

音階認知と生体反応測定 of 認知機能低下抑制への応用

—音階認知の定量評価システム開発と 40Hz 音刺激効果分析への応用—

Application of musical scale recognition and biological reaction measurement to suppress cognitive function deterioration

-Development of a quantitative evaluation system for musical scale recognition and its application to analyze the effects of 40Hz sound stimulation-

森 省太^{*1}, 三室 惺真^{*1}, 高尾 絆斗^{*1}, 佐藤 徹哉^{*1}

Shota MORI^{*1}, Shoma MIMURO^{*1}, Hanto TAKAO^{*1}, Tetsuya SATO^{*1}

^{*1}神戸市立工業高等専門学校 電気工学科

^{*1}Department of Electrical Engineering, Kobe City College of Technology

Email: tesato@kobe-kosen.ac.jp

あらまし：認知力の評価負荷軽減と、定量評価によるトレーニング効果改善を目標に、被験者への提示情報・回答情報として定量化しやすい音刺激として、特定の音階を提示し、回答音階を選択するのに要した時間、正解と回答との音階差、脳波情報を記録・分析できるシステムを開発した。開発したシステムを用いて、認知力の改善効果が期待されている 40Hz 音刺激の音階認知に与える影響について、その効果を定量的に評価できることを示した。

キーワード：認知症、生体情報、聴覚、音階認知、音刺激

1. はじめに

近年、日本は約3人に1人が高齢者となる超高齢化社会を迎えており、高齢化に伴い認知症患者の増加が深刻な社会問題となっている。現行の認知症診断方法には、医師による問診や身体検査、認知機能テストを含む「神経心理学検査」、さらには CT や MRI を用いた脳画像検査がある。しかし、これらの診断方法には、時間を要することや診断結果の定量化が困難であるといった課題がある。

また、認知症の医学的介入が可能な危険因子として「難聴」が挙げられ、その影響は全体の8%と他の因子に比べて最も大きな割合を占めている⁽¹⁾。しかし、難聴と認知症の関係は統計的に示唆されているものの、その詳細なメカニズムは未解明のままである。

このような背景を踏まえ、私たちは脳と聴覚の関係性に注目し、「音階認知」という観点から無意識の生体反応を解析することで認知機能を評価するシステムについて提案する。

2. 先行研究

先行研究では、40Hzの光・音刺激で、アルツハイマー病の指標であるアミロイドβタンパク質の低減、認知機能の改善といった研究結果がマウスを用いた実験で報告されている⁽²⁾。

しかし、関連研究ではアミロイドβタンパク質の低減について調べる必要があり、それには、MRIによる画像診断検査が必要であり時間を要してしまう。

本研究では、アプリを用いて被験者の脳波とテストの結果より認知機能を推定し、簡易的に認知機能を評価することを目標に開発した。

3. システム概要

本システムは、NeuroSky社のMindwave Mobile2を使用して無意識生体情報として脳波を取得した。脳波の取得は、音階認知力測定テストと同時にを行った。

音階認知力測定テストの流れは以下の通りである。図1に音階認知力測定テストのアプリ実施時の画面を示す。

- ① 音符マークを押すと下のキーボードの13音の中からランダムで問題音が再生される。問題音の再生は一度きりであり、一度再生すると音符マークの上にバツが表示され、回答を終えるまで聞き直すことはできない。
- ② 被験者は下のキーボードの中から問題音と同じ音だと思ふ音を選択する。選択は何回でも可能である。
- ③ 決定ボタンを押すと最後に押した音で回答を完了する。
- ④ 正誤判定が行われ、スコアが表示される。
- ⑤ ①～④までを10回繰り返すと1音域のテストが終了する。

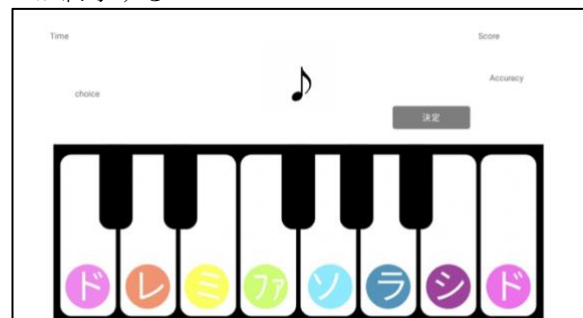


図1 アプリ実施時の画面

4. 実験

4.1 実験概要

先行研究から40Hzの音刺激を与えた時と、与えない時とで結果にどのような差が出るかを明らかにするため、刺激の有無で実験を実施した。

被験者として、20代の男性3名、60代の男性3名の計6名で、本実験を実施した。

テストは表1に示した3音域で実施し、各音域10問ずつ（計30問）で実施した。

問題音の周波数は、音楽理論の常音階に従いラの音(A4)の440Hzを基準として公比 $^{12}\sqrt{2}$ の等比数列的に変化させた音の中からランダムに出題した。

表1 音域の定義

音域	音階名	周波数[Hz]
低音域	C2-C3	65.406-130.813
中音域	C3-C4	130.813-261.626
高音域	C4-C5	261.626-523.251

さらに、本テストの前に5分間の40Hz音刺激を与えた場合についても同様のテストを行なった。

4.2 実験結果

図2に年代別各音域での正答率の差を示した。

また、図3には60代男性被験者の40Hz音刺激の有無によるattention平均値の差を一例として示した。

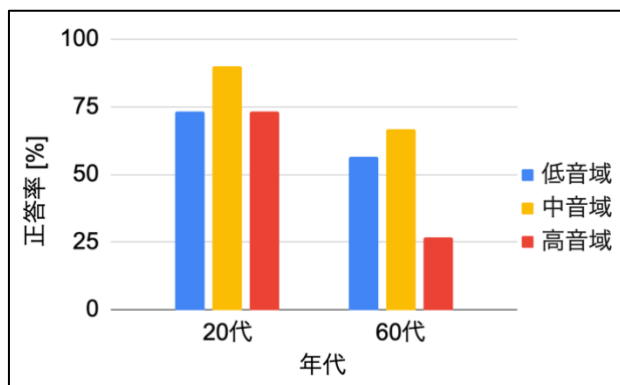


図2 年代別各音域での正答率の差

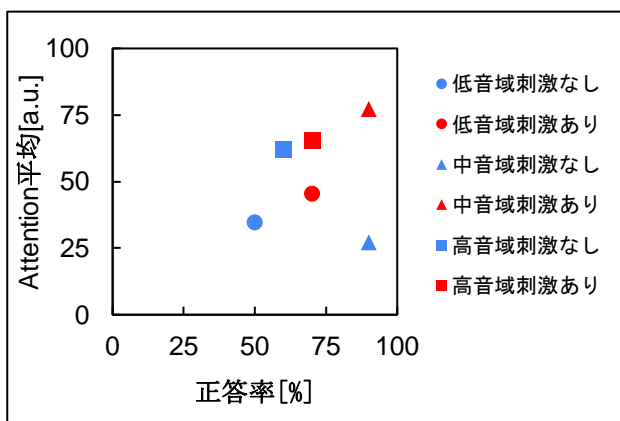


図3 40Hz音刺激によるattention平均の推移

4.3 考察

図2の年代別正答率では、20代に比べて、60代の正答率が全体的に低く、特に高音域は20代に比べ正答率が最も低下している音域で、高齢化により高周波数帯が聞き取りづらくなっていることがわかる。

図3より、40Hz音刺激を受けた場合の方が、刺激なしの場合に比べて、正答率およびattention平均値が上昇したことがわかる。これは他の被験者についても同様の傾向が見られた。

以上のことから、40Hzの音刺激の提示によって、被験者のattention、つまり集中度が増加する傾向にあるといえる。

また、被験者のテスト1問に対する回答時間の平均を40Hz音刺激の有無で比較したところ、40Hz音刺激を受けた場合の方がその回答時間が短縮した。これは、全被験者の3音域全てにおいて同様の結果が見られた。

以上のことから、被験者の音階認知力が音刺激により向上したといえる。

5. まとめ

音階認知力測定として周波数の認知テストに取り組んでいる間の無意識生体情報の測定が可能なアプリケーションを開発した。このアプリケーションでは脳波の測定とテストが同一アプリケーションで処理することができるため、被験者の行動と無意識生体情報を同時に測定可能であるという利点がある。

また、実験を通して、40Hzの音刺激により音階認知力が向上することが分かった。この実験は音楽経験がなく絶対音感を持たない被験者のみを対象にした。

今後は、認知症患者の被験者を増やして記憶能力の指標となるガンマ波を中心に健常者との比較を行い、本アプリを通して認知機能低下の早期発見を目標としている。

参考文献

- (1) Livingston G, et al. "Dementia prevention, intervention, and care", the lancet commissions, Vol.396, No.10248, pp413-46 (2020)
- (2) AJ Martorell, et al. "Multi-sensory gamma stimulation ameliorates Alzheimer's-associated pathology and improves cognition.", Cell, 177(2), pp.256-71 (2019)
- (3) 小川 祐亮, 鄭 彰己, 下濱 快, 西野 ひなた, 佐藤 徹哉: "空間・周波数・数量的聴覚認知トレーニングにおける無意識生体情報の測定プラットフォーム開発", 電子情報通信学会総合大会情報・システムサイエティ特別企画ジュニア&学生スターセッション予稿集, pp.134 (2024)
- (4) 鄭 彰己, 小川 祐亮, 西野 ひなた, 下濱 快, 佐藤 徹哉: "空間・周波数・数量的聴覚認知トレーニングにおける無意識生体情報による取り組み評価に関する研究", 電子情報通信学会総合大会予稿集, pp.D-15-26 (2024)