

マルチモーダルセンシングによるブリッジ業務分析システムの開発

Development of Bridge Operation Support System using Multimodal Sensing

青島 大悟*¹
Daigo Aoshima鈴木 敦志*²
Atsushi Suzuki桐山 伸也*²
Shinya Kiriyama杉山 岳弘*²
Takahiro Sugiyama竹林 洋一*¹
Yoichi Takebayashi*¹静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University*²静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Shizuoka University

We have developed a multimodal sensing system to support team operation in ship's bridge using sailor's behavior data. We have implemented functions to detect various features including timing of utterances, speaker of each utterances, and sailor's location. Comparing detected features with sailor's workflow of bridge operation, the system enables to offer information like ratio of initiative utterance, amount of utterances while radio transmission. We have applied the system to data recorded in ship handling simulator, and the system have generated information which is useful for analyzing sailor's behavior and skills automatically from audio and video data. The result have shown that the system is effective for analyzing sailor's behavior to enhance sailor's skill and knowledge transfer.

1. はじめに

さまざまな産業分野において、複数人でのチーム作業を求められるケースは多く、チーム内での意思疎通を図ることが重要とされている。船舶のブリッジ業務においても、チームで作業を分担して安全に目的地まで航行することが求められる。船舶ブリッジへの情報機器の導入や、ブリッジ業務訓練の実施など、船舶航行の安全性向上に向けた取り組みが行われている反面、大型船舶の衝突事故は後を絶たないのも事実である。一方、自動車業界では、安全性向上のためにマルチメディアセンサを用いたドライバー支援など、様々な検討がなされている [1]。船舶ブリッジでは、チーム内でのコミュニケーションが重要であり [2]、操船に関する知識やブリッジ業務のワークフローを熟練者から若手の航海士に確実に受け継いでいくための支援や、より高度なブリッジ業務支援システムの開発が求められている。本稿では、船舶ブリッジ業務をマルチメディアセンサを用いて記録を行い、業務分析や知識・技能の伝承支援に活用するためのブリッジ業務分析システムについて述べる。

2. 船舶ブリッジ業務の分析

2.1 ブリッジにおけるチーム作業

船舶ブリッジ業務の目的は、船舶を安全に目的地まで航行させることである。船舶が航行する海峡には、他船や浅瀬など避けなければならない対象が存在し、安全な航行をするためには、これらを見張り作業により、早い段階で発見することが求められる。ブリッジでは、操舵、見張り、チャートへの記入など、多岐にわたる作業をチームで分担することによって、作業負荷の集中を防いでいる。そのため、チームワークの良し悪しは船舶航行の安全性に大きく関わっている。

2.2 ブリッジ業務に関する知識・技能の伝承

ブリッジには航海を支援するための様々な機器が搭載されている。ブリッジ内の機器が増えるにつれて業務知識も複雑になり、チーム内での意思疎通や他船との通信などに関しても、ワークフローを守った行動が求められるなど、身につけるべき

知識・技能は多い。これらの業務に関する知識、技能、ワークフローを熟練者から若手の航海士へ確実に伝承していくためには、何らかの形で実際の業務の内容・状況をログとして記録して残していく必要がある。ブリッジ業務では、対話によるコミュニケーションが重要な要素であるため、音声を記録することが必要と考えられる。また、誰がどの機器を操作したのかを把握するために、映像も記録する必要があると考えられる。多くの事例を集めて分析することで、ブリッジ業務支援システムや教育支援システムに繋げることができ、ブリッジ業務に関する知識や技能の伝承支援に貢献することができると考えられる。

3. ブリッジ業務分析システム

3.1 マルチモーダルセンシングによるブリッジ業務の記録

ブリッジ業務のログ記録を行う際、センサ等の設置によって従来の作業に支障が出ないように配慮する必要がある。そのため、設置するセンサの種類は最低限必要なものを選択する必要がある。前節の理由に加えて、いずれのセンサも認識精度が完璧でないことと、人間が見て理解・分析することを考慮して、映像と音声の形式で記録することが好ましいという結論に至った。

映像の記録に関しては、1台で室内全域を撮影できる自由局面ミラーカメラを天井に設置して記録するようにした。一方、音声の記録に関しては、各船員の発話を精度良く分類する必要があるため、無線ピンマイクを各船員に取り付けて記録するようにした (図 1)。

3.2 ブリッジ業務支援情報の抽出・生成

ブリッジ業務分析支援システムの機能として、映像・音声を記録しながら、自動・半自動で支援情報をリストアップして提示することが望ましい。なお、ここでの支援情報とは、機器操作やチームワークに関して良かった点や改善すべき点などの、船員へ提示するための情報を指す。

記録した映像・音声を元に、画像処理・音声認識処理を行うことで、船員の位置、動作タイミング、発話タイミングなどを抽出する手法を検討した。画像処理に関しては、室内の照明が暗いといった悪条件のため、背景差分法およびテンプレート

連絡先: 青島 大悟, 静岡大学創造科学技術大学院, 竹林研究室,
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1, 053-478-1486,
daigo-ao@takebay.net

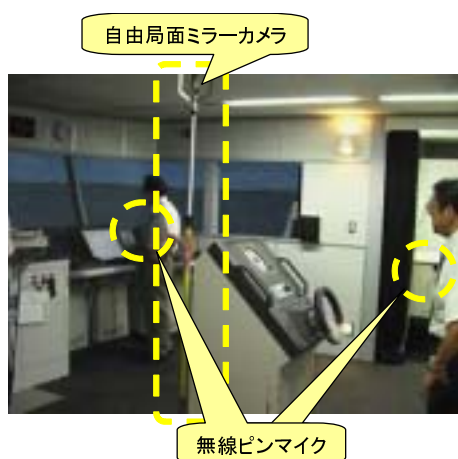


図 1: ブリッジ業務記録環境

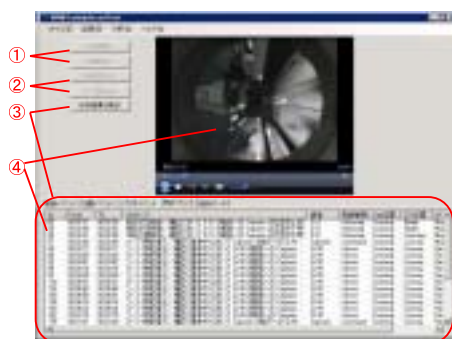


図 2: ブリッジ業務支援情報提示ツール

マッチングによる人物追跡アルゴリズムを試したが、どちらも精度が悪く実用レベルには至らなかった。そこで、ブリッジ内を5つの領域に限定し、1秒あたり1つのデータ(区間)に丸めることで、実用レベルの精度で船員の位置を検出できるシステムを設計・開発した。一方、音声認識に関しては、日本語訛りの Broken English が話されるため、自由発話やキーワードでの音声認識は精度が悪く実用レベルには至らなかった。そこで、発話のタイミングに着目して、「誰が」「いつ」話したのかという情報を抽出し、話者交代を認識するシステムを設計・開発した。話者交代を分析することで、報告に対する返事を忘れていたなどの、ワークフローからの逸脱を警告することが可能である [3]。

3.3 ブリッジ業務支援情報提示ツール

前節にて述べた支援情報を検出し1画面に統合して閲覧するためのビューアを作成した(図2)。本ツールを用いることで、船員の行動(映像・音声データ)を記録(1)、記録した情報の読み込み(2)、映像・音声データから抽出した分析結果を提示(3)、指定した場面の再生・閲覧(4)ができる。

分析結果の提示の際に、前節で述べた船員の位置や発話タイミングなどの情報に加えて、発話回数やポジショニングの割合などを統計データとして算出して提示することが可能である。これにより、普段は見逃しがちな潜在的な問題を示唆することができる。

4. プロトタイプシステムの評価・検討

4.1 ブリッジ業務トレーニングの記録

(株)日本海洋科学のブリッジ業務シミュレータ室において、3.1節にて述べた記録環境を構築し、シミュレータによるブリッジ業務トレーニングの様子を記録した。他船との接近が多い海域での操船を想定したシナリオにて、船員4人分、約40分間のトレーニングデータを記録した。無線ピンマイクの装着の手間が多少増えたことを除いては、従来の作業に支障なく、ブリッジ業務のログ記録が実現できた。

4.2 得られた分析結果の検討

前節で収集したデータを素材として、プロトタイプシステムを駆動して分析結果の提示を行った。特に複雑な作業は必要とせずに分析結果が提示されるため、システム導入の敷居も低いといえる。検出の精度に関して、誤検出も一部見られたが、問題場面の再生を行って確認することで無視できるため、影響は小さいことがわかった。統計データの提示により、自発的な報告の多寡、通信中の発話減少など、有益な情報が観測できることがわかった。また、統計データの提示に関して、グラフ表示などの提示方法の改善点が挙げられた。

5. まとめ

ブリッジ業務支援システムに向けた第一段階として、船舶ブリッジ業務を映像と音声による行動情報として記録する仕組みを検討・構築した。また、ブリッジのチーム作業におけるワークフローを分析することで、問題場面や統計情報などの支援情報の提示を行う業務分析システムのプロトタイプを開発した。現場への導入を考慮して、従来の作業を阻害せずに、支援情報を自動・半自動で抽出する仕組みを実現した。上記から、ブリッジにおけるチーム作業を活性化し、ブリッジ業務における知識・技能の伝承支援に貢献できる見通しが得られた。

謝辞

本研究は、シップ・アンド・オーシャン財団の支援を受けた。また、本研究の遂行にご協力いただいた株式会社日本海洋科学、東京大学の大和裕幸教授、稗方和夫助教、角田領氏、デジタルセンセーション株式会社に感謝の意を示す。

参考文献

- [1] Y.Kuroki, T.Okino, T.Haraikawa, Y.Sakane, Y.Takebayashi: Multimodal Cruising Assist to Enhance the Drive's Abilities to Perceive Surrounding Contexts Using Panoramic Presentation with Dynamic Multiple Windows, Proc. Fifth IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, pp.429-434 (2007.3.23)
- [2] 安藤英幸, 大和裕幸, 角田領, ブリッジにおける協調作業の対話分析, 日本造船学会論文集, 195, pp.63-70 (2004.6)
- [3] 鈴木敦志, 青島大悟, 大谷尚史, 桐山伸也, 杉山岳弘, 竹林洋一: 操船中の船員の音声行動コーパスの構築とコンセンサス知識の獲得, 第22回人工知能学会全国大会, 3F3-2 (2008)