

筋電計測による身体負荷評価

環境・情報技術部門

製品の操作時に必要な力や作業時の身体への負荷は適切にコントロールされていないと、製品のユーザビリティや作業効率の低下、身体へ悪影響を与えることがあります。しかし、身体への負荷を数値化することはあまり行われていません。ここでは、スイカの収穫作業を模擬した動作における身体負荷の数値化を、筋電計を用いて行った事例を紹介します。

■ 身体負荷の数値化

当センターでは、「安全・安心・快適・健康・便利を実現するためのものづくり」の提案と技術支援を行っています。その中で、製品から人が受ける負荷や人が行う作業による負荷を数値化することは、製品開発や労働安全などの分野で、重要な要素になっています。身体への負荷が少なく操作性の良いことは、製品の長所や魅力になります。また、作業負荷の低減は、労災事故の減少などに限らず、作業の効率や確実性を向上させます。

ここでは、スイカの収穫作業を模擬した動作を例に、身体負荷を数値化した事例を紹介します。

■ 筋電計

筋電計は、筋肉の筋線維から発生する活動電位（筋電位）を計測することのできる装置で、筋肉の活動を可視化することができます。筋肉が収縮する時に発生する信号の大きさや時間的変化を解析することで、筋肉の活動状況を知ることができます。

センターには、小型で軽量のワイヤレスタイプの筋電計 MQ-Air(キッセイコムテック株)があります。図1は外観、表1は主な仕様です。この筋電計は体表面に電極(表面電極)を貼り、表面筋電位を計測する装置です。表面筋電位は、筋繊維一本一本の信号ではなく、多くの筋繊維の活動の信号が合わさって体表面に届いた筋電位となります。



図1 筋電計 MQ-Air (送信機)

表1 筋電計 MQ-Airの主な仕様

分解能	16bit
送信周波数	2.4GHz帯
同時使用	最大 16 台
電波到達距離	約 10m
重さ	10g未満

■ 筋電位の信号波形

筋電計から得られる筋電位情報は、図2のような信号の波形になります。横軸が時間、縦軸が筋電位です。筋肉が強い収縮(大きい力を出しているとき)時、より大きな振幅の信号が計測できます。ただし、握力計などの筋力測定器とは異なり、筋のコンディションにより、同じ筋力が発揮されているとしても計測される信号は変化します。

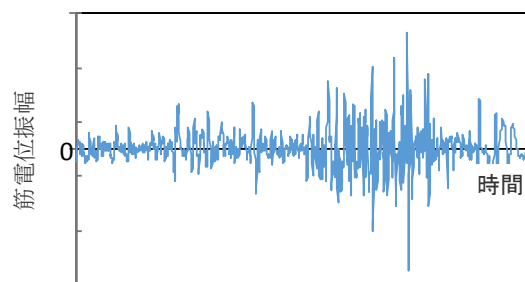


図2 筋電位の信号波形(イメージ)

■ 振幅確率密度関数 (APDF : Amplitude probability distribution function) 解析

長時間の作業負荷を評価することを目的にした筋電計測の解析に APDF 解析があります。APDF 解析とは、筋電測定した全時間中におけるある出力(振幅)以下であった時間(出現数)の割合を、出現確率 P として表すものです。

APDF の算出には、測定した筋が最大筋力を発揮した際の最大随意筋力(MVC:Maximum Voluntary Contraction)により正規化された筋電位(%MVC)を用います(図3)。図3中の①②は、異なる2つの作業の実効値波形です。

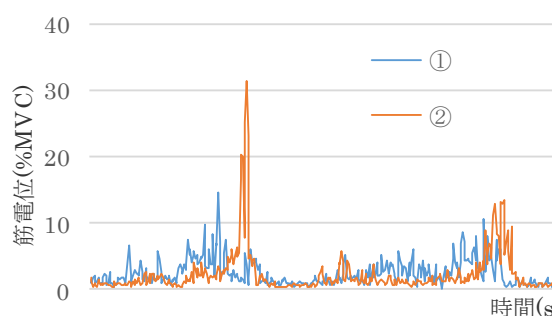


図3 正規化された筋電位の実効値波形(一部)

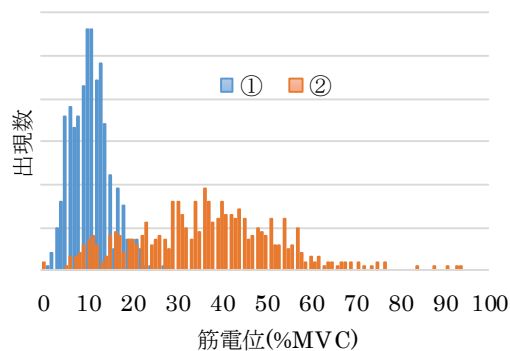


図4 筋電位 (%MVC)と出現数の関係

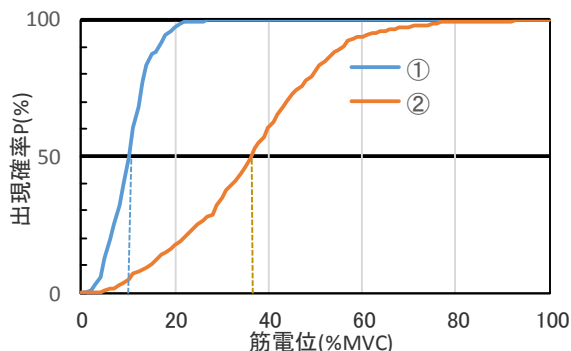


図5 APDF 解析結果

図4は、図3の実効値波形から求めた、筋電位と出現数の関係です。作業①は10%MVC付近での出現数が多く、作業②は40%MVC付近での出現数が多いものの、10%MVC～50%MVCで幅広く出現していることがわかります。

図5は、図4を積分したAPDF解析結果です。出現確率P(50%)における横軸の値(筋電位値)を作業強度とみなします。図5から、作業②の方が作業①より、身体負荷の大きい作業と判断できます。APDF解析は、作業中にどの程度の確率で、どの程度の筋力が発揮されていたかという観点から筋電図を解析するので、ある程度の時間を要する作業や低負荷作業の作業特性分析に適していると考えられています。

今回のスイカの収穫作業を模擬した動作における実験では、このAPDF解析を用いました。

■ 身体負荷の評価実験

この実験は、松本農業改良普及センターの協力で行われ、スイカの収穫作業に適するアシストスーツの効果確認と選定基準の明確化を目的に行いました。実験に使用したアシストスーツは3種類で、その内の1つはアシスト力のない姿勢保持を目的としたサポートウェアです(表2)。

表2 アシストスーツ及びサポートウェアの仕様

	方式	アシスト力(最大)	重量
A	電動	10kgf	4.5kg
B	空気圧	18kgf	1.8kg
C	姿勢保持	-	0.6kg

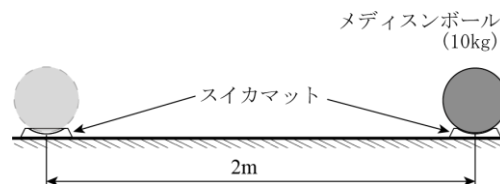


図6 運搬作業の実験

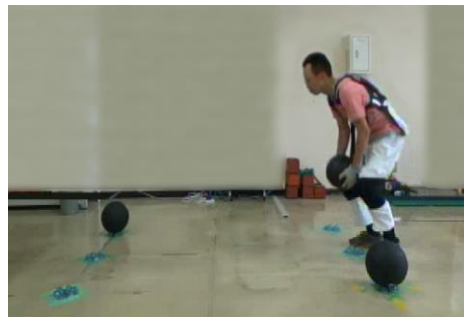


図7 実験の様子

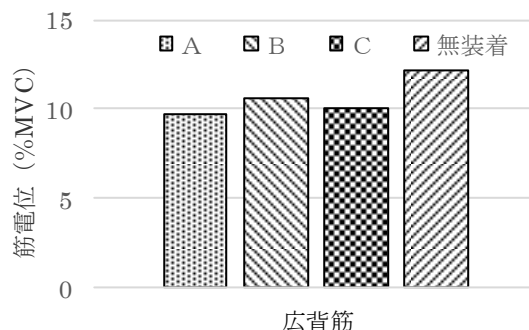


図8 広背筋の負荷 P(50%)

実験は圃場環境を模擬した室内で行い、スイカの代わりに重さ10kgのメディシンボール(以下、ボール)を使用しました。床上のボールを持ち上げて2m離れた場所に水平に移動させる動作を筋電計で計測しました(図6、図7)。1回の運搬動作を行う時間を5秒とし、繰り返して20回としました。図8は、APDF解析結果から求めた広背筋(背中から腰、腕に繋がっている筋力)の負荷P(50%)です。この結果から、アシストスーツにより広背筋の負荷が減少したことを数値として可視化することができました。

■ 身体活動の数値化評価へのセンターの取組

センターでは、上記の手法による計測や解析評価結果を統計的解析手法処理によって、検定などを行い、意味のあるデータとしてユーザビリティ評価に活用しています。これに加え、人の反応などを計測できる「感性計測システム」(技術紹介コーナーNo.364参照)を用いて、人に対する作用の一部について客観的に可視化・定量化することも可能です。お気軽にご相談ください。

長野県工業技術総合センター
 環境・情報技術部門 人間生活科学部 北野哲彦
 TEL:0263-25-0790 FAX:0263-26-5350
 E-Mail:kankyojoho@pref.nagano.lg.jp