

博士論文審査の結果の要旨

氏名	千野 駿
学位名	博士（工学）
学位番号	甲第735号
論文題目	光ファイバ型ひずみセンサを用いた血圧予測の実用化に向けた研究
論文審査委員	主査 石澤 広明 齊藤 保典 橋本 昌巳 上口 光 金井 誠 （信州大学大学院医学系研究科）

(博士論文審査の結果の要旨)

本論文は、光ファイバ型ひずみセンサであるファイバブラッググレーティング (Fiber Bragg Grating, FBG) センサのヒト血圧計測への応用とその実用化に関する実験的研究を述べている。また、複数のバイタルサイン計測の実用展開について研究結果をもとに論考している。

第1章では、今日健康やヘルスケアに世界的に関心が高まっていることに触れ、日常生活で簡便に利用可能な血圧計測等に対する要望が高まっていることを述べ、FBG センサの血圧計測などへの適用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、橈骨動脈モデルと疑似血液の拍出装置により血流モデルシステムを構築し、血管内の血液の流れを再現することにより FBG センサの血圧測定機序を考察した。動脈モデル上に FBG センサ、動ひずみ測定器、および超音波画像診断装置を設置し同時に測定し、動脈モデルの直径変化、圧力変化、および FBG センサにより信号の対応関係を検証した。この結果、脈動点において FBG センサで観測される脈波信号には、血圧変化に関する情報が含まれていることから、FBG センサの血圧測定の妥当性を明らかにしている。

第3章では、FBG センサの血圧計測への適用を、200名を超える被験者実験により検証し、脈波パターンの分類による実用的な血圧計測の可能性を検証している。脈波パターンが異なる被験者を対象に、FBG センサ信号に基づいた血圧検量モデルによる血圧予測を行った結果、日本の自動血圧計の精度基準に近い精度で予測可能であることを明らかとした。

第4章では、医療用クリップとシリコン板を用いて FBG センサを手首に固定し、脈波信号、およびこれを用いた血圧予測への影響を検討した結果を述べている。血管の過度な変形を招く固定条件では脈波中の反射波成分が検出できず、血圧予測精度が低下することを明らかにしている。

第5章では、FBG センサによる血圧測定精度、安定性、および実用性の観点から最適な測定点を検討している。指、こめかみ、足背、足首の4か所における比較検討の結果、いずれの測定点でも FBG センサによる脈波測定は可能であり、脈拍数は高精度に測定可能であったが、血圧予測では、足首、足背の精度が低いことが明らかとなった。こめかみや人差し指で高精度の計測が可能であることから、メガネなどの装着型デバイスへの展開の可能性を明らかにしている。

第6章では、本論文を総括し、社会的貢献など将来を展望した。FBG センサは脈動による皮膚表面のひずみを直接的に検知するため、発汗等の水分の影響や人の肌の色の影響を受けない、各種多様なひずみセンサの中で、FBG センサは高感度かつ高精度にひずみを計測でき、編地などの繊維製品に導入が可能である。これらの特徴を活かすことで、衣類等にセンサを組み込んだ常時測定可能なウェアラブルバイタルサイン計測システムを実現できると考察している。

本論文は、FBG センサの血圧計測への適用について、血流モデルによる計測の機序、広範な被験者による計測の最適化研究、ならびに医療現場における実用化試験をもとにして、新たな血圧検知システムを提案するなどの点に独創性を認める。さらに、ヒトのバイタルサインの同時測定など、社会的実装可能なシステム開発を行い、医療現場において実証的検証を展開している。FBG センサの血圧測定原理の実験的検証、および血圧検量線作成手法、測定装置の提案も高い学術的価値を有している。

以上のことから、本論文は学位論文として認められるものと判断する。

(公表主要論文名)

- ① 千野駿, 石澤広明, 児山祥平, 藤本圭作, 倉沢進太郎, 片山杏子
FBG センサを用いた血圧予測における脈波パターンの影響
計測自動制御学会論文集 (2020年4月号掲載予定)

- ② Shouhei Koyama, Hiroaki Ishizawa, Keisaku Fujimoto, Shun Chino, and Yuka Kobayashi

“Influence of Individual Differences on the Calculation Method for FBG-Type Blood Pressure Sensors”

MDPI sensors 2017 Volume 17(1), 48, doi:10.3390/s17010048, (2016年12月掲載)

- ③ Shouhei Koyama, Hiroaki Ishizawa, Satoshi Hosoya, Takashi Kawamura, Shun Chino
“Stress Loading Detection Method Using the FBG Sensor for Smart Textile”
Journal of Fiber Science and Technology Vol.73, No.11, 276頁～283頁
doi: 10.2115/fiberst.2017-0042 (2017年11月掲載)
- ④ Shouhei Koyama, Toshiyuki Hayase, Suguru Miyauchi, Atsushi Shirai, Shun Chino, Yuki Haseda, Hiroaki Ishizawa
“Influence on Measurement Signal by Pressure and Viscosity Changes of Fluid and Installation Condition of FBG Sensor Using Blood Flow Simulation Model”
IEEE Sensors Journal, Vol. 19, No. 24, 11946頁～11954頁, 2019
doi: 10.1109/JSEN.2019.2938243, (2019年12月掲載)