

SSRモードSによる ADS-Bの技術概要

独立行政法人
電子航法研究所

監視方式の分類

方式の分類	独立・非協調	独立・協調	従属・協調
能動型	PSR	SSR距離 能動MLAT	SSR情報 ADS-C
受動型	受動PSR	受動SSR 受動MLAT	ADS-B

能動型：監視側機器が電波を送信
例：質問信号送信

受動型：監視側機器が電波を送信しない
例：他の機器の送信電波を活用

独立：監視側が位置等を測定
例：応答遅延時間から距離測定

従属：被監視側が位置等を測定
例：SSRの高度等応答情報
ADS-B位置情報提供

協調：被監視側の機器の支援あり
例：ATCトランスポンダ搭載

非協調：被監視側の機器の支援なし
例：被監視側の電波反射を利用

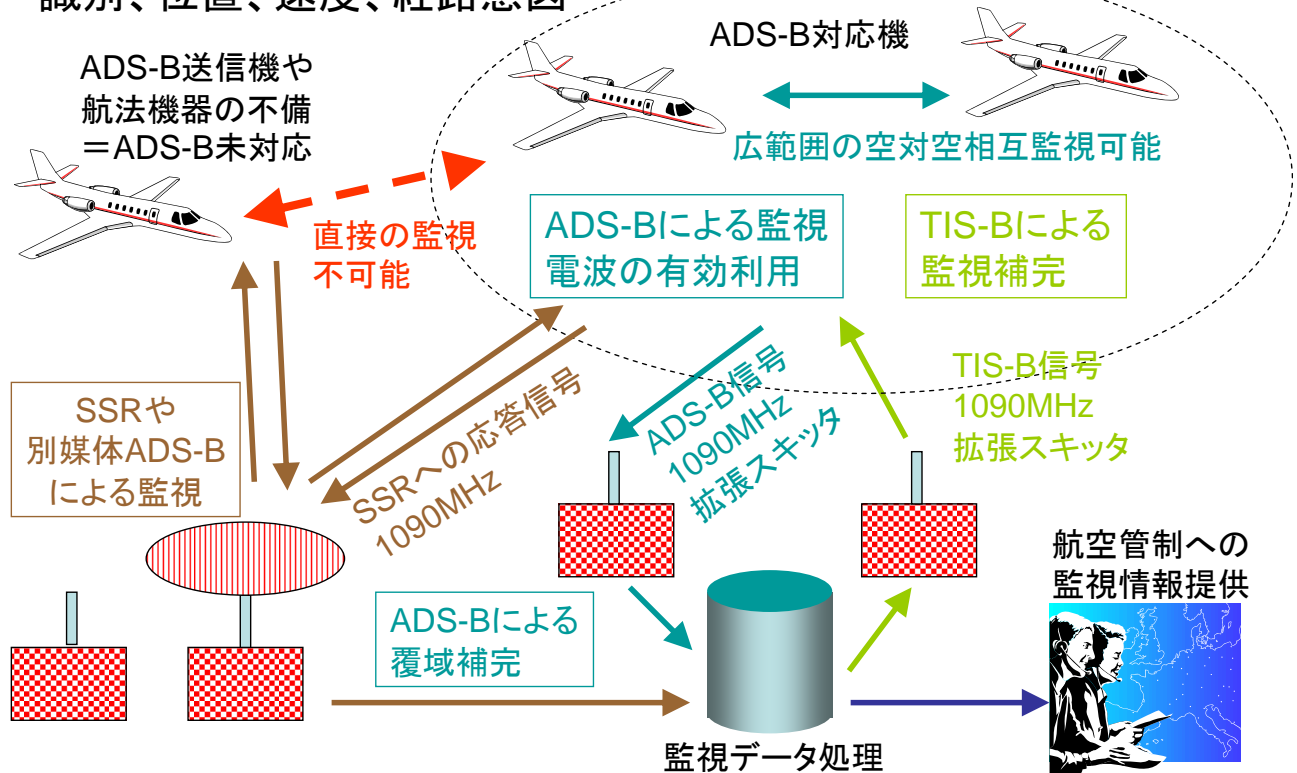
ADS-Bの概念

- Automatic Dependent Surveillance – Broadcast
- 被監視側が自ら監視情報（識別、位置、速度、経路意図等）を多数の監視者に一括送信
- 監視者が多数になると質問応答方式と比較して電波の利用効率が飛躍的に向上
- メリット
 - 高性能の航法装置があれば高精度かつ高信頼性の監視情報が得られる
 - 電波を有効利用できる
 - 無指向性アンテナを用いるなど送受信機器は高信頼性の物を安価に実現できる
- デメリット
 - 監視情報の信頼性や精度は情報提供者である被監視側に依存

方式	情報更新あたり信号数	N機の相互監視の信号発生数	監視の信頼性	使用例
モードS質問応答	インタロゲータ数 × トランスポンダ数 × (1+再質問率)	$(N-1) \times N$ × (1+再質問率) : 覆域とともに急増	再質問により高確率の更新 独立測距による高信頼性	ACAS SSR
モードS拡張スキッタ	移動体数	N	混信で更新現象: 実用レベル 情報の信頼性は送信者依存	ADS-B TIS-B

監視情報の交換 識別、位置、速度、経路意図

高性能の航法インフラが前提

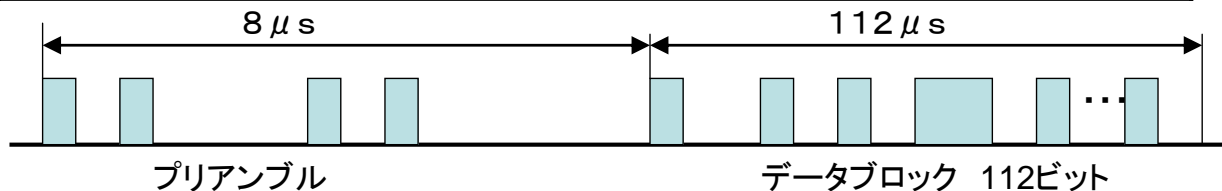


ADS-Bに使用される電波信号

- ICAOは3種類の信号を標準化
 - モードS拡張スキッタ : 全世界共通
 - VDL mode 4 : 地域的運用(北欧・ロシア)
 - UAT : 地域的運用(米国)
- ICAOは最初のADS-B信号にモードS拡張スキッタを選択
 - ICAO開催の第11回Air Navigation Conferenceにて勧告
 - State Letter(ST 12/4-04/81)にて各国に周知
 - モードS拡張スキッタは短期的・中期的(数十年)なADS-B信号
 - 長期的には方式の再検討を必要とするため方式検討を継続
 - 多数の機体に装備済みのモードSトランスポンダの改造により実現
 - その性能は信号環境の影響を受けるが、導入が見込まれる時期に想定されるADS-B応用方式の要求性能を実現可能の見込
 - 国際的に共通に確保されている1090MHz帯域を活用可能
 - 1090MHzはATCトランスポンダの送信信号に割当済み

モードS拡張スキッタ信号の特徴

プロトコル	特定多数の受信者に一括伝送、受信の確認無
物理層	周波数1090MHz+/-1MHz, プリアンブル8 μ s+データブロック112 μ s データブロック内112ビット、パルス位置変調1Mbps
アクセス方式	ランダムアクセス方式、ジッタを伴い平均4.2Hz + Event driven
ネットワーク	一対特定多数、随時接続、モードS固有アドレスによる送信者識別
トランスポート	24ビット巡回多項式を用いる符号化による誤り検出訂正方式
セッション	近距離優先 コネクションレス
プレゼンテーション	フォーマット番号+能力+送信者アドレス+データ+パリティ
出力 (モードSトランスポンダの公称値)	15,000ft以下のみを飛行する航空機用 : 18.5dBW以上 27dBW未満 15,000ft以上を飛行できる航空機用 : 21dBW以上 27dBW未満 175kt以上の巡航速度を持つ航空機用 : 21dBW以上 27dBW未満



技術的課題と検討状況

干渉を与える状況 =検討済み 短時間の信号である拡張スキッタを少量送信しても他の機器に与える影響は小さい	1090MHz信号を受信するSSR/IFF/ACAS等への干渉 ・100機の航空機が每秒平均5回送信してもデューティは6%を超えない ・SSRの覆域内に1000台の拡張スキッタ対応モードSトランスポンダが運用されても、最も影響を受けるモードSロング応答信号検出率劣化は1.5%以下(電子情報通信学会技術研究報告SANE98-88) ・ACAS覆域内に60台の拡張スキッタ対応モードSトランスポンダが運用されても、最も影響を受けるモードSロング応答信号検出率劣化は1.5%以下(電子情報通信学会技術研究報告SANE98-88)
干渉を受ける状況 =検討済み 国内最悪の状況でも十分な性能を実現可能	SSR等質問装置への応答信号によるモードS拡張スキッタ信号への干渉 ・国内で最も厳しい東京空域の信号環境にて標準的な性能のACASが拡張スキッタ信号を受信する場合を想定しても、衝突防止に十分な初期捕捉性能が得られる(電子情報通信学会技術研究報告SANE97-39) ・米国の研究者より実際のACASはもっと高性能で安全とのコメント有り。
送信機器の範囲 =モードSトランスポンダ以外もある	・モードSトランスポンダではない拡張スキッタ送信機器がある ・地上固定(TIS-B等)や地上移動(車両等)拡張スキッタ送信機器がある
性能要件 =検討中、要確認	・ADS-Bを用いる航空管制のための性能要件はほぼ確定 ・航空機の相互監視等の応用については性能要件を検討中