

9. MSAS飛行試験の結果について

衛星技術部

※星野尾 一明 伊藤 実 新井 直樹 松永 圭左

1. はじめに

全地球的航法衛星システム（GNSS）の構成要素のひとつである静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS）においては、米国・カナダの広域補強システム（WAAS）、欧州の欧州 GPS 静止衛星オーバーレイ航法サービス（EGNOS）、日本の運輸多目的衛星用衛星航法補強システム（MSAS: MTSAT Satellite-based Augmentation System）のような世界的にシームレスなサービスを提供する計画が進展している。

現在、国土交通省は、次世代航空保安システムの中核をなす MSAS を整備している。MSAS は、GPS から測位情報を受信して航行しようとする航空機に対し、GPS の信頼性や精度を向上させるための補強情報を、MTSAT を中継して提供するための地上システムである。MSAS の中枢を担う航法統制局は神戸及び常陸太田に設置しており、平成 13 年 2 月からシステムを稼働させ、データ収集・解析業務を実施している。

この度、試験用航空機を利用したデータ収集を行うため、国土交通省と独立行政法人電子航法研究所が共同し、仙台空港において MSAS 飛行試験を実施した。また、ユーザーに対して MSAS の能力を実証し、MSAS の能力及び便益についての理解を深めるため、飛行試験を航空関係者に公開した。

本報告では、MSAS 飛行試験で得られた MSAS 性能の概要を報告する。

2. 飛行試験概要

飛行試験の概要は以下のとおりである。

試験期間：2002 年 1 月 28 日～2 月 1 日

実施場所：仙台空港 電子航法研究所岩沼分室

使用航空機：当所実験用航空機 Beechcraft B99

飛行方法：タッチアンドゴーの繰り返し

全飛行時間：9 時間 45 分（7フライト）、なお、これ以外に 2001 年 11 月、データ取得のための飛行実験を行っている。

データリンク

アップリンク：VHF Data Broadcast (VDB)

ダウンリンク：2.4GHz 帯小電力無線

MSAS 受信機：日本製プロトタイプ受信機（RTCA Do-229A 準拠、データリンクからの MSAS メッセージ利用可）

機上位置基準：オフライン処理キネマチック測位

2. 1 飛行試験機器構成

図 1 に飛行試験時の機器のブロック図を示す。神戸航空衛星センターの MSAS、電子航法研究所岩沼分室内の地上システム、電子航法研究所実験用航空機 Beechcraft B99 内の機上システムから構成されている。神戸航空衛星センターで作成した MSAS メッセージは衛星模擬システム（SES: Satellite Emulation System）で分岐され、ISDN 回線で電子航法研究所岩沼分室まで送られる。岩沼分室から実験用航空機へは VDB (VHF Data Broadcast) を使用して、MSAS メッセージが送られる。

機上に送られたメッセージは、MSAS 受信機で GPS 信号と共に使用され、航空機位置情報とインテグリティ情報を出力する。また、得られた航空機位置と設定された進入コースからコース偏差を算出しコース偏差指示器に表示する。機上では、受信メッセージ、擬似距離等の生データ、航空機位置情報、インテグリティ情報等が記録される。

機上の航空機位置情報とインテグリティ情報は小電力無線により地上（岩沼分室）まで送られ、岩沼分室で分岐され、航跡、インテグリティ情報、MSAS メッセージ、最終進入 3 次元表示等を行う。また、地上にも機上と同等の MSAS 受信機が置かれ、地上においてもすべてのデータが記録される。

3. 飛行試験結果

MSAS 等 SBAS の性能は、国際民間航空機関の標準勧告方式（ICAO SARPs）あるいは米国航空無線技術委員会最低運用性能基準（RTCA MOPS）において、空間の信号（SIS: Signal in Space）を完全

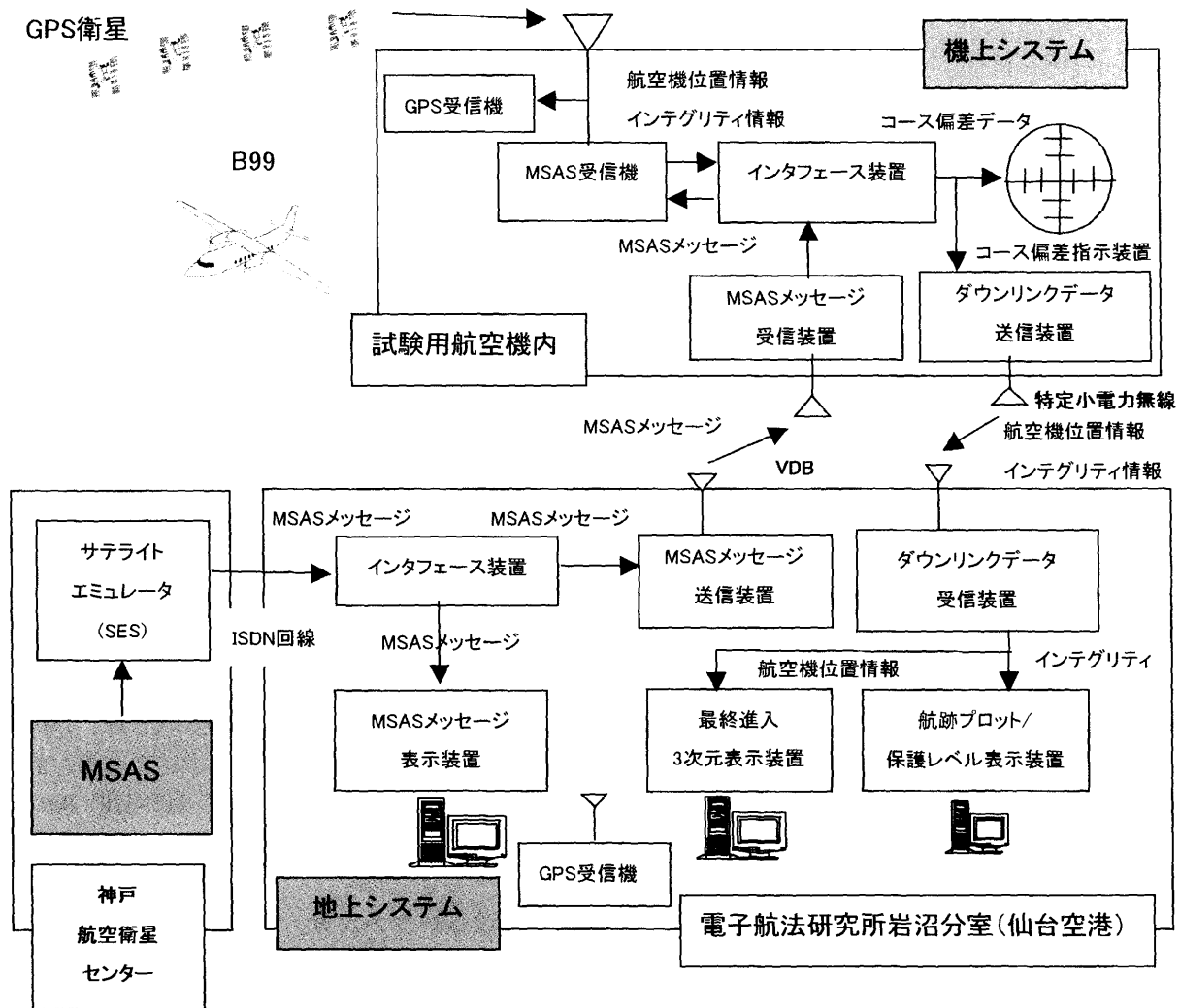


図1 MSAS 飛行試験構成機器ブロック図

な受信機で受信したときの性能で規定されている。本論文で述べる試験結果は、航空機で取得したデータに基づいて解析しているため、アップリンク用データリンクにおける MSAS メッセージデータの欠落、航空機の姿勢変化および機体構造物の影響による GPS 衛星信号数の減少等が含まれ、MSAS SIS の性能より若干劣化しているものと考えられる。

3. 1 測位性能

図2にGPS単独とMSASの測位結果の例を示す。また、表1に飛行試験期間中の各フライトの水平、垂直精度(95%)と各飛行局面で要求される精度を示す。

MSASにおいては、水平精度はCAT-Iを含むすべ

ての飛行局面での要求を満足する。垂直精度はAPV-I(LNAV/VNAV)を満足するが、APV-II、CAT-Iに要求される精度を完全に満足することはできない。

GPS単独測位精度についてもMSASと同様の結果となる。

MSASとGPSを比較すると、測位精度の面からは、MSAS、GPS単独測位に大きな差が認められないが、後述するようにインテグリティの面で大きな差があり、GPS単独測位はエンルート/非精密進入(ER/NPA)しか利用できない結果となる。

3. 2 インテグリティ性能とアベイラビリティ

図3にMSASとGPS単独の場合の垂直保護レベルと垂直誤差の関係を示す。

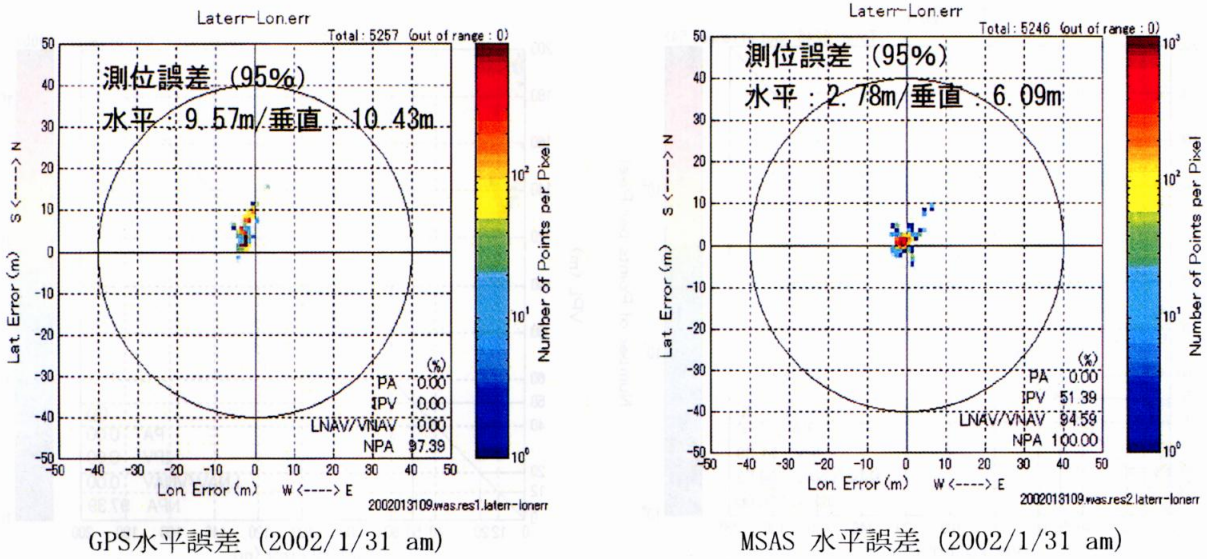


図2 MSAS および GPS 単独の測位結果の例

表1 各フライトの測位精度(95%)と各飛行局面に要求される測位精度(95%)

		95% MSAS 測位精度 (m)				95% GPS 測位精度 (m)			
95%要求精度 (m)		CAT-I	APV-II	APV-I (LNAV/VNAV)	ER/NPA	CAT-I	APV-II	APV-I (LNAV/VNAV)	ER/NPA
		水平/ 垂直	水平/ 垂直	水平/ 垂直	水平/ 垂直	水平/ 垂直	水平/ 垂直	水平/垂直	水平/ 垂直
1月29日(火)	午前	16/4-6	16/8	220/20	220/NA	16/4-6	16/8	220/20	220/NA
	午後								
1月30日(水)	午前								
	午後								
1月31日(木)	午前								
	午後								
2月1日(金)	午前								
平均									

保護レベル(HPL、VPL)は MSAS のインテグリティ機能の一部で測位精度を保証する。保護レベルは測位結果が入る範囲(99.99999%が入る)を示し、MSAS メッセージ内容、航空機測距誤差、衛星配置等を考慮して航空機上で計算される。保護レベルが飛行フェーズ毎に決められた値(Alert Limit)より大きくなると、使用不可となる。

この図からもわかるように、GPS 単独測位の保護レベルに比べ MSAS の保護レベルは 1/6-1/10 になっている。これは、GPS 単独測位に比べて MSAS 測位の信頼性が 6-10 倍高いことを示している。

また、この図において、左下から右上への直線が示されているが、この直線より下側にデータが

存在する場合は、保護レベルで実際の誤差が限界付けられていないことを示すことになるが、飛行試験中のデータにそのようなデータはなく、保護レベルは誤差の限界を示していることがわかる。

表2は各飛行局面で要求される水平(H)および垂直(V)保護レベルの限界値であるアラートリミットと各飛行において、それらを満足する割合、すなわち、アベイラビリティを MSAS と GPS について示したものである。

全フライトのアベイラビリティの平均は、MSAS の場合、ER/NPA のアベイラビリティは 99.93%、APV-I (LNAV/VNAV) 85.65%、APV-II 31.71%、CAT-I 0.11%であった。GPS の場合、ER/NPA のアベイラ

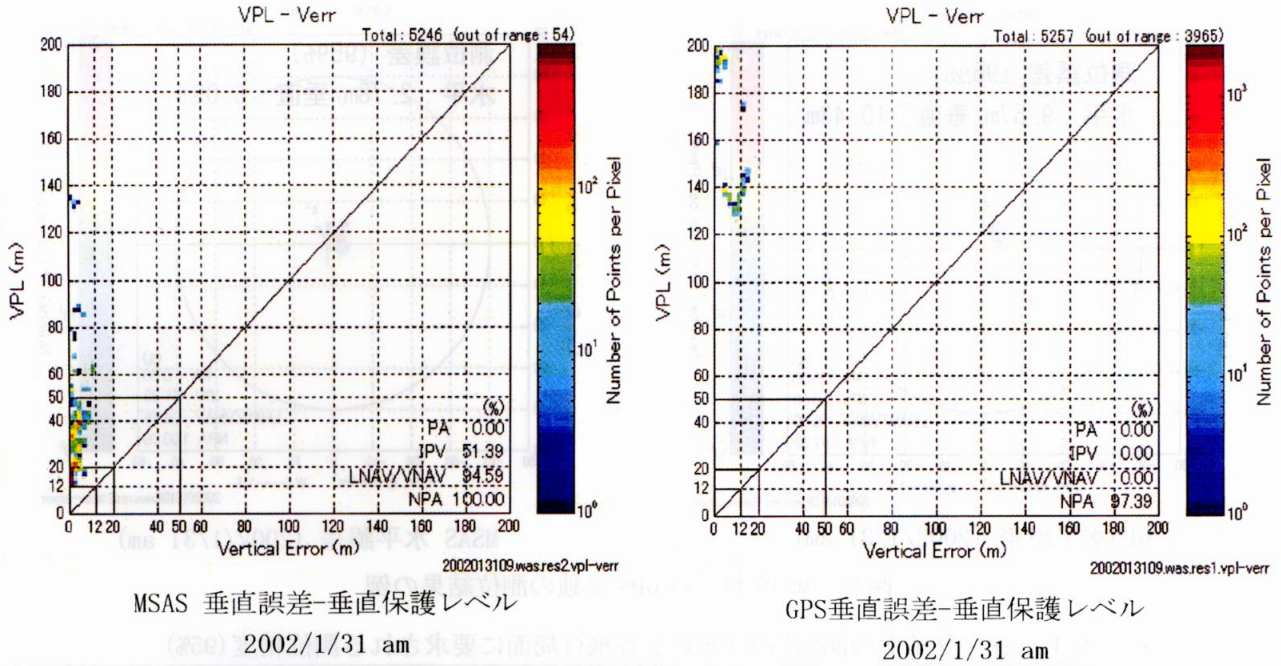


図3 MSAS および GPS 単独の垂直誤差と垂直保護レベルとの関係

表2 MSAS 飛行試験におけるアベイラビリティ

Alert Limit (m)		MSAS アベイラビリティ (%)				GPS アベイラビリティ (%)			
		CAT-I	APV-II	APV-I (LNAV/VNAV)	ER/NPA	CAT-I	APV-II	APV-I (LNAV/VNAV)	ER/NPA
		水平/垂直 40/10-15 (12)	水平/垂直 40/20	水平/垂直 556/50	水平/垂直 556/NA	水平/垂直 40/10-15 (12)	水平/垂直 40/20	水平/垂直 556/50	水平/垂直 556/NA
1月29日(火)	午前	0	4.88	61.45	99.54	0	0	0	96.25
	午後	0	24.68	87.53	100	0	0	0	97.96
1月30日(水)	午前	0.07	58.30	90.57	100	0	0	0	96.46
	午後	0	5.27	73.67	100	0	0	0	97.87
1月31日(木)	午前	0	51.39	94.59	100	0	0	0	97.39
	午後	0.16	32.34	92.88	100	0	0	0	97.48
2月1日(金)	午前	0.56	45.14	98.65	100	0	0	0	96.72
平均		0.11	31.71	85.65	99.93	0	0	0	97.16

ビリティ 97.16%、APV-I (LNAV/VNAV) 0%、APV-II 0%、CAT-I 0%であった。

なお、アベイラビリティは日本全体で一様ではなく、本論文で述べた結果は、仙台空港周辺の短期間のデータから求めたアベイラビリティであることに注意願いたい。

4. まとめ

飛行試験の結果から、MSAS はエンルート/非精密進入 (ER/NPA) では使用可能である。

APV-I (LNAV/VNAV) についてはアベイラビリティをさらに高めることが必要であり、地上監視局 (GMS) の追加、電離層遅延のより高精度の推定が必要と考えらる。

また、飛行試験を公開することにより、MSAS 能力 (インテグリティ、精度) を示すことができ、MSAS の能力、便益に関する理解の増進に役立つことが出来たと考える。