

鼻あてに圧力センサを搭載した眼鏡型デバイスを用いた耳びく入力習得の検証

大塚 晟* 高田 峻介† 尾山 匡浩†

概要. 耳びく入力とは、随意的に耳を後方へと引く動作を利用したハンズフリー入力手法である。耳びくを視線インタフェースの決定操作に活用することでマウス操作を代替できる。しかし、耳びくできない人が利用するためには新たに動きを習得する必要がある。本研究では圧力センサを用いる提案手法において耳びくを習得可能か検証した。検証では3名を対象に5日間の習得プログラムを通して、提案手法を用いた耳びく入力の習得を試み、プログラム前後での耳の移動量の変化を計測した。結果、耳びくを習得した者はいなかったが、2名は耳が上方向に動くことがあり、1名は圧力センサ値の上昇が見られた。

1 はじめに

眼鏡型のウェアラブルデバイスではハンドジェスチャや音声入力、視線入力などハンズフリー入力手法が用いられる。ハンドジェスチャは手が塞がっている状態では使えず、音声入力は騒音に弱い、視線入力は目の疲労や誤認識といった問題がある。著者らが提案している耳を随意的に後方に引く動作(耳びく)を用いた入力手法はハンズフリーかつ周辺環境の影響を受けにくい。しかし、耳びく可能な人は1-2割程度 [1] [3] [5] [7] と限られているため、多くの人は操作のために耳びくを新たに習得しなければならない。過去に耳びく習得を検証した研究 [2] [6] [10] は存在するが、それらは筋電計測に基づく手法であり、耳周囲の筋肉の微細な動きを計測している。一方、本研究で提案する圧力センサを用いた手法では、そのような微細な動きを計測することは困難である。そこで、本研究では著者らが開発している眼鏡の鼻あてに搭載した圧力センサを用いた手法 [8] [9] でも同様に耳びくを習得可能か検証する。

2 実験

計測機器として、これまでの手法 [8] [9] と同様に伊達眼鏡の鼻あてに圧力センサ (FSR400)、シリコン製のパッドを重ねて貼り付けたデバイスを作製した(図1)。また、圧力センサ値は分圧回路を用いて計測した。分圧抵抗を7.5kΩとし、分圧抵抗の両端電圧を計測した。なお、耳びくした場合は7.5kΩ抵抗の電圧が増加する。

実験協力者は正面にモニタが見える位置で、座位をとり、頭部固定用の顎台に顎を乗せた(図2)。ユーザ実験は研究室の耳びくできない学生3名(P1-P3, 平均:20.0歳, SD:0.67, 男性2名, 女性1名)で行った。P2のみ5日目に体調不良となったため、



図 1. 眼鏡型デバイスと圧力センサ搭載位置

2日間空けて5日目の実験を行った。

2.1 実験手順

各実験協力者は初日に耳びくの概要と実験目的を説明され、事前アンケートに回答した。概要説明では耳びくできる実験者の耳後部に触れ、耳びく時の筋肉の隆起を確認した。各日の最初には耳びくの仕方を説明された。説明の中で耳びくを行うイメージを掴んでもらうため、眉毛を大きく上げて頭皮を後方へと引く感覚に近い動きだと説明された。その後、デバイスを装着し習得セッションを行った。

習得セッションでは実験協力者は実験ソフトウェアの画面(図3)に赤い丸が表示されたタイミングでなるべく耳びくを行うように努めた。赤い丸は10秒間隔で10秒間表示され、10回繰り返される。これを1セットとして、1日に5セット行った。先行研究 [6] にて最も有効的であったバイオフィードバック+遠心性の教示条件に倣い、セットが始まる前には「後耳介筋に力を入れるための努力の仕方や努力感にできるだけ注意を集中して下さい」と遠心性の教示を与えた。また、圧力センサ値の上昇量に応じて、画面上の波形が動的に変化し、スピーカから出力される音量が増減するバイオフィードバックを受けた。セット後には耳びくするためにどういう努力をしたか、努力した感じはどうだったかを尋ねられ、1分間の休憩を取った。

習得セッションを5日間連続で行い、各日の最初と最後に耳びくの移動量を目視および定規で計測し

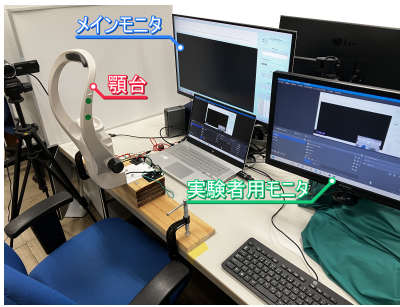


図 2. 実験環境

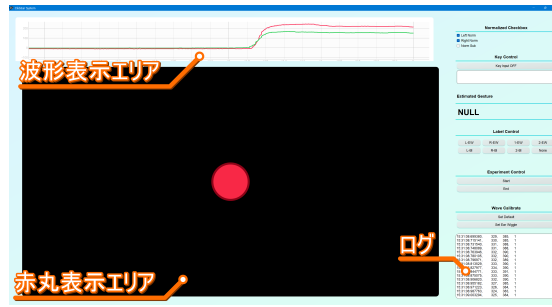


図 3. 習得セッション中の画面

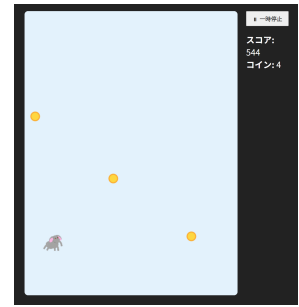


図 4. タスク B の画面

た。各日の終わりにには実験者から力を意識すべき箇所や眉毛を上げずに頭皮を動かすようにするなどアドバイスを受けた。記録のため左右の耳、正面の映像、実行中のアプリケーションの映像を撮影した。

5日目の習得セッション後に実践セッションとして2つのタスクを行った。1つ目は図3に赤い丸が表示された瞬間に耳びくをするタスク A である。5回を1セットとし、1分の休息を挟んで2セット行った。2つ目は耳びくによってキャラクタが上昇し、耳びくをしないと下降するゲームを用いたタスク B である(図4)。終了後、事後アンケート、NASA-RTLX[4]を記入してもらった。

2.2 結果と考察

5日間の習得セッションを通して耳びくを習得したものはいなかった。しかし習得セッションの最中で、P1は最大3mm、P2は最大4mm耳が上方向に動いていた。これは実験前の説明で眉毛を大きく上げて頭皮を後方へと引く感覚に近い動きだと説明したことによって、実験協力者がその動きを行い、耳が引っ張られたためと考えられる。なお、耳の動きによって眼鏡が少し持ち上がり、圧力センサ値が減少した。

P2は習得セッション後の確認時には動かさなかったが、習得セッションの各日50回の試行のうち2日目は4回、3日目は1回、4日目は1回耳が後方へと動いた。しかし随意的に動かせておらず、いずれも瞬時的に起こり、維持できていないことから、耳びく習得できたとは言えない。

P3は目視で耳の移動は見られなかったが、各日50回の試行のうち1日目は36回、2日目は9回、3日目は15回、4日目は39回、5日目は27回圧力センサ値が上昇した。この時センサ値は平均69mV、最大195mVの上昇が見られた。センサ値が上昇したときには耳が眼鏡のフレームに当たる面積が増えたと述べた。また、耳介の後ろに指をあてた際には少し筋肉が盛り上がる感覚があると述べた。このことから耳びくは習得できなかったが、耳周囲の筋肉の収縮を行ったと考えられる。

各セット後で努力の仕方や努力感を尋ねたところ、P1、P2は額、眉、耳の周辺に力が入ったと述べて

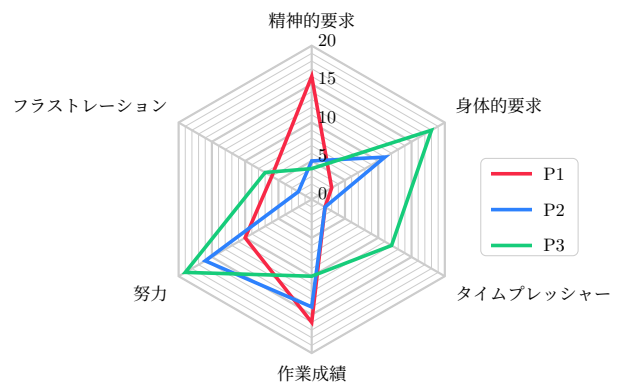


図 5. NASA-RTLX の結果: 高いほど高負荷

いたのに対して、P3は首、後頭部、側頭部、耳の周辺に力が入っていたと述べた。実際にP3の首に力が入っていることが目視できた。首や頭の後ろ側に力を入れることが耳に力を入れることに繋がり、P3がP1、P2とは異なって圧力センサ値の上昇が見られたと考えられる。

タスク A、タスク B は行ったが、全参加者うまく操作ができなかった。

NASA-RTLXの結果を、図5示す。身体的要求、作業成績、努力が高い傾向にあった。身体的要求が高いのは耳周囲、頭頂部、後頭部、側頭部、首に疲労感を感じたことが影響したと考えられる。実験協力者らは疲れの感覚を筋肉を使ったような疲れ、普段使用していない筋肉を使った疲れ、筋肉痛に近いと述べた。作業成績が高いのはまだ習得しておらず、耳びくができた感覚があまりないため、努力が高いのは日頃使わない筋肉を意識的に動かそうとしているためと考えられる。

3 まとめ

耳びくを習得できなかったが、1名は圧力センサ値の上昇が見られた。これが後耳介筋によるか確認するため、筋電計測を併用して検証する。また、眉毛を大きく上げることによって、センサ値が減少することが分かった。今後耳びくの仕方を初心者に説明するときの文言を工夫する必要がある。また、暫定的に5日間で行ったが、筋肉の操作を獲得するにはどれぐらいの期間が必要か検討する。

参考文献

- [1] J. Bair. Development of Voluntary Control. *Psychological Review*, 8:474–510, 1901.
- [2] S. Chanthaphun, S. L. Heck, C. J. Winstein, and L. Baker. Development of a Training Paradigm for Voluntary Control of the Peri-Auricular Muscles: A Feasibility Study. *Journal of Neuro-Engineering and Rehabilitation*, 16(1):75, June 2019.
- [3] C. Code. Asymmetries in Ear Movements and Eyebrow Raising in Men and Women and Right- and Left-Handers. *Perceptual and Motor Skills*, 80(3_suppl):1147–1154, 1995. PMID: 7478871.
- [4] S. Hart. Nasa-Task Load Index (Nasa-TLX); 20 Years Later. Vol. 50, 10 2006.
- [5] M. Hernández. La movilidad del pabellón auditivo. *Trabajos de Anropología*, 18:199–203, 01 1980.
- [6] 古賀 精治. 新奇な筋活動の制御の獲得における気づきと筋電図バイオフィードバック. 心理学研究, 62(5):308–315, 1991.
- [7] L. Linder. The Ability to Move the Ears. *Hereditas*, 35(S1):620–621, 1949.
- [8] 大塚 晟, 高田 峻介. 眼鏡の鼻あてに搭載した圧力センサを用いた耳びく入力と身体活動検出手法. WISS 2024 論文集, 2024.
- [9] 大塚 晟, 高田 峻介. 眼鏡の鼻あてに搭載した圧力センサを用いた耳びく入力と身体活動検出手法. コンピュータソフトウェア, (In Press).
- [10] A. Tadayoshi, S. Hiroshi, S. I. Rubens, and H. Yasuhisa. Operational Learning with Sensory Feedback for Controlling a Robotic Thumb Using the Posterior Auricular Muscle. *Advanced Robotics*, 33(5):243–253, 2019.