

書 評

「折り紙の数理と科学」

Thomas Hull 編集, 川崎敏和監訳, 森北出版, 2005

川崎英文, 九州大学大学院数理学研究院

ここ数年、「折り紙&数学」関連書籍が書店の数学啓蒙書コーナーで目立つようになりました。その数は十冊程度かと思います。それらにおける数学の比重は様々ですが、標記の翻訳書とその原著が折り紙の数学と科学の本格的かつ最前線の研究成果を提供する唯一無二の図書であると言っても過言でないでしょう。(第4回国際会議が2006年に開催されましたので、最新性はまもなくその論文集に譲ることになります。)

本書は2001年に米国・アシロマーで開催された第3回折り紙の科学、数学、教育国際会議(Third International Meeting of Origami Science, Mathematics, and Education, 略称3OSME)論文集から、第1部「折り紙の数理」と第2部(折り紙の科学と応用)を抜粋し翻訳したものです。収録されている21篇の論文全てに翻訳者が簡単な解説を書き加えています。しかしながら、初心者には読みづらい論文も少なくありません。また、折り紙の数理に関心を持っていても、その全体像がよく分からないという人も多いと思います。そこで、各論文の位置づけを明確にするために、折り紙の数理と科学の概要を最初に手短かに解説することにします。

大雑把に言って、折り紙関連の研究には次のようなものがあります。**基礎**: 折り紙の数学的基礎理論, **構造**: 特定の折り紙の数学的構造の解明, **設計**: 折紙設計, **公理**: 折りの公理, **計算**: Computer aided 折り紙, **工学**: 折り紙工学, **自然**: 自然界に現れる折り紙構造, **歴史**: 折り紙史, **教育**: 折り紙による数学教育。

そこで先ず、図1の折り線に適当に山谷をつけて平坦に折り畳めるでしょうか? この種の問題に答えるための基礎研究が**基礎**です。前川の定理、川崎の定理、東の定理等が基本的な結果です。次に、図2は通常折り鶴の展開図、図3は中央の正方形を切り抜いた外側の用紙で折った鶴の展開図です。その根拠を与える数学研究が**構造**の典型的な例です。

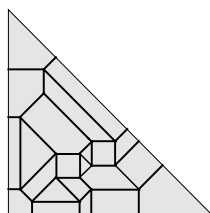


図1

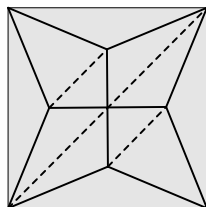


図2

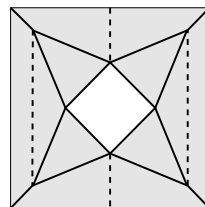


図3

図4は前川淳が設計した「悪魔」です。基本部品を展開図に配置する折紙設計により、「本当にこれが一枚の紙から?!」と驚嘆する「複雑折り紙」の世界への扉を開けた傑作です。



図4

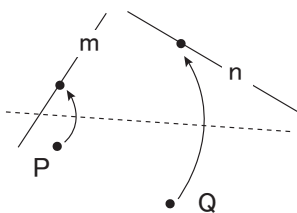


図5

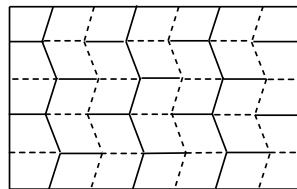


図6

また、折り紙の世界でもユークリッド幾何のような議論を展開できます。「二点 P, Q と二直線 m, n が与えられたとき、 m 上に P が、 n 上に Q が乗るように折ることができる。(図5)」を公理に加えることにより、折り紙で任意の角を三等分することができます(阿部恒)。折りの公理的考察は藤田文章に端を発し、ゲルトシュレーガー著、深川英俊訳「折紙の数学」はこの分野の必読書です。さらに、公理という単純な規律はプログラミングとの相性も良く、折り紙シミュレーションにも影響を与えています(ナグパル)。

ところで、折り紙を教えたことのある人であれば、コンピューターを使って折りの工程を説明できないかと考えたことがあると思います。それが**計算**の発端です。宮崎慎也はその基礎を与えました。最近では、折りたい対象物のイラストや折る工程を撮影した動画から、展開図や折り図を自動的に作製する試みもなされています(島貫博, 三谷純)。その他、ある種の折り紙の可能な折り方をコンピューターで列挙する研究(オルーク, ルビウ, 平田浩一)などもあり、折り紙の設計に生かされています。

工学でよく知られているのが三浦折り(図6)です。弾性素材の圧縮の過程から自然に導かれ、太陽電池パネルの展開に応用された三浦折りは折り紙工学の先駆的な業績で、1995年にH2 ロケットで実現されました。その他、萩原一郎による衝撃吸収構造への応用は折り紙の新たな可能性を提示しました。また、葉の成長過程や羽化前の蝶の羽など、自然界でも三浦折りの構造が観察されることが米国の研究者により **Science** に発表されました。

以上を踏まえて 21 篇の論文を整理すると次のようになります。

第1著者	内容	基礎	構造	設計	公理	計算	工学	自然
ドメイン	計算機関連折り紙全般			○		◎		
ベルン	一刀切の設計		○	◎				
ハル	山谷付けの数え上げ	◎						
ベスカストロ	川崎の定理の拡張	◎						
前川淳	表裏同等折		◎					

川崎敏和	折鶴変形理論		◎					
モズリー	曲稜線をもつ多面体		◎					
アルペリン	公理,幾何学,最適化問題				◎			
ゲトシュレガー	正17角形の折り方				◎			
スキメニ	公理,幾何学,最適化問題				◎			
ベイトマン	平織りの設計		○	◎				
スジンガー	折紙ソフト Foldinator					◎		
三浦公亮	三浦折りと地図		○				◎	
布施知子	折り紙コップ		◎					
ラング	ユニット折り紙		◎					
川村みゆき	任意角の折り出し	◎						
永田紀子	ねじれ箱		◎					
ティドンナ	弾性素材の力学構造						◎	
クレスリング	円筒と亀甲竹の力学構造						◎	◎
ヴェルコフ	折り紙パズル Flexagon		◎					
ナグパル	発生物学的シミュレーション				○	◎		◎
		基礎	構造	設計	公理	計算	工学	自然

さて話が前後しますが、第3回国際会議は、故藤田文章が立ち上げたイタリア・フェラーラ会議（1989年）、三浦公亮による大津会議（1994年）に引き続き、2001年に開催されたものです。ラングによる第4回会議は、2006年9月に米国のカリフォルニア工科大学（パサデナ）で開かれ、14カ国から155名もの参加者が集まりました。第4回会議はコンピュータを用いた折り紙研究が進歩したことを印象付ける大会となりました。その論文集は A K Peters からまもなく出版される予定です。このように、折り紙の学術研究は近年盛んになっています。特に、ラング、ドメインを始めとする米国の躍進がめざましく、本家日本の地位が危ぶまれる状況です。折り紙の数理に取り組む研究者が一人でも増えることを期待して、本稿を結ぶことにします。