

共有拡張空間を利用した共同作業に関する一考察

1 Y-7

清川 清

竹村 治雄

岩佐 英彦

横矢 直和

奈良先端科学技術大学院大学

1 はじめに

複数の作業者が仮想空間を共有して行う共同作業は、実空間で行う共同作業に比べ、1) 各サイトをネットワークで接続することにより、参加者間の距離の制約を解消できる、2) 実空間では変更が不可能な重力や摩擦といった物理パラメータを制御できる、3) 計算機環境ならではの様々な操作支援ができる、といった利点があり注目されている[1]。しかしながら、共有仮想空間では一般に、コンピュータグラフィクス(CG)で視覚情報を生成・提示するため、共同作業者の状況を的確に伝えることが難しいという問題がある。

そこで本稿では、透過型頭部搭載式ディスプレイなどを利用して実空間に仮想空間を重畳表示する拡張現実感(Augmented Reality)と呼ばれる技術を利用して、共同作業同士が仮想空間を共有しつつ互いに実際に観察できる作業環境を構築し、相手の状況を観察できることが共同作業に与える影響について考察する。以下では、拡張現実感で生成される拡張空間の特長と、複数の作業者による共同作業の観点からの拡張空間の通常の仮想空間に対する優位性について述べたのち、それを具体的に検証する実験について報告する。

2 共有拡張空間の特長

実空間と仮想空間を同時に観察できる拡張空間には以下のような特長がある。

(1) 実空間における作業支援に仮想物体を利用できる。これには、物体内部を透視するように仮想物体を表示できるなど仮想物体と実物体の位置を呼応させられることによる利点[2]と、アプリケーションを適当に浮かべて実空間の作業中に使用するなど仮想物体が見えていること自体による利点がある。

(2) 仮想空間における作業支援に実物体を利用できる。これも同様に、実物を参考に新たな3次元形状をモデリングできるなど実物体と仮想物体の位置を呼応させられることによる利点と、手元が見えるためキーボードやマウスを使用できるなど実物体が見えていること自体による利点がある。

Collaboration through a Shared Augmented Environment
Kiyoshi Kiyokawa Haruo Takemura, Hidehiko Iwasa and Naokazu Yokoya
Nara Institute of Science and Technology
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-01, Japan

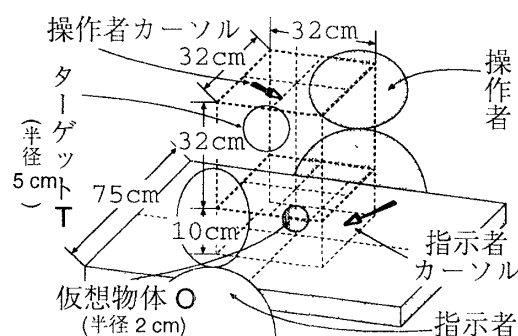


図1: 実験の配置

通常の仮想空間を共有する場合に比べ、共有拡張空間では共同作業者が物理的に同席する必要がある点で不利であり、各作業者の仮想空間を実空間中で正確に重ね合わせなければ作業が困難になる恐れがあるという問題がある。しかしながら、共有拡張空間は拡張空間自体の特長を継承し、手指で仮想物体を指し示すなど直感的操作が可能で、しぐさや音声など共同参加者の状況を的確に伝えられるなど、利点の多い有望な共同作業環境であると考えられる。以上より、共有拡張空間の利点として以下の2点を予想する。

- 共同作業者の状況を観察できるため共同作業が円滑に進行する。
- 実物体で仮想物体を指示する直感的操作が実用的に行える。

3 共有拡張空間の有効性の実験的評価

以下では、仮想空間を共有する場合に比べて、拡張空間を共有して行う共同作業の有効性を検証する評価実験について述べる。本実験の目的は、先の2つの仮説 a), b) を検証することである。

3.1 実験手法

仮想物体の配置タスクを用いて、仮説を検証する。実験環境では、計算機として Indigo2 Maximum Impact (SGI) 2台をネットワークで接続し、3次元センサに Fastrak (Polhemus) を、透過型頭部搭載式ディスプレイに MediaMask (Olympus) 2台を使用した。また、仮想物体の把持用に押しボタン式の入力デバイスを製作し使用した。

図1に本実験で用いる仮想物体の配置を示す。被験者は2人1組で、一方が指示者、他方が操作者となり以下の1)～4)の手順でタスクを遂行する。

表 1: 実験における指示条件

条件	指示者の カーソル	共有 空間	備考
A	なし	拡張	実物体 (ペン先) で指示
AC	あり	拡張	
VC	あり	仮想	実空間は不可視

1) 各試行の初期状態で、白い球である仮想物体 O は初期位置にあり、赤い半透明の球であるターゲット T は図 1 に太点線枠で示した範囲内のランダムな位置に設けられる。

2) O は、指示者・操作者双方から観察でき、 T は指示者のみから観察できる。また、 O は操作者のみで把持・移動できる。

3) 指示者は、表 1 の 3 通りの条件でカーソルあるいはペン先で T を指し示し、操作者が O を T に含まれるように配置するまで自由に会話を行いながら誘導する。3 つの条件は、仮説 a) を調べるために AC を、仮説 b) を調べるために A を、これらと対照する設定として VC をそれぞれ用意した。

4) 操作者が T に完全に包含される位置で O を解放すれば 1 試行完了となる。なお、要求した配置の精度は 3cm である。

実験では以下の指標を記録する。

[タスク達成時間] 各試行で、ブロックが初めて把持されてから、タスクが完了するまでの時間。

[頭部移動量] 各試行で、操作者の頭部が移動した距離。

[カーソル移動量] 各試行で、操作者のカーソルが移動した距離。

[把持回数] 各試行で、操作者が O を把持した回数。

[転回回数] 各試行で、操作者のカーソルが急激に移動方向を転回した回数。具体的には、現在の移動ベクトルと直前の移動ベクトルの内積が負となった回数。

3.2 結果と考察

仮想物体操作の経験者 4 名 2 組の男子学生を被験者として実験を行った。実験はそれぞれの組について操作者と指示者を交互に担わせ、作業者の各割当に対し 3 条件それぞれについて 50 試行を行なった。すなわち、A, AC, VC それぞれについて 2 組 \times 2 割当 \times 50 試行 = 200 試行を行なった。なお、被験者の各組が仮想空間中の同一地点を観察する位置の誤差

表 2: 実験結果

指標 \ 条件	AC	VC	A
タスク達成時間 (秒)	2.90 <	3.34 <	4.17
カーソル移動量 (cm)	63.43 <	70.24 >	65.06
頭部移動量 (cm)	32.97 <	38.96 =	38.17
把持回数	1.26 =	1.31 <	1.64
転回回数	4.16 =	3.83 <	7.52

(位置ずれ) は、実空間中目測で 2cm 以内であった。

表 2 に、各指標の 200 試行の平均値と不等号で表した分散分析に基づく各条件間の有意差 (有意水準 5%) を示す。表 2 から以下のことが観察できる。

条件 AC の場合、すべての指標について VC の場合と同程度か優れている。特に、カーソル移動量と頭部移動量が有意に減少しており、この結果、タスク達成時間も有意に減少している。これらは、操作者が指示者のカーソルを観測できる場合に、指示者の状況も同時に観察できれば操作者はより迷いなく作業ができることを示していると考えられ、仮説 a) を支持する結果であるといえる。これは、拡張空間においては、作業者は指示者の顔の方向や腕の様子からターゲットのおおよその位置をいち早く察知できる、という被験者の報告からも裏付けられる。

条件 A の場合、VC に比べたカーソル移動量の有意な減少が認められ、AC の場合と同様に、指示者の状況を観察できることがターゲット位置の把握を助けていることを示しているといえる。しかしながら、把持回数や転回回数が有意に増加し、この結果タスク達成時間も有意に増加している。これらは、実物体 (ペン先) 位置に仮想物体を配置する必要があるため位置ずれなどの影響により配置の微調整に苦勞するという被験者の報告と符合する結果である。以上より、仮説 b) は大まかな位置の指示については成立するが、数 cm 以内の細かい精度では成り立たないといえる。

4 まとめ

本稿では、拡張空間を共有する共同作業について考察し、仮想空間を共有する場合に比べた 2 つの利点を予想した。さらに、これらの利点を実験的に検証した結果、共有拡張空間では共有仮想空間に比べ、a) 共同作業者の状況を観察できるため共同作業が円滑に進行する、b) 実物体で仮想物体を大まかに指示する直感的操作が実用的に行える、という利点のあることが示された。

今後は、ビデオカメラを用いて共同作業者の表情を CG 像として提示する共有仮想空間の構築、そのような環境と共有拡張空間との詳細な比較など、仮想空間を利用した円滑な共同作業環境の提供を目指す研究を進める予定である。

参考文献

- [1] Takemura, H. and Kishino, F.: "Cooperative Work Environment Using Virtual Workspace," *Proc. Conf. on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '92)*, pp.226-232, 1992.
- [2] Feiner, S., Macintyre, B and Seligmann, D: "Knowledge-Based Augmented Reality," *Communications of the ACM*, Vol.36, No.7, pp.53-62, 1993.