

2025 年度 とめ研究所若手研究者懸賞論文

機械学習と誤り訂正を用いた長時間心電図からの心房細動検出

秋田大学 大学院理工学研究科 総合理工学専攻 数理・電気電子情報学領域

嶋澤 秀郁

要旨

心房細動 (AF) は、脳梗塞などの重篤な疾患を引き起こす重要不整脈である。発作的な異常を検出するために 24 時間計測のホルター心電図検査が行われているが、AF の診断は専門医による心電図波形の目視確認が必要であり、臨床的負担が大きい。そのため、長時間心電図からの自動 AF 検出システムが求められている。

AF の自動検出に関する従来検討では、数秒間に分割した心電図波形を学習させた畳み込みニューラルネットワーク (CNN) や、周波数解析で得られる特徴量を画像情報として学習させた CNN の利用が報告されている。しかし、低頻度ながら临床上重要な症例として、心拍間隔 (R-R Interval, RRI) が規則的な AF が発生する場合がある。これは、心拍間隔由来の情報を含む特徴量が利用される従来手法では検出できず、専門医であっても見逃しやすいため対応が求められるが、この症例の存在を考慮した検討は行われていない。

本論文では、診断補助を目的に、規則的な心拍間隔をもつ AF にも対応可能な、長時間心電図からの AF 検出方法を提案した。異なる 2 つの CNN を用いて、はじめに識別器 A を用いて通常の (不規則な RRI をもつ) AF を識別し、非 AF と識別された波形から識別器 B で規則的な RRI をもつ AF を識別する、2 段階構成とした。識別器 A は、心電図波形とその RRI を学習させた CNN-LSTM (長・短期記憶) ネットワークとした。識別器 B は、AF 固有の特徴である、P 波・f 波を観測可能な範囲の波形を学習させた 1 次元 CNN とした。未学習被験者の心電図データを用いた検出実験では、約 96% の検出精度・F1 値が得られた。また、識別器 B の追加によって規則的な RRI をもつ AF を 90% 以上検出でき、有効性を示した。さらに、ビタビアルゴリズムを用いて、ラベル系列の状態遷移確率と CNN 出力から時系列の検出結果に対して誤り訂正を行った。その結果、不自然な誤りが正しく訂正され、検出性能が向上するとともに臨床的妥当性のある結果が得られ、本手法の有用性が示された。