

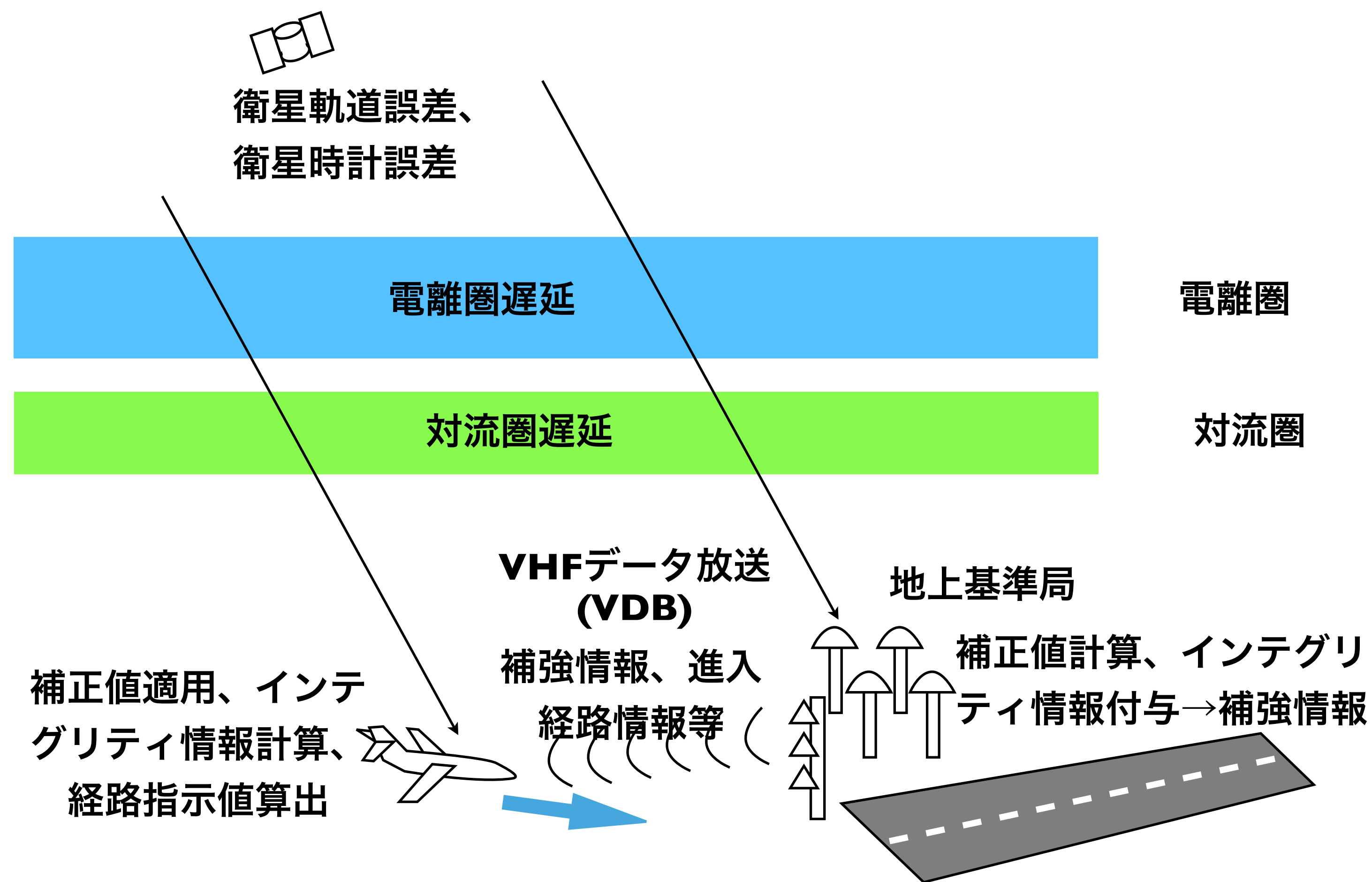
GBAS標準化と電子航法研究所の取り組み

齋藤 享

海上・港湾・航空技術研究所 電子航法研究所 航法システム領域

地上型衛星航法補強システム (GNSS Ground-Based Augmentation System: GBAS)

- * ディファレンシャルGNSS技術に基づく航空機の精密進入誘導を可能とする航法システム
- * カテゴリーIII (CAT-III)精密進入までをサポート可能
 - CAT-I: 標準化済み、実運用中
 - CAT-II/III: 標準化済み、航空機搭載準備中



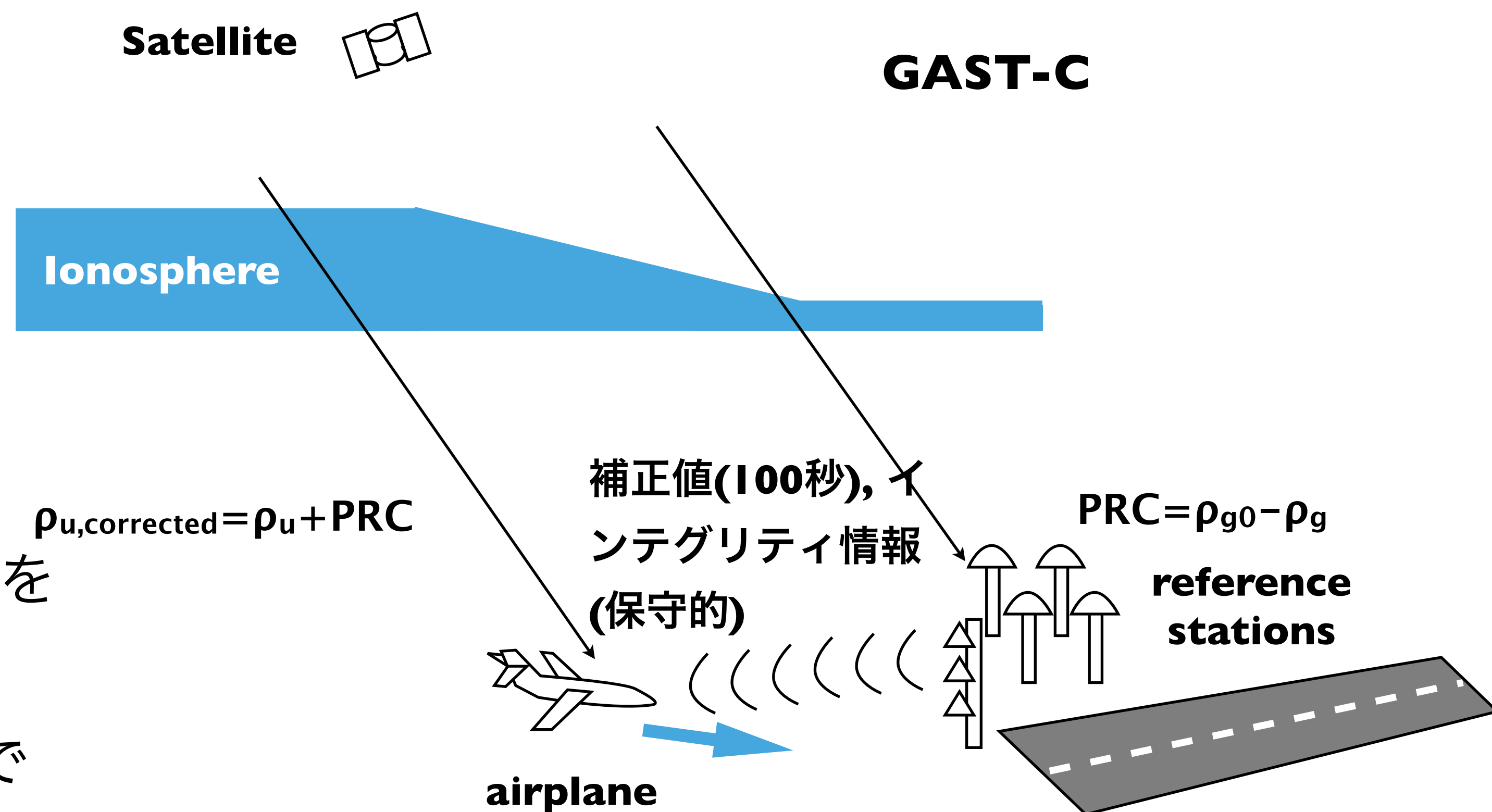
* GBAS標準文書

- 全体・地上装置：ICAO Annex 10
- 機上装置：RTCA DO-253(), DO-246()

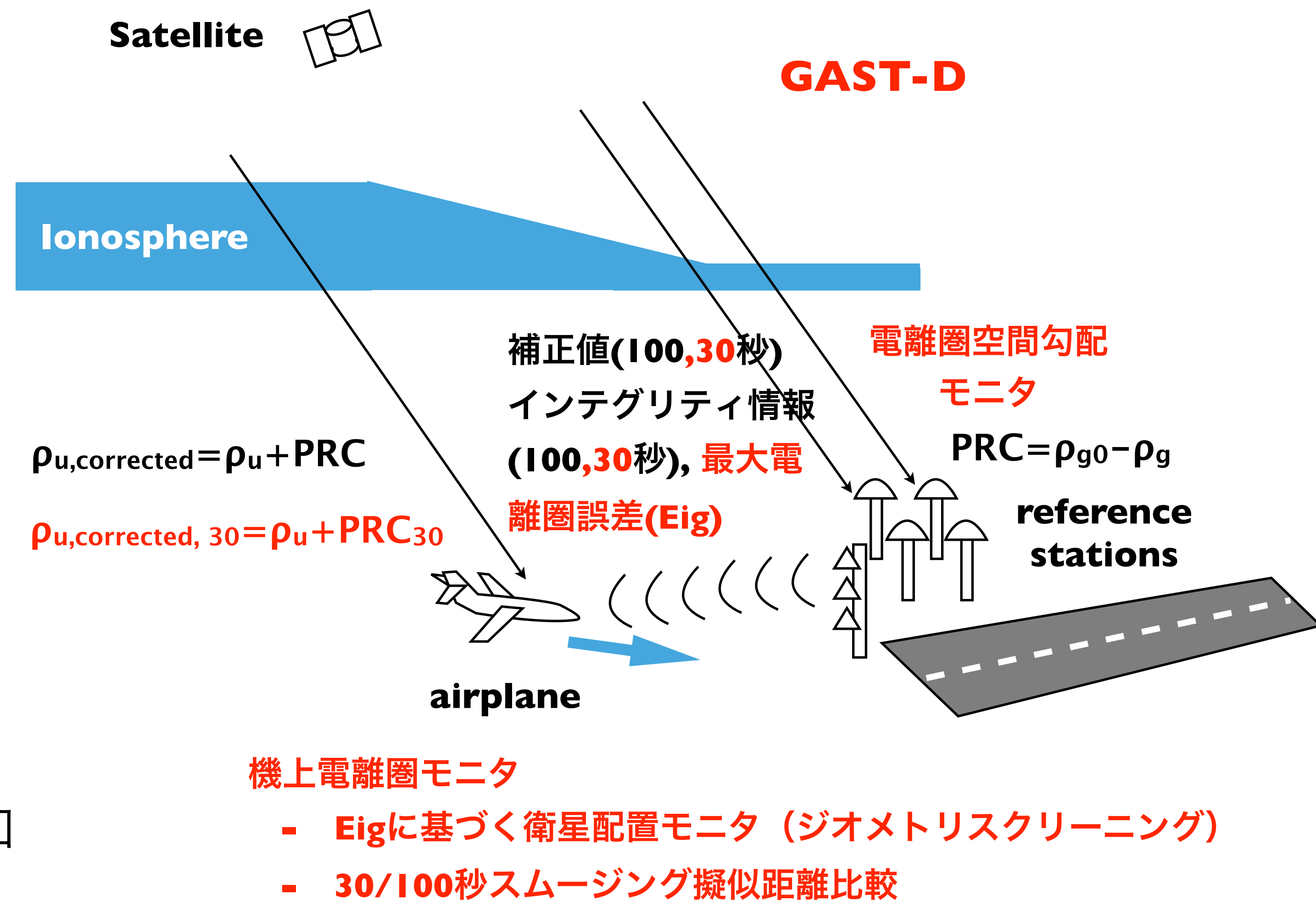
* GBAS Approach Service Type (GAST)による分類

- GAST A/B: GPS/GLONASS L1、APV-I/II
- GAST C: GPS/GLONASS L1、CAT-I
- GAST D: GPS/GLONASS L1、CAT-II/III
- GAST E: GPS/GLONASS/Galileo/BDS L1/L5、CAT-I/II/III

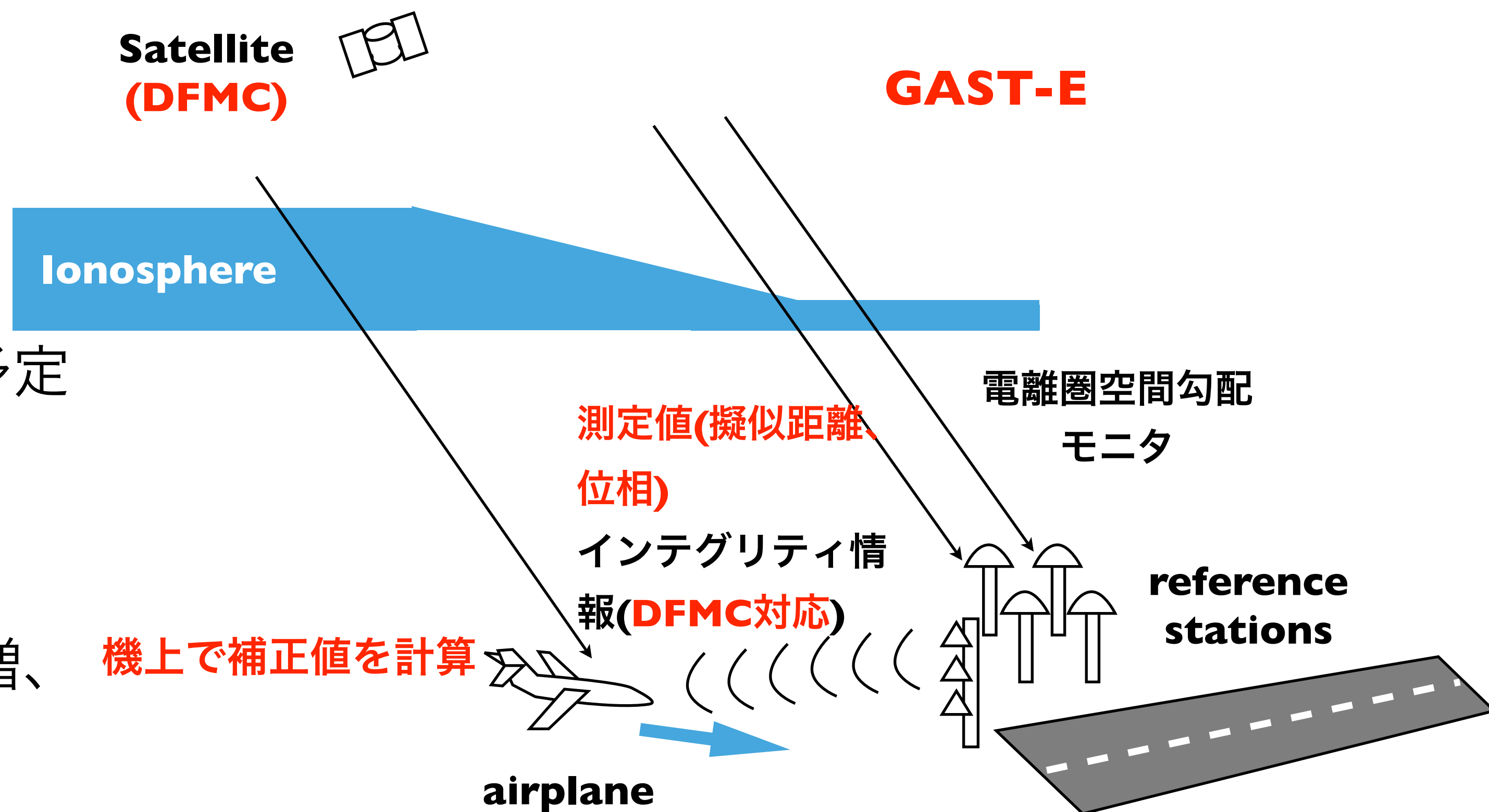
- * 衛星系：GPS, GLONASS
- * 周波数帯：L1（1周波のみ）
- * 対応サービスレベル：CAT-I (CAT-II)
- * 国際標準：2001年にSARPs発効
- * 特徴
 - 時定数100秒で平滑化した擬似距離を使用
 - 航空機側の測位の安全性を地上側で全て担保
 - 機上装置の設計は比較的単純
 - 電離圏異常に対し保守的になり、可用性に制限



- * 衛星系：GPS, GLONASS
- * 周波数帯：L1（1周波のみ）
- * 対応サービスレベル：CAT-II/III
- * 国際標準：2018年にSARPs発効
- * 特徴
 - CAT-II/IIIに対応したインテグリティレベルの担保
 - 電離圏異常への対応強化
 - 2つの時定数(100/30秒)で平滑化
 - 地上電離圏空間勾配モニタを追加
 - 機上装置側で電離圏異常監視を分担



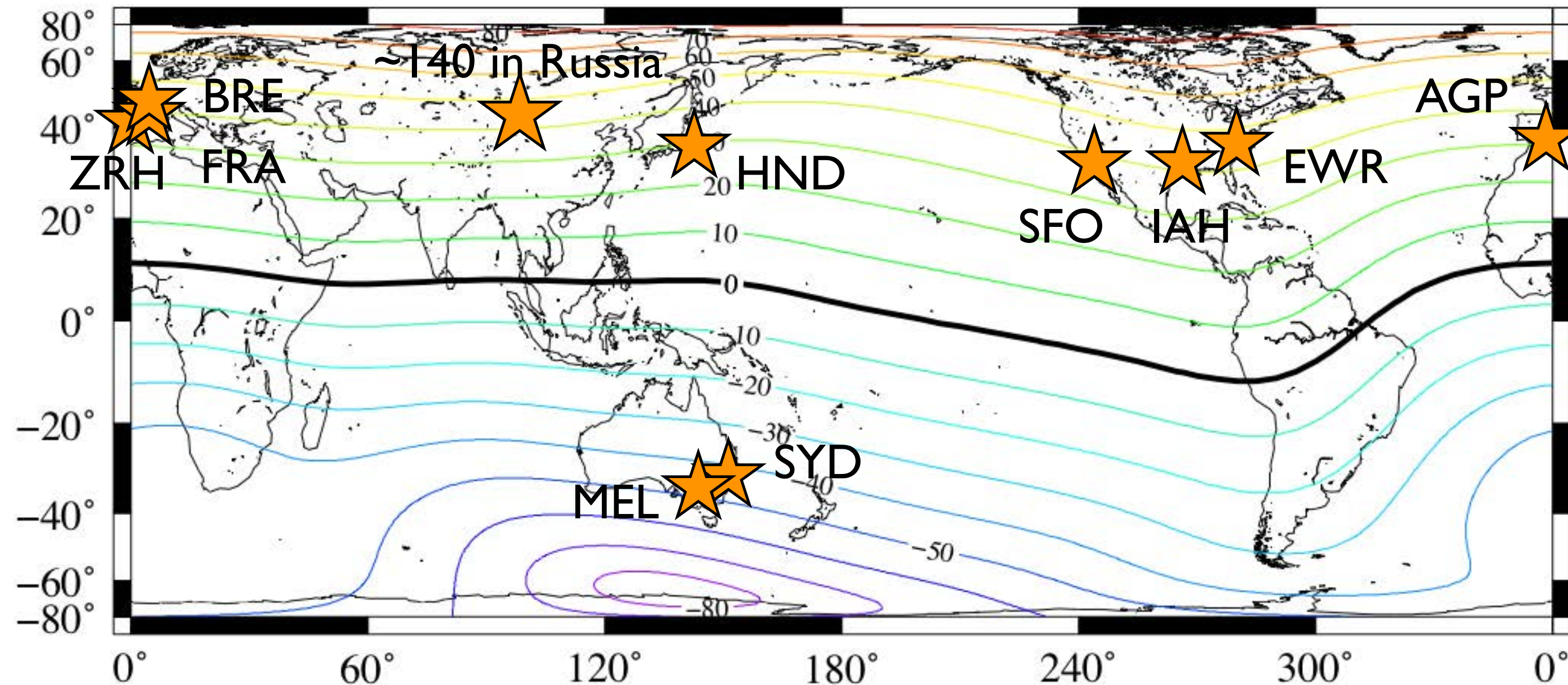
- * 衛星系：GPS, GLONASS, Galileo, BDS
- * 周波数帯：L1, L5（2周波）
- * 対応サービスレベル：CAT-II/III
- * 国際標準：2030年にSARPs検証完了予定
- * 特徴
 - 複数周波数による電離圏異常対応
 - 複数衛星系による使用可能衛星数増、衛星系故障対応
 - ➡ 全世界でCAT-II/III GNSS運航が可能
 - 補正值ではなく擬似距離測定値を送信
 - 機上装置処理モードの柔軟性
 - 位相測位などへの拡張性



機上装置側に計算処理を大幅に移管

- 機上電離圏モニタにより処理モードを変更(DFree/IFree)
- 衛星系故障、電波干渉等によって柔軟にサービスレベルを変更

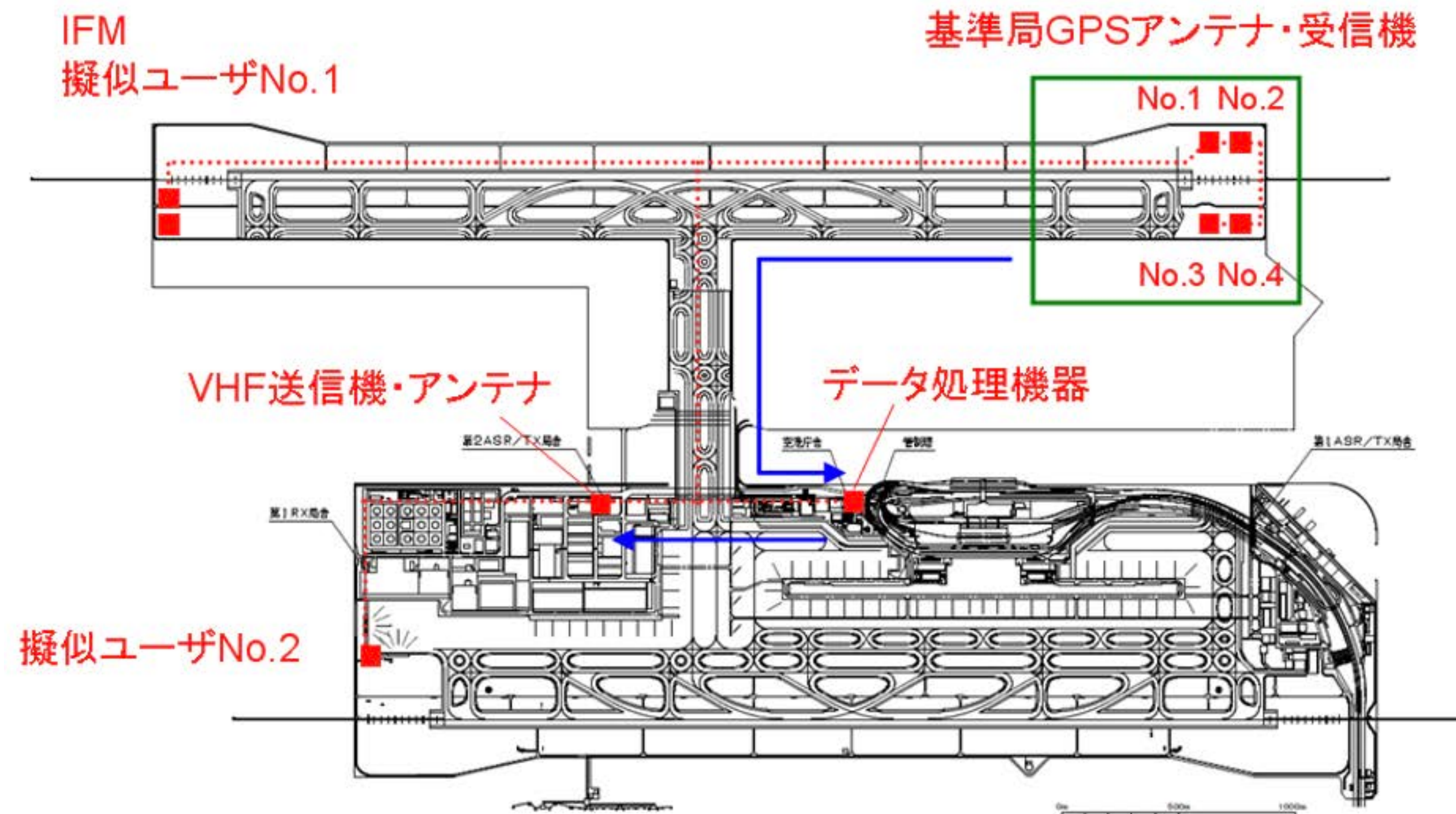
GBASの導入状況



- * 現在運用中のGBASはCAT-I (GAST C)
 - 電離圏の影響のため、運用中のGBASは羽田空港を除き、中・高緯度
 - Boeing/Airbusの新造機はほぼGAST C対応
- * GAST DについてはB777-Xが対応予定（認証中）

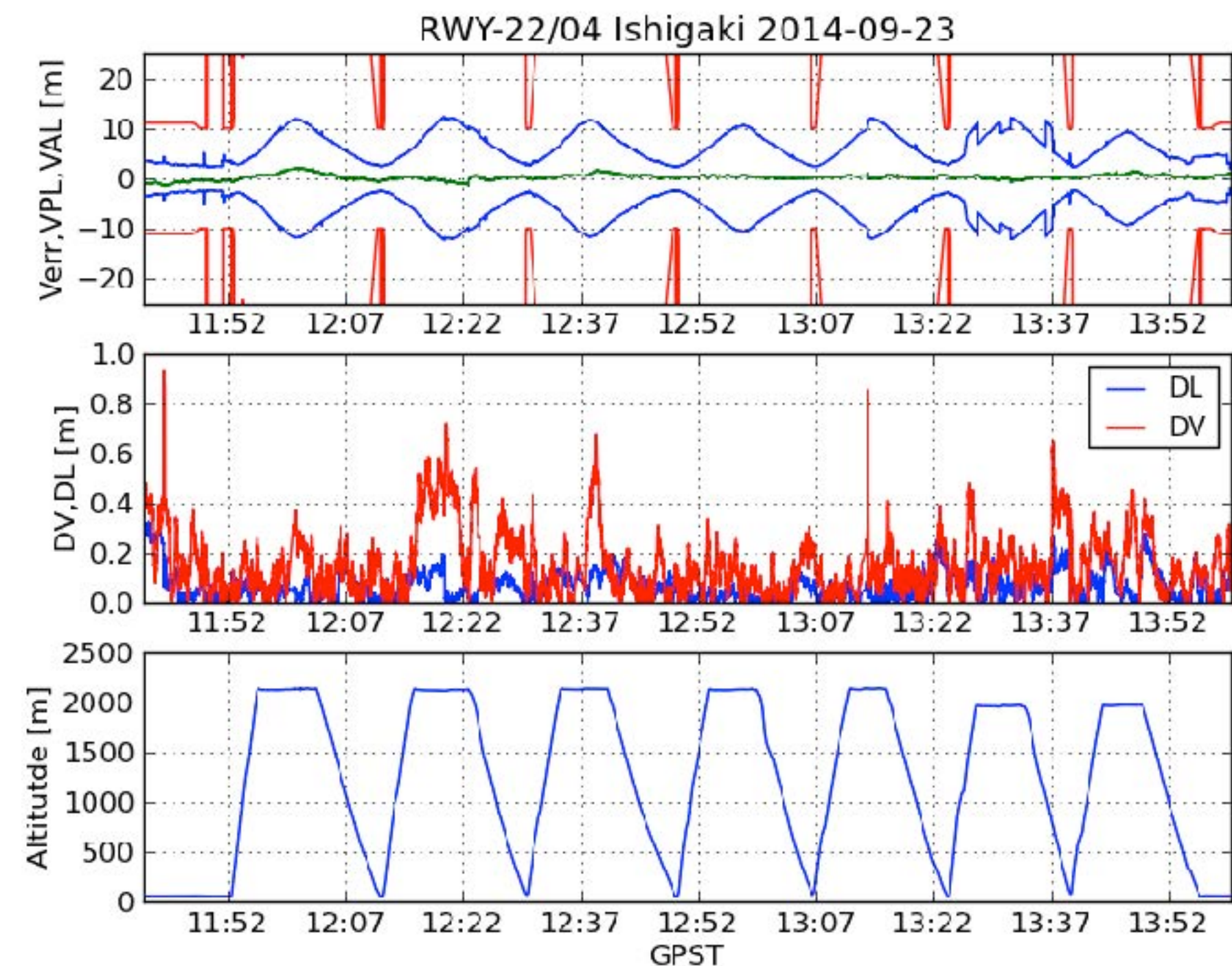
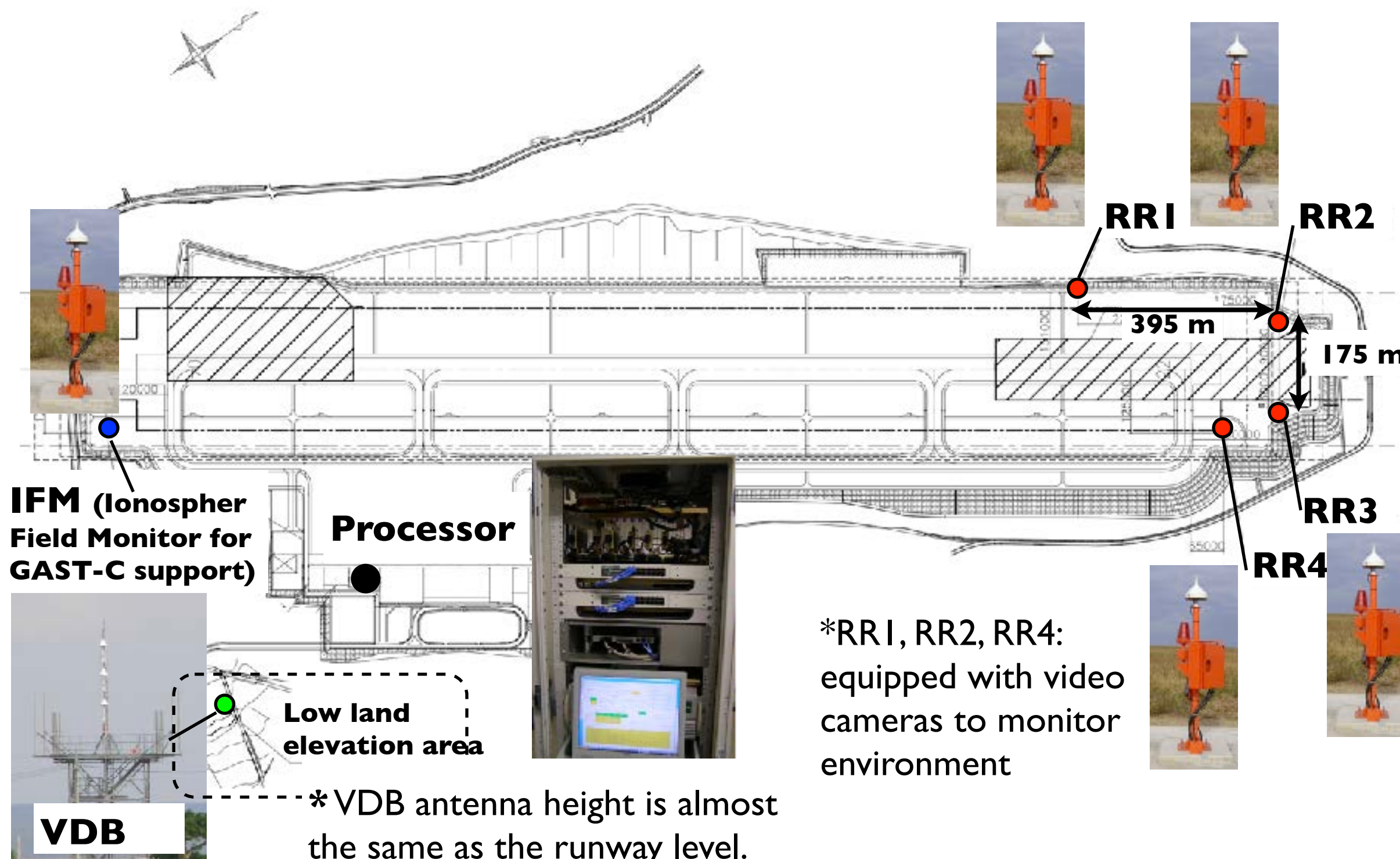
時期	1996-2007	2008-2011	2011-2014	2015-
内容	初期開発	GAST C	GAST D	DFMC GBAS
	GBASテストベッド GBAS基礎技術 仙台空港 TRL: 4-5	GAST C プロトタイプ 安全性設計技術 関西空港 (→新千歳2015-2021) TRL: 6-7	GAST D プロトタイプ GAST D基準検証 新石垣空港 TRL: 5-6	可搬型GBAS (GAST C) DFMC GBAS テストベッド DFMC GBASコンセプト 立案・基準策定・検証 新石垣空港 TRL: 4-5
		電離圏異常対策		
ICAO SARPs	★ GAST C SARPs発効 (2001)	★ GAST D ベースラインSARPs (2010)		★ GAST D SARPs発効 (2018)

- * GAST Cの実用化に必要な安全性検証手法の開発を目的
 - ICAO SARPs要件を満たすためのインテグリティモニタの設計
 - 低緯度電離圏に対応するためのIFM (電離圏フィールドモニタ)を開発・導入
 - 2011年に関西空港に設置し、実験用航空機、実機(B787)により飛行実験
- * 獲得した知見を羽田GBASの認証に活用



GLS approach at KIX

- * 電離圏擾乱下でのGAST D SARP_s案の検証を目的
 - GAST D地上プロトタイプ、機上実験装置を開発
 - インテグリティモニタのGAST D対応、IFM技術を活用した独自電離圏勾配モニタ開発
 - 2014年に新石垣空港に設置し、実験用航空機により飛行実験
 - 欧州開発システムとの相互運用性を検証



G: Vertical Error
B: VPL
R: VAL

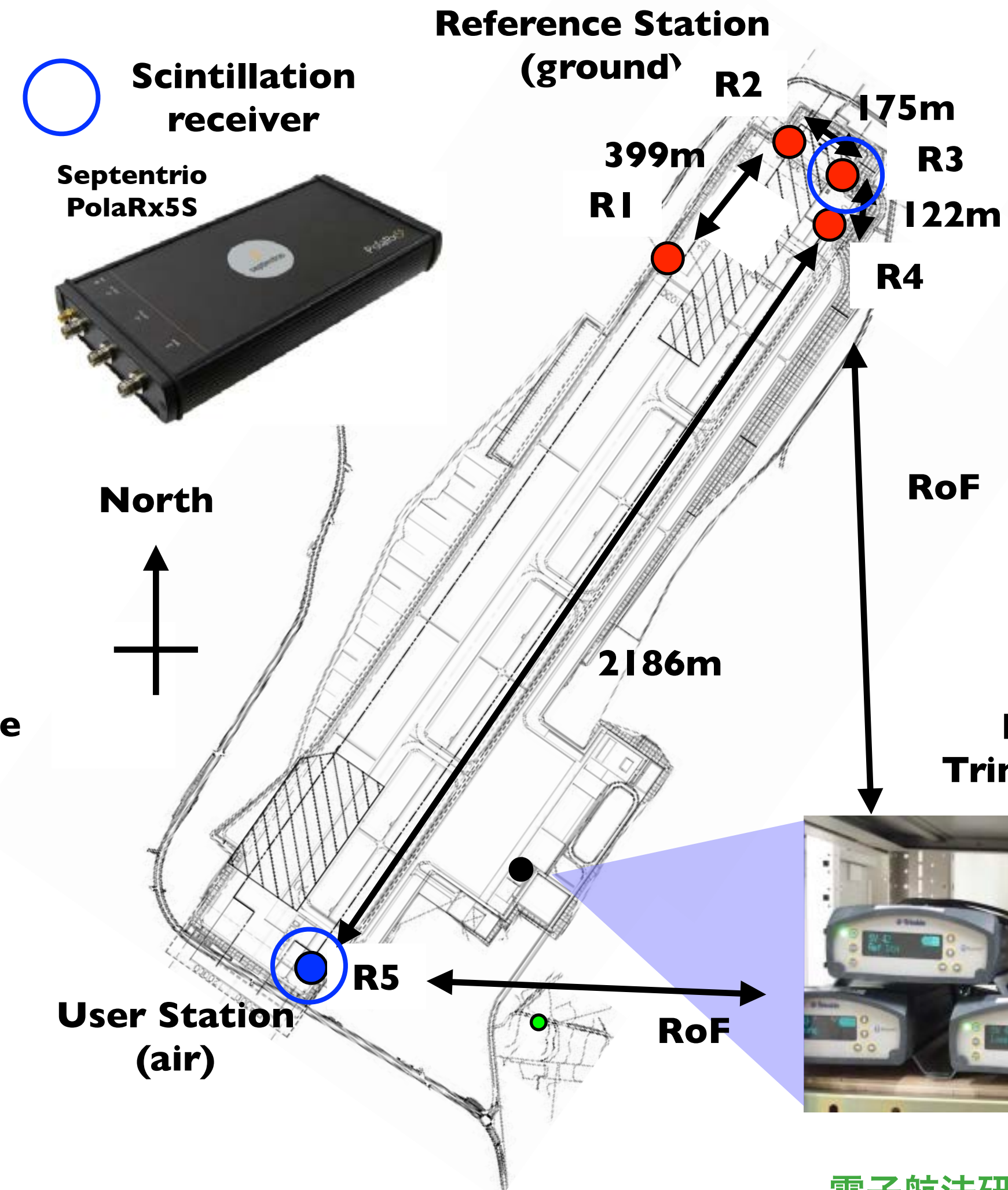
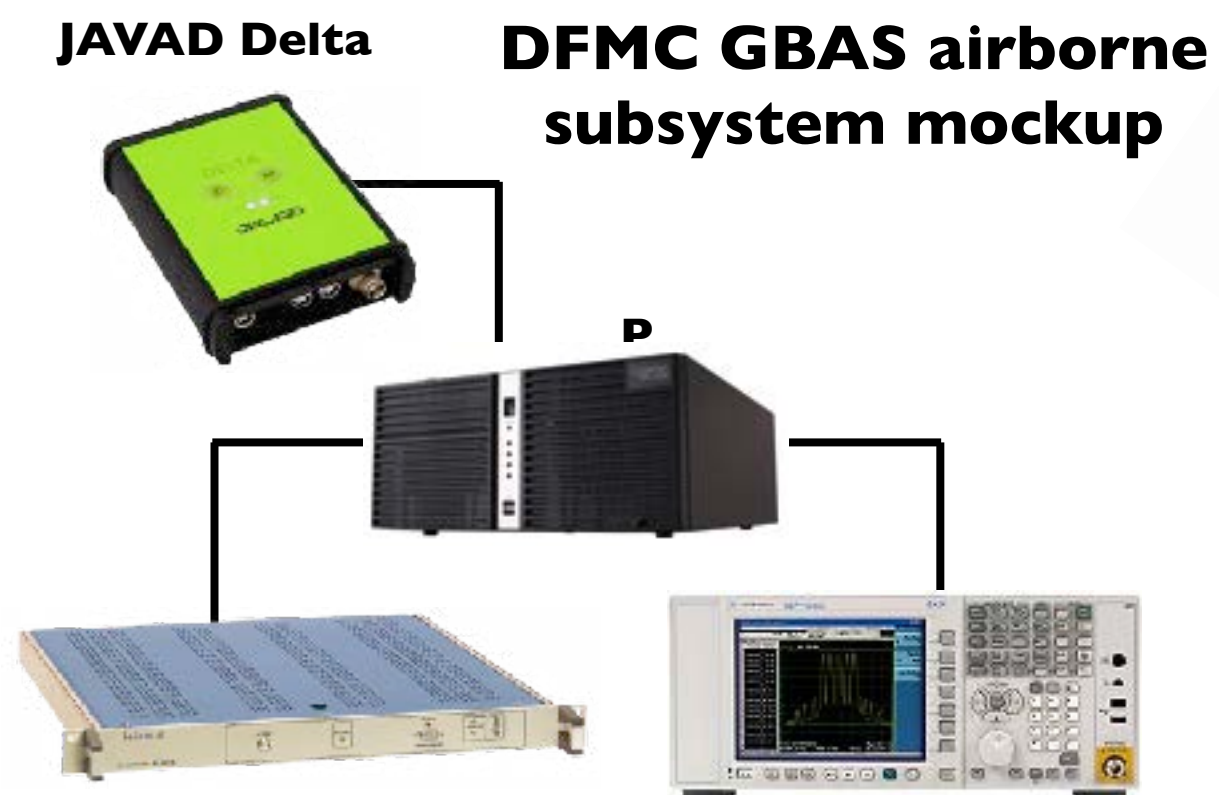
DSIGMA output
B: Lateral (DL)
R: Vertical (DV)

Altitude
(WGS-84)

DFMC GBAS testbed

* DFMC GBAS SARP_s立案・検証を目的

- GAST D地上プロトタイプ・機上実験装置活用して開発
- 地上装置を2019年に新石垣空港に設置
- 電離圏擾乱時の飛行実験データを収集
- 世界唯一のデータとして共同研究を通して活用



Reference Station

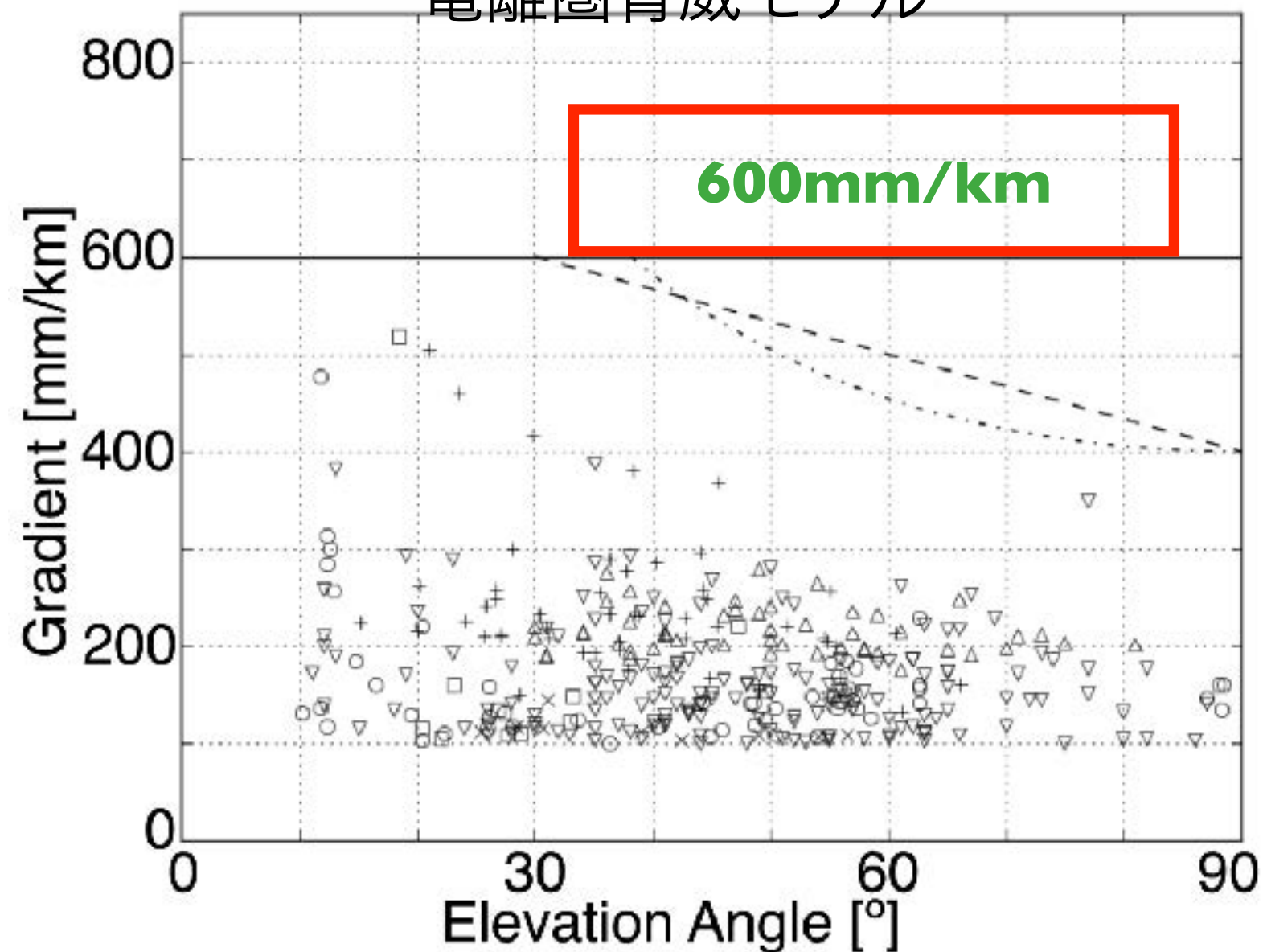


Antenna JAVAD G3T



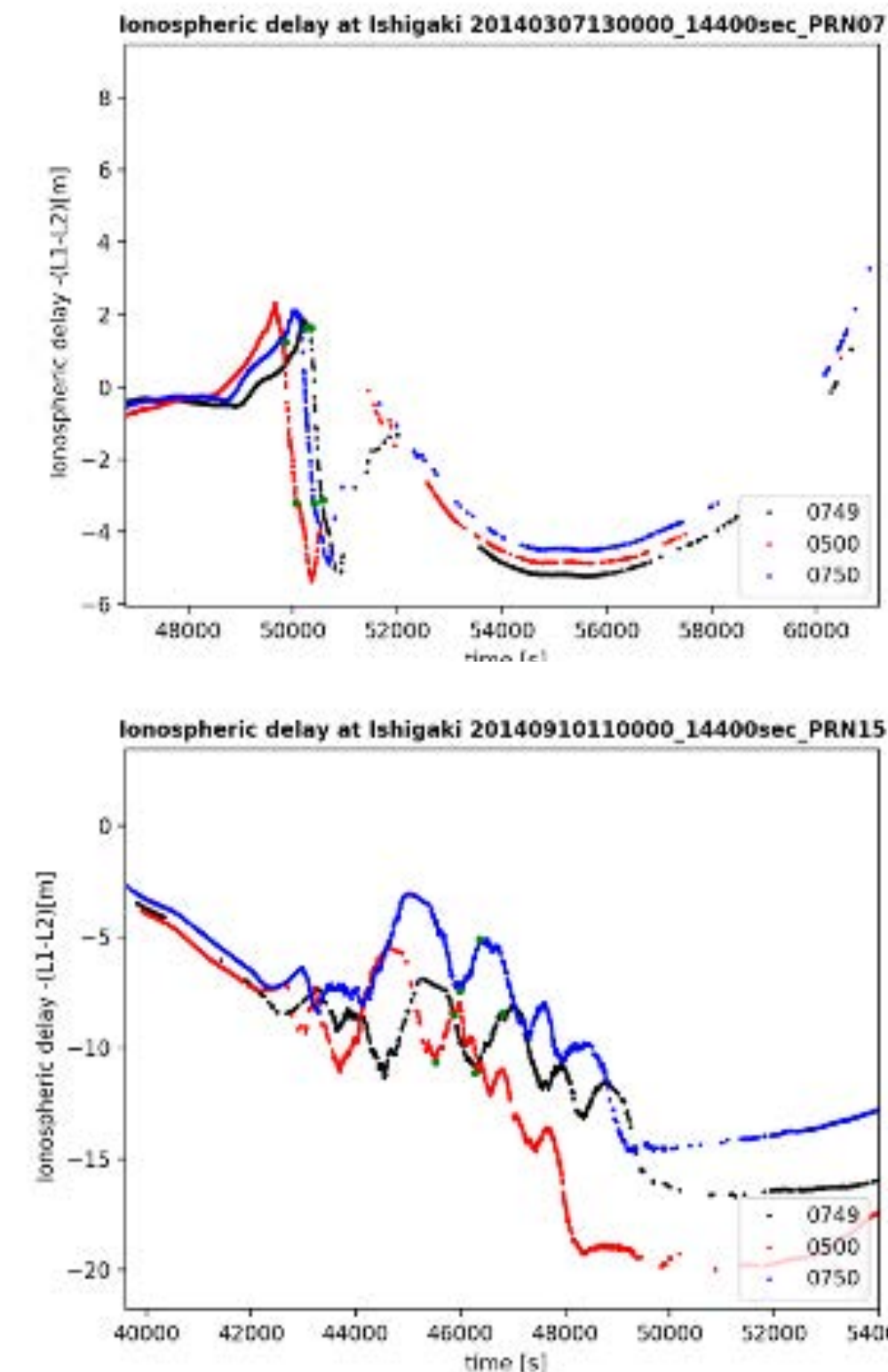
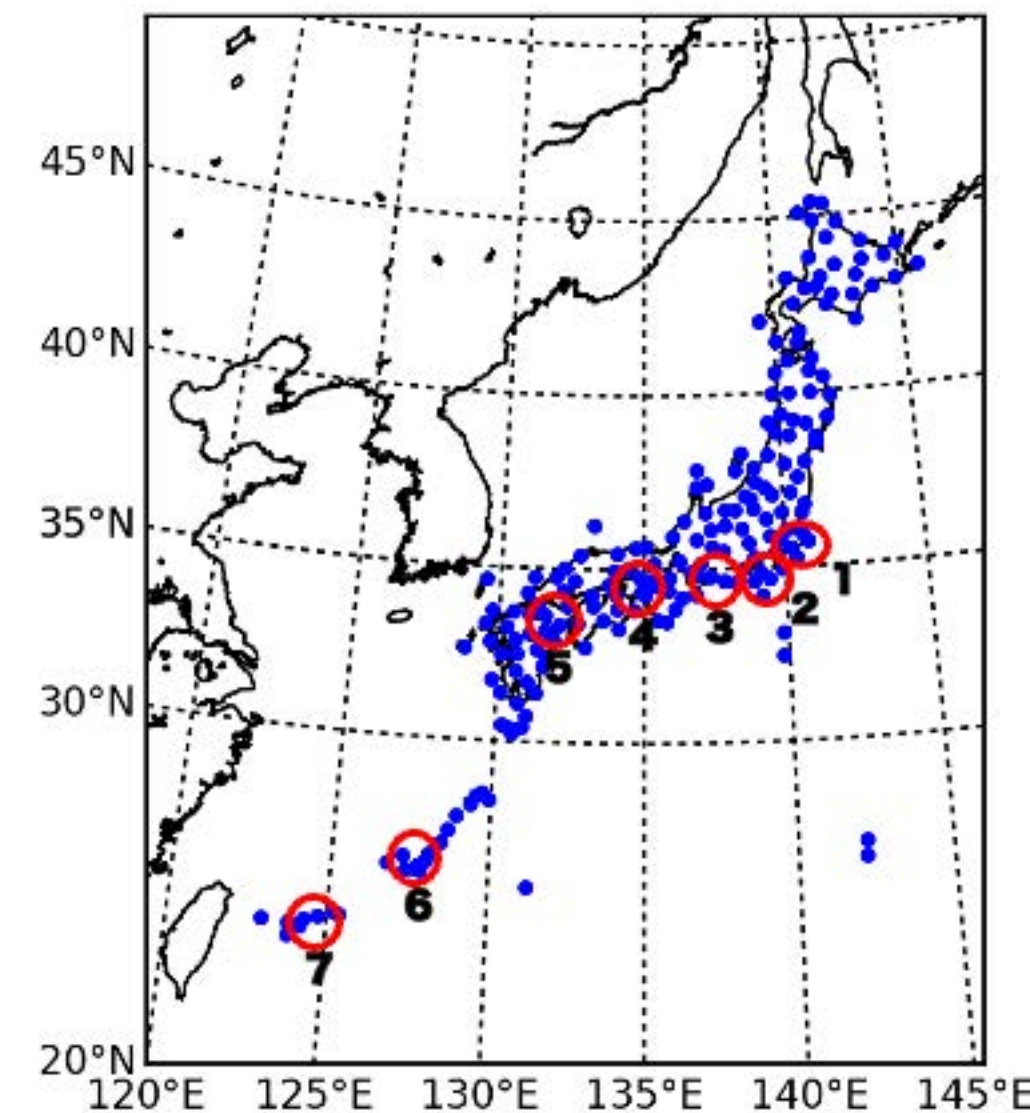
ICAOアジア太平洋地域GBAS

電離圏脅威モデル

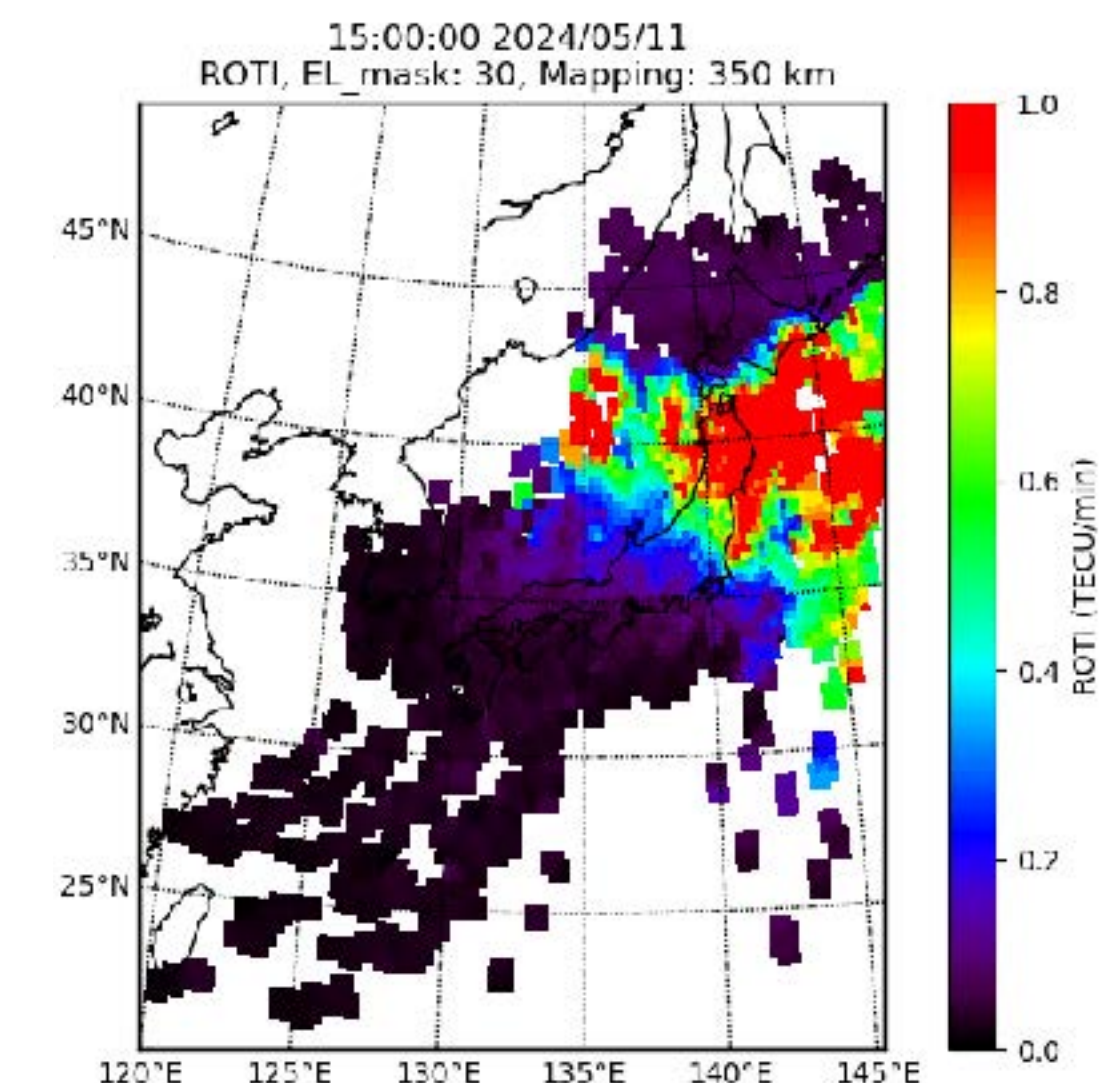
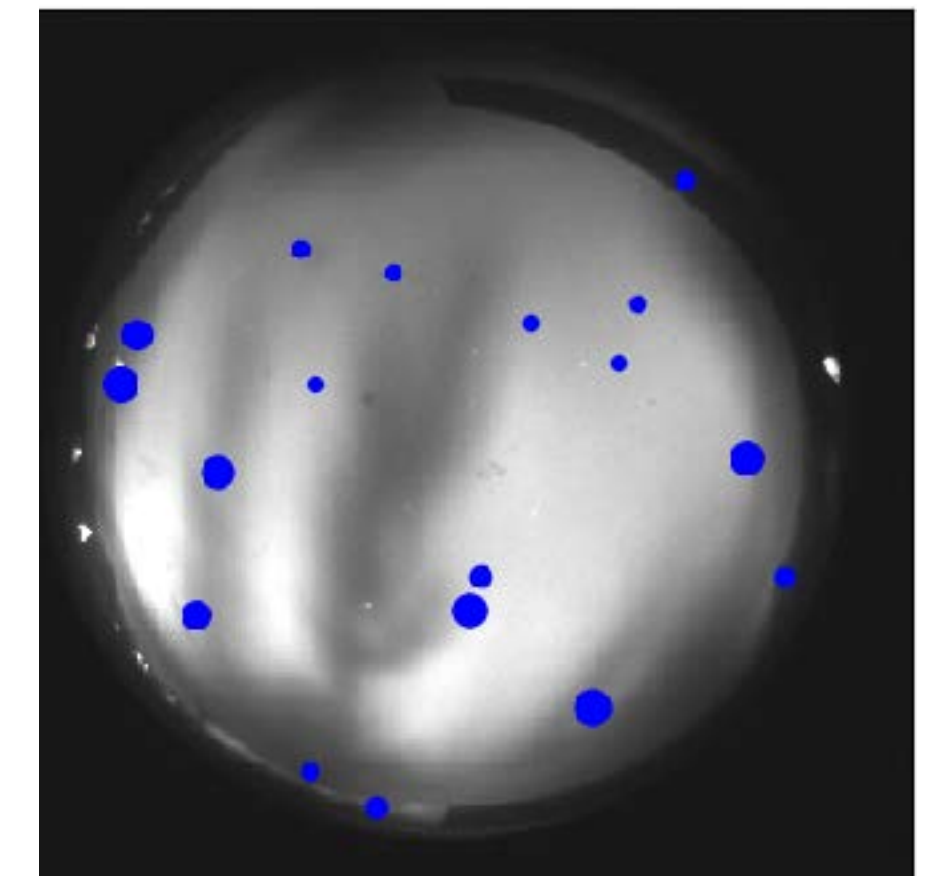


[Saito et al., GPS Solut., 2017]

国内電離圏勾配検証



電離圏リアルタイム監視



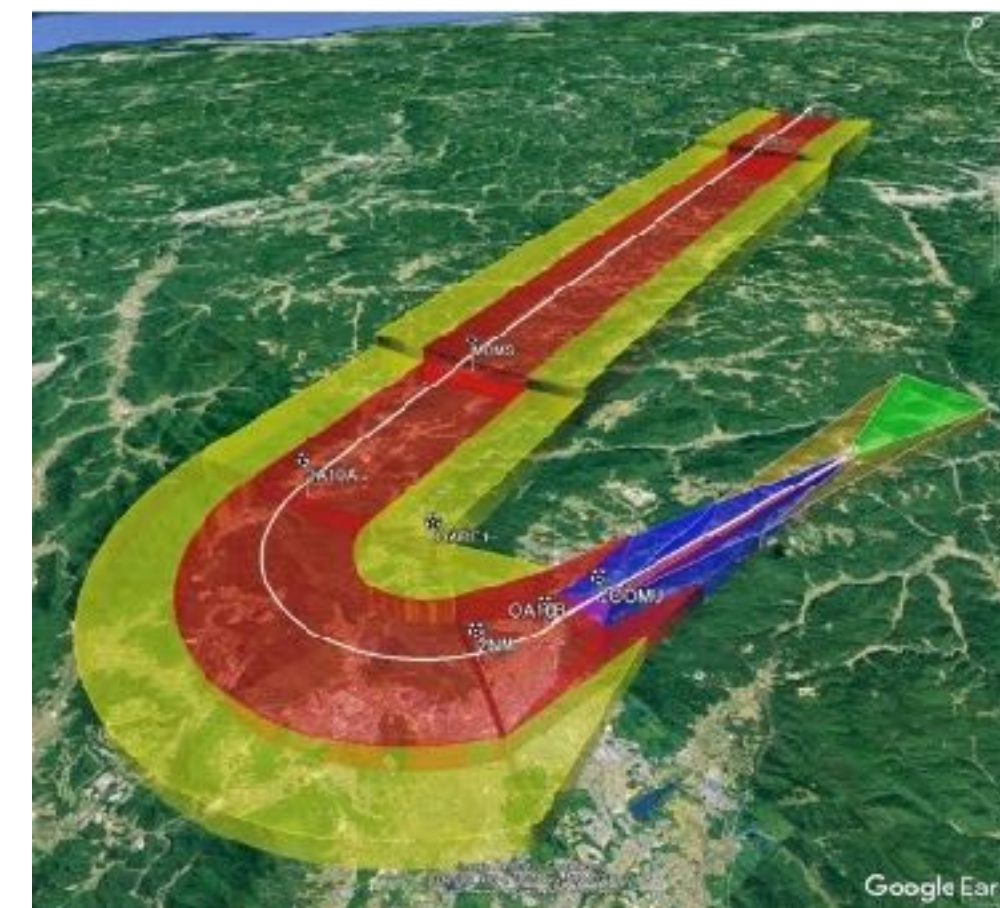
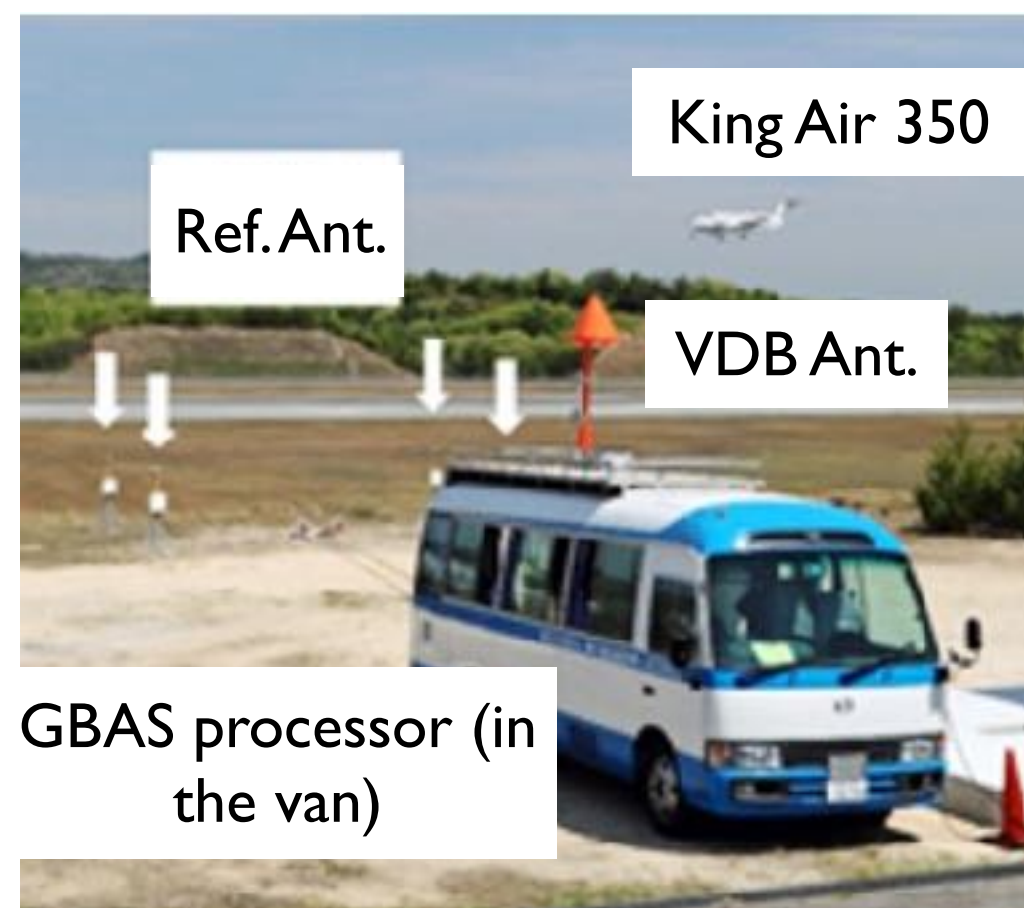
- * 国内及びアジア太平洋地域の協力を通してGBAS電離圏脅威モデルを構築
- * 背景電離圏リアルタイム監視システムを開発

GBAS実用化に向けた取り組み

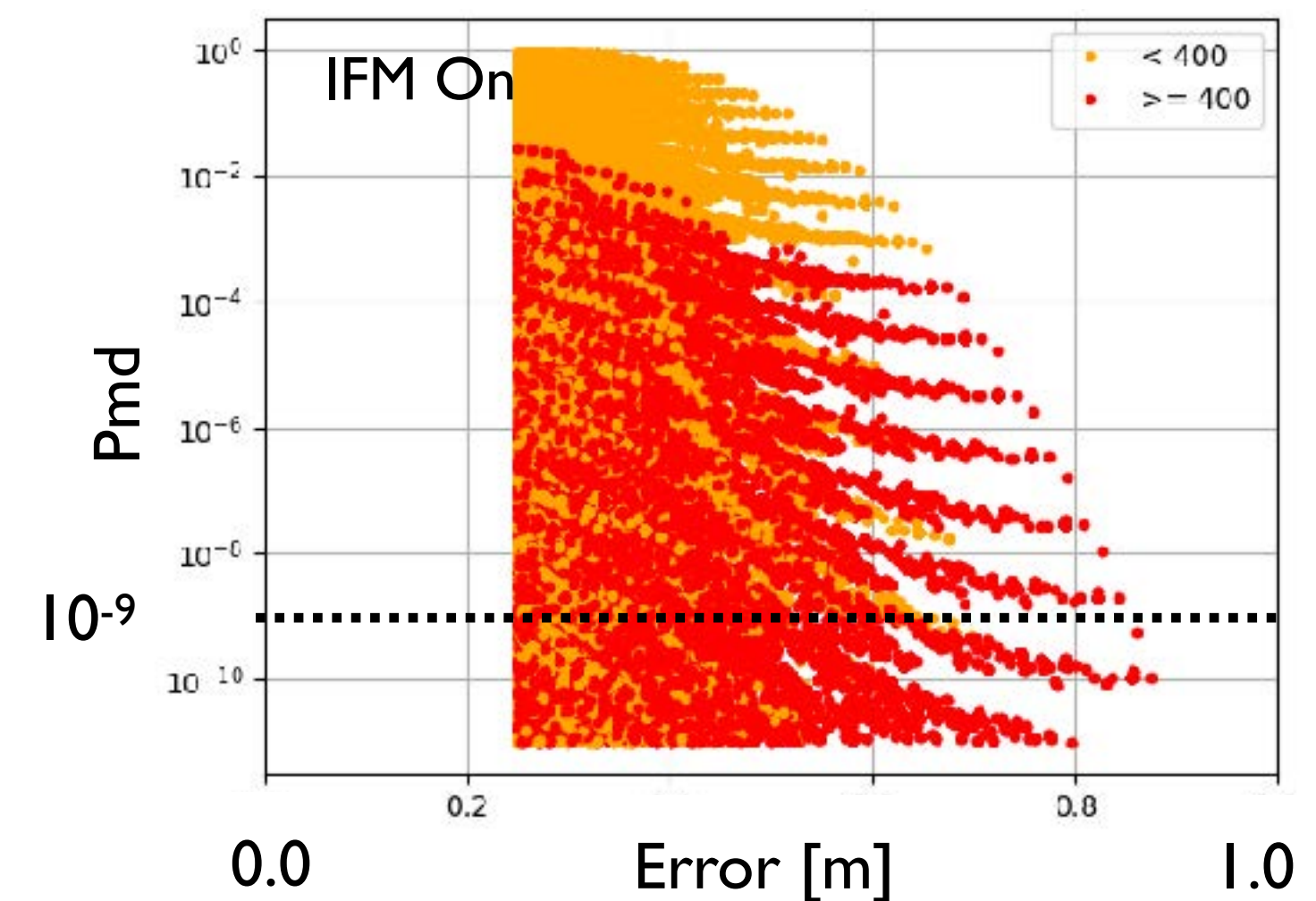
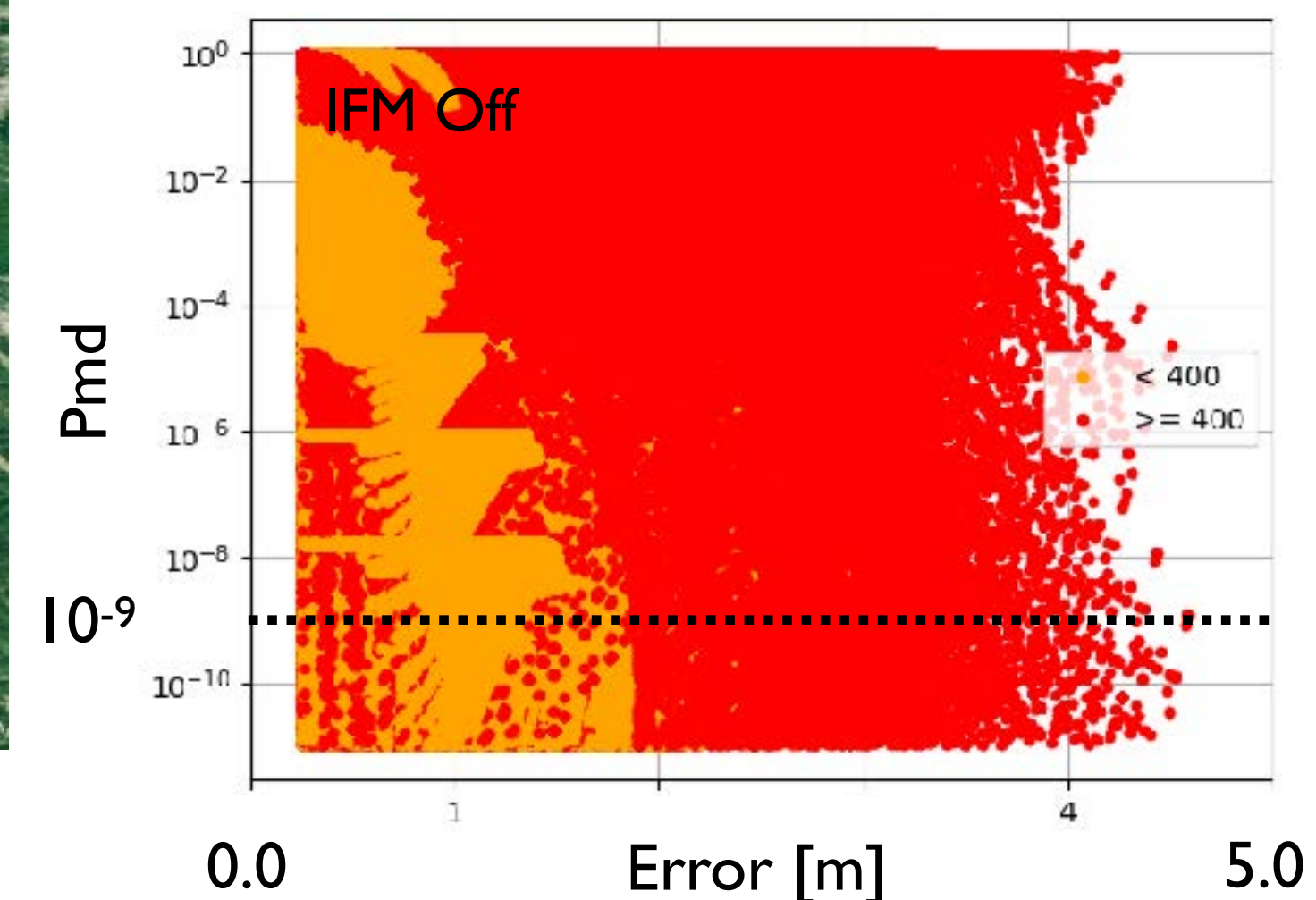
可搬型GBASを用いたRNP-GLS飛行実験



GBAS性能評価装置



IFMによるGAST D性能向上



* GBASの実用化に向けた様々な研究
開発・社会実装活動を実施

- 実証実験装置開発
- GBAS運航方式開発、実証実験
- GBAS認証補助
- 電離圏対策技術開発、普及活動



バンコクGBASコンセプト実証実験

* GBASの国際状況

- GAST C (CAT-I)標準化完了 (2001年)
- 羽田空港を含む世界100以上の空港で運用中
- GAST D (CAT-II/III)標準化完了 (2018年)
- GAST E (CAT-II/III, DFMC)標準化進行中

* 電子航法研究所の研究活動

- 1996年以来GBASに関する研究開発を実施
- GAST C地上プロトタイプ装置の開発
- GAST D地上実験用プロトタイプ及び機上実験装置の開発
- DFMC GBASの標準化
- GBASの実用化のための技術開発、普及活動