

人とロボットの円滑な共同作業に向けた作業時の生体信号解析

○継 豊(首都大学東京), 黄 宗祥(首都大学東京), 下川原(佐藤) 英理(首都大学東京),
山口 亨(首都大学東京)

Investigation of Biosignal during conversation for smooth collaborative learning between Human and Robot

○Yutaka TSUGU(Tokyo Metropolitan University), Tzong-Xiang Huang(Tokyo Metropolitan University), Eri SATO-SHIMOKAWARA(Tokyo Metropolitan University), and Toru YAMAGUCHI (Tokyo Metropolitan University)

Abstract: In recent years, the development of an education system using robots for supporting learning that replaces human education has been promoted. In order to facilitate smooth collaborative learning, the authors focused on entrainment between humans and robots. In this study, we investigated brainwave changes when entrainment occurred.

1. はじめに

近年, e-learning などの学習支援において, 人同士の教育に代わったロボットを用いた教育システムの開発が進められている[1]. しかしながら, ロボットと人との円滑な共同作業や対話のためには, 単純な応答だけでなく, 会話への引き込みを理解し, 誘発するような自然な対話行動が必要である. 実際, 人同士の対話中에서도, 会話への引き込みが発生すると, 聞き手側に 1~2 秒程度の遅れは発生するが, 同じタイミングでうなずきなどの体動が発生することが研究によりわかっている[2]. そこで本研究では人間同士で行われるような教育を実現する教育用対話ロボット開発のため, 会話中に引き込みが生じているかを認識する手法の開発を行うことを目標とし, 今回は人

同士の対話中に起こる生体情報の変化を脳波計や心拍計を用いて解析し, どのような状態が円滑な作業遂行に適しているのか検討した.

2. 提案システム

本研究はユーザの会話への引き込みの様子を認識し, 適切な応答を行うことで, 円滑な作業遂行が可能となるロボットの実現を目標としている. Fig.1 は提案するシステムの構成図である.

本研究では, まず実際に会話の引き込みの状態を心拍から読み取り, その際に脳波にどのような変化が起こるのか調査する. そのためには, 会話の引き込みを認識する必要があるが, これは LF/HF を用いた手法[3]で認識することとする. ここまでを研究のス

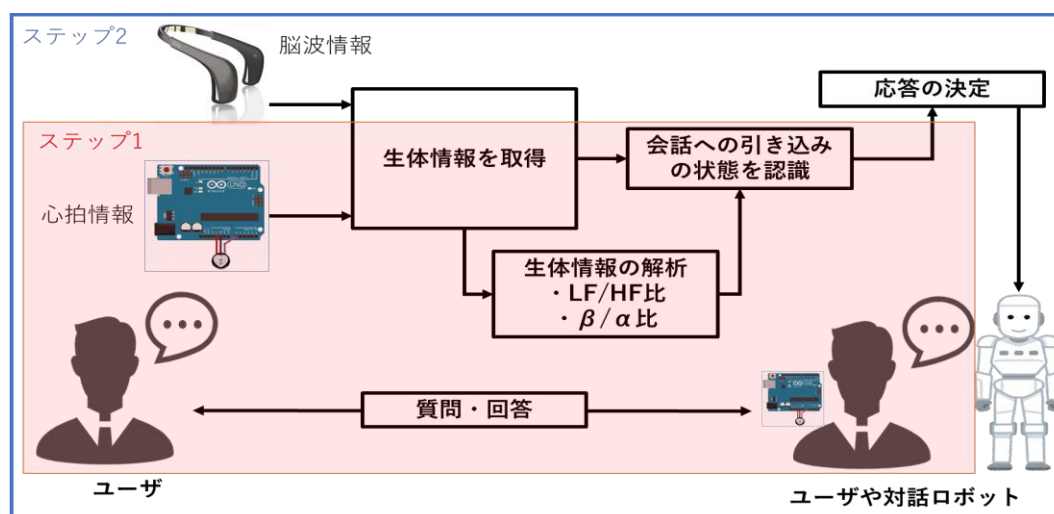


Fig.1 The Architecture of Proposed System

ステップ 1 とする。

その後、ステップ 1 で調査した会話への引き込み発生時の脳波の状態から、ユーザの脳波のみからでも引き込みを認識できるよう解析を行い、対話ロボットからも会話への引き込みの認識を可能にすることを狙っている。ここまですステップ 2 と定義し、本研究ではまずステップ 1 までについて検討を行った。

3. 生体情報の解析について

3.1 心拍情報の解析

心拍情報は、心拍変動 R-R 間隔を周波数解析することで得られる LF/HF を本実験では用いることとする。

ここで、LF/HF とは、心拍を心電図から求めた 1 心拍ごとの R-R 間隔をプロットした時系列データ波形に周波数解析を施し、低周波数帯(Low Frequency)と高周波数帯(High Frequency)とに分類できる。この時 LF は緊張している時に強く現れ、HF はリラックスしている時に強く現れる。抽出したものの比をとることで算出され、交感神経活動度つまりストレス値の指標を求めることができる。この LF/HF を用いて、交感神経ストレスの評価[4]やうつ病傾向の有無の判断[5]、時空間ストレス指標の獲得[6]などが可能となっている。その中で LF/HF をリアルタイムで算出し、利用する研究[7]がある。対話システムにおいてユーザの心理状態をリアルタイムに取得することで、共同作業における円滑な作業遂行につながると考える。

3.2 脳波情報の解析

脳波情報は、脳波の α 波と β 波だけでなくそれらの比 β/α 比の値により検討していく。

ここで、 α 波はリラックスしている時に強くあらわれ、 β 波は心配・緊張している時に強くあらわれる。これらの脳波を計測し、精神的な盛り上がりに伴って増加する β/α 比の値を算出する。この β/α を用いて、感情推定を行ったり[8]、脳に与える負荷の脳波解析を行う研究[9]などがある。対話中の脳波の状態をリアルタイムで計測し、解析を行うことで心拍などよりもリアルタイムな会話の状況把握につながるのではないかと考える。

4. 対話実験

4.1 実験方法

本実験の被験者は男 3 名、女 1 名による学生 4 名である。学生 4 名は、首都大学東京に所属する理系

学生である。本実験は 2 名ずつ 1 対 1 の対話形式で行った。この時、各ペアは元々人見知り同士であった。対話は PC 上の Skype ビデオ通話により行い、対話内容としてはこちらで用意した質問を元に 5 分程度のフリートーク形式で行ってもらった。また、被験者の内、片方には意識的に相手の行動を真似してもらったパターンと、意識的に相手と逆の行動をとるパターンの計 2 パターンで実験を行った。対話中は心拍と脳波測定のために被験者の耳に Arduino 用の Sparkfun 社製の心拍センサと、被験者の額には InteraXon 社製の Muse2 というヘッドセット型の脳波センサを装着した。質問の内容に関しては、関野らの研究[10]で使用している質問を一部抜粋した。具体的な質問内容としては、「モナリザは誰が書いたか？」や、「ピタゴラスの定理で有名な人はだれか？」などの比較的簡単な質問である。関野らは、言語情報を用いずに、発話の音声情報と頭の動作情報から、ロボットからの質問に対する回答の確信度合いを推定するという実験を行っている。この質問を元に対話を進めてもらい、その時の心拍や脳波の変化を計測することで対話の引き込みの発生を計測した。

4.2 実験環境

本実験の実験環境を Fig.2 に示す。脳波を計測するにあたり、Muse2 が Bluetooth を使用している為、Bluetooth 機器同士による干渉の影響を減らすため、被験者同士には十分に離れてもらい、Skype のビデオ通話によって対話を行った。

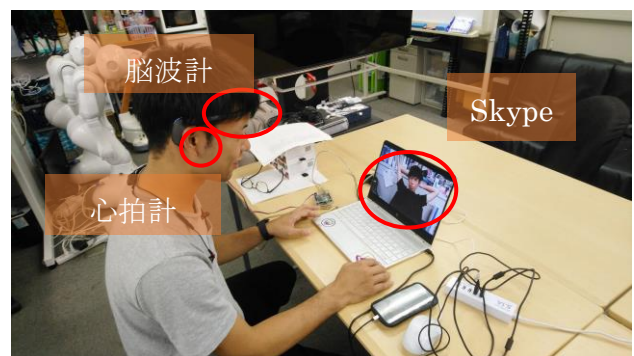


Fig.2 Experiment environment

5. 実験結果と考察

本実験における学生 4 名の被験者を A~D と呼ぶ。一つ目の実験は A, B で行い、二つ目の実験は, C, D で行った。この時、一つ目の実験においてより強い引き込みが確認できたため、本稿では A, B について解説を行う。Fig.3 はそのうち被験者 A, B による

対話中の LF/HF を表したものである。Fig.3 中の黄色の範囲において、心拍の変化が同期し、会話への引き込みが起きているのがわかる。また、この時の対話中の映像を対話していた本人たちと共に確認したところ、すべての点において対話が盛り上がっている範囲であった。このことから対話中における盛り上がりの状態が引き込みの状態と関係があることがわかる。

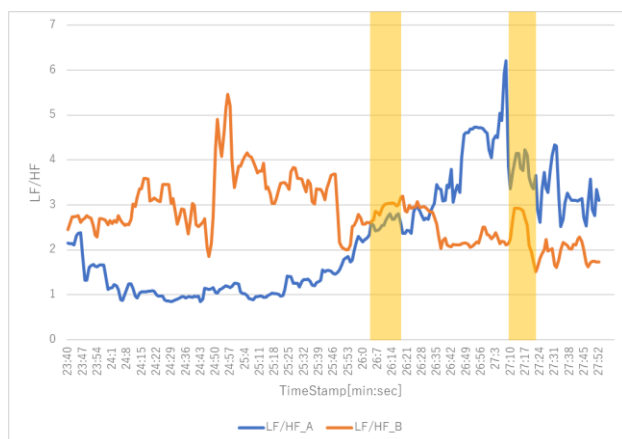


Fig.3 Time variation of LF/HF in student A and B

同様に Fig.4 は、その時の学生 A, B それぞれの脳波の変化を示したものであり、それぞれ上段が β/α 、下段が β 波と α 波それぞれのグラフとなっている。また、Fig.4 中の黄色の範囲は Fig.3 において引き込みが発生していた範囲である。

まず、 β/α について着目すると、引き込みが起きている際の脳波の波形は、他のタイミングに比べ、増減のタイミングが一致していることがわかる。しかし、エンタレイメント発生時の両者間における β/α 比の大きさについて差がみられる。これには発話のタイミングが関係していると予想される。後のエンタレイメント時には学生 B の脳波が強く出ているがこの時学生 B はちょうど発話を始めたタイミングであった。このことから、発話の発生タイミングにおいて、 β/α 比の値もより強く表れることがわかった。

次に、 β 波と α 波に分解して比較してみる。すると、 β 波の方が α 波に比べ、両者間における増減のタイミングがより近い相関を示しているのがわかる。この理由として、 α 波減衰[11]が考えられる。これは開眼時に、後頭部の視覚中枢を刺激されることにより α 波減衰する為、 α 波の値が不安定になるというものである。このことからより正確な α 波の値を計測するためには閉眼している必要があることがわか

った。

以上の結果から、会話への引き込み発生時の脳波の状態には少なからず相関があることが予想される。しかし、より正確な状態を把握するためには、視覚情報を使わない手法も検討する必要がある。

6. おわりに

本研究では、対話ロボットとの円滑な共同作業実現のために、会話への引き込み発生時の脳波の状態の調査を行った。実験は Skype を用いた対話形式で行い、脳波情報と心拍情報について計測した。今回の実験では、計測した心拍から会話への引き込みの状態を認識し、その状態の脳波の様子を計測した。一つ目の実験結果では、会話への引き込み発生時の両者の脳波には多少の相関がみられたものの、 α 波による減衰を防ぐなど調査手法を改善していく必要性も感じられた。二つ目の実験結果では、LF/HF に同期が見られず、会話への引き込みの様子が確認できなかった。その原因としては相手からの圧迫感などによりリラックスできなかったことなどが考えられる。実際に実験を行った学生に聞き取り調査を行ったところ、相手のリアクションを真似しないことにより、「相手が本当に聞く気があるのかわからない」などの意見があり、そのような環境ではリラックスできないとのことだった。よって今後は、Skype によるビデオ通話だけでなく音声のみで通話を行うなど視覚情報にこだわらない手法などを検討し、より良い脳波の取得手法を調査する必要がある。また、ステップ 2 である、脳波の情報のみから会話への引き込みを認識可能なシステム実現するために、どのような脳波の状態が会話中に最適なのか検討していく。

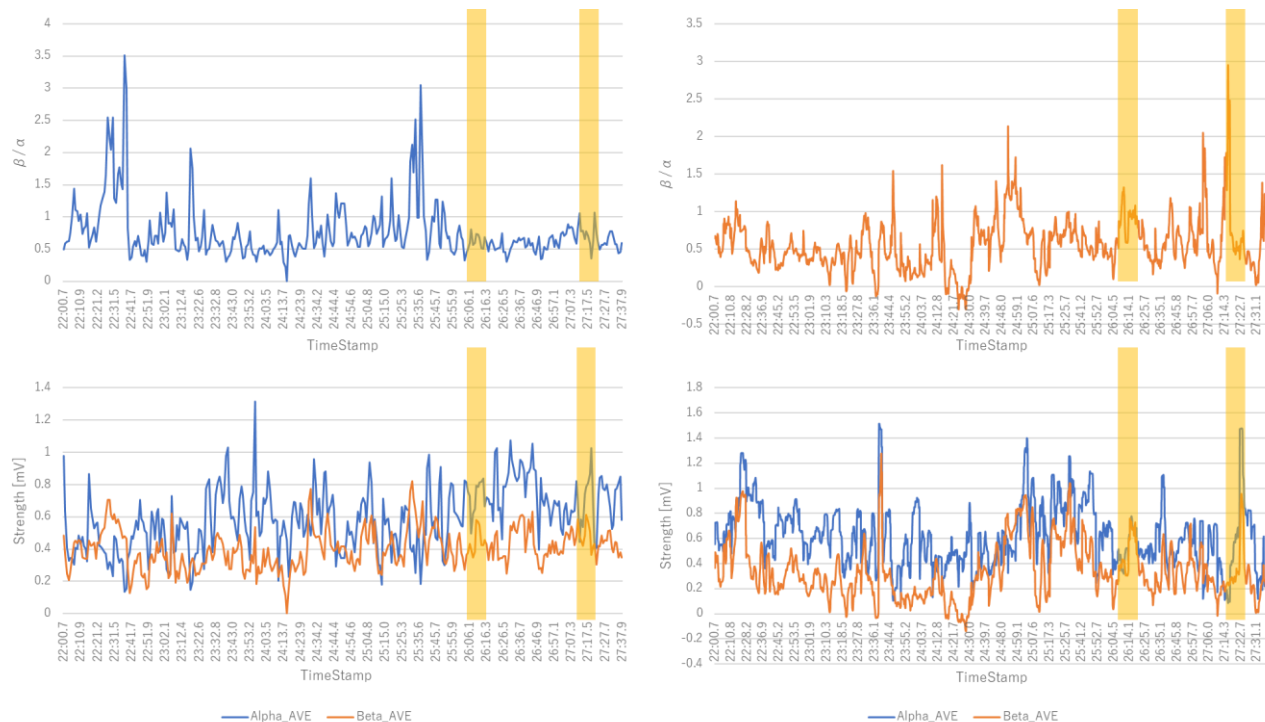


Fig.4 Time variation of brainwave in student A(left) and B(right)

参考文献

- [1] 松添静子, 田中文秀: “教育支援ロボットの賢さの違いが子どもの英単語学習に及ぼす影響”, 人工知能学会論文誌, 28 巻 2 号 SP-H, pp. 170-178, 2013 年
- [2] 渡辺富夫: “成人間コミュニケーションにおけるエンタレイメント(音声-体動同期現象)の分析”, 情報処理学会論文誌, Vol. 26 No. 2, pp. 272-277(1985)
- [3] Hidekazu Aizawa, Shinya Iwasaki, Reona Gomi, Eri Sato-Shimokawara, Toru Yamaguchi: “Heart rate analysis in a conversation on video chat for development of a chat robot supporting to build a relationship”, 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration(2017)
- [4] 下野太海, 大須賀美恵子, 寺下祐美: “心拍・呼吸・血圧を用いた緊張・単調作業ストレスの評価手法の検討”, 人間工学, Vol. 34, No. 3, pp. 107~115(1998)
- [5] Guanghao Sun, Toshikazu Shinba, Tetsuo Kirimoto, and Takemi Matsui. An objective screening method for major depressive disorder using logistic regression analysis of heart rate variability data obtained in a mental task paradigm. *Frontiers in Psychiatry*, Vol. 7, No. 11(2016)
- [6] 内村麻里奈, 江口由記, 川寄美波, 吉井直子, 梅田智広, 高田雅美, 城和貴: “LF/HF を用いた時間空間ストレス指標の提案”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-MPS-91 No. 2(2012)
- [7] Takuya Iwamoto, Soh Masuko: “Lovable couch: Mitigating distrustful feelings for couples by visualizing excitation” In Proceedings of the 6th Augmented human International Conference, AH’15, pp. 157-158(2015)
- [8] 高橋裕也, 川上洋平, 駒澤真人, 岸本太郎, 林亮輔, 菅谷みどり: “生体情報を用いた感情推定手法の検討”, 情報処理学会研究報告, 2016.
- [9] 小林崇徳, 土田泰子, 外山茂浩, 竹部啓輔: “英文読解が脳に与える負荷の脳波解析を用いた定量的評価”, 情報処理学会インタラクシオン 2017, 2-410-67(2017.)
- [10] 関野遥香, 笠野恵莉奈, 下川原(佐藤)英理, 山口亨: “発話内容の確信度合い推定のための人のふるまい解析”, 第 20 回 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2019). (発表予定)
- [11] 石郷景子: “脳波の賦活法”, 臨床神経生理学, 42 巻 6 号