

第79回C I S研究所パートナー会議事録（一般様用）

開催日： 2018年8月28日（日）

場 所： C I S会議室

講 師： 久米 健次 様

1) 驚きの話題3編：

- Excel による計算にご用心
- 摩擦の話
- 植物のタネの話



会議風景

1-1) Excel による計算にご用心

1-1-1) Excelによるべき乗計算にご用心

まず、Excel で計算を試みよう。

$$\boxed{=2*4} \quad \longrightarrow \quad \boxed{8}$$

$$\boxed{=4^2} \quad \longrightarrow \quad \boxed{16}$$

機械計算では乗算を\*、べき乗は算術演算子の「^」（caret）を用いて表示する慣わしが有る。

次の計算手順も記述の計算結果も当然である。

Q:

しかし、次の結果にはのけぞってしまう。

Q:

Q:

要注意：

ガウス関数  $\exp(-x^2)$  を計算する場合

誤り

正しい

このような約束事の内容を熟知していないと、とんでもない結果へと導かれてしまう。

要注意：

Excelの数式で先頭でマイナスと指数を使うと危険

- 算術の演算順序と違う
- 数式の初めの「-」は、**単項演算子**で、その後ろの値にマイナスをつける。 べき乗より優先順位が高い演算
- $0-3^2$  の「-」は、**単項演算子**ではなく**二項演算子**前の項から後ろの項を引く
- 言語によっては、このようなルールになっている。
- 慣れていけばOK  
 そうでなければ、べき乗にはご用心。  
 括弧をつけるのが良い (ex.  $-(4^2)$  など)

このほか、日常的にエクセルを使用する・・・どうしても使う場合、限界を知って使うことを教えてくれる資料があります。

どうしてもExcelを使い続けたいなら覚えておきたい「3つの限界」

<http://techtarget.itmedia.co.jp/tt/news/1802/09/news03.html>

## 1-2) 摩擦の話

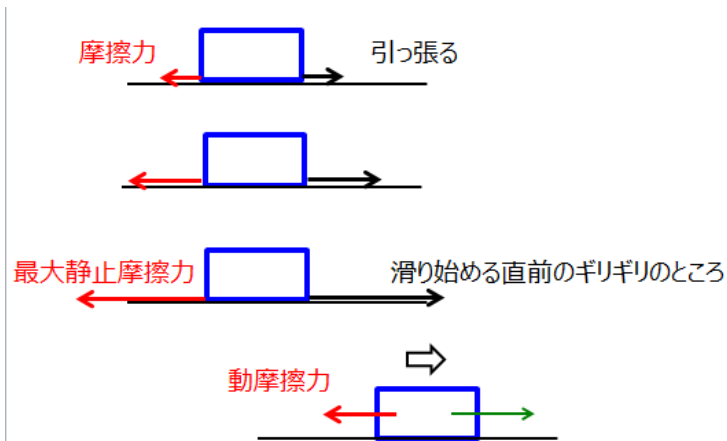
動植物などの生命・生活活動は全て摩擦のおかげ

しかし、摩擦が邪魔になることも多い

摩擦をどう減らすか・・・機械全般、潤滑油、ベアリング

・・・

「物体間の摩擦は、どこまでわかっているか」



会議風景

摩擦に関する「アモントン・クーロンの経験法則」

- (1) 摩擦力は見かけ上の接触面積に依存しない。
- (2) 摩擦力は垂直抗力に比例する
- (3) 動摩擦力は最大静摩擦力より小さく、速度に依存しない。

$$F \text{ (最大静摩擦力)} = \mu N \text{ (垂直抗力)}$$

クーロン : 1736年 - 1806年

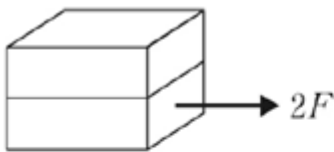
アモントン : 1663年 - 1705年

いろいろな種類の物体間の摩擦について、この経験則が概ね成り立つ。

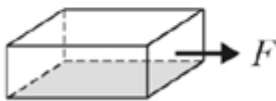
しかし、この経験則に従わない現象も見つかっている。

基本法則: **アモントン・クーロンの法則**

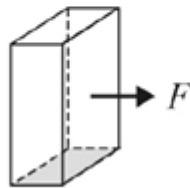
- ① 摩擦力は垂直荷重に比例する((a)(b))
- ② 摩擦は見かけの接触面積には関係しない((b)(c))
- ③ 動摩擦力はすべり速度に関係しない((d))
- ④ 静摩擦力は動摩擦力よりも大きい((d))



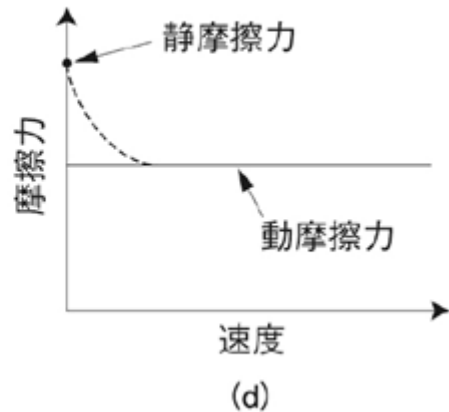
(a)



(b)



(c)



(単位面積当たりの抗力は等しい) 摩擦力に比例

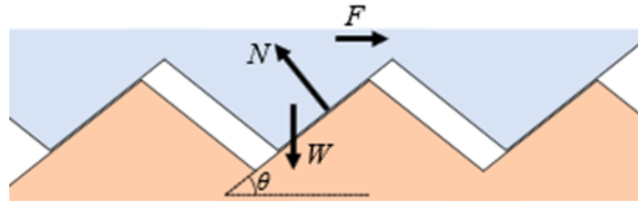
c f : 流体の中では摩擦力は速度に比例する

何故、アモントン・クーロンの経験則が成り立つか？

摩擦の原因は何か？

## 摩擦の素朴デコボコ説

上の物体を右方向に引っ張ると、物体を重力に逆らってほんの少し持ち上げないといけない・・・これが摩擦の原因??

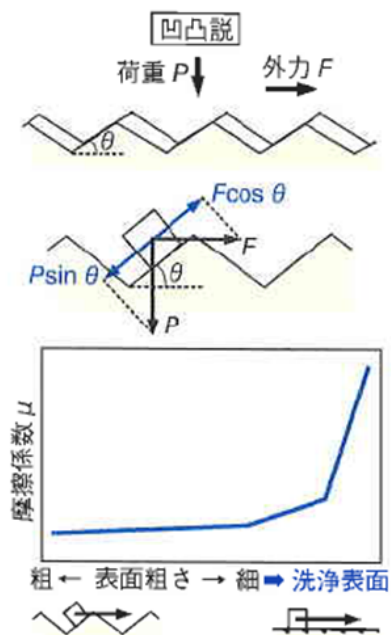


## デコボコ説の破綻

材料表面を洗浄すると  
摩擦力が増加する

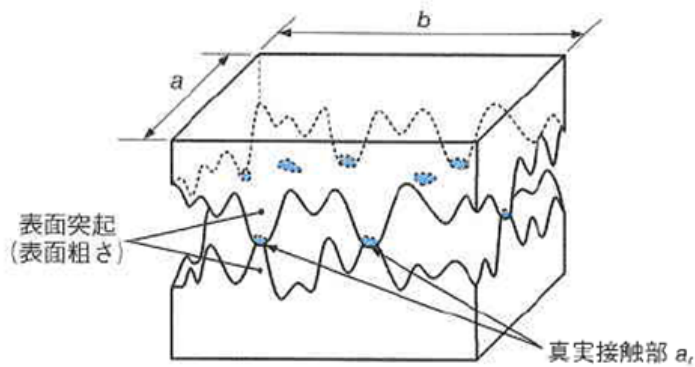
(影の声：

時と場合によるんじゃないか。  
単純な「重力デコボコ説」は破綻したが、摩擦では、表面のデコボコは重要な役割を果たしている)



- 20世紀初め  
固体の摩擦特性は、極めて薄い表面層（単分子層でも）の性質によって大きく影響を受けることがわかった。
- 見かけの接触面積と真実接触面積がある。
- 物体の表面はそんなに簡単な構造じゃない。

## 固体面の接触



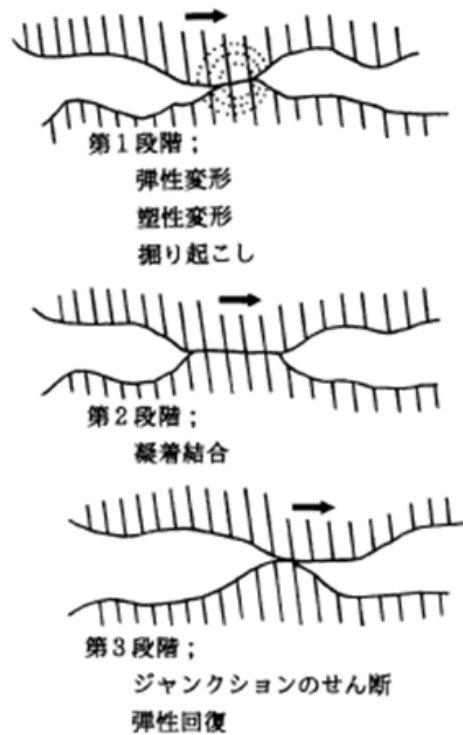
- ・ 真実接触部分は見かけの接触部分に比べてはるかに小さい。
- ・ 荷重が増えると、全体としての接触面積の総和が増えるとする、摩擦の経験則は説明できる。  
一点の接触面積が増えるよりも接触点の数が増えるようである。

20世紀に入って、新たな摩擦の理論。

### 凝着説

固体表面の塑性変形による凝着と、凝着部でおこるせん断抵抗であろう。

(影の声：塑性変形だとすると、動摩擦現象が続くと固体表面の様子は変わってくる?)

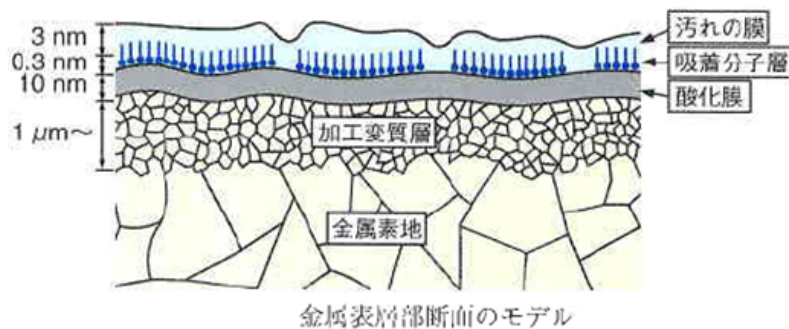


摩擦プロセスにおける各段階

真実接触点における凝着部分では  
Van der Waals力、金属結合、イオン結合、共有結合、・・・  
等の相互作用

さらに、固体表面は複雑な構造になっている。

材料の表面には、凹凸があり加工法によって表面の性状は大きく異なる。



- ・表面の粗さは、機械加工面で1～5 $\mu\text{m}$ であり、研磨面では0.02～0.05 $\mu\text{m}$
- ・大抵の場合、表面突起の傾斜角は10度以下といわれている。
- ・金属表面には大気中で酸化膜、セラミックスで反応膜(酸化物 or 水酸化物)

・摩擦現象の捉え方

工学系: <塑性変形+凝着>として応用に関心

理学系: 未だ様々な実験研究や理論研究が続いている。

- ・真実接触点での分子間力による凝着にも懐疑的な考えがでてきていて、凝着を仮定しないアモン・クーロンの法則の説明もある(2001年)

### 理学人の疑問(松川)

<塑性変形+凝着>ですべてが決着しているのか？

通常の機械の中では、すべり面は繰り返すべりを起こす。  
大きな凹凸は摩耗により消滅し、突起部分は弾性変形を繰り返して、  
真実接触点を形成していると考えerほうが自然ではないか？

しかし、弾性変形では、真実接触面積は荷重の2/3乗に比例する。  
クーロンの法則と矛盾する？

しかし、接触前の表面のデコボコ分布が「自己相似的構造」があれば  
弾性変形でも、真実接触面積は荷重に比例する。

さらに、自己相似構造がなくても、接触面の突起の高さ分布が  
ガウス分布であれば、真実接触面積は荷重に比例する。

よって、真実接触点では弾性変形でも塑性変形でもクーロンの法則を説明できる。

⇒ 未決着（影の声:固体材料によって違うのかもしれない）

### 動摩擦力

動摩擦・・・エネルギー散逸を伴う非平衡過程

#### 速度依存性

液体中で運動するマクロな物体に働く抵抗力は速度(の1乗あるいは2乗)に比例。

速度がゼロに近づくと、エネルギーの散逸もゼロに近づく。

ところが、固体間の乾燥すべり摩擦では、そうはならない。

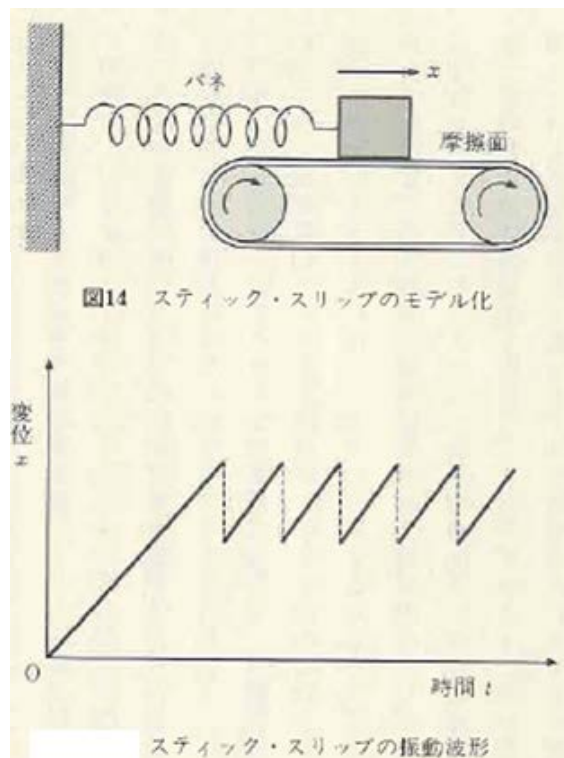
動摩擦力は速度によらない。

何故か？

#### 滑り始めの摩擦振動(スティック・スリップ)

バイオリンの楽音

ガラスを爪でこすった時の不快感





動摩擦力に速度依存性がないことは、一応次のように考えられている

マクロには滑らかな滑りに見えている場合も  
マイクロなスティック・スリップ運動があるからではないか。

マイクロレベルで見たスリップ速度は、マクロな滑り速度とは関係がなく  
高速なエネルギー散逸過程が存在するのではないか。

そのため、マクロに見ると動摩擦力は滑り速度に関係なくなる・・・  
と考えられている。

詳細な実験によると、実際には弱い速度依存性がある。

動摩擦で散逸したエネルギーの行先  
金属間の摩擦の場合は、伝導電子とフォノンに移行しているようである。

松川さんの結論

現在も様々な実験が行われているが、摩擦現象の統一的な理解には  
至っていない。

“God made the bulk;  
the surface was invented by the devil.”  
— Wolfgang Pauli

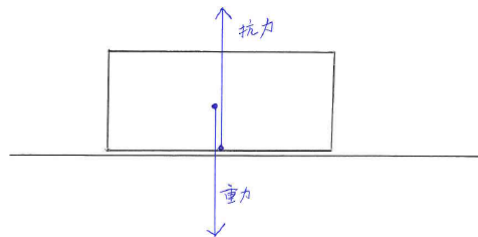
固体は神が創りたもうたが、表面は悪魔が創った。

摩擦、摩擦静電気、電気化学、・・・表面科学は今も、混沌の世界

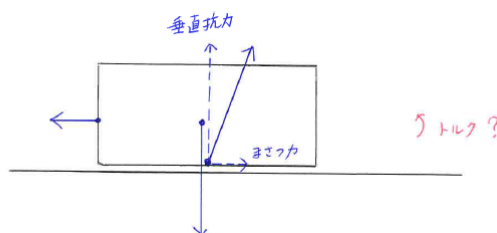
低温核融合、固体内核変換 などとも表面が重要な役割

最後に寄り道：高校生の疑問（ネット）

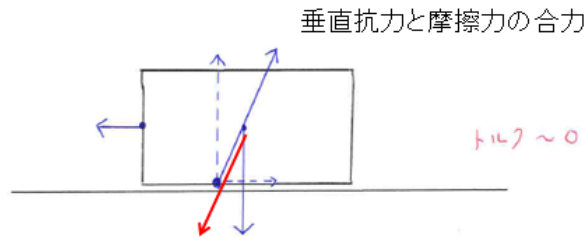
平面上に置かれた物体、あるいは斜面上の物体に働く力・・・摩擦がからむ



物体を少し引っ張るとどうなるのか？

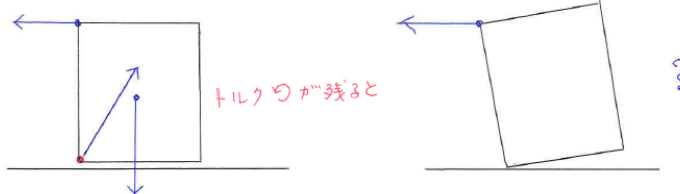
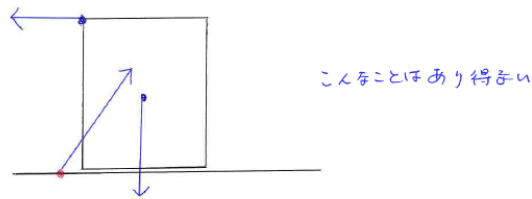
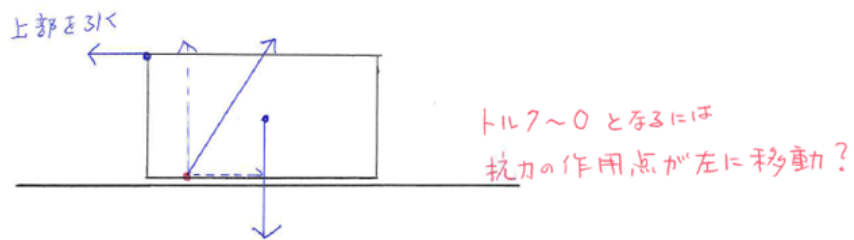


先生の説明：  
作用点が違うんだ

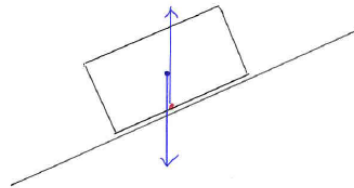
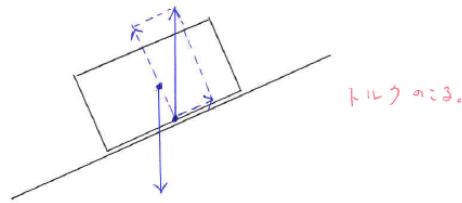


重力と引っ張る力の合力

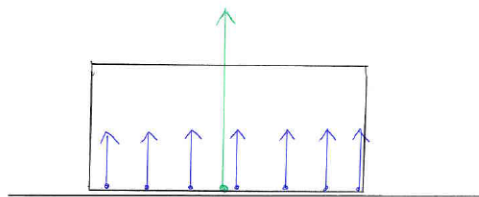
物体の上部を引っ張るとどうなるのか？



よくある斜面の問題

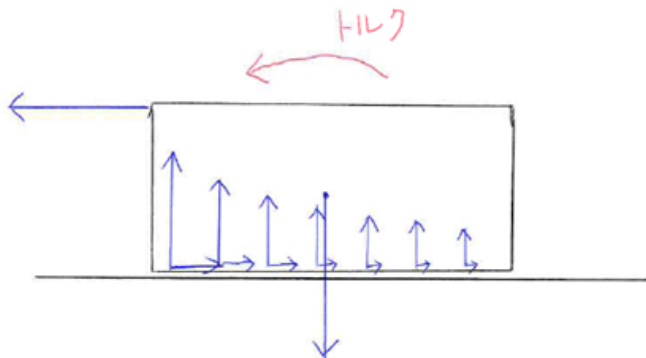


- 地面からの「抗力（垂直抗力と摩擦力）」の作用点って何か？
- 何故、「抗力」の作用点の位置が変化するか？  
 そうしないと釣り合わないが



力を加えない場合は、垂直抗力は一様なので「緑」の力で代表できる。

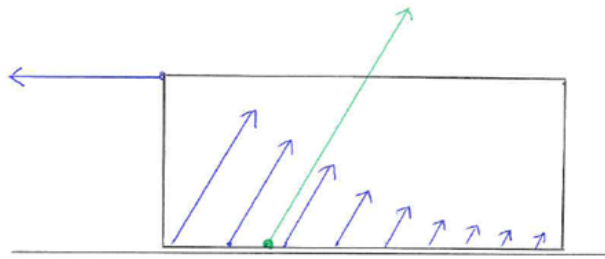
ところが、下図のように上を引っ張りトルクを働かせると、回転する方向に力が働き前の方が面い強く押されるのではないか従って垂直抗力的には前の方が大きいのではないかそうすると、摩擦力も前の方が大きいのではないか？？？そうだとすると前を引っ張る時の摩擦力も場所によって違うのではないか？



物体上部を左に引っ張る

- ⇒ トルクが働き、物体の左側で強く床に押し付けられる。
- ⇒ その結果、垂直抗力は左側で大きくなる。
- ⇒ アモントンの経験則から最大摩擦力も左で大になる。

従って、下図のように各部の垂直抗力と摩擦力は傾斜し、作用点の分布ができ緑色矢印で代表される力と作用点は物体から作用点が離れることはない。作用点が離れたときは転んだ時となるのであろう。



- 結果として上の図のようにになっている、か？
- これが作用点が移動する理由だろうか？。

### 1-3) 植物のタネの話

果樹：

- 意外に簡単に、たいてい何でも発芽する
- しかし、その実は親木と同じ実をつけるかどうかわからない  
⇒ そこまで育っていないので未確認。



野菜：

- 野菜も自家採取したタネはたいてい発芽する（カボチャ、スイカ、キュウリ、オクラ、クロマメ、エンドウ豆、ブロッコリー、キャベツ、・・・）。  
上手く育つ場合もあるが、一様におかしな形態やヘンな実が出来たり、親とは違うバラバラの姿かたちになる場合などアリ。
- 私、継続的に自家採種でまかなっているもの
  - クロマメ、エンドウ豆、オクラ、キュウリ
- ダメなモノ
  - キャベツ、ブロッコリー

植物（くだもの、やさい）の親木とタネの遺伝的な関係は複雑。

例：かんきつ類（みかん）

タネには2種類あり

単胚性（1つのタネの中に「芽」が1つのもの）

母×父で子どもは親木（母）と違う性質になる

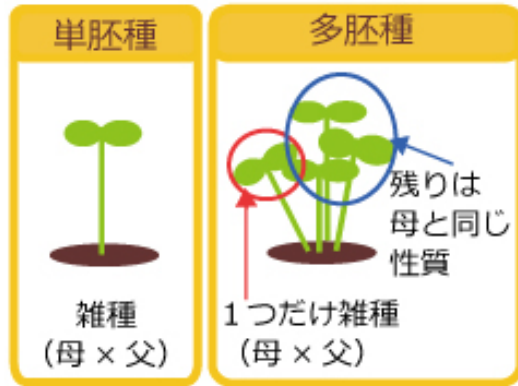
多胚性（1つのタネの中に「芽」が沢山あるもの）

胚のうちの1つは 母×父だが、他はすべて

母のクローン（珠心胚：こちらが優勢）

温州ミカン、オレンジ、ポンカン・・・多胚性 タネを播くと親と同じ実がなる可能性大

文旦・・・・・・・・・・単胚性 タネを播いても親と違う実がなる（性質は大抵劣化）



- 多胚性は単胚性に対して優性であり、単胚性は染色体の両方が単胚性の遺伝子となった場合にのみ生じる。
- 従って、両方とも多胚性の温州ミカンとオレンジの交雑で、尚かつ、交雑実生を得にくい温州ミカンから、単胚性の「清見」が生まれる確率は極めて低い。

元果樹研究所職員でカンキツの品種育成に携わっていた吉田俊雄氏によると（「清見」誕生秘話、果樹試験研究推進協議会会報Vol. 7）、「宮川早生」と「トロビタオレンジ」の交配から得られた交雑個体はわずかに3個体であり、その中の1個体が、のちに「清見」となった。

## 2) 今後の日程と講師依頼

パートナー会議の予定

次回	講師	開催日
第80回	竹内 学 様	9月30日(日)
第81回	中尾 元一 様	10月28日(日)
第82回	久米 健次 様	11月25日(日)
第83回	寺川 雅嗣 様	12月23日(日)

以上