

「PAO-包む」

シート素材による折込み組み立てを反復できる筐体の新構造研究開発

—新構造発見による造形デザイン—

“PAO-TUTUMU”

Research and development of new case structure assembled repetitively by folding sheet material

—Modeling design by new structure discovery—

青木雄作

Yuusaku Aoki

1. はじめに

1-1. 要旨

ポリプロピレンのシートは頑丈で防水性にも優れた素材で樹脂の中でも高いリサイクル性を持った材料であるため、商品パッケージやステーショナリー、家具や照明など、既に様々なカテゴリーで使われている。しかし、これらは接着・溶着を用いて製造されているものがほとんどである。本研究では、ポリプロピレンが持つ、湾曲に強く繰り返しの折り曲げにも強いという特長に着目し、1枚のシートから接着や溶着を用いずに頑丈な構造を持つ立体の制作を試みた。具体的には、三角の断面を持ち、両サイドのフラップを折り込む事で、湾曲したシートに強い張力が働く仕組みを考案した。また、これらの試行プロセスから発見された断面形状、フラップの形状、そして接着や溶着を用いない留め具の構造はポリプロピレンシートの新たな可能性として、様々な製品への応用が可能である。本研究では、これらの構造を用いてペンケースなど、様々な日用品への応用も試みた。

1-1. Summary

Polypropylene sheet is a strong plastic material excellent also in waterproof which has high recycling efficiency, and therefore, it is already applied in various categories such as goods package, stationery, furniture, lighting, etc. However, these are mostly manufactured using adhesion or welding. In the present study, the producing of a strong structured solid from a single sheet without using adhesion or welding was attempted by focusing on the polypropylene advantage of being highly resistant to curving and repetitive bending. The mechanism of strong tension of curved sheet structure was devised, specifically, by using a triangular cross section and both side flaps folded. In addition, the shapes of cross section and flap discovered from these thinking processes, and the structure of stopper without using adhesion or welding can be applied to various products as a new possibility of a polypropylene sheet. In the present study, the application to various daily goods such as a pen case was also attempted using these structures.

1-2. 背景

ポリプロピレンシートは、リサイクル可能な熱可塑性樹脂であり、耐薬品性、耐熱性、耐摩耗性、絶縁性などに優れた特徴を持つ。製造方法、製造工程においては、溝加工または半抜き加工を施し、打ち抜き加工で穴加工や型抜きをして、接着・溶着による接合、折り曲げ加工による組み立てが一般的な加工方法である。NC加工機などによる少量生産にも適しており、金型などの先行投資がリーズナブルである。また、様々な厚さのフィルムやシートにも加工されており、高機能材料として産業用・農業用にも使用範囲が広い。透明度、着色性にも優れているため、商品のパッケージやカラフルなステーショナリー、あるいは、ランプシェード等にも応用されている。また、一般向けにもDIYショップなどでホビー用材料として入手しやすい、大変身近な素材である。

また、ポリプロピレンシートは上記の他にも、湾曲に強く、繰り返しの折り曲げに強いという特長を持っている。この特長を活かし、接着や溶着といった行程をなくすことができれば、製造工程の簡易化、輸送コストダウンが可能になる。また、製造側の利点だけでなく、使い手自身が平面から立体へと製品を変形できる、自由度の高いプロダクトを実現できる。

本研究では、現在の製造加工方法を調査した上で、従来考えられなかった、使い手自身が組み立てと展開を繰り返して行える構造を実現する為、実際にポリプロピレンシートを加工しながら実験と工夫、考察、調整を加え、材料としての可能性を見出した。

1-3. 目的

以上のような背景から、本研究の目的は以下の2点である。

- 1) ポリプロピレンのフィルムやシートで作る、組み立てと展開を反復できる頑丈な構造体の発見。
- 2) 組み立てと展開を反復できる構造の応用例として、最適な用途を模索し、その用途による加工方法や構造を考案

し、試作制作する。

以上、2点を具体化して試作モデル化する。

2. 研究手法

2-1. 研究の流れ

本研究の流れは、大きく以下の通りである。

- 1) 従来の製造、加工方法の調査
- 2) 既存アイテムの調査
- 3) 新構造の構造実験プロセス

以上の三段階の調査実験から考察を行い、最終的に結論を導き出して行く。(下記フローチャート参照)



2-2. 方法

2-2-1. 素材特性と加工方法についての調査

- 1) ポリプロピレンの素材特性の調査を行う。
- 2) ポリプロピレンの成型加工全般について調査を行う。
- 3) ポリプロピレンのフィルム・シートなどシート素材の筐

体を考察する為に製造加工方法全般について調査を行う。

なお、調査報告記述のために、従来の成型加工及び打ち抜き加工技術の全般について、三菱レーヨン株式会社、アクリサンダー株式会社、ベアロン工業株式会社、有限会社エーエフ、出光興産株式会社、プラスチック成型材料商取引便覧／化学工業日報社、図解プラスチック用語辞典／日刊工業新聞、ポリマー辞典／大成社、本城化成株式会社／本城守、川重テクノロジー株式会社、株式会社ノダ、ポリプラスチック株式会社、ポリプラスチック株式会社、株式会社プライムポリマー、による技術資料を参照している

2-2-2. 筐体の認識と関連する構造の調査

- 1) トラス構造の認識及び関連する形状の調査
- 2) モノコック構造の認識及び関連する形状の調査

本研究の「湾曲した面に強い張力が働く」筐体構造は、従来の筐体の成り立ちとは異なるため、その、基本原理の理解と認識の為調査を行う。

なお、調査報告記述のために、清水建設研究報告・第73号 2001年4月／兼光知己、杉崎健一、甲斐芳郎、谷口尚範、瀧論、立石寧俊、独立行政法人・土木研究所／構造物メンテナンス研究センター、名古屋工業大学 市ノ瀬研究室、ホームページで学ぶ構造力学/市ノ瀬敏勝、ミサワホーム株式会社／「モノコック構造」の強固な住まいを実現、「モノコックボディ」日本の自動車技術 240選／自動車技術会、JAL 航空実用事典 胴体構造 水木新平・櫻井一郎監、『飛行機のしくみ』ナツメ社、Weblio辞典／航空軍用用語辞典、によって描かれた文献を参照している。

2-2-3. 具体化実験

上記で調査して得られた資料・データを考慮の上、ポリプロピレンシートを用いて、様々な機能・形状をモデル制作し、実際に加工特性と構造の具体化実験をする。

3. 調査

3-1. ポリプロピレンの特長

3-1-1. ポリプロピレン概要

ポリプロピレンは、プロピレンを原料に生産される合成樹脂で、国内では1962年に生産が開始された。そして現在では年250万トン以上が国内で消費される代表的な合成樹脂となっている。軽量で耐熱性が良く、耐薬品性に優れ、

また艶があるのが特徴。その組成によりホモポリマー(単独重合体)と、共重合体であるランダムコポリマー、ブロックコポリマーに分かれ、使用用途によって選択される。一般にホモポリマーは高剛性で、光沢がよく鮮やかな色彩に着色できる。一方、ランダムコポリマーは透明性が高く、ブロックコポリマーはホモポリマーよりも耐衝撃強度が優れているという特徴がある。これらの特徴を活かし、自動車部品、医療用途(器具、容器、医薬包装)、家電製品、日用品、住宅設備、コンテナ、パレット、洗剤容器・キャップ、飲料容器、ボトルキャップ、食品カップ、食品用フィルム、食品用シート、包装用フィルム、産業用フィルム、産業用シート、繊維、ヤーン、バンド、発泡製品など幅広く利用されている。

3-1-2. ポリプロピレンの成型方法

1) フィルム成型

ダイよりプラスチック原料を導くチューブ状に押し出し後、中に空気を入れて吹き上げる事により製造する成型方法。

2) 射出成型

インジェクション成型ともいう、加熱して液体状にしたプラスチック原料を、あらかじめ閉じられた金型内に瞬時に加圧注入(射出)し、充填後金型を冷却することにより金型内のプラスチック原料を固めた後、金型を開き製品を取り出す成型法。この一連の工程「金型締め→射出→保圧→冷却(固化)→金型開き→製品取り出し」が連続して繰り返される事により、同じ製品を大量に生産できる。また、金型の工夫で複雑な形状の製品でも製造できる成型方法。

3) 中空成型

ブロー成型ともいう、加熱して軟化したプラスチック原料を、金型にチューブ状に押し出し(パリソン)、その後冷却して中空体の製品を作る成型方法。灯油カンなどが代表例。

4) 押出成型

加熱して溶融したプラスチック原料を口金(ダイ)より押し出し、一定の断面形状の長い製品を得る成型方法。ダイの形をかえることにより、シート、パイプ、ホース等のほか、異型押し出し品(☆星、半円、T字…)が得られる。

5) 真空成型

金型(雌型あるいは雄型いずれか一方のみ使用)に、加熱

軟化させたプラスチックシート(板)を乗せ、空気吸引により型とシートの間を真空にすることにより、シートを型に密着させ成型する方法。たまごパック、カップラーメンの容器など包装容器がその代表例。

3-1-3. ポリプロピレンシートの加工方法

1) CNC(数値制御)フライス盤

フライス盤とは、フライスを使って主に金属工作物に平面削り、溝削りなどの機械加工・金属加工を行う代表的な工作機械であるフライス盤の一種であり、NCフライス盤或いはCNCフライス盤とも言われます。数値制御フライス盤(NCフライス盤CNCフライス盤)では、主軸とテーブルとの相対運動が移動速度や位置などの数値情報により制御されることにより、フライス加工の一連の動作がプログラミング指令により実行される。

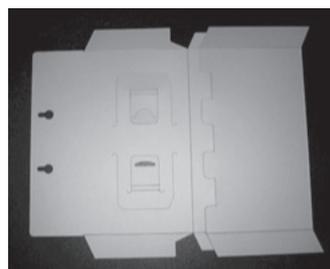
2) ピナクルダイプレス加工

ピナクル型とは鋼を溶かし、刃物をシャープニングさせた腐食刃をベースのベニヤ板や樹脂板(総称してダイボードとも言う)に刃物を埋め込んだ型で行う加工方法を差す。特徴として継ぎ目がないため精度が高い抜き加工が可能。

3) トムソン木型(ビク型)

トムソン型・ビク型とは、ベースのベニヤ板や樹脂板(総称してダイボードとも言う)にレーザーで溝加工を施し、その溝と同じ形状に曲げた鋼の刃物を埋め込んだ型で行う加工方法を差す。

最近では、レーザー加工機や自動刃曲げ機をCADにより制御することが可能になり、これまでよりも高精度の型の作成が可能になった。金型に比べてコストが低く、多品種小ロットに向いている、製作日数も短いため、シートを用いた打抜き加工の分野では、試作～量産まで幅広く使用されている。



シートの抜き加工例

CNC フライス盤、ピナクルダイプレス加工、トムソン木型などの抜き型加工機により抜き加工、溝加工、穴加工を同時に施す。

4) 超音波溶着

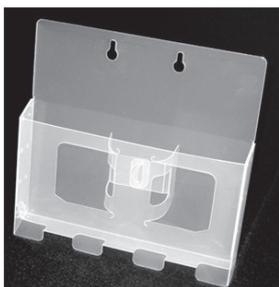
超音波振動と同時に加圧力を加えることで、プラスチック製品の一部に強力な摩擦熱を発生させ、接合したい部分を溶融させシートやコーナーをかしめ接合を行なう加工方法。

5) ホットガン(ヒートガン)溶着

電熱で発生した熱をファンによって熱風とする方法、乾燥、溶着、接着、収縮、溶解など様々な加工が可能。

6) 熱板溶着

高温の熱源(熱板)に樹脂を接触させて溶融し、溶融部分が冷えて固まる前に押し付けて接合する方法、簡便な装置で比較的強固な溶着が行える方法として、古くから利用され大型製品の接合に適している。



組み付け加工例
抜き加工、溝加工、穴加工、を終えたシートは、溶着、接着などにより固定、組み付ける。

3-1-4. シート素材による匡体構造の調査

現在、広く使用あるいは流通している商品をサンプルとして以下に示す。



化粧箱



収納ケース



ランプシェード



手提げBOX

サンプル写真は、パッケージ、日用品、インテリア用品、事務用品などの代表的な商品である。これらは主に前述した加工方法による型抜き加工後に、位置決めした接合部を接着あるいは溶着して匡体などにする製造方法で組み上げている。

4. 研究

4-1. 現状の匡体の考察

サンプルで示す主な匡体は、平面の接合面を接着・溶着する事で匡体を保持する構造である。これは、比較的小さな容器に向いた構造であり、ある程度の大きさを求めると、匡体を構成するシートの各面は張りがないため波打ち、クオリティーに欠ける商品になると思われる。

4-1-1. 断面構造の分類

従来からある匡体を含め、考えられる匡体の断面形状を選出、簡易モデルによる研究の結果、本研究の条件である内容積の確保、匡体としての強度などを比較したのが下記分類表である。

	断面形状	内容積	強度	面の張力	面構成数
1	丸 	○	△	×	1
2	目の字 	×	○	◎	2
3	三角形 	△	◎	△	3
4	四角形 	◎	○	×	4

表 断面構造の比較分類

4-1-2. 断面構造の分析

- 1) 丸い断面を筐体構造として考察すると、内容積は確保しやすく、強度もほどほどに強いが、面の張りが弱い、従って部分変形しやすく圧力や圧縮力に弱い。
- 2) 目の字断面を筐体構造として考察すると、折り曲げ部の直線維持と強度に優れ、面の張りが強い、しかし、内容積確保には不利である。平面と立体への変更が容易なため、既存のパッケージとして普及している。

3) 正三角形を断面とする筐体構造を考察すると、強度的には優れているが内容積の確保に不満が残る。

4) 四角形を断面とする筐体構造を考察すると、内容積は優れているものの、面の構成数が多いため本研究の目的には不利かと思われる。

4-1-3. 新構造の考察

本研究が目指す、組み立てと展開を反復できる筐体には、従来の「接合部を固着して筐体を組み立てる方式」は使えない。しかし、従来の方式に劣らない強さと、収納容器としての内容量の確保、そして、安定した面の張りなど、商品としてのクオリティーも必要な条件と考える。

4-1-4. 断面構造の条件設定

本研究の目的をクリアする条件は以下の4点となった。

- a) 内容積が確保できる形状
- b) 筐体を保持する強度
- c) 面の強さ、張り
- d) 最小の面構成

4-1-5. 断面構造の基本方針

断面構造の比較分類表内にある4タイプの断面形状の中から、上記 a) b) c) d) の条件設定に対し、本研究の目的に比較的マッチした断面形状として、強度の優れた三角形と内容積の確保に優れた四角形の二種類を筐体断面の基本形状とした。

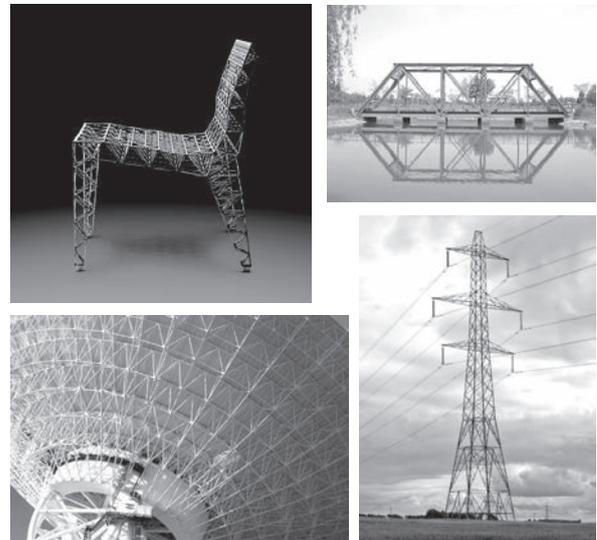
4-1-6. 構造に関する文献調査

三角形と四角形それぞれのメリットデメリットについて、また筐体としての強度を考察する観点から、三角形を基本に組んだ構造について建築工学の分野から、筐体の構造について機械工学の分野からの資料による構造の解析文献を研究資料とする。

4-1-7. 構造形式

1) トラス構造

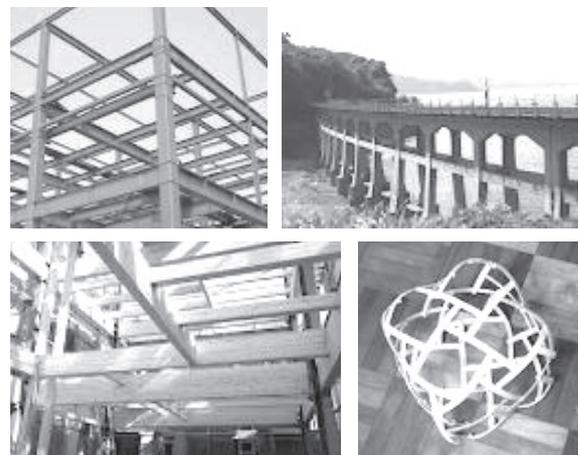
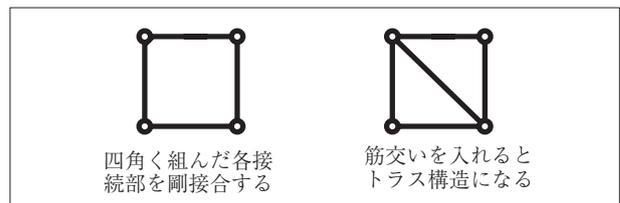
部材を三角形を基本にして組み、接合点を自由に動くピン接合とする構造。原理的に圧縮か引っ張る力しか掛からない。大空間のドーム屋根、パラボラアンテナの支持構造鉄塔、橋、などが代表例。



トラス構造の代表例

2) ラーメン構造

額縁を意味するドイツ語、長方形に組み立てられて各接合部を剛接合した構造、この構造は圧縮、引っ張り以外にもせん断・曲げの力が掛かる、構造内に筋交いを入れるとトラス構造になる。建築の代表的構造。



ラーメン構造の代表例

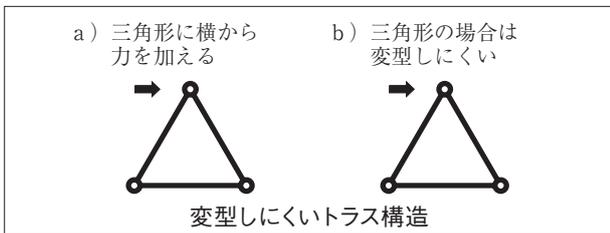
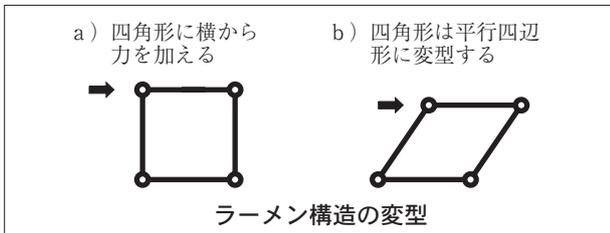
3) 壁式構造

ラーメン構造の内部に板を入れた構造、線で受ける力が面で受けるようになり強度を増す。



4-1-8. 構造形式の強度比較

2) 四隅をピンでつなげた四角形に、横から力を加えると、平行四辺形に変形します。三角形の場合は、横から力を加えても、変形しにくく、部材軸方向の力で抵抗する。



4-1-9. 断面構造の決定

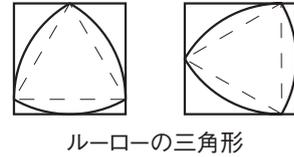
三角形と四角形の構造形式を比較検討した結果、匡体として変形しにくい三角形のトラス構造を選択した。さらに、「目の字」断面形状の面の張力に着目、三角形の各辺を丸くして欠点であった内容積不足を解決する「おむすび形」とした。

上記表は、4-1-1. 比較分類表に示した4種の断面形状に対

	断面形状	内容積	強度	面の張力	面構成数
5	おむすび形 				3

する比較の結果を示す。おむすび形は各条件に対し優れた内容を示す。

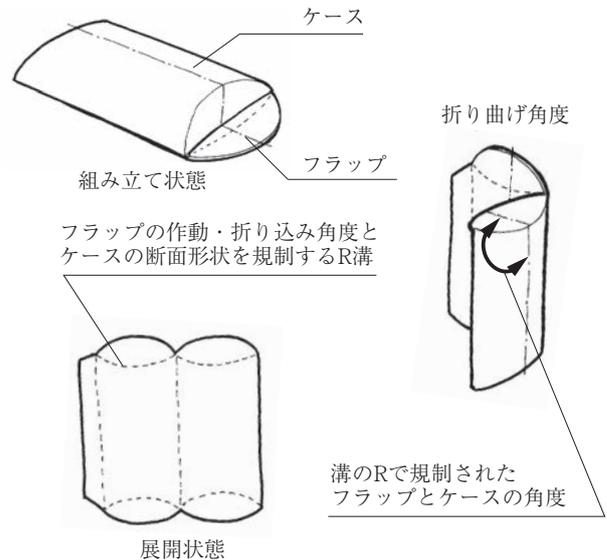
尚、正三角形の各辺を膨らませた形を「おむすび形」としたがこれは定幅図形としてのルーローの三角形に似た形状である。ルーローの三角形が正方形に内接して転がる曲率になっているのに対して、おむすび形断面は正方形に内接してころがらない曲率のものも含む。



4-1-10. 匡体構造の調査

a) 目の字断面ケースの分析

本体は溶着接着などで固定、両サイド各二枚のフラップを折り込んで張りのある本体面を形成、匡体としている。フラップは折り曲げ加工された溝により折り曲げる、Rで加工された溝により内側に倒れる角度を調整固定する。



b) モノコック構造

応力外皮構造ともいう、フレームの代わりに、外板に必要な最小限の加工を施して強度剛性を持たせる、内部空間を広

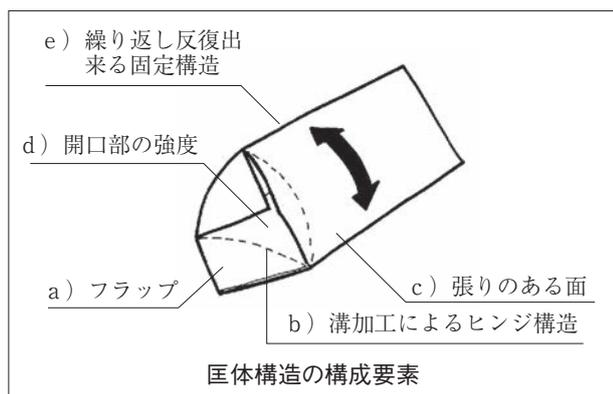


モノコック構造の代表例

く取る事ができる。外板が強度部材となる場合、丸みを持たせた構造の方が高い強度を得られる為一般的に断面形状が丸みを帯びているのが特長。外板に一切の開口部がないのが理想であり、開口部がある場合は強度が低下する為その部分を補強する必要がある。

4-1-11. 匡体構造の考察

おむすび形断面形状が、丸みを帯びたモノコック構造として成り立つ断面構造であるが、開口部の強度が重要である。参考とする「目の字断面」のケースは、開口部をフラップで閉じているものの、指で押すと不安定に動く構造である。本研究の匡体は、収納ケースとしての安定した強度の実現が不可欠である、図に示すa)～d)の構成要素など各々の最適値はモデル制作による研究開発により実証する。



5. 研究開発

5-1. 匡体構造の研究プロセス

1) 接着や溶着を用いないという本研究の目的に照らし合わせてアイデア抽出を行い、図面を起しラフモデルを制作、検証を繰り返し行い、基本となる構造を発案する。

2) 具体化した基本構造をベースとし、幾つかのカテゴリーに沿った条件を設定。原寸図面を起しモデルを制作し、各カテゴリーに最適な構造を選出する。

3) 選出した構造を、さらに使用感や心地よさに基づいて調整、最終デザインを決定する。

4) 研究開発の評価確認のため、コンペや展示会へ出展し、製品化への反応を調査する。そのために、プレゼンテーション用の実働プロトタイプと補足資料を制作する。

5-2. ポリプロピレンシート加工方法の考察

ラフモックによる検証材料として、0.2mmのフィルムと0.75mmの発泡シート2種類を用意した。ポリプロピレンシートの量産行程においては様々な方法があることは前述したが、検証用のラフモック制作には低コストとスピードが必要となるため、ほとんどの方法は不向きである。そのため、カッターナイフや穴開けポンチ等などの代替手段によって加工を行った。具体的には、切り抜き加工においては、紙に印刷した原寸図面の裏面に低粘着性の接着剤を塗布し、ポリプロピレンシートに貼り込み、カッターナイフによってカットした。(写真5-1)

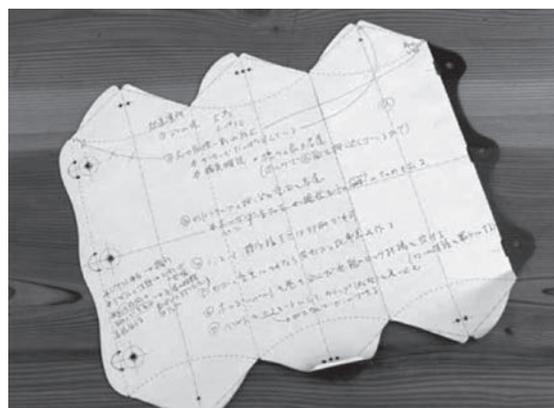


写真5-1

また、折り曲げ加工においては、ポリプロピレンシートは直線あるいは曲線の溝を作る事で、この溝に沿って反復折り曲げができるというヒンジ特性を持っているのだが、溝加工は型が必要となるため、カッターナイフによるハーフカットで折り曲げ加工を行った。穴加工についても市販のポンチを打ち込み、穴開けを行った。

スタイリングの調整や、使い心地のクオリティーアップ



写真5-2

のためには、上記の方法によるラフモック作成と、それを用いた使用テストからフィードバックを反映した再度のラフモック制作、という手作業のプロトタイプング行程を繰り返し行った。(写真5-2)

5-3. ヒンジ曲線の条件設定

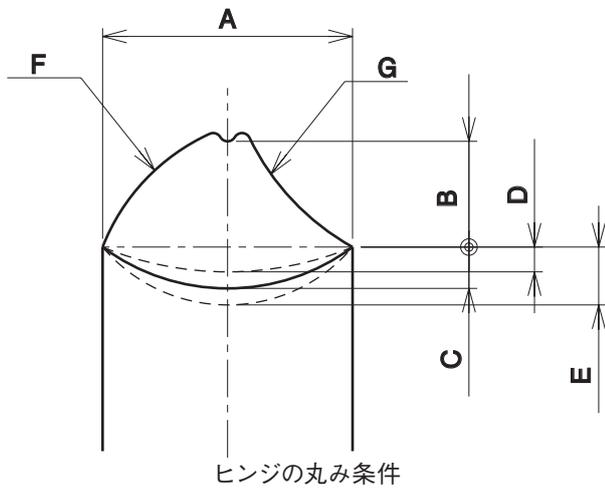
5-3-1. フラップの倒れ込み設定

本研究のラフモデルによる検証結果から、本体A巾に対しCで示す比率が本体の強固な張力を導くヒンジ曲率であることがわかった。

図中に示すDの浅い曲率はフラップがロックできる位置まで届かない。Eの深い曲率は本体折り曲げラインの直線を引き込んでいびつにし、張力を発生しない。

本体A巾に対しBで示す寸法は、3枚の各フラップを倒し込んだ時に形成される面曲率が合致しロック、本体の張力を発生させるフラップの接触点を示す。

5-3-2. 新構造の発見まとめ



ヒンジの丸みとフラップの倒れ込み角度		
浅い	最適値	深い
Dで示す曲面	Cで示す曲面	Eで示す曲面

※フラップの倒れ込みが浅い程、本体断面の丸みが少ない

5-4. 断面を形成する留め具

1) トリムによる方法

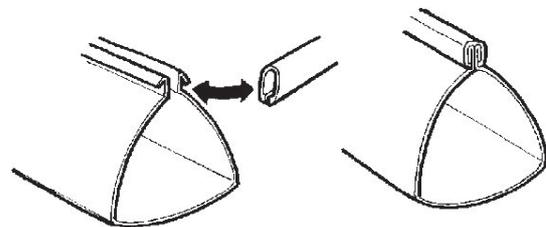
市販のクリアファイル(写真5-3・写真5-4)で一般化している方法を実験的にモデル化、三角形への外部固定・内部固定方式を検討した。外部固定は、出っ張りが予想外に大きいうえ、さらに、装着に手間取る。内部固定は内容積への影響が大きい上装着に手間取るということがわかった。(説明図)



写真 5-3

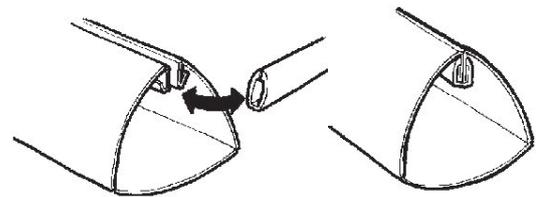


写真 5-4



説明図—外部固定

出っ張りが大きいうえ、さらに、装着に手間取る。



説明図—内部固定

内容積への影響が大きい上装着に手間取る。

2) 市販ホック釦による方法(0.75mmの発泡シートを使用)

本体の対向する長辺側に、それぞれハーフカットを施し



写真 5-5

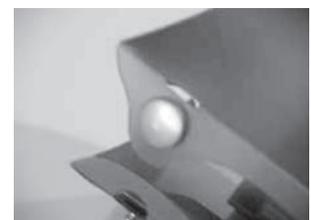


写真 5-6

た延長リブを設ける、ホックの凸(受け部)は本体側に、もう一方のホック凹(作動部)は延長リブ内にそれぞれ複数を取り付ける。これをトラスモノコック構造を形成する本体側に巻き付けるようにして固定する。(写真5-5・写真5-6)

ホックの凸を取り付けた本体側の延長リブは、シート端部の面補強とホックの接合・取り外す時に手の加圧による変形防止の補強リブを兼ねる。

ホックで接合し易くするためのガイドとして、ホックの凸(受け部)を取り付けた本体側延長リブのハーフカット位置に、切り起こした爪を形成する、さらに、ホック凹(作動部)を取り付けた延長リブのハーフカット内に爪に対向する穴を加工、形成した爪と穴をはめ合い構造とし組み立て易さのガイドとする。(写真 5-7・5-8参照)



写真 5-7



写真 5-8

3) 本体の加工による方法

市販の留め具を使う事なく、シート内に留め具を形成する方法を研究するにあたり、まず、確実な固定構造を具体化した。そして、それに対し外す機能を段階的に工夫改良をして最終的に市販ホック釦と同等の機能の実現を目標としリファインを加えた。シート素材は0.2mmフィルムと0.75mmの発泡シートを使用して、その厚みによる構造の違いも検討する事となった。

下記に示す、モデル制作による研究では、一枚のシートを巻いてその両端部を重ね、その一方の端部には固定受け用の穴加工を施し、対向する端部には差し込み部を加工形成するという方法を基本条件として考察したものである。固定受け部あるいは差し込み部は、様々な形状とその組み合わせがあり、試行錯誤をくり返した。以下に示すa. b. cの各タイプは、差し込み固定機能のみに限定し研究して得た形状、本体の一部を押して外せる形状、そして市販ホック釦と同等の引っ張って外す機能を持つに至った形状を順次述べたものである。

aタイプ(差し込み固定機能限定)

差し込み易い丸っこい差し込み部(写真 5-9)と、それを受ける同形状の穴(写真 5-10)で固定する方式である。受け部の穴の両脇の切り込みと端部に向かう放射状の切り込みは、差し込み固定部を貫通させる際に動きをスムーズにするための弾性変形のための加工である。(写真5-10)受け穴加工部の端部側に切り起こした2個の半円形は、対抗する差し込み部の根元にある2個の穴に入り込み、組み立て時の位置決めガイドとなる。(写真 5-11)差し込み部を押し込み固定する。(写真 5-12)



写真 5-9



写真 5-10



写真 5-11



写真 5-12

bタイプ(本体の一部を押して外す)

差し込み易く、且つ、引っ掛かり易い形として円弧を重ね



写真 5-13



写真 5-14



写真 5-15

て両端を尖らせた差し込み部と、それを受ける同形状の穴で固定する方式である。端部側にある受け穴の円弧の延長した切り込みは差し込むためのガイドである。(写真5-13) 差し込み部の先端を押し付けながら差し込むと固定できる。(写 5-14) 差し込み穴の放射状の切り込みは、固定した差し込み部の先端あたりを押し付けて外す場合の、スムーズさを生み出す弾性変型をさせるためである。(写真 5-15)

cタイプ(ホック釦と同程度の機能)

aタイプを改良したタイプである。差し込み易い丸っこい差し込み部と、それを受ける同形状の穴で固定する方式である。受け部の穴の放射状の切り込みは、差し込み部をスムーズに差し込む、あるいは、引抜くための弾性変形部である。(写真 5-16) 差し込み部の先端に延長して付いた部分は、引抜くためのつまみであり、差し込む時は折れ曲がる。(写真 5-17・5-18) 固定状態では一部が飛び出した状態であり、引っ張り易い形状とした。(写真 5-19)



写真 5-16



写真 5-17



写真 5-18



写真 5-19

5-5. フラップによる筐体の形成

1) フラップの形成

筐体構造をかたち作る本体両面の各3枚のフラップは、蓋としての機能も必要とし、スムーズな作動と使用感の為に折り込む順序を設定、それに伴う各フラップの端部摺り合わせ曲線のモデルの制作をくり返し検討した。

2) フラップ形状の確立(0.2mmのフィルムシート)

・折り込み順位1

最初に折り込む1つ穴フラップ。三角状を成す左側のカーブラインは、最後に折り込むフラップの落ち込みを防ぐよう制御する、先端のRとフック状の形も、最後のフラップの引っ掛かりとして落ち込みを防ぐ為の形である。右側のカーブラインは2番目のフラップの落ち込みを防ぐ。(写真5-20)

・折り込み順位2

2番目に折り込む2つ穴フラップ。三角状を成す左側のカーブラインは、最後のフラップに押されて変形しても、最初のフラップから外れず、自らの落ち込みを防ぐよう制御する、右上の大きなRのふくらみとフック状の形は、最後のフラップの落ち込みを防ぐ為の形であり、さらに、そのふくらみはそれぞれのカギが引っ掛かるよう誘導する役目も果たす。(写真5-21)

・折込順位3

最後に折込む3つ穴のフラップ。右側の大きなRのふくらみは開ける時の指掛けである。先端のカギ状の形は1・2番フラップのかぎ状部に引っ掛かり、3枚のフラップの重なりと凹み面を制御・生成するロック部である。(写真5-22)

・折り込み順位4

最初に折り込む1つ穴フラップの右側のラインと、最後に折込む3つ穴フラップの左側のラインは、それぞれの端面の摺り合わせ接触を想定しており、最後に折り込むフラップの一部、すなわち、フックの左のふくらみあたりを押し込んで最初のフラップの下へくぐらせてロックする場合の、スムーズな動きを引き出す。さらに、クリック感のクオリティーアップとクリック音の発生を促す。(写真5-23、5-24、5-25)

・折り込み順位5

各3枚のフラップ先端部のフックは、フィルムシートの薄さに由来する処理構造であり、押し込んで変形し抜け落ち易いフラップ先端を留め、3枚のフラップの重なりと、張力を発生させる凹み面を制御・生成する為のロック部であり、スムーズで確実にロックする役割を果たす。3番目のフラップには指掛け用のカーブラインが付く。(写真5-26、5-27)



写真 5-20



写真 5-21



写真 5-22



写真 5-23



写真 5-24



写真 5-25



写真 5-26



写真 5-27

3) フラップ形状の確立(0.75mmの発泡シート)

・折込順位1

最初に折り込む1つ穴フラップ。三角状を成す左側のラインは、最後に折り込むフラップの右側のラインとの接触を想定している。右側のラインは2番目に折り込むフラップの左側の、緩やかなカーブ部分を受け止める。(写真5-28、5-29)



写真 5-28



写真 5-29

・折込順位2

2番目に折り込む2つ穴フラップ。三角状を成す左側のラインは、最初に折り込んだフラップの右側の上に重なり、左側は最後のフラップの左側部と重なる。(写真5-30、5-31)

・折込順位3

最後に折り込む3つ穴のフラップ。三角状を成す左側は、開く場合の指掛けとなる。右側のラインは、3つ穴部を押して最初に折り込んだフラップの左側に重ねたあと、そのまま押し込み、先端切り欠き部右のふくらみを、最初のフラップの下へくぐらせてロックする場合のスムーズな動きを引き出す。さらに、クリック感のクオリティーアップとクリック音の発生を促す。(写真5-32)

・それぞれのフラップの先端切り欠き部は、互いに入り込んで落ち込みを回避、3枚のフラップの重なりと、張力を発生させる凹み面を制御・生成する。(写真5-33、5-34、5-35)

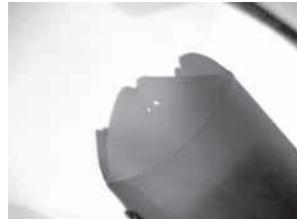


写真 5-30



写真 5-31



写真 5-32



写真 5-33



写真 5-34

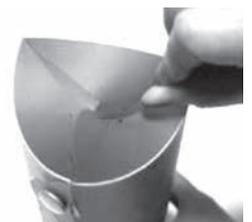


写真 5-35

5-6. その他ディティールの検証

その他、各フラップを折りたたむ時の落ち込みを防ぐ為のフラップのカーブラインや、指掛け・ロック機能・押し込む為のカーブライン等、様々な工夫を施した(実際の応用参照)

6. 応用具体化

6-1. 実際の応用

6-1-1. 応用と新規用途の展開

素材の調査分析、カテゴリーなどのプランニングを経てデザインの考察・決定後に何度もの試作を繰り返し、最終デザイン案として制作したモデルを以下に紹介する。上記要点をベースに繰り返したデリケートなカーブラインのモデル制作による試行錯誤は、計測的数値を超えて、指や耳に与える使用感のデリケートな心地よさを配慮する為であり、指触りカーブラインや触覚をベースとしたユーザビリティを具体化したものである。

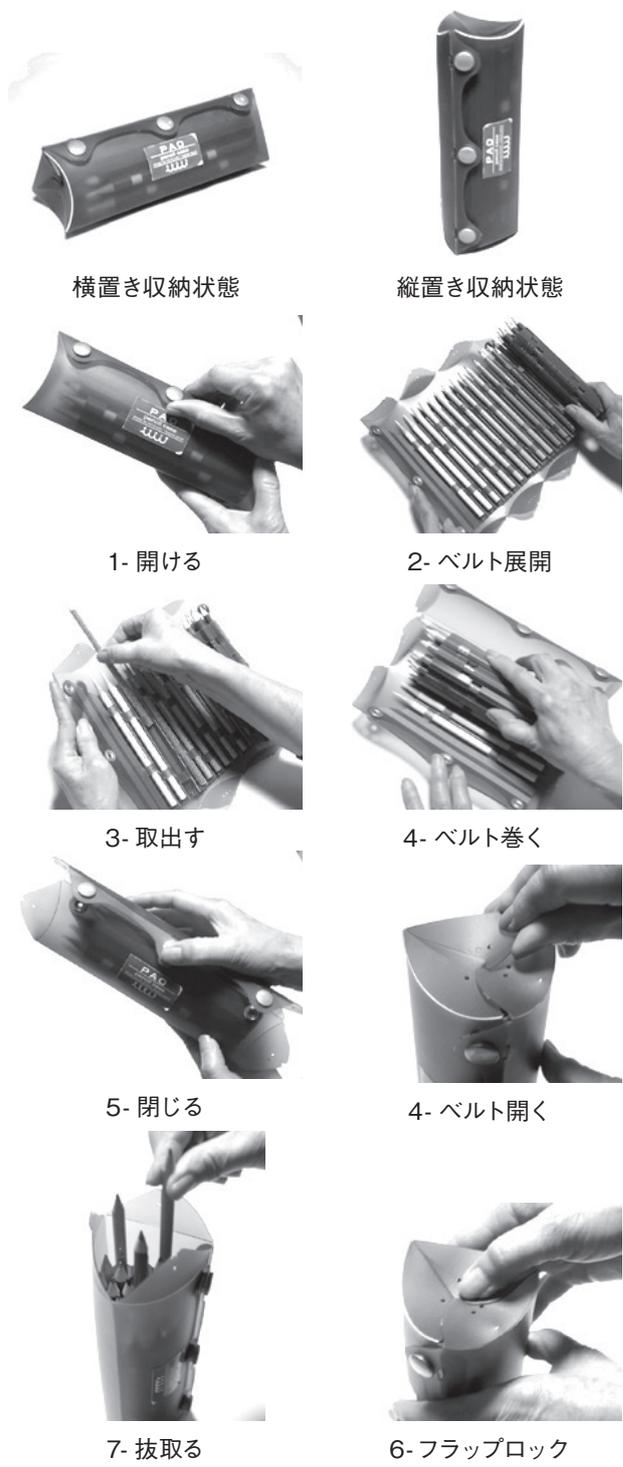
6-1-2. マーカーケース

筆記用具であるマーカーやマジックペンは、収納、持ち運び、あるいは使用時に使い易いケースがあると便利である。「組み立てと展開」を反復できる「マーカーケース」は、ケースの中にクルクル巻けるベルトホルダーを内蔵しており、12本のマーカーをコンパクトに収納できる。ベルトでホルドする事で、取り出し易さや視認性が向上し使い易くなっている。試作モデルのシートベルトはポリプロピレンのシートであるが、押し付けてホルドするキャッチ構造を持つ成型品とすれば、本体を展開する事なくフラップを開いたままで引き抜いての取出し、あるいは、差し込み収納が可能となる。デザインポイントでもある市販のホック釦は、強く押し付けて固定する必要があるが、このケースは本体が凹まない構造であり使用した。



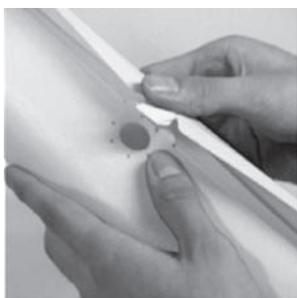
6-1-3. えんぴつケース

えんぴつ、色えんぴつ、カラーペンあるいはクレヨンなどは、子供たちにとっても身近な筆記用具であり、ケースからの取出しや持ち運びを楽しくできると便利である。この「組み立てと展開」を反復できる「えんぴつケース」は、ケースの中にクルクル巻けるベルトホルダーを内蔵しており、筆記用具をコンパクトに収納できる。おむすび形のスリムなケースは子供の手でも持ち易い形である。また、いちいち本体を展開しなくても、フラップを開いたままの引き抜き取り出しや、差し込み収納ができる便利さがある。デザインポイントでもある市販のホックは、強い力で押しつたりはずしたりする必要があるが、これを本体に形成した固定方式に変更する事で小さな子供の指でも楽に開けられる構造となる。

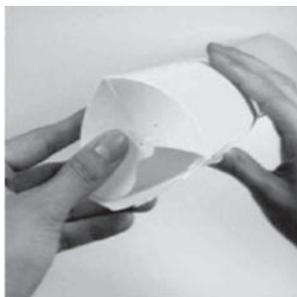


6-1-4. 図面ケース

紙管やプラスチック成型品に代わるシートで作る図面ケース、A2を収納できるサイズとした。平たく積み重ねてコンパクトに収納できるように、固定部はシートに加工形成された出っ張りの無い形であり、さらには、使用後は展開して広げたものを、縦方向にクルクルと巻込んでコンパクト化、バックなどに収納できる方式とした。



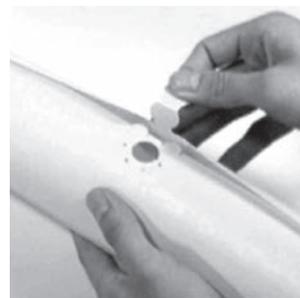
1. 組立て / 固定部差込み



2. 組立て / フラップロック



3. 組立て / 収納



1. コンパクト化 / 外す



2. コンパクト化 / 広げる



3. コンパクト化 / 巻く



4. コンパクト化 / 固定



組立サイズとコンパクト化サイズの比較

6. まとめ

6-1. おわりに

本研究では、ポリプロピレンシートを用いて、接着や溶着を必要としない筐体構造を実現した。この構造により、工場での複雑な加工工程を減らすことができ、1枚のシートから誰でも簡単に頑丈な構造を持つ筐体を作り上げることが可能となったため、製造側では輸送コスト減、ユーザー側には自分で組み立てる楽しさを提供した。また、別部品を一切使用せず、ポリプロピレンのシートだけで形成された本構造体は、リサイクル性も高く、様々な製品への応用が望まれる

パソコンや3Dプリンターなどを用いた、ラピッドプロトタイプングがもてはやされる時代ではあるが、手で作りさらに何度でも試作を繰り返す中から、様々なイメージの手応えを得た。脳だけではなく手、目、耳、など身体の五感を使って、音、触り心地などに心を傾けることで、見た目や便利さを越えて五感に訴える心地よさを実現することができた。図らずも、頭だけでなく、手や身体で考えるという、プロダクトデザインの基本に立ち返る研究であった。

6-2. 補足

研究開発の評価確認のため、最終デザイン案を(財)東京都中小企業振興公社 / (財)日本産業デザイン振興会主催による「産業交流展2005」に併設された「2005年度 東京デザインマーケット プレGマークデザイン提案」に応募し、



品目「筆記具の収納ケース」として受賞、東京ビッグサイト西ホールにて展示されてGマーク選定のシードを得た。

本デザイン案の商品化、量産化にはコストや生産性を考慮した検証が必要であり、実用化に向けてさらなるリファインをしたい。

6-3. 謝辞

具体化実験を重ねるためには、大量のポリプロピレンシートが必要でした。当方の勝手な申し出にもかかわらず、素材の提供にご尽力いただきました山宗株式会社様には、この場をお借りしてお礼申し上げます。

6-4. 参考文献

- 1) 清水建設研究報告・第73号2001年4月／兼光知己、杉崎健一、甲斐芳郎、谷口尚範、瀧論、立石寧俊
- 2) 独立行政法人・土木研究所／構造物メンテナンス研究センター
- 3) 名古屋工業大学 市ノ瀬研究室、ホームページで学ぶ構造力学／市ノ瀬敏勝
- 4) ミサワホーム株式会社／「モノコック構造」の強固な住まいを実現
- 5) “モノコックボディ”日本の自動車技術 240選／自動車技術会
- 6) JAL航空実用事典 胴体構造 水木新平・櫻井一郎監
- 7) 『飛行機のしくみ』ナツメ社、Weblio辞典／航空軍用用語辞典
- 8) 三菱レーヨン株式会社／技術資料
- 9) アクリサンデー株式会社／技術資料
- 10) ベアロン工業株式会社／技術資料
- 11) 有限会社エーエフ／技術資料
- 12) 出光興産株式会社／技術資料
- 13) プラスチック成型材料商取引便覧／化学工業日報社
- 14) 図解プラスチック用語辞典／日刊工業新聞
- 15) ポリマー辞典／大成社
- 16) 本城化成株式会社／本城守／技術資料
- 17) 川重テクノロジー株式会社／技術資料
- 18) 株式会社ノダ／技術資料
- 19) ポリプラスチックス株式会社／技術資料
- 20) 株式会社プライムポリマー／技術資料
- 21) 太陽工業株式会社／技術資料
- 22) 日本ポリプロ株式会社／技術資料