

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300290

研究課題名(和文) 人物計測技術を応用し没入感と事後評価定量化とを実現する古生物環境学習支援システム

研究課題名(英文) Paleontological environment learning support system for realizing sense of immersion and ex-post evaluation quantification using a person measurement technology

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) 14,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、古生物環境の中に没入感をもって擬似的に「入り込める」システムを開発し、開発システムを用いた実証実験を通じて学習者の身体行為を伴う効果的な古生物環境理解を図ることにある。また、システムの人物計測機能を活用して実験時の学習者の注意・関心の度合いを推定、従来は手動で行わざるを得なかった事後評価の半自動化、定量化を図るものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a system to have an immersive experience in the paleontological environment. The developed system is intended to be used by primary school students to learn paleontology effectively. It induces and stimulates body action of the students and enhances their learning associating with their body experience. Another purpose of the study is to investigate and develop a method to extract students' voice, laugh, glee, soliloquy, and so forth during their learning, in situ, remotely without any attached device, such as wireless microphone, to the student. The method must contribute to evaluation of the learning afterward.

研究分野：知能機械学

キーワード：身体性 身体動作 位置・姿勢センシング 注意・関心推定 視線・注視検出

1. 研究開始当初の背景

(1) 問題の所在

近年、地球規模の環境問題がますます深刻化している。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更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にある。特に、古代から現代に至る広汎な視点での生物環境の変遷、環境変化、生物進化の理解は、環境問題の本質的理解に重要であるにも係わらず、実世界で実感することは至難の業であり殆ど不可能である。

そこで、近年のIT技術の進展を活用して仮想の古生物環境を提示、これにより学習支援を図ろうとする提案も考えられる。このような試みは、興味関心の喚起という点で一定の効果はあるが、身体経験を伴わないために一過性の興味関心であって持続しないという問題がある。このため身体行為を伴う深い理解を得られる何らかの方法が求められていた。

一方、種々提案される各種の学習支援手法の有効性を事後に評価しようとする、評価結果の定量化は、従来、人手に頼らざるを得なかった。これは時間と労力が掛かって効率が悪い上、必ずしも適切な定量的データが得られないという課題があった。

(2) 着想に至った経緯と研究成果の発展

研究代表者と分担者らは上記のような問題意識を抱いていたが、最新の2つの技術成果を活用すれば、これら問題を解決する端緒を開けるのではないかと着想するに至った。

1つはゲーム機用の安価な人の動き・位置・姿勢センサ KINECT の登場である。これは、従来、数百万円クラスの3次元計測機材を用いていた機能が僅か2万円弱で入手可となったことを意味し、従来であれば現実的に不可能であった多数台配置による広範囲・複数対象者同時の身体動作センシングの可能性が開けたことを意味する。これが可能となれば、上記の「身体行為を伴う深い理解を得られる方法」に繋がりが得る。

もう1つは、人物計測技術の進展である。シーンの中からの瞳の発見・追跡、特殊装置を使わない非接触での視線推定、注視・凝視検出、注視時間計測、等々の人物画像処理の進展や、離れたところから狙った所の音のみを局所的に拾うことができるマイクアレイ信号処理の進展があり、これらを組み合わせることで動作中の人の状態を離れた所から非接触で計測、後から注意や関心の度合いを推定する可能性が開けた。これが可能となれば、上記の「事後評価結果の定量化」に繋がりが得る。

以上より、これら最新の2つの技術成果を活用し、古生物環境に「入り込んで」「身体で覚える」型の学習支援システム、しかも事後評価の定量化もできるシステムを提案す

る本研究計画を構想するに至った。

(3) 国内外の研究動向

科学性とエンタテインメント性の両立、学習支援へのゲームの導入という点では、国外に数多くの先行研究がある。国内でも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会議の開催等、ゲーム応用が活発に議論されている。

学習支援における身体性への着目は、tangible の概念がテーブルトップ型システムに実現されてはいる。しかし、2010年に開催のACM系の著名会議IDC2010のテーマ「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。身体性を実現し、古生物環境に「入り込める」形で、古代から現代に至る広汎な視点での生物学、環境問題に対する興味関心を喚起し持続させる学習支援システムは開発されていない。さらに、従来、大きな課題であった事後評価の半自動化、定量化を図る試みも全くなされていない。

2. 研究の目的

上記背景を踏まえ、本研究の目的は次の2点を明らかにすることである。

(1) 古生物環境の中に没入感をもって擬似的に「入り込める」システムの開発を通して、学習者の身体行為を伴う効果的な学習支援システムの構成法を明らかにする。

(2) 実験時の学習者の注意・関心度の推定機能による、従来は手動で行わざるを得なかった事後評価の半自動化、定量化の実現法を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 上記目的の(1)を達成するために、具体的にシステムを開発し、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。



図1 開発システムの動作イメージ

図2にシステムの構成を示す。KINECTセンサとセンサ制御用PC、映像制御用PC、プロジェクタとから成る。KINECTセンサによる人物計測技術を用いて学習者の位置、姿勢、動き等の身体情報を時々刻々得る。得られた身体情報に応じ、投影する古生物環境コンテ

ンツを動的に変化させることで、古生物環境の中に没入感を持って「入り込める」よう演出する。これにより、没入感をより高めることを期待した。

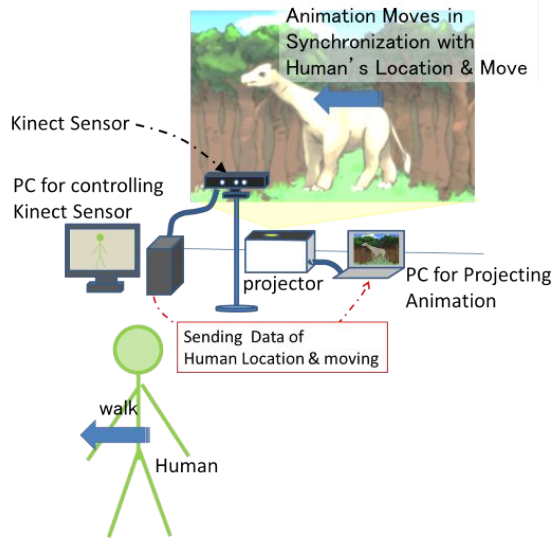


図2 開発システムの構成

(2) 上記目的(2)については、博物館学習を題材とし、参観中の複数の被験者それぞれの独り言や歓声を、ワイヤレスマイクやICレコーダ等を装着することなく、非接触で選択的に抽出聴取する技術の研究開発に取り組んだ。

具体的には、多点からの録音データ群をアレイ信号処理し、あたかも口元に指向性マイクをかざしたかのように選択的に音を拾って学習者の独り言や笑い声、咳き、舌打ち等の非言語音声を望遠採取することもできる技術を開発した。

4. 研究成果

(1) 上記目的(1)のためのシステムを開発し、身体動作に応じて投影映像内容が変化させることに成功した。図3に動作例を示す。被験者の動きに合わせ、投影される古生物も動いていることが判る。

単にシステムを構築し、動作確認を行っただけでなく、実際に小学生を被験者とし、評価実験に実施することにも成功した。しかも、同システムを、研究代表者が所属する東京理科大学・野田キャンパス(千葉県野田市)から、神戸大学附属小学校(兵庫県明石市)や同住吉小学校(兵庫県神戸市)まで運搬・移設、再構築して稼働させることにも成功した。

通常、この種の実験システムは、実験室の中でしか稼働できず、移設などは不可能な不安定なものが一般的である。これに対し、野田市から明石市や神戸市まで運搬・移設しても安定して稼働し、数日間の評価実験に供することができたことは、本システムの完成度が高いことの証であり、研究計画の妥当性・質の高さを裏付けるものである。

このおかげで、野田市立みずき小学校、同福田第一小学校、同二ツ塚小学校、および神戸大学附属小学校の生徒さん等、多くの被験者を得て実験を実施することができた。図4に評価実験中の光景を示す。これにより、開発システムによれば、仮想的な古生物世界への没入感が高まり効果的であることが、アンケートを通じ統計的に有意な形で確認できた。この結果、CSEDUやACMのACEといった競争率が高く水準の高い国際学会に論文が採択され、成果発表することができた。また、英文ジャーナルにも投稿論文が採録されることとなった。

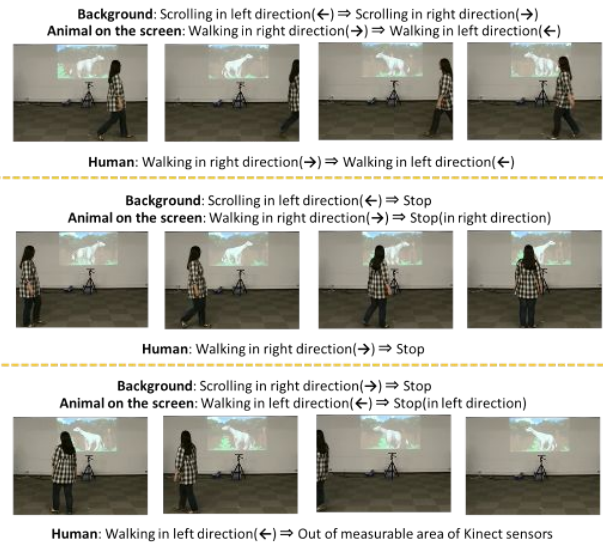


図3 開発システムの動作例



図4 評価実験中の光景

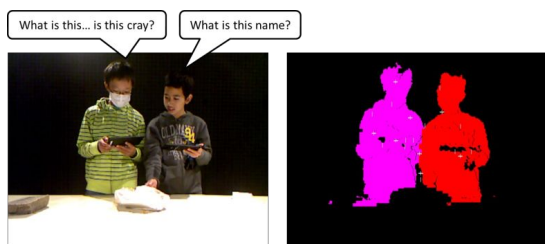
(2) 上記目的(2)のための選択的音声望遠採取技術の研究開発は、KINECTセンサに備えられている4チャンネルマイクアレイを用いて行った。KINECTセンサの人物検出・追跡機能を用いて対象人物位置を求め、その位置にマイクアレイの感度の焦点を当てるというものである。

兵庫県立博物館における博物館学習の際

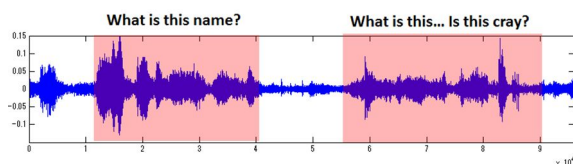
に、評価実験を行った。化石標本を用いたワークショップ参加中の二人の生徒の様子を録画・録音し、後刻、選択的な分離音声再生を試みた。



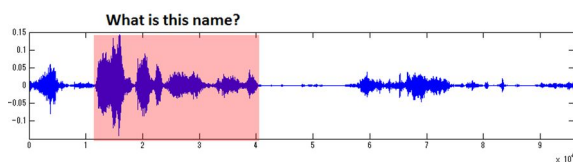
(a)実験状況



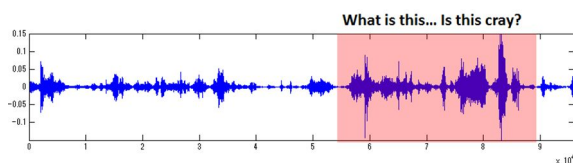
(b)KINECTによる人物抽出・追跡結果



(c)分離前の録音データ



(d) 選択抽出された右側被験者の音声



(e) 選択抽出された左側被験者の音声

図5に実験の状況と結果を示す。(a)は状況である。被験者二人が化石標本を触って観察する。被験者達の前にKINECTが設置されている。(b)にKINECTの出力例を示す。色の違いが人物の違いを表している。隣合わせに並んで立っている二人の被験者が、よく分離して抽出できていることが判る。(c)は分離前の録音データであり、二人の声が混ざっている。右側被験者の音声を選択的に抽出して再生した結果を(d)に示す。同様に左側被験者の音声を抽出した結果が(e)である。漏話もなく、良く分離できていることが見て取れる。再生音の聴感上からも良好な分離が確認できた。

これらの結果及びそれに係わる要素技術

も、CSEDUやICSTなどの競争率が高く水準の高い国際学会に論文が採択され、成果発表することができた。また、英文ジャーナルにも投稿論文が採録されることとなった。

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 32件)

Tomohiro Nakayama, Ryuichi Yoshida, Takahiro Nakadai, Takeki Ogitsu, Hiroshi Mizoguchi, Kaori Izuishi, Fusako Kusunoki, Keita Muratsu, Ryohei Egusa, 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.

Takahiro Nakadai, Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi, "KIKIMIMI: Voice Separation System for Automating Post Evaluation of Learning Support System", Proc. of the 7th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2015), 査読有, Volume 2, pp.301-306, 23-25 May 2015.

Takahiro Nakadai, Tomohiro Nakayama, Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi, "Sound-Separation System using Spherical Microphone Array with Three-Dimensional Directivity-KIKIWAKE 3D: Language Game for Children", International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems(S2IS), 査読有, Vol. 7, No. 4, pp.1908-1921, December 2014.

Takahiro Nakadai, Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi, "Implementation and Evaluation of Listenability-Centered Sound Separation System", Proc. of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2014), 査読有, pp.2383-2388, December 5-10, 2014.

Tomohiro Nakayama, Ryuichi Yoshida, Takahiro Nakadai, Takeki Ogitsu,

Hiroshi Mizoguchi, Kaori Izuishi, Fusako Kusunoki, Keita Muratsu, Shigenori Inagaki, "Immersive Observation Support System toward Realization of 'Interactive Museum' -Observing 'Live' Extinct Animals while Walking in a Virtual Paleontological Environment-", Proceedings of the 11th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE2014), 査読有, pp.Poster_149(1)-(4), November 11-14 2014.

Tomohiro Nakayama, Ryuichi Yoshida, Takahiro Nakadai, Takeki Ogitsu, Hiroshi Mizoguchi, Kaori Izuishi, Fusako Kusunoki, Keita Muratsu, Shigenori Inagaki, "Novel Application of Kinect Sensor for Children to Learn Paleontological Environment -Learning Support System based on Body Experience and Sense of Immersion-" Proc. of the 8th International Conference on Sensing Technology (ICST 2014), 査読有, pp.#S7-8 (1)-(4) , 2-4 September 2014.

Takahiro Nakadai, Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi, "KIKIWAKE: Participatory Design of Language Play Game for Children to Promote Creative Activity based on Recognition of Japanese Phonology", Proc. of IDC2014 (The 13th International Conference on Interaction Design and Children), 査読有, p.265-268, June 17-20 2014.

Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi, "Developing Voice Separation System for Support Education Research: Determining Learner Reaction without Contact", Journal of Convergence Information Technology (JCIT), 査読有, Vol. 9, No. 3, pp.12-17, May 2014.

Tomohiro Nakayama, Takayuki Adachi, Hiroshi Mizoguchi, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, and Yoshiaki Takeda, "Human SUGOROKU: Learning Support System of Vegetation Succession with Full-body Interaction Interface", CHI 2014 Extended Abstracts, 査読有, pp.2227-2232, April 26 - May 1, 2014.

Tomohiro Nakayama, Kaori Izuishi, Fusako Kusunoki, Ryuichi Yoshida,

Takayuki Adachi, Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Shigenori Inagaki, "Learning Support System for Paleontological Environment based on Body Experience and Sense of Immersion --Extinct Animals Move in Synchronization with Human Actions--", Proc. of the 6th International Conference on Computer Supported Education(CSEDU 2014), 査読有, Volume 2, pp.252-257, 1-3 April 2014.

Takayuki Adachi, Masafumi Goseki, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, "Integration of Ultrasonic Sensors and Kinect Sensors for People Distinction and 3D Localization",査読有, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.25, No.4, pp.762-766, August 2013.

Tomoki Taguchi, Masafumi Goseki, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi, "KIKIWAKE System for Promoting Interest in Sound Source Separation Technique - Novel Application of Microphone Array and Signal Processing -", Proc. of the 7th International Conference on Sensing Technology (ICST 2013), 査読有, pp.831-836, 3-5 December 2013.

Tomohiro Nakayama, Takayuki Adachi, Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, "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-", Proc. of the 7th International Conference on Sensing Technology (ICST 2013), 査読有, pp.470-475, 3-5 December 2013.

Tomoki Taguchi, Masafumi Goseki, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, and Hiroshi Mizoguchi, "KIKIWAKE: Sound Source Separation System for Children-Computer Interaction", CHI 2013 Extended Abstracts, 査読有, pp.757-762, April 27 - May 2, 2013.

Tomoki Taguchi, Masafumi Goseki, Hiroshi Takemura, Isao Nakase,

Kazuhiro Fukui, Fusako Kusunoki,
Shigenori Inagaki, Hiroshi Mizoguchi,
"Investigation on Optimal
Arrangement of Microphone Array
with 3-Dimensional Directivity",
International Symposium on
Nonlinear Theory and its
Applications(NOLTA), 査読有,
pp.251-254, October 22-26, 2012.

[学会発表](計 21 件)

Tomohiro Nakayama, Ryuichi Yoshida,
Takahiro Nakadai, Takeki Ogitsu,
Hiroshi Mizoguchi, Kaori Izuishi,
Fusako Kusunoki, Keita Muratsu,
Shigenori Inagaki, "Novel Application of
Kinect Sensor for Children to Learn
Paleontological Environment -Learning
Support System based on Body
Experience and Sense of Immersion-",
The 8th International Conference on
Sensing Technology (ICST 2014), 2-4
September 2014, Liverpool, UK.
Takahiro Nakadai, Tomoki Taguchi,
Hiroshi Mizoguchi, Ryohei Egusa,
Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki,
Yoshiaki Takeda, Miki Namatame,
Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki,
"Novel Application of Spherical
Microphone Array Sensor with
Three-Dimensional Directivity --
KIKIWAKE 3D: Language Game for
Children --", The 8th International
Conference on Sensing Technology
(ICST 2014), 2-4 September 2014,
Liverpool, UK.

Tomoki Taguchi, Takahiro Nakadai,
Ryohei Egusa, Miki Namatame,
Fusako Kusunoki, Masanori Sugimoto,
Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki,
Yoshiaki Takeda, Hiroshi Mizoguchi,
"Investigation on Optimal Microphone
Arrangement of Spherecal Microphone
Array to Achieve Shape Beamforming",
Intelligent Systems, Modelling and
Simulation(ISMS2014), 27-29 January
2014, Langkawi, Malaysia.

Tomohiro Nakayama, Takayuki Adachi,
Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura,
Hiroshi Mizoguchi, Fusako Kusunoki,
Masanori Sugimoto, Etsuji Yamaguchi,
Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda,
"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-", The 7th International
Conference on Sensing Technology (ICST
2013), 3-5 December 2013, Wellington,

New Zealand.

[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：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

受賞：2014.09.04 Tomohiro Nakayama,
ICST2014, Best Technical Paper
- Runner Up Prize
2013.12.05 Tomoki Taguchi,
ICST2013, Short Oral Poster -
Third Prize

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

福井 和広 (FUKUI, Kazuhiro)
筑波大学・システム情報工学研究科(系)・
教授
研究者番号：40375423

(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