

航空管制からみた 混雑空港の発着容量拡大方法に関する検討

Capacity Expansion of Congested Airport Considering Terminal Air Traffic Control

運輸政策研究所 研究員 平田 輝満

Terumitsu HIRATA
Research Fellow, Institute for Transport Policy Studies

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港の再拡張後の管制運用計画と管制に関わる最近の話題
3. 海外空港における容量拡大を目的とした管制運用の先進的取り組みの紹介と羽田空港への適用可能性
4. 今後の展開

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

2. 羽田空港の再拡張後の管制運用計画と管制に関わる最近の話題

3. 海外空港における容量拡大を目的とした管制運用の先進的取り組みの紹介と羽田空港への適用可能性

4. 今後の展開

混雑空港の発着容量の現状と拡張計画

◆首都圏空港

羽田・成田は、恒常的な発着容量不足

⇒ 羽田：2010年，再拡張（D滑走路の新設）で約+10万回/年

⇒ 成田：2009年，暫定平行滑走路の延伸で約+2万回/年

◆地方空港

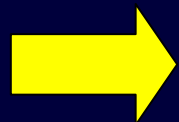
福岡，那覇では，近年，発着容量の需給が逼迫

⇒ 航空分科会答申（H14）を受け，中長期的な視点から拠点空港としての空港能力向上策について総合的な調査を実施中

混雑空港の発着容量拡大の必要性

◆首都圏空港（羽田・成田）

- アジアのゲートウェイ空港としての容量の十分性
- 旺盛な国内・国際需要や、小型・多頻度化への対応



既存ストックの活用限界の見極めと、さらなる容量拡大策の検討が重要

◆地方空港（福岡，那覇）

- 拡張計画検討の際に管制運用も十分に考慮した滑走路配置計画が重要

研究の目的

(1) 羽田空港の再拡張後の管制運用計画と容量拡大に向けた課題の整理

(2) 海外空港における容量拡大を目的とした管制運用の先進的取り組みの紹介と羽田空港への適用可能性の検討

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

2. 羽田空港の再拡張後の管制運用計画と管制に関わる最近の話題

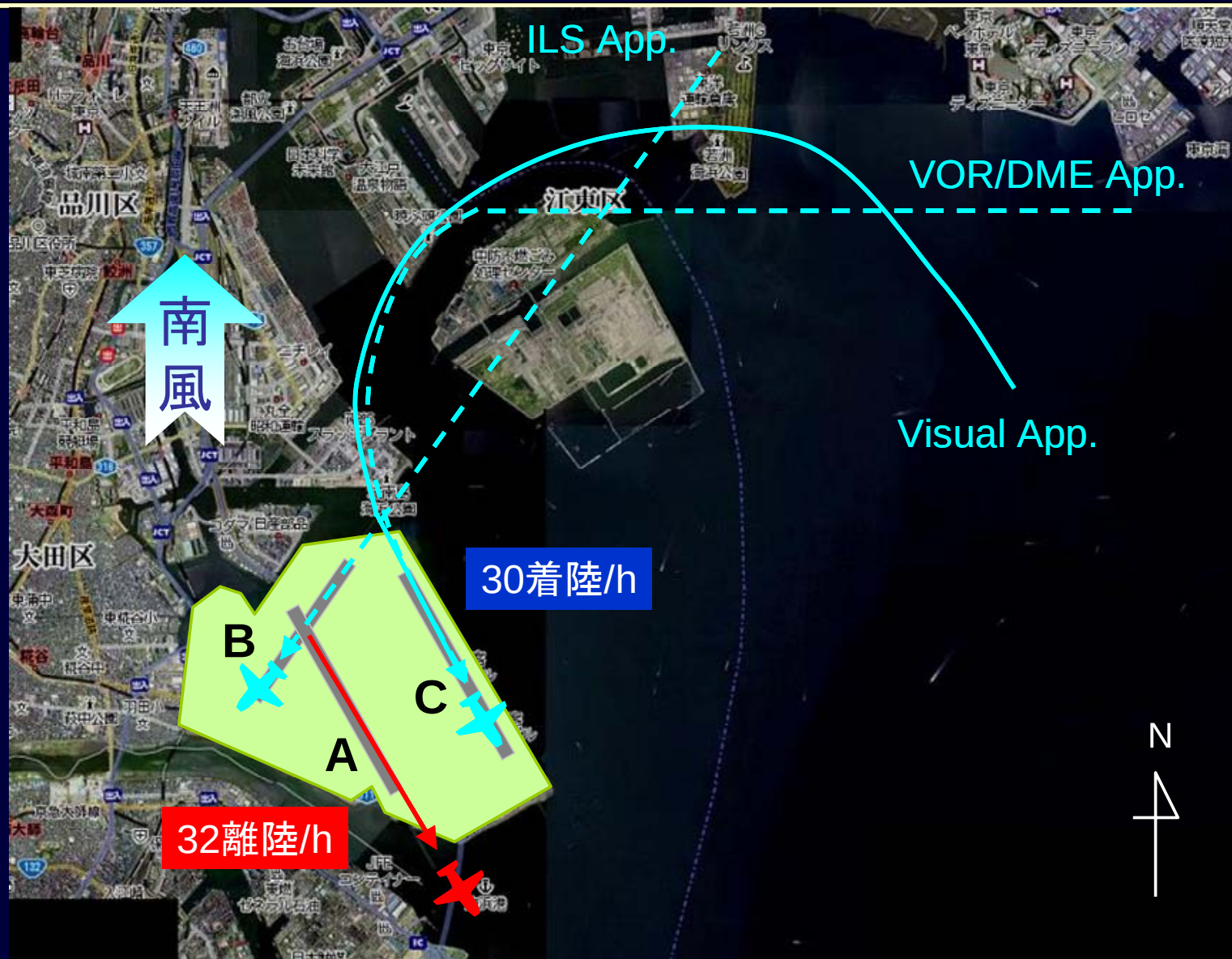
3. 海外空港における容量拡大を目的とした管制運用の先進的取り組みの紹介と羽田空港への適用可能性

4. 今後の展開

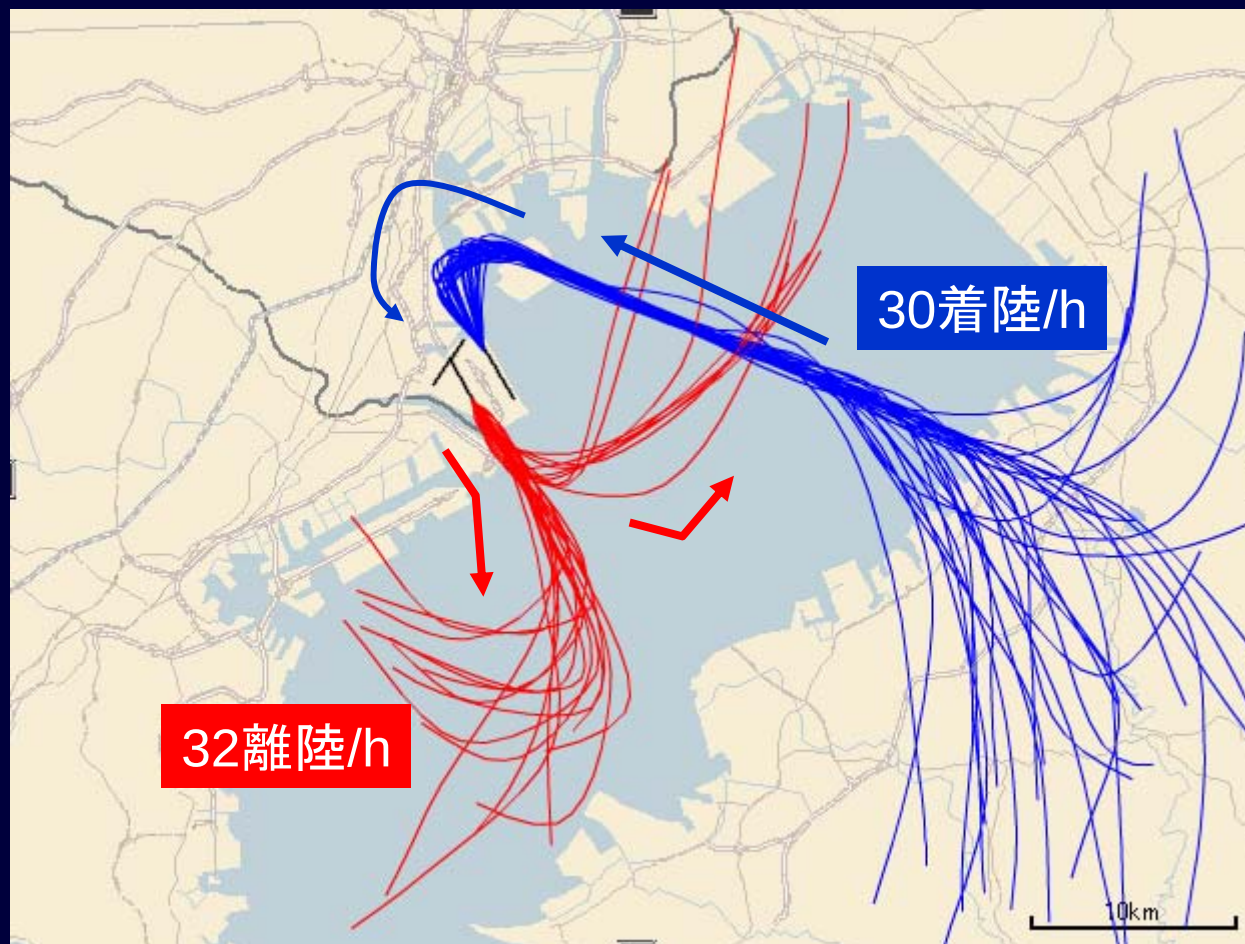
羽田空港の運用方法と発着容量(現状)



羽田空港の運用方法と発着容量(現状)



実際の航跡図(情報公開の進展)



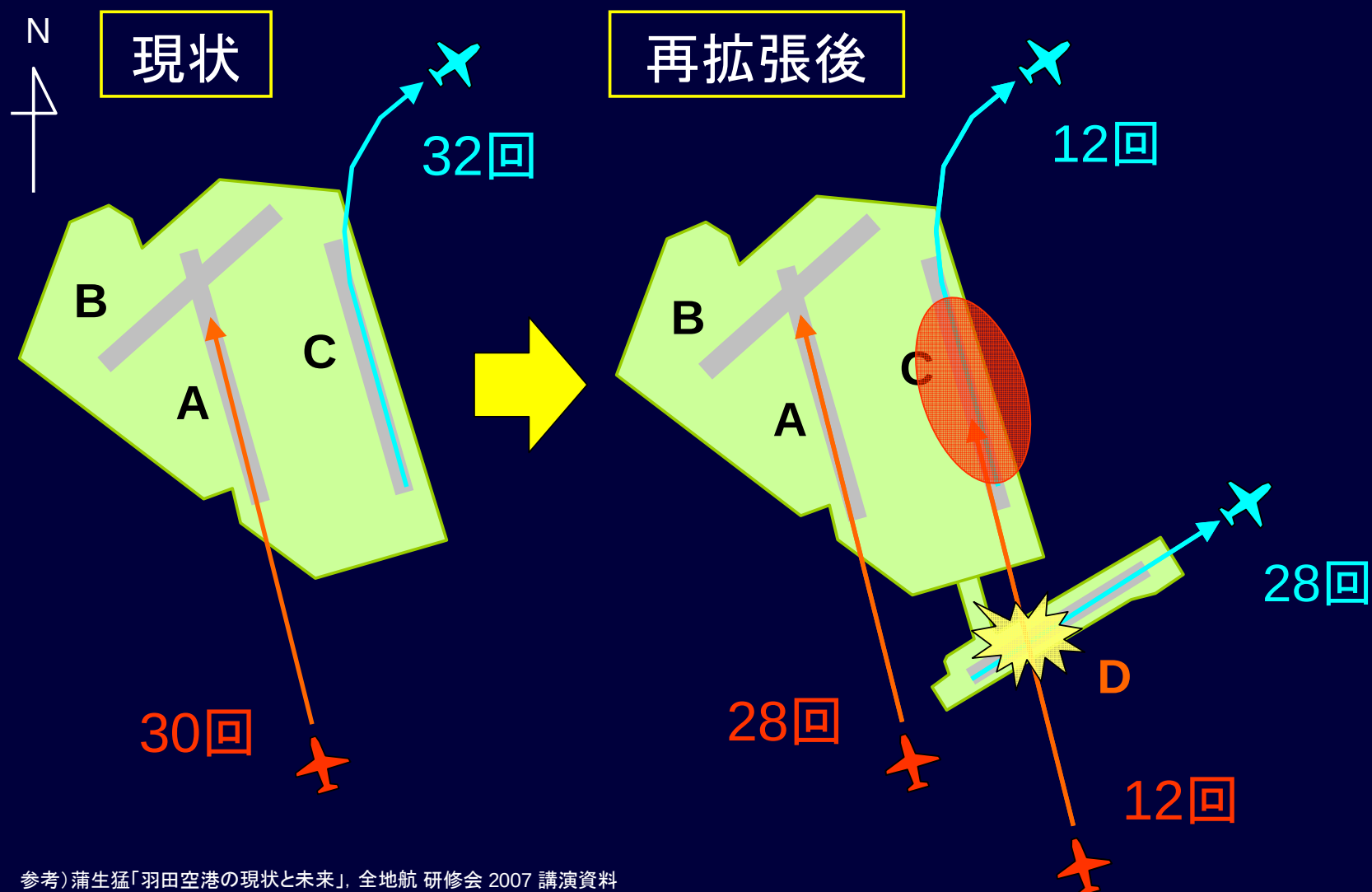
出典) 航空局 飛行コース公開HP <https://www.franomo.mlit.go.jp/>

羽田空港の再拡張：D滑走路の新設(2010年)



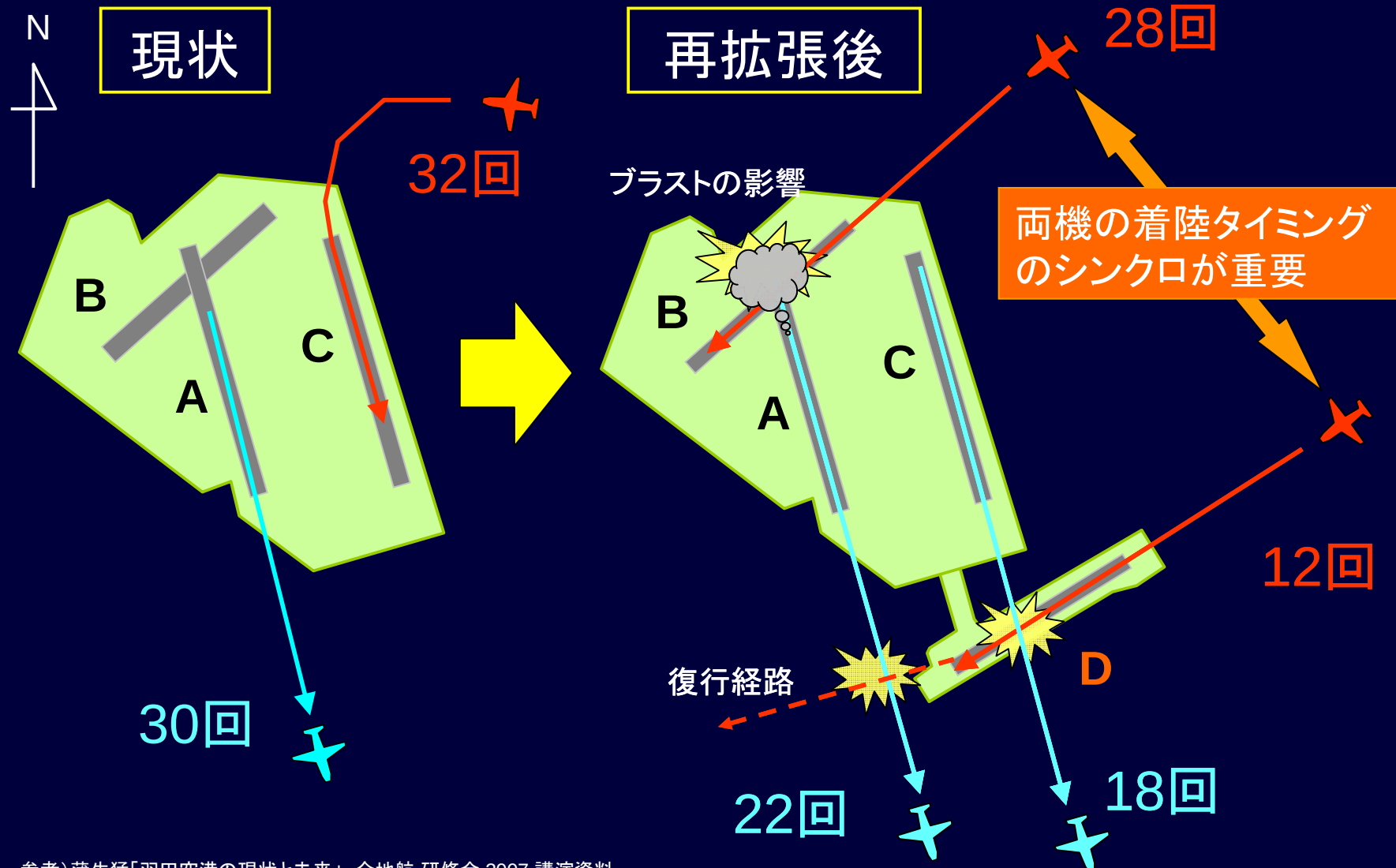
(C) Dr. Terumitsu HIRATA, Institute for Transport Policy Studies, 2007

再拡張後の飛行場管制運用計画(北風時)



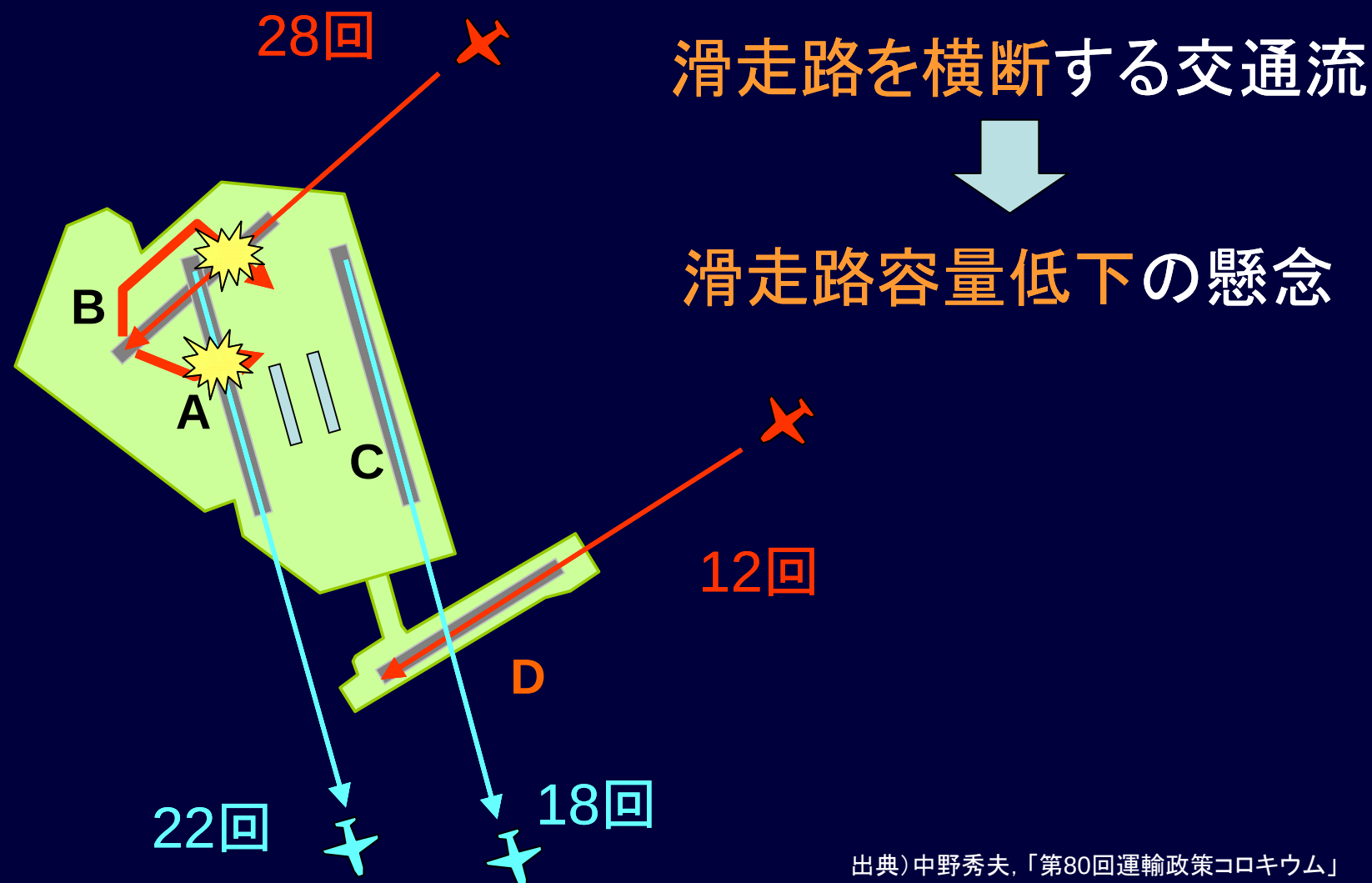
参考) 蒲生猛「羽田空港の現状と未来」, 全地航 研修会 2007 講演資料

再拡張後の飛行場管制運用計画(南風時)



参考) 蒲生猛「羽田空港の現状と未来」, 全地航 研修会 2007 講演資料

再拡張後の地上管制(南風時)



出典) 中野秀夫, 「第80回運輸政策コロキウム」
コメント資料, 2006を参考に作成

関東空域再編:羽田・成田の空域統合(2009～)

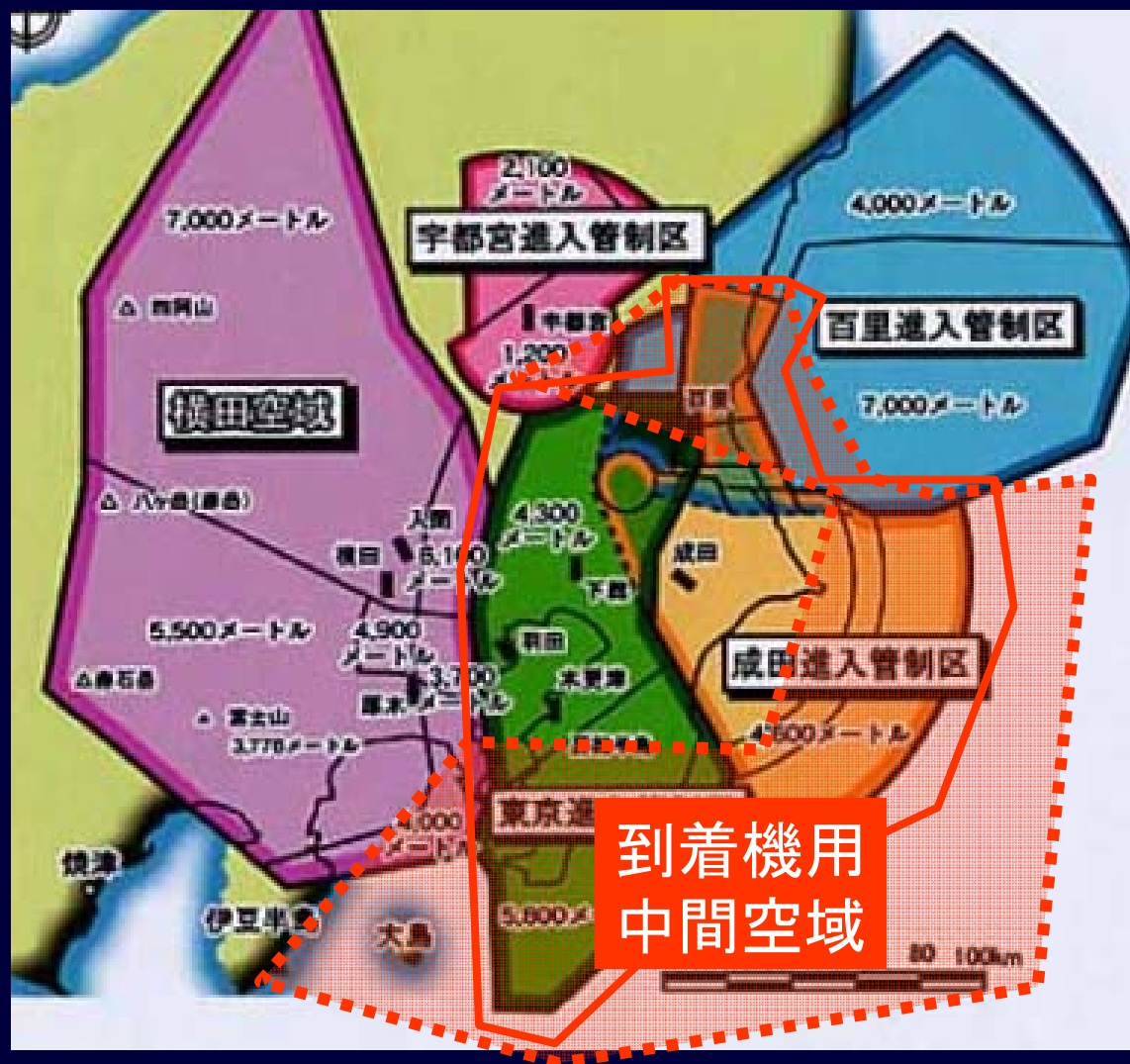
* 羽田・成田の進入
管制区の統合し, 羽
田のレーダー室で一
元的に管制



交通量に応じて両空
港の進入管制空域を
柔軟に運用

中間空域の創設
(東京管制部)

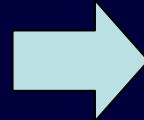
参考) 平成19年度航空局関係予算概要
Ⅲ-3: 航空サービス高度化推進事業



出典) 東京都HP

機材の小型化・多頻度化と管制との関連

- * 容量制約の緩和
- * 燃油費の高騰
- * 機材更新時期

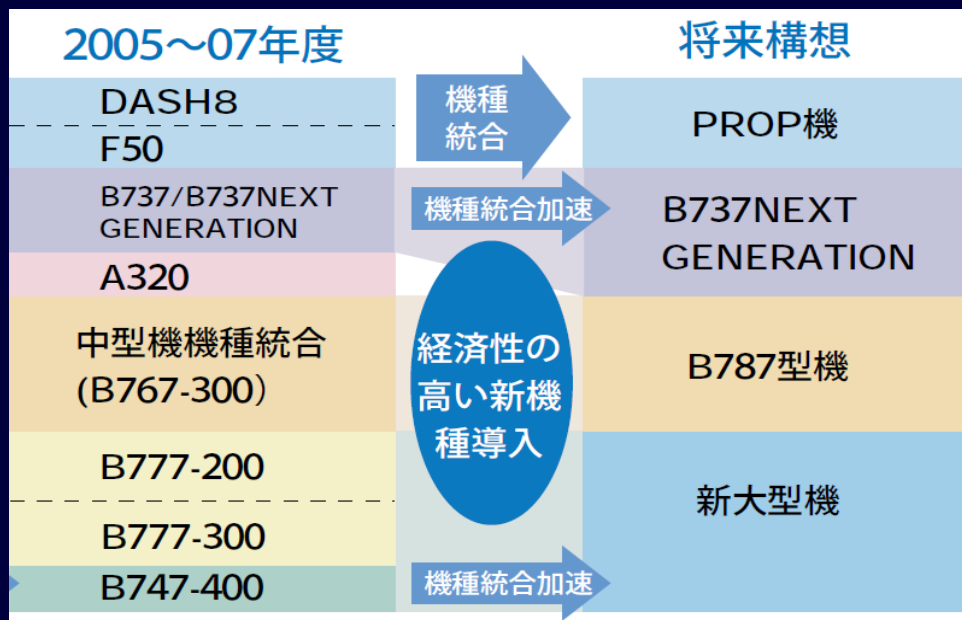


燃費効率の良い機材への更新

機材の小型化の進展

◆大型・中型機の高経済性機種への統合: B747, B767⇒B777, B787

◆中・小型機の導入: B737-NG, ERJ, CRJ, Q400の導入



E190

JAL HPより

出典) ANA中期経営戦略より

機材の小型化・多頻度化と管制との関連

管制との関連

- 小型機が増えてくると、後方乱気流間隔の短縮等による発着容量拡大も期待できる
- 低騒音機材による東京上空ルート of 積極活用による容量拡大も検討すべき.

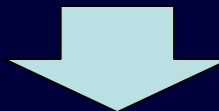
⇒ 提供座席数の減少を発着回数増で補えるか？

その他, 管制システムの高度化

- RNAV航法の展開
- ATMセンターの設立とフローマネジメント
- ARTS-Fの導入

ここまでのまとめ

- * 羽田再拡張後の管制運用とさらなる容量拡大に向けた課題
- * 関東空域の再編
- * 機材更新などの航空市場変化（小型化の進展）
- * 地方混雑空港における既存ストックの有効活用方策の検討と拡張計画



容量拡大のためには総合的な検討が必要

- 羽田の進入管制の効率化方策は？
- 地方混雑空港の拡張に対する管制上の視点は？

⇒ 海外の先進事例（ヒースロー、フランクフルト）から学ぶ

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

2. 羽田空港の再拡張後の管制運用計画と管制に関わる最近の話題

3. 海外空港における容量拡大を目的とした管制運用の先進的取り組みの紹介と羽田空港への適用可能性

4. 今後の展開

(1) ヒースロー空港(英)におけるホールディングの積極活用と羽田への示唆

ヒースロー空港と羽田空港の比較

	ヒースロー	羽田
年間旅客数（2006）	6,753 万人	6,522 万人
年間発着回数（2006）	48 万回	31 万回
1便あたり平均座席数（2006）	約200席	約250席
同時運用可能な滑走路本数	4000m × 2本	3000m × 2本
発着容量	78回/時	60回/時
離陸経路	複数	単一
機材構成	H:M=3:7	H:M=7:3
騒音制約	騒音問題から離着陸分離方式で運用（例外あり）.	騒音問題から離着陸分離方式で運用. 空域制限がきつい

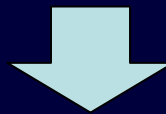
ヒースロー空港の滑走路配置



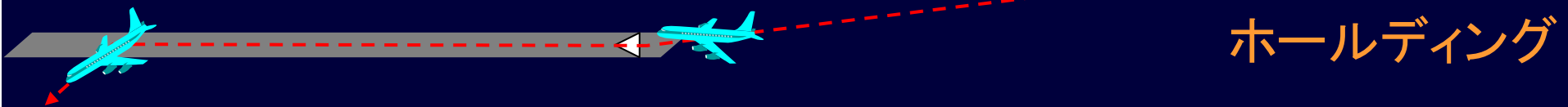
写真) Google Earth

ヒースローの発着容量が大きい理由

- 機材構成の差 (Medium機が7割) ⇔ 羽田は3割
 - 出発経路が複数設定可能
 - 滑走路占有時間の短縮
 - ホールディングを積極活用した滑走路使用効率の最大化とBunching*による着陸セパレーションの短縮
(管制運用上の技術的な工夫)
 - ある程度の遅れ時間の許容
(地域社会との合意形成)
- (* 同サイズの機材をまとめること)



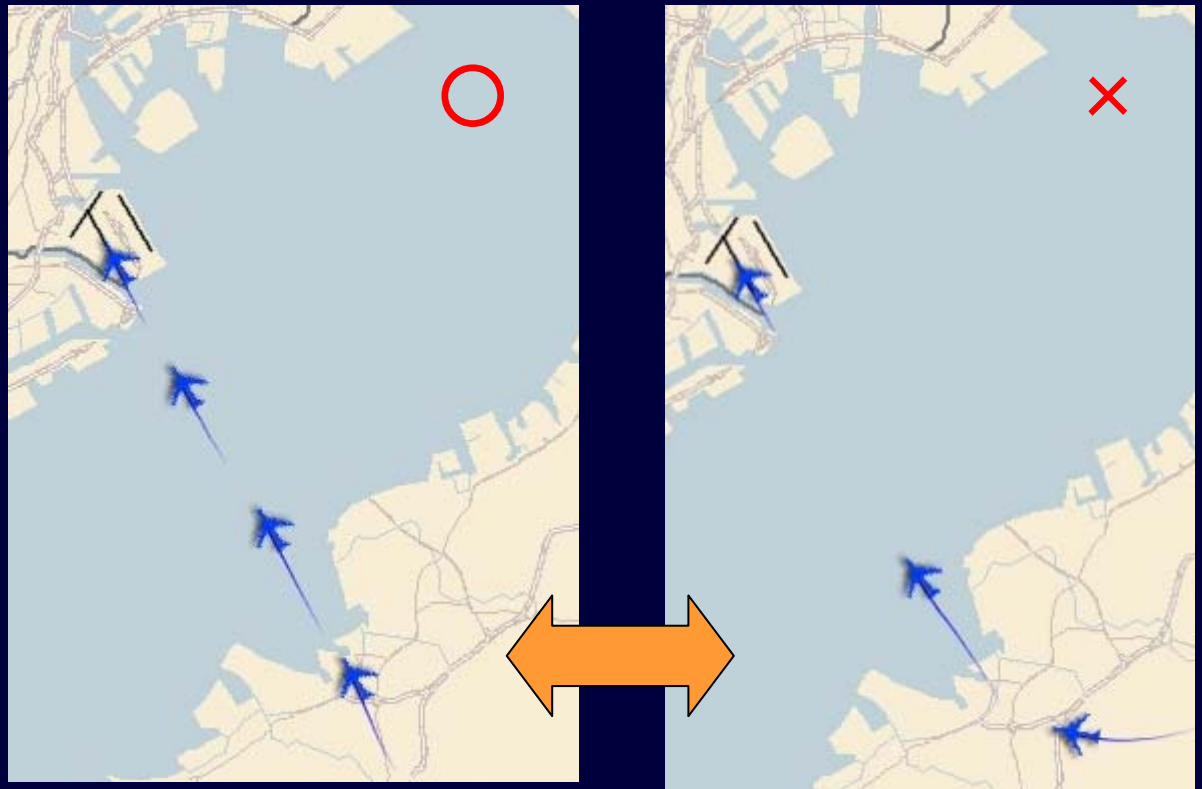
なぜホールディングが有効か？



通常は、緊急避難的に使用するが...

継続的需要の創出
(Continuous Demand)

滑走路を使用していない時間(Loss)を最小限にできる

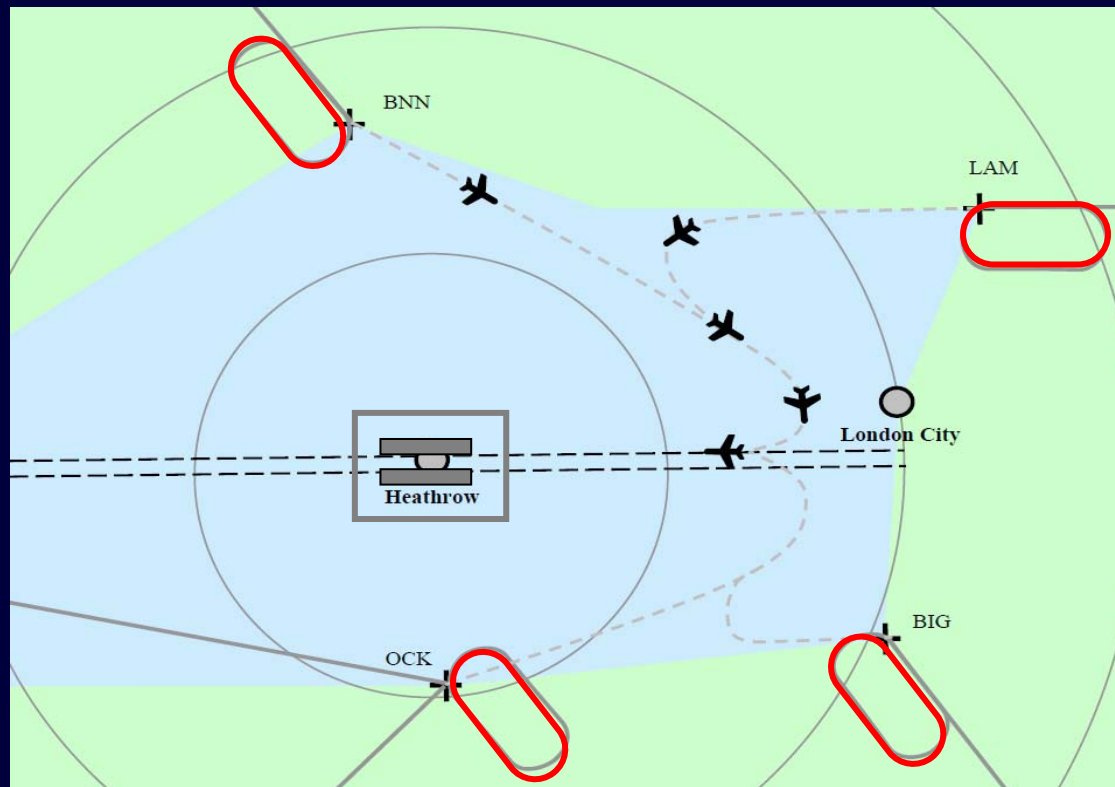


(EUROCONTROL, 2005)

図出典) 航空局 <https://www.franomo.mlit.go.jp/>

(C) Dr. Terumitsu HIRATA, Institute for Transport Policy Studies, 2007

ヒースローのホールディングパターンの設定



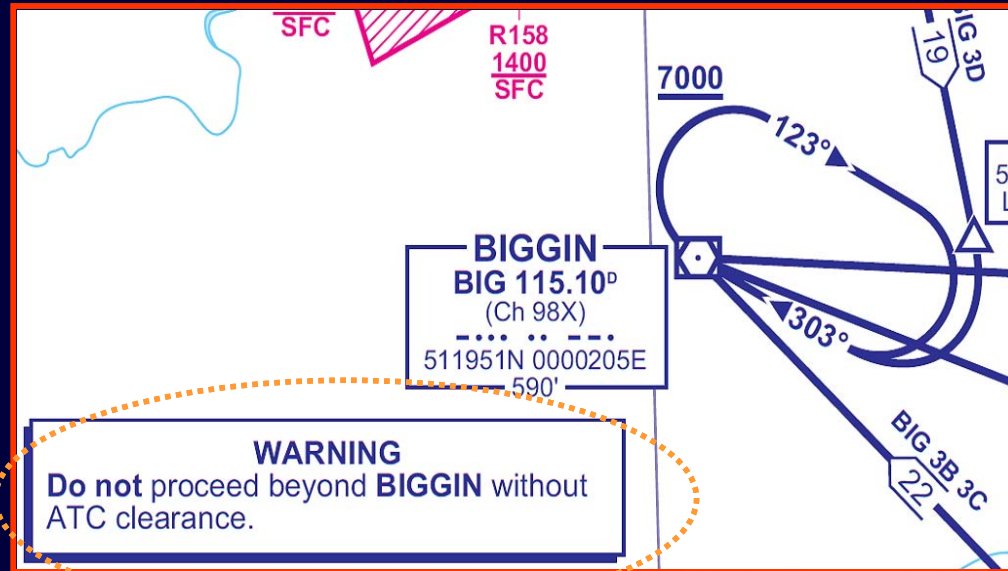
出典) Paul Johnson: Application of Wake Turbulence Separation at London Heathrow, WakeNet 2 Workshop 2005



Source: Directorate of Airspace Policy, UK CAA

出典) UK CAA

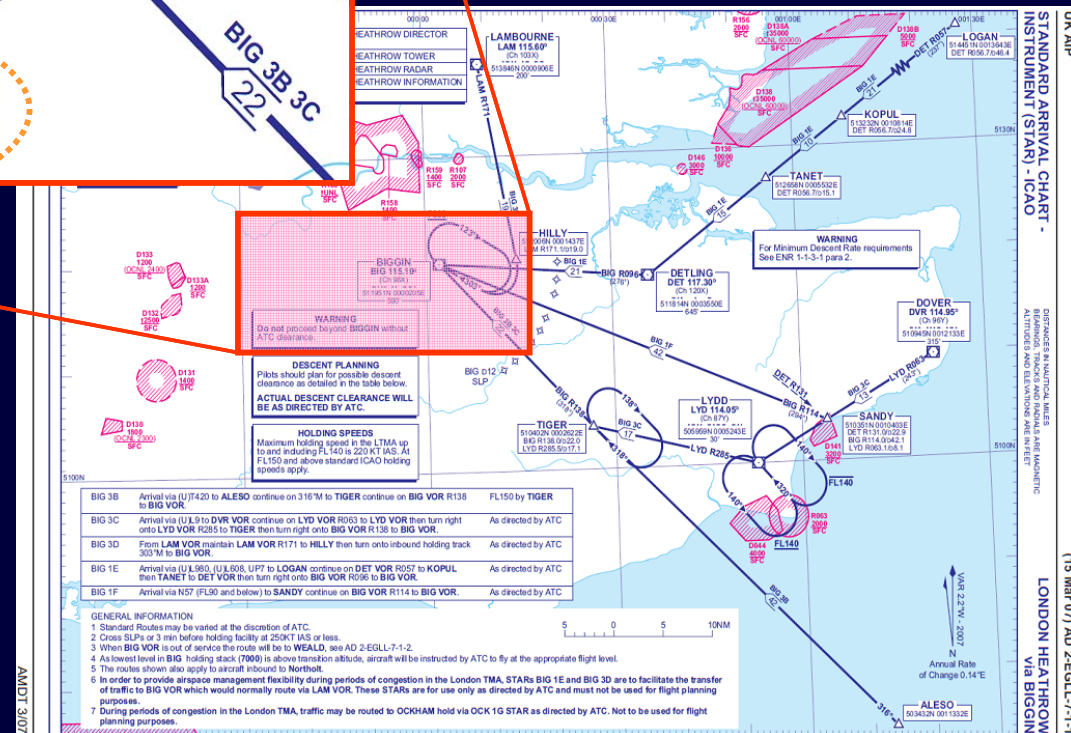
世界的にも珍しい管制方式(実際のAIP上の記載)



警告
管制承認があるまで、
BIGGINの先に進んではいけません。

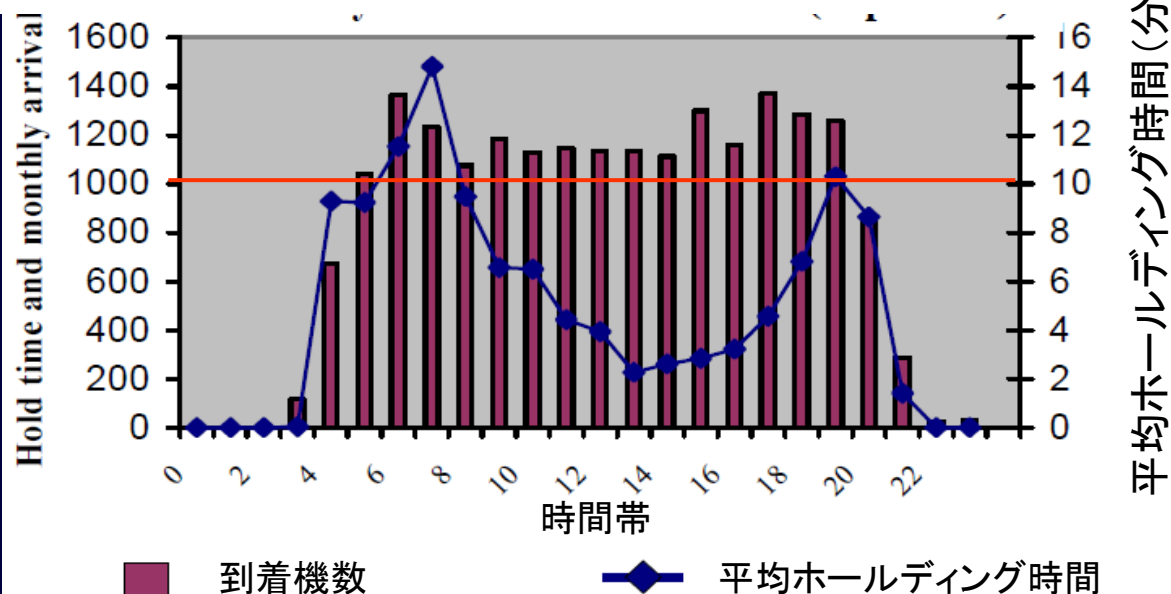
AIP: Aeronautical Information Publication
(航空路誌)

出典) UK AIP

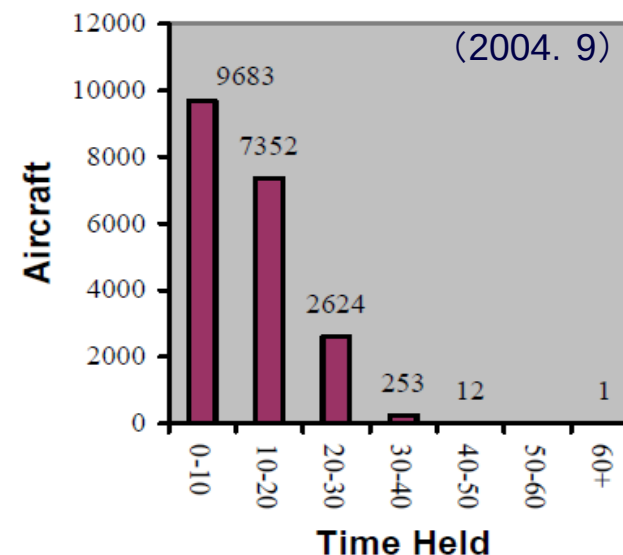


遅れ時間の許容

平均ホールディング時間と到着機数(2004.9)



Distribution Delay



出典) EUROCONTROL「Report on Punctuality Drivers at Major European Airports」2005

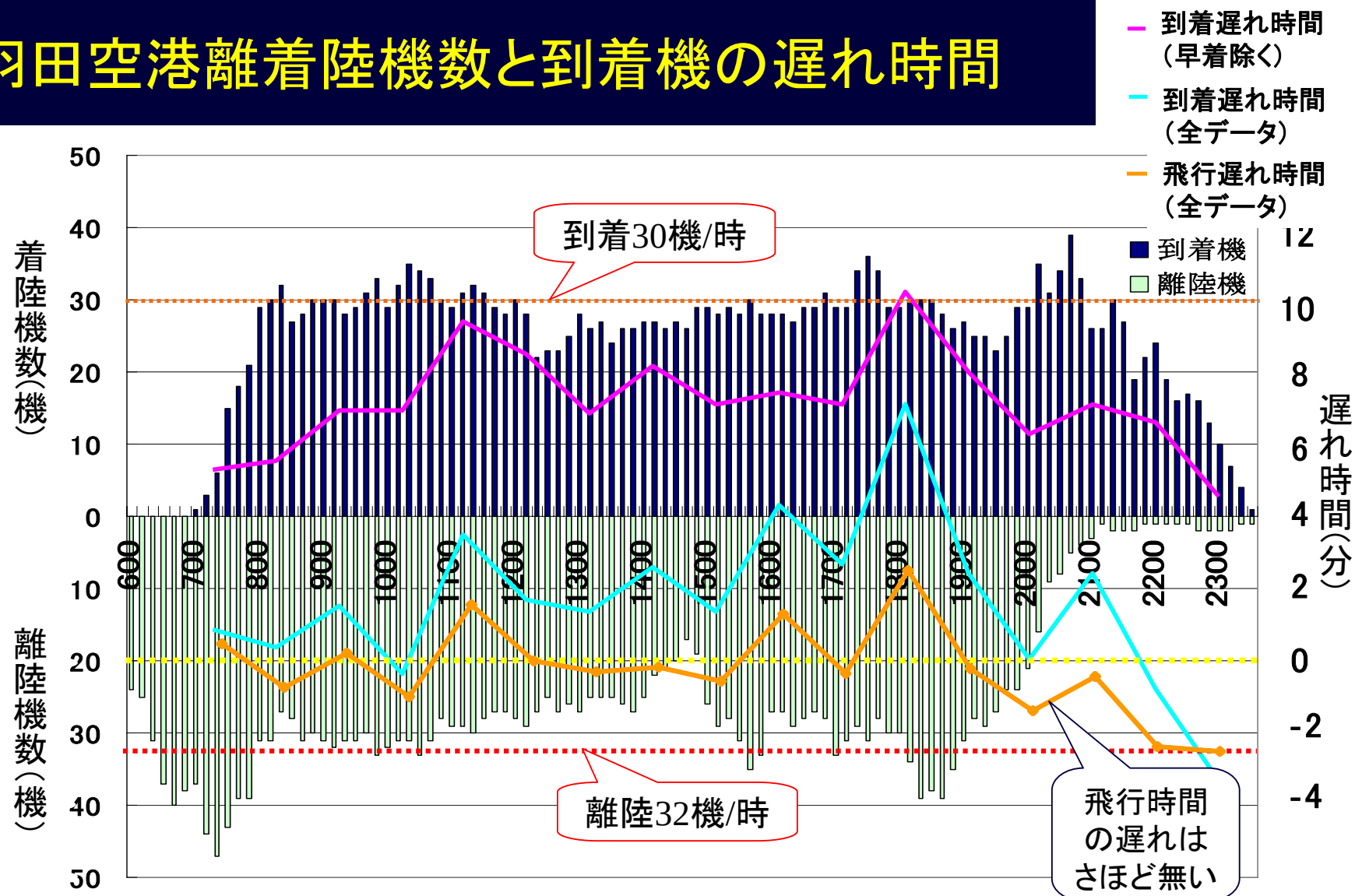
許容遅れ時間

Heathrow	Gatwick	Frankfurt
12min	10min	4min
Los	Munich	CDG (Paris)
6min	12min	6min

ヒースローの遅れ時間はHold Timeで定義しているようである

出典) Airport capacity/ demand profiles 2004

羽田空港離着陸機数と到着機の遅れ時間



◇遅れ時間分析には5/10からの一ヶ月間、ANA, JALのHPより取得した新千歳, 伊丹, 関西国際, 福岡, 那覇空港発, 羽田空港到着便から出発遅延便(出発時に15分以上遅れた便)を除いた全4198便を対象として行なった

◇離着陸機数: JTB時刻表 2006, 5より

参考: Circular と Linear ホールディングの組み合わせ (Frankfurt)

両者の組み合わせで
より効率化・柔軟化

管制承認があるまで最終
進入経路に向けて旋
回してはいけません

① NO TURN ONTO FINAL
UNLESS CLEARED BY ATC
OR DURING LOST COM.

Linear HLDG
(RNAV航法)

出典) Frankfurt AIP

羽田空港への適用可能性と副次的効果

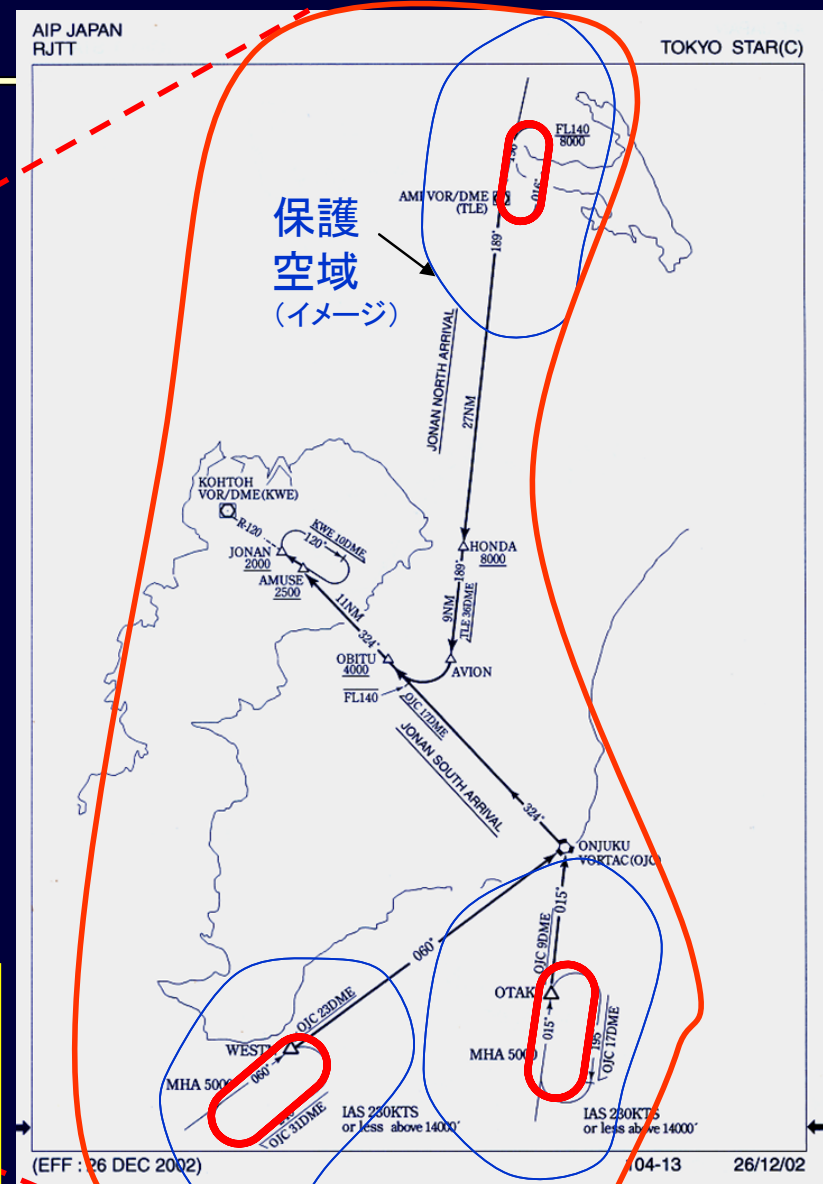
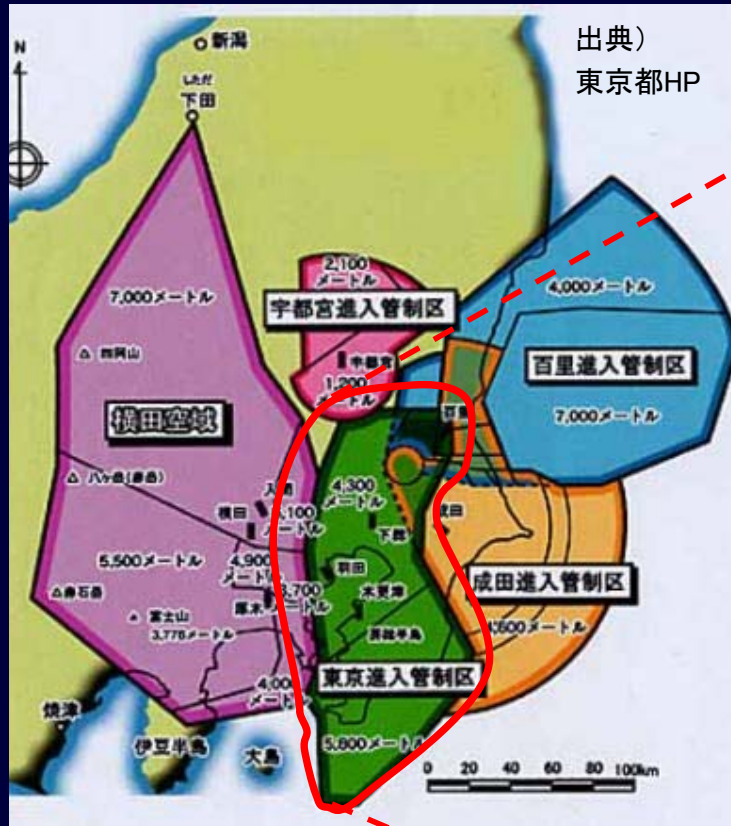
羽田においてもホールディングによる滑走路使用効率の向上が達成可能か？

期待される副次的効果

- ✓ 南風時のB・Dランへの着陸シンクロの効率化
- ✓ 管制官のワークロードの低下, 安全性の向上
- ✓ 方面別着陸滑走路分離の回避
- ✓ 機材の小型化進展後における, Bunchingによる着陸順序の戦略的入れ替えによる容量増加

条件: 複数のホールディングパターンを設置するための空域設定

羽田のホールディングパターン (現状)



(AIP JAPANより)

少ないホールディングパターンへの対応策(案)

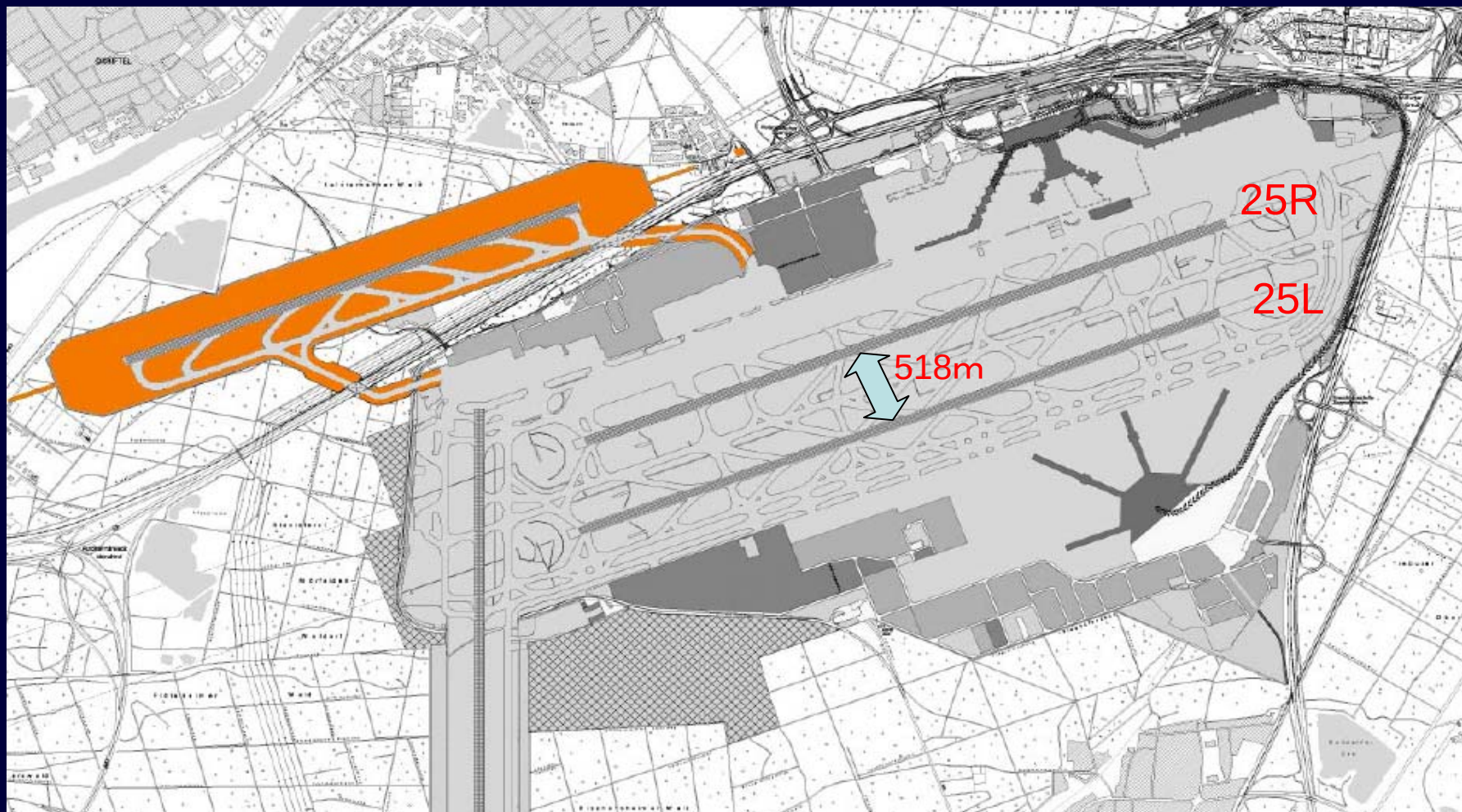


ホールディングの活用のまとめ

- ✓ ヒースローにおけるホールディングの積極活用
- ✓ 羽田空港などでもホールディングの活用により、滑走路使用効率の最大化、さらに着陸誘導の容易化が図れるのでは？（B/Dラン着陸機シンクロ、機材のBunching, など）
- ✓ 空域再編を機にホールディングの戦略的設置が可能か？
- ✓ 現状のベクター誘導方式に比べ、遅れ時間にどの程度影響があるか？ 管制官のワークロードは？（今後の課題）

(2)フランクフルト空港(独)におけるClosed-parallel滑走路の容量拡大方法 (HALS)と地方混雑空港への示唆

フランクフルト空港における新滑走路計画(2009)

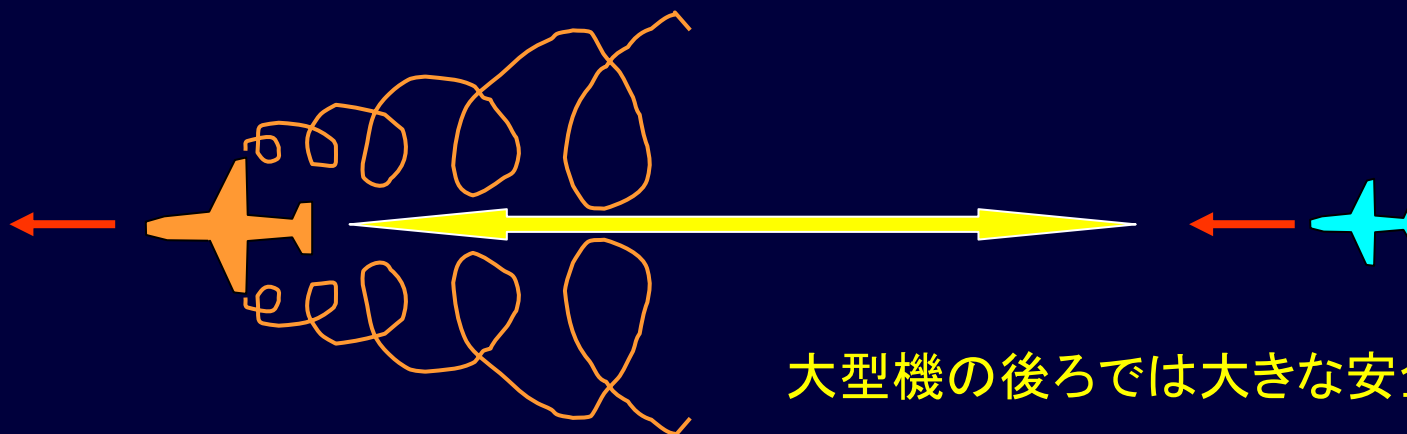


滑走路拡張計画の策定とともに、既存ストックの有効活用策として、現在のClosed-Parallel滑走路の容量増加策も検討

後方乱気流の管制間隔への影響



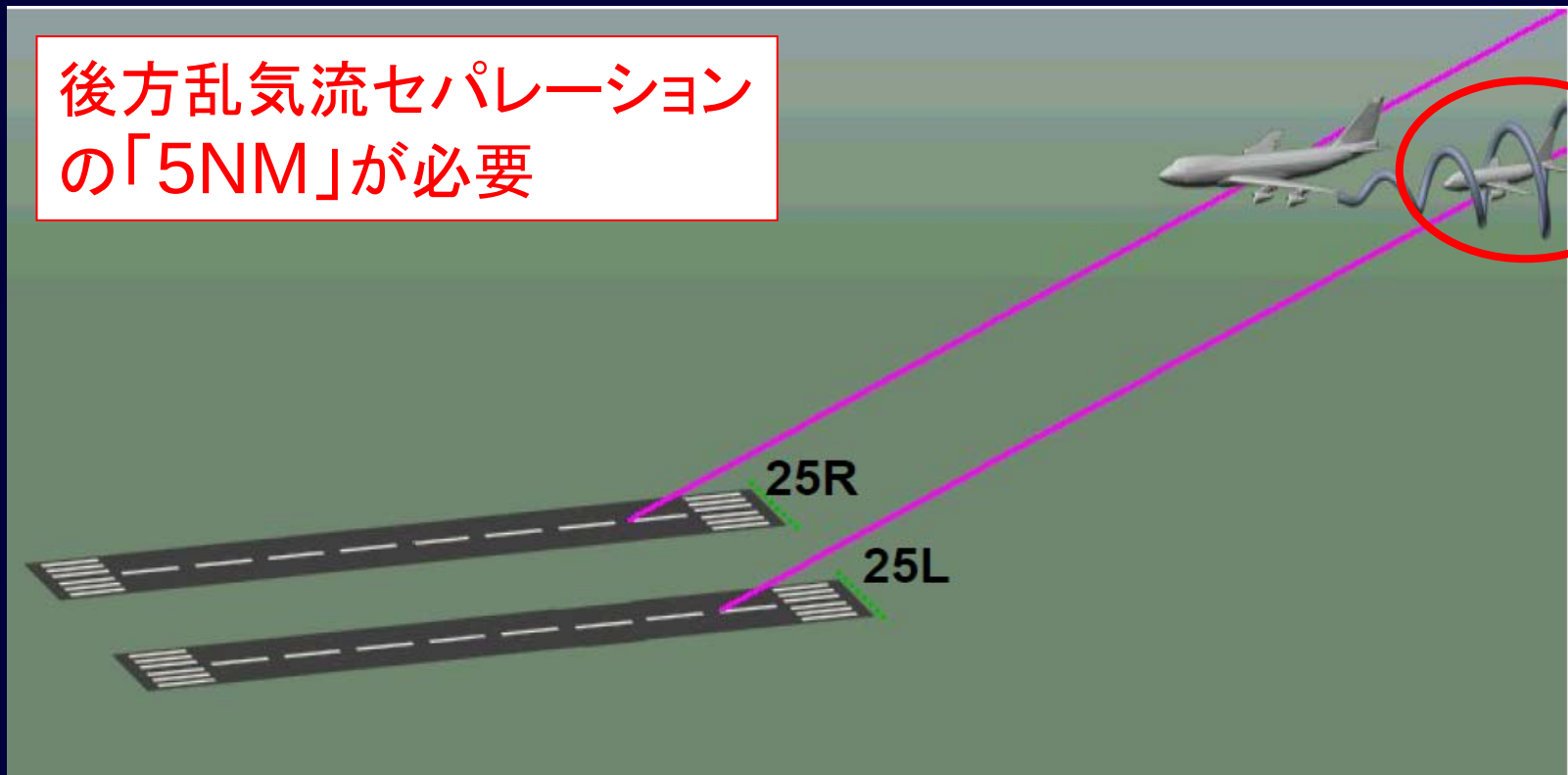
出典) NASA Langley Research Center (NASA-LaRC)



大型機の後ろでは大きな安全間隔が必要！

Closed-Parallel滑走路における後方乱気流の管制間隔への影響

後方乱気流セパレーション
の「5NM」が必要

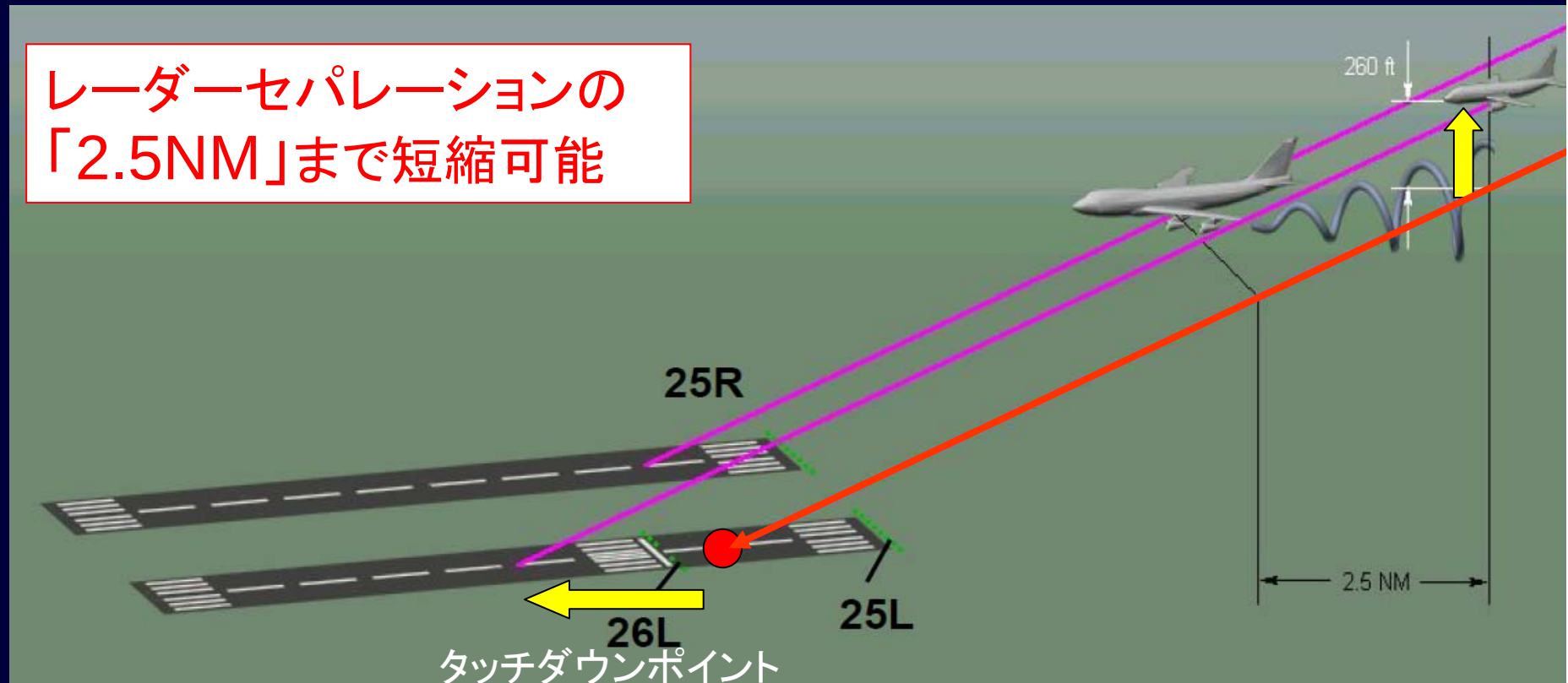


出典) Stefan Mael: Frankfurt Airport Capacity Enhancement Program
The Role of Wake Vortex Reducing Measures, 2nd WakeNet 2 - Europe Workshop, 2004

HALS (High Approach Landing System) による後方乱気流の回避と容量増加

滑走路25Lの滑走路端を内側にずらし、並行する最終進入コースに高度差を設定することで後方乱気流の回避が可能
⇒ 着陸間隔の短縮

レーダーセパレーションの
「2.5NM」まで短縮可能

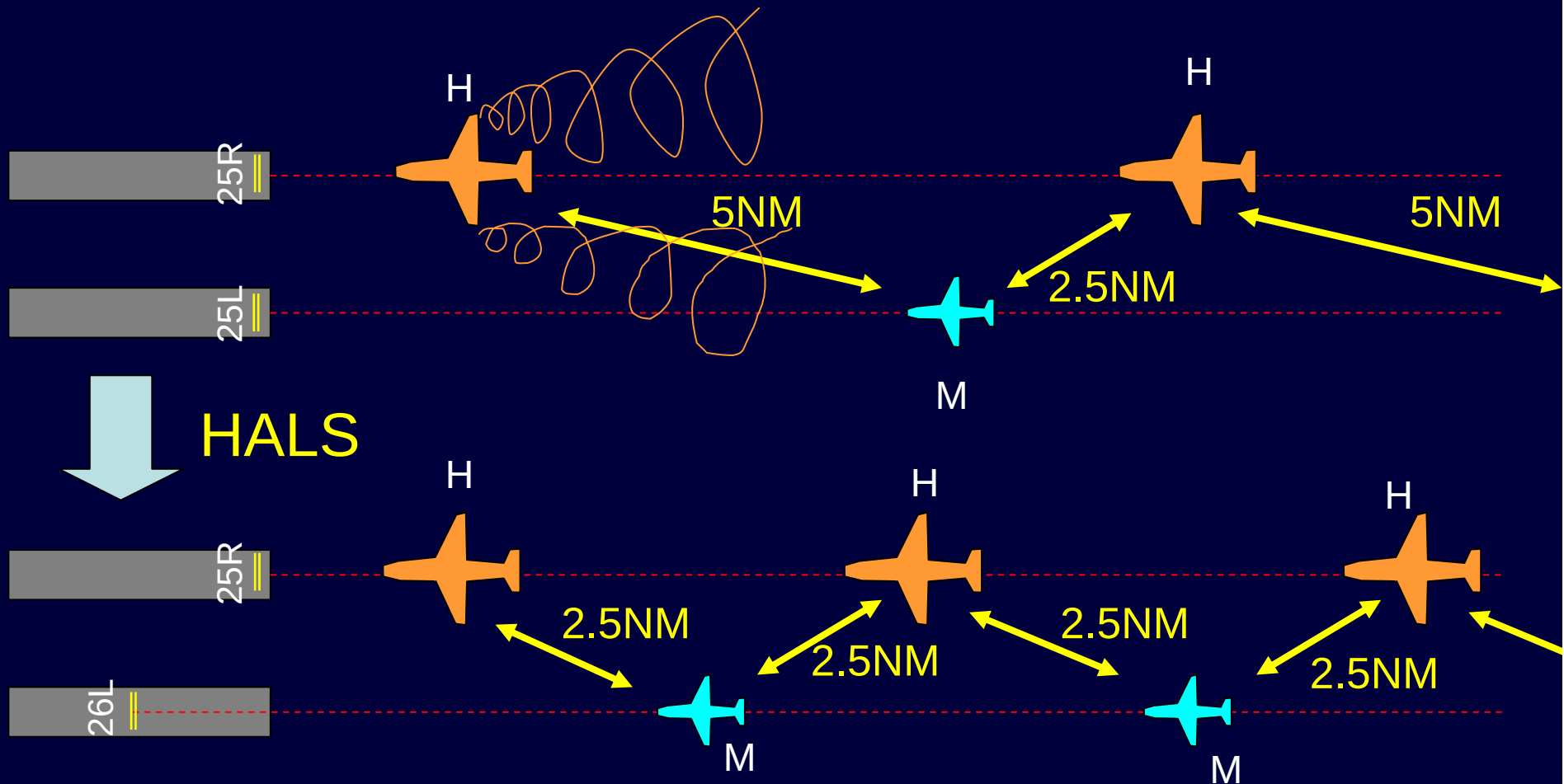


出典) Stefan Mauel: Frankfurt Airport Capacity Enhancement Program

The Role of Wake Vortex Reducing Measures, 2nd WakeNet 2 - Europe Workshop, 2004

(C) Dr. Terumitsu HIRATA, Institute for Transport Policy Studies, 2007

HALS (High Approach Landing System) による後方乱気流の回避と容量増加

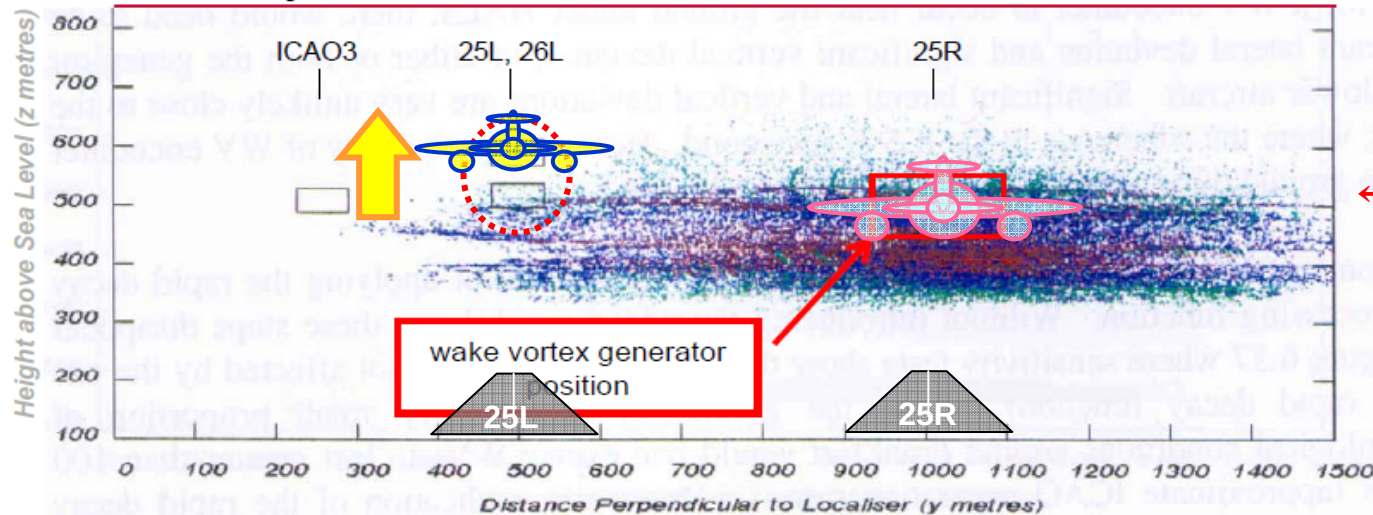


容量拡大効果の試算: **2~3割増**

H:M=3:7で, 41⇒50回/時, H:M=7:3で, 35⇒41回/時

後方乱気流の計測例とHALSによる回避

HALS Safety Assessment - Medium behind HEAVY

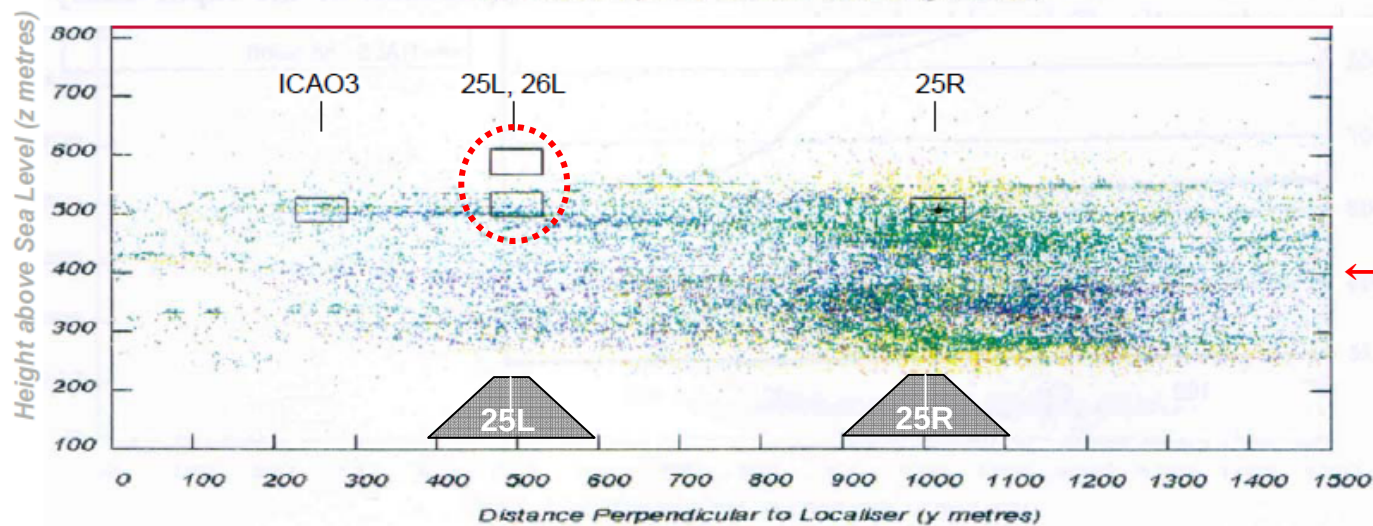
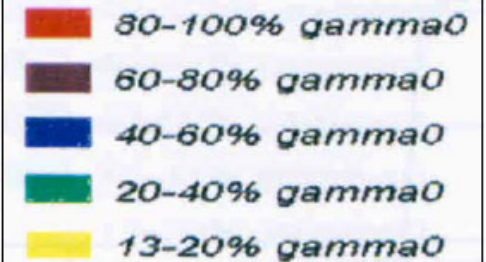


Outer Marker

2,5 NM separation

←大型機の後方2.5NM

vortex intensity



5 NM separation

←大型機の後方5NM

出典) Stefan Mauer: Frankfurt Airport Capacity Enhancement Program
The Role of Wake Vortex Reducing Measures, 2nd WakeNet 2 - Europe Workshop, 2004

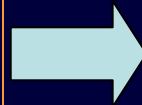
(C) Dr. Terumitsu HIRATA, Institute for Transport Policy Studies, 2007

トライアルと本格実施に向けて

- ✓ 1999～2004年：トライアル実施
(4000回以上の着陸を実施, 成功)
- ✓ 独政府の許可が下り次第, レギュラー運用へ移行
(現在はまだ運用していない. 管制官のワークロードの問題か?).
- ✓ DTOP (Double Threshold Operation)についても, シミュレータ実験により実施可能性を調査中.

我が国における滑走路拡張

狭隘な国土
市街地上空への騒音



- 平行滑走路を整備する際、滑走路間の距離を十分に取れないことが多い。
- 距離を取るとコスト高。

Closed-Parallel滑走路における管制運用の工夫による容量増加も検討する価値もあるのでは。

管制運用方法も十分に考慮して、滑走路の配置計画を検討すべき

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

2. 羽田空港の再拡張後の管制運用計画と管制に関わる最近の話題

3. 海外空港における容量拡大を目的とした管制運用の先進的取り組みの紹介と羽田空港への適用可能性

4. 本日の報告内容のまとめと、今後の展開

本日の報告内容のまとめ

- ✓ 羽田再拡張後の管制運用計画と容量拡大に向けた検討課題の整理
- ✓ 関東空域再編, 航空市場変化
- ✓ 海外空港(ヒースロー, フランクフルト)における管制効率化と容量拡大方法
 - ・・・ホールディングの積極活用, HALS, etc
- ✓ 我が国の混雑空港への適用性と効果

今後の展望

- ✓ 空港, 空域容量の設定方法と遅れ時間等への影響
- ✓ 次世代管制システム (RNAV, ATM, etc) との関連
- ✓ ターミナルレーダー管制シミュレータの開発と管制実験
- ✓ 管制指示方法やワークロードなどに関する基礎研究

etc

ご清聴，有難う御座いました.

「航空管制からみた混雑空港の発着容量拡大方法に関する検討」

研究員 平田 輝満

[hirata @ jterc. or. jp](mailto:hirata@jterc.or.jp)