



次世代DFMC GBASの標準化の動向

航法システム領域 ※齋藤 享、吉原 貴之

表1.平滑化方式と誤差

*最良の場合

	SF (100秒)	Ifree (100 sec)	DFree (600 sec)
雑音 (SFを基準)	1.0	2.6	0.41*
電離圏誤差	$G*(x + 200*v)$	0	$G*x$

表2. SESAR GAST FとGAST Xの比較

	SESAR GAST F	GAST X
平滑化時定数	100 sec	600 sec (可変)
平滑化方式	SF/IFree併用	DFree/IFree併用
DFMC用GBASメッセージ	L5帯レンジ補正值(MT-42, 50)	基準局レンジ測定値(MT-23)
利点	GAST Dの自然な拡張、単純性	計算方式の柔軟性、位相測位への拡張性
欠点	拡張性が低い	機上計算複雑化、補強情報量大

はじめに

GPS L1信号を用いてカテゴリーIII着陸を実現するGAST D (GBAS Approach Service Type D)の技術標準が国際民間航空機関(ICAO)において策定された(2018年11月)。磁気低緯度地域など厳しい電離圏環境におけるアベイラビリティ向上、衛星系故障や電波干渉などの耐障害性の向上などのため、2周波複数衛星系(DFMC) GBASの標準化が始められている。

DFMC GBAS方式

DFMC GBASをどのような方式に基づいて実現するかは現在検討中である。まず、コード擬似距離の平滑化方式として3種類が検討されている(表1)。方式の詳細は[1]を参照。これらを用いた補強方式として主に以下に示す2種類が提案されている(表2)。いずれにおいても、大半を占める電離圏静穏時の誤差を抑えるため、通常時は1周波(DFreeも同様)測位とし、電離圏異常が検出された場合のみIFree測位を用いる。

SESAR GAST F

欧州のSESAR (Single European Sky ATM Research)において検討された方式[2]。L5帯のレンジ補正值(平滑化時定数100秒)を追加。通常時はSF方式、電離圏異常が検出された場合にはIFree方式に移行する。GAST Dの自然な拡張であり、SESARにおいて既に検討が進んでいる。

GAST X

Boeingを中心に、RTK測位を参考に考案された方式[3]。レンジ補正值ではなくレンジ測定値を追加する。通常時はDFree方式、電離圏異常が検出された場合にはIFree方式に移行する。レンジ測定値を送信するため、機上における測位方式、平滑化時定数などを柔軟に設計できる。

SF: 1周波コード擬似距離測定値を位相測定値で平滑化
IFree: 電離圏遅延量の信号周波数依存性を用いてコード、位相擬似距離中の電離圏遅延誤差を消去
DFree: 1周波コード擬似距離を、2周波位相測定値のダイバーゼンスフリー結合を用いて平滑化
G:電離圏勾配、x:基準局と航空機の距離、v:航空機速度

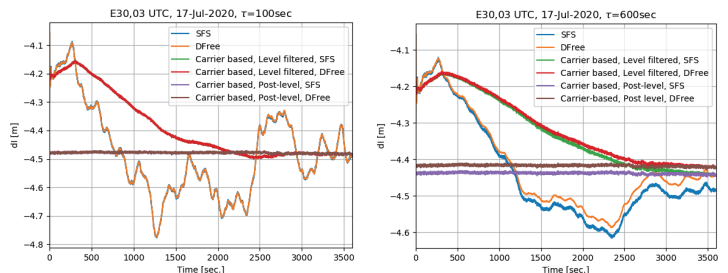


図1.DFMC GBAS電離圏モニタ方式の比較例[4]。左:平滑化時定数100秒、右:600秒

表3. DFMC GBAS標準化工程

方式決定	ベースライン SARPs/MOPS	検証完了 SARPs/MOPS	発効
2022年末	2024年末	2028年末	2030年

DFMC GBASにおける技術課題

現在提案されている2方式いずれについても、機上装置側で動作する電離圏勾配モニタが必要である。方式によって利用できる情報が異なるため、方式ごとに電離圏異常検出性能を評価する必要がある。これは、DFMC GBASの方式選択において重要な要因となりうる。

その他、新信号の信号歪み特性、新衛星系の軌道情報誤差に関するモニタが新たに必要となる。

標準化の見通しと電子航法研究所における研究

2021年11月時点でのICAOにおけるDFMC GBAS標準化行程を表3にまとめた。これは、欧州などが求めるGAST DのGalileo、Beidou対応(GAST D+)との関連で変更されうる。

電子航法研究所では、新石垣空港に設置したDFMC GBASテストベッド[1]を用い、特に変動の大きい電離圏環境下における電離圏勾配モニタの検証に注力する。テストベッドは、SESAR GAST F、GAST Xのメッセージ生成に対応している。地上連続観測と、飛行実験により、DFMC GBASの方式の性能評価を進めていく予定である。

参考文献

- [1] 齋藤, 吉原, MC/MF GBAS実験用装置の開発、2019年度電子航法研究所研究発表会
- [2] ICAO Working Paper, NSP4 WP41, DFMC GBAS Conceptual Framework – SESAR Joint Undertaking.
- [3] Murphy, T. et al., Alternative Architecture for Dual Frequency Multi-Constellation GBAS, Proc. ION GNSS+ 2021, September 2021, pp. 1334-1374.
- [4] Murphy, T. et al., Ionospheric Gradient Monitoring for Dual Frequency Multi-Constellation GBAS, Proc. ION ITM 2022, 2022.