

共有仮想空間を用いた協調型仮想物体モデラ - VLEGO II

4H-1 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

仮想物体を意志通りに操作、配置するためには仮想物体の操作自由度を適切に制約する手法が有効である。我々はこれまでに、操作者を強く束縛する力覚装置を用いずに、ソフトウェア的に仮想物体の操作自由度を制約する操作補助手法を取り入れた仮想物体モデラ VLEGO (Virtual Environment for Generating Objects) を開発し、その有効性を確認してきた [1]。

実空間での協調作業に比べ、共有仮想空間を用いた協調作業では、操作者間の距離や重力などの物理的制約を解消した柔軟な作業形態をとれるという大きな利点がある [2]。そこで我々は VLEGO を拡張し、複数の操作者で作業空間を共有して協調モデリングを可能とする VLEGO II を構築している。しかし、操作者が複数となる VLEGO II では、操作者間の円滑な意志疎通が困難なため、従来の VLEGO が仮想物体に設ける制約手法をそのまま協調作業に適用することが必ずしも妥当ではない可能性がある。そこで、VLEGO II の協調作業に適した仮想物体の操作補助手法を開発するため、仮想物体の組立作業に関して提供すべき操作補助手法の特性を分析する評価実験を行った。

本稿では、VLEGO II の特徴を紹介した後、この評価実験について報告する。さらに、実験の考察を踏まえ、VLEGO II の作業効率を向上する操作補助手法の提供方針について述べる。

2 協調型仮想物体モデラ VLEGO II

VLEGO II は基本的に VLEGO [1] の機能を継承しており、共有仮想空間を介した協調作業を支援するために以下のような拡張を行っている。

VLEGO II =
VLEGO + ネットワーク接続 + 協調作業に適した機能拡張

VLEGO はブロック玩具に倣った簡易な操作で、1人の操作者が仮想環境中で効率よく形状を生成できるモデラである。操作者は、互いに接合可能な直方体やクサビ型の仮想物体（形状プリミティブ）を操作し、プリミティブの接合を繰り返して目的の形状を生成

VLEGO II - A Collaborative Modeler in a Shared 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

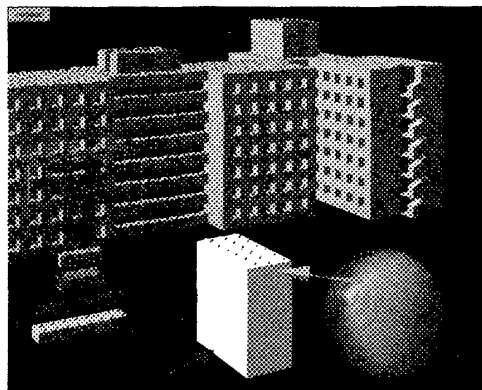


図 1: VLEGO II の画面例

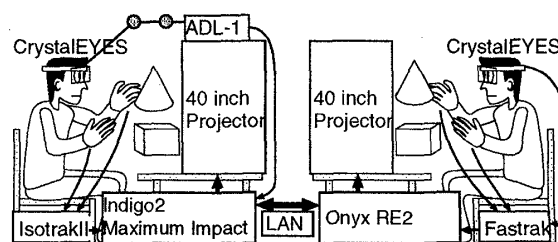


図 2: VLEGO II のシステム構成

する。VLEGO の特徴である仮想物体の操作補助手法は以下の 3 点にまとめられる。

[離散配置制約] 各プリミティブの大きさおよび配置可能な位置は各軸方向 1cm 間隔の離散的値に制限され、その姿勢は垂直軸回り 90 度刻みの 4 通りに制約される。これにより、仮想物体間の正確な位置合わせを自然に実現する。

[干渉回避] 各プリミティブは互いに干渉を回避し、位置を補正する。これにより、仮想物体に実体感を与えると同時に仮想物体間の位置合わせを容易にする。

[両手操作] 操作者は両手でプリミティブの接合や分割、拡大縮小、色変更などの様々な操作を協調して行える。これにより、作業の直観性や効率を向上する。

VLEGO II の画面例とシステム構成を図 1 と図 2 に示す。VLEGO II では 2 人の操作者が共有仮想空間を介し、互いに協調しながらモデリングを行える。次節では、VLEGO II における協調操作の作業効率の向上を目指し、協調作業に適した操作補助手法について実験的に検討する。

3 協調操作補助手法の実験的評価

現在の VLEGO II は VLEGO の 1 人の両手操作に適した操作補助手法をそのまま 2 人の協調操作に

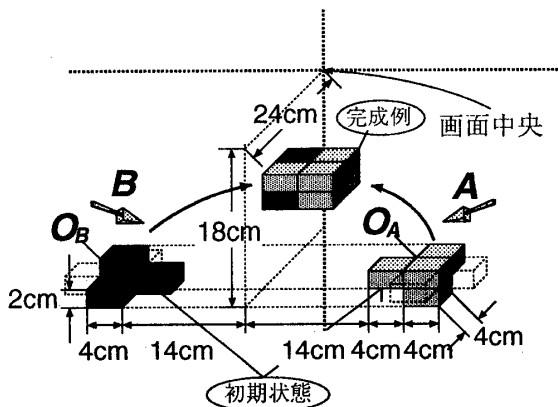


図3: 実験の配置

用いている。そこで本実験では、VLEGO II の協調操作に適した操作補助手法を構築するため、これら手法の特性を分析することを目的とする。特に、VLEGO II が提供する各機能の中で、接合操作が形状生成に重要であるため、協調接合操作について検討する。

3.1 実験手法

図3に本実験で用いる仮想物体や3次元カーソルの様子を示す。被験者は各試行毎に、3次元カーソルA, Bでそれぞれ仮想物体 O_A , O_B を把持し、接合する。なお、各試行の初期状態で、 O_A , O_B の位置は固定であり、姿勢は垂直軸回りに90度ずつ異なる各々4通りの計16通りに変化する。

被験者はこの接合操作を、離散配置制約(D)と干渉回避(C)それぞれの有無、計4通り(NN, DN, NC, DC)の操作補助のもとで行う。離散配置制約の有無による操作の違いは次の通りである。なお、ベースは常に6自由度で操作できる。

- 離散配置制約がある場合、後に把持した仮想物体(ワーク)は、先に把持されていた仮想物体(ベース)の位置と姿勢によって動的に定まる局所座標系で離散的に操作できる。
- 離散配置制約のない場合、ワークは6自由度で操作できる。

また、操作補助手法の特性を見極めやすくするため、この実験を1人の両手による単独操作と2人の各片手による協調操作で行い、対比する。なお、本実験では以下の時間指標を記録する。

[タスク達成時間] O_A か O_B が初めて把持されてから、接合した仮想物体が解放されるまでの時間間隔。

表1: 単独操作時の実験結果(2名の平均)

	NN	DN	NC	DC
平均タスク達成時間	9.15	9.83	7.90	5.95
平均接触時間	3.16	2.63	2.54	1.23

表2: 協調操作時の実験結果

	NN	DN	NC	DC
平均タスク達成時間	11.27	13.23	9.73	17.25
平均接触時間	4.13	3.94	2.78	3.10

[接触時間] 両仮想物体が接合可能な時間および(回避処理の前段階で)互いに干渉している時間の合計。

3.2 結果と考察

被験者は、VLEGO II の操作に不慣れた学生であり、単独操作2名、協調操作1組2名、計4名であった。試行数は各補助手法で16通りの初期状態を4度ずつ、計64試行であった。ただし、協調操作はネットワーク負荷等の影響が少なく良好に実験を遂行できた30~47試行を採用した。結果を表1, 表2に示す。

仮想物体の接合を、i) 両者の相対的姿勢を合わせる、ii) 相対的姿勢を保持して両者を接近し接合位置を確認して一方を解放する、の2ステップに分解すると、実験結果を以下のように考察できる。

- 単独操作では離散配置制約により接触時間が短縮している。これは、離散配置制約がii)の位置確認を確実にし位置保持を容易にした結果である。
- 協調操作では離散配置制約によりタスク達成時間が増加している。これは、ベースの位置と姿勢がワークのそれに影響を与えるため、ワークについてi)の操作が困難になった結果である。

本実験により、離散配置制約が作業効率への貢献として正と負の2面性を持つことを確認した。なお、干渉回避は単独/協調操作の違いによらず接合時間を短縮する傾向が認められた。

4 まとめ

本稿では協調型仮想物体モデラ VLEGO II について紹介し、VLEGO II における仮想物体の接合に適した操作補助手法を実験的に検討した。その結果、仮想物体の接合における操作補助手法としては、1人の操作者の両手による接合には離散配置制約と干渉回避を行う手法が優れ、2人の操作者の各片手による接合には干渉回避のみを行い離散配置制約を行わない手法が優れることが明らかになった。この結果に基づき、作業状況に応じて動的に操作補助手法を切り替えることにより VLEGO II における協調操作の作業効率が改善するものと期待できる。

今後は VLEGO II で同時に扱える3次元カーソルを3ないし4個に拡張し、複数の利用者が効率的に協調モデリングが行える環境を構築していく予定である。

参考文献

- [1] Kiyokawa, K., Takemura, H., Katayama, Y., Iwasa, H. and Yokoya, N.: "VLEGO: A Simple Two-handed Modeling Environment Based on Toy Blocks," *Proc. ACM Sympo. on Virtual Reality Software and Technology (VRST '96)*, pp.27-34, July 1996.
- [2] 竹村, 清川, 横矢: "共有仮想空間における仮想物体操作補助手法の提案と評価", *テレビジョン学会技報*, Vol.20, No.7, pp.39-44, 1996.