

# 定規メタファを用いた 簡単に正確な作図のできる CAD インターフェース

牧野 晨<sup>\*1</sup> 三村 充<sup>\*2</sup> 宮里 勉<sup>\*2</sup>

## Easy CAD interface with ruler metaphor for accurate drawing

Shin Makino<sup>\*1</sup>, Mitsuru Mimura<sup>\*2</sup> and Tsutomu Miyasato<sup>\*2</sup>

**Abstract** - Digital Fabrication has become familiar to ordinary people, but making data for digital tools such as a laser cutter using design software is too difficult for beginners. Interface mainly adopted in design software is a command menu style. But it is pointed out that command menus are not intuitive. To make CAD data intuitively with accuracy, we made an interface with ruler metaphor. This interface is similar to drawing figures with a pen and rulers. Therefore, our interface can make the user, even the novice user, intuitively understand how to draw figures. We are now planning evaluation experiments on the usability.

**Keywords:** CAD, Digital Fabrication, Interface, Stationery Metaphor

### 1. はじめに

近年、ファブラボなどの工房や 3D データの出力サービスなど<sup>[1-4]</sup>によって、レーザーカッターや 3D プリンタといったデジタル加工機を活用したものづくり、デジタルファブリケーションが個人でも可能になっている。今まで熟練や大規模な設備が必要だった加工や工作が簡単に行えるため、専門家のみならず一般の人々であっても、関心を持つ人は多いのではないだろうか。

デジタルファブリケーションでは、デジタル加工機によって加工を行うため、加工機に入力するデータが必要である。つまり、加工データを作成するソフトの操作を習得していることが、デジタルファブリケーションを行う上での前提である。

しかし、加工データを作成するための 3D や 2D の CAD ソフトやグラフィックソフトは、一般にはなじみの薄いもので、操作の習得は容易ではない。

このことはデジタルファブリケーションの敷居を高いものにしている要因の一つであると考ええる。

本研究の目的は、デジタルファブリケーションをより身近なものとするためのデジタル加工機、とりわけ、レーザーカッターで出力できるデータを簡単に作成可能なインターフェースを構築することである。

この論文では、まず、デジタルファブリケーションの

状況を概観し、どのようなソフトが必要であるかを考える。

次に、現在主流となっているソフトウェアのインターフェースの問題と、先行研究によってどのような問題が解決され、一方で、どのような問題が解決されていないのかを述べる。

最後に、これらを踏まえて構築したインターフェースを紹介し、今後について述べる。

### 2. デジタルファブリケーションの状況

デジタルファブリケーションの際に利用されるデジタル加工機は様々であるが、ファブラボの推奨機材<sup>[5]</sup>に含まれるのは、レーザーカッター、CNC ルーター、ミリングマシン、ペーパー／ビニールカッター、3D プリンタ、などであり、ファブラボ以外のモノづくり工房でもこれらの加工機を備える場合が多い<sup>[6]</sup>。

これらの加工機のなかで、レーザーカッターは、三次元加工機に比べてデータの作成が容易で、加えて、木材、プラスチック、ゴム、布、皮革など幅広い材料が加工できるため、良く利用されている。

以上を踏まえると、現状ではレーザーカッターが多くの人にとって最も利用しやすいデジタル加工機であると考えられ、データ作成の難易度を下げることが出来れば、より多くの人が利用するようになると予測できる。

そのため、本研究では、レーザーカッターに注目し、レーザーカッターで出力するための 2D データを簡単に作成可能なインターフェースを構築することを目的とした。

レーザーカッターで出力するデータには、寸法、角度と形状が正確であることが求められる。そのため、本研究の目的は簡単かつ正確に二次元の作図ができるインタ

<sup>\*1</sup>: 京都工芸繊維大学 工芸科学部 デザイン経営工学課程

<sup>\*2</sup>: 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 情報工学・人間科学系

<sup>\*1</sup>: Kyoto Institute of Technology Undergraduate Program of Design Engineering and Management

<sup>\*2</sup>: Kyoto Institute of Technology Faculty of Information and Human Sciences

ーフェースの構築と言い換えることが出来る。

また、構築するインターフェースによってデジタルアプリケーションがより身近になることを期待しているため、想定するユーザーは、CADやグラフィックソフトの操作を習得していない人であり、これらのソフトの習得が負担になる人々である。より具体的にはウェブブラウジングやSNS、ネットショッピングなどをPCの主な用途としている人や、そもそもPCに触れることが少ない子供や高齢者などである。

### 3. 現在のインターフェース

現在、日常的に使用されるデジタル機器にはPCとタブレット、スマートフォンがある。画面の大きさを考えると作図用途に使用できるのはPCとタブレットである。一般に、PCよりもタブレットのほうが使いやすく初心者向きとされている。

しかし、作図ソフトに目を向けると、PCにおいてもタブレットにおいても現在製品化されている作図ソフトの多くはコマンドメニューインターフェースを基本としており、両者にインターフェース上の違いはあまりない。

そのため、作図ソフトに関しては、タブレットの利点であるマルチタッチ、直接指示の利点があり生かされておらず、また、指示している箇所が指で隠れてしまうというタブレット特有の問題もあり、タブレットのほうがPCよりも使いやすいとは言いがたい。

加えて、コマンドメニューインターフェース自体にも問題があると考えられる。コマンドメニューインターフェースでは、ユーザーは用意されたコマンドを組み合わせることで作図を行う。初心者がコマンドメニューインターフェースによって作図をする場合、望む図形を作図するためにどのようにコマンドを組み合わせれば良いかを考える時間が、全体の作図時間の2~4割程度を占めることが指摘されている<sup>[7]</sup>。従って、コマンドメニューインターフェースは、とりわけ初心者にとって、望む図形を作図するためにどのようにコマンドを組み合わせれば良いかが分かりにくく、直感的ではないと言える。

### 4. 先行研究

コマンドメニューインターフェースに代わる作図手法として、これまでに手書きによる作図が提案されてきた。手書きによる作図には、手書きによって入力されたストロークを整形するものと、文房具メタファを利用したものがある。

手書きによって入力されたストロークを整形するシステムとしてPegasus<sup>[8]</sup>やSKIT<sup>[9]</sup>が挙げられる。

Pegasusは対話的整形によってストロークを整形する。対話的整形では、入力されたストロークを既に作図された周辺の図形との位置関係をもとに必要な幾何学的制約を推測し、推測された幾何学的制約を適切に組み合わせ

ることで整形を行う。また、複数の候補を提示しユーザーに選択させることで誤認識の問題を回避している。

SKITはCAD図形の構成要素として重要な7クラスの幾何曲線プリミティブ、線分、円、円弧、楕円、楕円弧、閉自由曲線、開自由曲線を認識することのできる手書き図形認識エンジンFSCIを利用して、既存のCADアプリケーションに手書き入力を提供するものである。ユーザーはSKITによって手書きで作図図形の概形を入力し、連携するCADによって微調整を行うという手順で作図を行う。

文房具メタファを利用したインターフェース<sup>[10]</sup>とはタブレットの画面上に表示された文房具を用いて、実際の紙面上での作図に近い感覚で作図を行うものである。例えば、直線を引く場合には画面上に表示される定規を移動させ位置決めをした後に縁をなぞることで直線の作図を行う。また、円弧の描画を行う場合は、コンパスを選び、位置や開きを決めた後、ペンでコンパスを回転させて円弧の作図を行う。

Pegasusは手軽かつ効率的に整った作図が出来るが、寸法と角度の正確な作図は難しい。SKITは手書き入力で詳細な作図をするのではなく、連携先のCADによって微調整を行うことで寸法と角度の正確な作図を可能にするというアプローチをとっている。そのため、手書きによる直感的な入力の恩恵を受けられるのは既存のCADの操作を習得している人に限られる。

手書き入力の整形は、それ単体では、今回のように寸法、角度の正確性が求められる用途には適さないと考えられる。

文房具メタファを利用した作図に関しては手書き入力の整形に対して画面に表示される文房具を移動させて位置決めをするという作業が必要になるが、寸法と角度の正確な作図が可能である。また、文房具メタファを利用したインターフェースは手書き入力の整形と比べて、タブレットの利点であるマルチタッチをより活かしやすいと考えられる。

### 5. 構築したインターフェース

簡単に寸法と角度の正確な作図が出来る点、およびPCよりも初心者向きと思われるタブレットの利点であるマルチタッチを活用しやすいと考えて、文房具メタファを利用したインターフェースが今回の目的には最も適していると考えた。

コマンドメニューインターフェースには作図のためにどのようにコマンドを組み合わせれば良いのか分かりにくいと言う問題があったが、文房具であれば日常的に使用しているため、誰もが使い方を直感的に理解できる。今回は作図に用いられる文房具の中でも最も基本的かつ身近であると思われる「定規」を用いたインターフェースを構築した。

概要を図1に示す。図1の右上に表示されているのが定規である。2つの三重丸が定規の操作点であり、操作点を挟むように表示されている二本の線が定規の縁、ガイドラインである。

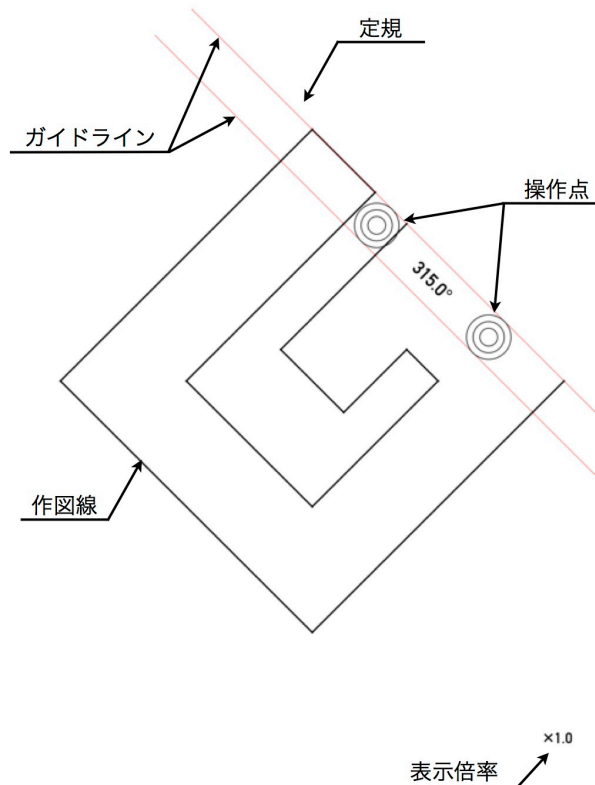


図1 定規メタファを用いたインターフェース

Fig.1 Interface with Ruler Metaphor

基本的な作図方法は画面に表示される定規を2本もしくは1本の指で移動させ、ガイドラインに沿って指でなぞることで直線の作図を行うというものである。これを基本として、以下の機能を実装した。

#### (1) ガイドラインのスナッピング

定規のガイドラインをすでに作図された図形の交点や端点にスナッピングする。これによって、結合すべき点が正確に結合した作図が実現できる。

#### (2) 寸法の表示とスナッピング

描画中の線の長さを表示し、かつ線の長さを一定ごとにスナッピングする。これによって、寸法の正確な線を作図することができる。

また、すでに作図した図形とガイドラインとの交点があれば、その点に作図中の直線の端点がスナッピングする。

#### (3) 定規の角度の表示とスナッピング

定規を傾けた際の角度を表示し、かつ角度を一定ごとにスナッピングする。定規を傾ける際の指の間隔が広がるほどスナップ角を小さく、指の間隔が狭くなるほど

スナップ角を大きくすることで、使いやすさと自由度の両立を図っている。

#### (4) ガイドライン間の距離の変更

ガイドラインを垂直方向に動かすことでガイドラインとガイドラインの間隔が変更できる。間隔が数値として表示されるので、ガイドラインのスナッピング機能と合わせて使用することで、既に作図した直線からある距離だけ離れた平行線を作図できる。

#### (5) 拡大・縮小

ピンチ動作で作図図形を拡大・縮小する。タブレット端末には指で操作した場合、画面が指で隠されタッチしている点がわかりにくいという問題がある。そのため、細かな作図するためには、拡大・縮小が必須である。なお、現在の表示倍率は画面左下に表示される。

#### (6) 線のトリミングと削除

作図した線に交差するように画面を指でなぞることで、トリミングもしくは削除する。これによって、すでに作図した図形を削除してやり直すことができる。

また、はみ出した線を簡単にトリムできるので、線と線の端点を一致させる必要がなくなり、作図の手軽さが向上すると思われる。

以上の機能以外にも、やり直しと取り消し、コピー&ペースト、作図した線のグループ化など利用者の利便性を向上させるとされる機能がいくつもある。これらの機能に関しては、今後利用者の意見を参考に、重要度の高いものから実装していく予定である。

## 6. 予備実験

今回構築したインターフェースに関して、現在、評価実験を計画している。現時点で、数名に今回構築したインターフェースを使用してもらい、その様子を観察し、感想を聞く事が出来ている。

まず、協力者には、作図、という用途のみを告げ、使用方法は伝えずに使用してもらい、その様子を観察した。次に、理解が不十分と思われる箇所について使用方法を伝え、最後に要望、感想を聞いた。なお、作図にあたって課題は与えていない。

明らかになったことや寄せられた要望を以下にまとめる。

#### (1) 使用方法の分かりやすさ

表示されているものが定規である、ということが理解されれば、作図の方法は自ずと理解された。また、定規のスナッピングも容易に理解された。

一方、削除およびトリミングに関しては、作図の方法と比べると理解が困難なように思われた。これは、削除およびトリミングを行う際に指で画面をなぞった軌跡が表示されるため、これを作図動作であると誤解してしまうためと考えられる。この誤解は、正しい作図方法の理解の妨げになっていると思われるので、改善すべきであ

る。

また、ピンチによる表示の拡大・縮小は一般的な操作であるため、すぐに理解されたようだ。

操作の中で最も理解されにくかったのは、定規のガイドライン間の距離を変える、という操作である。これは、操作方法ではなく、そもそもガイドライン間の距離を変えられる、ということが分かりにくかったためであると思われる。

#### (2) 操作方法の実行しやすさ

定規を傾けるために、2つの操作点に触ったつもりでも、片方しか触ることが出来ず、平行移動になってしまいうことが度々見受けられた。

加えて、定規を望む角度に傾けたものの、指を離す際にわずかに（多くの場合1°）ずれてしまうこともあった。

これらのことから2本の指で2つの操作点に触れ、定規を動かすのは、協力者によっては容易ではない、ということが分かった。

また、これも協力者によって起きる回数に大きな差があったが、作図をするためにガイドラインをなぞったが、ガイドラインに触れておらず、作図が行われない、ということもあった。

#### (3) 要望

要望の中で最も多かったものは、直線だけではなく、円の作図を行いたい、というものだった。また、コピー&ペーストを望む声もあった。より画面が大きいほうが作図を行いやすいのではないか、という意見もあった。

#### (4) 感想

シンプルで分かりやすく、簡単な作図を行うには良いという肯定的なものもあったが、既存のCADのほうが高機能で作図しやすいという、否定的なものもあった。既存のCADの操作を習得している人からするといちいち定規を動かすのを手間であると感じようであった。

## 7. まとめ

レーザーカッターを用いたデジタルファブリケーションをより身近なものにすると期待される、初心者でも簡単に正確な作図が出来るインターフェースとして、定規メタファを用いたインターフェースを構築した。

また、協力者に構築したインターフェースによって作図を行ってもらい、いくつかの問題点や要望を把握した。協力者によって評価はまちまちであったが、作図の方法が難しいという意見は聞かれず、今回想定している利用者であるCADやグラフィックソフトの操作方法を習得していない人にとっては有効であると考えている。

## 8. 今後

今後は、明らかになった問題点や要望を元に改良と機能の追加を行い、その後、評価試験を実施する予定であ

る。

改良としては、表示されている定規をより定規らしい外見にすることが挙げられる。これは、作図方法の理解は表示されているものが定規であると理解することによって導かれると考えられ、定規であると理解しやすくすることで、作図方法をより理解しやすくすることが出来ると考えるためである。

また、機能の追加として、要望の多かった円の作図を可能にする予定である。これは、要望の多さに加えて、実用的な作図をする場合、必要になると思われるためである。

評価試験としては、協力者に実際に即した具体的な作図課題を与え、作図時間や作図の寸法、角度、形状の正確さを測定する実験や操作性に関するアンケート調査を予定している。

## 9. 参考文献

- [1] 渡辺 ゆうか:ほぼあらゆるものをつくるファブラボ ファブラボ鎌倉における実践とその可能性; 情報管理 vol.57 no.9 pp.641-650 2014
- [2] FabLab Japan <http://fablabjapan.org> (2015/07/05 アクセス)
- [3] Maker's <http://www.comnet-makers.com> (2015/07/05 アクセス)
- [4] DMM.make <http://dmm-make.com> (2015/07/05 アクセス)
- [5] FabLab Japan 推奨機材  
<http://fablabjapan.org/whatsfablab/> (2015/07/05 アクセス)
- [6] Maker's 機材と道具の一覧  
<http://www.comnet-makers.com/product/> (2015/07/05 アクセス)
- [7] Takeo Igarashi, Satoshi Matsuoka, Sachiko Kawachiya, Hidehiko Tanaka: In Search for an Ideal Computer-Assisted Drawing System; Human-Computer Interaction INTERACT '97, pp.104-111, 1997
- [8] 五十嵐 健夫, 松岡 聡, 河内谷 幸子, 田中 英彦:対話的整形による幾何学図形的高速描画; 情報処理学会論文誌 Vol.39 No.5 pp.1373-1384, 1998
- [9] 河合 良太, 西川 玲, 佐賀 聡人:手書きスケッチ入力フロントエンドプロセッサ:SKIT; 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン処理 J88-D-II (5), pp.897-905, 2005
- [10] 風間 信也, 加藤 直樹, 中川 正樹:文房具メタファを用いた手書き作図システム; 情報処理学会論文誌 Vol.35 No.7, pp.1457-1468, 1994