

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏名	平野 博大
学位授与の要件	学位規則第 4 条第1・ 2 項該当		

論 文 題 目

A Study on a Log-linearized Peripheral Arterial Viscoelastic Model for Medical Applications

（医療応用を目的とした対数線形化末梢血管粘弾性モデルに関する研究）

論文審査担当者

主 査 教 授 辻 敏夫

審査委員 教 授 石井 抱

審査委員 教 授 山本 透

〔論文審査の要旨〕

自律神経系は、循環機能や内分泌機能など不随意な機能を制御するために備わっており、交感神経と副交感神経という作用の相反する二つの神経系からなる。自律神経活動と生体反応には密接な関係があり、特に細動脈を含めた末梢血管は主に交感神経により調整され、外部刺激などに応じて急性的に収縮することが知られている。そのため、末梢部位の自律神経活動を定量的に評価できればヒトの状態や病状を推定できる可能性がある。従来、末梢血管を対象としたさまざまな交感神経活動指標が提案されてきた。しかし、末梢血管は自律神経活動性ではない血圧変動の影響を受けやすい部位であるが、いずれの従来法もその影響が考慮されておらず、末梢部位の局所的な自律神経活動を精度よく推定することはできなかった。

このような背景を踏まえ、本論文では末梢部位の交感神経活動評価のため、末梢血管の力学特性に着目し、1) 血管壁が有する力学特性を剛性、粘性、慣性というパラメータを用いて定量評価可能であること、2) 交感神経由来以外の要因に影響されないパラメータ推定が可能であること、3) 末梢血管特有の特性を表現可能であることという 3 つの条件を満足する新たな末梢血管力学モデルの提案を行う。また、提案モデルを用いて局所的な交感神経活動を評価可能なインデックスを提案し、交感神経遮断術支援システム、パーキンソン病疾患鑑別検査、ヒトの疼痛評価に応用する。以下、本論文の概要を示す。

第 1 章では、本研究の背景と目的について述べた後、従来研究と本研究の位置付けを明確にした。

第 2 章では、末梢部位の局所的な自律神経活動評価のために、新たな末梢血管力学モデルを提案した。提案モデルは、血管径と血管内圧の間に存在する非線形性を考慮しているため、自律神経活動に関与しない血圧変動に対してロバストな血管粘弾特性を推定可能であり、末梢自律神経の亢進を精度よく捉えることができる。実験では、まず全身麻酔により自律神経活動が抑制された患者に対してベッドを左右に傾ける実験を行い、提案指標が自律神経活動に関与しない血圧変動に対してロバストであることを示した。次に、末梢自律神経を直接刺激する交感神経遮断術において、提案指標を用いて末梢自律神経の活性化をモニタリング可能であることを明らかにした。

第 3 章では、自律神経機能異常を伴う疾患であるパーキンソン病の新たな診断支援法を提案した。パーキンソン病はパーキンソニズムと呼ばれる疾患と症状が類似しているが、治療法が異なるため鑑別が必要となる。提案法は、体位変換試験の一種である Head-up tilt 試験に伴う血管粘弾特性と指尖容積脈波の変化を特徴量として抽出し、確率ニューラルネットにより自律神経機能の正常／異常を識別することで両疾患を鑑別する。実験では、提案システムを用いた両疾患の鑑別精度を検証した。また、自律神経機能の治療法として注目されている光療法をパーキンソン病患者に実施し、治療前後の自律神経機能の改善を評価した。

第 4 章では、ヒトの主観的な疼痛度を客観的かつ定量的に評価するためのシステムを提案した。本システムでは、ヒトが痛みを感じたとき交感神経の亢進により末梢血管が収縮する生理現象を利用して、血管粘弾特性を Numerical Rating Scale に基づく疼痛度に変換することで、ヒトの疼痛度を客観的かつ定量評価可能である。実験では、刺激電流振幅を段階的に変化させる電気刺激を行い、ヒトが知覚する疼痛度を客観的に評価可能であることを示した。

第 5 章では、本論文の要約と今後の研究課題について述べる。

論文審査の結果、本論文が博士（工学）の学位を授与されるに値する内容であることを審査員全員一致で認めた。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。