

# 研 究 報 告 書

## 瞬きを手がかりとした人とロボットの情報共有促進システムの開発

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ～ 2020 年 3 月

研 究 者: 中野 珠実

### 1. 研究のねらい

社会の高齢化・核家族化の進展により、ロボットには、高齢者や子供のコミュニケーションパートナーとして、生活の支援だけでなく、話し相手となることが求められている。ロボットが人の良きパートナーとなるためには、人と同じように環境を認識し、そこから抽出した情報の意味や価値を他者と共有する人工知能を持つ必要がある。しかし、我々を取り巻く環境は常に変化しており、そこには始めもなければ終わりもない。人は一体どのようにして情報のまとまりを取り出し、意味づけをして、その情報の価値を評価しているのだろうか。本研究では、人が無意識に行っている「瞬き」を手がかりとして、自然環境下でも人間と同じように情報の分節を認識し、人間の心的状態を推定できる人工知能を開発することで、人とロボットの円滑なコミュニケーションの実現に挑む。

研究代表者のこれまで行った研究により、瞬きは暗黙裡の情報の切れ目で生じており、そのタイミングが人々の間で共通であること、さらに、二者間で瞬きが同期することで情報共有していることが世界で初めて明らかになった。つまり、瞬きの同期現象は情報分節化の大きな手がかりとして、さらに他者との情報共有のツールとしても利用できる。そこで、本研究は、①まず瞬きの発生制御の神経機序を明らかにし、瞬きの同期度から情報に対する人間の関心度を推定するシステムを作る。つぎに、②映像観察時の大勢の人々の瞬きを長時間モニタリングすることで、瞬きの同期度の時系列データセットを作り、その情報をニューラルネットワークに学習させることで、人間と同じように「出来事のまとまり」を認識できる人工知能を開発する。本研究により、人間の情報処理スタイルに合わせた絶妙なタイミングで情報共有できる人工知能システムを開発することで、「空気が読める」ロボットが人間の良き理解者・共感者として活躍する社会を実現する。

### 2. 研究成果

#### (1) 概要

本研究は、人々が自然に行っている瞬きに着目し、その同期度の情報を利用することで、人々がどのような情報に注目しているのか等、人間の心的状態を推定し、さらに、人間と同じように情報を分節化する人工知能を開発することで、人間と人工物の間で暗黙裡に情報が共有できるシステムの構築を目指している。

人間が頻回に瞬きをする理由は未だに解明されていないが、瞬きの頻度が心的状態に応じて著しく変化することに着目し、瞬きと自律神経系の活動との関連を調べたところ、瞬きの度に心拍数が一過性に上昇することを発見した。このことから、瞬きが、自律神経系を介した覚醒レベルの制御に関与している可能性が世界で初めて明らかとなった。そこで、人々の間で瞬きの発生タイミングの同期度を調べることで、映像や話題に対する人々の心的状態を推定できるか

を次に調べた。その結果、テレビ番組に対する関心の高さに応じて、瞬きの同期度が高くなること、話者の話が面白いと感じているときにだけ、話者との瞬きの同期度が高くなることを発見した。つまり、瞬きのセンシングは、人々の関心度の推定や関心に応じた情報提供などの幅広い応用が期待できる。

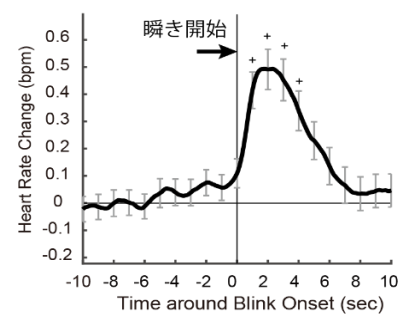
さらに、瞬きの同期度を手がかりとして、人間と同じように情報の中から出来事の分節を見つけられる人工知能の開発に挑んだ。その結果、8割のフィギュアスケートの映像において、それを視聴している人々の瞬き発生確率を推定することに成功した。人間の認知特性に基づいて「出来事のまとまり」を認識できる人工知能の開発は、人の行動や意図を推測する人工知能の開発の大きな前進につながる事が期待される。

## (2) 詳細

### 研究テーマ A 「瞬きを用いた人間の内的状態の推定」

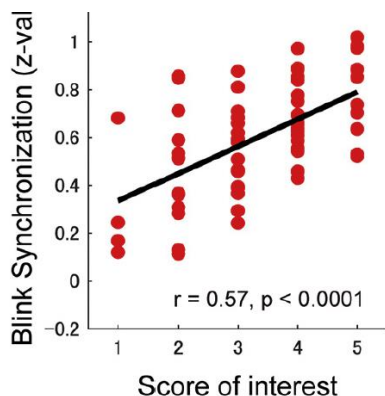
人間はおよそ 3 秒に 1 回の頻度で自発的に瞬きをしているが、目を潤すためには 15 秒に 1 回で十分なことから、何故その 5 倍もの頻度で瞬きをするのか、その機能的な役割は未だに明らかになっていない。そこで、瞬きの頻度が覚醒・情動・ストレスなどで大きく変化することに着目し、映像を視聴しているときの瞬きと自律神経系の生理活動の関係を調べたところ、瞬きの度に、その数秒後に心拍数が一過性に上昇することを発見した(図1参照)。さらに、この心拍数の上昇が、交感神経システムの活動増加によって生じることも同定した。このことから、瞬きは脳幹の自律神経システムを介して脳と身体の覚醒レベルをコントロールしている可能性が世界で初めて示された(5成果リスト(1)ー2 Nakano & Kuriyama 2017)。

図 1 瞬きに伴う心拍数変化

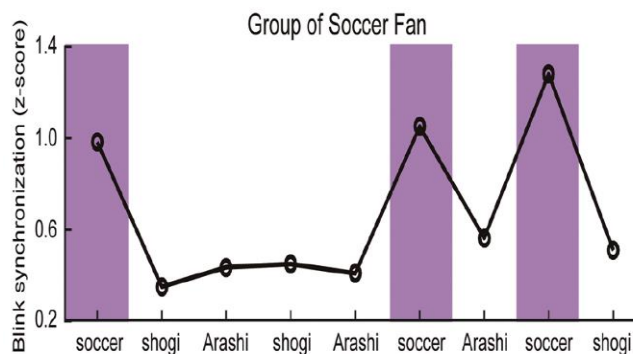


そこで、瞬きによる脳の状態リセットは、映像の意味的な切れ目で人々の間で同期して発生することに着目し(Nakano et al., 2013 PNAS)、映像にどの程度の関心をもって視聴しているかを推定するという「質的な視聴率調査」に応用する取り組みを行った。大学生 69 名にサッカー、将棋、アイドルグループ「嵐」の 3 種類の映像を視聴してもらい、その時の参加者同士の瞬きの発生タイミングの同期度を解析したところ、番組に対する関心度の高さと瞬きの同期度が正の相関を示すことを発見した(図2A)。さらに、サッカーファンの間での瞬きの同期度はサッカーの映像を見ているときだけ高くなり、一方、嵐のファンは嵐の登場する映像を見ているときに瞬きの同期が最も高くなっていた(図2B)。これらの結果から、人々の無意識に行っている瞬きの同期度を計測することで、視聴者は「どの映像の、どの時間帯の情報に関心を持ったか」、さらに、「どのような視聴者が番組に興味を持ったのか」、など、個々の視聴者の関心度を評価・推定することができる(特許出願 2018-055033 瞬きに基づく関心率の測定システム)。このシステムを社会に応用することで、従来の「機械式視聴率調査」にとって代わる「質的な視聴率調査」や、個々人の関心に合わせた情報番組の自動提供が可能になる。

図2 (A) 瞬きの同期度と映像への関心度が正の相関



(B) サッカーファンはサッカーの映像の時だけ(紫)瞬き同期度が上昇



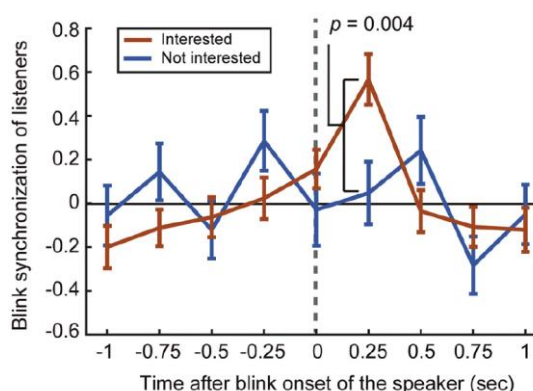
さらに、研究代表者は、これまで話者と聞き手の二者間でも話の切れ目で瞬きが同期することを報告してきた(Nakano & Kitazawa 2010 Exp. Brain Res.)。この二者間の対面会話時の瞬きの同期現象は、人間同士だけでなく、ロボットの話者と人間の聞き手の間でも生じることを発見した(5成果リスト(1)－4 Tatsukawa, Nakano, et al., 2016 Sci. Rep.)。興味深いことに、ロボットの話者が目をそらしながら話をすると、この瞬きの同期現象は消失してしまう一方、ロボットの手に自分の手をのせて話を聞くと瞬きの同期現象が強まることがわかった。このことから、二者間の瞬きの同期度はコミュニケーションの状態を鋭敏に表す指標として活用できることが期待できる。

そこで、同じ相手でも、その時に話している内容に対して関心を持って聞いているかどうかを瞬きの同期度で評価できるかを調べた。具体的には、プロの実演販売士にお願いして、4つの商品の説明している映像を作成し(図3A)、それを男女20名ずつ、計40名の大学生にみてもらい、話の内容の面白さや購買意欲を回答させた。その結果、聞き手側が話を面白いと感じている時は、話者と瞬きが同期するのに対し、話がつまらないと感じている時は、話者と瞬きが同期しないことを発見した(図3B, 5成果リスト(1)－1 Nakano & Miyazaki 2018)。この同期度の指標を用いれば、相手の関心度に合わせて、会話内容を変更するロボットを開発することが可能になる(特許出願 2018-055034 瞬き制御によるコミュニケーション促進)。

図3 (A) プロの実演販売士が話している映像



(B) 話題に興味がある時だけ同期



## 研究テーマB「瞬き同期度を用いて映像の分節点を推定する人工知能の開発」

自然環境下における人間の行動や意図を推定・理解するためには、出来事の始まりと終わりがわかる必要がある。我々人間は連続した情報の中から「出来事のまとまり」を暗黙裡に抽出しているが、人工知能が人間と同じように出来事を理解するためには、まずこの出来事の区切りを学習する必要がある。人工知能の学習には、大量のトレーニングデータが必要であるが、現状では、人間がマニュアルで主観的に情報の分節点を同定している。そこで、本研究では、人々の瞬きが出来事の切れ目で選択的に同期して発生することに着目し、瞬きのタイミング同期度を情報分節の教師信号とすることで、自動的に映像の分節点を推定する人工知能の開発を目指した。具体的には、数分間の連続した演技の中に、ジャンプやスピンなどの様々な技が組み込まれているフィギュアスケートに着目し、演技を視聴している人々の瞬きのタイミングの同期度の時間変化を推定する人工神経回路網の開発を行った。まず、フィギュアスケートの演技の映像を24本用意し、各映像を40名の大学生に視聴してもらい、その時の瞬きの発生タイミングから、映像の各フレームの瞬き発生確率を算出した。次に、スケーターのアクションの切れ目を学習しやすいように、Open Pose という人工知能を用いたソフトウェアにより、映像の各フレームにおいて演技者の体の関節点を同定した(図4A)。その関節位置をコードした画像のシーケンスを入力信号として、CNNとLSTMを組み合わせたConvolutional LSTMからなるニューラルネットワークに入れ、各映像フレームに対する瞬きの発生確率を推定するよう学習させた。その結果、24本のうち20本(83%)のフィギュア映像において、統計的に有意に瞬きの発生確率を推定することに成功した( $p < 0.001$ 、図4B)。さらに、ジャンプやスピンなどの各イベント発生前後での瞬きの推定値を解析したところ、ジャンプと同時に瞬きの発生確率が著しく低下し、その直後に回復するというように(図4C:実測値、図4D:推定値)、映像の出来事に応じて瞬き発生確率の推定が変化するように学習ができた。特に、132本のジャンプのうち66本(50%)で、有意な統計確率で瞬きの発生確率を推定することができていた。今後は、瞬きの発生確率の推定の精度をさらに向上させることができるニューラルネットワークの開発を検討している。本研究により、人の認知特性に基づいた「出来事のまとまり」を認識する人工知能が開発できれば、人の行動や意図の推測が計算可能となり、「人の心」がわかる人工知能システムの実現に大きく近づくことが可能となる。

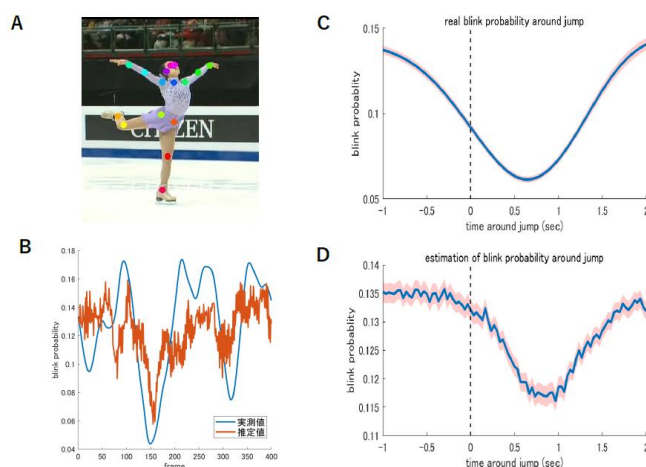


図4 人工知能を用いた瞬き同期確率の推定 (A)OpenPose によるスケーターの関節位置の推定 (B)瞬き同期度の実測値と推定値の比較 (C)ジャンプ発生前後の瞬き同期度の実測値の変化 (D)ジャンプ発生前後の瞬き同期度の推定値の変化



### 3. 今後の展開

#### 【瞬き同期度を用いた・瞬き同期度を用いた視聴者の心的状態の推定の社会実装】

瞬きは、視線や瞳孔径の計測と異なり、遠方のカメラから視聴者の顔を撮影するだけで、容易にセンシングすることが可能である。そのため、本研究プロジェクトで開発した「瞬きの同期度から視聴者の映像や話題への関心度を推定する」システムは、教室、映画館やスタジアムなど大勢の人々が集まる環境での人々の状態の推定することに利用できる。また、スマートフォンやパソコンに内蔵されたカメラを用いて、個々の視聴状態を撮影・集積することで、大規模な映像コンテンツの評価にも利用できる。今後は、具体的な市場のニーズに合わせて、計測・評価システムを開発することで、社会に役立つセンシングシステムとして幅広く活用されることを目指す。

#### 【人間と同じように世界を認識する人工知能の開発】

本研究は、人工知能を用いて人間の自然な生理活動である瞬きの発生確率を推定することが可能であることに世界に初めて示した。人間の内的な状態を反映して変化する生理・行動指標は、瞬きだけでなく、心拍や呼吸、発汗、表情、体動など複数ある。今後は、マルチモーダルな生理行動指標を組み合わせることで、より高い精度で人間と同じような情報の認知ができる人工知能の開発を進めたい。

#### 【瞬きを介して人との円滑なコミュニケーションを行うロボットの開発】

本研究は、話題への関心度が瞬き同期度に現れることを明らかにした。さらに、人間と同じように情報の切れ目を認識できる人工知能を開発した。これらの技術を組み合わせることで、対面会話時に相手の心的状態を推定し、それに応じて会話内容を変更し、さらに情報の切れ目で瞬きを表出することで、人間との親密感を増強させるようなコミュニケーション・ロボットの開発を進めたい。

### 4. 自己評価

#### 【研究目的の達成状況】

瞬きの同期度に徹底してこだわり、200名を超える参加者から実験データを収集することで、人間の心的状態の定量的な推定が可能であること、それが社会実装できるレベルほど簡便なシステムに落とし込めることを実証できた。さらに、最新のニューラルネットワークの技術を導入することで、情報の分節を推定する人工知能を行うことができた。開発した人工知能を実際のロボットに導入して、人とロボットの間のコミュニケーションの促進につながっているかを調べるまでには至らなかったが、当初計画していた研究目標に対しては、おおよそ達成できたと考えている。今後は、開発したシステムが社会で実際に活用されるように、導入促進を今度進めていきたい。

#### 【研究の進め方】

人工知能の開発は未経験であったが、目的達成のために、領域を通じて紹介された大型データサーバーシステムをレンタルすることで最高レベルの人工知能開発環境を整え、さらに情報学部で人工知能開発経験のある学生達を研究補助員に加えたことで、最新の人工知能の技術を盛り込んだニューラルネットワークの開発を進めることができた。

### 【研究成果の社会への波及効果】

Society5.0 の時代において、人間の心的状態のマルチモーダル・センシングは今後ますます加速すると推測される。本研究により、瞬きの情報の活用方法を明確にすることができたため、脳や身体の情報にくわえて、瞬きの情報解析を組み込んだセンシングに多くの企業や団体が取り組むことが期待される。

### 【その他】

海外ショートビジット(シンガポール)や科学政策立案に携わる官僚らとの意見交換を通じて、日本の大学の研究者という立場において、今後どのような科学技術戦略を取るべきなのか、産学連携をどのように進めるべきなのか、について深く考える機会を得ることができた。

## 5. 主な研究成果リスト

### (1)論文(原著論文)発表

- |  |
|--|
| 1. Nakano T, Miyazaki Y. Blink synchronization is an indicator of interest while viewing videos. International Journal of Psychophysiology. 2019, 135,1-11           |
| 2. Nakano T, Kuriyama C. Transient heart rate acceleration in association with spontaneous eyeblinks. International Journal of Psychophysiology. 2017, 121,56-62     |
| 3. Nakano T. The right angular gyrus controls spontaneous eyeblink rate: a combined structural MRI and TMS study. Cortex. 2017, 88, 186-191                          |
| 4. Tatsukawa K, Nakano T, Ishiguro H, Yoshikawa Y. Eyeblink synchrony in multimodal human-android interaction. Scientific Reports. 2016, 6, 39718                    |
| 5. Isomura T, Nakano T. Automatic facial mimicry in response to dynamic emotional stimuli in 5-month-old infants. Proceedings of the Royal Society B. 2016 283, 1844 |

### (2)特許出願

研究期間累積件数:2 件

1.

発 明 者: 中野 珠実

発明の名称 : 瞬きに基づく関心率の測定システム

出 願 人: 国立研究開発法人科学技術振興機構

出 願 日: 2018/3/22

出 願 番 号 : 2018-055033

2.

発 明 者: 中野 珠実

発明の名称 : 瞬き制御によるコミュニケーション促進

出 願 人: 国立研究開発法人科学技術振興機構

出 願 日: 2018/3/22

出 願 番 号 : 2018-055034

(2) その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主要な学会発表

1. Nakano T 「Cognitive and social functions of spontaneous blinks」 The 41st European Conference of Visual Perception, Oral presentation (2018 年 8 月)
2. Nakano T 「Spontaneous eyeblinks and brain network activity in natural environments」 Yamada International Symposium 招待講演 (2017 年 8 月)

著作物

「生理心理学と精神生理学 Ⅲ巻」日本生理心理学会企画

第 8 章 default mode network と瞬き pp.103-108 北大路書房 (2018 年 5 月)

報道

1. 「まばたき、一瞬の秘密 目を守るだけじゃなかった」 毎日新聞 2019 年 2 月 14 日

アウトリーチ

1. 日本科学未来館 情熱プレゼン！脳科学の最前線 講師 (2018 年 6 月)
2. IEEE 関西支部 Women in Engineering 主催 キャリアディベロップメント・セミナー 講師 (2018 年 7 月)

以上