

監視船舶上からの目標船舶自動追尾システムの開発

—産学連携共同研究報告—

近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校 殿村 正延・山本 昌和

概要 監視船舶上から目標船舶をビデオカメラで捕らえる場合、海上の複雑な波の影響によって目標船舶の静止状態を撮影することやその映像を後日解析することを困難にしている。この問題を解決するために、共同研究開発の対象企業である株式会社舞鶴計器では、監視船舶の揺れを機械式動揺低減装置である程度吸収し、細かな揺れを画像処理技術で補正する機能を組み込み、性能をある程度改善している。しかし、手動のレバーを用いた目標船舶の追尾操作は非常に難しい。そこで、本件ではニューラルネットワークの学習機能を用いて目標船舶を色で識別し、自動追尾することを可能としたので報告する。

1. はじめに

この研究の主目的は、船舶に搭載し船体の動揺による影響を低減した監視画像を記録する装置を開発することにある。同様の機能を持つ民生機器は、いくつかが市場に存在する。それらはすべて高性能であるが、大きく高価でもある。このことは、大きな設置スペースが必要なことや予算の確保が難しいことなどから、沿岸付近を主な運行海域とする船舶（巡視船、巡視艇、など）への搭載を難しくしている。

株式会社舞鶴計器の取引先には、沿岸付近を主な運行海域とする船舶が含まれている。その顧客からは既存の装置ほどの性能はいらぬものの上記のような装置を搭載したいという需要が少なからずある。そこで、株式会社舞鶴計器では規模に見合った性能を確保し、小型で廉価な装置の開発を計画した。その第一段階として、「機械式の動揺低減装置」と市販の「画像記録装置」、「CCDカメラ」などを組み合わせて装置を組み上げた。これは、すでに実際に船舶へ搭載されている。第二段階として、「機械式の動揺低減装置で吸収しきれない動揺をさらに低減させる画像補正ソフト」を開発した。

第三段階として、平成16年度共同研究によって

「色情報で目標船舶を識別する画像認識処理」を当校側で開発し、基礎実験を行ったところ良好な結果が得られた。さらに平成17年度は、第二段階で組み上げた装置にこの処理を追加し、モータ制御と画像認識機能の連動処理、およびニューラルネットワークの学習処理とそのインターフェースの追加を行い、「自動追尾システム」を完成させた。

本報告では、まず自動追尾システムの概要、および具体的な操作手順を述べる。次に開発工程を説明する。さらに、実際の船舶映像に本手法を適用した結果を検証する。なお、研究成果の公表については、対象企業と交わした同意書に基づき概要にとどめる。

2. 自動追尾システムの概要

2.1 システム構成

図1に監視画像記録装置の構成を示す。PTZカメラは機械式動揺低減装置の筐体内に収納されている。カメラから取り込んだアナログ映像は、DV変換されたメインコンントローラのPCに取り込まれる。画像補正処理に使用する3軸センサはカメラ本体の下側に設置されている。また、カメラ位置制御用の2軸モータは、イーサネット経由でPCと機械式ジョイスティックのどちらからでも操作可能である。

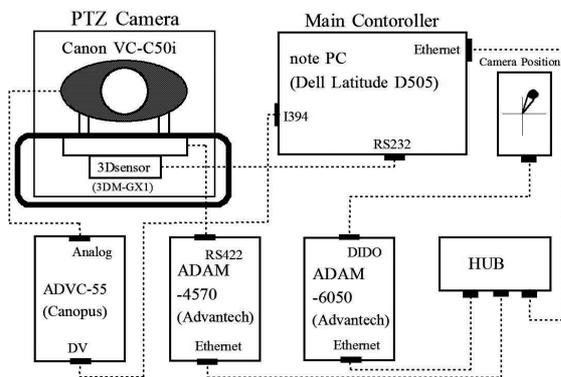


図1 監視画像記録装置の構成



図2 アプリケーション画面

図2に自動追尾システムのアプリケーション画面を示す。既存の機能としては画面上部にあるとおり、カメラからのライブ映像表示、映像データの記録、フレーム単位の履歴データ出力、記録映像の再生、カメラ設定、画像ブレ補正のための3軸センサ設定、時刻設定等がある。また、映像画面上を右クリックすることで映像の全画面表示に切り替えられる。

2.2 共同研究で追加した機能

本件は一般的に難易度が高いとされる全天候型動画像処理に属する。一般的に物体識別の特徴量としては、色のほか輪郭を用いることが考えられるが、いくつかの試行の結果、船舶の形状変化は著しく大きいことがわかり、色情報を用いる方法がパターン認識として安定していることを確認した。

パターン認識とは、観測されたパターンをあらかじめ定められた複数のクラスのうちの1つに対応させる処理である^{(1), (2)}。本件では目標船舶の領域とそれ以外の領域に分離する2クラス分類⁽³⁾を行う。識別器として多くの手法が考えられるが、今回は統計

的識別器として最もよく使用される階層型ニューラルネットワーク⁽⁴⁾ (以下、NNと表記する) を使用する。NNに期待することは、正規分布を仮定するクラスAとクラスBの学習データを与えると、ベイズの最適境界がNNの汎化能力によって近似的に形成されることである⁽⁵⁾。

組み込んだ画像認識方法、そのインターフェース、および自動追尾機構の機能概要を以下に述べる。25frame/sec, 640×480のカラー画像をCCDカメラから取り込み、目標船舶を色で識別する。色による物体識別を行うために、事前に学習用静止画像から目標船舶 (教師データ) とその他の背景 (反教師データ) の色をサンプル点として取得し、NNで学習させる。学習用データの取込みを高速化するため、学習用画面上でマウスを左クリックして教師データ、右クリックで反教師データを取り込むようインターフェースを工夫した。複数の船舶が映り込む場合に追尾の対象を選択できるようにロックオン機能 (映像画面上で左クリック) を付けた。また、監視船舶の動揺が大きく、画面上から目標船舶が消失した場合、誤追尾を避けるため自動ロックオン解除機能を付けた。自動追尾機構により、目標船舶は常に画面の中央に表示されるようにモータ制御を行う。

3. 自動追尾システムの操作手順

本件で追加した機能の操作手順を説明する。追加操作ボタンは図2の円で囲んだ部分で、拡大表示すると図3のようになる。

3.1 目標船舶の色情報の登録方法

海上の目標船舶の自動追尾を行うには、背景にはないその船舶に特有の色情報を学習する必要がある。その場合、図3の「NN設定」ボタンをクリックし、図4のダイアログを表示させる。以下、操作手順を説明する。

① 学習用静止画像切り出し

目標とする船舶が図2の画面に映りこんでいる適当なタイミングで図4の「学習用静止画像取得」ボタンを押す。すると「学習画面」に船舶の静止画像



図3 追加操作パネル

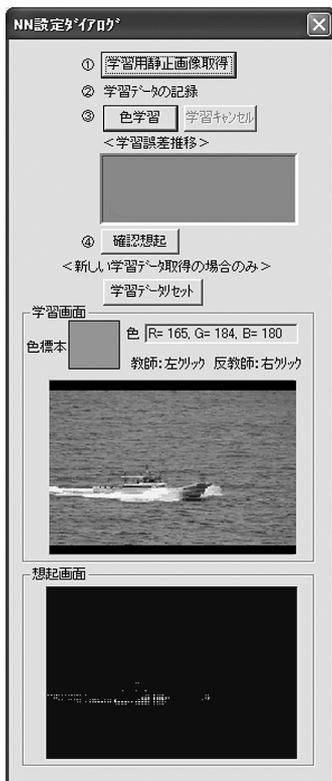


図4 NN学習用インターフェース

が切り出される。失敗すればもう一度押す。

② 学習データの記録

「学習画面」の画像上でマウスを移動させると、マウスポインタが指す画素の色が「色標本」に表示される。この色を確認しながら学習用の色を登録する。船舶の色（教師データ）は左クリック、背景の色（反教師データ）は右クリックをすることにより登録される。登録データの数は画像の複雑さにもよるが、教師、反教師データを約半々で15～20個程度とわずかでもよい。また、以前の登録データが不要の場合は新たなデータを登録する前に「学習データリ

セット」ボタンを押す。

③ 色学習

学習データの登録が終われば、「色学習」ボタンを押す。「学習誤差推移」がダイアログに表示される。誤差が収束（0.01を下回る）すれば学習が終了、最大5万回で処理を打ち切る。誤差が十分に減少しなければ、もう一度「色学習」を押す。重みの初期値を乱数で設定し学習がやり直される。

④ 確認想起

学習が収束すれば、その結果を確認するために「確認想起」ボタンを押す。「想起画面」に色認識結果が表示される。赤色領域が船舶の一部として認識された画素、青色は輪郭線、緑色の点は船舶領域の重心を表す。想起結果を確認しながら、学習させたい色が不足している場合は、色を追加登録する②に戻る。成功すれば、目標船舶の特徴登録作業が終了となるためダイアログを閉じる。

3.2 自動追尾の方法

3.1の登録作業が終了したら、自動追尾を開始するために、図3の「追尾表示」ボタンを押す。これにより図2の画面の映像上に追尾対象の物体に枠が重ね表示される。複数の追尾候補がある場合には、最も大きい面積を持つ候補が赤色枠で、2～5番目の候補は緑色枠で表示される。

この6個の候補の中から、自動追尾のターゲットを画面上で左クリックすることでその候補がロックオンされ、カメラの方向を制御する2軸のモータと連動して、自動追尾が開始される。ロックオン後は、各フレーム中から複数のターゲットの形状に関する特徴量を計算し、最も特徴量の変動が少ないものを次のフレームのターゲットとみなす方法により、逐次変動するターゲットの特徴量の変化に追従できるようにしているため、極端に特徴量が変わらなければ正しく自動追尾できる。しかし、監視船舶の動揺が大きく映像内からターゲットが消える場合も考えられるため、(a)特徴量の変動が極端に大きいときや、(b)追尾候補が検出できない場合は、安全策として強制的にロックを解除するようにしてある。その場合は、図3の操作パネルの表示欄に、

- (a) “Can' t Track The Area!”
- (b) “No Lockon Area! cd=XX”

とエラー内容が出力される（上記のXXはエラーコード）。

また、手動で自動追尾を解除するときは図3の「Lock off」ボタンを押す。

4. 開発工程

開発工程は大きく3段階に分けて行った。実際には詳細な工程表を作成し進捗管理を行ったが、紙面の都合により割愛する

4.1 初期

企業側：

- ・3Dセンサとモータにより監視船舶の揺れをドライブする装置を試作する。

当校側：

- ・船舶の揺れをある程度吸収できることを前提に、ニューラルネットワークを用いた色情報による船舶認識を可能とする動画処理プログラムを試作する。
- ・上記のテスト用データとして、陸上から海上の船舶の映像を数種類撮影する。

4.2 中期

- ・初期段階で企業側、当校側で開発した装置を統合し、プロトタイプを作成する。
- ・自動追尾、手動追尾、色学習のためのユーザインターフェース機能を追加する
- ・実際に海上の船舶上でプロトタイプを動作させ、問題点を洗い出す。
- ・洗い出した問題点の解決方法の検討・作り込み・動作確認（必要に応じて機能追加）する。
- ・当校側で組み込んだ仕組みを理解するために、画像処理に関するセミナーを実施する。

<実施したセミナー名>

- ・ニューラルネットワーク
- ・多値画像処理技術

4.3 後期

- ・本番機を製作する
- ・実際に海上の船舶上で本番機を動作させ、性能を評価する。
- ・研究・開発資料を整理する

5. 船舶の自動追尾結果

実際の船舶映像に本手法を適用した結果を以下に示す。図5は陸から撮影した沖合い小型船への適用例である。(a)は図2のアプリケーション画面を表示している。船舶本体、およびその背後のスクリーンによる白い波が船舶領域の候補として長方形で囲まれているのが確認できる。また、(b)から船舶領域(赤色)が背景からうまく分離できているのがわかる。(a)の赤色の長方形で囲まれた船舶本体の内側にもう一つ青色の長方形が表示されている。これは、現在ロックオンされ自動追尾中であることを示している。

図6は対岸風景中の小型船への適用例、図7は沖合い大型船への適用例、また、図8は対象企業の取



(a) 自動追尾映像

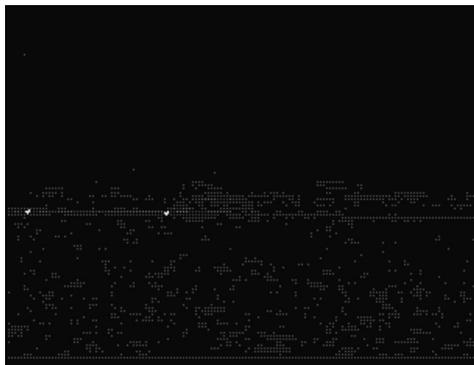


(b) 色認識領域

図5 沖合い小型船への適用例



(a) 自動追尾映像

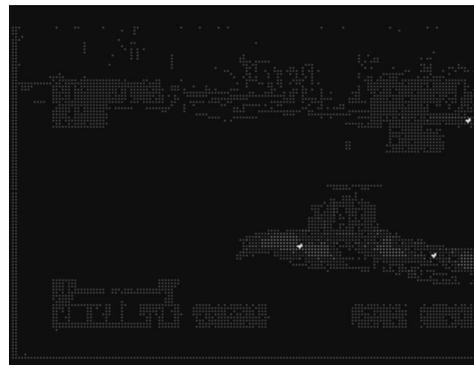


(b) 色認識領域

図6 対岸風景中の小型船への適用例



(a) 自動追尾映像

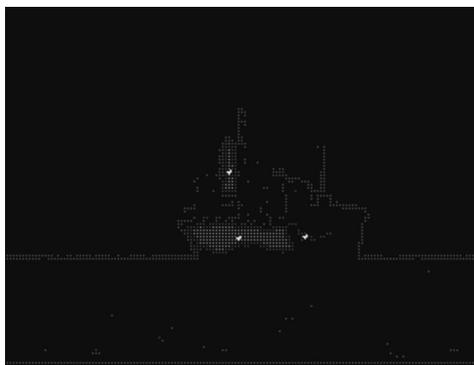


(b) 色認識領域

図8 小型巡視艇から撮影した漁船への適用例



(a) 自動追尾映像



(b) 色認識領域

図7 沖合い大型船への適用例

引先の小型巡視艇から撮影した実際の漁船への適用例を示している。いずれも異なるシチュエーションでの検証であるが、図5と同様にうまく追尾できているのが確認できる。なお、図8の映像では船体の動揺により目標船舶が一時的に画面から消失するが、ロックオンが自動的に強制解除されることを確認している。

6. まとめ

本共同研究では、「小型で廉価」な目標船舶自動追尾装置の開発を行うために、Microsoft® WindowsXPをプラットフォームとし、Microsoft® DirectX9.0のDirectShow, DirectX Graphicsのモジュールを動画処理に使用した。一般的に計算量が多いデジタル画像処理においてリアルタイム性を要求すると、高価な機材が必要となるが、このモジュールの使用により、本開発の仕様を満たすことができた。

しかし、当初目標としていた30frame/secを若干下

回り25flame/secとなった。これは、画像処理を行うPCやビデオカードの処理速度を上げれば解決できるであろう。また、長時間にわたって追尾を続けるには、天候により徐々に変化する目標船舶の色を定期的にバックグラウンドで学習し、置き換えていく方法も考えられるが今後の課題としたい。

最後に、本件に多大なるご協力をいただきました株式会社舞鶴計器様に深く感謝いたします。

<参考文献>

- (1) 石井健一郎ほか：わかりやすいパターン認識，オーム社，1998，pp.1-11
- (2) 中川聖一：パターン情報処理，丸善，1999，pp.251-255
- (3) 殿村正延：照明環境に適応的な色情報を用いた正規化顔画像の抽出法の一検討，職業能力開発報文誌，Vol.18，No.1（35）2006，pp.23-30
- (4) D. E. Rumelhart・G.E. Hinton・R. J. Williams：Learning representation by back-propagation errors，Nature，Vol. 323，1986，pp.533-536
- (5) 坂和正敏・田中雅博：ニューロコンピューティング入門，森北出版，1997，pp.39-42

「技能と技術」誌原稿募集のお知らせ

「技能と技術」誌では、随時、原稿を募集しております。皆さまのご投稿お待ちしております。

一般の投稿原稿は、編集に際して以下のように分類しています。

1. 実践報告

各訓練施設における各種訓練コース開発，カリキュラム開発，訓練方法，指導法，評価法等の実践の報告

2. 調査報告・研究報告

社会情勢や動向を調査・研究し，能力開発業務にかかわる部分の考察をした報告

3. 技術情報

技術的に新しい内容で訓練の実施に有用な情報

4. 技術解説

各種訓練の応用に生かすための基礎的な技術を解説

5. 教材開発・教材情報

各訓練コースで使用される教材開発の報告，教材に関する情報

6. 企業の訓練

企業の教育訓練理念，体系，訓練内容，教材，訓練実践を紹介

7. 実験ノート・研究ノート

各種の試験・実験・研究等で訓練に有用な報告，研究資料

8. 海外情報・海外技術協力

諸外国の一般情報，海外訓練施設での訓練実践，教材等の情報

9. ずいそう・雑感・声・短信・体験記

紀行文，所感，随筆，施設状況等各種

「技能と技術」誌2008年号の特集テーマ

特集号	原稿締め切り	特集テーマ名	内 容
2008年2号(3月発行)	2007年12月末	ユニバーサル技能五輪国際大会	ユニバーサル技能五輪に関する取材記事の掲載など
2008年3号(5月発行)	2008年2月末	職業能力開発論文コンクール	受賞者への敬意と職業訓練関係者への広報など
2008年4号(7月発行)	2008年4月末	若年者キャリア教育(形成)と自立支援	インターンシップの取り組み事例, キャリアコンサルタント, 若年者のための訓練事例と就職支援の概要と成果について, 若年者への技能伝承など
2008年5号(9月発行)	2008年6月末	訓練効果と評価について	科のコラボレーションによって実施される訓練。訓練コースの設定から実施に至る訓練効果と評価についての取り組みと事例など
2008年6号(11月発行)	2008年8月末	発達障害者に対する職業能力開発	発達障害者に対する訓練事例等(指導方法, 訓練方法など)についての紹介など

○問い合わせ，送付先

職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター 普及促進室

〒229-1196 神奈川県相模原市橋本台4-1-1

TEL：042-763-9155・9070 FAX：042-763-9048

E-MAIL：fukyu@tetras.uitec.ehdo.go.jp