

船舶建造のための自動作業観測技術の開発

篠田, 岳思
九州大学大学院工学研究院

梅本, 大輔
株式会社名村造船所

関, 寛太
九州大学大学院工学府

杉山, 直人
今治造船株式会社

他

<https://hdl.handle.net/2324/7181919>

出版情報 : 36, pp.201-202, 2023-06-01. The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers

バージョン :

権利関係 : © The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers



船舶建造のための自動作業観測技術の開発

正会員 篠田 岳思*

学生会員 関 寛太***

正会員 田中 太氏*

梅本 大輔**

正会員 杉山 直人****

Development of Method of Automated Work Observation for Ship Construction

by Takeshi Shinoda, *Member*

Daisuke Umemoto

Kanta Seki, *Student Member*Naoto Sugiyama, *Member*Takashi Tanaka, *Member***Key Words:** Work Observation, Deep Neural Network, Digital transformation, Ship production system

1. 緒 言

造船所の建造工程について、現状では大凡週に1度の工程調整会議により修正がなされ、進水など、引渡に向け調整がなされており、建造工程の計画時の作業見積の精度向上が求められている。作業見積の精度向上は作業観測に基づく作業の標準化を必要とするが、作業観測による作業分析には、多くの時間と労力を必要とすることから、造船所の負担も大きいことが考えられる。

このため、建造時の利便性の高いモニタリング技術の開発が求められている。一方、モニタリング技術には監視用カメラを利用した俯瞰的な固定カメラ画像から作業を同定することが考えられるが、この画像のみでは作業の詳細が不明であり、作業の同定には限界がある。

そこで、本研究では、俯瞰的な画像に小型カメラ画像を組み合わせ、作業の詳細を自動的に識別する自動作業観測法について検討する。これは小型カメラの作業動画から得られる画像を用いて、機械学習のディープ・ニューラル・ネットワーク(Deep Neural Network、以下、DNNと略す)を適用し、画像識別による作業情報の取得を行うための自動作業観測技術を開発する。作業観測対象には、主に小組立工程のうちの仮付け溶接作業、簡易自動溶接作業について検討した。

2. DNNによる画像識別

多層構造のDNNによる深層学習をディープ・ラーニング(Deep Learning)と呼ぶ。多層ニューラル・ネットワークでは中間層を増やすと、誤差逆伝搬法によりネット間の接続部の重みを求める際に誤差の勾配が消失・発散する問題があったが、事前学習により解消が図られた。これは特定の画像処理を行う働きを持つ層を何層か重ねた構造を持ち、層間の結合に疎らなネットワークを持つ畳込みニューラル・ネットワーク(Convolutional Neural Network, CNNと略す)が画像識別に有用であることが近年多数報告されている。CNNは畳込み層とプーリング層という2種の層を含む順伝搬型ネットワークである。

3. 画像識別による自動作業観測法の考え方

Fig. 1(a)に研究フィールドである造船所の小組立棟に設置した固定カメラの画像を示す。また、Fig. 1(b)にヘルメットに装着した小型カメラの画像を示す。このように作業情報に大きな違いがあることが分かる。

また、各作業についてはパレート分析を行い、要素作業の累積比率90%程度を目安に識別対象とする要素作業を選定した。小組立工程では作業のベースになる親板があるが、ここでは、親板1枚を基準として分析を行う。

この作業は、溶接のための前準備、溶接、溶接作業の清掃のような後片付けがある。溶接による作業は実際に溶接を実施する主作業と次の主作業に移る際の付随作業がサイクルとして現れ、ここではこれらの作業を統合してサイクル作業と呼ぶ。溶接の前後作業は付帯作業があり、その他に作業者との打合せ、休憩等のような非作業がある。これらの各作業は要素作業として分類して行く。

サイクル作業は俯瞰した固定カメラ画像を用いて、溶接光を特徴量とすると、画像識別が可能である。しかし、サイクル作業の内容の把握は難しいことから、小型カメラ画像により画像分析により作業内容を把握する。

このように、両カメラ画像の長所を組み合わせることで補完しあいながら画像識別による作業観測を行う自動作業観測を行う方法について検討する。

4. 画像識別による作業観測を用いた船舶建造作業の見積情報の抽出

4.1 画像識別結果

画像識別結果の例として、Fig.2に簡易自動溶接作業について、目視による連続作業観測とDNN作業観測による小型カメラ画像を用いた作業の識別結果を示す。なお、DNN作業観測では、1秒毎の画像を用いて画像識別を行っている。この図によると目視による連続作業観測とDNN作業観測に小型カメラ画像を用いた作業識別とを比較した場合には、要素作業毎に作業がよく識別されていることが分かる。また、溶接作業と付随作業の作業サイクルが抽出できている。一方で、溶接作業には、僅かに両観測法でのズレの部分もある。この原因として、小型カメラ画像を用いた作業識別では、溶接作業中が始まると、作業者の視線が作業対象からの外れることや、画像の特徴量が似ている要素作業の存在が挙げられる。

* 九州大学大学院工学研究院

**名村造船所(研究当時：九州大学大学院工学府)

***九州大学大学院工学府

****今治造船株式会社

原稿受付 令和5年3月3日

公開日 令和5年5月25日

春季講演会において講演 令和5年6月1,2日

©日本船舶海洋工学会



(a) Captured image by fixed camera.



(b) Captured image by handy camera.

Fig. 1 Examples of captured image by different camera devices in sub-assembly process.

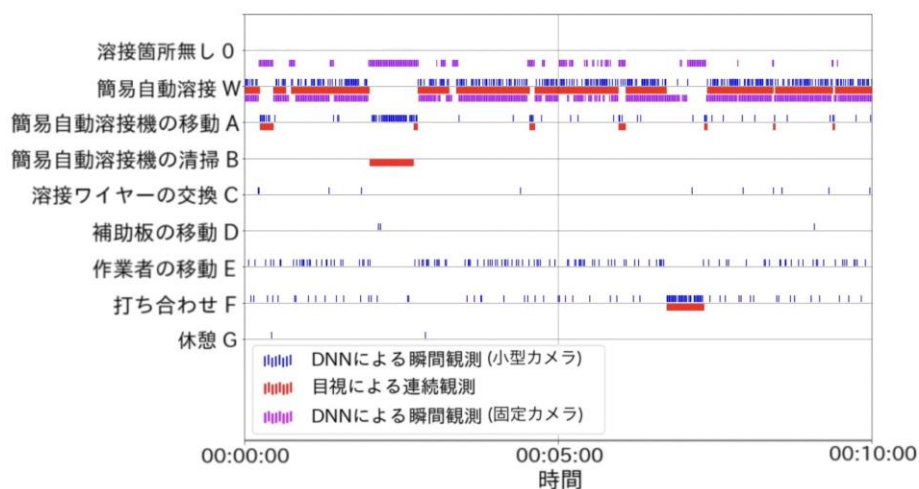


Fig. 2 Work changing with time passage.

4.2 画像識別のズレの補正法

Table 1 に示す目視観測と小型カメラ画像を用いた要素作業の識別の違いを精査すると、以下に述べるような特徴的な傾向がある。

特徴 1) 目視による作業観測から得られた簡易自動溶接作業 (W) の作業には、溶接作業中に作業者の移動や打合せがあり、画像識別された簡易自動溶接作業 (W_D) の作業時間、作業者の移動 (E_D) や、打合せ (F_D) に分配されている。特徴 2) 目視観測における簡易自動溶接機の移動 (A_E) の作業時間の割合は 9.2% あり、また、簡易自動溶接機の清掃 (B_E) の作業時間割合は 5.9% ある。目視観測ではその違いが分かるが、画像識別では双方ともに簡易自動溶接機への操作と見なされることから両作業を同位置に判別している。これらを合算してみると目視観測と画像識別は 13-15% と大凡一致する。

これらを画像識別の補正方法として考えると、作業観測法は概ね一致することが分かった。

4.3 サイクル作業の抽出

Fig. 2 には、簡易自動溶接作業について、DNN 作業観測による俯瞰カメラ画像と小型カメラ画像を用いた作業の識別結果に着目すると、小型カメラ画像を用いた場合と、俯瞰カメラ画像を用いた画像識別の場合は、溶接作業が抽出できており、両者はよく一致している。

小型カメラ画像からは溶接作業と付随作業の作業サイクルが抽出できていること考慮すると、簡便に設置が可能な俯瞰カメラを用いることにより、大凡、自動的に作業観測ができる可能性を示している。

Table 1 Results of different work observation method.

Work Name	Work Code	Working Time	Working Ratio	Work Code	Working Time	Working Ratio
Semi-Auto Welding	W_E	0:31:18	82.2%	W_D	0:18:57	49.7%
Moving Machine	A_E	0:03:30	9.2%	A_D	0:04:49	12.6%
Cleaning Macine	B_E	0:02:15	5.9%	B_D	0:00:00	0.0%
Changing Welding Wire	C_E	0:00:43	1.9%	C_D	0:00:22	1.0%
Moving Supporting Board	D_E	0:00:12	0.5%	D_D	0:00:05	0.2%
Moving of Worker	E_E	0:00:08	0.3%	E_D	0:09:32	25.0%
Meeting	F_E	0:00:00	0.0%	F_D	0:04:10	10.9%
Break	G_E	0:00:00	0.0%	G_D	0:00:11	0.5%
		0:38:06			0:38:06	

5. 結 言

DNN による画像識別法から小組立工程において作業観測の自動化について検討した。検討によると小組立工程の親板 1 枚における要素作業の作業時間や作業時間の割合を精度良く概算することができることが分かった。また小型カメラ画像と俯瞰カメラ画像の分析を組み合わせると、簡便に設置が可能な俯瞰カメラを用いて、大凡、自動的に作業観測が実施できる可能性を示した。今後は、小組立工程の配材作業や仕上げ溶接作業についても自動作業観測の有効性を検証し、作業観測の自動化について検討していく計画である。