

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：12401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18850

研究課題名(和文) まばたき、まばたかれるロボットの目：まばたきを通じた情動の表現と認識

研究課題名(英文) Expression and Recognition of Emotion through Blinking between Humans and Robots

研究代表者

久野 義徳(KUNO, Yoshinori)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：10252595

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：まばたきはほとんど無意識のうちに行われているが、コミュニケーションの過程との関連が指摘されている。相手の話を理解して聞いているときは、相手のまばたきに同期して聞き手にまばたきが生じる。そこで、人間と円滑にコミュニケーションできるロボットの実現のために、ロボットのまばたきについて検討した。その結果、ロボットが話し手の場合、聞き手の人間は相手が人間のときと同様にまばたきの同期現象を示した。相手のまばたきをカメラ画像から検出して、それに同期してまばたきのできるロボットを開発した。これを用いて、ロボットが聞き手の場合の効果について実験したが、明確な結果は得られなかった。今後さらに検討が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間同士の場合の重要性から、人間とロボットのコミュニケーションにも表情や身振りなどの非言語行動の利用が研究されている。しかし、主な対象は意識的に行う非言語行動であった。ここで取り上げたまばたきは、ほとんど無意識的に行われる行動である。しかし、認知や情動に関連することが分かってきている。無意識に生じるということは、その人の本当の認知や情動の状態を示すものであり、その利用は人間の本当の気持ちにそって行動できるロボットの実現に役立つと考えられる。今回は、無意識の行動ということで、定量的評価が難しい点があったが、ロボットのまばたきについて基礎的な知見を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：Eyeblinks happen almost unconsciously and have recently been found to be related to the communication process. In particular, eyeblinks are synchronized between listeners and speakers in face-to-face conversation. Thus, we studied the use of eyeblinks in robots to help them smoothly communicate with humans. Indeed, we have observed the same synchronous eyeblinks between human participants and robots when the robots talk to them. We have developed a robot that can recognize human eyeblinks from a camera and blink synchronously with human participants that talk to the robot. We have performed experiments using human participants to examine how such blinking may affect communication. However, we have not yet obtained any concrete results. This is left for future work.

研究分野：ヒューマンロボットインタラクション

キーワード：知能ロボット コンピュータビジョン ヒューマンロボットインタラクション 感情認識 認知症

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は平成 16 年以来、社会学者と共同で人間の非言語行動を分析し、それをもとに人間の非言語行動を認識し、そして人間に対して適切な非言語行動を示すことのできるロボットの研究開発を行っている。特に、「目は口ほどにものを言い」と言われているが、コミュニケーションに重要な「目」に興味をもって研究を進めている。平成 23~25 年度には「コミュニケーションのためのロボットの目：外見と機能の総合的デザイン」という課題名の挑戦的萌芽研究を行い、人間に親しまれ、そして人間にとって視線が読み取りやすいロボットの目を検討した。さらに静的な外観だけでなく、視線の動かし方についても検討した。

目に関する動的な機能としては、視線の動きに加えてまばたきがある。まばたきについては、脳活動に関係するということで脳科学や心理学で注目されている。まばたきは、情動、覚醒、注意等によって発生が変化し、健常者なら相手のまばたきに引き込まれてまばたきするが自閉症スペクトラム障害の患者ではそういうことはないという研究成果が発表されていた[1]。そこで、これまでのロボットの目のデザインや視線に加え、ロボットのまばたきに関して検討することにした。

2. 研究の目的

人間同士では表情、視線、身振り手振りなどのジェスチャなどの非言語行動が、インタラクションにおいて重要な役割を果たしている。そこで、人間とロボットのインタラクションにおいても非言語行動を有効に利用しようという研究が行われている。しかし、従来の研究では、人間が目で見、意識的に解釈できる非言語行動しか対象にしていなかった。しかし、人間には無意識のうちに行動し、また他者のその行動に対して無意識のうちに反応したり、感覚的な情報を得たりするものがある。このような無意識の行動は、その人の内部状態をそのまま示す、すなわち、その人の本当の気持ちを表すものであり、それを利用すれば人間と適切に対応できるロボットが実現できると期待される。本研究では、そのような行動として「まばたき」を検討する。すなわち、ロボットも相手のまばたきを認識し、そこから相手の感情等の状況を知り、そしてロボット自身も適切なまばたきを行えば、人間とロボットのインタラクションを向上できるのではないかと考えられる。そのようなロボットの実現を目指して、そのための基礎的な知見を得ることを目的とする。具体的には、ロボットのまばたきに対して、人間が人間同士の場合と同様にまばたきを行うか明らかにする。また、その逆に対話の相手の人間のまばたきに応じてロボットがまばたきをすることの効果を検討する。

3. 研究の方法

(1) 実験用ロボット頭部の開発： 小型のプロジェクトアイトによる投影により、視線移動やまばたきのできるロボットの目を実現する。頭部に設置したカメラ画像から相手の人間のまばたきを認識する。またステレオ視により相手の顔の位置を求める。その情報を用いて、相手の方に視線を向けたり、相手のまばたきに反応してまばたきのできるロボット頭部を開発する。

(2) ロボットのまばたきに対する人間のまばたきの分析：人間が講演するときのビデオ映像からまばたきをする時点を求め、ロボットが同じ話をするときと同じ時点でまばたきをするようにする。被験者を用いた実験により、ロボットが人間に話をしたときの人間のまばたきをカメラ映像から検出し、相互のまばたきの間の関係を分析する。

(3) ロボットのまばたきの方法の違いによる聞き手の印象の評価：人間にロボットに対して話をしてもらう。その際の人間のまばたきを検出し、それに反応してロボットがまばたきをする場合と、そうでない場合などで、人間の受けるロボットに対する印象の違いを調べる。

4. 研究成果

(1) 人に視線を合わせまばたきをするロボット

図 1 (a)に示すようなまばたきの実験用のロボット頭部を開発した。ロボット(Robovie R3, ヴィストン株式会社)の頭部に付いていたカメラによる目を、図 1 (b)に示すように小型のプロジェクトアイトの投影により表示する目に置き換えた。実際に球体の目が存在するように見えるように、目の像を生成して半球のスクリーンに投影している。両眼の下に見える黒い部分は、小型カメラである。カメラ映像から顔を検出し、ステレオ視によりその3次元位置を求め、図 1 (c)のように周囲の人に視線を合わせることができる。また、カメラ映像から相手のまばたきを検出できる。相手のまばたきを検出したら、それに合わせてまばたきをするなど、視線の動きに加えて、まばたきの制御もできるようになっている。

(2) ロボットが話者の場合のまばたきの引き込み現象

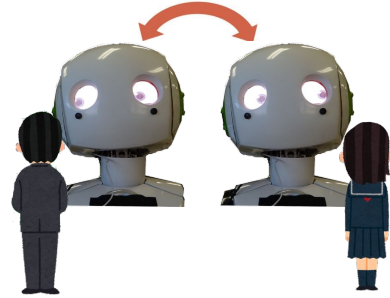
中野らは人間同士が対話する場面では、話し手のまばたきに同期して聞き手がまばたきをするというまばたきの引き込み現象があることを示した[2]。ロボットが話し手の場合でも、聞き手の人間に同様な現象が起こるかを調べた。中野らの実験では話し手として演説をしていると



(a) 外観



(b) 内部

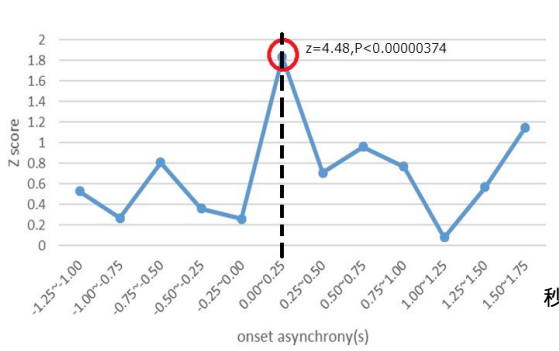


(c) 視線移動

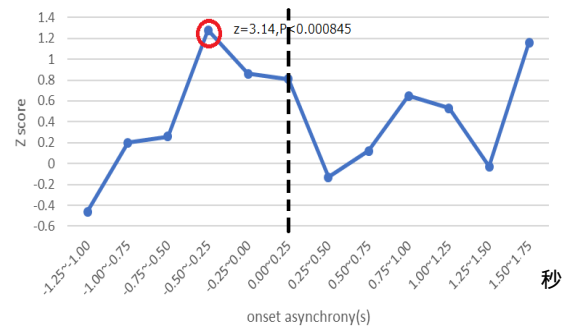
図1 開発したロボットの頭部

きのビデオ映像を用いた。そこで、ここでも実際のロボットではなくロボットの映像ということで、コンピュータグラフィックス(CG)で生成した像を用いた。中野らを用いたのと同じ、俳優の木村拓哉が日本の総理大臣として国民に向かってテレビ演説をしているというドラマのワンシーン(CHANGE, フジテレビ)で、映像をCG像(エージェント)に置き換えた。エージェントは、元の映像と同じタイミングでまばたきをするようにした。6人の被験者に元のビデオ映像とCG像を見てもらい、その時の顔の映像を記録し、そこからまばたきを検出した。話し手のまばたきと聞き手のまばたきの関係を中野らと同様にサロゲート法で分析した[2]。

図2に結果を示す。図2(a)が元の映像、図2(b)がエージェントに対する結果である。破線が話し手のまばたきの時点を示す。横軸はそれに対する時間のずれを示す。縦軸のZ scoreは、ここでは、そのタイミングで聞き手にまばたきが生じた生起確率に対応するものであり、その値が大きい場合、そのタイミングで聞き手がまばたきをしたことが多いことを示す。[2]では、話し手のまばたきの開始時刻から250~500ミリ秒遅れたところで聞き手のまばたきの生起確率が増加していたが、図2(a)では、0から250ミリ秒遅れたところで増加している。[2]では垂直眼電図(EOG)からまばたきの開始時点を求めているが、ここではビデオ画像から目の上下の間隔が一定値以下になったらまばたきと判定する方法でまばたきの開始を検知しているため、その計測方法の相違によるものと考えられる。その違いはあるが、元のビデオ映像に対しては、[2]と同じく、話し手と聞き手のまばたきの間に同期現象が観察された。エージェントの場合は図2(b)に示すように、聞き手のまばたきの生起確率のピークがさらに前になった。このずれに対する検討はさらに必要だが、話し手のまばたきにほぼ同期して聞き手にまばたきが生じるということは、エージェントでも同様であるということを示されたと考えられる。



(a) 元の映像の場合



(b) エージェントの場合

図2 話し手のまばたきに対する聞き手のまばたきの同期現象

(3) ロボットが聞き手の場合のまばたきの印象

中野ら[1]はコミュニケーション障害が主症状である自閉症者では対話のときにまばたきの同期現象が見られないことを見出した。そして、このような他者に同調した行為が欠落していることが、彼らのコミュニケーションの障害につながっている可能性が示唆されるとしている[3]。すなわち、円滑なコミュニケーションを進めているものの中には、まばたきの同期現象が見られるということである。そこで、ロボットが人間の話を聞く聞き手となる場合に、人間同士の場合のように相手に同期してまばたきをする方が、話し手の人間にとっても印象がよいのではないかとと思われる。

これを検証するために、まず、エージェントを用いて実験を行った。14人の被験者(埼玉大学の学生)にエージェントに向かって、一分間以内の話を2つしてもらった。話の内容は、事

前に配ったレシピに基づいて「エージェントに美味しいカレーの作り方を教える」と「埼玉大学の正門から端末演習室(実験を行う場所)までの道案内」である。エージェントについては、話し手の被験者のまばたきをカメラ画像から認識して、それに合わせてまばたきをするモードと、等間隔でまばたきをするモードの2つを用意した。一人の被験者について、話が切り替わるときに、まばたきのモードを別のモードに変更する。2つの話、およびまばたきのモードの順序については、すべての組み合わせが同程度の回数になるようにした。話をしてもらった後、1つ目と2つ目の話を聞いているときのロボットについて、「より自然に見えるのは」、「より聞いているように見えるのは」、「より知的に見えるのは」という3つの質問について、1つ目のときの方が非常によければ1、2つ目のときの方が非常によければ6として、1から6の数値で答えてもらった。回答後、両者の間でまばたきの仕方に変化があるのに気付いたかを聞いた。

結果を同期してまばたきをするモードと、等間隔のモードについて整理して、得点の分布を調べたが統計的に有意な差は見られなかった。また、14人の被験者のうち、1人もまばたきの方法が変わったことに気が付かなかった。

そこで、エージェントではまばたきにあまり気づかないかもしれないと考え、開発したロボット頭部を用いて実験することにした。また、最初の実験でレシピを説明する話ではレシピの書いてある紙の方を見て、ロボットの方をあまり向いていない場合があったので、2つの話はどちらも埼玉大学の2つの別の場所への行き方の説明とした。被験者は埼玉大学の学生なので、この説明は何も見ずに行える。9人の被験者を用いて実験を行った。実験の方法は最初の実験と同様である。

実験の結果を表1に示す。同期モードが非常によいが6、等間隔モードが非常によいが1としたので、中間が3.5となる。モード間の差について、統計的に有意な差は見られなかった。今回の実験では、9人のうち、4人がまばたきの違いに気づいた。この4人についてだけ、結果をまとめたものを表2に示す。まばたきの違いに気づいた人は同期モードの方を高く評価している。しかし、被験者の数が4人と少なく、統計的に有意な差は得られていない。

表1 ロボットのまばたきの印象評価

質問	平均点数
より自然に思う	3.8
より聞いているように見える	3.6
より知的に見えると思う	3.4

表2 ロボットのまばたきの違いに気づいた人のロボットのまばたきの印象評価

質問	平均点数
より自然に思う	4.3
より聞いているように見える	4.3
より知的に見えると思う	3.8

人間はふつうは相手がいつまばたきをしたかなど意識しない。しかし、相手のまばたきに引き込まれて同期してまばたきをするなど、興味深い現象がある。これらのことから中野はまばたきの認知処理機能との関連を論じている[3]。ロボットの場合は、認知処理のために画像入力を遮断する必要はないが(ただし、画像を処理している間、入力画像に反応できないということは、まばたきで目をつぶっている状態と同様ともいえるが)人間のコミュニケーションの相手として、外から見える点については、人間と同様にすることの効果を検討することは意味があると考えられる。今回の研究で人間が聞き手の場合はロボットについても人間の場合に対してと同様にまばたきの同期現象が見られることが示された。ロボットが人間の話を書く場合には、質問に答えてもらうという主観的な評価による実験であり、まばたきという相手の行動としてはほとんど意識していないものでは、明確な結論は得られなかった。これについては、さらに検討が必要である。

まばたきは、その人の感情の状況によっても変動することが知られている。そこで、カメラ映像から得られる表情の認識や心拍情報[4][5]と合わせて、感情の状況を推定し、それを利用して人間とロボットのコミュニケーションを支援しようという研究も進めている。これについても、今後、さらに検討を進めていきたい。

<引用文献>

- [1] T. Nakano, N. Kato, and S. Kitazawa, Lack of eyeblink entrainments in autism spectrum disorders, *Neuropsychologia*, vol.49, pp.2784-2790, 2011.
- [2] T. Nakano and S. Kitazawa, Eyeblink entrainment at breakpoints of speech, *Experimental Brain*

Research, vol.205, pp.577–581, 2010.

- [3] 中野珠実, 瞬きにより明らかになったデフォルト・モード・ネットワークの新たな役割, 生理心理学と精神心理学, vol. 31, no. 1, pp.19–26, 2013.
- [4] A. Lam and Y. Kuno, Robust heart rate measurement from video using select random patches, IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV2015), pp.3640–3648, 2015.
- [5] 大津耕陽, 福田悠人, Antony Lam, 小林貴訓, 久野義徳, 映像解析に基づく頑健・高速な心拍数計測手法, 画像ラボ, vol. 30, no.6, pp.20–26, 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 大津耕陽, 福田悠人, Antony Lam, 小林貴訓, 久野義徳	4. 巻 30
2. 論文標題 映像解析に基づく頑健・高速な心拍計測手法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 画像ラボ	6. 最初と最後の頁 20-26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 2件／うち国際学会 6件）

1. 発表者名 李 明輝, 福田 悠人, 小林 貴訓, 久野 義徳
2. 発表標題 瞬きの引き込み現象を援用した対話エージェント
3. 学会等名 情報処理学会コンピュータビジョンとイメージメディア研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李明輝, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳
2. 発表標題 人間の瞬きを再現した会話エージェント
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshinori Kuno
2. 発表標題 Information Technology for Estimating and Inducing Emotions
3. 学会等名 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 並川優衣, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳
2. 発表標題 VR対話環境におけるアバターのふるまいが与える印象の調査
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 王燕京, 大津耕陽, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳
2. 発表標題 マルチモーダル情報に基づくユーザの興味度推定
3. 学会等名 2020年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小林 貴訓 (KOBAYASHI Yoshinori) (20466692)	埼玉大学・理工学研究科・准教授 (12401)	
研究分担者	Lam Antony (LAM Antony) (50744124)	埼玉大学・理工学研究科・助教 (12401)	削除：2019年7月24日
研究分担者	福田 悠人 (FUKUDA Hisato) (70782291)	埼玉大学・理工学研究科・助教 (12401)	