

東野圭吾の「ガリレオ」シリーズを真似して



擦(す)る

ギリシャ語で「擦る」は、“Tribos”
学問は、“ology”

Tribology という学問があります

本日は、この**トライボロジー**に踏み込んでみます

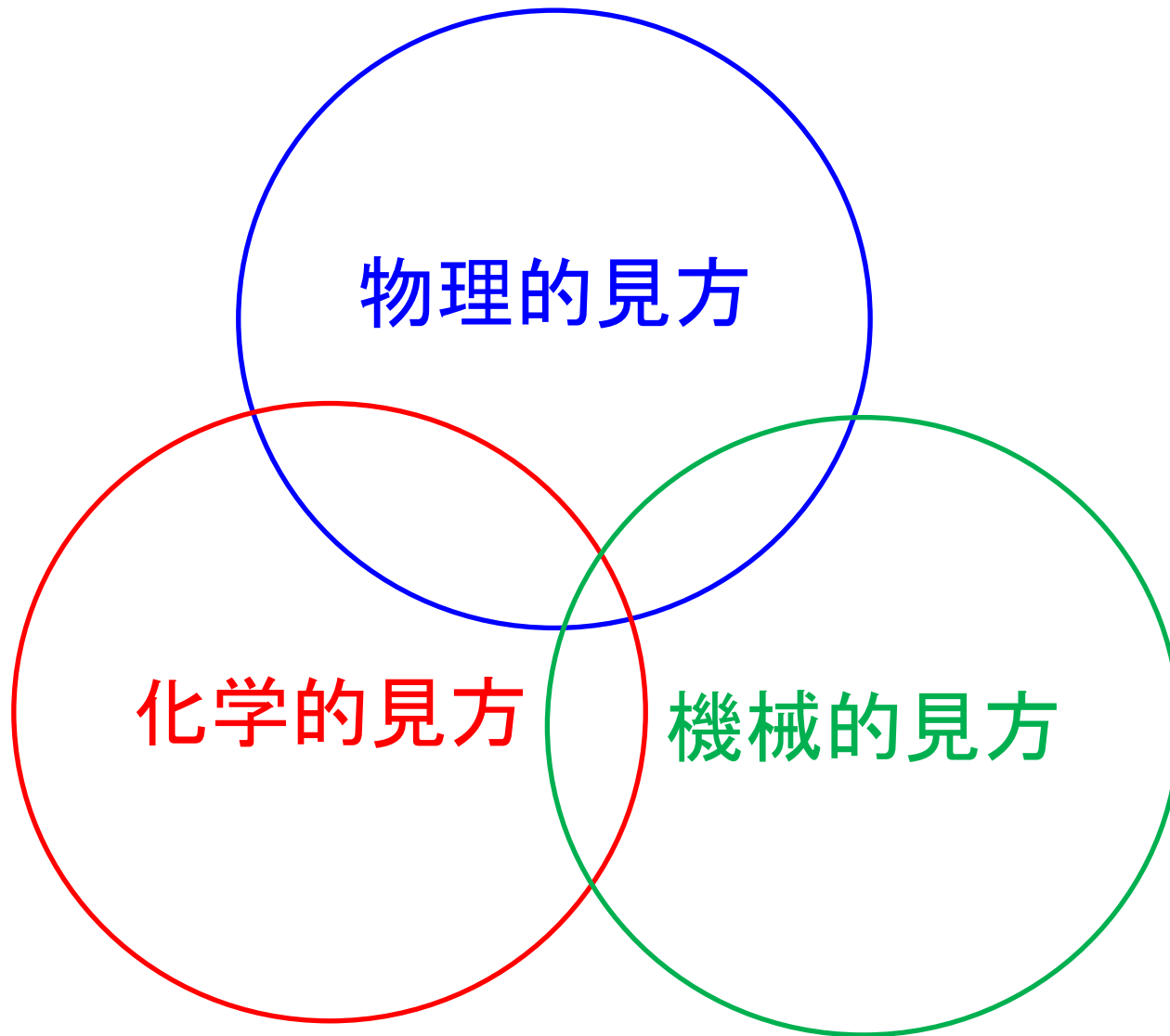
目標:

- ・「擦(す)る」の原理、原則を理解する。
- ・「擦(す)る」から連想するワードを引き出す。



例 摩擦力をコントロールするアイデアを引き出す

下の3つ以外にもいろいろな見方があります



こんな経験ありませんか？

30年以上も前、スパイクタイヤ雪道を走っていて、直線道路でアクセルを緩めただけで1回転スピンしてしまいました。



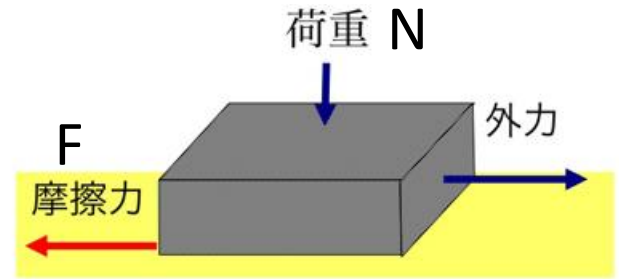
スパイクタイヤ



スタッドレスタイヤ

接地面積 小 < 大

摩擦の式は？



アモン・クーロンの法則 (Amonton-Coulomb)

$$F = \mu N$$

摩擦力を F ，垂直抗力を N とすると

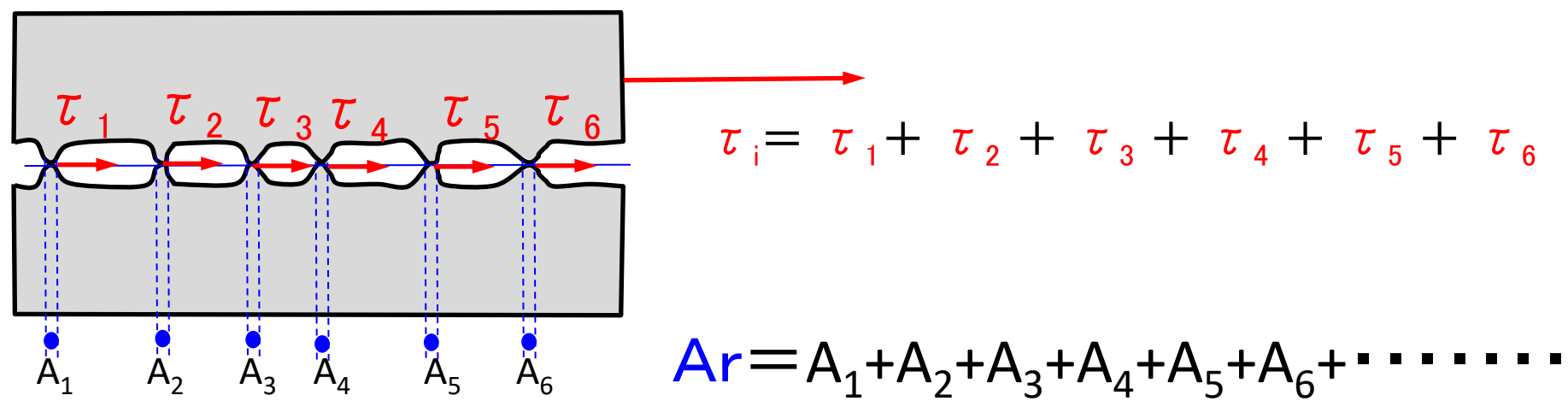
- ① 摩擦力は接触面に加えられる垂直荷重に比例する。
- ② 摩擦力は接触面積に無関係である。
- ③ 摩擦力はすべり速度に無関係である。
- ④ 摩擦力はすべり面の性質に関係する。

上記の法則、②に違和感を覚えますか？



どう説明しますか？

物理的



最大静摩擦力 $F_m = \tau_i A_r$
剪断強さ τ_i 真実接触面積 A_r

垂直抗力 $N = A_r P_m$
塑性流動圧力 P_m

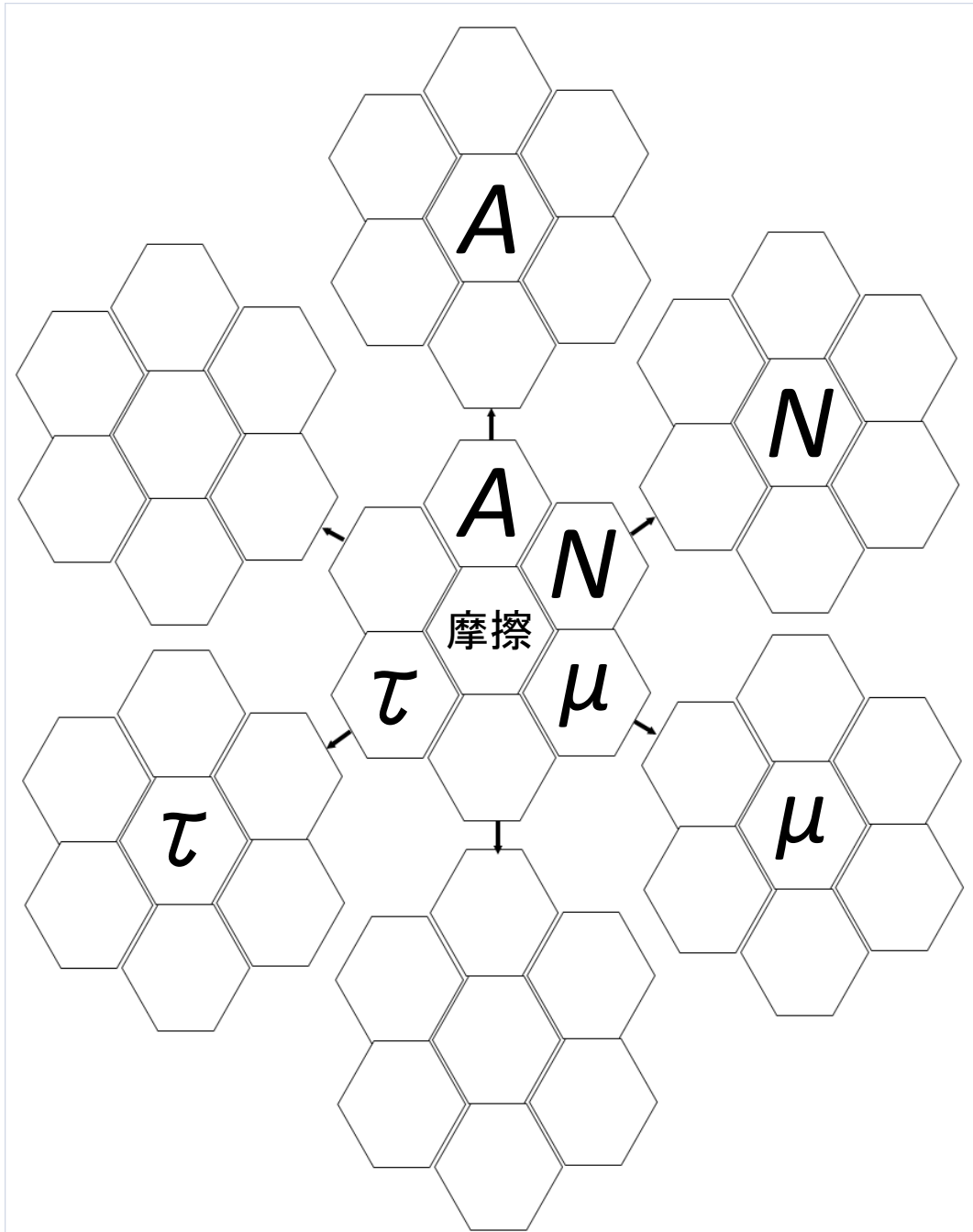
最大静摩擦係数 $\mu_m = F_m / N = \tau_i A_r / A_r P_m = \tau_i / P_m$

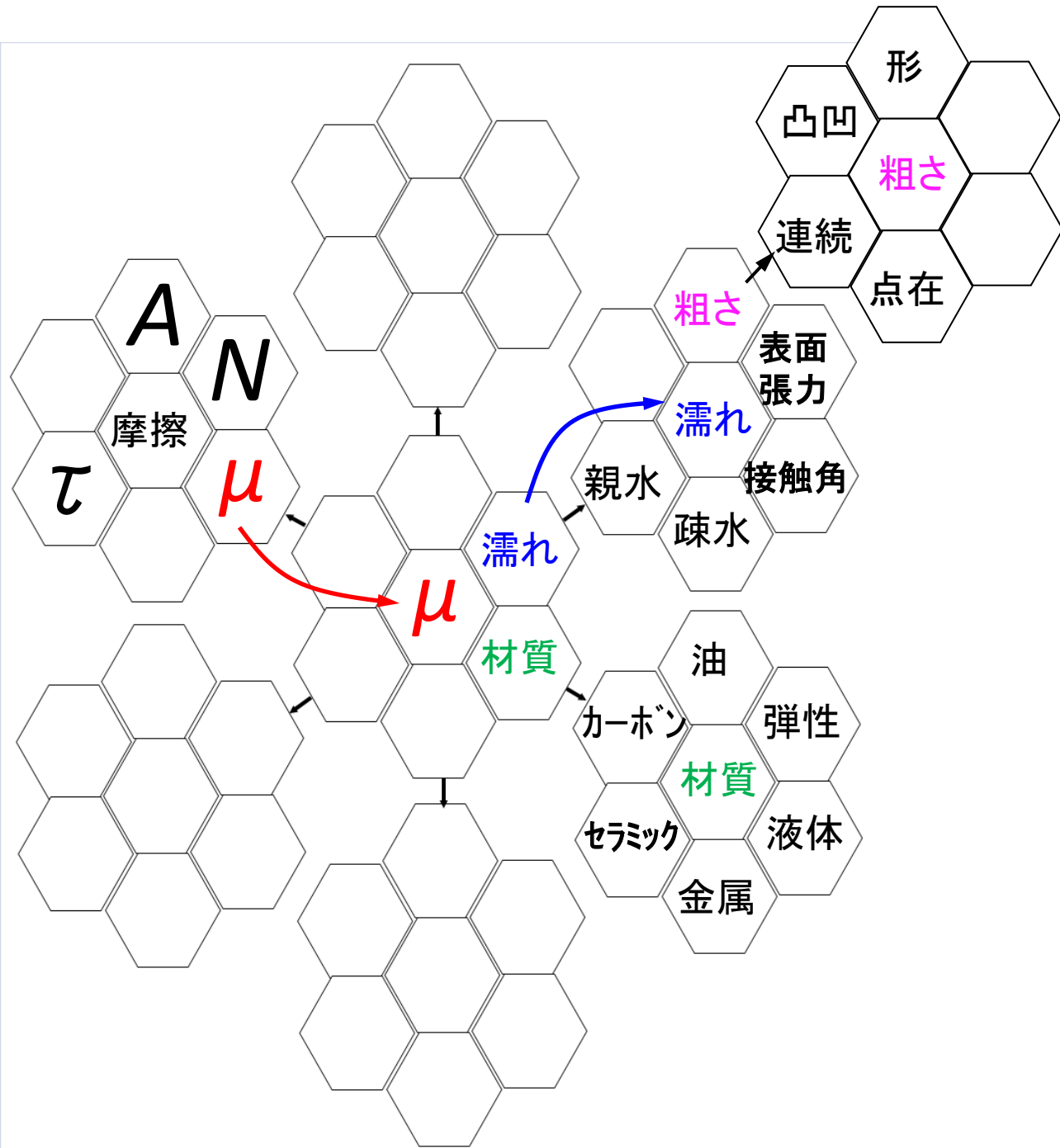
アモントン・クーロンの法則 (Amonton-Coulomb)

中心の語句に関連のある語句を
周りに記入ください

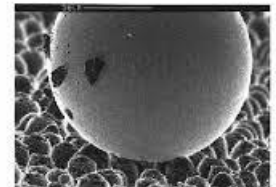
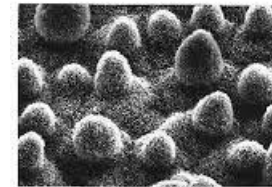
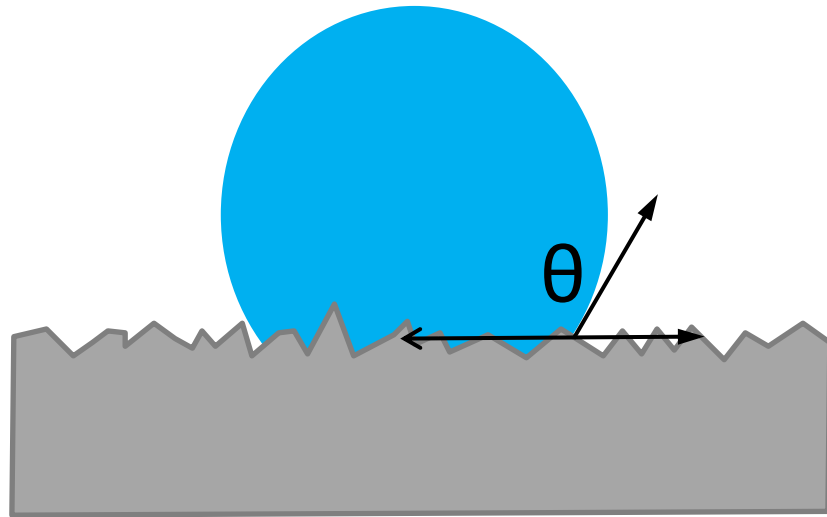
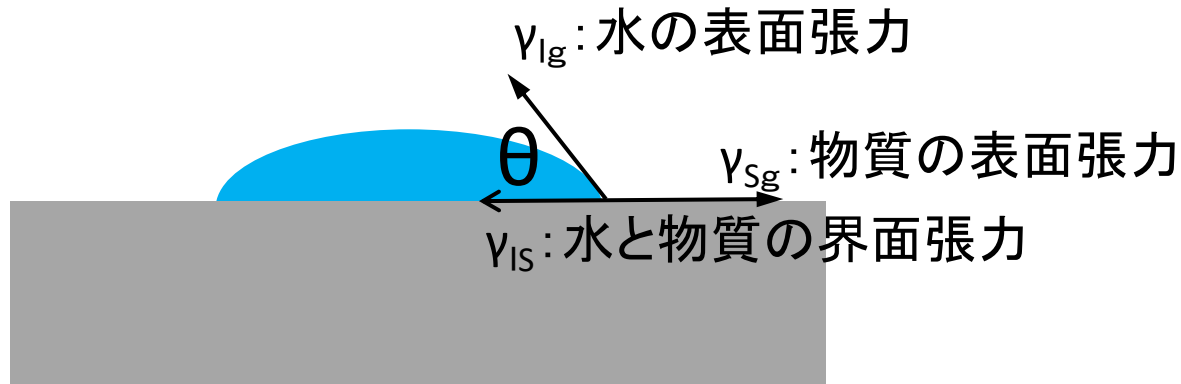
$$F = \mu N$$

$$F_m = \tau \quad \text{;} \quad A_r$$

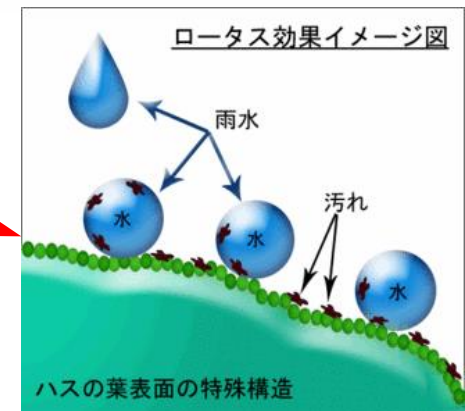




$$\gamma_{ls} + \gamma_{lg} \cos \theta = \gamma_{sg}$$



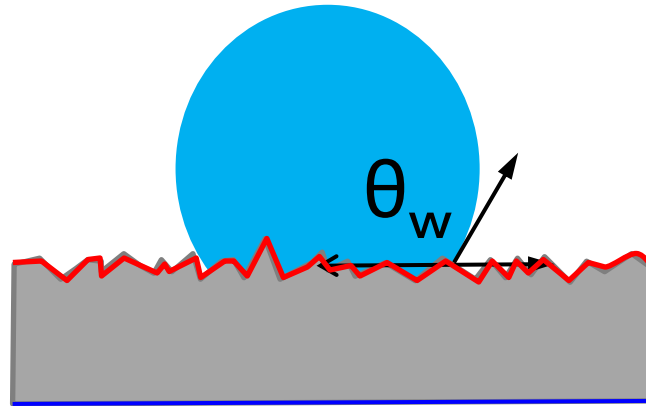
油性のワックス
も分泌



Q1 なぜハスの葉は撥水性となるか？

濡れ性、物理的

実際の表面積 r_1 、見かけの面積 r_2 及び各々接触角 θ_{w1} と θ_{w2} の関係式を調べ説明せよ



r_1 実際の表面積

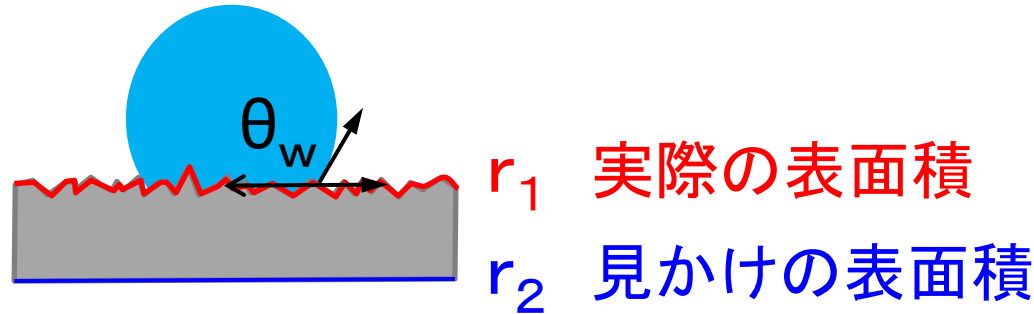
r_2 見かけの表面積

Q2 親水性表面と撥水表面で、表面の凹凸はどのような効果を示すか？

Q1 なぜハスの葉は撥水性となるか？

濡れ性、物理的

実際の表面積 r_1 、見かけの面積 r_2 及び各々接触角 θ_{w1} と θ_{w2} の関係式を調べ説明せよ



A1

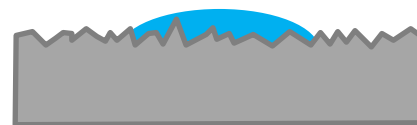
Wenzelの式 $\cos \theta_{w2} = R \cos \theta_{w1} \quad (R = \frac{r_1}{r_2} \geq 1)$

A2

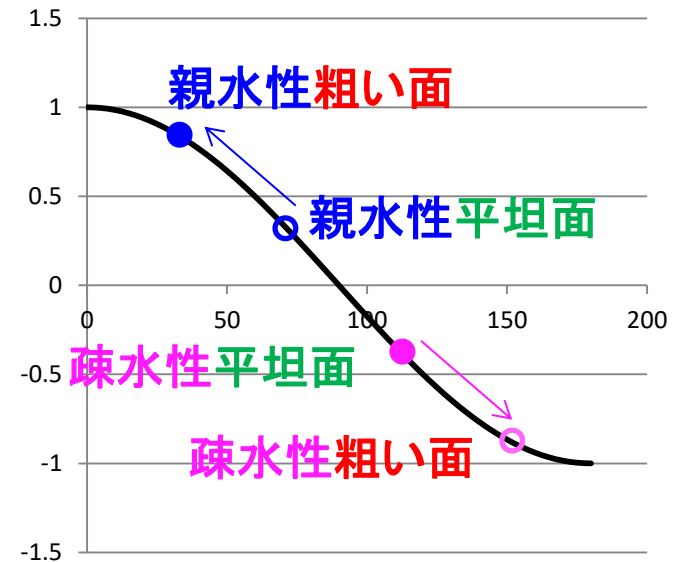
平坦面

粗い面

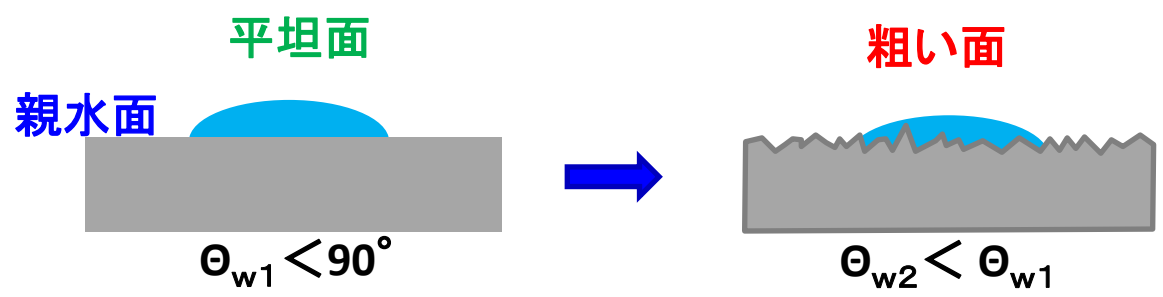
親水面



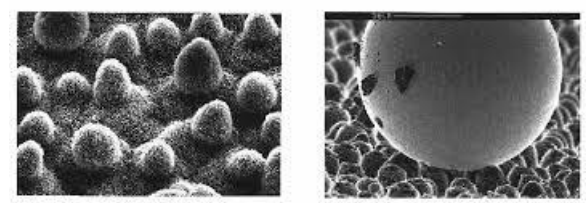
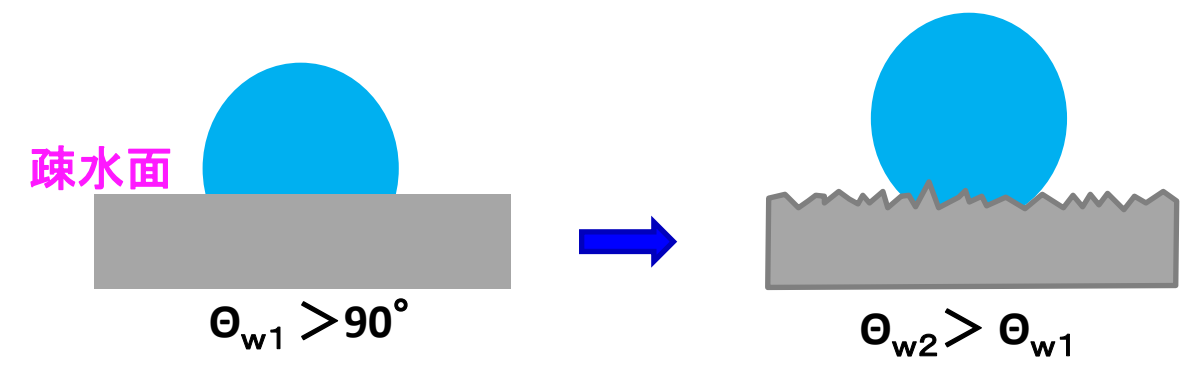
疎水面

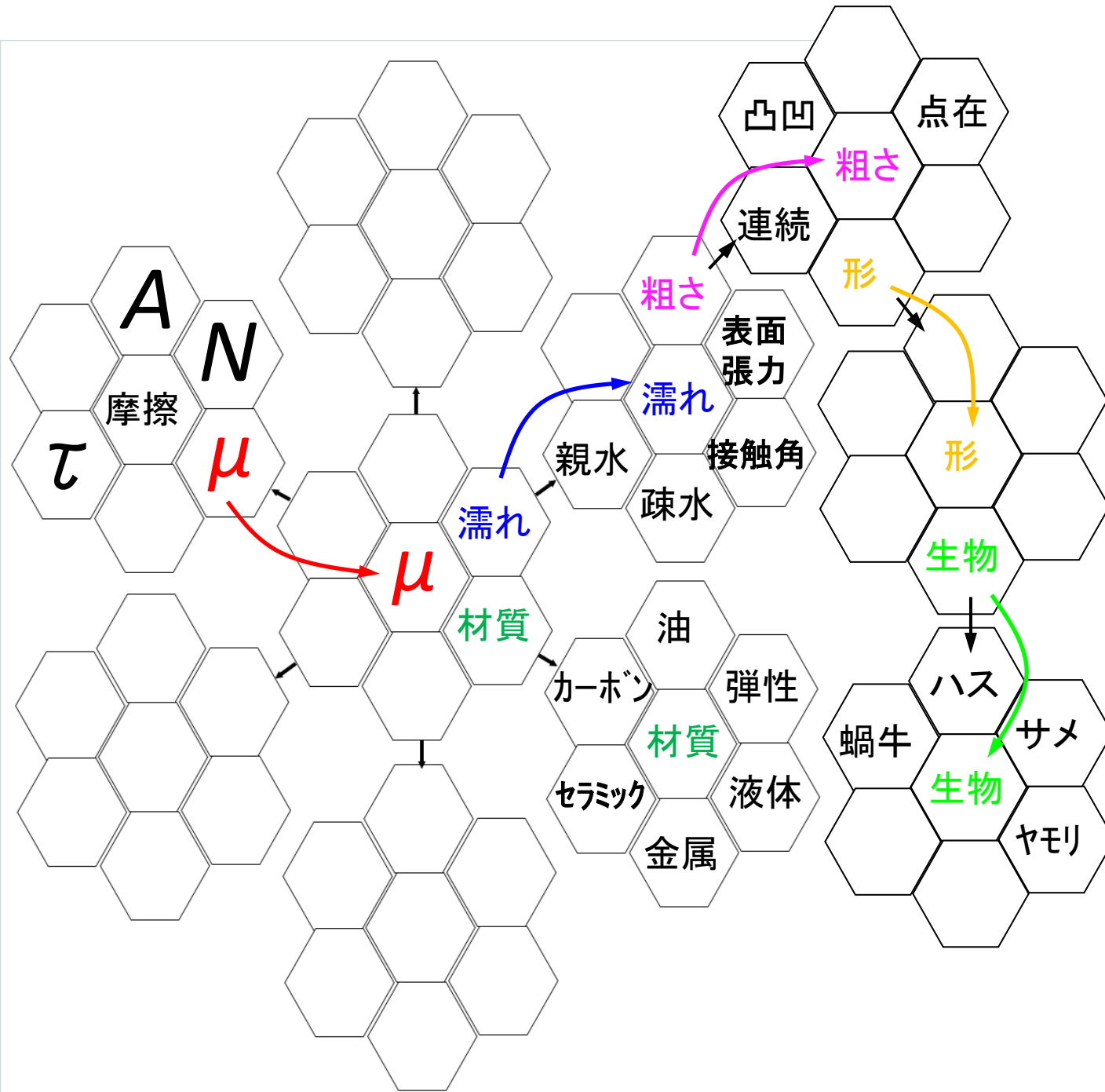


濡れ性、物理的



出典: <http://labaq.com/archives/51860019.html>

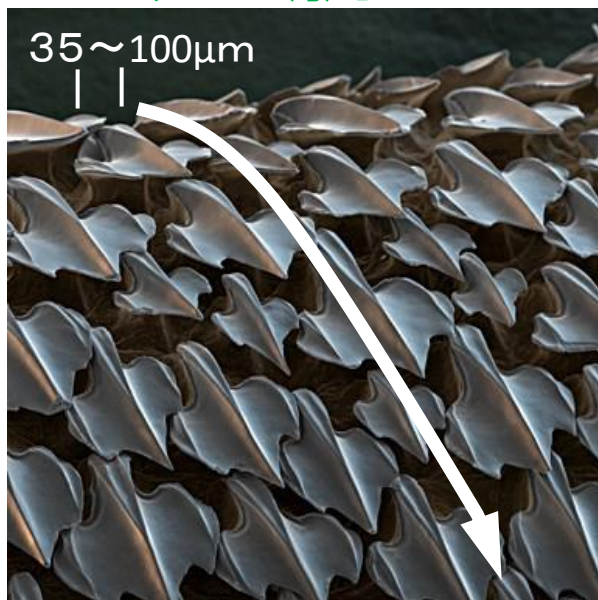




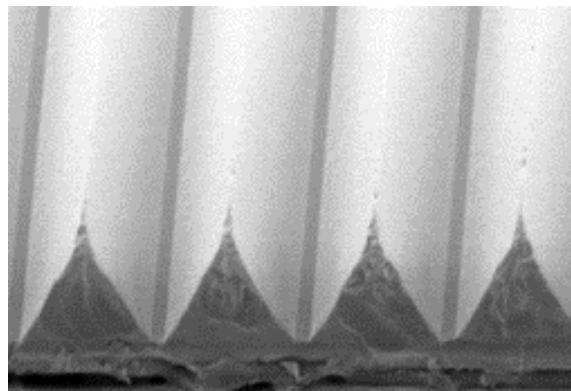
生物

→ バイオミメティクス (biomimetics) : 生体のもつ優れた機能や形状を模倣し、工学・医療分野に応用すること

サメ肌



リブレット構造



流れ方向に彫られた微細な溝
5～10%程度の摩擦低減効果がある



出典: <http://labaq.com/archives/51858818.html>
<https://agata201.wordpress.com/%E7%A7%91%E5%AD%A6/%E5%8B%95%E7%89%A9%E3%81%8B%E3%82%89%E5%AD%A6%E3%81%B6%E6%B0%B4%E7%9D%80%E3%83%8F%E3%82%A4%E3%83%86%E3%82%AF%E5%8C%96/>

サメ肌水着

連想を続け、キーワードについて調べてみましょう

ヤモリの足 接着剤無しなのになぜ天井に貼りつく？

↑

生物から

ハードディスクのヘッド ← 身近なものから

超潤滑ベアリング ← 専門知識から

雪や氷はなぜ滑る？ 融解層とは？ ← 遊びから

「連想力」あるいは「連携した仕事」 → イノベーション



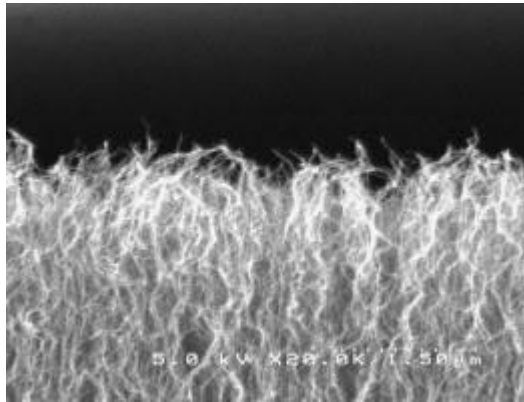
Gecko



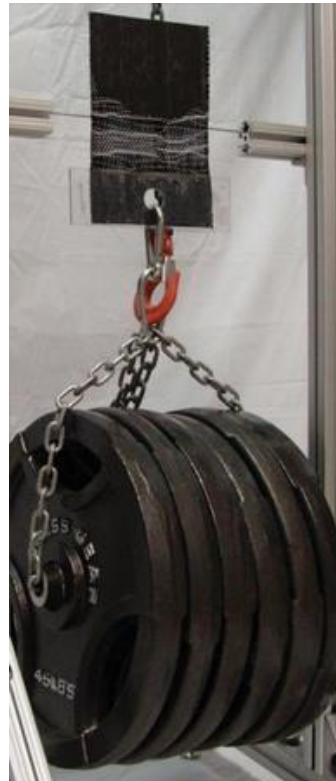
Surface of Gecko's sole



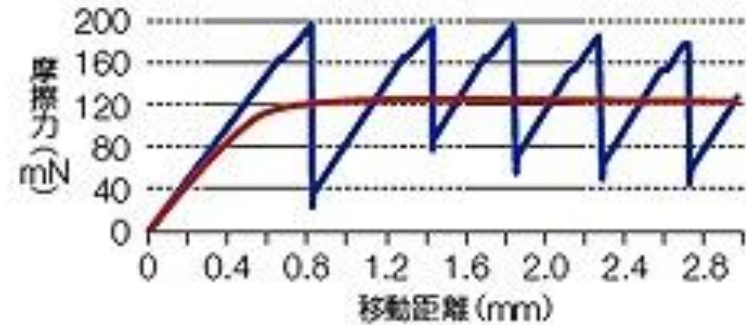
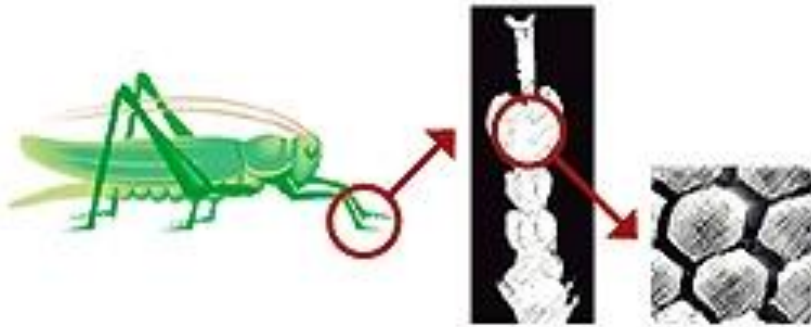
electron microscopic observation



ヤモリテープ
Gecko tape



Surface of Grasshopper's sole



frictional resistance is stable

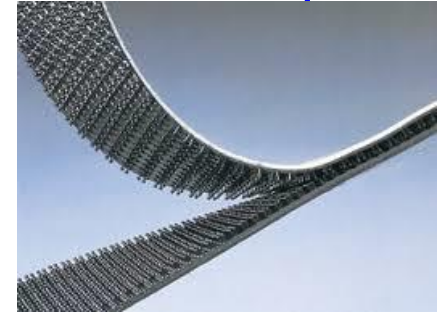
「キリギリス」の足裏は、六角形がタイル状に規則正しく配列された模様になっており、安定した動きができるようになっています。**トヨタ**は、この構造を**低摩擦材料としての実用化を目指し開発**を続けています。

出典: <https://clicccar.com/2012/06/11/164447/>

Cocklebur オナモミ



Velcro tape



Shinkansen



Kingfisher カワセミ



バイオミメティクス

出典:

<https://matome.naver.jp/odai/2140187687652325801>

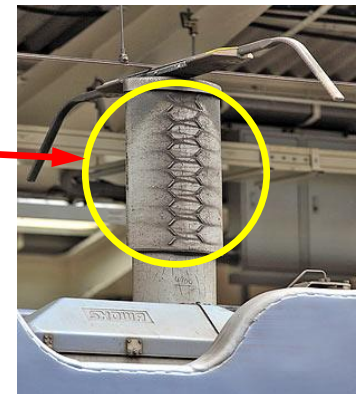
Owl フクロウ



Effect of stealth



Pantograph



ディンプル(dimple)構造とは？

出典: <http://www.cradle.co.jp/tec/column04/017.html>

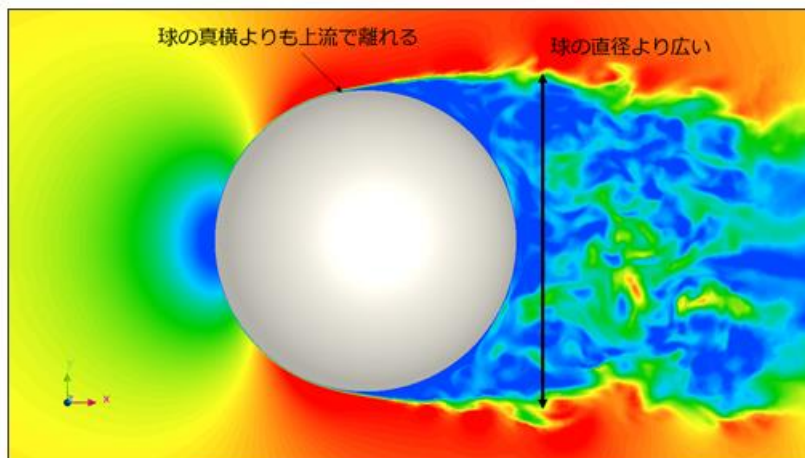


図17.1 ボール周りの流速分布（ディンプル無）

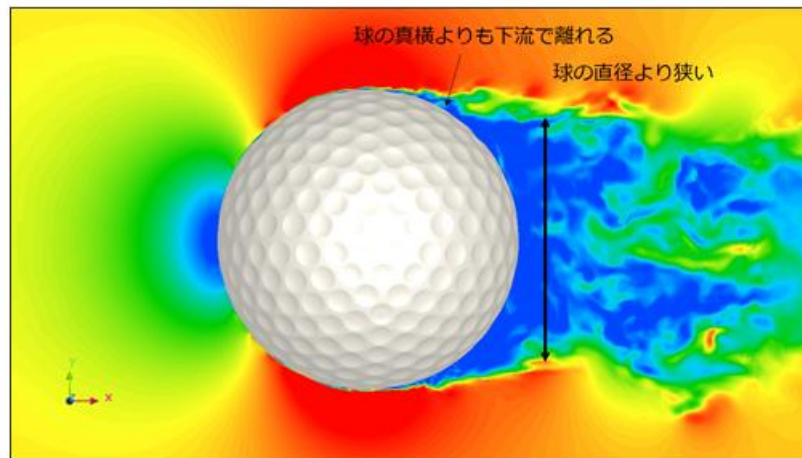
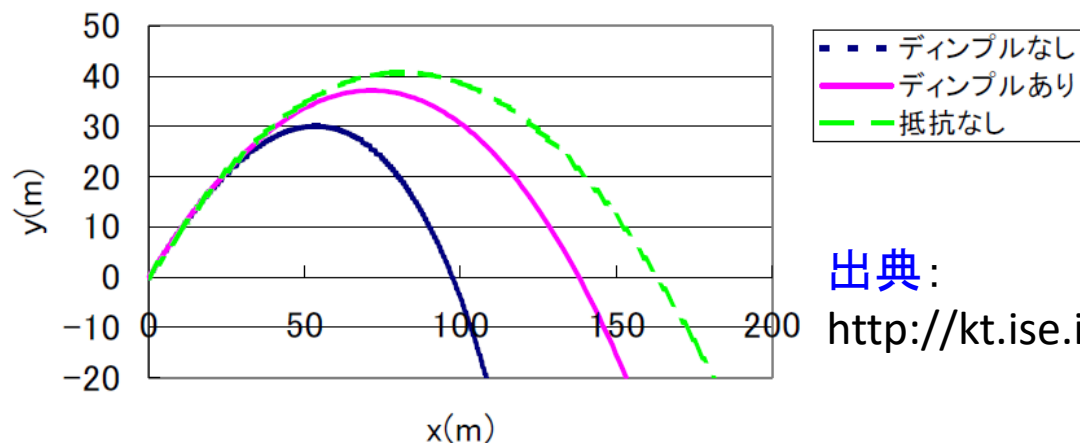


図17.2 ゴルフボール周りの流速分布

空気抵抗を下げ、飛距離伸ばす



出典:

http://kt.ise.ibaraki.ac.jp/Golfball/Golfball_3.pdf

構造・形・機構

ハードディスクの記録媒体であるプラッター(磁気ディスク)は4,200回転/分～15,000回転/分と非常に高速回転しています。

どうやって、摩擦抵抗を低減しているか？

流体動圧軸受 (Fluid Dynamic Bearing)

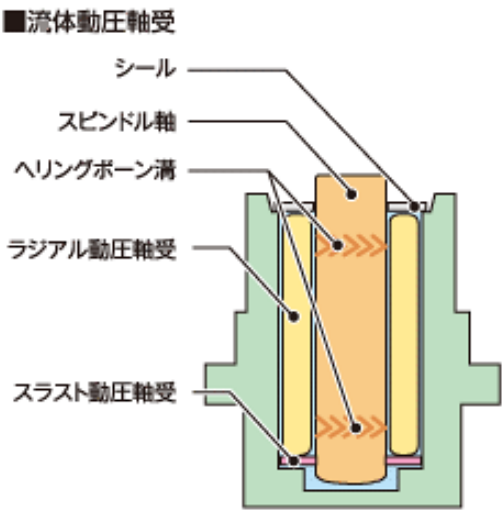
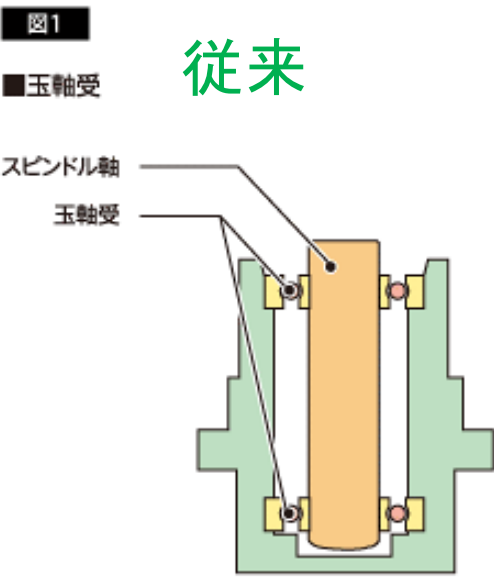


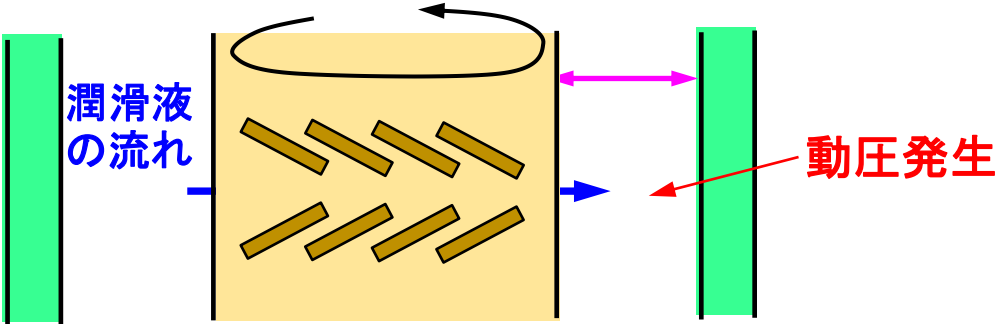
写真1



ハードディスクのプラッター(磁気ディスク)を回転させるスピンドルモーターは、プラッタ取り付け軸および軸受が一体化した構造になっており、部品点数の低減による生産性の向上とコストダウンの両立を実現しています。

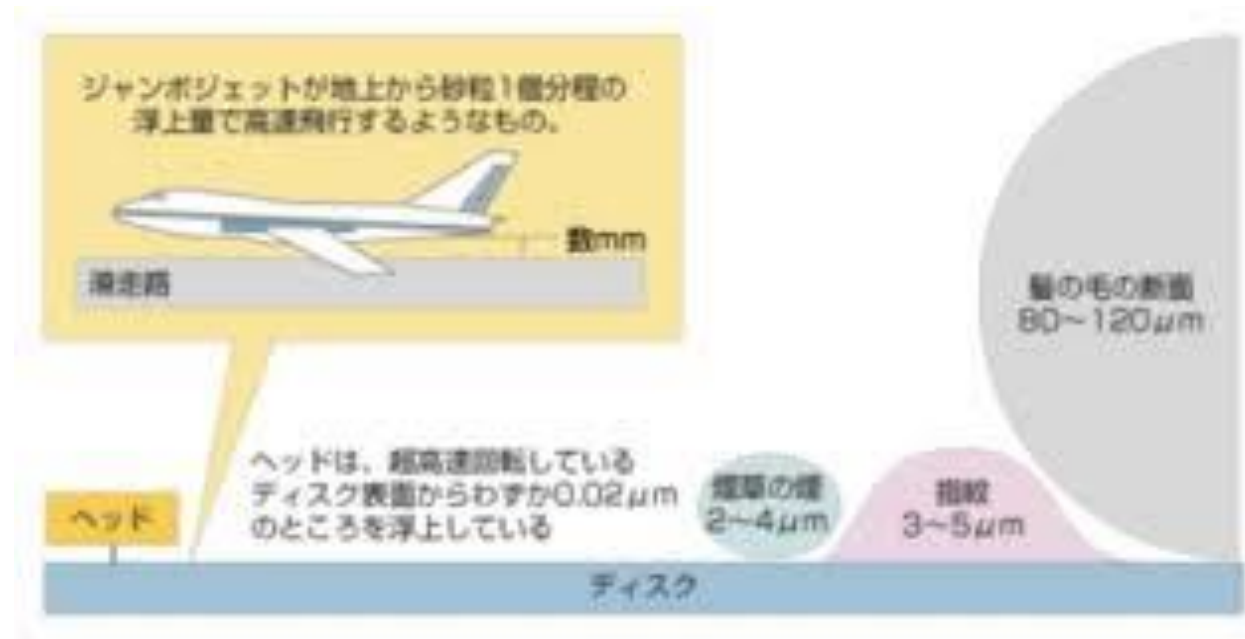
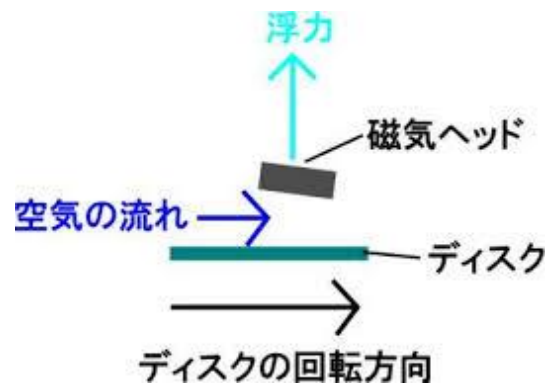
一般的な玉軸受と流体動圧軸受の違い。流体動圧軸受では軸受内部をオイルで満たし、軸と軸受にヘリングボーン溝と呼ばれる表面処理を施すことでに動圧を発生させ、摩擦を大幅に低減します。しかし停止時の接触面積が大きいいため、起動には大きなトルクが必要になります。

スピンドル軸と軸受の距離を保つ



出典:
http://www.logitec.co.jp/data_recovery/column/vol_011/

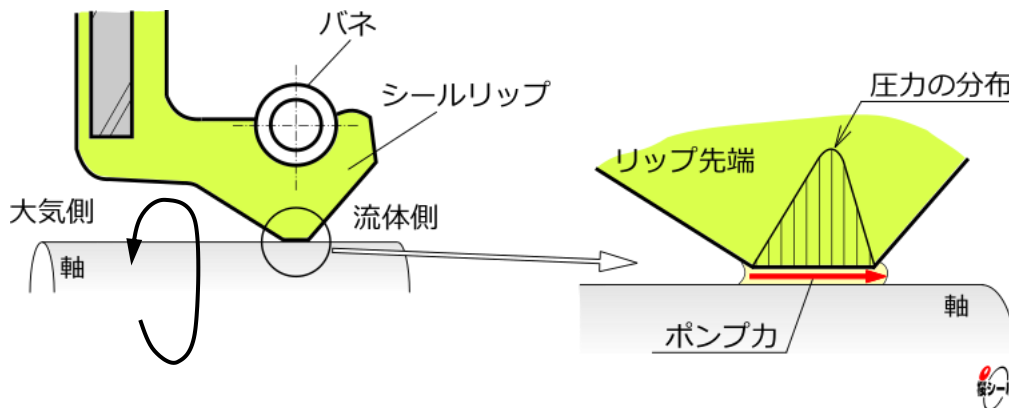
容量増→ 磁気ヘッドをハードディスクに限りなく近く



ヘッドの浮上量は数nmと言われている

オイルシール知っていますか？

洗濯機のプロペラ



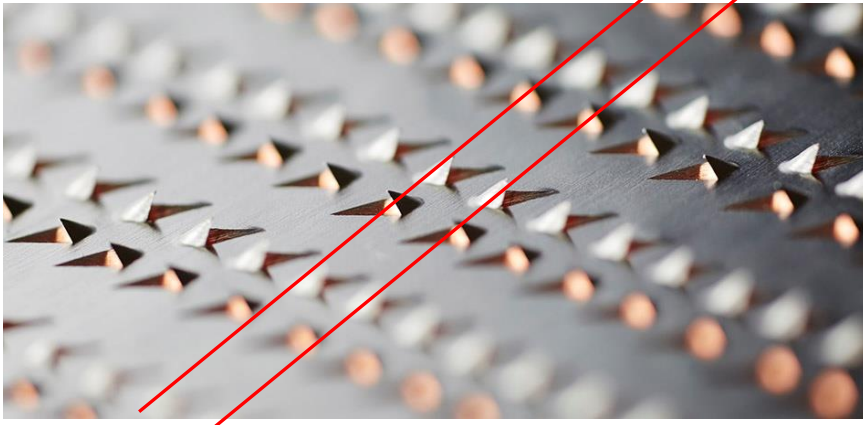
接触面に凹凸があると、大気側から流体側の圧力がかかり、
流体が大気側に漏れない

出典: <http://www.sakura-seal.co.jp/category/1950297.html>

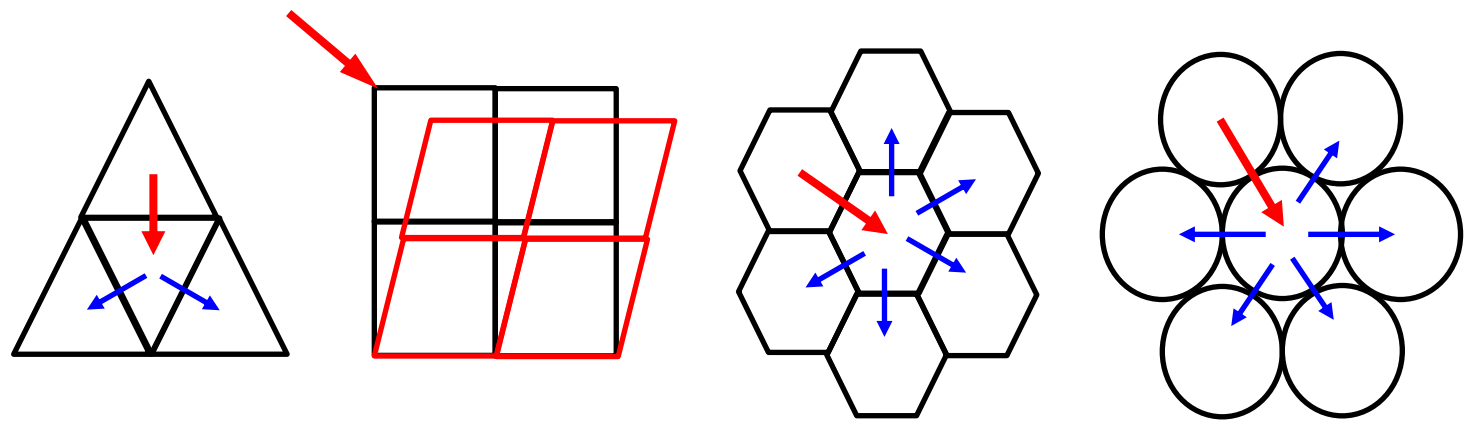
匠が手作りの大根おろし器



ずらしてある → 抵抗小



出典: <http://ooya-seisakusho.com/>



外力	単体	1	4	3	2
	構造体	力が2つに分散	変形	力が5つに分散	力が5つに分散
正方形面積を1とした際の周囲の長さ		7.90	4	3.72	3.54
充てん隙間		○	○	○	×

ハニカム構造

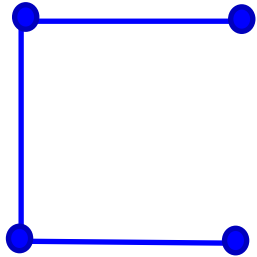


蜂が分泌する蜜蝋で巣を形成(できるだけ少ない材料で)

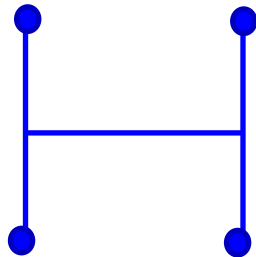
下記の4点を結ぶ最短ルートは？



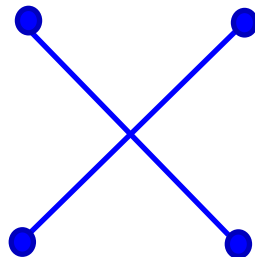
出典: <https://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~masako/exp/jolly/mondai.ht>



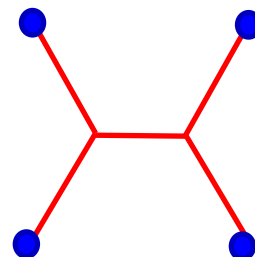
A



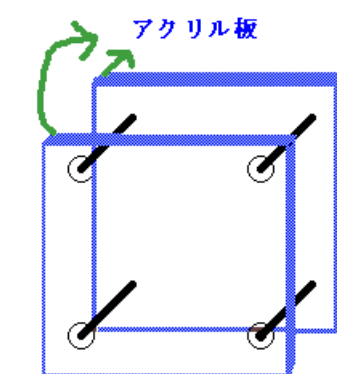
B



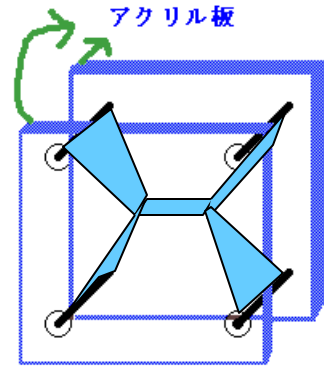
C



D



これを石けん液に浸して
持ち上げると・・・

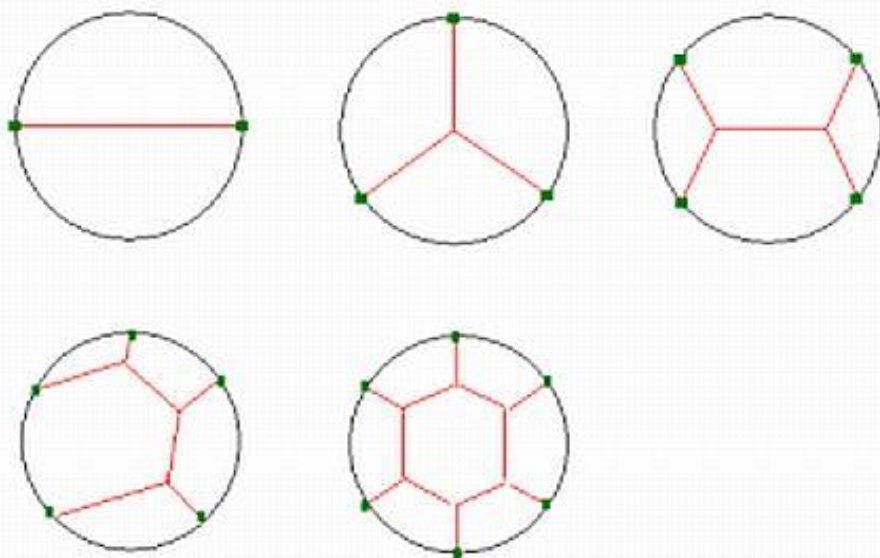


これを石けん液に浸して
持ち上げると・・・

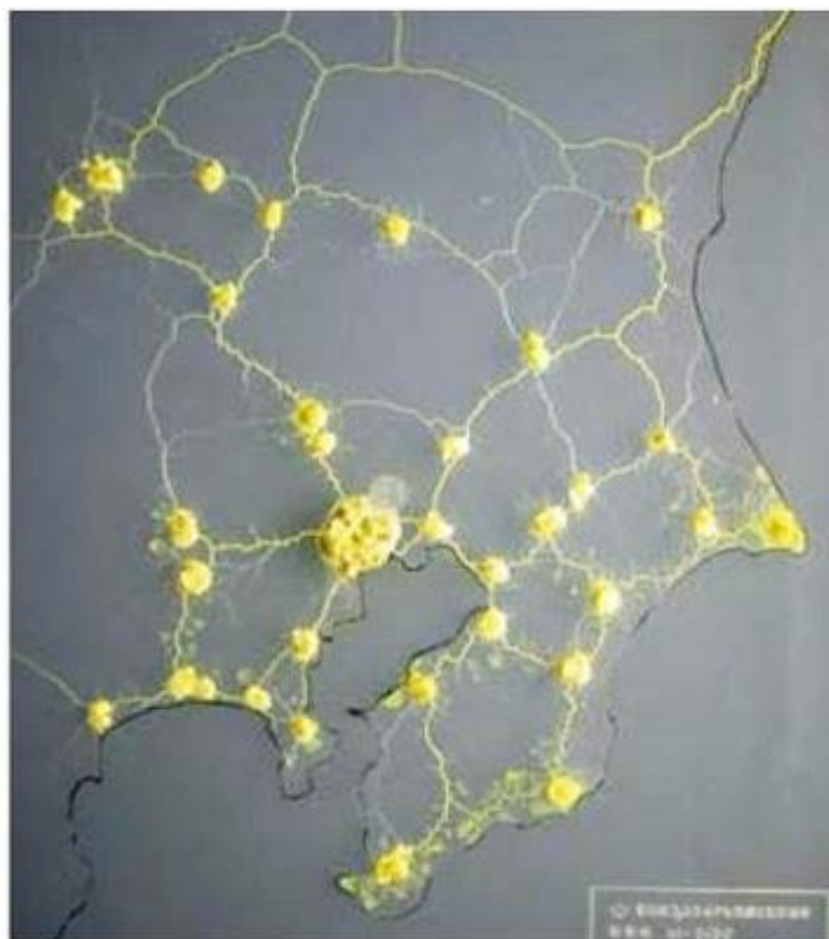
最短距離は以下の通り

出典

<https://www.jst.go.jp/pr/info/info708/index.html>



粘菌が作った模様で、面白いことにほぼ関東の鉄道網と一致する



フェルマー点

出典:

<https://blog.goo.ne.jp/ktonegaw/e/37de3579b7802d92fc837a9ef6e2095b>

[illegible]