

研究の課題名

空気圧式介護者用パワー・アシスト・スーツ の開発

神奈川工科大学 助手（現講師）

報告者 吉満俊拓

報告日 2002年(平成14年)11月30日

1. 本研究の意義、特色

現在高齢化が進行している中、寝たきり患者の介護者の苛酷な労働からくる腰痛などの肉体的過疲労の問題がある。そこで我々は、ハードウェアの面から患者の抱き起こし、移動の作業をサポートし、介護者の負担を軽減することを目的とし、人とユニットを一体化した介護用パワーアシストスーツの開拓を行っている。

2. 実施した研究の具体的内容、結果

本研究では、介護者が主体となり安全性を確保しなければならないと考え、介護者が体に装着することによって、簡便に肉体的負担を大幅に軽減できるパワーアシスト装置として、マスタとスレーブが一体となったパワーアシストスーツの開発を進めてきている。

一連の開発においての課題は、人体の滑らかな動作を損なうことなく、柔らかに力を添えることのできるアクチュエータと、介護者の手・足・腰の微妙な動きを検出し、これに応じた操作量をアクチュエータに供給するセンシングシステムの開発である。

● パワーアシストスーツシステム

開発したパワーアシストスーツは、アーム部、ウエスト部、レッグ部からなる。被介護者に威圧感を与えないこと及び脱着の容易さを考慮し、更に違和感を与えず感性を満たすために、介護者の体が被介護者に直接接触することが可能な様に、構造物が介護者の全面を覆うことのない構造とした。構造材は、アルミ系を採用した。

● カフ式アクチュエータ

肘部のアクチュエータは6枚のアルミ板をジグザグに順次継ぎ折りたたみ、アルミ板の間に市販の血圧測定用カフを挟み込んだ構造とした。要の部分は布製平ベルトに継ぎ、外側をワイヤで連結した。膝部のアクチュエータは8枚のアルミ板をジグザグに順次継ぎ折りたたみ、アルミ板の間に市販のカフを挟み込み、内側をワイヤで連結した。腰部のアクチュエータは肘部、膝部とは異なり、アルミ板の片端のみを平ベルトにより継ぎ、アルミ板の間に挟み込んだ。カフの寸法は70×110cmであり、最大容量は200cm³である。

● ベローズ式アクチュエータ

上記で使用しているカフは軽量且つ高い出力を有しているが、単体での膨張率が低い。そのため、複数枚のアルミ板をジグザグに順次継ぎ折りたたみ、アルミ板の間にカフを挟み込んだ複雑な構造であった。そこで、樹脂製ベローズを開発した。ベローズ製アクチュエータの採用により、各ユニットに用いられるアクチュエータの数を減らすことが可能となった。また、アクチュエータ間に固定のために用いられたアルミ板の数を減らすことが可能となる。寸法は無負荷時90×100×20(mm)、最大90×100×150(mm)、最大容量は400cm³。厚さ

0.5mmポリエチレン製、耐圧150kPaである。腕用にベローズを2個使用している。

- **マイクロエアポンプ**

これまでのパワーアシストスーツには、圧縮空気を供給するためのコンプレッサを別途要としていた。このため、コンプレッサとカフ式アクチュエータを結ぶエアチューブによる可動範囲上の制限が生じていた。これらの問題を解決し、完全なウェアラブル化を実現するために、マイクロモータポンプを圧縮空気供給源として使用する方法を開発した。コンプレッサを必要とせず、パワーアシストスーツ内に圧縮空気供給源を入れられるシステムが発された。

本研究で使用したマイクロモータポンプはゴム製ダイヤフラムを揺動するバルブを持つリングポンプで重量150g、定格出力が5.5ml/minである。ポンプ単体ではカフ式アクチュエータに対して供給流量が足りないため、腕用には4個、腰用には2個、脚用には6個使用している。

- **筋肉硬さセンサ**

介護者の動作とその内容を知るためには筋肉の働き具合を知る必要がある。同じ姿勢でもこれから患者を抱き上げようとして力を入れ、どの程度の力を発揮しているか、あるいは抱き下ろそうとして力を抜き、どの程度の力を発揮しているのかを検出する必要がある。我々は安全確実な検出方法として、筋肉の発揮力に応じて筋肉が硬くなる性質を利用して、筋の硬さを検出する筋肉硬さセンサを開発した。

新たにFSR (Force Sensing Resistor) を利用した筋肉硬さセンサを開発した。FSRの感圧面に生ゴムの突起物を取り付け、さらに、FSRを囲いの中に入れ、囲いが皮膚に当たる様に貼り付け、突起物が筋肉の動きをより敏感に反応できるような構造になっている。これによりねらった筋肉の硬さのみの変化を捉えやすくしたものである。

- **筋肉硬さセンサの最適な設置位置の選定**

筋肉硬さの適当な測定点は、各関節の動きを引き起こす筋肉の硬さの変化量が大きく又他の体の部分の動きを引き起こす筋肉の内硬さの変化の影響を受けにくい所である。

- **肘関節駆動筋の最適検出位置**

肘関節の屈曲の動きを引き起こす筋肉は上腕二頭筋・上腕筋・腕橈骨筋の三つが深く関係している。上腕二頭筋の中腹部は他の筋肉がその周辺に無いということから、肘の動作測定最適であることが分かった。

- **膝関節駆動の最適検出位置**

膝関節の伸展を引き起こす筋肉は大腿四頭筋である。この中で伸展動作による筋肉硬さの変化量が最も大きく、他の動きの影響を受けない場所を調べた結果、大腿直筋の中腹部が最適であることが分かった。

- **腰関節駆動の最適検出位置**

腰関節の伸展の働きをする筋肉は、脊柱起立筋である。感度が十分で、他の動きの影響を受けない場所として、脊柱起立筋の下部が最適であることを見出した。

柔軟性を持つ空気圧アクチュエータとして、ベローズ・カフに注目し空気圧の利点を生かした柔らかい構造をもつアクチュエータとしての開発を行ってきた。また、アクチュエータ内圧の変化やコンプライアンス等の特性を解析し、パワードスーツ用アクチュエータとしてその有効性を明らかとした。

スーツを装着した介護者が背をかがめ肘を伸ばして患者を抱き、肘を曲げ、腰と膝を伸ばして立ち上がり、再び背をかがめ肘を伸ばし、腰と膝を曲げ、患者を下ろす一連の動作実験を行った結果、介護動作に必要な各関節トルクが補助され、一連の動作がスムーズに行われ終了していることが確かめられた。

0.5mmポリエチレン製、耐圧150kPaである。腕用にベローズを2個使用している。

- **マイクロエアポンプ**

これまでのパワーアシストスーツには、圧縮空気を供給するためのコンプレッサを別途要としていた。このため、コンプレッサとカフ式アクチュエータを結ぶエアチューブによる可動範囲上の制限が生じていた。これらの問題を解決し、完全なウェアラブル化を実現するために、マイクロモータポンプを圧縮空気供給源として使用する方法を開発した。コンプレッサを必要とせず、パワーアシストスーツ内に圧縮空気供給源を入れられるシステムが発された。

本研究で使用したマイクロモータポンプはゴム製ダイヤフラムを揺動するバルブを持つリングポンプで重量150g、定格出力が5.5ml/minである。ポンプ単体ではカフ式アクチュエータに対して供給流量が足りないため、腕用には4個、腰用には2個、脚用には6個使用している。

- **筋肉硬さセンサ**

介護者の動作とその内容を知るためには筋肉の働き具合を知る必要がある。同じ姿勢でもこれから患者を抱き上げようとして力を入れ、どの程度の力を発揮しているか、あるいは抱き下ろそうとして力を抜き、どの程度の力を発揮しているのかを検出する必要がある。我々は安全確実な検出方法として、筋肉の発揮力に応じて筋肉が硬くなる性質を利用して、筋の硬さを検出する筋肉硬さセンサを開発した。

新たにFSR (Force Sensing Resistor) を利用した筋肉硬さセンサを開発した。FSRの感圧面に生ゴムの突起物を取り付け、さらに、FSRを囲いの中に入れ、囲いが皮膚に当たる様に貼り付け、突起物が筋肉の動きをより敏感に反応できるような構造になっている。これによりねらった筋肉の硬さのみの変化を捉えやすくしたものである。

- **筋肉硬さセンサの最適な設置位置の選定**

筋肉硬さの適当な測定点は、各関節の動きを引き起こす筋肉の硬さの変化量が大きく又他の体の部分の動きを引き起こす筋肉の内硬さの変化の影響を受けにくい所である。

- **肘関節駆動筋の最適検出位置**

肘関節の屈曲の動きを引き起こす筋肉は上腕二頭筋・上腕筋・腕橈骨筋の三つが深く関係している。上腕二頭筋の中腹部は他の筋肉がその周辺に無いということから、肘の動作測定最適であることが分かった。

- **膝関節駆動の最適検出位置**

膝関節の伸展を引き起こす筋肉は大腿四頭筋である。この中で伸展動作による筋肉硬さの変化量が最も大きく、他の動きの影響を受けない場所を調べた結果、大腿直筋の中腹部が最適であることが分かった。

- **腰関節駆動の最適検出位置**

腰関節の伸展の働きをする筋肉は、脊柱起立筋である。感度が十分で、他の動きの影響を受けない場所として、脊柱起立筋の下部が最適であることを見出した。

柔軟性を持つ空気圧アクチュエータとして、ベローズ・カフに注目し空気圧の利点を生かした柔らかい構造をもつアクチュエータとしての開発を行ってきた。また、アクチュエータ内圧の変化やコンプライアンス等の特性を解析し、パワードスーツ用アクチュエータとしてその有効性を明らかとした。

スーツを装着した介護者が背をかがめ肘を伸ばして患者を抱き、肘を曲げ、腰と膝を伸ばして立ち上がり、再び背をかがめ肘を伸ばし、腰と膝を曲げ、患者を下ろす一連の動作実験を行った結果、介護動作に必要な各関節トルクが補助され、一連の動作がスムーズに行われ終了していることが確かめられた。