

# 作業対象物へのアノテーション自動設定機能を持った 遠隔作業支援システムの検討

大多和均<sup>†</sup> 堀川真平<sup>‡</sup> 佐野良樹<sup>‡</sup> 長沼晶子<sup>‡</sup> 古澤昌也<sup>‡</sup> 湯瀬裕昭<sup>†</sup> 渡邊貴之<sup>†</sup>  
静岡県立大学大学院経営情報イノベーション研究科<sup>†</sup> 静岡県立大学経営情報学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

コンピュータや産業機械の操作等、特定の作業を行う作業員に対し、指導者が遠隔地から作業指示を行う遠隔作業支援システムでは、熟練した指導者が作業現場まで出向く必要がないため、業務の効率化やコスト削減が可能となる。

筆者らは、作業員側のデバイスとしてスマートフォンを用いた遠隔作業支援システム **SPRInTx** を開発している[1]-[4]。このシステムでは、指導者が作業員の撮影した映像にアノテーションを設定することで、作業員に対し作業対象物を明確にしている。しかし、作業員が多数の場合に、指導者の操作負担が増大するという問題点がある。そこで、筆者らは文献[5]において、映像に格子状のグリッド線を合成することで、指導者自らアノテーションを設定することなしに、作業対象物の大まかな位置を音声のみで指示できる改良を行った。しかし、作業対象物の正確な位置を指示するためには追加の音声による指示が必要であり、作業時間の短縮には結びつかなかった。

上述の問題を改善するために、本研究では、映像中の作業対象物に対し物体認識によりアノテーションを自動生成する手法を検討する。本手法では、指導者はアノテーションの設定を一切行わず、音声のみで作業対象物の正確な位置を指示できることが期待される。本手法を **SPRInTx** に実装し、評価実験を行い、その有効性について考察する。

## 2. システム概要と実装方法

### 2.1 物体認識

本システムでは、物体認識によるアノテーション自動生成機能をスマートフォン内に実装する。実装にあたり、コンピュータビジョン用のライブラリである **OpenCV**[6]を利用する。本システムでは、物体認識を行うためあらかじめ作業対象物の統計学習が必要である。物体を識別するオブジェ

クト検出器の統計学習には **AdaBoost** を使用し、正解画像として 8000 枚、非正解画像として 1319 枚を用いて **HOG** 特徴量をもとに学習させた。

### 2.2 アノテーション表示のロバスト化

上述の統計学習によって構成した検出器を用いた物体認識では、カメラの被写体への角度や手振れによって、誤検出や作業対象物を見失う可能性がある。そこで、誤検出を防止するために、物体検出リストを用意する。検出器によって認識した対象物の位置と画像データをリストに登録し、 $n$  フレーム連続して検出された物体のみを作業対象物であるとしてリストに残す。

次に、作業対象物を追尾してアノテーションを表示するために、物体検出リストにおいて  $n$  フレーム連続して検出された対象物に対しテンプレートマッチングを行う。テンプレートマッチングとは、あらかじめ用意したテンプレート画像と映像を比較し、映像内にテンプレート画像とほぼ一致する部分を検出する手法である。テンプレートマッチングを実行し、リストに登録された画像データと一致する領域が検出された場合に、その領域に枠線とナンバリングによるアノテーションを表示する。図 1 にアノテーションの自動表示の例を示す。また、テンプレートマッチングにより  $m$  フレーム連続で一致する領域が検出できない物体は、物体検出リストから削除する。



図1 アノテーションの自動表示

## 3. 評価実験

本研究では、①映像と音声のみ、②アノテーションを指導者が手動で設定、③16等分グリッド線表示、④アノテーション自動生成の4つの手法の比較実験を行った。実験内容はテレビ会議システムの装置に、テレビ、マイク、カメラ等と接続するためのケーブルを挿し込む作業である。作業員

An Examination for the Remote Instruction Support System with Automatic Creating Function of Annotation for Work Objects.

<sup>†</sup>Hitoshi Ootawa, Hiroaki Yuze, Takayuki Watanabe: Graduate School of Management and Information of Innovation, University of Shizuoka.

<sup>‡</sup>Shinpei Horikawa, Yoshiki Sano, Akiko Naganuma, Masaya Furusawa: School of Management and Information, University of Shizuoka.

は各手法で 2 人ずつ、指導者はすべて同一人物で行った。実験に用いた機器は、①と②の手法では、iPod touch を、③と④の手法ではスマートフォン (Android) を用いた。また、実験後に作業者と指導者に対しアンケート調査を実施した。表 1 に作業に要した時間を示す。

表 1 作業に要した時間

実験内容	作業に要した時間
映像・音声のみ	336.2[s]
アノテーションを指導者が手動で設定	350.3[s]
16 等分グリッド線	354.6[s]
アノテーション自動生成	504.3[s]

表 1 から、アノテーション自動生成の手法の作業時間が最も長くなった。その要因として、アンケートの自由記述の中に、アノテーション自動生成は「フレームレートが低すぎる」、「マークが表示されるのを待ってしまう」と挙げられていたことから、システムの動作が遅いことにより作業時間が増大したということが考えられる。また、指導者の意見の中に「マークが表示されている場合は指示が容易と感じた」とあり、作業者の意見の中に「一度マークされたものを見失っても同じ番号が出たので間違わなかった」という意見があったことから、フレームレートの問題があるものの、手法自体の有効性はあるのではないかと考えられる。

#### 4. フレームレートの測定

3 章で明らかになったように、本手法をスマートフォンで実行したところ、フレームレートが低いという問題が顕在化した。そこで、表 2 に示す 4 機種スマートフォンのフレームレートを測定した。300 フレームの fps(Frames Per Second)の平均を計算した結果を図 2 に示す。

表 2 測定した機種とスペック

機種名	SH-03C	SO-02C	GT-I9100	A100
メーカー	SHARP	SONY	SAMSUNG	Acer
発売日	2011/8/6	2011/7/9	2011/5/1	2011/11/18
CPU	QUALCO MM Snapdragon MSM8255	QUALCO MM Snapdragon MSM8255	Samsung Exynos 4210"Orion"	NVIDIA® Tegra™ 2
動作周波数	1GHz	1GHz	1.2GHz	1GHz
コア数	1	1	2	2
メモリ	512MB	512MB	1GB	1GB
Android version	2.3.4	2.3.4	4.0.4	3.2.1

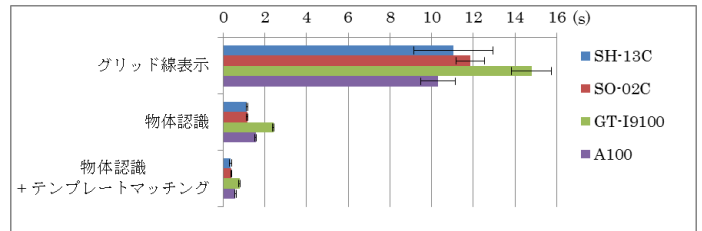


図 2 測定結果

図 2 の「物体認識」とは単に物体認識のみを行うものであり、「物体認識+テンプレートマッチング」とは、本研究で実装したシステムである。測定結果から、物体認識機能を実装すると極端にフレームレートが低くなるのがわかる。また、図 2 から物体認識とテンプレートマッチングを行う場合、機種間によるフレームレート数の差はあまり見られなかった。

#### 5. まとめ

本研究では、アノテーション自動生成機能をスマートフォン内に実装した。比較実験を行ったところ、アノテーション自動生成の手法の作業時間が最も長い結果となった。また、フレームレート測定から、本システムではフレームレートが低すぎるのがわかり、フレームレートが低いことにより、作業時間が増大したと考えられる。

以上のことを踏まえ、今後は物体認識とテンプレートマッチングの処理をサーバに実装させることを検討する。このことにより、スマートフォンの負荷が軽減され、フレームレートの向上が期待できる。フレームレートが向上することで、作業がより効率よくできるのではないかと考える。

#### 参考文献

- [1]. 阪本, 鈴木, 湯瀬, 渡邊, “カメラ及びタッチパネルを有するスマートフォンを用いた遠隔地間作業指示支援”, 情報処理学会研究報告, マルチメディア通信と分散処理 Vol.2010-DPS-142 No.47, 2010年3月.
- [2]. 阪本, 鈴木, 湯瀬, 渡邊, “スマートフォンによる遠隔地間作業指示支援システムの実装とその評価”, 情報処理学会 マルチメディア・分散・協調とモバイル(DICOMO2010) シンポジウム, 2010年7月.
- [3]. 阪本, 鈴木, 湯瀬, 渡邊, “スマートフォンを用いた複数作業員に対応した遠隔地間作業指示支援システム”, 情報処理学会第73回全国大会, 2011年3月.
- [4]. 阪本, 鈴木, 湯瀬, 渡邊, “複数作業員に対応した遠隔地間作業指示支援システム SPRInTx”, 情報処理学会 マルチメディア・分散・協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム, 2011年7月.
- [5]. 大多和, 堀川, 佐野, 長沼, 渡邊, “複数作業員を対象とした遠隔地間作業指示支援システムにおける指導者側負担の軽減手法の検討”, 情報処理学会研究報告, マルチメディア通信と分散処理 Vol.2012-DPS-153 No.9, 2012年11月.
- [6]. OpenCV Wiki, <http://opencv.willowgarage.com/wiki/> (2013年1月10日確認)