

FabChair : パラメトリックモデルと連動した 物理的な家具デザイン支援ツールの研究

平本 知樹[†]

田中 浩也[‡]

家具やプロダクトといった物質ドメインのデザイン領域では、コンピュータ上での 3 次元モデリング作業と粘土等を用いた物理的なモックアップ制作作業が未だ分断されてしまっている。そこで、本研究ではロッキングチェアを対象とし、物理的なモックアップとコンピュータ上の 3 次元モデルを連携させるデザインシステム“FabChair”を提案する。FabChair では、実際に形状を調節することができるデバイスを用いて、揺れ方やカーブの曲がり具合などの詳細なデザインの検討まで行うことができる。デザインされたロッキングチェアは、連動しているパラメトリックモデルから展開図が生成され、レーザーカッターや CNC マシンを使って実際に制作することができる。本稿では、デバイスの操作方法やパラメトリックモデルとの連動システムを紹介した後、本ツールを用いて行ったユーザテストの結果を示し、物理的な家具デザイン支援ツールの有用性と今後の展望を述べる。

FabChair: Tangible Device for Parametric Furniture Design and Fabrication

TOMOKI HIRAMOTO[†]

HIROYA TANAKA[‡]

In this paper, we propose integrated design and fabrication system called ‘FabChair’ which can adjust the shape of chair with a physical device, and can study design details such as the curvature and the rocking. A plan from the parametric model can be generated, and users can fabricate from sheet materials cut by a laser cutter, cnc milling machine or paper cutter. In this paper, after introducing the usage of tangible device and the connecting system, we mention the usefulness of tangible device for furniture design and fabrication based on a user test with this tool and outlooks.

1. はじめに

近年、高精度化や低価格化に伴い、3次元プリンタやCNCマシンなどのデジタルファブリケーション技術がものづくりの現場に普及しはじめている。オンライン3次元出力サービスなども本格的に始まっており、誰でもデジタルファブリケーション技術を用いてものづくりを行うことができる環境が整いつつある[1]。

しかし、それらのサービスを用いる場合、自分で3次元モデリングなどの専門性の高い作業を行わなければならないことが多い。また、寸法や構造などの、ものづくりの専門知識が必要になることも多く、一般ユーザにとっては敷居が高いのも現状である。専門的なスキルがなくても設計できるようにするための支援ツールの研究はすでに行われているが、そのほとんどは、ディスプレイ上のみでのスケッチやパラメータ操

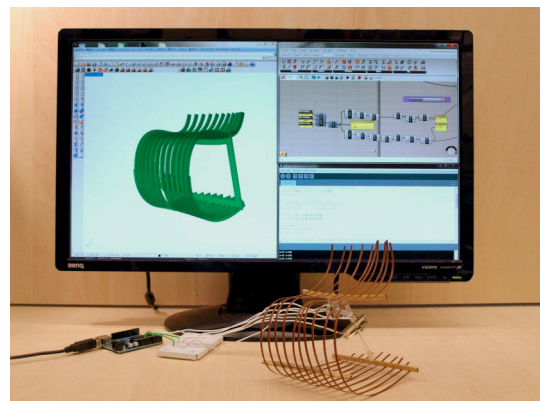


図1 パラメトリックモデルと物理的デバイスの様子

作を行うことにより、デジタルファブリケーション機器に対応したデータを提供するものである。スケッチやパラメータ操作の結果をすぐに出力することはできるが、物質化するものであるにもかかわらず、ディスプレイに表現された平面的なビジュアルでしか形状確認を行うことができない。

そこで本研究では、実際に触り、手で3次元形状の確認をしながら、デザインすることができる物理的な

[†] 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

Keio University Graduate School of Media and Governance

[‡] 慶應義塾大学 環境情報学部

Keio University Faculty of Environment and Information Studies

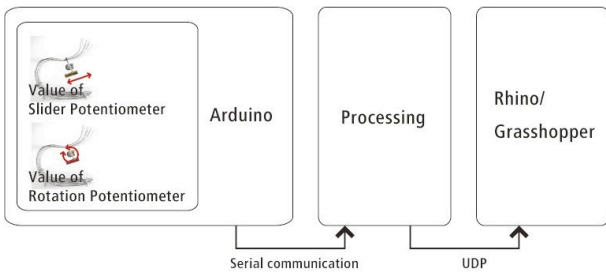


図2 パラメトリックモデルと物理的デバイスの通信システム

デバイスを開発した。カタチや揺れといった実際に物理的に確認したい要素の多い「ロッキングチェア」のデザインを対象として採りあげる。以降、パラメトリックモデルやモデルと連動した物理的なデバイス(図1), 展開図まで生成するシステムを紹介した後、ユーザテストの結果を元に、物理的なデザイン支援ツールの有用性と可能性を述べる。

2. 関連研究とアプローチ

本章では、デジタルファブリケーション技術を用いた商用サービスやデザイン支援ツールの関連研究を述べる。その後、パラメトリックモデリングの有用性や物理的なデバイスの連動方法についての詳細を説明する。

2.1 関連研究

デジタルファブリケーション技術を用いて、誰でもものづくりを行うことができる商用サービスとして INTER-CULTURE[2] や Ponoko[3]がある。INTER-CULTUREは、ユーザがウェブ上で3次元形状データをアップロードすると、3次元プリンタで出力したものが配送され、受け取ることでできるサービスである。Ponokoは、3次元プリンタによる出力とともに、2次元データをアップロードするとレーザーカッターで出力したものを受け取ることができるサービスである。

デジタルファブリケーション技術を用いた家具デザイン支援ツールの研究としては、Greg Saulらによる Sketch Chair [4]がある。ユーザがディスプレイ画面上で椅子の概形を描くと自動的に3次元モデルが生成され、物理シミュレーションなどを行うことができる。さらにその3次元モデルから生成される展開図をレーザーカッターなどで切り出すことにより、椅子を作ることができる。他にも、モーションキャプチャを利用し、実空間上でのスケッチをそのまま3次元出力する Sketch Furniture [5]などがある。しかし、これらはディスプレイ上の形状や3次元の線をそのまま出力するのみである。

また、パラメータを操作することにより家具のカス

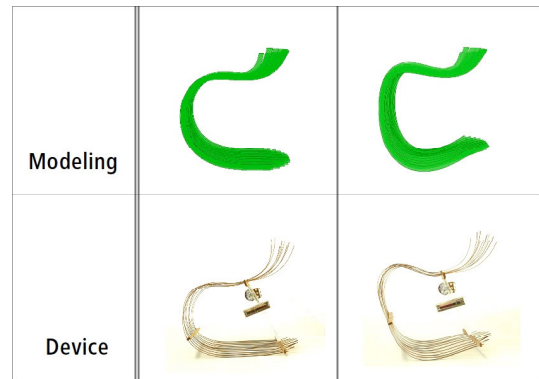


図3 モデリングとデバイスの形状比較

タマイズ支援を行うものとして、parametric couch [6] や vessel chair [7] などがある。これらは、あらかじめ用意されたパラメータを操作することによって自分の好きな形状に椅子をカスタマイズするものである。しかし、いずれの研究も、形状の確認はディスプレイに表示された平面的なグラフィックでしか行うことができず、模型を使い、様々な角度から見て触り、実際に形を確認するような操作は行うことができない。

一方で、物理的なインターフェースの研究として Daniel Leithingerらによる Relief [8]がある。3次元形状に対応した地形図のようなグラフィックが投影され、ユーザはそれを見ながら直感的に操作することができる。また、力をかけることでスクリーンを変形させることのできる、岩田らによる FEELEX [9]などがあげられるが、いずれも情報を呈示するディスプレイとしての利用にとどまっており、デザイン支援を目的とするものではない。

2.2 パラメトリックモデリングと物理デバイスの連動

本研究では3次元CADソフトRhino [10]とそのグラフィカルアルゴリズムエディターのプラグインであるGrasshopper [11]を用いることにより、パラメトリックモデルを設計した。Grasshopperにおいて、ロッキングチェアの形状に関わるモデルの一部を変数化することにより、ユーザが後からデザインを変更できるように設計した。その変数操作を可変抵抗と連動させ、2つの可変抵抗を操作することにより、ユーザがロッキングチェアをカスタマイズできるようにした。今回、可変抵抗を用いて操作できる変数は2つであるが、その変数が形状全体に影響をあたえるようにモデルの設計を行ってある。2つの可変抵抗はArduino [12]に接続しており、Processing [13]とシリアル通信によって抵抗値を送信している。さらに、Arduinoから得た値をProcessingからGrasshopperへUDP通信を用いて送信している。そして、Grasshopper内で抵抗

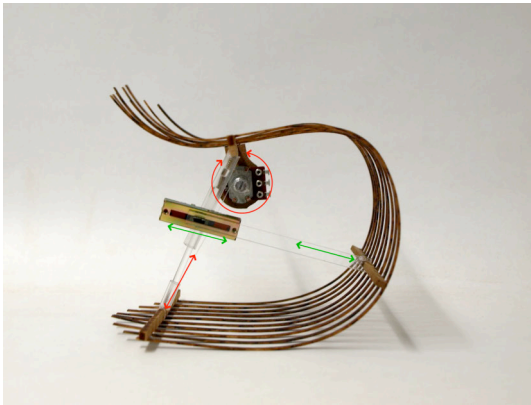


図4 物理的デバイスの操作方法

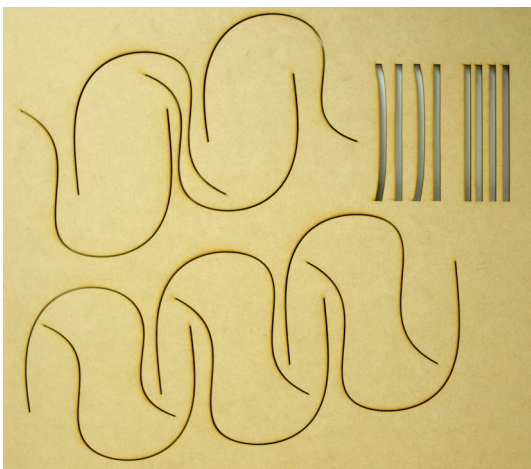


図5 木のフレームを切り出した後の木材

値を変数の閾値に対応するように変換することにより、可変抵抗の値をリアルタイムにパラメトリックモデルに反映させている(図2)。抵抗値の変化によるモデルの変形と物理デバイス変形方法は異なるため、多少の誤差はあるものの、図3に示す程度である。さらに、Grasshopper 内に用意してある、展開図生成のためのコンポーネントを用いて、デザインされたロッキングチェアのモデルから展開図を生成することができる。展開図を元に、レーザーカッターやペーパーカッターなどを用いて面材からパーツを切り出し、組み合わせることにより、ロッキングチェアができあがる。

3. 物理的デバイスについて

3.1 物理的デバイスによる形状操作

ユーザは物理的デバイスに用意された2つの可変抵抗を操作することにより、形状を変化させることができる(図4)。まず、スライダ式可変抵抗により、ロッキングチェアの前部分の曲率を変化させることができ、これにより座面の形状や転がり具合を主に操作することができる。一方、ツマミ式可変抵抗により、接地

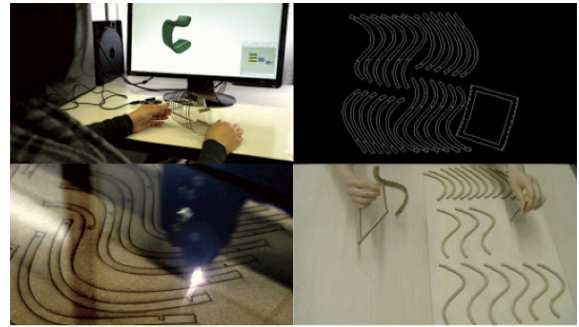


図6 制作過程と制作物

面側の端部の高さを調節することができ、これにより主に揺れ具合を操作することができる。ユーザはこれら2つの可変抵抗を同時に操作しながら、ロッキングチェアを揺れ具合の確認や、座り心地の確認などを行いながら、自分の好きな形状を探索することができる。また、物理的デバイスとは連動していないが、ディスプレイ画面上に用意されたパラメータを利用して板厚や板幅なども変化させることができる。

3.2 物理的デバイス設計

物理的デバイスを主に構成するのはロッキングチェアの変数を中間値に設定したときのモデルと同じ曲率で切り出された薄い木のフレームである。パラメトリックモデルにおいてフレーム厚が 0.5mm になるように厚さを設定された、約 1/4 スケールのロッキングチェアの縮小モデルであり、これが変形性に富んだ入力デバイスともなっている(図5)。

4. ユーザテスト

PC は触ったことはあるものの、家具などは作ったことのない5人を対象にユーザテストを行った(図6, 図7)。まず、可変抵抗による形状操作の仕方やディスプレイ内のモデル確認のための回転や拡大といったマウス操作方法などの説明を5分程度行った。その後、1, 2分程度デバイスに触れて操作に慣れた後、それぞれ自由にデザインしてもらった。ユーザテストでは、実物大ではなく薄い木材とレーザーカッターを用いて5分程度で切り出すことのできる、1/3.6スケールの模型を制作した。展開図生成からレーザーカッターなどでの切り出しは著者が手伝いながら行った。最後に、

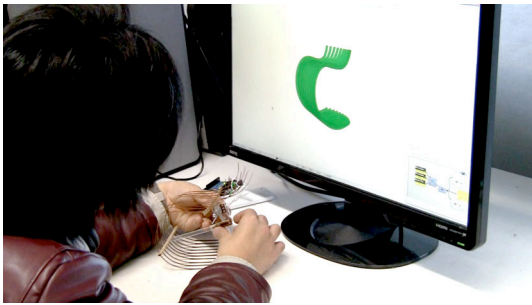


図7 ユーザテスト風景

切り出されたパーツをユーザが組み立てることにより、ロッキングチェアを作った。また、ユーザテストを行った5人のうち2人にもう一度、本ツールを使ってテストを行った。

5. 考察・展望

以下の段落ではユーザテストの結果を元にいくつかの考察と今後の展望を示す。

5.1 ユーザテスト結果

基本的なデザインはあらかじめ用意していたので全く違う形状のロッキングチェアは出来ないものの、今回のユーザテスト参加者は、家具などのデザインを行ったことのない人でありながら全員ロッキングチェアのカーブの曲がり具合や揺れ心地などの細部にこだわってデザインを行うことができた。通常であれば、揺れなどの確認は物理シミュレーションを行わなければならないが、今回のテストでは、ほとんどのユーザが物理的なデバイスで実際に揺らして確認しながらデザインを行っていた。また、ほとんどのユーザは、ディスプレイ画面をほとんど確認程度に見るだけで、マウス操作をすることなくデザインを行った。マウス操作を行ったユーザからは、デバイスの精度が粗いので実際にできるロッキングチェアを想起しづらい、との意見があった。2つ目以降の制作を行ったユーザは同じ形状を再び作ることはなく、様々な使う人や置くものを想定し、違うものを作った。さらに、模型のため実際には座ることの出来ないがテスト参加者みんな持ち帰ることを希望した。既製品を買うのではなく、実際に自分の作ることができるということがおもしろいとの意見やロッキングチェアなので背もたれが欲しいというデザインに対する意見もあった。

5.2 今後の展望

現在、ユーザテストでも意見があった、背もたれのあるロッキングチェアのパラメトリックモデルとそれに対応した物理的デバイスを鋭意製作中である。また、今回は操作できるパラメータを2つに限定した



図8 実寸大の制作例

ロッキングチェアのデザイン支援ツールの開発を行ったが、さらに自由度をもった物理的デバイスの設計やロッキングチェアだけでなく他の家具、さらには家具以外の玩具などにも発展させていきたい。

参考文献

- 1) Neil Gershenfeld, FAB: The Coming Revolution on your Desktop – From Personal Computers to Personal Fabrication, Basic Books(2005)
- 2) INTER-CULTURE, <http://inter-culture.jp/>
- 3) Ponoko, <http://www.ponoko.com/>
- 4) Greg Saul, Manfred Lau, 三谷純, 五十嵐健夫: エンドユーザによる椅子デザインシステム, WISS2010, (2010).
- 5) FRONT: Sketch Furniture, <http://www.designfront.org/category.php?id=81&product=30> (2006)
- 6) parametric couch, http://scriptecture.com/?page_id=37
- 7) vessel chair, <http://www.fishtnk.com/2010/09/28/parametric-furniture-research/#more-905>
- 8) Daniel Leithinger, Hiroshi Ishii: Relief: A Scalable Actuated Shape Display, TEI10
- 9) H. Iwata, H. Yano, F. Nakaizumi, and R. Kawamura, Project FEELEX: adding haptic surface to graphics. ACM SIGGRAPH '01, 469-476 (2001)
- 10) Rhinoceros, <http://www.rhino3d.com/>
- 11) Grasshopper, <http://www.grasshopper3d.com/>
- 12) Arduino, <http://www.arduino.cc/>
- 13) Processing, <http://processing.org/>