

Title	遠隔協同作業環境のための人の状態推定と視線表現の研究
Author(s)	磯, 和之
Citation	
Issue Date	2020-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/16994">http://hdl.handle.net/10119/16994</a>
Rights	
Description	Supervisor: 由井 蘭 隆也, 知識科学研究科, 博士

氏名	磯 和之		
学位の種類	博士(知識科学)		
学位記番号	博知第 278 号		
学位授与年月日	令和 2 年 9 月 24 日		
論文題目	遠隔共同作業環境のための人の状態推定と視線表現の研究		
論文審査委員	主査	由井 菌 隆也	北陸先端科学技術大学院大学 准教授
		内平 直志	同 教授
		金井 秀明	同 准教授
		郷右近 英臣	同 准教授
		小川 剛史	東京大学 准教授

### 論文の内容の要旨

This research investigates two methods for smooth communication in a remote collaboration environment: a method for estimating the worker's state in asynchronous work, and a method for replicating the gaze direction in synchronous work. Many companies and organizations use collaborative work to solve problems and create innovative services and technologies. Such collaborative work has developed into remote collaborative work involving multiple companies and organizations, which will continue to collaborate remotely.

Remote collaborative work consists of two types of work: asynchronous and synchronous work. To facilitate smooth communication during remote collaboration, shared worker awareness is a necessity. Awareness includes state information describing the remote workers and non-verbal information about their activity during conversation. In particular, gaze is an important form of non-verbal information. This research proposes new technologies that support elements of awareness related to the two types of remote collaboration. The remote collaboration environment has two functions using these technologies. First, to ensure that a remote worker can seamlessly switch from asynchronous work to synchronous work by recognizing remote coworker states; second, to make it in such a way so that remote coworkers can smoothly communicate in real time within the same space by replicating the gaze direction.

To seamlessly switch asynchronous work to synchronous work, this research proposes a novel worker state estimation method using collaboration between humans and systems to reduce manual tasks. Many studies on human state estimation have reported a high estimation accuracy using machine learning. To create an estimator using the conventional method requires enormous amounts of learning data, and creating this data is a laborious task. The proposed method is to create an estimator that reduces the manual task through cooperation between people and computer systems. This method uses three automated processes: sensing, clustering, and selection. The clustering process uses an unsupervised clustering method. A prototype system was developed and tested in two workspaces. The proposed

system reduced the amount of manual task by approximately 60% and 80% in workspace I and II, respectively. The estimation accuracy was up to 90% in each workspace. The proposed method was effective in simplifying and reducing manual tasks.

For synchronous work, this research proposes a new method for replicating workers' gaze direction using a fused image display. This method replicates the eye contact back-channel information available to attendees in a meeting room. The display consists of two screens that present remote workers' faces to show their gaze direction, that is, the direction they are looking in. A prototype video conference terminal was developed and tested. The results of the evaluation test indicate an average directivity of 17.9–21.1°. At a distance of 1.2 m, this corresponds to a width of approximately 39–46 cm. This range is narrow enough to specify a single person.

These research results will facilitate smooth communication using presence sharing and video conference systems in remote collaborative work.

## 論文審査の結果の要旨

現在、コンピュータネットワークを介して行う遠隔共同作業は広く受け入れられている。その中、イノベーションのための知識共創を行うためには豊かなコミュニケーション環境が重要となる。しかしながら、現在の遠隔共同作業環境は対面環境と比較した場合、次のような課題が生じる。

課題1:技術経営研究では、定例会議だけでなく、気軽に会話を行えるコミュニケーションが重要であることが知られている。それに対して、遠隔共同作業環境では相手の状態がわからないため、対面環境で行えるような相手の状態を考慮した気軽なコミュニケーションを行えない。

課題2:ビデオ会議を用いたコミュニケーションでは、モナリザ効果と呼ばれる現象が起き、対話する相手の顔が常に自分自身を見つめている状態に感じる現象が起こる。その結果、アイコンタクトを用いることができないため、会話の切り替えをスムーズに行えない。

本研究では、これら2つの課題に対応した次の手法を実現している。

課題1に対して、音声センサと信号センサの2つを用いて相手の状態を推定する手法を実現している。従来手法では、機械学習のための学習データを人手によって作る手間がかかった。クラスタリング手法を用いることによって、人手の作業を削減している。また、チャットボットを用いた対話インタフェース導入によって、一般ユーザが利用できるように工夫している。小型計算機 Raspberry PI を用いて実装されたプロトタイプを異なる2つの場所に適用した結果、人手の作業を60%, 80%削減し、同様な目的を対象とした従来研究と変わらない推定性能を実現している。

課題2に対して、二画面積層表示装置を用いて視線の向きを表現する手法を実現している。具体的には、人間の同一顔画像が表示された2つの画面をズラして表示することによって、視線の向きを表現することを可能としている。リアルタイムに顔画像を生成するプロトタイプを用いたシステム実験によって、提案した表示手法はモナリザ効果を抑止し、顔の向きが約 17° ~21° の範囲での視線一致を表現できることを確かめている。

さらに、これら2つの技術を組み合わせた円滑な遠隔共同作業環境を実現するためのシナリオを提示している。それは、遠隔共同作業のためのテレプレゼンスロボットに関する最新状況を踏まえたものであり、近未来に実現可能な遠隔共同作業環境を示したビジョンとなっている。

以上より、本論文は、遠隔共同作業環境のコミュニケーションを豊かにするための「人の状態推定」と「視線表現」に関する科学技術を実証したものであり、学術的に貢献するところが大きい。よって博士(知識科学)の学位論文として十分価値あるものと認めた。