

ダイラタンシー現象における力と速度の関係

The Relation between Force and Velocity in the Dilatancy Phenomenon

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

岩井 一輝

Abstract

I studied how to quantify the dilatancy phenomenon with an experiment using dynamics cart. I created dilatant fluid from potato starch and water at a weight ratio 1:1. I put the fluid in a container on the cart. I fixed a stick to the stand, and put it in the fluid. I moved the cart with pulley and weight [50-500g every 50g], and filmed the experiment. The velocity of cart was constant. I thought the weight and resistance needed for stick to the fluid was almost balanced. I observed velocity is proportional to weight. From this result, I judged velocity is proportional to resistance. I thought the cart repeated acceleration and deceleration movement caused by dilatancy phenomenon.

研究目的

台車を用いた実験を通してダイラタンシー現象を定量化すること。

ダイラタンシー現象とは

粉末粒子と液体の混合物であるダイラタント流体が示す異常な粘性のこと。ゆっくりとした外力を加えたときは液体のように振る舞うが、急激な外力を加えたときは固体のように振る舞う。流体の硬化は力を加えた部分の水分が他の部分に移動することで起こっている。

実験 1

実験方法

①水と片栗粉を重量比 1:1 で混ぜてダイラタント流体を作った。

※今回はそれぞれ 200g ずつ使い、400g の流体を作った。

②流体をプラスチック製の容器に入れ、それを力学台車に固定した。

③滑車とおもり [50g, 100g, 150g, …, 500g] を用いて台車を水平に動かした。

④各重さの実験をする前によくかき混ぜ、10 分間放置することで流体の条件を揃えた。

⑤台車を糸で進行方向と逆方向に固定し、その糸を切ることによって初速度 0 でスタートさせた。

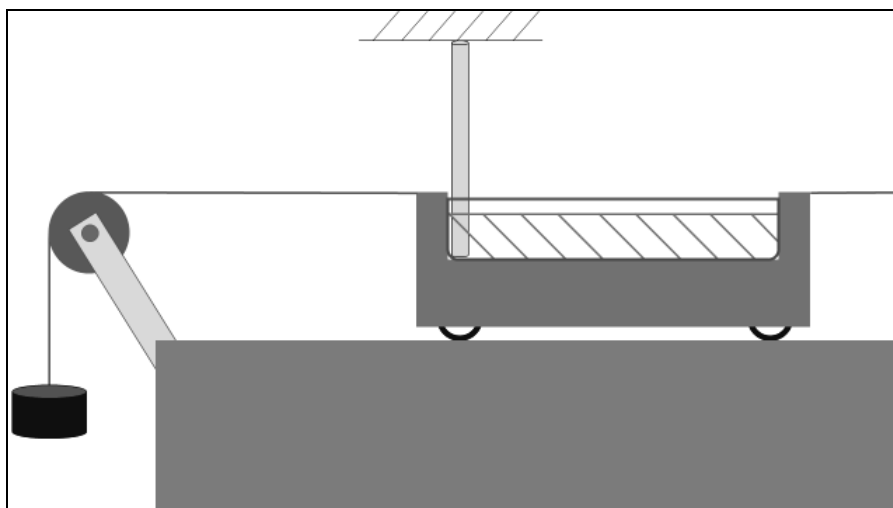
⑥実験をする際、流体中にスタンドで固定した金属製の棒を差し込むことで、ダイラタンシー現象を起こすための抵抗とした。

⑦実験を動画で撮影し、解析して重さごとの時刻 (s) と速度 (mm/s) の関係のグラフを作った。

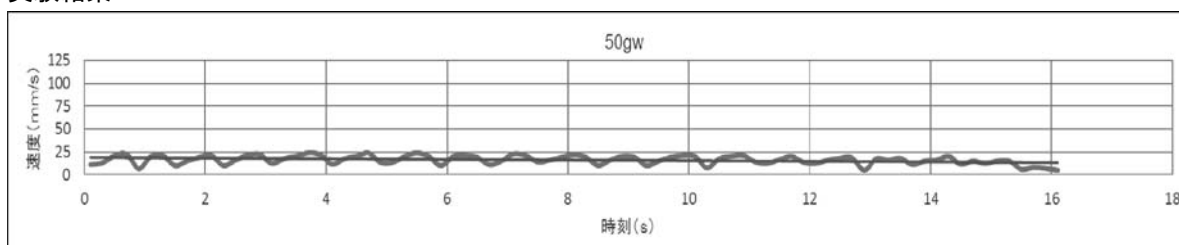
またおもりの重さ (g) と速度 (mm/s) の関係のグラフを作った。

※撮影に使用したカメラは 1 秒間に 15 コマで撮影することができ、それを 3 コマごとに解析することで 1/5 (s) の精度のグラフを作った。

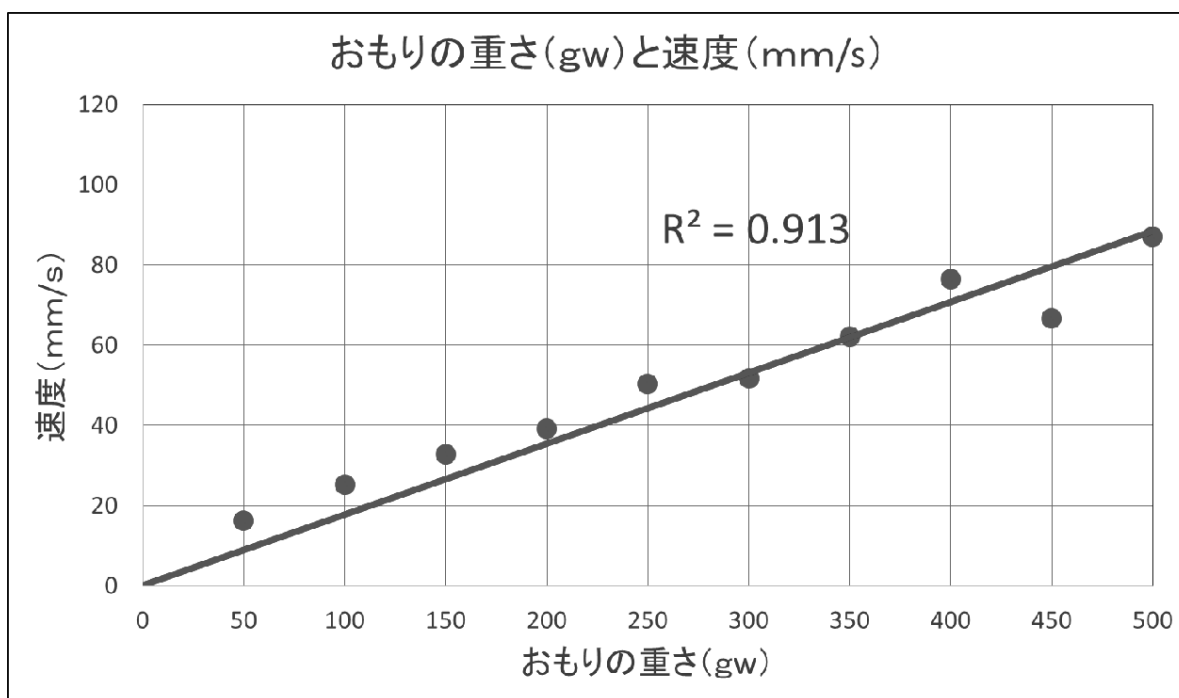
実験装置の模式図



実験結果



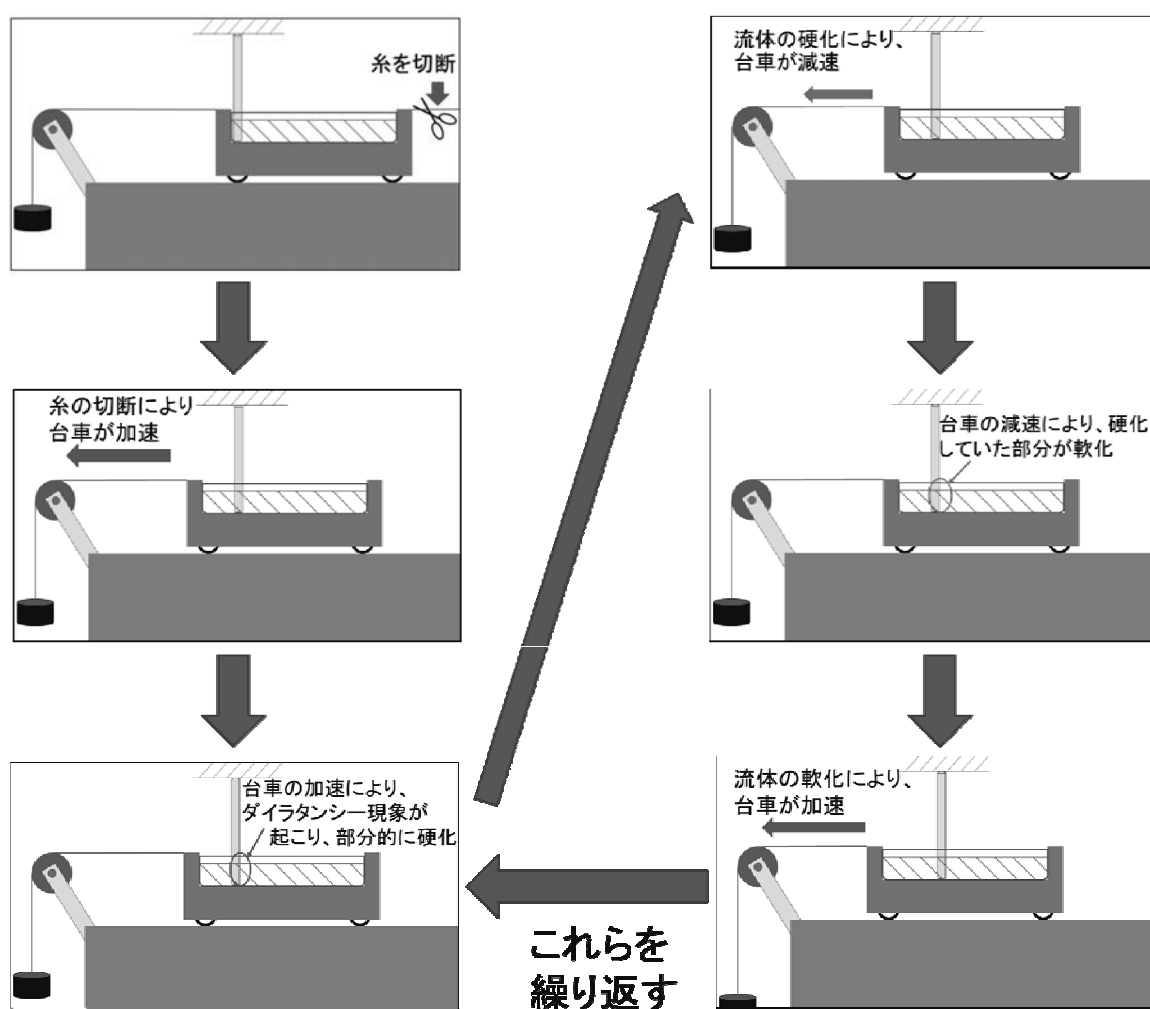
グラフは時刻と速度の関係を表しており、直線はグラフの線形近似曲線である。



グラフ中の散布図はおもりの重さと速度の関係を表しており、直線は散布図の線形近似曲線である。

考察

- ① 各重さのグラフの線形近似曲線がほぼ水平になったことから、台車はほぼ等速直線運動したことがわかった。そのことからおもりの重さと流体にはたらく棒からの抵抗力がほぼ釣り合っていると考えた。
- ② おもりの重さと速度の関係のグラフから、おもりの重さと速度は比例関係があることがわかった。
- ③ ①と②から、抵抗力と速度には比例関係があると判断した。
- ④ 50g のグラフから、台車は加速と減速を繰り返していることがわかった。それは以下のメカニズムで起こっていると考えた。



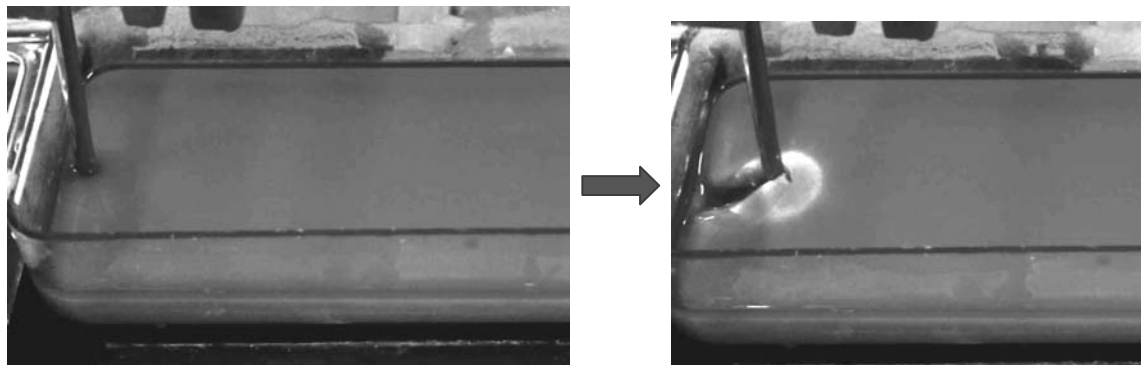
実験 2

実験 1 の結果がダイラタンシー現象によるものなのかという指摘を受けたため、ダイラタンシー現象の発生を確認するために実験 2 を行った。実験 2 ではダイラタンシー現象の力を加えた部分から他の部分に水分が移動することを利用した。

実験方法

ダイラタント流体の溶媒を青インクで着色した水にした。また、おもりの重さは 500g で行った。10 分放置の後に上澄み液を取り除いた。その他は実験 1 と同じ方法で行った。

実験結果



スタート前

スタート直後

考察

水分が他の部分に移動したことで流体中に力を加えた棒の周りの色が薄くなったことから、実験 1, 2 においてダイラタンシー現象が起こっていると考えられる。

結論

ダイラタント流体にはたらく棒からの抵抗力と台車の速度には比例関係がある。また、台車の加速減速運動はダイラタンシー現象によるものだと考えられる。

今後の課題

- ・ 500g より重いおもりを用いて実験したい。
- ・ スタート直後の加速度運動を解析したい。そのためによりコマ数の多いカメラを使用したい。

反省・感想

使用したダイラタント流体がカビやすいために保存することが出来なかったり、1 セットの実験をするのに半日掛かってしまったり、実験しても解析には半月以上掛かってしまうなど時間に関する制限が厳しかった。

今後ダイラタンシー現象の研究を行う人がいるなら時間制限を少しでも緩和するために、流体をカビさせない保存方法を探したり、共同研究者を見つけたりしてから行うべきだと思う。研究すればするほど疑問点が見つかるので、やりたい実験はまだたくさんある。ダイラタンシー現象の研究は自分にとってはとても興味深い研究だった。