

欧州河川向けリバーレーダーJMA-610の開発

Development of JMA-610 River Radar for European River

伊藤 智 恭

Tomoyasu Ito

岡 留 健二郎

Kenjiro Okadome

溝 口 武

Takeshi Mizoguchi

樋 口 穰 司

George Higuchi

中 村 宏

Hiroshi Nakamura

要 旨

リバーレーダーは、ライン川に代表されるヨーロッパ国際河川で運航する船舶に搭載されるレーダーである。1992年にライン川とドナウ川を結ぶ運河が完成したことにより、北海から黒海までの航行が可能となるなど運河交通網の発達した欧州では、船舶による内陸輸送需要が増加している。そのような運河や、運河で結ばれた河川の水路の多くは狭く、これを安全に航行するためには航海用レーダーに比べ、高い距離分解能を有するリバーレーダーの搭載が必要とされる。今回開発したJMA-610リバーレーダーは、前モデルJMA-609の後継機として、さらに高機能、高性能化を図ったモデルである。

Abstract

The river radar is a radar installed for the ship operated in a European international river, for example, the Rhine. The inland transportation demand for the ship increases in Europe where the canal transport links develop as sailing from the North Sea to the Black Sea can be possible after the canal between the Rhine and the Danube was completed in 1992. The river radar which has higher range discrimination than the marine radar needs to be installed in order to sail safely along many narrow waterways in the rivers connected with the canal. JRC has newly developed the JMA-610 river radar which features higher performance and more useful functions than the former model JMA-609.

1. ま え が き

ヨーロッパ河川の多くは人々にとって貴重な水を供給する水源であると共に、古くから水路として盛んに利用され、運河や閘門が整備されてきた。特に、ライン川やドナウ川で代表される複数の国に渡って流れる国際河川は内陸部への重要な水路となっている。1992年にはライン川とドナウ川を結ぶ運河であるライン・マイン・ドナウ運河が完成したことにより、北海から黒海までの航行が可能となり、現在では内陸部への輸送路としてだけでなく、ヨーロッパを縦断する重要な交通路となっている。図1にライン川を航行する船舶の様子を示す。

近年、環境問題や輸送効率などが論じられる中、船舶での輸送は、他の輸送手段よりCO₂排出量や騒音量、輸送効率に優れ、環境負荷に優位である^②ことから輸送需要が増加^③している。輸送に使用される船舶は、貨物船やタンカー、コンテナ船などであるが、河川運航で特徴的な船の形状として、海上と比べて波立つことが少ないため、数隻を連結して航行する船舶が存在する。この場合、連結された船舶の全長が300mにもなることがあるが、このように大型化した船舶も他船同様に運河や、運河で結ばれた狭い水路を通行する。これを安全に航行するためには航海用レーダーに比べ、高い距離分解能を有するリバーレーダーの搭載が必要とされる。搭載されるリバーレーダーはドイツ連邦水路行政交通技術センター施行のヨーロッパ河川特有の検定規格ETSI（ヨーロッパ電気通信標準化協会）EN 302 194-1 (V1.1.2)に適合する必要がある、JMA-610はこの規格に適合

している。



図1 ライン川を航行する船舶の様子
Fig.1 Appearance of ships in the Rhine

2. 開発概要

開発は主に、ETSI EN 302 194-1(V1.1.2)に規定される、15m以下の距離分解能を満足させると共に、前機種より高性能、高機能を目指すとすべく、以下に挙げる主要なアイテムについて開発を行った。

(1) レーダービデオサンプリング方式の改善

レーダービデオサンプリング方式の改善により、従来発生したレーダーエコーの揺らぎを排除し、距離方向の位置

ずれを解消した。これにより、従来製品よりも高精細なレーダーエコー表示を実現した。

(2) 不要発射の低減技術

変調回路とマグネトロン動作を最適にすることで、従来より狭い送信スペクトラム特性を実現した。

(3) 高性能受信機を用いたビデオ信号最適化技術

大型レーダーで培った高ダイナミックレンジ受信性能を利用し、ビデオ出力段回路をリバーレーダー用に最適化することで、最小探知距離性能15mを実現した。

(4) LANインタフェース技術

LANによる画像配信およびレーダー操作を可能とした。他社製チャート表示機上にレーダー映像を重畳するシステムを容易に構成可能とする。

(5) INLAND AISシンボル表示に対応

INLAND AIS規定センテンスの受信および情報表示を行う機能により、ヨーロッパ河川特有のシンボルであるブルーサインや信号機の表示を可能とした。

(6) Photoshot®

レーダー画面を最速15秒間隔で内部メモリに自動取得し続ける機能により、過去約20分間（15秒間隔時）の画像を記録することが可能である。万一の衝突等事故が起こった場合、原因究明に役立てることができる。

3. 主要諸元

図2に空中線の外観を示し、主要諸元を示す。



図2 NKE-316形空中線
Fig.2 Scanner unit NKE-316

(1) 空中線 NKE-316

- (a) 外形寸法：457mm(H)×スイングサークル2288mm
- (b) 質量：約36kg
- (c) アンテナ長：7ft
- (d) ビーム幅：水平1.0度/垂直25度
- (e) 偏波面：水平
- (f) 発振管：マグネトロン
- (g) 電波形式：P0N（無変調無情報パルス）
- (h) 送信尖頭出力/周波数：9410MHz / 4.9kW
- (j) 最小パルス幅：50ns
- (k) 回転数：24/36/48rpm/Range AUTO
- (l) 受信機増幅器：対数増幅器
- (m) 中間周波数：60MHz
- (n) 雑音指数：平均7.5dB

図3に表示部、処理部、操作部の外観を示し、主要諸元を示す。



表示部
Display unit



NDC-1486形処理部
Processor unit NDC-1486



NCE-7882A形操作部
Keyboard unit NCE-7882A

図3 表示部/ NDC-1486形処理部/ NCE-7882A形操作部

Fig.3 Display unit / Processor unit NDC-1486
/ Keyboard unit NCE-7882A

(2) 制御ユニットNCM-883（処理部NDC-1486と操作部NCE-7882Aを接続して制御ユニットになる）

(a) 外形寸法

処理部 NDC-1486 : 360(W)×170(H)×340(D)mm

操作部 NCE-7882A : 290(W)×45(H)×123(D)mm

(b) 質量

処理部 NDC-1486 : 約6.9kg

操作部 NCE-7882A : 約1.0kg

(c) 距離範囲：0.15/0.3/0.5/0.8/1.2/1.6/2/4/8/32km

(d) 表示モード：相対Head-up / North up

(e) 最小探知性能 / 距離分解能

15m以下 / 15m以下

(f) モニタ出力

アナログRGB, デジタルDVI

(g) 解像度

SXGA (1280×1024ピクセル)

(h) AIS

最大表示100ターゲット

(受信した船名を1000ターゲットまで記憶可能)

INLAND AISシンボル表示可能

(i) LAN

100Mbps (100BASE-TX)

レーダー画像配信：UDP/IP

レーダー制御：TCP/IP

(j) 航海装置からの入力信号

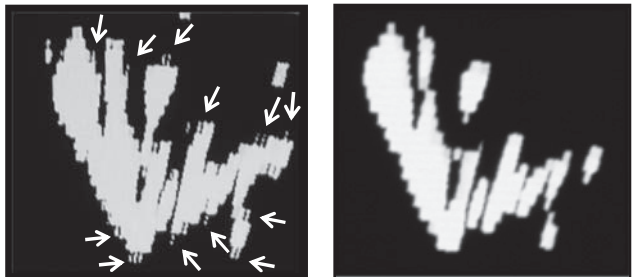
IEC61162-1/2準拠

アナログ信号ROT20mV/RSA20mV

4. レーダービデオサンプリング方式の改善

従来のレーダーシステムでは、レーダーエコー表示にお

いて、距離方向の揺らぎが発生していた。この揺らぎは非常に小さく、航海用レーダー最小レンジ(0.125NM(=231.5m))では、実用上問題にはならなかった。しかし、航海用レーダーに比べて距離分解能の優れたリバーレーダーでは、最小150mレンジが用意されており、150mレンジで観測した場合、図4の左図に示す矢印部分のように、レーダーエコーに細かな線状の映像となって現れてしまう。本レーダーでは、レーダービデオサンプリング方式の改善により、図4右図に示すなめらかなエコー表示を実現した。



従来のエコー表示例 (Radar echo of usual) 本レーダーのエコー表示例 (Radar echo of this system)

図4 レーダービデオサンプリング方式の改善効果

Fig.4 Effect of improvement of radar video sampling method

5. 不要発射の低減技術

近年規制が強化される傾向にある不要発射(スプリアス)の低減を実施した。

スプリアスの低減方法は、従来のマグネトロンより立ち上がり特性の優れたマグネトロンを採用し、マグネトロンが最適に発振すべく、パルス幅50nsecを含めた変調回路を変更し、マグネトロンドライブ回路波形の改善を行った。さらに立体回路系において、スプリアスフィルタを含めた最適化を図ることで、送信パルス幅50nsecにおいて、図5に示すスペクトラム特性を間接法で得た。

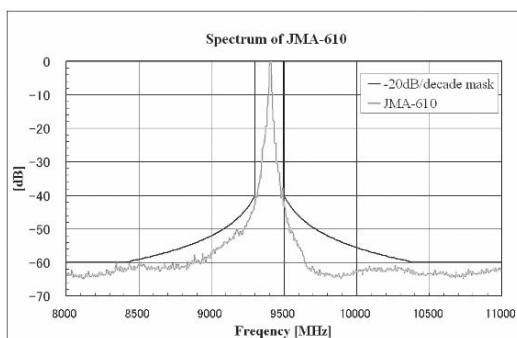


図5 スペクトラム特性(間接法)

Fig.5 Spectrum characteristic(Waveguide method)

さらに、スプリアスフィルタを強化することで、将来のレーダーに適用されるであろう帯域外領域マスク-40dB/decadeのスプリアス基準に対応できることを確認している。

6. 高性能受信機を用いたビデオ信号最適化技術

受信機出力段では、中間周波数を除去したレーダービデオ波形が出力される。本ビデオ回路の改善により、送信パルス幅50ns時において、最小探知距離15mおよび距離分解能15mを実現した。図6は同性能試験を実施したときのレーダーエコーで、アンテナ高は10mである。15m間隔で並べた有効反射断面積10m²のリフレクタを分解表示していることが分かる。

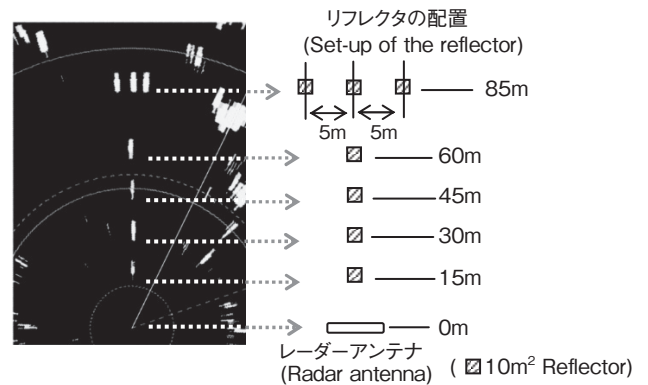


図6 探知性能実験結果

Fig.6 Result of the radar detection performance test

7. LANインタフェース

LANによる画像配信では、受信側の処理能力やネットワークの状況等に応じた配信を可能とした。画像配信にはマルチキャストを採用しており、複数の相手に対して画像配信する場合でも、使用するネットワーク帯域幅を最小とした。また、信号処理済みのレーダー画像を配信することにより、受信側が比較的簡素な構成であっても、高品質なレーダー画像を表示可能とした。

LANによるレーダー操作では、ユーザが通常行う操作/設定を全て可能としたことにより、レーダーの遠隔操作や、他社製チャート表示機上にレーダー映像を重畳するシステムの構築を容易に実現可能とした。図7にLAN配信したレーダーエコーの表示例を示す。

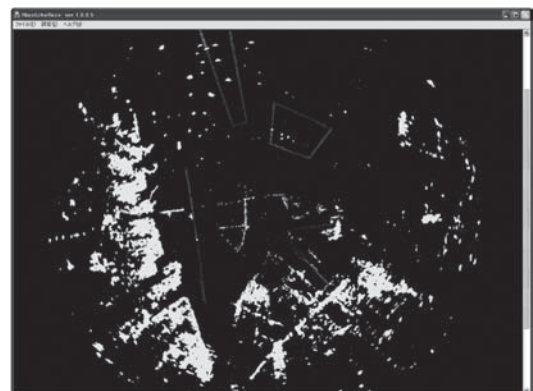


図7 LAN配信したレーダーエコーを Windowsアプリケーションで受信した例

Fig.7 Sample of radar echo which was received by windows application

8. INLAND AISシンボルの表示

AISは船名、位置、速力、針路、目的地、コールサインなどの情報を定められたセンテンスにて他船向けに発信する無線装置である。これに対応した受信装置を用い、AIS情報を受信、解析し、レーダー画面上に重畳することで物標が他船であることが容易に分かると共に、その動静も把握でき、船舶の安全航行に有益である。こうしたAISを内陸地域に対応させたものがINLAND AISである。海上で使用されるAISと違い、地域性のあるセンテンスが設定されており、その中には図8、9に示す、ヨーロッパ河川特有のシンボルである、河川用信号機やブルーサインなどがある。



図8 ライン川沿いの信号機
Fig.8 Signal along the Rhine



図9 INLAND AISシンボルを表示したテスト画面
Fig.9 Symbol of INLAND AIS on the test display

本レーダーでは河川用信号機やブルーサインをレーダー画面上に表示可能とし、ヨーロッパ向けINLAND AISにいち早く対応した。

9. Photoshot[®]

従来から、レーダー画面のコピーをメモリカードに記録する(画面キャプチャ)機能はあったが、専らメンテナンス時の記録確認用としてサービスマンが使用していた。

今回この画面キャプチャ機能を応用し、自動で画面キャプチャし続けるシステムを構築した。開発した自動画面キャプチャ機能には、キャプチャ間隔を1分以上として直接メモリカードに記録するAUTO-1モードと、キャプチャ間隔を

最速15秒とし、過去約20分間のキャプチャデータをレーダー処理基板上のメモリに一次記録し、必要に応じてメモリカードに書き出すAUTO-2モードを用意した。尚、これら機能はPhotoshot[®]と名付けられ、操作ボタンは直感的に分かり易くするため、図10に示すようなカメラマークをシンボルとした。



図10 画面上のソフトボタンPhotoshot[®]シンボル
Fig.10 Symbol of Photoshot[®] soft button on the display

10. まとめ

欧州河川向けリバーレーダーJMA-610の主な仕様を示し、その機能および性能について開発内容を紹介した。

最後に、開発に当たりご指導、ご協力を頂いた関係各位に深く感謝致します。

用語一覧

ETSI: European Telecommunications Standards Institute
(ヨーロッパ電気通信標準化協会)

LAN: Local Area Network
(ローカル・エリア・ネットワーク)

INLAND AIS: Inland Automatic Identification System
(内陸地域自動船舶識別装置)

AIS: Automatic Identification System
(自動船舶識別装置)

ブルーサイン: ヨーロッパ地域の河川において、左側通行の船舶がすれ違う際に、対向船の右舷を通行したいという意思表示であると同時に、対向船は自船の右舷を通行しても良いという意思表示を行い、河川航行での衝突を回避する。この時 사용되는意思表示板が青色であることからブルーサインという。

参考文献

1. “河川運航船舶向けレーダー JMA-609”, 日本無線技報 No.48, 2005
2. 山梨大学 生きもの巣づくり研究会講演1998資料, “ドイツのミチゲーション・その2 マイン川・運河”, <http://www.js.yamanashi.ac.jp/~skita/society2.html>
3. “欧州港湾事情 ～オランダ国・ロッテルダム港～”, 財団法人国際臨海開発研究センター, Quarterly 79, 2009