

複合現実感技術を用いた熟練技能伝承システムの構築 および身体知の獲得に関する研究

プロジェクト代表者：綿貫 啓一（理工学研究科・教授）

1. はじめに

近年、工業製品の設計段階において、実物模型を製作せず、3次元CADを用いて作成されたデジタルモックアップで製品の検討を行うデザインレビューが導入され、コスト削減、開発期間の短縮で効果を挙げている。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のように各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。さらに、製品設計初期段階で頻繁に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利点がある。

しかしながら、複数部署間あるいは複数設計者間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ならず、設計変更の提案者の意向を適切にCAD操作者に伝えるのは容易ではなく、その場での変更は多くの時間を要することがあり、時として設計部署へ持ち帰りとなり、開発期間の遅延を生じさせる要因となる。また、コンピュータ画面に表示したり、プロジェクタでスクリーンに投影したり3次元形状モデルは、実際には実物と大きく異なる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、質感に欠けるという欠点がある。

そこで本稿では、複合現実感(Mixed Reality)技術を用いて、実際の製品に近い形態で表示し、視覚情報のみならず力触覚情報を融合してボリューム感や重量などを知覚でき、複数の人間が容易に体験しながらコミュニケーションできるタンジブルなデザインレビューシステムを開発し、鋳造製品のデザインレビューに適用したので報告する。

2. 複合現実感技術を用いた新たなデザインレビュー

Fig.1は著者らが開発を進めているVR技術を用いた没入型仮想共有環境システムの概観を示す。本システムは、3次元立体視装置と力覚呈示装置を組合せ、利用者が3次元物体の形状や重さなどを体験できるVRシステムである。Fig.2は製品のデザインレビューに本システムを使用している例を示す。3次元立体視装置への3次元形状の表示と

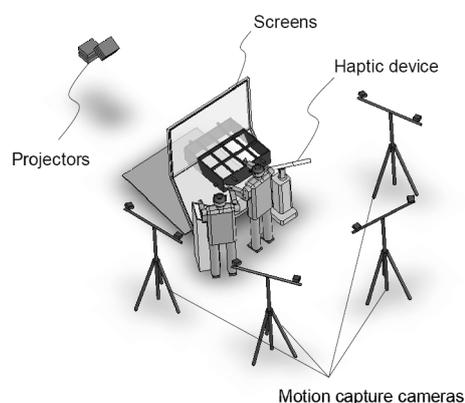
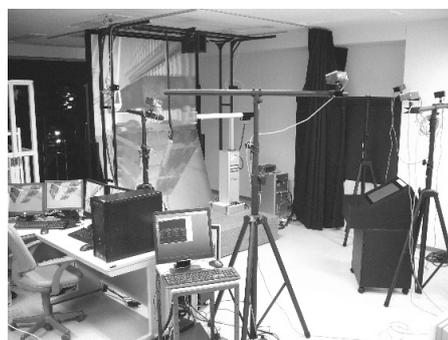


Fig.1 Immersive virtual environment system



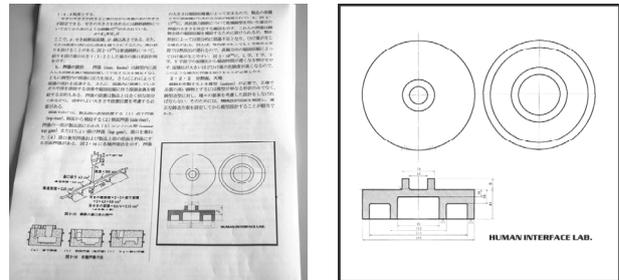
Fig.2 VR-based design review

力覚呈示装置への制御入力は PC で統合的に行われ、3 次元立体視映像と力覚を同期する。3 次元立体視メガネに取付けられたヘッドトラッキング装置により視点位置が PC にフィードバックされ、視点位置に応じた映像をリアルタイムに表示するとともに、力覚呈示装置では、マニピュレータ先端の位置とマニピュレータへの負荷を PC にフィードバックし、さらに呈示されている 3 次元形状を考慮してマニピュレータの位置とトルクを適切に制御する。このような VR 環境下でデザインレビューを行うことで、様々な効果が期待できる。VR 空間内に表示される製品モデルは、3 次元立体視映像として呈示されるため、頭の中に 3 次元イメージを持ち易く、また、映像は実物大で表示されるため、熟練度に関わらず、形状やボリューム感の把握が可能となる。また、製品形状のみならず、操作性、組立性、分解性などの力覚呈示を行うことができ、製品の機能や性能を含めてデザインレビューが可能となる。設計データベースと没入型仮想共有環境システムによるデザインレビューシステムを併用することにより、試作品を何度も作る必要がなくなるため、設計に要する時間が短縮され、コスト面でも削減できる。

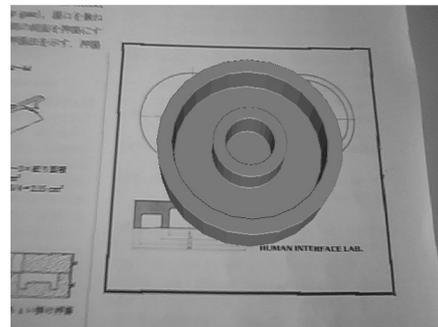
さらに、仮想世界と現実世界を融合する拡張現実感 (Augmented Reality) 技術を用いたデザインレビューシステムを開発した。このシステムは、現実世界を撮影した映像に仮想世界の物体を重ねることで実現し、これにより現実世界への付加情報を得ることができる。

現実世界へ仮想物体を違和感なく合成するためには、現実世界の座標と仮想物体の座標との位置合せが重要である。正確に位置合せをするためには、カメラの位置を正確に追跡し、それに合わせて仮想物体を動かす必要がある。このカメラの位置合せは、ARToolKit を利用してマーカを利用して簡単に行えるようにした。この ARToolKit は AR アプリケーションの制作を支援する C 言語ライブラリである。簡易カメラとコンピュータがあれば、仮想物体を現実の世界に合成することができる。ARToolKit は 2 次元の矩形マーカを利用してカメラの位置を計算している。マーカの輪郭線を 4 本抽出し、これらの直線の交点を頂点座標とする。これらの座標をマーカ座標系とし、マーカ座標からカメラ座標へ変換を行うことで位置合せを行っている。マーカは、その中央部に固有のパターンを描き、そのパターンからマーカ識別を行う。識別には正規化相関係数によるテンプレートマッチングを行っている。カメラで取得したマーカはあらかじめ登録してある画像との類似度が計算され、マーカを識別する。このため、独自のマーカを作成してライブラリに登録することにより、独自マーカをもとにカメラの位置計算を行い、それに合わせてリアルタイムで仮想物体を表示することが可能である。

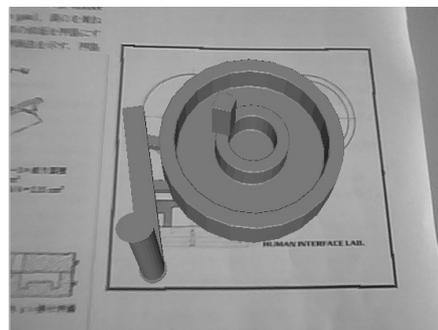
Fig.3 は拡張現実感技術を用いたデザインレビューの



(a) technical document



(b) 3D CAD data



(c) 3D CAD data with gating system



(d) design review

Fig.3 Mixed reality-based design review system

例である。このデザインレビューシステムでは、三面図をマーカとして使用し、それに合せて立体映像および湯口系方案を表示している。三面図上に表示している 3 次元データはキーボードやマウスを操作することで、見る角度を変更することができるようにしている。そのため、直感的に観たい角度からデータを観ることが可能である。このシステムを用いてデザインレビューをすることで、三面図から立体図や湯口系を想像できない人も製品のイメージを把握できるため、試作品を製作する前に十分な議論を行うことができ、試作品にかかるコストを減らすことが可能となる。また、本システムのように技術文書にマーカを取り入れることで、若い技術者への教材として使用することも可能である。言葉では表現が困難な図形も 3 次元データとして表示できるため、学習者の理解を高めることが可能であると考えられる。

3. おわりに

本稿では、鋳物製品設計を事例に取り上げ、新たなデザインレビューシステムについて述べた。複合現実感(Mixed Reality)技術を用いて、実際の製品に近い形態で表示し、視覚情報のみならず力触覚情報を融合してボリューム感や重量などを知覚でき、複数の人間が容易に体験しながらコミュニケーションできるタンジブルなデザインレビューシステムを開発した。本システムを鋳造製品のデザインレビューに適用し、効果的なデザインレビューを行うことができた。

4. 研究業績(関連論文のみ)

[原著論文]

- (1) 綿貫啓一:場の共有による製造知識の獲得と人材育成, オフィス・オートメーション学会誌, Vol.27, No.4, pp.32-40, 2007.
- (2) J. Zhou and K. Watanuki: Data Sharing of Mechanical Design Formulas Using Semantic Web Technology, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.1, No.4, pp.530-540, 2007.
- (3) 綿貫啓一: VR 技術を用いたものづくり基盤技術・技能における暗黙知および身体知の獲得, 人工知能学会誌, Vol.22, No.4, pp.480-490, 2007.

[Proceedings]

- (1) K.Watanuki: Virtual Reality-Based Design Review and Job Training for Advanced Manufacturing Technologies, 2007 ASIAGRAPH Proceedings, Vo.1, No.1, pp.61-66, 2007.
- (2) S. Ohtani, T.Kojima, K. Watanuki: A Database of Arc Welding Cases to Assist Troubleshooting by Q&A Style, Proceedings of the 2nd JSME-KSME Joint International Conference on Manufacturing, Machine Design and Tribology, CD-ROM D04, 2007.
- (3) K.Watanuki: Virtual Reality-Based Evaluation System for Universal Design, 2007 ASIAGRAPH in Tokyo Proceedings, Vo.1, No.2, pp.41-46, 2007.
- (4) K.Watanuki: Virtual Reality-Based Casting Skill Transfer and Human Resource Development, Proceedings of Proceedings of the 17th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2008), pp.316-317, 2007.

[著書・資料・解説・講義等]

- (1) 綿貫啓一:組立/分解性を考慮したスナップフィット設計およびバーチャルリアリティ環境における製品評価, 日本接着学会誌, Vol.43, No.4, pp.149-157, 2007.
- (2) 綿貫啓一:ものづくりにおける 2007 年問題, 日本設計工学会第 14 回設計フォーラム「設計・製造における 2007 年問題」, pp.1-9, 2007.
- (3) 綿貫啓一:バーチャルトレーニングと OJT を融合した設計・製造知識の獲得および人材育成, 日本機械学会設計工学・システム部門講演会ワークショップ「設計の将来像を探る」, pp.1-11, 2007.
- (4) 綿貫啓一:バーチャルトレーニングと OJT を融合したものづくり基盤技術の獲得および人材育成, 計測自動制御学会北海道支部講演会, pp.1-11, 2007.
- (5) 綿貫啓一:バーチャルリアリティ技術を活用した熟練技能の伝承・人材育成の考え方, 進め方, 型技術, 第 22 巻, 第 6 号, pp.41-48, 2007.
- (6) 綿貫啓一:鋳造における技術・技能伝承, 第 5 回 SAITEC 技術フェアロボットセミナー, pp.1-6, 2007.
- (7) 綿貫啓一:バーチャルリアリティによるものづくり基盤技術・技能の伝承と人材育成, 埼玉大学理工学研究科第 3 回研究交流サロン, pp.1-11, 2007.
- (8) 綿貫啓一:ものづくりにおける技術伝承および人材育成, 埼玉県 20 年研修講座, pp.1-11, 2007.
- (9) 綿貫啓一: VR 技術を用いたものづくり基盤技術・技能の伝承および人材育成, シンポジウム「質的研究の新時代に

向けて」, p.1-11, 2007.

- (10) K.Watanuki: Virtual Reality-Based Knowledge Acquisition and Job Training for Manufacturing Technologies, The 7th Mini-Workshop -Human Centred Robotics, The University of Essex, United Kingdom, pp.1-10, 2007.
- (11) K.Watanuki: Virtual Reality-Based Knowledge Acquisition and Job Training for Manufacturing Technologies, Joint Meeting of Saitama University, University of Tsukuba, King's College London, King's College London, University of London, United Kingdom, pp.1-10, 2007.
- (12) K.Watanuki: Knowledge Acquisition and Job Training for Advanced Technical Skills Using Immersive Virtual Environment, Seminar at University of Central Lancashire, University of Central Lancashire, United Kingdom, pp.1-10, 2007.
- (13) 綿貫啓一:ものづくりにおける2007年問題—技術伝承と人材育成—, 埼玉りそな銀行第4回埼玉東地域「新進経営者の会」講演会, pp.1-11, 2007.
- (14) 綿貫啓一:業績賞:バーチャルリアリティ技術を用いた技術者・技能者教育の実践, 工学教育, 第55巻, 第6号, pp.23, 2007.
- (15) 綿貫啓一:バーチャルトレーニングとOJT融合によるものづくり基盤技術の獲得と人材育成, 室蘭工業大学ものづくり基盤センター特別講演会, pp.1-11, 2007.
- (16) 綿貫啓一:VR技術を用いたユニバーサルデザイン製品評価, 平成19年度アルトナー能力開発セミナー資料, pp.1-18, 2007.
- (17) 綿貫啓一:3次元CADによる設計・製造知識の可視化および技術・技能伝承への活用, 日本設計工学会2007年度第2回講習会, pp.1-11, 2008.

[学術講演]

- (1) 綿貫啓一:バーチャルリアリティ技術を用いた高齢就業者向け製造作業支援, 日本福祉工学会第10回学術講演会, (2007), pp.61-62.
- (2) 侯 磊, 綿貫啓一:VR環境下における視線計測(3次元映像の大きさと輻輳運動の関係), 日本設計工学会平成19年度春季研究発表講演会講演論文集, (2007), pp.55-59.
- (3) 綿貫啓一:バーチャルリアリティ技術を用いた場の共有によるものづくり技能の獲得, 日本工学教育協会第55回年次大会工学・工業教育研究講演会, (2007), pp.388-389.
- (4) 綿貫啓一, 小島一恭:没入型仮想共有環境におけるタンジブルなデザインレビューシステムの構築, 日本機械学会2007年度年次大会講演論文集, Vol.7, No.07-1, (2007), pp.253-254.
- (5) 綿貫啓一, 小島一恭:没入型仮想共有環境システムを活用した高大連携型ものづくり設計教育, 日本機械学会設計工学・システム部門講演会講演論文集, No.07-22, (2007), pp.115-116.
- (6) 大谷成子, 小島俊雄, 綿貫啓一:加工事例データベースに基づく加工支援手法について, 日本機械学会設計工学・システム部門講演会講演論文集, No.07-22, (2007), pp.339-340.
- (7) 大谷成子, 小島俊雄, 綿貫啓一:ユーザ視点に立った加工事例検索手法について, 第50回自動制御連合講演会, (2007), pp.585-586.
- (8) 大谷成子, 小島俊雄, 綿貫啓一:溶接加工事例による加工技術習得支援, 日本機械学会関東支部第14期総会講演会講演論文集, No.080-1, (2008), pp.113-114.
- (9) 塙 裕彰, 綿貫啓一:VR環境下における視覚情報と力覚情報の融合による鋳型合せ作業訓練支援(力覚情報の可視化), 日本機械学会関東学生会第47回学生員卒業研究発表講演会講演論文集, (2008), pp.407-408.
- (10) 大谷成子, 綿貫啓一, 小島俊雄:アーク溶接加工事例による加工支援手法について, 日本機械学会2008年度年次大会講演論文集(IV), No.08-1, (2008), pp.185-186.
- (11) 綿貫啓一:3次元CADによる設計・製造知識の可視化および技術・技能伝承への活用, 日本設計工学会2007年度第2回講習会, (2008).

[受賞]

- (1) 綿貫啓一:関東工学教育協会賞(業績賞), (2007).
- (2) 綿貫啓一:日本設計工学会武藤栄次賞優秀設計賞, (2007).
- (3) 綿貫啓一:日本設計工学会功労賞, (2007).
- (4) 綿貫啓一:日本工学教育協会賞(業績賞), (2007).
- (5) 綿貫啓一:ASME Computers and Information in Engineering Division Award as Review Coordinator, Emotional Engineering, The American Society of Mechanical Engineers (ASME), (2007).
- (6) 綿貫啓一:日本機械学会フェロー, (2008).
- (7) 綿貫啓一:ASME Computers and Information in Engineering Division Award Valued Services in Advancing the Engineering Profession as a Panelist "Emotional Interaction and Communications", The American Society of Mechanical Engineers (ASME), (2008).