

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501199

研究課題名(和文)AR技術を用いた能動的に仮想実験環境構築が可能な学習支援システム

研究課題名(英文)VR based Active Learning Support System using AR Marker Method

研究代表者

松原 行宏 (MATSUBARA, YUKIHIRO)

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：30219472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：体験型学習支援システムのVR実験室において、実験環境そのものを学習者が自由に設計して実験を試行できるようにすることを目的とした。そこでARマーカを用いて学習者の意図をVRシステムに伝達し、滑車と初等力学に関する実験環境を自由に構築できるメカニズムを構築した。またその機能を組み込み、定滑車3個、動滑車3個までが扱えるプロトタイプシステムが完成し、実践ならびに評価実験を行った結果、一定の学習効果が認められた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on experience-oriented interactive learning environment (ILE) and proposed the VR laboratories which enable the learner to construct the experiment space freely using the AR marker. We selected "the pulley and primitive dynamics knowledge" as the learning domain, and developed the prototype systems, which learner can use at most three fixed pulleys and at most three movable pulleys. Through the practical study and experiment, we evaluated the several prototype systems and summarized the characteristics of the each system.

研究分野：科学教育・教育工学

キーワード：教育工学 人工知能 バーチャルリアリティ 反力デバイス インタフェース ARマーカ

1. 研究開始当初の背景

ヒトが学習を行うのは、直面した事象に関してそれは何故そのようになるのか、といった知的な好奇心による、いわゆる内発的動機に基いている側面があることが言われている。内発的動機に基づく学習行為は極めて本質的であり、学習支援システムにおいて近年あらためて注目されている。

このような内発的動機を喚起するために、従来より、学習者自らが仮説を立て、それを色々な手段を用いて検証し、確認したり、新たな仮説をたてたりすることにより、理解を深めていく「発見的学習」の方法が注目されている。そこでICTを用いて発見的学習を支援することは極めて重要であり多くのシステムが提案されている。また近年のVR技術の発展により、リアリティを持たせたシミュレーションシステムの開発が可能となり、これは発見的学習のサポートツールとして有益である。用意された題材(環境)に対して、学習者がパラメータの設定や行為を行うことにより、対象世界の振る舞いを観察して、仮説を検証することができる。

一方、対象世界、具体的には実験環境そのものは、あらかじめシステム設計者が用意しているものに限定されてしまうという制約もある。VRシステム上に当該教材の実験環境そのものを設計するにはプログラミング等のスキルが必要となるからである。自由に実験環境を設計するには、エンドユーザである学習者にプログラミングやシステム設計の負担を担わせることになり、本来の目的と異なってくる。しかしながら、実験環境そのものを学習者自らが設計できれば、より幅広く多面的な仮説の設定と検証が可能となり、より能動的で自発的な学習の行為が期待できる。

また近年はARやMRといった、仮想世界と現実世界を融合させる技術が発展してきている。ここで使われるマーカ技術やマーカ認識技術を導入すれば、簡単な操作でユーザがVR空間に操作の意図を伝えることが可能となり、これを学習支援システム上で利用するためのメカニズムを開発することにより実験環境の構築が可能となると期待できる。

2. 研究の目的

このように重要な学習方法である「発見的学習」を支援する上で、VR型の実験室は有益である。しかしながら、対象教材の実験環境の準備はプログラミングスキルを必要とするため、システム作成者しか設計できず、学習者が自由に実験環境を設計することは困難である。一方でAR技術が進展しており、ARで用いられるアイデアやインタフェースを活用することにより直接的な体験を伴いながら実験環境の設計が容易になると期待できる。

そこで本研究では、体験型学習支援システ

ム上のVR実験室において、実験環境そのものを学習者が設計できるようにすることを目的とする。具体的には、AR技術で用いられているマーカを用いて学習者の意図をVRシステムに伝達し、実験環境を自由に構築できるようにすることを目指す。

本研究では、リアリティをもたせたVR実験室を学習支援システム内に持たせて、体験を伴わせながら、発見的学習を支援している点に特徴がある。また、VR実験室の実験環境の構築を、学習者自らが容易に行えるようにすることは一般的には困難であるが、AR技術のマーカ機能とマーカ認識機能を適切に統合化することにより、実際に実験環境を設計しているような感覚を伴いながら容易に実現できる点は独創的である。現在、多機能携帯電話でも簡易なAR機能が導入され始めている状況を鑑みると、今後は、学習支援システムにARの機能を統合化した形態が波及すると考えられ、本研究課題で先駆けてその可能性と有効性を示せることが期待される。

3. 研究の方法

本研究課題では、前述した研究目的を達成するため、以下の項目を重点的に検討・開発した。

(1) 初等力学「滑車を用いた力のはたらきと仕事」の題材に関して、VR実験室の検討

(2) AR技術を用いて学習者が自由に実験環境を設計できるためのメカニズムの検討

(3) 基本システムの設計(マーカを用いて自由に設計できることが可能なプロトタイプシステムの検討(定滑車2個、動滑車1個))

(4) 教育実践用プロトタイプシステムの設計(定滑車3個、動滑車3個)

(5) 実践の実施とシステムの定量的評価

4. 研究成果

(1) 初等力学「滑車を用いた力のはたらきと仕事」の題材に関して、VR実験室の検討

平成18~20年度の基盤研究において、初等力学「滑車を用いた力のはたらきと仕事」を題材として、3種類のテンプレートパターンの滑車組み合わせを体験できるVR実験室を構築している。またこれは、そのテンプレートパターンでの滑車の糸にかかる力を、力覚を感じることでできるデバイスを用いて、実際に力を体験できるよう工夫しており、体験を伴う学習ができるようになっている。このプロトタイプシステムを拡張し、テンプレートに含まれているパーツ(定滑車、動滑車、おもり、糸、天井や床の設定、等)を分解し、それぞれ独立したオブジェクトとして、

テンプレート以外の形態を自由に設計することが可能となる手法を検討した。具体的には図1のようなフレームワークを構築した。

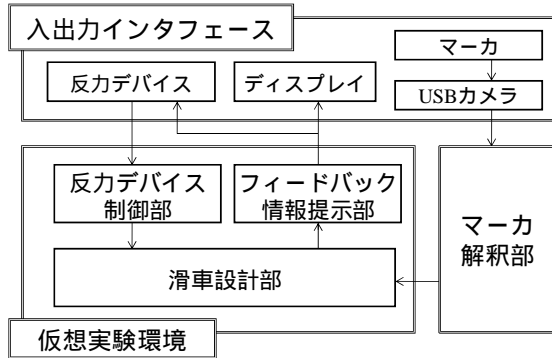


図1 VR実験室のフレームワーク

(2) AR技術を用いて学習者が自由に実験環境を設計するためのメカニズムの検討

上述のVR実験室を実現するためには、各パーツを独立したオブジェクトとして定義する方法、学習者が実験環境空間に自由に配置したオブジェクトの設置位置の認識方法、設置されたオブジェクト間の接続関係の設定と全体としての接続関係の認識方法について検討する必要がある。そこで具体的には、AR技術で用いられているマーカ関連の手法を検討し、各マーカとパーツのオブジェクトを対応させ、マーカを自由に机上に配置させることによって滑車の実験環境が実現できるような仕組みを構築した(図2)。マーカの位置を認識させる手法はARtoolKitの手法を参考に設計した。また取得した位置情報からオブジェクトの接続関係と全体としての接続関係を同定するアルゴリズムを構築した。

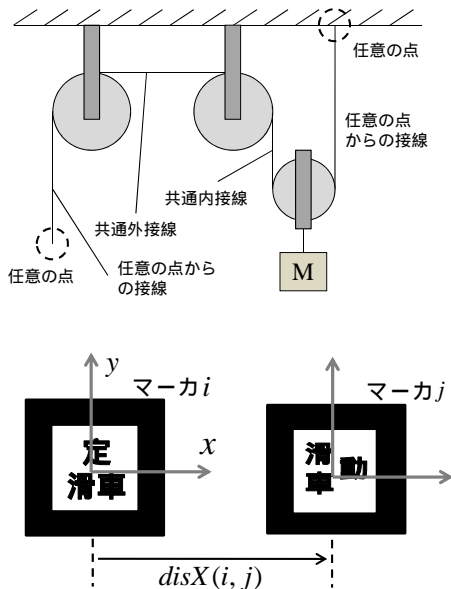


図2 滑車実験環境とマーカ実現例

(3) 基本システム的设计(マーカを用いて自由に設計することが可能なプロトタイプシステムの検討(定滑車2個,動滑車1個))

上述のアルゴリズムを構築し、第1ステップの基本システムとして、定滑車2個、動滑車1個の組み合わせにおいて、自由に配置して設計することが可能となるプロトタイプシステムを完成させた。その際オブジェクトをどの位置においても接続関係が一意に決定して動作するように工夫すること、また最終的には同じ配置状況になるとしてもマーカを配置する順序が異なる場合が想定される。この場合でも正確に認識できるようにアルゴリズムを構築した(図3)。

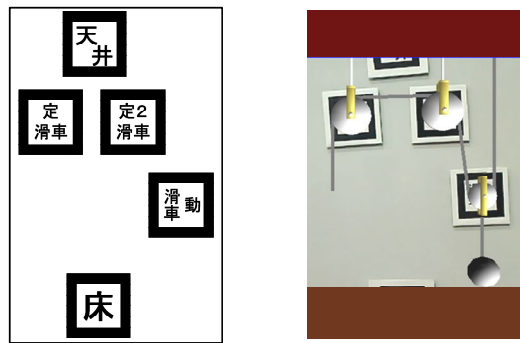


図3 マーカの配置と構築された滑車実験環境の例

(4) 教育実践用プロトタイプシステムの設計(定滑車3個,動滑車3個)

上述の(1)から(3)で、第1ステップの基本システムとして、定滑車2個、動滑車1個の組み合わせで動作するシステムの設計と実装が完成した。そこで次にそのシステムを、定滑車3個、動滑車3個まで扱えるように、拡張を行った。拡張システムが完成したので、原理的にはそれ以上の個数の滑車も同様の水平展開を行うことにより扱えるようになった。一方で現在中学校や高等学校で使用されている教科書等を調査すると、例題や練習問題として扱われている問題は、定滑車3個、動滑車3個程度までで表現できるよう扱われているので、本プロトタイプシステムでの実践で一定の効果が期待できる。

(5) 実践の実施とシステムの定量的評価

上記により教育実践用プロトタイプシステムが完成した。そこでシステムの機能検証を行った。最初に、すべての滑車パターンの組み合わせにおいて、任意の順序でオブジェクトを配置しても正確に動作するかを検証を行い、適切に動作したことを確認した。次に、実物の滑車キットを用いて実験するケースと、提案システムを用いて実験するケースを設定し、それぞれの長所と短所を定性的に

考察した。また，同実験において各ケースの実験作業の効率性，柔軟性，発見的学習への接続性，学習活動の有効性等を，定量的に検討した。その結果一定の学習効果が認められた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

岡本勝，隅田竜矢，松原行宏：拡張現実型マーカを用いた無機化学学習支援システム，電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J98-D, No.1, pp.83-93, 査読有，2015.

松原達郎，松原行宏，石原茂和：加工紙の表面形状および光の反射特性と表面質感の感性評価，日本感性工学会論文誌，Vol.14, No.1(特集号)，pp.107-117, 査読有，2015.

岡本勝，岩崎幸路，松原行宏：物理エンジンをを用いた仮想環境における速度制御型マニピュレータによる剛体運動学習インタフェース，ヒューマンインタフェース学会論文誌 (Online ISSN 2186-8271)，Vol.15, No.3, pp.227-236, 査読有，2013.

沖見圭洋，松原行宏：拡張現実型マーカを用いた滑車配置実験のための学習支援システム，日本教育工学会論文誌，Vol.37, No.2, pp.107-116, 査読有，2013.

岡本勝，岩崎幸路，松原行宏：仮想環境における双腕型剛体操作インタフェースを用いた体験型力学学習支援システムの開発，教育システム情報学会誌，Vol.30, No.1, pp.92-97, 査読有，2013.

[学会発表](計10件)

M.Okamoto, R.Sumida, Y.Matsubara: Probabilistic Question Selection Approach for AR-based Inorganic Chemistry Learning Support System, Proceedings of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), pp.367-372, 2014-12. (Nara, Japan)

T.Mishima, M.Okamoto, Y.Matsubara: AR based Skill Learning Support System with Velocity Adjustment of Virtual Instructor Movement, Proceedings of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), pp.331-336, 2014-12. (Nara, Japan)

T.Matsubara, Y.Matsubara, M.Nagamachi, S.Ishihara: Implementation of Atmospheric Illumination Method for

Immersive Graphics on Kansei VR System, Proceedings of the 12th International Conference on Industrial Management (ICIM2014), pp.379-383, 2014-09. (Chengdu, China)

M.Okamoto, R.Sumida, Y.Matsubara: Inorganic Chemistry Learning Support System using AR-based Virtual Environment and Question Recommendation Method, Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education (ICCE2013), pp.405-411, 2013-11. (Bali, Indonesia)

N.Hidani, M.Okamoto, Y.Matsubara: Virtual Environment for Pulley Experiment using Tablet-PC and Portable Haptic Device, Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education (ICCE2013), pp.419-424, 2013-11. (Bali, Indonesia)

T.Matsubara, Y.Matsubara, M.Nagamachi, S.Ishihara: Development of Low-cost Kansei Engineering System with Wide-view VR Display System for Japanese Residential Garden, Proceedings of the International Conference on Humanized Systems 2013 (ICHS2013), pp.1-6 (6 pages), G1-3, 2013-09. (CD-ROM) (Takamatsu, Japan)

Masaru Okamoto, Ryoya Sumida, Y.Matsubara: AR-based learning support system for inorganic chemistry, Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education (ICCE2012), pp.290-294, 2012-11. (Singapore)

M.Okamoto, Y.Akai, Y.Matsubara: Posture classification method for working analysis using bayesian networks, Proceedings of the 11th International Conference on Industrial Management (ICIM2012), pp.84-89, 2012-08. (Tokyo, Japan)

R.Sumida, M.Okamoto, Y.Matsubara: AR-based learning support system for the exercises in inorganic chemistry, Proceedings of the 11th International Conference on Industrial Management (ICIM2012), pp.264-268, 2012-08. (Tokyo, Japan)

A.Kanbe, R.Nagai, Y.Matsubara: Design of Kansei Engineering System Presenting Virtual Tactile Sense through Networks, Proceedings of the 11th International Conference on Industrial Management (ICIM2012), pp.283-288, 2012-08. (Tokyo, Japan)

[図書](計0件)

日本教育工学会監修，矢野米雄，平嶋宗

編著，松原行宏分担執筆：教育工学選書
4，教育工学とシステム開発，第6章
VR / ARを用いたシステム開発，ミネ
ルヴァ書房，pp.183-193，2012-10.

〔産業財産権〕

出願状況（計0件）

取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等： なし

6．研究組織

(1)研究代表者

松原 行宏 (MATSUBARA YUKIHIRO)

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：30219472

(2)研究分担者： なし

(3)連携研究者： なし