

14.

# 地上型補強システム（GBAS）の エグゼクティブモニタの検討

電子航法研究所  
通信・航法・監視領域



Electronic Navigation  
Research Institute

福島荘之介

第8回電子航法研究所研究発表会 2008.6.13

- **GBAS** (地上型補強システム) の概要
  - システム要求と警報動作
- GPS衛星の**故障**と**GBAS**への影響
- 地上モニタの役割と構成
- エグゼクティブモニタの**検討結果**

# GBAS (地上型補強システム)の概要

## 1. 次世代の進入着陸システム (ILSの後継)

**CAT-I~III** ※B787・A380で標準装備

## 2. ディファレンシャルGPS技術

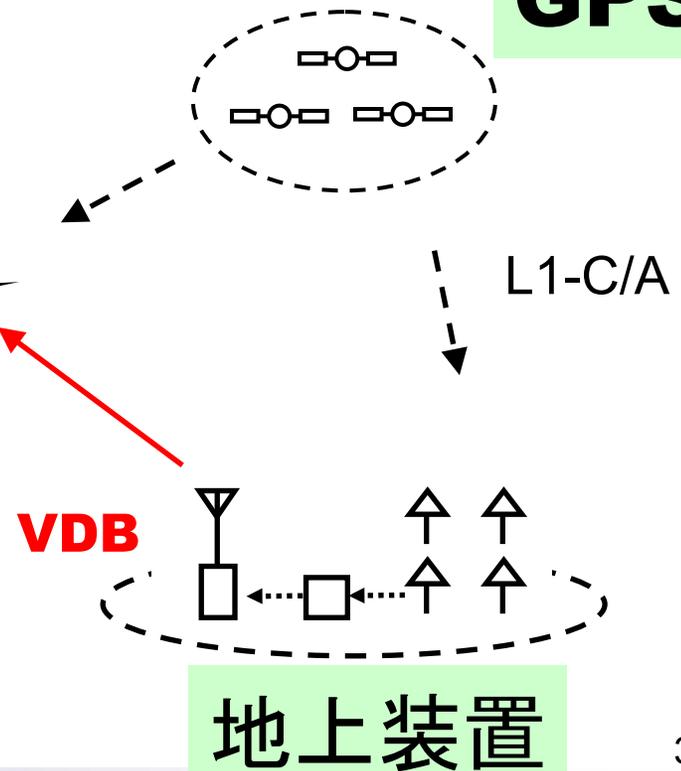
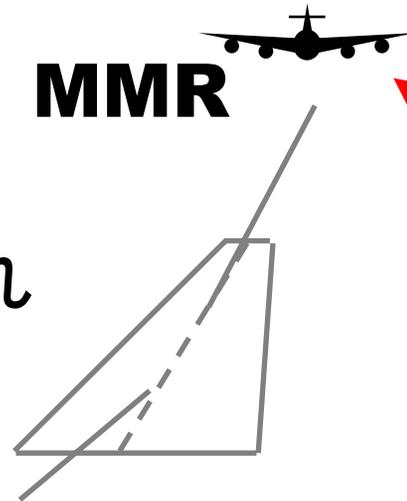
機上装置

GPS

## 3. 安全性要求

故障・信号の乱れ

安全運航



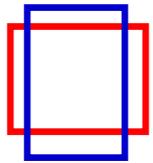
# システム要求と警報動作

- 精度
- インテグリティ(完全性)

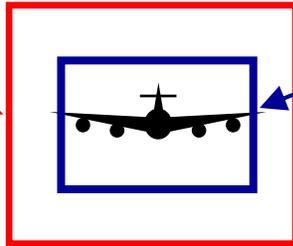
← ICAO

→ トレードオフ

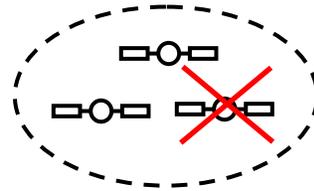
## ▶ 警報動作



AL



PL



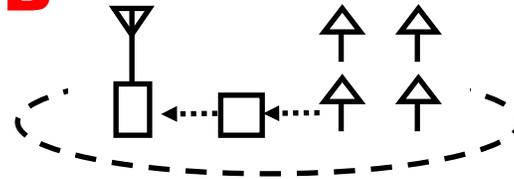
1. DGPS補正值

2. 進入パス

3. インテグリティ・パラメータ  $\sigma_{pr\_gnd}$ , B

※異常衛星排除

VDB



# GBASの安全が損なわれる可能性

1. 地上装置内部の故障・ソフトウェア **内部**

2. GPSの故障(信号異常) **外部**

3. 電離層による伝搬路での信号異常

↓  
頻度少

## ◆脅威モデル

(1) GPS信号の電力低下

(2) 擬似距離の加速度過剰

(3) コード・搬送波ダイバージェンス

(4) 放送暦異常

(5) 信号歪み(SV19問題)

(6) 電離層遅延量の異常勾配

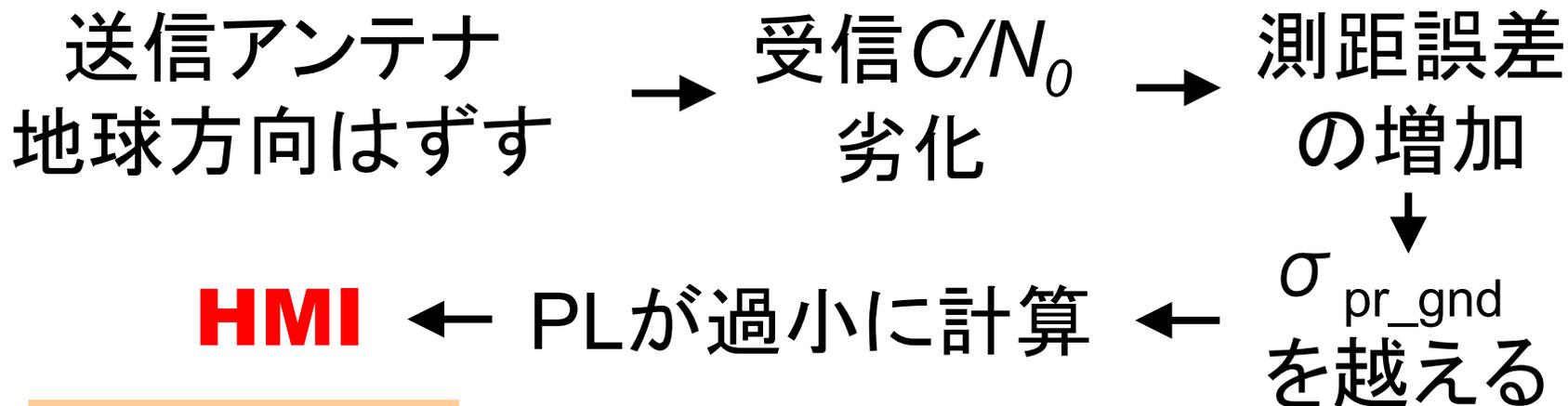
地上モニタにより低減

各  $10^{-4}$  /sat/hour

保守的

$2.4 \times 10^{-5}$  /hour

## ■ 姿勢制御系

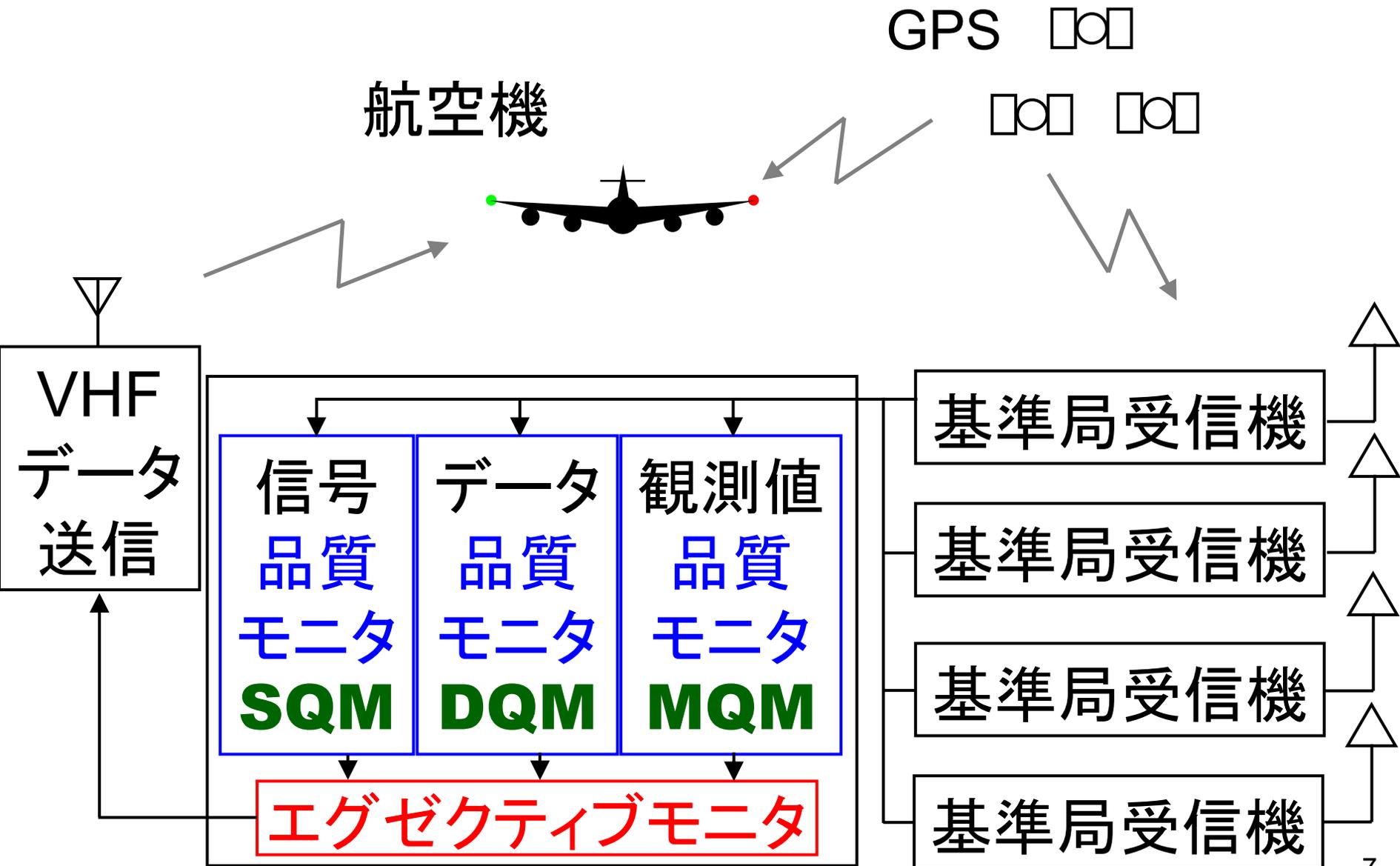


## ■ 原子時計

- ・バイアス的な誤差(ゆっくり) → 補正可能 ○
- ・急峻・加速度的変化 → 補正不可能 → **HMI**

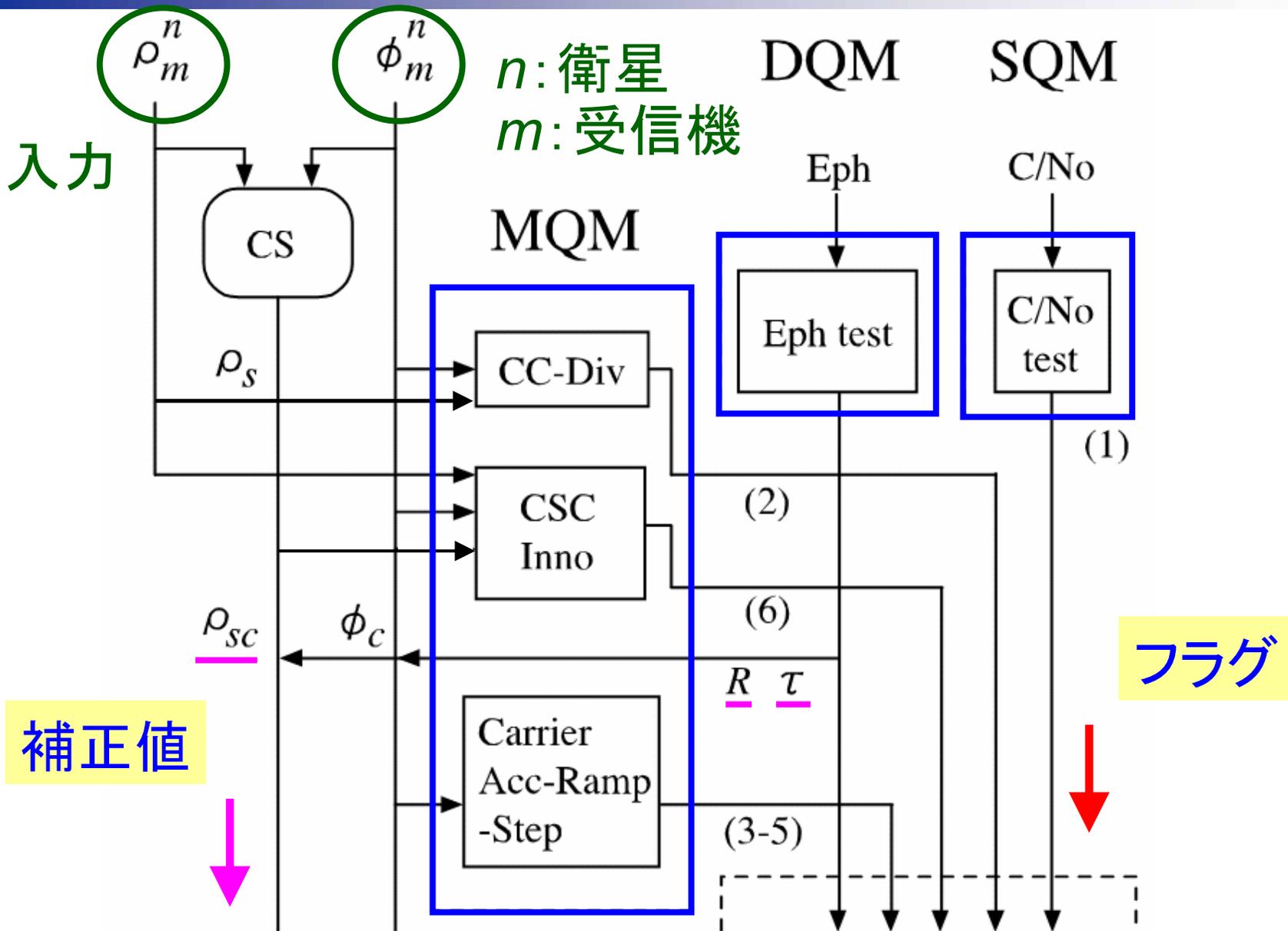
**HMI**: Hazardous Misleading Information(ユーザに危険な偽の情報)

# 品質モニタとエグゼクティブ(統合)モニタ



- 信号品質モニタ (SQM)
    - 受信  $C/N_0$  のテスト
  - データ品質モニタ (DQM)
    - 放送暦のテスト
  - 観測値品質モニタ (MQM)
    - 擬似距離・搬送波位相のテスト
  - エグゼクティブモニタ
    - 各品質モニタの判定結果フラグを統合し、衛星または受信機の排除を判断
    - 補正值生成に係わる
- 統計量を  
閾値と比較  
フラグを発生

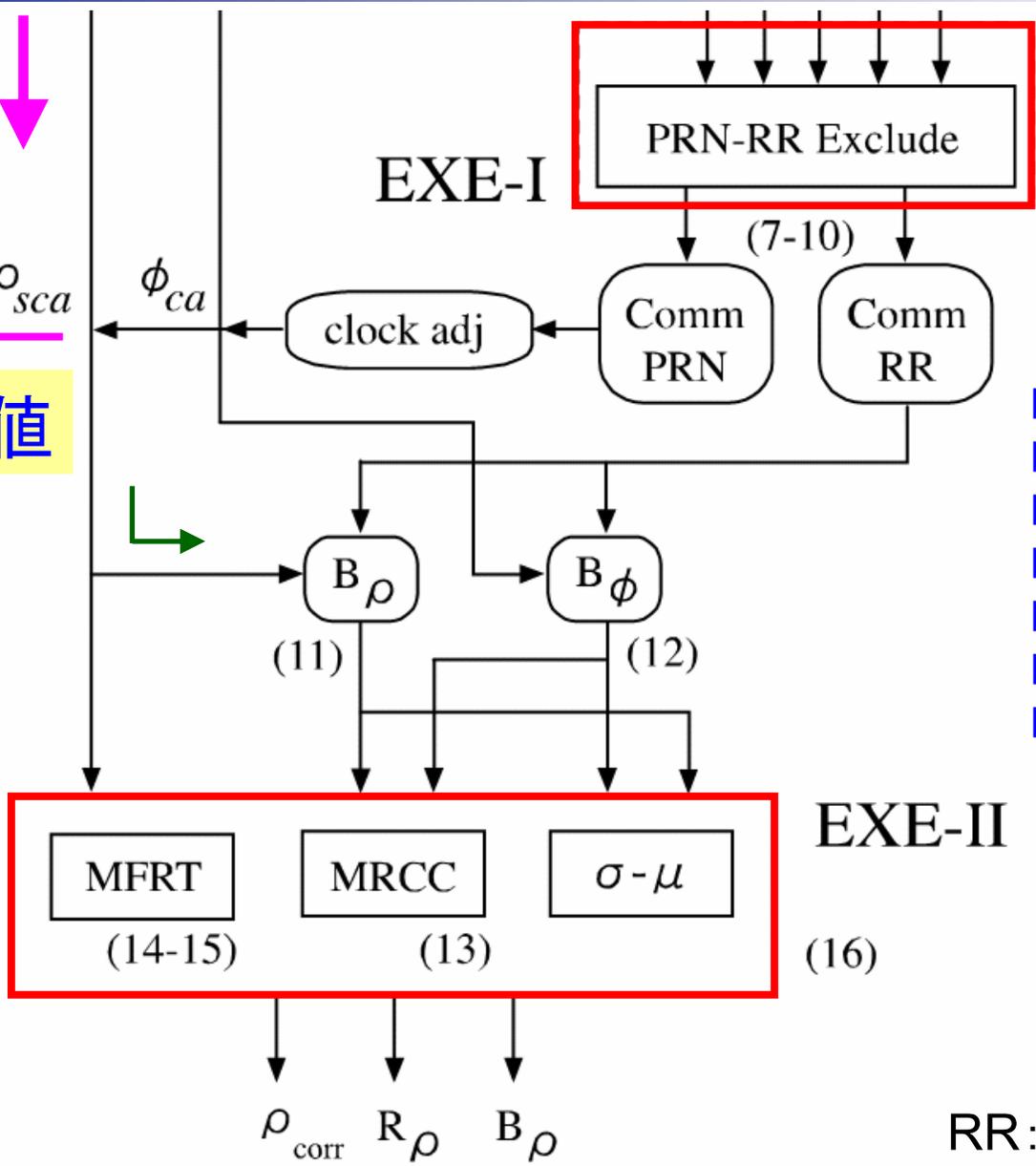
# 品質モニタの処理の流れ



# エグゼクティブモニタの処理の流れ

補正值

フラグ



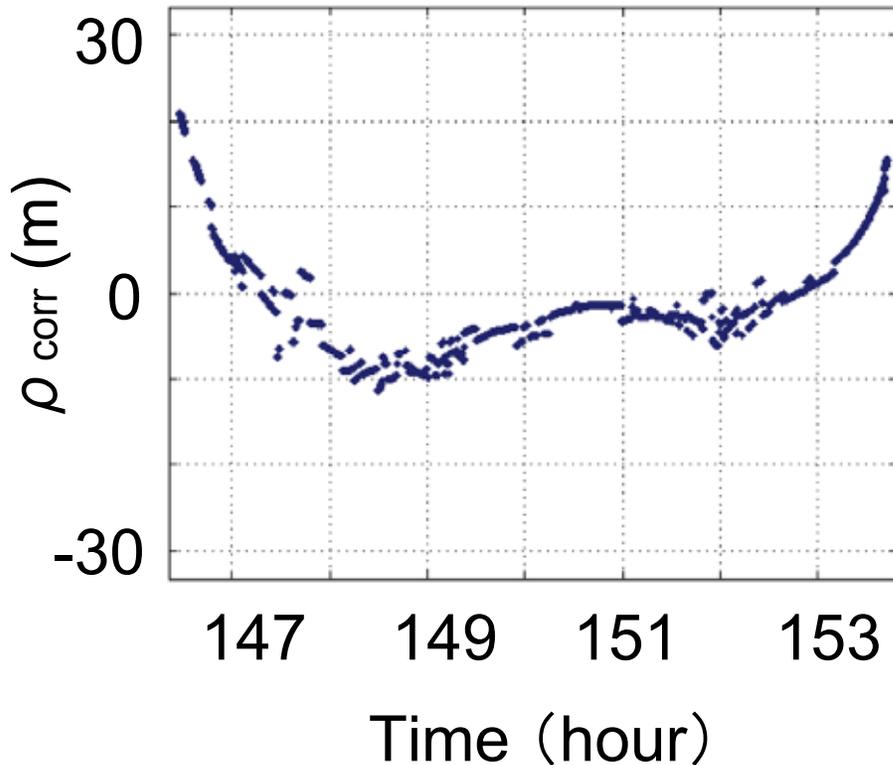
- (1) 1PRN & 1RR  
 (2) 1PRN & RRs  
 (3) PRNs & 1RR  
 (4) RRs & RRs

RR: Reference Receiver

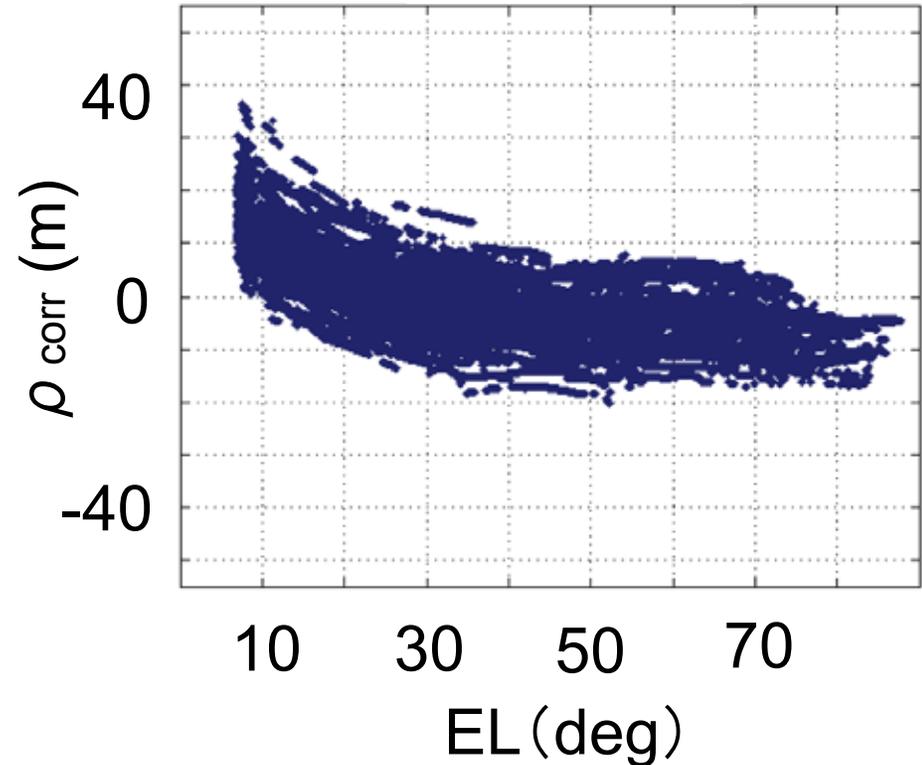
- (従来)MQM(観測値品質モニタ)・  
SQM(信号品質モニタ)処理の試作
- (今回)エグゼクティブモニタ処理の試作
- 仙台空港内の24時間データ(2003.11.1)
- モニタ性能を検討
  - (1)典型的な放送データ(補正值・B値)
  - (2)モニタの誤フラグの問題  
(アベイラビリティに影響)

# (1) 例: $\rho_{\text{corr}}$

## PRN16



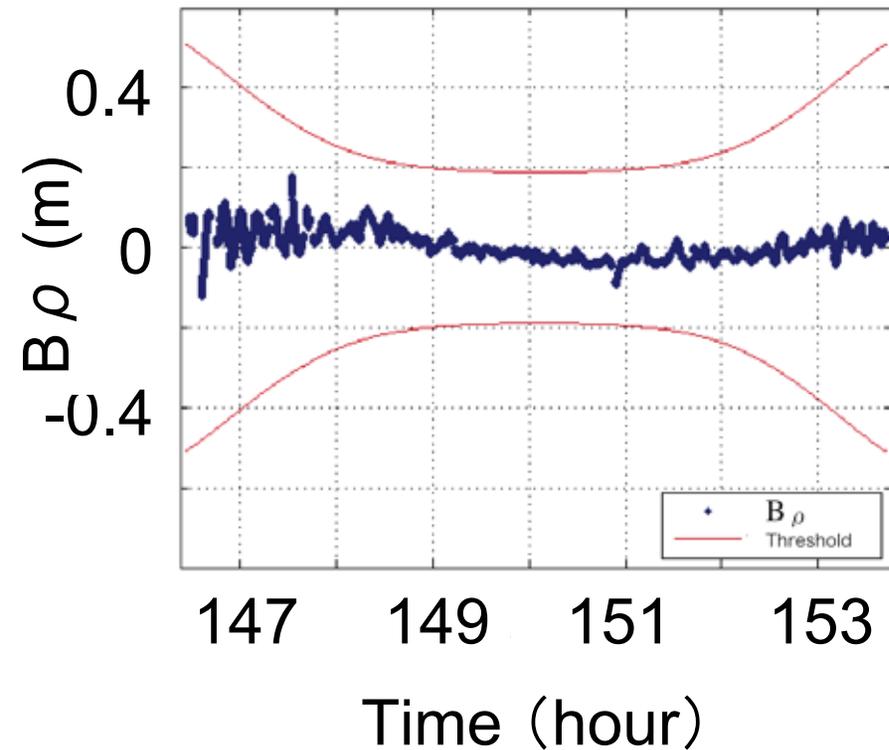
## All PRN



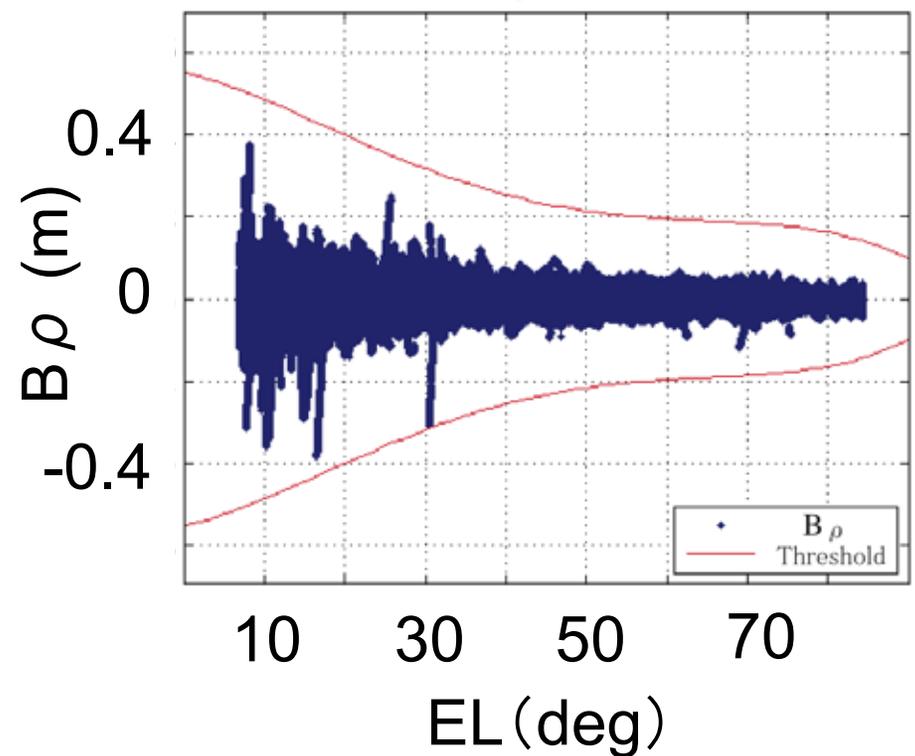
- 共通衛星の変化による受信機クロックバイアス変動
- 低仰角での遅延量の増加(電離層)

# (1)例: B値

## PRN16 (RR1)

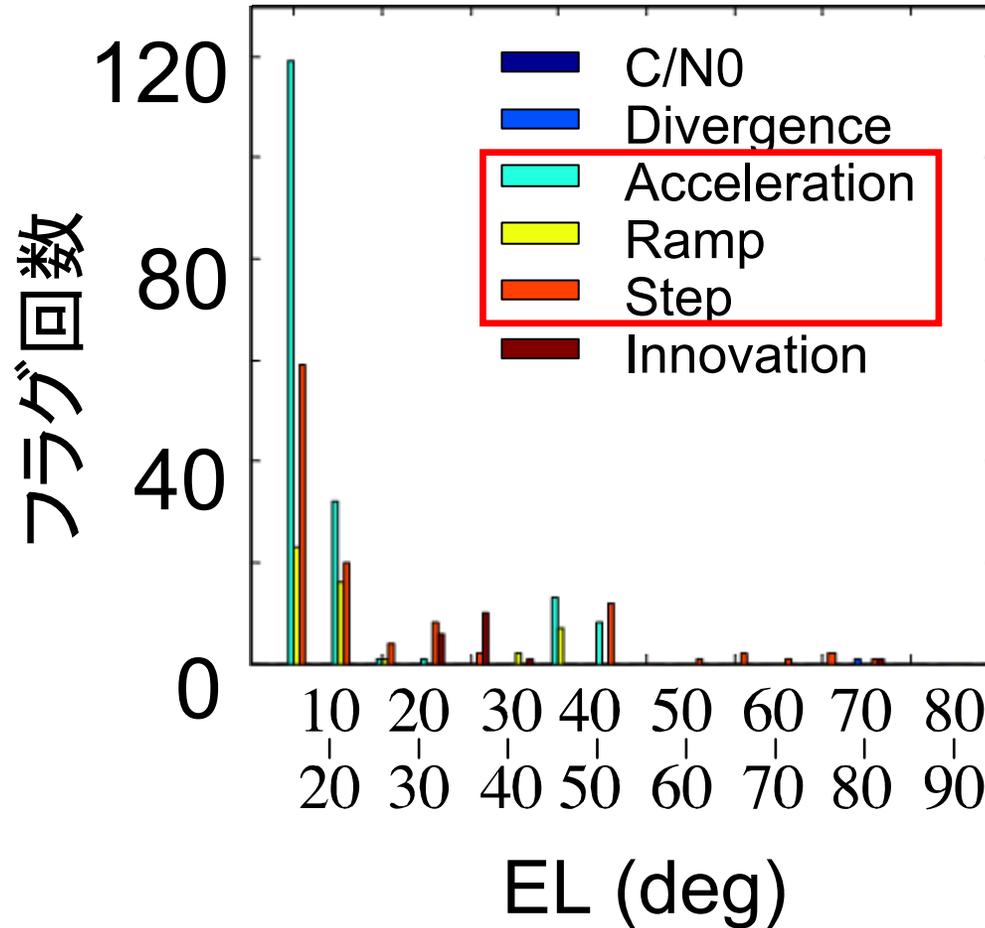


## All PRN (RR1-4)



- 低仰角で増加傾向

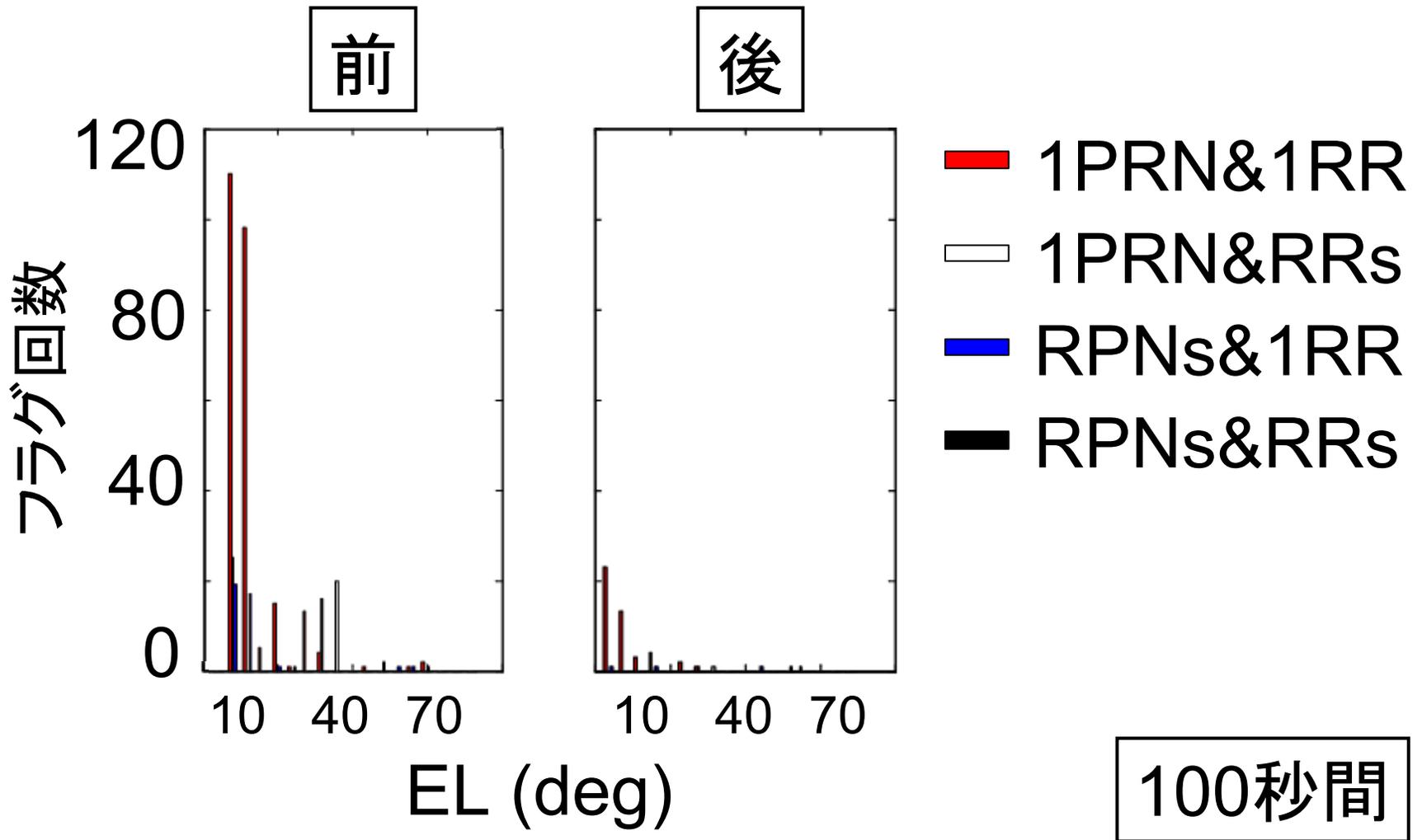
## (2) 品質モニタのフラグ数



2003.11.1

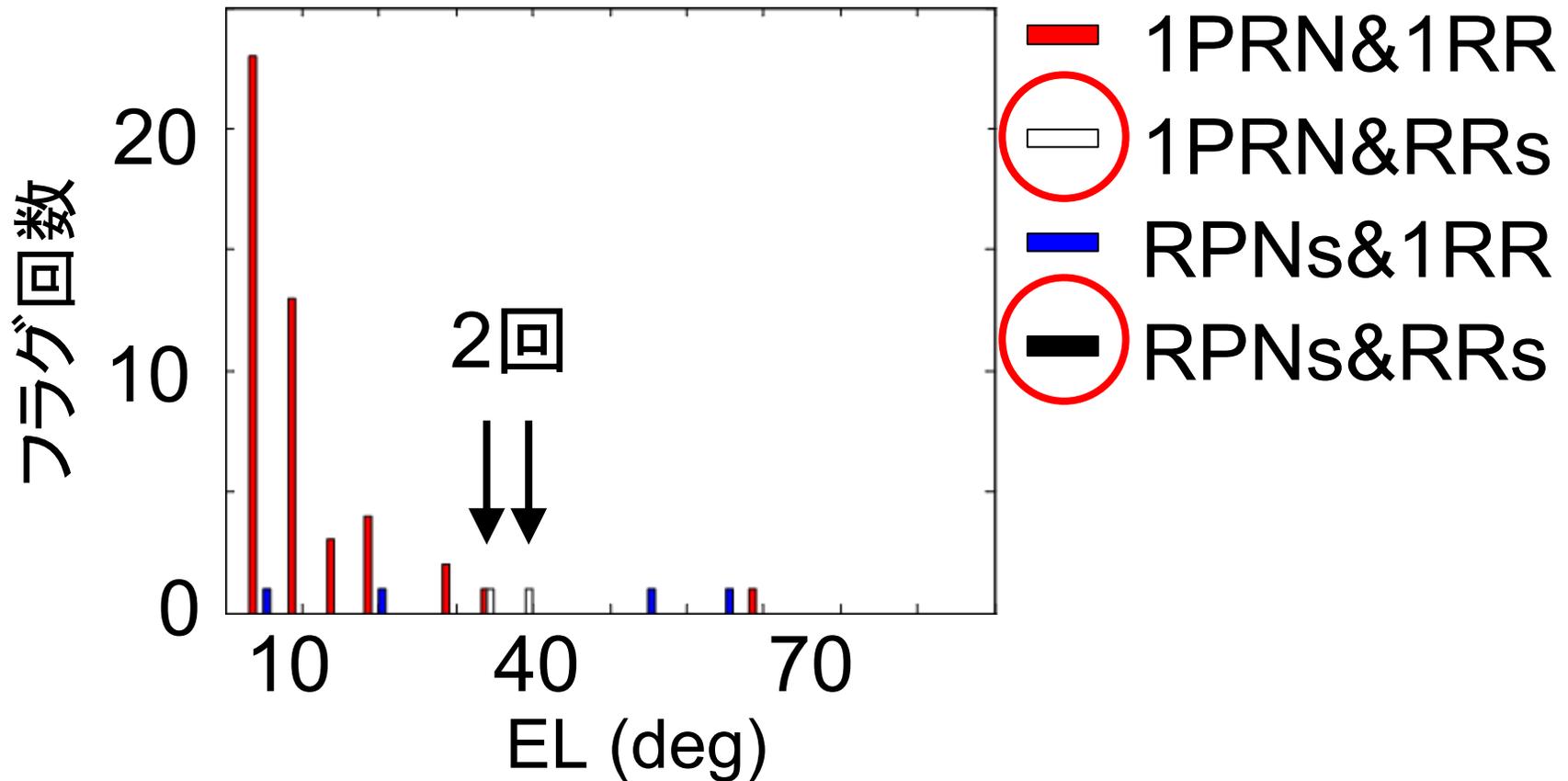
- 低仰角で誤フラグが多発(マルチパス)
- 搬送波の**加速度**, Ramp, Stepモニタ

# (2) エグゼクティブモニタのフラグ数



スムージングでリセットされた後はカウントしない

## (2) エグゼクティブモニタのフラグ数



- 1PRN&1RRの排除 → 3RRで補正值作成
- 1PRN&RRs → 衛星1つ減る
- PRNs&1RR → 3RRで補正值作成

## (2) 衛星が排除された例

- PRN21 (43, 35度) : 瞬時に**全受信機**がフラグ
  - 搬送波位相の加速度, Ramp, Step
- PRN21に固有のクロック変化を捕らえた
  - PRN21/SVN45, IIR, D3プレーン, Rb3
  - (打ち上げ) 2003.3.31
  - (クロック最終交換) 2003.4.11
  - 2003.11.1付近に故障情報はない
  - PRN**21**, **17**, **4**を捕捉(10日間で数回)

## (2) 誤フラグの検討結果

- 搬送波位相の加速度, Ramp, Stepモニタで, 誤フラグが発生
  - 低仰角(マルチパス): 多発
  - スムージングのリセットを考慮  
1PRN&1RRが多く影響は小さい  
(アベイラビリティへの影響小さい)
  - 高仰角(衛星固有): 2回/日

- 衛星故障(異常)に対する地上モニタの試作
  - 品質モニタとエグゼクティブモニタの性能検討
    - 仙台空港内で収集した24hデータ
  - 衛星故障をモニタし, 放送データを生成
  - 誤フラグ問題を検討 → 影響は小さい
  - エグゼクティブモニタは有効に動作
  - 地上モニタの基幹アルゴリズムを完成
- (今後の課題)
- リアルタイム・プロトタイプによる実証