

## 7. SSRモードSによる航空機の動態情報の取得技術について

機上等技術領域 ※古賀 禎、上島 一彦  
航空交通管理領域 瀬之口 敦

### 1. はじめに

SSR（二次監視レーダ:Secondary Surveillance Radar）モードSは、監視性能を向上すると共にデータリンク機能を付加した新しい航空管制用レーダである。モードSデータリンクを用いたアプリケーションとして、欧州において、航空機の動態情報の取得技術(DAPs, Downlink Aircraft Parameters)が進められている。欧州空域においてはDAPs対応のトランスポンダの搭載が義務付けられており、2008年現在約93%[1]の航空機がDAPs対応している。

欧州における義務化や新型航空機の導入などにより、我が国に空域においても、DAPs搭載機が増加している。電子航法研究所では、我が国における導入に備え、動態情報の取得機能を有するSSRモードSを開発し、機能や性能などの検証を開始した。

本稿では、動態情報の取得技術について、2節でプロトコルや実験システムについて述べる。3節では、平成20年に実施した航空機の動態情報のモニタ結果について述べ、最後にまとめを述べる。

### 2. 動態情報の取得技術

本節では、動態情報の取得技術で使用する通信プロトコルである地上喚起Comm-Bについて述べた後、実験システムについて述べる。

#### 2.1. GICB プロトコル

SSRモードSでは、様々な通信プロトコルが定義されている[2]。動態情報の取得技術では、地上喚起Comm-B（Ground Initiated Communication B protocol, GICB)プロトコルを使用する[2][3]。

GICBは次のような手順で航空機から地上にデータをダウンリンクする。

1. ユーザやシステムなどからモードS地上局に対してGICB要求が送付される。
2. 地上局は要求されたGICBレジスタ番

を含む質問を作成し、次スキャンにおいてこの質問を指定の航空機に対して送信する。

3. 航空機のトランスポンダは、応答を解釈し、レジスタ番号を取得する。
4. トランスポンダは、GICBレジスタと呼ばれる記憶領域にアクセスし、要求されるレジスタ番号のデータ(56ビット)を取り出す。GICBレジスタは255個のデータ保持する領域がある。
5. トランスポンダはデータ含む応答を返す。
6. 地上局は、航空機より要求したGICBデータを含む応答を受信、解釈する。

表1にGICBレジスタの内容の一部(13項目)を示す。欧州においては、GICB20,40,50,60を出力する機能(拡張監視機能)を持つトランスポンダの搭載が義務化されている。このため、これらのデータを出力するトランスポンダの割合が高い。

#### 2.2. 実験システム

本節では、動態情報の取得に用いた実験システムについて述べる。実験システムは、モードS地上局、GICBコントローラ、レーダ表示装置から構成される。図1にシステムの構成を示す。

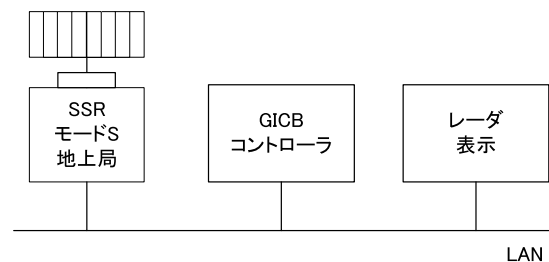


図1. 実験システムの構成

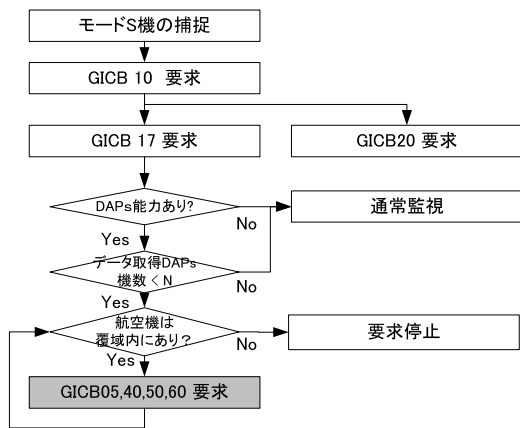


図 2. GICB 質問のフローチャート

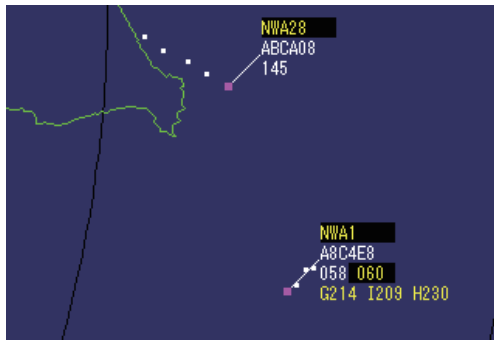


図 3. レーダ表示画面

(1) SSR モード S 地上局

電子航法研究所では GICB 機能を持つ SSR モード S 地上局を開発し、2008 年 4 月に実験局を開局した。SSR モード S 地上局は、GICB コントローラからの GICB 要求を送信する。

(2) GICB コントローラ

GICB コントローラは、質問の要求などの GICB 質問の管理を行う。GICB コントローラによる質問手順のフローチャートを図 2 に示す。

SSR モード S 地上局は、航空機を初期捕捉すると自動的にデータリンク能力を取得する質問 (GICB10) を航空機に行う。GICB コントローラは、GICB10 の応答を受けると、続いて詳細なデータリンク能力を取得する質問 (GICB17) を行う。詳細データリンク能力を受信するとこれを解読し、GICB05,40,50,60 の送信能力の有無を調べる。要求する能力がある場合には、この航空機に対して GICB05, 40, 50, 60 の質問をスキャン毎に送信する。システム負荷などの影響を見極めるため、現在は質問対象航空機の最

表 1. GIC17 のモニタ結果

番号	データ内容	機数	%
05	拡張スキッタ位置	569	59.2
06	拡張スキッタ地上位置	563	58.6
07	拡張スキッタ状態	602	62.6
08	拡張スキッタ識別	581	60.5
09	拡張スキッタ速度	592	61.6
0A	拡張スキッタ Event 情報	14	1.5
20	航空機識別番号	591	61.5
21	航空機登録番号	248	25.8
40	垂直方向の意図	584	60.8
44	気象ルーチン情報	6	0.6
45	気象ハザード情報	6	0.6
50	トラック・転回通報	611	63.6
60	ヘディング・速度通報	588	61.2

大数 N は 6-10 機程度に制限している。

(3) レーダ表示装置

レーダ表示装置は、レーダによる航空機的位置と動態情報をリアルタイムです。図 3 に、動態情報の表示例を示す。白い文字が従来のモード S による情報 (モード S アドレス、気圧高度) である。黄色の文字は、航空機から取得した動態情報 (コールサイン、選択高度、対地速度、対気速度、ヘディング) である。

3. モニタの結果

3.1. データリンク能力モニタ

2008 年 10-11 月に航空機のデータリンク能力 (GICB10,17) の取得を行い、我が国空域内を飛行する航空機の動態情報対応型のトランスポンダの搭載率を調べた。この間、961 機の異なるモード S 搭載機が観測された。表 2 に集計結果を示す。

約 60% の航空機が 20,40,50,60 のデータ能力を持つと示していた。一部の航空機については、21 や 44, 45 などの能力を持っていた。また、拡張スキッタ ADS-B 対応機も約 60% 程度であった。

3.2. 動態情報モニタ

ここでは、ある 1 機の航空機の動態情報を連続的モニタした結果を示す。

モニタ対象機は、監視初期時においてFL360にて飛行しており、次第に高度を下げて、羽田空港へと着陸している。対象機の水平航跡を図4に示す。図中において、動態情報の変化とレーダ航跡の変化を比較するため、航空機の針路が大きく変化するポイント（ピンクの円の部分）を4つ選んだ。

#### (1) 垂直方向意図(GICB 40)

GICB40には、MCP/FCU 選択高度 (Mode Control Unit/flight Control Unit), FMS 選択高度 (Flight Management System), 気圧高度設定値やデータの有効性を示すビットなどが含まれる。

図5に垂直方向意図の変化を示す。X軸は時間(秒)を示し、Y軸は高さ(フィート)を表す。青点は航空機高度、緑点はMCP/FCU 選択高度、水色点はFMS 選択高度を示す。MCP/FCU 選択高度は、パイロットが入力した高度である。実高度が選択高度に従って降下していることがわかる。FMS 選択高度は0となっていた。

#### (2) トラック・転回通報 (GICB50)

トラック・転回通報には、5つのパラメータ(ロール角、トラック角、対地速度、トラック角変化率、対気速度)とその有効性を示すビットが含まれる。図6に、トラック・転回通報のパラメータの変化を示す。

図中の灰色部分は、図4において選んだ針路の変化点である。ロール角、トラック角、トラック角変化率は、この付近で大きく変化してお

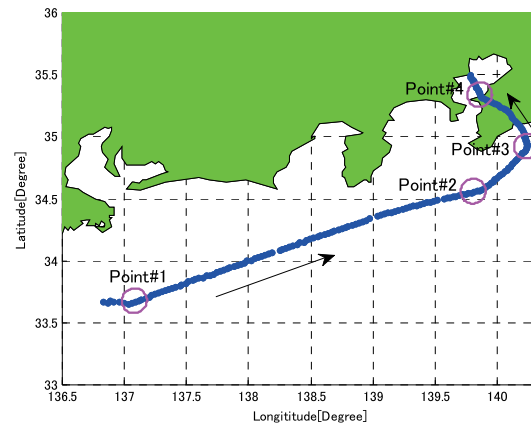


図4. 飛行航跡

り、レーダ測位による航跡の状態と一致しており、適切なパラメータが含まれていることが推測できる。

## 4. まとめ

本稿では、動態情報の取得技術について、GICB プロトコル、実験システムなどについて述べた後、平成20年に実施した航空機モニタの結果について報告した。モニタの結果、我が国においては約60%程度の航空機が動態情報の取得技術能力を持つ。また、これらの航空機の情報について連続受信試験をおこなった結果、実航跡と一致するパラメータ値を送出していることを確認した。

航空機のデータを使用にあたっては、そのデータの妥当性を検証することが重要となる。今

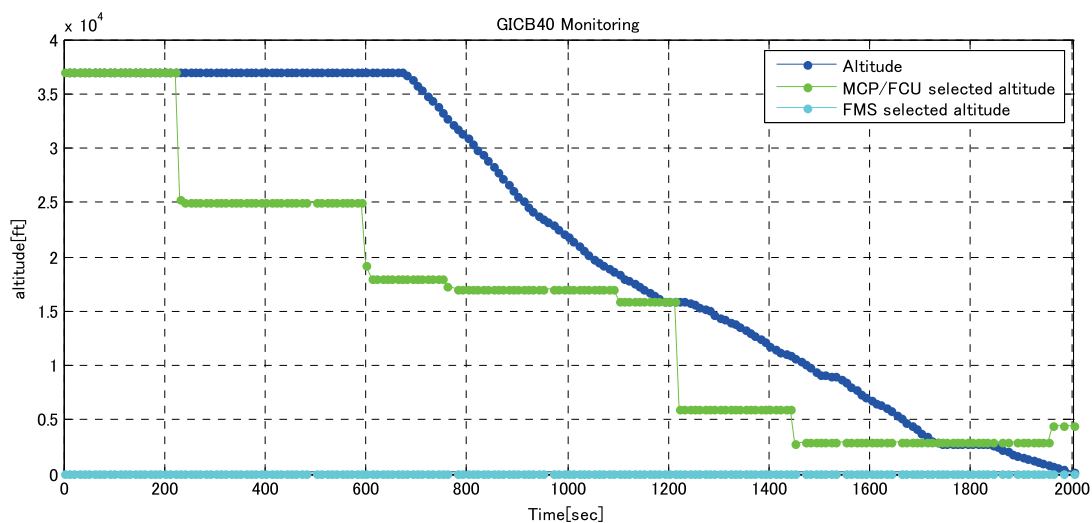


図5. 選択高度の変化

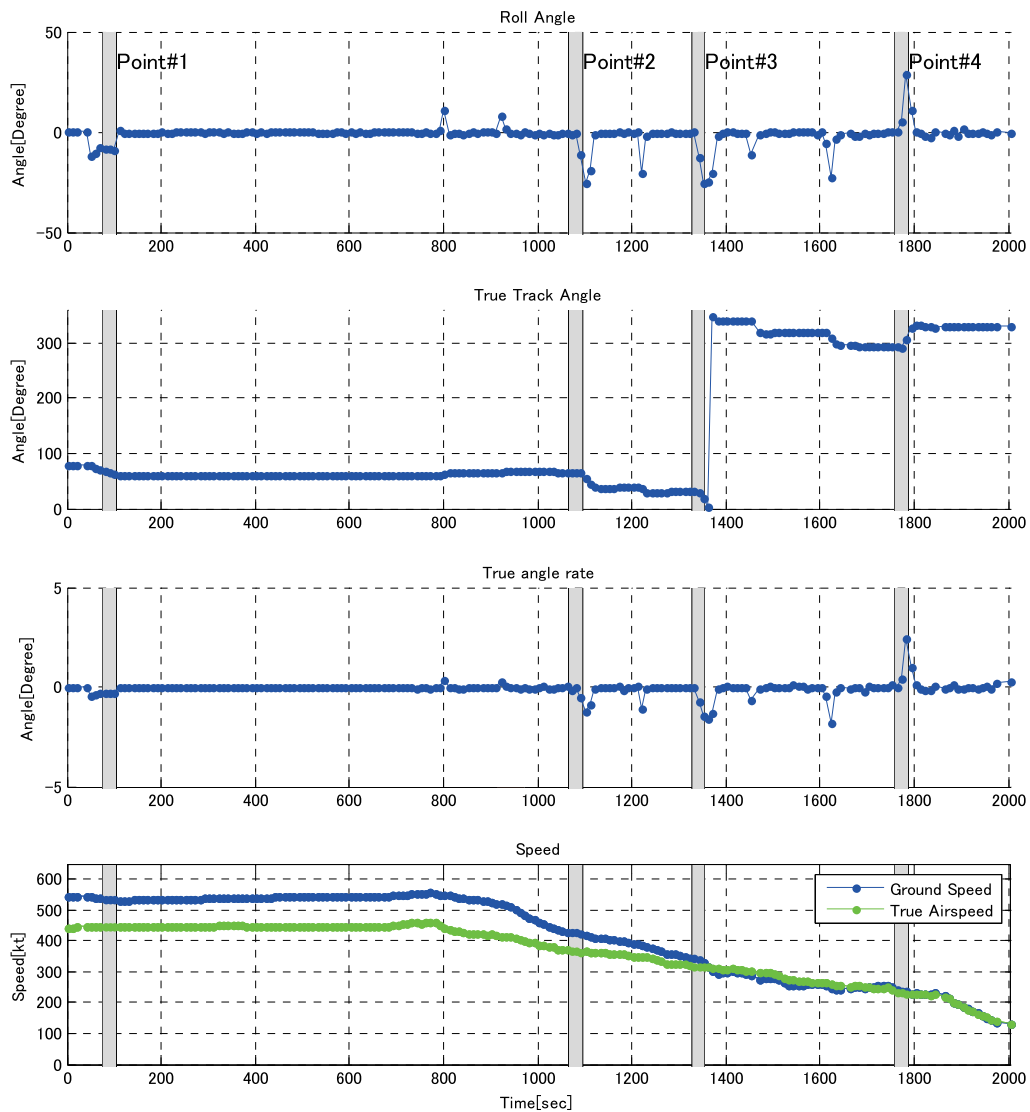


図 6. トラック・転回通報の変化

(上から、ロール角、トラック角、トラック角変化率、対地・対気速度)

後は、航空機におけるログデータと GICB で取得したデータの比較などとして、データの妥当性などについて検証などを行いたい。また、効率的なデータリンク取得手法などについても検討したい。

参考文献

- [1] E.Potter, 'Fleet monitoring status in Europe' ICAO-ASP-WP04-33, May 2008
- [2] ICAO, 'Aeronautical Telecommunications annex10 vol.IV',
- [3] ICAO, 'Manual of SSR systems', Doc 9684, second edition 1998