

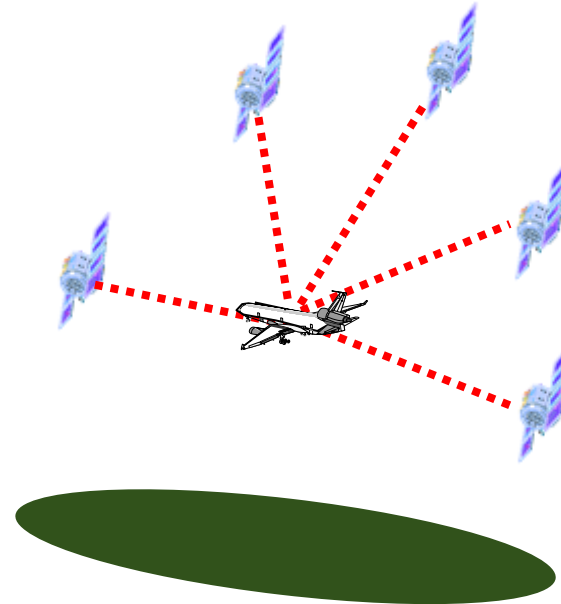
GNSS監視に関する 運用コンセプトの提案

2018/6/1 電子航法研究所研究発表会

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

電子航法研究所 航法システム領域

○麻生貴広，坂井丈泰，齊藤 真二，毛塚 敦，北村光教



何をもって「GNSS※を正常に提供している」
と言えるか？

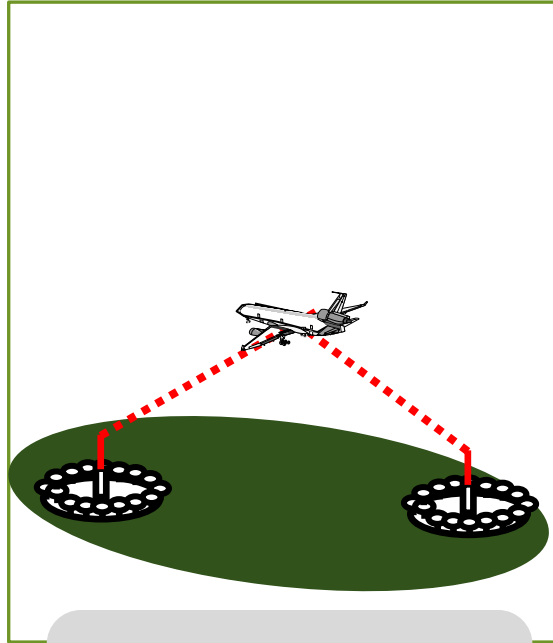
※全世界的航法衛星システム（GNSS : Global Navigation Satellite System）の1つに
GPS（Global Positioning System）がある。

目次 「GNSS監視に関する運用コンセプトの提案」

1. GPSアウトテージの現状
2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）
3. 実データを用いた有効性評価
4. GNSS監視の運用コンセプト（提案）
5. まとめ

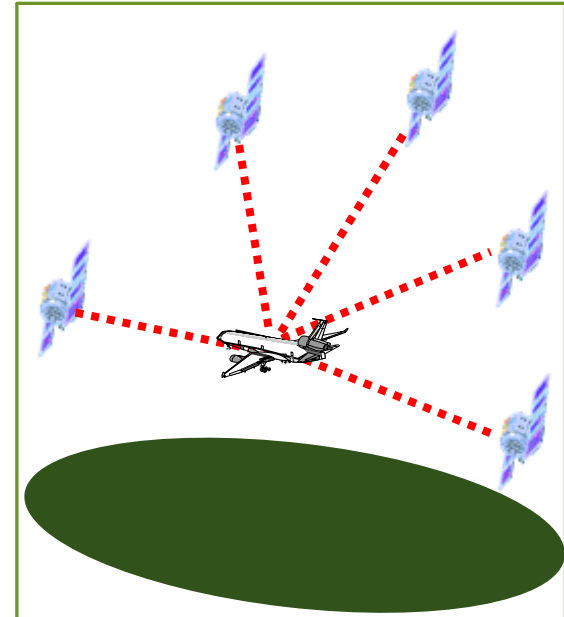
1. GPSアウトテージの現状

従来航法



地上無線航行施設はサービスプロバイダによって常時性能監視されている

GNSSによる航法



GNSSはサービスプロバイダによって常時監視されている訳ではない

※インテグリティ情報を提供するSBAS,GBASは除く

飛行中にGPSが受信できなくなってもパイロットが報告しない限り地上では分からない

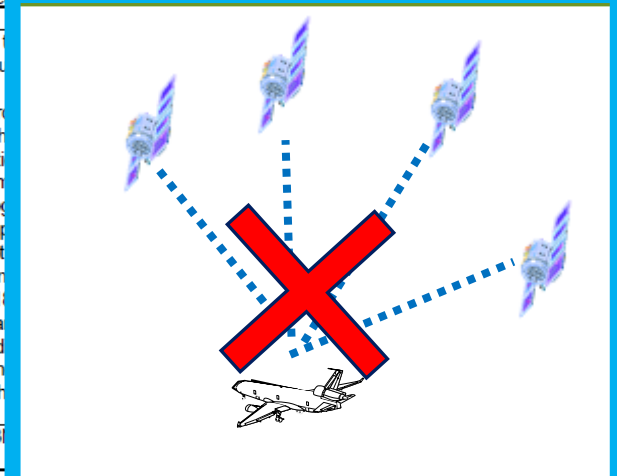
1. GPSアウテージの現状

Attachment A GNSS RFI during Approach

Date	Subject	Details
6-Jul-16	GPS1 + GPS2 lost during RNAV approach	GPS1 + GPS2 lost during RNAV approach
10-Jul-16	GPS signal briefly lost	Approaching FAF RNAV 24 GPS signal briefly lost. Continued visually with NAV
8-Jul-16	GPS primary lost	GPS primary lost on both sides on arrival and departure at RPLL. Ops norm
9-Jul-16	GPS primary lost	GPS primary lost at 1500 feet ASL RWY24 time 1600Z
12-Jul-16	GPS Primary lost during	GPS Primary lost during RNAV 24 approach at position LL24D. GPS Primary ar
12-Jul-16	Loss of GPS Twice on Approach	GPS Signal Lost Twice on Approach: 1128-1130Z at POSN 14°28.4'N, 120°34.8' E DME MIA. VOR APPR requested and flown due NOTAM. TERR POSS and NAV
13-Jul-16	Loss of GPS signal	Loss of GPS signal on RNAV RWY 24 approach at FAF.
13-Jul-16		RNAV24 INERTIAL 3600ft, UNABLE RNP 1600ft, landed visually, GPS displaye
13-Jul-16		GPS dropped out of use on departure between 7000 and FL120
12-Jul-16		GPS anomalies occurred on LNAV track to 24. No VDEV on ND. Approaching We then got VERIFY POSITION and UNABLE RNP. We disconnected to condu ATC & ATIS indicated RWY 06 ILS. Approaching MNL VOR, a right orbit was on assumed it was a downwind heading. Other TCAS traffic were being vectored alo west followed with no explanation. Then told we were #2. no RWY change menti VOR, I asked if the RYW had changed? Yes was the reply! ATC had at least 5 n unprofessional considering the extra briefing requested to RNAV. I hastily re pro 24D, a rapid re-brief was given by JFO (under training) as we were cleared for ap & requested more time. We elected continue in VMC, using RNAV which did not anomalies). We took FLAP 1 to get "on approach", this did not appear to happen 3000, "clear for approach". In VMC & RWY in sight we descended in FPA with 1 to engage VNAV by the FAF. I cross referenced prog dist with altitude off the pla spare time to re-turn the descent C/L but a review ensured it was satisfied includ displaced to the right of the visual centreline, so discontinued for a normal landin potholes & to take E4. Not notamed or on the ATIS. ATC Generated risk through
14-Jul-16		Loss of GPS with NAV UNABLE RNP EICAS. Continued visual approach. At 3 right of C/L
15-Jul-16	GPS Interference on RNAV Approach-MNL	During RNAV approach R/W 24 GPS interference commenced at LL24D with los inertial. ANP drifted to out of tolerance by LL24E with NAV unable RNP msg. VM continued. GPS signal re-acquired at approximately 3nm final.
16-Jul-16	Loss of GPS-MNL	Loss of GPS at position LLZHE. RNAV 24 Manila. Inertial on ND, EICAS NAV u Normal landing with nil consequence.

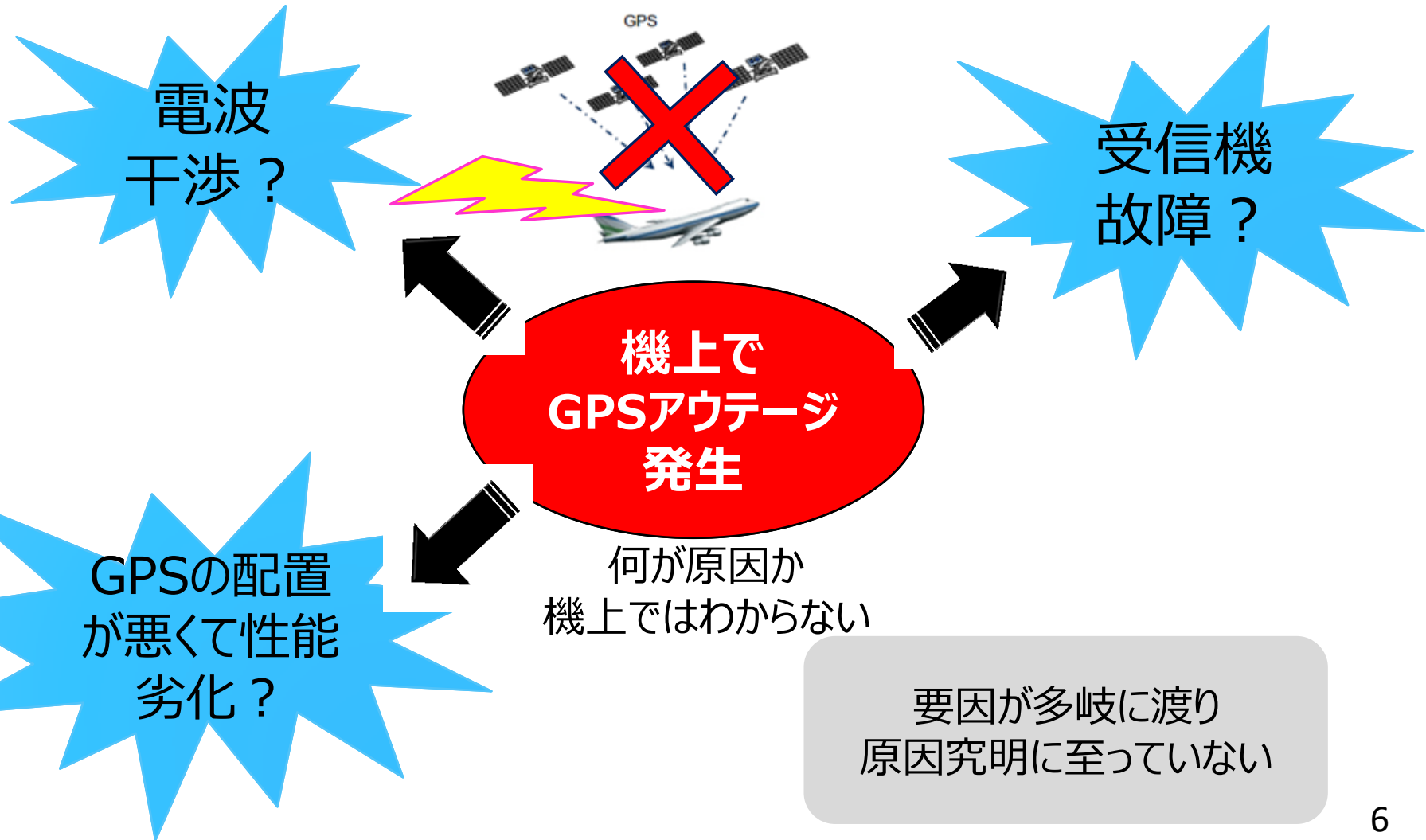
「飛行中にGPSが受信できなくなる障害」パイロットレポート
2016 ~ 2017

アプローチ 170件
エンルート 70件



GPSアウテージ発生!

1. GPSアウテージの現状

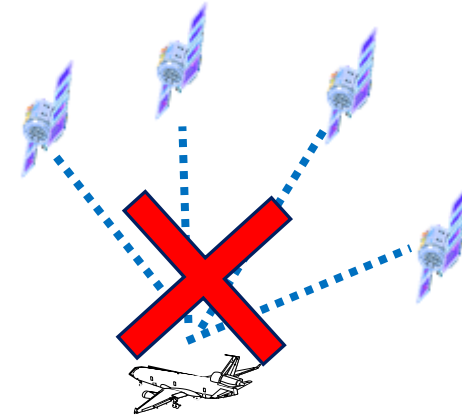


1. GPSアウテージの現状

GPSアウテージは報告されない限り分からない

GPSアウテージに関するパイロットレポート

GPSアウテージの原因究明に至っていない



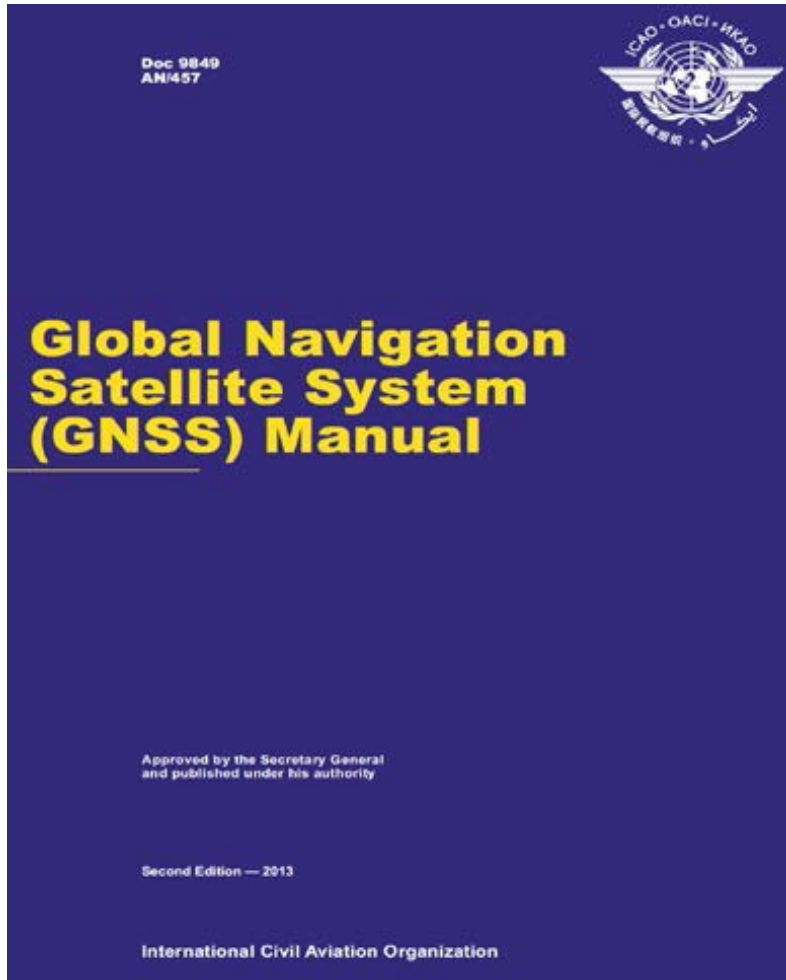
このような状況を踏まえ

我が国のGNSS監視の提案・運用コンセプトの提案

目次 「GNSS監視に関する運用コンセプトの提案」

1. GPSアウトテージの現状
2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）
3. 実データを用いた有効性評価
4. GNSS監視の運用コンセプト（提案）
5. まとめ

2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案） ～ICAOの取り組み（GNSSマニュアル）～

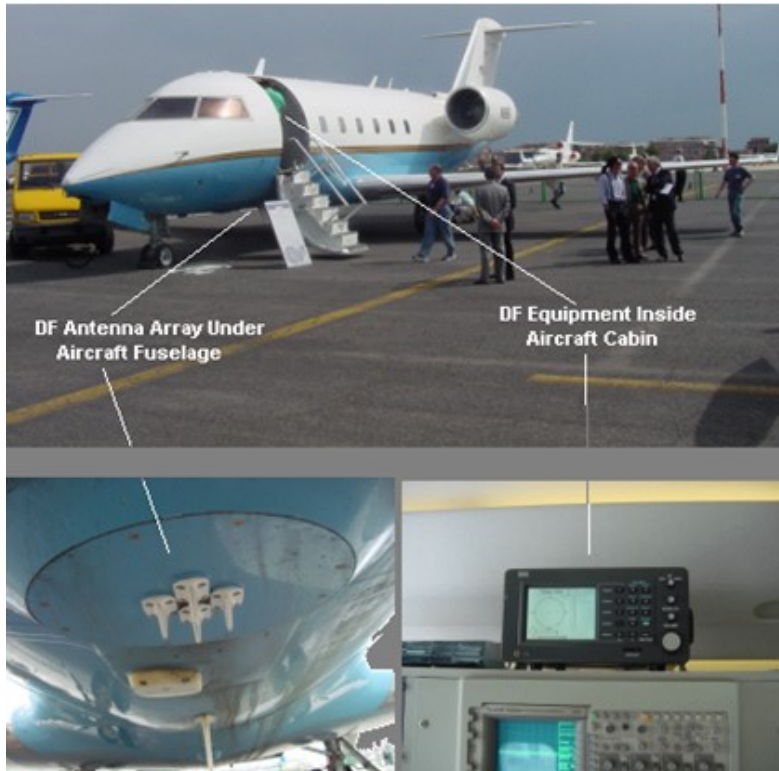


ICAOは「GNSSマニュアル」を制定

- GPS/SBAS/GBASの監視
- 電離圏などの宇宙天気の影響
- 電波干渉の緩和策
パイロットレポートを集め
干渉源を特定し
干渉源を排除する

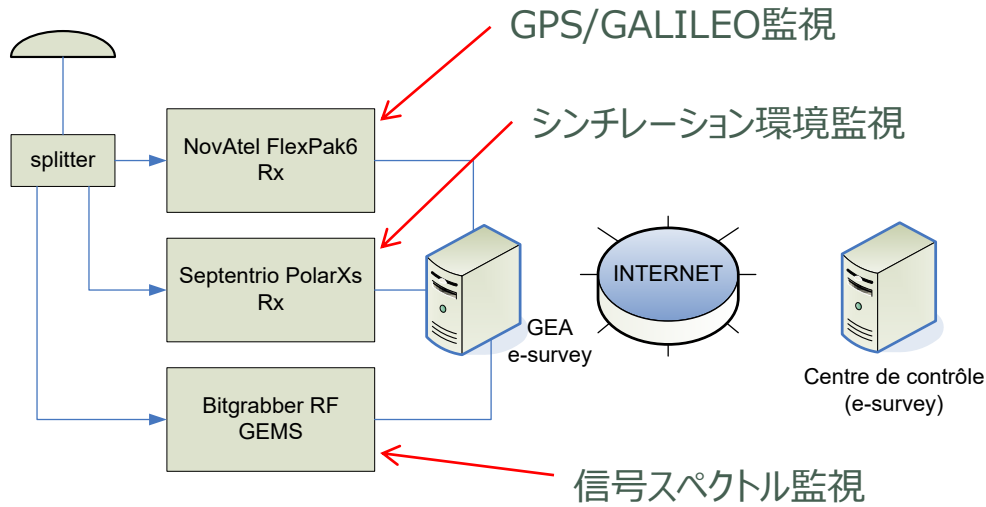
2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案） ～米国の取組み（GPS干渉源の特定）～

上空から干渉源の範囲を絞り、その後車両及びポータブル装置で干渉源を特定

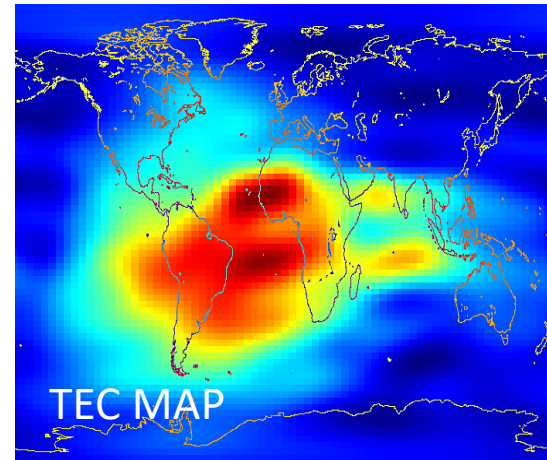


出典：FAA

2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案） ～欧州の取組み（電離圏に関するデータ取得及び評価）～



地上に設置した
GNSS監視局網から
宇宙天気を評価



出典：ESA 11

2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）

ICAO : GPS/SBAS/GBASの監視や評価

米国 : 電波干渉源の特定

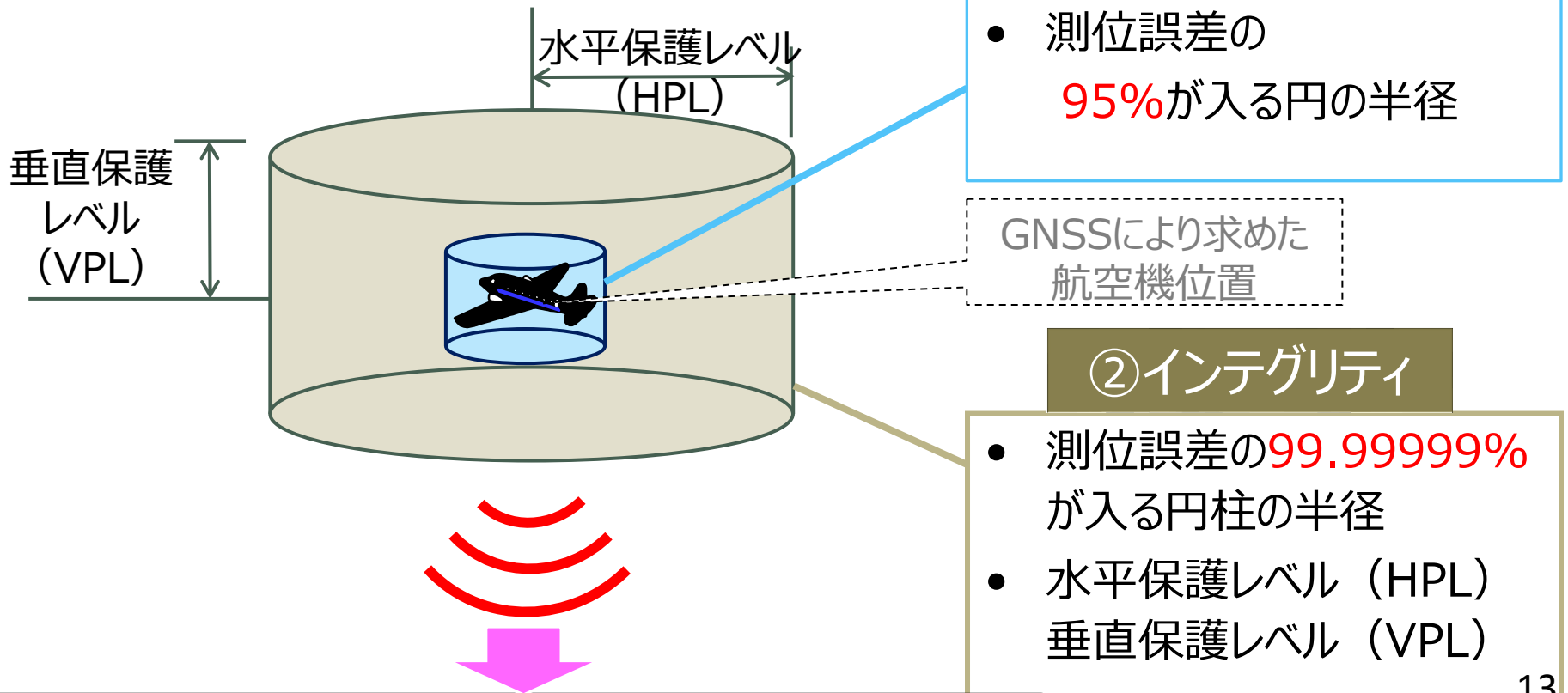
欧州 : 宇宙天気の評価



- ・ICAOで求めているGPS等のコア衛星監視やSBAS評価は必須
 - ・GNSS航法の主な誤差要因である電離圏など宇宙天気の監視は有益
- **欧米の方法では「GPSアウトージ」の即時検知は難しい**

2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）

当研究所では
機上の“航法性能情報”を得ることで
GPSアウトエージを検知できないか検討

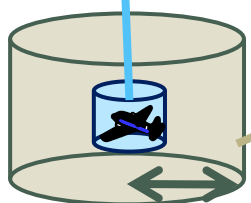


ADS-B(航空機従属監視装置)により放送

2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）

	Version 0	Version 1	Version			
			NUC	NIC	HPL	
① 95% 測位精度		NAC	9	11	< 7.5 m	性能が良い
			8	10	< 25 m	
			7	9	< 74 m	
② 99.99999% インテグリティ	NUC	NIC	7	8	< 0.1 NM (185 m)	GNSS 使用時
			6	7	< 0.2 NM (370 m)	
			5	6	< 0.3 NM (556 m)	
			4	5	< 0.5 NM (926 m)	
			3	4	< 1.0 NM (1 852 m)	
			2	3	< 2 NM (3.704 km)	
			1	2	< 4 NM (7.408 km)	
			0	1	< 10 NM (18.52 km)	
				0	< 20 NM (37.04 km)	
					>20 NM or Unknown	

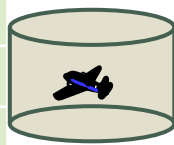
① 測位精度



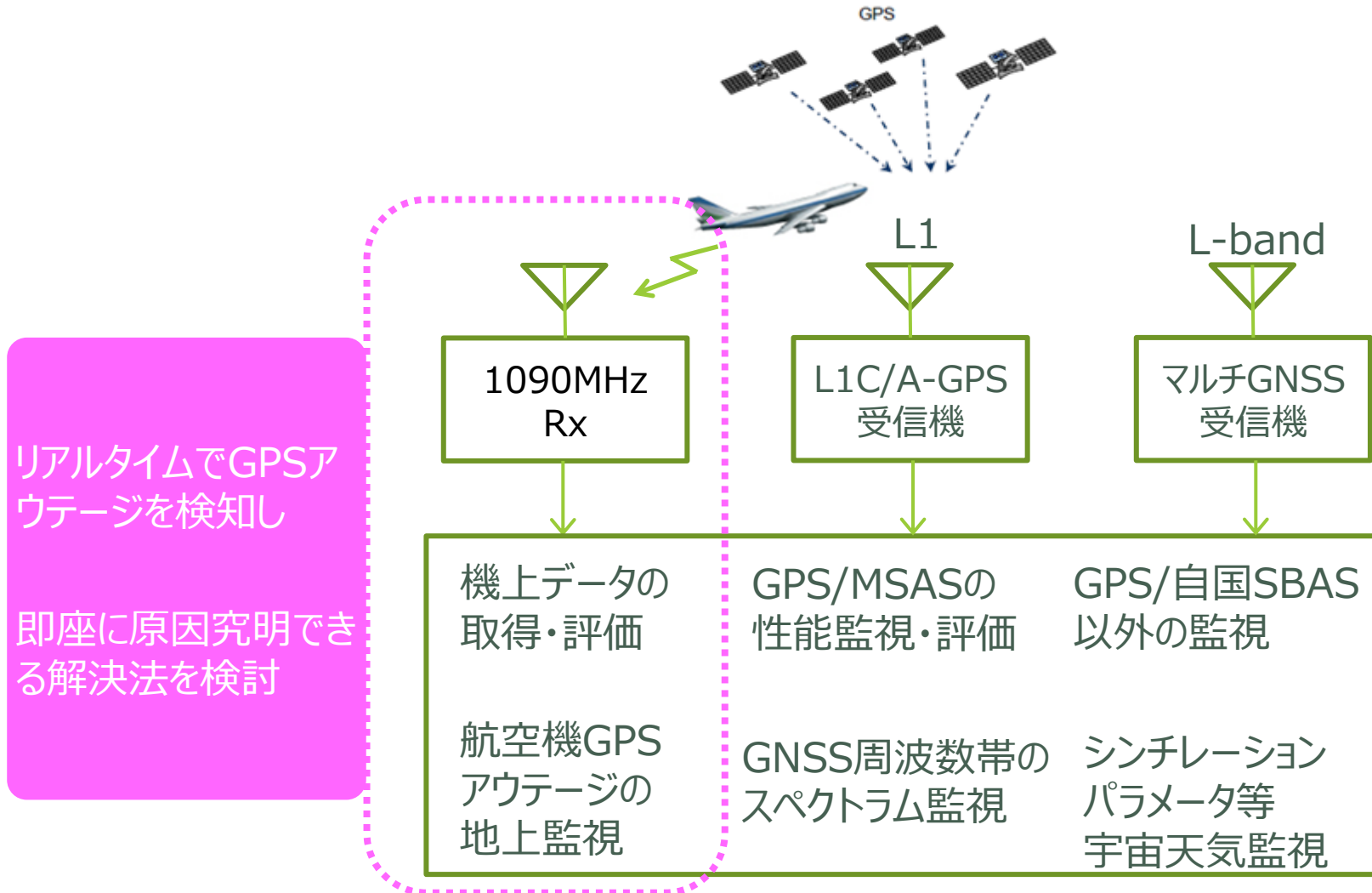
HPL

② インテグリティ

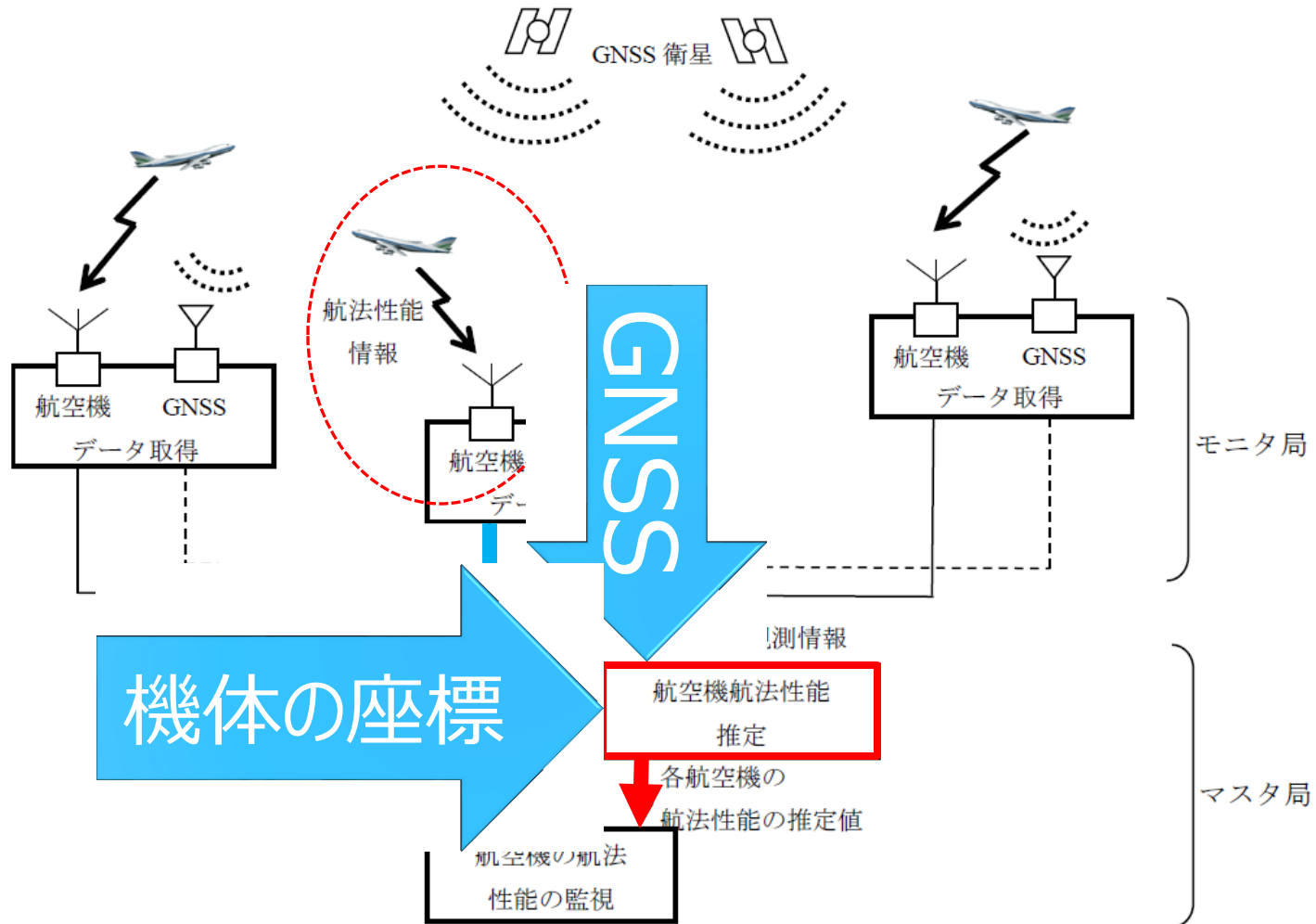
GNSS
アウトエージ検出



2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）



2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）



実際に放送された値 ⇔ 地上の推定値 ←GPSアウトエージの原因推定 16

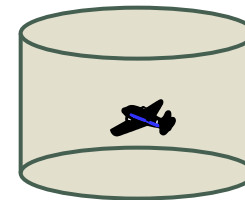
目次 「GNSS監視に関する運用コンセプトの提案」

1. GPSアウトテージの現状
2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）
3. 実データを用いた有効性評価
4. GNSS監視の運用コンセプト（提案）
5. まとめ

3. 実データによる評価

実際の航法性能
(航空機ADS-Bから取得)

地上で推定した航法性能
(正常なGNSS環境下)



②インテグリティ

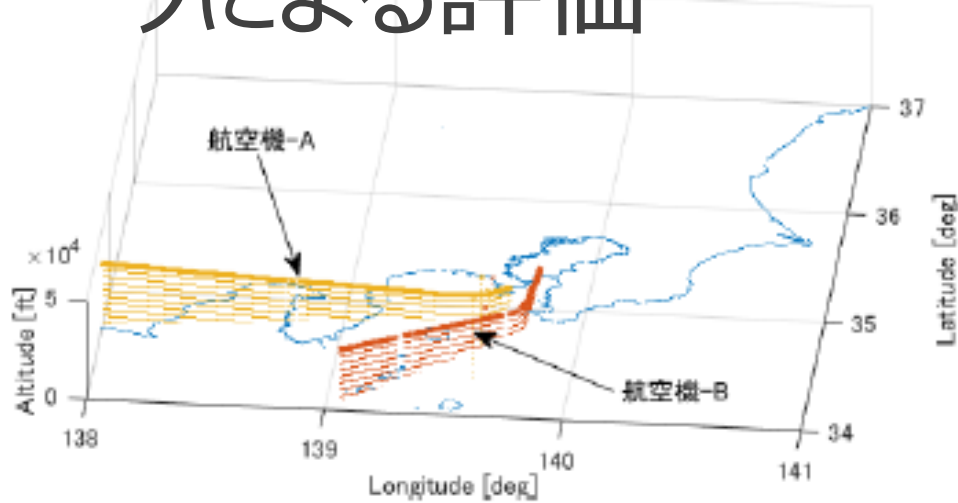
航法性能(測位の不確実性)
を円の大ききさで示す

航空機の航法性能を監視

(黄円: 実際) ≡ (青円: 推定)

3. 実データによる評価

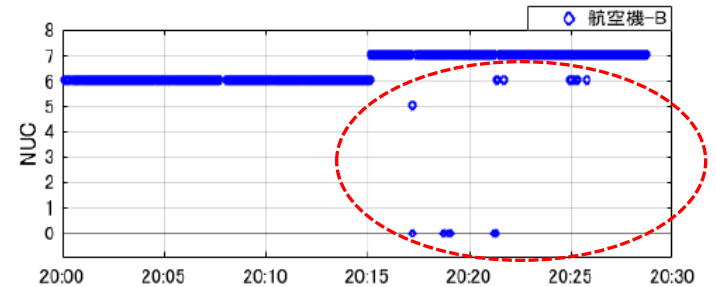
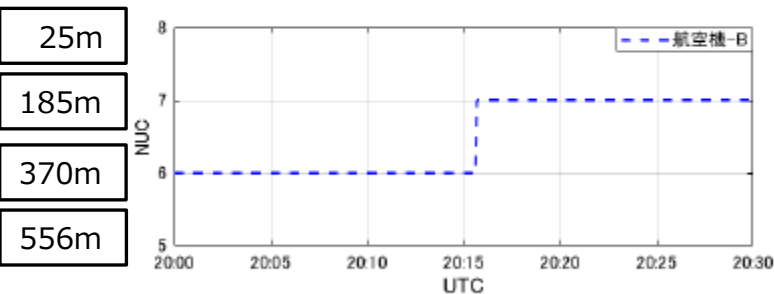
地上で推定した
航法性能



実際の航法性能

羽田空港着陸機の軌跡

比較



- A機は正常
- B機は機上においてGNSSアウトージが発生している

GPSアウトージ！

目次 「GNSS監視に関する運用コンセプトの提案」

1. GPSアウトテージの現状
2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）
3. 実データを用いた有効性評価
4. GNSS監視の運用コンセプト（提案）
5. まとめ

4. GNSS監視の運用コンセプト

プロバイダは航空機の航法性能を地上で監視し

GPSアウトエージなどの性能劣化を検出したならば、

即座に原因を特定、

関係機関に情報提供する

4. GNSS監視の運用コンセプト

GNSS監視装置で以下①②③の症状が確認された場合の運用へのフィードバック

■①電波干渉等の環境劣化

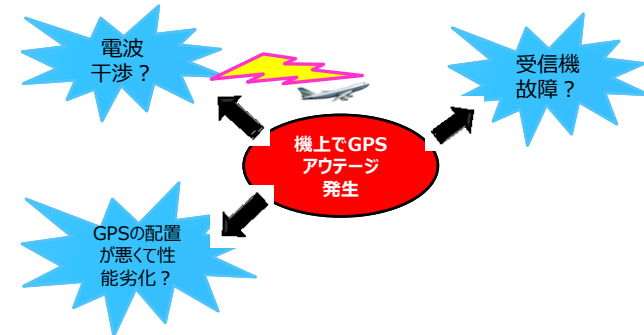
他の航空機への影響など長期化の可能性がある

→広く情報提供を行い、今後の運航方式の変更などに役立てられることを期待

■②機体搭載機器の不具合

当該運航者へ情報を提供する

→機体整備計画等に役立てられることを期待



■③GNSS衛星の不具合

GNSS運航自体に影響するため早急にNOTAM等で周知する

→運航方式の変更など早急に運用に役立てられることを期待（代替航法へ移行）

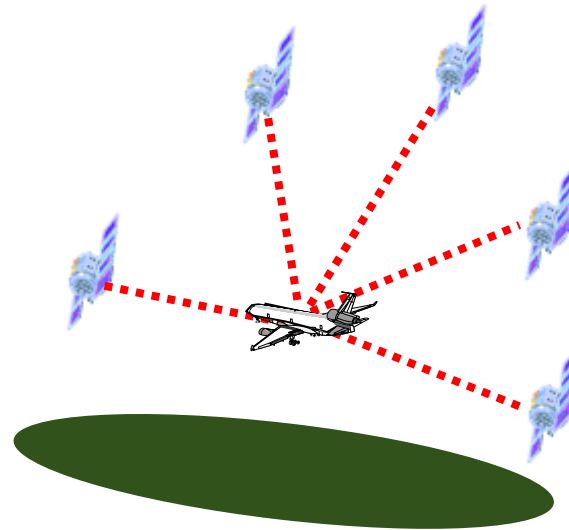
目次 「GNSS監視に関する運用コンセプトの提案」

1. GPSアウトテージの現状
2. 海外動向と我が国におけるGNSS監視（提案）
3. 実データを用いた有効性評価
4. GNSS監視の運用コンセプト（提案）
5. まとめ

5. まとめ

- 飛行中にGPSが利用できなくなる状況を説明
 - GPSアウトージの現状
- ICAO/欧米のGNSS監視の要件を説明
 - GPS/SBAS, 電波干渉, 宇宙天気等の監視
- 問題点を整理し我が国のGNSS監視を提案
 - 航空機の情報を用いGPSアウトージの検出及び原因究明
- GPSアウトージを検出した際の運用コンセプトを提案
 - 即座にその要因を特定し情報提供を行う
 - 要因毎に適切な提供方法を提案

何をもって「GNSSを正常に提供している」と
言えるか？



GNSSの信号を監視するとともに
飛行中の航空機の航法性能を、地上推定値と比較することで
GNSSの航法性能が劣化していないかを監視する

GNSS監視における議論に協力いただいた航空局様
及び関係各位様、日頃から運航情報を共有いただ
いている運航各社様に感謝いたします。