

MR3D ポインタを用いた遠隔協調作業支援システム Remote Collaboration System Using MR3DPointer

鈴木 雄士† 坂内 祐一‡ 宮挟 和夫† 重野 寛† 岡田 謙一†
Yuji Suzuki Yuuichi Bannai Kazuhiro Miyasa Hiroshi Shigeno Kenichi Okada

1 はじめに

作業者が遠隔にいる指示者から作業の手順やアドバイスを受けて作業を進めていくことを遠隔協調作業といい、そのような作業を円滑に進めるための支援をするシステムを遠隔協調作業支援システムという。

遠隔協調作業において、以前までは電子ホワイトボードやPCの画面など2DのMetaphorにより環境を拡張・強化して作業の指示をすることが多かった。しかし、そのような環境では、指示者側で奥行き等の3次元的情報の直観的な作業認識・指示が困難であった。

本研究では、MR技術を利用した3次元ポインタを提案し、遠隔での協調作業指示を支援する手法を述べる。

2 MR技術

現実空間にCGや文字などの電子データを重畳する技術を複合現実感(Mixed Reality:MR)という。複合現実感を実現する方法として最も一般的なのがHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を装着する方法である。HMDを装着すると、HMDに設置されているビデオカメラから作業者視点映像を取得することができる。そして、その取得した作業者視点映像にPCで仮想物を重畳し、その映像をHMDの裏側にあるディスプレイに表示することでMR空間を構築する。

3 提案

遠隔協調作業支援において、指示者側で奥行き等の3次元的情報の直観的な作業認識・指示を可能にするには、指示者を3次元環境とする方法が考えられる。そこで本研究では、作業者映像内におけるMR3次元ポインタを提案する。

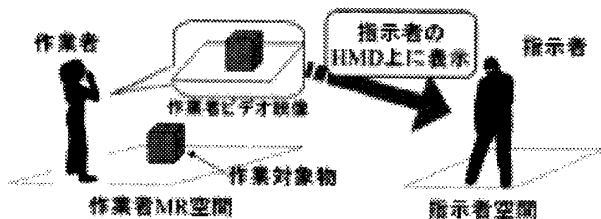


図4.1 指示者の作業者空間没入方法

まず指示者がどのような作業情報のもとに指示をするか述べる。本提案では、上の図4.1のようにビデオシースルーHMDの装着によって得られたステレオの作業者視

† 慶應義塾大学 理工学部 情報工学科

‡ キヤノン(株)MRシステム開発センター

点映像をそのまま指示者HMDに表示している。これによって指示者は自分の動きは視野に反映されないものの、作業空間に没入し、作業者の作業内容を見ながらなおかつそれをステレオで3次元的に認識、すなわち立体視することが可能となる。

次にMR技術を用いた3次元ポインタの作成方法を述べる。MR技術を利用することで作業空間にポインタを3次元仮想物として表示することができる。

指示者HMDを基準とした時のスタイラスの位置姿勢を作業者HMDを基準とした位置姿勢に置き換えて表示する方法を用いることで、指示者はポインタがカメラに張り付いたような感覚を受けるものの、作業者映像内で自由に動かすことができ、3次元環境で実物や仮想物の直感的なポインタングが可能となる。

4 実装

MR空間における作業環境を構築する手段として、CANON社が開発したMR Platformシステムを用いた。MR Platformシステムを利用することで、MR空間を表示するデバイスとしてビデオシースルーHMDを、現実空間と仮想空間の位置合わせを実現する手段として磁気センサ及びマーカーによるハイブリッド手法を、そして仮想物操作環境、本研究では特にポインタを動かすためのデバイスとして磁気センサのレシーバを搭載したスタイラスを用いている。

本提案では指示者をより作業者に近い3次元環境に近づけることを目指し、指示者もHMDを装着しているのが特徴の一つである。指示者のHMDには作業者HMDが撮影しているステレオのビデオ映像をリアルタイムで流すことで、指示者は頭を動かしても視野を変えることは出来ないものの、作業者の3次元作業空間に没入することができる。作業者視点映像の通信にはJPEG圧縮画像通信を用いた。

また、指示者があたかも自分の目の前にポインタがあるように動かす、直感的で自由なポインタングを行えるようにするために、指示者HMDカメラを基準として見たスタイラスの位置姿勢を、作業者HMDを基準とした位置姿勢に置き換えた場所にポインタを表示した。図5.1はポインタの位置姿勢表示のイメージを示している。

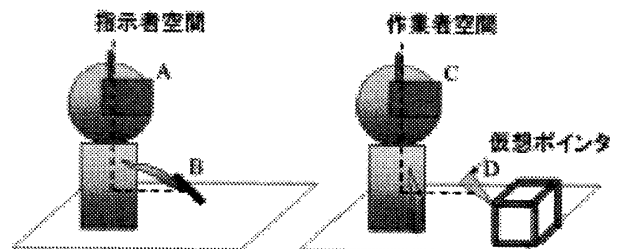


図5.1 ポインタの位置姿勢表示イメージ

実際には MRPlatform のライブラリにある関数を用いて座標変換などを行うことによって本提案を実現している。

5 評価

基本的な評価として、作業者が頭を動かさないような状況下において、作業者映像内で指示者が意図する通りにポインタを動かし仮想物体をポインティングが出来るかを評価した。

作成した MR3 次元ポインタを用いたポインティングの精度と効率を検証するためにポインティング精度判別システムを構築した。これはどの部分をポインティングしたかを判別することができるシステムで、側面を正方形のタイルで覆った仮想物の立方体を用意し、タイルとポインタとの接触を判定し、接触が判定された場合にタイルがハイライトされて視覚的にわかるようになっている。正方形タイルの大きさは指定可能なのでタイルを小さくしていくことでどの程度の範囲まで正確にポインティング出来るのかを調べることが出来る。今回の実験では一辺が 60mm, 30mm, 15mm, 7.5mm の 4 種類の正方形のタイルで側面を覆った立方体を用意して実験を行った。

6 結果と考察

学生 8 名に対して行った実験結果を以下に示す。被験者がこちらの指示したタイルを正確にポインティングするまでに要した回数の平均は次の図 6.8, 被験者がこちらの指示したタイルをしっかりとポインティングするまでにかかった時間の平均は次の図 6.9 のようになった。

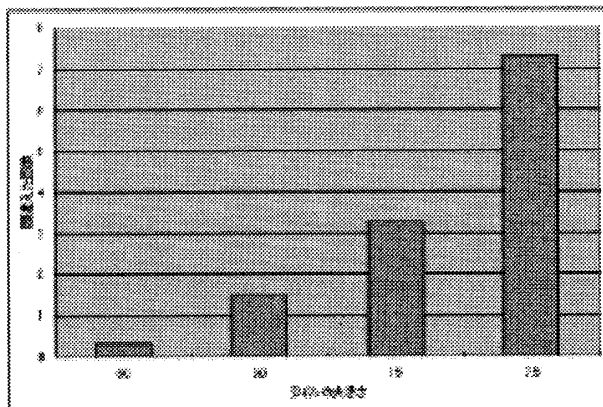


図 6.1 正解までに間違えた平均回数

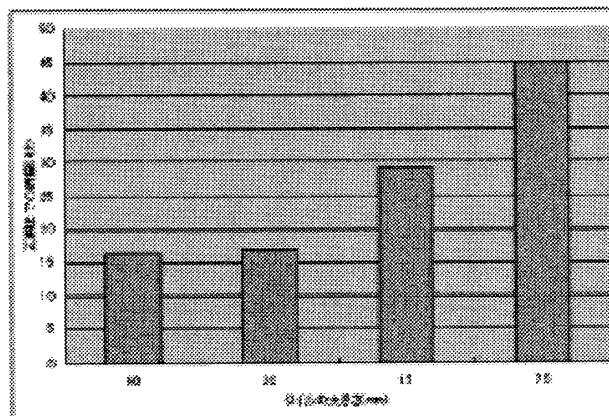


図 6.2 正解までの平均時間

図 6.8 を見ると、タイルの大きさが小さくなるにつれて間違える回数も多くなっている。60mm に関してはほぼ間違えることはなく、30mm のタイルをポインティングする際にも間違いは約 1 回程度なので、ある程度正しいポインティングができていると考えられる。またアンケート実験後にアンケートをとりどの段階までポインティングできたと感じたかを聞いたところ、30mm~15mm のタイルのまではポインティングできていると主観的に感じていたことが分かった。

次に正解までにかかった時間から検証してみる。時間に関しても、基本的にはタイルの大きさが小さくなるにつれて長くなる傾向にある。しかしながら、タイルの大きさが 60mm と 30mm の時にはほとんど差がなかった。これより作業の効率という点においては、60mm と 30mm で何ら変わりがないと言える。以上の結果から 30mm までは主観的にも客観的にもポインティングができていると考えられる。

7 結論

本稿では、遠隔協調作業のための作業者視点映像における MR3 次元ポインタ手法を提案した。指示者が作業者に近い環境において、奥行き等の 3 次元情報を直感的に認識・指示できることを目指した。そこで、この提案概念を実現するためのシステムを構築し、その最も基本的な性能について評価した。

評価の結果、現状のシステムでは 30mm 四方の範囲までは正確にポインティングできていることが分かった。ポインティングの精度は、利用者の慣れ、デバイスの精度の向上、マーカーの配置の工夫等でさらなる精度の向上も期待される。また、フレームレートや遅延といった問題は、今回実験をローカルで行ったため気になる程ではなかったが、実際に遠隔で協調作業を行うには、ネットワークを介して実験してみる必要もある。その他、今回の実験では仮想物に対してのポインティングで評価をとったが、実際の作業でポインティングするのは実物（作業対象物）であるから、実物に対する評価も必要と考えられる。

今後はこれらの点を解決し、さらにポインティングの精度を上げ、最終的に本システムでどの程度の遠隔協調作業支援が可能かを検証したい。