

OS1-1

コンブ作業用アシストスーツの開発

Assist Device for Laminaria Fishery Workers

○ 前田大輔 (道総研) 吉成哲 (道総研) 中島康博 (道総研) 桑野晃希 (道総研)

Daisuke MAEDA, Hokkaido Research Organization  
 Satoshi YOSHINARI, Hokkaido Research Organization  
 Yasuhiro NAKAJIMA, Hokkaido Research Organization  
 Kouki KUWANO, Hokkaido Research Organization

**Abstract:** In primary industry, workers are faced with some of the risks of work related disorders caused by repetitive stooped posture or lifting heavy loads. Therefore they need the KEIROKA Technology which is assistive technology to reduce work load. In this study, we focused on the cabbage harvest work and the laminaria fishery work. We performed biomechanical assessment for identifying risk factors in these works. Moreover, we developed the prototype personal weight transfer device, which reduce loads on the spine.

**Key Words:** Low Back Load, EMG, Power Assist, Passive Element, Laminaria Fishery Work

1. はじめに

農業や漁業などの一次産業では、使用上の制約や費用の点から機械化が難しい作業が少なからずあり、人手による重作業が行われている。農業を例に挙げると、重量野菜の収穫作業における前屈み姿勢や出荷作業における重量物の運搬は身体への負担が大きく、健康維持の観点からも問題がある。漁業においても、船上での漁獲物の引き揚げ作業や陸揚げ作業などの重量物取り扱いの他、長時間の不良姿勢を強いられる作業が多く存在する。

その一方で、農家、漁家の高齢化や後継者不足により労働力の確保が困難になりつつある。高齢労働者の体力的な理由が引退や廃業の大きな要因となっていることから、健康に作業を継続するための軽労化技術が求められている。

本研究では、重量野菜の一例としてキャベツの収穫作業に着目し、作業負担を軽減するアシストスーツを試作した。次に、その成果を基に、漁業における不良姿勢作業の支援となるコンブ作業用アシストスーツの開発に取り組んだ。

2. アシストスーツ

キャベツ収穫における身体負担の状態を明らかにするため、作業中の動作の記録と表面筋電位の計測を行った。その結果、作業中は深い前屈姿勢を取っている時間が長く、体幹を屈曲伸展する際に脊柱起立筋およびハムストリングスの筋活動が大きくなっており、腰部の負担軽減が効果的であると考えられた。

身体負担の軽減方法としては、介護分野などを対象に多数研究されているパワースーツが挙げられるが、その多くは大型で高出力な外骨格型装着装置であり、キャベツの収穫動作のような動作が速く連続的で長時間の作業に適したものは少ない。そこで、作業中の動作を妨げずに腰部の負担を軽減することを目的に、弾性部材を利用したアシストスーツの開発に取り組んだ。開発に当たり次の条件を設定した。

- ・体幹屈曲動作範囲に必要なアシスト力が得られること
- ・アシストスーツの重さが身体の負担とならないこと

これらの条件を満たすため、弾性部材には軽量で強度と弾性に優れる CFRP の弾性板を用いた。弾性板を脊柱の左右、体幹後部から大腿後部まで配置し、胸部および大腿部に補助力調整用のベルトを取り付けた。弾性板は前屈運動に対し受動的にアシスト力を発揮するため、前屈角度が深くなるにつれてアシスト力も大きくなる。試作したアシストスーツを図 1 に示す。

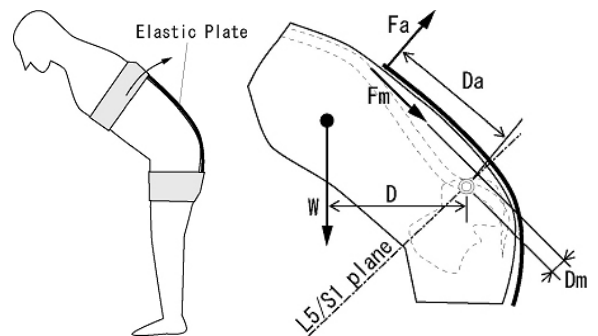


Fig.2 Assist mechanism

弾性板を用いたアシストスーツの負担軽減原理を図 2 に示す。

前屈姿勢における L5/S1 回りのモーメントの釣り合いを考える。上半身の重量を W、上半身の重心から L5/S1 までの水平距離を D とし、姿勢を維持するための筋張力を Fm、筋張力 Fm のモーメントアームを Dm とすると、モーメントの釣り合い式は、

$$DW - DmFm = 0 \text{ となる。}$$

一方、同姿勢で弾性板によるアシストを行った場合の筋張力を Fm' とし、アシスト力を Fa、Fa のモーメントアームを Da とすると、モーメントの釣り合い式は、

$$DW - DmFm' - DaFa = 0 \text{ となる。}$$

同じ姿勢では、W および D は変化しないため、次式を得る。

$$Fm - Fm' = Fa \frac{Da}{Dm} \quad (1)$$



Fig.1 Prototype for cabbage harvest workers

ここで、 $Da > Dm > 0$ 、かつ、 $Fa > 0$ であるため  $Fm > Fm'$ となり、弾性板によるアシスト力の付与により、筋張力が減少することがわかる。これにより、筋張力、重力などの合力として作用する L5/S1 椎間板の圧縮力が減少する。また、 $Fa$  は重力による椎間板剪断力を打ち消す方向に作用することから、アシスト力の付与により L5/S1 椎間板の剪断力も減少する。

### 3. アシストスーツの評価

試作したアシストスーツの効果を検証するため、キャベツ収穫作業において頻度の高いキャベツ箱の持ち上げ動作による被験者実験を行った。被験者は農業従事者の女性7名(平均年齢53歳)とし、アシスト強・弱・無の3条件で、左右の脊柱起立筋上部(T5)、中部(T12)、下部(L2)、左ハムストリングス(HAM)、左腓腹筋(GAS)の表面筋電位を計測した。計測には、多用途テレメータサイナクトMT-11を使用した。測定は4kgの重りを入れた箱を持ち、90°前屈姿勢と立位を繰り返す連続動作のうち、持ち上げ動作における筋電位のピーク値を求め、それぞれをアシスト無しの値で除し正規化した後、被験者間の平均値を算出した。動作は足部位置を動かさずに、上記1サイクルを4秒間とし25回行った。弾性板は、90°前屈姿勢時のアシスト力  $Fa=29.4N$  と  $19.6N$ の強弱2タイプを用いた。

計測結果を図3に示す。アシストスーツの着用により、計測した脊柱起立筋の全てと左ハムストリングスで筋電位が減少しており、脊柱起立筋6点の平均で約11.4%の軽減効果が確認された。

また、実験後に行った使用感に関するアンケートでは被験者全員がアシスト効果を感じると回答した。

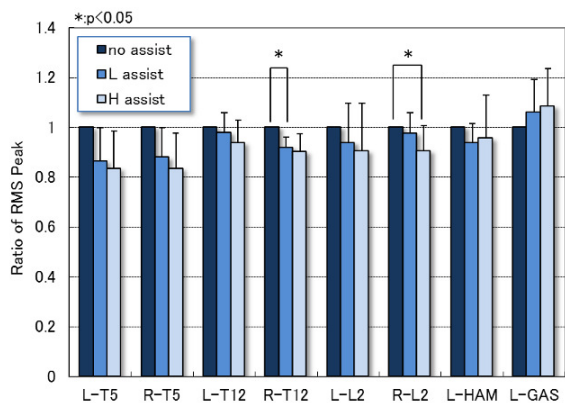


Fig.3 EMG amplitude ratio while lifting boxed cabbages

### 4. コンブ作業への適用

船上で採取されたコンブは、干場と呼ばれる砂利を敷き詰めた敷地に並べられ、天日乾燥を行った後、切断・選葉・梱包され出荷される。一連の作業の大部分は手作業で行われ、特に船上での採取作業や多数の人手を要する天日乾燥作業は身体への負担が大きい。ここでは前屈姿勢を伴う天日乾燥作業に着目し、アシストスーツの適用を検討した。

#### 4-1 作業負荷測定

コンブの代表種の中から、形態の異なるナガコンブ(最大長15~20m)とリシリコンブ(最大長2~3m)の天日乾燥作業対象に、動作の記録と表面筋電位の計測、並びに負担部位に関するアンケートを行った。筋電位計測の結果から、前屈姿勢から体幹を起こす動作時に脊柱起立筋とハムスト

リングスの筋活動が大きくなっていること、アンケート結果から、コンブの種類を問わず腰部に強い疲労を訴えていることが明らかとなった。このことから、腰部の筋力補助を行うアシストスーツが有効と考えられた。また、動作分析の結果、リシリコンブではキャベツの収穫作業に類似した作業姿勢が観察された一方、ナガコンブでは後退しながらコンブを伸ばした後、中腰姿勢でコンブの並びを整える動作が観察された(図4)。このため、広範囲の移動に伴う股関節運動等、キャベツ収穫とは異なる動作に対する装着安定性の確保が必要と考えられた。

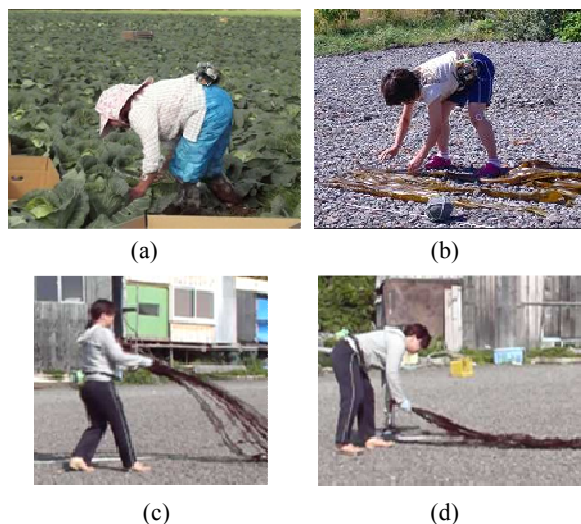


Fig.4 Working postures

- (a) Cabbage harvesting
- (b) Laminaria fishery work (Rishiri-kombu)
- (c)(d) Laminaria fishery work (Naga-kombu)

#### 4-2 コンブ作業用アシストスーツの試作

ナガコンブとリシリコンブの動作特性の違いに対応するため、以下の点を考慮し、試作を行った。

- ・弾性部材にCFRPロッドを使用し、本数を調整することで、作業姿勢に応じたアシスト力が得られる構造とした
- ・ベスト形状やコルセット形状のパーツ、ストレッチベルトを採用することで、長時間の前屈姿勢と広範囲の移動など、異なる動作に対する装着安定性を確保した



Fig.5 Prototype for laminaria fishery workers

### 5. まとめ

一次産業における重作業の一例としてキャベツ収穫作業に注目し、作業時生体情報計測を行った。その結果から、腰部の筋力補助が有効と考え、弾性板を利用したアシストスーツを試作し、脊柱起立筋の負担軽減効果を確認した。また、漁業における重作業として、コンブ作業への適用を検討し、作業動作特性を考慮したアシストスーツを試作した。現在、コンブ生産現場での評価試験を行っており、今後は必要十分なアシストと着用負担感低減の両立を目指し、実用化に向けた検討を進めていく。