

# Hover Pen : 交わらない線が描けるペンで実現可能な表現

高橋治輝 宮下芳明\*

**概要.** 本稿では、ボールペンのノック部分をソレノイドの駆動によって制御し、描画可能領域を物理的に制御する手法を提案する。ペン先付近に装着した電極と紙面上に配置した導電部との接触状況に応じて駆動させる。これにより、ペン先が特定の領域でのみ押し出されたり、ストローク同士の衝突を避けたりすることが実現できる。実際にペン型デバイスを試作し描画を行ったところ、ペン先と紙面と接触状況を切り替えながら描画できることが確認された。また、本手法によって実現可能な表現や作例について述べる。

## 1 はじめに

本稿では、ボールペンのノック部分をソレノイドの駆動によって制御し、描画可能領域を物理的に制御する手法を提案する。ソレノイドは、電圧がかかることによって磁界を発生させ、磁性体の可動鉄芯を特定方向にプルもしくはプッシュする電子部品である。これをボールペンのノック部分に装着することで、電氣的にペン軸の押し込みを制御できる。これにより、ボールペンに紙面上の特定の領域でのみ描画を許可する、といった制約を設けることができる。

本手法によってペン先を制御することで点線・破線・一点鎖線の描画が可能になる。図1のように、すでに存在する線との衝突を避けるようにペン先を駆動させれば交わらない線が描ける。また、枠内であればペン先が出てこない制御により、枠内からはみ出さない表現も可能である。しかし、本稿ではこれらにとどまらず「隠線処理」,「主観的輪郭/フロッタージュ」,「実世界コピー」という表現について論じている

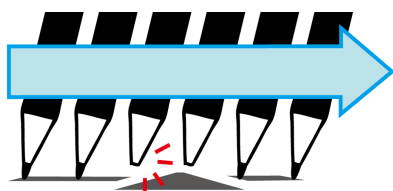


図 1. ペン先制御によって別の線避ける例

## 2 システム

本稿の提案に基づいて構築したプロトタイプシステムの仕組みを図2に示す。本デバイスは、ボー

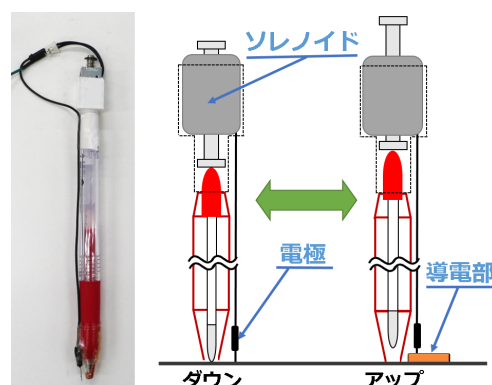


図 2. 一体型デバイスの概観と仕組み

ルペンのノック部分に小型ソレノイド (SparkFun ROB-11015) を装着したものである。ペン先へと伸ばした電極と紙面上に配置された導電部との接触に応じてペン先を制御する。図2はペンデバイス自体が紙面を読み取ってペン先を制御する「一体型」であるが、読み取りを行う電極を別のペンデバイスに搭載する「分離型」も構築している。

ノック式ボールペンは、一定以上の押し込みがあったとき、ペン内部のカムが噛み合いペン先を出したままの状態を維持する。今回使用したソレノイドの可動鉄芯は、通電時に約 4mm 押しこむが、これはペン内部のカムを噛み合わせるには至らない。つまり、ペン軸の位置は中途半端に押し込まれた不安定な状態で、鉄芯の力によってのみ維持されることになる。詳細な調査はできていないが、筆圧で押し返されない程度に安定してペン先を固定できることを確認している。

## 3 実現可能な表現

### 【隠線処理】

イラストや図形を描いた際、描き終えてから辺の重なりを調整したり、隠線処理を施したりすることで、前後関係を整えることがある。図3aは線が交

Copyright is held by the author(s).

\* Haruki Takahashi, 明治大学大学院理工学研究科新領域創造専攻デジタルコンテンツ系, Homei Miyashita, 明治大学大学院理工学研究科新領域創造専攻デジタルコンテンツ系, 独立行政法人科学技術振興機構, CREST

差する部分において、奥側に位置すると考えられる線を意図的に断線させて描いた図形である。我々の視覚は、この図のような状態から線の前後関係を読み取ることが可能であるが、本手法によって線同士の衝突を回避すると、「手前から奥へ」という手順で図 3a のような図形を描きつつ、前後関係も維持するという描画手法が実現できる。

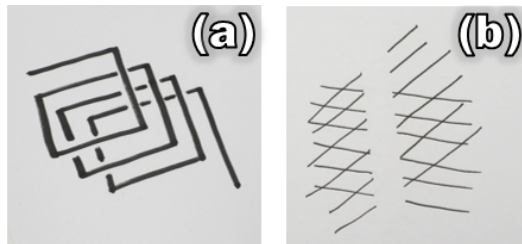


図 3. 隠線処理による奥行き表現 (a) 主観的輪郭／フロッタージュ的な表現 (b)

#### 【主観的輪郭／フロッタージュ】

主観的輪郭とは、カニツツアの三角形に代表されるように、本来は存在しない輪郭線が知覚される錯視である。輪郭として知覚させたい領域にあたかもマスキングテープが貼ってあるように（あるいは下部にある段差が、フロッタージュによって浮き出ているかのように）描画を制御することで、このような錯視デザインを生み出すことができる（図 3b）。

#### 【実世界コピー】

読み取り側のペンを用いて、紙面の導電部をこすっていくと、読み取り側のペン先との接触に応じて、描画側のペン先を制御できる。図 4 はこの一例である。この 2 本のペンデバイスの連動によって、実世界コピーが可能だけでなく、ストロークのスピードを変えることで拡大縮小，方向を変えることで回転，ペン先の駆動状況を反転させることでネガポジ反転など，多様なコピーが実現できる。

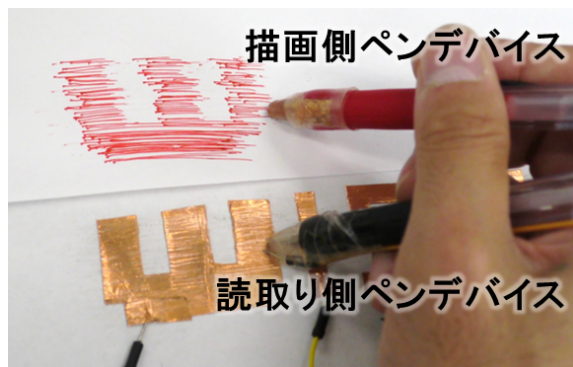


図 4. 実世界コピーの例

## 4 関連研究

ボールペンの制御を行う研究として，Yamaoka らの dePENd[1] がある．ペン先を磁石で制御し，予めコンピュータに入力した図形をペンの動きに任せて紙に描画したり，その動きにゆるやかな制約を与えてアレンジを加える事が可能である．enchanted scissors[2] は，導電性インクで描かれた線に刃先が触れたことを検知しハサミの開閉を制御する．紙面の状況に応じて，実世界の文具をコントロールするという点で本手法と共通している．五十嵐らは，ステンシル型版デザインシステムとして Holly[3] を提案した．このシステムでは，ストロークが自己交差する状況で島のように孤立する領域を作らないように，ストロークの前後関係を処理している．神原らは「テンテン」や「ギザギザ」といったオノマトペに対応したブラシの種類に切り替えることができるオノマトペン [4] を提案した．内平らは，電子楽器のサンプラーのメタファを書道に取り入れるという表現手法 [5] を提案した．現状の本手法は描画可・不可を制御するにとどまっているが，実世界のストロークをサンプリングし再利用するといった応用も考えられるだろう．

## 5 まとめと課題

本稿では，ボールペンのノック部分をソレノイドの駆動によって制御し，描画可能領域を物理的に制御する手法を提案した．今後の課題として，紙面側の導電部のデザインがあげられるが，これは導電性インクを使用することで自由にデザインできると考えている．今回のプロトタイプシステムでは，ペン自体の角度や導電部を読み取る電極とペン先との位置のギャップについては考慮していないため，これらの最適な位置関係の調査も行う．本手法を用いた表現や応用事例の実現と追求に取り組んでいく．

## 参考文献

- [1] J. Yamaoka and Y. Kakehi. dePENd: augmented handwriting system using ferromagnetism of a ballpoint pen. In Proc. of UIST '13, pp. 203–210, 2013.
- [2] M. M. Yamashita, J. Yamaoka, and Y. Kakehi. enchanted scissors. In *ACM SIGGRAPH2013, Posters*, 2013.
- [3] 五十嵐悠紀, 五十嵐健夫. Holly: ステンシルデザインのためのドローエディタ. 情報処理学会論文誌 Vol.53 No.3, pp. 1119–1127, 2012.
- [4] 神原啓介, 塚田浩二. オノマトペン. 日本ソフトウェア科学会論文誌 (コンピュータソフトウェア) Vol.27 No.1, pp. 48–55, 2010.
- [5] 内平博貴, 宮下芳明. サンプラーのメタファーを取り入れた書道表現システム. 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告 2009-HCI-133, 2009.