

アシストスーツの新たな負荷軽減機構と健康管理技術の開発

繊維生活部 ○中島明哉 斎藤譲司

1. 目的

働き方改革や健康志向の高まりから、職場環境の改善や従業員の健康維持・管理が重要視されている。重い荷物を持ち上げる作業現場では、健康維持のために腰痛予防としてウェア型アシストスーツが活用され、一方で、健康管理のために作業者の心拍数などを収集するバイタルセンシングシャツが注目を集めている。現状、この腰痛予防とバイタルデータ収集の両機能を備えた繊維製品はなく、両機能を活用するためにはそれぞれの機能を有する製品を着用する必要があるため、導入や管理が煩雑になる。そこで、アシストスーツに健康維持と健康管理の両機能を搭載することを目的に研究を行なった。

2. 内容

2.1 アシストスーツのための新たな負荷軽減機構の開発

現状のウェア型アシストスーツは、その多くがゴムなどの弾性体を背面に配置し、体を曲げる動作により引き伸ばされた弾性体が元に戻る際の復元力で筋力補助を行なう。しかし、この方式では図 1(a)に示すように重量物を持ち上げる際に膝を曲げず背を丸める前傾姿勢をとるため、腰椎にかかる負荷の軽減は難しい。一方で、腰の動きを拘束するために固定することを目的とし、その固定力を高めるために芯となる硬い部材（ボーン）を搭載した方式も存在する。こちらは図 1(b)のように背を丸められないため、膝を曲げて荷物を持ち上げるように誘導することから腰椎への負荷は軽減されるが、常に背面のボーンに姿勢を拘束されているため普段の動作を妨げることが課題である。そこで、本研究ではボーンの剛性を変更できるようにし、通常は剛性を低くすることで動作を妨げず、重量物を持ち上げる際には剛性を高くして図 1(a)のような悪い姿勢を取らないように誘導することで腰椎への負荷を軽減する剛性可変ボーンを試作した。

(1) 手動変形による剛性可変ボーン

厚さ 0.5mm、幅 100mm、長さ 450mm のポリカーボネート板に通した紐を引っ張ることで図 2 のように平板両端の 40mm が起き上がるように変形するボーンを試作した。断面形状による理論計算値では、このボーンは剛性を $0.0024 \sim 12.2 \text{ N} \cdot \text{m}^2$ まで可変できることになる。実際にこのボーンを背面に着用した状態で動作実験を行なった結果、平板状態で剛性が低い時には前屈などの動作を妨げず、変形させ剛性を高くした際には背を丸めて前かがみになる動作に抵抗し、背筋を伸ばした姿勢を保持できることを確認した。

(2) エアアクチュエータ駆動による剛性可変ボーン

次に、動力源に空気圧を用いた剛性可変に取り組んだ。厚さ 1mm、幅 100mm、長さ 450mm のポリカーボネート板にエアアクチュエータとして空気圧ゴム人工筋肉を図 3 のように配置したボーンを試作した。アクチュエータを無視した平板としての剛性値は $0.0192 \text{ N} \cdot \text{m}^2$

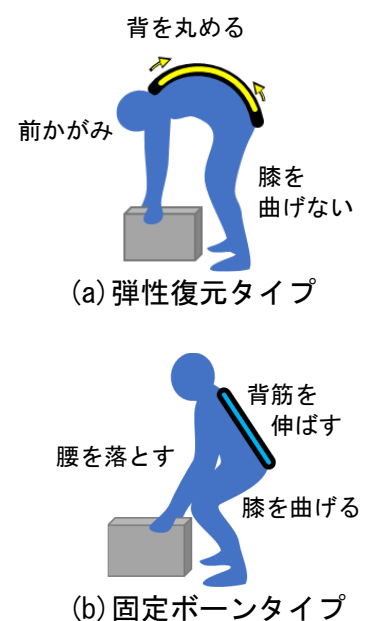


図 1 アシストスーツ

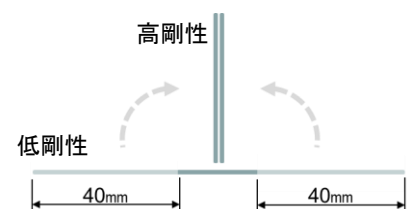


図 2 手動による剛性可変 (イメージ)



図3 試作ボーン（エアアクチュエータ駆動）

である。このエアアクチュエータを空気圧 0.5MPa で駆動させたところ、断面形状が高さ 23mm、幅 84mm に湾曲変形することを確認した。変形後の形状を円弧として近似し、その寸法から計算した結果、剛性を $11.1 \text{ N}\cdot\text{m}^2$ まで高められることを確認した。

2.2 アシストスーツのための健康管理技術の開発

アシストスーツは作業服などと同様、シャツなど複数枚の衣類の上に装着する。そのため、肌に直接触れて測定するバイタルセンシングシャツの技術を用いることはできない。そこで、皮膚に直接触れることなく脈拍計測ができる電気インピーダンスを用いた方法の適用可能性を検討するため、図4に示す小型デバイスの試作とチェストベルト部搭載による脈拍計測実験を行なった。実験は、比較対象として市販の小型心電計測デバイスによる心拍数計測を同時に行なった。その結果、図5に示すように試作デバイスの脈拍数は市販の心拍数とある程度同期して値が上下することが確認でき、脈拍数の増減傾向を把握できることが示された。また、2つの測定値間の平均と差を図示したブランド-アルトマン分析を行なった結果を図6に示す。医療用の心拍計自体に ± 3 拍/分の誤差があることを考慮すると、これに5%の誤差を上乗せした上下限範囲（太線内）に96.7%以上データが入っていることから、本計測手法は妥当であることを確認した。

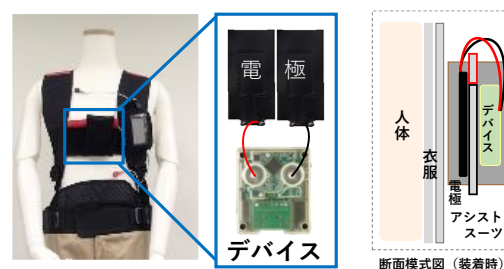


図4 試作デバイスと装着の様子

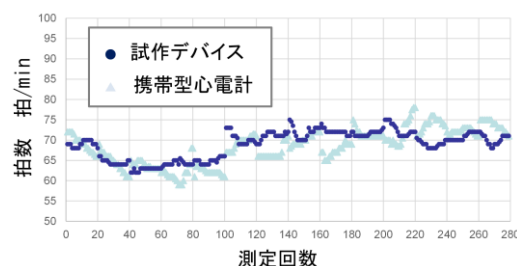


図5 計測比較実験の結果

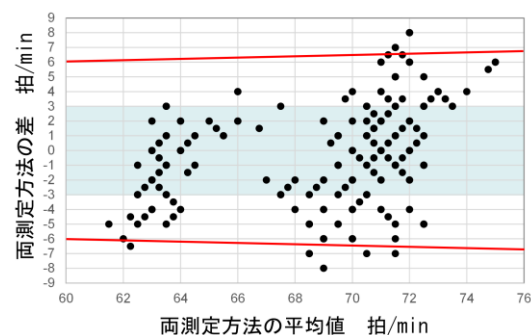


図6 ブランド-アルトマン分析結果

3. 結果

- (1) アシストスーツの新たな負荷軽減機構として剛性可変ボーンを提案し、実験によりその有効性を検証した。
- (2) 健康管理機能として電気インピーダンスによる脈拍計測技術の適用可能性について検討し、必要十分であることを確認した。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、ご協力いただきました POSH WELLNESS LABORATORY(株)の根武谷吾様に感謝いたします。