

博士論文審査の結果の要旨

氏名	片山 杏子
学位名	博士（工学）
学位番号	甲第731号
論文題目	Study on blood pressure measurement using optical fiber sensor (光ファイバセンサを用いた血圧計測に関する研究)
論文審査委員	主査 高寺 政行 乾 滋 石澤 広明 吉田 宏昭 太田 信（東北大学大学院医工学研究科） KOEHL, Ludovic Jerome (Ecole Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles)

(博士論文審査の結果の要旨)

本論文は、ファイバブレッググレイティング（Fiber Bragg Grating, FBG）センサの生体計測への応用について、主として血圧計測の実用展開を目的とした実験的研究についてまとめている。

第1章では、我が国の平均寿命と健康寿命の相違点に触れ、ヘルスケア支援のバイタルサインセンサシステムが強く要望されている現状を概観し、従来用いられている血圧計などのヘルスケアデバイスが簡便性や継続性に課題が残されていることを指摘した。このような背景を踏まえて、増大するヘルスケア環境へのニーズに対応するため、FBGセンサの血圧計測とその実用化に関する本論文の目的を述べている。

第2章では、FBGセンサによって観測した脈波パターンから、血管年齢および動脈硬化の診断可能性について実験的に検討した研究について述べている。20代から80代の195名の被験者から得られる脈波データの収集・調査をもとに、FBGセンサによって測定した脈波が光電容積脈波法により測定される加速度脈波と酷似する信号が得られることを明らかにしている。また、脈波を血管年齢と関連付けて7パターンに分類されてきたことに対して、FBGセンサにより測定された脈波によっても、同様の分類が簡便に実現可能であることを明らかにしている。その結果、血管年齢や動脈硬化の高度な診断が迅速・簡便に実現可能であることを示している。

第3章では、FBGセンサによる血圧計測に関して、血圧急変に対する計測の適応性を検証した研究をまとめている。FBGセンサで測定した脈波とその時点の最高血圧値をデータセットとし、脈波に潜在する血圧に関する特徴を抽出し、特徴量の線形結合によって血圧値の検量線を開発した。開発した血圧の検量線を用い、3名の被験者に冷感刺激を与え急激な血圧変動起こし、開発した検量線が追従するかを検証した。その結果FBGにより、急激な変動に対しても安定して血圧計測が可能であることを明らかにし、ヘルスケア環境への実装を考察している。

第4章では、FBGセンサの血圧計測に関して、測定した脈波のニューラルネットワーク（artificial neural network, ANN）法による血圧検量を検討し、有効性を考察した結果をまとめている。ANN法で、中間層1層を有するモデルを100対のデータで誤差逆伝搬法により最適化した結果、第3章で求めた血圧検量線よりも高い測定精度で血圧測定が可能であることを明らかにしている。さらに、ANN法によれば、被験者の個人差を低減した汎用性の高い血圧測定が可能であることを示している。

第5章では、FBGセンサで観測した脈波を7分類して、分類群ごとに血圧を検量する実用システムを検討した結果を述べている。FBGセンサによって測定した脈波パターンにより7分類し、分類した脈波群ごとに血圧の検量線を、本論文で開発した方法で作成し、それらの精度向上を検証している。その結果、分類せずに全パターンを用いた場合に比較して、パターンごとに最適化した検量線ほうが、血圧の検量線精度は向上することを明らかにしている。また、信号処理アルゴリズムの組合せ、ANN法の適用が課題であることを指摘している。

第6章では、本論文を総括し、社会的貢献に必要な検討課題を示して将来を展望している。

本論文は、FBGセンサの血圧計測への適用について、実用的な観点から幅広い被験者実験をもとに検証している。さらに、ヒトの脈波パターンと血管の性状に関して、臨床的な試験を展開している。また、FBGによる脈波が、先行して実用稼働している光電方式による加速度脈波と対応していることを検証した点、血圧測定の実用的な検量線の開発手法の検証にも学術的な意義が高く、独創的な結論を得ているのみならず、ヘルスケア分野の産業振興にも寄与することが期待できる。

以上のことから本論文は学位論文に値するものと判断する。

(公表主要論文名)

- ① Kyoko Katayama, Shun Chino, Shintaro Kurasawa, Shouhei Koyama, Hiroaki Ishizawa, Keisaku Fujimoto
“Classification of Pulse Wave Signal Measured by FBG Sensor for Vascular Age and Arteriosclerosis Estimation”
IEEE Sensors Journal, DOI: 10.1109/JSEN.2019.2952833
(2019年 11月掲載)

- ② Kyoko Katayama, Shun Chino, Shohei Koyama, Hiroaki Ishizawa and Keisaku Fujimoto,
“Verification of Blood Pressure Monitoring System Using Optical Fiber Sensor – Tracing Sudden Blood Pressure Changes –”,
Journal of Fiber Science and Technology, 76(2), 79-87(2020) doi:10.2115/fibers.2020-0008