中型船舶用レーダーJMR-5400シリーズの開発
Development of Marine Radar JMR-5400 Series

溝口　武　　齋藤壽寛　　栫　徳男
Takeshi Mizoguchi　Toshihiro Saito　Norio Kakoi

要　旨

本稿で紹介する中型レーダーは，大型レーダーJMR-9200/7200シリーズをベースに，処理部の小型化，電源のDC化を実現した中型漁船及びワークボート向けのレーダーである。機能面では，従来の中型レーダーに比べ「近距離映像識別性能の向上」「C-MAP MAX チャート／new pecへの対応」「モニター視認性の向上」「使い易さの向上」を実現した。特に，レーダー信号処理においては，信号処理部に採用したASICの機能を最大限に活用することにより，小物標の探知性能を大幅に改善した。また，新たに開発したX帯25kWマグネトロン空中線では，「新同調システム」「薄型アンテナ」の開発により，安定性及び信頼性を向上させた。

Abstract

The middle class radar introduced in this report is a radar for medium-sized fishing boats and work boats which realized miniaturization of processing unit and DC power supply based on JMR-9200/7200 series radars. Compared to the conventional middle class radar, JRC has realized “improvement of short distance performance”, “correspondence to C-MAP MAX chart and new pec”, “improvement of monitor visibility”, and “improvement of the easy usability” in the functional aspect. Particularly, in the radar signal processing, by fully utilizing the function of the ASIC adopted for the signal processing unit, the detection performance of the small target has been greatly improved. Moreover, by developing the “new tuning system” and the “thin antenna” in the newly developed antenna which uses the X-band 25 kW magnetron, the improvement of stability and reliability has been realized.

1. まえがき

近年，国内の中大型漁船において，より効率良く操業を行うために漁労機器の高機能化，高性能化が要求されている。さらに，欧州における中大型漁船においても，高付加価値船の建造が進んでおり，それらの要求を満たす漁労機器が求められてきた。

このような市場の要求に応えるため，現場が求める機能や性能を実現した船舶用中型レーダーJMR-5400シリーズを開発した。

本稿では，JMR-5400シリーズレーダーの装置概要，システム構成，機能について紹介する。

なお，本稿ではIMO（International Maritime Organization）性能基準カテゴリー2に適合したレーダーを中型レーダーと表記する。

2. 装置概要

JMR-5400シリーズレーダーは，IMOで規定された性能要件に加え，不要波除去機能，メニューカスタマイズ機能，TT/AISハイライト機能など，従来機のユーザから求められた機能と性能を備えている。本装置は，空中線，処理部，表示部，操作部から構成され，当社独自のレーダー信号処理技術や電子海図表示におけるコアソフトウェア技術をベースにして，鮮明なレーダー映像表示や高速なチャート表示を可能としている。表1に主要諸元を示す。

表1　主要諸元
Table 1　Main Specifications

項目	仕様
性能要件	IMO Resolution MSC192 IMO Resolution MSC191 IMO Resolution A.694(17)
モード	レーダーモード 合成モード プロッターモード（オプション）
空中線	X帯 10kW マグネトロン X帯 25kW マグネトロン S帯 30kW マグネトロン S帯 250W 固体化
表示部	26インチワイドLCD 19インチLCD （有効直径250mm）
表示チャート	C-MAP MAX※1 ※2 new pec※3 ※4
外部メディア	USBメモリ C-MAP MAXチャートカード
電源入力	DC21.6～31.2V

3. システム構成

3.1 レーダーシステム

本装置のシステム構成例を図1に示す。

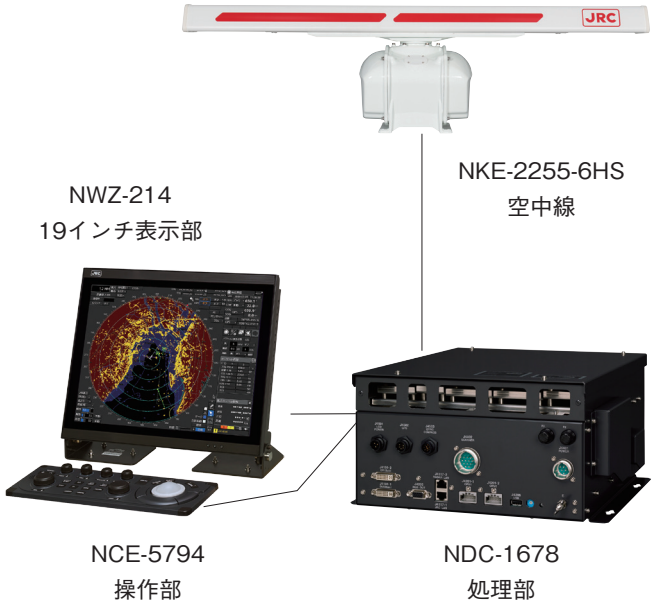


図1 システム構成図
Fig.1 System Configuration

空中線は，X帯10kWと25kW，及びS帯30kWのマグネトロンタイプに加え，S帯250W固体化タイプをラインナップし，幅広い市場のニーズに応えられる構成としている。

3.2 表示部

表示部は，26インチ表示解像度WUXGA，及び新規に開発した19インチ表示解像度SXGAの2種類があり，両者ともにフラットデザインをベースとしている。JMA-5300MK2シリーズをはじめとする従来機より高い輝度・コントラストを持ち，特に19インチタイプは，バックライト輝度1,000[cd/m²]を実現しており，直射日光下での視認性を大幅に改善している。

また，前面はIP65防水保護等級性能があり，ブリッジ外など設置場所を選ばない構造である。

3.3 処理部

大型レーダー JMR-9200/7200シリーズで採用している当社独自開発のレーダー用ASICを搭載することで，高機能かつ高性能な処理を実現しつつ，回路規模の増大を抑えることで従来の中型レーダーと同等寸法を実現している。また，外部機器との接続においては換装需要への対応を考慮し，従来機のインタフェースを踏襲し，入力電源仕様も従来機と同様にDC24Vとした。

さらに，オプションとして電子海図表示（C-MAP MAXとnew pec）やプロッタ機能を追加することで，ユーザが求める様々な利用シーンへの対応を可能とした。

3.4 操作部

トラックボールのみで操作可能なGUIに合わせ，シンプルかつコンパクトな操作部を標準構成としている。また，USBポートを持ち，ユーザ用メモリを接続してデータバックアップやソフトウェアアップデートに使用することができる。さらに，チャートカードスロットを持ちC-MAP MAXチャートカードを使用することが可能である。

3.5 空中線

組み合わせ可能な空中線は表2の通りである。X帯25kWタイプについては，従来機からモデルチェンジしたNKE-2255型空中線をラインナップに追加した。なお，NKE-2255については次章で述べる。

表2 空中線
Table 2 Scanner Unit

型名	諸元
NKE-2103-6	6ft, X帯, 10kW, マグネトロン, 27rpm
NKE-2103-6HS	6ft, X帯, 10kW, マグネトロン, 48rpm
NKE-2255-7	7ft, X帯, 25kW, マグネトロン, 24rpm
NKE-2255-9	9ft, X帯, 25kW, マグネトロン, 24rpm
NKE-2255-6HS	6ft, X帯, 25kW, マグネトロン, 48rpm
NKE-1130	12ft, S帯, 30kW, マグネトロン, 24rpm
NKE-1632	12ft, S帯, 250W, 固体化, 24rpm
NKE-2632	8ft, S帯, 250W, 固体化, 24rpm
NKE-2632-H	8ft, S帯, 250W, 固体化, 48rpm

4. 新型空中線

今回，JMR-5400シリーズのX帯25kWマグネトロンタイプとして，NKE-2255型空中線を新規に開発した。外観を図2に示す。

図2 空中線 （NKE-2255）
Fig.2 Scanner Unit （NKE-2255）

このNKE-2255は，実績がある従来の主筐体形状と構造を継承しつつ，主筐体機内を構成するモジュール（送信部，受信部，制御部，駆動部，電源部）を一新した。これら機内モジュールは，電源供給システムを最適化するなど個々

の動作における独立性を高める回路構成とするとともに，各モジュールの詳細な動作状態の監視を可能とすることで，信頼性や保守性を向上させている。

空中線を構成する輻射部も新規に開発し，薄型化とともに垂直面指向特性を改善した。薄型化により耐風速性を高めることで，駆動部への負荷を軽減し，信頼性を向上させている。垂直面指向特性については，サイドローブを改善することで設置場所や船体構造に起因する偽像現象の発生を低減させ，処理部の信号処理と組み合わせて調整することによりレーダーとしての探知性能を向上させている。

また周囲環境や動作状況に伴い送信周波数が変移するマグネトロンを使用したレーダーにおいて安定した性能を確保するためには，受信側で周波数を制御し，送受信の同調をとるシステムが必要となる。従来機では受信側の周波数を掃引することで，通過する受信電力が最大となるよう制御していたが，周波数を掃引している時間はレーダー映像が安定しないという問題がある。これに対してNKE-2255では，受信信号を広帯域観測し，主要成分の周波数を算出することで，即座に同調をとるシステムを実装している。この新たな同調システムによって，従来機のように同調をとるための周波数掃引が不要となり，常に安定したレーダー映像の提供が可能である。

5. 機能

本装置の主な機能を以下に示す。

5.1 不要波（クラッタ）除去機能

船舶用レーダーにおいて，海面反射などの不要波（クラッタ）を除去するために様々な処理が行われるが，その一つにCA-CFAR（Cell Averaging Constant False Alarm Rate）と呼ばれるしきい値算出処理がある。

従来機では，このCA-CFARで行われるしきい値算出処理において，受信信号レベルの変動が大きい近距離では，常に適正なしきい値の算出が困難であった。そこで本装置では距離に応じて処理データ数の重みづけを適切に変化させることで，近距離でも不要波のレベル変動に追従して適正なしきい値の算出が可能となり，不要波の除去性能が向上した。

また，一般的に近距離の小物標（小舟など）は不要波と区別が付きづらく，小物標の検出が困難な傾向にある。この課題に対して本装置では，通常のレーダー映像表示処理とは別に，近距離探知専用の信号処理で近距離の物標検出を行い，通常のレーダー画像に合成することで，近距離の小物標の検出確率を向上させている。

これら，不要波除去機能の効果を図3に示す。

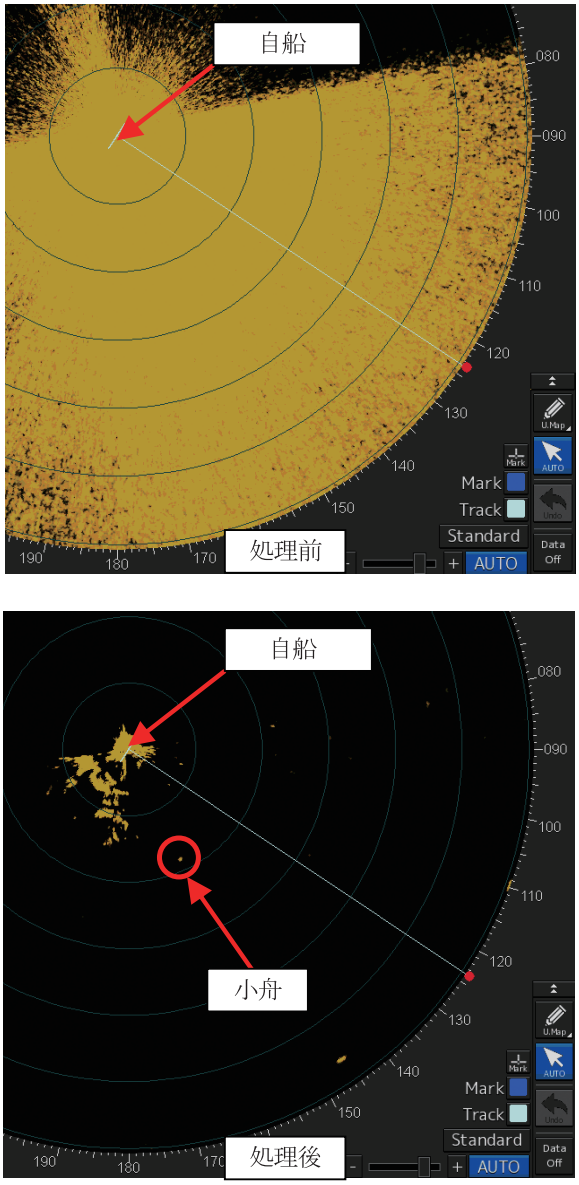
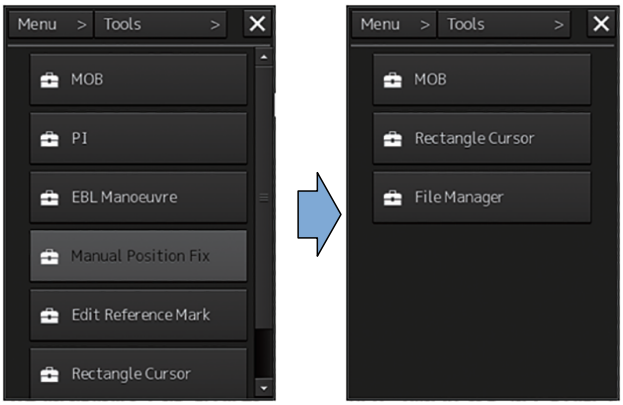


図3　クラッタ抑圧性能
Fig.3　Clutter suppression

5.2 メニューカスタマイズ機能

従来機は，多機能であるがゆえに設定メニュー項目が多く，操作が複雑となる傾向にあった。これは，ユーザ毎に各機能の使用頻度が様々であるため，特定の機能に絞り込んだメニュー表示ができず，結果として「使いたい機能のメニューを容易に見つけることが困難」といった問題が生じていた。

本装置では上記の課題を解決するために，メニュー表示のオン／オフ機能を実装し，ユーザが使用しないメニューの表示を消すことを可能とした。これにより，メニューにはユーザが使用する項目だけの表示が可能となり操作性が向上した。メニューカスタマイズ機能の実施例を図4に示す。



カスタマイズ前　　カスタマイズ後

図4　メニューカスタマイズ例

Fig.4　Menu customization example

また，使用頻度が高いメニューを「お気に入り」に登録することにより，メニュー階層の深い位置にある項目へのアクセスも容易とした。

5.3　TT/AISハイライト機能

TT(Target Tracking）機能とAIS（Automatic Identification System）は，衝突予防の他に僚船の監視にも使用されるため，より多くの目標を表示することが求められる。本装置では，オプションの追加によって，最大でTT目標を100隻，AIS目標を1,000隻表示させることが可能である。

また，従来機では注視したい目標と他の目標の区別ができないため，周囲に多くの船舶が存在している状況，つまりレーダー画面上に多くのTT目標，AIS目標が表示されている状況で，注視したい目標を探すことは困難であった。

本装置では上記の課題を解決するために，TT/AISハイライト機能によって，注視したいTT目標，AIS目標のハイライト表示を可能としたため，ひと目で動向を把握できる。

注視したい目標の指定は，目標を直接指定する他，目標番号や針路，速度による指定が可能である。また，AIS目標については，MMSI（Maritime Mobile Service Identity）による指定も可能である。TT/AISハイライト機能の実施例を図5に示す。

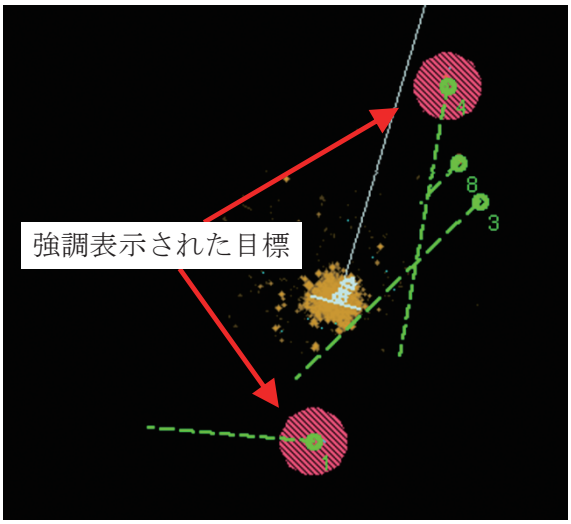


図5　TTハイライト表示

Fig.5　Highlighted TT

6.　あとがき

JMR-5400シリーズレーダーについて，装置概要，システム構成，機能を紹介した。本装置が，船舶の安全航行支援に加え，漁船の操業支援，ワークボートの運行支援に貢献することを大いに期待する。

用　語　一　覧

AIS: Automatic Identification System（自動船舶識別装置）
CA-CFAR: Cell Averaging Constant False Alarm Rate
（セル平均定誤警報確率）
IMO: International Maritime Organization（国際海事機関）
MMSI: Maritime Mobile Service Identity（海上移動業務識別コード）
SXGA: Super eXtended Graphics Array（1,280×1,024ピクセルの解像度）
TT: Target Tracking（目標追尾）
WUXGA: Wide Ultra eXtended Graphics Array
（1,920×1,200ピクセルの解像度）

※1　C-MAP MAXは，C-MAP社が提供する電子海図データです。

※2　C-MAP MAXを表示するには，表示したい地域のC-MAPカードが別途必要です。

※3　new pecは，日本水路協会が提供する航海用電子参考図の名称です。

※4　new pecを表示するには，オプションを追加する必要があります。