

# 揉紙のシワのパターンに関する研究

## Study on Wrinkle Pattern of Crumpled Paper

1W173001-5 青木 美里 指導教員 坂井 滋和 教授

AOKI Misato

Prof. SAKAI Shigekazu

概要： 本研究は、自然界に見られる「シワ」の形状に注目し、物理的な法則を考察したものである。自然界に存在する柔軟性のある表面を持つ物体に見られる様々なシワは、物体表面に作用する物理的な応力によってできるものである。自然界に存在する物質は、物理的な法則によってその形状が決定されるとすれば、不規則に見えるシワにも何らかのルールが存在すると考えられる。本研究では自然界に潜むルールの発見につながることを期待して、揉紙のシワについて、その幾何学的な形状に存在するかもしれない何らかのルールを見つけるために、一般的に入手可能な A4 サイズのコピー用紙を研究対象として、紙を両手で丸めたときに発生するシワについて観察・記録を行った。その結果、4つのパターンが多く見られることが明らかになった。

キーワード：紙、折り、シワ、揉紙

Keywords: paper, fold, wrinkle, crumpled paper

### 1. はじめに

自然界に見られるシワについて考えたとき、柔軟性のある表面を持つ物体に出来る場合が多いことに気づく。これらは物体表面に作用する物理的な応力によってできるものである。自然界に存在する物質は、物理的な法則によってその形状が決定されるとすれば、不規則に見えるシワにも何らかのルールが存在するのではないだろうか。ここでは、揉紙のシワについて、その幾何学的な形状に存在するかもしれない何らかのルールを、実験・観察を通じて考察している。ここで、揉紙は用途と技法によって様々な種類があるが、本研究では単に紙にシワをつけたものを揉紙と呼ぶ。

[1]

### 2. 研究内容

本研究では、一般的に入手可能な A4 サイズのコピー用紙を研究対象として、紙を両手で丸めたときに発生するシワについて観察・記録を行った。

本研究で使用する A4 サイズのコピー用紙の大きさは、ISO 及び JIS より 210mm × 297mm(寸法許容値 ±2.0mm)と定められている。厚さの目安は、0.08mm(坪量 64 g/m<sup>2</sup>、斤量(連量)55kg)である。さらに、紙の目の特徴をもとに、本研究で使用したコピー用紙は「縦目の紙」とであると判断した。また、コピー用紙の繊維は広葉樹・化学パルプである。

紙を丸めるとき、紙全体に同時にシワが発生す

るのでなく、まず大きな折り目が発生し、力を加えて小さく押しつぶすにつれて徐々に小さな折り目が発生していく。そこで実験 1 では、紙に力を加えてシワを発生させる場合、先に発生した大きな折り目(閉鎖線と呼ぶ)が、その後発生する小さな折り目にどのような影響を与えるかを確認することを目的とする。A6 サイズのコピー用紙を 24 枚用意して、閉鎖線の本数や力を加える向きを変えて合計 8 通りをそれぞれ 3 回ずつ、発生するシワについて観察した。(図 1)

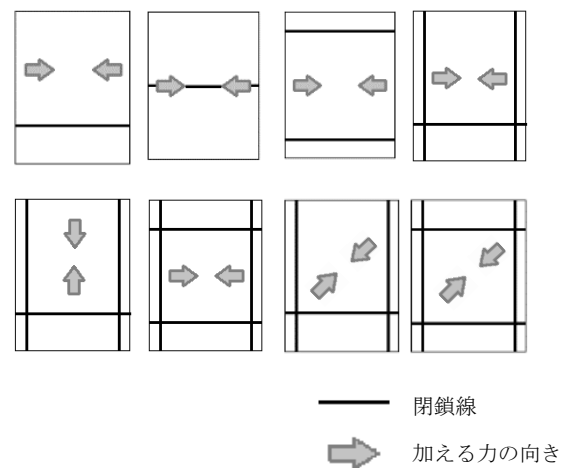


図 1 閉鎖線と加える力の向き

実験 2 では、実験 1 で見られた特徴が、実際に紙を丸めたときに発生するシワに現れるかを確認することを目的とする。A4 サイズのコピー用紙を両手で丸めて、無作為に折り目を付ける。両

手に収まる程度の大きさに丸めたら、紙を開いて折り目の線を確認する。折り目には山折りと谷折りの2種類がある。ここで2本以上の折り目の線が交わっている点を節点と呼び、節点の周りの折り目の様子を記録する。(図2)山折り及び谷折りの数の和と差に注目してパターンを分類する。

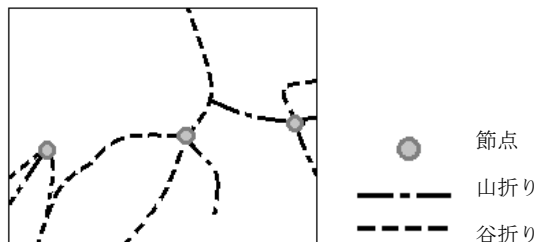


図2 節点の例

### 3. 研究結果

実験1で共通して見られたパターンは、図3に示す3通りにまとめることができた。これらが紙に向かい合う力を加えた際に、閉鎖線の影響を受けて発生するシワである。

また、実験2について、節点から発生する折り目は、主に図4に示す4つのパターンが多く見られた。この4種類それぞれの総数は、パターンB、パターンC、パターンA、パターンDの順に多く見られた。(図5)さらに、紙1枚1枚に注目すると、パターンB、Cの数の合計が全体の6割から8割を占めるという結果が得られた。

### 4. まとめ

実験1で見られた特徴が、実際に紙を丸めたときに発生するシワに現れるかを実験2で確認することができた。従って、図4に示す4パターンは、いずれも紙を丸める際に作用する力によって発生したといえる。

実験2で、パターンの数がB、C、A、Dの順に多く、BとCが全体の6割から8割を占めるという結果が得られた。パターンBとCはともに、平坦折りにおける前川定理[2]と同様に、山折りと谷折りの線の数の差が2のパターンである。このように、平坦折りではないが、山折りと谷折りの差が2のパターンが多いのは、紙を丸めた状態の全体を見ると立体的であるが、局所的に見ると平坦に折り畳まれている部分が多く見られるからであると考えられる。

本研究は、観察に基づいて、揉紙のシワの特徴的なパターンを明らかにした。しかし、4パターンの分布について、本研究では、規則を見つけ出すことはできなかった。また、研究対象をA4サイズのコピー用紙に限定して行ったため、紙の大きさや厚さ、種類による影響は不明のままである。これらは、今後検討する必要がある。

注：

[1]全国手すき和紙連合会，“揉紙について”，<http://www.tesukiwashi.jp/p/arekore35.htm>, 2021. 1. 29 閲覧.

[2]三谷純，“折り紙研究ノート”，<http://mitani.cs.tsukuba.ac.jp/origami/>, 2021. 2. 4 閲覧.

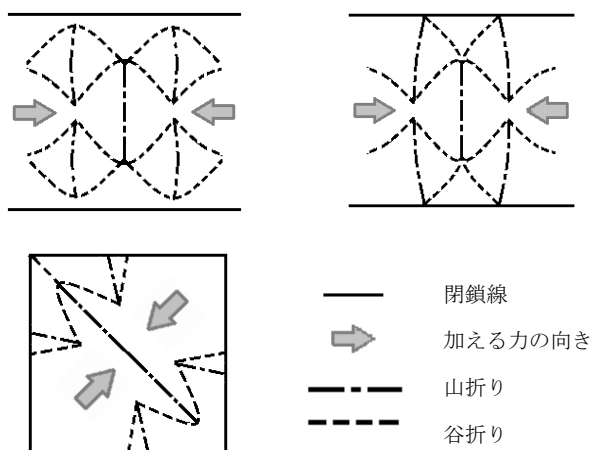


図3 共通して見られた折り目

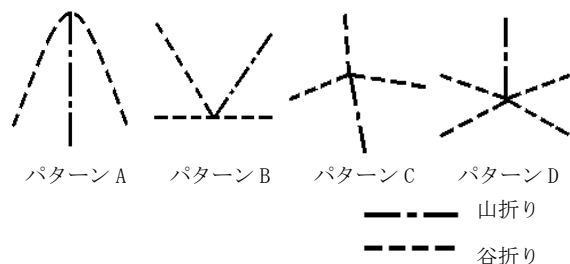


図4 主に見られた紙のシワ4パターン

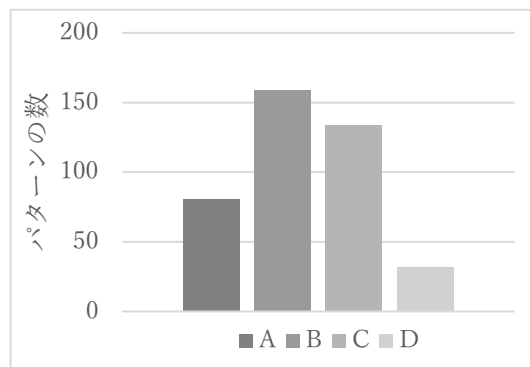


図5 各パターンの数の比較