

# 瀬戸内海(岡山・香川間)における海水のイオン濃度の考察

岡崎真由 梶内遥菜 田邊伶夏 山上真凜  
指導者 原田香織 中屋亜希子 大橋崇 Yakubu Abdallah

## 要旨

本研究では、測定機器がない高校の実験室でも可能な測定方法を用いて、瀬戸内海の海水及びそれにつながる河川水の塩化物イオンと硫酸イオンの濃度を測定することにより、採取場所とイオン濃度との相関関係を考察した。

実験の結果、倉敷天城高校の設備で塩化物イオンと硫酸イオンの濃度をそれぞれモール法、重量法を用いて測定できることが確認できた。香川県側のA, B, C地点では、塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度がともに比較的大きい傾向があり、逆に岡山県側のD, E, F地点ではともに濃度が小さい傾向が見られた。岡山県に近い地点の方が、河川水の流入の影響が大きいものと考えられた。また、岡山県倉敷市児島地区を流れる小田川の河川水を用いた実験の結果より、河口から1.5 km地点でイオン濃度に大きな隔たりがあったことから、この付近が海水と河川水の境界線であると考えられた。

## 1. 序論

岡山県には、高梁川や吉井川などの一級河川が存在し、河川水中に存在する各種イオン濃度のデータが数多く存在している。しかし、小規模な二級河川には一級河川に比べ、イオン濃度のデータは少ない。<sup>1)</sup>

そこで我々は、瀬戸内海(岡山・香川間)の6地点のイオン濃度と小規模な河川でのイオン濃度を測定して比較することにより、採取場所とイオン濃度との相関関係を考察することを目的とした。

## 2. 研究内容

### 実験1. 人工海水を用いたモール法の検証

#### <目的>

人工海水を用いたモール法で海水に含まれる塩化物イオンを正確に測定できるか検証する。

#### <試料>人工海水

(組成:NaCl 28.50g/L, MgSO<sub>4</sub> 6.82g/L, MgCl<sub>2</sub> 5.16g/L, CaCl<sub>2</sub> 1.47g/L, KCl 0.73g/L)<sup>2)</sup>

#### <薬品・器具>

硝酸銀水溶液(0.1 mol/L), クロム酸カリウム水溶液(0.1 mol/L), 試料, ビュレット, ビュレット台, 攪拌子, ホールピペット(10mL), マイクロピペット, コニカルビーカー, スターラー  
海水に含まれる塩化物イオンの理論値:  $1.99 \times 10^4 \text{ mg/L}$ <sup>3)</sup>

#### <実験方法>

- ① 試料を10.0mLホールピペットでとり、コニカルビーカーに移し、そこに指示薬としてマイクロピペットでクロム酸カリウム水溶液を1mL加える。
- ② ①のコニカルビーカーに、ビュレットを用いて硝酸銀水溶液を滴下し、赤褐色の沈殿が消え

- なくなる時を終点として滴下をやめる。  
③ 同じ操作を繰り返し、5回滴定を行う。

<結果>

表1 モール法の検証実験

回数	滴下量 (mL)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)
1回目	5.70	2.02×10 <sup>4</sup>
2回目	5.64	2.00×10 <sup>4</sup>
3回目	5.67	2.01×10 <sup>4</sup>
4回目	5.67	2.01×10 <sup>4</sup>
5回目	5.62	2.00×10 <sup>4</sup>
平均	5.66	2.01×10 <sup>4</sup>
理論値	5.68	2.02×10 <sup>4</sup>

理論値に非常に近い値を求めることができたため、海水や河川水に含まれる塩化物イオン濃度の測定が可能であるとわかった。

## 実験2. 瀬戸内海の海水の塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度

<目的>

計6地点〈与島・坂出・高松・児島・玉野・直島〉での海水中のイオン濃度を、モール法と重量法を用いて測定する。

<仮説>

モール法と重量法を用いることで6地点の塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度の測定が可能である。

<試料>海水(与島・坂出・高松・児島・玉野・直島)

<薬品・器具>

モール法：実験1と同様

重量法：試料, 精製水, 塩化バリウム水溶液(1%), 濃塩酸, 硝酸銀水溶液(0.1 mol/L), ウォーターバス, ビーカー(100mL, 500mL), マイクロピペット, こまごめピペット, ガラス棒, ホットスターラー, 定量用ろ紙, 漏斗, 漏斗台, るつぼ, ガスバーナー, 三脚, 金網, 三角架, マッチ, 電子天秤

<実験方法>

モール法：実験1と同様

重量法：以下の通り

- ① ビーカーに2倍希釈した試料 150mL と濃塩酸 1 mL を入れ沸騰近くまで加熱する。
- ② 塩化バリウム水溶液 50mL を沸騰近くまで加熱する。
- ③ ②を激しくかき混ぜながら②を少量ずつ加えていく。できた硫酸バリウムの沈殿が沈むのを待ってさらに上澄み液に塩化バリウム水溶液を加えるようにし、これ以上沈殿が生成しなくなるまで続ける。
- ④ ビーカーをウォーターバス上で30分間加温する。
- ⑤ ④のビーカーの上澄みをろ過し、ビーカーに残った沈殿に温水を注いでかき混ぜ、沈むのを待

って上澄みをろ過する。

- ⑥ ⑤の操作を2度行ってから、沈殿をろ紙上に移し、ビーカーに少量の温水を入れビーカーの内壁を小さくちぎったろ紙片でぬぐい、ビーカー内の沈殿をろ紙に移す。
- ⑦ 温水でろ紙上の沈殿をCl<sup>-</sup>の反応がなくなるまで(ろ液を少量取り硝酸銀溶液を加えて白濁しなくなるまで)洗浄を繰り返す。
- ⑧ 洗浄したろつぼをガスバーナーで乾燥させ、放冷したのちに秤量する。
- ⑨ 沈殿の入ったろ紙はよく水を切った後、ろつぼに入れ、ガスバーナーでろ紙が灰化し、沈殿のみが残るまで加熱する。
- ⑩ 放冷後重さを計量し、⑧との差を硫酸バリウムとの質量とする。

## <結果>

表2 与島・坂出・高松・児島・玉野・直島での  
モール法と重量法の実験結果

地点	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
A 与島	1.85 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>3</sup>
B 坂出	2.00 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>3</sup>
C 高松	1.81 × 10 <sup>4</sup>	2.2 × 10 <sup>3</sup>
D 児島	1.60 × 10 <sup>4</sup>	2.0 × 10 <sup>3</sup>
E 玉野	1.68 × 10 <sup>4</sup>	2.0 × 10 <sup>3</sup>
F 直島	1.64 × 10 <sup>4</sup>	2.1 × 10 <sup>3</sup>

塩化物イオンは文献によると、海水中に平均 1.99 × 10<sup>4</sup> mg/L 含まれている<sup>3)</sup>ことから、B地点の坂出は平均的な塩化物イオンの濃度より高い。また、A, C, D, E, F地点の与島、高松、児島、玉野、直島については平均的な塩化物イオンの濃度よりも低い。

硫酸イオンは文献によると、海水中に平均 2.8 × 10<sup>3</sup> mg/L 含まれている<sup>3)</sup>ことから、A～F地点すべての地点において、平均的な硫酸イオンの濃度よりも低い。

## <考察>

香川県側のA, B, C地点では、塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度がともに比較的大きい傾向があり、逆に岡山県側のD, E, F地点ではともに濃度が小さい傾向が見られた。岡山県に近い地点の方が、河川水の流入の影響が大きいものと考えられる。

## 実験3. 小田川での塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度

岡山県倉敷市児島地区を流れる小田川(二級河川)で河口から0.5 kmごとに3.5 kmまで計8地点で河川水を採取し、塩化物イオンと硫酸イオンの濃度を測定した。

### <目的>

採取地点と塩化物イオンや硫酸イオンの濃度との間に相関関係があるのかを考察する。

### <仮説>

上流に行くにつれて、塩化物イオンの濃度と硫酸イオンの濃度は低くなっていく。

### <試料> 河川水(小田川河口付近)

< 薬品・器具 >

モール法：実験 1 と同様

重量法：実験 2 と同様

< 実験方法 >

モール法：実験 1 と同様

重量法：実験 2 と同様

< 結果 >

表 3 小田川での塩化物イオンと硫酸イオンの濃度

河口からの距離	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
0km 地点	1.82 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>3</sup>
0.5km 地点	1.81 × 10 <sup>4</sup>	2.3 × 10 <sup>3</sup>
1.0km 地点	1.72 × 10 <sup>4</sup>	2.2 × 10 <sup>3</sup>
1.5km 地点	40.0	0.5 × 10 <sup>3</sup>
2.0km 地点	44.0	0.2 × 10 <sup>3</sup>
2.5km 地点	36.0	0.3 × 10 <sup>3</sup>
3.0km 地点	35.0	0.3 × 10 <sup>3</sup>
3.5km 地点	33.0	0.3 × 10 <sup>3</sup>

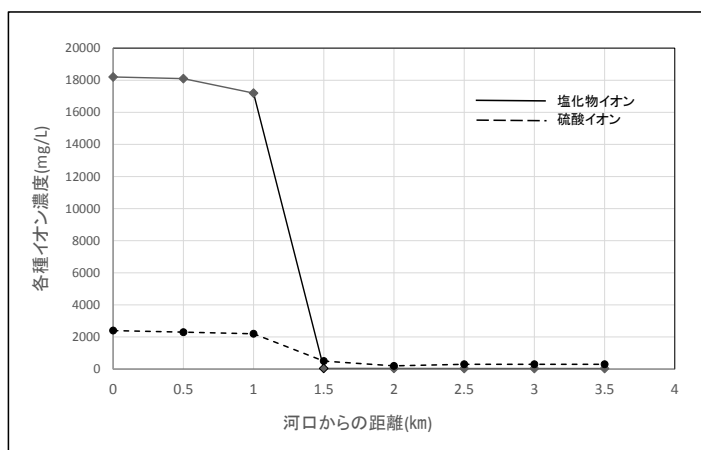


図 1 小田川の各種イオン濃度のデータ

< 考察 >

塩化物イオンと硫酸イオンはともに、河口から 1.5 km 地点で各種イオン濃度が小さくなってきていることから、小田川では、河口から 1.0 km 程度まで、海水が流入しており、河口から 1.5 km 地点付近が海水と河川水の境界線であると考えられる。

### 3. 結論

モール法と重量法を用いることで海水、河川水に含まれるイオン濃度が求められることが分かった。香川県側の A, B, C 地点では、塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度がともに比較的大きい傾向があり、逆に岡山県側の D, E, F 地点ではともに濃度が小さい傾向が見られた。岡山県に近い地点の方が、河川水の流入の影響が大きいものと考えられる。

また、河川水での実験を行い、小田川では、河口から 1.5 km 地点が海水と河川水の境界線であると考えられる。

#### 4. 参考文献

1) 平成 29 年全国一級河川の水質現況

[http://www.mlit.go.jp/river/toukei\\_chousa/kankyo/kankyou/suisitu/h29\\_suisitu.html](http://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kankyo/kankyou/suisitu/h29_suisitu.html)

2) 人工海水の作り方

<http://marine.morinoyufuin.jp/feeding/makeasw.htm>

3) 上ノ山周：海水の疑問 50：成山堂書店

4) 塩化物イオン - 国土交通省

[http://www.mlit.go.jp/river/shishin\\_guideline/kasen/suishitsu/pdf/s08.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/suishitsu/pdf/s08.pdf)

5) 岡山県高等学校理科協議会化学分科会：化学実験と考察 化学：岡山県高等学校理科協議会(2019)

6) 重量分析

[http://timetraveler.html.xdomain.jp/pdf/5-5\\_gravimetric.pdf](http://timetraveler.html.xdomain.jp/pdf/5-5_gravimetric.pdf)

# インターネットから見る興味関心と売上の関係について

岩倉優也 漆中皇介 河内佑真 藤井宏耀 藤井菜々香

指導者：花房真輝

## 趣旨

かつて人々は口コミで商品に対する情報を他者と共有し購入するか否かを考えていた。昨今ではそれがネット上で行われることも増え、消費者の意思が表面化している。そこで我々は特定の商品に関するツイート数と検索数と売上げがどのような関係にあるかを調べた。結果ツイート数と検索数に相関があるものは売上げとも相関があることがわかった。また、相関が見られた商品と見られなかった商品のレビューを比べると、相関が見られなかった商品は評価が低いことがわかった。そして我々は売上げに関係する変数が他にもあるのではないかと考え、その変数を見つけ出すことにした。

In the past, People shared product information with others through word of mouth and thought about whether to purchase. Nowadays, it is increasingly done online, and consumers' willingness is surfaced. Therefore, we investigated the relationship between the number of tweets, the number of searches. As a result, it was found that in the products that the number of tweets correlated with the number of searches they correlated with sales. In addition, comparing customer reviews of products with and without correlation, it was found that products with no correlation had a low evaluation. Based on this, we thought that there might be other variables related to sales and decided to find those variables.

キーワード：ツイート数, Googleトレンド, カスタマーレビュー, インターネット普及率

## 1. 序論

近年、インターネットが普及して、消費者の意思が表面化してきている。ところが、話題になっていても売れる商品と売れない商品があることなど不可解な点が見受けられる。そこで我々は売れる商品には話題になるということ以外にも別の要因があるのではと考えた。また、その要因を満たしている商品の中で話題の程度と売上げの関係を調べた。また、先行研究によると、ツイート数の推移よりモデルを作成し、ブームを可視化し今後の動向を推測できると述べられている。そこで我々は発売直後の商品のツイート数と検索数から売上げを推測できるようにすることを最終目標とした。

## 2. 研究内容

### 実験 1.

#### <目的>

正確なツイート数の取得

#### <結果>

TwitterのAPIには制限があり直近10日までのツイートしか取ることができないため、実験には使用できないことが分かった。直近30日間のツイート数の取得を可能としているYahoo!のリアルタイム検索機能を用い少数ではあるが、信憑性の高いデータを取得することに成功。しかし、十分なツイート数は取得できないためモデルの作成は断念。

### 実験 2.

#### <目的>

それぞれの商品ごとの検索数ツイート数の相関を見る

#### <実験方法>

Yahoo!リアルタイム検索機能を用い直近30日のツイート数の推移を,Googleトレンドを用い直近30日の検索数の推移を見て比べる。また,より正確に比較するために取得したツイート数のなかで最も多い日を100として割合で表示した。

<結果>

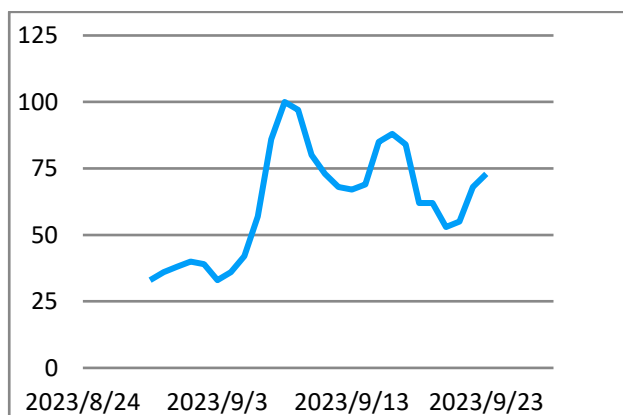


図1 モンハン 検索数

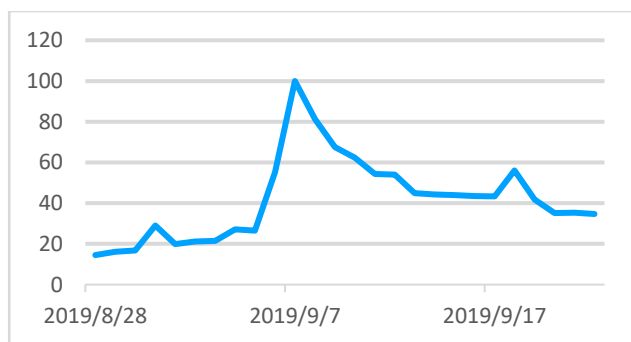


図2 モンハン ツイート数

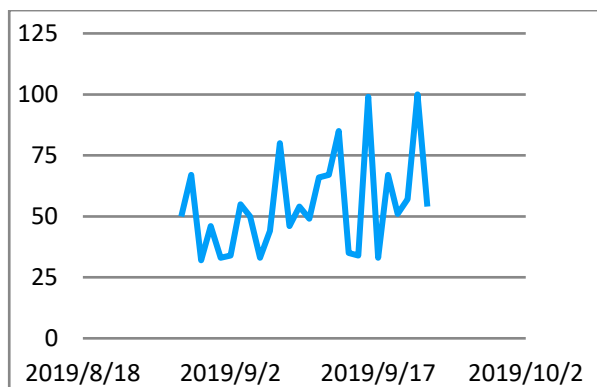


図3 ゼル伝 検索数

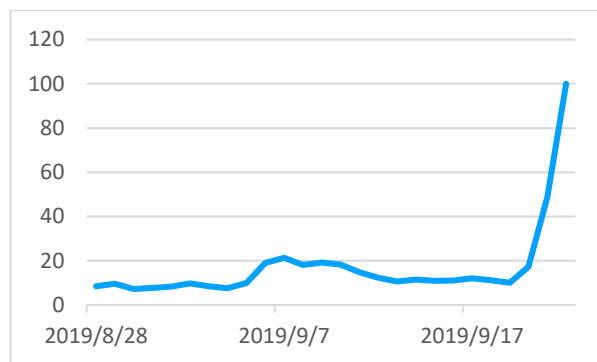


図4 ゼル伝 ツイート数

<考察>

ツイート数と検索数の推移とグラフの概形がおおよそ一致し,ツイート数と検索数の間に相関が見られる商品とそうでない商品にわけることができる。

実験2の結果を受け以降は取得できていない直近30日のツイート数も検索数と相関のあった商品についてはGoogleトレンドから得た検索数のグラフと推移が近似すると考え,検索数と売上の関係を探る。

実験3.

<目的>

検索数と売上に関係があるのか調べる

<方法>

検索数をGoogleトレンドで正式名称と公式の略称で調べ,合計値をグラフにし売り上げと比べる

<結果>

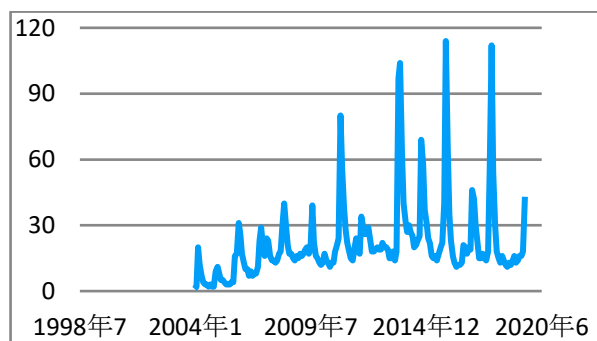


図5 モンハン 検索数

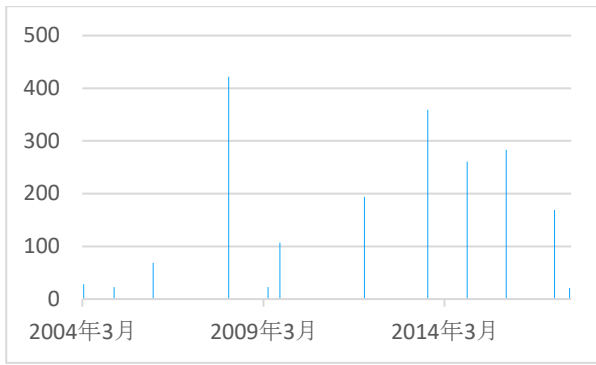


図6 モンハン 売上げ

<考察>

以上の結果より、同シリーズの中では検索数が多い商品は他の商品に比べ売れる傾向があると考えられる。より検索されている商品がより売れているとは限らないのは、売上げに関係する他の変数があるからと考える。ここで我々は話題性だけではなく商品自体の良し悪しも関係あるだろうと考えた。

実験4

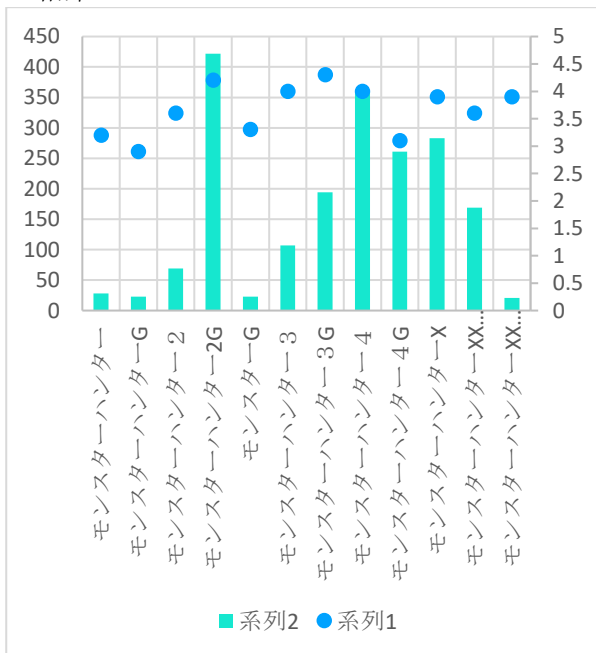
<目的>

売上げと評価の関係を調べる。

<方法>

歴代モンスターハンターの Amazon カスタマーレビューの星の数と売上げを比べる。

<結果>



<考察>

評価が高くても売れているとは限らず、レビュー評価と売上げには関係がないと考える。

3. 結論

インターネットで話題になっていることと売上げが関係を持っている商品はそうでない商品と比べ、ツイート数と検索数にも関係がある事がわかった。しかし、関係がない商品との差がなぜ生まれるかの理由はわからなかったため、今後解き明かしたいと考える。また、レビュー評価と売上げにはかんけいがみられなかった。炎上のような話題のなり方をした時にも同じ結果が得られるのかも調べてみたいと考える。

さらに、今回はツイート数を取得できずモデルの作成に至らなかったため、検索数のモデルの作成が可能か検証してみたいと考える。

4. 参考文献

1) 植田雄介, 朝日弓未 (2014) Twitter 利用者の関心以降モデルの構築と検証, オペレーションズ・リサーチ 4月号 2014年 Vol. 59 No. 4 219-228



パスタを折る速さと破片の数の関係  
磯山亜純, 重本鈴花, 武内悠仁  
岡山県立倉敷天城高等学校 理数科2年  
〒710-0132 岡山県倉敷市藤戸町天城 269

## 要旨

通常, 細長い物体は折られると2つに破断する。しかし, ロングパスタは通常3本以上に破断することがよく知られている。この現象に関しては2006年にイグノーベル賞を受賞した Audoly & Neukirch (2005)の報告が有名である。今回, 我々がまず手でパスタを折ってみたところ, 素早く折った場合のほうが, 破片の数が多くなるように感じられた。Audoly et. al. (2005)の報告ではパスタを折る速さには言及されていなかったため, 本研究では折る速さとパスタが3本以上に破断する確率の関係について調べた。パスタを特定の速さで折るために装置を自作し, 3パターンでパスタを折った。その結果, パスタを折る速さを速くするほど, 3本以上に折れる割合が高くなることが分かった。

## Abstract

Thin brittle rods often break into 2 pieces when they are bent too much. In the case of long pasta, they often break into more than 3 pieces. About this phenomenon, the report of Audoly et. al. (2005), which was awarded the Ig Nobel Prize in 2006, is widely known. In the beginning of our research, we broke 1,600 long pieces of pasta by hand. As a result, we found the bending speed may have a relationship with the number of broken pieces. Thus we studied the relationship between the bending speed and the number of pieces because they didn't mention about it in their report. To break pasta with a constant speed, we used a hand-made device and broke pasta at 3 different speeds. The result showed us that as bending speed increased, the proportion of pieces which broke into more than 3 pieces rose.

## 序論

もともと, パスタを手で折ると3本以上に破断することが多いことはよく知られている(図1)が, それはあくまで経験則的なものであり, Audoly & Neukirch (2005)<sup>1)</sup>らがこの事象についての研究を発表するまでは明確なメカニズムは長らく不明であった。彼らはこの研究で2006年にイグノーベル賞を受賞<sup>2)</sup>している。

予備実験として直径1.15mm, 1.4mm, 1.7mm, 1.9mmのパスタを手で折って, 破片の数を計測したところ, パスタの直径と破片の数の間には相関が無いように見受けられた。しかし, パスタを折ることに慣れ, 手際が良くなっていくにつれて, パスタを素早く折るようになった。すると3本以上に破断する割合が高くなったことに気が付いた。このことから我々は「パスタを速く



図1. 無作為に抽出したパスタを10本折った結果

折れば3本以上に折れる割合が高くなる」という仮説を立てた。

### 実験方法

パスタを特定の速さで折る必要があるため、専用の装置を自作した(図2)。この装置ではパスタの両端をクリップで支持しており、その一端を他端に等速で近づけることで折ることができる。なお、パスタを固定しているクリップは自由に角度が変わるようになっている。

使用したパスタはBarilla製 Spaghetti n.5 (直径1.7mm)で、パスタの一端を1.38cm/s, 3.63cm/s, 6.13cm/sの3パターンで他端に近づけて、それぞれのパターンで200本ずつ折った。今回、速さの数字が半端な値になっているのは、モーターを駆動させる際に電圧を基準(1.5V, 3.0V, 4.5V)にして制御を行ったためである。

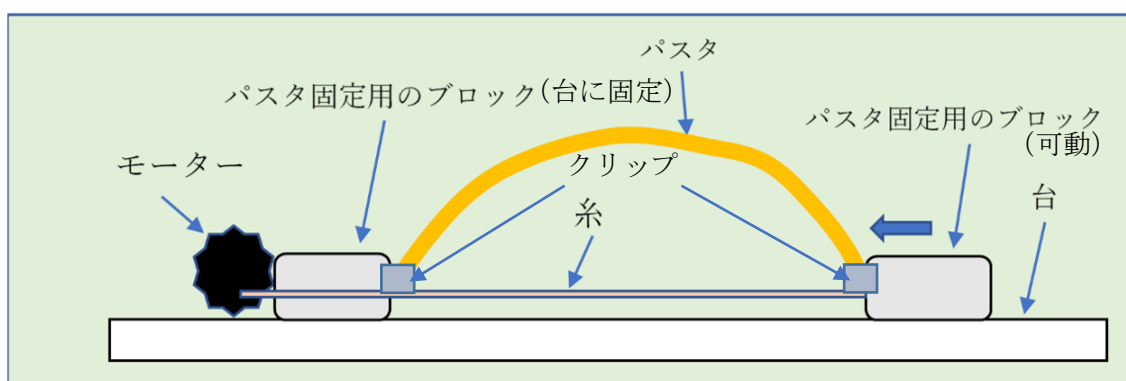


図2. 実験装置の模式図

### 結果

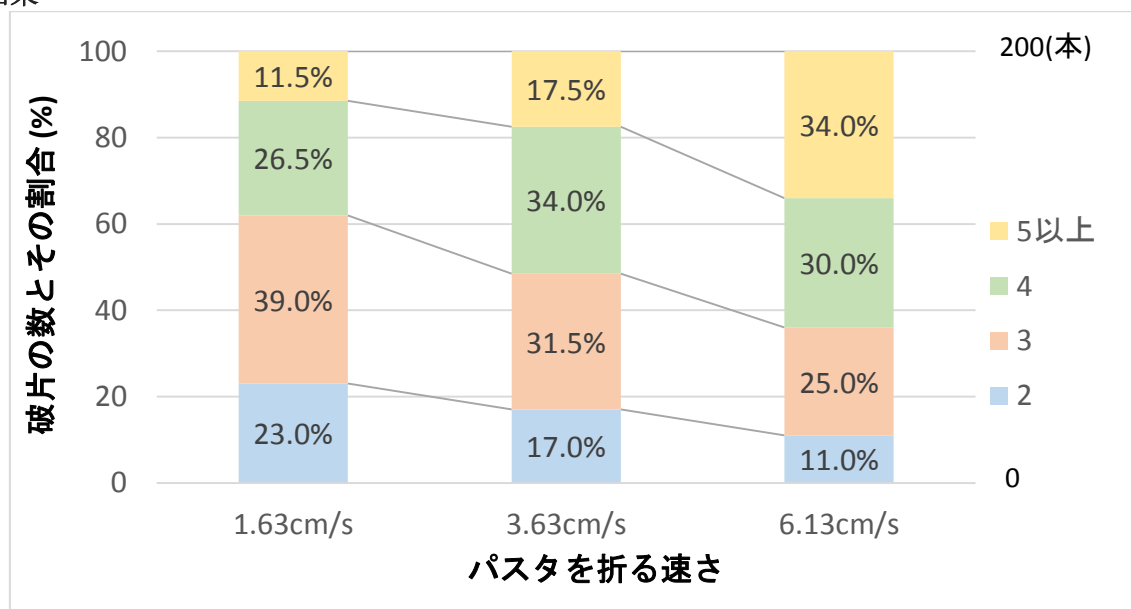


図3に示されているように、パスタを折る速さが速くなるにつれて、パスタが3本以上

図3. パスタを折る速さと破片の数の関係

に折れる割合が高くなった。加えて、速く折るほど破片の数が増加する傾向にあることも判明した。

## 考察

イグノーベル賞の公式ホームページにも掲載されている Smarter Every Day の動画<sup>3)4)</sup>より、肉眼では破断の順番を区別することができないが、実際には順を追って破断することが確認されている。

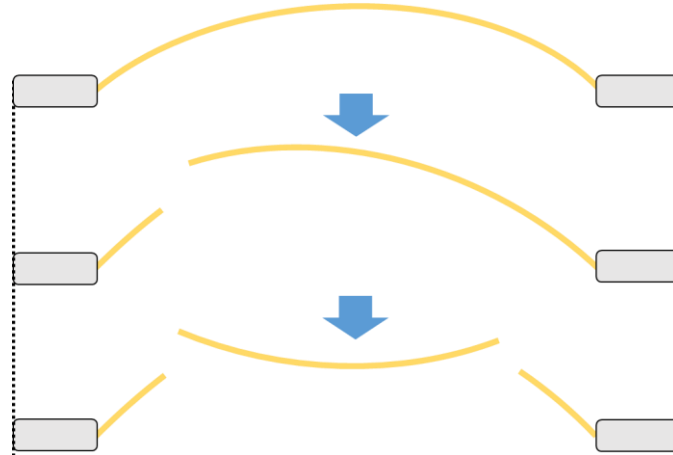


図 4. パスタが順を追って破断する様子

パスタを速く折る場合、破断する瞬間の曲率が遅く折る場合よりも大きくなる。つまり、破断する直前のパスタの曲がり方が大きくなる。そのため、速く折る方がパスタにより多くの弾性力による位置エネルギーが蓄積される。1回の破断には一定のエネルギーが必要であることから、蓄積しているエネルギー量が多い方が破片の数が増えると考えられる。

破片の数が増える要因の一つとして湿度の影響が考えられる。私たちは数日にわたって実験を行ったため、それぞれの実験を行った日の湿度には差異があった。私たちは湿度をコントロールするのは難しいと判断し、変数に加えることは断念した。しかし、パスタは粉体であるため水分を吸収しやすく、湿度によってパスタの硬さは変化してしまう。実際、あくまで私たちの体感に基づく所見ではあるが、湿度の低い日に3本以上に破断するパスタの数が増え、逆に雨天など湿度の高い日には2本に破断することが多いように感じられた。そのため、湿度をコントロールすることが出来たならば、より信頼度の高いデータが得られたと思われる。

Audoly et. al. (2005)らの報告<sup>1)</sup>によると、パスタのような棒状物体が破断する際、二度目以降の破断には、「スナップバック効果」が密接に関わっていることが分かっている。しかし、このスナップバック効果について我々の理解はまだ及んでいない。したがって、パスタを折る速さとの関係性は不明である。

## 結論

今回はパスタを等速で折る装置を作製したことで、パスタを折る速さと破片の数の関係について知見を得ることができた。その結果、パスタを折る速さが速いほど3本以上に破断する割合が高くなることが分かった。しかしながら、湿度の違いによって結果に影響が出た可能性は否定できないため、今後の実験では湿度をある程度統一する工夫についても検討する必要がある。また、本研究の入力変数として設定した、パスタを折る速さとスナップバック効果との関係性を探る必要がある。

## 参考文献

- 1) improbable.com (Further past investigations of spaghetti)  
<https://www.improbable.com/2014/09/16/further-past-investigations-of-spaghetti/>(最終閲覧日 2019/12/02)

- 2) Secret of Snapping Spaghetti in SLOW MOTION - Smarter Every Day 127  
<https://www.youtube.com/watch?v=ADD7Q1QoFFI/2014/12/27/> (最終閲覧日 2019/12/02)
- 3) improbable.com (Physics Breakthrough: Snapping a Spaghetti Strand Into 2 (Not 3!) Pieces) <https://www.improbable.com/2018/08/13/breakthrough-snapping-a-spaghetti-strand-into-2-not-3-pieces/> (最終閲覧日 2019/12/02)
- 4) Basile Audoly and Sébastien Neukirch “Fragmentation of rods by cascading cracks: why spaghetti do not break in half” , Phys. Rev. Lett. 95, 095505 - Published 25 August 2005

# 墨液汚染布の洗浄と保護コロイド（膠）の関係

澤泰樹 島村和希 濱口美月 光延環

指導者：大橋崇 原田香織 中屋亜希子 Yakubu Abdallah

## 要旨

実験の結果、墨液に含まれる膠は、墨液汚れの落ちやすさには関与しないことが明らかになった。また、予備実験より、除去しやすい墨液、すなわち「布に付着しにくい墨液」とは、炭素の粒径が比較的大きいものであることが明らかになった。そこで、墨液にゼラチンを加え粒径を大きくしたところ、布に付着しにくく、通常の用途にも適する墨液が作成できた。

We tried to remove the stain of Japanese ink in chemical ways. As a result of the experiment, it was proven that the glue has not any relationships of the difficulty of dropping Japanese ink. And, it is known from the preliminary experiment that the easy falling stain, namely "Coal that does not adhere to cloth", was the one with comparatively large lump of the carbon particle (Japanese ink that flocculated and precipitated in a preliminary experiment). Then, the gelatin was added to make the Japanese ink which made the particle bigger, and the necessary quantity of the gelatin was obtained in order to satisfy the application of usual Japanese ink without adhering to the cloth.

キーワード：膠、墨液、水酸化ナトリウム、保護コロイド

## 1. 序論

布に付着した汚れの多くは、擦る、揉むなどの物理的な力を加えることで除去されてきた。この除去方法は洗浄の力のかけ方や強さにより結果が変化することから、再現性の低さが目に付く。一方、界面活性剤による油汚れの除去などは、極めて的確に汚れに作用し、その除去の再現性の高さは、日々各家庭の食器洗いで追証され続けている。このような化学的な施しによる汚れの除去方法を追究することにした。

墨液は炭素粒子と動物性タンパク質である膠を主成分とする染料である。炭素粒子は単体では疎水性であり、膠が炭素粒子の周りを覆うことで保護コロイドとして働き、全体で親水性になる。墨液が一定の濃度で

筆跡を残せるのは、この保護コロイドによる親水性のためである。つまり、墨液の化学的性質を決めている一つの要因は、保護コロイドである膠である。

本研究では、この保護コロイドに着目し、その有無や量の変化により、墨液の除去率がどのように変わるかを調べる。なお、先行研究では複数の洗浄方法により除去が試みられていたが、「いずれにおいても墨汚れの除去は困難である」<sup>1)</sup>と結論づけられている。しかしながら、筆者が調べた限りでは、保護コロイドに着目し除去を試みた例はない。

膠はタンパク質であるため、水酸化ナトリウムなどの強塩基を加えることで分解できる。そこで、その膠を分解すれば、墨液の汚

れとしての振る舞いが変化し、除去に繋がるのではないかと考えた。

また予備実験より、布に付着しにくい墨液とは、炭素粒子の粒径が大きく、布の繊維に入りこみにくいものであることが明らかになった。そこで、粒形を大きくするためにゼラチンを加えることにした。その結果、ゼラチンを加えた墨液は、市販の墨液に比べ除去しやすいものとなった。なお、「市販の墨液では炭素粒子を核として、その周囲を覆うように膠が分布しているが、その粒径は原料である炭素粒子と同様の大きさを保っている」<sup>2)</sup> ことがわかっている。

本研究では、「汚れを除去する」とは、対象と汚れを分離させることを指す。その意味で、漂白や脱色といった、汚れは存在しているが目立たなくなるような汚れの除去とは区別している。また本研究で目標とした除去法の意義は、その除去法が汚れに的確に作用し再現性が高いという点にある。

## 2. 研究内容

墨液から膠を除去すると、少なくとも水溶液としての性質は変化する。そこでまず、水酸化ナトリウムにより膠が除去できるかについて実験を行い、その上で膠を除去した墨液の汚れとしての振る舞いを調べた。

### 実験 1.

<目的>

膠を水酸化ナトリウムで除去できるかを調べる。

<仮説>

膠はタンパク質であるため、強塩基である水酸化ナトリウムを加えることで加水分解できる。保護コロイドを分解された墨液は遠心分離にかけると沈殿を生じる。

<薬品・器具>

膠を含む墨液、水酸化ナトリウム、遠心分離機、ビーカー

<実験方法>

ビーカーに墨液を移し、濃度 10%になるよう水酸化ナトリウムを加え、約一日常温で保存したものを、遠心分離機にかけた。

<結果>

水酸化ナトリウムを加えたものは沈殿が生じ、一方、加えていないものは分散しており、沈殿は生じなかった。(図 1 参照)

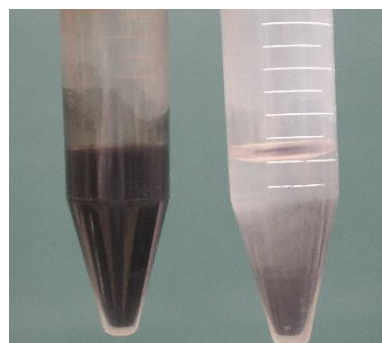


図 1 遠心分離にかけた状態 (左は市販の墨液、右は水酸化ナトリウムを加えたもの)

<考察>

水酸化ナトリウムは膠を分解する。また保護コロイドのなくなった墨液は沈殿を生じる。

### 実験 2.

膠を分解した墨液の、染料としての振る舞いを調べる。なお、水酸化ナトリウムは布につける前の墨液に加え、三日以上経過した後実験に用いた。水酸化ナトリウムが膠を、墨液が沈殿を生じるまでに分解するのは、実験 1 の結果を観察すると、最短で約一日かかり、また一日で膠が完全に分解されたとは言い切れないため、余分に時間を取った。

<目的>

膠を分解した墨液の、汚れとしての性質について調べる。

<仮説>

布と炭素粒子の間に位置する膠を除去すれば、汚れとしての墨液の性質は変化する。

<薬品・器具>

膠を使用している墨液,布(天竺,綿 35%ポリエステル 65%) 水酸化ナトリウム(10%),精製水,攪拌子,ホットスターラー,ボウル,ビーカー,ドライヤー,電子天秤

<実験方法>

墨液に水酸化ナトリウム 10%になるように加え,三日以上常温で放置した墨液を布につけ,ドライヤーで十分乾燥させたものの質量を計測した。その後,ホットスターラーで攪拌した精製水(70°C,200mL)の中に入れ,水洗い(15分)した。水洗いの後,再度乾燥させ質量を計り,洗浄前後で比較をした。

<結果>

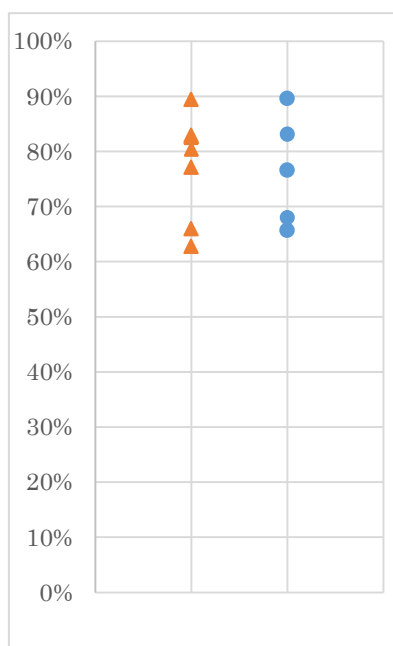


図2 墨液の除去率(赤印●は何も手を加えていない墨液,青印▲は膠を除去した墨

液)

膠の有無によって墨液の除去率に明らかな変化はなかった。

<考察>

膠には,墨液の濃度を一定に保つ保護コロイドとしての働きはあるが,除去率には関与しない。

### 実験3

<目的>

予備実験より,粒径が大きく布の繊維に粒子が入り込みにくい墨液は,比較的布に付着しにくく落としやすい。本実験では,市販の墨液にゼラチンを加え,粒径を大きくした墨液を作成し,ゼラチンの有無などによる,除去率の変化を調べた。

<仮説>

ゼラチンは,膠と同じく保護コロイドの働きをする。また,ゼラチンを多量に加えることで,炭素粒子が肥大化し,粒径が大きくなることで,布に付着しにくくなる。

<薬品・器具>

(実験2で使用したものに加え)

ゼラチン,スチールウール

<実験方法>

市販の墨液に,同量の精製水を加え希釈した。その墨液にゼラチンを溶かしたものを布に付着させたものを,実験2同様に水洗いをした。結果は乾燥させた状態の布を写真に撮り比較した。

<結果>

ゼラチンを加えた墨液は,通常の墨液に

<考察>

### 3. 結論

膠の有無では墨液の落ちやすさは変化し

ないことが明らかになった。これは、通常の墨液では、膠の有無により粒径が大きく変化しないためであると考えられる。また、一般に、炭素粒子は布との化学的な結合をもたない。このことから、化学的な結合の観点では墨液が布に強く付着し続けることは説明されない。以上から、墨液汚れは単に、布の繊維に炭素粒子が絡まっている状態であると考えられる。

本研究で作成した炭素粒子の粒径が大きい墨液は、紙面では通常の墨と同様の振る舞いをし、なおかつ布などの繊維には入りこみにくく、除去可能性の高いものとなった。

#### **\*謝辞**

#### **【文献】**

- 1) 篠原陽子：固形墨ならびに市販墨液汚染布の洗浄評価 抄録より
- 2) 市川米田：墨の物性について 構造と分散状態 p.97 結語より