

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：32660

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560129

研究課題名(和文) 学習者自身とそれが見ている対象との同時観察・解釈に基づく注意・関心・了解度の推定

研究課題名(英文) Estimating degrees of consciousness, interest, and/or understanding of students based upon simultaneous observation of both watching students and watched target objects

研究代表者

溝口 博 (MIZOGUCHI, Hiroshi)

東京理科大学・理工学部機械工学科・教授

研究者番号：00262113

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、事後ではなく授業中や実験中、参観中の「その場」、「その時」の生徒の注意・関心・了解度を自動または半自動で推定することにあった。最終的には、この推定結果を学習中の教授者・学習者双方にフィードバックし、より効果的で、効率的な学習支援技術を打ち立てることを目指した。このため具体的に、顔向きと視線との関係性の解明を通じ「見られている学習者の観察」技術と「見られている対象の観察」技術に取り組み成果を得た。

研究成果の概要(英文)：Aim of this research is to establish a method to estimate degrees of students' consciousness, interest, and/or understanding during class, experiment, site visiting, and so forth. Ultimate goal of the research is to feedback the estimated results to both students and their instructors and to improve their learning and teaching. It is expected to contribute to effective and efficient learning support technology. In order to realize the aim of the research we conduct research and development on technologies to observe watching students and watched target objects.

研究分野：教育工学

キーワード：注意 関心 了解度 推定 観察主体 観察客体

### 1. 研究開始当初の背景

研究開始以前に研究代表者と分担者らは、その時点での最新の人物計測技術を用い、身体性を伴うゲーム型学習環境の研究開発に係わってきた(基盤研究(B) 23300303)。また、この経験を踏まえ、従来、人間の研究者(教育者)が、人手で行わざるを得なかった事後評価の半自動化、定量化の研究にも携わってきた(基盤研究(B) 24300290)。これらの研究開発を踏まえ、学習者の状態を推定するためには、単にその人を観察・計測するだけでは不十分であり、その人が見ている対象や環境をも含めて観察・解釈することで、全体としてその学習者の状況が推定できるのではないかという着想に思い至った。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、事後ではなく、授業中や実験中、実技中、鑑賞中、参観中の「その場」、「その時」の生徒の注意・関心・了解度を自動または半自動で推定することにあった。最終的には、この推定結果を学習中の教授者・学習者双方にフィードバックし、より効果的で効率的な学習支援技術を打ち立てることを目指す。

自然科学、なかでも実験科学には、反応や作用が行われている「その場」「その時」の情報と、それを獲得するための技術の重要性を示す“in situ”なる概念があるが、これを敷衍して、まさに学習の現場での学習者の状況を in situ に把握し推定する技術を、確立することにある。しかも、従来は熟練の教師の勘・経験に頼らざるを得なかったこれら情報の、機械による定量化を図る。

### 3. 研究の方法

上記、目的を実現するために不可欠の、学習者の視線発見・追跡と視線の先にある対象とを関連付けて推定・追跡する技術の本質及びその実現法を、機械装置として実装できる程度にまで深く明らかにした。その上で、この技術を用い、ライブやビデオの授業など、時間的に変化してゆく対象に対する関心・注意・了解度の推定技術を探求した。具体的には、シナリオが予め判っている授業ビデオやビデオゲーム、あるいは心理実験用ビデオを呈示しつつ、視線や瞬きを観測・追跡すると共に、認知心理学等の分野で近年多用され、有効性が認められつつある皮膚表面電導度応答計測を併用し、このデータを注意・関心の手掛かりとして、視線や瞬きおよび対象の観測データ中で、注意・関心と相関が高く、注意・関心の推定に利用できる要素を発見的に抽出する。これにより、見ている学習者の視線、みられている対象、瞬き等の相関から、注意・関心を推定できるようにした。

具体的に、「見られている学習者の観察」技術として、学習者自身を観察することによる視線の検出と追跡、頭部の3次元位置・姿勢の検出と追跡の技術について研究に取り

組んだ。

一方、「見られている対象の観察」技術としては、視線方向近傍の対象物や対象人物の検出、推定、追跡、見ている人の視線との相関、関連付け技術について研究に取り組んだ。両技術を研究するために構築した実験システムの構成を、図1に示す。

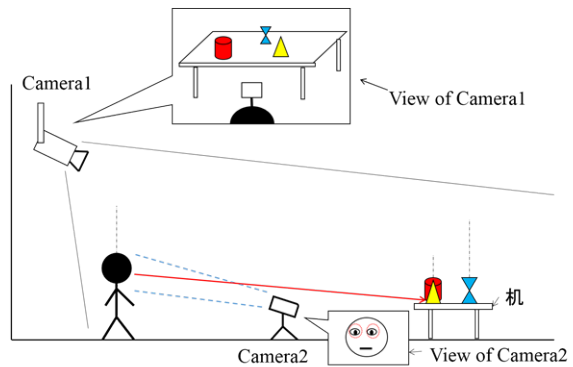


図1 実験システムの構成

顔の向きと視線の方向とは同一ではないものの、相関はある。上記第一の技術の研究を通して、両者の関係性を明らかにした。両者の関係を図2に図示する。

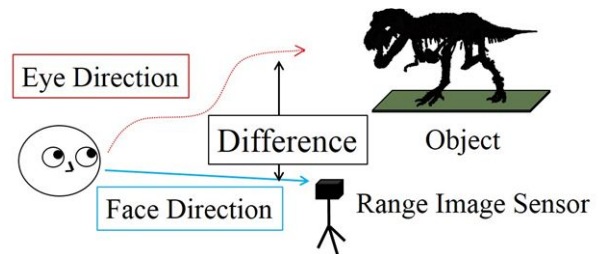


図2 顔の向きと視線方向との相違

さらに注意・関心の度合いの裏付けを定量的に測定する試みにも着手した。すなわち皮膚表面電導度応答計測技術の導入し、利用可能性と妥当性について実験的に取り組んだ。具体的には、皮膚表面電導度応答と瞬きとの相関、関連付け、視線頻度・時間からの注意・関心度合いの推定などの項目について取り組んだ。

### 4. 研究成果

取り組んだ2つの技術、すなわち「見られている学習者の観察」技術と、「見られている対象の観察」技術の双方についてそれぞれ進展を得た。

両技術の研究開発については、単に手法の提案に留まらず、手法の実現とそれを用いた実験とを実施した。そして、実験結果の解析を通じ、手法の妥当性・有効性の評価を行った。これらの成果について、国内学会および国外学会で発表を行った。

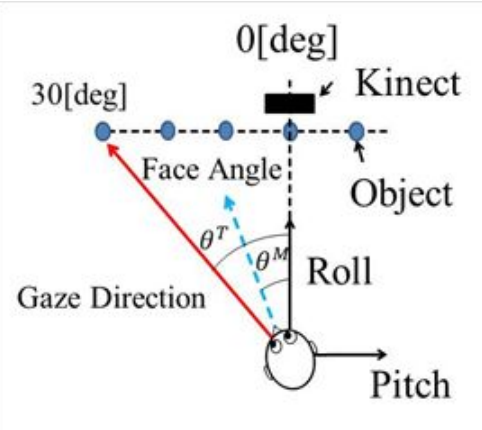
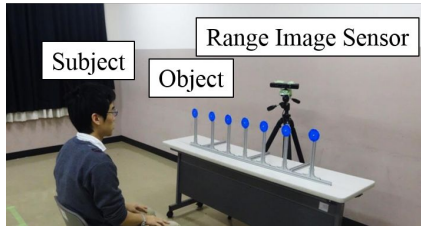
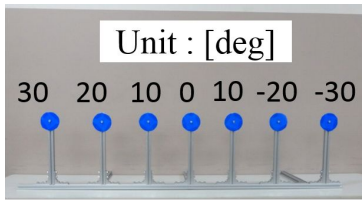


図3 水平方向の関係性の実験

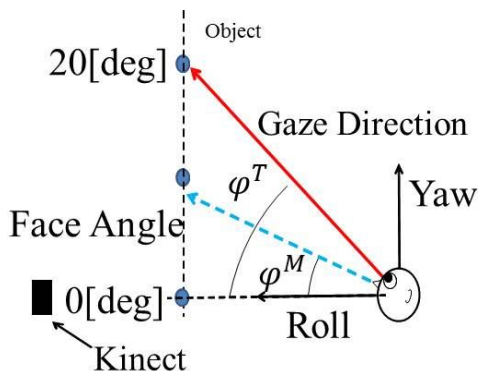
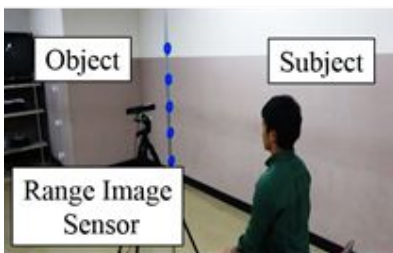


図4 垂直方向の関係性の実験

具体的な実験状況を図3、図4に示す。図3が水平方向の関係性を、図4が垂直方向の関係性を測定した実験状況である。被験者が、青い円板状の対象物を注目している時の頭部の方向、顔の向きを測定する。多数の被験者について、多数のデータを収集し、データを多変量解析して回帰直線を求めた。

これらの実験より得られた結果を図5と図6に示す。図5が水平方向の関係性を、図6が垂直方向の関係性を表している。

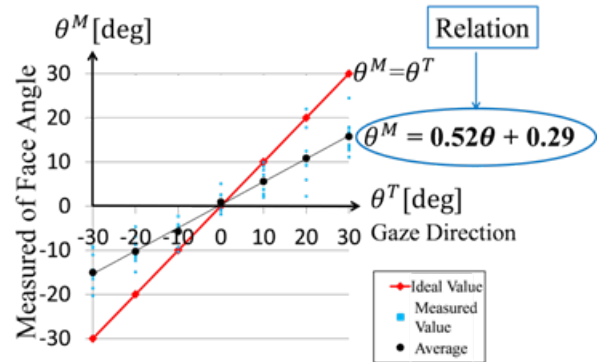


図5 水平方向の顔向きと視線方向との関係

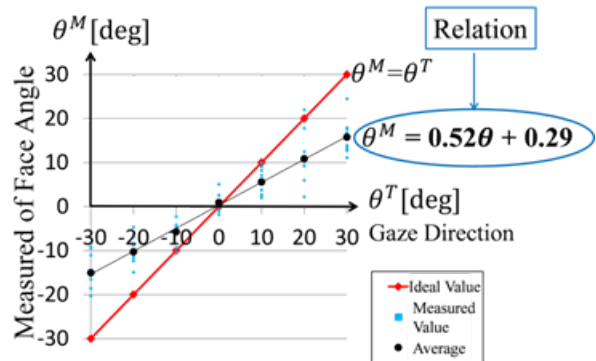


図6 水平方向の顔向きと視線方向との関係

この結果により、従来は主観的には相関があると思われていた顔の向きと視線の方向との関係性を、定量的に明らかにすることに成功した。これにより顔の向きを測定することで、ある程度の分解能であれば視線の方向を推定できることが明らかとなった。



図7 2次元に拡張した実験光景

さらに、顔向きと視線方向との関係性を 2 次元に拡張し、より詳細に把握するため、注すべき対象の数を増やした実験を行った。図 7 に実験光景を示す。図 8 に、この実験の状況を説明する図を示す。対象から 2,000mm 離れた位置に被験者座る。対象は、水平方向にプラスマイナス 30 deg の範囲に 10 deg ずつ、垂直方向にはプラスマイナス 20 deg の範囲に 10 deg ずつ、計 35 ヶ配置した。顔の向きと視線の方向、算出した推定方向の三者の関係を図 9 に図示する。

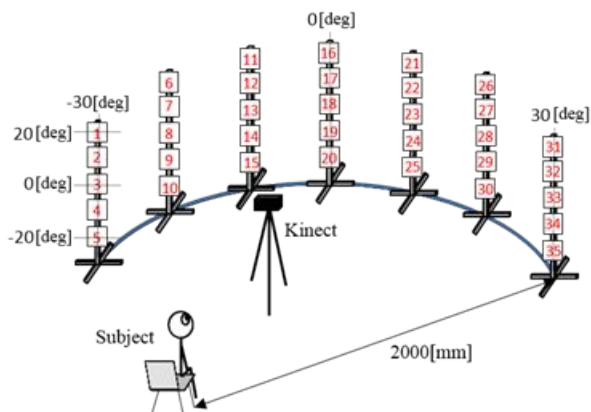


図 8 2次元に拡張した実験の状況

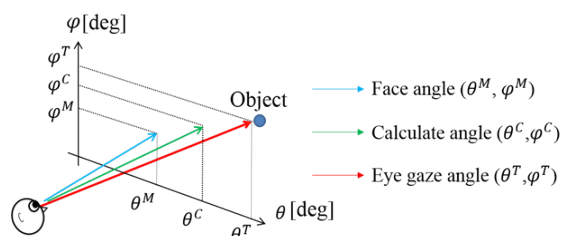


図 9 顔向き-視線方向-算出推定方向の関係

結果を図 10 に示す。左側のグラフは顔の向きの測定値を示している。右側のグラフは算出された推定方向と真の方向とを示している。緑色の点が赤い点に近い、良好な推定結果と言える。

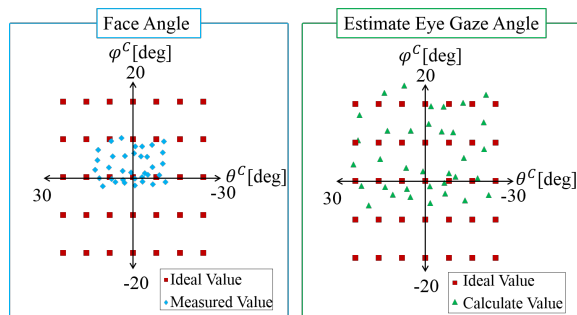


図 10 2次元に拡張した実験結果

## 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)

Haruya 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>

Ryuichi 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>

Tomohiro 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, 2015. <http://s2is.org/Issues/v8/n2/papers/paper11.pdf>

Takahiro Nakadai, Tomohiro Nakayama, Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Miki Namatame, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, and 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, 2014.

<http://s2is.org/Issues/v7/n4/papers/paper25.pdf>

Tomoki Taguchi, Ryohei Egusa, Masanori Sugimoto, Fusako Kusunoki, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, and 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, 2014.  
<http://www.globalcis.org/dl/citation.html?id=JCIT-4213&Search=Taguchi&op=Author>

〔学会発表〕(計 7 件)

Yosuke Ota, Haruya Tamaki, Tsugunosuke Sakai, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Fusako Kusunoki, Shigenori Inagaki, and Masanori Sugimoto, "Novel Application of Kinect Sensor to Prevent Collision Accidents between Machine and Operator", Proceedings of the 10th International Conference on Sensing Technology (ICST2016), pp. 249-252 (USB Memory), November 10-13, 2016, Nanjing (China).

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", Proceedings of 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2016), pp.1764-1767, October 9-12, 2016, Budapest(Hungary).

木川 貴博, 坂野 太亮, 竹村 裕, 溝口 博, "距離画像センサを利用した音源分離の研究 - 移動音源分離に向けて -", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016(ROBOMECH2016)講演論文集, pp. 2A1-10a7(1)-(2)(CD-ROM), June 8-11, 2016, パシフィコ横浜(神奈川県横浜市).

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", Proceedings of the 2015 Ninth International Conference on Sensing Technology (ICST2015), pp.475-478, December 8-10, 2015, Auckland (New Zealand).

Takahiro 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", Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2015), Volume 2, pp.301-306, 23-25 May 2015, Lisbon (Portugal).

Ryuichi Yoshida, Tomohiro Nakayama, Takeki Ogitsu, Hiroshi Takemura, Hiroshi Mizoguchi, Etsuji Yamaguchi, Shigenori Inagaki, Yoshiaki Takeda, Miki Namatame, Masanori Sugimoto and Fusako Kusunoki, "Feasibility Study on Estimating Visual Attention using Electrodermal Activity", Proceedings of the 8th International Conference on Sensing Technology (ICST 2014), pp.#S13B-1 (1)-(4) (USB Memory), 2-4 September 2014, Liverpool (UK).

吉田 龍一, 小木津 武樹, 竹村 裕, 溝口 博, "視覚的注意度の皮膚電気活動に基づく推定に関する研究", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014 (ROBOMECH2014) 講演論文集, pp.3A1-W04(1)-(2) (CD-ROM), May 25-29, 2014, 富山市総合体育館(富山県富山市).

〔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〕  
ホームページ等

#### 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

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4) 研究協力者

田口智貴 (TAGUCHI, Tomoki)  
玉木晴也 (TAMAKI, Haruya)  
中代貴大 (NAKADAI, Takahiro)  
中山智裕 (NAKAYAMA, Tomohiro)  
吉田龍一 (YOSHIDA, Ryuichi)