

パーティー開けにかかる力

—菓子袋の開封を考察—

宮崎西高校 3年 花畑 亜衣輝

Abstract

When we open the snack bags, we use some ways. Especially I studied about “party opening.” At first, I conducted experiments using paper. I defined two variables as the length extends from the notch to the end and length of the notch. In conclusion, there is an exponential function between force to open the bags and the length extends from the notch to the end. I also showed that we should bring your fingers close to the part you want to open. There is the same relationship in the way to open bags by using V notches.

お菓子袋を開封するとき、様々な方法を私たちは使い分けている。特に今回は「パーティー開け」と呼ばれる開け方について研究した。初めに紙を使ってお菓子袋の開封の状況を再現した。今回の研究において、切れ込みから紙を固定するクリップまでの距離と切れ込みの長さの2つの要素を変数としてとらえ実験を行った。結論として、お菓子袋を開封するのにかかる力と力を加える点から切れ込みまでの距離の間に指数関数の関係があることが分かった。また、本研究は開きたい部分に指を近づければ近づけるほど開封に要する力は少ないということも示している。このような関係がVノッチ（お菓子袋の上部にあるギザギザしている部分）から開封するときも同じだということが分かった。

1. 背景

菓子袋を開けるという動作は日常生活で力を必要とする。菓子袋の背面中央を両手の指で開く「パーティー開け」は袋を開けた後にお皿の代わりとして袋を用いることが出来るという大きな利点を持っているが、大きな力を要する開け方の一つであるともいえる。また、袋の上部の切れ込みから開ける開け方も多くの人に使われている開け方の一つだ。



図1 パーティー開け

2. 目的

そこで『パーティー開け』にかかる力を測定し、力学的に効率よく袋を開封する条件を見つけるとともに、その法則性を探ることを目的に研究を開始した。そして、他の菓子袋の開封方法で開くときにかかる力を測定し、比較する。

3. 方法

最初から実際の菓子袋を使った『パーティー開け』の測定は困難と考え、モデル実験を行うことにした。袋背面からの開封はある意味、紙のようなシートの破壊であるため、参考文献にあった紙の破壊実験を参考にした。参考文献には実験概要のみ記されていたので、実験装置は自分で考案した。特に参考文献に示された実験は紙を上下から一様な応力で引っ張るのに対し、『パーティー開け』は左右の指先2点から袋のシートを引っ張る点で異なる。こうした参考文献との類似点や相違点をふまえて実験を計画した。

モデル実験で破壊する材料は、「切れ込み」を入れたA5版コピー用紙である。たとえ紙材質でも、最初に何らかの亀裂、「切れ込み」がないと、かなり強い力で引っ張らない限り破壊されず、実験を試行するたびに破壊される位置も大きくずれることになる。

台所用クリップではさみ水平に保つことで、紙の上辺に一様な応力をかけた(下図)。ワニ口クリップにつなげた金属ワイヤーで空のペットボトルを吊り下げ、金属球を静かに1個ずつペットボトルに入れて(指の代わりに)

引っ張り、紙が破断した時にかかっていた(金属球・クリップ・ボトル・ワイヤー)総重量を紙の破壊(袋の開封)に要した力とした。今回は、力の単位は[N]でなく、[gw](グラム重)で示した。

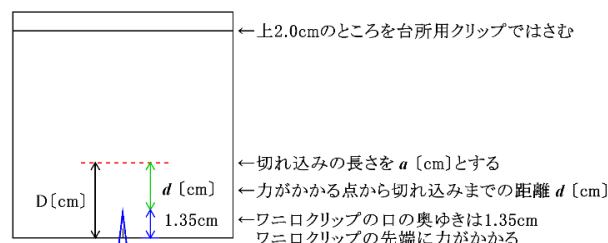


図2 実験で用いた変数とそれぞれの長さ

次の仮説のもと、後述のモデル実験A～Eを行い、実験を『パーティー開け』の状況に近づけていった。

【モデル実験の仮説】:『パーティー開け』にかかる力 f を左右する変数は、次の d と a の2つだろう。

d : クリップ先端(指)から切れ込みの間の距離

a : 紙材質に予め入れておく切れ込みの長さ

a が大きくなれば破壊に要する力は少なくなるだろう。

d が大きくなれば切れ込みに力が伝わりにくくなり、紙の破壊により大きな力を要するだろう。

【モデル実験A】(右写真)

(台所用クリップで上から)一様な力で引く一方、(クリップ先端にかかる加重により)片方の指でつまみながら袋を開く状況を再現した。「切れ込み」と指との距離 d を変数として、紙の破壊(袋の開封)に要する力 f を測定した。「切れ込み」の長さ a は5.0 cmと一定にした。



【モデル実験B】

モデル実験Aと同じく、一方の引く力を一様にしてもう片方の指でつまみながら袋を開く状況で、「切れ込み」の長さ a が f にどう影響するのかをみた。「切れ込み」と指との距離 d は1.65 cmで一定にした。

【モデル実験C】

モデル実験A, Bを行う中、「切れ込み」の上方と下方が同方向に、あるいは逆方向に折れ曲がっていた。その折れ曲がり方で、紙の破壊(袋の開封)に要する力 f に違いがないか、測定実験を行った。 $d=1.65\text{ cm}$, $a=6.0\text{ cm}$ と一定にし、切れ込みの上下で次の①, ②のようにあらかじめ折り目を入れておいた。

- ① 上下とも山折り(同方向)の折り目を入れた場合
- ② 上が谷折り、下が山折り(逆方向)の場合

実際の『パーティー開け』は、袋を指でつまんで同方向に折り目をつくりながら開く①の場合になる。

【モデル実験D】

上下両方からそれぞれクリップで引っ張ることで、『パーティー開け』のように指で袋を両方向に開く状況を再現し、 a を変数として力 f を測定した。紙の上下両方とも、 d は上下対称 1.65 cm と一定にした。

【モデル実験E】

モデル実験Dと同じく、『パーティー開け』のように指で袋を両方向に開く状況で、 d (上下対称)を変数として力 f を測定した。 a は 5.0 cm と一定にした。

袋を両方向に開く状況で、 d (上下対称)を変数として力 f を測定した。 a は 5.0 cm と一定にした。



実験A～Eは、あくまで「切れ込み」のある紙材料でのモデル実験である。しかし、実際の菓子袋は、プラスチックフィルム2枚が熱で接着されており、『パーティー開け』はその接着部分を指で左右に開く。

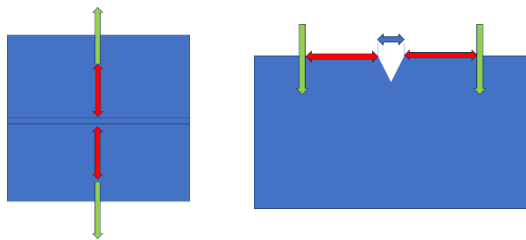
菓子袋素材の熱接着部分を開く場合でも、モデル実験の結果が同様に成立するか検証するために、幅 8.0 cm のプラスチックフィルム2枚を菓子袋から切り取り、ヒートシーラー機で接着、菓子袋の接着部分を再現した。接着部分の長さを 8.0 cm 、幅 1.0 cm 、加熱接着時間は 2.5 秒とした。実験Eと同じように d (上下対称)を変数として接着部分を破壊する力 f を測定する。実験①ではモデル実験Eと同じような形で実験を行った。

菓子袋の開封方法においてパーティー開け以外にもたくさん方法がある。実験②、③ではVノッチ(菓子袋の上下のギザギザ下部分)から開けるときにかかる力を測定した。実験②ではいちばん効率の良いVノッチの大きさを測定するために面積を 1 cm^2 と一定にして、高さと底辺の長さを変えていった。実験③では



(実験①の様子)

力のかかる点からVノッチまでの距離を変数として、破壊に要する力を測定した。



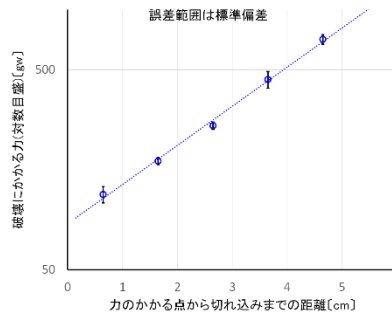
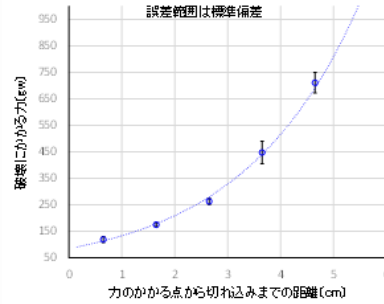
* 左側の図は実験①、②を右側の図は実験③を模式図で示したものである。赤矢印は力のかかる点から破壊される部分までの距離を表している。

4. 結果

【モデル実験Aの結果・考察】

モデル実験Aの結果、紙の破壊(袋の開封)に必要な力

f は、力がかかる点から切れ込みまでの距離 d が大きくなるほど指数関数的に大きくなった。(下のグラフ参照) さらに、縦軸の力 f を対数目盛にすると、 $\log_{10}f$ と d との間に直線関係がみられた。このことから $f=ke^d$ の指数関数が成立することが分かった。



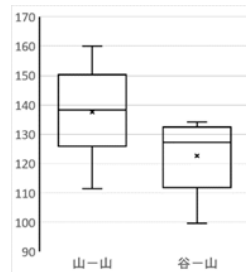
(上のグラフの縦軸に対数目盛を取ったもの)

【モデル実験Bの結果・考察】

モデル実験Bの結果、紙の破壊(袋の開封)に必要な力 f は、切れ込みの長さ a が大きくなるほど指数関数的に小さくなったが、 $\log_{10}f$ と a との間に直線関係は見られず、 f と a の間に指数関数の関係はなかった。

【モデル実験Cの結果・考察】

下の箱ひげ図は同方向に折り目を入れたときの、右側は逆方向に折り目を入れたときの結果である。縦軸は破壊にかかった力 f [gw] である。折り目が逆方向のとき(右)が同方向のとき(左)よりも少ない力で紙を破壊することができている。それは、逆方向に折り目が付くと「切れ込み」の端にせん断力が加わり、破壊をより促進させたと考えられる。つまり、同方向に折り目が付くパーティー開けは力学的に不利だということが分かる。



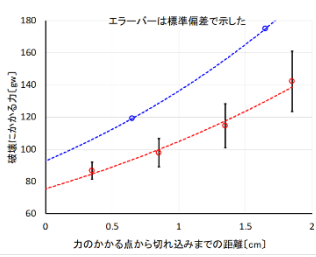
【モデル実験Dの結果考察】

モデル実験Dとモデル実験Bの結果を比較する。常に曲線Bが曲線Dよりも上側にあることから、片方の指で開ける状況よりも、両手の二本の指で開けるパーティー開けの方が効率が良いということが分かる。モデル実験B、Dのどちらも a が大きくなると力 f は小さくなるが、 $\log_{10}f$ と a との間に直線関係は見られず、 f と a の間に指数関数の関係はなかった。

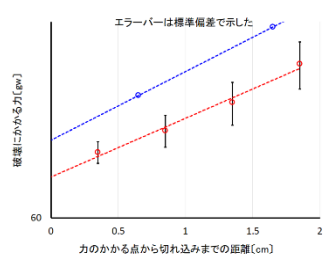
【モデル実験Eの結果考察】

モデル実験Eとモデル実験Aの結果を比較する。モデル実験D、Bの結果と同じように片手でなく両方の指を使っ

て開くパーティー開けの方が少ない力で袋を開封することができる。また、左右の指を亀裂を生み破壊される部分から遠くなれば遠くなるほど力 f が指数関数的に大きくなり、この実験においても $\log_{10}f$ と d との間に直線関係がみられた。このことから $f=ke^d$ の指数関数が成立することが分かった。



(青色のグラフはモデル実験Aの結果で赤色のグラフはモデル実験Eの結果である。)



(上のグラフの縦軸に対数目盛を取ったグラフ)

【モデル実験①の結果考察】

実験E(「切れ込み」のある紙)と同様に、左右の指で力がかかる点が接着部分から遠く(d が大き)なるほど、力 f は大きくなった。しかし、実験Eの結果と異なり、接着部分から近く($d < 1.7\text{cm}$)なると、 f はあまり減少せず、おおよそ一定値をとるように推移した。

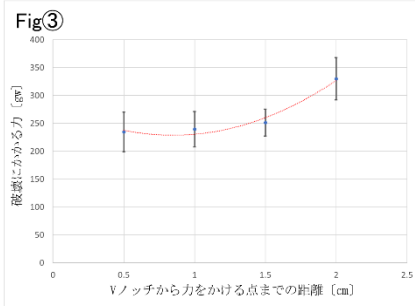
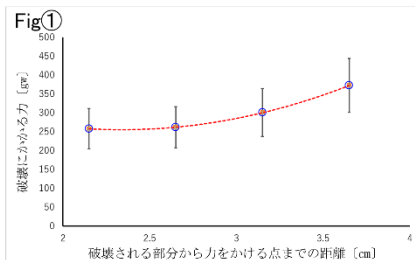
【モデル実験②の結果考察】

高さが1cm、底辺の長さが0.2cmの大きさのVノッチが一番破壊に必要な力が少なかった。

【モデル実験③の結果考察】

力がかかる点からVノッチまでの距離が大きくなればなるほど破壊にかかる力は大きくなっていった。

(下の二つのグラフのうち上のグラフは実験①の下のグラフは実験③の結果を示している。)



5. 考察

菓子袋の背面中央にある接着部分付近を両手の指でつ

まんで菓子袋を開く(パーティー開け)という日常の動作について、実験の測定値をもとに考察してきた。例えば、片手でなく両手の指を、裂きたい接着部分にある程度近づけること、いったん亀裂が入りさえすれば少ない力で袋を開くことなど、他人から教えられなくても自然に体得している動作が多いことにも気づいた。いずれも当然のことだが、それを数値的に実証し考察できたことは、先行研究の調査で見られなかったことで、意義深いと感じている。また、破壊するときに必要な力と力がかかる点から切れ込みまでの距離との間に紙数関数の関係を見出すことが出来たことは非常に興味深い結果となった。

これらの事実をヒントに、より少ない力で開封しやすい菓子袋を開発するには、材質に熱接着性・密閉性ととともに、適度な剥がれやすさと裂けやすさが必要であると考えた。この研究を続けていくことによって老若男女が誰にでも開けることが出来るようなパッケージを作りたい。

6. 参考文献

1. 奥村剛 「印象派物理学入門」日本評論社 2020 p 142~143