

# GBASインテグリティの一検討 ～長期データの収集と解析～

電子航法研究所 通信・航法・監視領域

※福島荘之介, 齊藤真二, 吉原貴之, 藤井直樹



Electronic Navigation  
Research Institute

# 発表内容

- GBASの動向と研究課題（**インテグリティ**）
- GBASテストベット
- プロテクションレベル方式
- **長期データ収集と解析結果**
- まとめ

# GBASの動向

## ◆ Boeing社, Airbus社の動向 **GPS Landing System**

- ◇ B737-800, B787, A380, A350へGLS搭載を発表
- ◇ Rockwell-Collins社のMMRを採用

## ◆ FAAの動向

- ◇ Honeywell社, Memphisプロジェクト, 検証用プロトタイプ開発, 2008年CAT-IのIOC, 運用検証
- ◇ 有識者グループ(LAAS Integrity Panel: LIP): 検証

## ◆ その他:

- ◇ EUROCONTROL, THALES社 → **GBASに注目  
R&D活動**

# 研究課題

- ◆ 従来研究: 飛行実験, 測位精度は規定値を満足
  - ◇ CAT-I, II, IIIの精度要求 (RTCA MASPS)
- ◆ **インテグリティの課題**
  - ◇ 規定値を満足する設計, 認証方法

# インテグリティとは？

- ◆航空機に提供される情報の**正確さの指標**
- ◆システムが意図した運用に利用してはならないとき、ユーザにタイムリーに**警報を提供するシステムの能力**

## GBASのSIS (signal-in-space) インテグリティ・リスク

- ◆タイムリーな警報なしに、**異常のない受信機**を利用している**ユーザ**において、地上サブシステムの情報により測位誤差が許容値を超える**確率**として定義

# MASPSの定義 (RTCA-DO245A)

Table 2-1 GSL Performance

2004.12

GBAS Service Level	Accuracy		Integrity			Continuity	
	Lateral NSE Accuracy 95% (1)(3)	Vertical NSE Accuracy 95% (1)(3)	Integrity Probability (2) (4)	Time to alert (6)	Lateral Alert Limit (1)	Vertical Alert Limit (1)	Continuity Probability
GSL A	16.0 m (52 ft)	20 m (66 ft)	$1-2 \times 10^{-9}$ in any 150 sec	10 s	40.0 m (130 ft)	50 m (160 ft)	$1-8 \times 10^{-9}$ in any 15 s
GSL B	16.0 m (52 ft)	8.0 m (26 ft)	$1-2 \times 10^{-9}$ in any 150 sec	6 s	40.0 m (130 ft)	20 m (66 ft)	$1-8 \times 10^{-9}$ in any 15 s
GSL C	16.0 m (52 ft)	4.0 m (13 ft)	$1-2 \times 10^{-9}$ in any 150 sec	6 s	40.0 m (130 ft)	10 m (33 ft)	$1-8 \times 10^{-9}$ in any 15 s
GSL D	5.0 m (16 ft)	2.9 m (10 ft)	$1-1 \times 10^{-9}$ in any 15 sec vert, 30 sec lat (5)	2 s	17 m (56 ft)	10 m (33 ft)	$1-8 \times 10^{-9}$ in any 15 s
GSL E	5.0 m (16 ft)	2.9 m (10 ft)	$1-1 \times 10^{-9}$ in any 15 sec vert, 30 sec lat (5)	2 s	17 m (56 ft)	10 m (33 ft)	$1-4 \times 10^{-9}$ in any 15 s
GSL F	5.0 m (16 ft)	2.9 m (10 ft)	$1-1 \times 10^{-9}$ in any 15 sec vert, 30 sec lat (5)	2 s	17 m (56 ft)	10 m (33 ft)	$1-2 \times 10^{-9}$ in any 15 s vertical and $1-2 \times 10^{-9}$ in any 30 s lateral

APV

CAT-I

CAT-II-IIIb

2001

SARPs



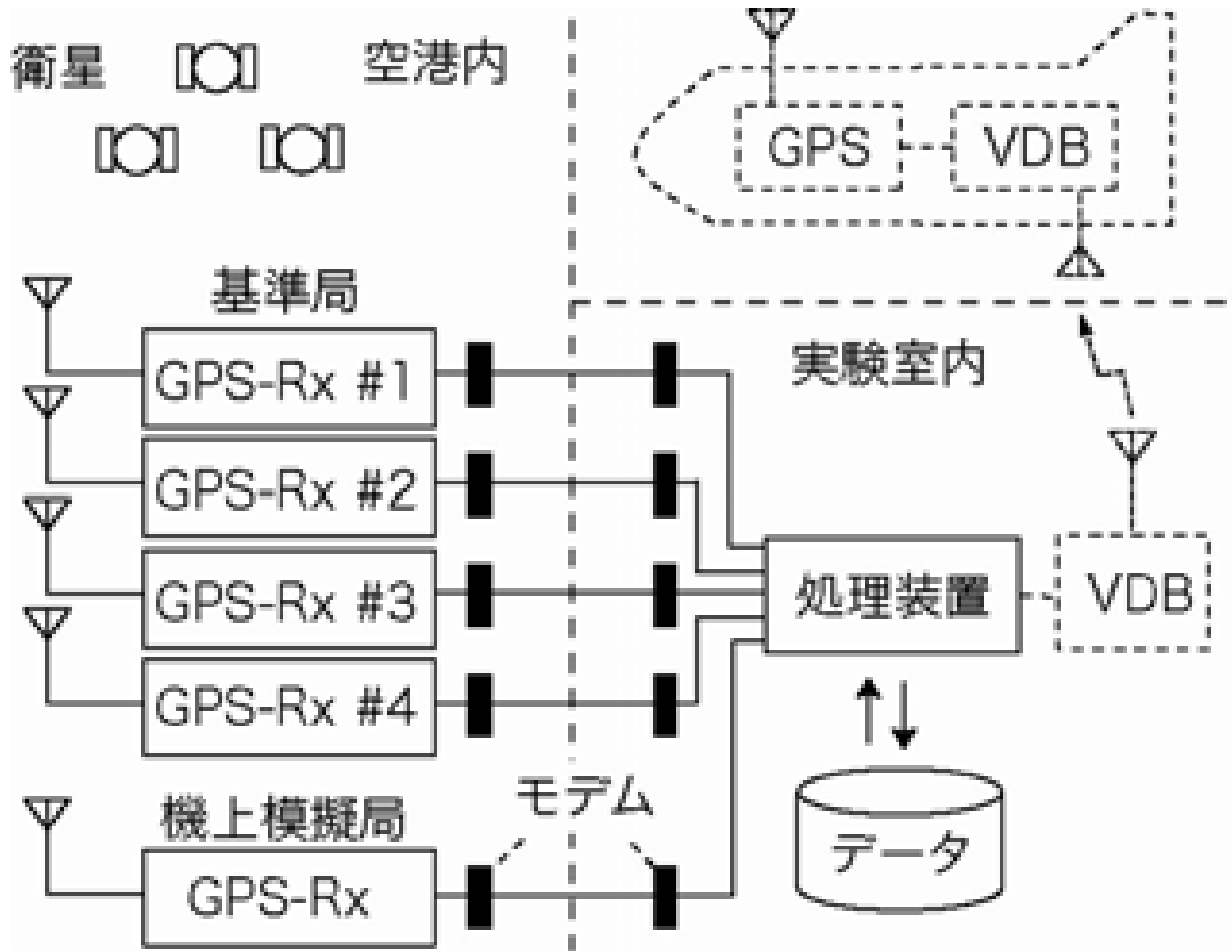
# GBASインテグリティ検証の手法

※フィールド実験データだけから直接検証するのは不可能

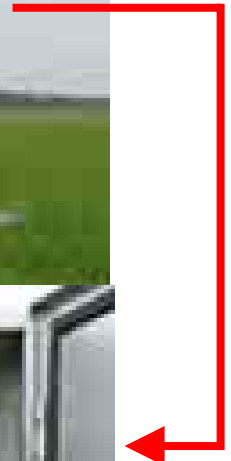
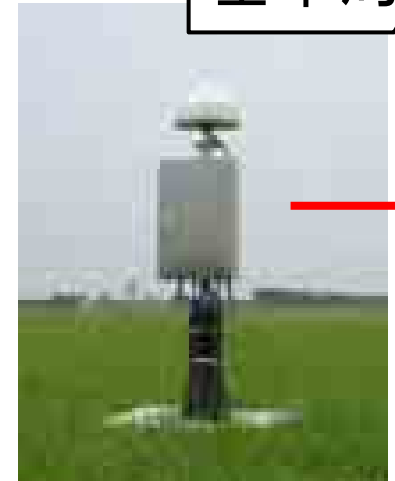
(FAA-Honeywell)

1. スレット(脅威)モデルの定義
2. モニタ要求の定義(リスクツリー) **LIP** (有識者会議)  
LAAS Integrity Panel
3. データの収集, 解析, 計算機シミュレーション
4. モニタ要求の検証 **LIP**
5. ハードウェア要求の獲得(アンテナ, 受信機, 処理装置)
6. アルゴリズム記述文書(ADD)の作成 **LIP**
7. ソフトウェア開発
8. ハードウェアへのインテグレーション

# 電子研GBASテストベットの構成

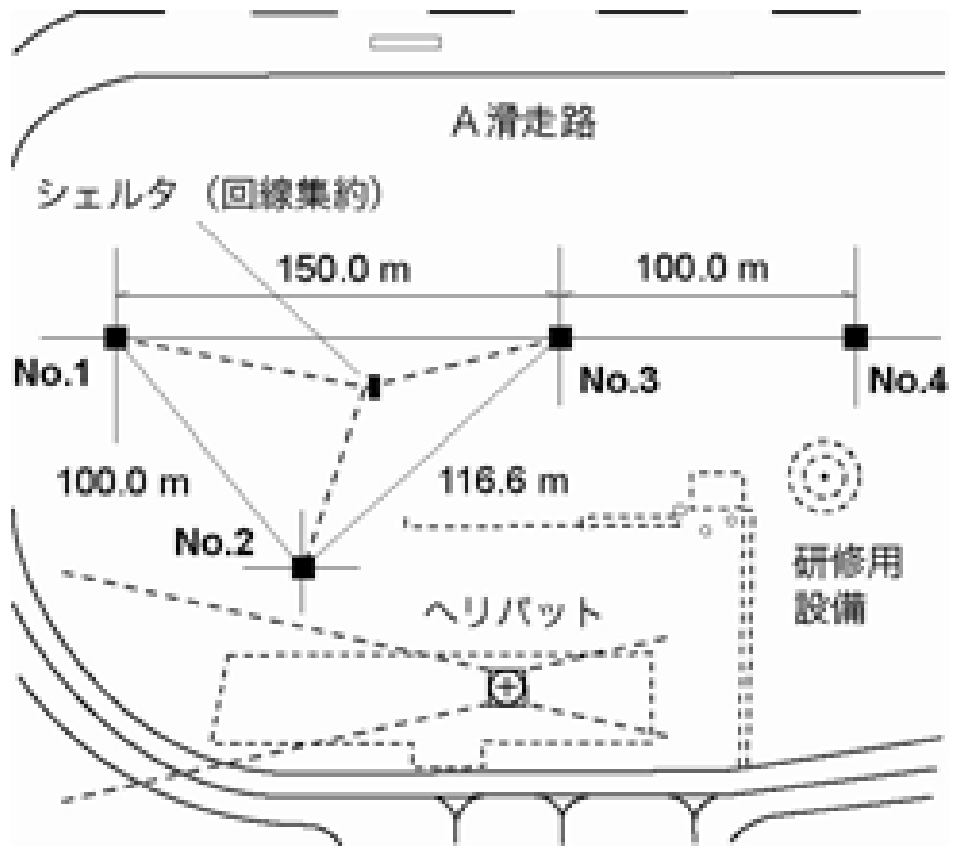


基準局





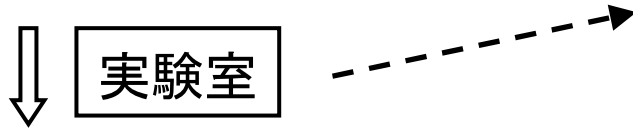
# GBAS基準アンテナの設置 仙台空港内



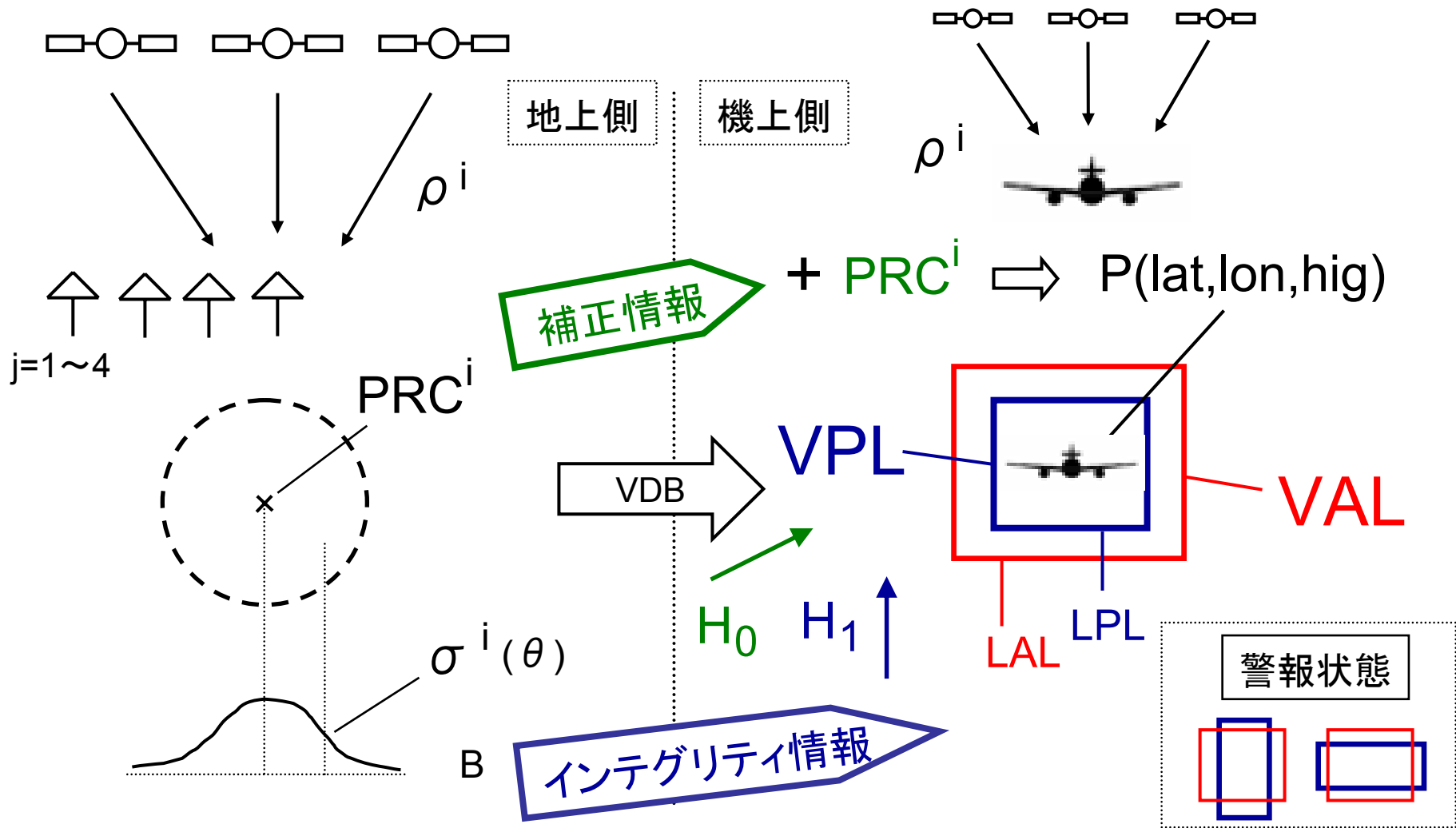
- ◆アンテナ間隔: 100m以上  
(マルチパスの独立性)
- ◆アンテナ周辺に障害物がない  
(棒状, 低層建造物)
- ◆ユーザ側: A滑走路エンド  
約1km先



1GB/day



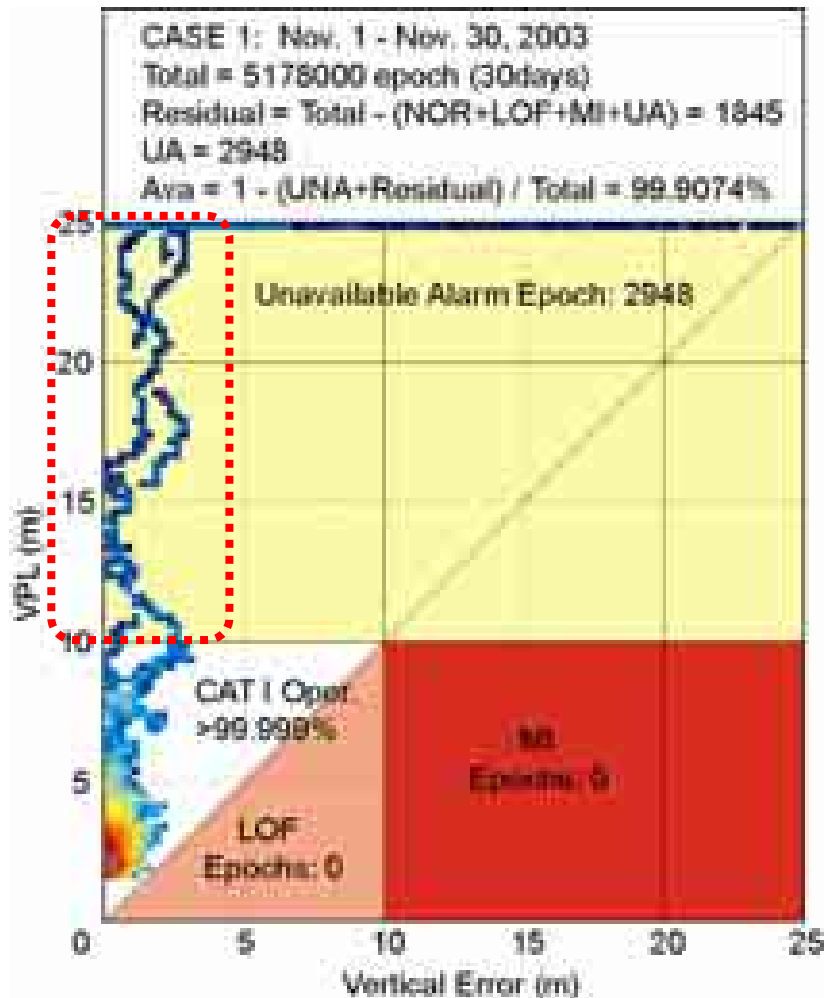
# プロテクションレベル(PL)方式



# データ収集と解析期間

- ◆ データ収集期間: 2003.11～2005.2 (1年3ヶ月)
- ◆ 同じ条件 (受信機, アンテナ) の3ケースを解析:
  - ◇ **CASE 1**: 2003.11.1～11.30 (30日間)
  - ◇ **CASE 2**: 2003.12.1～2004.1.5 (26日間)
  - ◇ **CASE 3**: 2004.3.6～3.31 (26日間)

# CASE 1: 垂直誤差とVPL



事象1-1: VPL>VAL

2948エポック～25分間

11/7, 14, 17に発生

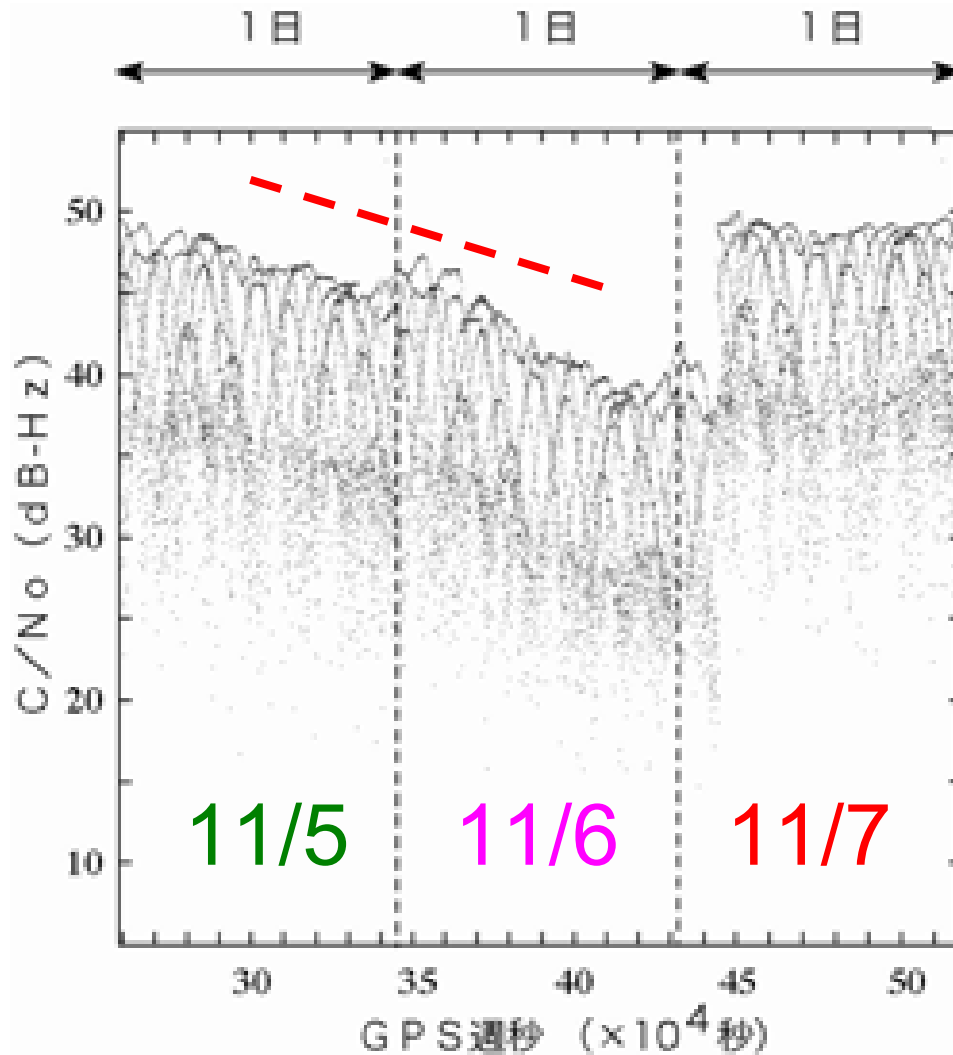


原因: 共通衛星が4機  
DOP低下



原因追及

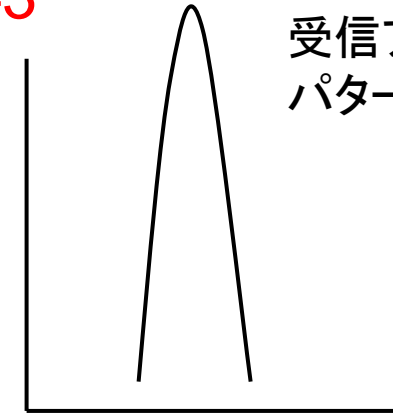
# CASE 1: 受信機C/No異常の状況



基準局#3



仰角, C/No



受信アンテナ  
パターン

時刻

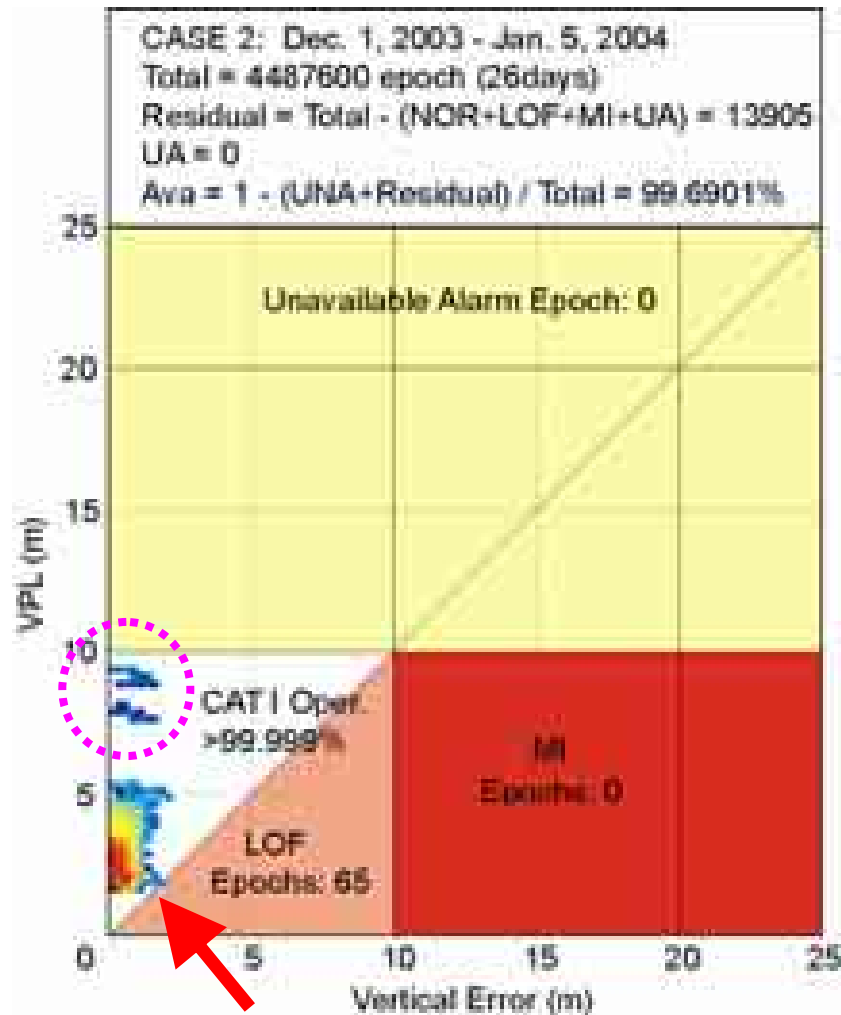
正常C/No: 約30~50dB



受信機の間欠異常

修理: RF部分IC交換

# CASE 2: 垂直誤差とVPL



→ 事象2-1:  $VE > VPL$

65エポック～32秒間

$VPL = 1.8\text{m}$ ,  $VE > 1.8\text{m}$



原因調査

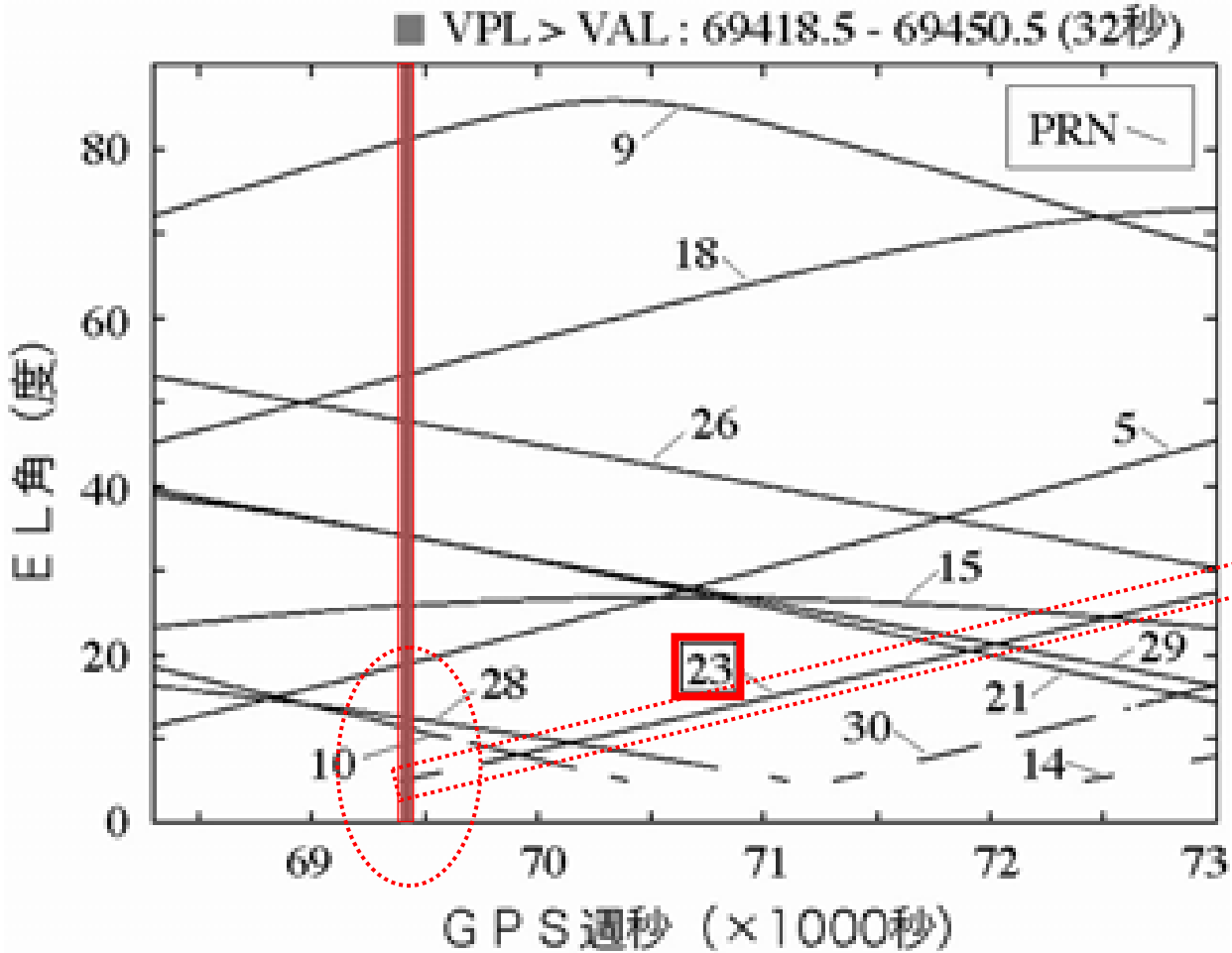
○ 事象2-2: VPL大 (910.5秒間)



$VDOP = 6.57$

PRN5排除の直後

# CASE 2: LOF発生時刻の衛星配置



PRN23の昇る時刻



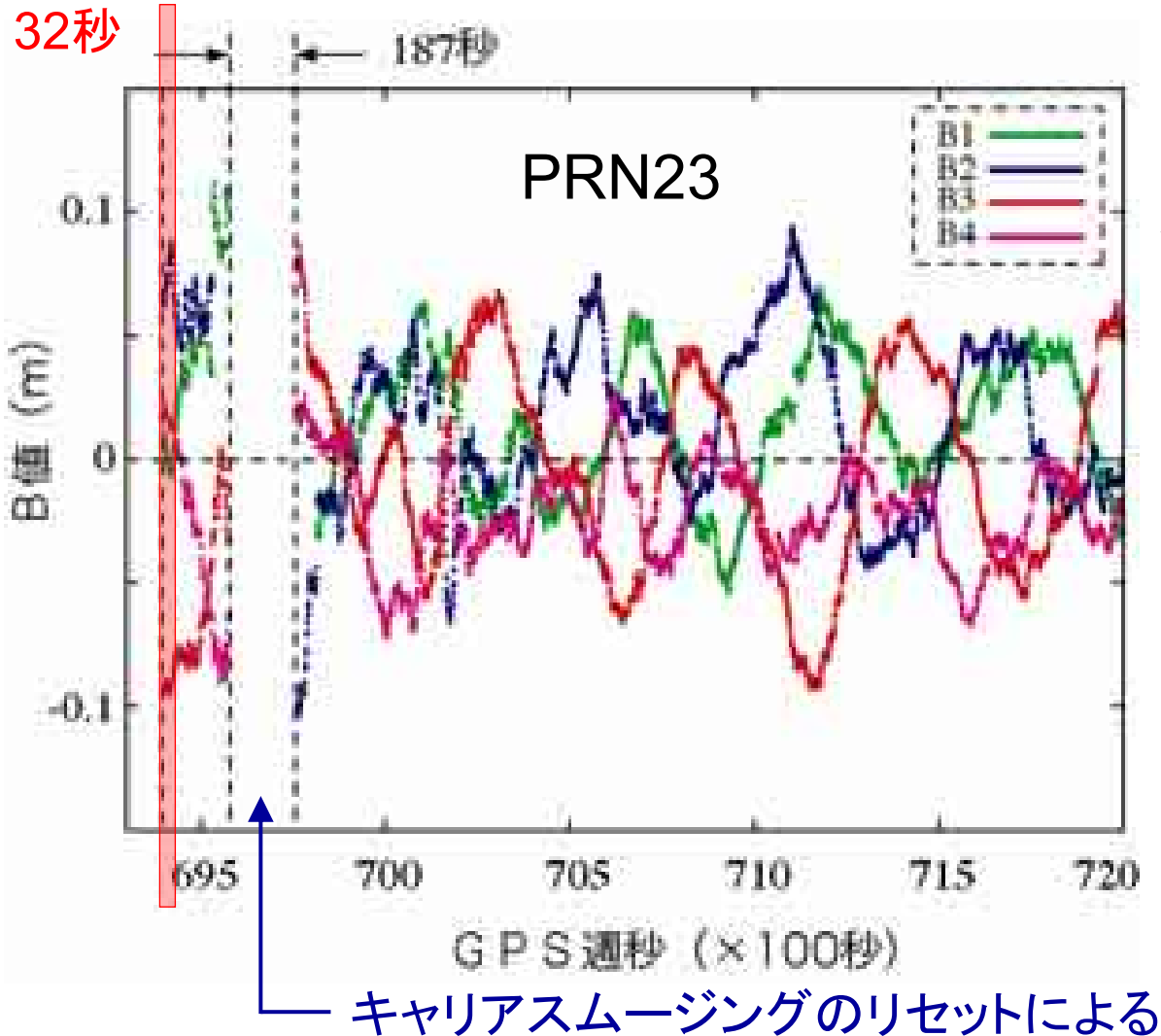
ユーザ側で衛星を  
排除して再測位



VE=0.38m,  
VPL=1.96m

正常

# CASE 2: LOF発生時刻のB値



1つの受信機に異常があると仮定した場合のPRCとその受信機を除いたPRCの差分

$$B1 = \text{平均}(\text{補正值}^m)$$

$$- \text{平均}(\text{補正值}^1 \text{を除く})$$

事象2-1: 32秒間

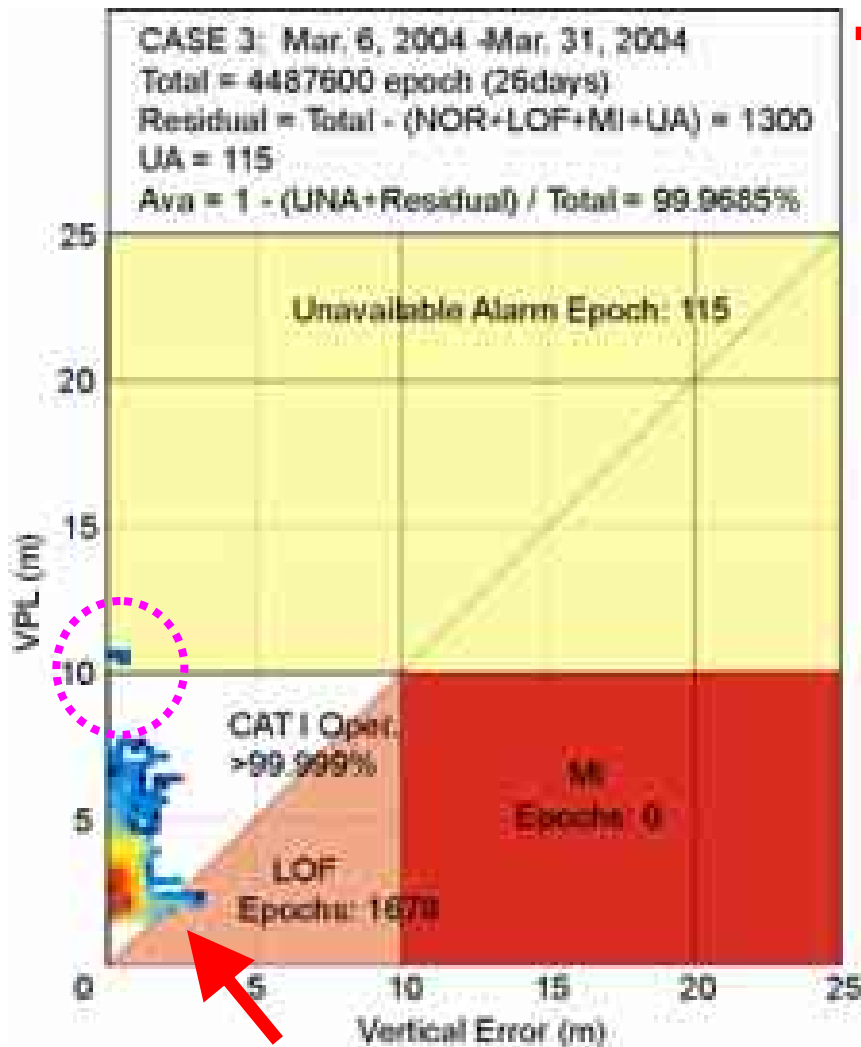
衛星 $n=8$ , 受信機 $m=4$   
C/No低下なし



B値に大きな差はない



# CASE 3: 垂直誤差とVPL



➔ 事象3-1:  $VE > VPL$

1678エポック～14分間

10日間発生, 20秒～2分/回

↓ 周期性(1恒星日)

PRN27,21,22の昇る時刻  
 排除再計算, B値正常

○ 事象3-2:  $VPL > VAL$  (57秒間)

↓

VDOP=9.35

PRN5, 6が停止中

# 解析結果

## ◇ 参考:アベイラビリティ

- ・ CASE 1:99.9074%
- ・ CASE 2:99.6901%
- ・ CASE 3:99.9685%

- 現状の方式に依存
- 高アベイラビリティを期待

SARPs規定:99%~99.999%

低下要因:

- VPL>VAL
- 未取得データ

→ CRCエラー  
(伝送誤り)

改善可能



◆ VPL>VAL事象 → 受信機のC/No異常



◆ VE>VPL事象 → ユーザ側へのマルチパス

→ ユーザ局側の実験環境の問題



プロバイダーのインテグリティに問題となる事象 → 1件もない

# まとめ

- ◆ **インテグリティの研究課題** (最近の動向)
- ◆ GBASテストベット, PL方式
- ◆ 長期データ収集と解析結果 (CASE1~3, 3ヶ月)
  - インテグリティの問題となる事象 → 1件も見つからない
  - スレットとなる可能性の事象を発見 → **C/No異常**
- ◆ **インテグリティ検証活動の第一歩**

## 今後の課題:

- ◇ **インテグリティ検証活動**
  - スレットモデル定義
  - モニタ要求定義 (リスクツリー)・検証