

学位論文の審査結果の要旨

本論文は、光計測を生体計測に応用する新規計測技術の開発について実験的研究の成果をまとめている。世界的な社会問題となっている糖尿病の治療において血糖値自己測定器が医療機関、在宅医療の場で必要不可欠となっている現状に対応し、本研究では、近赤外吸収分析においてレーザ共焦点光学系を用いることで、皮膚組織の光学的特性の複雑さを軽減させ、血糖値の予測精度の向上を図った。共焦点光学系は深さ方向の分解能を有しているため、生体中の測定点を限定することができることを実験的に明らかにした。そのため、皮下組織に比べて構造が単純な真皮層をターゲットにした計測が可能となった。本研究では、近赤外レーザ共焦点光学系反射光検出システムを構築し、その原理を検証すると共に深さ方向の分解能を確認した。試作開発した装置を用い、被験者実験により生体血糖値計測を試み、生体手指の吸光度と血糖値の相関を確認し、非侵襲血糖値計測へ本システムを適用できる可能性を明らかにした。次に、本論文は、ファイバブラッググレーティングセンサを使用したバイタルサイン計測を提案した。血管の収縮を生体皮膚表面のひずみとしてとらえ、脈波を高感度に検出した。被験者に対して脈波を計測し、脈拍数を算出した結果、参照値と高い相関を確認した。また、呼吸性不整脈による脈拍数の変動から呼吸周期を確認し、参照値の呼吸数と非常に高い相関を確認し有効性を明らかにした。さらに、脈波伝播速度が収縮期血圧と相関があることを応用し、心臓から異なる距離の2点の脈波の到達時間差を計測することに成功し、収縮期血圧と相関があることを被験者実験により確認した。さらに脈波を微分処理することで計測精度を向上できることを明らかにした。この結果によって、使用者にとって低負荷で連続測定可能な血圧測定システム実現の可能性を拓いた。

本論文は、非侵襲血糖値測定器とバイタルサイン測定器の開発に関するものであり、糖尿病患者の低負荷治療への転換や健康指導支援システムなどへの貢献が期待できる。これらの計測システムの提案は、原理的な妥当性を検証するのみならず、実用性に富み社会的に意義深いものである。研究成果は、査読付き原著論文2編（いずれも第一著者）、および査読付き国際会議発表論文5編（いずれも第一著者）として公表されており、本研究は新規性および有用性の観点から工学的に優れた成果であると判断される。これにより、博士学位論文として十分な内容であり学位授与に値するものとして審査委員全員一致で判断した。

公表主要論文名

論文発表（1）（レフェリー制のある学術雑誌）

1. 宮内祐樹, 石澤広明, 新村正明: Fiber Bragg Grating センサによる脈拍数, 呼吸数計測, 計測自動制御学会論文集 第49巻 12号, pp. 1101-1105 (2013年12月発行に掲載)
2. 宮内祐樹, 石澤広明, 児山祥平, 手塚信一郎, 原仁: 共焦点光学系を用いたグルコース計測システムの開発, IEEJ Transactions of Sensors and Micromachines, Vol.132, No.12, pp. 431-436 (2012年12月発行に掲載)

論文発表（2）（レフェリー制のある国際会議議事録）

1. Y. Miyauchi, S. Koyama, H. Ishizawa: Basic Experiment of Blood-pressure Measurement which Uses FBG Sensors, 2013 I2MTC in Minneapolis proceedings, pp. 1767-1770 (2013年5月発表)
2. Y. Miyauchi, H. Ishizawa, S. Koyama, S. Sato: Verification of the Systolic Blood-pressure Measurement Principle by FBG Sensors, SICE Annual Conference 2012 in Akita Final Program and Papers, pp.619-622 (2012年8月発表)
3. Y. Miyauchi, H. Ishizawa, S. Koyama: The Pulse Rate Measuring System which Use FBG Sensors, Light Sources 2012 Proceedings of the 13th International Symposium on the Science and Technology of Lighting in Troy, p.415, 416 (2012年6月発表)
4. Y. Miyauchi, T. Horiguchi, H. Ishizawa, S. Tezuka, H. Hara: Blood Glucose Level Measurement by Confocal Reflection Photodetection System, SICE Annual Conference 2011 in Tokyo Final Program and Papers, pp.2686-2689 (2011年9月発表)
5. Y. Miyauchi, T. Horiguchi, H. Ishizawa, S. Tezuka, H. Hara: Basis Examination for Development of Noninvasive Blood Glucose Measuring Instrument by Near-Infrared Confocal Optical System, SICE Annual Conference 2010 in Taipei Final Program and Papers, pp.3427-3429 (2010年8月発表)