

GBAS 運用性能評価装置について


齊藤 真二


電子航法研究所 航法システム領域


平成 28 年 10 月 28 日



GBAS とは


 GBAS (Ground-Based Augmentation System)
地上型衛星航法補強システム


 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

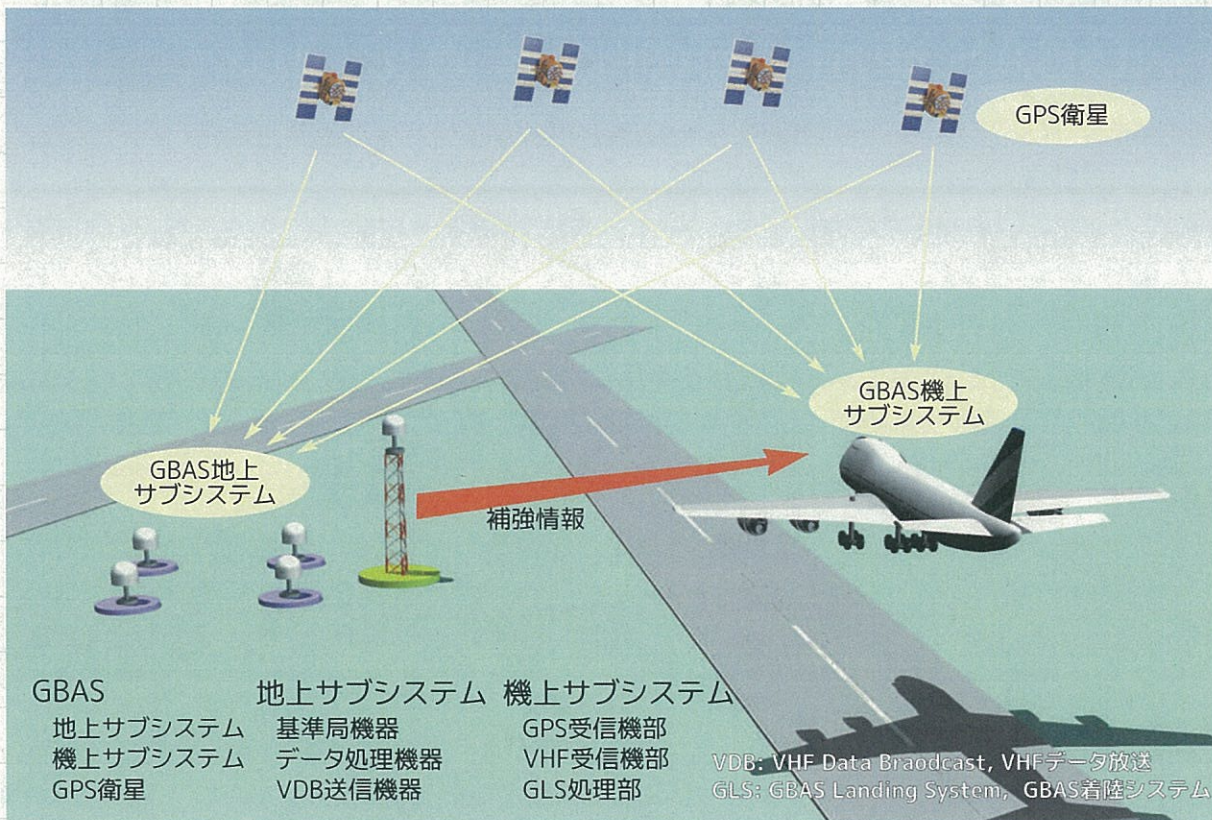
 補強情報を生成し、航空機へ放送する

 機上サブシステム

 航空機の測位・誘導を行う

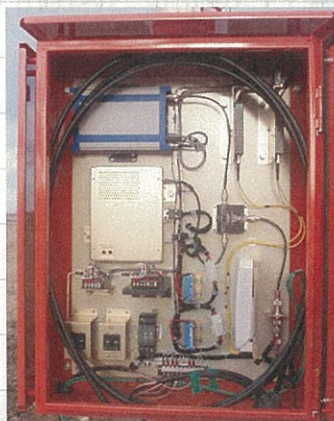


GBAS とは (つづき)



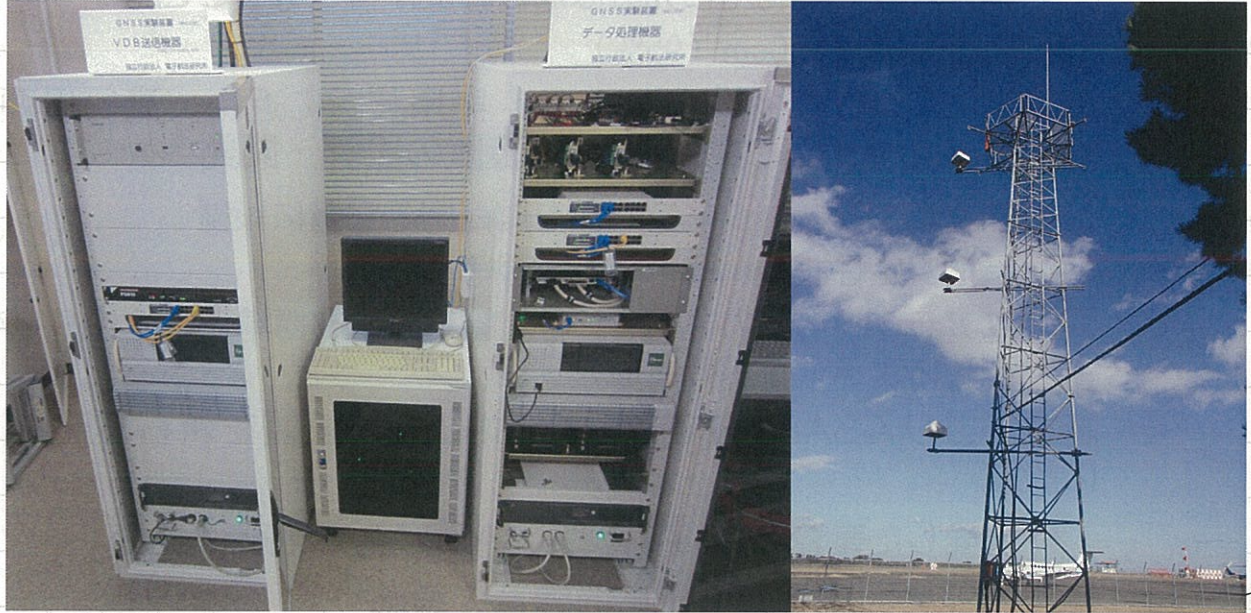
GBAS 地上サブシステム (実験装置) 1

基準局機器



GBAS 地上サブシステム（実験装置）2


データ処理機器/VDB 送信機器






GBAS 地上サブシステム（実験装置）3




配置




 基本的な性能評価のための実験用地上装置を仙台空港に設置し評価実験を実施

-  進入着陸での利用に十分な測位精度が得られることが分かった
-  垂直方向 約 80cm (95%)


 信頼性に関する評価を行うため、実用装置に近い、高い信頼性を持ったGBASプロトタイプ装置の設計・開発

-  開発したプロトタイプ装置を関西国際空港に設置
-  長期安定性試験・飛行評価試験等を実施
-  エアラインの協力を得て、GLS機上装置を標準搭載するB787型機による飛行評価試験を実施

 高カテゴリGBAS (GAST-D) の地上実験装置を新石垣空港に設置

-  開発した実験用GAST-D機上装置を用いた評価の実施


 仙台空港の実験装置による曲線進入評価

 複数コア衛星・複数周波数に対応したGBASの研究開発




CARATS

 航空局のロードマップ


 GBAS 関連部分の抜粋

大分類	小分類	施策ID	施策名	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026 以降			
空域編成	性能準拠型運用	OI-9	精密かつ柔軟な出発及び到着・進入方式	RNP AR 進入		PBNを利用した高精度な出発方式の検討																	
				曲線精密進入 (TNP to ILS)										曲線精密進入 (RNP to GLS)									
				GLS 進入 (CAT-I)										GLS 進入 (CAT-II, III)									
				CAT-I GBAS (GAST-C)										CAT-III GBAS (GAST-D)									
航法(N)		EN-8	衛星航法による(曲線)精密進入	GBAS CAT-II/III 研究開発・評価										GBAS (TAP) 研究開発・評価									
				GBAS 高度運用の研究・開発										高度化GBAS									




 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た

 運用時には、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

 GBAS の利用可能性情報を提供すること

 運用に必要な性能が保たれているかを把握しておくことが必要





 性能評価手法や利用可能性予測手法の確立が急務





背景 (つづき)

 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技術の確立

 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とし、解決策を示すことで、

 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

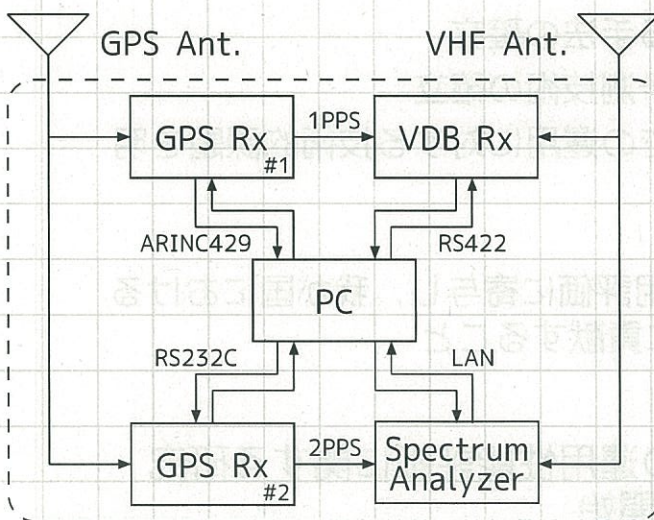
 地上型衛星航法補強システムの独立型運用性能評価装置について述べる



- ✈️ 運用性能評価装置は、設置された GBAS の性能を確認し、その性能が運用に充分であるか評価する装置
- ✈️ 開発する装置では、航空機側（機上サブシステム）の動作や環境を模擬
 - 🐦 利用者側により近い環境での評価
- ✈️ 地上サブシステムからの情報は、VDB で放送された情報を受信して取得し、評価に用いる
 - 🐦 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



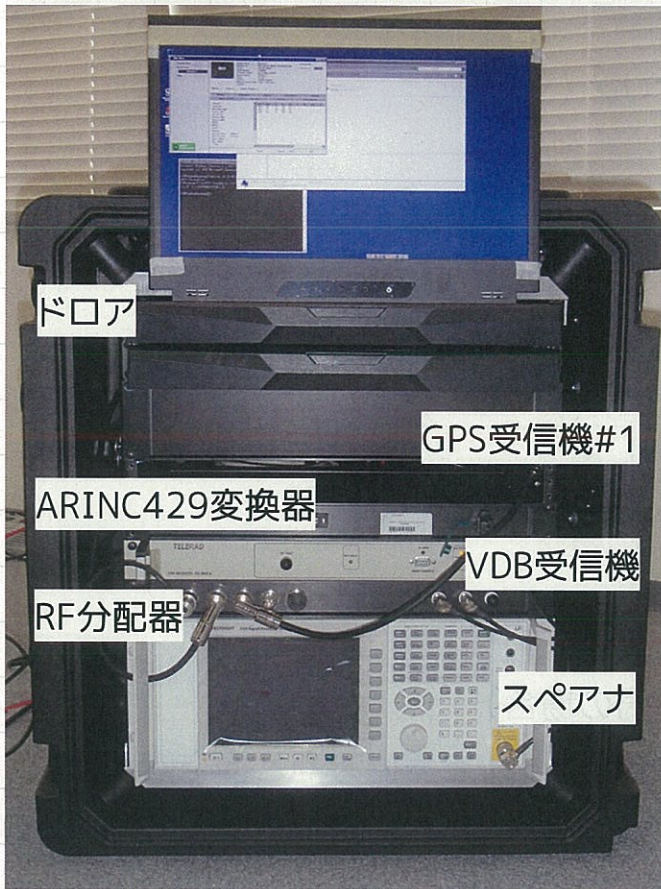
評価装置構成



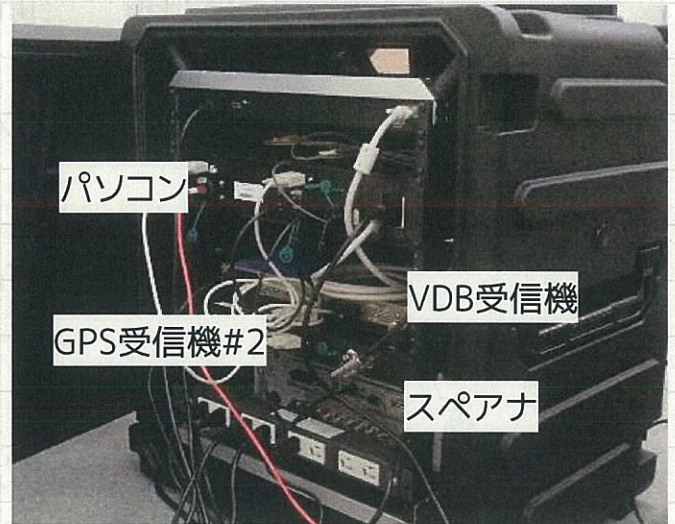
機器	用途
VDB Rx	VDB 受信用
GPS Rx #1	GPS データ取得 航空機搭載型受信機
Spectrum Analyzer	信号強度取得
GPS Rx #2	スペアナ同期用 2PPS 出力
PC	装置制御・データ処理



評価装置外観



可搬型ラックに収納



評価指標

プロテクションレベル (PL), アラートリミット (AL)

- 機上サブシステムでも計算される値
- PLはアプローチ1回あたり 5×10^{-8} の確率で測位誤差がPLを超えるような値 (CAT-Iの場合)
 - 誤差の最悪値を見積もる値といえる
- 垂直方向はVPL (Vertical PL), 水平方向はLPL (Lateral PL)
 - VAL (Vertical AL), LAL (Lateral AL) と比較
 - 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・経路偏位のポインタ消失など

測位誤差

- 固定点の場合のみ計算可能
- PLと比較

受信信号強度



プロテクションレベル

✈️ 垂直方向のプロテクションレベル (VPL)

$$VPL_{H0} = K_{ffmd} \sqrt{\sum_{i=1}^N s_{vert_i}^2 \times \sigma_i^2}$$

✈️ 横方向のプロテクションレベル (LPL)

$$LPL_{H0} = K_{ffmd} \sqrt{\sum_{i=1}^N s_{lat_i}^2 \times \sigma_i^2}$$

- ✈️ N : 使用衛星数
- ✈️ K_{ffmd} : 5.847 (基準局が4局の場合)
- ✈️ s_{vert_i}, s_{lat_i} : 衛星 i の視線ベクトルを垂直方向と横方向に投影した成分



プロテクションレベル



✈️ σ_i^2 : 衛星 i の擬似距離誤差の分散の推定値

$$\sigma_i^2 = \sigma_{pr_gnd,i}^2 + \sigma_{pr_air,i}^2 + \sigma_{tropo,i}^2 + \sigma_{iono,i}^2$$

- ✈️ $\sigma_{pr_gnd,i}^2$: 地上装置に起因する成分
- ✈️ $\sigma_{pr_air,i}^2$: 機上装置に起因する成分
- ✈️ $\sigma_{tropo,i}^2$: 対流圏の影響分
- ✈️ $\sigma_{iono,i}^2$: 電離層の影響分

✈️ VDB で放送されるパラメータ, 機上装置の固定パラメータおよび航空機の数値, 高さ, GBAS 地上装置との距離により決定



✈️ プロテクションレベル (PL), アラートリミット (AL)

- ✈️ 機上サブシステムでも計算される値
- ✈️ PL はアプローチ 1 回あたり 5×10^{-8} の確率で測位誤差が PL を超えるような値 (CAT-I の場合)
 - ✈️ 誤差の最悪値を見積もる値といえる
- ✈️ 垂直方向は VPL (Vertical PL), 水平方向は LPL (Lateral PL)
 - ✈️ VAL (Vertical AL), LAL (Lateral AL) と比較
 - ✈️ 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・経路偏位のポインタ消失など

✈️ 測位誤差

- ✈️ 固定点の場合のみ計算可能
- ✈️ PL と比較

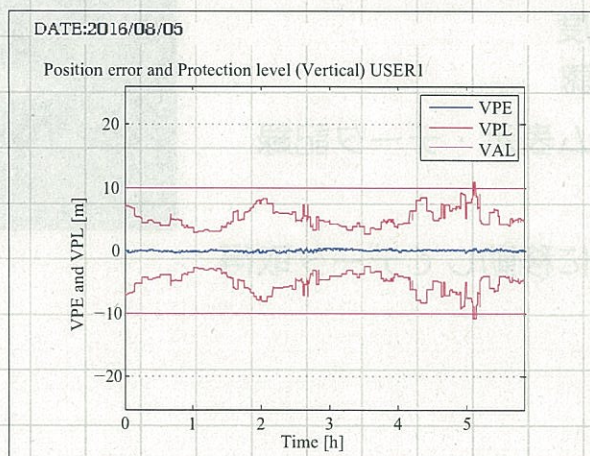
✈️ 受信信号強度



PL, AL, 測位誤差

✈️ PL と AL, 測位誤差 (固定点の場合) の比較による性能確認

- ✈️ 航空機の姿勢による衛星の見え方を考慮
 - ✈️ 衛星仰角により使用衛星を選択
- ✈️ PL は航空機の高度・速度, 基準局からの距離に依存
 - ✈️ 仮想評価点の座標, 移動速度をパラメータ



VPL, VAL, 測位誤差の例



固定点での評価

✈️ GBAS 設置空港に長期間設置

👉 測位精度, 利用可能性の評価

👉 不具合発生の検知

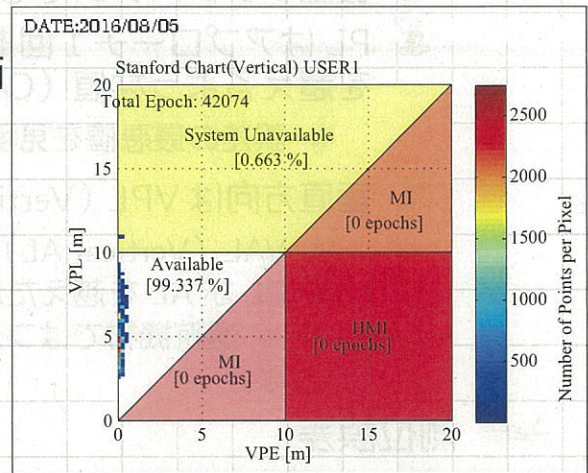
✈️ PL, AL, 測位誤差の評価

👉 時系列の変化の可視化

👉 スタンフォードチャート

👉 誤差と PL の関係と頻度が直観的に分かる

👉 リアルタイム表示・データ記録



移動体での評価

✈️ 車両等に搭載して実施

👉 コースデビエーション

👉 経路情報の確認

👉 受信信号強度

👉 覆域確認

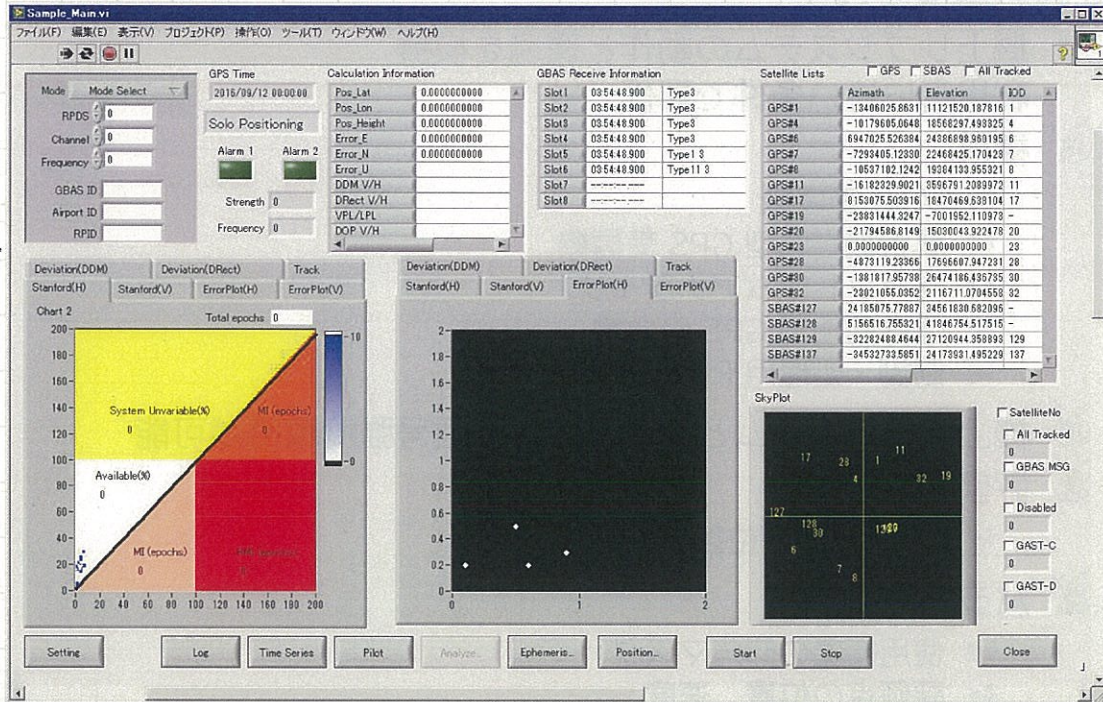
👉 リアルタイム表示・データ記録

✈️ 電波干渉調査

👉 任意の場所に移動してデータ取得



開発中のソフトウェアのメイン画面 (案)




装置の動作検証






- ハードウェア・ソフトウェアの検証
- 仙台空港実験用 GBAS 地上装置
- 今年度末実施予定
- 今後
 - 航空用 GPS 受信機への対応
 - 機能追加 (検証結果の反映)



GBAS 運用時に地上装置と独立して動作する独立型運用性能評価装置を開発中

 機上サブシステムの動作と環境を模擬
利用者に近い条件で評価

 構成



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

 機上サブシステムと同様の処理と信号強度取得が可能

 評価指標

-  PL・AL・測位誤差

 パラメータ

-  使用衛星の仰角マスク
-  評価点の位置, 速度

