

GBAS 標準化と電子航法研究所の取り組み

航法システム領域 ※齋藤 享

1 まえがき

GBAS (Ground-Based Augmentation System: 地上型衛星航法補強装置)とは、全球航法衛星システム(Global Navigation Satellite System: GNSS)を用いたディファレンシャル GNSS 技術に基づき、航空機の精密進入誘導を可能とする航法システムである。GBAS は、GNSS コア衛星系に加えて地上装置と機上装置からなる。GBAS はカテゴリーIII (CAT-III)進入着陸までをサポートすることができる。

これまでにカテゴリーI (CAT-I)進入をサポートする GBAS が GAST (GBAS Approach Service Type) C, カテゴリーII/III (CAT-II/III)侵入をサポートする GAST D の2種類が標準化されており、GAST C については、羽田空港を含め世界で導入が進められている。

電子航法研究所では1996年以来 GBAS に関する研究開発を行ってきた。

本発表では、GBAS の国際標準のこれまでの策定状況と、電子航法研究所において行ってきた対応する研究開発について紹介する。

2 GBAS 国際標準

GBAS の国際標準は、国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization: ICAO)によって策定されており、国際民間航空条約第10付属書(Annex 10)にその要件が定められている。国際標準の策定は、ICAO 航法システムパネル(Navigation Systems Panel: NSP)が担当している。

2.1 GAST C

GAST C は、コア衛星系として GPS (米国)、GLONASS (ロシア)の L1 周波数帯の信号を用い、CAT-I 精密進入を可能とする航法システムである。GAST C の国際標準は2001年に発効し、その後一部の修正を加えられながら現在に至っている。

GAST C の特徴は、GBAS 地上装置が航空機の測位誤差に関するインテグリティを全て担保

することであり、機上装置は得られた GBAS 補強情報を機上装置の規格に従って処理すればよい。

2.2 GAST D

GAST D は、コア衛星系として GPS (米国)、GLONASS (ロシア)の L1 周波数帯の信号を用い、CAT-II/III 精密進入を可能とする航法システムである。GAST D の国際標準は、GAST C の実用化において得られた経験に基づいた技術面での変更を経て策定され、2018年に発効し、その後一部の修正を加えられながら現在に至っている。

GAST D においては、GAST C において性能を制限する要因となっていた電離圏異常の対策を強化し、電離圏異常対策の機能の一部を機上システムが担うように変更が行われている。

2.3 GAST E

GAST E は、新たに使用可能となった Galileo (欧州)、BDS (中国)及び、GPS、GLONASS を含む4コア衛星系の新たな L5 帯の信号を用いる、2周波・複数衛星系(Dual-Frequency and Multi-Constellation: DFMC) GNSS を用い、CAT-II/III 精密進入を可能とする航法システムである。2周波信号を用いることにより、電離圏の影響を低減し、電離圏異常が激しい地域を含む全世界での GNSS を用いた CAT-II/III 精密進入を実現することができる。また、電波干渉、コア衛星系の故障にも強いシステムとなると期待されている。さらに、GAST E では着陸進入にとどまらないさまざまな運航フェーズにおいて安全性と精度の高い航法を提供することができる拡張性も用意されることとなっている。

GAST E の国際標準は、現在 ICAO NSP において策定が進められており、2030年までに検証済みの国際標準案を策定することを目標としている。

3 電子航法研究所の取り組み

電子航法研究所では、ICAO における国際標

準の策定と歩調を合わせ、日本の環境に適した GBAS を開発するための研究開発を行っている。

電子航法研究所では、1996 年に GBAS に関する研究を開始し、2001 年に仙台空港において最初の GBAS 実証実験を実施した。以降、ICAO における標準化にあわせ、GAST C、D 及び E に関する技術開発を継続して行っている。

3.1 GAST C

2008 年からは GAST C に対応した GBAS プロトタイプ地上装置の開発を開始し、2011 年にこれを関西空港に設置し、飛行実験を含む性能評価を行ってきた。

GAST C のプロトタイプ地上装置の開発においては、電離圏フィールドモニタ (Ionospheric Field Monitor: IFM) と呼ばれるインテグリティモニタ機構を考案し、強い電離圏異常が存在する日本を含む磁気低緯度地域の環境下においても十分な可用性を達成することができることを示した。

GAST C のプロトタイプ開発で得られた GBAS の安全性設計に関する知見は、羽田空港における実用 GBAS 装置の導入における安全性評価に活用されている。

また、開発した GAST C GBAS プロトタイプの技術は、可搬型 GBAS の開発に活用され、GBAS が設置されていない空港において、GBAS を用いた高度な運航の実証実験に用いるなどしている。

3.2 GAST D

2011 年からは GAST D の安全性評価を目的とした研究開発を開始し、2014 年に GAST D 実験用プロトタイプ地上装置を新石垣空港に設置し、合わせて開発した GAST D 機上実験用装置を用いた飛行実験などを行い、特に電離圏擾乱時の GAST D 性能の評価を行ってきた。

電離圏擾乱時を含む飛行実験の結果は GAST D 国際標準の検証において重要な成果として扱われた。また当所が開発した GAST D 地上・機上装置は欧州・米国の地上・機上装置との相互運用性試験を通して、GAST D 標準案の検証を行うことができた。

また、開発した GAST D 機上用実験装置の技術を活用し、GAST C 及び D に対応した GBAS の性能評価装置を開発し、GBAS の連続

的な性能評価に用いている。GBAS 性能評価装置は、2022 年にタイ・バンコクで実施された GBAS 実証実験において、GBAS の性能を独立して評価するために用いられるなど、活用されている。

3.3 GAST E

2015 年からは DFMC GBAS に関する研究開発を開始し、2019 年に DFMC GBAS テストベッドを新石垣空港に設置し、飛行実験を含むデータ収集と解析を行い、DFMC GBAS の国際標準のコンセプト立案、DFMC GBAS としての GAST E の規格の詳細基準の立案と検証を行ってきた。DFMC GBAS テストベッドは GAST D 実験用プロトタイプ地上装置のインフラを活用し、DFMC GBAS 機上実験装置は GAST D 機上実験装置を発展させてそれぞれ開発されている。

GAST E においては引き続き電離圏対策が重要な課題となっており、電離圏異常の発生頻度が高い新石垣空港の地上・機上観測データは、電子航法研究所だけでなく、研究協力を通して欧州等の研究機関によっても活用され、GAST E の標準化に大きく寄与している。

4 まとめ

ICAO においては、GNSS を用いた CAT-I/II/III 精密進入を実現する GBAS の国際標準策定を行ってきたおり、これまでに CAT-I に対応した GAST C、CAT-II/III に対応した GAST D の標準化が完了している。GAST C に対応した GBAS 地上サブシステムは、羽田空港を含む世界 100 以上の空港で運用されている。現在 ICAO においては、DFMC GNSS に対応した GAST E の標準化を、2030 年に完了することを目標として進められている。

電子航法研究所では、1996 年以来 GBAS に関する研究開発を行っており、GAST C 地上プロトタイプ装置の開発、GAST D 地上実験用プロトタイプ及び機上実験装置の開発を通して日本の環境に適した GBAS の開発と標準化を行ってきた。現在は DFMC GBAS の標準化に注力するとともに、GBAS の実用化のための支援にも積極的に取り組んでいる。