



パワーアシストスーツを活用した 作業者の負担軽減

藤本 弘道

(株) ATOUN では、さまざまな分野で労働力の不足の声があがる高齢社会において、年齢や性別に関係なく元気に働くことのできる、力（パワー）の面で障壁（バリア）がない社会「パワーバリアレス社会」の実現を目指し取り組んでいる。本稿では既に製品化した、着用型の「パワーアシストスーツ」や直感操作を特徴とする「パワーアシストアーム」、開発中のプロトタイプについて説明する。また、物流や建設、農業などの現場で荷上げや荷下ろしを助けるパワーアシストスーツ ATOUN MODEL A の評価研究が、福井大学教育学部の山田准教授により進められている。同研究によると、MODEL A の着用により、重量物拳上時に腰部にかかる負担および苦痛度が大きく軽減されるため、腰痛予防に大きく資する効果をもたらすと示唆されている。これら評価研究の経過についても紹介する。

キーワード：パワーバリアレス社会、パワーアシストスーツ、労働負担、作業負担軽減

1. 「パワーバリアレス」の重要性

社会生活が便利になり、医学が進歩すると、少産少死型の社会となり、いわゆる高齢化が進む。そこで起こる課題として、昨今は高齢者が自分よりさらに高齢の親を介助する「老老介護」などの社会問題が注目されはじめているが、実は経済界とて例外ではなく、深刻な課題への直面が予測される。現場に若手人材が定着していない一部の製造業や林業などの分野ではすでに見られるとおり、さまざまな分野で労働力が不足しはじめるのである。

こうした状況に対して、外国人労働者を多数雇用し、機械化を進めるなどして労働力を補填しよう、という考え方もあるかもしれない。が、ネット通販の成長によって物流量が大幅に増加し、労働環境が悪化した物流業界の例からもうかがえるように、労働力の補填は一朝一夕に出来るものではない。一方で自律型ロボットシステムなどの導入により省人化と効率化を目指す取り組みは大企業を中心に進んでいる。しかし、自律型ロボットシステムの導入には非常に大きな原資が必要となり、中小企業などでは導入できないケースも多い。最も現実的なのは、現状の労働力を維持すべく、加齢による身体能力の低下に対抗し、低下した分を「パワーアシストスーツ」で代替するといった対策であると言える。

(株) ATOUN (旧社名：アクティブリンク(株)) では、

2003年の創業以来、着用型の「パワーアシストスーツ」や直感操作を特徴とする「パワーアシストアーム」など、アクチュエータのパワーによって作業を支援できる、さまざまなパワーアシスト機器の実用化を進めている（写真—1）。年齢や性別に関係なく元気に働くことのできる、力（パワー）の面で障壁（バリア）がない社会「パワーバリアレス社会」の実現を目指しての取り組みである。

2. パワーアシスト機器の現状

(1) 当社のパワーアシスト機器のラインアップ

パワーアシスト機器は、作業時の身体の負担の一部（腕、脚、腰など）を軽減することができる装置である。当社が開発している機器は、着用して使用するパワーアシストスーツとロボットアーム型の装置を直接操作するパワーアシストアームの2種類に大別される。人が出せないような非常に大きな力の発揮が求められる場合は、安全性の確保しやすさという点でパワーアシストアームに優位性があるが、汎用性という点では、パワーアシストスーツに大きな可能性がある。

(2) 腰負担を軽減する「パワーアシストスーツ」

2015年9月より出荷を開始したパワーアシストスーツ ATOUN MODEL A（写真—2）は、作業時の腰の負担を最大で15kg分軽減することができるパワー



写真-1 パワーアシストスーツ (左) とパワーアシストアーム (右)



写真-2 パワーアシストスーツ ATOUN MODEL A (AWN-03B)

アシストスーツである（2017年秋からは、着用ベルトの軽量化を図った新モデルを投入）。狭い現場でも使用できることから、作業内容、環境の両面で柔軟な適応が求められる物流や建設、製造業界での導入の意欲が高い。たとえば、物流現場ではバンニング作業は特に腰への荷重が大きく、くり返すなかで作業者の身体に過剰な負荷をかける可能性がある。が、パワーアシストスーツを用いれば、作業自体の効率化をはかることができるのと同時に、作業者の身体にも配慮することができる。生産性と安全性の両面で質的向上をはかることが可能となる。またMODEL Aは国際防護等級IP55をクリアし、防塵防水機能へのニーズにも応えており、屋外での使用ができるなど、活躍のシーンも幅広い。加えて当社では、より多様な作業領域で活用いただくことを目標に、価格面での努力を続けると同時にレンタル利用という選択肢を設けるなど、導入障壁の軽減にも取り組んでいる。

当社内においてモデル作業を設定し、前モデルの「ATOUN MODEL A (AWN-03B)」を使って繰り返

し重量物の持ち上げ作業を行った際の効果を測定した結果を以下に示す。モデル作業では、10kgの重量物をパレットから腰の高さまで持ち上げて下ろすという作業を繰り返し行い、パワーアシストスーツを着用した場合と着用していない場合について、同一人物の一定時間内の作業回数を測定して比較した。それぞれの測定の間には十分なインターバルを取り、筋疲労の影響が出にくいようにも配慮している。

実験は、5名の被験者（女性2名、男性3名）について、合計7回（5名中2名は2回実施）行った。結果、すべての実施回において、MODEL A着用時の持ち上げ作業回数が、非着用時の回数を上まわった。増加率に個人差はあったが、着用時の作業回数が、非着用時の5倍を超える例も見られた。

厚生労働省の平成28年度労災疾病臨床研究事業において、福井大学 芸術・保健体育教育講座の山田孝禎准教授がパワーアシストスーツの着用が重量物挙上時に腰部にかかる負担および主観的苦痛度に及ぼす効果や腰痛予防効果について研究を行っている。健康な

成年男性 10 名（年齢：22.4 ± 5.0 歳，身長：173.9 ± 6.7 cm，体重：69.5 ± 6.9 kg）が，背筋および膝関節を伸展させたまま股関節を 90 度に屈曲し，各被験者の体重の 0，20 あるいは 40% の重量物を保持した姿勢からの重量物を挙上時の負担を評価している（写真—3）。そもそも重量物の持ち上げ動作（Lifting 動作）は，膝関節が伸展したままの「Stoop lifting 法」と体

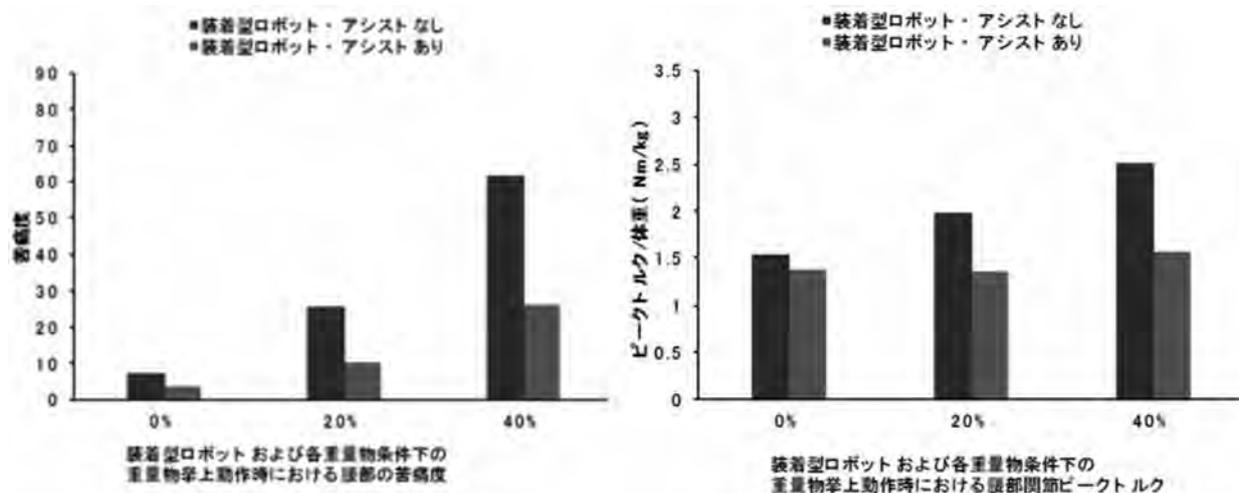
幹の前傾が小さく膝関節を屈曲させる「Squat lifting 法」に大別される（後藤，2001）。前者は，日常的によく用いられるが（Straker，2000），後者は膝伸展筋力を活用して持ち上げる。本研究においては，「Stoop lifting」による重量物の持ち上げ動作を選択し，各被験者の体重の 0，20，および 40% の重さの重量物を用いている。実験の結果，図—1 に示されるように重量物挙上時における腰部の苦痛度と関節ピークトルクは，MODEL A を着用しアシスト力を得た方が大きく軽減されることになり，腰痛予防に大きく資する効果があると期待できる。

当社のパワーアシストスーツ ATOUN MODEL A は，発売から約 1 年半が経過して，物流や建設，製造業界などのさまざまな現場で利用されるようになり，出荷数もいまや 250 着（2017 年 10 月時点）を超えている。写真—4 は，実際に MODEL A が使われている現場の写真である。大阪港のコンテナ取扱高で圧倒的なシェアを誇る（株）辰巳商会在が，コンテナからフォークリフトへのデバンニング作業に用いるなど，文字どおりの最前線で活用されている。

MODEL A による腰の負担軽減については，現場



写真—3 Stoop lifting による挙上動作



図—1 腰部の苦痛度（左）と腰部関節ピークトルク（右）



写真—4 作業現場での利用シーン（左：物流現場作業，中：建設現場作業，右：農作業）



写真一五 腕支援機能付きパワーアシストスーツ ATOUN MODEL As

からは概ね高い評価をいただいている。加えて寄せられたのが、重量物を把持し、運搬する腕への補助機能を期待する声だった。それを受けて開発したのが、MODEL A をベースに、腕支援機能を付加したパワーアシストスーツ ATOUN MODEL As (写真一五) である。MODEL As は、装置体幹を支持するフレームに取りつけた Y 字型部品およびベルトで手首と腕を支え、作業時に腕にかかる負担を装置体幹に伝達することで軽減をはかる。現在、MODEL As は、製品の発売に備えて、水産加工業を営む宮本水産(株) (宮城県石巻市)の協力のもと、2017年3月から魚が入ったケースの運搬作業などへの利用を想定した実証試験に取り組んでいる。

(3) 重作業用「パワーアシストアーム ATOUN MODEL K」

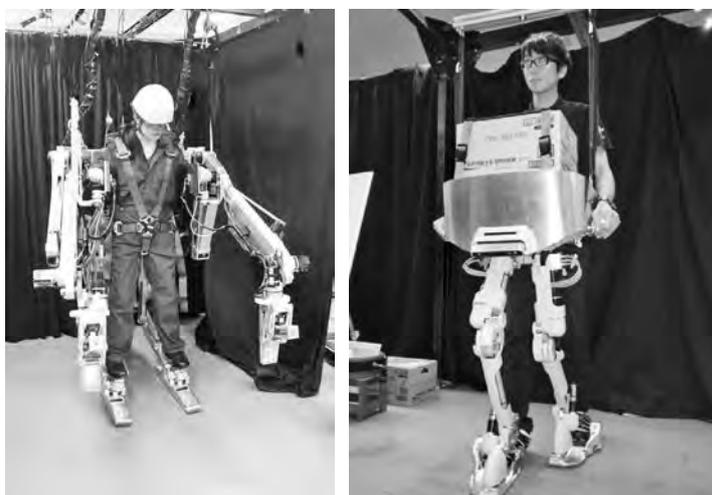
建設業界では、熟練工の大量離職時代を目前に、現場の生産性向上が急務となっている。こうした課題を踏まえて清水建設(株)とともに開発したのが、人間の右

腕の機能をスケールアップしてロボット化したパワーアシストアーム ATOUN MODEL K である (写真一右)。人の意思に沿った直感的かつなめらかな操作性によって作業が容易に行えるようになったことで、6~7人を要していた重量 200 kg クラスの重量鉄筋の配筋作業が、操作者 1人、鉄筋の介添え役 1人の計 2人という、従来の半数以下で遂行できるようになった。また、パワーアシストアームの操作自体は、ほぼ誰にでもできることから、作業経験が乏しい人でも配筋作業に従事できるようになった。この装置のもうひとつの特徴は現場で組み立てて使える構成としたことである。パワーアシストアームの総重量は約 160 kg であるが、約 40 kg のパーツに 4 分割することができる。作業現場において作業員 2~3人が 15~20分で組み立て、使用し、終了後は解体し別の作業現場へと移動することになる。

パワーアシストアーム ATOUN MODEL K は、新たな施工法として建設業界および専門家に高く評価され、日本建設機械施工大賞最優秀賞 (平成 29 年度)、土木学会技術開発賞 (平成 28 年度) を受賞した。

3. 特殊環境での作業負担の軽減

パワーアシスト機器にはまた、災害救助などのレスキュー現場での活用も期待されている。人命救助やがれき除去といった作業には、非常に大きな力と多様な環境への対応が求められることから、当社ではパワーアシストスーツとパワーアシストアームの双方の特長を備えたパワードスーツを提案している。パワードスーツは非常に大きな力を発揮することから、操作者の安全を確保するために、操作者と機械の繋がりは一部分とし、関節軸が一致しない疎結合であることを前



写真一六 パワーローダー NIO (左) とパワーローダー KOMA (右)

提として開発している。

当社がパワーアシスト制御の研究機として開発したパワードスーツのプロトタイプ「NIO」(写真—6左)は、20軸のモーターを備えた6軸の力センサーで操作者の意図を検出し、50kgの重量物を片腕で2mの高さまで持ち上げることができる。

ただ、この「NIO」のような後ろから装置に抱え込まれるシステムは、人間の骨格の外側にアクチュエータやフレームが配置されることになり、非常に大きな仕掛けにならざるをえない。そこで、2016年9月に公開した「KOMA」(写真—6右)では、操作者が装置を後ろから抱え込むようなシステムにすることで小型化をはかった。装置を前抱えする方式の場合は、操作者の前面にある装置自体が死角を作る可能性があるが、本体下部にカメラシステムを設置し(写真—7左)、さらに天面に配置したディスプレイにカメラがとらえた映像をリアルタイムで表示してモニタリングできるシステムを導入することで作業時の視野を確保(写真—7右)。さらに、このモニタリングシステムでは、あらかじめ学習させた障害物を自動で検知して、そこまでの距離を表示することもできるなど、技術を活かした作業時の安全性確保に積極的に取り組んでもいる。

脚部の可搬重量は60kg。ロボットアームを備えることで数十キロの重量物の運搬が可能となる。災害救助や建設現場において、重機を使用することが困難な状況での利用を想定している。他にも、原子力発電所作業における放射線遮蔽スーツ着用時の使用や、防衛・警察における作業支援も用途として考えられる。

2011年の東日本大震災をきっかけに起こった東京電力福島第一発電所の炉心溶融事故は、高放射線環境下におけるプラント復旧の難しさを私たちに知らしめた。このような環境下においては、通常ならば遠隔操作型作業ロボットや自律移動型作業ロボットが活用さ

れるが、災害発生の直後などは現場の状況が把握できない可能性も高く、自律移動型作業ロボットの投入は容易ではないと予想される。特に作業員による迅速な判断が必要とされるケースでは、やむをえず高放射線環境下にある現場に放射線遮蔽スーツを着用した人間が赴くことも想定される。だが、タンゲステンを用いた放射線遮蔽スーツは非常に重く、着用者の動作能力を低下させる。そういう場合にパワーローダーを活用すれば、放射線遮蔽スーツを保持して作業員の被ばくを防ぎつつも、スーツの重さに邪魔されることなく、作業を遂行することができる。

4. おわりに

(株)ATOUNでは、物流、製造、農業、建設、土木や救急レスキュー、原子力事故、防衛の用途で利用いただけるような軽作業用パワーアシストスーツや重作業用パワードスーツ、パワーアシストアームを、今後も継続して提案しつづけていく。それら提案を通じて、顕在化しつつある高齢社会特有の課題の解決に貢献し、年齢や性別に関係なく元気に働くことのできる「パワーバリアレス社会」の実現を目指していきたい。

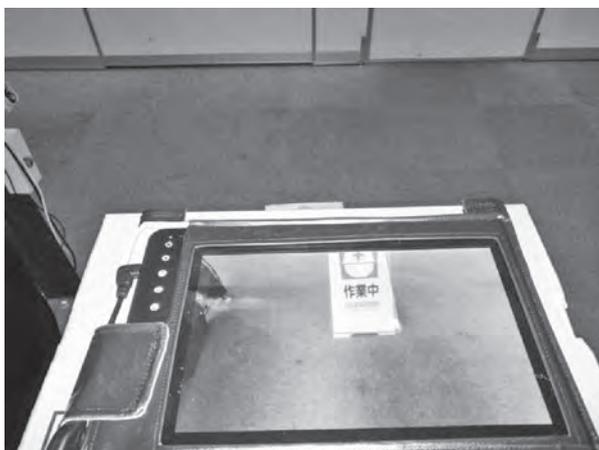
JICMA

《参考文献》

- 1) 藤本弘道, 電気評論 2017 夏季増刊, 産業図書, pp.37-40 (2017)
- 2) 谷林宏紀, 「倉庫」日本倉庫協会編 145号, pp.59-63 (2016)

【筆者紹介】

藤本 弘道 (ふじもと ひろみち)
(株)ATOUN



写真—7 操作者の死角の範囲(左)とモニタリングシステムによる視界の確保(右)