

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06967

研究課題名(和文)ディープ・ラーニングを用いた造船工場における作業観測の自動化に関する研究

研究課題名(英文)Study on automated work observation at shipyard by deep Learning

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) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：造船所における作業の状況は現場の作業長などの経験により管理されている。場所では作業区、時間では一日単位など粗い単位で管理されており、定量的な把握が十分でない場合が多い。作業観測シートやビデオカメラを用いた目視による作業観測が行われていることが多い。目視による観測は時間・負担がかかることが課題である。本研究では、ディープ・ラーニングによる画像識別を用いて、作業観測の自動化手法を検討した。はじめに、教示画像データの構築法を検討した。次に、作業観測の自動化の適用例として、造船所の構内道路における作業員、車両の移動軌跡の観測とリスクアセスメントへの適用について検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

造船所の労働安全の管理者や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。さらに生産効率の改善も求められている。建造工程では作業員の状態は現場の作業長等の経験で管理され、定量的な把握が十分でない場合が多く、作業のボトルネックが顕在化しにくい。従来の造船所での作業観測は作業観測シートやビデオ画像を用いた目視観測が行われている。目視観測は時間・負担が課題であった。ディープ・ラーニングを用いた画像識別による作業観測の自動化はモニタリングやリスクアセスメントの普及を大きく推進する。教示データの構築法の検討はディープ・ラーニングの導入を推進する。

研究成果の概要(英文)：Progress of work at shipyard is controlled by experience of foreperson. The progress is managed in coarse units, such as work areas in terms of location and day in terms of time, which are not fully quantified. In many cases, work observations are done by eye observation using work observation sheets and video cameras. Eye observation is time-consuming and burdensome. In this study, we discussed a method to automate work observation using image recognition by deep learning. First, a method for constructing teaching image data was discussed. Next, as an example of the application of automation of work observation, observations of trajectory of workers and vehicles on a road in a shipyard and their application to risk assessment were discussed.

研究分野：造船工学

キーワード：生産システム 労働安全 作業観測 リスクアセスメント モニタリング 画像解析 ディープラーニング ディープニューラルネットワーク

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

#### 1.1 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。

#### 1.2 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。

#### 1.3 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。PDA による観測結果と比較し、手法の有効性を確認した。

##### (3) 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

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、ビデオ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ビデオ画像の撮影方法に関する検討を行った。ここでは、フレーム間差分法や色相分離法による人物の位置情報の同定法と作業員の移動軌跡の取得法について検討を行った。さらに、作業員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。

### 2. 研究の目的

作業観測でのビデオカメラの活用は映像の再生や早送り・巻戻しなどの機能を使い利便性は高いが、作業観測には多くの時間を要し短縮が課題である。ビデオ画像を用いた作業観測・分析の自動化を目的に、造船工場で作業する作業員を撮影したビデオ画像から作業員を抽出し、作業員の位置・作業の状態を自動的に識別する観測システムを検討する。撮影対象の人・モノが混在し、光の環境の変化が大きい複雑なカメラ画像から作業員・作業を自動的に識別するために、従来の画像識別技術に比べて高い精度・汎用性を持つディープ・ラーニング (深層学習) を用いて、多様な作業現場にも適用できる観測技術を確認することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 ディープ・ラーニングを用いた画像識別による作業の識別と作業観測の検討

##### 3.1.1 画像識別のためのディープ・ラーニングに用いる教示画像データ構築法の検討

###### (1) 教示画像データの候補の作成の検討

画像識別のためのディープ・ラーニングでは、非常に多数の教示画像データをディープ・ニューラル・ネットワークに学習させる必要がある。ここでは、過去に行った作業観測で取得したデータを用いて検討を行った。作業現場を俯瞰的に撮影したビデオ画像の代わりに、作業員のヘルメットに装着した小型カメラによる作業員視線のビデオ画像と作業観測のデータを教示画像データとして用いた。画像識別のニューラル・ネットワークは Caffe フレームワークを用いた。

###### (2) 画像コンテンツの定義による教示画像データの構築の検討

作業頻度の低い作業や他の作業と似ている作業の識別の精度を向上させることを目的に、教示画像の分類法を検討した。ここでは、作業毎に特徴的な画像の構図を画像コンテンツとして定め、教示画像データの分類・構築法を検討した。

###### (3) 作業員共通のニューラル・ネットワークの検討

汎用的なニューラル・ネットワークの構築を目的に、別の作業員の画像も識別できる作業員共通のニューラル・ネットワークを検討した。

##### 3.1.2 単項目ネットワークによる作業観測の検討

一つのニューラル・ネットワークで複数の作業を識別する場合、他の作業と類似した画像コンテンツが定義され、コンテンツの再定義をしなければならない課題に対して、一つのニューラル・ネットワークで一種類の作業のみを識別する単項目ネットワークによる検討を行った。

#### 3.2 ディープ・ラーニングを用いた作業観測の自動化の検討

作業観測の自動化に関する例として、ディープ・ラーニングを用いた物体識別による造船所の構内道路における作業員、車両の移動の観測について検討した。画像中の物体検出と識別するニューラル・ネットワークには YOLO を用いた。

### 3.3 造船所におけるリスクアセスメントへの適用の検討

ディープ・ラーニングによる作業観測の自動化の適用例として、造船所におけるリスクアセスメントへの適用について検討した。

## 4. 研究成果

### 4.1 ディープ・ラーニングを用いた画像識別による作業の識別と作業観測

#### 4.1.1 画像識別のためのディープ・ラーニングに用いる教示画像データ構築法

##### (1) 教示画像データの候補の作成

過去に行ったビデオ画像による作業観測で取得した、作業の時系列推移のデータとビデオ画像から教示画像データの候補を作成した。作成した教示画像データの候補を学習したニューラル・ネットワークを用いてビデオ画像の作業を識別させた時、教示画像データの件数が多い作業の識別率は高く、教示画像データの初期の候補としては有効である。ここでは、ある時刻の瞬間のビデオ画像のスクリーンショット（静止画）に対して、作業の時系列推移データからスクリーンショットが表す作業を推定し、その画像に作業のラベル付けを行った。

一方、教示画像データの候補とするビデオ画像を増やすと、教示画像データの件数が多い作業の識別率は向上するが、作業の頻度が低く、教示画像データの件数が少ない作業や、他の作業と画像が似ている作業は識別率が低い課題がある。

##### (2) 画像コンテンツの定義による教示画像データの構築

作業の特徴を表す画像コンテンツの構図に似ている画像のみを残し、それ以外を取り除いた教示画像データを作成し、ニューラル・ネットワークに学習させると、識別できる作業の種類は増加した。一方、他の作業の画像コンテンツに似た教示画像を持つ作業の種類を加えると、他の作業と誤認識される。画像コンテンツの定義は識別できる作業の種類の数、識別率の向上に有効であるが、画像コンテンツの定義が異なると、コンテンツの再定義をしなければならないジレンマに陥る。ディープ・ニューラル・ネットワークによる作業観測と目視で行った連続観測の比較を図1に示す。多くの作業は両者で一致している。

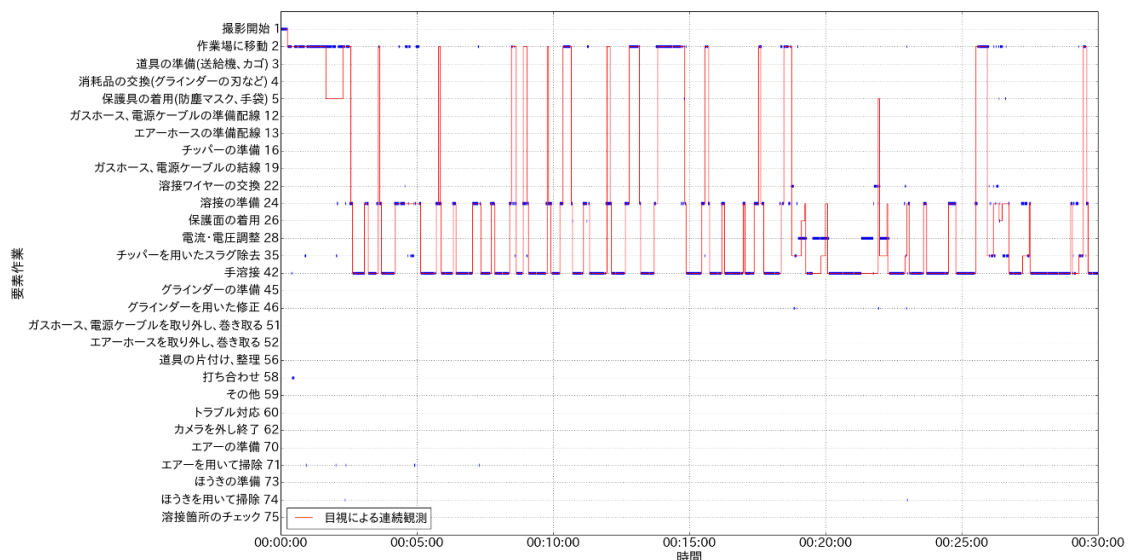


図1 ディープ・ニューラル・ネットワークによる観測と目視による観測の比較の例

##### (3) 作業共通のニューラル・ネットワークの検討

ある作業者のみの画像を教示したニューラル・ネットワークを用いて、他の作業者の画像を識別させると、識別できる作業の種類が限られた。作業者によって作業の手順が異なる作業では、画像のコンテンツが異なるためである。作業者毎に特徴的な画像コンテンツを教示画像データに追加すると、他の作業者の画像も識別できた。

#### 4.1.2 単項目ネットワークによる作業観測

ある作業の画像とそれ以外の作業の画像の2種類を学習した単項目ニューラルネットワークを、識別したい種類の作業それぞれについて作成し、それぞれのニューラル・ネットワークで作業を識別した。それらの結果の和を用いて、ビデオ画像の作業観測を試みた。識別率は概ね高く、識別率が低い作業は作業を識別しておらず、誤識別が少ない。

### 4.2 ディープ・ラーニングを用いた作業観測の自動化

構内道路を撮影したビデオ画像からディープ・ニューラル・ネットワークで検出した作業や車両などの物体の画像領域の代表点を物体の位置とし、物体の位置の履歴を物体の移動軌跡として求めた。移動軌跡から構内道路の交通量の時系列変化について調べると、目視による観測と概ね合っている。非常に多数集合した作業者の移動軌跡や道路を通過する巨大なクレーンによる死角などの作業観測における課題を明らかにした。

#### 4.3 造船所におけるリスクアセスメントへの適用

作業者と車両の移動軌跡の交差状況からハザードの存在の高い時間帯を抽出し、ビデオ画像からハザードを目視で検出した。検出したハザードについては、過去に行った作業者の不安全行動に対する意識調査を参考に 4M5E 法を用いてハザードに対する安全対策の検討を行った。作業者とフォークリフトの移動軌跡の交差点数と目視で確認した接近件数の比較を図 2 に示す。両者の分布の傾向は概ね一致しており、ディープ・ニューラル・ネットワークを用いた移動軌跡の分析はハザードの抽出に有効である。

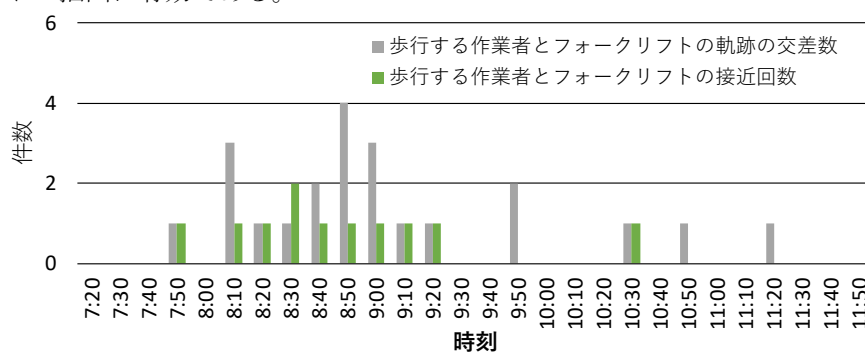


図 2 歩行する作業者とフォークリフトの軌道の交差点数と接近数の比較

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 篠田 岳思, 田中 太氏, 岡本 颯斗	4. 巻 28
2. 論文標題 ディープニューラルネットワークを適用した造船所の作業情報の抽出法に関する研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 243-244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 田中 太氏, 篠田 岳思, 孟 宇豪	4. 巻 30
2. 論文標題 ディープニューラルネットワークを適用した造船所の作業・安全観測法と評価に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 田中 太氏, 篠田 岳思	4. 巻 26
2. 論文標題 ディープニューラルネットワークによる作業情報の抽出のための教示画像の構築法に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 391-392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 篠田 岳思, 岸上 兼大, 吉谷 紀, 田中 太氏	4. 巻 26
2. 論文標題 造船所の小組立工程の作業シミュレーションによる生産方式の評価に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 389-390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Tanaka, Takeshi Shinoda	4. 巻 2018
2. 論文標題 A Method for Extracting the Work Status in Shipyard Using Deep Neural Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SNAME Maritime Convention 2018 Conference Paper	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 田中太氏、篠田岳思、内海勇哉	4. 巻 24
2. 論文標題 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	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会講演会論文集	6. 最初と最後の頁 549-550
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 篠田 岳思, 田中 太氏, 岡本 颯斗
2. 発表標題 ディープニューラルネットワークを適用した造船所の作業情報の抽出法に関する研究
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 太氏、篠田 岳思
2. 発表標題 ディープニューラルネットワークによる作業情報の抽出のための教示画像の構築法に関する研究
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 篠田 岳思、岸上 兼大、吉谷 紀、田中 太氏
2. 発表標題 造船所の小組立工程の作業シミュレーションによる生産方式の評価に関する研究
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Tanaka, Takeshi Shinoda
2. 発表標題 A Method for Extracting the Work Status in Shipyard Using Deep Neural Networks
3. 学会等名 SNAME Maritime Convention 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中太氏、篠田岳思、内海勇哉
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本船舶海洋工学会春季講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考