

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：25301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750223

研究課題名(和文) 認知症予防のための瞳孔反応ロボットの開発

研究課題名(英文) Development of the Pupil Response Robot 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) 2,900,000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ける瞳孔反応を計測し、客観指標化することを目的としている。そのため、本研究ではAnalysisとDesignの2方向から研究を進めた。まずAnalysisでは、視線計測装置を用いて人間同士のコミュニケーションにおける瞳孔反応を計測し、コミュニケーション時における瞳孔反応特性を解析し、瞳孔反応が客観指標に繋がる可能性を確認した。Designでは、上記の知見に基づいて、CGキャラクターに瞳孔反応を適用したシステムや半球ディスプレイを用いた瞳孔反応インタフェースを開発し、コミュニケーション実験によりシステムの有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：The purpose in this research is that an objective criterion is developed to measure the pupil responses during human and robot interaction and communication. Therefore, we focused on the pupil responses related to human emotions and carried out following two approaches: Analysis and Design. In the Analysis approach, the pupil responses in human face-to-face communication were analyzed using an embodied communication system with a line-of-sight measurement device and the possibility of an objective criterion were indicated. In the Design approach, based on the above-mentioned analysis results, we developed an advanced communication system which is applied to the pupil response and an expressible pupil response interface by using hemispherical displays. The effectiveness of the developed system and developed interface were demonstrated by sensory evaluation in communication experiments.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：ヒューマンインタラクション ヒューマンロボットインタラクション ノンバーバルコミュニケーション
瞳孔反応 情動 メディア表現

1. 研究開始当初の背景

近年、日本の高齢者における認知症患者の割合が年々増加している。厚生労働省の統計によると、平成 24 年の時点で 462 万人が認知症（予備軍を含める）として推定されており、認知症の予防対策が喫緊の課題である。しかしながら現状の対策は、薬物・食事療法が主流で、長期・離散的な視点でのみ症状の進行を把握するのに留まっている。また、コミュニケーションロボットを用いた心理療法も実施されているが、継続性が問題となっている。そのため、予防の観点から日常的な無意識的行動を継続的に把握し、症状抑制を行うための仕組みが求められる。

研究代表者は、これまでに頭部装着型の視線計測装置を開発し、アイコンタクトや興奮状態では瞳孔が変化することを確認してきた。この人間の瞳孔は、感情やストレスによって無意識のうちに変動することが知られている。認知症患者は、感情の起伏が大きいことから、コミュニケーションにおける瞳孔反応の変動が大きい可能性がある。

そこで本研究では、認知症予防を目的として、コミュニケーションロボットを介してコミュニケーションにおける瞳孔反応の変動を計測し、それをフィードバックする仕組みを検討する。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視線計測装置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礎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、瞳孔径を計測・解析して、瞳孔反応による視線のかかわりを解析する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ける瞳孔反応を計測し、客観指標化することを目的としている。そのため、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 2 方向から研究を進めた。

具体的には、まず Analysis では、視線計測装置を用いて人間同士のコミュニケーションにおける瞳孔反応を計測し、コミュニケーション時における瞳孔反応特性を解析した。とくに、対話相手が見えない非対面コミュニケーションを行うことで、瞳孔反応特性を比較するとともに、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、CG キャラクタに瞳孔反応を適用したシステムや半球ディスプレイを用いた瞳孔反応インタフェースを開発し、コミュニケーション実

験によりシステムの有効性を確認した。

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時における瞳孔反応を計測するために、実験システムを構築した (図 1)。対話者間の距離は、机を挟んで 1200mm とした。また、机の間に仕切りを挿入することで、非対面を実現した。瞳孔反応は、これまでに開発した視線計測装置により計測し、得られた画像に対して OpenCV を用いて楕円フィッティング処理を行い、瞳孔の大きさを推定した。

実験は、一方から他方へのコミュニケーション (役割対話実験) と双方向に行われるコミュニケーション (自由対話実験) の 2 種類を行った。比較モードは、(a)仕切りを配置しないモード (対面)、(b)仕切りを配置したモード (非対面) とした。被験者は 18 歳 ~ 24 歳までの同性同士の学生 10 組 20 人 (男性 5 組 10 人、女性 5 組 10 人) であった。

実験結果を図 2 に示す。図には、各コミュニケーション実験における対話者の瞳孔面積の平均とその標準偏差を示している。ここでは、キャリブレーションの不具合により計測が行えなかった 3 人を除いた計 17 人を対象とした。なお、瞳孔の大きさは個人差があるため、キャリブレーション時 (平常時) における瞳孔面積を基準とした比率により評価した。役割対話実験において、仕切りの有無に拘らず、話し手の瞳孔が約 1.5 倍以上拡大していることがわかる。また、聞き手は平常時と同程度であった。統計検定を行った結果、対面では話し手と聞き手との間に統計的有意差が認められたが、非対面では認められなかった。これは、話し手では「話す」と

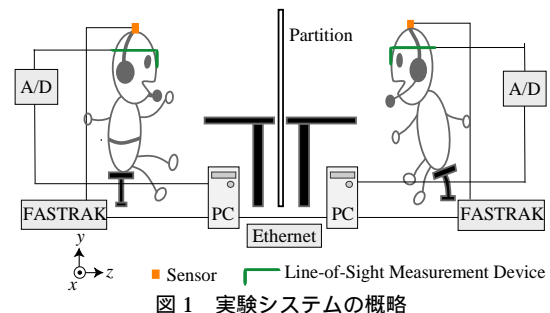


図 1 実験システムの概略

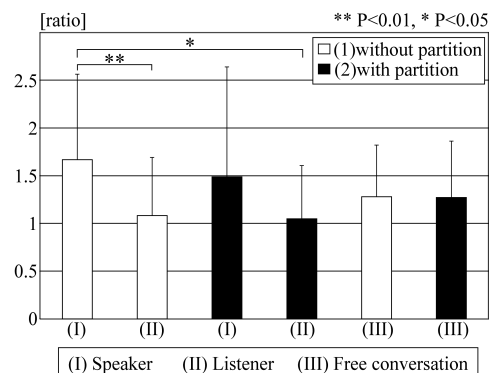


図 2 瞳孔反応の特性

いうタスクによるストレスが生じているため、瞳孔が拡大したものと考えられる。とくに、対話相手を確認できる状態では、瞳孔は有意に拡大することが示された。また、自由対話実験では、統計的有意差は認められなかった。これは、コミュニケーションスタイルの性質上、話し手と聞き手が頻繁に交代するため、話し手と聞き手の特性が混在し、平常時よりもやや高い結果になったと考えられる。

以上より、対面および非対面コミュニケーション時における瞳孔反応を解析した結果、話し手の瞳孔が平常時よりも有意に拡大することを示した。このことより、コミュニケーションにおける無意識的な瞳孔反応に対する客観指標化の可能性が示唆された。

また、場の盛り上がり等のコミュニケーションにおける対話の緩急と注視方向との相互関係を解析し、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、コミュニケーション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、瞳孔反応を自由に制御・提示できるCGキャラクタを開発した(図3)。キャラクタの製作は、モデリングソフト Metasequoia4 を用いた。キャラクタは、頭部、胴部、腕部から構成される。眼球は白目、虹彩、瞳孔の3種類の3Dモデルから構成される。瞳孔の3DモデルをZ軸に対して前後方向に動作させることで、滑らかな拡大・縮小運動を実現している。さらに、解析結果に基づいて、話し手の場合、すなわちシステムに音声が入力された場合は、キャラクタの瞳孔面積が1.5倍になるように瞳孔の3Dモデルを前方向に動作させている。聞き手の場合、すなわち音声入力がない場合は、瞳孔は通常と同様の大きさのまま動作しないように設計した。

開発したシステムを用いて2者間のコミュニケーション実験を行った。実験では、(A)瞳孔が動作しないモード、(B)発話に応じて瞳孔が動作するモードの2種類を比較した。官能評価結果を図4に示す。モード(B)の評価が高く、とくに「楽しさ」「対話しやすさ」「相手からの視線」「熱意」「生命感」の項目において統計的な有意差が認められた。このことから、コミュニケーションにおいて瞳孔反応を表現することで、コミュニケーション支援に繋がることが確認された。

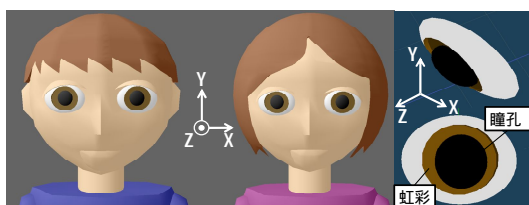


図3 瞳孔反応を表現するCGキャラクタ

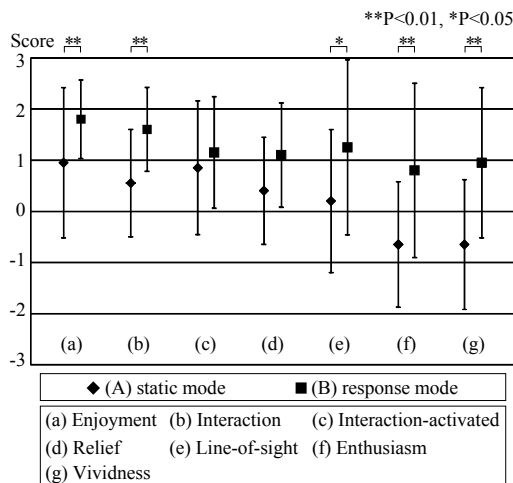


図4 CGキャラクタによる官能評価結果

次に、実空間での瞳孔反応の効果を確認するため、半球ディスプレイを用いた瞳孔反応インタフェースを開発した(図5)。使このインタフェースはPC、半球ディスプレイ映像分配器から構成される。半球ディスプレイのサイズは、直径250mmで、投影される解像度は480×480ピクセルである。このディスプレイに瞳孔反応を表現するために、3Dモデルを作成した。虹彩を青色にすることで、瞳孔の拡大・縮小反応が認識しやすくなっている。また、この3Dモデルを描画する背景色を白色とすることで、眼球の白目部分を模擬している。3Dモデルの描画にはMicrosoft DirectX 9.0 SDK (June 2010)を用い、描画フレームレートは30fpsである。音声は、16ビット11kHzでサンプリングしている。開発したインタフェースの使用例を図6に示す。

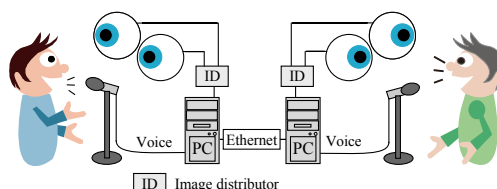


図5 瞳孔反応インタフェースの概略



図6 瞳孔反応インタフェースの使用例

開発したシステムを用いてコミュニケーション実験を行った。実験方法は、予め録音した音声データを用いて、音声から生成された瞳孔反応をインタフェースに提示し、被験者に視聴させた後に7段階評価を行わせた。

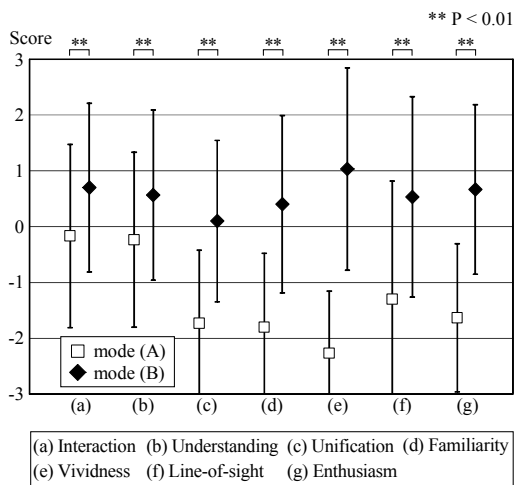


図7 瞳孔反応インタフェースによる官能評価結果

録音した音声は、消費税について講義している2分間のデータであった。比較モードは、(A) 瞳孔が動作しないモード、(B) 発話に応じて瞳孔が動作するモードの2種類とした。官能評価結果を図7に示す。図には各項目の平均値とその標準偏差を示している。統計検定を行った結果、提案するモード(B)は、瞳孔が動作しないモード(A)に対して全ての項目で有意差が認められた。これは、話し手役であるインタフェースの瞳孔が音声に応じて反応することで、聞き手へ好印象をもたらしたと考えられる。このことから、実空間においても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、「The 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2015) (第24回ロボットと人間とのコミュニケーションに関する国際会議)」において KAZUO TANIE AWARD (Most Outstanding Research Award)を受賞し、国際的に高く評価された。

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 1 件)

瀬島吉裕, 長篤志, 神代充, 渡辺富夫: “メンタルヘルスの定量的評価のためのアイコンタクト計測システムの開発”, 日本福祉工学会誌, Vol.17, No.1, pp.11-19, 2015, 査読有.

〔学会発表〕(計 7 件)

瀬島吉裕, 江川翔一, 岡本大地, 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の評価”, インタラクシオン2016論文集 pp.242-245, 2016年3月2日, 科学技術館(東京).
瀬島吉裕, 小野光貴, 山本真代, 石井裕, 渡辺富夫: “音声駆動型身体引き込みキャラクターに視線モデルを付与した身体的コ

ミュニケーションシステムの開発”, 日本機械学会第25回設計工学・システム部門講演会, No.1110, pp.1-9, 2015年9月23日, 信州大学(長野市).

Yoshihiro Sejima, Yoichiro Sato and Tomio Watanabe: “Development of an Expressible Pupil Response Interface Using Hemispherical Displays,” Proc. of the 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication

(RO-MAN2015), pp.285-290, 2015年9月2日, 神戸(日本), KAZUO TANIE AWARD (Most Outstanding Research Award)受賞.

Yoshihiro Sejima, Yoichiro Sato, Tomio Watanabe and Mitsuru Jindai:

“Development of a Speech-Driven Embodied Entrainment Character System with Pupil Response,” Proc. of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI2015), HCI2015, Vol.5, LNCS 9173, pp.378-386, 2015年8月6日, ロサンゼルス(米国).

村上和輝, 瀬島吉裕, 佐藤洋一郎, 神代充, 渡辺富夫: “音声対話における瞳孔反応を表現するCGキャラクタの開発”, 日本人間工学会中国・四国支部, 関西支部合同大会講演論文集, pp.80-81, 2014年12月13日, 岡山県立大学(総社市).

瀬島吉裕, 村上和輝, 佐藤洋一郎, 神代充, 渡辺富夫: “対面コミュニケーションにおける瞳孔反応の分析”, 日本福祉工学会第18回学術講演会, pp.1-2, 2014年11月29日, 岩手大学(盛岡市).

Yoshihiro Sejima, Tomio Watanabe and Mitsuru Jindai: “Development of an Interaction-activated Communication Model Based on a Heat Conduction Equation in Voice Communication,” Proc. of the 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication

(RO-MAN2014), pp.832-837, 2014年8月28日, エジンバラ(英国).

〔図書〕(計 0 件)

なし

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

(1)受賞

The 24th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2015), KAZUO TANIE AWARD (Most Outstanding Research Award)

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

渡辺 富夫 (WATANABE Tomio)
岡山県立大学情報工学部・教授
研究者番号：30167150

神代 充 (JINDAI Mitsuru)
富山大学大学院理工学研究部(工学)・教授
研究者番号：30314967