

令和元年6月18日現在

機関番号：25301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01560

研究課題名(和文) 認知症予防を目指した共感的情動表現を行うアニマル型瞳孔反応ロボットの開発

研究課題名(英文) Development of an animal-type pupil response robot with empathy expression for preventing dementia

研究代表者

瀬島 吉裕 (Sejima, Yoshihiro)

岡山県立大学・情報工学部・助教

研究者番号：40584404

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人とロボットとのコミュニケーションにおいて、ユーザと共感するような瞳孔表現の確立を目指している。そこで、“Analysis(コミュニケーション時の瞳孔反応解析)”と“Design(瞳孔反応システムの開発と評価)”のアプローチで研究を進めた。Analysisでは、瞳孔計測装置を用いて、快の情動を伴う/伴わない発話における瞳孔反応を解析し、発話に伴って瞳孔が顕著に拡大することを明らかにした。Designでは、瞳孔反応インタフェースにモデルを適用し、共感を促す瞳孔反応表現について検討を行った結果、人の発話と同調して拡大表現させることで、親近感や共感が増大する傾向にあることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、コミュニケーション時における瞳孔反応を解析し、発話に同調して瞳孔が顕著に拡大することを示した。さらに、瞳孔反応表現により、感情表現や親近感が増大する等、共感生成を支援するコミュニケーション効果を確認した。これらの成果は、これまでの生理学・心理学的側面による知見だけではなく、発話というコミュニケーション独自の観点に基づく知見であり、学術的意義が極めて大きい。さらに、本研究で得られた成果は、医療福祉や教育、エンタテインメント等のコミュニケーションに関係するあらゆる応用分野だけでなく、防犯やバイオメトリクス等のセキュリティ分野へ応用も可能であり、社会的意義が極めて大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to establish the expressions of pupil response to empathize with the user in a communication between human and robot. Therefore, we conducted the both approaches of "Analysis" that analyzes the characteristics of pupil response in communication and "Design" that develops and evaluates the advanced pupil response systems and robots. In the approach of "Analysis", using a pupil measurement device, we analyzed the pupil response with or without pleasant emotion during the utterance, and revealed that the pupil significantly dilates with the utterance. In the approach of "Design", we applied the developed pupil response model to the pupil response interface which have been developed so far and investigated the expressions of pupil response for promoting empathy. As a result, the user had a tendency that the sense of familiarity and empathy was enhanced by the dilation of pupil response.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：ヒューマンインタフェース 感情表現 メディア表現 場の盛り上がり 親近感 ロボットセラピー 感性ロボティクス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、日本における認知症患者の割合が年々増加しており、厚生労働省によると 2026 年には認知症高齢者数が 700 万人を超えると推定されている。そのため、認知症対策が喫緊の課題であるが、認知症を予防する、あるいは進行を抑制する等の対策は十分ではない。予防法としては、薬物療法、食事療法、運動等療法、心理療法等による効果が検証されており、また近年では、高齢者の感情や情動表出を促し、共感することで脳を活性化させる手法や、動物等によるタッチケア等、いわゆる共感コミュニケーションに着目した療法の盛んである。しかしながら、この療法では主観的な経過評価しか行えず、予防の観点から継続的に認知症の進行度合いを客観的に評価することが困難である。

研究代表者は、これまでに無意識的な視線行動の中でも、情動に密接に関連する瞳孔反応に着目して、コミュニケーション時における瞳孔反応が情動表出に関わっていることを確認してきた。さらに、ロボット等による人工物が瞳孔反応を表現することで、親近感や共感等が増大する可能性を確認してきた。そのため、予防の観点から、瞳孔反応によって積極的に認知症患者の情動表出を促し、その様子を観察することで、短期・継続的に進行度合いを把握する仕組みについて検討することが重要である。

そこで本研究では、認知症を予防する観点から、コミュニケーション時における情動を伴った瞳孔反応を表現するロボットシステムを開発し、高齢者から無意識的に表出される情動、とくに瞳孔反応を客観指標化する仕組みについて検討する。このような無意識的な生体情報を予防法として応用し、客観指標化することは、重要な研究課題の 1 つである。

2. 研究の目的

本研究では、これまで開発してきた瞳孔反応ロボットのプロトタイプを応用展開し、認知症予防手法のための基盤システムとして、コミュニケーション時の無意識的な視線行動、とくに瞳孔反応に着目して、ユーザの情動表出を促し、その情動に応じて共感を高めるように瞳孔反応を行うロボットシステムを開発することである。

3. 研究の方法

本研究では、人とロボットとのコミュニケーションにおいて、ユーザと共感するように瞳孔反応を表現する仕組みについて検討した。この仕組みを体系的に明らかにするために、本研究では「Analysis (コミュニケーションにおける瞳孔反応特性の解析)」と「Design (瞳孔反応システムの開発・評価)」の両アプローチによる研究開発を進めた。具体的には、Analysis では、コミュニケーションにおける話者に着目して、瞳孔計測装置を用いて快の情動を伴う / 伴わない発話を計測し、発話時における瞳孔反応特性を解析した。とくに、単に母音を発声した状態と比較することで、意味的情報や情動状態による瞳孔反応特性を明らかにするとともに、客観指標化に繋がる可能性を確認した。また Design では、上記の Analysis にて得られた知見に基づいて、発話音声に同調して瞳孔反応を生成するモデルを開発した。さらに、これまでに開発してきた瞳孔反応インタフェースに適用し、共感を促す瞳孔反応表現について検討を行った。加えて、カメラにおける絞り機構を参考にした瞳孔反応ロボットを開発し、ヒトの眼球の 2 倍の大きさであっても同様の効果が得られることをコミュニケーション実験により確認した。

4. 研究成果

(1) コミュニケーションにおける瞳孔反応特性の解析

コミュニケーションにおける情動表出は多様であるが、それらは「快 - 不快」に大別される。本研究では、認知症高齢者とのインタラクションにおける共感生成を検討していることから、まず快情動を解析対象とした。その中でも、快情動の典型として「笑い」に着目し、笑い時における瞳孔反応を解析した。具体的には、(A) 快情動に伴う「自然な笑い」と、(B) 快情動を伴わない表情筋だけの動作により表出した「作り笑い」、(C) 快情動の沈静状態として「風景提示」を比較モードとし、図 1 に示す実験システムにより瞳孔反応を計測した。被験者は 18 歳 ~ 22 歳までの男女各 15 人の計 30 人であった。

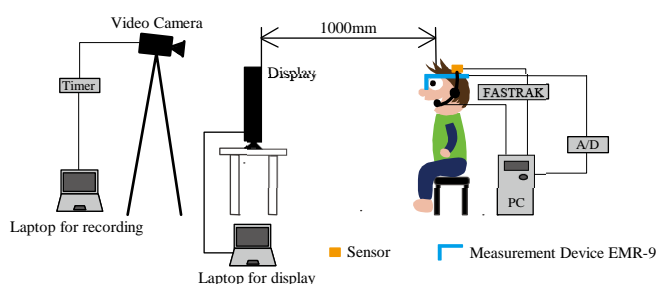


図 1 実験システム

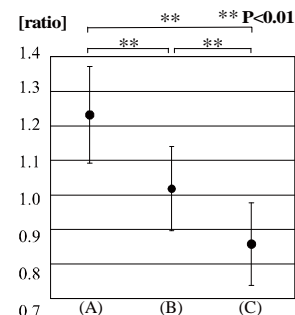


図 2 実験結果

実験の結果を図2に示す。図には、通常時を基準として各モードにおける被験者の瞳孔面積の平均とその標準偏差を示している。(A)快情動を伴う自然な笑いでは、瞳孔が顕著に拡大することを確認した。一方、(B)快情動を伴わない表情筋の動作による作り笑いでは、瞳孔がほとんど変化しないことが確認できる。さらに、(C)快情動の沈静状態では、従来研究と同様に瞳孔が縮小することが確認された。これらの結果から、快情動を強く伴う自然な笑いでは、瞳孔が顕著に拡大することが示された。さらに、興味深い現象として、笑い声に同調して瞳孔が拡大する様子が確認された。そこで、快情動に生成される音声に着目し、発話音声と情動状態との関係性について瞳孔計測装置を用いて解析した。実験システムは図1と同様であった。この解析では、(1)意味情報を含まない母音の発話、(2)情動を意識しない発話として、ディスプレイ上に提示された文字列(おはようございます)を発話、(3)情動を意識した発話として、快晴画像提示による発話(おはようございます)の3種類を比較した。実験の結果の一例を図3に示す。図より、発話に同調して瞳孔が拡大する様子が確認できる。そこで、通常時を基準として瞳孔面積比率で評価した結果を図4に示す。図より、(1)母音を発話するだけでも瞳孔が拡大することが示された。さらに、(3)情動を意識した発話では、(2)と比べて拡大率が高まる傾向にあることを確認した。また、複数のアンケート項目からラッセルの円環モデルの重心を推定することで情動状態を推定するモデルを開発し、発話時における情動状態が異なることを確認した。

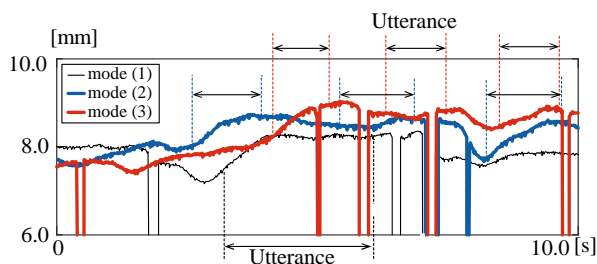


図3 発話と瞳孔反応との関係の一例

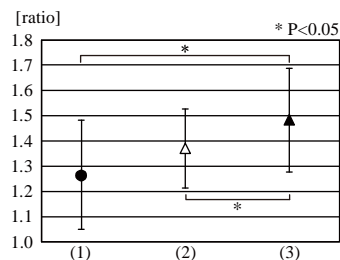


図4 実験結果

これらの実験結果より、発話と伴に瞳孔が拡大し、快情動を伴うことで、その拡大率が高まることを示した。この知見に基づいて、発話音声に同調して瞳孔反応を生成する瞳孔反応モデルを開発した。このモデルは、予め閾値を設定しており、音声入力に基づいて瞳孔の拡大反応を生成する。とくに、快情動は音声情報(音圧や基本周波数)と関係することから、音声情報に基づく拡大反応比率について検討を行った。さらに、快情動は場の盛り上がり時に生成されやすいことから、発話音声から場の盛り上がりを推定するモデルを開発し、これまでに開発してきたコミュニケーションシステムに導入することで、対話に応じた注視方向がもたらすコミュニケーション効果を示すとともに瞳孔反応への適用を検討した。

(2) 瞳孔反応システムの開発・評価

上記の解析結果に基づいて、発話時における瞳孔反応を表現するシステムの開発・評価を行った。まず、これまで開発してきた瞳孔反応インタフェースに適用し、笑い時における瞳孔反応のコミュニケーション効果を評価した。比較モードとして、(A)瞳孔面積が1.2倍となるまで拡大(自然な笑い)、(B)瞳孔変動なし(作り笑い)、(C)瞳孔面積が0.8倍となるまで縮小(快の沈静状態)の3種類とした(図5)。実験の結果、笑い声の有無に拘らず、(A)1.2倍となるモードが最も高く評価され、瞳孔の拡大反応の効果が示された。次に、発話音声に同調して瞳孔を拡大反応させた実験を行った。この実験では、拡大率をそれぞれ(1)1.2倍、(2)1.5倍、(3)2.0倍とした。実験の結果、(2)1.5倍が最も高く評価された。これらの知見から、人間と同様に、発話に同調して拡大表現することで、「熱意」や「感情」が増幅されて伝達されることを確認した。また、実際のコミュニケーション場面を想定し、仮想的な瞳孔として黒丸のCGをビデオ映像に重畳合成したビデオコミュニケーションシステムを開発し、発話音声に同調させて拡大反応させることで、話者の情動伝達が高まることを確認した。



図5 比較モードの一例

次に、カメラにおいて光量を調節する「絞り機構」を参考に、機構的に瞳孔反応を表現する瞳孔反応ロボットを開発した。このロボットはヒトの眼球の2倍の大きさであり、サーボモータにより制御している。開発したロボットの外観を図6に示す。このロボットは、眼球動作部と瞳孔反応動作部から構成されており、眼球動作は上下・左右の眼球運動を生成し、瞳孔反応は6~20mmまでの範囲で細やかな反応を左右同期して表現することができる。瞳孔反応の拡

大・縮小した様子を図 6 に示す。絞り羽が回転することで羽が開閉し、散瞳・縮瞳を表現することができる。このロボットに上記の瞳孔反応モデルを適用してコミュニケーション実験を行った結果、発話と同期して瞳孔を拡大表現することで、「熱意」や「感情表現」、「興味度合い」等の、いわゆる親近性が向上する等、開発したモデルおよびロボットの有効性を確認した。

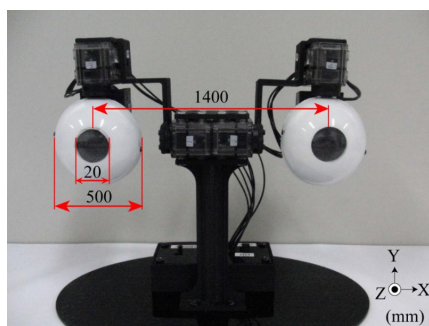


図 6 瞳孔反応ロボット



図 7 アニマル型瞳孔反応ロボット

さらに、小型液晶ディスプレイと LED レンズを組み合わせることで動物型瞳孔反応ロボットを開発した(図 7)。このロボットは音声入力に基づいて、瞳孔の拡大表現を行うことができる。さらに、接触入力にも対応しており、接触入力を行った場合は、ハイライト表現を行う等、親近感が増大する仕組みを導入した。

以上のシステム開発を通じて、人の発話音声に同調して瞳孔反応を表現することで、コミュニケーション支援効果が示され、開発したロボットシステムの有効性が示された。これらの研究成果に対して、第 18 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム優秀研究賞(2016)、第 14 回子ども学会学術集会優秀発表賞(2017)、電子情報通信学会中国支部連合大会奨励賞(2018)、電気学会優秀論文発表賞(2018)を受賞し、先端研究として高く評価された。さらに、本研究課題を発展させた、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業「独創的な人向け特別枠「異能vation」プログラム「破壊的な挑戦部門」」に採択される等、本研究領域の重要性を示すことができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎: 情動評価のためのラッセルの円環モデルに基づく感情重心推定手法の提案, 日本感性工学会論文誌, Vol.18, No.3, pp.187-193, (2019), 査読有.

江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 音声対話における笑い反応による共感誘発のための瞳孔反応システム, 日本機械学会論文集, Vol.83, No.853, p. 17-00076, (2017), 査読有.

Yoshihiro Sejima, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe, Mitsuru Jindai: Speech-driven embodied entrainment character system with pupillary response, Mechanical Engineering Journal, Vol.3, No.4, p. 15-00314, (2016), 査読有.

Yoshihiro Sejima, Tomio Watanabe and Mitsuru Jindai: Estimation model of interaction-activated communication based on the heat conduction equation, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.10, No.9, p. JAMDSM0103, (2016), 査読有.

瀬島吉裕, 小野光貴, 渡辺富夫: 場の盛り上がり推定モデルを用いた視線インタラクションを支援する音声駆動型身体引き込みキャラクタシステム, 日本機械学会論文集, Vol.82, No.842, p. 16-00114, (2016), 査読有.

〔学会発表〕(計 25 件)

瀬島吉裕, 渡辺富夫, 佐藤洋一郎: 対話者の同時発声を付加した熱伝導方程式に基づく場の盛り上がり推定モデル, 日本機械学会第 28 回設計工学・システム部門講演会, No.2503, pp.1-5, 2018 年 11 月.

前田涼介, 長谷川大地, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 聞き手の頭部動作に同調する瞳孔反応生成キャラクタの開発, 日本機械学会第 28 回設計工学・システム部門講演会, No.2504, pp.1-5, 2018 年 11 月.

瀬島吉裕, 前田涼介, 長谷川大地, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 子どもとの親近性向上のための遊びロボットにおける瞳孔反応を用いたインタラクション設計, 日本機械学会 2018 年度年次大会, S1210201, pp.1-4, 2018 年 9 月.

Yoshihiro Sejima, Shoichi Egawa, Ryosuke Maeda, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: A Speech-Driven Pupil Response System with Affective Expression Using Hemispherical Displays; Proc. of the 27th IEEE International Symposium on Robot and Human

- Interactive Communication (RO-MAN2018), pp.228-233, 2018年8月.
- Yoshihiro Sejima, Ryosuke Maeda, Daichi Hasegawa, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: A Video Communication System with a Virtual Pupil CG Superimposed on the Partner's Pupil; Proc. of 20th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2018), pp.336-345, 2018年7月.
- 瀬島吉裕, 前田涼介, 長谷川大地, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 対面における身体接触を伴う共感表現を付加した瞳孔反応システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2018 講演論文集, 1P2-F11, pp.1-3, 2018年6月.
- Ryosuke Maeda, Shoichi Egawa, Yoshihiro Sejima, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: A Proposal of Pupil Response Model Synchronizing Burst-Pause of Speech Based on the Heat Conduction Equation; Proc. of 23rd International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB2018), pp.236-239, 2018年1月.
- 江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎: 情動評価のためのラッセルの円環モデルに基づく感情重心推定手法の提案, 第48回あいまいと感性研究部会ワークショップ, Paper No.7, pp.1-4, 2017年12月.
- 江川翔一, 前田涼介, 長谷川大地, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 親近性向上のための瞳孔反応を用いた遊びロボットシステムの開発, 第14回子ども学会議大会プログラム・抄録集, p.48, 2017年10月, 優秀発表賞受賞.
- 江川翔一, 瀬島吉裕, 前田涼介, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 熱伝導方程式に基づく集団コミュニケーションにおける場の盛り上がり推定モデルの提案, 第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会, Paper No.R17-25-06, pp.1-2, 2017年10月, 電子情報通信学会中国支部連合大会奨励賞受賞, 電気学会優秀論文発表賞受賞.
- Shoichi Egawa, Yoshihiro Sejima, Ryosuke Maeda, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: A Proposal of Pupil Response Model Synchronizing Burst-Pause of Speech Based on the Heat Conduction Equation; Proc. of SICE Annual Conference 2017 (SICE2017), pp.932-934, 2017年9月.
- Yoshihiro Sejima, Shoichi Egawa, Ryosuke Maeda, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: A Speech-Driven Pupil Response Robot Synchronized with Burst-Pause of Utterance; Proc. of the 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2017), pp.437-442, 2017年9月.
- 江川翔一, 瀬島吉裕, 前田涼介, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 半球ディスプレイを用いた瞳孔反応インタフェース, 日本機械学会第27回設計工学・システム部門講演会, No.1205, pp.1-7, 2017年9月.
- 前田涼介, 江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 発話呼気に同期する瞳孔CGモデルを瞳孔に重畳合成したビデオチャットシステムの開発, 日本機械学会第27回設計工学・システム部門講演会, No.2607, pp.1-5, 2017年9月.
- 瀬島吉裕, 江川翔一, 前田涼介, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 熱伝導方程式に基づく発話呼気に同調する瞳孔反応生成モデルの開発, 日本機械学会 2017年度年次大会, S1210107, pp.1-5, 2017年9月.
- Yoshihiro Sejima, Koki Ono, Tomio Watanabe: A Speech-Driven Embodied Communication System Based on an Eye Gaze Model in Interaction-Activated Communication; Proc. of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2017), HIMI 2017, Part I, LNCS 10273, pp.607-616, 2017年7月.
- 瀬島吉裕, 江川翔一, 前田涼介, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 発話呼気に同期する音声駆動型瞳孔反応ロボット Pupiloid の開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 講演論文集, 1P2-L03, pp.1-3, 2017年5月.
- 江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 発話呼気に同期する瞳孔反応生成モデルの提案, 2017年電子情報通信学会総合大会, 2017年3月.
- Shoichi Egawa, Yoshihiro Sejima, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: A Laughing-driven Pupil Response System for Inducing Empathy; Proc. of the 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2016), pp.520-525, 2016年12月.
- 江川翔一, 瀬島吉裕, 岡本大地, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 複数の瞳孔反応インタフェースを用いたプレゼンテーション支援システムの開発, 2016年IEEE広島学生シンポジウム論文集, pp.398-401, 2016年11月, 優秀研究賞受賞.
- 21 江川翔一, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 笑い反応による共感誘発のための瞳孔反応システムの評価, 日本機械学会第26回設計工学・システム部門講演会, No.3102, pp.1-8, 2016年10月.
 - 22 瀬島吉裕, 太田俊介, 江川翔一, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 発話音声に基づく投影型瞳孔反応ディスプレイの開発, 日本機械学会 2016年度年次大会, S1210104, pp.1-3, 2016年9月.
 - 23 Yoshihiro Sejima, Shoichi Egawa, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe: Pupiloid: A Pupil Response Robot for Emotional Expression in Voice Communication; Proc. of the 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication

- (RO-MAN2016), pp.429-430, 2016 年 8 月.
- 24 瀬島吉裕, 江川翔一, 岡本大地, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: Pupiloid: 情動表現のための瞳孔反応ロボットの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集, 2P1-11b5, pp.1-2, 2016 年 6 月.
 - 25 江川翔一, 瀬島吉裕, 岡本大地, 佐藤洋一郎, 渡辺富夫: 笑い表現による共感を誘発する瞳孔反応システムの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集, 2P1-12a2, pp.1-2, 2016 年 6 月.

〔図書〕(計 0 件)
なし

〔産業財産権〕
出願状況(計 1 件)

名称: 瞳孔反応を用いた情報処理システム
発明者: 瀬島吉裕、佐藤洋一郎、渡辺富夫
権利者: 公立大学法人岡山県立大学
種類: 特許
番号: 特願 2017-170764
出願年: 2017 年
国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)
なし

〔その他〕

(1)受賞

第 18 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム優秀研究賞、2016 年 11 月
第 14 回子ども学会学術集会優秀発表賞、2017 年 10 月
電子情報通信学会中国支部連合大会奨励賞、2018 年 10 月
電気学会優秀論文発表賞、2018 年 10 月

6. 研究組織

(1)研究分担者
なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 渡辺 富夫
ローマ字氏名: WATANABE Tomio
所属研究機関名: 岡山県立大学
部局名: 情報工学部
職名: 教授
研究者番号(8桁): 30167150

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。