

## 重量物取扱時の被験者の重心移動に関する比較検討

### A Study on Human Balance during Lifting a Heavy Load

○ 渡辺宗一郎 (鴻池運輸) 鳥飼一男 (鴻池運輸) 林雅信 (鴻池運輸) 丁憲勇 (阪大) 清水咲希 (阪大)

木戸倫子 (阪大) 野村泰伸 (阪大) 三善英知 (阪大) 山田憲嗣 (阪大) 大野ゆう子 (阪大)

Soichiro WATANBE, Kazuo TORIGAI, Masanobu HAYASHI, KONOIKE Transport Co., LTD. Hieyong JEONG, Saki SHIMIZU, Michiko KIDO, Taishin NOMURA, Eiji MIYOSHI, Kenji YAMADA, Yuko OHNO, Osaka University

**Abstract:** In this paper, we focused on what was the difference of balance between the beginner and the expert who has been working in the logistics industry while carrying a heavy load. Although there have been a lot of studies to apply for the mathematical modeling in terms of dynamics, we suggested the method to estimate the human balance through the human position and posture in terms of kinematics by using the Nintendo wii balance board. To evaluate the difference, we assessed the moving distance, moving velocity and the trace of human posture balance. Through all of experimental results, we found that expert had a motion with less momentum and less damage of muscle. This means the expert reduced the burdens by eliminating unnecessary motions when they are carrying a heavy load. These results were statistically significant.

**Key Words:** Human posture balance, Beginner and expert, Kinematics, Wii balance board, Less momentum and damage

#### 1. はじめに

腰痛は、日本だけでなく世界的に見ても有訴者の数が多く、二足歩行する人間にとっては主要な疼痛の一つである。日本においては、職業性腰痛の医療費だけでも年間 800 億円超が支払われており<sup>(1)</sup>、これに腰痛による生産性の低下に伴う損失なども加えると腰痛に対する経済的損失は計り知れない。腰痛解消の為、腰痛発生メカニズムを解明するのは急務の課題と言える。2012年に発行された日本腰痛学会の腰痛診療ガイドラインによると、日本での腰痛有訴率は40~50%であり、運輸業では71~74%とされている。身体的な負荷が腰痛に与える影響は大きいというのは多くの論文で一貫して述べられており<sup>(2)</sup>、運輸業は他の職種に比べ腰痛になる危険度が高いと思われる。そのような運輸業の現場で、長年勤務している作業員は、腰痛にならないように意識的にもしくは無意識に、素人とは違う動きをしていると推測される<sup>(3)</sup>。

従来、身体バランスの視点から腰痛解明のため様々な研究が行われているが、その多くの研究が運動力学的見地から解析を行っている<sup>(4)</sup>。しかし、人体は工業製品とは違い完全に数値モデリングすることが難しく、モデリングしても個人差による誤差が生じる。また、人体を運動力学的な見地から計測するためには、様々なセンサーが必要になり、限られた実験場所ではしか測定できない。つまり、物流現場で実際の作業環境、条件で実験を行い、解析することが困難である。さらに、人間のような生体から採取したデータは実験ごとのばらつきが大きく、非線形性が非常に高い。

そこで本研究では、解析方法の切口を変え、現場で実験を行う事ができる運動学的方法を用いて身体バランスの測定を行い、重心の移動距離、速度を定量化し素人と熟練者の違いを明らかにすることを目的とする。熟練者の数値は素人に比べ移動距離、速度共に小さくなる事が予測される。また、ここで提案する運動学的方法とは、身体にセンサーを取り付けずに体の位置と姿勢により足元で圧力の変化を測り、身体バランスを推定する方法である。従来に比べて実験システムが簡易的で、実際の物流現場で計測できることは、データ計測を容易にし、今後腰痛発生メカニズムの解明を大きく進めることが期待できる。

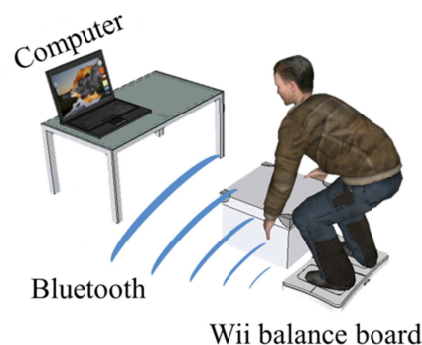


Fig.1. The schematic diagram for evaluating the balance.

#### 2. 実験

##### 2-1 実験システム

装置は体重の移動に伴う圧力の変化を電気信号に変換する重心計測装置、ブルートゥースを利用して受信した電気信号を保存し、数値変換する為のパソコン、及び6kgの重量物3つから構成されている。重心計測装置としてはFig. 1に示すように任天堂社製バランスボード (RVL-021)を用いた。バランスボードは511mm×316mm×53.2mmでありブルートゥースで通信を行い、4つのひずみゲージが内蔵されている。ひずみゲージにかかる荷重の数値変化を読み取ることにより、重心の変位を計測する事ができる。本研究で計測する重心とは、重量物とそれを取り扱う被験者を合わせた重心である。また、運動学的な見地から重量物及び被験者の重心を時間変化に対応させて解析を行う。なお、今回の実験では実験室のような理想的な環境下ではなく、より現実の作業環境に近づける為、実際に熟練作業員が勤務する物流現場に実験装置を持ち込んでデータの採取を行った。

##### 2-2 実験方法

被験者が閉眼し、バランスボードの上に直立した状態から重量物を垂直に持ち上げる実験を行った。重量物を取り扱う職場で働いた経験のない20~40代(平均年齢33歳)の健康男性3名と重量物を取り扱う職場で2~20年の勤務

経験のある20~40代(平均年齢33歳)の健常男性5名を実験対象者とした。本研究では、物流現場経験の無い被験者群を素人被験者、物流現場経験のある被験者群を熟練被験者として定義した。下記に実験の流れを示す。

#### ■ 実験の流れ

- [1] 被験者の選択：素人被験者か熟練被験者かを選択
- [2] 負荷の選択：重量を6kg, 12kg, 18kgから選択
- [3] 重心計測：
  - ① 重心計測を開始
  - ② 被験者はバランスボードの上に立ち、重心を安定させる為に、5秒間閉眼した状態で直立
  - ③ 被験者は、視覚による影響を排除する為に、閉眼した状態で重量物を持ち上げ、5秒間静止
  - ④ 重心計測を終了
  - ⑤ 被験者は重量物を床に置き、バランスボードから降りる

上記の[3]の手順を被験者、負荷ごとにそれぞれ3回繰り返す。

### 2-3 実験結果

Fig. 2では素人及び熟練者の重量物取扱時の重心の移動の軌跡を示す。熟練者の軌跡は素人の被験者に比べ、左右に大きく振れず、重心が被験者の中心に集中しており、安定している事がわかる。それに対し素人は左右のみならず、後ろ側にも大きく重心が移動している。Fig. 3は重心の移動距離、並びに移動速度を表している。素人の移動距離、速度の平均に比べ、熟練者の平均は移動距離が短く、移動速度は遅いことが言える。素人に比べ熟練者の数値はW=12kgの時、距離12%、速度29%減少しており、またW=18kgの時、距離18%、速度41%減少している。これは $p < 0.05$ で統計的に有意性がある。さらに、重量物の重さが重くなっていくにつれて素人及び熟練者の移動距離と速度の数値が上昇している。6kgと18kgを比べた場合、素人が距離43%、速度78%上昇しているのに対し、熟練者は距離26%と速度22%の上昇に留まり、素人との違いがみてわかる。

### 3. 考察

被験者は重量物を持ち上げた際、体を安定させようと無意識にバランスを取っている。重心の移動距離が短いのは、安定した重心位置を探す為の運動量が小さく、体に対する負荷が少ない。さらに、筋肉の収縮速度は筋肉の損傷に関係しており<sup>(5)</sup>、重心の移動速度が遅いという事は、筋肉の収縮速度が遅く、筋肉の損傷が少ない。また、重量物が重くなるにつれて素人、熟練者共に移動距離、移動速度が上昇したが素人に比べ、熟練者への影響度は限定的な物であった。総じて、素人に比べ熟練者は運動量が少なく、筋肉の収縮速度が遅い、体への負荷が少ない動きをしており、さらに重量の増加に対する影響度は小さいと言える。

### 4. まとめ

本研究では重量物取扱時の被験者の重心移動という観点から素人と熟練者を比較検討した。熟練者は素人に比べ、重心の移動距離及び速度が小さく、重量の増加に対する影響が小さいという違いを定量化できた。今後は素人と熟練者との違いから負荷の少ない動きについて研究を進め、体に負担のかからない動きを見出し、腰痛を軽減できるような作業方法を確立していきたい。また将来的には、腰痛軽減プログラムの開発も視野に入れて展開していきたい。

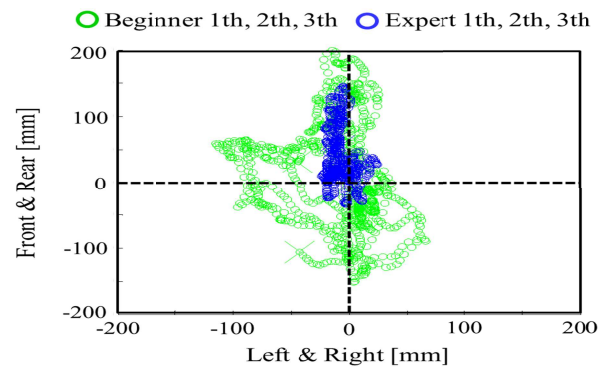
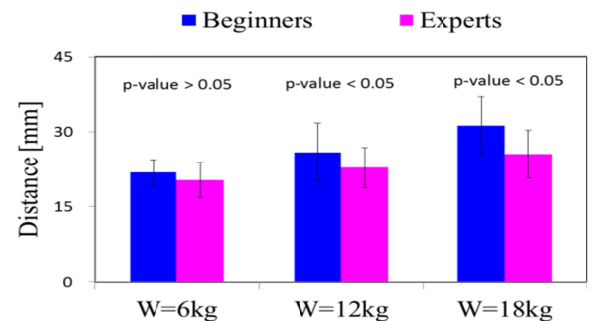
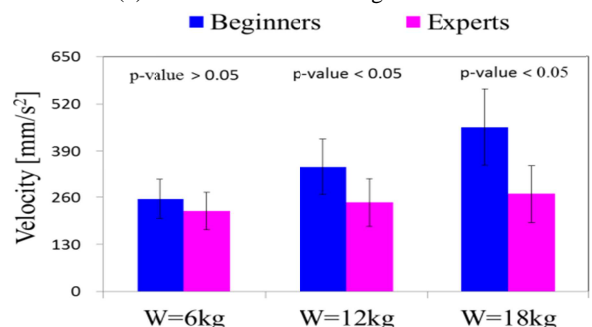


Fig.2. The trace of human balance at the weight of 18 kg.



(a) The results of moving distance.



(b) The results of moving velocity.

Fig.3. The difference between the beginner and the expert.

### 参考文献

- (1) H. Itoh, F. Kitamura, K. Yokoyama, "Estimates of Annual Medical Costs of Work-related Low Back Pain in Japan," *Industry Health*, vol.51, no.5, pp.524-529, 2013.
- (2) J. Hartvigsen, K. O. Kyvik, C. Leboeuf-Yde, S. Lings, and L. Bakketeig, "Ambiguous relation between physical workload and low back pain: a twin control study," *Occupational and Environmental Medicine*, vol.60, no.2, pp.109-114, 2003.
- (3) H. Jeong, S. Shimizu, S. Watanabe, K. Torigai, M. Hayashi, M. Kido, T. Nomura, E. Miyoshi, K. Yamada, and Y. Ohno, "Experimental Evaluation of Human Postural Balance through Lifting Loads," *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Oct 5-8, 2014 (Accepted).
- (4) N. Yoshikawa, Y. Suzuki, W. Ozaki, T. Yamamoto, and T. Nomura, "4D human body posture estimation based on a motion capture system and a multi-rigid link model," *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'12)*, pp.4847-4850, 2012.
- (5) D. Chapman, M. Newton, P. Sacco, K. Nosaka, "Greater Muscle Damage Induced by Fast Versus Slow Velocity Eccentric Exercise," *International Journal of Sports Medicine*, vol.27, no.8, pp.591-598, 2006.