

博士学位論文審査要旨

氏名	MD. MASUDUR RAHMAN		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第 299 号		
学位授与の日付	2023 年 3 月 31 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
学位論文の題目	Arrhythmia Diagnosis System by the Engineering Methods through the Generalized Function Theories		
論文審査委員	主査	神奈川大学 教授	吉田 稔
	副査	神奈川大学 教授	秋吉 政徳
	副査	神奈川大学 教授	石井 信明
	副査	神奈川大学 教授	今井 崇雅
	副査	神奈川大学 教授	片桐 英樹

【論文内容の要旨】

心臓の異常なリズムを不整脈と言ひ、深刻な場合は、それにより患者は突然死に至ることがある。自動体外式除細動器（AED）とは、不整脈（自動）診断システムの一つであり、患者の不整脈の検出と、その結果を受けて電氣的ショックを与えることにより、心臓の細動（不整脈）を取り除く装置である。正確な診断を下し、迅速な作動の決定を行うアルゴリズムが与えられた AED 装置の適用により患者の生存率は高くなる。従って、AED による正確な診断と迅速な判断が患者の生存率の向上には、不可欠である。

AED における診断精度の向上には、心電図に含まれる異常信号の特徴量を正確に抽出する必要がある。ガボールウェーブレット変換(GWT) は、正常な信号と異常な信号を適切に区別するための有効な応用数学的”時間・周波数“変換である。いくつかの先行研究では、この変換に基づいて作成される”時間・周波数・振幅（エネルギー）“のグラフ（スカログラム）に基づき、細動（不脈）を除去するために電氣的ショックを当該患者に与えるべきや、否やの判断を行うアルゴリズムが研究されている。しかしながら、例えば、PEA と呼ばれる不整脈と、VF と呼ばれる不整脈については、これらそれぞれに対応する通常のガボールウェーブレット変換に基づくスカログラムは極めて似通っており、両者の区別は困難であった。さらに、深刻な状況としては、PEA の患者に対しては、電氣的ショックによる除細動は危険（ショックを与えるべきではない）であり、一方で、VF の患者には速やかに電氣的ショックによる除細動を行うべきであることが知られている。

本論文では、上述の識別困難な不整脈の識別精度の向上についての提案を行っている。具体的には AED による不整脈診断システムに対し、次の 2 つの新しい提案が示された。結果として、これにより、不整脈患者の生存率の向上が望まれる。以下が、2 つの新提案である。

第 1 に、擬似微分様演算子と非線形変換関数を組み込んだ GWT を提案している。これに基づき、（電氣的）ショックを与えるべき不整脈信号とそうすべきでない不整脈信号を、これまでの GWT

によるよりも明確に区別できる（改良）スカログラムが作成された。ここでは、擬微分作用素を伴う GWT の結果に、適切な非線形関数で変換適用することにより、上述の改良スカログラムを導出している。

第 2 に、上記第 1 により得られたスカログラムから適切な複数の統計的特徴量を抽出し、それに基づき位相的分類機により、異なる種類の不整脈を分類する提案が示された。ここでは、既存の最近傍法（初等的なユークリッド距離に基づく位相）として知られる分類機を改良し、当該問題により適した距離関数（非ユークリッド的距離）により定まる分類機を提案し、これを適用している。結果として、既存の最近傍法による分類（特に、上述の PEA と VF との識別）よりも高精度の分類が可能となっている。

最終的に、心電図の異常なクラスにおける（電氣的）ショックを与えるべき不整脈とショックを与えるべきではない不整脈とを区別するために本論文において提案された方法の有効性が、データセットに関する数値実験により示された。

【論文審査の結果の要旨】

工学研究科 工学専攻 経営工学領域 博士後期課程 3 年次 学籍番号 202070185 番

MD.MASUDUR RAHMAN 氏 から提出されました上記の博士学位論文を審査し、また、最試験では博士学位論文を中心に、広く関連する科目にわたり口頭試問を行いました。

その結果、博士学位論文の成果においては、適当・有意義にして独自性の高い内容を十分に備えていること、及び、最終試験においては、精深な学識と高度な研究能力を十分に備えていることを審査員全員が認め、合格と認定いたしました。

よって、ここにご報告いたします。