

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 10日現在

機関番号：33707

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300295

研究課題名（和文） 仮想解剖模型を活用した福祉系学生の能動型医学学習支援システムの開発

研究課題名（英文） The development of the active medical-learning support system for students studying welfare based on a virtual anatomical model

研究代表者

寺嶋 正己（TERAJIMA MASAMI）

中部学院大学・人間福祉学部・教授

研究者番号：20312184

研究成果の概要（和文）：

医療と福祉の連携を実現するためには、福祉を学ぶ学生に、医学学習の中で解剖実習を継続的に疑似体験させることで、医学知識の獲得・学習の円滑化を図る支援システムが必要であった。本研究では、従前の平面メディア上での教材活用とは異なり、実体のある人体部位モデルを三次元自由局面スクリーンという新しいメディア上で高度な仮想解剖体験を実現できるようにし、その体験の上で能動性の高い医学学習が展開できる学習支援システムを構築し評価した。

研究成果の概要（英文）：

To realize the cooperation of medical care and welfare, it was necessary to have a support system that aimed at the smooth acquisition and learning of medical knowledge for students studying welfare through a continuous experience of virtual anatomy practica. This study constructed and evaluated a learning support system based on a virtual anatomical model that differed from the application of teaching materials in the conventional 2D media. The virtual body system has been developing based on free form projection display with the real model of a subject for the virtual anatomical model, which has been expected to promote strongly active learning.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	8,400,000	2,520,000	10,920,000
2011年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2012年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育、教育工学・教育工学

キーワード：メディア活用、VR技術、仮想解剖模型、自由曲面投影ディスプレイ、能動型学習、学習支援システム、インタラクション、マルチビデオプロジェクション

## 1. 研究開始当初の背景

複数の心身疾患を持って日々の生活を送る高齢者の生活支援に携わる福祉専門職にとって、医療職種との連携強化は必須である。

実のある連携・協働を実現するためには、医学知識は重要な共通基盤であるが、福祉専門職を目指す学生等の医学学習は、困難を強いられていた。何故なら、医学系学生のように

解剖実習の体験がないので、テキストの平面アトラスをベースにした知識羅列型教材による学習状況にあったからである。特に、平面的な知識を、三次元人体を再構成してその知識を貼り付けることは困難を伴った。

従来から訓練や学習支援を目的として、バーチャルリアリティ技術を使った仮想体験型システムが開発されてきた。しかし、学習対象はディスプレイ空間の中に構築されたもので、視覚的には捉えることが出来ても、直接手で学習対象を操作して観察するということは不可能であった。

唯一、学習対象の形状実態を有するディスプレイが、自由曲面投影ディスプレイ (Free Form Projection Display : 以降では FFPD と記す) であった。この FFPD は、任意形状の実物体 (スクリーン物体) に投影を行い、これがあたかも内部に仮想物体が埋め込まれているかのように見せるシステムである。視点位置に応じた画像の提示により自己運動視を、スクリーン物体の位置姿勢を仮想物体のそれに反映することで物体運動視を伴わせ、手による自然なハンドリングを実現している。従って、学習者が学習対象 (人体) を観察する際にも特別な操作を必要としないという利点から、本研究に採用した。

本研究採用時の FFPD は、人体の胴体部 (腹部胸部で構成するもので、以後トルソと呼ぶ) への適用の可能性を仮想解剖模型 (Virtual Anatomical Model : 以降 VAM と記す) として示された段階であった。

従って FFPD は技術的課題を内在していることは明らかであったが、本研究では、福祉系の学生が医学学習における三次元的人体構造の理解を促進するため、この自由曲面型ディスプレイによる仮想解剖模型をベースとした学習環境 (仮想解剖体験型) の開発・構築が有効と判断した。

## 2. 研究の目的

### (1) 学習コンテンツの開発

従来型学習教材であるテキストを仮想解剖模型を中心に展開する技法を開発すると共に、開発対象をトルソ部 (腹部胸部の胴体部の内臓器官) と頭部 (嚥下機構中心) に適用しその有効性を明らかにする。

### (2) 学習システムインタラクションの充実

学習者にシステムとの快適なインタラクションを提供する。モデルを直接手で直観的に操作観察することを中心に補助的な操作で学習コンテンツを提示出来るようにする。

### (3) VAM システムの拡張

トルソ版 VAM に加え、食事介助における誤嚥防止を目的として嚥下機構のシミュレーション機能を備えた頭部版 VAM を開発し、その有効性を明らかにする。

### (4) FFPD の描画品質の向上

システムにおける課題を抽出し、解決に必要な技術を開発する。曲面の曲率に伴う影の部分の発生と開放空間での描画品質課題を解決する。

## 3. 研究の方法

(1) 教授者とシステム開発者として提示すべき学習コンテンツと制御を共有するため、オントロジーで記述する方法を開発し、その有効性も併せて明らかにする。

(2) 直観的な操作を支援するための、多様なインタラクションを開発・実装し、その有効性を評価する。

(3) トルソ版 VAM を基本とした学習コンテンツの開発と複雑な嚥下メカニズムの学習を支援するため、頭部版 VAM で嚥下機構アニメーションを開発し、評価する。

(4) 内在する大きな3つの技術課題に対する解決技法を開発し評価する。①曲率の大きな自由曲面を有する FFPD (頭部版用) の開発・評価。②ユーザの観測視野を拡大するた

めマルチプロジェクション方式を開発する。  
③開放空間での描画品質の向上技法の開発。

#### 4. 研究成果

基本 VAM システムの構成は図 1 の通りである。本研究では、トルソ版に加えて頭部版の計 2 モデルの VAM 開発を通して、高インタラクティブ性能を有するマルチプロジェク

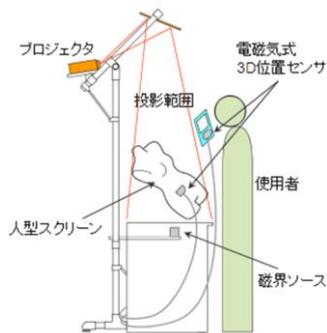


図 1 VAM の基本構成

##### (1) 学習コンテンツ開発技法の確立

福祉専門職養成課程で使用されている「医学一般」の教材テキストを基に学習コンテンツの項目をオントロジーで表現記述した。仮想解剖に対応させるため、臓器毎にオンオフ（仮想的に除去や切開）の解剖制御属性をオントロジー記述に設けた（図 2 参照）。これにより、教授側の学習コンテンツ提示と表示制御が、システム開発者でも容易に判断できた。オントロジー記述が、学習コンテンツ開発に有効であることが判明した。

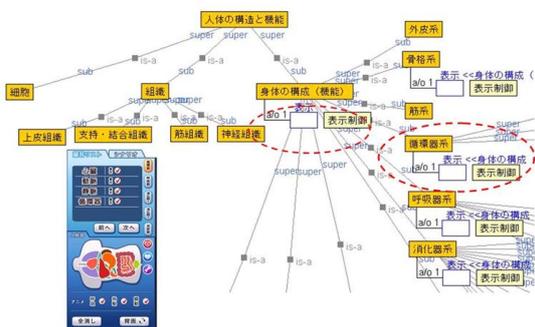


図 2 オントロジー記述の学習コンテンツ例

##### (2) 快適なインタラクションの実現

学習者の自由な学習行動を損なうことが無いように、本研究では FFPD を中心に、学

習型 VAM システムの開発を実現し、残存する課題を併せて明らかにした。

習教材を提供できるように多様なインタラクティブ法を開発評価した（表 1 参照）。

表 1 高インタラクションの実装と評価

行動	利潤	能動性推進
視線移動	運動視差による立体視 関心部位の観察	◎
トルソの水平軸回転	関心部位の観察	◎
トルソの奥行軸回転	関心部位の観察	◎
トルソの垂直軸回転	関心部位の観察	◎
トルソの水平移動	関心部位の観察	◎
トルソの奥行移動	関心部位の観察	◎
トルソの垂直移動	関心部位の観察	◎
表示選択-指タッチ	関心部位の観察 関心部位に関するテキスト	△
表示選択-指マウス	関心部位の観察 関心部位に関するテキスト	○
表示選択-フットマウス	関心部位の観察 関心部位に関するテキスト	×
表示選択-音声コマンド	関心部位の観察 関心部位に関するテキスト	▲
仮想メス操作	内部構造の観察	△
トルソ内部構造観察	高品質 3D 内臓器官モデル	○*
頭部臓器構造観察	高品質 3D 嚥下器官モデル	▲*

評価: 5段階評価で、最高◎→○→△→▲→最低× (n=52, \*n=31)

実体モデルのハンドリングでは狙い通り高い評価を得た。音声コマンドに対する評価は、学習者の不慣れが原因と考え、発話体験システムを開発し支援ツールとした。

曲率の大きな面を有する頭部版では、光が届かない（影の）部分の発生や描画品質に対し低い評価となった。この評価で FFPD の内在課題を顕在化することができた。

##### (3) 頭部版（嚥下機構）VAM の開発

トルソ版での仮想解剖体験システム（図 3 の仮想体験例を参照）をベースに、介護技術学習において重要な食事介助における誤嚥防止に向けた嚥下機構の学習用コンテンツとして頭部版 VAM を開発した。実体モデルの形状は異なるが、図 4 に示したように構成は同じである。但し、頭部形状の複雑さを緩和するため、サイズの拡大と顎の下の窪みを緩和させることにした。



図 3 仮想解剖体験時の表示例

従来嚥下機構を解説する映像は、X 線投射下での造影剤の服用による記録映像が主体で、高度な判別能力を必要とした。本研究で

開発したアニメーションによる VAM では、嚥下機構部を構成する器官の除去等が可能であるので、複雑な嚥下メカニズムの理解に有効であることが確認できた。

同時に、小さな器官が複雑に連携するため描画品質の低下は、学習意欲の低下にも繋がる懸念が判明した。



図 4 トルソ版と頭部版 VAM、実体型モデルスクリーンの比較

#### (4) 単一プロジェクタ方式の課題解決

当初導入したのは、1つのプロジェクタを用いた既存の VAM システムであった。これは、体の腹部胸部を表示する為には十分であり、また過去の評価実績もあるためであった。トルソは比較的扁平であり、観察位置も前方腹側から、あるいは後方背側からであるため、側面を除くと投影視野も前述（表 1 参照）の通り概ね十分であった。

これに対して「嚥下」をテーマとして取り上げた場合、必要なのは頭下部から頸部、胸上部にかけてであり、特にあごから首に掛けては凹部があるため、単一プロジェクタをそのまま適用すると、影になる部分が多く、不適である。そこで、頭／頸部にかけての形状をデフォルメし、顎下部分の凹みを埋めるとともに、顔の造作を平滑化し、極端に大きな曲率が生じないように、凹部の深さが浅くなるように工夫した頭／頸部のマネキンを作成した（前出図 4 参照）。

このような工夫をしても、腹／胸部と比べ曲率は大きく、投影視野を十分に取れなかった。そこでプロジェクタを複数使い、互いに

影になる部分を担当することで広い視野を得ることが出来るシステムの開発を目指した。併せて、開放空間での描画品質の向上を試みた。

図 5 に単一プロジェクタの問題の所在を示した。

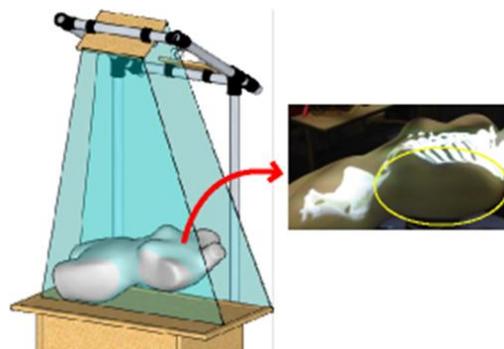


図 5 単一プロジェクタ VAM の問題の所在（○部の影）

#### ① 複数プロジェクタへの自由曲面ディスプレイの拡張と問題点

自由曲面ディスプレイを単純に拡張し、複数プロジェクタによる投影を行う場合（図 6 参照）、3つの問題を解決する必要があった。

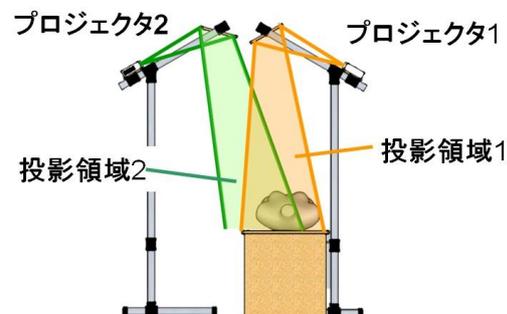


図 6 複数（マルチ）プロジェクタ方式の基本構成

第 1 に、複数プロジェクタからの投影画像の位置が合わないこと、第 2 に、各プロジェクタからの画像がオーバーラップし、その領域では輝度が上がってしまうこと、第 3 に、プロジェクタから投影される面までの距離や面の傾き、さらにプロジェクタの個体差から、画像の明るさや色味が整合しないこと、である。

## ② マルチビデオプロジェクション方式

自由曲面ディスプレイにおいては、プロジェクタの位置姿勢、スクリーン物体の位置姿勢、ユーザ視点位置が重要である。

プロジェクタの位置姿勢は、キャリブレーションによって計測点の推定精度を向上させている。推定結果に含まれる誤差は、単一プロジェクタの場合には、主として形状歪み補正精度に影響を与えるのみで、影響は小さい。しかし、マルチプロジェクタの場合、複数のプロジェクタの位置姿勢及び内部行列を求めるため、影響は大きくなる。そこで、アドホックな解決方法ではあるが、プロジェクタ位置、姿勢をマニュアルで動かせるツールを開発して修正を行った（図7参照）。このツールにより、投影された画像間の誤差は5ピクセル（最大）に抑えることができた。

## ③ 開放空間での描画品質の向上

上記キャリブレーションが高い精度で実行出来たととしても、単純なマルチプロジェクション方式では、オーバーラップ問題、各投影画像の明るさが整合しない問題が残存するので、新たなレンダリングアルゴリズムを考案した。人間が観察する輝度は、プロジェクタが投影した画像の画素値、スクリーン面の反射特性、スクリーン面素のプロジェクタに対する位置と法線、スクリーン面素の観察視点に対する位置と法線により決定される。しかし、自由曲面ディスプレイでは、通常プロジェクタを用いる場合の平面投影時とは異なり、輝度は画素値だけに比例する訳ではなく、その位置関係によって変調されていることになる。この変調部分を逆に補正して、観察輝度そのものを指定する方式とした。

即ち、スクリーン物体の位置姿勢を磁気センサにより取得し、画素毎に対応する面素の位置と法線を求めておく。次に、この面素のプロジェクタからの距離、プロジェクタから

の光線と面素法線のなす角度を算出する。照度は距離の自乗に反比例し、角度の余弦に反比例するので、この変調部分を計算し、画素値を補償する。これにより、各プロジェクタと物体の位置関係によらず、どのプロジェクタからでも統一的に面上の照度つまり観察輝度を指定できるようにした。

さらに、この変調係数を用いて、各プロジェクタの担当する投影領域を決定した。変調係数が小さい場合には、同じ画素値をプロジェクタに出力しても、スクリーン上の画素は大きく引き延ばされ、暗くなる。つまり、そのプロジェクタは不利な状況に置かれていることになる。逆に変調係数が大きければ、スクリーン上の画素は高精細かつ明るくなるため、有利な状況である。ある画素の変調係数をプロジェクタ毎に求め、比較することで、最も有利なプロジェクタを選ぶ方式とし担当領域を決定した。これにより問題解決の目途を得た。今回開発した技報は、アドホックな工夫計算の段階であり、描画品質のさらなる向上に向けて、物理的な意味のある計算モデルの開発を進めたい。

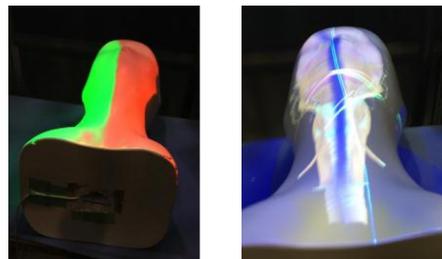


図7 プロジェクタの表示分担と修正の様子  
マルチプロジェクション頭部版 VAM の外観



図8 マルチプロジェクション頭部版 VAM

と活用を  
図8  
に示  
した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

- ① Masami Terajima, Ryugo Kijima and Ken Okamoto, Development of the active medical learning support system for students to be a welfare profession based on virtual anatomical model, Proceedings of the IEEEJ 3rd Image Electronics and Visual Computing Workshop 2012, Vol. 3-4C-1, pp1-8(2012)、査読有
- ② 佐藤裕貴、木島竜吾、小林繁治、寺嶋正己、逆輝度マッピングによる高品質な自由曲面ディスプレイ、第17回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集、Vol.17-33C2, pp1-4(2012)、査読無
- ③ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、医学学習支援システムにおける能動性の確保に関する考察、H24 電気学会電子・情報・システム部門論文集、H24GS7-3, pp1519-1524(2012)、査読無
- ④ 佐藤裕貴、小林繁治、木島竜吾、寺嶋正己、画像ステッチングによるVAMの投影視野拡大、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.112, No.106, pp49-54(2012)、査読無
- ⑤ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、仮想解剖模型を活用した能動型学習支援システムの開発、2012年度画像電子学会第40回年次大会論文集、Vol.40-R1-5, pp1-4(2012)、査読無
- ⑥ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、福祉系学生のための能動型医学学習支援システムの開発、ヒューマンインタフェース2011論文集、pp1149-1152(2011)、査読無
- ⑦ 木島竜吾、寺嶋正己、植田雅斗、バーチャル解剖模型の介護福祉領域への応用、日本バーチャルリアリティ学会論文集2011、Vol.16, pp167-168(2011)、査読無

〔学会発表〕(計10件)

- ① Masami Terajima, Ryugo Kijima and Ken Okamoto, Development of the active medical learning support system for students to be a welfare profession based on virtual anatomical model, The IEEEJ 3rd Image Electronics and Visual Computing Workshop 2012 (IEVC2012), Nov. 23, 2012, Kuching, Malaysia
- ② 佐藤裕貴、木島竜吾、小林繁治、寺嶋正己、逆輝度マッピングによる高品質な自由曲面ディスプレイ、第17回日本バーチャルリアリティ学会、2012年9月14日、神奈川県横浜市
- ③ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、医学学習支援システムにおける能動性の確保に関する考察、H24 電気学会 電子・情報・

システム部門大会、2012年9月6日、青森県弘前市

- ④ 佐藤裕貴、小林繁治、木島竜吾、寺嶋正己、画像ステッチングによるVAMの投影視野拡大、電子情報通信学会技術研究会、2012年6月26日、東京都文京区
- ⑤ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、仮想解剖模型を活用した能動型学習支援システムの開発、2012年度画像電子学会第40回年次大会、2012年6月23日、東京都新宿区
- ⑥ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、仮想解剖模型を活用した嚙下シミュレーションシステムの開発、第12回人間福祉学会2011、2011年11月20日、岐阜県岐阜市
- ⑦ 木島竜吾、寺嶋正己、植田雅人、バーチャル解剖模型の介護福祉領域への応用、日本バーチャルリアリティ学会大会、2011年9月20日、北海道函館市
- ⑧ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、福祉系学生のための能動型医学学習支援システムの開発、ヒューマンインタフェース2011SENDAI、2011年9月16日、岩手県仙台市
- ⑨ 寺嶋正己、木島竜吾、岡本健、福祉を学ぶ人のための医学学習支援システムに関する研究－医学知識の概念整理と共有方法の開発－、人間福祉学会第11回大会、2010年11月21日、岐阜県各務ヶ原市
- ⑩ 寺嶋正己、仮想解剖模型を活用した医学学習支援システムの可能性、第18回日本介護福祉学会大会、2010年9月19日、岡山県岡山市

〔その他〕

ホームページ等

URL:[http://web2.chubu-gu.ac.jp/blog/web\\_labo/terajima/research/vr-1.html](http://web2.chubu-gu.ac.jp/blog/web_labo/terajima/research/vr-1.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

寺嶋 正己 (TERAJIMA MASAMI)

中部学院大学・人間福祉学部・教授

研究者番号：20312184

### (2) 研究分担者

岡本 健 (OKAMOTO KEN)

中部学院大学・教授

研究者番号：60122842

木島 竜吾 (KIJIMA RYUGO)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：80283282