

氏名	橘 克典 <small>たちばな かつのり</small>
本籍	大阪府
学位の種類	博士(工学)
学位の番号	甲第54号
学位授与年月日	令和1年 9月 7日
学位授与の要件	本学学位規則第14条
学位論文題目	静電容量型電極シートを用いた排尿検知と尿量推定のシステムに関する研究
論文審査委員	主査 教授 新川 拓也 副査 教授 松村 雅史 副査 教授 赤滝 久美 副査 教授 藤川 智彦

論文内容の要旨

肢体不自由者の多くを占める下肢不自由者では、下部尿路の機能が低下し、その多くが排尿障害をきたすといわれている。排尿障害は 畜尿障害と尿排出障害に大別され、特に膀胱内へ十分に尿を貯留できない畜尿障害では、尿が不随意に漏れる尿失禁を合併する。本症状は人間の尊厳や経済的負担などに影響を及ぼし、QOL (Quality of Life) を著しく低下させる要因となりうる。

介護現場における尿失禁への対応については、褥瘡等を防ぐ目的もあって、紙オムツや尿吸収パッドを用いて頻回に確認、取り換えが行われているが、これについては介護者の負担が問題となっている。従来、この問題に対応するために、自動的に排尿を検知するシステムが提案されているが、そのほとんどが紙オムツ内にセンサを内蔵するタイプであり、コストや衛生面に課題が残る。

本研究では、紙オムツによる排尿介護を支援するため紙オムツの外部から排尿の検知と尿量の推定を可能にする静電容量型電極シートを用いた排尿量推定システムを提案している。具体的には、初めに楕型電極シートを開発し、その電気的特性を評価して排尿量推定システムの構築をしている。そして、展開した尿吸収パッドを用いて模擬尿と出力電圧の関係を調べた後、紙オムツを装着したトルソを用い模擬尿の検知と尿量の推定が可能であることを確かめている。

次に、模擬尿の拡散方向に依存しないシート型電極マトリックスを開発し、薄吸水布を用いた水滴下試験による電極のインピーダンス特性を評価して楕型電極シートと同様の実験を行い、本システムの有効性を調べている。

第1章では、本研究の背景、意義、目的および内容が述べられている。

第2章では、下肢不自由者の排尿管理に関する知見について述べている。すなわち、下肢不自由者における畜尿障害と排尿の介護について概観し、自動的に排尿検知可能なシステムに関する従来研究について、その手法と解決すべき課題を明らかにしている。具体的には、計測系が肌と非接触な形態で、尿量の推定が実現できる

システムが望ましいことを指摘している。

第3章では、楕型電極シートを用いた排尿検知と排尿量推定システムの構築について述べている。まず、本研究で開発した楕型電極シートの構造について説明し、その電気的特性を評価するために、展開した尿吸収パッドを用いた模擬尿送水試験による位相角とインピーダンスの計測について説明している。その結果、電極部の電気的特性は容量性が支配的であり、コンデンサに近似が可能で、その静電容量は、模擬尿量に対して直線的に変化することを明らかにしている。また、本電極シートを用いた排尿量推定システムの構成について述べた後、本システムを用いた模擬尿送水試験の手法と結果を示し、送水量と出力信号の関係について言及している。すなわち、出力結果は理論値と同様の傾向を示し、電極部の静電容量は試料に送水した模擬尿量に依存することから、本システムで尿量が推定できることを示している。さらに、紙オムツを装着したトルソに対して本システムを適用し、初回排尿の検知が可能であることを確かめている。

第4章では、シート型電極マトリックスを用いた排尿検知と排尿量推定システムの構築について述べている。まず、本電極マトリックスの構造について説明し、電気的特性を評価するために、薄吸水布を用いた模擬尿滴下試験によるインピーダンス計測を行い、本電極マトリックスがコンデンサの並列接続モデルに近似できることを示している。次に、模擬尿の拡散方向の違いを再現して本システムの出力値を評価した結果、それぞれ間に差を認めないことを確かめている。また、本システムを用いて、展開した尿吸収パッドを用いた模擬尿送水試験の手法と結果を説明している。すなわち、電極部全体の静電容量は試料に送水した模擬尿量に依存したので、排尿量が本システムの出力値から推定できることを明らかにしている。さらに、紙オムツを装着したトルソによる試用実験を行い、1回目の排尿が完了した後に排尿検知ができ、2回目以降の排尿において排尿量の推定が可能であることを示している。

第5章では、本研究で得られた成果を総括している。

以上のように、本論文は、紙オムツに特別なセンサ類を内蔵せずに排尿検知と尿量推定を実現する手法について、その研究成果をまとめたものである。

論文審査結果の要旨

まず、本研究の意義について審査を行った。排尿に関する不自由については、障がいの有無にかかわらず、加齢とともに誰もが直面する事項であり、特に寝たきり高齢者の場合は、その多くが不随意による尿失禁をきたすなど、心身の健康のみならず、人間の尊厳にかかわることから、解決すべき重要な課題であると言える。さらに、それをケアする介護の現場においては、介護者の負担が問題視されており、超高齢社会の只中にいるわが国においても対策が急がれる。このような背景から、従来、排尿検知を行う支援システムが多数提案されてきた。本システムに望まれる仕様は、経済的な観点から一般的な排尿介護用品をそのまま用いることができ、自動的に排尿の検知が可能で、臨床的観点からは尿量の推定に及ぶことであるが、簡便でコストパフォーマンスの高い排尿検知システムの提案は極めて少なく、尿量推定にはほとんど至っていない。本研究では、紙オムツの外部から排尿の検知と尿量の推定を可能にする静電容量型電極シートを用いたシステムを提案している。本研究における特徴は、寝具に薄型の電極シートを備える簡便なしくみで、市販の紙オムツをそのまま使用できる点にある。この研究成果は社会に大きく貢献すると考えられ、本研究の意義は高いと判断した。

次に、本研究で提案している楕型電極シートを用いた排尿検知と排尿量推定システムについて審査を行った。本システムは、紙オムツ内の排尿状況を把握するためのセンサ部分である楕形状を有する電極シートとファンクションジェネレータおよび抵抗器からなる。楕型電極シートの電気的特性は、展開した尿吸収パッドを用いた模擬尿送水試験によって容量性を示したことから、本システムの構成においては、基本的なCR直列回路の形態を採用している。すなわち、排尿によって変化する誘電率を利用して排尿検知と尿量推定を実現しようとしている。介護現場で広く使用されている尿吸収パッドを展開して、本システムにおける出力信号と模擬尿量の関係を調べたところ、模擬尿量が0～100 mLの範囲で大きな変化を認め、100～400 mLの範囲で各模擬尿量に対応する信号が確認されたことから、排尿検知と排尿量推定の可能性を示している。さらに、紙オムツを装着したトルソを用い模擬尿の検知と尿量の推定が可能であるかを確かめている。その結果、模擬尿量が200mLを超えた際にシステムの出力が現れ、その後、尿量に応じた出力値となっている。これは、成人における膀胱内尿量が150～200 mLで尿意が出現することから、初回排尿の検知が可能であることを示している。その後の排尿においては、排尿量の推定可能性を表していることから、本システムが特別なセンサ類をオムツ内に内蔵せず、簡便な手法で排尿検知と排尿量を実現できる足掛かりを示した点に新規性および有用性を認めると判断した。

最後に、シート型電極マトリックスを用いた排尿検知と排尿量推定システムについて審査を行った。本システムの全体構成は楕型電極シートを用いたシステムを踏襲しているが、尿の拡散状況に関わらず、精度の良い排尿量の推定を目指している。84cm²の銅板で尿の拡散域を模擬した校正実験の結果、楕型電極のそれと比較して計測精度の向上が認められている。本システムを用いて、尿吸収パッドを展開して、模擬尿による送液実験を行い、出力信号と模擬尿量の関係を調べたところ、楕型電極シートを用いたシステムと同様の結果が示されている。紙オムツを装着したトルソを用いた実験においては、1回目の排尿が完了した後に排尿検知ができ、2回目以降の排尿において排尿量の推定が可能であることが示唆されており、排尿量推定の実現性が高まったことが明らかとなった。これより、本システムの有効性が示されていると判断した。

本論文が示した結果は、紙オムツの使用が原因となる肌のかぶれ、発疹や褥瘡などのトラブルを未然に予防し、被介護者と介護者の両者に対して排尿介護における負担軽減が見込まれる新しいシステムの提案であり、社会的貢献度が高いと認められる。

以上のように、紙オムツの外部から排尿の検知と尿量の推定を可能にする静電容量型電極シートを用いたシステムの構築と、トルソを用いた実験をまとめた本論文は、新規性を有し、社会的意義が認められ、博士学位論文として価値あるものと認

める.