重心と摩擦力の関係に着目した最大静止摩擦力の実験

著者名 歌代　遥

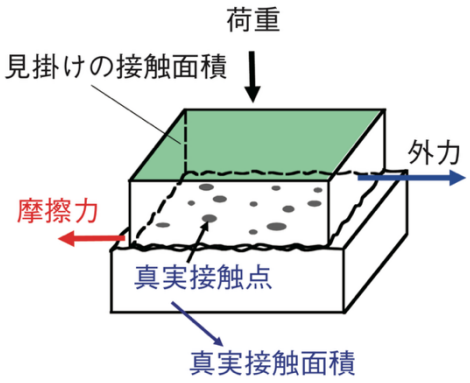
要旨

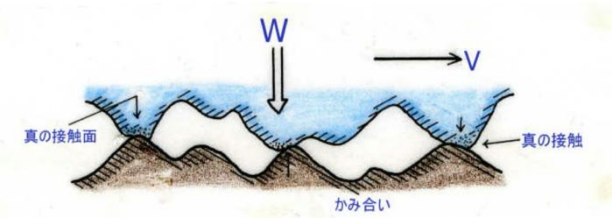
アルペンスキーにおいて重心の位置はスキー板と雪面間に生じる摩擦力に大きく影響している。そのためアルペンスキー部に所属している私は摩擦力と重心の位置の関係に興味をもった。物理学ではアモントンクーロン則により最大静止摩擦力は垂直荷重にのみ比例するとなっているがこれは接地点の数が統計的に均一と近似できることを利用している。本研究ではスキー板を模造した木の板と同一の錘と同一の接触面を用い重心の位置を変化させた時の最大静止摩擦力の変化を調べた。その結果重心の位置と最大さ静止摩擦力に大きな違いはなかったが端に重心があるときの方がわずかに最大静止摩擦力が小さくなり、重心が中心に近づくにつれ最大静止摩擦力がわずかに大きくなるというばらつきが見られたこの結果は凹凸の不均一性による真実接地点の数の不安定さを反映したものと考えられた。今後は角度をより細かい数値で記録し、より多くの記録を取ることが必要だと考えた。

キーワード：真実接地面積,最大静止摩擦力,真実接地点,統計的観点

Ⅰ．はじめに

クーロン(1736-1806)により物体が滑り出す直前に働く最大静止摩擦力は垂直抗力にのみ比例し接地面積や接触位置に依存しないと長く考えられていた。しかし Bowden and Tabor(1950)*1 により実験から実際の接触が表面の微小な凸部(真実接地点と呼ばれるもの。右図参照)に限られこの点の合計面積である真実接地面積は垂直荷重に比例することがわかった。その後松川(2016)*2 により真実接触面積(各真実接 触点の接触面積の総和)が荷重に比例するが真実接触面積が見掛けの接触面積に近くなると，この近似は成り立たなくなり，アモントン則も破れ静摩擦係数が荷重とともに減少するという新たな摩擦則が現れるということがわかっている。しかしこれらは局部的な実験もしくは物質の表面の凹凸が統計的に均一になり、接地点は十分に平均化できることを利用している。しかし実際はこの凹凸の分布は場所ごとに完全に不均一であり、接地点の形成には確率的に変化が起こるのではないかと疑問をもった。したがって本実験では同一の物体を同一の実験下で接触させた場合でも錘の位置の違いによって最大静止摩擦力が変化することを実験で検討することにした。同一の錘、設置面を用い重心の位置を変化させた際の最大静止摩擦力を計測することで真実接地点の不均一性が最大静止摩擦力に与える影響と雪面でも同様に考えられるのかを考察する。



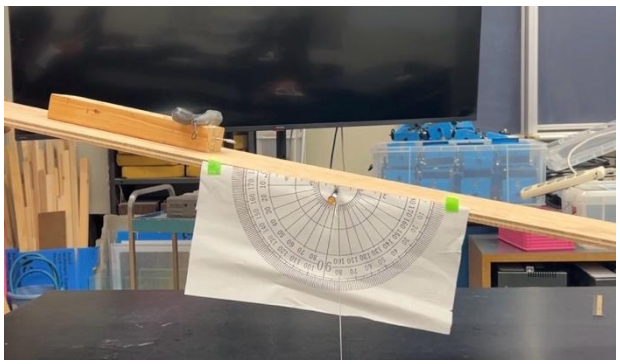


上図のように凹凸は不均一である。

Ⅱ．手法

一方の先が丸くなっている薄く細長い木の板に鉛を乗せる。この際細長い木の板はスキー板の縦幅と横幅の比率(15:1)に近いものを使用した。また、乗せるおもりの重さもスキー板と付属の金具の重

さと自分の体重との比率に近くなるようにした。この条件下でおもりのついた木の板の重心の位置を調べる。調べ方は木の板の両端に鉛筆を下に挟み左右の鉛筆機の板が落ちないように近づけて鉛筆が出会う場所を重心とした。次に重心のわかった木の板…①を大きい木の板…②に乗せ６０秒経ったら大きい木の板を傾け、①が滑り出した角度を記録する。ここで６０秒置いたのは真実接地面積をできるだけ一定するためである。角度の計測は②の側面紙の分度器を貼り、その中心から錘を利用して行った。この滑り出した瞬間の角度を複数回計測しその後重心の位置を変えて再び滑り出した瞬間の角度を計測しそれらを散布図にまとめ重心の位置と滑り出しの角度の相関を調べた。



III. 結果

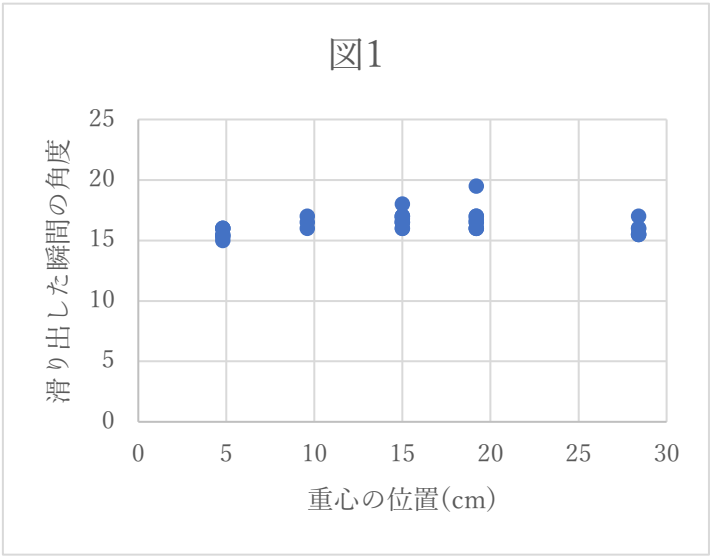
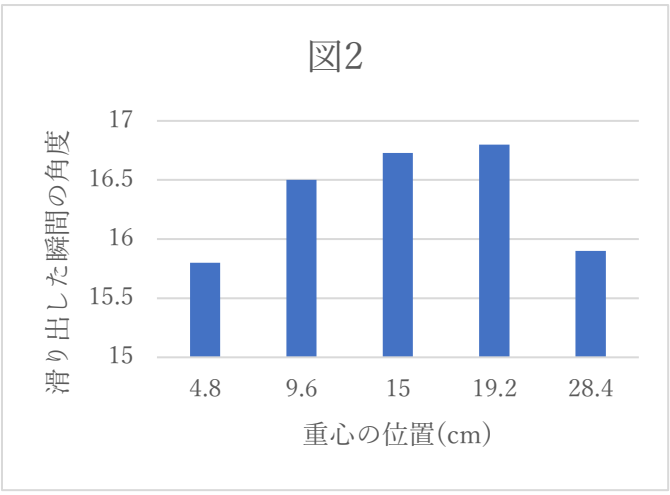


図 1 は横軸を木の板の重心の右端からの距離 cm 縦軸を滑り出しの角度(度)として散布図にしたもの。

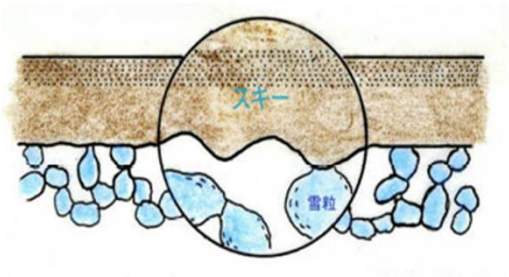
図２は各重心の位置の滑り出した瞬間の角度の平均値である。平均値の差が最大で１度。



IV. 考察

本研究では、同一の錘および接触面を用い、重心位置を変化させた際の最大静止摩擦力を測定した。その結果、最大静止摩擦力は一定の値を示すのではなく、測定ごとに僅かなばらつきを示すことが確認された。物体表面は一見平滑に見えるが、ミクロな視点では凹凸を有しており、実際の接触は凹凸が重なった点である真実接触点において生じている。接触位置を変化させることにより、重なる凹凸の分布が変わり、真実接触点の数や配置に統計的な差が生じたと考えられ、その結果最大静止摩擦力に微小な変動が現れたと考えた。最大静止摩擦力が垂直抗力に比例するというアモントンクーロンの法則は、真実接地点の数は平均化されていることを前提とした法則である。本研究で観測されたばらつきは真実接触点の不均一性が現れたと考えられた。しかし、本研究では接触面の凹凸を直接観察しておらず、真実接触点の変化は間接的に推測したものである上に錘のブレや測定回数などによりたまたま観測された可能性があるので今後は測定回数を増やし、より多くのデータで統計データを作る必要があると思った。本研究の着想はアルペンスキーにおける滑走経験に基づくものであるが雪面摩擦は本研究で扱った摩擦とは異なり、摩擦熱や融解熱による変化など複雑な要因が関与するため、本研究の結果を直接適用することはできない。しかし、表面が凹凸であり、その接地点は本実験と同様不均一であり(富山大学 2013)*3、摩擦力が統計的に測られていることは共通している

ので雪面摩擦(下図)でも似た考えができるのではないかと考えた。



V. 結論

本研究では同一の錘、接地面を用い重心の位置を変化させた際の最大静止摩擦力を測定した。その結果図 1 より最大静止摩擦力は一定値を示すのではなく測定ごとに僅かなばらつき(±1.5 度)が確認された。このばらつきは物体の表面に存在する微小な凹凸の不均一に起因していると考えられた。以上より、この後は接触面の材料の変化や荷重を変化、雪面などでもばらつきの大きさを計測することが必要だと考えた。

謝辞

本研究は進めるにあたりテーマ設定から実験方法の検討など多くのご指導をしてくださった市川学園物理科教員に深く感謝いたします。またこのような SSH 環境を整えてくださった市川学園教職員に感謝いたします。

文　献

*3 対馬勝年(2013):氷雪のトライポロジー　16-17

*1Bowden,F and Tabor,D (1950):The fraction Lubrication of solids

*2 大槻道夫、松川宏(2013):摩擦の新法則を発見～荷重を大きくすると摩擦係数は減少する～