

## 眼球・頭部協調運動に基づく心的状態推定可能性に関する基礎検討 Primary Study about Mental State Estimation Based on Eye-Head Coordination

鈴木 かな<sup>†</sup> 満上 育久<sup>†</sup>  
Kana Suzuki Ikuhisa Mitsugami

### 1. はじめに

人間は楽しいとき、不安なとき、緊張をしているときなどの、意図や感情などといった心的状態は振る舞いに現れ、人間はこの振る舞いからその人の心的状態を推し量ることができる。もし、ロボットでも同じように人間の振る舞いから心的状態を推し量ることができれば、直感的なユーザーインターフェースやロボットと人間のスムーズなコミュニケーション、心の健康の管理などにも活用できると考える。

心的状態を推定する研究は広く取り組まれている。例えば、脳波や心拍波形から感情を推定する研究 [1]や、表情や音声から感情を推定する手法 [2]などがある。また、上条らは不安傾向の高い人は注視点がばらつくという実験結果から写真を鑑賞している際の視線運動から不安状態を推定する手法を提案している [3]。このように心的状態の推定のアプローチは多く存在する。

これまでに、眼球と頭部の運動の協調関係についての研究が行われており、その協調関係がモデル化されている [4]。本研究では、心的状態の推定のアプローチとして人の自然な注視行動においてみられる眼球・頭部協調運動に着目し、協調関係のモデルを用いて心的状態を推定できるのではないかと考えた。上条らの研究では視線運動から心的状態を推定するのに対し、本研究では、眼球と頭部の運動の協調関係に基づいて心的状態を推定するという点で異なる。

### 2. 眼球・頭部協調運動モデル

生医学分野では眼球と頭部の運動の間に無意識的な協調関係が存在することが知られている。例えば、Fang ら [5]や Okada ら [6]は、眼球と頭部の回転角度の間に統計的に線形な関係があることを示している。また、注視方向を変える際に無意識に生じる眼球制御である前庭動眼反射 [7]に代表されるような動的な協調関係も知られている。

これらの知見に基づき、Murakami らは頭部運動のみから視線方向推定を行う Gaze from Head を提案した [4]。より詳細には、ある時刻  $t$  における視線方向を、視線推定対象時刻を基準とした参照頭部方向時系列の開始と終了の相対時刻をそれぞれ  $t_s, t_e$  とするその時刻周辺の時間幅  $[t + t_s, t + t_e]$  の頭部方向時系列から回帰するモデルである。このモデルは、Gradient Boosting Machine で構築されており、視線追跡型 VR ゴーグルを用いて収集した人の眼球と頭部の運動のデータを用いて学習している。

### 3. 実験

#### 3.1 調査方法

我々は、Murakami らの構築した眼球・頭部協調運動モデルが人の通常な心的状態の眼球と頭部の運動を表してい

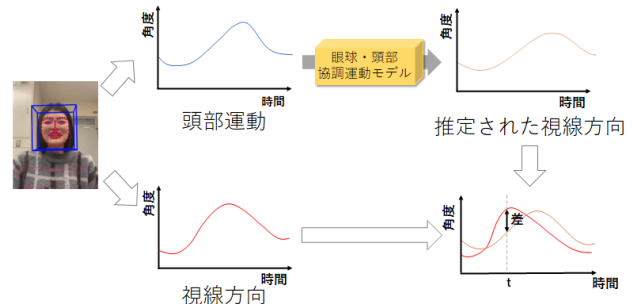


図 1 調査方法

ると捉えた。人の実際の眼球と頭部の運動がこのモデルに従った動きをしているか否かで、その人が通常な心的状態であるかを推定できるという仮説を立て、その検証および心的状態推定手法の実現を目指す。本研究ではその検証の第一歩として、心的状態の違いによって眼球と頭部の運動が眼球・頭部協調運動モデルに従う度合いについて差があるかを実験的に調査する。

心的状態を作り出すには様々な方法が考えられるが、本研究では、親しい人と話す場合と、親しくない人と話す場合で心的状態が違うことを期待し、2つの異なる心的状態として位置付け、調査した。より詳細な調査方法としては、各実験参加者の親しい人と親しくない人と話した場合それぞれについて、図 1 のように Murakami らの手法 [4]を用いて眼球・頭部協調運動モデルに従った際の頭部運動から推定される視線方向と、実際に計測された視線方向との差に着目する。この差が小さいということは、眼球・頭部協調運動モデルに従っていることを示す。

#### 3.2 データの収集

2人1組で向かい合って座った状態で会話をしてもらい、その様子を2者それぞれの前方に置かれたカメラで撮影する。その撮影された映像を OpenFace [8]に適用することで、頭部と視線の水平角度と垂直角度の時系列を取得する。計測されたデータは、水平方向の角度に対しては右側を正、左側を負とし、垂直方向の角度に対しては下側を正、上側を負とする。得られた頭部と視線の角度時系列には実際には起こり得ない高周波のノイズが含まれているため、前処理として移動平均補間法を施したものを実験データとして用いる。

実験では8名の実験参加者のデータを収集した。事前に親しいか親しくないかの人間関係をヒアリングした上で、各実験参加者について親しい人と話す状況と、親しくない人と話す状況を作り出し、それぞれ2分程度の会話を行ってもらった。

<sup>†</sup> 広島市立大学 Hiroshima City University

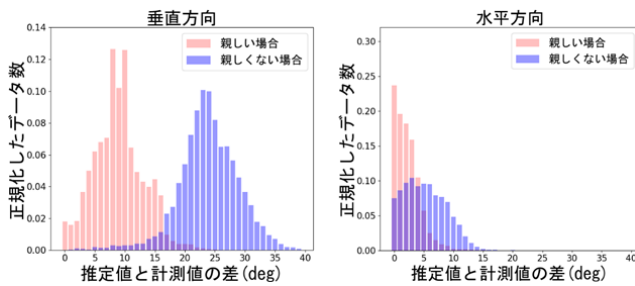


図2 モデルに従う度合いに差がある実験参加者

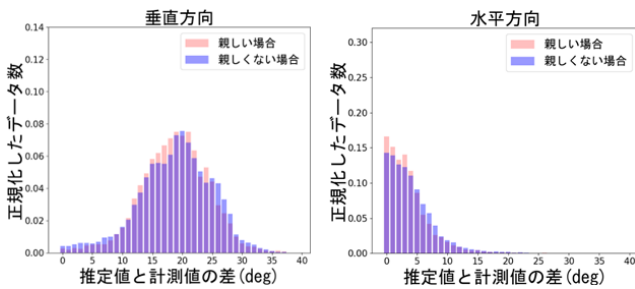


図3 モデルに従う度合いに差がない実験参加者

### 3.3 実験結果と考察

実験結果について、上述の差のヒストグラムを用いて説明する。全実験参加者のうち4名は、図2に示すように、親しい人と話す場合と親しくない人と話す場合で分布に明確な差があった。親しい人と話した場合の方がモデルとの差が小さい、すなわち、眼球・頭部協調運動モデルに近い眼球と頭部の運動を行っていることが分かる。一方、残り4名の実験参加者では、図3に示すように、親しい人と話した場合と親しくない人と話した場合の分布がほぼ一致しており、両者でモデルに従う度合いに差がなかった。

以上の結果から、すべての人に成立するわけではないものの、親しい人と話す場合と親しくない人と話す場合で眼球と頭部の運動に差が生じることが確認できた。実験では、話す相手以外の条件に違いがないため、話す相手が親しいか親しくないかに起因する心的状態によってこの差が生じたと考えられる。

一方で、差が生じない実験参加者もいたことについては、いくつかの理由が考えられる。今回の調査では、親しくない人と話す場合に緊張感や気まずさを感じ、親しい人と話す場合とは異なる心的状態が生じることを期待した。しかし、図3に示すように、話す相手が親しくても親しくなくても差がなかったことから、相手がどんな人であっても気まずさなどを感じないなど、心的状態に差が生じるかは個人に依る可能性である。また、他の理由として、本実験における親しい人、親しくない人の線引きが適切ではなかった可能性がある。今回の親しい人、親しくない人という基準は、親しい人は友達同士やそれまでによく会話をしていた人、親しくない人は初対面やあまり会話をしたことがない人、という非常に曖昧なものであった。また、実験参加者同士の年代もほとんど同じだったことから、年の離れている初対面の人と会話をするなどの改善策が考えられる。

## 4. おわりに

本研究では、人の実際の眼球と頭部の運動が眼球・頭部協調運動モデルに従った動きをしているか否かで、その人が通常の心的状態であるか否かを推定することができるという仮説を立てた。その検証の第一歩として、普段から親しくしている人と話す場合と、親しくない人と話す場合について、人の眼球と頭部の運動を計測し、これらが眼球・頭部協調運動モデルに従う度合いについて差があるかを実験的に調査した。その結果、親しい人と話す場合より親しくない人と話す場合に眼球・頭部協調運動モデルに従う度合いが低いことが確認された。このことから、眼球と頭部の運動から心的状態を推定できると考えられる。

今後は、心理学的な知見も踏まえて今回調査した以外の心的状態についても調査を行いたい。今回は、親しくない人と話す場合に、気まずさや緊張感などといった心的状態が生じることを期待し調査を行った。それらは、ネガティブな心的状態に限定されているため、嬉しさや楽しさなどといったポジティブな心的状態が生じている際にも、眼球・頭部協調運動モデルに従う度合いに差があるのか調査を行いたい。その結果を踏まえた上で眼球と頭部の運動に基づいた心的状態推定手法の実現を目指す。

### 参考文献

- [1] 加藤 徹洋, 村下 君孝, “医学的エビデンスに基づく新たな感情推定モデルの提案”, DENSO TEN Technical Review, Vol.4(2022).
- [2] 西田 健次, 山田 亨, 糸山 克寿, 中臺 一博 “表情による感情推定と音声による感情推定手法の検討”, 人工知能学会 AI チャレンジ研究会, 57 巻, pp.52-57(2020).
- [3] 上條 中庸, 高橋 英之, “写真鑑賞時の視線からの不安感の推定”, 日本認知科学大会発表論文集, 26 巻, pp.1-20(2009).
- [4] J. Murakami and I. Mitsugami, “Gaze from Head: Gaze Estimation without Observing Eye”, The 5th Asian Conference on Pattern Recognition, pp.254-267(2019).
- [5] Y. Fang, R. Nakashima, K. Matsumiya, I. Kuriki, and S. Shioiri, “Eye-head Coordination for Visual Cognitive Processing”, PLoS ONE 10, e0121035(2015).
- [6] T. Okada, H. Yamazoe, I. Mitsugami, and Y. Yagi, “Preliminary Analysis of Gait Changes that Correspond to Gaze Directions”, 2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition, pp.788-792(2013).
- [7] J. Steen, “Vestibulo-Ocular Reflex (VOR)”, Encyclopedia of Neuroscience, pp.4224-4228(2009).
- [8] T. Baltrušaitis, P. Robinson, and L. P. Morency, “OpenFace: An Open Source Facial Behavior Analysis Toolkit”, 2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, pp1-10 (2016).