

運輸政策研究所 第29回研究報告会 2011年7月28日

混雑空港を対象とした航空交通流管理に関する研究

A Study on Air Traffic Flow Management (ATFM) for a Congested Airport

研究員 平田 輝満

Terumitsu HIRATA

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の滑走路運用とATFMに関する考察
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
5. まとめ

研究の背景(1)

- 航空交通量の増加(アジア方面等の国際需要, 小型多頻度化)
- 首都圏を中心とした空港容量拡大の必要性
- 我が国における航空管制の運用の工夫による容量拡大方策に関する研究の不足

空港容量拡大方策 ～これまでの研究

【1. 海外先進事例の調査】

欧米混雑空港における先進的管制運用方法・空域再編に関する調査, 容量の考え方の調査

【2. 分析ツールの開発】

滑走路容量算定方法に関する研究(単一, 複数滑走路)

【3. 具体的施策の検討と効果・影響の推計】

- 管制運用からみた容量拡大方法と空域設計の考え方に関する考察・提案
- 再拡張後の羽田空港を対象とした容量拡大方策の検討
- 新規滑走路整備による羽田空港の容量拡大方策と騒音影響の評価
- 後方乱気流回避技術による容量拡大に関する研究

研究の背景(2)

- 航空交通量の増加による空域の混雑(上空通過も含め)
- 空港周辺空域の混雑による滑走路運用への制約(羽田再拡張後の**方面別滑走路**など)
 - ⇒ 滑走路の潜在能力を最大限利用できない
- 地球環境対策と燃料費高騰を背景とした運航効率の向上の必要性(飛行経路の短縮, 空中待機の削減, 継続降下到着方式)
- 需要(航空交通量)と容量(空港・空域)の将来予測にもとづく**航空交通流管理**(Air Traffic Flow Management: ATFM)の実施による空域混雑と管制負荷の軽減 (ex. 離陸時刻を遅らせる**出発制御**など)
 - ⇒ 過度な制御は容量の使用効率を低下させ, 遅延が増加
- 技術革新に伴う航空交通システムの大変革期の到来
 - 変革プログラム⇒ 米国: Nextgen, 欧州: SESAR, 日本: CARATS

日本： 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

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。

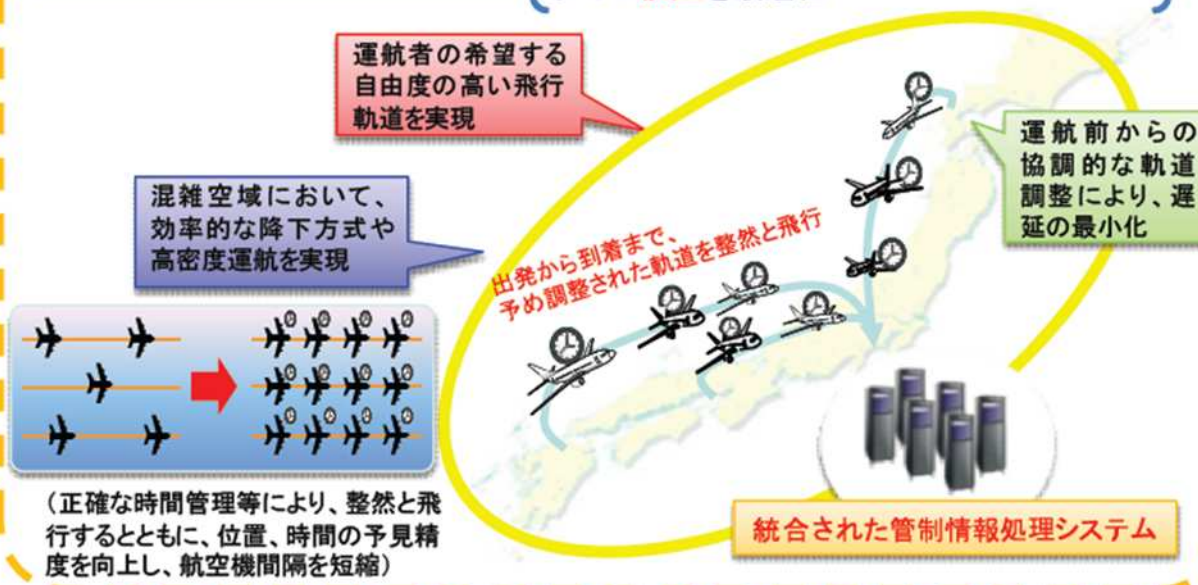
空域ベースのATM運用

分割された空域、予め定められた経路を基本とした運用



軌道ベースのATM運用

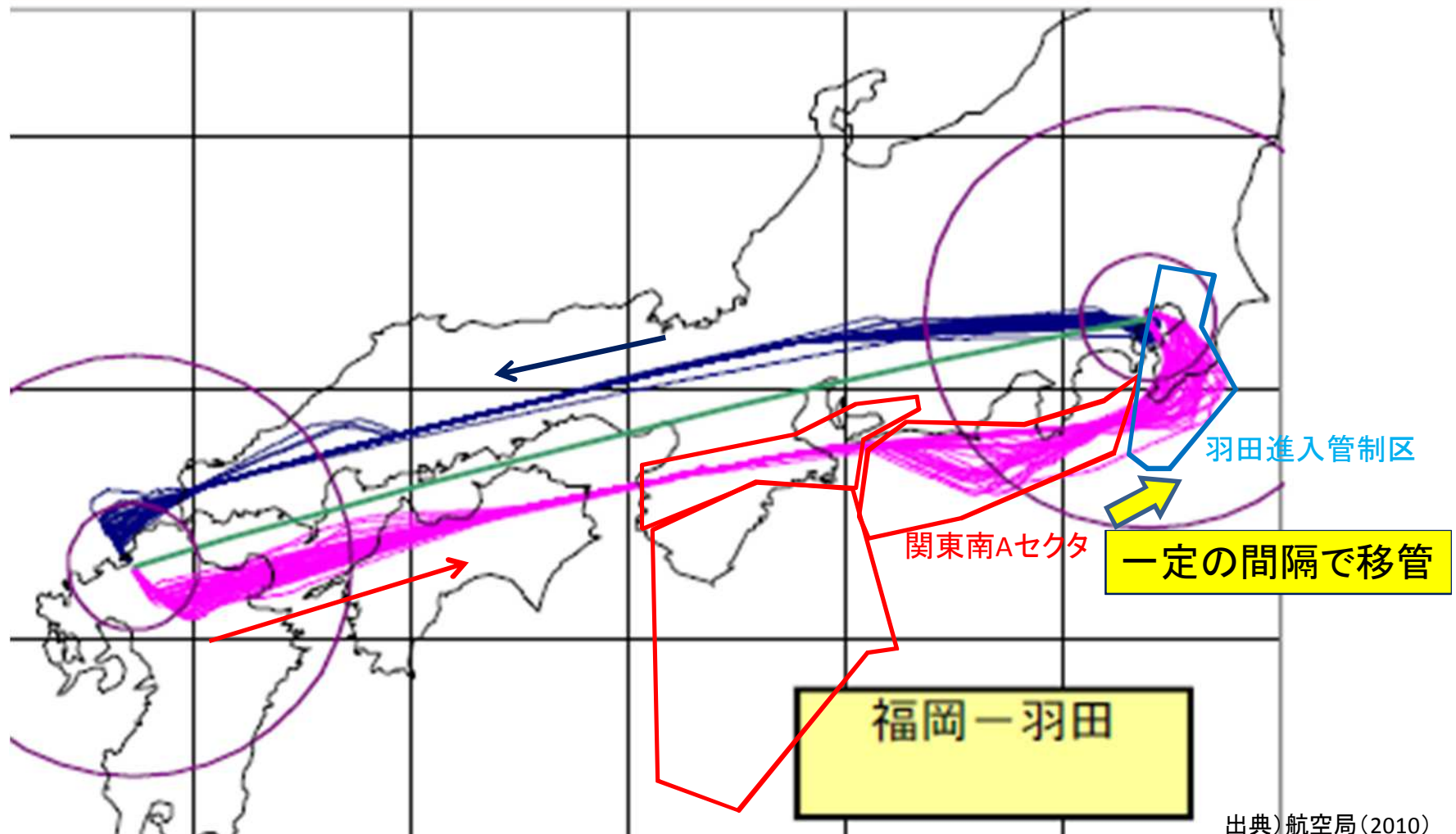
全体を1つの空域として捉え、出発から到着までの軌道を最適化



どう移行するかの過程
は不透明で重要な検討
課題

出典) 航空局CARATS(2010)

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)

本研究の目的(本日の報告内容)

(1. これまでの研究の延長)

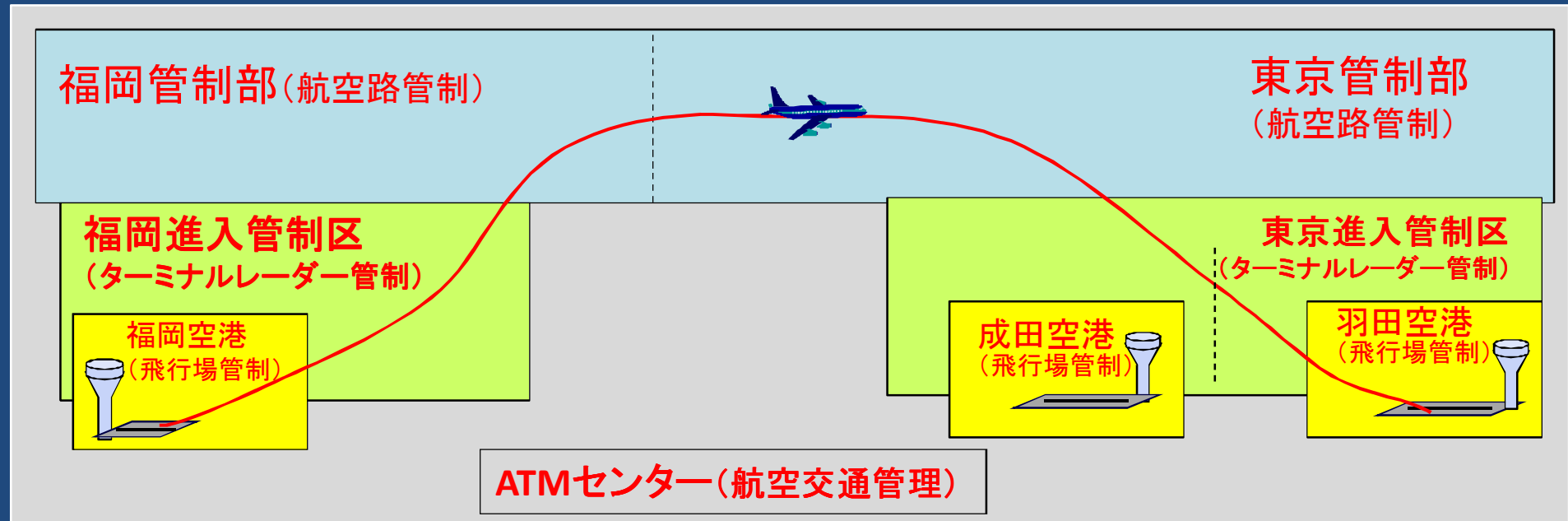
- 羽田空港再拡張後の空域上の制約(方面別滑走路)が滑走路処理容量と遅延に与える影響の分析
- 方面別滑走路の解消方法に関する比較的ローカルなATFMの視点から検討(海外事例の紹介)

(2. 将来システムで重要となる高度な時間管理:ATFMの高度化)

- 将来の航空交通システムの中核機能となる高度な時間管理による軌道ベース運航のあり方(特にその移行期間)を検討するため、その初期的な運用である現状のATFM(特に出発制御)の実態と有効性の分析を行うこと。(対象は羽田の再拡張前の交通流)

(航空管制業務の内容)

航空交通管制業務の概要



- ①飛行場管制: 離着陸の順序, 時機, 方法を指示
 - ②進入・ターミナルレーダー管制: 巡航高度までの管制指示, 進入順序付け, 間隔設定
 - ③航空路管制: 巡航中の間隔設定 など
- ①～③ ⇒ レーダーや目視により航空機の現在位置を確認し, 航空機に直接管制指示
- ④航空交通管理: 日本全国交通状況や空域の運用を一元的に把握・管理 (交通流管理, 空域管理, 洋上管制 など)
- ④ ⇒ 飛行計画や気象予報から将来の交通量や空港・空域容量を予測し, 需給バランスを保つための交通流制御等を各管制機関に指示

福岡にあるATMセンター

ATFMや空域管理, 洋上管制を実施
(2006年から本格運用)

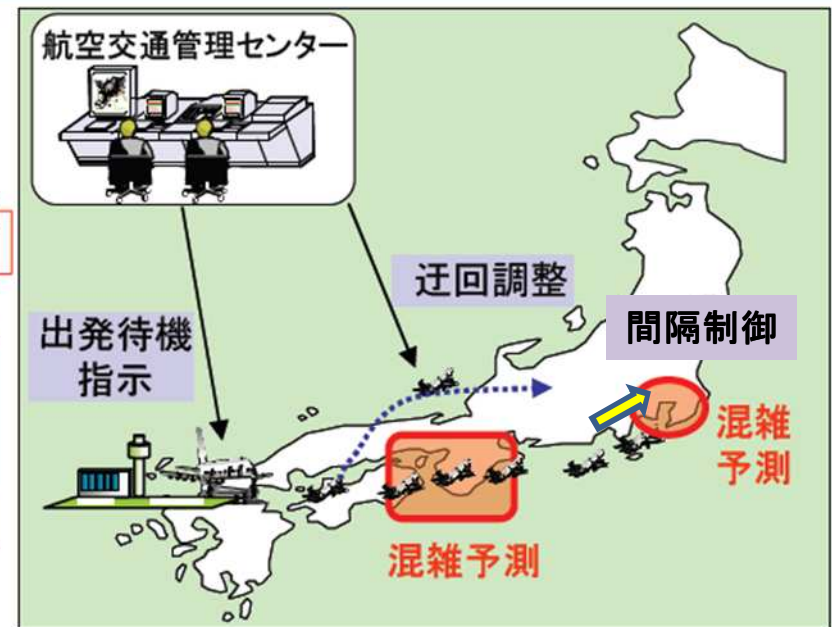
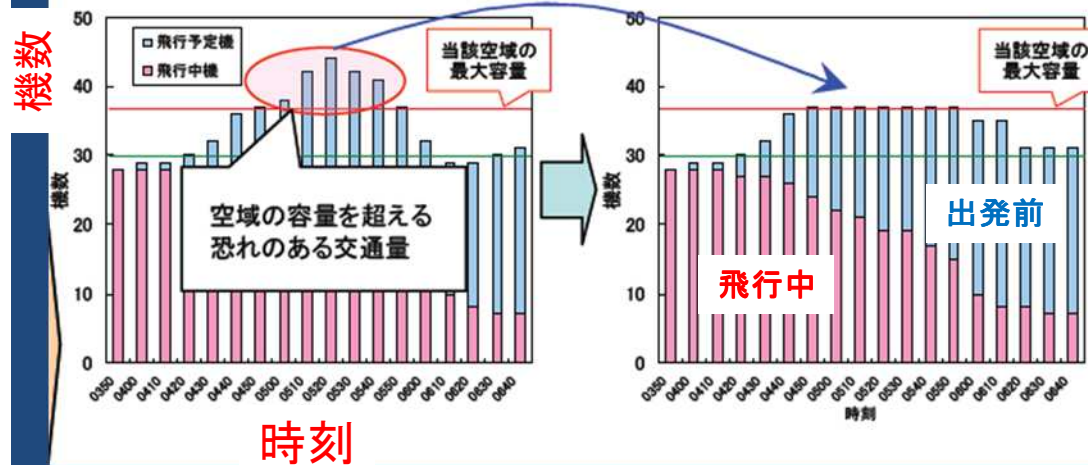


航空交通流管理(ATFM: Air Traffic Flow Management)

航空交通流管理(交通流制御)とは？

- ⇒ ある空港や空域で過度の混雑の発生が予想される場合に、航空機の**出発時刻制御**、**空域流入間隔制御**、**経路変更**などにより、空港や空域において交通量を適正な範囲内に調整
- ⇒ 安全性の確保、消費燃料の節約(CO2)、容量の最大利用

空域の混雑が予測される場合、交通流制御を実施し、最大かつ適正な交通流を維持。



出典) 航空局・将来の航空交通システムに関する研究会 資料(2009)

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の方面別滑走路制約による滑走路容量と遅延への影響分析
 - (1) 分析の視点
 - (2) 再拡張後の管制運用変化
 - (3) 再拡張後の需要拡大に伴う遅延増加(シミュレーション)
 - (4) 方面別滑走路の解消方策とATFM
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
4. まとめ

分析の視点

- ・羽田再拡張後は4本滑走路の同時運用で、離着陸の飛行経路も離陸2本、着陸2本に増加
- ・飛行方面別に使用滑走路を限定する**方面別滑走路を導入**
- ・**空港容量の分割と需要の方面別の偏りによる滑走路使用効率**
が低下する恐れがある⇒遅延の拡大

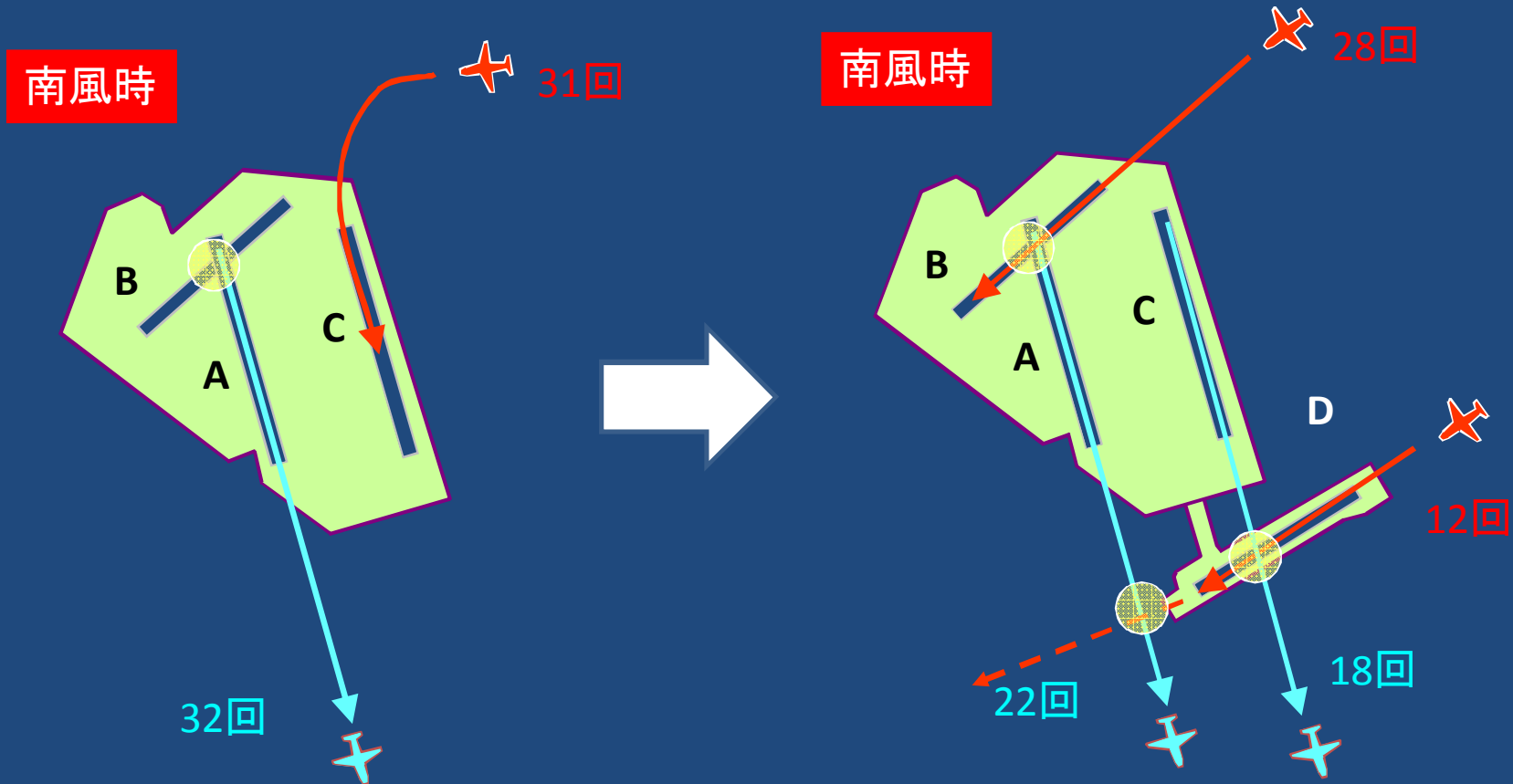


- ・実際の方面別需要の偏り、方面別滑走路を想定した遅延予測、方面別滑走路の解消による遅延軽減効果について分析
- ・方面別滑走路の解消方法の検討を行う。

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の方面別滑走路制約による滑走路容量と遅延への影響分析
 - (1) 分析の視点
 - (2) 再拡張後の管制運用変化
 - (3) 再拡張後の需要拡大に伴う遅延増加(シミュレーション)
 - (4) 方面別滑走路の解消方策とATFM
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
4. まとめ

再拡張前の滑走路運用と発着回数

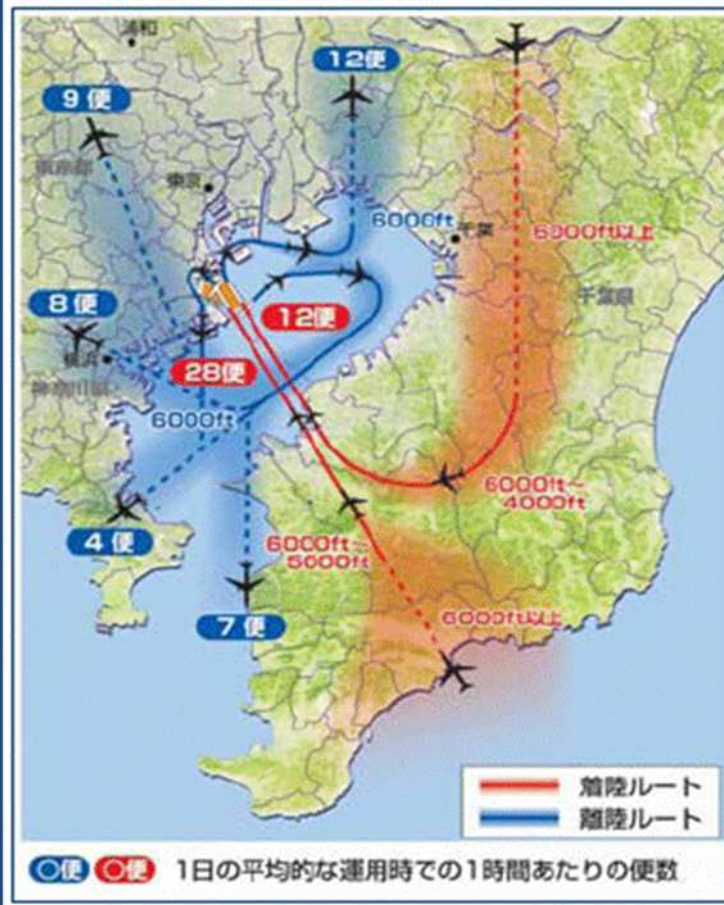


➤ 離陸と着陸が基本的に分離され、
独立運用 ⇒ 運用自体はシンプル
で容量予測も比較的容易

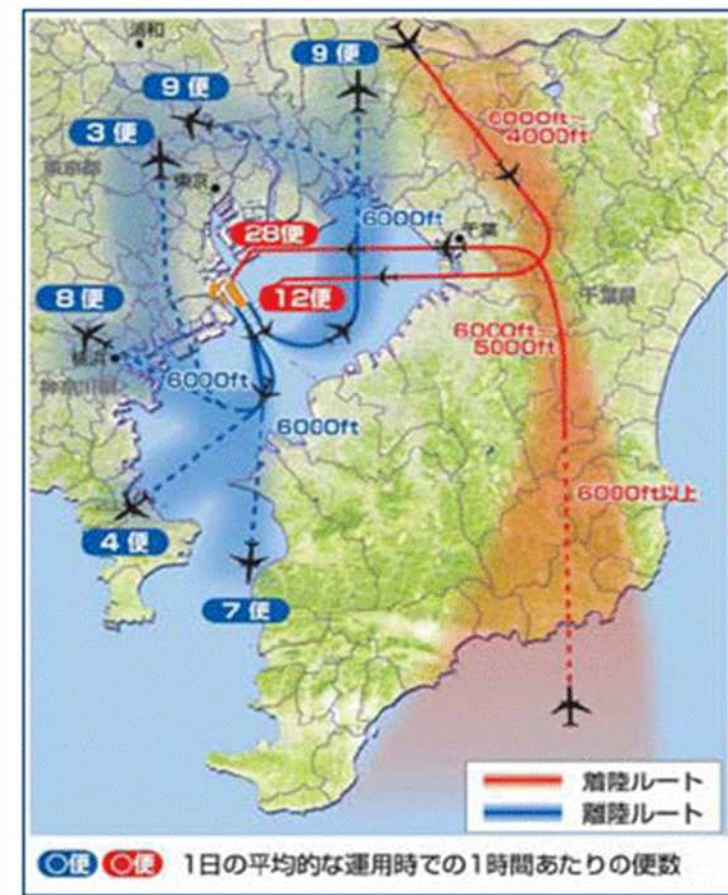
➤ 離陸と着陸機が交錯 → 離着陸
回数のバランスで容量が大きく変化
➤ 滑走路ごとに容量が決まっている

方面別滑走路

▼ 北風好天時以外



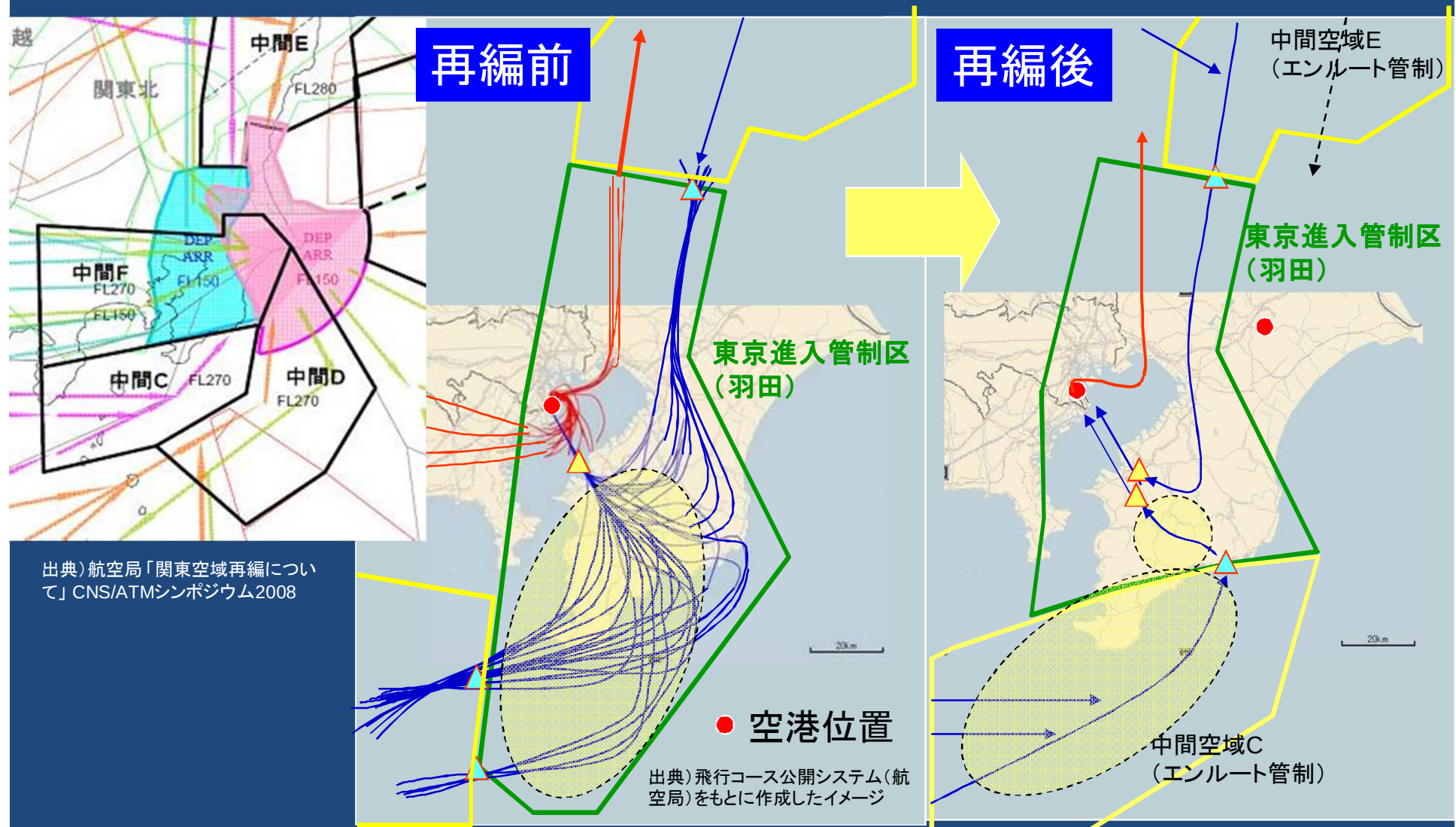
▼ 南風好天時



出典) 国交省

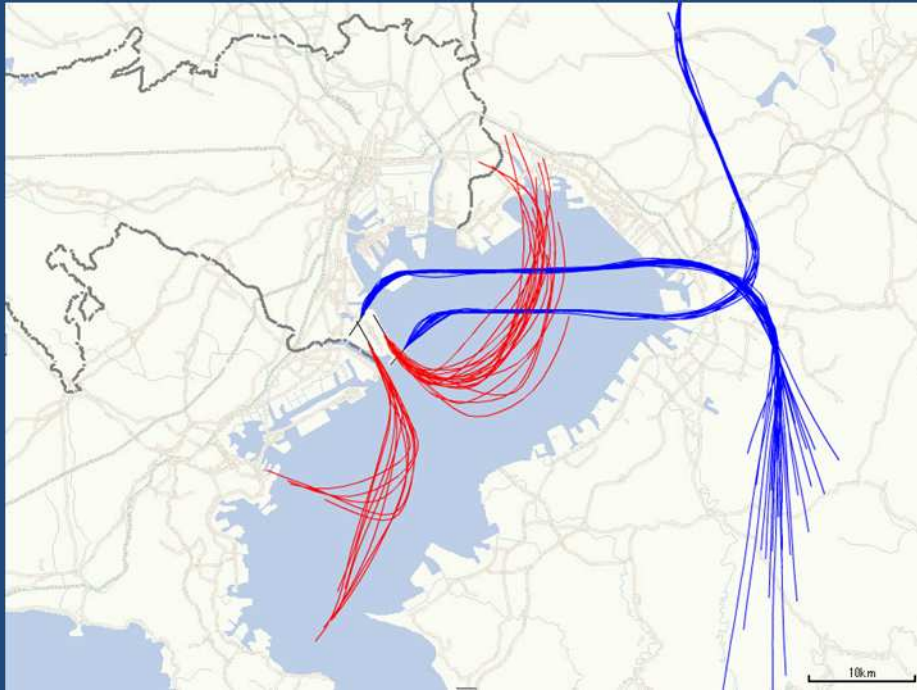
空域における離着陸機の輻輳を避けるために、飛行方面別に使用する滑走路を限定(西, 北行き)

「関東空域再編」と中間空域の創設

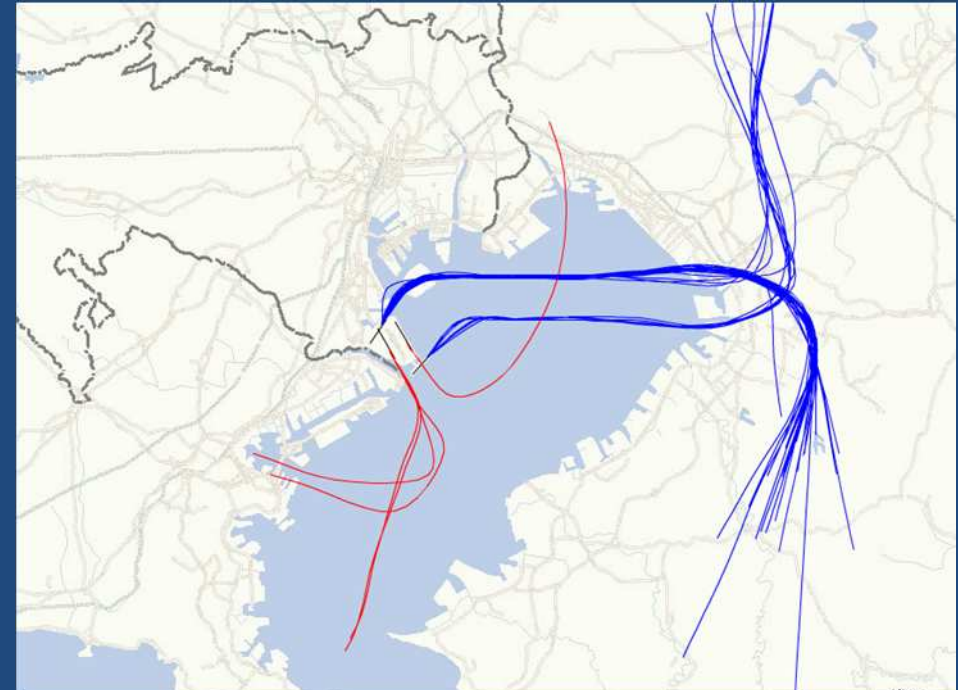


間隔設定を行う中間空域の役割が重要

実際の飛行軌跡



方面別に離陸，着陸の滑走路が限定

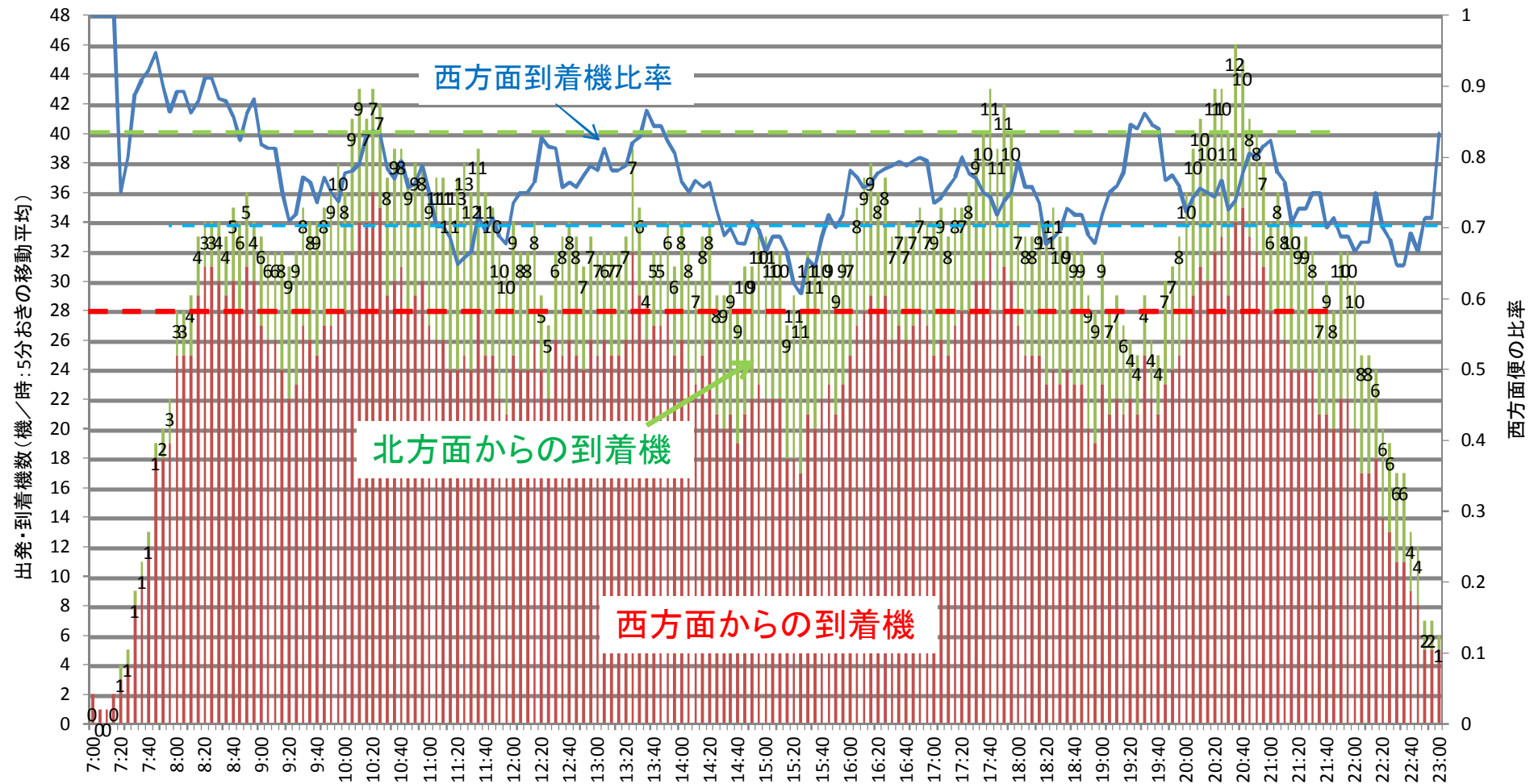


実際の運用では現場の判断で時々異なる滑走路へ誘導（離陸がすいている時間帯）

国際線の増加と西方面便への偏り

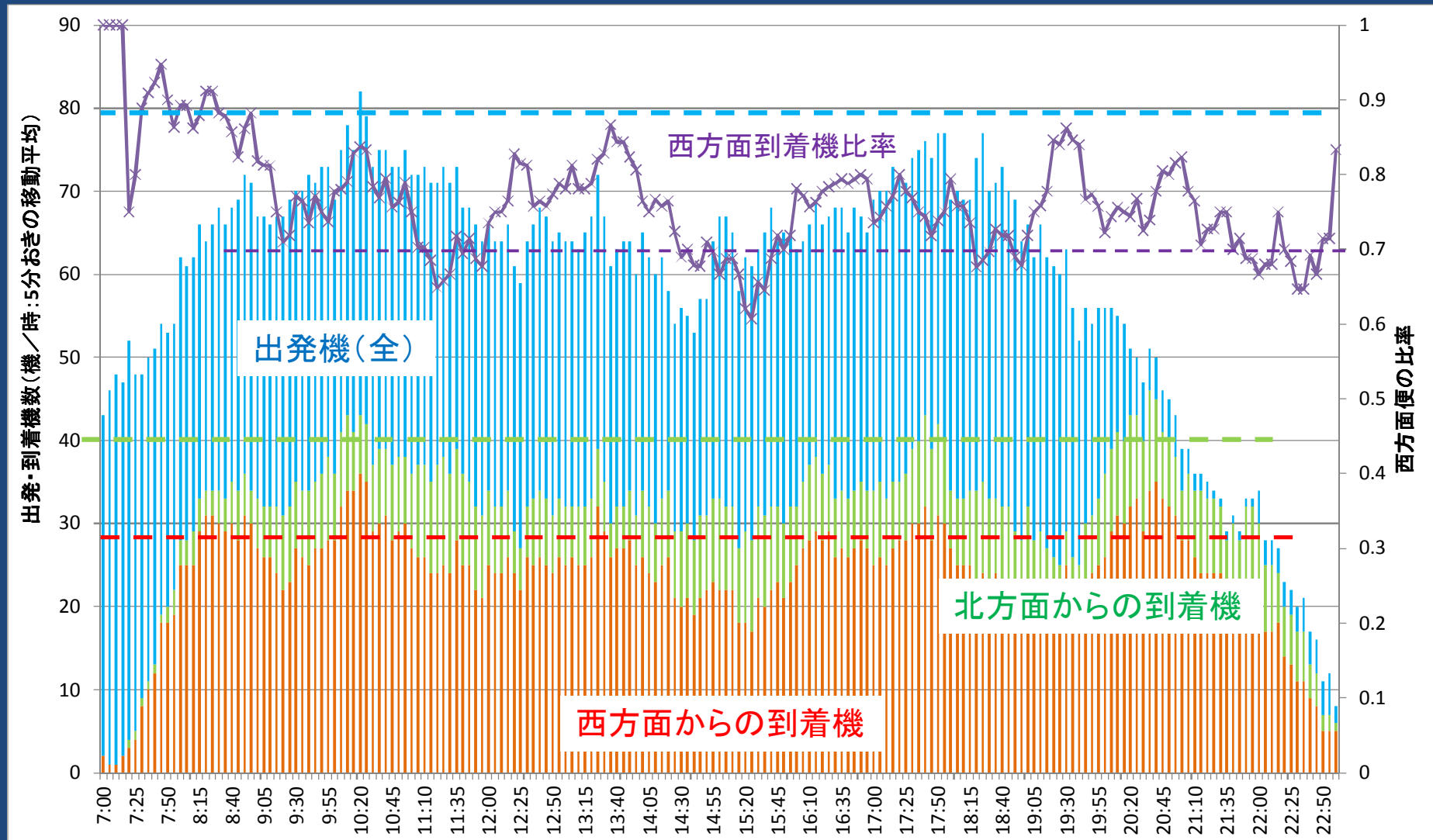
- 羽田再拡張後の滑走路運用は、飛行方面別に固定された便数比率を想定(現状:北3:西7)
- 現在、既に西方面への偏りがあり、今後の国際化(特にアジア方面)を考えると、より西方面に偏るのではないか.
- 管制運用の工夫による将来的なさらなる容量拡大方策を考えた時に、この方面別需要の制約が大きな障壁となる(先行研究参照).

羽田再拡張後のダイヤ(2011年7月)



- 50%容量拡大の現状で、既に西行き容量をオーバーする時間帯あり
- 方面別比率も西に偏り、時間帯に応じて偏りも変化

羽田再拡張後のダイヤ(2011年7月)



- 現在, 1時間値を出発・到着それぞれ35回に制限. ダイヤの偏りにより時間帯によっては容量超過
- 50%容量拡大の現状で, 既に西行き容量をオーバーする時間帯あり
- 方面別比率も西に偏り, 時間帯に応じて偏りも変化

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の方面別滑走路制約による滑走路容量と遅延への影響分析
 - (1) 分析の視点
 - (2) 再拡張後の管制運用変化
 - (3) 再拡張後の需要拡大に伴う遅延増加(シミュレーション)
 - (4) 方面別滑走路の解消方策とATFM
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
4. まとめ

再拡張後の需要拡大に伴う遅延増加(シミュレーション)

シミュレーション方法

滑走路容量

再拡張後の滑走路容量算
定モデルの開発(複数滑走路
の運用従属性, 機材構成等を考慮)

- ・方面別滑走路
- ・非方面別滑走路

需要(ダイヤ)

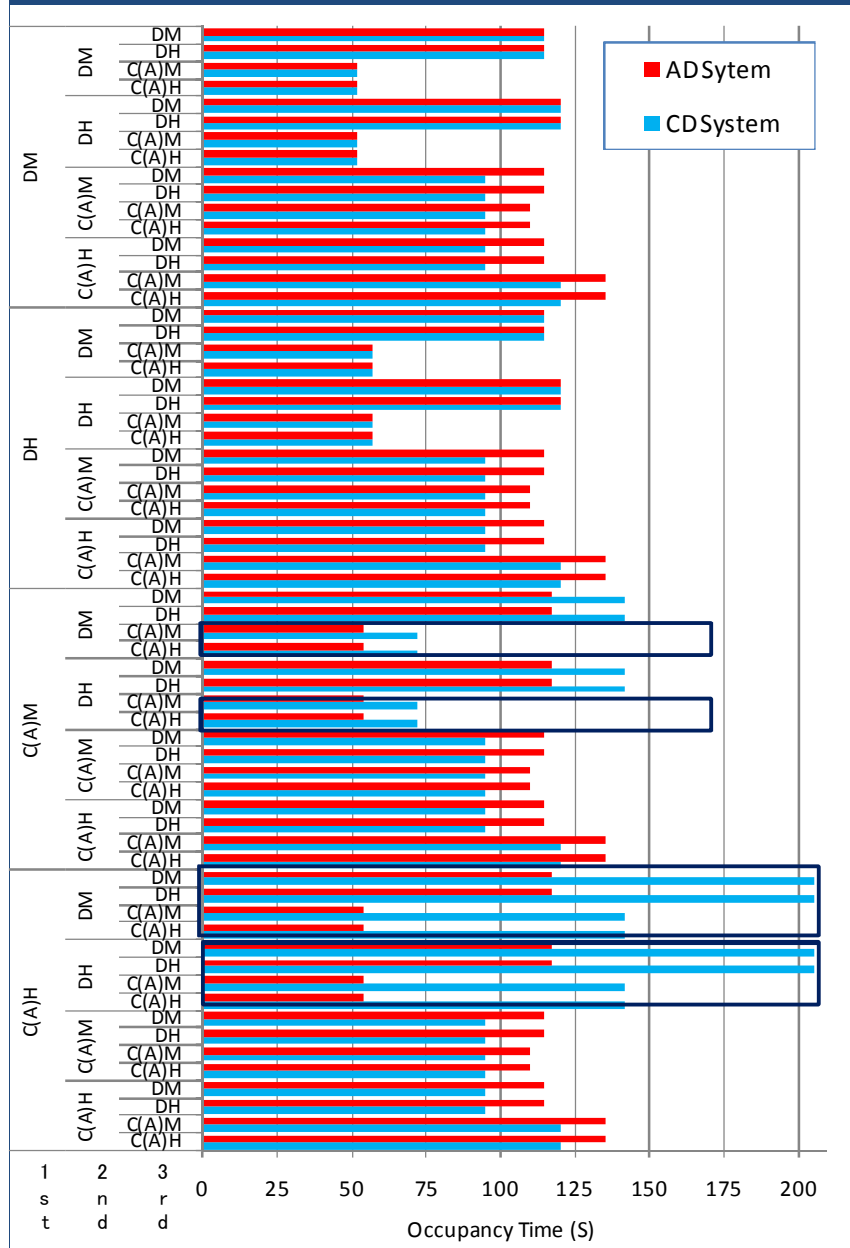
現在の羽田の発着ダイヤ
(35万回/年)

- ・35万回相当の需要
- ・40万回相当の需要

遅延シミュレーション

- ・1日の遅延時間(空中待機時間)の推移を推計(南風時)
- ・方面別滑走路の遅延への影響を分析

再拡張後の滑走路容量算定モデルの開発



← 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)

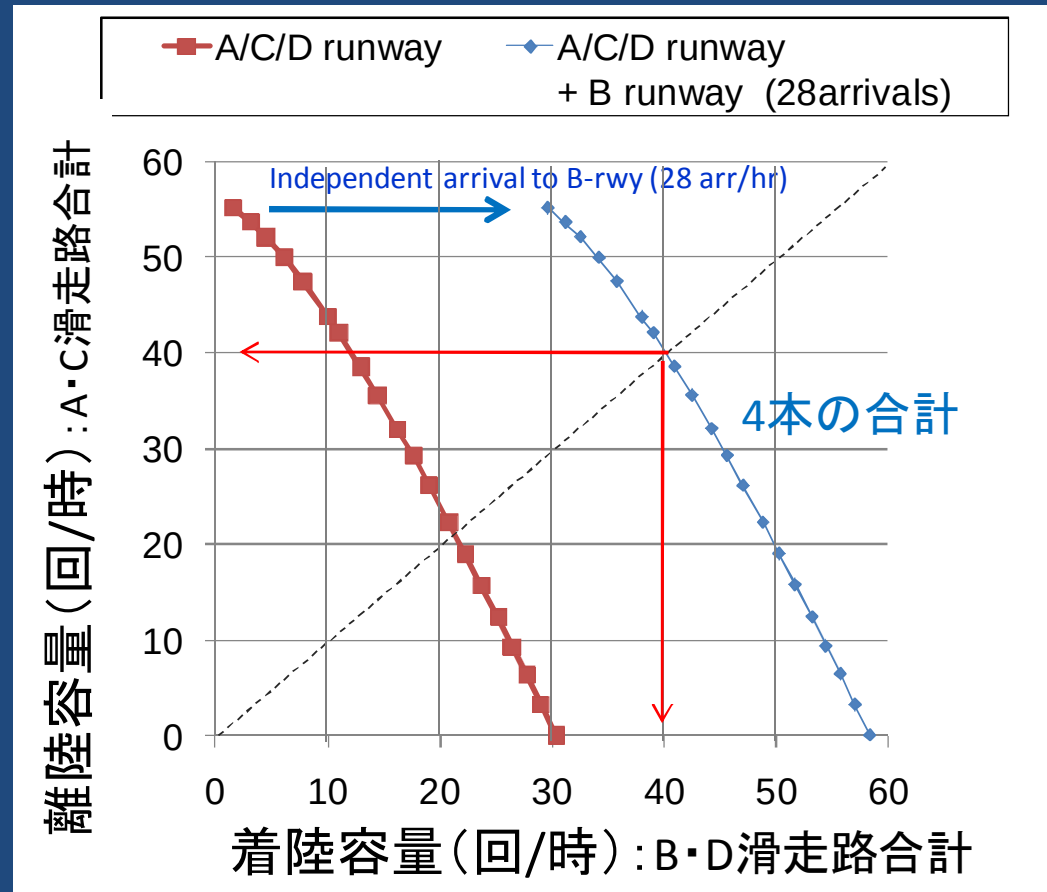
$$CAP_{CD+AD}(dep) = 3600 / \left[\frac{\sum_{n=0}^{\infty} \max[T_{CD}(n), T_{AD}(n)] \cdot P_a \cdot P_d^n}{\sum_{n=0}^{\infty} 2n \cdot P_a \cdot P_d^n} \right]$$

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

➡ 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

容量推計結果(ランダム順序・FCFS)

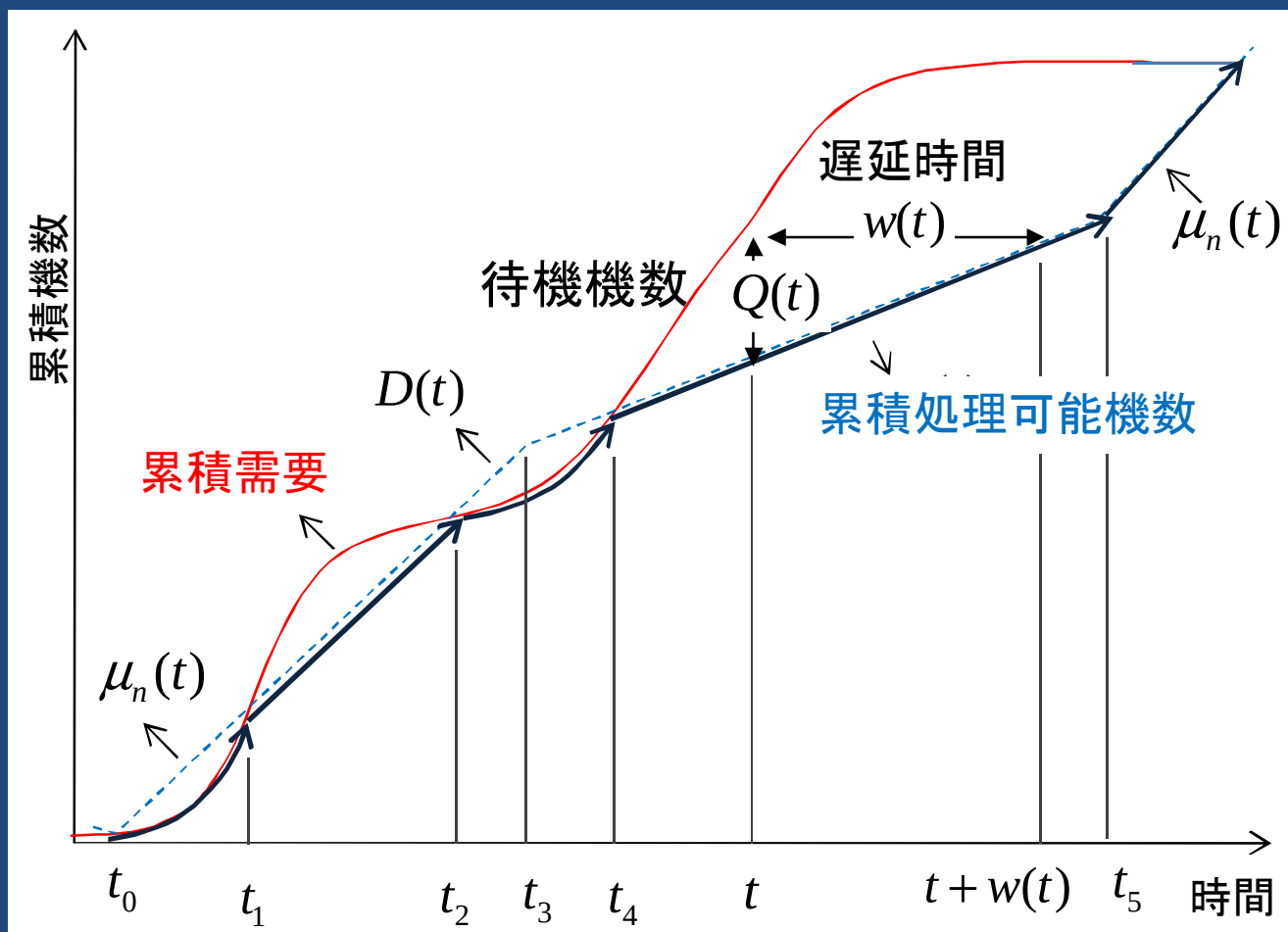
離着陸機数比率を変化させたときの容量カーブ



* 離陸が多い時に容量のロスがあるが、離陸機シェアが70%程度までは無視できる程度

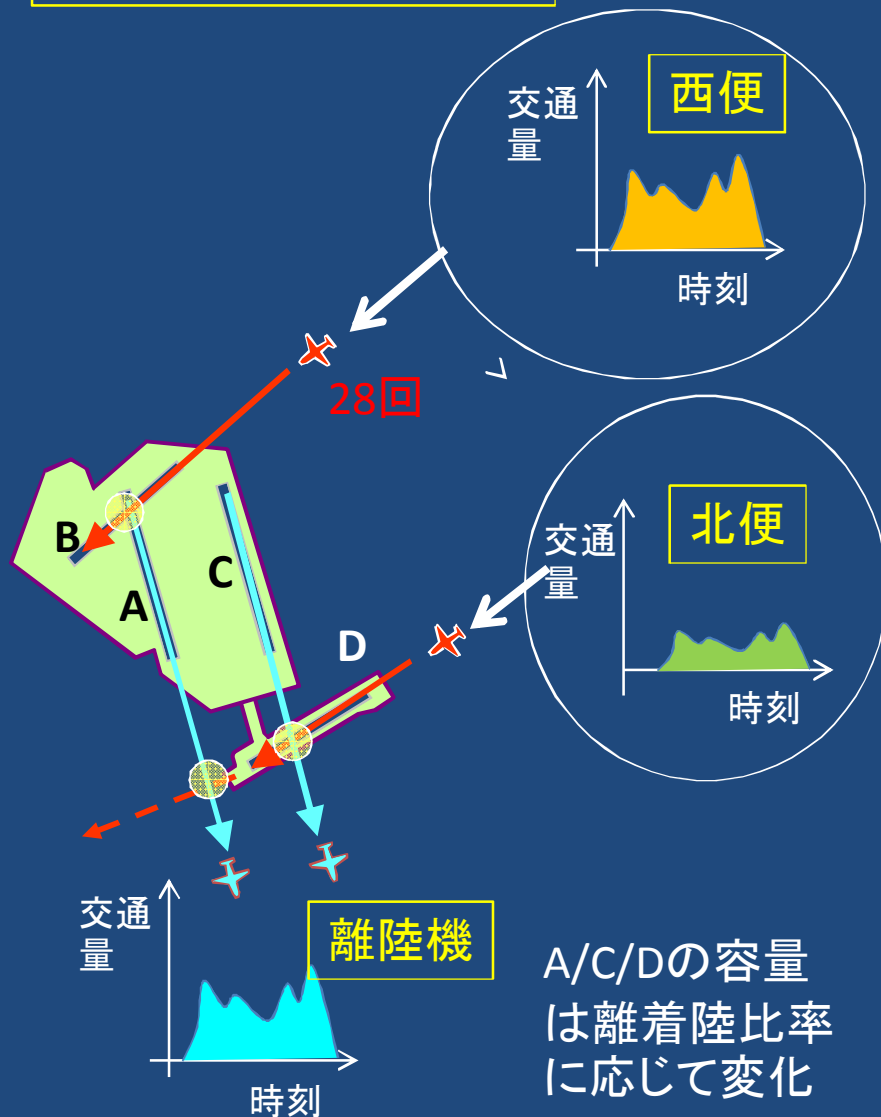
ランダム順序・FCFSの下での極限容量は航空局の計画値とほぼ同じ

遅延シミュレーションのイメージ

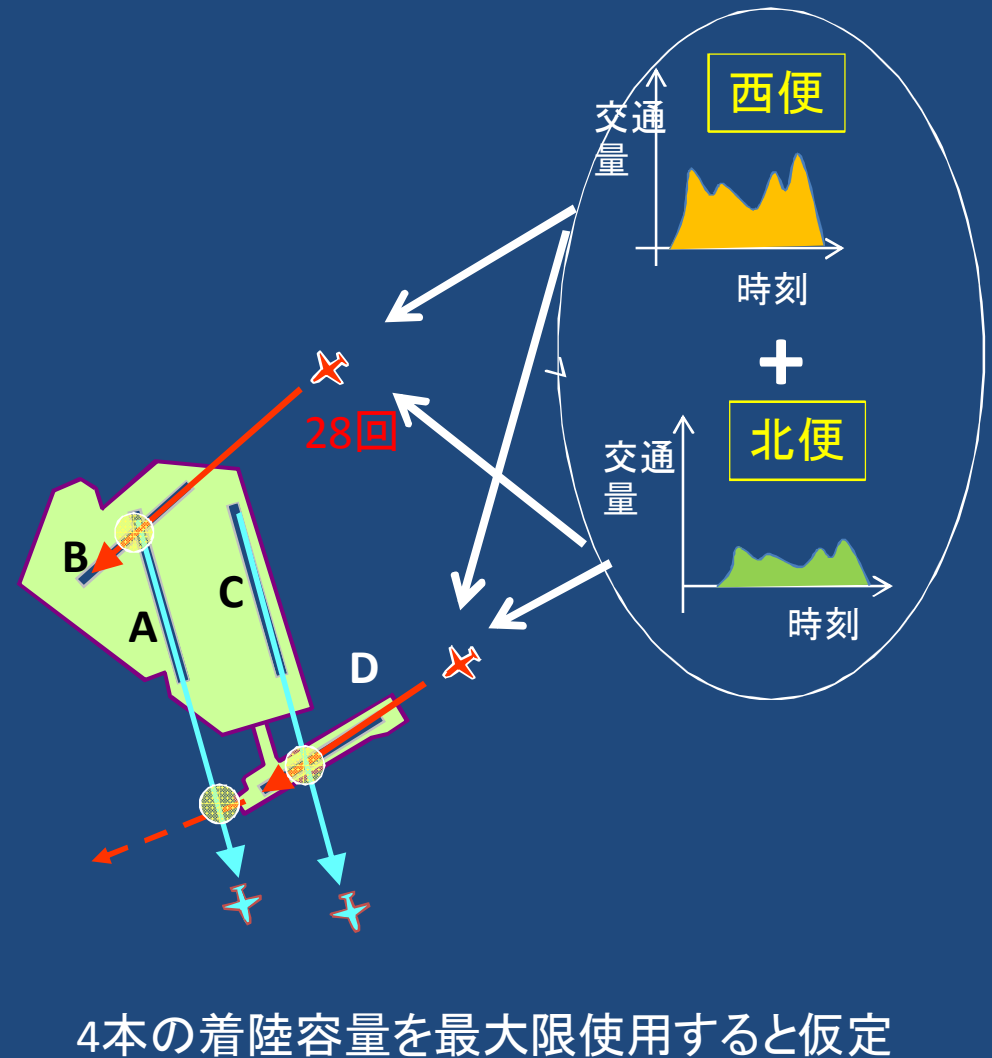


離着陸交通量の滑走路配分方法

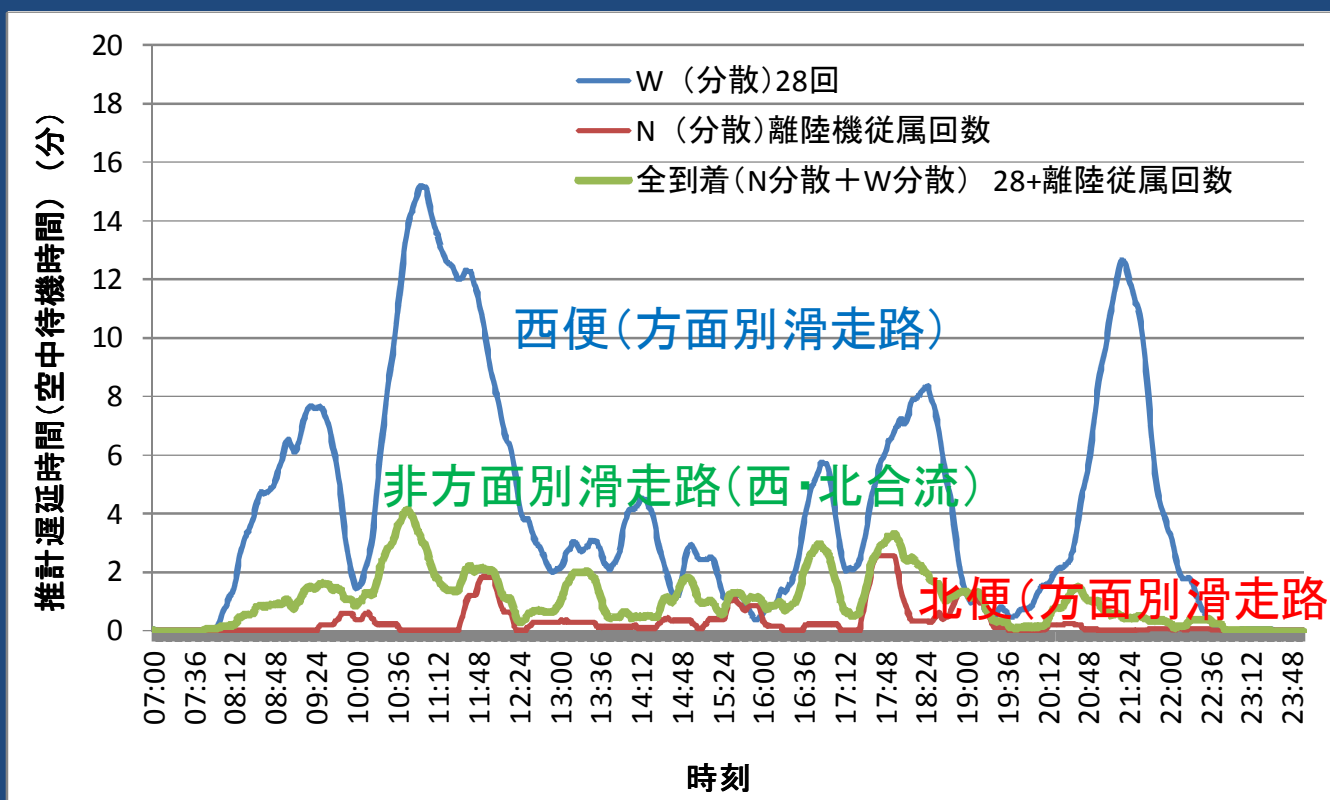
方面別滑走路の場合



非方面別滑走路の場合



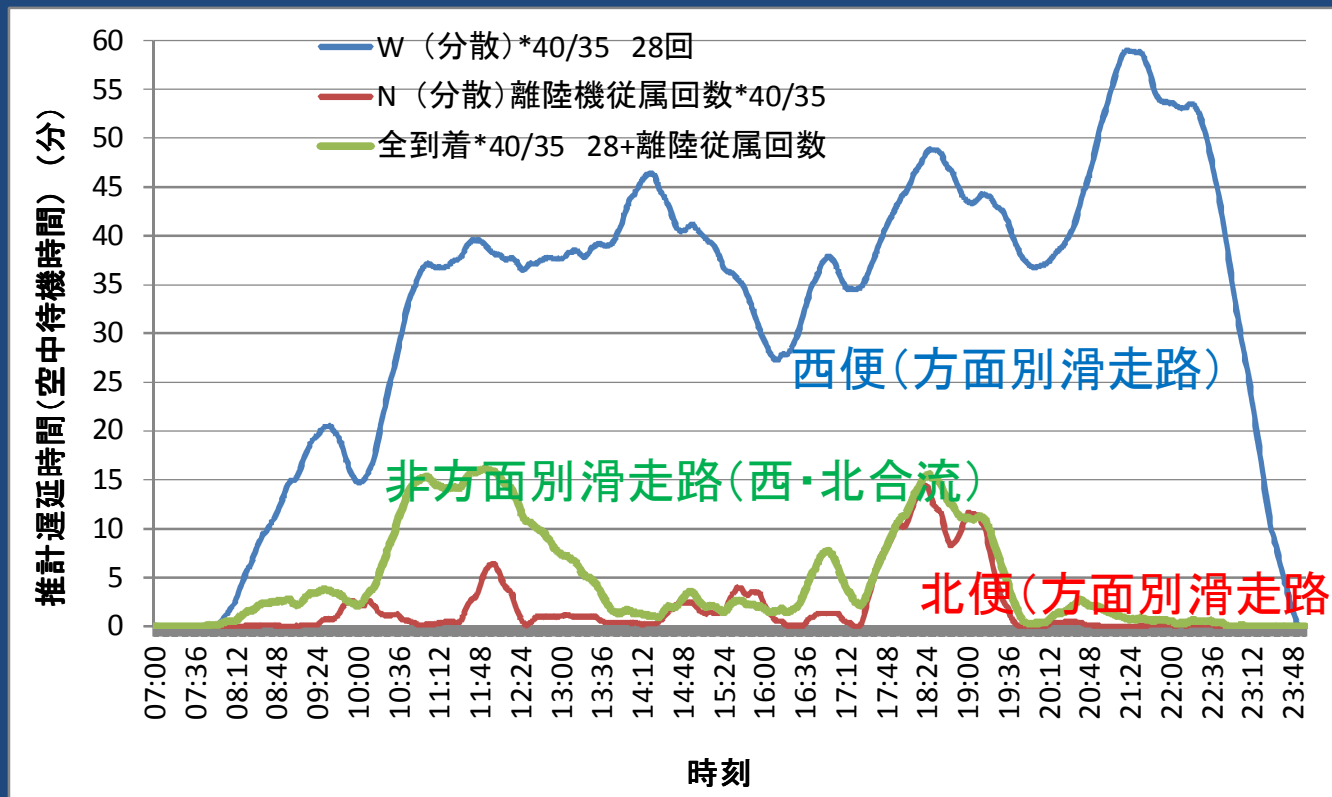
再拡張後の遅延シミュレーション結果(35万回:現状)



- ・方面別滑走路を前提とすると西便で最大12～15分程度の空中待機遅延が発生
- ・方面別滑走路の解消によりピーク時で最大10分以上の遅延軽減が可能

再拡張後の遅延シミュレーション結果(40万回)

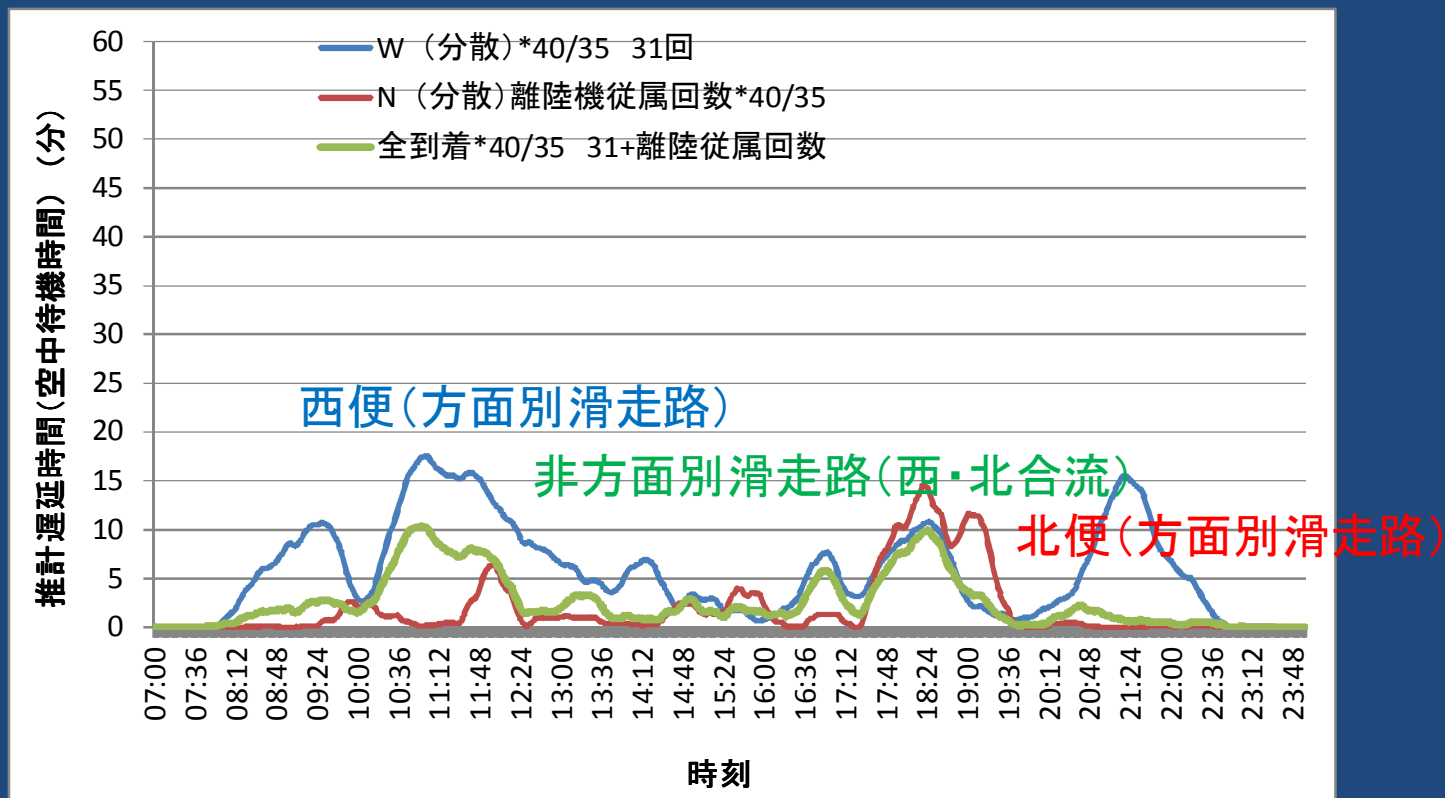
単純に、現在のダイヤを全時刻で同比率で増加



- ・40万回相当まで発着が増えると、方面別滑走路では大きな遅延が発生する可能性がある(北便でも)
- ・方面別滑走路の解消で西便の遅延が大きく軽減.

再拡張後の遅延シミュレーション結果(40万回)

着陸容量 28⇒31回/時



再拡張前の着陸容量(31回/時)→再拡張後28回/時

:千葉上空の最低通過高度の引き上げによる着陸容量低下

:従前の31回/時を発揮できれば遅延も大きく軽減

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の方面別滑走路制約による滑走路容量と遅延への影響分析
 - (1) 分析の視点
 - (2) 再拡張後の管制運用変化
 - (3) 再拡張後の需要拡大に伴う遅延増加(シミュレーション)
 - (4) 方面別滑走路の解消方策
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
4. まとめ

方面別滑走路の解消方策

方面別滑走路の解消には到着フローの合流作業が必要(比較的, 高負荷の管制作業)

- 再拡張前の羽田ではターミナル空域内で1つの最終進入経路に合流.
- 現在は合流がなく, 手前のエンルート空域(中間空域)で整列・間隔設定を行っている(一定間隔)
- もし北と西便を合流させる場合, 狭隘なターミナル空域では困難
⇒より事前に, 合流のための間隔設定を行う必要がある.
⇒ターミナル入域段階のローカルな交通流管理の高度化

- 合流支援システムの活用(Arrival/Departure Manager, TMA等によるメータリングの高度化)
- リニアホールディング
- ターミナル空域の拡大(Big Airspace: 例 NY ICC)

合流支援システム (Arrival Manager) ～メータリング

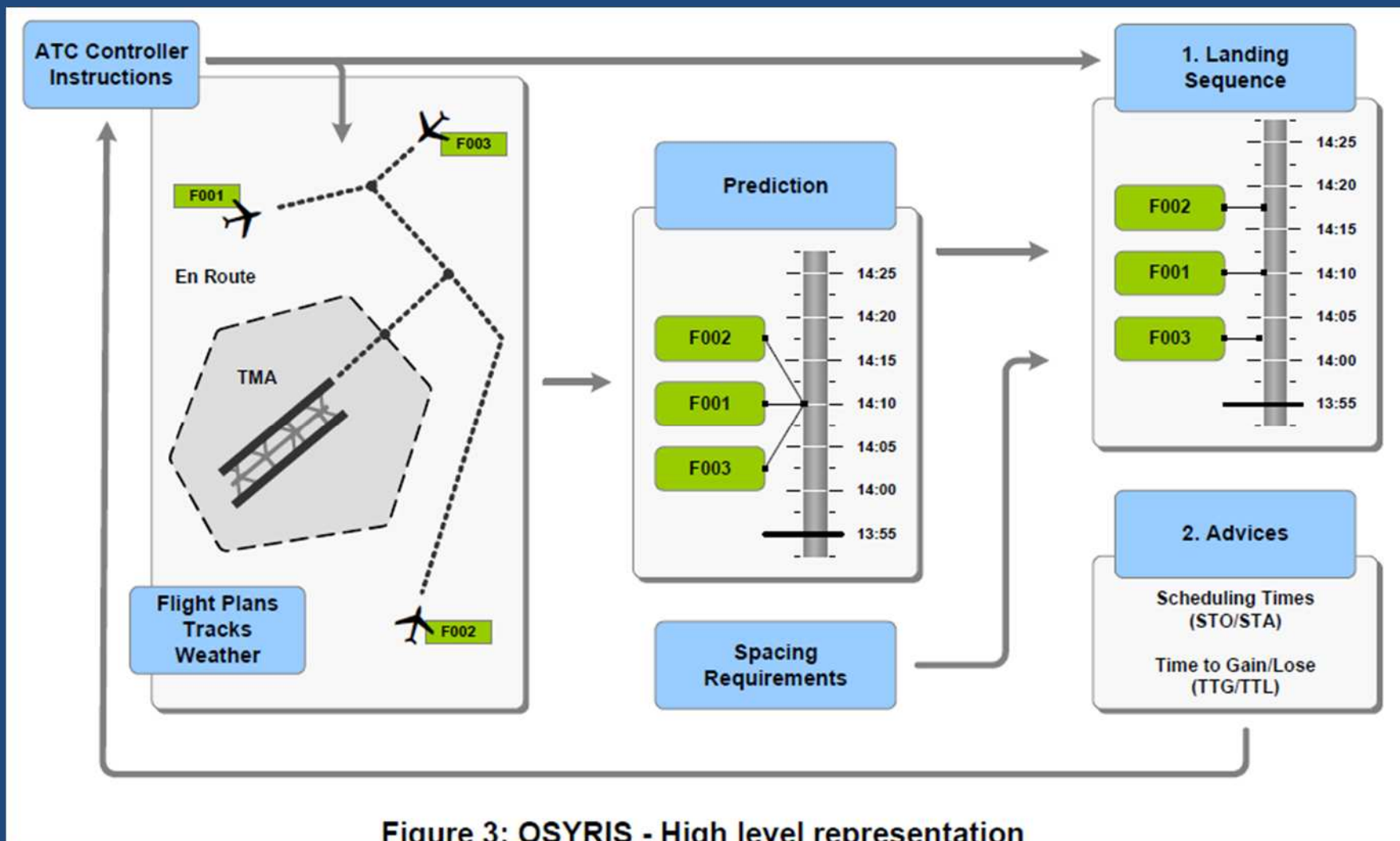


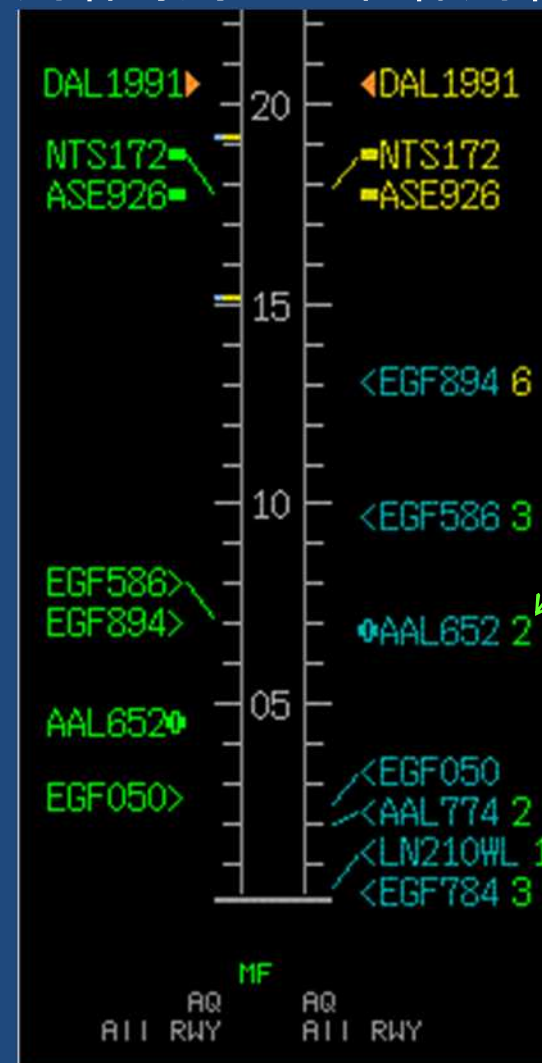
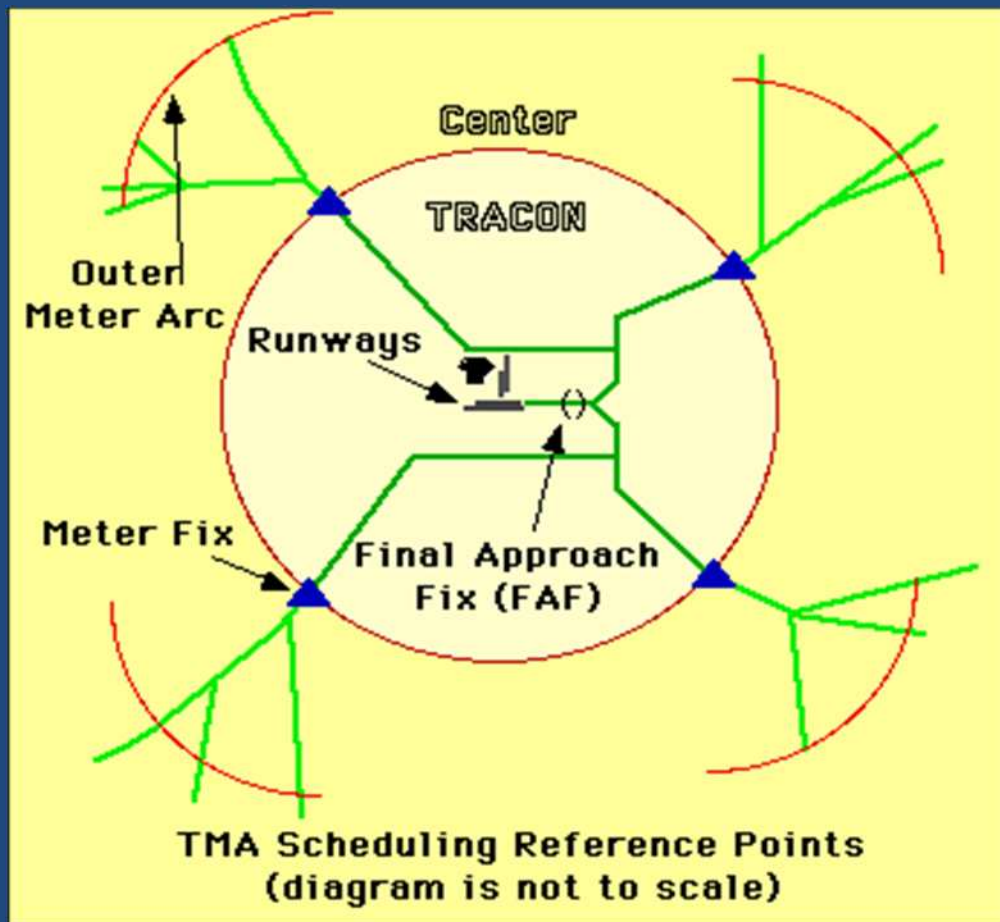
Figure 3: OSYRIS - High level representation

出典) Eurocontrol (2010) : AMAN Status Review 2010

合流支援システム (Traffic Management Advisor: TMA 米国)

予定到着時刻

目標到着時刻

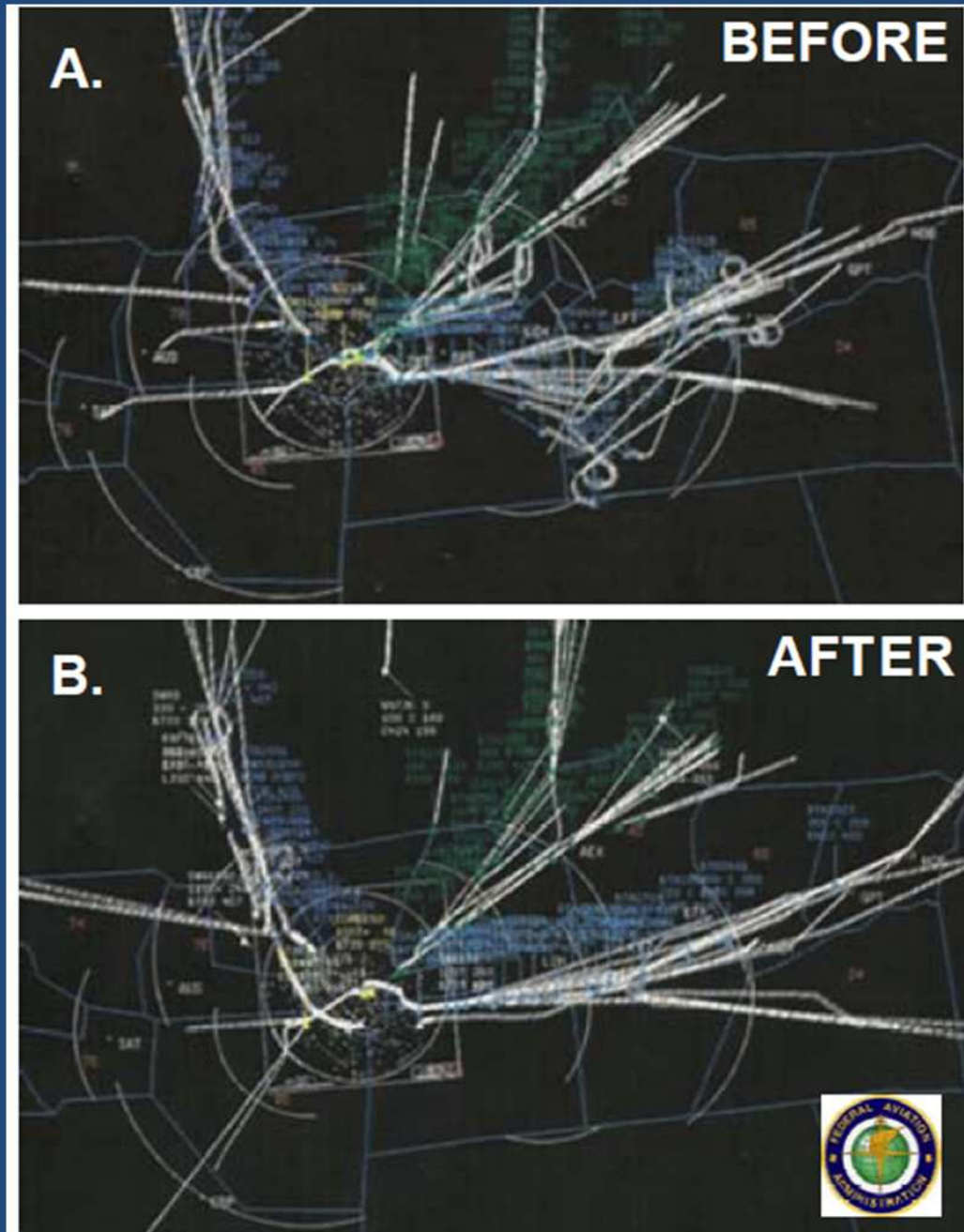


Meter Fixでの
目標遅延時間

出典)

- NASA Ames Aviation Systems Division WEBPAGE, <http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/research/foundations/tma.shtml>
- Michael Robinson et al.: Traffic Management Advisor (TMA) – weather integration, 14th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, 2010.

TMAの効果例



出典)

Michael Robinson et al.: Traffic Management Advisor (TMA) – weather integration, 14th Conference on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, 2010.

Arrival Managerの使用空港

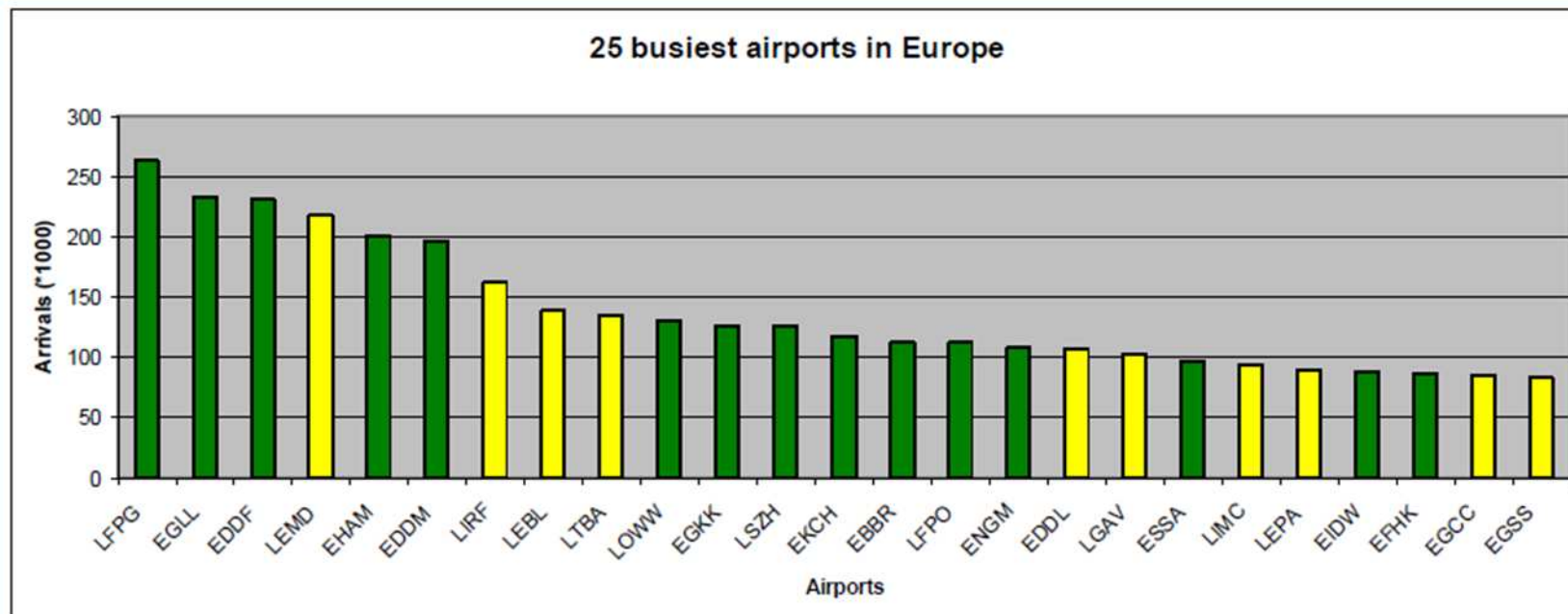


Figure 14: Arrival Traffic at major European Airports

The airport having implemented/ currently implementing an AMAN are in green. The airports without AMAN are in yellow.

出典) Eurocontrol (2010) : AMAN Status Review 2010

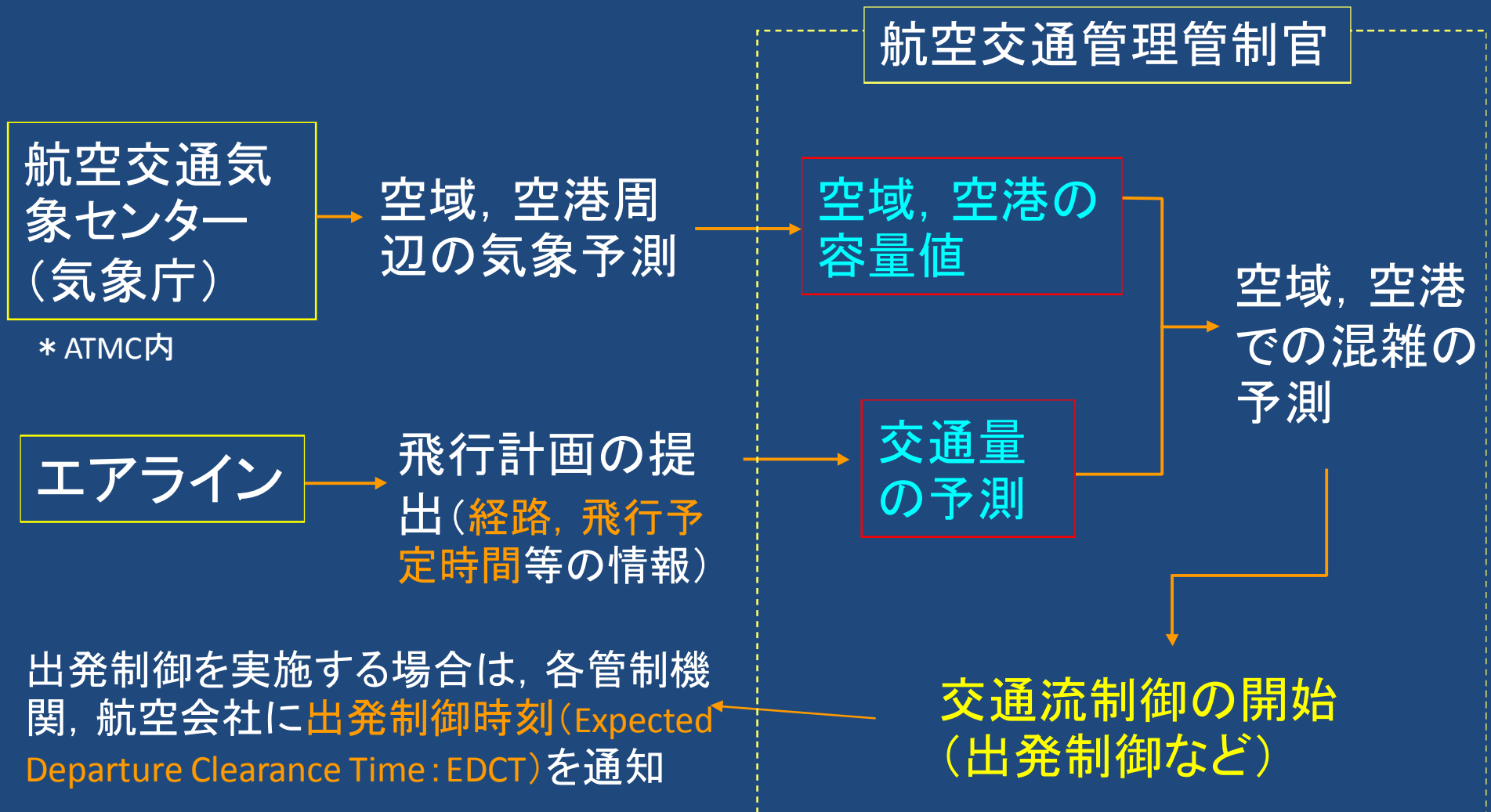
羽田空港再拡張後の方面別滑走路制約による 滑走路容量と遅延への影響分析 ～まとめ

- 交通量増加に伴い, 方面別滑走路による滑走路使用効率の低下と遅延増加の懸念
- 方面別滑走路の解消方法の検討の必要性 (Arrival Manager等の活用)
 - ⇒ 遅延軽減, さらなる容量拡大に対して非常に重要

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の滑走路運用とATFMに関する考察
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
5. まとめ

ATFM(出発制御)プロセスの概要



効果的な制御のためには, 容量と交通量の予測精度が重要

気象条件と空港容量 ～羽田到着の例

*ここでの空港容量はATFMで設定している容量であり、スロット配分で使用している容量(時間31回到着)とは異なる



* 北風時はA・C滑走路に着陸可能(離陸混雑時以外)

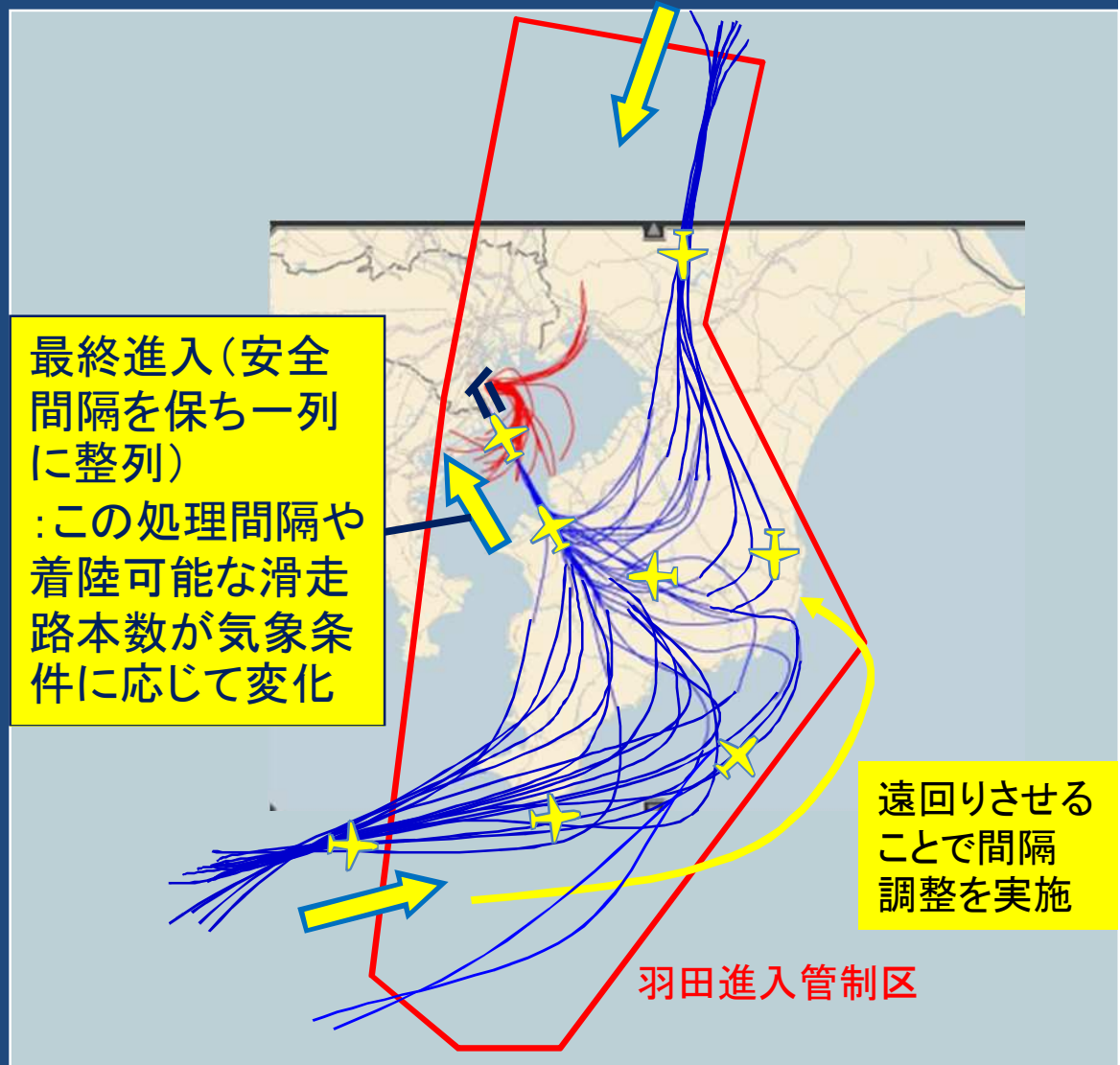
空港の容量

～羽田進入管制区におけるレーダーベクター(誘導)可能な範囲

進入管制区の広さを考慮し、
最大で10分までは進入前の
空中待機(遠回り)が可能

(参考)

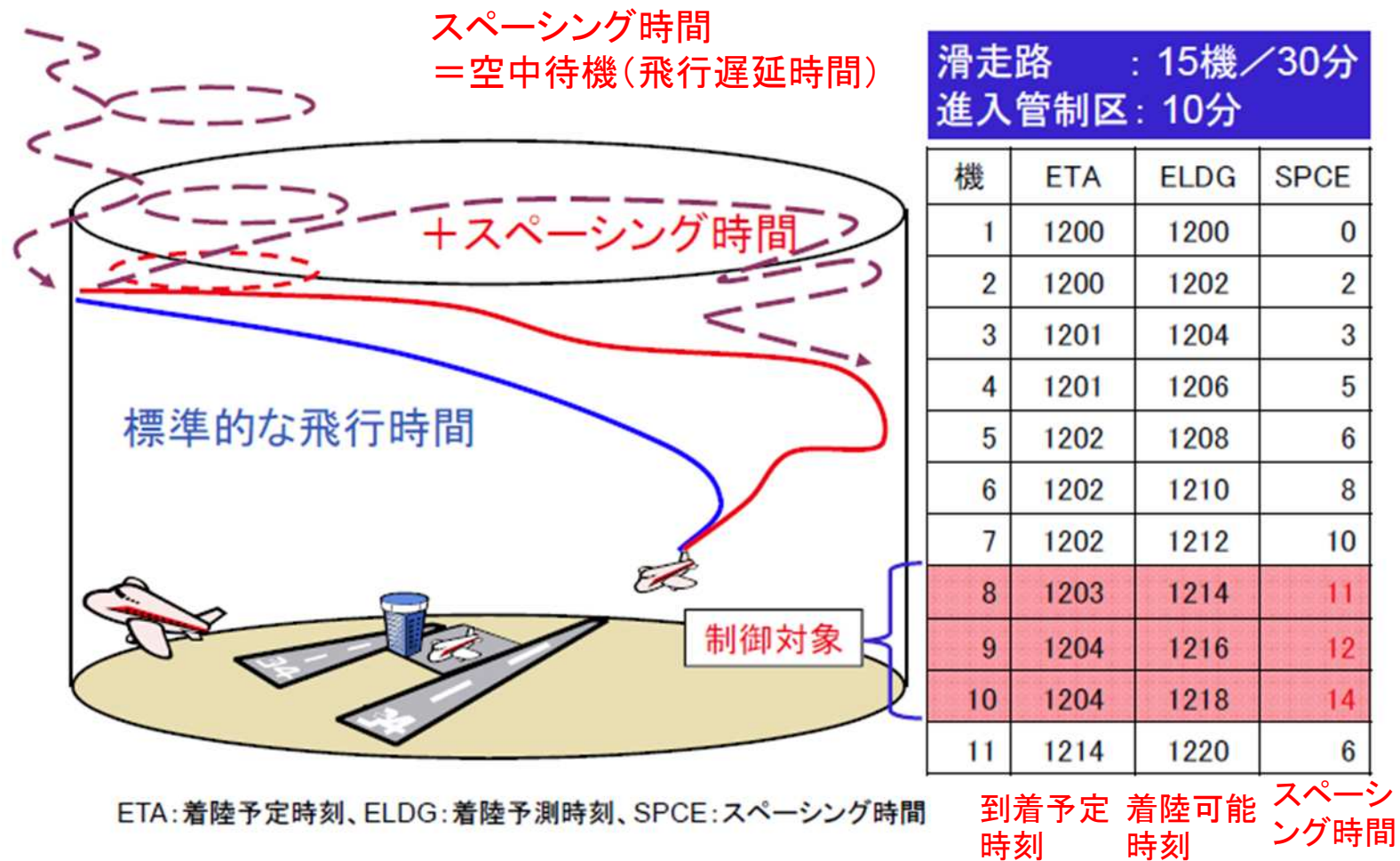
成田の進入管制区ではホールディングを考慮し15分と設定



羽田到着便の航跡図

出典) 飛行コース公開システム(航空局)をもとに作成

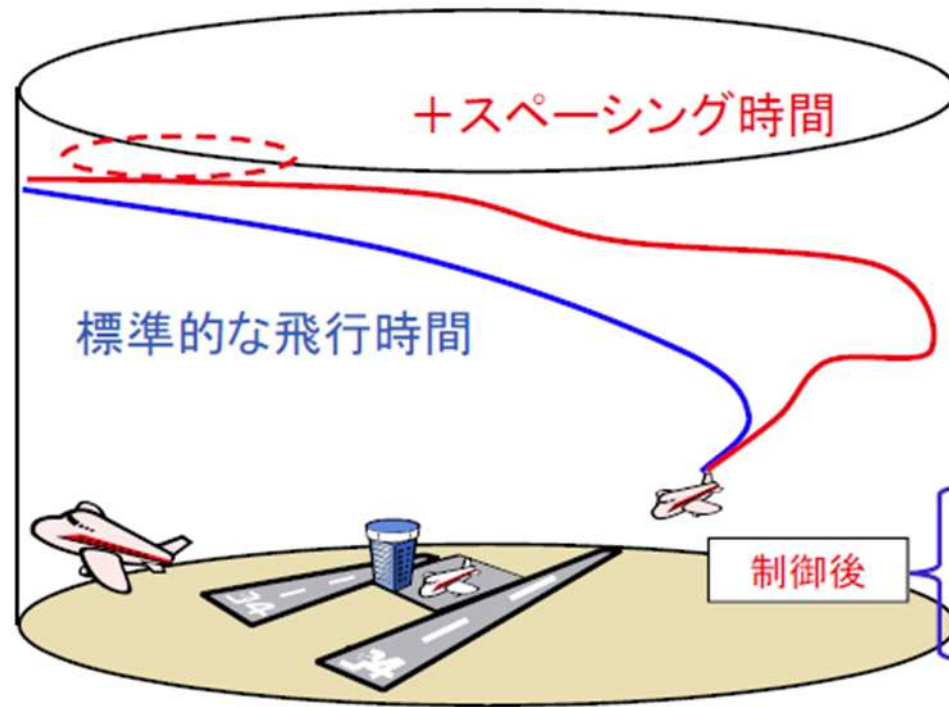
到着空港混雑時の制御イメージ(制御前)



出典) 航空局提供資料(2010)

- * 進入管制区で10分以上の空中待機(追加的飛行時間)の発生を予測
⇒ 当該機が出発制御対象機となる

到着空港混雑時の制御イメージ(制御後)



ETA: 着陸予定時刻、ELDG: 着陸予測時刻、SPCE: スペーシング時間

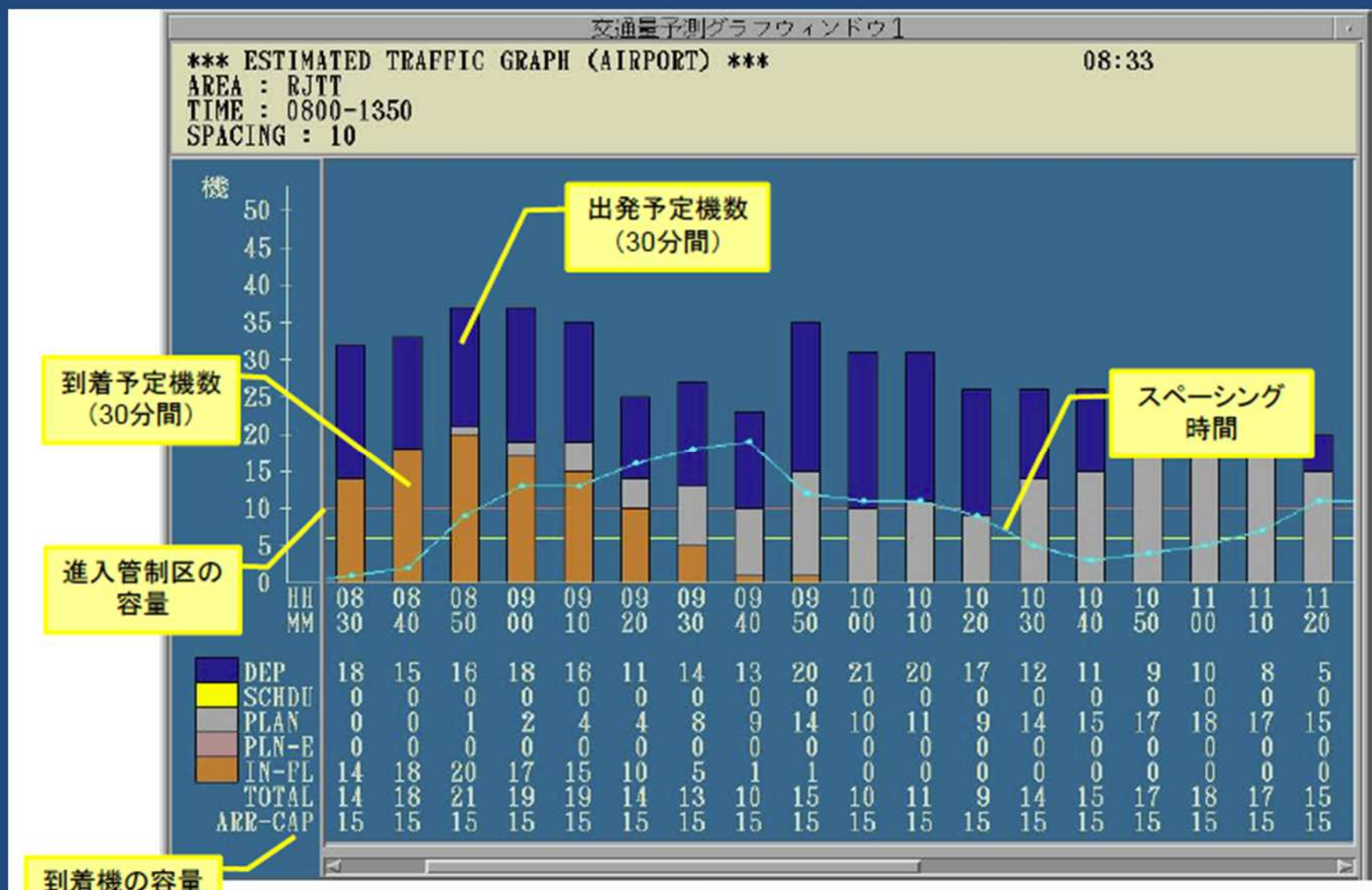
滑走路 : 15機/30分
進入管制区: 10分

機	ETA	ELDG	SPCE
1	1200	1200	0
2	1200	1202	2
3	1201	1204	3
4	1201	1206	5
5	1202	1208	6
6	1202	1210	8
7	1202	1212	10
8	1204	1214	10
9	1206	1216	10
10	1208	1218	10
11	1214	1220	6

到着予定時刻 着陸可能時刻 スペーシング時間

* 出発時刻を遅らせ(=到着を遅らせ), 進入管制区で10分以上の空中待機(追加的飛行時間)を回避

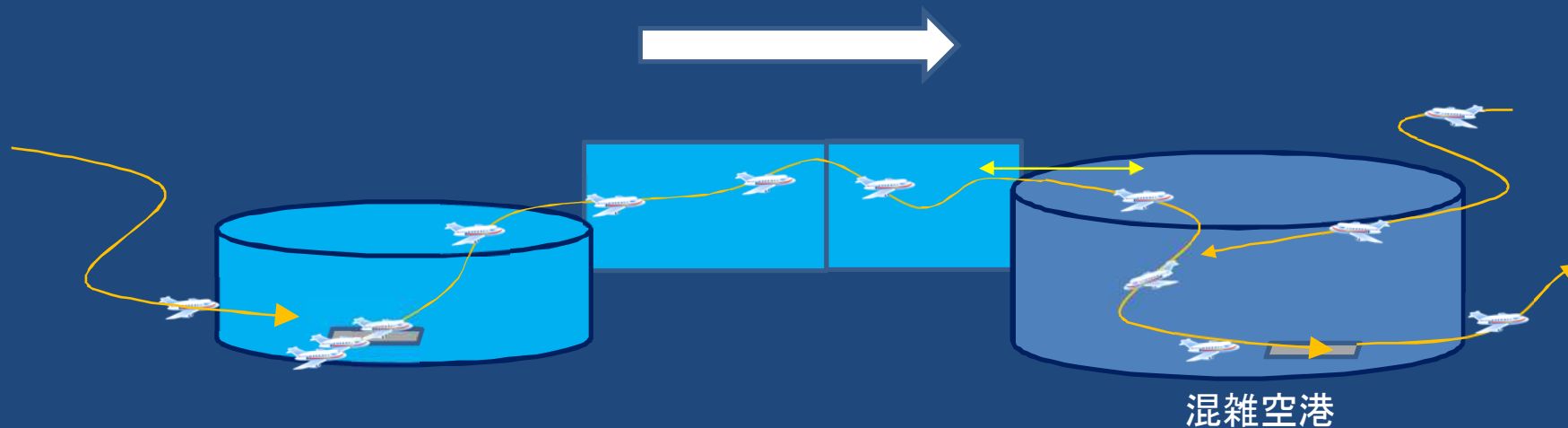
空港交通量の予測画面



6時間先までの交通量の推移を計算，表示

出典) 航空局提供資料(2010)

ATFMにおける予測上の不確実性(例: 混雑空港への到着)



旅客乗降・貨物
積み込み

誘導路混雑, 前後
の離着陸機との
管制間隔

空域混雑,
気象条件

到着交通量予測:

出発時刻

離陸時刻

飛行時間



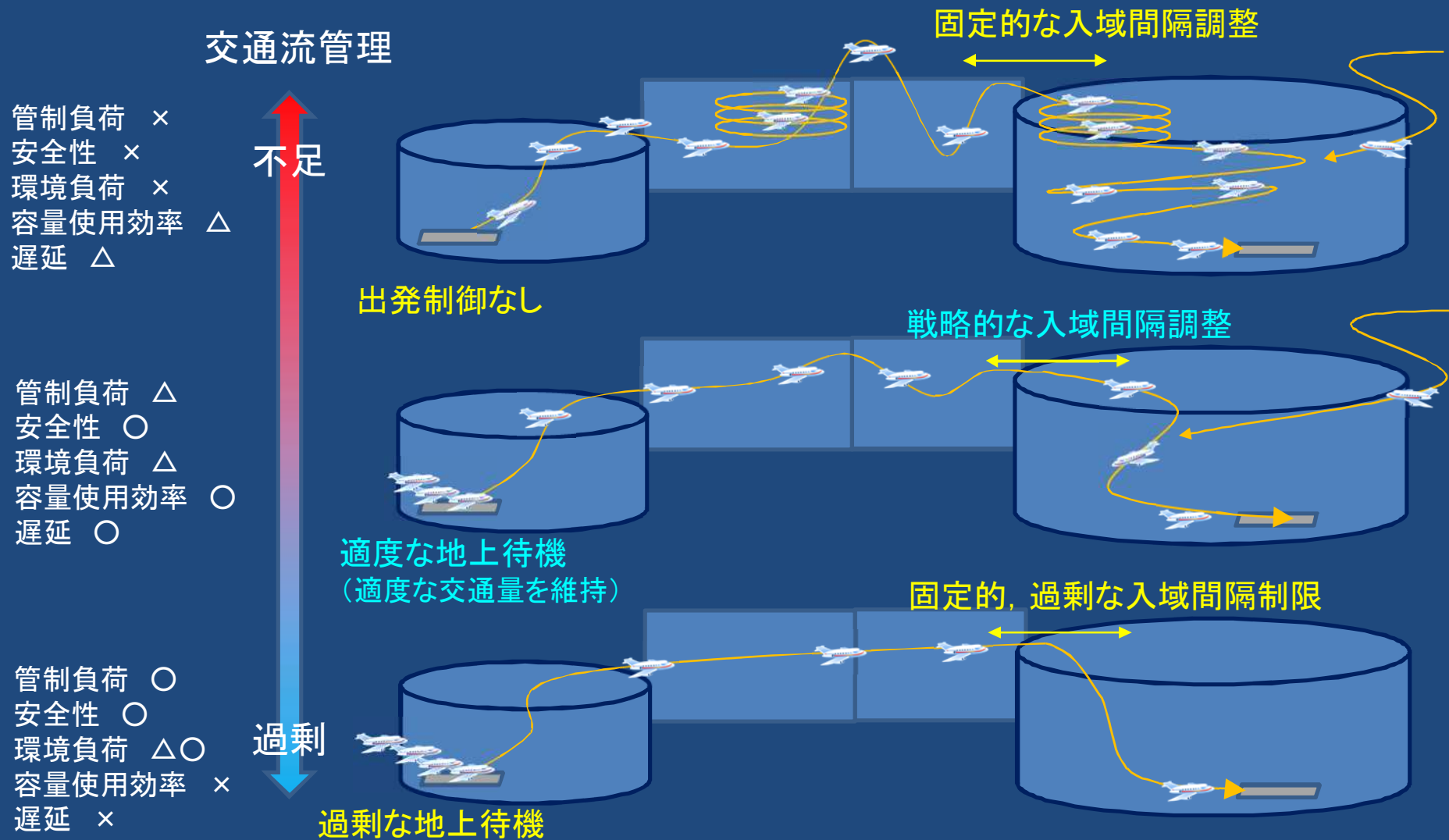
(着陸) 容量予測:

気象条件

使用滑走路

離陸機数, 機材構成,
離着陸順序

交通流管理のレベルと効果・影響のイメージ



本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の滑走路運用とATFMに関する考察
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
 - (1) 出発制御の実施頻度と傾向
 - (2) 制御対象機の空中待機時間の実態
5. まとめ

分析対象と使用データ(航空局提供)

■対象機・対象時期:

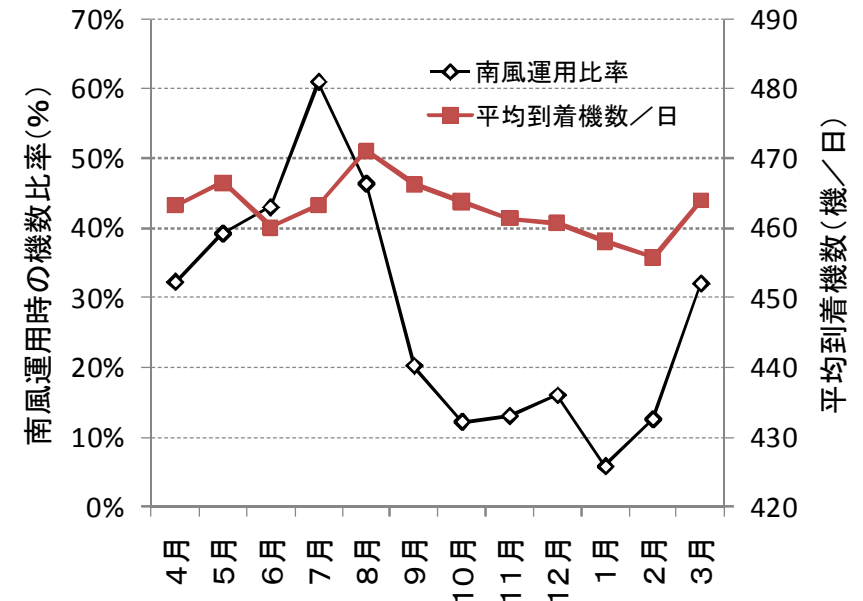
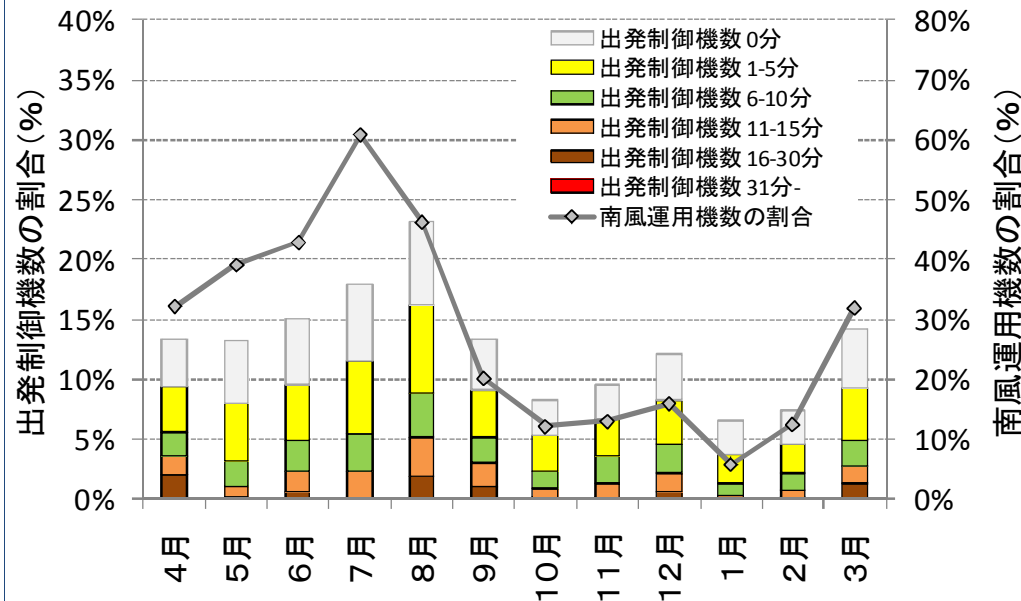
- 羽田空港到着機全機(不定期便含む)
- 2008年4月～2009年3月の1年分(羽田再拡張前)

*

■データ項目:

- 飛行計画・管制計画データ(飛行前の予定・予測のデータ)
- 運航実績データ(飛行後の実績データ)
- その他, 独自に整備したデータ(気象データ 等)

月別の出発制御機数の割合

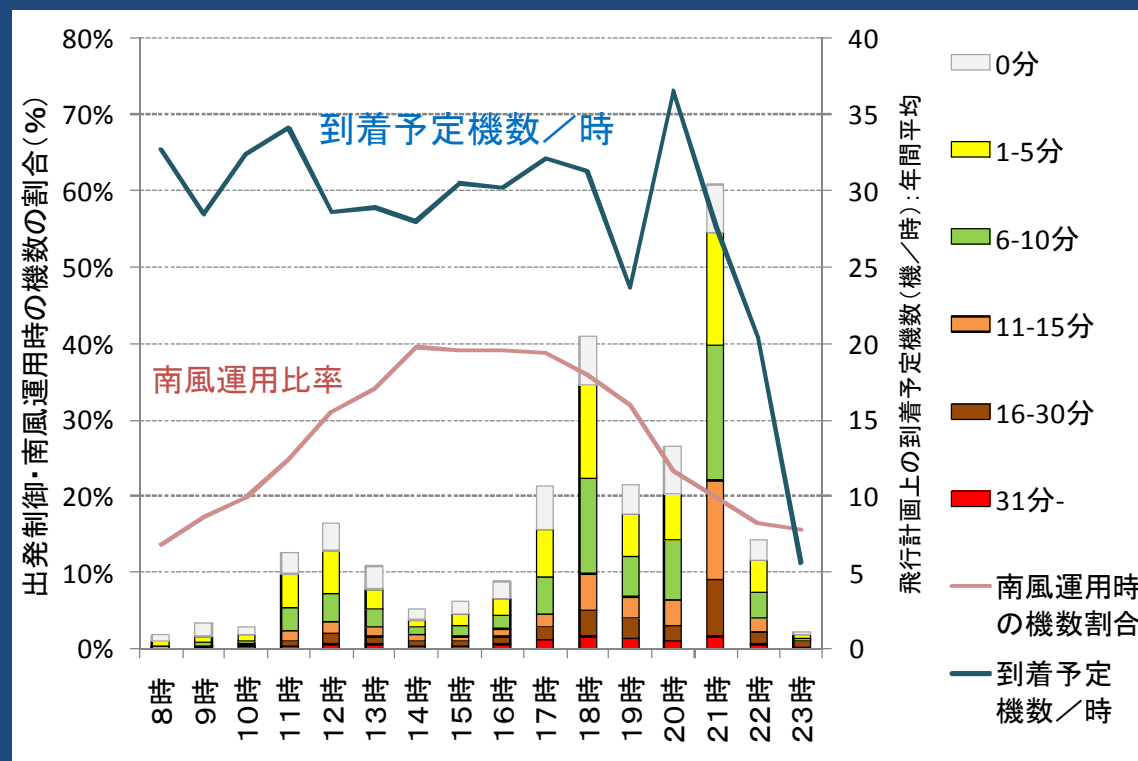


月別の出発制御機数の割合

月別の南風運用時機数比率と日到着機数

・南風運用比率と高い相関関係 ⇒ 南風時の相対的な容量低下

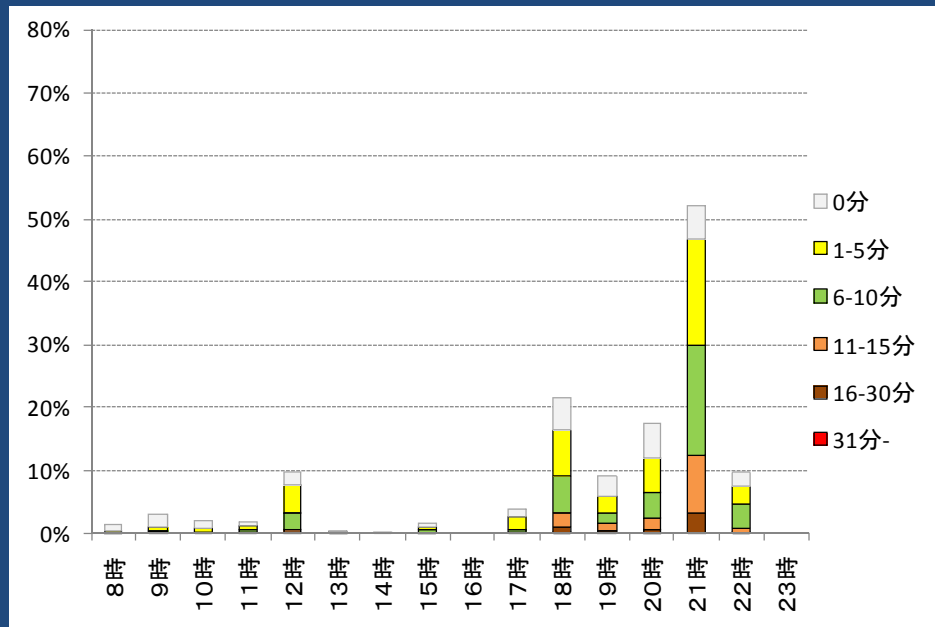
時間帯別の出発制御機数の割合(年間平均)



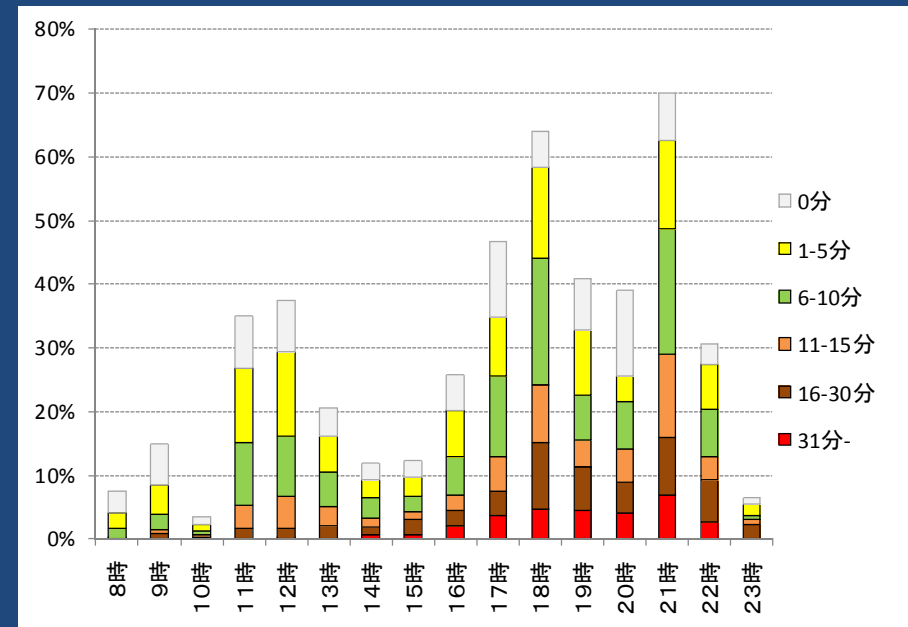
時間帯別の出発制御機数の割合(年間平均)

- ・特に夕方以降の18時, 21時台到着機については恒常的に出発制御がかかっている
- ・到着機数がスロット配分時の容量(31回/時)を超える時間帯で制御頻度が高く, 需要の偏りが出発制御の大きな原因になっていることが伺える. 羽田では時間発着数(スロット数)を制限しているが細かい時間帯別にみると依然発着機数の偏りがある(2005年航空局研究会でダイヤの平準化の必要性が示されている).

月別の制御機数の時間変動～1月と8月



時間帯別の出発制御機数の割合(1月平均)



時間帯別の出発制御機数の割合(8月平均)

本日の報告内容

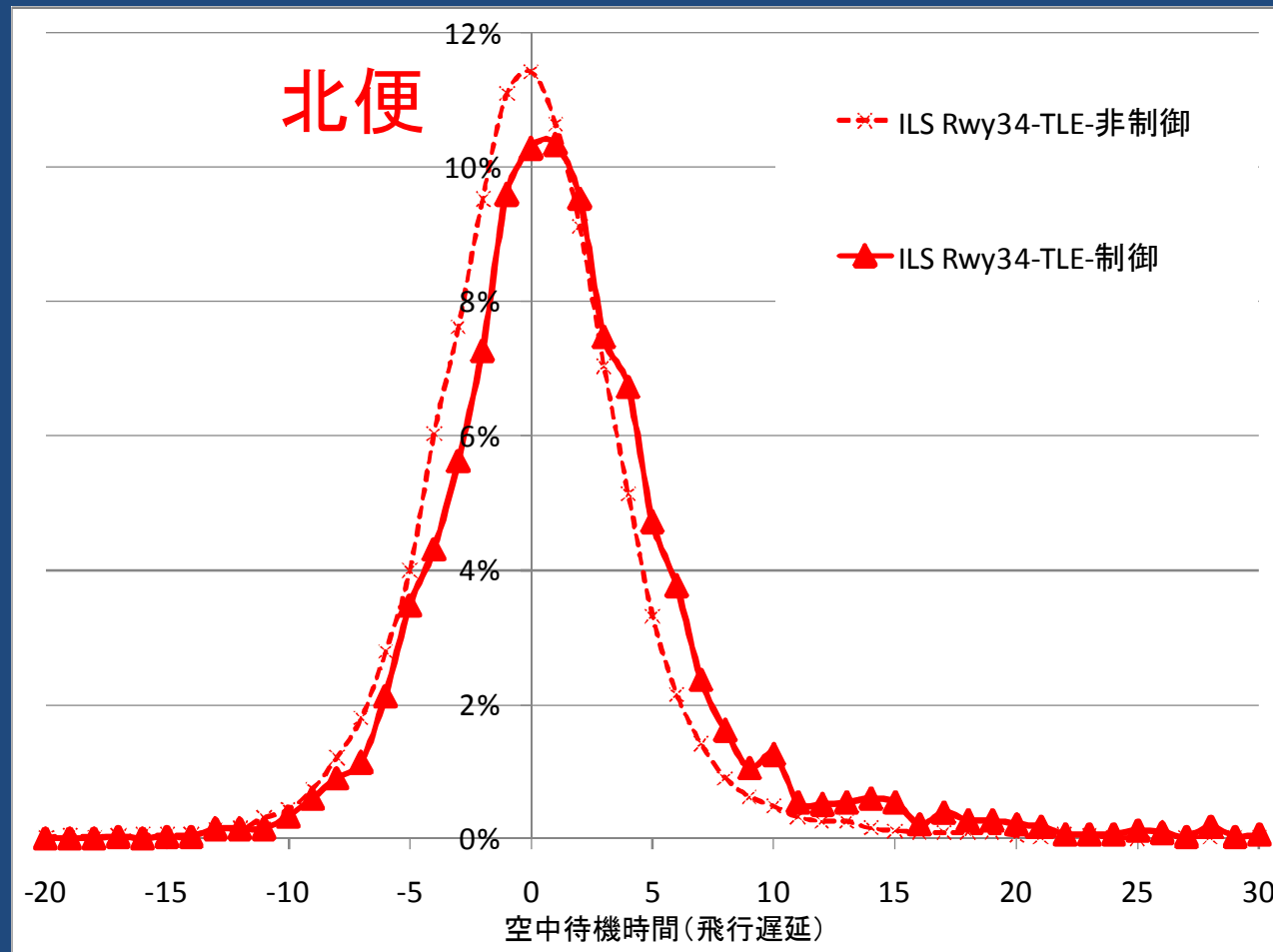
1. 研究の背景と目的
2. 羽田空港再拡張後の滑走路運用とATFMに関する考察
3. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
4. 羽田空港到着機に対する出発制御の実態分析
 - (1) 出発制御の実施頻度と傾向
 - (2) 制御対象機の空中待機時間の実態
5. まとめ

実績の空中待機時間からみた出発制御の有効性に関する考察

- 羽田空港の混雑に起因した出発制御のみが発動されている時間帯を抽出し、その間の出発制御便の空中待機時間の実績から出発制御の有効性を検証
- ATFMシステムでは、出発制御対象機の空中待機時間は、全機10分を想定している。
- 過剰な制御により空きスロットが生じると全体の遅延は悪化

出発制御便の空中待機時間(飛行遅延)の実績

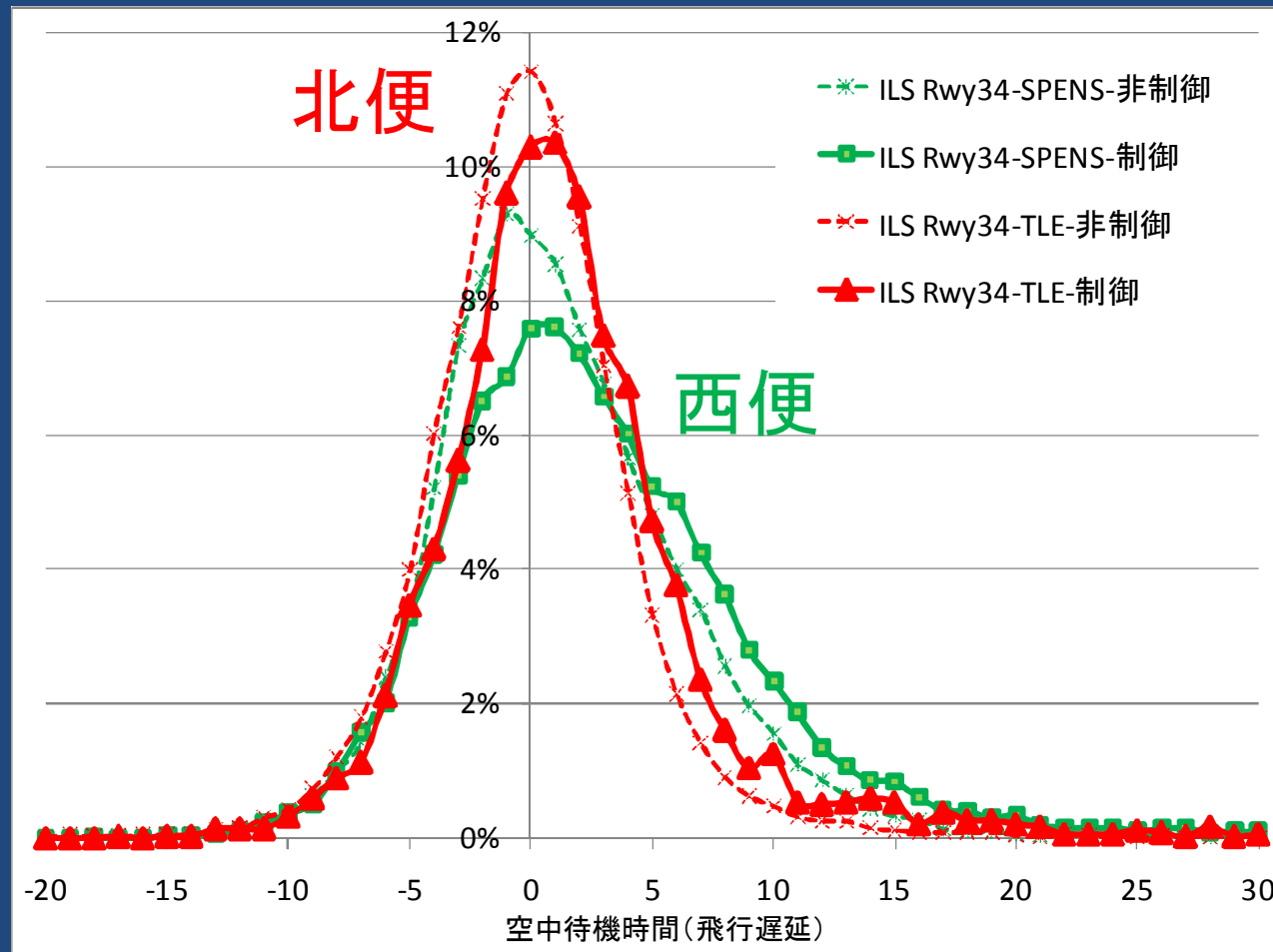
北風運用時



- 出発非制御便と出発制御便で飛行遅延時間の分布に大差はない
- 10分の空中待機が生じる混雑を想定した制御だが、実際には混雑していないことも多い ⇒ 過剰制御？

出発制御便の空中待機時間(飛行遅延)の実績

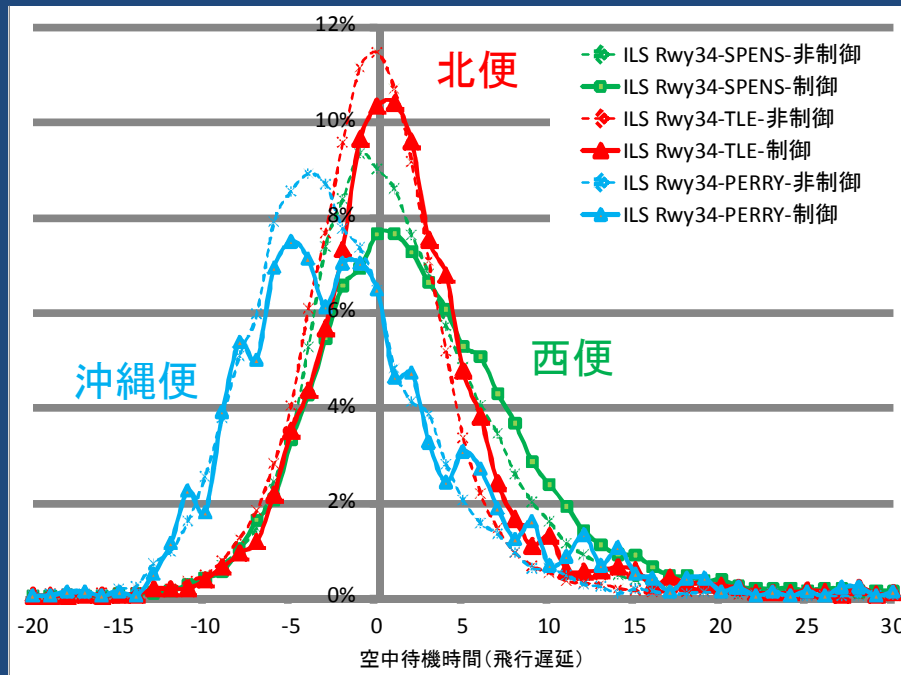
北風運用時



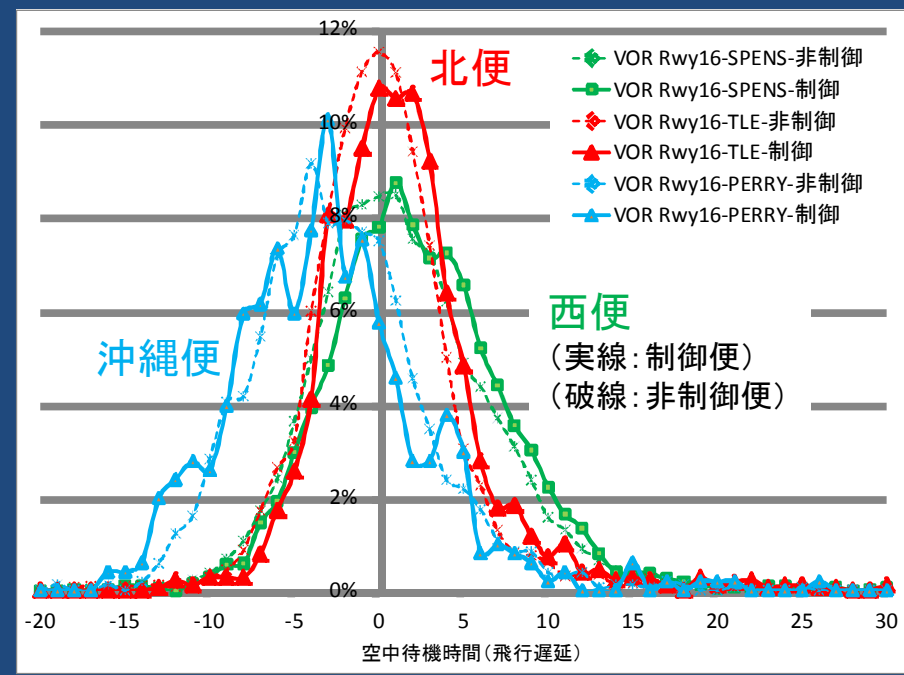
- 北方面便に比べて西方面便に大きな飛行遅延(空中待機)が生じており, 制御便の待機時間の増加も西便の方が大きい.
- 一方で, 制御便で想定した待機時間より小さい.

出発制御便の空中待機時間(飛行遅延)の実績

北風運用時

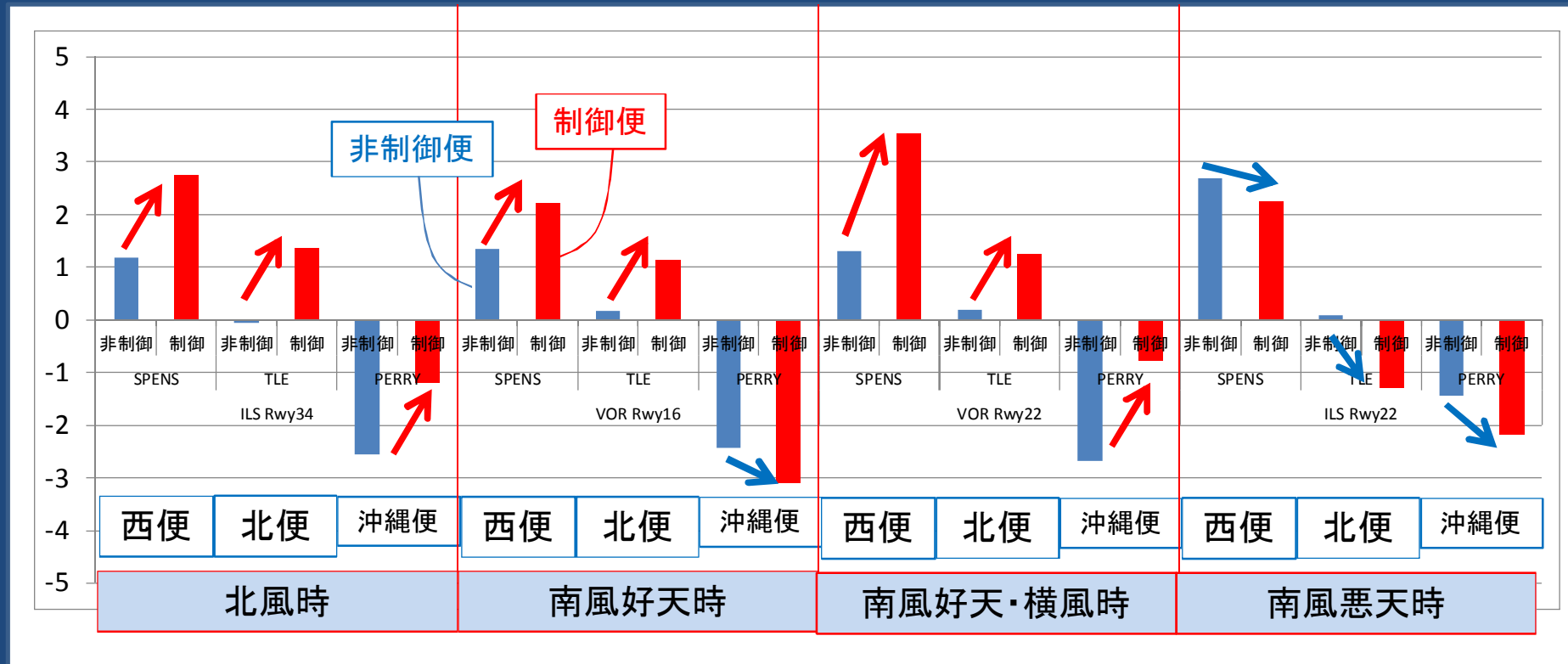


南風運用時



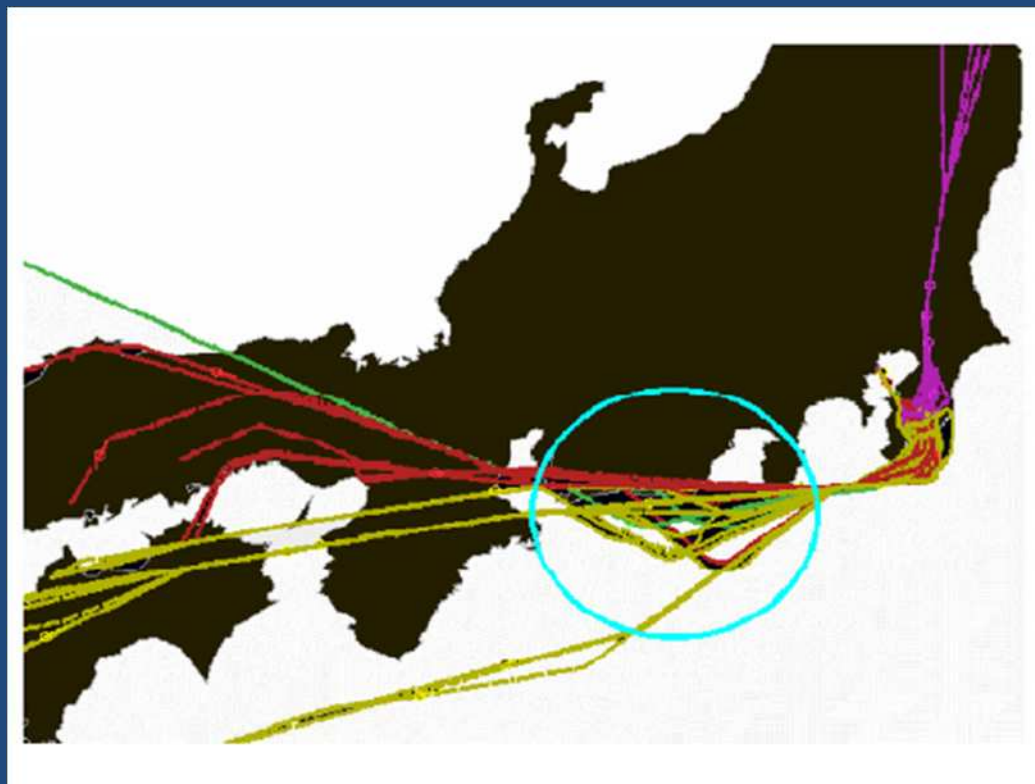
- 出発非制御便と出発制御便で飛行遅延時間の分布に大差はない
- 10分の空中待機が生じる混雑を想定した制御だが、実際には混雑していないことも多い ⇒ 過剰制御？
- 北方面便に比べて西方面便に大きな飛行遅延(空中待機)が生じている。

出発制御便の空中待機時間(飛行遅延)の実績

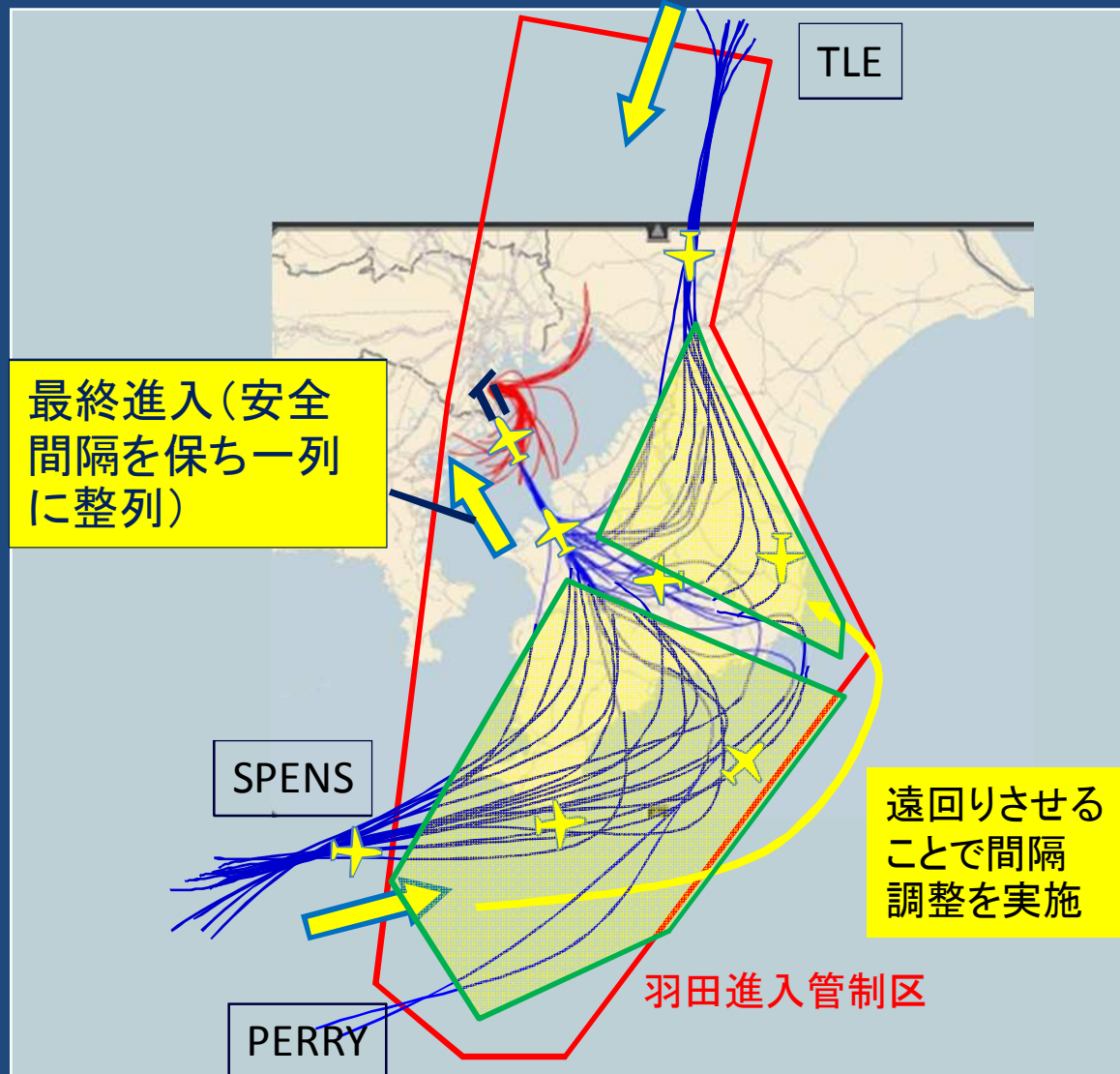


- 制御便の空中待機時間の平均値は非制御便より大きいですが、その差は大きくない ⇒ 過剰制御？
- 北方面便に比べて西方面便に大きな飛行遅延(空中待機)が生じている。

エンルートにおける実際の誘導軌跡の例



出典) Claus Gwiggner, Akira Kimura, Sakae Nagaoka : Data and Queueing Analysis of a Japanese Arrival Flow, Proceedings of Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, 2009.



羽田到着便の航跡図

出典) 飛行コース公開システム(航空局)をもとに作成

空中待機時間の差の原因 (仮説):

①進入管制区内の誘導ス ペース

- 北からの便: 小さい
- 西からの便: 大きい

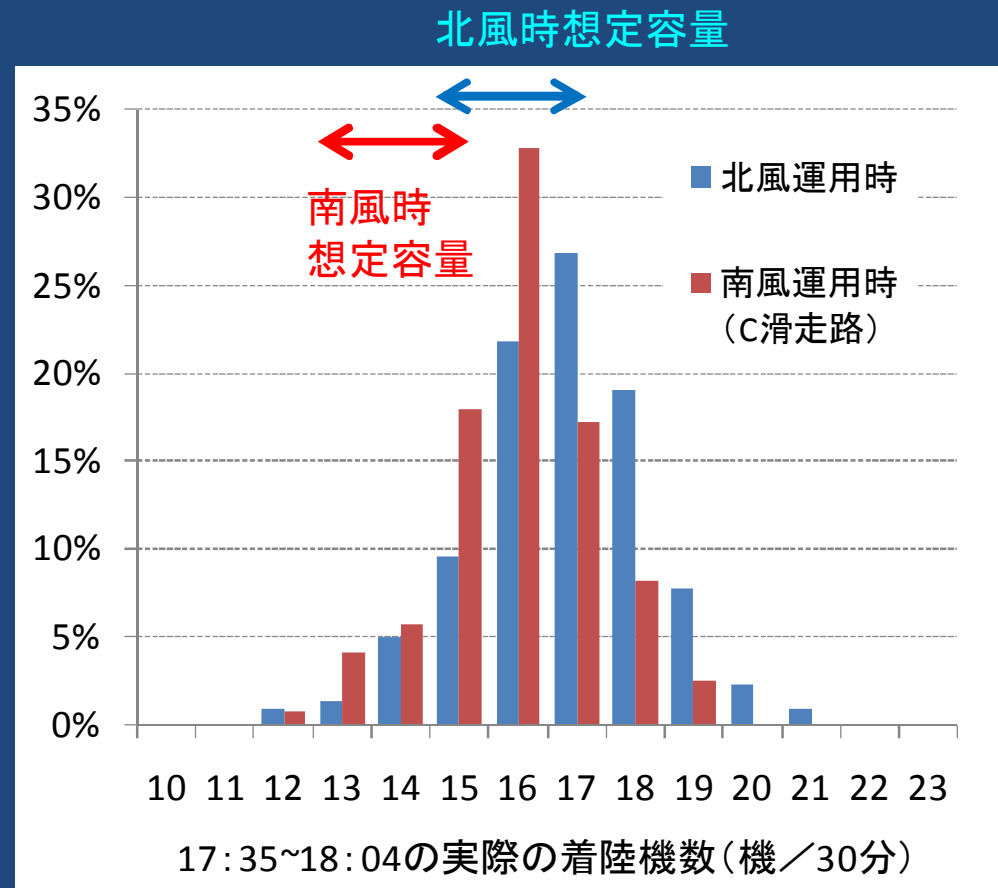
②方面別の混雑度(便数) の差

- 北からの便: 比較的便数が少なく、ほぼ混雑はない。
- 西からの便: 便数が多く途中空域の混雑も比較的激しい



西からの便に空中待機や
飛行遅延が生じやすい可
能性がある

実績の到着処理機数(ピーク時間帯)

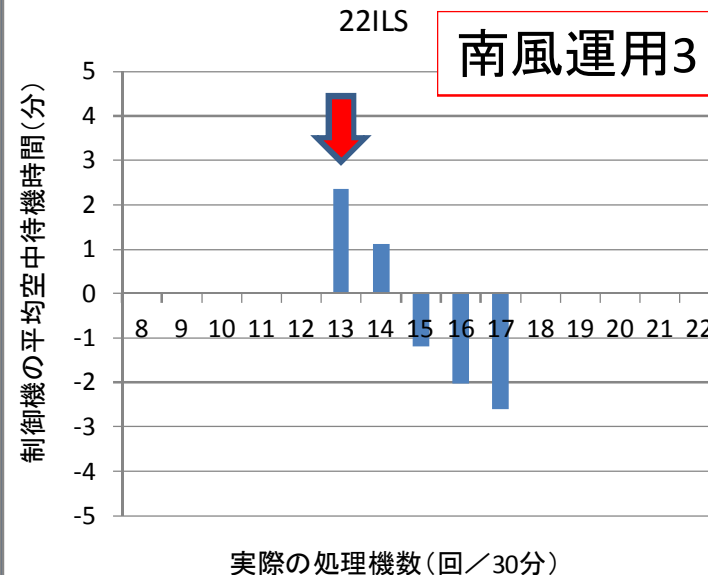
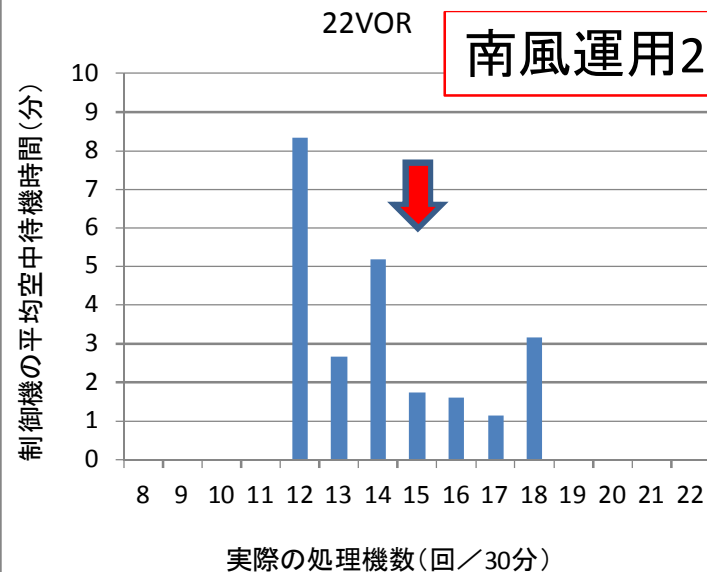
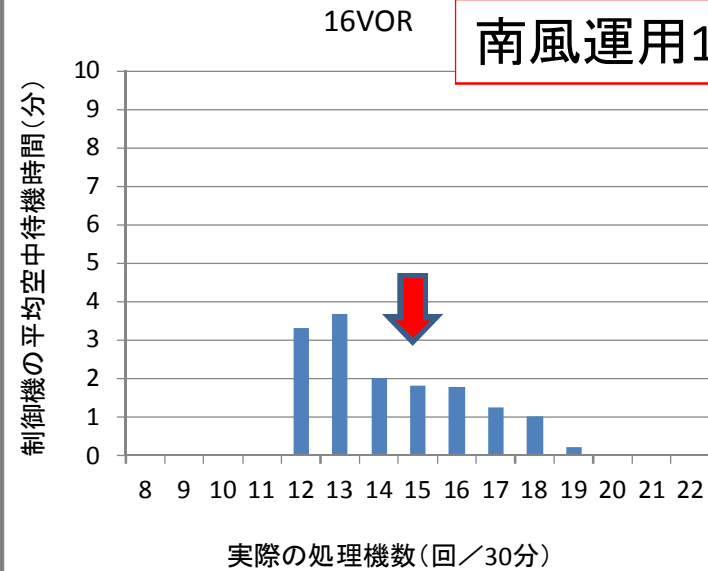
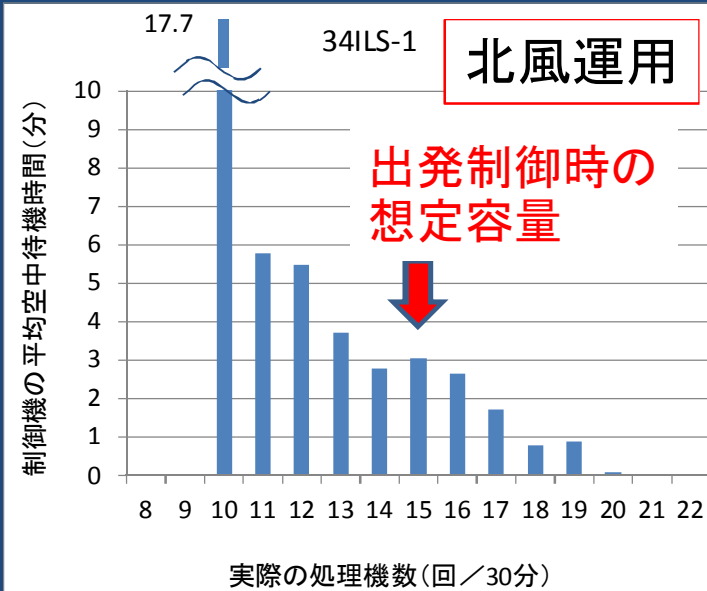


17:35~18:04間の実績着陸機数の分布 (17:35~18:04で到着方式(使用滑走路)の変更がなかった332日分の値)

- 処理容量の変化で空中待機時間は大きく変動
- 羽田再拡張後は、より複雑な滑走路運用となり、さらに容量の不確実性が高まるため、その精度向上を図る必要がある

実際の処理率と平均空中待機時間

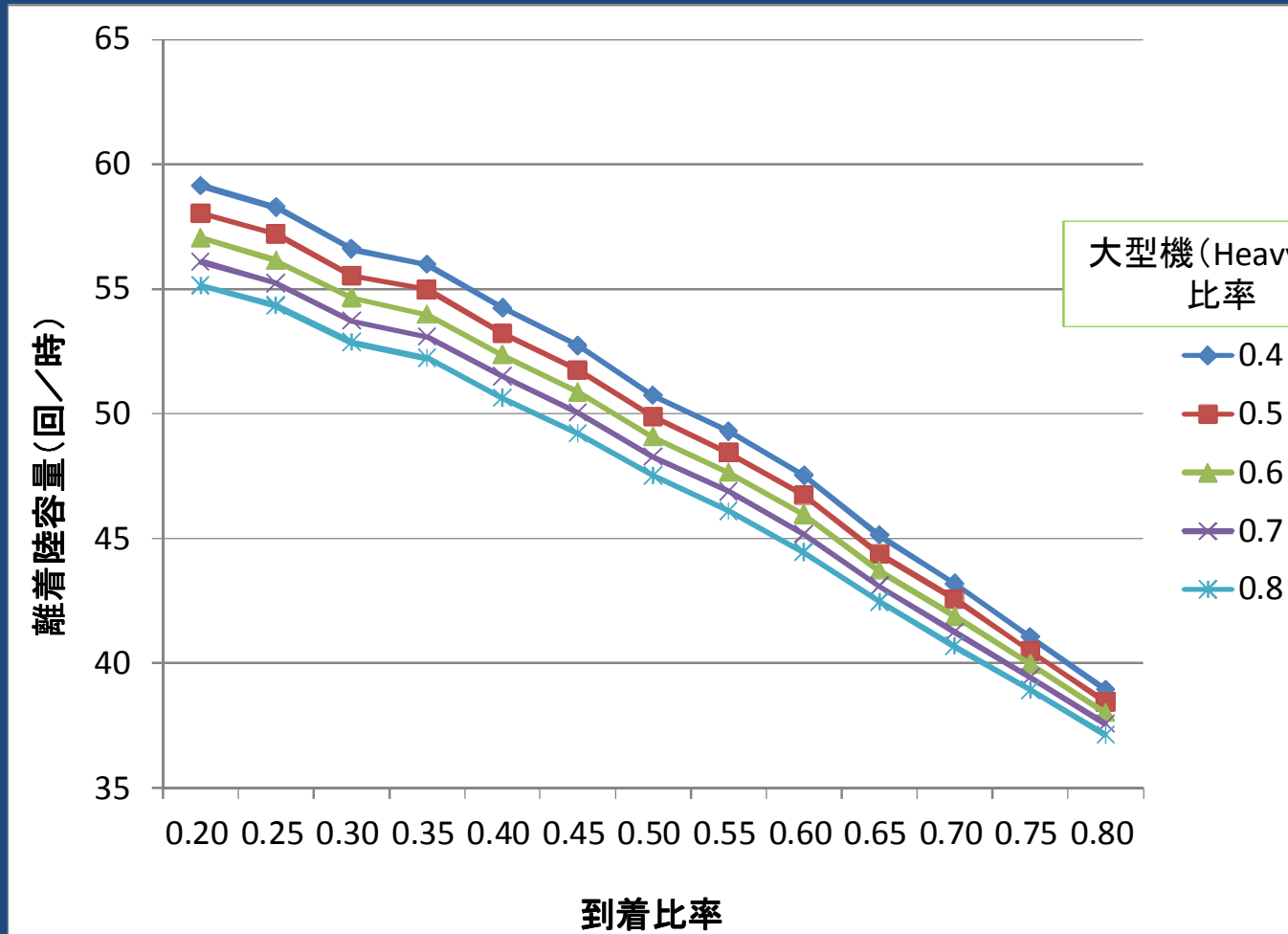
想定より処理容量が落ちると空中待機が増加



ATFM(出発制御)と再拡張後の容量予測

- ・再拡張後の滑走路容量の予測は、離着陸の従属運用によって再拡張前より複雑化し不確実性が高まる。
⇒ATFMで必要となる容量予測の精度向上方策が必要
- ・ターミナル管制の判断による別滑走路への着陸誘導は滑走路処理容量の最大化のために必要だが、方面別滑走路を前提とした出発制御に対しては過剰制御の原因となる。
- ・方面別滑走路の解消方法と、それを前提とした出発制御方法を検討する必要があるのではないか。

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

出発制御の現状 ～まとめ

- 現状の出発制御については、空中待機時間が想定より少ない傾向がある(オーバーコントロール)ことが示唆.
- 方面別に制御機の空中待機時間に差異があり, 方面別に遅延や管制負荷の偏りが存在する可能性がある.
- 容量の予測精度の影響が大きく, 気象条件の将来予測の困難さ等から容量値の完全な予測は容易ではないが, その正確性を上げる方策の検討は重要.
- 交通量予測の面では出発制御時刻の順守ルールも検討すべき(欧米より緩い)
- 地上遅延が空中遅延より過剰になり, 容量使用効率の低下による遅延増加の可能性⇒容量想定をもう少し楽観的にしてもよいか?
- 予測以上の空中待機が発生する場合の管制処理上の対応策の検討も重要(陸域通過高度規制の限定的緩和や東京上空ル空域の限定的利用, ホールディングの活用, 柔軟な空域運用, など).

今後の分析

- ATFMの効果を評価するには、より詳細な分析が必要
- 発着時刻データによる分析の限界があり、実際の航跡データの解析結果等の補完が必要
- ATFMシステムの予測や航空交通管理管制官の判断、決定について、実績と比較して、その誤差や改善点を検討する必要がある。
- ATFMには、管制負荷(安全性)、遅延(容量の使用効率)、環境影響等、複数の視点からの評価が必要

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的
2. 航空交通流管理(ATFM)手法の概要
3. 我が国におけるATFMの実態分析
4. 我が国の混雑空港に対するATFMと容量拡大に関する考察(羽田空港を対象として)
5. まとめ

本日の報告 ～まとめ

- 羽田再拡張後の空域上の制約(方面別滑走路)の遅延への影響分析と解消方策の検討
 - 方面別需要の偏りによる遅延拡大
 - 再拡張後のフルの需要拡大により遅延が非常に大きくなる可能性(ダイヤの設定で変化)
 - 方面別滑走路の解消により遅延が大きく軽減できる可能性
- ATFMの実態に関する簡易分析(出発制御の実態, 有効性)
 - 出発制御の実施頻度, 傾向
 - 空中待機時間(飛行遅れ時間)の実績から, 過剰な制御機も一定程度存在することが示唆
 - 容量の予測精度の影響が大きく, その想定の程度を再検討する必要がある

ご清聴ありがとうございました.