

荷役運搬作業における筋疲労の見える化

海運ロジスティクス専攻 0655018 田中 翔

指導教官 鶴田 三郎 黒川 久幸

1. 序論

1. 1 研究の背景

現在、日本の総人口の減少、少子高齢化の問題から、将来物流作業現場で労働力不足が懸念されている。そこで、女性や高齢者の労働力の増大や物流現場での効率性、安全性の向上が重要であり、そのため、物流における作業者の負荷を軽減する作業改善が必要となっている。

全日本物流改善事例大会⁽¹⁾で1996年から2006年の物流改善事例件数を調べたところ、物流機能の中で最も事例が多かったのは荷役であり、本研究では荷役運搬作業を対象とする。

荷役運搬作業は物流作業の中でも、最も作業頻度が高く、危険も多く事業所災害は最多数である。さらに、労働害統計における運搬交通業及び貨物取扱業の疾病分類別業務上疾病発生状況において筋骨格系疾患である負傷に起因する負傷が大半の90%を占めており、作業改善が必要である。

そこで、「荷役運搬作業における筋電位と腰の圧力の評価」という共同研究を行い、荷役運搬作業においてどの部位に疲労を感じているかを調査し、図1のような結果が得られた。図1はケースピッキング作業における人体部位別平均疲労度を示したものであり、首・肩・腕・腰・足に疲労を感じていることがわかる。そこで実験を行い、腕・手首・腰の一時的負荷の計測・算出及びその評価を行った。しかし、これらの部位にかかる負荷は一時的な負荷であり、実際に長時間作業する際の疲労を考慮していないという問題が生じた。そこで、首や肩、足などの部位に関して繰り返し負荷を考慮し、共同研究では計測・算出できなかった筋疲労について考えなければならない。

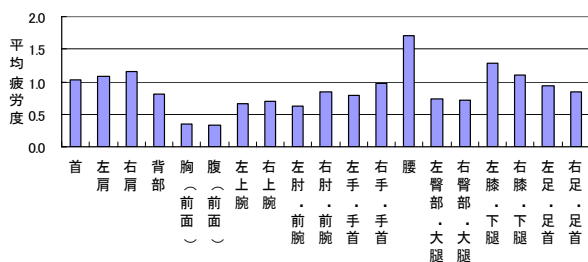


図1 ケースピッキング作業における疲労度

1. 2 研究目的

荷役運搬作業における首と肩の筋疲労の見える化を実現することが大きな目的である。

そのために、共同研究では荷役運搬作業における腰や腕における一時的負荷を計測・算出し、評価を行った。本研究では、繰り返し負荷を対象とし、肉体疲労の中でも、首と肩にかかる筋疲労を対象とし、繰り返し負荷の計測・算出方法について検討することが第一の目的である。さらに、繰り返し負荷の計測・算出結果から筋疲労について検討することが第2の目的である。

2. 荷役運搬作業における負荷の評価

2006年の物流学会において「荷役運搬作業における筋電位と腰の圧力の評価」⁽²⁾という論文を田坂氏と共同研究し、発表をした。

2. 1 荷役運搬作業とは

荷役運搬作業とは、物資の積卸し、運搬、積み付け、取出し、仕分け、荷揃えなどの作業と本研究では定義する。荷役運搬作業は、物流機能の中でも最も改善事例が多くその重要性が伺えるため、本研究では、荷役運搬作業を対象とする。

2. 2 本研究における作業負荷

本研究では、作業負荷をある作業における人体への負担量と定義する。この作業負荷が大きくなると、筋骨格系疾患や事故の原因となり得るため、作業負荷を減らす作業改善が必要となってくる。

また、作業負荷にはある姿勢、動作を行うことによってかかる一時的負荷と長時間作業することによってかかる繰り返し負荷がある。また、繰り返し負荷は、負荷が溜ることによって、筋肉痛などの回復が早い肉体疲労と慢性的腰痛などの慢性疲労があると考えられる。

2. 3 荷役運搬作業における筋電位と腰の圧力の評価

図1に示したアンケート調査を基に筋系と骨格系の負荷を同時かつ定量的に評価した結果、上腕、手首、腰といった作業者の負荷評価で重要視すべ

き部位を特定した。しかし、首や肩などの負荷の評価はうまくできなかった。(図2)

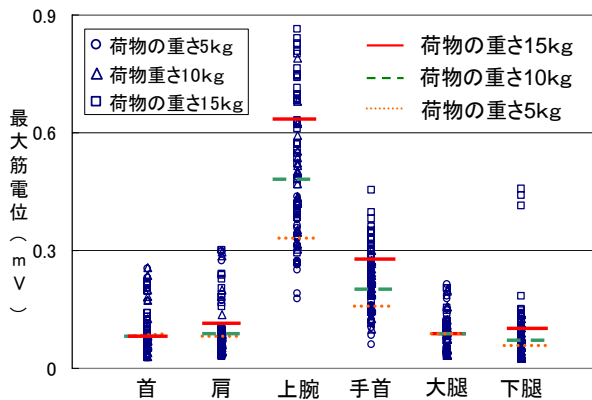


図2 荷物の重さによる筋電位

3. 見える化

3.1 見える化とは

本研究における見える化とは、ただ見えるようにするだけでなく、見えた結果を利用し、考え行動するという過程と定義する。物流現場では見える化をキーワードとして物流改善事例大会で報告されたのは12件であった。報告された見える化に関する事例の目的は作業時間の効率化やコストの削減といったものがほとんどで、作業負荷に関する研究は報告されていない。

3.2 負荷の見える化

見える化には、物の流れの見える化、管理の見える化、作業の見える化など色々な用いられ方をする。図に見える化の対象とその目的をまとめた。さらに、本研究では、作業負荷を対象としているため、見える化の中でも、人を対象とし、作業負荷の見える化が目的である。作業負荷の評価指標としては動作解析や筋電位、筋硬度などがある。よって、本研究ではこうした評価指標によって、負荷の定量的な計測・算出方法を用いて負荷を定量的に算出するだけでなく、算出結果を評価し、作業改善案を考え、実際に作業改善を行う過程を負荷の見える化と呼ぶこととする。

4. 筋疲労

4.1 疲労とは

疲労とは、筋肉・神経などの機能が低下する状態のことで、短期間で回復する疲労を肉体疲労、回復するのに著しく長い時間を有する疲労を慢性疲労とする。

4.2 筋疲労とは

筋疲労とは、筋収縮のための刺激が過剰になり徐々に

に収縮力が低下し、筋肉痛や凝りの原因となる現象のことである。筋疲労の計測・算出方法として、筋電位、筋硬度、エネルギー代謝、血中乳酸濃度などがある。本研究では、現場での計測が容易で定量的な結果が出力される筋電位と筋硬度を筋疲労の計測・算出方法として用いることとする。

4.3 筋疲労の計測部位

本研究では、首及び肩の筋疲労について検討するため、首については僧帽筋(上部)を肩については僧帽筋(中部)と三角筋の筋電位及び筋硬度を計測することによってその計測・算出結果から筋疲労を検討する。(図3)

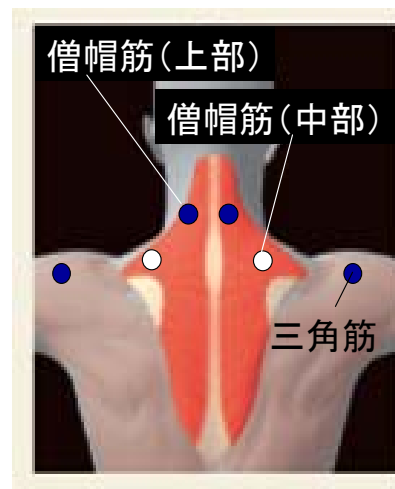


図3 計測部位

5 本実験概要

5.1 連続ピッキング作業

連続ピッキング作業では、筋電位及び筋硬度の計測・算出結果から筋疲労の評価可能性について検討することが目的である。

実験開始の被験者には、肘を伸ばした状態で重さ5kgの荷物を持ってもらい実験を始める。そして、2秒毎に音を鳴らし、棚の高さ160cmへの積み付け積み下ろしを4分間行い、その間筋電位を計測し、筋硬度は実験前と実験直後に計測する。(図4)実験後に、疲労度のアンケートを実施した。

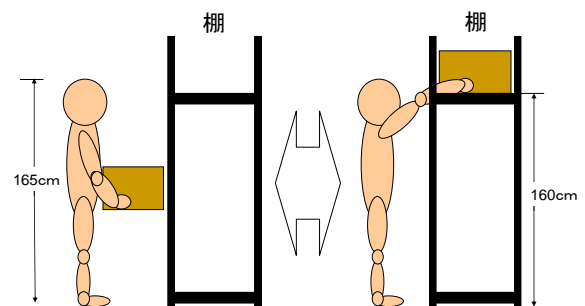


図4 実験を横から見た図

5. 2 棚の高さの異なる連続ピッキング作業

実験開始時の被験者には、肘を伸ばした状態で 5kg の荷物を持ってもらい実験を始める。そして、実験前に筋硬度を計測し、実験開始後は 2 秒毎に音を鳴らし、棚の高さ 4 cm、20 cm、40 cm、80 cm、120 cm、160 cm への積み付け積み下ろしをそれぞれ 1 分間行い、筋硬度を測定する。筋硬度の計測時間として 30 秒間休み、また 1 分間の積み付け積み下ろしを行い、筋硬度を測定する。この一連の実験を 10 分間行う。(図 5) 実験後に、疲労度のアンケートを実施した。

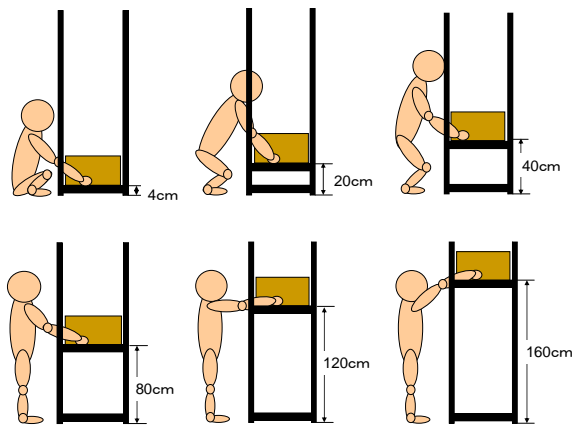


図 5 実験を横から見た図

6. 実験結果

6. 1 連続ピッキング作業の結果

(1) 筋硬度

実験回数によって僧帽筋(中部)の筋硬度の上昇値に差があり、最低で 5N、最大で 10N の上昇が見られる。また、その他の被験者からも値に差はあるが、同様の結果が得られた。(図 6) また、実験前と実験後の僧帽筋(中部)の筋硬度の分散分析を行った結果、有意な差が見られた。(表 1) この結果から、連続ピッキング作業によって僧帽筋(中部)の筋疲労が見られたと考えられる。

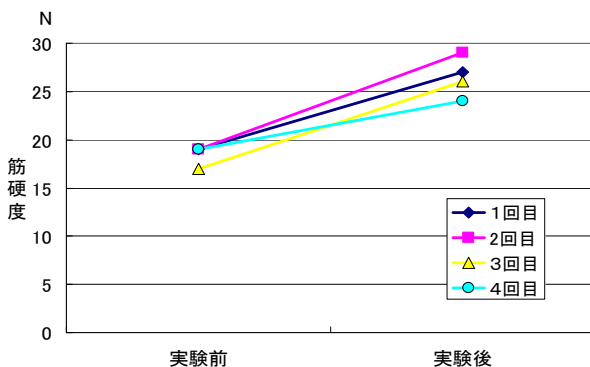


図 6 僧帽筋(中部)の筋硬度

表 1 僧帽筋中部の分散分析結果

変動要因	変動	自由度	分散	割られた分	P-値	F境界値
グループ間	128	1	128	48	0.000448	5.987374
グループ内	16	6	2.666667			
合計	144	7				

(2) アンケート

上段への連続ピッキング作業では共同研究と同様に上腕に疲労を感じている。また、本研究の目的である首・肩についても多少疲労を感じている。その他の部位についてはあまり疲労を感じていないことがわかる。(図 7)

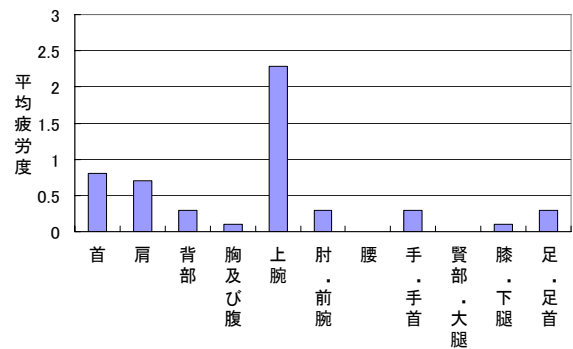


図 7 アンケート結果

(3) 筋電位

長時間作業において筋電位という指標は時間経過によってほぼ変化がないことがわかる。(図 8) さらに、僧帽筋(中部)に関して 10 回ずつに区切り作業回数の前後の分散分析を行い有意差があるかどうかを確認した結果、全ての作業回数の前後において有意差がなかった。したがって、作業回数によって筋電位に関係はなく、筋電位は筋疲労の評価には用いることができないと考えられる。(表 2)

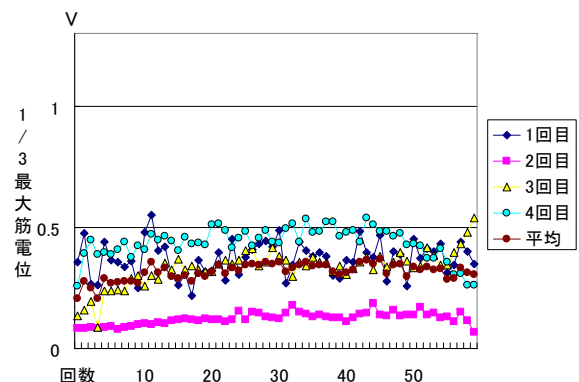


図 8 僧帽筋(中部)の 1/3 最大筋電位

表2 僧帽筋（中部）の筋電位分散分析

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F境界値
10回-20回	0.011947	1	0.011947	17.08015173	0.000625	4.413873
20回-30回	0.003925	1	0.003925	10.27378822	0.004905	4.413873
30回-40回	5.53E-08	1	5.53E-08	0.000197551	0.98894	4.413873
40回-50回	1.75E-06	1	1.75E-06	0.003830908	0.951329	4.413873
50回-60回	0.001816	1	0.001816	3.749765351	0.068676	4.413873

6. 2 連続ピッキング作業まとめ

連続ピッキング作業によって以下のことがわかった。

○繰り返し負荷による筋疲労を僧帽筋（中部）の筋硬度によって計測・算出し、実験前後でその差が明確であり、筋疲労が筋硬度によって計測可能であることがわかった。

○僧帽筋（中部）に関しては、棚の高さ160cmでは筋疲労が確認できた。

○筋疲労を評価するには、筋電位では難しいことがわかった。

6. 3 棚の高さの異なる連続ピッキング作業

(1) 棚の高さの影響

図9は実験前と計測7回目の僧帽筋（中部）の筋硬度の計測結果を高さ別に示したものである。これにより、計測7回目の数値は160cm、4cm、80cm、40cm、120cm、20cmの順に低くなっていることがわかる。このことから、筋硬度は計測可能であるが、棚の高さの影響は受けないということがわかる。

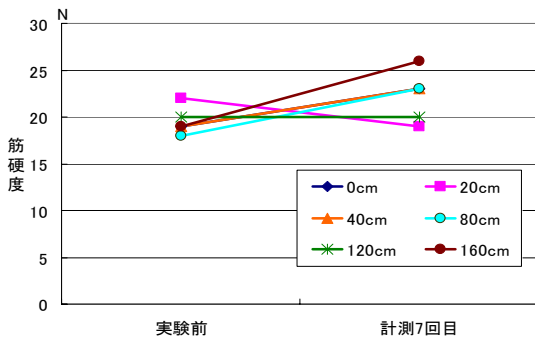


図9 実験前と計測7回目における僧帽筋（中部）の筋硬度

(2) 作業回数の影響

図は計測回数8回の僧帽筋（中部）の筋硬度の計測結果を高さ別に示したものである。この図から、棚の高さ20cmを除き計測2回目から計測3回目（時間にして3分から5分）にかけて上昇傾向を示していることがわかる。

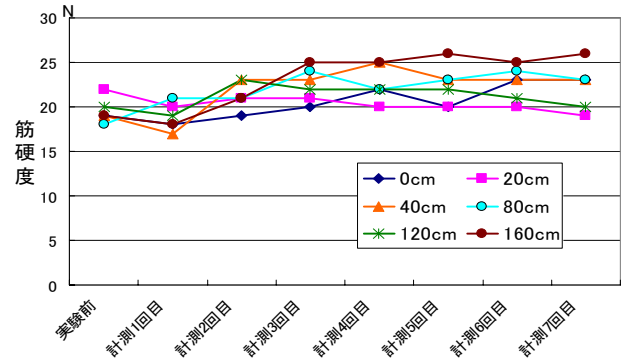


図10 計測回数と筋硬度

6. 4 棚の高さの異なる連続ピッキング作業まとめ

○僧帽筋（中部）に関しては、棚の高さ160cmでは筋疲労が確認できた。その他の棚の高さでは棚の高さの影響が明確ではなかった。

○繰り返し負荷は連続作業であれば、3分から5分程度の短時間で負荷が確認された。

7. 結論

○繰り返し負荷による筋疲労を僧帽筋（中部）の筋硬度によって計測・算出し、実験前後でその差が明確であり、筋疲労が筋硬度によって計測可能であることがわかった。

○僧帽筋（中部）に関しては、棚の高さ160cmでは筋疲労が確認できた。その他の棚の高さでは棚の高さの影響が明確ではなかった。

○筋疲労を評価するには、筋電位では難しいことがわかった。

○繰り返し負荷は連続作業であれば、5分程度の短時間で負荷が確認された。

8. 今後の課題

○その他の荷役運搬作業で筋疲労を確認する必要がある。

○本研究では、繰り返し負荷の中でも、筋疲労に注目したが、慢性疲労についても検討する必要がある。

○肩の筋疲労の評価、改善案の提案など見える化の完成をする必要がある。

参考文献

- (1) 鶴田三郎 物流改善事例のトレンドとポイント、全日本物流改善事例大会 2006、p1-p17、2006
- (2) 田坂晃一 田中 翔 荷役運搬作業における筋電位と腰の圧力の評価、物流学会、2006