

三谷純 筑波大学大学院システム情報工学研究科  
コンピュータサイエンス専攻 講師

様々な折紙の展開図情報をデジタル化することで、折紙のデジタルアーカイブを構築します。これに付随して、折紙の展開図を効率的に入力するための専用エディタ、展開図から折りたたみ後の形を推定するアプリケーションの研究開発などを行います。本研究により折紙の新規作品の設計支援や折紙研究の基盤ツールとして役立つこと、また折紙の理論をベースとした工学、数学、芸術、文化の領域への発展を目指します。

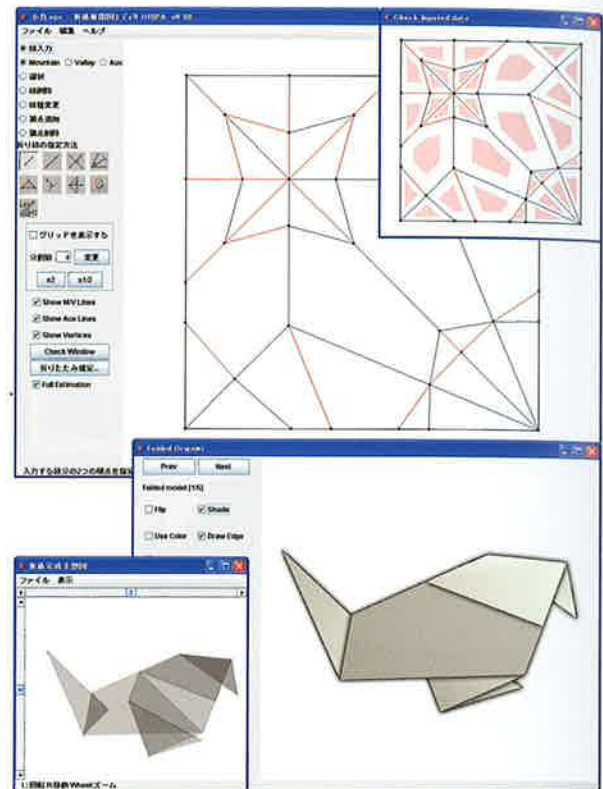


図1. 研究開発中の折紙の展開図専用エディタ(ORIPA)。入力された展開図から折りたたみ後の形を推定する機能が備わっています。

折紙には、一枚の紙を折りたたむだけで様々な形が作り出される不思議さがあります。日本では紙を使った伝統的な遊びの1つとして親しまれてきましたが、今では海外でもOrigamiという単語が広く使われるようになり、世界中に多くの愛好家が誕生しています。一方で、折紙の幾何に着目した研究も様々に行われ、そこで得られた知見が人工衛星の太陽電池パネルの折りたたみに応用されるなど、工学の実用分野への応用も行われています。さらに近年では計算機を用いた折紙の研究も行われるようになり、複雑な折紙は事前に理論的な設計を行ってから制作されるようもなってきました。

ところで、折紙作品の「形」を計算機で扱うにはどうすればよいでしょうか。漠然と「形」を計算機に入れるのは難しいですが、その「展開図」に着目すると問題は極めてシンプルになります。折紙の展開図は山折と谷折の線分の集合に過ぎないため、計算機に入力するのも簡単です。それでいて、展開図には折紙の形を再現するためにほぼ十分な情報が含まれています。折紙の上級者は展開図があれば折紙作品を折ることが可能ですし、今までの折紙に関する研究の多くが、この展開図に着目したものでした。

そこで本研究では、「折紙に関する情報を扱うには展開

図の情報が基本となる」という考えに基づき、展開図データを効率的に入力するための専用エディタの開発と、その展開図をデータベースに格納してアーカイブ化することを第一の目標としています。展開図情報がデジタル化されて蓄積されることで、今後の折紙関連の研究に役立つ基盤となると考えています。

さらに本研究では現在、計算機の中に構築された展開図のデジタルデータを元に折紙を折った後の形を復元し、そしてそれをCG表示するアプリケーションの研究開発も行っています。折紙には立体的な構造を持つ作品や、複数の紙を組み合わせて作る作品など様々な種類の作品がありますが、ここでは折り上がった時に平坦に折りたたまれるものに対して、折りたたみ後の形状の復元と、その形状をCGで表示することを研究の対象としています。具体的には、展開図の情報を元に、その作品を折った後の紙の形を推定し、さらにどのように紙が重なり合うか計算するためのアルゴリズムの研究開発を行っています。計算機の中で紙の重なり方が求まった後で、それを人が見て理解できるような形で画面にCG表示する機能の開発も行っています。

過去にも折紙の研究は多くの研究者によってなされており、平坦に折りたたむための展開図の幾何学的な条件や、

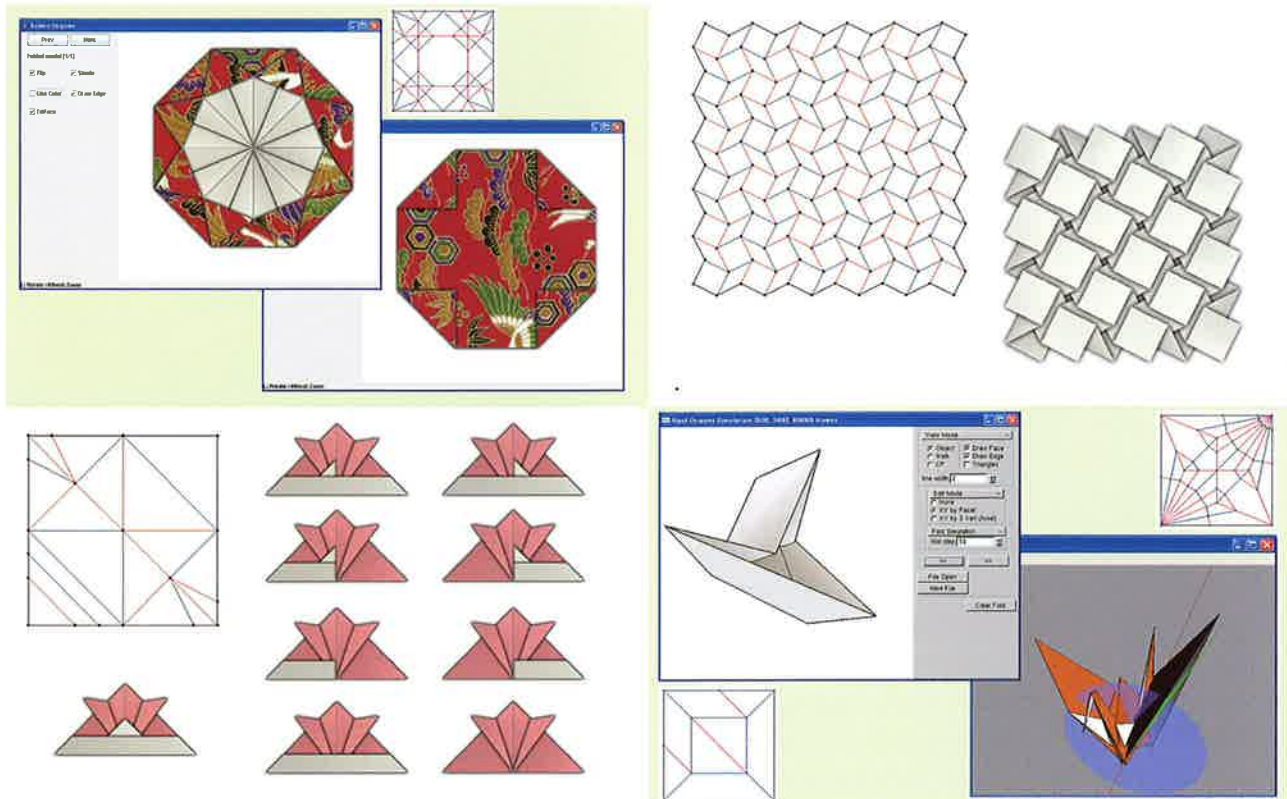


図2. 千代紙で折った様子をシミュレートしたCG画像(上段左)。「平織り」と呼ばれる面の重なりが複雑なパターンの折りたたみ推定(上段右)。兜の展開図から実現可能な折りたたみ後の面の重なり順は9パターンあることが計算で求まりました(上段左)。ORIPAで作図した展開図からの立体的な折りたたみのシミュレート(上段右、アプリケーションはそれぞれ舘知宏(東京大学)、古田陽介(筑波大学)による)。

意図した形を折るための設計技法に関する研究などがテーマとして挙げられています。また、展開図が与えられた場合に、それから折りたたまれる作品の紙の重なり方を決定する問題はNP困難という難しい問題の部類に含まれることが知られています。このような問題をコンピュータの力を駆使して解決しようと試みています。

現在、図1に示すツールを開発し、展開図情報を入力すれば、折りたたみ後の形を推定して、その結果を表示できるようになりました。また、図2左上のように、千代紙で折った様子を、よりリアルに表示する機能の開発も行っています。図2右上は、「平織り」と呼ばれる折紙の折り方に対して、その折りたたみ後の形を表示した様子です。この折り方は、紙の重なり順があらゆる箇所をループしているため、展開図から紙の重なり順を推定し、それを正しく表示するのは難しい問題です。今までの研究によって図のような適切な結果を得られるようになりました。図2左下は、折紙の作品としてよく知られている兜の展開図に対して、折りたたみ後の形を復元した結果を示しています。開発されたアルゴリズムによって、1つの展開図から9種類の異なる紙の重なり方があることがわかりました。図2右下は、本研究で開発した展開図エディタによって作図された展開図情報を、他のアプリケーション

(舘知宏(東京大学)、古田陽介(筑波大学)による)で読み込み、立体的な形へ活用する場を広げた様子です。

このように、実際に手で紙を折らなくても作品の展開図データから折紙の作品を復元し、今後の解析や他のアプリケーションへ応用することが可能になりつつあります。

今後は立体的な折紙や複数の紙から構成される作品を対象としたり、もっと複雑で一般の人の手では扱いが難しいような作品を対象としてみたいと考えています。また、研究の成果を用い、展開図データから折紙作品の特徴を解析、分類したり、新しい作品の設計に役立てたりできるのではないかと考えています。