

# 航空無線通信委員会報告書(案) 概要版

～「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」  
(昭和63年7月電気通信技術審議会一部答申)の見直し～

平成21年7月21日

航空無線通信委員会

# 審議事項及び審議経過

## 1 審議事項

電気通信技術審議会諮問第10号「航空無線通信の技術的諸問題について」（昭和60年4月23日）のうち、今般、「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」（昭和63年7月電気通信技術審議会一部答申）の見直しとして、SSRモードSの全体見直しの検討について審議を実施

## 2 審議経過

### 航空無線通信委員会

第10回会合 (平成19年9月14日)	SSRモードSの全体見直しの検討開始
第11回会合 (平成21年1月28日)	同信号を利用するICAOで検討中のマルチラテレーション（MLAT : Multilateration）を含めて検討
第12回会合 (平成21年6月9日)	航空監視システム作業班からの作業報告（航空監視システムの技術的条件（案））について検討
第13回会合 (平成21年7月21日)	「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」（昭和63年7月電気通信技術審議会一部答申）の見直しについてとりまとめ

### 航空監視システム作業班

第5回会合 (平成20年2月26日)	国際民間航空機関（ICAO : International Civil Aviation Organization）で検討中のMLATを含めて検討
第6回会合 (平成21年1月21日)	MLATの国際動向及び国際基準案との比較検討を実施
第7回会合 (平成21年5月25日)	SSRモードSの全体の見直しに関する航空監視システムの技術的条件（案）について審議

## 航空無線通信委員会

	氏名	所 属
主査	森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
主査代理	小瀬木 滋	独立行政法人電子航法研究所 機上等技術領域 上席研究員
専門委員	今宮 清美	株式会社東芝 社会システム社小向工場 レーザ・センサ技術部 システム第二担当 主務
専門委員	加藤 敏	国土交通省 航空局 管制保安部 管制技術課長
専門委員	門脇 直人	独立行政法人情報通信研究機構 新世代ワイヤレス研究センター長
専門委員	清水 一巳	株式会社JALインフォテック 代表取締役副社長執行役員
専門委員	資宗 克行	情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
専門委員	原 尚子	全日本空輸株式会社 IT推進室 企画担当主席部員
専門委員	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
専門委員	若尾 正義	社団法人電波産業会 専務理事

## 航空監視システム作業班

	氏名	所 属
主任	小瀬木 滋	独立行政法人電子航法研究所 機上等技術領域 上席研究員
主任代理	南 正輝	東京大学 先端科学技術研究センター 准教授
構成員	伊藤 達郎	全日本空輸株式会社 整備本部技術部技術開発チーム リーダー
構成員	伊野 正美	株式会社東芝 社会システム社電波システム事業部電波システム技術部 課長
構成員	上野 誠	株式会社日本航空インターナショナル ITサービス企画室 技術・戦略グループ JAL ITセンター マジヤー
構成員	臼井 範和	国土交通省 航空局管制保安部管制技術課 航空管制技術調査官
構成員	大串 盛尚	アビコム・ジャパン株式会社 技術部 次長
構成員	近藤 天平	日本電気株式会社 電波応用事業部航空システム部 主任
構成員	志田 命彦	株式会社NTTデータ 第一公共システム事業本部第一公共BU 第一開発担当 (ATC) 課長
構成員	島村 定夫	日本貨物航空株式会社 整備本部 技術品質保証部 品質保証チーム (H19.7~) シニアマジヤー
構成員	鷹觜 清一	株式会社テレクト 技術顧問
構成員	畑 清之	三菱電機株式会社 通信機製作所 インフラ情報システム部 監視管制システム課
構成員	平田 俊清	RAインジニアリングハウス アビオシステムズ リサーチ 主席
構成員	船引 浩平	独立行政法人宇宙航空研究開発機構 航空プロコムグループ 運航・安全技術チーム 主任研究員
構成員	吉田 努	防衛省 運用企画局情報通信・研究課 部員

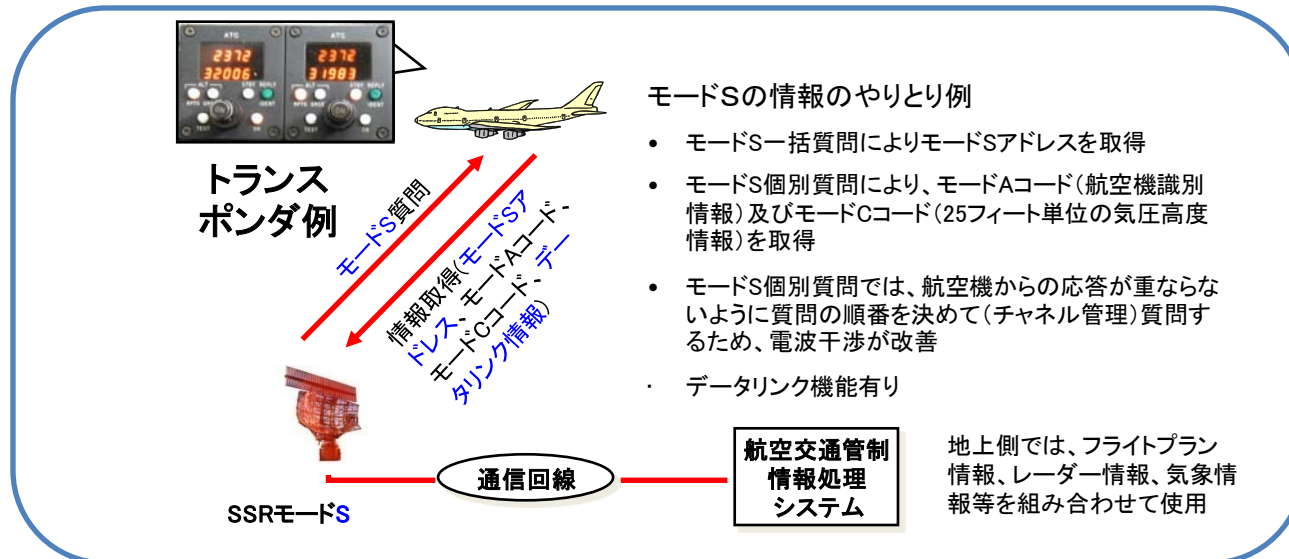
# 報告書の概要

## 1 審議開始の背景

航空監視システムは、航空機の安全運航を確保するために必要不可欠なシステムであり、主として空港周辺や航空路の監視を行っている。

監視装置の一つである2次監視レーダー（SSR：Secondary Surveillance Radar）は、1次監視レーダー（PSR：Primary Surveillance Radar）では取得することができない「航空機の識別情報」、「気圧高度情報」を取得するために開発された。近年、これらに加え、航空機の固有アドレス情報を用い個別質問応答とデータリンクを可能とするSSRモードS方式が開発されている。また、レーダーのみならずSSRモードS信号を応用した監視システムの高度化について、国際民間航空機関（ICAO）で審議及び国際民間航空条約第10附属書（以下「ANNEX10」という。）により標準方式・勧告が検討されているところである。

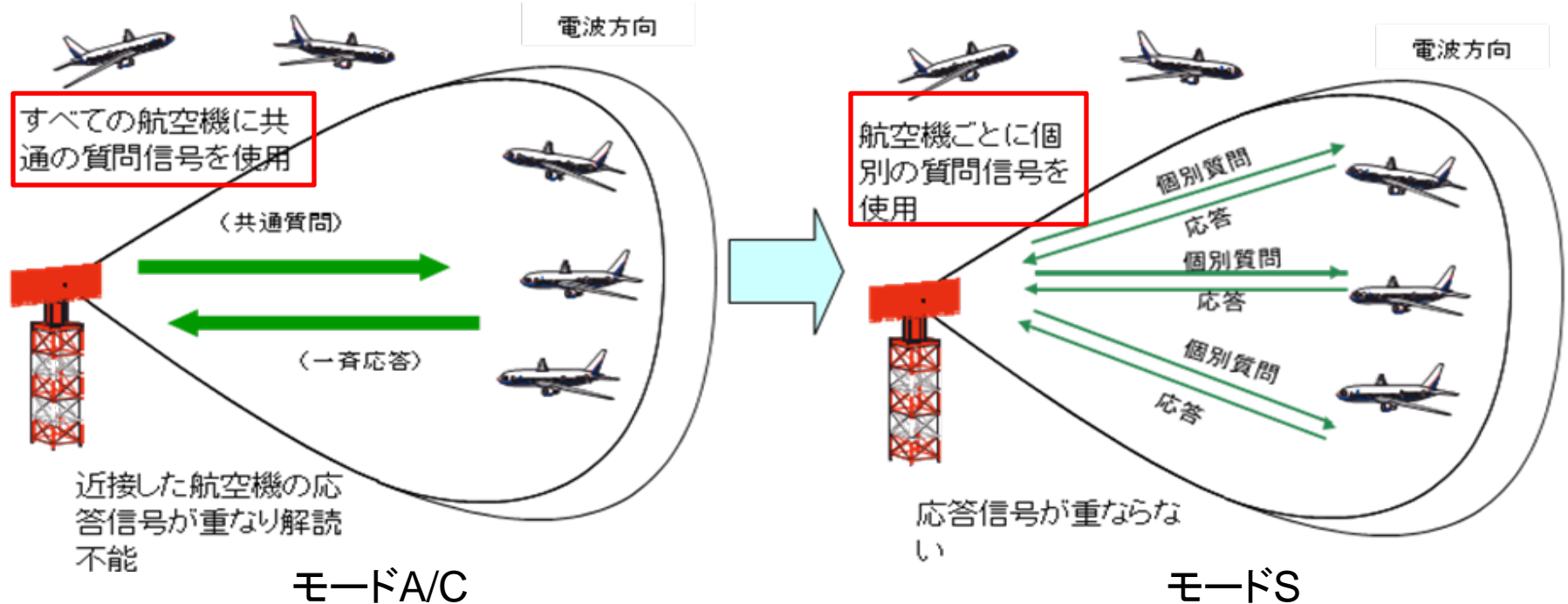
以上の状況を受け、ICAOの現在の検討状況等を踏まえて、SSRモードSの全体見直しを主眼とした航空監視システムに係る無線設備の技術的条件について、審議を行った。



SSRモードSの利用イメージ

# 報告書の概要

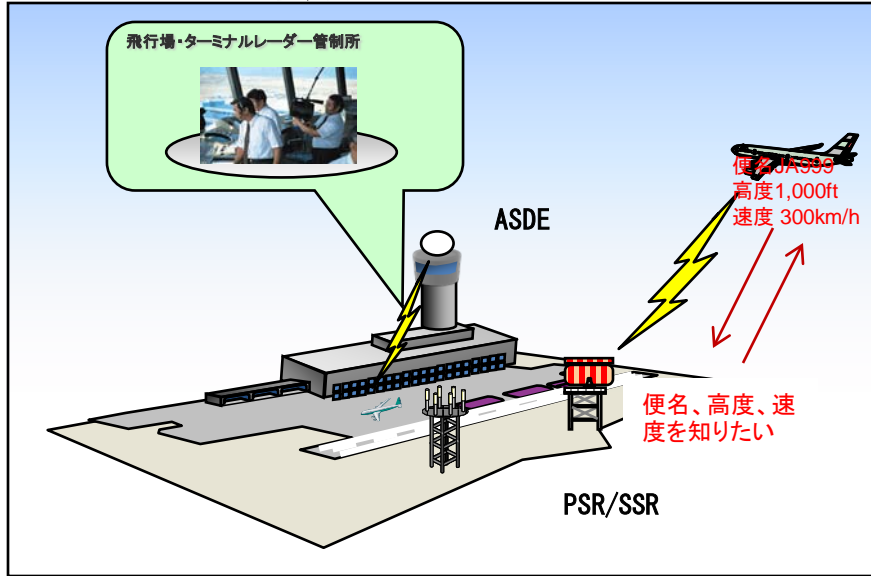
## 審議開始の背景(SSRモードSの概要)



項目	SSRモードA/C	SSRモードS
識別コード数	モードAコード：12bit 4,096コード	モードSアドレス：24bit 16,777,216コード
監視精度	方位精度：0.15度 距離精度：250m 気圧高度：100ft単位	方位精度：0.06度 距離精度：100m 気圧高度：25ft単位
電波利用の効率及び電波干渉	①一斉応答による相互干渉の発生 ②一斉応答による自局の質問と同期しない信号による干渉の発生	①個別質問/応答による相互干渉の解消 ②個別応答による自局の質問と同期しない信号による干渉の軽減
データリンク	無し	空地データリンク可能

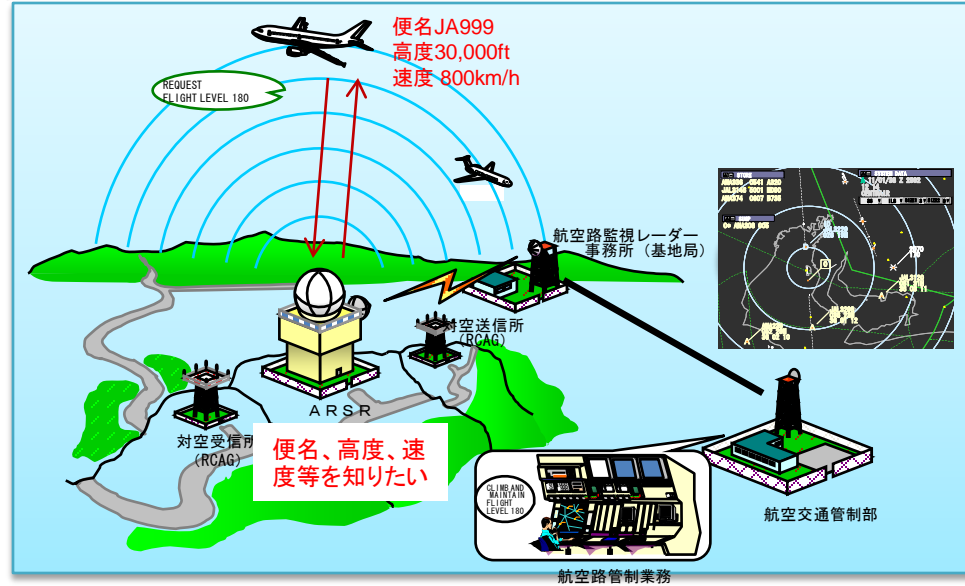
# 報告書の概要

## 審議開始の背景(SSRモードS信号を活用した主な航空監視システム)



### 空港監視レーダー

PSR (Primary Surveillance Radar : 一次監視レーダー) とSSR (Secondary Surveillance Radar : 二次監視レーダー) が組み合わせられ、空港から60NM範囲内~100NM範囲内の空域にある航空機の位置を探知し、出発・進入機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等空港監視レーダー管制業務に使用される。



### 航空路監視レーダー

航空路上の航空機の位置を探知し、航空機の誘導及び航空機相互間の間隔設定等、レーダーを使用した航空路管制業務に使用される。ARSR (Air Route Surveillance Radar: 航空路監視レーダー) は半径200NM、ORSR (Oceanic Route Surveillance Radar : 洋上航空路監視レーダー) は半径250NMの空域をカバーしている。ARSRのうち、SSRモードS化または測角精度の高い方式を用いたSSRについては、250NM範囲内となっている。

この他に、SSRモードS信号を利用する航空監視システムは、航空機搭載のATCトランスポンダ、航空機衝突防止装置 (ACAS)、放送型自動位置情報・監視伝送装置 (ADS-B)、マルチラレーション (MLAT) 等がある。

SSRモードS信号を利用した多種多様なシステムが共存するために、ICAOのSARPs(標準方式及び勧告)の見直し → **国内基準への反映の検討**

## 審議開始の背景(ICAO条約)

国際民間航空機関 (ICAO: International Civil Aviation Organization)

国際民間航空条約(シカゴ条約:1944年)に基づき、国際民間航空の安全かつ整然とした発達及び国際航空運送業務の健全かつ経済的な運営を目的として設立された国連の専門機関。日本は1953年に加盟

締約国は、国内の諸問題がない限り、  
ICAO条約、付属書及びSARPsを出来る限り一致させることが必要

- ◇ ICAO条約第12条(航空規則)において、  
「各締約国は、自国の規則をこの条約に基づいて随時設定される規則をできる限り一致することを約束する」
- ◇ 同条約第30条(航空機の無線装備)において、  
「締約国の領域及び上空を飛行する他の締約国の航空機は、当該締約国の無線装置の規則に従わなければならない」

# 報告書の概要

## 2 SSRモードSを利用した既存システムに係る技術的条件の見直し

現在のICAO SARPsと、昭和63年電気通信技術審議会一部答申「SSRモードS等の無線設備に関する技術的条件」に準拠した現行の電波法関連規定とを比較し、我が国に導入することが適当とした技術的条件の項目は、次のとおり。

システム名	改正対象項目	改正概要	現行
地上のモードS 対応のSSR	個別の航空機呼出し方法の変更及びその際の送信回数（変更）	①個別の航空機呼び出しモードSの質問信号の送信回数（②の場合を除く）は、いずれも満足すること A 40ミリ秒間の平均が毎秒2400回未満であること B 1秒間の平均がいずれの3度間隔の間であっても480回未満であること ②隣接するSSRモードS地上設備のサイドローブと重複する覆域を持つ場合は、いずれも満足すること A 4秒間の平均が毎秒1200回未満であること B 1秒間の平均が毎秒1800回未満であること	①の方法のみ
	パルス特性（規定条件の統一）	送信機端による規定を追加	空間波
モードS対応のATCトランスポンダ	周波数の許容偏差（規定条件の統一）	航行する高度にかかわらず、 $\pm 1\text{MHz}$ 以内	高度4,500m以下 $\pm 3\text{MHz}$ それ以外は $\pm 1\text{MHz}$
レーダーパフォーマンスモニタ（RPM）	一般的要件（周波数、変調方式、その他）（追加）	SSRモードSを利用するシステム1つとして、共存検討を行うために、当該システムの技術的条件について整理を行った。	—

RPM（Radar Performance Monitor）とは、SSRを運用する際、SSRに対して自らの位置、識別その他の情報を送信することで、航空機の位置の送信及びSSRの信号を検出し航空機の位置・識別情報の妥当性を常時監視するシステム



## マルチラレーション(MLAT)を導入する背景

近年、国内の空港において滑走路への誤進入等の事案が多発



平成19年9月から11月の間に、大阪国際空港、関西国際空港、中部国際空港において相次いで航空機が滑走路に誤進入(※1)する事案が発生し、その後も、新千歳空港、福岡空港等において同種事案が発生。さらに、本年3月に大阪国際空港で発生

平成22年に、東京国際空港(羽田)において、新たに滑走路横断を伴う運用を予定されており、更なる航空交通が輻輳が予想されるため予防対策が必要



平成20年3月「滑走路誤進入防止対策検討会取りまとめ※」によると事案の再発を防止するため、所要の対策を講じる方策のひとつとして、**地上交通の状況を確実に把握するためのシステム(マルチラレーション)の整備を推進と提言**



※ 国土交通省航空局と運航事業者が共同で平成20年3月28日公表した報告書(国土交通省ホームページ参照)

**ICAO条約の標準・勧告化で検討中である「マルチラレーション(MLAT)」を早期に導入計画**

## 国際民間航空機関（ICAO）の動向

○ICAO ASP-WGW会合（H20.12）において、ANNEX10 Vol. IV Chapter-6に新項目「Multilateration Systems」を追記すること及び新しいガイダンス材料であるASM(Aeronautical Surveillance Manual)／ICAO Doc. を新規追記することが承認された。

ANNEX10 Vol. IV Chapter-6に規定予定の項目：

定義、機能要件、信号環境への配慮、性能要件

ASM/ICAO Doc. Appendix-L(MLAT)に規定予定の項目：

運用概要、装置構成、航空機の識別及び高度の特定、技術的検討事項、WAM事例

具体的な機能要件 → ANNEX10 Vol. IV Chapter-3に準拠

運用上の性能要件 → EUROCAE ED-117(MLAT)及びED-142 (WAM) を参照

○今後、ICAOの理事会において審議されたのち、SARPs (Standards and Recommended Practices) に追記される予定。

車両等に搭載されるADS-OUTの規格については、拡張スキッタのみを利用するシステムに加えてレンジング機能を付加する検討が行われ、ICAOの動向を注視し必要に応じて見直していくことが必要。

## 諸外国のMLAT及びWAMの導入状況

現在、ICAOにおいて、MLAT等の標準・勧告(SARPs)について検討中であるが、各国ともに先行して導入・試験運用を実施中。主な導入国は下記とおり

国名	導入状況
ドイツ	MLATを運用中 車載用について認可済 WAMの評価中
カナダ	ターミナルレーダーのバックアップシステムとして運用中
チェコスロバキア	MLATを運用中 WAMを運用中
ラトビア共和国	MLATを運用中
オーストリア	WAMを運用中
台湾	MLATを運用中 WAMを運用中
中国	MLATを導入予定 WAMを運用中
シンガポール	チャンギ国際空港にてMLATを運用中
オーストラリア	平行進入監視システムとして、MLATを整備中
アメリカ	実験目的で運用中
イギリス	暫定運用中
ポルトガル	MLATの評価中 2011年には運用開始予定

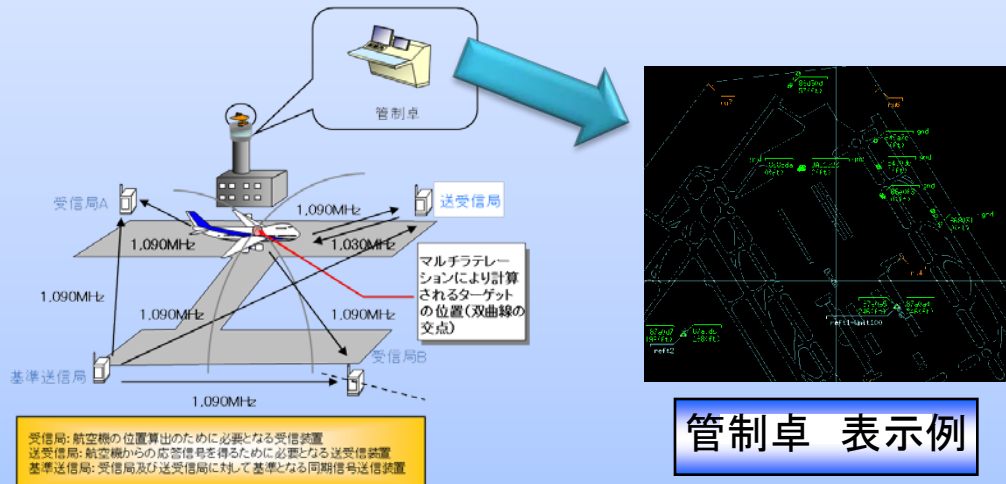
# 報告書の概要

## 3 マルチラレーション(MLAT)のシステム概要

航空機のATCトランスポンダから送信される信号を地上に設置された3カ所以上の受信装置等で受信して、その受信装置間の受信時刻の差を各受信装置と航空機との距離差に変換し、航空機等の位置を算出する航空監視システム

### マルチラレーションの概要

航空機から送信されるスキッタ信号や二次監視レーダー(SSR)応答の信号を3カ所以上の受信局で受信して、受信時刻の差から航空機の位置を測定する監視システム



概要図

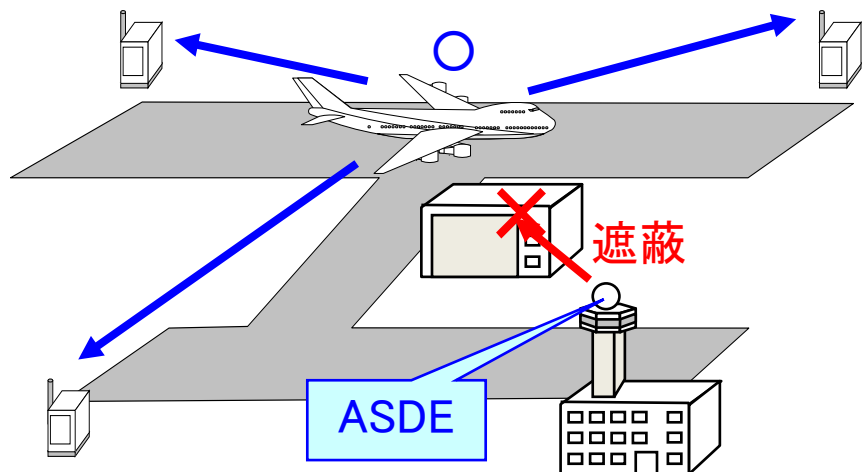
スキッタ信号: 応答信号と同じパルス波形の信号であって、質問信号に回答するほかにランダムなタイミングで送信されるパルス位置変調のパルス列をいう。

このほかに、

- ・ 空港周辺空域も含める広域マルチラレーション (WAM: Wide Area Multilateration)
- ・ 牽引車両等に搭載するノントランスポンダ (ESNT: Extended Squitter Nontransponder)

の利用を想定

現状、空港面は、空港面探知レーダー（ASDE）で運航管理を実施



現在の空港面監視システム

改善方策として

ASDEに加えて、**マルチラレーション(MLAT)の導入**

## 利点

- 利用周波数帯は、悪天候下での性能劣化等の影響を受けにくい。
- ASDEがカバーできない建物陰等のブラインドエリアを監視可能
- モードSのスキッタ信号等を利用することで、航空機便名を画面表示可能
- 航空機側は追加装備や改修が不要

## 課題

- 気象の影響を受けやすく、悪天時に空港面での正確な航空機位置の把握が困難
- 1次監視レーダーのため建物陰等のブラインドエリアが発生

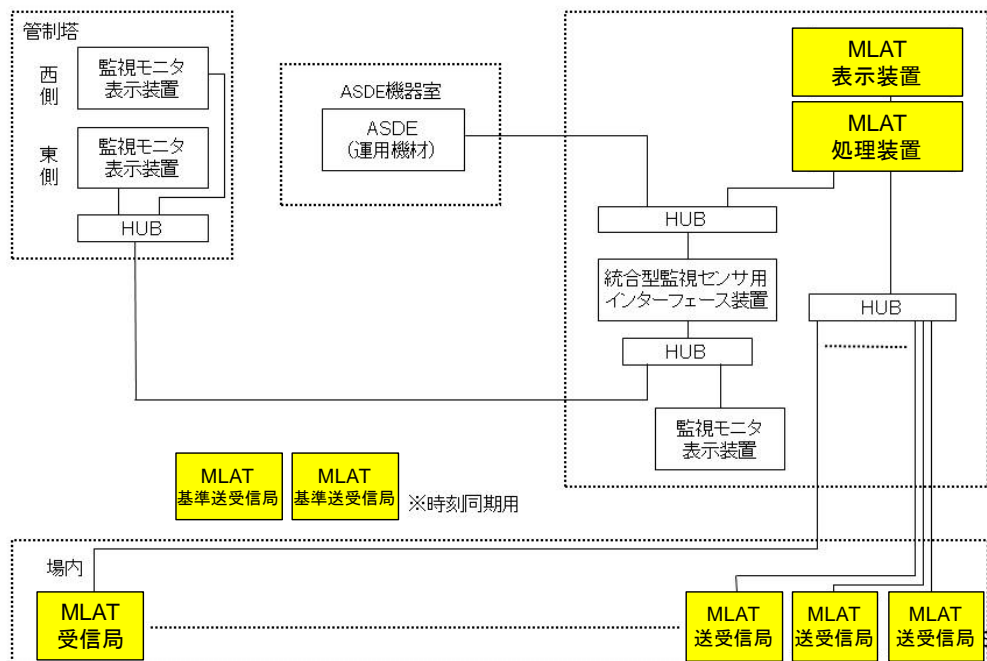
## MLATシステム構成イメージ及び使用信号

- ◆MLAT送受信装置、MLAT受信装置を3カ所以上の複数地点に設置し、双曲線測位により航空機等の監視。
- ◆時刻の同期のためにトランスポンダ同期を用いる場合は、基準送信を行う無線設備（基準送信装置）が必要。また、他の同期方式を用いるシステムでも、動作監視目的で基準送信装置を利用する場合は有り

### MLATで使用するモードS信号

動作	信号種別	
航空機トランスポンダへの質問信号	UF4	気圧高度情報要求信号
	UF5	識別符号（モードAコード）要求信号
航空機トランスポンダ等からの応答信号	DF4	気圧高度情報応答
	DF5	識別コード（モードAコード）応答信号
	DF11	捕捉スキッタ ランダム間隔（約1秒）のモードSアドレスを含む自発信号
	DF17	拡張スキッタ ランダム間隔（約0.5秒）のモードSアドレス、位置情報、速度情報、航空機便名などを含む自発信号（ADS-B）
	DF18	拡張スキッタ（ノトランスポンダ用） メッセージ内容はDF17と類似空港車両、一時的な空港面障害物、覆域テスト・較正ツールなどの用途に使用

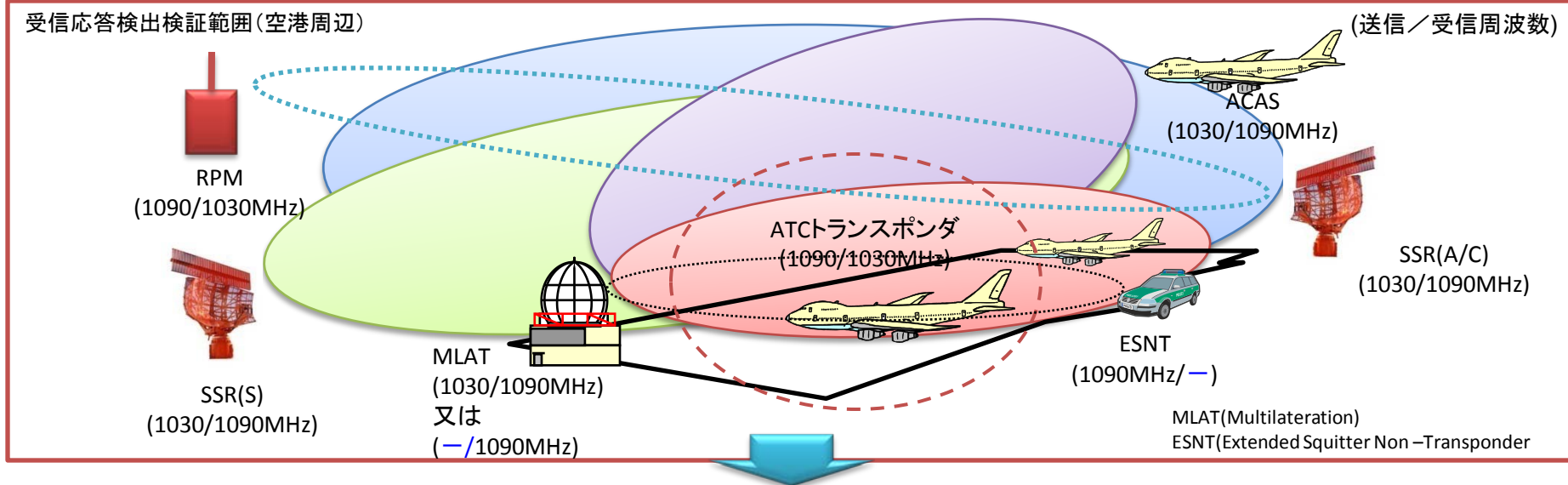
MLATは、同一周波数を利用する既存のシステムへの影響を考慮して、必要最低限の信号としている。  
また、同様に、他のSSRモードS信号を利用するシステムと共存するために、必要最低限の空中線電力とする。



システム構成イメージの一例

# 報告書の概要

## MLATと既存システムの共存の考察



SSR等が航空機の運航状況を正常に検知するため、応答信号の検出率(受信検出率※)を**95%以上**とすることが必要。この条件を満たすためには、トランスポンダ占有率は**最低でも5%以下に保つ**ことが必要。(下線部:ICAOマニュアルより)

国内で最も信号発生量の多い環境として考えられる東京国際(羽田)空港における、現状のトランスポンダ占有率(世代別)の概算値は、次のとおり。

ATCTランスポンダの世代(規格)別	モードA/C	モードS初期型(改訂77前機器)	モードS改良型(改訂77以降機器)	旧世代 ← → 新世代	
				モードS改良Ⅱ型(ADS-B機能付)	トランスポンダ占有率
トランスポンダ占有率	3.7%	4.0%	4.0%	4.1%	

**1030MHzの電波利用環境は、羽田空港を想定した場合、いずれの場合も5%以下**

**欧米の電波利用環境と比べた場合、我が国に比べてより多くのシステムが利用しているが検出劣化なし**

将来的にATCTランスポンダが改訂77以降機器に移行すると想定すれば、1090MHzの環境は更に改善方向

正常運用可能

※ 受信検出率は、 $A \times B$  で求められる。

A=SSRとATCTランスポンダ双方の受信信号電力が受信機感度を超える確率

B=ATCTランスポンダが他の信号の処理に占有されていない確率

=1-トランスポンダ占有率

## MLAT(送受信装置及び基準送信装置)の主な技術的条件

	送受信装置	基準送信装置
用途	ATCTランスポンダに対し質問信号を送信し、かつ、ATCTランスポンダ及びノントランスポンダからの応答信号又はスキッタを受信する装置	トランスポンダ同期を用いる方式により測位に係る基準となる信号を送信するもの、又はトランスポンダ同期以外の同期方式を用いるMLATの動作監視を目的として信号を送信又は受信する装置
周波数	送信:1030MHz 受信:1090MHz	送信:1090MHz 受信:1030MHz(利用しない場合もあり)
変調方式	パルス振幅変調又はパルス振幅変調と差動位相変調の併用	パルス振幅変調及び二値パルス位置変調
不要発射の強度	ICAO ANNEX10の送信スペクトラムの範囲	ICAO ANNEX10の送信スペクトラムの範囲
偏波	垂直偏波	垂直偏波
周波数の偏差	±0.01MHz	±1MHz
空中線電力及びその許容値	500W(27dBW)以下 上限50% 下限50%	500W(27dBW)以下 上限50% 下限50%
占有周波数帯幅	40MHz以内	14.5MHz以内
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モードS一括の質問信号は送信しないこと。</li> <li>・ATCTランスポンダの時間占有率が2%を超えるような質問信号の送信は行わないこと。</li> </ul>	電波発射が不作動状態の不要発射は、-50dBm以下とすること。

この他に、パルス特性及び受信特性等がある。

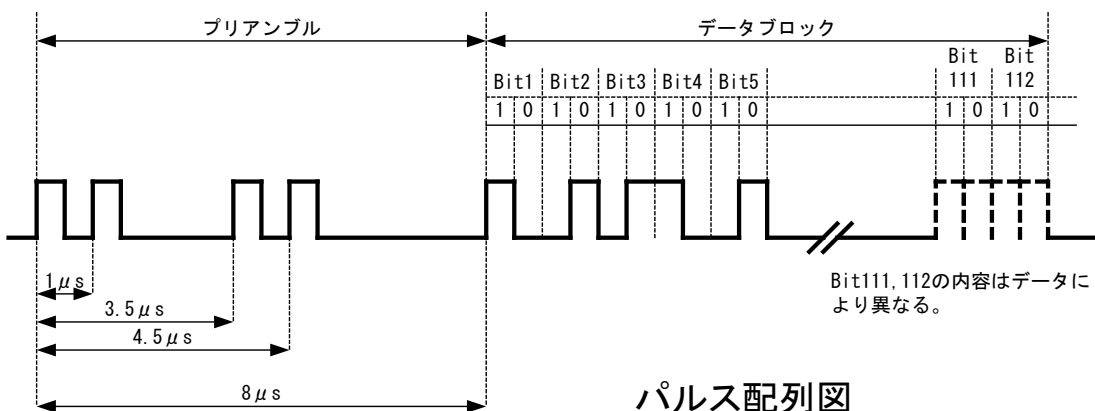


# 報告書の概要

## MLAT(車載型ノトランスポンダ)の主な技術的条件

項目	技術的条件
用途	空港面等で航空機の安全運航に寄与するため、航空機以外の移動体(航空機を牽引するトローリングカー等)に搭載し、当該移動体の位置の決定及び位置の情報を提供するため、拡張スキッタ信号を自動かつ任意の間隔で送信する無線設備
周波数	送信: 1090MHz
変調方式	パルス振幅変調及び二値パルス位置変調
不要発射の強度	ICAO ANNEX10 の送信スペクトラムの範囲
偏波	垂直偏波
周波数の偏差	±1MHz
空中線電力及びその許容値	70W(18.5dBW)以下 上限50% 下限50%
占有周波数帯幅	14.5MHz以内

○パルス列等の技術的条件については、下図及び右表のとおり



項目	技術的条件
パルス間隔の許容偏差	±0.05 μs以内
プリアンブルパルス	プリアンブルパルスのパルス間隔は、左図。パルス幅は、0.5±0.05 μs
データブロック	データブロックのパルス位置は、左図。パルス幅はデータ内容によって、0.5±0.05 μs又は1.0±0.05 μs
送信周期	拡張スキッタ信号は1秒あたり6.2回以下