



次世代SBAS開発と 準天頂衛星による放送実験

航法システム領域

○北村 光教、麻生 貴広、坂井 丈泰

2018/06/01 講演番号16 15:40～16:05

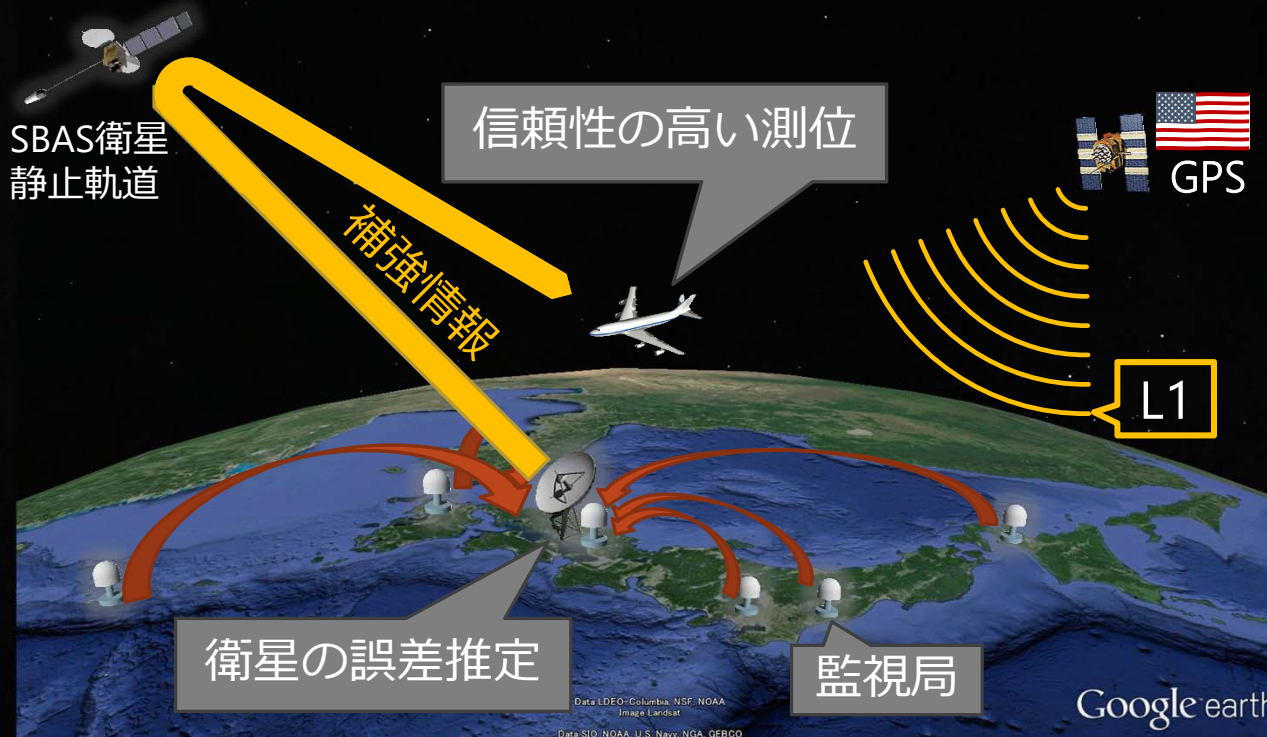
平成30年度 電子航法研究所 研究発表会

コンテンツ

- 衛星型補強システム (SBAS) とは
- 次世代型のSBAS
- 次世代SBASプロトタイプ機の開発
- 次世代SBASプロトタイプ機の評価
- 準天頂衛星を利用した次世代SBAS放送実験

衛星型補強システム (SBAS)

・ 静止衛星を利用した補強システム



SBASの特徴

- GPS L1-C/A信号を監視
- 監視情報を集めて各衛星の誤差を推定
 - エフェメリスからの衛星位置・時計誤差
 - 電離圏遅延の分布など
- 補強情報として静止衛星経由でユーザに伝送
- 精度とインテグリティの高い測位が可能に

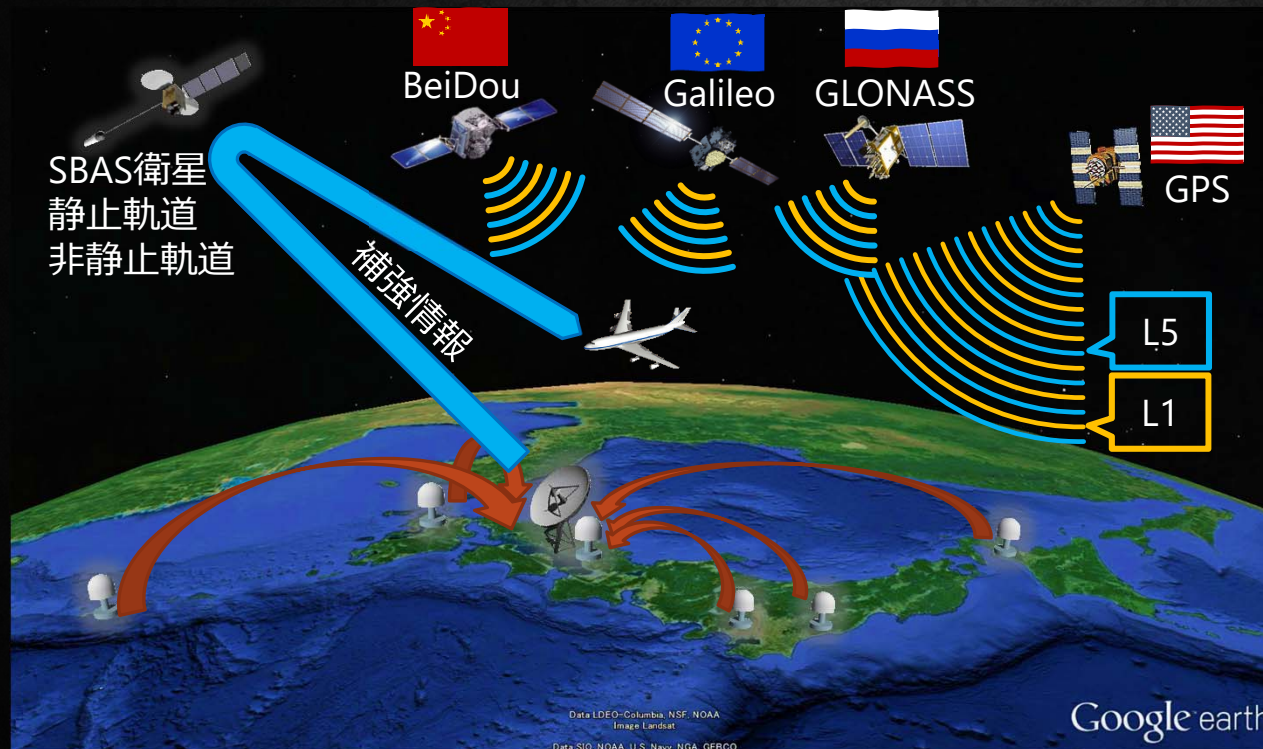
現行SBASの課題 (利用可能性)

- GPSのみ利用する ⇒ 衛星数が少ない場合がある
- L1-C/A信号のみ利用する ⇒ 電離圏活動が活発な時、性能が低下し得る
- 静止軌道から放送する ⇒ 極域の航路では補強情報の受信が困難

次世代型SBAS

- SBAS相互運用性会議 (SBAS-IWG) や国際民間航空機関 (ICAO) の航法システムパネル (NSP) において規格化が議論
 - SBAS-IWG: 欧米を始め各国のSBAS提供機関が参画
 - ICAO-NSP: 民間航空のための国際規格を議論
 - 電子航法研究所では日本の航空局と共に参画次世代SBAS規格策定を支援
- 次世代SBASの特徴
 - 2周波・マルチコンステレーションの利用 (DFMC SBAS)
 - 非静止衛星の利用

DFMC SBAS



DFMC SBASの特徴

DF: Dual Frequency

- L1 & L5 信号を利用
⇒電離圏の影響を
高精度に除去可能

MC: Multi-Constellation

- 複数GNSSを利用
⇒衛星数の増加

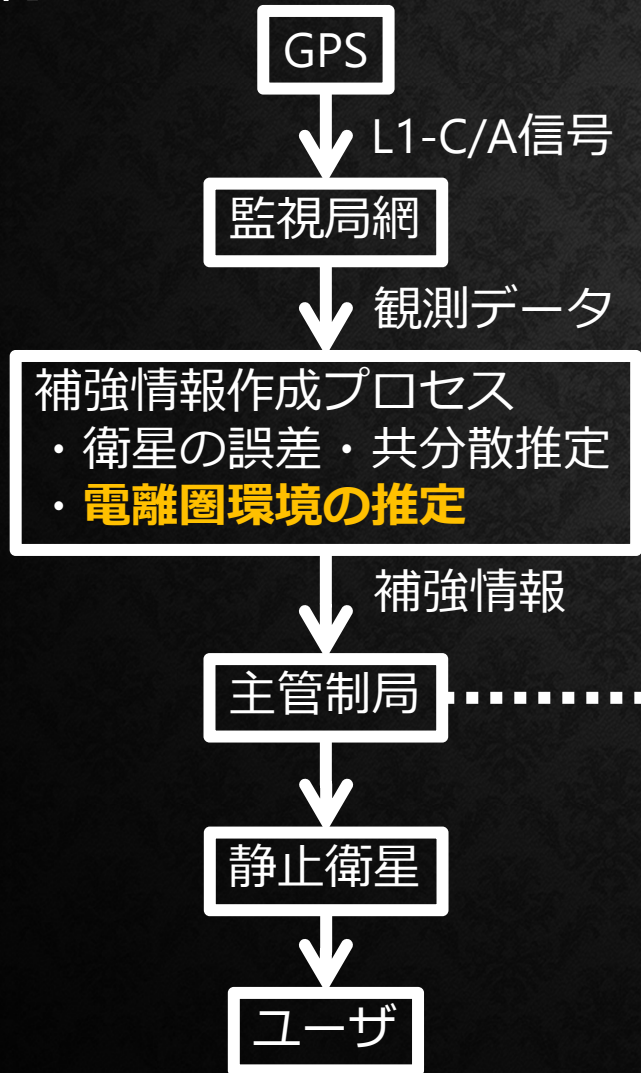
非静止衛星

- QZSSからも放送可能
- 高緯度から放送
⇒極域航路でも
受信が容易

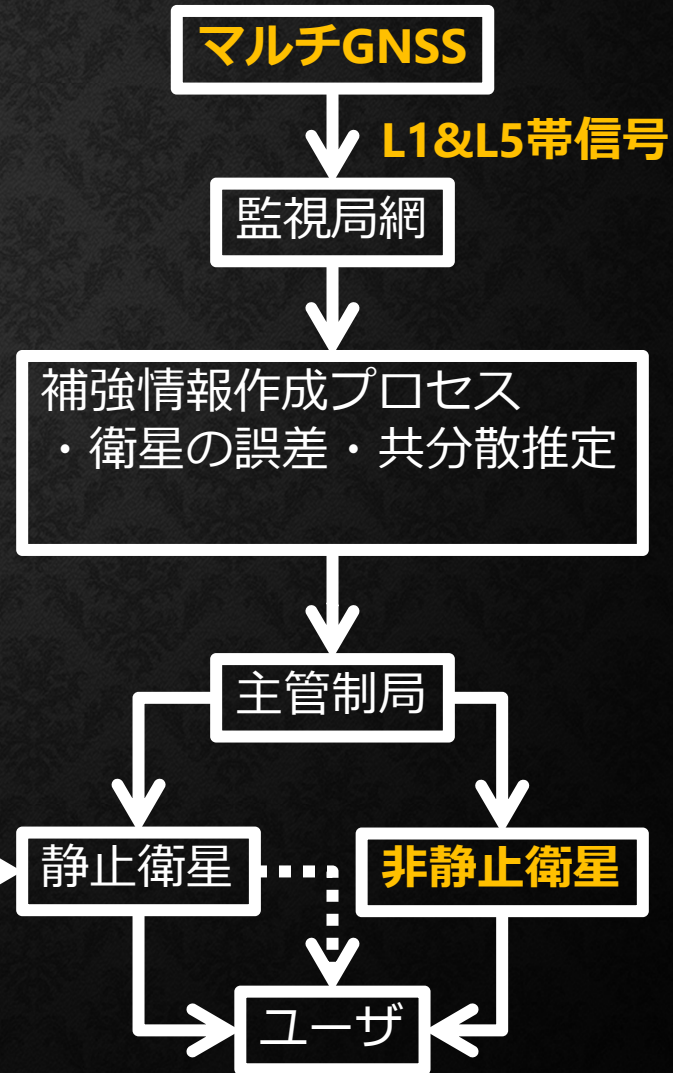
電子航法研究所では
DFMC SBAS規格策定支援活動の一環として
DFMC SBAS プロトタイプ機を開発中

現行SBASとDFMC SBASの比較

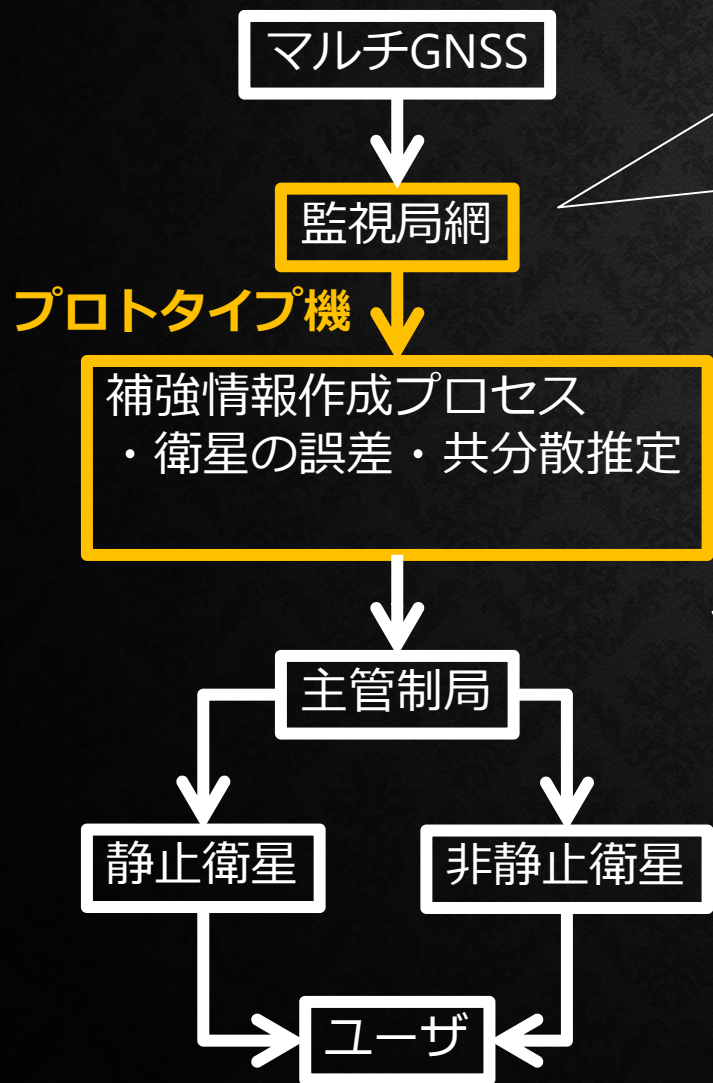
現行SBAS



DFMC SBAS

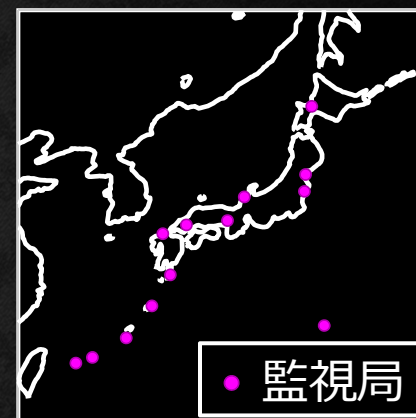


ENRI 次世代SBASプロトタイプ機の概要

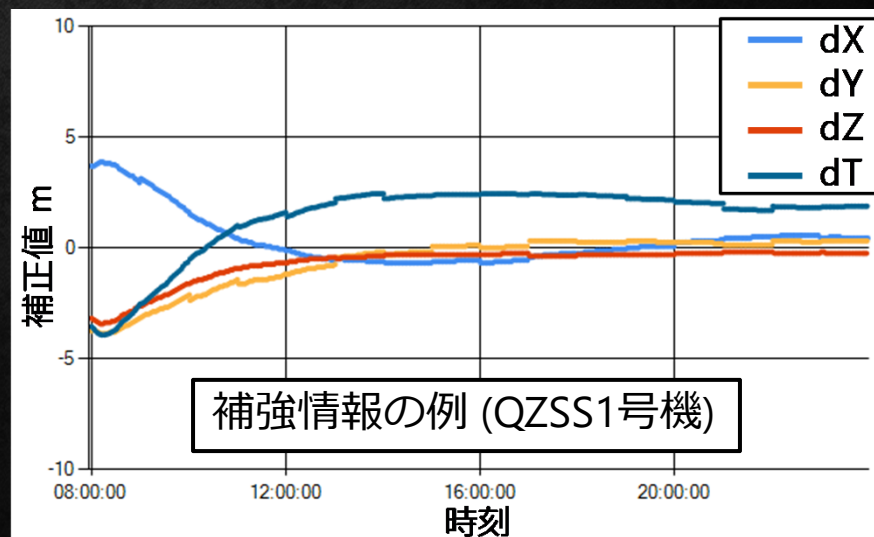


国土地理院が整備するGNSS連続観測システム (GEONET) から13局 QZSS監視局配置を参考に選定

GPS, Galileo, QZSS
L1&L5帯信号を観測

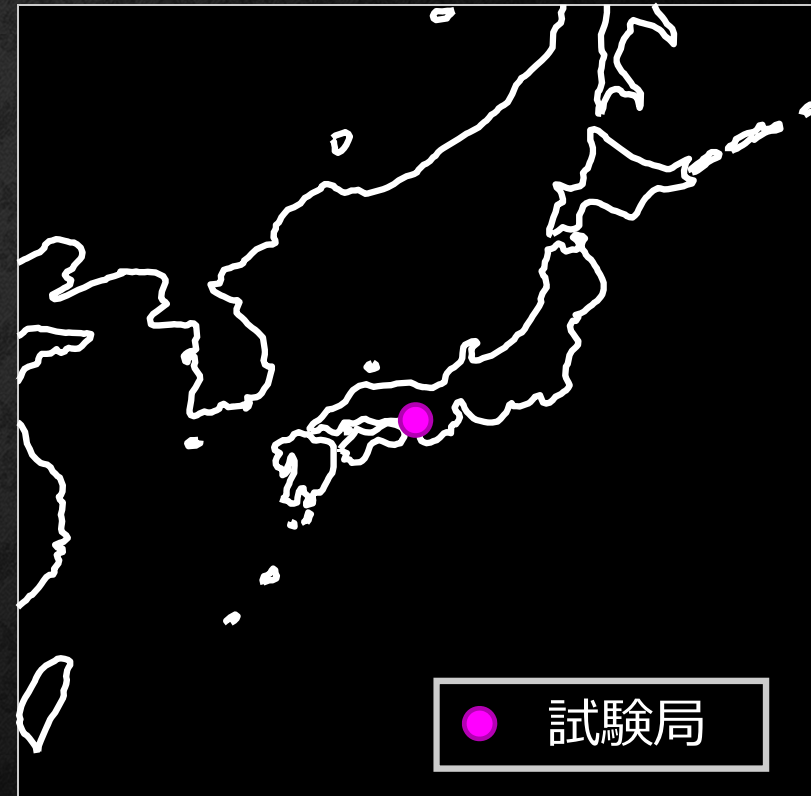


カルマンフィルタによる推定



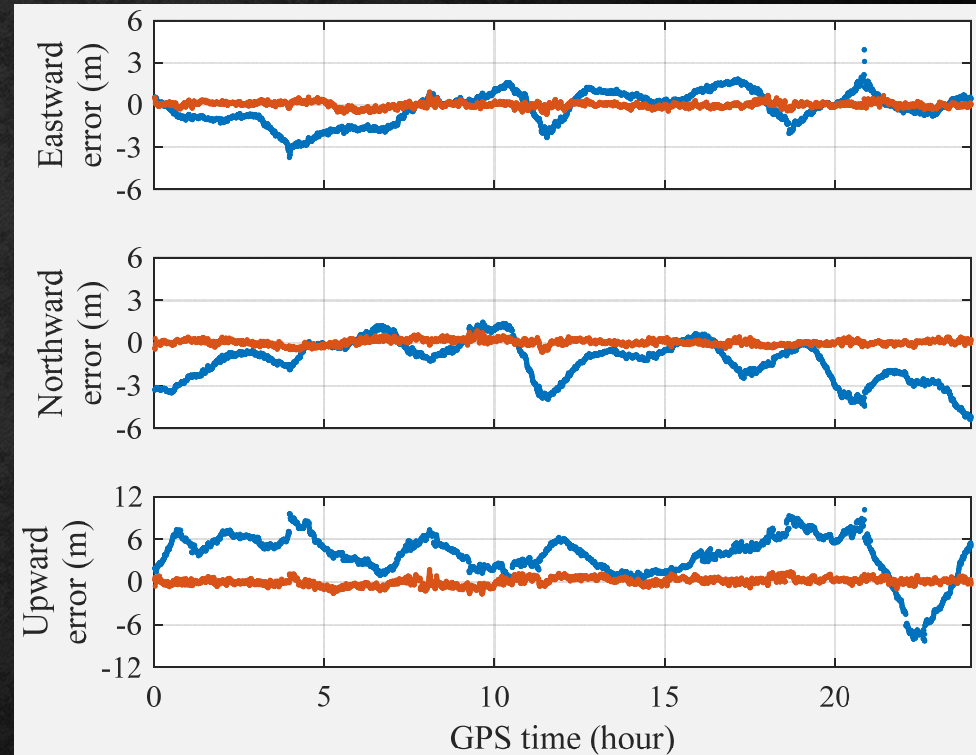
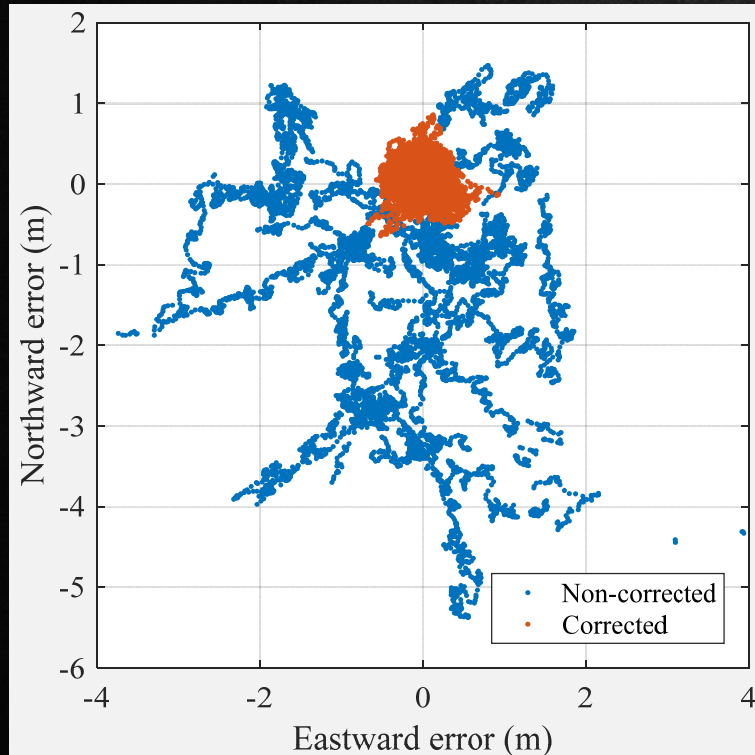
ENRI DFMC SBAS 性能評価 (代表点)

- 試験局で評価
 - 代表的な1地点
 - 測位精度と保護レベルを評価
- 評価日：
 - 2017年9月29日 24時間 (UTC)
- 試験局
 - GEONET (和歌山)
 - 日本の中心付近



試験局の位置

DFMC SBAS 性能評価 (代表点)

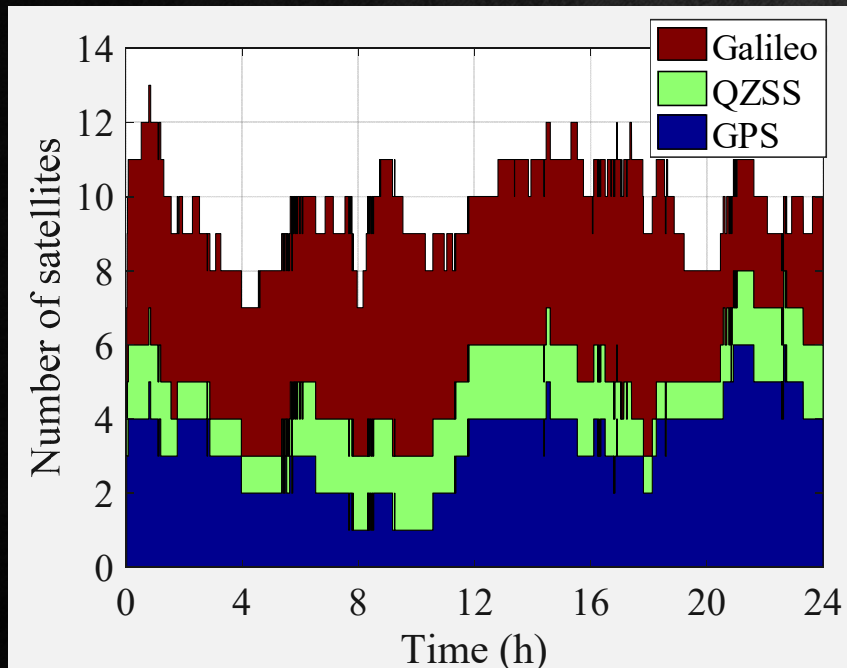


	95% 誤差範囲 m	
	水平	垂直
補正なし	4.03	7.84
補正あり	0.49	1.01

DFMC SBAS補正で精度が向上

- 水平 4 m \Rightarrow 0.5 m
- 垂直 7 m \Rightarrow 1 m

評価中の衛星数の推移



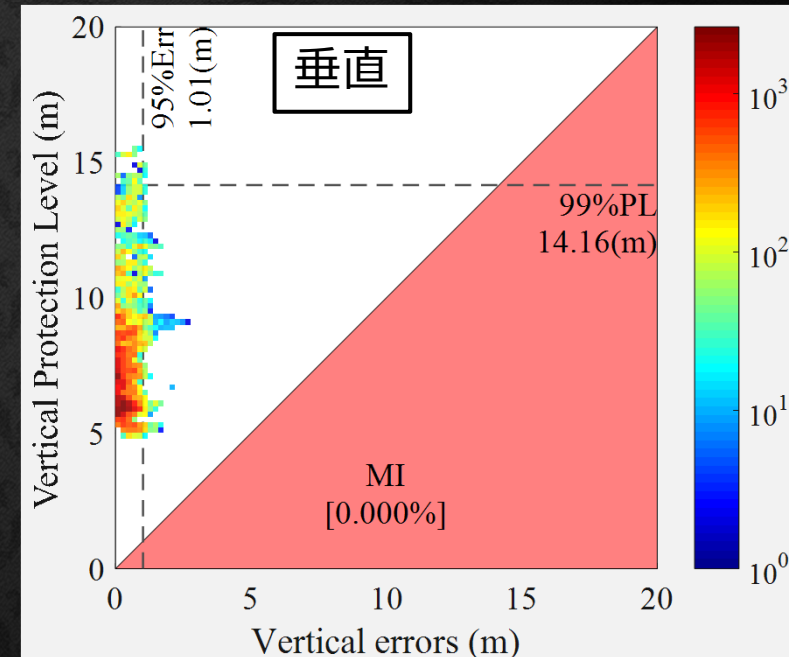
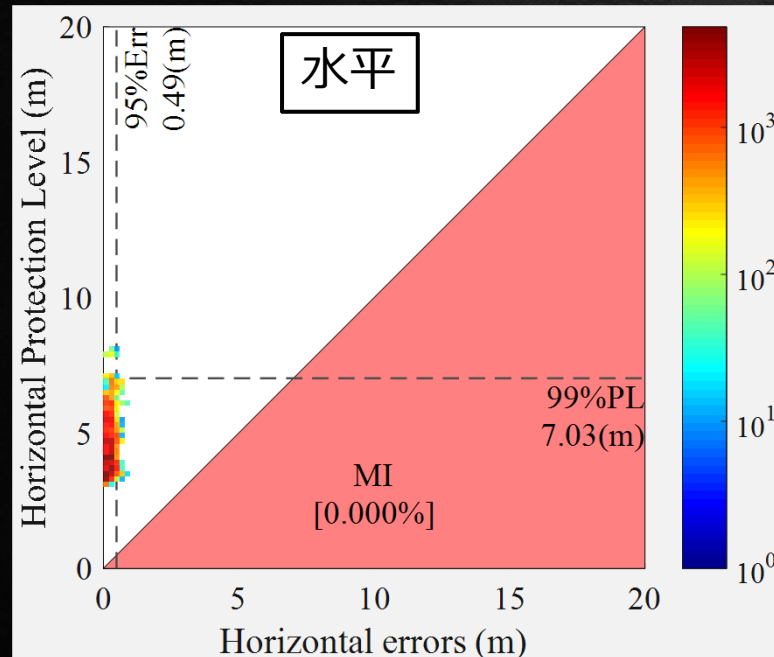
- **GPSはL5信号を放送する衛星が少ない** (全部で12機)
- GPSが2機を下回ると **測位に利用不可**
- QZSSをGPSと同等とみなす (システム間に誤差が少ない)
- **GPS+QZSSで常に3機以上を測位に利用可能になる**

今回はQZSSを利用することで評価が可能に

ENRI DFMC SBAS 性能評価 (代表点)

実際の測位誤差と保護レベル (PL, Protection Level) の関係

保護レベルとは: SBASのインテグリティ機能 (測位誤差の許容限界)

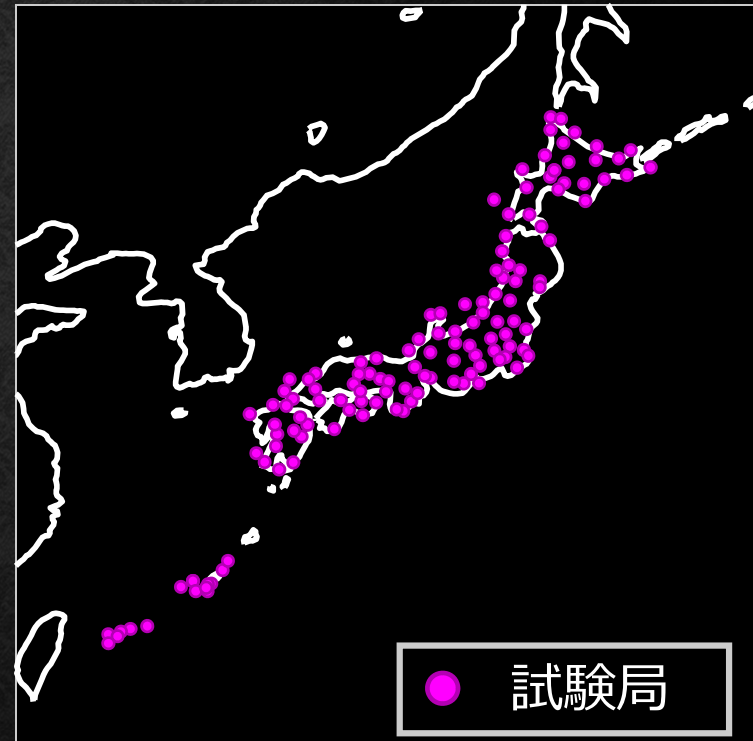


- 誤差 < 保護レベル ⇒ **インテグリティ破綻していない**
- **LPV-200**の要求 (水平PL < 40m, 垂直PL < 35m) **を十分満足**
 - LPV-200とは: ILS CAT-I 相当の進入方式
 - 今回は利用可能率 (アベイラビリティ) : 100%
- **DFMC SBAS プロトタイプ機は十分な性能を持つ** (LPV-200において)
将来的にGPS, Galileo, QZSSの衛星整備で更に性能向上し得る



DFMC SBAS 性能評価 (多地点)

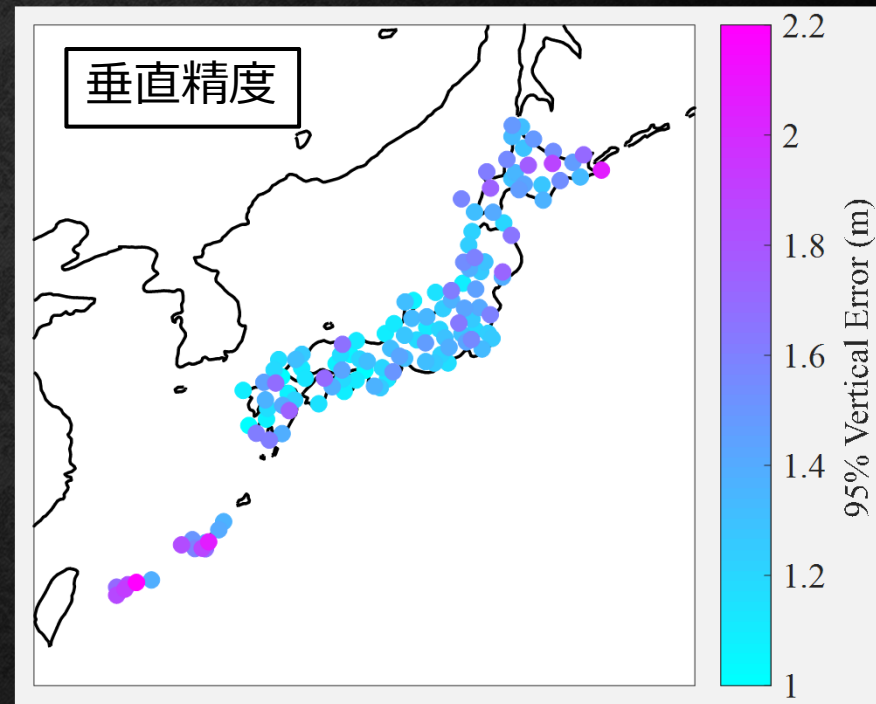
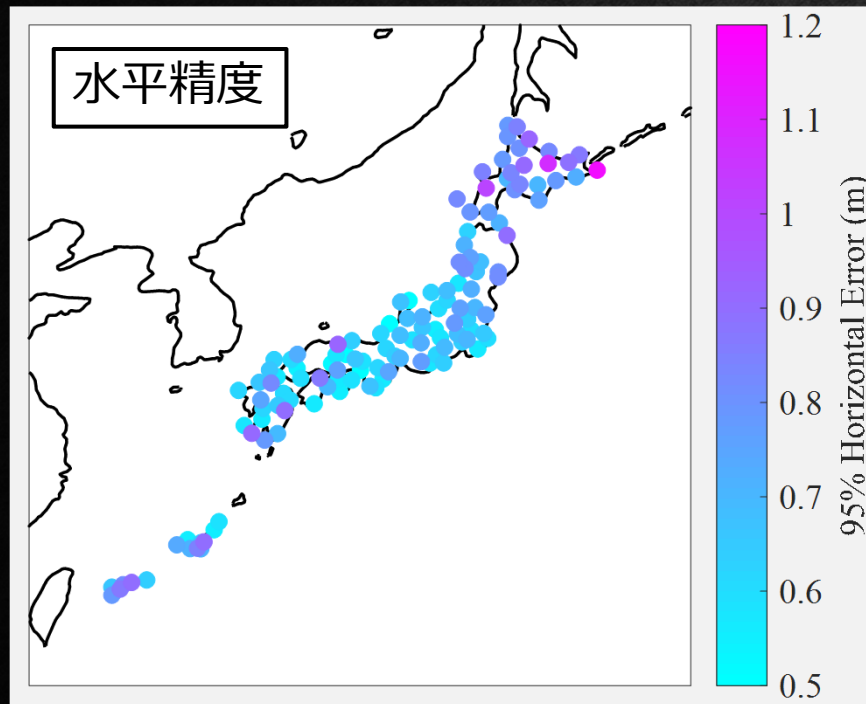
- 日本全域における性能傾向を把握するために複数地点で評価
 - 130局のGEONETを利用
- 全ての試験局で測位
⇒測位精度と保護レベルの分布をみる
- 評価日は代表点評価と同じ
 - 2017年9月29日 24時間 (UTC)



試験局の位置

ENRI DFMC SBAS 性能評価 (多地点)

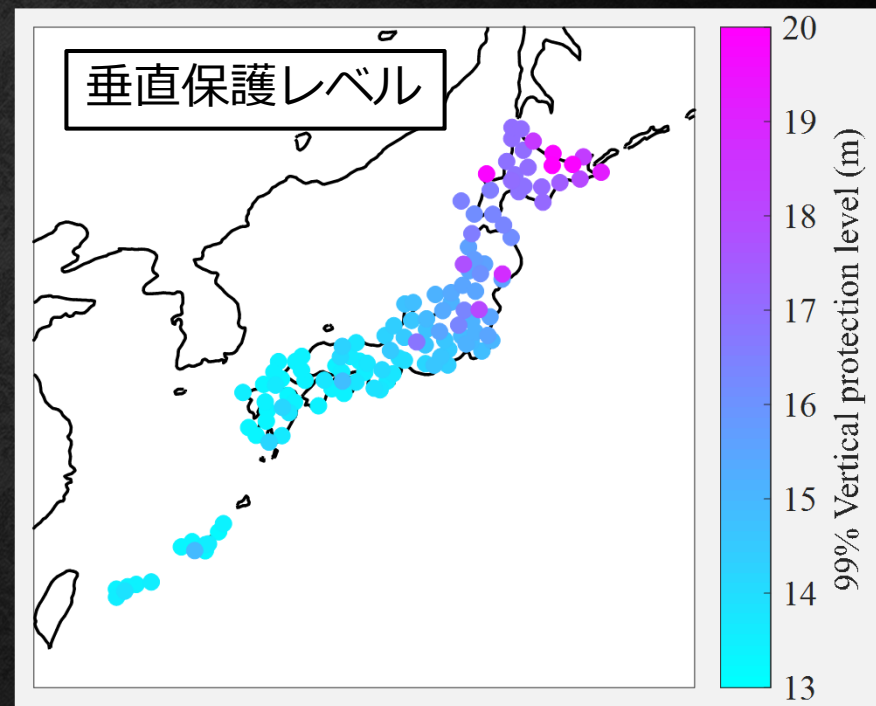
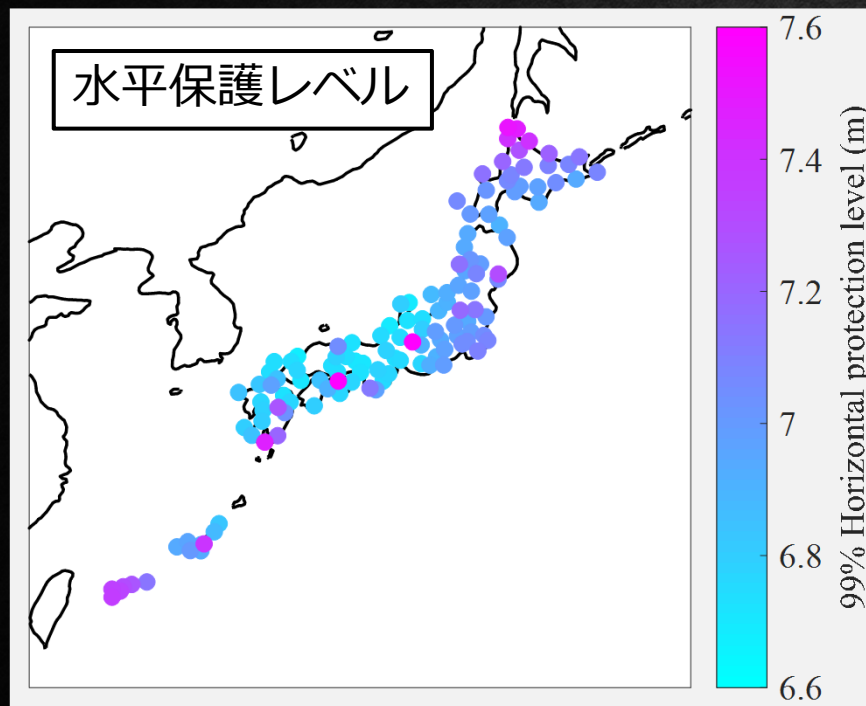
- 測位精度 (95%誤差範囲) の分布



- 南北で誤差の増大が見られるものの
日本全体で良好な測位精度が得られている

ENRI DFMC SBAS 性能評価 (多地点)

- 保護レベル (99%範囲) の分布



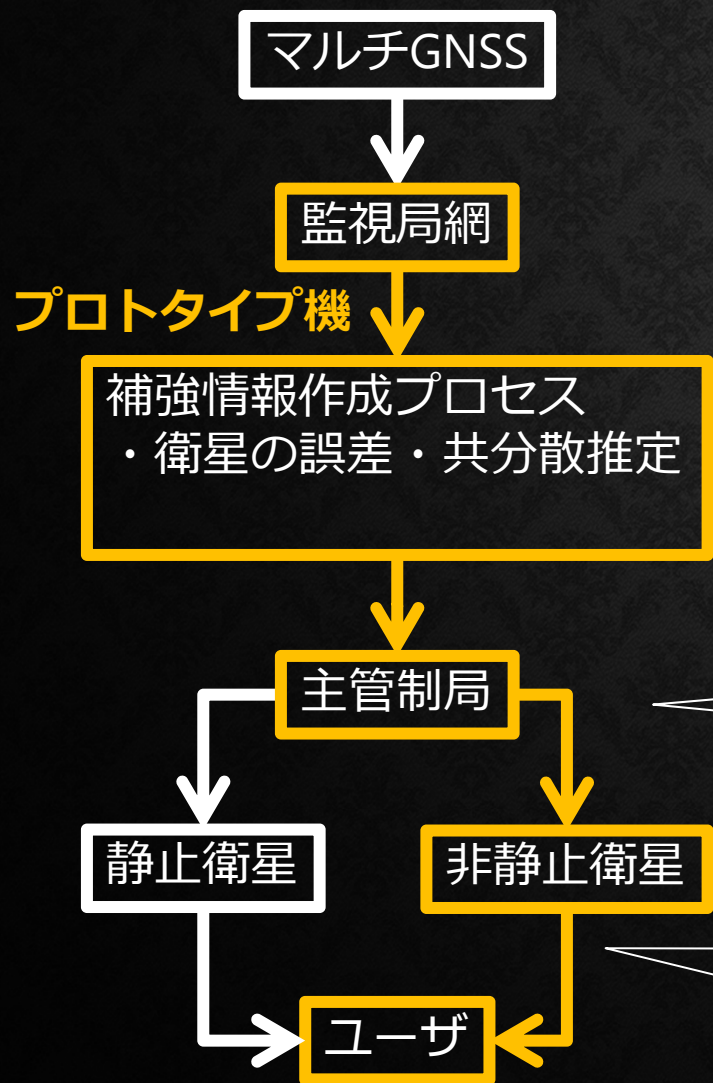
- 測位精度の分布と同様に南北で増大が見られる
 - 監視局で補強された衛星が減少 ⇒ DOP悪化が原因 (精度分布も同様)
- 日本全域でLPV-200の要求 (水平PL < 40m, 垂直PL < 35m) を十分に満足する



DFMC SBAS 性能評価 まとめ

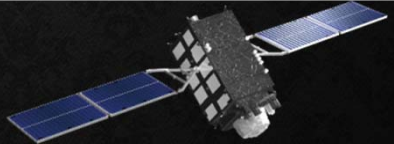
- 代表的な地点
 - 95%誤差 水平 : 0.49 m, 垂直 : 1.01 m
 - 99% P L 水平 : 7.03 m, 垂直 : 14.16 m
- 日本全域
 - 95%誤差 水平 : 0.5~1m, 垂直 : 1~2m
 - 99% P L 水平 : 6~8m, 垂直 : 13~20m
- DFMC SBASプロトタイプ機は
LPV-200の観点で十分な性能を実現している

DFMC SBAS放送実験



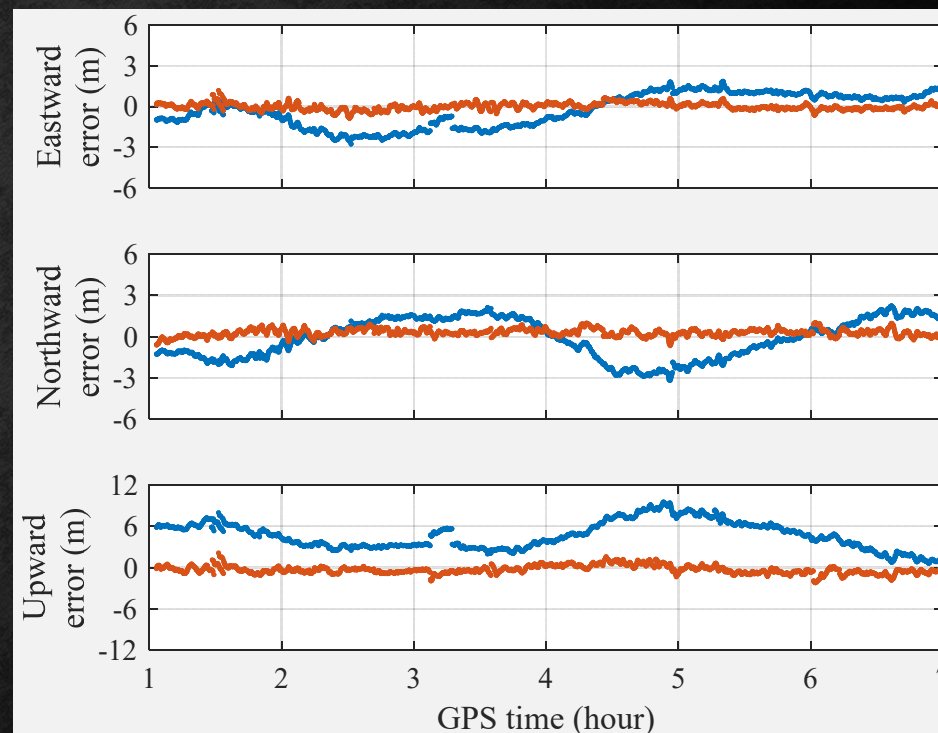
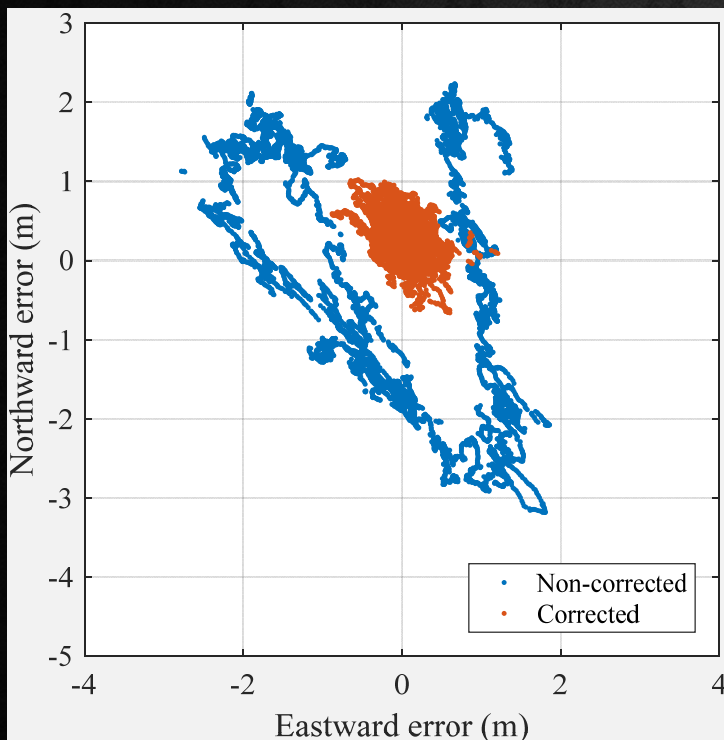
- QZSSを介した DFMC SBAS補強情報の放送実験
- 2017年8月23日に世界初の次世代SBAS放送実験として開始以降、実験計画に基づいて平日9時～17時に断続的に実施

QZSS主管制局（常陸太田 or 神戸）

QZSS2号機 

L5S (PRN: 196) 信号でリアルタイムに放送

放送実験評価



	95% 誤差範囲 m	
	水平	垂直
補正なし	2.80	8.25
補正あり	0.82	1.16

- 2017年11月13日10:00~16:00
- DFMC SBASによるリアルタイム補強が可能！

まとめ

- 次世代 (DFMC) SBASのプロトタイプ機を開発
 - GPS, Galileo, QZSSのL1&L5帯信号を補強
- 評価結果 (日本全域)
 - **LPV-200の観点で十分な性能を実現**
 - 95%誤差 水平: 0.5~1m, 垂直: 1~2m
 - 99% P L 水平: 6~8m, 垂直: 13~20m
- DFMC SBAS放送実験
 - **リアルタイムの補強が可能**
 - 95%誤差 水平 : 0.8m, 垂直 : 1.2m
- 以上の結果について
SBAS-IWGで議論されておりDFMC SBAS規格策定作業に貢献
- 今後の展開

<u>補強性能の向上</u> <ul style="list-style-type: none"> • 監視局の海外設置を想定した検討 • BeiDou (中国) の利用検討 	<u>放送実験</u> <ul style="list-style-type: none"> • 航空機や車両を用いた アプリレベルで試験
---	--
- ACK. 放送実験は内閣府およびQSSによる
QZSSの測位技術実証サービスによって実現した