

運動誘発電位を用いた非言語による 認知機能障害の簡易検出に有効な測定時間

片瀬 瑛仁[†] 加藤 昇平[†] 佐久間 拓人[†] 村上 丈伸[‡]名古屋工業大学 工学部[†] 鳥取大学 医学部[‡]

1. はじめに

近年、認知症患者数は増加傾向にあり、今後とも増加していくと予測されている[1]. そのため、医療現場では軽度認知障害 (Mild Cognitive Impairment: MCI) およびアルツハイマー型認知症 (Alzheimer's Disease: AD) をはじめとする認知機能障害 (Cognitive Impairment: CI) の早期発見が望まれている. 花井ら[2]は、認知症の早期発見を目指し発話音声による認知症スクリーニングシステムを提案し、AD・前頭側頭葉変性症・健常者の三群分類で正解率0.81, F値0.74を記録した. また、梅澤ら[3]は、方言を考慮した認知症スクリーニングシステムを提案し、改訂長谷川式簡易知能評価を判別基準とした認知症傾向あり・なしの二群判別で、感度・特異度ともに0.83を記録した. しかし、杉下[4]は、発話音声を利用する認知症検査では、検査結果に対して母国語間の等価性が保証されていない問題を指摘している.

この問題を解決するため発話音声を利用しない手法として、経頭蓋磁気刺激法 (Transcranial Magnetic Stimulation: TMS) を用いた運動誘発電位 (Motor Evoked Potential: MEP) によるCI検出の機械学習モデルを提案し、検出に必要な経過時間について検証する.

2. 実験参加者と測定方法

福島県立医科大学附属病院で記憶障害を訴えた右利き患者30名のうち、病状が認知症以外の疾病に起因せず、研究利用の同意が得られた健常者 (Nothing Particular: NP) 8名およびAD・MCI患者 (CI) 18名を実験対象とした. 表1に実験参加者の属性を示す. Mini Mental State Examination (MMSE) は27点以下を「MCI疑い」、23点以下が「認知症疑い」である. Japanese Version of Montreal Cognitive Assessment (MoCA-J) は25点以下が「MCI疑い」である.

Effective Measurement Time for Simplified Detection of Nonverbal Cognitive Impairment Using Motor Evoked Potential

Akito KATASE[†], Shohei KATO[†], Takuto SAKUMA[†], Taknobu MURAKAMI[‡]

[†]Dept. of Engineering, Nagoya Institute of Technology

[‡]Faculty of Medicine, Tottori University

表1 実験参加者の属性

	CI	NP
男性 (人)	8	2
女性 (人)	10	6
年齢 (歳)	70.7±8.6	70.9±12.1
MMSE (点)	25.9±2.8	29.0±1.8
MoCA-J (点)	21.6±4.3	26.9±2.6

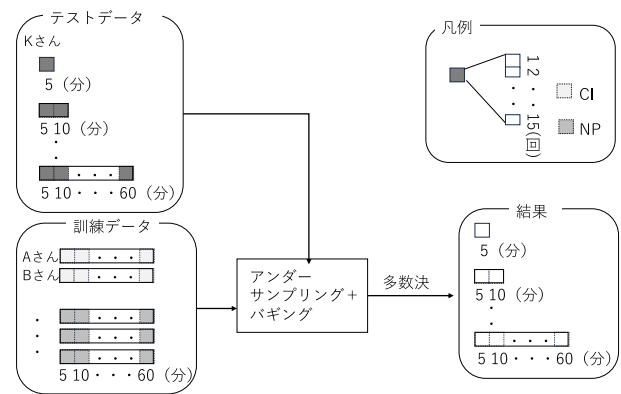


図1 提案モデルの概要図

実験では、実験参加者は快適なリクライニングチェアに座り、TMSの一種である、5msごとに4発連続するパルス刺激を与えることにより運動野のシナプス可塑性変化を誘導して興奮性を高める刺激法 (Quadripulse Stimulation 5ms: QPS5) を用いた. 利き手の運動を司っている左一次運動野にQPS5を行い、右手の第一中手骨と第二中手骨の間にある右第一背側骨間筋より、MEPの振幅を記録した. $MEP_{i,j}$ ($i: 1, 2, \dots, 15$ 回, $j: QPS$ 呈示前3セッションとQPS呈示後5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60分の各セッション) で表される1人あたり計180サンプルのMEPの振幅を記録した.

3. 測定時間を考慮した判別手法

計測したMEPの振幅からQPS呈示後のデータに対し、分散や変化率などの計6種の特徴量を抽出した. 図1に提案モデルを示す. 本データセットでは、NP群に対してCI群のデータ数の方が多く、不均衡である. そのため、弱学習器にサポートベクターマシンを用いたアンダーバギングにより、データの不均衡を考慮し学習した. さらに、

実験参加者ごとにQPS呈示後の各サンプルに対するモデルの予測を用いて多数決投票を実施し、CIとNPを判別した。また、判別性能の評価時にはLeave-One-Person-Out Cross-Validationにより、同一被験者のサンプルがテストデータに入らないようにデータを分割した。また、訓練データにはQPS呈示後60分までの計測値を利用したが、テストデータにはそれぞれの経過時間までの計測値のみ利用することにより、経過時間ごとの判別性能を評価した。

4. 結果と考察

表2にQPS呈示後60分時の判別結果を示す。QPS呈示後60分時の各実験参加者の判別では、NP 群はF1スコアが0.71に対し、CI群はF1スコアが0.89であった。現在CIの早期検出のために医療現場で用いられている、発話音声を利用する主要な認知症簡易検査手法の一つであるMMSEの判別性能は、本データセットにおいて正解率0.65、F1スコア0.64である。また、MoCA-Jの判別性能は、本データセットにおいて正解率0.88、F1スコア0.85である。提案モデルの判別性能は、正解率0.85、F1スコア0.80 であり、既存手法と比較して同等の判別精度を得た。

表3にQPS呈示後5分時の判別結果を示す。QPS呈示後5分時の各実験参加者の判別では、NP 群はF1スコアが0.36に対し、CI群はF1スコアが0.83であった。経過時間を大幅に短くした場合、NP群ではチャンスレートを超える結果を得られなかったため、QPS呈示後5分の経過時間では不十分だと考えた。

そこで、図2にQPS呈示後の経過時間ごとのF1スコアを示す。QPS呈示後20分までのデータでは、QPS呈示後60分までのデータと比較し、F1スコアは変化しない。しかし、QPS呈示後15分までのデータではF1スコアが低下しているため、有効な経過時間は20分であると考えられる。

5. おわりに

本稿では、発話音声を利用しない手法として、TMSを用いたMEPによるCI簡易検出の機械学習モデルの提案と有効な経過時間を検討した。その結果、本モデルによりCIが簡易に検出され、有効な経過時間は本データセットではQPS呈示後20分であることが示唆された。今後は深層学習を導入し、モデルの改良をすることで、判別性能の向上を目指す。

謝辞

本研究の実施にあたり、データ採取に協力いただいた方々に感謝いたします。本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金(課題番号JP19H01137)、ならびに、国立研究開発法人情報

表2 QPS呈示後60分時の判別結果

	CI	NP
適合率	0.85	0.83
再現率	0.94	0.62
F1スコア	0.89	0.71
正解率	0.85	

表3 QPS呈示後5分時の判別結果

	CI	NP
適合率	0.74	0.67
再現率	0.94	0.25
F1スコア	0.83	0.36
正解率	0.73	

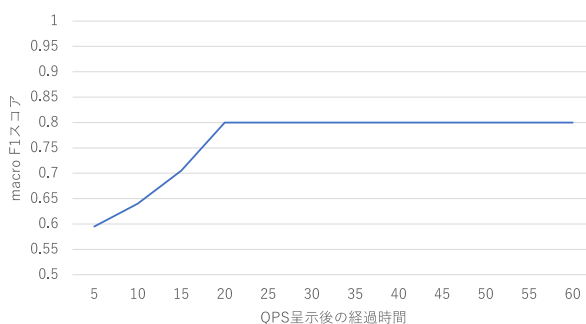


図2 QPS呈示後の経過時間ごとのF1スコア

通信研究機構委託研究の助成により行われた。
参考文献

- [1] 二宮利治, 清原裕, 小原知之, 米本孝二: “日本における認知症の高齢者人口の将来推計に関する研究”, 厚生労働科学研究費補助金分担報告書, 2014.
- [2] 花井俊哉, 加藤昇平, 坂口巧一, 佐久間拓人, 大嶽れい子, 榎田道人, 渡辺宏久: “認知課題遂行時の発話特徴を用いた認知症希少疾患の簡易検出”, 電子情報通信学会論文誌 D, vol.104, no.4, pp.198-206, 2021.
- [3] 梅澤舞菜, 入部百合絵, 北岡教英: “方言を考慮した音声言語情報に基づく高齢者認知症傾向の検出”, 第81回全国大会講演論文集, pp.463-464, 2009.
- [4] 杉下守弘: “認知症に関する神経心理学テスト(認知症テスト)の現状”, 認知神経科学, vol.10, no.3-4, 2008.