

## NO16. 折り紙

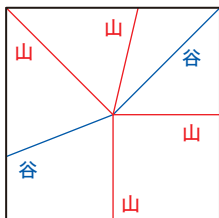
# コンピュータが さらなる地平を拓く!? 『折り紙』の幾何学。

もし目の前に不要な紙があるなら、一度それをくしゃくしゃに丸め、可能な限り平たく押し潰してみたい。そっと広げると、紙の表面には無数の折り線が縦横無尽に刻まれているはずだ。一見、極めて無秩序にしか思えないこの「しわ」。だが幾何学的にみると、そこにはいくつかの規則性を見出すことができるという。

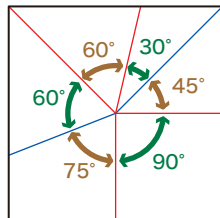
「仮に厚さ0ミリまで押し潰せたとすれば、すべてのしわは間違いなく直線になっているはず。また折り線の交点に着目すると、交差する線の数は必ず偶数。また山折り線と谷折り線の差は絶対に±2となり、交点を囲む内角を1つおきに足していくと180度になることも数学的に証明されています」。そう話してくれたのは筑波大学情報システム系の三谷純教授。これらの法則は、日本古来の文化としてなじみ深い「折り紙」の研究を通して発見されたものだという。かくいう三谷教授自身もコンピュータサイエンスを専門とする研究者でありながら、国内屈指の折り紙研究者としても名を馳せる。

そもそも日本の折り紙文化の源流は、平安時代に端を発するとされる。当初は貴族階級の間で「熨斗(のし)」などの儀礼用途に使用されていたが、和紙が一般に普及した江戸時代には気軽な庶民の「手遊び」へと発展。戦後になって「折り鶴」が世界中に紹介されたことをきっかけに日本の折り紙技術が世界へと轟き、今や日本語の「Origami」は国際的な共通語にもなった。

三谷教授は語る。「昔は1つの娯楽に過ぎなかった折り紙ですが、戦後以降は幾何学・工学などさまざまな角度から学術的研究が進みました。その要因としては、物体を小さく収めたり、効率的に立体を復元するなど、いくつかの社会的課題を解決する手段として『折る』という行為が持つ特性が注目され始めたことが



$$4 - 2 = 2$$



$$30^\circ + 90^\circ + 60^\circ = 180^\circ$$

$$45^\circ + 75^\circ + 60^\circ = 180^\circ$$

### ■前川定理と川崎定理

文章内でも紹介したとおり、平坦折り時に折り線が交差する点に着目した場合、2つの性質が必ず満たされることが知られている。左は「山折り」と「谷折り」の数の差は必ず±2である(=交差する線の数は偶数となる)という「前川定理」。右は1つおきの内角の和は必ず180度になるという「川崎定理」。これらは平坦折りができる必要条件であるが、この条件を満たすからといって、必ずしも平坦に折ることができるわけではない。



(デザイン/三谷純)

### ■曲線を持つ作品

コンピュータを使って設計された曲線作品の一例。写真は「ホイップクリームの連結」。



▶ご参考  
〈折り紙研究ノート(三谷純)〉

挙げられるでしょう」。例えば実際に、人工衛星の太陽光発電パネルをスムーズに開くために「ミウラ折り」と呼ばれる特殊な折り方が活用されているし、ダイヤカットのコーヒー缶は強度を保つために「吉村パターン」という折り方を採用したものだ。

その一方、作品が生まれる過程にも変革の波が押し寄せた。1980年代には、それまでの経験則的手法とは一線を画した、「折り紙を設計する(=折り方により望む形を作る)」というアプローチが誕生する。1990年代に入ると、設計をより効率化させるためにコンピュータによる演算が活用されるように。例えば三谷教授が2005年にリリースしたフリーソフト「ORIPA」は、展開図の作図に加えて、平坦に折りたためるかの判定、折りたたみ後の形状のシミュレーションなどができる。また2011年発表の「ORI-REVO」では、断面となる折り線を入力するだけで、完成時の形状と展開図を同時に出力できるようになった。「コンピュータの登場により、平坦折り(最終的に平たく折りたためる折り方)のより複雑な手法が編み出されただけでなく、新たに曲線の折り線を用いた三次元の立体作品も数多く設計できるようになりました。一見すると有限に思える折り紙の『可能性』ですが、実は近年、その地平はますます広がりつつあるのです」と三谷教授は語る。

となると、折り紙の技術は今後もさまざまな工学分野に応用されて…と期待したくなるが、そう簡単な話でもないようだ。「たとえ新しい幾何学法則を発見できたとしても、現実世界の素材が持つ厚みや剛性を加味すると、まったくその通りにはいきませんから…」(三谷教授)。複雑になればなるほど、製造コストの問題なども大きく立ちちはだかる。

それでもなお、研究者・愛好家たちが折り紙を追求し続けるのはなぜなのか。おそらくその原動力は、極めて純粹なる「好奇心」に他ならないように思われる。目の前に何気なく置かれた1枚の紙片と対峙し、一切のハサミを入れないという制約のもと、どこまで美しく、あるいはどこまで写実的な形を実現できるか。折り紙研究の現在地は、科学と現実との理想的な関わり方の一例を私たちに示してくれているようでもある。

【取材協力】三谷 純先生(筑波大学 システム情報系 情報工学域 教授)