

# 落下条件とミルククラウンの角の数の関係性

## Relationship between falling conditions and the number of corners of the milk crown

### Abstract

A milk crown is a phenomenon in which a crown is formed when a drop of liquid falls on the surface. The purpose of this study is to determine whether the number of corners is consistent and, if consistent what makes it so? To conduct our research, three experiments were prepared: a height change experiment, drop size change experiment and viscosity change experiment. From this, it can be seen that the height and drop size affect the number of corners of the milk crown.

### 1. はじめに

ミルククラウンとは何か、また、どのようにしてできるのかについて説明する。ミルククラウンとは、牛乳などの若干の粘性を持つ液体において、液体を張った容器に上から一滴落とすと美しい王冠状を形成する現象のことだ。今回私たちは、王冠の先の粒一つ一つのことをミルククラウンの角と呼んでいる。次に、私たちが考えるミルククラウンができる条件について説明する。一つ目は、落とした液体がシャーレの底につくことである。これは、シャーレ内の液体の量を多くし落とした液体が底につかないよう実験したときにミルククラウンができなかったからだ。二つ目は、落とした液体がシャーレに付くとき周りにあらかじめ液体があることである。これは、シャーレに液体を落としたとき、一滴目はミルククラウンができなかったが二滴目以降はミルククラウンができたからである。そしてミルククラウンは、写真1では黒色で示されている、内側が落とした液体で、白色で示されている、外側がシャーレ内の周りの液体で構成されていることが明らかになった。

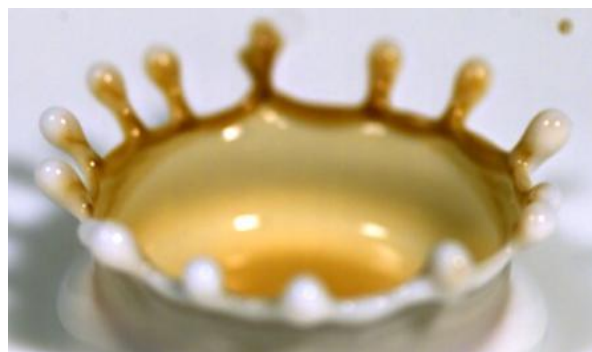


写真1

### 2. 目的

昨年度の研究を通してミルククラウンの角の数に規則性があるのか、もし規則性があれば何が影響しているのかということについて疑問に感じたため、このテーマで研究を進めようと考えた。この研究の目的は、ミルククラウンの角の数の規則性の有無と角の数に影響を与える条件を明らかにすることである。この目的を達成するために、

- (1) 液体を落とす高さ
- (2) 落とす一滴の粒の大きさ
- (3) 液体の粘度

の3つの条件を設定し、対照実験を行った。

### 3. 仮説

- (1) 液体を落とす高さを変える実験では、高さを高くすると粒が衝突するときの速さが速くなり衝撃が大きくなるため、角の数が増えると考えた。

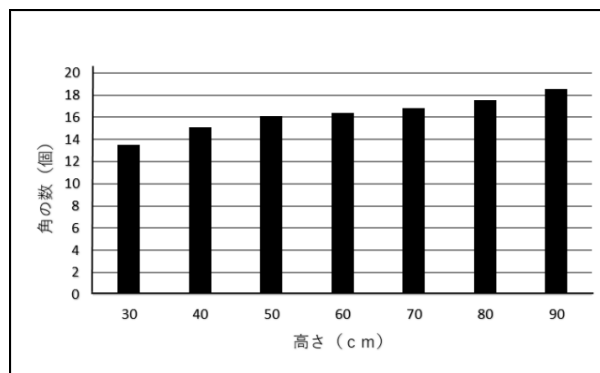
- (2) 落とす一滴の粒の大きさを変える実験では、粒を大きくすると粒が水面にぶつかる面積が大きくなり受ける衝撃が大きくなるため、角の数は多くなると考えた。
- (3) 液体の粘度を変える実験では、粘度を高くすると流動性が低くなるため、角の数が少なくなると考えた。

#### 4. 研究方法

- ① シャーレ内に 10mL の液体（（1）（2）では牛乳、（3）ではカルピスと水を混ぜたもの）を入れる。
- ② マイクロピペット（P1000）を用いて食紅で色をつけた①と同じ液体を 1 滴落とす。
- ③ （1）高さを変える実験では、高さ 30cm～90cm の範囲で 10cm ずつ高さを変えて測定する。  
（2）粒の大きさを変える実験では、マイクロピペットのチップの先端を切って、直径 0.1cm～0.8cm の範囲で 0.1cm ずつ変えて測定する。  
（3）液体の粘度を変える実験では、カルピスと水の混ぜる割合を体積比 1:9～9:1 にして測定する。
- ④ これらの実験を iPhone11 で撮影しながらそれぞれ 30 回ずつ角の数を計測する。

#### 5. 実験結果

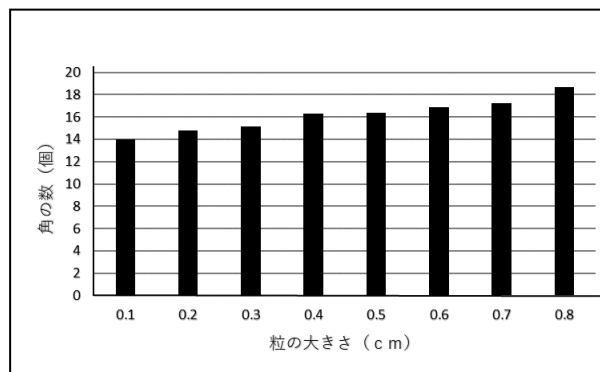
##### （1）高さを変える実験



グラフ 1 高さ と 角の数の関係

グラフの横軸が高さ、縦軸が角の数を表していて、実験 30 回で得られた測定値の平均値をグラフにした。このグラフから、高さを高くするほど角の数が多くなることが分かった。この実験の平均値の最大値（90 cm のとき）と最小値（30 cm のとき）の差は 5 個であった。

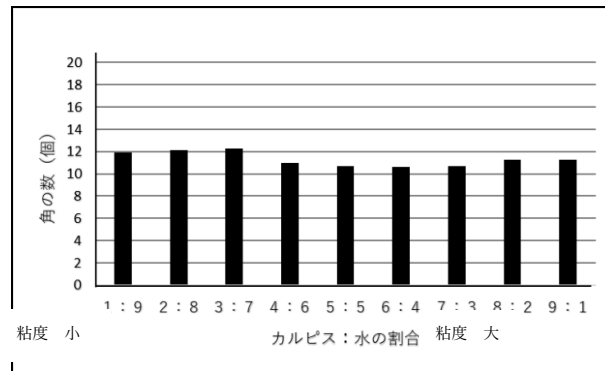
##### （2）粒の大きさを変える実験



グラフ 2 粒の大きさと角の数の関係

グラフの横軸が粒の大きさ、縦軸が角の数を表していて、同様に実験 30 回で得られた測定値の平均値をグラフにした。このグラフから、粒の大きさを大きくするほど角の数は多くなることが分かった。この実験の平均値の最大値（0.8 cm のとき）と最小値（0.1 cm のとき）の差は 4.7 個であった。

### (3) 粘度で変える実験



グラフ 3 粘度と角の数の関係

横軸が粘度、縦軸は角の数を表していて、同様に実験 30 回で得られた測定値の平均値をグラフにした。このグラフから、粘度を変えても角の数にあまり変化が見られないことが分かる。この実験で得られた平均値の最大値（3:7 のとき）と最小値（6:4 のとき）の差は 1.7 個であった。

(4) この 3 つの実験のミルククラウンの角の数を計測しているうちに、角の数は偶数個になる確率が高いことに気付いた。表 1～表 3 はそれぞれの条件における角の数が偶数個・奇数個であった回数であり、それらをまとめたものが下のグラフ 4 だ。

表 1 それぞれの高さにおいて角の数が偶数個・奇数個であった回数

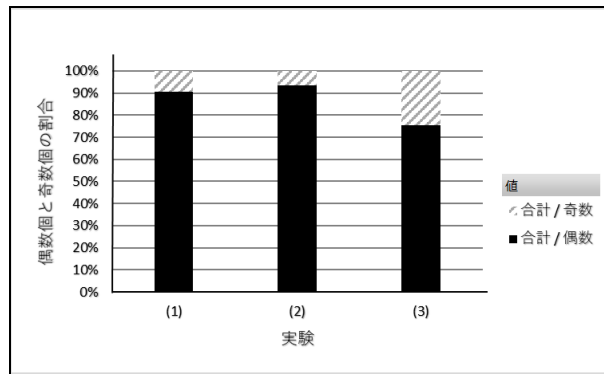
高さ	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	90 cm
偶数 (回)	23	23	24	28	30	29	28
奇数 (回)	7	7	6	2	0	1	2

表 2 それぞれの粒の大きさにおいて角の数が偶数個・奇数個であった回数

粒の大きさ	0.1 cm	0.2 cm	0.3 cm	0.4 cm	0.5 cm	0.6 cm	0.7 cm	0.8 cm
偶数 (回)	25	25	25	28	26	26	30	30
奇数 (回)	5	5	5	2	4	4	0	0

表 3 それぞれのカルピス：水の割合において角の数が偶数個・奇数個であった回数

割合	1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3	8:2	9:1
偶数 (回)	20	19	20	20	20	21	20	25	25
奇数 (回)	10	11	10	10	10	9	10	5	5



グラフ4 偶数個と奇数個の割合

横軸が実験の種類、縦軸が割合を表していて、黒色が偶数個のとき、灰色が奇数個の割合である。このことから、偶数個は全体の85%で奇数個は全体の15%であることが分かった。

## 6. 考察

(1)の結果は、高さを高くするほど一滴の落下速度が速くなり、シャーレ内の液体への衝撃が大きくなったためだと考える。

(2)は、粒の大きさを大きくするほど水面にぶつかる面積が大きくなり、衝撃が大きくなったためだと考える。

(3)は、混ぜる割合を変えても大きくは粘度の差を作り出せなかったことと、混ぜ方を統一していなかったためシャーレ内の濃度が均等ではなかったからだと考える。

また(4)の表から、(1)では高さを高くするほど偶数個になる確率が高くなっていて、(2)では粒の大きさを大きくするほど確率が高くなっている。

この二つの共通点はシャーレ内の液体への衝撃がより大きいことだ。衝撃が大きいことによって液体が上手く流動し、ミルククラウンの本来のあるべき姿を形成したのだと考える。角の数が偶数個のときは角の間隔が均等であったことから、何らかの要因で偶数個というのが安定な状態であり、形成確率が高くなると考えた。しかし、この何らかの要因というのが何であるかはまだ明らかにできていないので、なぜ偶数個になる確率が高くなるかは解明できなかった。

## 7. 結論

ミルククラウンの角の数には規則性があり、落とす高さと一滴の粒の大きさが角の数に影響を与える。

## 8. 今後の課題

ミルククラウンの形成において、角の数が偶数個になる確率が高くなる要因を明らかにする。(3)で濃度が高くなるとなぜ偶数個になる確率が高くなるかを明らかにする。

## 9. 参考文献

- ・未体験映像の世界 ミルククラウン  
<https://www.photron.co.jp/mitaiken/milk.html>
- ・「ミルククラウンに関する研究」郡司博史・石井秀樹・斉藤亜弓・酒井敏  
[http://www2.nagare.or.jp/mm/2003/gunji/index\\_ja.htm](http://www2.nagare.or.jp/mm/2003/gunji/index_ja.htm)
- ・「水面波の研究」諏訪司  
[http://www2.gol.com/users/sizukayo/sub/sub1/03suimennhagakuseika\(2\).pdf](http://www2.gol.com/users/sizukayo/sub/sub1/03suimennhagakuseika(2).pdf)