

2025 年 4 月 3 日

国立研究開発法人 国立長寿医療研究センター
マクセル株式会社

指タッピング運動を計測したデータから軽度認知障害^{*1}者を高い精度で分類することに成功

AI 技術を適用し、認知症リスクの早期発見・早期治療支援の実現をめざす

国立研究開発法人国立長寿医療研究センター(理事長:荒井秀典/以下、国立長寿医療研究センター)とマクセル株式会社(取締役社長:中村啓次/以下、マクセル)は、株式会社日立製作所(以下、日立)とともに、各機関で研究資金を出資した共同研究において、磁気センサを用いて手指の巧緻運動(指タッピング運動^{*2})を定量化する技術にAI技術を用いることにより、高い精度で健常高齢者と軽度認知障害(Mild Cognitive Impairment/以下、MCI)^{*1}者を分類することに成功しました。

近年、日本をはじめその他の国々では高齢化が進み、認知症者数は年々増加しています。

MCI は、認知症と診断される一歩手前の状態であり、放置すると認知症に進行することが多いですが、適切な予防をすることで健常な状態に戻る可能性があります。MCI から正常な状態に回復する人の割合は1年で16~41%、MCIから認知症に進行する人の割合は1年で5~15%とされています。(日本神経学会「認知症疾患診療ガイドライン 2017」)

認知症のリスクを早期に発見することは、認知症の進行を遅らせ、認知症者数を減らすために、とても重要です。現在、認知症に関する脳画像検査、脳脊髄液・血液バイオマーカーの研究・開発が進んでいますが、被験者への経済的、身体的負担、検査や解析に要する時間などの課題があります。一方、被験者の負担の少ない検査方法として、問診・観察を中心とした神経心理学的検査が多く活用されていますが、検査日や時間帯によって結果が変動するなどの課題が知られています。そのため、精度が高く、被験者への負担が少ない簡便なスクリーニング検査を行うことができれば、認知症リスクの早期発見につながり、早期に介入することが可能となります。この仕組みが広まれば、健康寿命の延伸、医療費や介護費の削減にも貢献できると考えられます。

これまで国立長寿医療研究センターと日立は、2016 年に「アルツハイマー型認知症(Alzheimer's Dementia/以下、AD)に特有の指タッピング運動パターンの抽出」の研究成果を発表しました。その後、その枠組みにマクセルが加わって、2022 年、「Finger Tapping Test for Assessing the Risk of Mild Cognitive Impairment」の研究成果を発表し、MCI 者の早期発見に向けたさらなる臨床研究を継続してきました。2019 年にマクセルが製品化した「磁気センサ型指タッピング装置 UB-2(非医療機器)」を用いて多くの被験者の協力のもと、MCI 者の指タッピング運動パターンを入力データに新たに日立が開発した AI 技術を適用することで、高い精度で高齢健常者と MCI 者を分類することに成功しました(F1^{*3}値 0.795、再現率^{*4} 0.778、適合率^{*5} 0.814)。

AD 患者と健常高齢者を分類するモデルを AI に取り入れることで、健常高齢者と MCI 者を分類しやすくなりました。

この技術により、医療現場だけでなく、高齢者施設や居宅、健康診断や自治体の健康イベントなどさまざまな非医療現場においても、手指の運動を計測するだけで、非侵襲的に MCI 者を信頼性高く早期発見することができます。

成果は、Medical & Biological Engineering & Computing
(<https://link.springer.com/article/10.1007/s11517-025-03306-0>)に論文が掲載されています。

早期スクリーニング検査*6で MCI 者を発見することは、自らの変化に対して早い段階で気づくことにつながり、適切な治療開始に役立ちます。

なお、本研究は、国立長寿医療研究センターの倫理審査委員会の承認を得て実施されました。

*1 軽度認知障害(Mild Cognitive Impairment/MCI):物忘れが主たる症状だが、日常生活への影響はほとんどなく、正常と認知症の中間ともいえる状態

*2 指タッピング運動:指を繰り返し開閉する運動

*3 F1 値:適合率と再現率のバランスを重視した指標

*4 再現率:実際に陽性だったもののうち、モデルが陽性と判断した割合

*5 適合率:モデルが陽性と判断し、実際に陽性だった割合

*6 スクリーニング検査:精密検査を行う前に行われる選別試験

■磁気センサ型指タッピング装置 UB-2(製品)の Web サイト

https://biz.maxell.com/ja/wellness_beauty_care/finger_tapping/

■商標

記載の会社名、製品名は、それぞれの会社の商標または登録商標です。

■本研究に関するお問い合わせ先

国立研究開発法人 国立長寿医療研究センター

加賀谷副院長室

電話:0562-46-2311

E-mail: rehab@ncgg.go.jp

マクセル株式会社 新事業統括本部

お問い合わせフォーム:https://biz.maxell.com/ja/wellness_beauty_care/inquiry_form_input2.html

■報道機関お問い合わせ先

国立研究開発法人 国立長寿医療研究センター

加賀谷副院長室

電話:0562-46-2311

E-mail: rehab@ncgg.go.jp

マクセル株式会社 コーポレート・コミュニケーション本部 [担当:岡田、片峯]

〒108-8248 東京都港区港南二丁目 16 番 2 号

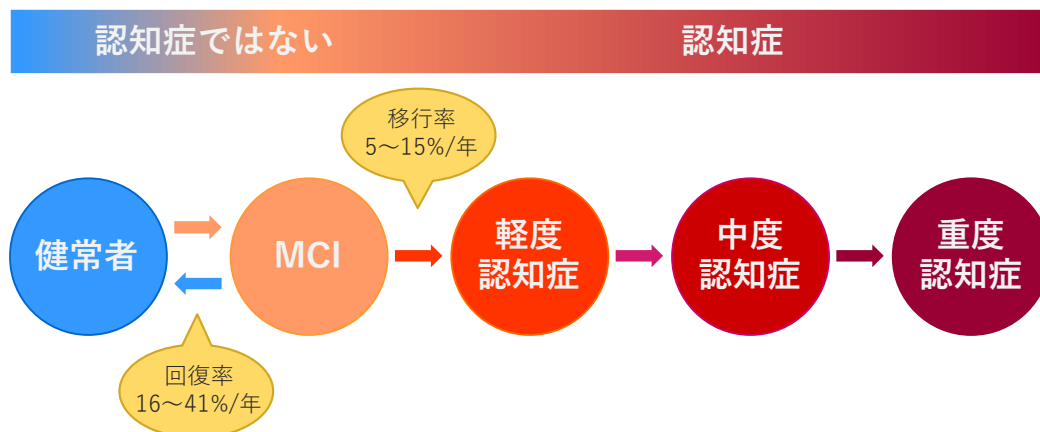
電話:03-5715-7061 (直通)

以上

添付資料

■ 認知症に関する補足

日本神経学会「認知症疾患診療ガイドライン 2017」によると、軽度認知障害 MCI から正常な状態に回復する人の割合は 1 年で 16～41%、MCI から認知症に進行する人の割合は 1 年で 5～15%とされています。



■ 統合型ランダム・フォレストを用いた軽度認知障害者の分類モデル

通常、MCI 者を検出するには、MCI 者と正常対照(Normal Controls/以下、NC)者のデータを用いて分類モデルを生成します。しかし、今回のモデルでは、MCI 者のデータに加えて、AD 患者のデータも併用することで、分類精度を向上させました。その手法は以下の通りです。

MCI は、臨床的に認知症の前段階にあり、NC と AD の中間的な症状を示します。同様に、指タッピング運動も NC、MCI、AD の順に悪化する傾向を示します。そのため、NC と AD の分類モデルを生成し、その閾値を NC 側に近づけるように調整すれば、MCI を分類することができます。上記のモデルを補助的に用いることで、MCI の分類精度を向上させました。

具体的には、図 1 に示すように、NC 群と MCI 群を分類するランダムフォレストモデル(主モデル)に、NC 群と AD 群を分類するランダムフォレストモデル(補足モデル)を統合した新しいモデル(統合モデル)を作成します。ランダムフォレストとは、機械学習の手法の 1 つで、複数の決定木^{*1}の分類結果から多数決で 1 つの分類結果を出力します。主モデルは、MCI と NC を分類するためにランダムフォレストによって生成された N_1 個の決定木の集合です。 $N_{1,MCI}$ と $N_{1,NC}$ はそれぞれ MCI と NC を決定する決定木の数です。 $N_{1,MCI} > N_{1,NC}$ であれば、MCI と判定されます。同様に、補足モデルは、AD と NC を分類するためにランダムフォレストによって生成された N_2 個の決定木の集合です。 $N_{2,AD}$ と $N_{2,NC}$ は、それぞれ AD と NC を決定する決定木の数です。 $N_{2,AD} > N_{2,NC}$ であれば、AD と判定されます。補足モデルは AD と NC の分類モデルなので、AD よりも症状が NC に近い MCI を正確に検出するためには、陽性(患者)として検出される確率を高くなるように調整する必要があります。そこで、 $N_{2,AD}$ に陽性検出定数 $\alpha > 1.0$ を乗算した上で、 $N_{2,NC}$ と比較します。次に、主モデルと補足モデルの決定木の集合を結合して、統合モデルを生成します。この際、 $N_{2,AD}$ と $N_{2,NC}$ に補足モデル影響定数 $\beta > 0$ を乗算して、主モデルに対する補足モデルの影響の大きさを調整します。これらの値を、それぞれ、主モデルの MCI の決定木の数 $N_{1,MCI}$ と、NC の決定木の数 $N_{1,NC}$ に加えます。

以上より、統合モデルにおいて、MCI の決定木の数 N_{MCI} と NC の決定木の数 N_{NC} は次のように計算されます。 $N_{MCI} > N_{NC}$ のときに MCI と分類されます。

$$N_{MCI} = N_{1,MCI} + \alpha \beta N_{2,AD}$$

$$N_{NC} = N_{1,NC} + \beta N_{2,NC}$$

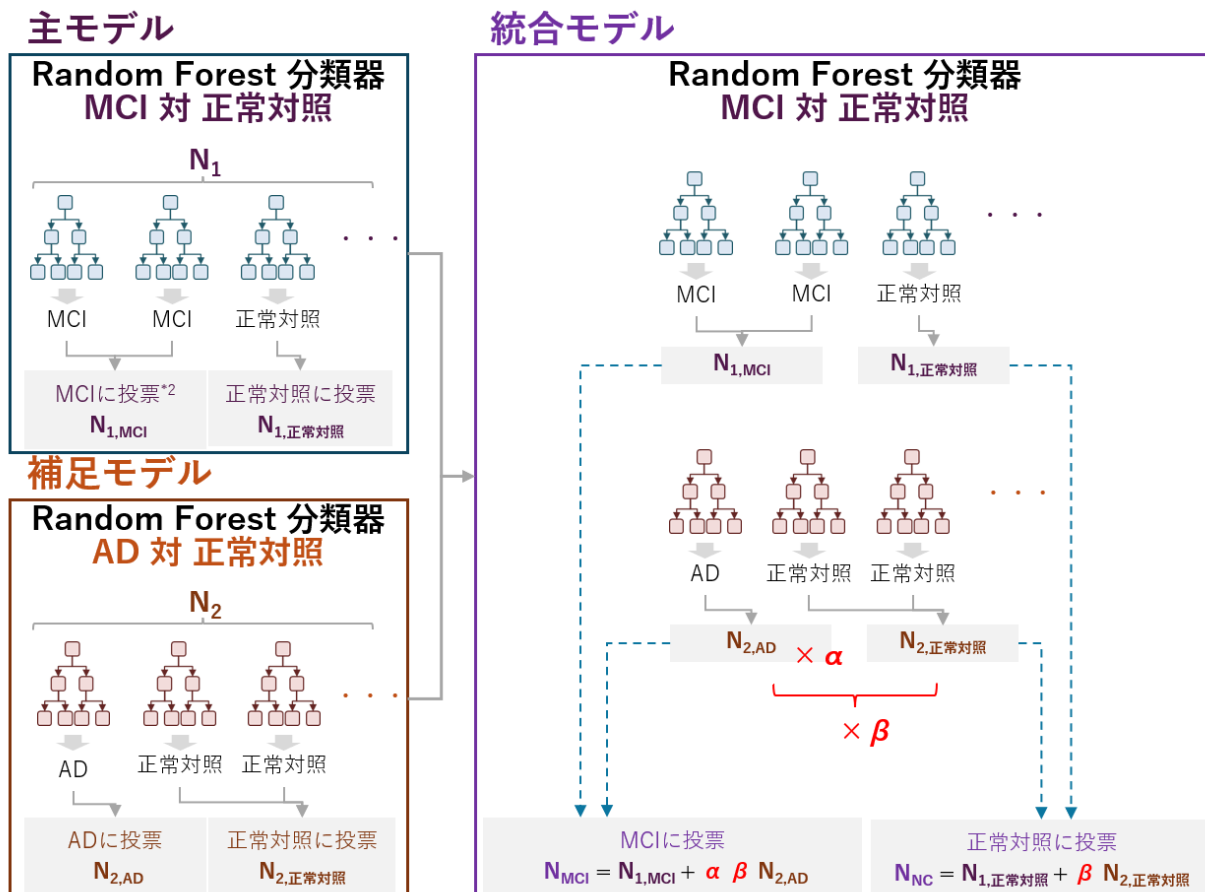


図 1 統合型ランダムフォレストによる MCI 群と NC 群(正常対照)の分類

■指タッピング運動から軽度認知障害者の早期スクリーニングを実現

スクリーニングにおいて、図 2 に示すように、左手のみ、右手のみ、両手同時、両手交互の 4 つのパターンの指タッピング運動を計測します。

指タッピング運動は、15 秒間、30～40mm の開閉幅を保ちながら、親指と人差し指をできるだけ早く、開閉を繰り返します。

本計測から得られる指タッピング運動データを、統合型ランダムフォレストを用いたモデルに入力することで、MCI 者を分類します。

また、図 3 に、正常対照者、MCI 者、AD 患者の 4 つの計測パターンの指タッピング運動データの例を示します。

これらの指タッピング運動データを、統合型ランダムフォレストを用いたモデルに入力することで、MCI 者を分類します。

今回の開発モデルでは、正常対照者と AD 患者で指タッピング運動に明確な違いがあることを利用して、分類精度の向上に寄与しました。

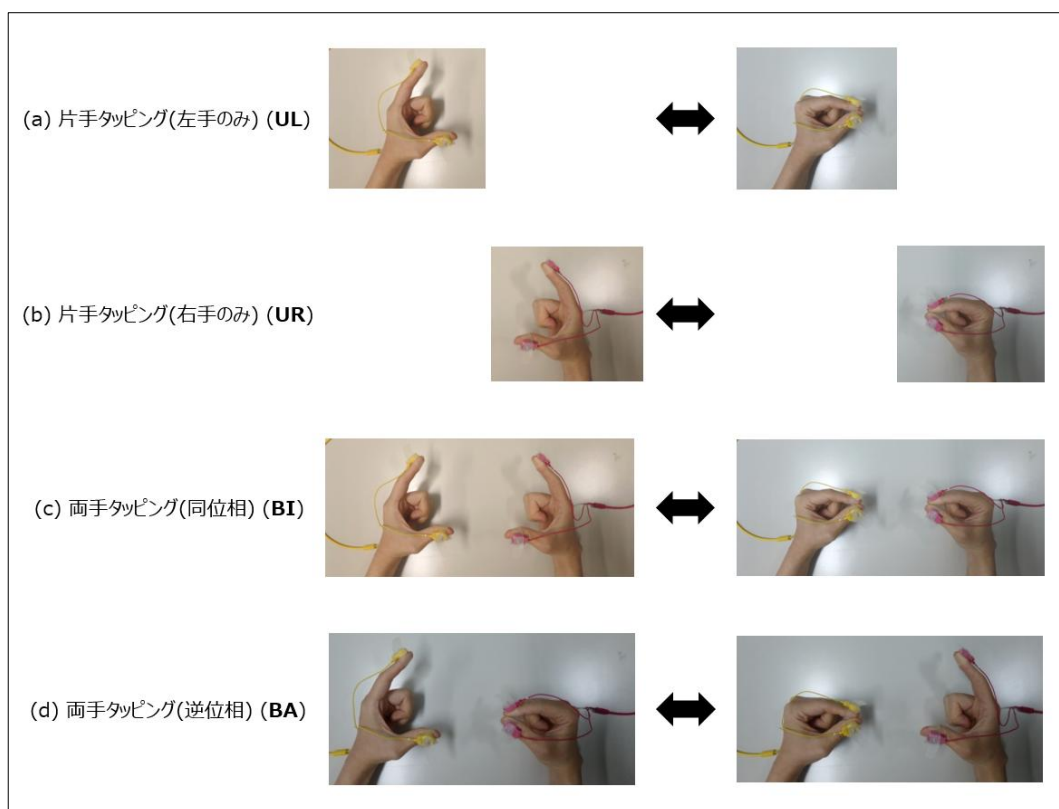


図 2 指タッピング運動の計測

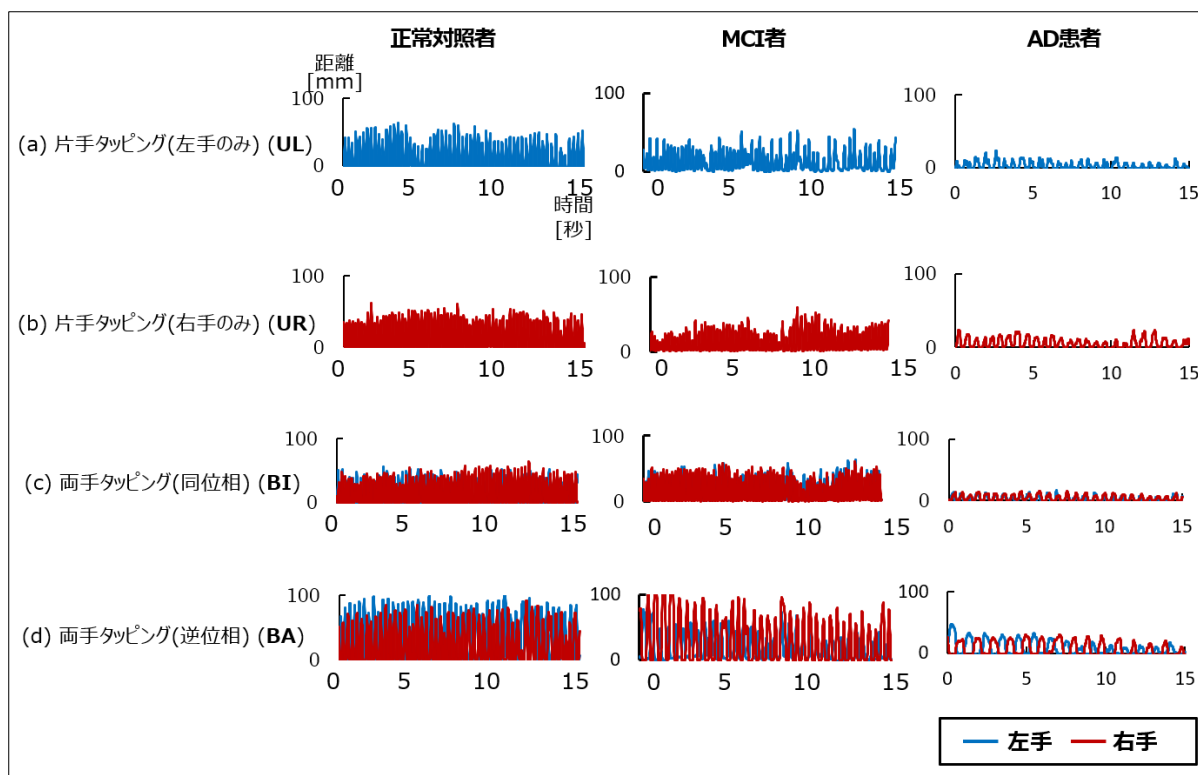


図 3 4 種類の指タッピング運動の代表的な波形

*1 決定木: 二者択一の質問を階層構造的につなげて、1 つずつ質問に答えていくことで最終的な答えにたどり着く仕組み

*2 投票: 多数決で分類するための個々の決定木の選択結果

以上