

# 容器内で局所的に雲を作ろう

2年D組 物理班 加藤優大 黒澤玲乃 佐用駿斗 白木優菜 三浦大和

## 要約

容器内で雲を局所的に発生させることができないかと思案し、実験を行った。そして、その条件を調べることにより容器内の雲のメカニズムについて理解し、インテリアなどの観賞用の家具に利用できるのではないかと考えた。上記のことを検証するため、アクリル板で製作した容器を用いて実験を行った。また、熱流体の挙動について、シミュレーションを実施した。その結果をもとにさらに実験を行った。実験結果より局所的に雲を作ることは可能であるが、それは一時的なものであり一定時間が経過すると霧散してしまうという研究成果を得ることができた。

### 1. 研究の目的

容器内で局所的に雲を作ることができる条件や空気の様子を調べ、その状態時の圧力や温度、気流から雲のメカニズムを理解する。

### 2. 研究テーマを選んだ動機・背景

中学校の時の実験では真空中に近い状態にして、雲を発生させた。そこから室内で雲を作ろうと考えたが、高校生の私達では用意することのできない環境や機材などが必要になるため、比較的条件の揃えやすい容器内で雲を作ろうとした。先行研究ではフラスコ内上部に雲を発生させていたので、私達は雲を容器内で局所的に作るために本研究を行った。

### 3. 研究の意義

本研究を行うことで、容器内での雲のメカニズムについて理解し、インテリアなどの観賞用の家具に利用することができる。また、雲を身近に感じることで多くの人々が科学に興味を持つようになるのではないかと考えた。

### 4. 追実験

#### 4-1 原理と仮説

雲が発生する原理は、上昇気流に乗って水蒸気を多く含んだ空気が上昇し、凝結することで雲粒子に変化する。その雲粒子が多数集まって一つの塊が形成される。その形成された塊に光が当たることで、雲を視認できるようになる。

このことから、容器内で上昇気流を生み出すことで雲を発生させることができると仮説を立てた。

#### 4-2 実験方法

横幅・奥行き0.20m、高さ0.85mのアクリル容器（図1）で実験を行う。容器内を霧吹きで湿らせ、線香の煙で満たしてから容器内を密閉する。容器上部を氷で冷却し、下部の鉄板をガスバーナーで加熱する。容器内上部、下部に設置している温度計で雲が上部のみに発生したことを確認できた時の温度を測定する。十分な時間が経過してからレーザーポインターを容器上部と下部にそれぞれ通過させ、光の散乱を確認することで雲の発生を判断する。

#### 4-3 実験結果・考察

容器内上部の温度25°C、下部の温度36°Cという結果となった。その状態のとき、容器内上部に霧を確認した。容器内上部、下部にレーザーポインターを当てると、下の写真のように上部では光の散乱が確認できた（図2）。下部では散乱や屈折が確認できなかった（図3）。上記の実験結果を踏まえて、容器内に温度差を生み出すことで上部に雲が発生するといえる。

容器上部の様子



図2

容器下部の様子

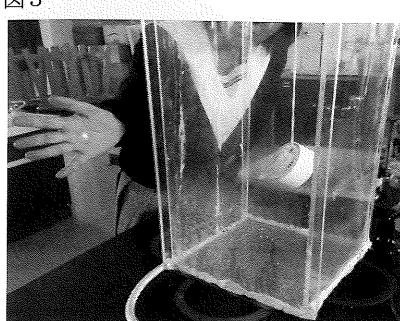


図3

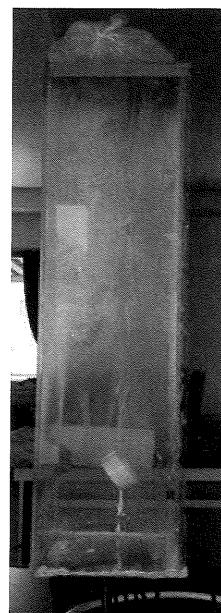


図1

#### 4—4 仮説

温度差によって発生する上昇気流が雲を作る要因ではないかと仮説を立てた。この仮説を検証するために、シミュレーションソフトを使用して熱流体の動きの様子を調べる。

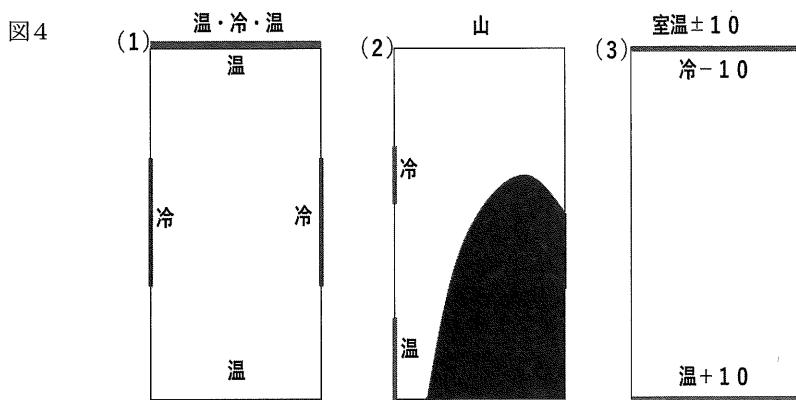
#### 5. 热流体シミュレーション

##### 5—1—1 原理・予想

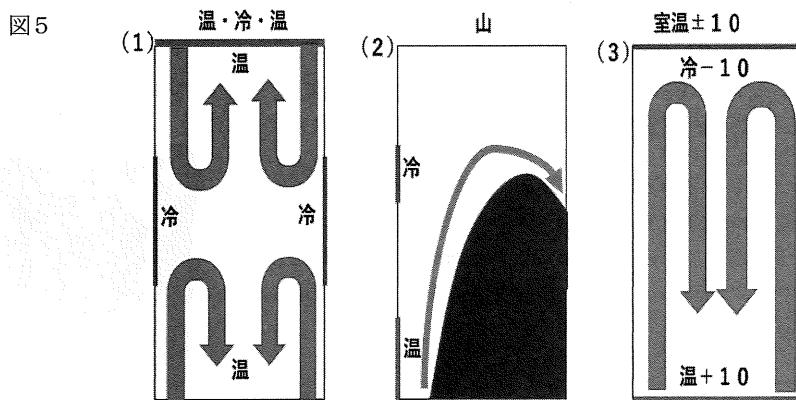
*Flow square+*というWindowsのペイントを利用して作成したビットマップ形式のファイルを読み込むことにより、2次元や3次元内での熱流体の挙動についてシミュレーションすることが可能になるソフトウェアを使用して、次の三つの状況下(図4)で温度差によって発生する気流のシミュレーションを行った。

- (1) 上部と下部を加熱(320K)、中部を冷却(280K)した。
- (2) 山の麓付近を加熱(300K)、頂上付近を冷却(300K)した。
- (3) 室温から±10°Cになるように、上部を冷却(290K)、下部を加熱(310K)という雲を発生させるうえでの理想条件とした。

※外気は一律(300K)。壁は全て断熱条件。

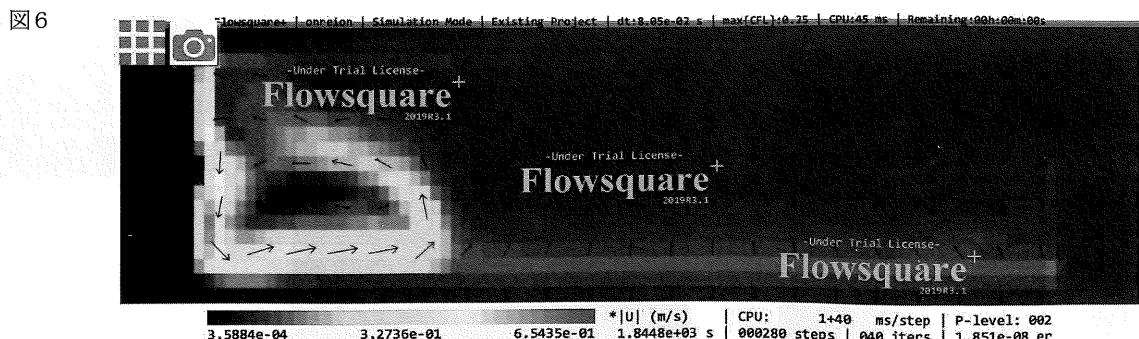


シミュレーション前の予想として温度差により発生する気流は図5のようになると考へた。



##### 5—1—2 結果・考察

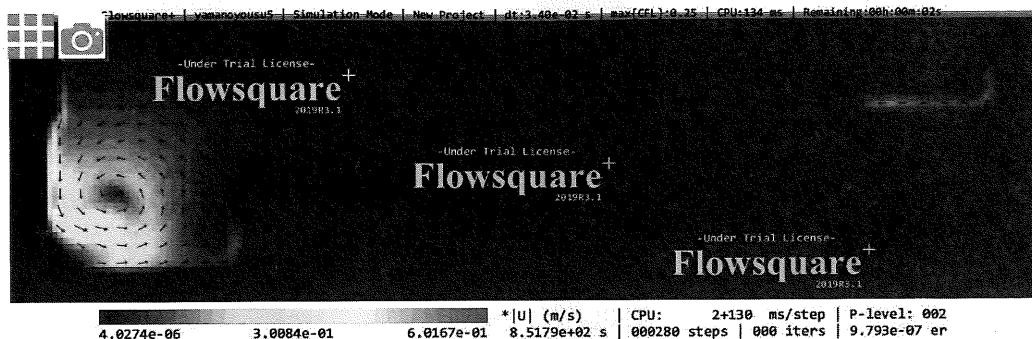
図4(1)の検証結果は図6のようになった。



流速の青色の部分の速度が $0.3 \text{ mm/s}$ で赤色の速度は $654 \text{ mm/s}$ を表している。このことから、気流はほとんど発生していないといえる。

図4(2)の検証結果は図7のようになった。

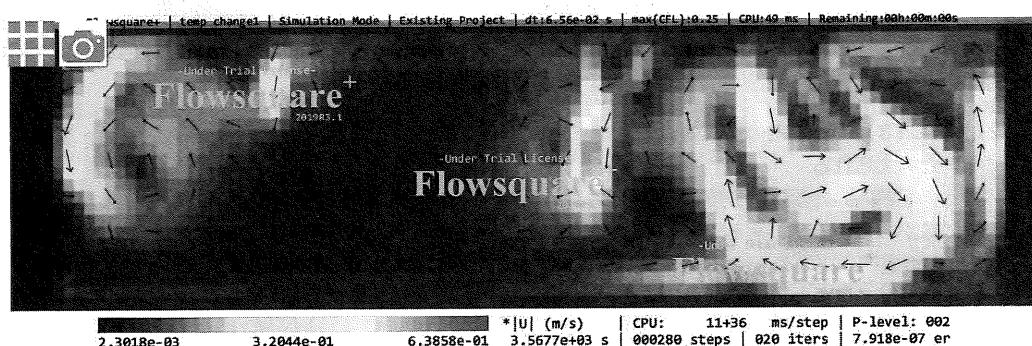
図7



青色の部分の速度が $0.004 \text{ mm/s}$ で、赤色の部分の速度は $601 \text{ mm/s}$ なので、これも気流はほとんど発生していないといえる。

図4(3)の検証結果は図8のようになった。

図8



青色の部分の速度が $2.3 \text{ mm/s}$ で赤色の部分の速度は $638 \text{ mm/s}$ なので、これも気流はほとんど発生していないといえる。

このすべての結果で流速がほぼないことから、温度差によって生じる上昇気流などの気流は雲を作る条件の一つではないことが分かった。ここで温度差により変化するもう一つの要素である圧力差に注目した。

### 5-2-1 原理

ここで solid works という圧力分布、温度分布、流速をシミュレーションすることができるソフトウェアを使用した。秋田県立大学准教授高橋武彦先生に助力を乞い、シミュレーションによる検証を行った。

### 5-2-2 結果・考察

図9は一定時間経過し、容器内が安定した後の図4(1)の気流のシミュレーション結果である。気流は一定方向には向っておらず上昇気流とはいえないものであり風速もほぼ動いていない状態のため雲が発生される原因は気流でないと考える。

図10は一定時間経過し、容器内が安定した後の図4(1)の温度のシミュレーション結果である。全体のほとんどが青色に属している。この結果から温度は一様に広がったといえる。

図11は一定時間経過し、容器内が安定した後の図4(1)の圧力のシミュレーション結果である。一見、圧力差( $10.04 \text{ Pa}$ )が生まれているように見えるが、気圧の高低差とほぼ同じ値のため気圧差によるものだと考えられる。 $(p = \rho h g$  より  $1.25 \times 0.825 \times 9.80 = 10.4 \text{ Pa}$ )

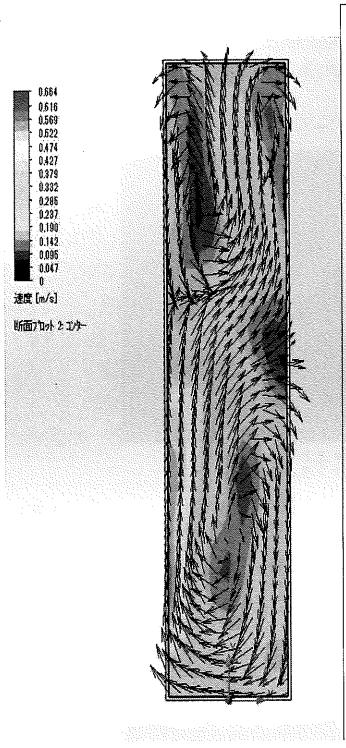


図9

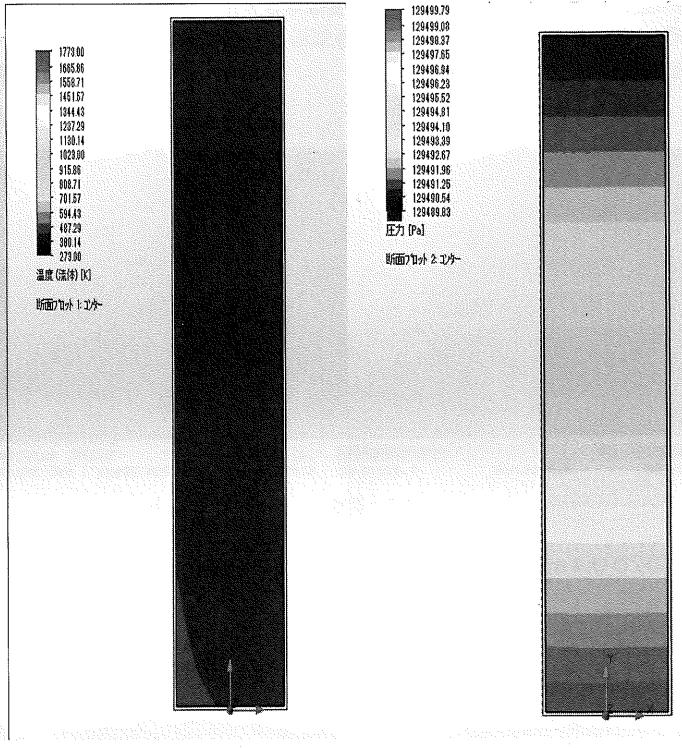


図10

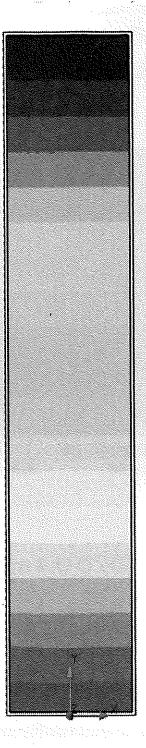


図11

統いて、図12は図4（3）の容器内の気流のシミュレーション結果である。この結果からも図9と同様に、雲が発生する原因は気流ではないと考えられる。

図13は図4（3）の容器内の容器内の温度が一定時間経った後のシミュレーション結果である。この結果からも図10と同様に温度は一様に広がっているといえる。

図14は図4（3）の容器内の圧力のシミュレーション結果である。こちらも図11と同様に圧力差（10.04 Pa）が生まれているように見えるが、気圧の高低差によるものだと考えられる。 $(p = \rho h g)$ より  $1.25 \times 0.825 \times 9.80 = 10.04 \text{ Pa}$

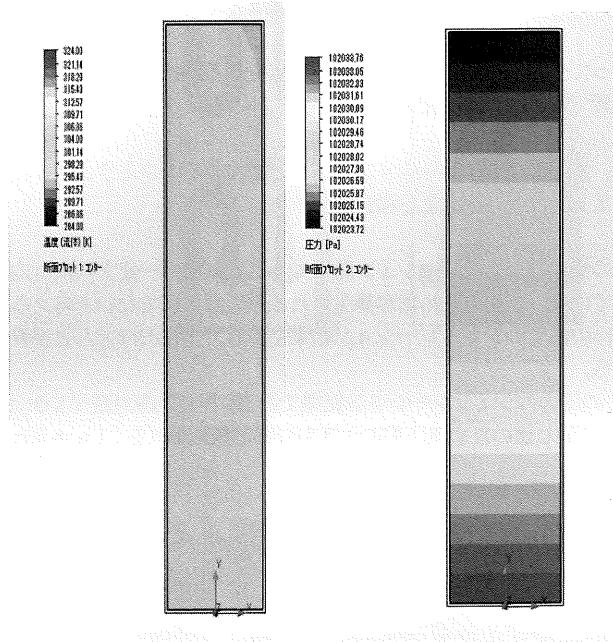


図12

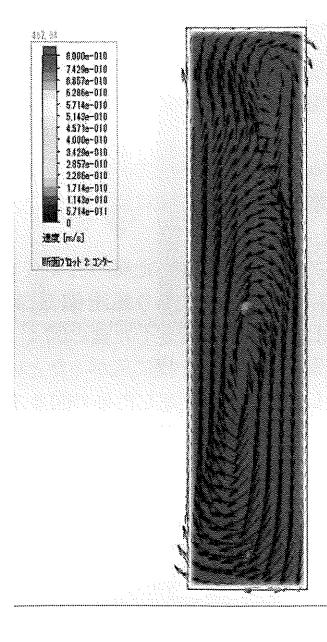


図13

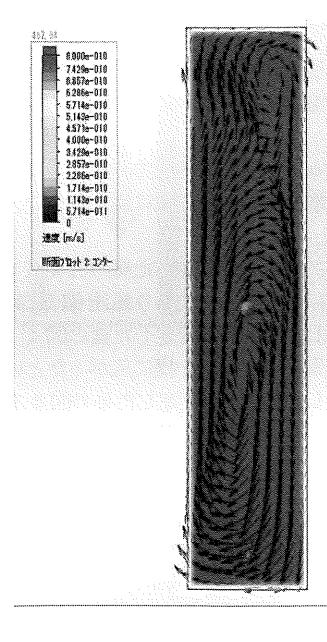


図14

これらの結果から一定時間経過すると、温度差や対流がほぼなくなるといえる。また、圧力差は大気圧とほぼ同じ数値のため、圧力差だけでは関連性がないと考えられる。

よって、局所的かつ一時的に雲をつくるのが霧散してしまうといえる。

### 5-2-3 仮説

5-2-2より、時間が経過すると雲は発生してもいずれは消えてしまう。加熱直後は温度差や圧力差があるはずである。よって、時間経過とともに容器内の温度・圧力測定を行えば、雲が発生している間の条件があることを発見できるのではないか。仮説の補足として、地上の気圧を1気圧 ( $1.013 \times 10^3 \text{ hPa}$ ) とみなすと、下層雲のできる範囲の最大値である2000mと地上の気圧差は23.5hPaである。

## 6. 局所的に雲が発生する際の圧力差および温度差

### 6-1 方法

アクリル容器内の圧力差および温度差と熱原体に接する金属板の温度を測定するために、追実験で利用したアクリル容器内にデジタル温度計、圧力計を設置し、金属板にもデジタル温度計を当てて実験を行う。実験は、追実験と同様の方法を30分間実施し、30sに1回数値を記録する。

### 6-2 実験結果・考察

アクリル容器内下部の温度、圧力ともに常に上昇していた。実験開始から180s後には雲の発生が確認できた。360s後に下部の圧力と上部の圧力が逆転した。その時、雲の境界線がはっきりし、アクリル容器内下部に設置した温度計の周辺の露がなくなった。また、上部と下部の圧力差が大きくなるほど雲の境界線が上方に移動した。

図15 内部の温度変化

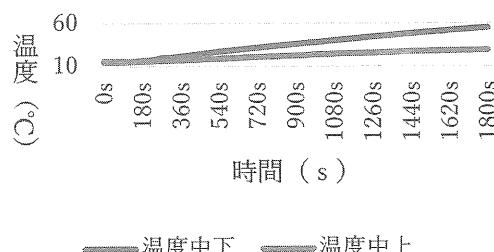
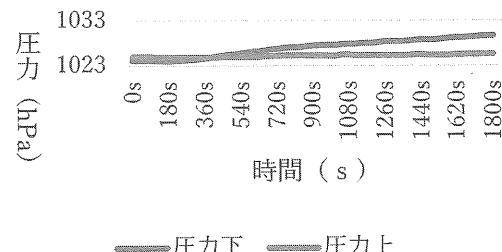
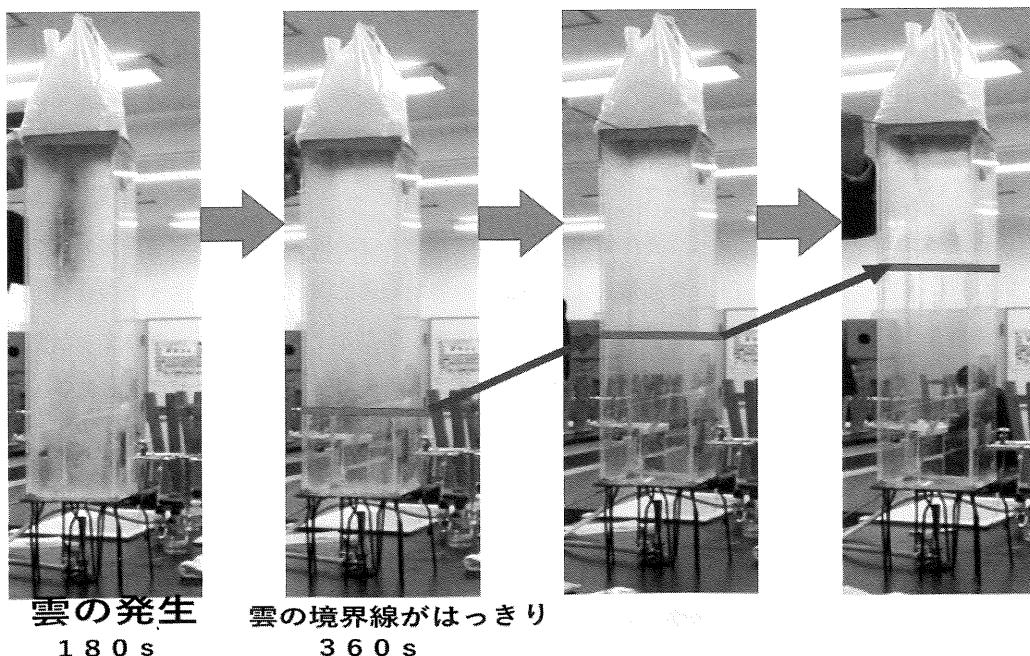


図16 内部の圧力変化



これらの結果を踏まえ、気体の温度差によって生じる圧力差が一時的な雲を発生させる要因だと考えられる。しかし、容器の作製に使用したアクリル板では容器内から熱が逃げてしまい、温度が一定にならなかったと考え、容器内から熱が逃げないよう工夫をする必要がある。

図17



### 6-3 仮説

圧力差が大きくなるほど雲の境界線が上方に移動したことから、今回の測定時間よりも長く実験することで、5-2-2で立てた考察が実証されるのではないか。また、アクリル容器を梱包材で覆うなどの断熱方法を行うことで、より正確な数值を得られると考えられる。

## 7. 研究結果・考察

これらのシミュレーションの結果から、局所的かつ一時的に雲を発生させることは可能だが、一定の時間を越えると、雲が霧散してしまうと結論づけた。

## 8. 今後の展望

上記の結果と考察より、温度差と圧力差は、どちらも雲を発生させるために必要な条件ではあるが、容器内で局所的かつ継続的に発生させるための条件としては不十分だと分かった。

## 9. 引用・参考文献

荒木健太郎（2017）；雲を愛する技術、光文社

荒木健太郎（2018）；雲の教室、光文社

河野拓人 谷川諒 森越洋行 坂本康直 丸山恵李佳 米長克昌（2010）；小さな雲をつくろう！！

