

両手を用いた仮想環境内モデリング手法の開発

3S-3 清川 清 竹村 治雄 片山 喜章 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

近年、計算機能力向上を背景として、人工現実感技術を応用したアプリケーションが次々に登場している。特に、仮想環境に没入しながら三次元形状を直観的に生成できる没入型三次元モデラは、人工現実感の産業面への実用として期待が大きい。

タイピングや作図、楽器演奏など、人間の行動には両手の並列操作を要するものが多い[1]。二次元のドローイング作業における両手操作を支援するツールとして Toolglass [2] が知られているが、没入型モデラでは両手操作を積極的に支援するものは知られていない。そこで本稿では、両手操作の積極的支援を目指して作成した没入型モデラ VLEGO (Virtual Environment for Generating Objects) を紹介し、実験を通して VLEGO における両手操作の有効性を検証する。

2 仮想環境没入型モデラ VLEGO

2.1 実行環境

VLEGO の実行環境を図 1 に示す。グラフィック WS として、Onyx RE2(SGI 社)を使用した。ユーザは、三次元デジタイザ 3SPACE(Polhemus 社)で測量された視点に基づき、液晶シャッター眼鏡 CrystalEYES(StereoGraphics 社)を通して、仮想現実環境を両眼立体視する。

また、仮想物体操作のために、三次元入力デバイスを両手用に組製した(図 1 右下)。これはフェザースイッチ 4 個と三次元デジタイザを基板に取付けたものである。ユーザはこれらのスイッチを組み合わせて押し、仮想物体の選択や複製、消去などを行なう。

2.2 プリミティブと配置制約

VLEGO ではブロック玩具に倣い、数種類のプリミティブを両手を用いて離散的な配置制約に基づいて組合せていくことにより三次元形状を生成する [3]。プリミティブの形状はクサビ型などの例外を除い

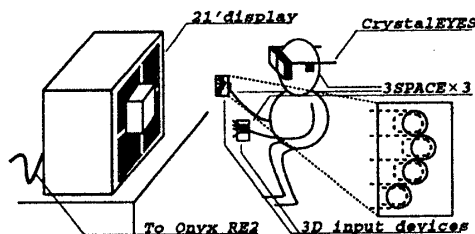


図 1: VLEGO の実行環境

て直方体であり、高さは 1cm、横幅および奥行きはその整数倍である。また、各プリミティブの上面には 1cm 間隔で突起を設けてある。

プリミティブは、仮想空間に 1cm 間隔で設けられた格子点にのみ配置可能とし、姿勢については水平方向 90 度単位のみ可能とするという制約(制約つき四自由度, 4 Degrees Of Freedom with Constraints: 4DOFC)を設けた。

2.3 VLEGO における両手操作

VLEGO では、両手の操作は対称的であり、各々独立して操作できる。さらに、両手の協調操作を支援する機能として、現在以下の二種を提供している。

接合: 両手双方に仮想物体を把持している時、それらの接合が可能である。この場合、先に把持した物体(ベース)は六自由度(6 Degrees Of Freedom: 6DOF)、他方(ワーク)はベースを基準とする動的な座標系において制約つき四自由度で操作可能となる。ここで、物体間の相対位置を合わせ、一方の物体を解放すると両物体が接合する。

分断: 片手で仮想物体(ベース)を把持し(図 2, A→B)、他方(ワーク)でも同一の物体を把持しよう

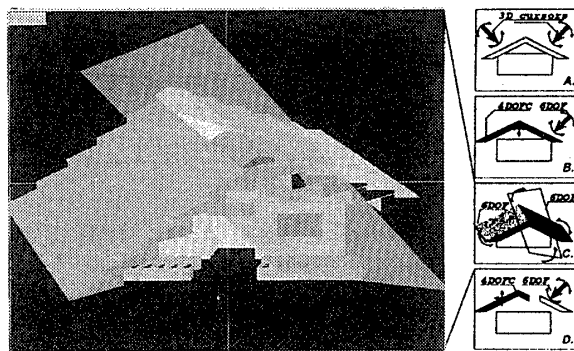


図 2: VLEGO における分断作業例

A Two-Handed Modeling Method in Virtual Environment

Kiyoshi Kiyokawa, Haruo Takemura, Yoshiaki Katayama, Hidehiko Iwasa and Naokazu Yokoya
Nara Institute of Science and Technology
8916-5 Takayama, Ikoma, Nara 630-01, Japan

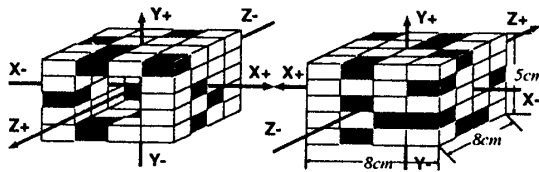


図3: タスクブロックの例

とすると、ワーク側の三次元カーソルの形状は半透明の正方平面(切断平面)となる(図2, B→C)。このとき物体、切断平面ともに六自由度で操作可能となり、切断平面を解放することによりベースを分断できる(図2, C→D)。

3 実験

VLEGO では、各操作に応じて仮想空間内の位置を選択することが、あらゆる作業の基本となる。そこで、VLEGO の選択操作に限定して、選択操作における両手操作の有効性を検証するために、片手のみを用いた場合との比較実験を行った。

3.1 実験手法

本実験では、図3のような酒樽型のブロック群(タスクブロック)を、以下の(1)~(3)の要領で全て白色にするタスクを設定した。

(1) 各試行の初期状態では、タスクブロックは図3の原点が表示面の中心となるように、くり抜かれた側をZ軸正(表示面に垂直、手前向き)に向け、全72ブロック中ランダムな位置の18個が赤、残りが白となっている。初期位置で、被験者は視点を移動してタスクブロックの全ブロックを観察、選択できる。

(2) 被験者は、三次元入力デバイスの位置に対応する三次元カーソルを操作する。スイッチにより最寄りの1ブロック(ハイライトにより視覚的に明示)を選択すると、そのブロックの色が反転する。

(3) 被験者はタスクブロックが全て白色になるまで(2)を繰り返す。

このタスクを、表1の三通りの操作方法について行ない、達成時間を比較する。被験者は、各操作方法について各々30試行(計90試行)行なう。

表1: 実験における操作方法

操作方法	色変更	タスクブロックの把持
片手操作	片手	不可(初期位置に固定)
両手操作1	両手	不可(初期位置に固定)
両手操作2	片手	可(六自由度)

3.2 結果と考察

被験者10名について実験を行なった。各操作方法でのタスク達成時間を全被験者について平均し、分散分析を行なった結果を表2に示す($\alpha = 0.05$)。以下、この結果について考察する。

両手操作1は片手操作よりもタスク達成時間が有意に短縮されている。これは両手を並列に操作できたことによる。タスクの平均達成時間が半減しないのは、(1)人間は二箇所以上同時に注目できないので、三次元カーソルの位置合わせを左右並列に行なえないこと、(2)利き手に比べて非利き手は正確に動かさないことによると考えられる。

両手操作2は片手操作よりもタスク達成時間が有意に短縮されている。これは、(1)ベースの位置や姿勢を手によって直接制御できるので、目的ブロックを発見しやすいこと、(2)ベースの位置および姿勢変更の結果ワーク側を大きく移動させる必要がなく、正確かつ迅速に位置合わせが行なえること、さらに(3)この双方を並列に行なえることによると考えられる。

以上より、VLEGO の選択操作に関して両手操作の有効性を示せたと考える。VLEGO が支援する両手操作全般を調べてはいないが、あらゆる操作の基本となる仮想空間位置の選択操作についての有効性が確認できたことにより、VLEGO の両手操作全般についても一定の有効性が明らかになった。

被験者の多くは両手操作2(協調操作)を最も使い良いと報告した。仮想物体を任意の視点から観察しつつ、操作を行なえる両手協調操作は、タスク達成時間の改善率以上に使い勝手が改善されていると言え、特に形状生成の発想支援に有効であると思われる。

なお、本実験では両手操作は片手操作に比べてエラー率の改善は見られなかった。

表2: 操作方法間の比較結果

操作方法	平均(秒)	分散	有意差	
			片手	両1
片手操作	31.7	11.40	-	あり
両手操作1	27.1	9.29	あり	-
両手操作2	26.8	14.41	あり	なし

4 むすび

仮想環境没入型モデラ VLEGO を紹介し、その特徴である両手操作の有効性を実験により確認した。今後新たな両手操作手法として、両手の同時操作による範囲指定や選択物体の拡大縮小手法などを VLEGO 上に実装する予定である。

参考文献

- [1] K. Hinckley, R. Pausch, J. C. Coble and N. F. Kassel: "A Survey of Design Issues in Spatial Input", Proc. UIST'94, pp.213-222, Nov. 1994.
- [2] E. A. Bier, M. C. Stone, K. Fishkin, W. Buxton and T. Baudel: "A Taxonomy of See-Through Tools", Proc. CHI'94, pp.358-364, 1994.
- [3] 清川, 竹村, 片山, 横矢: "仮想現実環境を構築する簡易モデラについて", 1995 信学春季全大, A-273, 1995.