

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02936

研究課題名(和文) 人物計測技術により没入感演出と注意推定、評価定量化とを図る博物館学習支援システム

研究課題名(英文) Learning Support System to Increase Sense of Immersion and Estimate Degree of Concentration Quantitatively

研究代表者

溝口 博 (MIZOGUCHI, HIROSHI)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：00262113

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の目的は、博物館の展示内容の世界や環境を仮想的に再現、その中に擬似的に「入り込める」ようにして、博物館学習の効果的な支援を図ることであった。この目的のため、自分の姿が大画面に映る「デジタル姿見」の背景映像を仮想的世界とし、いわば「等身大ブリクラ」的機能を実現して文字通り仮想世界に「入り込める」ようにするシステムBESIDE(Body Experience and Sense of Immersion in Digital paleontological Environment)を開発した。実際に博物館で評価実験を行い、有効性を確認できた。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research was to virtually reproduce the world and the environment of the exhibition contents of the museum, to make it "can enter" in a pseudo manner in it, and to aim for effective support of the museum learning. For this purpose, the system which makes the background image of "digital appearance" in which the figure appears on the large screen as the virtual world, so that it can make it "enter into a virtual world" literally by realizing "life-sized large-size reclamer" function BESIDE (Body Experience and Sense of Immersion in Digital paleontological Environment). We actually conducted an evaluation experiment at the museum and confirmed its effectiveness.

研究分野：知能機械学

キーワード：学習支援システム 博物館学習

1. 研究開始当初の背景

本研究以前に実施した基盤研究(B) (課題番号 24300290) では、博物館での実証実験を通じて当初の狙いどおり身体行為を伴う学習が有効であることを実証できた。この過程で次の二点を強く認識するに至った。

第一は単に学習者の身体動作にシステムが反応するだけでなく、シミュレートされた仮想環境の中に学習者自身の映像が重畳表示され、学習者が「入り込む」ことができれば、より強い興味と関心を引き起こし、より効果的な学習支援、特に博物館学習支援への貢献が期待できるという点である。

第二は注意・関心の *in situ* な推定により、さらに効果的な学習支援が期待できるという点である。具体的には、例えば視線の移動の追跡ができれば、話を聴いているか、説明を読んでいるか、展示物をきちんとみているかといった注意・関心の推定とそれに基づく評価の定量的な実現が期待できる。

タブレット端末や携帯を用いた博物館学習支援については既に国内外に多くの先行研究があった。しかし、本研究で提案した全身で仮想環境に「入り込める」ものや身体動作に反応するものは例が無かった。さらに学習者を観測することで、事後だけでなく、*in situ* でも注意・関心を推定しようという試みは全くなされていなかった。

2. 研究の目的

上記背景を踏まえ、本研究の目的を次の2点とした。

(1) 第一は博物館の展示内容の世界や環境を仮想的に再現、その中に擬似的に「入り込める」システムを開発して博物館学習の効果的な支援を図ることである。自分の姿が大画面に映る「デジタル姿見」の背景映像を仮想的な世界とし、いわば「等身大プリクラ」的機能を実現して文字通り仮想世界に「入り込める」ようにする。博物館の実際の展示物参観後に、学習者はこのシステムを通じ、没入感をもって展示内容を復習する。

(2) 第二は参観中の学習者の観測により注意・関心の度合いを推定する技術を開発することである。参観最中の学習者の注意・関心度合いの推定により、従来は事後のインタビューやアンケートを通して断片的に想像するしかなかった「その場、その時」の興味・関心・盛り上がりの定量化を図る。これにより、事後評価に加え、参観最中の評価をも定量化を図る。

3. 研究の方法

上記目的を達成するに、実験システムを開発し、小学生を被験者として実験を実施、評価を行った。図1に開発したシステムの動作イメージを示す。ここでは自分の姿が大画面に映る「デジタル姿見」の背景映像が、博物館の展示内容の仮想的再現世界となっている。学習者にとっては、いわば「等身大プリ

クラ」的機能が実現されていて、文字通り仮想世界に「入り込める」ようになっている。実際の展示物の参観後、学習者はこのシステムにより、没入感をもって展示内容を復習する。



図1 開発システムの動作イメージ

4. 研究成果

(1) BESIDE

上記のように具体的にシステムを開発し、仮想世界の中に「入り込める」機能の実現に成功した。開発したシステムは BESIDE (Body Experience and Sense of Immersion in Digital paleontological Environment) という名称で、博物館学習に向けた没入型学習支援システムである。

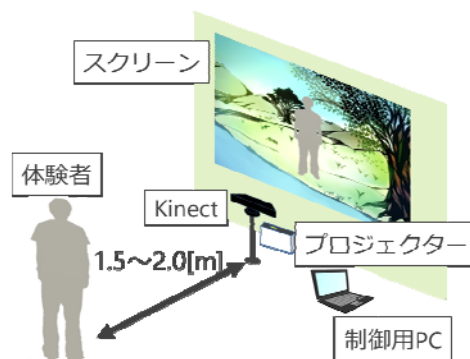


図2 開発したシステムの構成

図2にシステム構成を示す。システムは、Kinect センサーとプロジェクタおよび制御用 PC とから成る。プロジェクタを用いてコンテンツ (この場合は、古生物環境の仮想世界) を投影する。センサーを用いて学習者とその動きを認識し、学習者の動きに合わせてコンテンツを変化させるというものである。図3に動作画面例を示す。

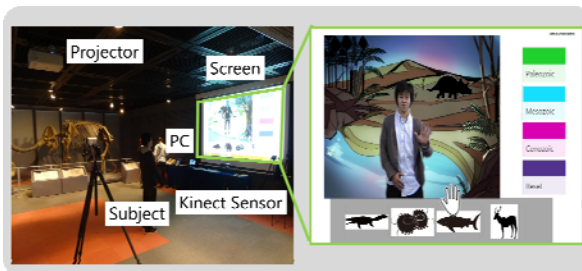


図3 開発システムの動作画面例



図4 博物館での実験中の様子

単にシステムを構築するだけでなく、実際に博物館に持ち込んで稼働させ、評価実験を実施した。会場は連携研究者の所属する兵庫県立「人と自然の博物館」である。また、神戸大学附属小学校にもご協力いただき、同校の生徒さんらに被験者になってもらって実験を実施した。図4に実験中の様子を示す。まず、被験者は館内に展示されている化石を観察したり、説明パネルを読んだりする。ついで、開発した BESIDE システムを体験してもらおう。その後、質問用紙（アンケート）に回答してもらおうと共に、インタビューを実施した。

質問用紙の質問項目は、システムの操作性、学習支援、没入感に係るもので、それぞれ「とてもそう思う」、「そう思う」、「どちらかといえばそう思う」、「どちらでもない」、「どちらかといえばそう思わない」、「そう思わない」、「全くそう思わない」の7段階で回答してもらった。その結果、操作性、学習支援の各項目について、肯定的回答が得られた。いずれも統計的な有意差が得られており、回答の妥当性が定量的に裏付けられた。

インタビューでも学習支援と没入感についての質問をし、被験者の返答を肯定的意見と中立・否定的意見とに分類し、フィッシャーの正確確率判定をもちいて有意差検定を行った。これにより、学習支援、没入感のいずれについても、有意差を伴って肯定的意見多数という結果を得ることができた。

(2) UKIYO-E

「入り込める」という BESIDE システムの特長を活かし、この機能を美術教育（図工）や歴史教育（社会科）に転用したシステムも UKIYO-E (User Knowledge Improvement based on Youth Oriented Entertainment) 開発し、実験を実施した。実験中の様子を図5に示す。浮世絵に描かれた人物像と音声会話をしつつ、ゲームを行うというものである。



図5 UKIYO-E システムで実験中の様子

実験は、実際の美術館ではなく、実験室で画面上に浮世絵を表示して行った。評価は質問用紙を用い、絵画への興味・関心に係る項目と、学習支援に係る項目とを用いた。この結果、いずれの項目についても、有意差を伴って肯定的回答を得ることができた。

(3) 皮膚電気活動度

第二の目的である参観中の学習者の興味・関心の度合いを推定するために、皮膚電気活動度測定技術を導入した。情動の変化が皮膚電気活動度の変化に現れることが先行研究で知られているため、視覚的注意と皮膚電気活動度との関係を実験的に調べた。図6に実験装置の構成を、また図7に実験の様子を示す。被験者は画面の前に座り、画面上に現れるパターンの中から異なる図形を探索する課題を与えられる。課題は注意度が軽い特徴探索と重い結合探索の2つである。課題実行中の被験者の皮膚電気活動度を計測する。

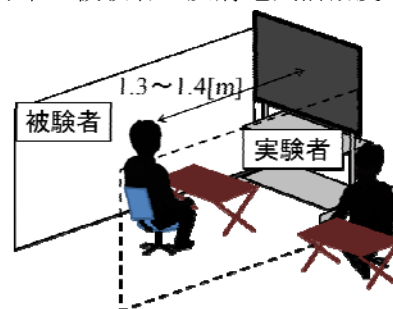


図6 実験装置の構成



図7 実験中の様子

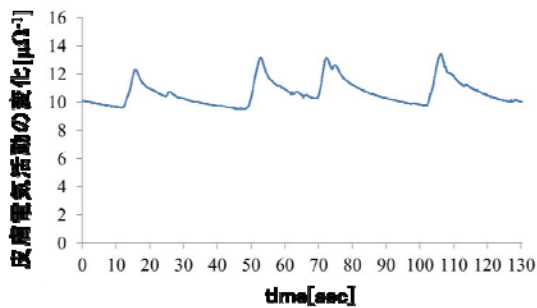


図8 皮膚電位活動変化の実測例

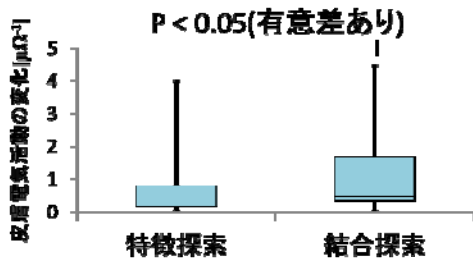


図9 課題の難易による変化の相違

図8に皮膚電位活動変化の実測例を示す。また、課題ごとの実験中の変化量を求め処理した結果を図9に示す。この結果から、より注意度を要する難しい課題の方が皮膚電気活動の変化が大きいことが、統計的な有意差をもって定量的に確認できた。従って、皮膚電気活動度を、学習者の興味・関心の度合いの推定に利用できることが確認できた。

(4) 顔向きと視線方向の関係性

参観中の視線方向を測ることができれば、注意・関心を定量的に測ることができ、可能性がひらける。視線方向計測には、大人向けの装着型装置が開発・市販されているが、高価である上に、利用場面が限定される、自然な測定が困難といった課題があった。

このため、本研究では分解能は低いながら、非装着でも視線方向を推定するための基礎技術として、3次元的な顔向きと視線方向との関係性を実験的に求め、関係式を得ることに成功した。この結果、視野の前後と左・中・右といった6方向なら、安定して視線方向を推定することが可能となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- ①Yosuke Ota, Mina Komiyama, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "OBSERVE: Object Based learning to Support Education in Real and Virtual Environments", International Journal of Education and Research (IJER), 査読有, Vol. 6, No. 1, pp. 101-108, January 2018.
<http://www.ijern.com/journal/2018/January-2018/09.pdf>

- ②Tsugunosuke Sakai, Haruya Tamaki, Yosuke Ota, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "EDA-based Estimation of Visual Attention by Observation of Eye Blink Frequency", International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems (S2IS), 査読有, Vol. 10, No. 2, pp. 296 - 307, June 2017.
<http://s2is.org/Issues/v10/n2/papers/paper3.pdf>

- ③Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Yosuke Ota, Fusako Kusunoki, Shigenori Inagaki, Ryohei Egusa, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "System for Art Knowledge Improvement by Interactions with Pictures", Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers, 査読有, Vol.5, No.2, pp.59-64, April 2017.
DOI: 10.12792/JIAE.5.59

- ④Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Yosuke Ota, Fusako Kusunoki, Shigenori Inagaki, Ryohei Egusa, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "Range Image Sensor Based Eye Gaze Estimation by Using the Relationship between the Face and Eye Directions", International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems (S2IS), 査読有, Vol. 9, No. 4, pp.2297-2308, December 2016.
<http://s2is.org/Issues/v9/n4/papers/paper33.pdf>

- ⑤Ryuichi Yoshida, Tsugunosuke Sakai, Yuki Ishi, Tomohiro Nakayama, Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, and Hiroshi Mizoguchi, "Electrodermal Activity-based Feasibility Study on the Relationship Between Attention and Blinking", International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems (S2IS), 査読有, Vol. 9, No. 1, pp.21-31, March 2016.
<http://s2is.org/Issues/v9/n1/papers/paper2.pdf>

- ⑥Tomohiro Nakayama, Ryuichi Yoshida, Takahiro Nakadai, Takeki Ogitsu, Hiroshi Mizoguchi, Kaori Izuishi, Fusako Kusunoki, Keita Muratsu, Ryohei Egusa, and Shigenori Inagaki, "Immersive Learning Support System of Kinect Sensor for Children to Learn Paleontological Environment", International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems (S2IS), 査読有, Vol. 8, No. 2, pp.1050-1062, June 2015.
<http://s2is.org/Issues/v8/n2/papers/paper11.pdf>

〔学会発表〕(計16件)

- ①Mikihiro Tokuoka, Hiroshi Mizoguchi, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki,

- and Masanori Sugimoto, "Learning Support System for Museum exhibits using Complex Body Movements--Enhancing Sense of Immersion in Paleontological Environment", The 25th International Conference on Computers in Education (ICCE2017), 2017.
- ② Mikihiro Tokuoka, Hiroshi Mizoguchi, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki, and Masanori Sugimoto, "Novel Application of 3D Range Image Sensor for Estimation of Interests based on Fixation Time of Face Orientation", The 2017 11th International Conference on Sensing Technology (ICST2017), 2017.
- ③ Yosuke Ota, Mina Komiyama, Ryohei Egusa, Ayako Okajima, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "Improvement of Students' Knowledge on Larval Mimesis: a Case Study of Experiential Learning System OBSERVE", European Science Education Research Association 2017 Conference (ESERA 2017), 2017.
- ④ Mikihiro Tokuoka, Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Hiroshi Mizoguchi, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Mirei Kawabata, Fusako Kusunoki, and Masanori Sugimoto, "BELONG: Body Experienced Learning Support System based on Gesture Recognition --Enhancing the Sense of Immersion in a Dinosaurian Environment--", The 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU2017), 2017.
- ⑤ Mikihiro Tokuoka, Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Hiroshi Mizoguchi, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Mirei Kawabata, Fusako Kusunoki, and Masanori Sugimoto, "Development of Gesture Recognition Sub-system for BELONG --Increasing the Sense of Immersion for Dinosaurian Environment Learning Support System--", The 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU2017), 2017.
- ⑥ Takahiro Kigawa, Taisuke Sakano, Hiroshi Mizoguchi, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Miki Namatame, Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto, and Ryohei Egusa, "Depth Information Based Separation of Moving Speakers' Voices from Mixed Recordings", 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2016), 2016.
- ⑦ Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Ryuichi Yoshida, Ryohei Egusa, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "UKIYO-E: User Knowledge Improvement based on Youth Oriented Entertainment"-- Art Appreciation Support by Interacting with Picture--", 18th International Conference on Entertainment Computing (ICEC2016), 2016.
- ⑧ Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Ryuichi Yoshida, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Etsuji Yamaguchi, Fusako Kusunoki, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "Augmentation of Museum Science Education Using Human-Interaction Technology", International Organization for Science and Technology Education (IOSTE2016), 2016.
- ⑨ Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Yosuke Ota, Ryohei Egusa, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Fusako Kusunoki, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "Participatory Design of UKIYO-E Game for Children to Support Art Appreciation Based on Interacting with Pictures", The 2016 Conference on Interaction Design and Children (IDC2016), 2016.
- ⑩ Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Ryuichi Yoshida, Ryohei Egusa, Shigenori Inagaki, Etsuji Yamaguchi, Fusako Kusunoki, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, and Hiroshi Mizoguchi, "Science Education Enhancement within a Museum using Computer-human Interaction Technology", The 8th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU2016), 2016.
- ⑪ Tsugunosuke Sakai, Ryuichi Yoshida, Haruya Tamaki, Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, and Ryohei Egusa, "Electrodermal Activity Based Study on the Relationship Between Visual Attention and Eye Blink", The 2015 Ninth International Conference on Sensing Technology (ICST2015), 2015.
- ⑫ Haruya Tamaki, Ryuichi Yoshida, Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Miki Namatame, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Masanori Sugimoto, and Ryohei Egusa, "Novel Application of Range Image Sensor to Eye Gaze Estimation Utilizing Relationship between Face and Eyes Directions", The 2015 Ninth International

Conference on Sensing Technology
(ICST2015), 2015.

⑬Ryuichi Yoshida, Haruya Tamaki,
Tsugunosuke Sakai, Machi Saito, Ryohei
Egusa, Shinichi Kamiyama, Miki Namatame,
Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji
Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki
Takeda, and Hiroshi Mizoguchi,
"Experience-based Learning Support System
to Enhance Child Learning in a Museum -
Touching Real Fossils and 'Experiencing'
Paleontological Environment -", The 12th
International Conference on Advances in
Computer Entertainment Technology
(ACE2015), 2015.

⑭Ryuichi Yoshida, Haruya Tamaki,
Tsugunosuke Sakai, Ryohei Egusa, Machi
Saito, Shinichi Kamiyama, Miki Namatame,
Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji
Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki
Takeda, and Hiroshi Mizoguchi, "BESIDE:
Immersive System to Enhance Learning within
a Museum", 21th International Conference on
Collaboration and Technology (CRIWG2015),
2015.

⑮Takahiro Nakadai, Tomoki Taguchi, Ryohei
Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto,
Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi,
Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, and
Hiroshi Mizoguchi, "KIKIMIMI: Voice
Separation System for Automating Post
Evaluation of Learning Support System", The
7th International Conference on Computer
Supported Education (CSEDU 2015), 2015.

⑯Ryuichi Yoshida, Ryohei Egusa, Machi Saito,
Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako
Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori
Inagaki, Yoshiaki Takeda, and Hiroshi
Mizoguchi, "BESIDE: Body Experience and
Sense of Immersion in Digital paleontological
Environment", International Conference on
Human-Computer Interaction (CHI2015),
2015.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

受賞：

①2017. 09. 01 徳岡 幹大, R00B2017 優秀プレ
ゼンテーション賞

②2016. 12. 15 佐古 奈津希ほか, RT ミドルウ
ェアコンテスト 2016 奨励賞

6. 研究組織

(1) 研究代表者

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

(2) 研究分担者

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

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

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

(3) 連携研究者

中瀬 勲 (NAKASE, Isao)
兵庫県立人と自然の博物館・館長
研究者番号：10081564

(4) 研究協力者

()