

# ファブリケーション指向の折紙設計支援ツール

## — 折紙プロダクト設計の統合環境 Crane —

### 1. 背景

折紙は、紙を折って動植物などの様々な形状を作る伝統的な遊びであり、現在では 1 枚の正方形から折ることのみで複雑な表現が可能となり、創作折紙と呼ばれる芸術に進化している。近年、芸術的側面のみならず、数理的、工学的側面が注目され、建築、医療、産業技術、ロボティクス、宇宙工学などへの応用が期待されている。

しかし折紙技術を用いたプロダクトを作るためには形状の設計に幾何学的な制約があり、その制約を常に満たした状態での形の編集をしなければならない。もう一つの難しさは厚みの処理である。折紙技術を用いたプロダクトを作る際には、剛なパネルをヒンジでつないだ剛体折紙というモデルで設計するが、各パネルが厚みを持っていると、その厚みも考慮した設計をしなければならない。そのため折紙設計のソフトウェアは、現状ほとんどが研究レベルでの実装にとどまっており、製造用データの生成をするための CAM (Computer Aided Manufacturing) にあたるソフトウェアは存在していない。

### 2. 目的

本プロジェクトは折紙の専門家でない人々による折紙の社会実装のトリガーとなることを目的とし、折紙の厚みの処理を行える情報環境を整備することに主眼を置きながら、設計・シミュレーションを含めた全ての機能が統合された設計支援ツールの開発を行った。

### 3. 開発の内容

本プロジェクトでは、折紙技術を用いたプロダクトを、設計、シミュレーション、図面生成を統合して行う Rhino + Grasshopper プラグイン“Crane”を開発した。Crane を用いた折紙プロダクトのプロトタイピングは以下のワークフローから構成される(図 1)。

1. 紙を折って折紙プロダクトをデザイン、スキャンして取り込み
2. スキャン画像からメッシュデータ作成、剛体折シミュレーション
3. 厚みを処理した製造図面生成
4. 厚みを持った素材で製造(図 1 では木製の合板)

Crane は大きく分けて入力コンポーネント群、シミュレーションコンポーネント群、ファブリケーションコンポーネント群から構成されており、合計 25 個のコンポーネントが実装されている。Crane で行う処理は上記ワークフローの 2. と 3. である。

以下では、図 1 のデザインワークフローに従って、本ソフトウェアがどのような処理をしているかを解説する。

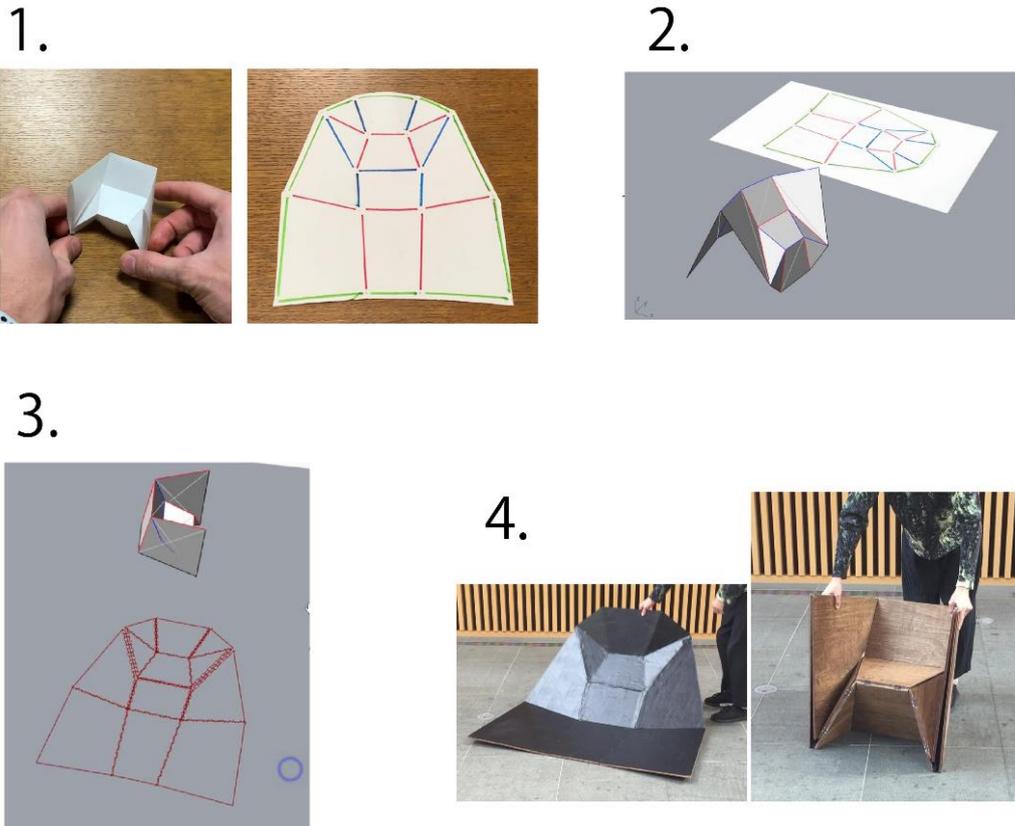


図 1. 折紙プロダクトのデザインワークフロー

① インputコンポーネント

スキャン画像を入力とし、シミュレーションコンポーネントに入力するためのデータを生成する。画像ファイルのパスを Paper Mesh コンポーネントに入力し、各パラメータを調整後、画像処理が走り、ベクターデータであるメッシュ、山谷線のラインが出力される。ここでユーザが行う操作は、画像の取り込みとパラメータの調整のみであり、CAD 上での設計スキルは必要としない点は、他の折紙ソフトウェアと大きく異なる点である(図 2)。

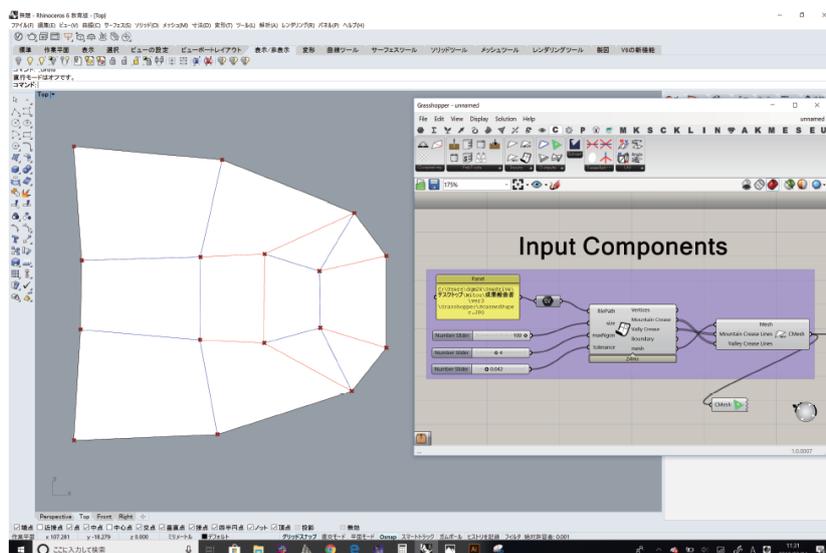


図 2. デザインした折紙をスキャン・画像化し、画像処理で CAD データに変換

## ② シミュレーションコンポーネント

入力コンポーネントで生成した CAD データを入力とし、剛体折シミュレーションを行い、立体状態の CAD データを出力する。インターフェースは単純で、折る速度、シミュレーションの正確さのパラメータを調整し、折るボタンを押して全体を折っていくだけである。適宜マウスのドラッグによる部分的な折を行い、全体の形状をユーザが満足いくまで調整する。最終的に満足いく形が得られたら、シミュレーションを Off にし、計算を止める(図 3)。

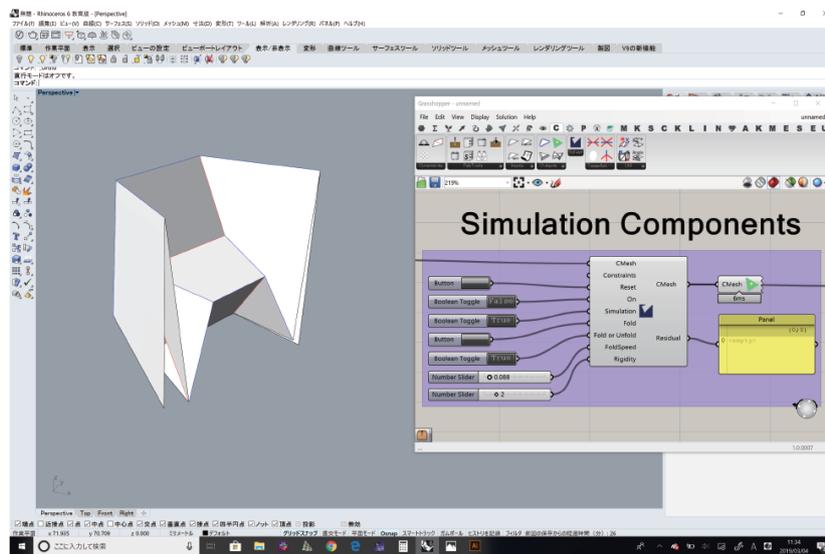


図 3. 剛体折シミュレーション・形状の編集

## ③ ファブリケーションコンポーネント

形状を編集された CAD データを入力とし、製造用図面を生成する。ユーザは使用する板材の厚みを入力し、各種調整パラメータを設定することで、瞬時に製造図面が生成される。板どうしは立体状態になると衝突し、折り曲げがそこで止まるように図面が生成される。

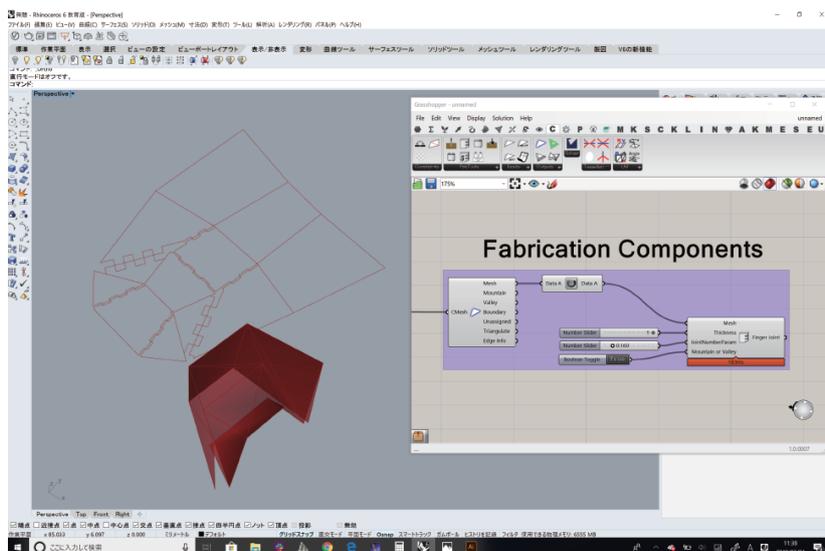


図 4. 板の厚みが自動で処理された製造用図面生成

#### 4. 従来の技術(または機能)との相違

折紙の CAM ソフトウェアを実装した。また、一つの情報環境の中に、折紙パターン生成、シミュレーション、編集、製造用図面生成を全て統合することに成功した。本システムは構造シミュレーションや形状最適化など、Grasshopper 上で多くの人々が既に実装・公開している他のプラグインと連携させることも可能である。折紙パターンのより高度な設計に特化した既存ソフトウェアは存在するものの、全てのプロセスを統合している点、設計した展開図から厚みのある素材での製造を可能としている点で、本システムは優位性を持っている。

#### 5. 期待される効果

折紙の専門的知識を持たない人々が、折紙パターンから厚みのある素材でのファブリケーションを行うことを可能にした。それにより、これまで折紙技術を使いたいが使えなかったデザイナーが、自由に形状をデザインできるようになり、折紙技術の社会実装を加速させるソフトウェアとなると期待している。

#### 6. 普及(または活用)の見通し

近日中に本ソフトウェアのリリースを行う。Grasshopper プラグインのアップロード、ダウンロードが可能な Food4Rhino という Web ページでは、多くのユーザによって多数のプラグインが無償公開されており、Crane もそこで無償公開をする予定である。Food4Rhino に Crane をアップロードすれば、建築、プロダクトデザインの多くのユーザに注目を集めるであろう。

また、本プロジェクトでは、折紙の社会実装のために不足している情報環境の整備を行った。折紙の社会実装のためには、

- 材料、製造方法の研究
- 分野、業界における応用研究

が必要であり、これらを活動も行っていく。また、一般の人々が折紙技術を享受できるようにするために、企業と共同で量産品の製造を行っていく。

#### 7. クリエータ名(所属)

須藤 海(東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻 広域システム科学系)

Nature Architects 株式会社 科学計算総合研究所)

谷道 鼓太郎(東京大学 大学院学際情報学府 先端表現情報学コース)

Nature Architects 株式会社)

(参考)関連 URL

Crane Facebook ページ:

<https://www.facebook.com/Crane-design-tool-for-origami-products--272530303643926/>

Crane Twitter ページ:

[https://twitter.com/Crane\\_Origami](https://twitter.com/Crane_Origami)