

Circle Packing に基づく折り紙モデルの応用と限界

Application and Limitation of Origami Model based on Circle Packing

1W130410-0 中原 正人 指導教員 郡司 幸夫 教授

NAKAHARA Masato

Prof. GUNJI Yukio

概要： 折り紙は「設計」の導入以降目まぐるしい進歩を遂げ近年では非常に複雑な作品が多数作られている。折り紙における設計とはあらかじめ想定した完成型から折り方を得る逆問題である。今回は、Robert J. Lang 氏によって確立された Circle Packing という設計理論を扱った。Circle Packing は折る対象の突起形状に対応した円を正方形内に配置することでそれを折り出す領域を確保し、目的とする形を作る理論である。Circle Packing を用いたオリジナル作品の設計を通してその特徴や限界について考察した。

キーワード： 折り紙、設計、逆問題、Circle Packing、限界

Keywords: origami, design, inverse problem, circle packing, limit

1. はじめに

1980年代、折り紙に「設計」という概念が導入された。設計とはあらかじめ目的とする形を想定してその形を得るためには紙をどう折ればよいのかを考えることである。設計理論の確立以前は折り紙制作の体系的な手法は存在せず一部の作家が経験や勘を頼りに制作を行っていたが、設計理論が確立されると広く普及し、今日では世界中に折り紙作家が存在し、コンプレックス折り紙と呼ばれる非常に複雑な折り紙作品が多数作られている。今回はそうした設計理論の中でも代表的なものである Circle Packing について理解し実際に作品を設計することでその特性について考察した。

2. 理論

折り紙の設計が目的とするのは折る対象によく似た形状を1枚の紙から折り出すための折り目を割り出すことである。ここで目的とされる形状は一般的に対象が持つ突起部分と同じ長さで数のカドを有する形である。こ

れを base と呼び、base が有するカドのことを flap と呼ぶ。例えば、折り鶴の base には4つの flap が備わっておりそれらをそれぞれ折り込むことで頭と尾と一対の翼をつくり、鶴に見立てている。このように、flap は作品の見立ての要となるもので、折り紙作品の設計においては flap をいかに作るかが重要な問題となる。長さ L の flap を作る際に必要な紙の領域は図のように半径 L の円で表すことができる。

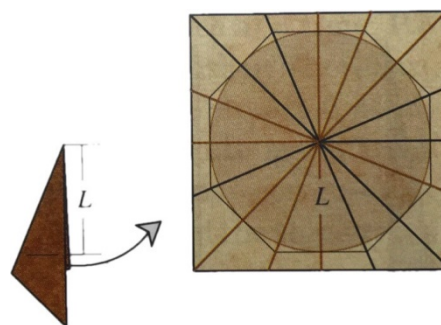


図1 flap とそれを作る際に必要な領域

つまり N 個の flap を有する base を作成するにはその flap に対応する N 個の円を互いに交わらないよう正方形内に配置する必要がある。

これが Circle Packing の基本となる概念である。Circle Packing の具体的な手順を簡潔にまとめると次のようになる。

1. 対象を枝状のグラフに置き換え、作りたい base に備わる flap の長さや数を明確にする。このとき各枝の長さは flap の長さに等しい。
2. 各枝を円に変換する。
3. 各円の中心が正方形内に収まり、かつ互いに交わらないよう配置する。このとき円の半径は枝の長さに等しい。
4. 作られた円図を元に折り目を決め、base を作成する。
5. base を折り込み、目的とする対象に見立てる。

3. 制作

実際に Circle Packing を用いてオリジナル作品の設計を行った。

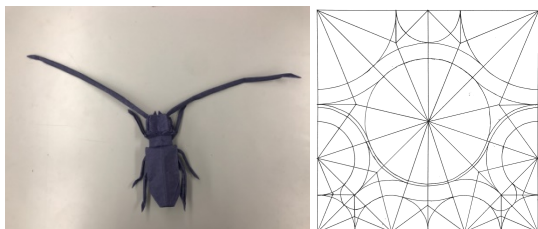


図 2 設計したカミキリムシ

これが今回設計したカミキリムシである。カミキリムシを選んだ理由については、虫は哺乳類や魚類などと比べて折り出さなくてはならない器官が多く、その中でもカミキリムシは長い触覚が非常に特徴的であり、折り紙での作成は挑戦であると同時に、複雑な形でも Circle Packing が成り立つのかを実際に確認する上で適した題材であったことが挙げられる。

4. 考察

Circle Packing を用いたカミキリムシの制作に成功したことで Circle Packing の有用性は示された。しかしその過程で、Circle Packing の理論と実践の間にある様々な問題にも直面した。そのほとんどが紙の厚みと大きさの限界によるものである。理論上では紙の大きさや厚みについては全く考慮されていないが、今回のカミキリムシのように細長い突起を多数必要とする題材の場合、それらは決して無視できるものではなく、折り出す突起の選択や、各円の配置を工夫する必要があった。そうした紙の限界から実際の設計は手順 1~4 の通りに 1 方向に進むものではなく、円の配置をした際に出る不具合を枝構造の見直しによって改善するなど、何度も各手順間を往復することで理想と紙の限界との妥協点を探す作業となった。

また Circle Packing は正方形に円を配置しそれ以外の余白部分は押し込めてしまう設計方法なので、そうした余白を利用した折り紙作品の設計をすることはできないことがわかった。

参考文献

- [1] Robert J. Lang: Origami Design Secrets-Mathematical Method for an Ancient Art, Massachusetts, A K Peters Ltd, 2003, 585p.