

遠隔地との協調作業を可能とする インターネットとVR技術を応用したデザイン支援システム

Design Support System for Remote Collaboration

Using Internet and Virtual Reality Technology

80715221 飯田理恵(Iida Rie) Supervisor 青山英樹(Hideki Aoyama)

1 緒言

工業製品の製造拠点のグローバル化に伴い、その設計・開発は複数の地域や国にまたがって行われることが多くなってきている。また、複数の設計・開発者の協調作業において、お互いのアイデアを融合し相互に刺激しあうことにより、個人では発想が難しいユニークなアイデアを創発することが期待されている。このため、遠隔地にいる設計・開発者との協調作業の機会は増加の傾向にあり、時間とコストを増大させる原因となっている。

一方、消費者のニーズに応える製品をタイムリーに提供するために、製品開発のリードタイムを短縮すること、および振興工業国との国際競争の中で製品コストを低減することが重要な課題となってきている。これらの課題を解決するため、設計・開発者の物理的な空間の移動を伴わず製品設計・開発の協調作業を実現し、アイデアの創発を刺激しあうとともに開発期間の短縮とコストの軽減を可能とする技術が必要とされている。

製品の設計・開発において、遠隔地の設計・開発者との協調作業を支援する研究がなされている。たとえば、詳細設計を支援するシステムとして、異なる地点に存在しながら、共有空間においてお互いに CAD モデルを構築・修正することを可能とし、デザイン作業を支援する研究[1]がある。あるいは、離れた2地点において同一仮想空間を共有し、円滑なコミュニケーションを通して製品形状の評価・決定を行うシステム[2]の開発がおこなわれている。これらの研究は、工業製品の設計・開発プロセスにおける下流（詳細設計以降のプロセス）を支援することを対象としている。

詳細設計以降のプロセスの効率化・コスト低減は限界に達しており、製品開発のリードタイム短縮・コスト低減のためには、詳細設計までのプロセスの期間を短縮することが重要となっている[3]。そこで本研究では、インターネットと VR（バーチャルリアリティ）技術を応用し、設計者・開発者が

物理的に移動することなく、遠隔地との協調設計作業を可能とする支援システムの開発を目的としている。同システムは、遠隔地に存在する複数の設計者が擬似的に同一空間で議論する環境を提供し、遠隔地との協調作業を可能としているとともに、直感的な操作で簡単に3次元モデル形状を構築・修正でき、設計の上流プロセスにおけるアイデアの創発段階のプロセスを支援できる。

2 遠隔地との協調デザイン支援システム

2.1 システムの概要

本研究で提案するシステムの構成を図1に示す。本研究では、ペン型の力覚提示装置(Sensable 社製 PHANTOM Omni)を入力装置として利用する。本装置は6自由度(力覚に関しては3自由度)の力覚提示装置で、力覚提示範囲は160×120×170 [mm]、最大表示力は3.3 [N]である。

異なる場所に存在している設計者・開発者は、力覚提示装置のスタイラスを用い、3次元仮想空間を共有して3次元モデル形状を直感的かつ対話的な簡単な操作により構築および修正できる。インターネットにより情報をリアルタイムで共有することにより、図1に示されるように、P地点で3次元仮想共有空間に構築された3次元モデルは、P地点およびQ地点のディスプレイに同時に提示される。Q地点から3次元仮想共有空間へのモデルの操作および提示も可能としている。この際、3次元モデルに対する接触感覚がスタイラスを通じて設計者・開発者に与えられるため、ポイントの指示や3次元モデルの構築・修正作業が実空間における作業と類似の感覚を与えることができる。このように、異なる地点に存在する設計者・開発者が対面的に協調作業を行うことを実現することができる。

2.2 3次元モデルの構築法

実用化されている3次元CADシステムは、直方体や円筒といった基本的な形状プリミティブの組み合わせで3次元モデルを定義している。形状プリミティブの構築においては、種類、位置・姿勢、定義パラメータを具現化しなければならず、その操作は煩雑であると同時に3次元形状の構築を行っているにもかかわらず2次元空間での作業となり直感的であるとは言えない。直感的な3次元モデルの構築法に関する研究[4]、[5]がいくつか提案されているが、実用上、十分とはいえない。本研究では、力覚提示装置による3次元位置入力機

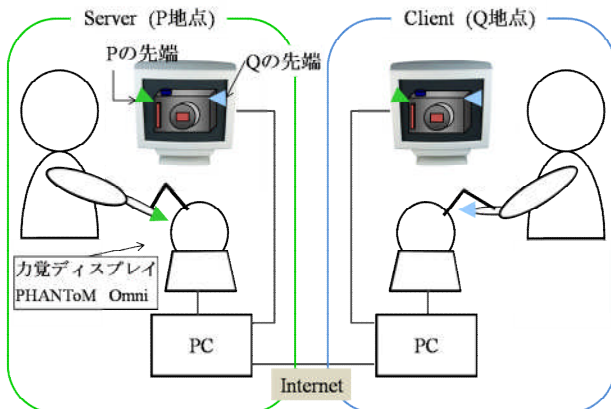


図1 システムの構成

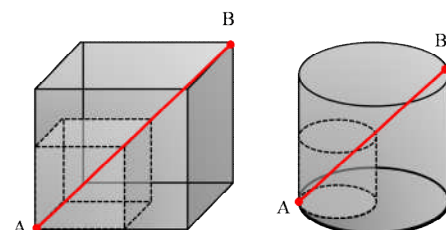


図2 プリミティブの構築法

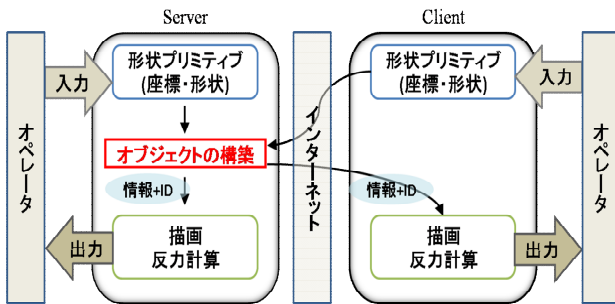
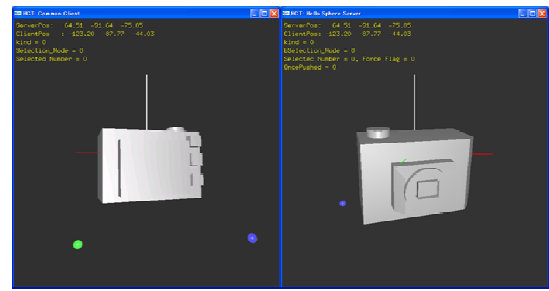


図3 システム内部



(a) クライアント側 (b) サーバ側
図4 実行結果

能と触覚フィードバック機能を利用し、3次元仮想空間において3次元形状を直接的に構築する方法を提案する。その手法の有用性を検証するため、基礎的な3次元モデル構築システムを開発した。同システムは、以下の機能をもつ。

- プリミティブ（直方体・円筒）の構築
- プリミティブの組み合わせによる3次元モデルの構築
- 形状操作（削除、拡大・縮小、コピー、移動、回転、面取り）

図2は、3次元モデル構築システムによるプリミティブ（直方体、円筒）の構築を示している。同図に示されるように、直方体は、力覚提示装置のスタイラスを3次元空間で任意の位置でドラッグ&ドロップして得られる線分ABによって定義される。円筒も同様の操作で定義される。プリミティブの追加あるいは形状操作においては、力覚提示装置から得られる触覚情報を基に、容易にかつ直感的にその操作位置を指定できる。

2.3 3次元仮想共有空間の構築法

複数台の力覚提示装置間の触覚情報の通信を行うネットワークライブラリ Haptic Communication Toolkit[6]（以下、HCT という）を利用し、3次元仮想共有空間を構築した。HCT は触覚通信に必要な 1[kHz]という高フレームレートを実現するために送受信データ容量を 256[byte]までに制限している。この制限内でデータの送受信を行い、図3に示すように、サーバ内に3次元仮想共有空間を構築した。仮想空間の情報をサーバおよび各クライアントに共有させ、作業に関わるオペレータ（設計者、開発者）が同一空間に存在する環境を仮想的に構築した。サーバおよびクライアント間の情報の送受信は、次のとおりである。

クライアント側のオペレータから入力された形状プリミティブ情報は、サーバへと送信され固有のIDが与えられる。IDを付与された形状プリミティブの情報は、サーバおよびクライアントのそれぞれの環境にリアルタイムで共有され、一つの仮想オブジェクトが構築される。同様に、サーバで入力された形状プリミティブ情報も固有のIDが与えられ、IDが付与された形状プリミティブ情報はリアルタイムにそれぞれの環境で共有される。これらの情報をもとに、サーバ、クライアントのそれぞれの操作環境下で、仮想空間内における仮想オブジェクトの描画や反力計算などを行う。このように構築された仮想オブジェクトの組み合わせが3次元モデルとなる。オペレータはリアルタイムに反映される3次元モデルを介して協調デザイン作業を行うことができる。また、サーバクライアント型の非対称な構造をとることにより、作業者が複数人になったときにも対応することが可能となる。

図4に、本システムを用いて3次元形状モデルを構築し、協調作業を行った結果を示した。

3 システムの評価

本研究の目的は、異なる地点にいるオペレータが疑似的

に仮想空間を共有し、3次元モデル形状のデザインに関して議論する環境を提供することである。“議論”できたかどうかを定量的に判断する方法は現在までに提案されていない。そこで本研究では、オペレータAの指示によって、異なる地点にいるオペレータBが3次元モデルを構築するというタスクを行い、オペレータAの指示した形状を構築するために要した時間を測定し、本システムを用いた場合と市販のCADシステムを用いた場合とで比較した。この時間が短いほど、対話のための機能、すなわち、議論のための機能が低いと判断できると考えた。

3次元CADシステムの操作には不慣れな被験者10名を対象に、形状プリミティブを所定の位置に構築するタスクを与えた。本システムの操作者5名、市販CADシステム（SolidEdge V19）の操作者5名により評価実験を行った。被験者によってばらつきは見られたが、本システムを用いた場合のタスク達成時間は平均2.45分、市販CADシステムの場合のタスク達成時間は平均6.33分であり、意志交換のための機能は本システムの方が市販CADシステムよりも高いという結果が得られた。

4 結言

本研究では、力覚提示装置を利用し直感的に3次元モデルを構築する方法を提案し、基礎システムを構築した。また、複数のシステムオペレータがインターネットを介して3次元仮想空間を共有する方法を提案し、システムとして構築した。3次元仮想空間の共有により、同一実空間に存在しないデザイナー・開発者が協調してデザイン作業を行うことを可能と支援システムを構築し、その有用性を検証した。

参考文献

- [1] MA Haoxue, RISCH Tore: A database approach for information communication in a peer-to-peer collaborative CAD environment, Software Pract Exp, Vol.37, No. 11 (2007), 1193-1213.
- [2] 大久保雅史, 渡辺富夫, 久保木聡: 視点変更を用いた仮想空間3次元形状評価のための協調作業支援システム, 日本機械学会論文集C, Vol. 70, No. 693 (2004), 1348-1355.
- [3] 富岡鉄哉: 3次元CAD実践活用法, 日本設計工学会 (2006), 242.
- [4] 清川清, 竹村治雄, 片山喜章, 岩佐英彦, 横矢直和: 両手操作を用いた仮想物体モデラ VLEGO, 電子情報通信学会論文集A, Vol.J80-A, No.9 (1997), 1517-1526.
- [5] 井上智之, 西住直樹, 鈴木伸明, 安福尚文, 佐賀聡人: 仮想空間中での手書きジェスチャ認識に基づいた3次元モデリングインタフェース BlueGrotto の提案, 電子情報通信学会論文集D-2, Vol.87-D-2, No.6 (2004), 1309-1318.
- [6] Goncharenko, M. Svinin, S. Matsumoto, Y. Masui, Y. Kanou, S. Hosoe: Cooperative Control with Haptic Visualization in Shared Virtual Environments, Proceedings of the 8th International conference on Information Visualization (2004), 533-538.