

# 競技運営に活用されるパワードウェアの人間追従技術

Human Movement Tracking Method of Powered Wear Which Is Used in Competition Management

中野基輝\* 岸本一昭\*  
Motoki Nakano Kazuaki Kishimoto

パワードウェアとは「着るロボット」であり、人間が衣服のように着て使用する。作業をする人間の肉体的な負担を軽減することが可能で、腰を助けるATOOUN MODEL Yや、歩行を助けるHIMICOが存在する。それらのパワードウェアは内蔵したセンサで人間の動きを検知し、その動きに追従しサポートするようにモータを回すことで機能を実現している。

Powered Ware refers to a “wearable robot”. Humans use it like clothing. Powered ware can reduce the human workload. Powered ware “ATOOUN MODEL Y” reduces the burden on the human waist, and “HIMICO” helps humans walk more easily.

## 1. パワードウェアのねらい

日本は超高齢社会に突入して久しく、労働者人口の減少が現場にとっては死活問題となりつつある。さらに労働者高齢化によるパフォーマンスの低下や、後継者不在によるノウハウ消失なども問題となっている。これら諸問題に対応するために、人に頼らない「自動化技術」の研究開発が行われると同時にさまざまな現場への実装が進められている。しかし、実施するタスクの多様さや複雑さ、導入コストの高さなどが問題となり、自動化の難しい現場も少なく、自動化だけで問題を解決するのは困難だと思われる。

一方で、自動化までせずとも「人の負担さえ軽減できれば」改善される問題も現場には多々存在する。特に重量物を扱った反復運動や、中腰姿勢を維持した連続作業などはさまざまな業界で問題視されている。

当社が提案するパワードウェアは、その「人の負担を軽減するためのデバイス」として世に送り出された。パワードウェアとは「着るロボット」であり、身にまとうことで



第1図 ATOOUN MODEL Yの競技サポート  
Fig. 1 ATOOUN MODEL Y wear use for competition support

作業時の身体負担を軽減する機能をもつ。いわば人間の筋力を「拡張」するデバイスである。身体負担の軽減効果に注目し、パラ・パワーリフティング競技においてATOOUN<sup>(注1)</sup> MODEL Yが導入活用(第1図)されている。

## 2. パワードウェアの人間追従技術

ATOOUN MODEL Yは腰をサポートするパワードウェアとして既に販売している。ここではATOOUN MODEL Yの具体的な性能や人間追従技術の内容、それらの効果に対する検証について述べる。

### 2.1 人間追従技術の概要

ATOOUN MODEL Yは人間追従技術が実装されたソフトウェアと、人間の体に物理的に作用するハードウェアとで構成される。人間追従技術とは、人間の「姿勢」と「動き」にロボットをシンクロさせることで身体をサポートし、負荷を下げるよう制御するものである。それを下支えするハードウェアは、作業者の背中を覆うフレームと、左右の足フレームで構成される。足フレームにはモータが1つずつ配置され、それらが人間の太ももを押すことで上半身の起き上がりサポートや姿勢保持を行う。装置の重量は4.5 kgであり、アシスト力は最大98 Nである。作業内容にもよるが、バッテリーの持続時間は約4時間である。腰部には角度センサが配置されており、それらが人間の体幹と左右太ももとの相対的な角度を検出している。角度センサで関節角度を検出するにはベルトとフレームが装着時からずれないことが前提であるが、ATOOUN MODEL Yは人間の腰を包み込むような形状に設計したベルトと締め付け力を調整しやすい構造にしたテンション調整機構によって、反復運動を繰り返してもずれることがないようにしている。これによって常に一定以上の精度で人間の腰関節角度を検出すること

\* (株) ATOOUN  
ATOOUN Inc.

(注1) パナソニック(株)の登録商標または商標。

を可能にし、人間追従技術を実現している。

ATOUN MODEL Yにはシーンに応じて3種類の制御モードが実装されており（第2図）、いずれも人間追従技術に基づいてさまざまな動きに対応させている。1つ目は荷物の持ち上げ時、腰の伸展をサポートするアシストモード、2つ目に荷物を床に置く際などのゆっくりしゃがむ動作を助けるブレーキモード、そして3つ目は歩行時にモータをオフにして動作を妨げない歩行モードである。アシストモードの際は起き上がりの初動をすばやく検知し追従させることで、上体を引き起こす力を発生させている。ブレーキモードの際は腰の姿勢に応じて緩やかに上体を保持する力を発生させている。また、ATOUN MODEL Yは左右別に制御しているため、足を前後に開くような左右非対称の姿勢で行う作業であってもサポート可能となっている。



第2図 ATOUN MODEL Yの制御モード  
Fig. 2 Control mode of ATOUN MODEL Y

## 2.2 人間追従技術によるサポート効果

ATOUN MODEL Yはこれまで述べた人間追従技術に基づき、荷さばきや中腰姿勢を維持した作業で効果を発揮する。特に土木・建築、物流、農業などでの現場が主なターゲットとなる。

効果の検証のため、筆者らは次のような参考実験（第3図、被験者2名）を行った。12 kgの飲料が入った段ボールケースを12分間上げ下げ（腰の曲げ伸ばし反復）する動作、床に置かれた容器から農業用肥料をシャベルですくい上げて1 mほど離れた場所へ移す（中腰の維持）動作の2種において、パワードウェアの有無によってどれほど回数が変わるかを比較した。いずれも約2割作業回数が増えていることを確認した。また、これらの動作で使われている腰方形筋および胸最長筋の筋電位を計測した。筋肉が収縮する際に発生する活動電位を筋電位と呼び、強く力を発揮するほどに高い電位が出ることが知られている。ATOUN MODEL Yを装着する前と後とで平均筋電位は、前述の上げ下げ作業で約40%、横移動作業で約10%の低減を確認した。つまり、その分の筋活動（負担）がATOUN MODEL Yによって減らされたと言える。この参考実験では標準的な作業条件で行った。現場投入時の効果に関しては作業内容や作業者の体



(a) 重量物の持ち上げ下げ作業



(b) 重量物の横移動作業

第3図 ATOUN MODEL Yの実験風景

Fig. 3 Conducting an experiment of ATOUN MODEL Y

格などによって個人差が生まれてくると考えられるが、特にATOUN MODEL Yが得意とする反復運動であれば、おおむね上記の効果が期待できると思われる。

## 3. 競技運営サポートでの活用

次に、パラ・パワーリフティング競技においてATOUN MODEL Yが導入活用されている例に関して解説する。

用途は、補助員によるプレート（重り）の交換作業である。パワーリフティングで用いられるプレートは最大で50 kgにもものぼり、さらに選手によって挑戦する重量も異なる。かつ、速やかに交換することが求められるため、補助員にとってプレートの交換作業は腰部などに負担がかかる重労働である。そこで、ATOUN MODEL Yによるサポートを行っている。

バーは立った人間の腰の高さ程度に配置され、交換用プレートは床に配置されている。つまりプレートの交換は重量物を持つての腰の曲げ伸ばし反復運動および移動を伴う。人間追従技術によってATOUN MODEL Yは姿勢の変化や行動の変化に迅速に追従できるため、プレートの交換・移動がスムーズに行える。他にも、競技時のバーベルの落下などに備えた補助にも活用されている。

## 4. パワーバリアレス社会を目指して

人間と力学的に協調して仕事を助ける装置類は年々増えつつある。特に自動化が難しい現場では身体負担を軽減すべく導入が進められている。特にパワーアシストスーツは2023年度には8000台程度の市場規模が見込まれる（（株）日本能率協会総合研究所調べ）とされ、省力化・軽労化へ

のニーズの高さが伺える。

当社は腰部に限らず人間の身体のさまざまな部位をサポートするパワーウェアの開発にも取り組んでいる。その1つである歩行サポートを行うHIMICO（第4図）は、ATOUN MODEL Yで培われた「追従技術」を受け継いでいる。HIMICOは腰回りのフレーム内に4つのモータを内蔵し、ワイヤで膝とつないでいる。足の動きをセンサで読み取ることによって予測された歩行周期でワイヤをひっぱり、歩行動作を誘導する構造になっている。効果を測定すべく、装着した状態での階段昇降試験を行った（被験者10名）。未装着時と比較すると、装着時は平均10%程度の消費エネルギー量の減少が確認された（呼気ガスの計測により消費エネルギー量の増減を分析）。



第4図 HIMICOの外観  
Fig 4 Appearance of HIMICO

また、ブラインドサッカーの運営においてATOUN MODEL Yとともに体験評価を実施するなど、現在、製品化へ向けてステージを進めている。官能評価ベースでは半数以上からポジティブなフィードバックを得ており、軽量化や装着性の向上などに今後取り組んでいくこととなる。

これまで解説してきた活動例のように、当社のパワーウェアは人々の「仕事」を助けるにとどまらず、その先にある人々の「生活」や「競技運営」などさまざまな局面での活躍を見せ始めている。今後もパワーウェアの開発および提供を通じて、年齢や性別に関係なく元気の働くことのできる「パワーバリアレス社会」の実現に取り組んでいきたい。