

必要時のみ発揮可能な挙上動作補助機能を内装した作業服の開発

Development of the Work Wear Equipped the Lifting-Up Motion Assistance Function

Available at the Time to Need

○田中 英一郎（早大） 児玉 賢士（旭蝶繊維） 石岡 利文（旭蝶繊維）

渡辺 延由（朝日ラバー） 綿貫 啓一（埼玉大）

Eiichiro TANAKA, Waseda University

Kenji KODAMA, Asahicho Sen-i

Toshifumi ISHIOKA, Asahicho Sen-i

Nobuyoshi WATANABE, Asahi Rubber

Keiichi WATANUKI, Saitama University

**Abstract:** Recently, motion assistance for workers is very important because of aging population. At first, we carried out the hearing about the needs of assistance devices to workers of various field, care worker, farmer, worked in a market and a warehouse. As a result, we found some key points for an assistance device as follows; 1) they want to hide these kinds of devices, 2) they want to use only at the time to need, 3) they want to assist not only the back but also arms, 4) metal material and electronic parts cannot be used in the field of agriculture. To meet these requests, we developed the work wear which equips the function of the lifting-up assistance for arms and back of the user, available at the time to need. The effectiveness of the wear was confirmed.

**Key Words:** Work Wear, Lifting Up Motion, Rubber Belt

1. 緒 言

介護・運搬・農作業・漁業等各種作業従事者の高齢化対策のため、様々な人間動作の補助器具が開発されてきている。特に、職業疾病で最も多い腰痛対策として、マッスルスーツ<sup>(1)</sup>、スマートスーツ<sup>(2)</sup>やラクニエ<sup>(3)</sup>など、大学発の研究開発から製品化されたものも多く、その需要の高さを物語っている。これらの多くは腰部のみを補助するものであるが、女性の多い介護現場では、移乗動作の補助作業時は、腰部だけでなく腕力不足の補助の要望があった。これに対し、筆者らはまず、腕部と腰部の両方を補助するゴムベルトスーツを開発し、2010年および2014年に日本機械学会年次大会にて発表した<sup>(4)</sup> <sup>(5)</sup>。さらに、果物の収穫や棚栽培等、腕を挙げたまま動作するときの腕の補助として、ラクベスト<sup>(7)</sup>が開発されている。しかし女性作業者の多くは装着時の外見を気にしており、目立たないものが求められている。また、ゴムやベルトが露出していると作業中に引っ掛けやすい、冷凍庫内などでの作業時に天然ゴム素材は特性が変化する、などの指摘があった。これに対し筆者らは、見た目は普通の作業服でも必要時だけ装着者の上腕、前腕、背面を補助する機能を発揮し、持ち上げや腕を上げた作業における挙上動作を補助するベルト構造を内装し、様々な環境下で補助可能な作業服を開発した。また、容易に補助力の調節を可能とする構造を検討し、様々な環境下でも特性が変化しないゴムを使用し、実用性を考慮した。本作業服を用いたときの補助効果を評価したので報告する。

2. 2010年・2014年機械学会年次大会発表時のスーツ

前述のように、図1に示す筆者らは持ち上げ動作を補助する装置を開発した。介護現場でのヒヤリングより、熟練した作業者は腰部負担軽減のため、腰部のみを屈曲するような持ち上げ動作はせず、相撲の蹲踞の姿勢のように動作すると伺った。そのため本装置は、図2のように単に腰部のみ屈曲させたときに元に戻す効果のあるベルトと、膝を

曲げたときに膝裏から背中および肩越しに前腕まで連結したベルトの2本が配置されている。腰を曲げずとも、膝を曲げたときにベルトを引っ張り、持ち上げる荷物の重量が膝を伸ばそうとする力に変換する構造とした。持ち上げ時における補助力と上腕二頭筋および胸部傍脊柱筋の筋活動が低減し、上腕二頭筋は%MVCが約40%、胸部傍脊柱筋は約50%の低減効果を確認した。



Fig. 1 Photos of the lifting up device (Previous model)

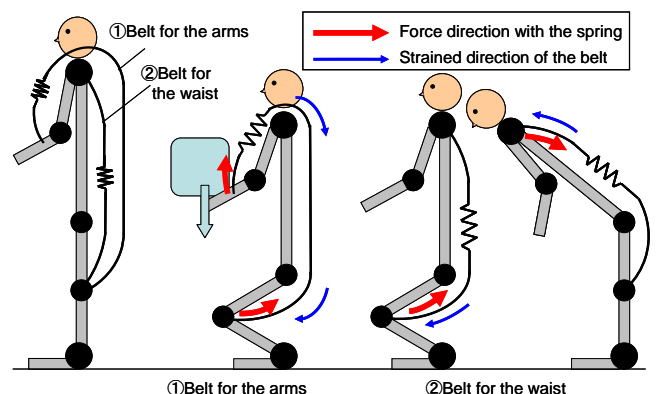


Fig. 2 Structure of the device (Previous model)

3. 補助スーツの試用および現場状況のヒヤリング

前章で述べたスーツを医療機関（東京都），青果市場（埼玉県），魚市場（埼玉県）等にて試用してもらい，また，農業従事者（広島県）および行政機関（埼玉県，福島県）への要望のヒヤリングを実施した．以下に持ち上げ動作補助器具への要望をまとめる．特に9), 10)は女性からの意見である．

- 1) 装着が容易であり，かつ装着時間がかからないこと．
- 2) 現場では一度装着したら数時間付け続けられなければならないため，できる限り軽量に．
- 3) 持ち上げだけでなく車両の運転等も行うため，他の動作の妨げにならないよう，必要時のみ補助力が得られるようにしてほしい．
- 4) 足に締付けて固定すると長時間の立ち作業ではつらい．
- 5) 金属部品，電気部品をビニルハウスや冷蔵庫内に持ち込みたくない．
- 6) 天然ゴムは温度依存性があり，また皮膚に直接接触するとかぶれる可能性があるため使いたくない．
- 7) 棚栽培など腕を上げ続けた状態を補助してほしい．
- 8) 傍から見て何かをつけていることを見られたくない．
- 9) 腰部だけでなく腕力を補助してほしい．

4. 挙上動作補助機能を内装した作業服の開発

4.1 ヒヤリング結果から得た要望に対する対策案

以上の要望を踏まえ，筆者らはその対策を検討した．

- 1) 容易な装着：服を着るときに既に装着している．
- 2) 軽量：ゴム素材，布素材のみで製作．
- 3) 必要時のみ補助力：装着者の手が届く位置にてベルクロで瞬時に調整．
- 4) 足の締付け固定をしない：足に巻付構造，自身で踏む．
- 5) 金属・電気部品不使用：ゴム素材，布素材のみで製作．
- 6) 天然ゴムの問題：シリコンゴムの製作．
- 7) 腕を上げた状態の補助：肘，前腕へのベルトのかけ方を検討．
- 8) 装着を隠したい：補助機能を作業服内に内装．
- 9) 腕力の補助：腕力のみ補助（上着）と，腰部のみ補助（ズボン）を分離し，目的に応じてこれらを適宜選ぶことが可能，また同時装着および連結により相乗効果．

4.2 前腕・上腕補助機能を内装した作業服の上着

前節の対策案のうち1), 2), 3), 5), 6), 7), 8), 9)を満たすものとして，図3に示す作業服の上着を提案する．赤い線がゴムベルトで，青い線は右腕補助用のナイロンベルト，黄色い線は左腕補助用のナイロンベルトを示す．前腕および肘を固定するベルトは露出しているが，それ以外のベルトは全て上着内側に製作した布製のトンネル状の穴を通る．また，図4に上着内の構造を示す．パッドを備えた肩越しに背中中でナイロンベルトを交差させ，そのベルトを背部の補助として，ゴムベルトが支持している．このゴムベルトは腰のベルトに連結されているため，背中を曲げるとこのゴムが伸縮する．また，腹部の前に来たナイロンベルトの端はベルクロが取り付けられており，腹部前でこのベルトを引っ張ると腕を上げる方向に補助力が発生し，適度な張力のところでベルクロにより固定する．これにより，瞬時に必要時のみ補助力を得ることができ，かつ自由にその強度を調整することができる．また，最初は前腕の挙上動作に対する補助力が得られるが，さらにこのベルトを強く引くと，上腕の挙上動作に対する補助力が得られる．その機構を図5に示す．まず，腕を下げていて，肘にかけるベルトのうち前腕側のものの角度 $\theta$ が挙上方向と反対側にある

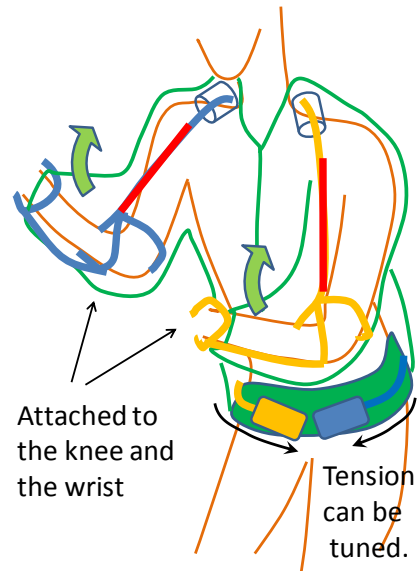


Fig. 3 Forearm and upper arm assistance wear

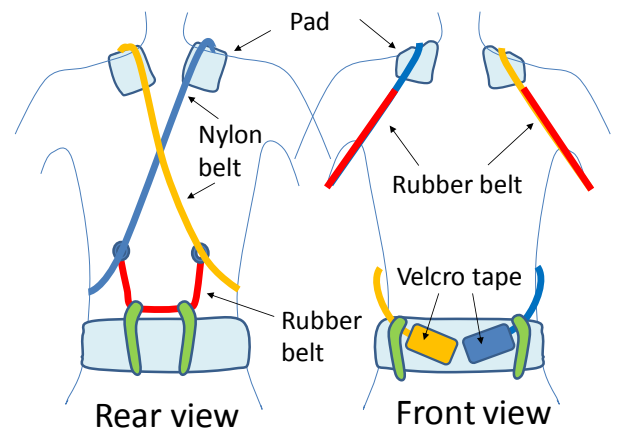


Fig. 4 Structure of the forearm and upper arm assistance wear

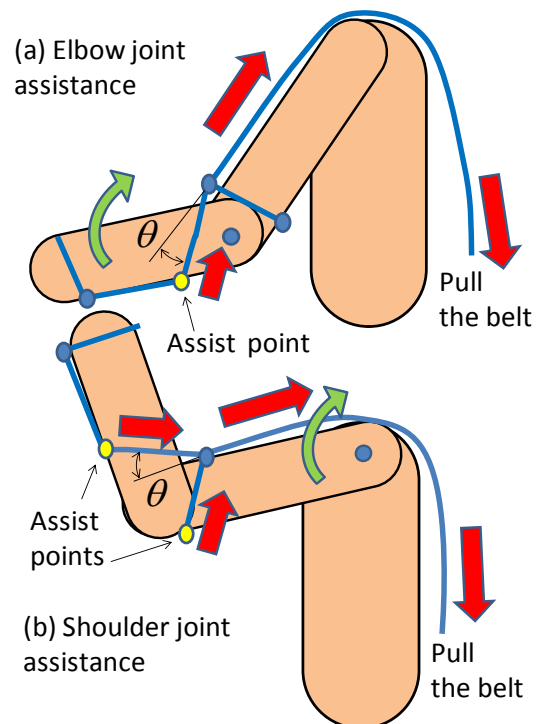


Fig. 5 Mechanism of the wear

場合、補助力は前腕側の肘ベルトのみに伝達され、肘を屈曲させる方向に作用する。次に $\theta$ が挙上方向に越えたとき、前腕側だけでなく上腕側の肘ベルトにも補助力が伝達され、この2か所で肘全体を持ち上げるように作用するため、上腕が上昇する。ただ、図5(b)の状態の上腕を補助する状態に腹部のベルトを引っ張ることは困難なため、上腕補助を得たい場合は第三者に引っ張ってもらう必要がある。

#### 4.3 腰部補助機能を内装した作業服のズボン

前節の対策案のうち1), 2), 3), 4), 5), 6), 8), 9)を満たすものとして、図6に示すような作業服のズボンを提案する。本ズボンは、見た目はサスペンダー付のズボンにしか見えないが、ズボンの裾内に布製のトンネル状の穴を設け、そこにベルトを通すことにより補助力を得る。筆者らの製作した以前の装置を含め、これまでに製作および販売されている補助機の全てが大腿部もしくは膝部にベルトを巻きつけ、固定をする。しかし上記要望4)に示すように、特に立ち仕事をしているときに足を縛っていると血液が流れにくくなり、だるくなることが現場の声からわかっている。そこで、脚部に縛りつけず自重を使用する方法を提案する。臀部から大腿部裏面を通り、分岐した後下腿の脛の部分でベルトを交差させ、その後足裏でループを作り踏む構造とする。これにより、腰部を屈曲させ張力が発生した時、脛の部分でその力を受け、また自重をかけることにより縛りつけずともその反力を得ることができる。また、腰部の屈曲だけでなく、膝関節、足関節の屈曲の総和による張力生成になるため、大腿部や膝で固定するよりも大きくゴムベルトを引っ張ることができる。また、前述の上着の調整法と同様にベルクロを使用し、サスペンダー形状の前側にて装着者自身でベルトを手繰り、張力を容易に調節する。

さらに前節の上着をこの上に装着し、肩パッドを連結させ、かつベルトを連結させると、足を屈曲させることにより腕を持ち上げる動作を補助することが可能になり、相乗効果を得ることが可能となる。

#### 5. 作業服の試作と補助効果の確認

前章の構造案をもとに、作業服の上着とズボンを試作した。健康者男女8名（20代4名，30代1名，40代2名，50代2名）に装着してもらい、補助効果を確認した。

まず、図7(a)の床から前腕を水平にしたときの高さ、さらに視線の高さまで腕を挙げ、また箱などを持ち上げてもらった。また、図7(b)のように、ズボンを装着し、腰部の屈曲と膝の屈伸をしてもらい、また箱などを持ち上げてもらい、本作業服使用時の感想をアンケートにより得た。

上着については、肩越しのベルトの位置が非常に重要で、動作時に固定されている場合は前腕上腕共に補助力を感じることができたが、女性の場合は肩幅がなく、力を入れたときに肩から落ちることがあった。また、腹部にて張力を調整する機能は、十分な接着面積を確保しなければ、力を入れたときに容易に外れる可能性があることが確認された。次にズボンについては、膝の屈伸をすると、膝で固定する構造よりも明らかにゴムベルトが伸縮することが目視で確認でき、上体を起こそうとする力、膝を伸ばそうとする力を体感することができた。しかし、脛の部分でナイロンベルトが交差する位置が装着者によっては異なり、この位置が低い場合は膝を曲げてもゴムベルトを十分に引っ張ることができなくなる可能性があることが確認された。今後、2次試作の折に、上記肩および脛の部分でのベルト通過位置の調整方法を検討し対策する。また、補助機能の定量評価結果については発表時に報告する。

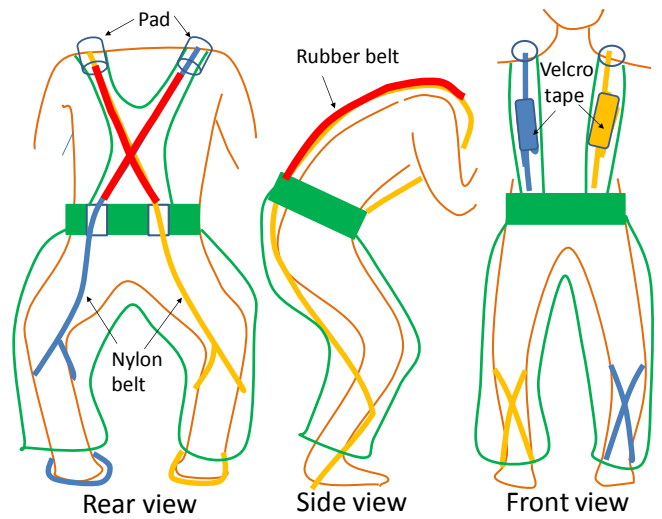


Fig. 6 Back assistance device



(a) Lifting up motion



(b) Knee bend motion

Fig. 7 Wearing experiments

#### 6. 結 言

様々な職種の方の腕部および腰部を補助するため、機能を内装した作業服を開発した。先行研究の問題点および現場の要望をまとめ、それらをできる限り考慮した形を提案した。試作し試用により補助効果の確認を行い、上着およびズボン共に、想定する構造ベルト配置時は効果が得られたが、今後、装着者の身体の大きさによってベルト配置可能な位置調整機能を追加する必要性を確認した。

#### 参考文献

- (1) <http://innophys.jp/>
- (2) [http://smartsupport.co.jp/?page\\_id=424](http://smartsupport.co.jp/?page_id=424)
- (3) <http://www.morita119.com/rakunie/>
- (4) 田中英一郎・池原忠明・市川洋雄・角田大輔, ADLおよび介助動作補助用パワーアシストスーツの開発, 日本機械学会年次大会論文集, J1102-4-5, 2010.
- (5) 田中英一郎・三枝省三・岩崎泰雄・弓削類, 持ち上げ動作を補助するゴムベルトスーツの開発と筋活動評価, 日本機械学会年次大会論文集, S1130202, 2014.
- (6) [http://www.jnouki.kubota.co.jp/product/kanren/assist\\_suit/](http://www.jnouki.kubota.co.jp/product/kanren/assist_suit/)