

7. 基準局での信号受信と GBAS への着陸機の影響

齊藤 真二

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
電子航法研究所 航法システム領域

令和3年6月10日



GBAS (Ground-Based Augmentation System) とは

GBAS : 地上型衛星航法補強システム

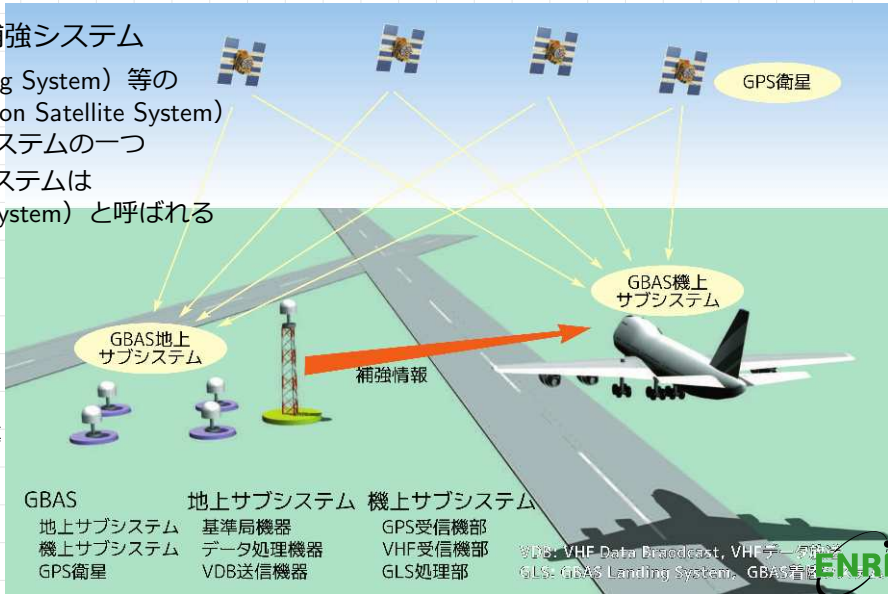
- GPS (Global Positioning System) 等の GNSS (Global Navigation Satellite System) 用いた航空機の航法システムの一つ
- GBAS を用いた着陸システムは GLS (GBAS Landing System) と呼ばれる

システム構成

- 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

国内導入状況

- 羽田空港へ導入済
- 現在 評価運用中



GBAS 地上システムの設置・導入に向けた課題

基準局の設置場所

🦉 遮蔽・マルチパス

- 🏢 建造物（ターミナルビル, 格納庫）
- 🚒 車両（場周道路の消防車, 作業車両等）
- ✈️ 航空機（離着陸, 滑走路・誘導路走行）

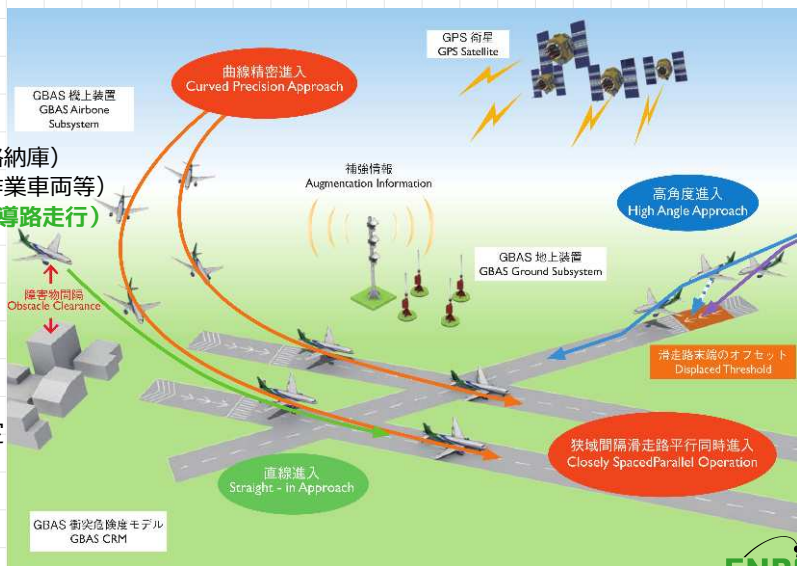
🦉 電波干渉

- 📶 GPS ジャマー
- 📶 携帯電話（LTE）


VDB アンテナの設置場所

🦉 全滑走路（全方位）をサービス可能な設置場所の選定

- 🏢 周辺建造物（ターミナルビル, 格納庫）による遮蔽, マルチパス





新千歳 GBAS のデータ (2017 年 12 月~2018 年 11 月)

 基準局で受信される GPS 信号の着陸機による影響, GBAS への影響を分析

1 日分のデータを解析 (2018 年 5 月 29 日)

 着陸機通過時刻が既知 (写真撮影時刻より)


 基準局で受信される GPS 信号への影響

 信号強度変動, サイクルスリップ, ロックオフ

 ユーザ測位への影響

 測位誤差, 保護レベル増大, 測位中断の発生

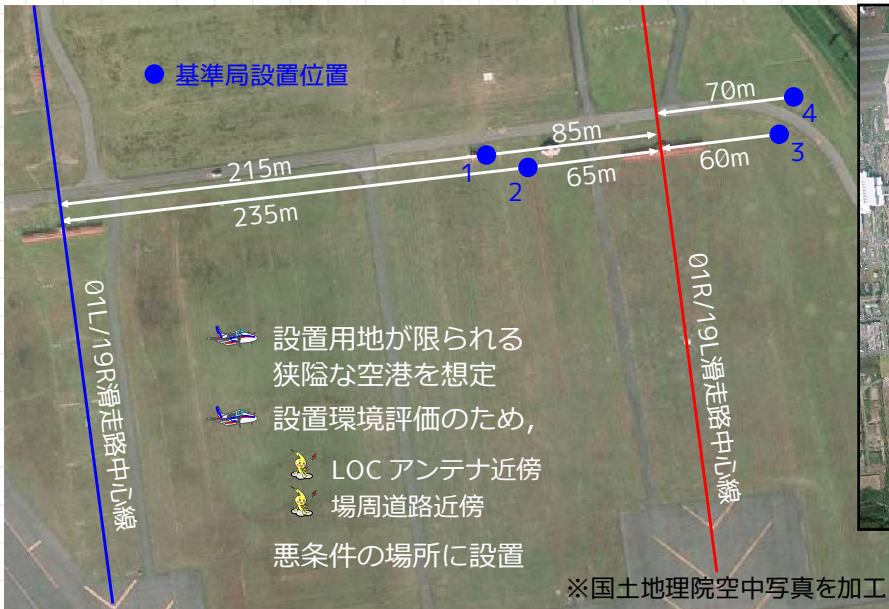
10 カ月分のデータ解析

 測位中断の発生頻度, 継続時間, 季節性等

計算機シミュレーション


 滑走路中心線, 滑走路末端からの基準局の距離と GPS 受信信号への影響の関係性を検討

新千歳 GBAS の基準局の設置場所




着陸機による信号強度変動，測位への影響

基準局近くで撮影した着陸機の写真

 GNSS View アプリで撮影


 GPS 衛星の概算位置の合成


 UNIX 時刻でファイル名を生成


正確な撮影時刻の取得が可能


撮影時刻前後の基準局 GPS 受信データ，GBAS データを調査

 GPS 受信信号強度変動

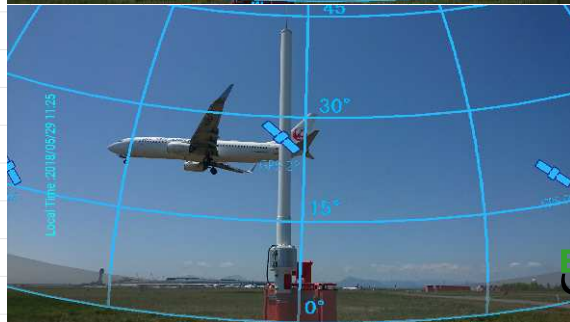
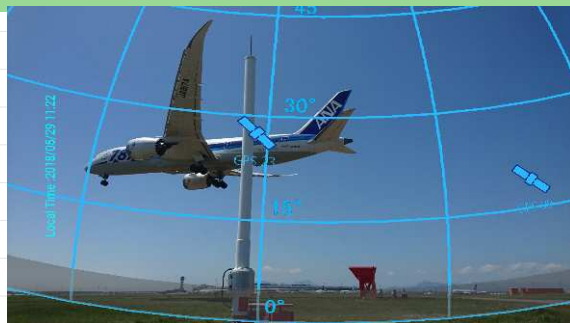
 GPS 受信機の C/N0 出力

 共通衛星数

 VDB メッセージ中の衛星数

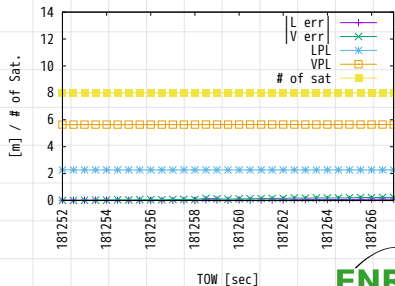
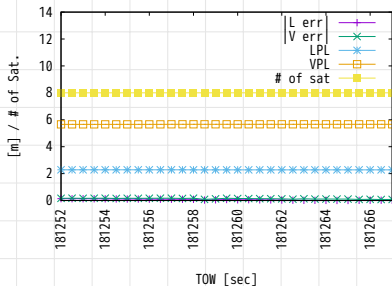
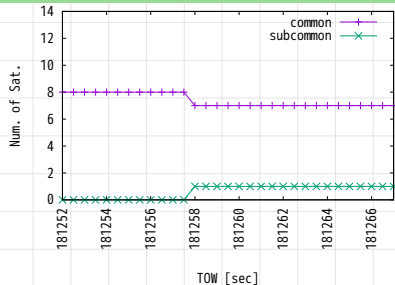
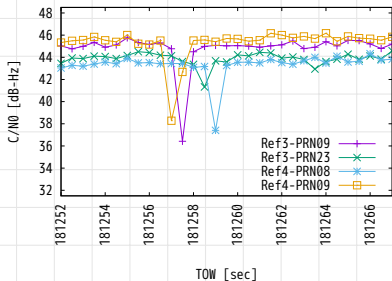
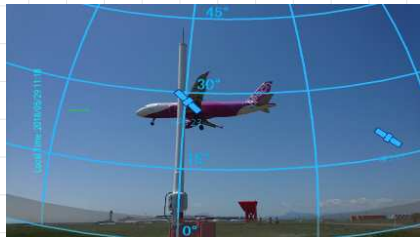
 ユーザ側の測位処理への影響

 測位誤差，保護レベル，使用衛星数



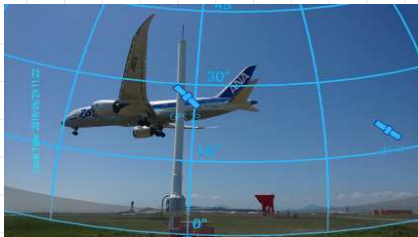
受信信号強度, 共通衛星数, ユーザ測位への影響 (TOW=181257)

A320





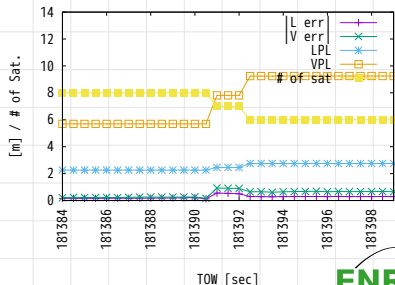
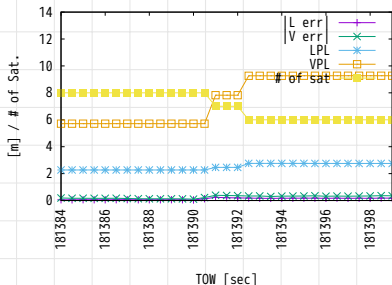
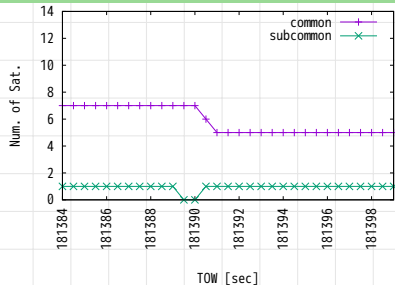
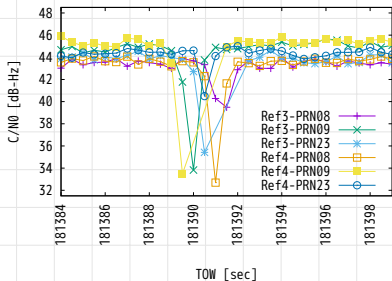
受信信号強度, 共通衛星数, ユーザ測位への影響 (TOW=181389)

B787



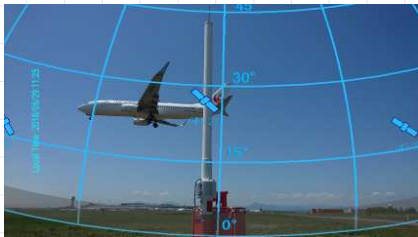
信号捕捉の中断

-  Ref3-PRN23
-  Ref4-PRN09



受信信号強度, 共通衛星数, ユーザ測位への影響 (TOW=181571)

B737

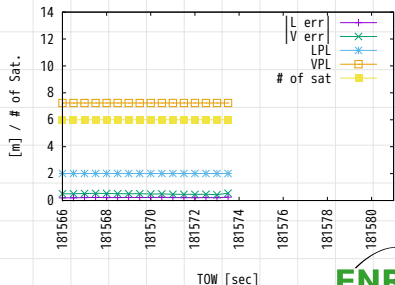
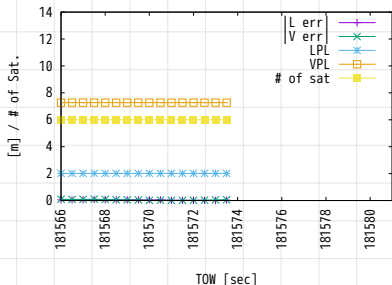
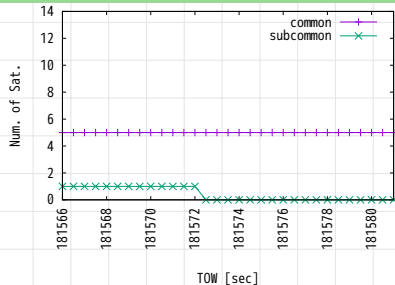
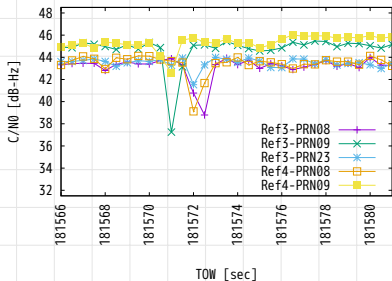


測位の中断

擬似ユーザ局 1, 2

TOW=181574

使用可能衛星数の減少





測位中断の発生回数・月変動







測位中断の発生回数, 継続時間について調査

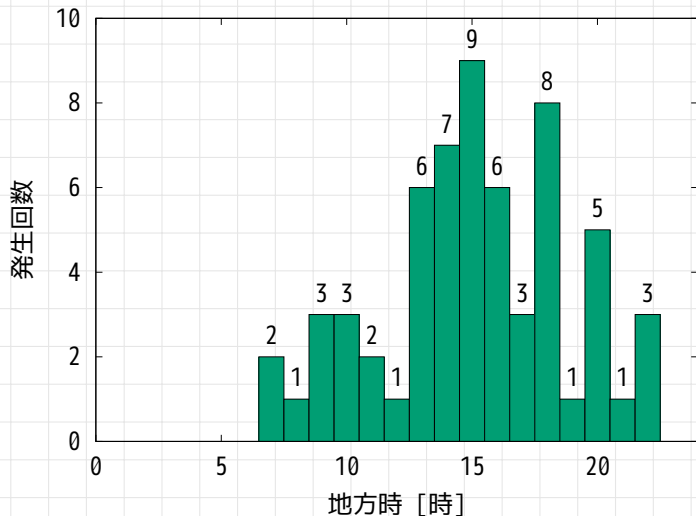
使用データ

-  新千歳 GBAS で取得
2017年12月~2018年11月: 1年分
-  2018年4月, 5月: データ欠損のため除外

抽出方法

-  擬似ユーザ局で10秒以上の測位中断
-  GBAS 補強情報生成処理部のログ
 -  基準局1・2の組合せまたは基準局3・4の組合せ
 -  モニタによる衛星排除
 - ・同一衛星の排除
 - ・衛星の方位が滑走路中心線側

中断発生時間帯と発生回数



全期間発生回数



61回



2017年12月～2018年11月
(4・5月を除く10ヵ月)



中断発生時間帯



昼間から夕方に多く発生
ピークは15時台

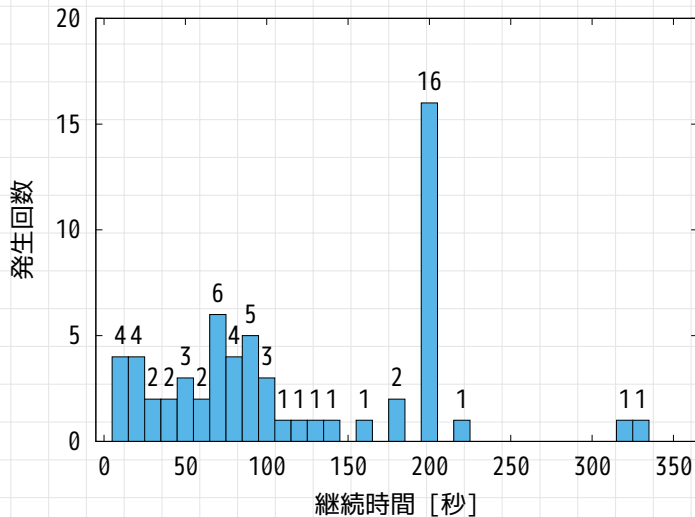


深夜～早朝の発生は無し



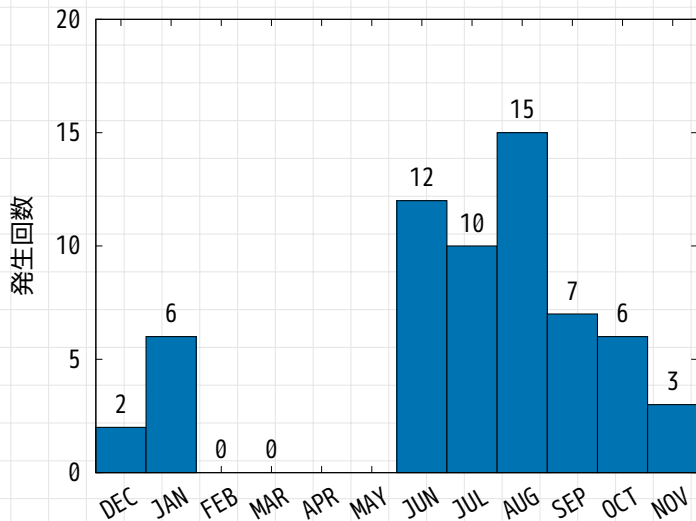
着陸機の通過と測位中断の発生には
相関がある


中断継続時間と発生回数





- 全期間発生回数
61回・7078秒間
2017年12月～2018年11月
(4・5月を除く10ヵ月)
- 平均中断継続時間
約116秒
- 最大中断継続時間
325秒
- 最頻中断時間
200秒
- 搬送波位相による疑似距離平滑化
フィルタの時定数：100秒
→ 安定化の待ち時間：200秒


月毎の測位中断の発生回数




 夏に多く、冬に少ない

 季節風

 夏：南東風


 冬：北西風

 進入方向

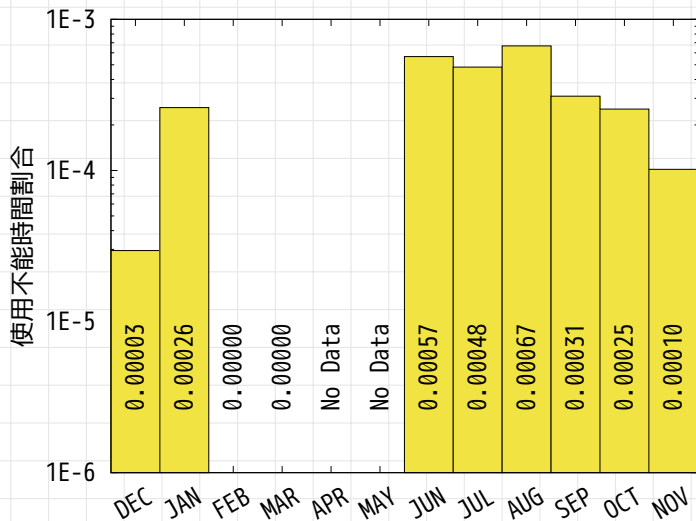
 夏：北側から

 冬：南側から

 滑走路端北側に基準局を設置

 基準局近傍に着陸する航空機の通過数が影響

月毎の GBAS 測位不可時間割合



着陸機通過の影響により測位が中断していた時間の割合



10 カ月・304 日間・26,265,600 秒



7078 秒間の中断



$$7078 / 26265600 = 0.00027 \\ = 0.027\%$$



最も割合が高い月

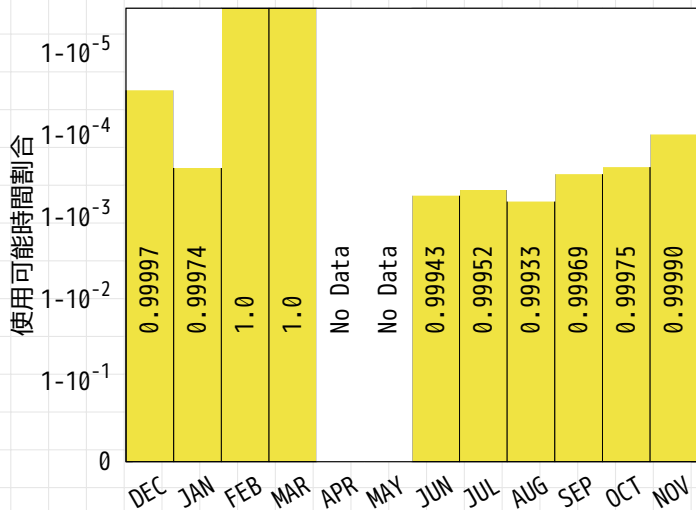



8 月





$$0.00067 = 0.067\%$$


アベイラビリティ（利用可能時間割合）





 CAT-I GBAS のアベイラビリティ要求値

 99%から 99.999%以上


 測位不可時間割合をアベイラビリティに換算

 1 - (測位不能割合)

 0.027% → 99.973%

 0.067% → 99.933%

 要求値を満足

 他の要因によるアベイラビリティの低下を考慮していない

 着陸機通過の影響は無視できない



計算機シミュレーション



着陸機の経路

- 3度パスで新千歳空港 19L 滑走路に進入と仮定



着陸機通過時刻と機種

- CARATS オープンデータを利用
- 2018年5月29日（写真撮影日）のデータ



GPS 衛星の位置

- 同日の衛星軌道情報（エフェメリス）から計算



GPS 信号の受信点

- 滑走路中心線から± 600m, 滑走路進入端から 0~600m の範囲で変化



影響有無の判定

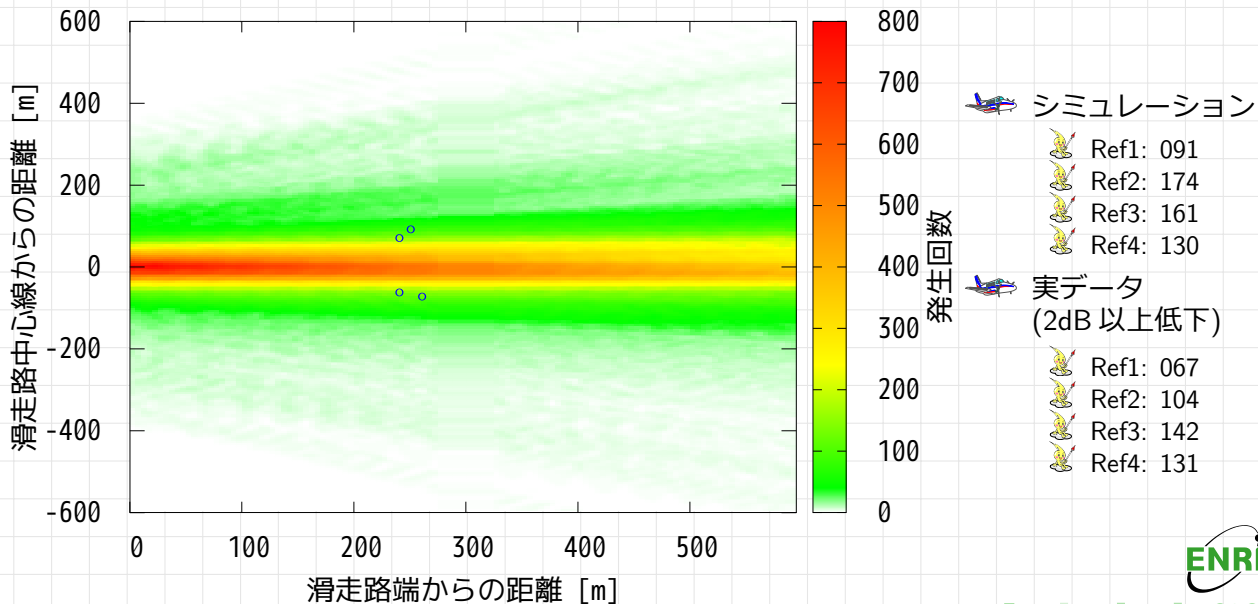
- 第1フレネルゾーンが着陸機により遮られた場合、影響有りと判定



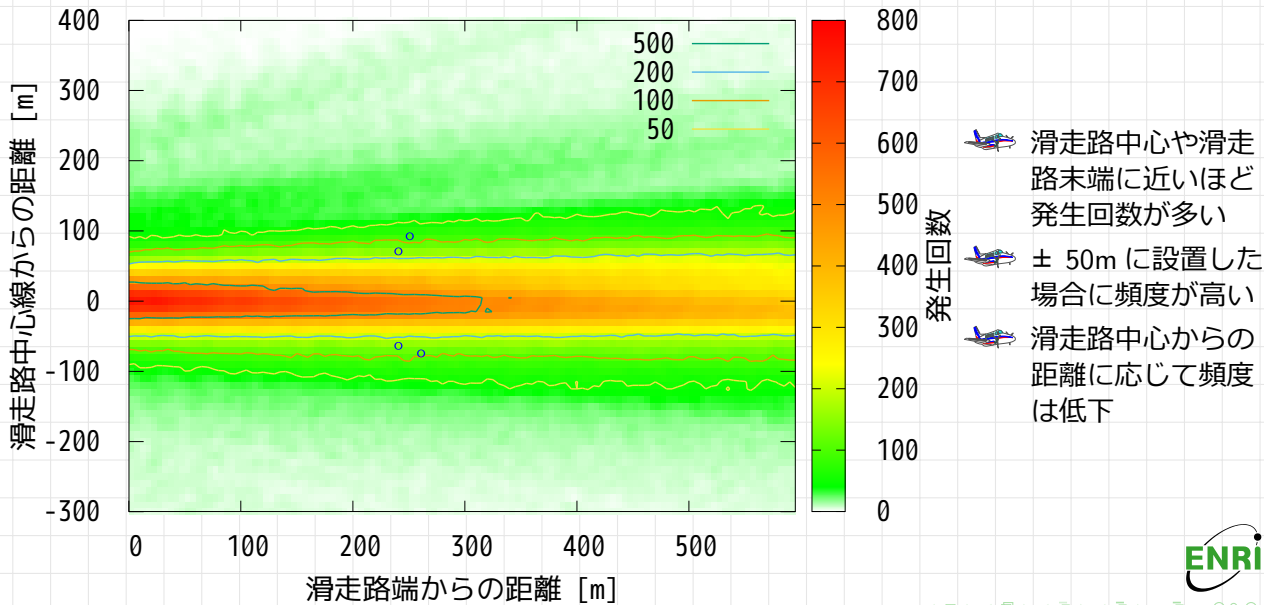
測位利用衛星

- 影響有りの場合、衛星を除外
- 搬送波平滑化処理のフィルタ時定数は 100 秒を仮定し、影響無しの判定後、200 秒（安定化待ち時間）経過するまで当該衛星を測位に利用しない

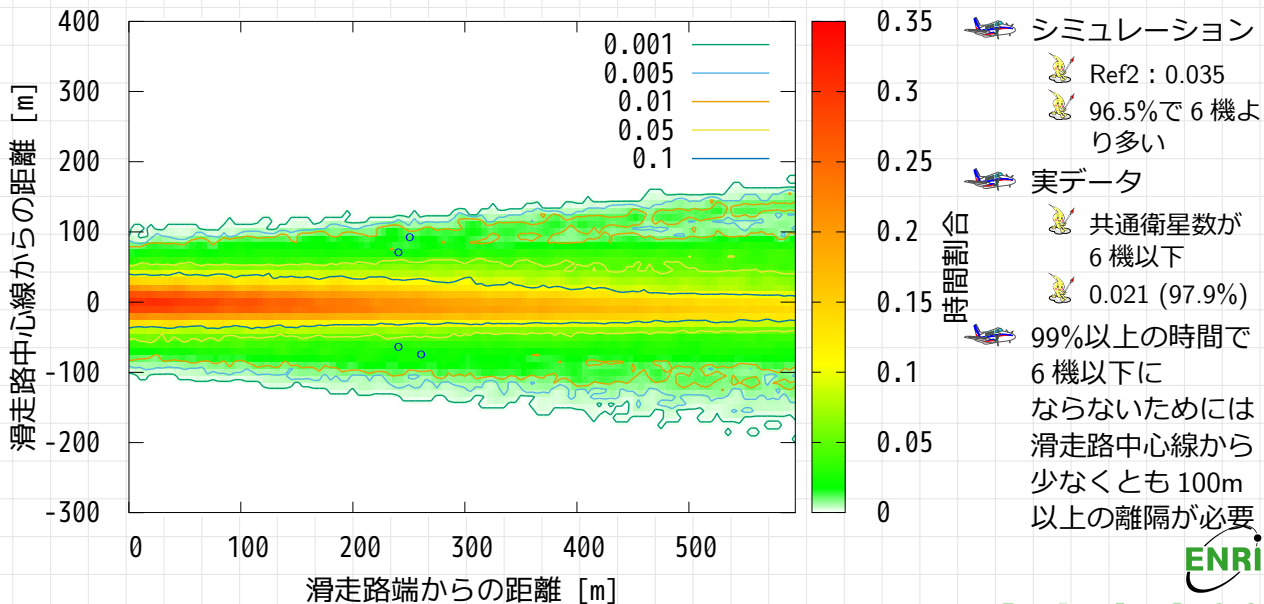
着陸機が GPS 信号受信に影響を与える回数





着陸機が GPS 信号受信に影響を与える回数



測位利用衛星数が6機以下となる割合





 GBAS 基準局の設置位置と着陸機による
GPS 受信信号への影響を検討


 新千歳 GBAS 基準局で収集した GPS 受信データから、
着陸機が GPS 信号に影響する事例を示した

 設置環境は悪条件


 着陸機通過時の GBAS データから、以下を確認


 GPS 信号強度の低下


 測位に利用する衛星数の減少


 ユーザ側での GBAS 測位誤差、保護レベルの増加


 測位中断の発生


 10 ヶ月間の GBAS データから、
7,078 秒間の測位中断の発生を把握


 時間割合は 0.027%であり、
アベイラビリティでは 99.973%に相当



 計算機シミュレーションにより
GPS 受信位置と着陸機による影響を検討

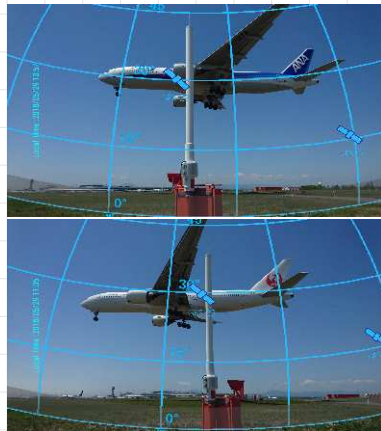
 滑走路中心線から 100m 以上の離隔で、
測位利用衛星数が 6 機以下となる割合
を 1%に抑制

 今後、さらに詳細なデータ分析
シミュレーションの実施

 悪条件に対応する
地上処理アルゴリズムの改良案の検討

 基準局の設置条件の緩和

-  本発表で利用した新千歳 GBAS のデータは、国土交通省航空局技術管理センターから提供を受けたものです
-  ご協力頂いた技術管理センターおよび航空局新千歳空港事務所の関係各位に感謝致します





ご清聴 どうも
ありがとう
ございました

