

# 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

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

近年、IoT がバズワードとしてよく取り上げられている。IoT は「Internet of Things」の略語であり、モノがインターネットにつながることで社会の様々な課題を解決できることが期待されている。特に、医療分野においては、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 活用が医療問題に対するブレークスルーとなることが期待されている。本研究では、これらを実現するためには IoT を構成するセンサデバイス、ネットワークとクラウドの内、センサデバイスが特に重要な役割を果たすと考え、センサデバイスの応用とそれから出力されるデータを価値のあるものにするための研究開発を行った。特に本論文では、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、これを用いた 3 つの医療問題を解決するための実現可能性について述べている。

第 2 章では、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、正しい評価のためには日常生活におけるデータの収集が必要である。しかし、心拍変動解析に用いられる心電図は、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。

第 3 章では、MEMS 血流量センサを用いたリアルタイムのオンライン血液粘度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かった。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について提案を行った。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、この方法の可能性を示した。

第 4 章では、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。そのため、現在では生体軟骨を模擬した高機能材料の開発や機能向上が行われているが、そのメカニズムは完全には解明されていない。そこで、軟骨組織は含水率約80%の固液二相性材料であるため、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と考え、生体関節のメカニズム解明のために、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。関節液を模擬したサンプルを用いて、チューブの中の流動をレーザードップラー速度計を用いて計測したところ、サンプルを処理することなく、関節液の流動を非接触で測定できることを示した。

以上のように、本研究では3つの医療問題を解決するための、ドップラーセンサの応用とその信号に基づく生体状態解析に関する研究を行った。