バーチャルトレーニングと実習を融合したものづくり技術者育成支援

綿貫　啓一
埼玉大学大学院理工学研究科人間支援・生産科学部門
埼玉大学総合研究機構脳科学融合研究センター

1. はじめに

埼玉大学(以下，本学)工学部では，平成 19 年度より文部科学省からものづくり技術者育成支援事業および産学連携による実践型人材育成事業の委託を受け，本学で開発した VR 技術と情報通信技術を融合したインタラクティブ型技能伝承・技能訓練システムと地元企業でのインターンシップにより，新たなものづくり教育を実践している．図 1 に示すように，本学が持つ知識資源・技術資源と地元企業が持つ技能資源との間にインタラクティブな技術・技能交流ネットワークを形成し，本学学生が地元企業のもつ技能や企業ニーズを学びつつ，ものづくりの知識と技能を効果的に学習することを目的としている．

そこで本稿では，講義による専門知識の修得と同時に VR 技術を利用した実習を行い，より深い技能の獲得を目指して，学部教育カリキュラムにおいて「機械工学実験」，「機械工学セミナー」，「機械工作実習」，および「インターンシップ」の実験実習・講義を連携した実践的な教育を行ったので報告する．

2. 本学におけるものづくり技術者育成支援事業

平成19年度「ものづくり技術者育成支援事業」において，タンジブル型仮想共有環境システムの開発，ものづくり教育のための教材開発，教育実践成果の情報収集，意見交換及び教育実践成果発表，「バーチャルトレーニング実習」，「インターンシップ」の開設準備等を行った．それらの準備・成果を踏まえ，平成20年度からは本格的な教育実践を行った．具体的には，ものづくり教育のための教材および機器改良開発，「バーチャルトレーニング実習」，「インターンシップ」の実施等を行った．機械工学実験Ｉにおいて「バーチャルリアリティ実験」(対象：機械工学科2年生，開講時期：後期，対象人数：延べ約100名)を新設し，バーチャルリアリティに関する基礎知識を学習させるとともに，バーチャルトレーニングの概念を理解させた．機械工学セミナーにおいて「バーチャルトレーニング実習」(対象：機械工学科3年生，開講時期：通年，対象人数：延べ約100名)を新設し，ものづくり技術・技能伝承法，バーチャルトレーニング等を身に付けさせた．また，「インターンシップ」(対象：機械工学科3年生，開講時期：集中・主として夏季休業期間，対象人数：約15名)においては，インターンシップ派遣前に機械加工技術，素形材技術，技術・技能伝承法などに関する専門教育を十分に受けさせ，ものづくり基盤技術産業において熟練技能者から実践的な技術・技能を体得させた．さらに，インターンシップ派遣後は学内において，機械加工技術，素形材技術，技術・技能伝承法をバーチャルトレーニングと実習を繰り返し行うことにより，形式知・暗黙知・身体知を体得させた．さらに，本プロジェクトに関連した複数の専門教育科目において，ものづくり関連教育及びデザインレビュー関連教育を行った．

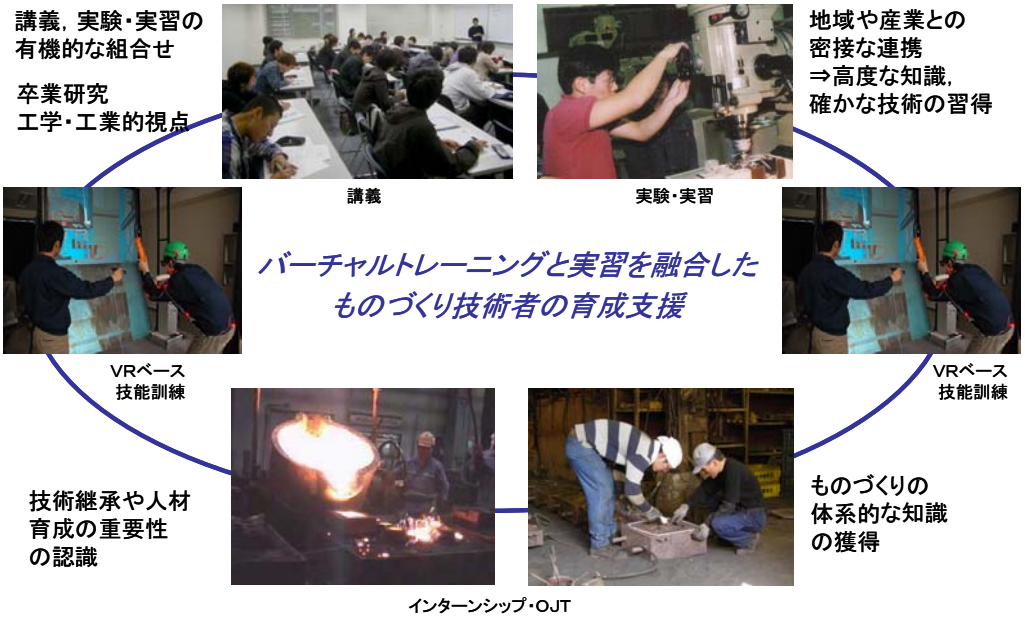

図 1 埼玉大学と地元企業との連携教育

3.　ものづくり技術者育成の実践事例

3.1 機械工学実験Ⅰ

学部 2 年次に開講される機械工学実験Ⅰにおいて，実験テーマに「VR システムによる立体視」を取り入れ，3 次元形状を表現する方法と立体視の基本原理を学ぶとともに，図 2 に示すような 2 台のプロジェクタと偏光板を利用した簡易的な立体視装置を利用して人間が奥行きを知覚する仕組みや VR の基礎と応用を理解させた．

3.2 機械工学セミナー

機械工学セミナーは，学部 3 年次開講科目であり，グループ編成による少人数制の授業である．各グループ 3 回分（13.5 時間）を利用して講義と実習を組み合わせた次のような授業を行った．

まず，第 1 回は，産学連携による実践型人材育成事業における教育プログラムの特徴を解説し，カリキュラム全体の趣旨を周知させた．「マン・マシンインタラクションに関する講義と演習」と題して現実世界と人間の関わりを再認識させたうえで，立体視ディスプレイの原理を講義した．また日本の製造現場の問題として団塊世代の大量退職に伴う技能伝承の重要性と課題について講義した．そのうえで，ものづくり技術・技能の伝承に VR を活用する事例を取り上げ，OJT(On-the-Job Training：現場訓練)と連携することにより，効率的に技能を獲得できることを示した．実習では VR 環境を記述するための VRML について学び，実際に単純なモデル作成を行った．さらにそのモデルをヘッドトラッキング機能付き 3 次元立体視装置（VR システムと呼ぶ）で表示することによって，どのように観察できるのかを体感させた．立体視の基本原理を理解し，自ら 3 次元モデルを作成することによって単にトレーニングを受けるという姿勢ではなく，より自発的に実習へ参加できるようになり，学生の講義に対する意欲を高めることができた．

第 2 回では，熟練した技能が要求される鋳造を取り上げ，鋳造業に従事している技術者・技能者を外部講師として招き，「鋳造技能」に関する講義をして頂いた．鋳造の基礎知識として，鋳物の利点・欠点，造形・溶解・不具合に関する用語の解説，設備，材料，副資材について解説して頂いた．さらに現場の写真等を用いて実際の鋳造工程を解説して頂いた．作業現場を見ることは安全性や機密保持の観点から容易ではないため，非常に貴重な講義となった．また産業界からみた今後の「ものづくり」の方向性について御意見を頂き，就職活動を控えた学生にとっては有益な講義になったようである．これらは産学連携特有の成果といえる．実習では鋳造工程の一つである「型合わせ」と呼ばれる作業のバーチャルトレーニングを行った（図 3）．講義で得た知識を体験することによって理解を深めるとともにバーチャルトレーニングの有効性について評価アンケートを実施した．

第 3 回では，「コンピュータを利用した機械設計」と題し，3 次元形状データを利用した現代のものづくりについて解説した．3 次元モデルの表現方法と CG による表示方法の基礎知識から 3 次元 CAD を利用した設計について解説した．また CAE，CAM を活用した新しい開発・製造過程について講義を行った．そのうえで，産業を支える技能の伝承に立ち返ることで熟練技能の重要性について述べた．実習では VR システムを用いた汎用旋盤による切削加工トレーニングを行った．この

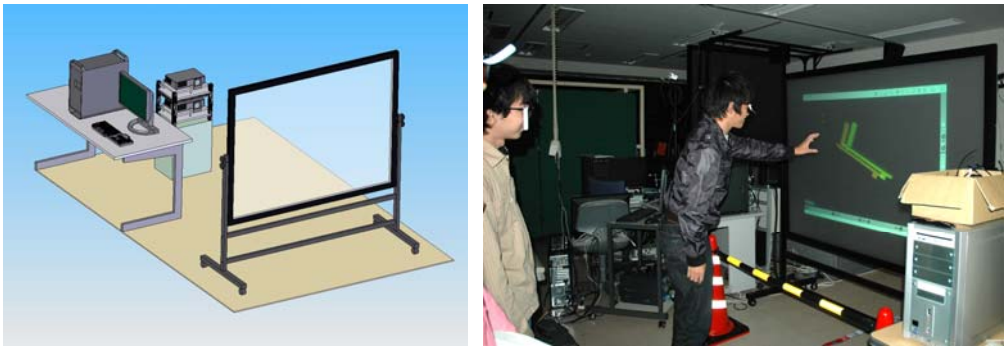

図 2　簡易 VR システムによる立体視実習

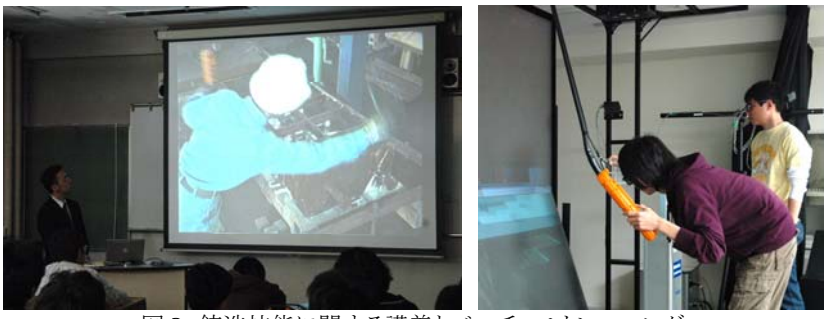

図 3　鋳造技能に関する講義とバーチャルトレーニング

システムでは外形加工における切り込みと送り操作を行うことができ，切削状況を視覚，力覚および聴覚の情報として得ることができる．機械工作実習において実際の旋盤を利用するための練習として加工手順などを身につけることを狙いとした．

3.3 機械工作実習

機械工作実習と連携し，実習を終えた受講生を対象に旋盤加工に関するバーチャルトレーニングを行った．機械工作実習において実際に工作機械を使用した経験をふまえ，VR システムを用いた旋盤加工の追体験を行った．現実での加工実習では材料コストの関係から一度しかできない工程が多いが，VR 環境では繰り返し同じ作業を行うことが可能であるため，復習として加工手順などの知識をより強固なものにすることができる（図 4）．

3.4 インターンシップ

ものづくり技術者の育成のためにインターンシップによる技能研修制度を設けている．学部 3 年生を対象に希望者を募り，今年度はインターンシップへの受講者 14 名のうち 6 名の学生が連携する鋳物関連企業においてインターンシップを行った．現場での実践的な業務は学内では得られない経験であり，おおむね好評であった（図 5）．

4. 実施成果と課題

講義終了後，理解度を確認するために講義の感想をレポートとして課した．その結果，第 1 回に関しては，以前にバーチャルリアリティという言葉は聴いたことがあり，科学館などで立体視装置で映像を見たことがある学生がほとんどであったが，技術的な知識は本講義を通して初めて知った者が多かった．とりわけ VRML について自分たちで記述した 3 次元形状を実際に立体視できたことに感動したという感想が多く見られた．第 2 回に関しては，一般の座学とは趣が異なり技術者の立場から話を聞く機会となったことで有意義な講義になったという意見が多かった．鋳造に関する知識が得られたことはもちろん，基本に忠実であるという技術者としての考え方に感銘を受けたようである．また実習で「型合わせ」のバーチャルトレーニングを行ったことで，講義中にビデオで見た職人技がいかに高度なものであるかを体験として理解できたようである．第 3 回に関しては，コンピュータを利用した現代的な設計手法について CG などの技術がエンターテイメントなどの分野に限らず，ものづくりの現場で利用されている技術であることを知ったという意見が多かった．そして 3 次元 CAD などを利用する技能を身につけておくことが重要であると認識した．第 4 回に関しては，工作実習で実機に触れた経験を踏まえたうえでのバーチャルトレーニングとなったが，このトレーニングを行うことで操作手順を思い出すきっかけになったようで，追体験としての効果を認めることができた．

講義全体として，VR と 3 次元立体視の活用事例を学んだことでこの分野に関する知識を深めるとともに，将来性を感じる講義であったという感想があった． VR に関するイメージがこれまでと変化したことに加え，この技術が活用できる分野が多いことにも気づき，医療，建築，半導体など多くの分野において設計だけでなく技能伝承のシステムとして利用価値があるという意見も数多く見受けられた．

図 4 旋盤加工トレーニング

図 5 インターンシップの実施

5. おわりに

本稿では，バーチャルトレーニングと実習を融合した実践型の人材育成について本学における取り組みを報告した．開発した教育カリキュラムと訓練システムについては一定の教育効果を確認できた．今後は，ものづくりの現場においても技能伝承および人材育成を目的として活用できるように，平成 20 年度の成果を踏まえ，さらに充実した講義・実習となるように内容を改善していく予定である．

参考文献

1) 綿貫啓一：マルチメディアおよびバーチャルリアリティ技術を用いた設計・製造知識獲得のためのe-Learningシステムの開発，シミュレーション，Vol.23，No.2，(2004)，pp.97-108.
2) 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.
3) 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.
4) 綿貫啓一（分担）：HCD ハンドブックー人間中心設計，丸善，(2006)，pp.79-105.
5) 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，(2007)，pp.480-490.
6) 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 巻，725 号，(2007)，pp.44-52.
7) 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 巻，725 号，(2007)，pp.53-58.
8) 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, (2007), pp.48-57.
9) Keiichi Watanuki: Virtual Reality-Based Job Training and Human Resource Development for Foundry Skilled Workers, International Journal of Cast Metals Research, Vol.21, No.1-4, (2008), pp.275-280.
10) K. Watanuki: VR Mediated Skill Transfer, ASME 2008 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE 2008), DETC2008-510153, (2008).
11) 綿貫啓一：バーチャルトレーニングによるものづくり技術・技能の伝承と人材育成，OHM，第 95 巻，第 10 号，(2008)，pp.10-11.
12) 福田収一，綿貫啓一（編著）：感覚・感情とロボット，工業調査会，(2008).
13) 綿貫啓一：文部科学省産学連携による実践型人材育成事業　バーチャルトレーニングと実習を融合したものづくり技術者の育成支援，第 1 回彩の国未来創造フェア，埼玉大学 2008 年 11 月 8・9 日，(2008).
14) 綿貫啓一：バーチャルトレーニングと OJT を融合した技能伝承および人材育成，設計工学，Vol.44，No.2，(2009)，pp.77-92.
15) 綿貫啓一，楓和憲：バーチャルトレーニングと実習を融合したものづくり技術者育成の実践事例，日本機械学会関東支部第 15 期総会講演会講演論文集，No.090-1，(2009)，pp.361-362.
16) 綿貫啓一：バーチャルトレーニングシステム，BS ジャパン世の中進歩堂，2009 年 1 月 25 日放映，(2009).