

荷物取り扱い作業時の身体的負担 —性差及び作業人数による検討^{1,2)}—

佐藤 望*

Sex differences in physical load while manual handling task with team

Nozomi SATO

Abstract

The purpose of this study was to examine the sex differences in physical load during manual handling task with team. Participants performed 3 different manual handling tasks (lifting, lowering, and carrying a box). For the lifting task, participants lifted the box from the floor to the table at a height of 70cm from the floor. For the lowering task, participants lowered the box from the table to the floor. The carrying task included lifting the box from the floor, carrying the box through the given distance (3m) and placing the box on the table. Surface EMG and heart rate was measured during each task. Subjective physical load was measured after each task. The results showed that the EMG value in females were significantly higher than that of males for most of tasks, which be the result of poor muscle strength in females and sex differences in posture while manual handling task. EMG values of two-persons task were significant highly than that of one-person task, which be uneven loading due to the slight differences in height of two-persons and due to the inconsistencies in the timing of handling the load between two persons. Considerations of physical load while manual handling task by females and team were discussed.

Keywords : ① manual handling ② sex differences ③ physical load ④ team

問 題

研究背景

我が国では男女雇用機会均等法が1986年に施行された後、女性の労働環境整備の一環として育児・介護休業法や女性活躍推進法などの法整備が行われてきた。また、民間の事業所においても女性にとって働きやすい作業環境整備に向けた様々な改善が推進されてきた。このような経緯や少子高齢化に伴う労働力不足などが相まって就労女性の職域、職務が拡大してきた状況は、男女共同参画社会の観点から考えると就

労構造が望ましい方向に転換しつつあるものと言えよう。

しかしながら、就労女性の職域、職務拡大に伴い、これまで主として男性が従事してきた作業に女性が従事する機会も増えており、就労女性の作業管理・健康管理上の問題への見直しが必要と考えられる。この点について、例えば、国土交通省(2016)は、従来、女性の就業率が低かったトラック運送業界に対し女性活用のためのガイドラインを策定している。また、厚生労働省では2016年に企業における女性の

受付：令和5年6月7日 受理：令和5年7月27日

*近畿大学総合社会学部 准教授（人間工学・産業心理学）

1) 本研究の一部は産業保健人間工学会第27回大会で発表した。

2) 本研究はJSPS 科研費JP24510215の助成を受けた。

DOI:10.15100/0002000100

活躍状況に関する情報や行動計画をデータベース化・公表し(厚生労働省, 2017), 女性の労働環境整備支援を促している。こうした取り組みにより女性労働環境の改善が期待されるものの, 十分な効果に至るまでには時間を要すると考えられる。

ところで, 新たに就労女性が増加している職域, 職務のみならず, 従来から女性が従事してきた製造業や小売業などの業種では, 腰痛などの筋骨格系障害のリスクになることが指摘されている荷物取り扱い作業(Cole & Grimshaw, 2003)が含まれることが多い。筋骨格系障害を発症すると, 作業員自身の生活の質が悪化することのみならず, 労働コストにも影響が及ぶ(Zurada, 2012)ことから, 発症の未然防止を目標として, 医学, 工学, 心理学といった広範な分野から研究が行われてきた。このうち, 労働衛生学やバイオメカニクスの見地からは生体への負担を推定する理論モデルなどに基づき, ISO (2021) や CEN (2008) などによりガイドラインが提唱されている。また, 実証データに基づく知見も蓄積されてきた。しかし, 得られた知見は相対的に男性作業員を対象としたものが多く, 女性作業員を含めて検討した知見は認められるものの(e.g., Chung & Wang, 2001; Ciriello, 2007; Marras, et al., 2002; Plamondon, et al., 2014; Wu, 2003), その数は不足している。

更に, 国内の作業負担に関する近年の研究動向を概観すると, メンタルヘルス対策の一環として精神作業による負担の軽減化に関心が向いており, 身体的作業負担に関わる問題は看過されがちである。特に就労女性における荷物取り扱い作業に関する研究は就労男性を対象とした研究と比べると相対的に少ない。また, 男女雇用機会均等法や労働安全衛生法などにおいては, 荷物持ち上げ作業による流産などのリスクが高いことが指摘されている妊婦(Zhang & Bracken, 1996; EI-Metwalli, et al., 2001)や産後1年以内の女性への配慮事項は充実化が図られているものの, 妊産婦以外の女性に対しては相対的に検討の余地が残されている。したがって, 妊産婦以外の就労女性における作業関連性疾患

(職場や仕事が原因や憎悪要因になることもある疾病で心筋梗塞や脳血管障害などの循環器疾患, 腰痛や腱鞘炎などの筋骨格系疾患, 抑うつ状態などの精神疾患, 気管支喘息等の呼吸器疾患等)(堀江, 2013)の予防に関わる研究を推進し, 知見を蓄積することは就労女性にとって安全で快適な職場環境整備を行っていく上で喫緊の課題である。すなわち, 荷物取り扱い作業に従事する女性が増えている状況を鑑み, 我が国の女性を対象として荷物取り扱い作業時の身体的負担を評価することが必要と考えられる。

以上の問題に加え, 過去の国内外の研究において十分には取上げられていない, 複数の作業員による荷物取り扱い作業時における身体的負担の問題についても, 性差に着目し検討する必要があると考えられる。荷物取り扱い作業は単独で行うのみではなく, 荷物の重量や大きさ, 運搬距離などによっては複数の作業員が協力して行う場合も多い。複数で作業を行う場合の作業負担は, 個々の作業員における体力, 身長, 作業経験などに依存して荷物の重心の位置が一方の作業員に偏ることから, 単に荷物の重量を作業員の数で割った値が個々の作業員に対する同等の負担にはならないことが指摘されている(Davies, 1972)。この問題は過去約30年に渡って検証がなされてきたが, 限られた研究者が体系的に研究を行っているものの(e.g., Dennis & Barrett, 2002, 2003a, 2003b; Barrett & Dennis, 2005), 研究例は十分ではない。また, 対象者は男性であることが多い。すなわち, 国内外において, 女性を対象とした複数作業員による荷物取り扱い作業時の身体負担についてはWu & Chang (2010)が2名による荷物運搬作業において, 作業員の歩行方向(2名共横歩き・1名が前進, 残り1名が後ろ歩き)及び荷物の持ち手の有無と, 運搬可能な荷物の最大重量, 心拍数, 自覚的運動強化との関係を検証した研究などを除き僅かしか認められない。

以上のことから, 女性における荷物取り扱い作業に関わる健康問題は, 社会情勢の変化にともなって新たに発生している問題であり, 就労女性の身体的負担軽減のために取り組むべき

課題であると考えられる。したがって、本研究では我が国の女性および男性を対象者として単独、および複数による荷物取り扱い作業時の負担評価を行い、男女間で評価値の比較をすることにより、女性における荷物取り扱い作業の配慮事項について明らかにすることを目的とした。荷物取り扱い作業に関する研究は腰痛の問題に主眼を置いたものが多いが (e.g., Nelson & Hughes, 2009), 肩腕部や脚部への負担も大きいと考えられるため、本研究では腰背部に加え肩腕部と脚部の負担についても検討することとした。

本研究は近畿大学総合社会学部研究倫理審査委員会の承認を得て実施した (承認番号 24-3)。

方法

実験参加者

実験参加者は、20歳以上であること、筋骨格系に障害や痛みを有さないこと、循環器系疾患の既往歴がないこと、身長差5cm以内の同性2人1組で参加が可能であることを条件として募集した。その結果、男性16名、女性12名、計28名が実験に参加した。このうち、計測時に筋電図へのアーティファクトの混入が著しかった4名分のデータを除外し、Table 1に示した身体計測値を有する男性14名 (平均年齢21.1歳、標準誤差 .19)、女性10名 (平均年齢20.7歳、標準誤差 .28)、計24名のデータを分析に用いた。

実験参加者には実験内容および倫理的配慮事項について書面および口頭により説明を行い、書面による同意を得た上で実験に参加させた。

Table 1 身体計測値の平均値

	男性 (n=14)	女性 (n=10)
年齢 (歳)	21.1 (.19)	20.7 (.28)
身長 (cm)	171.4 (1.13)	159.5 (1.78)
体重 (kg)	63.3 (3.11)	52.9 (1.07)
BMI	21.7 (.97)	20.7 (.21)
指先端高 (cm)	67 (.82)	63 (.86)
肘間幅 (cm)	42.1 (1.17)	40.8 (.62)

() 内は標準誤差

実験課題

1人による作業 縦33cm×横45cm×高さ30cm、重さ10kgの箱を1名で取り扱う作業 (以下、1人作業と記す) を、持ち上げ、持ち下げ、運搬の3条件下で行わせた。各作業時において参加者が箱の短辺側底部の下に手を入れて持つことを可能にするため、床上には縦33cm×横33cm×高さ6cmの板を設置した (以下、板上を床上と記す)。また、作業台 (縦45cm×横65cm×高さ70cm) の上には縦33cm×横33cm×高さ3cmの板を設置した (以下、台上と記す)。参加者が箱を持つ際は、中指と箱の短辺側底部の midpoint とを一致させた。持ち上げ作業では、実験参加者に膝関節を曲げてしゃがみ姿勢をとり、床上に置かれた箱を持ち、姿勢を立位に推移させる Squat 法 (藤村・奈良, 2004) によって3秒で荷物を持ち上げ、立位姿勢で箱を5秒間保持させた。次に、左右の足を各1歩前進させ、台上に箱を置かせた。持ち下げ作業では台上の箱を持った後、左右の足を各1歩後退させ、立位姿勢で箱を5秒保持した後、3秒で床上に置かせた。運搬作業では床に設置された箱を3秒で持ち上げ、立位姿勢で5秒間保持後、前方に3m直進し、台上に置かせた。以上の作業は電子メトロノーム (鞆コルダ製MA-1) の音 (60bpm) に合わせて行わせた。

2人による作業 1人作業と同等の寸法、重量を2倍の20kgにした箱を取り扱う作業を2人により行わせた (以下2人作業と記す)。実験参加者が箱を持つ際、箱の長辺側底部の、自身に近い頂点から10cmの位置が第3指の位置になるようにした。持ち上げ作業では床上の箱を3秒で持ち上げ、立位で5秒保持後、体側方向に1歩移動して台上に置かせた。持ち下げ作業では台上の箱を持った後、体側方向に1歩移動し、立位で5秒保持後、3秒で床上に置かせた。運搬作業では床に設置された箱を3秒で持ち上げ、5秒間保持後で体側方向に3m歩行し、台上に置かせた。

測定指標

身体的負担を評価するために、携帯型多用

途生体アンブ(株)デジテックス研究所製, Poly-mate II AP216)を用い, サンプリング周波数を1kHzとして筋電図と心電図を計測した. 筋電図は僧帽筋, 上腕二頭筋, 脊柱起立筋, 大腿直筋から導出した. 筋電図は電極装着後, 各計測部位における最大自発筋収縮(MVC; maximal voluntary contraction)時の筋電図を計測し, MVCに対する各条件下での筋電図の割合として%MVCを算出した. 計測は2回行い, 平均値を算出して評価に用いた. 心電図は胸部CM₅誘導により導出し, RR間隔データより心拍数を求めた. 解析には多用途生体情報解析プログラムBIMUTUS II(キッセイコムテック(株))を用いた.

身体的負担感の指標として各作業終了後, 全体, 指, 腕, 肩, 背中, 脚における負担感について「1:非常に楽」～「7:非常にきつい」の7件法で回答を求めた.

実験手続き

実験は作業別に, 作業人数を参加者内, 性を参加者間とする2要因混合計画で実施した. 測定は1人作業, 2人作業のいずれにおいても各条件(持ち上げ, 持ち下げ, 運搬)につき2回, 計12回実施した. 男性3組及び女性3組は1人作業の後, 2人作業を行った. 残りの男性4組, 女性2組はその逆順に作業を行った. 1人作業における測定順序は実験参加者内・参加者間でランダム化した. 2人作業は参加者の組内・組間でランダム化した. 各条件終了後には負担感測定用の質問票に回答させた. 1人作業と2人作業間の休憩は20分とした. また, 1人作業及び2人作業それぞれにおける各条件間の休憩は5分とした. 分析には同条件下で得られた2回分の測定値の平均値を用いた.

結果

身体的負担

全体的な傾向として, 身体的負担は男性よりも女性の方が, また1人作業よりも2人作業の方が高くなる傾向が窺われた.

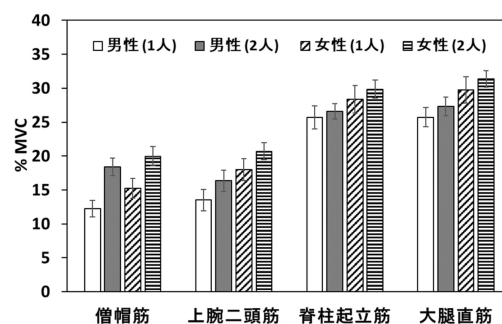
Figure 1は持ち上げ作業における各筋の%MVC

を示している. 分散分析の結果, 僧帽筋において人数の有意な主効果が認められた($F(1, 22) = 29.30, p < .01, \eta_p^2 = .57$). 上腕二頭筋において性, 人数の有意な主効果が認められた(性: $F(1, 22) = 6.58, p = .02, \eta_p^2 = .23$, 人数: $F(1, 22) = 19.21, p < .01, \eta_p^2 = .47$). 脊柱起立筋において人数の有意な主効果が認められた($F(1, 22) = 7.98, p < .01, \eta_p^2 = .27$). 大腿直筋において性, 人数の有意な主効果が認められた(性: $F(1, 22) = 5.27, p = .03, \eta_p^2 = .19$, 人数: $F(1, 22) = 15.99, p < .01, \eta_p^2 = .42$).

Figure 2は持ち下げ作業における各筋の%MVCを示している. 分散分析の結果, 僧帽筋において性, 人数の有意な主効果が認められた(性: $F(1, 22) = 5.44, p = .03, \eta_p^2 = .20$, 人数: $F(1, 22) = 6.93, p = .02, \eta_p^2 = .24$). 上腕二頭筋において性, 人数の有意な主効果が認められた(性: $F(1, 22) = 14.07, p < .01, \eta_p^2 = .39$; 人数: $F(1, 22) = 35.81, p < .01, \eta_p^2 = .62$). また, 性と人数の有意な交互作用が認められた($F(1, 22) = 9.13, p < .01, \eta_p^2 = .29$). 脊柱起立筋において人数の有意な主効果が認められた($F(1, 22) = 9.47, p < .01, \eta_p^2 = .30$). 大腿直筋において性の有意な主効果が認められた($F(1, 22) = 8.28, p < .01, \eta_p^2 = .27$).

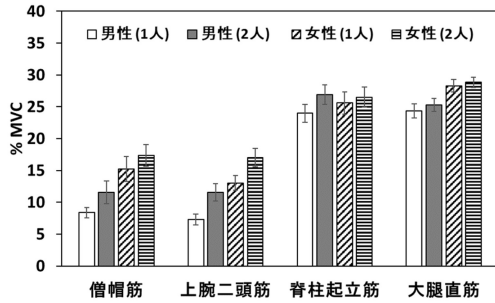
Figure 3は運搬作業における各筋の%MVCを示している. 分散分析の結果, 僧帽筋において性, 人数の有意な主効果が認められた(性: $F(1, 22) = 6.64, p = .02, \eta_p^2 = .23$, 人数: $F(1, 22) = 48.54, p < .01, \eta_p^2 = .69$). 上腕二頭筋において性, 人数の有意な主効果が認められた

Figure 1 持ち上げ作業における%MVC



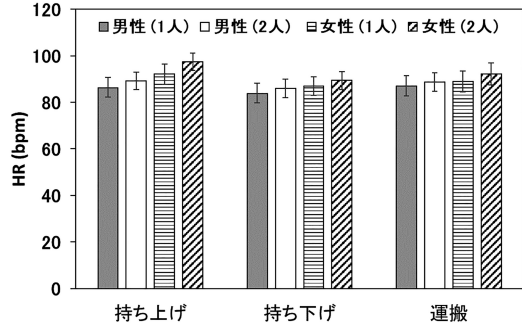
注) エラーバーは標準誤差を示す

Figure 2 持ち下げ作業における% MVC



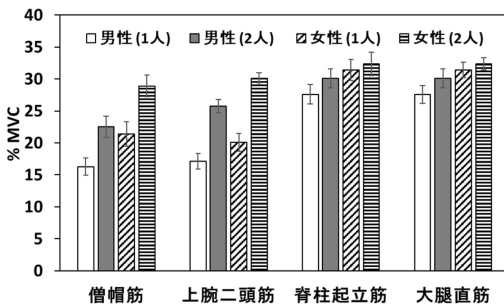
注) エラーバーは標準誤差を示す

Figure 4 各作業における心拍数



注) エラーバーは標準誤差を示す

Figure 3 運搬作業における% MVC



注) エラーバーは標準誤差を示す

(性 : $F(1, 22) = 8.78, p < .01, \eta_p^2 = .29$, 人数 : $F(1, 22) = 65.53, p < .01, \eta_p^2 = .75$). 脊柱起立筋において人数の有意な主効果が認められた ($F(1, 22) = 25.62, p < .01, \eta_p^2 = .54$). 大腿直筋において性, 人数の有意な主効果が認められた (性 : $F(1, 22) = 8.39, p < .01, \eta_p^2 = .28$, 人数 : $F(1, 22) = 17.33, p < .01, \eta_p^2 = .44$).

Figure 4 は心拍数の結果を示している。心拍数はいずれの作業においても男性よりも女性の方が、また、2人作業の方が増加する傾向が窺われた。しかし、分散分析の結果、有意な主効果、交互作用は認められなかった。

身体的負担感

Table 2 は身体的負担感の結果を示している。全般的に身体的負担感は2人作業よりも1人作業の方が高くなる傾向が窺われた。分散分析の結果、人数の要因において、持ち上げ作業で

は、全体、指、肩の負担感に有意な主効果、背中、脚の負担感に有意傾向が認められた。持ち下げ作業では指、腕、肩の負担感に有意傾向が認められた。運搬作業では、肩の負担感に有意な主効果、全体、腕、背中負担感に有意傾向が認められた。性の有意な主効果及び性と人数の有意な交互作用は全てに認められなかった。

考察

本研究の目的は、荷物取り扱い作業における身体的負担と心理的負担について性差及び作業人数に着目し評価することであった。

身体的負担における性差について、持ち上げ作業では上腕二頭筋、大腿直筋において男性と比較して女性の方が負担が高いことが明らかになった。上腕二頭筋の負担に性差が認められた要因として、台上に荷物を置く際の動作が挙げられる。荷物を台上に置く際、女性の方が男性よりも身長が低いことから、肘関節をより屈曲させて荷物を上方に持ち上げる動作が必要となる。上腕二頭筋は肘関節を屈曲させる機能を果たしている (Marieb, 2009) ため、上腕二頭筋への負担は女性の方が高まったものと考えられる。大腿直筋の負担に性差が認められた要因の一つとして、しゃがみ姿勢時から立ち上がる際に生じる膝関節角度の性差による影響が考えられる。Zeller et al. (2003) は片脚によるスクワットを行かせた際の関節の動態や筋活動の性差を検証した結果、女性の方が膝関節が内反した状態を保持する力が弱く、大腿直筋の筋活動量が

Table 2 身体的負担感の平均値

	男性 (n = 14)		女性 (n = 10)		性の主効果			人数の主効果			性×人数の交互作用			
	1人	2人	1人	2人	F	p	η_p^2	F	p	η_p^2	F	p	η_p^2	
全体	持ち上げ作業	3.7 (.28)	3.4 (.30)	4.2 (.30)	3.8 (.24)	1.52	.23	.06	4.85	.04	.17	0.17	.69	.01
	持ち下げ作業	3.7 (.28)	3.3 (.28)	3.9 (.33)	3.5 (.29)	.32	.58	.01	2.42	.13	.91	0.01	.91	.00
	運搬作業	3.5 (.29)	3.4 (.32)	3.9 (.34)	3.4 (.29)	.46	.50	.02	3.62	.07	.13	1.12	.30	.04
指	持ち上げ作業	3.9 (.34)	3.1 (.36)	4.2 (.33)	4.0 (.40)	1.33	.26	.06	5.50	.03	.20	2.44	.13	.10
	持ち下げ作業	3.6 (.35)	3.0 (.36)	4.0 (.39)	3.8 (.38)	1.64	.21	.07	3.69	.07	.14	0.77	.39	.03
	運搬作業	3.5 (.34)	3.0 (.30)	3.9 (.42)	3.8 (.37)	1.54	.23	.07	2.20	.15	.09	1.42	.25	.06
腕	持ち上げ作業	4.0 (.34)	3.8 (.35)	4.6 (.31)	4.4 (.22)	1.08	.31	.06	1.52	.23	.50	1.52	.23	.05
	持ち下げ作業	3.9 (.30)	3.5 (.31)	4.4 (.33)	3.9 (.27)	.96	.33	.04	4.49	.05	.17	0.02	.89	.00
	運搬作業	4.2 (.32)	3.4 (.28)	4.2 (.34)	4.0 (.30)	.59	.45	.07	3.40	.08	.13	1.99	.17	.08
肩	持ち上げ作業	3.5 (.37)	2.9 (.31)	4.0 (.32)	3.7 (.36)	1.79	.19	.08	6.99	.01	.24	0.92	.35	.04
	持ち下げ作業	3.5 (.35)	3.1 (.30)	3.8 (.34)	3.5 (.30)	.41	.53	.02	3.74	.07	.15	0.03	.87	.00
	運搬作業	3.4 (.29)	3.0 (.31)	4.1 (.40)	3.7 (.34)	2.26	.15	.09	5.76	.03	.21	0.03	.86	.00
背中	持ち上げ作業	3.4 (.37)	3.1 (.31)	4.1 (.20)	3.6 (.34)	1.79	.20	.08	3.74	.07	.15	0.19	.67	.01
	持ち下げ作業	3.3 (.35)	3.1 (.35)	3.9 (.28)	3.5 (.35)	.89	.36	.04	2.42	.13	.10	0.54	.47	.02
	運搬作業	3.4 (.39)	2.9 (.32)	3.9 (.29)	3.7 (.34)	1.89	.18	.08	3.36	.08	.13	0.53	.47	.02
脚	持ち上げ作業	3.5 (.29)	3.1 (.27)	3.8 (.40)	3.5 (.25)	.62	.44	.03	3.51	.07	.14	0.05	.82	.00
	持ち下げ作業	3.8 (.35)	3.4 (.37)	3.9 (.40)	3.6 (.36)	.05	.82	.00	2.66	.12	.11	0.05	.83	.00
	運搬作業	3.5 (.36)	3.3 (.33)	4.0 (.37)	3.8 (.42)	1.00	.33	.04	1.53	.23	.06	0.04	.84	.00

()内は標準誤差

多いことを明らかにしている。本研究においても、同様の現象が生じていた可能性が考えられる。しかしながら、本研究では関節の動態を計測しておらず、また Zeller et al. (2003) の知見は片脚のスクワットによる結果に基づいていることから、今後は、両足でスクワットを行った際の詳細な姿勢解析やバイオメカニクス的研究等により検証を行うことが必要である。

持ち下げ作業では脊柱起立筋において性の有意な主効果が認められなかった。この理由として、男性2人作業における% MVCが他の3条件(男性1人作業、女性1人作業・2人作業)と比較すると相対的に高値となったことが挙げられる。女性と比較すると男性の身長の方が相対的に高いため、荷物を床上に置く際、背部をより前屈させる必要が生じた可能性が考えられる。

運搬作業では脊柱起立筋を除く部位において性の主効果が認められた。運搬作業には持ち上げ作業での動作、体側方向への歩行、体幹と上腕部の捻りを伴う動作から構成されていた。したがって、男性と比べ筋力が相対的に弱い女性(武谷, 2015)において、これらの複合的な動作に伴う筋負担がより高まったものと考えられ

る。

作業人数による身体的負担への影響については、持ち下げ作業における大腿直筋の% MVCを除く全ての作業・計測部位に作業人数の主効果が認められ、1人作業と比べ、2人作業においてより筋負担が高いことが明らかになった。この要因の一つとして荷物を把持した際の作業姿勢の差異が挙げられる。この点について、2名の作業者の身長差による脊髄負荷への影響を評価した研究(Dennis & Barrett, 2003b)では、身長差により箱の傾きが生じること、また、作業回数を経るにしたがって身長が高い作業者が前屈姿勢となり腰部への負荷が増したことを報告している。本研究では身長の統制を図るべく2人作業における作業者の身長差を5cm以内として実験を実施したものの、身長差が僅かであれ作業者間の姿勢に差異が生じていたものと考えられる。また、身長はほぼ同一であっても指先端高に身長差以上の差異が生じている例が認められた。作業者間におけるこのような身体寸法の差異により箱を把持した際に箱の傾きが生じ、作業姿勢の変化がもたらされた結果、2人作業においてより筋負担が高まった可能性が考えられる。また、2人作業では作業者間の体

力の差により荷物の荷重が均等に配分されないことが指摘されているが (Lee, 2004), 本研究でも作業員間の筋力差により同様の状態が生じていた可能性が考えられる。更には, 本研究ではメトロノームの音に合わせて作業を構成する動作を行わせることにより, 動作のタイミングが参加者間で異なるよう配慮したが, 2人作業では参加者間の僅かなタイミングの差異によって箱の荷重に偏りが生じ, 筋負担が高まった可能性も考えられる。

心拍数には性, 作業人数の有意な主効果は認められず, 筋電図の測定結果と一致しない傾向が示された。心拍数は運動強度を客観的に反映する指標 (矢部他, 2007) であることが報告されているが, 本研究では全作業において動作時間が短く, 運搬作業における移動距離も短かったため負荷の強度に対する心拍応答の変化が捉えられなかった可能性が考えられる。したがって, 今後は作業時間, 移動距離を本研究よりも延長した条件下で実験を実施することが必要である。

身体的負担感は全体的に1人作業と比較して2人作業の方が低値, すなわち負担感が低くなっており, 筋電図による身体的負担の値とは相反する傾向が認められた。このような結果が得られた理由として, 2名作業では互いにメトロノームのテンポに合わせて, 互いのタイミングを合わせ協力し作業を遂行する状況にあったため, 共同作業を行うこと自体への関心が高まり, その結果, 負担感が抑制された可能性がある。一方, 1人作業でも同様にタイミングを取って作業を遂行することが求められたものの, 作業自体は作業を構成する動作の繰り返しのみであったことから, 作業自体への関心は2人作業と比べると高いものではなかった可能性がある。こうした両作業条件間における心理状態の違いにより負担感に差が生じた可能性も考えられるが, この点については詳細な検討が必要である。以上の結果から複数で荷物取り扱い作業を行った場合, 身体的負担が高いにも関わらず, 負担が低く感じられてしまう可能性が示唆された。この点は複数人数で荷物取り扱い作

業を行う場合の身体的負担に対する留意点として考慮する必要がある。

まとめと今後の課題

本研究の知見をまとめると, 荷物取り扱い作業では総じて男性と比較すると女性の身体的負担の方が高いこと, また, 1人で作業を行う場合と比較すると2人で作業を行う場合の方が, 身体的負担が高いことが明らかになった。このことから女性が複数人数で荷物取り扱い作業を行うことに対する安全性への配慮をより慎重に行う必要性が示されたと考えられる。具体的には, 1人作業, 2人作業のいずれについても許容される荷物の重量, 寸法, 把持の方法, 作業台の高さなどについて, また, 2人作業では, 作業員間の身長差や作業動作の違いによる身体的負担への影響について詳細に検証を進めていくことが重要であろう。

本研究の課題として, 以下3点を挙げる。

第1点として, 作業時における姿勢の性差を考慮し, 姿勢解析も併用することにより精度の高い負担評価を実施する必要がある。

第2点として, 作業時間, 作業回数, 荷物の運搬距離を増やし, より現実に即した状況下で負担評価を実施する必要がある。

第3点として, 身体的負担と主観的負担感との相違に関わるメカニズムについて詳細に検討する必要がある。

引用文献

- Barrett, R. S., Dennis, G. J. (2005). Ergonomics issues in team lifting. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, **15**, 293-307. <https://doi.org/10.1002/hfm.20027>
- CEN (2008). EN 1005-2:2003+A1:2008 Safety of machinery - Human physical performance - Part 2: Manual handling of machinery and component parts of machinery
- Chung, H. C., & Wang M. J. J. (2001). The effects of container design and stair climbing on maximal acceptable lift weight, wrist posture,

- psychophysical, and physiological responses in wafer-handling tasks. *Applied Ergonomics*, **32**, 593-598. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(01\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(01)00039-4)
- Ciriello, V. M. (2007). The effects of container size, frequency and extended horizontal reach on maximum acceptable weights of lifting for female industrial workers. *Applied Ergonomics*, **38**, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.02.001>
- Cole, M. H. & Grimshaw, P. N. (2003). Low back pain and lifting: a review of epidemiology and aetiology. *Work*, **21**, 173-184.
- Davies, B. T. (1972). Moving loads manually. *Applied Ergonomics*, **3**, 190-194. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(72\)90099-3](https://doi.org/10.1016/0003-6870(72)90099-3)
- Dennis, G. J., & Barrett, R. S. (2002). Spine loads during individual and team lifting. *Ergonomics*, **45**, 671-681. <https://doi.org/10.1080/00140130210148537>
- Dennis, G. J., & Barrett, R. S. (2003a). Spine loads during two-person team lifting: effect of load mass distribution. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **32**, 349-358. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(03\)00075-1](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(03)00075-1)
- Dennis, G. J., & Barrett, R. S. (2003b). Spine loads during two-person team lifting: effect of matched versus unmatched standing height. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **32**, 25-38. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(03\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(03)00026-X)
- El-Metwalli, A. G., Badawy, A. M., El-Baghdadi, L. A., & El-Wehady, A. (2001). Occupational physical activity and pregnancy outcome. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, **100**, 41-45. [https://doi.org/10.1016/S0301-2115\(01\)00419-5](https://doi.org/10.1016/S0301-2115(01)00419-5)
- 藤村昌彦・奈良勲 (2004). 重量物持ち上げ動作における腰痛症発生機序に関する筋電図学的研究 日本職業・災害医学会会誌, **52**, 341-347.
- 堀江正知 (2013). 我が国における労働衛生政策の概要 日本義肢装具学会誌, **29**, 57-61. <https://doi.org/10.11267/jspo29.57>
- ISO (2021). ISO 11228-1: 2021 Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting, lowering and carrying
- 国土交通省 (2016). 若年層・女性ドライバー就労育成・定着化に関するガイドライン～魅力的なトラック運送業界への進展～ Retrieved November 10, 2017 from https://www.mlit.go.jp/jidosha/tragirl/ikusei_teichaku.pdf
- 厚生労働省 (2017). 平成 29 年版厚生労働白書 Retrieved April 2, 2018 from <https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/17/dl/all.pdf>
- Lee, T. H. (2004). Maximum isometric lifting strengths of men in teamwork. *Human Factors*, **46**, 686-696. <https://doi.org/10.1518/hfes.46.4.686.56812>
- Marieb, E. N. (2009). Essentials of human anatomy & physiology 9th edition (マリーブ, E. N. 林正健二・小田切陽一・武田多一・浅見一羊・武田裕子 (訳) (2010). 人体の構造と機能 第3版 医学書院)
- Marras, W.S., Davis, K. G., & Jorgensen, M. (2002). Spine loading as a function of gender. *Spine*, **27**, 2514-2520 <https://doi.org/10.1097/00007632-200211150-00017>
- Nelson, N. A., & Hughes, R. E. (2009). Quantifying relationships between selected work-related risk factors and back pain: A systematic review of objective biomechanical measures and cost-related health outcomes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **39**, 202-210. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.06.003>
- Plamondon, A., Larivière, C., Denis, D., Vincent, M. S., Delisle, A., & I. M. R. Group. (2014). Sex differences in lifting strategies during a repetitive palletizing task. *Applied Ergonomics*, **45**, 1558-1569. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.05.005>
- 武谷雄二 (2015). 働く女性と健康—多様な視点

からのヘルスケア 産業医学振興財団

- Wu, S. P., & Chang, S. Y. (2010). Effects of carrying methods and box handles on two-person team carrying capacity for females. *Applied Ergonomics*, **41**, 615-619. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2009.12.015>
- Wu, S. P. (2003). Maximum acceptable weights for asymmetric lifting of Chinese females. *Applied Ergonomics*, **34**, 215-224. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00010-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00010-3)
- 矢部広樹・今井正樹・久保裕介・安田幸平・西田裕介 (2007). 自転車エルゴメータにおけるペダルの回転数の違いが生体に及ぼす影響—心拍一定負荷による検討—理学療法科学, **22**, 215-218. <https://doi.org/10.1589/rika.22.215>
- Zeller, B. L., McCrory, J. L., Kibler, W. B., & Uhl, T. L. (2003). Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-leg squat. *The American Journal of Sports Medicine*, **31**, 449-456. <https://doi.org/10.1177/03635465030310032101>
- Zhang, H., & Bracken, M. B. (1996). Tree-based, two-stage risk factor analysis for spontaneous abortion. *American Journal of Epidemiology*, **144**, 989-996. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a008869>
- Zurada, J. (2012). Classifying the risk of work related low back disorders due to manual material handling tasks. *Expert Systems with Applications*, **39**, 11125-11134. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.043>