

ウェアラブルパワーアシストスーツ

神奈川工科大学 ロボット・メカトロニクス学科 山本研究室
山本圭治郎 教授 TEL: 046-291-3149 E-mail: yamakei@rm.kanagawa-it.ac.jp

介護は重労働であり腰を痛めるケースが多く、機械による介護システムの実現が急務であるが、ロボットなどのいわゆる「機械」による介護は患者の感性を満たさず、加えて、ロボットの安全性の問題が残り不安感が消えない。そこで、現実的な解決法として、介護する人を助ける「介護者を力持ちにする」パワーアシストスーツの開発が必須となる。

【基本理念】

パワーアシストスーツは次のような4つの基本理念の基に開発されている。

- 1) **安全なシステム**: 動きやすく安全に使用できるシステムを実現するために、マスターである使用者が、スレーブである機械を直接身に着ける、マスター・スレーブ一体システムを採用している。
- 2) **患者さんとのスキンシップを妨げない**: 機械を使用者と被介護者の間に設置せず背面に集約している。
- 3) **着用者の自然な身体動作を妨げない**: エアバッグをアクチュエータとして利用することによりエアバックの柔軟性と空気の圧縮性により柔らかさを維持しながら強力なアシスト力で関節の動きを助ける。
- 4) **違和感の無い適切なアシスト力の実現**: 必要とする関節トルクを安全確実に知る為に、関節駆動筋肉の表皮に新開発の筋肉硬さセンサを配置して、各筋肉が発揮している筋力を検出している。これらと身体力学計算モデルによる各関節トルクの算出値を組み合わせることでアシスト力を決定することにより、安全性を確保しながら、各関節が必要としているアシスト力を違和感なく発生する。

【構造】

肩と腕ユニットは前後・左右の動きに対応している。二重関節機構により人間の動作になめらかに追従する。アシストする関節は肘・腰・股・膝関節である。小型エアポンプによりエアバッグに圧縮空気を送りアシスト力を発生する。スーツ自体で自重を支えることができるので、使用者に負担はかからない。アシスト力は、安全のため着用者が必要とする力の約半分に制御している。

【実用化に向けて解決を要する課題】

1) エアバッグの開発

定格: 伸縮比5以上、耐内圧2気圧以上、
サイズ: 50x50x100mm³

2) エアポンプの開発

定格: 出力圧2気圧、吐出流量毎分25リットル、
サイズ: 50x50x100mm³

PAS 外観図 (Outline view)



ウェアラブルパワーアシストスーツ

【サポータ式筋肉センサ】

小型 load cell の感圧面にアクリル製の土台を取り付け、その土台の上にシリコンゴムの接触子を取り付け、さらに、小型 load cell を囲いの中に入れ、囲いが皮膚に当たるように伸縮粘着テープで取り付け、接触子が筋肉の硬さ変化を安定に検出できるような構造。筋肉硬さセンサの写真を図 1 に、設置図を図 2 に示す。



図 1 筋肉硬さセンサの写真

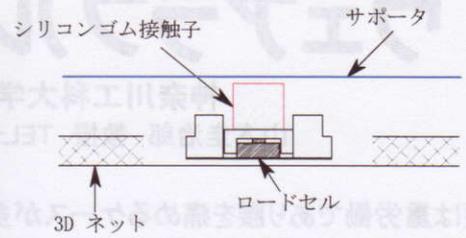


図 2 筋肉硬さセンサの設置図

筋肉硬さセンサの接触子を図 3 に示す。男性・女性、各測定場所の皮下脂肪の厚さなどにより、シリコンゴムの厚さや形状を改良。

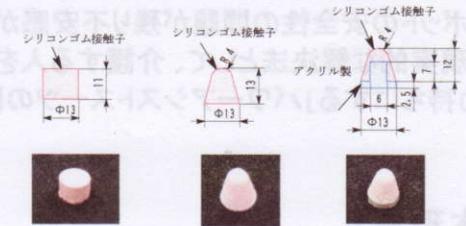


図 3 筋肉硬さセンサの接触子の形状

【ダイレクトドライブ・エアアクチュエータ】

給気用小型エアポンプおよび排気用ソレノイドバルブをエアバックに直結することにより、直接駆動が可能。Ni-MH 電池(12Vを2本並列)により約 30 分間連続運転が可能。

【肘部のアクチュエータ】

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。要の部分は金属蝶番型により継ぎ、外側を平ベルトで連結。図 4 に構造を示す。

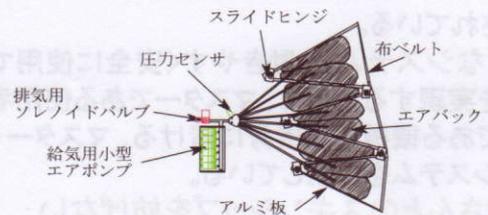


図 4 肘用アクチュエータ

【腰部・股部のアクチュエータ】

肘部・膝部とは異なり、4枚のアルミ板の片端のみ継ぎ要とし、他端を平ベルトにより拘束し、アルミ板の間にカフを挟み込んだ構造。図 5 に構造を示す。

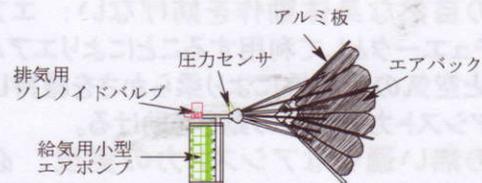


図 5 腰用・股用アクチュエータ

【膝部のアクチュエータ】

8枚のアルミ板をジグザグに順次継ぎ折りたたみ、アルミ板の間にカフを挟み込み、外側を平ベルトで連結。図 6 に構造を示す。

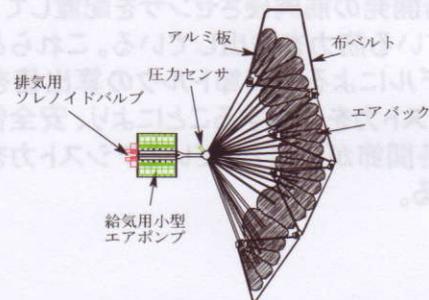


図 6 膝用アクチュエータ

【計測制御システム】

図 7 にパワーアシストスーツの制御システムを示す。介護者の筋肉の硬さを検出するための筋肉センサを、肘駆動筋のある上腕と、腰駆動筋のある背中腰上と、膝駆動筋のある膝の上に取り付け、各筋肉発揮力を検出。

肘、肩、腰、股、膝、踵の各関節角度をポテンショメータにより検出し、各関節角度を変数とする身体力学モデルにより、必要としている各関節トルクと筋力を組み込みマイクロコンピュータにより計算し、計算値の50%をアシスト力の基準値として、これに筋肉センサによる検出値を±20%した値を最終的なアシスト指令値とする。

これを基に、給気用小型エアポンプと排気用ソレノイドバルブへの供給電圧が計算され、肘・腰・股・膝の各ユニットに取り付けられたアクチュエータ内の空気圧が調節され、介護動作に必要とされる補助力が、各関節ユニットに発生するシステム。

組み込みマイコンと検出および駆動回路は背中に収納。

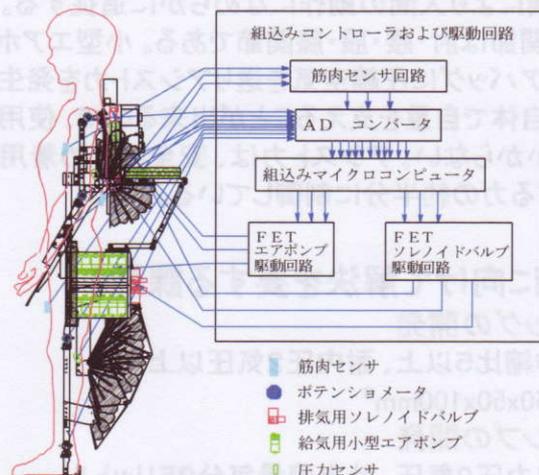


図 7 パワーアシストスーツの制御システム