

二関節筋モデルを用いたパワーアシストスーツの研究

第3報 伸縮機構の開発

Research of Power Assist Suit adapted to bi-articular muscles model

Part 3 Development of extendable mechanism

○ 田村 康晃 (日本工大) 中里 裕一 (日本工大)

Yasuaki Tamura (Nippon Institute of Technology)

Yuichi Nakazato (Nippon Institute of Technology)

Abstract: In this study, we develop a power assist suit with bi-articular muscles mechanism. We have already developed the leg mechanism of power assist suit adapted to bi-articular muscles mechanism. The leg mechanism of power assist suit adapted to bi-articular muscles model has high torque and safety from a series of experimental results. However, as a result of doing a questionnaire about fitting, we received a low mark. For practical use, we need to develop new type Power assist suit to reflect these problem in conventional equipment. In this report, we focus on a extendable mechanism, and develop new concept extendable mechanism one.

Key Words: Power assist suit, Bi-articular muscles, Extendable mechanism

1. 目的

厚生労働省の発表した将来人口推移によれば、日本は2055年には完全な少子高齢社会となり、介護負担の増加や労働力不足など生活・社会的に深刻な悪影響が生じることが予測されている⁽¹⁾。これまでに海外からの介護士受け入れや育児環境の整備などの様々な対策がとられているが、抑止と成りうるような大きな効果はあげられていない。今日では福祉介護ロボットが盛んに研究・開発されており、これらが将来的に少子高齢社会において非常に大きな働きをするものと考えられる。そこで介護従事者および高齢者が装着して、動作アシストにより身体負担を軽減することを最終目標とし、後述の二関節筋構造を取り入れたパワーアシストスーツを研究する。

これまでの研究で、二関節筋構造を取り入れた脚部モデルにて歩行アシストを行い、二関節筋の特徴である六方向へのトルク出力の安定性、低出力モータを用いることによる出力トルクの増加を確認できた⁽²⁾。

本報では、二関節筋特性を持つことが確認できた従来機に、アンケート調査によって得られた意見のうち、収縮機構について設計・解析を行う。

2. 二関節筋モデルについて

本装置に用いる二関節筋モデルを Fig.1 (a) に示す。各筋肉を相互動作させることで現れる先端出力ベクトルを結ぶと、六角形となる先端出力特性を持ち、Fig.1 (b) の一関節筋モデルと比較して安定した出力を発揮することができる⁽³⁾。またアクチュエータが故障した場合には関節が脱力もしくはロックし、大きな負荷がかかっている状況では装着者にとって非常に危険な場面が想定される。二関節筋モデルでは二つの関節がリンクしているため、万が一の場合でもどちらかのアクチュエータが負荷を支え、補助装置として機能することが期待できる。また、二関節筋リンクが隣の関節へ力を伝達するため、小型のアクチュエータでも十分にアシストを行う事ができ、軽量化を実現出来る。

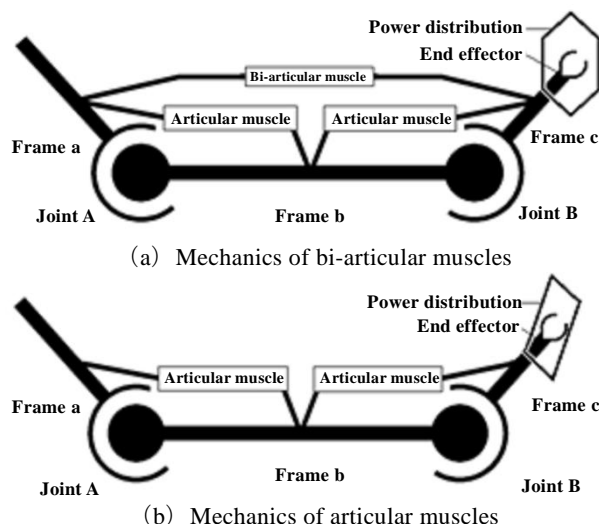


Fig.1 End effector characteristics in each articular muscle

3. 実用化に向けたパワーアシストスーツの評価

3-1 アンケート調査対象について

二関節筋モデルを導入し、Table.1 に示す平均的体格の65歳男性が装着し、定常歩行動作時にかかる床反力(踵接地時約600N、爪先離地時700N)⁽⁴⁾と日常生活で運搬する10kg程度の荷物保持をアシストするように設計した、脚部二関節筋パワーアシストスーツを Fig.2 と Table.2 に示す。二関節筋モデルの評価を簡易なものとするために、下腿部のアクチュエータは実装せず、大腿部のみ二関節筋モデルをモータ3個で動作させるものとした。想定外の負荷に備えたやや大型のモータと、装置破損の危険性を減らすための保護ユニットを各関節に組み込んだため、装置重量が6.4kgと重いものの、運用時は装置自重もアシストするため、動作に支障は生じないと考える。

実用化に向け、二関節筋特性を確立した現行モデルにて、実際の装着対象者から装着性に関するアンケート調査を行い、今後の改良点を探る。今回は装置の装着感についての評価をアンケート調査にておこなった。

Table.1 The average value of 65-year-old men's body^{(5) (6)}

Height	1.62m
Weight γ	62kg
Upper body α Weight	39kg
Lower body β Weight	23kg
Thigh length	0.43m
Lower leg length	0.36m

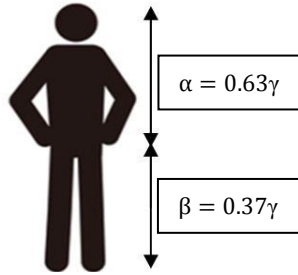


Fig.2 Power Assist Suit adapted to bi-articular muscles model

Table.2 Comparing of power assist suit specs

	Model 2012	
Total length	1200mm	From crotch joint to sole
Weight	About 6,400g	
Assist point	2+1	Crotch joint, Knee joint, (Ankle)
Actuator	3	Crotch joint 1, Knee joint 2

3-2 アンケート調査結果

実際に不特定多数の装着者にパワーアシストスーツを装着してもらい、歩行や屈伸、着席などの運動を行なっただけから、その印象について、アンケート調査をおこなった。これにより得られた結果を以下に示す。

- (1) バンドの締め付け力・箇所に関しては好評価
- (2) 装置と体の間にカバーや柔らかい素材がほしい
- (3) 足を広げる、ねじる動作がやりにくい
- (4) 装着時(無稼働時)に重さを感じる
- (5) 身長に合わせ、長さを調整できるようにするべき

項目(1)～(4)については、クッション材の挿入や干渉部分の切削、装着方法の工夫等によって容易に解消できるものの、項目(5)については確立した二関節筋特性を崩さぬよう慎重に検証を行い、装置本体に伸縮機構を設ける必要がある。よって始めに伸縮機構についての検証を行う。

4. 試作伸縮機構

4-1 必要条件

以下に伸縮機構に必要な条件をまとめる。

- (1) モータは Fig.3(a)部に内蔵し、省スペース化を図る。
- (2) 男性・女性の大腿長・下腿長の平均値、32～44cm⁽⁵⁾間で調整が可能であること
- (3) 二関節筋特性を確立したこれまでの設計をなるべく崩さないこと

- (4) 操作性簡略化のため、大腿部、下腿部両方に使える設計にすること

4-2 設計

必要条件を踏まえ、設計した収縮機構を Fig.3 に示す。設計にはピカティニーレール(Picatinny rail)を参考にした。これは小火器用の後付取り付け台であり、湾曲部分への取り付けが可能で、耐熱膨張設計と耐衝撃性を合わせもつものである。パイプ部への取り付けが可能で、モータによる発熱と強度から、収縮機構へと応用した。最短機構長 32 cm、最長機構長 61cm と調整が可能であり、先述の必要条件を全て満たしている。

ここで、伸縮機構を剛体とみなし、発生する合力を計算する。装着者の自重 F_1 は日本人平均体重から 539N、歩行時の最大床反力 F_2 を 700N として計算すると Esp.1 に示すように、発生する合力 F_{1+2} は上向きに約 16kg となる。これを増加した重量分のアシストに活かす。また F_{1+2} の位置ズレによって生じる負荷に対しては、ラジアル軸受の強化などで強度の増加を図る方針である。

$$F_{1+2} = |F_1 - F_2| = |539N - 700N| = 161N \quad \dots (1)$$

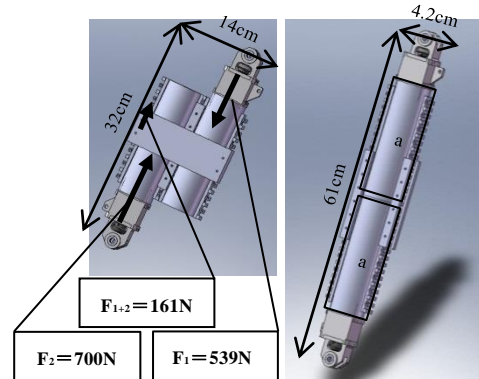


Fig.3 Prototype extendable mechanism

5. 今後の課題

本報では伸縮機構の大きな設計に留まったため、CAEによる詳細な解析、また脚部モデル全体の解析を行い、製作へと移行する。

今後はアンケートで得られた残りの課題を装置に順次反映していく。さらに再度動作実験とアンケート調査を行い、装着感等の改良とこれまでのモデルと比較し、最終的な評価を行う。また脚部モデルで得られたデータを参考に、上半身モデルの製作に着手し、パワーアシストスーツを実用的なものに近づけていく。

参考文献

- (1) 総務省統計局・政策統括官(統計基準担当)・統計研修所,人口推計(平成24年8月確定値,平成25年1月概算値)
- (2) 高瀬鍛,二関節筋モデルを用いたパワーアシストスーツの研究(第1報),WWLS2010講演会,2010
- (3) 熊本水頼,二関節筋-進化史に裏付けられた出力・制御機能特性,日本ロボット学会誌,2010
- (4) 越智貴士,ウェアラブルな床反力推定装置の開発,高知工科大学院工学研究科修士論文,2007
- (5) 独立行政法人 製品評価技術基盤機構,NITE人間特性データブック,2009
- (6) 大嶋康之,脊柱モデルの湾曲シミュレーション,高知工科大学工学部知能機械システム工学科卒業論文,2005