

[10]

ADS-B方式高度維持性能監視の 誤差要因

監視通信領域

松永 圭左, 宮崎 裕己

平成27年6月4日

第15回電子航法研究所研究発表会

- 発表内容 -

1. 背景
2. 航空機の高度維持性能監視の仕組み
3. ADS-Bデータを用いた
高度監視システム(HMS)の
誤差要因調査結果
4. まとめ

1. 背景 (1) RVSM運用

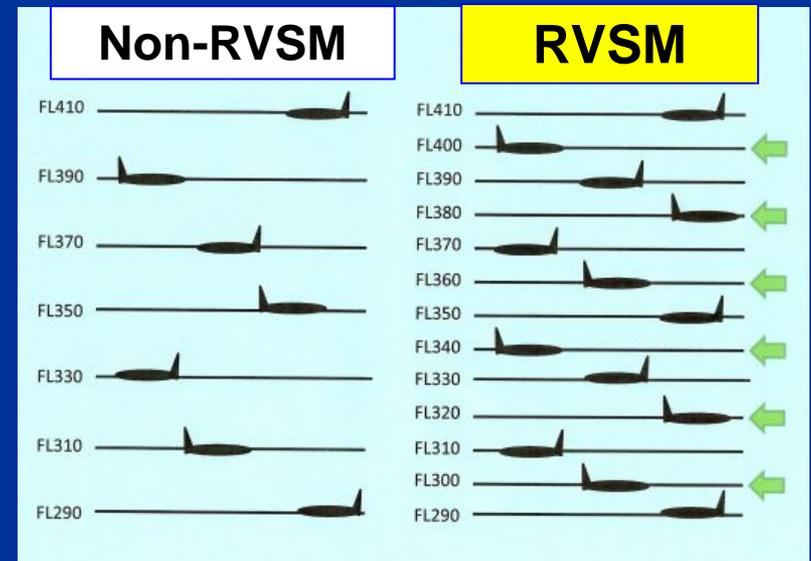
短縮垂直間隔

(RVSM; Reduced Vertical Separation Minimum)

FL290 ~ FL410の空域において, 垂直管制間隔を従来の 2,000[ft] 1,000[ft] に短縮

… 日本の管制空域では, 2005年から運用中

- 空域容量の増加
- 燃料・飛行時間の削減



<http://www.jasma.jp/>

1. 背景 (2) 高度維持性能監視の必要性

ICAOの安全性評価に基づき、

○ RVSM承認機に対し、

航空機の高度維持性能評価を実施する必要性

… 航空機グループ(B777, A320, 等)毎に、
2年(または飛行時間1,000hの長い方)

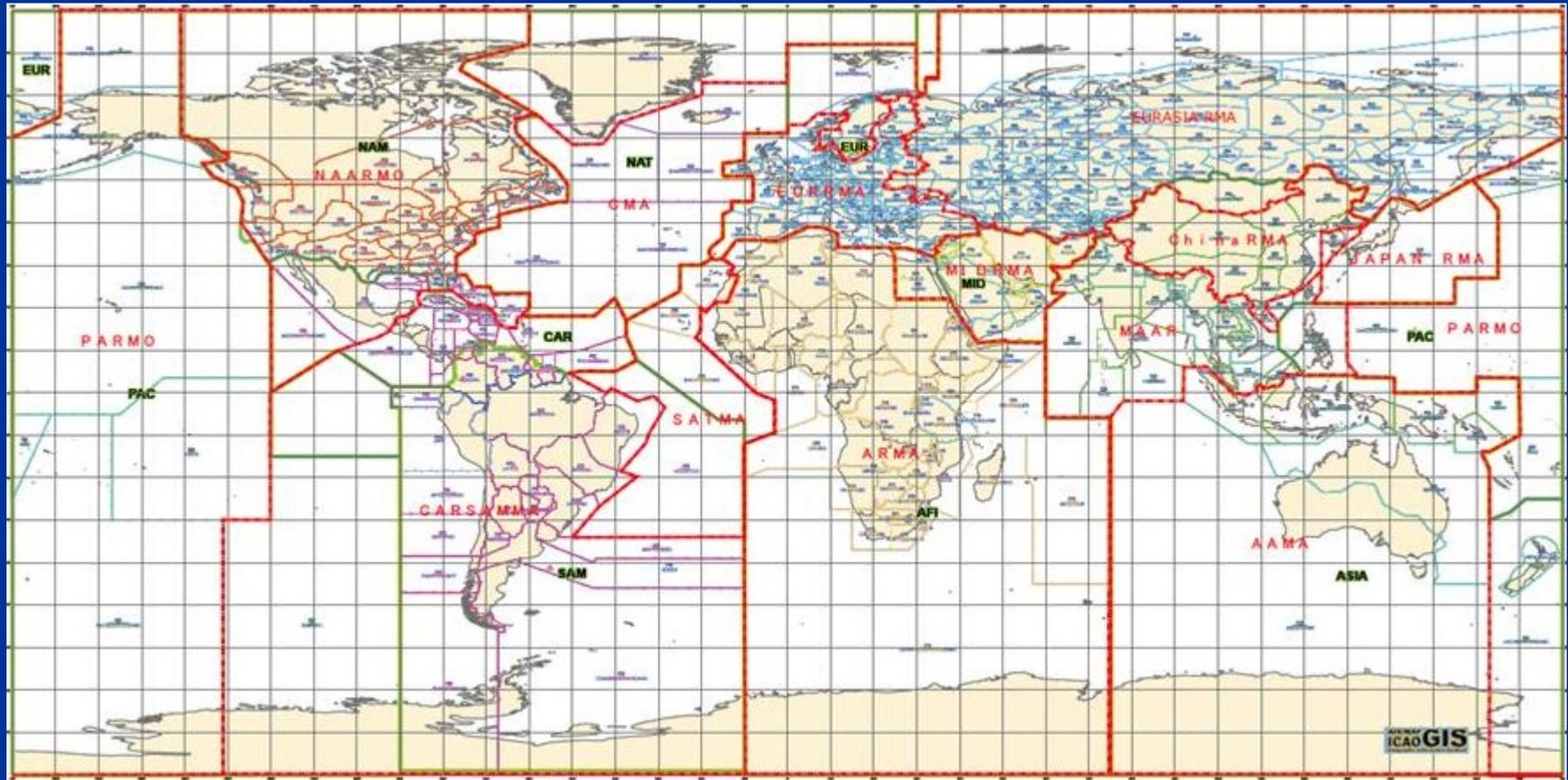
○ RVSM導入後、

地域監視機関(RMA; Regional Monitoring Agency)

が、担当空域を飛行中のRVSM承認機の

高度維持性能監視を実施

1. 背景 (3) 各地域監視機関(RMA)空域

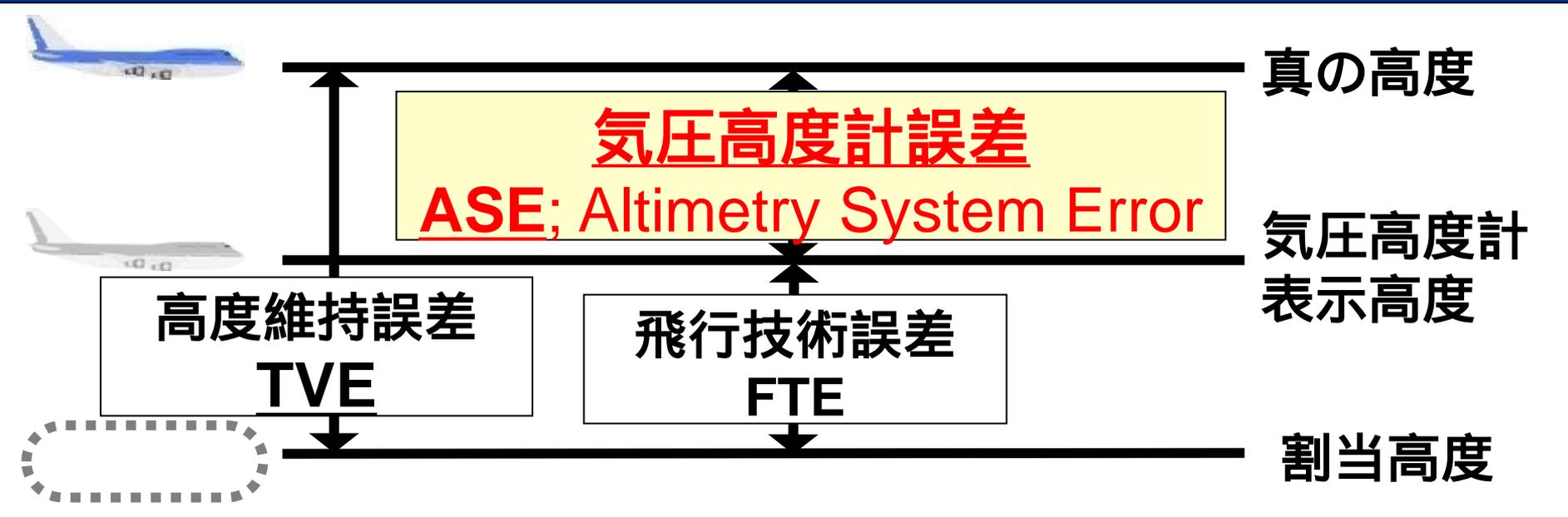


○ 日本 (Fukuoka FIR) は

<http://www.jasma.jp/>

JASMA (Japan Airspace Safety Monitoring Agency) が担当

1. 背景(4) 高度監視の測定性能要件, 非適合判定条件



ICAO規定値 (Doc9574, Doc9937)

∅ 高度監視システム (HMS) の測定性能要件

TVE (= ASE + FTE) の測定誤差: 平均 0 [ft] ; 標準偏差 < 50 [ft]

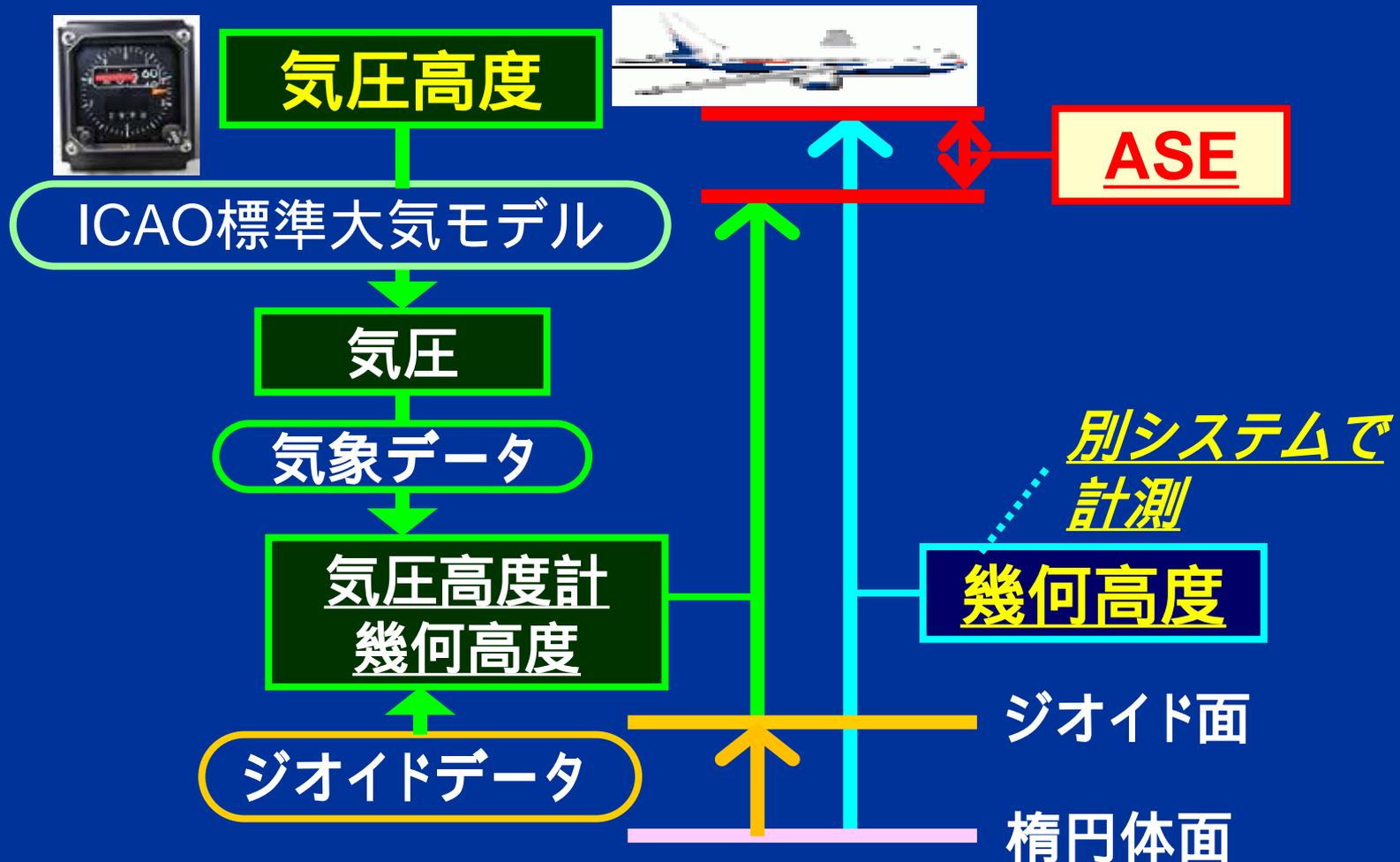
∅ RVSM非適合航空機の判定条件

TVE 300 [ft] ; ASE 245 [ft]

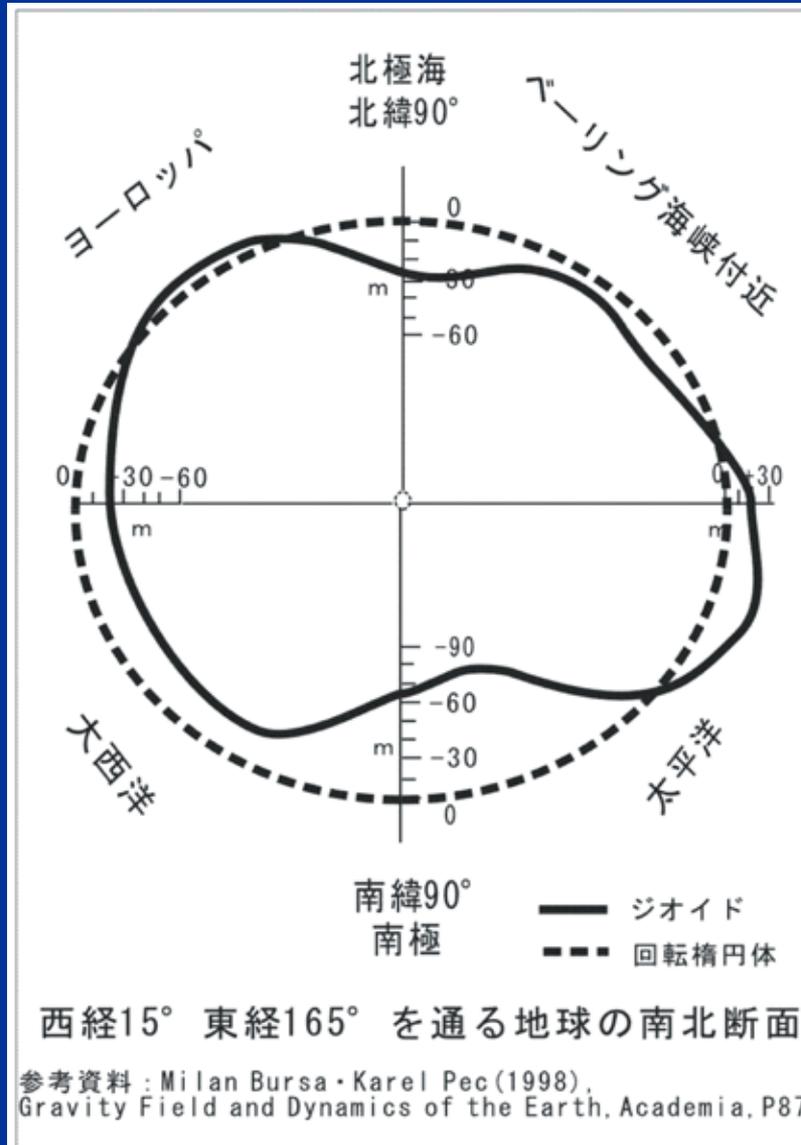
2. 高度監視の仕組み (2) ASE測定概要

気圧高度計誤差 (ASE)

気圧高度計の気圧高度と、別途計測した幾何高度を比較



高度基準 - ジオイド面と楕円体面 -



1 ジオイド面：
平均海水面

… 気圧高度の基準

1 楕円体面：

地球を完全な回転楕円体としたモデルの地表面
(長短半径の値で定義される)

… GNSS等で使用
(例: WGS-84座標系)

国土地理院HPより

2. 高度監視の仕組み (2) システムの3方式

GMU (GNSS Monitoring Unit)方式

GNSS受信機を機上に持ち込み, GNSS幾何高度を計測

× 1航空機毎の計測・技術者が搭乗し作業 → 運航者に負担

マルチラレーション (MLAT) 方式

地上に整備したMLATで幾何高度を計測
(日本において3局運用・整備中)

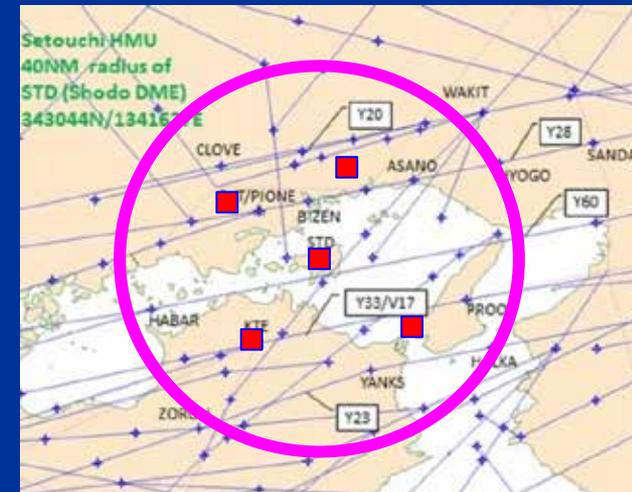
覆域半径~40NM (飛行経路の制限)

ADS-B方式

航空機から放送されるADS-Bデータに
含まれるGNSS幾何高度を利用

覆域が広い (~200NM)

整備・運用コストが低い



瀬戸内高度監視システムの覆域(半径40NM)

と航空路

■ 地上受信局

3. ADS-B方式HMSの誤差要因 (1) - ASE算出条件

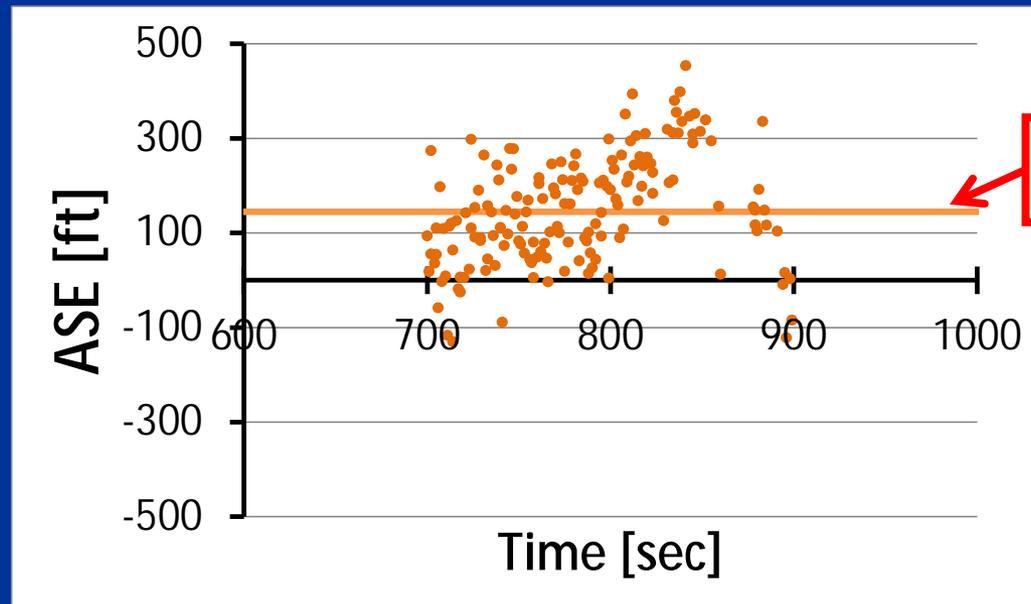
ü ASE:一定

→ レベル飛行中の一定期間の平均化

ü ASE誤差:平均=0 , 標準偏差 < 50 ft

条件を満たさない

誤差要因



3. ADS-B方式HMSの誤差要因 (2) - 高度基準 -

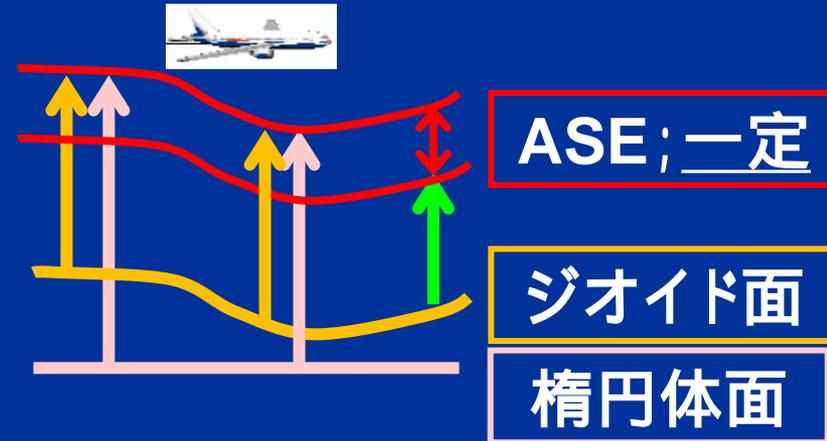
ρ GNSS幾何高度の基準 (ジオイド高 / 楕円体高)

ADS-Bの幾何高度の基準座標が, 航空機により2種類存在

ジオイド面 / 楕円体面

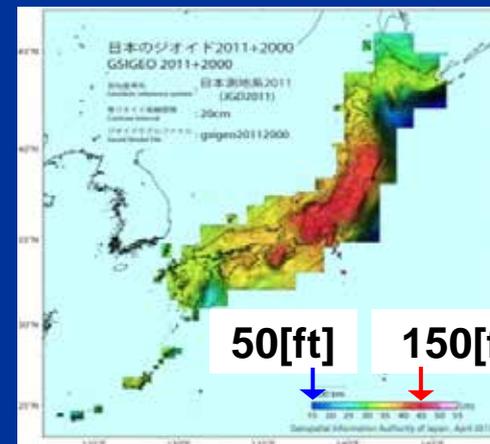
ADS-Bデータ中に判別情報なし

➔ HMSで判別が必要



ASE値は一定
→ ジオイド高が異なる場所の
データで判定

… 判別条件の導出



国土地理院 HPより

3. ADS-B方式HMSの誤差要因 (3) - 気象データ -

ρ 気象データの誤差

経度・緯度格子点での、気圧 幾何高度 の対応

… 実観測に基づき、モデルを用いて生成

ü 気象条件

ü 季節・時刻・場所

ü 予報時刻からの劣化

等による影響評価，利用可能条件の導出

3. ADS-B方式HMSの誤差要因 (4)

ρ ジオイド高算出方法

機上装置とHMSの、ジオイド高算出処理の相違
(ジオイド高データベースの精度、分解能、補間方法)

ρ 量子化誤差

ADS-B高度データの分解能: 25[ft]

ρ データ数の不足

… 誤差の統計分布(標準偏差等)の評価

3. ADS-B方式HMSの誤差要因 (5)

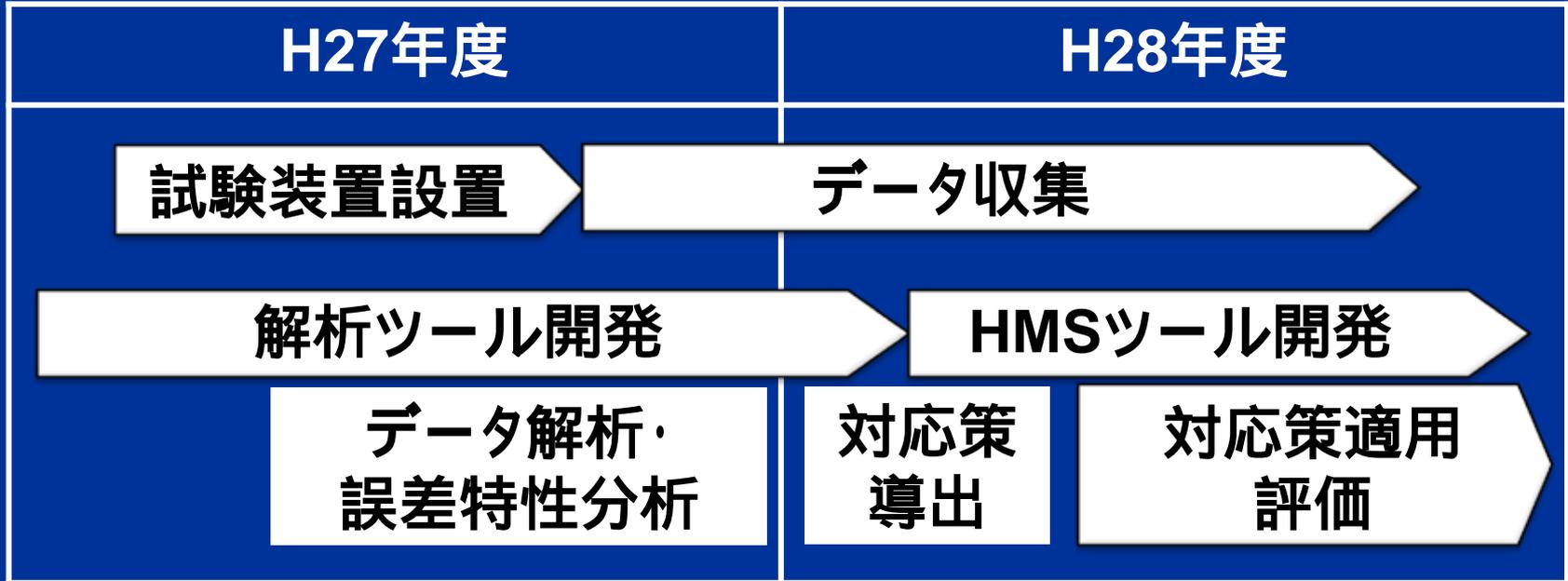
- ρ ASE値の変化
 - 経年変化
 - 保守作業
- ρ 幾何高度基準の変更
 - 改修作業
- ρ 左右の機上ADS-B装置の幾何高度基準の相違
- ρ 左右の機上気圧高度計のASEの相違

… **異常航空機としての検出処理**

4. まとめ(1) - 誤差要因と対処法 -

誤差要因	対処法	
幾何高度基準	判別方法検討, 判別条件導出	
気象データ	影響評価, 利用可能条件導出	精度評価
ジオイド高算出手法 量子化誤差 データ数の不足	統計分布評価	
ASE値の変化 幾何高度基準の変更 左右の幾何高度基準の相違 左右の気圧高度計ASEの相違	異常航空機検出	

4. まとめ(2) - 今後の方針 -



実データを用いた評価を実施



- ・ 誤差の特性分析, 対応策導出
- ・ HMSツール開発 - RVSM非適合機判定

(Backup slides)

1. 背景 (4) RMAの作業

- ü RVSM承認機のデータベース管理
- ü RVSM空域でのRVSM非承認機の飛行状況の監視
- ü 高度逸脱 (LHD; Large Height Deviation) の監視
- ü 空域の推定リスクレベルの報告
- ü **高度監視システム (HMS; Height Monitoring System) の整備・高度維持性能監視**
- ü ICAO文書のレビュー
 - MMR (Minimum Monitoring Requirement)
 - 各種データ様式, データフォーマット

1. 背景 (5) ICAO関連文書, 作業部会

n Doc 9574

“Manual on Implementation of a 300 m (1 000 ft) Vertical Separation Minimum Between FL 290 and FL 410 Inclusive”

n Doc 9937

“Operating Procedures and Practices for Regional Monitoring Agencies in Relation to the Use of a 300 m (1 000 ft) Vertical Separation Minimum Between FL 290 and FL 410 Inclusive”

n RMA Manual

SASP; 管制間隔・空域安全パネル)

RASMAG; 地域空域安全監視諮問グループ

RMACG; 地域監視機関調整グループ

1. 背景 () ICAO Annex

∅ ICAO Annex 6

7.2.7

The State of the Operator that has issued an RVSM approval to an operator shall establish a requirement which ensures that a minimum of two aeroplanes of each aircraft type grouping of the operator have their height-keeping performance monitored, at least once every two years or within intervals of 1 000 flight hours per aeroplane, whichever period is longer. If an operator aircraft type grouping consists of a single aeroplane, monitoring of that aeroplane shall be accomplished within the specified period.

1. 背景 () ICAO Annex

Ø ICAO Annex 11

3.3.5.1 For all airspace where a reduced vertical separation minimum of 300 m (1 000 ft) is applied between FL 290 and FL 410 inclusive, a programme shall be instituted, on a regional basis, for monitoring the height-keeping performance of aircraft operating at these levels, in order to ensure that the continued application of this vertical separation minimum meets the safety objectives. The scope of regional monitoring programmes shall be adequate to conduct analyses of aircraft group performance and evaluate the stability of altimetry system error.

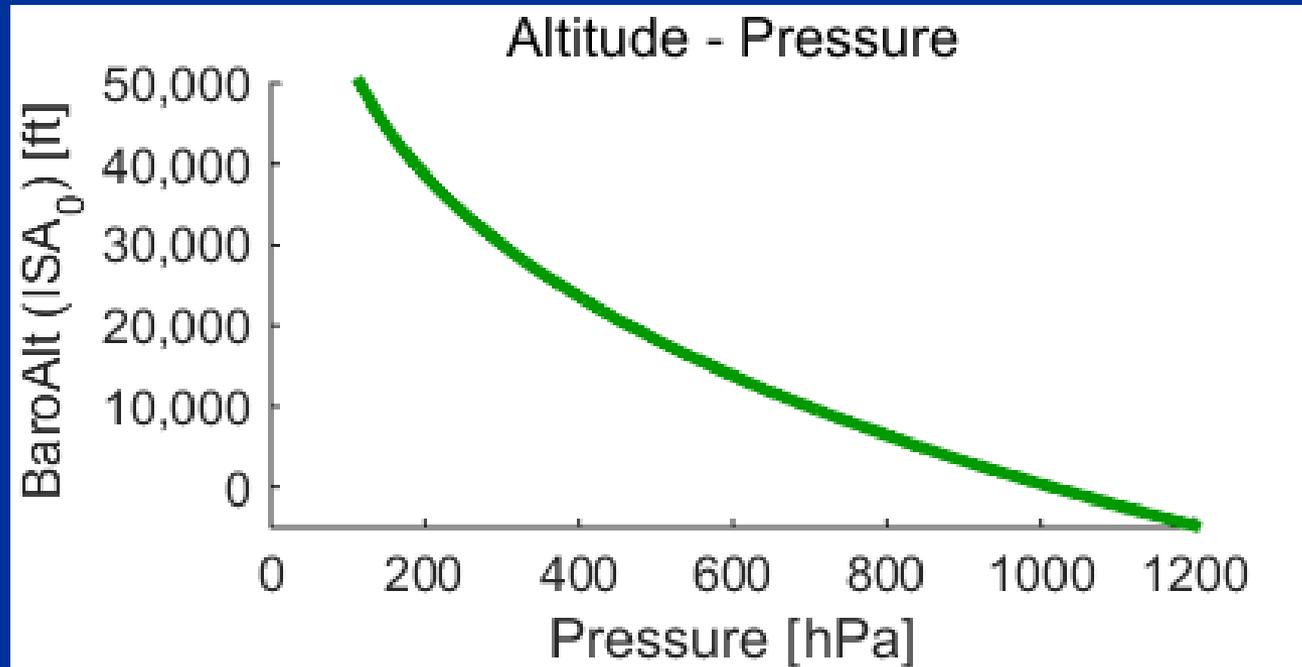
3.3.5.2 Arrangements shall be put in place, through interregional agreement, for the sharing between regions of data from monitoring programmes.

ICAO標準大気モデル

ジオイド(平均海水面)での

・ 気圧 = 1,013.25 [hPa]

気温 = 15 []



気圧高度 気圧
(一意的に対応)

2. 高度監視の仕組み (5) ADS-B情報

BDSレジスタ0,5

(Extended squitter airborne position)

ビット 番号	内容
01:05	Format Type Code
06:07	Surveillance Status
08	Single Antenna Flag
09:20	Altitude
21	Time (T)
22	CPR Format (F)
23:39	Encoded Latitude
40:56	Encoded Longitude

BDSレジスタ0,9

(Extended squitter airborne velocity)

ビット 番号	内容
01:05	Format Type Code
06:08	SubType
09:13	...
14:35	velocity information
36:46	vertical rate information
47:48	reserved
49	Sign of Diff. Alt.
50:56	Geometric Height Difference from Baro. Alt.