

# カテゴリIII GBAS (GAST-D) の 日本におけるリスク検討

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

# 発表内容

- カテゴリIII GBASについて
  - GNSS運航とCAT-III
  - 電離圏異常の対策
  - GAST-Dの概要
- 電子航法研究所: GAST-D研究用地上装置の開発
  - 目的と特色
- 日本におけるリスク検討と軽減手法
  - 電離圏リスク評価とモニタ手法の開発
  - 積雪・着雪リスク評価と軽減方針
- まとめと今後

# カテゴリーIII GBASについて

## GNSS運航とカテゴリーIII精密進入

- カテゴリーI (CAT-I) 精密進入は決心高度 (DH) が200ft
- カテゴリーIII (CAT-III) 精密進入
  - 完全性 (インテグリティ) 要件:  $1-1 \times 10^{-9}$  (CAT-I:  $1-2 \times 10^{-7}$ )
  - 警報時間 (Time to Alert) : 3秒 (CAT-I: 6秒)
- CAT-III実現によりGNSSで全ての飛行フェーズをサポート可能
  - 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

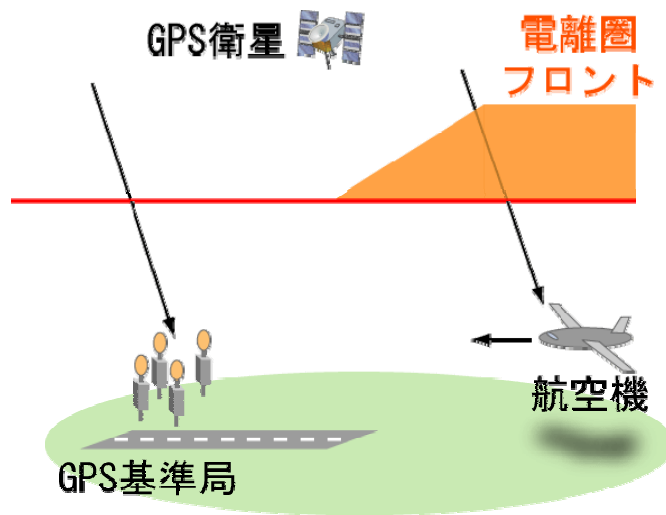
# カテゴリーIII GBASについて 電離圏異常への対策

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

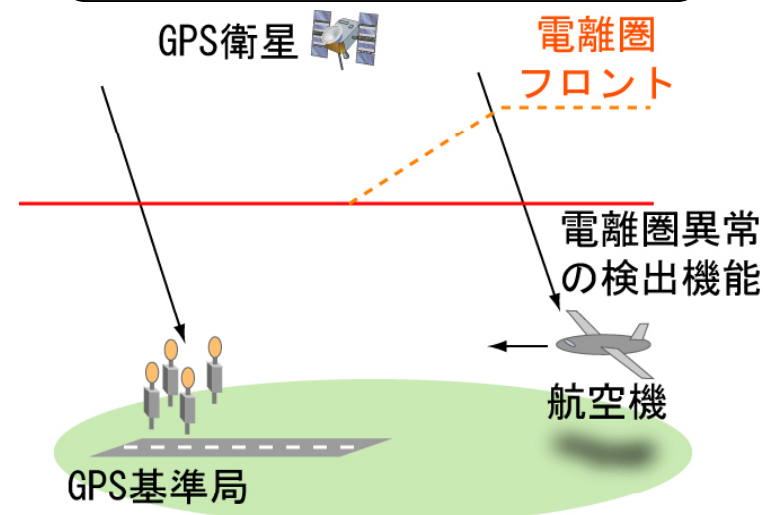
電離圏フロントを地上側で  
検出できない場合が存在



## ■ 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



# カテゴリーIII GBASについて

## GAST-Dの概要

- 電離圏モニタの一部を機上側に移譲
  - 地上／機上の連携で電離圏リスクを軽減
- 2種類の測位計算
  - 従来:スムージング時間100秒の擬似距離
  - 追加:スムージング時間30秒の擬似距離
  - 測位結果の比較:両者が乖離する場合には電離圏異常として検出
- 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

- 地上／機上サブシステムがそれぞれサポート可能なサービスタイプの組合せで利用可能なサービスが決定
  - 地上D／機上C → C、地上D／機上D → D

# カテゴリーIII GBASについて

## GAST-Dの概要(2)

- GAST-D運用
  - GAST-C運用で必要な事項を含む
  - ロールアウトまでサポート可能
- GAST-D国際標準化作業
  - 国際民間航空機関(ICAO)航法システムパネル(NSP)の作業部会
  - 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
  - 米国、欧州で地上、機上サブシステムのプロトタイプ開発を実施

※GAST-Dの安全性要件の詳細は講演概要集に記載しています

# 電子航法研究所

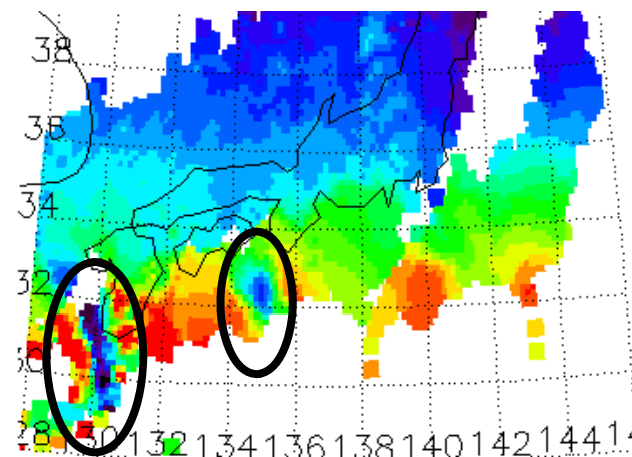
## GAST-D研究用地上装置の開発

- SARP原案の妥当性検証
  - システム安全性設計を通じた妥当性検証
  - 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
  - リスク評価と軽減方法
- 平成23年3月より開発着手
  - 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)
- リスク評価と軽減手法の例
  - 電離圏リスク、積雪・着雪リスク

# 日本におけるリスク検討と軽減手法

## 電離圏リスクの検討

- 電離圏遅延の局所的な空間勾配(電離圏勾配)
- 日本の電離圏環境
  - 欧米よりも磁気低緯度に位置(環境が大きく異なる)
- 電離圏の電子密度の局所的な減少(プラズマバブル)
  - 平成23年度電子研発表会「10. 緯度電離圏擾乱に伴う電離圏勾配の特性」  
→ 南側の低仰角GPS衛星ほど大きな電離圏勾配が多く発生することを確認

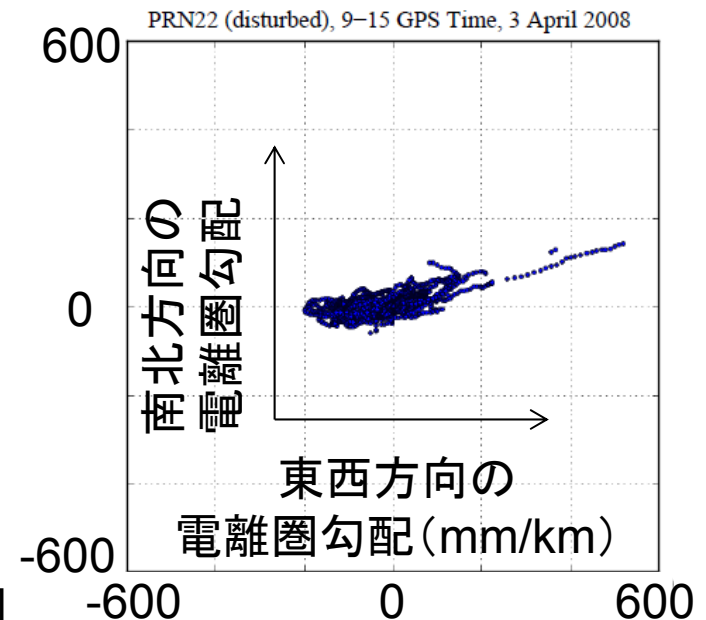
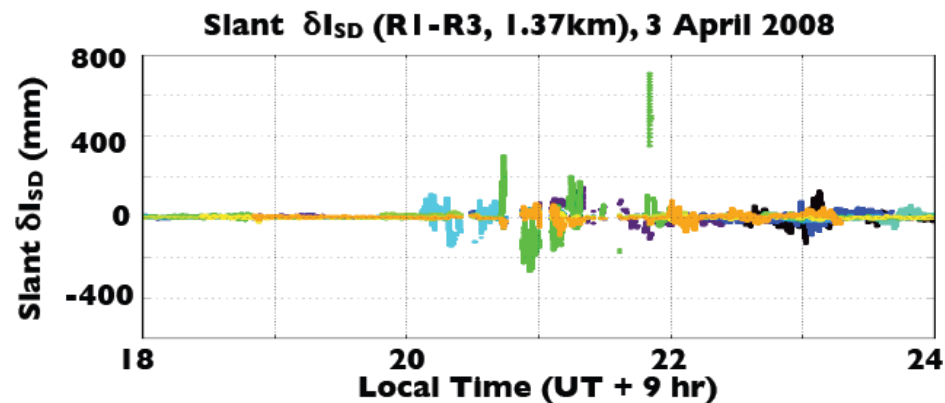
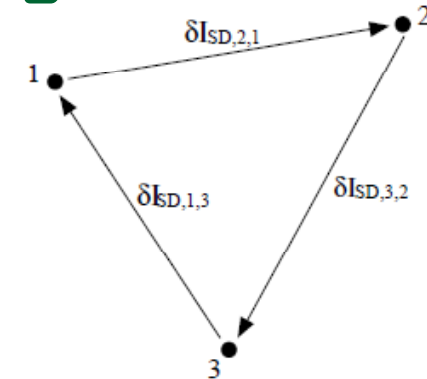


プラズマバブルによる影響



# 日本におけるリスク検討と軽減手法 電離圏勾配モニタ方式の開発

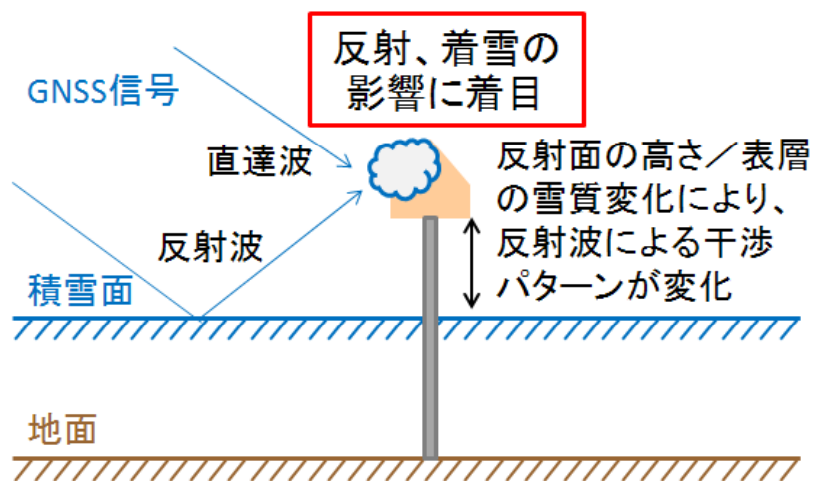
- CAT-Iプロトタイプ: 電離圏フィールドモニタ
  - GPS衛星信号の搬送波位相を利用した2点間の基線解析で電離圏遅延の差をモニタ
- 複数基線解析へ拡張
  - 整合性検証の追加による信頼性向上
  - 2次元成分の推定が可能
- 欧米で主流となっている方式とは異なる
  - SARP原案の相互検証に寄与



# 日本におけるリスク検討と軽減手法

## 積雪・着雪リスクの検討

- 積雪面でのGPS信号の反射による補正情報の劣化
  - 多雪地帯:積雪高、積雪表面の状態変化との関係
- GPSアンテナへの着雪による信号遅延
  - 電離圏勾配モニタ: 300mm/kmの電離圏勾配を検出する必要がある  
→ GPS基準局間の基線長が200mとすると、60mmの電離圏遅延差

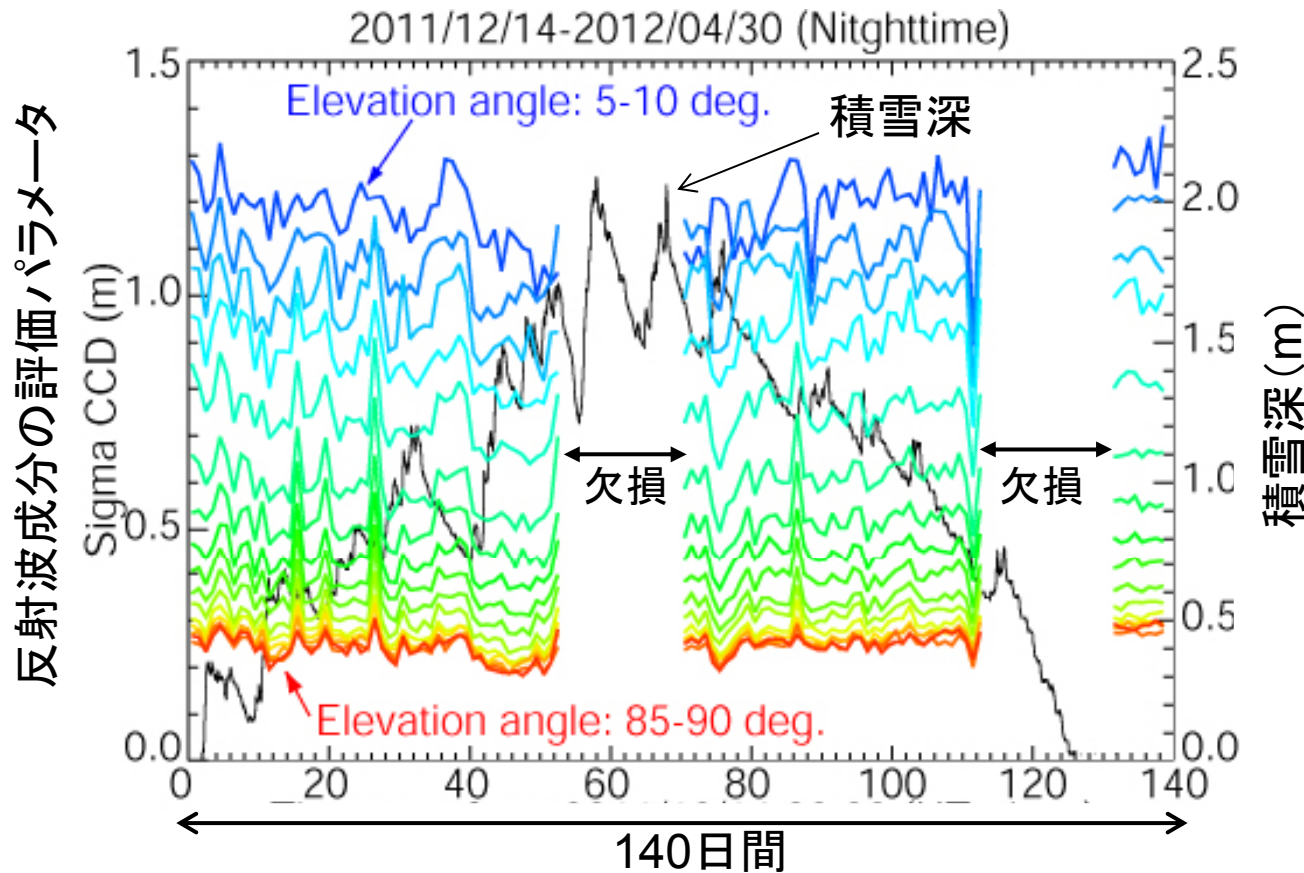


### 評価実験の実施

- ・(独)防災科学技術研究所  
雪氷防災研究センター  
(新潟県長岡市)
- ・平成23年12月～24年5月

# 日本におけるリスク検討と軽減手法

## 積雪面反射の影響評価とリスク軽減



仰角が15~60°  
程度のGPS衛星  
信号に顕著なスパイク状の増大期間

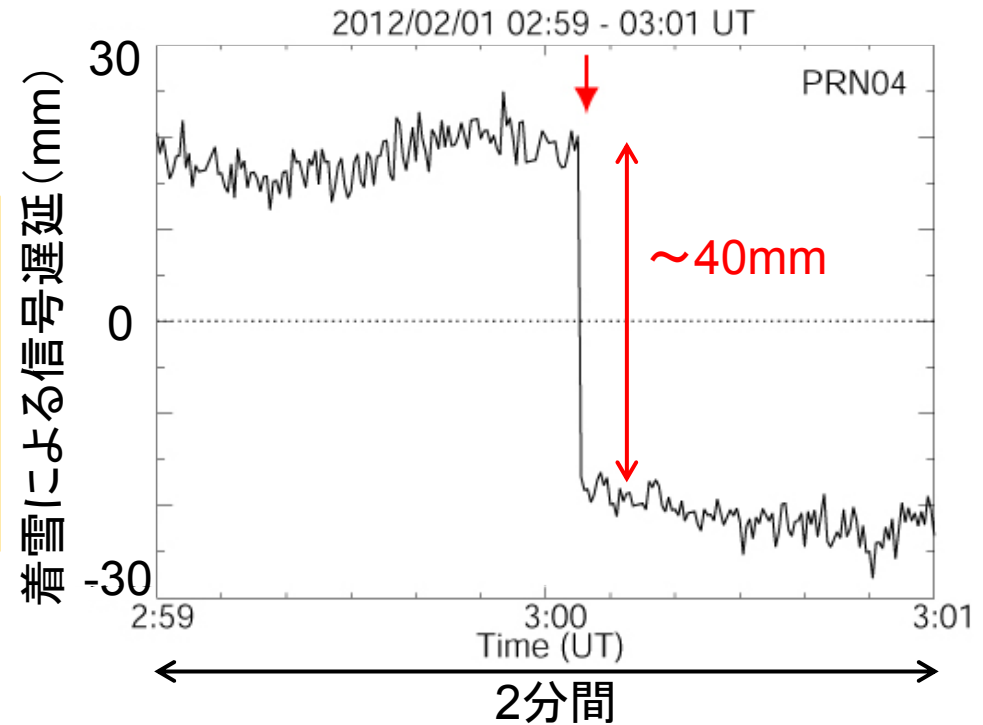
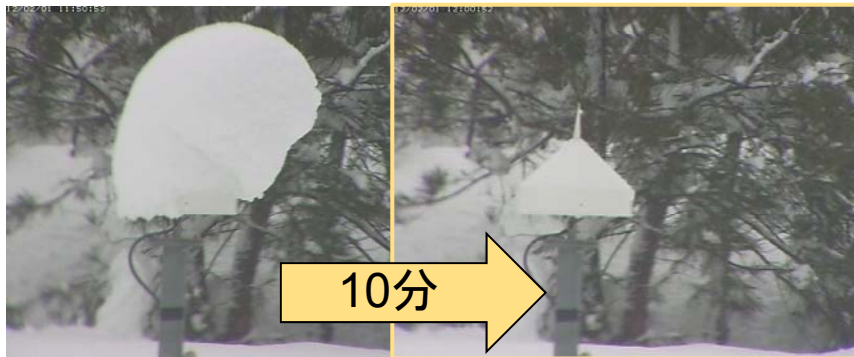
放送パラメータへの  
適切な反映が必要

[Yoshihara et al, ION ITM 2013]

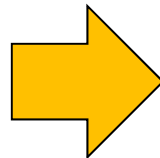
# 日本におけるリスク検討と軽減手法

## 着雪リスク評価と軽減方針

定点カメラで10分毎に撮影  
→着雪有無判定



着雪による信号遅延  
(~40mm)は電離圏  
勾配モニタの誤警報  
要因となり得る



着雪対策が必要である

- ・撥水塗料の塗布
- ・ヒーター等

[Yoshihara et al, ION ITM 2013]

# まとめ

- CAT-III GBAS (GAST-D)
  - 地上／機上の連携で電離圏リスクを軽減
  - ICAO NSP作業部会でSARPs原案を策定し、2010年5月から運用を含めた検証へ移行
- 電子航法研究所：GAST-D研究用地上装置の開発
  - 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
  - 平成23年3月より開発着手
- リスク検討と異常検出モニタ方式の開発
  - 電離圏勾配モニタ：複数基線解析への拡張  
⇒ 信頼性の向上、成分分解が可能に
  - 積雪、着雪リスク評価  
⇒ 放送パラメータの見直し、着雪による誤警報対策

# 今後の予定

- GAST-D研究用地上装置
    - 平成25年9月下旬に製造完了
    - 新石垣空港への設置を計画
  - 飛行実験と長期安定性試験(平成26年度)
    - 電離圏勾配モニタを中心とした異常検出モニタ検証
    - 実験用航空機を用いたアプローチ実験
  - 積雪、着雪リスク評価
    - 積雪面による反射:適切な放送パラメータの導出
    - GPSアンテナへの着雪:アンテナレドームへの撥水塗料の塗布と効果の確認
- ⇒ 平成24年／平成25年冬季の追加実験の実施