

SSRモードSによる航空機動態情報の取得について

－ 選択高度情報について －

航空交通管理領域 瀬乃口 敦
機上等技術領域 古賀 禎、上島 一彦

発表内容

- 背景
- 動態情報の取得技術
- GICB40の詳細
- GICB40の現状
- GICB40の検証
- まとめ

. 背景

SSRモードS(二次監視レーダ)モードS

= SSR + 監視性能向上 + データリンク機能

➤ 欧州

- ✓ 基本監視(ELS)対応トランスポンダの搭載義務化
- ✓ 拡張監視(EHS)対応トランスポンダの搭載義務化(対応率93%)
(イギリス, フランス, ドイツ等の一部地域・国のみ)

➤ 日本

拡張監視対応のトランスポンダを搭載する航空機
の増加(新型の旅客機, 欧州便)

➤ ENRI

- 動態情報取得機能を有するSSRモードSの開発
- 在空機のモニタ

機上の送信データの検証

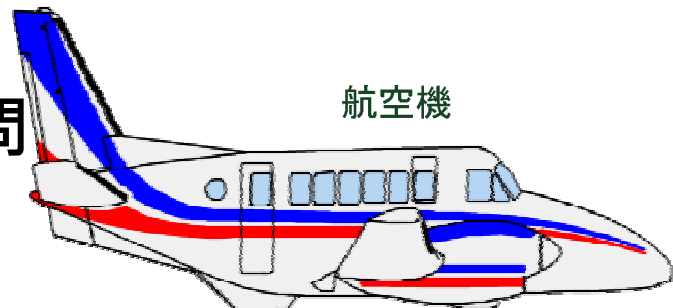
アプリケーション検討のための実態の把握

レジスタ番号		基本監視	拡張監視
-	24ビットアドレス	*	*
-	Mode 3/A	*	*
-	25 ft高度	*	*
-	フライトステータス	*	*
10	データリンク能力通報	*	*
17	GICB 能力通報	*	*
20	コールサイン	*	*
30	RA	*	*
40	選択垂直方向針路		*
50	トラック転回通報		*
60	針路速度通報		*

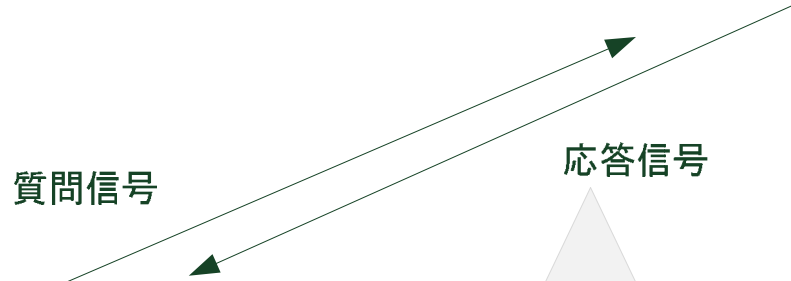
基本監視：監視機能の強化
 拡張監視：動態情報の提供

2. 動態情報取得技術

地上局 : データリクエスト質問
トランスポンダ: データを含む応答



モードSトランスポンダ FMS・各種センサ



応答信号フォーマット (GICB)

Format	Control Codes	AC/ID	MB (GICB data)	Parity
5bits	14bits	13bits	56bits	24bits

GICB
コントローラ

レーダ
表示装置

LAN

3. GICB40の詳細

5項目の選択高度関連データ

MCP/FCU選択高度

FMS選択高度

気圧設定

MCP/FCUモードビット

目標高度情報源ビット

1	STATUS	FC
2	MSB = 32 768 feet	ver
3		001
4		
5	MCPFCU SELECTED ALTITUDE	1)
6		
7	Range = [0, 65 530] feet	
8		
9		
10		
11		
12		
13	LSB = 16 feet	
14	STATUS	
15	MSB = 32 768 feet	2)
16		
17		
18	FMS SELECTED ALTITUDE	
19		
20	Range = [0, 65 530] feet	3)
21		
22		
23		4)
24		
25		
26	LSB = 16 feet	
27	STATUS	
28	MSB = 204.8 mb	
29		
30		
31		
32	BAROMETRIC PRESSURE SETTING	5)
33	MINUS 800 mb	
34		
35	Range = [0, 410] mb	
36		
37		
38		
39	LSB = 0.1 mb	
40		
41		
42		
43		
44	RESERVED	
45		
46		
47		
48	STATUS OF MCPFCU MODE BITS	
49	VNAV MODE	
50	ALT HOLD MODE MCPFCU Mode bits	
51	APPROACH MODE	
52	RESERVED	
53		
54	STATUS OF TARGET ALT SOURCE BITS	
55	MSB TARGET ALT SOURCE	
56	LSB	

MCP/FCU選択高度

- パイロットによりMCP/FCU上で設定される高度
- 多くの場合は管制官からの承認高度
- 選択可能な垂直方向のモード

上昇・降下率一定V/S

所与の速度による高度変更FL CH

FMSによる垂直経路VNAV

を使用してMCP/FCU選択高度に達するまで上昇・降下

- ALT HOLDモードを使用してMCP/FCU選択高度を維持
- 承認高度がパイロットに正しく理解され、機上システムに入力されたかを確認するための、復唱の補完情報
- 値域 0-65520ft
- 単位 16ft

FMS選択高度

- FMSにより計算された選択高度
- 例えば, VNAVモードが選択された場合に使用
- MCP/FCU選択高度は常にFMS選択高度より優先
- 値域 0-65520ft
- 単位 16ft

気圧設定

- 高高度および洋上の管制で用いられるQNEの場合
1013.25 mb
- 値域 800-1210mb
- 単位 0.1mb

MCP/FCUモードビット

- 3モード：VNAV, ALT HOLD, Approach

- ✓ VNAV：最高水準の垂直経路の自動化であり、燃料の経済性を最大化

- ✓ ALT HOLD

- ✓ Approach：ILSローカライザ・グライドスロープの捕捉モード

目標高度情報源ビット

- 目標高度の情報源を指示
- 目標高度
 - ✓ 上昇・降下の場合 レベルオフする次の高度
 - ✓ 飛行高度を維持の場合 その時点での意図高度
- 4種類
 - ✓ MCP/FCU選択高度
 - ✓ FMS選択高度
 - ✓ 現在高度
 - ✓ 不明

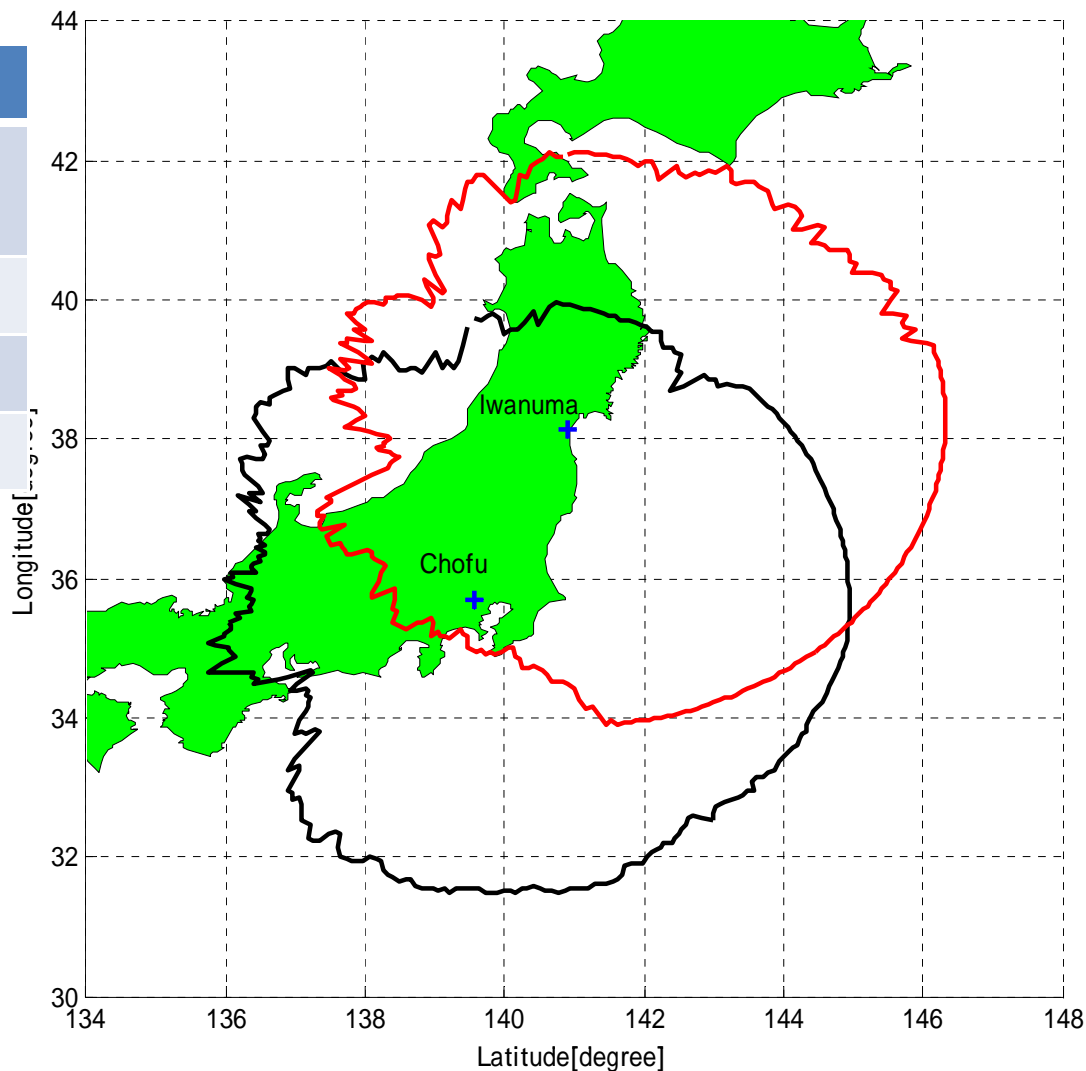
4. GICB40の現状

電子航法研究所 動態情報の取得技術の導入に備え開発

	調布局	岩沼局
開局	2008年 (H20年)	2010年予定 (H22年)
出力	Max 1.5kw	Max 1.5kw
覆域	250NM	200NM
周期	10秒	4秒/10秒



調布局・空中線外観



4 . GICB40の現状

動態情報対応機数 (GICB能力通報 : GICB17)

番号	割当データ	2010/3		2009/3
		対応機数	割合 (%) 対応機数/ 観測機数	割合 (%) 対応機数/ 観測機数
05	拡張スキッタ・位置(airborne)	1554	69.2	65.2
20	コールサイン	1719	76.5	70.4
40	選択垂直方向針路	1672	74.4	68.6
50	航跡・旋回通報	1714	76.3	70.6
60	機首方位・速度通報	1682	74.9	69.3

(2246機観測,調布)

対応機の割合 5%程度増加

4 . GICB40の現状

- GICB40をもつ1509機を観測
- 項目の有効 / 無効を示すフラグをカウント
- 2010年3月 調布

	項目	対応 機数	割合 (%) 対応機数 / 観測機数
	MCP/FCU選択高度	1483	98.3%
	FMS選択高度	445	29.5%
	気圧設定	1129	74.8%
	MCP/FCUモードビット	127	8.4%
	目標高度情報源ビット	1	0.1%

項目により割合が異なる

5. GICB40の検証

地上システムにおいて
データを正しく受信しているか
を検証

エアライン機
Quick Access Recorder 記録値

モードSトランスポンダ

FMS・各種センサ

質問信号

応答信号

比較

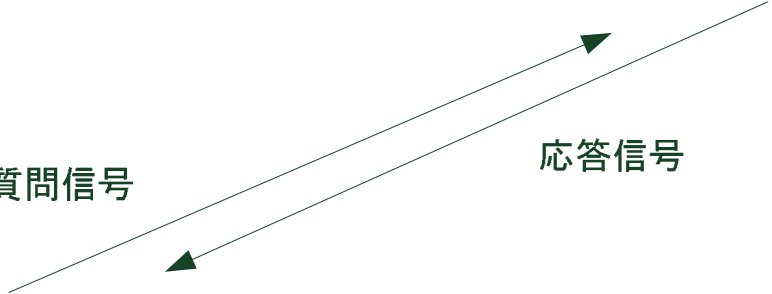
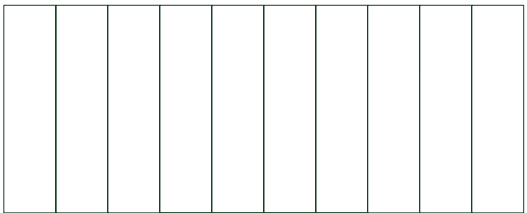
モードS地上局ダウンリンクデータ
記録値

SSR
モードS

GICB
コントローラ

レーダ
表示装置

LAN



5 . GICB40の検証

エアライン機データ

3機の航空機のQuick Access Recorderログデータ

・航空機タイプ

✓ B747

✓ B737-800

✓ B737-800

• 1機あたり 4フライト

• のべ 12フライト

5. GICB40の検証

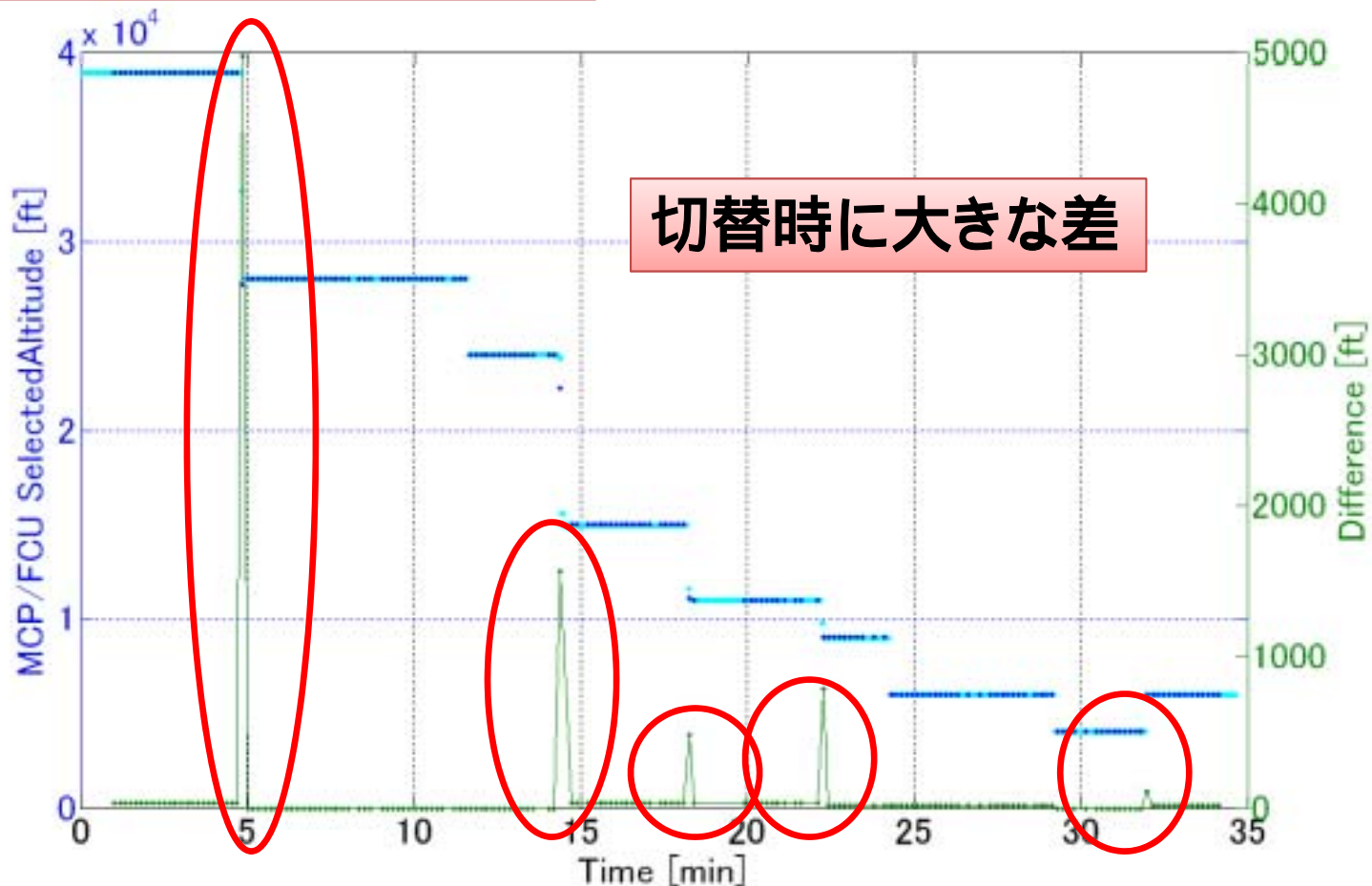
比較結果

表 モードS取得値と機上記録値との差

動態情報名	最小分解能	B747-400		B737-800		B737-800	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
MCP/FCU選択高度	16 ft	37 ft	271 ft	2 ft	6 ft	10 ft	92 ft
気圧設定	0.1 mb	0.1 mb	0.1 mb	0.0 mb	0.0 mb	0.0 mb	0.4 mb

MCP/FCU選択高度の標準偏差が若干大きい。
理由: 次スライド

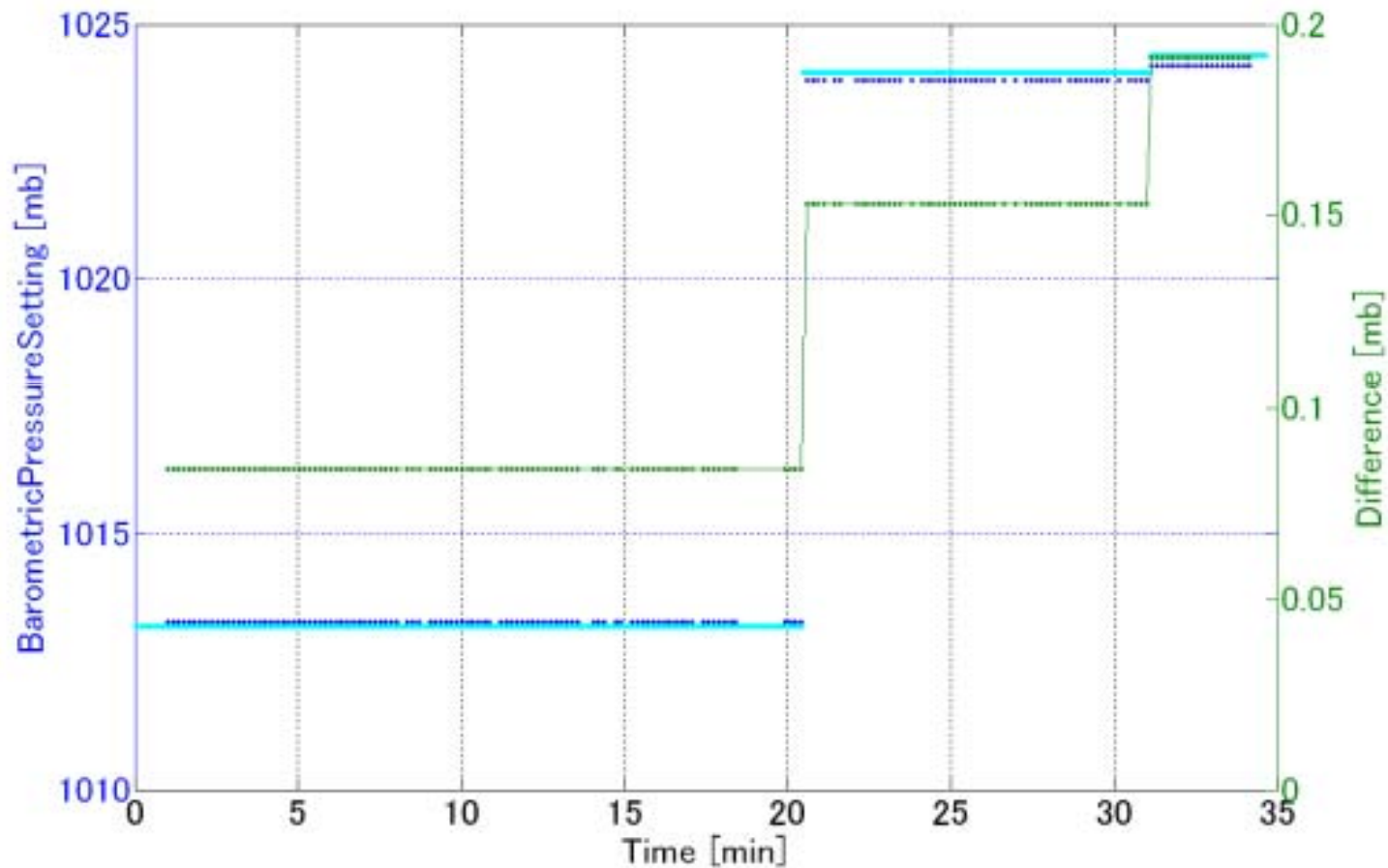
比較結果 MCP/FCU選択高度



水色:機上記録値 青:モードS取得値 緑:高度差

両者は一致。切替時に大きな差。
更新レートの違い(機上1秒毎、地上10秒毎)

比較結果 設定気圧



水色：機上記録値 青：モードS取得値 緑：気圧差

両者は一一致

6. まとめ

- 動態情報取得技術、GICB40の詳細について紹介
- GICB40の現状を報告
 - GICB40 対応率 約70%
 - 対応機のうち 約98%がMCP/FCU選択高度を出力
約75%が気圧高度を出力
 - 機体差による対応状況の違い
- GICB40の検証を報告
 - 機上記録値とモードS取得値を比較
 - 両者は一致。
 - MCP/FCUの切替時に更新レートの差に起因する誤差が発生。

アプリケーションの設計においては、下線部の考慮が必要

今後の課題

- GICB50、GICB60の検証
- 現状を考慮したアプリケーションの検討
 - ・コンフリクト検出
 - ・トラジェクトリ予測