

牛乳パックの廃棄時に有効な折り目の研究

沖野悠太朗 松尾優吾

【概要】

私たちは第一に、生活を便利にしてくれる道具を作ろうと考えた。その過程で、ものをコンパクトに折りたたむことができ、宇宙開発にも利用されているミウラ折りなどの「折り方」や「折り筋」を調べていた。そこで、折り紙に関し深い造詣のある阿南工業高等専門学校の川崎敏和教授に助言を頂き、牛乳パックの折りたたみ方について興味をもち、研究を深めていくこととした。

牛乳パックのように身近でありながら比較的大きなごみは、そのまま捨てようとするとかさばってしまう。かといって、切り開くには鋏などを用いる必要があり、面倒である。

そのため、効果的な折り目によって簡単に潰すことができれば、家事などで忙しい方にとっても、便利なのではないかと考えた。

はじめに実験1として、牛乳パックが折れる際に共通して使用される折り目を見つけるために、コーキングガンを基に改良を加えた装置を用いてパックを潰し、折り目を集計しようと試みた。しかし、くの字に曲がってしまい、むしろかさばる形になってしまった。そこで、パックをまっすぐ潰すために、4つの長辺すべてに折り目を入れた。これにより、比較的垂直に潰せたため、信頼性のあるデータとして扱えると判断した。

次に、体重計を用いて潰す際の力を計測した。結果から、潰しきるときの力を軽減すればよいとわかった。しかし、新品のパックに素手で複雑な折り目をつけるのはきわめて困難であったため、やむをえず断念した。

3つ目の実験として、商品化を前提に作為的な折り目をつけることを考えた。その結果、5分の1以下にまで小さくでき、さらにそのままの形を保つことができた。この折り目を用いれば、パックを片付けることが簡単になると思われる。

この実験で得られた折り目には科学的根拠が存在しない。そのため、数学的な考察を深め、この折り方に至る根拠を提示していく必要がある。

Milk is a popular drink among Japanese people. But, the empty milk carton is bulky in the garbage. We thought that we wanted to dump the carton easily, so we decided to research how to make easily collapsible milk cartons. First, we tried to find nice folding lines which can crush the carton easily. We prepared a machine to make some creases in the carton, and then recorded the lines. But, it wasn't pressed straight, so we couldn't use the data. To solve the problem, we tried to make a few folding lines around the carton from the beginning. However, this trial failed. After that, we tried to make artificial folding lines. By using the folding lines, we succeeded in making cartons smaller than before. We found it very helpful.

【研究の動機・目的】

私たちは、生活を便利にしてくれるグッズを作りたいと考えていた。試行錯誤を繰り返す中で、阿南工業高等専門学校の川崎敏和教授に助言をいただき、牛乳パックの折りたたみについて研究を深めていこうと考えた。

牛乳は昔からどの家庭においても馴染み深い存在である。また、それに伴う牛乳パックの処理についても、多くの家庭が頭を悩ませてきたことだろう。牛乳パックなどの比較的大きなごみは、そのまま捨てようとするとかさばってしまう。かといって、かさばらないようにしようとすれ

ば、鋏を用いて切り開くなどする必要があり、面倒である。いかに身近にあるものなので、看過することもできない。そこで、道具を使用することなく、簡単に潰すことができれば、家事などで忙しい方にとっても役に立つだろうと考えた。この研究では、廃棄時に購入者がつける折り目と、商品にもとからつけておき、廃棄時に折る方向を購入者に示す折り目を見つけることを目標とする。

【仮説】

私たちは、パックにつけることで、効率よく折りたためる折り目が存在すると考えた。

実験①では、潰した段階それぞれについて、共通した折り目が見られる、

実験②では、折り目のつけ方と潰す際に必要な力の大きさとの間に相関を見出せる、

実験③では、物理的な考察を用いて、パックを潰す際に最適な折り目を自分たちの手で見つけ出せるのではないかと考えた。

なお、実験①②では捨てる際に購入者が自らつける折り目について、③では商品に初めから折る方向を示しておく、つまり商品化における折り目について考察している。

【実験器具】

○実験①

- コーキングガン（写真-1）
- 木の板
- 色ペン（赤、緑、橙、黄、紫）
- 牛乳パック

○実験②

- 体重計
- 牛乳パック

○実験③

- 牛乳パック



写真-1

実験①では、素手では各段階の長さを均等にす

ることが困難であったため、測定の誤差をなるべく小さくするために、持ち手の引きで潰した長さで近似できるコーキングガンを用いた。

実験②では、牛乳パックにかかる力を測定したのだが、20kg以上の力がかかることが予想されたため、通常のはかりでは荷重に耐えられないと判断し、より大きな重量に耐えられる体重計を用いた。

【実験方法・結果・考察】

ー実験①ー

中身の入っていない折り目のついてない牛乳パック（以後「新品のパック」と呼ぶ）を、コーキングガンを用いて5段階に分けて潰す。向きはパックの底を底面として地面に立て、真上から力を加える。それぞれの段階において生じた折り目を色分けしてトレースし集計する。折り目はパックの表面を表として、山折を実線、谷折を破線で表す。色については、1段階目に生じた折り目は赤色、2段階目は緑色、3段階目は橙色、4段階目は黄色、5段階目は紫色で示す。

ー結果①ー

パックはまっすぐ潰れず、「く」の字に折れてしまったため、データが得られなかった。

ー考察①ー

パックを潰す際に大きな力がかかるため、コーキングガンの重心がずれたことが原因と考えられる。

そこでパックを潰す前にあらかじめパックの長辺に折り目をいれることで、潰し始めに必要な力を軽減し、加わる力の重心に生じるずれを和らげるようにした。

この折り目は青色でトレースする。

すると比較的まっすぐ潰すことができた。



←潰したもの（真上）

写真-2

—実験②—

体重計を使用し、パックの長辺にあらかじめ折り目を入れておくことが、パックを潰すのに必要な力にどの程度干渉するのかを計測する。

比較は、新品のパック、新品のパックの長辺の1/2の場所に折り目をいれたもの、新品のパックの長辺に1辺につき1/3ごとに計2つの折り目をいれたもので行う。

—結果②—

図-1のようなグラフが得られた。

なお、「折り目なし」新品のパック、

「四辺1箇所折り」は4つの長辺の midpoint に1箇所ずつ折り目を入れたもの、

「四辺2箇所折り」は1/3の点と2/3の点にそれぞれ1箇所（1辺につき2箇所）

折り目を入れた牛乳パックを指す。

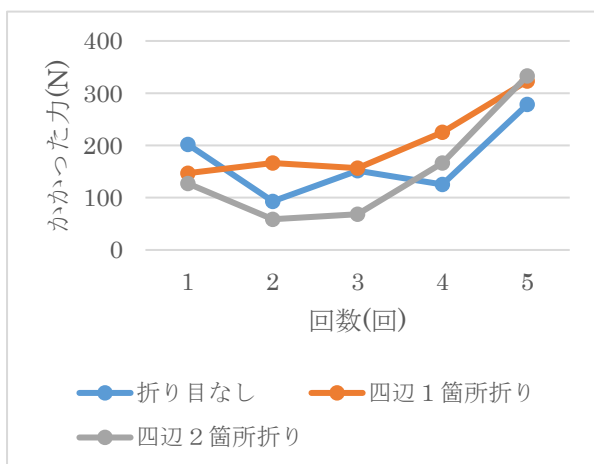


図-1

—考察②—

図-1より、潰し始めと終わりに大きな力がかかるが、あらかじめ4辺に折り目を入れることで潰し始めに必要な力が軽減されていることがわかる。

しかし、最後にかかる力は軽減されていない。そこで実験①で得られた5段階目の折り目を使えば、必要な力を弱めることができると考えられる。

しかし、硬いパックに複雑な折り目を再現するのはきわめて困難であるため、この方法はやむを得ず断念した。

—実験③—

これまでの実験とは別に、自然に得られる折り目ではなく、作為的な折り目を使った実験に着手した。これは複雑な折り目をを用いるため、パックに折りたたみやすくするための折り目をつけた状態で販売する商品化を前提にしている。そのため、折り目をつけることによってパックの強度が弱まらないよう考慮した。パックの強度を弱める折り目とは、パックの紙目に沿うような向きの折り目であり、パックの製造会社に問い合わせたところ、それは短辺に平行な向きであった。そのため、縦向き、斜め向きの折り目を組み合わせて、横向きの折り目の数を最小限におさえて折り方を考えた。

—結果③—

写真の通り、新品のパックと比較してみると、25cm あったものが4.5cm までおよそ1/5以下にまで小さくなったことがわかる。また、復元力についても、潰れたままの形状を保持しているので、有用性は高いといえる。



左：新品のパック
(約25 cm)

右：作為的な折り
目を用いて潰し
たパック
(約4.5 cm)

写真-3

—考察③—

この折り方は、上下に対称性のある三角形が現れている。

また、最上部は製品についている折り目をそのまま使用しているので自然な折り目だと思われる。



写真-4



写真-5

【まとめ】

実験①、②では最終的に、パックに実験で得られるような複雑な折り目を付けていくのは困難であるとして、そのまま実験を継続することを断念した。しかし、実験③では、考察を深めていくに値する結果が得られた。

考察で述べたように、折られた形についてはさまざまな対称性などが見られる。しかし、我々の折り方は計算しながら作成したものではなく、強度を損なわないように考慮しながら折った結果である。そのため、この折り方には科学的な根拠がない。数学的な考察を深めていくことによって、復元力についても解決できると考えられ

る。

平面折りについて、前川定理や川崎定理についても考察してみたが、立体構造であることも相俟って、満足な結果は得られなかった。

まだ数式化などについては未知数であるが、我々が発見した折り目は、商品化するに値するものであると考える。

【謝辞】

阿南工業高等専門学校 川崎敏和 教授

【感想】

今回の研究では、牛乳パックという身近なものを題材として、私たちが元来目指していた「便利グッズ」に近づくことができた。リサイクルに際した問題など、いまだ課題は残るものの、予め折り線が用意されていれば、十分実用に耐える強度と快適さを提供できると考えている。

しかし、その「折り線を用意すること」が最大の課題でもある。一から折り目をつけるのには慣れていても2分程度は要するため、それに時間を費やすのなら初めから鋏などで切り開いたほうが早くて楽であることは論を俟たない。これからも分析を続けながら、効率的に折り目を再現する方法を探っていく必要があると考える。