レーダーリモートセンシング実習システムの開発
Development of Radar Remote Sensing Training System

高 松 政 彦 Masahiko Takamatsu　吉 田 清 Kiyoshi Yoshida　藤 本 卓 司 Takuji Fujimoto　荒 井 秀 伸 Hidenobu Arai

要　旨

近年，レーダー技術は船舶や気象のみならず，多種多様な物標の位置，動きを探知する用途が求められるようになった。こうした要望にレーダーがどのように応えられるのかを実証する，また，教育訓練のツールとして使用する目的で，当社は，船舶用レーダーを応用して安価で装備が容易，かつ高価な専用回線を使用せずに公共のインターネット経由で遠隔地においてもレーダーの制御やデータ収集が可能な陸上設置型の実習用レーダーシステムを開発した。このシステムは，教育現場において，レーダーリモートセンシング工学を習熟し，さらに港湾・航空管制の基礎知識を身につける教材として利用できる。

Abstract

In recent years, radar technology is required not only to detect ship and weather, but to detect many kinds of position of target and movement. JRC has developed land equipped radar system to substantiate how it meets the need for training. This system is based on marine radar equipment, so it’s low cost and easy to equip. More ever, It will be able to collect the radar data and controlling system using the internet without expensive leased line. This system is used to be proficient in the radar remote sensing engineering, basic knowledge of ports and air traffic control as teaching tools.

1. まえがき

以前，当社が仙台高等専門学校殿に納入した従来型の実習用レーダーシステムは，ネットワークに対応しておらず，遠隔制御監視も不可能であり，直接レーダーのビデオ信号を観測表示するのみであった。近年，要求される関連技術は，通信回線を経由した装置の遠隔制御，監視，データ伝送の考えが必須であり，データや映像の記録再生活用術，受信信号の解析，信号処理理論習得，海図・航空路線の学習，ネットワークの知識習得など，その利用目的は多岐に渡る。

今回，そのような幅広い要求に対応できる実習用レーダーシステムを開発したので，本システムの概要及び運用形態について紹介する。

2. 装置概要

今回開発したシステムは，センサ側と監視側に分かれて機器が設置され，両サイトはインターネットにより接続される。センサ側には送受信機内蔵型レーダー空中線，AIS受信機，ADS-B受信機，監視カメラが設置される。AISは船舶から送信される識別子，船名，現在位置，針路などの各種情報を受信し，ADS-Bは，航空機から送信される識別子，現在位置，高度などの情報を含んだ信号を受信する。これに対し，監視側には，レーダー制御及び船舶情報をモニタするための遠隔操作表示部，航空機の位置情報を表示するADS-B表示装置，監視カメラをモニタするための表示装置が設置される。

レーダーで取得したエコー情報，追尾情報，AIS受信機で取得した船舶情報，ADS-B受信機で受信した航空機の位置情報及び監視カメラ映像は，ネットワークを経由して監視側の遠隔操作表示部，ADS-B表示装置，監視カメラ表示装置に伝送される。また，センサ側の各機器は監視側から遠隔で電源のON/OFF制御が可能であり，無人運用にも対応している。

システムの構成図を図1，機器の写真を図2，図3及び図4，レーダー装置仕様を表1，ADS-B受信装置仕様を表2，監視カメラの仕様を表3，遠隔操作表示部のハードウェア仕様を表4に示す。

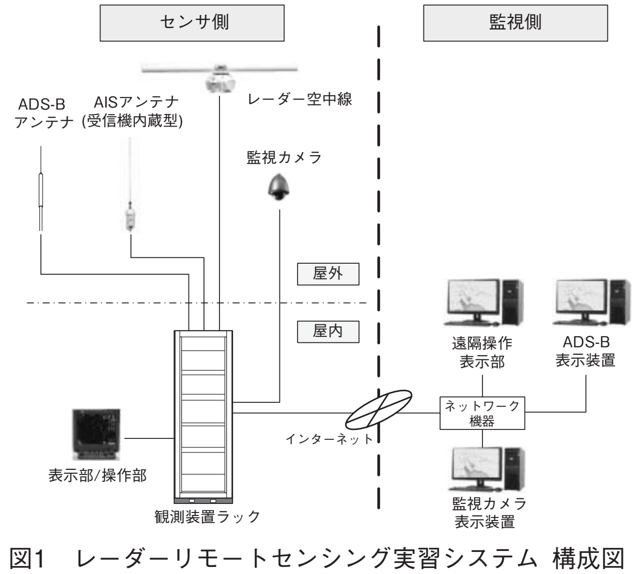

図1　レーダーリモートセンシング実習システム 構成図
Fig.1　Configuration of Radar Remote Sensing Training System

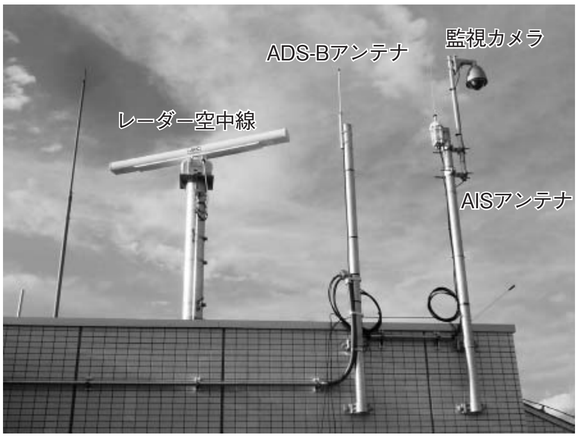

図2　センサ機器
Fig.2　Sensor Equipment

図3　屋内機器（センサ側）
Fig.3　Indoor Equipment（Sensor Station）

図4　屋内機器（監視側）
Fig.4　Indoor Equipment（Monitor Station）

表1　レーダー装置仕様
Table 1　Specifications of radar equipment

項目	仕様
輻射部長さ	9フィート
送信出力	25kW
送信周波数	9,410MHz
ビーム幅	水平1.0°以下，垂直20°以下
回転速度	24rpm
偏波	水平偏波

表2　ADS-B受信装置仕様
Table 2　Specifications of ADS-B receiver

項目	仕様
アンテナ利得	4dBi以上
受信周波数	1,090MHz
インタフェース	イーサネット

表3　監視カメラ仕様
Table 3　Specifications of Web Camera

項目	仕様
有効画素数	約130万画素
ズーム比	36倍 EX光学ズーム
インタフェース	イーサネット
WEBサーバ	内蔵

表4　遠隔操作表示部仕様
Table 4　Specifications of Radar Monitor

項目	仕様
CPU	インテルXeon™　E5-1603 2.8GHz
メモリ	4.0GB
ハードディスク	500GB
OS	Windows 7
海図	ENC S-63

3. インターネット経由でのレーダーエコー配信

約3秒ごとに回転する空中線から生み出されるレーダーエコー情報，監視情報及び追尾情報は，常に20～50Mbpsの通信帯域を必要とする。レーダー処理部と遠隔表示操作部間の通信で特に帯域を費やすデータはレーダーエコー情報であるが，これまではクローズされた回線を経由する伝送が主体であったため，UDPマルチキャスト方式が採用されていた。通常の通信事業者の広域イーサネット網を経由してこれらのデータを伝送する場合，全ての接続ノードやポートにパケットが転送されるフラッデングと呼ばれる現象を引き起こし，回線障害の起因となることが危惧される。

この問題を回避するため，特定のレーダー表示装置にデータを効率的に伝送するUDPユニキャスト方式に対応したレーダー処理部を開発した。図5にレーダーデータ伝送プロトコルの説明を示す。

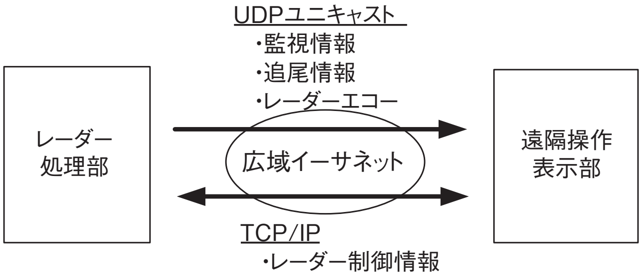

図5　レーダーデータ伝送プロトコル説明図
Fig.5　Radar Data Transmission Protocol

IPアドレスとポート番号は，レーダー処理部のメンテナンスメニュー及び遠隔操作表示部の設定ファイルにより容易に変更できるようにした。この方式の採用により今後の伝送媒体の選択肢を増やすことができ，多くのシーンでの本システムの活躍が期待できる。

4. 運用形態

レーダーの制御は，センサ側でも可能であるが，通常の運用時には監視側の遠隔操作表示部のパソコンでおこなう。遠隔操作表示部モニタには，電子海図が表示され，海図上にレーダーエコー情報，AIS情報が重畳される。遠隔操作表示部では，レーダー映像の調整や，船舶エコーの捕捉，追尾開始・終了操作，警報設定が可能である。

利得，STC，FTCなどのレーダー信号処理を効果的に使用することにより，航空機などの高速移動目標及び雨，波浪情報を把握することが可能である。さらに，あらかじめ海図上に警報ライン，警報エリアを作成することにより，レーダー追尾目標，AIS目標の監視を可能にしている。

図6に遠隔操作表示部画面例を示す。

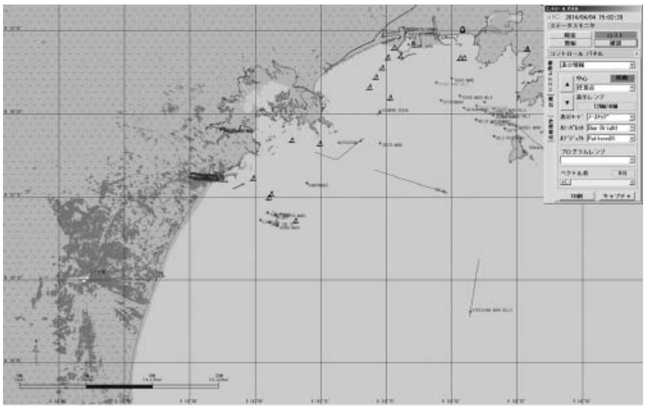

図6　遠隔操作表示部画面
Fig.6　Operation Display Screen

ADS-B表示装置の画面を図7に示す。この画面には，ADS-B受信装置で受信した航空機情報が表示される。画面左上側には地図上に航空機の位置とともに識別子，高度，針路及び速力が表示される。拡大した画面を図8に示す。画面右側には航空機の国籍，便名，緯度経度などがリストに表示され，画面下側には，航空機の高度情報がグラフ表示される。

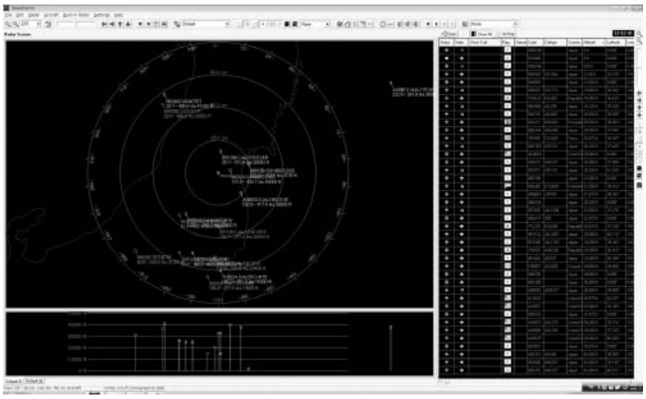

図7　ADS-B表示装置画面
Fig.7　ADS-B Display Screen

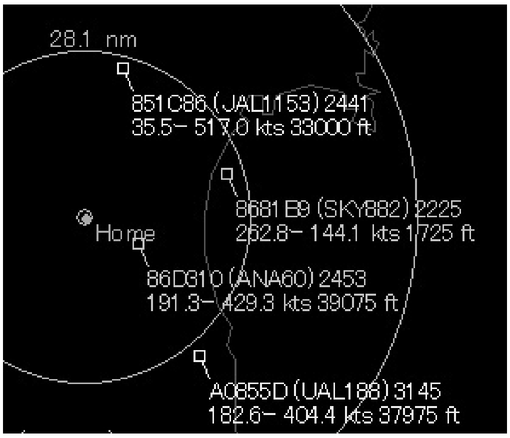

図8　ADS-B表示装置画面（拡大）
Fig.8　ADS-B Display Screen（Expansion）

本システムは，拡張性を考慮したシステムである。今後，実習の専門性に応じてセンサの追加が可能であり，さらに，レーダー生信号の分配機能があるため，信号処理機能などの追加や外部プロジェクタ，共聴設備への接続が可能である。

5. あとがき

当社は2013年度，仙台高等専門学校様に本システムを納入した。本システムは通信計測科目において，レーダー観測データを使用した目標物の位置，移動速度，移動方向の計測実習の教材として，また，電磁波工学科目において，レーダーから照射した電磁波の振る舞いを観測し，その伝搬，散乱，減衰の実態の把握，及びそれらを踏まえた最適な信号処理パラメータの与え方の習得教材として利用される。

さらに，無線通信システム科目において，ネットワークを通したレーダーリモートセンシングによる港湾監視や航空管制のシステムオペレーションの習得教材にも応用できるため，教育現場への展開を期待したい。

最後に本システムの製作にあたり多大なるご指導，ご鞭撻をいただいた仙台高等専門学校様をはじめ，関係各位に深く感謝申し上げます。

用　語　一　覧

AIS: Automatic Identification System （船舶自動識別装置）
ADS-B: Automatic Dependent Surveillance- Broadcast
（放送型自動従属監視）
STC: Sensitivity Time Control （海面反射抑圧）
FTC: Fast Time Constant （雨雪反射抑圧）
ENC: Electronic Navigational Chart （航海用電子海図）
IP: Internet Protocol
UDP: User Datagram Protocol