

理科・環境教育助成 成果報告書

第3回 期間：2005年11月～2006年10月

氏名：綿貫啓一 所属：埼玉大学大学院理工学研究科機械科学系専攻・教授

課題名：バーチャルリアリティによるものづくり教育および匠の技の体験

1. 課題の主旨

本課題においては、申請者が開発した可搬型仮想共有環境システムを用いて、匠の技を仮想体験し、ものづくりの楽しさを学ぶことを目的とする。申請者が開発した可搬型仮想共有環境システムとは、教育用に自作した持ち運び可能なバーチャルリアリティ装置（3次元可視化装置）と力覚表示装置を組合せたシステムであり、学習者があたかも工場の中にいてベテランの職人さんのものづくりを仮想体験できるものである。仮想共有環境内に表示された映像を、視覚のみならず触覚や力覚を体験化することで、例えば鋳造にかかる知識の内面化が促進される。本教育取組においては、特に埼玉県内の工業高校、小中学生を対象として、高度な技術、高品質、短納期などが要求される単品鋳物製品の製造工程を取り上げ、その際に必要となる形式知と暗黙知とを連携してものづくり教育支援を行った。

2. 活動状況

本教育取組に用いた可搬型仮想共有環境システムの概要を図1に示す。このVRシステムは、3次元可視化装置と力覚表示装置を組合せ、利用者が3次元仮想物体の硬さや重さなどを体験できるものである。仮想共有環境内に表示された映像を、視覚のみならず触覚や力覚を体験することで、鋳造にかかる知識の内面化が促進される。3次元立体視装置への3次元形状の表示と力覚表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している。3Dメガネに取り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、力覚表示装置では、マニピ

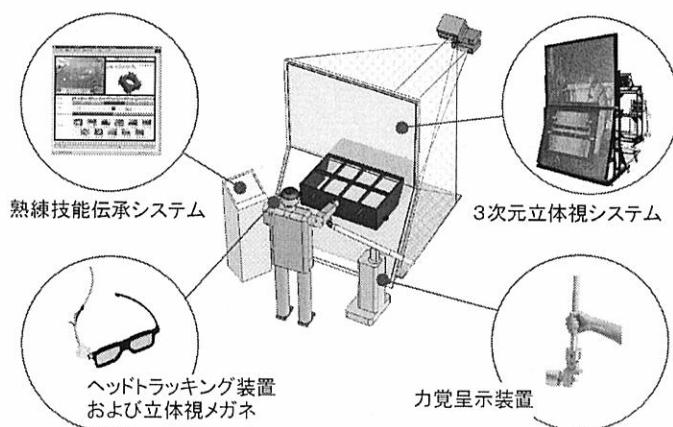


図1

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、さらに表示されている 3 次元形状を考慮してマニピュレータの位置や力を適切に制御される。本システムを技能獲得の視覚・力覚的な「場」の提供に活用することで、鋳造技能獲得における問題点を部分的に克服することができると考えられる。

例えば、鋳造現場における突き固め工程では、金枠の中に鋳砂を注入しながら、突き棒によって鋳砂がムラなく全体にいきわたるように突き固める。このような工程で獲得すべき知識は視覚的なものだけでなく、突き棒で突く感覚が重要である。今日よく使用されている鋳砂は、硬化樹脂により金枠内に注入すると直ちに硬化を始め、作業は手早く完了しなければならない。非熟練者は、この作業を現場での OJT を通じて学習するが、製品製造において失敗は許されない場合が多く、非熟練者が学習できる機会は限られている。本 VR システムを利用する場合は、3 次元立体視映像とともに力覚表示装置により突き固め工程における感覚が表示され、また、実際に製品製造を行うわけではないため、何度も繰り返し体験することが可能である。また、熟練技能者の作業データを予め計測し、力覚表示装置を用いて、そのデータを教示することにより、熟練技能者の作業内容を直接的に体験することができる。視覚情報としての動作だけでなく、突き固め作業での突き棒に加わる荷重状態のような力覚に関わるデータを教示することで、直接的に暗黙知を獲得することが可能となる。

技術文書などの形式知はマルチメディアを利用して効率的に獲得し、技能などの暗黙知は VR 技術を利用した立体視システムおよびロボット技術を用いた力覚表示装置を連携して使用することで、実際の現場作業の視覚的および力覚的な疑似体験を通じ技能を獲得することのできるシステムを開発している。それらを複数の技能者間のコミュニケーションをまじえ体験することも重要であり、VR 空間において、複数の技術者・技能者が入り、この中でコミュニケーションをとりながら協働で設計・製造知識を獲得できるような環境、つまり、経験豊富な熟練技能者とともに効果的な OJT を行っているかのようなバーチャルな環境を創り出し、これによりものづくり教育や人材育成を行っている。それを実際の OJT 前に行うことで、短期間で、より効果的なものづくり教育、技能伝承、および人材育成を行うことができる。

本教育取組では、申請者が開発した可搬型仮想共有環境システムを用いて、匠の技を仮想体験し、ものづくりの楽しさを学ぶことを目的として教育実践を行った。申請者が開発した可搬型仮想共有環境システムにより、学習者があたかも工場の中にいてベテランの職人さんのものづくりを仮想体験した。仮想共有環境内に表示された映像を、視覚のみならず触覚や力覚を体験化することで、例えば鋳造にかかる知識の内面化が促進された。特に埼玉県内の工業高校、小中学生、一般市民を対象として、高度な技術、高品質、短納期などが要求される単品鋳物製品の製造工程を取り上げ、次に挙げた項目を学習した。

(1)日本の基盤産業の学習

- ・マルチメディア教材により鋳造などの基盤産業について学習
- ・可搬型仮想共有環境システムにより鋳造などのものづくり現場を仮想体験

(2)マルチメディア教材による鋳造の学習

- ・鋳物とは／鋳物の歴史
- ・暮らしの中の鋳物／先端技術を支える鋳物
- ・鋳物の作り方／模型と鋳造方案／造型
- ・先端的な鋳造技術

(3)バーチャルリアリティ装置と力覚表示装置によるものづくりの体験

- ・バーチャルリアリティにより鋳造方案現場を仮想体験
 - ・バーチャルリアリティと力覚呈示装置による注湯作業・造型作業など匠の技の仮想体験
- (4)ベテランの鋳造職人さんからものづくりの楽しさを学習

・可搬型仮想共有環境システムの中で職人さんとコミュニケーションしながらものづくりの楽しさを学習

図2に本教育取組の実践風景を示す。以下にその主なものを示す。

- (1)2005年11月23日一般公開（浦和コルソ）約850名参加
- (2)2006年5月27日一般公開（大学開放デー）約600名参加
- (3)2006年10月2日埼玉県立熊谷工業高校公開10名参加
- (4)2006年10月7日一般公開20名参加
- (5)2006年10月28日一般公開38名参加
- (6)2006年1月、5月、7月、10月大学生向けセミナー 約100名参加

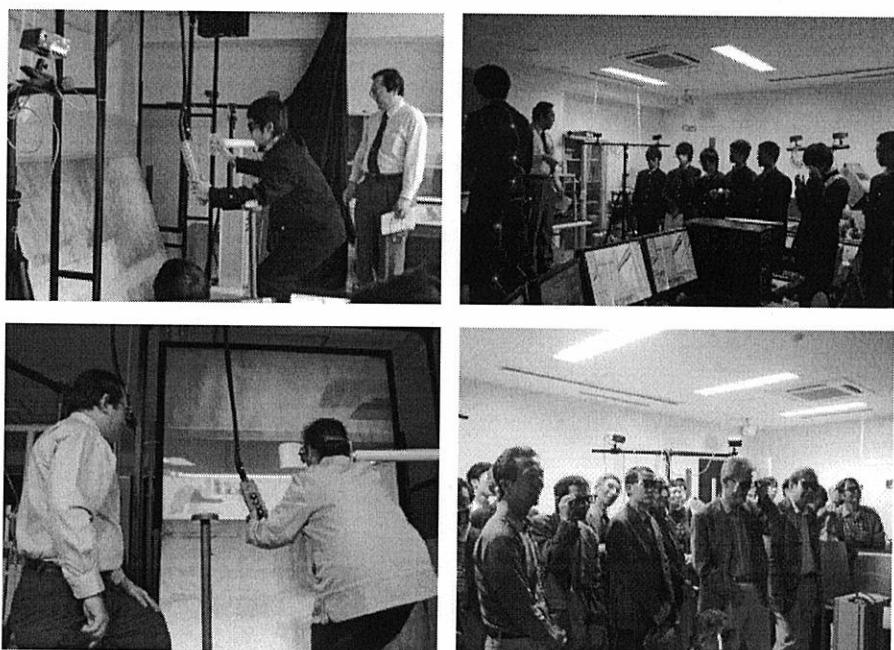


図2

3. 結果

今回の教育実践を通じて、小学生、中学生、高校生、大学生、技術者、技能者、一般市民の多数の方々の参加を頂き、バーチャルリアリティによるものづくり教育および匠の技の体験について有用性を確認できた。今回の取組のような視覚情報と力覚情報を融合したバーチャルリアリティによるものづくり教育は、小学生から一般市民に至る多くの人々に興味を持ってもらった。さらに、産業界からも新たな人材育成法として高い評価を頂いた。

4. 今後の課題と発展

今回の取組では、視覚情報と力覚情報のみによるものづくり教育を行ってきたが、今後は視覚情報、力触覚情報、聴覚情報を融合し、さらに職人さんとのコミュニケーションしながら、さらに効果的なものづくり教育の実践していく予定である。また、一連のものづくり教育の実践や産業界における人材育成活動を書籍などに取り纏め、教育啓蒙を行う予定である。

5. 発表論文、投稿記事及び当財団へのご意見など

[発表論文]

- 1) 綿貫啓一:バーチャルリアリティ技術による匠の技の伝承と人材育成, 精密工学会誌, Vol.72, No.1, (2006), pp.46-51.
- 2) 綿貫啓一:鋳造における技術・技能伝承, 塑性と加工, Vol.47, No.550, (2006), pp.1027-1032.
- 3) 綿貫啓一:モノづくりにおける場の共有によるコミュニケーションと身体知の共有, 機械の研究, Vol.59, No.1, (2007), pp.179-190.
- 4) 綿貫啓一, 小島一恭:没入型VRシステムによる鋳造方案の教育支援, 日本機械学会論文集(C編), 73卷, 725号, (2007), pp.44-52.
- 5) 綿貫啓一, 小島一恭, 西村啓典:可般型 VR システムと力覚呈示装置との連携による鋳型の造型作業時におけるクレーン操作の技能伝承, 日本機械学会論文集(C編), 73卷, 725号, (2007), pp.53-58.
- 6) Keiichi Watanuki, Kazuyuki Kojima: Knowledge Acquisition and Job Training for Advanced Technical Skills Using Immersive Virtual Environment, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.1, No.1. (in press)
- 7) K.Watanuki, K.Kojima: Virtual Reality Based Knowledge Acquisition and Job Training for Advanced Casting Skills, Proceedings of the 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2006), pp.666-671.
- 8) K.Watanuki, K.Kojima: Virtual Reality Based Job Training for Advanced Manufacturing Skills, Proceedings of the 3rd International Conference on Business and Technology Transfer (ICBTT2006), pp.134-139.
- 9) 綿貫啓一, 小島一恭:場の共有による鋳造技能の内面化, 日本機械学会第 6 回機素潤滑設計部門講演論文集, No.06-6, (2006), pp.91-94.
- 10) 綿貫啓一, 小島一恭:VR システムとOJTを融合した場の共有による設計・製造知識の獲得, Designシンポジウム講演論文集, No.06-5, (2006), pp.285-288.
- 11) 綿貫啓一, 小島一恭:場の共有による機械設計・製造知識の獲得, 日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集, Vol.7, No.06-1, (2006), pp.169-170.
- 12) 綿貫啓一, 小島一恭:VR 空間におけるアノテーション表示による技術情報共有と身体知の獲得, ヒューマンインターフェース学会ヒューマンインターフェースシンポジウム 2006 講演論文集, (2006), pp.47-50.

[テレビ放映]

- 1) NHK 総合テレビ, こんなちはいっと 6 けん, 2005 年 11 月 23 日放映。
(浦和コルソにて市民に VR 技術により匠の技を体験している様子を放映)

[新聞掲載]

- 1) 日刊工業新聞, 埼玉大が熟練技能伝承システム, 2006 年 6 月 8 日.
- 2) 朝日新聞, 職人の動き“仮想”体験, 2006 年 7 月 28 日夕刊 23 面.