

# 遠隔協調作業支援システムの開発およびその評価実験

北川雄樹 長松隆 嶋田博行 大辻友雄

神戸大学

## 1. 背景・目的

原子力発電所等の大規模システムでは、事故が起こったときの被害の大きさから安全性と信頼性の確保が求められる。保守作業では、作業品質・経済性が重要であるが、現在、熟練作業員の減少が問題となっている。この問題の解決策として、IT 技術の適用により、現場作業を遠隔から熟練者が支援する方法が考えられる。これにより、熟練者の能力を多くの現場で活かすこと、熟練者が現場に行く手間を省くこと、危険な現場に行く人数を減らすこと等が期待されている。

本研究では、既存の遠隔作業支援システム [1, 2] より、正確・迅速に、現場作業員・熟練者間のコミュニケーションを行うために、視線情報を活用したシステムの開発を目的とする。但し、以下では、現場で作業する人を現場作業員、遠隔地から作業を支援する人を遠隔作業員と呼ぶこととする。

## 2. システムの開発

システム概念図を図 1 に示す。

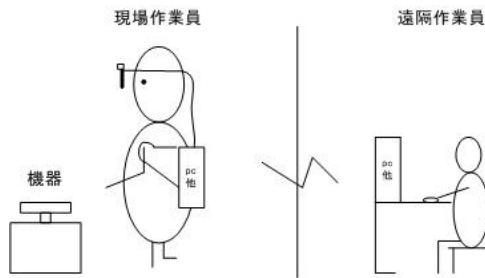


図 1 システム概念図

本研究で開発している遠隔協調作業支援システムについて概要を説明する。現場作業員装備の HMD (Head Mounted Display) に取り付けられている前方を撮影するカメラ (視野カメラ) の画像は、遠隔作業員端末に送られる。また、現場作業員の HMD には、眼球画像を撮影するカメラ (眼球カメラ) が取り付けられており、それにより撮影した眼

球画像から瞳孔中心を抽出し、視野カメラ画像上での、現場作業員の視線位置を計算する。遠隔作業員は、端末上で現場作業員の視線位置が分かるので、その情報を利用して、指示を出すなど、現場作業を支援することができる。一方、現場作業員は、自分の視線をポインタとして利用でき、両手をフリーにした状態で、遠隔作業員に物を指し示すことができる。

図 2 に遠隔作業員端末画面を示す。表示される風景は、HMD に取り付けられた視野カメラの画像である。四角の枠は現場作業員の HMD を通した視界かつ HMD に情報を表示できる範囲である。作業員の視線位置は「+」で表示され、現場作業員がどこを見ているのかを把握することが出来る。また、作業員に注目してほしい場所に HMD 上の「○」による指示を表示することが出来る。

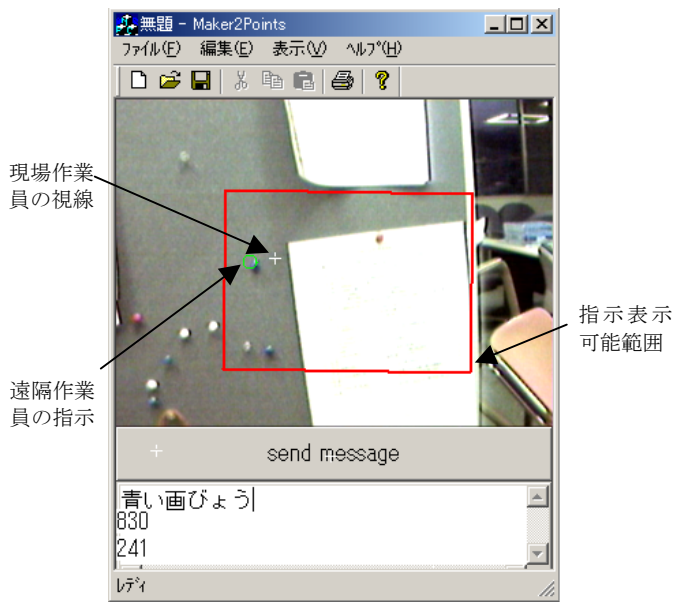


図 2 遠隔作業員端末画面

これまでの研究では、眼球画像の撮影が可能な両眼タイプの HMD を使って現場作業員と遠隔作業員端末を有線で接続したシステムを開発した [3]。それをを用いた評価実験の結果、(1)ハードウェアの大きさ・重量の軽減化、(2)安全面からの広い視野の確保の必要性、(3)現場作業員用装備の無線化、(4)視線情報利用の有用性の評価の課題が挙げられた。

(1)に関しては、ハードウェアの見直しを行い、

Development of a remote cooperative work support system and its evaluation experiment  
Yuki KITAGAWA, Takashi NAGAMATSU, Hiroyuki SHIMADA, Tomoo OTSUJI  
Kobe University

小型のパソコンで動作するものへと改良を行った。

(2)の解決のためには、片眼タイプの HMD を使うことにした。眼球を撮影する機能の付いた片眼タイプの HMD はないのでディスプレイの付いていない方の目を撮影するために、赤外線 LED 付きカメラ（眼球カメラ）を取り付けた。図 3 に新しく開発した HMD を装着した現場作業員を示す。

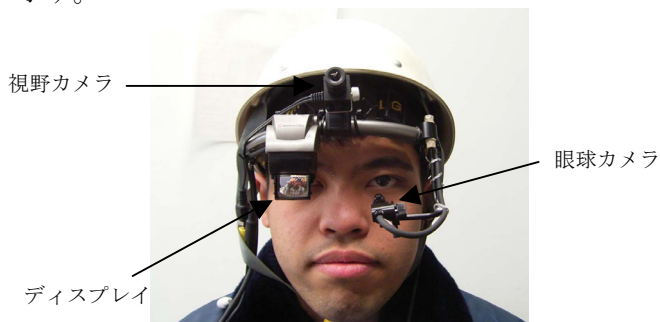


図 3 新しいHMDを装着した現場作業員

図 4 に眼球カメラによって撮影した画像を処理して瞳孔中心を検出した画像を示す。

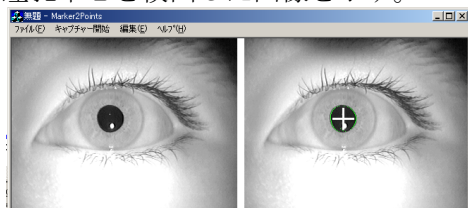


図 4 眼球カメラ処理画像

(3)の現場作業員用装備の無線化に関して、無線 LAN とビデオトランスミッタを利用することとした。無線 LAN では、システムの制御信号、表示内容等の通信と、音声交換ソフトの利用による音声の通信を行っている。また、遠隔作業員が現場作業員の前方の様子を把握するための視野カメラの画像は、無線 LAN 経由では、処理速度の問題があるため無線 LAN は使用せずビデオトランスミッタにより伝送することとした。

(4) 視線情報利用の有用性の評価については、次章に示す。

### 3. システムの評価実験

開発したシステムの特徴、特に視線情報機能について評価することを目的とした。

現場での実際の作業において、指示が出てから指示内容を実行するために目標を探し出すまでの時間が、作業遂行時間に大きく影響を与えると考えられるので、指示を受けて目標を探し出すまでの時間でシステムの評価を行うことと

した。

実験内容は、現場作業員・遠隔作業員のどちらかに目標の場所を教え、開始と同時にその場所を指示させ、もう一人が発見するまでの時間を条件を変えて計測することとした。

実験は、現場作業員から遠隔作業員に指示を出す場合と、遠隔作業員から現場作業員に指示を出す場合それぞれについて行い、以下の 2 つの機能を使用するかしないかの組み合わせのそれぞれ 4 条件とした。

- ・ 現場作業員の視線情報「+」を遠隔作業員端末に表示する機能を利用する条件
  - ・ 遠隔作業員から現場作業員の HMD に「○」を表示する機能を利用する条件
- その結果視線情報の有効性が示された。

### 4. まとめ

視線情報を利用し、現場で作業に従事する作業員を遠隔地から熟練者が効果的に支援することが可能なシステムの構築を行い、その評価実験を行った。今回作成したシステムでは、現場作業員の眼球画像に閾値を設け二値化し瞳孔を認識しているが、まつ毛や HMD のずれにより、視線検出の精度が低下することがあった。今後、より実用的なシステムにするため精度向上など更なる改良を行っていく予定である。

### 謝辞

本研究は、経済産業省革新的実用原子力技術開発費補助事業により支援を受け実施しました。深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1]Billinghamurst M, Bee S, Bowskill J, Kato H:Asymmetries in Collaborative Wearable Interfaces, Proceedings of the 3rd International Conference on Wearable Computers, pp.133-140 (1999)
- [2]Martin Bauer, Timo Heiber, Gerd Kortuem, Zary Segall:A Collaborative Wearable System with Remote Sensing, Proceedings of the 2ND. International Symposium on Wearable Computers. pp.10-17(1998)
- [3]Nagamatsu T, Otsuji T, Ishii H, Shimoda H, Yoshikawa H, Wu W:Information Support for Annual Maintenance with Wearable Device, Human-Computer Interaction Theory and Practice (Part2) Volume2, pp.1253-1257(2003)