

羽田空港の容量拡大に向けた 短中期的課題と対策案

Short and Medium Term Issues and Policy Measures
for the Capacity Expansion of Haneda 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. 羽田再拡張後の容量拡大方策 ～首都圏空港将来像検討調査における提案～

3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

4. まとめ

首都圏空港将来像 検討調査委員会（H19～21）

目的

長期的な（2030年）首都圏空港の将来像を描く

- ・利用者利便を向上するための航空制度のあり方を検討
- ・首都圏の空港容量の拡大方策を検討

⇒ 将来の首都圏空港について幅広い議論が展開される契機に

検討項目

- (1) 将来のあるべき航空・空港政策の検討
- (2) 首都圏空港の将来需要の見通しの検討
- (3) 空港容量拡大方策の検討
- (4) 空港施設の機能拡充と周辺地域の活用方策の検討
- (5) 空港アクセス交通の検討

首都圏空港将来像シンポジウム（2009年9月24日開催）



**調査概要と提言はホームページで公開中。
後日、詳細報告書を出版予定。**

羽田空港の再拡張（D滑走路整備）：2010年

再拡張概略図



2009年8月25日時
出典) 東京空港事務所



再拡張により発着容量が大幅に増加

【再拡張前 (H19.9.1時点)】

31便／時間
30.3万回／年^(※1)

【再拡張後】

40便／時間
40.7万回／年^(※2)

※1. H19.9.1より高速離脱誘導路の整備等に伴い、30便／時間、29.6万回／年から増枠
※2. 発着回数の増加は、管制の安全確保等を図りつつ段階的に実施

出典) 東京空港事務所

4本目のD滑走路整備により30.3万回／年⇒40.7万回／年に容量
拡大. 内陸側に新たに国際線地区を整備.

羽田空港の再拡張（D滑走路整備）：2010年

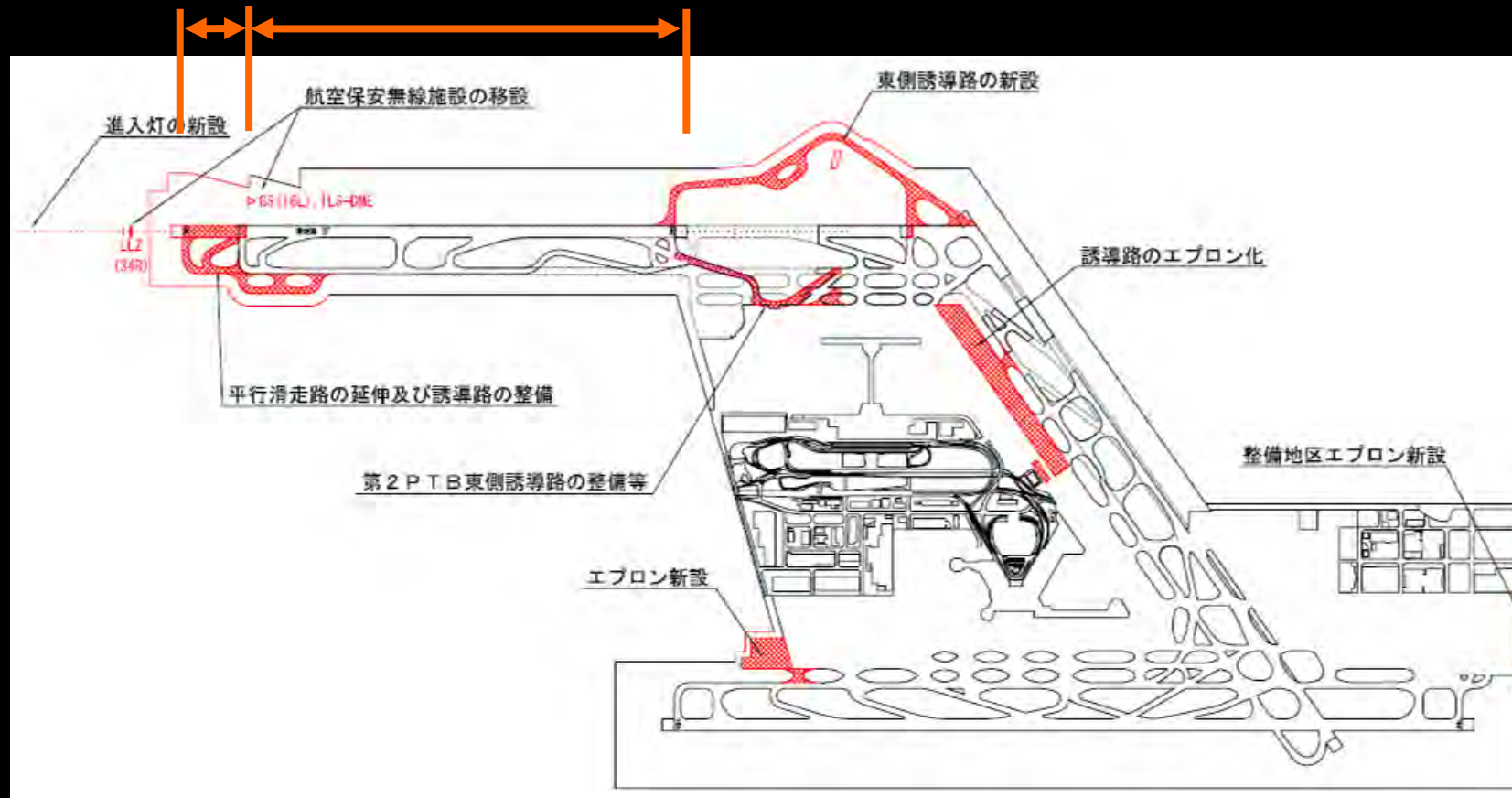


出典) 東京空港事務所

- ・多摩川の通水性確保のために河口域は栈橋構造
- ・D滑走路の制限表面の関係から東京港第1航路を付け替え

成田空港 暫定平行滑走路の北伸による容量拡大 (20→22万回/年) と30万回/年に向けた取り組み

320m延伸 暫定滑走路2,180m ⇒ 2,500m化:2009年10月22日供用開始

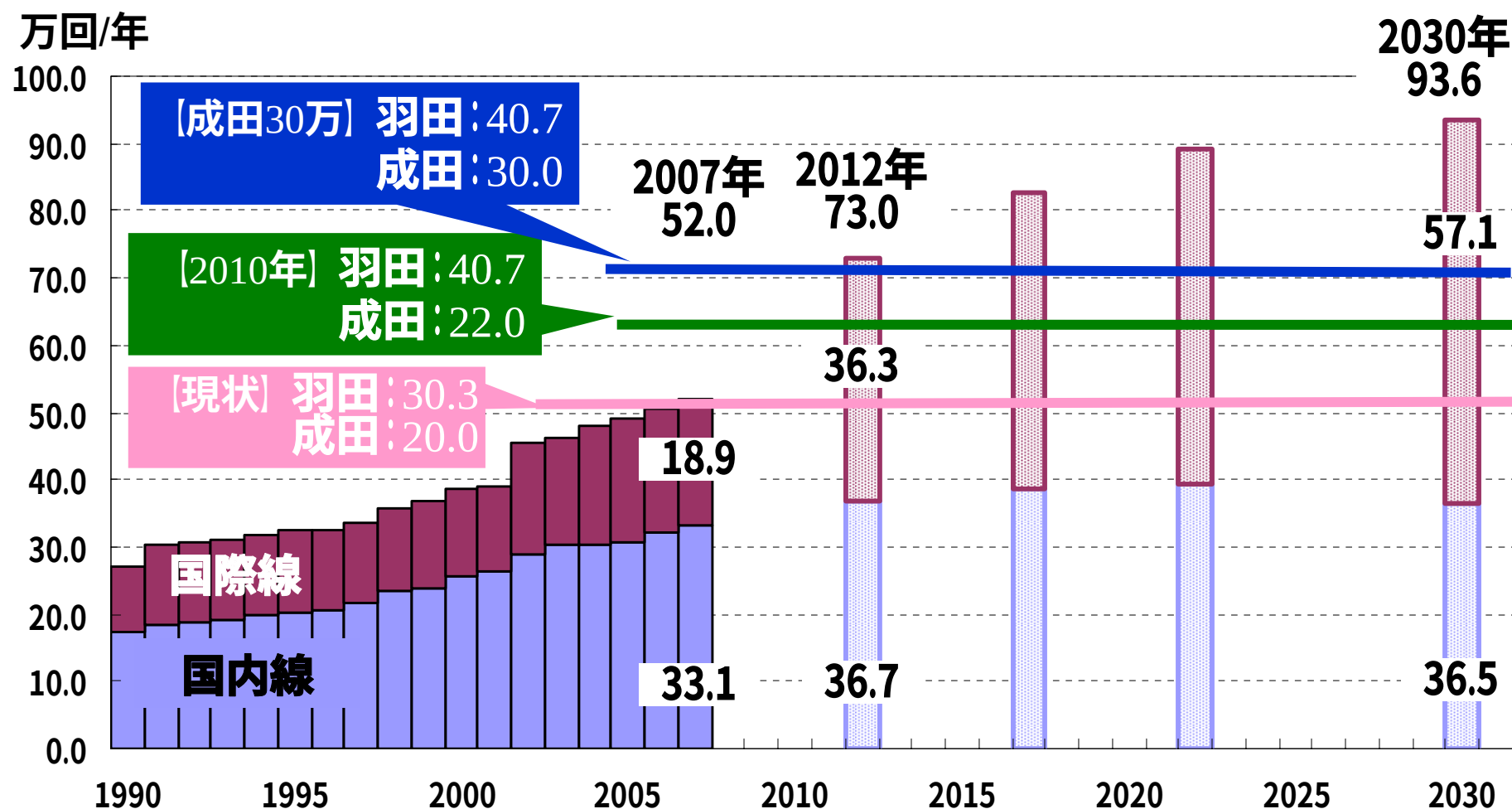


出典)
NAA

- ・現在, 22万回/年⇒30万回/年への容量拡大に向けて検討中.
- ・現在の直進飛行経路を変更せずに同時平行離陸を可能とする調査結果を提出 (国内初の試み)

首都圏の航空需要予測～年間発着回数

出典) 首都圏空港将来像
シンポジウム, 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
⇒発着回数は、数年以内に2010年の羽田成田の容量拡大を上回る

※羽田:30.3万回(現状)、40.7万回(D滑走路供用) / 成田:20.0万回(現状)、22.0万回(滑走路北伸)

羽田空港再拡張後の容量拡大方策

➤ 羽田再拡張後のストックの有効活用

⇒ 40.7万回/年の計画容量から45～46万回/年程度の容量拡大の可能性

➤ 新規滑走路整備

⇒ 旧B滑走路の活用により48～49万回/年程度；

⇒ C滑走路沖の平行滑走路により，内陸部に騒音影響はあるものの56万回/年程度；

⇒ 木更津沖滑走路により既存の羽田空港と合わせて70万回/年程度；
の容量拡大の可能性

＊詳細は後述

本日の報告

・首都圏空港将来像検討調査における容量拡大方策

- ⇒ - 長期的視点で検討
- 滑走路を中心に検討
 - 地上走行や空域における運用についての課題もあり



羽田空港の容量拡大について、滑走路処理容量に影響を与え得る短中期的な重要課題の整理と対策案を検討

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

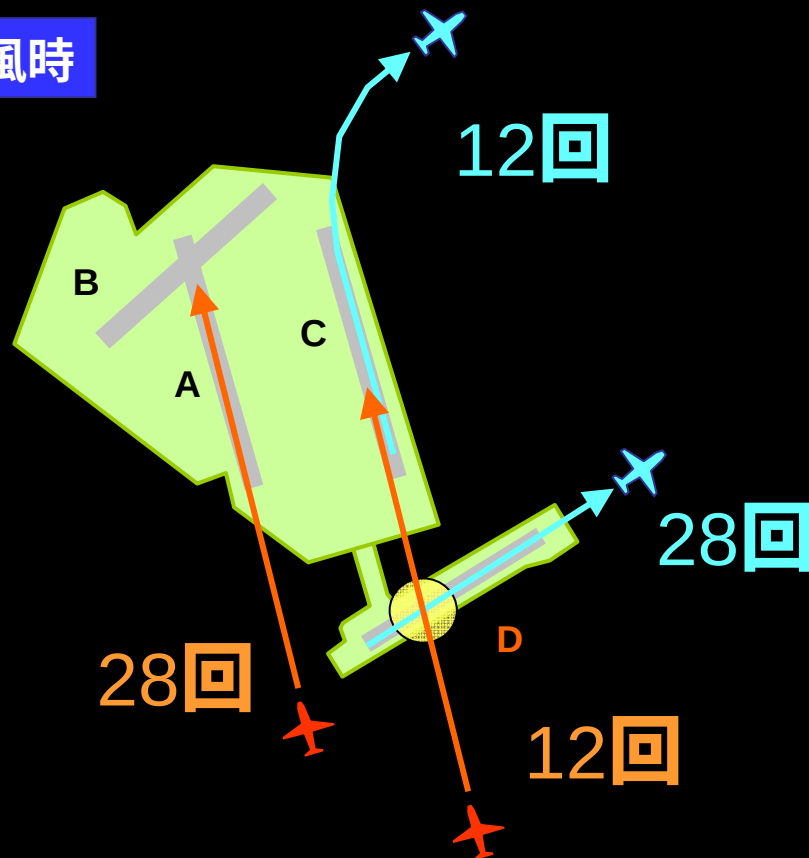
2. 羽田再拡張後の容量拡大方策 ～首都圏空港将来像検討調査における提案～

3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

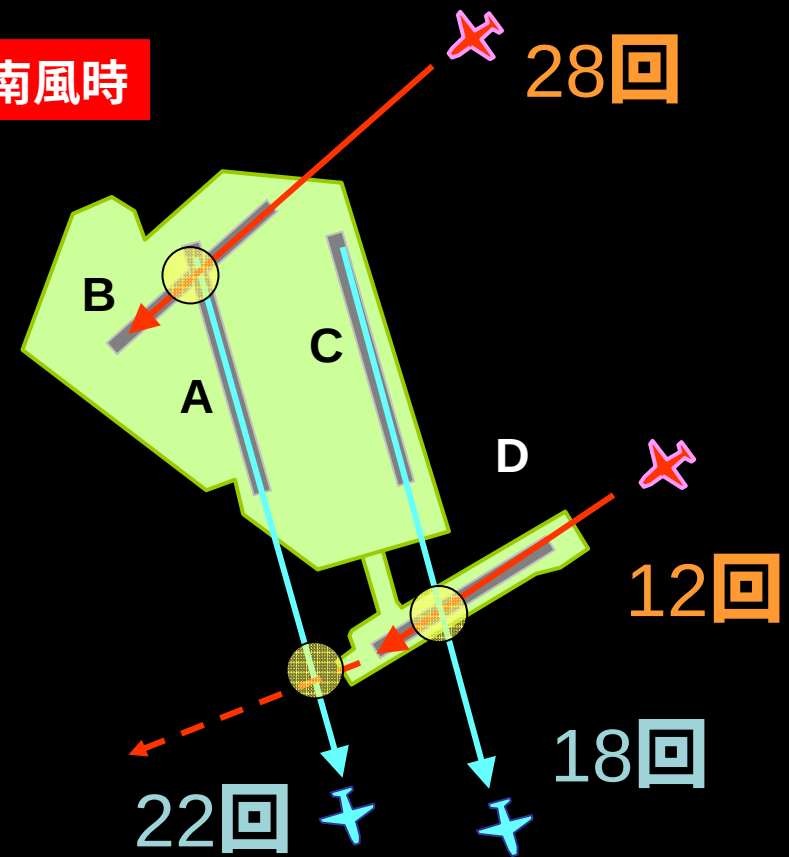
4. まとめ

再拡張後の発着回数の計画値（航空局公表）

北風時



南風時



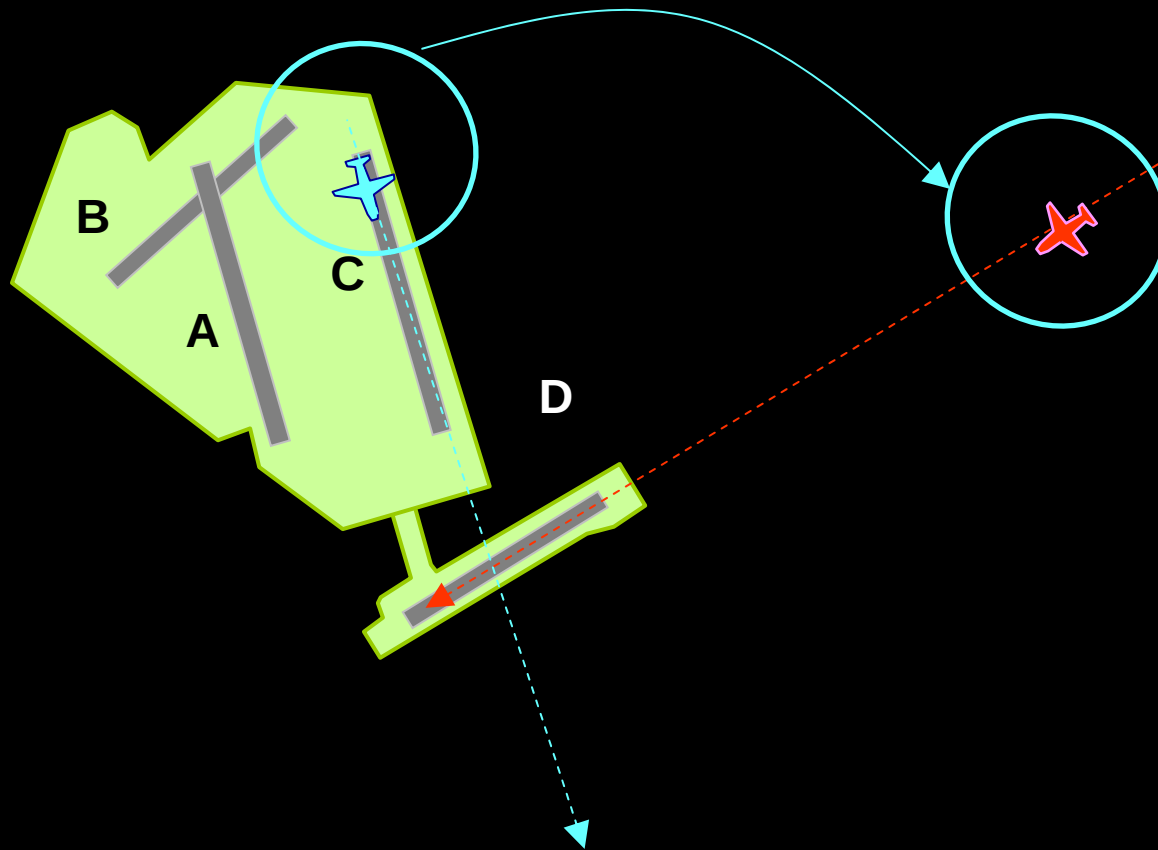
南風時の制約が多い

- 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

交差する滑走路からの離着陸

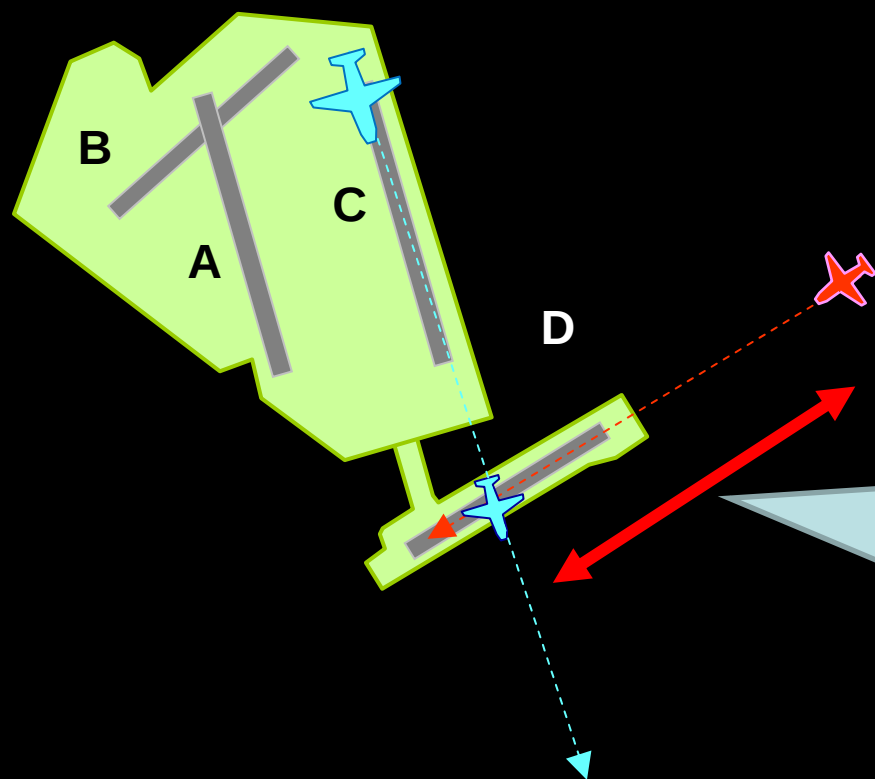
～羽田再拡張後のC滑走路とD滑走路の例～

**着陸機が近づき過ぎていない (離陸後、
最接近したときに最低安全間隔を切ら
ない) ことを確認して離陸を許可**



交差する滑走路からの離着陸

～羽田再拡張後のC滑走路とD滑走路の例～



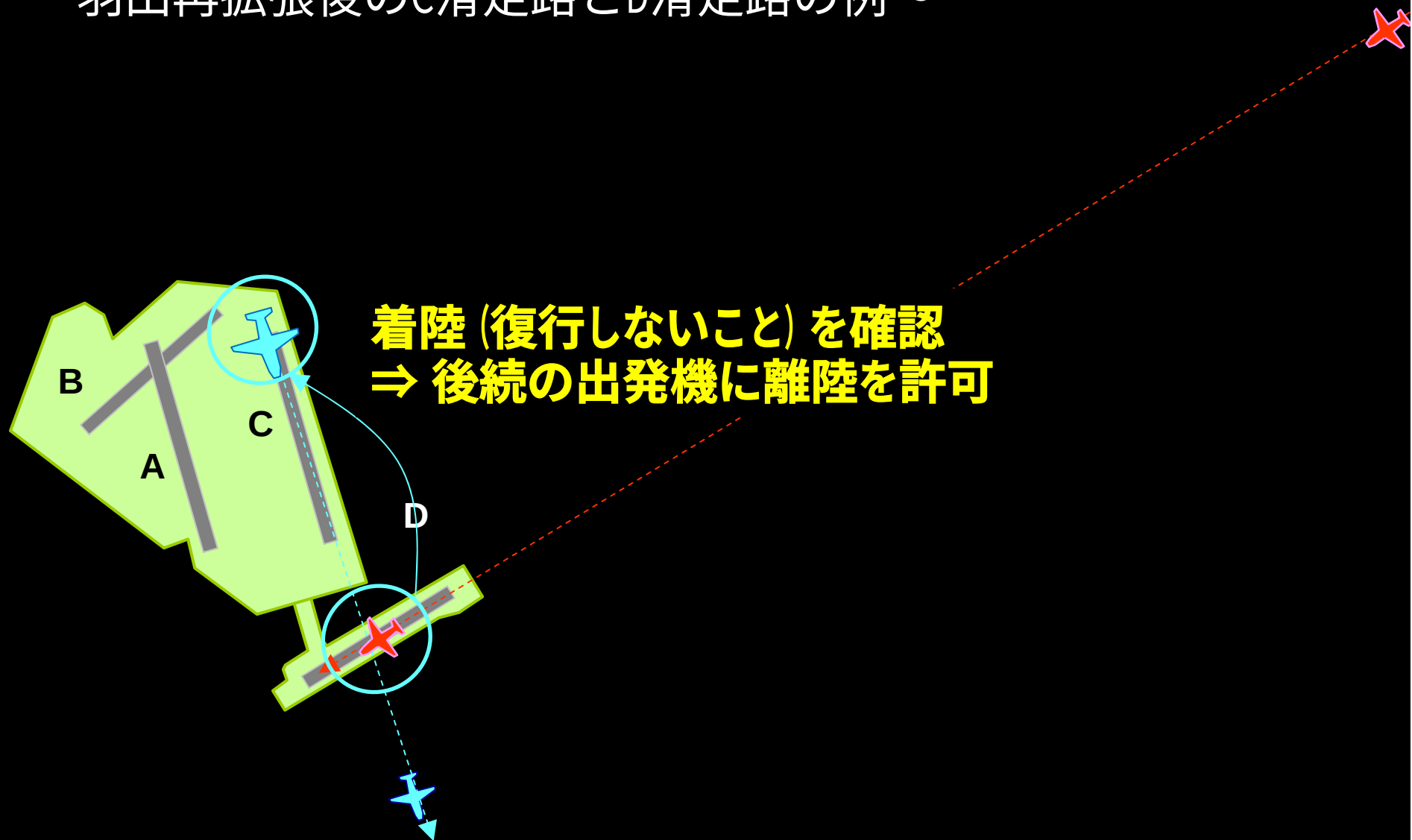
離着陸機間のレーダー間隔：
最低2NM

(機種に因らない一律の間隔)

* 最接近地点は速度等の仮定から別途詳細に検討

交差する滑走路からの離着陸

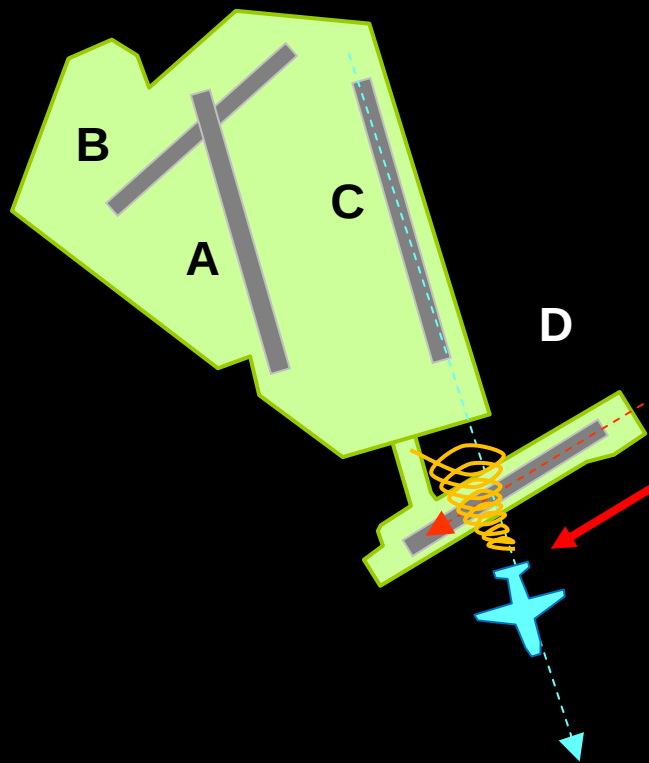
～羽田再拡張後のC滑走路とD滑走路の例～



交差する滑走路からの離着陸

～羽田再拡張後のC滑走路とD滑走路の例～

**大型機の離陸後に着陸すると
間隔設定上、非効率**



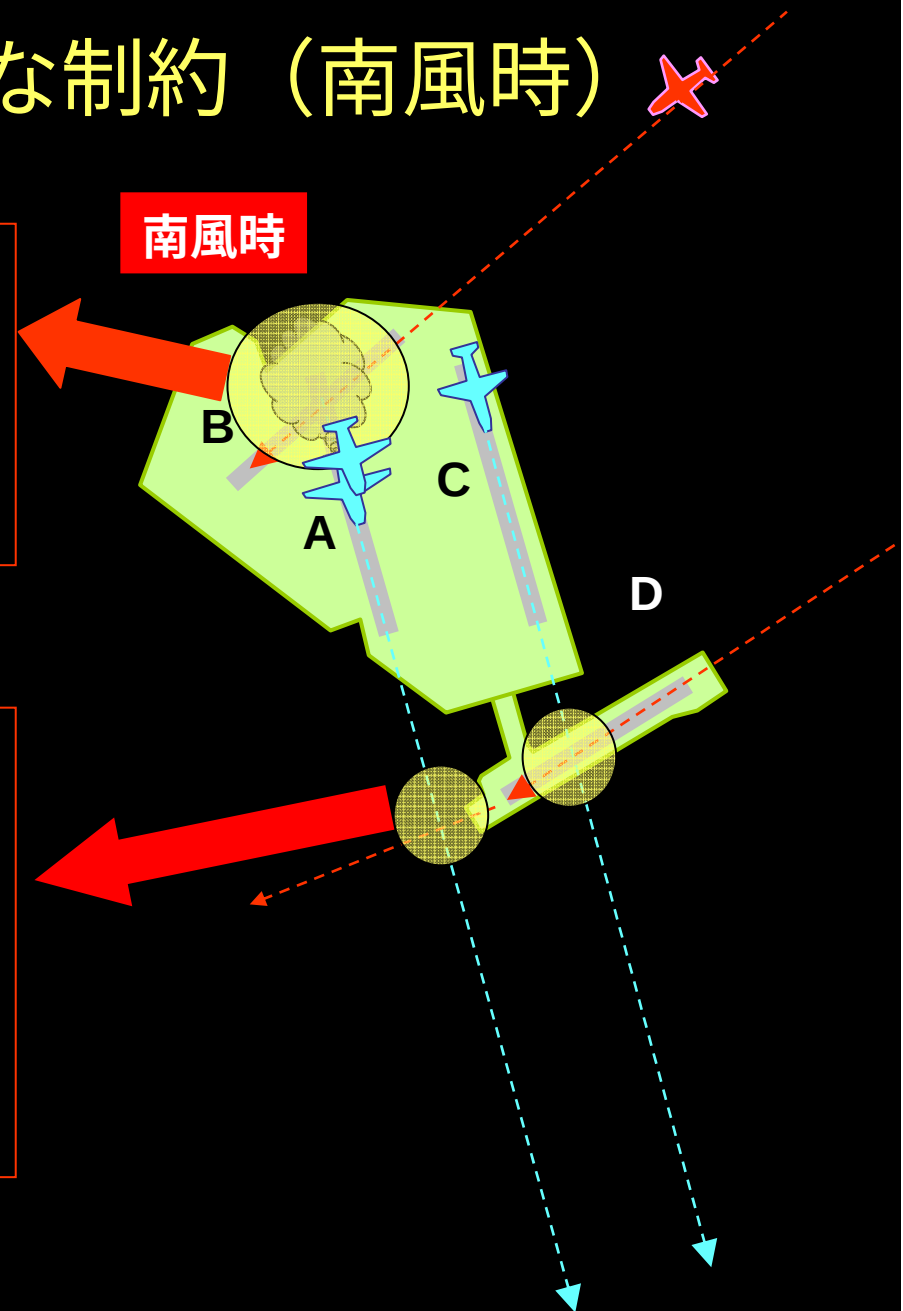
先行離陸機が大型機の場合
⇒後方乱気流間隔:最低4~6NM or
2分 (大型機 (Heavy) の後は大
きな間隔が必要)

**離陸を連続させる場合は、2機目を中小型機
(Medium機) にした方が効率的**

再拡張後の管制運用の主な制約（南風時）

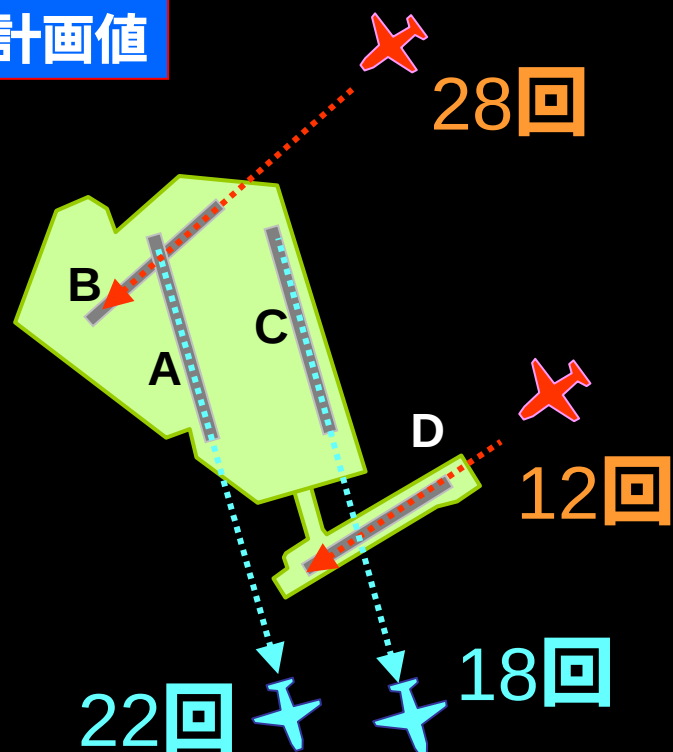
① A滑走路からの離陸機のブラストの影響がB滑走路への着陸機に影響
⇒ A滑走路への離陸許可を発出するときにB滑走路への着陸機の位置確認が必要
(A滑走路を南にずらすことで解消)

② A・C滑走路の離陸機とD滑走路への着陸機の上に飛行中の安全間隔が必要. 特にC滑走路からの大型機 (Heavy機) の後には後方乱気流の影響で大きな間隔が必要
(D滑走路着陸に先行するC滑走路離陸機はMedium機が良い)



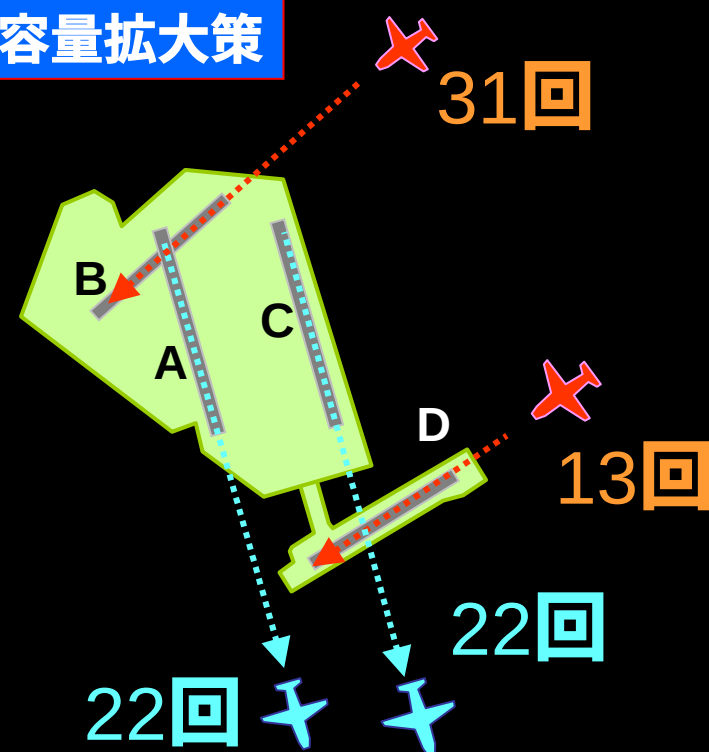
① 管制運用の高度化による容量拡大

計画値



40.7万回／年

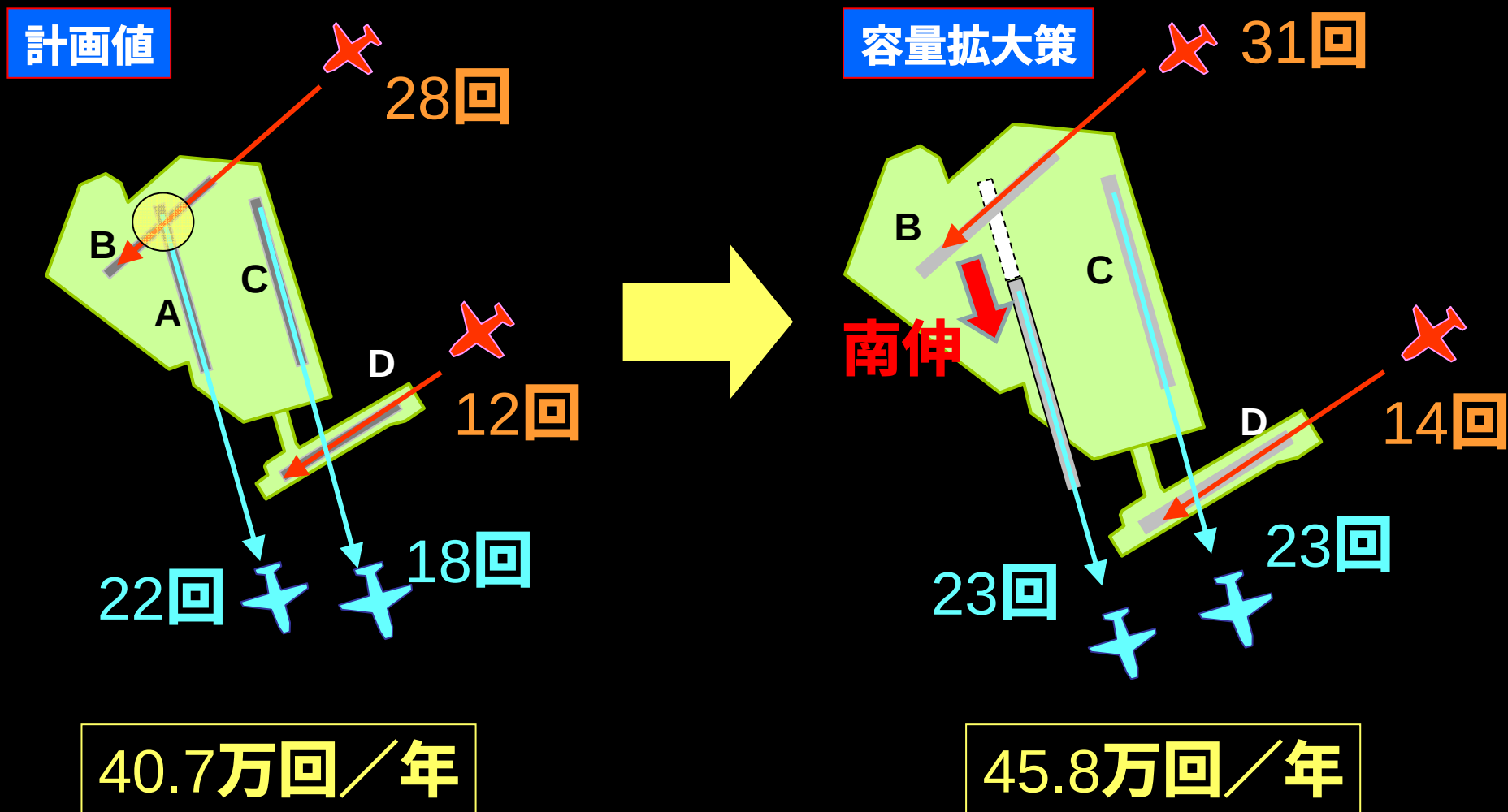
容量拡大策



44.7万回／年

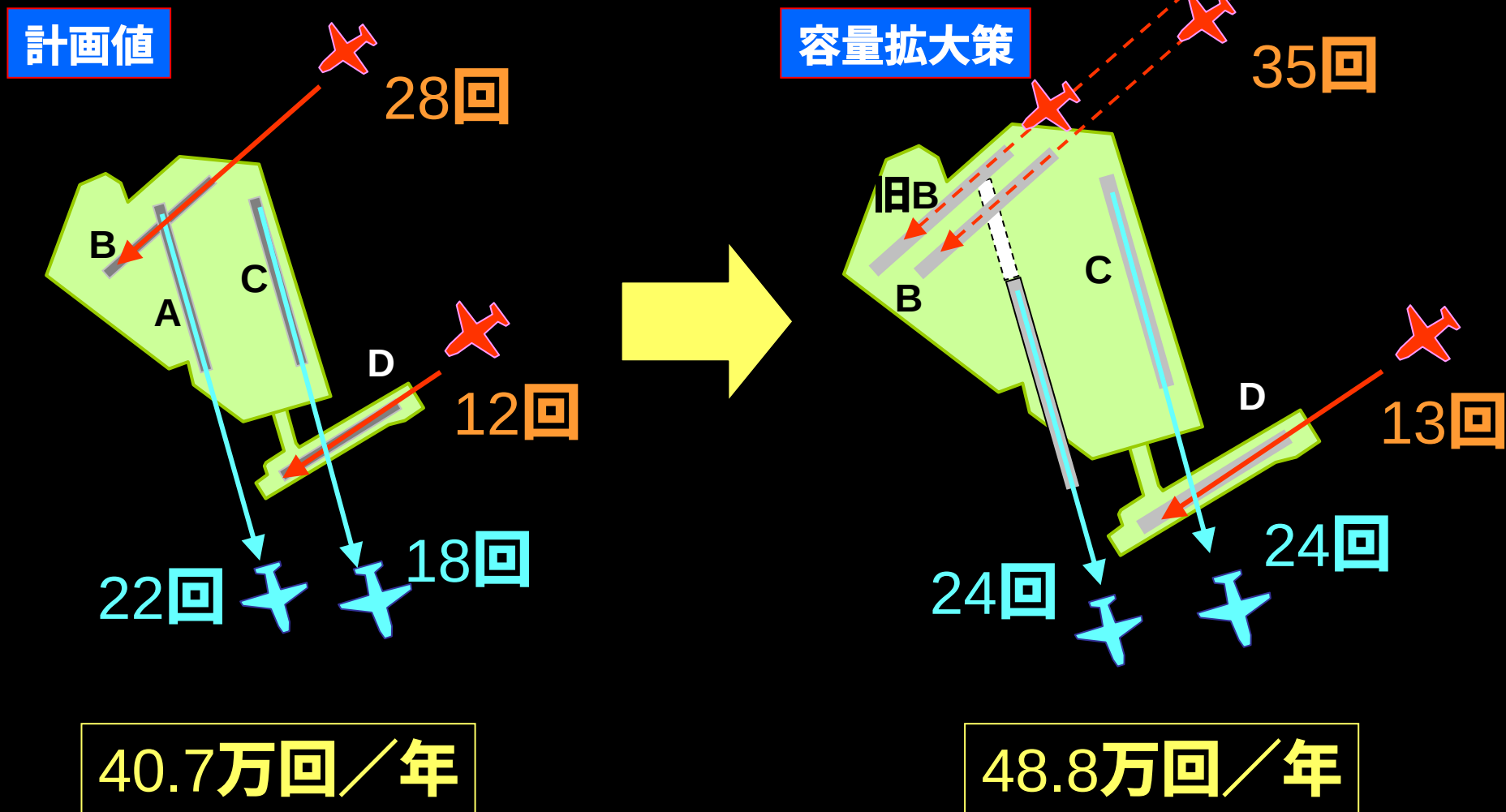
＊離陸機の戦略的順序付けを実施

② A滑走路の南側延伸（南伸）による容量拡大



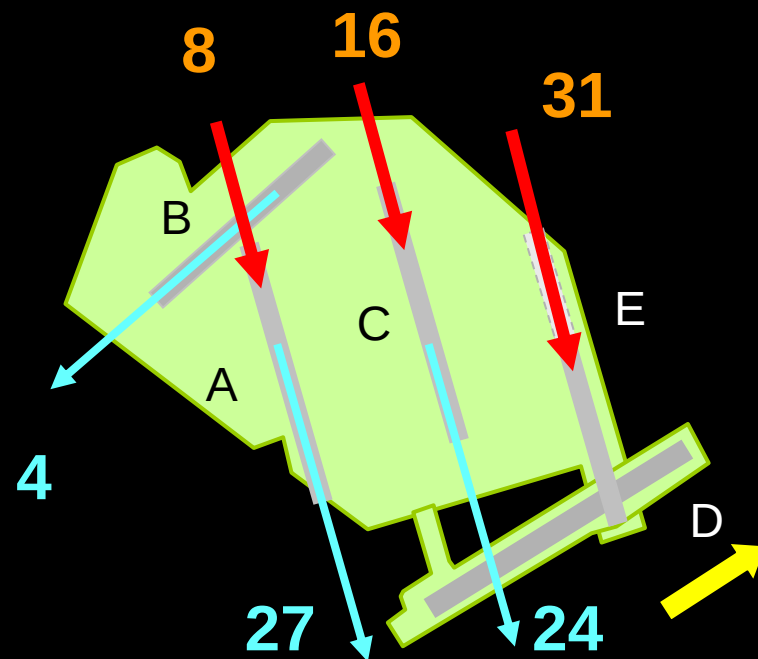
＊A滑走路を南側に延伸し，B滑走路との従属性を解消．地上走行の円滑化の効果も期待．

③ 旧B滑走路の再活用による容量拡大



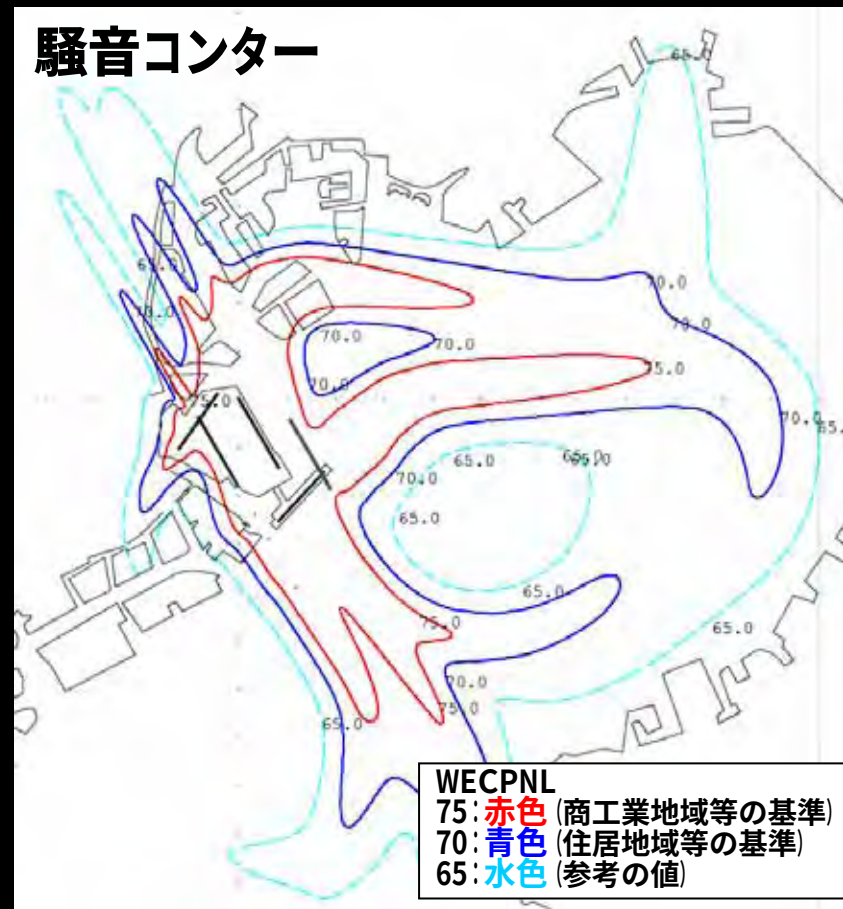
*旧BとB滑走路を交互着陸運用

④ C滑走路平行滑走路整備



56.0万回／年

騒音コンター



- *C滑走路沖にオープンパラルルの平行滑走路を整備
- *D滑走路も沖合いに延伸 (北風時用)
- *東京・神奈川上空ルートを活用 (環境基準内に発着回数を制限)

羽田空港再拡張後の容量拡大方策～まとめ （再掲）

➤ 羽田再拡張後のストックの有効活用

⇒ 40.7万回/年の計画容量から45～46万回/年程度の容量拡大の可能性

➤ 新規滑走路整備

⇒ 旧B滑走路の活用により48～49万回/年程度；

⇒ C滑走路沖の平行滑走路により，内陸部に騒音影響はあるものの56万回/年程度；

⇒ 木更津沖滑走路により既存の羽田空港と合わせて70万回/年程度；
の容量拡大の可能性

主な課題

(1) D滑走路の位置, 新国際線ターミナルなどが滑走路を挟み分散配置

⇒ 地上走行の長距離化, 滑走路横断の頻発

(2) 国際化 (路線の長距離化), 深夜時間帯利用の進展

⇒ 長い滑走路や騒音軽減に対するニーズ, 到着遅れや早着の拡大

(3) 限られた空域における処理の効率化のための方面別滑走路運用

⇒ 滑走路使用やダイヤ設定に制約 (容量拡大にも影響)

(4) 騒音軽減のための高度引き上げ

⇒ 最終進入中の管制運用に影響

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

2. 羽田再拡張後の容量拡大方策 ～首都圏空港将来像検討調査における提案～

3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

4. まとめ

3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

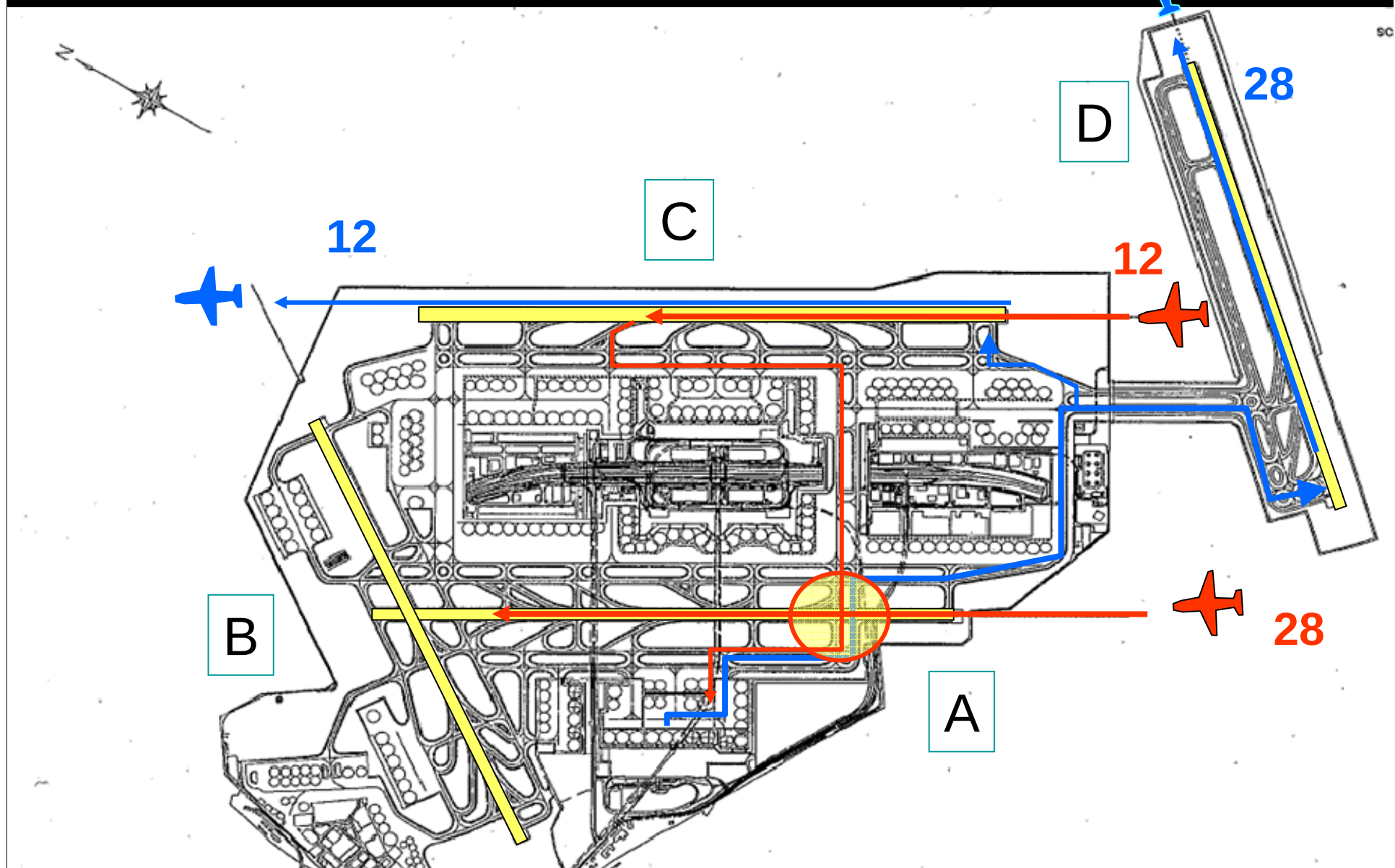
(1) 地上走行 (滑走路横断) とA滑走路の南伸

**(2) 深夜便の発着制限およびC/Dランの従属性緩和
～D滑走路の延伸**

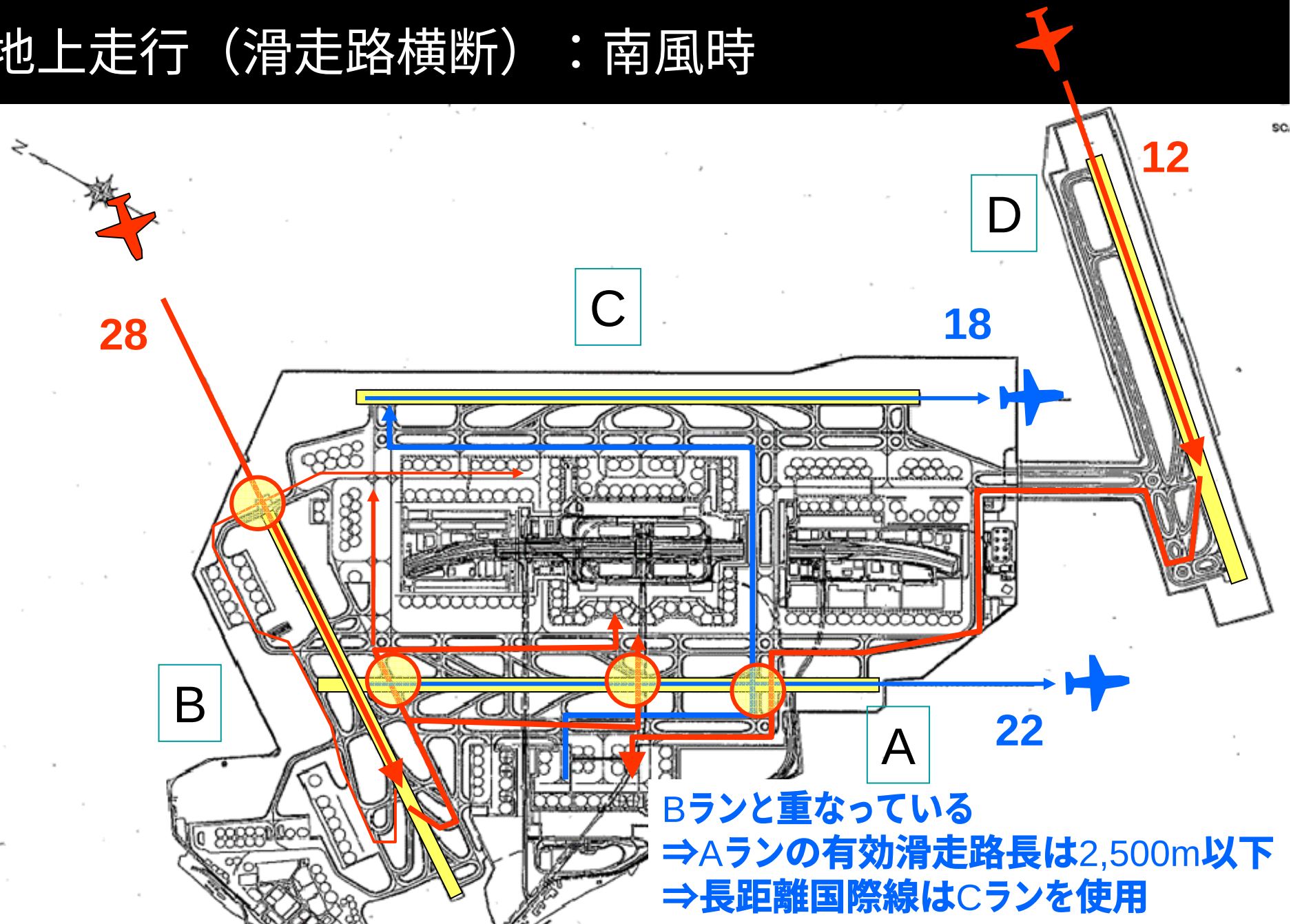
(3) 方面別滑走路

(4) 内陸通過最低高度の引き上げ・空域再編の影響

地上走行（滑走路横断）：北風時



地上走行（滑走路横断）：南風時



滑走路横断の影響

➤ 離着陸に使用中の滑走路に誤進入するリスク

⇒ 現在、滑走路状態表示灯システムや地上走行支援用の灯火システムに関する研究開発を実施中。

⇒ - 完全には防げない。

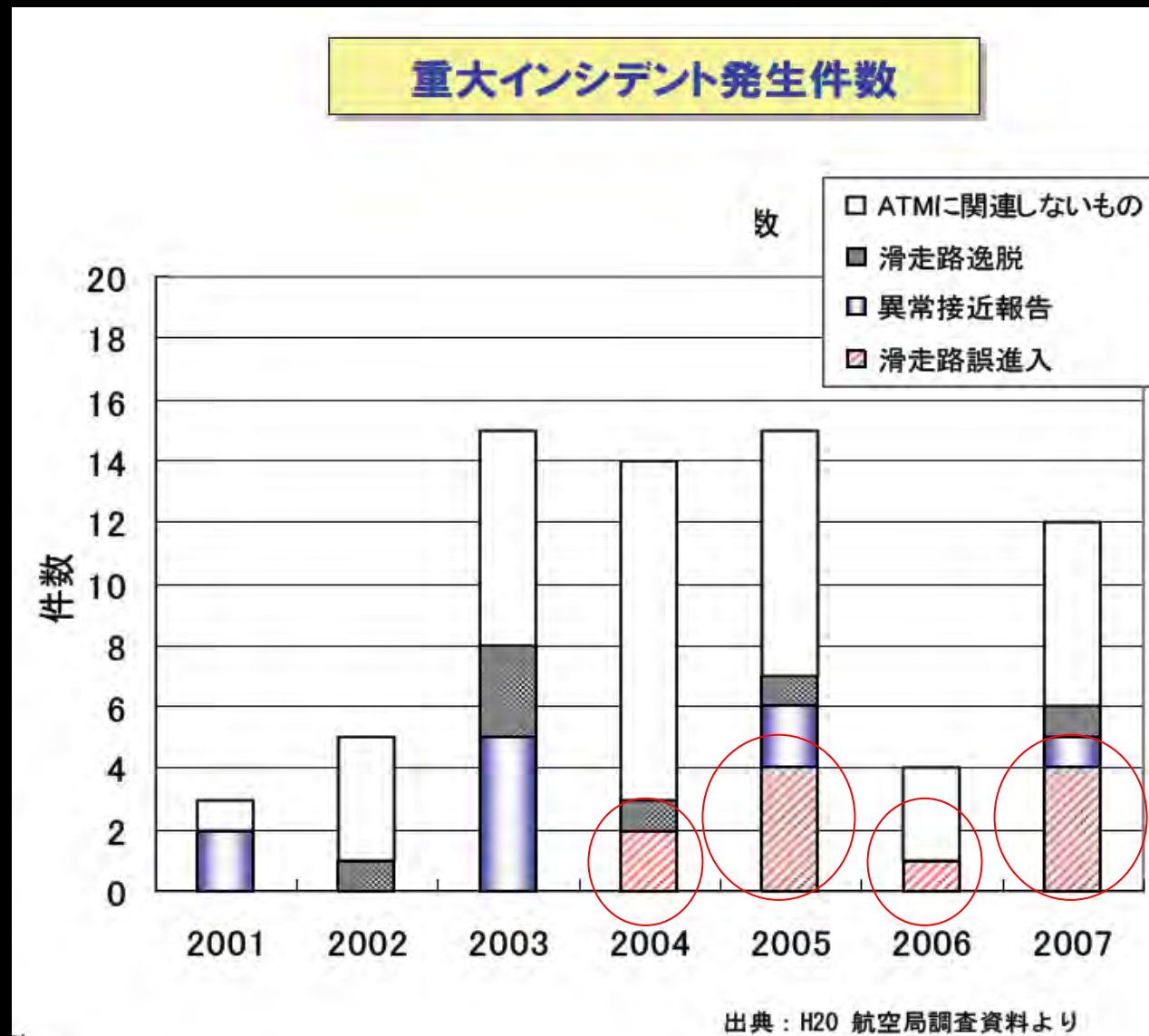
- 滑走路横断の判断や指示などの管制負担は残る
(複雑になる離着陸機の処理に集中できた方がよい)

➤ 離着陸の処理容量に影響する可能性

⇒ 通常1分程度あれば十分滑走路横断が可能と思われるが、横断頻度が増えたり、管制指示に対するレスポンス遅れ (特に外航) や低視程状態などがあったりすると、処理容量等に影響しうる

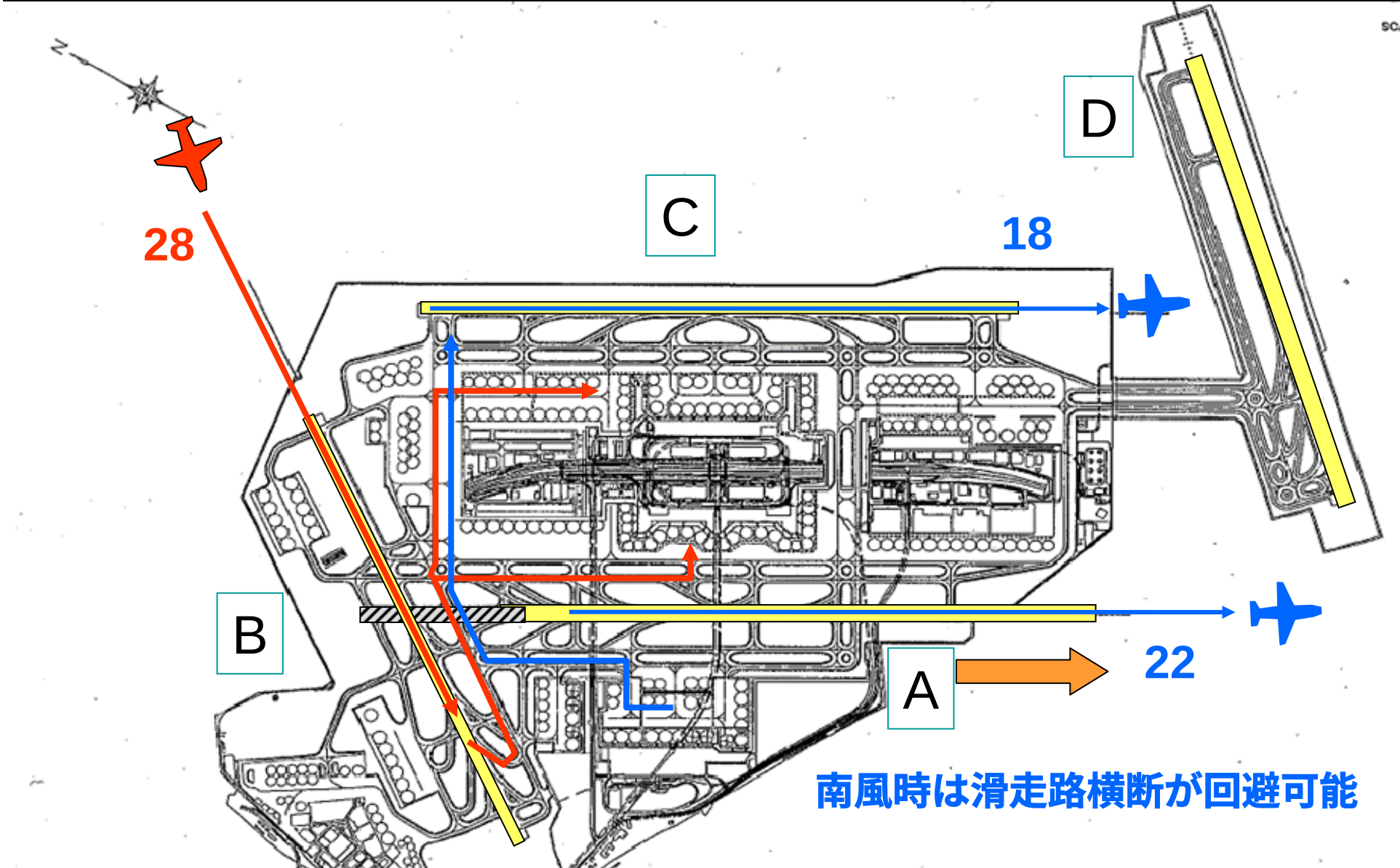
➤ 地上走行時間への影響

(参考わが国の重大インシデント発生件数

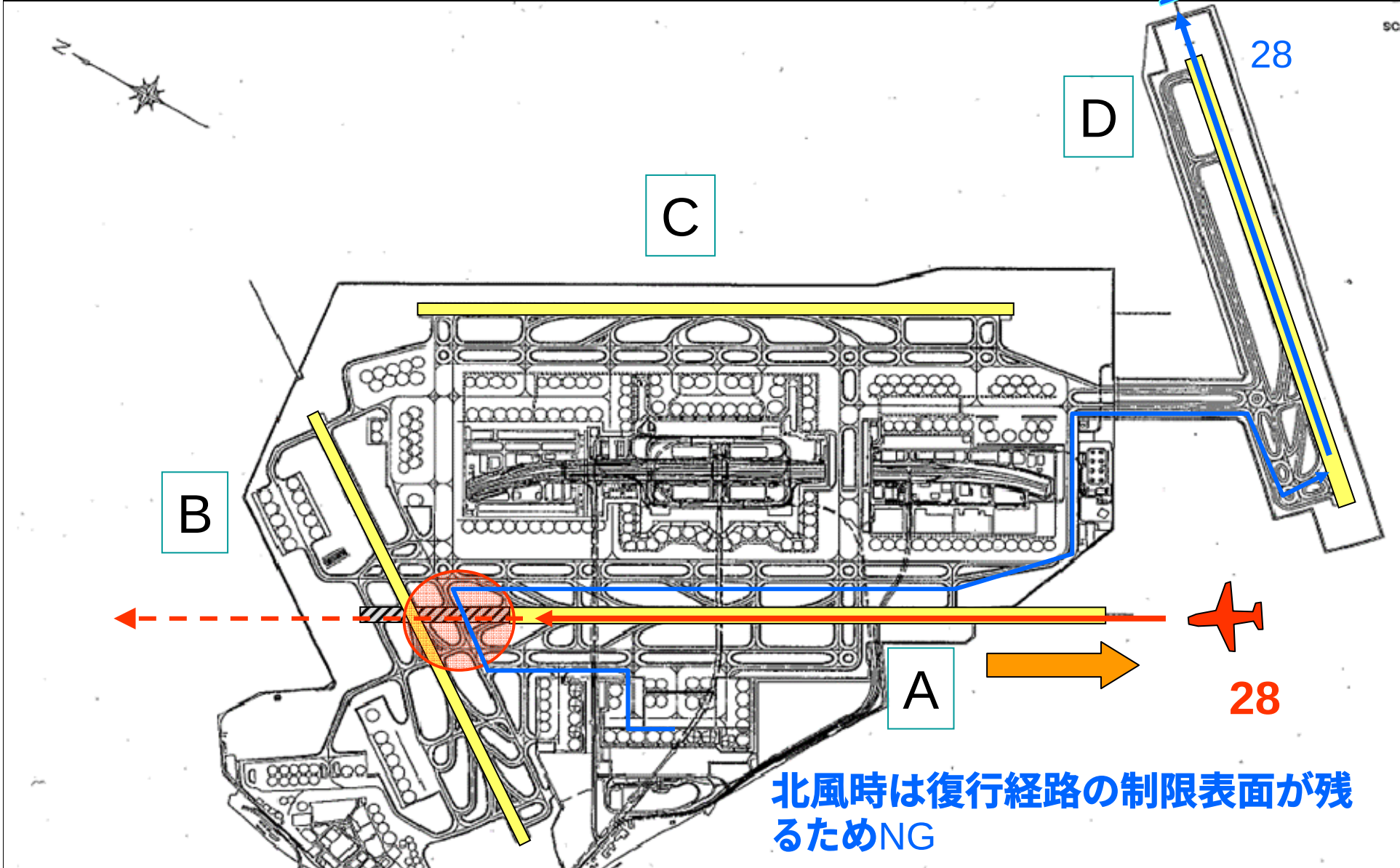


出典)
航空局

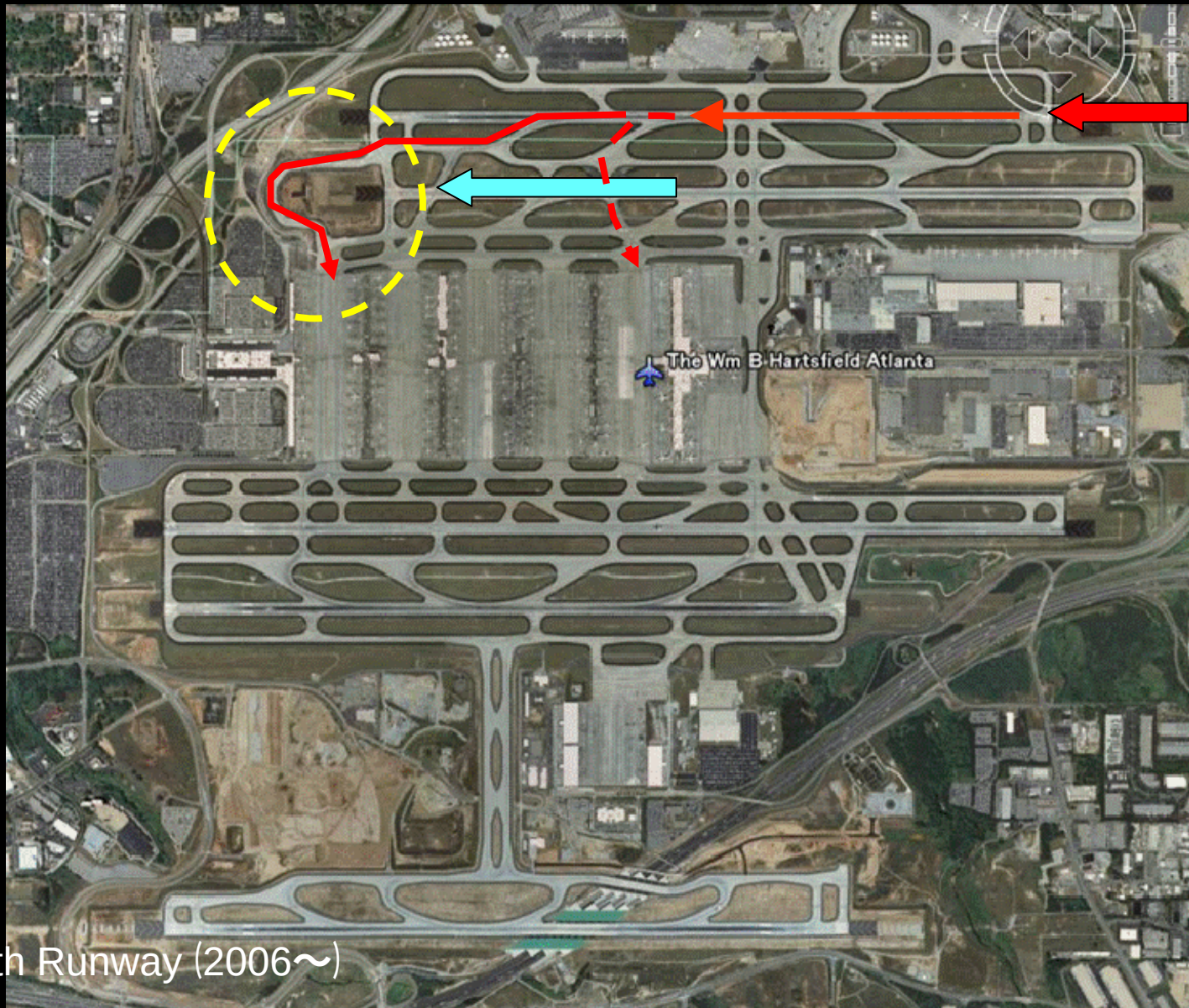
Aランの南伸時 (南風時)



Aランの南伸時（北風時）



ATLANTA Taxiway V (滑走路横断の効率化)



5th Runway (2006~)

ATLANTA Taxiway V (滑走路横断の効率化)

Taxiway V

Since our end-around taxiway came on line in April, it has improved Airport efficiency and reduced flight delays. Taxiway V, as it is called, is the only one of its kind in the United States and saves airlines approximately \$27 million a year in fuel costs by routing aircraft around the end of Runway 8R, thus reducing holding time for clearance due to intersecting aircraft traffic.



Aerial view of Taxiway V

出典) アトランタ空港提供資料

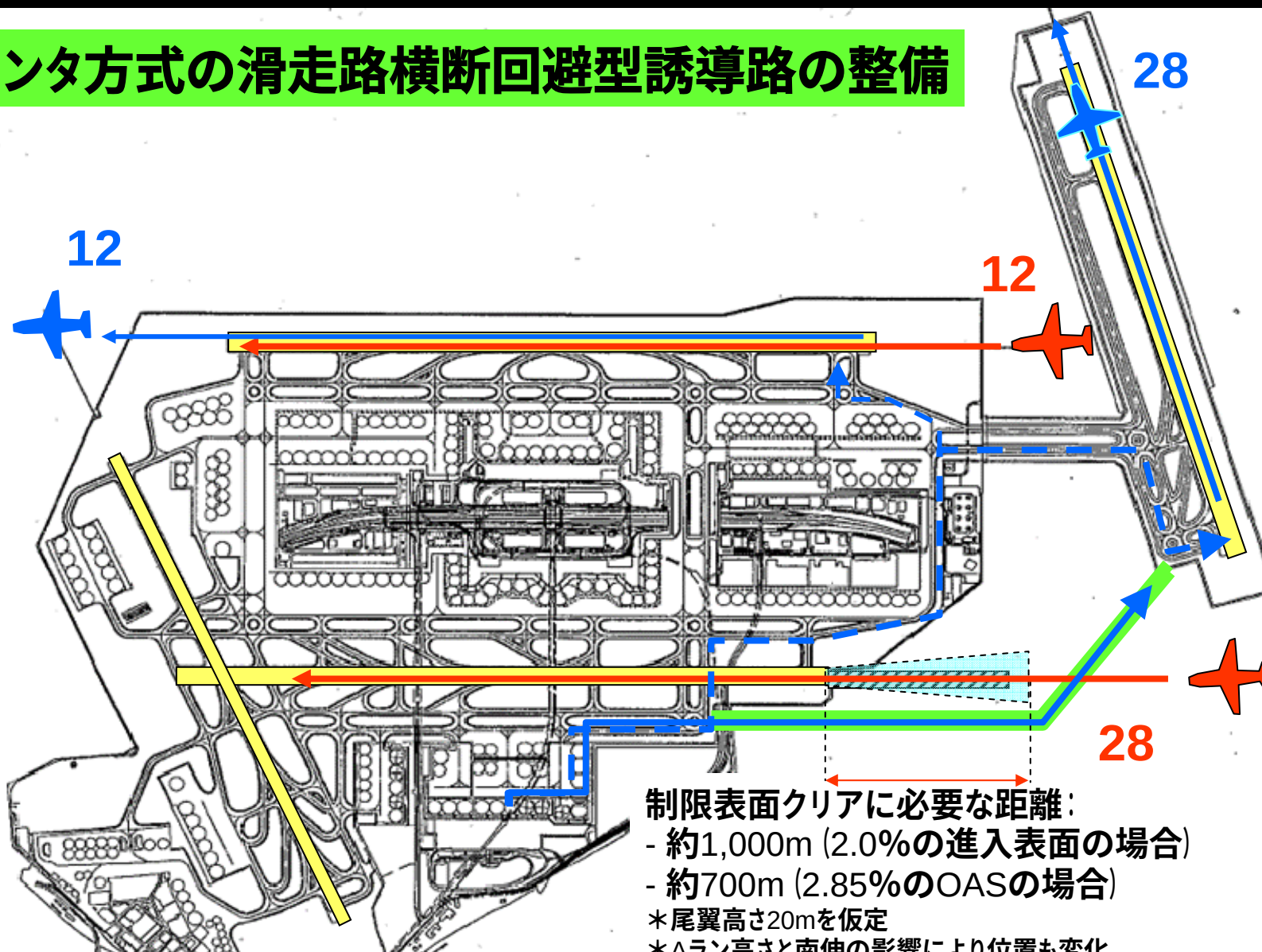
***2% (1/50) の制限表面を想定すれば交差部で約18mのクリアランス**

ATLANTA Taxiway V (滑走路横断の効率化)



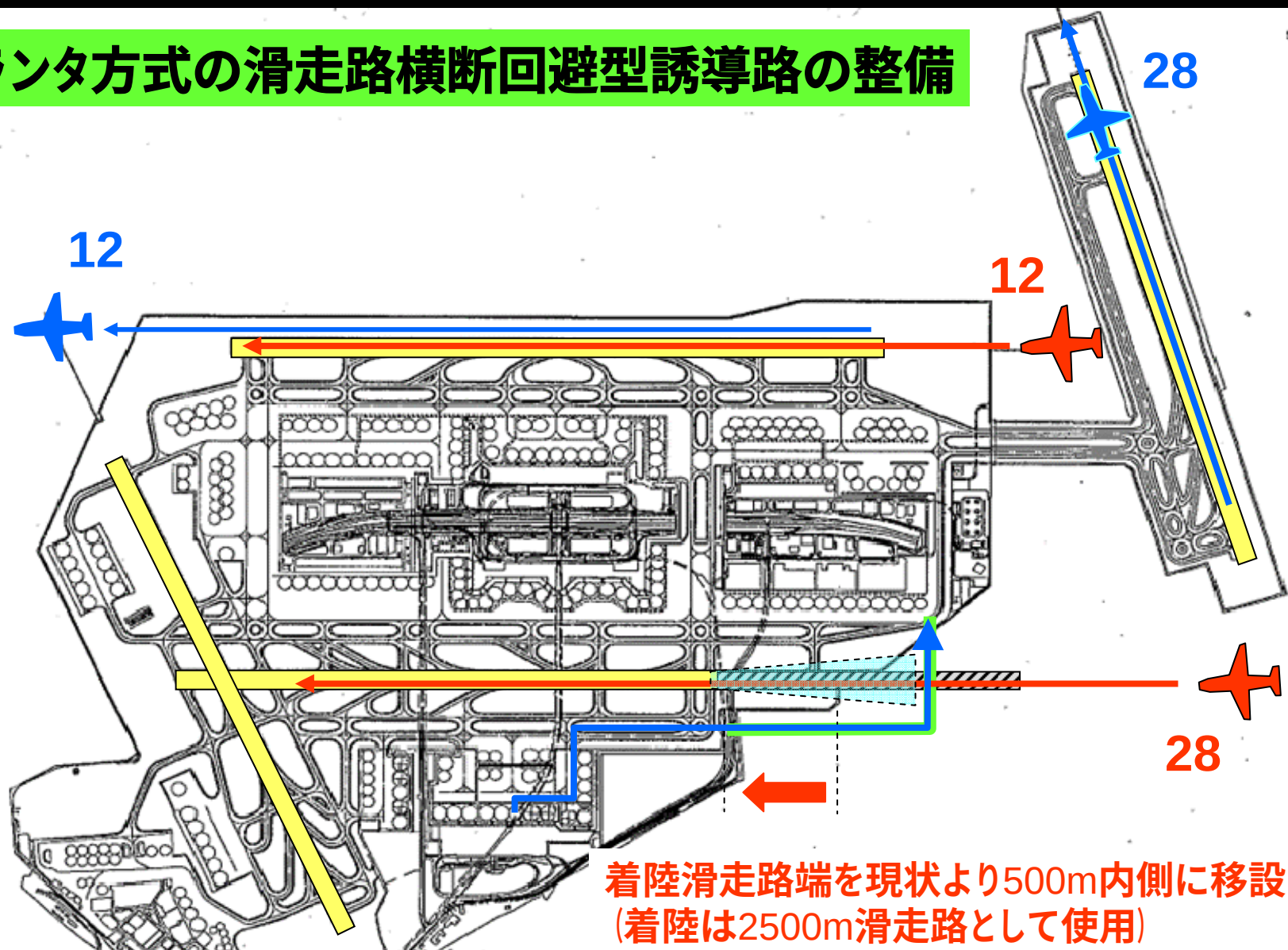
地上走行（滑走路横断）：新規誘導路

アトランタ方式の滑走路横断回避型誘導路の整備



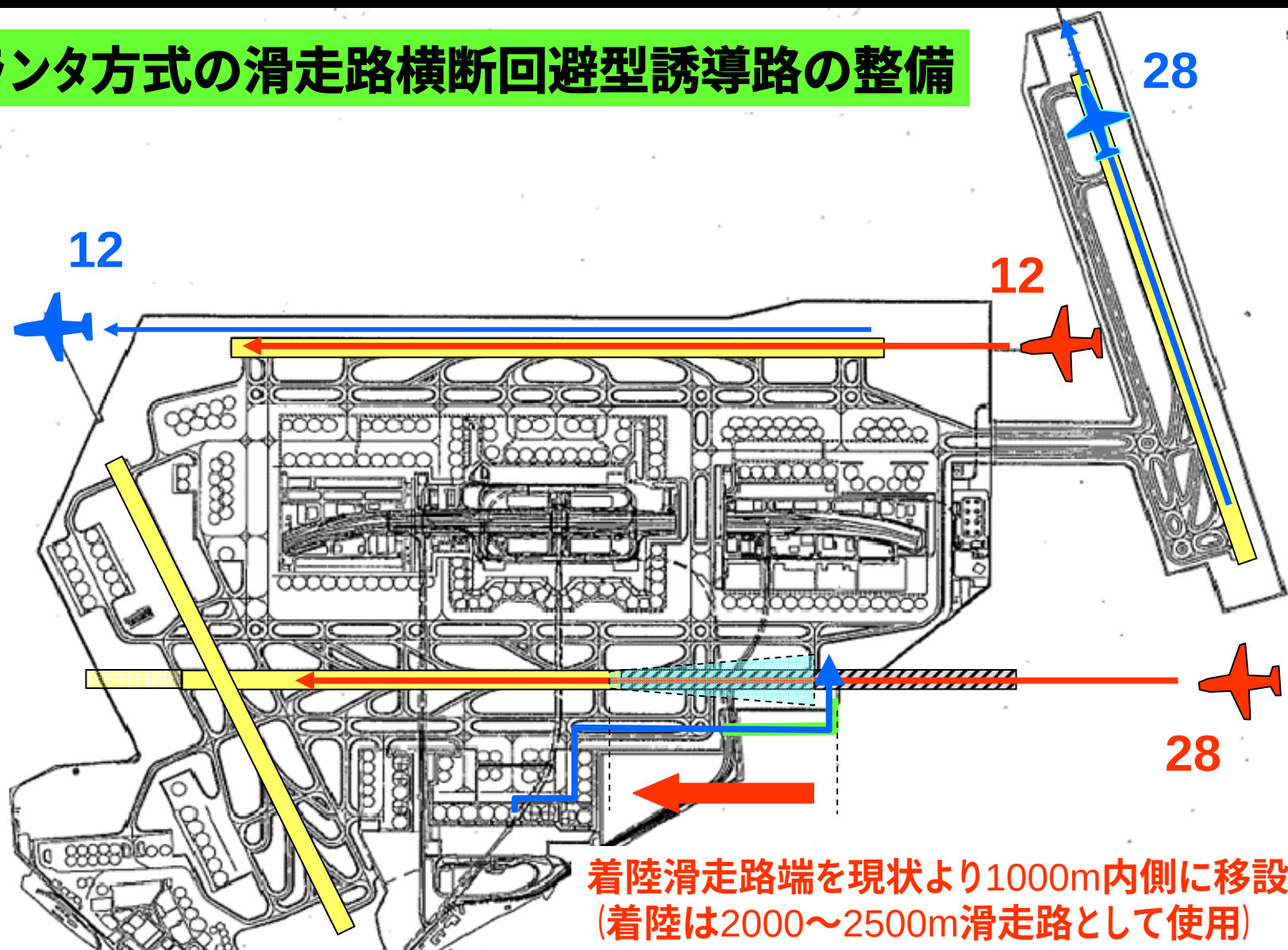
地上走行（滑走路横断）：新規誘導路

アトランタ方式の滑走路横断回避型誘導路の整備

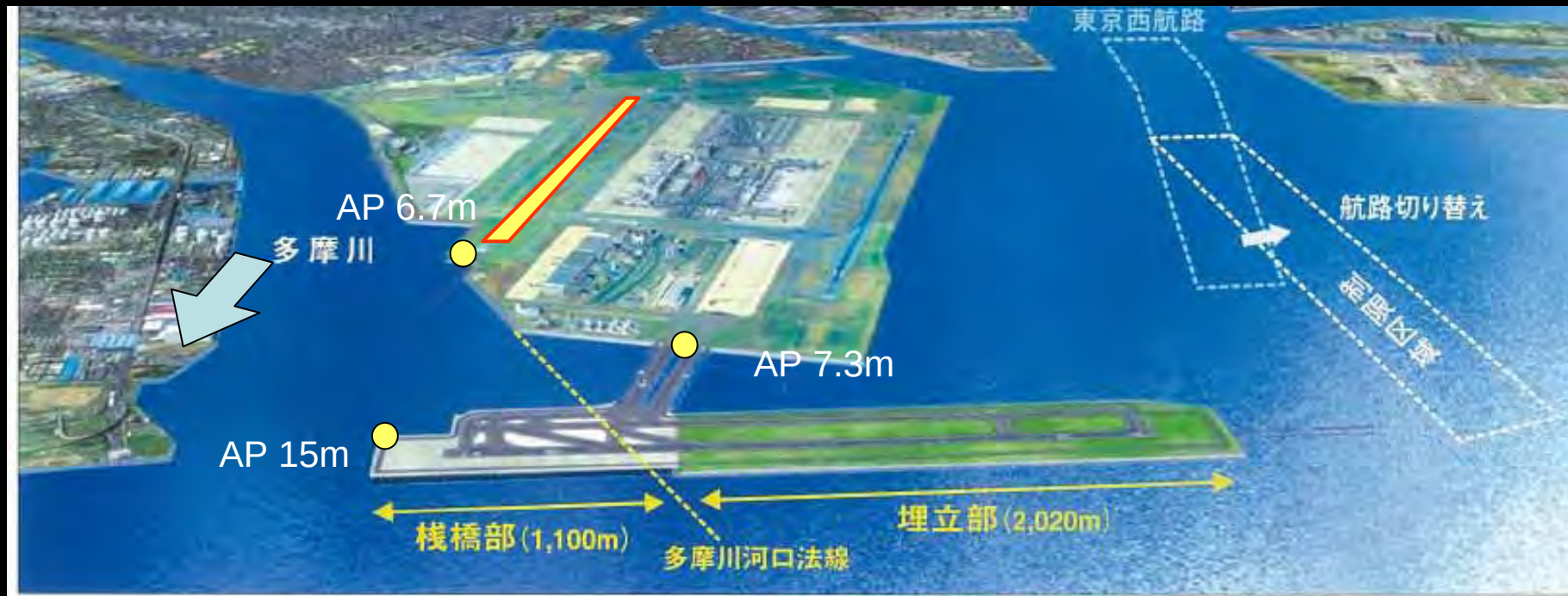


地上走行（滑走路横断）：新規誘導路

アトランタ方式の滑走路横断回避型誘導路の整備



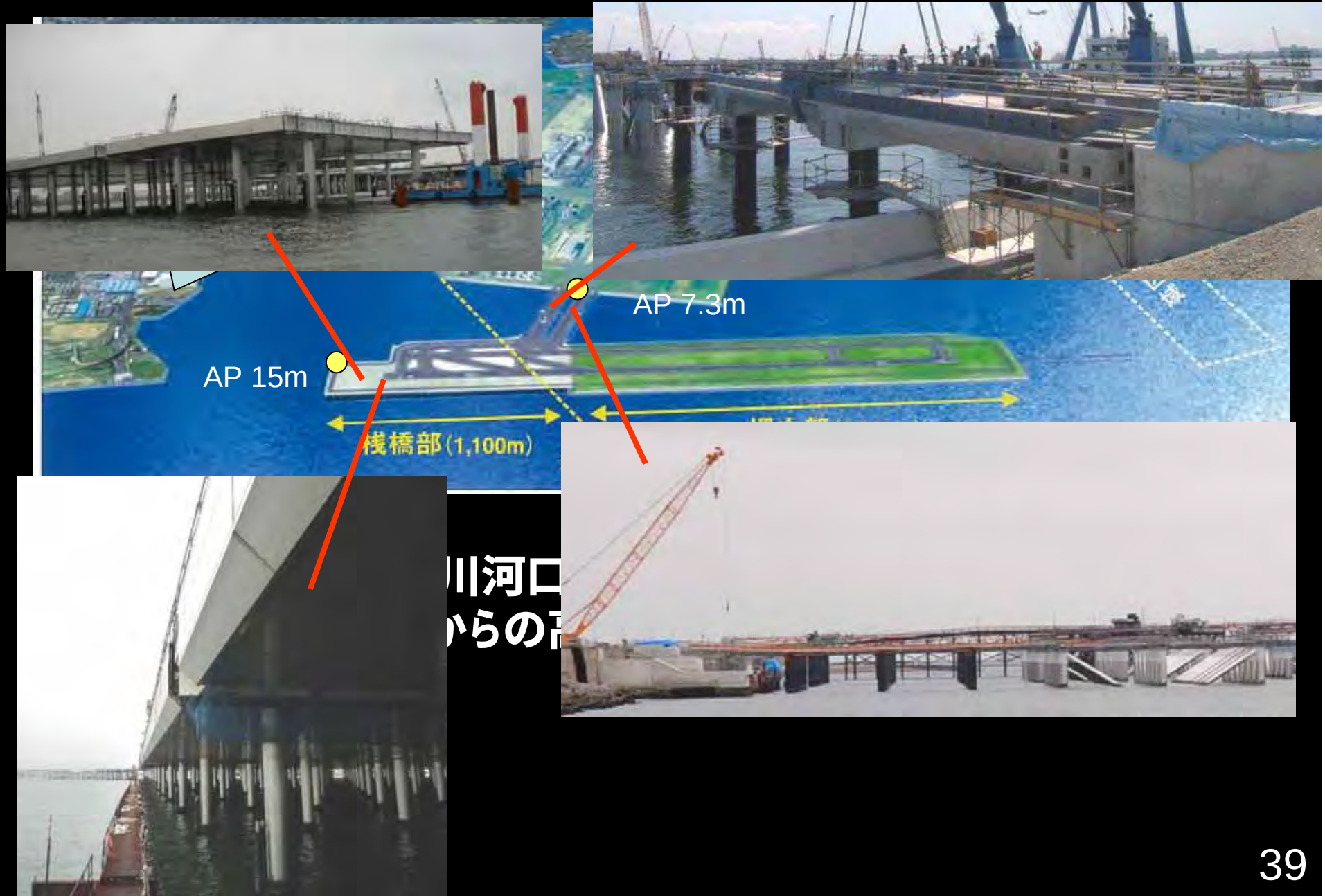
A滑走路の南伸 ～構造上の問題



出典) 東京空港事務所

- ・A滑走路南側は多摩川河口域⇒栈橋方式 (埋立可能であれば問題なし)
- ・Aラン南伸部の海面からの高さが低く, 水深の関係などから波高も高い ⇒揚圧力が課題

A滑走路の南伸 ～構造上の問題



A滑走路の南伸～構造上の問題に対する幾つかの考察

- ・ **南伸部は離陸専用**でよく、延伸部の使用は離陸を中止した場合（頻度は少ない）⇒着陸がない分、強度は要らない？荷重は離陸機が大）
- ・ 繰り返し荷重が少ないなどの条件から**強度を小さくできるのであれば、極力構造物を薄くし、海面とのクリアランスをとることで揚圧力を軽減**する。
- ・ **高潮の影響を受けない構造**にする（高潮の揚圧力を逃がす空隙を作る。浮体構造の応用（下部工（鋼管）と床版が揚圧力により引き抜けるようにする。など））
- ・ 延伸部に影響を及ぼすほどの高潮の頻度が非常に小さい場合、極論では壊れてもよしとする（高潮のときは滑走路は使用しない）⇒これで強度がさらに小さくできれば構造物を簡素化。
- ・ 延伸部の**高さを縦断勾配をつけて上げる**
- ・ **A滑走路の南伸は前述の専用誘導路の必要性、設計とともに検討したほうがよい。**

A滑走路の南伸～構造上の問題に対する考え方

- ・ **南伸部は離陸専用**でよく、延伸部の(頻度は少ない)⇒着陸がない分、強機が大)
- ・ 繰り返し荷重が少ないなどの条件があれば、**極力構造物を薄くし、海面との力を軽減する。**
- ・ **高潮の影響を受けない構造にする**(高潮の揚圧力を逃がす工法を作る。浮体構造の応用(下部工(鋼管)と床版が揚圧力により引き抜けるようにする。など))
- ・ 延伸部に影響を及ぼすほどの高潮の頻度が非常に小さい場合、極論では壊れてもよしとする(高潮のときは滑走路は使用しない)⇒これで強度がさらに小さくできれば構造物を簡素化。
- ・ 延伸部の**高さを縦断勾配をつけて上げる**
- ・ **A滑走路の南伸は前述の専用誘導路の必要性、設計とともに検討したほうがよい。**



3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

- (1) 地上走行 (滑走路横断) とA滑走路の南伸
- (2) 深夜便の発着制限およびC/Dランの従属性緩和
～D滑走路の延伸
- (3) 方面別滑走路
- (4) 内陸通過最低高度の引き上げ・空域再編の影響

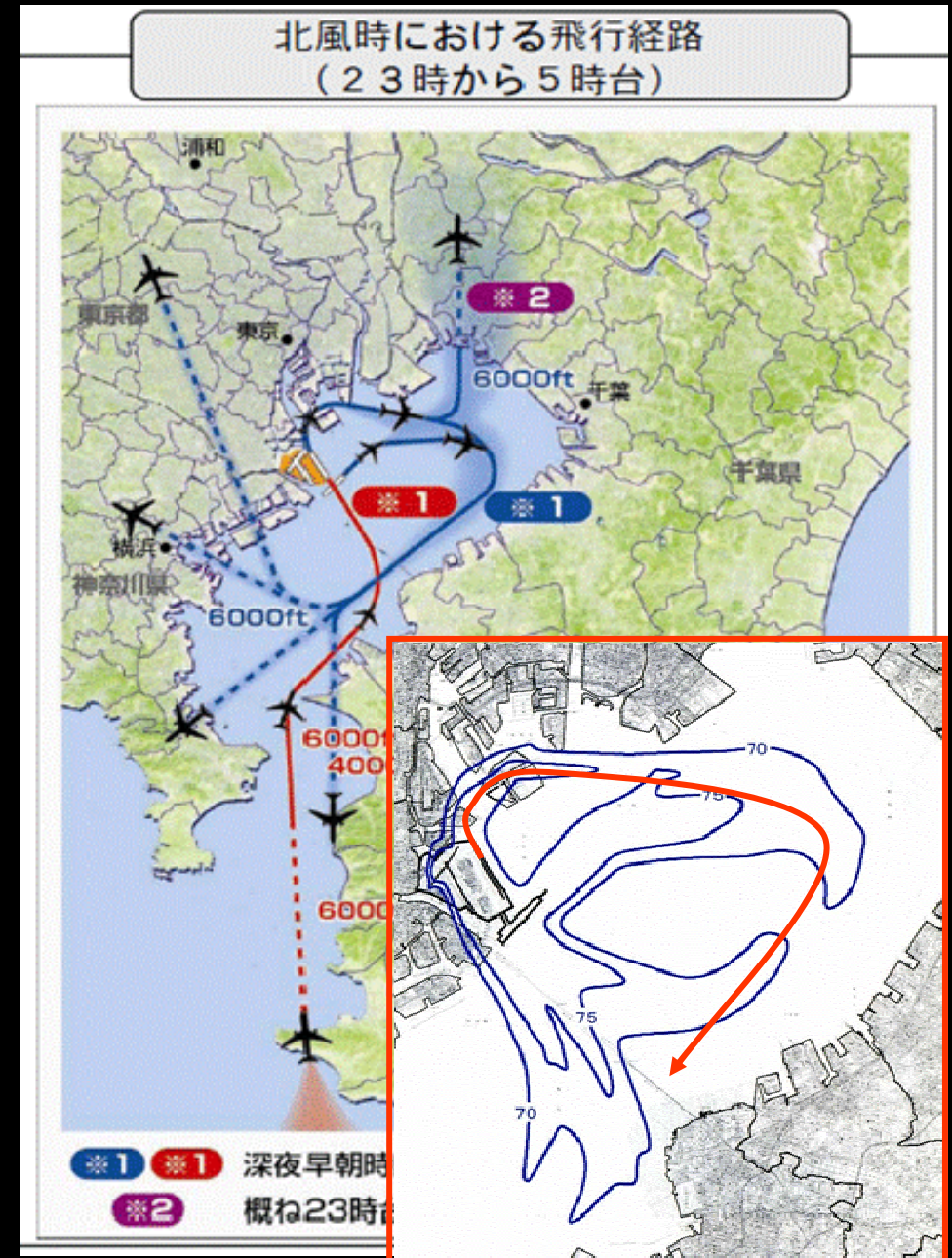
深夜便の発着制限（騒音）

➤ 深夜早朝は騒音軽減のため基本的に東京湾内に飛行経路を限定。

➤ 北風時：D滑走路 (2500m) から離陸できれば騒音影響なし
⇒ 欧米便, フレーターはC滑走路 (3000m) からの離陸がベター
⇒ 深夜便の頻度が増えると騒音コンターが内陸にかかる

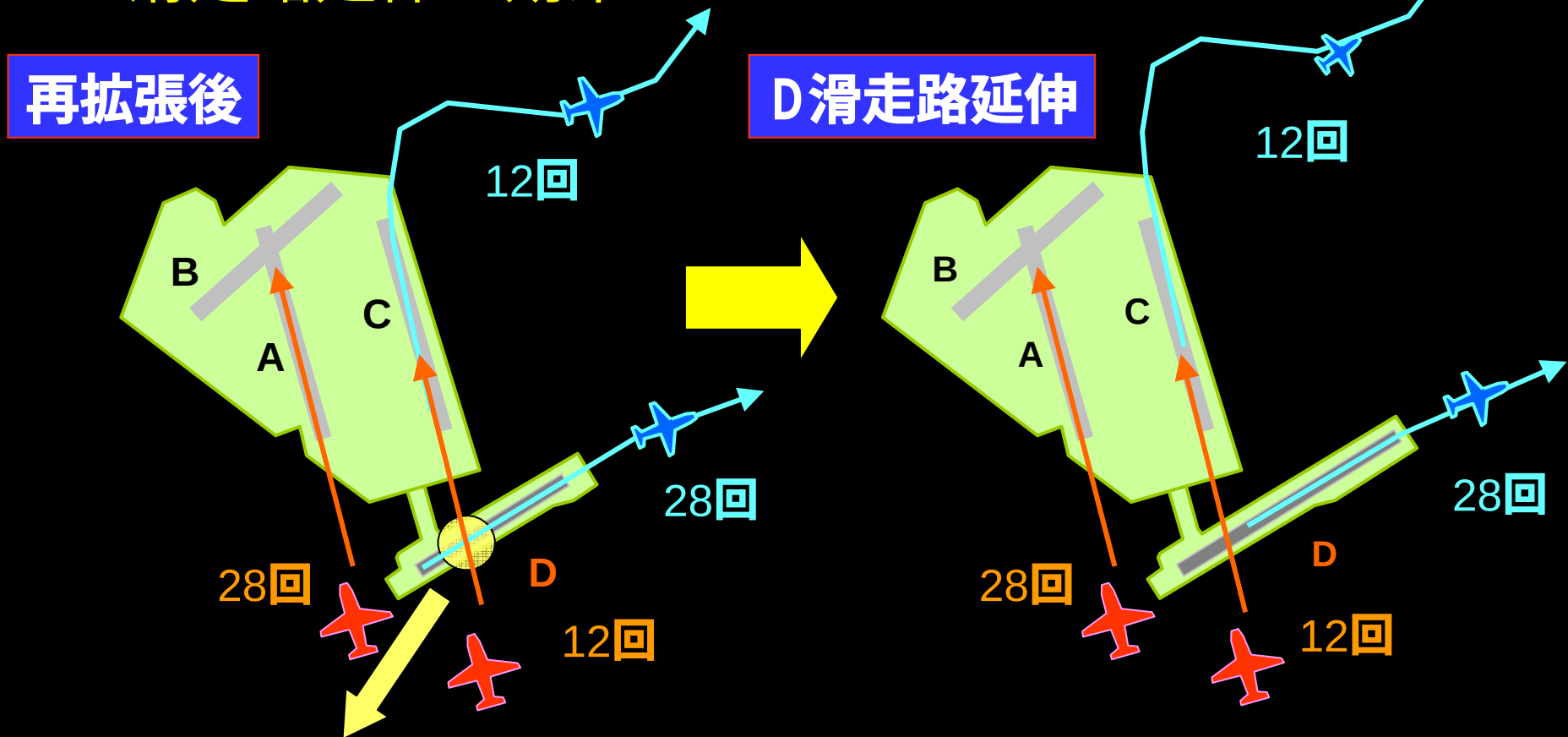


D滑走路の延伸ができれば騒音対策上もメリットが大きく、かつC滑走路の負担が軽減可能。
(5本目の検討時のみならず効果あり)



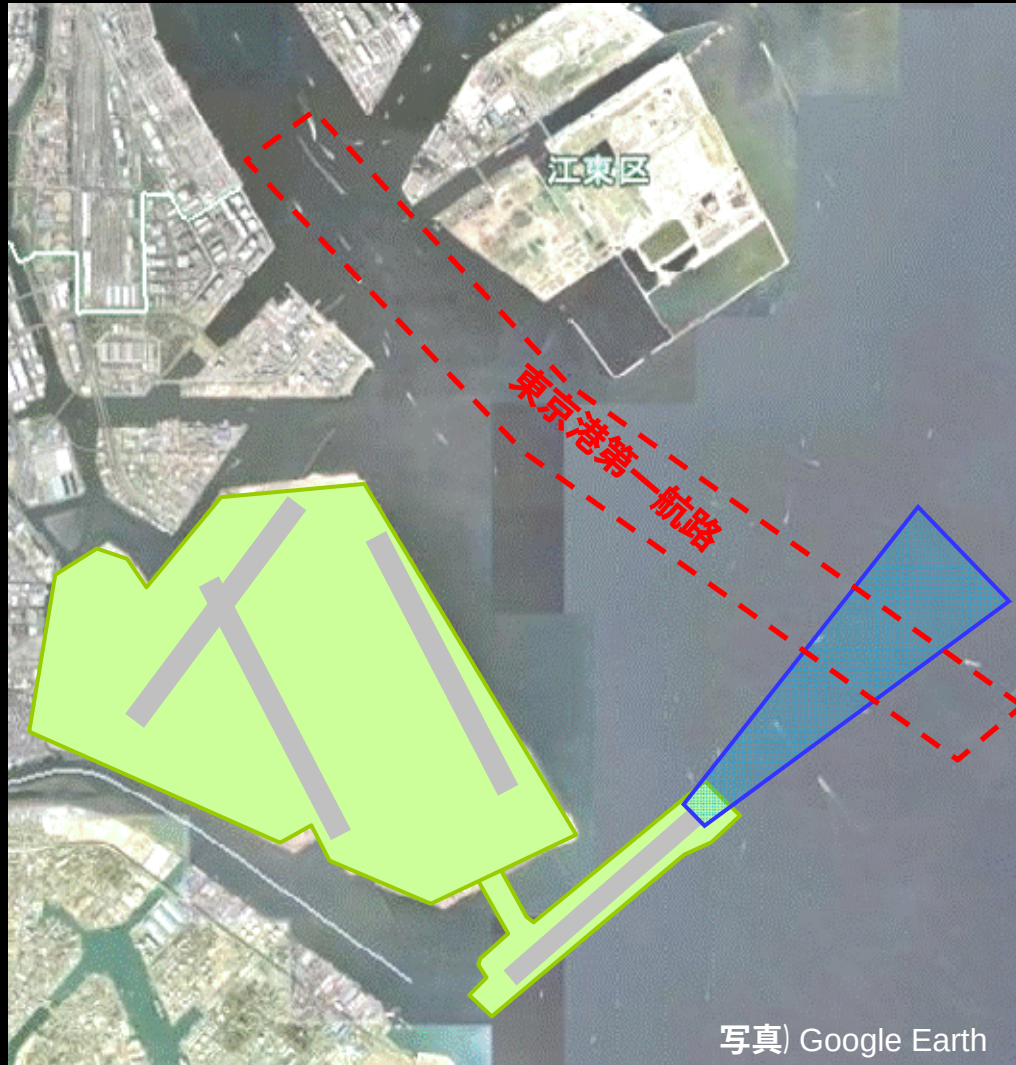
出典) 国交省

(関連) 再拡張後の北風時運用時のハザードポイントとD滑走路延伸の効果



C着陸後のD離陸については、D離陸が交差部以前で浮かないことを前提に後方乱気流間隔を非適用
⇒D滑走路の延伸により、この従属性も緩和でき、容量拡大も可能

D滑走路と東京港第一航路の関係



**Dランは着陸のための障害物
表面で評価して東端が決定
⇒ 離陸専用にすることで障害
物表面の制限を緩和し、さらに
沖合いに延伸可能
(今回は、飛行方式設定基準で定め
られている「出発の方式設計勾配」を
使用)**

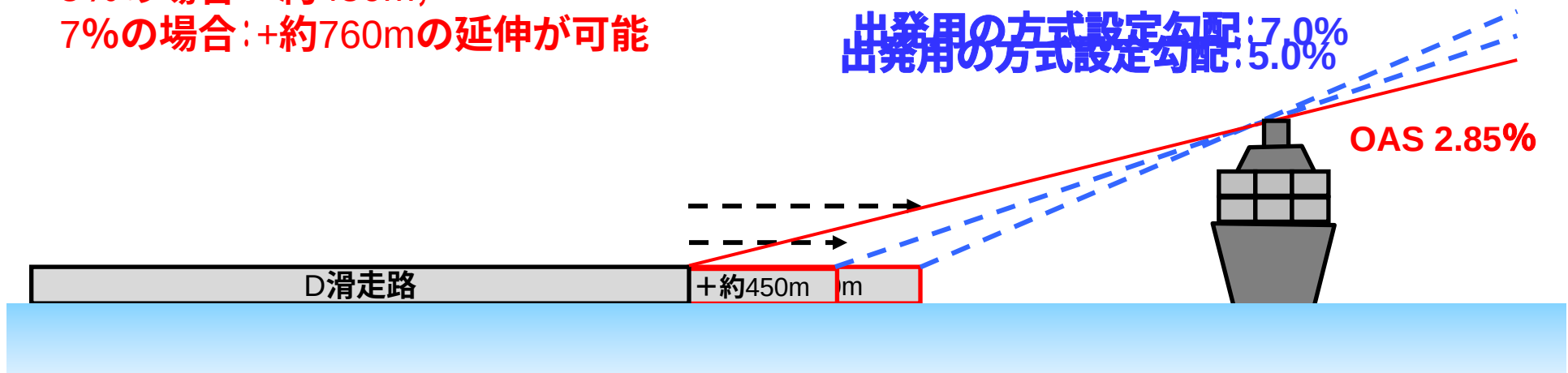
参考) 羽田空港新滑走路建設工事に係る入札の過程等に関する情報の公表について、国土交通省 関東地方整備局, H17

D滑走路と東京港第一航路の関係

Dランを離陸専用にすることで障害物表面の制限を緩和し、さらに
沖合いに延伸

⇒「出発の方式設計勾配」は標準3.3%だが、5~7%に上げることが可能 (5%以上は運航者との調整が必要)

5%の場合: +約450m,
7%の場合: +約760mの延伸が可能



(実際は、最小障害物間隔 0.8%分を差し引く)

参考) 羽田空港新滑走路建設工事に係る入札の過程等に関する情報の公表について、国土交通省 関東地方整備局, H17

3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

- (1) 地上走行（滑走路横断）とA滑走路の南伸
- (2) 深夜便の発着制限およびC/Dランの従属性緩和
～D滑走路の延伸
- (3) 内陸通過最低高度の引き上げ・空域再編
- (4) 方面別滑走路

内陸上空通過最低高度の引き上げと管制運用への影響

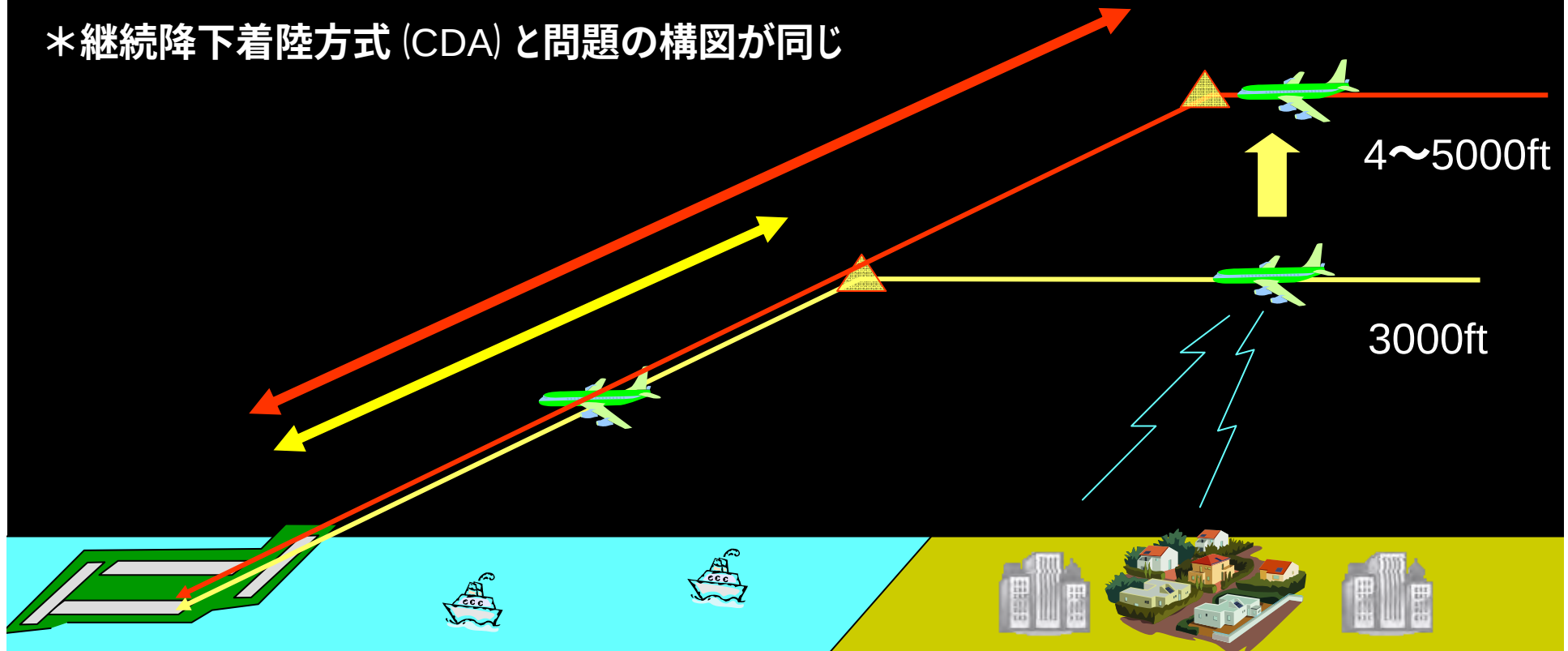
◆騒音軽減のために内陸上空通過最低高度を引き上げ

⇒最終進入降下区間の延長

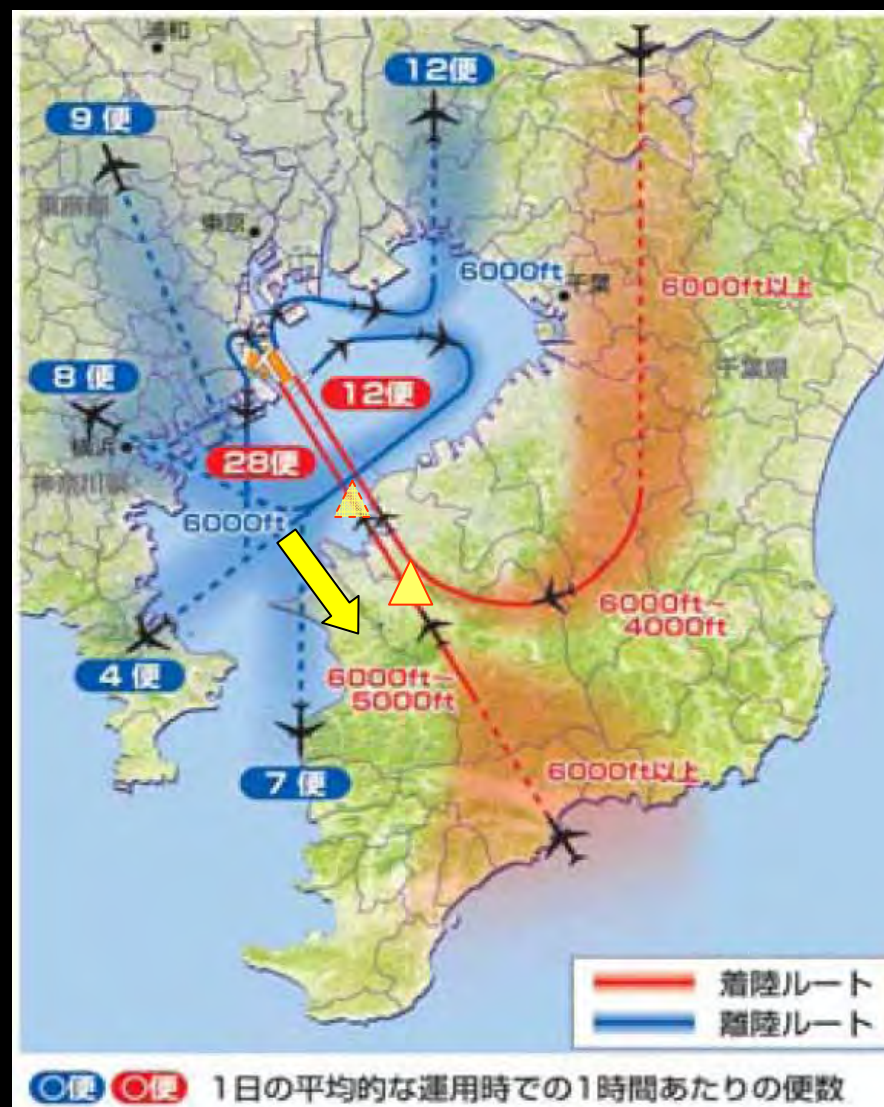
⇒最終進入降下中は管制官によるコントロールが困難

⇒着陸機間の間隔設定の精度が低下し処理容量に影響 (31→28回/時)

＊継続降下着陸方式 (CDA) と問題の構図が同じ



最低高度引き上げと管制運用への影響

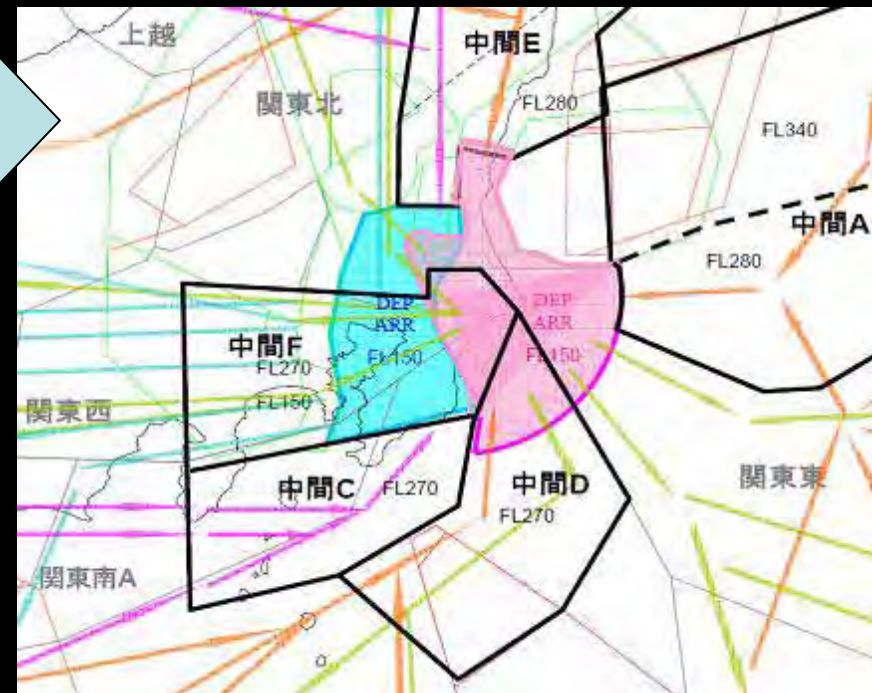
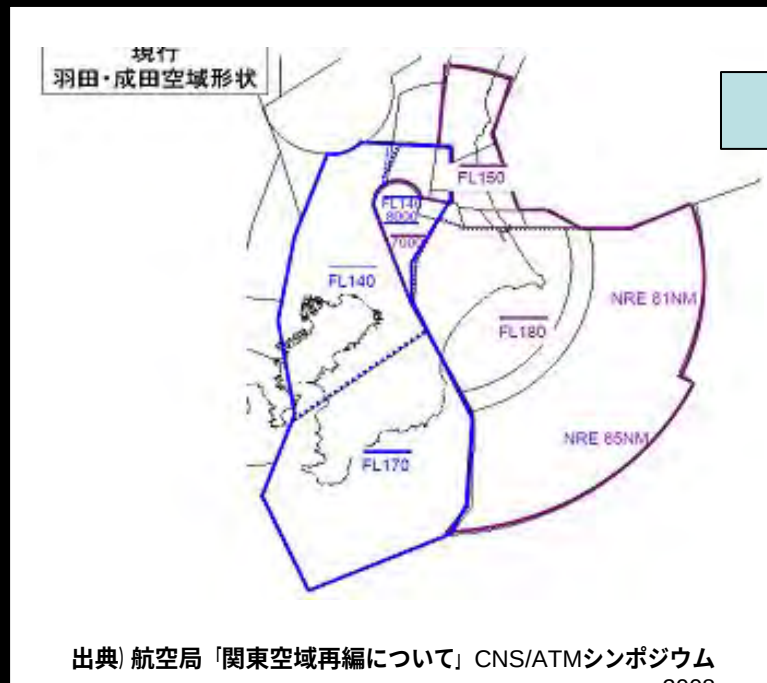


出典) 国交省

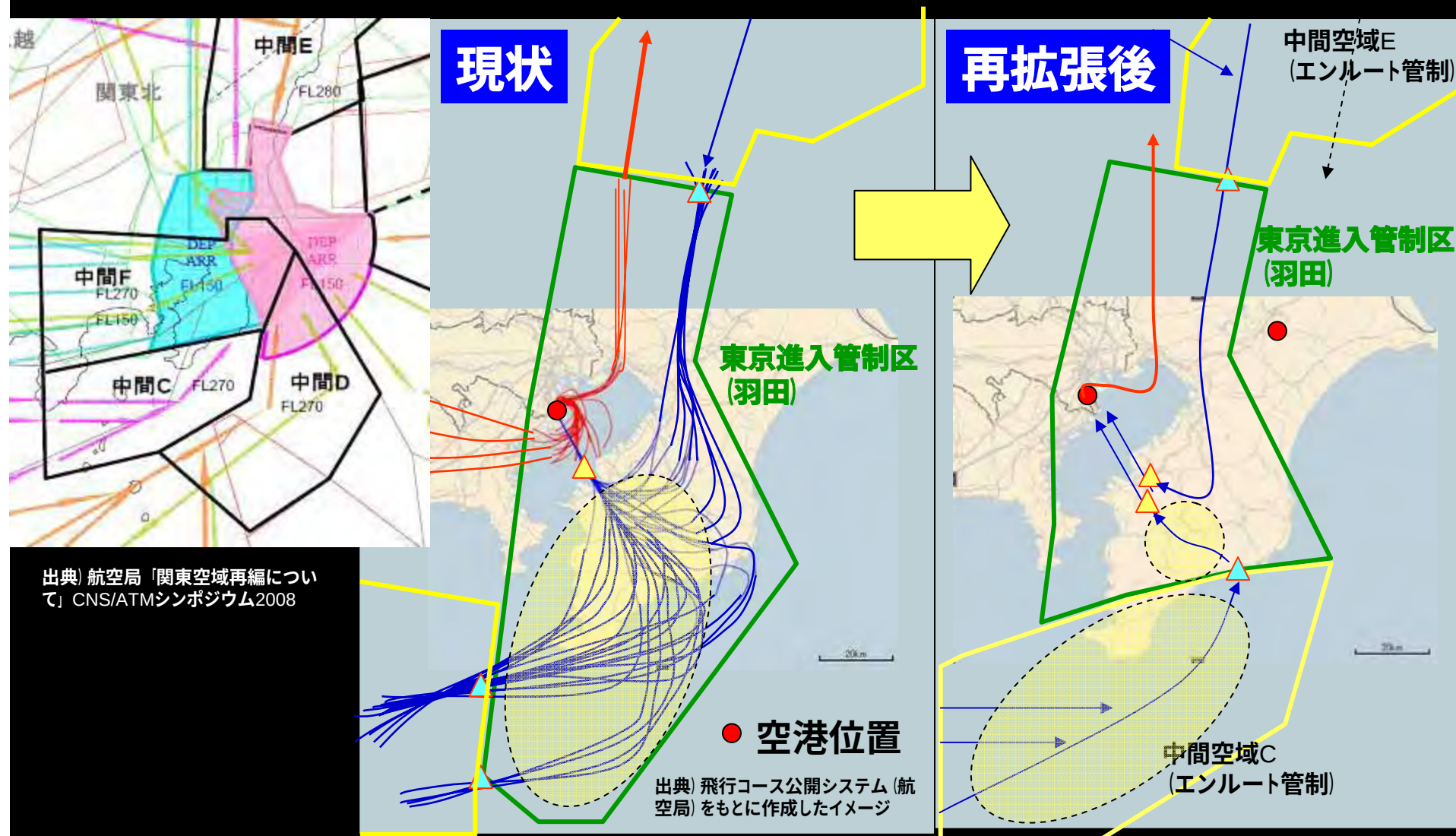
関東空域再編（2010年～）

- ・ 羽田と成田の進入管制区を統合
- ・ 統合空域を縮小し，中間空域を創設
(中間空域は，航空路管制を行う東京管制部が管理)

進入管制区に入域する前に到着順序付けを完了させ，進入管制区内ではなるべくレーダー誘導を実施しないことが1つのコンセプト



「最低高度引き上げ」と「関東空域再編」



最終進入直前は精度の高い間隔設定が必要 (特に北からの到着: C・D滑走路) .
⇒ 事前の間隔設定を行う中間空域の役割が重要

「最低高度引き上げ」と「関東空域再編」～考察

最終進入直前は精度の高い間隔設定が必要 (特に北からの到着: C・D滑走路)



・遅延拡大時などは高度制限を緩和するなど, 柔軟な運用を可能にしておく必要はないか.

・事前の間隔設定を行う中間空域の役割が重要

⇒ ＊中間空域の運用の高度化

＊進入管制区とのコーディネーションの高度化が必要



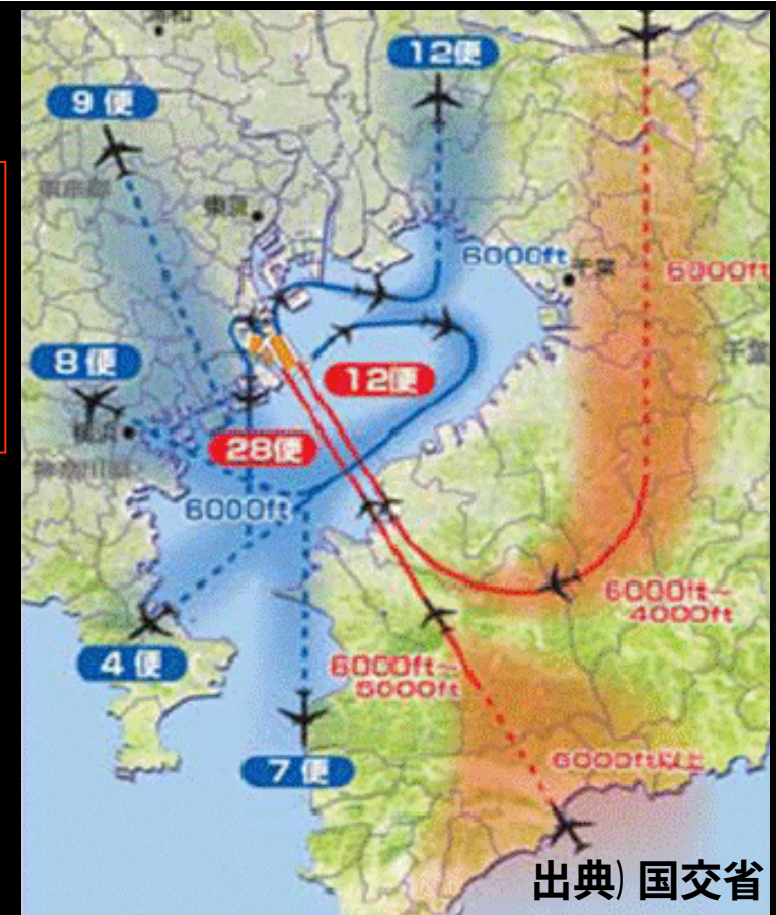
3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

- (1) 地上走行（滑走路横断）とA滑走路の南伸
- (2) 深夜便の発着制限およびC/Dランの従属性緩和
～D滑走路の延伸
- (3) 内陸通過最低高度の引き上げ・空域再編の影響
- (4) 方面別滑走路

方面別滑走路

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，東行き）

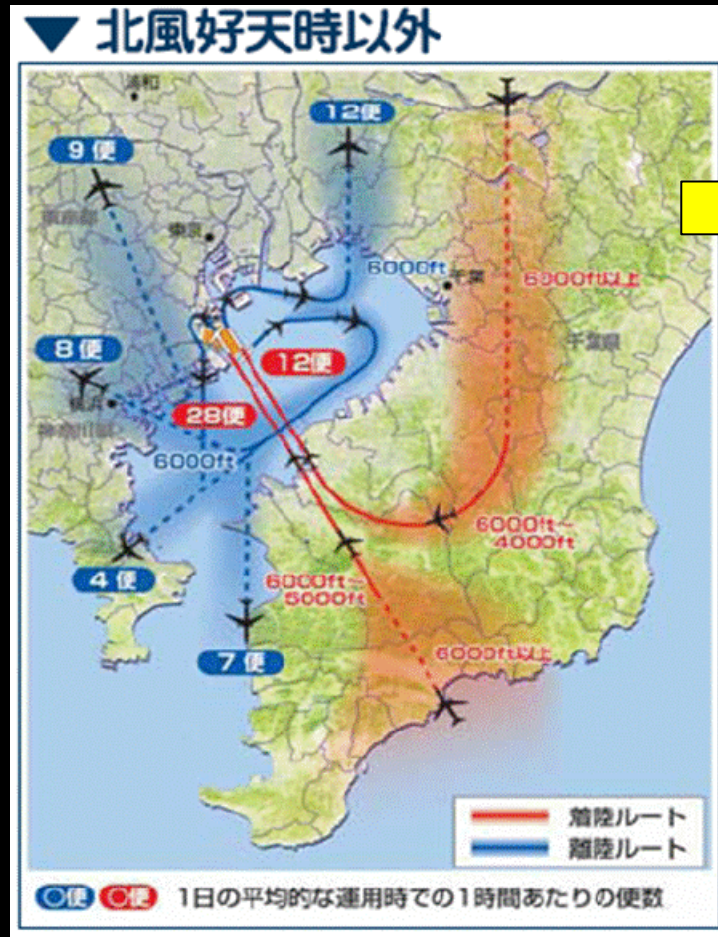
現在の交通量，および今後の国際化（特にアジア）を考慮すると，西行きの交通量が増加すると考えられる．



どの滑走路からも全ての方面に経路を引くのは困難か。
⇒ 需要の多い西方面についてはどの滑走路でも使用可能とすることをまず考える（キーは到着の合流）

- ・西行きの便を東行き経路を経由して出発させる経路
- ・西からの便を東からの経路に合流させる経路

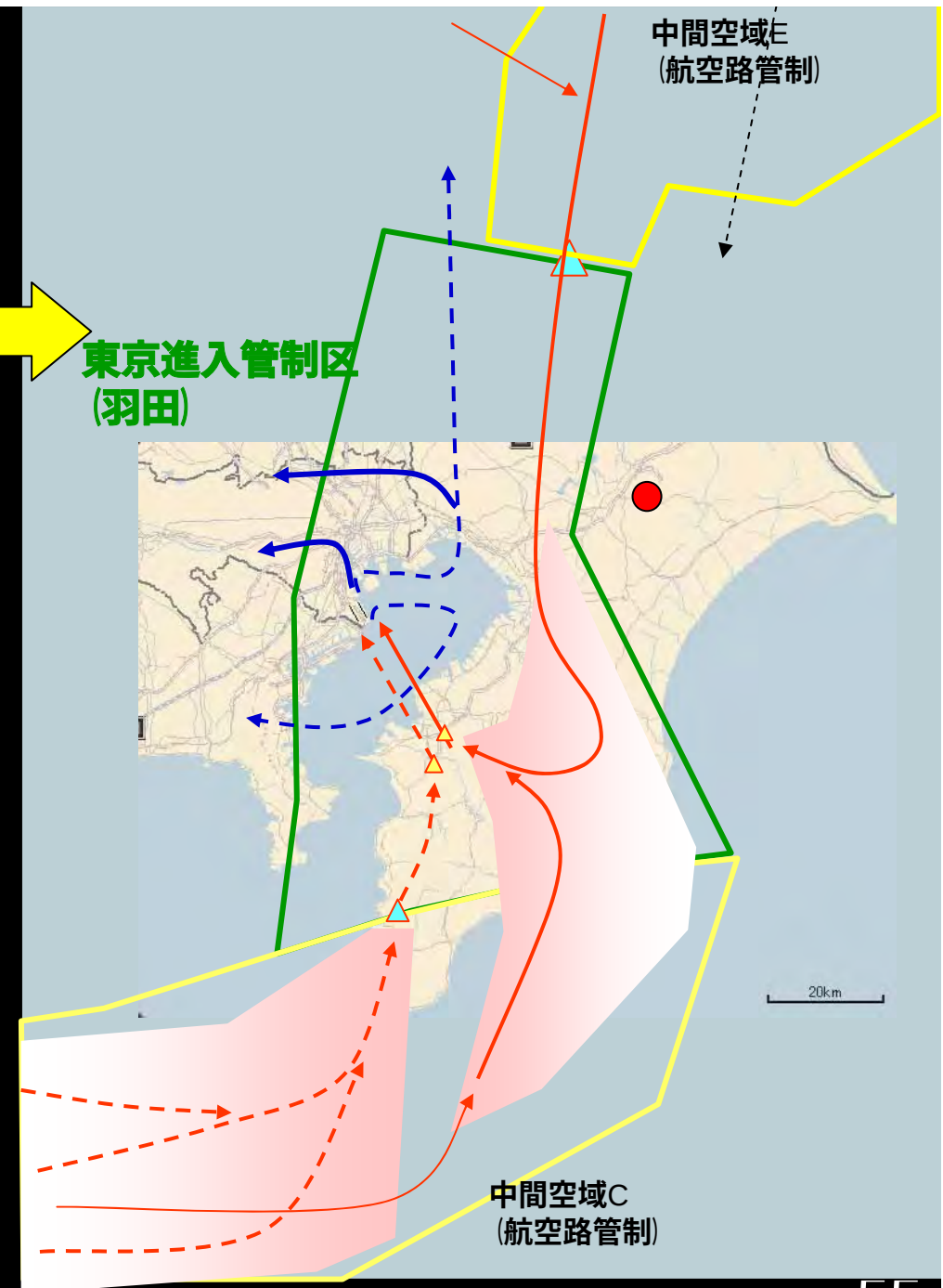
北風時の例



・通常のレーダーベクター（誘導）で合流を実施
⇒狭隘なスペースであり，交通量が増えると厳しい



東京進入管制区
(羽田)



経路合流の効率化の例：Linear ホールディング（Frankfurt）

間隔設定精度の向上と
ワークロードの軽減

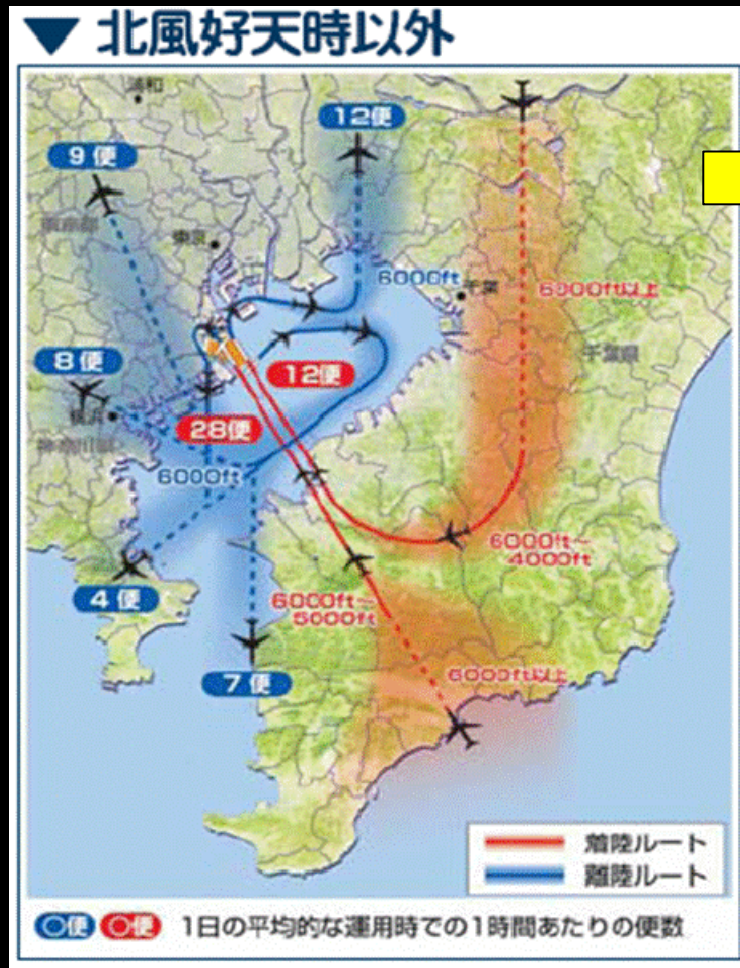
管制承認があるまで最
終進入経路に向けて旋
回してはいけません

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

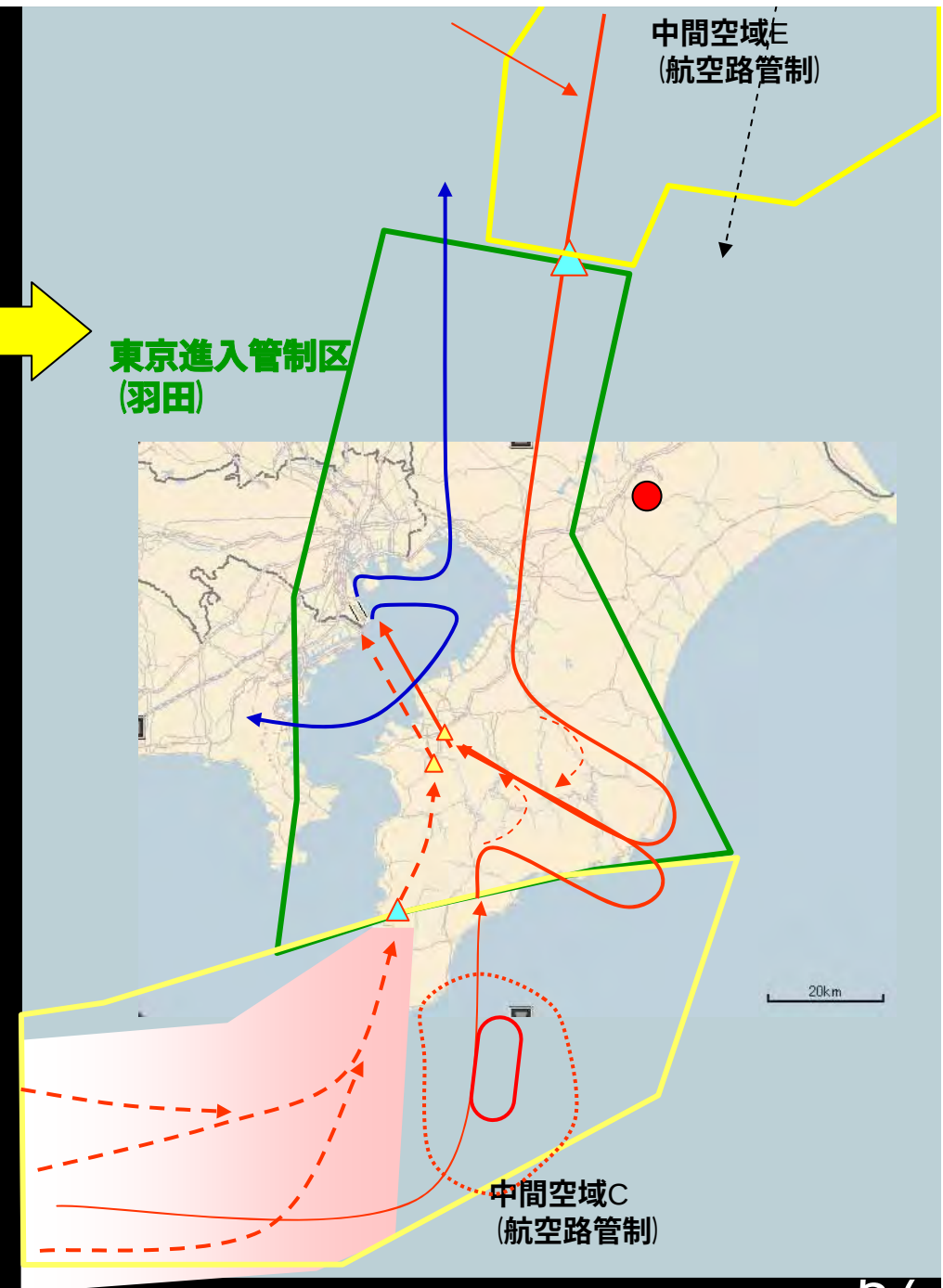
Linear HLDG
(RNAV航法)

出典) Frankfurt AIP

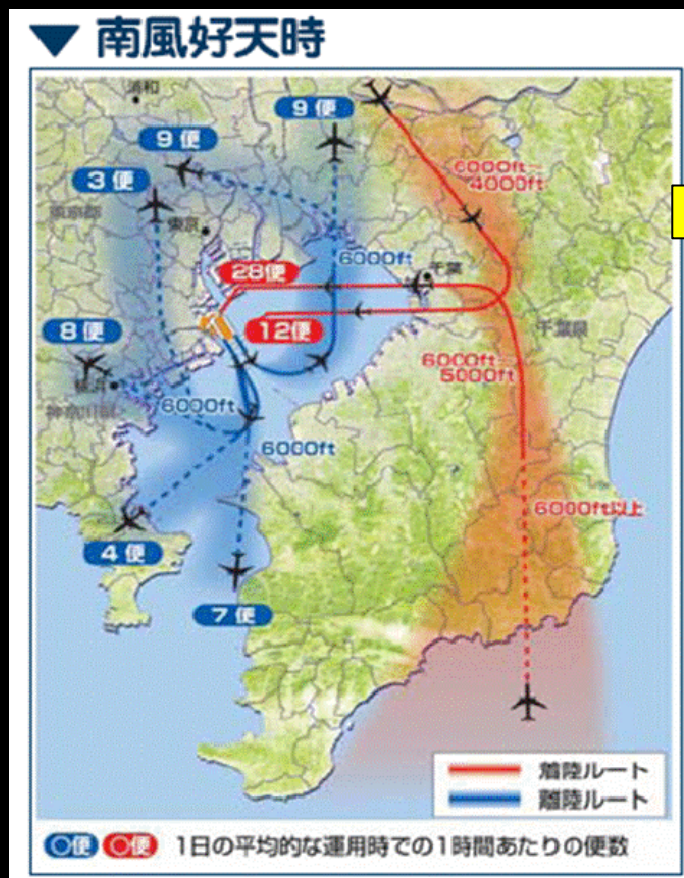
北風時の例



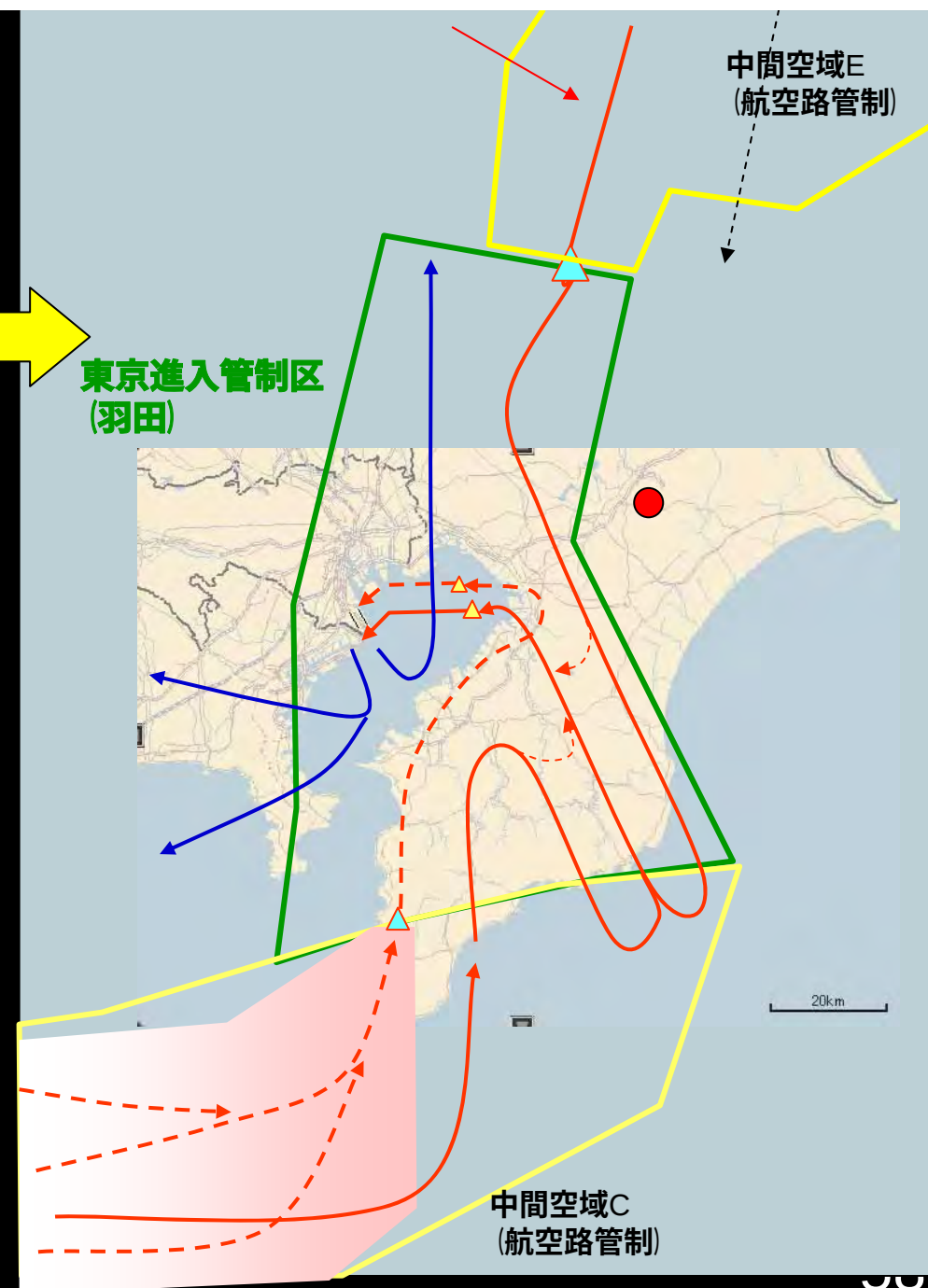
進入管制区と中間区域の
区別は考慮していない



南風時の例



直前での勝負ではなく, なるべく早期 (遠方から) の順序付け・間隔設定が重要
⇒南北空域の一元管理の必要性



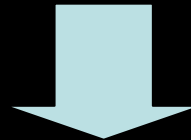
羽田再拡張後の滑走路運用と空域運用 ～まとめと考察

➤ 複数滑走路からの離着陸が従属運用

⇒地上の離陸待ち機の状態を考慮して、着陸機間の間隔設定をすることが重要

➤ 着陸容量の拡大と方面別滑走路の解消には、到着機の間隔設定の精度向上と早期の順序付けが必要

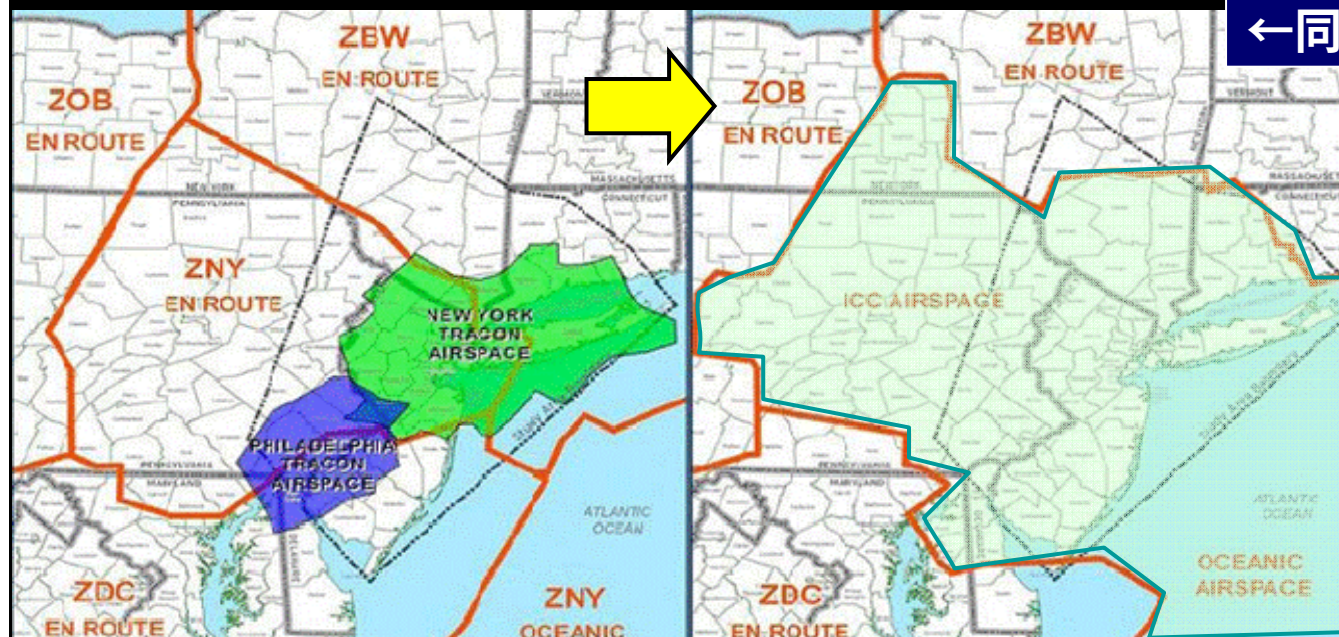
⇒ 中間空域の運用パフォーマンスが重要



＊中間空域の運用の高度化 (レーダー管制システムなど)

＊中長期的には、技術革新とともに、拡大ターミナル空域と地上交通を、ターミナル管制で一元管理する方向もある

NYの例～空域再編



現状のNY TRACON

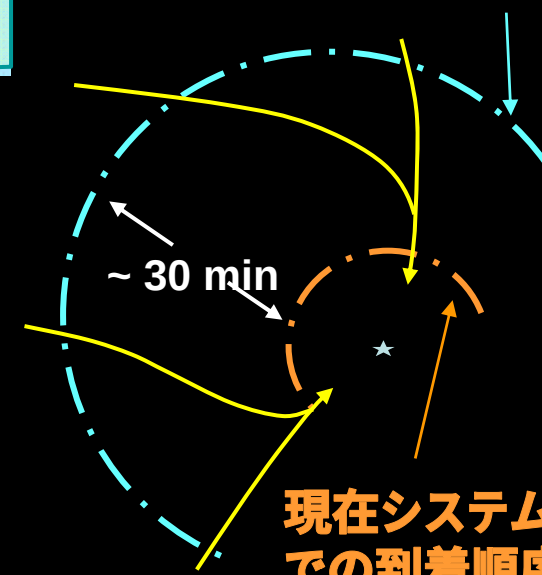
空域再編後

←同縮尺→



出典) 航空局「関東空域再編について」
CNS/ATMシンポジウム2008

空域拡大後の
到着順序の判明位置



出典) FAA

現在システム
での到着順序
の判明位置

60

*NY空域再編 (2007～)

NY TRACON (進入管制区) のエリア
を大幅拡大
⇒空域設計・管制の効率化
⇒遅延・環境影響の軽減, 容量拡大

羽田再拡張後の短中期的課題と対策 ～まとめ～

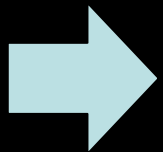
地上面の課題

(1) 地上走行 (滑走路横断) とA滑走路の南伸

- ・A滑走路の南伸に加え、国際線地区とD滑走路を結ぶ専用誘導路の整備も検討すべき。
- ・A滑走路の南伸における構造的問題について、条件設定や構造を柔軟に検討すべき

(2) 深夜便の発着制限およびC/Dランの従属性緩和

- ・D滑走路の延伸により、深夜便 (長距離線) による騒音影響が緩和され、発着制限が解消可能。C滑走路の負担も軽減。
- ・北風時の離着陸交差部の後方乱気流リスクを軽減可能で、容量拡大にも繋がります。



滑走路の使用効率、安全性向上のための誘導路整備や滑走路延伸など、追加的整備について検討が必要

羽田再拡張後の短中期的課題と対策 ～まとめ～

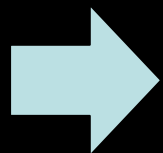
空域の課題

(3) 内陸通過最低高度の引き上げ・空域再編

- ・最終進入開始地点以前で誘導可能なエリアの減少による、間隔設定の精度低下と滑走路容量低下。
- ・最低通過高度の緩和（条件付きでも）の必要性、空域再編における中間空域の運用高度化、次世代管制システムの活用等が望まれる。

(4) 方面別滑走路

- ・方面別の需要を見定めながら、追加的飛行ルート設計の可能性を検討すべき



中長期的には、環境や周辺空域等の制約緩和も視野に、空域や航空路の設計が必要。5本目の滑走路整備の際にも内陸上空ルートの活用について議論が必要。

本日の報告内容

1. 研究の背景と目的

2. 羽田再拡張後の容量拡大方策 ～首都圏空港将来像検討調査における提案～

3. 羽田再拡張後の短中期的課題と対策案

4. まとめ

本日の報告のまとめ

羽田再拡張後の短中期的な課題の整理と 対策案を提示

- ・滑走路, 地上施設, 空域・航空路, 管制・運航システムなどの一体的, 適切な整備
- ・既存施設のメンテナンスも含めた, それら基本インフラに対しての総合的な整備計画
- ・過剰な環境制約による管制運用への制約の緩和可能性 ⇒ 効率・安全上問題となりうるため, 地域との合意形成を図りながら, 制約緩和の可能性についても議論が必要

ご清聴, 有難う御座いました.

「羽田空港の容量拡大に向けた短中期的課題と対策案」

平田 輝満 Terumitsu HIRATA

hirata@jterc.or.jp