

実用化を目的としたパワーアシストスーツの開発

Kobayashi, Toshihiko / 小林, 稔彦

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

8

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014112>

実用化を目的としたパワーアシストスーツの開発

DEVELOPMENT OF A POWER ASSIST SUIT FOR THE PURPOSE OF PRACTICAL USE

小林稔彦

Toshihiko KOBAYASHI

指導教員 石井千春

法政大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士課程

In recent years, Japan has reached to the super-aging society. Therefore, power assist suits that reduce the burden of the worker are required. However, most of the assist suits practically used have some problems such as heavy, expensive, and taking long time for attachment and detachment of the suit. Therefore, this study aims to develop a more practical assist suit that can be used in nursing care and construction site, respectively. The assist suit for nursing care is separable into outerwear and knee pads, which has characteristics of being light weight, inexpensive, high flexibility, and easy to put on and remove. This assist suit is for assisting the caregiver to lift the care-receiver. The assist suit for construction site is composed of a full harness type safety belt and artificial muscles, which is for supporting posture maintenance of the workers in construction site who work with a half-sitting posture. Evaluation experiments were carried out to verify an effectiveness of the developed assist suits. The muscle load evaluated by integrated electromyogram was decreased by wearing the assist suits. Therefore, the effectiveness of the developed assist suits was verified through experiments.

Key Words: nursing care, power assist suit, artificial muscle, construction site

1. 緒論

近年、日本は超高齢社会を迎え、高齢化率（総人口に対する65歳以上の高齢者の割合）は増加の一途をたどっている[1]。肉体労働を必要とする様々な現場においても高齢化が進み、重量物を持ち上げる動作などで腰部に負荷がかかり、労働者の腰痛の原因となっている。例えば介護現場では、要介護者を抱え上げる動作、車いすやベッドに着座させる動作において、介護者の腰部にかなりの負荷がかかり、これにより介護者が筋膜性腰痛や、椎間板ヘルニアなど腰に関わる疾患を発症する事例が報告されている[2]。一方で、建設現場においても若年層の減少、高齢化の進行[3]などの背景から、技能労働者の人手不足が問題となっている。そのため、高齢の労働者が重労働を強いられており、腰に関わる疾患を発症していることが報告されている。

このような背景から、現在様々な研究機関で、腰部にかかる負担軽減を目的としたパワーアシストスーツの開発が盛んに行われている。例えば、筑波大学のHAL(The full-body Hybrid Assistive Leg)[4]は、身体機能の拡張とリハビリテーションの両方を目的とした、外骨格型のアシストスーツである。生体信号によって人間の動作を認識し、各関節に設置したモータによって全身の動きを支援する仕組みとなっている。東京理科大学のマッスルスーツ[5]は、介護現場や物流産業で腰部負担を軽減させることを目的としたアシストスーツである。全体を

金属フレームで構成し、アクチュエータとしてMcKibben型ゴム人工筋肉を使用しており、持ち上げる動作の際、背筋をサポートする仕組みとなっている。また、アクチュエータを一切使用しないサポーターも普及している。北海道大学のスマートスーツ[6]は、弾性材のみで構成されている受動型アシストスーツである。小型・軽量という特徴を持ち、身体にかかる負担・疲労を軽減することを目的として開発された筋力補助装具である。

実際の現場では、作業効率（作業スピード）を重視する傾向があり、十分なアシスト力があっても着脱に時間がかかってしまうものは実用的ではないとされている。さらに、外骨格系で柔軟性の低いアシストスーツを装着した状態では、業務以外の動作（日常動作など）に支障をきたす可能性がある。特に高齢者や女性の作業には、重量が大きく、動きを制限されてしまうような装具は好まれない。以上のような問題点から、現在実用化されている能動型アシストスーツでは、普及が難しい現状がある。また、受動型アシストスーツでは、特に重量物を持ち上げる際に十分なアシスト力が得られない。

そこで本研究では、介護現場と建設現場に着目し、現場のニーズを把握することで、軽量かつ装着が容易、装着感・威圧感が少なく、低価格である、より実用的なパワーアシストスーツを開発することを目的とする。

2. 介護用アシストスーツの問題点と改良

(1) 先行研究の介護用アシストスーツの問題点

先行研究[7]では、介護現場のニーズに沿って、軽量・安価・高い柔軟性の3つの特徴を備えたアシストスーツの開発が行われた。先行研究で開発されたアシストスーツを Fig.1 に示す。



Fig.1 Overall type assist suit

このアシストスーツはツナギ服をベースにした構造になっており、動力源には McKibben 型ゴム人工筋肉を採用している。装着されたゴム人工筋肉は、圧縮空気を供給すると軸方向に収縮し、半径方向に膨張する特徴を持っている。このゴム人工筋肉を背面に2本装着することで、物を持ち上げる際の背筋の補助を行う仕組みとなっている。人工筋肉への圧縮空気の供給制御は電空レギュレータで行っており、圧縮空気の供給は装着者が押しボタンのスイッチを押すことにより行う。動力伝達にはベルトを使用している。

このアシストスーツはゴム人工筋肉やベルトを使用することにより、軽量かつ柔軟性が高い、比較的安価である等の現場のニーズを満たしている。しかしながら、先行研究で開発されたアシストスーツは、ツナギ服を使用しているため、通気性が悪く、装脱着に時間がかかるため実用性に欠ける。また、アシストスーツに付属するエアチューブや電気コードの配線が露出しており、危険である等の問題を残した。

そこで本研究では、実用性の高いアシストスーツの開発を目標として、これらの問題点を改善するため、上半身と下半身が分離可能な膝パッド型アシストスーツを製作し、その性能評価を行った。

(2) 膝パッド型アシストスーツの開発

改良を施して開発した膝パッド型アシストスーツを Fig.2 に示す。動作原理としては先行研究で開発されたアシストスーツと同様、前屈みの状態で背中にあるゴム人工筋肉を収縮させると、腰まわりに上体が後方に引っ張られ、上体が起こされる仕組みである。

上半身はベストをベースとしており、伸縮性のあるゴムとマジックテープで身体に密着させる構造となっている。ベストを採用することにより、スーツ内の通気性を向上させた。下半身は膝パッドとベルトで構成されて

いる。人工筋肉と膝パッドをベルトで連結することにより、人工筋肉が収縮した際の収縮力が、上体を引っ張る力に変換される仕組みになっている。また、膝パッドとベストを繋ぐベルト部には、Fig.3 に示すようなベルトを折り返す機構を設けた。これにより、左右への体重移動がより円滑に行えるようになった。

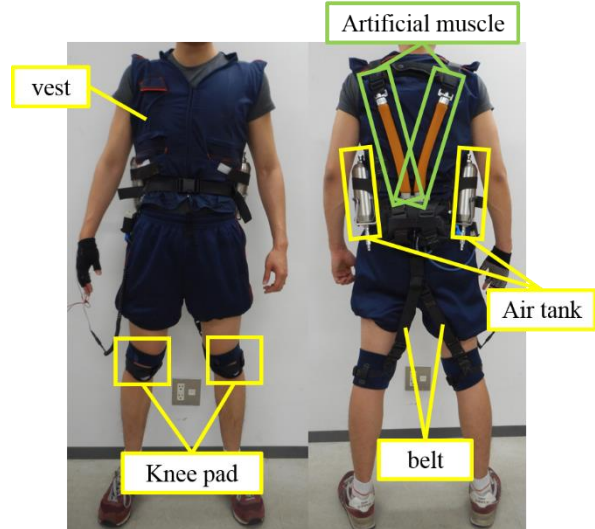


Fig.2 Knee pad type assist suit

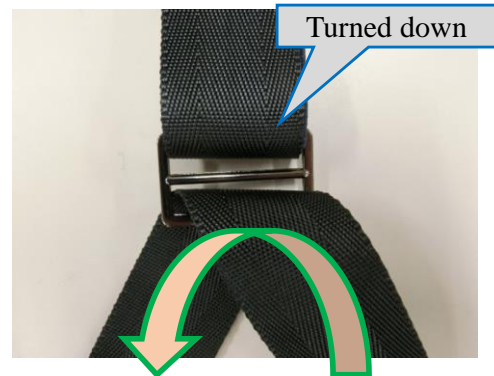


Fig.3 Sliding mechanism

さらに、アシストスーツの設計以外にも、人工筋肉の制御方法を新たに追加し、圧縮空気の供給方法も変更した。

(3) 電磁弁・レギュレータの使用

先行研究で使用していた電空レギュレータを、電磁弁と手動のレギュレータに変更した。これにより、レギュレータを手動で操作することによって、人工筋肉に送給する空気圧を容易に調節することが可能となった。また、以前使用していた電空レギュレータは供給電圧が 24V であり、家庭用コンセントから電源供給を行っていた。これに対し、今回使用した電磁弁は供給電圧が 5V と、低電圧で駆動可能なため、小型のバッテリーで駆動することが可能となった。

(4) スイッチ

人工筋肉に圧縮空気を供給するスイッチに関しては、以前はプッシュスイッチを用いていたが、実際の介護現

場で使用するにあたり、両手は可能な限り自由が利く状態が望ましい。よって、実用性の高い様々なスイッチを製作した。製作したスイッチの一例として、タクトスイッチを用いた手袋型のスイッチを Fig.4 に示す。

また、人工筋肉へ圧縮空気を供給する際のスイッチ操作方法についても変更した。以前までは、スイッチを押している間のみ圧縮空気が供給される制御方法であったが、要介護者を抱えたままスイッチを押し続けることは難しく、実用的ではないと考えた。そこで、スイッチを一回押すことで一気に圧縮空気が供給され、スイッチを長押しすることで排気される制御方法に変更した。



Fig.4 Glove type switch

(5) 2段階制御機能

実際の介護現場では、中腰姿勢で移乗動作を行うことが多いとされている。そこで、直立姿勢を維持するために必要な圧力を供給する制御に加え、中腰姿勢を維持できる程度の圧力も供給できる制御方法を考案した。直立動作時に供給する圧力を 0.5MPa、中腰姿勢時に供給する圧力を 0.3MPa に設定し、0.3MPa、0.5MPa の供給または排気の切り替えは、スイッチ操作で行うものとする。

まず、スイッチを1回押すことにより、0.3MPa の圧縮空気が供給される。次に、スイッチを連続で2回押すことにより、0.5MPa の圧縮空気が供給される。最後にスイッチを長押しすることにより、人工筋肉に供給された空気が排気される。また、最初からスイッチを連続で2回押した場合は、0.3MPa の圧縮空気の供給をスキップして、0.5MPa の圧縮空気が供給される仕組みとなっている。これにより、直立姿勢と中腰姿勢での介助動作に対して、アシストスーツの使用方法を着用者の意思で使い分けることができるようになった。

(6) エアータンクの取り付け

先行研究では、人工筋肉に供給する圧縮空気の供給源には、エアコンプレッサーを使用していた。しかし、介護現場で実際に使用することを想定した場合、エアコンプレッサーとアシストスーツを繋ぐチューブに足を引っ掛けてしまう可能性や、チューブによって行動が制限されてしまうという問題点があった。そこで本研究では、コンプレッサーの代わりに小型のエアータンクから圧縮空気を供給することを考え、エアータンクを装着

する方法を考案した。Fig.5 にエアータンクを装着した際の様子を示す。

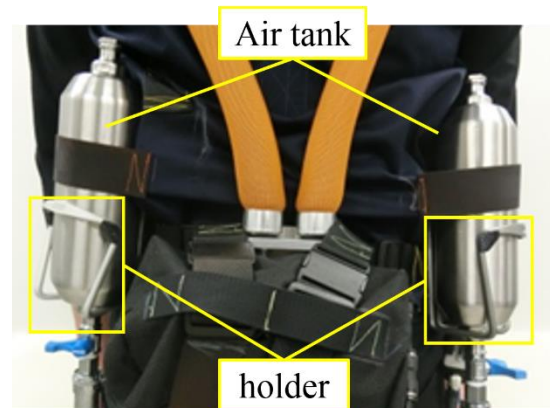


Fig.5 Attachment of air tanks

エアータンクは、自転車のペットボトルホルダーに収納するものとし、ペットボトルホルダーは、スーツの腰部ベルトに通し、スライドさせることが出来る機構になっている。これにより、着用者は容易にエアータンクを交換することができる。

エアータンクを使用することにより、露出しているチューブがなくなった一方、介護現場で一日に移乗動作を行う回数が10回程度とされているのに対し、現状では750 mlのエアータンクを2本使用した際、0.5MPaの圧縮空気の供給が1回、0.3MPaの圧縮空気の供給が3回と、アシストを行える回数が限られてしまい、タンクの交換回数が多くなってしまいう問題がある。

3. 介護用アシストスーツの評価実験

(1) 評価実験の概要

膝パッド型アシストスーツのアシスト効果を検証するために、重量物を持ち上げる動作及び、重量物を旋回移動させる動作を行い、積分筋電位により筋肉の負担量の減少率を評価する。

(2) 積分筋電位

人間が筋肉を動かす際、筋繊維内で微小な電圧が生じる[8]。これを皮膚表面に張り付けた表面電極により計測することで得られるのが表面筋電位(SEMG)である。この SEMG の絶対値を時間ごとに積分することにより、筋収縮の強弱を示す積分筋電位(IEMG)が得られる。次式により IEMG を算出する。

$$IEMG = \int_{t-\Delta t}^t |SEMG| dt \quad (1)$$

本研究では、サンプリング 1kHz で SEMG を測定し、積分区間は 0.256s とした。

(3) 実験方法

介護現場では要介護者を抱え上げ、ベッドや車いすな

どに移乗させる動作を多く強いられる。よって今回の実験では、要介護者の抱き上げ動作及び、ベッドから車いすへの巡回移乗動作を想定して、2種類の実験を行った。被験者は健康な男子学生1人（身長186cm、体重74kg）とした。実験上の安全性を考慮し、持ち上げる重量は被験者の体重 $\times 0.4$ [kg]以下とする。実験はいずれもアシストスーツ着用時と非着用時について行った。また、重量物の持ち上げ動作に関しては、先行研究で開発されたツナギ服型アシストスーツで同様の実験を行った際の結果とも比較する。

a) 重量物持ち上げ試験

試験の流れを Fig.6 に示す。被験者は決められた時間において、流れに沿って重量物を持ち上げて降ろす動作を行う。状態 A は被験者が重量物（30kg）の前に立った初期姿勢、状態 B は被験者が実験開始 4s 付近までの間で重量物を掴み、体勢を整えた状態、状態 C は足と腰の力を使って重量物を持ち上げた状態、状態 D は実験開始 7s 後付近で、重量物を降ろした状態である。この A→B→C→D（計 10s）を一連の動作とする。

なお、実験開始から 4s 後付近の持ち上げ動作の際に、圧縮空気を供給し、状態 C において重量物を持ち上げている状態を維持しているときは圧縮空気を供給したままにする。そして、降ろし動作に入る直前に人工筋肉の圧縮空気を開放する。SEMG を測定する部位は、重量物を持ち上げる動作に最も関係が深いとされている脊柱起立筋とし、筋電計の電極の貼り付け位置は Fig.7 の位置とする。

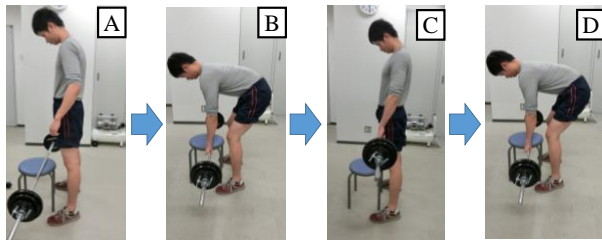


Fig.6 Lifting experiment with heavy load

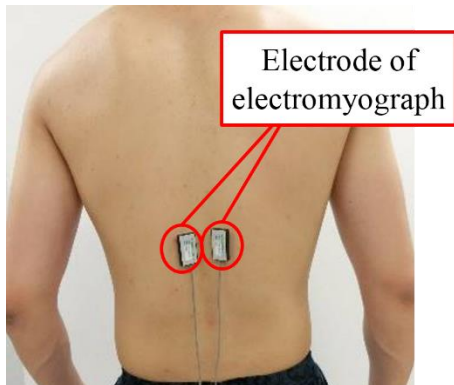


Fig.7 Measurement position of SEMG

b) 重量物の巡回移動試験

Fig.8 に示すように、重量物を中腰姿勢で持ち上げてから左に回転して下ろす実験を行った。状態 A は被験者が重量物（20kg）の前に立ち、重量物をつかんだ初期姿勢、状態 B は実験開始から 1s 後に被験者が重量物を持ち上げた状態、状態 C は 2s から 5s 付近までの間で左に回転した状態、状態 D は 5s 付近から 8s の間で重量物を降ろした状態である。この A→B→C→D（計 8s）を一連の動作とする。

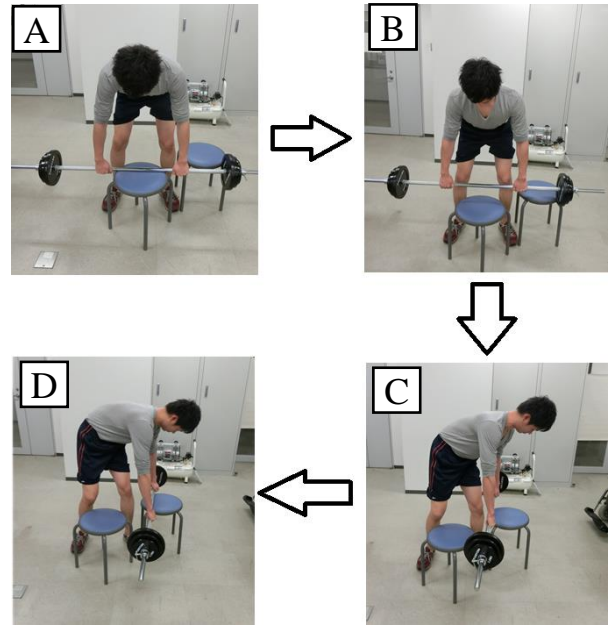


Fig.8 Turning experiment with heavy load

なお、実験開始から 1s 後付近の持ち上げ動作の際に圧縮空気を供給し、そこから巡回動作を行う。重量物が左側の椅子の上方に来るまで巡回したら、人工筋肉の圧縮空気を排気しながらゆっくりと重量物を降ろす。SEMG を測定する部位は、脊柱を回旋または側屈する際に負担がかかると考えられる外腹斜筋[9]とし、電極の貼り付け位置は Fig.9 の位置とする。

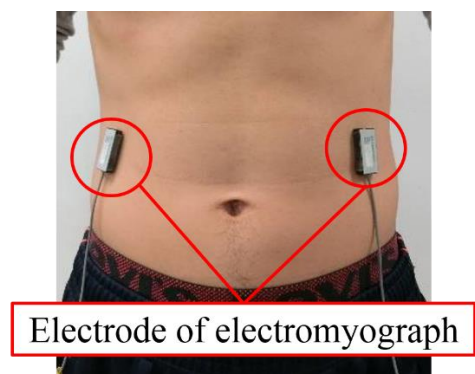


Fig.9 Measurement position of SEMG

(4) 実験結果と考察

a) 重量物の持ち上げ試験

実験結果を Fig.10 に示す。縦軸は測定した IEMG、横軸は時間である。4s 付近の持ち上げ動作時に IEMG のピークが見られ、その付近で着用時の筋活動量に、非着用時に比べて最大 30% の減少が見られた。さらに、7s~9s 付近の降ろし動作時に再度 IEMG の増加が見られ、これに関しても、着用時の筋活動量に、非着用時に比べて最大 46% の減少が見られた。これは、重量物を降ろす際に、人工筋肉内の空気は瞬間的には排気されず、3s ほどかけて空気が排気され、人工筋肉がゆっくりと元の長さに伸展する性質を持っているので、降ろし動作の際にもアシストスーツによるアシスト効果が作用しているためであると考えられる。

また、Fig.10 より先行研究で開発されたツナギ服型アシストスーツと比較しても、アシスト性能が大きく低下することなく、同様のアシスト効果が得られることが確認された。

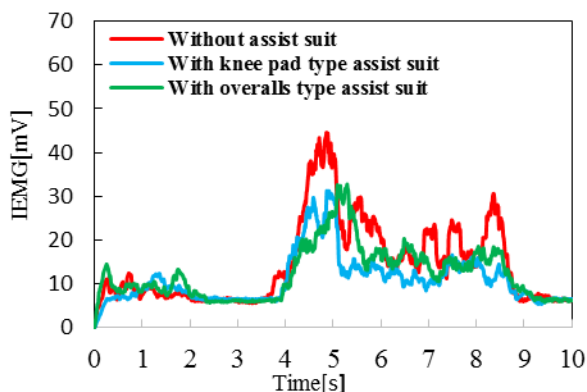


Fig.10 Experimental results for lifting motion

b) 重量物の旋回移動試験

右外腹斜筋の実験結果を Fig.11 に示す。0s~5s 付近の持ち上げ動作から旋回動作を終了するまでは、アシストスーツ着用の有無で、特に筋負担が軽減されている様子は見られない。しかしながら、旋回終了後に重量物を降ろす 5s~7s 付近で、着用時の右外腹斜筋の筋負担が減少し、非着用時に比べて最大 43% の減少が確認できた。一般に持ち上げる動作において使用される筋肉は、主に脊柱起立筋であり、外腹斜筋にかかる筋負担は比較的少ない。一方、身体を旋回・側屈させる動作においては、主に外腹斜筋に筋負担がかかる。旋回後に重量物を降ろす際、体をひねった状態を保ちながらゆっくりと降ろすので、重量物を降ろす側と逆側にある腹斜筋（今回は左に旋回を行うので、右の腹斜筋）に負荷がかかる。今回の実験で、5~7s 付近で外腹斜筋の筋使用量が軽減された理由としては、人工筋肉が収縮していることによって、外腹斜筋にかかる負荷が軽減されたものと考えられる。よって、アシストスーツの着用により、体をひねった状

態での降ろし動作にもアシスト効果が得られていると言える。

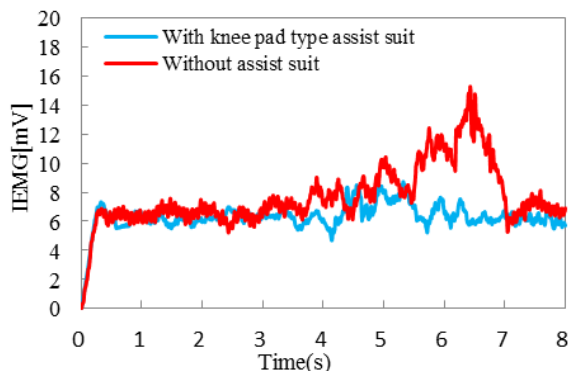


Fig.11 Experimental results for turning motion

4. 介護用アシストスーツのアシスト力推定試験

本研究で開発されたアシストスーツは、柔軟性のある衣服で構成されていることが特徴的であり、他の研究機関で開発されているものと比べ、着脱の容易さ・重量の面で優位性があるといえる。しかしながら、非剛性の材料を使用しているがゆえに、現状ではアシストスーツのアシスト力を定量的に評価することは困難である。

そこで本研究では、背筋計を用いてアシスト力の推定を行った。また同時に、人工筋肉へ供給する圧縮空気の圧力を変化させ、供給圧力とアシスト力との関係性を確認した。

(1) 推定方法

被験者は健常な男生 1 人（身長 186cm、体重 74kg）とした。Fig.12 に示すように、被験者はアシストスーツを着用した状態で背筋計に乗り、背筋計のグリップをつかむ。被験者が極力脱力した状態で人工筋肉を収縮させ、その際に上体を引っ張る力を背筋計のメータにより計測する。アシストスーツのスイッチ操作は、実験協力者に行ってもらえるものとする。実験は人工筋肉へ供給する空気圧力を 0.1~0.5MPa まで 0.1MPa ごとに変化させ、5 段階の圧力に対してそれぞれ 3 回ずつ計測を行った。

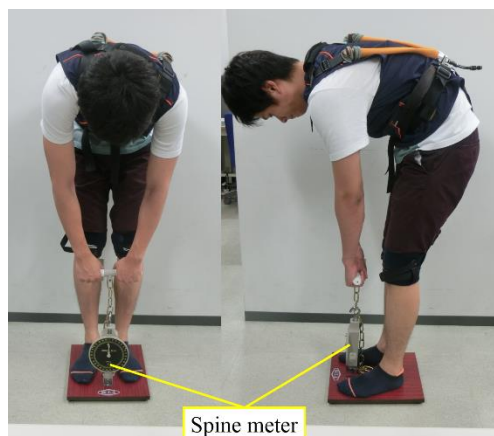


Fig.12 Estimation experiment of assist force

(2) 実験結果

実験結果を Table 1 と Fig.13 に示す。Table 1 は、実験で得られた背筋計の値である。Fig.13 は Table 1 で得られた結果をグラフ化したものとなっている。

実験の結果、人工筋肉へ供給する空気圧力とアシスト力は概ね線形関係になることが明らかになった。また、現在実際にアシストスーツを使用する際は、人工筋肉には 0.5Mpa の圧縮空気を送給している。よって、本アシストスーツを使用することで約 30kg のアシスト力が得られるといえる。

実際には、膝パッド部のベルトの締め具合やベストの密着度合い、また被験者の体格などの関係から、必ずしも今回の結果と同様の結果が得られるとは限らない。よって今後は、被験者を増やして同様の結果が得られるか確認する必要がある。また、今回は同一姿勢についてのアシスト力の測定を行ったので、姿勢によるアシスト力に変化も確認していきたい。

Table 1 Measured value by spine meter

Pressure[MPa]	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	
Frequency	1	12.9	20.9	28.3	28.0	34
	2	10.2	17.8	24.8	29.8	28.9
	3	11	21.6	23.3	28.0	29.4
Average[kg]	11.4	20.1	25.5	28.6	30.8	

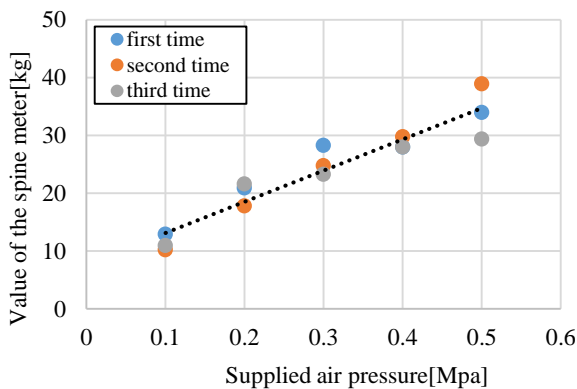


Fig.13 Results of the estimated assist force

5. 建設用アシストスーツ

建設現場では、高齢化の進行により技能労働者が不足している。一方で、女性労働者は増加傾向にあり、重量の大きい建設資材などの荷卸しや、足場の悪い狭所での作業が多い建設現場において、アシストスーツの必要性が高まっている。

本研究では、建設現場用のアシストスーツを製作するにあたって、建設現場の市場を調査し、製作するアシストスーツの構想を明確にした。建設現場では、塗装作業や結束作業などで、同じ姿勢を保ち作業をすることが多いとされている。このような作業は腰部に大きな負担がかかり、それにより労働者の腰に関わる疾患の原因とな

っている。また、建設現場では作業効率を重視しており、装置の着脱にかかる時間ももちろん、作業スピードを落としてしまうような装置は好まれない。

調査の結果、本研究では以下のように条件を設定し、建設用アシストスーツの製作を行った。

- i) 中腰姿勢の維持を補助する。
- ii) 高所や狭所で使用できるものにする。
- iii) 出来る限り軽量を目指す。

上記の条件を満たすために、市販のフルハーネスに外部装置を内蔵することにした。製作した建設用アシストスーツを Fig.14 に示す。このアシストスーツは、電動のアクチュエータやコントローラは使用せず、建設現場で使用されるフルハーネスに人工筋肉を取り付けただけのシンプルな構造となっている。

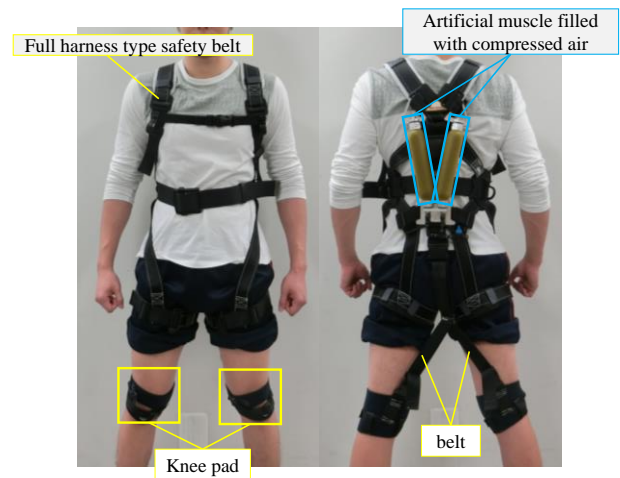


Fig.14 Assist suit for construction site

0.1Mpa の圧縮空気を充填した人工筋肉を背面に 2 本装着し、人工筋肉の収縮力により中腰姿勢の維持を補助すること目的としている。人工筋肉上部は、Fig.15 に示すような三角形の金属材とベルトによりフルハーネスに固定する。人工筋肉下部は金属プレートとベルトを介して膝パッドで身体に直接固定する仕組みとなっている。これにより上半身の姿勢を維持する力を膝パッドで支えている。重量はフルハーネスのみの重量が約 1.6kg に対して、建設用アシストスーツは約 2.5kg となり、軽量であるといえる。背面腿部のベルトの長さを調節することで作業シーンに応じて適切な姿勢保持が可能となっている。



Fig.15 Triangular attachment implement

製作した建設用アシストスーツを用いて性能評価を行った。

(1) 建設用アシストスーツの評価実験

a) 評価実験の目的

製作したアシストスーツの性能を確認するために、アシストスーツ非着用時と着用時の筋使用量を比較することで評価を行う。

b) 実験方法

被験者は健康な男性1人(身長186cm, 体重74kg)とした。被験者は25kgのバーベルを持ち、Fig.16に示すように中腰の姿勢を10秒間維持し、その際のIEMGを測定する。実験はアシストスーツ非着用時、建設用アシストスーツ着用時の2パターンにおいて行うものとする。各々のパターンにおいて、実験協力者に被験者が同じ中腰の姿勢を取れているか観察してもらいながら実験を進めた。SEMGを測定する位置は、4章の重量物持ち上げ試験と同様に、左右の脊柱起立筋とする。



Fig.16 Experiment of maintaining half-sitting posture

(2) 実験結果

実験結果をFig.17, Fig.18に示す。Fig.17は実験によって得られた右脊柱起立筋のIEMGである。Fig.18は実験を通して被験者が使用した筋力の総和である。

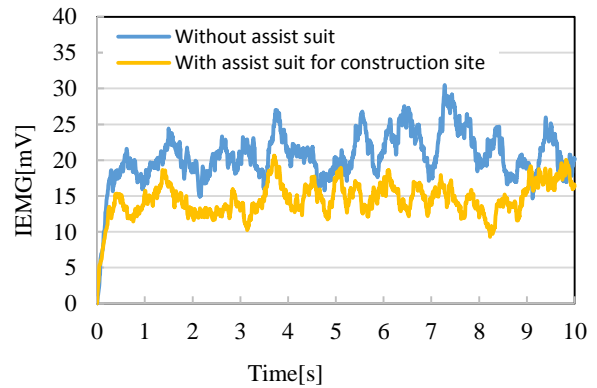


Fig.17 Results for maintaining anteversion posture

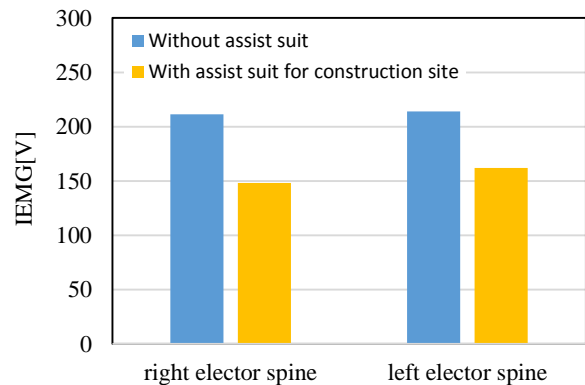


Fig.18 Total consumption of elector spine

実験結果より、アシストスーツ非着用時に比べ、アシストスーツ着用時のIEMGの値が概ね減少する結果が得られた。左脊柱起立筋に関しても、右脊柱起立筋と同様の結果が得られた。また、Fig.18の結果からも被験者の筋使用量が減少する結果が確認され、右脊柱起立筋に関しては約30%、左脊柱起立筋に関しては約24%減少する結果が得られた。

以上より、建設用アシストスーツを着用することにより、脊柱起立筋にかかる筋負担が軽減される結果が確認された。

6. 結論および今後の課題

本研究では、日本の高齢化という背景から、介護現場と建設現場に着目し、現場のニーズをくみ取ったパワーアシストスーツの開発を行った。

介護用アシストスーツに関しては、先行研究で開発されたツナギ服型アシストスーツの問題点を改善した、膝パッド型アシストスーツの開発を行った。そして、開発したアシストスーツを用いて、重量物を持ち上げる実験、および持ち上げた状態で旋回させる実験を行い、積分筋電位を用いて性能を評価した。これより、重量物の持ち上げ動作では脊柱起立筋の筋負担が減少し、旋回動作では外腹斜筋の筋負担が減少する結果が得られた。また、コンプレッサーの代わりに小型のエアータンクを使用

して人工筋肉へ圧縮空気を供給することを試みたが、エアータンクの容量と圧縮可能な圧力の影響から、十分な使用回数が得られない結果となった。よって今後は、使用回数を増やすための改善を行う。また、今回行った評価実験では、脊柱起立筋の負担を観察するためになるべく単純な動作を行い、アシスト効果を検証した。実際の現場では要介護者を持ち上げる際は左右どちらかの足を前に出し、腰部のみではなく下半身の力も利用して持ち上げる。よって今後は現場で実際に行われる動作を調査し、現場に即した内容で実験を行う必要がある。

建設用アシストスーツに関しては、評価実験の結果より、アシストスーツを着用することにより、中腰姿勢を維持する際の脊柱起立筋の筋負担が減少する結果が得られた。今後は実際に現場での実地試験を行って改良を重ね、より実用的なものにしていく。また、介護用アシストスーツと同様に、圧縮空気を供給して重量物を持ち上げる際のアシストも可能にすることを検討している。さらに、腹部をコルセットのようなもので圧迫し、腰部をサポートする機構を取り付けることも検討している。

参考文献

1) 平成 28 年度版 内閣府高齢社会白書, 2016

- 2) 甲田茂樹, 他, “職場における腰痛予防対策指針の改訂及びその普及に関する検討会報告書”, 厚生労働省, http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000034et4-att/2r98520000034mu2_1.pdf, 2013
- 3) 一般社団法人日本建設連合会 “2016 建設業ハンドブック”, 建設業の現状, 2016
- 4) 佐藤帆紡, 川端共良, 田中文英, 山海嘉之, “ロボットスーツ HAL による移乗介助動作の支援”, 日本機械学論文集 76 巻 762 号, pp.227-235, 2010
- 5) Y.Muramats, H.Umehara, and H.Kobayashi, “Improvement and Quantitative Performance Estimation of the Back Support Muscle Suit”, Engineer in Medicine and Biology Society(EMBC) 35th Annual International Conference of IEEE, pp.2844-2849, 2013
- 6) 今村由芽子, “筋力補助効果と体幹安定化効果を持つ軽労化装具スマートスーツ・ライト”, 北海道大学 博士論文, 2014
- 7) 瀧川大地, 他, “移乗動作に着目した介護用パワーアシストスーツの開発”, 電気学会次世代産業システム研究会資料 IIS-14 巻, 25-34 号, pp.39-44, 2014
- 8) 木塚朝博, 増田正, 木竜徹, 佐渡山亜兵, “バイオメカニズムライブラリー表面筋電図”, 東京電機大学出版局, 2008
- 9) 鈴木泰子, “ぜんぶわかる 筋肉の名前としくみ事典”, 成美堂出版, 2012