


学位論文の要旨

専攻名	博士後期課程工学専攻 物質生産工学コース	ふりがな 氏名	あべ いさお 阿部 功	
学位論文題目	スマート材料およびスマート構造を用いた生体支援のための柔軟関節に関する研究			
<p>我々はスマート材料，およびスマート構造を歩行補助装置に応用するための基礎，および応用研究を行った．まず，磁気粘性流体（MR 流体）を応用した高性能ブレーキを脳卒中患者等が使用する短下肢装具に適用することを前提とし，その力学的耐久性能に注目した．</p> <p>MR 流体は，溶媒となる炭化水素系オイル，もしくはシリコンオイルに磁性微粒子と流動特性改質剤が添加された複合材料である．この流体を応用したデバイスの耐久性評価に関しては，従来，デバイスレベルの耐久試験が主であった．そこで我々は，一般的にレオロジー特性評価に用いられるレオメータを基本構造としながら，遠心力および磁気吸引力による磁性粒子の偏りを防止することが可能な全く新規な MR 流体向け耐久試験装置を開発した．また，株式会社 栗本鐵工所との共同研究によって，同社が新規に開発したナノ Fe 粒子分散型 MR 流体（ナノ MR 流体）の耐久性調査を行った．次に，機能性材料を用いないスマート構造として弾性体内蔵型柔軟関節（EEFJ）を考案し，これを応用した歩行補助具を開発し，歩行実験を行った．</p> <p>第3章では，MR 流体の耐久試験装置の開発を行った．MR 流体のレオロジー特性を評価する装置としては，レオメータに電磁石を搭載した MR 流体用レオメータがある．しかし，MR 流体用レオメータで長期の耐久試験を行うと，遠心力および磁気吸引力による磁性粒子の偏りにより発生するトルクが変動するという問題点がある．そこで我々は，この問題を解決するため，MRF 層の形状を無磁場時でも MRF を捕捉できるように V 字型とした．これにより，磁場印加部のみに MRF を充填できる．MRF 層が外周のみなので遠心力，および磁気吸引力による鉄粒子の偏りを抑えることができる．この耐久試験装置は世界初であり，今後の試験装置の開発に大きく貢献できる．</p> <p>第4章では，第3章で開発した耐久試験装置を使用し，MR 流体の耐久性の評価を行った．開発した耐久試験装置は，MRF の周辺に MR 粒子を含まない各種のオイルでシールできる構造とした（シールオイル）．シールオイルの種類を変更することにより耐久試験を行い，MRF 内の鉄粒子，およびオイルの状態を評価した．評価する流体は，ナノ MR 流体，および従来の MR 流体とした．試験の結果より，ナノ MR 流体の耐久性が従来の MR 流体より高いことが分かった．また，シールオイルの種類により耐久性に大きく影響があり，ナノ MR 流体を溶媒でシールオイルすると耐久性が飛躍的に延びることが分かった．この耐久データは MR 流体ブレーキを搭載した短下肢装具の開発に大きく貢献できる．</p>				

(注) 和文 2,000 字又は英文 800 語以内

続紙 有 無

第5章では、EEFJを搭載した足部サポータの開発、および評価を行った。EEFJは機能性材料を用いないスマート構造として、円形エラストマとC型板ばねのみで構成した。円形エラストマは、柔軟素材を用いて3Dプリンタで製作を行った。エラストマは内部構造、および充填率を変更することで硬さの違うエラストマを製作することができる。EEFJは、あらかじめ複数個製作した充填率の違うエラストマを交換可能な構造とした。このEEFJを用い足部サポータの開発を行い、歩行実験を行った。健常男性で歩行実験を行い、一部支援効果の確認ができた。

第6章では、第5章で開発した足部サポータをより活動的な人に装着してもらえるようにEEFJを搭載した靴型の歩行補助具（EEFJ-shoes）の開発、および評価を行った。通常の靴のように容易に装着可能な構造を目標とした。開発したEEFJ-shoesは、EEFJを足関節の外側のみ配置し、カフで下腿と固定した。健常男性で歩行実験を行い、一部支援効果の確認ができた。今後、高齢者の被験者を増やし評価を行う必要がある。第5章、および第6章で開発したEEFJは、生体支援機器の開発に大きく貢献できる。

本研究の結果より、今後MRFとEEFJを組み合わせた新しい生体支援機器の開発を行う予定である。高速で動作する部分にMR流体デバイスを使用し、人体の関節部において力学異方性が必要な部分にEEFJを使用したいと考えている。

学位論文審査結果の要旨

専攻	工学専攻	氏名	阿部 功
論文題目	スマート材料およびスマート構造を用いた生体支援のための柔軟関節に関する研究		
主査	菊池 武士		
審査委員	今戸 啓二		
審査委員	松尾 孝美		
審査委員	池内 秀隆		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000 字以内)			
<p>阿部氏は、スマート材料、およびスマート構造を歩行補助装置に応用するための基礎、および応用研究を実施している。まず、磁気粘性流体 (MR 流体) を応用した高性能ブレーキを脳卒中患者等のための短下肢装具に適用することを前提とし、その耐久性能に注目している。MR 流体は、溶媒となる炭化水素系オイル、もしくはシリコンオイルに磁性微粒子と流動特性改質剤が添加された複合材料である。この流体を応用したデバイスの耐久性評価に関して従来は、デバイスレベルの耐久試験が主であった。そこで同氏は、一般的にレオロジー特性評価に用いられるレオメータを基本構造としながら、遠心力および磁気吸引力による磁性粒子の偏りを防止することが可能な全く新規な MR 流体向け耐久試験装置を開発した。また、株式会社 栗本鐵工所との共同研究によって、同社が新規に開発したナノ Fe 粒子分散型 MR 流体の耐久性調査を行っている。単位体積当たりの散逸エネルギーによる機械的耐久性評価と、ゲルクロマトグラフィーによる化学分析によって、同社の流体が従来の MR 流体に比べて 3 倍以上の耐久性能を有していることや、その劣化過程の一部を明らかにした。次に、機能性材料を用いないスマート構造として弾性体内蔵型柔軟関節を考案し、これを応用した歩行補助具を開発している。さらに、歩行実験によってその有効性と課題を明らかにしている。</p> <p>まず予備審査において、弾性体内蔵型柔軟関節の力学モデルの説明が不足していること、用途が統一されていない用語や分かりにくい図があること等の指摘があった。次に、本審査において加筆された博士論文が上記の指摘事項をすべて修正済みであることを確認した。さらに、発表における受け答えに大きな問題はなく、博士論文として十分な内容を有していることを確認した。以上の理由により、審査委員の全会一致で合格と判断した。</p>			