東海大学における Virtual Reality の教育への応用事例*

濱本 和彦**

An Example of Application of Virtual Reality to Education in Tokai University

Kazuhiko HAMAMOTO

1. はじめに

「バーチャルリアリティ」は、「コンピュータで合成された人工的な現実世界」として、コンピュータグラフィックス的な要素が注目されがちである。しかし、その「人工的な現実世界」とのインタラクションなど「五感インタフェース」技術としての側面も持ち、それらによって表現される「情報」は、新しい情報処理技術、コンピュータに新たな役割を与える技術として注目されている^{1,2)}。よって、「バーチャルリアリティ」は、大学における情報通信技術分野の教育の一つとして今後ますます重要となってくる。バーチャルリアリティは五感をインタフェースとして成り立つ技術であるから、その教育には実際に五感を利用した実習が不可欠である。しかしながら、これまで座学のための「バーチャルリアリティ」の講義はいくつかの大学で開講されていたものの、実習を交えて教育を行っている例はほとんどない。

東海大学情報理工学部情報メディア学科では、2001年度の学科設立以来（当時は電子情報学部）、開講科目のほぼ半数を実習・実験・演習付きで開講しており、これが学科の大きな特長の一つとなっている。従来の電気系学科によく見られるような、授業と学生実験を別の科目として開講することを廃止し、各科目の中に実習を含めたことにより、学生は、学んだ事柄をすぐにその場で実習などを通して確認でき、大きな学習効果が期待出来る。

「バーチャルリアリティ・制作」は、情報メディア学科の代表的実習付き科目として計画、開講された科目である。学部3年次後期の科目として、2003年に開講された。全13週（内2週は中間テストと期末テスト）のうち、半分の6週を実習にあてている実習中心の科目である。実習では、VR空間（リアルタイムシミュレーション）構築、情報の可視化はもちろん、センサデバイス、グローブデバイス、Hapticデバイス、没入環境を利用した実習を行っている。毎年、約120名の学生が履修す

る科目となっている。

本稿では、この「バーチャルリアリティ・制作」について、講義内容、講義方法、実習内容、学生による授業評価等について報告する。さらに、本講義が学生へ与えた影響例として、卒業研究への影響・効果について報告する。本報告が、今後のバーチャルリアリティ教育の参考になれば幸いである。

2. 「バーチャルリアリティ・制作」の内容

2.1 講義方法

本講義は、毎年約120名の学生が履修している。実習を課す必要から、できるだけ少人数のクラスで開講する必要がある。3クラス編成での開講としている。現在、2名の教員で担当し、筆者が2クラス分、もう一名の教員が1クラス分を担当している。各クラスに、TAが2名割り当てられる。

本講義は、90分を1コマとし、各週2コマ連続の授業で、計12週24コマ+期末テスト1週で構成されている。理想的には、「理論学習+実習による確認」を1セットとして、センサシステム、ディスプレイシステム、シミュレーションシステムの「バーチャルリアリティの3要素」について学習を進めることが望まれる。しかしながら、実習装置の台数が限られてしまい、履修学生全員が同時に同じシステムの実習を行うことが難しいため、前半5週を講義と中間テスト、後半6週を実習、最後の1週をまとめとし、装置の台数が限られる特殊なVR装置を必要とする実習については、学生を3グループに分け3テーマの実習をローテーションで実施する形式を取っている。

2.2 講義内容

本講義のスケジュールを以下に示す。

第一週：「バーチャルリアリティの概念と歴史」

第二週：「センサシステム」

第三週：「ディスプレイシステム」

第四週：「シミュレーションシステム」

以上、ここまでが講義（座学）

第五週：中間テスト

第六週：WTKによるVR空間作成の実習

* 原稿受付 2007年4月14日

** 非会員 東海大学情報理工学部情報メディア学科
(〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117, E-mail: hama@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp)

第七週：AVS による情報の可視化方法の実習

第八週：C++の学習（翌週からの実習の準備）

第九週～第十一週：

グループ分けを行い、ローテーションで以下の3種類の実習を行う。

- * 「力触覚デバイスの実習」
- * 「位置センサとグローブデバイスの実習」
- * 「大型没入型 VR 空間の実習」

第十二週：

「VRの応用」「Mixed Reality」「VR研究動向」などについて講義し全体をまとめる。

2.3 実習内容

(a) 実習項目

実習では、「座学で学んだことを実際に体験する」ことを主眼にしているため、VRの3つの技術要素である「センサシステム実習」「ディスプレイシステム実習」「シミュレーションシステム実習」を中心としている。

これ以外に、「情報の可視化」の学習として AVS を用いた実習を取り入れている。「シミュレーションシステム実習」および「AVSの実習」は、「ディスプレイシステム実習」で利用するコンテンツ作成を兼ねている。

また、「センサシステム実習」や「シミュレーションシステム実習」では、C++の知識が必要となるが、本学科にはC++を学習する科目がない。このため、C++の概要を理解するための実習として1週を割り当てている。

(b) シミュレーションシステム実習

World Tool Kit (WTK) を用いた、リアルタイムシミュレーション空間を作成する実習を行っている。WTKが9ライセンス導入されているため、学生は、4人～5人でグループを作り利用することになる。

90分2コマという限られた時間ではあるが、以下の内容について実習を行っている。

- ・ WTK の概念の理解
- ・ ユニバースの作成
- ・ ユニバースアクション関数の作成
- ・ ジオメトリノードの作成
- ・ 移動ノードの作成
- ・ オブジェクトタスク関数の作成
- ・ マウスセンサの取り付けと視点への割り当て
- ・ ライトノードの作成

ここで作成した VR 空間は、後の HoloStage™実習で利用する。

(c) AVS による情報の可視化の実習

AVS/Express が 25 ライセンス導入されており、学生は、1人～2人に1ライセンスの割合で実習を行うことができる。数値データ、ベクトルデータを可視化するという考え方と、AVSを用いたその実現方法を学ぶことを目的としている。ここで可視化したデータは、後の HoloStage™実習で再度利用する。

ここでは、以下の内容について実習を行う。

- ・ 可視化の概念の理解
- ・ 三次元離散ベクトルデータ (Field ファイルフォーマット) の可視化
- ・ UCD フォーマットデータによる 3D オブジェクトの表現と時間変化の表現
- ・ AVS の利用方法 (モジュールの組み方など)

(d) センサシステム実習

センサシステムの実習は、後述のディスプレイシステム実習 (PHANTOM と HoloStage™を利用) と併せて、3テーマ並列の実習として実施している。学生は3グループに分かれ、約15人ずつで1つの実習を行うことになる。

センサシステム実習では、「FASTRAK+CyberGlove」のセットを2セット利用して実習を行っている (1セットは CyberTouch を利用)。7人～8人の学生で1セットを利用する。Fig. 1 に実験環境を示す。

Fig. 1 Practical exercise environment of FASTRAK and CyberGlove. There is nothing in this experimental room except the equipments and desks made of woods to avoid influence of disturbance of electrical magnetic field.

実習では、Virtual Hand Suite を用い、主に FASTRAK の性能確認 (測定可能範囲や座標の把握)、所望

の3D空間を作るためのパラメータ設定方法などを行っている。

(e) ディスプレイシステム実習

ディスプレイシステム実習としては、立体視ディスプレイと Haptic ディスプレイの実習を行っている。

[Haptic ディスプレイ実習]

Haptic ディスプレイ実習として、PHANTOM Desktop を2台利用した実習を行っている (Fig. 2)。センサシステム実習と同じく、7～8人の学生が1台のシステムを利用する。SDK として GHOST を用い、「パッチャル空間の構築」「基本図形 (オブジェクト) の配置と移動」「反力の設定」「オブジェクトの運動」「境界の作成と衝突検知」の実習を行っている (現在、Open-HapticsToolKit への移行を行っている)。

Fig. 2 Practical exercise environment of PHANTOM.

[立体視ディスプレイ実習]

2004年度までは、WTK と CrystalEYES、または1面の立体プロジェクタによる立体視実習を行っていた。しかし、東海大学では、2005年11月に没入型 Virtual Reality 環境である HoloStage™ (クリスティ・デジタル・システムズ社) を導入した。このため、2005年度からは、この HoloStage™ を用いた実習を行っている。通常、このような大規模没入型装置は、研究用としての利用が殆どと考えられるが、本学では、通常のコンピュータ室に設置し、研究はもちろん、さまざまな学部学科の授業利用を可能としている。

HoloStage™ の概要について、ハードウェア・ソフトウェア構成を本稿末の Table 1 に示す。また、システム構成図を Fig. 3 に示す。

本システムの特長を以下に示す。

- ・横に長い空間のため、特に車体など横に長い対象の投影に適する。また、授業時など多人数が同時に空間に入ることが出来る。
- ・様々な分野での利用が可能のように、プログラミング作業無しにコンテンツ (例えば CG ソフトウェアや

CAD ソフトウェアで作成されたコンテンツ) を投影できるよう、ソフトウェアを導入した。

- ・本システムは、パーソナルコンピュータ 45 台とともに設置してあり (Fig. 4)、これら PC には、AVS/Express 25 ライセンス、WTK 9 ライセンス、VR 4 MAX 10 ライセンス、3 dsmax 11 ライセンスが導入してある。ユーザは作成したコンテンツをすぐにその場で3D空間へ投影することが出来る。
- ・6000 ANSI のプロジェクタを利用することにより、周囲を暗くすることなく利用が可能である。授業利用時等に適する。
- ・VR 空間としての利用だけでなく、大画面プロジェクタとしての利用も可能である。PPT を用いたプレゼンテーションなどを行い、途中から VR 空間として利用する、といった使い方が出来る。

Fig. 3 Structure of HoloStage™ System. (The direction of projectors which are set to ceiling is different from practical setting)

HoloStage™ の実習では、AVS 実習で作成したコンテンツや、WTK 実習で作成した VR 空間、3 年次前期

に開講されている「コンピュータグラフィックス・実習」で作成したCG作品、個人で作成したCG作品などをHoloStage™の空間へ投影、体感することを中心に実習を行っている (Fig. 5).

Fig. 4 HoloStage™ in a usual computer room. A user can project a contents to the HoloStage™ as soon as the user makes the contents.

2.4 授業評価

2006年度の筆者担当分の授業評価の結果について、Table 2に示す。

Table 2 Result of evaluation of Virtual Reality class by students in 2006 (the number of a valid reply : 59)

自己の能力が向上した		25
社会的視野が広がった		24
知的関心が呼び起こされた		38
関心が持てる授業内容だった		34
総合評価	5	20
	4	36
	3	3
	2	0
	1	0

また、自由記述式の授業評価では、実習について以下のような意見が多く寄せられている。

- ・もっと実習時間が欲しい
- ・多くの実習を行いたい
- ・様々な装置に触れる機会があり良かった
- ・貴重な体験ができた
- ・実習があることで理解が深まった

このように、授業評価は高い評価を得られている。特に実習を取り入れることにより理解が深まったという意見が多く、VR教育における実習の大切さが伺える。特筆すべき事は、本講義により「知的関心が呼び起こされた」という意見が多かった点である。新しい情報表現の可能性、コンピュータ利用の新しい可能性がVRの実

Fig. 5 The use of HoloStage™ in Virtual Reality class. Top : Projection of AVS output. Middle : Projection of 3dsmax contents through VR 4 MAX. Bottom : Projection of lightwave 3D contents (made in Computer Graphics class) through AVS.

習を通して学生に伝わったのではないかと考えられる。

3. 本講義の卒業研究への波及効果

3.1 卒業研究への影響

「バーチャリアリティ・制作」は、3年次秋学期の授業であるため、授業が終了した次の学期から卒業研究がスタートする。筆者の研究室では、VR関連の研究テ

マを多く扱っているが、本講義を受講した学生は、自ら研究テーマのアイデアを創出し、積極的に研究開発に取り組む傾向にある。特に、HoloStage™を導入した実習を経験した2006年度の卒業研究生は、12名中4名が自ら考えた研究テーマで卒業研究を行い、うち1テーマについては、現在企業との間で実用化の検討に入っている（ちなみに2005年度卒業研究生では、自らのアイデアでテーマを設定した学生は1名）。本学科には電気回路や電子回路、電気磁気学などの電気系科目が無いため、それらの知識が必要となる新しいVR装置の開発といったテーマは、学生にとって敷居が高いものとなるが、自ら学習を進めながら自主的・積極的に回路作成などに励んでいる。これらは、本授業により「知的関心が呼び起こされた」結果と言えるのではないだろうか。

本学科では、創造性教育に重きを置いており（学部1年次に知的財産、特許に関する講義・実習を行っている。実際に在学中に特許を取得した学生、起業した学生も存在する）、新しい発想を喚起する装置、創出したアイデアをすぐに具現化できる装置としてのVR技術、特にHoloStage™の利用は、学生へ大きな影響を与えていると言える。

3.2 卒業研究例

学生の発想によるVR関連の卒業研究例を以下に示す。

(a) 三次元図形学習システム

これは、小中学校における三次元図形学習を支援する学習コンテンツとして作成されたものである。ある展開図から、三次元の立体（例えば立方体）が構築できるかどうかについて学習するコンテンツである。

ユーザはCyber Touchを装着し、VR空間内に置かれた展開図をつかむことができる。ユーザは、その展開図を少しずつ立体へ組み立てていくことができ、各プロセスで組み立て途上の立体をCyber Touchでつかんで移動させて任意の視点からその形を確認することができる。

(b) バーチャル版画シミュレータ

同じく学習コンテンツである。彫刻刀を利用した版画は怪我をする危険性が指摘され、近年の初等教育では敬遠されがちである。本システムは、彫刻刀の代わりにPHANTOM Omniを利用し、この力触覚デバイスに彫刻刀で削る際の力の感覚をフィードバックさせ、バーチャル空間で版画制作をするというものである。卒業研究では、様々な彫刻刀での掘削感、音の表現と、シミュレータとしてのオリジナル機能（掘削に失敗した場所の修正など）の開発を行った。

本シミュレータは、三次元のモデラと組み合わせることにより、実際に「版画」を作成することができる。今後はそのようなシステム化も行っていく予定である。

(c) 人工筋肉を利用した力覚デバイスの開発³⁾

バーチャルリアリティにおいて力触覚を与えるディス

プレイシステムは、本稿でも実習環境として述べているPHANTOMが一般的である。しかしながら、PHANTOMシステムは机上に固定して利用するものであり、HoloStage™のような没入型環境において、そこに立体投影されるバーチャル物体に触ることができるようなディスプレイとしては利用できない。

直接指に装着する力触覚ディスプレイとしてはCyberGraspが挙げられるが、これは大規模なアクチュエータ構造を持つ大がかりなシステムであるため、これを装着して空間を自由に移動することは事実上不可能である。

本卒業研究では、アクチュエータとして人工筋肉を用い、単純な構造で、バーチャル空間で物体に触れた際の感覚をフィードバックさせることに成功している。

Fig. 6に試作した人工筋肉を用いた力触覚提示装置を示す。USBにてPCと接続されている。Virtual空間内で物体に触れた時に人工筋肉に電流が流れ、人工筋肉が縮む。それにより指の動きが拘束される。大きい力を発生させることは現段階では難しいが、物体に触れた感覚、クリック感程度の力触覚再現に成功している。

Fig. 6 Proposed force-feedback system for glove device. This system uses artificial muscle as actuator.

(d) 通過型スクリーンの開発⁴⁾

現実空間にバーチャルな情報を重ね合わせて情報を強調する技術を拡張現実感（Augmented Reality）と呼ぶ。しかし、現実の情報とバーチャルな情報との境界において、遮蔽問題に代表されるような問題が発生し、違和感のない情報空間を構築することが困難となる。

本研究では、物体が通過することができるスクリーンを開発し、現実の世界とバーチャルの世界を違和感なく接続することに成功した。このスクリーンを用いたバーチャルなスポーツコンテンツを試作した。現在、実用化に向けて検討中である。

Fig. 7にボールが通過する前と通過した後のスクリーン映像を示す。左は、スクリーンを通過する直前のボールの映像である。このボールは現実のボールである。右は、ボールが通過した後のスクリーンの映像である。

Fig. 7 Proposed screen through which an object can go. Left: A real ball just before going through the screen. Right: After the real ball has gone through the screen. A ball image which we can see on the screen is virtual ball (Computer Graphics).

ボールの通過位置はセンサによって検出され、映し出されたバーチャル空間でのボールの軌跡が通過位置などのパラメータにより決定されスクリーンに投影される。現実のボールとバーチャルのボールがシームレスに接続され、違和感のない現実空間からバーチャル空間への移行が可能となった。

これらは、いずれも学生自らがアイデアを出し、様々な問題を自ら解決しながら完成させたものである。このような姿勢で卒業研究に取り組ませることができた理由の一つがバーチャルリアリティ教育であったと考えている。

4. まとめ

東海大学情報理工学部情報メディア学科で開講している「バーチャルリアリティ・制作」について紹介し、この授業が卒業研究への取り組みに与えた影響について紹介した。

本講義は、100 人を超える学部生に対して、座学だけでなく半分の時間を実習に割り当て、さらにその実習の中で大規模没入型装置を利用している点で非常に特徴的な講義といえる。実習では、単に VR 技術を体感するだけでなく、VR 技術で何ができるか、何に利用したいか、といった創造性を刺激するような実習を心がけている。これは、科研費（基盤研究(B)）「五感提示インタフェースの開発とバーチャルリアリティ実習教材への応用に関する研究」としても採択されている。今回、この VR 学習の効果を、その直後に行う卒業研究への学生の取り組みの変化として検討した。定量的な評価を行っていないため、印象や傾向といった評価になってしまうが、過去に比べて、自ら研究テーマに対するアイデアを出すようになり、積極的に卒業研究に取り組む姿が見られるようになった。当初の目的は達成されていると評価できると考えている。

問題点としては、授業時には学生が利用できる実習環境も、学生が使いたいときに自由に使える環境にないこと、適切な教科書や参考書が不足しているため、興味を持った学生が、その興味を持続し自学することが困難なこと、があげられる。授業を離れた場所での VR 教育（特に自学）環境の構築が課題といえよう。

参考文献

- 1) 廣瀬通孝：バーチャルリアリティ、オーム社（1995）
- 2) 館すすむ：バーチャルリアリティ入門、ちくま新書（2002）
- 3) 菊池智、濱本和彦：人工筋肉を利用した反力提示可能なグロブデバイスの開発、電子情報通信学会 2007 総合大会（2007）
- 4) 桑原本綿香、濱本和彦：湧過スクリーンとそれを用いたコンテンツ環境に関する検討、電子情報通信学会 2007 総合大会（2007）

Table 1 Software and Hardware of HoloStage™ in Tokai University

ハードウェア	
スクリーン	W 4156×H 1900（正面、床面）、W 1900×H 1900（右側面）の横長 3 面構成
プロジェクタ	MIRAGE 6000（6000 ANSI、1280×1024 SXGA 時分割立体対応）を 5 台
トラッキング	VICON トラッキングシステム
コンピュータ	(hp xw 8000+Wildcat 4 7210)×5 台、その他 VICON 用 1 台、制御用 1 台
ソフトウェア	
AVS/Express MPE	含 CAD/IF
WTK MDC	
VR 4 MAX	3 dsmax, Autodesk VIZ のシーンを VR 空間へ展開

口絵16 HoloStage (TM) を用いた授業風景。HoloStage (TM) は、横4 m、高さ2 mの横長3面（正面、床面、右側面）の没入型三次元立体表示環境。写真は、東海大学のキャンパスの三次元デジタルマップを作成、HoloStage (TM) で投影した時の状況を評価している様子。

（東海大学情報理工学部情報メディア学科 濱本 和彦）

（本文194頁参照）