

氏名(本籍・生年月日) 宮内祐樹(長野県 昭和61年4月22日)  
学位の種類 博士(工学)  
学位記番号 甲第602号  
学位授与の日付 平成26年3月20日  
学位授与の要件 信州大学学位規程 第5条第1項該当  
学位論文題目 光計測を応用した生体計測システムの  
開発に関する研究  
論文審査委員 主査 准教授 石澤広明 教授 藤本圭作(医学部)  
教授 斉藤保典  
准教授 橋本昌巳  
准教授 小林一樹

## 論文内容の要旨

本論文は光計測を応用した生体計測システムの開発に関する研究についてまとめている。現在、様々な疾病の予防、治療、予後管理や日常生活の中での健康管理または疾病の早期診断のために多くの医療機器開発が進められている。非侵襲、非破壊、非接触計測への適用が期待される光計測を生体計測に応用することで新規計測技術の開発を行なった。

患者数が世界的な社会問題となっている糖尿病の治療は採血を必要とする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。これは、痛み、ストレス、ランニングコスト等、患者にとって多くの負担を強いるものである。簡便かつ迅速に測定可能な非侵襲の血糖値測定器が強く待望されている。近年進められてきた非侵襲血糖値測定器開発の中で近赤外吸収分析を応用した血糖値計測について新たなアプローチでその実現性を高める研究を行なった。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。共焦点光学系は顕微鏡などに代表される結像光学系と比較した場合に深さ(奥行き)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。そのため、光路長を限定すると共に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る。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、その共焦点光学系の原理を検証すると共に分解能等を確認した。そして、装置を血液試料のグルコース濃度計測に適用し、試料の吸光度と濃度の間に相関を確認した。生体血糖値レンジでの濃度測定を実現し、近赤外吸収分析の原理を確認した。その上で装置を生体血糖値計測へ適用し、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示した。

現在わが国は高齢社会へ入り、2011年高齢者人口は2,962万4千人、さらにその中で一人暮らしの人口は479万1千人に上っている。医師、医療従事者の不足も併発し社会問題になっている。そのため在宅医療への関心が高まり、在宅健康モニタを目的とした簡便な生体計測システムの必要性が高まっている。もちろん簡便な生体計測システムは高齢化問題以外に医療機関における疾病の治療経過、介護の場、救急救命の現場などでも必要とされ、近年は健常者の健康管理および予防医療への関心も非常に高まっている。脈拍、呼吸、血圧といったバイタルサインは健康管理の基本となる指標であり、日常生活の中のデータを収集し診断に役立てることが重要となる。本論文で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。ファイバブラッググレーティングセンサは光ファイバを用いているため小型、安価で伝送経路長を自由に設定でき、耐腐食性に優れ、電磁波の影響を受けない特徴がある。そのため、MRIや高酸素濃度室のように電磁的な影響下や、電子機器が使用できない環境での利用も期待できる。本論文では、生体皮膚表面へセンサを貼り付けることで、血管の収縮を皮膚表面のひずみとして検出し脈波を取得した。被験者3名に対して脈波を取得し、そこから脈拍数を計測した結果、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、呼吸数を計測した結果、参照値と非常に高い相関を確認し、その有効性を示した。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点の脈波の時間差を取得し、収縮期血圧と相関があることを確認した。実際に本システムで血圧を計測した結果も参照値と高い相関を示し、さらに脈波を微分処理することで計測精度を向上させられることを示した。一般的なカフで圧力をかける血圧測定に対し、使用者に低負荷で連続測定可能なシステムの実現性を示している。

本研究の大筋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が、本技術の発展と応用を経て機器として社会へ出た際には、糖尿病患者の低負荷治療への転換といった貢献などがある。社会的貢献と経済効果等、本研究の役割についても本論では述べた。光計測を応用した生体計測は内視鏡に代表されるような医療機関向けの大掛かりな装置が多かった。しかし、光通信技術の発展にともない、その部品や装置は小型、安価、高精度化されてきており、様々な研究グループが本論文の様に一般ユーザー向けの装置開発を行なっている。今後新たな計測技術の発見と発展が患者、使用者と社会へ貢献することは間違いない。