

カテゴリⅢ GBAS地上装置の プロトタイプ開発

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、星野尾一明、
福島荘之介、齋藤真二、毛塚 敦

発表内容

- GBASによるカテゴリⅢ (CAT-Ⅲ)
 - GBASの概要
 - 電離圏異常の対策
 - GAST-Dの概要
- GAST-D研究用地上装置
 - 目的と特色
 - 開発の概要
- 空港環境下での検証
 - 新石垣空港への設置
 - 今後の実験計画
- まとめと今後

GBAS CAT-Ⅲ
→ GAST-D SARP's原案
(電離圏脅威への対策)



GAST-Dプロトタイプ開発
・SARP's原案の検証
・日本における問題と対策



低磁気緯度への設置検証
(新石垣空港)
・電離圏脅威への対策検証
・世界で唯一の検証

1. GBASによるカテゴリⅢ (CAT-Ⅲ) GNSS運航とカテゴリⅢ精密進入

■ GNSS運航

- シームレスかつ高精度な航法、効率的な経路設計の実現に寄与
- GNSSへの移行にはカテゴリⅢ精密進入の技術的実現性が重要

■ GBAS: GNSSによるCAT-Ⅲが期待される唯一の規格

- 米国、欧州でGBASによるCAT-Ⅲの実現性検証が重要プロジェクトに

1. GBASによるカテゴリIII (CAT-III)

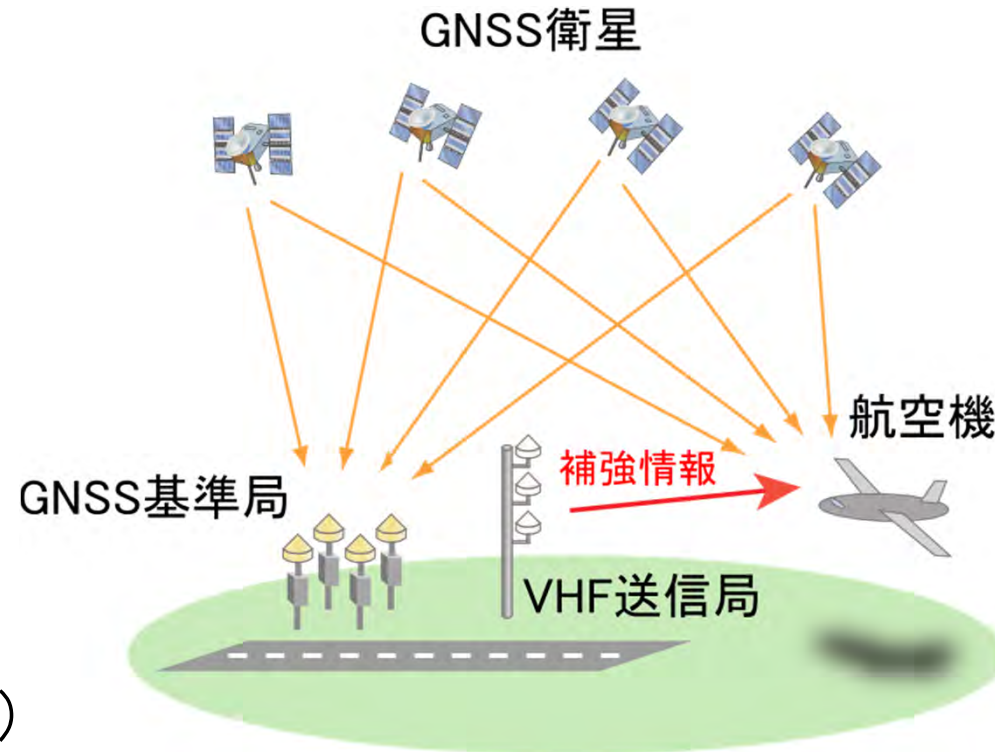
GBASの概要

■ 構成機器

- GNSS基準局
 - GNSS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)
 - 108~118MHz

■ カテゴリ I 精密進入 (CAT-I)

- 国際標準 (ICAO SARPs) : 2001年発効
- GBAS CAT-I導入に関する国際動向
 - 導入済: ブレーメン (独)、ニューアーク、ヒューストン (米)、マラガ (西)、シドニー (豪)
 - 今後予定: フランクフルト (独)、チューリッヒ (瑞) など



1. GBASによるCAT-III

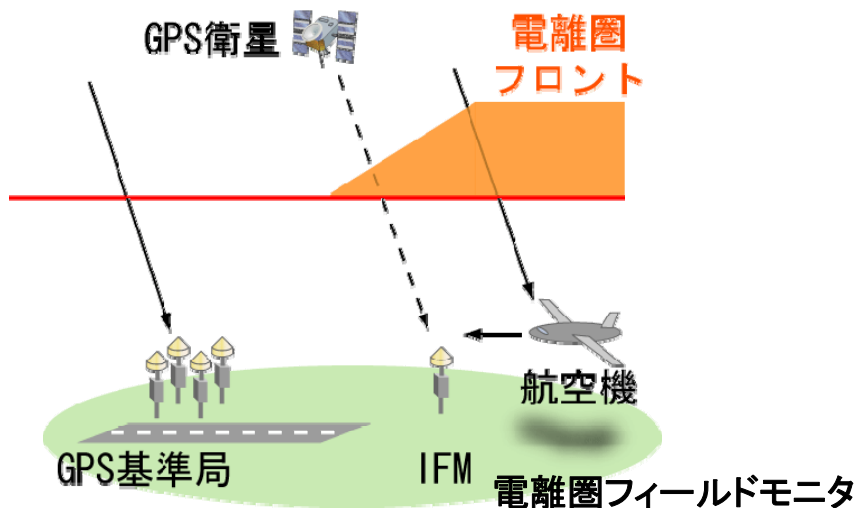
CAT-IIIへの進展：電離圏異常への対策

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

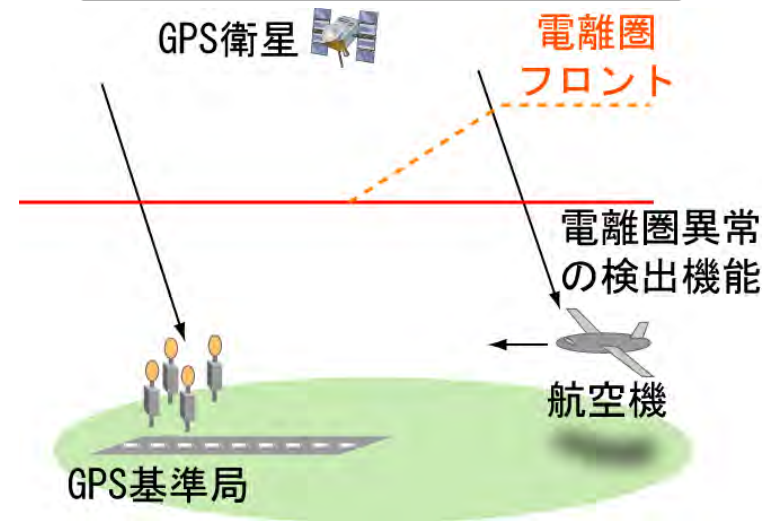
電離圏フロントを地上側で検出できない場合が存在



■ 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



1. GBASによるCAT-III GAST-D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

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

1. GBASによるCAT-III GAST-Dの国際動向

■ GAST-D国際標準化作業

- ICAO航法システムパネル(NSP)の作業部会で机上検討による実現可能性の検証を完了した国際標準及び勧告方式(SARPs)原案の策定
- 2010年5月から運用を含めた検証へ移行
- 2015年第2四半期に取りまとめ予定

■ 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:GAST-D研究用地上装置の開発と評価

2. GAST-D研究用地上装置 目的と概要

- SARPs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
 - 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

2. GAST-D研究用地上装置 安全性設計検証会議

■ システム設計

- ハードウェア
- ソフトウェア

■ 文書化

- アルゴリズム記述文書
- 予備的安全性評価書

■ 安全性設計検証

- リスクの抽出
- 故障木解析による体系化
- リスクの数値化と脅威となるリスクの特定
- リスク割り当て(許容する設計要求値の設定)
- 要求値を実現するためのリスク軽減策(異常検出モニタ開発など)
- 最終的な残リスクの評価

H23	H24年度				H25年度	
4 / 4	1 / 4	2 / 4	3 / 4	4 / 4	1 / 4	2 / 4
	設計 ハードウェア製造					
	ソフトウェア設計・製造					
					統合	検査
	安全性設計検証					

2. GAST-D研究用地上装置 実装した主な異常検出モニタ

- 新規に設計検証したモニタ
 - 電離圏勾配モニタ
 - 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
- 性能向上策として小型基準信号
発信器を使用して比較検証

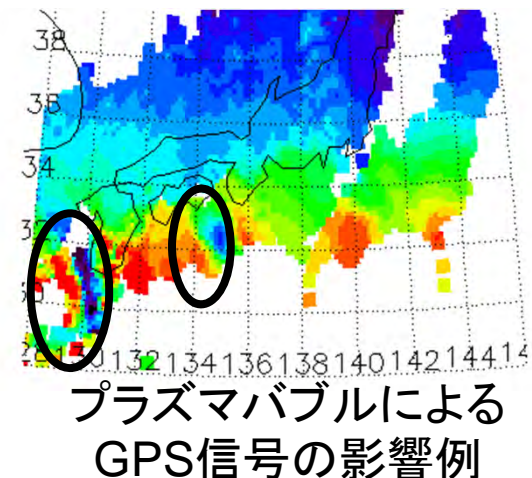
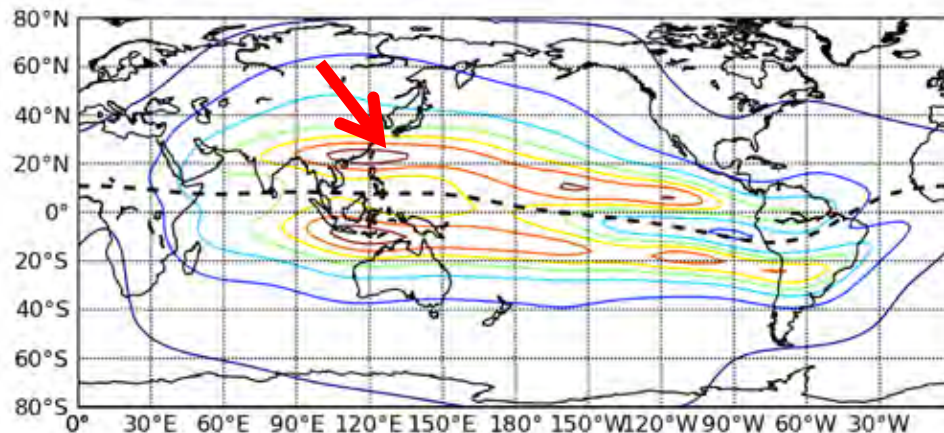
3. 空港環境下での検証 目的

- 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 SARPs原案の妥当性検証
 - 電離圏擾乱下での電離圏勾配モニタ等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
 - サイトینگ要件の妥当性検証
 - 電離圏脅威モデル(最大500mm/km)の妥当性検証

3. 空港環境下での検証

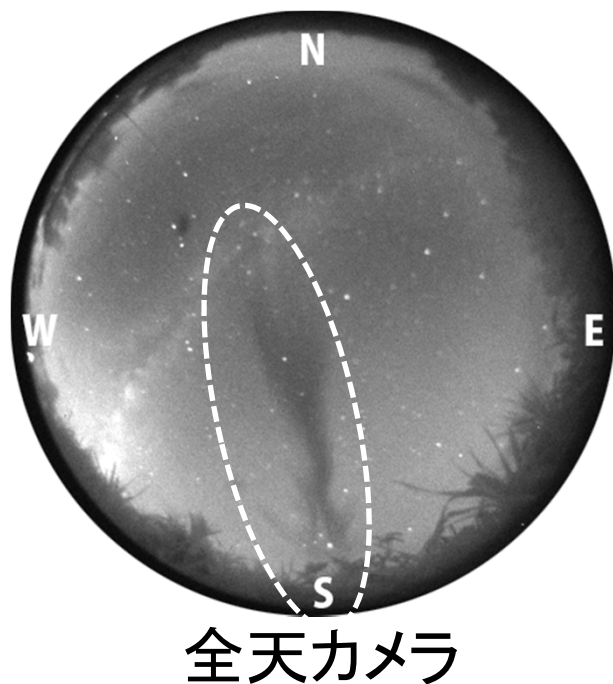
電離圏脅威の軽減に重点化した検証

- 重点化した検証内容
 - 地上／機上の連携による電離圏脅威の軽減手法の妥当性
 - 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
 - 電離圏の密度の局所的な減少(プラズマバブル)
 - GAST-D検証活動で唯一、磁気低緯度地域における検証



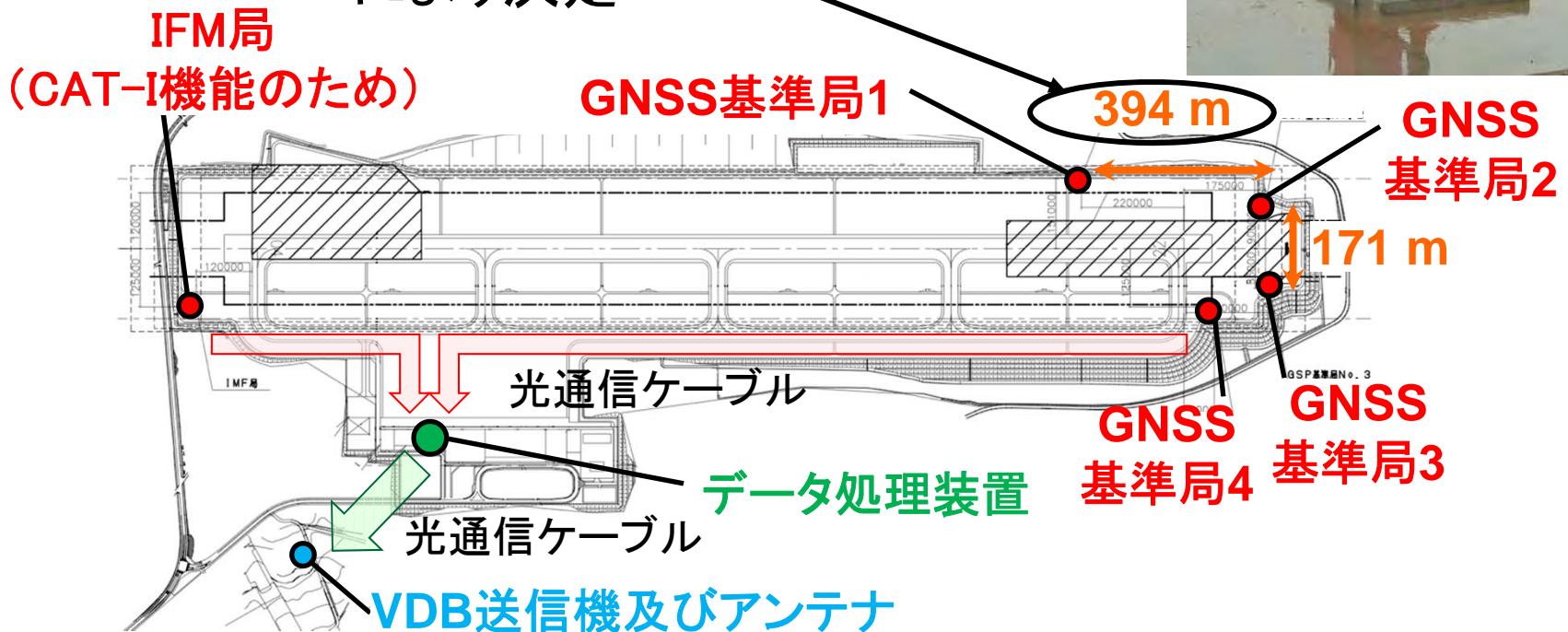
3. 空港環境下での検証 プラズマバブル観測と統合した総合的評価

- GPS稠密電離圏観測システム
(数km内にGPS観測点が5点)
- 全天カメラ(大気光イメージャ)

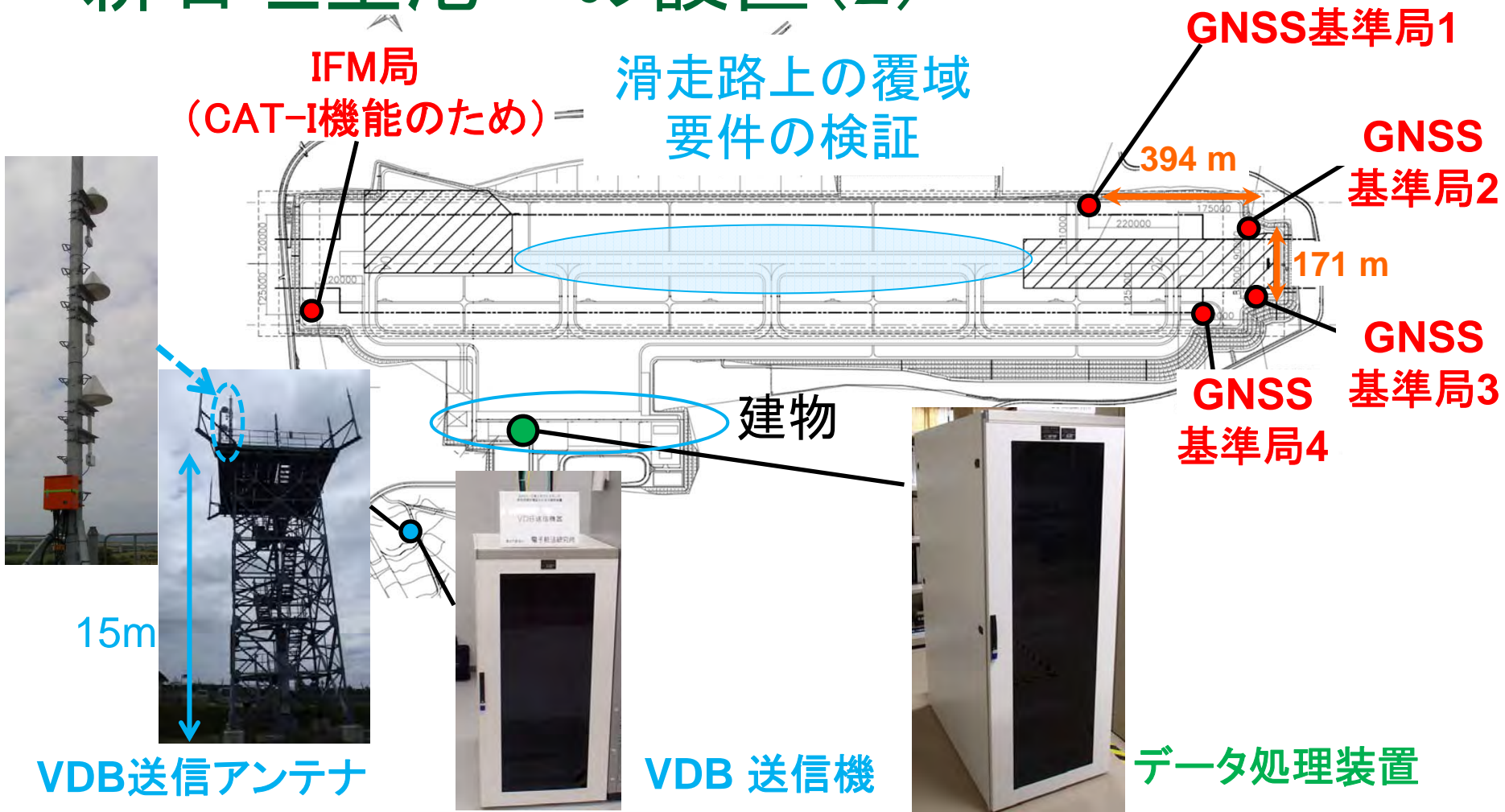


3. 空港環境下での検証 新石垣空港への設置

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



3. 空港環境下での検証 新石垣空港への設置(2)



まとめ

- CAT-III GBAS (GAST-D)
 - 地上／機上の連携で電離圏脅威を軽減
 - 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年第2四半期にSARPs最終案とする
- 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
 - 電離圏脅威の軽減手法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、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