

フリールート空域の設計, 潜在便益,及び評価について

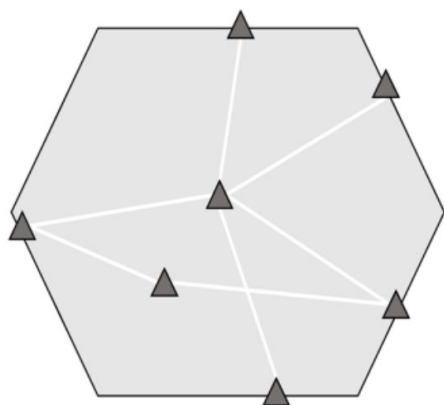
航空交通管理領域

ブラウン マーク, 平林 博子, ビクラマシンハ ナヴィンダ キトマル

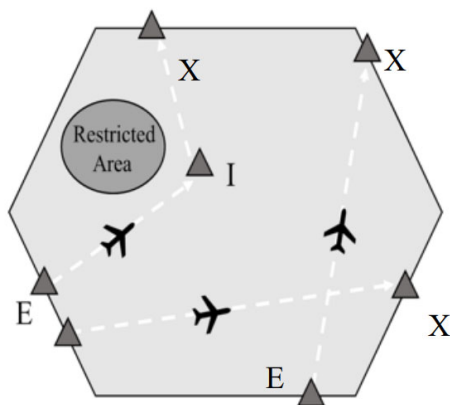
* 村田 暁紀, 虎谷 大地, 井無田 貴

背景

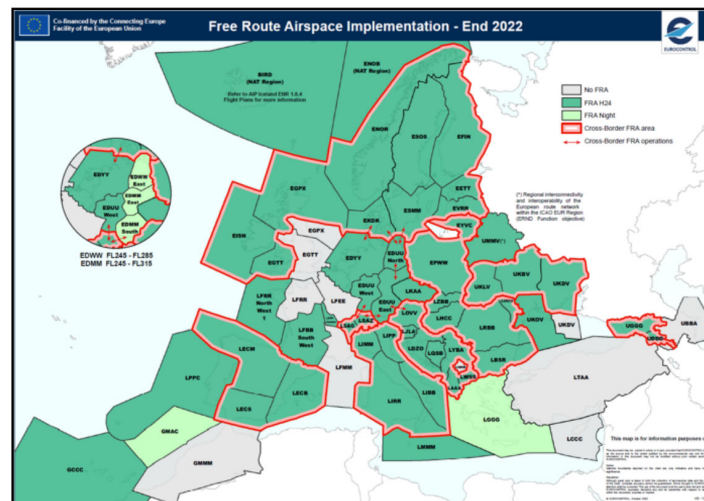
Free Route Area (FRA) : 境界線上にあるウェイポイント間の直線飛行



RNAV, ATS経路



FRA



<https://www.eurocontrol.int/concept/freeroute-airspace>.

欧州のエンルートレーダー管制空域：複数のFIRを跨ぐFRA空域も存在するなどFRA化が進行

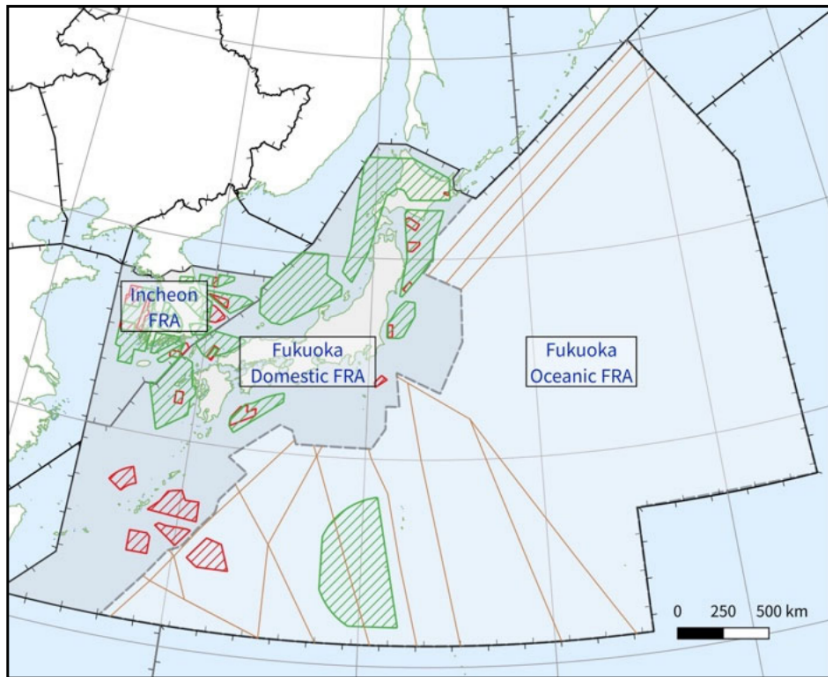
アジア太平洋地域のRegional Seamless ATN Plan (ICAO) : 直行経路、UPR、と段階的に柔軟な経路設定
最終的にはFRAをPriority 2の実装項目として導入

目的：福岡FIRにおけるFRAコンセプトの提案，空域設計及び潜在的便益の推定と課題抽出

FRA設計

韓国航空大学との共同研究を実施

国際交通流：仁川FIRと福岡FIRにおける交通流に限定



福岡FIR → レーダー空域
→ 洋上空域

二つに分割

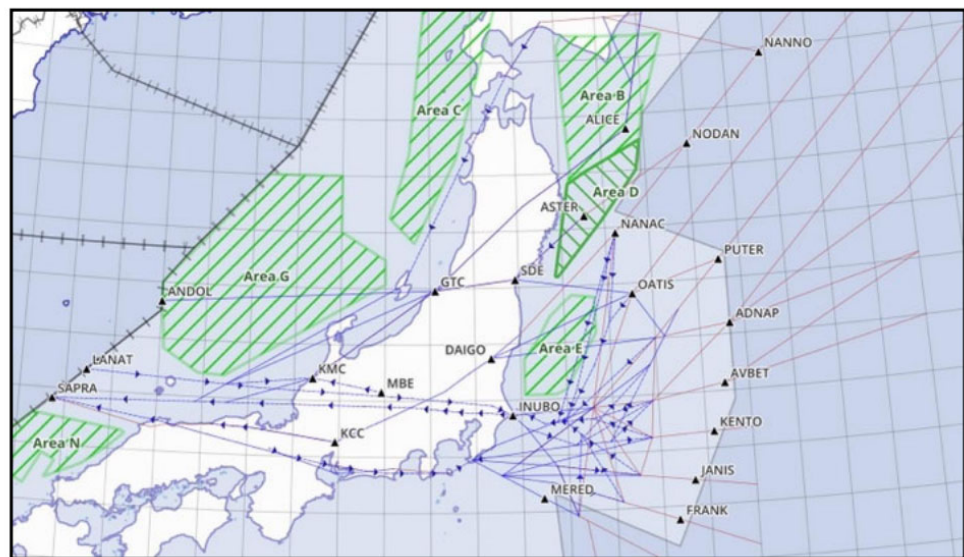
初期巡航高度を考慮してFL310を下限高度として定義

緑：訓練空域
赤：米軍訓練空域

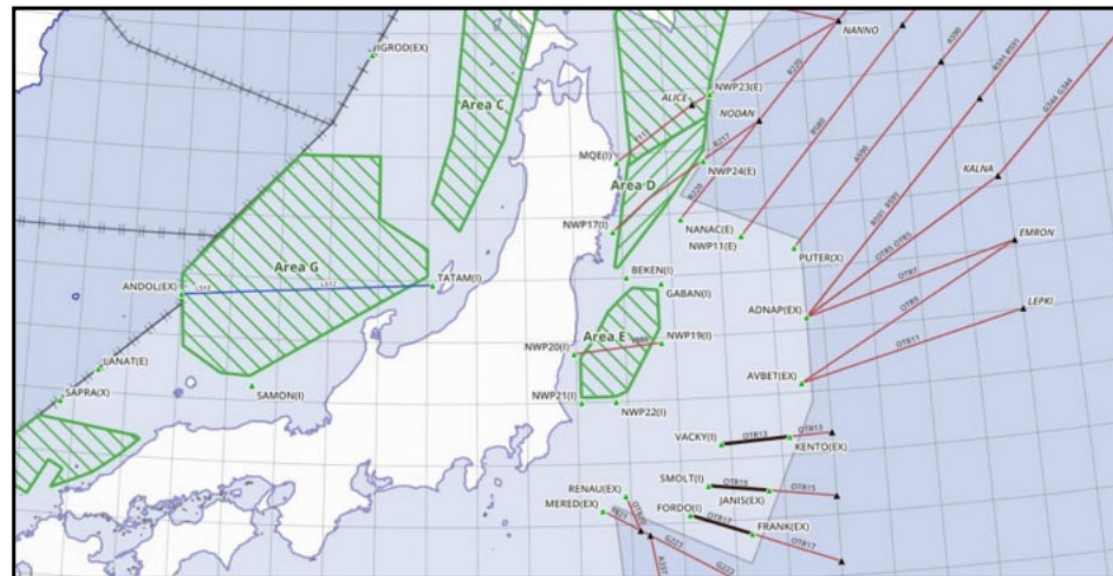
*FIR (Flight Information Region)

レーダ空域におけるFRA設計

FRA境界線にある入域・出域フィックスおよび双方向フィックス
 国際交通流（仁川FIR）における交通流から設定



仁川FIRと洋上空域を結ぶ
 RNAV経路及び従来の経路の簡略図



FRA案：複数の前提条件を考慮

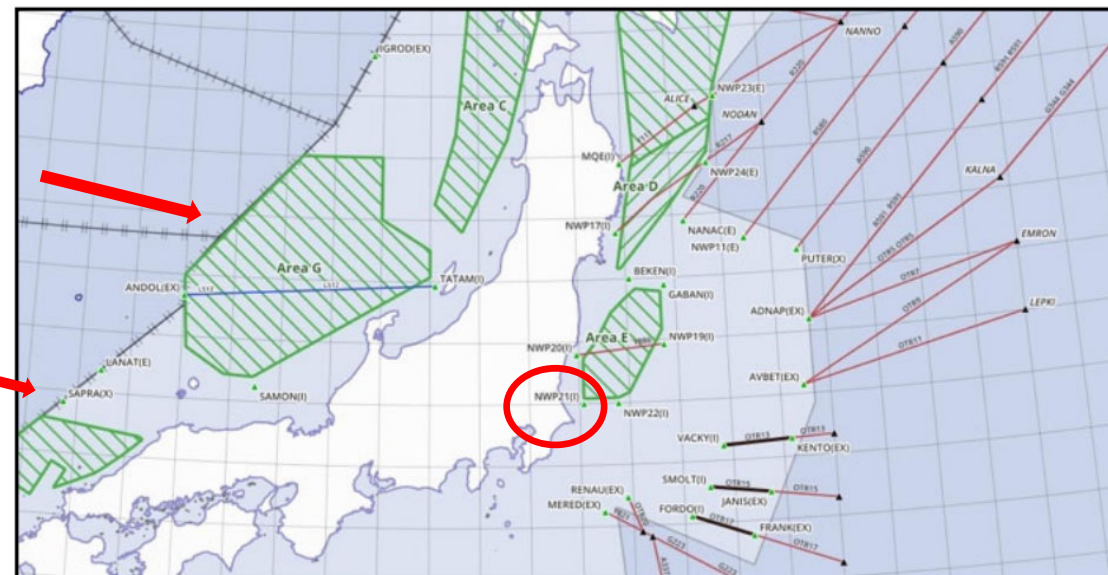
 訓練空域

レーダ空域におけるFRA設計

①現在の空域構造へ与える影響は最小限
EX：高高度訓練試験空域の形状と運用方式は変更しない

②FRA境界線にある入域・出域フィックスおよび双方向フィックスは現在の経路を考慮

X：出域
E：入域
EX：入出域



③訓練空域を最小の距離で回避する飛行計画経路を計画可能なよう、FRAの中間ポイント (I) を設定。ここでは、仮として10NMのバッファ距離を想定

レーダ空域におけるFRA設計：国内の交通流

FRAに入域するための入・出域点が必要

FRAの前提条件

- ④ターミナルレーダー空域とFRAを連結する
FRA垂直入域フィックス
- ⑤ 入域 (D=Departure) 出域 (A=Arrival) フィックスの位置は、出発経路・到着経路と垂直プロファイルを実航跡解析により設定

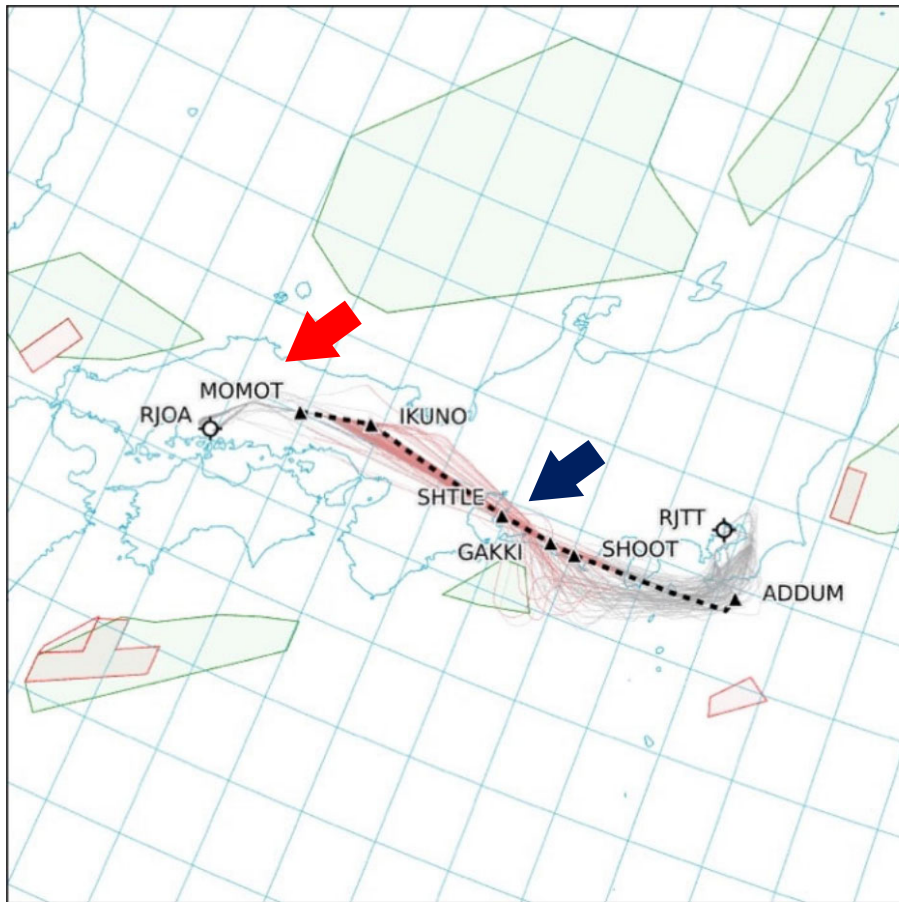
設計に際し、課題点を整理する必要があるため現在の交通流を分析

国内主要10路線(2019年における便数)

新千歳ー羽田	福岡ー那覇
福岡ー羽田	新千歳ー中部
羽田ー那覇	熊本ー羽田
伊丹ー羽田	宮崎ー羽田
鹿児島ー羽田	広島ー羽田

* 1年間のデータでCovid-19の影響を受けていない交通流のデータを採用

交通流分析（広島ー羽田）



例として広島ー羽田間の交通流を図示
（直行的な経路）

MOMOTをFL310前後で通過

理想はMOMOTをFRA入域フィックス（D）として定義
実際の航跡：MOMOTーIKUNOのレグで延長する経路が存在
IKUNOーSHUTLE間の別の交通流を横断している可能性

SHOOTから降下段階

SHTLEからレーダベクタが始まる

FRAにおいてベクタリングは望ましいものではない

出域フィックス（A）をSHTLEかGAKKIに配置する方が良い

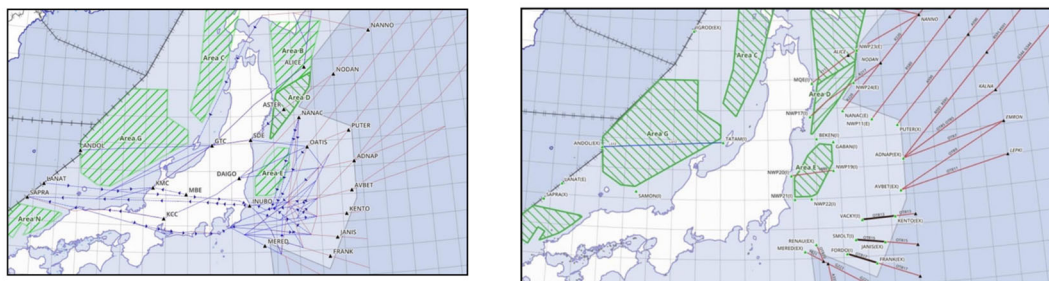
最適な降下開始地点より前になるため
燃料消費量は大きくなるが運用上必要

福岡FIRにおける便益（国際交通流）

FRA導入に関する便益試算：ファストタイムシミュレーションによる推定

2019年における交通流を想定

従来経路とFRAでの比較



(再掲)

年間の便益

距離：150,000NM

飛行時間：300時間

消費燃料：1,362,000kg（3,000,000lb）

CO2排出：4,300t

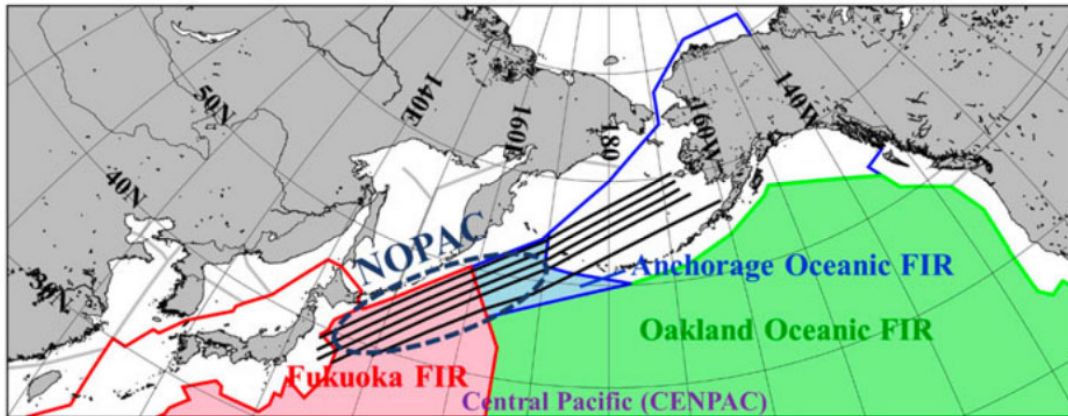
現在、高高度分離の高度はFL335

仁川FIRにおける SAPRA及びANDOLから入域する便の5割程度はFL310以下で入域
上空通過機がFRAの便益を得るためにはセクタの上下分割高度をFL310とすることが望ましい

洋上空域におけるFRA

検討事項：NOPAC(North Pacific)経路再編後，NOPACの廃止（フリールート化）

FRAを北太平洋空域において可能とする効果を検証
ジェット気流の変動も考慮



経路計画は偏西風により大きく影響
1フライト当たりの平均

東行き便：849kg (1,870lb)
西行き便：532kg (1,172lb)

廃止による利点

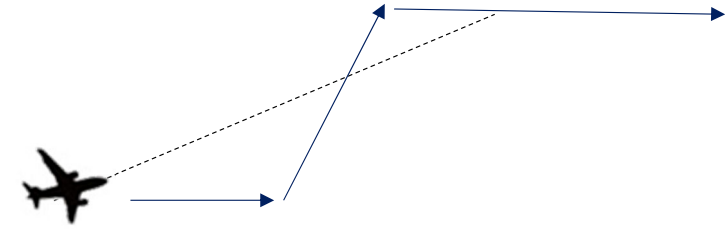
運航者における飛行計画の柔軟性増加
各航空機に燃料消費削減等が実現

廃止による欠点

管制官への負担増

将来の洋上交通量増加に伴う懸念及び課題

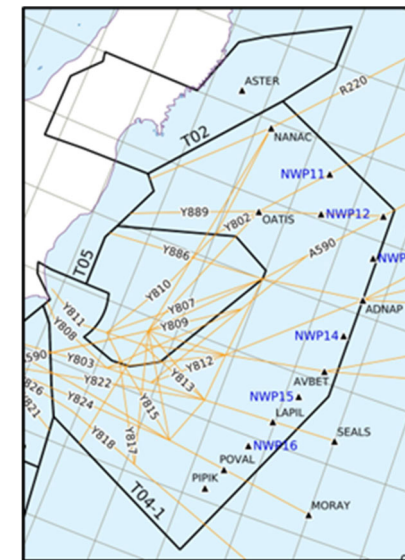
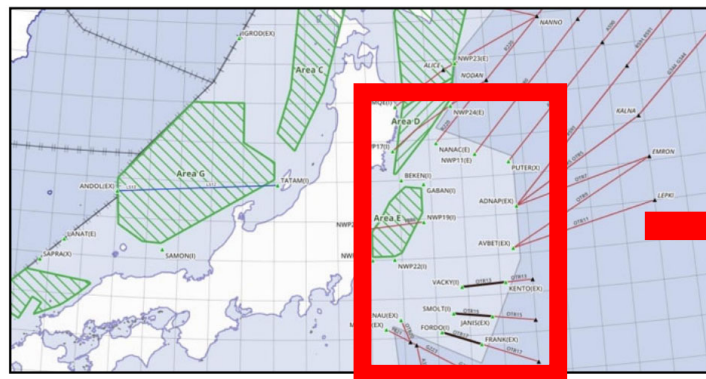
長距離飛行において最適高度を段階的に上昇させる：ステップクライム
計画通りに実行できないケースが洋上ゲートウェイ付近に集中



現在の洋上ゲートウェイにゲートウェイを追加することで対応

全体の中でいくつかの航空機が最適経路を選択出来ない可能性
全体の交通流の効率性の向上が期待

各航空機の経路と交通流全体を考慮する最適化が必要



FRAの便益と評価指標に関して

- ・ 運航者
- ・ 航空管制

運航者：飛行時間と消費燃料

短・中距離フライトにおいては大圏航路に近い
現在のATS経路よりも直行化することが理想的（国内）

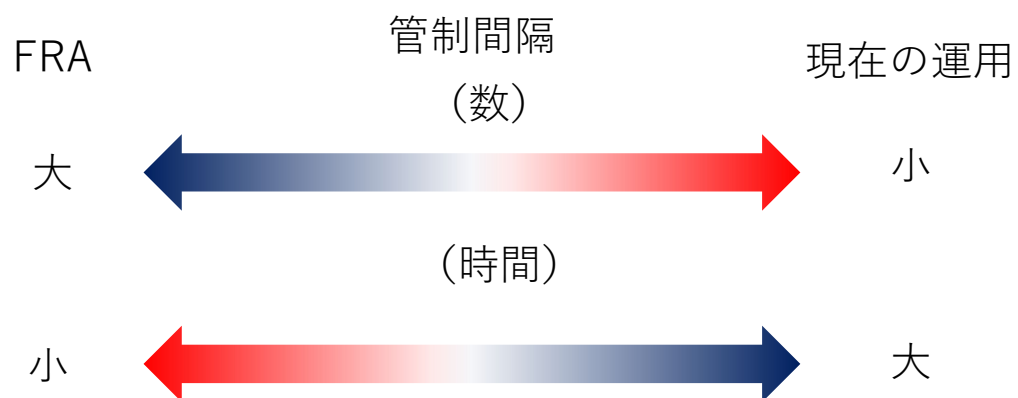
航空管制：安全で秩序ある効率的な航空交通の確保

コンフリクトは分散されている,コンフリクトが起こる可能性がある地点が変化
現在の交通流から大幅変更がない方が初期的には良い

例：洋上における運航者側以外の指標

PLOS（Potential Loss of Separation）：潜在的管制間隔喪失

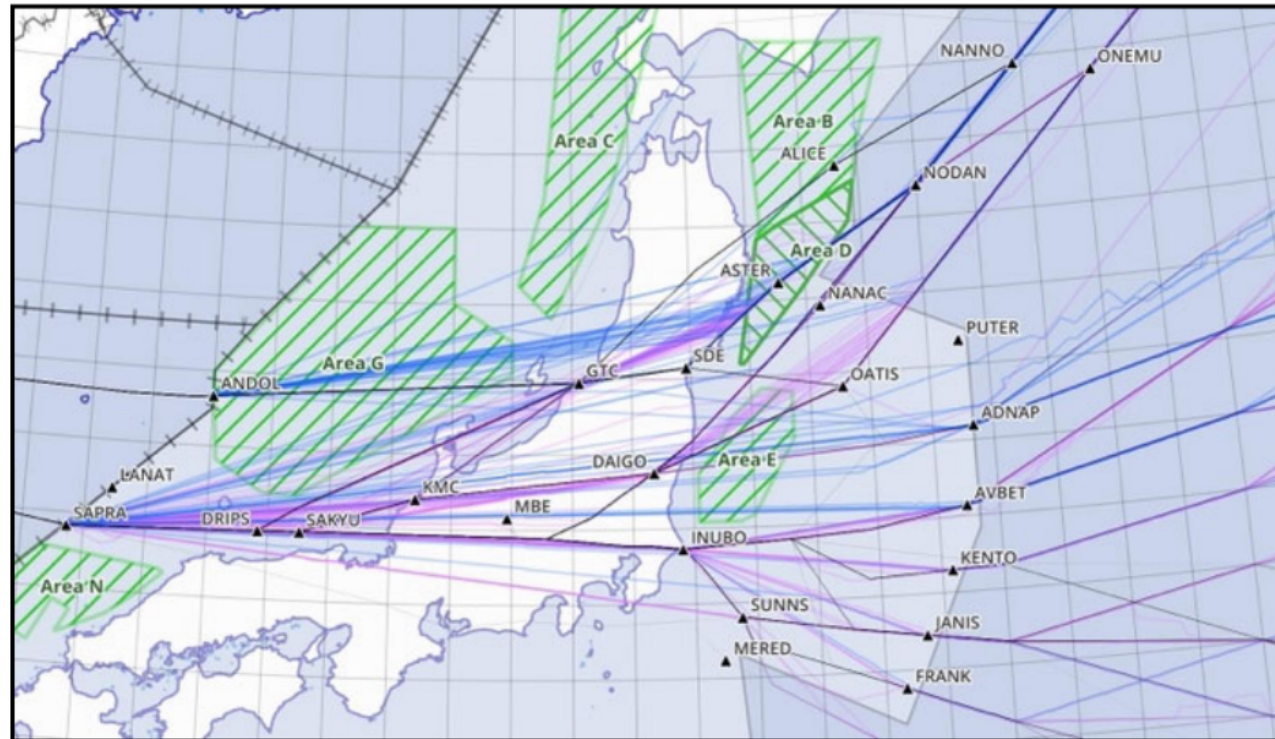
航空機同士の間隔が維持されなかった数及び時間



経路が固定されないため、時間の観点では短くなる

評価指標としては単純

洋上からANDOL・SAPRAを經由して出域する航跡



セクタがコンバイン(統合)されている夜間帯はショートカットされた航跡が存在

FRA設計において流れを考慮したFRA構成或いは中間点の設定が重要
(調整業務の観点)

まとめ

欧州では着実にFRAの実装が進んでいるが、アジアは未着手

FRA構想に関するプロジェクトについて本発表にて報告

FRA設計	現在の空域構造変更は最小限に、現在の交通流に即したフィックスを定義
便益・評価指標	ファストタイムシミュレーションにより燃料消費量の削減は確認

空域の評価は単純化されている場合が多く実際交通流を想定した評価は基本的には困難
管制官の負荷に係る指標は引き続き検討