

2013.7.25 第115回 運輸政策コロキウム

首都圏空港の容量拡大方策と騒音負担のあり方に関する研究

平田 輝満

運輸政策研究所 非常勤研究員

茨城大学工学部 都市システム工学科 准教授

研究内容～全体

研究背景:

- わが国首都圏の空港容量不足
- 管制運用面での容量拡大方策の検討の必要性

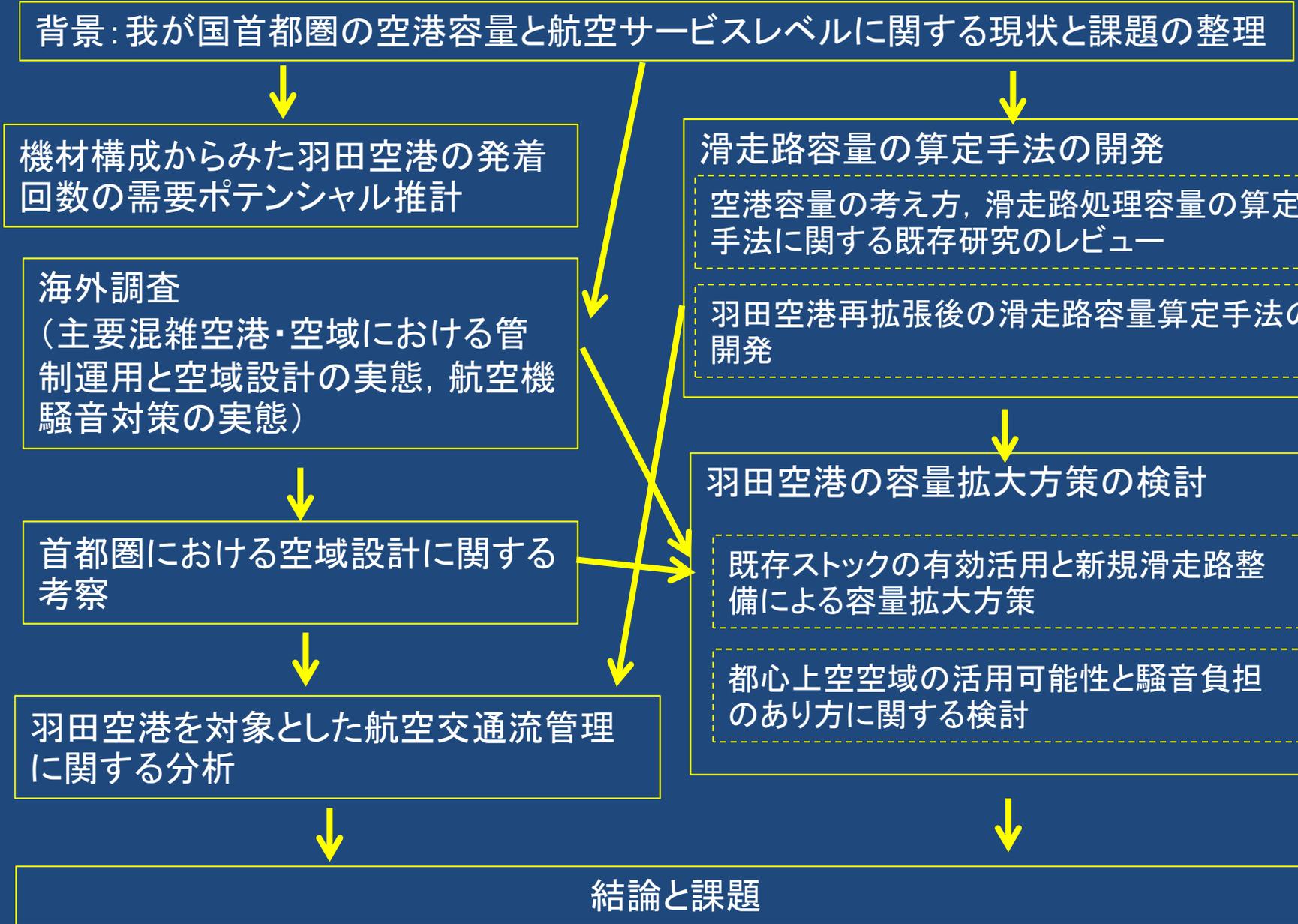
研究目的:

- 主に羽田空港を対象として、管制運用面からみた空港容量拡大方策の検討を行う

ITPSレポートの目次:

- 第1章 はじめに
- 第2章 路線別運航頻度の日米比較と空港容量拡大の影響に関する分析
- 第3章 海外主要空港における管制運用および空域再編の実態に関する調査
- 第4章 羽田空港を対象とした滑走路処理容量の算定手法の開発
- 第5章 羽田空港の容量拡大方策の検討
- 第6章 混雑空港の容量拡大と騒音負担のあり方
- 第7章 羽田空港到着機を対象とした航空交通流管理に関する分析と米国のGround Delay Program
- 第8章 本研究の成果と課題

研究フロー図



本日の発表内容

1. わが国首都圏における空港容量拡大ニーズと騒音問題
2. 混雑空港における騒音分散に関する海外事例
3. 都心上空活用による羽田空港の容量拡大方法に関する一考察
4. 羽田空港における動的な容量管理(離着陸便数配分)の効果分析
5. 本日の発表のまとめ

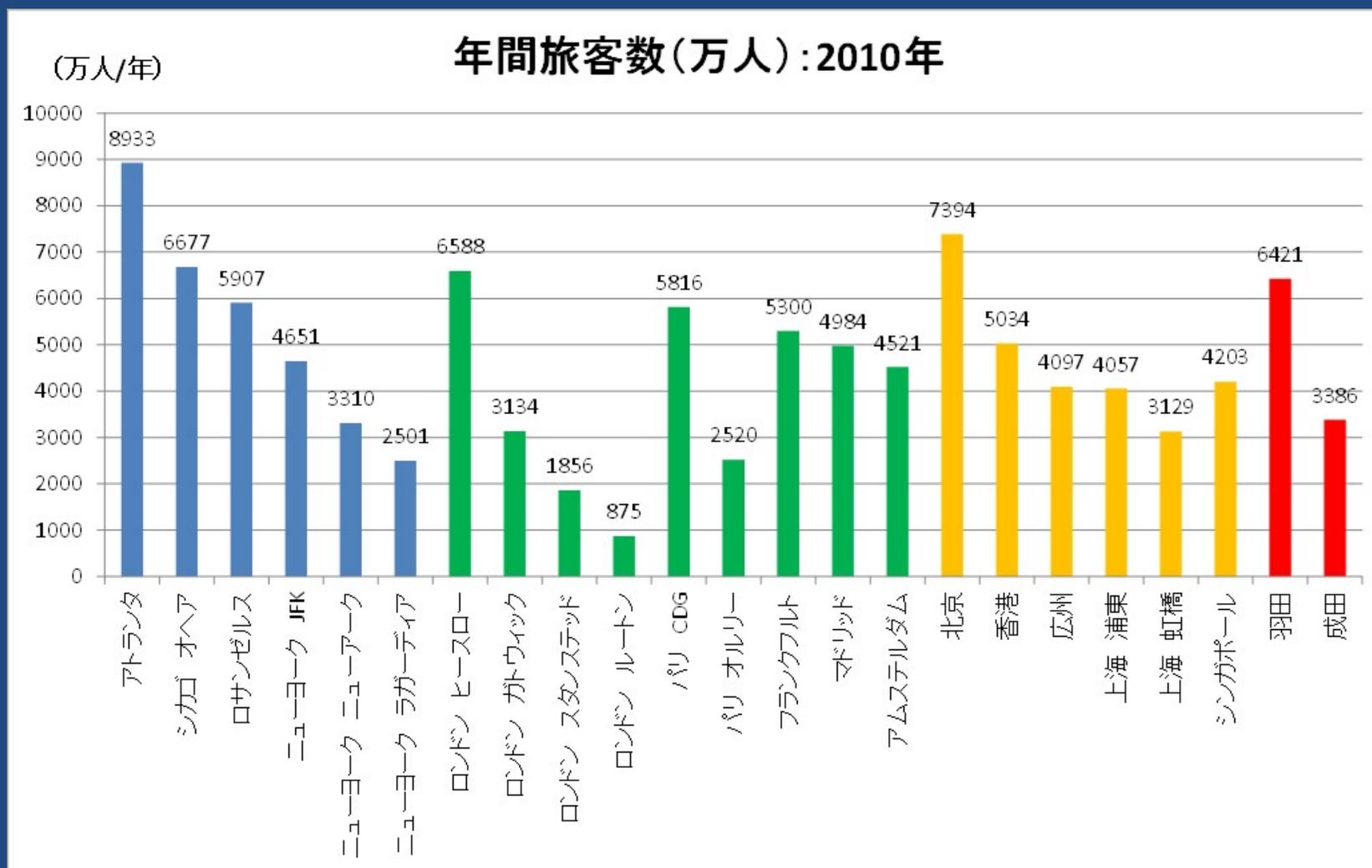
首都圏空港の中長期的な容量拡大ニーズ

- ✓ 羽田空港の再拡張, 成田空港の30万回化への取り組み



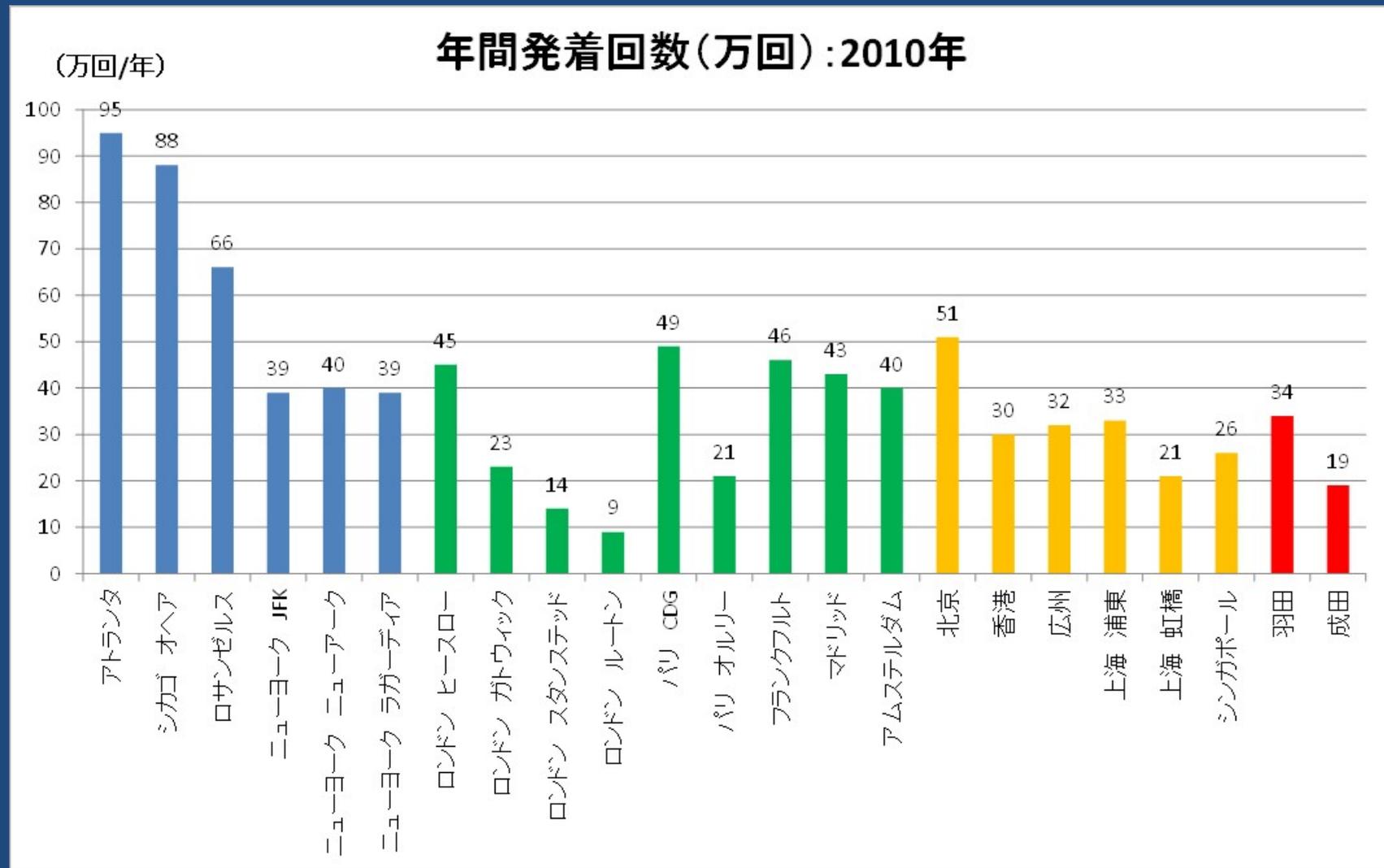
- ✓ 中長期的な容量拡大方策の検討の必要性
 - アジアを中心とした国際需要の伸び
 - LCCによる新規需要
 - 新型機材・小型機材による路線開設や多頻度化
 - ピーク時間帯の容量不足への対応

世界主要空港の旅客数(2010年)



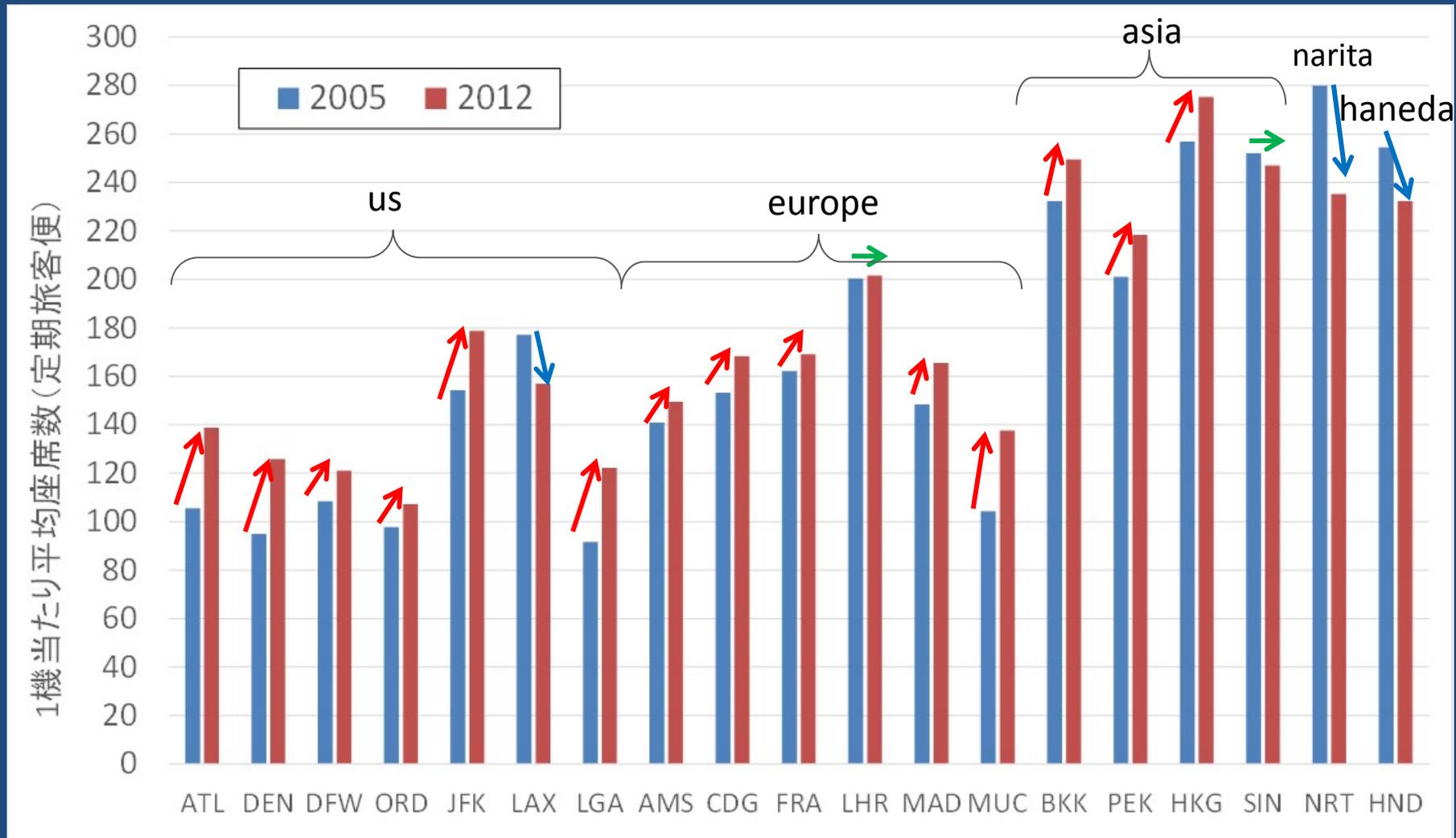
データ出典) Airports Council International, NYNJ Port Authority, ロンドンの各空港会社, NAA, Civil Aviation Administration of Chinaの各ホームページ

世界主要空港の発着回数(2010年)



データ出典) Airports Council International, NYNJ Port Authority, ロンドンの各空港会社, NAA, Civil Aviation Administration of Chinaの各ホームページ

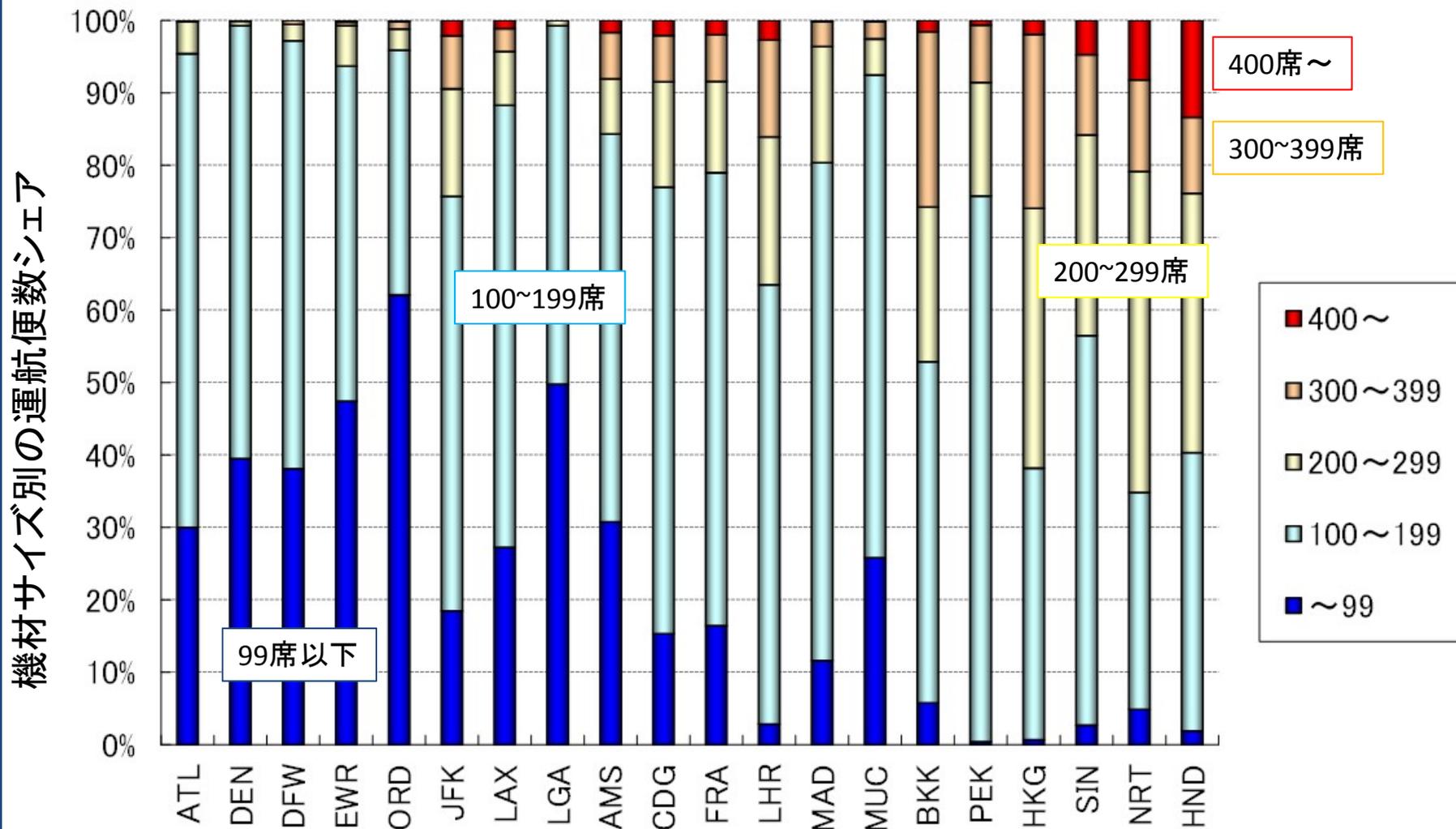
機材の平均サイズ: 世界の主要空港との比較(2005 vs 2012)



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)

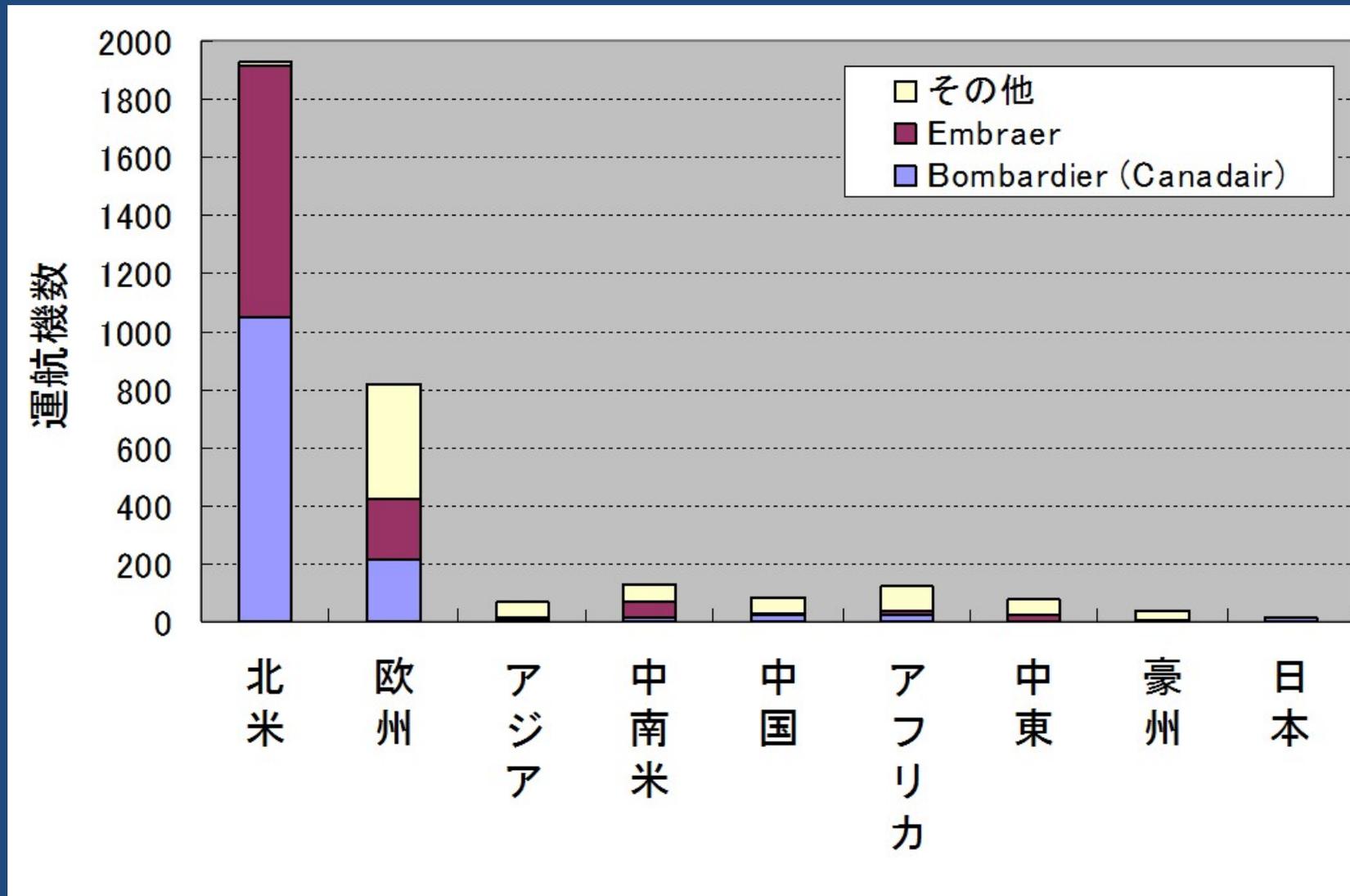
欧米では以前は小型化が進展→近年は燃料費高騰や不景気で大型化傾向
我が国では容量拡大やエアラインの経営効率改善, 新規参入のため小型化が進展

機材サイズ別の運航便数シェア(2012)



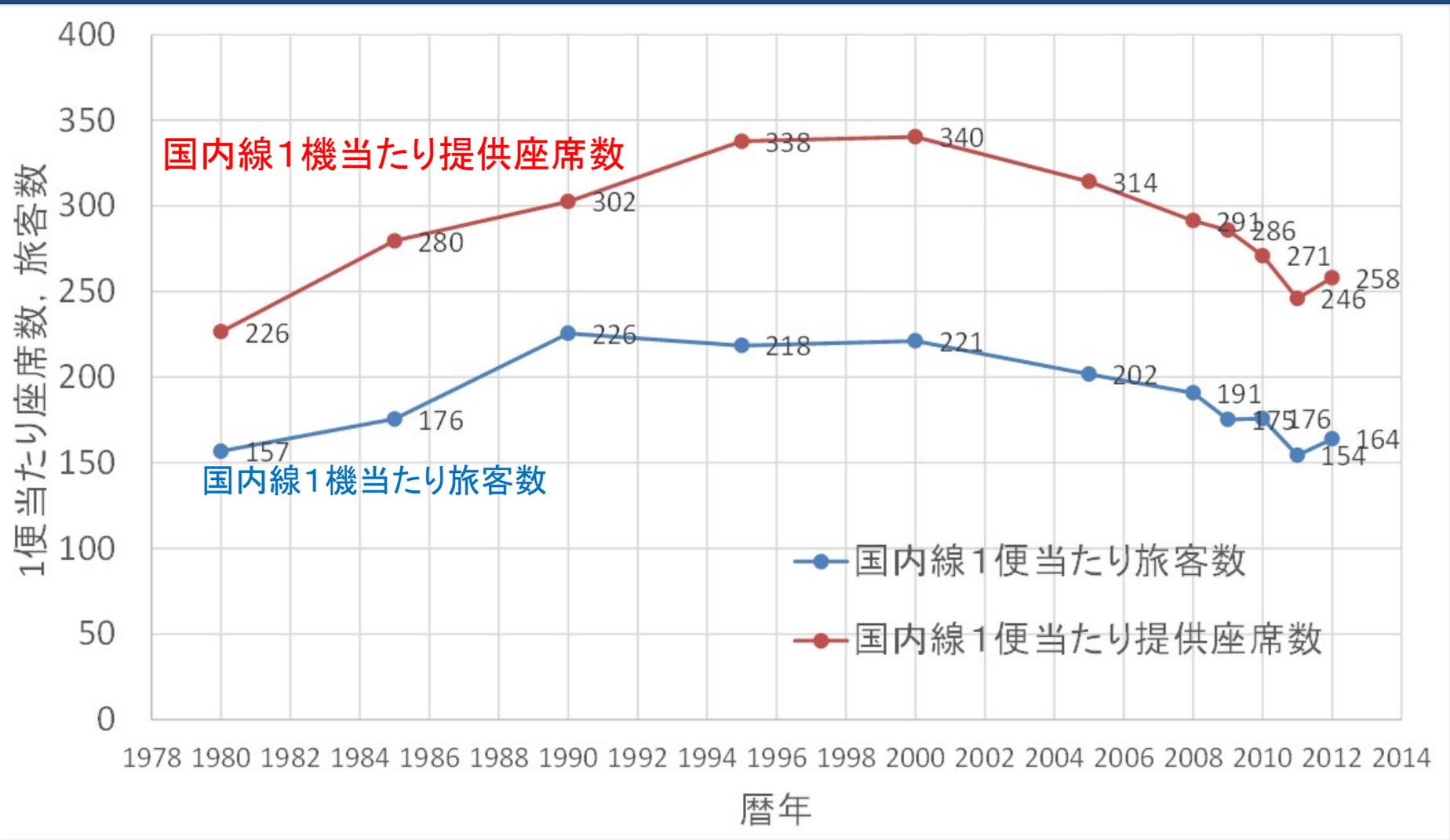
データ出典) OAG時刻表9月データから計算(定期旅客便のみ)

リージョナルジェット機の地域別運航機数(2007年末)



参考資料) 民間航空機関連データ集 / 日本航空機開発協会(財)

羽田発着便(国内線)の平均機材サイズの変化(1980→2012)



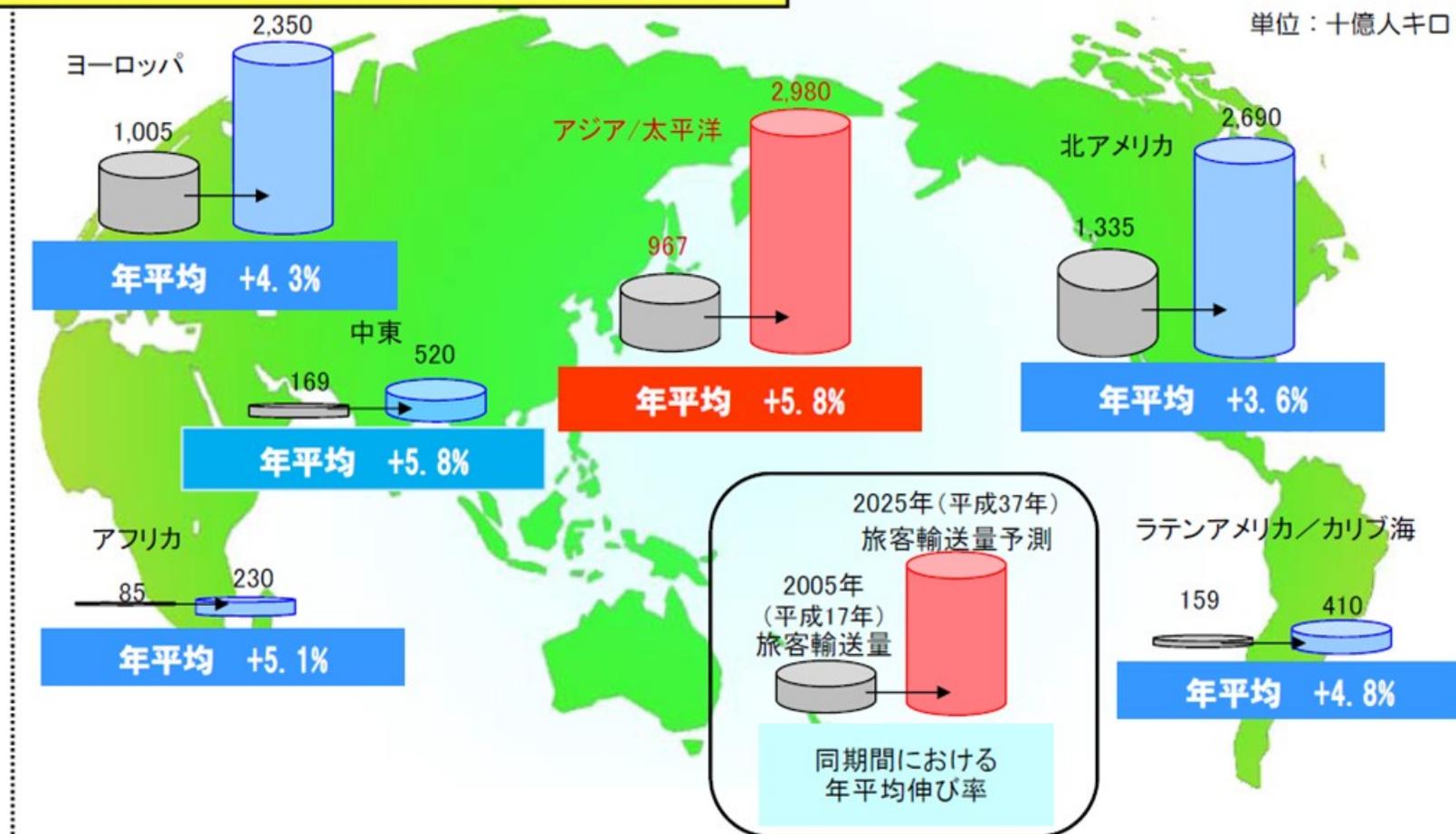
データ出典) 航空輸送統計年報から算出

2000年以降, 小型多頻度化が徐々に進展. 羽田再拡張後に大きく小型化.

世界の航空需要とアジア需要の増加

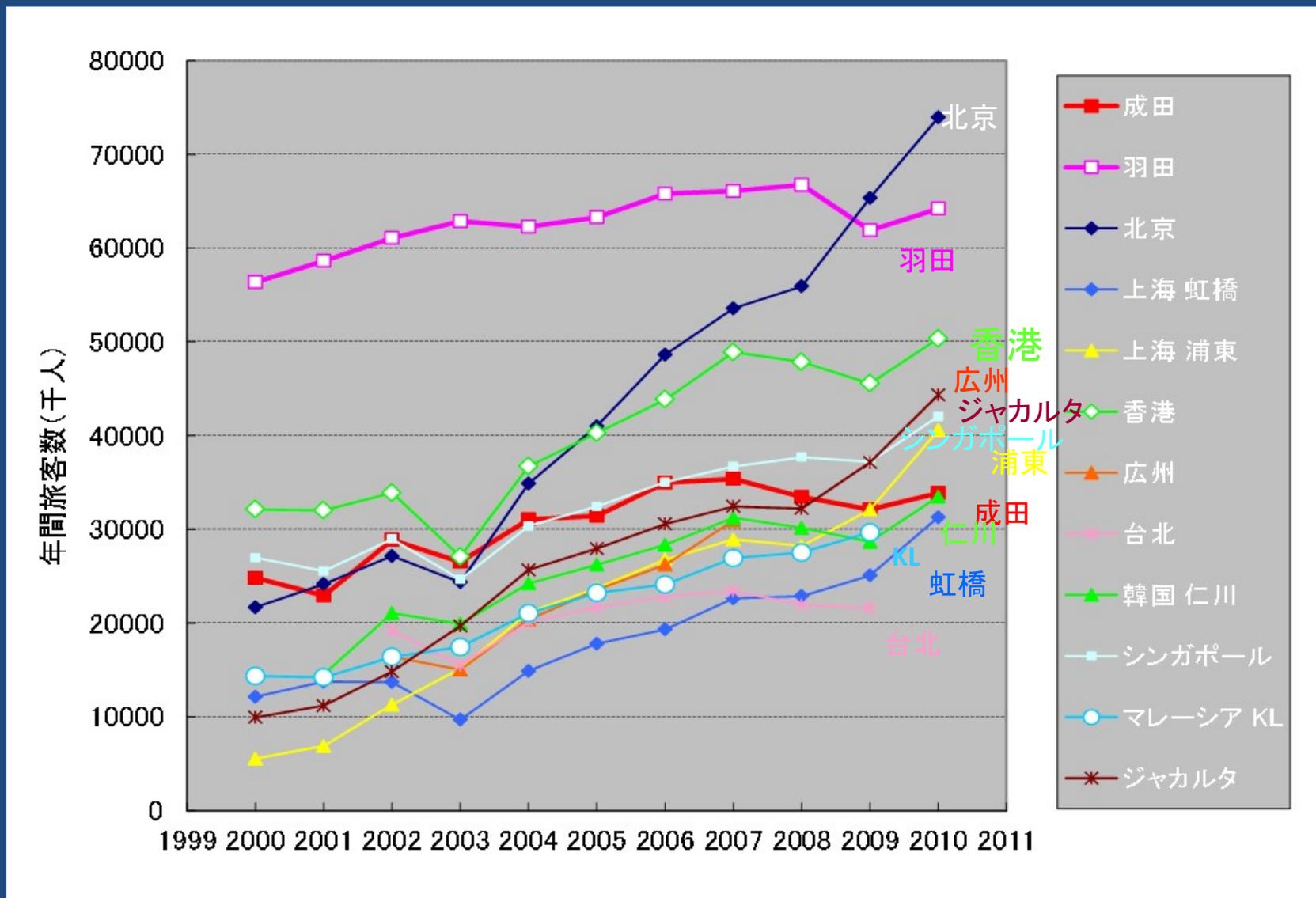
2025年(平成37年)までの世界の航空旅客輸送において、最も伸びが著しいのはアジア太平洋地域(年平均+5.8%)であり、輸送量も2005年(平成17年)に比べ約3倍に増加し、世界最大の航空市場に成長。

航空輸送量の大幅な増加(国際・国内計)



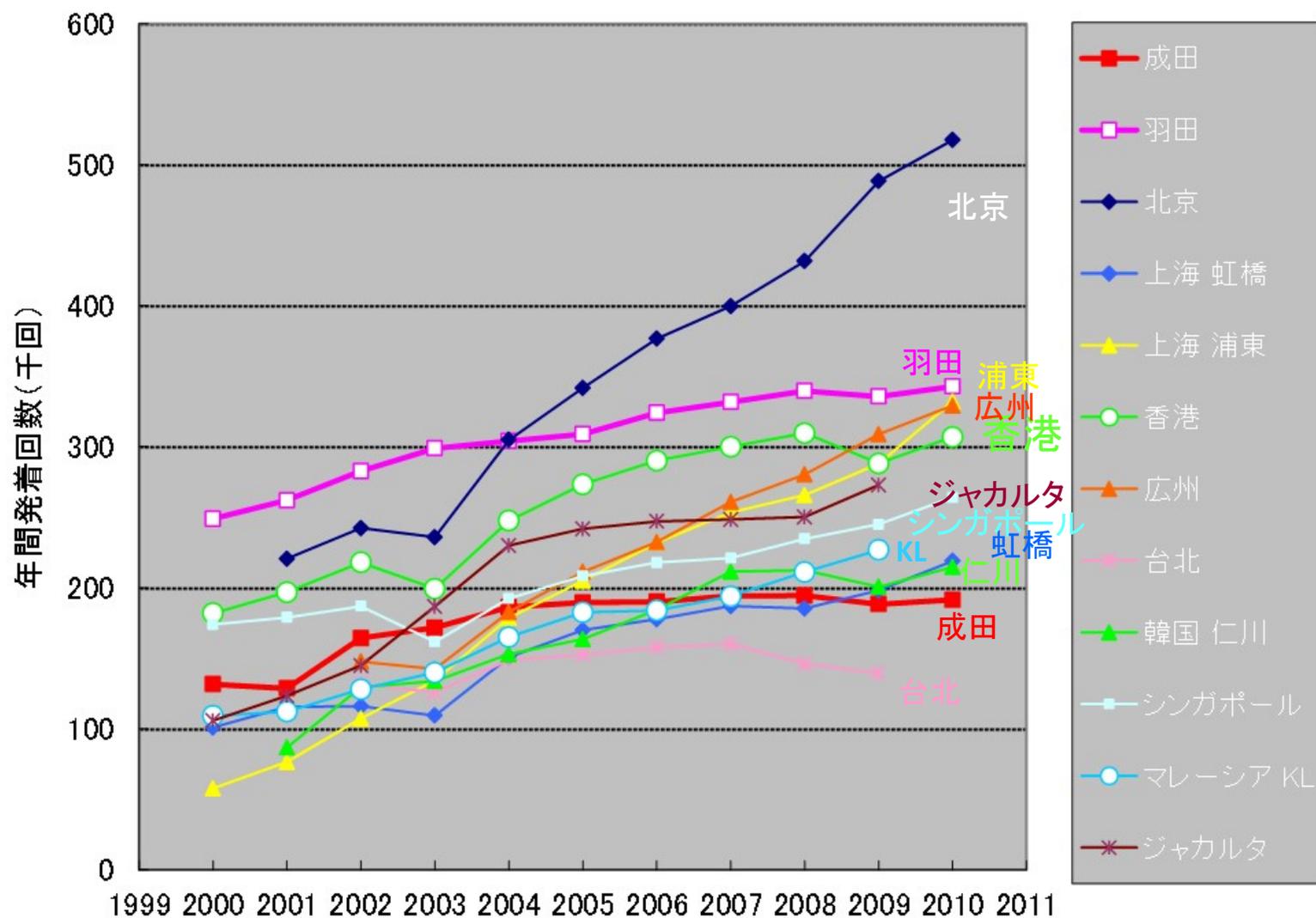
出典：ICAO(国際民間航空機関)作成「Outlook for Air Transport to the year 2025」より引用

アジア主要空港の旅客数の推移(2000~2010年)



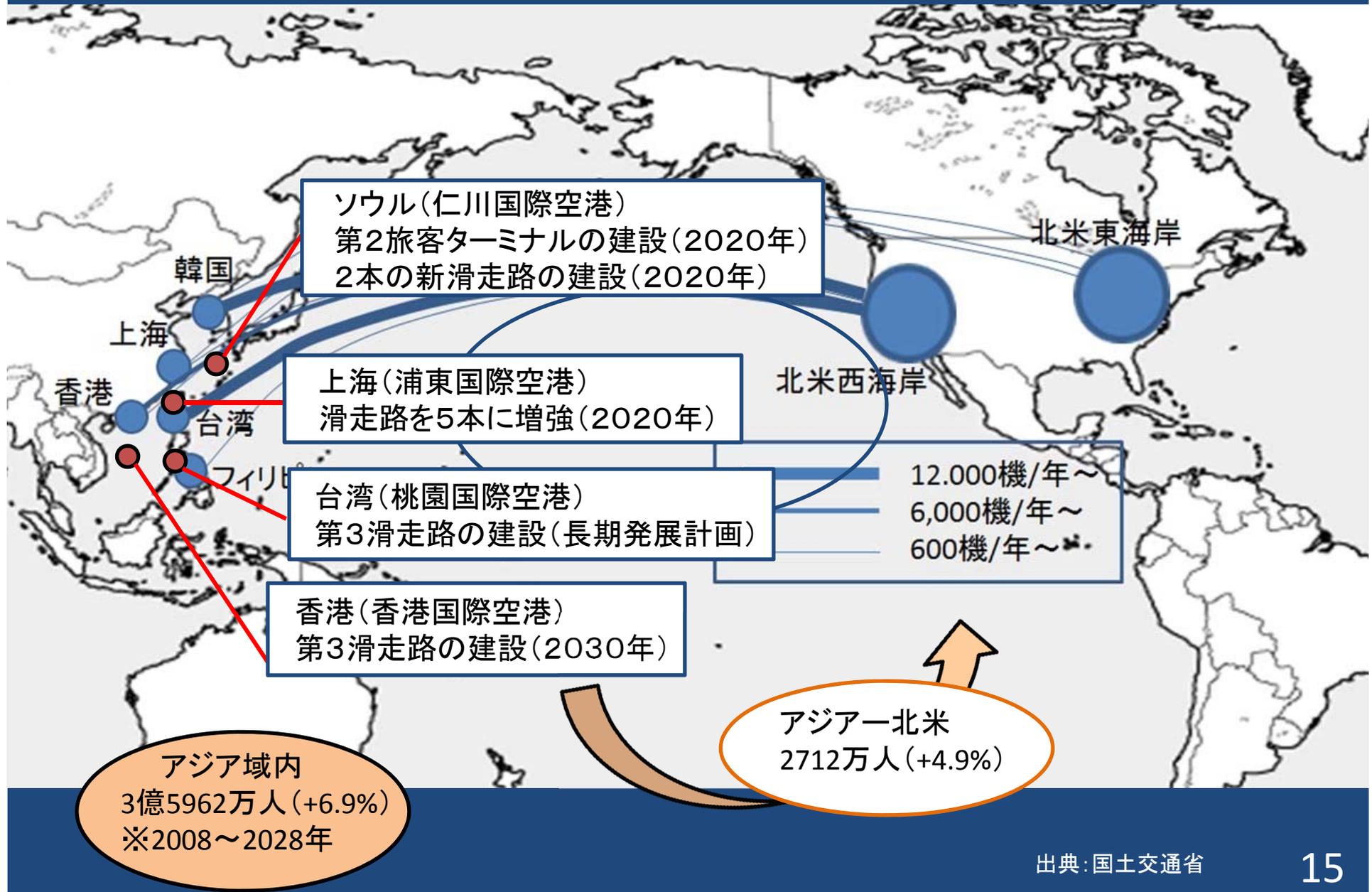
データ出典) ACI, 空港会社HP, CAA China

アジア主要空港の発着回数（2000～2010年）



データ出典) ACI, 空港会社HP, CAA China

国際航空交通量の需要予測とアジアにおける空港拡張計画



英国の危機感と空港の将来計画

2003年:航空白書(国の基本方針)“*The Future of Air Transport White Paper*”
2004年~:ヒースロー拡張整備プロジェクト(技術検討)
2009年:ヒースロー拡張整備プロジェクト(政策決定)
2010年:政権交代⇒第3滑走路計画, その他容量拡大計画のキャンセル
2012年:空港に関する独立委員会(Airports Commission)の設立→政府に対して2013年に中間, 2015年に最終報告を行う(次回総選挙後の決定).

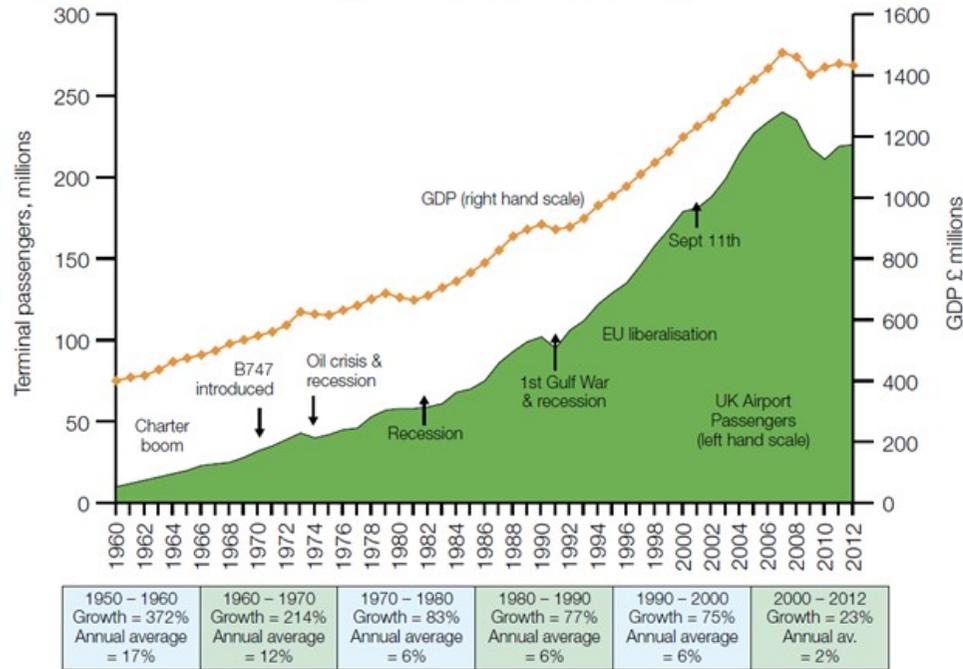
英国, ロンドンが航空を重要視する理由:

- 国や都市の国際競争力維持
- 国際移動の8割を航空が担う. ロンドンの経済成長の多くを外資企業や海外からの投資で支えられており, それら国際活動を支える重要基盤. ロンドンの人口の1/3が海外生まれで, 海外にルーツを持つ人も多いため, それらの人々と家族とのリンケージ, 社会的ネットワークを維持するためにも航空は重要.

英国の空港の競争力:

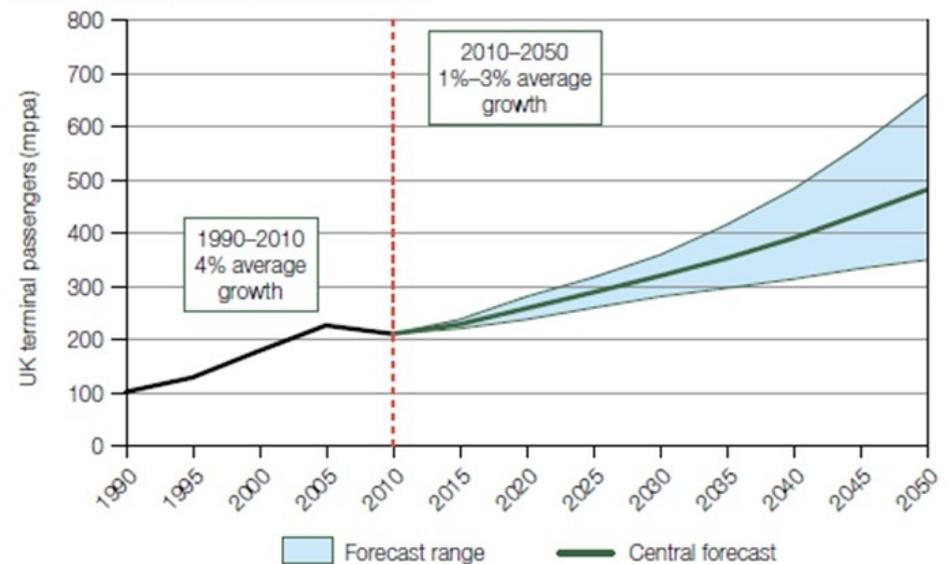
- 多くのネットワークを張るにはトランジット需要をひきつけ国際ハブ空港となる必要がある.
- ヒースローはこの十数年で他の欧州の主要空港とのハブ空港競争に既に負けている
- これまで・これからの空港容量不足による経済社会的損失は非常に大きい

Figure 2.1: Terminal Passengers at UK airports and GDP, 1950 to 2012



Source: CAA/ONS data.

Figure 3.4: DfT's projected range¹⁷



Source: DfT UK Aviation Forecasts, January 2013

出典) Airports Commission: Discussion Paper 01:
Aviation Demand Forecasting, February 2013

欧州内の主要空港の競争力比較 (by Airports Commission, TfL)

Airport	Runways	Current max flights/hour	Future max flights/hour	Current runway utilisation	Destinations served, June 2011
Heathrow	2	87	87	98.5%	192
Amsterdam	6	110	120	70%	277
Paris	4	114	120 (2015)	73.5%	257
Frankfurt	4	83	126 (2015)	74.5%	291
Madrid	4	98	120	n/a	191

Seats per week to Mainland Chinese airports from European hub airports (June 20th, 2011)

	London Heathrow	Amsterdam Schiphol	Paris Charles de Gaulle	Frankfurt
Total seats per week	8,915	11,008	15,078	17,583

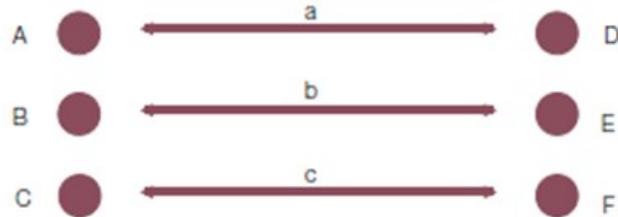
Source: OAG flight schedules for the week commencing 20 June 2011.

⇒その他、マニラ、リマ、重慶路線などの例も挙げられている(Heathrow Airport Ltd.)。

国際ハブ空港としては、容量低下時などのバッファー容量、ダイヤ設定の柔軟性、将来に渡る容量の十分性が必要

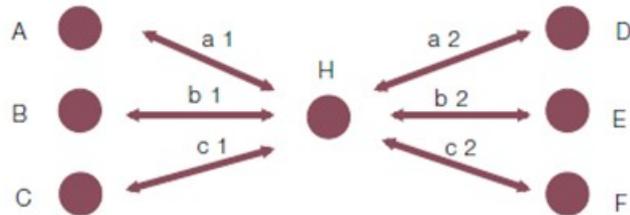
ハブアンドスポークと離着陸Waveには時間容量拡大が必要

Figure 3.1: A point-to-point network



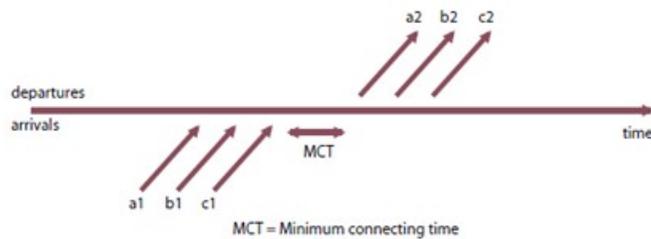
Source: Airports Commission

Figure 3.2: A hub-and-spoke network



Source: Airports Commission

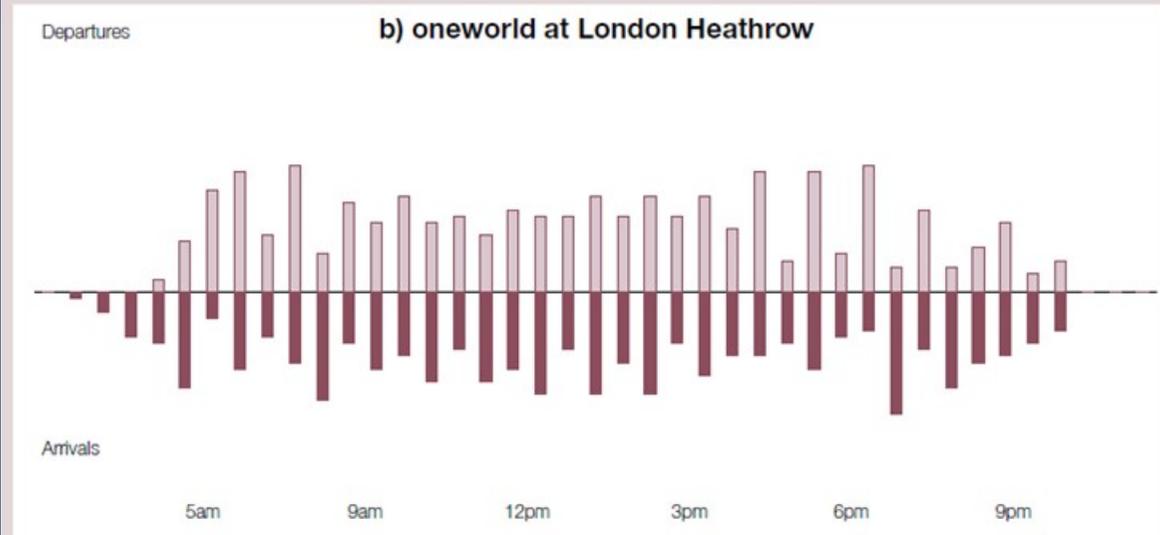
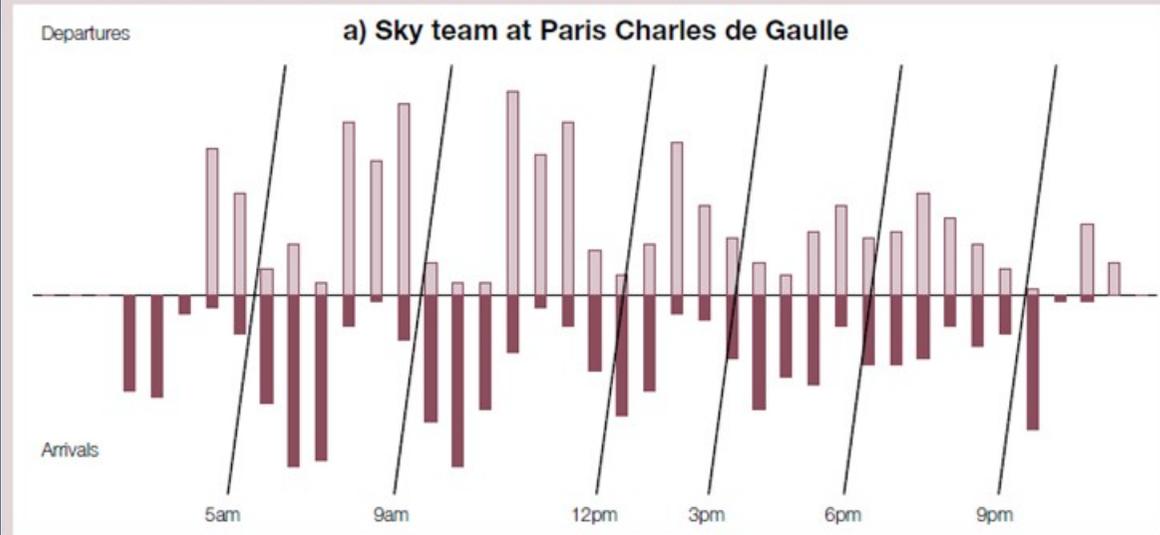
Figure 3.3: A wave of flights



Source: Airports Commission

出典) Airports Commission: Discussion paper 04: airport operational models, May 2013

Arrival and departure waves for a) SkyTeam at Paris Charles de Gaulle and b) oneworld at London Heathrow

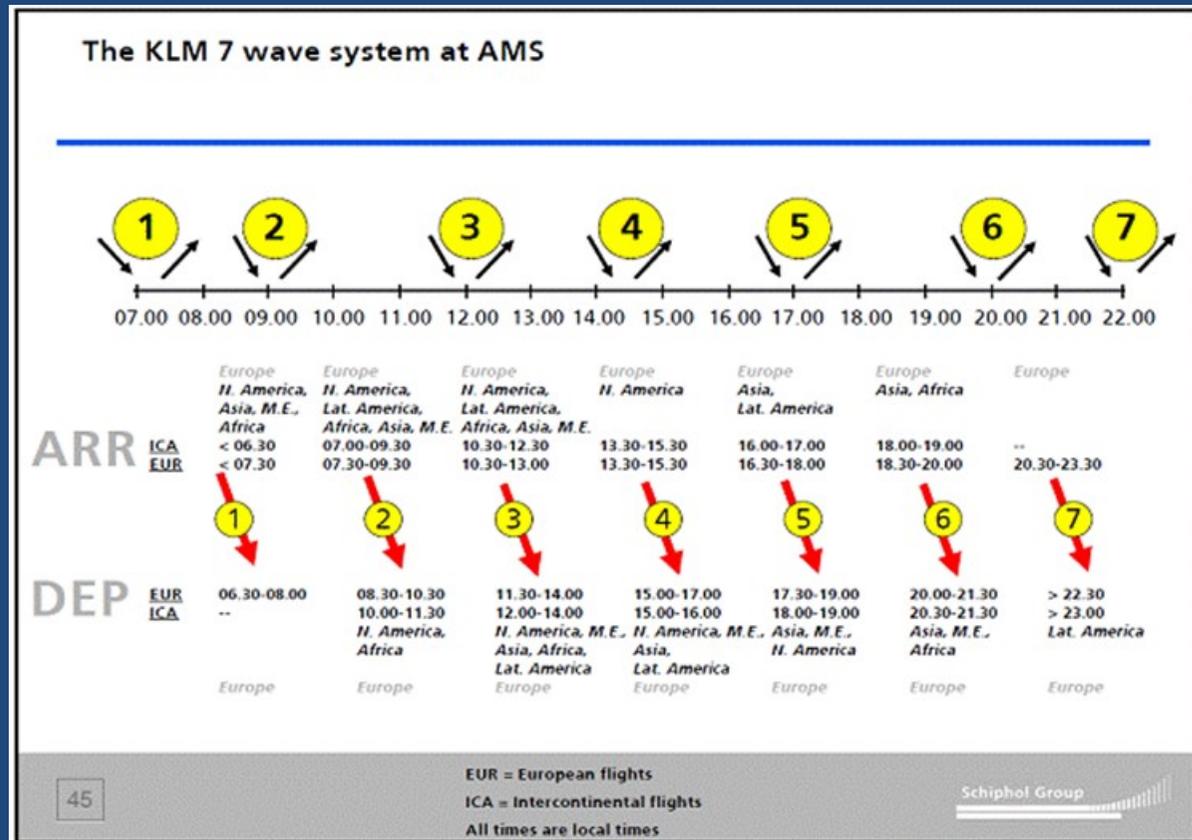


Source: Based on an analysis of OAG flight schedule data for 15/06/2012 that includes connections within 3 hours to sensitive onward destinations

アムステルダム スキポール空港(AMS)の旅客特性



乗継旅客が比較的多い
⇒ KLMのダイヤ設定: 7 Wave System



出典) Schiphol空港会社
提供資料

AMSの旅客・運航特性に応じた滑走路運用とスロット配分

KLMの7 Wave System

⇒ 周期的に、離陸と着陸のピークが交互に存在



「2+1 Runway System」の採用

滑走路運用

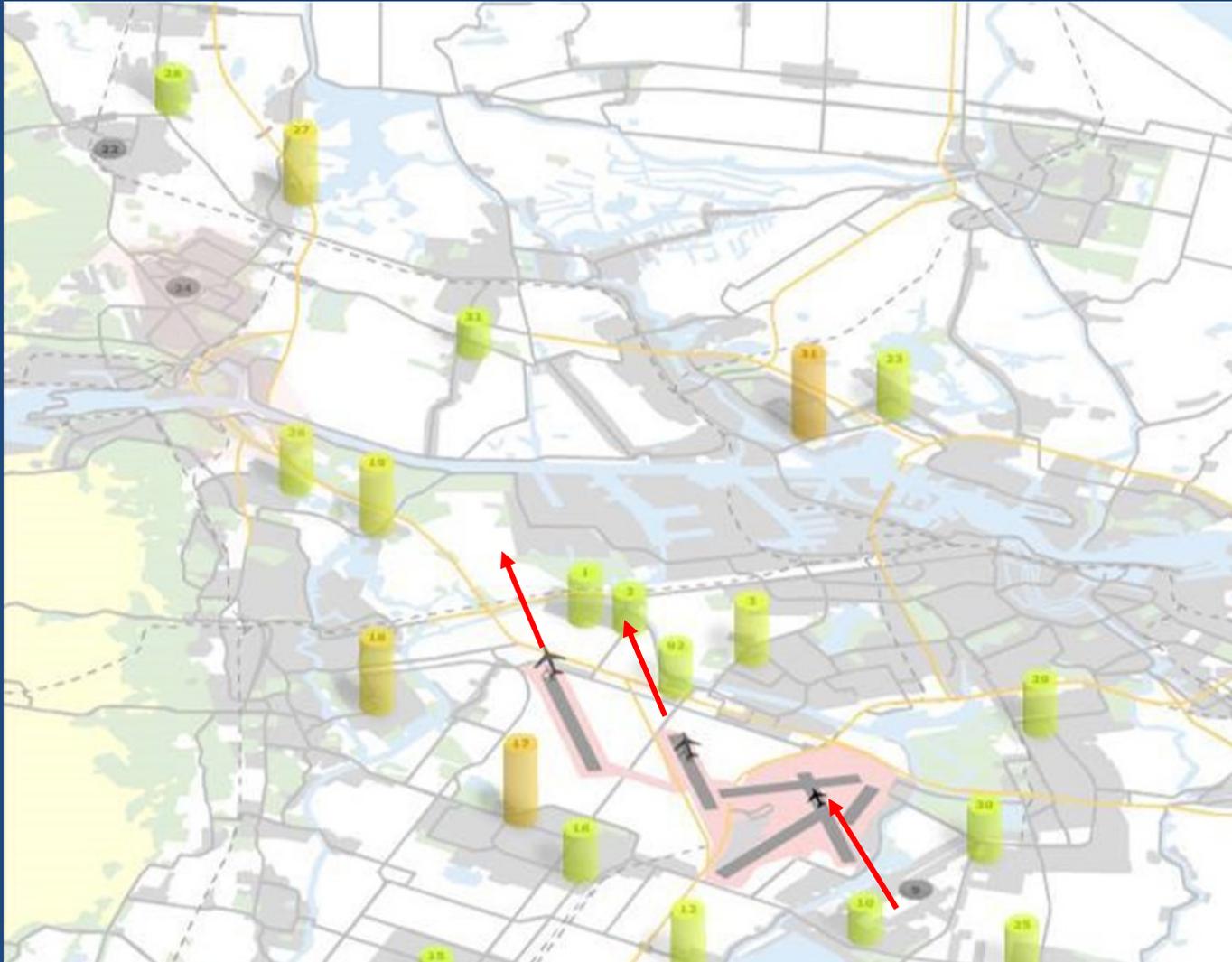
① 2本：離陸， 1本：着陸

② 1本：着陸， 2本：離陸

2+1 Runway System

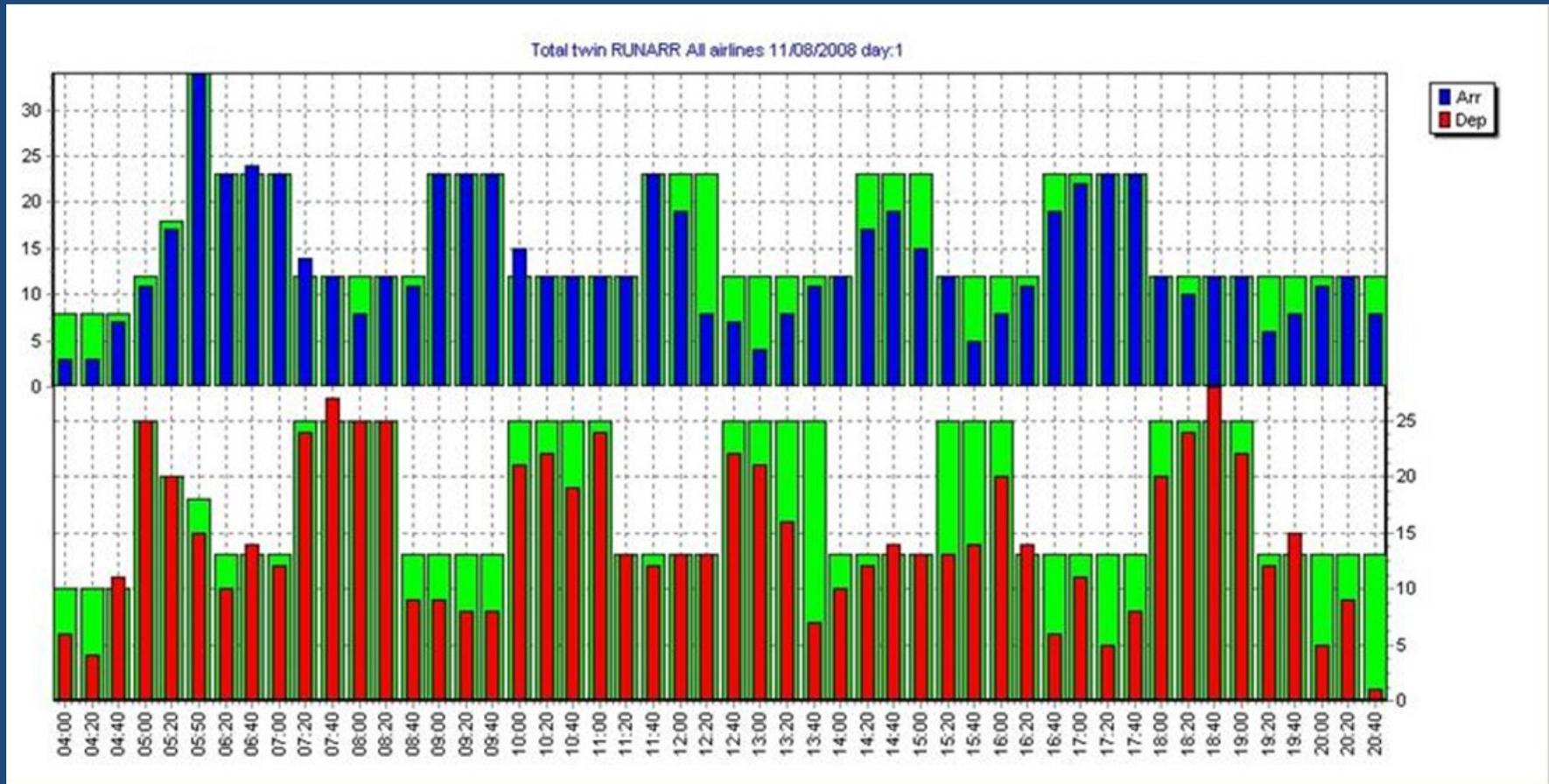


2+1 Runway System



スロット配分も滑走路運用を考慮

離陸スロット数
着陸スロット数



Reference: http://www.slotcoordination.nl/info_graphs.asp

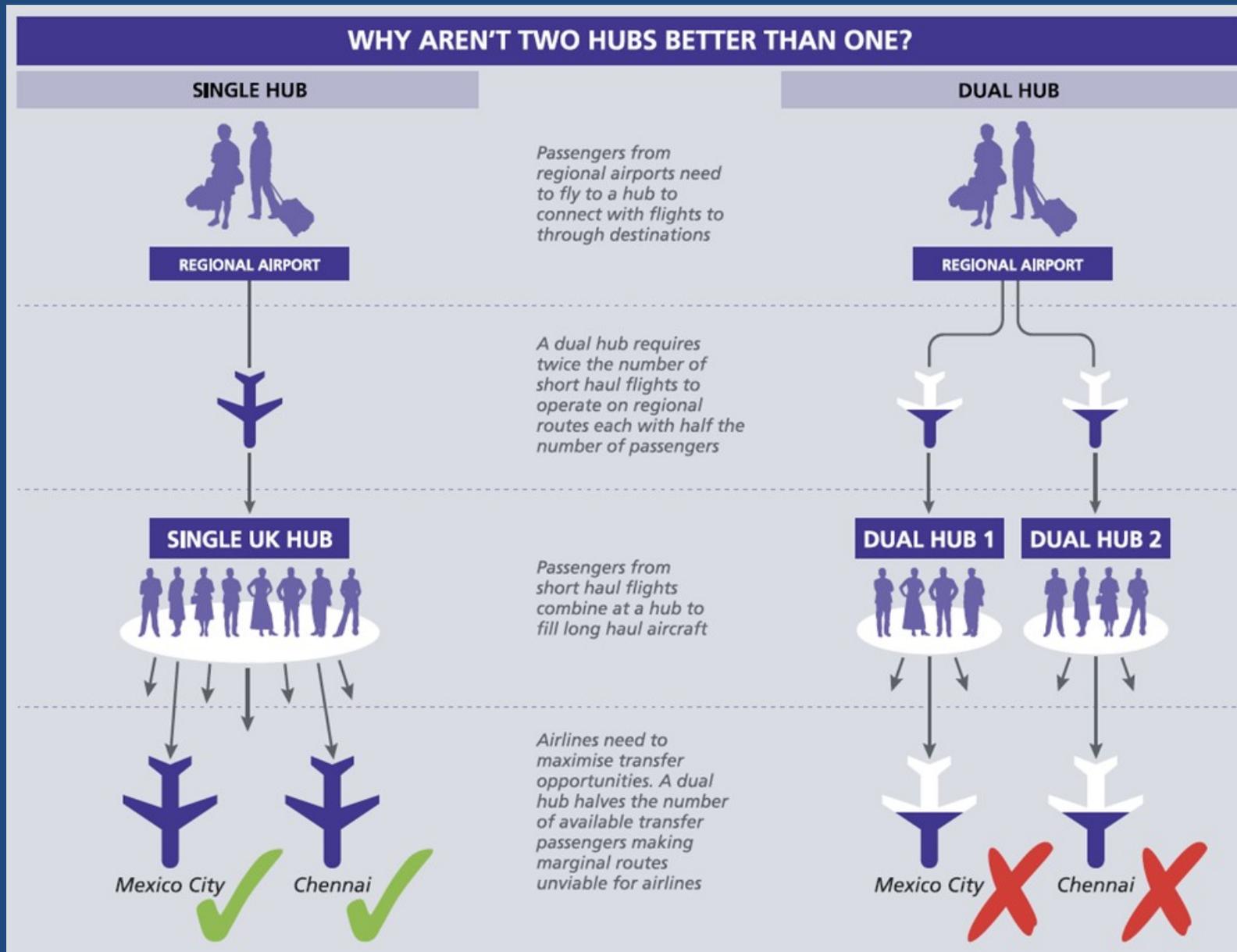
ヒースロー空港会社による空港拡張計画案の提出 (→Airports Commission)

A New Approach: Heathrow's submission to the Airports Commission
See how our proposals on airport capacity would connect the UK to growth

At the UK National Level	At the Regional Level	At the Local Level
<p>The cost benefit Estimated cost to build:</p> <p>£70-80bn Thames Estuary</p> <p>£14-18bn Heathrow</p> <p>Find out more</p>	<p>The time benefit Completion date:</p> <p>2025 Heathrow</p> <p>2032 Stansted</p> <p>2034 Thames Estuary</p> <p>Find out more</p>	<p>The economic benefit to Britain More trade with growth markets:</p> <p>20x trade</p> <p>No daily flights With daily flights</p> <p>Find out more</p>
<p>The connection for growth Percentage of world GDP:</p> <p>2050 46%</p> <p>Emerging markets</p> <p>Find out more</p>	<p>The capacity solution Annual flight capacity:</p> <p>Heathrow 2025 480,000</p> <p>Heathrow 2013 650,000</p> <p>Amsterdam 2013</p> <p>Find out more</p>	<p>Local resident info: Visit our community pages ></p> <p>A New Approach: Download the document ></p>

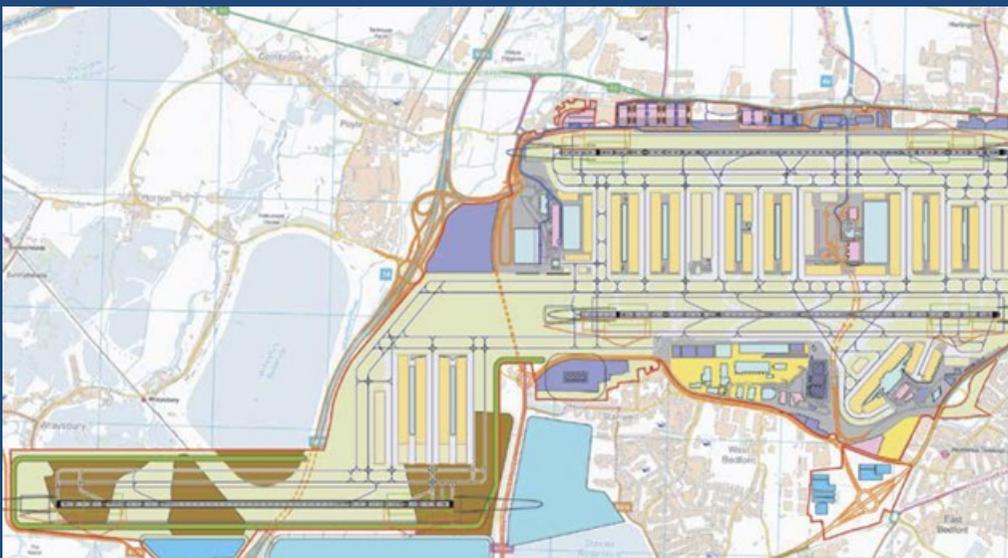
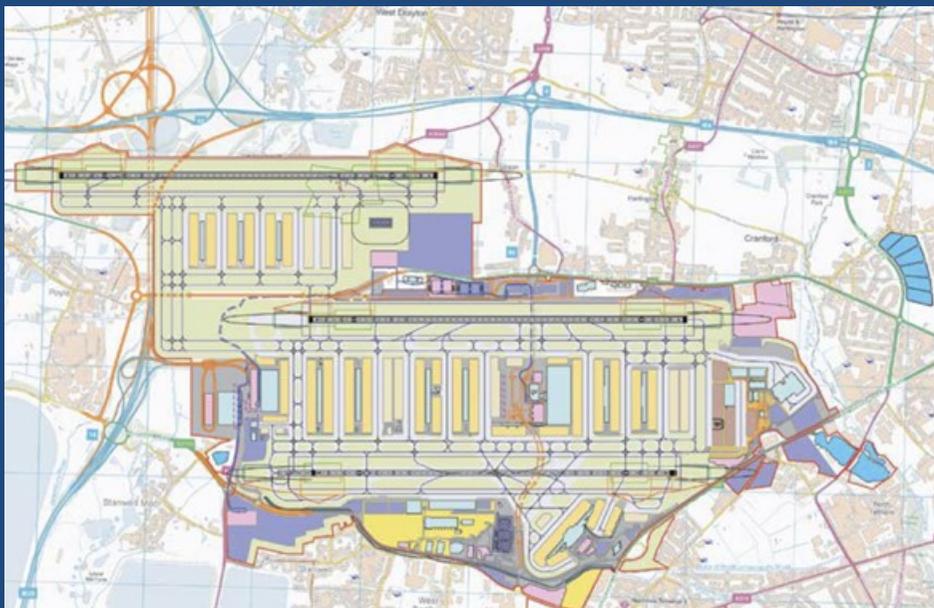
出典) LHR Airports Limited WEB: <http://www.heathrowairport.com/>

Singleハブ vs Dualハブ

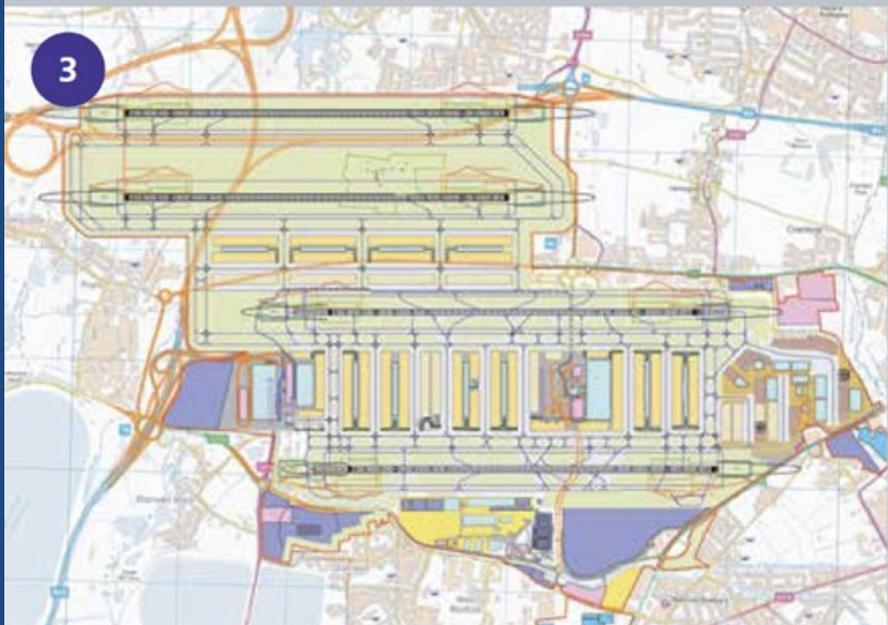
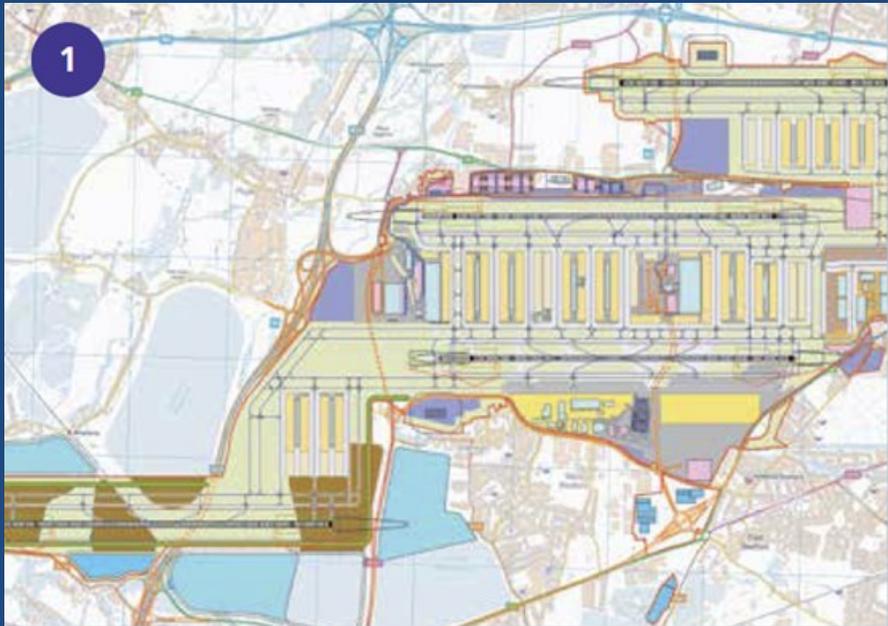


出典) LHR Airports Limited WEB: <http://www.heathrowairport.com/>

ヒースロー空港会社による空港拡張計画案の提出(→Airports Commission)



出典) LHR Airports Limited WEB: <http://www.heathrowairport.com/>



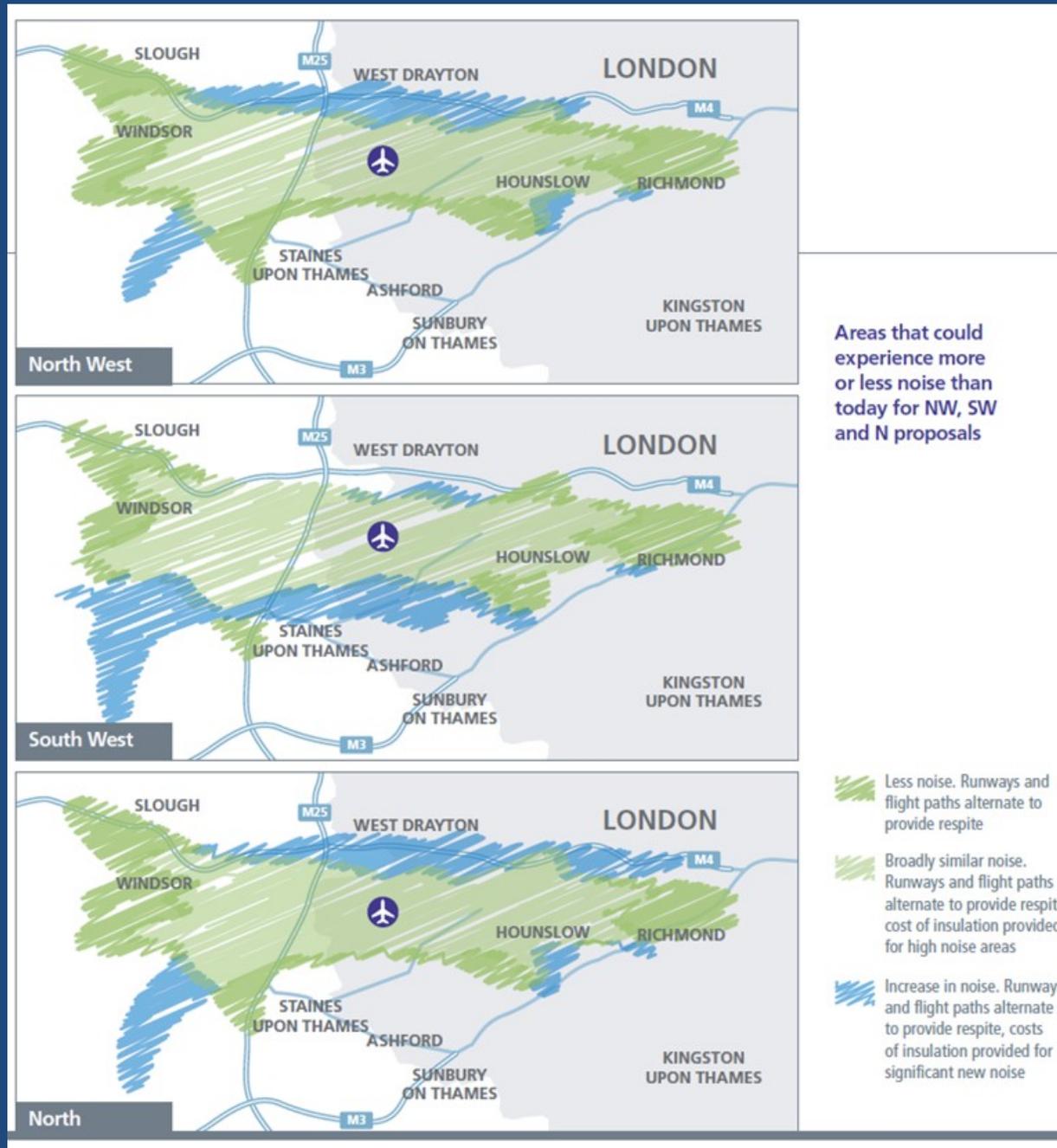
Four runway options

1. North/South West
2. North West/South West
3. Dual North West

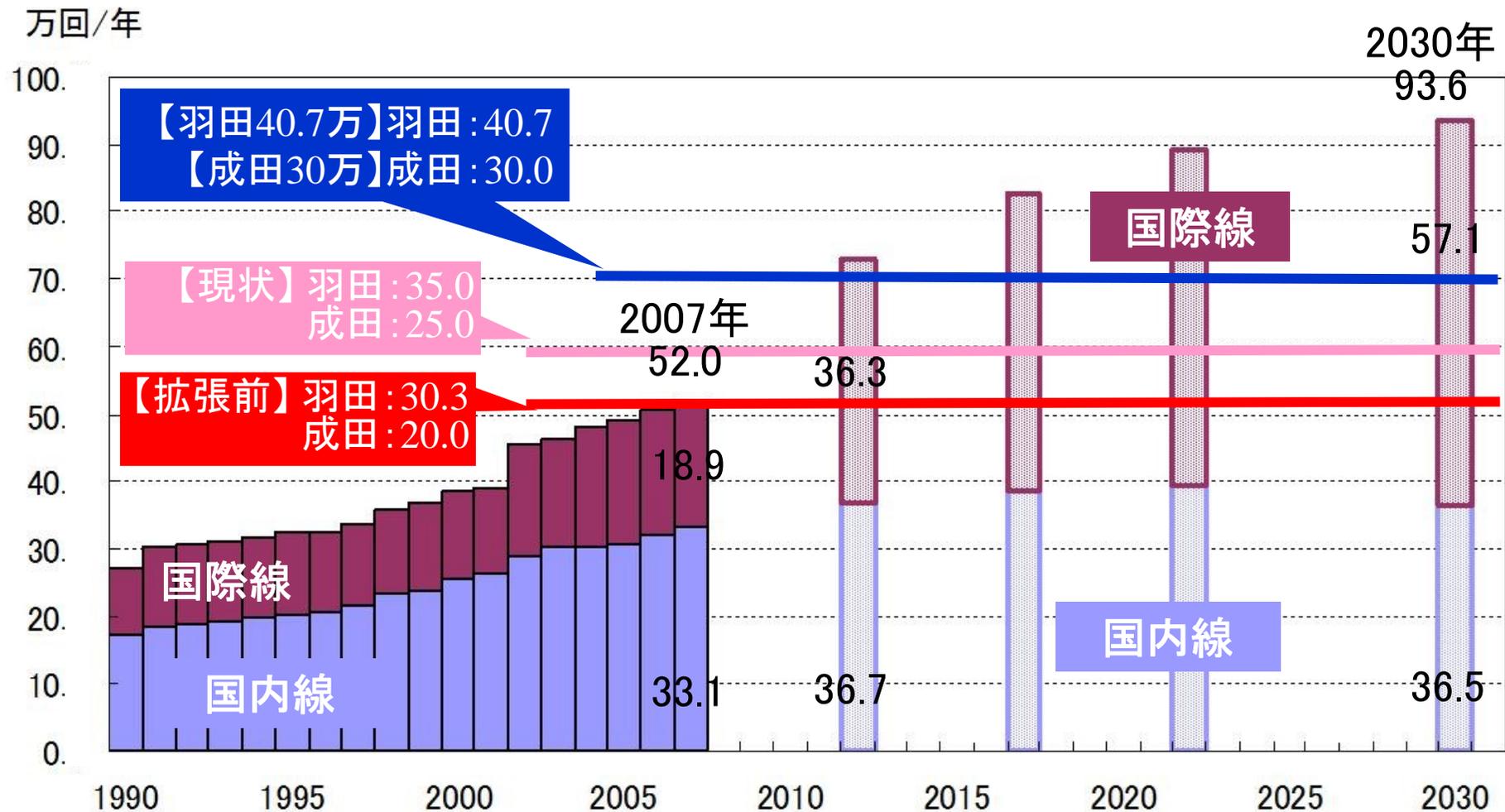
A New Approach 47



Four Runway North West/South West option



首都圏の航空需要ポテンシャル～年間発着回数 of 長期予測



出典)首都圏空港将来像検討委員会, 2009

全面的オープンスカイ, 高速鉄道網整備等を想定した航空需要
⇒中長期的な発着需要は羽田・成田の容量拡大を上回る

容量拡大の効果

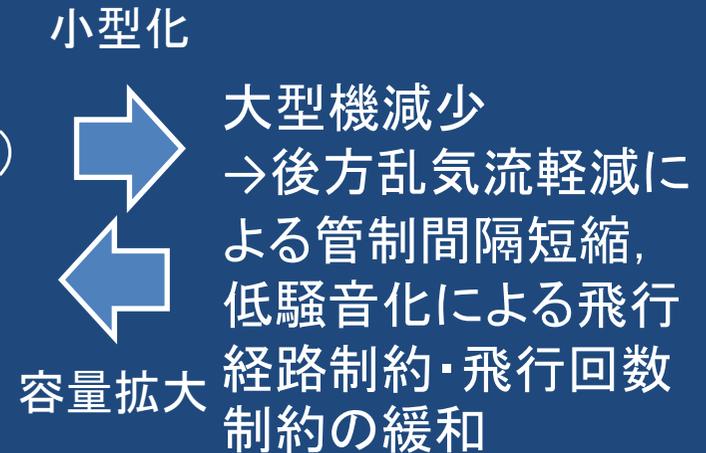
エアライン

- 路線拡大(新規路線)
- 便数増加(通常, 小型化を伴う: 新規参入含む)
- ダイヤ改善(希望スロットの取得)
(→LF・運航コスト改善→経営効率向上)

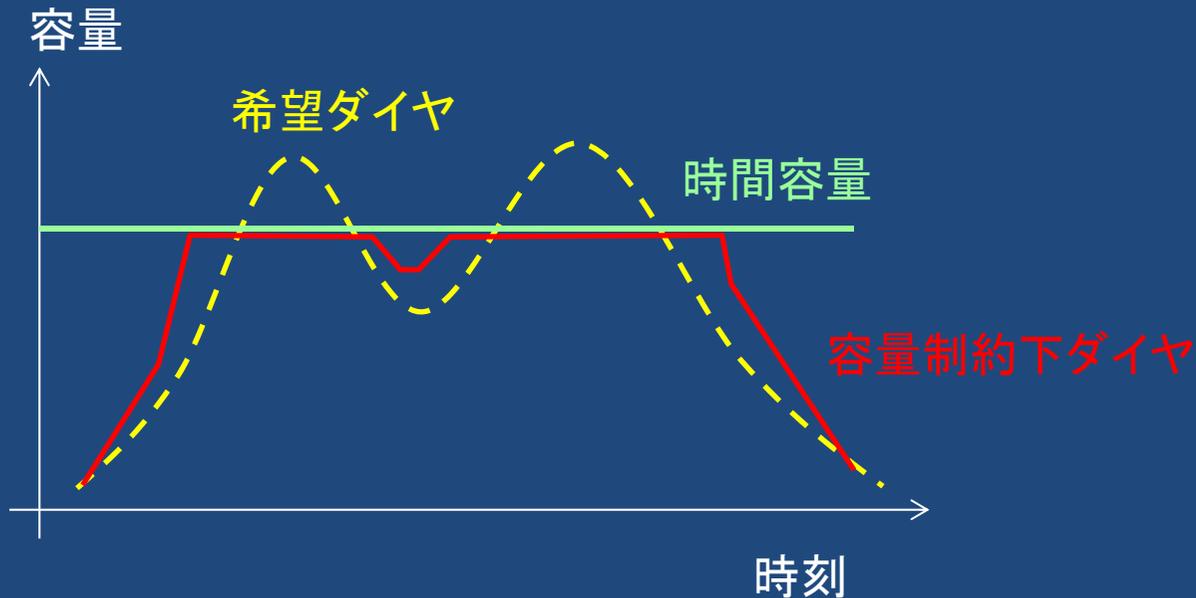
サービス向上 ↓ ↑ 需要増加

旅客

- サービス向上, 利便性向上(NW拡大, 運賃低下etc)による需要増加



時間容量とダイヤ設定



日容量(もしくは年間容量)では需要を満たすが、希望発着ダイヤは必ずしも組めない



- 機材の稼働率低下 → コスト増加
- ダイヤ利便の低下 → 需要低下

* 仮に総発着回数が増えなくても容量拡大の効果は一定程度ある。成田など国際線主体空港では特に希望ダイヤのピーキングが顕著な傾向で、30万回化は時間容量増加によるダイヤ設定自由度の拡大効果も大きい

IMC・VMC Capacity: 好天時・悪天時容量とスロット設定

米国

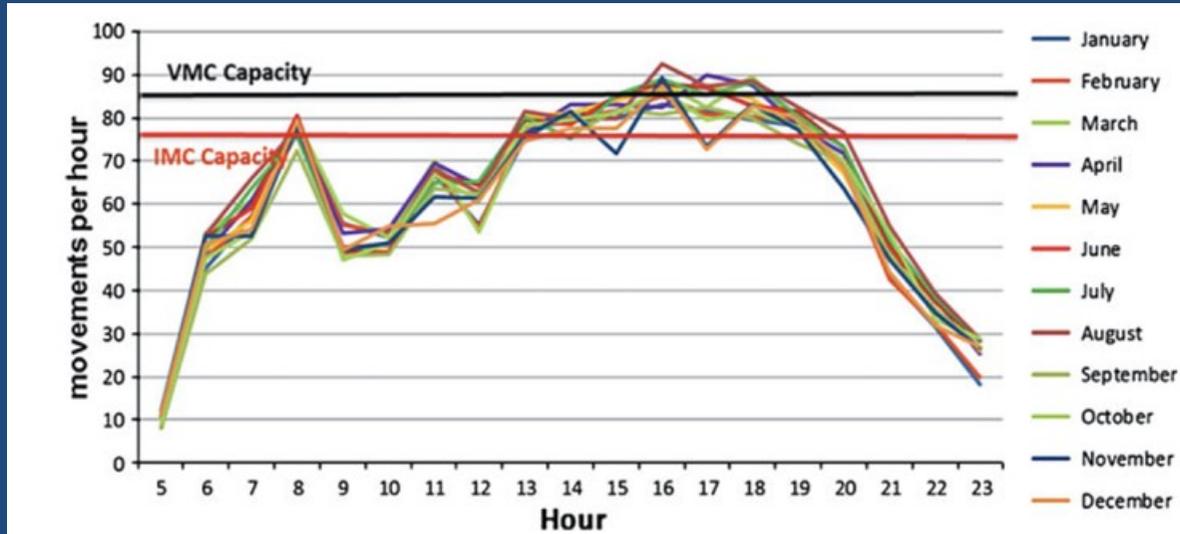


Fig. 2 Average hourly schedule by month at EWR airport in 2007 reveals an unevenly distributed demand profile with extended afternoon/evening peaks. (Source: Odoni et al. 2011)

欧州

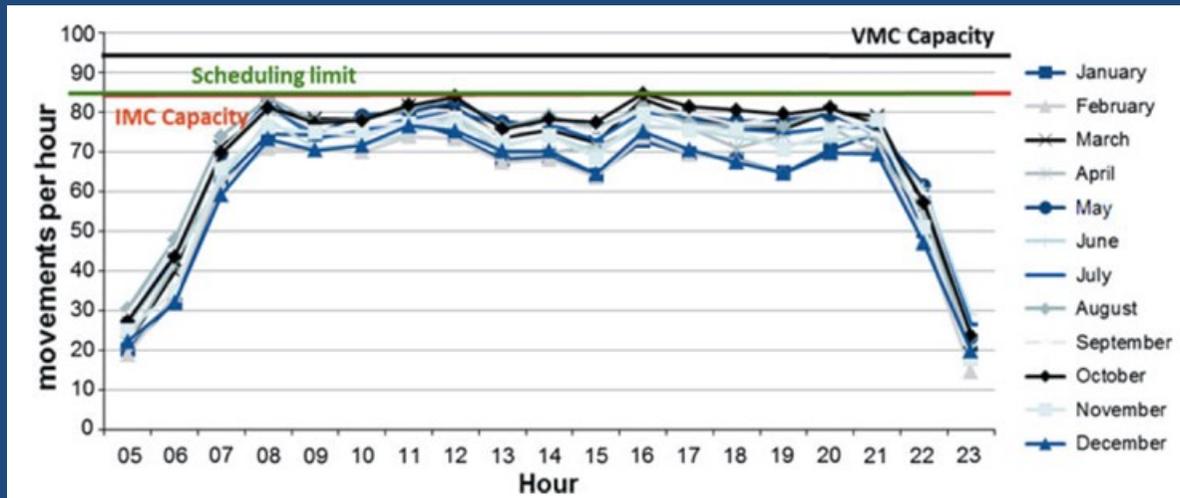


Fig. 3 Average hourly schedule by month at FRA airport in 2007 reveals an evenly distributed, flat demand profile from 0700 to 2100 hours. Demand is not allowed to exceed IMC capacity throughout the day. (Source: Odoni et al. 2011)

容量使用効率・競争性大
遅延大・時間信頼性低



容量使用効率・競争性小
遅延小・時間信頼性大

出典) Barnhart, C., Fearing, D., Odoni, A. and Vaze, V.: Demand and capacity management in air transportation, EURO Journal on Transportation and Logistics, Vol.1, Issue 1-2, pp 135-155, 2012.

米国と欧州の平均遅延時間の比較

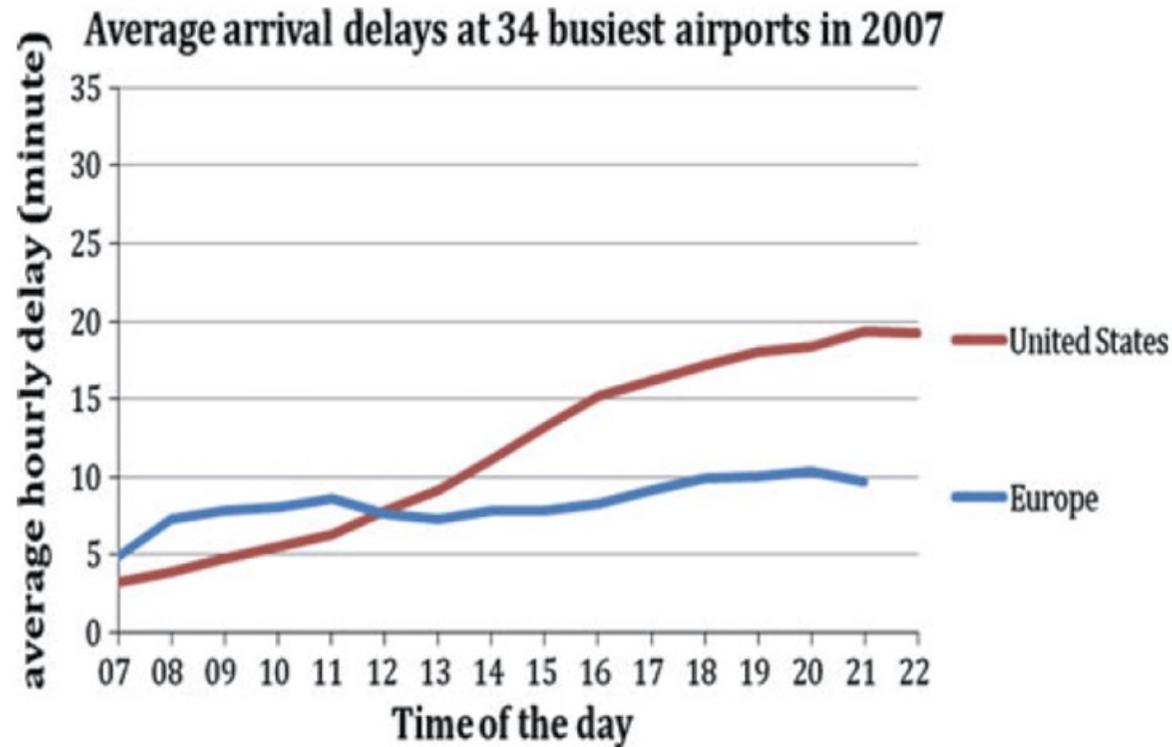
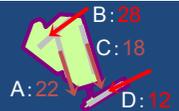


Fig. 4 Average arrival delays at the 34 busiest airports in the United States and Europe (Source: Morisset and Odoni 2011)

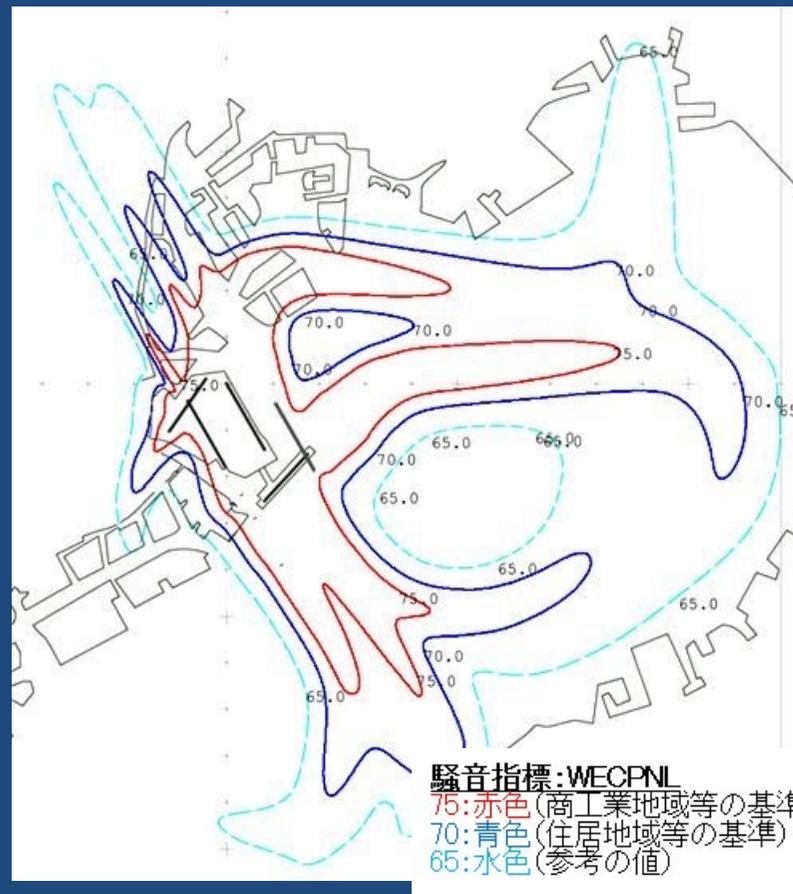
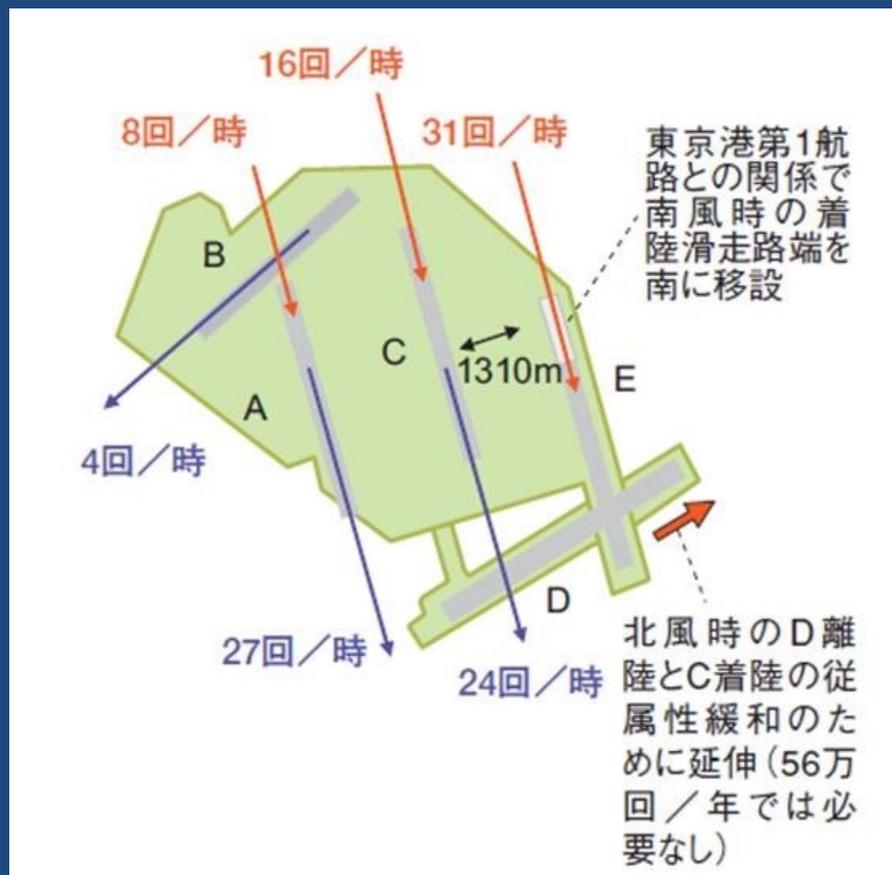
出典) Barnhart, C., Fearing, D., Odoni, A. and Vaze, V.: Demand and capacity management in air transportation, EURO Journal on Transportation and Logistics, Vol.1, Issue 1-2, pp 135-155, 2012.

容量拡大方策のまとめ(一覧表)

ケース名	滑走路の配置・運用 (南風時)	発着容量 (離着陸合計)	管制運用に対する制約	整備・拡張の必要性	空港近傍の内陸飛行: 回数/時	
					羽田北方	羽田西方
基本(D滑走路供用後)		80回/時 (40.7万回/年)	—	—	なし	なし
(1) 滑走路4本(Dラン供用後の既存ストック)の有効活用						
管制運用の高度化		88回/時 (44.7万回/年)	戦略的な間隔制御・ 機材配置ともに必要	なし	なし	なし
A滑走路の南伸(+ 管制運用の高度化)		90回/時 (45.8万回/年)	戦略的な間隔制御・ 機材配置ともに必要	多摩川河口部の 用地展開	なし	なし
内陸上空ルート活用		96回/時 (48.8万回/年)	戦略的な間隔制御が 必要	なし	A: 4離陸(北風) A: 19着陸(南風) C: 29着陸(南風)	B: 22離陸 (南風)
(2) 滑走路5本(第5滑走路の新設)の運用 * Aランの南伸は実施を前提						
B滑走路平行 (旧Bラン復活)		95~96回/時 (47.8~48.8 万回/年)	戦略的な間隔制御・ 機材配置ともに必要	旧B滑走路跡地 の再整備のみ	なし~ A: 4離陸(北風)	なし
C滑走路平行(オープン パラレル)+ Dラン延伸 :環境基準考慮		110回/時 (56.0万回/年)	戦略的な間隔制御が 必要	C滑走路沖に用地 拡張(大規模) + Dラン延伸	A: 8着陸(南風) C: 16着陸(南風) E: 31着陸(南風)	B: 4 離陸 (南風)
羽田(再拡張後)と 独立の滑走路		132回/時 (68.3万回/年) 羽田 45.8万回/年 + 新 規滑走路 22.5万回	・戦略的な間隔制御と機材 配置ともに必要 ・羽田および新規滑走路 の離着陸機に対する飛行 高度制限あり	東京湾内に 滑走路新設	なし	なし 37

運輸政策研究所における容量拡大方策の検討例～羽田

出典) 首都圏空港将来像検討委員会, 2009



さらなる容量拡大を行うには, これまで原則実施されていない「都心上空飛行ルート」の利用が不可欠

➡ 騒音影響等からタブー視

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 ⇒ 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。

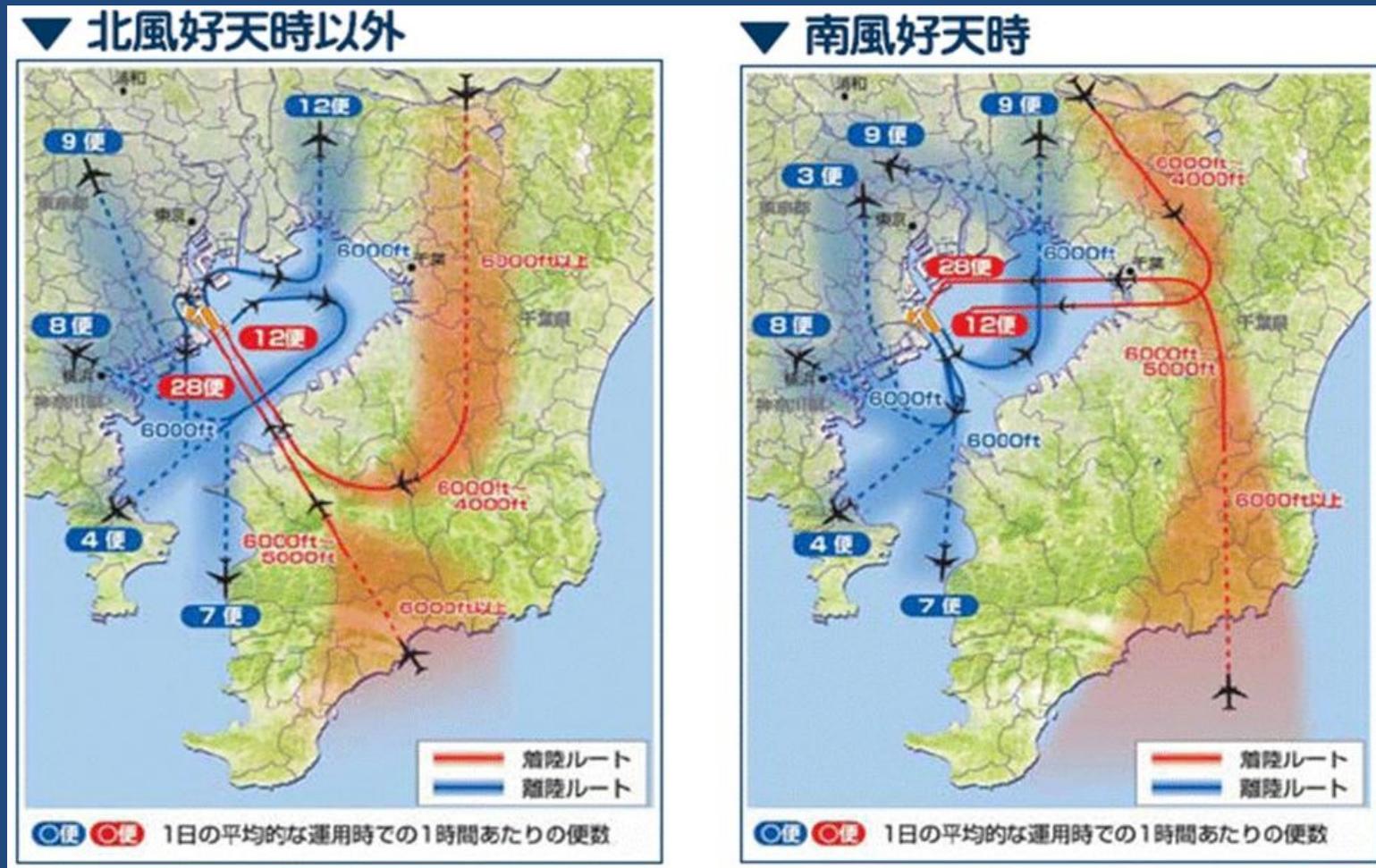
この羽田再拡張プロジェクトによって、千葉県上空を通過する機数がある程度増加することは受け入れざるを得ないと覚悟しているが、騒音問題等を首都圏全体で共有し、納得のいく分担を実現することが前提である。

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)

羽田空港の飛行ルート(現状)



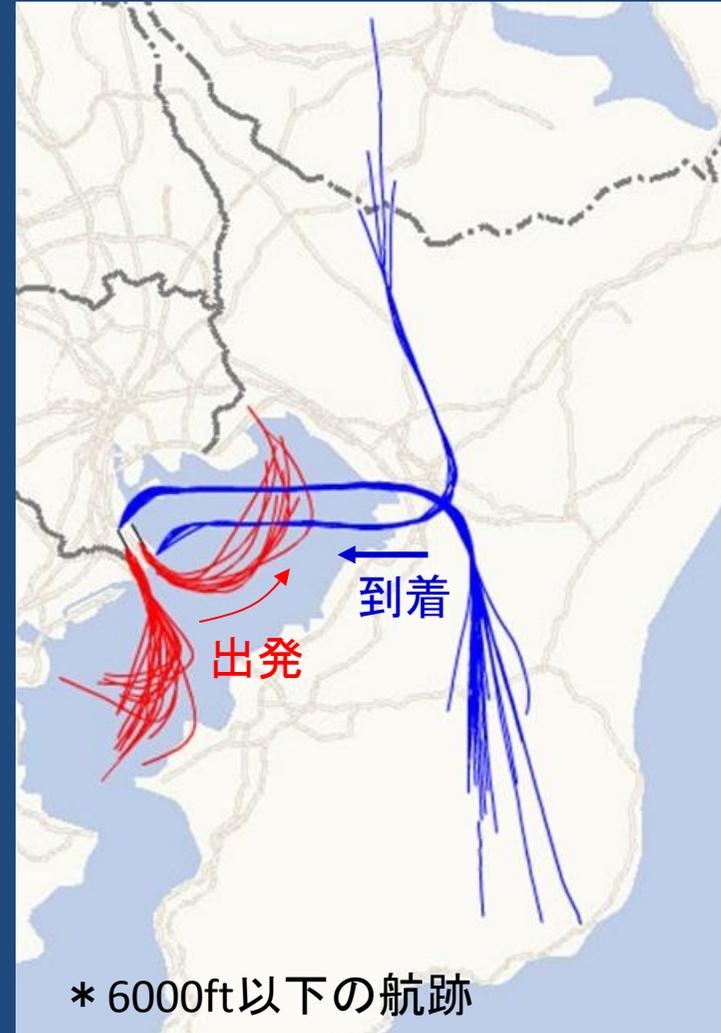
出典) 国交省

比較的低高度となる到着ルートが千葉県上空に集中

* 気象条件(風向・風速・視程等)により滑走路運用が変更

羽田空港の飛行ルート(現状)

飛行高度6000ft以下の航跡図の例(夕方1時間の実績)



出典) 航空局: 羽田飛行コース公開ページ

騒音基準を超えるエリアは東京湾内に限定

千葉の騒音も環境基準*以下

*WECPNL:

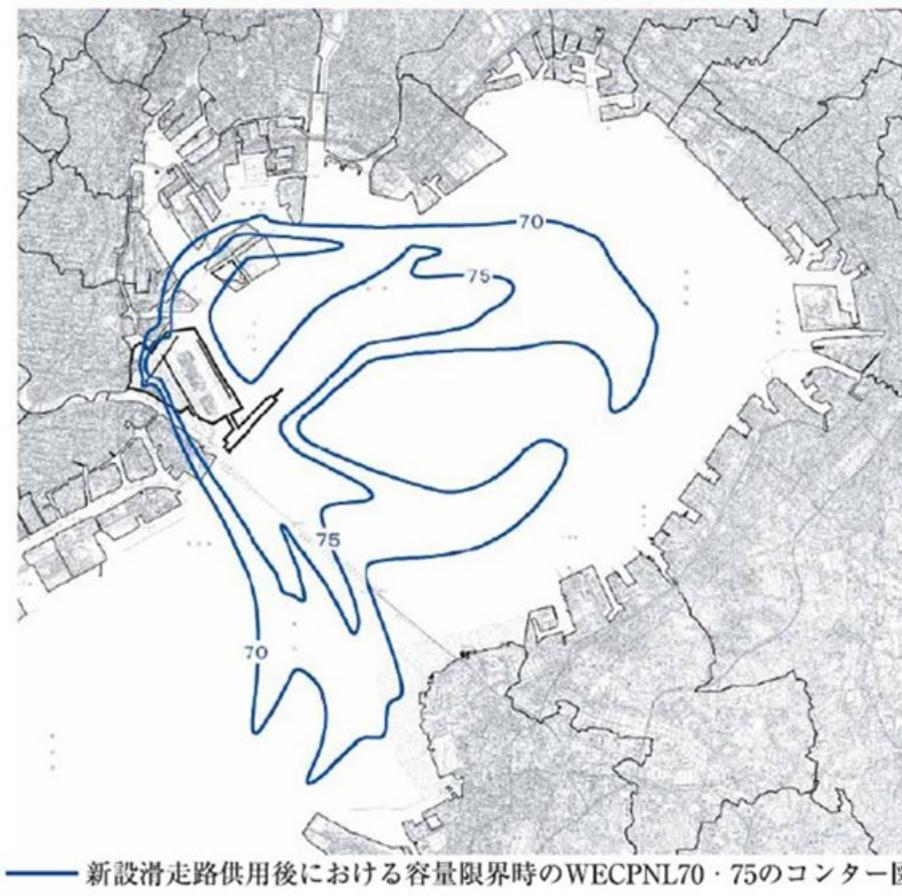
騒音の大きさ, 発生回数, 発生時間などを考慮した指標で評価



騒音基準を超えない騒音の 分担問題

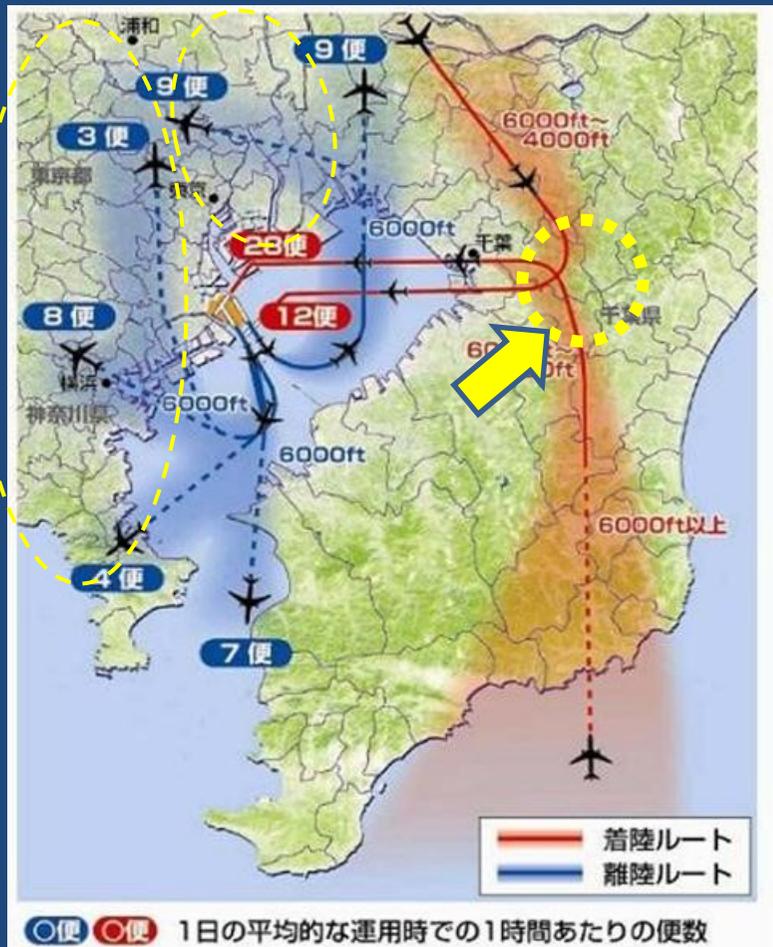
(生活水準の向上とともに中低程度の騒音に対する不満が顕在化する傾向)

▼ 新設滑走路供用後の容量限界時の航空機騒音



出典)国土交通省(2006)東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価書のあらまし

羽田再拡張後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

国交省が示す改善案

国土交通省は16日、羽田騒音の軽減を図る。ルート案を受け入れる方針だ。田空港の滑走路拡張に伴う千葉市内の騒音問題。在の住宅密集地の上空から、県や周辺自治体に対する一部飛行ルートを、変更する改善案を提示した。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、県も「一変えて羽田に向かう。航空の前進があった」と評価している。

国交省の提案では、風の好天時に千葉市内を通過する飛行機は飛行ルートを東側に移すことで、騒音が深刻に

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分散するように引き続き国に要望していく」(空港地域振興課)としている。

また、深夜早朝に富津からより離れた経路に変更することで、木更津市内の騒音軽減につなげる

また、深夜早朝に富津からより離れた経路に変更することで、木更津市内の騒音軽減につなげる

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

千葉市 着陸経路交差点地点



成田空港の30万回への容量拡大合意

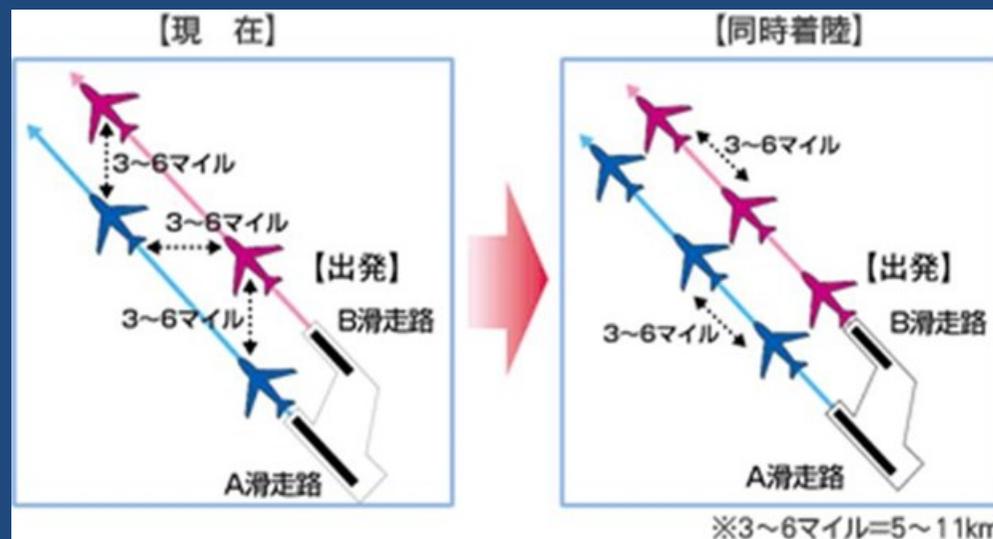
2010年10月：空港発着容量の年間30万回拡大に地元合意

22万回(10年)→23.5万回(11年)→**25万回(12年3月)**→**27万回(12年度末)**→**30万回(最速14年度)**



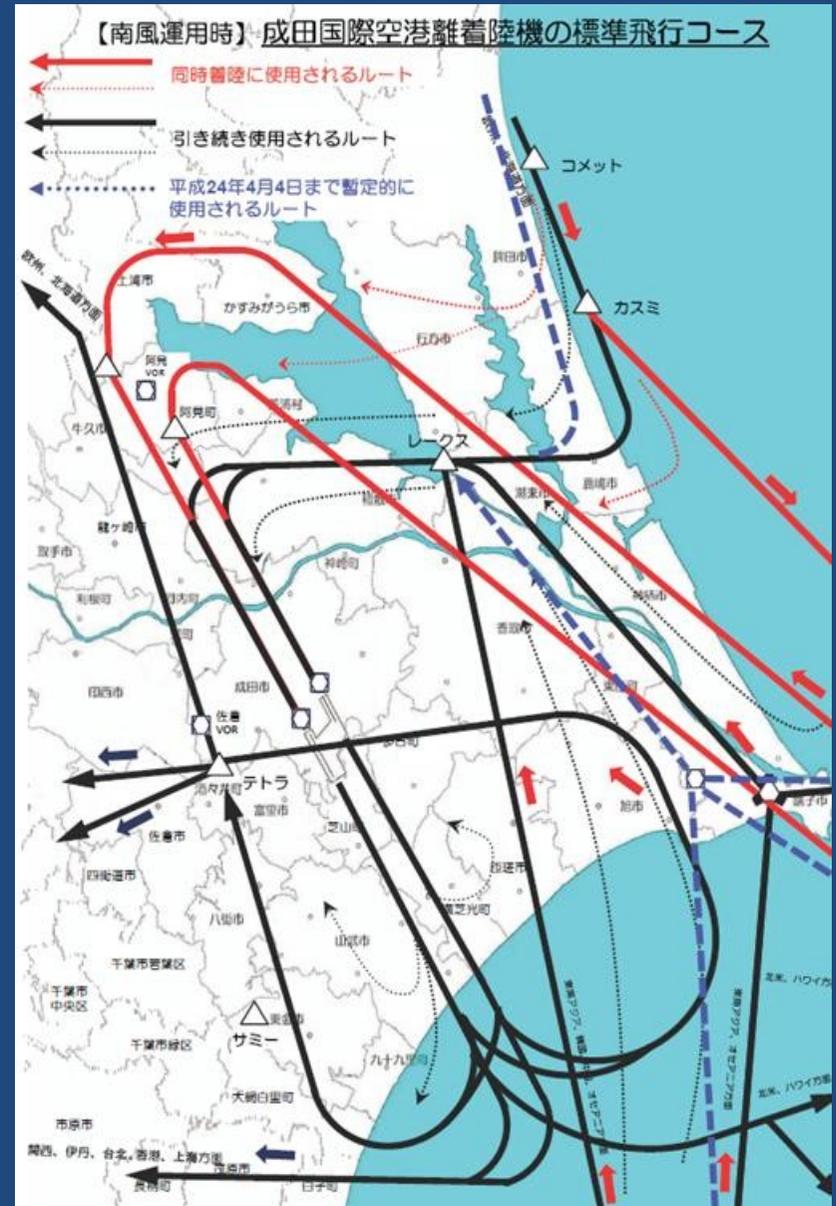
- 管制方式の高度化(平行滑走路からの同時平行離着陸方式を導入)
- 飛行経路の変更と空域制約の緩和(地域による騒音の追加的負担)

同時平行離着陸方式



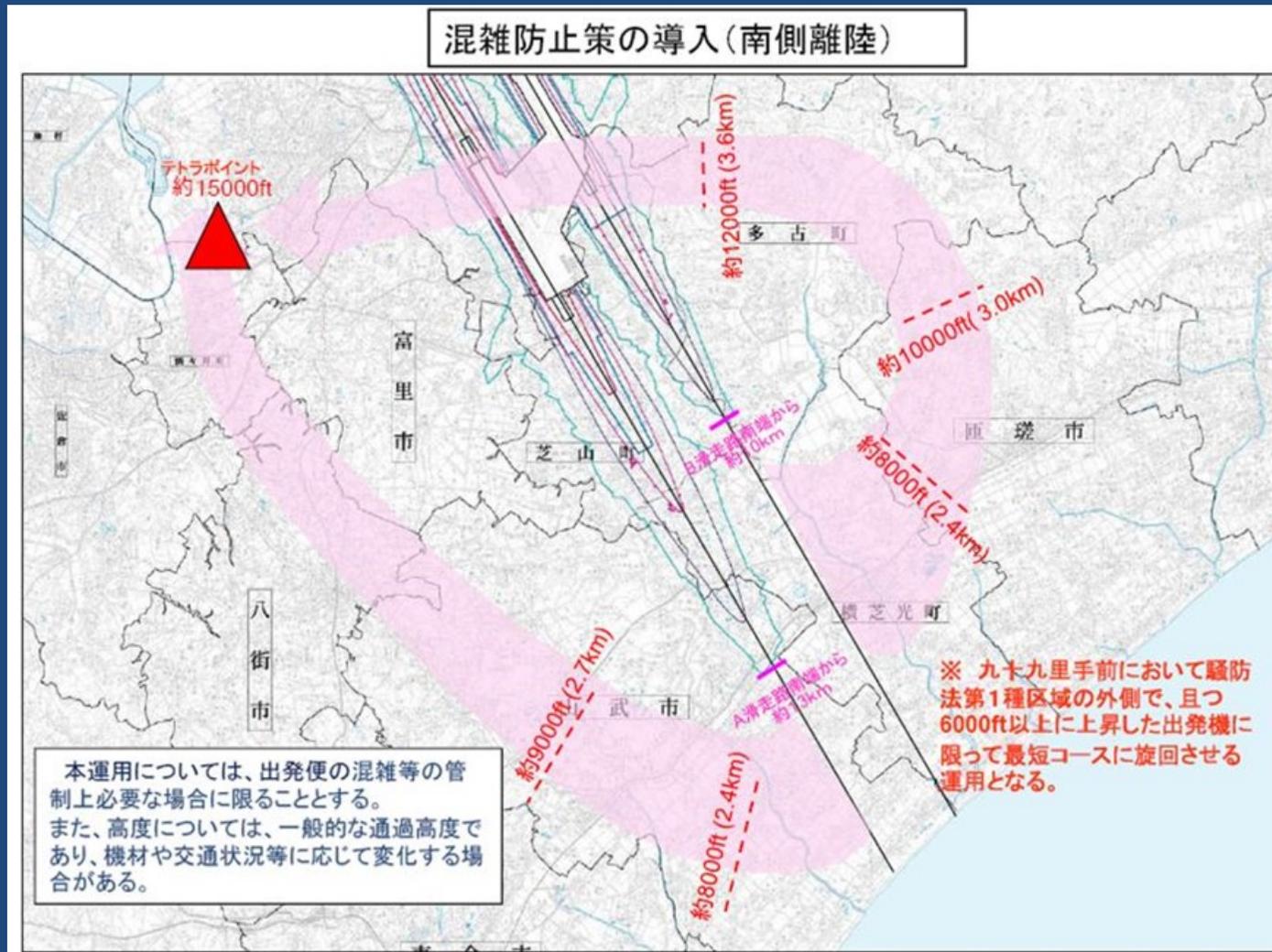
出典)成田空港 HP

飛行経路の変更(追加)



出典) 成田空港 HP

成田空港の飛行経路の柔軟化(空域混雑の防止策)



出典)
成田空港HP

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。最近では運用時間制限の柔軟化も議論。



ヒースロー



サンディエゴ



福岡



サンディエゴ

(参考)ヒースローと羽田(再拡張前)の滑走路容量比較

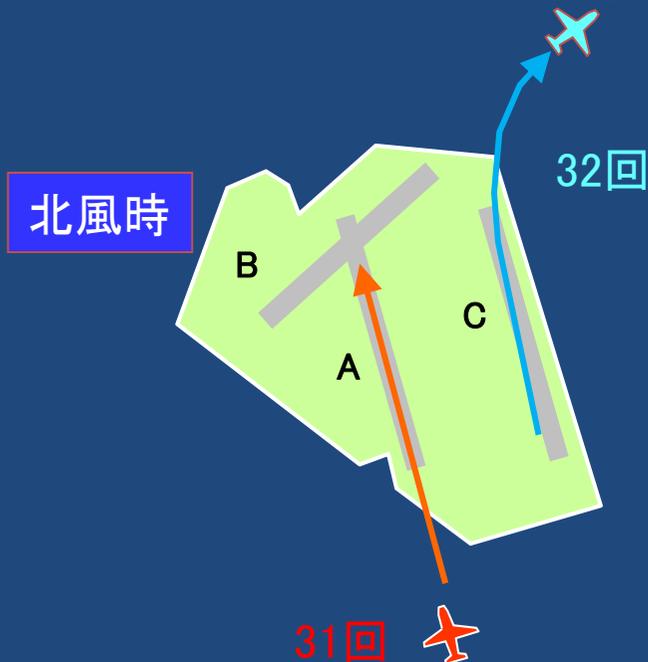


容量:回/時 (2002)			許容遅延時間 min
着陸容量	離陸容量	トータル	
44	43	78	10

滑走路容量等: 出典 IATA「Airport Capacity Demand Profiles 2003」, FAA「Airport Capacity Benchmark Report 2004」, FAA:ASPM

2本の滑走路をそれぞれ離陸・着陸専用として分離運用
(ピーク時のみ限定的に離着陸共用)

参考) Heathrow Airport interim Master Plan: Draft for Consultation 2005



容量:回/時 (2009)			許容遅延時間 min
着陸容量	離陸容量	トータル	
31	32	-	-

容量差の主な理由

- ① 大型機 (Heavy機) 比率の差 (ヒースロー3割, 羽田7割)
…羽田も総旅客数を維持しながら小型化 (Heavy機減) + 多頻度化 (容量増) が可能?
- ② 空域制約 (離陸経路の分散可能性) + 戦略的な離陸順序付けの有無
- ③ 滑走路占有時間の差 (滑走路・誘導路形状, ルール)
- ④ 待機経路の活用と戦略的着陸順序付けの有無

飛行場管制(着陸)と容量の決定要因～イメージ

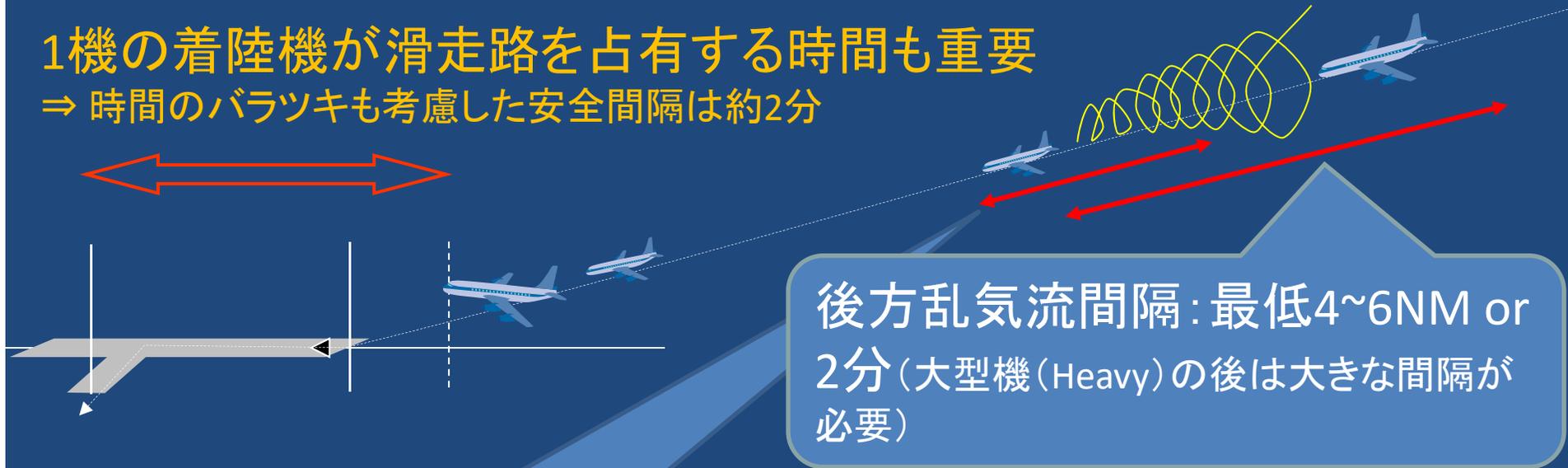
着陸容量の決定要因:

- ① 飛行中の最低安全間隔
- ② 滑走路占有時間



羽田の着陸容量では、**滑走路占有時間**の影響も大きい

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た安全間隔は約2分

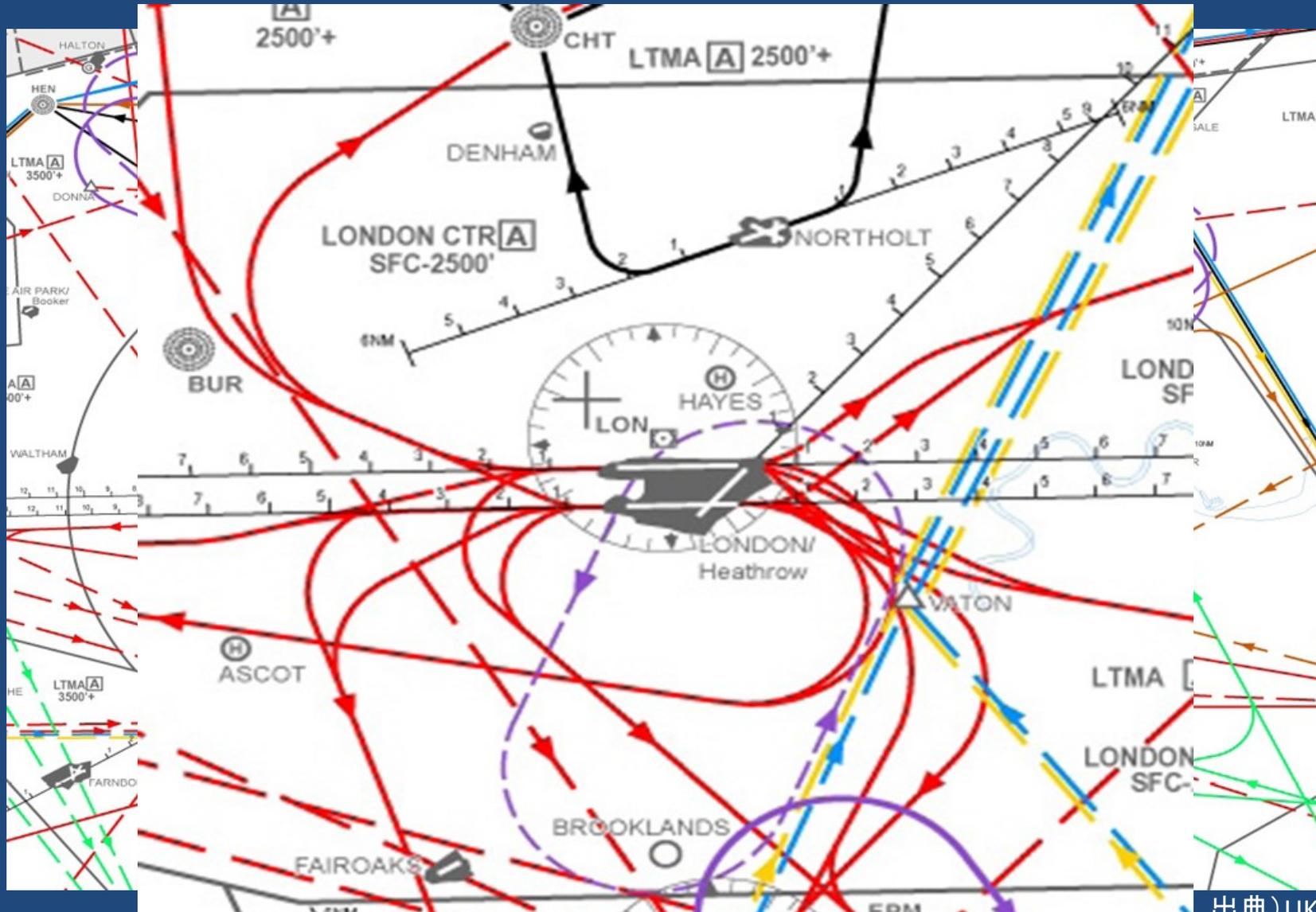


レーダー間隔: 最低3NM
 (機種に因らない一律の間隔)
 * 2.5NM短縮間隔あり

後方乱気流間隔: 最低4~6NM or 2分
 (大型機(Heavy)の後には大きな間隔が必要)

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

離陸経路の分散



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(約3割程度減?)

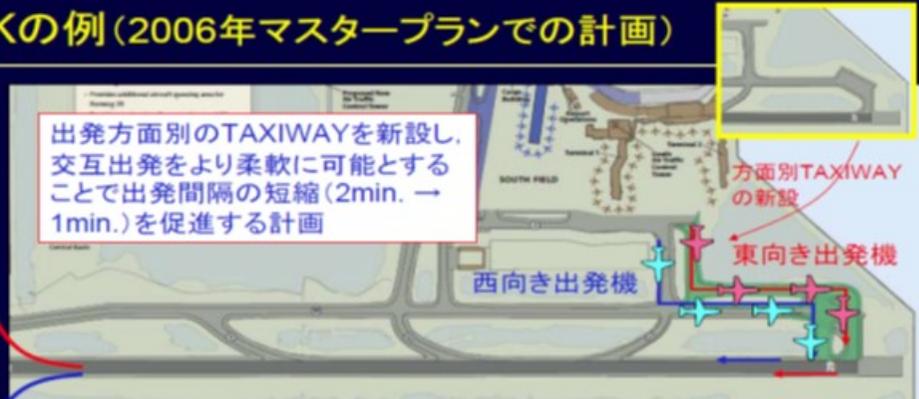
離陸機の飛行方面を考慮した戦略的な順序付け: 方面別に交互に離陸



OAKの例 (2006年マスタープランでの計画)

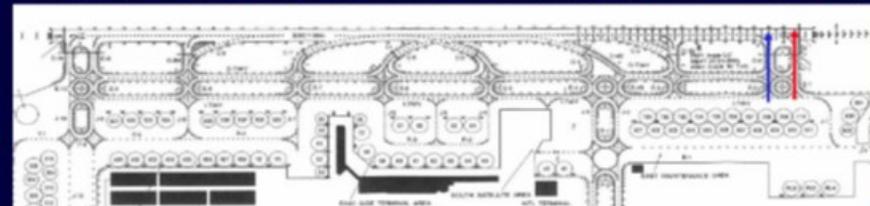
OAK

出発方面別のTAXIWAYを新設し、
交互出発をより柔軟に可能とす
ことで出発間隔の短縮(2min. →
1min.)を促進する計画



このような方法も活用して出発便の順序付けを柔軟化可能

HND



離陸容量の試算 (Heavy率, 経路分散の影響)

管制間隔の仮定:

- ① 先行機がHeavy機の場合 → 後方乱気流間隔 120秒
- ② 先行機がそれ以外の場合で経路分散なし → レーダー間隔を考慮した95秒
- ③ 先行機がそれ以外の場合で経路分散あり → 短縮間隔を考慮した60秒

ヒースロー:
(Heavy率 0.3, 経路分散率0.8)

推計容量 ⇒ 43回

羽田:
(Heavy率 0.7, 経路分散率0)

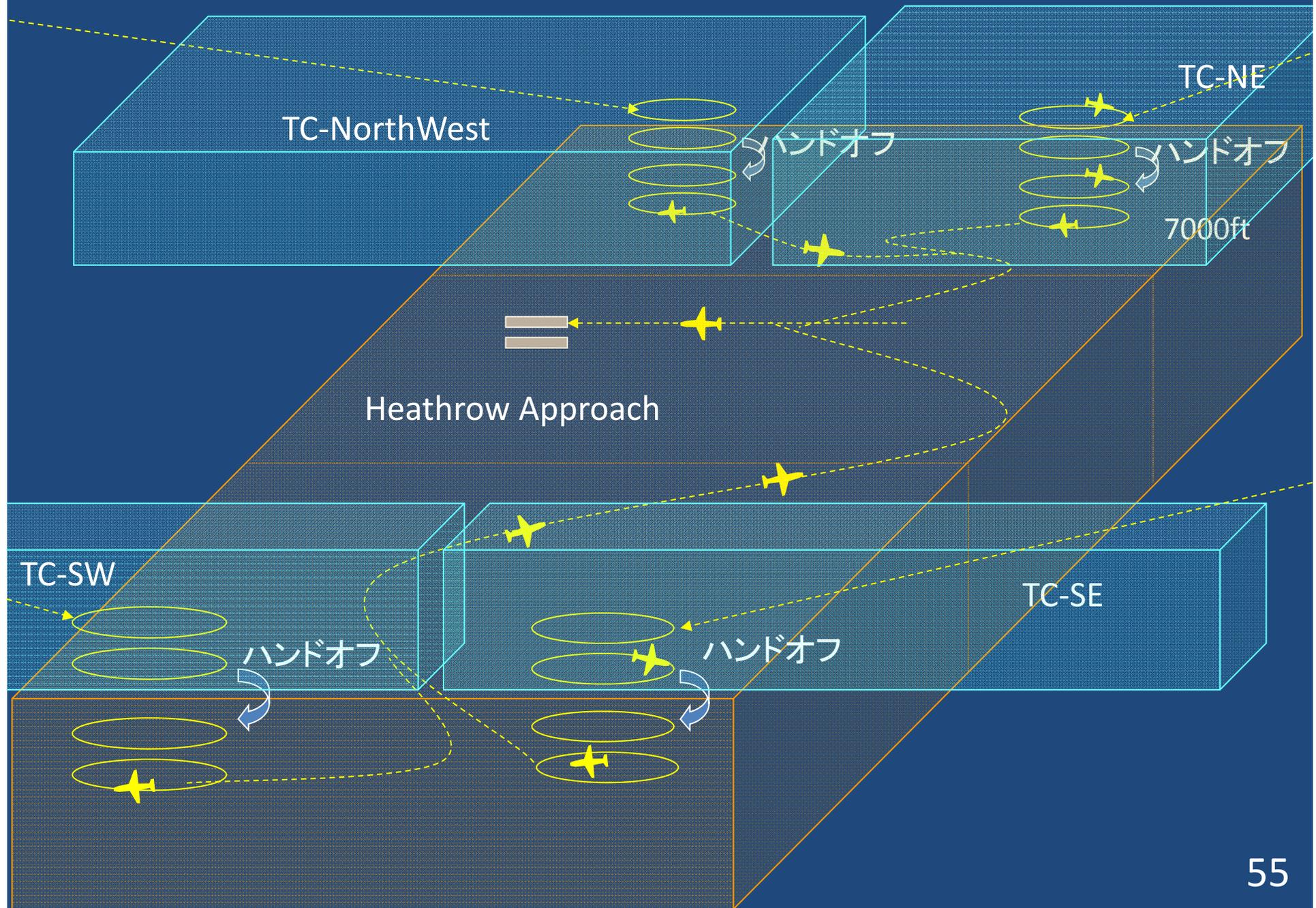
推計容量 ⇒ 32回

		Heavy比率	
		30%	70%
経路分散率	0%	35.1	32.0
	80%	43.4	34.6

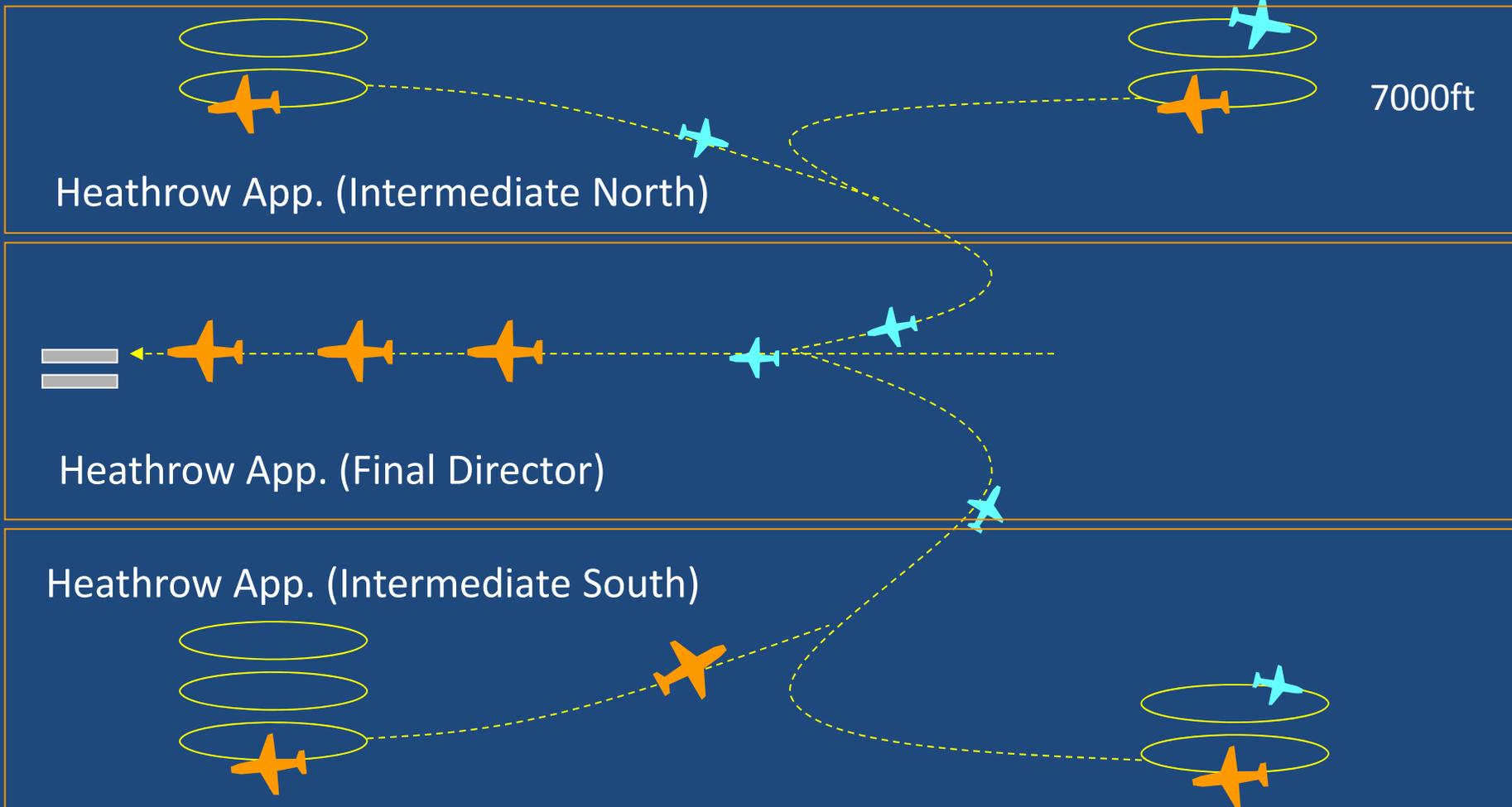
* 先行Heavyの場合は経路分散効果はないため、Heavy率低下時に経路分散効果が大きい

- * 離陸容量は、概ねHeavy機率の差と経路分散の有無で説明可能か
- * 空域制約による離着陸経路設定の柔軟性が滑走路容量に大きく影響

Holding Stack ~ Final Approachのコントロール



Holding Stack～Final Approachのコントロール

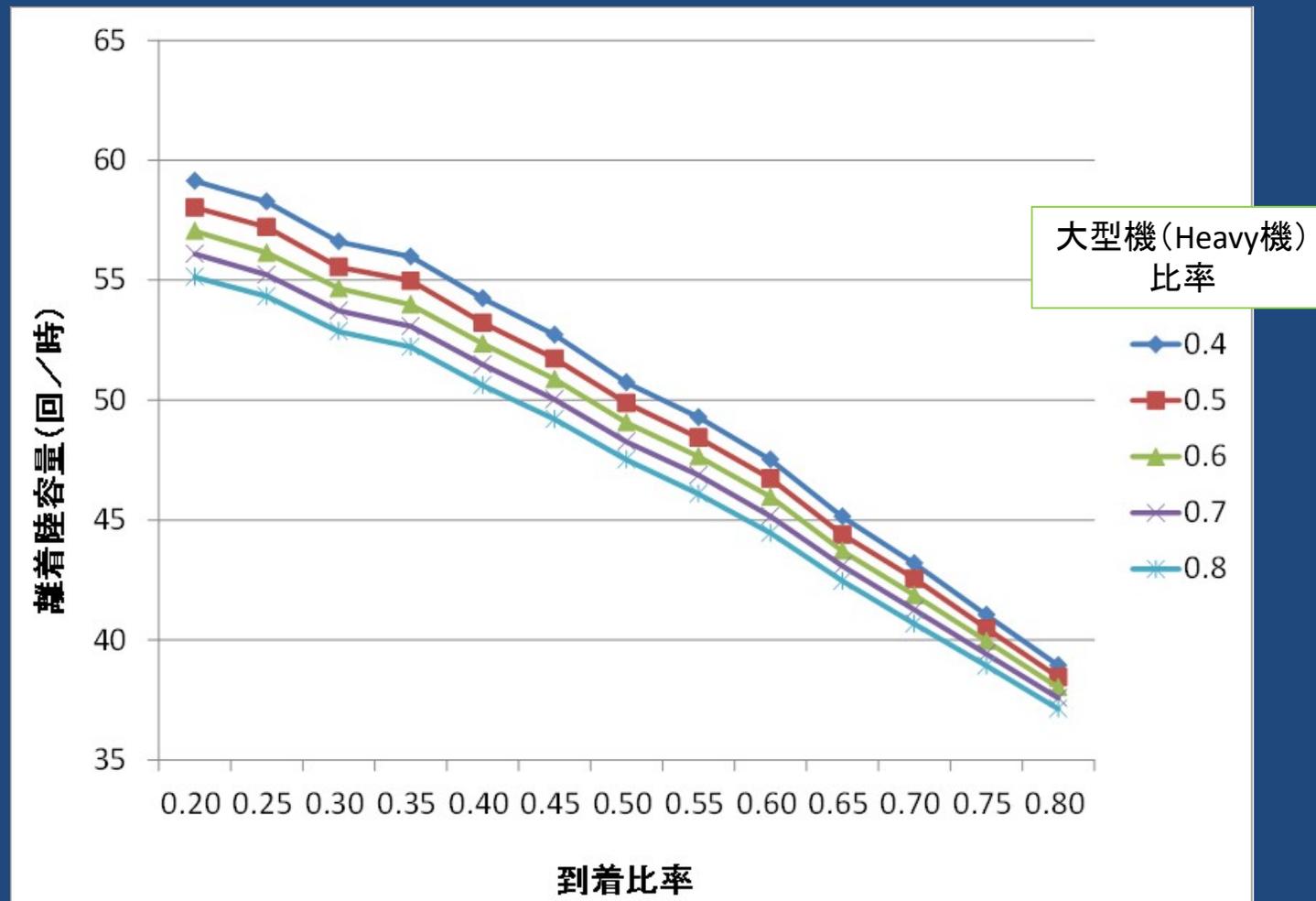


4つのHLD Stackからの着陸機をFinalに引き出す際、管制支援システムから滑走路容量最大化のための推奨順序が提供される(Delayが10分を越えた時). HLDスタック内の航空機をリスト表示.

再拡張後の羽田

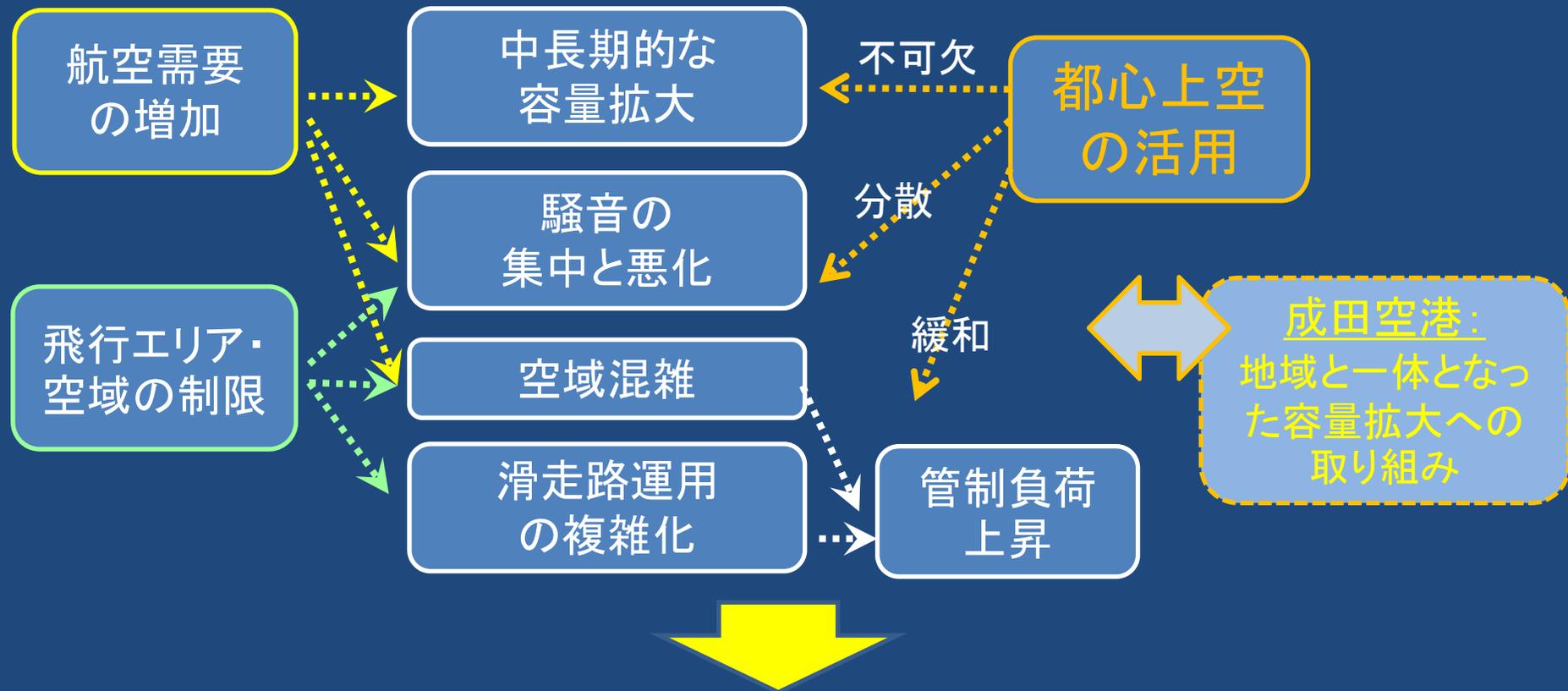
- 滑走路運用は複雑化(3本の滑走路が相互従属運用)
- 容量拡大には, より高度な管制, 運航方式が必要
 - ← 次世代の航空交通システム, CARATS
- 関東空域再編, 将来的な空域構成・運用のあり方
- 都心上空ルートを活用可能性
- 軍機能との共存方法
- 騒音負担の方法
- など

再拡張後の滑走路容量 ～離着陸比率，機材構成の影響～



離着陸比率は当然，機材構成の影響も無視できない

首都圏空港容量と騒音問題のまとめ



航空機の低騒音化が進展した今、首都圏の空域全体の有効活用による容量拡大と騒音の共有、管制負荷軽減に向けて、**都心上空空域の活用可能性についても改めて議論をする必要があるのではないか。**

本日の発表内容

- 首都圏空港(特に羽田空港)の中長期的な容量拡大を視野に、航空機騒音の負担のあり方と関連する空港の運用方法について検討



本日の報告内容

- 海外混雑空港における騒音分散と容量拡大に関連する特徴的な事例の紹介
- 都心上空活用による羽田空港の騒音分散の方法と容量拡大に関する一考察
- 動的な滑走路容量管理の遅延軽減に対する効果分析

本日の発表内容

1. わが国首都圏における空港容量拡大ニーズと騒音問題
2. 混雑空港における騒音分散に関する海外事例
3. 都心上空活用による羽田空港の容量拡大方法に関する一考察
4. 羽田空港における動的な容量管理(離着陸便数配分)の効果分析
5. 本日の発表のまとめ

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)

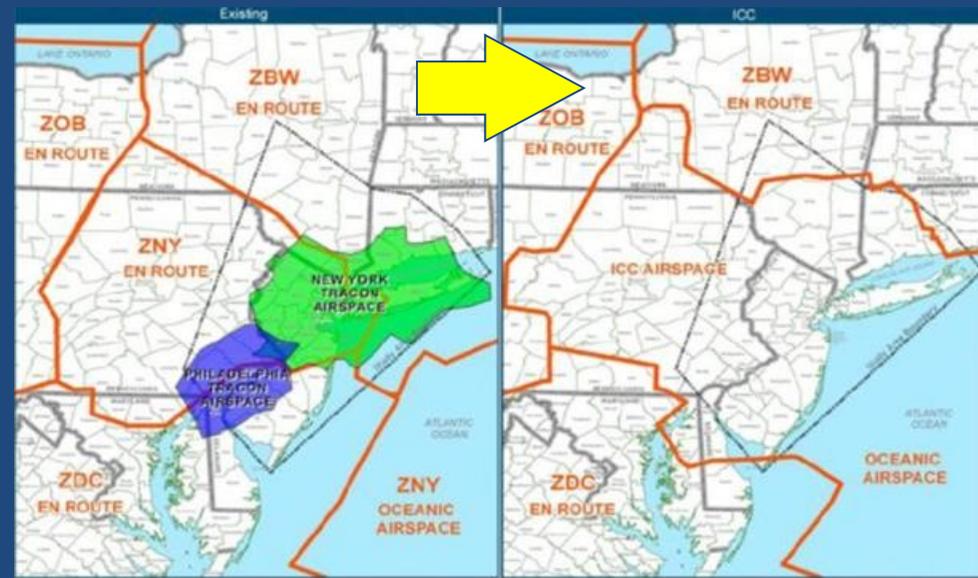
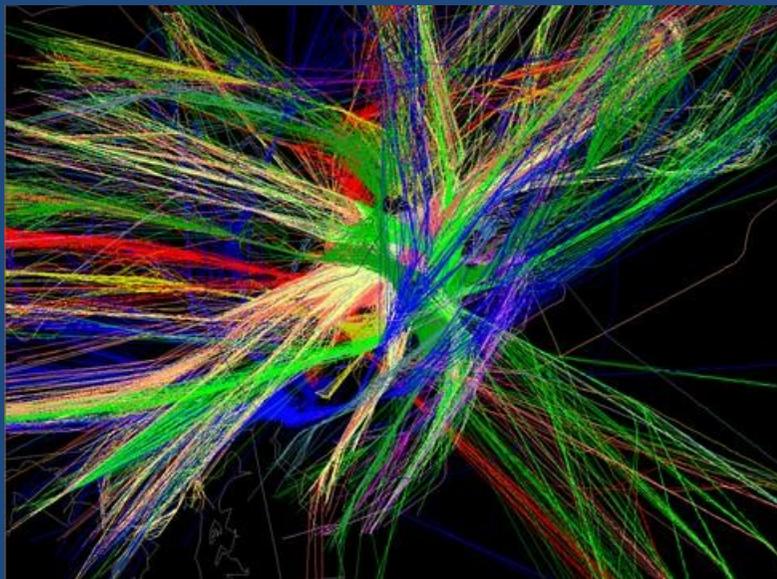
(1) NY/NJ/PHL首都圏空域再編プロジェクト

(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

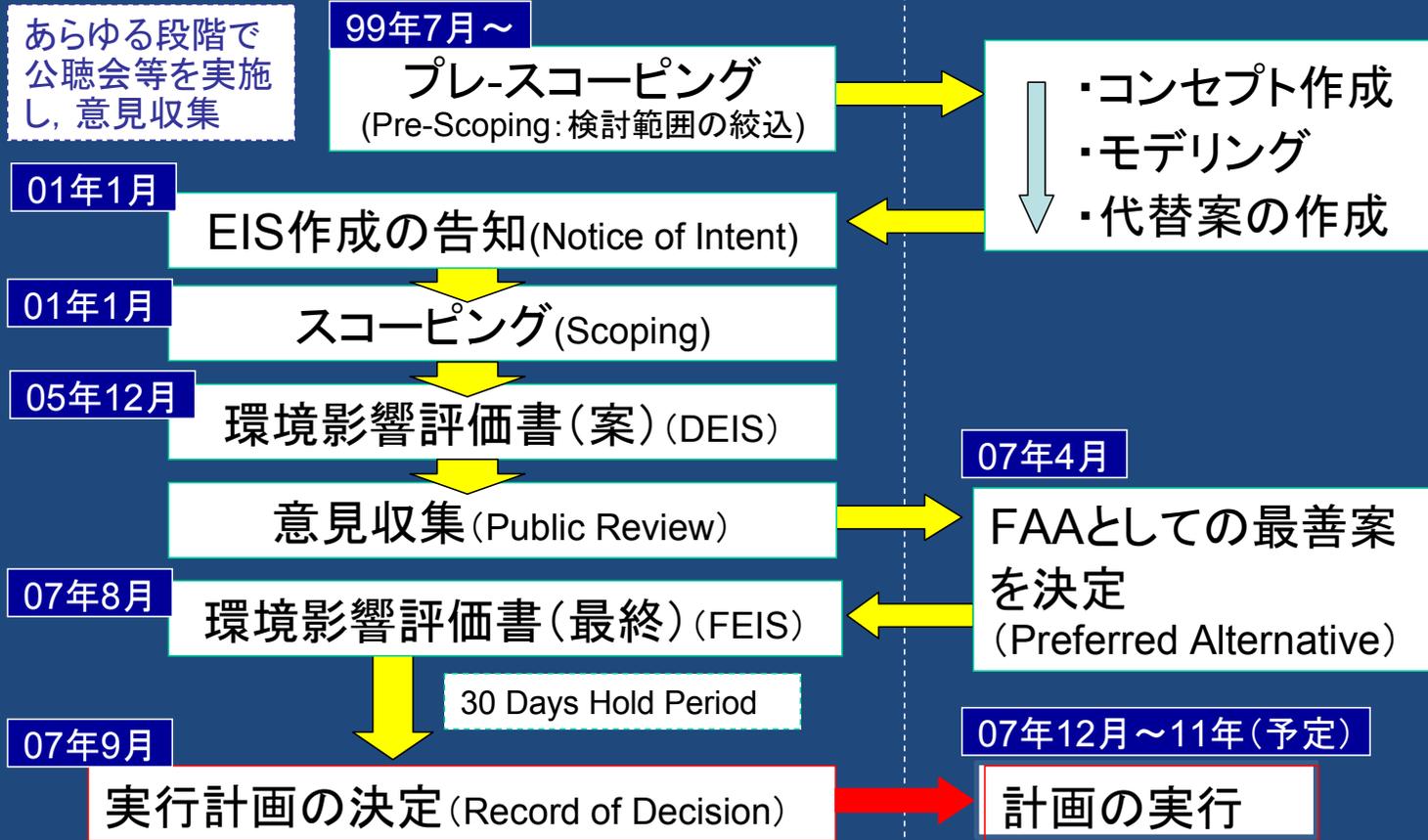


NY空域再編の計画プロセスと計画決定

- ・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

NEPAプロセス (国家環境政策法)

空域再編プロセス



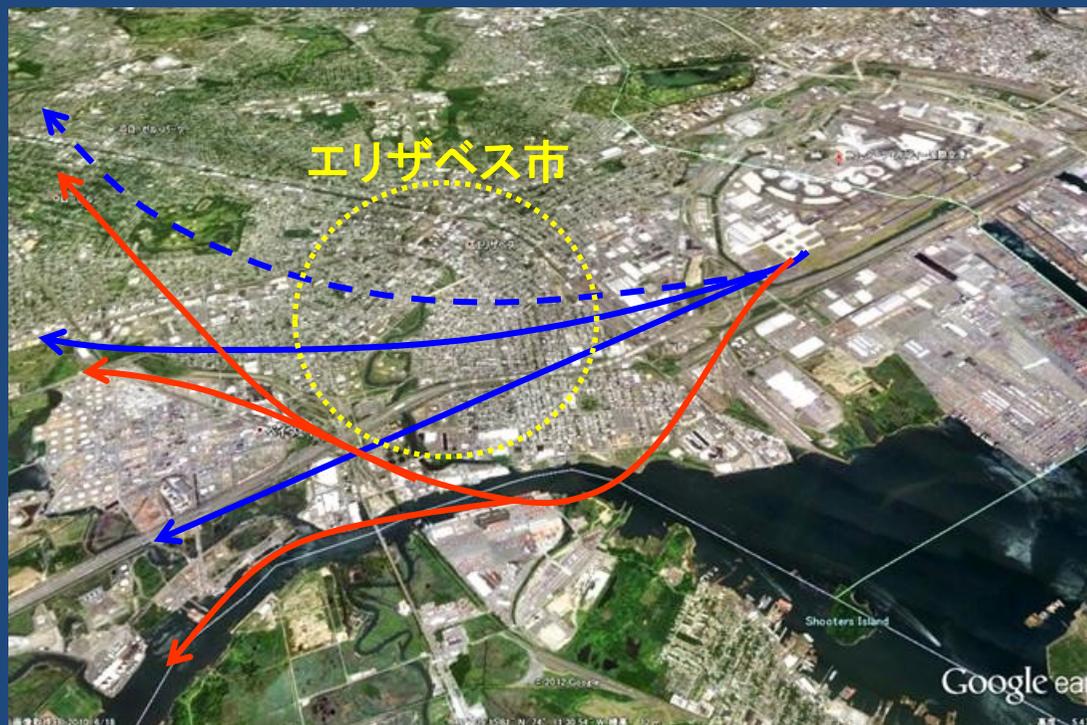
参加者の範囲 (非常に広域)



ニューアーク空港における離陸経路分散と容量拡大



* フィラデルフィア空港でも実施



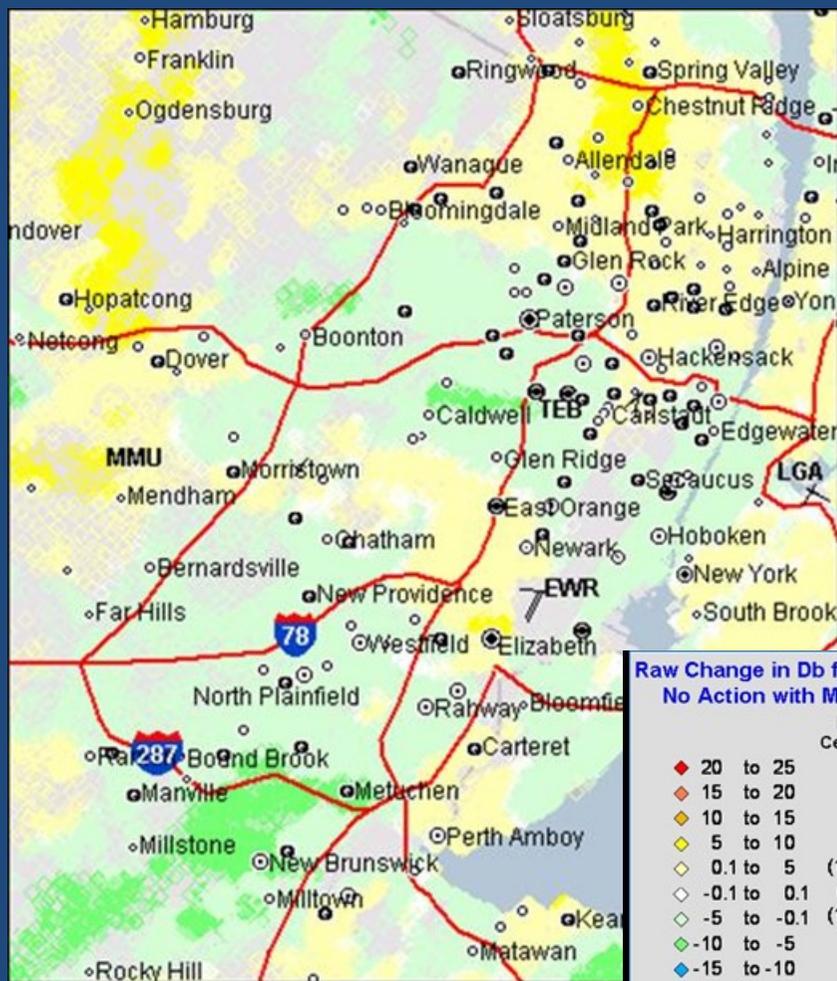
NY首都圏の大規模空域再編(2007～)

離陸経路分散による容量拡大を実行(Fanned Departure)

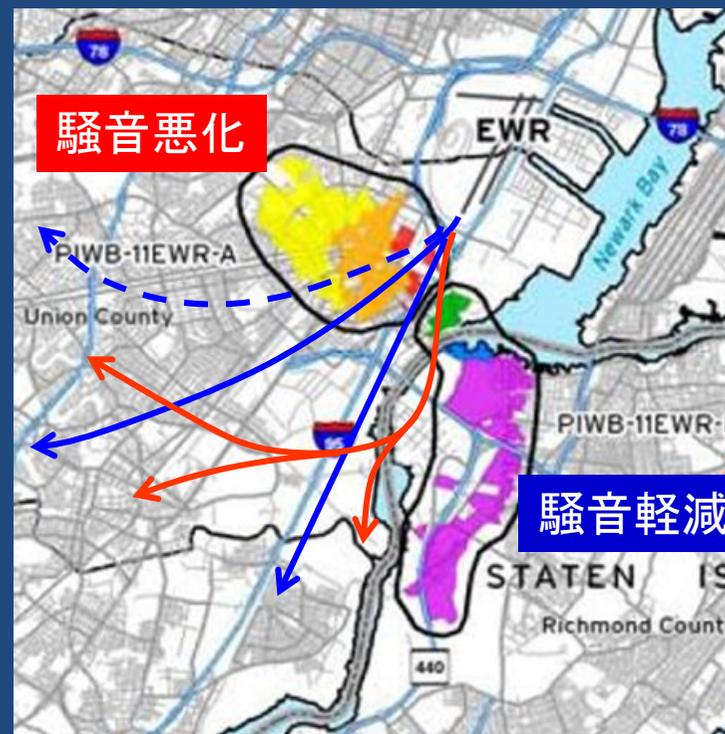
→ これまで避けていた市街地上空にも出発経路を設定

(* 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)

騒音への影響 (ICCとNo Actionの差)



出典) FAA



出典) FEIS

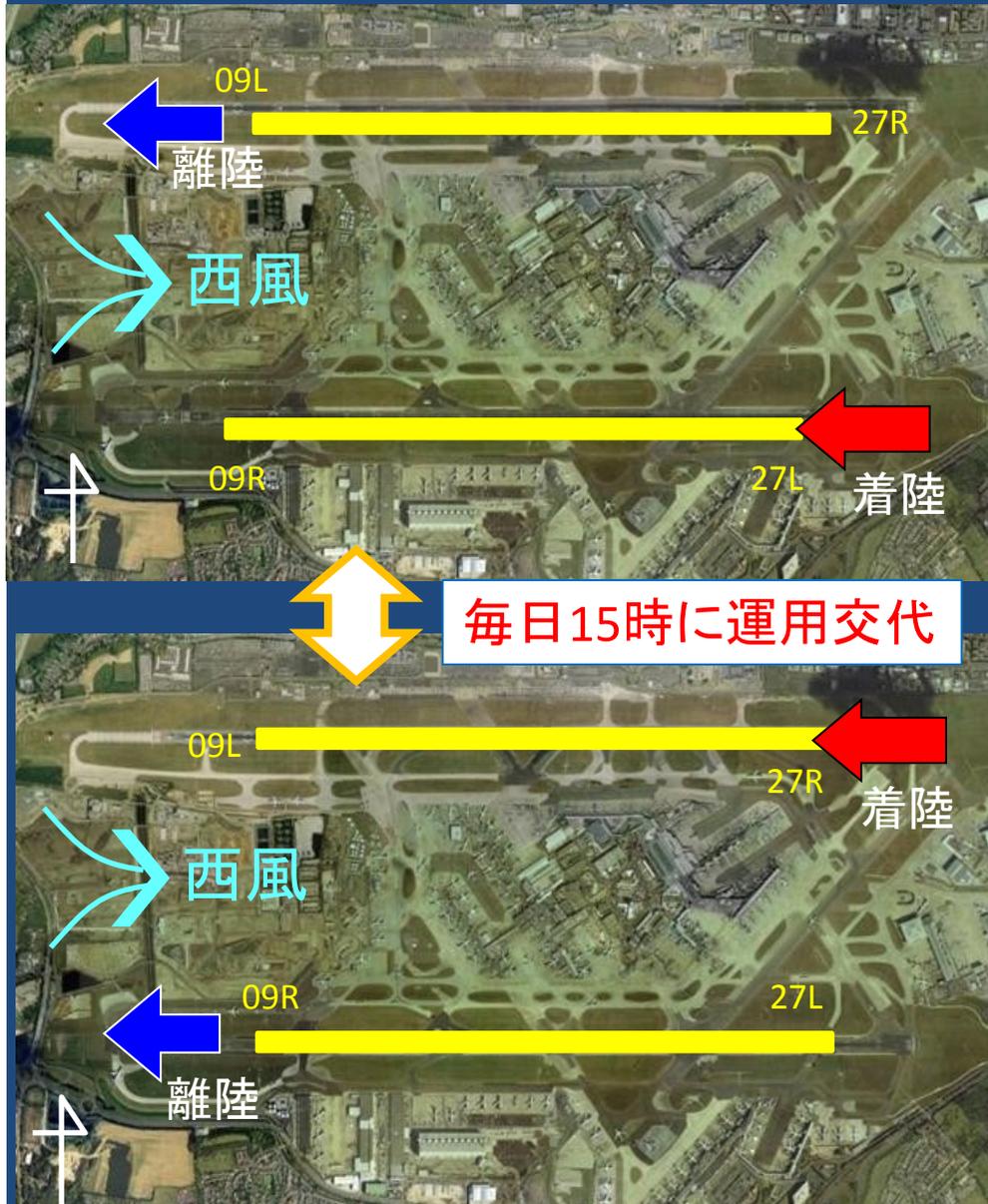
一部地域で騒音が悪化
(出発到着経路の再編, Fanned Departure, などのため)

法的障壁のクリア (FAA, 2009年6月)

出典)
http://www.faa.gov/news/updates/?newsId=58761

The screenshot shows the FAA website's news section. At the top, there is a navigation bar with links for 'FAA Home', 'About FAA', 'Jobs', 'News', and 'A-Z Index'. A search box is located to the right of the 'News' link. Below the navigation bar is a dark blue menu with categories: 'Aircraft', 'Airports', 'Air Traffic', 'Data & Research', 'Licenses & Certificates', 'Regulations & Policies', and 'Training & Testing'. The main content area features a breadcrumb trail: 'FAA Home » News » News & Updates'. The article title is 'Blue Skies for New York Airspace Redesign'. Below the title are social media sharing options: 'Print', 'Email', 'RSS', and 'Subscribe'. The article text discusses a court ruling that cleared a legal barrier for the New York/New Jersey/Philadelphia Metropolitan Area Airspace Redesign, intended to reduce delays. It mentions a federal appeals court ruling on June 10th, 2009, that allowed the redesign to proceed despite legal challenges from the State of Connecticut, several towns and counties, and a citizens group. The lawsuits, filed in 2007, claimed that the FAA had not properly conducted an environmental impact study. A three-judge panel of the U.S. Court of Appeals for the District of Columbia disagreed with the lawsuits, stating that the FAA's environmental impact analysis was procedurally sound and substantively reasonable. The FAA remains committed to making air travel more efficient in the New York area through this redesign, which is currently in its second of four stages. The redesign is expected to be completed in 2012, with an estimated 20% reduction in delays, noise, and fuel consumption.

(2) ヒースロー空港 ～滑走路運用上の騒音考慮



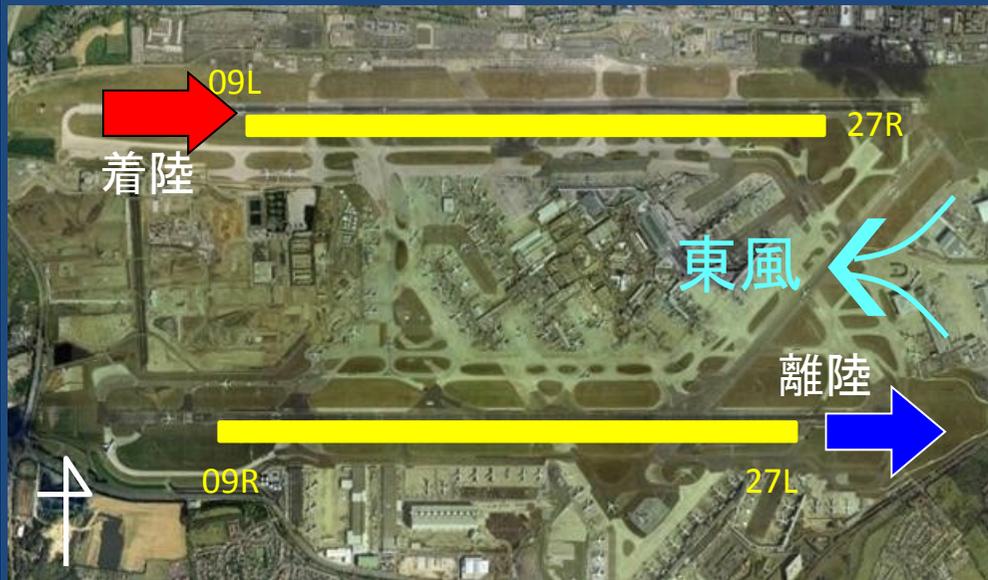
2本の平行滑走路を離着陸分離方式で運用

⇔ 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)

(2) 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)

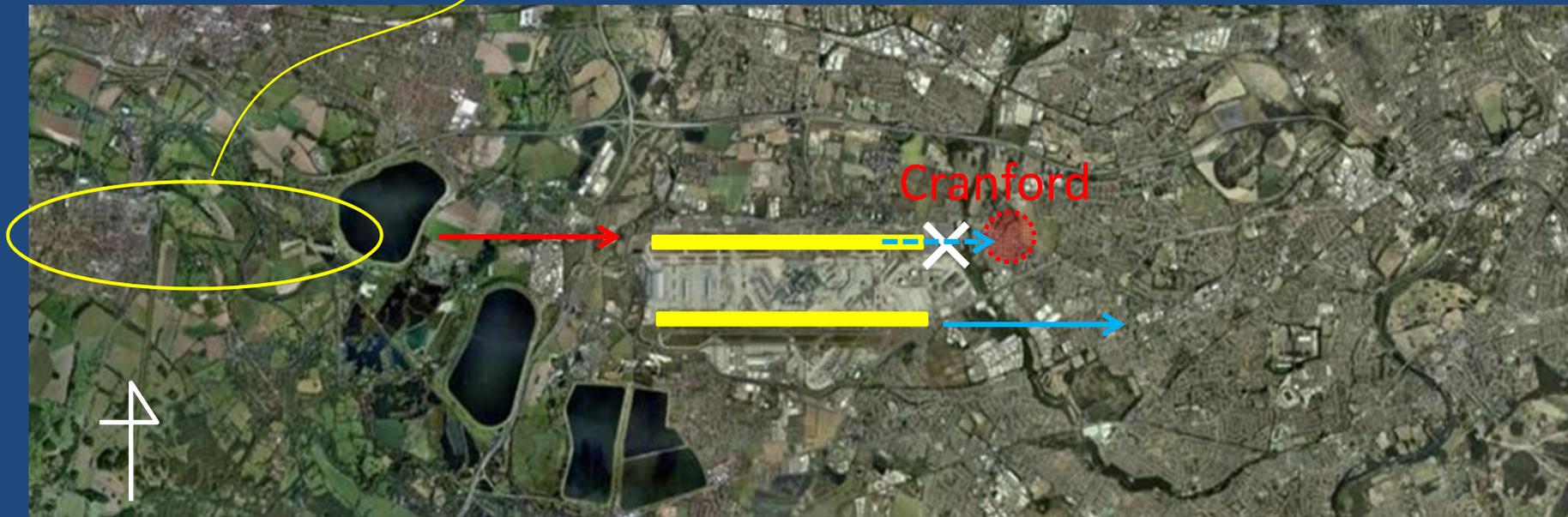
⇒ 東風運用時はNG (Cranford Agreementの存在)

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



近年の動き① ～離陸禁止エリアの開放

- ✓ 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.”



ロンドンヒースロー空港の容量拡大検討の経緯

03年

- 航空白書(国の基本方針) *"The Future of Air Transport White Paper"*
⇒ ヒースローに第3滑走路が必要(騒音等の環境条件を満たせば)

04年

- ヒースロー拡張整備プロジェクト(技術検討) *"Project for the Sustainable Development of Heathrow (PSDH) "* (in DfT) → 3年間の技術
(第3滑走路, Mixed-mode, 現状の運用制約緩和(Cranford Agreementの解消など)の効果と影響)

07年

11月

- ヒースロー拡張整備プロジェクト(コンサルテーション)
"Adding Capacity at Heathrow Airport Consultation Report "
⇒ 2008年2月末までコンサルテーション
⇒ 約7万件の意見提出



09年

1月

- ヒースロー拡張整備プロジェクト(政策決定) *"Britain's Transport Infrastructure - Adding Capacity at Heathrow: Decisions Following Consultation "*
⇒ 政府として「第3滑走路」を承認. Mixed-modeは却下. Cranford Agreementも解消を決定.

10年

- (政権交代) ⇒ 第3滑走路計画, その他容量拡大計画のキャンセル

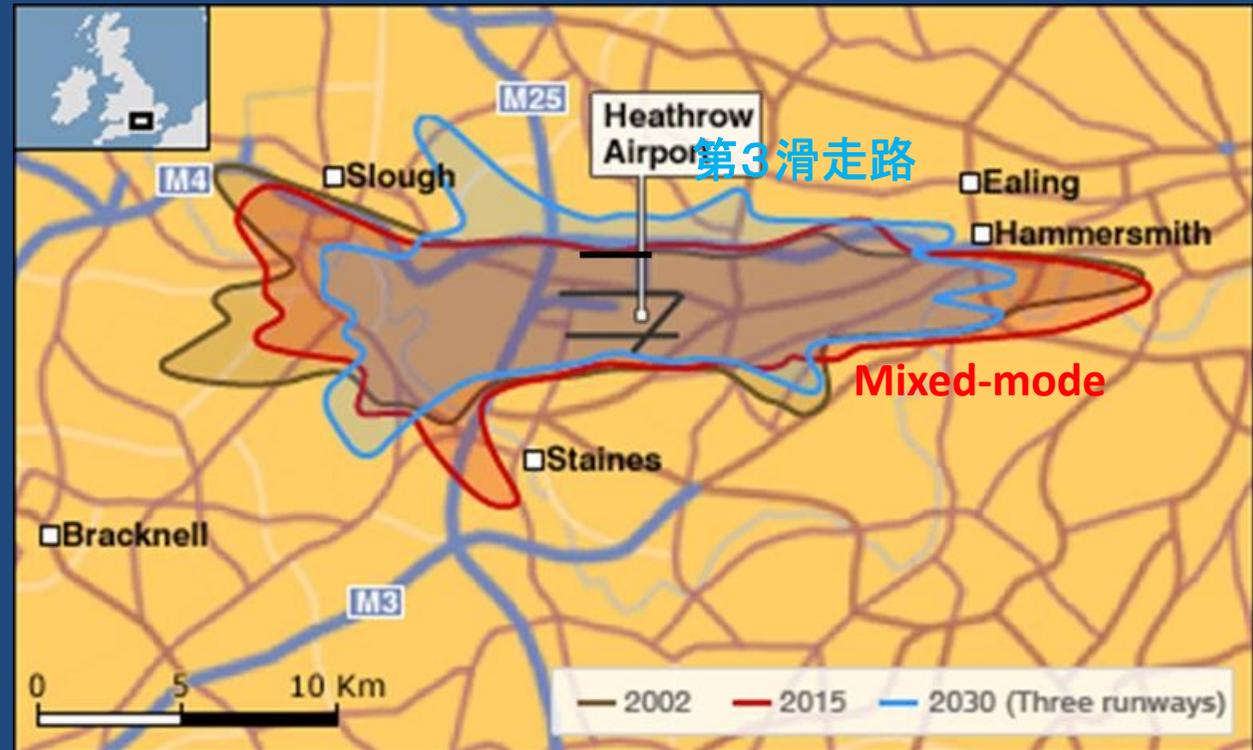
11年

- 航空輸送の持続可能なフレームワークの構築に向けて *"Developing a Sustainable framework for UK aviation: Scoping document"*
- 運用効率化実験 "Operational Freedom Trial" (2011~2013)

(参考)Mixed-mode, 第3滑走路の検討

← — — — →
← — — — →
離着陸共用方式
(Mixed-mode)

— — — →
← — — —
← — — — →
第3滑走路



「Mixed-mode」ではなく「第3滑走路」を選択(2009)

→ Mixed-modeでは、現在の騒音暴露地域でのRespite Periodがなくなり、特定地域への騒音負担が増すことが理由の一つ

参考) DfT

出典) http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/politics/7107693.stm

近年の動き② ～運用効率化 Operational Freedom Trial(2011－2013)

Runway Alternation制約を従来より緩和(=Respite Periodの減少)
⇒遅延拡大時などのバッファ容量の確保

現状 離着陸
分離方式
+
「限定的に2本着陸」



Trial中 離着陸分離方式
+
「Operational Freedom」



- 2本着陸(離陸専用滑走路への着陸)を実施できるトリガー条件を緩和
 - 遅延時間, 定時性
 - 容量低下時(向かい風20kt以上) など
- 2本離陸も同様に実施
- A380や小型機の到着を離陸専用滑走路へ
 - 後方乱気流の影響軽減
- 騒音軽減離陸経路(NPR)からの逸脱誘導
 - 離陸容量の増加 etc

騒音負担を公平にしつつ, 運用制約の一部緩和により容量拡大(遅延軽減)も実施

最近の動き③: 2012年11月 Airports Commissionの設立

- エアラインや経済界から現政権に対して, ヒースロー第3滑走路建設により容量問題を早期解決せよとのプレッシャー
- 現政権は独立委員会として Airports Commission (空港委員会) を設立し, 空港容量問題に関する調査と提言を付託
- 2013年に中間報告, 2015年に最終報告を行う
- その後, 政府が英国の空港容量問題への政策方針を決定する予定 (2015年の総選挙後)

The screenshot shows a GOV.UK page with the following content:

- Header: GOV.UK, Inside Government, Departments Topics Worldwide How government works Get involved, Policies Publications Consultations Statistics Announcements
- Search bar
- Title: Written statement to Parliament, Membership and terms of reference of the Airports Commission
- Metadata:
 - Organisation: Department for Transport
 - Delivered on: 2 November 2012
 - Page history: Published 2 November 2012
 - Policy: Making sure UK airports and airlines are safe, secure and competitive while reducing their impacts on the environment and communities
 - Minister: The Rt Hon Patrick McLoughlin MP
- Text: Written statement by the Rt Hon Patrick McLoughlin MP, Secretary of State for Transport.
- Image: A portrait of Patrick McLoughlin MP.
- Text: On 7 September, the government announced its intention to create an independent commission, chaired by Sir Howard Davies, to identify and recommend to government options for maintaining the UK's status as a global aviation hub. Following discussions with Sir Howard, the government is now in a position to announce the full membership and terms of reference for this body, which will be named the Airports Commission.
- Text: In selecting members of the Airports Commission, the government worked with Sir Howard to identify individuals with a range of skills, backgrounds and experience. The commission also intends to appoint a panel of expert advisors, to enhance its capability to address issues that fall outside of the direct experience of the commissioners.

<https://www.gov.uk/government/speeches/membership-and-terms-of-reference-of-the-airports-commission>

(3) シドニー空港におけるNoise Sharing

旅客数: 約3600万人/年(2010)
発着回数: 約30万回/年(2009)



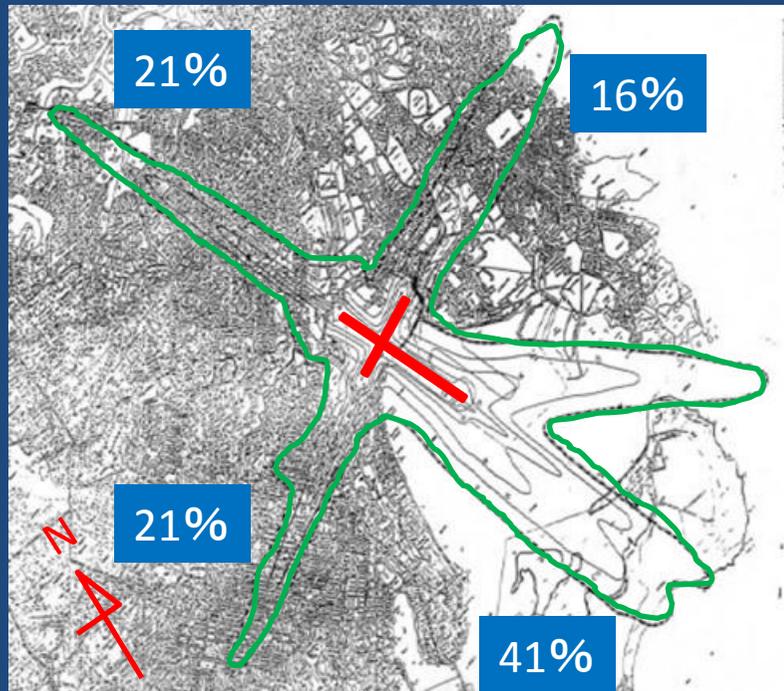
シドニー市街地に近接し、
南側は湾に面している



- 以前から航空機騒音が社会問題化
- 90年代半ばの第3滑走路建設を機に騒音負担の考え方が大きく転換
- 広域で騒音を分担する運用方式を積極使用
- 現在, 航空機騒音対策に関して世界のリーダーと認識

第3滑走路建設を巡る騒音問題の経緯(1)

1993年以前(第3滑走路供用前)

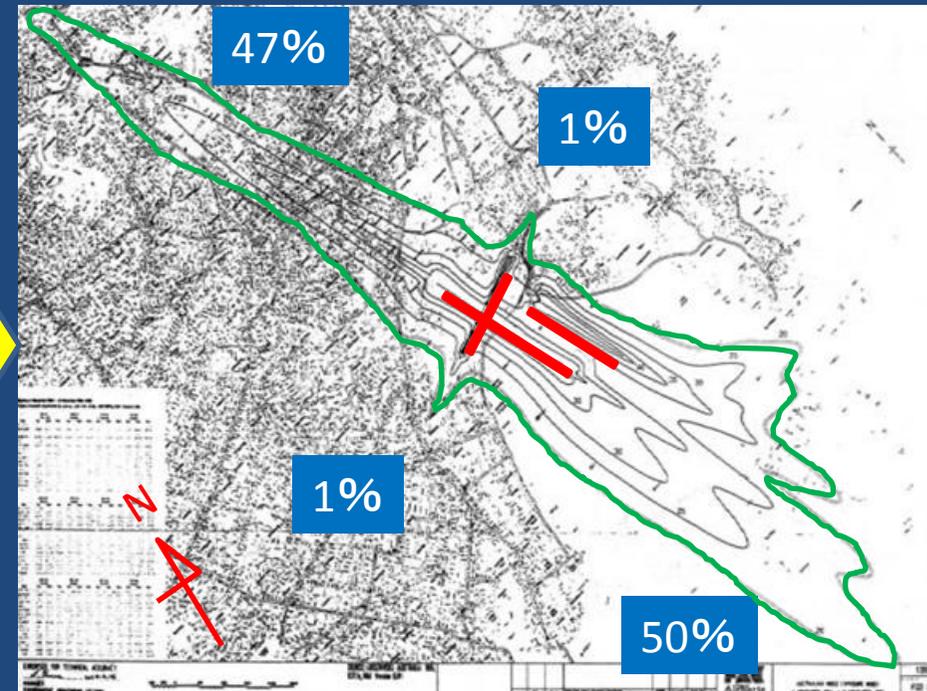


1993年コンター(第3滑走路建設前)

2本の交差滑走路を使用

陸域の飛行ルートは全方面で
同程度の使用比率

1994年(第3滑走路供用開始)



1995年コンター(第3滑走路建設後)

3本の滑走路を使用

- ・ 南北平行滑走路による容量拡大
 - ・ 空港北部への騒音集中
- ⇒ 北部地域住民の反対運動が激化

第3滑走路建設を巡る騒音問題の経緯(2)

95年

- 上院の特別委員会報告
⇒騒音軽減のための運用方法等の検討が必要

96年

- 新政権(自由党・国民党)がAirservices Australia(管制会社)に対して、騒音の公平な負担を達成するための東西滑走路の使用頻度増加と、長期運用計画(Long Term Operating Plan: LTOP)の作成を指示.
- Airservices Australiaを中心としたTask Forceによる技術検討
→ Public Consultation
→ 31のRecommendationからなるLTOPを策定.

97年

- LTOPに基づく運用を開始

参考:

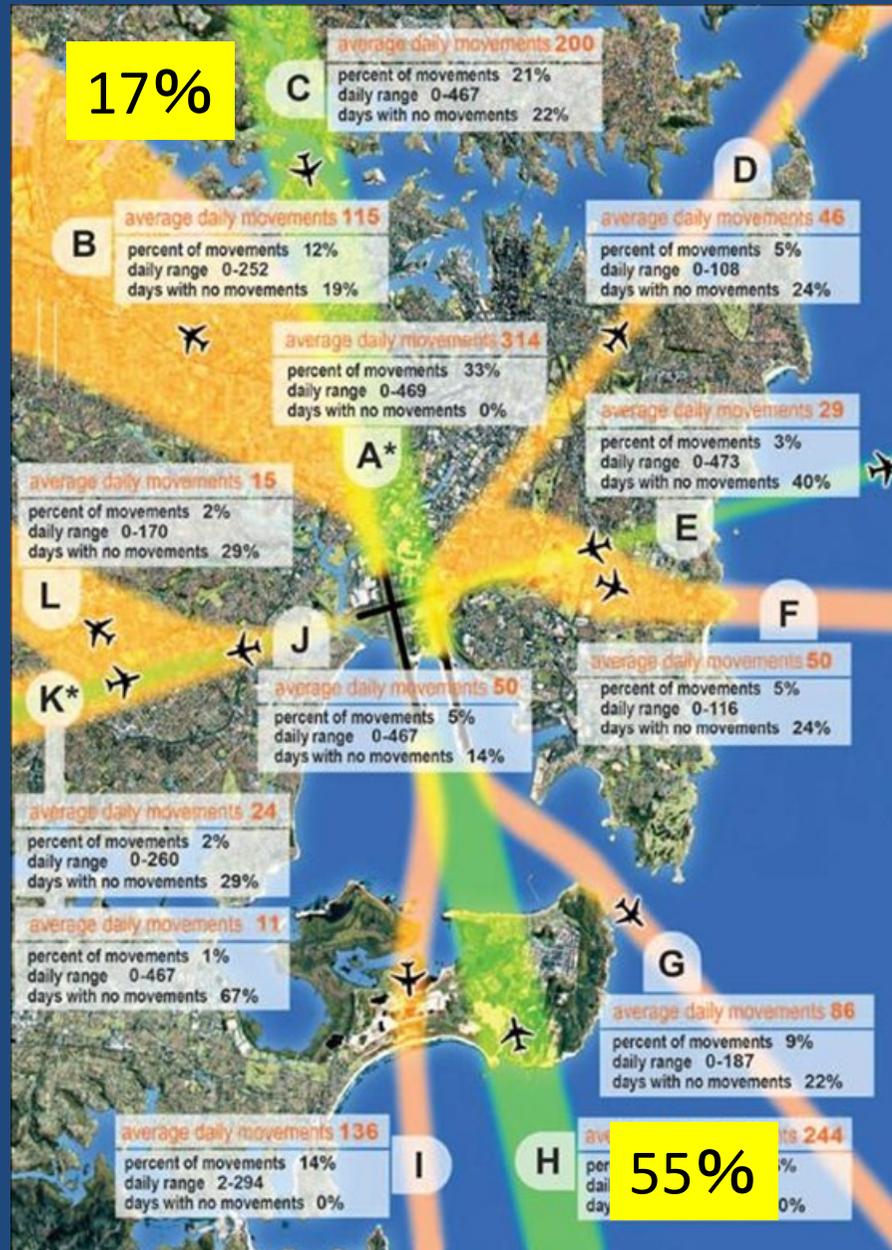
- Airservices Australia: Long Term Operating Plan for Sydney Airport & Associated Airspace, 1996
- Commonwealth Department of Transport and Regional Development: Sydney Airport Long Term Operating Plan- Proponent's Statement (Excerpt), 1997.
- Dave Southgate, The Evolution of Aircraft Noise Descriptors in Australia over the Past Decade, Proceedings of ACOUSTICS 2011.
- Giovanni Nero, John A. Black: A critical examination of an airport noise mitigation scheme and an aircraft noise charge: the case of capacity expansion and externalities at Sydney (Kingsford Smith) airport, Transportation Research Part D 5 (2000) pp.433-461
- John Black: 空港の民営化とその経済的、環境的影響への対応, 第14回運輸政策研究セミナー, 運輸政策研究, Vol.3, No.1, 2000.

Long Term Operating Plan : LTOP 1997～

LTOPの基本方針:

- 3本全ての滑走路を活用
- 海上と非住居エリアの飛行経路を最大限活用
- 居住エリア上空の飛行による騒音は**公平に負担する**
(fairly/equitably shared)
- 運航の安全に支障はきたさない
- 軍空域の影響を調査する

飛行経路の分散の様子

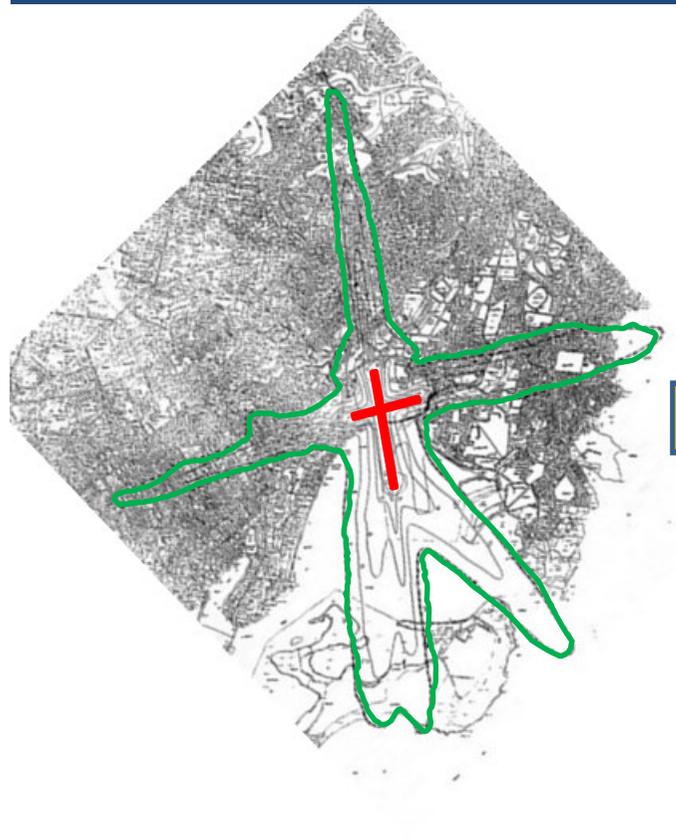


各飛行経路の使用比率目標

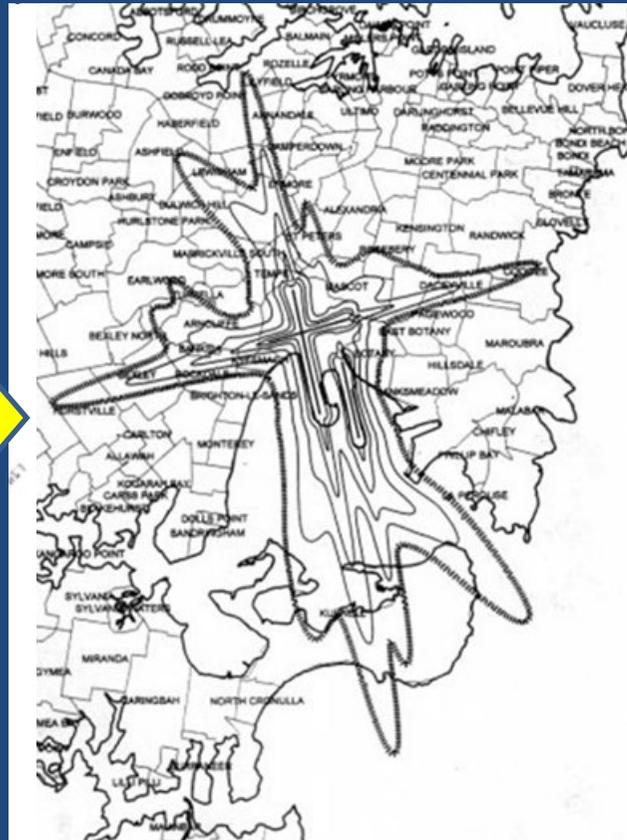
13%

出典) Sydney Airport Master Plan 2009

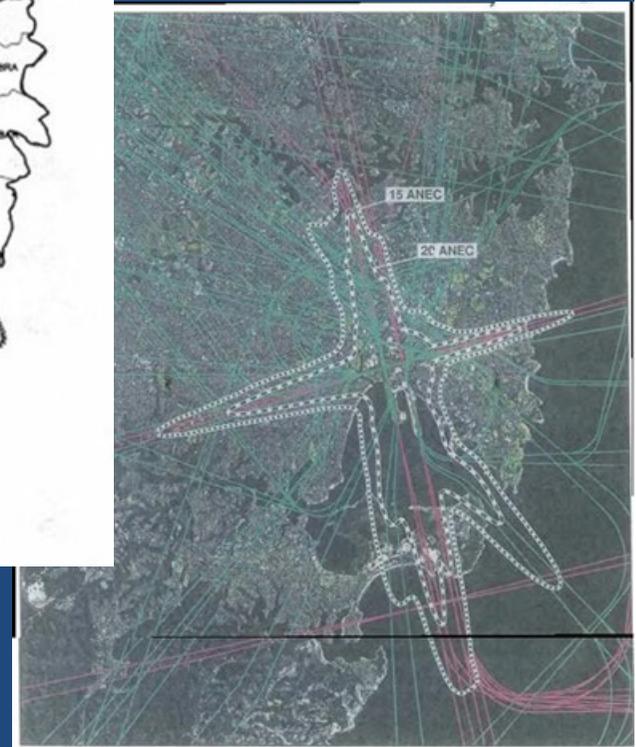
Long Term Operating Plan : LTOP



1993年コンター
(第3滑走路建設前)



LTOP予測コンター



飛行経路の検討図

図出典:

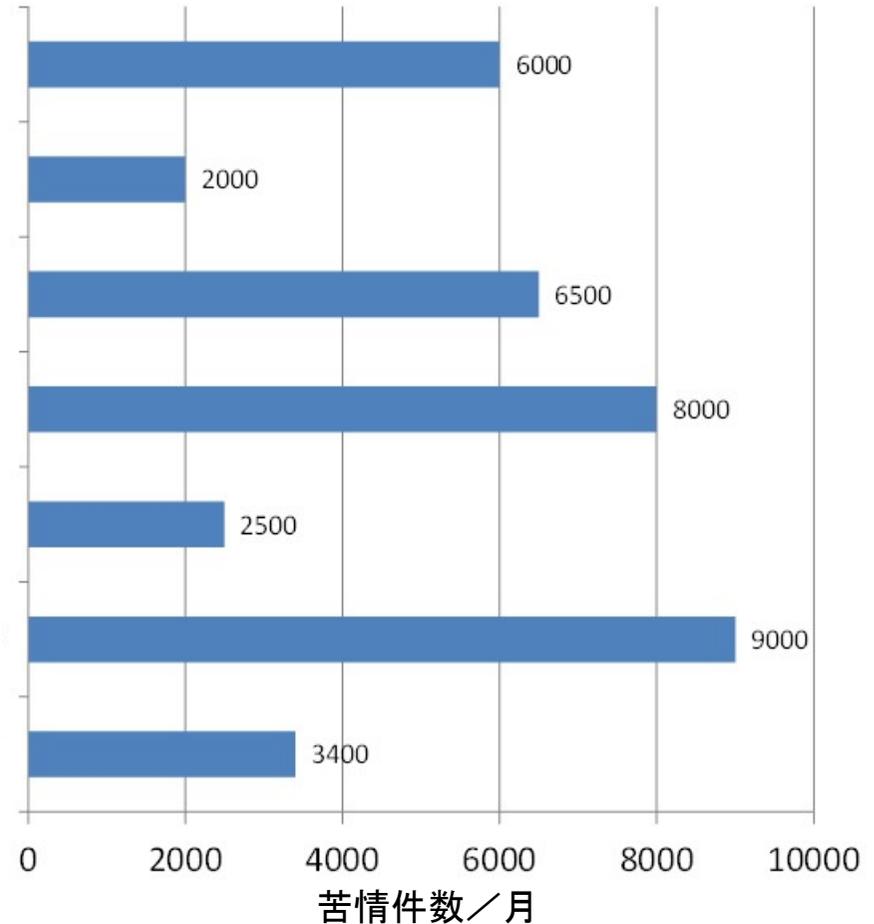
Airservices Australia : Long Term Operating Plan for Sydney Airport & Associated Airspace, 1996

Commonwealth Department of Transport and Regional Development: Sydney Airport Long Term Operating Plan- Proponent's Statement (Excerpt), 1997.

苦情数の推移

* 1993年から1998年にかけて騒音影響が大きく変化:

- 94年: 第3滑走路供用直後
- 96年前半: LTOP Stage1(東西滑走路の一部運用再開: オフピーク時, 小型機中心)の導入直前
- 96年6月: LTOP Stage1の開始
- 96年11月: 従来は未使用の離陸経路(34R)を使用開始: 騒音初体験地域発生
- 97年11月
- 97年12月: LTOP Stage2(3本滑走路のフル使用)の開始
- 98年10月



データ参考) Giovanni Nero, John A. Black: A critical examination of an airport noise mitigation scheme and an aircraft noise charge: the case of capacity expansion and externalities at Sydney (Kingsford Smith) airport, Transportation Research Part D 5 (2000) pp.433-461

新規騒音暴露地域においても一定期間を経ると苦情件数は低下
(同程度の騒音暴露地域が他にもあるため受容性が高い?)

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)」

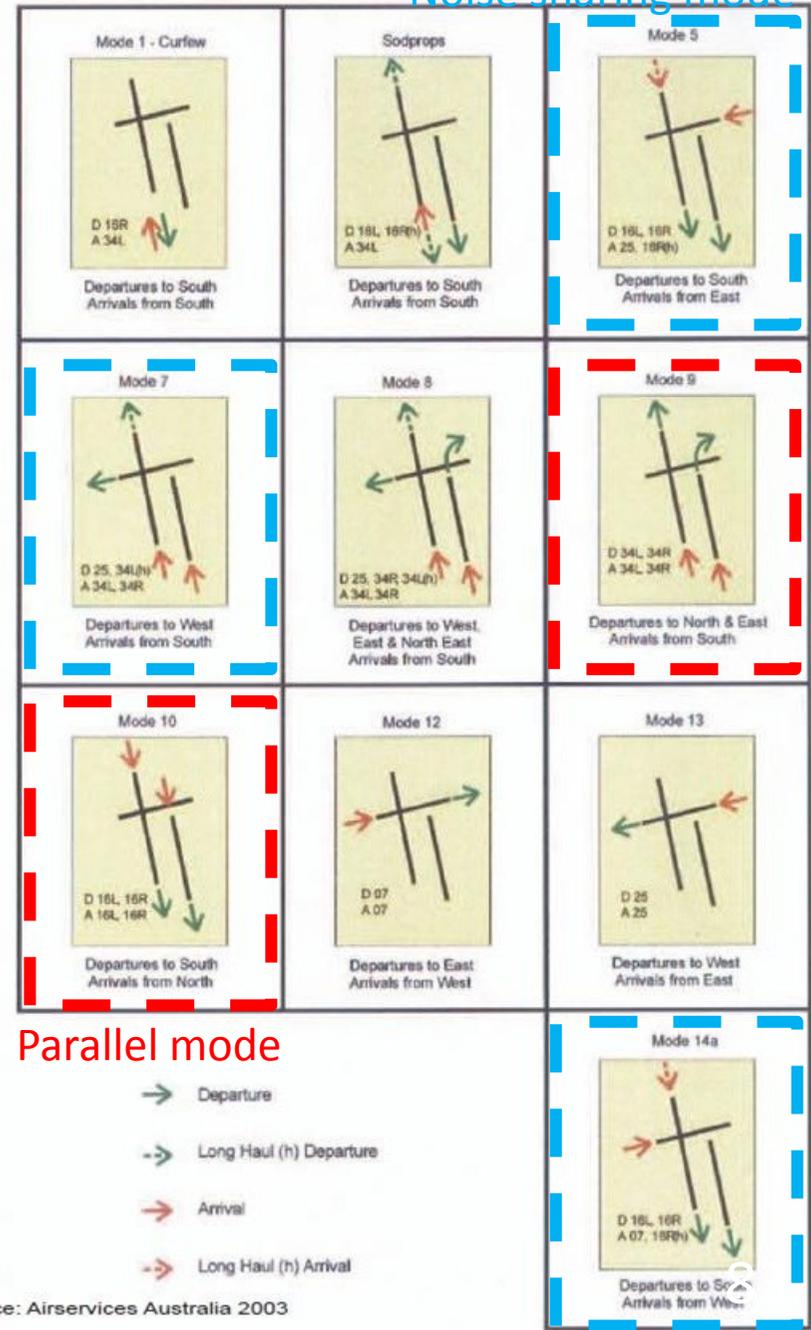


選択

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

Runway Modes of Operation

Noise sharing mode



図出典) Sydney Airport Master Plan 2009

Source: Airservices Australia 2003

時間帯別の需要と滑走路運用方式の選択

Noise-sharing modeの処理能力が低い

⇒オフピーク時(早朝, 夜間, 昼間帯)にNoise-sharing modeを使用

*騒音に敏感な時間帯⇒Noise-sharingを促進すべき時間帯

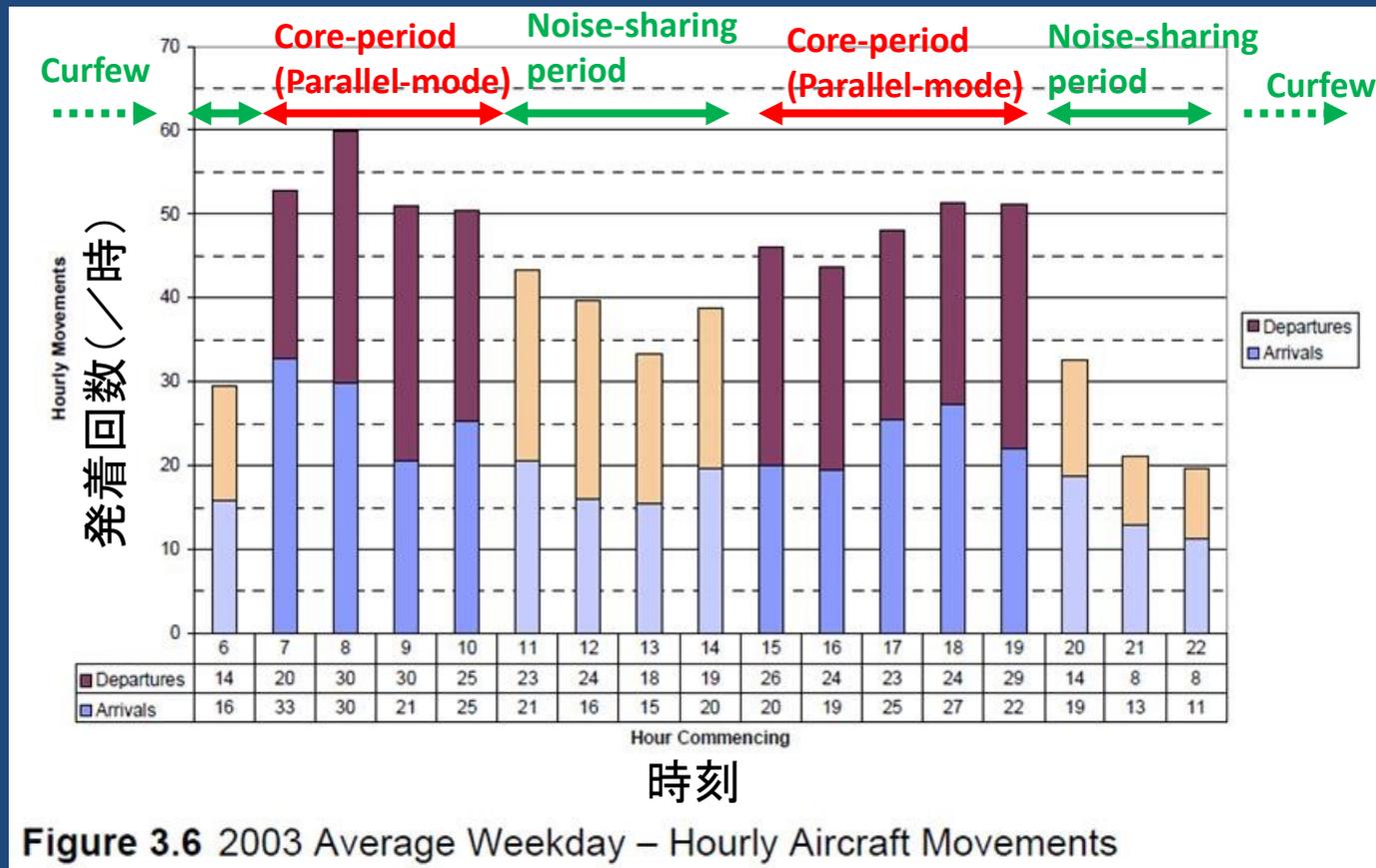


Figure 3.6 2003 Average Weekday – Hourly Aircraft Movements

出典) Sydney Airport Community Forum: Long Term Operation Plan- Review of LTOP Performance Report, 2005.

滑走路運用方式の選択に対する管制支援システム

滑走路選択においては、
気象条件(安全性)や交通量(効率性)の影響も受け、
Noise sharing modeも複数ある・・・

TARDAS (The Advanced Runway Decision Advisory System)

⇒ 気象条件や交通条件、また、過去の短期および長期の運用履歴を参考に、Noise-sharingの目標を達成するための滑走路運用方式選択について管制官に推奨。

* もともと、ボストン・ローガン空港で活用されていた優先滑走路選択支援システム (PRAS: Preferential Runway Advisory System) を参考にシステム開発を実施。

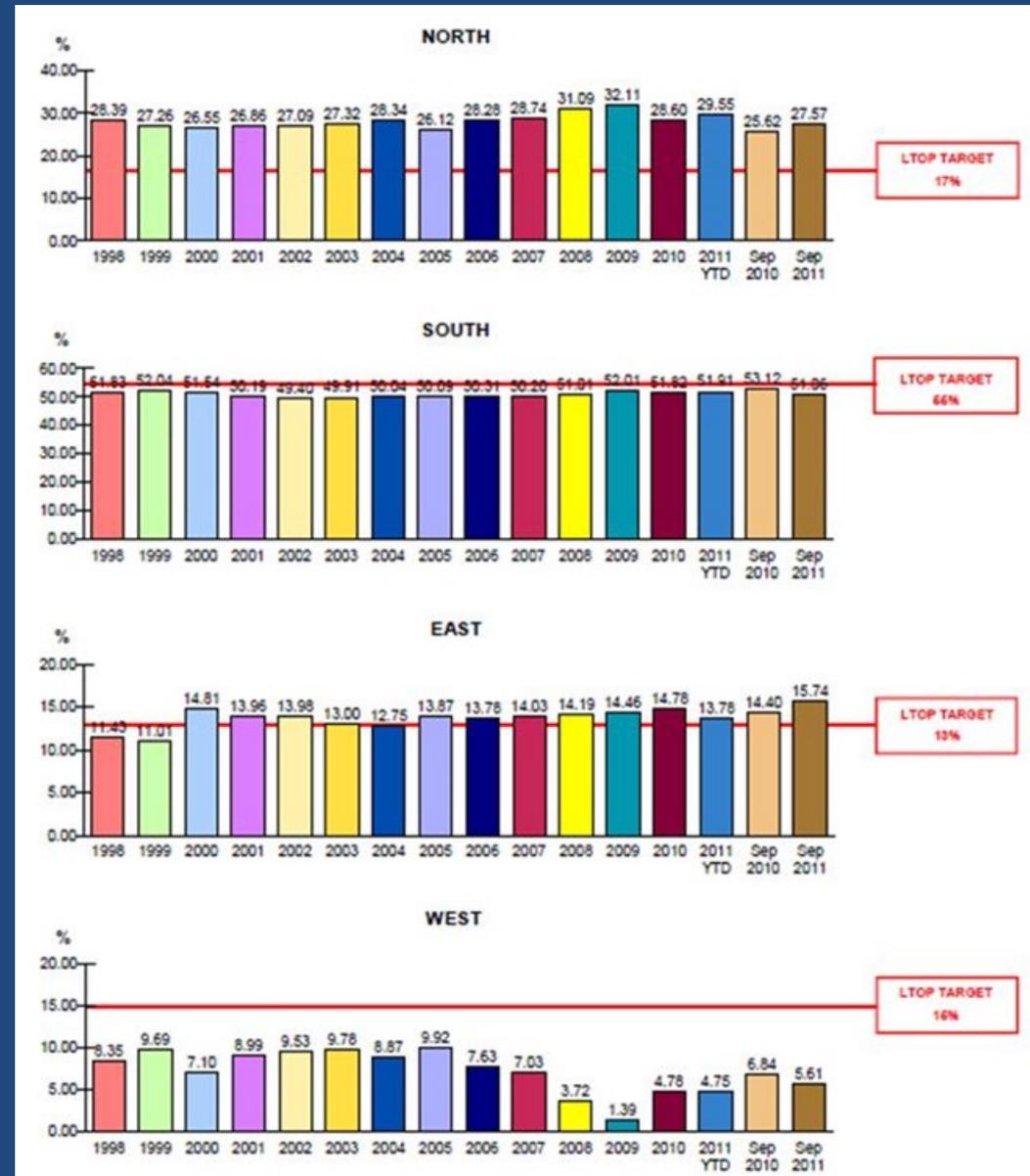
参考:

Airservices Australia : Long Term Operating Plan for Sydney Airport & Associated Airspace, 1996

Commonwealth Department of Transport and Regional Development: Sydney Airport Long Term Operating Plan- Proponent's Statement (Excerpt), 1997.

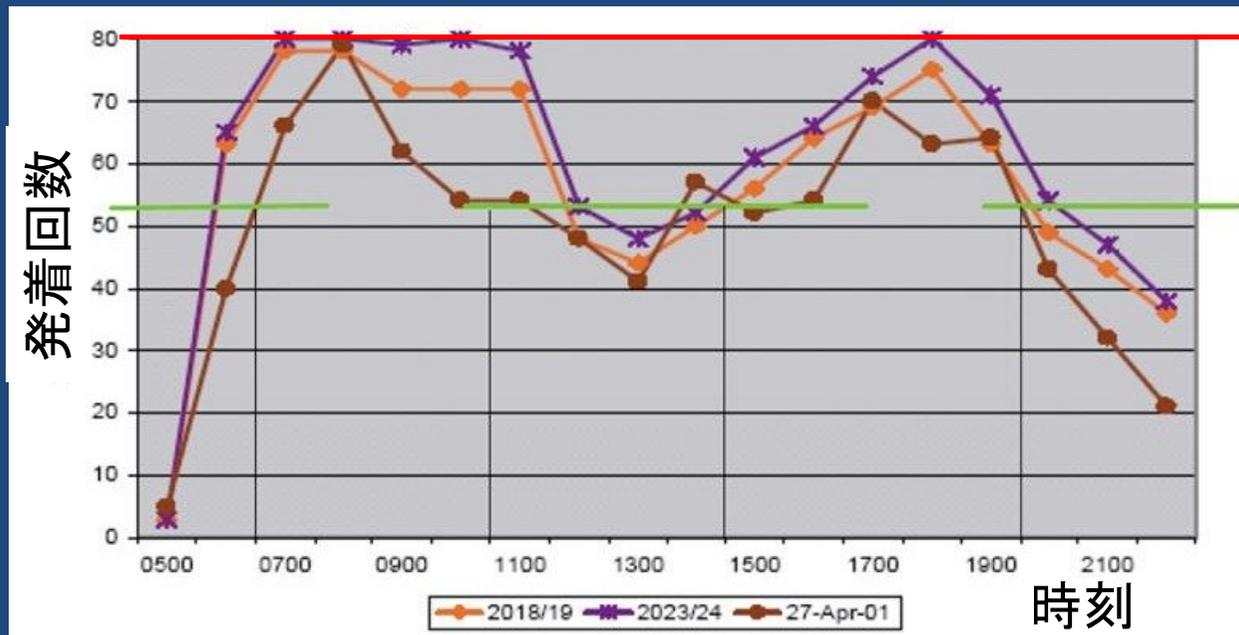
使用滑走路の実績モニターと評価例

- Noise-sharingの実績をモニター
- 気象条件や需要に応じて、必ずしも目標を達成できているわけではない



出典) Sydney Airport Operational Statistics, September 2011 86

航空需要増加によるNoise-sharing率の低下予測と対応



Hourly-cap

Noise-sharing capacity

- 将来的に、時間発着回数の上限(80回)もありピーク時間が増加。
- 交差滑走路の容量拡大の検討が必要(MAESTRO:メタリング支援)
- 2012年3月、独立委員会からシドニーエリアの空港容量に関する報告書 → 時間容量制約緩和(80→85回)、第2空港建設の可能性検討に関して提言 → 政府が現在検討中。

出典) - Sydney Airport Community Forum: Long Term Operation Plan- Review of LTOP Performance Report, 2005.
- Joint Study on aviation capacity for the Sydney region, 2012

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。

海外混雑空港における騒音分散事例調査 ～まとめ

ニューアーク

- 空港近接市街地の上空開放による容量拡大

ヒースロー

- Cranford Agreementの解消による騒音負担の公平化
- Runway Alternation制約の緩和による容量拡大

シドニー

- 広域でのNoise-sharing
- 多数の運用方式の選択をシステムで支援
- ピーク／オフピークで運用変更



- 従来は使用を避けていた市街地上空空域を開放
⇒ 容量拡大, 騒音の公平な分担
- 追加的な騒音負担を伴う飛行経路の分散や容量拡大
⇒ ピーク時, 遅延拡大時, 容量低下時など時間限定で実施
- 各国首都圏地域における空港容量不足への危機感と長期の政策方針に基づく空港計画プロセスの重要性

海外混雑空港における騒音分散事例調査 ～まとめ

- 今後、航空交通量が増加する中、特定の地域や空域に騒音・飛行経路を閉じ込め続けることが、環境正義上、安全上、望ましいか？
- さらに容量拡大の検討時など、従来からの制約の緩和を改めて検討する必要性が高まっているのではないだろうか？
- 羽田空港において都心上空の活用可能性はあるのか？

本日の発表内容

1. わが国首都圏における空港容量拡大ニーズと騒音問題
2. 混雑空港における騒音分散に関する海外事例
3. 都心上空活用による羽田空港の容量拡大方法に関する一考察
4. 羽田空港における動的な容量管理(離着陸便数配分)の効果分析
5. 本日の発表のまとめ

羽田空港の容量拡大方策

(1) 既存ストックの有効活用

- 管制運用の高度化
- A滑走路の南側延伸



飛行経路:
現状通り⇒騒音は千葉に集中

- 都心上空活用による容量拡大と騒音分散 ……本日紹介

(2) 新規滑走路整備

- 旧B滑走路の再活用
- 新規平行滑走路の整備 + 都心上空活用

羽田空港における都心上空利用の検討で考慮すべき特性

(1) 空港の北部・西部が市街地に近接

- 離着陸経路が低高度(単発騒音レベルが大)
- 環境基準上, 都心上空の発着頻度の大幅増加は困難

(2) 容量制約の強い南風運用時が重要

- 北風時の容量は比較的余裕がある. 南風時の到着ルートが特に千葉上空に集中



(3) 東西を横田空域・成田空域(セクター)・百里空域に挟まれている

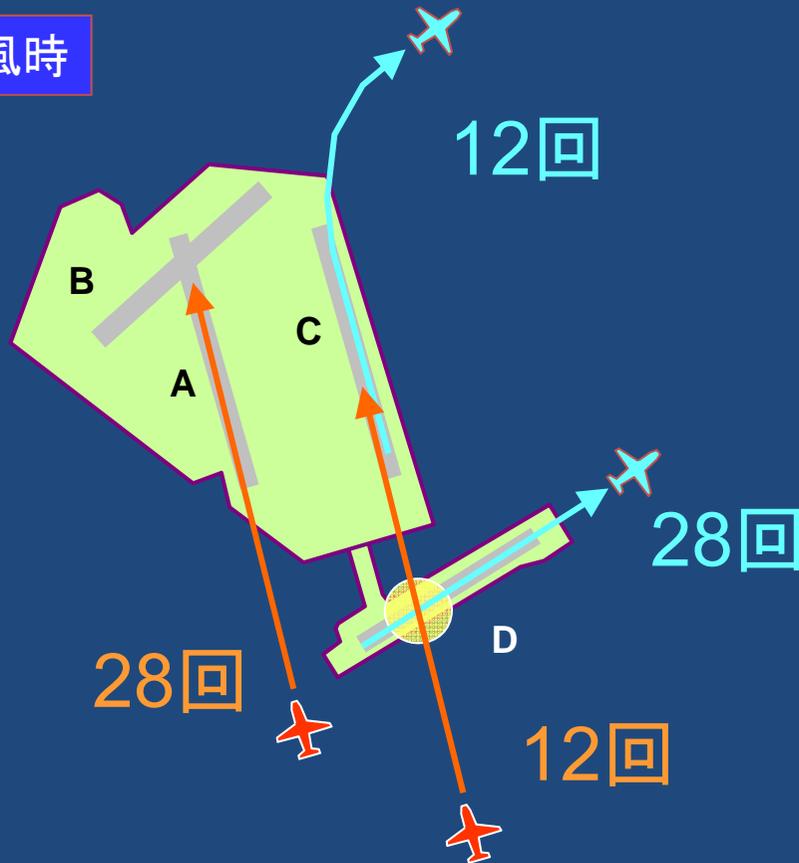
- 横田空域の返還, 軍の基地機能との共存方法の検討

(4) 空港北部の制限表面と一部地上物件との関係

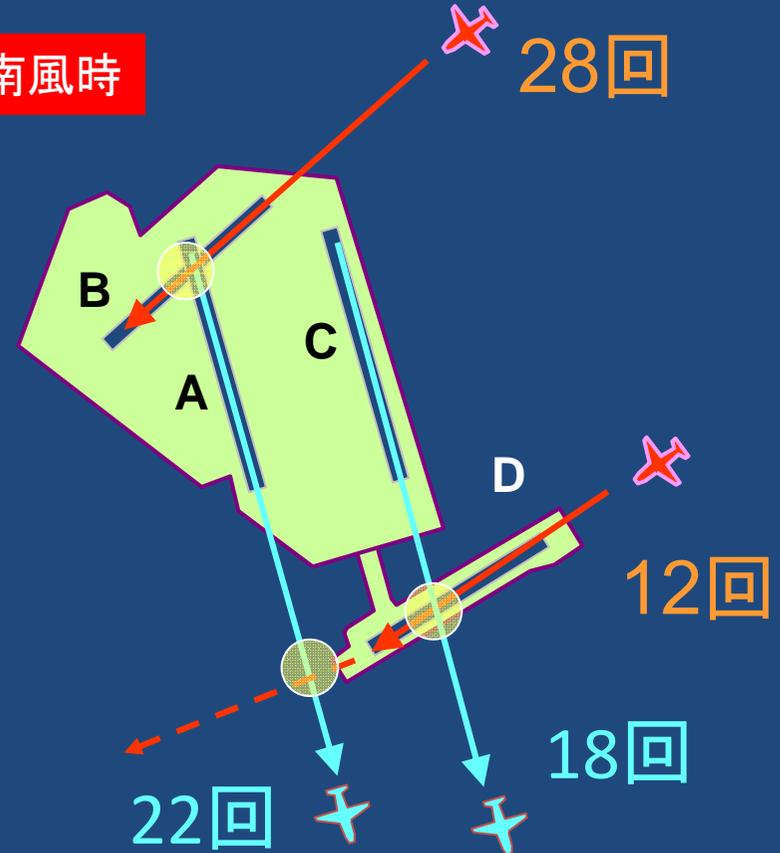
など

再拡張後の発着容量の計画値

北風時



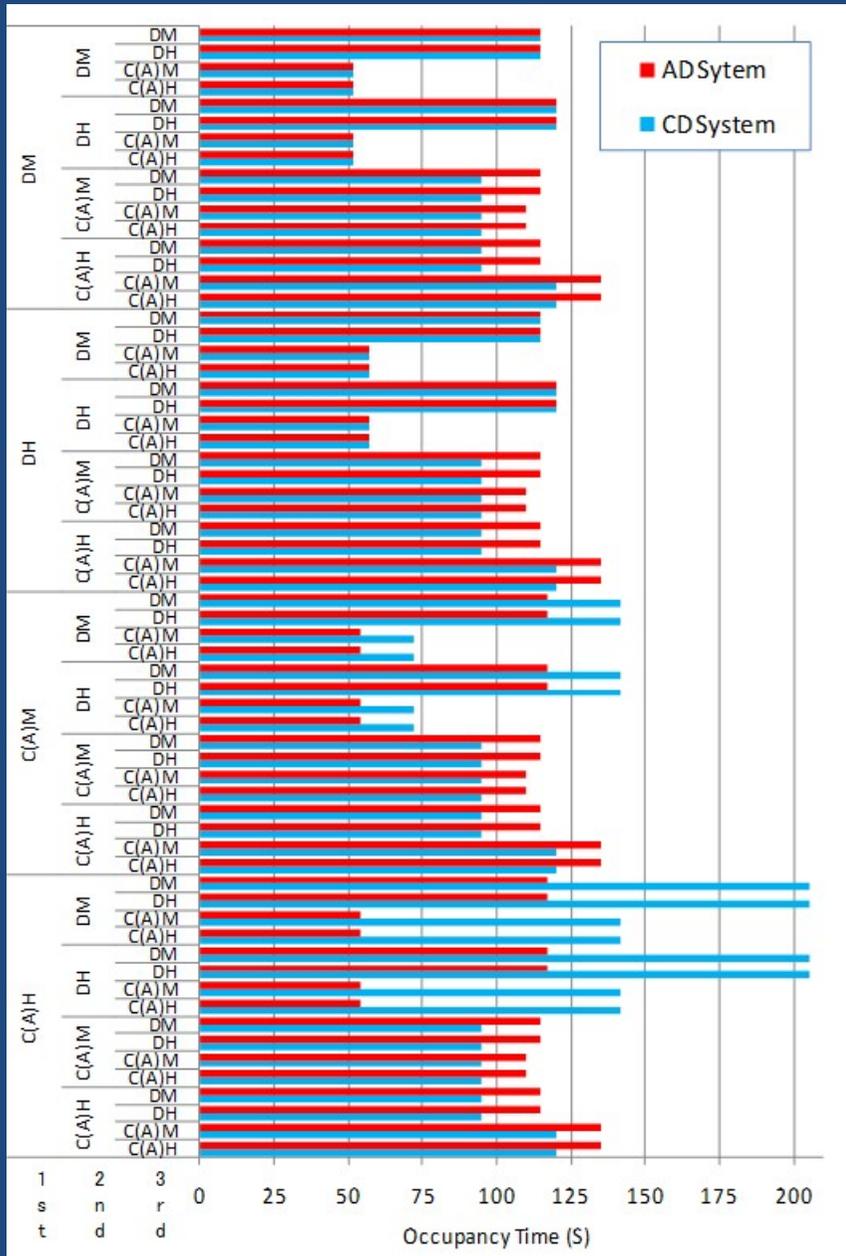
南風時



南風時の制約が多い

- 出発・進入経路は東京湾内
- 空域で輻輳する交通を円滑に処理するための方面別滑走路運用
- First Come First Serve (先着順で処理)
- 航空管制官によるシミュレーションを実施し、40回/時(40.7万回/年)の処理が可能と結論⁹⁴

再拡張後の滑走路容量算定モデル



- ← 出発・到着および機材サイズ(後方乱気流区分)の全組み合わせにおける発着処理間隔(システム占有時間)
- ・連続離陸機数nをもとに従属4本滑走路の容量を算定

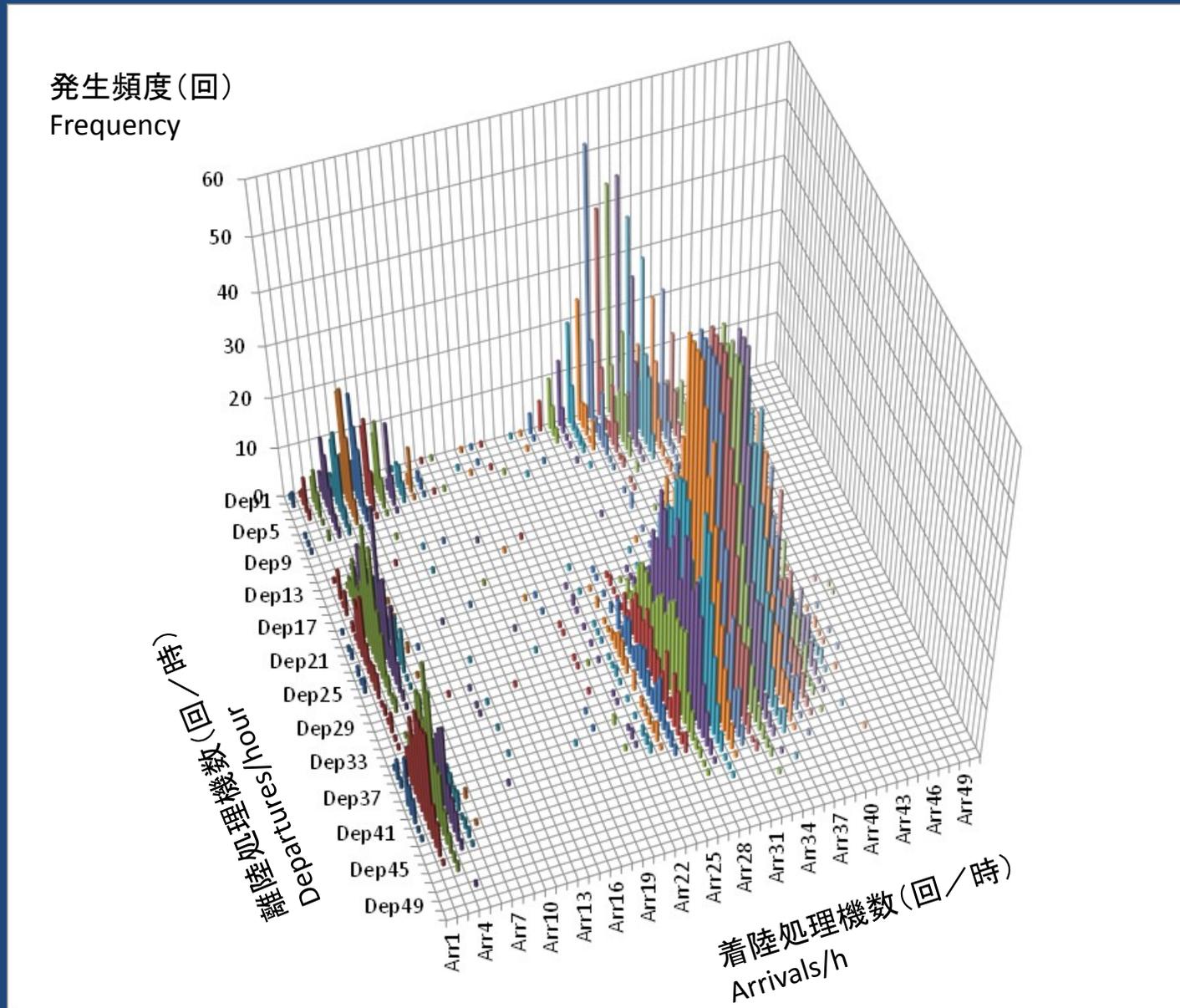
FCFS(ランダム)ケースの容量:

$$CAP_{CD+AD}(dep) = 3600 \left/ \left[\frac{\sum_{n=0}^{\infty} \max[T_{CD}(n), T_{AD}(n)] \cdot P_a \cdot P_d^n}{\sum_{n=0}^{\infty} 2n \cdot P_a \cdot P_d^n} \right] \right.$$

$$CAP_{CD+AD}(arr) = 3600 \left/ \left[\frac{\sum_{n=0}^{\infty} \max[T_{CD}(n), T_{AD}(n)] \cdot P_a \cdot P_d^n}{\sum_{n=0}^{\infty} 1 \cdot P_a \cdot P_d^n} \right] \right.$$

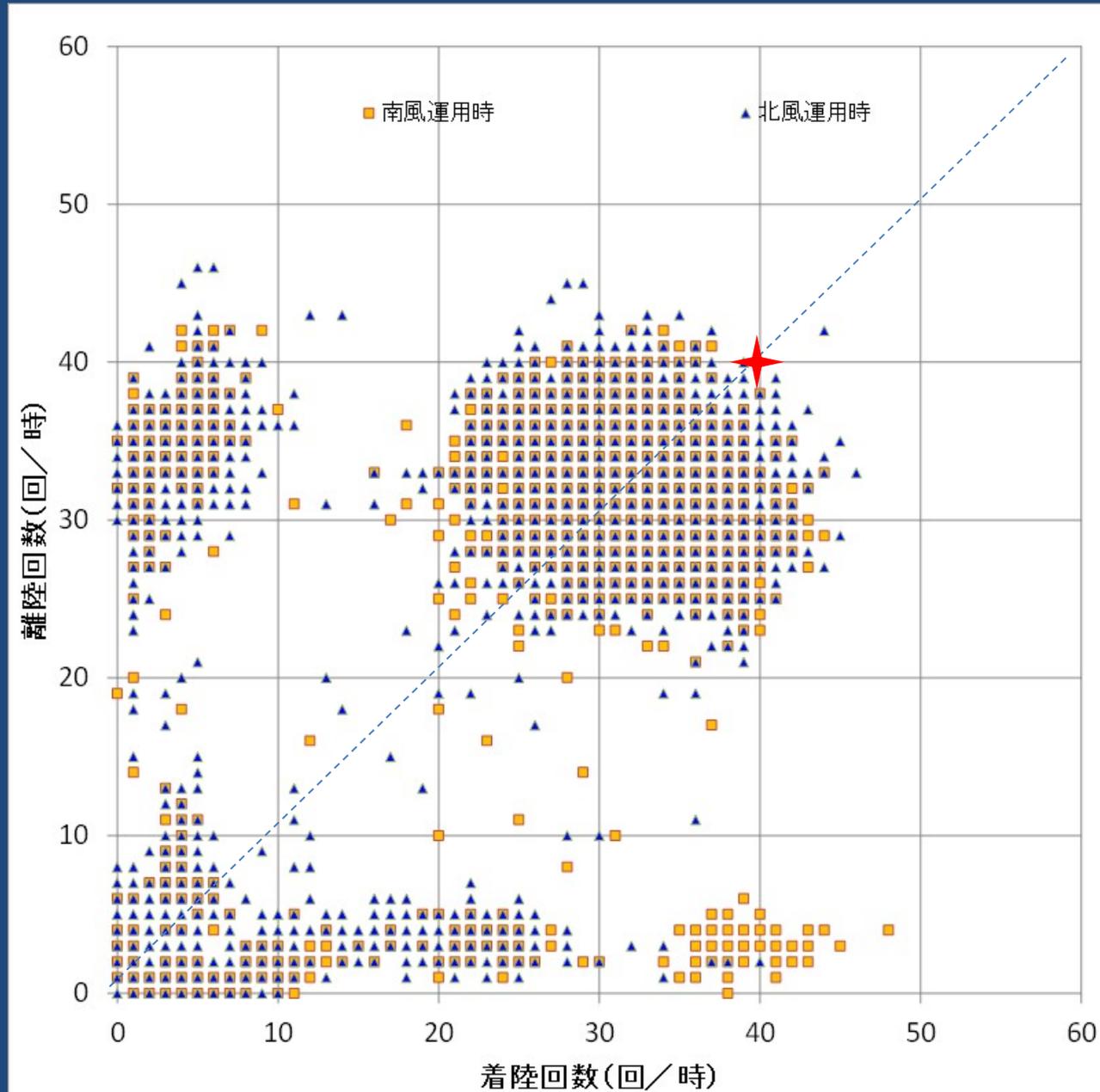
➡ モンテカルロシミュレーションによる処理容量の近似解

1時間あたりの離着陸処理回数(実績:2010.12~2012.3)

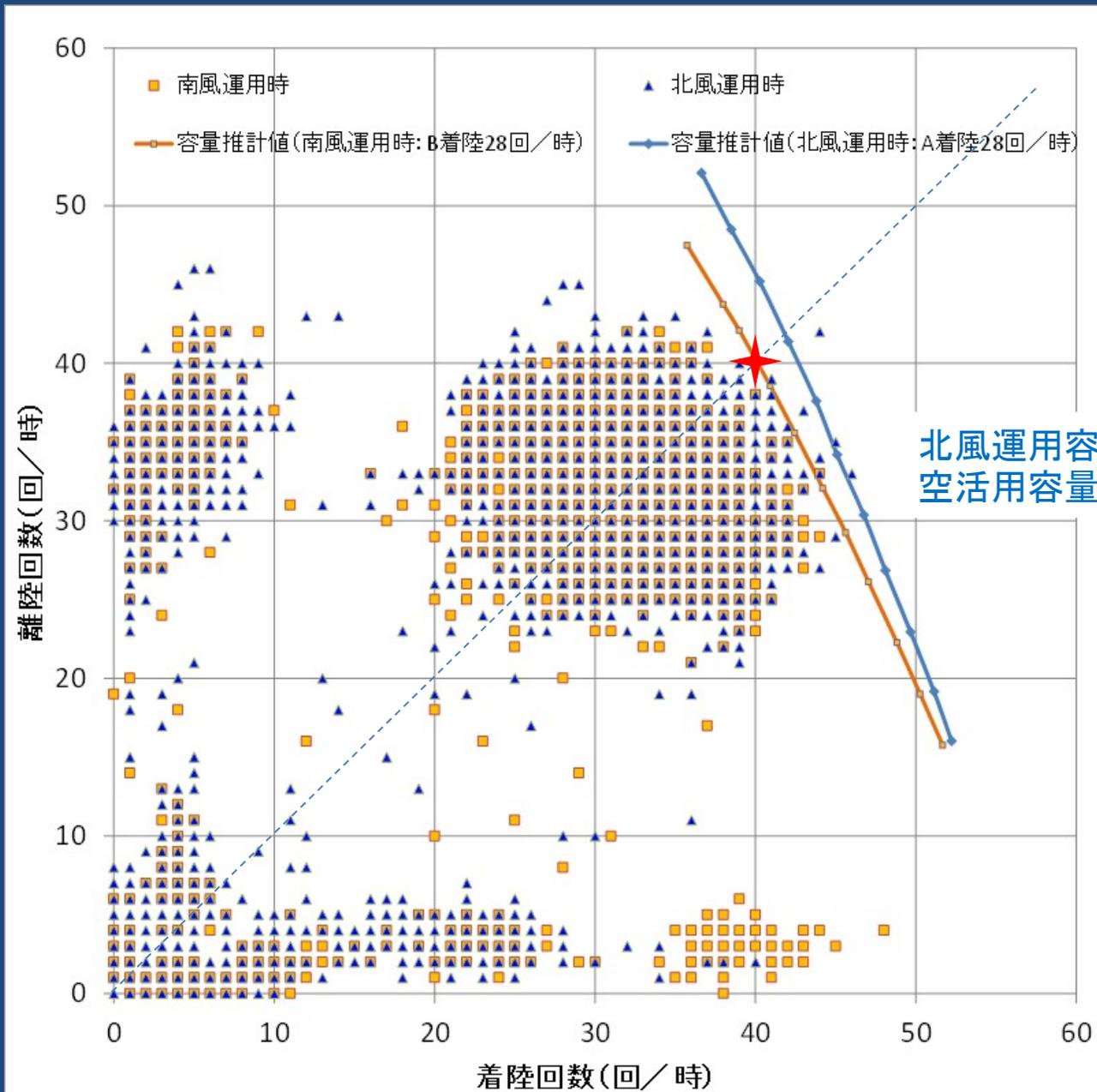


データ出典) 国交省航空局: 羽田空港飛行コース公開ページでカウント

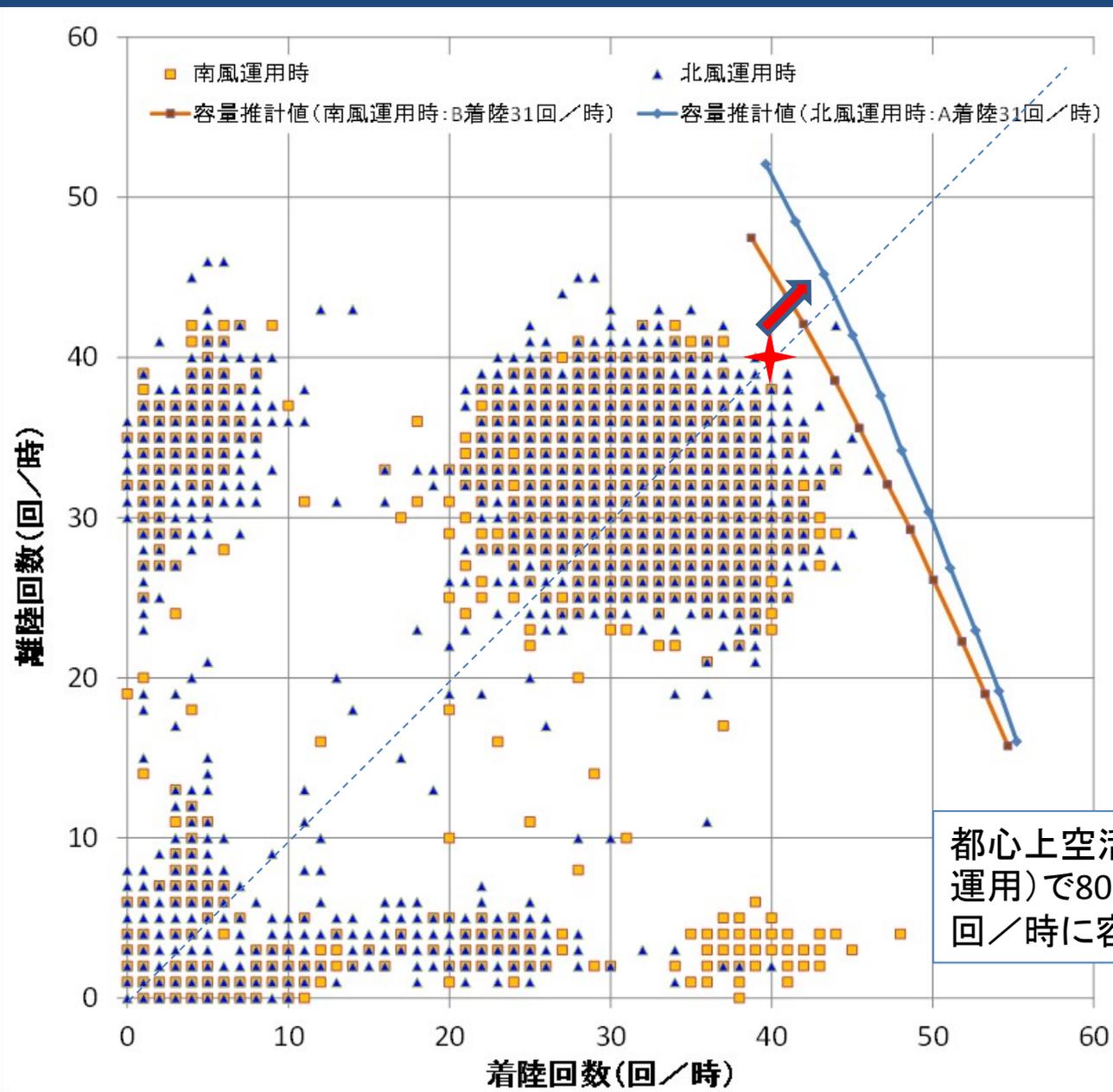
1時間あたりの離着陸処理回数(実績:2010.12~2012.3)



離着陸処理回数 実績vs推計値



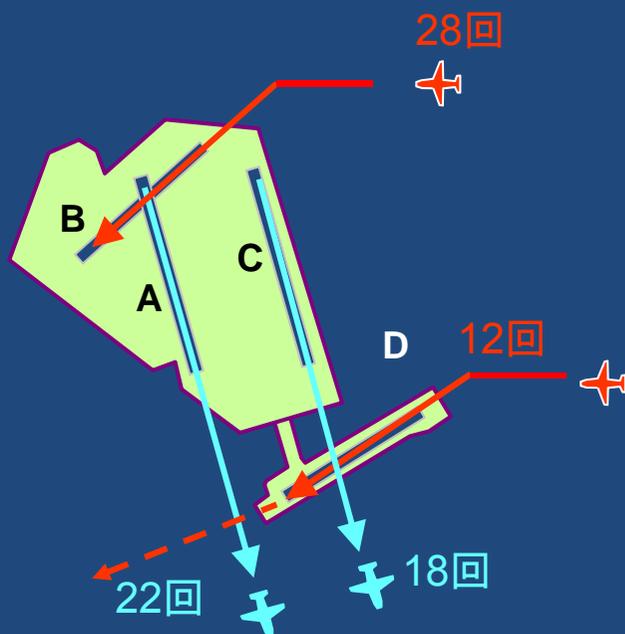
離着陸処理回数 実績vs推計値



都心上空活用(≒北風運用)で80回→86~88回/時に容量拡大

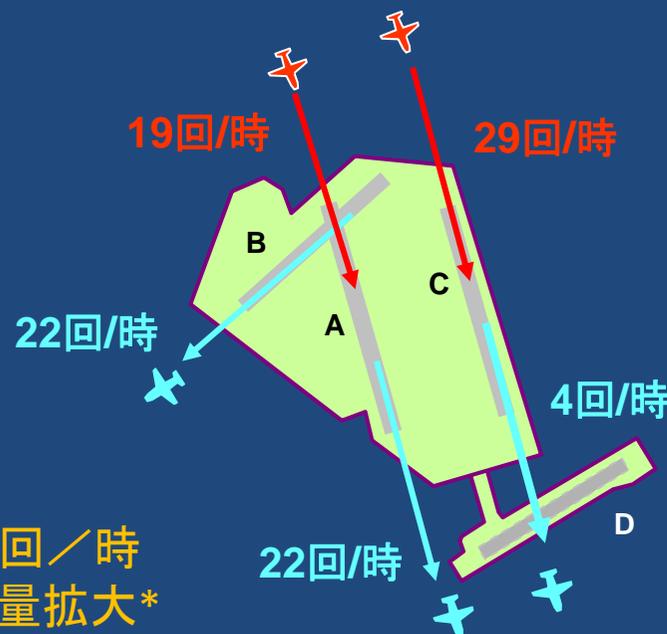
都心上空ルート活用＋離着陸順序付けの工夫

南風時(再拡張計画値)



80回/時(40回離陸＋40回着陸)

南風時(都心上空活用案)



96回/時(48回離陸＋48回着陸)

最大で、+16回/時
(2割増)の容量拡大*



- 離着陸を交互に運用(後方乱気流による容量減の影響を最小化)
- 離陸の順序付けをやや戦略的に実施(同上).
- ターミナル空域における着陸間隔は極力一定間隔とする(空域の運用の容易さを考慮).

都心上空の活用方法

～騒音影響の大きさからみた活用オプション

(1) 空港の北部・西部が市街地に近接

→ 都心上空の発着頻度の大幅増加は困難



① 当該経路の時間発着回数を少なく設定して恒常的に利用

→ 時間容量の拡大効果は少ないが恒常的な容量拡大

② 時間を限定して利用

→ 時間を限るので時間発着回数を増やせる。Respite時間を提供できる。

③ 都心上空の中で経路をなるべく分散して利用

→ 特定経路下への騒音集中を回避・薄く広く騒音共有

④ 低騒音機材に限定して利用

→ 小型機・新型機等に限定。(ヒースロー第3滑走路での想定)

時間限定の活用方法

多

1. 固定型:容量(発着スロット)の拡大あり

(A) 終日, 恒常的に使用(気象条件に依存. 南風時のみなど)

(B) ピーク時に使用

午前, 夕方等, 需要のピーク時, 決まった時間帯で活用

使用
頻度

2. 状況依存型:容量(発着スロット)の拡大なし, 遅延軽減効果

(C) サービスレベル低下時に使用

空中待機時間・遅延・定時性等の悪化時,
悪天による容量低下時のバッファ用として活用

(D) インシデント発生時に使用(緊急対応)

地震, バードストライク, 落下物等の滑走路閉鎖時に,
代替的滑走路運用方式として活用

少

騒音の評価方法

➤ 米国連邦航空局 (FAA) の騒音影響評価ツールとして広く使用されている **Integrated Noise Model (INM) version 7.0** を使用

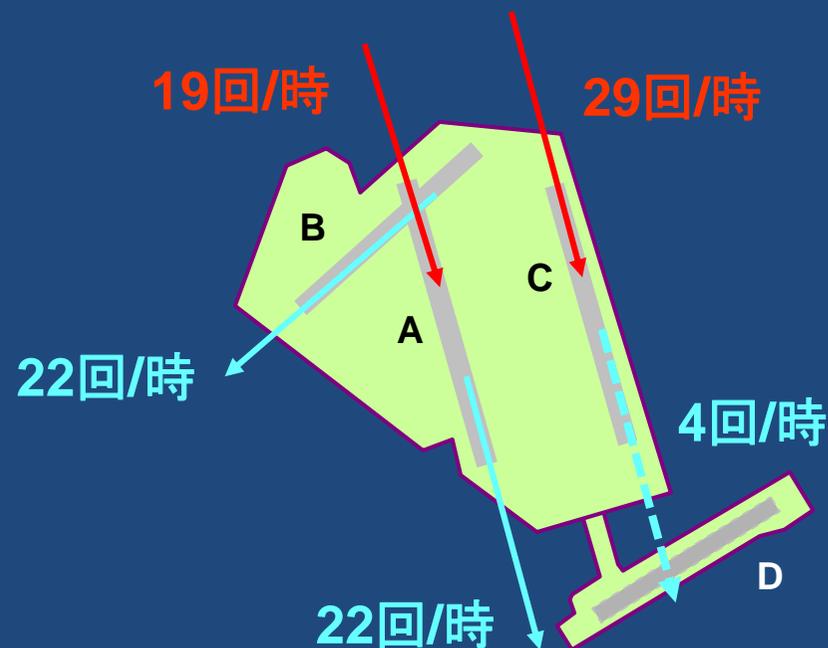
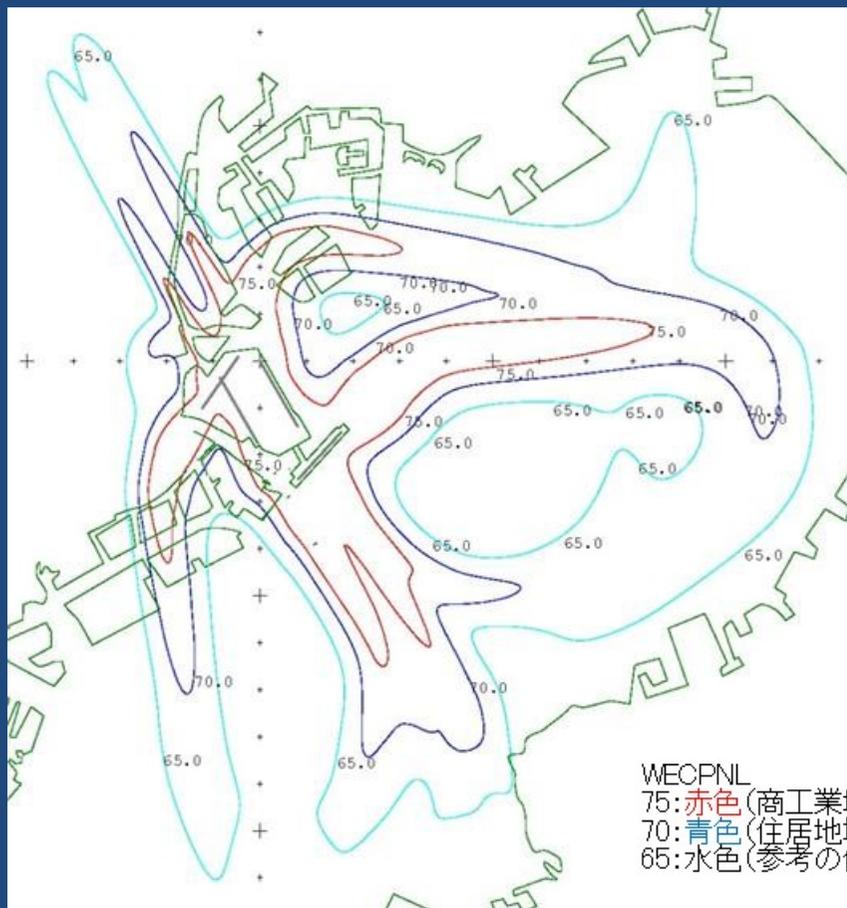
➤ 評価指標としては **WECPNL*** を使用.

(*加重等価平均感覚騒音レベル. うるささ指数とも呼ばれ, 航空機から発生する音の大きさを回数や昼夜の差を考慮して積算した評価指標. L_{den} に移行予定)

➤ 騒音評価の際の各種設定 (将来の機種構成, 時間帯別便数, 離陸上昇率, 等) については, 基本的には評価としての安全側 (騒音評価値を大きく見積もる側) で設定. 但し, 機種を3機種に集約するなど, 各種パラメータの設定を簡略化しているため, あくまで参考のコンターである. なお, 北風南風運用比率は7:3とし, 悪天好天比率は東京国際空港再拡張事業に係る環境影響評価書と同程度を仮定している.

(*騒音評価時の条件の詳細については「首都圏空港の未来」(首都圏空港将来像検討調査委員会編)5章を参照)

終日使用したケース(A)の騒音影響(コンター図)



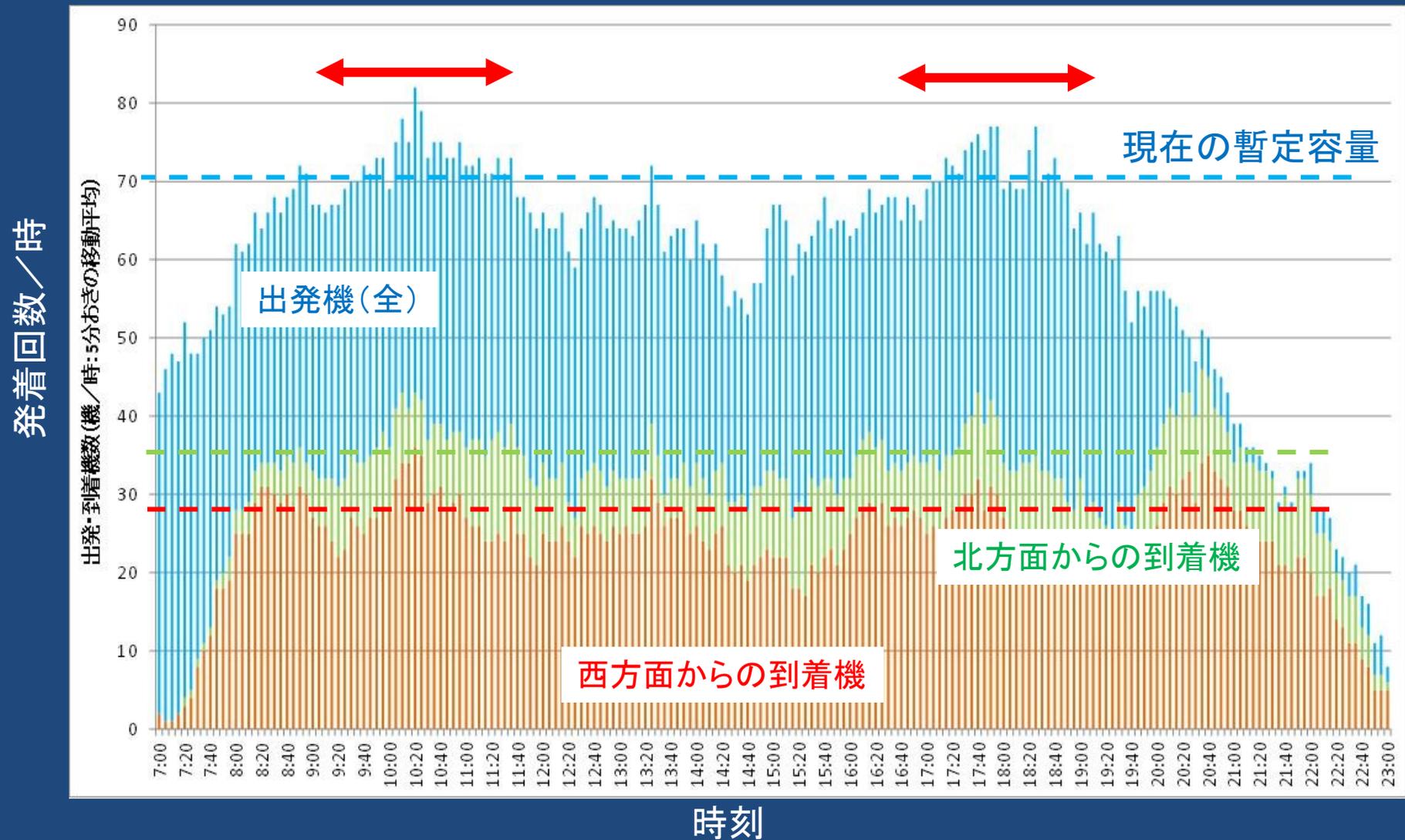
96回/時(48回離陸+48回着陸)

東京, 川崎方面に環境基準を超える騒音影響が発生



ピーク時に使用を限定
(例: 4時間, 6時間ケース)

時間帯別の羽田発着便数 (2011年7月ダイヤ)

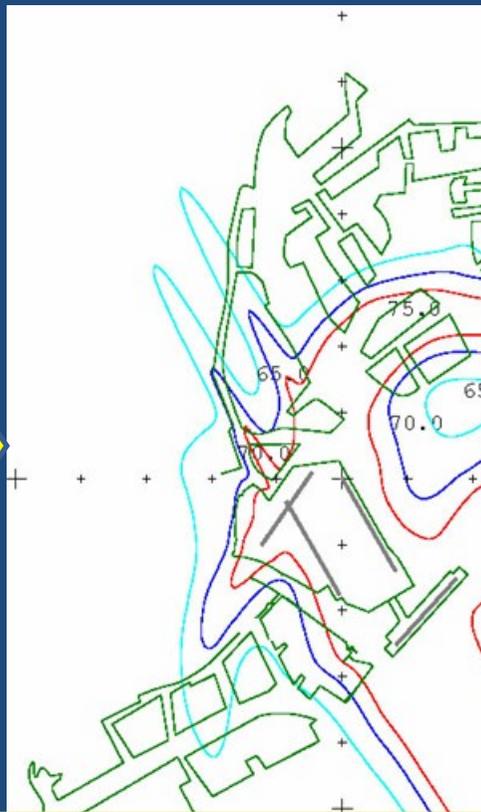


→ 時間スロット数の制限下ではあるが、ピーク時需要のニーズが伺える

時間限定ケース(B)の騒音影響指標(コンター図)の変化



終日使用(前頁)
(南風時のみ)



午前と夕方*に3時間ずつ
(計6時間/日)
= +96回/日に相当
*17:00~19:59を仮定

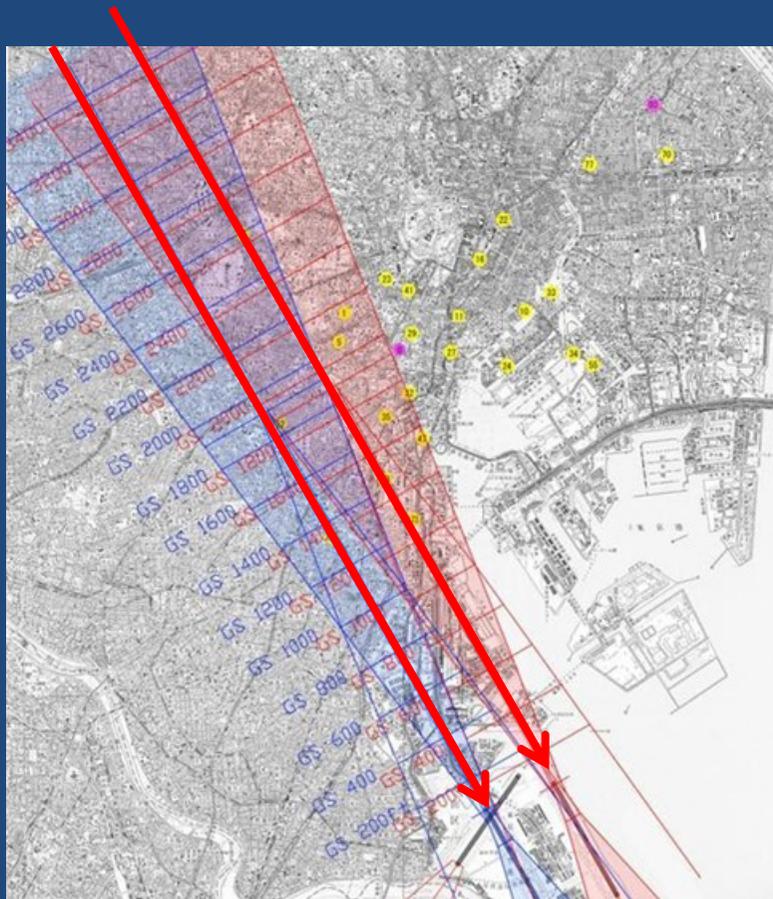


午前と夕方*に2時間ずつ
(計4時間/日)
= +64回/日に相当
*17:00~18:59を仮定

東京方面の環境基準はクリアできる可能性が高い
⇔ 本運用実施時は千葉方面の到着機騒音が軽減

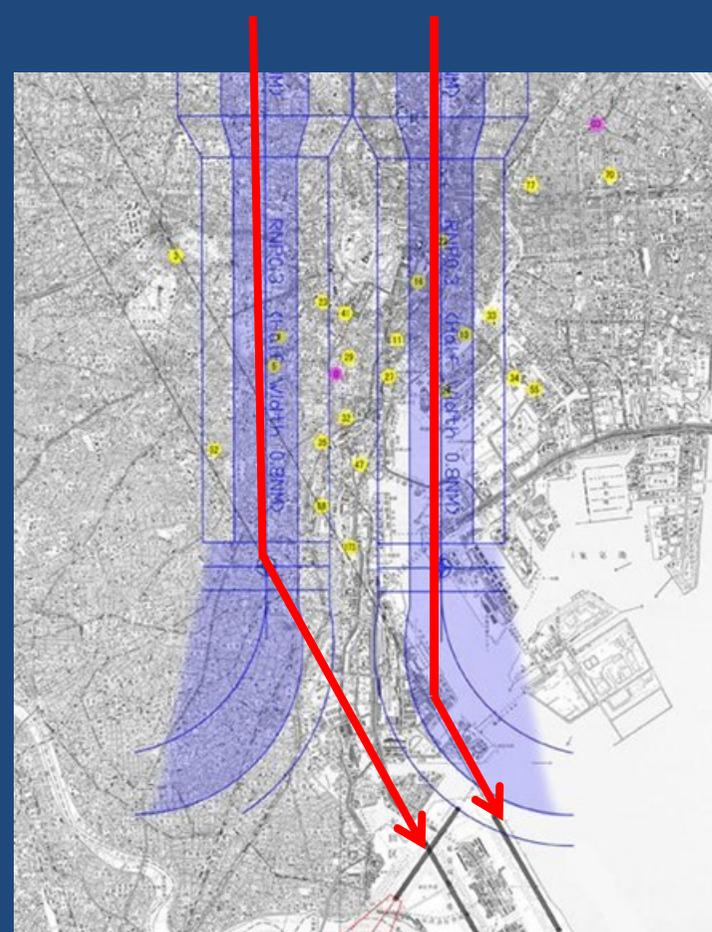
WECPNL
75: 赤色 (商工業地域等の基準)
70: 青色 (住居地域等の基準)
65: 水色 (参考の値)

時間限定ケース(B) + 経路分散(C)



直線進入 (ILS)

+

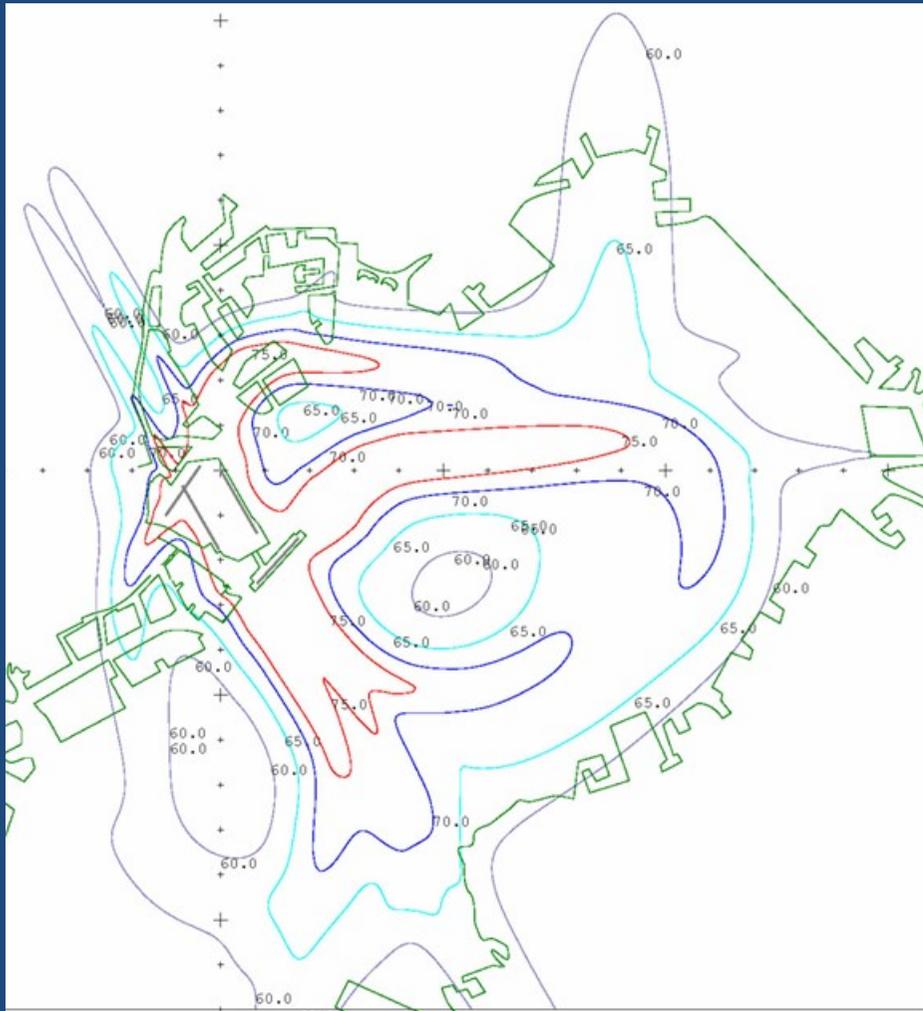


非直線進入 (RNP)*

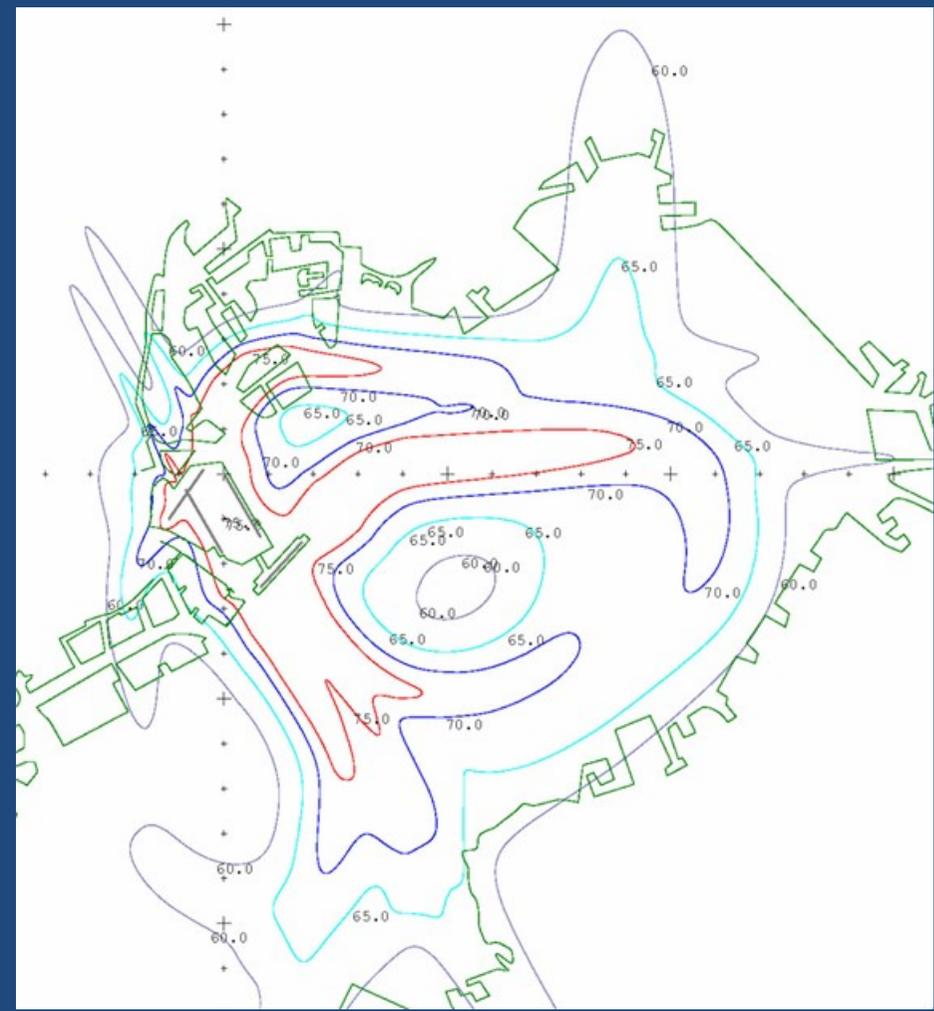
→ピーク時を2回に分け(例えばAMとPM), 異なる進入方式で運用

* 現在の滑走路22・23へのLDA進入と同様な方式だが滑走路の間隔はより狭い。図はRNP進入(RNP0.3)を想定して描いたイメージ図的なものであり、主要な物件高さは考慮してあるものの、全ての地上物件の高さを詳細に考慮したものではない。進入経路の配置(進入経路延長線と滑走路延長線との交点の位置と交差角), 進入復行開始点の位置, 最低降下高度など, 今後検討が必要な事項は多い。

時間限定ケース(B) (前述のコンターについてW値60まで記載)



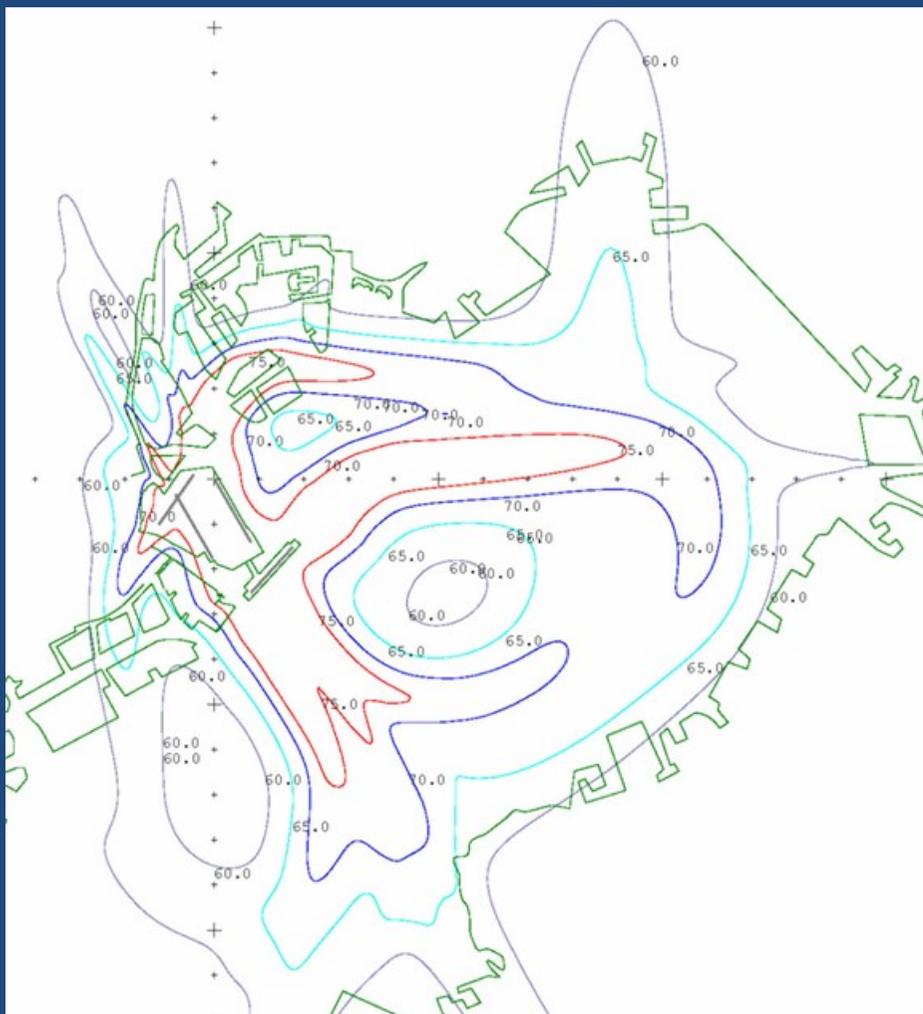
午前, 夕方, 3時間ずつ (計6時間/日)
=96回/日に相当



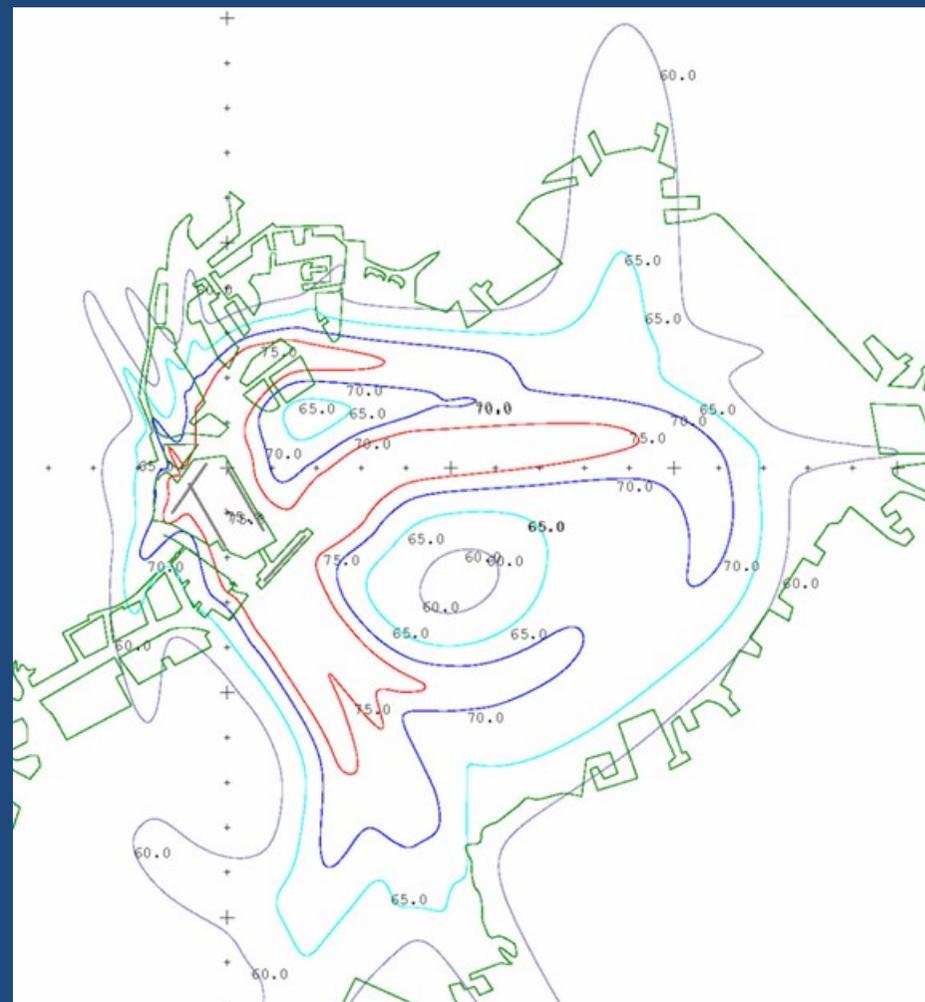
午前, 夕方, 2時間ずつ (計4時間/日)
=64回/日に相当

WECPNL
75: 赤色 (商工業地域等の基準)
70: 青色 (住居地域等の基準)
65: 水色 (参考の値)
60: 灰色 (参考の値)

時間限定ケース(B) + 経路分散(C)の騒音コンター



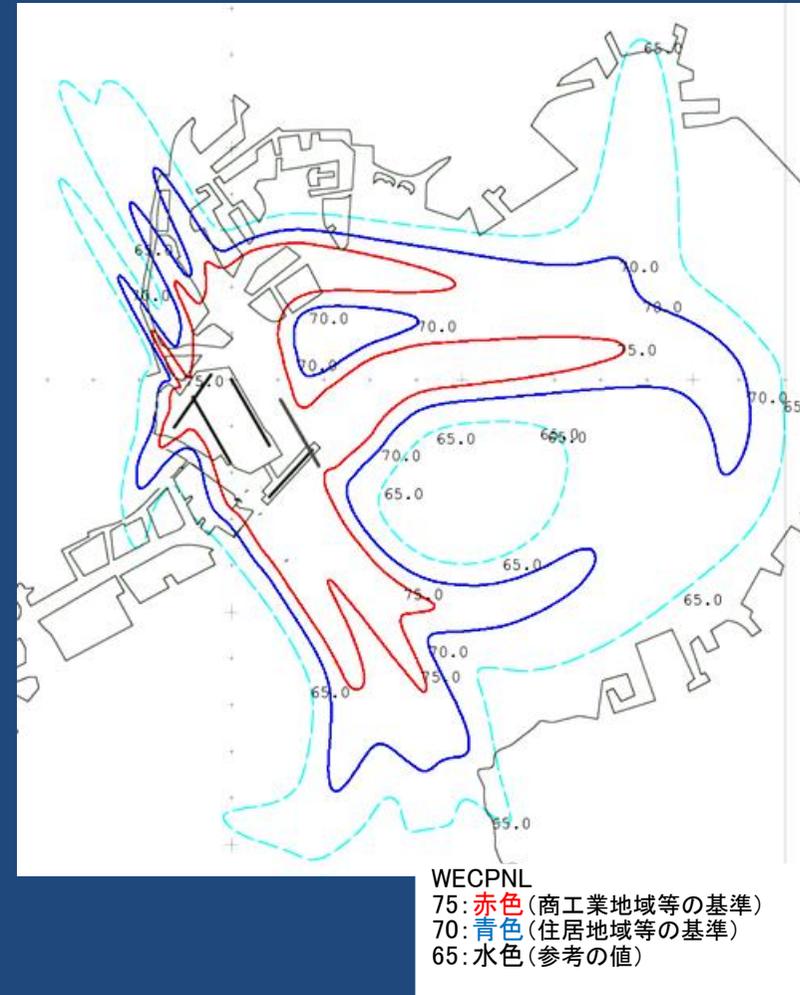
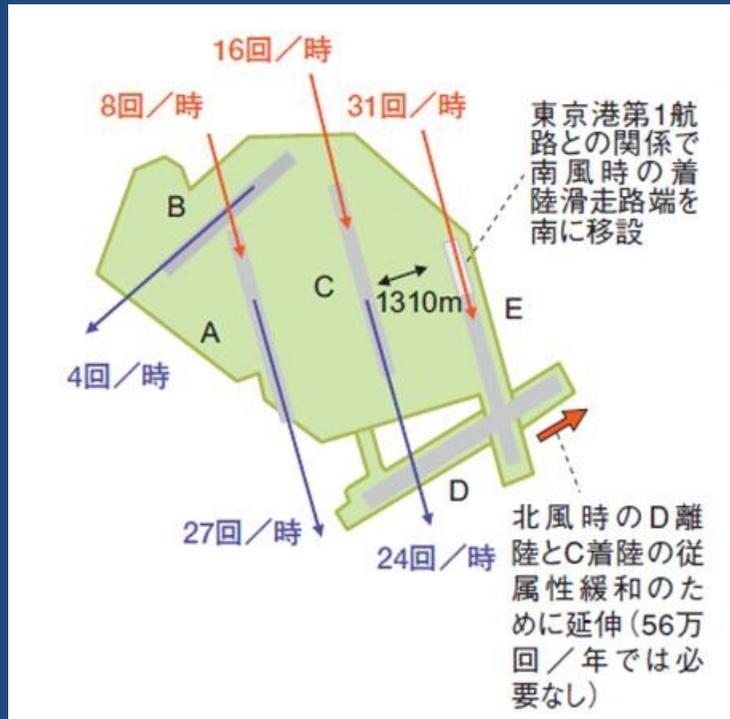
午前, 夕方, 3時間ずつ(計6時間/日)
=96回/日に相当



午前, 夕方, 2時間ずつ(計4時間/日)
=64回/日に相当

WECPNL
75: 赤色(商工業地域等の基準)
70: 青色(住居地域等の基準)
65: 水色(参考の値)
60: 灰色(参考の値)

参考：新規滑走路整備＋終日都心上空使用のケース(A) ～環境基準に収まる発着回数で計算した容量の例



時間限定の都心上空活用案 ～まとめ

- 既存ストックの有効活用方策としての都心上空活用
 - 現有滑走路は市街地に近接
 - 現状より**時間容量の拡大を前提**とすると、滑走路運用方法は限られ、また、内陸の発着回数も限定する必要性が高い
 - 時間限定orバッファ容量としての活用は一つのオプション（実現性、有用性）
- 時間容量の拡大を前提としない、騒音分散対策としての都心上空活用
 - より様々な滑走路運用方法のオプションが考えられる

検討課題

- 都市の国際競争力確保と航空サービス・空港インフラの必要性に関する検討
- 重要プロジェクト等に関する計画プロセスの制度設計
- 騒音影響の評価指標検討と負担のあり方に関する合意形成
- 都心上空活用やその他の容量拡大・騒音軽減方策に関する技術検討

航空機騒音に対する意識調査・分析

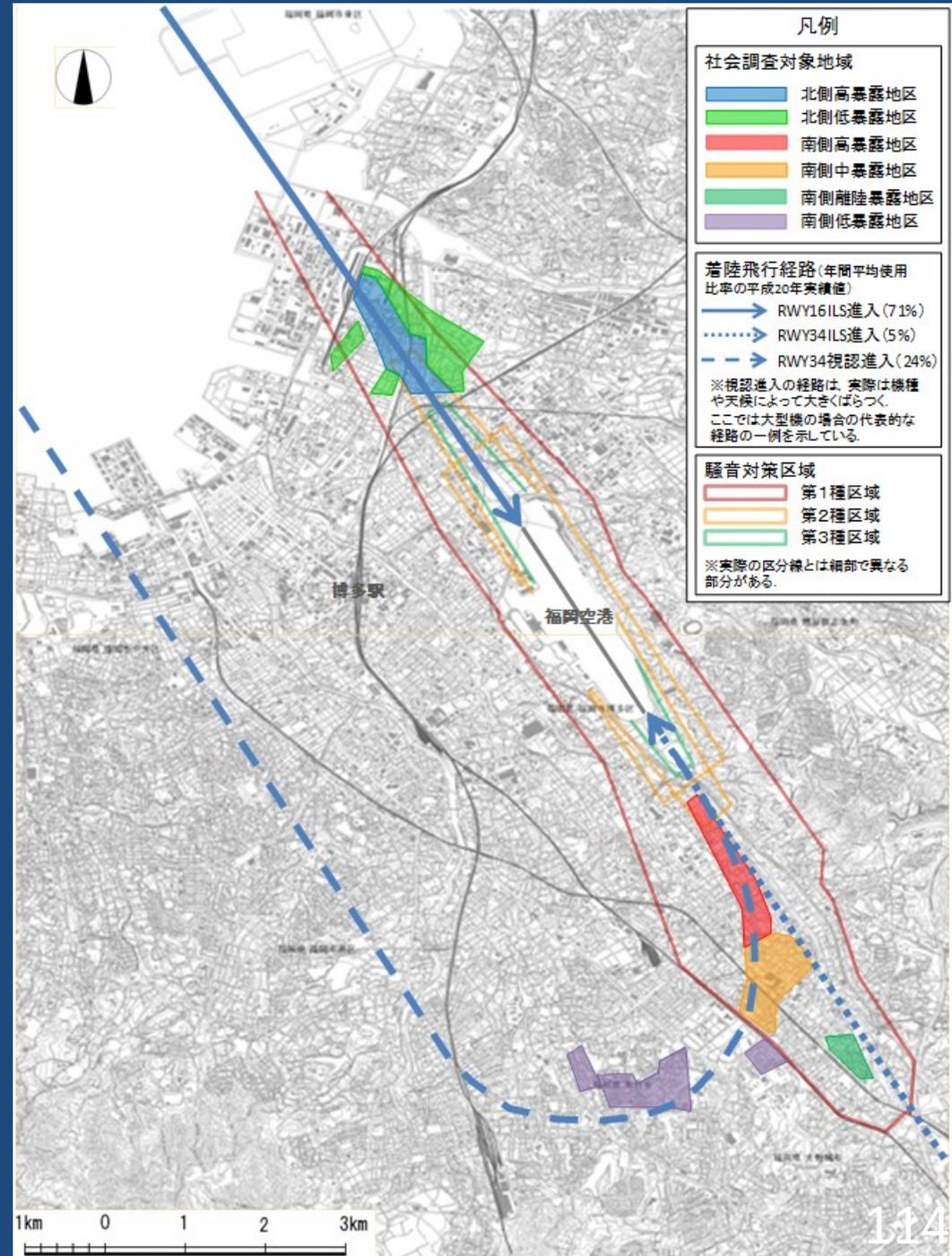
福岡空港周辺住民へのアンケート調査

福岡空港周辺地域にて、

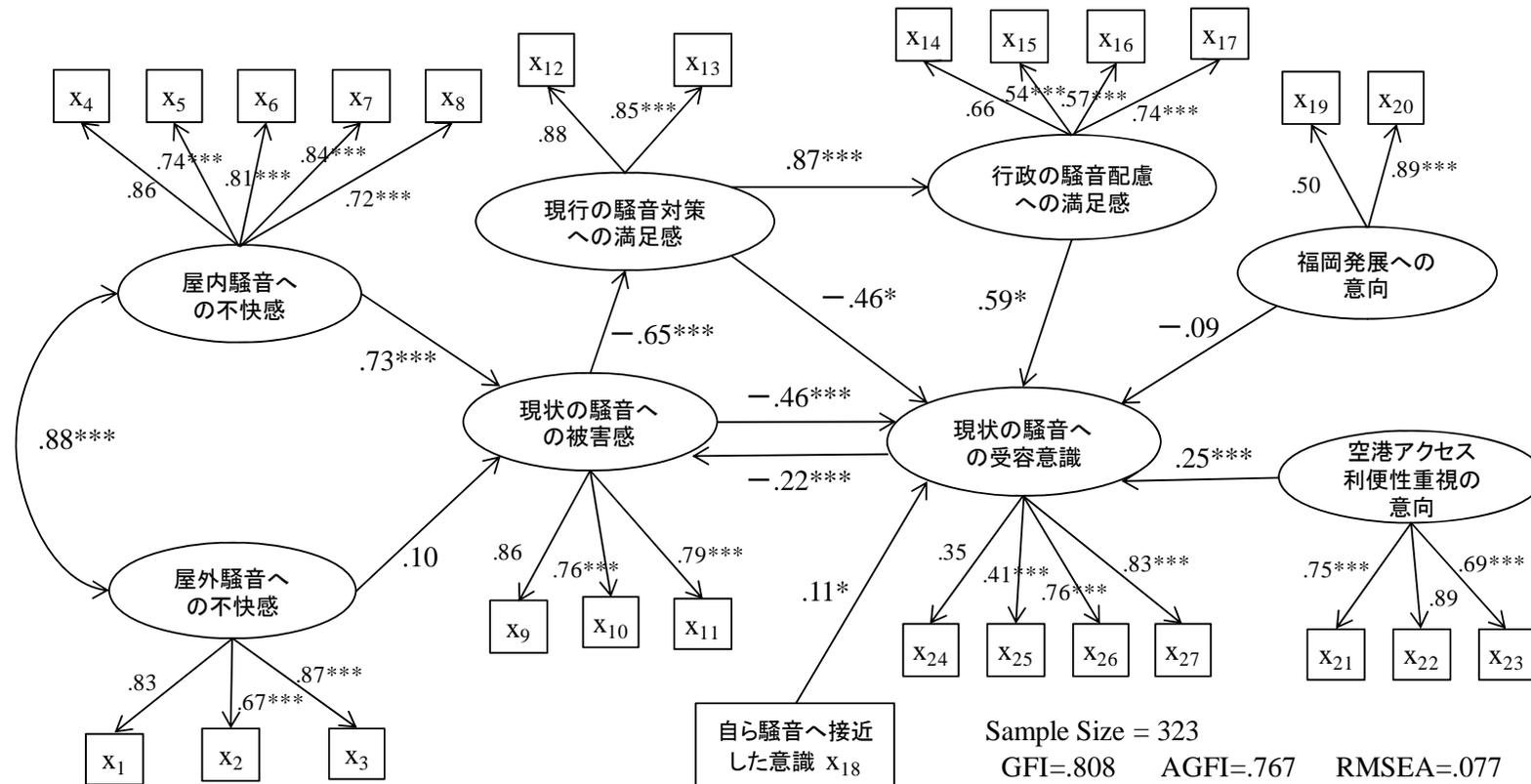
•質問紙調査

•ヘッドホン面接調査

の2つの社会調査を実施



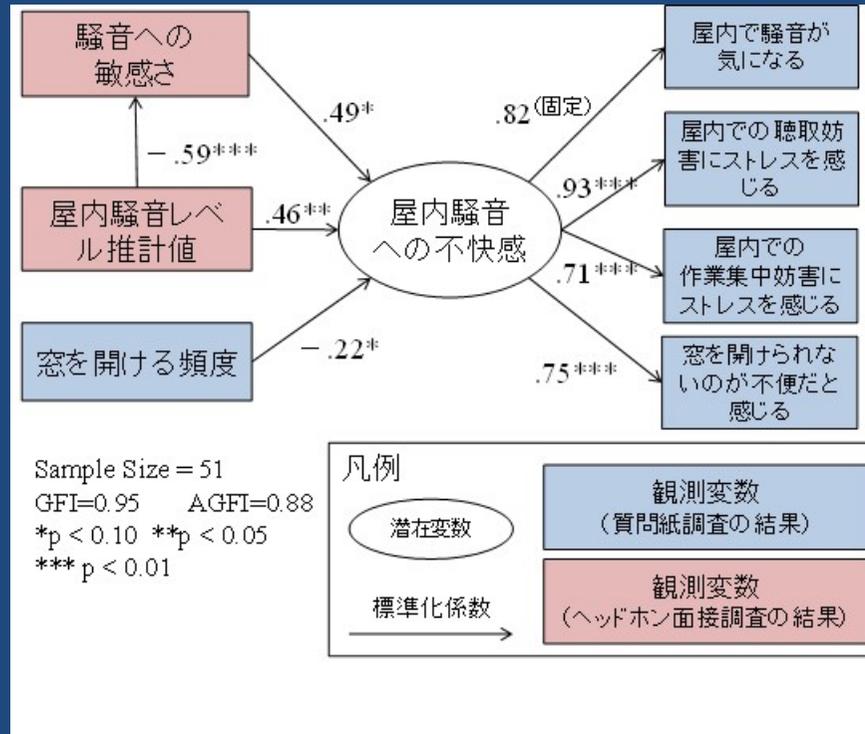
福岡空港の騒音対策区域住民の意識構造分析



共分散構造モデルの推定結果(標準解)

- 騒音の受容意識には、騒音への不快感の大きさに加え、行政の騒音配慮への満足感や空港へのアクセス利便性重視意識(空港に近いところは騒音があっても仕方がないという意識)、自ら騒音に接近した意識などが有意に影響

福岡空港の騒音対策区域住民の意識構造分析



騒音への敏感さを従属変数とした重回帰分析

従属変数	騒音への敏感さ (=4種類の航空機音に対する「気になる程度」の和:大きい程敏感)		
	標準化係数(r値)	標準化係数(r値)	
独立変数	屋内騒音レベル推計値 (L_{max} : dB)	-0.51 (-4.45)***	-0.51 (-5.13)***
	集合住宅の階数 (一戸建ての場合は1)	0.48 (4.25)***	0.48 (4.54)***
	7~22時の在宅時間 (週平均)	-0.15 (-1.15)	-0.19 (-1.85)*
	居住年数	0.27 (2.28)**	0.26 (2.45)**
	年齢階層	-0.04 (-0.29)	-
	性別 (男=1)	0.05 (0.39)	-
	世帯人数	-0.02 (-0.14)	-
	窓を開ける頻度 (3種類の気温別4件法の平均)	0.04 (0.37)	-
	空港利用頻度 (6件法)	0.03 (0.25)	-
(N=51)	Adjusted R^2 =0.50	Adjusted R^2 =0.55	

*** p < 0.01, ** p < 0.05, * p < 0.10

- 騒音への敏感さに対する影響因子としては現状の屋内騒音レベルによる慣れの効果の存在や在宅時間, 居住年数の影響を確認
- 騒音への不快感について共分散構造分析を適用した結果からは屋内騒音レベルと敏感さの影響構造を明らかにした

騒音受容意識に対する他人(他地域)の影響: 室内実験

室内実験概要:

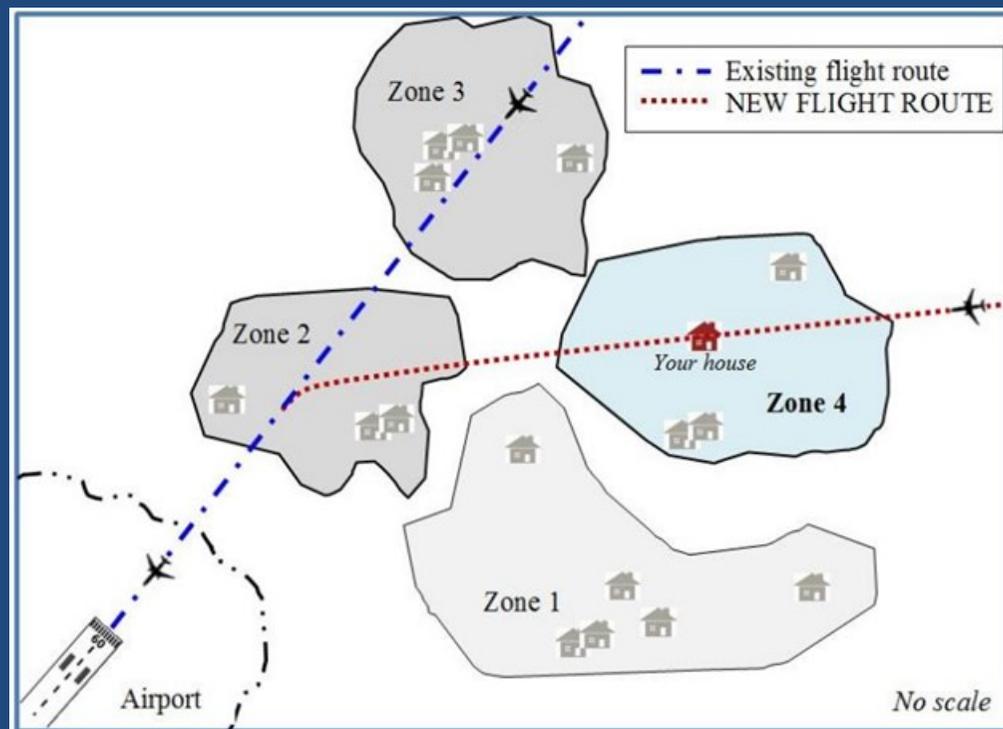
自宅内, 他地域の仮想的な状況を想定. 他地域の情報の有無で回答者群を2群に分離

&

数段階の騒音レベルの航空機音を聞かせる



単位時間あたりの受容可能な最大飛行回数(MAFF)を回答



回帰分析:

受容可能な最大飛行回数(MAFF)

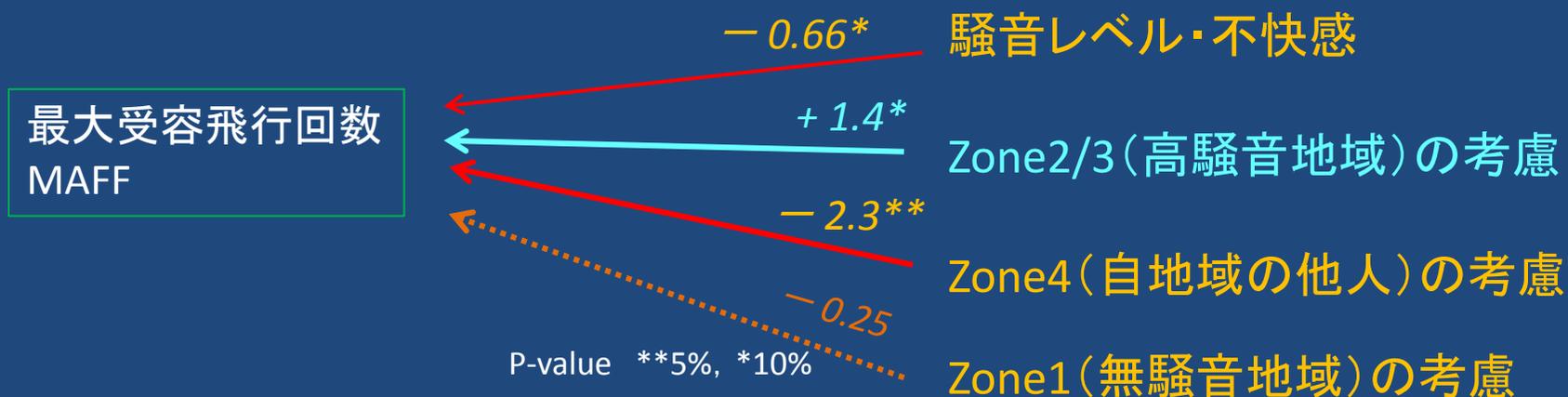
$$MAFF = \alpha + \sum_i \beta_i x_i + \gamma_0 D_{\text{Info}} + \varepsilon \quad (1)$$

$$MAFF = \alpha + \sum_i \beta_i x_i + \gamma_1 D_{\text{Zone1}} + \gamma_2 D_{\text{Zone4}} + \gamma_3 D_{\text{Zone23}} + \varepsilon \quad (2)$$

他人(他地域)の影響: 推定結果



⇒ 空港・空域計画の際の十分な情報提供の重要性



⇒ 他人の状況を考慮することで受容回数が有意に増減
地域間の騒音負担における公平性, 共有の重要性

本日の発表内容

1. わが国首都圏における空港容量拡大ニーズと騒音問題
2. 混雑空港における騒音分散に関する海外事例
3. 都心上空活用による羽田空港の容量拡大方法に関する一考察
4. 羽田空港における動的な容量管理(離着陸便数配分)の効果分析
5. 本日の発表のまとめ

将来の航空交通システムに関する長期ビジョン: CARATS

Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems



2010年9月に長期ビジョン(計画年次2025年)を策定

変革の方向性:

- ①軌道ベース運用の実現(時間管理の高度化)
- ②予見能力の向上
- ③性能準拠型の運用の促進
- ④全飛行フェーズでの衛星航法の実現
- ⑤地上・機上での状況認識能力の向上
- ⑥人と機械の能力の最大活用
- ⑦情報共有と協調的意思決定の徹底
- ⑧混雑空港及び混雑空域における高密度運航の実現

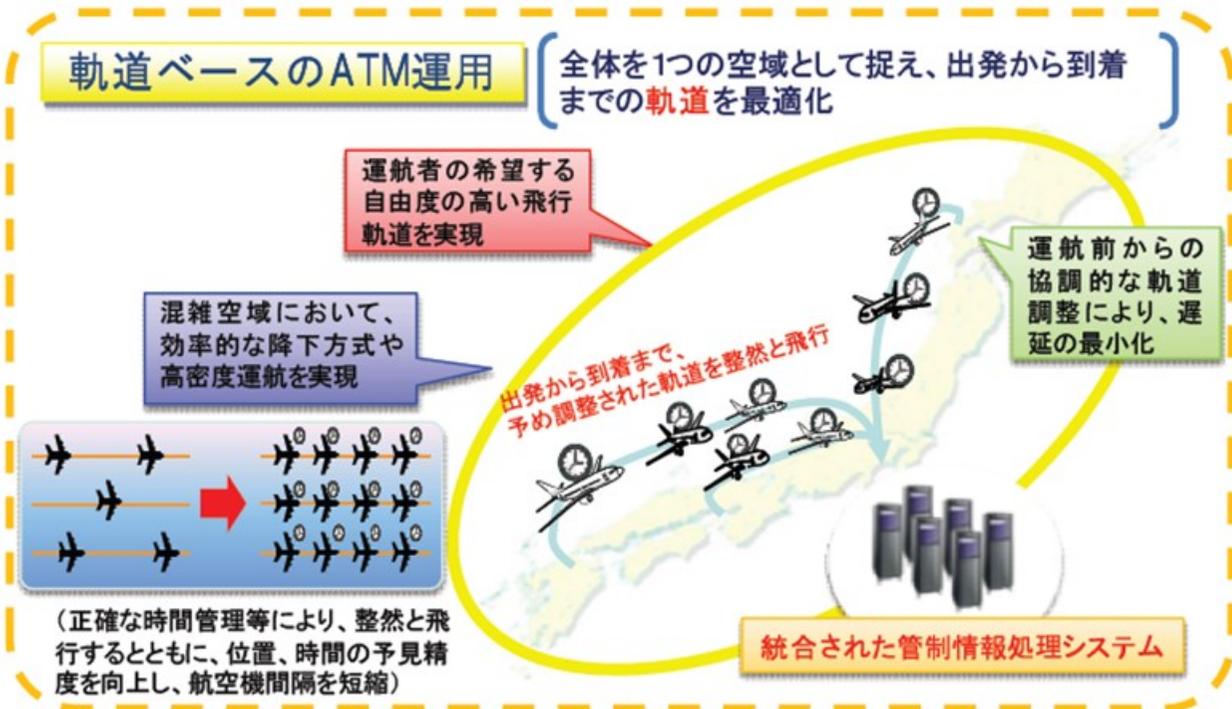
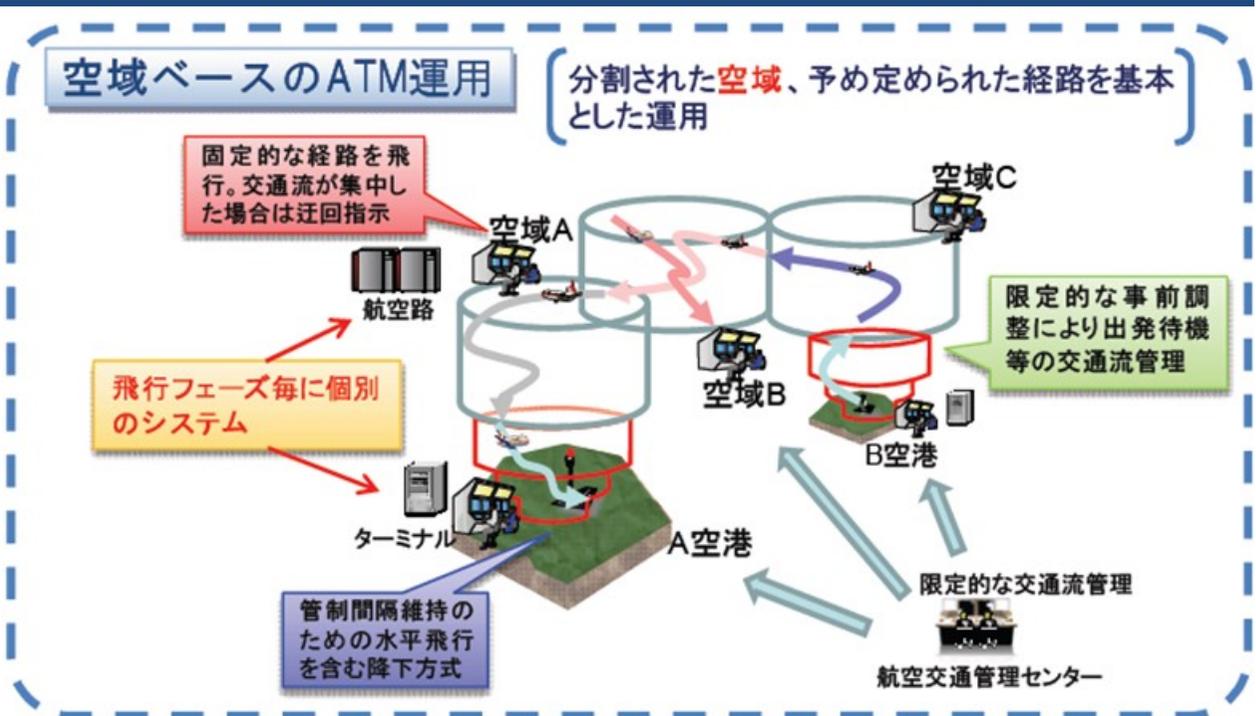
将来の航空交通システムの構築に当たっては、様々な関係者の協調が必要

CARATS(キャラッツ):
Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems:
航空交通システムの変革に向けた協調的行動

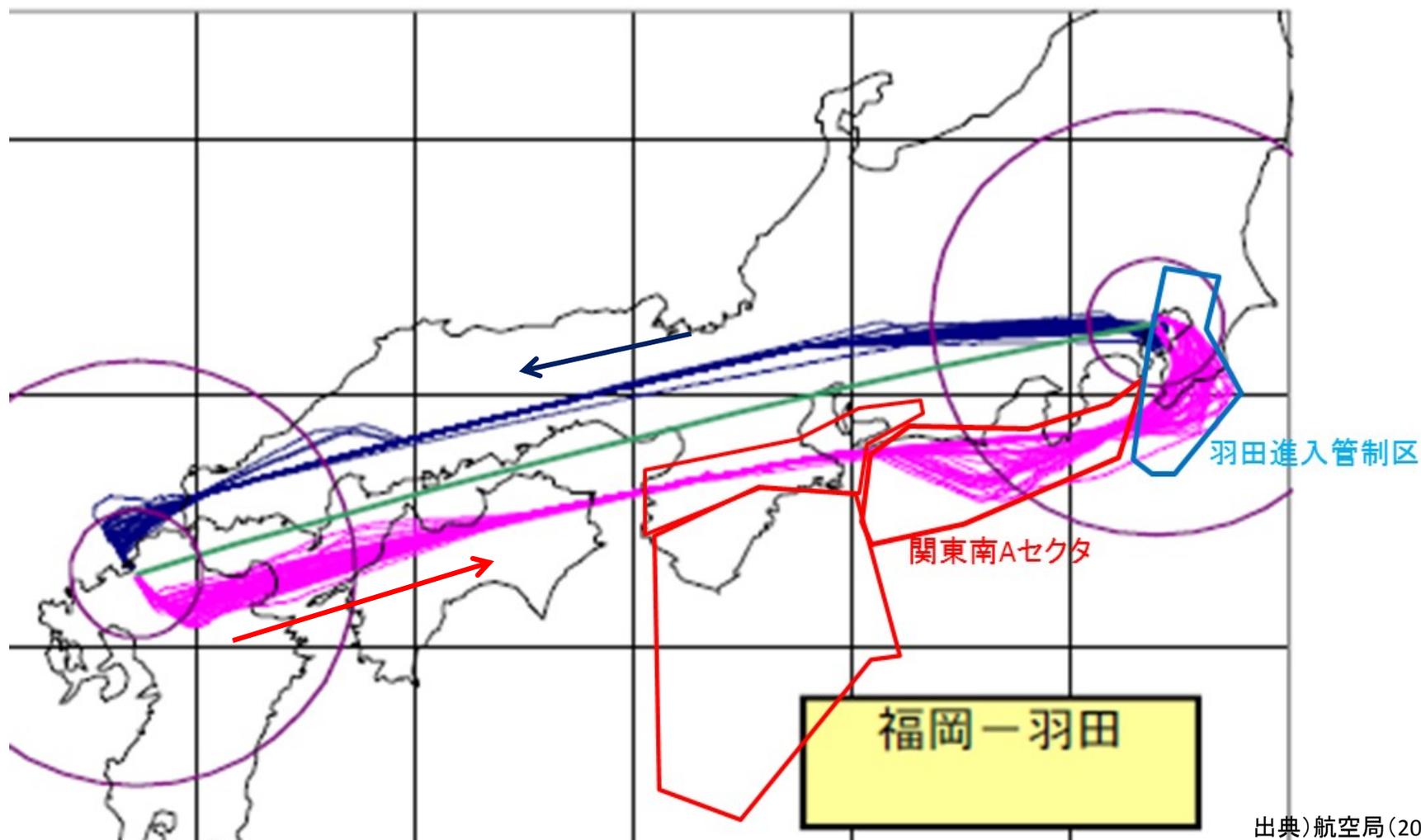


空域ベースから 軌道ベースへ

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。



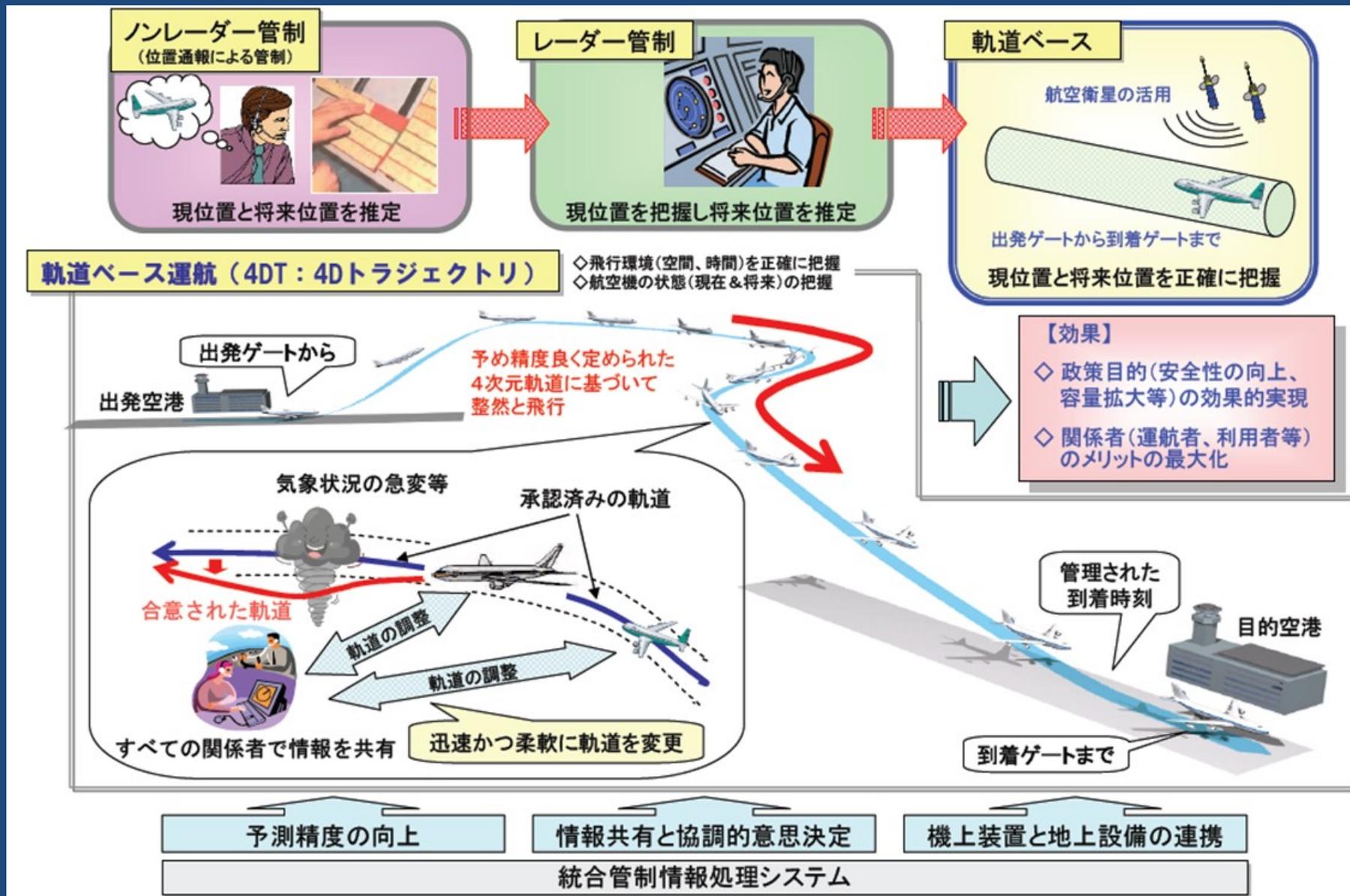
分割空域におけるレーダー誘導の例(福岡⇒羽田)



出典)航空局(2010)

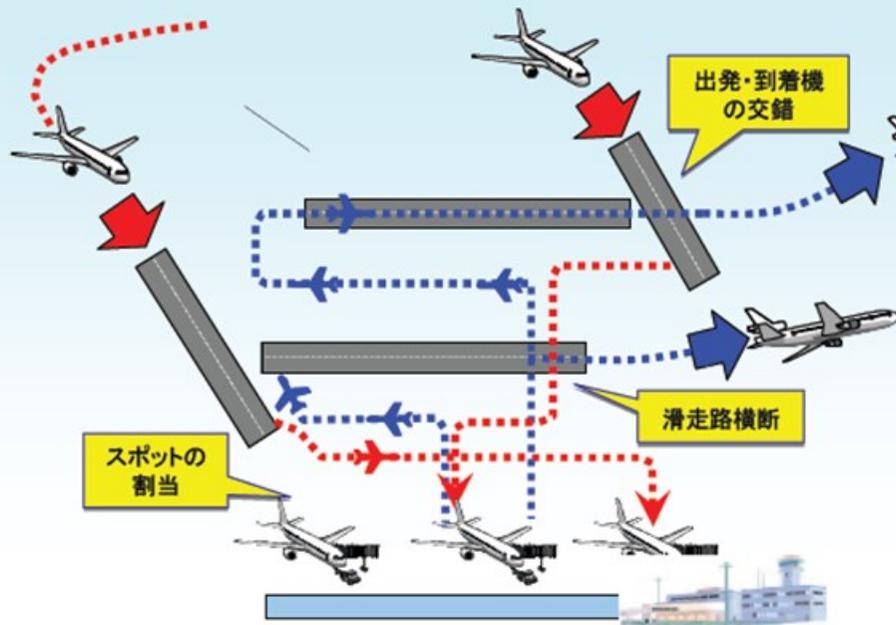
分割された空域ベースの管制運用により生じる非効率性
(ターミナル空域への負荷集中, 運航効率の低下など)

軌道ベース運航 TBO: Trajectory-based Operation

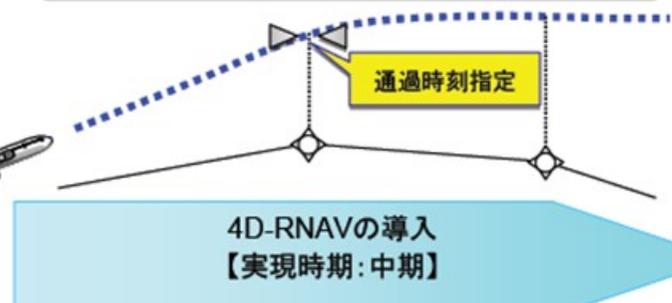


空港面での高精度な時間管理

空港面における時間管理の導入



時間軸精度を含む性能準拠型航法



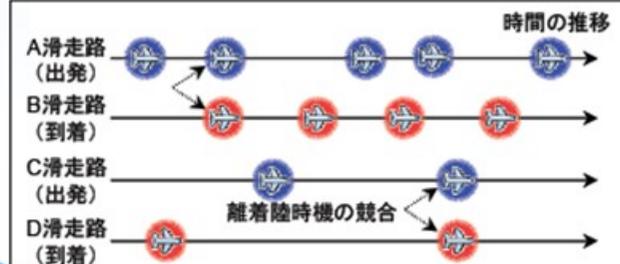
機上アビオニクス向上により、時間軸の精度を含んだ航法(4D-RNAV)が実現され、更に、ATMシステムの高度化等により、高精度な時間管理(特定地点の通過時刻指定等)を実現

離陸時刻・地上交通量を考慮した
スポットアウトの時間管理
【実現時期:短期】

交通状況、滑走路変更等に対応したスポットアウト時刻の最適化による滑走路端(誘導路)における出発順番待ちの解消など

離着陸順序を考慮した時間管理
【実現時期:中期】

出発・到着交通量の割合、出発・到着機の組み合わせ等を考慮した離着陸順序の最適化による容量の最大活用など

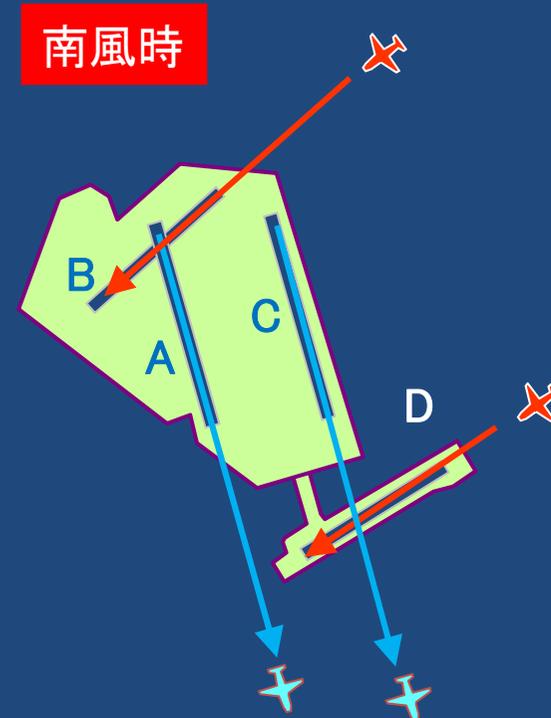
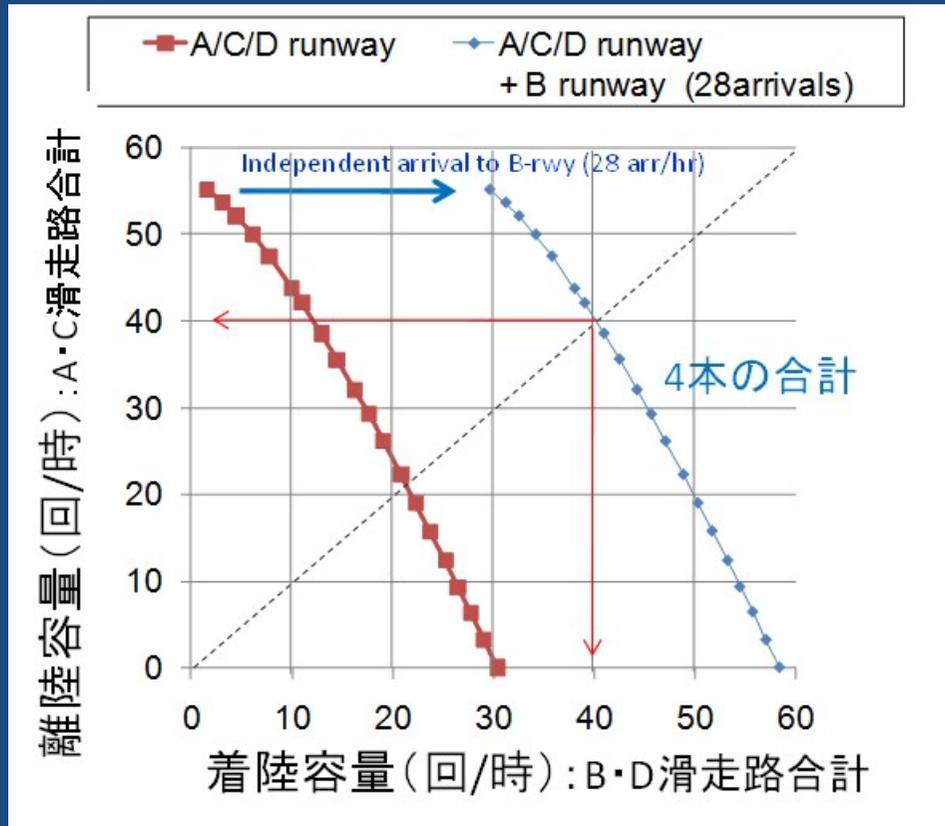


各滑走路における離着陸予定時刻等を高精度で予測し、最適な離着陸順序等の調整を支援するツールが必要

羽田空港の滑走路容量カーブ(推計値)

時間容量, 日容量

⇔ 時間帯別の需給関係を考慮した動的な容量管理も必要か？



⇒ 滑走路間の従属性を考慮し, 完全ランダムな順序付けを行った際の平均容量
 離着陸容量がトレードオフ, かつ着陸を増やそうとすると空港全体の容量は低下

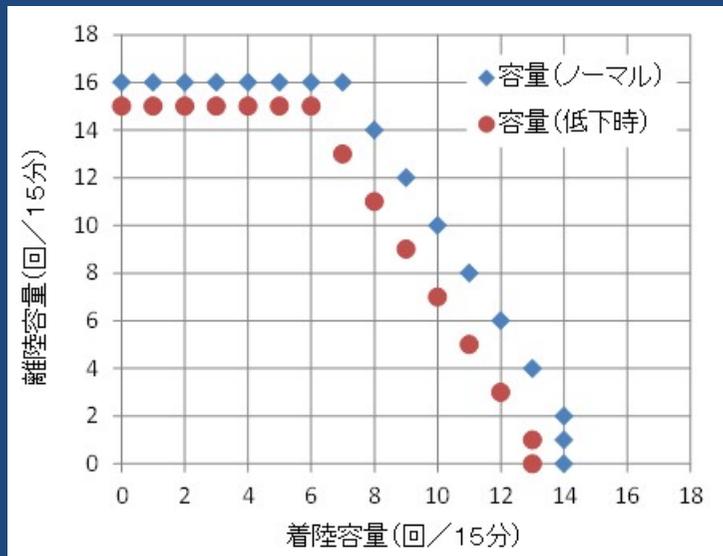
離着陸容量の最適配分(容量最大化=遅延最小化)

離着陸容量がトレードオフ関係⇒ 離着陸需要の時間推移に応じて離着陸それぞれへの容量配分(どちらを優先するか)について数理計画問題として最適化計算

羽田容量モデル



離散的容量カーブ



容量配分
オプション

- (16,7)
- (14,8)
- (12,9)
- (10,10)
- (8,11)
- (6,12)
- (4,11)
- (2,14)

最適配分

	Capacity		Demand	
	Dep	Arr	Dep	Arr
8:00	12	9	12	10
8:15	8	11	9	13
8:30	8	11	14	9
8:45	10	10	11	10
9:00	8	11	10	12
9:15	14	8	13	9

⋮

⋮

ATFMにおける離着陸容量設定の最適化モデル

離着陸容量の設定(配分)戦略

離着陸容量最適化の目的関数: 遅延時間コストの最小化

極端な方法:

⇒着陸完全優先(空中待機回避) or 離陸完全優先(離陸機数を前提にした着陸容量の設定)

最適な方法:

遅延コストの定義次第.

例えば,

- * 単なる総遅延時間⇒処理回数からみた効率の最大化
- * 空中での到着機処理の管制ワークロードや空中待機時の燃料消費(CO2排出)を加味したコスト⇒着陸をある程度優先

ATFMにおける離着陸容量設定の最適化モデル

Gilbo(1997)による整数計画問題を改良したモデル:

総遅延時間の最小化問題:

$$\min_{v,u} \sum_{i=1}^N \alpha(T/u_{i+1})X_{i+1}a_{i+1} + (1-\alpha)(T/v_{i+1})Y_{i+1}d_{i+1} \quad (2)$$

s.t.

$$X_{i+1} = (X_i + a_i - u_i)^+$$

$$Y_{i+1} = (Y_i + d_i - v_i)^+$$

$$u_i \leq U_i$$

$$v_i \leq \varphi(u_i)$$

$$(A)^+ = \begin{cases} A, & A \geq 0 \\ 0, & A < 0 \end{cases}$$

N : 時間枠数,

X_i : 時間枠 i の到着のキュー(遅延機数),

Y_i : 時間枠 i の出発のキュー(遅延機数),

α : 到着遅延と出発遅延の重み係数,

a_i : 到着予定機数,

d_i : 出発予定機数,

u_i : 各時間枠で設定する到着の容量

v_i : 各時間枠で設定する出発の容量(容量カーブをもとに v_i は u_i の関数で表される)

* ここで、平均処理間隔である $T/u_{i+1}, T/v_{i+1}$ の u, v に適切な初期値を与え整数線形計画問題として解き、その最適解として得られた u, v で新たな平均処理間隔を算出し、再度最適解を求めることを反復 $\Rightarrow u, v$ が収束するまで計算。

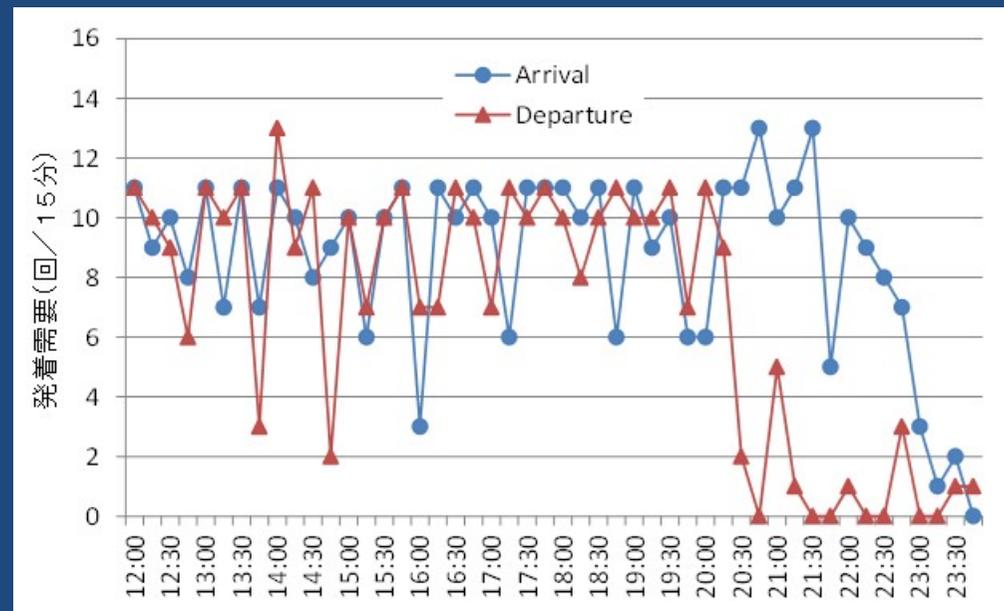
ケーススタディ: 対象と想定交通量

計算対象:

再拡張後の羽田空港

計算対象時刻:

正午12時～24時の12時間で、2011年7月時点(35万回/年の発着容量)の羽田の実際のダイヤから15分刻みの時間枠の発着回数を作成し、それらを単純に40/35倍して最終的な計画値である40万回/年対応の需要を作成



ケーススタディ: 比較条件

最適化の条件:

- ① 離陸完全優先(非最適化),
- ② 着陸完全優先(非最適化),
- ③ 離着陸イーブンの重み付け($\alpha = 0.5$),
- ④ 離陸と着陸遅延のコスト比で重み付け($\alpha = 0.534$),
- ⑤ 着陸をやや優先する重み付け($\alpha = 0.7$),

の5種類で試算

* ④の重み α については, EurocontrolおよびCARATSの費用原単位を仮定して算出

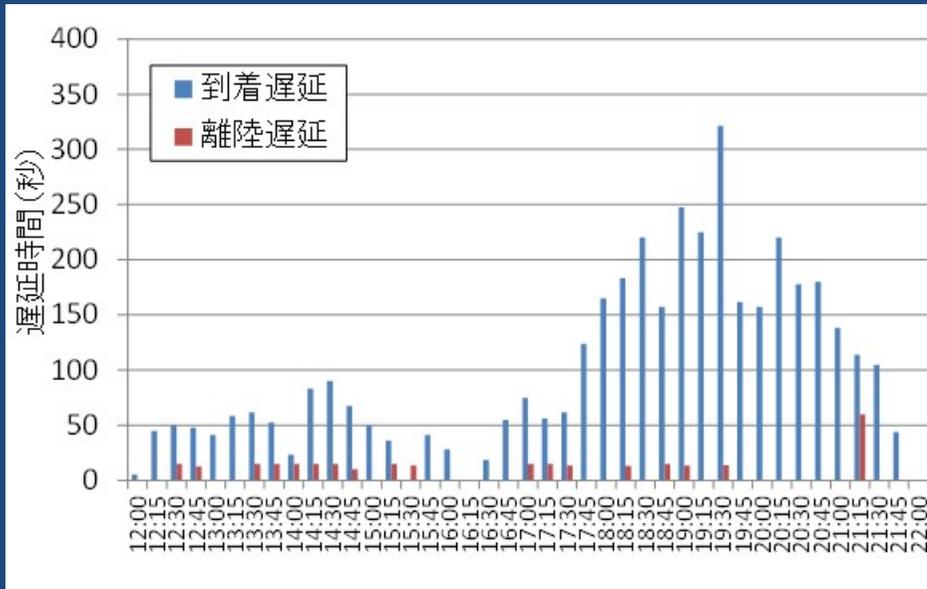
表1 単位時間あたり遅延コストの仮定

(円/秒)	到着遅延	離陸遅延	仮定
旅客の遅延コスト	174.9	174.9	国内線旅客時間価値 (3,148 [円/時]) . 1機の旅客数200人を仮定.
直接運航コスト	82.1	82.1	燃料費を除く直接運航コスト (4,925 [円/分])
燃料消費コスト	47.8	12.8	B737-800の離陸待ち時, en-route時の平均燃料消費量 (2572kg/h, 690kg/h) と ジェット燃料価格 (2.271\$/ガロン)
CO2排出コスト	6.5	1.8	燃料1klあたりCO2排出量2.469トン, CO2 1 トンあたり便益 2891円
トータル	311.3	271.6	
離着陸の比率	0.534	0.466	

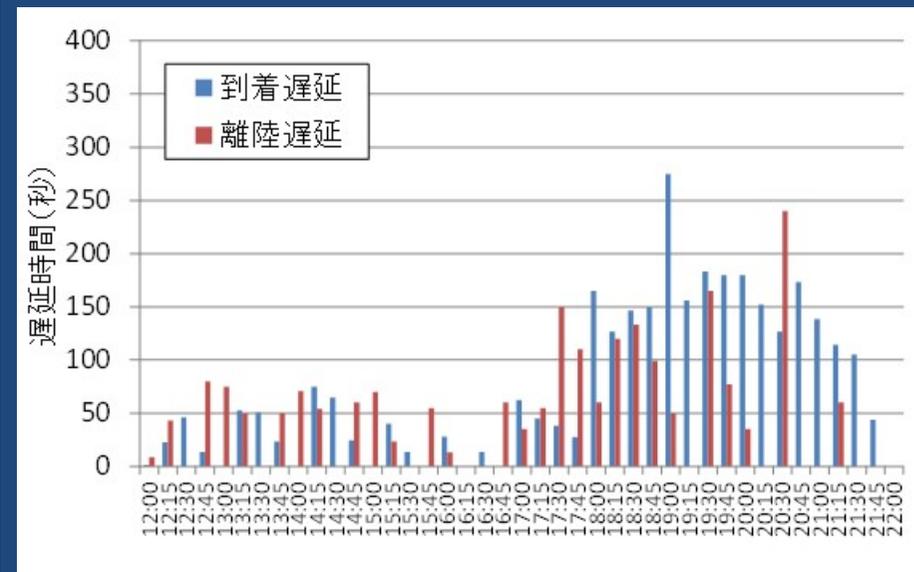
* Eurocontrol: Standard Inputs for EUROCONTROL Cost Benefit Analyses Edition Number: 4.0, 2009.

* 国土交通省: 将来の航空交通システムに関する推進協議会 平成23年度 活動報告書, 2012.

最適化時の時間帯別遅延時間の割り付け結果



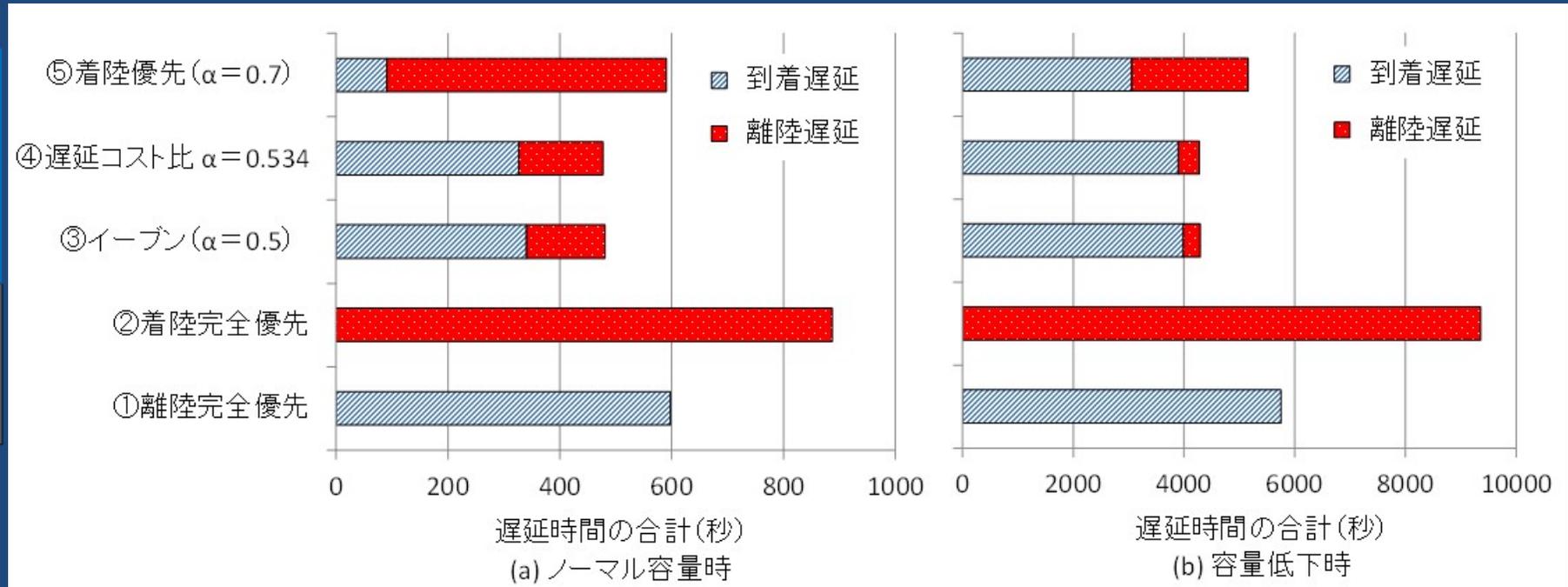
時間帯別の総遅延時間
($\alpha=0.5$, 容量低下時)



時間帯別の総遅延時間
($\alpha=0.7$, 容量低下時)

最適配分の効果の例: 羽田の容量をフル使用時のケーススタディ

離着陸の重み付け係数別の最適容量配分時の総遅延時間



最適化
非最適化



- ✓ 最適化により総遅延時間, 燃料消費 (CO2排出) が削減可能
- ✓ 羽田の容量カーブ特性から基本的には離陸優先が良い
- ✓ 離陸・着陸の優先度パラメータの設定により遅延の内訳が変化
- ✓ 容量低下時にはより離陸優先度合いを強める傾向が現れる

実際の管制運用とのリンク

- 最適な離着陸機数を実現するために、空港から出発する機数と空港への到着機数がある程度事前に制御する必要がある
 - ① エンルート(高高度の航空路)から羽田のターミナル空域に入域させる際に、入域間隔を時間帯別に制御して着陸機数をコントロール。離陸機もスポットか滑走路脇で離陸機数をコントロール。
 - ② 出発空港側の離陸時刻を制御して着陸機数をコントロール。
⇒ 空中待機時間の削減の意味では、到着機数を出発空港側の地上待機で制御する②の方が望ましいが、交通量や容量に関して比較的長期の予測が必要となり、予測精度の面では不利となる。
- 実際の管制運用面での対応方法は、より詳細な検討が必要
- 空港空域における交通流制御を行う前提として、空港の離着陸容量の予測と配分手法も重要と考える。

本日の発表内容

1. わが国首都圏における空港容量拡大ニーズと騒音問題
2. 混雑空港における騒音分散に関する海外事例
3. 都心上空活用による羽田空港の容量拡大方法に関する一考察
4. 羽田空港における動的な容量管理(離着陸便数配分)の効果分析
5. 本日の発表のまとめ

本日の発表のまとめ

- 国内外混雑空港の事例紹介：
 - 航空需要の増加に対して、騒音を広域で公平に負担するコンセプトを打ち出す空港の存在、
 - そのための空域開放の決断、
 - 新たな騒音負担が生じる際の滑走路運用方法、
 - 長期の政策方針に基づく空港計画の実施、等について紹介
→ 混雑空港一般に参考となる事例
- 東京都心上空を活用した羽田空港の容量拡大方策（既存ストック活用）と騒音分散の一つのオプションとして、時間限定型・経路分散型の運用方法の提案
- 羽田再拡張後の動的な容量配分の効果分析例を紹介

ご清聴ありがとうございました.