

17. ネットワーク指向な受動型 SSR システムの開発

監視通信領域 ※塩見格一

1. はじめに： ENRI 型 PSSR

1990 年以前より当所で研究開発を進めて来た受動型 SSR (PSSR: Passive SSR) は、親局 SSR の走査プロファイルをもとに PSSR において推定することを特徴としている。^[1]

図1はENRI型PSSRの最小構成による設定であり、1,030MHz用八木アンテナにより親局SSRの正対質問信号を受信し、その走査プロファイルを推定する。親局SSRの発する質問信号には3度程度のビーム幅があり、正対状態を含む毎回の走査においてPSSRでは20回程度の質問信号を受信する事ができ、これによりPSSRにおいて、親局SSRの質問信号発出間隔とモード・パターンを知ることができる。

親局SSRの質問信号発出間隔が一定であれば、PSSRにおいて「親局SSRが、何時、どの方向に質問信号が発したのか?」と言う事を計算する事が可能であり、即ち親局SSRからの測角情報を利用して、PSSRは航空機の存在位置を計算する事ができる。

測位原理は図2に示す通りであり、地表面の曲率を無視すれば、親局SSR(T)とPSSR(R)を焦点とする回転楕円面と、それらの設置平面と平行な飛行高度平面、親局SSRからの質問信号の発出方位面の交点として、航空機の位置(A)は計算される。

航空機の飛行高度はMode-C応答から算出する他なく、PSSRによる測位精度は、実際の飛行高度と気圧高度との差に、またT、R、A三者の位置関係に依存する。

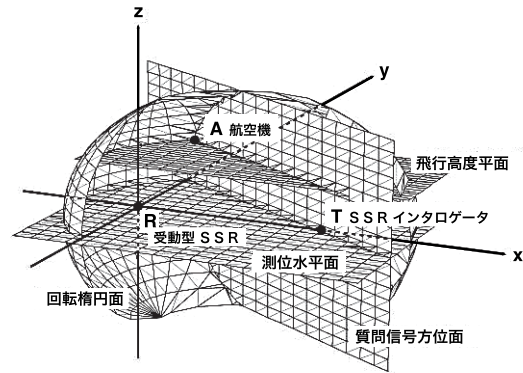


図2 ENRI 型 PSSR の測位原理

上記において、高度な到来電波の方向探知性能を有する受信アンテナを有する受動型レーダ・システムやマルチラレーション・システムとは異なり、ENRI 型 PSSR は価格的には他のシステムに比較して安価に実現可能なものとなっている。しかしながら ENRI 型 PSSR において、親局 SSR による測角情報が必要である事は、

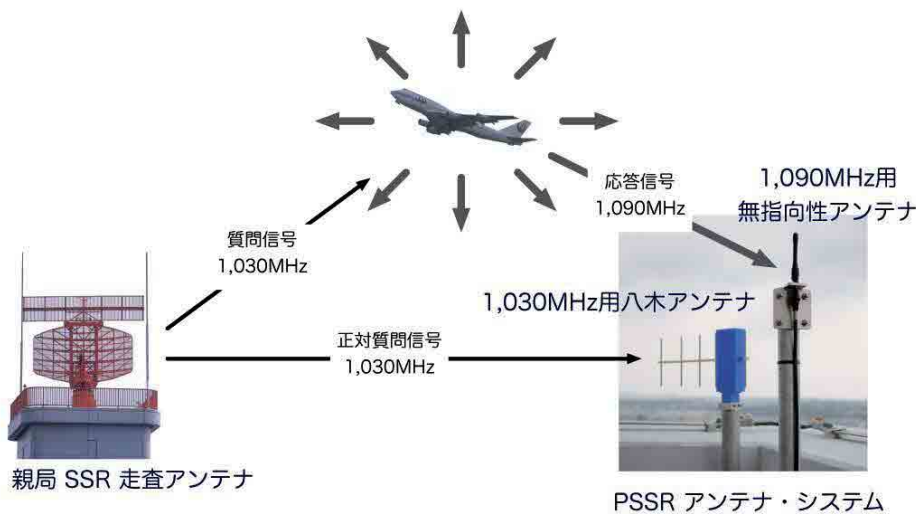


図1 ENRI 型 PSSR の最小構成による標準的な運用設定

親局 SSR が見通せない状況では空域の監視ができない事を意味し、その設置運用可能な範囲を限定的なものとしている。

そこで、親局 SSR からの質問信号を受信する機能部分を親局 SSR の近傍に設置することを想定し PSSR プロファイラとして分離して、親局 SSR 覆域内の遠隔地には PSSR 対空監視機能部分のみを独立させた PSSR 対空監視装置を設置し、双方をデータリンクで接続し、プロファイラから対空監視装置に親局 SSR の走査プロファイルを送り、PSSR 対空監視装置設置位置周辺の空域の監視を行うシステムの実現を検討した。

2. ネットワーク指向な PSSR

上記によるプロファイラと対空監視装置に分離した PSSR (分離型 PSSR と呼ぶ事にする。) の基本的な運用設定は図3に示す通りである。

図4は県営名古屋空港の北に約10km離れた場所(愛知県丹羽郡扶桑町柏森天神137-1, IRT社)にプロファイラを設置し、プロファイラから約30km離れた名古屋市内東区の集合住宅に設置した対空監視装置により観測された空域監視情報である。図4では設定した親局 SSR からの質問信号に対する航空機からの応答が全て重畳表示されており、測位楕円を質問信号ビーム幅で切断した楕円弧の集合として航空機の航跡が観察されている。

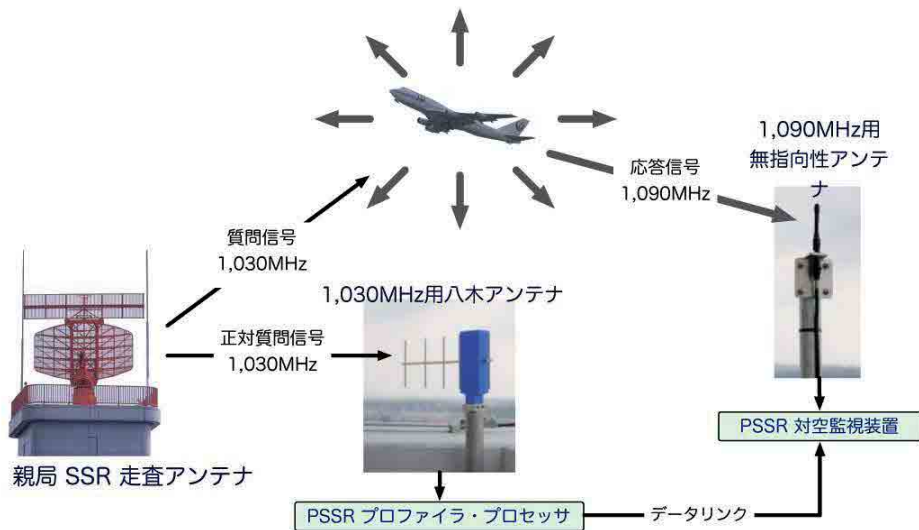


図3 ネットワーク指向な ENRI 型 PSSR 運用設定

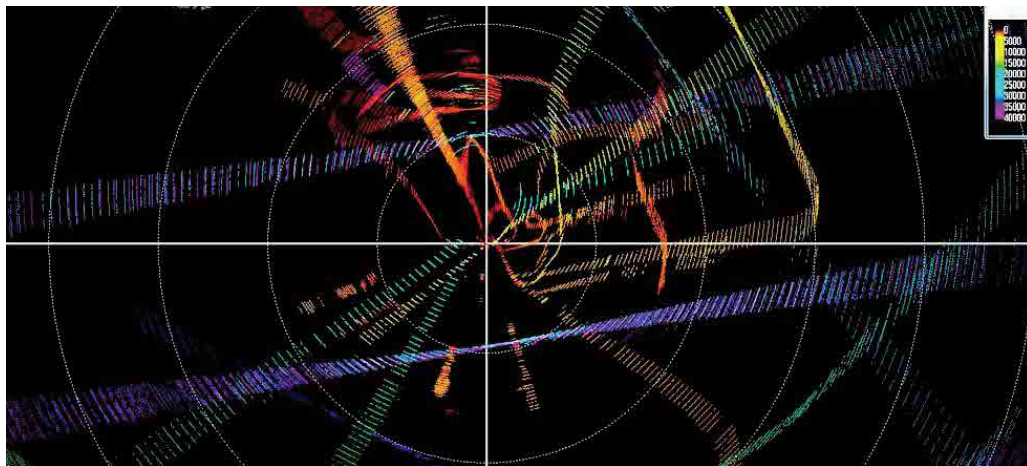


図4 PSSR プロファイラと対空監視装置を約30km離して観測した小牧空港周辺空域

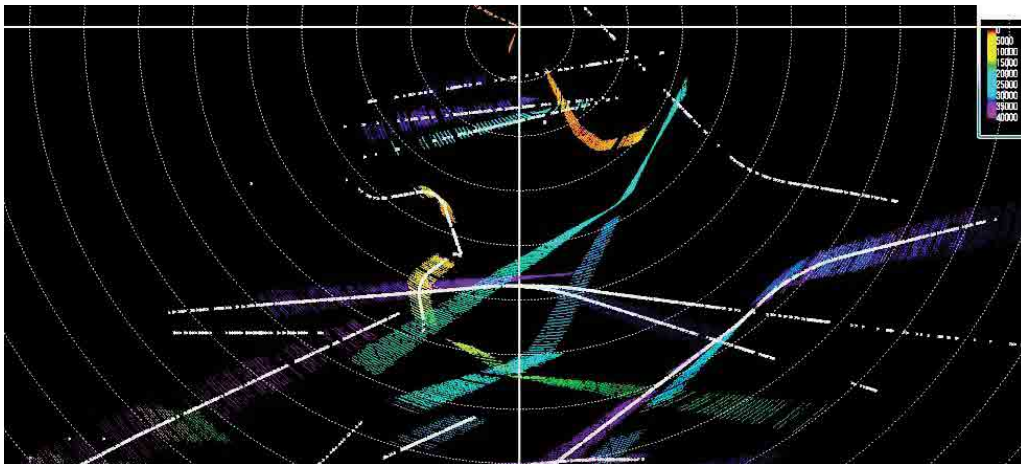


図5 分離型 PSSR により得た航空機位置情報と ADS-B による航空機位置情報

暖色系の航跡は低高度を飛行した航空機の航跡でありヘリコプターの複雑な動きも捉えている。寒色系は高高度を飛行した航空機の航跡であり上空を真直ぐに飛行している事が、また R-Nav によりオフセットした経路を運航した航空機が存在した事も観測されている。なお、本データ取得における分離型 PSSR においては、商用インターネット回線をデータリンク回線として使用し、最大で約3秒間の表示遅れが発生した。

図5は PSSR による航空機測位情報の位置精度を評価するために、ADS-B により取得可能な航空機位置情報（白色の×マークでプロットしている。）を重畳表示したものである。主観的な見た目では、ADS-B 未対応の航空機がかなりの割合で存在するが、ADS-B 対応機において両者は良く対応している様に思われる。少なくとも、対応する航空機を間違えて、その促気が付かない様な事態は発生しない様に思われる。

筆者等は、現時点では未だ PSSR における切断楕円弧の列から最尤航空機位置を算出する手法を確立していないので、残念ながら、誤差を統計量として述べる事はできないが、仮に航空機の存在位置を常に切断楕円弧の中心とすれば、これに対応する ADS-B 位置との差は、航空路において、大きく見積もっても、数百メートル程度である。

なお、PSSR による測位誤差は、分離型においても従来型と変わるものではない。運用においては、PSSR 対空監視装置の設置位置に係る制限が少なくなったため、より高い測位精度の実現し易い設置が可能となっている。

3. 今後の展望

平成23年度の当所研究発表会における「受動型 SSR 試作開発の成果と今後の課題」^[2]としての発表から約1年で、分離型 PSSR が実現可能である事を検証し、PSSR に関する技術的な状況は大きく進歩した。

一例として、親局 SSR の質問信号発出時間間隔のスタガに対応する処理について、以下に紹介する。

先に述べた様に ENRI 型 PSSR には、「親局 SSR が、何時、どの方向に質問信号が発したのか？」という情報が必要不可欠であるが、現在、更新等が進められている飛行場に設置される SSR では、質問信号の発出時間間隔にスタガが設定されており、当初 ENRI 型 PSSR において想定していた“一定の質問信号の発出時間間隔”との前提が崩れてしまう。

親局 SSR の質問信号発出時間間隔にスタガが設定されている場合、スタガが存在しないとして算出した位置情報には数キロメートルの誤差が発生してしまう。スタガへの対応は、「想定される全ての質問信号発出タイミングに対して航空機の位置を計算し、航空機位置の追跡技術を併せて、連続的に航空機の存在確率の最も高くなる位置を結んだ曲線を航空機の航跡として呈示する。」事として可能であるが、親局 SSR の近傍に PSSR プロファイラを設置する事が可能であれば、SSR 質問信号の内の SLS 信号を受信する事で、正対時以外でも経常的に質問信号の発出時刻をモニタする事が可能となり、上記の膨大な計算を回避する事ができる。

図6はスタガによる親局 SSR の質問時間間

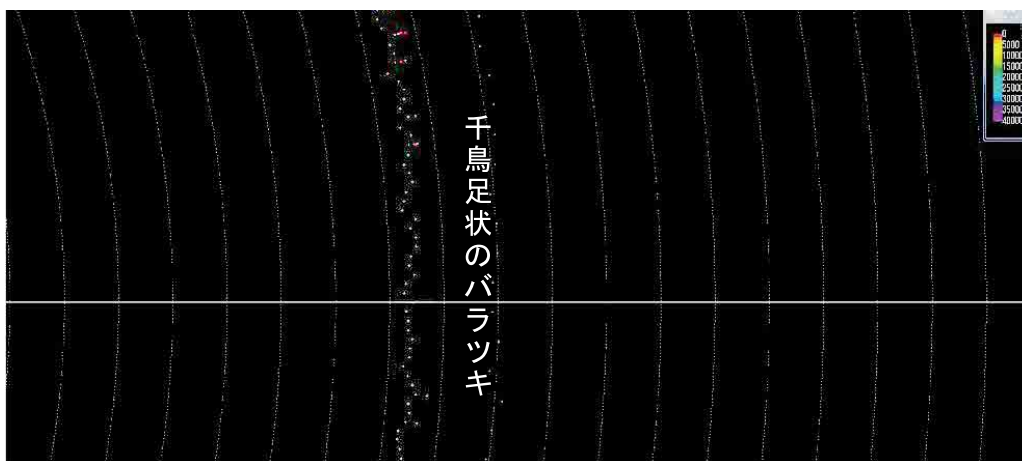


図6 親局 SSR に設定されるスタガによる質問信号発出時間間隔のバラツキ

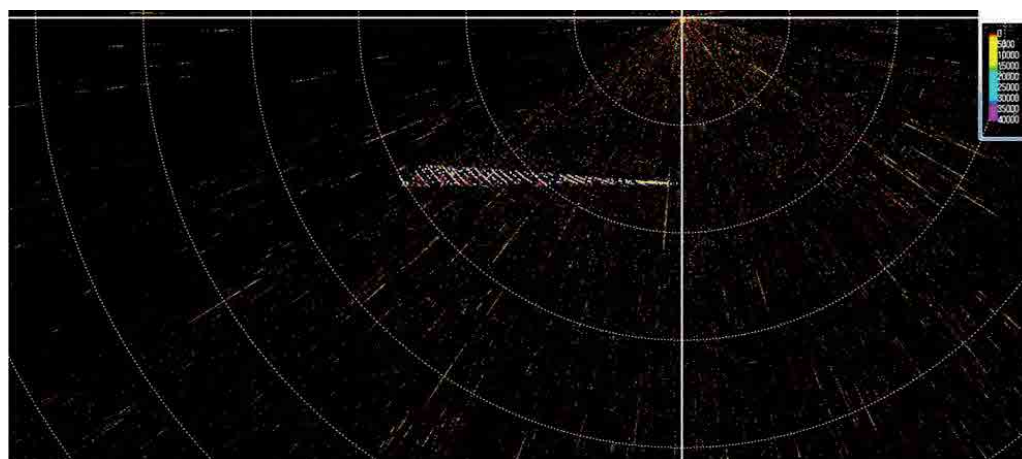


図7 スタガ対応処理により抽出した航空機の航跡

隔のバラツキを視覚化したものであり、図7はスタガ対応処理して得た航空機の航跡である。

分離型 PSSR の実現は、個々の対空監視装置において発生するブラインドエリアの解消方法についても、その設置条件に対応した解消策を提供する。ネットワーク上に複数のプロファイラと多数の対空監視装置を実現すれば、冗長的に高度な堅牢性を有する空域監視網の実現が期待される。

4. おわりに

PSSR はあくまでも親局 SSR の存在を想定したシステムであり、親局 SSR により取得される情報に誰でもがリアルタイムにアクセスできる様な状況になれば、その存在意義を失う。

しかしながら PSSR 技術から開発してきた受

動型レーダ技術は高感度で高度な信号処理技術であり、将来的に、様々な電波源に対応する技術へと発展して行く事が期待される。

文献

- [1] 塩見，植田，“受動型 SSR の機能構成及び評価”，信学技報，Feb. 1998.
- [2] 塩見，瀬之口，“受動型 SSR 試作開発の成果と今後の課題”，第11回電子航法研究所研究発表会，平成23年6月.