

船舶レーダー装置における最新技術の動向

Latest Technology and Trend of Marine Radar

橋本 英樹
Hideki Hashimoto

要 旨

船舶レーダー装置には最新技術が適用されており、その技術は時代とともに変遷している。各技術によって豊富な製品ラインアップを効率良く構築すべく常に工夫がこらされ、この工夫は、船舶レーダー装置の商品価値を決定づける探知性能および表示視認性の向上において特に注力されてきた。さらに、電波の有効利用を目的とした厳しいスプリアス規制の施行に対応するための送信機の技術開発、また新方式固体化レーダー装置の実現に成功した。現代の船舶レーダー装置は、衝突予防のための物標探知だけでなく、波浪解析などへも応用・利用が始まっており、今後の発展が期待されている。

Abstract

The marine radar has been applied the latest technology, and the technology has been changed with the times. JRC is always ingenious in order to efficiently build an extensive product line-up by each technology, and has been efforts to improve the detection performance and display visibility dictate the commercial value of the marine radar. In addition we have succeeded in technical development of the transmitter to respond to the enforcement of stricter spurious regulations aimed at effective use of the radio frequency, and have succeeded development of new solid state marine radar. The modern marine radar is not only used for target detection for collision avoidance, but for application use in such a wave analysis, and is expected to future development.

1. まえがき

当社は1952年に国内で初めて船舶レーダー装置の商品化に成功して以来、船舶レーダー装置の開発・製造・販売・保守を継続し、現在では世界市場で大きなシェアを確保し、当社の主力商品の一つに数えられるまでに成長した。また、船舶レーダー装置には常にその時代の最新技術が応用され、探知性能の向上、信頼性の向上、生産性の向上を図り、競合他社との製品競争に打ち勝ってきた。今回、現在の当社製船舶レーダー装置の製品ラインアップおよびこれらに使用されている最新技術、さらには船舶レーダー装置の将来の発展性について報告する。

2. 製品ラインアップと共通化技術

現在当社が販売する船舶レーダー装置は、小型船およびプレジャーボートへの搭載を想定している7インチ型小型レーダーから、中大型漁船やワークボートへの搭載を想定している中型レーダーを含め、タンカーやコンテナ船などの大型商船への搭載を想定している26インチ型大型レーダーまで、全ての商品レンジに対応できる製品ラインアップを有している。また送受信機ラインアップについても、小型レーダー向けXバンド4kW送信機から大型レーダー向けSバンド30kW送信機まで全てのニーズを満足できるラインアップを有している。

船舶レーダー装置は主に、センサ部分である空中線と、使用者とのインターフェースである指示機で構成される。空中線は送受信機、輻射部および駆動部で構成され、船外の厳しい使用環境において安定動作する高い信頼性を有する。

指示機はレーダー信号処理部、主制御部、表示部および操作部で構成され、探知信号から不要信号を取り除いて明瞭な物標映像を表示部へ表示し、直感的な操作が可能なユーザインタフェースを実現している。

多彩なラインアップを効率よく実現するため、当社の船舶レーダー装置は各所に共通インターフェースの概念を用いており、開発成果物である製品ユニットは複数の製品シリーズで使用可能となっている。主たる共通化は空中線と指示機間インターフェースである。過去の船舶用レーダー装置では製品シリーズごとに異なる信号インターフェースを持ち、製品ラインアップ拡充の障害になっていたが、2002年以降に開発した製品シリーズは全て共通の信号インターフェースを使用し、今日の多彩な製品ラインアップを実現した。また、操作部と主制御部間インターフェースの共通化、主制御部用電気回路や機構部品の共通化も実現し、開発効率および生産性の向上に貢献している。

図1は現在の当社製船舶レーダー装置の製品ラインアップ系統図である。空中線と指示機間のインターフェースを共通化したことにより、全ての市場ニーズを満足できる多彩なラインアップを実現している。

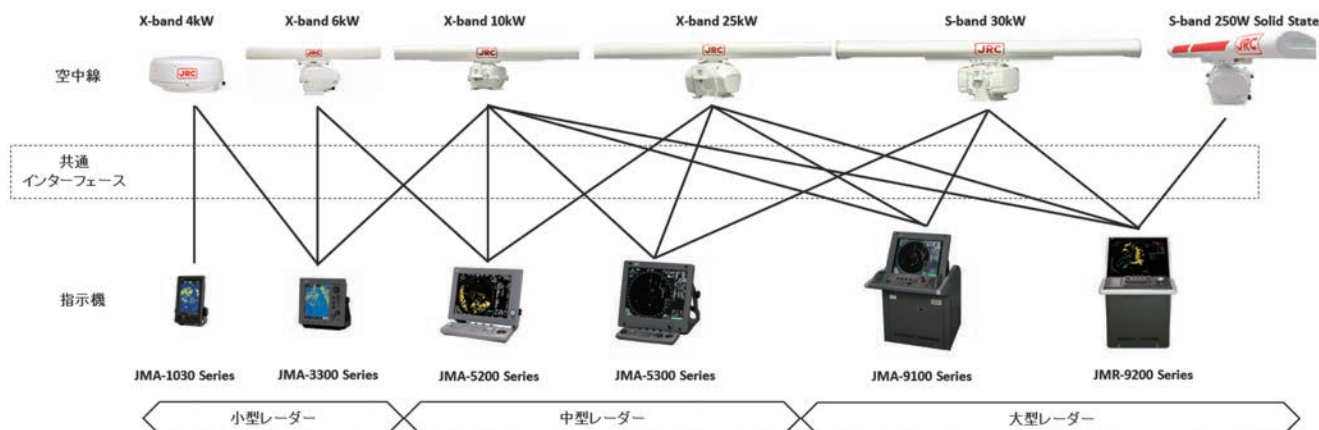


図1 製品ラインアップ系統図
Fig.1 System Diagram for JRC Marine Radar

3. レーダー信号処理/描画処理用コアLSI

船舶レーダー装置の探知性能および表示機能は商品価値を決定づける重要な項目である。当社は1952年の船舶レーダー装置商品化以降、フィールドにて様々な事例を経験し、探知性能向上や表示視認性向上のためのノウハウを蓄積してきた。これらノウハウを効率よく製品の機能性能向上に展開するため、当社ではレーダー信号処理/描画処理コアLSIを自社開発し、全ての製品シリーズへ展開している。

レーダーセンサである空中線から送られるレーダー信号に対し、信号処理LSIは信号波形整形、不要波除去、極座標直交座標変換、視認性向上のための物標拡大や分解能向上処理を行う。また、描画処理LSIはレーダー表示に関する数値情報の表示、ユーザインタフェースのためのグラフィック表示、海図表示などを行う。

当社は広範囲な製品ラインアップへ効率よく対応するため、現在では自社開発した2系統のコアLSIを主に使用している。第一は中大型レーダー向け高機能高性能マルチチップLSI「Tornado」、第二は小型レーダー向け1チップLSI「LUPIM」である。

2004年、Tornadoを搭載した最初の船舶レーダー装置JMA-5300シリーズを発売した。本レーダーは自船の旋回に応じてレーダー映像をスムーズに回転表示させるConstaView機能を世界で初めて実現し、小型船や高速船においてレーダー使用者の視認性を大幅に向上し、特に欧州市場にて大幅な市場シェア拡大を実現した。その後、Tornadoは当社中大型レーダー全機種に展開され、高性能高機能と高信頼性を両立するJRCレーダーの代名詞となった。

2011年、LUPIMを搭載したJMA-3300シリーズを発売した。LUPIMは信号処理部、描画処理部、主制御CPU、物標追尾処理用DSPを1チップに内蔵した多目的SoCである。レーダー指示機機能の大部分を1チップ化することで、小型軽量の指示機を実現することができ、また部品点数の削減は厳しい使用環境下での信頼性向上に貢献している。一方で、LUPIMはレーダー用途だけでなく、無線通信モデムやデータ通信表示端末など、多彩な用途に使用できる共通コア部

品であり、当社共通技術開発部門で開発され、海上機器製品だけでなく当社全事業部の主力製品で活用されている。LUPIMは2014年に発売したタッチ操作方式小型レーダーJMA-1030シリーズにも搭載されている。

そして2015年、Tornadoの後継となる「Blizzard」を搭載した多機能大型レーダーJMR-9200シリーズを発売した。この機種はユーザ操作によりレーダー、電子海図表示装置、コンニングディスプレイを切り替えることができるMFD (Multi Function Display) としての機能を有する。最新Blizzardは、フィールドにて高い評価を受けたTornadoをベースとしており、最新信号処理技術の投入による探知性能向上、高速メモリへの接続とグラフィックプロセッサの搭載による画像描画性能の大幅向上を実現するとともに、物標追尾処理用DSPを内蔵し、レーダー用コアLSIとして新時代の扉を開いた。また、最新の高性能CPUと直接接続が可能なPCIeバスを採用し、電子海図表示装置とのプラットフォーム共通化を実現した。今後、Blizzard搭載レーダーは従来型Tornado搭載レーダーから順次入れ替わる予定である。



図2 自社開発レーダー用LSI
Fig.2 Radar LSIs Developed by JRC

以上紹介したLSIの外観を図2に示す。これらのLSIは、当社のレーダー技術が集約されたレーダー用コア部品であるが、全社の共通技術部門と共同で開発された成果物であり、海上機器だけでなく様々な機器にも用いられている。

4. スプリアス規制への対応

2007年、電波の有効活用を目的とした従来よりも厳しいスプリアス規制が施行された。当社ではスプリアス規制に対応するため、マグネトロンレーダーのスペクトラム狭帯域化技術を開発し、2007年施行のスプリアス規制規格値だけでなく、将来施行が想定されるさらに厳しい規格値を満足する送信機を開発した。

マグネトロン送信機スペクトラム狭帯域化には、マグネトロン、変調回路、立体回路、スプリアスフィルタなど、送信機全てのパーツの改善が必要である。そして、コンポーネント単体の性能改善だけでなく、各コンポーネントを安定動作させるため、相互的なバランスを確保するシステム設計が重要である。

2008年、IMO新性能基準MSC.192(79)に適合する世界初のレーダーJMA-9100シリーズを発売した。このレーダーは次世代のスプリアス規格と考えられている-40dB/dec roll-offマスクにも適合しており、この性能を実現する船舶レーダー装置の量産製品としては世界初となる。

図3はJMA-9100シリーズで使用されているXバンド25kW送信機NKE-1125-6の送信波スペクトル例である。現在の規格値だけでなく、将来施行が想定される規格値-40dB/dec Roll-offマスクを満足している。

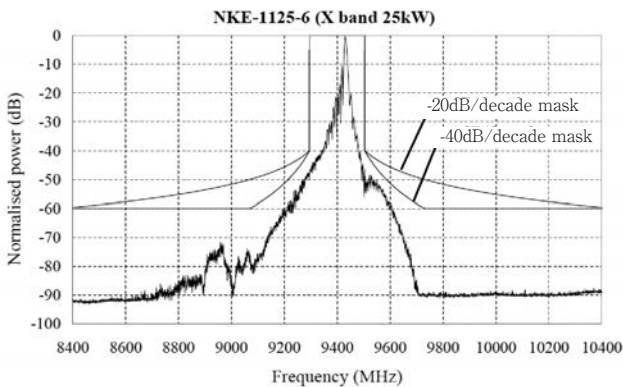


図3 NKE-1125-6レーダー送信波スペクトル例
Fig.3 Transmitting spectrum of NKE-1125-6

5. 新方式固体化レーダー

携帯電話の普及はGHz帯で使用可能な高出力半導体の技術革新をもたらし、その恩恵は船舶レーダー装置における新方式固体化レーダーの誕生につながった。マグネトロン送信機で使用される無変調パルス方式に対し、FMパルス変調方式による探知性能向上技術については従来からよく知られていたが、送信機の実現において高い障壁があったことから、この種のレーダーは事実上軍事用途に限られていた。近年、技術革新により高出力で信頼性が高い半導体アンプの生産が可能となり、船舶レーダー装置においてもFMパルス変調方式が使用可能となった。

2009年、日本メーカーでは初めて（世界では2番目）、固体化送信機を使用したFMパルス方式船舶用レーダーJMA-

9172-SAを発売した。従来マグネトロン方式レーダーでは定期的なマグネトロンの交換が必須であったが、このレーダーは送信機内に定期交換部品を用いていないため、使用者が送信機の寿命を気にせずレーダーを使用することができるようになった。

2015年、当社は第二世代の船舶用固体化レーダーとしてJMR-9282-Sを発売した。このレーダーでは固体化送信機の特性を積極的に活用し、レーダー空中線を大幅に小型軽量化することに成功した。従来Sバンドレーダーの空中線は長さ12ft、質量180kgと巨大なものであったが、新型JMR-9282-Sは長さ8ft、質量85kgとなり、従来Sバンドレーダーの搭載が物理的に困難であった小型船への展開が期待できる。このレーダーの実現には、固体化送信機および内蔵回路の小型化、低消費電力化、立体回路の同軸化、分解能向上処理によるアンテナ長の短縮とそれに伴う駆動部分の小型軽量化が大きく寄与している。

図4は2009年に発売されたFMパルス方式レーダーJMA-9172-SAで使用されているSバンド固体化送信機である。この送信機には、当社がこれまでに培ってきた携帯電話基地局向けアンプ事業における設計・製造技術が生かされている。

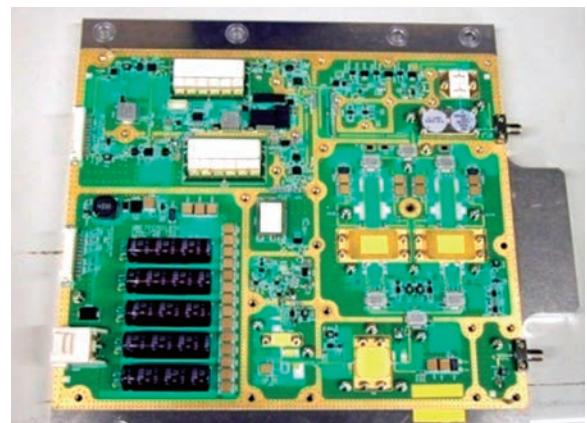


図4 Sバンド固体化送信機
Fig.4 Transmitter for S-band Solid State Radar

6. レーダー技術の応用

従来の船舶レーダー装置は自船の周囲にある物標を探知する衝突予防用途での使用が主たる用途であったが、信号処理技術、画像処理技術の進歩はレーダー信号に含まれる様々な情報を活用し、新たな用途での利用を可能にしている。

2008年、当社はレーダー信号を活用したレーダー波浪解析装置を開発した。この装置は、レーダー信号に含まれる波浪からの反射エコーを解析することで、各種波浪情報（波高、波長、波向き）を算出する。波向きに応じた進路設定や、波浪状況に応じた船速の設定などにより、この装置は船舶の安全航行と運航効率向上に貢献している。

図5はレーダー波浪観測装置の表示画面例である。自船周囲のレーダーエコーを表示しつつ、解析結果である波浪情報を表示している。最新のレーダー波浪解析装置では複数

の解析エリアを持ち、解析結果の精度向上を図っている。

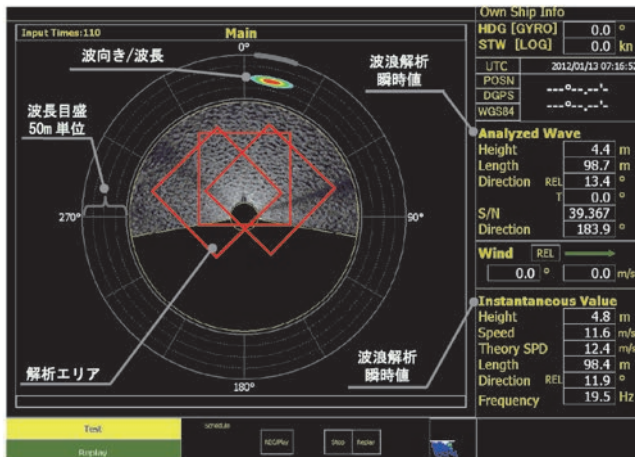


図5 レーダー波浪解析装置表示画面

Fig.5 Display Image of Radar Wave Analyzer

今後は、同種技術の応用展開により、流水探知やオイル流出探知などのアプリケーション実現に期待ができる。

7. あとがき

今回のレポートでは、現在当社が販売する船舶レーダー装置のラインアップやそれを実現する各種技術について述べた。レーダー技術は第二次世界大戦期に実用化された息の長い技術ではあるが、デバイスなどの技術革新により各時代で新たな機能性能を実現する新世代のレーダーとして生まれ変わってきた。レーダーは自律的に周囲を探知できる唯一のセンサであることから、今後も船舶用途のみならず多方面で活用され続け、さらなる発展が期待される技術分野である。当社はレーダー技術を自社独自技術の一つとして位置づけ、技術開発を継続し、社会の安全安心の実現に貢献してゆく。

最後に、当社船舶レーダー装置の開発・製造・販売・保守に貢献された諸先輩方をはじめとする関係各位に深く感謝いたします。

用語一覧

CPU: Central Processing Unit (中央処理装置)
 DSP: Digital Signal Processor (デジタル信号処理用プロセッサー)
 FM: Frequency Modulation (周波数変調)
 IMO: International Maritime Organization (国際海事機関)
 LSI: Large Scale Integrated circuit (大規模集積回路)
 PCIe: PCI Express (拡張型PCI)
 SoC: System on Chip (システム機能を1チップにまとめたLSI)