

マイクロドップラーセンサを用いた生体試料計測と その信号に基づく生体状態解析に関する研究

秋山, 輝和

<https://hdl.handle.net/2324/2236047>

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名	秋山 輝和			
論 文 名	マイクロドップラーセンサを用いた生体試料計測とその信号に基づく生体状態解析に関する研究			
論文調査委員	主 査	九州大学	教授	澤田 廉士
	副 査	九州大学病院	特任教授	安藤 眞一
	副 査	帝京大学	教授	村上 輝夫

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

世界的な少子高齢化社会の到来による、医療費の高騰、医師不足や医療格差など数々の課題がある中で、IoT (Internet of Things)活用が医療問題に対するブレイクスルーとなることが期待されている。本研究では、医療分野における IoT 活用のためのセンサデバイスとして、マイクロドップラーセンサに注目し、その信号に基づく生体状態解析について述べている。

MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を応用したウェアラブルな MEMS 血流量センサを用いた心拍変動解析の可能性について述べている。心拍変動解析は自律神経系の評価に用いられている。自律神経系は、多くの疾患のその発生、病態、治療、予後に関係していることから重要な健康指標であるが、これまで使用されている日常生活における心電計に基づく心拍変動解析は、心電図電極の接触不良や体動によるノイズアーチファクトにより、心電図を用いた正確な測定は困難になることがあった。そこで、接触不良や体動による影響を受けにくい MEMS 血流量センサを用いた心拍変動解析の実現可能性について検証した。血流量波形から心拍変動解析を行うアルゴリズムを開発し、心電図と MEMS 血流量センサの同時計測による比較実験では、両者はほぼ一致する結果が得られた。また、MEMS 血流量センサを用いた、仰臥位から立位への体位変換による生理学的負荷を与えた前後での結果の比較を行ったところ、合理的な変化が得られた。これらの結果から、MEMS 血流量センサによる心拍変動解析の可能性を示した。

次に、MEMS 血流量センサを用いた血液粘度のリアルタイム計測の可能性について述べている。血液レオロジーは疾患の病態生理において重要な役割を果たしている。特に高血圧や糖尿病患者においては血液粘度が有意に上昇することが知られており、日常的な測定が望まれる。しかし、従来の血液粘度の測定方法は、採血が必要な侵襲的な方法であるため、個人が血液粘度を正確に計測することは難しい。そこで、MEMS 血流量と圧力センサを用いた、ハーゲンポアズイユの式に基づく、非侵襲の連続的な血液粘度推定方法を提案し、生体モデルを用いた基礎実験を行ったところ、この血液粘度推定方法は市販の回転粘度計とほぼ同じ精度を有していることが示唆され、この方法の有効性が実証された。

さらに、レーザードップラー速度計を用いた関節液の非接触流速計測の可能性について述べている。生体関節軟骨は滑膜関節の骨同士が直接衝突することを防ぎ、生涯にわたって低摩擦・低摩耗を維持する重要な役割を担っている。変形性関節症は、関節軟骨の劣化や機能不全に起因する疾患の1つであるが、症状がひどい場合には、人工関節置換手術および再生軟骨移植手術などが行われる。しかし、人工関節置換手術は、人工関節の寿命が 15~20 年であるため若者には適用することができず、再生軟骨移植手術は軟骨組織を移植先に定着させることが困難であるなどの問題がある。

軟骨組織は含水率約 80%の固液二相性材料であることから、その内部流体の加圧と流動は、軟骨の複雑な時間依存性挙動のための重要な要素である。この流動のレーザードップラー速度計による計測方法について提案を行った。健康または病気にかかった関節における、関節液を模擬したサンプルを用いて、管内の流動をレーザードップラー速度計により計測することにより、サンプルを特別に処理することなく、関節液の流動を非接触で測定できることを示した。

以上の結果は、心拍変動解析、リアルタイム血液粘度計測、関節液の非接触流速計測に新たな知見を与えるとともに、生体状態解析法を低居するものであり、生命工学分野において価値ある業績と認められる。

博士（工学）の学位を得る資格を有するものと認める。