

# レーダを用いた目標航跡抽出方法の研究

長崎大学大学院生産科学研究科 小幡 康

レーダは航空機、艦船等の目標を観測するために利用されるセンサであり、航空管制、監視システム等で安全・安心確保のため広く利用されている。ところで、レーダからは目標信号のみでなく不要信号も得られる。得られた信号から目標のみを抽出する処理は従来オペレータが行っていたが、近年の目標の過密化から自動化への要求が高まってきた。この要求に応えるのが航跡抽出技術であり、レーダから得られる観測値の時系列から規則的な運動を抽出し、目標航跡を抽出する。

航跡抽出の 2 大要素として、相関決定と追尾フィルタがある。前者はレーダから得られた観測値群から特定の観測値を選択して既存の航跡と対応付ける処理である。また、後者は対応付けられた観測値から目標の位置、速度等の運動諸元を推定する処理である。不要信号環境下の目標航跡抽出では、とくに、相関処理が重要である。この相関決定の基本方式として従来、目標航跡に対してその予測値に最も近い観測値を割り当てる GNN (Global Nearest Neighbor) が使われていた。しかし、この方式は、目標航跡の抽出遅れや誤航跡の発生が問題であった。この改良方式として、Reid は、複数の割り当て仮説を並行処理して最も信頼性の高い航跡を抽出する MHT (Multiple Hypothesis Tracking) を提案した。しかし、データ構造の問題から、航跡抽出が不可能となる状況の存在が明らかになっている。この難点の解消のため、観測値、航跡候補、仮説を階層型に構成する航跡型 MHT が提案されている。

本研究では航跡型 MHT の航跡抽出方式を検討する。このためには、まず、この方式の既存の GNN や MHT に対する優位性を検証する必要がある。ところで、従来型 MHT に対する航跡型 MHT の優位性は理論的に証明されている。このため、本論文の第 2 章では GNN に対する航跡型 MHT の優位性を示す。具体的には、搜索レーダによる目標航跡抽出を想定した検証で、代表的な観測条件である不要信号であるクラッタの密度、探知確率、観測精度を変えて比較評価した。その結果、条件が厳しい程、両者の差が大きくなり、航跡型 MHT の優位性が顕著になった。以降の第 3 章、第 4 章、第 5 章では目標に応じた航跡抽出方式の改良を行うが、この結果を踏まえて相関決定の基本方式として航跡型 MHT を採用する。

第 3 章では小目標を観測する場合やレーダの送信電力を抑制する場合に問題となる低 S/N (Signal to Noise Ratio) 目標の航跡抽出を考える。この状況に対処するためレーダの検出閾値を下げて探知性能を確保する。しかし、それと同時に誤警報が多数発生し、誤航跡が発生しやすくなる。このため、本研究では航跡型 MHT に対して、観測値の位置情報に加えて信号強度情報を用いた仮説信頼度の計算方法の改良を試みた。さらに航跡の軌跡を後ろ向きに辿ってより低い検出閾値で観測値を検出し、航跡の信頼度を高める後ろ向き予測機能を追加して性能向上を試みた。性能評価の結果、従来の航跡型 MHT よりも目標航

跡の抽出距離を短縮することなく誤航跡が削減されることが分かった。

第 4 章ではクラッタ環境下の目標を対象とした。具体的には、クラッタと目標航跡候補の誤相関低減のため、本研究では観測値のドップラ速度情報の利用を試みた。ところで、低 PRF (Pulse Repetition Frequency) の搜索レーダでは、ドップラ速度の観測値は、送受信の周波数差がパルス繰り返し周波数を越えると真の値から一定幅内に折り返されて得られる。これにより航跡候補と観測値のドップラ速度の照合が困難となる。本研究では航跡候補の予測値と観測値の双方を補正して照合する予測値照合方式を提案した。また、さらなる性能向上のため、航跡候補を観測値の位置情報で平滑してからドップラ速度を照合する平滑値照合方式を提案した。性能評価により、提案方式の誤航跡抑圧の効果と、折り返し幅が狭い条件での有効性を示した。

第 5 章では分離目標の航跡抽出を検討した。ここでは、打ち上げ目標の追尾で、分離後の全目標の追尾を目的とする。そのためには、既追尾目標航跡の維持のみでなく、分離発生目標の航跡抽出が必要となる。本研究では、分離発生目標の追尾安定化のために、航跡候補の初期推定値を既追尾目標航跡から引継いで設定する方式を提案した。性能評価の結果、提案方式は 96%以上の確率で双方の目標を追尾し、更に誤航跡発生数は従来方式より削減されることが分かった。

以上、本研究は、航跡型 MHT を用いた航跡抽出方式の他方式に対する優位性を示すとともに、対象目標に応じた改良を行った。なお、抽出された航跡には追尾維持のレーダビームが割り当てられるが、誤航跡の発生によってレーダの電力資源が浪費される。本研究の提案方式は何れも誤航跡の抑制に効果を示しており、電力資源の有効活用に貢献できる。また、この抑えられた電力資源を観測領域の拡大にも利用できるため、監視レーダの場合にはより安全の確保が容易となる。また提案方式では誤った航跡候補が早期に棄却されるため、演算負荷の削減にも有効である。