

# PP-Undo+: 筆圧を軸とした手書き編集手法

関口 祐豊\* 中村 聡史\*

**概要.** これまで我々は、複雑に交差するストロークの一部を、筆圧の強弱を活用することで Undo 可能とする手法を提案し、PP-Undo として実装してきた。しかし、ユーザにとって筆圧を完璧に制御することは容易ではなかった。そこで本研究では、デジタル端末上での手書き編集をよりよいものにするため、筆圧ベースの削除機能、ストローク群のグループ化、という筆圧に着目した編集機能を提案した。また、筆圧の設定を容易にするための可視化を行った。本システムにより、ユーザが筆圧を利用しつつ、1つのノートにおいて、レイヤ分けしたかのような編集が可能となる。

## 1 はじめに

タブレット端末とスタイラスペンを用いたデジタル手書き環境は、絵を描くといった仕事や趣味だけでなく、教育の現場でも用いられるなど広く普及しつつある。ここでデジタル手書きのメリットの一つとして Undo があり、直前に書いた手書きを手軽にやり直すことができ、手書き入力の効率や正確性を向上させている。ここで、従来の Undo モデル[1]は、操作の系列を逆順で逐次 Undo するものであるため、丁寧に字を書くための下書きと清書、数学の図形問題の解答における試行錯誤、イラスト制作におけるラフスケッチと仕上げ、ブレインストーミングでのアイデア出しなどのように、時系列順ではない一時的な下書きやメモ、予想などをまとめて戻して削除することは困難である。こうした問題はレイヤ分けをすることで対応は可能であるが、そのレイヤを意識することは手間であり思考を中断させてしまう。

我々は、従来の Undo 手法では対応できなかった複雑に交差する下書きなどに相当するストローク群を、筆圧の強弱を活用するだけで Undo 可能とする手法を提案し、PP-Undo として実装してきた[2][3]。これにより、ユーザは複雑なストロークに対する Undo を行えるようになったが、筆圧を完璧に制御し続けることは容易ではなかった。また、筆圧だけを利用すると、意図しない部分が消えてしまうといった問題もあった。

そこで本研究では、Undo のみならず消しゴム機能を筆圧ベースで動作する機能を実現するとともにストローク群をグループとして扱うことで、筆圧をより柔軟に利用した手書き編集手法を実現する。また、筆圧の設定を容易にするための可視化を行う。

## 2 関連研究

Undo に関する研究は数多く行われている。Knister ら[4]は、特定の操作範囲を Undo 可能とする Regional Undo モデル[5]を参考に、Undo を適用するシステムである DistEdit を実装した。また、特定の履歴を選択することでその履歴の状態に戻るような選択的 Undo 機能も存在する[6][7]。しかし、これらの Undo は高レベルの操作を行う際に多くの Undo コマンドが必要になってしまっている。

筆圧に関して、Yu ら[8]は、一般に筆圧と筆記速度はある程度相関があることを示している。また、鈴木ら[9]は、ペンを握る力と筆圧を組み合わせたインタラクションの手法を提案しており、筆圧は筆記中で合っても明示的に変化させることができる筆記情報であると述べている。

Steichen ら[10]は、情報の可視化はユーザの認知を拡大する最も強力な手法のひとつと述べている。東ら[11]は、切り絵における初学者の筆圧制御において色や音のフィードバックを行うことで筆圧のばらつきの範囲が縮小されることを明らかにしている。このことから、本研究における筆圧の可視化も PP-Undo を扱うユーザにとって重要であると考えられる。

## 3 PP-Undo+

PP-Undo は、ユーザの必要に応じて筆圧弱めに記述した部分を、筆圧指定インターフェースによりまとめて消すことを可能とするものである(図1)。しかし、筆圧を完璧に制御しつつ手書きすることは容易ではないという問題と、筆圧で Undo できた場合でも余計な部分が消えてしまうという問題があった。そこで本研究では3.1~3.3節に示す手法を追加し、筆圧を軸とした手書き編集手法として確立する。

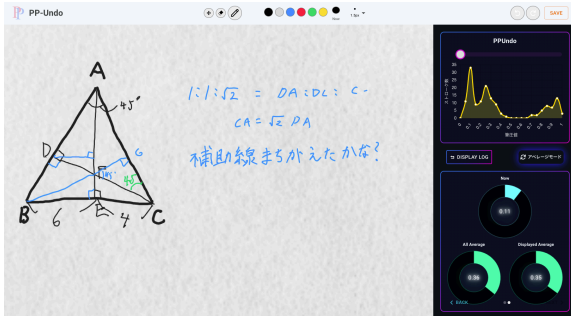


図 1. システム画面

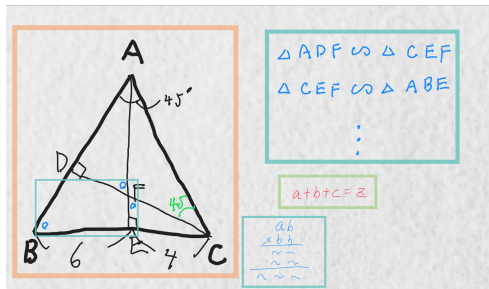


図 2. グループ化に対応した可視化手法

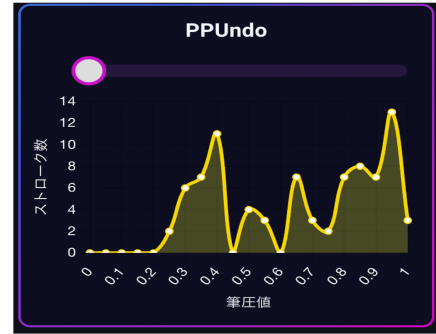


図 3. 筆圧値ごとのストローク量の分布

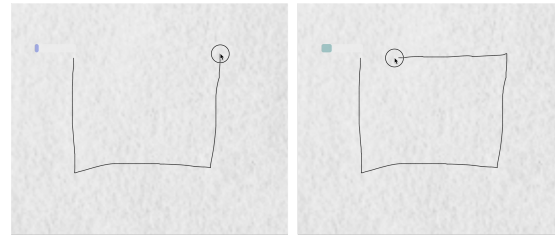


図 4. 筆圧値のリアルタイム可視化

### 3.1 筆圧を利用した消しゴム機能

ノート全体に対してではなく、ある範囲のみ下書きまたは清書の手書きを削除したいことがある。また、筆圧を弱く書いたものだけでなく、清書のように丁寧に書いたものを改めて書き直したいといった場合もある。そこで、筆圧を考慮した消しゴム機能として、弱い筆圧では筆圧弱めで書かれた手書きが、中ぐらいの筆圧では筆圧中ぐらいで書かれた手書きが、強い筆圧では筆圧強めで書かれた手書きがそれぞれ削除されるような消しゴム機能を実現する。これにより、筆圧を利用するだけで手軽にレイヤがあるような編集が可能となるため、特定の範囲内で複雑に交差するようなストロークに対しても筆圧を用いた削除が可能となるばかりか、より柔軟な削除・編集が可能になると期待される。

### 3.2 筆圧によるストローク群のグループ化

漢字のようなストローク群からなるものを書いている場合に、部分的に筆圧が強くなってしまったり、弱くなってしまったりと言った問題がある。そこで筆圧ジェスチャによりストローク群をグループとして認識し、まとめてストローク群に筆圧情報を付与したり、付与する筆圧値を変更したりすることを可能とする。また、ストローク群を筆圧値と対応した色の四角形で囲うことでグループの分布や筆圧値を可視化する(図2)。これにより、ストロークと筆圧値の対応関係がわかりやすくなる。また削除する際の参考情報となる。

### 3.3 筆圧のリアルタイム可視化

どのような筆圧で手書きを行っているかをフィードバックすることは[11]の研究にあるようにとても重要である。そこで、多様な手法で手書きの筆圧を提示し、筆圧を把握可能とする。具体的には、図3に示すような折れ線グラフ(横軸は筆圧値で縦軸はその量)により、各筆圧値にどの程度ストロークが分布しているかを把握可能とする。また、手書き中に折れ線グラフを見ることは困難であるという意見も得られたため、描画中にはストロークの始点の左上に、リアルタイムの筆圧値を色と長さで表現した横長スライダを表示する(図4)ことで、ユーザは記述中であっても筆圧値を容易に把握可能とする。

### 3.4 実装

以上の機能を、Webアプリケーションとして実装した。フロントエンドはReact、バックエンドはGo言語、データベースはMySQLを使用し、手書きライブラリはFabric.jsを用いて実装した。

## 4 おわりに

本研究では、筆圧をより柔軟に利用した手書き編集手法を実現するため、筆圧の可視化やストローク群のグループ化、筆圧を利用して対応するストロークを消す機能を提案および実現した。

今後は、より筆圧を調整しやすく、確実に想定通りのストロークを削除できるよう改良を行うとともに、評価実験を実施し有用性を検証予定である。

## 参考文献

- [1] Y. Yang. Undo support models. *International Journal of Man-Machine Studies*, 1988, vol. 28, no. 5, p. 457-481.
- [2] 関口祐豊, 植木里帆, 中村聡史. PP-Undo: 筆圧の制御により付与されたストロークの確信度に基づく Undo/Redo 手法の提案. *研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)*, 2023, vol.2023-HCI-201, no.15, pp.1-8.
- [3] 関口祐豊, 中村聡史. PP-Undo: 筆圧を軸とした Undo 機能のためのストローク群に対する一括筆圧情報付与手法の提案とその評価. *情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)*, 2023, vol.2023-HCI-204, no.14, pp.1-8.
- [4] M. Knister and A. Prakash. DistEdit: A Distributed Toolkit for Supporting Multiple Group Editors. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 1990, p. 343-355.
- [5] Y. Kawasaki and T. Igarashi. Regional Undo for Spreadsheets. *User Interface Software and Technology (UIST)*, 2004.
- [6] B. A. Myers, R. G. McDaniel, R. C. Miller, A. S. Ferreny, A. Faulring, B. D. Kyle, A. Mickish, A. Klimoitski, and P. Doane. *The Amulet Environment: New Models for Effective User Interface Software Development*, IEEE Transactions on Software Engineering, 1997, vol. 23, no. 6, p. 347-365.
- [7] T. Berlage. A selective undo mechanism for graphical user interfaces based on command objects. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, vol. 1, no. 3, p. 269-294.
- [8] K. Yu, J. Epps, and F. Chen. Cognitive load evaluation of handwriting using stroke-level features. *IUI'11: Proceedings of the 16<sup>th</sup> international conference on Intelligent user interfaces*, 2011, p. 423-426.
- [9] 鈴木優, 三末和男, 田中二郎. ペンを握る力と筆圧を組み合わせたインタラクション手法. *情報処理学会 全国大会講演論文集*, 2010, vol. 72, no. 4, p. 23-24.
- [10] B. Steichen and B. Fu. Cognitive Style and Information Visualization Modeling Users Through Eye Gaze Data. *Frontiers in Computer Science*, 2020, vol. 2, pp. 1-12.
- [11] 東孝文, 金井秀明. 切り絵の裁断スキルの向上を目的とするなぞり描き練習システムによる筆圧制御の効果. *情報処理学会 論文誌*, 2018, vol. 59, no. 11, p. 1978-1985.