

# 介護作業の軽労化「スマートスーツ・ライト」

田中孝之(北海道大学) 今村由芽子(北海道大学) 鈴木善人 (スマートサポート)

## 1. はじめに

厚生労働省の推定では介護サービスの維持、向上に対応するためには約150万人の介護労働者の確保が不可欠であるとされている。しかしながら、介護従事者の離職率は高く、十分な介護サービスを提供するに必要な人数に達していない。その一因として、介護作業が身体負担、特に腰部に負担が大きな重労働であることが挙げられる。筆者が主催している軽労化研究会による北海道内の介護従事者833名に対する調査でも、最も負担を感じる部位として59%が腰部を挙げており、実に81%が腰痛を自覚していることが分かった。

このような背景のもと、介護従事者の身体負担、特に腰部負担を和らげることを目的とした様々な支援器具の開発が行われている。その1つが装着型アシスト機器である。介護・福祉分野に限らず、農業や建設業など様々な作業における作業者の能力強化や補助、負担軽減を目的とした実用的な機器の研究開発が行われている。介護・福祉分野での用途は、移乗介助や排泄介助における介護者の支援と、歩行リハビリや上肢リハビリにおける患者の支援が主として挙げられる。

本稿では、NEDO福祉用具実用化開発推進事業にて開発した介護作業における介護者の身体、主に腰部負担を軽減することを目的として開発した軽労化@スーツ「スマートスーツ@ライト」(以下、SSL)について、その補助メカニズムと介護現場における実証実験結果について紹介する(軽労化とスマートスーツは、(株)スマートサポートの登録商標です)。

## 2. 軽労化と軽労化スーツ「スマートスーツ・ライト」

### 2.1 軽労化の考え方

人の手による各種作業において、作業者の身体負担を軽減し、蓄積する疲労を取り除くことを軽労化と呼ぶ。それを実現する軽労化技術は、必要以上に増力することなく、身体負担や疲労を取り除くアシスト技術と表現できる。人の能力を何倍にも増幅することで、人の能力では不可能なことを実現させる増力化技術に対して、軽労化技術は人の能力で可能な作業をより楽に実現させるための技術であり、衰えたり、不足している身体機能を補ったり、部分代替する場合に効果を発揮する。さらに、必要以上に筋力を補助することは、身体機能の低下につながる可能性があるとして危惧されている。軽労化では、蓄積疲労の原因となる作業負担は取り除くものの、身体に適度な負担をかけることで、使用者の身体能力を維持させることを目指している。

筆者は、軽労化技術に要求される3つの重要項目として「安全なアシスト、持続可能なアシスト、親和性の高いアシスト」を掲げ、3Sアシストとして軽労化技術開発の基本コンセプトとしている<sup>[1]</sup>。

### 2.2 介護作業軽労化スーツ「スマートスーツ・ライト」

介護や農作業など、人の巧みなスキルが要求される作業では、必要以上に増力することよりも、無理な姿勢や負荷が掛かる作業において身体を支えたり、筋力を補助したりする機能が必要とされている。さらに、大きく複雑なシステムは敬遠されがちで、小型軽量かつ簡便性が求められていることを確認してきた。

我々は、介護や農作業などの軽労化を目的とした軽労化スーツ「スマートスーツ」の研究開発を行っている。スマートスーツは、補助力源として柔軟性の高い弾性材を用いることで、人の動作を妨げず、かつ基本安全な補助を実現している。弾性材の伸長量を小型モータによって調整することで作業内容に最適化した補助力を提供するセミアクティブタイプ<sup>[2]</sup>のほかに、特定の作業内容に硬さと取り付け位置を最適化した弾性材を用いたパッシブタイプのSSLを開発している<sup>[3]</sup>。

開発した介護用SSLを図1に示す。SSLには筋力補助効果と体幹安定化補助効果とを併せ持つDual Back Support技術を搭載している。後背部に配置した弾性材により補助力を得るパッシブ型PASである。弾性材の一端は胸部パッドに固定されており、後背部から脚部に配し、動滑車を介してその一端を腰部に固定している。腰まわりベルトの固定位置を調整することで、装着者の体形に弾性材長さを適合でき、かつ作業負荷に応じて補助力を調整できる。

図2は装着者の側面から見た模式図であり、2次元的に補助のメカニズムを示している。また弾性材配置は、同図に示すような滑車構造となっている。これは片側の弾性材をモデル化したもので、弾性力 $F_1$ を発生

する上半身の弾性材  $R_1$  と、弾性力  $F_2$  を発生する脚部の弾性材  $R_2$  が動滑車  $B$  によってつながれている。装着者が姿勢を変化させた際の  $AC$  間の伸びを  $\Delta l_{AC}$ 、弾性材の弾性係数を  $k$ 、弾性材のモーメントアームを  $r_s$  とすると、腰関節、股関節を伸展させる補助トルク  $\tau_{s12}$  および腰周り締め付け力  $F_t$  は以下のように作用する。

$$\tau_{s12} = \frac{6}{5} r_s k \Delta l_{AC}, \quad F_t = \frac{2}{5} k \Delta l_{AC}$$

腰部負荷は腰を深く屈めるほど大きくなることが知られている。装着者が腰を屈めるほど体表面が伸びて、弾性材伸長量  $\Delta l_{AC}$  が増大するため、負担の大きい姿勢になるほど  $\tau_{s12}$ 、 $F_t$  ともに大きくなり、大きな補助効果が得られることがわかる。また、立位では装着者は **SSL** から力を受けることなく、リラックスできる。

さらに、弾性材の配置と弾性係数は **Motion-based Assist** 技術<sup>[3]</sup>によって、補助対象とする移乗介助動作において背筋を 25%補助するよう最適化したものである。擬似的な介護動作による被験者実験において、背筋の筋活動量を平均 24.7%軽減しており、設計値どおりの補助効果が得られることを確認している。



図1 介護用スマートスーツ・ライト

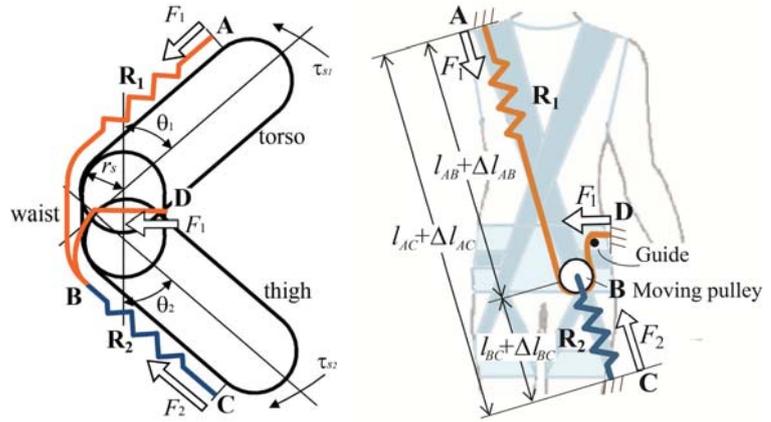


図2 スマートスーツ・ライトの補助メカニズム

### 3. 介護用スマートスーツ・ライトのフィールド試験

札幌市内特別養護老人ホームにおいて、介護職 30 名を対象として 4 週間の臨床試験を行った。SSL 着用と非着用でそれぞれ 2 週間ずつ、通常の勤務を行ってもらい、疲労感の主観評価ならびに長期使用時の体力の変化を調べた(図 3)。その結果、SSL を装着することにより、非装着時に比べて疲労感の増加量が、全身では 12.2% (危険率 6.1%)、腰部では 13.6% (危険率 5%未満)、それぞれ減少していることが確認できた。また、SSL を装着した場合でも補助対象筋である背筋力の減衰は見られないことが確認でき、そのほかの体力レベルにも装着による影響はないことを確認した。つまり、SSL は体力を衰えさせることなく、さりげなく疲労感を軽減する、目標とする 3S アシストを実現する軽労化システムであると言える。



図3 介護現場での実証実験

### 参 考 文 献

- [1] 田中孝之, 3S アシスト: 軽労化技術のコンセプト, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2011 講演論文集 (2011).
- [2] T. Kusaka, T. Tanaka, et al., Assist Force Control of Smart Suit for Horse Trainer Considering Motion Synchronization, International Journal of Automation Technology 3(6), 723-730 (2009).
- [3] Y. Imamura, T. Tanaka, et al., Motion-Based-Design of Elastic Material for Passive Assistive, Journal of Robotics and Mechatronics 23(6), 978-990 (2011).