

船舶レーダとデジタルカメラを利用した運航管理システムの開発

重松 文治* 帯田 俊司**
杉本 英樹*

要 旨

現在、複数の船舶が輻輳する海洋工事現場の海域では、工事に関する作業船の位置をGPSで測り、携帯電話などによる情報手段を用いて送信し、事務所で総合的に運行管理している。しかし、これらの海域付近では、土運船や測量船などの工船用船舶に混じり、フェリーやタンカーや漁船などの一般船舶の運航もある。しかしこのシステムでは一般の船舶は管理することができなかった。

今回開発したシステムは船舶に搭載したレーダが捕らえた海域状況と、船舶に搭載したデジタルカメラの画像情報を無線で送信することで、陸上の事務所にて、工事関係の船舶だけでなく、フェリーやタンカーや漁船など工事海域付近に存在する全船舶の位置情報を把握することで安全運航管理と能率の向上が図れるシステムを構築した。実海域実験を行い本システムの有効性の確認が得られた。

1. はじめに

従来の作業船運航管理システムは、土運船や測量船にGPSを搭載した工事に関する作業船の運航を事務所で集中管理するものである。GPSと携帯電話などによる情報手段を用いて、工事に関する船舶の位置管理は現場から遠くは離れた事務所で管理できるが、従来のシステムでは漁船や工事に関係しないフェリーやタンカーなどは管理することができなかった。大型工事では一般船舶の監視のために陸上レーダを併用することもあったが、設備が大型であることから中、小規模な工事では用いられていない。

今回、船舶に搭載されたレーダを利用してその画像を事務所へ送り監視する方法を検討した結果、レーダ画像は気象条件などにより頻繁に調整する必要があった。

また、画像データは容量が大きく従来の携帯電話では、時間的にも料金的にも画像データを事務所まで送る最適な通信システムがなかったが、近年、無線LANやFOMAなどの出現により画像データを高速にかつ廉価に送信できるようになった。

しかし、レーダ画像だけでは、船舶の種類などはわからない、そこでデジタルカメラを設置して同時に送信することで、事務所では従来の作業船運航管理システムによる工事船舶と、レーダによる工事エリアの全船舶の把握と、デジタルカメラにより工事エリアの状況が目視で監視できる。本論文は、レーダ画像の処理方法やレーダとデジタルカメラのコントロール方法や画質などについて検討し検証した内容について報告する。

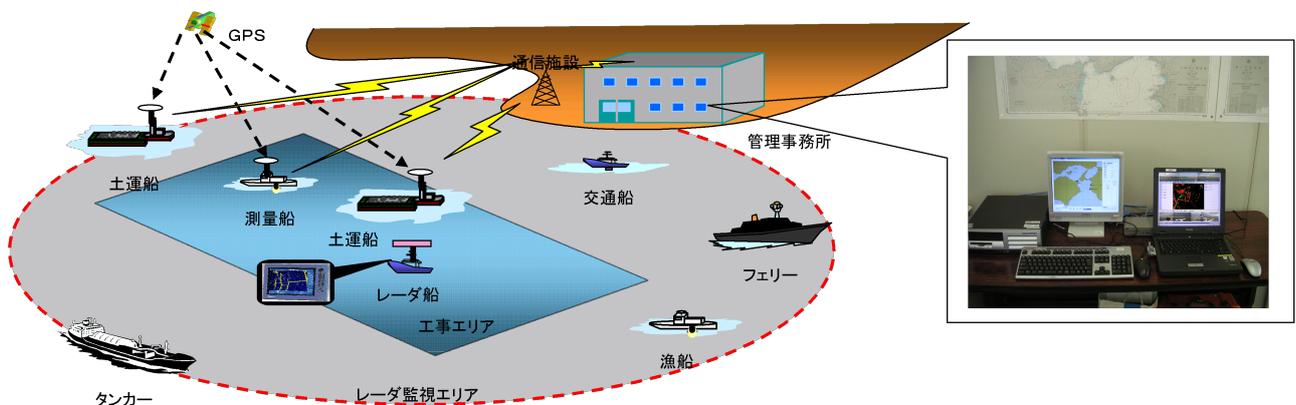


図-1 運航管理システムの概念図

*技術研究所
**東北支店

2 システムの概要

従来の運航管理システムに加えて、船舶レーダとデジタルカメラを追加したのが本システムである。図-2のシステム構成図に示すように、船舶レーダ、GPS、方位計を船に装備(写真-1)することで、レーダ監視エリア内の船舶が全て管理できる。このレーダ船は、レーダを搭載した従来の測量船、押船などが適用できる。

船舶レーダの画像情報に加えて、水平方向で 110 度の画角をもったデジタルカメラ 4 台を 20 度ずつラップして水平 360 度の視野を持つカメラを搭載。カメラとレーダの方位は、レーダ画像の上にレーダ船の自分の位置と方位を GPS コンパスの方位情報により連動させる。

レーダとデジタルカメラの画像情報を FOMA(距離が 1km 程度であれば無線 LAN も可能)にて伝送する。写真-2にレーダ・デジタルカメラ船の内部を示す。陸上の集中管理事務所では、それらの情報をパソコンへ図-3のように表示する。

レーダとデジタルカメラの画像の送信タイミングは、事務所から送信要求をしてから送られてくる。レーダ画像は約 1 分後、デジタルカメラ画像は約 2 分後に送られてくる。事務所側のパソコンを自動モードにして自動的に 5 分とか 10 分間隔で送信要求することも可能である。レーダとデジタルカメラの画像は船側のハードディスクに、1 分間隔で収録されおり、事故時の原因調査などに利用できる。なおデータは 1 週間以上過ぎたら自動的に上書される。



写真-1 レーダ・デジタルカメラ船の外観



写真-2 レーダ・デジタルカメラ船の内部

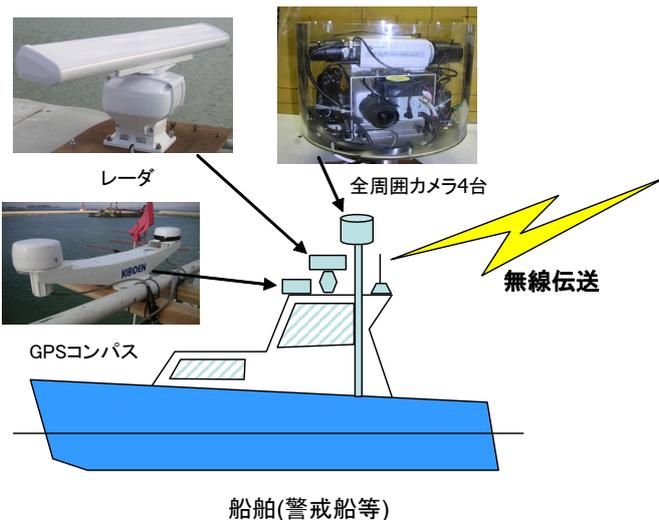
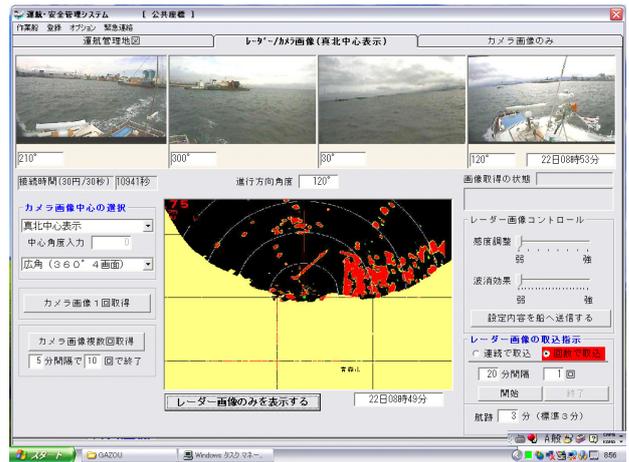


図-2 レーダ・デジタルカメラのシステム構成図



事務所受信画像

図-3と事務所の受信画像

3. レーダ部の処理について

3.1 課題

船舶レーダの画像データを事務所へ無線で送る方式を開発するにあたり以下の問題を解決する必要があった。

- ① 画像データが膨大なため通信費用が高い
- ② 船舶レーダの感度などの調整を、雨や霧などの気象条に応じて頻繁に行う必要があり、船長の負担とならないように事務所で調整したいが無線でレーダ本体を遠隔操作することは禁じられている。

これらの課題を画像処理技術を開発することで解決した。

3.1 画像処理

本システムで開発した画像処理技術について説明する。

- ① レーダ画像伝送をスピーディにかつ通信費を安価にするための圧縮技術と差分合成
- ② 従来はレーダ本体で行っていた、感度調整や雨や雪などレーダー画像のノイズを画像処理により事務所で調整
- ④ レーダ画像は、慣れないと見難いため、地図データと重ね合わせることで見やすくする

次にこれらの技術の詳細について説明する。

(1) レーダ画像の伝送のための圧縮技術や差分合成

レーダ画像を無線伝送する場合、大容量伝送が可能な無線LAN環境を構築できれば問題はないが、本システムのように携帯電話網にてレーダ画像ファイルをリアルタイム伝送すると通信料金が莫大なものになる。よって、画像ファイルを圧縮し、差分・合成を用いてファイル容量をできる限り小さくして伝送する。また差分・合成を処理を行うことにより、移動している船舶の識別が容易になる効果があることがわかった。

・画像データ圧縮

画像ファイルを圧縮する場合、圧縮したファイルを解凍して復元する。圧縮率を大きくした場合は解凍時に全てを復元できず、圧縮前の画像を得られない可能性があるため、圧縮率を変化させ、最適な圧縮率を確認した。通信料金を抑えるにはファイル容量を小さくしたほうがよいが、図-4から分かるように、圧縮率12KBまでは、ほぼ原図と同じレベルの画像品質を確保することができた。これは原図の900KBの約1.5%になるため、通信費の大幅な削減になった。

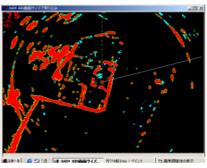
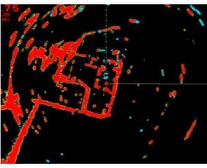
圧縮率	原図 900kB	圧縮 12kB
画像		

図-4 画像圧縮率と解像度の劣化状況

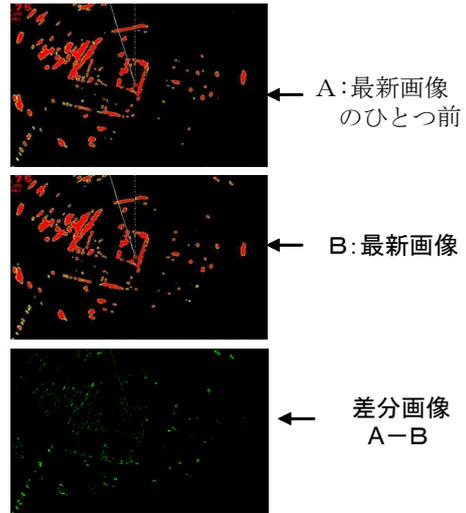


図-5 差分処理の原理

・差分・合成

差分：船舶レーダは毎秒約20枚の画像が更新される、これを全て送ることは能力的にも予算的にも困難である。図-5に示すように、レーダの画像データを毎回送らずに、前回と今回の差分のみのデータを送ることにより、データ量を少なくすることができる。受信した事務所側では差分データを合成することによりもとの画像に近いものが得られる。また移動する物標が判断できる機能としての効果も得られる。

合成：レーダ画像は、アンテナ1回転ごとに船舶などの移動体であれば位置が異なる。移動している船舶は進行方向に差分が規則的に現れるため、差分を合成して表示することにより移動している物体と方向が把握できる。過去10回分の差分を合成したものを緑色、最新画像を赤色で表示し足したものを図-6の上に表示。

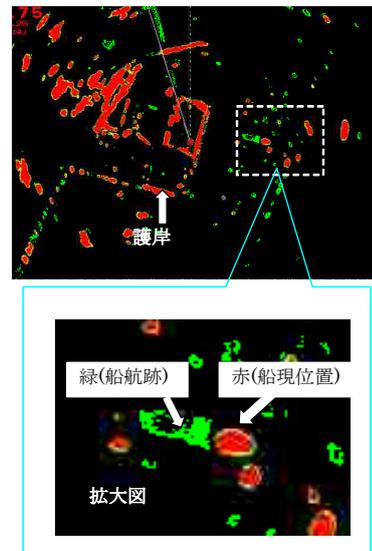


図-6 差分合成画像(10回分)

船舶判別：図-6の差分合成画像から移動している船舶が読み取れる状況を図-6の下に拡大図にて説明する、差分の合成(緑色)が帯状に展開しているのが確認できる。帯状の差分合成の先端(右側)には赤色の丸があり、赤色は最新画像であることから、船舶と推測できる。つまり、差分の合成は移動する物標の残像であるため、移動体の軌跡と判別できる。移動しない護岸などは同じ位置に最新画像の赤色で上書きされるため差分の緑色が表示されない。

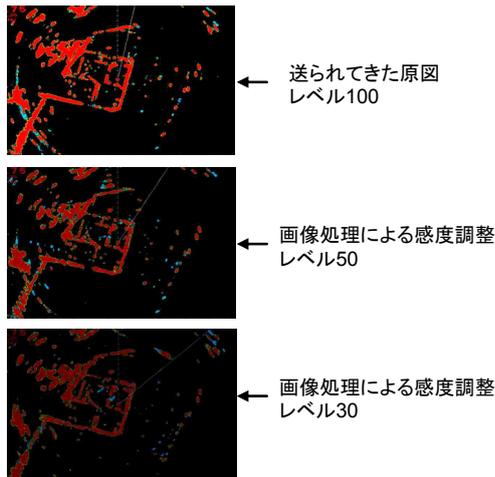


図-7 画像処理による感度調整

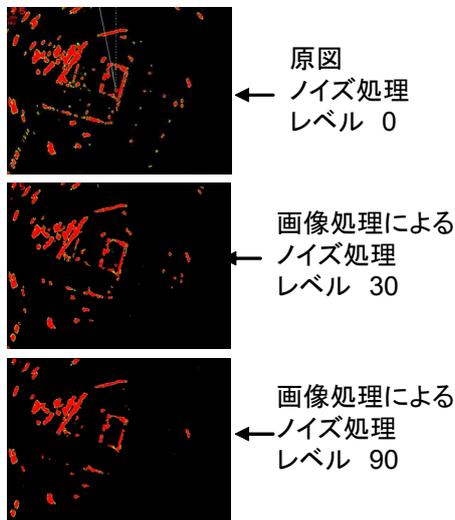


図-8 雨や雪などのノイズ消去をドット処理で行なう

(2) 画像処理による感度調整

レーダを運用するにあたっては感度調整が必要不可欠である。感度を上げると微少な波にまでビームが反射し、海域状況の把握が困難になる。また、天候にも左右され雨や霧のときは水滴をも映し出してしまふ。本システムでは、取り込んだレーダ

画像を画像処理することで、船舶レーダと同等の感度調整機能を行った。その方法について説明する。

レーダ本体の画像はRGB信号の8階調で表示されている。ビームの反射レベルが強いものは赤、反射レベルが弱くなるにつれて黄、緑で表示されている。画像処理技術を利用して

反射レベルが低い色から消去していくことにより、図-7に示すように、この色調表現を利用して、感度調整と同等の効果が得られた。

(3) 雨や雪などのノイズ消去

波や雨、霧などによるノイズは、細かいドット状のノイズとして現れるため、ドット処理フィルターが適している。レンジは1~99まで対応可能であり、レンジ10に設定した場合の処理内容は、画面上の連続する10ドット以下の塊は消去する手法である。このドット処理により、図-8示すように雨や霧といったノイズをキャンセルすることができた。

(4) 画像データとベクトルデータである運航管理システムとの重ね合わせ

レーダ画像の運航管理システムの地図および作業船位置情報を重ねて表示させることで陸地と海域の境界や工事区域が曖昧であったレーダ画像が、図-9に示すように陸上部は茶色で護岸は黄色で表示され明確になった。従来の運航管理システムでは、GPSを搭載した作業船位置情報のみであったのに対し、レーダ画像により他の船舶(漁船、プレジャーボート)情報が追加表示され、工事海域の情報量が格段に増大した。

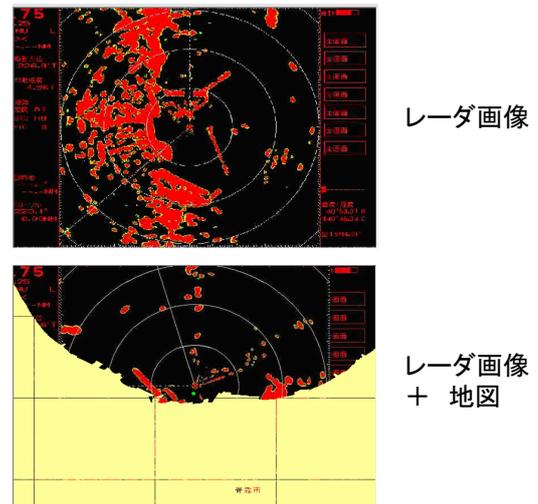


図-9 運航管理+レーダ結合画面

4. レーダとデジタルカメラを組み合わせる

レーダ画像データだけでは、単なる点のためそこへ何かあることはわかるが、それが船舶なのかブイなのか、漁船なのか、

レジャーボートなのか、わからない。またレーダには多重反射などによる虚像もありレーダ画像だけで、船舶の種類まで管理することはできなかった。今回レーダに写真-3に示すデジタルカメラを組み合わせることで、事務所では単なるレーダ画像の塊から、対象物をカメラ画像で船種まで把握できる。

図-10にシステム構成図を示す。



写真-3 デジカメカメラを前後に並べ上下にセット

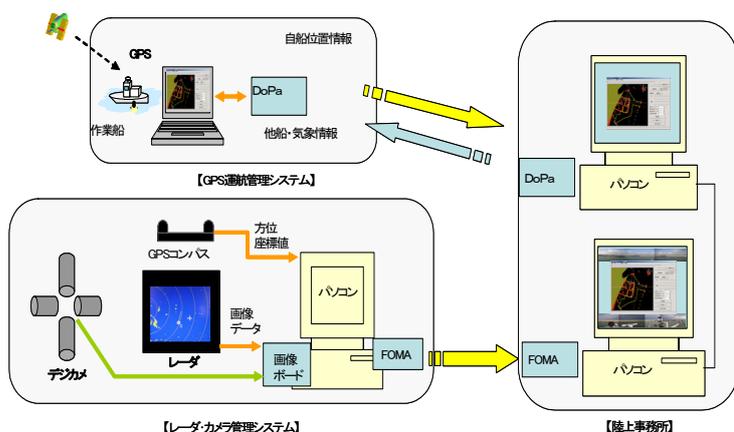


図-10 システム構成図

4.1 カメラ画像の表示の機能について

(1) カメラ画像の表示

GPS コンパスを搭載しているので方位の指定が可能である。その機能の特徴的なものを説明する。

① 真北中心の表示

4台のカメラのうち、真北を向いているカメラ画像を中央に表示する。レーダにも真北機能があるのでレーダ画像と方位を連動させることができる。

② 方位中心の表示(角度入力)

4台のカメラのうち、指定された角度を向いているカメラ画像を

中央に表示する。

見たい方位を入力することで、船が回転してもいつも同じターゲットを中央に表示することが可能である。

4.2 カメラ画像の拡大表示

船舶から、陸上へ画像データの伝送 FOMA を利用しているため、最近のデジタルカメラのような 300 万画素の高品質の画像データをそのまま 4 枚送ると、送信時間は 5 分以上かかり通信費は 100 円以上かかる。

一回の送信時間を 1 分程度にし、金額を数十円に抑えるためには、デジタルカメラの画質を 40 万画素とし、画像の不要な下の部分をカットして画像圧縮をかけて送信する方式とした。本デジタルカメラの画像品質について紹介する。

4 台のデジタルカメラからの画像は、パソコンの上側に縮小して並んで表示される。その画面をマウスの矢印でクリックすると図-11 のように、画面の中央に拡大表示することができる。



図-11 カメラ画像の拡大表示

4.3 カメラ画像の品質について

40 万画素のデジタルカメラによる認識能力について検証した結果を示す。

写真-4 は 500m 先のガット船をとらえたものである。このように 500m の距離であれば作業船の識別が可能である。

写真-5 は 300m 先の作業船である。作業船の形状がより詳細にわかる。

写真-6 は海上では雨天時には風をとめない横なぐりの雨となることが多い。本デジタルカメラのケースの上には、日除けと雨よけの傘がある。その効果について示す。水滴がぼや々と映っているが、なんとか判別できると思われる。

写真-7は、太陽の影響について示したものである。

天気の良い朝夕には方位により太陽光が逆光となる。本写真は 3 時頃に撮ったものである。



写真-4 500m先のガット船



写真-7 逆光の影響



写真-5 300m先の作業船



写真-6 雨の水滴の状況

5. 特徴

本システムの特徴を以下に説明する。

- ①全ての船舶の運航監視が可能である。GPS搭載した工事作業船だけでなく一般船舶の運航を事務所で一括監視できる。
- ②映像による監視が可能、レーダと連動したデジタルカメラの映像により対象物の詳細な情報が得られる。

③工事エリアの近傍にいるため、レーダとデジタルカメラの分解能が上がりより鮮明な画像情報(漁船やレジャーボートなど)が得られる。

④運用が簡便であり低コスト高機能である。船舶レーダは、小型安価である上、4kw以下のものは免許も不要である。また、すでにレーダを搭載した船舶であれば、利用可能。

⑤開発した画像処理により、事務所側にて感度調整や雨、雪などのノイズ処理が行なえるため、船側に専属の人員が不要である。

6. おわりに

独自の画像処理方法を開発することでレーダを直接遠隔操作することなく、陸上の事務所側で感度、雨霧などの調整ができるため最適な画像が得られた。また画像データの高圧縮処理を行っているため通信料も安価である。また船舶レーダと連動したデジタルカメラの画像情報も同時に送信することで、単なるレーダ画像の塊だけだったものが、デジタルカメラの映像により詳細な船舶情報が得られた。このように高機能な特徴をもちながらシステムが小型で、簡便であるので安全性と能率の向上のため、小規模な海洋工事現場での利用も可能となった。

【参考文献】

- 1)海洋調査フロンティア、海洋調査技術学会、2004
- 2)長谷川・興水・中山・横井、画像処理の基本技法、(株)技術評論社、1990

【謝辞】

今回の実験にあたり、に多大なご協力をいただきましたことを、紙面を借りてお礼申し上げます。