

ディップフラワーのデザインおよび制作支援システム

中島萌子¹ 五十嵐悠紀²

概要: ディップフラワーとは、ワイヤーで作った輪にディップ液という液で膜を張って作るガラス細工のような立体的なアート作品である。制作時の問題点として、おもにオリジナルデザインの作品制作が困難であることと、デザイン通りにワイヤーを手作業で曲げていくことが難しいことが挙げられる。そこで本稿では、ディップフラワーのデザインと制作を支援するシステムを提案する。花びらの描画に用いている極方程式のパラメータや、花びらの枚数・形・色などを直観的な操作で自由に変更しながら、リアルタイムにデザインを表示することでデザイン制作を支援する。また制作支援として、デザインした花びら型のパイプの3次元(3D)モデルをシステムが自動的に作成し、そのデータを基に3Dプリンタで出力してゲージパイプの代わりに使用する新たな手法を提案する。提案システムによって、初心者でも簡単にディップフラワーのデザインと制作ができるようにすることを目指す。

キーワード: ディップフラワー, ワイヤーアート, 手芸, デザイン支援, 制作支援

1. はじめに

ディップフラワーとは、ワイヤーで作った輪にディップ液という液で膜を張って作るガラス細工のような立体的なアート作品である(図1)。インテリアとして飾ったり、アクセサリとして使用したりできる。

ディップフラワーの制作手順の一例を図2に示す。ゲージパイプ(図3)という専用のパイプにワイヤーを巻き付けたりねじったりして花びらの枚数分の輪を作っていく(図2①~⑥)。ワイヤーをパイプから外し、輪を開いて手やペンチで形を整える(図2⑦~⑩)。最後にディップ液にワイヤーをくぐらせ、乾かしたら完成する。図2の手法では花びらを複数枚同時に作っているが、1枚ずつ別々に作って最後に組み合わせる方法もある。

制作時の問題点の1つ目として、オリジナルデザインをした作品の制作が困難であることが挙げられる。初心者は本やネットから気に入ったデザインを選んで記載してある手順通りに制作し、プロが作った型紙や完成品を見ながら手やペンチでワイヤーを変形させる。しかし、本やネットに例として載っている作品は実世界にある花をモチーフにしたものが多いため、ありきたりなデザインの作品しか制作できない。オリジナルデザインのディップフラワーを作りたいくても、初心者では思い描いているデザインをした作品の作り方やそのデザインで実際に制作できるかがわからなかったり、もし作れてもデザインをした時点とは違う印象の作品ができあがってしまったりすることもある。

2つ目の問題点は、デザイン通りにワイヤーを手作業で曲げていくことが難しい点である。ディップフラワーは基本的に1本のワイヤーから図2のような手法で制作するため、基本の形状は変わらない。そのため図2⑩の手やペンチでワイヤーを変形させる作業で違いを出すことが必要となるが、小さな輪を手やペンチで変形させていくことは容

易ではなく、複雑なデザインになればなるほど思い通りの形に変形できずに見た目が不格好になってしまうことがよくある。

以上の問題点をふまえて、本稿では初心者であってもオリジナルデザインのディップフラワーを簡単に制作できるようにすることを目的とした支援システムを提案する。提案システムでは花びらの描画にバラ曲線などの極方程式を用いたため、幾何学模様のような美しい花のデザインを行うことができる。実世界にある花に似せて作成することも、幾何学模様のような花のデザインもできるため、オリジナルデザインの作成が可能となる。ユーザが極方程式のパラメータや花びらの枚数・形・色などを直観的な操作で変更し、各種パラメータをリアルタイムにデザインに反映させて描画することで、完成形をイメージしながらオリジナルデザインの作成ができる。また制作支援として、デザインした花びら型のパイプをゲージパイプの代わりに使用する新たな制作手法を提案する。パイプの3次元(3D)モデルをシステムが自動的に作成し、そのデータを使用して3Dプリンタで適切なサイズで出力する。提案システムによって、初心者でも簡単にディップフラワーのデザインと制作ができるようになることを目指す。



図1 ディップフラワー作品

1 明治大学大学院 先端数理科学研究科
Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University
2 明治大学 総合数理学部
School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University

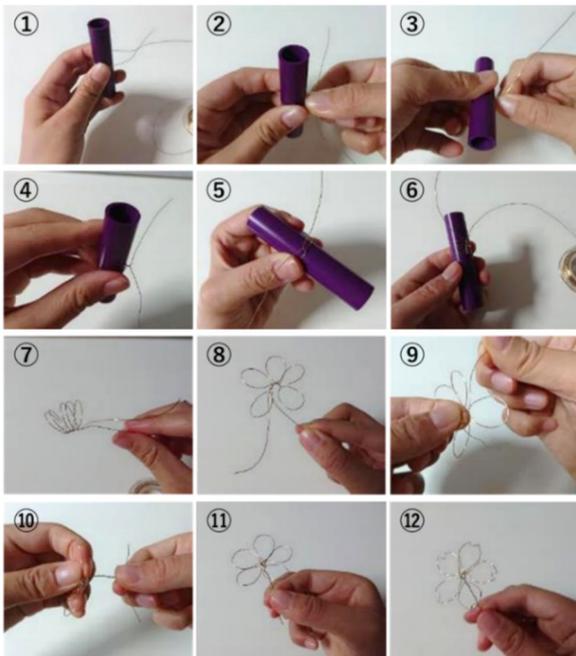


図2 ディップアートの制作手順の一例



図3 ゲージパイプ

2. 関連研究

これまでにワイヤーアートに関する研究はCG分野で行われている。立体的なワイヤーオブジェクトの制作を支援する研究として、ワイヤーアートを複数の異なる視点(3か所)から撮影して立体形状の推定を行い、それをもとにワイヤーアートを復元する研究[1]や、ビデオカメラの動きを推定し、その映像から複雑な3D構造をした形状のワイヤーアートを再構築する研究[2]が行われている。2次元(2D)のワイヤーアクセサリを制作するときの問題点に対処する計算設計ツールとして「WrapIt」[3]が提案されている。入力した図面を少数のワイヤーに自動的に分解するアルゴリズムを提案し、ワイヤーの分解を制約付きグラフのラベル付け問題として定式化した。分解後、システムが3Dプリンタでワイヤーの曲げを支援するための補助器具を生成して適切な形状に曲げることを支援している。この補助器具を用いた初心者ユーザは30分未満で様々な形状のアクセサリを制作できている。ディップフラワーにおいてもデザイン通りにワイヤーを曲げる作業があるため、WrapItのような補助器具をシステムが自動的に生成することで制作を支援する機能が必要である。具体的には、制作に使用

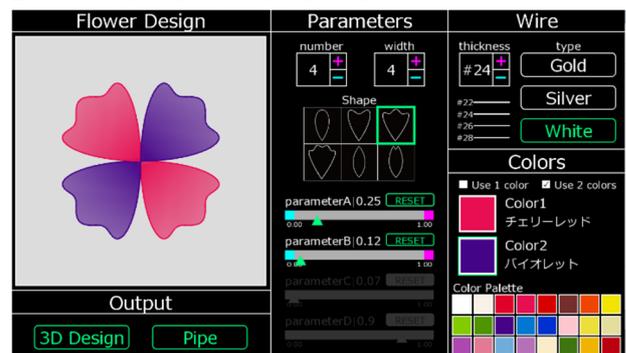
するパイプを花びら型にして、輪を作ると同時にワイヤーの形状も整えることができる補助器具を提案する。

花のデザイン支援として、「Flower Jelly Printer」[4]においてパラメトリックな設計支援ツールが提案されている。Flower Jelly Printerでは画面左側に花びらと3Dの花のデザインが描画されており、ユーザは各パラメータを変更しながらデザインできる。このツールはフラワーゼリーを対象としているため、花びらの形状以外に花の構造(花卉の傾き、花の層の数など)もデザインできるようになっている。本稿で提案する支援システムでは1層のみの花を対象とするため、花びらの形状のみをデザインの対象とした。パラメータを変更しながらリアルタイムにデザインを描画し、ユーザがデザインを試行錯誤できる機能を付与した。

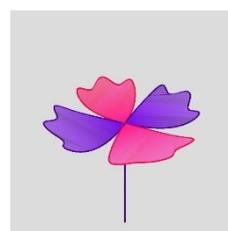
3. 提案システム

提案システムの実行画面を図4に示す。ユーザは図4(a)メイン画面の左側にリアルタイムに描画される2Dのデザインを見ながら、各種パラメータを直感的な操作で変更してデザインを作成する。3D Design ボタンをクリックするとデザインの3D表示もできるため、実際の形状に近い状態で完成形をイメージすることができる(図4(b))。デザインが決定したらPipe ボタンをクリックして、デザインした花びら型のパイプの3Dモデルを確認し、objファイルとして出力する(図4(c))。このデータを使用して3Dプリンタでパイプを出力して制作時に使用する。ゲージパイプとは違い、すでにパイプが花びら型になっているため、ワイヤーをパイプに沿わせるだけでデザイン通りの形状にできる。

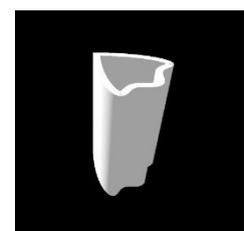
提案システムはProcessing3.3.7を用いて実装した。各機能について3.1節~3.4節で述べる。



(a) メイン画面



(b) 3Dデザイン表示画面



(c) パイプ表示画面

図4 提案システムの実行画面

3.1 Parameters

花びらの基本形状・枚数・幅・描画に用いている極方程式のパラメータ $A \sim D$ を変更することができる。花びらの基本形状は 6 種類 (図 5), 枚数は 3~6 枚 (図 6), 幅は 6 段階 (図 7) で変更できるようになっている。花びらは式

(1) に示すバラ曲線などの極方程式を用いて描画した。極方程式のパラメータ $A \sim D$ はそれぞれ 0.01 ずつ 0.00~1.00 まで変更できるようになっている。パラメータ $A \sim C$ は、図 5 (b) ~ (d) の形状を選択した場合に、式 (1) の $A \sim C$ を自由に変更できるようになっている。パラメータ D は図 5 (f) の形状を選択した場合に、図 8 のように先端の凹み具合を変更できる。パラメータを変更するとその数値を用いた花のデザインがリアルタイムに描画される。

$$r = \sin\left(n * \frac{\theta}{d}\right) + A * \sin\left(3 * n * \frac{\theta}{d}\right) + B * \sin\left(5 * n * \frac{\theta}{d}\right) + C * \sin\left(7 * n * \frac{\theta}{d}\right) \quad (1)$$

n, d : 図 7 の幅で決められている定数 θ : 描画範囲

3.2 Wire

使用するワイヤーの種類と太さを変更できる。ワイヤーの種類は Gold (金属), Silver (金属), White (紙巻) の 3 つを用意した (図 9)。White を選択した場合、ワイヤーの色は白ではなく選択している色で描画される。実際に白色の紙巻ワイヤーをディップ液にくぐらせると、ワイヤーに巻いてある紙にディップ液が染み込むためである。太さは #24, #26, #28, #30 の 4 つから選択できる (図 10)。ワイヤーは「#〇〇」という番手表記で切断面の直径 φ を表している。数字が大きいワイヤーの方が細い点に注意する。

3.3 Colors

花びらの色を変更できる。市販されているディップ液と同じ色を 24 種類用意した (図 11)。使用する色を 1 色のみにするか 2 色使用するかも選択できる (図 12)。2 色使う場合は交互に色がかわるようになっているが、奇数枚のときは同じ色が隣り合う箇所が発生する。

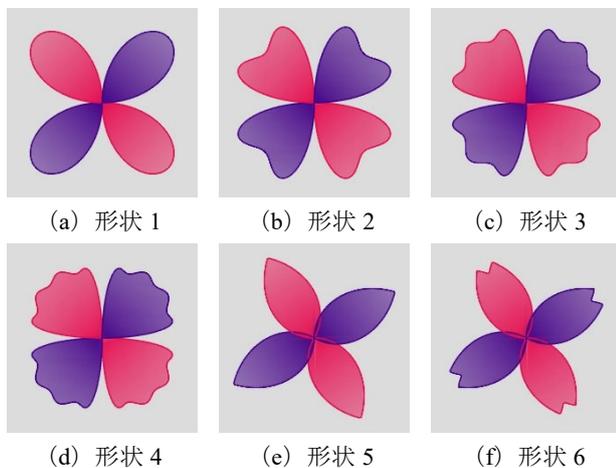


図 5 花びらの基本形状

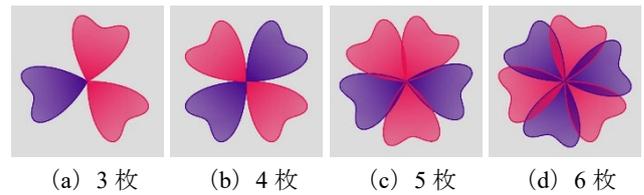


図 6 花びらの枚数

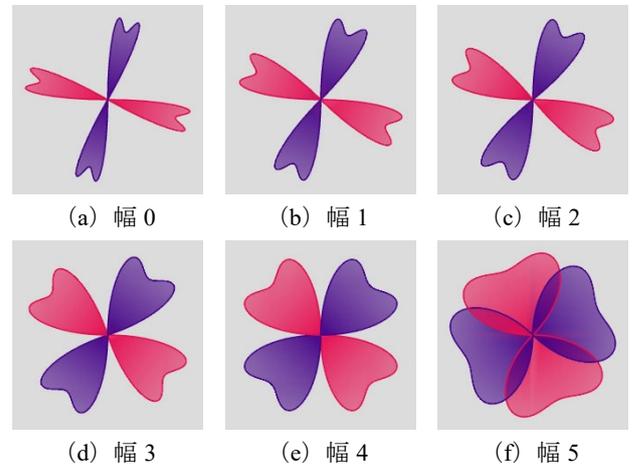


図 7 花びらの幅

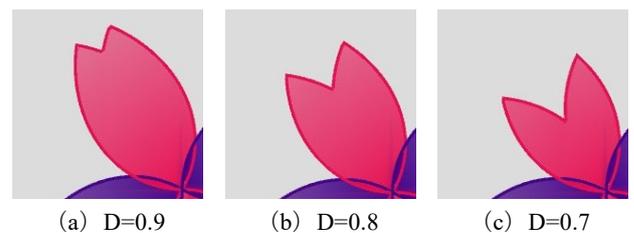


図 8 パラメータ D を変化させた場合の花の描画

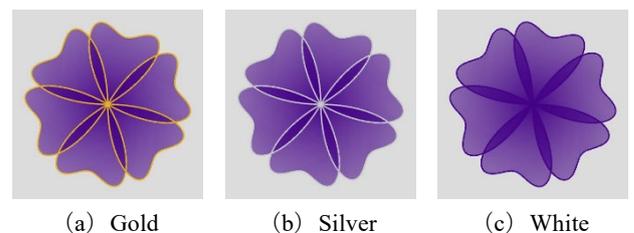


図 9 ワイヤーの種類

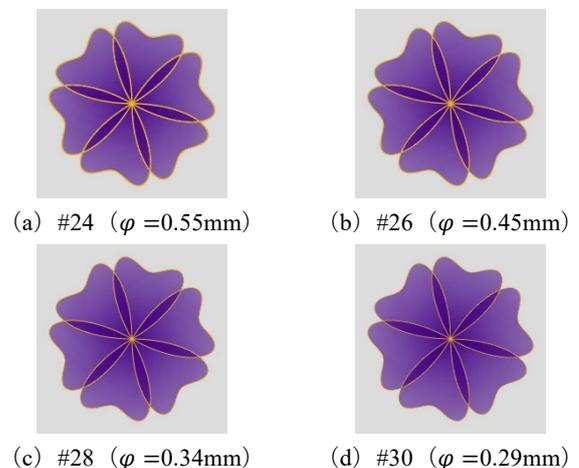
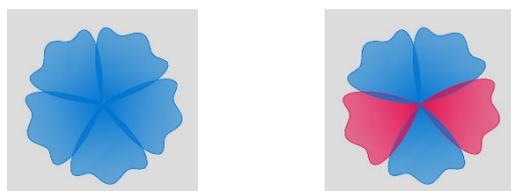


図 10 ワイヤーの太さ



図 11 提案システムで使用できる色の一覧



(a) 1色使用 (b) 2色使用

図 12 使用する色数の比較

3.4 Output

Processing で複数ウィンドウによるプログラムを実現するため、サーバ・クライアント通信を行い、図 4 (a) のメイン画面を表示しているプログラム (サーバ) から図 4 (b) と (c) の画面を表示しているプログラム (クライアント) へ、花の描画に必要なパラメータや色の情報を送信する。クライアント側のウィンドウには、3D のデザインと、デザインした花びら型のパイプの 3D モデルがそれぞれ描画される。3.4.1 項で 3D デザイン表示、3.4.2 項で花びら型のパイプ表示について述べる。

3.4.1 3D デザイン表示画面

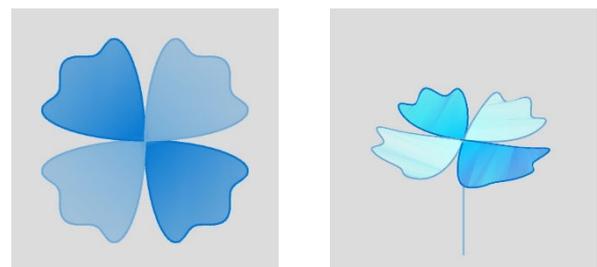
ディップフラワーは立体的な作品であるため、2D でデザインを表示するだけではイメージしたものと違うものができる可能性がある。そこで、より完成形に近い 3D でもデザインを確認できるようにした (図 13 (b))。

サーバから送られてきた花の描画に必要な花びらの形状・枚数・パラメータ A~D の数値・色、ワイヤーの種類や太さといった情報を基に 3 次元空間に描画を行う。見た目を実際の作品に近付けるために、花びらは中心から外側に行くにつれて指数関数的に反らせることにした。

3.4.2 パイプ表示画面

制作支援においてゲージパイプの代わりに花びら型のパイプを使用するため、デザインから自動的にパイプの 3D モデルを作成してくれる機能をつけた。3.4.1 項と同様に、サーバから送られてきた情報を基に 3 次元空間に描画している (図 14)。提案システムでデザインを描画するために使用した x, y 座標を利用し、その各点から内側に 15px 厚みをとった形状を底辺として、高さ 300px のパイプの 3D モデルを表示する。いくつかプロトタイプを作成し、ワイヤーを 6 回巻き付けるのに必要な最低限の高さが約 18mm であることと、その高さで出力する場合に必要な厚みが 15px ということがわかったため、この値に設定した。

Enter キーを押すと、画面に表示されているパイプの obj ファイルが出力される。ユーザは出力された obj ファイルを用いて 3D プリンタでパイプを出力する。Zortrax 社製 3D プリント支援ソフトウェア Z-SUITE 2.20.0.0 でパイプの高さが 18mm になるように、サイズや長さを調整して Zortrax M200 (FDM 方式) で出力した場合、図 14 に示す基本形状 6 種類のパイプの出力時間は全て約 16 分だった。



(a) 2D デザイン (b) 3D デザイン

図 13 デザインの 3D 表示

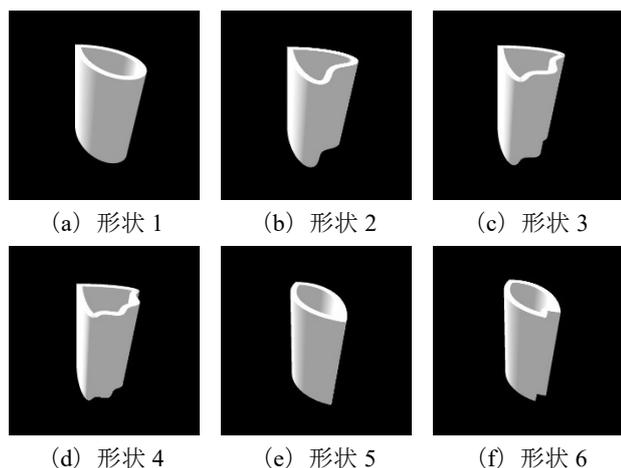


図 14 花びら型のパイプの 3D モデル

4. 制作支援

ディップフラワーの制作支援として、ゲージパイプの代わりに花びら型のパイプを使用することを提案する。3.4.2 項で出力された obj ファイルを用いて、3D プリンタでパイプを出力する。実際に出力した図 5 の基本形状 6 種類のパイプを図 15 に示す。花びらの枚数を 5 枚として、出力したパイプを使用して成形したワイヤーを図 16 に示す。花びら型のパイプを使って制作してみた結果、パイプにワイヤーを沿わせるだけでデザイン通りの形にできるため、初心者や手先が不器用な人でも簡単に制作可能で、手やペンチでは作ることが難しかった図 5 (c), (d), (f) のようなデザインでも容易に制作できることがわかった。

図 5 (f) の形の花びらが 5 枚のデザインの作品を、図 2 に示したワイヤーで輪を作る手法の 1 つであるねじり巻きで、ゲージパイプと花びら型のパイプを使ってそれぞれ制作した (図 17)。ゲージパイプを使用する従来の手法だと約 15 分かかったが、提案手法だとパイプを出力する時間を除いて約 7 分半だった。花びら型のパイプを使用すると、1 枚ずつ手やペンチで形を作っていく作業を省くことがで

きるため時間の短縮につながったと考えられる。また、すべての花びらを同じ形で作れるためゲージパイプで制作したものより綺麗な仕上がりになった。ディップフラワーは同じ形の花びらを何枚も作る必要があり、1 枚ずつすべて手作業で変形させていくことは制作者にとってとても負担になる。しかし、提案する花びら型のパイプを使用すれば図 2②の作業を取り除くことができるため、制作者の負担を減らしつつ、作品の見た目も良くして時短につながることもできる。



図 15 花びら型のパイプ (基本形状)



図 17 提案手法(左)と従来の手法(右)で成形したワイヤー

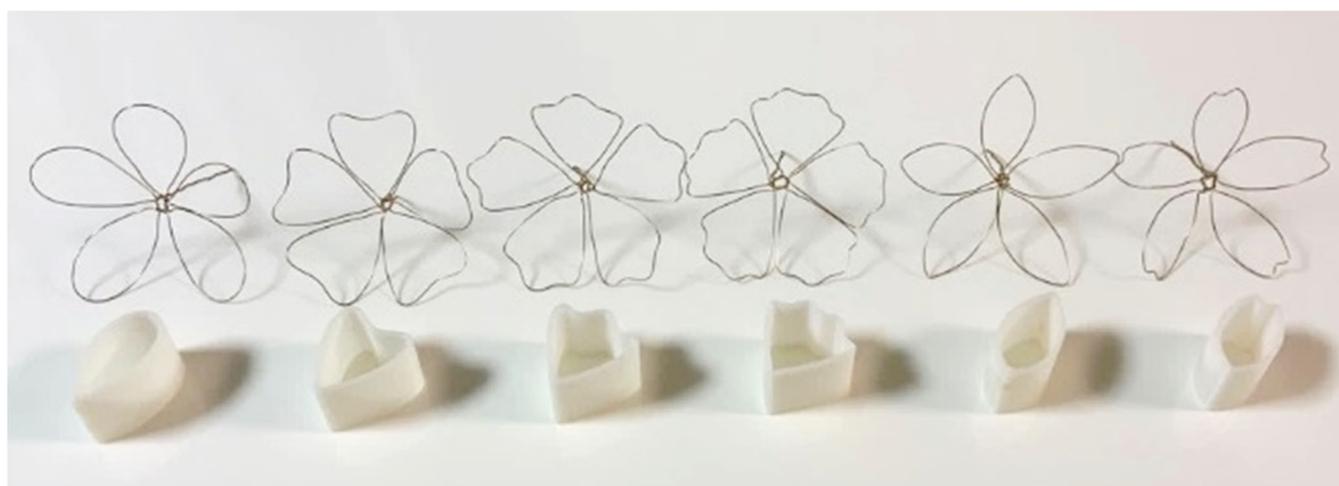


図 16 花びら型のパイプを使用して成形したワイヤー

5. 制作例

提案システムを用いて作成したデザインとディップフラワーの作品例を以下に示す。パラメータを細かく調整できるようにして色も 24 色用意したため、雰囲気の違いのデザインを作成することができている (図 18)。図 19 にデザインと実際に制作した作品を示す。デザイン A は基本形状 2 の花びら 4 枚でガーネットレッド 1 色、デザイン B は基本形状 1 の花びら 5 枚でディプシーブルーとスノーホワイトの 2 色使用している。



図 18 デザイン例

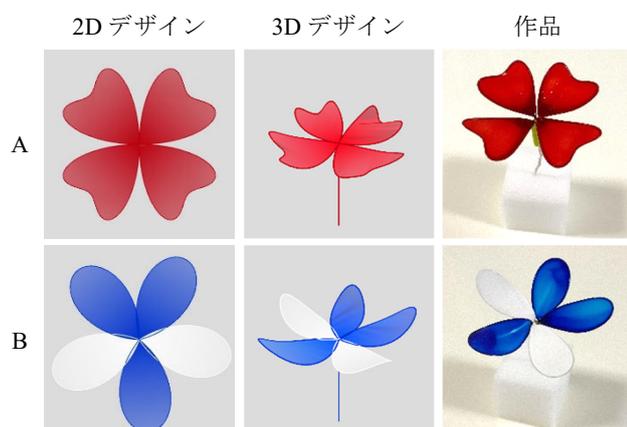


図 19 作品例

6. まとめと今後の課題

本研究ではディップフラワーに着目し、各種パラメータを変更しながらデザインができる支援システムと、ゲージパイプの代わりに花びら型のパイプを用いる制作手法を提案した。提案した支援システムを使用することで、初心者であっても簡単にディップフラワーのデザインと制作ができるようになることを目指した。

図 18 に示すように、提案システムを用いることで、実際に存在する桜やコスモスのような花のデザインや幾何学模様のようなデザインもできることがわかった。しかし現在の機能のみでは、パラメータの組み合わせによってはパイプの出力やワイヤーの折り曲げが難しいデザインが発生してしまう問題が残っている。そこで、今後は花びらの面積や折り曲げる箇所の角度などから困難なデザインができたアラートを表示する機能を取り入れることを検討する。

4 章制作支援において、提案した花びら型のパイプを使用することで制作時の負担を減らしつつ、従来の手法よりも短時間でペンチを使うことなく簡単に制作できることがわかった。しかし、パイプの出力時間も考慮すると従来の手法の方がワイヤーを成形するのに必要な時間は短くなる課題がある。ディップフラワーは同じ形状の花びらを複数枚組み合わせた作品がほとんどのため提案手法は有効であると考えているが、3D プリントでの出力時間を短くすることは検討していく必要がある。花びらの枚数分ワイヤーを巻き付けて輪を作っていく手法で制作できるように、図 15 のパイプはワイヤーを 6 回巻き付けられる高さの約 1.8cm で出力したが、花びらを 1 枚ずつ作成して最後に組み合わせる手法に絞れば、パイプの長さをもう少し短くすることができると考えている。また、現在のシステム上では花びらのサイズの変更ができないため、Z-SUITE のような 3D プリント支援ソフトウェアで出力するパイプの大きさを調整するしかない。しかしパイプの高さや厚みは固定のため、支援ソフトウェアで調整するとサイズによっては合わない問題もある。そのため、今後はパイプの表示画面で花びらのサイズを調整できるようにし、そのサイズに合わせた高さや厚みにシステムが自動的に変更するようにする。さらに、制作の負担を減らすため 1 枚ずつ別々に作成した花びらを 1 つにまとめるための補助器具や、パイプを固定して制作できるような補助器具なども新たに検討していく。

現時点でユーザスタディを行うことができていないため、今後デザインから制作までを実際にユーザに体験してもらい、もらった意見から適切な補助器具の形状などを調査することを計画している。

参考文献

- [1] Lingjie Liu *et al.* “Image-based Reconstruction of Wire Art”. *ACM Transactions on Graphics*, Vol.36, No.4, pp.1-11 (2017).
- [2] Wang Peng *et al.* “Vid2Curve: Simultaneous Camera Motion Estimation and Thin Structure Reconstruction from an RGB Video”. *ACM Transactions on Graphics*, Vol.39, No.4, 132:1 - 132:12 (2020).
- [3] Emmanuel Iarussi, Wilmot Li, Adrien Bousseau. “WrapIt: Computer-Assisted Crafting of Wire Wrapped Jewelry”. *ACM Transactions on Graphics*, Vol.34, No.6, pp.1-8 (2015).
- [4] Mako Miyatake, Koya Narumi, Yuji Sekiya and Yoshihiro Kawahara. “Flower Jelly Printer: Slit Injection Printing for Parametrically Designed Flower Jelly”. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Article No.425, pp1-10 (2021).