

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420827

研究課題名(和文)ビデオ画像分析による造船工場の作業・安全観測に関する研究

研究課題名(英文)Work and Safety Assessment at Shipyard by Video Image Data Analysis

研究代表者

田中 太氏 (TANAKA, TAKASHI)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：70432854

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：作業安全に関わるハザードのリスクを定量的にモニタリングすることを目的に、動画画像の画像データ解析による造船工場の作業・安全状況の定量的な評価と、画像データ解析に有効な動画画像の撮影方法に関する検討を行った。カメラ画像を用いた人物の位置情報の同定法とカメラ画像を用いた作業観測法について検討した。さらに、取得した作業者の移動軌跡と作業推移のデータを用いた作業・安全の評価法について検討を行った。

研究成果の概要(英文)：We discussed an evaluation for work & safety assessment at shipyard by video image data analysis to monitor work hazards and useful camera techniques for the image data analysis. We investigated methods to locate worker on image data and work observation methods with video camera. We also investigated work & safety assessment methods used by moving track of worker and transition of work element.

研究分野：造船工学

キーワード：計画・設計・生産システム 労働安全 リスク評価 モニタリング

1. 研究開始当初の背景

(1) 造船所における労働災害の発生状況

造船所での労働災害は日本造船工業会での取り纏めによると 1972 年の労働安全衛生法の制定以降減少傾向が続いたが、1999 年頃から災害発生件数、災害度数率ともに再び増加傾向にある。

(2) 造船所における労働安全管理の現状

労働安全衛生マネジメントシステム OHSAS18001 (1999 年) では労働安全の実績を定期的にモニタリングおよび測定することが求められ、改正労働安全衛生法 (2005 年) でも労働安全衛生指針の策定、管理計画、実施運用、チェック、フィードバック等の PDCA サイクルによる継続的な改善を求めている。一方、造船所では労働安全衛生の管理者や現場の安全スタッフは災害の事後対処に翻弄されており、リスクアセスメントによる災害の事前対処への転換が課題である。

(3) これまでの研究の取り組み

① 作業安全リスクアセスメントと PDA による作業安全観測の提案

研究代表者らは、リスクアセスメントによる作業および作業環境の合理的な安全改善に役立てることを目的に、言葉によるあいまいなリスク解析ではなく、PDA (小型携帯端末) による作業安全観測法を提案し、実際の造船所にも適用してきた。ここでは、リスクアセスメントの手順書の整備を行い、観測対象の選定から作業・安全観測、対策の検討までの流れを体系的に整理した。作業員自ら改善に取り組めるように工夫した。

② ネットワークカメラによる造船工場の作業・安全観測システムの提案

前述の PDA を用いた作業・安全観測法では、観測者は作業現場で観測・入力するため、観測者の作業・安全への理解が深まる副次的な効果もあるが、観測者の時間・場所が束縛される。そこで、作業現場に設置したネットワークカメラで作業を撮影し、動画による作業・安全の分析手法を提案・検討してきた。実際の造船工場に適用し、作業場所・内容の比率を推定した。PDA による観測結果と比較し、手法の有効性を確認した。

2. 研究の目的

作業安全に関わるハザードのリスクを定量的にモニタリングすることを目的に、動画画像の画像データ解析による造船工場の作業・安全状況の定量的な評価と、画像データ解析に有効な動画画像の撮影方法に関する検討を行う。

3. 研究の方法

(1) カメラ画像を用いた人物の位置情報の同定法の検討

実際の造船工場での撮影環境を考慮し、カメラ画像から作業員の位置を同定する方法を歩行実験を行い検討する。

① 画像からの作業員の位置同定

画像からの位置情報の取得には DLT

(Direct Linear Transformation) 法がある。これは画像内の求めたい空間上の座標点と、計測により予め設定されている数点の固定座標を複数台のカメラで同時に撮影して、カメラ座標と空間座標に関わる連立方程式を解き、空間上の座標点を求める方法である。この方法による位置取得は、作業現場など位置マーカーやカメラの設置等の制約がある場所では課題が多い。

本研究では、作業場の形状・寸法、設置された機器等の位置を予め計測し、地図情報を作成しておき、1 台のカメラにより撮影されたビデオ画像上の座標と地図情報の座標の対応から作業員の位置を同定することを検討する。画像上の 4 点 U1 から U4 を地図情報の 4 点 V1 から V4 に対応させて写像させる。これには、ホモグラフィ変換を用いる。4 点の座標を入れて連立方程式を解くことで画像から地図情報への画像・実位置変換マトリクスを求める。

② 画像における人物の検出

撮影したビデオ画像から人物を抽出する方法として、本研究では以下の 2 つの手法について検討する。

1) フレーム間差分法

時間的に連続した 3 枚の画像 F1, F2, F3 から前景として移動する人物を抽出する手法である。F1 と F2 の差分、F2 と F3 の差分を求め、2 つの差分の論理積をとると、背景が除去され、真中の F2 から人物を抽出する。

2) 色相分離法

画像から人物の持つ特定の範囲の色相 (HSV 色空間) を分離することで、人物を抽出する。

③ 人物の位置同定の手順

本研究では、以下の手順でビデオ画像を用いて作業員・機器の位置を同定する。

1) 作業員と機器の抽出

例えば、色相分離法では作業員のヘルメットの特徴色を画像処理して抽出する。機器では、例えば、溶接機は、稼働中に発するアーク光を抽出する。

2) 作業場の地図情報の取得

作業員の位置を同定するために、作業場の地図情報の取得を行う。ここでは、現場で計測した諸寸法を用い地図情報を得る。

3) 作業員の作業場での位置の取得

作業員の画像上の 1) 位置情報と 2) 地図情報をホモグラフィ変換を用いてマッチングさせて実際の位置を推定する。

(2) 画像データ解析による作業員の移動軌跡の取得の検討

実際の造船工場において作業員の動画を撮影し、画像データ解析による作業員の移動軌跡の取得について検討する。鋼板の切断工場と船台の 2 箇所で行う。

① 鋼板切断工場における搬送作業

鋼板の切断工場における切断材の搬送の担当作業員を対象にし、撮影された動画画像から作業員の位置情報を取得する。作業員の動き

を工場全体にわたり連続的に観測できるようにビデオカメラは多数設置する。

② 船台におけるブロックの接合作業

造船所の船台に搭載された二重底ブロックにおける簡易自動溶接機による溶接作業を担当する作業者を対象にし、撮影された動画から作業者と自動溶接機の位置情報を取得する。これまでの検討から、作業者が移動する面に対する撮影角度が大きい方が位置情報の精度が高いことから、高所に設置したビデオカメラにより作業者の作業画像を取得する。作業者の動きを二重底ブロック全体にわたり連続的に観測できるようにビデオカメラは複数設置する。

(3) 作業者の移動軌跡による作業・安全評価の検討

画像データ解析で取得した作業者の移動軌跡を用いた作業・安全評価について検討する。

① 作業者の安全評価への適用の検討

画像データ解析で取得した作業者の移動軌跡を用いた作業・安全評価について検討する。

② 作業評価法への適用の検討

画像データ分析によって得られた作業者と溶接機の移動軌跡と後述する小型カメラ画像を用いた作業観測によって得られた作業の推移を合成した作業評価法について検討を行う。

(4) 小型カメラ画像を用いた作業観測の検討

作業・安全状況の定量的な評価には、作業者の位置情報だけでなく、その位置で行われている作業情報も必要である。ここでは、作業者のヘルメットに取り付けた小型カメラで撮影した画像を用いた作業観測について検討する。撮影した動画を用いて作業観測を行うが、ここでは、あらかじめ設定した溶接作業の標準手順に基づいてどのように手順が進められるかを時系列で記録する。

(5) ディープ・ラーニングを用いた画像識別による作業観測法の検討

作業者のヘルメットに装着した小型カメラの動画を用いた作業観測は、時間がかかり、観測者の負担が大きい。動画が持つ作業情報の抽出の自動化を目的として、多層構造のニューラル・ネットワーク (NN: Neural Network) による機械学習であるディープ・ラーニング (DL: Deep Learning、深層学習) を用いた画像識別による作業観測法を検討する。

4. 研究成果

(1) カメラ画像を用いた人物の位置情報の同定法

① 画像からの作業者の位置同定

造船工場の建屋内の歩行ルートを模擬したモックアップにて歩行実験を行った。撮影画面に対して平行、斜め、鉛直移動、方向転換等の歩行ルートを変えて手法の有効性を確認した。また、カメラの撮影高さの影響を検討し、抽出する頭部が移動する平面に対する迎角の効果を確認した。さらに、足元を抽出して位置を推定する方法よりも、頭部を抽出して足元の位置を推定の方が外乱に効果があるこ

とを確認した。

② 画像における人物の検出

図 1 に示すように実際の造船工場の建屋内で歩行実験を行い人物の位置同定の方法の検討を行った。フレーム間差分法よりも色相分離法の方が、遠近の変化、人・物の重なり、ノイズ、歩行速度の変化などに対して優れていることを確認した。

(2) 画像データ解析による作業者の移動軌跡の取得

実際の造船工場で撮影した動画に画像データ解析を用いて作業者の位置の取得について検討を行った。船台に搭載された二重底ブロックを船幅方向に溶接するバット溶接作業についての例を図 2 に示す。作業者と溶接機の移動軌跡の取得に有効である。

(3) 作業者の移動軌跡による作業・安全評価

① 作業者の安全評価への適用

図 2 のような画像データ解析で取得した作業者の移動軌跡を用いた作業者の安全評価について検討した。移動経路の頻度や安全面の検討が必要な場所との位置関係の定量的に把握でき、効率や安全面の分析に有効である。

② 作業評価法への適用

画像データ分析によって得られた作業者と溶接機の位置の推移と小型カメラ画像を用いた作業観測によって得られた作業の推移を合成した作業評価法について検討した。船台におけるブロックの接合作業の例を図 3 に示す。実際の作業の様子が明らかになり、作業改善の検討に有効である。

(4) 小型カメラ画像を用いた作業観測

作業者のヘルメットに取り付けた小型カメラで撮影した画像を用いた作業観測について検討した。二重底ブロックにおける簡易自動溶接機を用いた溶接作業を担当する作業者を対象にした。小型カメラのビデオ画像による作業観測によって取得された作業推移図の例を図 4 に示す。この図は、溶接前の準備作業において、作業の要素が推移していく様子を示し、標準作業手順に従い作業がなされた場合には、推移線は左上から右下に向かって進むことになる。作業の流れの適切性や作業が中断する要因の抽出に有効である。

(5) ディープ・ラーニングを用いた画像識別による作業観測法

動画が持つ作業情報の抽出の自動化を目的として、ディープ・ラーニングを用いた画像識別による作業観測法を検討した。

作業者の溶接作業の動画から一定の時間間隔で作成したスクリーン・ショット (静止画) と、この画像を分類した要素作業の識別情報を教示データとして DL で学習した。一人の作業者を教示データとした場合、教示データを再度識別させる自己識別率で評価すると、教示データの件数は有効であるが、一方、他の作業者の画像に対する他者識別率には有効でない。他者識別率の向上には、複数の作業者の構図の教示データが有効である。

さらに、教示データとした動画に対して、

DL を用いて瞬間観測を行い、目視による連続観測と比較した例を図 5 に示すが、概ね一致している。DL を用いた画像識別は目視の連続観測と同等な作業観測を行える可能性を確認した。



図 1 画像データ解析による人物の検出の例

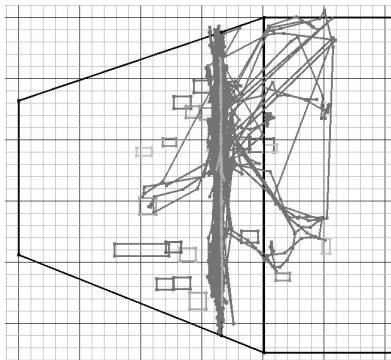


図 2 作業者の移動軌跡の例

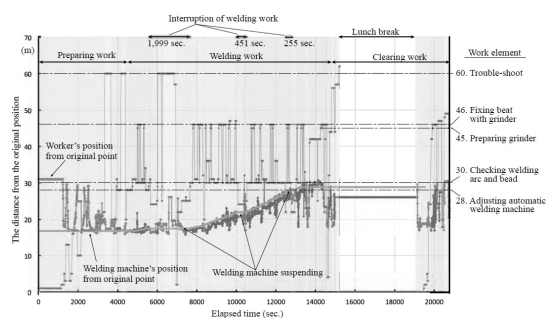


図 3 移動軌跡を用いた作業評価の例

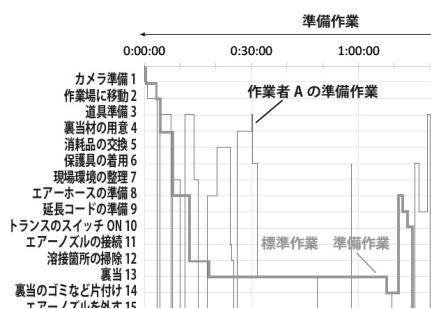


図 4 作業推移図の例

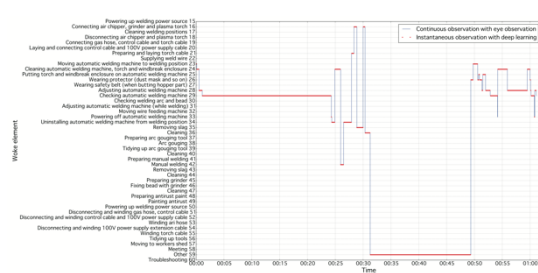


図 5 DL を用いた画像識別による作業観測の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

(1) 田中 太氏, 篠田 岳思, 内海 勇哉, 造船所における作業観測のためのディープラーニングによる作業情報の抽出に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 24, 549-550, 2017. 5

(2) 篠田 岳思, 田中 太氏, 寺田 圭佑, 画像データ解析による建造時の作業者位置の取得に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 22, 425-426, 2016. 05.

(3) 篠田 岳思, 田中 太氏, 彭 静姣, ディープ・ラーニングを適用した作業情報の抽出に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 22, 427-428, 2016. 05.

(4) 篠田 岳思, 田中 太氏, 白神 佑輔, テキストマイニングによる造船工場内のヒヤリハット報告のデータ分析, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 22, 349-350, 2016. 05.

(5) Takeshi Shinoda, Takashi Tanaka, Development of Risk Assessment Methodology for Occupational Safety by Work Observation Technique, Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME), 32, 3, 139-153, 2016. 08.

(6) 篠田 岳思, 田中 太氏, 真崎 陸, 小型カメラを用いた造船所の作業観測法と作業の標準化に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 20, 199-200, 2015. 05.

(7) 篠田 岳思, 田中 太氏, 西口 純平, 造船所におけるカメラモニタリング画像を用いた作業分析法, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 20, 197-198, 2015. 05.

(8) 田中 太氏, 篠田 岳思, 松本 拓久, 造船工場の歩行路環境の安全性評価に関する研究-階段の傾斜が与える身体バランスへの影響-, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 19, 587-588, 2014. 11.

〔学会発表〕(計 7 件)

(1) 田中 太氏, 篠田 岳思, 内海 勇哉, 造船所における作業観測のためのディープラーニングによる作業情報の抽出に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 東京大学生産技術研究所 (東京都渋谷区), 2017. 05. 24

(2) 篠田 岳思, 田中 太氏, 寺田 圭佑, 画像データ解析による建造時の作業者位置の取得に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 福岡県中小企業振興センター (福岡県福岡市),

2016. 05. 26.

(3) 篠田 岳思, 田中 太氏, 彭 静姣, ディープ・ラーニングを適用した作業情報の抽出に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 福岡県中小企業振興センター (福岡県福岡市), 2016. 05. 26.

(4) 篠田 岳思, 田中 太氏, 白神 佑輔, テキストマイニングによる造船工場内のヒヤリハット報告のデータ分析, 日本船舶海洋工学会講演会, 福岡県中小企業振興センター (福岡県福岡市), 2016. 05. 26.

(5) 篠田 岳思, 田中 太氏, 真崎 陸, 小型カメラを用いた造船所の作業観測法と作業の標準化に関する研究, 日本船舶海洋工学会講演会, 神戸国際会議場 (兵庫県神戸市), 2015. 05. 25.

(6) 篠田 岳思, 田中 太氏, 西口 純平, 造船所におけるカメラモニタリング画像を用いた作業分析法, 日本船舶海洋工学会講演会, 神戸国際会議場 (兵庫県神戸市), 2015. 05. 25.

(7) 田中 太氏, 篠田 岳思, 松本 拓久, 造船工場の歩行路環境の安全性評価に関する研究—階段の傾斜が与える身体バランスへの影響—, 日本船舶海洋工学会講演会, 長崎ブリックホール (長崎県長崎市), 2014. 11. 21.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 太氏 (TANAKA TAKASHI)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70432854

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し

(4) 研究協力者

無し