



GAST-D機上装置の開発と評価

齋藤 享、*吉原 貴之、毛塚 敦、齋藤 真二、

福島 荘之介、星野尾 一明

電子航法研究所 航法システム領域



GAST-D (GBAS Approach Service Type-D)

- * GAST-D (GBAS Approach Service Type-D)
 - LI信号 (1.57542 GHz) を用いてカテゴリーIII精密進入を実現するGBAS (Ground-based augmentation system: 地上型衛星航法補強装置)

 - * GAST-C (GBAS Approach Service Type-C: カテゴリーI GBAS) と異なる安全性担保コンセプト
 - GAST-C: GBAS地上施設がCAT-I相当の安全性を担保
 - **GAST-D: 機上装置側も衛星航法に係わる安全性の担保 (主に電離圏に起因する誤差に起因する部分) に寄与**
- ⇒ **GAST-D技術標準の検証には、地上施設だけでなく機上装置の開発が不可欠**



国際動向

- * ICAOにおける技術標準(SARPs)策定
 - 開発の基礎となる技術標準案 (GAST-D Development Baseline SARPs)を2010年に策定、机上検討を終了
 - 2015年春の最終案策定に向け、実機による実現可能性検証を実施中

 - * 各国によるプロトタイプ開発、実現可能性検証
 - 米：Honeywell（地上装置、機上装置）
 - 欧：Thales（地上装置、大型機用機上装置）、Indra Navia（地上装置）、Honeywell（ビジネス機用機上装置）
 - 日：電子航法研究所（地上装置、機上装置）
- ※ 欧米と異なる環境（磁気低緯度）での検証に期待



GAST-D機上実験装置の機能

◆ 機能

- * GNSSデータ処理、GBAS補正
- * インテグリティモニタ
- * コース偏位出力
- * VDB信号強度測定
- * GBASメッセージ記録
- * オフライン処理も可能

□ 参照文書

- GAST-D development baseline SARP
- RTCA Do-253C
- RTCA Do-246D

● インテグリティモニタ

* 実装済み

- VDB認証
- CCD (Code-Carrier Divergence) モニタ
- ジオメトリスクリーニング
- **DSIGMA** (Dual Solution Ionospheric Gradient Monitoring Algorithm)
- DCMC (Differential Collection Magnitude Check)
- Fault Detection
- BAM (Bias Approach Monitor)

* 一部実装

- Fault Detection (衛星追加時)



機上装置のインテグリティモニタの例

* DSIGMA

- Dual Solution Ionospheric Gradient Monitoring Algorithm
- GBASではコード擬似距離を搬送波位相で平滑化处理 (キャリアスムージング)

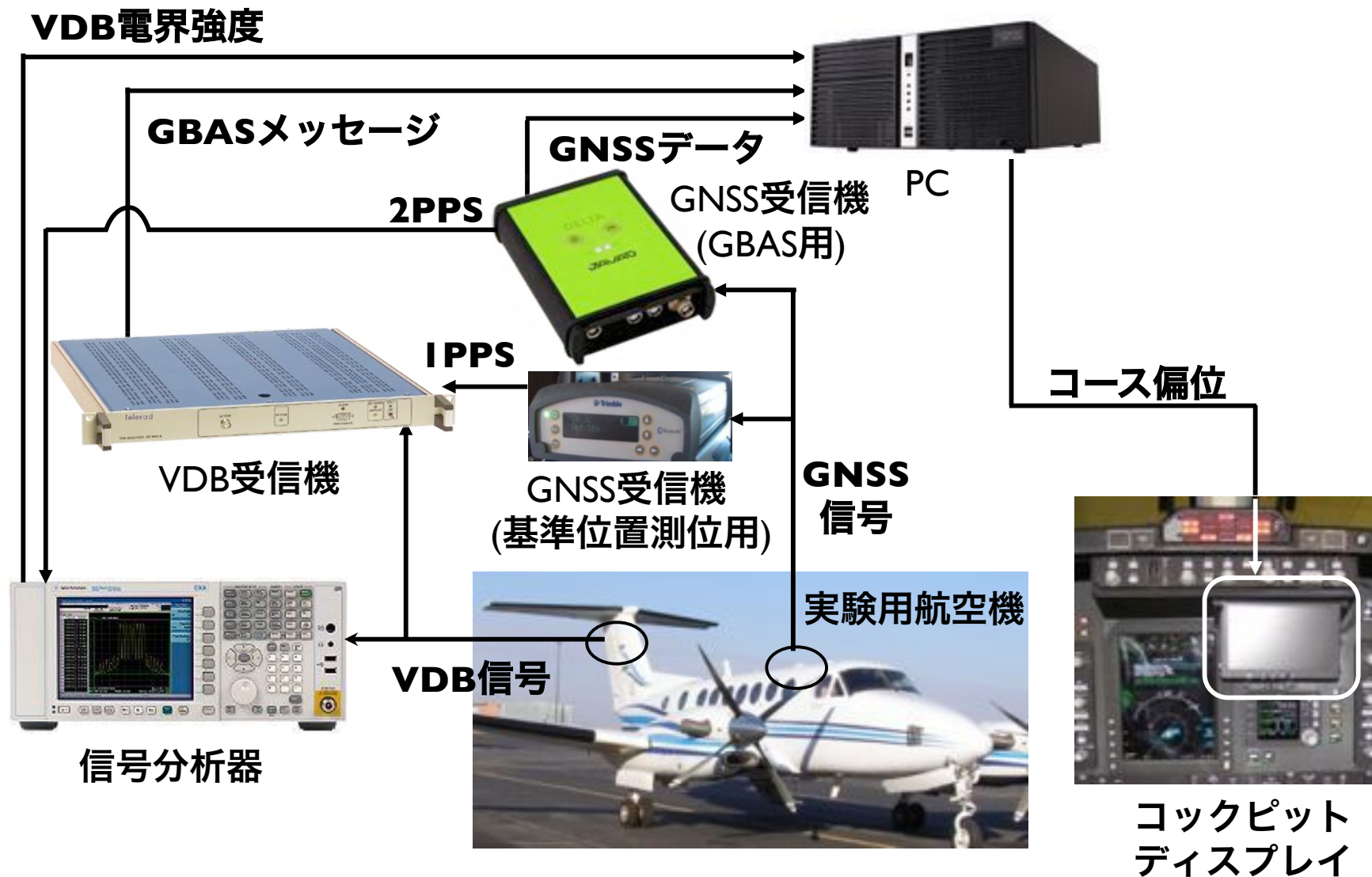
⇒電離圏異常が存在する場合、平滑化の時定数により影響が異なることを利用して検出

2種類の測位計算

- ・スムージング時間100秒の擬似距離で測位 Type1メッセージの補正值を使用
- ・スムージング時間30秒の擬似距離で測位 Type11メッセージの補正值を使用

垂直または水平方向の乖離が2mを超えた場合に測位解は異常と判定

GAST-D機上実験装置の構成



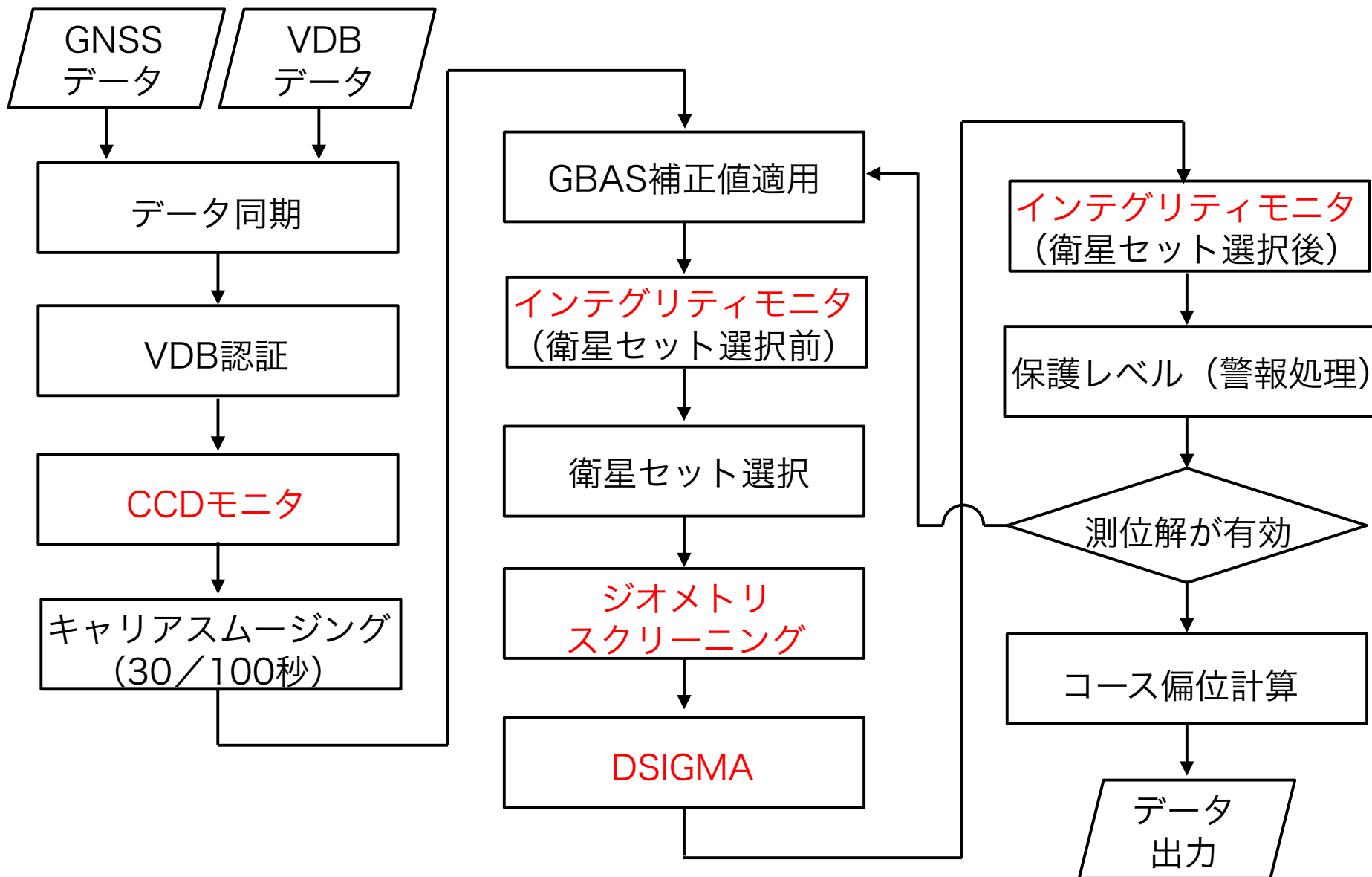


GAST-D機上実験装置 - ハードウェア -

GNSSアンテナ	AeroAntenna AT1675-381
VHFアンテナ	Comant CI 120-200 G/S-L
GNSS受信機 (GBAS用)	JAVAD Delta-G3T
GNSS受信機(基準位置測位用)	Trimble NetR9
VDB受信機	Telerad RE9009A
信号分析器	Agilent N9010A
PC	CONTEC VPC2000
コックピットディスプレイ	Flight Display Systems FD90AID-7



GAST-D機上実験装置 - ソフトウェア -



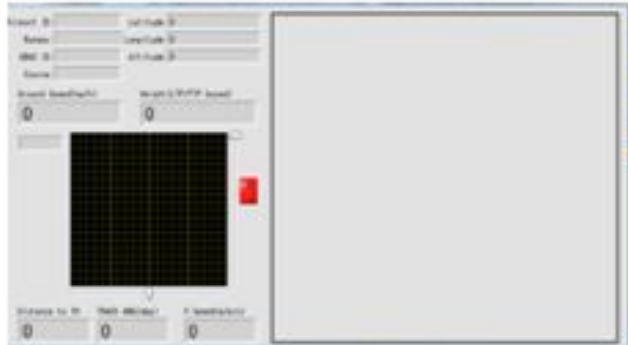


GAST-D機上実験装置 - ソフトウェア -

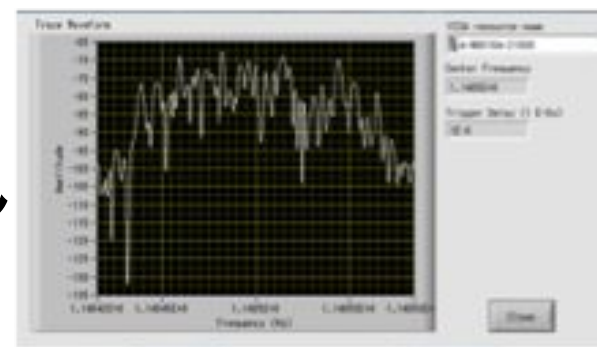
メイン画面



コックピットディスプレイ



VDBスペクトル





飛行実験の概要

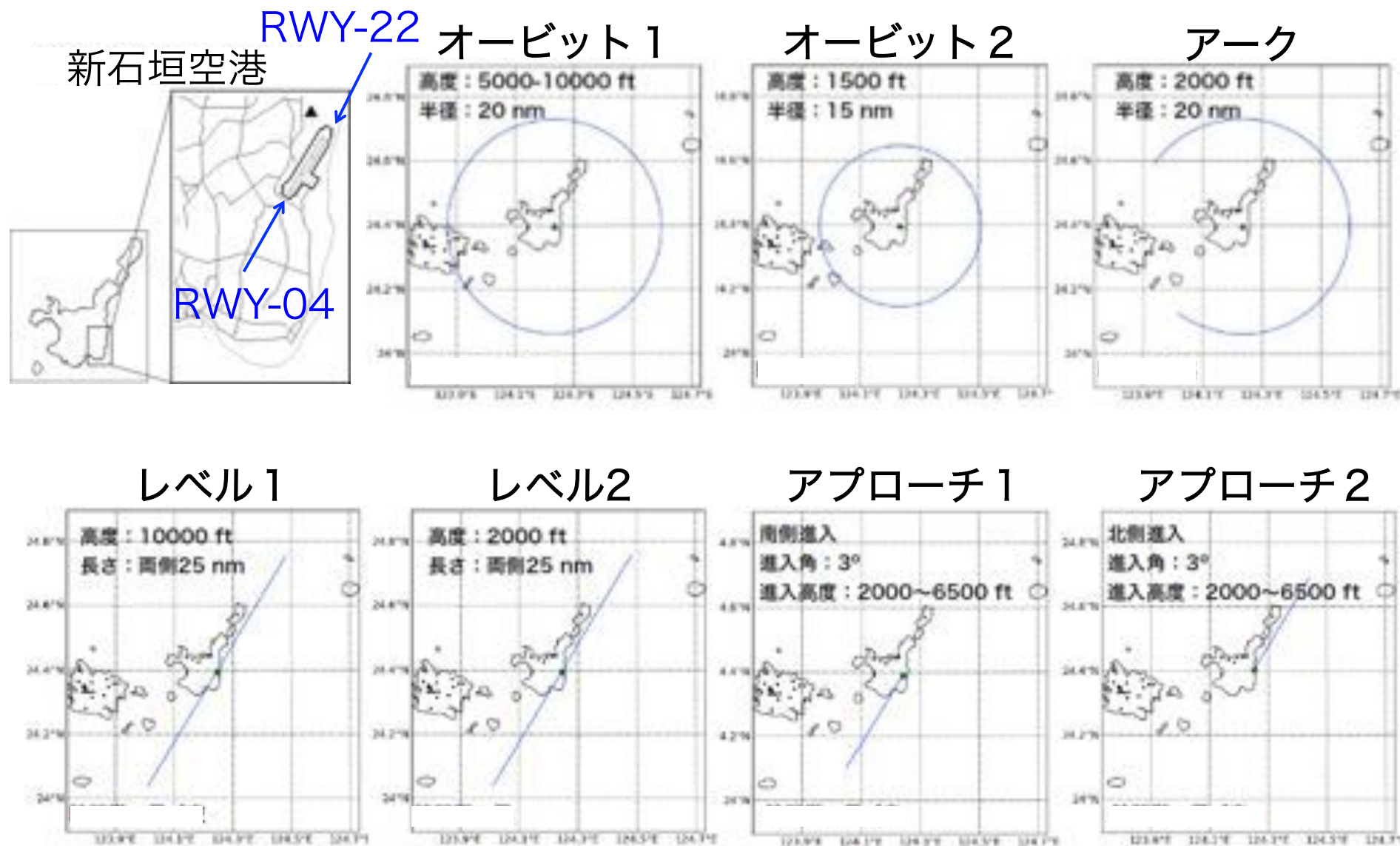
* 目的

- 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の実証

* 飛行パターン

- 弧状飛行（オービット・アーク）
- 一定高度飛行（レベル）
- アプローチ（タッチアンドゴー）
 - 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）

飛行パターン



飛行実験

- * 使用空港：新石垣空港
- * 使用機材：Beechcraft KingAir 350
- * 有視界飛行
- * 期間: 2014年3月21～28日
 - 10 フライト (昼間: 6フライト, 夜間: 4フライト)
 - 合計45アプローチ：24回@RWY-22、21回@RWY-04



日付	3月21日	3月22日	3月23日	3月24日
昼間	アプローチ1	オービット2	オービット1	-
夜間	アプローチ2	アプローチ1	レベル2 & 2回アプローチ	-
日付	3月25日	3月26日	3月27日	3月28日
昼間	アーク	アプローチ2	-	レベル1 & オービット2
夜間	-	-	-	アプローチ1&2

***赤のセルは電離圏擾乱 (プラズマバブル) 発生を示す**

平成26年度電子航法研究所研究発表会 (平成26年6月5～6日)



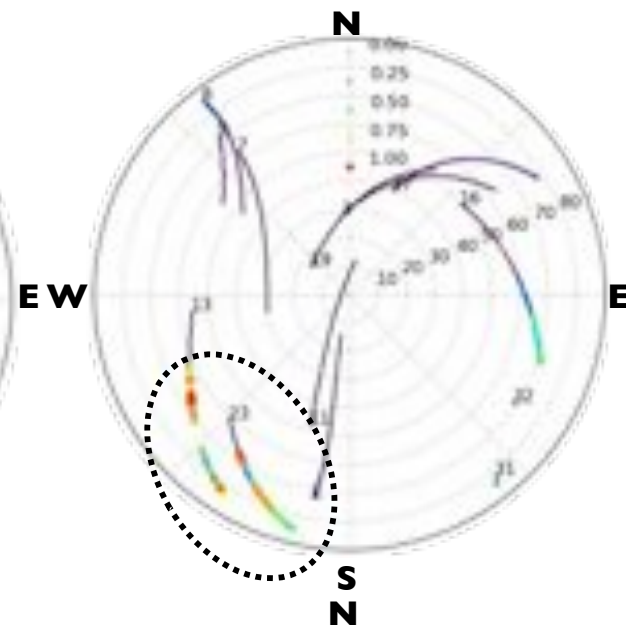
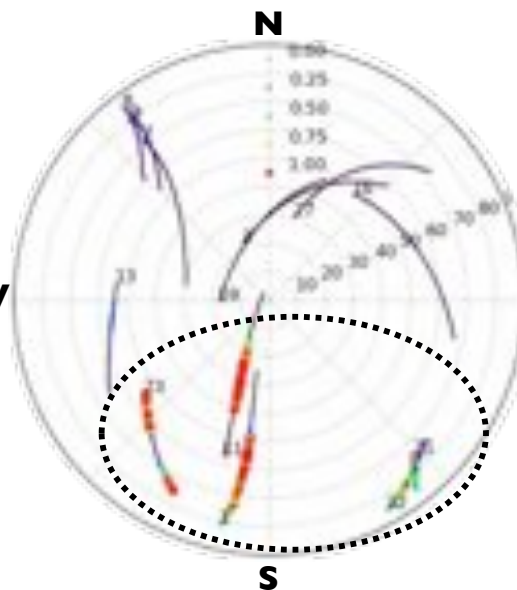
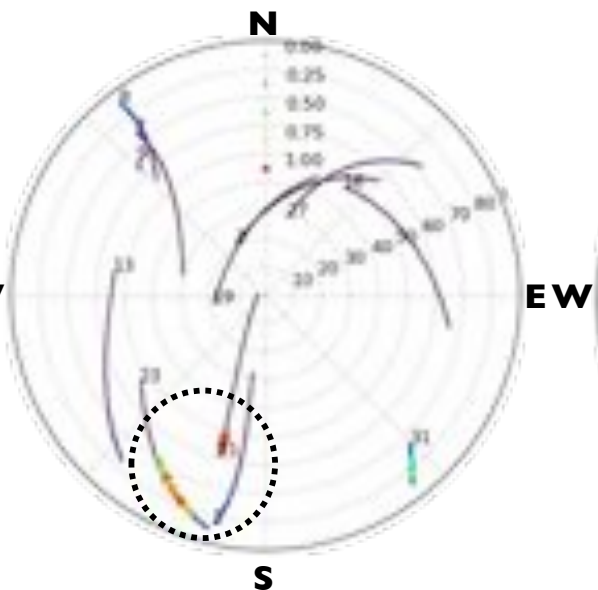
電離圏擾乱（プラズマバブル）の発生状況

22 March 2014

23 March 2014

24 March 2014

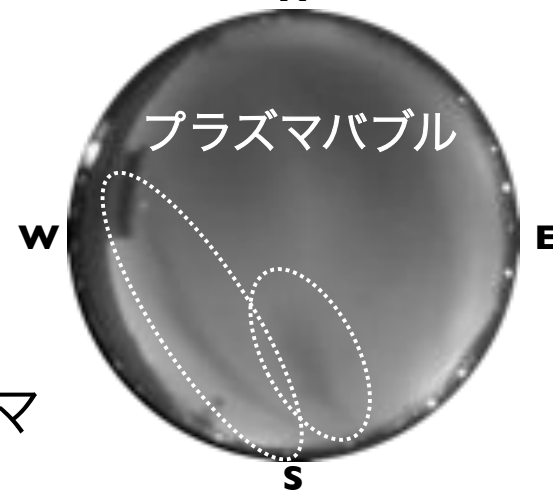
シンチレーション W
(21-23 LT)



777.4nm大気光
(高度350km付近の
電離圏密度に対応)

全天カメラ
なし

全天カメラ
なし



* 3フライトで、世界初の電離圏擾乱（プラズマバブル）発生中のGBAS飛行実験に成功

VDB電界強度測定

- * アプローチの例
 - 2014年3月21日日本時間
21:48:45-21:57:55
 - RWY-22
 - 6000 ftから降下角 3° で進入
- * 測定
 - 信号分析器(Aglient N9010A)
 - スロットA (0~62.5 ms)
を1秒ごとに測定

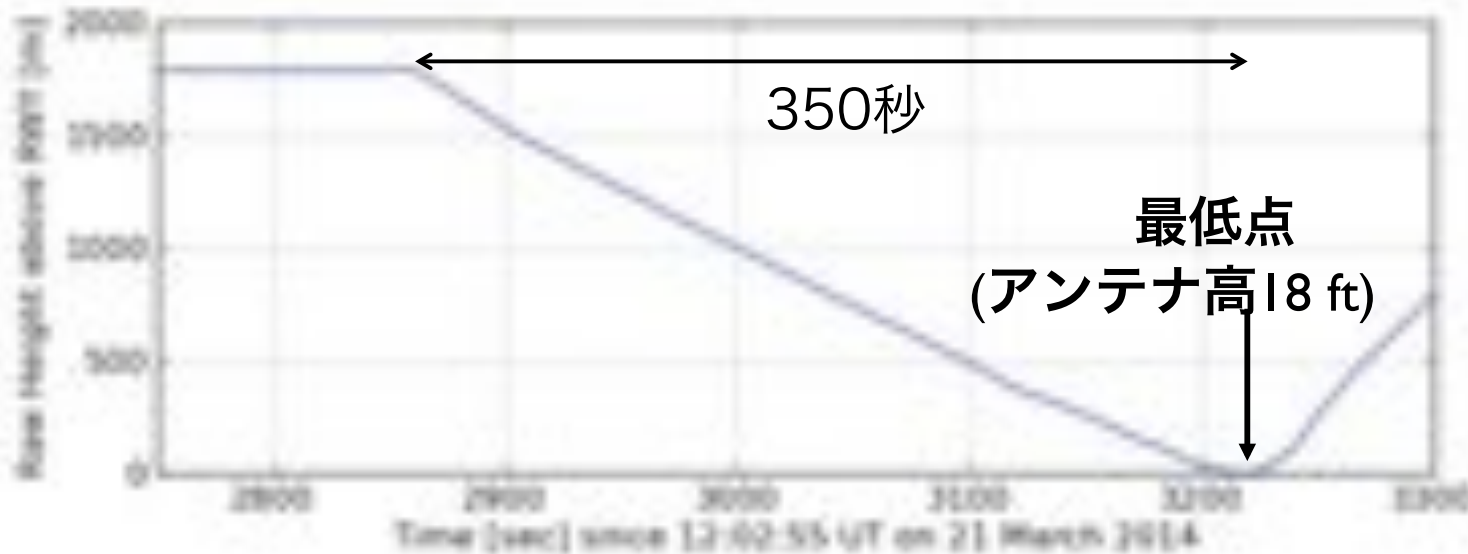
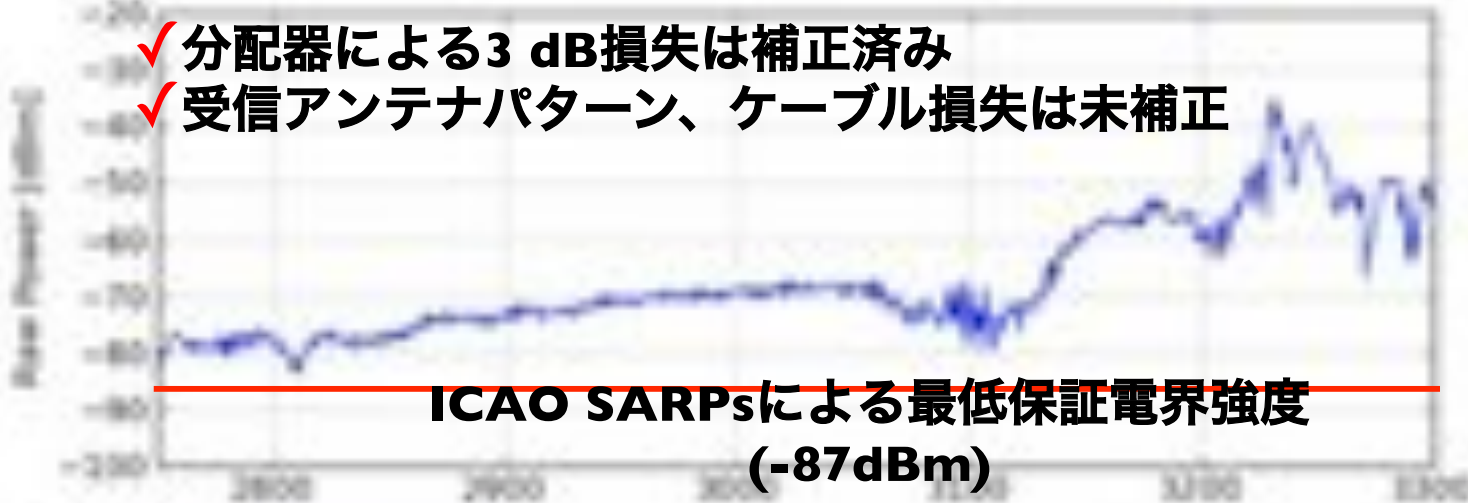


VDB電界強度測定

電界強度 (dBm)

滑走路面からの高度 (m)

- ✓ 分配器による3 dB損失は補正済み
- ✓ 受信アンテナパターン、ケーブル損失は未補正



- * 滑走路面上18 ftまでVDB電界強度要件を満足
- * 12 ftまでが要件(8 ftまでが推奨)だが十分余裕あり



まとめ

- * GAST-D機上実験装置
 - ソフトウェア：ICAO GAST-D技術標準案、RTCA DO-253C、DO-246Dに準拠し、主要なインテグリティモニタを装備
 - ハードウェア：商用品を組み合わせて開発
- * 新石垣空港におけるGAST-D飛行実験
 - 2014年3月21～28日
 - 10フライト (昼間6, 夜間4)、計45アプローチ
 - 3夜で電離圏擾乱 (プラズマバブル) 発生→世界初のプラズマバブル発生時のGBAS飛行実験
 - VDB電界強度は滑走路路上少なくとも18 ftまで基準を満足することを確認 (十分余裕あり)
 - 次回飛行実験は2014年9月を予定
- * データ解析を行い、ICAO NSPにおける技術標準案検証に反映させる



謝辞

- 新石垣空港における飛行実験の実施については、航空局、沖縄県、石垣市、気象庁、海上保安庁ほか関係各所から多大なる協力をいただきましたので、ここに深く感謝いたします。