

研究班番号【102】
リュックサックを軽く持つ方法

物理班:大井 平太、神園 凜、長谷川 凌平、南 仁

要約

リュックがどうしたら軽くなるのかと疑問に思い、リュックの重心が体に近いほど軽く感じるという仮説を立てた。本研究では、リュックの重心と体への負荷との相関関係を二回の実験により研究した。結果として、リュックの重心が背中に近ければ近いほど体への負荷が小さくなるとわかった。

1. はじめに

我々高校生の荷物は重い。学校に来るだけで一苦勞である。もしもっと軽く感じさせる方法が分かれば、体への負担が減って仕事や勉学に集中できると考え、重心について物理的観点から考察を深める。おもりの位置と肩紐の長さを調節し、実験を行う。

2. 研究手法

おもりの位置を肩ひもの長さ[最長・最短]、おもりの位置[上・下]、[手前・奥]と設定する。ここでのおもりの位置の手前奥とは、背中に近い側を手前、遠い側を奥とする。おもりには1000mlペットボトルを使い、おもりの位置は発泡スチロールのリュック内に積み上げて固定する。また、実験に使用したリュックサックはTHE NORTH FACEのもので、使用したリュックサックはすべて同一のものである。 《実験1

》

疲れの指標を心拍数とし、おもりの位置を変えたリュックサックを背負って一定距離を歩き、平常時から心拍数がどの程度増加するか調べる。

- 1) リュック内の空間を上側、下側及び体に近い手前側、奥側と分類し、これらを組み合わせた四通りの位置におもりを配置した。また、肩紐の長さも長短二通り用意し、これらを組み合わせた八通りで実験を行った。
- 2) 四人で一定距離(平坦な道200m)を歩き、心拍数(毎分)を計測する。実験1を行う当日、高津高校の裏門から正門までを2分間かけて計測したが、時間が予想を遥かに上回り、計測を最後まで行うことが出来なかったため、後日公園で200メートルを2分間かけて計測を行った。
- 3) それぞれの就寝前の心拍数と実験時の心拍数の増加割合を調べる。

《実験2》

歩行時に腰及び肩にかかる力の大きさを実験装置を作って測定した(図1)。

①椅子をセットし、ばねばかりを二つは肩紐に、一つは腰の高さの位置につける。リュックサックの中におもりを入れ、位置を実験1と同様に調節する。

②ばねばかりを引っ張り地面とリュックの底が床と平行になる高さまで上げ、その時のばねばかりの数値を記録する。(図2)



図1:実験の様子



図2:実験の様子

3. 結果

《実験1》

心拍数の増加割合は以下ようになった(図3)。横軸の表記は肩紐の長短、おもりの上下、奥手前の組み合わせで表している。(例:肩紐が短く、おもりの位置が上、奥の場合は「短上奥」と表記)おもりの位置が手前、上で肩紐の長さが短いときに心拍数の増加割合が一番小さく、その逆である奥、下で肩紐の長さが長い時に増加割合が一番大きくなった。

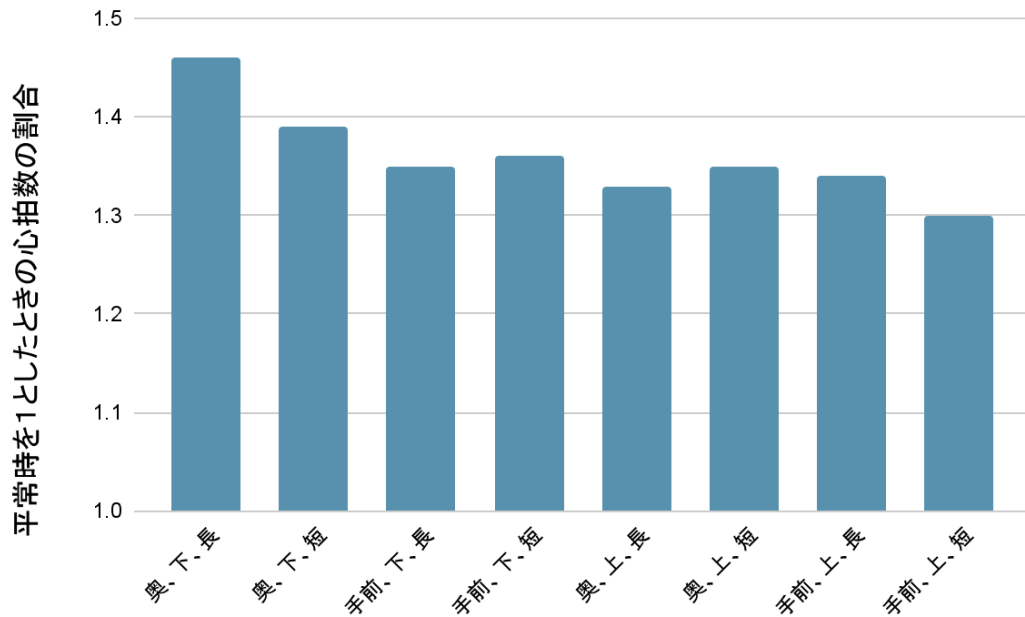
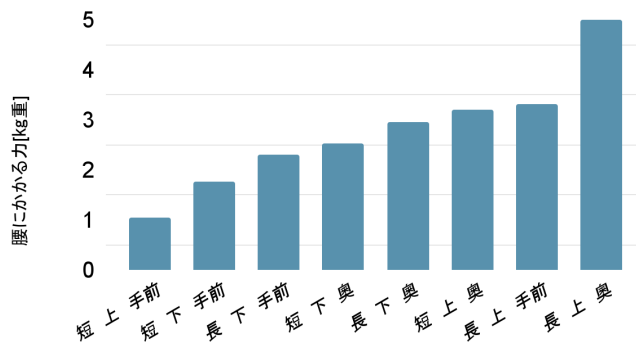


図3: おもりの位置と心拍数の関係

《実験2》

腰にかかる力、肩にかかる力は以下のようになった(図4、図5)。おもりの位置が手前、下のときに腰、肩の両方の力が小さくなり肩紐の長い、短いでは関係性が見られなかった。

おもりの位置および肩紐の長さごとの腰にかかる力



おもりの位置及び肩紐の長さごとの肩にかかる力

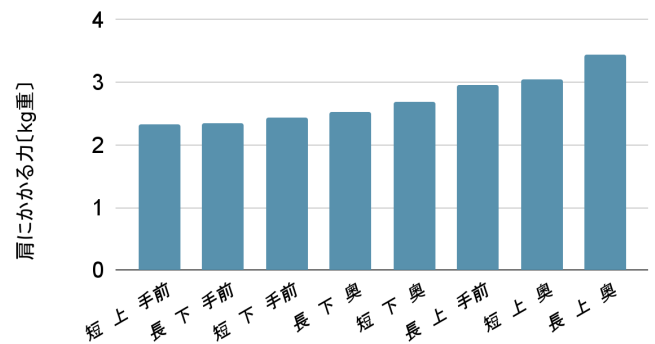


図4: おもりの位置と肩紐の長さごとの腰にかかる力

図5: おもりの位置と肩紐の長さごとの肩にかかる力

力

4. 考察

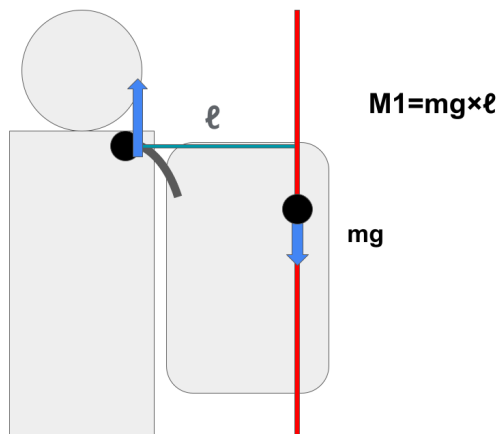
《実験1》

なぜリュック内のおもりの位置が変わると感じるおもさが変わるのか。そこで、リュックについての力のモーメントが変わっているからなのではないかと考えた。(図6)肩にかかる力の作用線からおもりの作用線までの距離を l とする。おもりの位置によってリュックの重心の位置が変化して、おもりの位置が背中に近くなればなるほど l が小さくなるので、リュックについての力のモーメントの値が小さくなると分かる。しかし、実際には腰がリュックを押す力が働くので、このことをふまえながらおもりの奥側、手前側についての相関関係を定量的に考えるため、実験2を行った。

《実験2》

腰及び肩にかかる力の大きさは図7の θ (腰がリュックを押す力 T の作用線とおもりの作用線の交点を肩の力 F の作用線を通るとき F の作用線と水平のなす角を θ とする。)と θ が大きい方が肩にかかる力も腰にかかる力も小さくなること分かった。このことから、リュックの中身の条件は上かつ手前ではなく、下かつ手前のほ

うが軽く感じるということが分かった。



力の釣り合いと肩を中心とするモーメント

$$T = F \cos \theta \quad mg = F \sin \theta$$

$$\tan \theta = T / mg, \quad \ell(mg - T \sin \theta) = 0 \quad \text{より}$$

$$T = mg / \tan \theta, \quad F = mg / \sin \theta$$

故に、 θ が大きくなればなるほど
FとTが小さくなる。

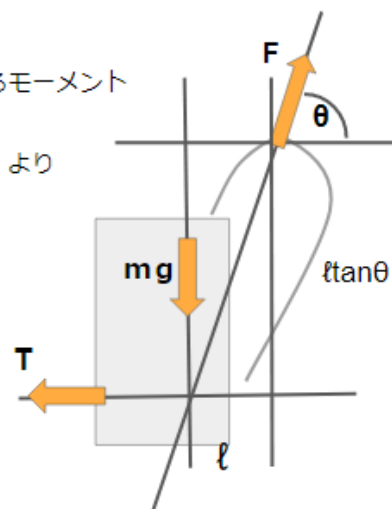


図6:リュックについての
力のモーメントの関係図

図7:リュックと肩にかかる力とおもりの関係図

力の釣り合いと肩を中心とするモーメント $T = F \cos \theta$ 、 $mg = F \sin \theta$ 、 $\tan \theta = T / mg$ 、 $\ell(mg - T \sin \theta) = 0$
より $T = mg / \tan \theta$ 、 $F = mg / \sin \theta$ 。故に、 θ が大きくなればなるほどFとTが小さくなる。

5. 結論

今回の研究により、重いものはリュック内の手前側に入れると軽く感じるということが分かったが肩紐の長さとおもりの上下による関係を考察することは出来なかった。今後の研究では力の測定を実際の状況により近づけるため、リュックサックの変形や振動も考慮したい。