

若年者と高齢者の遅延聴覚フィードバックの身体運動への影響の比較

Comparison of effect of delayed auditory feedback on physical exercise in young and old people

山下 一樹[†] 安田 和生[†] 丹治 寛樹[†] 村上 隆啓[†]Kazuki YAMASHITA[†] Kazuki YASUDA[†] Hiroki TANJI[†] Takahiro MURAKAMI[†][†] 明治大学大学院理工学研究科電気工学専攻[†] Electrical Engineering Program, Graduate School of Science and Technology, Meiji University

1. はじめに

自己の発声などが遅れて聴覚へフィードバックされることを遅延聴覚フィードバックという[1]. 一般に聴覚フィードバックの遅延時間が10msを超えると違和感を持つとされているが, 加齢に伴いこの遅延時間の許容範囲は拡大する可能性がある[2]. 先行研究[3]では, 聴覚フィードバックによる違和感を客観的に評価するために, 遅延聴覚フィードバックの身体運動への影響をボタン押し課題で調査した. この課題は, 遅延聴覚フィードバックの下で, 一定間隔でボタンを押下するものである. 聴覚フィードバックが身体運動に影響を与える場合, ボタン押下の時間間隔にばらつきが生じると考えられる. しかし, 調査システムの問題により, 遅延聴覚フィードバックの影響を十分に観察することができなかった. 本稿では, 先行研究[3]の調査システムを改良し, 若年者と高齢者を対象に遅延時間の許容量の差を分析する.

2. 調査方法

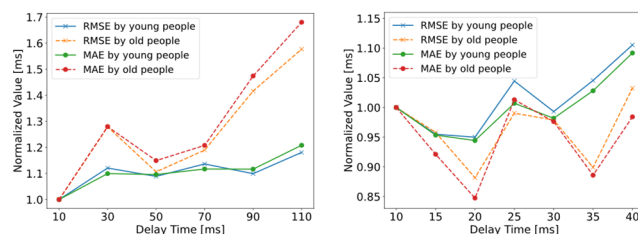
聴覚フィードバックの遅延時間を多様に設定し, 一定間隔でのボタン押下時の時間間隔のばらつきを調査した. 改良したシステムでは, ボタンの押下回数が4の倍数に達するごとに遅延を発生させた. 遅延時間は被験者には非公開として, 発生させる遅延時間の順番はランダムとした. 設定した遅延時間は, 実験 A では20ms 間隔で10-110ms, 実験 B では5ms 間隔で10-40ms とした. 実験 A の被験者は若年者(21-25 歳)38 名と高齢者(60-82 歳)28 名, 実験 B の被験者は若年者(20-25 歳)34 名と高齢者(60-64 歳)10 名である. ボタン押下の間隔は毎分80回, ボタン押下回数は34回とした. 得られた結果は, 遅延時間に応じて各被験者の観測値の四分位範囲(IQR)と第一・第三四分位数を算出し, 外れ値を除外するために第一四分位数 $-1.5 \times \text{IQR}$ 以下と第三四分位数 $+1.5 \times \text{IQR}$ 以上の値を排除して分析した. 式(3), 式(4)に示すようにボタン押下時間間隔のばらつきは, ボタンの押下回数が4の倍数に達する直前の押下間隔と4の倍数に達した直後の押下間隔の平均二乗誤差の平方根(RMSE)および誤差の絶対値の平均(MAE)を算出し, これらを被験者数で平均することで評価した.

$$f(n) = \left\lfloor \frac{n-5}{4} \right\rfloor + 1 \quad (1) \quad s(n) = \left\lfloor \frac{n-6}{3} \right\rfloor \quad (2)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{f(n)} \sum_{i=0}^{s(n)} (d_{3+4i} - d_{4+4i})^2} \quad (3)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{f(n)} \sum_{i=0}^{s(n)} |d_{3+4i} - d_{4+4i}| \quad (4)$$

ここで, n はボタン押下回数, $d_i[\text{ms}]$ は i 番目のボタンの押



(a) 実験 A (b) 実験 B

図1 遅延時間と RMSE および MAE の関係

下時間間隔のデータである.

3. 調査結果

図1(a)に実験 A の10ms 時の評価値を基準に正規化した結果を, 図1(b)に実験 B の10ms 時の評価値を基準に正規化した場合の結果を示す.

図1(a)より, 高齢者の評価値は70ms まで比較的緩やかに増加する一方で, それを超えた点からは傾きが大きくなっていることが確認された. 一方で, 若年者の評価値の傾きは10-110ms にわたって比較的一定であり, 若年者は一貫して遅延を感じやすいと解釈することができる. 図1(b)では高齢者において遅延と評価値の関係が明確ではない一方で, 若年者は10-40ms の間で評価値が緩やかに増加しており, 遅延に対する高齢者の高い許容度を示唆している.

4. まとめと今後の課題

高齢者が若年者と比べて遅延に対する許容度が高いという仮説は, 本稿の結果を根拠として部分的に支持される可能性があるが, 更なる検証が必要である. 今後は, 高齢者の被験者数を増やし, より詳細な分析を行い, 若年者と高齢者の遅延時間の許容量の差を明らかにする.

5. 参考文献

- [1]河原英紀, 聴覚フィードバックの発話への影響:ヒトは自分の話声を聞いているのか?, 日本音響学会誌, 59 巻, 11 号, pp.670-675, Nov.2003
- [2]香山実結花, 山下一樹, 丹治寛樹, 村上隆啓, 若年者と高齢者の聴覚フィードバックにおける遅延時間の許容量の統計的分析による比較, 2022 年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会, pp.113, Mar.2023
- [3]重松颯人, 丹治寛樹, 村上隆啓, 松本直樹, 遅延聴覚フィードバックが身体運動に与える影響の客観的な評価方法の検討, 日本音響学会聴覚研究会資料, pp.499-504, Nov.2019