

次世代運航を切り開く ENRI の技術

電子航法研究所の 最近の活動

電子航法研究所 講演会
研究企画統括 藤井直樹

◆ 本日の講演

- フェーズドアレイ気象レーダと航空への利用(招待講演)
- 航空機監視応用システム(ASAS)とトラジェクトリ管理技術の連携
 - * 休憩
- 高カテゴリーGBASの開発状況
- 新しい空港面移動通信システム(AeroMACS)の開発動向

◆ 電子航法研究所の最近の活動

- 電子航法研究所 研究長期ビジョンの見直しの方向性

今中期(H23~27)研究計画の3つの柱

**飛行中の運航高度化に関する研究開発
(航空路の容量拡大)**

**空港付近の運航高度化に関する研究開発
(混雑空港の処理容量拡大)**

**空地を結ぶ技術及び安全に関する研究開発
(安全で効率的な運航の実現)**

The diagram features a central 3D structure with three distinct colored layers: a top blue layer, a middle yellow layer, and a bottom red layer. Various aviation-related icons are scattered around the structure, including several satellites in the upper right, multiple commercial airplanes in flight, ground-based radar and communication towers, and airport terminal buildings. Three inset images provide additional context: a pilot in a cockpit, a control room with multiple operators, and an aerial view of an airport with planes on the tarmac.

- ◆ 以前の長期ビジョン(2011年)から4年が経過し状況が変化
- ◆ ICAO GANP(航空航法計画)第4版の発行
 - ASBU: Aviation System Block Upgradeの考え方を反映
- ◆ 機上アビオニクス^①の進歩・普及を考慮
 - RNAV/RNP(FMS/GNSS)の普及
 - ADS-B out/in(ASAS)の普及/装備の開始
- ◆ 航空交通管理における地上主導から空地協調への流れ
- ◆ 航空需要の強さを考慮
 - アジア・太平洋空域の強い需要
 - * 2011~2030 全世界 4.6% VS. アジア太平洋6.2% (ICAO)
 - ハブ方式運航からPoint to Point運航による小型機の増加
 - * Average airplane converging on 160 seats (Boeing)
- ◆ 「安全性の向上」については航空交通の大前提

研究ロードマップ(案)

◆ 研究開発目標

- 航空交通処理容量の拡大
- 運航の効率化による環境への負荷軽減

研究開発目標	技術開発分野	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031				
航空交通処理容量の増加	機上情報活用による航空交通最適化技術			機上監視による航空機間隔最適化の研究																		
			機上情報による監視性能向上							超高密度運航方式（編隊飛行やフローコリドー）に関する研究												
				無人機・一人操縦システムの通信方式・安全性に関わる研究																		
	軌道ベース運用(TBO)による航空交通最適化技術		効率的管制空域及び動的経路の管理						リスクに強いレジリエントATMシステムの開発													
運航の効率化による環境への負荷軽減	空港面及び空港周辺の運航効率化技術		空港面及び空港周辺空域における監視技術の高度化																			
			GNSSを利用した曲線精密進入方式及び動的最適化経路設定技術の開発																			
			空港面管理技術と出発到着管理技術の連携 (AMAN/DMAN/SMANの連携)																			
	高度情報通信による運航効率化技術		航空交通情報共有基盤(SWIM)の技術開発																			
			高速通信のための次世代航空通信技術の開発											通信航法統合化システム								
基盤の開発研究		安全性及びATMパフォーマンス評価技術																				
		電波資源対応技術（電波干渉、電波伝搬解析など）																				
		ヒューマンエラー低減管理技術及びヒューマンファクタを考慮した運航・管制方式																				

全ての空域における軌道ベース運用(TBO)の実現

- ◆ 4つのプロジェクト型研究分野と14の研究開発課題
 - 機上情報活用による航空交通最適化技術(4)
 - 軌道ベース運用(TBO)による航空交通最適化技術(4)
 - 空港面及び空港周辺の運航効率化技術(3)
 - 高度情報通信による運航効率化技術(3)

- ◆ 基盤的開発研究分野
 - 安全性及びATMパフォーマンス評価技術
 - 電波資源対応技術(電波干渉、電波伝搬解析など)
 - ヒューマンエラー低減管理技術及びヒューマンファクタを考慮した運航・管制方式

機上監視による航空機間隔最適化の研究

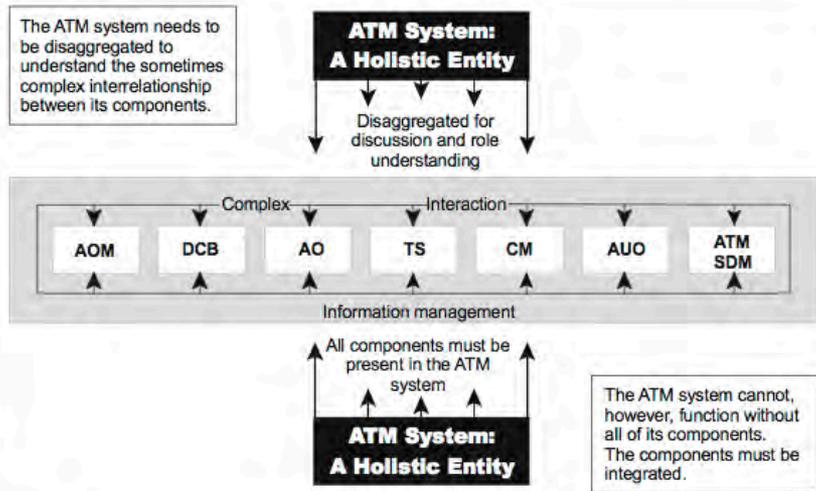


航空機監視応用システム

(Aircraft Surveillance Applications System: ASAS)

ICAOグローバルATMコンセプトとTBOの関係

From ICAO Doc 9854 Global ATM Concept



AOM — Airspace organization and management
DCB — Demand/capacity balancing
AO — Aerodrome operations
TS — Traffic synchronization
CM — Conflict management
AUO — Airspace user operations
ATM SDM — ATM service delivery management

Seven conceptual components of ATM together form a holistic system

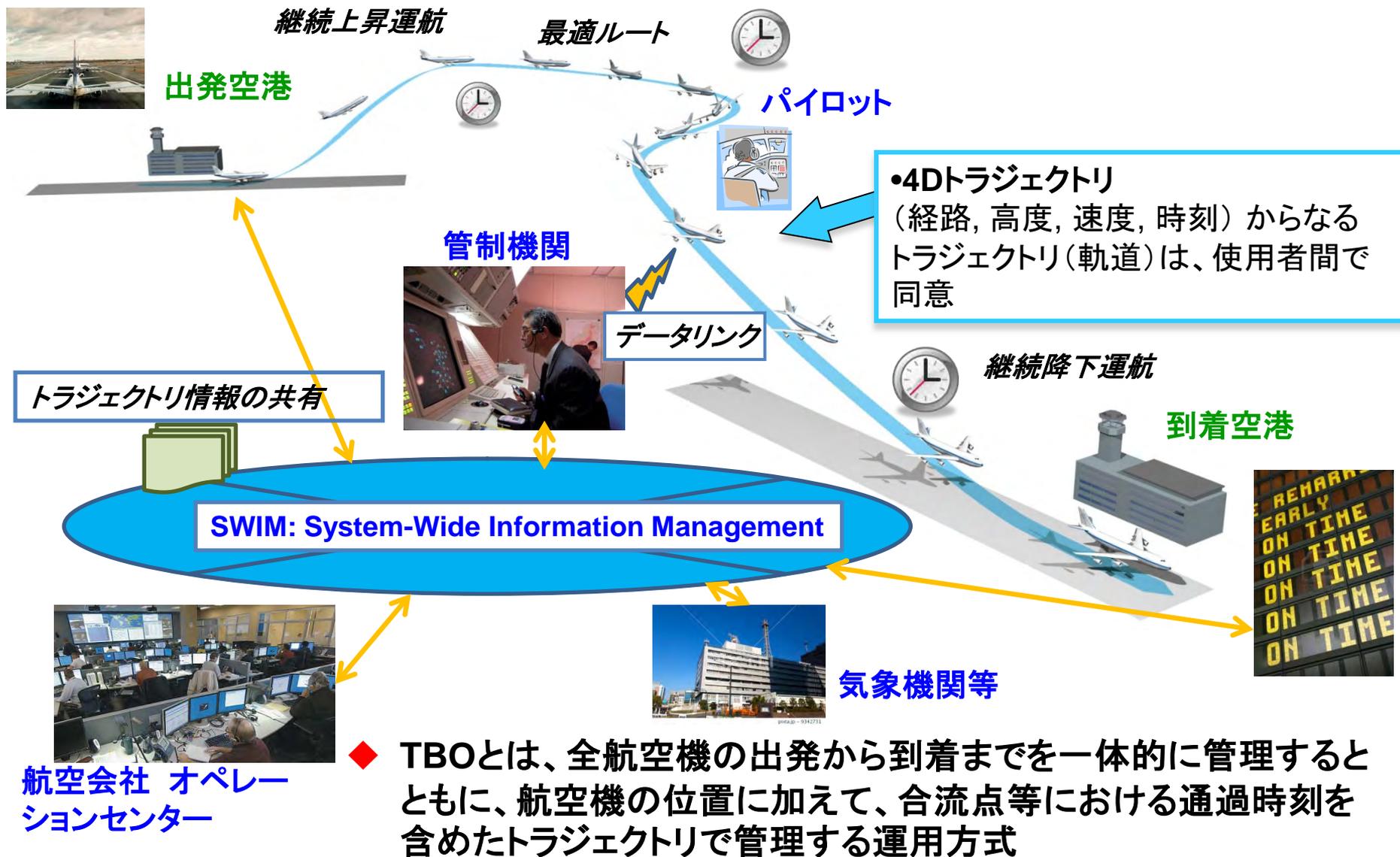
Demand Capacity Balancing (DCB) 需要と容量のバランス

- 需要と容量の予測に基づき、資源（空域／空港容量、悪天により制限等）の不足に対応する計画の立案。
- すべての関係者（空港、運航者、ANSP）で情報を共有し、調整
- 時系列に応じた戦略：
 - 長期的戦略（数年単位：需要予測）
 - 出発前：一日～数時間前
 - 飛行中：動的情報による戦略

Trajectory/Conflict Management 軌道/コンフリクト管理

- コンフリクト管理：
 - 戦略: DCBにより円滑な交通流を作成。
 - 航空機間隔の管理：（フリールート、固定ルート、フローコリドー等）。
 - 衝突回避
- コンフリクトと航空機間隔管理方式、運用ルール：空域密度、空域複雑性、CNSパフォーマンス等に依存

軌道ベース運用(TBO)概念



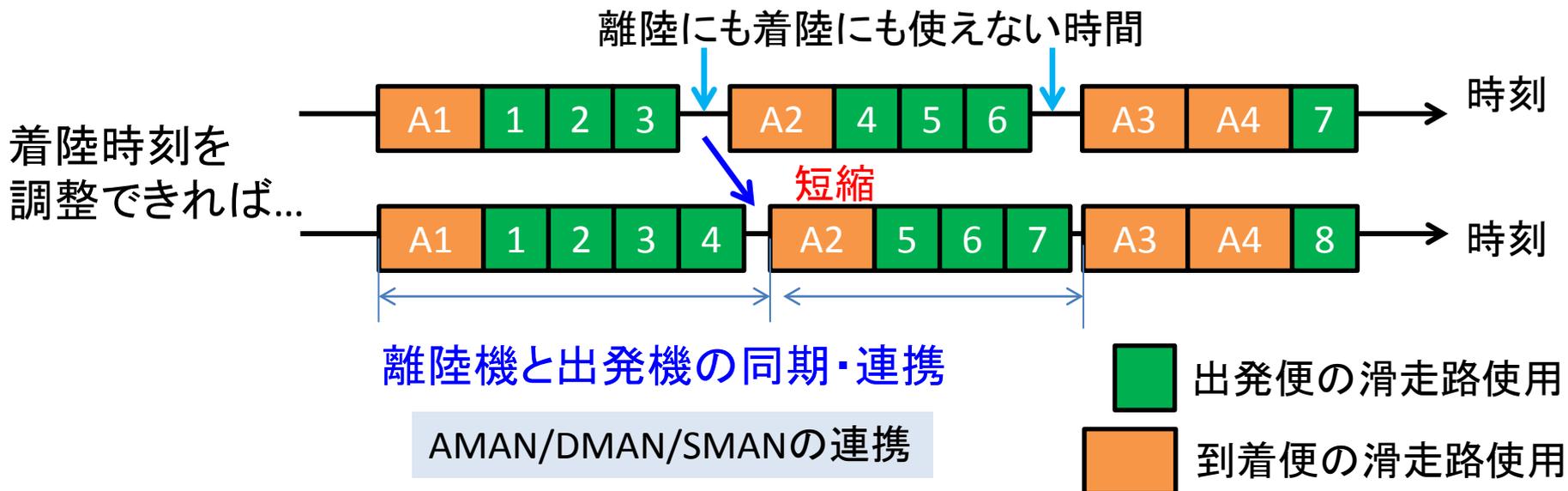
空港面管理技術と出発到着管理技術の連携

◆ 空港面管理技術

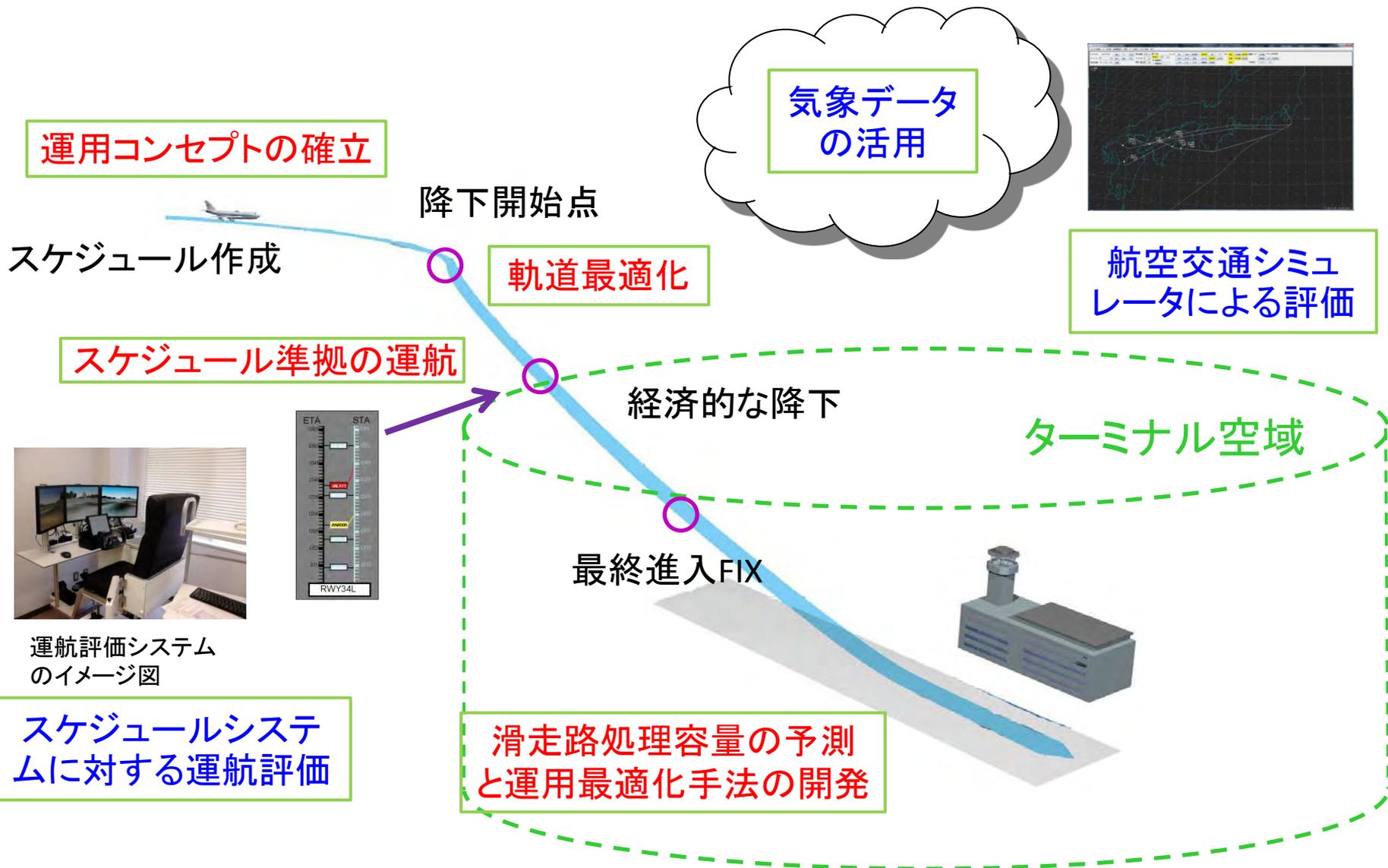
- 離陸滑走路付近の交通量を事前に調整
 - * 地上走行時間の短縮

◆ 到着管理システムによる着陸時刻の調整

- 単位時間あたりの離着陸数を増加



到着管理システムの開発

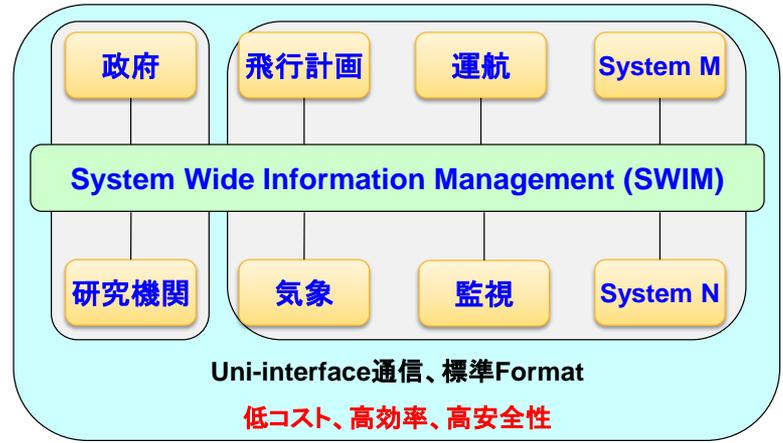
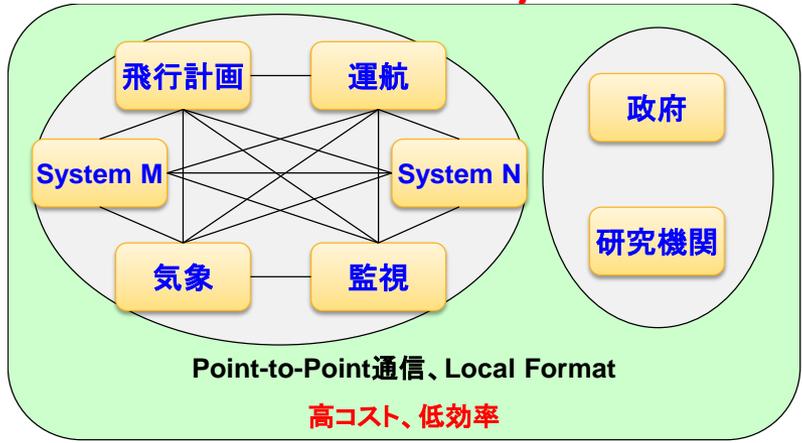


ENRI 高度情報通信による運航効率化技術

航空交通情報共有基盤 (SWIM) の開発 (System Wide Information Management)

現在: Sum of Systems

将来: System of Systems



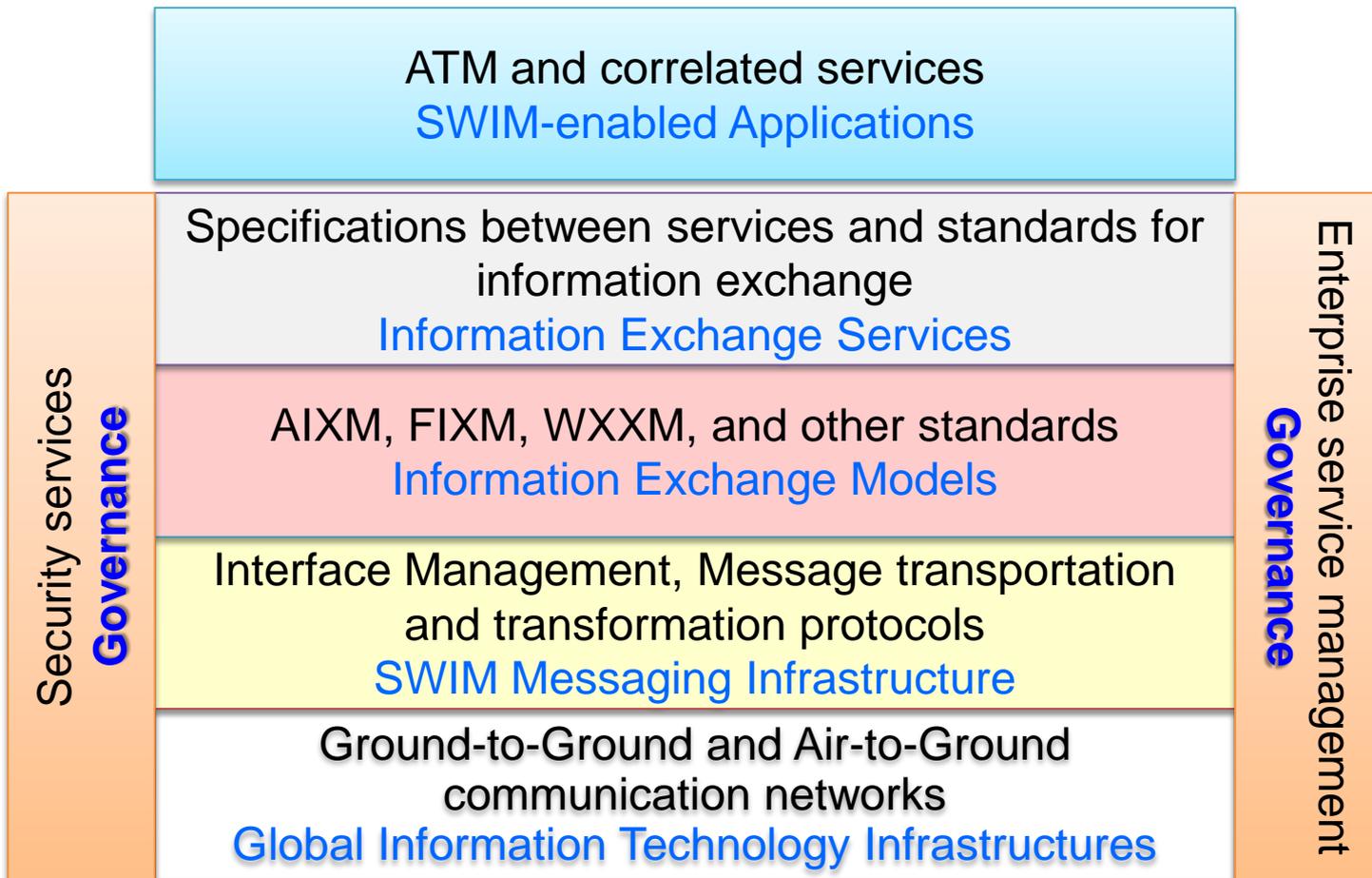
	通信	情報交換	サービス融合	アクセス	Security
現状	Point-to-Point	Local	個別運用、困難	特定少数	低
	接続された同士の間		異なる形式	個別管理	

低コスト、高効率、高安全性

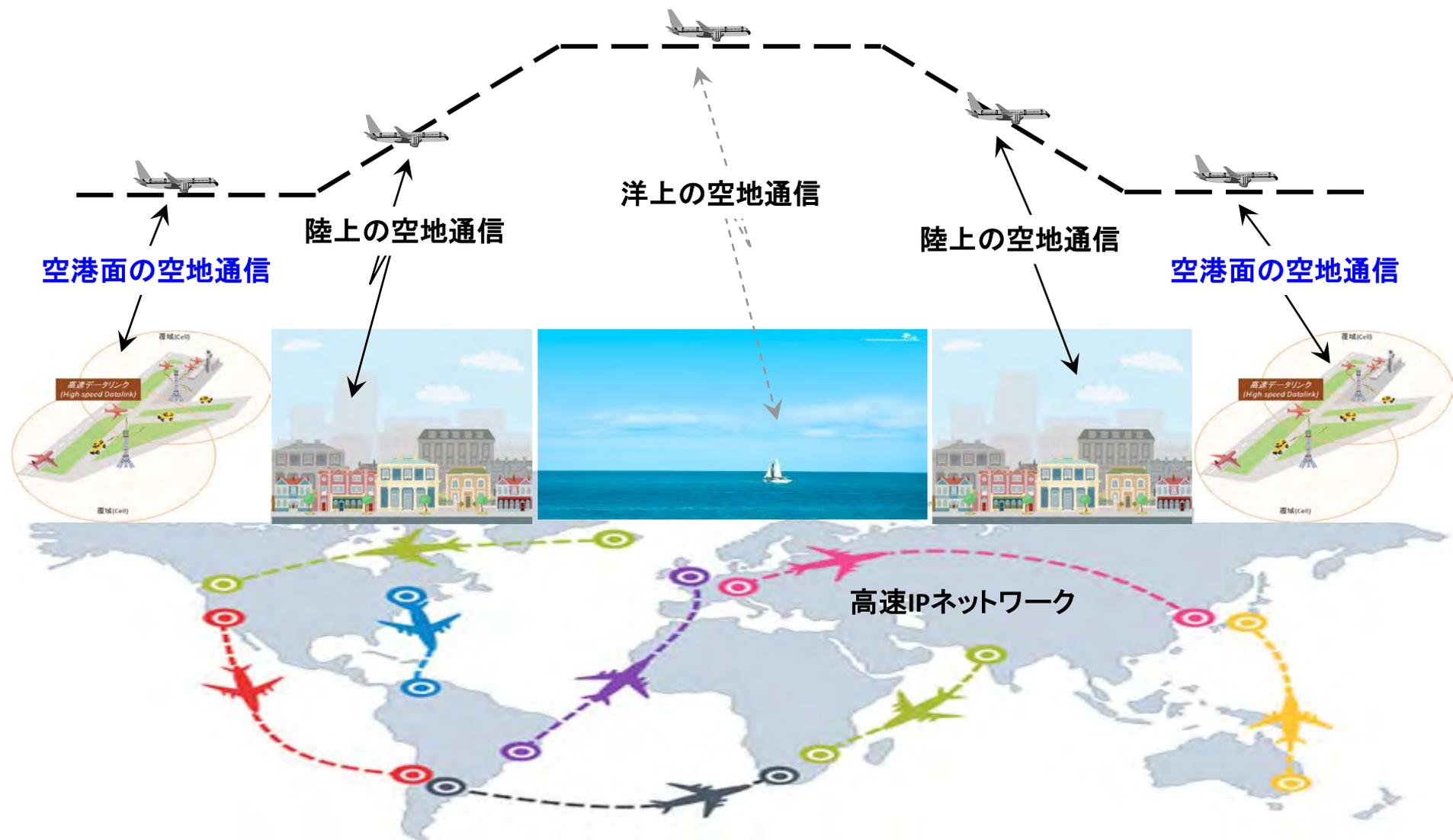
SWIM	Uni-interface	Global	標準化、容易	特定多数、または 不特定多数	高
	システムに接続する全員		同一形式	統一管理	

SWIM開発の課題

- ◆ グローバル間の情報交換はどのように管理するか？
- ◆ システムの信頼性と安全性はどのように確保するか？



高速・高信頼通信技術の開発



- ◆ **研究長期ビジョンの見直しの方向性**
 - 「安全性の向上」については大前提であることを確認
 - ICAO GANP第4版の考え方を反映
 - 地上主導から空地協調へ
 - 研究開発目標
 - * 航空交通処理容量の拡大
 - * 運航の効率化による環境への負荷軽減
- ◆ **研究ロードマップ**
 - 4つのプロジェクト型研究分野と14の研究開発課題
 - * 機上情報活用による航空交通最適化技術
 - * 軌道ベース運用(TBO)による航空交通最適化技術
 - * 空港面及び空港周辺の運航効率化技術
 - * 高度情報通信による運航効率化技術

来年の講演会は EIWAC 2015

2015年11月17日～19日
両国KFCホール

テーマは “Global
Harmonization For
Future Sky”



Announcement of the 4th ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2015)

Worldwide R & D activities for realizing modern Air Traffic Management (ATM) and its enabling technologies in Communication, Navigation and Surveillance (CNS) have become more and more important.

After successful meetings in 2009, 2010 and 2013, Electronic Navigation Research Institute (ENRI) is pleased to announce that we will hold “the 4th ENRI International Workshop on ATM/CNS (EIWAC 2015)” in Tokyo under following theme and schedule.

Global Harmonization for Future Sky

Date: November 17th – 19th, 2015 **VENUE:** KFC Hall in Ryogoku, Tokyo
Nov. 17th: Plenary Session, Exhibition, Nov. 18th - 19th: Technical Sessions, Exhibition
Important dates :

Abstract submission deadline : March 31, 2015
Notification of acceptance : May 15, 2015
Final paper submission deadline : September 15, 2015
Please visit our site: http://www.enri.go.jp/eng/index_e.htm

At the workshop, leading experts from research establishments, industry, regulatory authorities and academia will meet to share their ideas and their approaches. The following are the expected major topics.

- ATM Modeling
- ATM Performance
- Trajectory Management
- Airport Management
- Communication/Navigation/Surveillance
- Safety
- Human Factors
- Avionics
- Traffic Capacity & Congestion Management
- GNSS and related topics
- Performance-based Operations
- Remotely Piloted Aircraft Systems(RPAS), UAS
- Aviation Weather
- Environment
- Air-Ground Integration
- Information Technology



Plenary Session



Technical Session



Exhibition

電子航法研究所と研究員は共に、

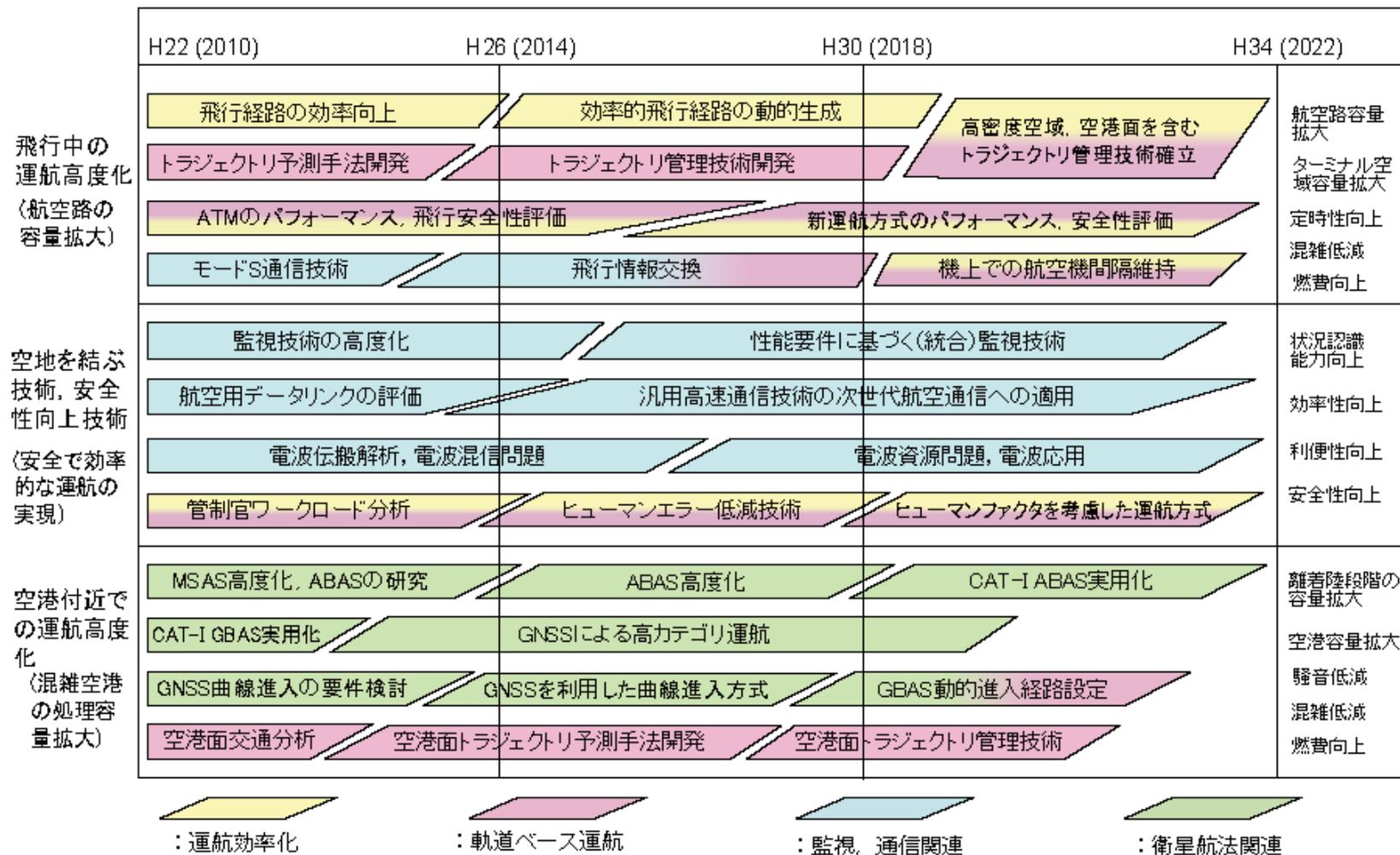
- 航空躍進の礎を担う —
- 航空交通の安全性・効率性向上、
地球環境保全に貢献する —
- 世界に通じる中核的研究機関を目指す —

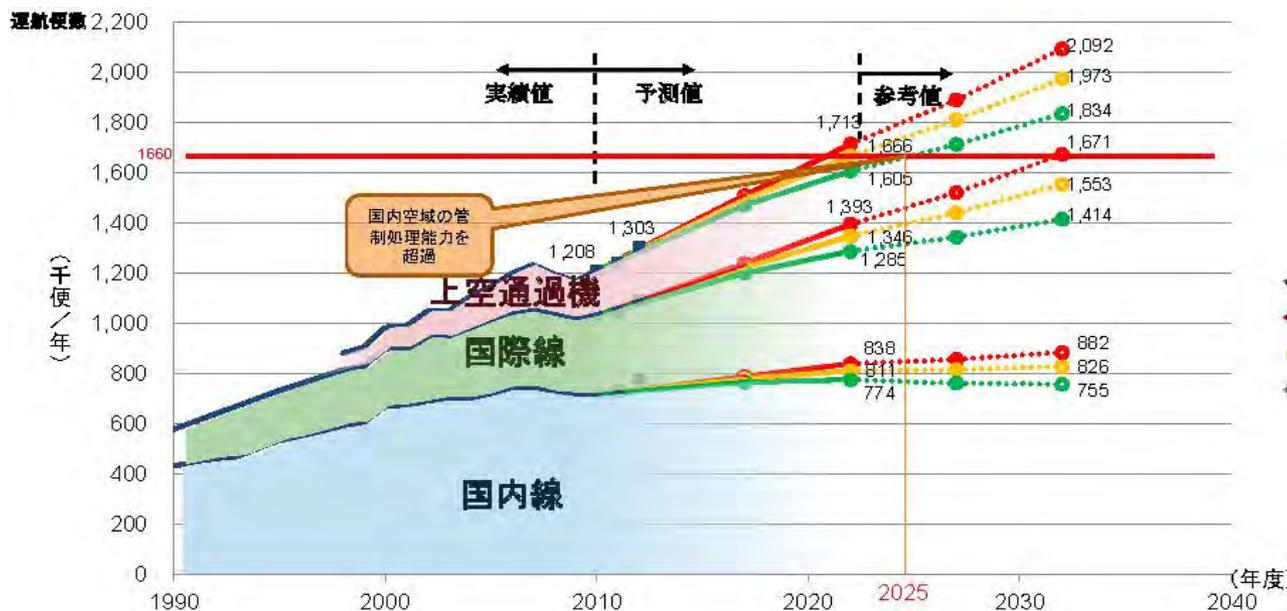
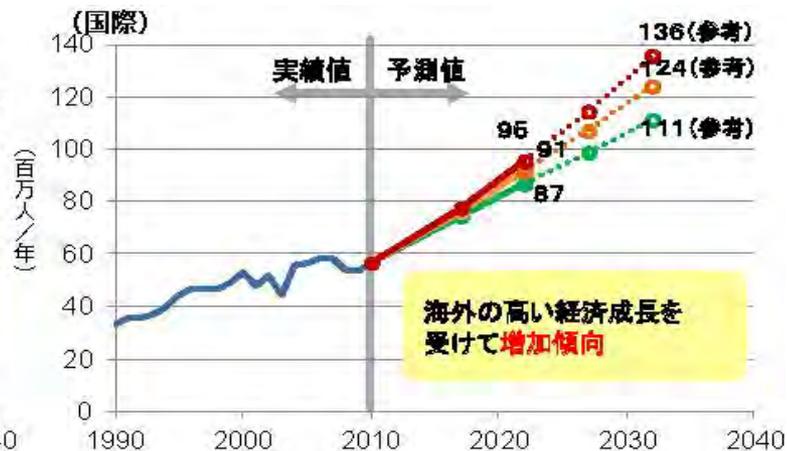
平成二十三年四月

- ◆ 現職 大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻, 准教授
- ◆ 電磁波による地球環境のリモートセンシング(人工衛星観測を含む)技術に関する研究およびその技術を用いた気象観測、シミュレーションなどに関する研究に従事
- ◆ 平成26年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 (開発部門)
 - 「気象用フェーズドアレイレーダの開発」
- ◆ 2013年12月15日放送の「夢の扉+」などの数多くのマスコミで紹介されている

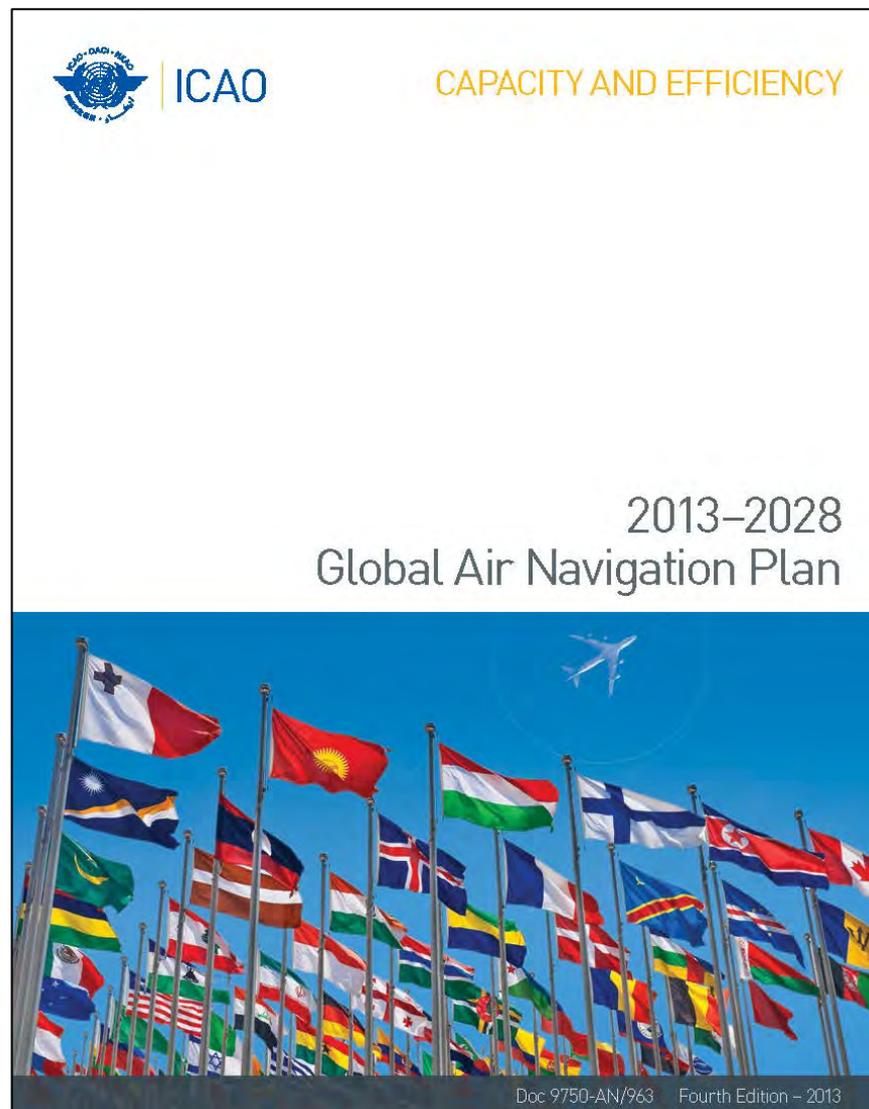
研究ロードマップ

電子航法研究所 研究ロードマップ



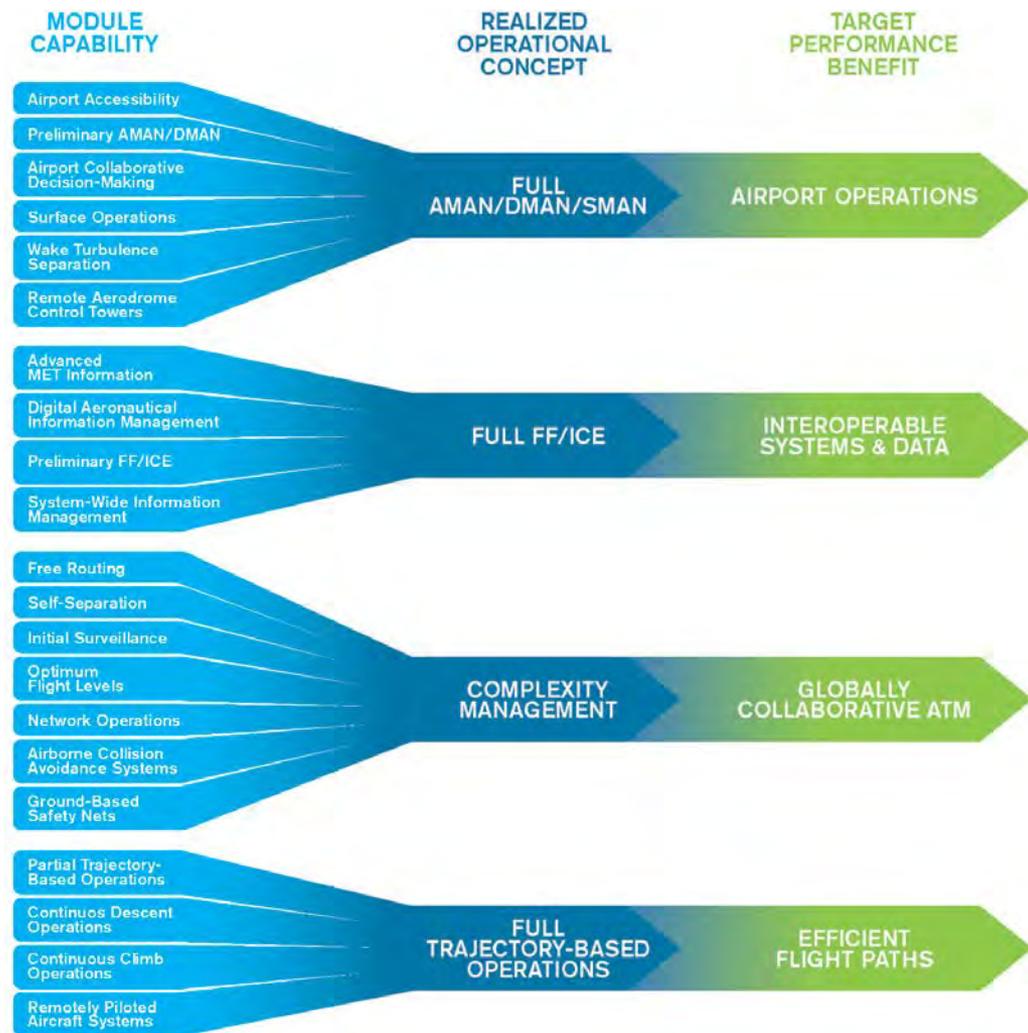


- ◆ **ANC-12で議論** (平成24年11月)
 - **空港運用～空港のパフォーマンス向上** Aerodrome operations – improving airport performance
 - **SWIMによるシステムとデータの相互運用性** Interoperability and data – through globally interoperable system-wide information management (SWIM)
 - **協調的グローバルATMを通じた容量の最適化と効率化** Optimum capacity and efficiency – through global collaborative ATM
 - **軌道ベース運航による効率的な飛行経路** Efficient flight paths – through trajectory-based operations



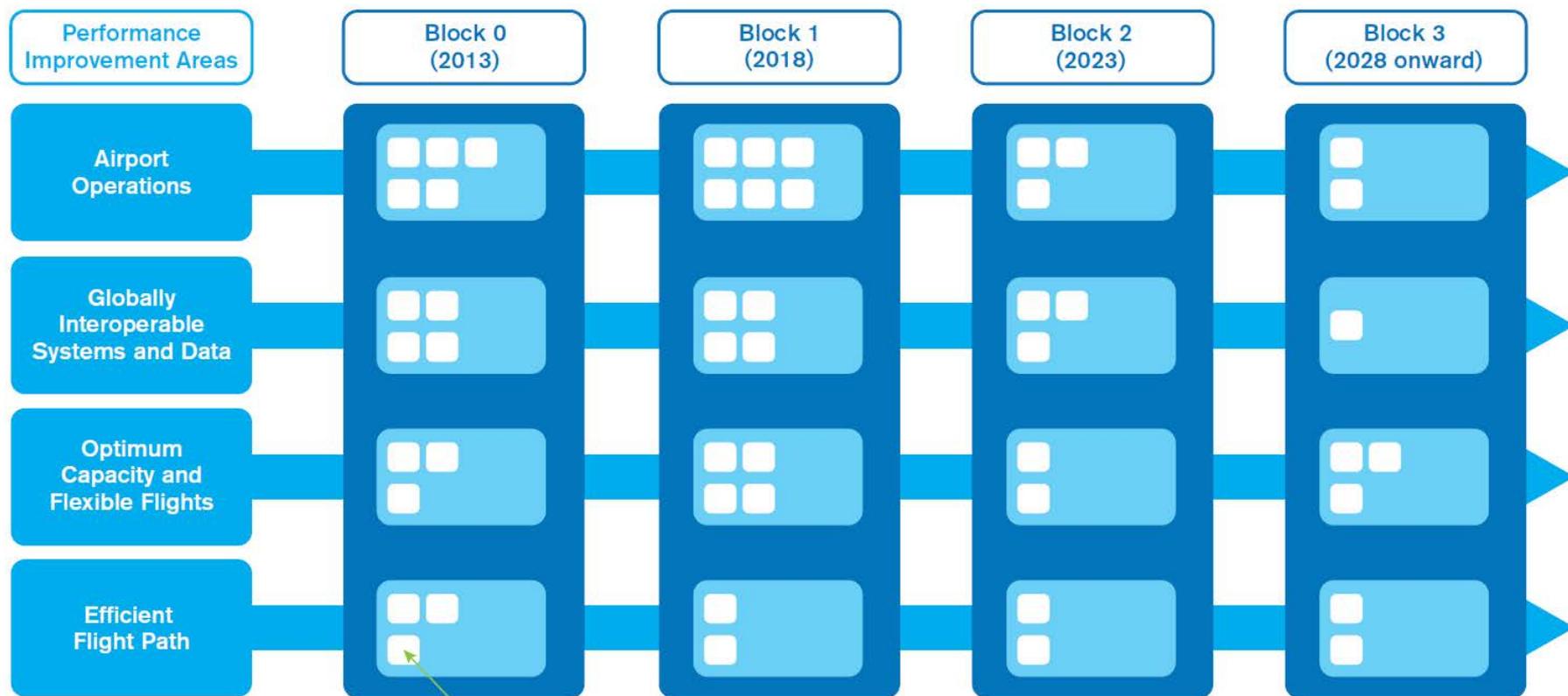
実現すべき運用概念

- ◆ 空港運用～空港のパフォーマンス向上
 - Full AMAN/DMAN/SMAN
- ◆ SWIMによるシステムとデータの相互運用性
 - Full Flight and Flow-Information for a Collaborative Environments (FF/ICE)
- ◆ 協調的グローバルATMを通じた容量の最適化と効率化
 - Traffic Complexity Management
- ◆ 軌道ベース運航による効率的な飛行経路
 - Full Trajectory Based Operation



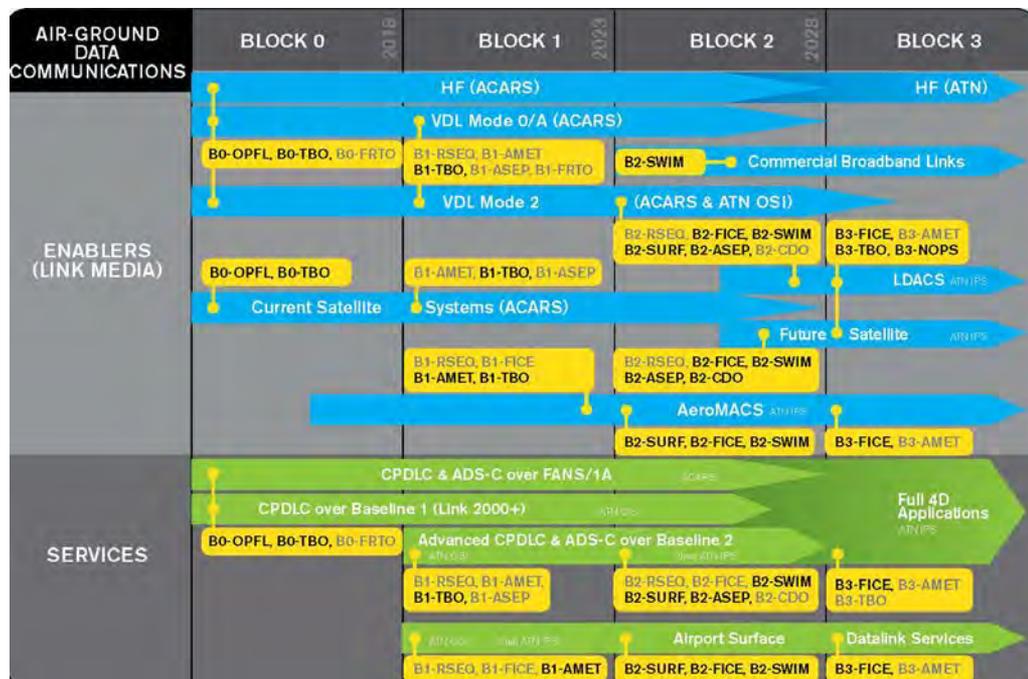
ICAO "Global Air Navigation Plan"; Doc. 9750 Forth Edition より

ENRI ICAO GANPにおけるASBUの概念



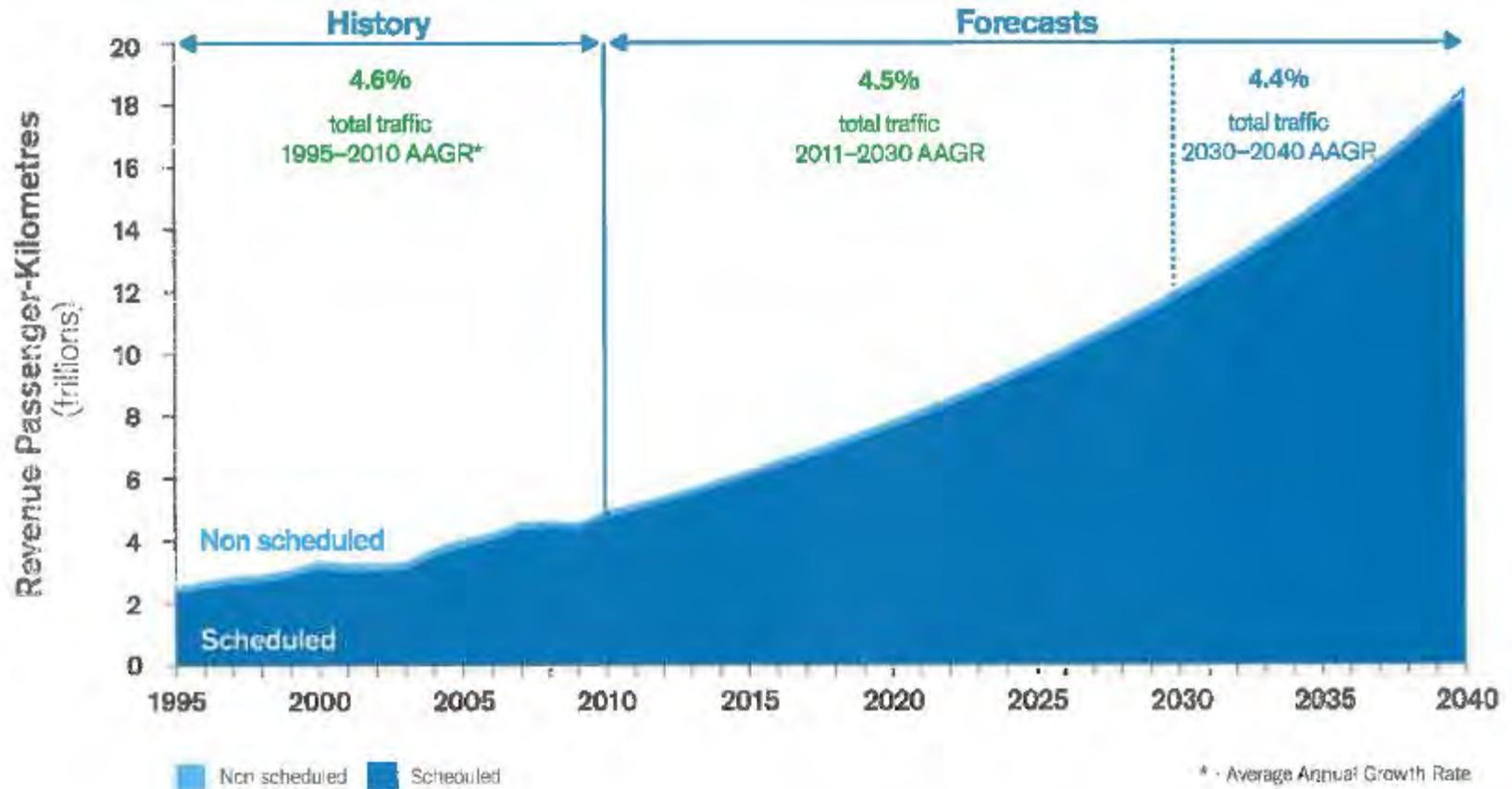
- ◆ a) Communication:
 - 1) Air-ground data link communication.
 - 2) Ground-ground communication.
 - 3) Air-ground voice communication.
- ◆ b) Surveillance:
 - 1) Ground-based surveillance.
 - 2) Surface surveillance.
 - 3) Air-to-air surveillance.
- ◆ c) Navigation:
 - 1) Dedicated technology.
 - 2) Performance-based navigation.
- ◆ d) Information Management.
 - 1) SWIM
 - 2) Other
- ◆ e) Avionics:
 - 1) Communications.
 - 2) Surveillance.
 - 3) Navigation.
 - 4) Airborne safety nets.
 - 5) Onboard systems.

空地データリンクの例



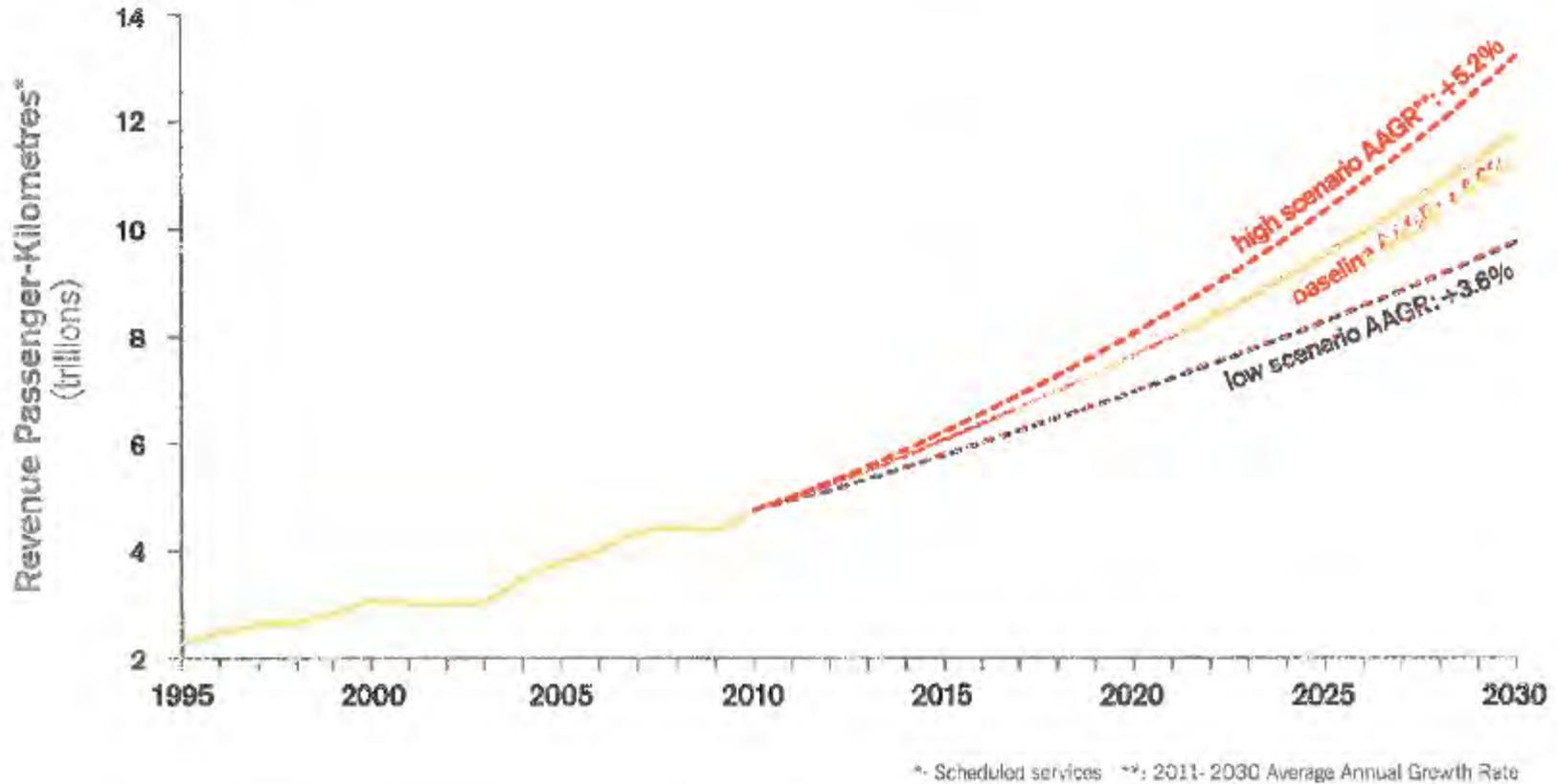
ICAO "Global Air Navigation Plan"; Doc. 9750 Forth Edition より

World passenger traffic: 1995-2040



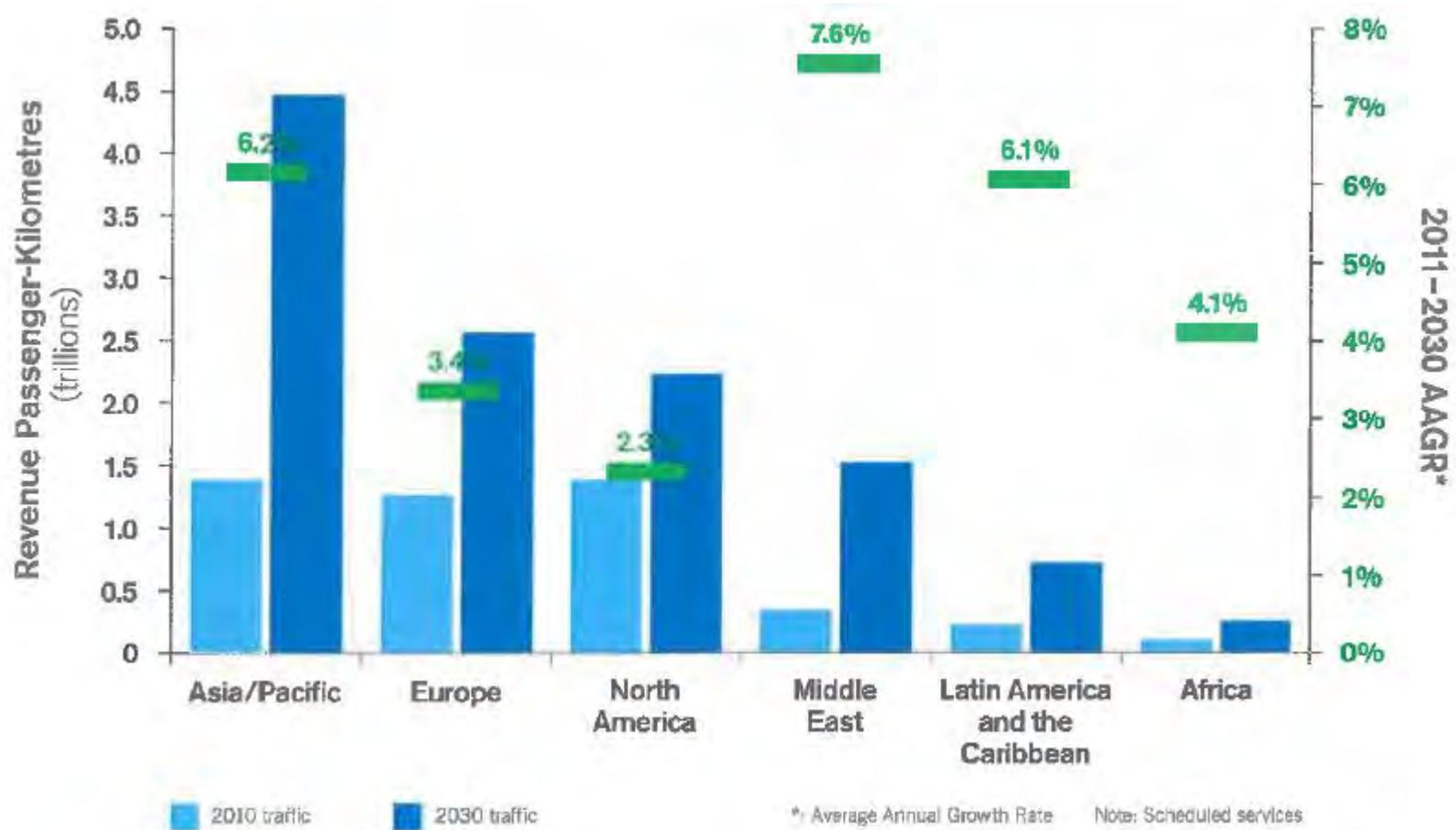
AAGR - Average Annual Growth Rate.

World passenger traffic forecasts: high and low scenarios



AAGR - Average Annual Growth Rate.

Regional passenger traffic forecast by airline of registration: 2030 vs. 2010



AAGR - Average Annual Growth Rate.

Note: Asia/Pacific is divided into four FBOFS: China, North Asia, Pacific and South-East Asia, and South-West Asia



フェースドアレイ気象レーダと 航空への利用

牛尾知雄（大阪大学）

竜巻被害



宮崎延岡での列車脱線事故
(2006年9月17日)



The Tanger Outlet Mall in Stroud, Okla., was virtually wiped out by a tornado on May 3. Much of the Stroud city budget came from sales tax revenue generated by the mall.

Oklahomaでの竜巻被害の一例
(地元の新聞紙より)



庄内平野での竜巻による列車
脱線事故
(2005年12月)

つくば竜巻被害(2012年5月6日)

平成24年5月6日(日)

新聞 産経

号外

編集局東京(サンケイ)
〒100-8701 東京都千代田区千代田1-1-1
TEL 03-5561-0111 FAX 03-5561-0117
URL http://www.sankei.com



竜巻か40人超死傷



茨城県つくば市で発生した竜巻の被害状況。写真は5月6日午前10時ごろ撮影された。

6日午後、つくば市で発生した竜巻の被害状況。写真は5月6日午前10時ごろ撮影された。

茨城県つくば市で発生した竜巻の被害状況。写真は5月6日午前10時ごろ撮影された。

茨城県つくば市で発生した竜巻の被害状況。写真は5月6日午前10時ごろ撮影された。

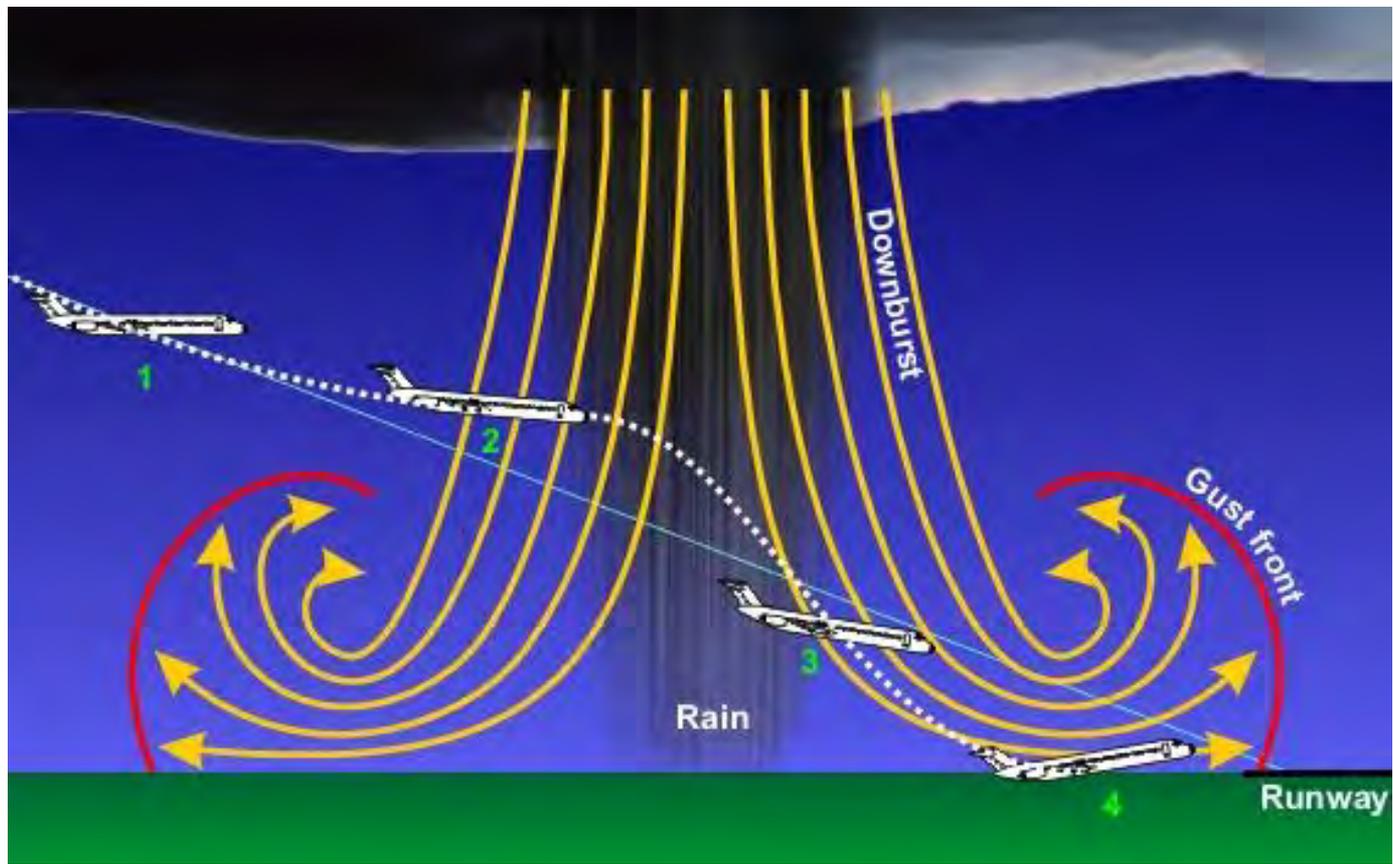
茨城・栃木で倒壊・損壊300棟



埼玉，千葉の竜巻被害(2013年9月2日)



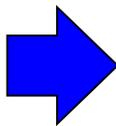
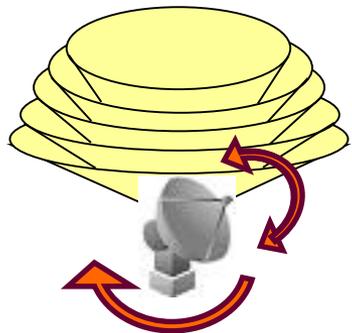
Downburstと航空気象



背景

- 近年、日本では突風や局所的な豪雨等による被害が増加傾向にある。
- 従来のパラボラアンテナによるレーダは、地上付近の降雨観測に1分程度、3次元降水観測には**5分以上**の時間を要する。
- これに対して、局地的大雨をもたらす積乱雲は10分程度で急発達し、竜巻もわずか数分で発生し移動する

⇒これらの兆候を迅速に察知するためには、**より短時間で詳細な3次元観測が必要**



パラボラアンテナによる
3次元立体観測(5~10分)

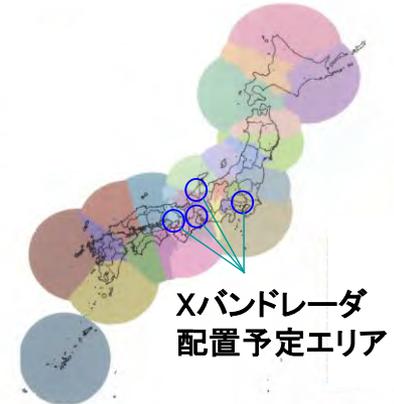
フェーズドアレイレーダーによる
3次元立体観測(10~30秒)



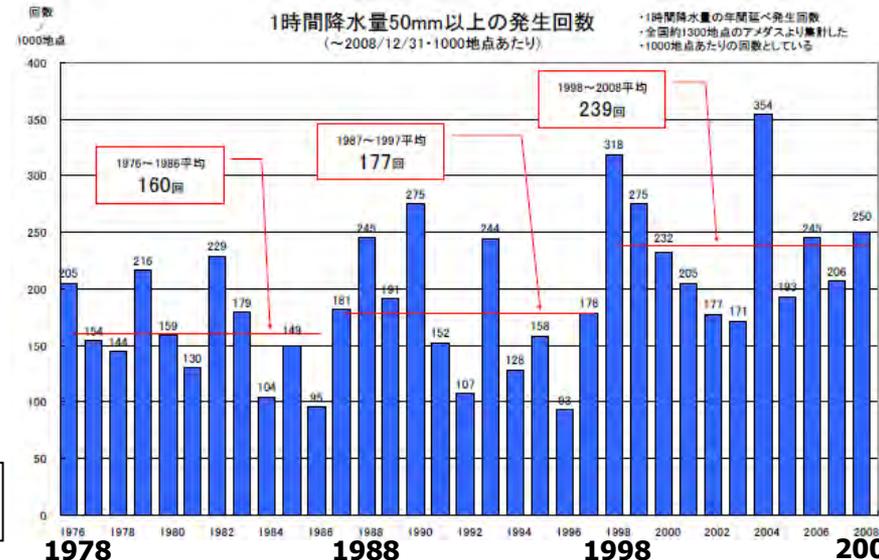
神戸都賀川事故(2008年7月28日)

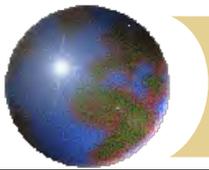


東京雑司ヶ谷での幹線工事事故
(2008年8月5日)

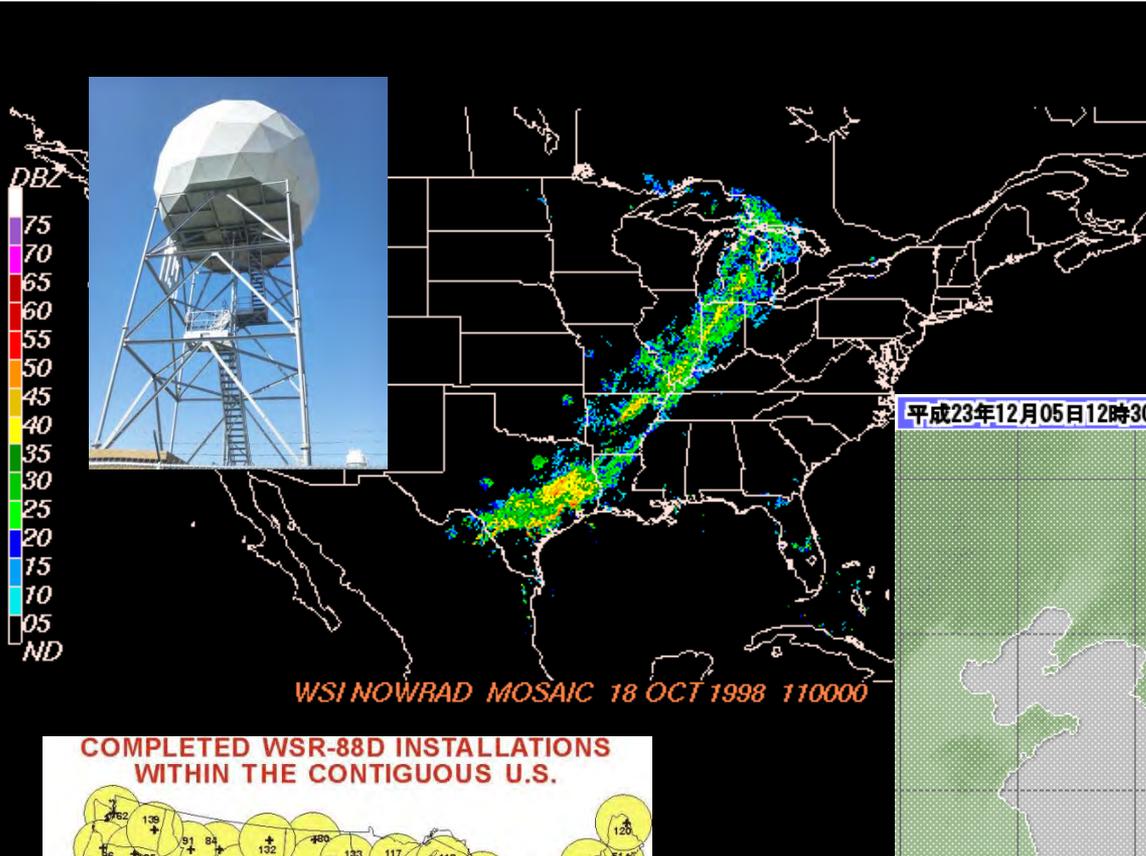


Xバンドレーダ
配置予定エリア

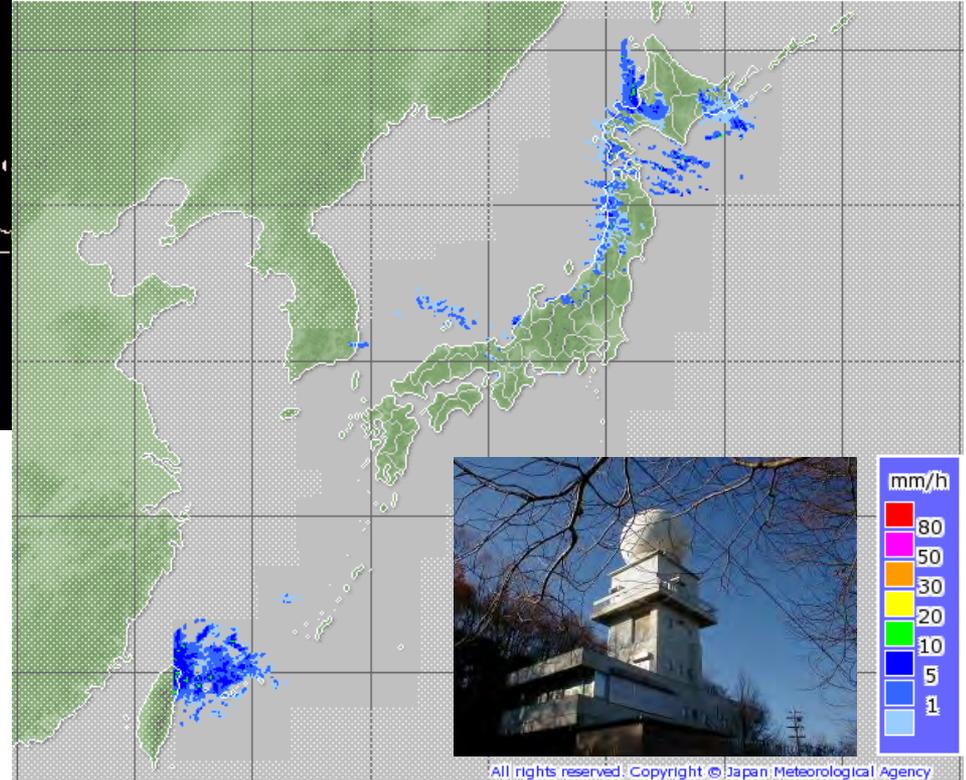




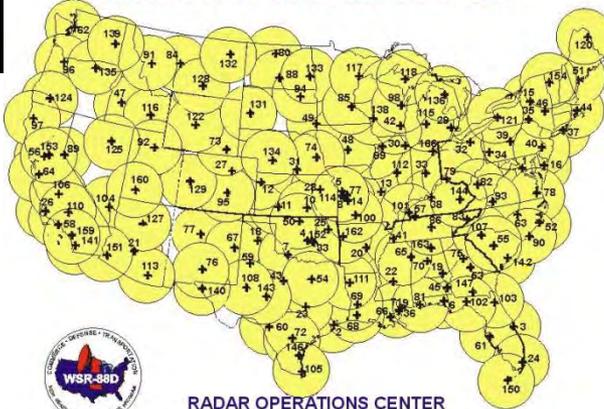
Nationwide Radar Network at S or C band



平成23年12月05日12時30分 (12:30 JST, 05 December 2011)



COMPLETED WSR-88D INSTALLATIONS WITHIN THE CONTIGUOUS U.S.



RADAR OPERATIONS CENTER
NORMAN, OKLAHOMA

C帯固体化気象レーダ

受信装置・信号処理装置・
空中線制御装置・データ変換装置

遠隔操作・表示装置
一次プロダクト表示のみ

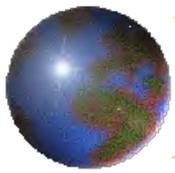
送信装置
写真は二重偏波用（水平偏波・垂直偏波）のため
2ラック構成。
単偏波（水平偏波）の場合はいずれか1ラック分。



電源装置

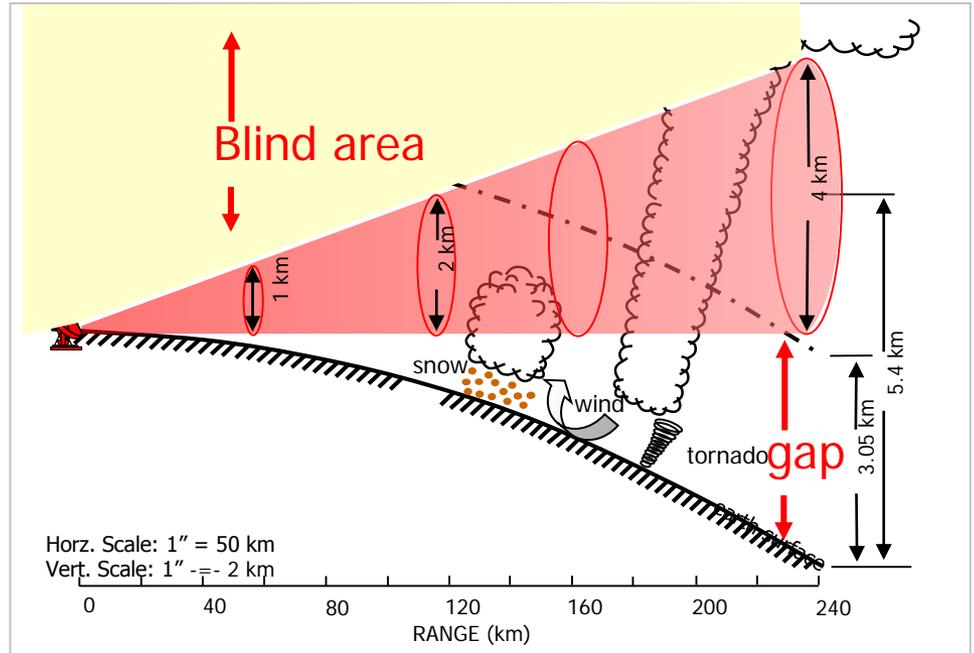


空中線装置
二重偏波用



Sensing Gapについて

- 地球の曲率による、遠距離における未観測域の存在



未観測領域

“There is insufficient knowledge about what is actually happening (or is likely to happen) at the Earth’s surface where people live.” [NRC 1998]



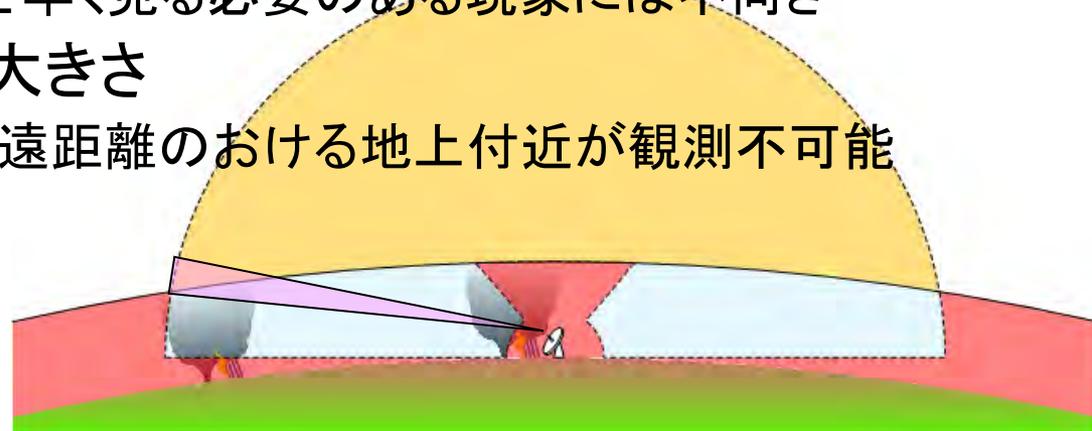
大型レーダの利点と欠点

大型レーダの利点

- ❑ 広い範囲を補償
- ❑ 低い仰角でのサーベイ観測

大型レーダの欠点

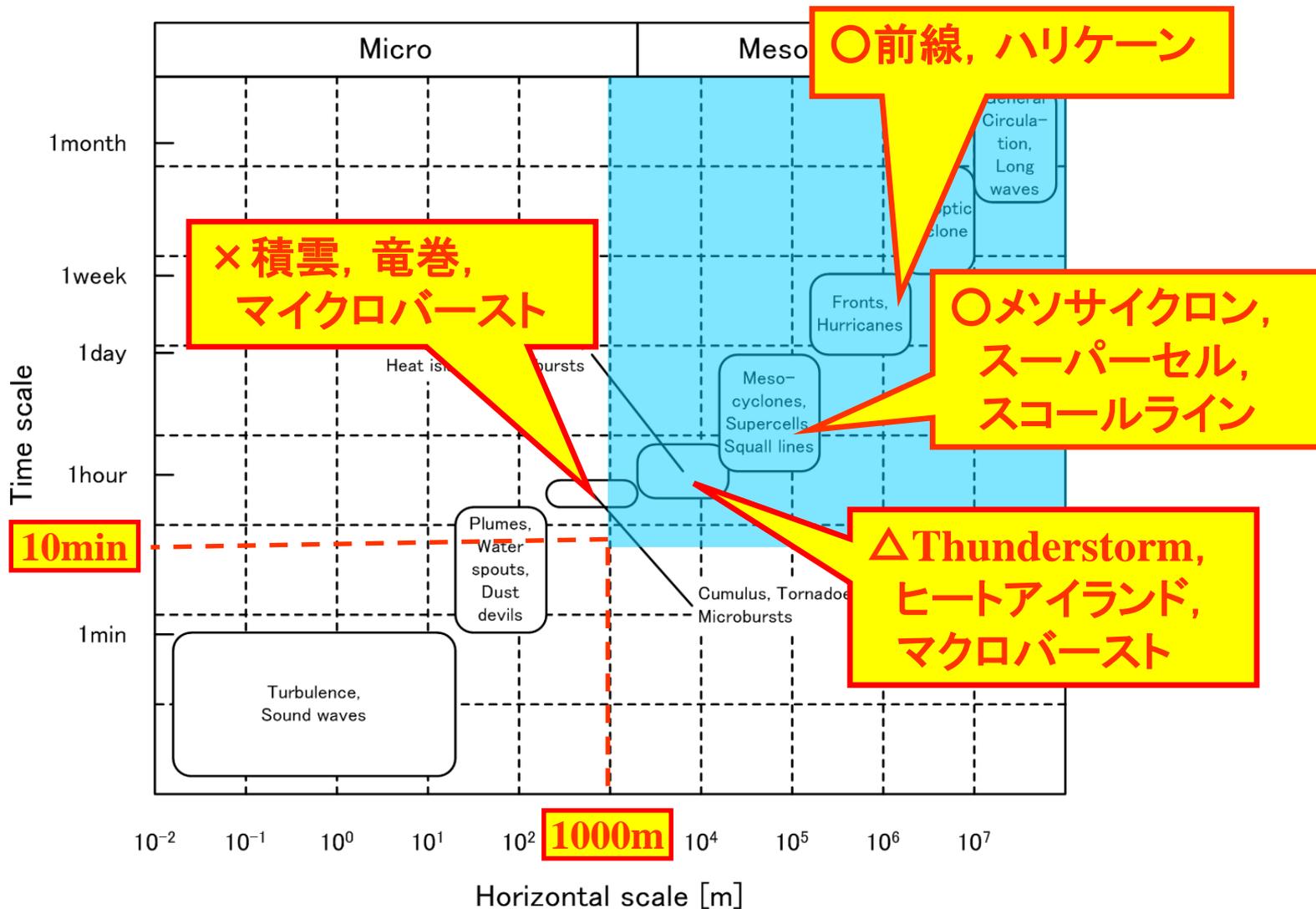
- ❑ 遠距離におけるビームの拡がりに伴う分解能劣化
 - 3次元構造の詳細な把握が×
- ❑ 大型アンテナに伴う高速スキャンニングの難しさ
 - 竜巻や集中豪雨など早く見る必要のある現象には不向き
- ❑ 観測不可能領域の大きさ
 - レーダ近くの頭上や遠距離における地上付近が観測不可能



大型レーダの運用概念図



大型レーダの分解性能



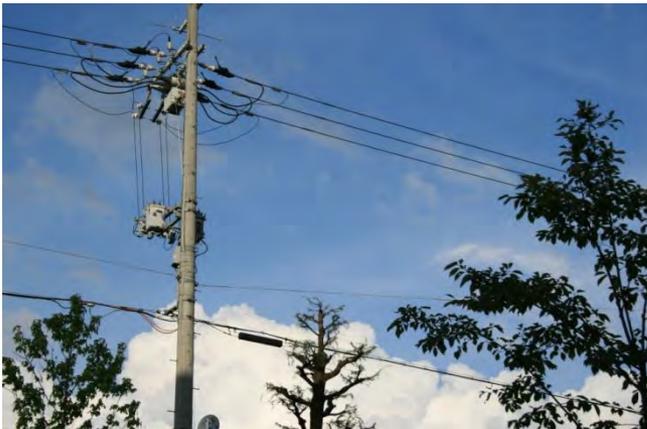


Thunderstorm images in 10 minutes





Thunderstorm images in 5 minutes



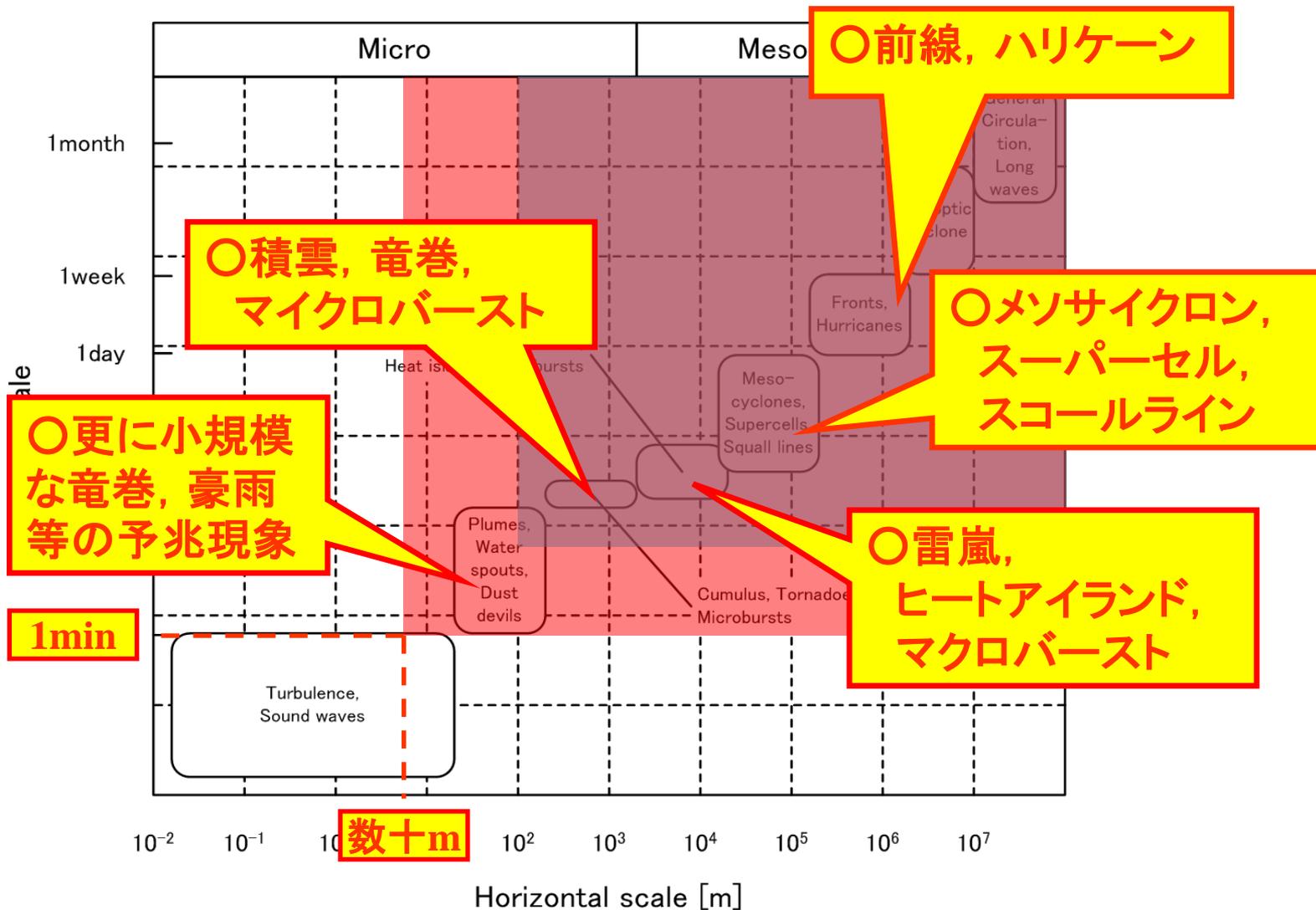


Thunderstorm images in every 1 minute





求められる分解性能



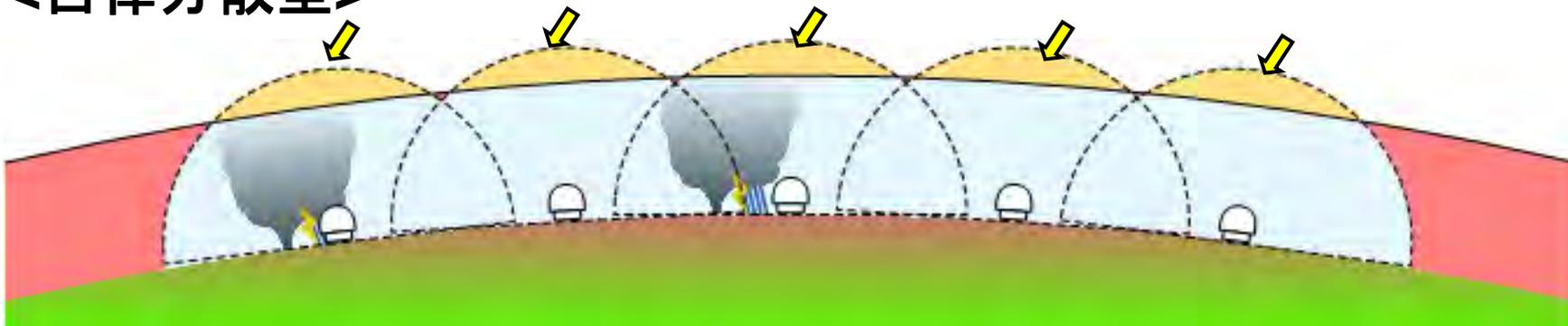


自律分散型アプローチ

短距離型の高速高分解能レーダの多数配置

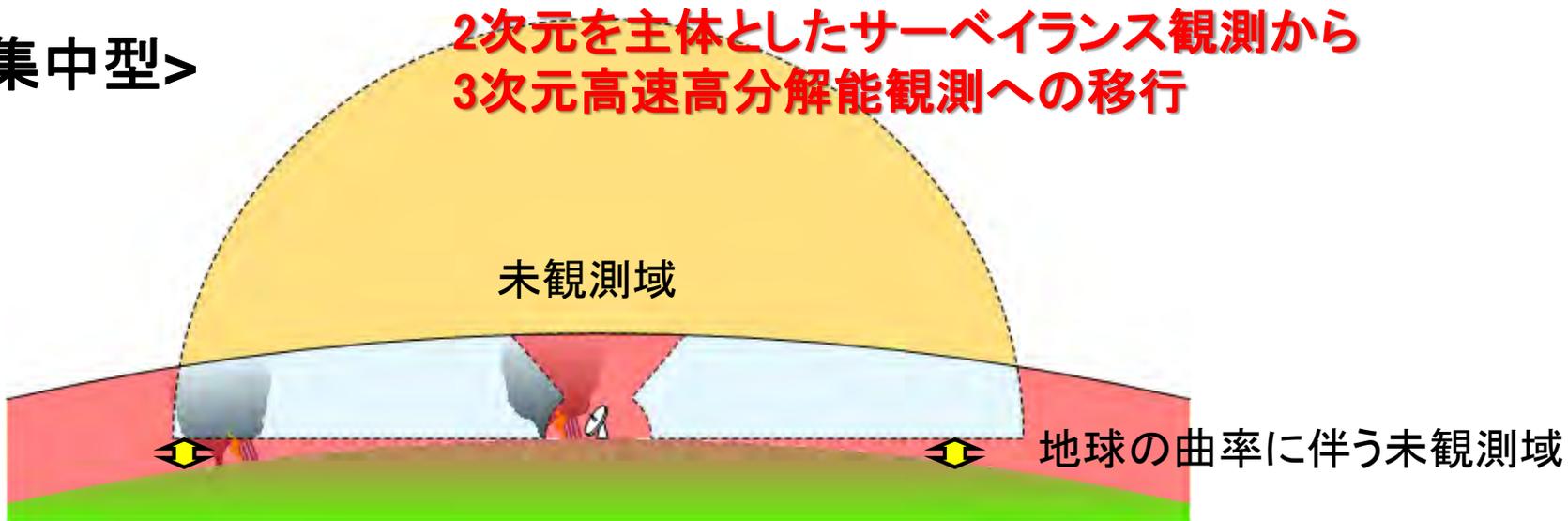
このネットワーク内に散在するレーダ群を仮想的な超高精度大型レーダとみなして、様々な規模の処理や運用を行う自律分散型レーダグリッドの構築

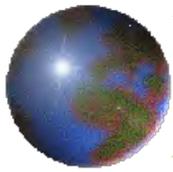
<自律分散型>



<単体集中型>

2次元を主体としたサーベイランス観測から
3次元高速高分解能観測への移行





High Resolution RADAR System

❑ Broad Band Radar Network



❑ Phased Array Radar



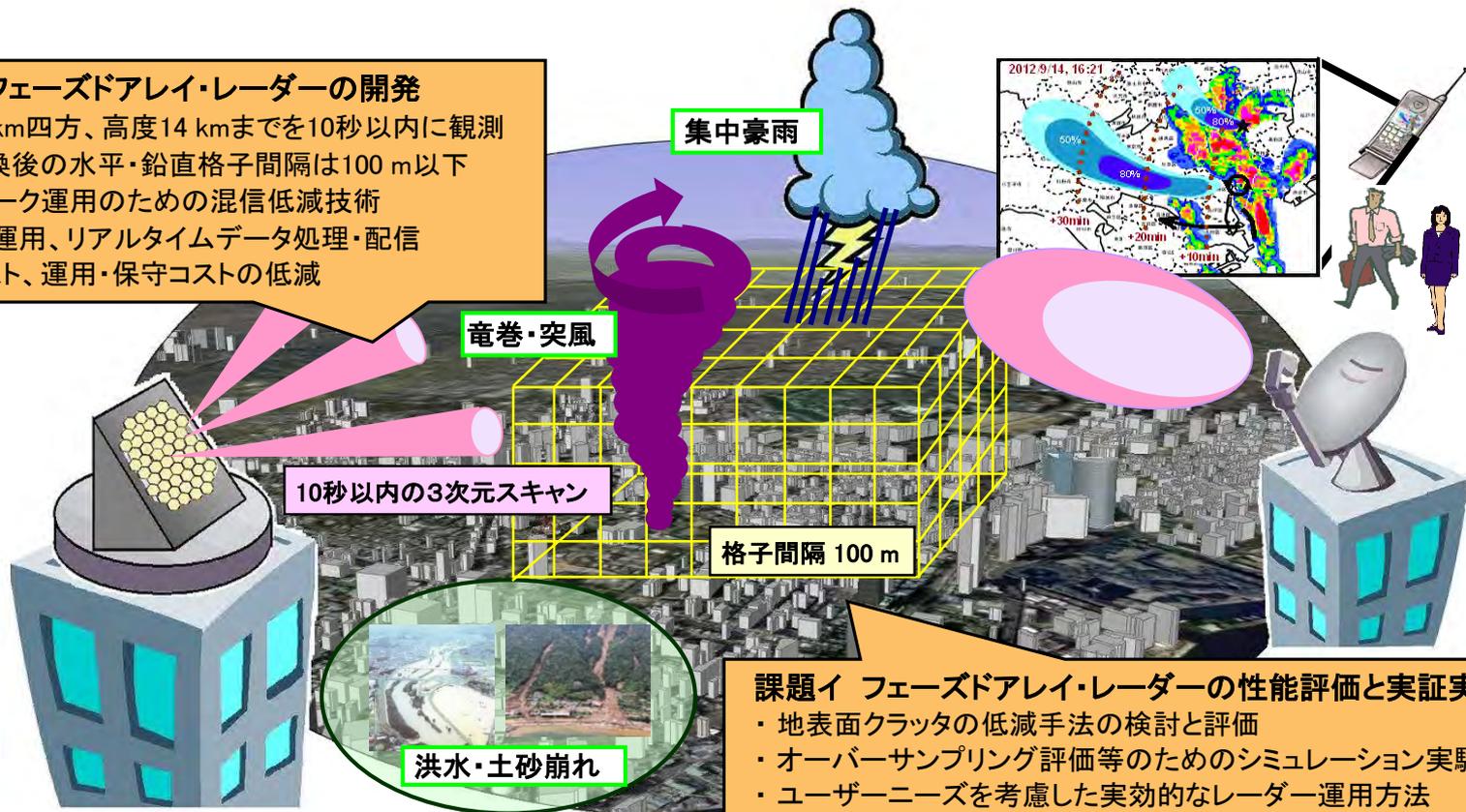
「次世代ドップラーレーダ技術の研究開発」

突発的、局所的気象災害の予測や災害対策のため、その原因となる集中豪雨、竜巻突風等を
10秒以内に100 m以下の分解能で立体的に観測可能な次世代ドップラーレーダの研究開発を行う。

課題ア フェーズドアレイ・レーダの開発

- ・ 水平30 km四方、高度14 kmまでを10秒以内に観測
- ・ 座標変換後の水平・鉛直格子間隔は100 m以下
- ・ ネットワーク運用のための混信低減技術
- ・ リモート運用、リアルタイムデータ処理・配信
- ・ 製造コスト、運用・保守コストの低減

産学官連携
プロジェクト
NICT
委託研究
↓
東芝・
大阪大
が受託



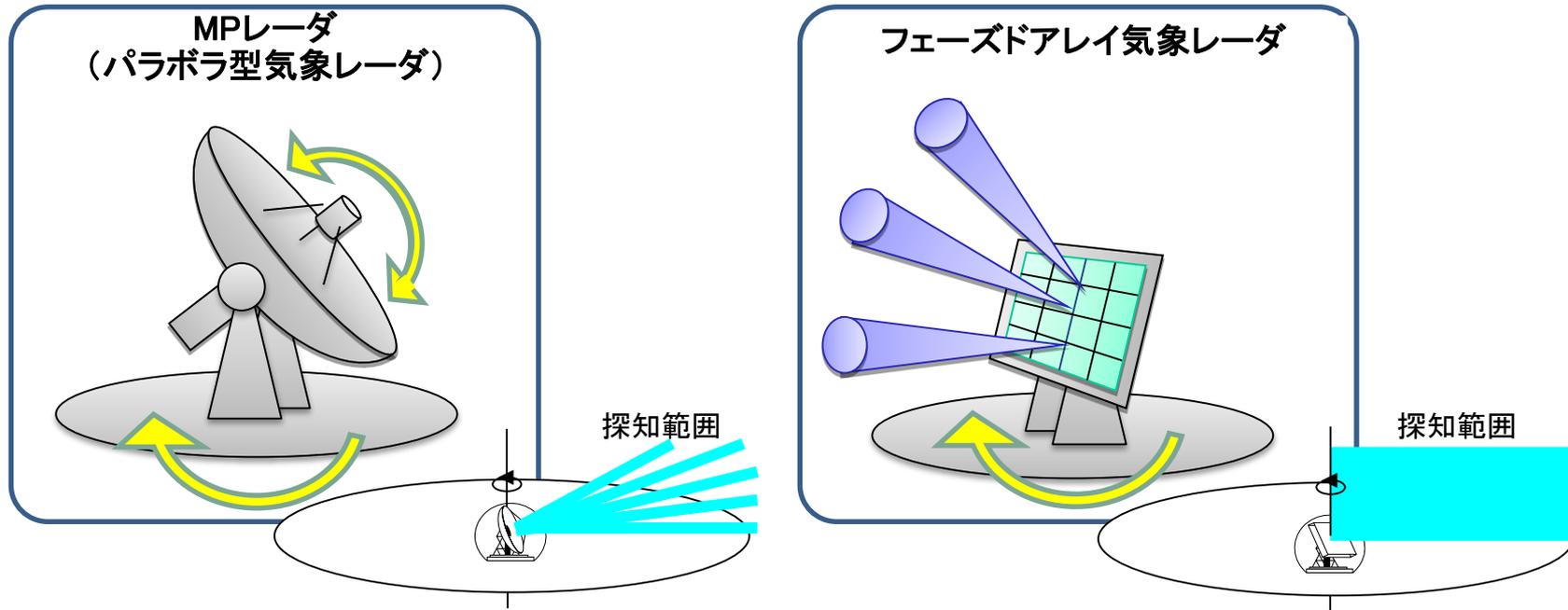
課題イ フェーズドアレイ・レーダの性能評価と実証実験

- ・ 地表面クラッタの低減手法の検討と評価
- ・ オーバーサンプリング評価等のためのシミュレーション実験
- ・ ユーザーニーズを考慮した実効的なレーダ運用方法
- ・ 実証実験、実用化を目指した運用試験

開発スケジュール

2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)
<ul style="list-style-type: none"> ・ 概念設計(システム検討) ・ 素子部分試作 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予備設計(主に空中線部) ・ 送受信モジュール試作 ・ 性能評価シミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基本設計(主に信号処理部) ・ 空中線部の製作 ・ クラッタ除去技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 詳細設計(解析処理部) ・ 信号処理部の製作 ・ 観測運用技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実証実験・評価 ・ データ解析処理部の開発

MPLレーダとフェーズドアレイ気象レーダの比較



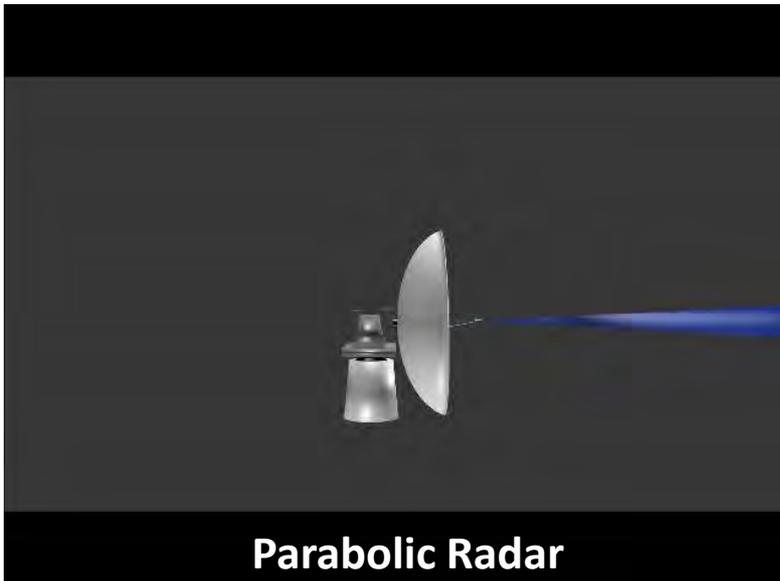
MPLレーダ (パラボラ型気象レーダ)		フェーズドアレイ気象レーダ
仰角 : 機械走査 方位角 : 機械走査	走査方法	仰角 : 電子走査 方位角 : 機械走査
3次元スキャン(約15仰角) ／5分程度 (地上は1分周期で観測)	観測空間 ／観測時間	3次元スキャン(約 100仰角) ／ 10秒～30秒程度
60 km	観測範囲	60 km
反射強度(降雨強度)、 ドップラー速度、速度幅、 偏波パラメータ (Zdr, Kdp, ρ_{hv} など)	観測パラメータ	反射強度(降雨強度)、 ドップラー速度、速度幅

Severe Phenomena

→ Observe by radar

- Short Duration

- Limited Area



Parabolic Radar

PARABOLIC TYPE

- Pencil beam
→ mechanically scan in elevation
- Exist unobserved area
→ Can not be analyzed in detail



Phased Array Radar

PHASED ARRAY TYPE

- Fan beam
→ electrically scan in elevation
- Scan whole sky
→ For analyze severe phenomena

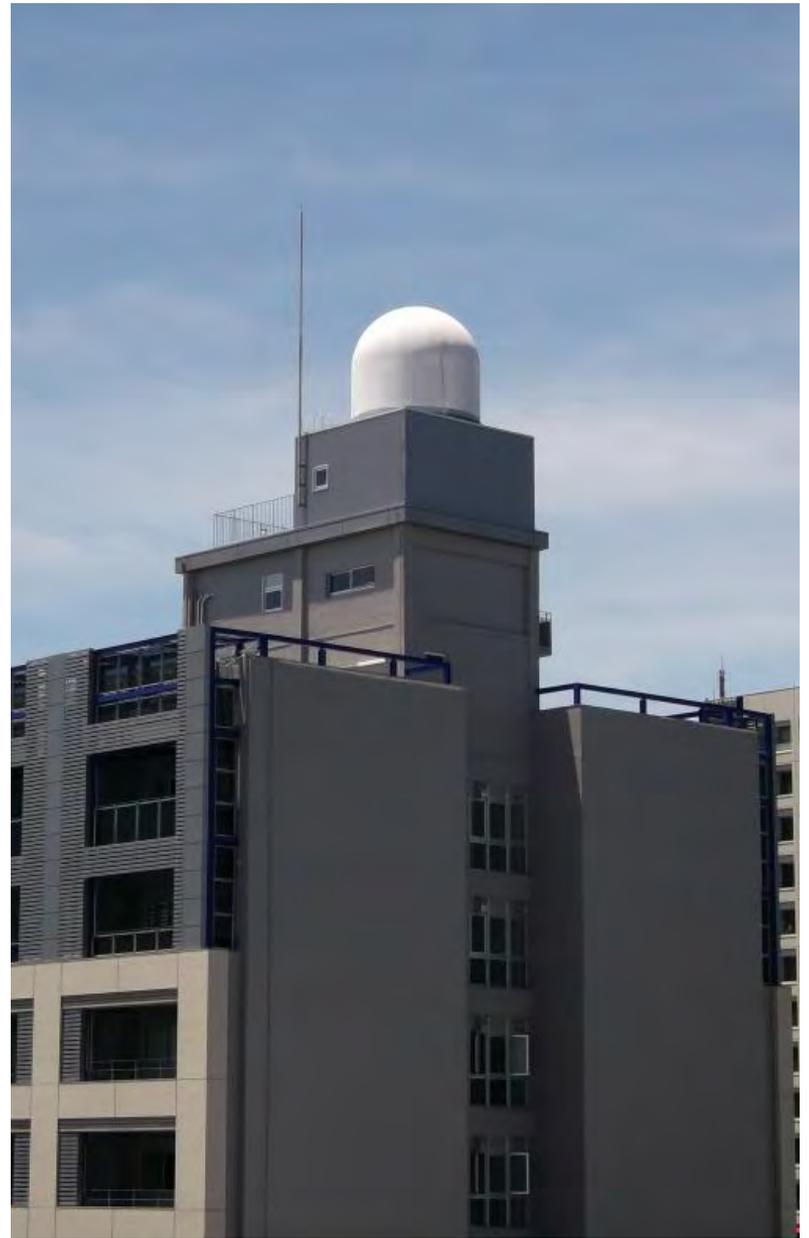


フェーズドアレイ
アンテナ

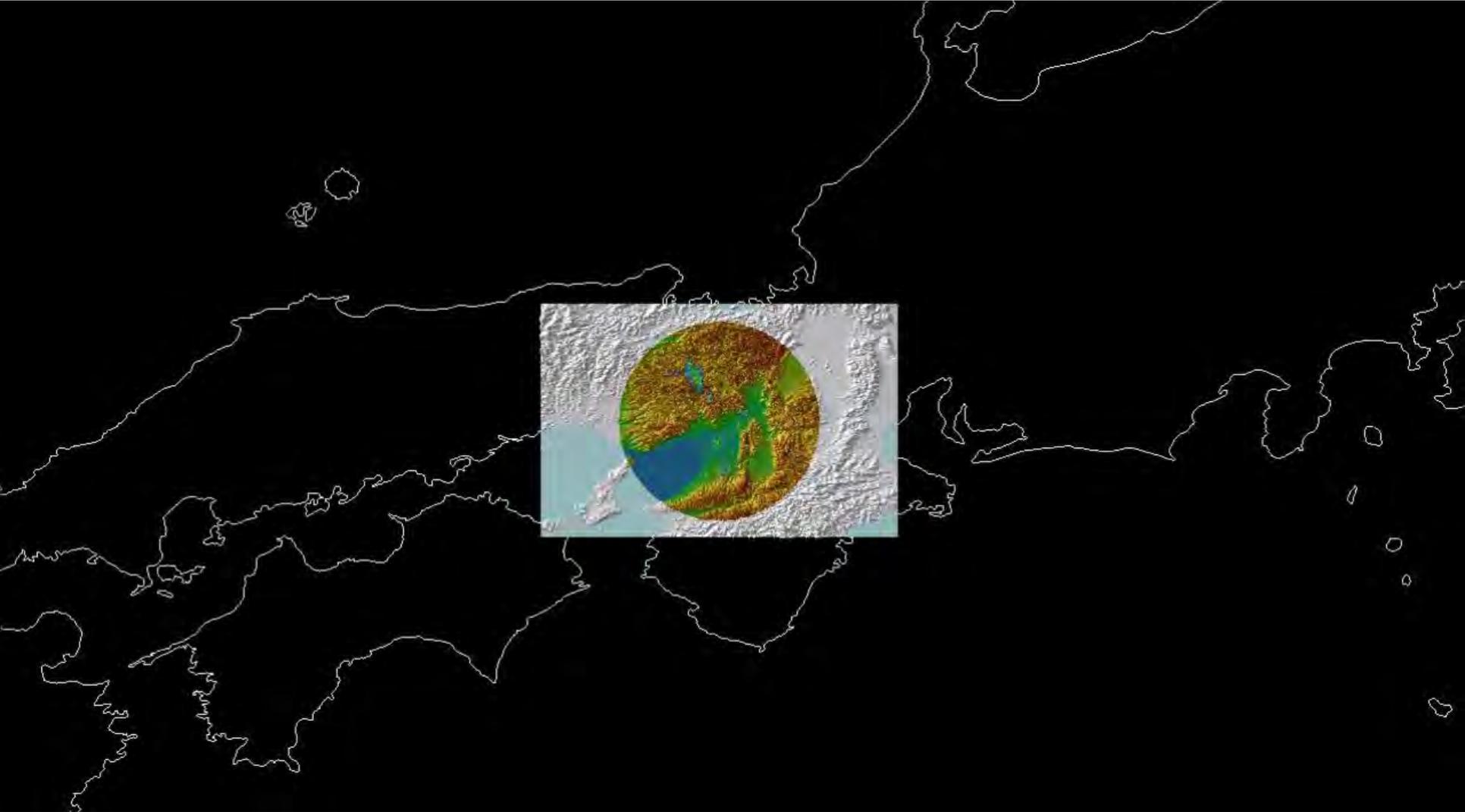


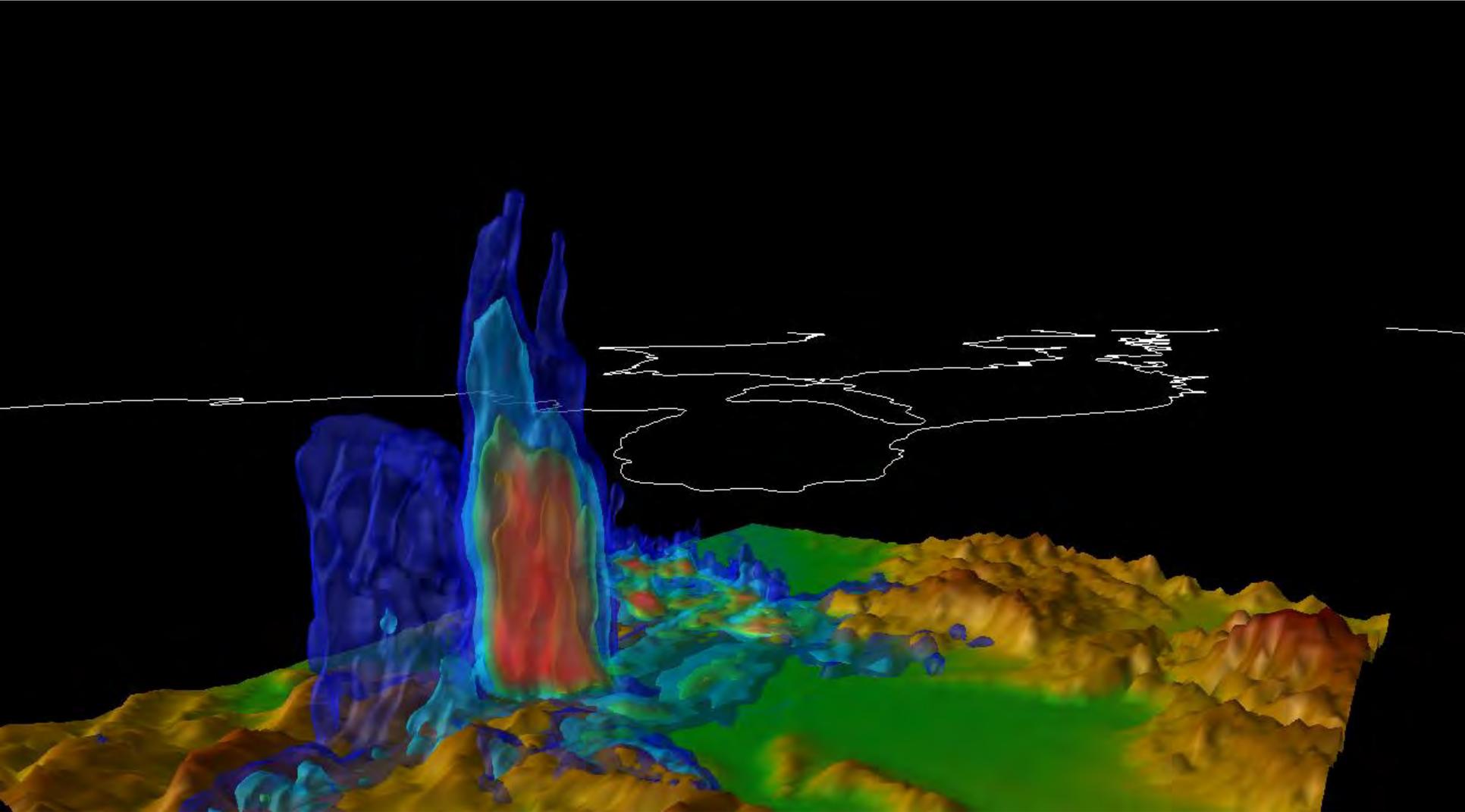
左:レーダ処理装置
(データ処理・監視制御・表示)

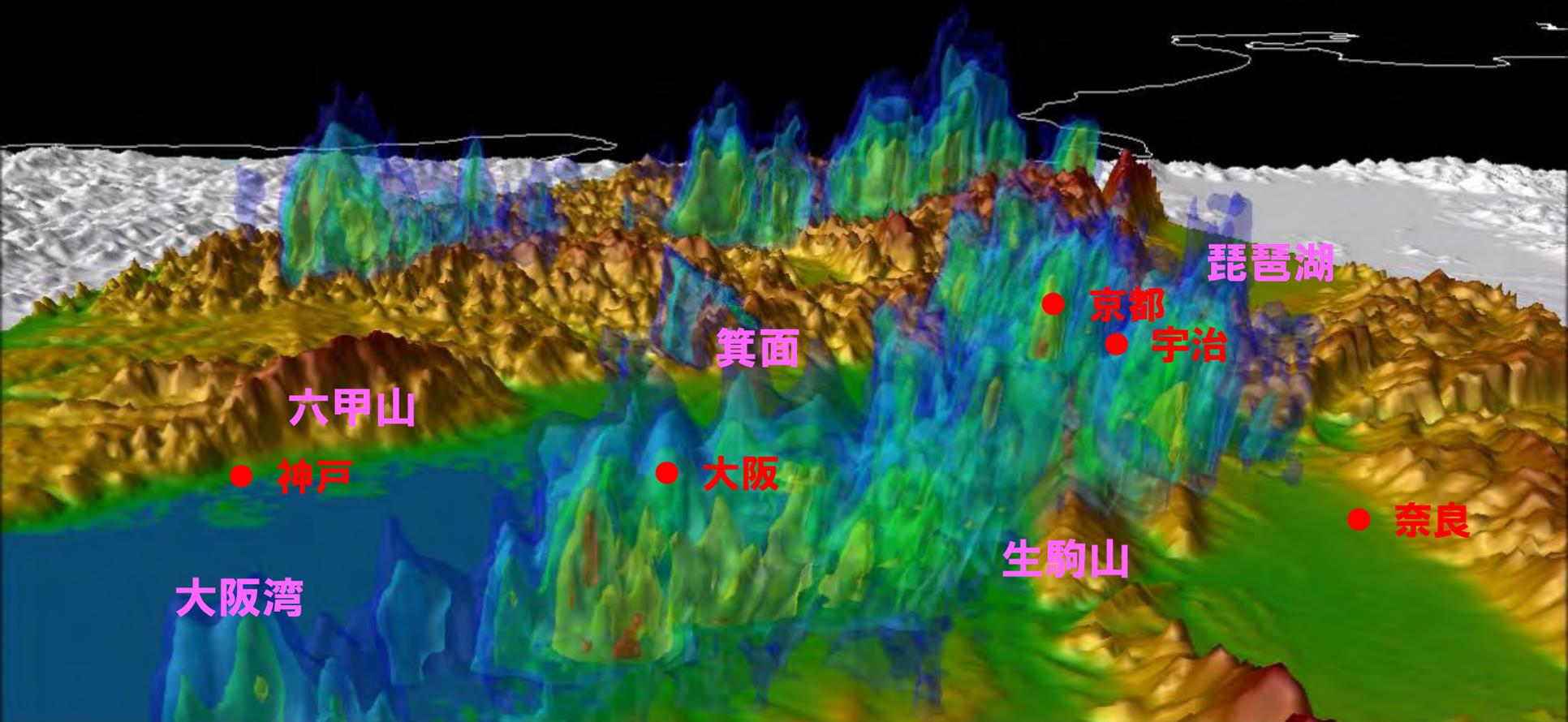
右:レーダ制御装置
(駆動制御・分電盤)



大阪大学に設置されたフェーズドアレイレーダ



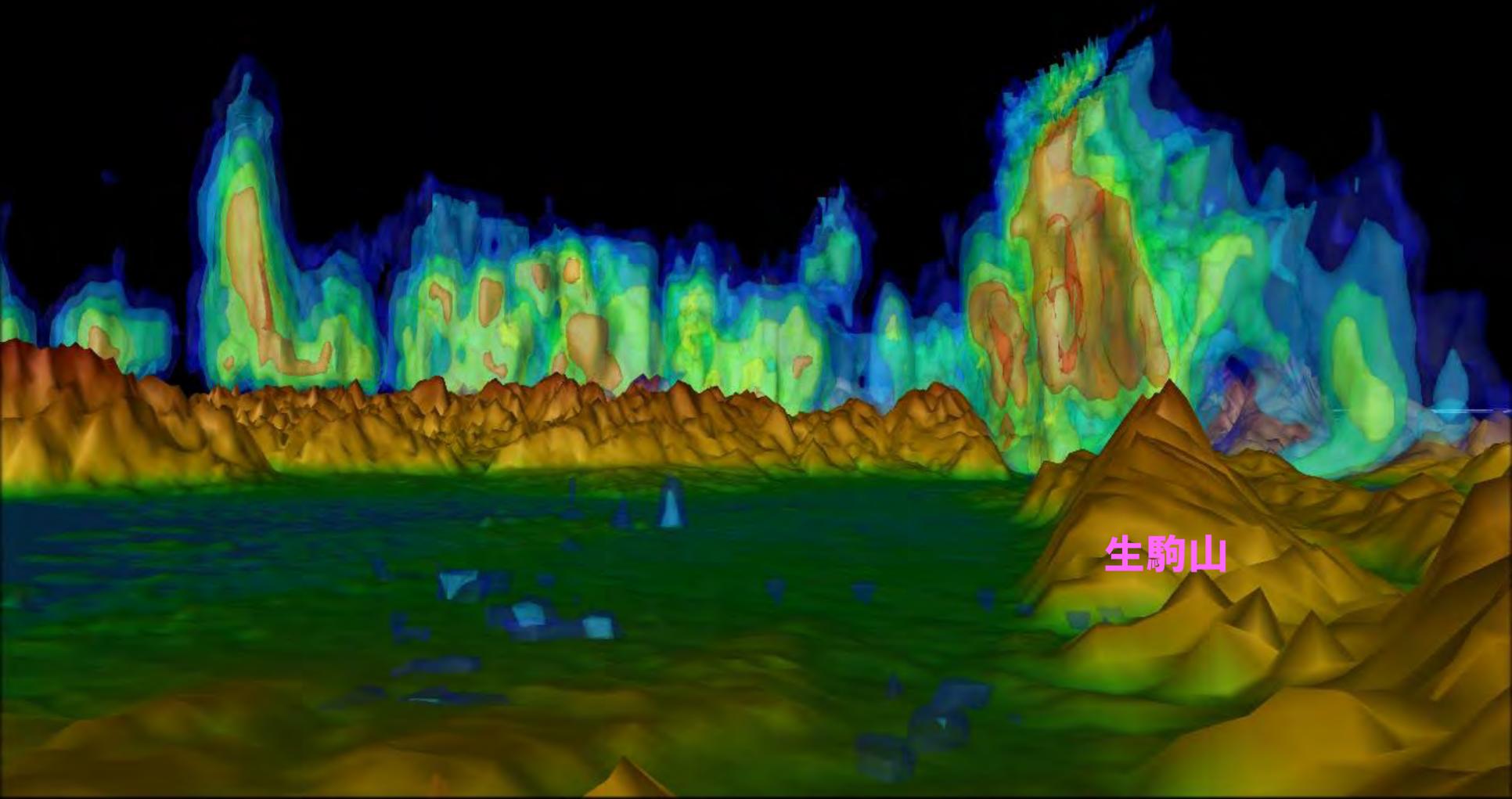




2012年08月13日夜8時から翌日朝8時までの12時間の3次元降雨分布を大阪の南上空から眺める(観測範囲半径60km, 格子間隔 250m).

地形(SRTM-DEM)は高さ方向に約2倍拡大.

20fps → 600倍速 25



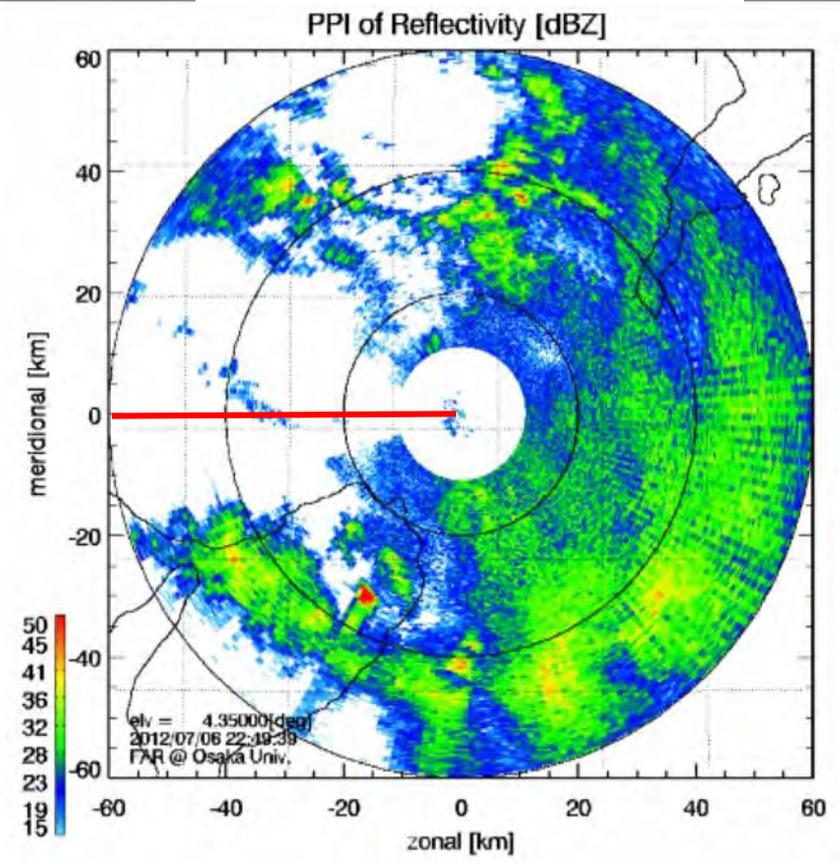
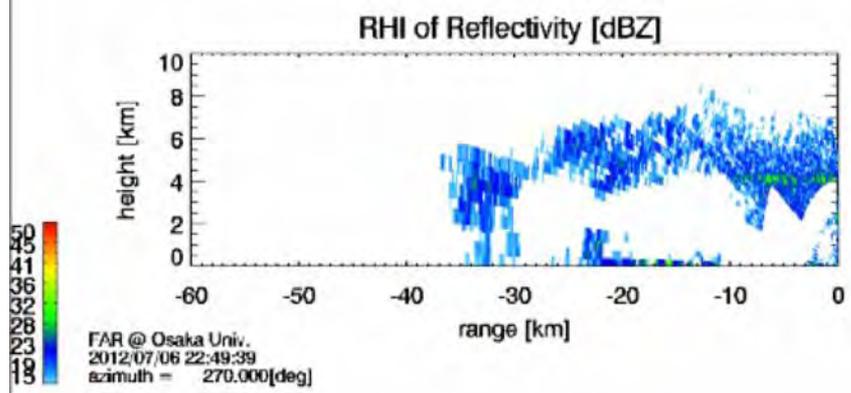
2013年07月13日15時20分から16時20分までの30秒毎の3次元降雨分布を大阪平野南部から眺める。地形(SRTM-DEM)の高さはエコーの高さに対して約2倍拡大している。

時間進展(30秒毎)

2012年7月6日22時49分39秒～23時59分39秒

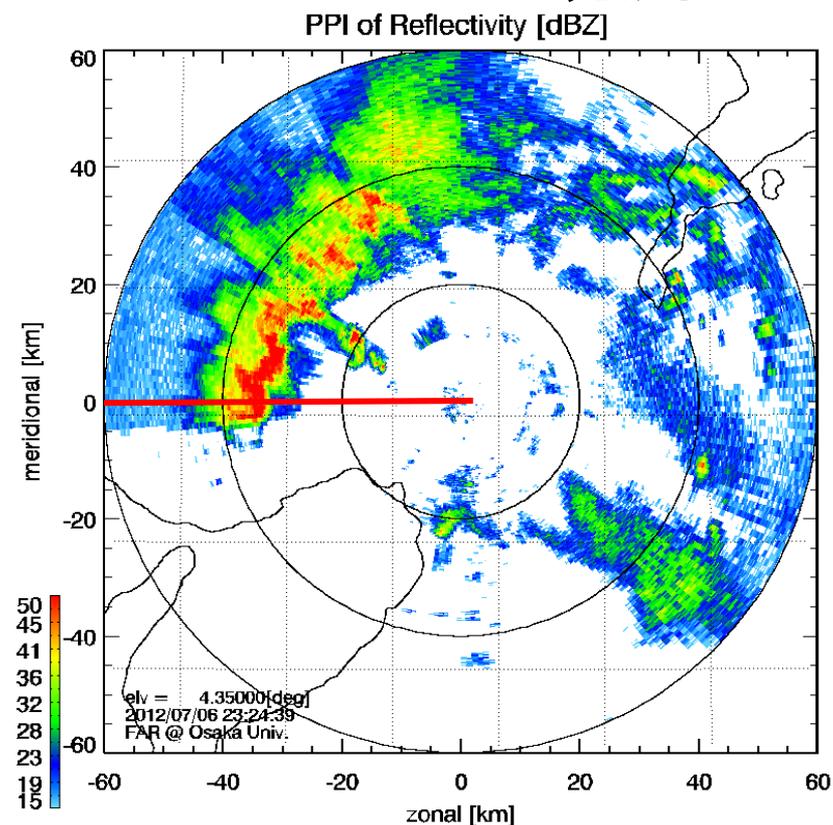
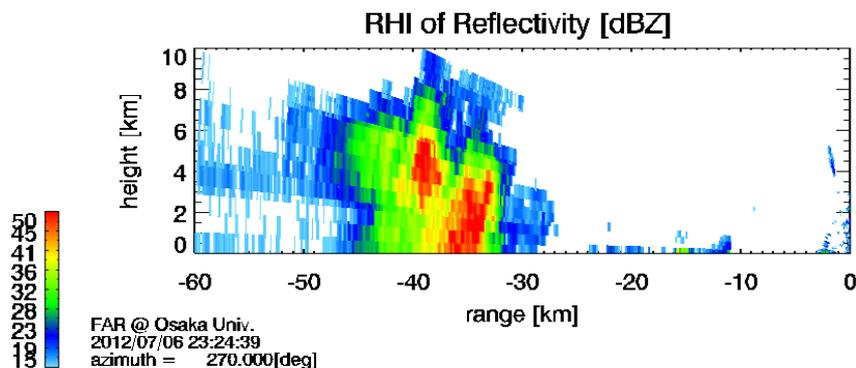
右図の赤い線に沿ったRHI

仰角4.35度におけるPPI



初期観測結果

- 2012年7月6日 23:24:39の観測画像
- 観測半径60km, 30sec/scanのモードで観測

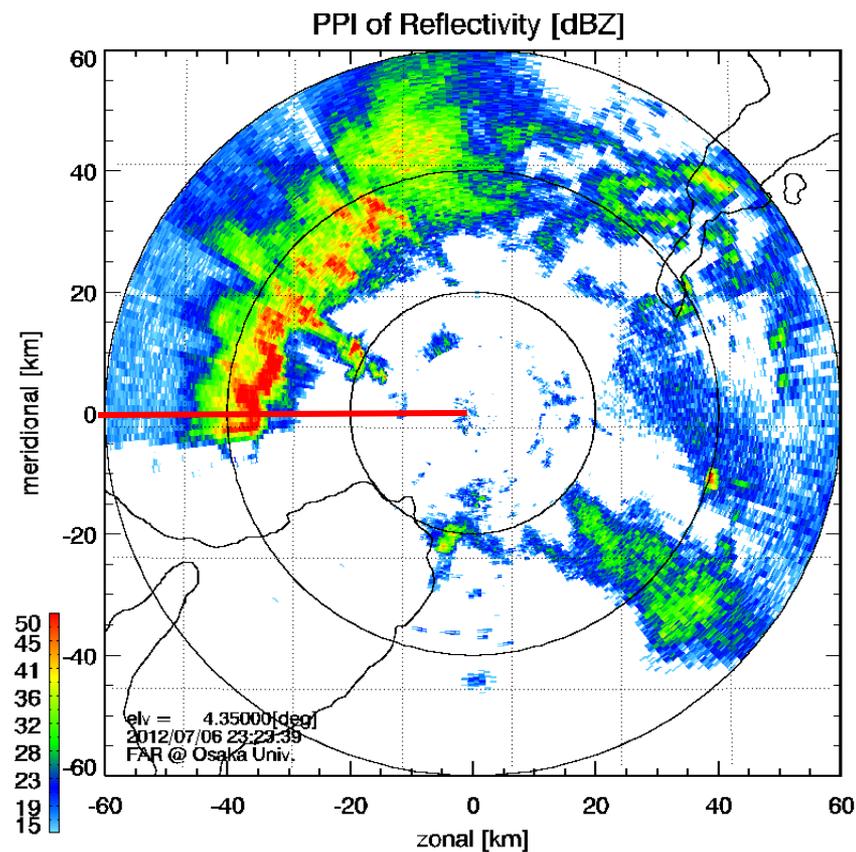
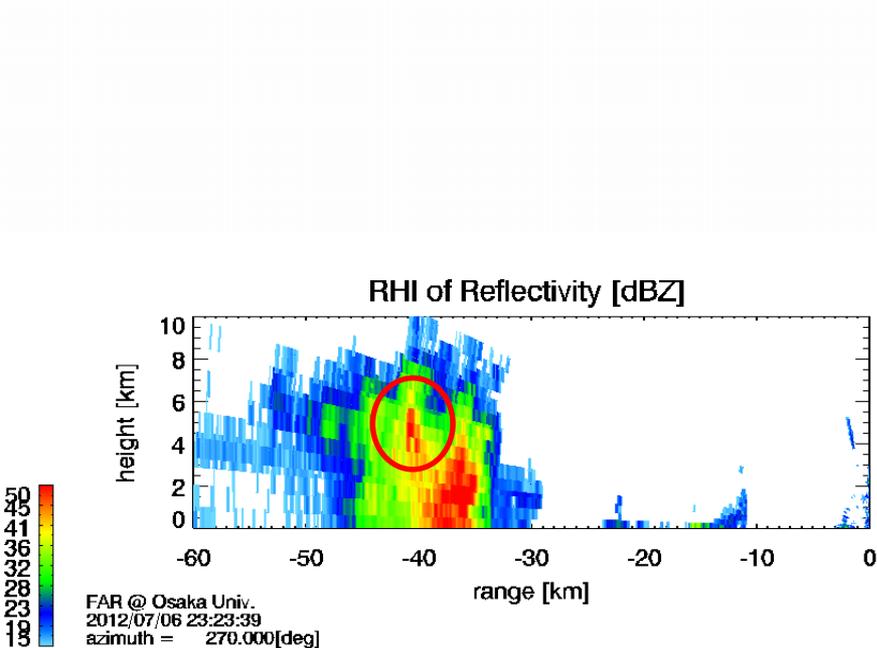


右図の赤い線に沿った鉛直断面図

仰角4.35度における水平断面図

時間進展

2012年7月6日 23:23:39の観測結果

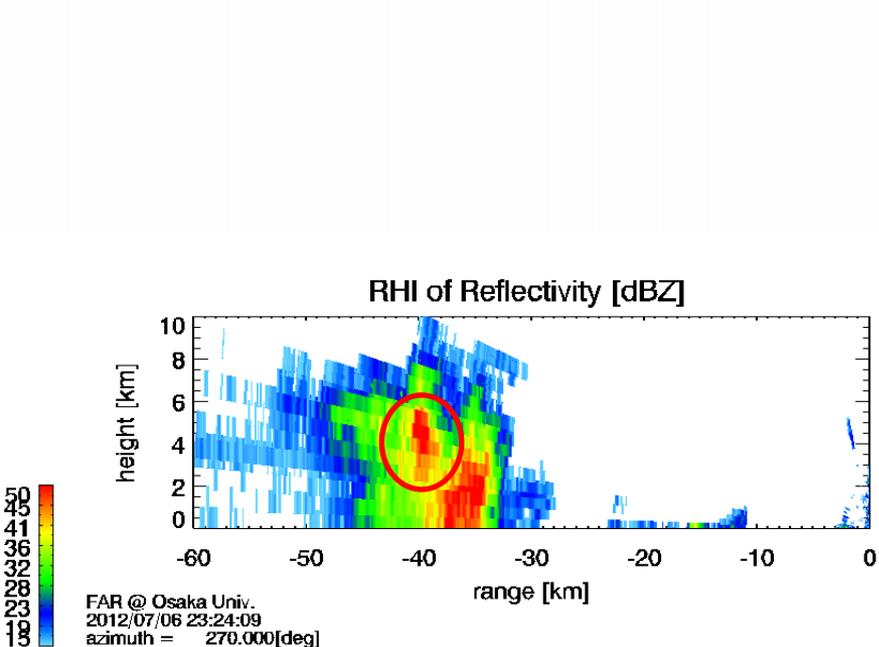


右図の赤い線に沿ったRHI

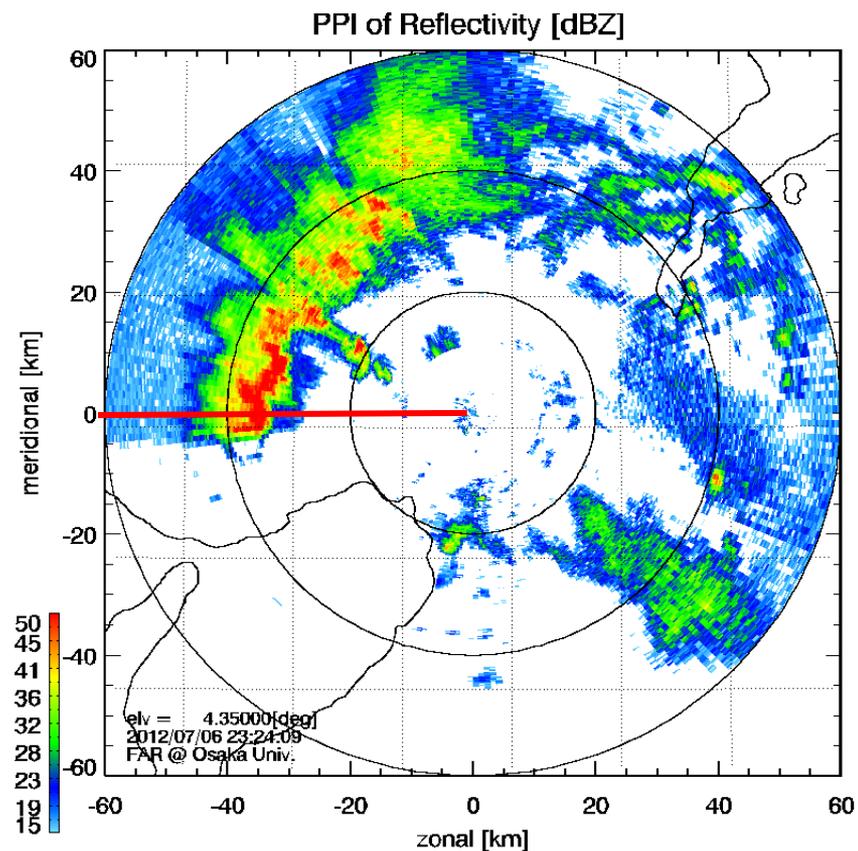
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:24:09の観測結果



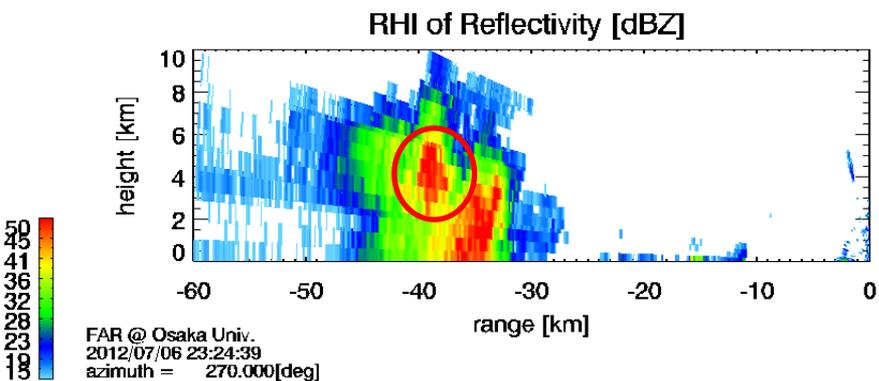
右図の赤い線に沿ったRHI



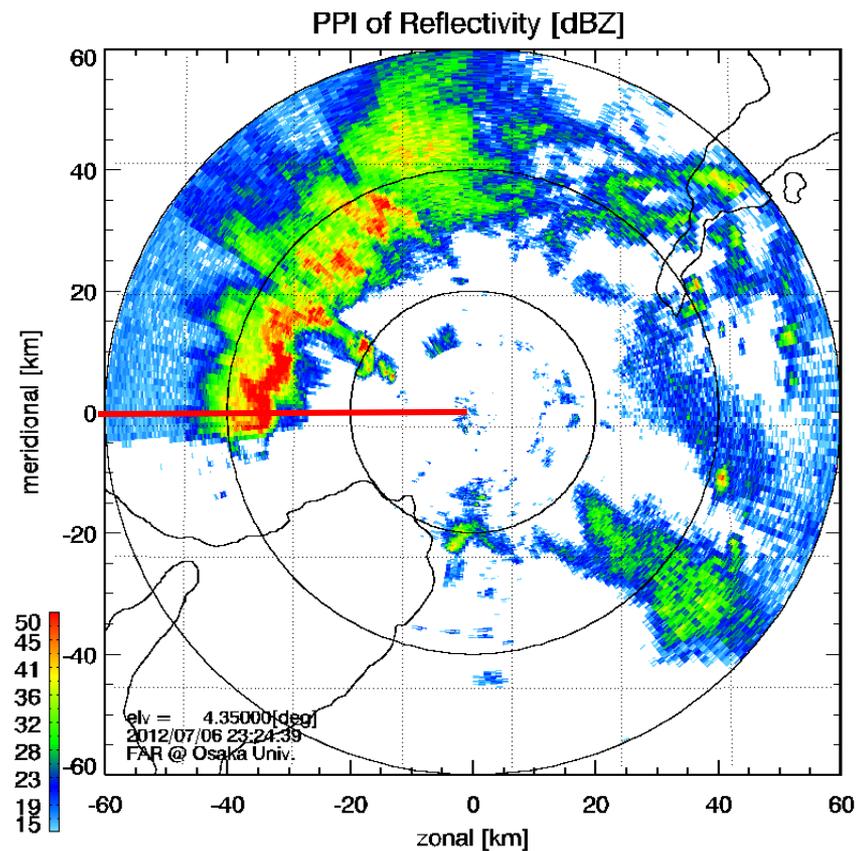
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:24:39の観測結果



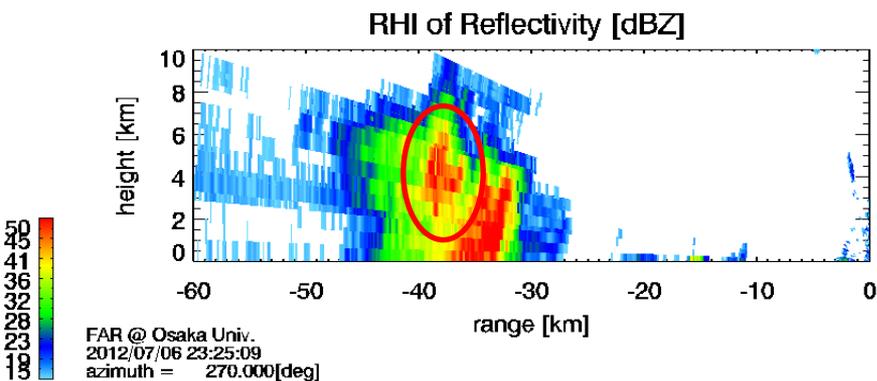
右図の赤い線に沿ったRHI



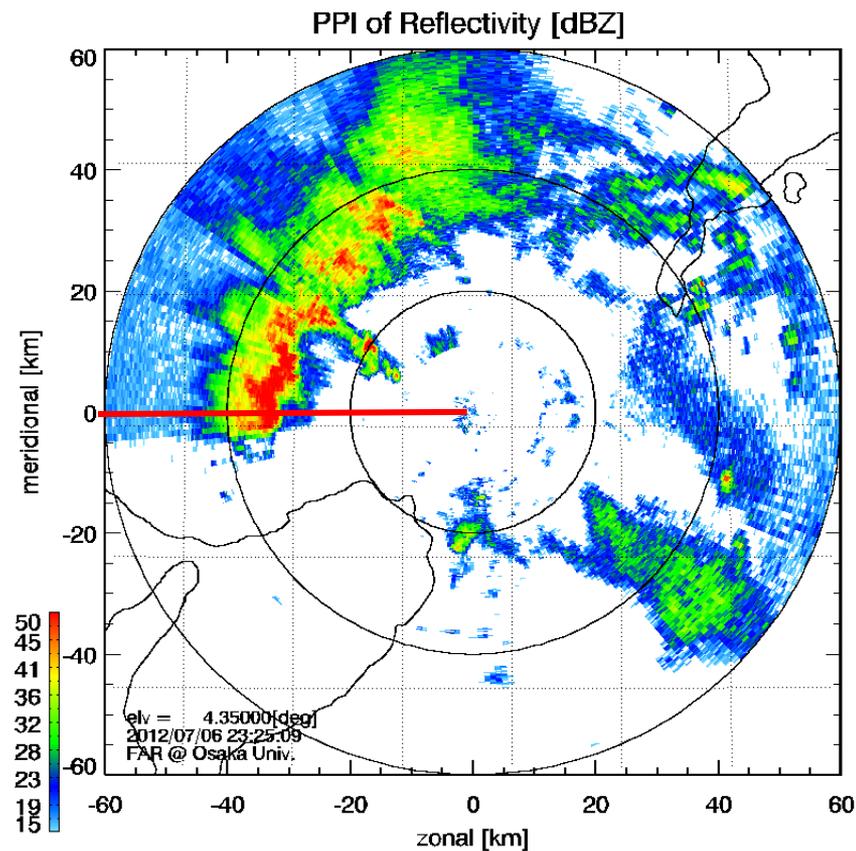
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:25:09の観測結果



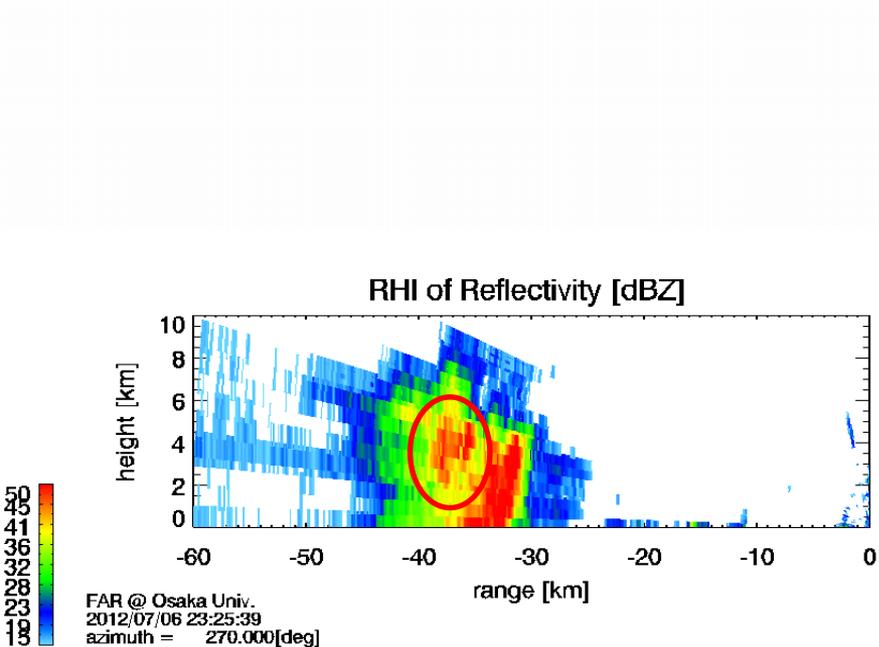
右図の赤い線に沿ったRHI



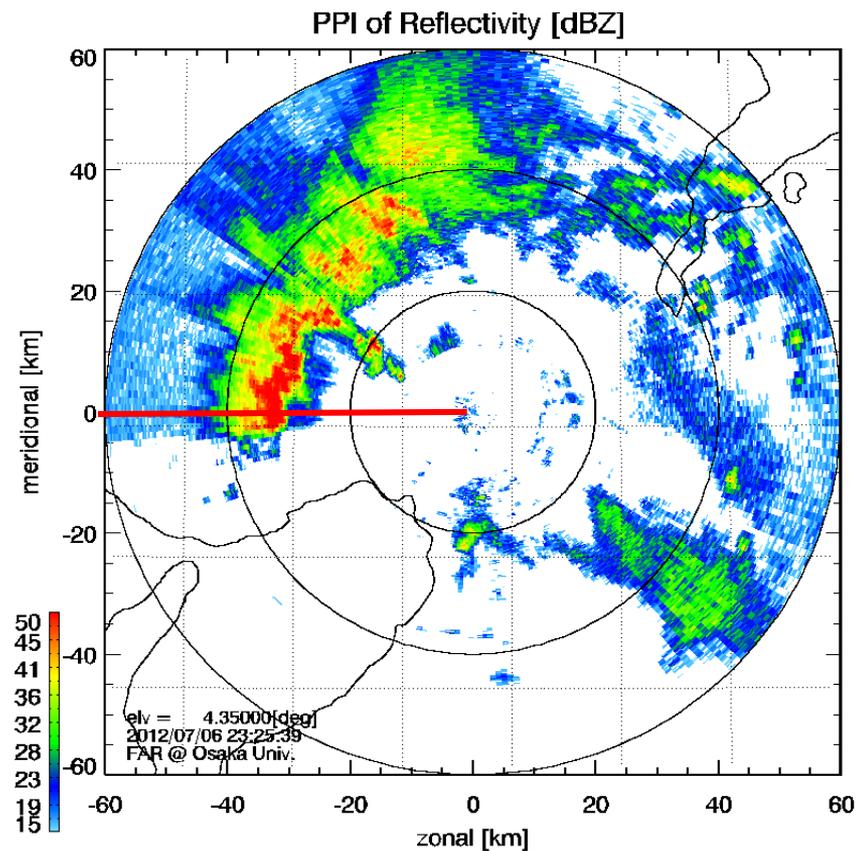
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:25:39の観測結果



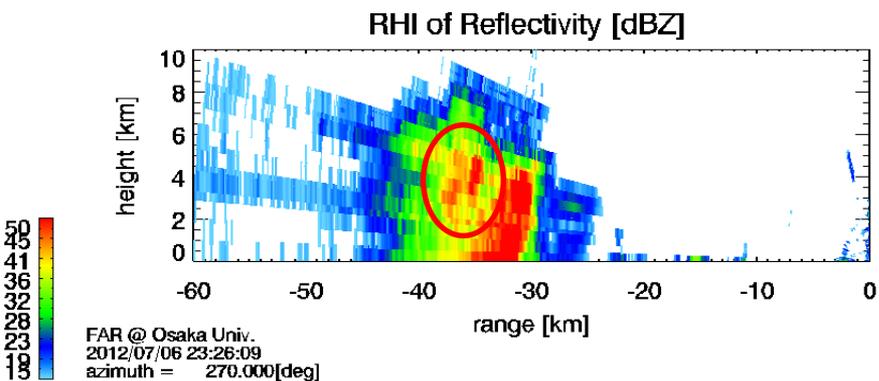
右図の赤い線に沿ったRHI



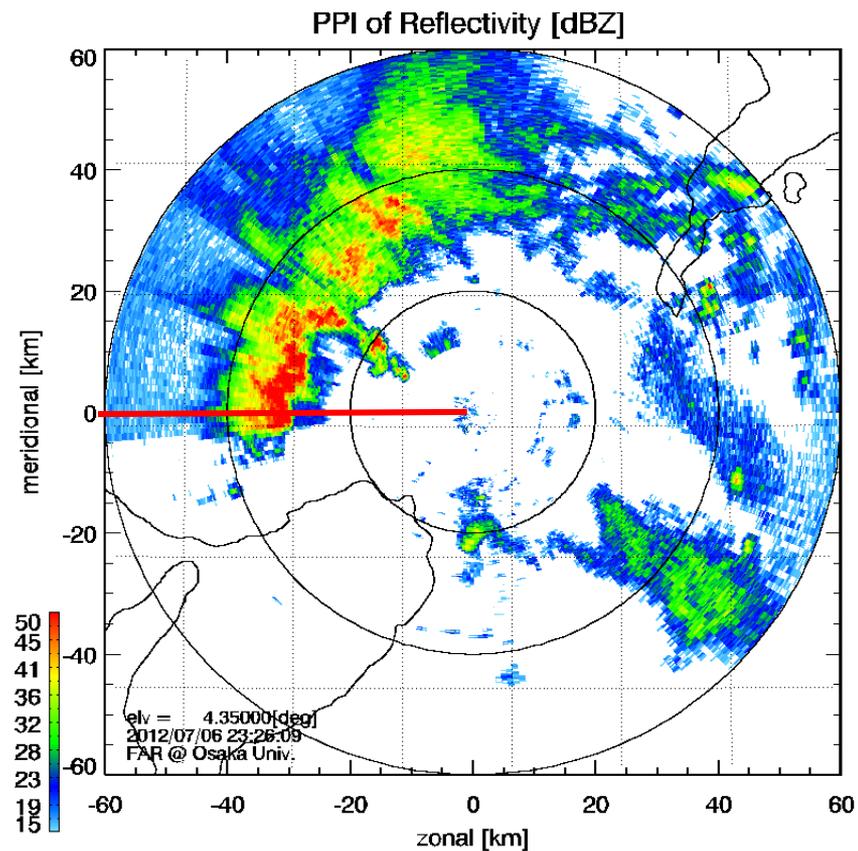
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:26:09の観測結果



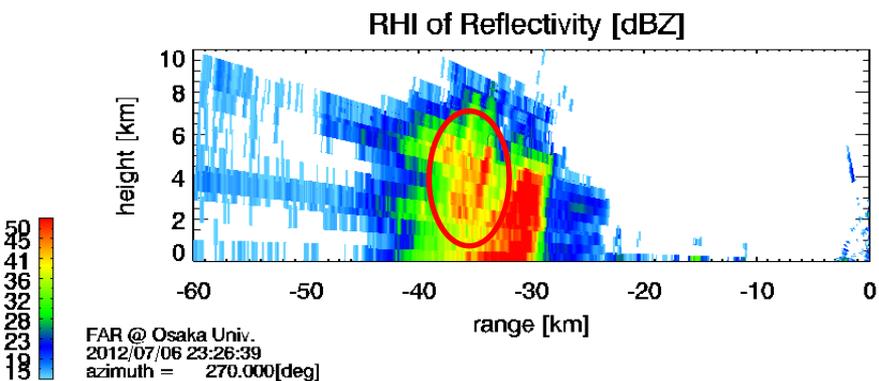
右図の赤い線に沿ったRHI



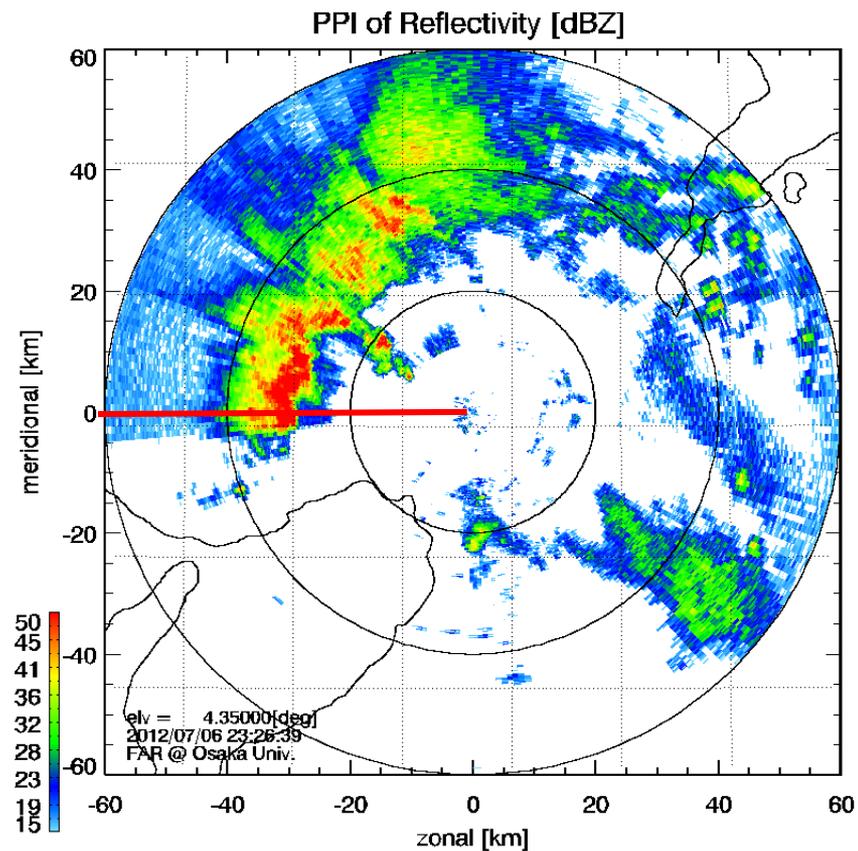
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:26:39の観測結果



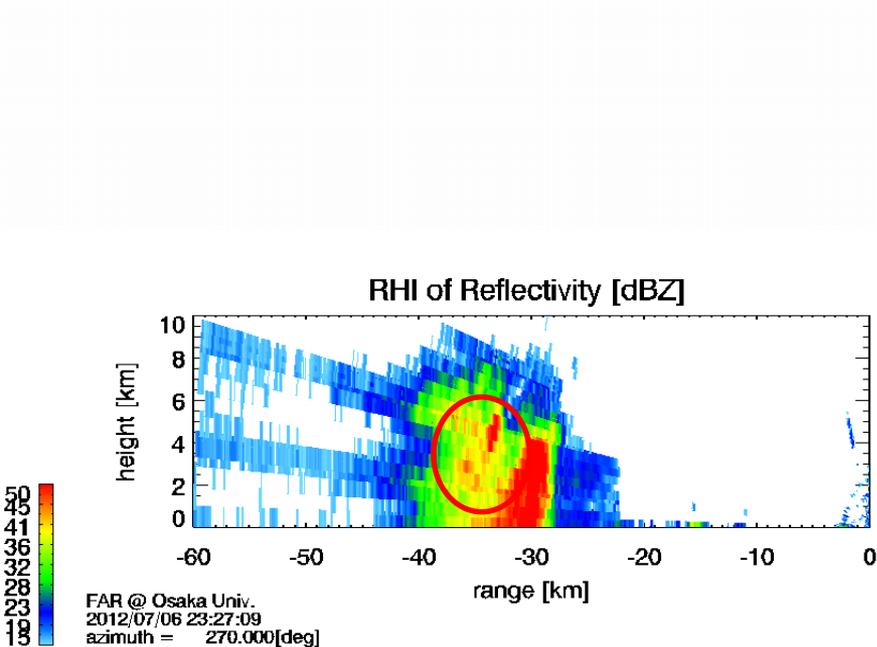
右図の赤い線に沿ったRHI



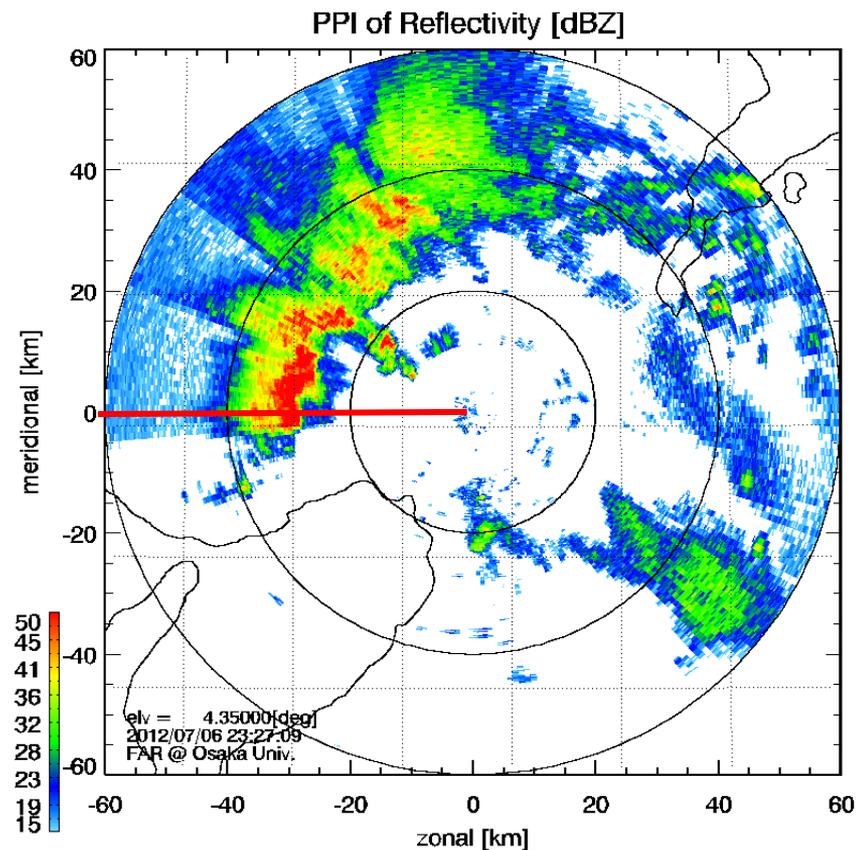
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:27:09の観測結果



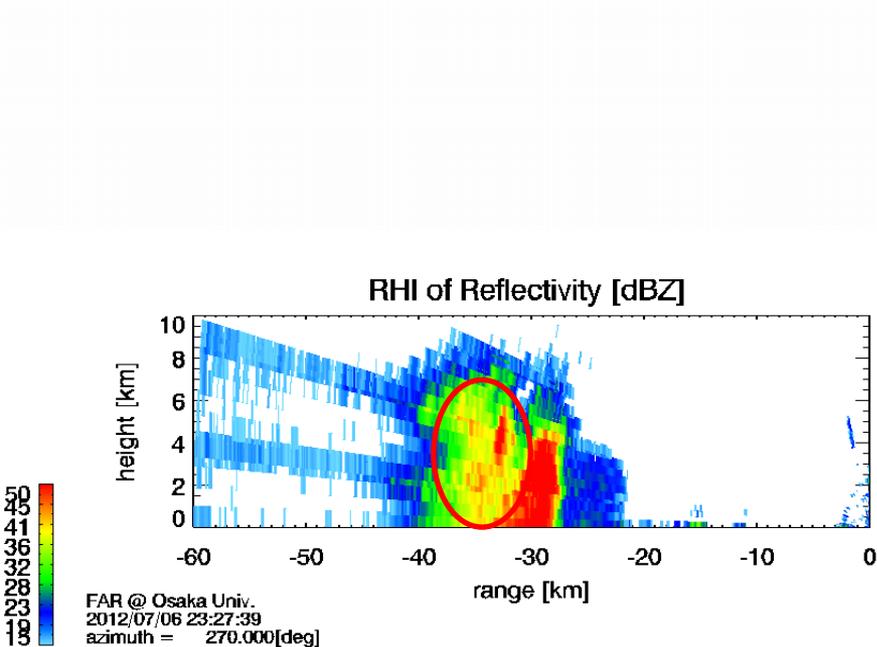
右図の赤い線に沿ったRHI



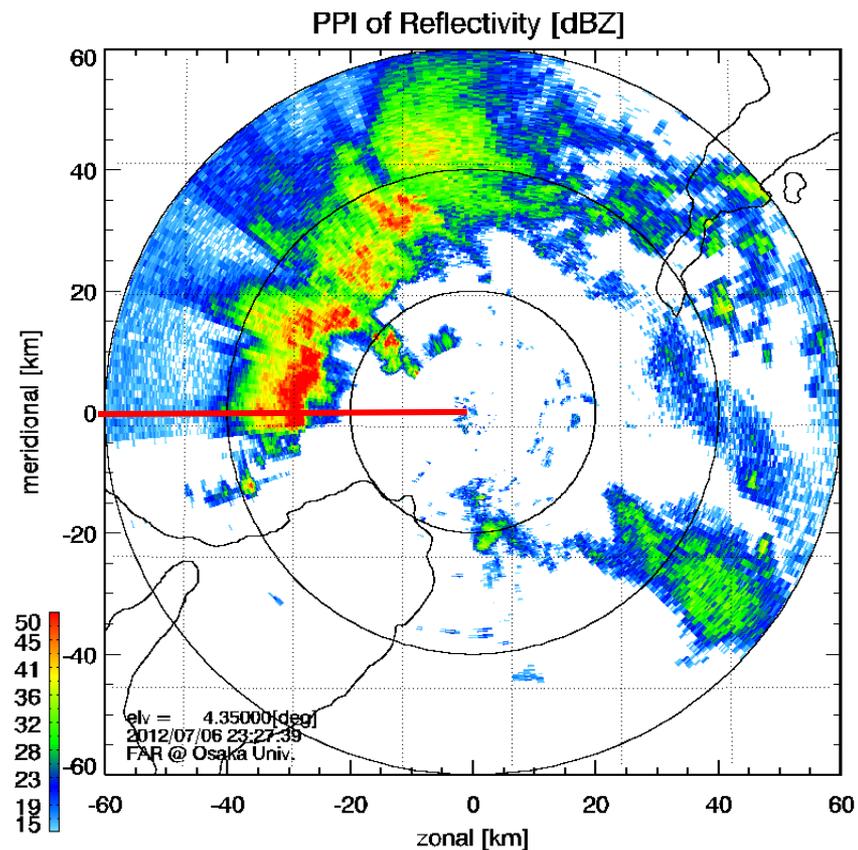
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:27:39の観測結果



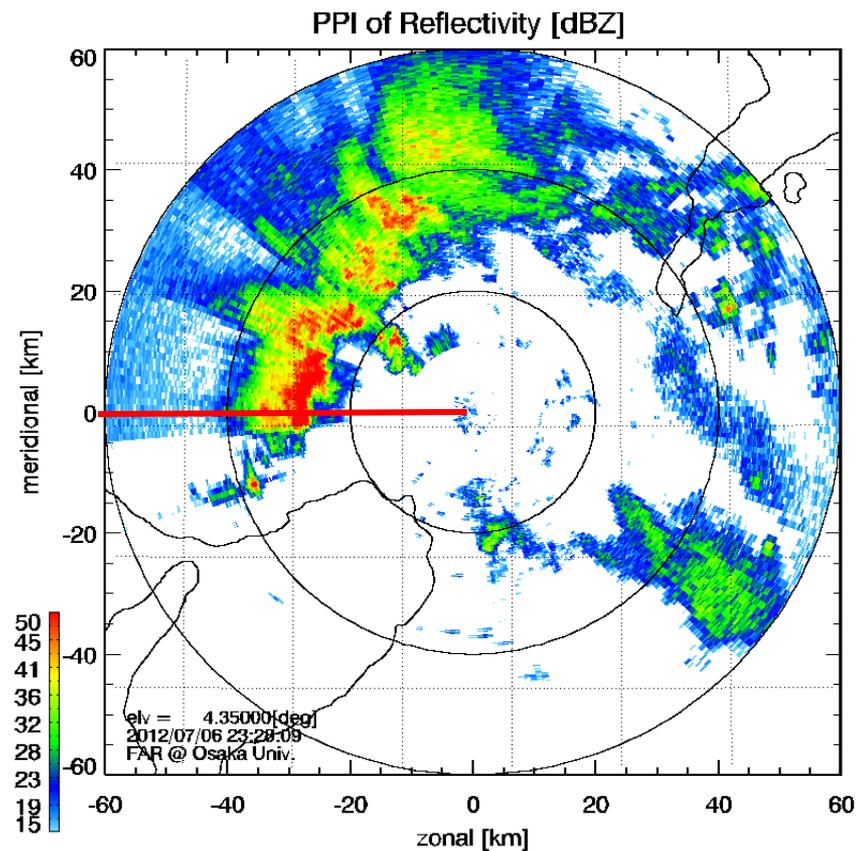
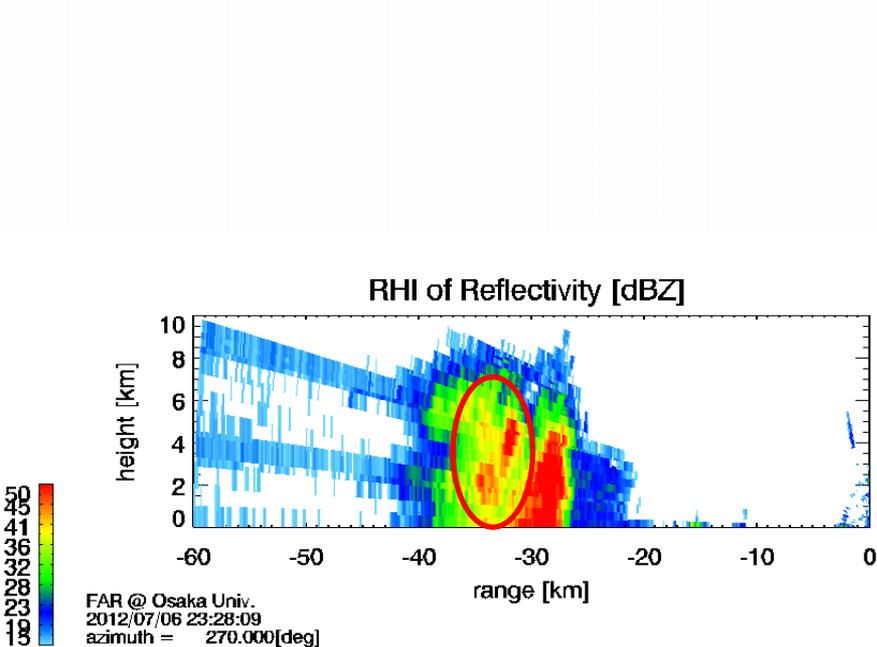
右図の赤い線に沿ったRHI



仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:28:09の観測結果

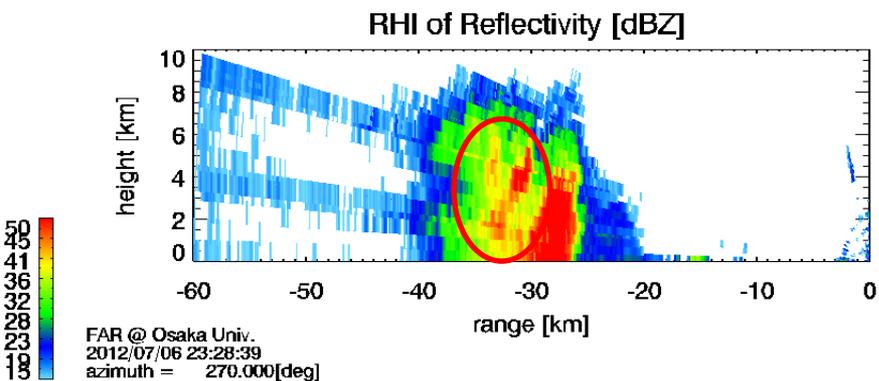


右図の赤い線に沿ったRHI

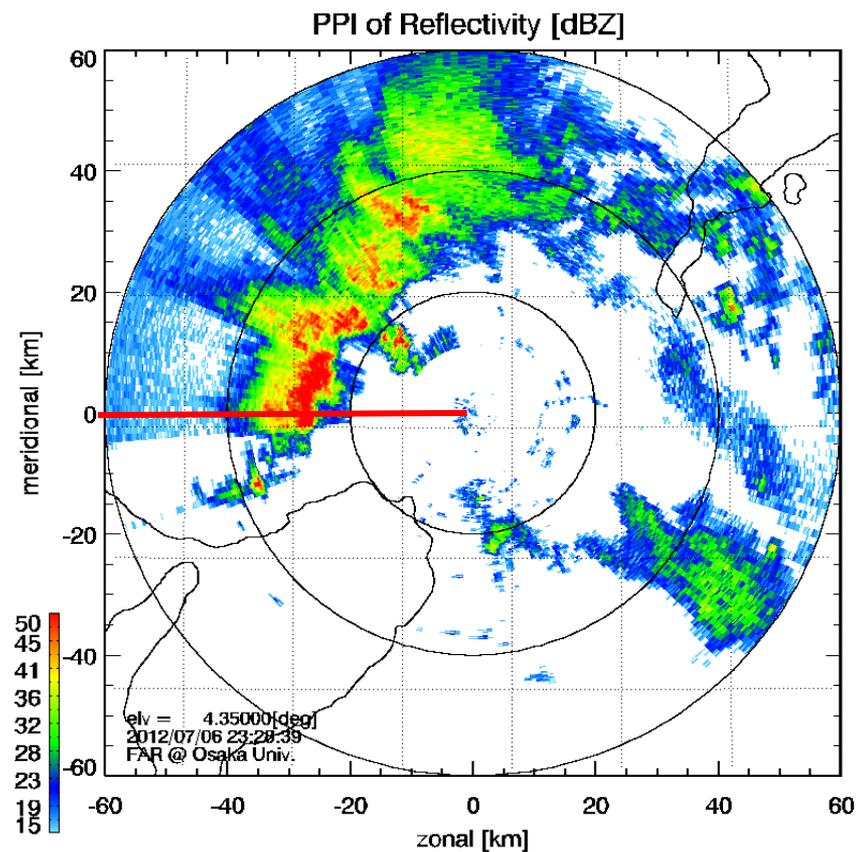
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:28:39の観測結果



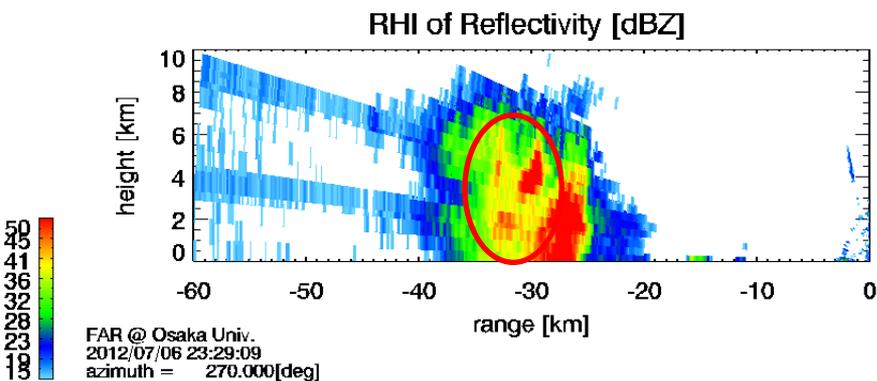
右図の赤い線に沿ったRHI



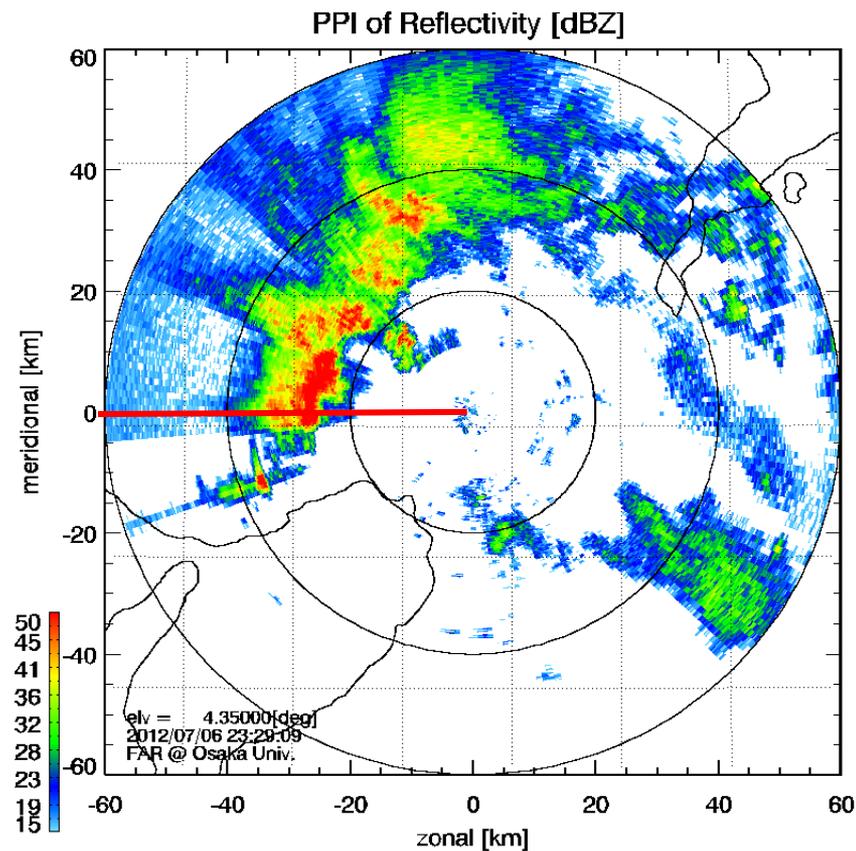
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:29:09の観測結果



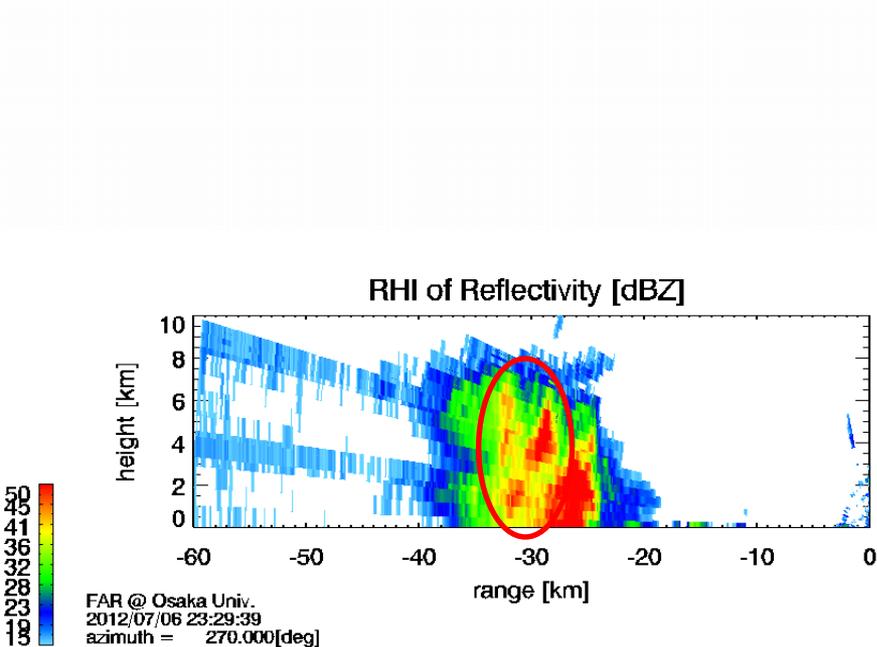
右図の赤い線に沿ったRHI



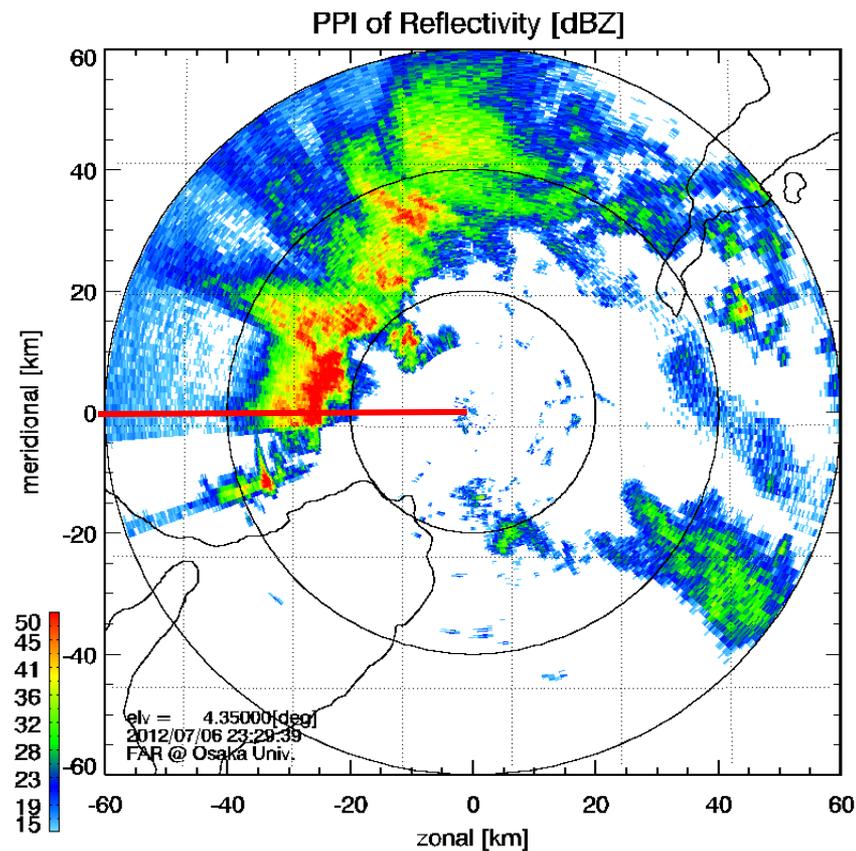
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:29:39の観測結果



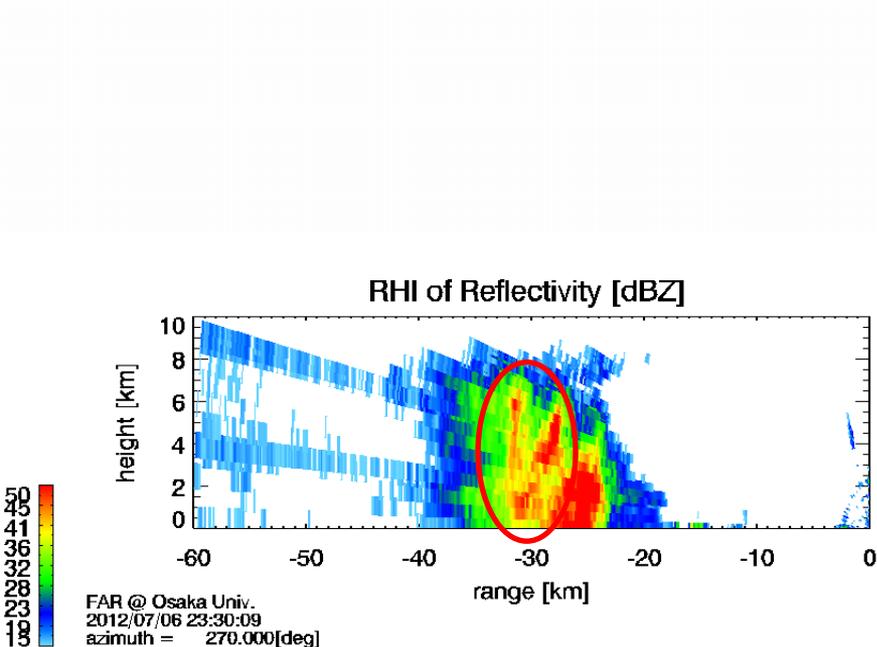
右図の赤い線に沿ったRHI



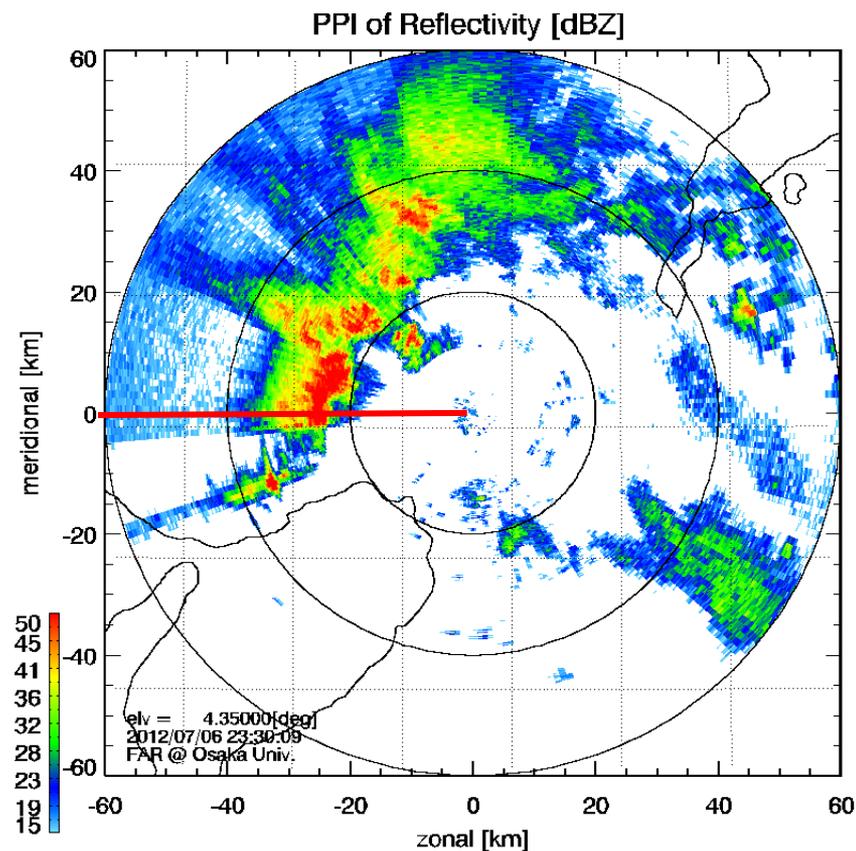
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:30:09の観測結果



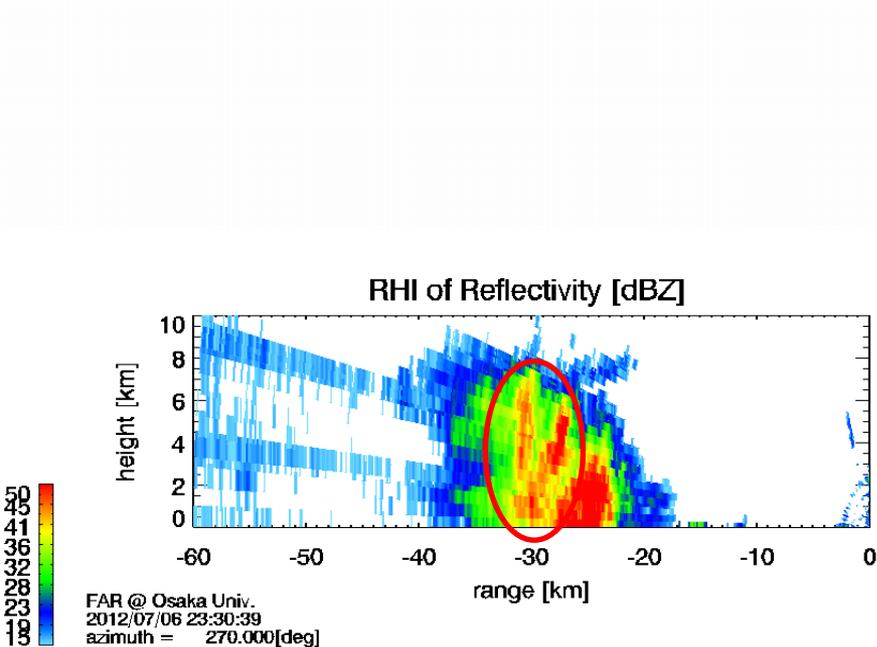
右図の赤い線に沿ったRHI



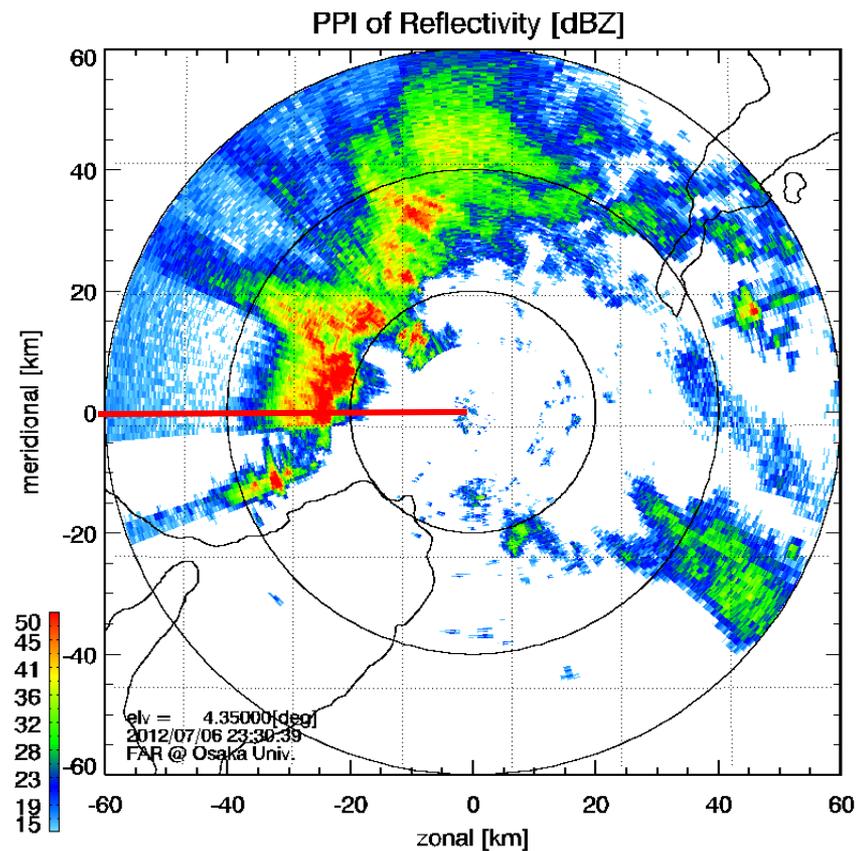
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:30:39の観測結果



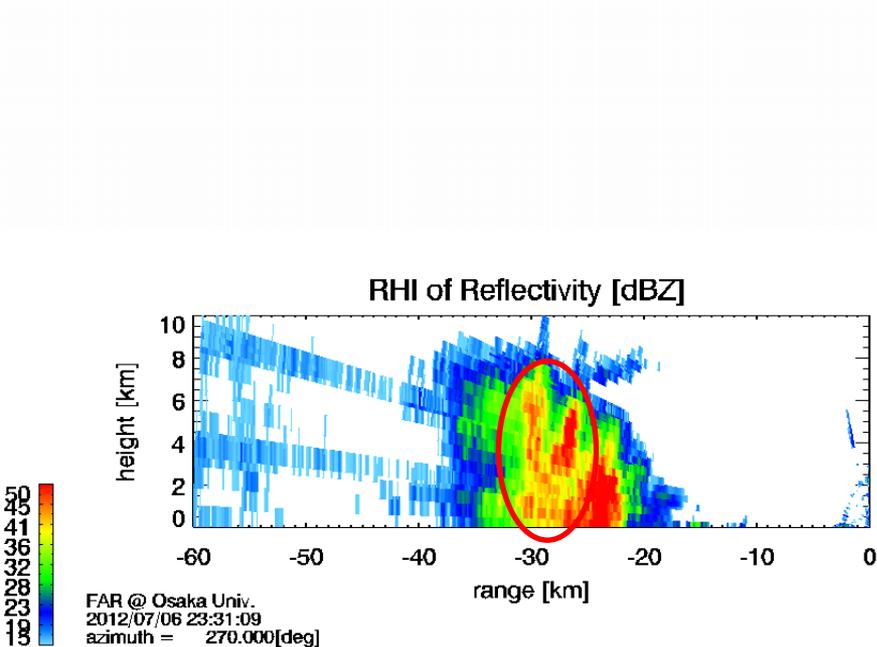
右図の赤い線に沿ったRHI



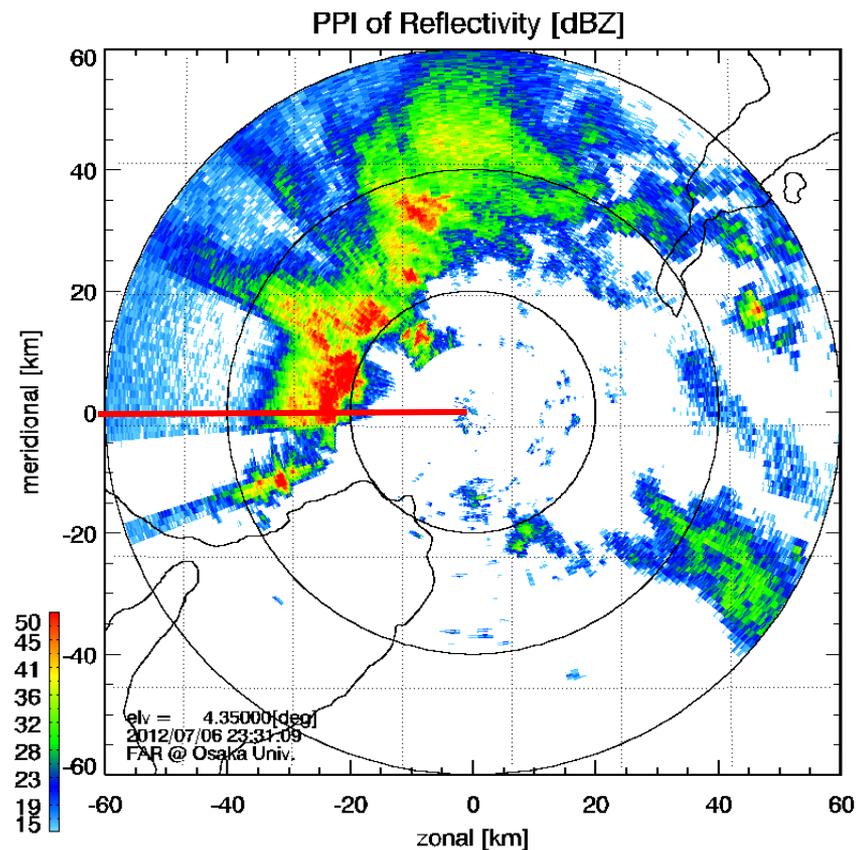
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:31:09の観測結果



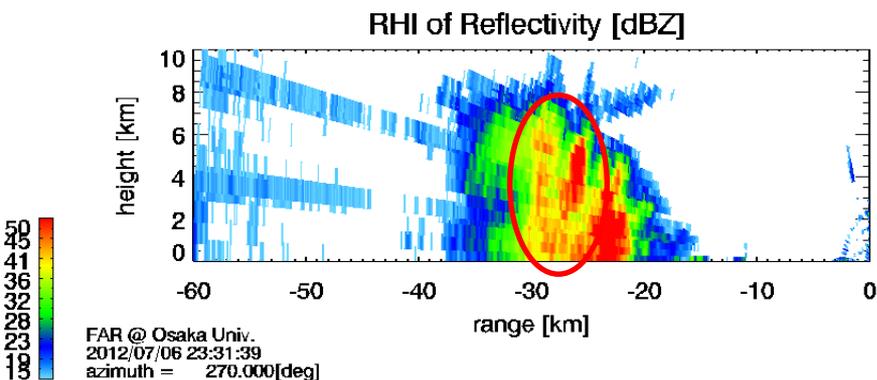
右図の赤い線に沿ったRHI



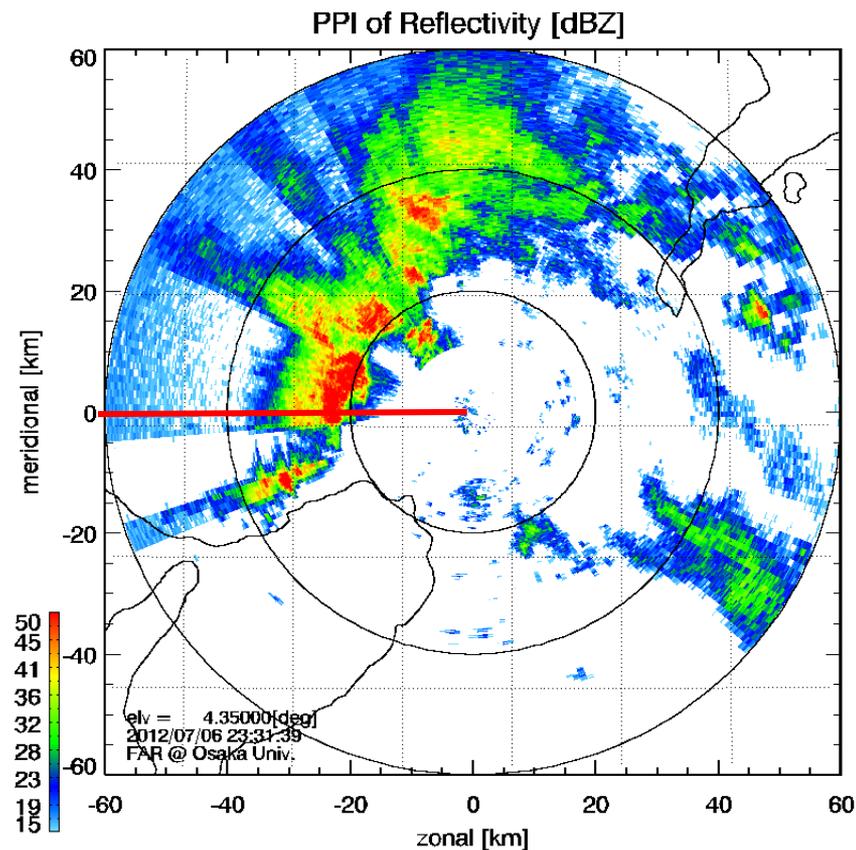
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:31:39の観測結果



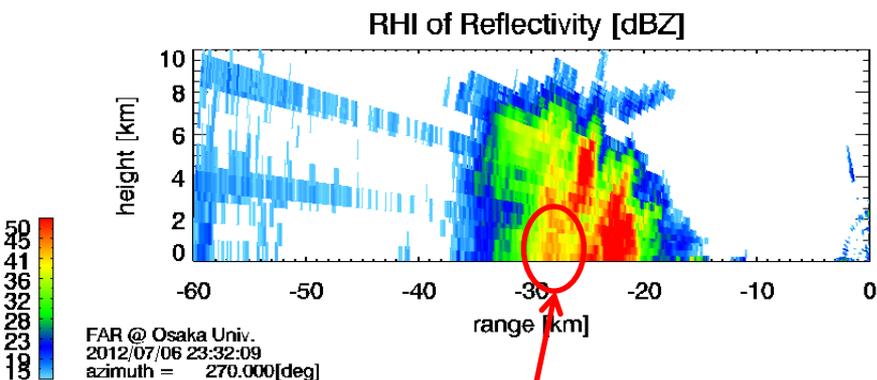
右図の赤い線に沿ったRHI



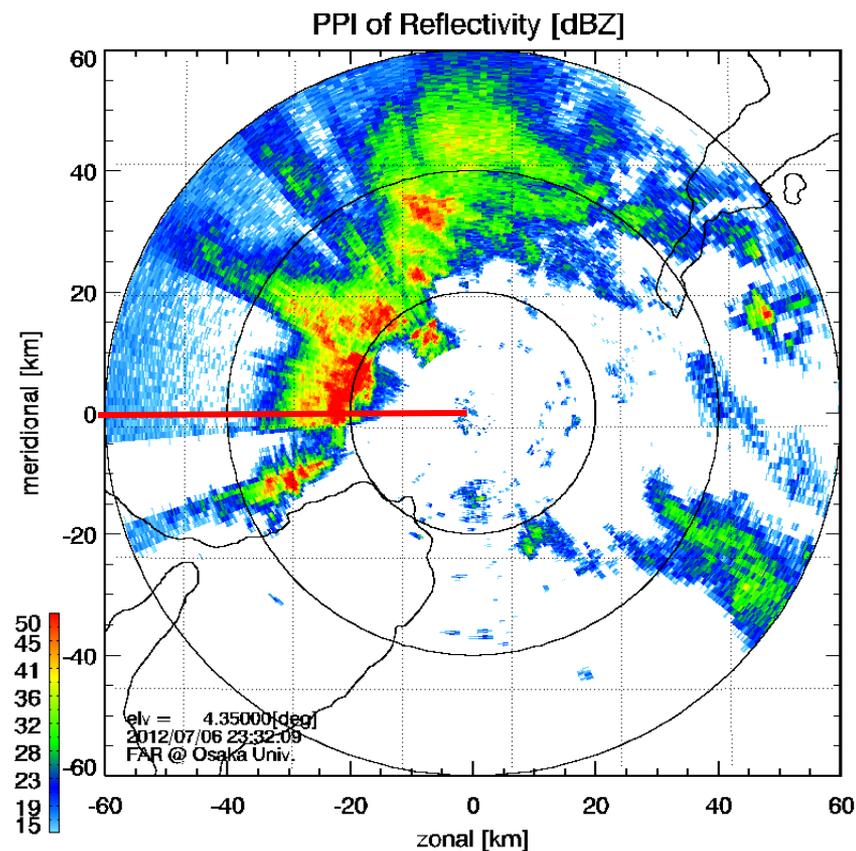
仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:32:09の観測結果



地表付近に強い降雨分布



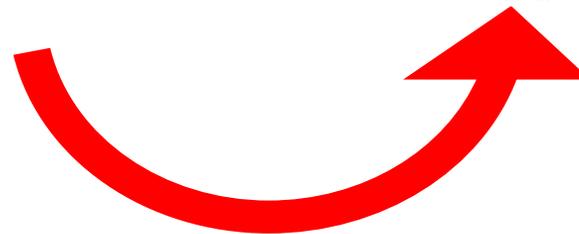
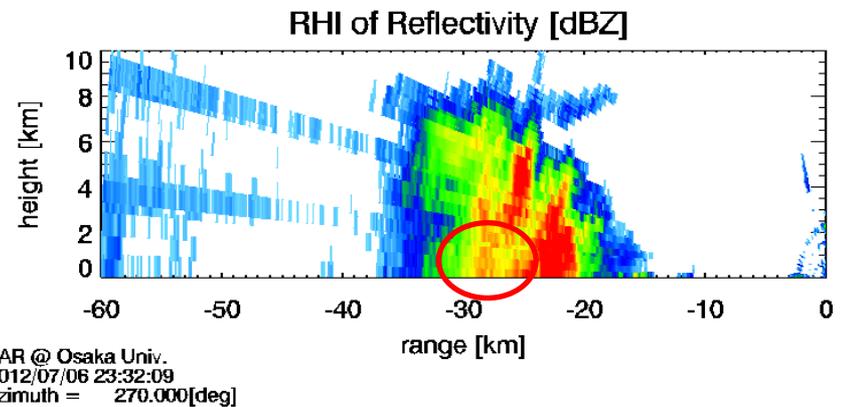
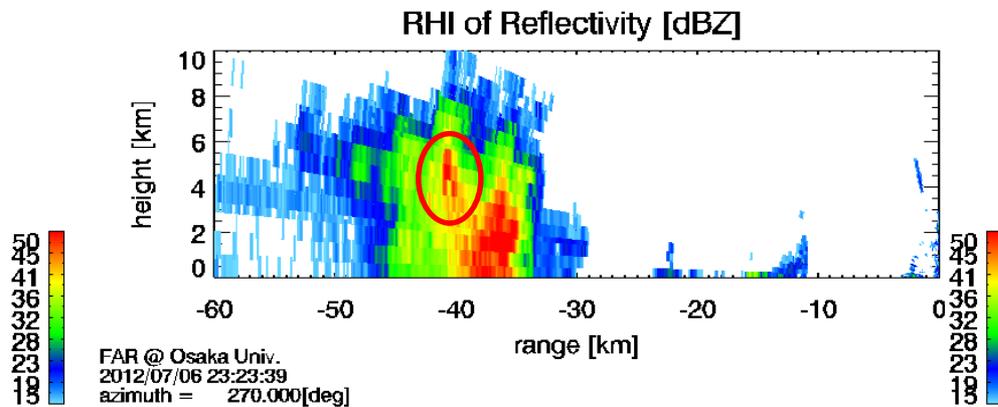
右図の赤い線に沿ったRHI

仰角4.35度におけるPPI

時間進展

2012年7月6日 23:23:39
コア発生

2012年7月6日 23:32:09
地上到達



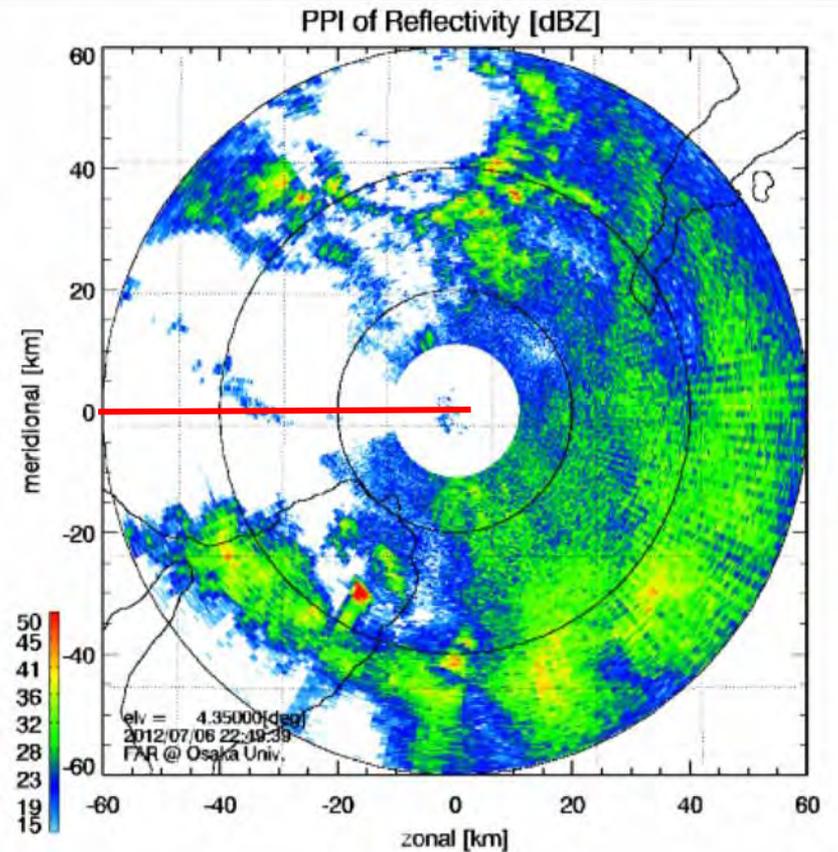
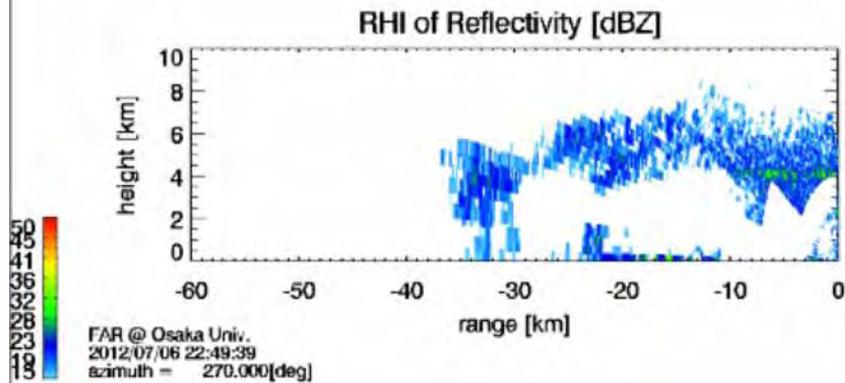
8分30秒間

時間進展(5分毎)

2012年7月6日22時49分39秒～23時59分39秒

右図の赤い線に沿ったRHI

仰角4.35度におけるPPI



Stand AloneからNetworkへ

The image shows a map of Japan with two locations highlighted by red circles: NICT (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) and Osaka University. Two inset images are placed over the map: a tall, multi-tiered observation tower on the left and a modern building with a white dome on the right. The map includes a search bar at the top left with options: 'Find a location', 'Find a business', and 'Get directions'. A scale bar at the bottom left shows 30km and 25mi. The bottom right corner contains the text 'Try New Y! Maps | Terms of Use Privacy Feedback ©2013 Yahoo!'.

Find a location +

Find a business +

Get directions +

Osaka Univ.

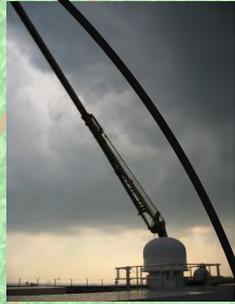
NICT

+ NICT沖縄(恩納村)
気象庁気象研究所(つくば)

Try New Y! Maps | Terms of Use Privacy Feedback ©2013 Yahoo!

High Resolution Thunderstorm and Lightning Observation Network

Toyonaka radar
(Dual-pol)



SEI radar



Phased Array
Radar 2



Phased Array
Radar 1



Nagisa radar
135.659029E
34.840145N
(from Aug., 2011)

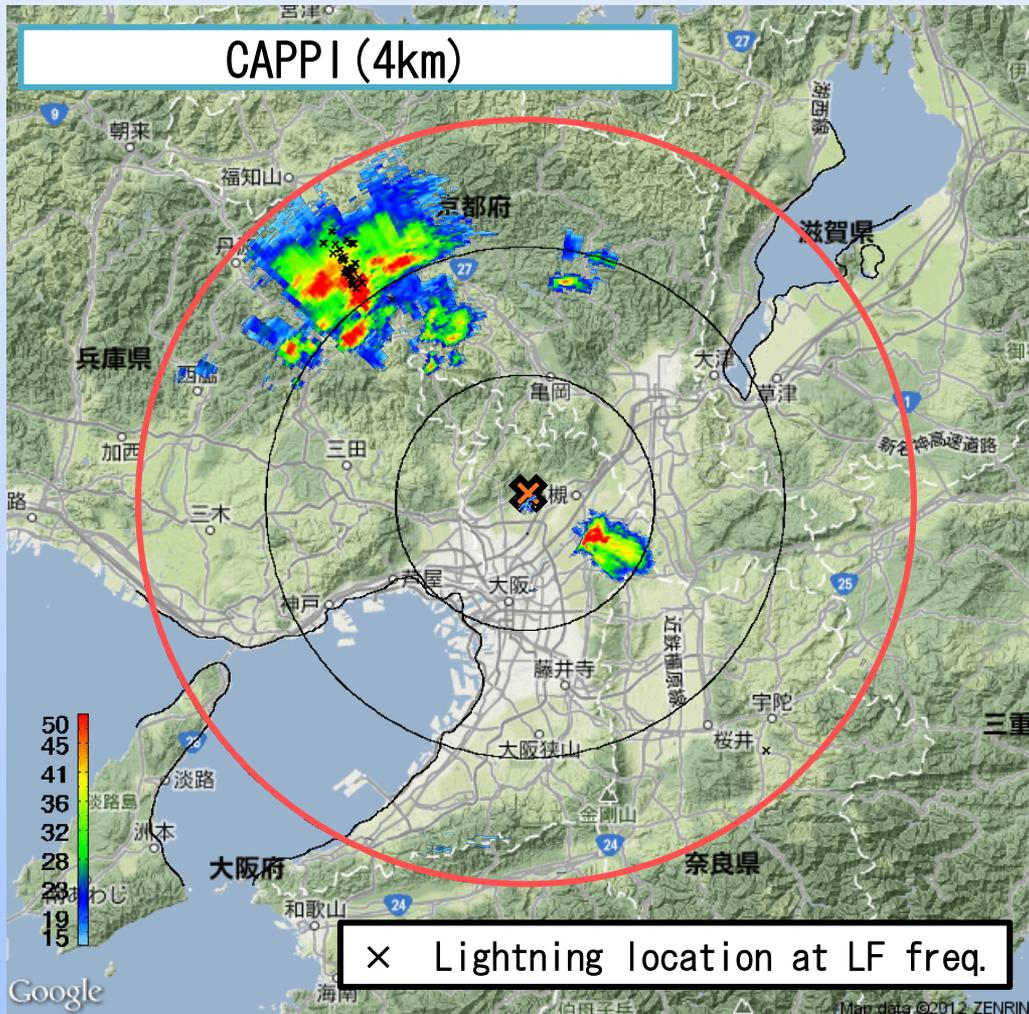


Field campaign with lightning mapper

Sep. 6, 2012

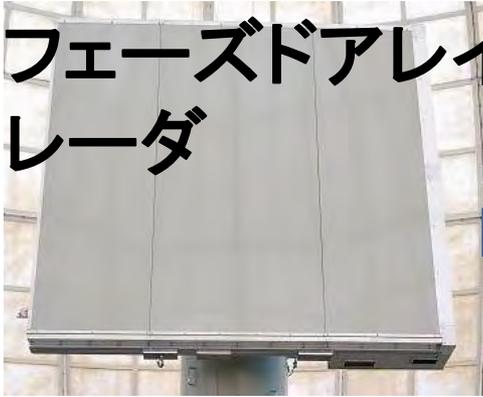
16:00 – 18:00

(every 30. sec)



今後の計画

フェーズドアレイ
レーダ



広帯域レーダ
× 3



様々な
測器



コンピュータクラウド

クラウド内で稼働する
様々なアプリケーション処理



自治体



基礎研究



研究機関



個人ユーザ



ゲリラ豪雨情報予測システム概要

ゲリラ豪雨情報メール

メール件名	発表されている注警報	予測雨量(10分雨量)
2 福島区内ゲリラ豪雨警戒情報	大雨かつ雷	10mm以上

差出人 mec@meci.jp ☆

← 返信 → 転送 📁 アーカイブ 🔥 迷惑マークを付ける 🗑️ 削除

件名 【福島区内ゲリラ豪雨警戒情報】

21:04

宛先 (自分) ☆

その他の操作 ▾

福島区内ゲリラ豪雨警戒情報

H26.06/10 21:04時点

⇒60分先に福島区内で30mm/10分の強い雨が予測されています。
十分警戒して下さい。
次のお知らせは5分後以降になります。

【予測雨量情報】

- ・最大10分間雨量：30mm (60分先)

【注意報・警報発表状況】

- ・大雨注意報：継続
- ・大雨警報：無し
- ・雷注意報：継続

PARの降雨分布は以下サイトから

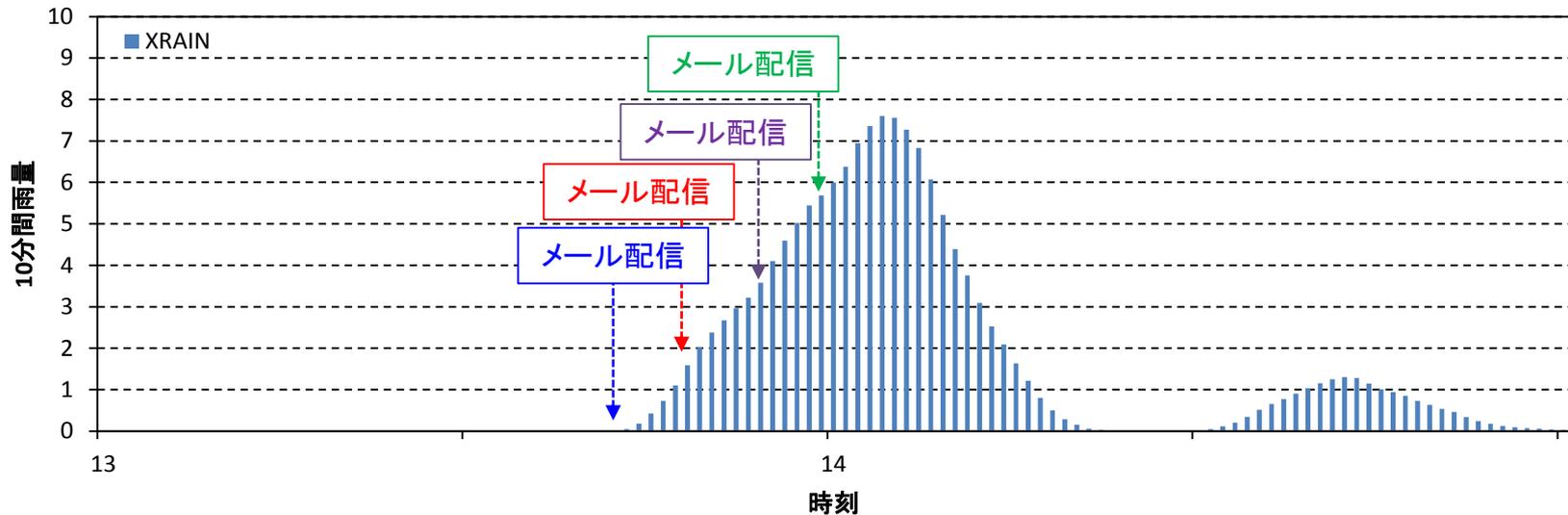
<http://49.212.46.247/fukushima/index2.html>

株式会社 気象工学研究所

担当：吉田 s.yoshida@meci.jp

ゲリラ豪雨予測精度検証

- 福島区内の最大10分間雨量(実測)



メール配信時刻	豪雨予測時刻	予測10分間雨量	実測10分間雨量
13:44(13:41)	14:11	5 mm	3.7 mm
13:49(13:46)	14:06	5 mm	7.2 mm
13:54(13:51)	14:01	7 mm	6.3 mm
13:59(13:56)	14:06	7 mm	7.2 mm

(注)括弧内は予測開始時刻

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム) [レジリエントな防災・減災機能の強化]

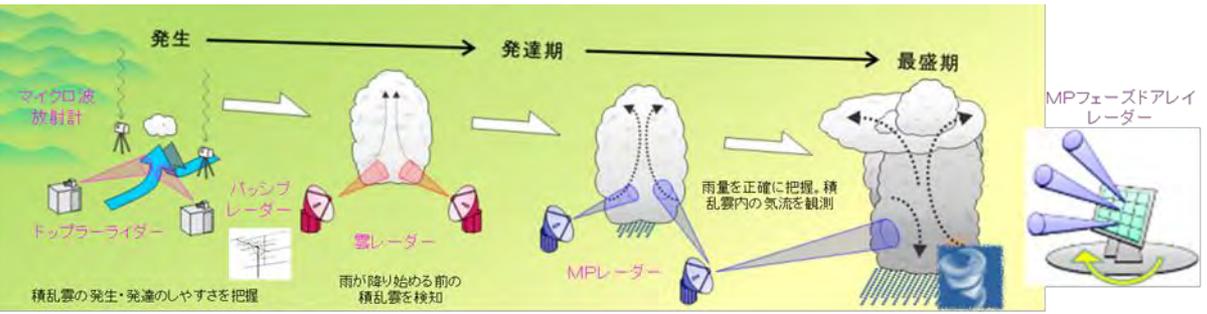
「マルチパラメータフェーズドアレイレーダ等の 開発・活用による豪雨・竜巻予測情報の高度 化と利活用に関する研究」

豪雨の短時間予測

ゲリラ豪雨のナウキャスト(10-20分前
予測)・データ同化による1時間先予測

竜巻警戒情報の高度化

強風域の1時間先までの予測
竜巻警戒地域を市町村単位へ



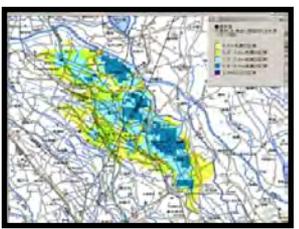
災害レジリエンス情報NW

課題④⑤利用

- ④ICTを活用した情報共有システムの研究開発及び災害対応機関における利活用技術の研究開発
- ⑤災害情報収集システム及びリアルタイム被害推定システムの研究開発

河川管理・氾濫予測 (直轄分)

ゲリラ豪雨による氾濫予測の
高速化と精度向上
現業のリアルタイム河川水位
予測の予測可能時間の延伸



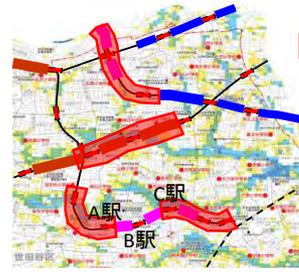
はん濫予測の高速化と精度向上
↓
様々な水災害に対しても避難を可能とする情報発信



水門や排水ポンプ等施設の迅速かつ効果的な操作

鉄道運行管理

ゲリラ豪雨時の鉄道の運転規制
判断支援システム及び乗客の最適避難経路決定システムを開発・試験的運用



鉄道浸水予測範囲の可視化イメージ



乗客最適避難経路決定システムイメージ

自治体利用等



緊急豪雨速報



工事作業への早期避難誘導



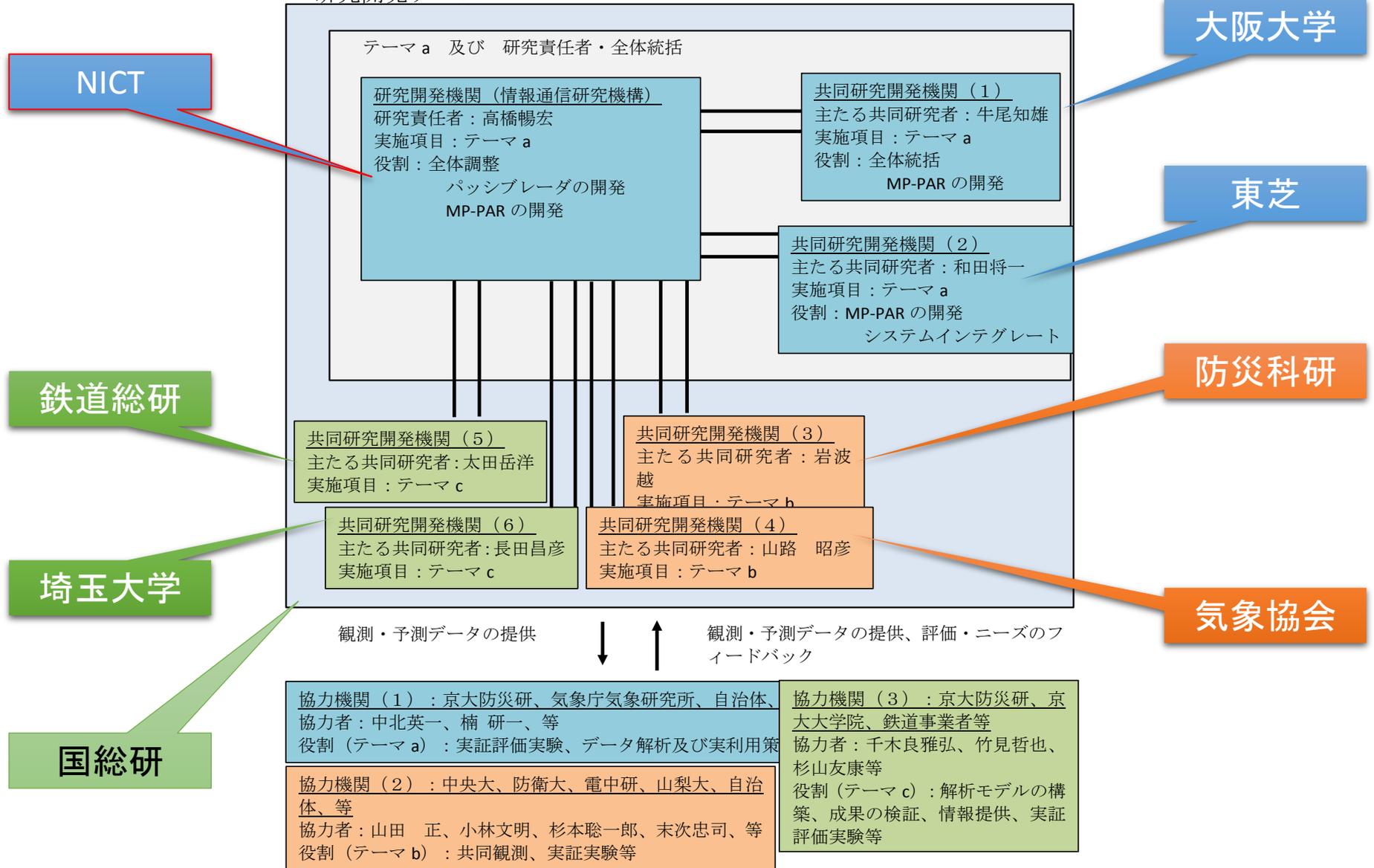
河川での早期避難誘導



イベント等での早期避難誘導

研究開発チーム構成

研究開発チーム



《凡例》 テーマ a: MP-PAR、パッシブレーダ等の研究開発
 テーマ b: グリラ豪雨等を引き起こす積乱雲の観測予測技術開発
 テーマ c: 局地的短時間豪雨等による災害に関する減災技術

今後の展望

気象災害に対する「高精度な観測・分析・予測技術を確立し、発災時に被災者避難と災害対応を安全・確実にする為、ICT等を活用して、迅速・的確に被災状況を把握・伝達する技術や災害対応技術を確立する必要がある。

最先端の観測設備を開発すると共に、個別に研究開発が進んでいる「観測系研究開発」、「予測系研究開発」を繋ぐ「**気象ビッグデータ収集・分析・配信技術**」を**実証実験により確立**し、被災状況の把握・伝達・被災者避難誘導等に貢献することを目標とする。

最先端観測設備の開発

フェーズドアレイレーダー
(大阪大学吹田キャンパス、神戸市)



応用開発

MPフェーズドアレイレーダー
(降水量の観測精度の向上)



パッシブレダ、ライダー
地上観測ネットワーク



既存観測設備

XRAIN
(国土交通省)



Cバンド気象レーダー
(気象庁、国土交通省)



X-NET
(防災科研、気象協会 他)



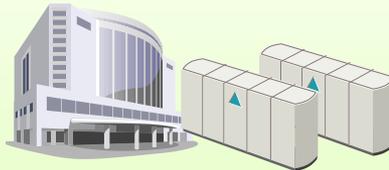
自治体気象レーダー
(東京都、大阪市、神戸市 他)



超高速伝送ネットワーク

情報プラットフォーム

収集・配信・分析



環境ビッグデータ
収集・分析・配信技術の
確立

予測系 研究開発

大都市災害シミュレーション



津波シミュレーション



洪水シミュレーション



噴煙監視シュミレータ



防災科研、国土交通省 他

配信ネットワーク

被災状況の把握・伝達
被災者避難など

1次利用者

政府



【内閣府】
総合防災システムなど



【消防庁】
通信指令システムなど

自治体



防災Webシステムなど

企業



企業内Webシステムなど

2次利用者



地域市民



被災状況の把握



従業員など

インターネット

より安心・安全な自然災害に強い
社会を目指した、最新の情報通信
技術に基づく、革新的な社会基盤
システムの構築

空港周辺における気象の影響

◆ 視程障害

- 濃霧・低層雲に伴う最低気象条件(視程)を満足しないことによる上空待機(着陸機)もしくは地上待機(離陸機)

◆ 風

- 台風等の強風により空港の横風制限を超えた場合の空港閉鎖, 空港総観風の変化に伴うランウェイチェンジ
- 低層乱気流に伴う機体動揺による着陸復行

◆ 着氷気象状態

- 着氷性降水域の通過に伴う翼面着氷, 飛行の不安定化
- 着氷性降水域の回避の為の遅延

◆ 雷雲

- 雷雲付近飛行時の被雷による航空機損傷
- 霰・雹の衝突による航空機損傷
- 雷雲回避の為の遅延

◆ 積雪(滑走路雪氷)

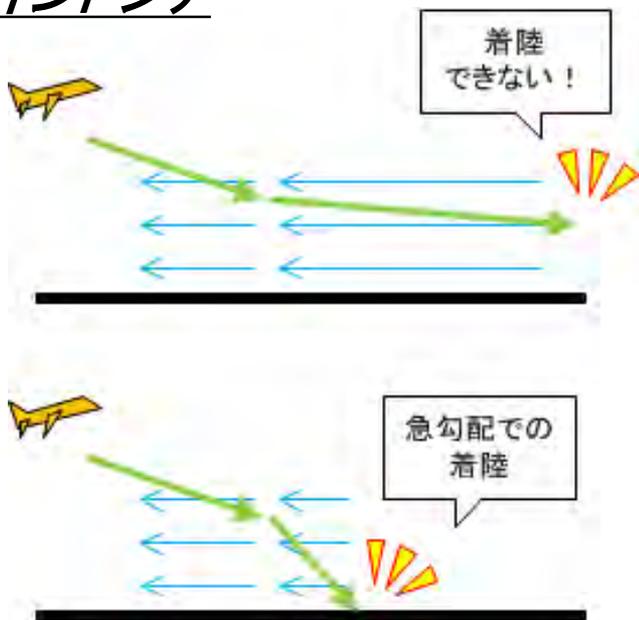
- 滑走路状態回復の為の地上・上空待機による遅延

空港周辺における気象の影響(個別)

◆ 風

- 低層乱気流に伴う機体動揺による着陸復行

ウインドシア



マイクロバースト

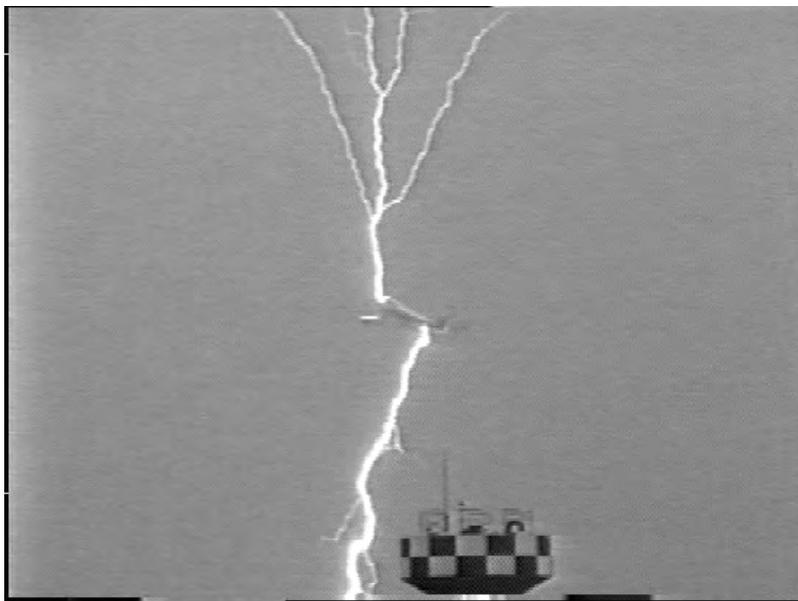


離着陸フェーズ(低層)の乱気流は
重大事故につながる.

空港周辺における気象の影響(個別)

◆ 雷雲

- 雷雲付近飛行時の被雷による航空機損傷
- 霰・雹の衝突による航空機損傷
- 雷雲回避の為の遅延

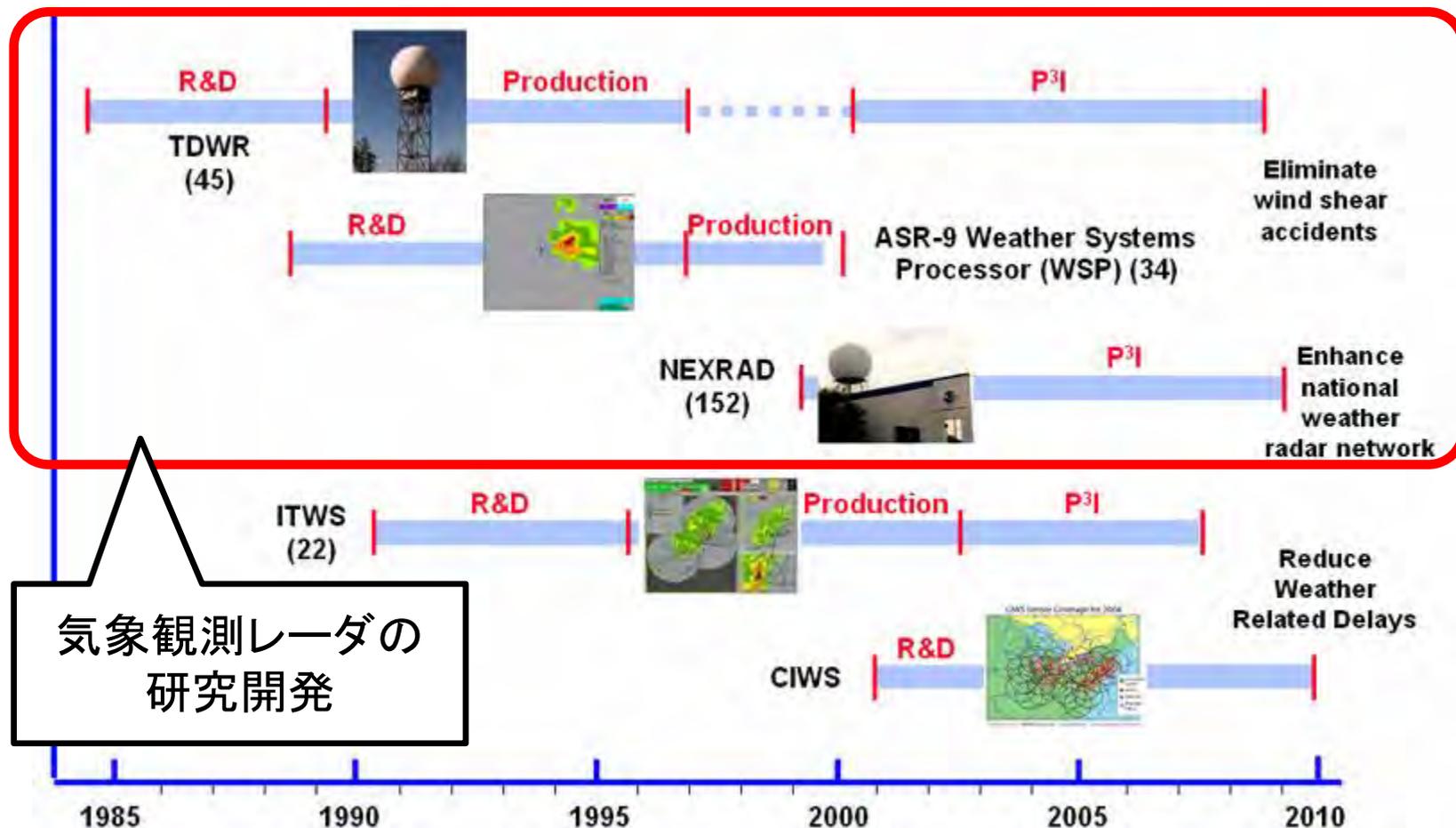


雷は上昇気流によって巻き上げられた氷粒が衝突し合って帯電することで発生.

雷撃もしくは氷粒(霰・雹)の航空機への衝突による損傷(≠墜落)

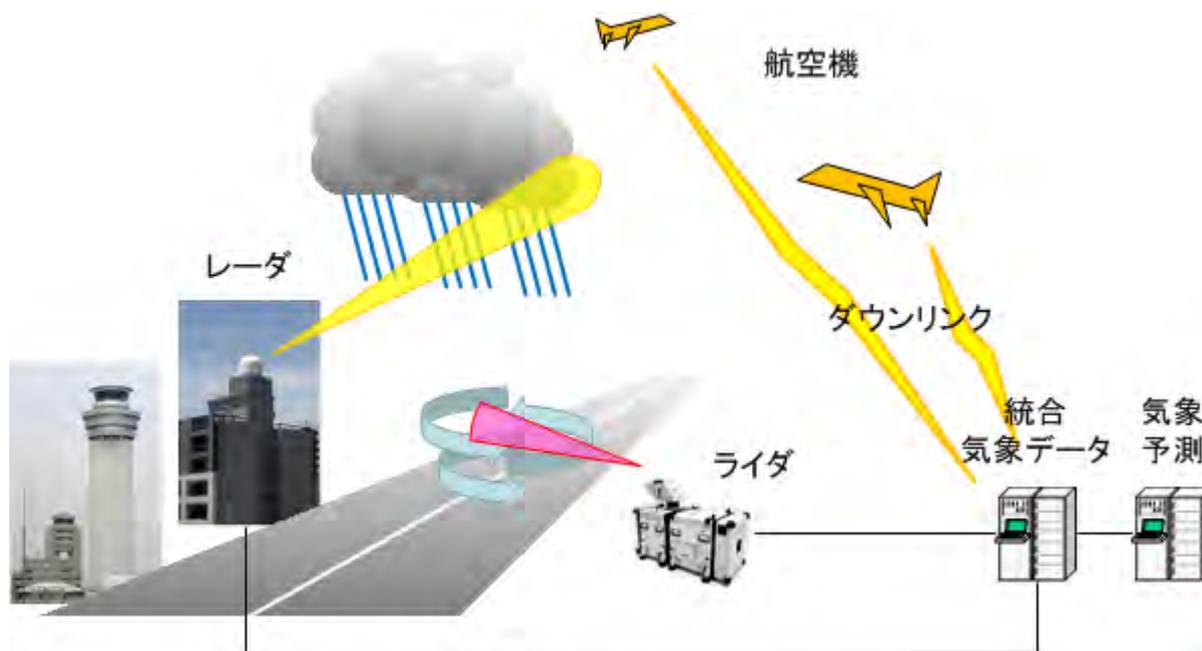
巡航中の回避は比較的容易である一方、空港周辺の雷雲は影響大

航空気象観測の変遷



Timeline showing major Lincoln Laboratory research and development efforts for FAA Weather Systems. (P³I refers to the “pre-planned product improvement” phase that accompanies most procurements.)

次世代ITWSの提案



- ◆ 経済のグローバル化に伴い、国内の空港で取り扱う航空機数は増加の一途である。
- ◆ 気象による影響を緩和し運航の安全及び効率化が要求されている。
- ◆ 日本国内の運航においては離着陸フェーズが重要であり、ITWSの果たす役割が特に大きい。

まとめ

- 情報通信研究機構, 大阪大学, 東芝の3者は, フェーズドアレイ気象レーダの開発に成功した。
- 128本のアレイアンテナによるデジタルビームフォーミング技術を用いて, 10~30秒で半径60km以内の降雨の3次元観測を可能とした。
- 大阪大学吹田キャンパスにおいて, 継続的に観測を実施し, 様々な降雨イベントを観測することに成功した。
- 観測の結果, 上空に形成された降雨が, 地上に落下する様子を連続的に捉えることに成功した。
- 次世代のITWSについて, こうしたレーダを中心に考えてみたい。



2014年11月27日 電子航法研究所 講演会

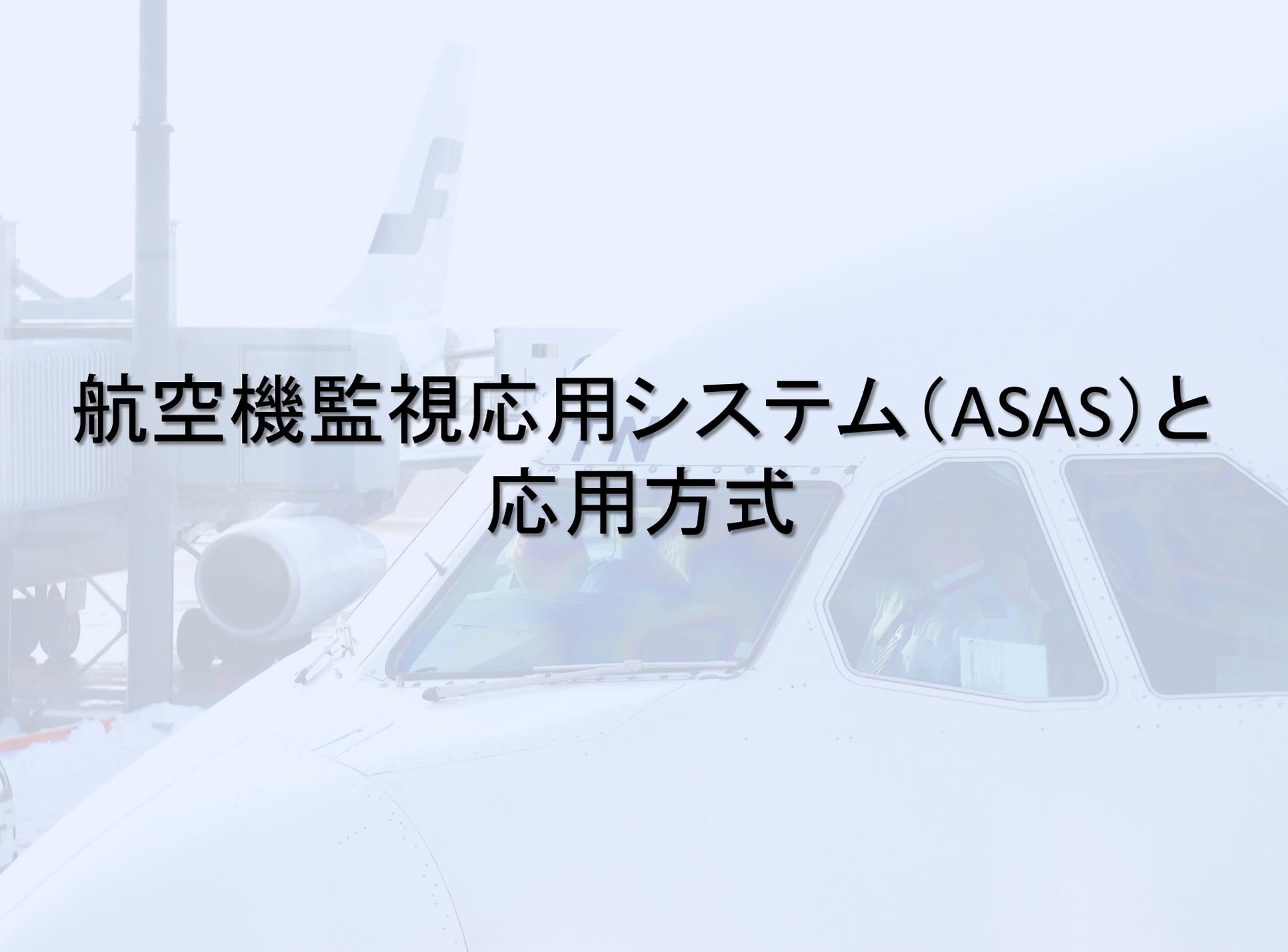
航空機監視応用システム (ASAS)と トラジェクトリ管理技術の連携

伊藤 恵理

電子航法研究所 航空交通管理領域

講演内容

- **航空機監視応用システム(ASAS)と応用方式**
 - In-Trail Procedure (ITP)
 - Flight-deck Interval Management (FIM)
- **FIM応用方式の実運用に向けて**
 - 地上のトラジェクトリ管理技術 - 到着機管理システム -
 - NASA ATD-1プロジェクトの紹介
- **羽田空港の航空交通流への応用**
 - 継続降下運航(CDO)とFIM応用方式
 - 降下角固定進入(FPA)の検証実験
- **今後の展望**



航空機監視応用システム(ASAS)と 応用方式

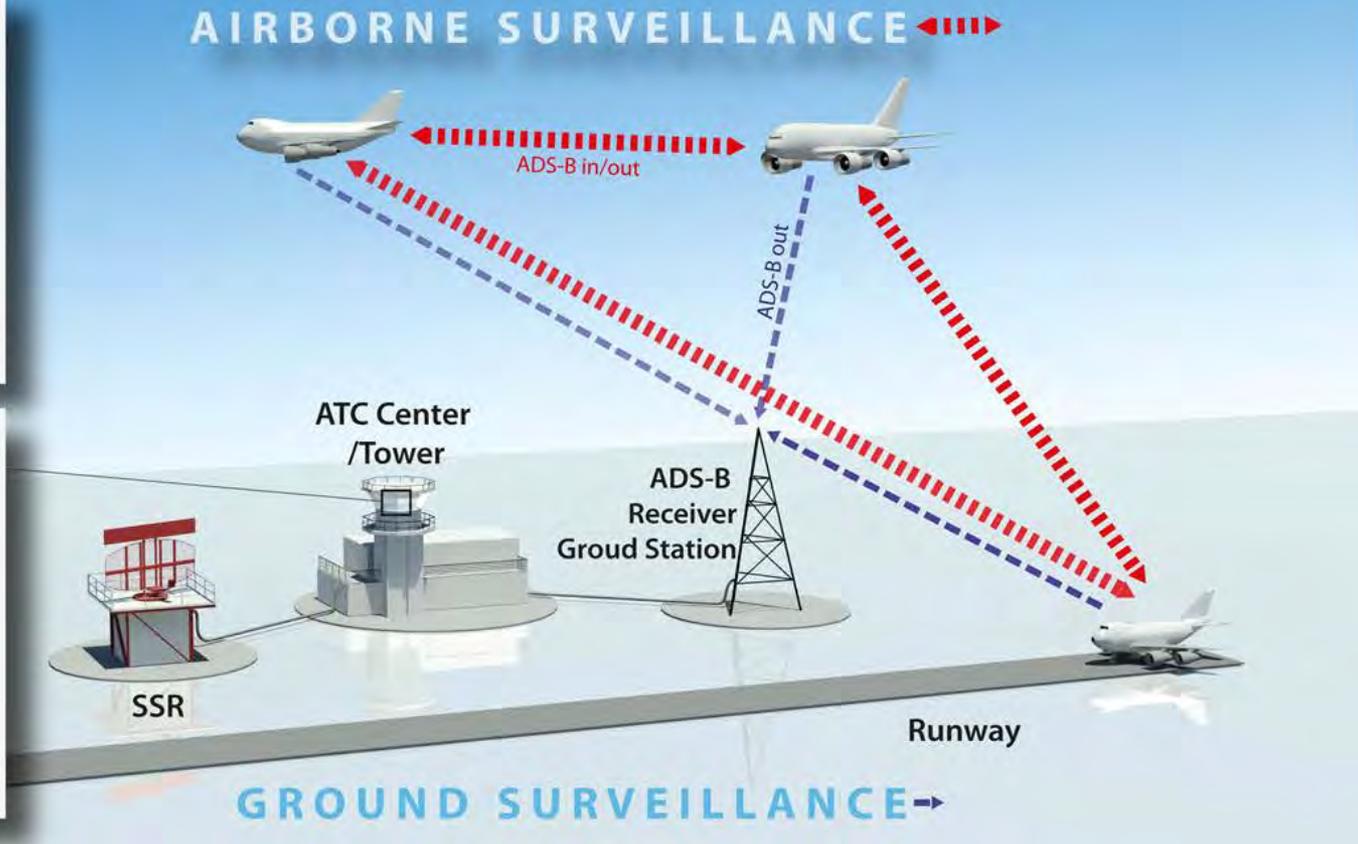
航空機監視応用システム (ASAS)



Pilot CDTI



ATC Monitor



航空機監視応用システム

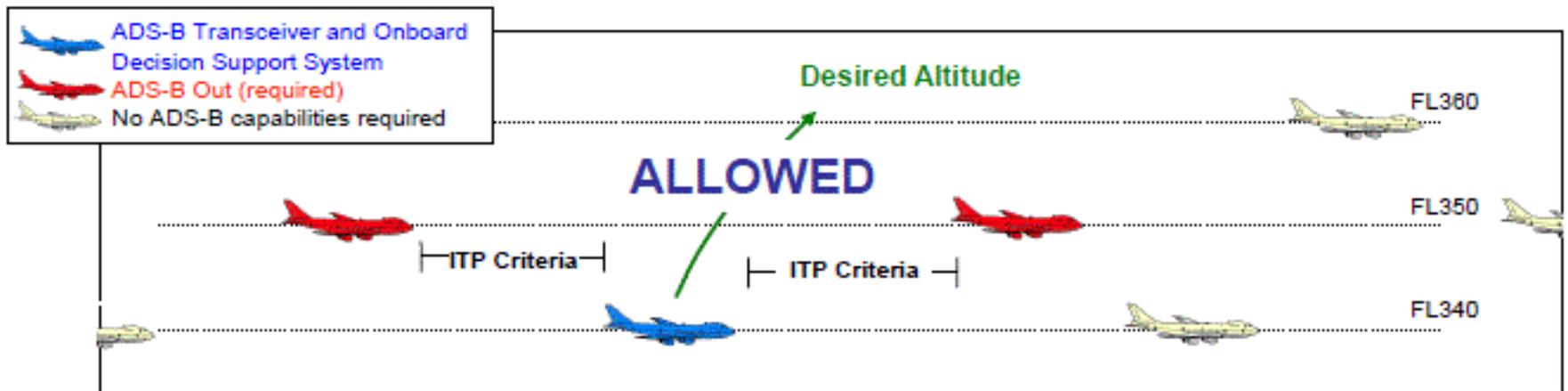
(Aircraft Surveillance Applications System: ASAS)

ASAS応用方式

In-Trail Procedure (ITP) (1/3)

- ITP運用概念

太平洋上を飛行する航空機の柔軟な高度変更



- ITP機(青)と参照機(赤)との距離が15NM以上
- ITP機(青)と参照機(赤)との速度差による制約条件
- ±2000ftの高度変更が対象

ASAS応用方式

In-Trail Procedure (ITP) (2/3)

- ITPの試験運用

- FAAとUnited Airlines,
Honeywell, Goodrich
のパートナーシップ

- UAの所有する

- B747-400型機を改修

- 2011年よりSOPAC経路で
ITPデータ収集を開始

- 216回のITPリクエストがあり、うち159回承認・実
施: 74%の成功率 (8/2011-7/2014)



Honeywell **GOODRICH**



ASAS応用方式

In-Trail Procedure (ITP) (3/3)

- EFB(Electronic Flight Bag)の利用



EFB installed in a B747



Plan View

ITP用アプリケーションの開発

- ITPデータの表示画面

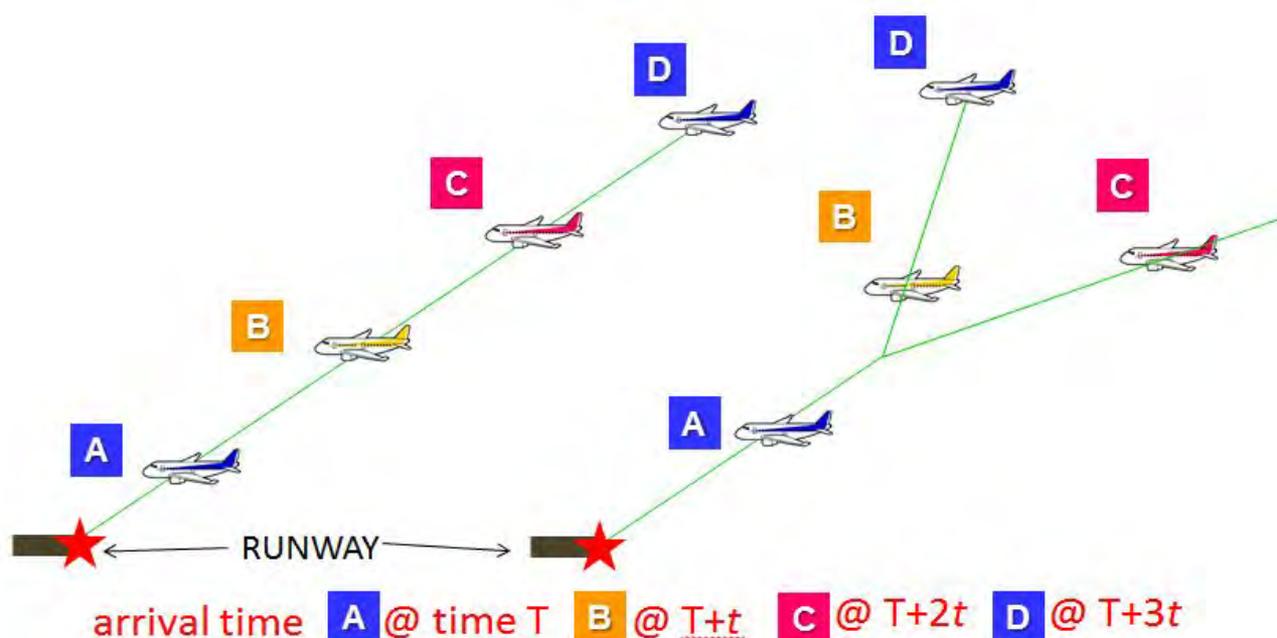


ASAS応用方式

Flight-deck Interval Management (FIM)

- FIM運用概念

ADS-B監視情報を利用して、機上で速度制御を行い、到着の時間間隔を調整





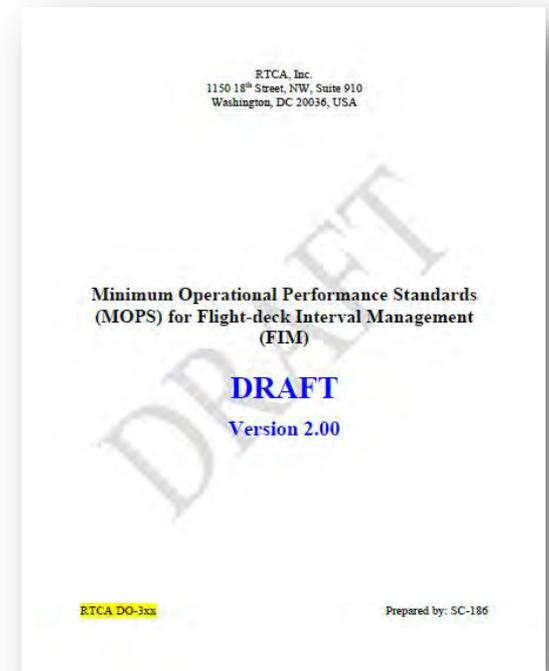
FIM応用方式の実運用に向けて

RTCA/EUROCAE会議での進捗状況

- 2014年中に、FIM応用方式のMOPS(Minimum Operational Performance Requirements)/SPR(Safety Performance Requirements)を策定予定
- FAA, NASA, MITRE, Boeing, UPS, Honeywell, Thales, EUROCAE, Eurocontrol, NLR



2013年10月RTCAで開催された会議の様子(SC146-WG4)



NASA ATD-1プロジェクトの紹介

- ATD-1 (Air Traffic Management Technology Demonstration-1)
 - NASA Ames研究所とNASA Langley研究所の共同研究プロジェクト
 - FIM応用方式を利用する航空機と従来の飛行をする航空機が混在する到着流を模擬
 - パイロットと管制官を介したヒューマンインザループシミュレーションで評価



ATD-1プロジェクトで実施したシミュレーションの様子

FIM応用方式 パイロットのタスク(1/2)

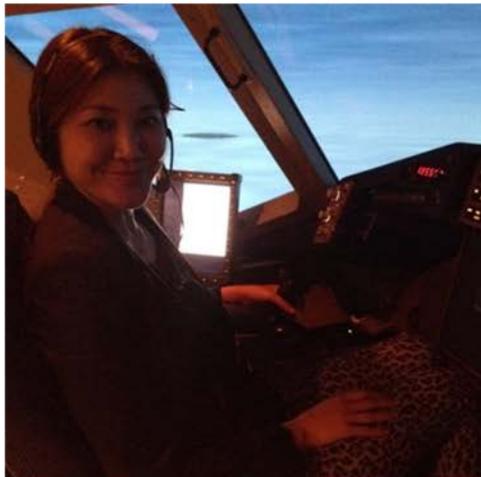
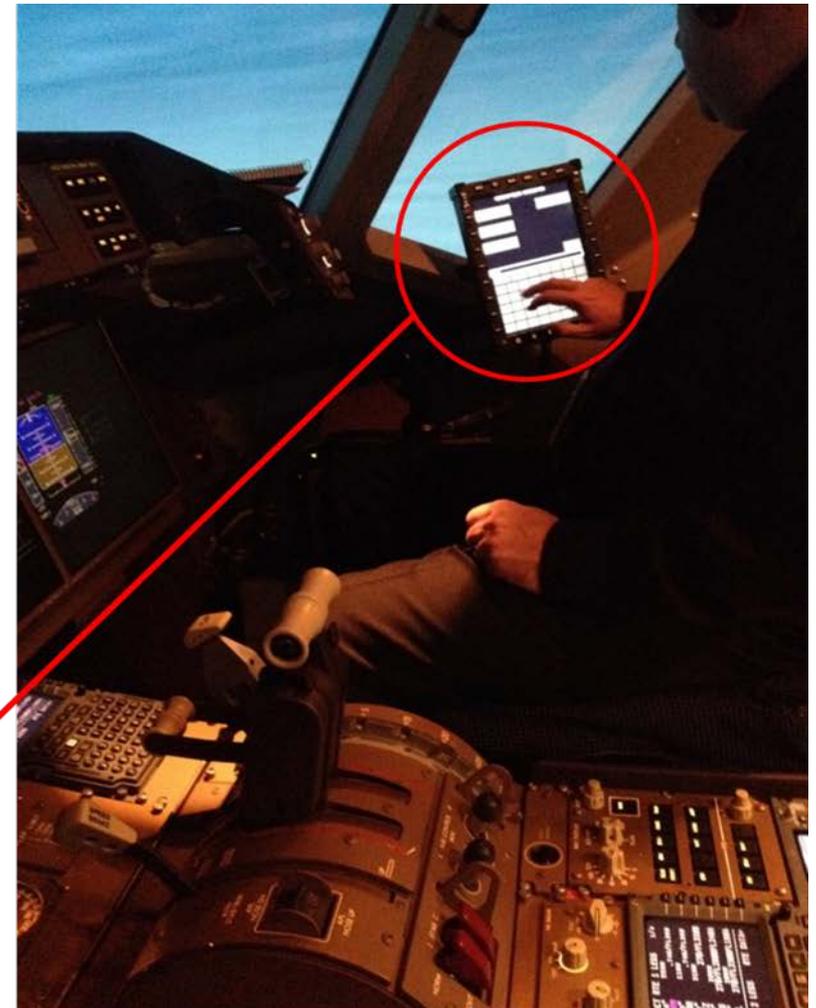
- FIM実行を管制官に要求
- 管制官の指示を受けてFIMを実行/停止/終了
- FIM速度制御の実行
 - 速度調整つまみの調整・EFBに表示される目標速度に追従



FIM応用方式 パイロットのタスク(2/2)

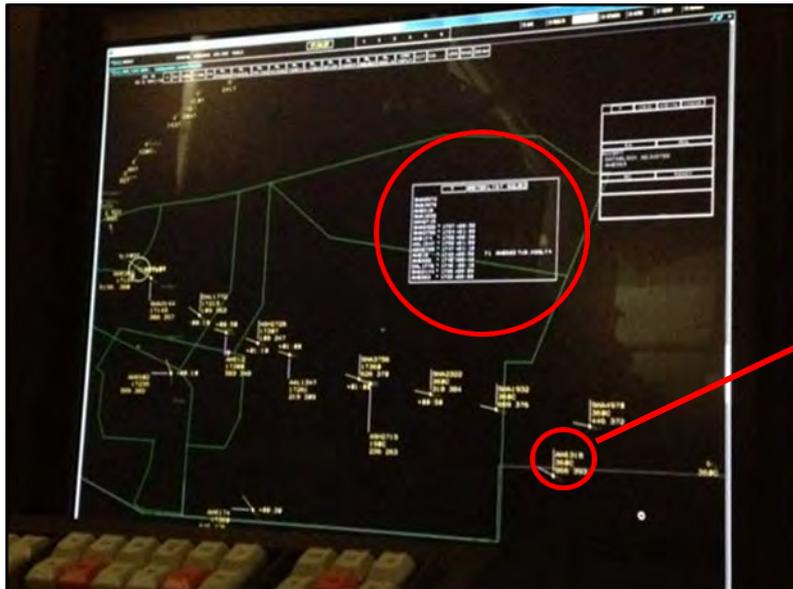
- EFBとFIM応用方式

Development & Test Simulator (DTS)
@ NASA Langley RC



FIM応用方式 航空管制官のタスク

- すべての到着機の順序づけ
- FIMの開始と終了
- FIMを搭載していない到着機に、従来型の管制サービス

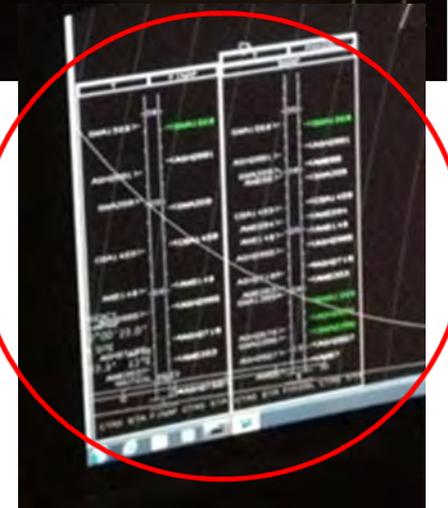


STAからの
遅延時間



-2:30

STAと
ETAの
比較



地上のトラジェクトリ管理技術 到着機管理システム

- “Traffic Management Advisory (TMA)”

→ 1980年代後半～1990年中頃、NASA Ames研究所のHeinz Erzberger博士らによる研究開発

→ 全米の主要空港への到着機管理に適用

→ ヨーロッパに導入されている到着機管理システム (Arrival Manager: AMAN) の代表格、MAESTROはTMAから派生

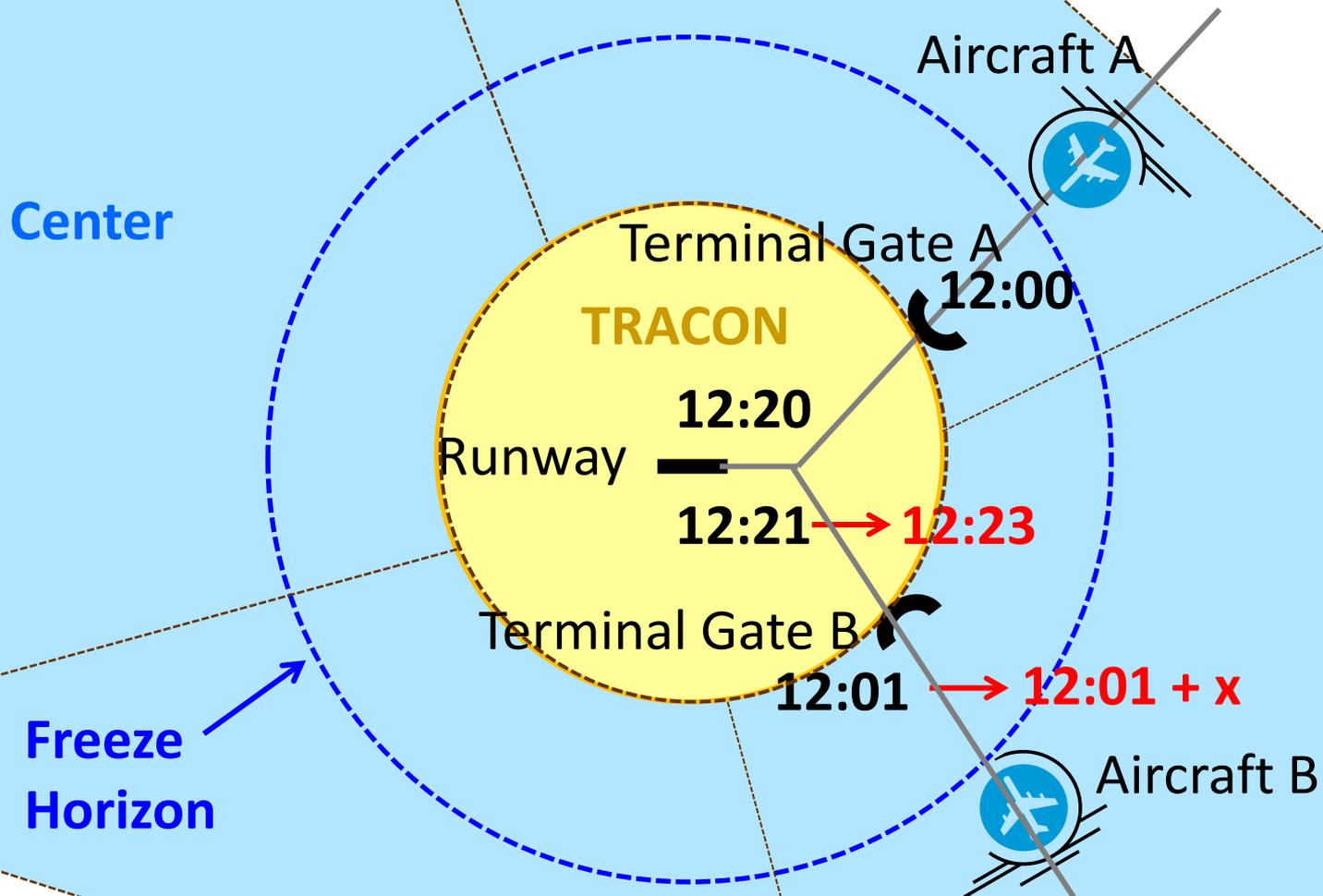
→ 20年間に渡り、現場で活用されている実績

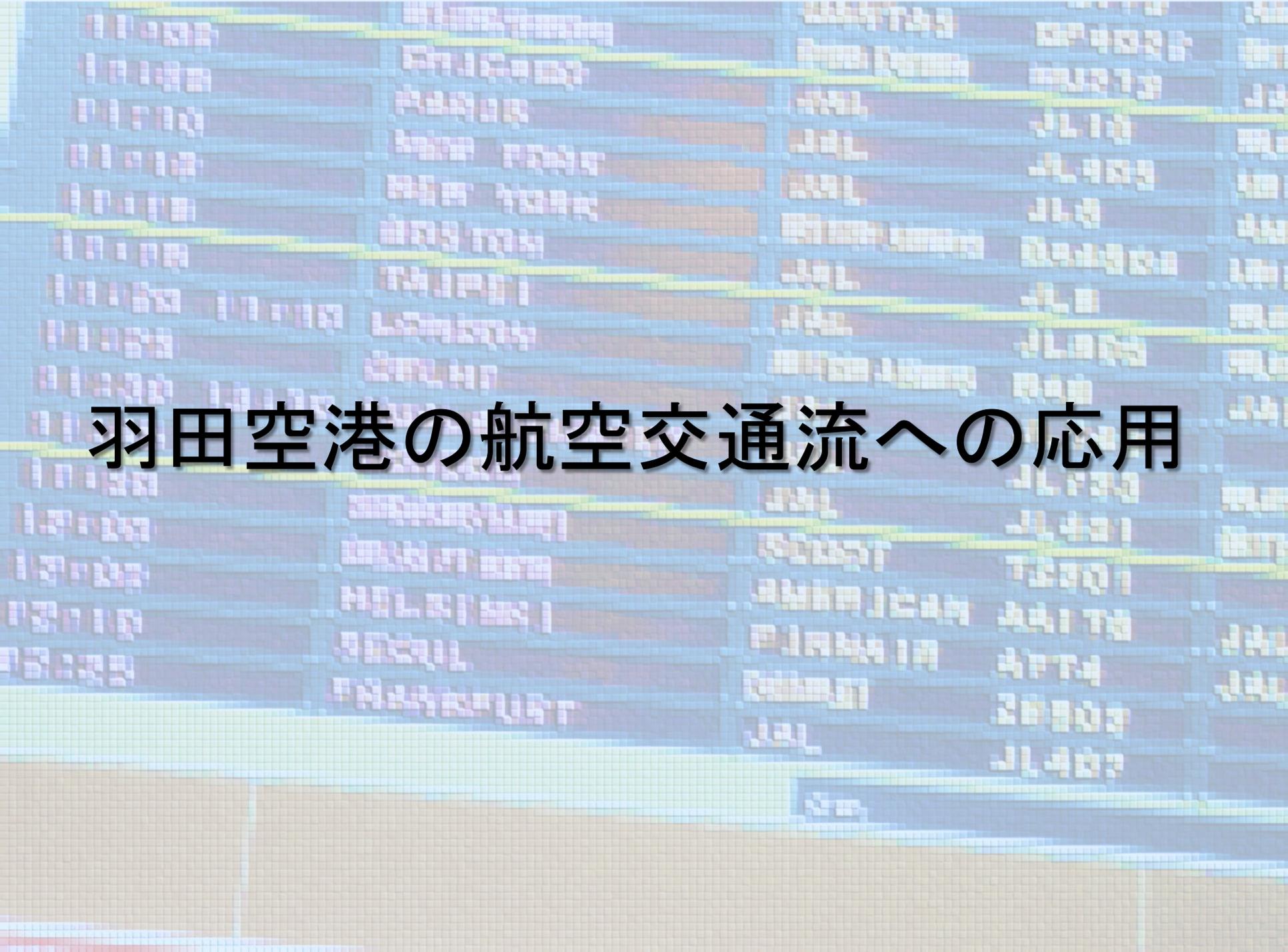
→ TMAありきで進むアメリカの航空管制研究・開発



TMAのスケジューリングアルゴリズム

- 到着時間と到着順を計画

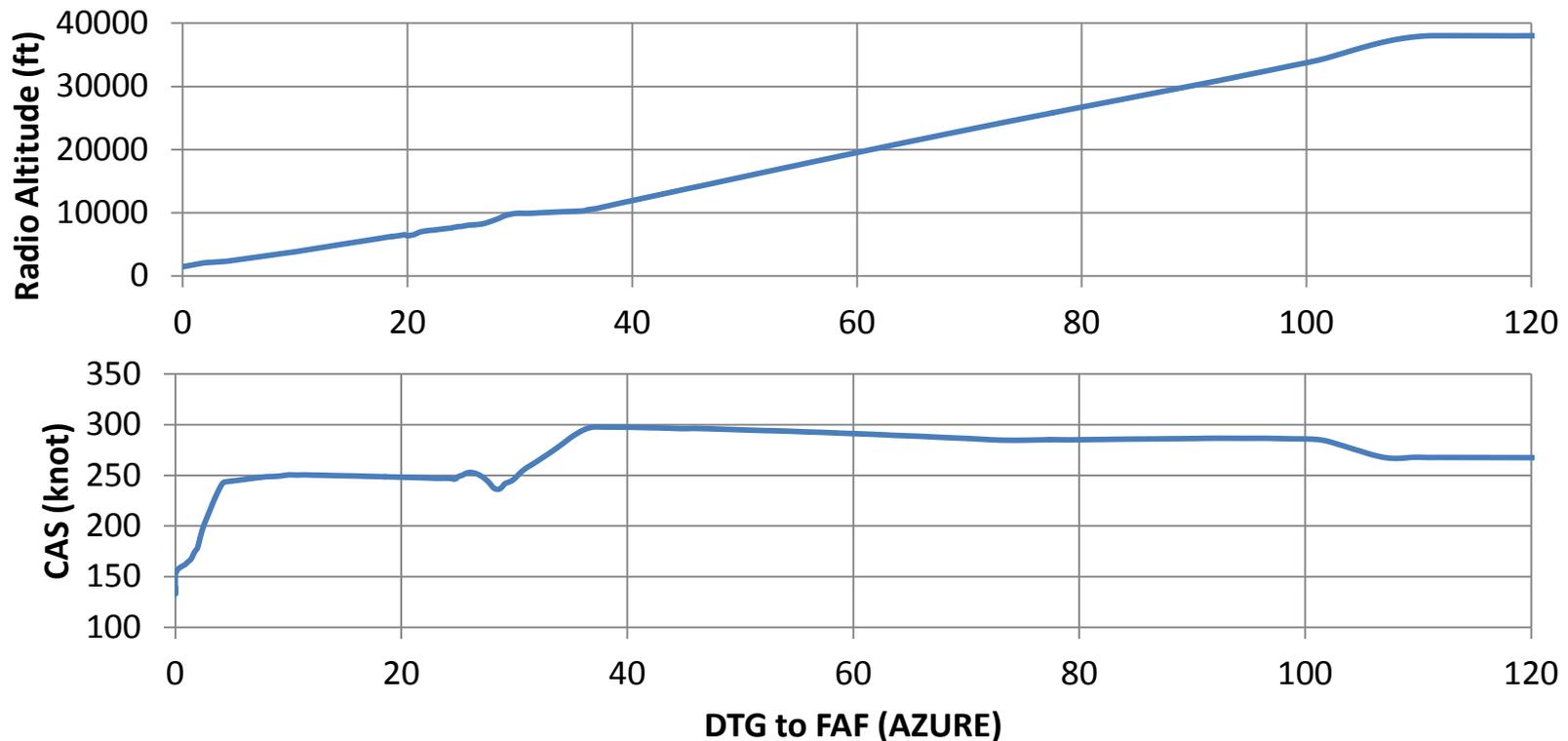




羽田空港の航空交通流への応用

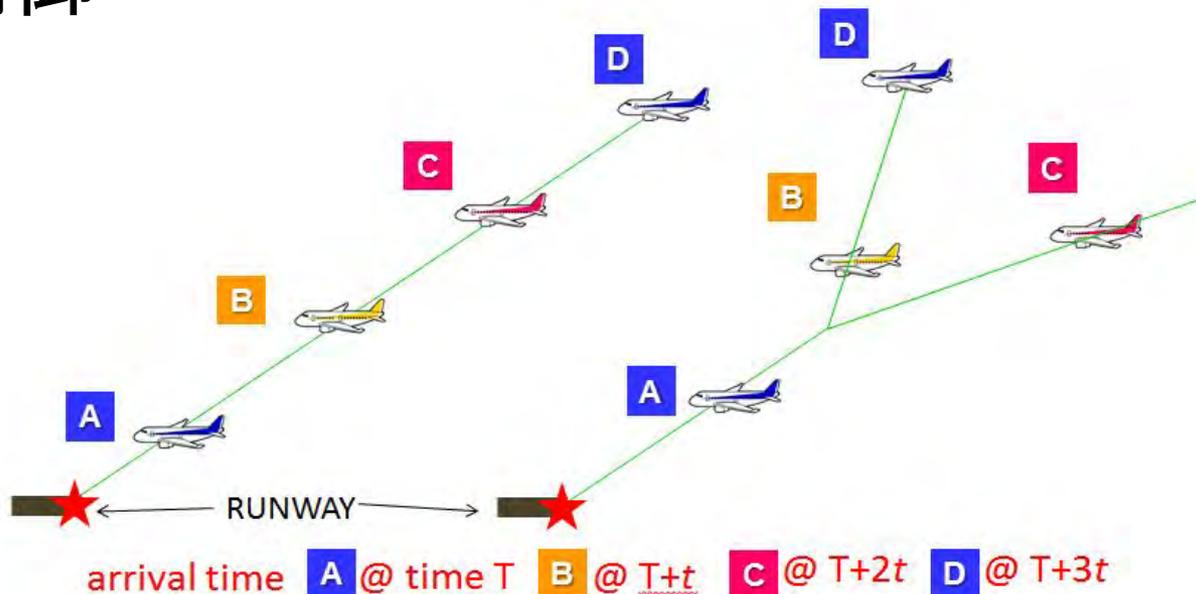
継続降下運航 (CDO)

- CDO (Continuous Descent Operation)
 - 降下開始から水平飛行なしで継続的に降下
- OPD (Optimized Profile Descent)
 - 運航コスト(燃費)を最小にする降下



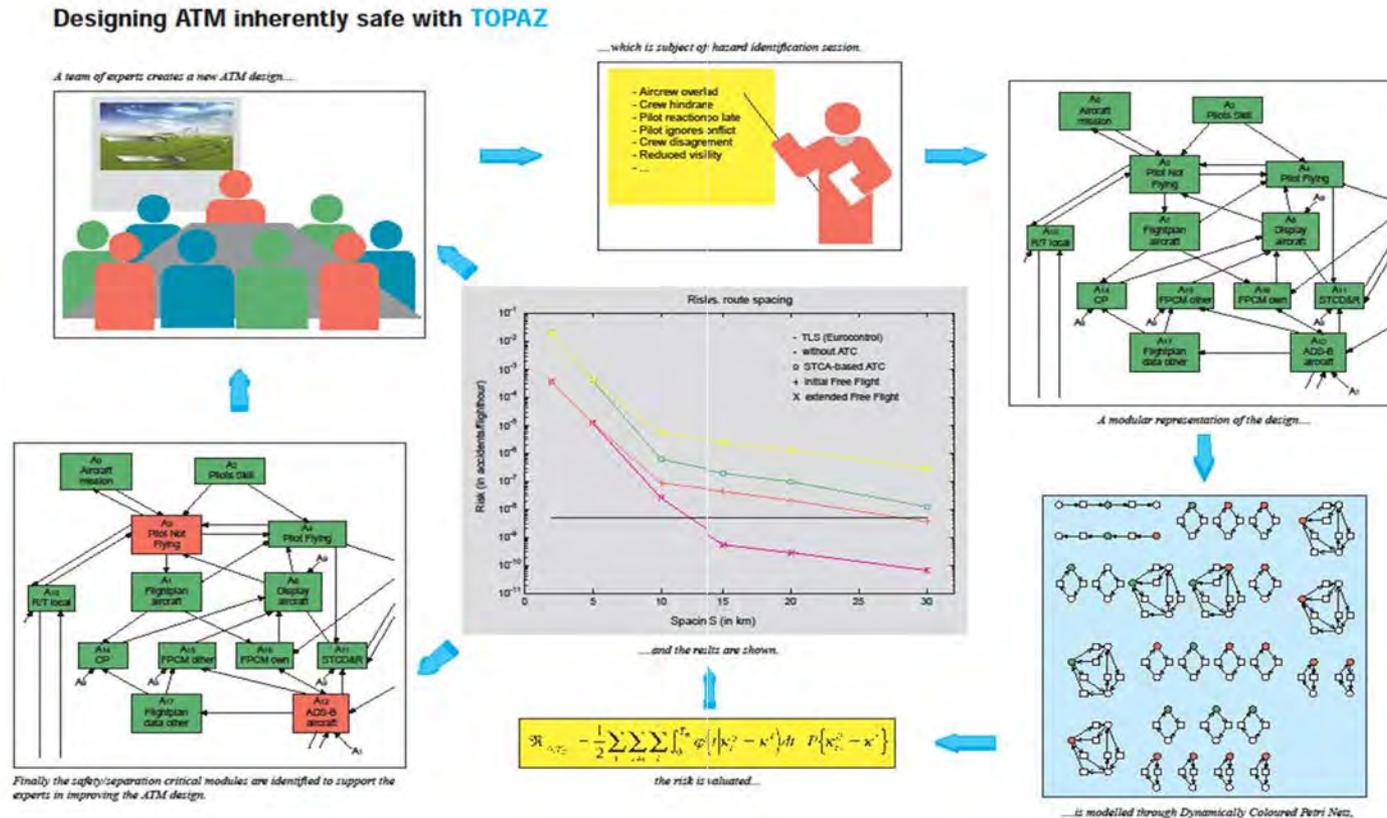
FIMを応用したCDO

- 複数機のCDO
- CDO中にFIM速度制御で機体間隔を調整
- 浅めの経路角を指定し、スロットル調整で速度制御



TOPAZによる安全性解析

- FIM速度制御を利用した運航の安全性を検討



FIM運用を想定した将来の航空管制システムのモデル化とモンテカルロシミュレーションによる評価

羽田空港の到着機管理

- 羽田の到着機にFIMによるCDOの適用を検討

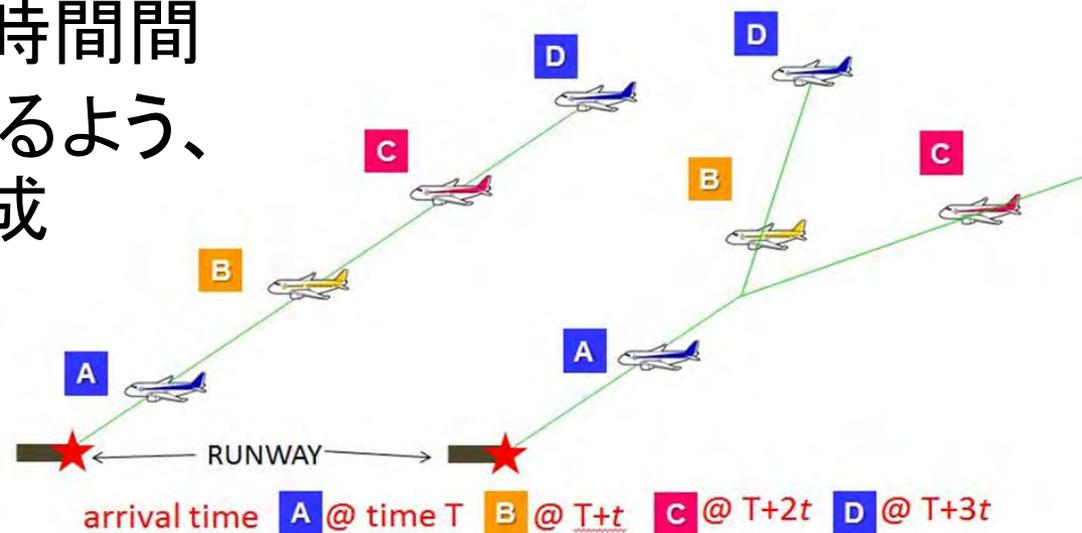


FIMとトラジェクトリ管理

- ASTARアルゴリズム

トラジェクトリ予測に基づく速度制御系

- 1) 飛行経路の設計
- 2) 滑走路到着時刻を予測
- 3) 先行機と、指定した時間間隔を保ちながら到着するよう、速度制御コマンドを生成



SPICAシミュレータの研究開発(1/2)

• SPICAシミュレータ

目的:

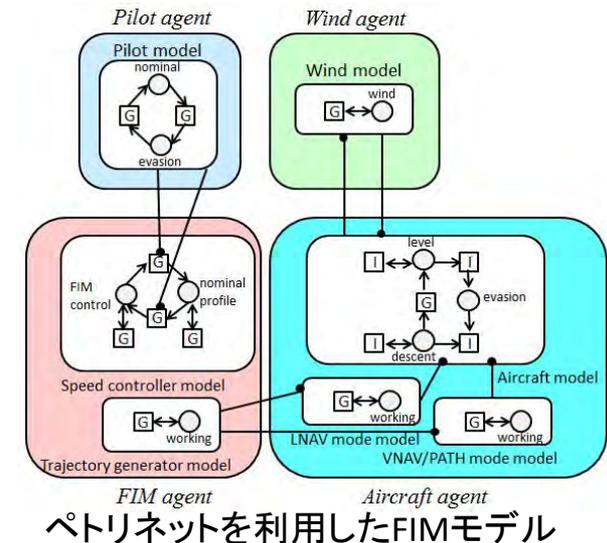
FIM運用を想定した将来の航空交通管制システムのファストタイムシミュレーション環境を構築する

設計コンセプト:

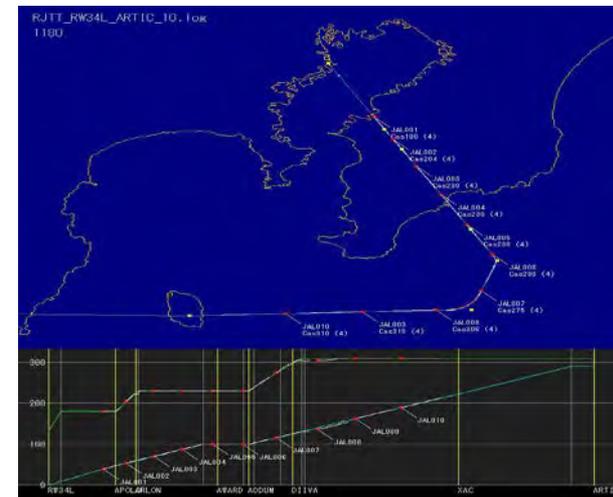
将来的な運用の発展に対応できる機能的な汎用性を持たせること

工夫点:

- 複雑系のシミュレーションモデルの構築
- GUIとシミュレーション結果の再生機能
- モンテカルロシミュレーション
- C++ オブジェクト指向プログラミング



ペトリネットを利用したFIMモデル

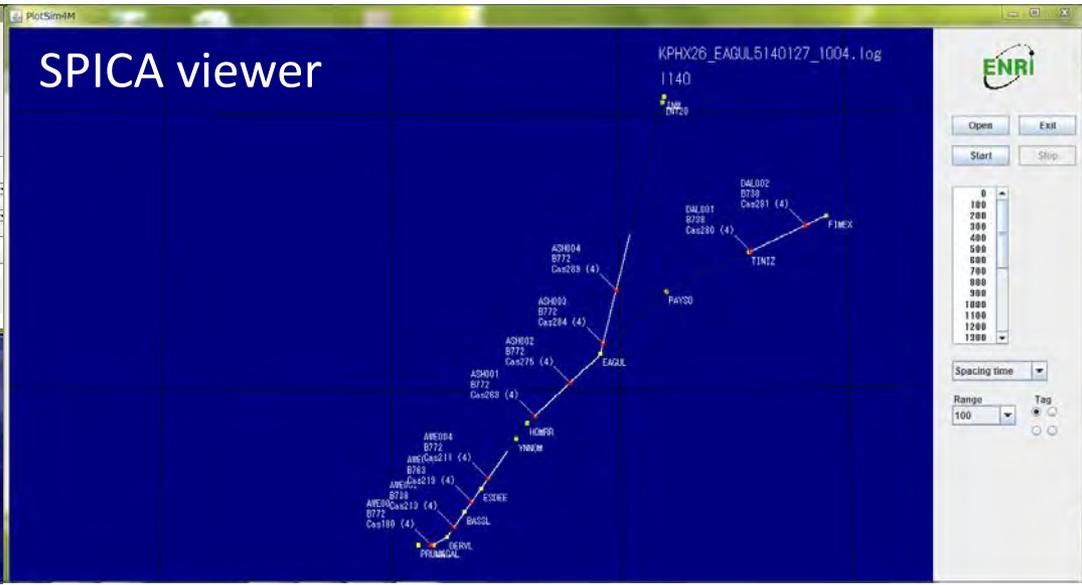


シミュレーション結果の表示画面

SPICAシミュレータの研究開発(2/2)

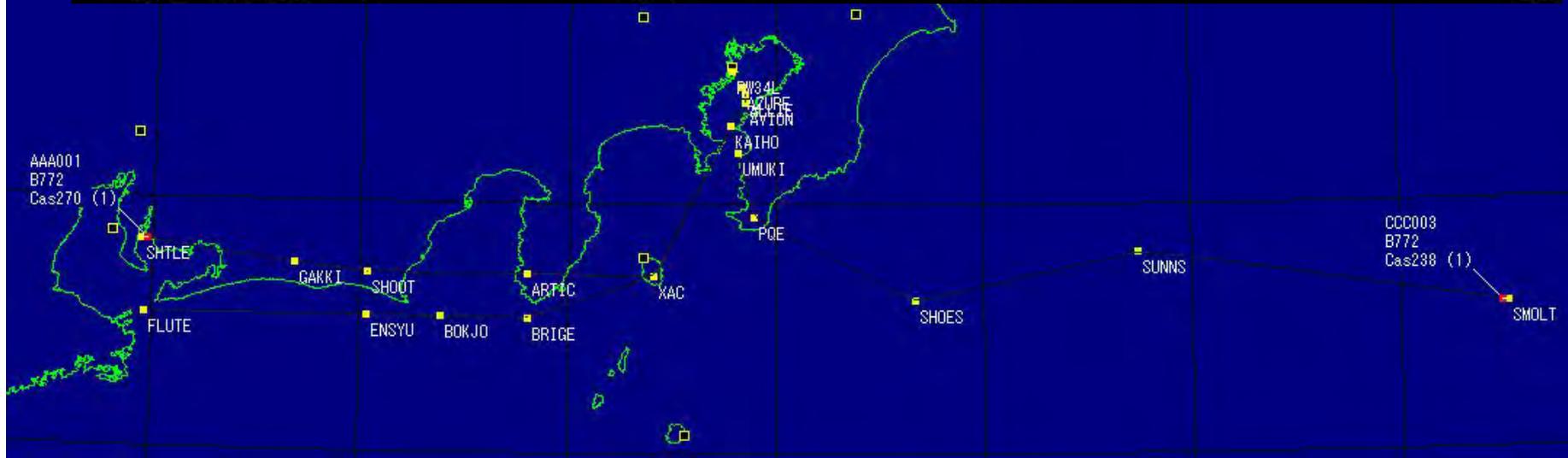
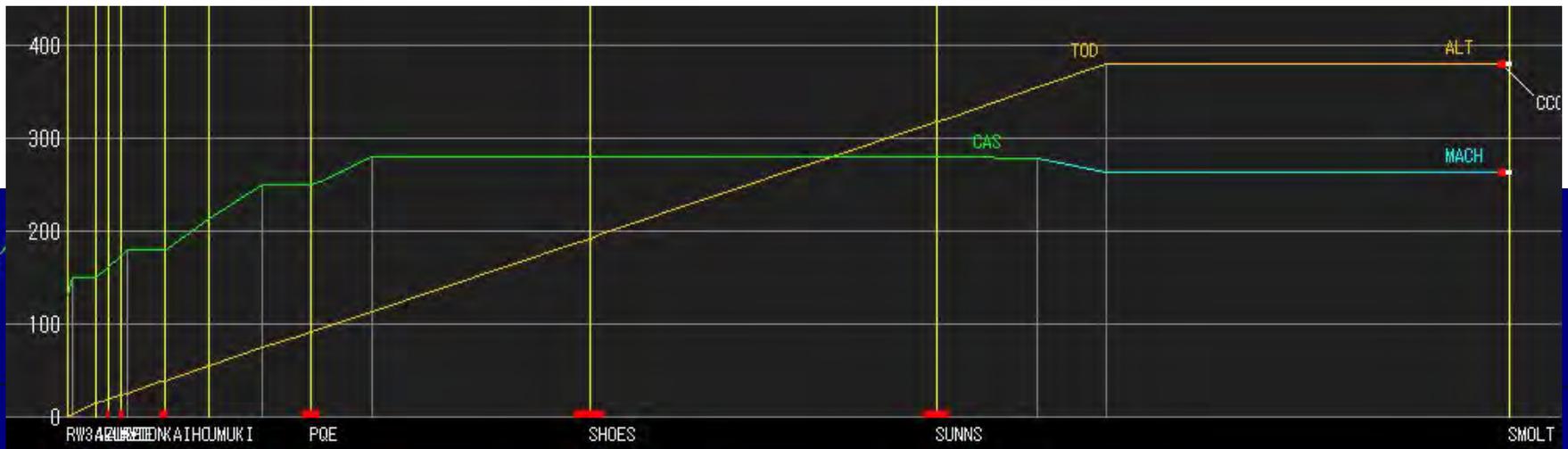
- SPICAシミュレータの機能

- FIM応用方式の運用を模擬・ASTARを搭載
- 航空機と制御システム(VNAV, LNAV, TECS)のモデル
- パイロット・管制官の入力
- 燃料消費量と到着時間間隔の算出機能
- 風データの読み込み

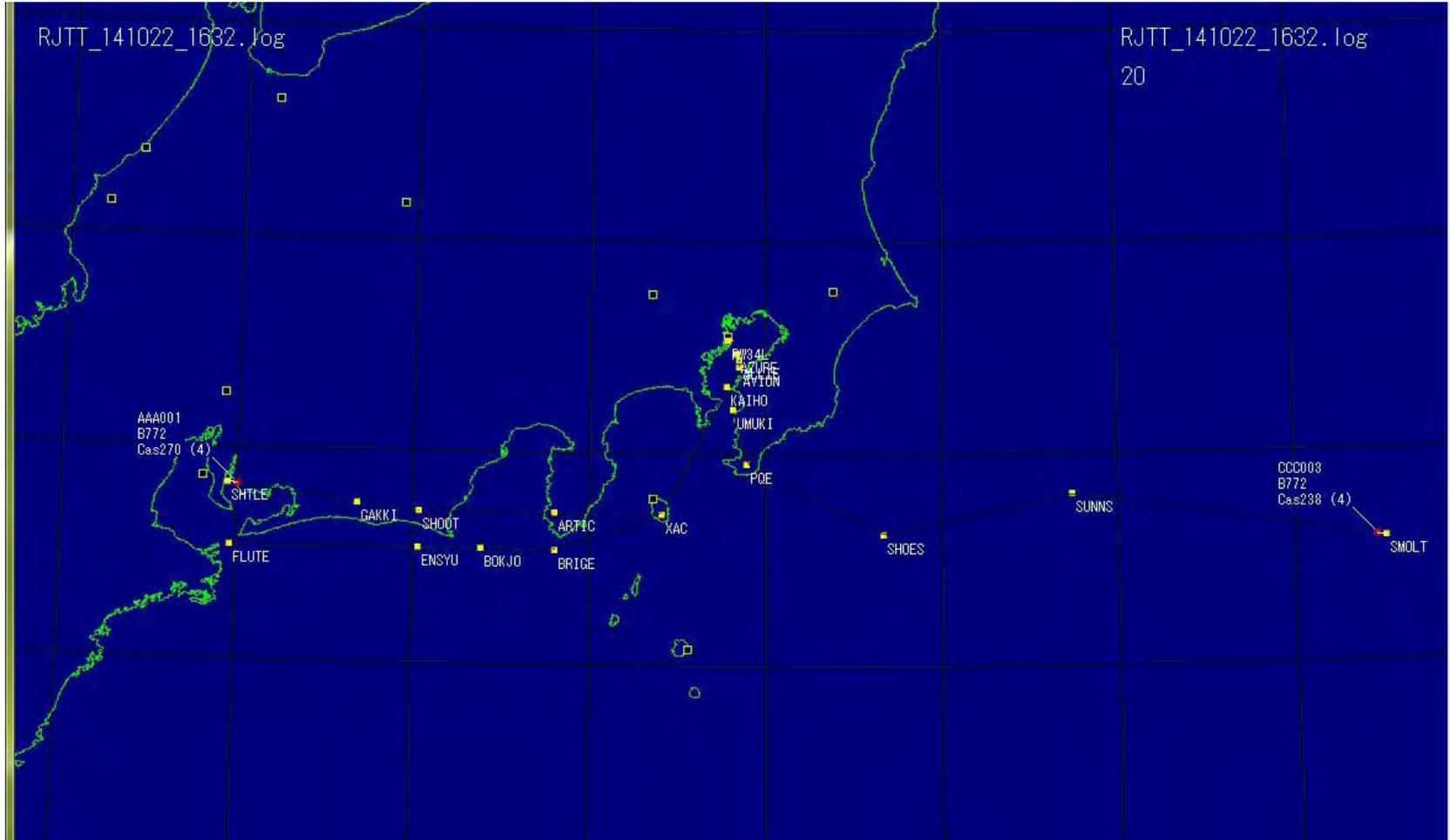


FIM機の洋上経路からの合流例(1/4)

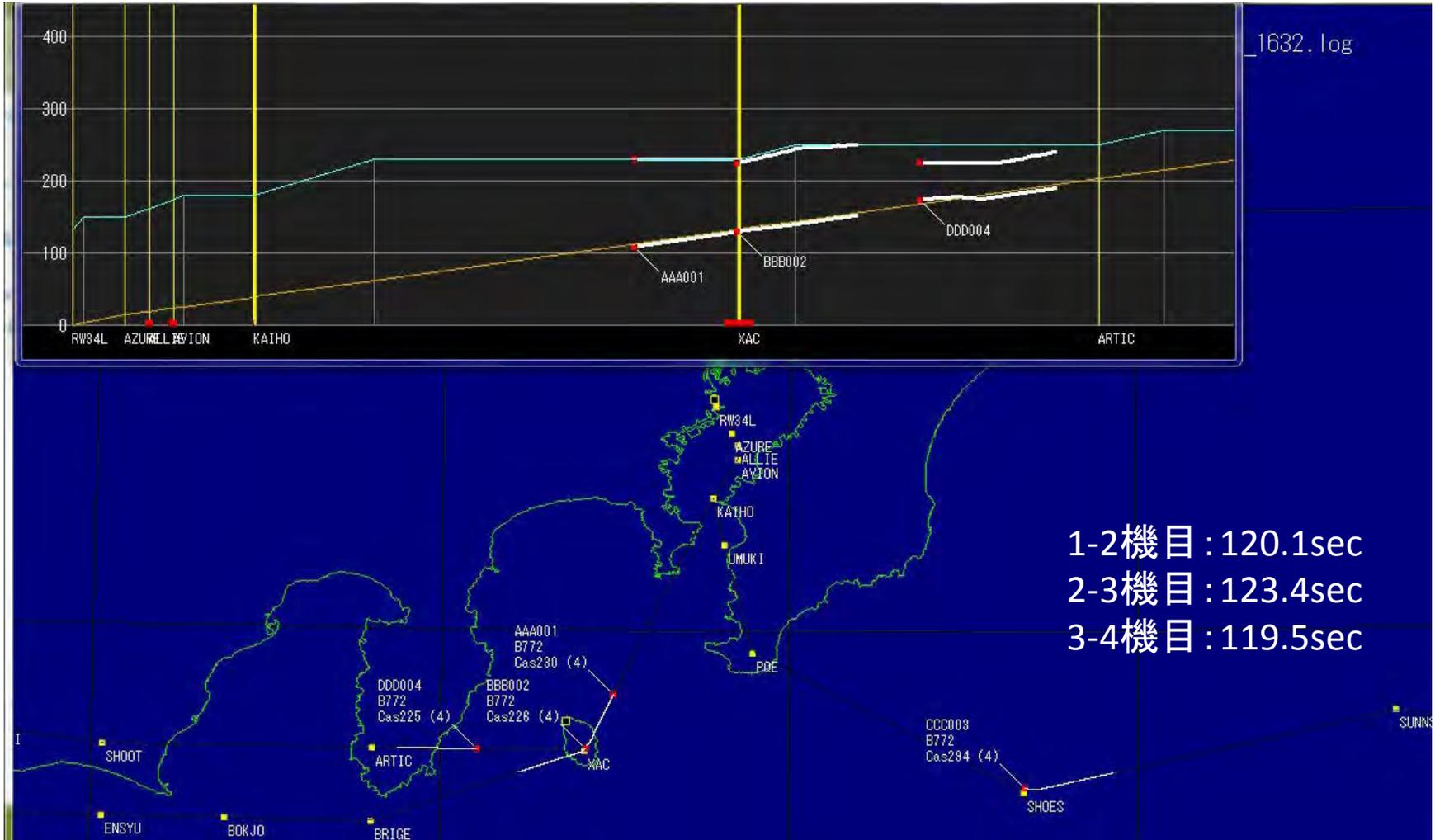
- 飛行経路と降下パス



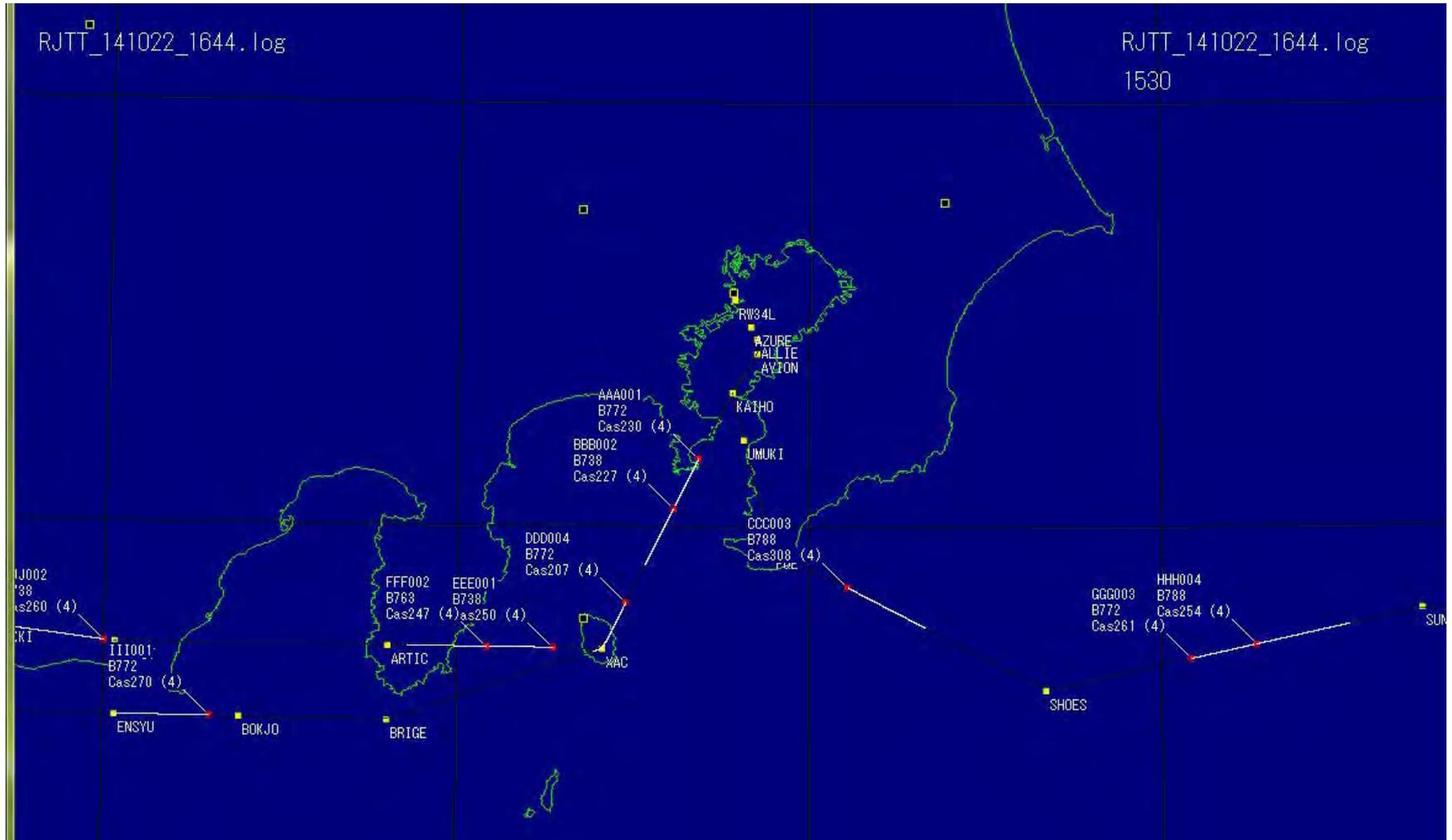
FIM機の洋上経路からの合流例(2/4)



FIM機の洋上経路からの合流例(3/4)



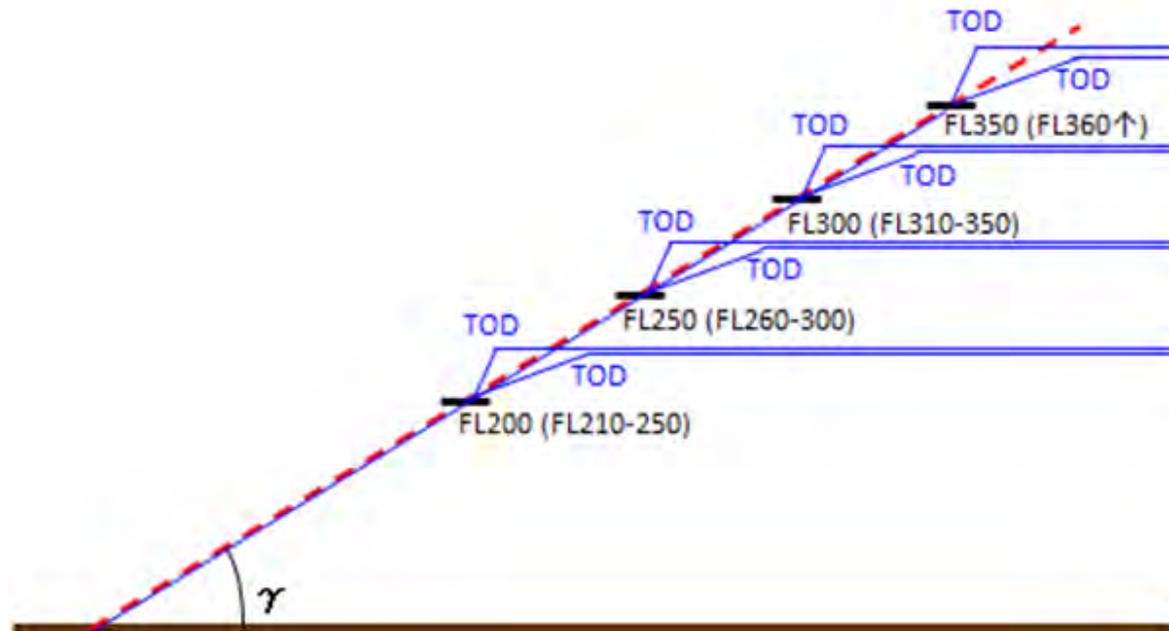
FIM機の洋上経路からの合流例(4/4)



新たなCDOの提案

- 経路角固定(FPA)降下方式

Fixed-Path Angle approach



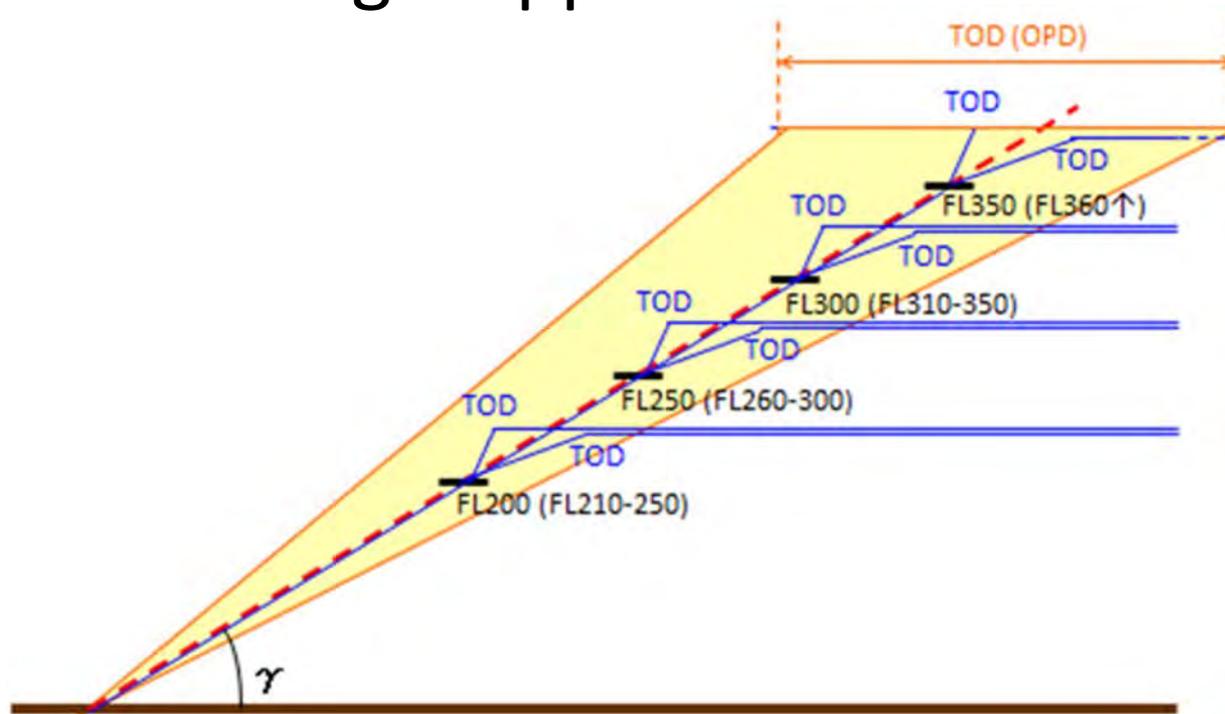
FL210-250: FL200でFPA経路に合流
FL310-350: FL300でFPA経路に合流

FL260-300: FL250でFPA経路に合流
FL360以上: FL350でFPA経路に合流

運航面の評価

- 経路角固定(FPA)降下方式

Fixed-Path Angle approach



FL210-250: FL200でFPA経路に合流
FL310-350: FL300でFPA経路に合流

FL260-300: FL250でFPA経路に合流
FL360以上: FL350でFPA経路に合流

JAL フライトシミュレータ実験(1/2)

- B777-200型機のフライトシミュレータを利用
- 洋上から羽田に到着する(ホノルル便の)北風運用



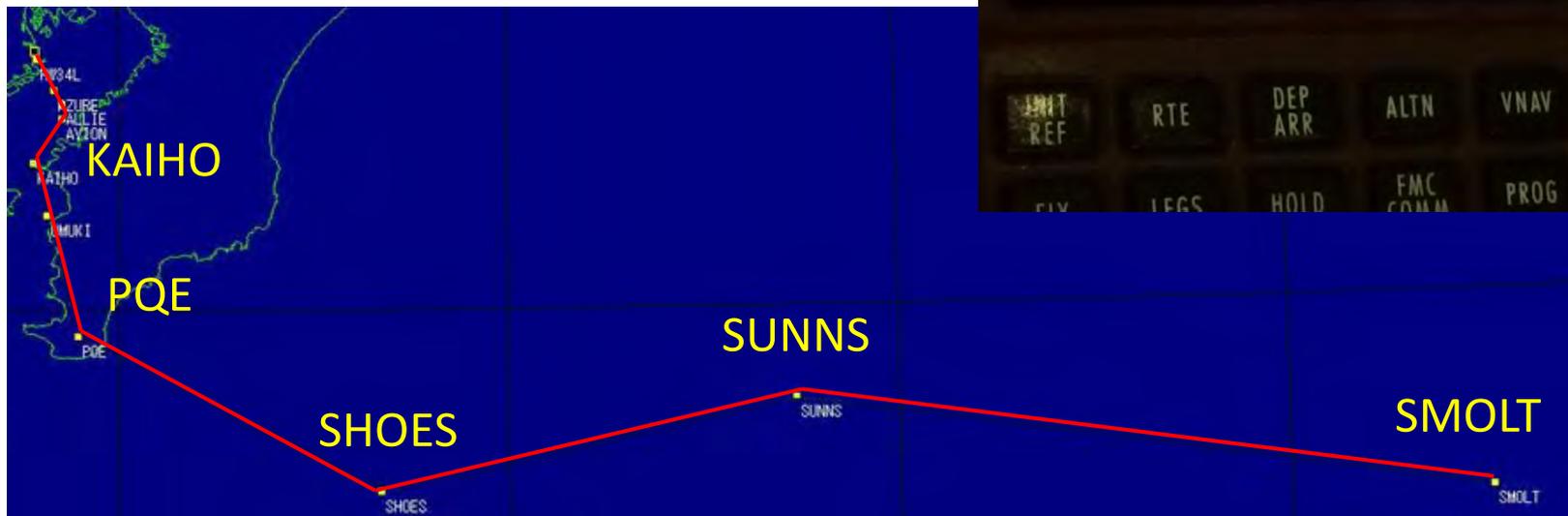
JAL フライトシミュレーター実験(2/2)

- FPAの設定
 - 新しいWPを作成-
- 風入力
 - 4レイヤーの風-
- 10,000ftで250kt

ACT	RTE	2 LEGS	1/3
283°		11NM	
SMOLT		.839/FL380	
285°		89NM	
SUNNS		.839/FL380	
264°		30NM	
SH051		.826/FL374	
264°		25NM	
SHOES		284/FL282	
305°		42NM	
PQE		268/12850	

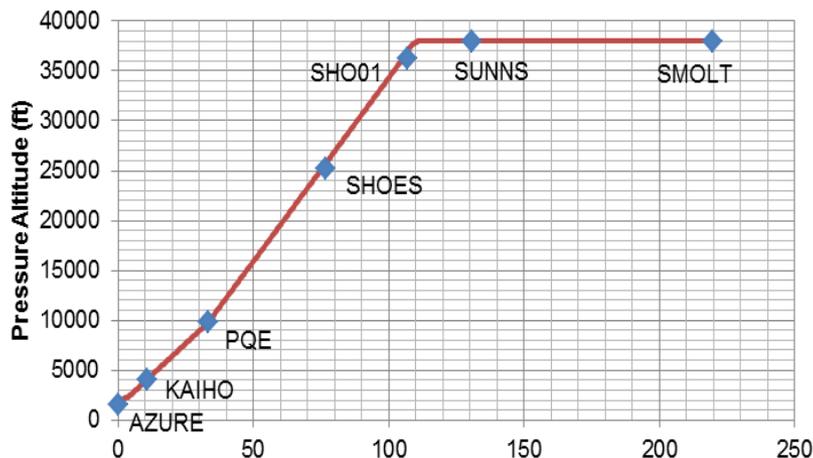
<RTE 1 LEGS		RTE DATA>	

INIT	RTE	DEP	ALTN	VNAV
REF		ARR		
FIX	LEGS	HOLD	FMC	PROG
		COMM		

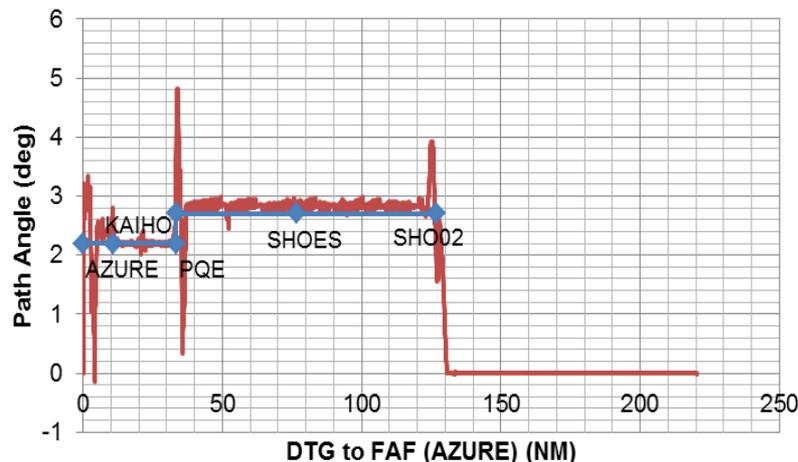
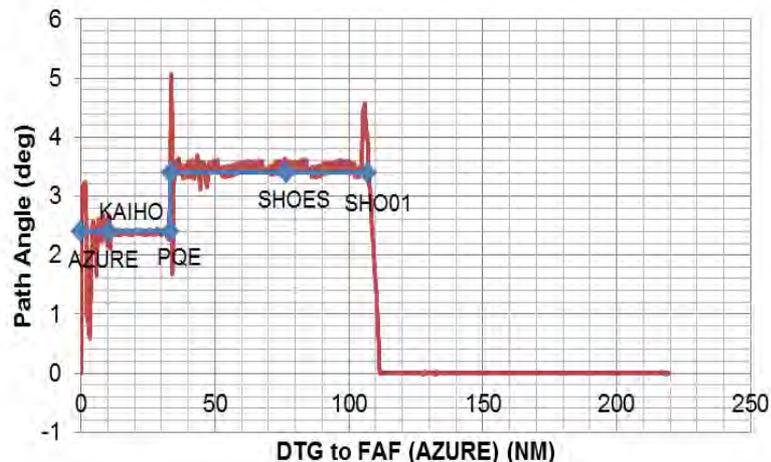


FPAアプローチの評価例(1/2)

● 高度/経路角履歴



— Profile
◆ FIX



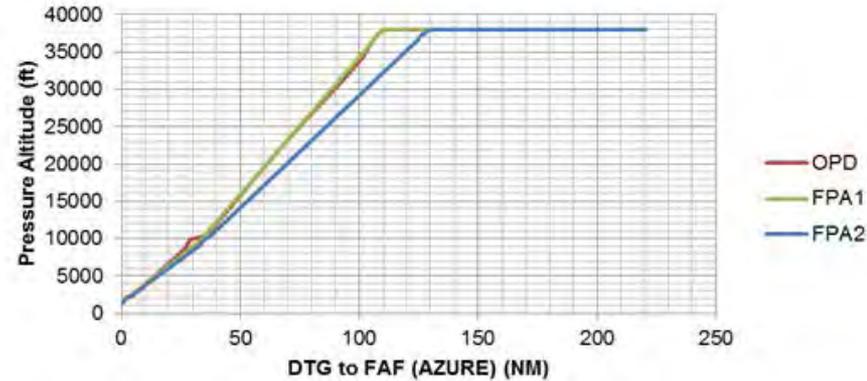
— Profile
◆ FIX

FPA1施行目 : 3.4-2.4度の降下角

FPA2施行目 : 2.7-2.2度の降下角

FPAアプローチの評価例(2/2)

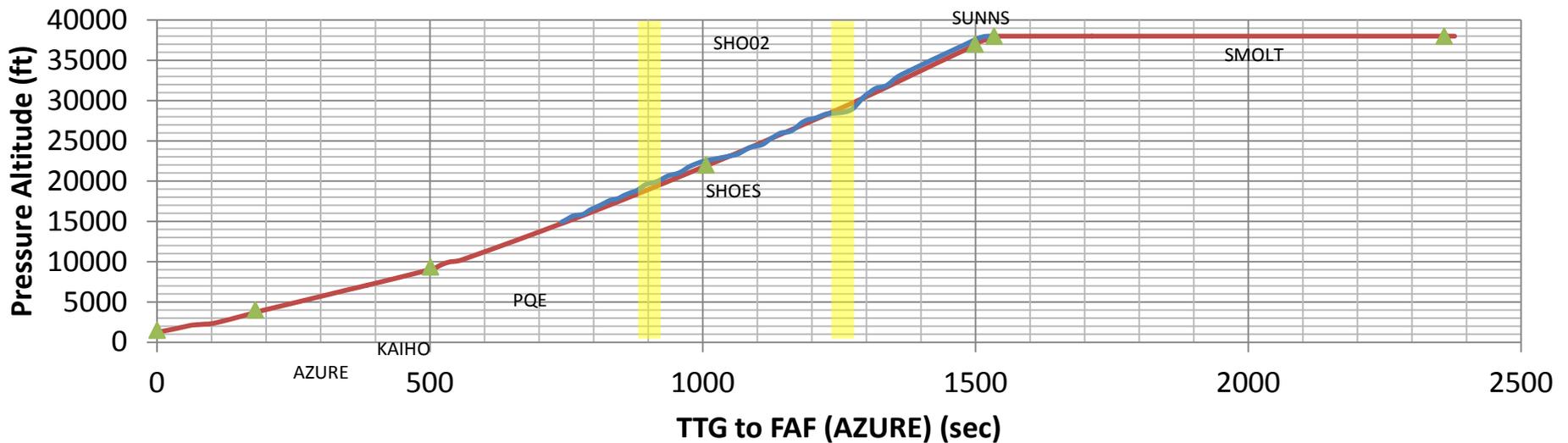
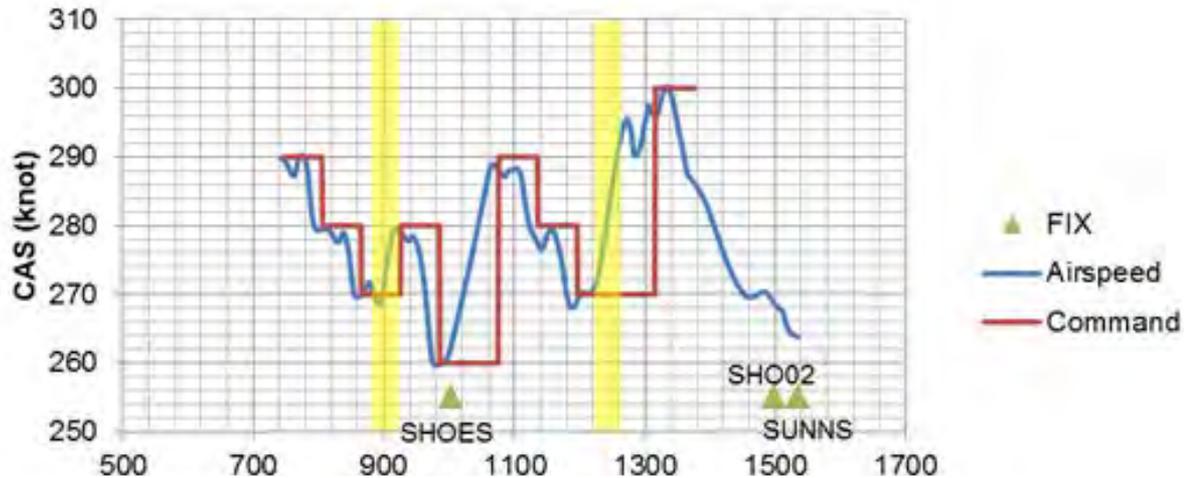
- 運航コストの比較
OPDとFPAアプローチの
燃料消費・および飛行時間



	OPD	FPAアプローチ 2.4-3.4度 (1施行目)	FPAアプローチ 2.2-2.7度 (2施行目)
燃料消費量 (lbs)	4673.9	4809.6	4726.6
OPDとの燃料消費量の差(lbs)	0	+135.7	+52.7
飛行時間(sec)	2269	2296	2359
OPDとの飛行時間の差(sec)	0	+27	+90

FPAアプローチ中のFIMの模擬

- FPAアプローチ中の速度制御効果



今後の展望



今後の展望

羽田空港の航空交通流を対象に、以下の研究を継続/実施する。

- フライトシミュレーター実験によるFPAアプローチ評価の継続
- SPICAシミュレーションによるFIM評価の継続
- 航空管制官とパイロットが参加する航空管制シミュレーション(ヒューマンインザループシミュレーション)環境の設計
- 到着機/出発機管理との連携

EIWAC 2015

“The 4th ENRI International Workshop on ATM/CNS”
will be held in Tokyo, November 17th -19th in 2015
<http://www.enri.go.jp/>



高カテゴリーGBASの開発状況

独立行政法人電子航法研究所

航法システム領域

吉原貴之、齋藤 享、毛塚 敦、星野尾一明、
福島荘之介、齊藤真二

発表内容

- GBASの概要と国際動向
 - カテゴリー I (CAT- I)
 - カテゴリー III への進展
- 高カテゴリーGBASの研究開発
 - 国際標準原案と検証
 - 研究用地上装置(プロトタイプ)の開発
- 新石垣空港での検証実験
 - 研究用地上装置(プロトタイプ)の設置
 - 飛行実験
- まとめ

GBASの概要と国際動向

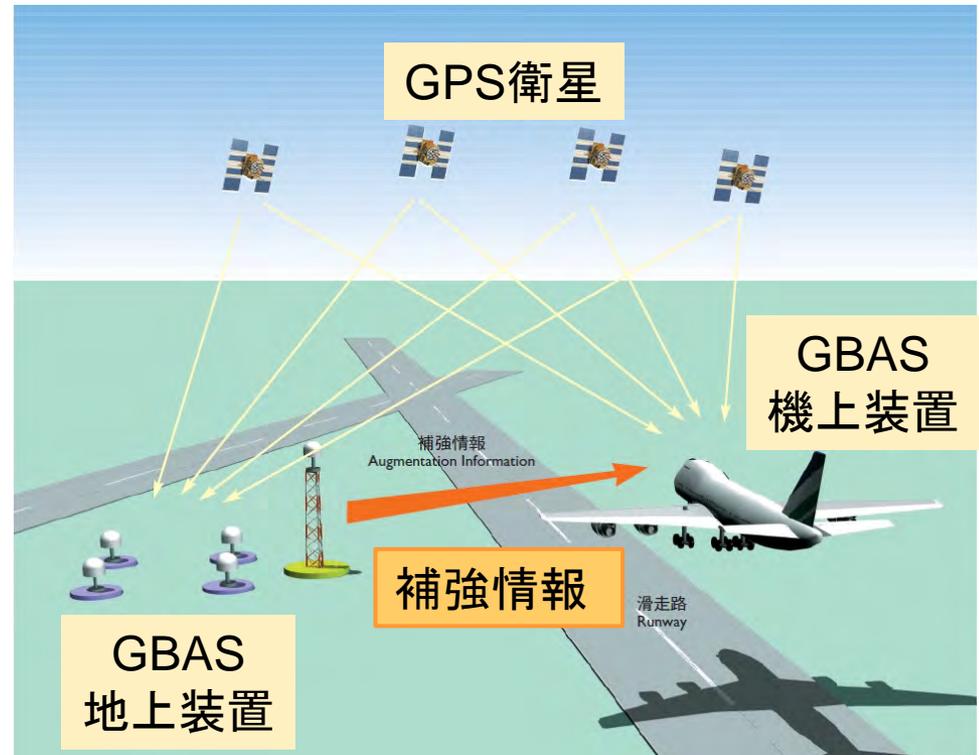
GNSSと航空航法への利用

- GNSS (Global Navigation Satellite System)
 - GPS (米国)
 - Galileo (欧州)
 - Beidou (中国)
- GNSSへの期待
 - 全ての飛行フェーズをサポート (Gate-to-gate)
 - 地上の無線航行支援施設に依存しない → 効率的な経路と運航
 - 将来の4次元航法
- 航空航法における安全性要件
 - Accuracy、Integrity、Continuity、Availability
- GPS単独での利用では不十分
 - ユーザー側でGPS衛星の故障が瞬時にわからない
- 着陸へのGPS利用には補強システムが必要

GBASの概要と国際動向

GBAS (Ground-based Augmentation System)

- 精密進入着陸をサポート
 - 将来はカテゴリーⅢまで
- GBAS基準局
 - 4式のGPSアンテナ & 受信機
- GBASデータ処理装置
 - 補正情報
 - インテグリティ情報
- VHF送信局
 - VDB (VHF Data Broadcast)
 - 周波数: 108~118MHz
- 国際民間航空機関 (ICAO) の標準及び勧告方式 (SARPs)
 - カテゴリーⅠ: 2001年発効
 - カテゴリーⅢ: ドラフト版が原案として策定され、検証中



GBASの概要と国際動向

GBASの利点

■ 従来システム(ILS)の制限解消

- 安定した進入経路(航法システム誤差:1m以下) ⇒ 設置コスト
 - 周辺障害物件(周辺地形)の影響により進入経路の乱れを生じない
- 複数進入経路に対応 ⇒ 機材コスト
 - 1式の地上設備で全ての滑走路端に進入方式を設定可能
- 設置制限に対応(コース・オフセットが生じない) ⇒ ミニマ低下
- 制限区域(クリティカルエリア、センシティブエリア)の保護が不要
⇒ 管制間隔

■ 将来の運航による利点

- 自由度の高い進入経路設定が可能(高度運用) ⇒ 運航効率

GBASの概要と国際動向

カテゴリー I (CAT-I) の国際動向

◆ 運用している空港

- | | |
|--------------------|----------|
| ➤ ブレーメン空港 (ドイツ北部) | 2012年2月 |
| ➤ ニューアーク空港 (米国NJ州) | 2012年9月 |
| ➤ ヒューストン空港 (米国TX州) | 2013年4月 |
| ➤ マラガ空港 (スペイン) | 2014年5月 |
| ➤ シドニー空港 (オーストラリア) | 2014年5月 |
| ➤ フランクフルト空港 (ドイツ) | 2014年9月 |
| ➤ チューリッヒ空港 (スイス) | 2014年10月 |

世界のGBAS配置



<http://www.flygls.net> by Airbus

◆ 運用に向け活動している空港

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| ➤ リオデジャネイロ (ブラジル) | ➤ チェンナイ空港 (インド) |
| ➤ 金浦空港 (韓国) | ➤ チャールストン空港 (サウスカロライナ州) |
| ➤ ロシア (14空港に設置) | ➤ セントヘレナ空港 (英国領) |
| | ➤ ヒースロー空港 (英国) |

GBASの概要と国際動向

機上装備の動向 (GLS) CAT-I GBAS

- Boeing機
 - B737-NG (オプション)
 - B787 (標準装備)
 - B747-8 (標準装備)
 - B777 (計画中)
- Airbus機
 - A380 (オプション)
 - A320 (オプション)
 - A330 (オプション)
 - A340 (計画中)
 - A350 (オプション)

GBASの概要と国際動向

世界のGBAS研究開発の方向性

CAT-Iの実用化

- ・システム安全性の認証
- ・地域の環境(電離圏の状態等)
- ・大規模空港への対応

高カテゴリー標準化・開発

- ・電離圏脅威への対策
- ・SARPs原案の検証
(米国、欧州、日本による
プロトタイプ開発実証)

GBAS高度運航 の開発・検証

- ・国際的な流れ: ILSのトレースから
- ・日本では、GBAS活用の方式設計開発
 - 曲線経路からの進入方式
 - 地上障害物件との安全間隔基準

GBASの概要と国際動向

日本におけるCAT-Iの技術開発



[関西国際空港でのANA787初飛行]

課題

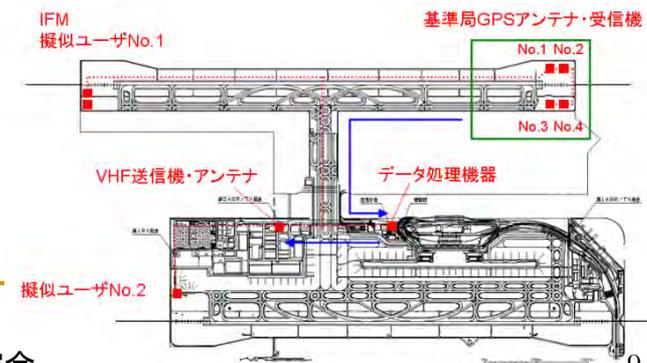
- 国際標準の安全要求を保証するシステム開発
- 日本独自の脅威(電離圏擾乱)を保護する設計

研究成果

- 安全性評価を適用した設計手法を開発
 - リスク評価と軽減手法(インテグリティモニタ)を開発
 - 国内の電離圏脅威モデルを構築, フィールドモニタを考案
- 安全要求を検証可能なプロトタイプを開発
 - 安全設計
 - 国内電離圏環境でカテゴリ-I安全性要求を達成
 - プロトタイプの性能を評価(関西国際空港に設置)



CAT-I GBASの国内での実用化が可能



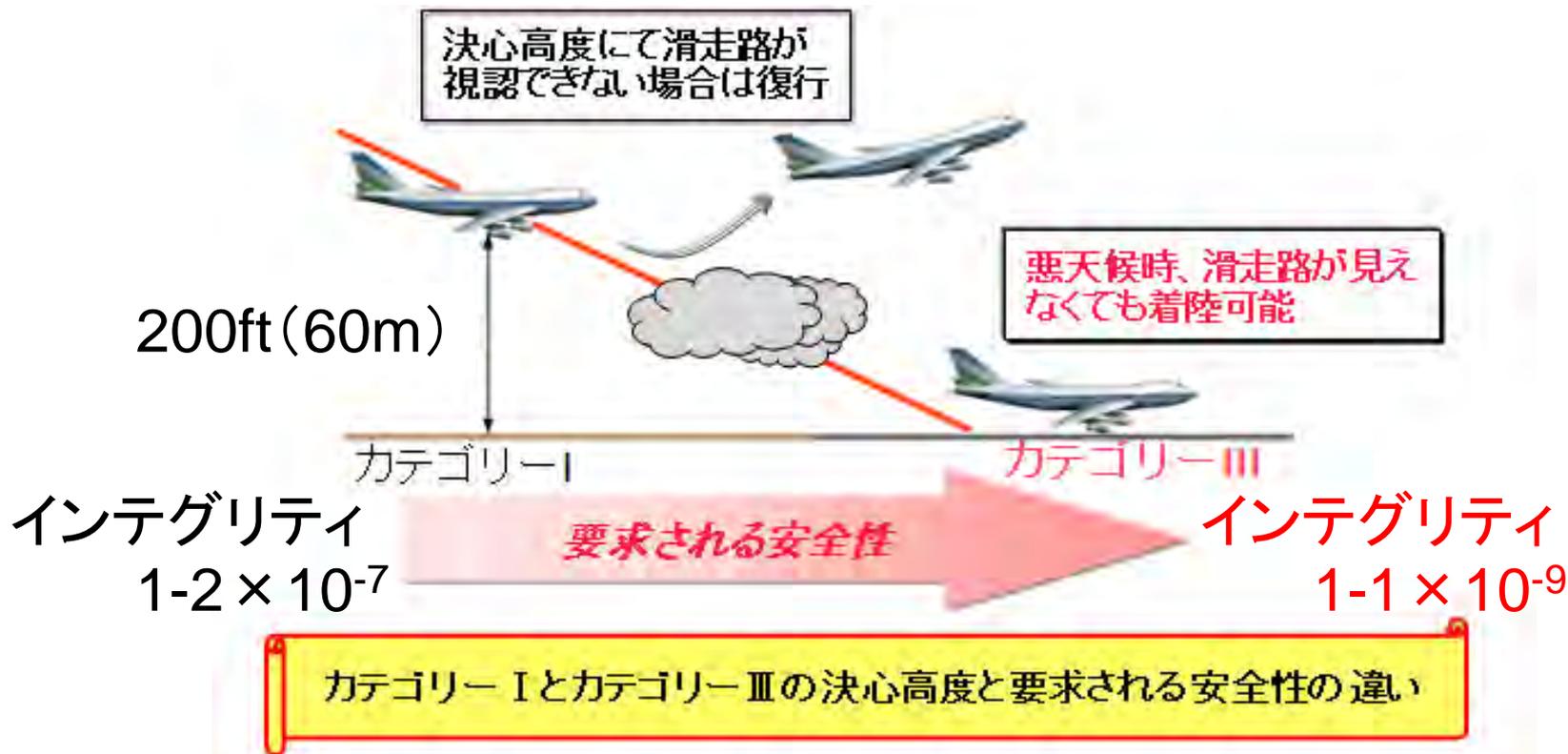
GBASの概要と国際動向

CAT-IIIへの進展

- GNSS運航への移行
 - CAT-III精密進入の技術的実現性の見通しが重要
- GBAS:GNSSによるCAT-IIIが期待される唯一の規格

高カテゴリーGBASの研究開発

GBAS CAT-III



カテゴリ III は着陸から滑走路のロールアウトまでサポート

高カテゴリーGBASの研究開発

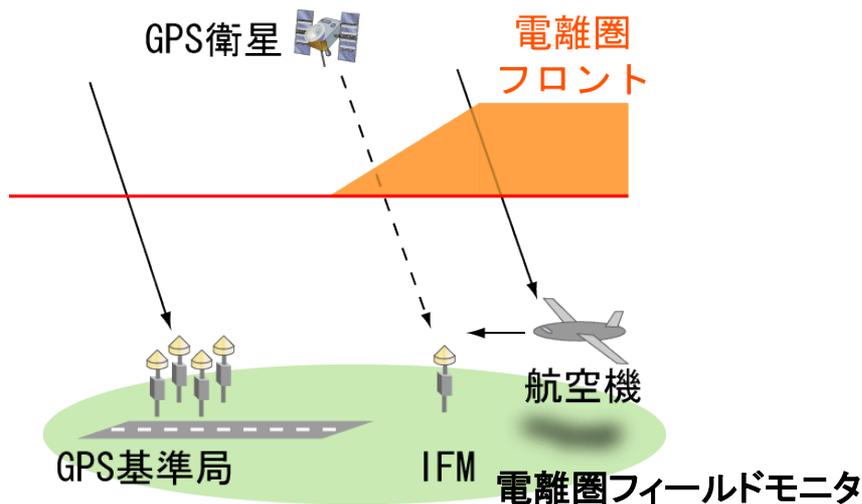
最も重要な課題：電離圏異常への対策

電離圏によるGPS信号遅延の空間変化(電離圏フロント)→測位誤差要因

■ CAT-I

- 米国において予想以上の電離圏異常→認証時の主要課題

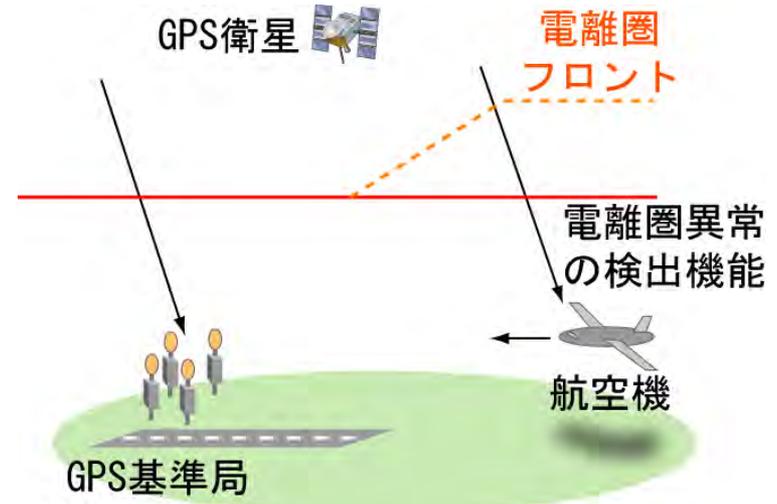
電離圏フロントを地上側で検出できない場合が存在



■ CAT-III

- さらに高い安全性要件

電離圏異常の検出モニタを航空機側にも搭載



高カテゴリーGBASの研究開発

GBAS CAT-IIIの概要

- GBAS CAT-IIIの特徴
 - 機上側での電離圏異常の監視と検出
- GBAS Approach Service Type (GAST)
 - アプローチサービスをA～Dに再整理

GAST-D

サービスタイプ	A	B	C	D
進入方式	APV-I	APV-II	CAT-I	CAT-III

- GAST-D運用
 - GAST-C運用で必要な事項を含む
 - 200ft以下からロールアウトまでサポート可能

高カテゴリーGBASの研究開発 GAST-D国際標準原案の検証

■ GAST-D国際標準化作業

- ICAO航法システムパネル(NSP)の作業部会(カテゴリーII/IIIサブグループ; CSG)で机上検討による実現可能性の検証を完了したSARPs原案を策定

2010年5月

2015年2Q

SARPs原案の策定
(机上検討での検証済)

運用を含めた検証
(プロトタイプでの実証)

■ GAST-Dプロトタイプ開発による検証

- 米国:アトランティックシティ
- 欧州:フランクフルト(独)、ツールーズ(仏)
- 日本:新石垣空港

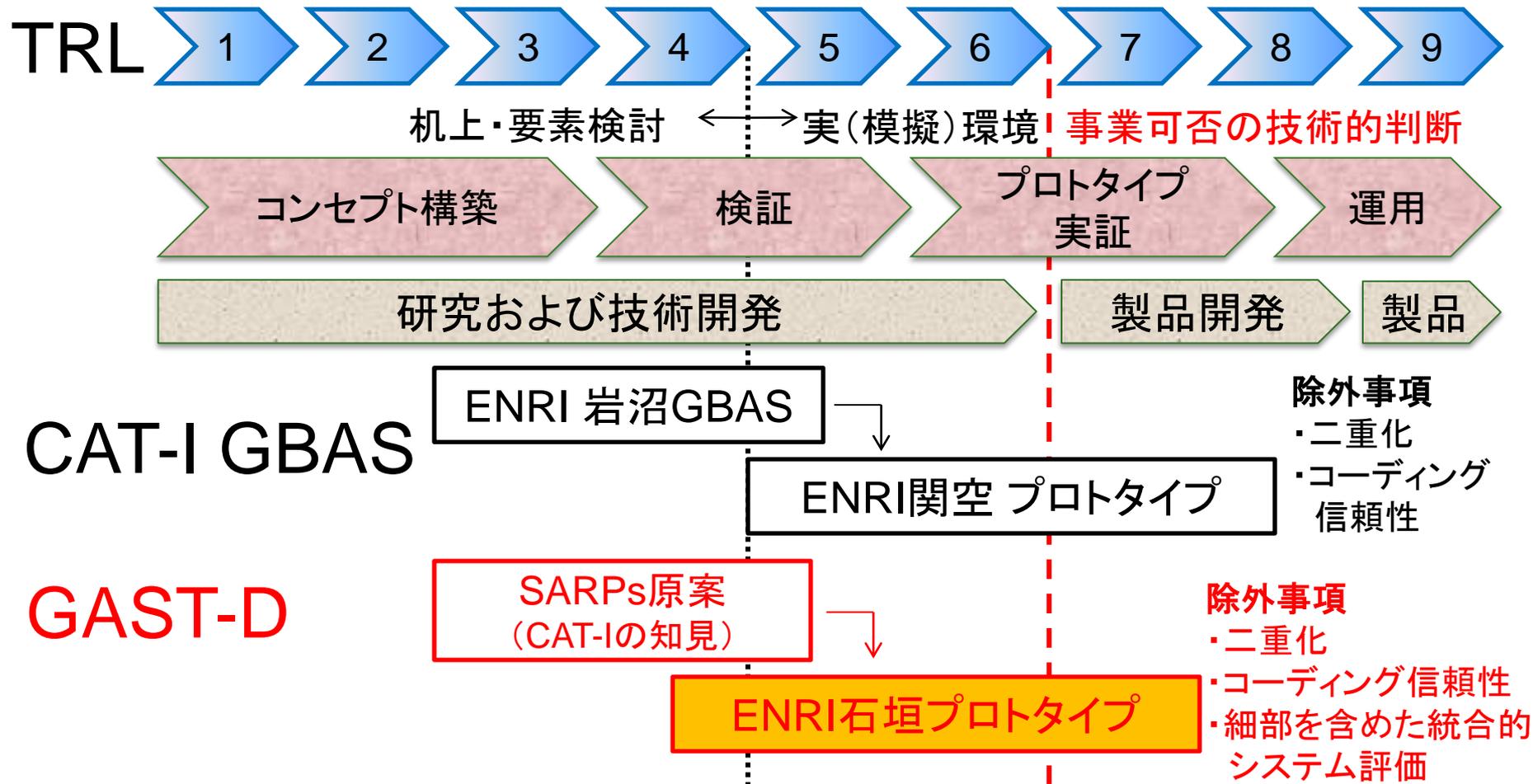
2015年2月に
石垣島でCSG
会議が開催される

高カテゴリーGBASの研究開発 研究用地上装置(プロトタイプ)の開発

- SARP原案で規定している要件の妥当性検証
 - 安全性評価は設計検証と一体→研究用地上装置の開発
 - 検証結果のICAO 作業部会へのフィードバック
- 日本における安全性評価に係る要件の明確化
 - 電離圏現象の違い: 日本は磁気低中緯度、欧米は中高緯度
 - GAST-Dにおけるリスク評価と軽減方法
- 平成24年3月より開発着手 → 平成25年9月に完了
 - NECと製造契約を締結
 - システム安全性設計検証の手順はSAE (Society of Automotive Engineers, Inc.)に準拠
 - 安全性設計検証会議(3週間毎に開催)
⇒ 合計23回の設計検証会議
 - CAT-Iとはソフトウェアの違いが大きい

高カテゴリーGBASの研究開発

研究用地上装置(プロトタイプ)の位置づけ



高カテゴリーGBASの研究開発 プロトタイプにおける異常検出モニタ開発

- 新規に設計検証したインテグリティモニタ
 - 電離圏勾配モニタ(電離圏異常への対策)
 - 受信機故障モニタ
 - 電波干渉(RFI)モニタ、統括モニタ
- 拡張・高性能化して設計検証したモニタ
 - 信号歪モニタ、エフェメリスモニタ
- 検証に重点を置いたモニタ
 - CCDモニタ、過剰加速度モニタ
- その他
 - 衛星送信電力低下モニタ
 - 補正值妥当性モニタ

CAT- I

- ・拡張
- ・検証の精緻化

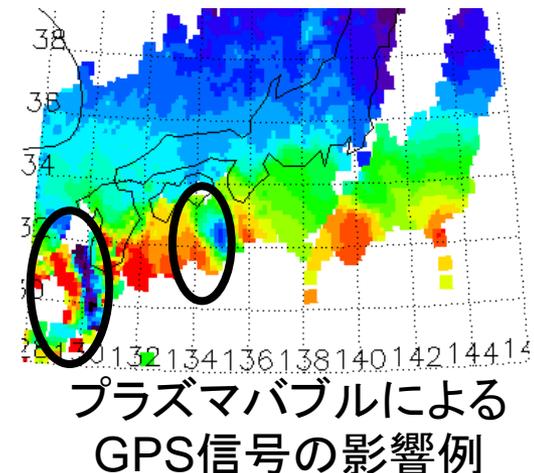
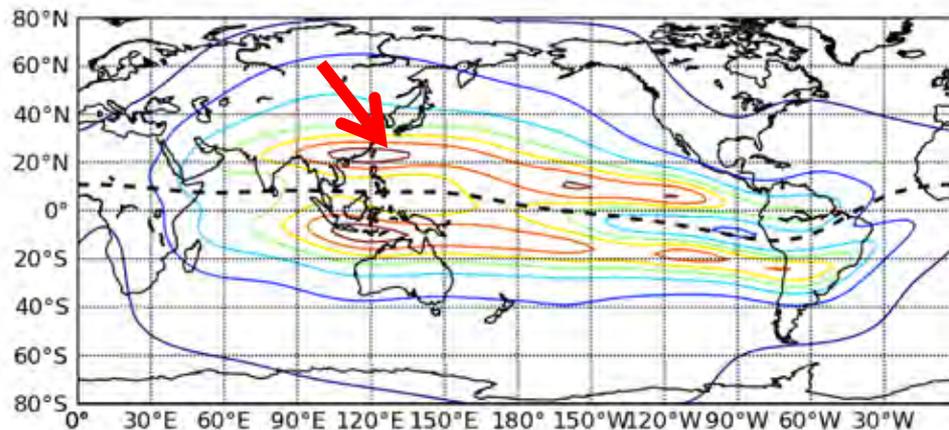
新石垣空港での検証実験 電離圏異常への対策に重点化した検証

■ 重点化した検証内容

- 地上／機上の連携による電離圏異常検出
- 電離圏空間勾配モニタ等の異常検出モニタ性能と実現性

■ 新石垣空港

- GAST-D検証活動で唯一、磁気低緯度地域における検証
- プラズマバブル: 電離圏の密度の局所的な減少



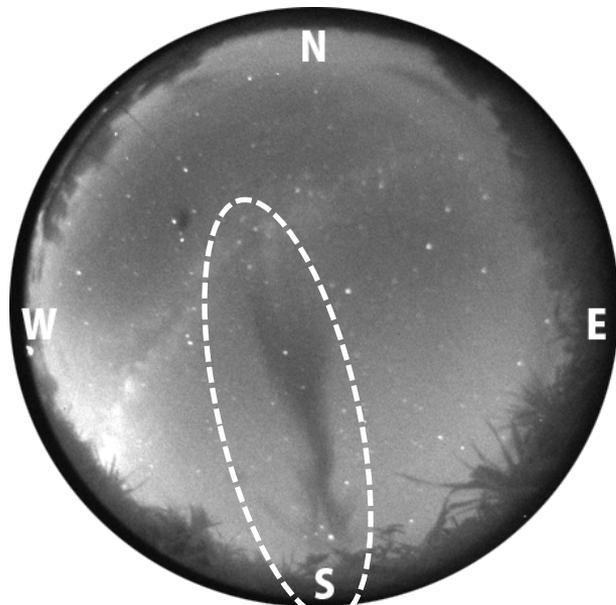
新石垣空港での検証実験 研究用地上装置(プロトタイプ)の検証

- 空港環境下での長期安定性試験
 - 安全性設計で仮決めした設定値を実環境下で検証
 - アベイラビリティを考慮した性能評価と設定値の最適化
 - 四季を通じたデータ収集で安全性を脅かす事象の発生がないか確認(HMI解析)
- GAST-D SARP's原案の妥当性検証
 - 電離圏擾乱下でのインテグリティモニタ性能評価と実証
 - 滑走路を含むVDB覆域要件の実現性検証
 - サイティング要件の妥当性検証
 - 電離圏脅威モデルの妥当性検証

新石垣空港での検証実験

プラズマバブル観測と統合した総合的評価

- GPS稠密電離圏観測システム
(石垣市内の小中学校)
- 全天カメラ(大気光イメージャ)



全天カメラ



新石垣空港での検証実験 研究用地上装置の設置

電離圏空間勾配モニタ：
基準局間距離に対する感度解析
により決定



新石垣空港での検証実験 研究用地上装置の設置(2)

IFM局
(CAT-I機能のため)

滑走路上の覆域
要件の検証

GNSS基準局1

GNSS
基準局2

GNSS
基準局3

GNSS
基準局4

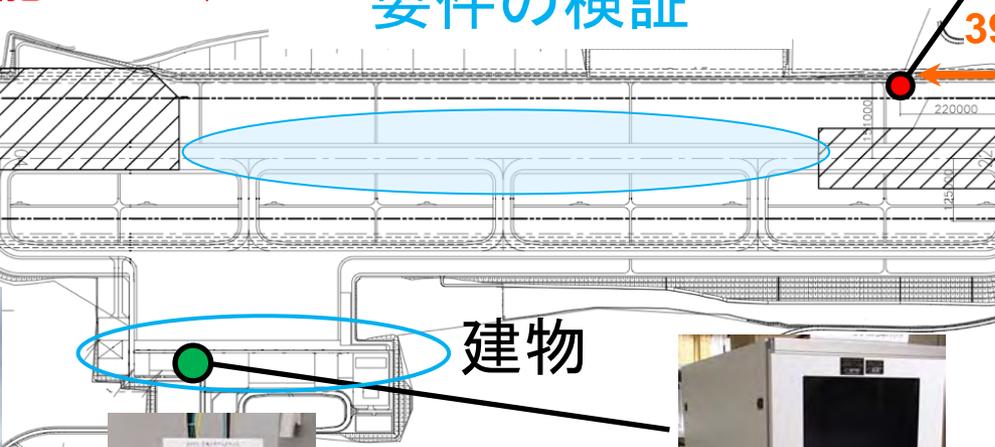
建物

15m

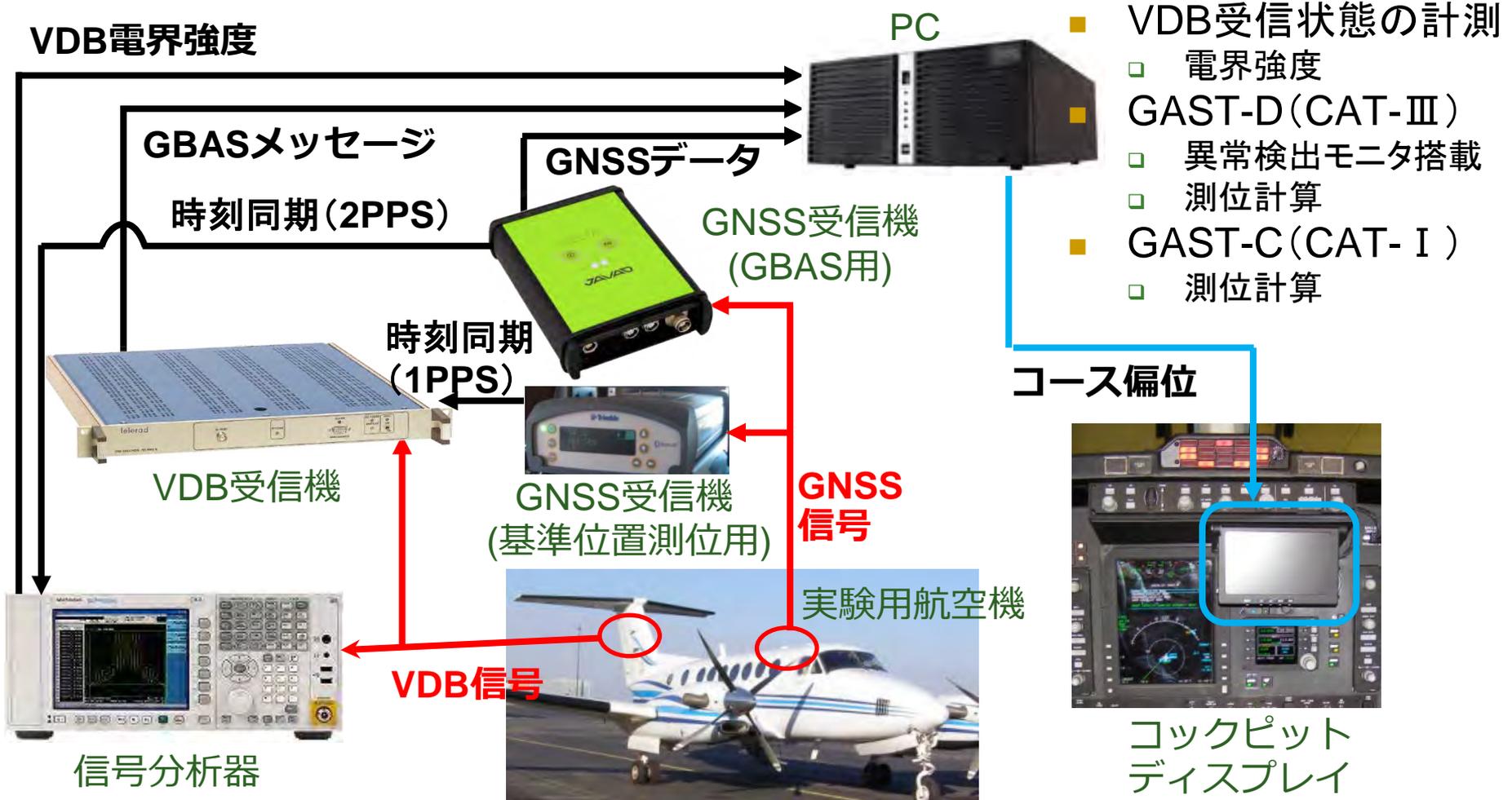
データ処理装置

VDB送信アンテナ

VDB送信機



新石垣空港での検証実験 GAST-D機上評価装置



※リアルタイムだけでなく、オフラインでの計算も可能

新石垣空港での検証実験 GAST-D機上装置の表示例

メイン画面



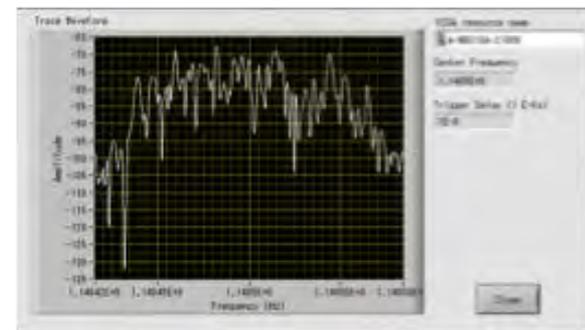
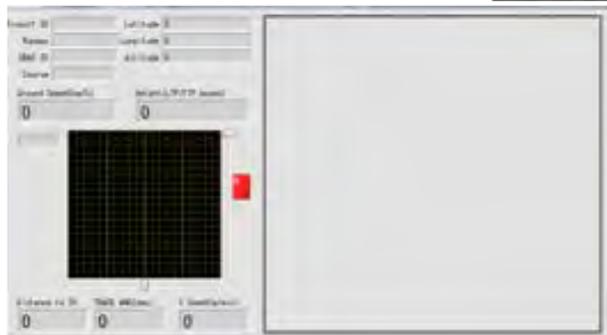
コース偏位

水平航跡

衛星配置

コックピット
ディスプレイ

VDBスペクトル



新石垣空港での検証実験 飛行実験の概要

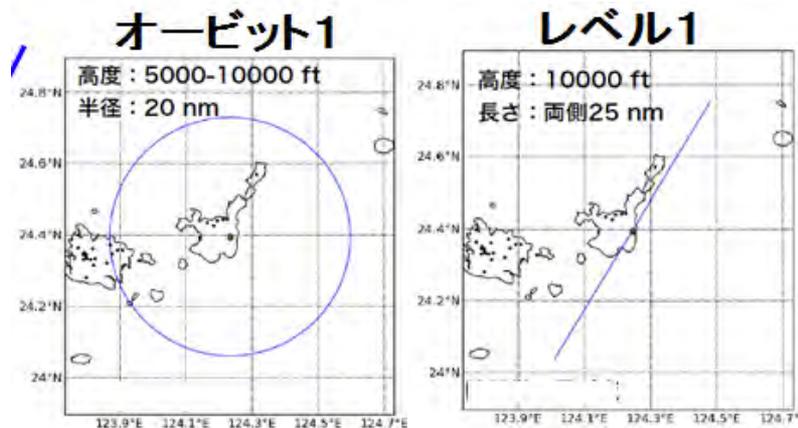
■ 目的

- 地上装置のVDB覆域確認
- アプローチサービス性能確認
- 航法システム誤差の評価
- 地上／機上装置の連携による電離圏脅威の軽減

⇒ 電離圏擾乱が存在する環境下で実証

■ 飛行パターン

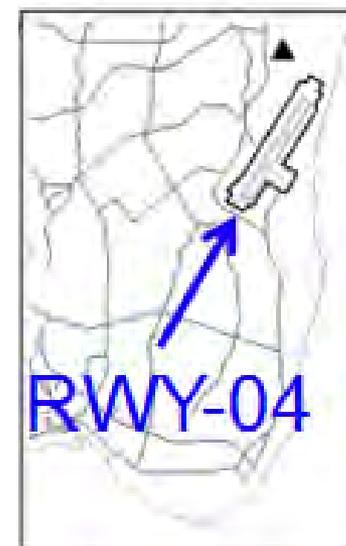
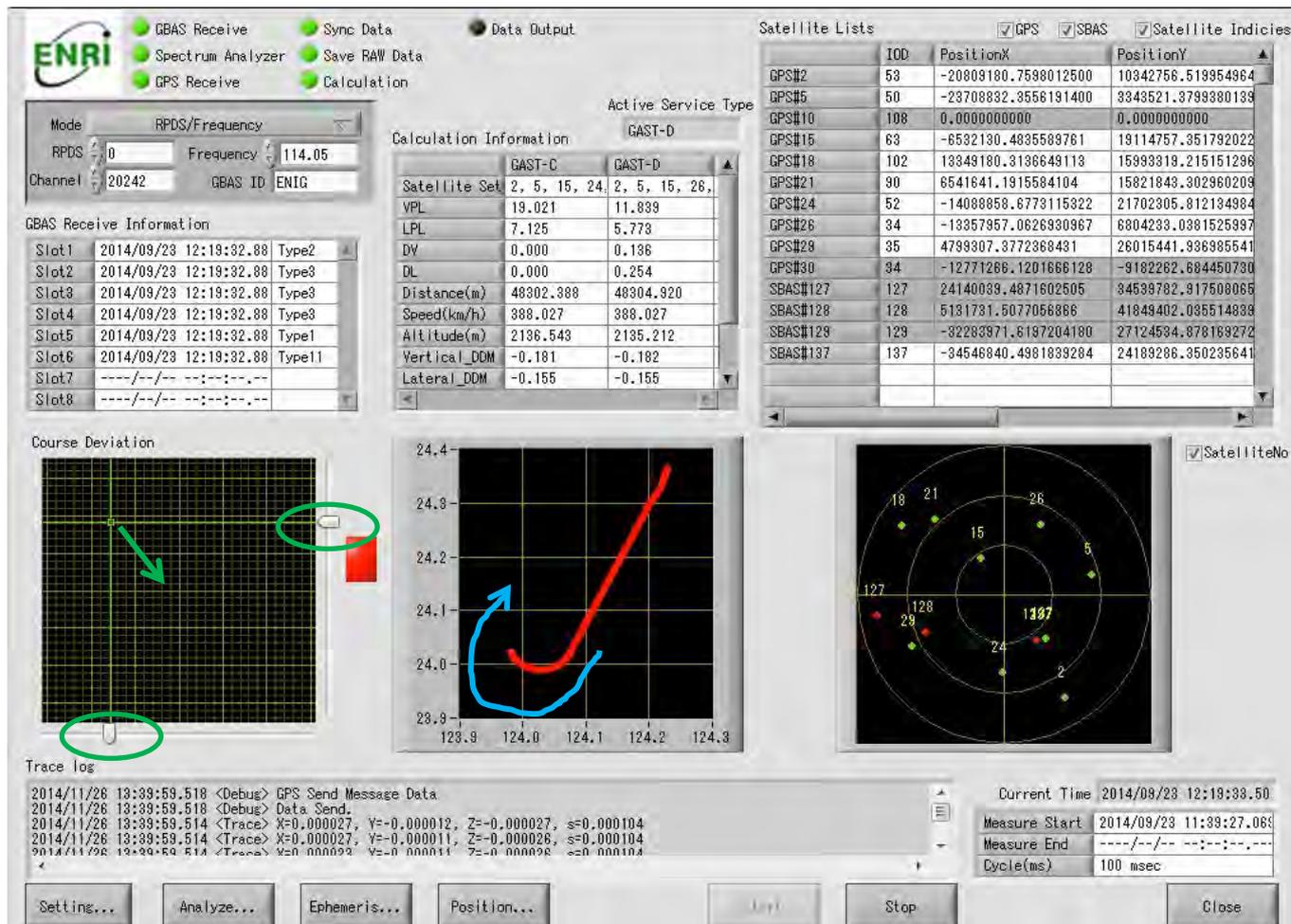
- 弧状飛行(3種類:オービット、アーク)
- 一定高度飛行(2種類:レベル)
- アプローチ(タッチ&ゴー、ローパス)
 - 電離圏静穏時(昼間・夜間)
 - 電離圏擾乱時
(プラズマバブル:日没後～夜半)



新石垣空港での検証実験 飛行実験の実施状況

- 2014年3月及び9月に実施
 - プラズマバブルが発生頻度の高い春季及び秋季
 - 通常時及び擾乱時のアプローチ性能評価
 - 擾乱時で機上／地上での電離圏異常の検出性能評価
- VDB覆域
 - オービット、アーク、レベルフライト
 - 電界強度がVDB要件を満足しているか評価中
- アプローチ(合計79回)
 - プラズマバブル発生下での飛行実験データ取得のため、夜間実験を実施
 - 5フライト:プラズマバブルが発生

新石垣空港での検証実験 アプローチの測位例



まとめ

- GBAS
 - GNSSを用いた着陸システムとしてCAT-Ⅲまでのサポートが期待
 - 国際的にはCAT-IIは運用開始
 - CAT-Ⅲ標準化と将来に向けて高度な運航方式の開発が課題
- CAT-Ⅲ GBAS (GAST-D)
 - 地上／機上の連携で電離圏異常を検出
 - ICAO NSP作業部会でSARPs原案を策定、2010年5月から運用を含めた検証(実証)へ移行
 - 2015年2月の石垣島でのCSG会議を経て第2四半期にSARPs最終案
- GAST-D研究用地上装置
 - SARPs原案の妥当性検証
 - 日本における安全性評価に係る要件の抽出
- 新石垣空港への設置
 - 飛行実験と長期安定性試験の実施
 - 電離圏異常への対策を中心とした検証に重点

謝辞

- GAST-D研究用地上装置の新石垣空港への設置、データ収集につきまして、国土交通省航空局、気象庁那覇航空測候所、沖縄県土木建築部空港課、ならびに石垣市建設部空港課の関係者に多大なるご協力を賜りましたことに深く感謝を申し上げます。

平成26年度 電子航法研究所講演会

次世代運航を切り開くENRIの技術

新しい空港面移動通信システム (AeroMACS)の開発動向



監視通信領域
住谷 泰人

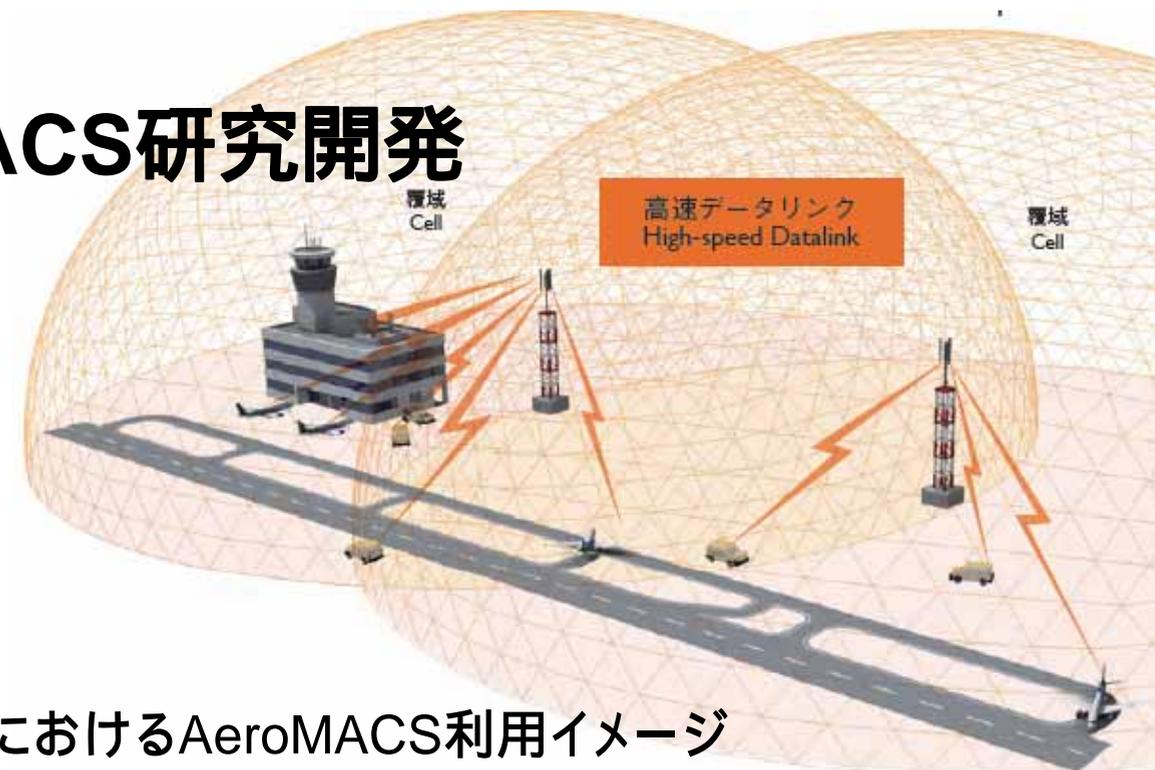
はじめに

- 背景
- 新しい空港面移動通信システム (AeroMACS) の国際動向
Aeronautical Mobile Airport Communications System

- 電子航法研究所のAeroMACS研究開発

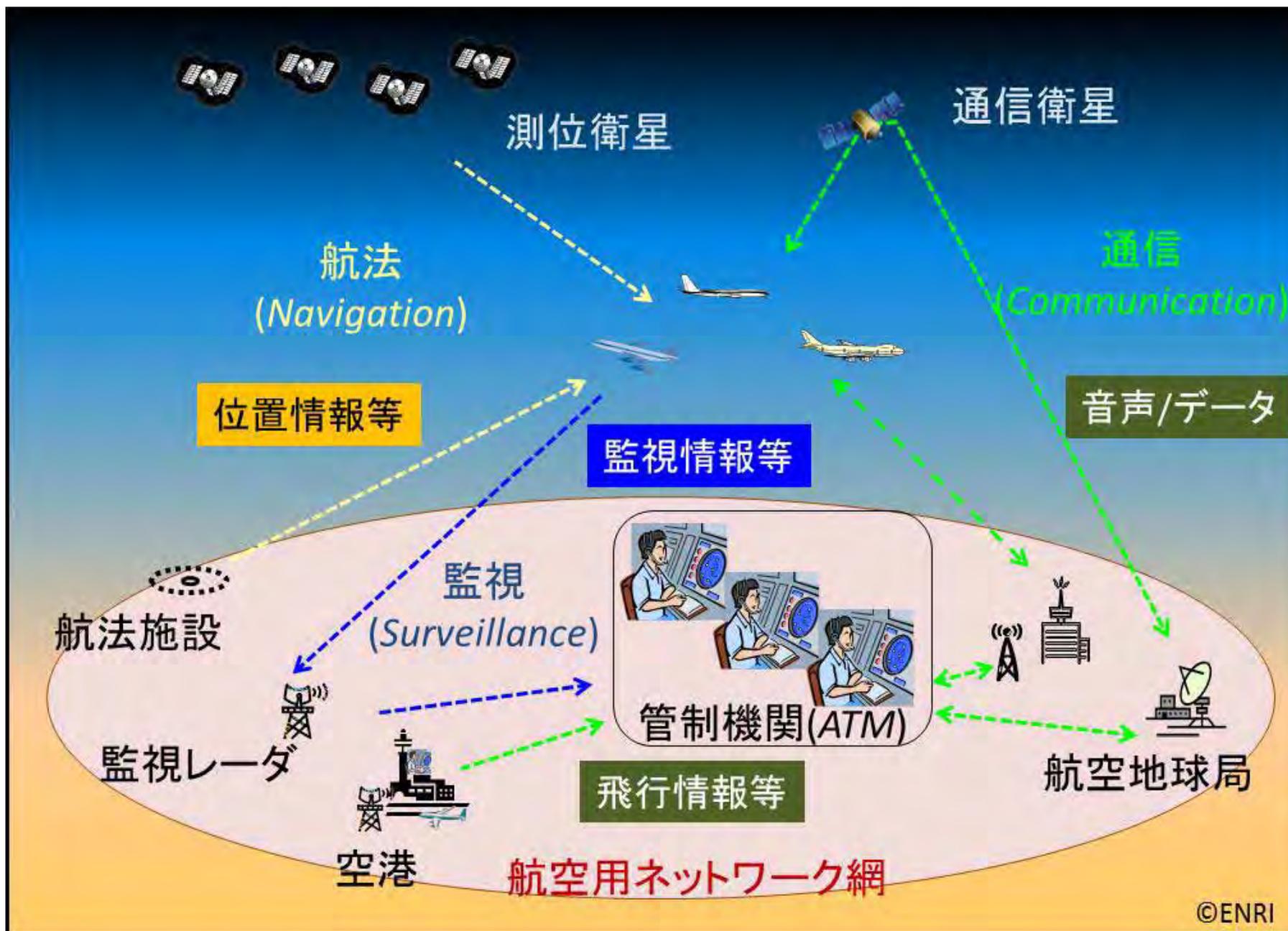
- 欧米のAeroMACS構想

- まとめ



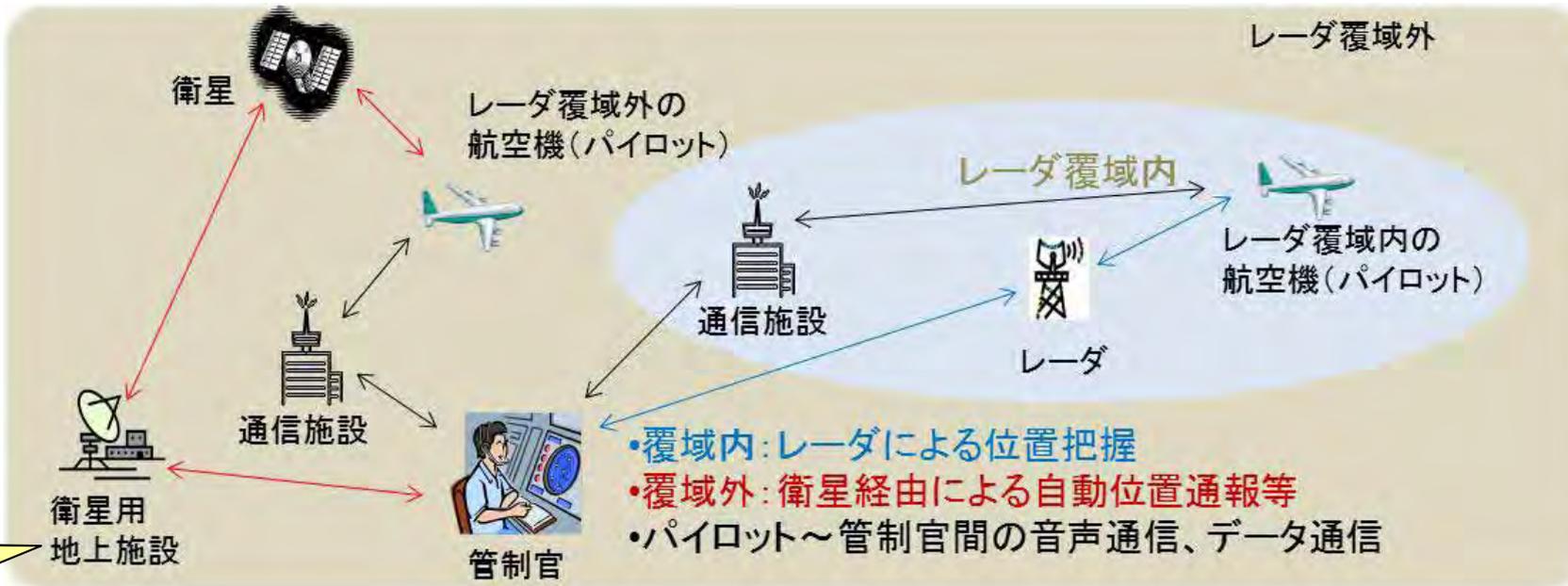
空港におけるAeroMACS利用イメージ

航空機の運航



背景 ~ 航空用データリンク

航空通信システム：管制官～パイロットの情報伝達・情報共有手段



現在

航空用デジタル通信(VHF帯/衛星/HF帯): Max 31.5kbps



新たな管制通信規格

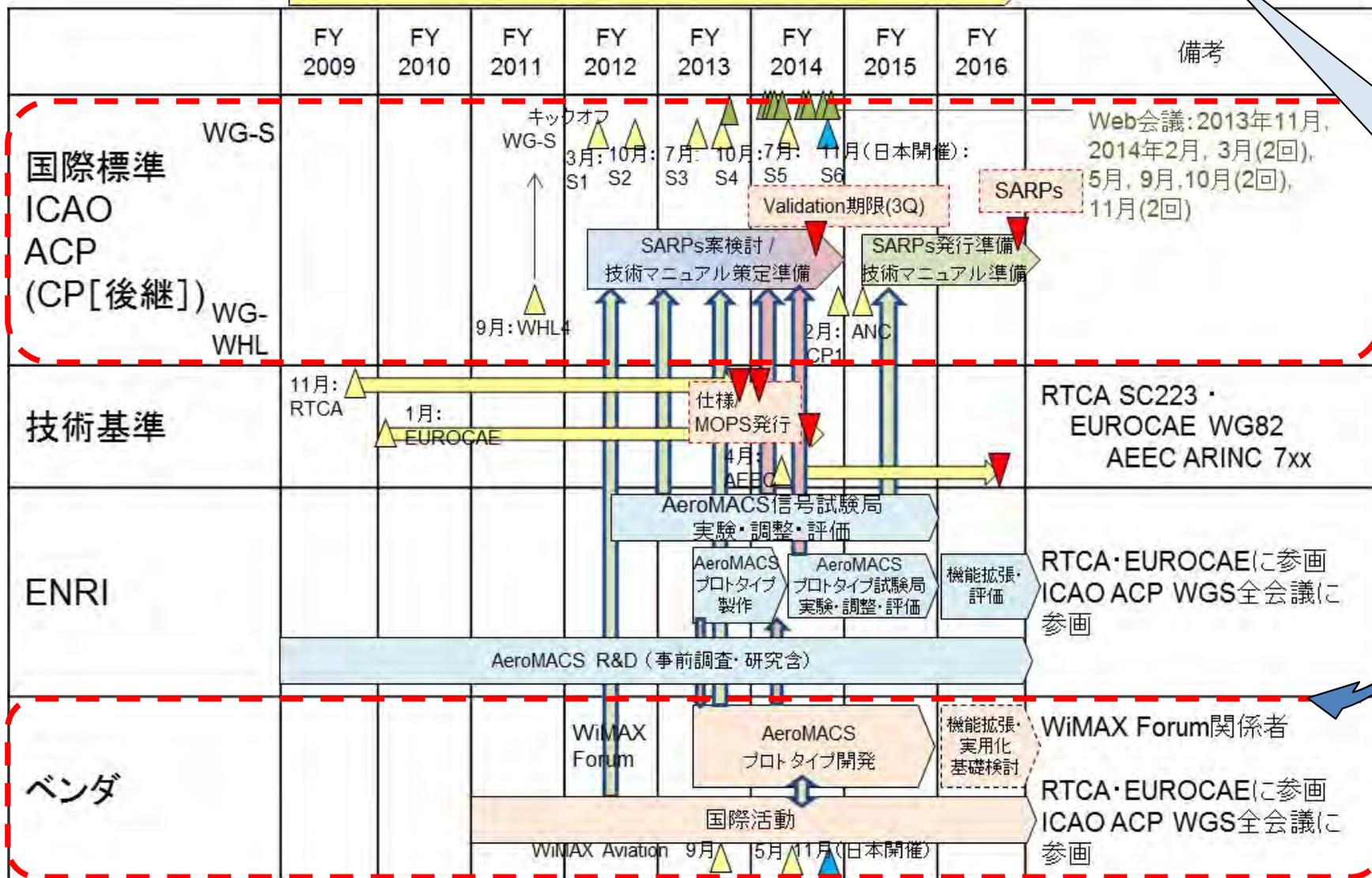
～次世代の効率的・安全・定時運航のために～

- ATC/AOC双方利用可 / COTSを利用(システム開発の効率化)
- 将来航空通信システム検討(欧米・ICAOのR&D): 2004～2007年頃
[AeroMACS(空港面<5GHz>), LDACS(陸域<1GHz>), 衛星]

AeroMACSの利用技術と国際動向

Aeronautical Mobile Airport Communications System

航空用技術基準, 国際標準規格策定作業

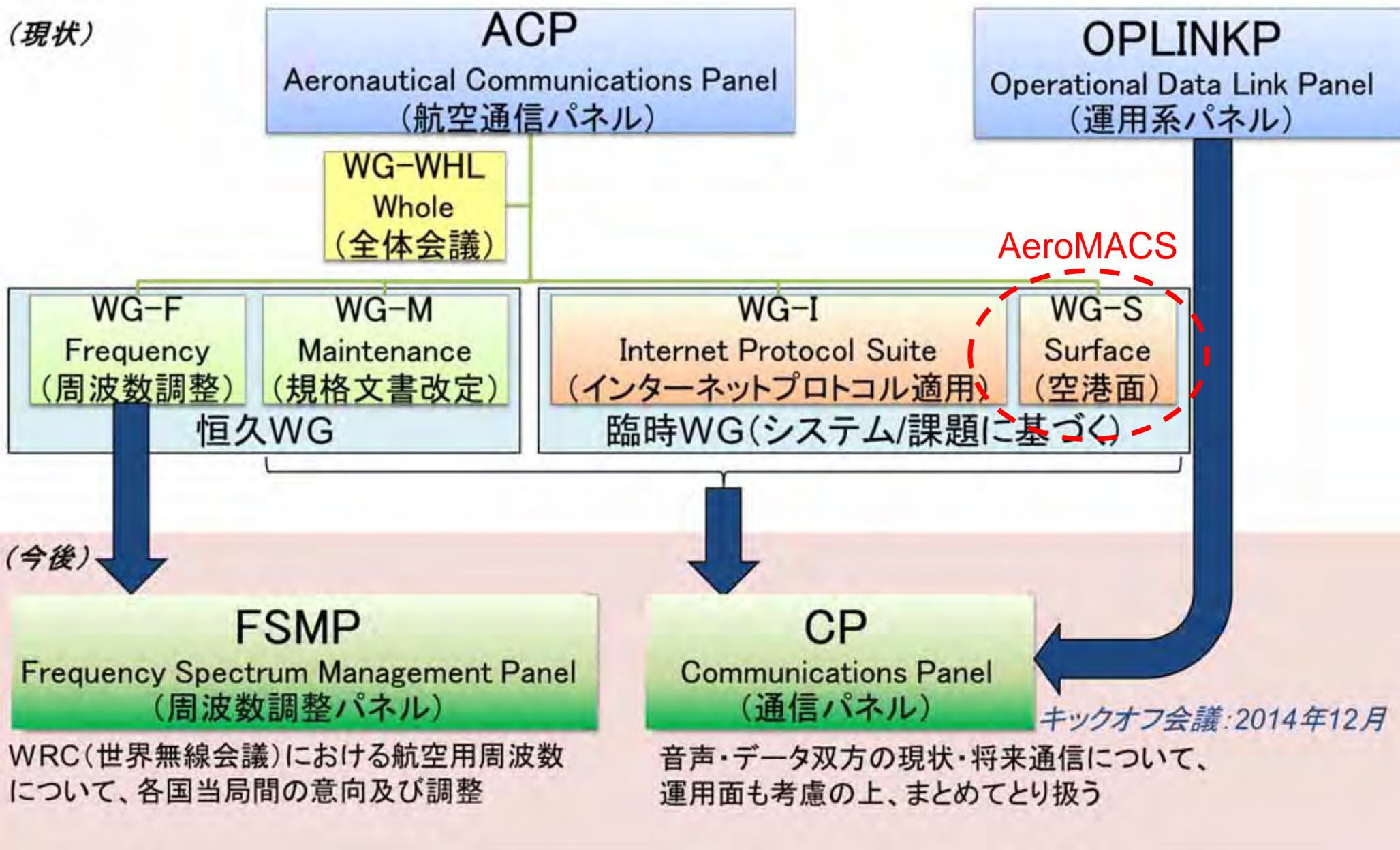


IEEE802.16-2009
(モバイルWiMAX)
技術を適用

WiMAX: Worldwide
Interoperability for
Microwave Access
(第4世代移動体
通信技術)

WiMAX Forum: WiMAXの国際技術標準化団体(NPO)

ICAOにおける航空通信システム規格の策定体制



WiMAX Forum Aviation WG



WiMAX Aviation 2014 Sendaiの様

- WiMAX規格を航空用技術基準や国際標準規格に適用するためのサポート
- AeroMACS技術基準(RTCA/EUROCAE)及び国際標準(ICAO)の策定に参画
- WiMAX Aviation (AeroMACSに関するワークショップ)を開催

WiMAX Aviation

- 目的: 航空管制技術並びに空港面通信技術と将来像の議論・共有、関係者への啓蒙、関連技術の促進
- 参加者: AeroMACSに取り組む主要な航空関連政府機関及び技術関係者
- 第1回: 米国(米国・ワシントンDC近郊)
2013年9月10～11日
- 第2回: 欧州(ベルギー・ブラッセル)
2014年5月14～15日
- 第3回: アジア(日本・仙台)2014年11月11～12日



WiMAX Aviation Field Technical Tourの様
(電子航法研究所岩沼分室)

ICAO ACP WGS会議とAeroMACSの国際規格



- Chapter 1 DEFINITIONS
- Chapter 2 GENERAL REQUIREMENTS
 - 2.1 GENERAL
- Chapter 3 Radio Frequency(RF) CHARACTERISTICS
 - 3.1 General Radio characteristics
 - 3.2 Frequency Bands
 - 3.3 RADIATED POWER
 - 3.4 MINIMUM RECEIVER SENSITIVITY
 - 3.5 SPECTRAL MASK AND Emissions
 - 3.6 FREQUENCY TOLERANCE
- Chapter 4 PERFORMANCE REQUIREMENTS
 - 4.1 AeroMACS Communications Service Provider
 - 4.2 DOPPLER SHIFT
 - 4.3 Delay
 - 4.4 INTEGRITY
 - 4.5 SECURITY
- Chapter 5 SYSTEM INTERFACES
- Chapter 6 APPLICATION REQUIREMENTS

主な技術仕様

- WiMAX(IEEE 802.16-2009)準拠
- 周波数: 5030MHz ~ 5150MHz
- バンド幅: 5MHz
- 出力、スペクトルマスク、 etc..



期待される伝送速度: ~ 数Mbps



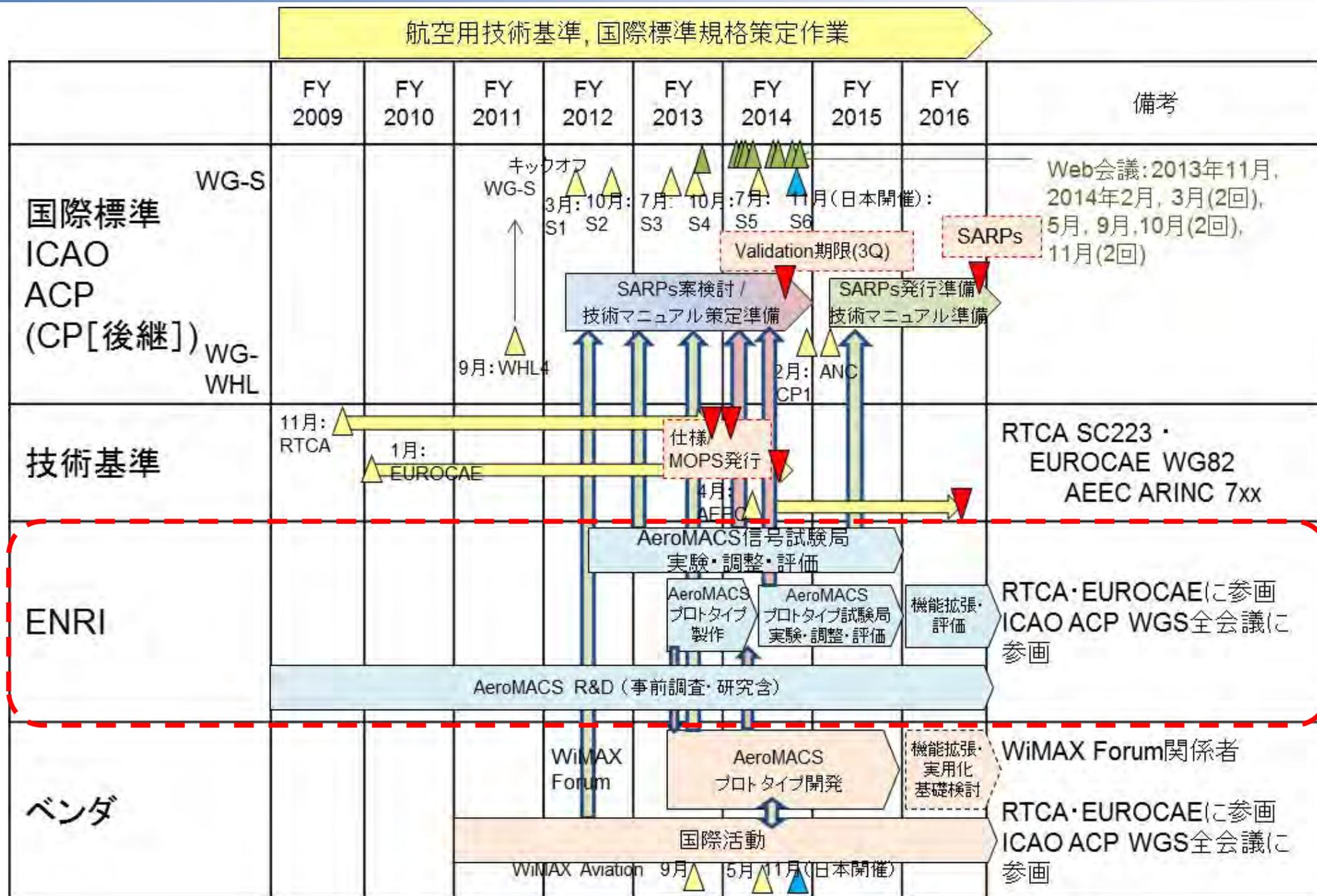
ICAO ACP WGS第6回会議の様相

- FtoF (年2回)/Web会議(複数回)[2012年 ~]
- ACP WGS第6回会議 (FtoF)
: 2014(平成26)年11月13日 ~ 14日
- SARPs策定作業の最終調整会議

次の作業は...

→ ガイドンスマテリアス
(技術マニュアル)策定へ

電子航法研究所のAeroMACS研究開発



AeroMACSプロジェクト

目標: 高速データリンクの構築

システム開発プロジェクト: 4年計画 (2012 ~ 2015年)

AeroMACS信号解析

- AeroMACS信号送受信システム開発
(2012年夏)
- WiMAX機能付き計測器にて構築

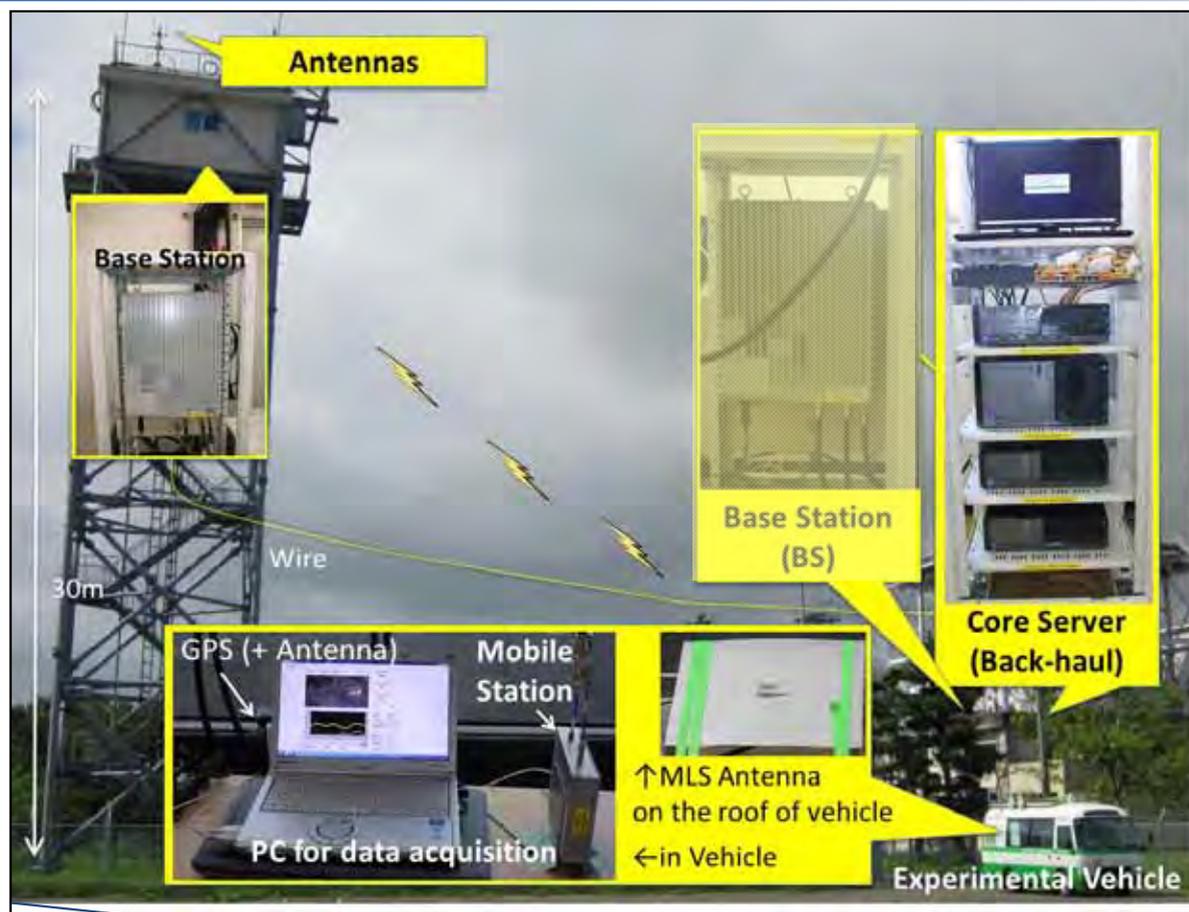
AeroMACSプロトタイプの性能評価

- AeroMACSプロトタイプシステム開発
(2014年夏)
- AeroMACS 国際標準規格案の
策定、確認、評価

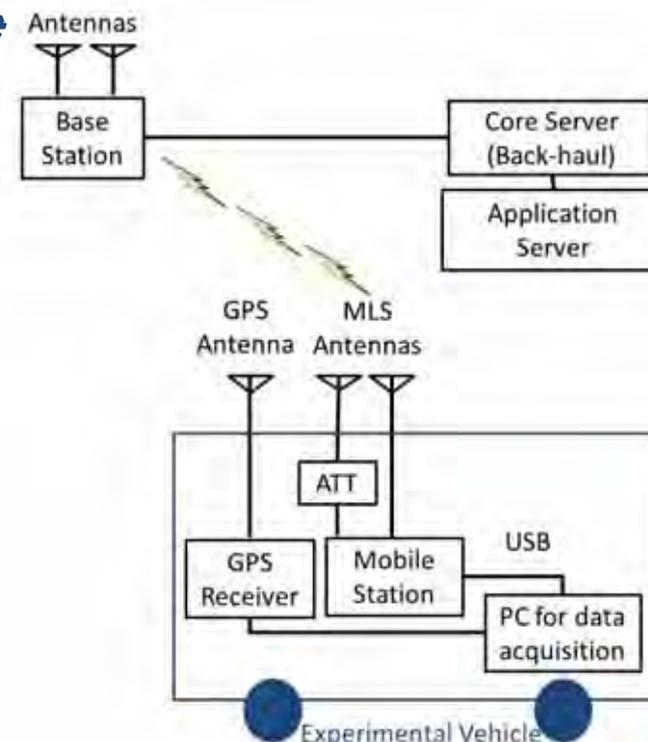
ICAO AeroMACS国際標準規格策定 (国際貢献)

- 専門の作業部会 (ICAO ACP WG-S) への参画
- 実験に基づく性能解析結果のWP/IP, 検証作業

AeroMACSプロトタイプ開発(仙台空港走行実験)



プロトタイプ構成



- AeroMACS国際標準規格案に準拠 (周波数:5091 ~ 5150MHz対応)
- BS(基地局)、MS(端末)、Core Server、アンテナ群から構成
- 無線局免許取得(2014年9月)後、空港内走行の性能評価実験を開始

仙台空港周辺マップ

上図は国土地理院の電子国土webシステムから配信された空中写真(2007年以降)を利用しています

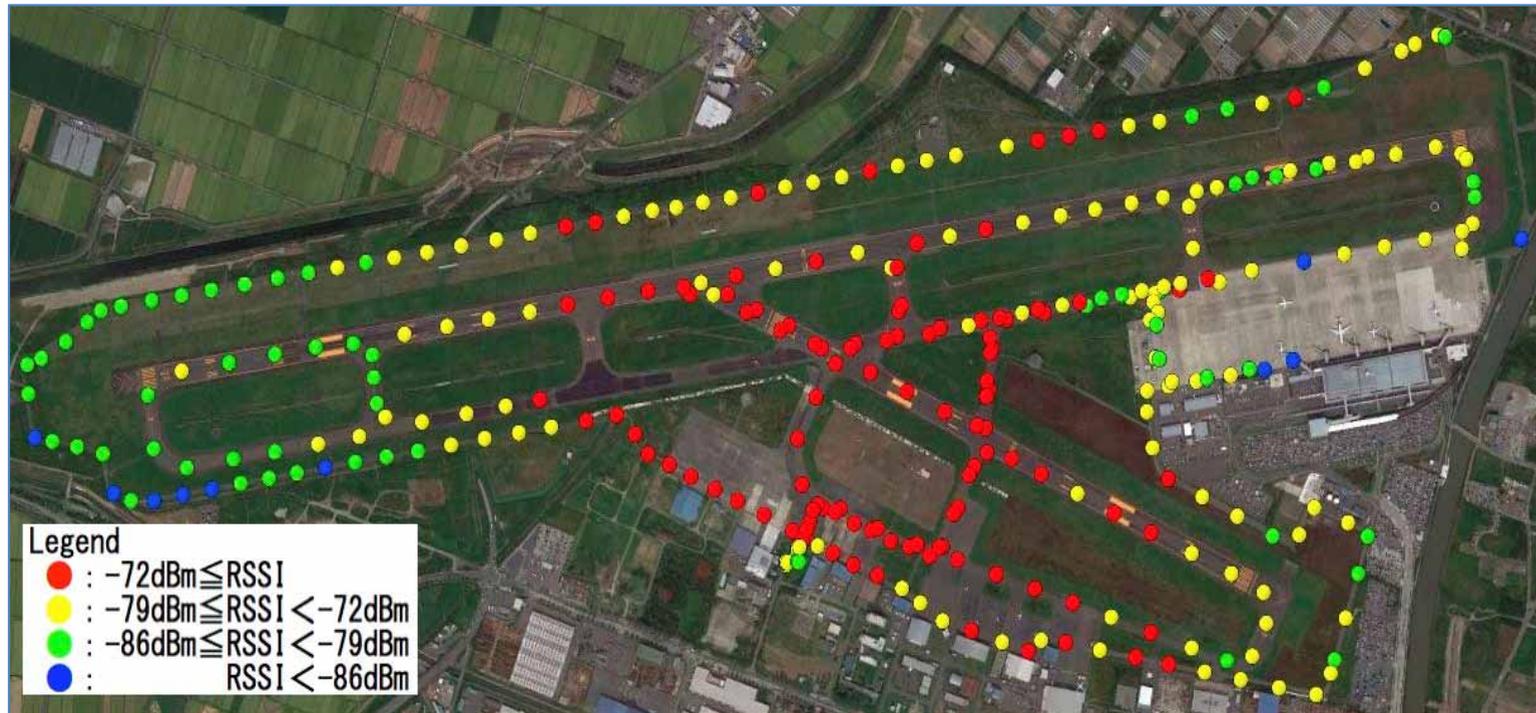
評価システム

● 走行車両内に設置したPC画像



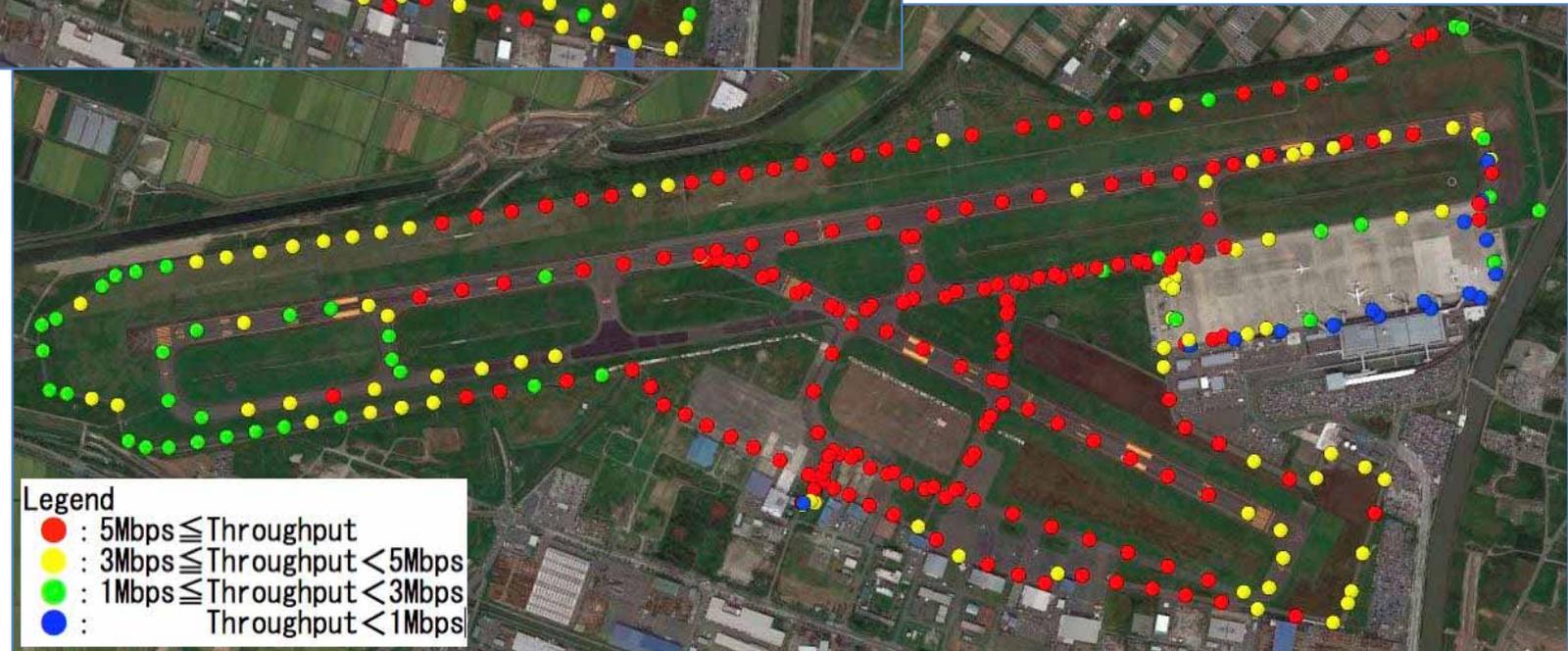
信号強度 (RSSI: Received Signal Strength Indication) : > > >
 伝送速度 (スループット) (下り (DL) / 上り (UL)) DL: UL:

プロトタイプを用いた性能解析例

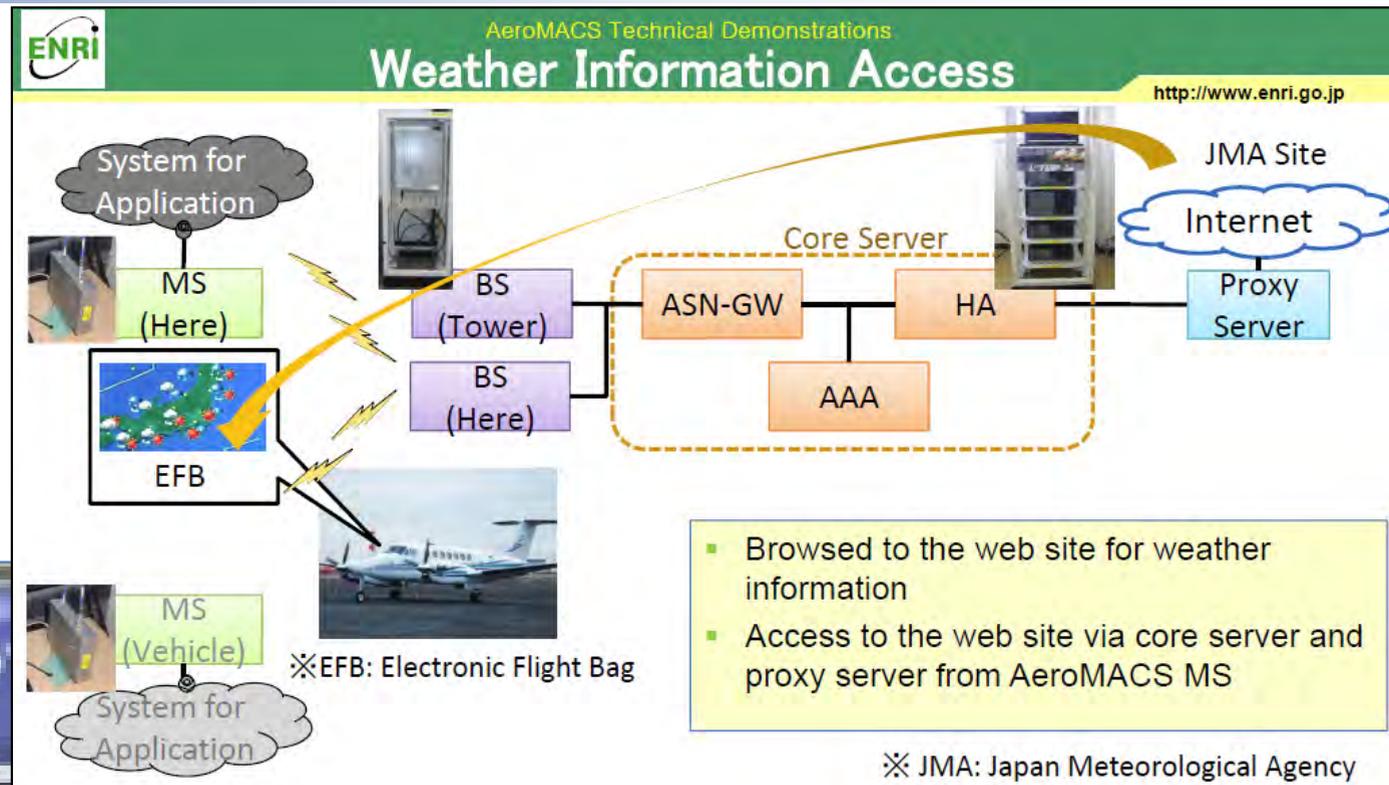


← 信号強度 (RSSI)

↓ 伝送速度 (Throughput)



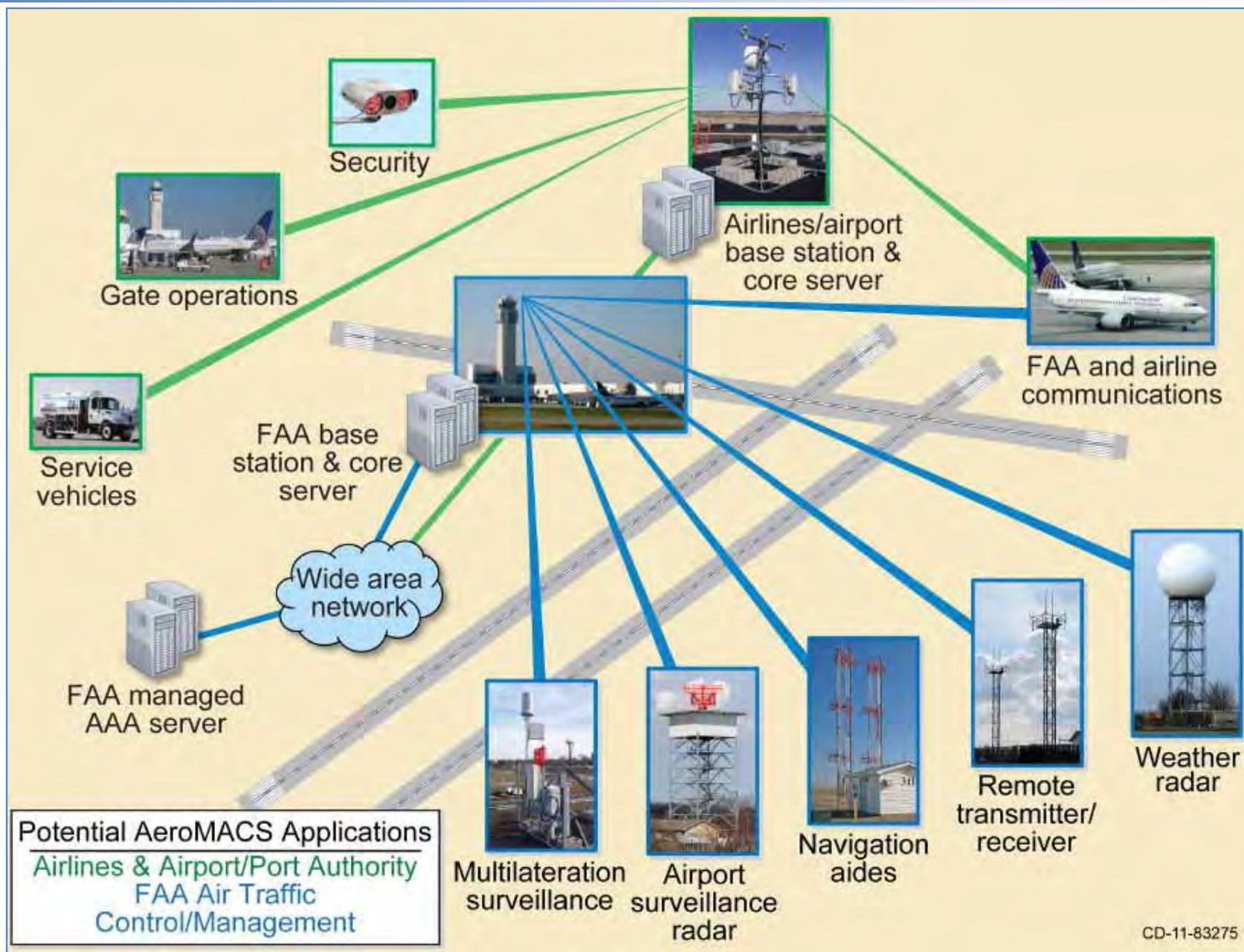
AeroMACSプロトタイプを利用したデモンストレーション (WiMAX Aviation 2014 Sendai / Field Technical Tour)



実施デモンストレーション例

WiMAX Aviation Field Technical Tourの様相
(電子航法研究所岩沼分室)

AeroMACS構想 ~ 米国



AeroMACS構想 ~ 欧州

POTENTIAL USES OF AEROMACS

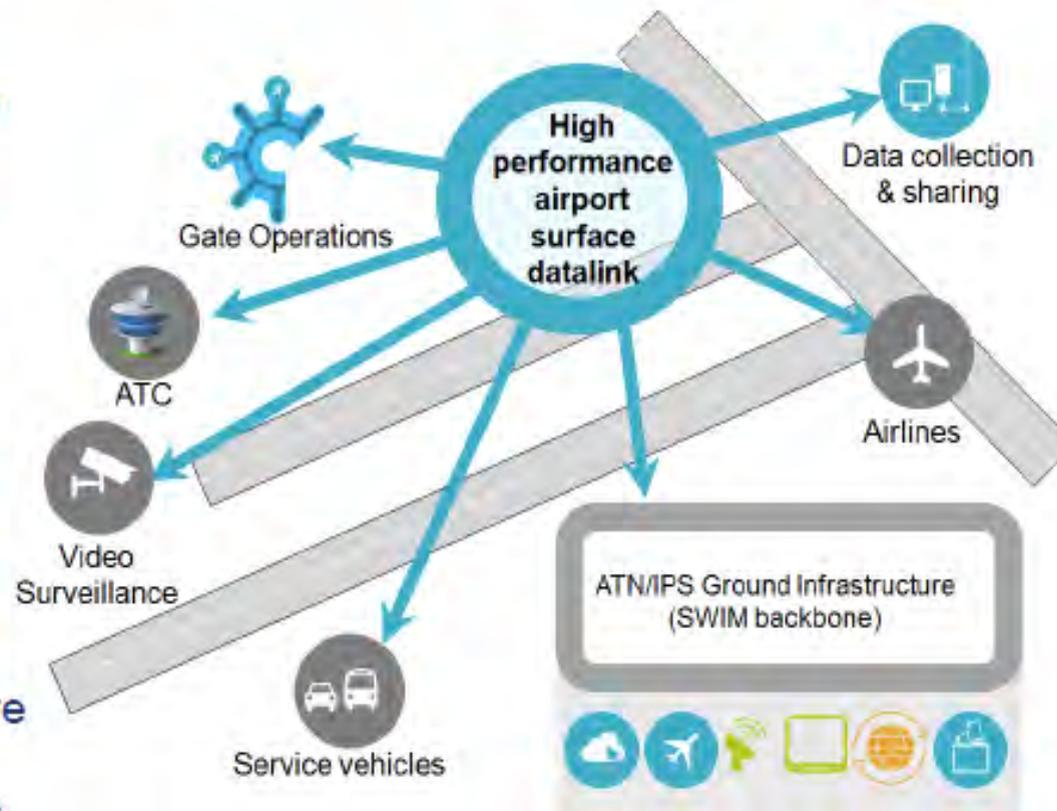
AeroMACS is technically capable to support any service demanding high performance, offering QoS, Security, Broadcast, Multicast and Mobility capabilities among other, including Safety and Regularity of Flight related services:

• Fixed services

- Video surveillance on airport surface
- Data collection and sharing
- Wireless backhaul

• Mobile services

- ATS/AOC services
- Service vehicles on airport surface and aircrafts
- Potential use for future mobile SWIM applications at airport



まとめ

- **新しい空港面移動通信システム (AeroMACS) の開発動向**
 - ICAO作業部会にて国際標準規格 (SARPs) がほぼ確定
 - パネル会議 (2014年12月) にて承認後、2016年発効に向けICAO内調整予定
- **電子航法研究所におけるAeroMACSの開発動向**
 - 調査活動 (~2011年) の後、システム開発プロジェクトを開始 (2012年 ~)
 - AeroMACS信号解析システムの開発 (2012年夏)
 - AeroMACSプロトタイプの開発 (2014年夏)
 - 国際標準規格策定・検証作業への参画・国際貢献
 - プロトタイプを利用した実験解析結果例・デモンストレーション例
- **欧米のAeroMACS構想**

今後の予定

- AeroMACSプロトタイプを利用した実験
- アプリケーション開発を含むプロトタイプの拡張・改修
- プロトタイプを利用した各種デモンストレーション
- 実験用航空機への搭載
- AeroMACS技術マニュアル策定作業への参画



謝辞

本研究の実施において、各種システム構築及び実験にご協力頂いた関係各位に感謝申し上げます