

審査の結果の要旨

氏名 佐藤 満

本論文では、身体的な運動障害により日常的な生活動作に介護を必要とする人に対しての自立支援、あるいは介護支援用機器に用いるための水素吸蔵合金アクチュエータに関する研究について述べている。とくに、この水素吸蔵合金アクチュエータのもつ本質的な柔らかさ、およびコンパクトな機器を実現できる出力重量比の大きさを生かした自立・介護支援機器への応用、あるいは応用のための指針について論じている。

具体的には、日常的に行われる一連の生活動作における流れの中における2つの点に着目し、要介護者が行う動作の自立支援・介護支援機器を念頭において、まず第一に、MHアクチュエータ自体がもつ受動コンプライアンス特性を明らかにし、ロボットアームの関節駆動に用いるための、2つのMHアクチュエータを相対する形に配置した拮抗型MHアクチュエータにおける位置制御性とコンプライアンス制御性、およびコンプライアンス可変範囲を明らかにしている。その上で、介護支援などで能動的に人に接触作業をするロボットアームを想定し、拮抗型MHアクチュエータが備えるべき、身体接触に適した可動軸まわりのコンプライアンス値をいかに設定すべきかという指針について考察している。第二に、MHアクチュエータを利用した小型かつ安全性の高い自立・介護支援機器を構築するために、MHアクチュエータ内部の水素圧を空気圧に変換する機構を構築し、水素気密対策によるアクチュエータの重量増加や、危険であるという印象をもたれやすい問題点を解決する方策を実現している。その上で、これまでにMHアクチュエータが応用された介護支援機器の例に比べて、はるかにコンパクトな既存の車いす上に設置するだけで起立動作を支援できる座面用クッションサイズの動作支援装置の試作開発を行っている。

本論文は全体で1章から6章で構成される。第1章では、本研究がもつ背景と研究の目的について述べている。第2章では冒頭の1節で、圧力をパラメータとしてMHアクチュエータを定値制御した場合のコンプライアンス特性を計測し、単体のMHアクチュエータの水素内圧に応じて変化する弾性率の特性を明らかにしている。次にロボットアームの関節駆動に利用するために、2機を拮抗型に配置したMHアクチュエータにおいて、軸まわりの角度変位とコンプライアンスの制御性を明らかにしている。さらに拮抗型MHアクチュエータの試作を行い、動作特性の計測から、コンプライアンスの可変範囲を明らかにしている。

第3章では、実際の介護作業を想定して、ロボットアームが能動的に人に接触作業をする際に、身体に過剰な力を与えず柔軟な動作をするために必要な可動軸まわりのコンプライアンス値の指針を明らかにし、拮抗型MHアクチュエータのコンプライアンス可変域がこの指針に適合するかどうかの評価を行っている。具体的には、ベッド上に寝ているヒト身体の下にアームを挿入する作業において、拮抗型MHアクチュエータを

用いた2軸アームを実際に身体接触させる実験と、身体表面の機械的特性の計測とそのモデリングを用いた計算によって最適コンプライアンス値を推測し、この結果から、拮抗型MHアクチュエータは人の身体に能動的に接触する作業を行う自立・介護支援機器の動力源として有効であることを明らかにしている。

第4章では、MHアクチュエータ内の水素圧を空気圧に変換して、空気圧駆動とすることで装置に応用する際の駆動部品の汎用性を向上させ、なおかつ安全性も高めた空気圧変換型MHアクチュエータを開発している。また、空気圧に変換するサイクルを繰り返すことで、空気蓄積容器に一定量の空気を貯蔵することで、それを空気圧動力源として用いるエアコンプレッサーとしての利用方法の提案を行っている。

第5章では、前章で開発した水素圧-空気圧変換機構を備えたMHアクチュエータを用いて、MHアクチュエータが本来もつ出力重量比が大きい利点を生かした、他のアクチュエータでは実現が難しいコンパクトな自立・介護支援機器を試作している。試作した機器は、車いすからの起立動作が困難である要介護者を対象とした、着座面を上昇させることで起立動作を容易にする機器で、従来同様の機器は車いすの基本構造自体に大幅な改良を必要としたが、通常的車いす座面に設置するだけで使用できるように座面用クッションと同じ形状の装置を試作している。さらに、この装置が起立動作支援装置として有効に作用するための座面昇降の動作仕様についても検討を加えている。

第6章では、本研究が至った結論とMHアクチュエータに期待されるその他の機器への応用の展望、および今後の課題について述べている。

以上のように、本論文では、MHアクチュエータのコンプライアンス特性や小型であるという特徴を積極的に生かすことで、自立・介護支援機器への応用範囲が拡大することを実証している。本論文の成果は今後の高齢化社会に対応する技術として介護ロボットに代表される自立・支援介護支援機器への応用が期待され、社会的な貢献度も高い。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。