

平成28年度 電子航法研究所発表会（2016年6月9日）

# 高精度なRAIM予測 に向けた提案



航法システム領域

○麻生 貴広, 坂井 丈泰, 毛塚 敦、北村 光教

RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring) : 「受信機による完全性の自律的監視」と呼ばれ航空機型補強システム ABAS ( Aircraft Based Augmentation System ) を実現する機能

# 内 容

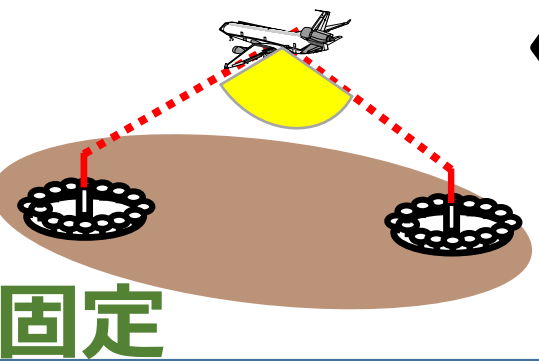
1. RAIMとRAIM予測の必要性
2. RAIM予測サービスの現状分析
3. 高精度なRAIM予測システムの提案
4. アルゴリズム改良
5. まとめ

RAIM(Receiver Autonomous Integrity Monitoring) : 「受信機による完全性の自律的監視」と呼ばれ航空機型補強システム ABAS ( Aircraft Based Augmentation System ) を実現する機能

# 1. RAIMとRAIM予測の必要性

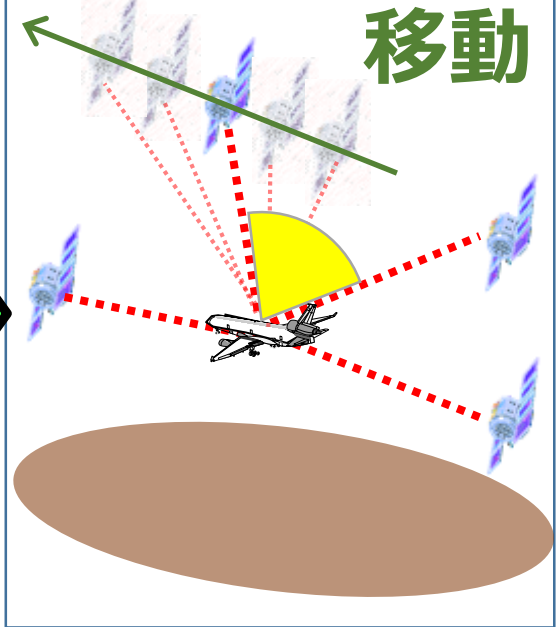
## 従来航法

使用条件:位置精度が劣化する為, 航空機から見たDME局間を30~150度に制限(RNAV)

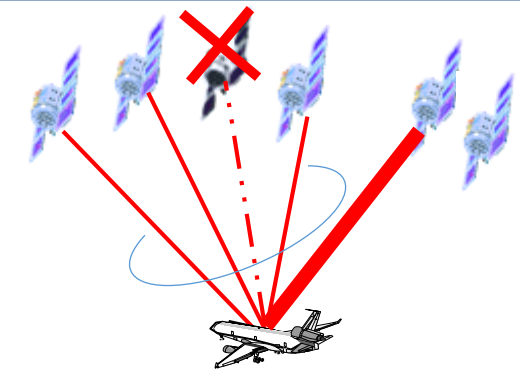


## GPS航法

移動



## RAIM



GPSを多めに観測して整合性チェック

地上側で対応

信号故障

気付かず使用

時間変化なし

位置精度

時間変化あり

航空機で故障検知

時間変化あり

使用条件を満たしているか RAIMのための事前予測が必要!

## 航空局による RAIM予測情報の提供

搭載するRAIMの規格  
で結果が大きく異なる

利用不可

利用可

Web

RJNF

0167-15 FROM 15/05/26 16:00 TO 15/05/29 15:00  
E)GPS RAIM OUTAGES PREDICTED FOR APCH AS FLW,  
1505271405/1505271415  
1505281400/1505281410  
1505281440/1505281505  
1505291355/1505291410

0165-15 FROM 15/05/25 15:08 TO 15/05/28 15:00  
E)GPS RAIM OUTAGES PREDICTED FOR TERMINAL AREAS AS FLW,  
1505281400/1505281410

NOTAM

### 課題

- ◆ 1日1回の長期予測  
→ **更新頻度が低い**
- ◆ GPSの概略位置を使用した1日前の予測  
→ **時間的マージンが多い**
- ◆ RNP進入方式の増加  
→ **アウテージ数の増加**
- ◆ NOTAMは性能の低い機体を前提(保守的)  
→ **NOTAM数の増加**

# 運航者による RAIM予測情報の利用



### 大型機

- ・早朝にRAIM NOTAMを確認し、全フライトプラン(何百便)に反映
- ・機体毎の情報をWebで確認する余裕はない



### 中型機

- ・SBASが利用されつつありRAIM予測不要



### 回転翼

- ・Webで十分(限られたエリアを飛行)
- ・ドクターヘリはランデブー地点(学校等)にDMEなど無いためGNSSの可否は極めて重要



## 課題

- ◆ **新型機の機体性能を生かし切れない**
- ◆ **人手を介す必要があり利便性が損なわれている**
- ◆ **保守的なRAIM予測はドクターヘリなど緊急性利用の妨げになりかねない**

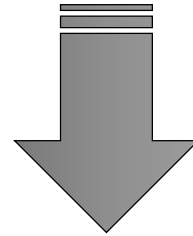
### 現状の課題

#### □予測性能

- 1日1回の長期予測で不確定要素が多いため**時間的なマージン大**
- 大型機の**機体毎の航法性能を生かし切れていない**

#### □利便性

- 膨大なNOTAMやWebから必要な場所・時間を探すのに、**人手を介す必要がある。利便性の低下**



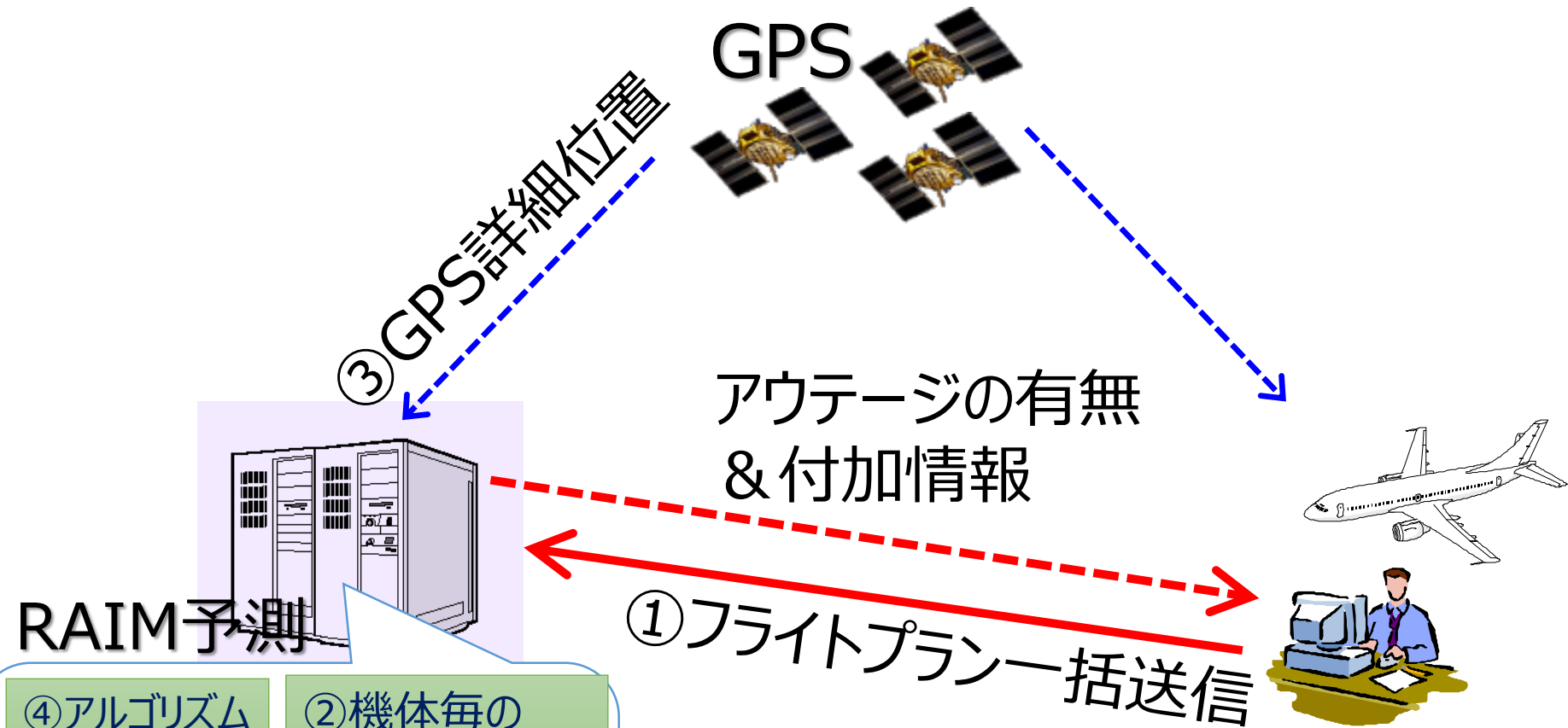
- ・新規格の受信機搭載が増加
- ・GPSの位置づけが変化

# 高精度なRAIM予測システム

## 高精度なRAIM予測システム に向けた改善策

- ① **FPL一括送信** 人手を介さない } 利便性
- ② **性能パラメータ登録** 機体毎の考慮
- ③ **GPS詳細位置** 時間マージン削除 } 予測性能
- ④ **アルゴリズム改良** 長期予測→短期

## 高精度なRAIM予測システムの構成



④ アルゴリズム改良

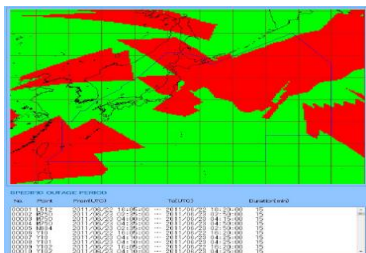
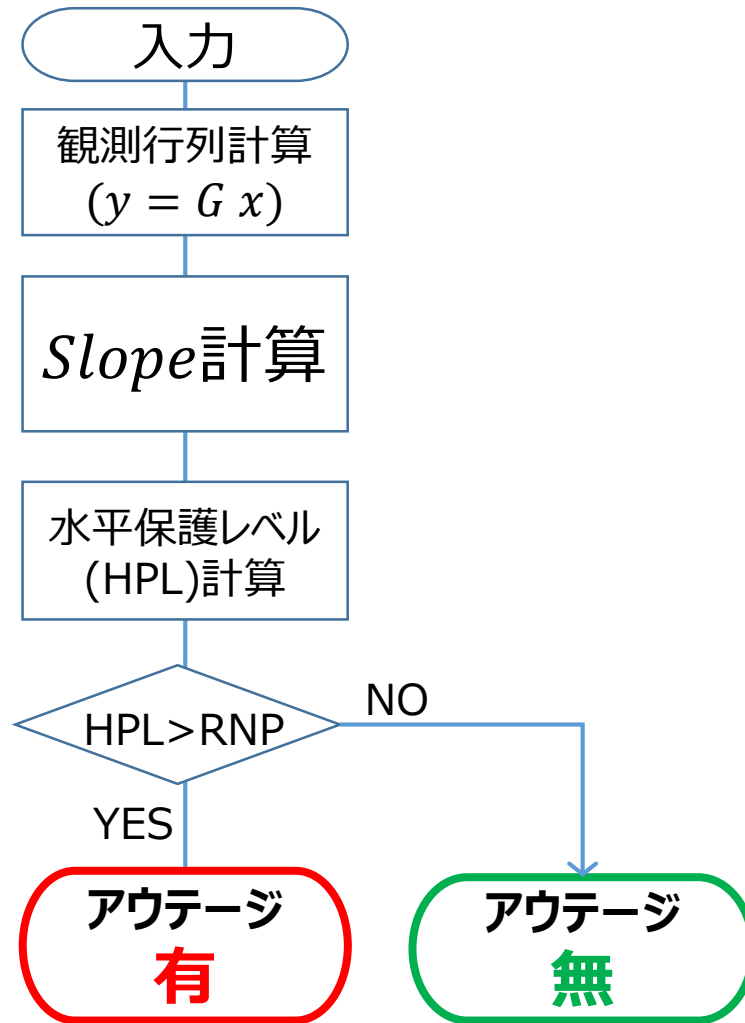
② 機体毎の性能パラメータ

機体	RAIM性能	RAIM性能	RAIM性能	RAIM性能	RAIM性能	RAIM性能
T10-121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T10-121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T10-121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T10-121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T10-121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
T10-121	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

次頁



# 4. アルゴリズム改良



## 現アルゴリズム

- ◆ 最後まで計算しなければアウトージの有無が分からない
- ◆ 計算に時間を要す



## アルゴリズム改良

- ◆ 途中の計算式に着目
- ◆ アウトージになる可能性の無いものは計算を省略

# 4. アルゴリズム改良

入力

観測行列計算  
( $y = Gx$ )

Slope計算

水平保護レベル  
(HPL)計算

HPL > RNP

NO

アウトージ  
無

YES

アウトージ  
有

$$A = (G^T G)^{-1} G^T$$

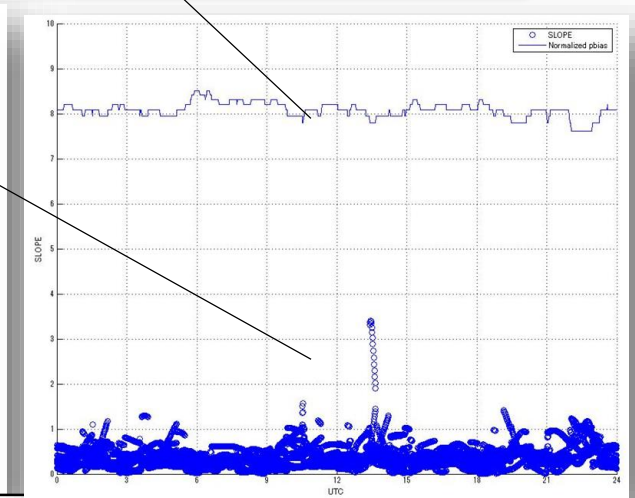
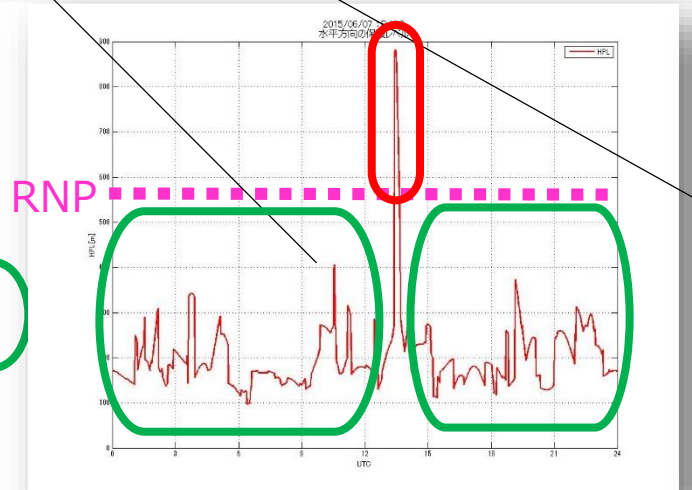
$$S = 1 - G(G^T G)^{-1} G^T$$

$$Slope(i) = \frac{\sqrt{A_{1i}^2 + A_{2i}^2}}{\sqrt{S_{ii}}}$$

固定値

自由度 (n-4) で正規化された  
非心 $\chi^2$ 分布より求められる値  
→7.0~8.5程度の値

$$HPL = Slope_{max} \times \sigma \times Normalized\_pBias$$



(例) 1日でのHPLの変化 (UTC 0~24)

### 提案する効率化の手法

- 直接HPLを計算するのではなく

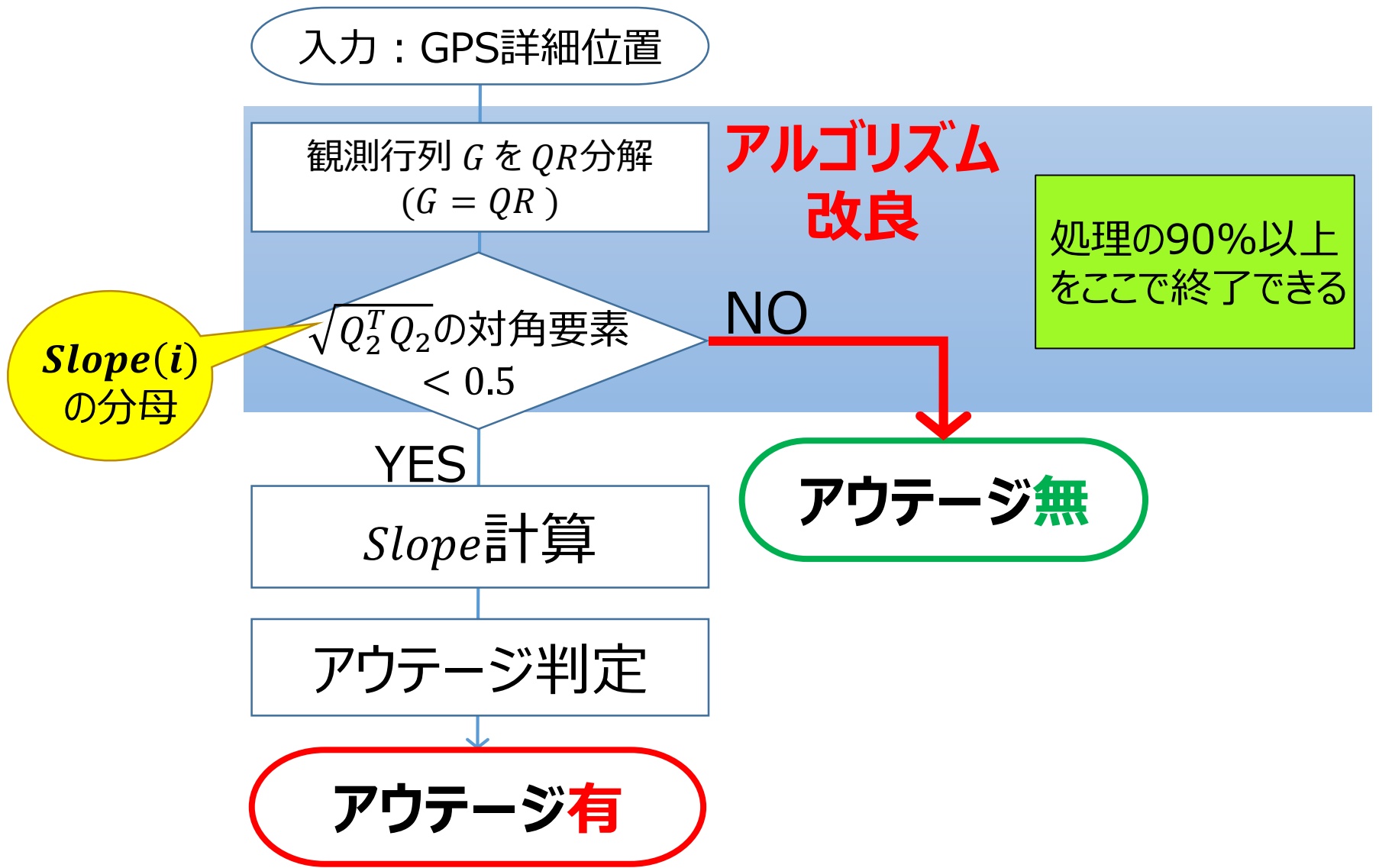
$$HPL = Slope_{max} \times \sigma \times Normalized\_pBias$$



- RAIMアウトページになる可能性のある*Slope(i)*に着目

$$Slope(i) = \frac{\sqrt{A_{1i}^2 + A_{2i}^2}}{\sqrt{S_{ii}}}$$

# 4. アルゴリズム改良



処理時間を短縮 → 更新頻度を高く → 予測精度向上

### □RAIM予測サービスの現状分析

- ✓GPSを主計器としての使用が認められRAIM予測に対する要望が強い
- ✓マージンを削除する必要
- ✓人手を介さないシステムを希望
- ✓機体毎の航法性能を生かす必要

### □高精度なRAIM予測システムを提案

- ✓フライトプラン一括送信
- ✓機体性能パラメータ登録
- ✓GPS詳細位置
- ✓アルゴリズム改良

- （今後）RAIM予測システムを拡張し管制官に適した情報提供 →より安全なGNSS航法の環境構築を目指す

RAIM予測のヒアリングに  
ご協力頂いた関係各位に深く感謝致します。

# Backup Slides

