

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300303

研究課題名(和文) 位置計測技術を応用してフル・ボディ・インタラクションを実現した環境問題学習ゲーム

研究課題名(英文) An Educational Game Focusing on Environmental Issues That Achieves Full-body Interaction and Makes Practical Use of Position Measuring Technologies

研究代表者

武田 義明 (TAKEDA, Yoshiaki)

神戸大学・人間発達環境学研究科・名誉教授

研究者番号：90155028

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円、(間接経費) 4,320,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、複雑な自然現象・大きな時間的スケールの変化を体感できるデジタルゲームの開発を通して、科学性とエンタテインメント性を備えた身体性のある協調的学習支援環境としてのフル・ボディ・インタラクションの実現法を明らかにすることであった。成果は次の2点であった。(1) 森林植生の遷移を体感できるデジタルゲームの開発を通して、画像認識と超音波による位置計測技術の応用に関する実現方を明らかにした。(2) 六甲山をフィールドとした評価実験を実施し、里山の植生遷移・保全に関する学習者の興味関心の喚起と持続や理解進化など、フル・ボディ・インタラクションの学習支援効果を実証的に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The goal of this research was to identify a method for achieving full-body interaction as an accommodative learning environment with embodiment, equipped with scientific and entertainment qualities through a digital game that makes it possible to experience complex natural phenomenon and large, temporal scale changes. The results are reflected in the following two points. (1) Through the development of a digital game that allows users to experience transitions in forest vegetation, an implementation method was identified for the practical application of position measuring technologies through image recognition and ultrasonic waves. (2) An evaluation experiment was conducted on Mt. Rokko, and the effects of learning support for full-body interaction were clarified in an empirical fashion; these effects included in spiring and sustaining learners' interest in and facilitating their understanding of plant succession and conservation in the satoyama woodlands.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：フル・ボディ・インタラクション デジタルゲーム 環境学習 植生遷移

1. 研究開始当初の背景

近年、地球規模の環境問題が深刻化している。このような状況の中、持続可能な社会を実現するためには、教育においても環境体験を重視する学習のさらなる必要性が求められている。しかしながら、環境問題学習の困難さの1つは、学習者が教師や教科書を通して学んだ知識を実世界で評価し、それを実感することが容易ではないことである。例えば、身近な環境問題であり、生物多様性問題でもある「里山保全」についても、そこでの鍵概念となる「植生遷移」等の複雑な自然現象については、従来は教科書をベースとした教育がほとんどであり、実地での体験的な学習はさほど行われていなかった。また行われたとしても、現実の植生遷移に要する数十年以上の大きな時間的スケールの変化を現実感をもって体験することは困難であった。

そこで応募者らは、環境問題としての里山保全を対象としたデジタルゲーム『植生遷移すごろくゲーム』を開発し、シミュレーションによって、大きな時間的スケールにおける森林生態系の変化を可視化した協調的学習環境の実践的研究を進めてきた。具体的には、学習者がゲームで学んだ知識を体験、検証、議論しつつ協調学習を進めることが可能なシステムとカリキュラムを構築し、それらを小学校での実践を通して評価した。その結果、学習者が仮想世界と実世界との関わりを意識しつつ学習を進められること、さらには、学習意欲の向上や理解の深化に寄与することを示すことができた。

しかしながら、応募者らのゲームはコンピュータの画面上のすごろくゲームであり、学習者に対して仮想世界と実世界との接続の課題が残されていた。仮想世界と実世界との関係について、より実世界につながる体感的かつ没入感のある仮想世界の実現によって、学習者のモチベーションのみならず理解の増進が達成できることが示唆された。そこで本研究では、『植生遷移すごろくゲーム』をベースとして、里山の森林生態系についての理解を深めるために、没入感の向上を目指し、学習者のフル・ボディ・インタラクションとしての身体性を活用したデジタルゲームを新規に開発するという発展的計画を考案するに至った。

国外における学習支援へのデジタルゲームの応用研究では、今回取り組む環境教育の領域においても数多くの先行研究がある。これらの研究では、デジタルゲームで提供されるシミュレーションが、巨視的・微視的な世界に関する知識獲得や科学的探究に必要な技能の習得を支援できることが明らかにされている。国内では、情報処理学会によるエンタテインメントコンピューティング 2009 の開催等、デジタルゲームの応用が活発に議論されている。また、学習支援における身体性への着目は、タンジブルの概念がテーブルトップ型システムに実現されてきているが、

2010年に開催された Association for Computing Machinery(ACM)系の著名な国際会議である The 9th International Conference on Interaction Design and Children(Barcelona, Spain)におけるテーマ” Full-body Interaction for Children ”に相当するものは、必ずしも実装段階に到達した研究が多いとはいえない。さらに、身体性を実現し、人類の重要課題である環境問題、とくに森林生態系を取り扱った学習支援ゲームは開発されていない。

2. 研究の目的

本研究では、複雑な自然現象・大きな時間的スケールの変化を体感できるデジタルゲームを開発し、それを通して、学習者(子ども/大人)のための科学性とエンタテインメント性を備えた身体性のある協調的学習支援環境としてのフル・ボディ・インタラクション(Full-body interaction)の実現法(構成法)を明らかにする。具体的には、(1)「植物生態学」「教育工学」「情報デザイン」「工学」「科学教育」の分野における知見を統合し、(2)画像認識と超音波による位置計測技術を応用した先進的テクノロジーによって、森林植生の遷移を体感できる科学性とエンタテインメント性を備えた里山学習ゲームを開発し、(3)六甲山を実証実験のフィールドとして幅広い年齢層の学習者を対象にした評価実験を実施する中で、(4)学習者における里山の植生遷移・保全に関する興味関心の喚起と持続、理解進化等の学習支援の可能性を明らかにするものである。

3. 研究の方法

(1) 研究組織

本研究の研究組織・体制は、以下に示す通りである。研究活動は代表者の統括のもとに実施するが、分担制の研究組織を採用する。研究組織は、以下の4つの研究グループから構成する(一部、メンバーは重複)。

学習コンテンツ開発(武田:植物社会学, 楠:情報デザイン): 森林植生遷移に関する学習コンテンツを開発する。フル・ボディ・インタラクションの観点から学習内容及びその提供方法をデザインし、デジタル化する。

システム開発(溝口・杉本:知能機械工学, 情報工学): 画像認識と超音波による位置測定技術を応用して、本ゲームにおける基幹システムの開発に従事する。具体的には部屋大(十数~数十メートル四方)の比較的広いスペースで、複数の被験者をそれぞれ同時に確実に識別しつつ、時々刻々変化する各被験者の位置情報も安定して測定し続けられる技術を開発する。十分安定で確実な測定を実現するため、それぞれは確実に動作できる狭い範囲を受け持たせた複数の画像センサ・超音波センサを分散配置する。さらに確実性と安定性を確保するため、被験者に特定の色・柄の帽子や上着を装着させるといった補完

手段についても検討し、予備実験を通して評価する。

教育プログラム開発（稲垣・山口：教育学，科学教育）：本ゲームを有効に活用した教育プログラムを開発する。

評価（稲垣・山口：教育学・科学教育，杉本：情報工学）：実証実験を実施し，学習科学の観点から，科学への動機付けの向上，イメージングの伸長，理解深化，協調学習などの諸点の学習効果について評価を行う。

（2）研究計画

本研究の主要な計画は，設計・開発（コンテンツ，システム，教育プログラム），実証実験，評価の3の段階で構成される。3年間の研究期間において，この3つの段階を複数回繰り返すことで，ゲームの完成度を高め，本研究の目的を達成するものとする。

4. 研究成果

（1）平成 23 年度

平成 23 年度では，以下に示すように，ゲームのテスト・システムの開発と学習コンテンツ開発及び小規模の予備的な評価実験を実施した。

遠隔会議と対面の研究打ち合わせ会議を開催し，役割分担と研究計画を確認した。

国内外の先進的なシステム等の研究資料を収集した。

六甲山の森林植生に関する画像，テキストから構成された試作版デジタル・コンテンツの設計と開発を行った。

フル・ボディ・インタラクションのための基盤システムについて，学習者の位置に基づいたコンテンツ提供を可能にする基礎的な仕組みの開発に成功した。

上記のコンテンツの評価のために，2011 年 10 月に神戸市・六甲山のフィールドワークを伴う小学校 6 年生 40 名程度の小規模な予備的评价実験を実施した。

予備的研究に関する成果発表として，GET2011，VINCI'2011，教育システム情報学会研究会等で発表した。

（2）平成 24 年度

平成 24 年度では，本格的にゲームのシステム開発と学習コンテンツ開発及び評価実験を実施した。

研究打合せ会議：平成 24 年度上半期には，対面及び遠隔会議との研究打ち合わせ会議を開催し，研究組織における役割分担と研究計画を再確認した。

文献研究・データベース化：昨年度からの継続として，最新の知見を探索，蓄積するとともに，国内外の先進的なシステム等の研究資料の収集を行った。

学習コンテンツの開発：六甲山の森林植生に関する音声，映像，画像，テキストから構成されたデジタル・コンテンツの設計と開発

に取り組んだ。

システムの設計と開発：フル・ボディ・インタラクション・システムについては，コンテンツとの結合試験を行い，ゲームシステムとして完成させた。

評価実験の設計と実施：評価実験については，神戸大学附属小学校の神山真一氏（神戸大学附属小学校教諭）が研究協力者として参画し，附属校との連携のもと実施した。H24 年度の上半期には，ゲームのみを使った実証実験，下半期には，六甲山のフィールドワークと統合した実証実験を実施した。

成果発表：研究成果については，日本科学教育学会年会（東京理科大学），NOLTA2012（スペイン），ICCE2012（シンガポール）等で発表するとともに，論文化を試みた。

（3）平成 25 年度

平成 25 年度では，改良版ゲームのシステム開発と学習コンテンツ開発及び評価実験を実施した。

研究打合せ会議：平成 25 年度上半期には，対面及び遠隔会議との研究打ち合わせ会議を開催し，研究組織における役割分担と研究計画を再確認した。

文献研究・データベース化：昨年度からの継続として，最新の知見を探索，蓄積するとともに，国内外の先進的なシステム等の研究資料の収集を行った。

学習コンテンツの開発：昨年度に開発したコンテンツの改良を試みた。

システムの設計と開発：昨年度に開発したフル・ボディ・インタラクション・システムを改良し，最大 6 名がプレイできるようにするとともに，学習コンテンツを結合させ，ゲームとして完成させた（図 1）。



図 1 位置計測技術を応用してフル・ボディ・インタラクションを実現した環境問題学習ゲーム

評価実験の設計と実施：評価実験については，神戸大学附属小学校の神山真一氏（神戸大学附属小学校教諭）が研究協力者として参画し，附属校との連携のもとに実施した。H25 年度の上半期には，ゲームのみを使った実証実験，下半期には，六甲山のフィールドワークと統合した実証実験を実施した。

成果発表: 研究成果については, 海外では, CSEU2013 (ドイツ), IDC2013 (アメリカ), ICCE2013 (インドネシア), ACE2013 (オランダ), ICST2013 (ニュージーランド), 国内では日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会で発表するとともに, Journal of Robotics and Mechatronics に論文が掲載された。

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 12 件)

Nakayama, T., Adachi, T., Ogitsu, T., Takemura, H., Mizoguchi, H., Kusunoki, F., Sugimoto, M., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (2013, December). Novel application of ultrasonic sensors and kinect sensors to identify people and measure their location -realization of "Human SUGOROKU": A large scale board game in which people play as pieces. Proceedings of the 7th International Conference on Sensing Technology (ICST 2013), Wellington, New Zealand, 470-475. 査読有

Adachi, T., Muratsu, K., Mizoguchi, H., Namatame, M., Sugimoto, M., Kusunoki, F., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (2013, November). Full-body Interaction digital game of vegetation succession for children. In L.-H. Wong, C.-C. Liu, T. Hirashima, P. Sumedi, & M. Lukman (Eds.), Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education (pp.654-656). Indonesia: Asia-Pacific Society for Computers in Education. 査読有

Adachi, T., Mizoguchi, H., Namatame, M., Kusunoki, F., Sugimoto, M., Muratsu, K., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (2013, November). Development of a full-body interaction digital game for children to learn vegetation succession. In D. Reidsma, H. Katayose, & A. Nijholt (Eds.), Proceedings of 10th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 8253 (pp.492-496), Boekelo, Netherlands: Springer. 査読有

Muratsu, K., Kusunoki, F., Takeda, Y., Inoue, H., Funaoi, H., Yamaguchi, E., Inagaki, S., Mizoguchi, H., & Sugimoto, M. (2013, November). Evaluation of the 'Pocket Plant

Guide' to support learning about plants in vegetation succession. In L.-H. Wong, C.-C. Liu, T. Hirashima, P. Sumedi, & M. Lukman (Eds.), Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education (pp.642-644). Indonesia:

Asia-Pacific Society for Computers in Education. 査読有

Adachi, Y., Goseki, M., Takemura, H., Mizoguchi, H., Kusunoki, H., Sugimoto, M., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (2013. 8). Integration of ultrasonic sensors and kinect sensors for people distinction and 3D localization. Journal of Robotics and Mechatronics, 25(4), pp.762-766. 査読有

Adachi, T., Goseki, M., Muratsu, K., Mizoguchi, H., Namatame, M., Sugimoto, M., Kusunoki, F., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (June, 2013). Human SUGOROKU: Full-body interaction system for students to learn vegetation succession. Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children, New School, New York, 364-367. 査読有

Muratsu, K., Kusunoki, F., Takeda, Y., Inoue, H., Yamaguchi, E., Inagaki, S., Mizoguchi, H., & Sugimoto, M. (May, 2013). Development and evaluation of "Pocket Plant Guide" to support the observation and identification of indicator plants for vegetation succession. Proceedings of 5th International Conference on Computer Supported Education, Aachen, Germany, 675-679. 査読有

Goseki, M., Adachi, T., Takemura, H., Mizoguchi, H., Kusunoki, F., Sugimoto, M., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (November, 2012). Full-body interactive "Board" game for learning vegetation succession based on identification of people and 3D position measurement. G. Biswas, L.-H. Wong, T. Hirashima, & W. Chen (Eds.), Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education, Singapore, 514-516. 査読有

Inoue, H., Kusunoki, F., Takeda, Y., Yamaguchi, E., Inagaki, S., Mizoguchi, H., & Sugimoto, M. (November, 2012). Evaluation of a mobile plant-identification system to support the study of vegetation succession. G. Biswas, L.-H. Wong, T.

Hirashima, & W. Chen (Eds.), Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education, Singapore, 438-440. 査読有
Adachi, T., Goseki, M., Takemura, H., Mizoguchi, H., Kusunoki, F., Sugimoto, M., Yamaguchi, E., Inagaki, S., & Takeda, Y. (October, 2012). Study on identification of people and 3D position measurement with ultrasonic sensors and kinect sensors. Proceedings of 2012 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Palma, Majorca, Spain, 247-250. 査読有
井上晴香・楠房子・武田義明・山口悦司・稲垣成哲 (2012. 3)「スマートフォンとシミュレーションゲームを用いた森林学習支援システムの評価」『教育システム情報学会研究報告』第 26 巻, 第 6 号, pp.137-140. 査読無
Deguchi, A., Takeda, Y., Kusunoki, F., Tanaka, M., Yamaguchi, E., Inagaki, S., and Sugimoto, M. (July, 2011). Improvement and evaluation of vegetation interaction game. Proceedings of the IADIS International Conference Game and Entertainment Technologies 2011, Roma, Italy, 114-118. 査読有

〔学会発表〕(計 4 件)

中山智裕・足立孝之・竹村裕・溝口博・楠房子・杉本雅則・山口悦司・稲垣成哲・武田義明 (2013. 5)「人間すごろく」に向けた複数異種センサ群各座標系の簡便な統一方法」『日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 (Robomec 2013) 講演論文集』pp.1A2-L05(1)-(4). 2013 年 5 月 23 日, つくば国際会議場
足立孝之・後関政史・溝口博・楠房子・杉本雅則・山口悦司・稲垣成哲・武田義明 (2012. 8)「環境問題学習ゲーム「人間すごろく」のための人物位置計測技術」『日本科学教育学会第 36 回年会論文集』pp.540-541. 2012 年 8 月 28 日, 東京理科大学
足立孝之・後関政史・竹村裕・溝口博・楠房子・杉本雅則・山口悦司・稲垣成哲・武田義明 (2012. 5)「超音波センサとキネクトセンサとの統合による複数人物の識別と 3 次元位置計測」『日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012 (Robomec 2012) 講演論文集』pp.2P1-P08(1)-(2). 2012 年 5 月 29 日, アクトシティ浜松
Kusunoki, F., Takeda, Y., Tanaka, M., Yamaguchi, E., Deguchi, A., Kamiyama, S., Inagaki, S., & Sugimoto, M.

(August, 2011). Evaluation of the user interface design on vegetation interaction game for children. Paper presented at the 2011 Visual Information Communication - International Symposium. 2011 年 8 月 4 日, Hong Kong University of Science and Technology

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

武田 義明 (TAKEDA, Yoshiaki)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・名誉教授
研究者番号: 90155028

(2) 研究分担者

溝口 博 (MIZOGUCHI, Hiroshi)
東京理科大学・理工学部・教授
研究者番号: 00262113

杉本 雅則 (SUGIMOTO, Masanori)
北海道大学・情報科学研究科・教授
研究者番号: 90280560

楠 房子 (KUSUNOKI, Fusako)
多摩美術大学・美術学部・教授
研究者番号: 40192025

稲垣 成哲 (INAGAKI, Shigenori)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・教授
研究者番号: 70176387

山口 悦司 (YAMAGUCHI, Etsuji)
神戸大学・大学院人間発達環境学研究所・准教授
研究者番号: 00324898