

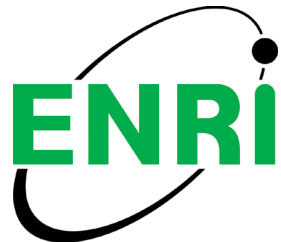
管制経験者によるCDO運用拡大に 必要な要件の検討

航空交通管理領域

平林 博子

ビクラマシンハ ナヴィンダ キトマル

虎谷 大地



内容

- CDOについて
 - CDOの課題
 - 日本におけるCDOの実施方式
- 到着機にかかる管制業務フロー
- 管制経験者によるリアルタイムシミュレーション実験
 - CDO実施判断支援ツール
 - シミュレーション実験結果から
 - 可否判断に有効な支援情報
 - 航空機運航効率と管制運航効率のトレードオフ
- まとめ

Continuous Descent Operations (CDO)

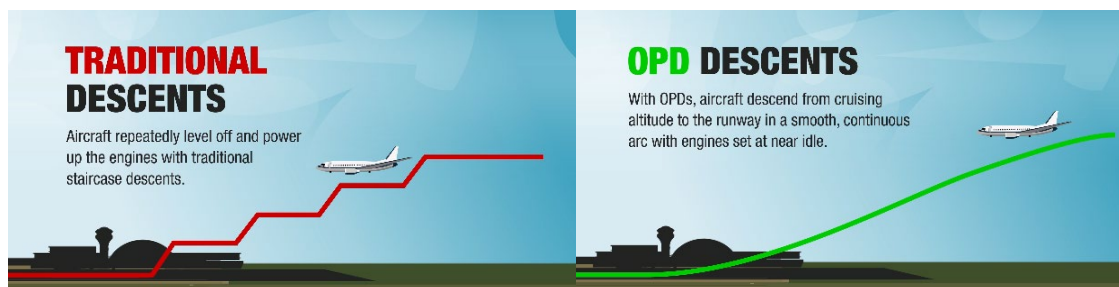
CDO（継続降下運航）

エンジン推力最小状態で巡航高度から連続的に降下

- ・ 消費燃料削減効果
- ・ 騒音低減効果

米国

Optimized Profile Descents (OPD)方式のRNAV STARをコア空港へ導入



STAR; Standard Terminal Arrival

Source: FAA NextGen Portfolio OPD

例) ミネアポリス空港において
約80%の到着機が継続的な降下を実施
OPD導入により平均15ガロン（約47 kg）の燃料節減

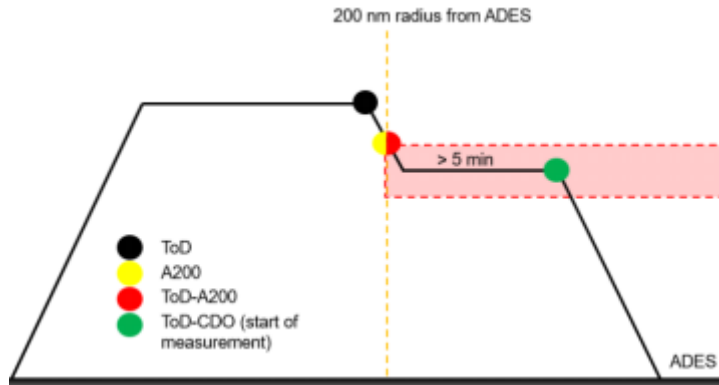
Source 2017 June, FAA NextGen Performance Snapshots

※OPDは高度、速度にある程度の制限がある。

Continuous Descent Operations (CDO)

欧州

2015年タスクフォースを立ち上げ現状分析、導入効果の推定

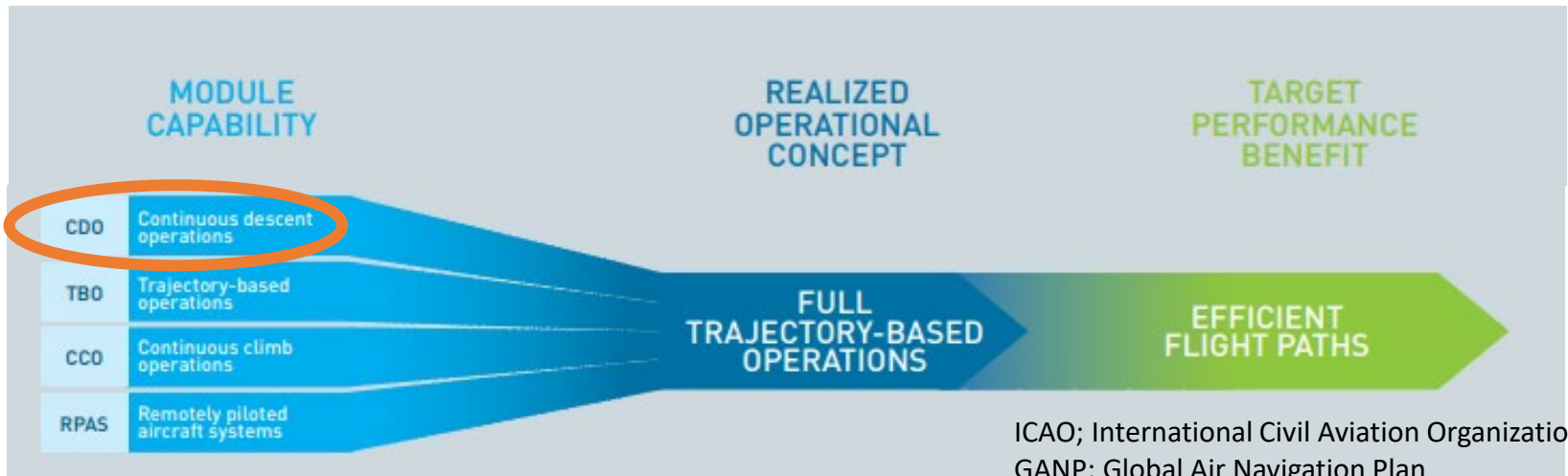


CDO実施率

- 7,500 ftからは41 %
- Top Of Decentからは24 %
- TODから平均217秒の水平飛行 (46 kgの燃料に相当)

Source: EUROCONTROL Continuous Climb and Descent Operations

ICAOのGANP ASBUにおけるモジュールのひとつ



Source: ICAO Doc 9750-AN/963 2016-2030 GANP

ICAO; International Civil Aviation Organization
GANP; Global Air Navigation Plan
ASBU; Aviation System Block Upgrades

Continuous Descent Operations (CDO)

我が国におけるCARATSにおける施策のひとつ

CARATSロードマップ OI-13

Source: CARATSロードマップ（2018年度改訂）

大分類	小分類	施策ID	施策名	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026 以降						
運航前	協調的な軌道生成	OI-13	継続的な上昇・降下の実現		◆	フェーズ1(データリンクによるCDO(洋上))																				
							◆	フェーズ2(データリンクによるCDO(陸域))									◆	フェーズ3(高度化) (時刻指定・ATN-B2等)								
										◆	CCO															
		OI-14	軌道・気象情報・運航制約の共有						◆	気象情報・運航制約								◆	高度化(ATN-B2等)							
		OI-15	協調的な運航前の軌道調整										◆	既存経路調整の高度化												
OI-16	軌道情報を用いた複数地点におけるCFDTによる時間管理の高度化					◆	軌道情報																			
OI-17	軌道上の全ての地点においてコンフリクトのない軌道の生成													◆	任意地点による軌道調整											

※CARATS ATM検討ワーキンググループで、開始時期の見直しを検討中

CDOの課題

CDO（継続降下運航）

エンジン推力最小状態で巡航高度から連続的に降下

- ・消費燃料削減効果
- ・騒音低減効果

しかし、全ての到着機がCDOを実施することは困難

- ・気象条件
- ・航空機間間隔の維持
- ・軌道予測の不確かさ
- ・管制官ワークロード etc.

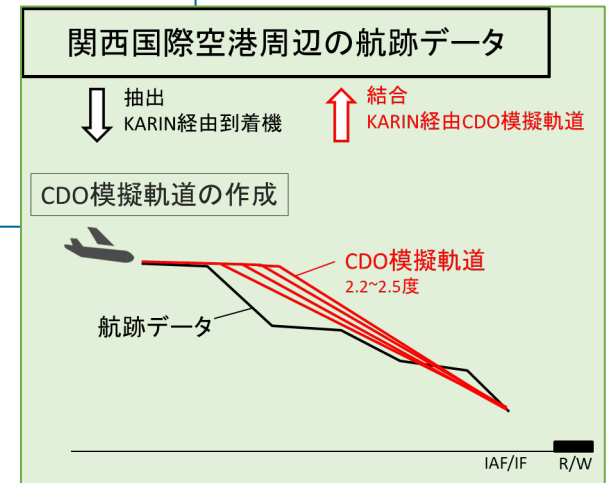
一方、シミュレーション計算から
潜在的CDO運用可能到着機は存在する

CDO運用拡大のために

潜在的CDO運用可能到着機に関する支援情報を管制官に提供

リアルタイムシミュレーション実験

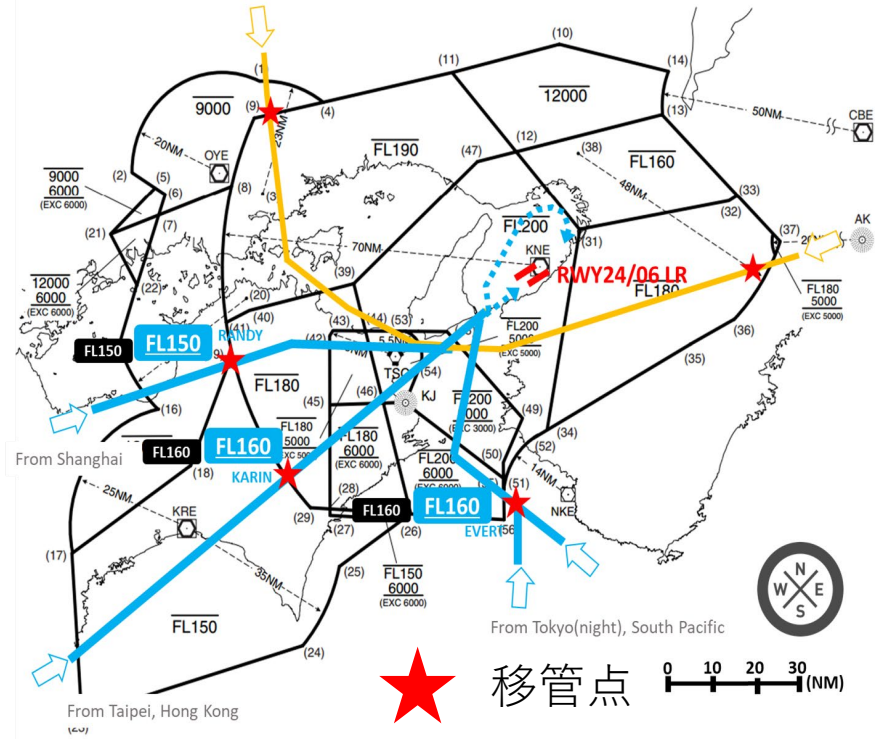
- ・CDO許可判断時における管制運用上の課題抽出
- ・許可判断に必要な要素提案



日本におけるCDO

CDO運用方式 関西国際空港

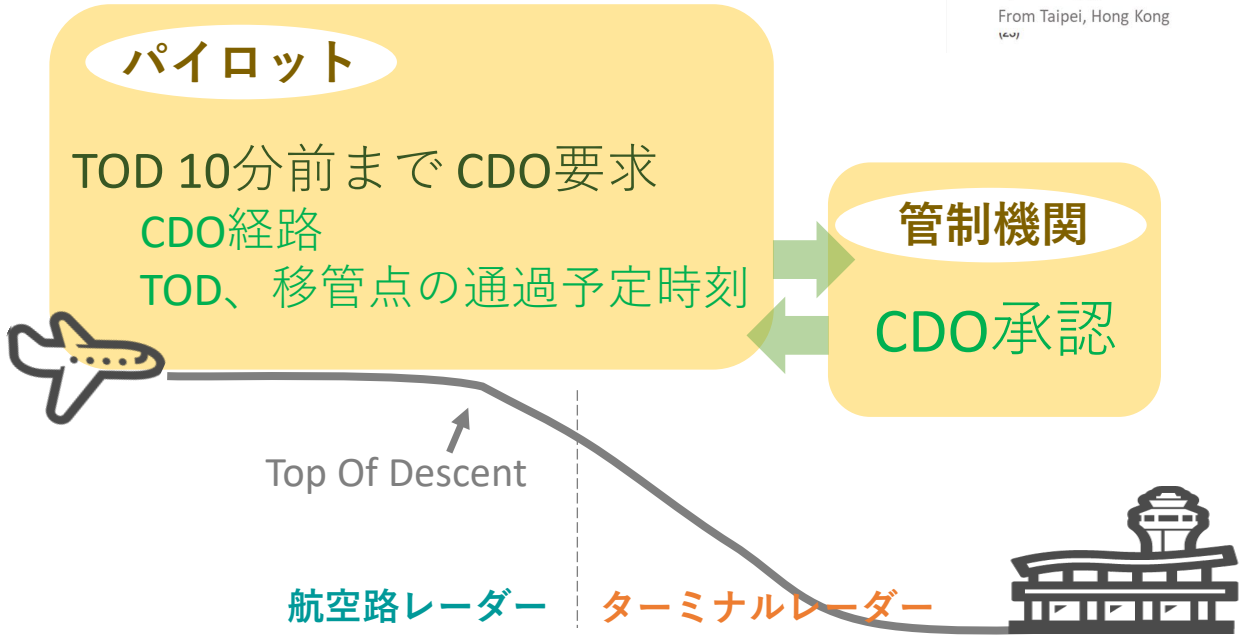
- CDO対象経路・適用時間帯
到着予定時刻
23時~翌7時（日本時間）
- 実施方式



★ 移管点

— CDO対象経路

移管点：
航空路レーダー管制から
ターミナルレーダー管制
への業務移管点



到着機に関する管制業務フロー

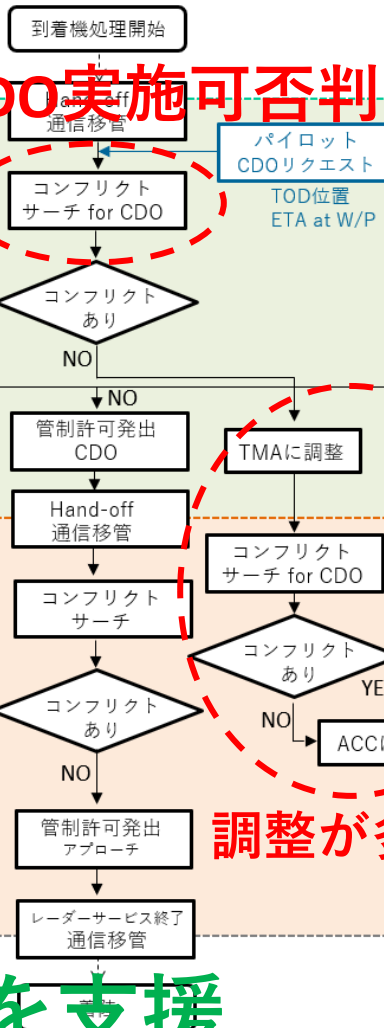
通常の降下

CDO降下

航空路レーダー

ターミナルレーダー

飛行場



CDO実施可否判断が必要

通信量が多くなる

調整が多くなる

CDO実施可否判断を支援

管制経験者によるリアルタイムシミュレーション

CDO要求を受けた管制官

✓ TODより手前の時点でCDO実施の可否判断

✓ TOD10分前 ~ STAR終点

CDO運用拡大に有効

CDO要求時点及びその後における
CDO承認の管制官の可否判断を支援する情報の提供

CDO承認の管制官の可否判断時の課題抽出
CDO承認の管制官の可否判断に必要な要素

⇒リアルタイムシミュレーションの実施



Top Of Descent

STAR終点

航空路レーダー

ターミナルレーダー



STAR; Standard instrument arrival

管制経験者によるリアルタイムシミュレーション

- 対象 関西国際空港到着機
- シナリオの範囲
関西ターミナルレーダー空域とその周辺の航空路レーダー空域
- 関西国際空港到着機全てがCDOを要求すると仮定



コマンド席

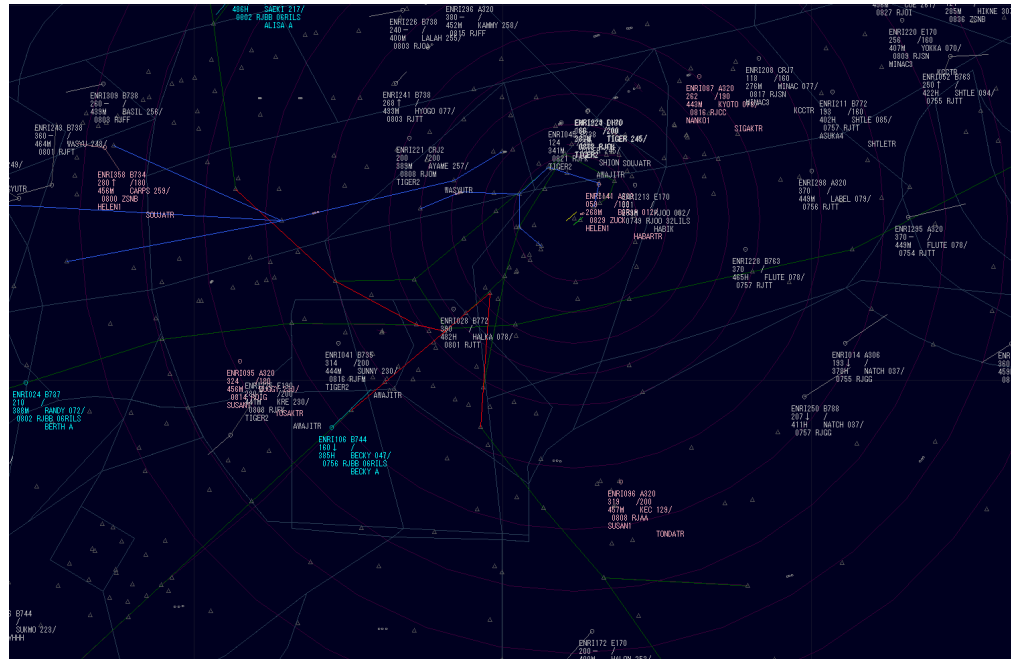
航空路レーダー担当席

ターミナルレーダー担当席

CDO実施判断支援ツール

レーダー模擬画面

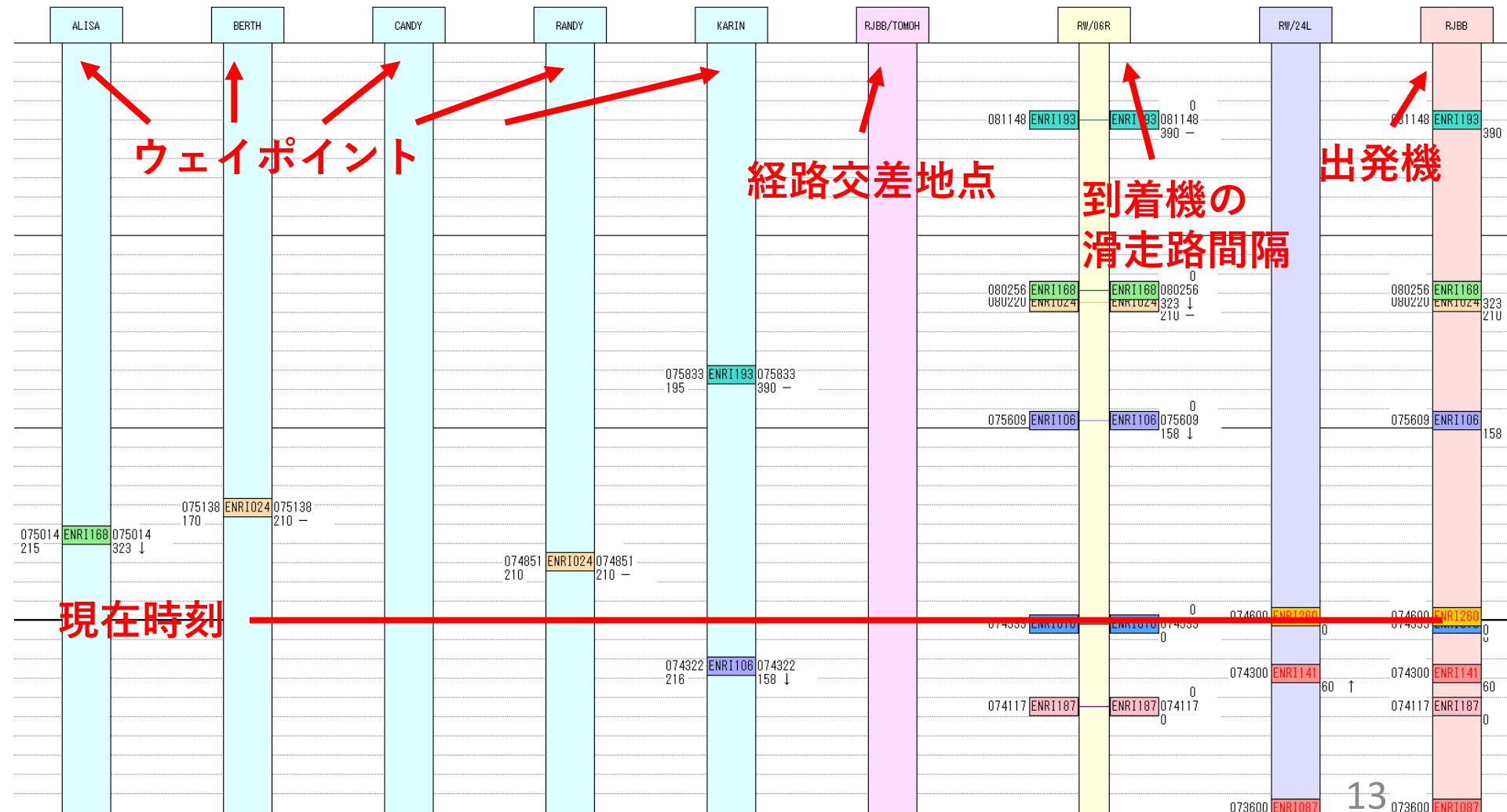
支援情報提示画面



支援情報では、競合機の存在を提示

CDO実施判断支援ツール タイムライン表示

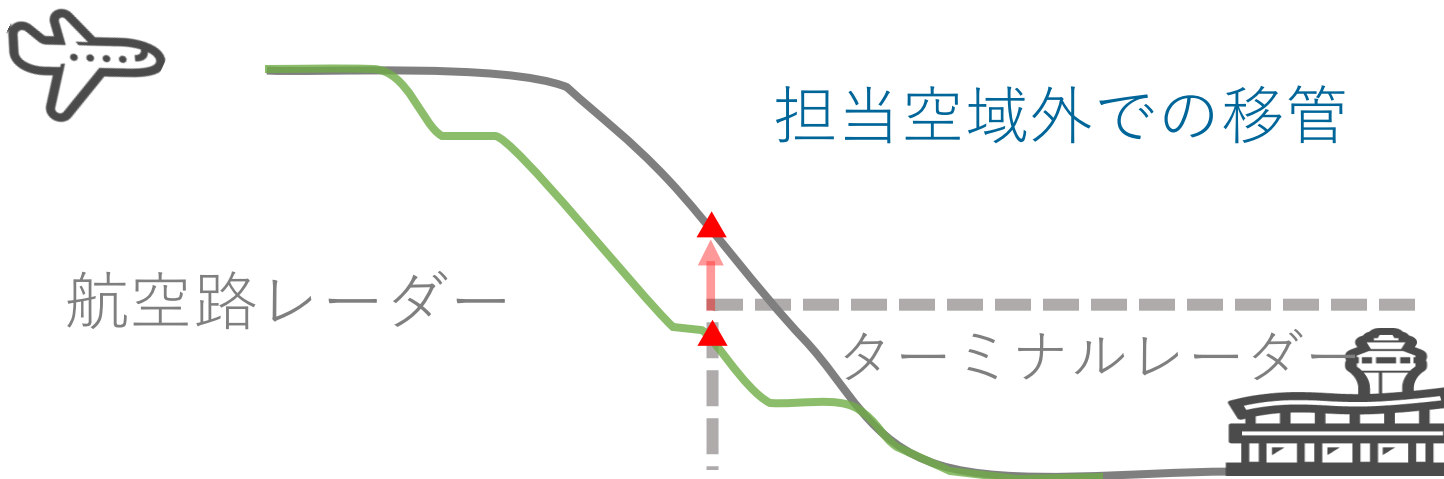
ターミナルレーダー担当席用支援情報



シミュレーション結果から

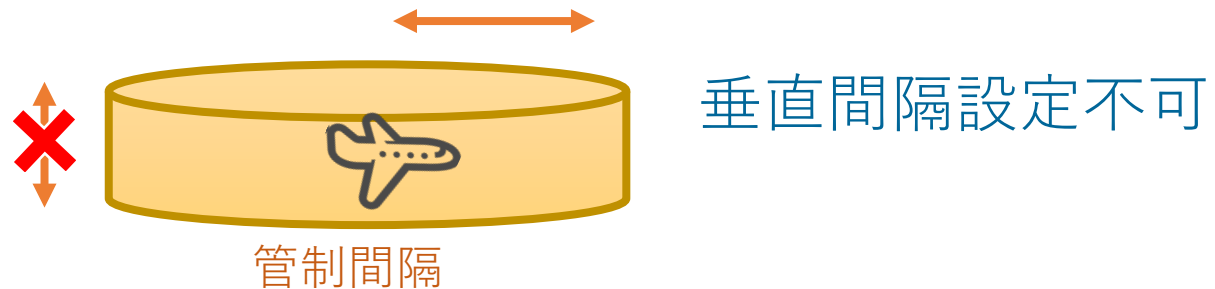
- CDO実施を難しくする要因
 - CDO機の飛行高度の予測の困難性
 - 早期にCDO承認の可否を判断

- CDO機の飛行高度の予測の困難性

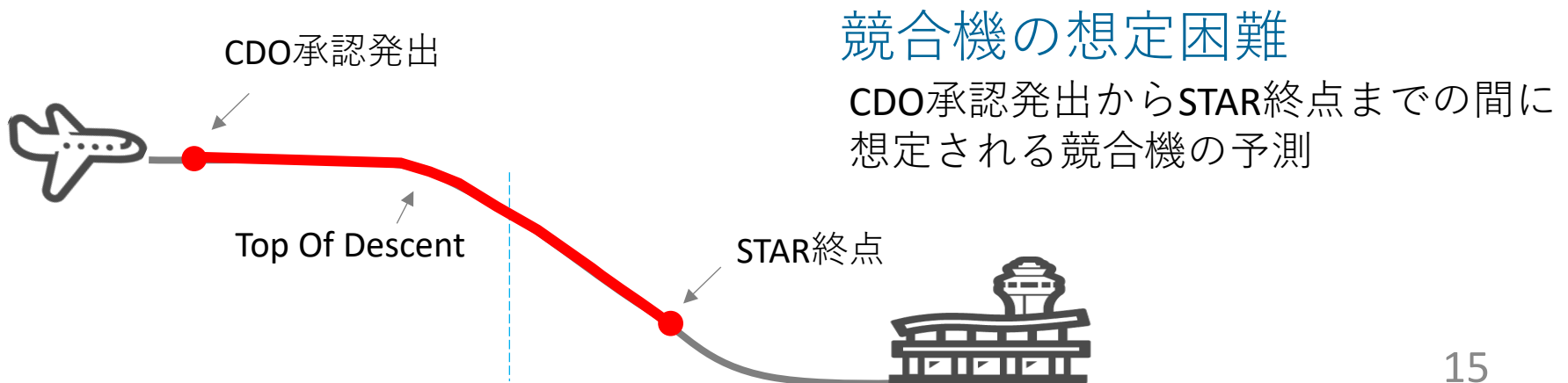


シミュレーション結果から

- CDO機の飛行高度の予測の困難性



- 早期にCDO承認の可否を判断



CDO可否判断に有効な支援情報

- 競合機の存在を早期に提示

マトリックス表示

航空路管制において有効

関連機の詳細情報の提示も必要
情報の正確性が求められる

タイムライン表示

到着機同士の間隔
出発機の情報

フロアマネージャー等の席における活用

軌道予測の誤差範囲がどこまで
許容できるか？

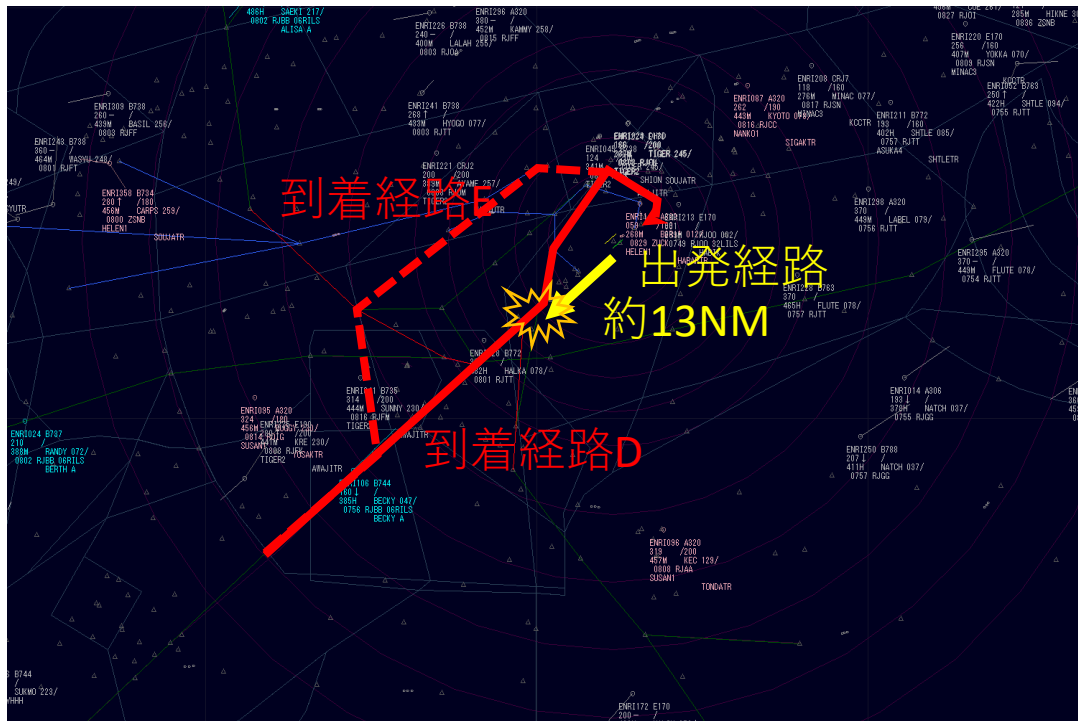
全体の流れの把握に活用

- CDO機の予測軌道の提示

将来の軌道ベース運用時の管制運用における課題と共通

航空機運航効率と管制運航効率のトレードオフ CDO到着機と出発機の関係

- 例1) 出発経路と競合点が遠方となる到着経路を選択
CDO可能となる状況は増加 ⇔ 飛行時間の延伸、消費燃料の増加
(1~2分、数百ポンド※)
- 例2) 出発機を待機
到着機はCDO実施 ⇔ 出発機は最大7分程度出発待機
※型式により異なる



まとめ

- CDO 消費燃料削減効果、騒音低減効果
- CDOの課題
 - 気象条件、軌道予測の不確かさ、管制官ワークロード
- CDO要求時点 CDO承認の管制官の可否判断を支援する情報の提供
 - 管制官の可否判断時の課題抽出、必要な要素提案
- 競合機の存在を早期に提示する管制支援情報の有効性
- 将来の軌道ベース運用時の管制運用における課題と共通
- 航空機運航効率と管制運航効率のトレードオフ

今後

- リアルタイムシミュレーション
 - 誤差、制限付きCDOの反映
 - 軌道情報からのパフォーマンス値の比較
- CDO軌道予測アルゴリズム開発

謝辞

飛行スケジュールに関するデータ提供の協力を
いただきました航空局関係者各位 及び
リアルタイムシミュレーション実験協力者各位
に感謝いたします。