



運輸多目的衛星用衛星航法補強 システム (MSAS) の概要

平成 15年 10月 28日

国土交通省 航空局
管制保安部 無線課

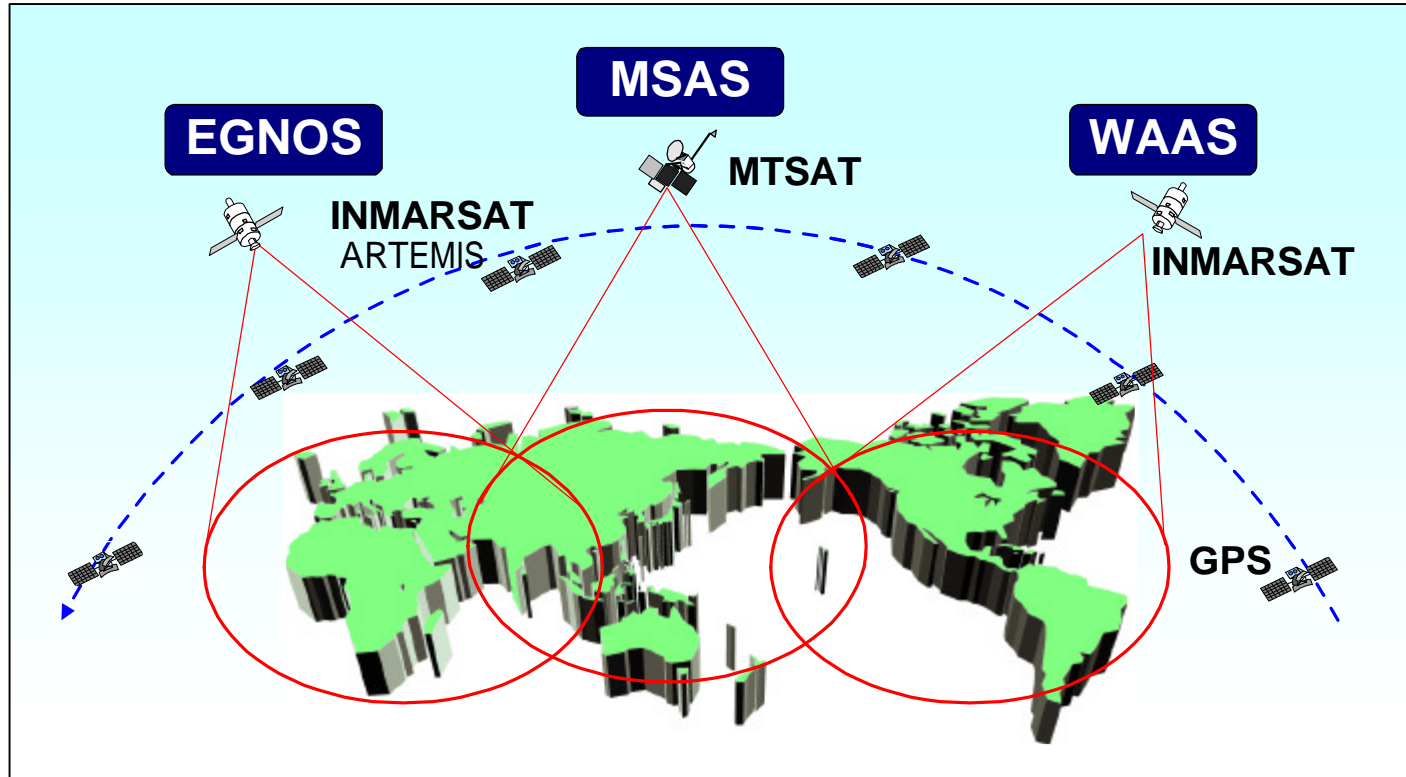
民間航空の国際標準

- 国際民間航空機関 (ICAO: International Civil Aviation Organization)
 - 1944年、国際民間航空条約 (シカゴ条約) に基づき、国連の専門機関として設立
- 国際標準及び勧告方式 (SARPs: Standards And Recommended Practices)
 - シカゴ条約の付属書として制定 (全 18 付属書)
- GNSS (測位衛星システムの総称) 基準
 - 第 10 付属書 (航空通信) に規定され、平成 13 年 11 月に発効

GNSSの構成(SARPs)

- 全世界的衛星測位システム
 - GPS(Global Positioning System)
 - GLONASS(Global Navigation Satellite System)
- 補強システム
 - ABAS (Aircraft Based Augmentation System)
 - 航空機の機上システムで衛星航法の補強を行うシステム
 - SBAS (Satellite Based Augmentation System)
 - 静止衛星を介して広範囲に補強情報を提供するシステム
 - 広域にわたる補強情報の提供が可能
 - GBAS (Ground Based Augmentation System)
 - 地上から補強情報を直接航空機に提供するシステム
 - 覆域は狭いが、高精度のサービス提供が可能
- GNSS受信装置

SBASの相互運用性



米国WAAS 2003年7月運用開始
 欧州EGNOS 2004年運用開始予定

日本MSAS 2005年運用開始予定

GNSSの航空航法要件 (1/2)

- GNSSを航空航法に利用するためには、高い安全性と信頼性が必要
- 次の4要件を満たすことが必要
 - 精度 (Accuracy)
 - 完全性 (Integrity)
 - サービスの継続性 (Continuity of Service)
 - 利用可能性 (Availability)
- GPS単独では、4要件を満足しないため、補強システムが必要

GNSSの航空航法要件 (2/2)

- 精度 (Accuracy)
 - 位置誤差 (予測値－真値)が95%以上の確率で収まる値として規定
- 完全性 (Integrity)
 - 一定の時間内で正確な情報が提供される確率として規定
 - 異常が発生してから警報を発するまでの最大許容時間として規定
- サービスの継続性 (Continuity of Service)
 - 一定の時間内でサービスの中断が生じない確率として規定
- 利用可能性 (Availability)
 - 信頼可能な航法を利用できる時間の割合として規定

SBASシグナルインスペースの性能 (1/2)

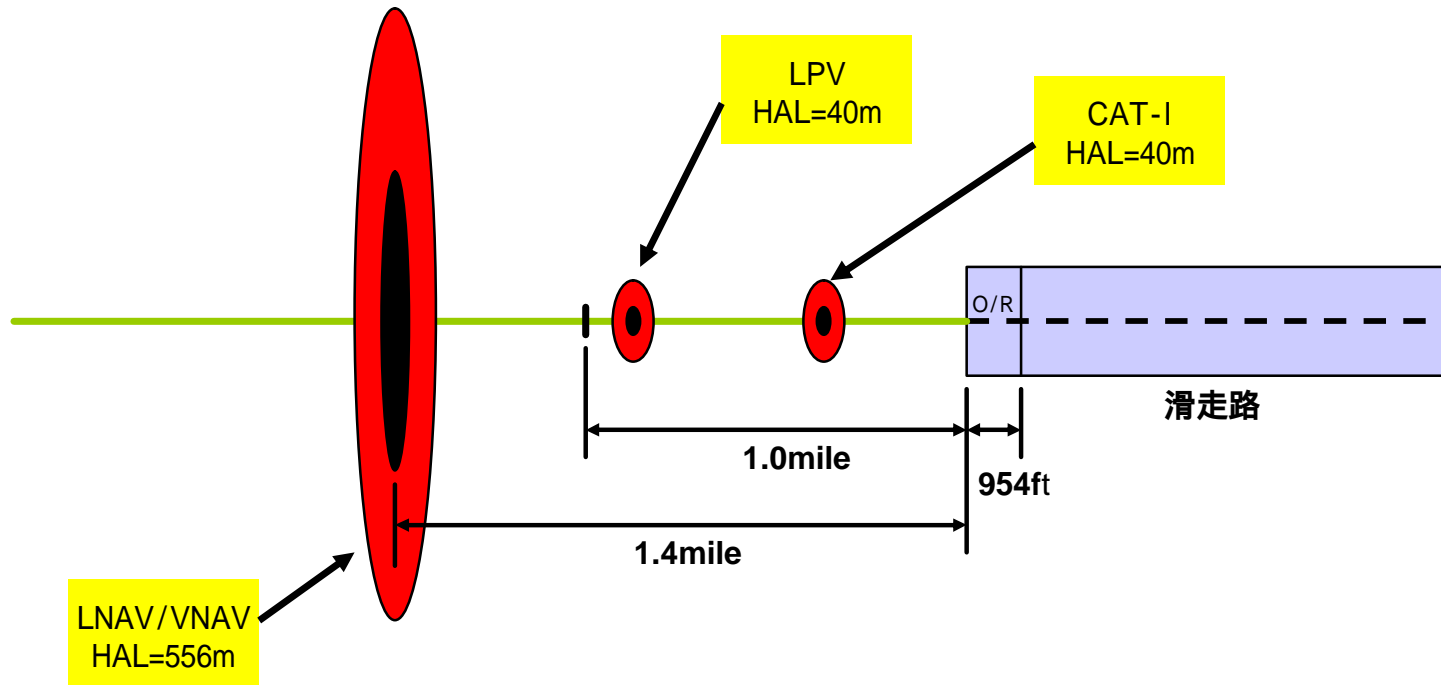
オペレーション		水平方向		垂直方向	
		精度 (95%)	アラートリミット	精度 (95%)	アラートリミット
水平誘導のみ	洋上航空路	3,700m (2.0NM)	(HAL) 7,400m (4NM)	規定なし	(VAL) 規定なし
	航空路ターミナル	740m (0.4NM)	3,700m(2NM) 1,850m(1NM)	規定なし	規定なし
	初期、中間、非精密進入 (NPA) 出発	220m (720 feet)	556m (0.3NM)	規定なし	規定なし
+ 垂直誘導	垂直誘導付進入 (LNAV/ VNAV)	220m (720 feet)	556m (0.3NM)	20m (66 feet)	50m (164 feet)
	垂直誘導付進入 (LPV)	16.0m (52 feet)	40.0m (130 feet)	20m (66 feet)	50m (164 feet)
	CAT-精密進入	16.0m (52 feet)	40.0m (130 feet)	5m (17 feet)	12m (40 feet)



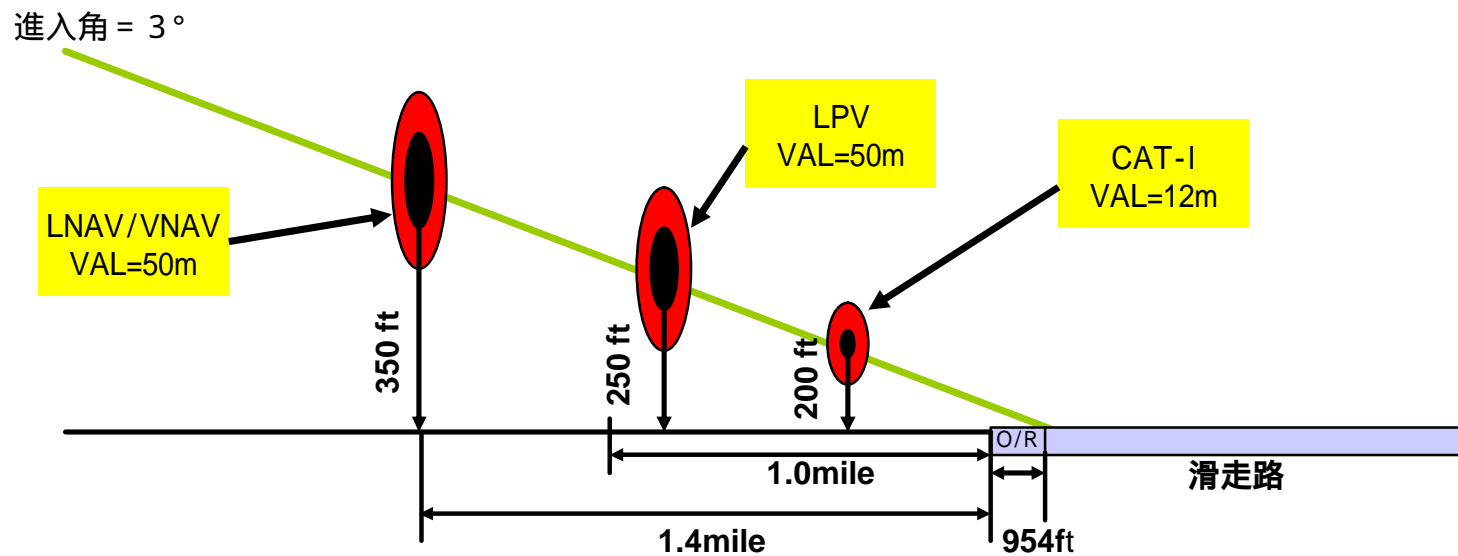
SBASシグナルインスペースの性能 (2/2)

オペレーション		完全性		サービスの 継続性	利用可能性
		確率	警告までの時間		
水平誘導のみ	洋上 航空路	$1 - 1 \times 10^{-7}/h$	5分	$1 - 1 \times 10^{-4} \sim$ $1 - 1 \times 10^{-8}/h$	0.99~ 0.99999
	航空路 ターミナル	$1 - 1 \times 10^{-7}/h$	15秒	$1 - 1 \times 10^{-4} \sim$ $1 - 1 \times 10^{-8}/h$	0.999~ 0.99999
	初期、中間、非精密 進入 (NPA) 出発	$1 - 1 \times 10^{-7}/h$	10秒	$1 - 1 \times 10^{-4} \sim$ $1 - 1 \times 10^{-8}/h$	0.99~ 0.99999
+ 垂直誘導	垂直誘導付進入 (LNAV / VNAV)	進入あたり $1 - 2 \times 10^{-7}$	10秒	15秒間に $1 - 8 \times 10^{-6}$	0.99~ 0.99999
	垂直誘導付進入 (LPV)	進入あたり $1 - 2 \times 10^{-7}$	10秒	15秒間に $1 - 8 \times 10^{-6}$	0.99~ 0.99999
	CAT- 精密進入	進入あたり $1 - 2 \times 10^{-7}$	6秒	15秒間に $1 - 8 \times 10^{-6}$	0.99~ 0.99999

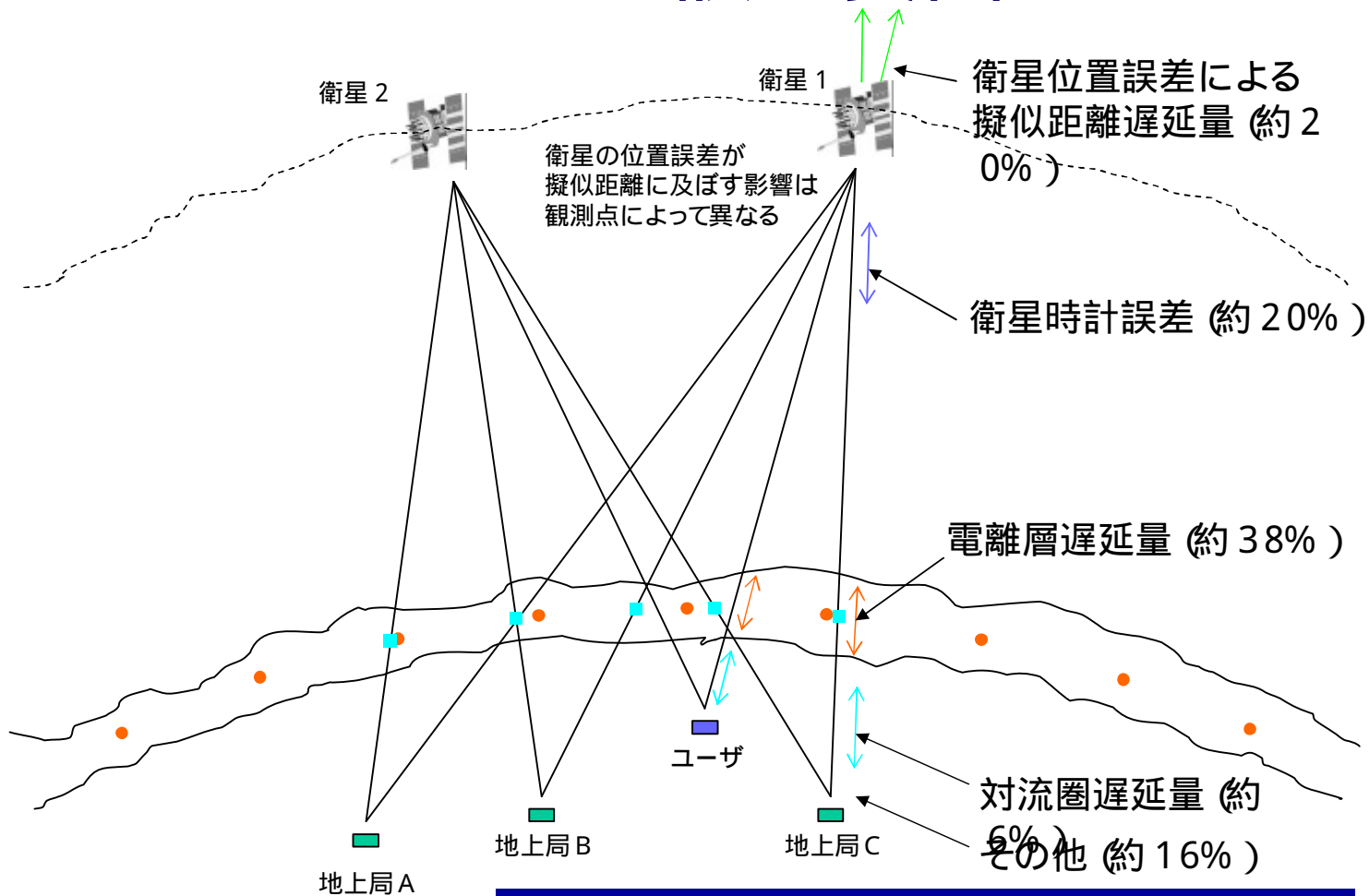
進入レベルの比較 (水平方向精度)



進入レベルの比較 (垂直方向精度)



GNSSの誤差要因



SBASの仕様

- 機能
 - 基本ディファレンシャル補正 (Accuracy)
 - GPS衛星の位置誤差及び時計誤差 (短・長期)を送信
 - 精密ディファレンシャル補正 (Accuracy)
 - 電離層補正量を送信
 - 完全性 (Integrity)
 - GPS衛星の状態を診断し、送信
 - レンジング (Availability)
 - SBAS衛星からの擬似距離信号を提供
- 搬送波周波数 (GPSと同一周波数)
 - 1575.42MHz(L1)



SBASの仕様 (メッセージ一覧)

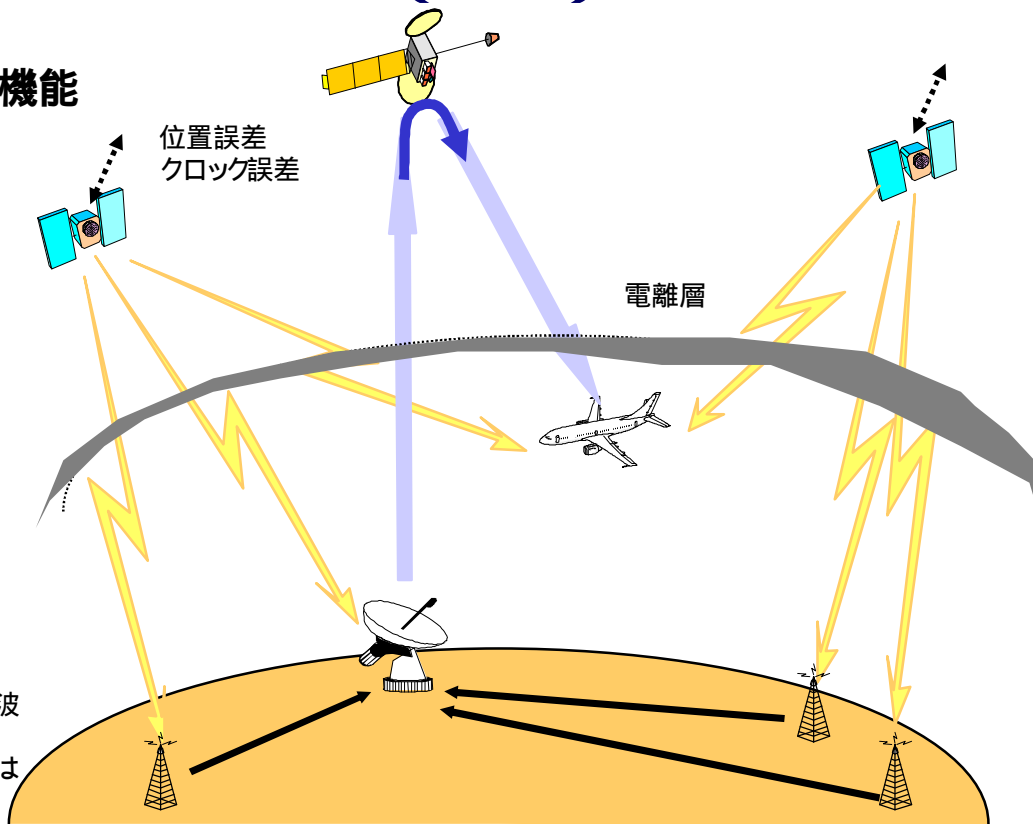
型	名 称	内 容
0	使用禁止	試験電波放送中を示す
1	PRNマスク	SBASが使用中のGPS、GEOを示すPRNコード
2~ 5	高速補正	変化の早い誤差 (衛星クロック誤差)を補正するデータ
6	インテグリティ情報	ユーザーが測位誤差を予測するためのデータ
7	高速補正劣化係数	高速補正の時間劣化パラメータ
8	予備	
9	GEOレンジング機能パラメータ	GEOの軌道を示すパラメータ
10	劣化パラメータ	主に高速補正以外の時間劣化パラメータ
11	予備	
12	SBASネットワーク時刻 / UTCオフセットパラメータ	SBASの時刻とUTCのオフセット
13~ 16	予備	
17	GEOアルマナック	GEOの概略位置を示すパラメータ
18	電離層格子点マスク	電離層情報が計算されている格子点を示すデータ
19~ 23	予備	
24	高速 / 長期衛星誤差補正	高速補正と長期補正を同時に放送する場合に使用
25	長期衛星誤差補正	衛星クロックの長期補正值と衛星軌道の補正データ
26	電離層遅延量補正	各電離層格子点における電離層遅延量に関するデータ
27	SBASサービスメッセージ	SBASのサービスエリアを示すデータ
28	クロック・エフェメリス共分散行列	時刻 軌道補正のユーザー位置による劣化パラメータ
29~ 61	予備	
62	保留	
63	又ルメッセージ	

SBAS機能 (1/2)

ディファレンシャル (精度) 補正機能

GPSの測位精度を向上させる機能。
 SBASは、GPS衛星毎に信号の有する誤差を航空機に提供するディファレンシャル補正機能を有し、水平 数m程度まで位置精度を向上させることができる。
 ディファレンシャル情報は、大別すると、電離層に起因する誤差と、それ以外の誤差に分離して伝送される。

GEO及びGPS信号をモニターする。
 誤差補正データを作成する。
 電離層誤差の予測には、L1、L2の2周波による測定値を用いる。
 誤差補正データをGEOへ送出し、GEOは航空機へ誤差補正データを放送する。



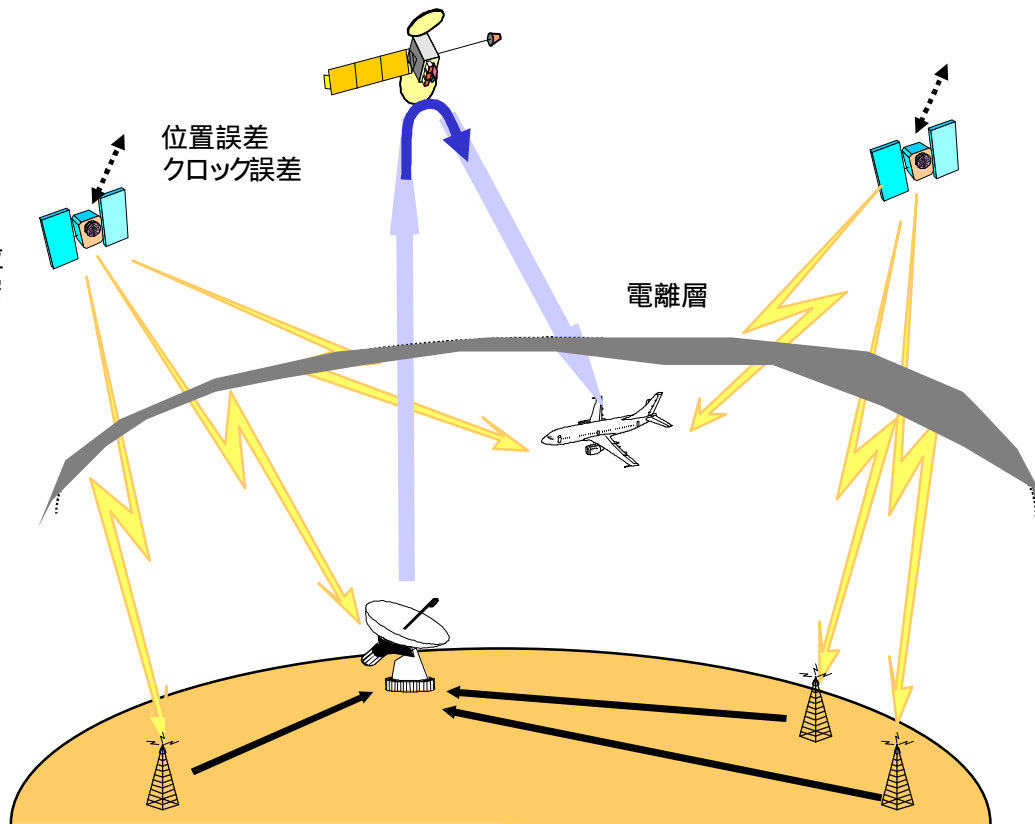
SBAS機能 (2/2)

インテグリティ機能

GPSの不具合情報 (使用不可又は不具合の程度) を航空機に提供する機能。

航空機は、この情報を用いて、飛行フェーズ (航空路、ターミナル、進入等) や自機の位置などに応じ、使用可能なGPSを判断し、安全に航行することができる。

GEO及びGPS信号をモニターする。
 GPS信号からGPSの使用の可否
 または、不具合の程度を判定する。
 不具合情報をGEOを経由で航空機へ
 放送する。

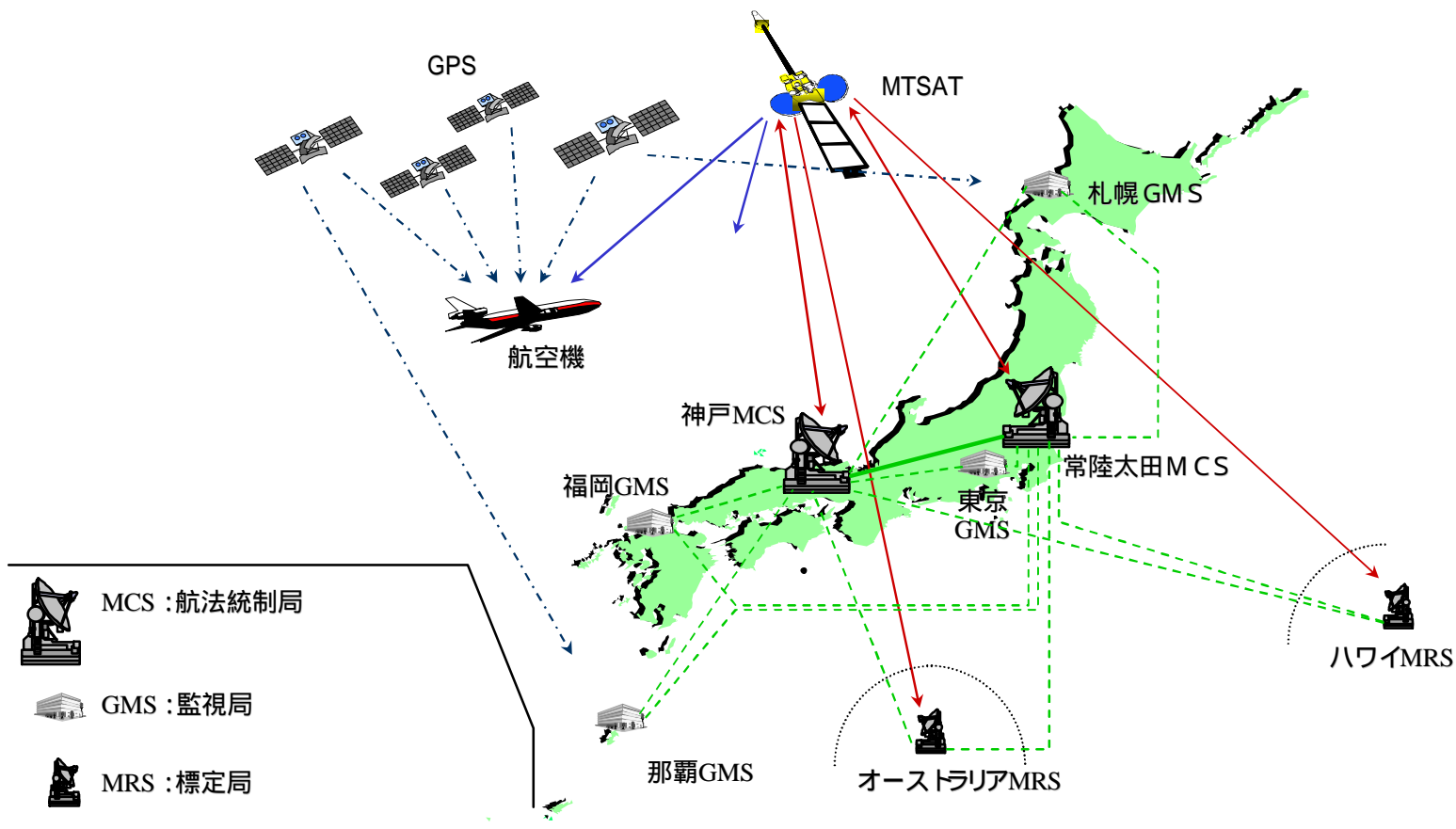




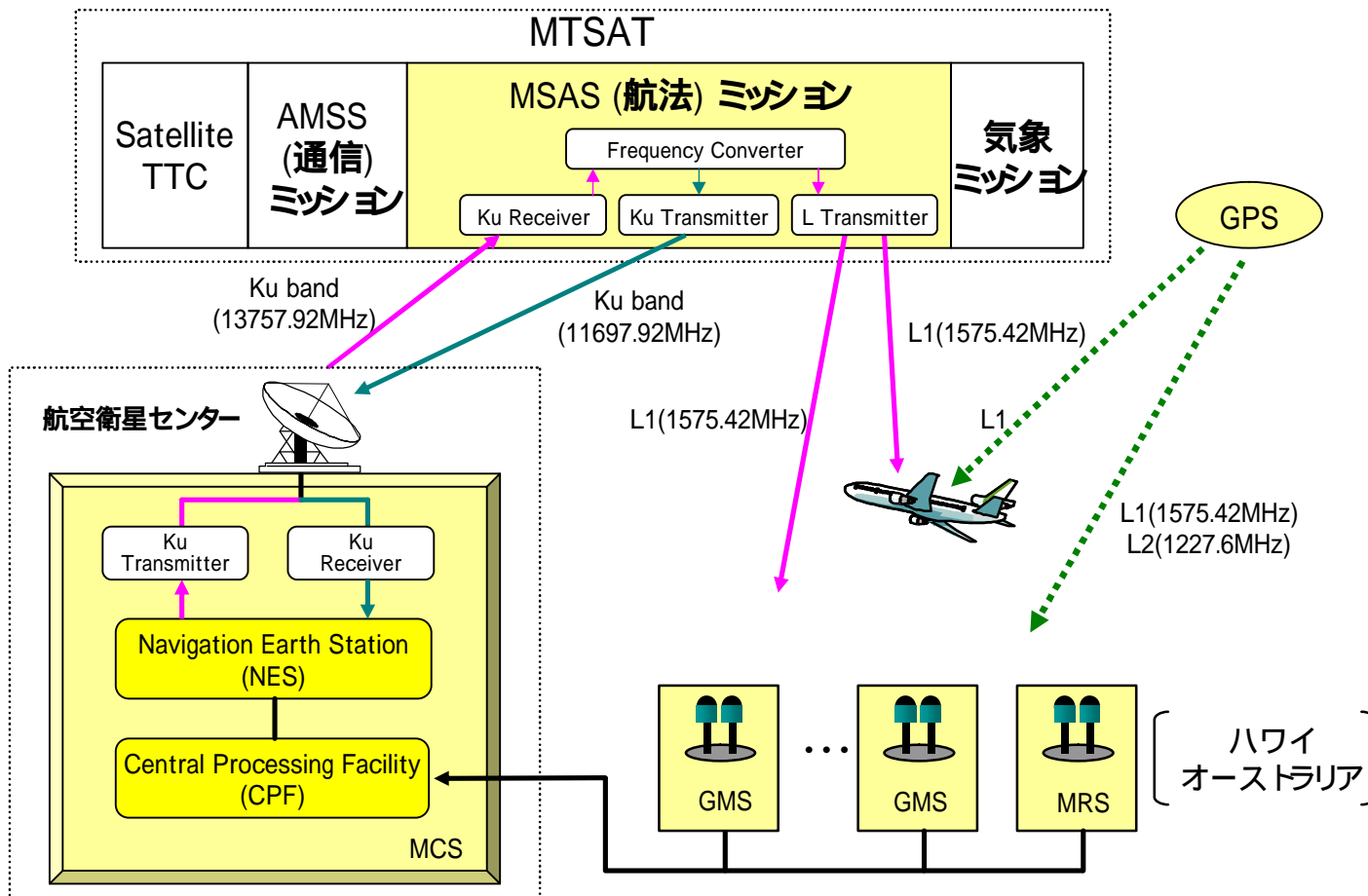
MSASの整備状況

- 平成 3年 ICAOの第10回航空会議でFANS (Future Air Navigation System) 構想が承認
- 平成 5年 電子航法研究所がGNSSに係る研究を開始
- 平成 6年 MTSATの整備に着手
- 平成 7年 MSASの整備に着手
- 平成 11年 MTSAT1号機打上失敗
- 平成 13年 GPSデータの収集・解析作業を開始
- 平成 15年 ICAOの第11回航空会議で更なるGNSSへの移行を奨励
- 平成 16年 MTSAT新1号機打上予定
- 平成 17年 MSAS運用開始予定

MSASの構成

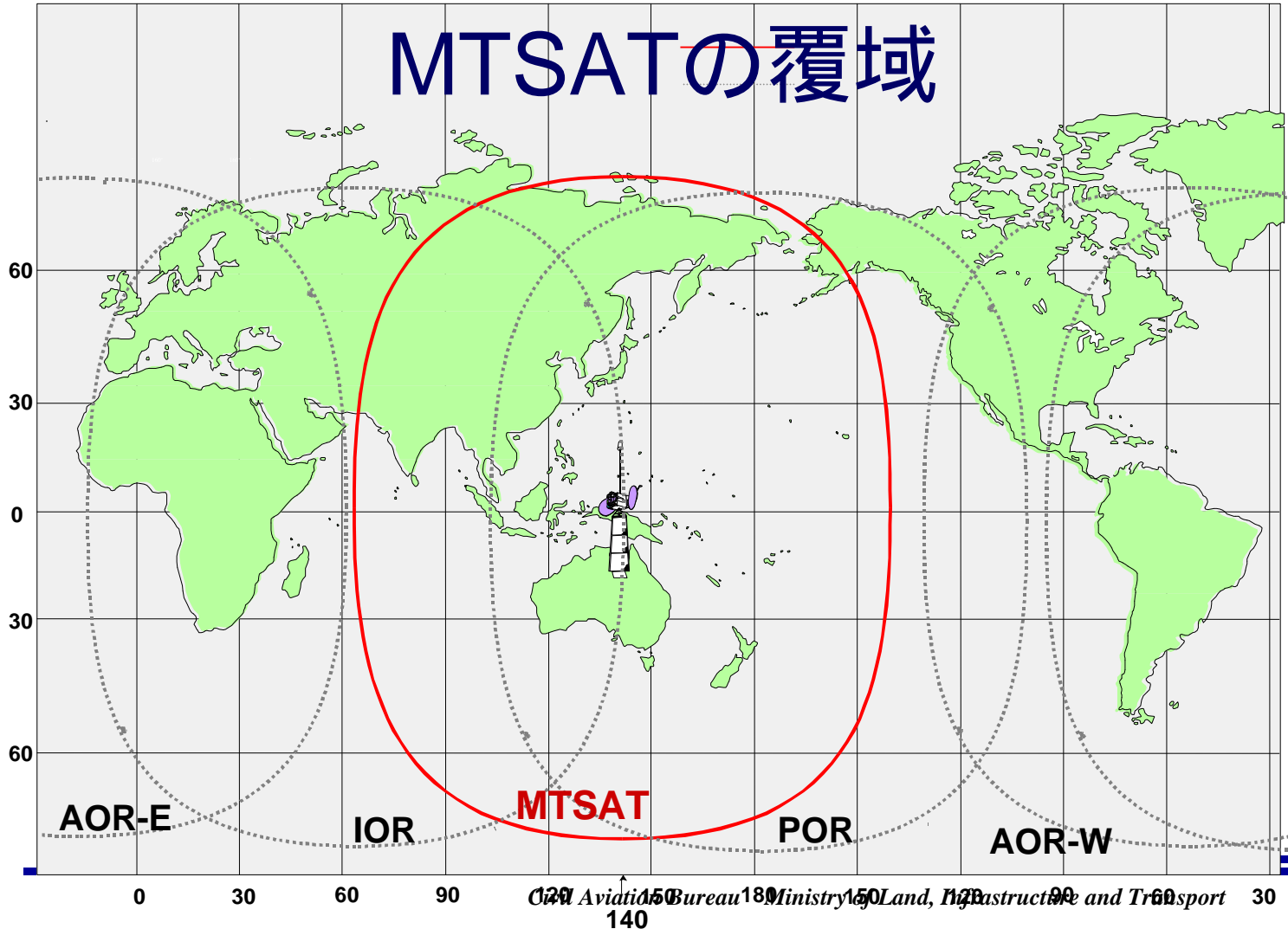


MSASのしくみ





MTSATの覆域



AOR-E

IOR

MTSAT

POR

AOR-W