

地学に関する枝分かれ現象を理解する簡単実験

Development of a Simple Experiment for Understanding the Ramification in the Earth Science

*佐藤 鋭一¹、松尾 奈美¹、山崎 和仁²*Eiichi Sato¹, Nami Matsuo¹, Kazuhito Yamasaki²

1.神戸大学大学教育推進機構、2.神戸大学大学院理学研究科

1.Institute for Promotion of Higher Education, Kobe University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kobe University

地学は様々な時間スケール・空間スケールで生じる現象を扱う分野であり、地学現象の一部始終を実際に観察することは難しい。したがって、実感を持って地学現象を理解するためには、実際の時間・空間スケールを実験室で再現できる程度に拡大・縮小した模擬実験が重要な役割を果たす。

現在、自然界では成長する時間・空間スケールが異なる様々な枝分かれの形態を観察することができる。地学に関係するものでは、河川網、稲妻、溶岩流、雪の結晶や霜の形態などが枝分かれによって形成したものである。これらの形成に関する時間スケールは、稲妻のように一瞬で形成するものや河川網のように長い時間を掛けて形成するものまで様々である。したがって、枝分かれが形成する一部始終を実際に観察することは困難であり、それらがどのように形成したのかを理解するのは難しい。

本研究では、枝分かれの形態に注目して、それらがどのような過程で形成したかを理解することを目的とした実験を行った。実験では、枝分かれ現象を手のひらサイズで再現することができるため、実験者が自らの手の上で枝分かれが成長する様子を観察することができる。本研究ではさらに、実験で形成した枝分かれの形態をフラクタル解析やホートンの法則を用いて数値化し、定量的に扱うことで自然界の枝分かれと比較することも試みた。

実験は、2枚の亚克力板で亚克力絵の具を挟み、その状態から亚克力板をゆっくりはがすものである。亚克力板をはがす際に、空気が亚克力絵の具に侵入し、枝分かれをしながら発達していく。結果的に空気が亚克力絵の具に侵入した経路と侵入された亚克力絵の具の両方で枝分かれの模様が形成される。本研究では4回の実験を行い、実験で形成した模様についてフラクタル解析およびホートンの法則による解析を行った。

亚克力絵の具と空気の経路のフラクタル次元はそれぞれ $D_{\text{paint}} = 1.59 \sim 1.64$, $D_{\text{air}} = 1.86 \sim 1.89$ となり、両者の合計は $D_{\text{paint}} + D_{\text{air}} = 3.48 \sim 3.50$ である。亚克力絵の具と空気の経路のフラクタル次元はわずかに負の相関があるように見えるが、両者の合計はほぼ一定である。ホートンの法則では、分岐比が亚克力絵の具で $R_{\text{paint}} = 4.57 \sim 5.38$, 空気の経路で $R_{\text{air}} = 2.98 \sim 4.72$ となり、実験毎に幅があるものの、すべての実験において亚克力絵の具の方が大きくなっている。枝分かれの最高次数 (n) は、亚克力絵の具が $n_{\text{paint}} = 5$, 空気の経路が $n_{\text{air}} = 4$ で、亚克力絵の具の方が大きい。

自然界の枝分かれとの類似性を考えると、空気が亚克力絵の具に侵入する様子は、低粘性流体が高粘性流体に侵入する様子に類似しており、自然界で生じる枝分かれ現象を再現しているといえる。フラクタル次元については、亚克力絵の具が $D_{\text{paint}} = 1.59 \sim 1.64$ となり、拡散で形成するDLAモデルのコンピュータシミュレーション結果 ($D = 1.71$) に比較的近い値となっている。したがって、亚克力絵の具の形態は自然界の枝分かれ現象をシミュレーションしたDLAモデルに類似したモデルと判断できる。また、亚克力絵の具と空気の経路のフラクタル次元の合計はほぼ一定である。したがって、亚克力絵の具に侵入する側の空気と侵入される側の亚克力絵の具のどちらか一方のフラクタル次元が分かれば、他方の次元も分かることになる。ホートンの法則では、亚克力絵の具と空気の経路で、分岐比・最高次数ともに亚克力絵の具の方が大きく、より分岐が発達した図形といえる。また分岐比を、天然の河川網の分岐比(高木, 1992)と比較すると、亚克力絵の具 ($R_{\text{paint}} = 4.57 \sim 5.38$) が北海道の河川やアマゾン川よりも分岐しているのに対して、空気の経路 ($R_{\text{air}} = 2.98 \sim 4.72$) はナイル川~北海道の河川程度の分岐であることが分かった。

本研究で紹介した実験は、簡単であること、さらに自然界の枝分かれと類似していることから自然界の枝分かれを理解する最適な実験と考えられる。

キーワード：枝分かれ、フラクタル解析、ホートンの法則

Keywords: ramification, fractal analysis, Horton's law

ミグマタイトをつくってみよう！

Let's make Migmatite!

*丸橋 暁¹、丸橋 友子¹、丸橋 美鈴¹

*Satoru Marubashi¹, Tomoko Marubashi¹, Misuzu Marubashi¹

1.なし

1.none

ホワイトチョコレートはダークチョコレートよりも融けやすいと言われる。ホワイトチョコレートとダークチョコレートとの融解温度の差を利用してミグマタイトをつくってみた。

【材料】

- ・ホワイトチョコレート
- ・ダークチョコレート

【方法】

ホワイトチョコレートとダークチョコレートとを容器に詰め、湯煎をして融解させた。

【なぜそんなことを？】

家族で肥後変成帯のミグマタイトを見に行った。その振り返りにキッチン変成岩岩石学として、ミグマタイトチョコレートをつくってみた。

【結果】

ミグマタイトの構造を再現したミグマタイトチョコレートをつくることができた。ミグマタイトがどのようなものかがこの振り返り実験で実感できた。

キーワード：ミグマタイト、ホワイトチョコレート、ダークチョコレート、融解温度

Keywords: Migmatite, white chocolate, dark chocolate, melting temperature

傾斜した水槽中を自由落下するガラス・ビーズ実験

～火砕流や雪崩における粒子群の集団効果～

Free Fall Experiment of Glass Beads in Inclined Water Tank

- Group Effect of particles in pyroclastic flow and avalanche -

*三村 和男¹*kazuo mimura¹

1.東海大学教養学部人間環境学科自然環境課程

1.Department of Resources and Environment Science, School of Humanity and Culture, Tokai University

火山噴火に伴う火砕流や雪山の雪崩現象は、粒子群と流体の混合物が斜面上を流れ落ちる現象である。数多くの粒子が集団になったときの集団効果の共通の特徴を調査するのが目標である。

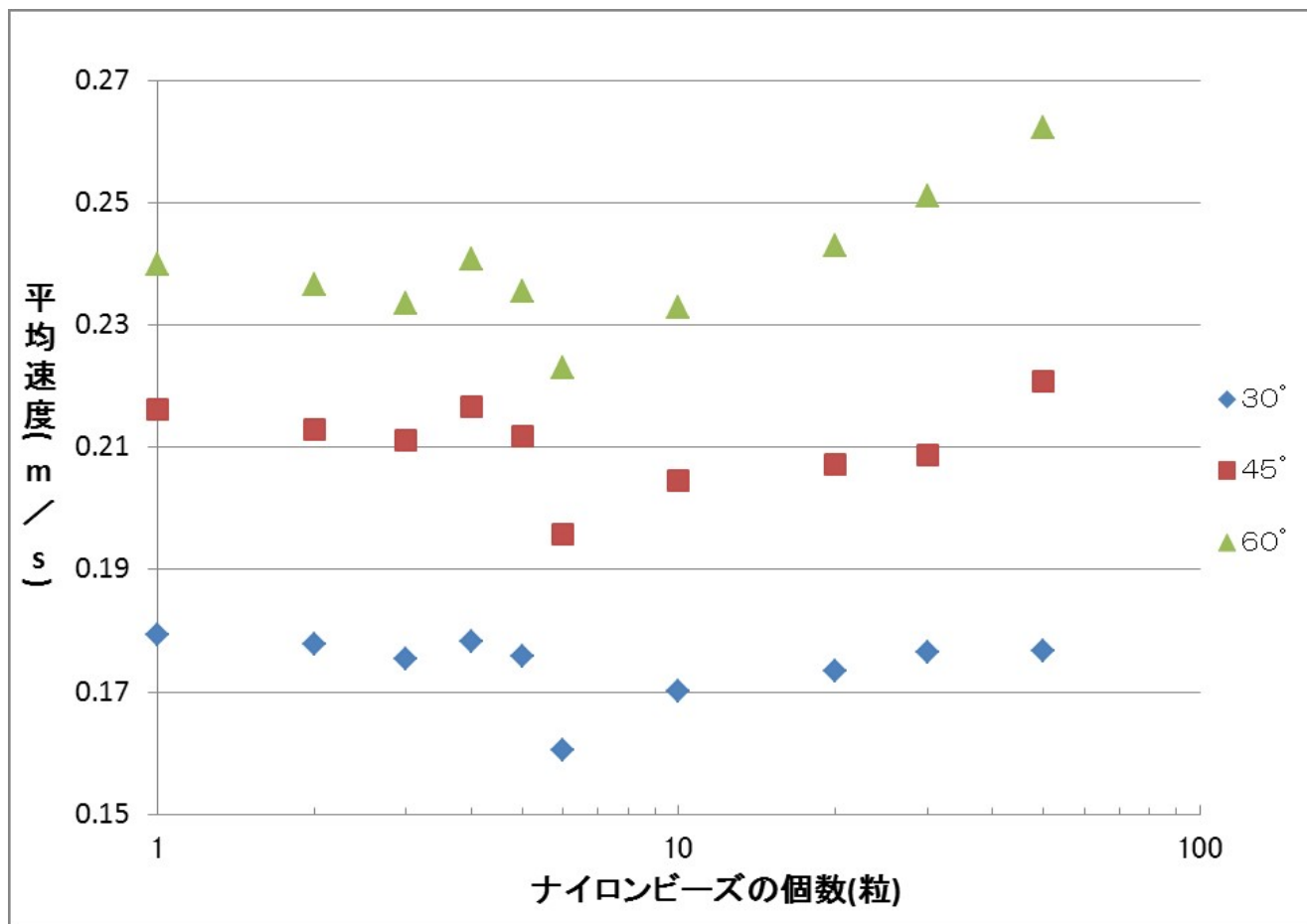
傾いた斜面上の流体を表現するために、水を入れた底辺の一边が10cm長さ50cmの透明アクリル四角柱を任意の角度で傾けた状態で、台座に取り付ける。なお、この四角柱には、10cm間隔に目盛りが刻まれている。粒子群として、同じ大きさのガラス・ビーズを、水槽上端から初速ゼロで、自由落下させる、実験を行った。ただし、同時に自由落下させるガラス・ビーズの数を、1個から、2個、3個、4個、5個、6個と増やしてゆき、さらに集団の効果を見るために、10個、20個、30個、50個まで増やして、それらガラス・ビーズ群の集団としての終端速度を計測した。計測方法は、スマホをタイマー・モードにして、家庭用のデジタル・カメラを使って、ガラス・ビーズ群の自由落下を、タイマーごと、動画として撮影するものである。

後に、低速再生しながら、ビーズ群が目盛りを通過する時刻を読みとり、速度に変換する。ビーズの数が5個までは、各ビーズはほぼ同時に落下するが、6個以上になると、ビーズ群は縦にばらけ、ビーズごとの順位は入れ替わりながら、落下する。しかしながら、常に先頭のビーズと最後尾のビーズは認識できる。従って、先頭のビーズと最後尾のビーズの速度を求めた結果、最初の目盛り（水槽上端から斜面に沿って10cmの位置）を通過した後は、その時々先頭速度も最後尾速度もほぼ一定となったので、各時刻の先頭速度と最後尾速度を全部平均したものをビーズ群の終端速度と見なすことにした。

斜面の傾斜角度を30度、45度、60度、変化させて、実験を行った結果が図であり、傾斜が大きいほど、終端速度は大きくなる事以外に、興味深い特徴として、どの傾斜角にも共通して、ビーズ数が1, 2, 3個までは、ビーズ数が増えると終端速度は減少する傾向があり、4個になると、終端速度が跳ね上がった後、4, 5, 6個とビーズ数が増えると、再び、終端速度が減少する傾向が見られる。さらに、ビーズ数を6, 10, 20, 30, 50と増やした場合、今度は逆に、ビーズ数が増えると終端速度が増加する傾向が認められる。ビーズの集団効果の効き方が少なくとも3種類のレジームに分けられる事を暗示している。粒子群と周囲の流体の混合物に対して、簡単なモデルを仮定し、終端速度の変化傾向の解釈を試みる。

キーワード：火砕流、雪崩、室内実験

Keywords: pyroclastic flow, avalanche, Laboratory Experiment



紫外, 可視, 赤外線観測装置の作成とのお手軽観測

Making Instruments and Simple Observation of Infrared, visiblelight, Ultra Violet.

*乙部 直人¹, 高島 久洋¹

*Naohito Otobe¹, Hisahiro Takashima¹

1.福岡大学理学部地球圏科学科

1.Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University

近年, 携帯電話などの小型情報端末の著しい進歩とともに, 多彩なセンサーが小型化され安価に提供されるようになった。

また, 集積度が向上し, 入門が難しかった電子工作も, 1チップマイコンによってそのハードルが下がった。しかもそれらは, 環境の整備が進み最近ではプラモデル程度の難易度で高度な観測装置にくみ上げることが可能である。

今回は最も流行っているマイコンボードの1つである, Arduinoに, いくつかのセンサーキットを利用して, 学生実験のエクストラ目標としての簡単観測を行ったので, それを紹介する。

使用したのマイコンボードはArduino UNO, これにAdafruitのUVセンサー, Colorセンサー, 赤外線センサーはMLX90614を利用した。

これらの観測の結果, 紫外線が, 大気・さらには雲により大きく減衰すること, 地面や建造物による反射は比較的大きいこと。雲と, 青空の色の違いを利用して雲量を測れそうなこと, 赤外では, エアロゾルの観測が可能かもしれないことなどがわかった。

キーワード: 観測, 気象

Keywords: Observation, meteorology

「ペレーの毛」のテクスチャー：綿あめの形成過程のアナロジー
Texture of "Pele's hair": analogy of cotton candy formation

山田 美幸¹、*熊谷 一郎²

Miyuki Yamada¹, *Ichiro Kumagai²

1.日本大学、2.明星大学理工学部

1.Nihon University, 2.School of Science and Engineering, Meisei University

One will find glass fibers called "Pele's hair" in the volcanic products in Hawaii Islands. It is named after Pele, who is the Hawaiian goddess of volcanos. The texture of the glass fibers (thickness and length of fibers) depends on rheological properties, cooling rate, ejection speed, wind velocity, and so on. In order to understand the formation process of "Pele's hair", we investigated the dynamics of cotton candy formation. The experimental equipment consists of a rotating dish, a heater, and measurement system of temperature and rotation velocity. The rotating dish is made of thin steel, and has small outlets along its periphery. To make threads of cotton candy, the crystal sugar is added to the dish, and rotated at a constant speed. The melted sugar is formed after heating the rotating disk, and is ejected through the outlets. We varied experimental parameters: the rotating speed, heating temperature, diameter of the outlets, which cause a variation in the texture of the cotton candy. We will demonstrate how those parameters affect the thickness of the ejected cotton candy threads and discuss the formation process of "Pele's hair".

キーワード：火山、実験、粘性流体

Keywords: Volcano, Experiment, viscous fluid