

# 19. GAST-D機上実験装置による飛行実験評価

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

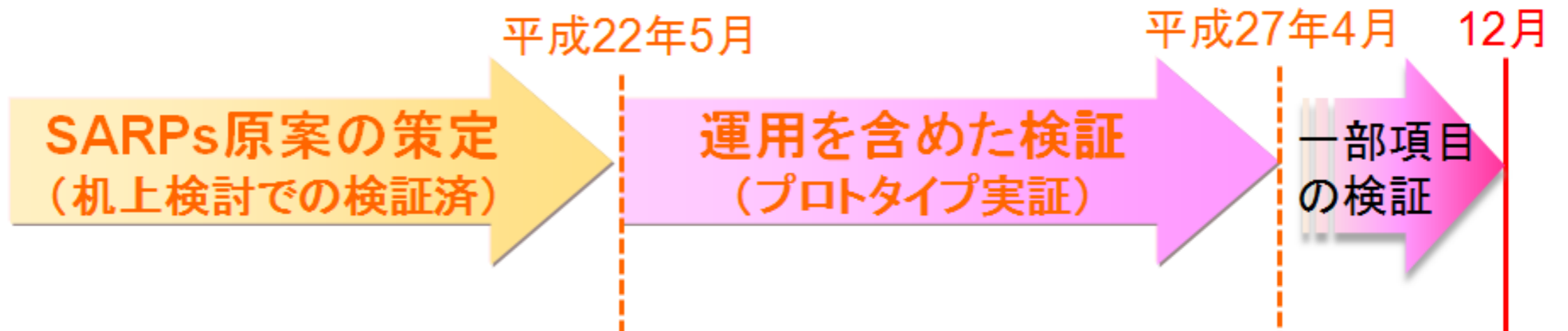
# GAST-D

## (GBAS Approach Service Type-D)

- \* GAST-D (GBAS Approach Service Type-D)
  - L1信号 (1.57542 GHz) を用いてカテゴリーIII (CAT-III) 精密進入を実現するGBAS
- \* GAST-C (カテゴリーI GBAS) と異なる安全性担保のコンセプト
  - 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)

**GAST-D技術標準の検証には、地上装置だけでなく機上装置の開発が不可欠**

## \* ICAOにおける技術標準(SARPs)策定



## \* 各国によるプロトタイプ開発、実現可能性検証

	地上装置(設置空港)	機上装置
米国	Honeywell(アトランティックシティ)	Honeywell
欧州	Thales(ツールーズ) Indra Navia(フランクフルト)	Thales(大型機用) Honeywell(ビジネス機用)
日本	ENRI(新石垣)	ENRI(研究装置)

欧米と異なる環境(磁気低緯度)での検証に期待

## 研究の目的

地上・機上連携による、磁気低緯度地域に対応したGAST-Dの実現可能性を検証する

- 地上装置の開発と新石垣空港への設置  
(講演番号18)
  - 機上装置の開発と実験用航空機への搭載
- } 飛行実験の実施
- 得られた飛行実験データを解析し、GAST-D性能を評価
    - 測位精度、インテグリティ、アベイラビリティ
    - 電離圏異常に対する機上インテグリティモニタの動作
    - VDB電界強度(講演番号20)

# GAST-D機上実験装置の機能

## u 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

## p 参照文書

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

## l インテグリティモニタ

### \* 実装済み

- DSIGMA
- CCDモニタ
- ジオメトリスクリーニング
- VDB認証 電離圏脅威の軽減
- DCMC (Differential Collection Magnitude Check)
- Fault Detection
- BAM (Bias Approach Monitor)

### \* 一部実装

- Fault Detection (衛星追加時)

## \* 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処理  
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

平滑化された擬似距離の影響

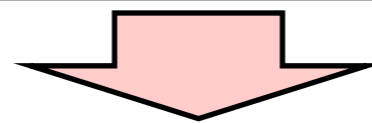
$$\delta I = (x + 2\pi v) \frac{dI}{dx}$$

平滑化時定数

電離圏空間勾配

X: 航空機-基準局間距離  
V: 航空機速度

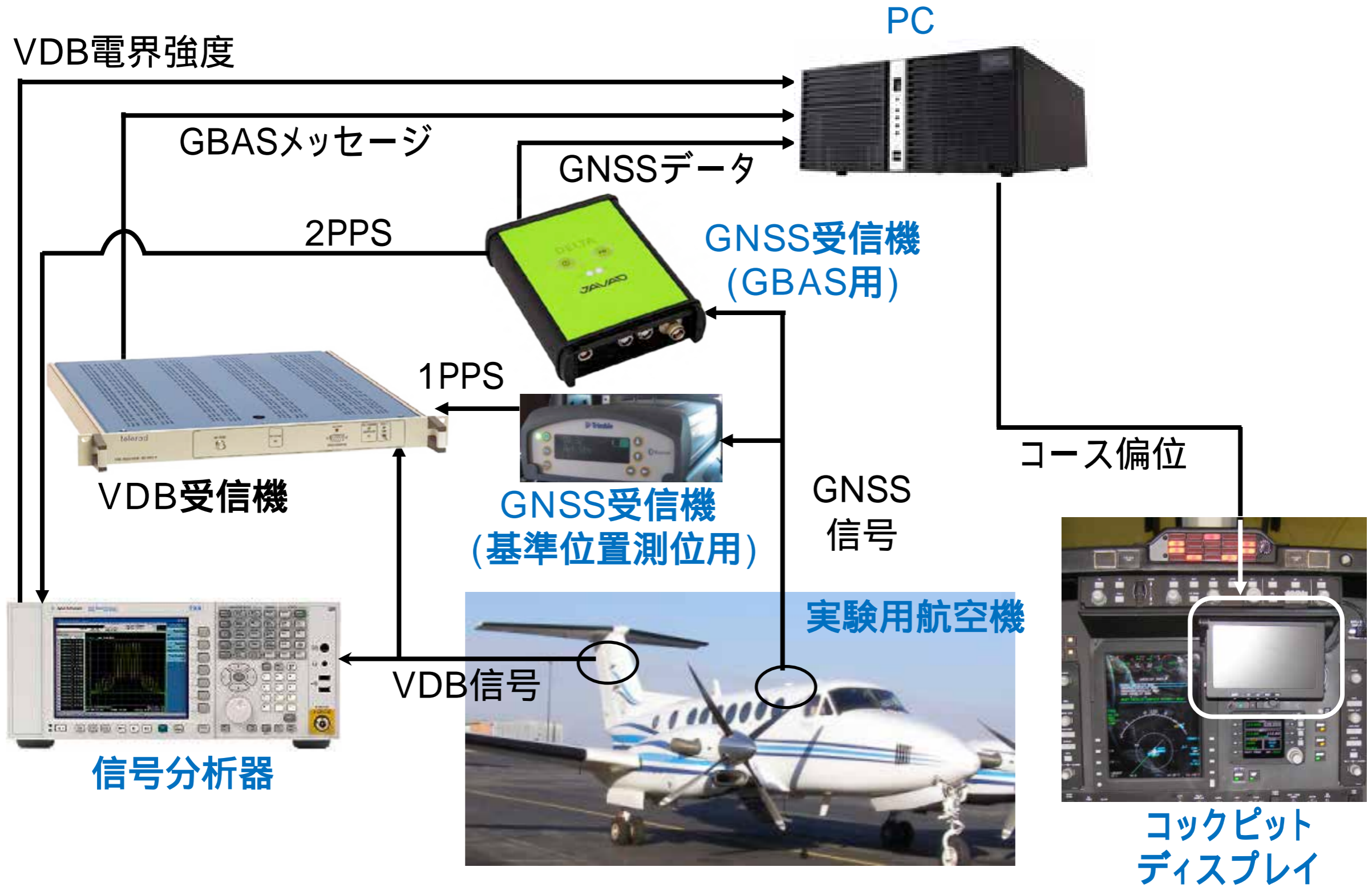
異なる時定数(100秒 / 30秒)で平滑化した擬似距離を用いた測位結果の差(水平DL、垂直DV)を算出



- ・電離圏異常がある場合に増大が予想される
- ・DL、DVのどちらかが2mを超える 測位解を異常と判断

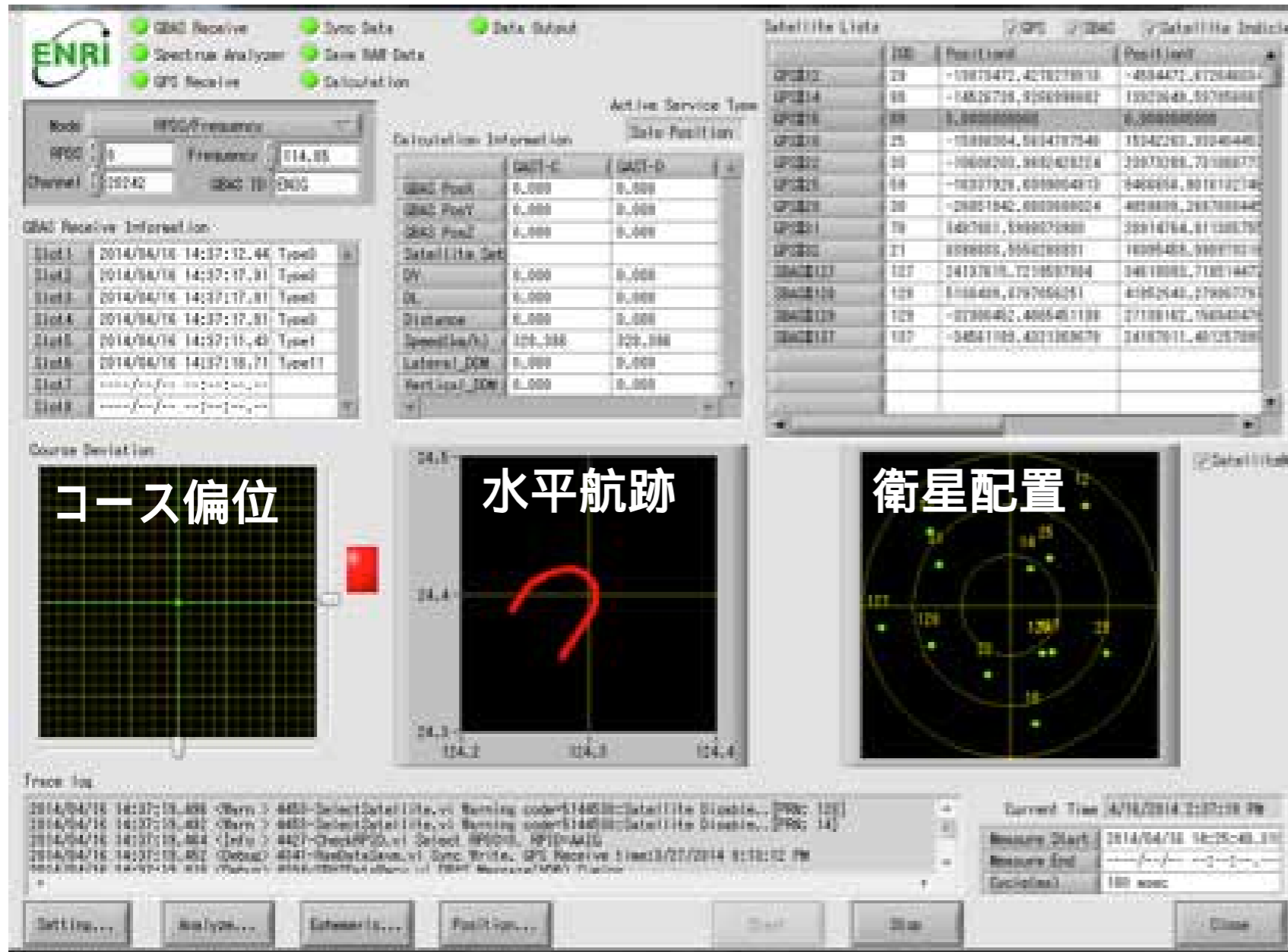


# GAST-D機上実験装置 - ハードウェア -

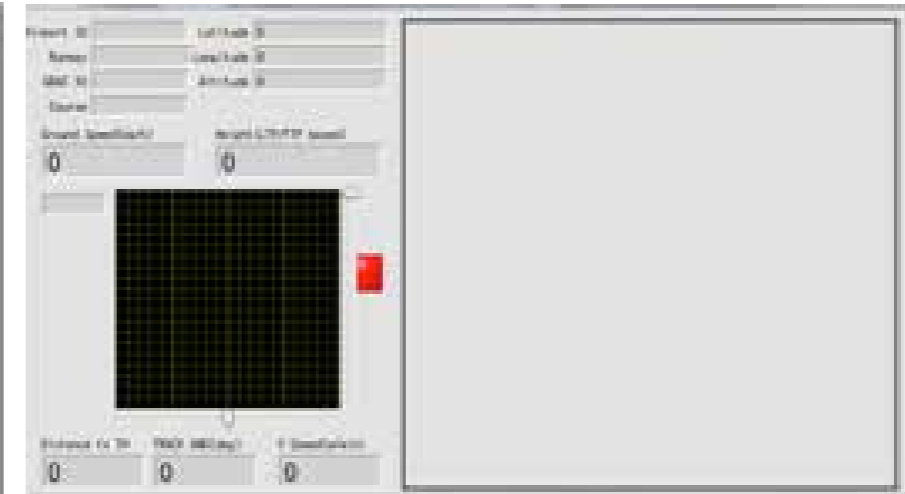


# GAST-D機上実験装置 - ソフトウェア -

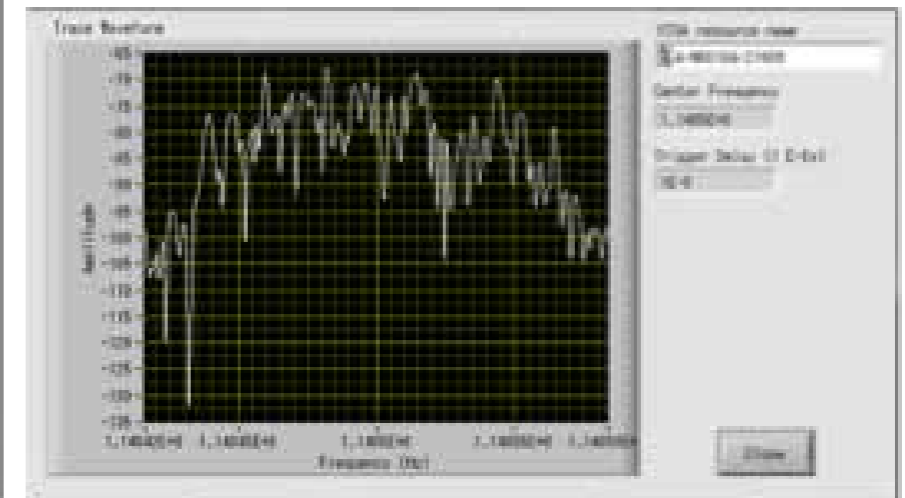
メイン画面



コックピット  
ディスプレイ



VDBスペクトル



ロビーで飛行実験データの解析プログラムを展示しています



# GAST-D飛行実験の地上実験機器構成

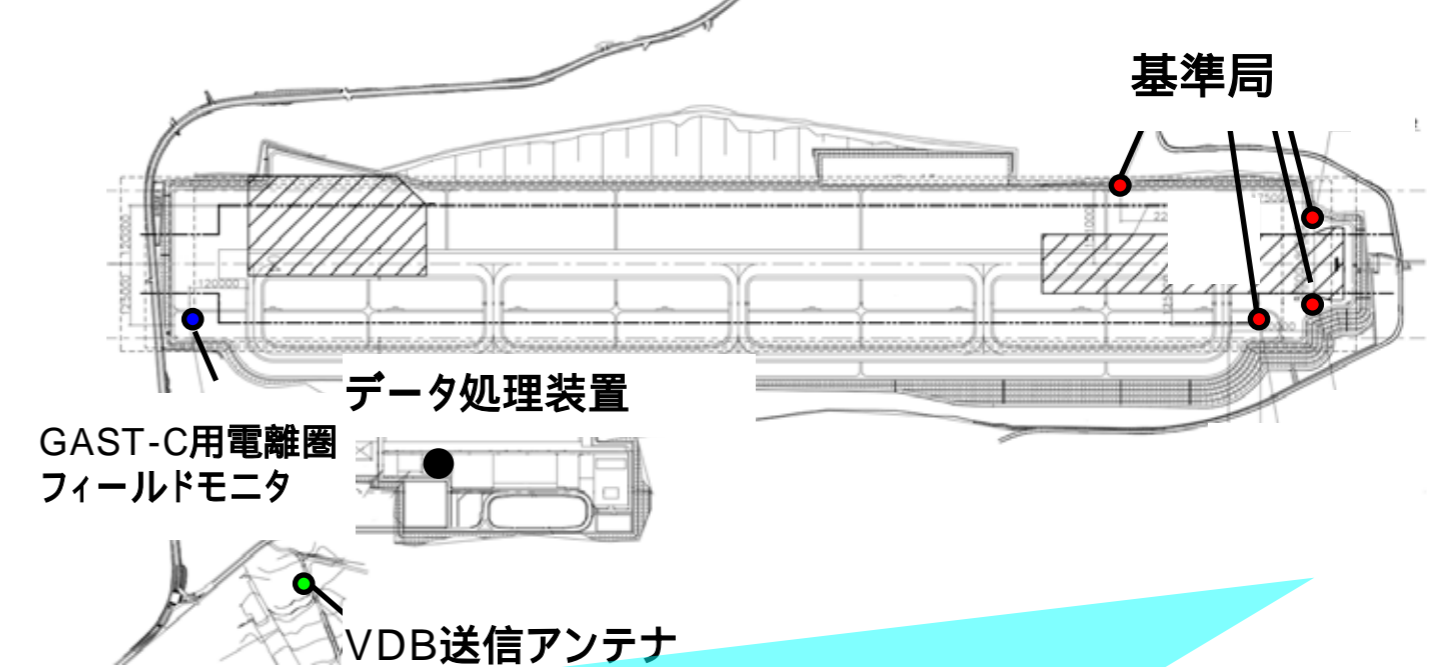
大気光イメージ観測小屋



大気光で見るプラズマバブル  
北

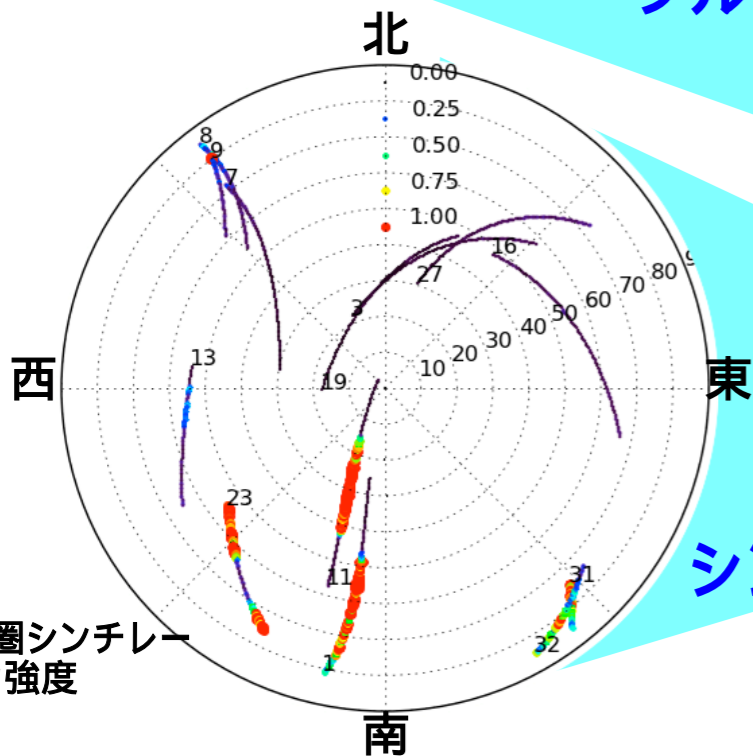


新石垣空港GAST-D地上装置

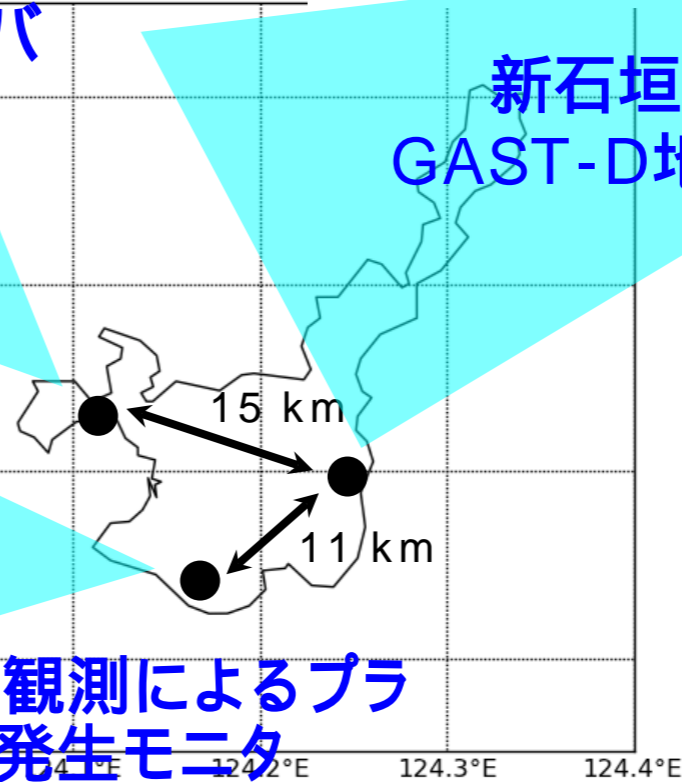


大気光によるプラズマバブル発生モニタ

新石垣空港  
GAST-D地上装置



シンチレーション観測によるプラズマバブル発生モニタ



# 飛行実験



- \* 使用空港：新石垣空港
- \* 使用機材：Beechcraft KingAir 350
- \* 期間1：2014年3月21～28日
  - 10 フライト (昼間：6, 夜間：4)
  - 合計45アプローチ (24@RW-22, 21@RW-04, 全て有視界航法)
- \* 期間2：2014年9月15～23日
  - 7 フライト (昼間：3, 夜間：4)
  - 合計32アプローチ (18@RW-22, 14@RW-04, 全て有視界航法)

パターン	1	2	3	4
内容	周回 (10,000ft, 20nm)	周回 (1,500ft, 15nm)	周回 (2,000ft, 20nm, -45°-225°)	直線 (10,000ft, 両側25nm)
パターン	5	6	7	
内容	直線 (2,000ft, 両側25nm)	RW-04 タッチアンドゴー	RW-22 タッチアンドゴー	

# 飛行実験実施状況

## 期間1:10フライト

日付	3月21日	3月22日	3月23日	3月24日
昼間	パターン 6	パターン 2	パターン 1	-
夜間	パターン 7	<b>パターン 6</b>	<b>パターン 5+ 2 approaches</b>	-
日付	3月25日	3月26日	3月27日	3月28日
昼間	パターン 3	パターン 7	-	パターン 4 & 2
夜間	-	-	-	<b>パターン 6 &amp; 7</b>

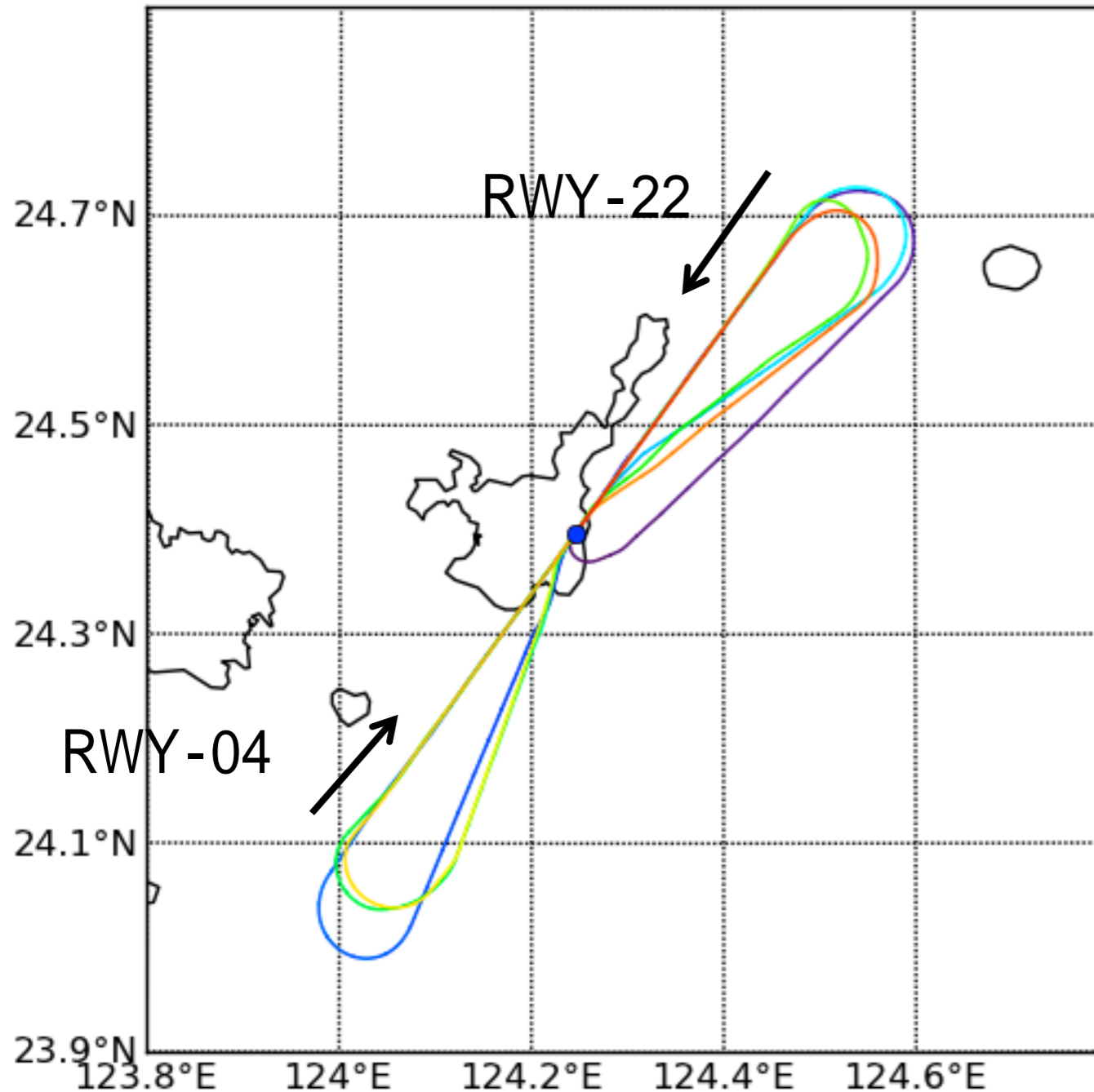
## 期間2:7フライト

日付	9月15日	9月16日	9月17日
昼間	パターン 7	パターン 1&7	パターン 2&7
夜間	<b>パターン 6&amp;7</b>	パターン 6	-
日付	9月19日	9月23日	
昼間	-	-	
夜間	パターン 6&7	<b>パターン 6&amp;7</b>	

\*赤のセルは電離圏擾乱  
(プラズマバブル)発生を示す

# 飛行実験例 (2014年9月23日夜間)

11:41:10.0 - 14:05:49.0 UT, 2014/09/23

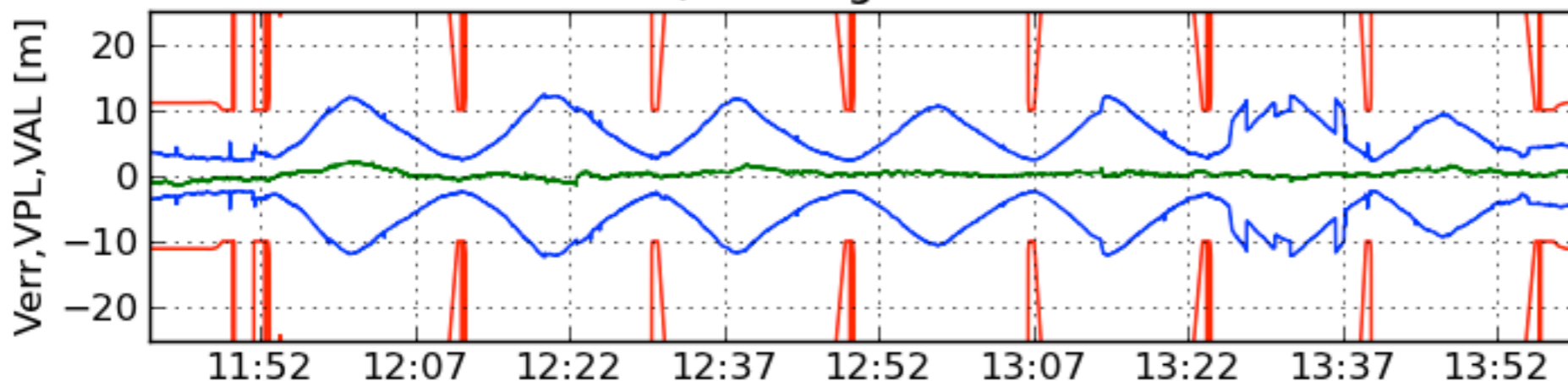


- \* 離陸後、RWY-22/04へ交互にアプローチ
  - 全7アプローチ
  - 進入方向別回数
    - RWY-22:4回
    - RWY-04:3回
  - 25 nm遠方、高度6500ft(ノミナル)からアプローチ開始
  
- \* 電離圏擾乱(プラズマバブル)発生あり

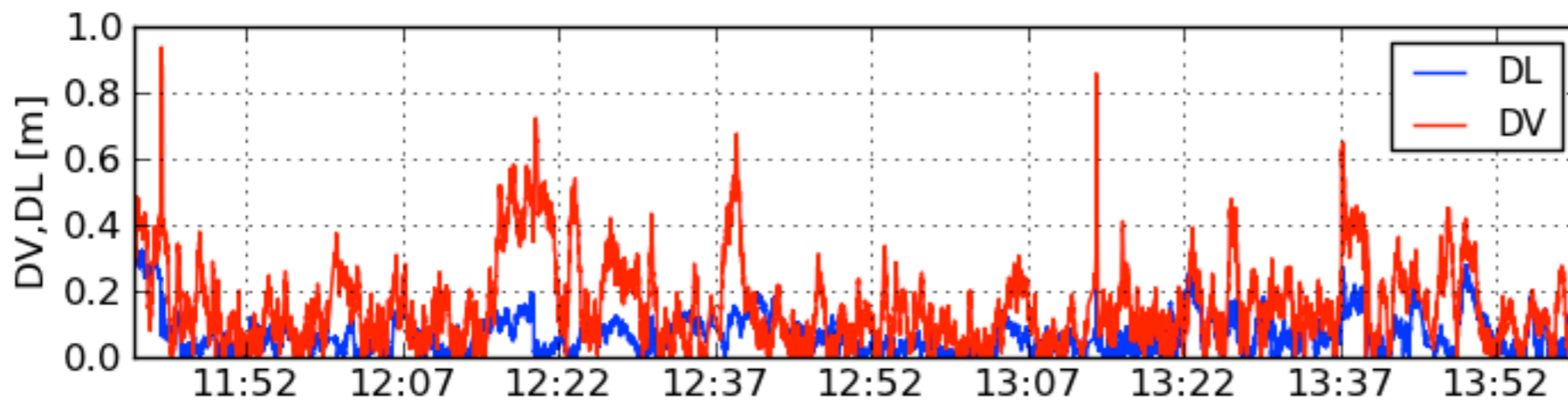


# 飛行実験解析結果(2014年9月23日夜間)

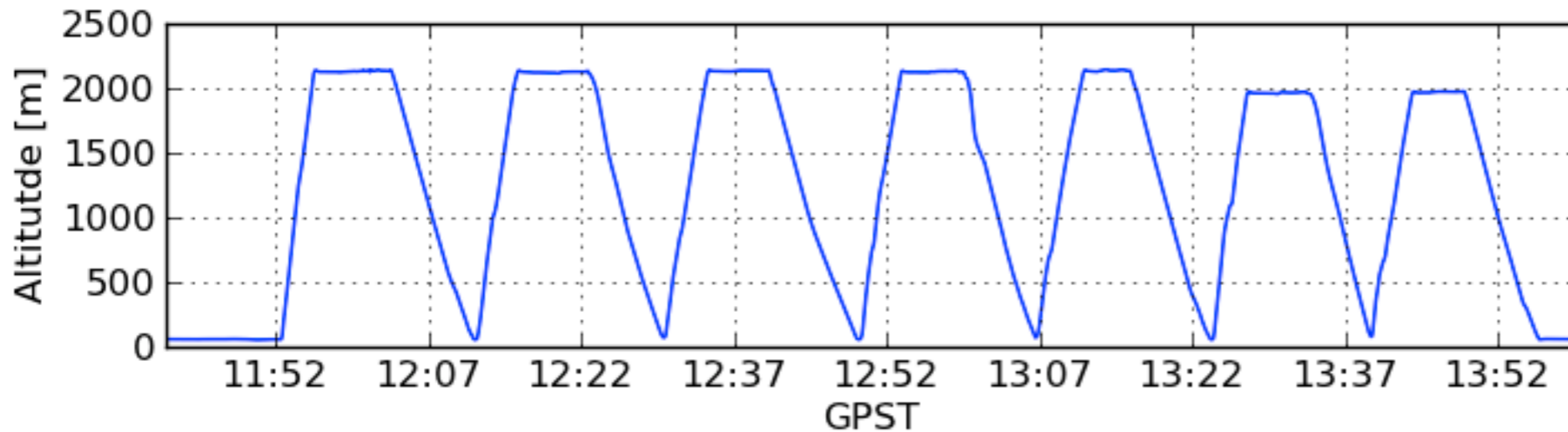
RWY-22/04 Ishigaki 2014-09-23



緑: 垂直誤差  
 青: 垂直保護レベル  
 赤: 垂直警報限界

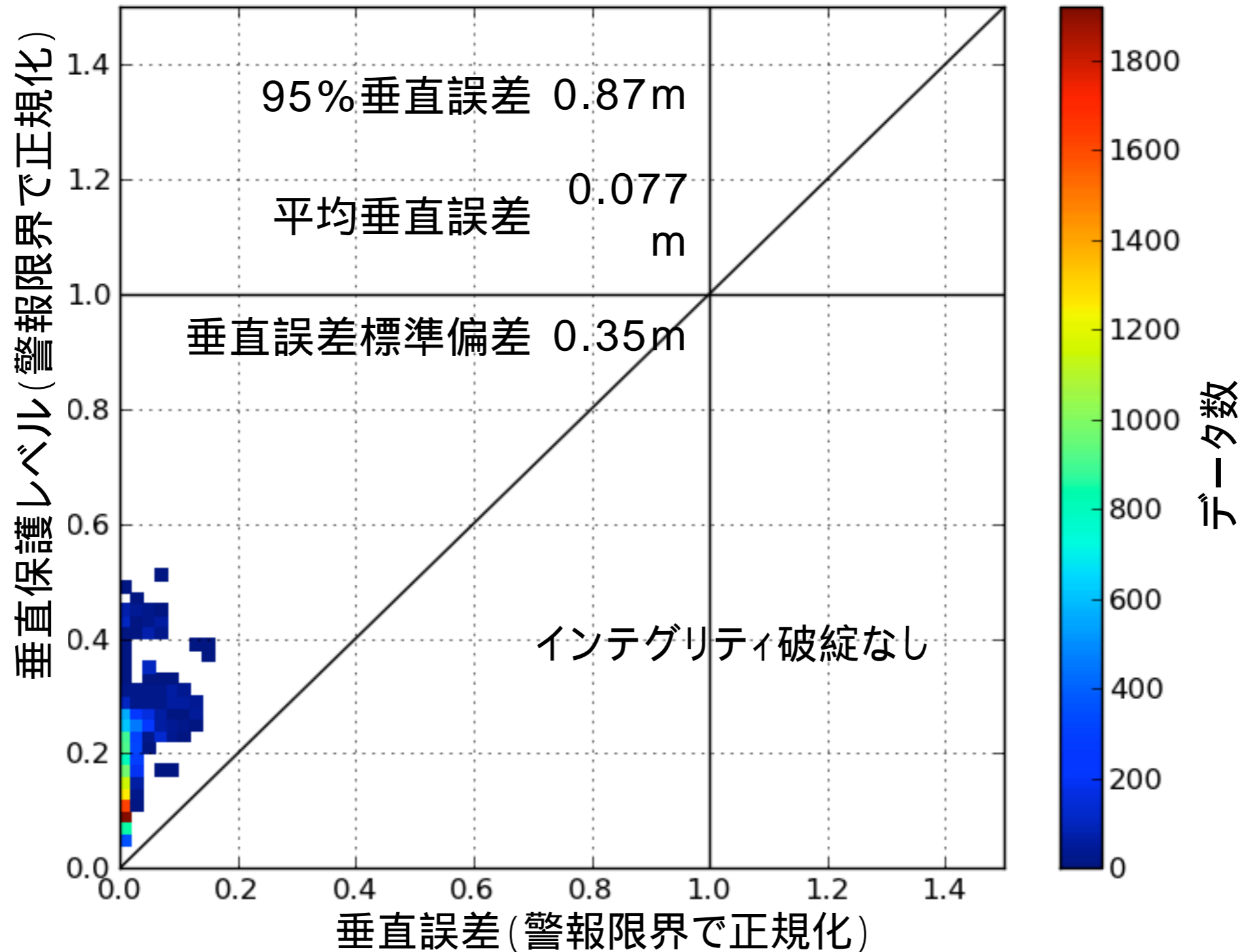


DSIGMAモニタ出力  
 青: 横方向成分  
 赤: 垂直成分



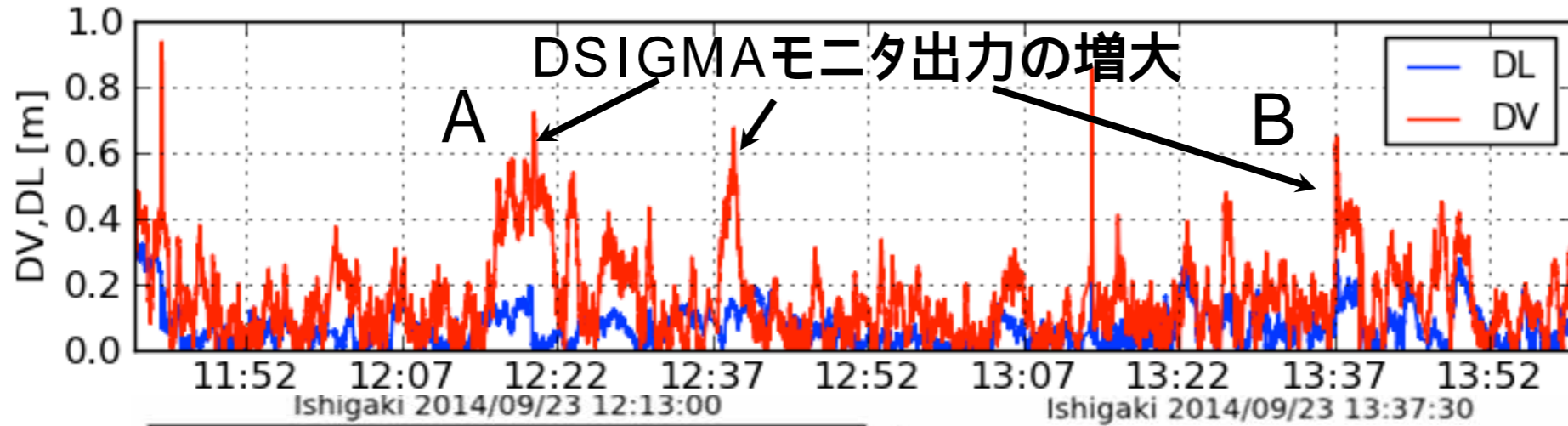
飛行高度(WGS-84  
 楕円体高)

# 航法性能解析結果 (2014年9月23日夜間)

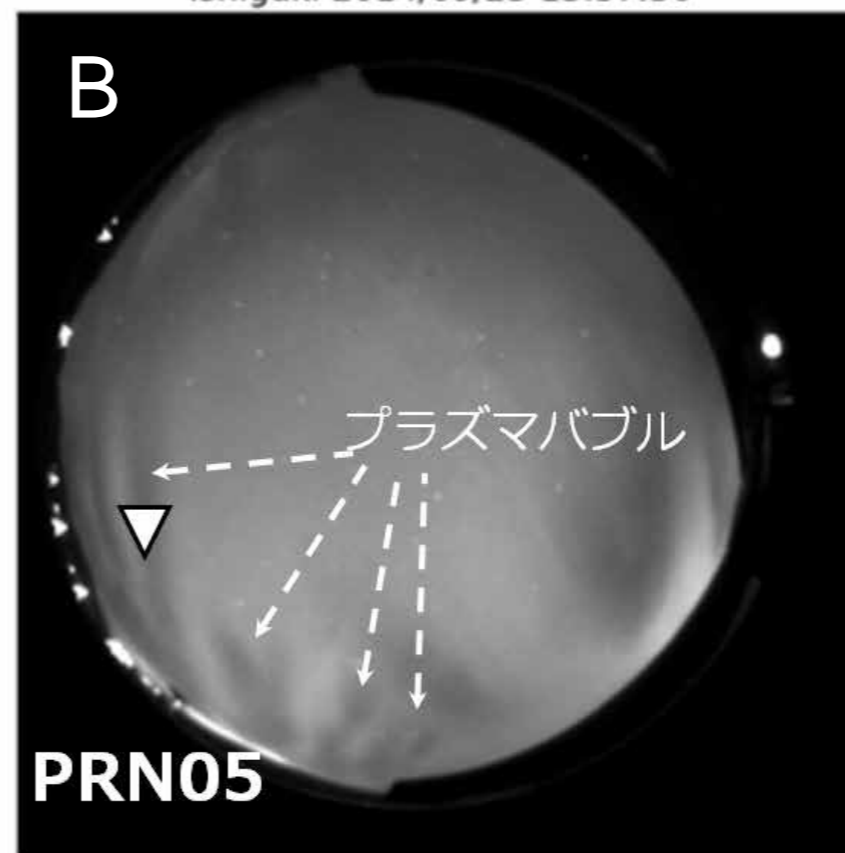
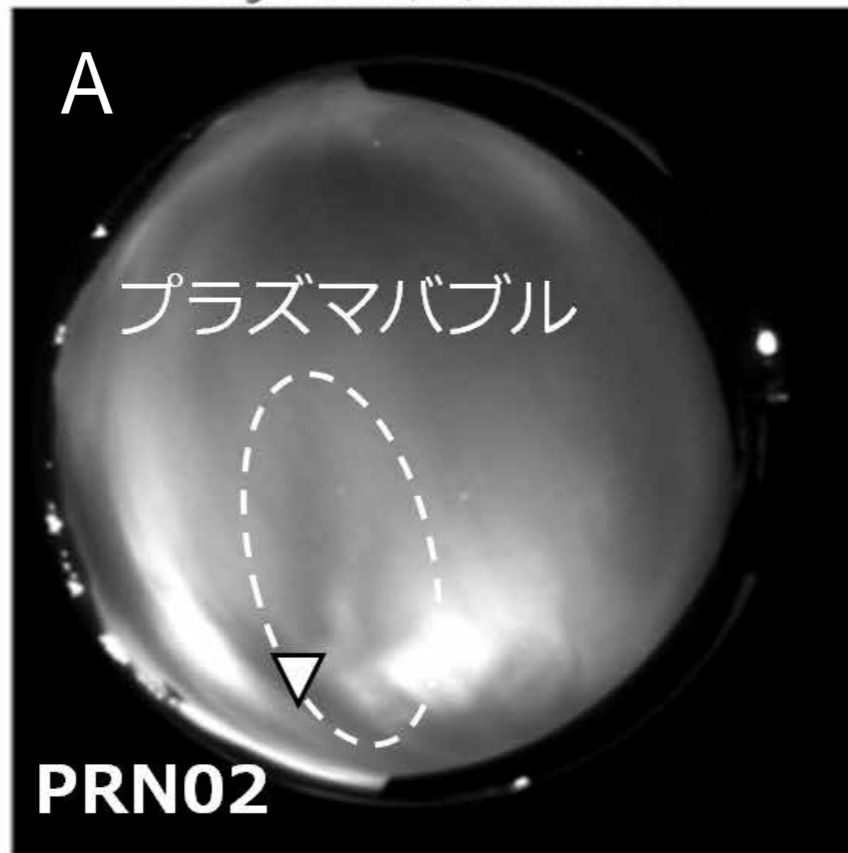




# DSIGMAモニタの反応とプラズマバブル



青: 横方向成分  
赤: 垂直成分



\* DSIGMAモニタ出力の増大時に、衛星が大気光イメージャで見るプラズマバブルを通過中

i DSIGMAモニタは電離圏擾乱に反応

## 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、9月15～23日
- 17フライト(昼間9, 夜間8)、計77アプローチ
- 5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
- 95%垂直精度0.87m(精度要件4m)、インテグリティ破綻なし(2014年9月23日夜間(電離圏擾乱あり))
- 機上DSIGMAモニタ出力値の増大がプラズマバブル(電離圏擾乱)によるものであることを確認(世界初)

## 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。