

## 12. 地上型衛星航法補強システムの 可搬型評価装置

※齊藤 真二

齋藤 享, 吉原 貴之, 福島 荘之介, 毛塚 敦

電子航法研究所 航法システム領域

平成 29 年 06 月 09 日



## はじめに

地上型衛星航法補強システム  
背景

## 可搬型評価装置

装置構成  
ソフトウェア  
評価例  
機能追加

## まとめ



## 地上型衛星航法補強システム

### GBAS (Ground-Based Augmentation System)



GPS (Global Positioning System) 等の GNSS (Global Navigation Satellite System) を用いた航空機の航法システムの一つ



GBAS を用いた着陸システムは GLS (GBAS Landing System) と呼ばれる



## 構成



### 地上サブシステム

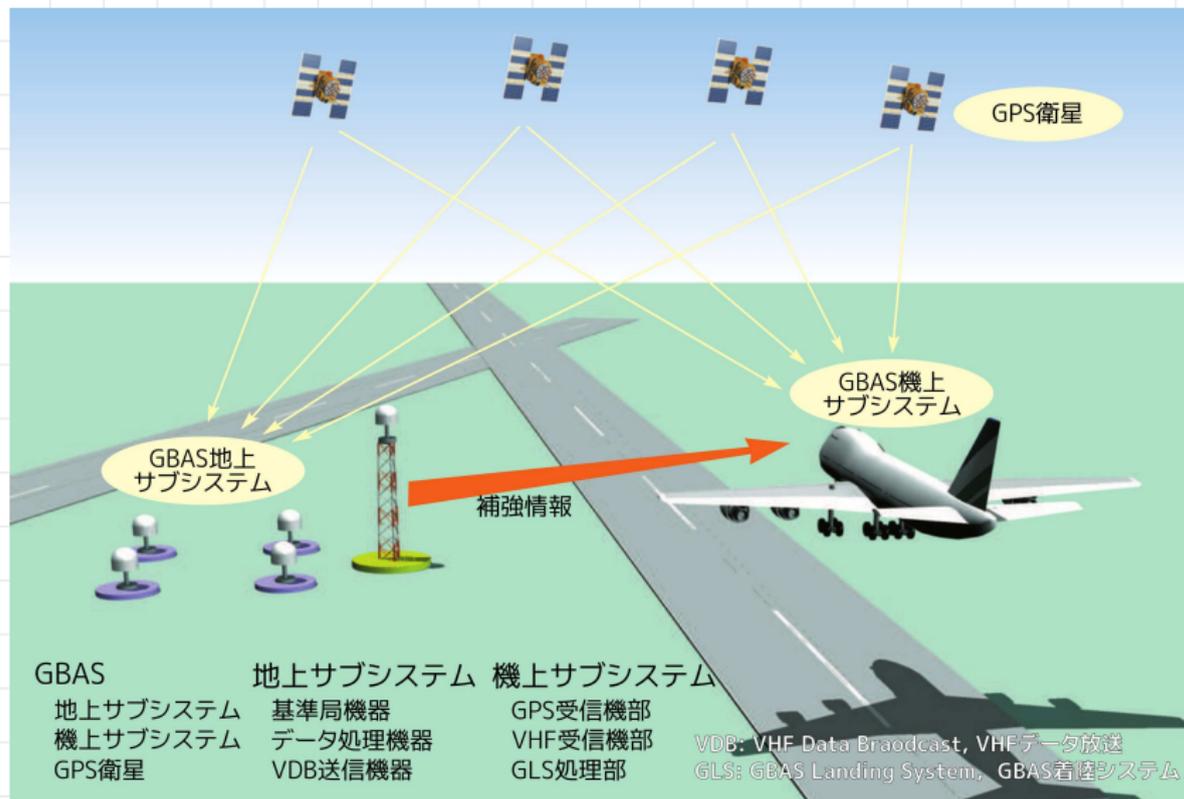
 補強情報を生成し、航空機へ放送する



### 機上サブシステム

 航空機の測位・誘導を行う

# 地上型衛星航法補強システム（つづき）



-  CAT-I GBAS の導入は世界各国で始まっている
  -  我が国においても東京国際空港への導入が決定している
-  利用者である航空機の運航者が安心して利用できるよう
  -  設計・製造時に想定していた性能が、設置環境による劣化や想定してない不具合が発生することなく保たれているかを把握しておくこと
  -  GBAS の利用可能性情報を提供することが必要



-  性能評価手法や利用可能性予測手法の確立が望まれている



## 電子航法研究所では



運用に必要な性能を評価する手法の確立



運用時に必要となる運用性予測手法の確立



複数滑走路を有する大空港での運用に対する技術的課題を明らかにし解決案を示す ことで



航空局が実施する GBAS 運用評価に寄与し  
我が国における CAT-I GBAS の円滑な導入に貢献すること

を目的とし



『地上型衛星航法補強システムの運用性能評価に関する研究』  
を 2015 年度より 4 ケ年計画で開始



地上型衛星航法補強システムの性能評価装置について述べる

# 可搬型評価装置の設計

 設置された GBAS が設計・製造時に想定していた性能が保たれているか確認し評価する装置

 本評価装置は

 測位精度評価

 誤差と PL（プロテクションレベル）の比較による完全性評価

 PL：アプローチ 1 回あたり  $1 - 5 \times 10^{-8}$  の確率で測位誤差が超えない値（CAT-I の場合）

 PL と AL（アラートリミット）の比較による有効性評価

 PL が AL を越えた場合、使用不可  
運航機材ではフラグによる警報・コース偏位のポインタ消失

 経路情報評価

 GPS・VDB 受信信号環境評価（可搬性）

 故障・不具合時の原因探求

などの実施を目的として設計

 これまでに開発してきている

実験用機上装置（GAST-D）をベース



## 機上サブシステムの動作や環境を模擬



GPS 受信部・VDB 受信部・GLS 処理部 (PC) で構成



VDB 受信信号強度取得用のスペクトラムアナライザを追加



TDMA スロット同期用の 2PPS 信号出力 GPS 受信機を追加



## 可搬性



上記機器を可搬型の 19 インチラックに搭載



GPS 受信アンテナ・VHF 受信アンテナ・電源を接続

→ 任意の場所での評価が可能



## 独立性



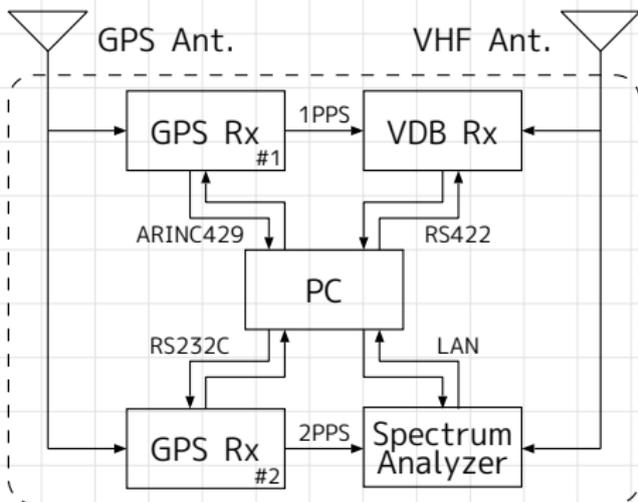
地上サブシステムからの情報は VDB を受信して評価に使用



地上装置のアルゴリズムや製造業者に依存しない

独立した評価が可能

# 評価装置構成

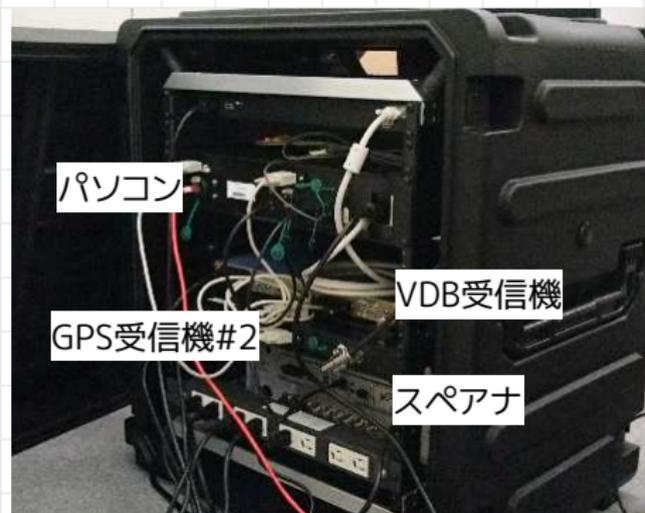


機器	用途
VDB Rx	VDB 受信用
GPS Rx #1	GPS データ取得 航空機搭載型受信機
Spectrum Analyzer	信号強度取得
GPS Rx #2	スペアナ同期用 2PPS 出力
PC	装置制御・データ処理

## 評価装置外観



 可搬型ラックに収納



# 可搬型評価装置の開発



## 機上サブシステムの動作や環境を模擬



GPS 受信部・VDB 受信部・GLS 処理部 (PC) で構成



VDB 受信信号強度取得用のスペクトラムアナライザを追加



TDMA スロット同期用の 2PPS 信号出力 GPS 受信機を追加



## 可搬性



上記機器を可搬型の 19 インチラックに搭載



GPS 受信アンテナ・VHF 受信アンテナ・電源を接続

→ 任意の場所での評価が可能



## 独立性



地上サブシステムからの情報は VDB を受信して評価に使用



地上装置のアルゴリズムや製造業者に依存しない

独立した評価が可能

# 評価装置ソフトウェアの開発

## 実験用機上装置ソフトウェアをベースに開発

 機上サブシステムと同様の処理

 航空機側を想定した性能評価

## 機上サブシステムの動作に機能を追加

 航空機の姿勢変化を想定し衛星数を減らした状態での測位演算・PL 計算機能

 仮想 FAS (Final Approach Segment) からのコース偏位を計算する機能

 VDB 信号強度計測機能

 スペクトラム取得機能

## 特長

 CAT-I (GAST-C) / 高カテゴリー (GAST-D) の両方に対応

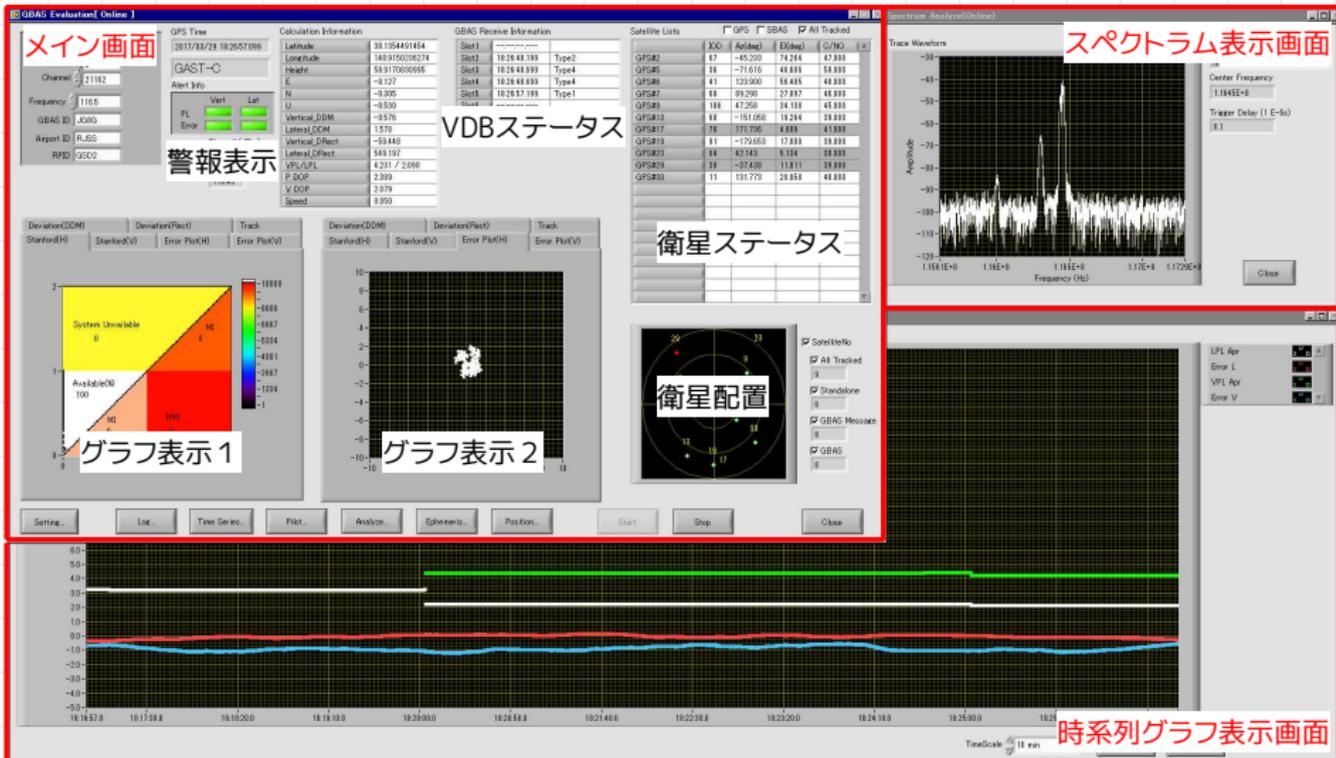
 RTCA DO-253C

 リアルタイム処理 / 後処理による評価

 固定点 / 移動体での評価



# 評価装置ソフトウェアの画面例 1



# 評価装置ソフトウェアの画面例 2

GBAS Evaluation [ Offline ]

Mode: Mode Select  
RPDS: 2  
Channel: 21160  
Frequency: 116.45  
GBAS ID: JG8G  
Airport ID: RJSS

GPS Time: 2017/03/29 02:02:21.000  
GAST-C  
Alert Info: Vert, Lat, PL, Error, Strength(dBm)

Calculation Information  
Latitude: 38.1354489092  
Longitude: 140.9150276795  
Height: 59.1556946915  
E: 0.227  
N: -0.331  
U: -0.291  
Vertical\_DDM: -0.574  
Lateral\_DDM: 1.578  
Vertical\_DRect: -59.193

GBAS Receive Information  
Slot 1: -----  
Slot 2: 02:02:17.800 Type2  
Slot 3: 02:02:18.300 Type4  
Slot 4: 02:02:18.300 Type4  
Slot 5: 02:02:20.800 Type1  
Slot 6: -----  
Slot 7: -----  
Slot 8: -----

Satellite Lists  
GPS SBAS All Tracked  
GPS#10: 60 -113.668 50.010 44.000  
GPS#12: 68 64.279 60.624 49.000  
GPS#14: 21 -51.334 25.449 49.000  
GPS#15: 71 125.262 17.073 39.000  
GPS#18: 56 -152.398 38.534 44.000  
GPS#24: 84 61.115 37.012 43.000  
GPS#25: 28 -176.062 64.120 47.000  
GPS#31: 38 -96.007 15.223 42.000  
GPS#32: 75 -45.215 48.486 48.000

スタンフォードチャート (垂直方向)

スタンフォードチャート (横方向)

Setting... Pilot... Analyze... Position... Start Stop Close

Satellite No: 9  
All Tracked: 9  
Standstone: 9  
GBAS Message: 9  
GBAS: 6

# 評価装置ソフトウェアの画面例 3

The screenshot displays the GBAS Evaluation software interface with the following sections:

- Mode Select:** RPDS: 2, Channel: 21160, Frequency: 116.45, GBAS ID: JG8G, Airport ID: RJSS, RPID: GSD2.
- GPS Time:** 2017/03/29 02:02:57.400, GAST-C.
- Alert Info:** Vert (green), Lat (green), Error (green), Strength(dBm): -43.5, Frequency(MHz).
- Calculation Information:** Latitude: 38.1354464454, Longitude: 140.9150269560, Height: 59.4935024977, E: 0.164, N: -0.604, U: 0.047, Vertical\_DDM: -0.571, Lateral\_DDM: 1.579, Vertical\_DRect: -58.865, Lateral\_DRect: 549.532, VPL/LPL: 6.511 / 2.596, P\_DOP, V\_DOP, Speed.
- GBAS Receive Information:** Slot 1 to Slot 8 with various Type and signal data.
- Satellite Lists:** Table with columns: ID, IOD, Az(deg), E(Kdeg), C/NO. Includes GPS#10 through GPS#32.
- Error Plots:** Two scatter plots showing deviation. The left plot is labeled "誤差プロット (水平vs垂直)" and the right plot is labeled "誤差プロット (東西vs南北)". Both plots show a cluster of points near the origin on a grid.
- Satellite Status:** A circular plot showing satellite positions with numbers 14, 32, 24, 12, 10, 25, 18, 15.
- Settings:** SatelliteNo: 9, All Tracked: checked, Standalone: checked, GBAS Message: checked, GBAS: checked.
- Buttons:** Setting..., Log..., Time Series..., Pilot..., Analyze..., Ephemeris..., Position..., Start, Stop, Close.

# 評価装置ソフトウェアの画面例 4

GBAS Evaluation [ Offline ]

Mode: Mode Select  
RPDS: 31  
Channel: 33079  
Frequency: 116.45  
GBAS ID: JG8G  
Airport ID: RJSS  
RPID: LDA1

GPS Time: 2017/03/29 02:12:30.000  
GAST-C  
PL: [Yellow] [Green] [Red]  
Error: [Yellow] [Green] [Red]  
Strength(dBm): -43.5

Calculation Information  
Latitude: 38.135441217  
Longitude: 140.9150272662  
Height: 57.4584702682  
N: 10.238  
U: -1.989  
Vertical\_DDM: -0.615  
Lateral\_DDM: 0.009  
Vertical\_LRRect: -17.736  
Lateral\_LRRect: 6.190  
VPL/LPL: 5.354 / 2.950  
1.806  
1.336  
0.052

GBAS Receive Information  
Slot1: -----  
Slot2: 02:12:17.800 Type2  
Slot3: 02:12:18.300 Type4  
Slot4: 02:12:18.300 Type4  
Slot5: 02:12:20.300 Type1  
Slot6: -----  
Slot7: -----  
Slot8: -----

Satellite Lists  
GPS SBAS All Tracked  
GPS#10: 60 -120.119 47.376 47.000  
GPS#12: 72 57.519 57.209 48.000  
GPS#14: 21 -49.731 29.191 40.000  
GPS#15: 76 127.693 13.508 41.000  
GPS#18: 56 -155.232 34.292 43.000  
GPS#24: 86 84.484 33.671 43.000  
GPS#25: 50 -177.662 69.391 47.000  
GPS#29: 87 156.607 5.704 40.000  
GPS#31: 47 -92.527 18.308 42.000  
GPS#32: 80 -44.270 52.836 48.000

警告表示例

Deviation(DDM) Deviation(Rect) Track  
Stanford(H) Stanford(V) Error Plot(H) Error Plot(V)

スタンフォードチャート (垂直方向)

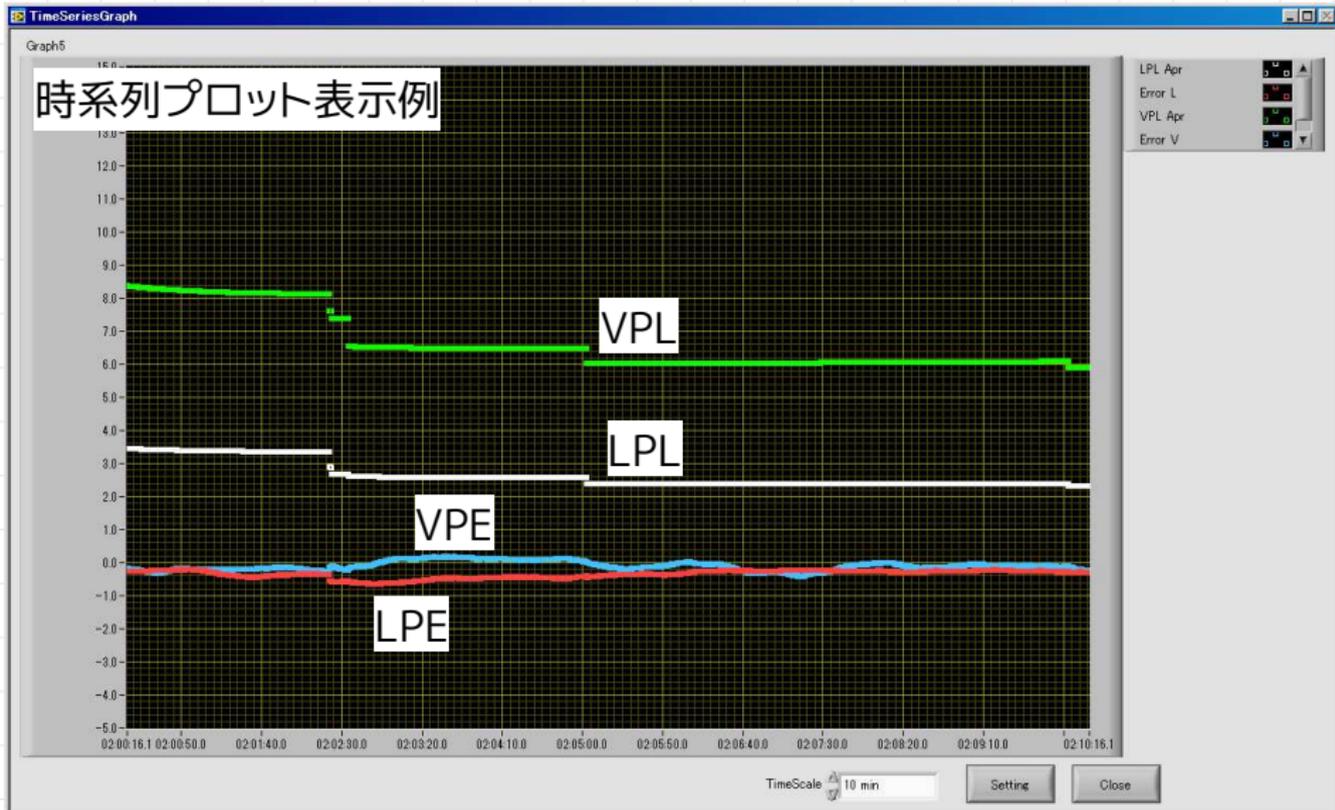
Deviation(DDM) Deviation(Rect) Track  
Stanford(H) Stanford(V) Error Plot(H) Error Plot(V)

スタンフォードチャート (横方向)

Setting... Log... Time Series... Pilot... Analyze... Ephemeris... Position... Start Stop Close

SatelliteNo: 10  
All Tracked: 10  
Standstone: 10  
GBAS Message: 10  
GBAS: 10

# 評価装置ソフトウェアの画面例 5



# 評価装置による評価例



データ取得



2017年3月



仙台空港実験用 GBAS 地上装置



固定点による評価

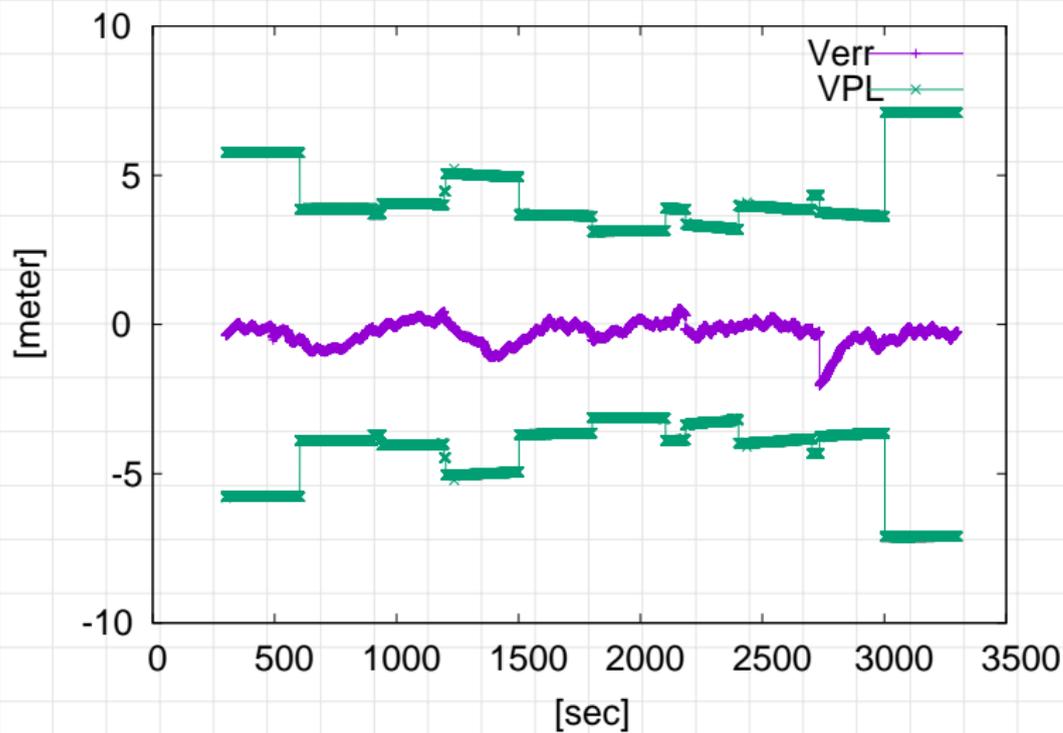


VDB 送信アンテナ上に設置の GPS アンテナ

		横方向	垂直方向
平均	[m]	0.027	-0.293
標準偏差	[m]	0.226	0.378
95%値	[m]	0.480	1.050
データ数		29639	29639



## VPL, 垂直方向測位誤差の時間変化の例







データ取得



2017年3月



仙台空港実験用 GBAS 地上装置



固定点による評価



VDB 送信アンテナ鉄塔  
に設置の GPS アンテナ

		横方向	垂直方向
平均	[m]	0.027	-0.293
標準偏差	[m]	0.226	0.378
95%値	[m]	0.480	1.050
データ数		29639	29639





航空機での GPS 受信環境をより正確に模擬するため  
評価装置ソフトウェアに対し



航空機搭載型 GPS 受信機 (GPS Rx #1) への対応

に加え GBAS が提供する複数の進入経路に対し同時に評価を  
行うため



複数の FAS, 任意の評価点 (仮想評価点) における  
PL の計算, AL との比較

等の機能追加を実施予定



## GBAS 地上装置の性能評価のための可搬型評価装置



### 装置構成

- VDB 受信機
- 航空機搭載型 GPS 受信機
- 制御・処理用 PC
- スペクトラムアナライザ・信号同期用 GPS 受信機



### 評価指標

- プロテクションレベル (PL)・アラートリミット (AL)
- 測位誤差



### パラメータ

- 衛星数 (仰角マスク等による使用衛星の選択)
- 仮想評価点の位置 (機能追加予定)



## 今後



ソフトウェアの機能追加, 航空機搭載型 GPS 受信機への対応



仙台空港の実験用 GBAS 地上装置と接続し  
評価装置の動作検証



ご清聴 どうも  
ありがとう  
ございました

