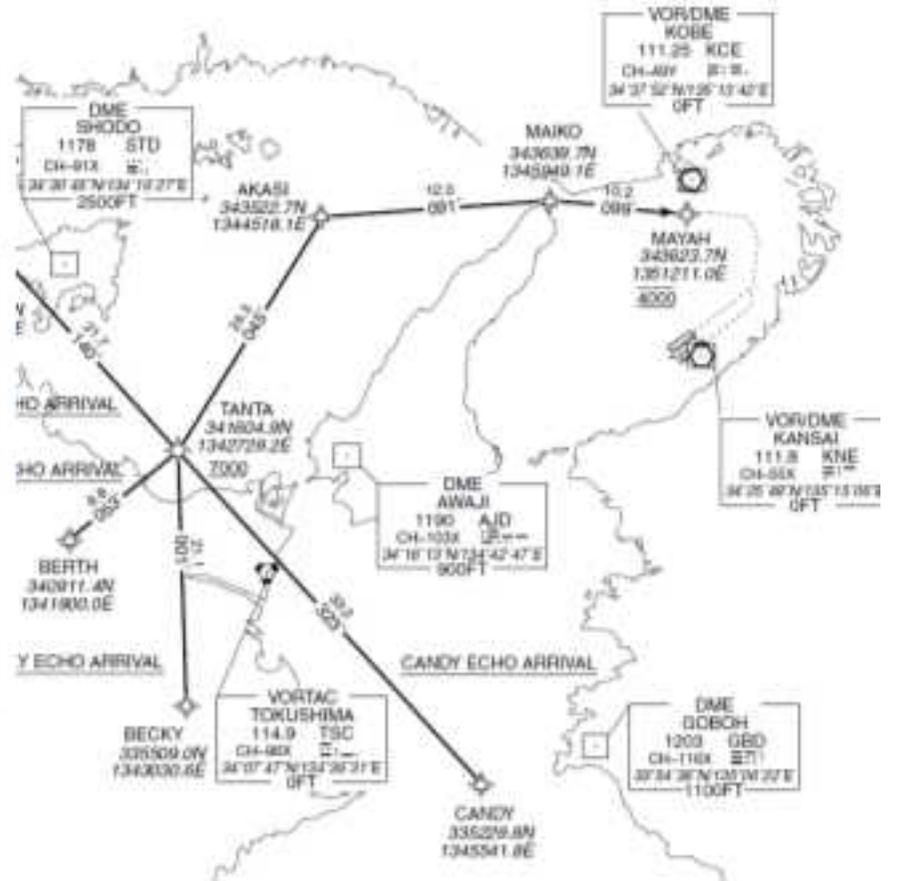


/ KANSAI INTL RNAV STAR RWY24L/24R

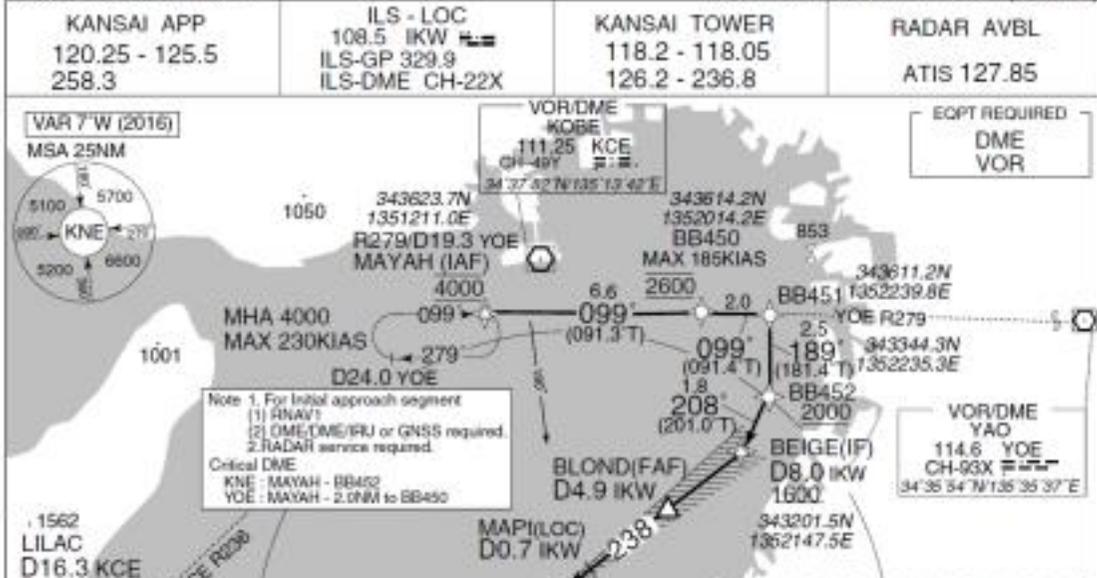
ALISA ECHO ARRIVAL BECKY ECHO ARRIVAL BERTH ECHO ARRIVAL CANDY ECHO ARRIVAL	RNAV1
--	-------

DME/DME/IRU or GNSS required  
RADAR service required.

W(2016)



RJBB / KANSAI INTL ILS Z or LOC Z RWY24R (CAT II)



最終進入前の到着経路は共通(一本)

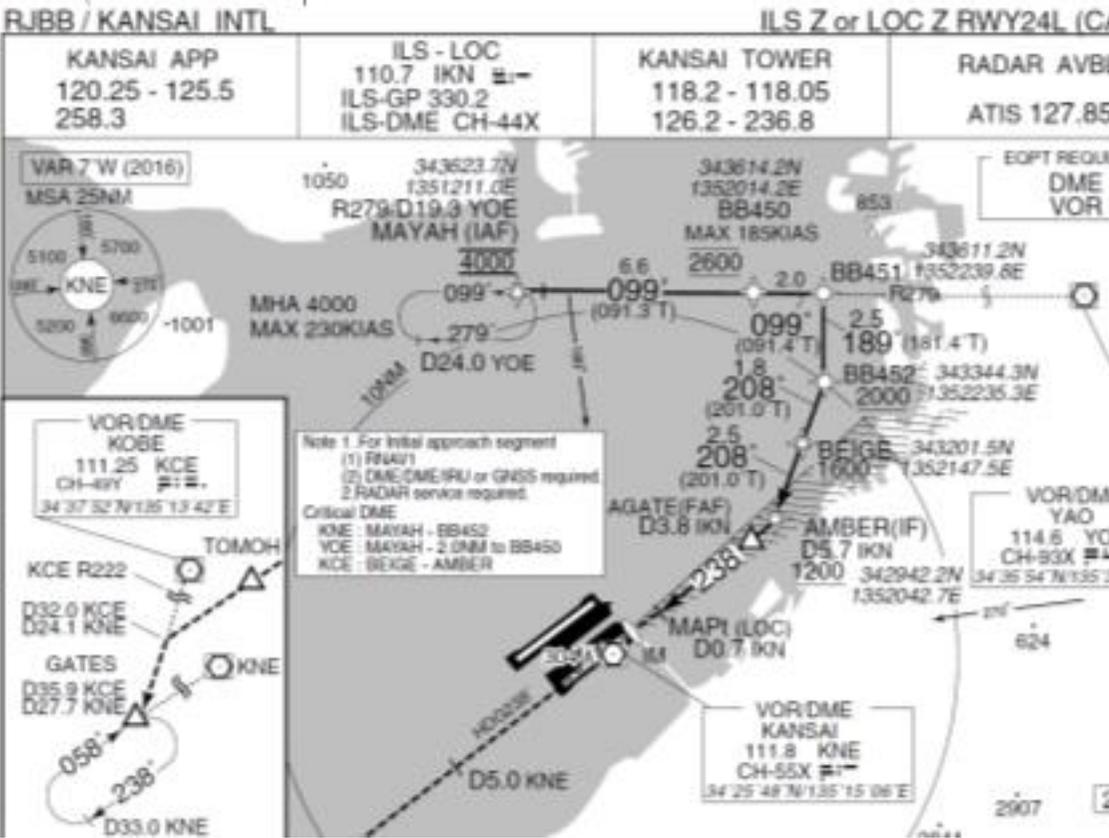


MISSED APPROACH  
Turn right, climb to 3000FT, via KNE R283 to LILAC and hold.  
Contact KANSAI APP.

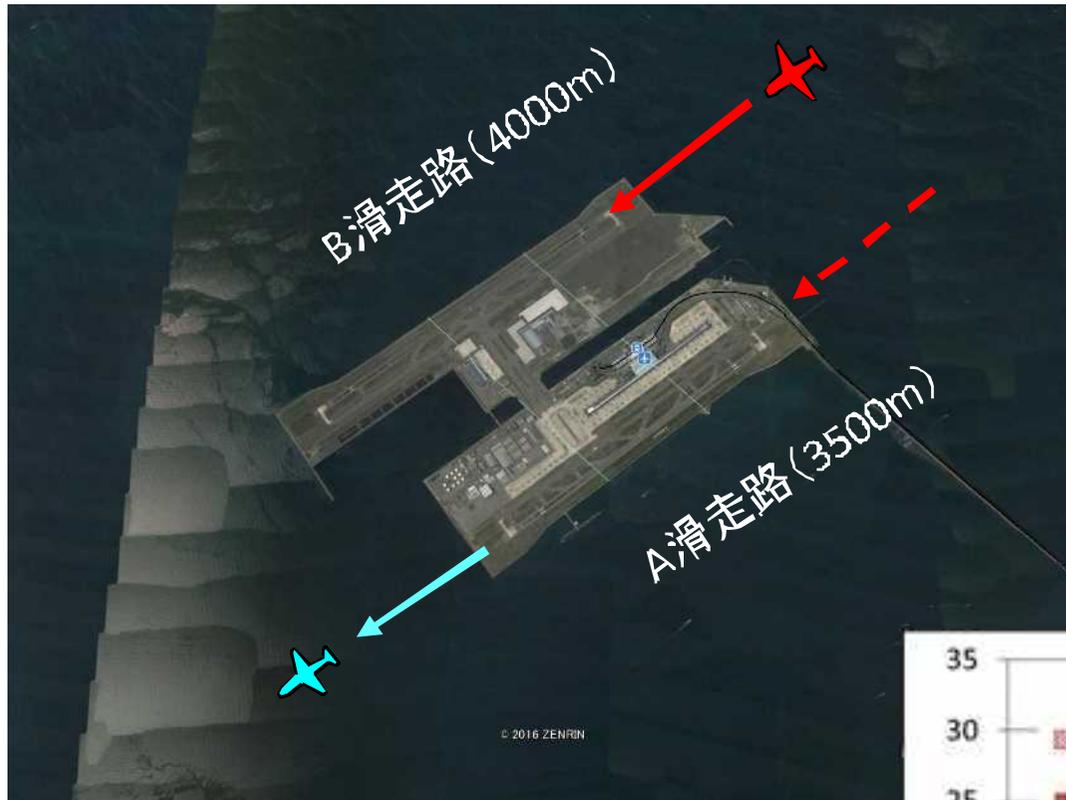
Timing not authorized for defining the MAPI.

DME to IKW	0.2	0.5	0.7	0.9	4.9	8.0
NM to THR	0	0.1	0.5	0.7	4.7	7.8

MINIMA		THR elev. 32		AD elev. 17			
CAT	CAT II		CAT I		LOC		
	DA(H)	RA	RVR	DA(H)	RVR/CMV	MDA(H)	RVR/CMV
A							
B	132 (100)	100	300	232 (200)	550	290 (273)	800



# 関空の滑走路運用イメージ(混雑時)

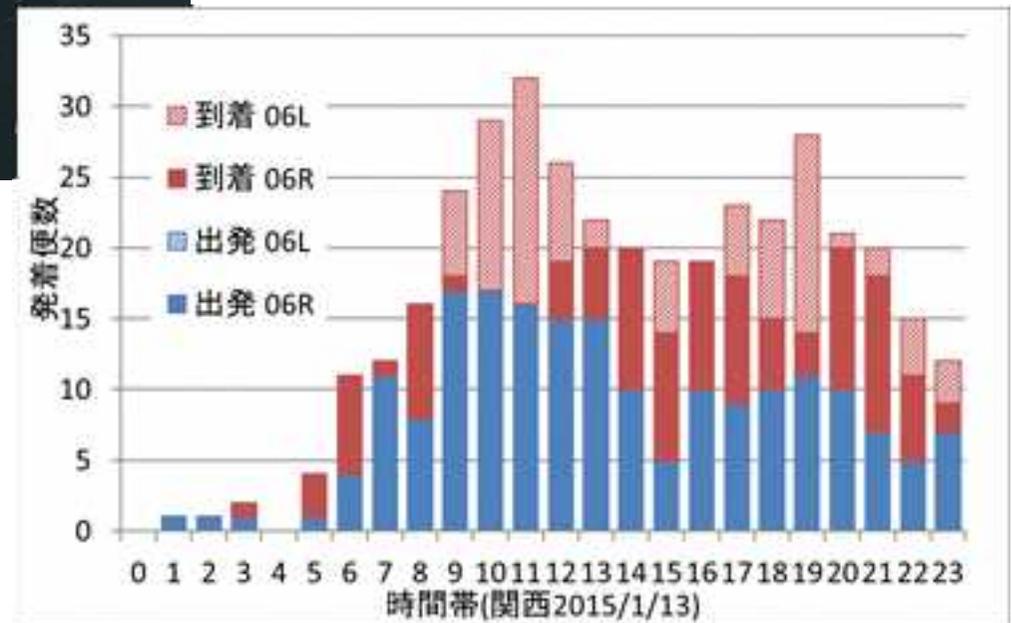


空域をより柔軟に使用すれば、  
同時離陸や同時着陸などにより、  
さらに容量拡大が可能。

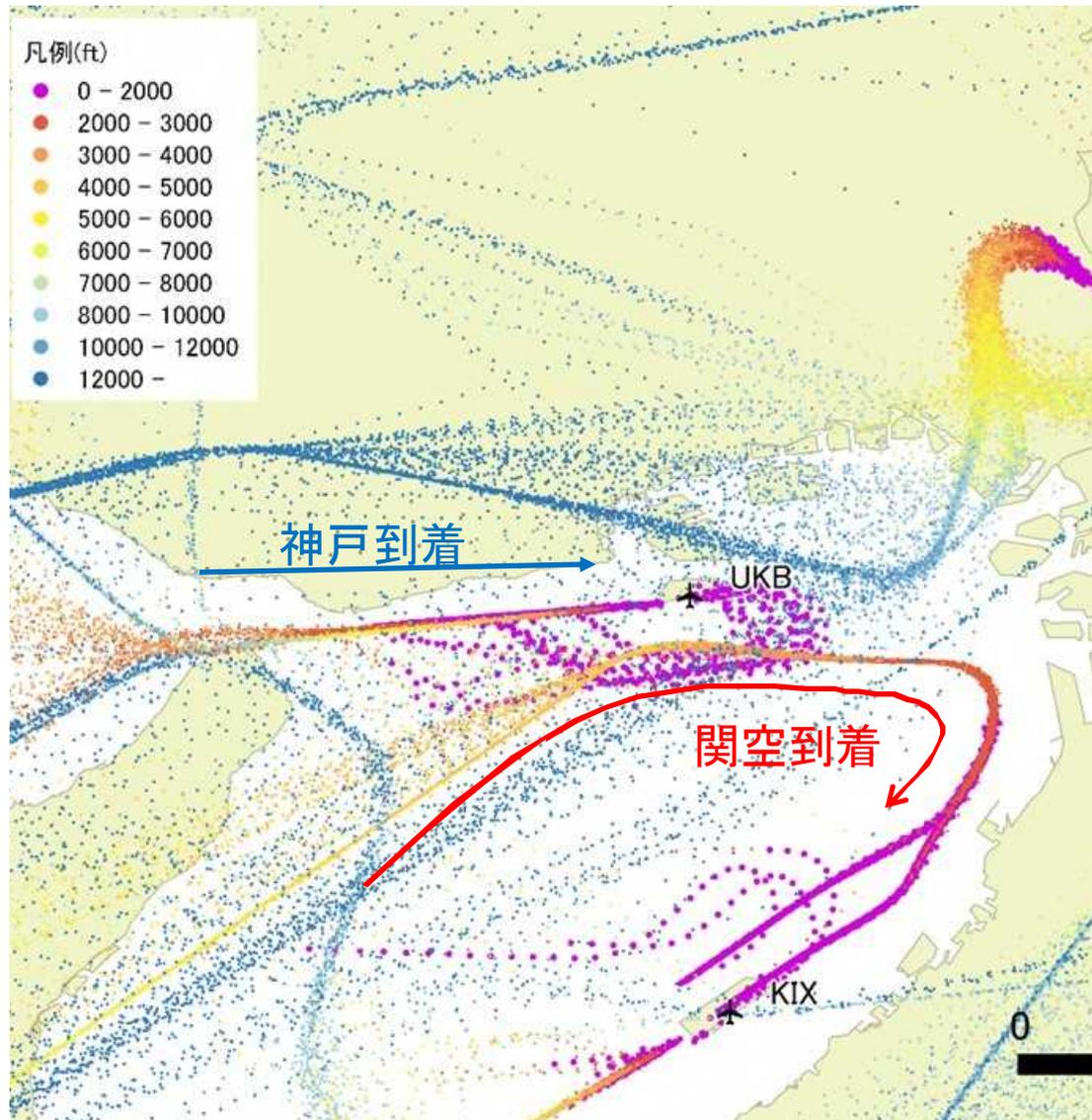
CARATS DATA2014から集計



写真出典) Google Earth



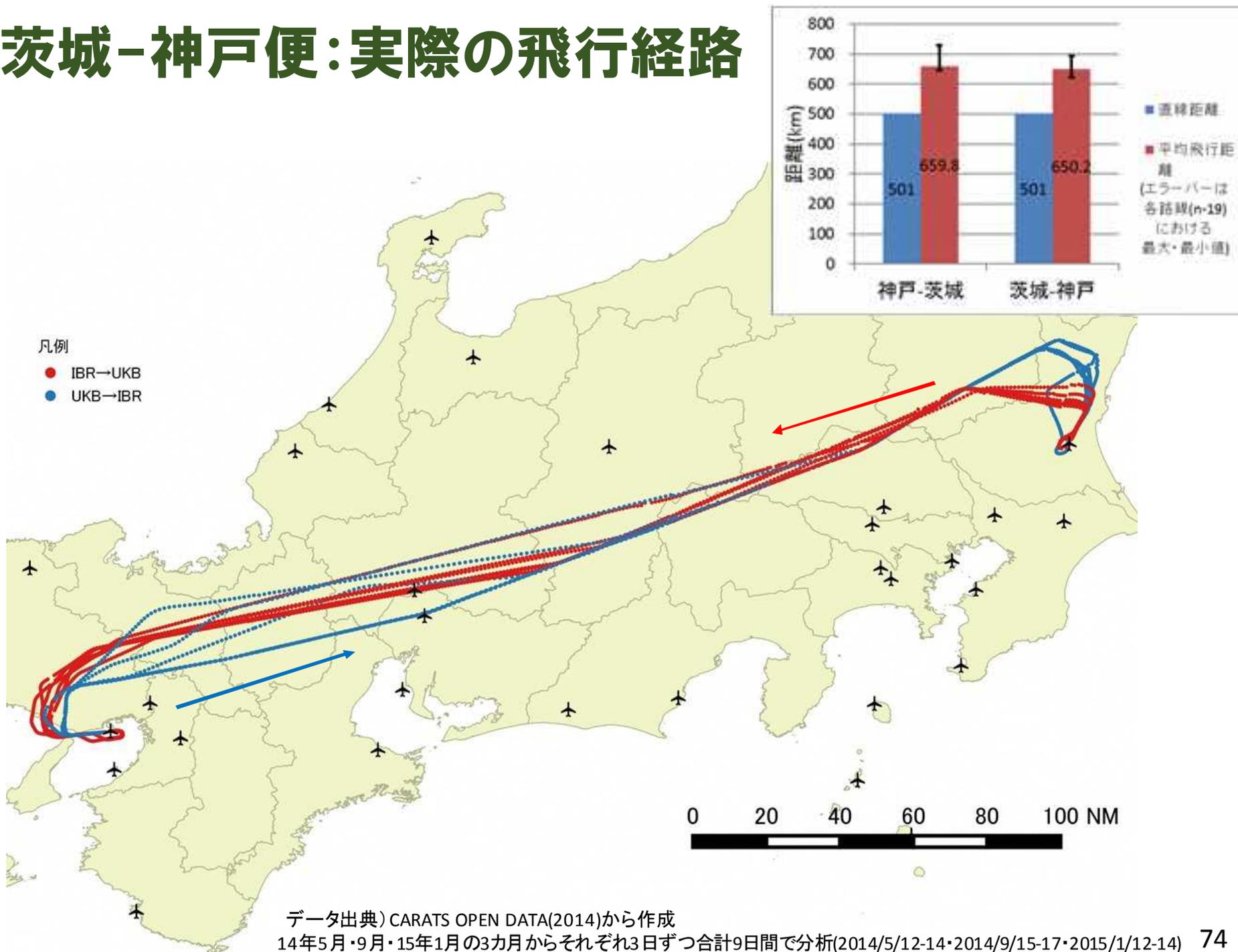
# 神戸と関空の経路競合



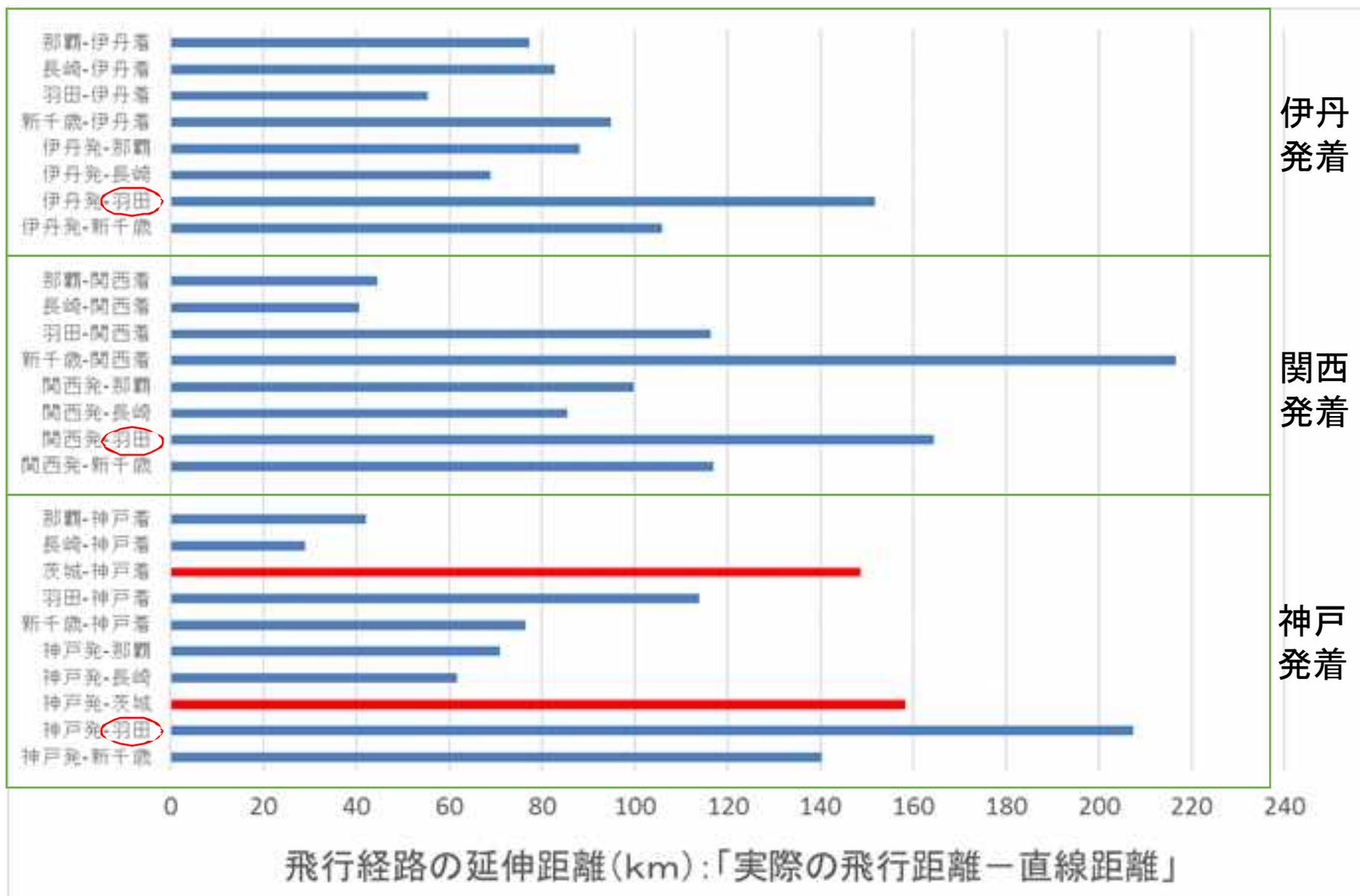
出典) AIS JAPAN

データ出典) CARATS OPEN DATAから作成

# 茨城-神戸便: 実際の飛行経路



# 飛行経路の延伸距離の比較(関西3空港発着便)



【課題2】 到着便における関空と伊丹の所要時間比較



関西空港の着陸経路は伊丹空港に比べ長く、所要時間が25分多い



関西空港の競争力の向上には着陸経路の短縮の検討も必要

Jetstar - Privileged and Confidential

22

# 関西圏空港・空域の運用～現状まとめ

## 関空:

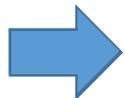
- ✓ 陸域飛行高度制限(空港東部・北部, 淡路)
  - 高度処理のための飛行距離延伸
  - 使用空域制限のための空域混雑(離着陸の飛行誘導に影響)
  - 平行滑走路への同時離着陸経路の設定が困難

## 伊丹:

- ✓ 騒音規制
  - 運航機数の総量・密度・時間制限
  - 機材別の使用滑走路制限
- ✓ 地上障害物(空港北部の山地)
  - 北東方面への(orからの)離着陸ができない
  - 南風運用時の容量減

## 神戸:

- ✓ 機数制限(日30往復)
- ✓ 関空便との飛行経路の競合, 陸域飛行高度制限(空港北部など)
  - 西方片側運用, 飛行高度制限



新技術, 需要拡大(ピーク容量の不足), 運航効率の改善ニーズ(燃料, CO2)に対応した新たな飛行経路デザインと管制運用の検討可能性 ↔ 騒音環境

# 関西3空港の今後の検討可能性

- 次世代管制・運航システムの積極活用
- 騒音影響と陸域高度制限 ⇔ 運航効率改善と処理効率改善のニーズ
- 3空港(特に関空と神戸)の近接性と経路重複 ⇔ 陸域飛行制限との関連や一体従属運用の可能性
- 3空港の需要ニーズに応じた運用制約の見直しの必要性検討と技術検討

\* \* \* \* \*

関西国際空港の航空需要は増加が続いており、大阪国際空港はほぼ容量一杯の状況が続いている。ここ数年の需要拡大のまま推移すれば、将来的には関西においても増大する航空需要に対してどのように対処していくのかについて考えていくことが必要になる。

その際、最も大切なことは周辺地域、周辺住民とのコミュニケーションであり、関西国際空港はこれまでも周辺地域とのコミュニケーションを大切にしてきた歴史をもっている。その歴史を忘れずに守りつつ、航空需要への対処にあたっては、長期的視点に立った方針を立てて、関西地域全体での問題意識の共有、経済発展と環境影響のバランスの考慮、地域における騒音負担のあり方の議論、次世代航空交通システムなどの新技術の積極的活用による運航の効率化と環境影響の軽減など、多面的な検討を進めていくことが重要である。

## 本日の報告内容

1. 首都圏空港の容量拡大に向けた取り組み
2. 混雑空港における飛行経路設定と騒音対策の事例
3. 滑走路処理容量の考え方
4. 次世代の航空交通システムと空港運用への影響
5. 関西3空港の運用状況

ご清聴ありがとうございました

平田 輝満

terumitsu.hirata.a@vc.ibaraki.ac.jp