

# SSRモードSとそのデータリンク について

平成21年5月22日  
株式会社 東芝

# 目次

1. SSRモードSレーダー
2. モードSデータリンク
  - (1)モードSデータリンク
  - (2)モードSデータリンクの応用
  - (3)モードSデータリンクの展望
3. モードSレーダーに係る諸問題

# 1. SSRモードSレーダー(1 / 2)

T45B-090025

- コンベンショナルSSR モードSレーダーへの移行
- 高精度な捕捉と信頼性の高い情報
- データリンクの利用
- RF環境の改善



空中線装置



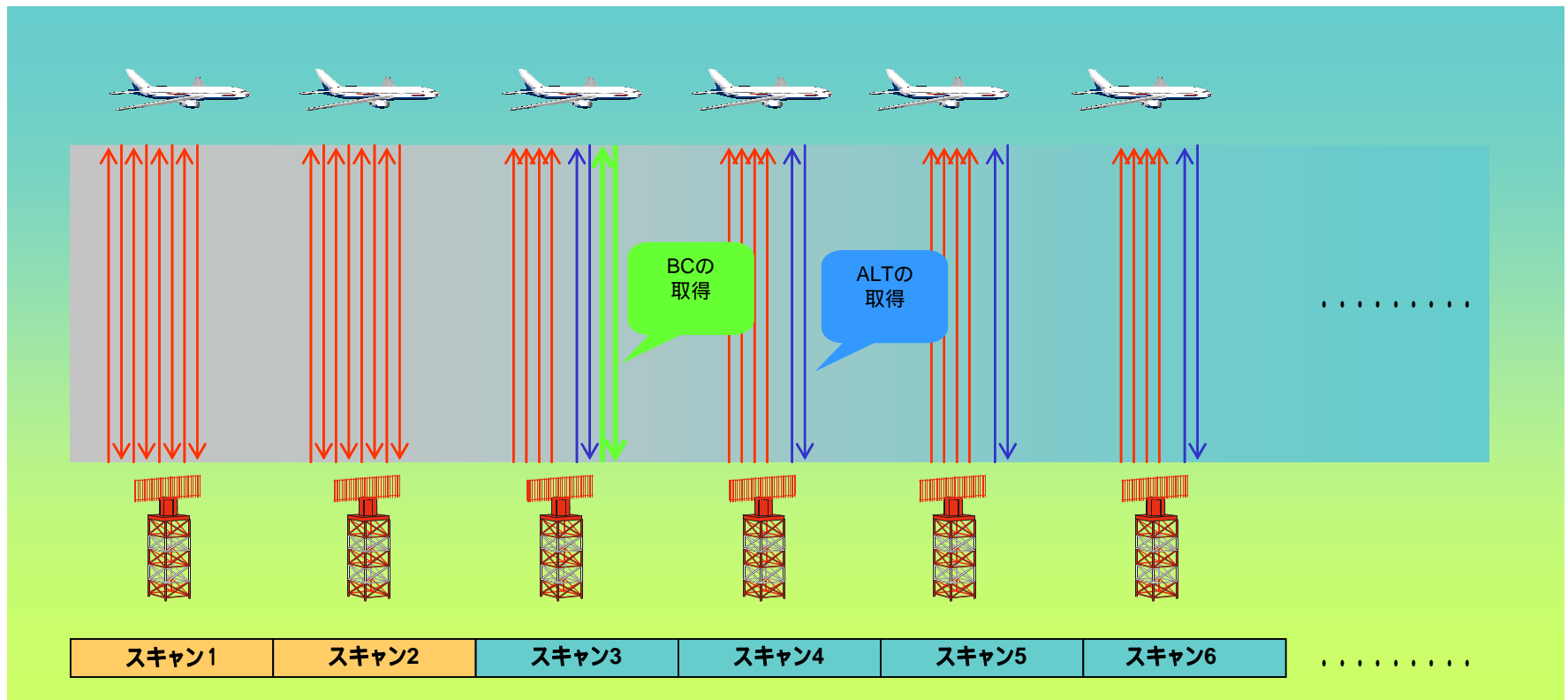
送受信装置(A、B-ch)

国内例: ORSR-2002型

# 1. SSRモードSレーダー (2 / 2)

T45B-090025

- モードSレーダーの捕捉手順
  - オールコール捕捉(初期捕捉)
  - ロールコール捕捉(ロックアウト)



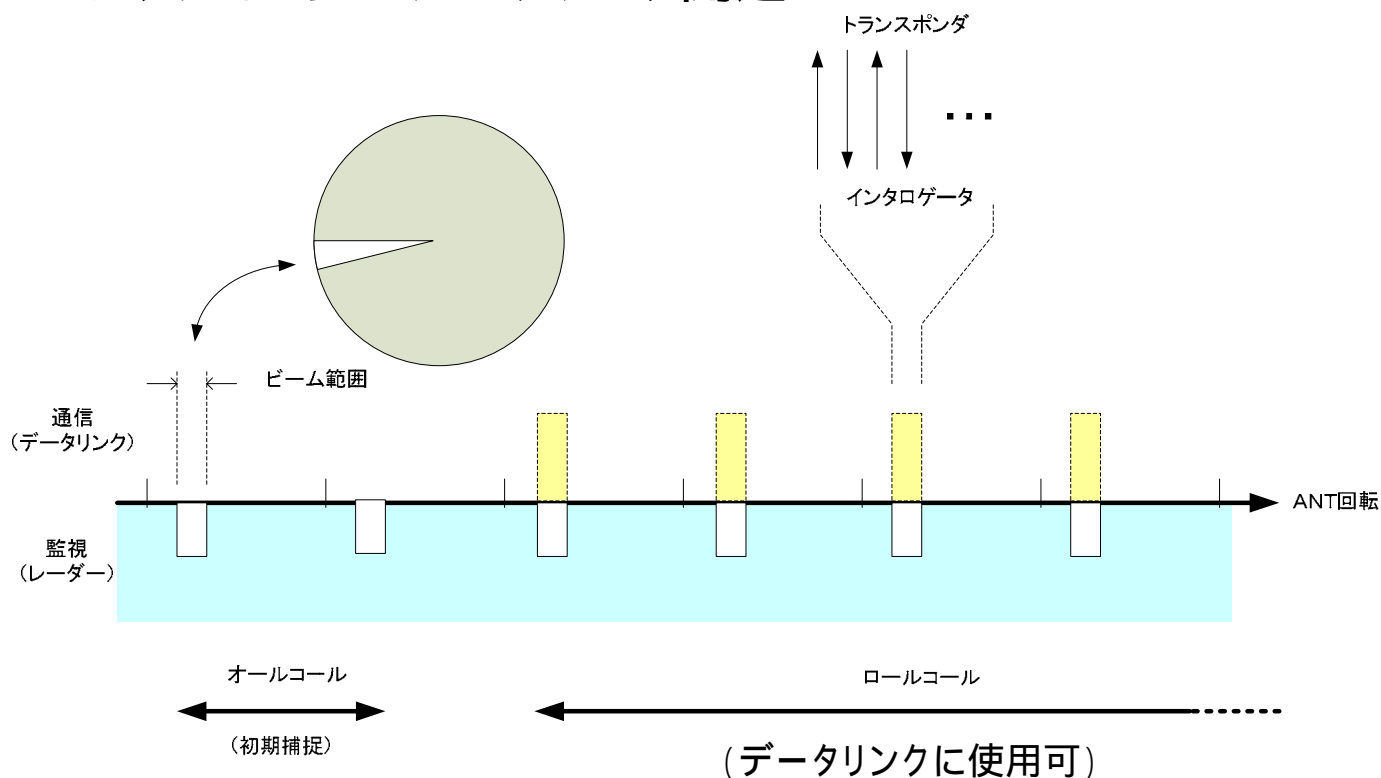
## 2. モードSデータリンク(1 / 10)

T45B-090025

### (1) モードSデータリンク(1/6)

#### ● 監視 + データリンク機能

##### － ロールコールトランザクションにてデータリンク開通



## 2. モードSデータリンク(2 / 10)

T45B-090025

### (1) モードSデータリンク(2/6)

#### • メッセージのフォーマット

- アップリンク (Comm-A、Comm-C)
- ダウンリンク (Comm-B、Comm-D)

Comm-A	通信制御 : 32bit	メッセージ : 56bit	AP : 24bit
Comm-B	通信制御 : 32bit	メッセージ : 56bit	AP : 24bit
Comm-C	通信制御 : 8bit	メッセージ : 80bit	AP : 24bit
Comm-D	通信制御 : 8bit	メッセージ : 80bit	AP : 24bit

AP : アドレスパリティ情報

(航空機アドレスと生成多項式により演算されたパリティ情報)

注) Comm-A、Comm-Bの通信制御(32bit)には、監視情報制御/データも含まれる。

## 2. モードSデータリンク(3 / 10)

T45B-090025

### (1) モードSデータリンク(3/6)

#### • 基本的なデータリンクプロトコル

アップリンク	Comm-A	Comm-C
	・SLM ・Broadcast	・ELM
ダウンリンク	Comm-B	Comm-D
	・SLM ・GICB ・AICB ・Broadcast	・ELM

SLM: 最大4セグメントの連続送信が可能

ELM: 最大16セグメントの連続送信が可能

#### • データ伝送量

	伝送量	XPDRレベル
GICB	56bit	Level2以上
Broadcast	56bit	Level2以上
SLM	最大224bit	Level2以上
ELM	最大1048bit	Level3以上

SLM: Standard Length Message

ELM: Extended Length Message

GICB: Ground Initiated Comm-B

AICB: Air-Initiated Comm-B

## 2. モードSデータリンク(4 / 10)

T45B-090025

### (1) モードSデータリンク(4/6)

#### ● 情報の伝送

- トランスポンダレジスタ経由の情報の授受
- トランスポンダレジスタは255種
- トランスポンダレジスタの割り振り

(例: 拡張スキッタ、ACAS、動態情報等)

Transponder register Number	Assignment	Maximum update interval
00 <sub>16</sub>	Not valid	N/A
01 <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
02 <sub>16</sub>	Linked Comm-B, segment 2	N/A
03 <sub>16</sub>	Linked Comm-B, segment 3	N/A
04 <sub>16</sub>	Linked Comm-B, segment 4	N/A
05 <sub>16</sub>	Extended squitter airborne position	0.2s
06 <sub>16</sub>	Extended squitter surface position	0.2s (see §A.2.3.3.1 and §A.2.3.3.2)
07 <sub>16</sub>	Extended squitter status	1.0s
08 <sub>16</sub>	Extended squitter identification and type	15.0s
09 <sub>16</sub>	Extended squitter airborne velocity	1.3s
0A <sub>16</sub>	Extended squitter event-driven information	variable
0B <sub>16</sub>	Air/air information 1 (aircraft state)	1.3s
0C <sub>16</sub>	Air/air information 2 (aircraft intent)	1.3s
0D <sub>16</sub> -0E <sub>16</sub>	Reserved for air/air state information	To be determined
0F <sub>16</sub>	Reserved for ACAS	To be determined
10 <sub>16</sub>	Data link capability report	≤4.0s (see §A.2.1.2)
11 <sub>16</sub> -16 <sub>16</sub>	Reserved for extension to datalink capability reports	5.0s

Transponder register Number	Assignment	Maximum update interval
17 <sub>16</sub>	Common usage GICB capability report	5.0s
18 <sub>16</sub> -1F <sub>16</sub>	Mode S specific services capability reports	5.0s
20 <sub>16</sub>	Aircraft identification	5.0s
21 <sub>16</sub>	Aircraft and airline registration markings	15.0s
22 <sub>16</sub>	Antenna positions	15.0s
23 <sub>16</sub>	Reserved for antenna position	15.0s
24 <sub>16</sub>	Reserved for aircraft parameters	15.0s
25 <sub>16</sub>	Aircraft type	15.0s
26 <sub>16</sub> -2F <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
30 <sub>16</sub>	ACAS active resolution advisory	[Ref 2, §4.3.8.4.2.2]
31 <sub>16</sub> -3F <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
40 <sub>16</sub>	Selected vertical intention	1.0s
41 <sub>16</sub>	Next waypoint identifier	1.0s
42 <sub>16</sub>	Next waypoint position	1.0s
43 <sub>16</sub>	Next waypoint information	0.5s
44 <sub>16</sub>	Meteorological routine air report	1.0s
45 <sub>16</sub>	Meteorological hazard report	1.0s
46 <sub>16</sub>	Reserved for flight management system Mode 1	To be determined
47 <sub>16</sub>	Reserved for flight management system Mode 2	To be determined
48 <sub>16</sub>	VHF channel report	5.0s
49 <sub>16</sub> -4F <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
50 <sub>16</sub>	Track and turn report	1.3s
51 <sub>16</sub>	Position report coarse	1.3s
52 <sub>16</sub>	Position report fine	1.3s
53 <sub>16</sub>	Air-referenced state vector	1.3s
54 <sub>16</sub>	Waypoint 1	5.0s
55 <sub>16</sub>	Waypoint 2	5.0s
56 <sub>16</sub>	Waypoint 3	5.0s
57 <sub>16</sub> -5E <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
5F <sub>16</sub>	Quasi-static parameter monitoring	0.5s
60 <sub>16</sub>	Heading and speed report	1.3s
61 <sub>16</sub>	Extended squitter emergency/priority status	1.0s
62 <sub>16</sub>	Reserved for target state and status information	N/A
63 <sub>16</sub>	Reserved for extended squitter	N/A
64 <sub>16</sub>	Reserved for extended squitter	N/A
65 <sub>16</sub>	Extended squitter aircraft operational status	1.7s
66 <sub>16</sub> -6F <sub>16</sub>	Reserved for extended squitter	N/A
70 <sub>16</sub> -75 <sub>16</sub>	Reserved for future aircraft downlink parameters	N/A
76 <sub>16</sub> -E0 <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
E1 <sub>16</sub> -E2 <sub>16</sub>	Reserved for Mode S BITE	N/A
E3 <sub>16</sub>	Transponder type part number	15s
E4 <sub>16</sub>	Transponder software revision number	15s
E5 <sub>16</sub>	ACAS unit part number	15s
E6 <sub>16</sub>	ACAS unit software revision number	15s
E7 <sub>16</sub> -F0 <sub>16</sub>	Unassigned	N/A
F1 <sub>16</sub>	Military applications	15s
F2 <sub>16</sub>	Military applications	15s
F3 <sub>16</sub> -FF <sub>16</sub>	Unassigned	N/A

(ICAO Doc9871より)

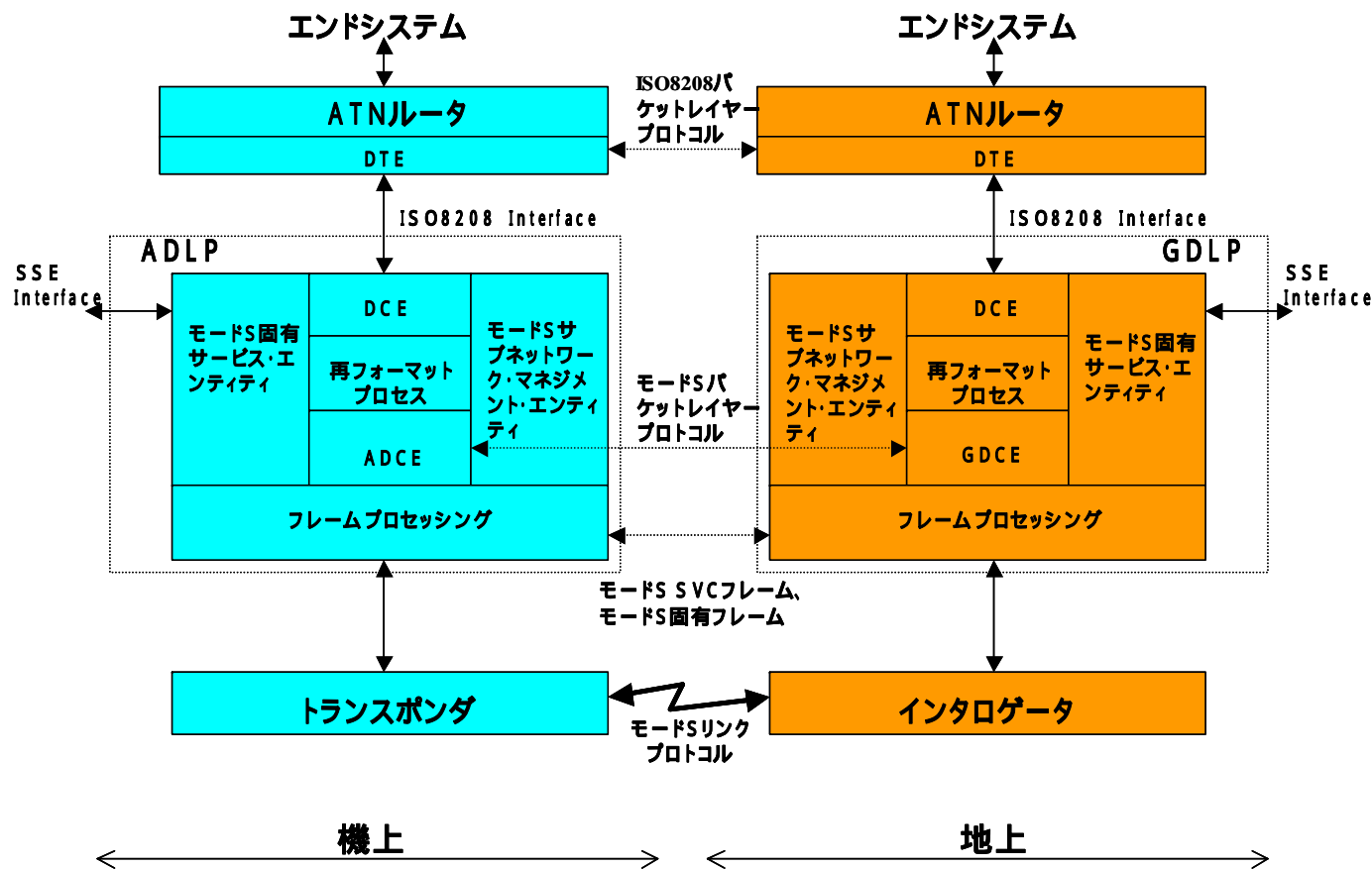


## 2. モードSデータリンク ( 5 / 10 )

T45B-090025

### (1) モードSデータリンク(5/6)

#### • 空地通信とGDLP/ADLP



(Annex10 Vol. より)

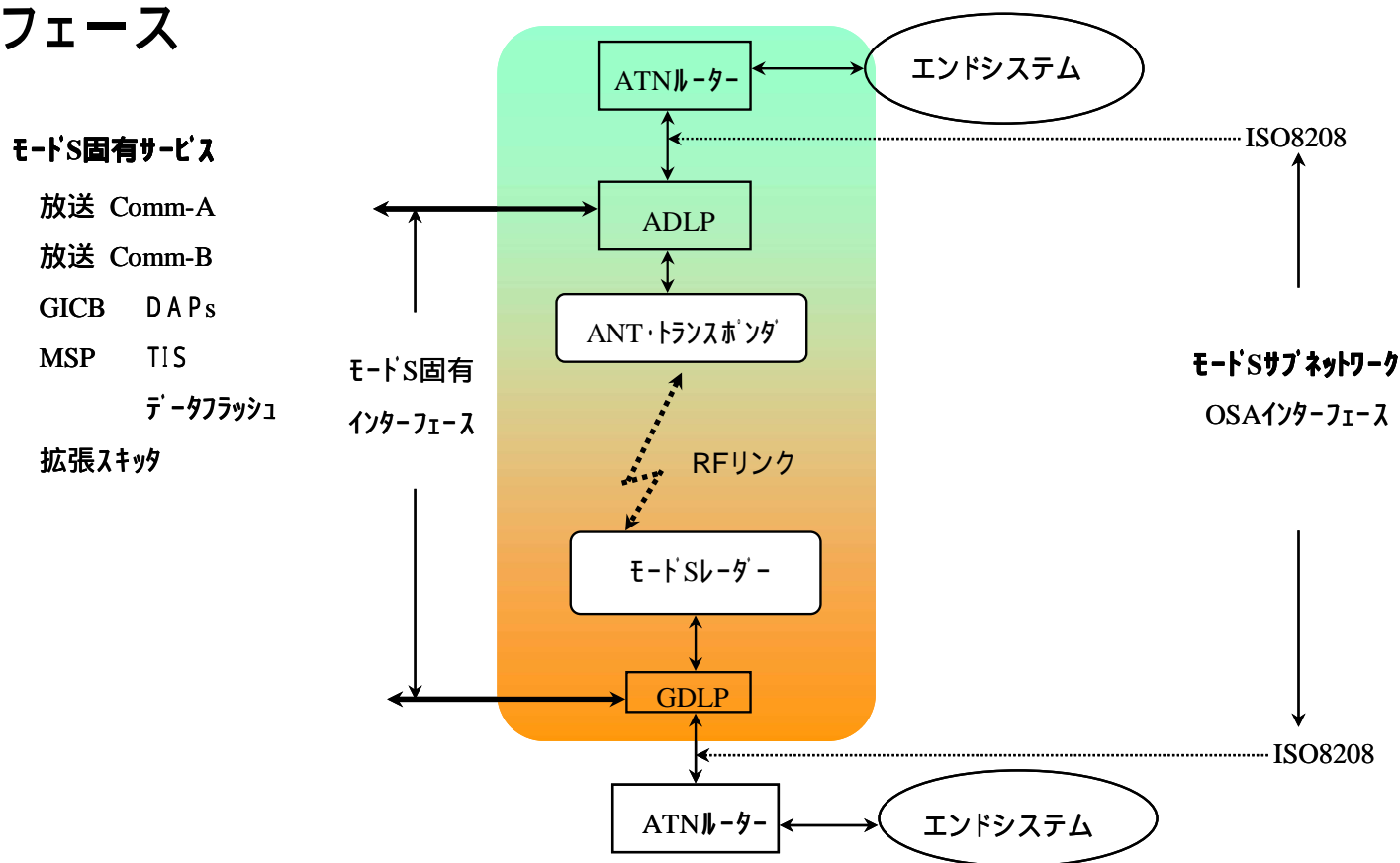
## 2. モードSデータリンク(6 / 10)

T45B-090025

### (1) モードSデータリンク(6/6)

#### • 2種類の通信インターフェース

- モードS固有インターフェース
- OSAインターフェース



## 2. モードSデータリンク(7 / 10)

---

T45B-090025

### (2) モードSデータリンクの応用(1/3)

- **現在運用に使用されているモードSデータリンク**
  - TIS ( Traffic Information Service)  
    **米国**
  - DAPs (Downlink Aircraft Parameters)  
    **欧州の拡張監視 (EHS: EnHanced Surveillance)**

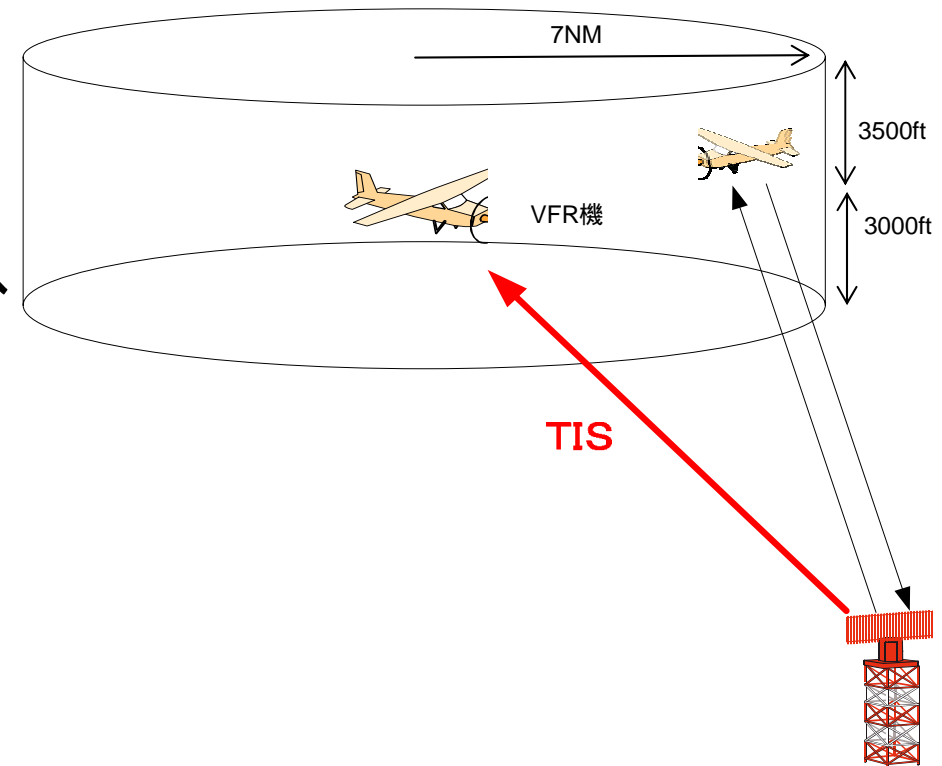
## 2. モードSデータリンク(8 / 10)

T45B-090025

### (2) モードSデータリンクの応用(2/3)

#### TIS (Traffic Information Service)

- ・レーダーで捕捉したターゲット情報をモードSデータリンクでアップリンク
- ・TIS対応機に対して周辺の交通情報を提供
- ・TCAS同様の衝突回避ロジックも具備
- ・米国ターミナルモードSにて実施中  
(ASR-7、-8、-9のサイト)
- ・2013までに22/129サイトがASR-11 (TIS無)へ



Traffic Information Service

### (2) モードS データリンクの応用(3/3)

#### ・DAPs (EHS: 拡張監視)

- ・機上の動態情報を地上が取得
- ・ダウンリンクのトリガは地上からの要求
- ・GICBプロトコル使用
- ・欧州EHSでは8種の情報を取得しレーダー情報処理を性能向上
  - Magnetic Heading
  - Indicated Airspeed and/or Mach No.
  - Vertical Rate (climb/descend)
  - Selected Altitude
  - Ground Speed
  - Roll Angle
  - Track Angle Rate (or True Airspeed if Track Angle Rate not available)
  - True Track Angle

## 2. モードSデータリンク(10/10)

T45B-090025

### (3) モードSデータリンクの展望

- モードS固有サービス(GICB、MSP)は実運用中で今後も継続すると考えられる
  - 欧州のELS、EHS義務化により実運用
  - 米国TISにより実運用
  
- モードSサブネットワークによる通信は現在のところ利用計画が見えない

### 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 1 / 8 )

---

T45B-090025

- コンベンショナルSSRの問題は枯れているが、
- 新たにモードSレーダーの運用が増加し浮上した問題
  - 航空機アドレスの設定不良
  - パーシャルディテクション
  - IIコード枯渇

## 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 2 / 8 )

T45B-090025

### (1) 航空機アドレスの設定不良

- 航空機アドレスはユニークであることが前提
- 設定不良で前提が崩れる
- 同一アドレスが同一覆域内に出現するとロールコールが不可
- オールコールのみ可能
- モードAコードが得られず現行レーダー情報処理システムは追尾中断
- データリンクも中断

### • 対策

- ユーザーの意識高揚
- モニタ活動

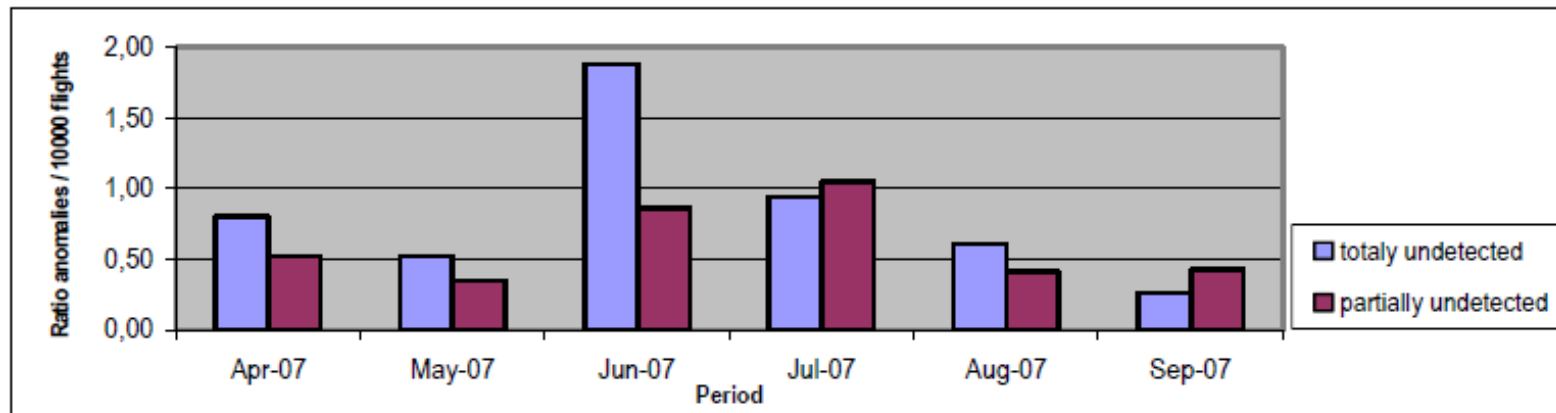


### 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 3 / 8 )

T45B-090025

#### (2) パーシャルディテクション(1/2)

- モードS質問に正常な応答をしない
- 航跡が断続的になる
- モードSで全く捕捉できない場合もある
- ENROCONTROLでのモニタ例



パーシャルディテクション等モニタ EUROCONTROL AMP レポートより

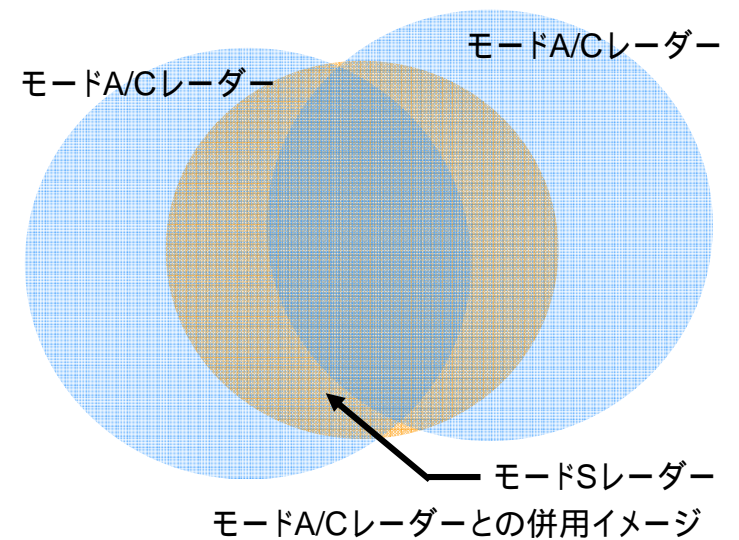
AMP: Airborne Monitoring Project

### 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 4 / 8 )

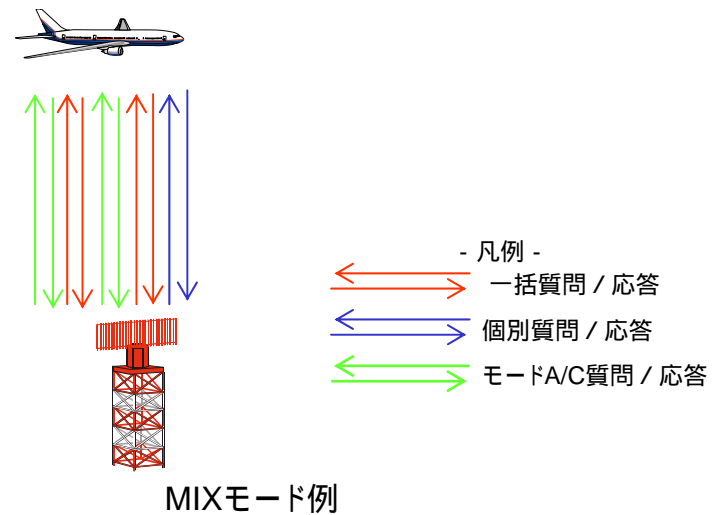
#### (2) パーシャルディテクション(2/2)

- 対策

- トランスポンダ等の整備
- モードA/Cレーダーとの併用  
隣接モードA/Cレーダーにて該当機を捕捉



- MIXモード  
モードA/C質問もmixして該当機を捕捉



### 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 5 / 8 )

T45B-090025

#### (3) IIコード枯渇(1/4)

- 近年モードS地上局が急増(特に欧州コアエリア)
- 地上局の識別用IIコードは15種(ICAO SARP s)
- IIコードは隣接地上局では同一値は使えない(相互干渉の発生)
- 同一IIコードを使用した場合、重複覆域では一方のレーダーで初期捕捉不可
- ICAOではIIコードを拡張したSIコードを規定しているがXPDRの対応が不十分  
( ~ 2005.1.1)

地上局および機上局の識別方法

航空機	航空機アドレス	(24bit)	16,777,216種
地上局	IIコード	(4bit)	15種
	SIコード	(6bit)	63種

## 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 6 / 8 )

T45B-090025

### (3) IIコード枯渇(2/4)

#### • 対策

##### – カバレッジの縮減

同一IIコードで覆域が重複しないよう覆域を縮減する

##### – SLO (Stochastic Lockout Override)

隣接モードSレーダーがロックアウトしているターゲットをoverride質問にてオールコール応答させて初期捕捉する。

##### – クラスタ化

モードS地上局を地上ネットワークで相互接続し、監視情報を共有することで同一IIコードを使用可能にする。

##### – SIコード使用

SIコードに対応した航空機の比率が一定以上になった場合、モードS地上局はSIコードによる捕捉を行う。若干数の非SI対応機はマッチングIIコードで認識する。

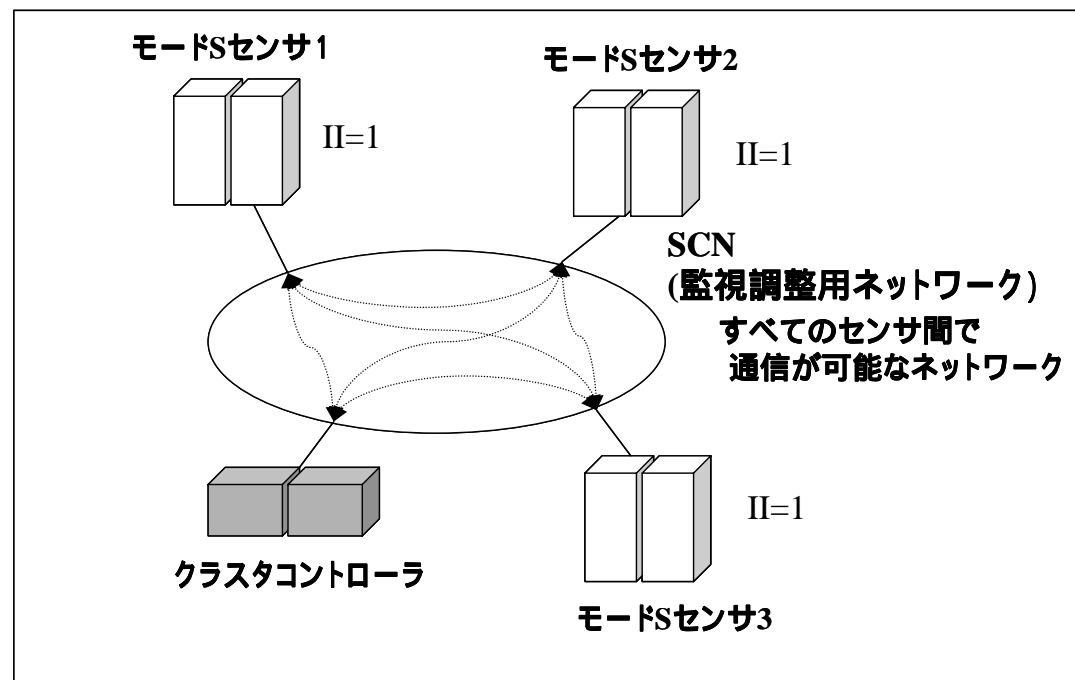
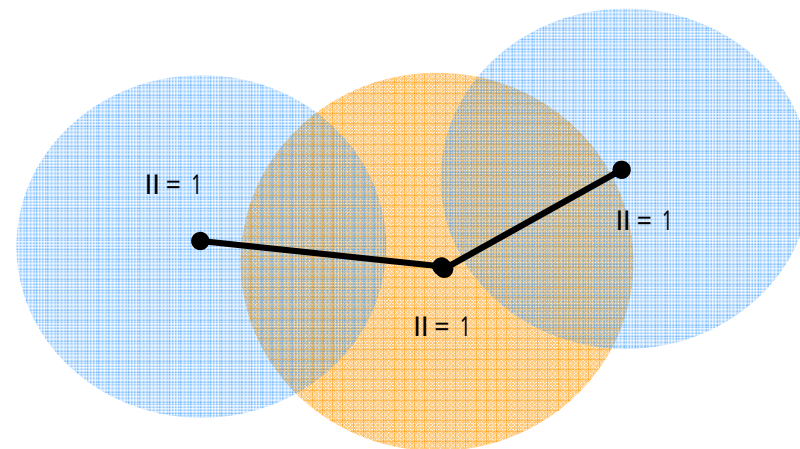
### 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 7 / 8 )

T45B-090025

#### (3) IIコード枯渇(3/4)

##### • クラスタ化

- 地上ネットワークにてモードSレーダーを接続
- 監視情報を共有
- 同一IIコードを使用
- ロックアウトを継続しつつ捕捉
- RF環境改善
- システムが複雑化
- ドイツでは既に実施中

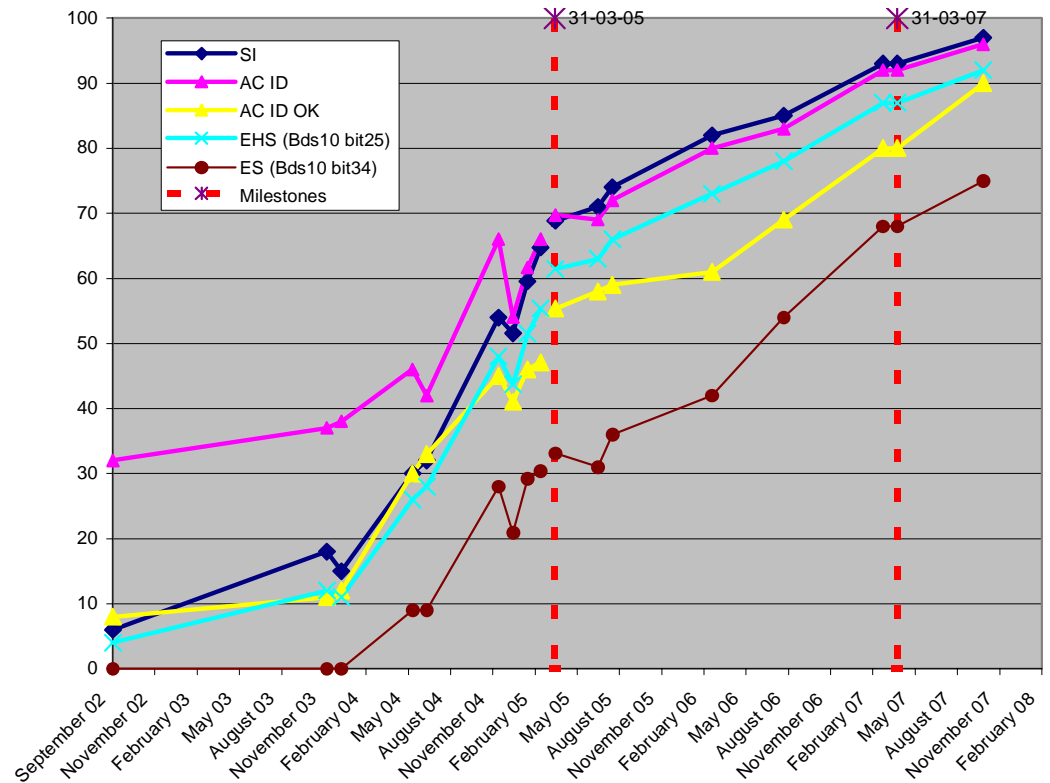


# 3. モードSレーダーに係る諸問題 ( 8 / 8 )

## (3) IIコード枯渇(4/4)

### • SICコードの使用

- 欧州ではELS、EHSの義務化に対応してSICコード対応航空機が増加し、地上局にSICコードが使用可能な環境に推移してきている。



欧州におけるELS/EHS対応機の推移

出展: ASP WP/ASP03-35

## まとめ

- SSRモードSは黎明期から実運用フェーズに移行
- モードS地上局増加によりIIコードが枯渇し対策が進んでいる
- コンベンショナルSSRに比べ運用実績が浅いため、パーシャルディテクション等の問題も発生しているが、対策が進んでいる
- 実運用のモードSデータリンクは即時性の高い固有サービス
- DAPsの利用にて管制システムの高性能化に寄与

## 参考資料

1. Annex10 Vol.
2. Annex10 Vol.
3. Doc 9871
4. Doc 9684
5. ICAO ASP WPs
6. Eurocontrol AMP report



ご清聴ありがとうございました。

**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>