

顎下部の皮膚変形の計測に基づいた舌位置の認識手法の開発

久田 悠平[†] 中村 文彦[‡] 木村 朝子[‡] 柴田 史久[‡]

立命館大学大学院 情報理工学研究科[†] 立命館大学 情報理工学部[‡]

1 はじめに

ヒューマン・コンピュータ・インタラクションにおいて、ユーザによるコンピュータへの入力是不可欠であり、これまでに数多くの入力手法が開発されてきた。入力手法としてマウスとキーボード等や指を用いたジェスチャが一般的に用いられている。しかし、ユーザの両手が別のタスクに占有されている場合や、ユーザが手に障害を持っている場合には、利用が困難である。

そこで、高い自由度を持ち、精密に動かすことができる部位である舌を入力として用いることが考えられており、マウスピース型 [1][2] のデバイスを使用した舌位置推定の手法が提案されている。しかし、口腔内に取り付ける必要がある侵襲型の計測デバイスは、ユーザによっては不快感を感じる懸念がある。口腔内にデバイスを装着しない非侵襲な手法として、ドップラー波を用いた頬と顎の運動の計測に基づく舌のジェスチャ認識手法 [3] や、顎下部の筋電位の計測による舌の運動の認識手法 [4] が提案されている。

本研究では、非侵襲に顎下部の皮膚変形を計測し、機械学習を用いてユーザの舌位置を認識する手法を提案する。また、ユーザ実験から本手法による舌位置の認識精度を評価した。

2 提案システム

本研究では、反射型光センサを用いて顎下部の皮膚変形を計測する装置(図1)と、機械学習によって光センサの値から舌位置を推定するシステムを開発した。顎下部皮膚変形計測装置はマイクロコンピュータ (Arduino Nano Every), Pulse Width Modulation サーボドライバ (PCA9685, NXP), 8 個のフォトリフレクタ (SG-105, Kodenshi), 6

個のサーボモータ (MG92B, Tower Pro) から構成される。3 個のサーボモータを用いて作成した小型ロボットアームを 2 本作成し、ヘッドバンド (9960USB 9980 シリーズ用ヘッドバンド, TOAN) の左右にそれぞれ取り付けた。各ロボットアームの先端には、顎下部の皮膚変形を計測するためのフォトリフレクタを 4 個取り付けた。マイクロコンピュータはフォトリフレクタの値の取得・コンピュータへの値の送信と、コンピュータからのサーボモータの回転命令の受信・サーボモータの角度の制御を行った。マイクロコンピュータから取得したフォトリフレクタの値と舌位置を対応付けて、サポートベクターマシン (SVM) を用いて機械学習することで、舌位置を認識した。

3 評価実験

本実験では、我々の手法による舌位置 7 か所 (アイドル状態, 左, 右, 上, 下, 前, 後) の認識精度を評価した。各舌位置の計測をそれぞれ 8 回行いデータセットを収集した。アイドル状態は、何もしていない自然な状態のことを示す。本実験では 22 歳から 26 歳 (平均: 23.4 歳, 標準偏差: 1.1 歳) の男性 11 名が参加した。

3.1 データセット収集

参加者が椅子に着座した状態で顎下部皮膚変形計測装置を装着し、実験者が顎下部の皮膚変形が



図1 顎下部皮膚変形計測装置

Development of tongue position recognition method by measuring skin deformation under mandibular area

[†] Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

[‡] College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

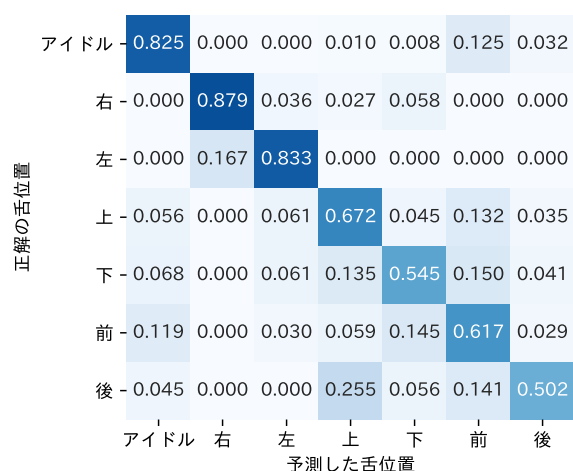


図2 舌位置認識結果の混合行列

計測できる位置にロボットアームの位置の調整を行った。まず、実験者が参加者に舌位置7か所について説明した。そして、実験者が参加者に舌の位置を指示し、データ収集を開始した。指示した舌位置の順番はアイドル状態、右、左、上、下、前、後の順であった。参加者は指示した位置に舌を動かし、その位置で一定時間維持させた。実験者がキーボードを使用して舌の位置に対応したラベルを入力し、データセットを収集した。7か所の計測を1回としてこの試行を合計8回行った。各舌位置の1回の計測では50サンプルのデータを収集した。そのため、合計で50サンプル×7舌位置×8回=2800サンプルのデータを各実験参加者で収集した。データセットの前半5回(1750サンプル)を訓練データ、後半3回(1050サンプル)をテストデータとして認識精度を計算した。データの収集中は、参加者の舌動作は口を閉じた状態でいった。

3.2 結果・考察

全体での識別率は69.6%となった。図2に認識結果の混合行列を示す。本手法はアイドル状態・左・右の舌位置においてそれぞれ82.5%, 87.9%, 83.3%と高い認識精度を達成した。一方で、上・下・前・後の舌位置では認識精度が50.2%から67.2%程度の認識精度となった。

図2から、後の舌位置を上の舌位置と誤認識しやすい傾向と前の舌位置を下の舌位置と誤認識しやすい傾向が見られた。このことから、後方向と上方向に舌を動かしたときに起こる顎下部の皮膚変形は類似しており、また、前方向と下方向に舌を動かしたときに発生する顎下部の皮膚変形も類似している可能性が示唆された。

4 まとめ

本研究では、反射型光センサを用いた顎下部の皮膚変形の計測に基づく舌位置の認識手法を提案した。我々は先端に反射型光センサを4個組み込んだ小型のロボットアームを2本作製し、頭部の左右に取り付けることで左右の顎下部の皮膚変形を計測する装置を開発した。また、SVMを用いて反射型光センサの値から舌位置を認識した。本手法による、動作を伴わないアイドル状態と上・下・前・後・左・右の7か所の舌位置を認識制度を評価するユーザ実験を行った。実験結果から、アイドル状態・左・右の舌位置は高い認識精度(>80.0%)を達成したが、上と後や、下と前の舌位置を誤認識しやすい傾向が見られた。

今後の展望としては舌位置の推定の認識精度の向上が挙げられる。本研究のユーザ実験から得られた結果を基に、舌位置の変形に伴う皮膚変形をより効果的に計測できるフォトリフレクタの配置について検討する。また、本実験では手動で行った計測位置の調整の自動化手法についても検討する。

謝辞 本研究は、JSPS 科学研究費(24K20823)の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] T. Hashimoto, et al. Tongueinput: Input method by tongue gestures using optical sensors embedded in mouthpiece. In *2018 57th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*, pp. 1219–1224, 2018.
- [2] R. Li, et al. Tongueboard: An oral interface for subtle input. In *Proceedings of the 10th Augmented Human International Conference 2019, AH2019*, 9 pages, 2019.
- [3] M. Goel, et al. Tongue-in-cheek: Using wireless signals to enable non-intrusive and flexible facial gestures detection. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*, pp. 255 – 258, 2015.
- [4] Q. Zhang, et al. Non-intrusive tongue machine interface. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14*, pp. 2555 – 2558, 2014.