

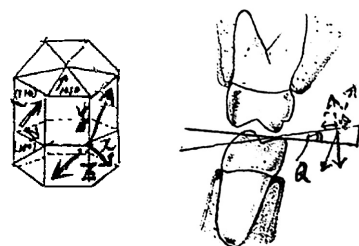


ゲレンデ斜面から考える顎関節の曲斜面 クリスタルゲレンデのその後10年

高岡市 長久 巧一

1. はじめに

'92ジャパンエキスポ富山でイベントに参加した「クリスタルゲレンデ」という人工スキーゲレンデが会報の表紙に載ってからすでに10年になります。お陰で富山県小杉町の太閤山ランドのジェットタワー下に設置され、10年の耐用年数が訪れ、“子供達にとっても人気がある”というので歯科医師会のレクリエーションにもなっているバーベキュー

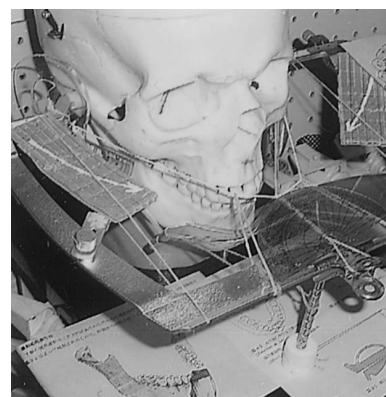


広場と子供未来館の中間部に2003年3月10日、増設オープンすることになった。ところで私は6年前から富山大学の市瀬和義教授(教育学部物理)、東川和夫教授(理学部数学)OB、元教育者小・中・高の先生、一般の方、ワンダーラボ(北電エネルギー館)の人達で作る「おもしろ科学実験 in 富山」に参加しています。

この会は、科学実験を面白く子供達に教え、一緒に実験し、楽しみ、その中で現在の理科教育を考えなおそうという目的の会です。

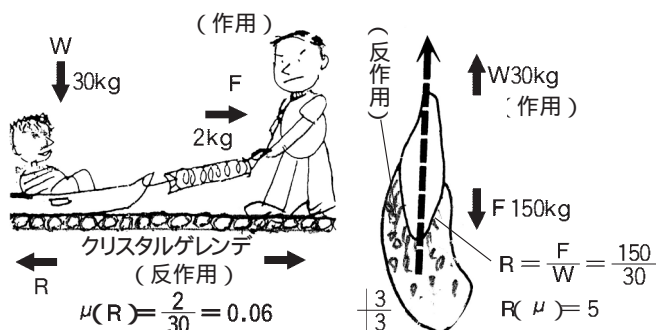
この球体から発する摩擦の世界は、一見歯科とは無縁の物と思われそうですが、この会で手作りの実験をしたり、準論文的レポートを書いている内に、「水・雪・氷」という物質の3態や自然現象から学んだことが“歯科科学、医学そのもの”だと気が付き、それに至った過程の報告です。大学時代スポーツばかりやっていた勉強不足の私が偉そうにいうのは恥かしいのですが、この報告や実験方法が次の世代を担う若い人達の参考になれば幸いです。この報告のP21~25は子供達を対象とした一般教養的なものです。P26~28の実験方法はこの内容を利用した、専門的な歯科に関する事柄の考察です。

さて、太閤山のニューゲレンデは上部15°、下部10°、平均斜度12.5°の緩やかな凹を持った2次元斜面です。もしもう一つの単なる平坦な12.5°の平斜面(咬合器の平均値)を



太閤山ランド増設ゲレンデの単斜面のソリ、球体の滑り
顎関節部の頭骨窩と関節の曲斜面の滑りモデル

摩擦力(μ)と抵抗力(R)の測り方と作用、反作用



子供がソリに乗りバネ計りで計測、ここまでは以外に簡単。斜面Q(2次元) μ は一気に加速度が入りこれは省略。

(参考摩擦係数) 動物1、人間0.03、スキー0.08~0.05、スケート0.01~0.003、タイヤ1.5~0.6~0.2、超伝導0、クリスタルゲレンデ0.05~0.04、焼結(メタルボンド)1000、接着性セメント4.0~8.9、歯牙が1~6

同時にソリで滑ったり、球をころがしたりします。さてどちらの方が摩擦が小さくなり、良く滑るでしょうか？ 条件は、緩やかな斜面の方が平斜面より凹の分長く、荷重 W は同じとします。この報告のテーマは“これ”ですがこのクリスタルゲレンデの謂れと問題がゲレンデの近くに看板になっています。詳細はP26～27。

2の(1)．単結晶、準結晶を作ってみよう。

球体は原始の時代から運搬道具や遊び道具としてよく使われていますね。近年は遊び以外にも、ミクロの原子、分子から始まってマクロの太陽、地球、月、宇宙の星までほぼ球体であり、そして生命や物資を作る元素までもほぼ球体で、固有の結晶配列を持つという事も分かって来ましたね。

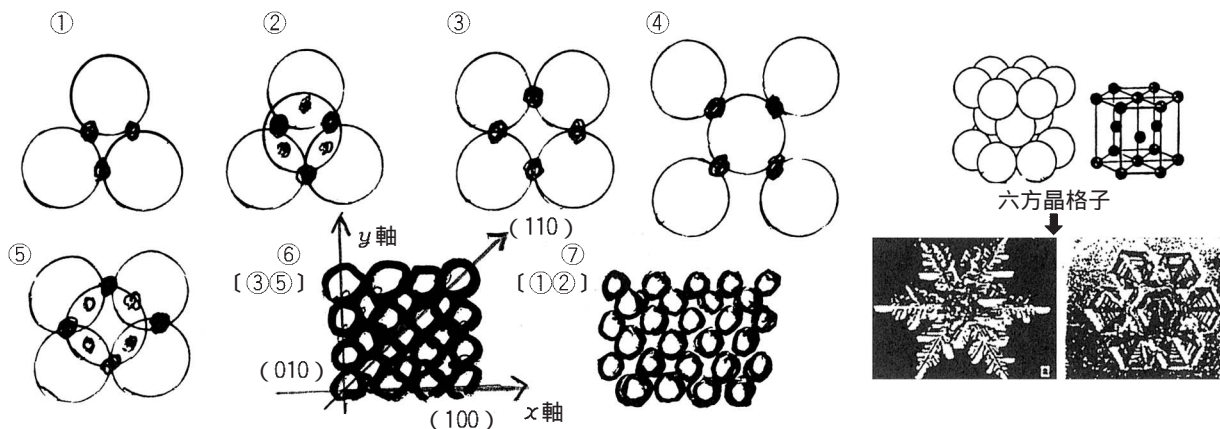
① 単結晶の作り方

3個くっつける。3個の上に1個乗せる。4個くっつける。

4個の中に1個入れくっつける。4個の上に1個乗せる。

①～⑤のパターンを積み重ねる(積層)と面心、体心立方格子ができ、球体の大きさを変えるとすべての物質ができる。

右の写真は雪玉で子供が作るピラミッド型結晶は③⑤の組み合わせ、⑥は100、110面。⑦特に0001面といって六方晶格子の基底面、自然はつねに単純な周期的配列を作ろうとする。これを単結晶と言います。

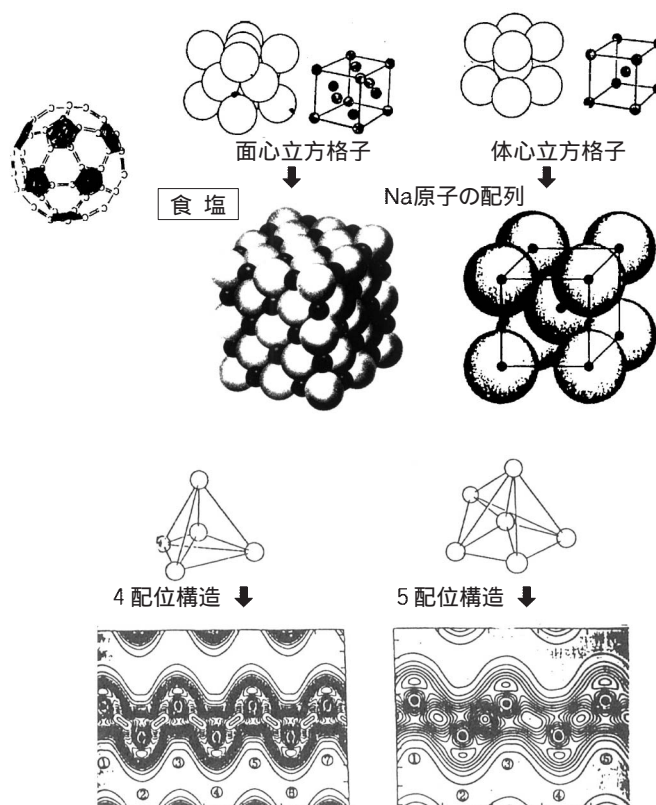
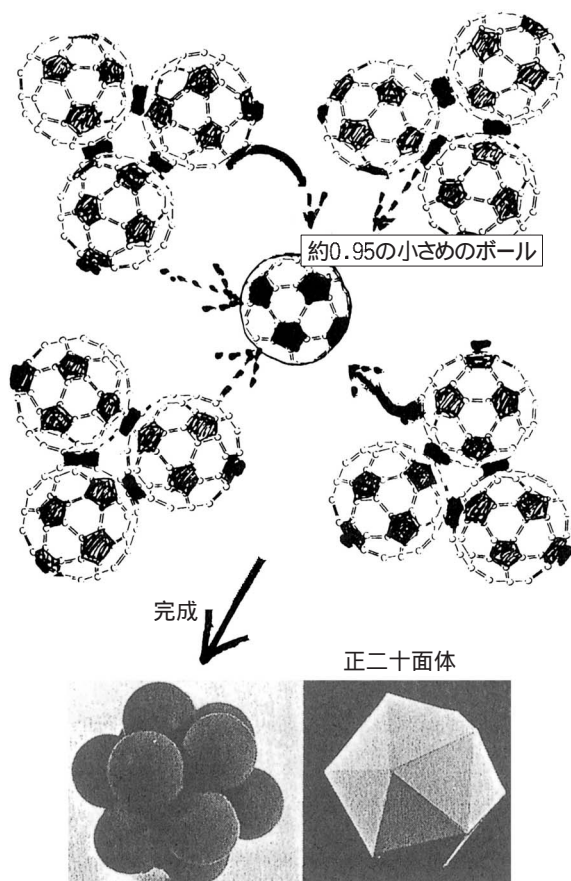


単結晶に対して準結晶の準の意味は、野球で言えば優勝、次勝が準優勝と言う時に使う準の事です。単体の金属から合金へ、さらに磁気性・半導体性・超伝導性・形状記憶性の追求の過程でアルミニウムとマンガンの合金を高温から急速に冷やしたとき、5回対称を含む正二十面体対称が発見され、結晶に存在しえない5回対称を含むことから結晶と区別して準結晶と呼ばれています。次の図はシリコン結晶の4配位構造(単結晶)、5配位構造(準結晶)の様子です。

等高線で描かれると結晶の立体像が浮かびます。この等高線は次の流れ・流体力学を理解するために必要です。

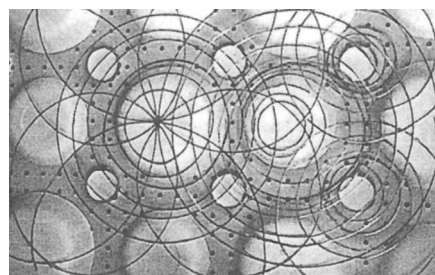
② 準結晶の雪の作り方

- 5 角形の印12個書く、サッカーボールのピンポン球を利用、3 個くっつけたものを 4 方向から小さいボールに集めくっつける。
- ※ 6 角形が平面的・硬、5 角形が立体的・軟で曲面や球体に必要な形です。
- ※ 小さなボールは必ず約0.95の大きさになります... 不思議ですね。



人工的に20°動かしたアモルファスシリコンの様子

※下写真 大・中・小の球体を作る水・雪・氷の立体像が頭の中でイメージできますか？ 結晶学では正(凸)負(凹)のピラミッド構造。流れではこの等高線が変形します。イメージ $i \times i$ は？



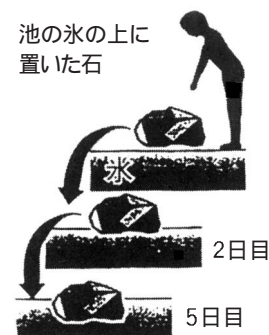
③ わかること

最近、雪の構造(単結晶)の中にもきまぐれな正二十面体配列をもつ準結晶的なものが発見され、カオス、フラクタル的ともよばれその性質の重要性がクローズアップされ、結晶を制する者は世界を征すると言われている。

固体—液体—気体の3態

水分子(H_2O)はこの3態をもつ珍しい物質で分子が固く動かなくなると(固体・結晶)、少し動くと(液体)、ものすごく動き出すと(気体)になりますね。

※固体(氷)が動く限り絶対として次ページの流れが出てきます。氷は0度でも石を置くと動きます。絶対に動かない温度は-273度です(絶対温度)。

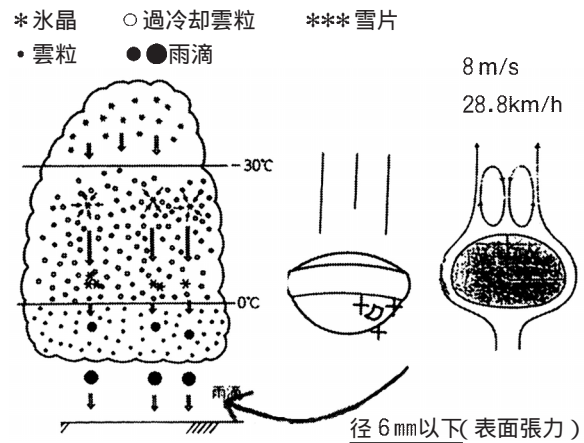


2の(2) . いろいろな流れと摩擦力と発展実験

① 雨はどんな形でふってくるの？

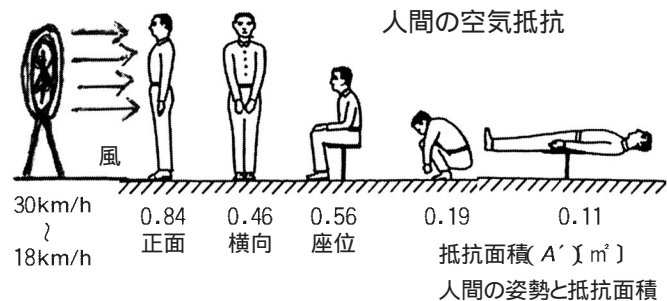
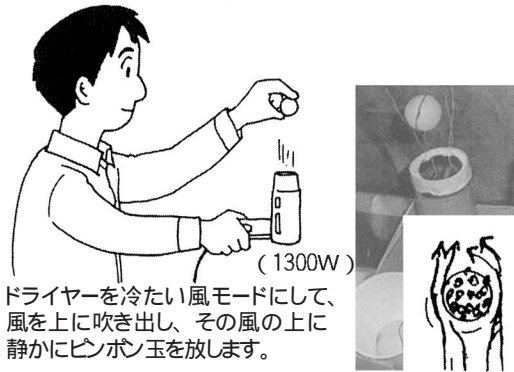
水の分子は3変化をして、丸くなり空気抵抗をうけ、つぶれた形で降ってきます。大きくなるとそれ以上のスピードになりません。

(i)その様子をピンポン球とドライヤーで再現。
 空気の流れを絹糸で調べ、比較実験として、(ii)
 表面積の大きい凹凸のピンポン球と普通の球との違いも調べる。



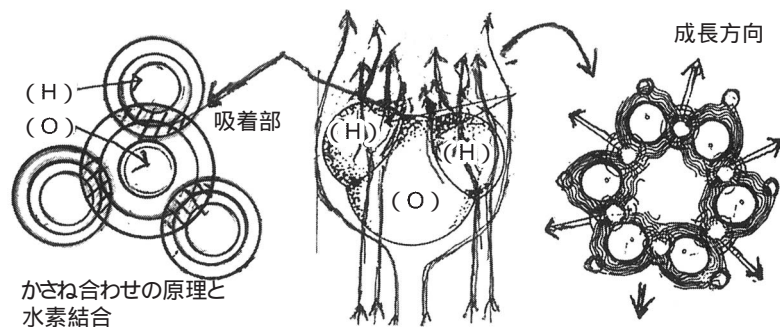
② 風のちからで実感してみよう！

ピンポン球になったつもりで風・空気の力を感じてみよう。どの姿勢が抵抗が少ないかな？ 送風機に絶対近づかないこと！



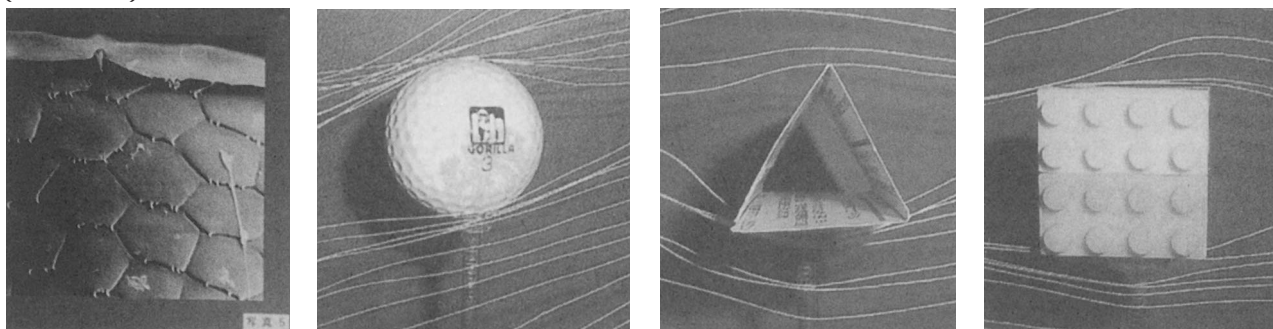
③ 水滴1個のミクロの様子を2種類の球を酸素分子、水素分子とみなし、大・中のドライヤーと球の浮上での再現：ベルヌーイの定理やかさね合わせの原理による吸着：振動が合成されより大きく、複雑になる様子が見られます。

次ページの電子雲や成長と吸着へつながる実験で6個結合すると雪の結晶になります。



④ コガネムシが空中安定して飛ぶための正六角のデンプル。送風機、0.5mm幅の絹糸とゴルフボール(球)の空気の流れや三角、四角形の絹糸の流れは人工の構造物、飛行物の摩擦・抵抗軽減の設計に利用されていますね。

($\phi 150\mu$)



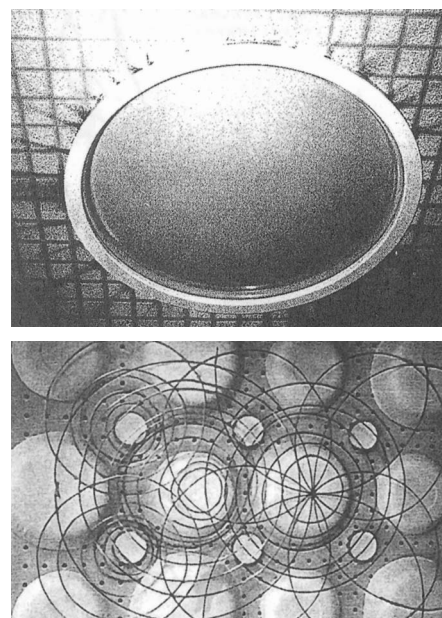
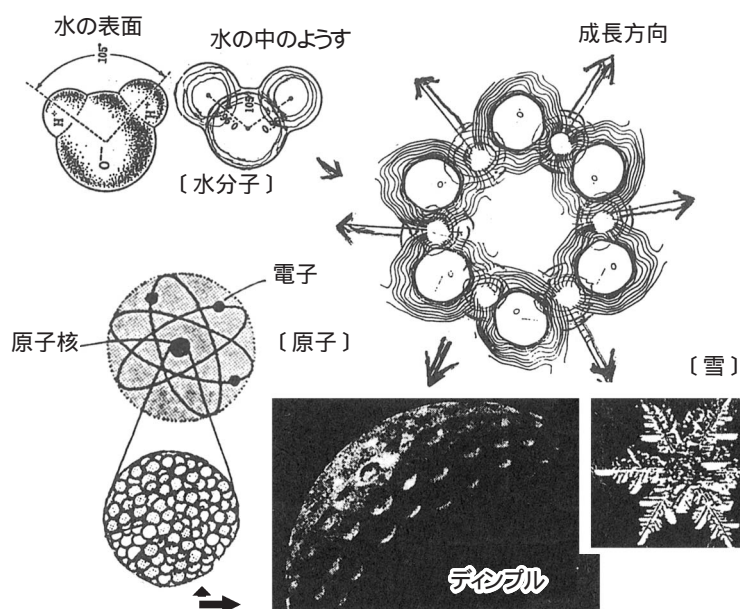
〔発展実験〕 コガネムシやゴルフボールのデンプルを水、雪、氷で再現し、乱流境界層をより後ろへとの目的に彫り込んだクラブと車、9000/Sの煙の流れが乱流から層流にかわる様子（富山県生活工学研究所のスモーク実験）



⑤ わかること 自然界や小動物も流れと抵抗力をうまく利用している。意外に高度な文明を作った人間だけがむだなエネルギーを使っているのでは！

2の(3)．雪の成長過程の吸着現象と環境

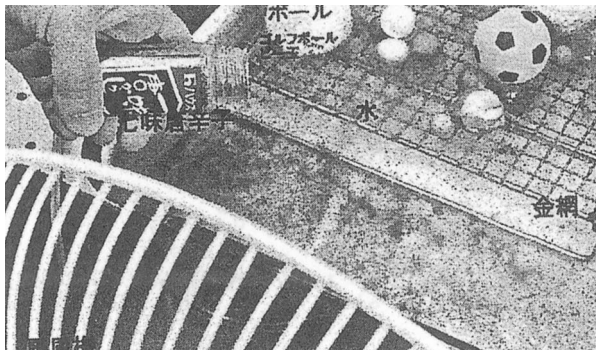
下図は水のなかの様子、原子核はゴルフボールのディンプルの表面とにており、雪の結晶(固体)もきれいな形をしています、ミクロの様子はダイナミック(動的)で超高速でうごく電子とそのうごく範囲の電子雲との水素結合で作られ、この結合部から成長と吸着が行われると言われています。右下上写真は雪の成長方向とよくにる照明の煙りの跡、右下写真は大・中・小の等高線が作る雪の立体像、ここへ流れ込む様子と吸着現象を観測した。



- ① ねらい ゴミ、ちりなどでよどんだ空が雪や雨のあとすみきって、よく青空が広がることがありますね。なぜでしょうか？ 口の中もどうか？

〔やり方〕

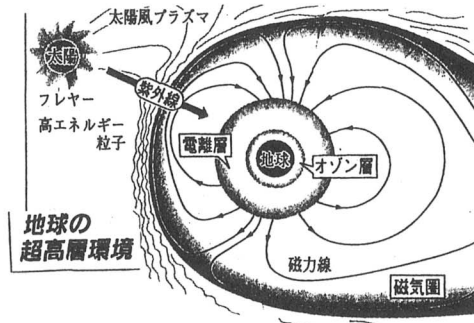
水槽に浮かんだトウガラシやコショウの粒子を扇風機の風で対流させ、球体に吸着する様子を見る。下写真カメラと口腔内CCDカメラの様子。



下図はその他重要な水・雪・氷の性質と4態(プラズマ)で守られる地球

- 雪が降ると音が静かになる。暖くなる。これらの性質は吸音、吸着効果。

積層効果...保温効果...放射線効果 • 涼しくする。これはエネルギー貯蓄、分配効果と呼ばれ地球の環境をコントロールするたいせつな性質ですね。

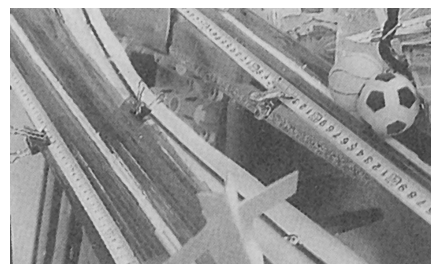
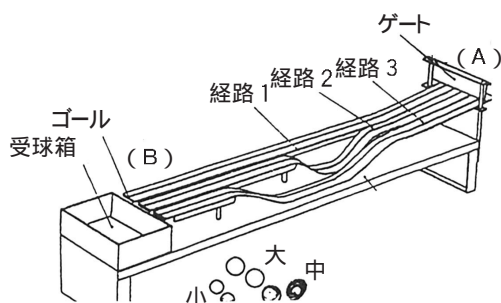


2の(4) . 球体やあやとりやスキーロボットで斜面／曲斜面を科学しよう

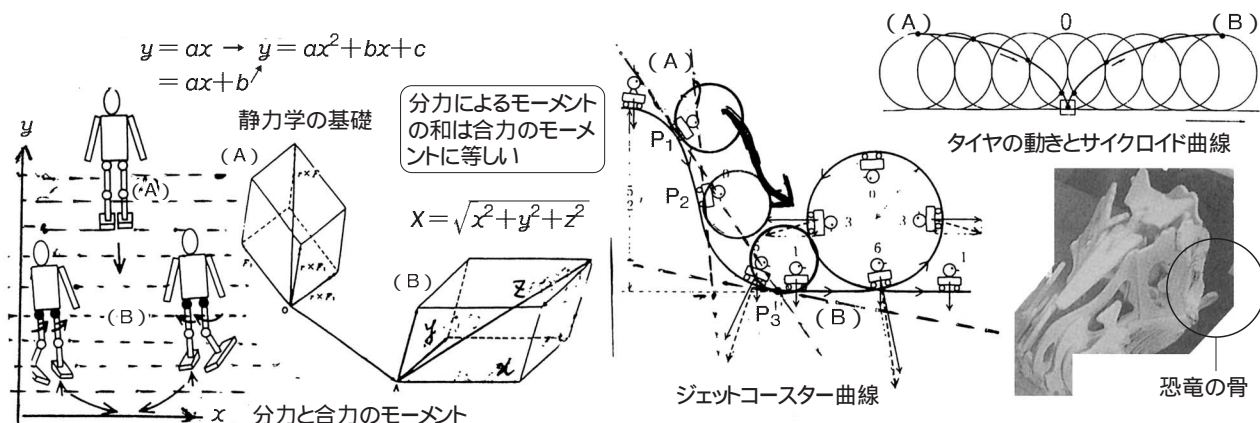
- ① ねらい スポーツと科学が楽しくなる秘密？ 人間にやさしい構造とは？

エネルギー保存の演技装置で鉄球を転がす。単なる斜面、深い斜面、ゆるやかな斜面、自家製の3つのコースでもピンポン球を転がしてみる。

経路1、2、3 一番速いのは？ なぜ？ 重さ？ 斜面の角度？ 加速度？

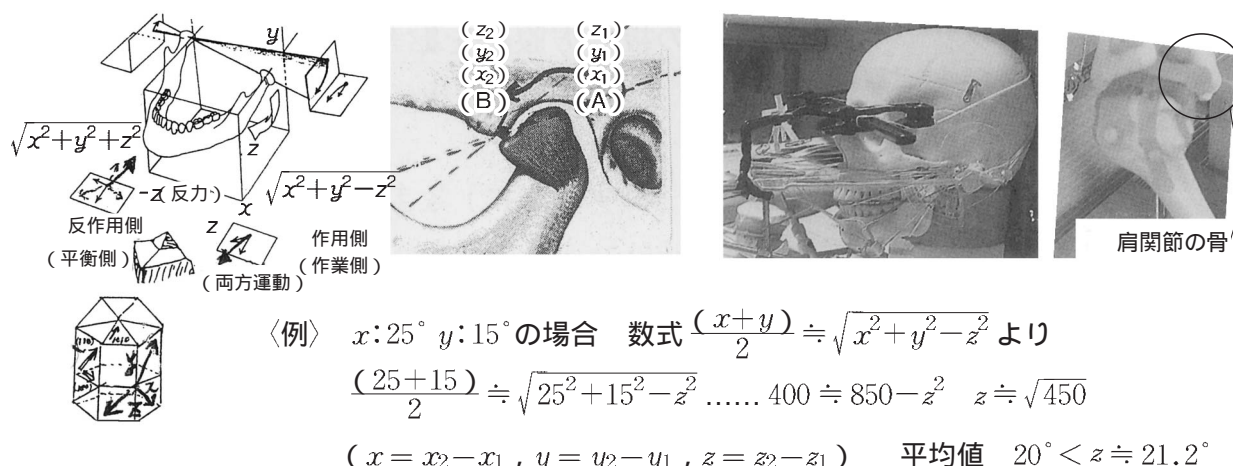


〔分析〕 スキーロボットが斜面A→Bを滑る時、ひざの関節の力がスキー板に伝わる力と波板の縦の抵抗(除雪抵抗)を利用して合力、分力、摩擦力を学び、曲線・曲面はAB間の接点P／接線の3次元モーメントと考えると分かりやすい。



(私の研究と仮説) 頭骨窩(斜面)顎関節頭(球体)の滑りと菱形三角形

なめらかな関節の曲面を x 、 y の角度とスキーロボットの作用する三次元の合力モーメントを利用して平均値から側方顎路角 z を求める。両側の顎のモーメントは不思議なことに雪の結晶構造と同じ菱形三角形を描く。



〔まとめ〕 意外に平斜面よりも曲斜面の方が摩擦力が小さくよく滑る。人間、動物の関節の一部にも環境に応じてなめらかで機能的な発生をしている。他 ... お寺の屋根、高速道路のカーブ
参考文献 ... 中学生の理科、3学研 科学的スキー上達法、清水史郎、講談社

◆なぜ、スキーが滑るのか？

この答えには凹凸説、表面付着説と分子的理論を理解した上で二つの説がある。①圧力融解説、②摩擦融解説。現在、②で説明できない要素として凝着説、吸着説、接触角、熱伝導性、空気抵抗力へと発展している。現在二つの説は有力だがまだ分かっていない未知の部分が多い。

3. 考察 摩擦の世界から考える歯科の事柄

3の(1) 単結晶、準結晶を作ってみよう。

磁性アタッチメント、矯正用形状記憶合金、インプラント素材、 μ は100>110面

3の(2) 流れと摩擦力と発展実験

ゴルフボール、クラブの空気抵抗、小動物の流れとエネルギーの有効利用、

μ は100>110面

3の(3) 雪の成長過程の吸着現象と環境

凹凸部への歯垢・汚れの吸着メカニズム、

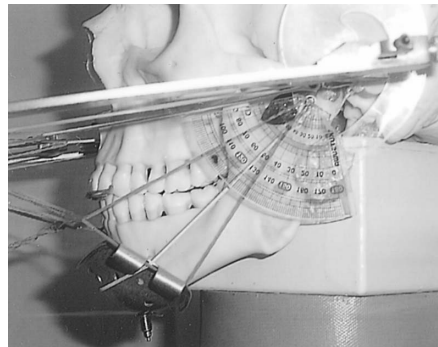
再石灰化のメカニズム、プラズマ、レーザー療法、水分・唾液の吸着による安定した義歯、吸着力は凹凸の面積に比例、

μ は100<110面

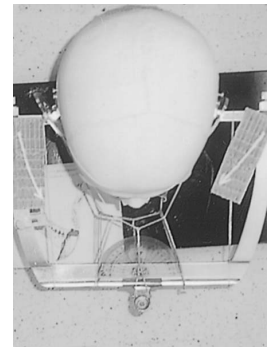
3の(4) 球体やあやとりやスキーロボットで曲斜面を科学しよう。

用意するもの 頭骨モデル、フェイスボウ、鼻聴導線器・堀江式(モリムラ)、分度器3つ、チンキャップ、輪ゴム(青色5つ、赤色6つ)ー菱形三角柱を立体的に表すのに必要。

顎路角Zの求め方 下図A→B又はA～Bの軌道の中間の合力を仮に平均値($X^\circ + Y^\circ$)/2と仮定し、ボーゲンの関節の動きと顎関節の左右矢状運動角； X° 、側方運動角； Y° をベクトル化させ平均値($X+Y$)/2 $\div\sqrt{x^2+y^2+z^2}$ を基本としてZの運動成分は口腔内で安定化(安静位)され^{ゼロ}0となりZは($X+Y$)/2 $\div\sqrt{x^2+y^2-z^2}$ となる。電卓にて簡単に三次元の左右側方顎路角Z(111面)を求められる。これが私の考える方法ですが、ベクトルは大きさと方向だけで何度というものはないので、この式をエネルギーの方から計算できるか？ また両側の動きの軌跡；ゴシックアーチが三次元の六角柱に似ていて結晶学の方からアーチのみで求めることが可能か研究中、次回に。



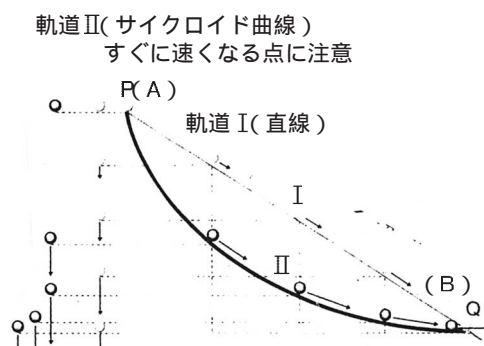
0→X°(100面)



0→Y°(010面)

〈サイクロイド曲線とは〉

○を関節頭として点P→Q(関節窩A→B)に物体が落下する時最小時間で到着するのは直線(平斜面)ではない。出発してすぐ低位置(15°)を選ぶので、加速度がつき距離は長くなってもそれをうわま



わる速さになり平均の所要時間が短くなります。摩擦力も小さく見える現象の一つです。

摩擦の世界でも摩擦力は100面より110面が小さく、水の吸着力は100面より110面が大きい。空気抵抗力は速度によって100面より110面が小さい時もある。理由は、水の粘度が空気の55倍、動粘度が空気の1/15に起因していると言われています。しかし摩擦のメカニズムで統一された正しい理論は未だない。

終わりと謝辞

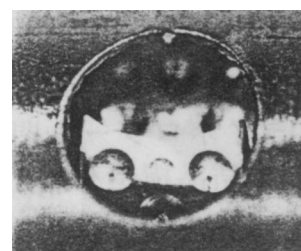
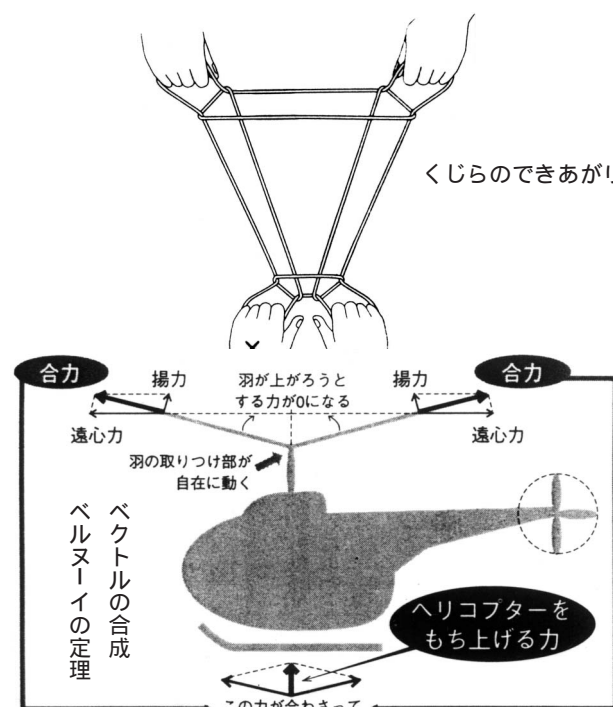
偶然にグレンデ斜面で怪我が少なく安全第一を考え、摩擦を小さく、摩耗も少なくした事が幸いし、本業の顎関節の曲斜面がサイクロイド曲線に近く、熱や摩耗や疲労の少ない、咀嚼、発声に便利な“人間に優しい構造”になっていることを知ることになった。エネルギーは有限、摩擦を小さくし、摩擦(力)が大きいとその反作用の抵抗(力)も大きくなる。平均値的生活レベルで「足るを知る」の心がけで生き延びて行こうと思う。吸着現象は富大の対馬勝年教授、おもしろ科学実験の富大の市瀬和義教授、友人坂井修一(1級建築士)、佐野将基(北大建築)のアドバイスを受けた。記して感謝申し上げる。イメージ数(虚数 i)と失敗の勧め

下図はスキロボット以外に顎関節の分析に使えるあやとりの「くじら」と角運動や面積速度やベクトルで飛ぶヘリコプター。(反力・Z方向0とする考え...すごい...と思っていたらヘリコプターにこの理論があり残念！) Zの分析・数学的には虚数 $i^2 = -1$ 、物理的には宇宙空間に似ている。

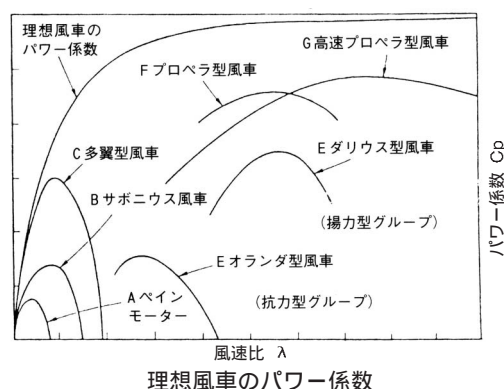
現実的にはセファロ、パントグラフの画像診断などの数値と私の考える大胆な数式とおおまかな数値を比較、検討する事によって、より深く顎運動の回転とすべりが理解されると思います。

下図右は、理想的にと思ったがコスト高により中断されている某メーカーの試作品の羽根車。しかし対象物を大型の風力発電の風車(お台場)にと希望を持っている。グレンデは'05愛知万博に！

尚、「おもしろ科学実験 in 富山」は年会費1,000円、(財)日本科学技術振興財団、科学技術館が実行委員で入会をお待ちしています。私のHP：<http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/7254>



歯科用タービンの羽根車と3種の凹凸
($\phi 0.4, 0.8, 1.2\text{mm}$)



他の参考文献；

- ①球体と遊ぶ学ぼう 長久巧一 おもしろ科学実験 in 富山 '97~'02
- ②クリスタルグレンデの滑り 対馬勝年 雪氷北信越 3号43
- ③摩擦のお話 田中久一朗 日本規格協会
- ④エネルギーで語る現代物理学 小野 週 講談社

- ⑤オーラルリハビリテーション 保母須渉弥
- ⑥オクルージョンの臨床 丸山剛郎 医歯薬
- ⑦恐竜が語る歯とは何か 岡崎好秀 岡山大歯学部小児歯科
- ⑧物理の仕組み 小倉陽三 日本実業出版社
- ⑨エントロピーの法則 竹内 均 祥伝社
- ⑩あたらしいあやとり 野口 広 土屋書店