

2013年度森泰吉郎記念研究振興基金「研究育成費」  
半自動で多様な図形の描画が可能なコンパス型デバイス

政策・メディア研究科 修士課程1年  
中垣拳

## 1. はじめに

「描く」という行為は、我々にとって身近な創作行為のひとつである。「描く」行為は、昔から定規やコンパス等の文房具によって支援されてきた。これらの文房具は現在も、日常的な工作や算数の授業などで触れる機会は多く、その特性や仕組みを理解しながら用いることで、幾何学的な図形の描画を可能にする。加えて、紙の上における手描きは、その手軽さや独特な触感、描きながらアレンジが可能であることなどの利点を持っている。一方で、コンピュータの発達により、我々の描くための環境も変化を見せている。ディスプレイの中では、簡易に正確な図形を描いたり、即座に複製することができるようになり、今ではその利便性から、CADソフトウェアなどとして広く一般に普及している。このような背景の元、手描きとコンピュータによる描画のそれぞれの利点をうまく融合した描画行為を設計していく必要がある。

## 2. 提案

本研究では、身近で簡易に図形を描画できるツールとしてコンパスに着目し、これを拡張することで手描きとコンピュータの両方の利点を持つような図形描画インターフェースの提案を行う(図1)。具体的には、本システムでは一般的なコンパスと同じようにデバイスをつまんで回すと、回転角度に応じて描画半径が制御され、円以外にも四角形・星型・花型など様々な図形を描画できる。インターフェースを回すだけで描画可能なため、誰にでも簡単かつ正確に様々な図形を描画することができる。また、システムがインターフェース単体で完結する為、特殊な環境を必要とせず、使用する場所を問わない。このほか描画だけでなく、コンパスの“測り取る”機能をも拡張することで、コピー&ペーストをも可能にする。

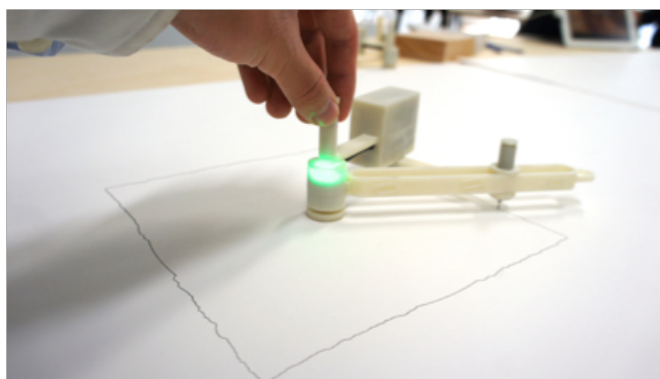


図1. COMP\*PASS

### -システム設計と実装

本インターフェースの基本設計は、紙との回転関係を検出するロータリーエンコーダと、ペンの半径を制御するサーボモータで構成される。リンク機構によって、サーボモータの回転が直線運動に変換される仕組みである。また、記録モードと描画モードのインジケータとして、赤および緑のLEDと、モードの切り替えや、長さを測り取る際の入力手段としてタクトスイッチを用いた(図2)。その他バッテリーとマイコンも内蔵されるため、システムはデバイス単体で完全に完結する。各部品は、図3のように各部に内蔵される。

実装したプロトタイプ筐体は3Dプリンタで造形し、ABS樹脂製となっている(図4)。このような基本設計の元、例えばモバイル端末ソフトウェアによってユーザーが予め図形データの選択・編集をすることで、インターフェースに無線で図形データを送信することも可能である(図5)。

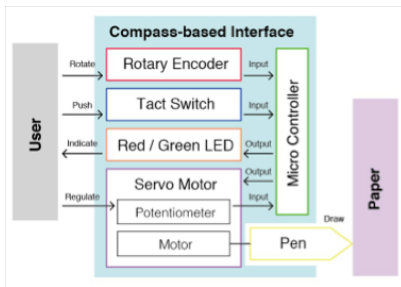


図2. システム図

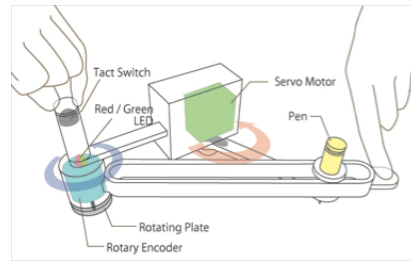


図3. インタフェース設計

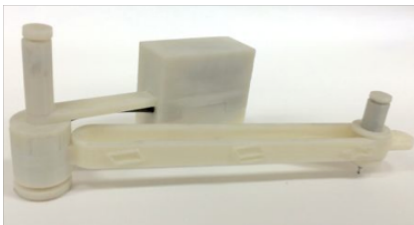


図4. インタフェース外観

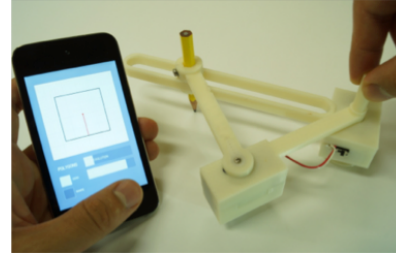


図5. モバイル端末ソフトウェア

### -コピー&ペースト機能

コピー&ペースト機能は、コンパスの“測り取る”という使い方に着目した図形の入出力機能である。コンパスは、ディバイダのように長さを測り取ることで、この長さを一時的に保存し、これを半径とする弧や円など多様な図形を描画することができる。従来のコンパスでも、この機能を駆使することで正多角形など様々な幾何学的な図形を描画を可能にする。このメタファを本インタフェースにも採用することで、実世界の図形を測り取り、それを紙の上に複製できるような機能を実現した。身近な道具であるコンパスに準え、ディスプレイの中にとどまっていたコピー&ペーストをも、実世界の紙の上で実現する図形描画インタフェースの提案である。本インタフェースでは、記録モードと描画モードを切り替えながら、インタフェース単体で図形の入力と出力を行っていくことができる。

具体的には、記録モードとして①矩形、②直方体、③自由曲線の3つのモードを提案・実装した。例えば、矩形の2辺の長さを測り取ることで、デバイスを回すだけで同じ大きさの矩形を複製できる(図6,7)。直方体の3辺の長さを測り取れば、同じ直方体を組み立てる為の展開図を描画できる(図8)。このほかにも、自由曲線を記録するには、記録したい図形の中心にコンパスの軸を置き、鉛筆・ペンで線をなぞるだけでコンパスに図形を覚えさせることも可能である(図9)。

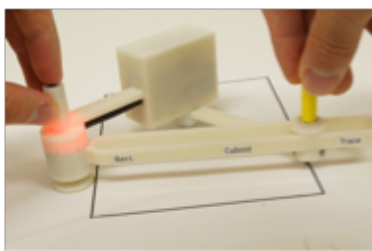


図6. 矩形の記録

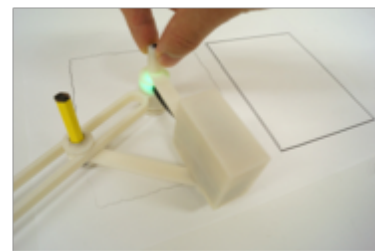


図7. 矩形の複製



図8. 直方体の展開図の描画



図9. 自由曲線の複製

### 3. 展示と体験者の様子

以下の4つの展示会において、コピー&ペーストの機能を持ったプロトタイプの実験を行った。

- ・ いしかわ“夢”未来博2013(2013.11.9-10)
- ・ Open Research Forum 2013(2013.11.22-23)
- ・ JST-CREST 日本科学未来館 オープンラボ(2013.12.13-15)
- ・ XD Exhibition 2014(2014.3.1-2)

展示においては、筆者が本デバイスの機能を一通り見せた後、希望者には本インターフェースによる描画や図形の記録を体験する機会を設けた(図10)。

まず、本インターフェースの仕組みやコンセプトに対するコメントとして、入力と出力がコンパスという身近な道具の形で一体にまとまっていることや、描くときは「回す」という常に単一の所作に集約されていることについて、使いやすい、分かりやすいといった好意的な反応を多く得ることができた。記録モードの中でも、立体物のコピー&ペーストは、一見何が起こるか分からないことから、展開図が描き出されることに気づいた際の驚きの反応が多かった。

この他、何が描けるかということのみならず、回すという円運動に対して、円以外の図形が描けるというインタラクション自体に興味を惹かれたという意見があった。コメントから、多くの場合に我々の経験的観点から円運動をすると円が描けるはずだという認識があるが、本システムではこれを裏切ることで、ユーザに快感とも不快感ともつかないような違和感を与えたということが分かった。本インターフェースによる図形の描画に没頭し、何度も図形を描いていく様子も多く見られ、描く行為の中にエンタテインメント性を付与できたことも示唆された。



図10. 体験者の様子

### 4. 今後の課題と展望

今回、コンパスという文房具に着目し、これを拡張することで、実世界の紙の上で多様な図形の描画と、複製が可能なコンパス型インターフェースCOMP\*PASSの提案を行った。

今後の課題として、まず、精度の向上が挙げられる。これには、センサやアクチュエータの各部品の見直しもあるが、リニア駆動を実現する機構そのものからの見直しも検討する。また、これまで3Dプリンタを使っていたため、素材がABS樹脂であったが、変形による精度の低下を防ぐため、アルミなどの強固な素材による設計を検討する。ソフトウェア面においても、現在はロータリーエンコーダから検出した角度に対応する半径をマイコンでそのまま出力するといったシンプルなものになっているが、速くデバイスを回すと処理速度の限界から正確な図形の描画が難しいので、今後はより高度なアルゴリズムを導入することでこれを解決する。

さらなるアプリケーションとして、より多彩な描画・記録モードについても検討を行う。描画については、前述の複数回回転させることを前提とした図形データの検討や、ペン先の上下の制御を検討する。このほかより多様な記録モードの開発はもちろん、マスク機能や多点の連結など、現在コンピュータの中で行われている描画支援を参考にしながら、コンパスの拡張を行っていきたい。このほか、カッター等の装着も可

能にすることで、描画にとどまらないアウトプットとして、デジタルデータの即時的な実体化を行うことも検討している。

また、日常的な創作支援から、教育、プロの設計の支援まで、幅広いシチュエーションを想定して、具体的なユーザ調査も通して、本インターフェースの活用法を提案していく。多くのユーザに使用してもらうためにも製品化も視野に入れており、このために使いやすさやデザイン、安全性の面においても改良を行っていく。

#### ・発表文献

[1] 中垣 拳, 筧 康明: “コンパス型図形描画インターフェースの基礎検討”, 日本バーチャルリアリティ学会第18回大会, (2013.9).

[2] 中垣 拳, 筧 康明: “COMP\*PASS: 実世界での図形のコピー&ペーストを可能にするコンパスの拡張”, 情報処理学会第31回SIGEC研究会, (2014.3).