

デジタルモックアップとコンカレント・エンジニアリングのための 協調設計インターフェースの開発

Development of Collaboration Interface for Digital-mockup and Concurrent Engineering Using Desktop VR Environment

プロジェクト代表者：小島一恭（工学部・助手）

Kazuyuki Kojima (Faculty of Engineering, Research Associate)

1. はじめに

近年、製品開発において複数の部署や設計者が同時に製品検討を行うことが、開発期間の短縮やコスト・ダウンを図る上で重要になってきている。この設計手法はコンカレント・エンジニアリングと呼ばれ、製品開発の初期段階から各部署間の密なコミュニケーションを図り、商品企画、設計、試験、購買、製造、品質保証、保守サービス、営業、広報、環境、廃棄、回収、再利用などあらゆる要素を考慮することで、製品開発の手戻りを最小限に抑えようという考え方を取入れた手法である。

また、一方で、工業製品の設計段階で実物模型を製作せず、3次元CADで作成したモデルを中心に製品検討を行う、デジタル・モックアップが大手メーカーを中心に導入され、開発期間の短縮、コスト・ダウンで大きな効果をあげている。デジタル・モックアップでは、モデルをデジタルデータとして扱うため、遠隔地にいる人間同士でもネットワークを介して同じモデルを見ながらコミュニケーションを図ることが可能である。また、設計以外の部署に所属する者でもコンピュータ画面に表示される3次元形状を通じて容易に製品形状を把握できるため、他部署間でのコミュニケーション・ツールとしても有用である。デジタル・モックアップを利用することで、従来の製品開発プロセス（図1）のように各プロセスにおいて担当部署のみが関与しプロセスを順次進めるのではなく、製品開発の全プロセスにおいて多くの部署が関与し、複数のプロセスを同時並行的に進めることも可能となる（図2）。さらに、製品設計初期段階やデザインの詳細な段階で頻繁な設計変更が生じたとしても、デジタル・モックアップであれば、実物模型を製作するわけではないため、時間とコストを大幅に低減でき、また、変更後の形状確認を迅速に行うことができるというメリットがある。

しかしながら、複数部署間あるいは複数設計者での検討の際に対象製品に設計変更が生じた場合、3次元CADの複雑な操作を修得した者がいなければ、その場での変更は困難であるため、設計部門への持ち帰りとなり、開発期間に遅延を生じさせる要因となる。CAD操作に習熟した者がいたとしても、設計変更の提案者がCAD操作者を通じて自分の考えを製品に反映させるのは容易ではない。また、コンピュータ画面に表示される3次元形状モデルは、実際には実物とは大きさの異なる2次元平面上のグラフィックイメージであり、実物大模型を製作して検討を行う場合と比べると、ボリューム感や質感に欠けるというデメリットもある。

そこで、本研究プロジェクトでは、バーチャルリアリティ（VR: Virtual Reality）技術を応用し、視覚のみならず力覚を通じて形状やボリューム感、重量などを知覚し、かつ複数の人間が容易にコンピュータ内の3次元モデルを操作可能なデスクトップ型の協調設計インターフェースを開発する。

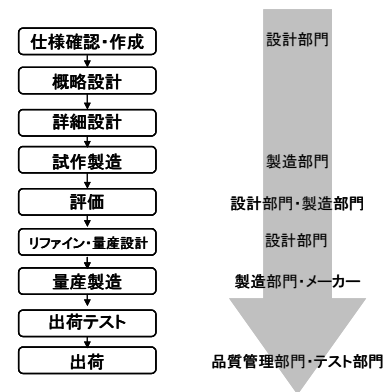


図1 従来の製品開発プロセス

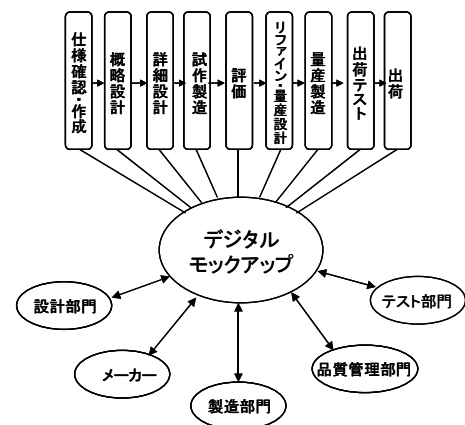


図2 デジタルモックアップによる
コンカレントエンジニアリング

2. デジタル・モックアップ

工業製品の設計段階では、実物大模型を製作し、その重量感や使用感、あるいは組立時の干渉チェックや組立性などの検討を行うことがあるが、この実物大模型をモックアップと呼ぶ。ただし、ここではデジタル・モックアップとの混同を避けるためモックアップを実物大模型と呼ぶこととする。

近年の CAD/CAM/CAE とその周辺技術の発展に伴い、実物大模型を製作せず、コンピュータ内に作成された 3 次元形状モデルに基づいて、製品の見た目や内部構造について比較検討するデジタル・モックアップが大手メーカーを中心に導入され、製品の開発期間の短縮やコストダウンで大きな効果をあげている。実物大模型を作る局面はデザインや操作性の確認など製品開発の中盤以降に限られていたが、デジタル・モックアップでは工程全体にまで拡張することが可能である。図 3 は、デジタル・モックアップを利用した設計部門と製造部門の打ち合わせの一例である。詳細寸法については 2 次元図面を見ながら、形状についてはコンピュータ画面に表示される 3 次元形状モデルを見ながら検討する。3 次元形状モデルは簡単なマウス操作で、移動、回転、拡大縮小が可能のため、形状を把握しやすい。しかしながら、デジタル・モックアップを利用する場合、次のような問題点もある。

- (1) 実物大模型を使用して製品の検討を行う場合と比して、ボリューム感や重量を把握しづらい、あるいは、把握できない。
- (2) 実物大模型に比べ形状変更・確認は迅速になったとはいうものの、3 次元モデルの形状変更には複雑な CAD 操作が必要であるため専門のオペレータが必要となり、旧来どおり設計変更とその確認に時間がかかる場合がある。
- (3) 3 次元形状モデルは、デジタルデータとしてネットワークを介して遠隔地の部署間でやり取りできるが、視点移動や形状変更などの操作が同期されておらず、コミュニケーション・ツールとしての使用感に欠ける。



図 3 デジタルモックアップを用いたデザインレビュー

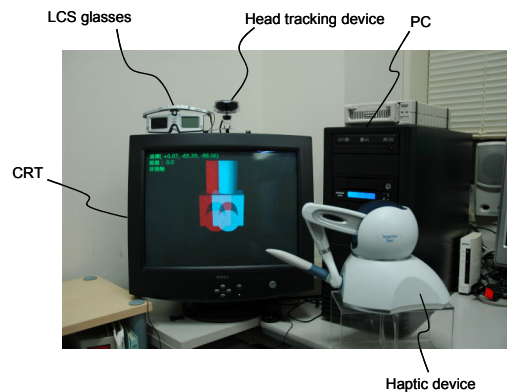


図 4 システムの外観

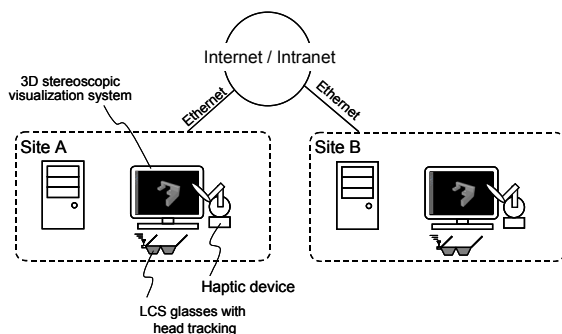


図 5 ネットワークを介した VR 空間の共有

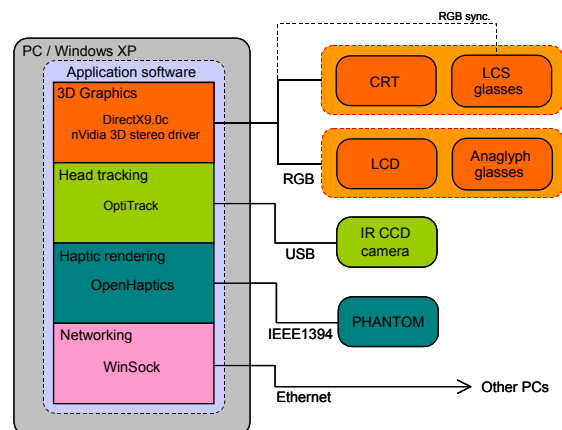


図 6 システム構成

3. VR 技術を応用した新たな協調設計インターフェイスの開発

3.1 システムの概略

本研究では、前述の問題点を解決するため、VR 技術を応用した新たな協調設計インターフェイスを開発する。図 4 にシステムの外観を、図 5 に使用時のシステム構成例を示す。本システムは、コンピュータ内の仮想空間内に 3 次元モデルを構築し、そのモデルを立体視装置で立体視するとともに、力覚呈示装置を用いて、造形・変形・移動・削除などの操作を行えるようにするものである。これらの操作は、ネットワークを介して遠隔地の複数のシステムで同期的に処理される。本システムを製品開発の各工程におけるコミュニケーション・ツールとして使用することで、部署間の連携を促進するとともに、更なる期間の短縮、コストダウンの効果が期待できる。

図 6 にシステム構成を示す。本システムは、(1) 3 次元立体視に関するモジュール、(2) ヘッドトラッキングに関するモジュール、(3) 力覚呈示に関するモジュール、(4) ネットワーク・モジュールの大きく分けて 4 つのモジュールで構成する。

3.2 立体視モジュール

立体視モジュールは、CRT に時分割で左右の視差のついた映像を交互に表示し、液晶シャッター眼鏡を併用して左右の眼に視差のついた映像を独立して呈示することにより立体視が可能なモジュールである。一般に液晶シャッター眼鏡による方式は CRT のみで利用可能であるが、本システムでは、液晶モニタを使用する場合にはアナグリフ方式で立体視することができる。

3 次元形状モデルは図 7(a) に示すようにスクリーン手前で結像するように調整する必要がある。これは力覚呈示装置を使用して立体視されたモデルを触れるようにするためである。図 7(b) のようにスクリーン奥に結像してしまうと、力覚呈示装置で触ることができない。

3.3 ヘッドトラッキング装置

本システムでは光学式のヘッドトラッキング装置によりユーザの視点位置をフィードバックする。図 8 にヘッドトラック用の赤外線 LED 付 CCD を示す。赤外線 LED より照射された赤外線を眼鏡や顔面に貼り付けた赤外線反射ステッカにより反射させ、CCD による撮像を画像解析して 6 自由度の視線位置検出を行う。図 9 に液晶シャッター眼鏡に貼り付けた赤外線反射ステッカを示す。

3.4 力覚呈示装置

力覚呈示装置として SensAble 社製 PHANTOM Omni を使用する。本装置は 6 自由度（力覚に関しては 3 自由度）の力覚呈示装置で、力覚呈示範囲は $160 \times 120 \times 170$ [mm]、最大呈示力は 3.3 [N] である。ユーザはスタイラスを通じて 3 次元位置の入力を行い、さらに同時にスタイラスを通じて力覚呈示装置から反力が返される。

3.5 視覚モデルと力覚モデルの整合性

力覚呈示装置は、コンピュータ画面に呈示される視覚モデルとは別の力覚呈示用のモデルをもつ。このモデルを力覚モデルと呼ぶ。力覚呈示装置は複数のスタイラスに加えられる力と力覚モデルとの力学的な相互作用を考慮してユーザに返す反力を決定す

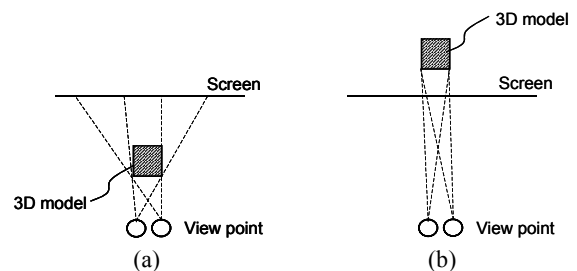


図 7 3 次元モデルの焦点位置



図 8 ヘッドトラッキング用 CCD



図 9 液晶シャッター眼鏡と赤外線反射ステッカ

る。しかし、視覚モデルと力覚モデルはそれぞれ独立に座標系を持つため、この整合性を保つように視覚モデルと力覚モデルを構成する必要がある。図 10 は、視覚モデルと力覚モデルの位置関係を模式的に示したものである。図 10(a) は視覚モデルと力覚モデルが一致していない場合、図 10(b) は一致している場合を示している。視覚モデルと力覚モデルの位置が一致していない場合には、表示されているモデルをスタイラスで触ろうとしても適切な反力は得られない。図 10(a) のような場合には、表示されているモデルとは全く異なる位置で反力が返ってくることとなる。図 10(b) のように、視覚モデルと力覚モデルの位置が一致している場合には、表示されている 3 次元立体視モデルをあたかもスタイラスで触っているかのような感覚が得られる。

3.6 複数の力覚呈示装置の協調とその効果

本システムでは 1 台の PC につき 2 台まで力覚呈示装置を接続することができる。2 つスタイラスを動かしながらスタイラス上のボタンを操作することで、3 次元形状モデルへのさまざまな操作が可能となる。例えば、一方のスタイラスで 3 次元形状モデルを固定し、他方のスタイラスで 3 次元形状モデルを変形したり、マーキングしたりということが可能となる。

3.7 協調設計インターフェイス

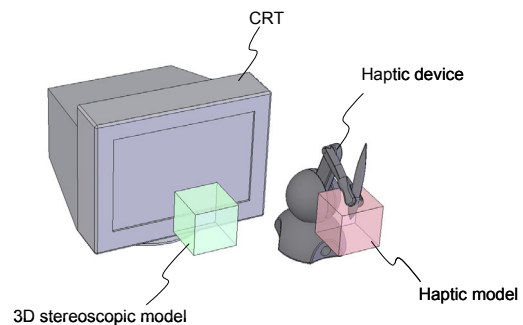
本システムはネットワークを介してさらに多くの力覚呈示装置を混在させることが可能であり、例えば、同様のモデル 2 個を同一の VR 空間内に用意し、それぞれのモデルを 2 人の設計者が同時に加工し、直ちに並べて比較するということが可能である。また、同一のモデルを同時に協調して設計することも可能である。3 次元形状モデルはそれぞれの視点で見ることができ、また、現実には不可能な同じ視点から協調設計を行うことも可能である。立体視と力覚を連携し、かつ、ネットワークを介して複数の設計者を視覚的・力覚的に結合することが可能な本システムを製品開発の各段階でのコミュニケーション・ツールとして使用することで、複数設計者間、複数部署間の密なコミュニケーションが可能となり、更なる期間の短縮、コストダウンの効果が期待できる。

4. おわりに

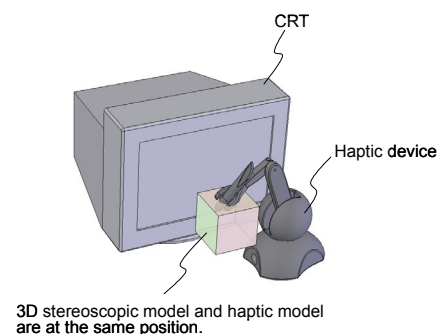
本研究プロジェクトでは、VR 技術を応用し、実際のモックアップにより近い形態、すなわち、視覚や力覚を通じて形状やボリューム感、重量などを知覚し、かつ複数の人間が容易にコンピュータ内の 3 次元モデルを操作可能な協調設計インターフェイスを開発した。本研究プロジェクトは 21 世紀総合研究機構プロジェクト経費の助成により行われた。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- [1] 小島一恭, 綿貫啓一, デスクトップ型 VR 環境を用いた協調設計インターフェイスの開発, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005 論文集, pp.91-94(2005).
- [2] 小島一恭, 綿貫啓一, デジタル・モックアップとコンカレント・エンジニアリングのための協調設計インターフェイスの開発, 埼玉大学工学部紀要 (工学部), 第 1 編, 第 38 号, pp.122-125(2005).
- [3] 綿貫啓一, 小島一恭, VR 空間における可視化モデル呈示方法とその没入感・現実感への効果, 日本機械学会第 14 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No.04-38, pp.384-387(2004).



(a)



(b)

図 10 立体視モデルと力覚モデルの位置関係