

数学教育におけるコンパスを使用した作図活動の 電子ペーパー入力の利点

宮澤寛^{†1} 朝倉僚^{†1} 伊藤雅充^{†1} 堀江利彦^{†1} 安野史子^{†2} 中川正樹^{†3}

概要：学習指導要領によるとコンパスを使用した作図技能の習得が求められている。教育現場での ICT 活用が推奨され、タッチパネルを備えたデジタル端末が使用されている。紙筆、タッチパネルおよび電子ペーパーへ作図活動の差異を明らかにし、電子ペーパーでの入力の利点を述べる。

1. はじめに

中学校学習指導要領解説数学編によると「図形概念、図形の性質や関係について理解するとともに、図に表現したり、正しく作図したりする技能を身に付けること…」とありコンパスなど文房具を用いるとしている。[1] 近年、教育現場での ICT 活用が推奨され、デジタル教科書の整備もなされている。算数・数学のデジタル教科書にはツールとしてコンパスが具備されているが、紙と文房具（紙筆）による問題解決とは大きな違いがある。デジタル教科書は、GIGA スクール構想端末の使用することから、入力仕様はタッチパネルが必須とされ、マウスデバイスは謳われていないことから、タッチパネルでの操作とし述べていく。[2]

筆者らは、電子ペーパーデバイスを作製し、記述式問題への筆記解答を可能にした。[3] 電子ペーパーは USB でコンピュータに接続され、筆記済みデータをコンピュータで読み取ることができる。記述式解答は、Computer Based Testing(CBT)における選択問題やコード入力問題に比べ採点に労力が必要なことから、電子ペーパーに記述された解答の自動採点を目指している。[4][5] その中で、数学教育における作図も対象としている。[6]



図 1 電子ペーパーとコンピュータの接続

電子コンパスは、文房具のコンパスから、針部を粘着材と自在継手、筆を電子ペンに変更した。[図 2]

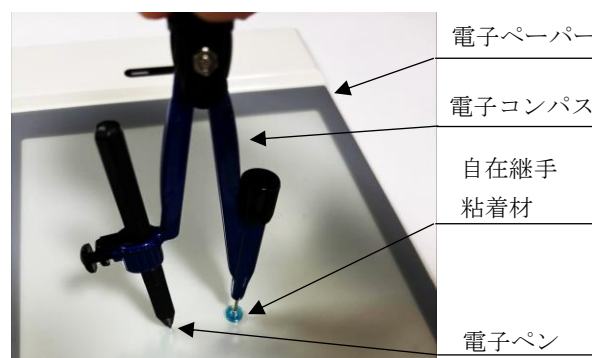


図 2 電子ペーパーと電子コンパス

紙筆とタッチパネル、および電子ペーパーのコンパスを使用した作図方法を比較し電子ペーパー入力の利点を示す。

2. コンパスを使用した作図活動における差異

紙筆とタッチパネル、および電子ペーパーにおける、円弧を描く際の操作の差異を、物理的な道具とコンピュータにおける境界および制御性に注目して比較した。[7][図 4] 円弧を描く場合、半径、中心、回転角始点、回転角終点を決めなければならない。

紙筆は、コンパスの針と筆を操作し、半径を決める。中心機構を持ちながら、円弧の中心に針を置き、回転角始点に筆を下ろし回転させ、目標の回転角終点まで回転させたら、筆をあげることで、作図が完了する。

タッチパネル操作は、画面上のメニューおよびグラフィカルなコンパス部位へのタッチを通じ、中心、半径、回転角始点、回転角終点の要因を操作し作図をおこなう。タッチパネル操作が1点しか選べず、中心機構を経由して同時に制御していた要因を、排他的（時分割）での操作の必要があり、制御性は同じとは言えない。

電子ペーパーは、メニューやグラフィカルなコンパスの表示はなく、紙筆と同じ操作で作図が完了する。紙筆と同等の操作のため、制御性も同等といえる。

^{†1} (株)ワコム

^{†2} 国立教育政策研究所

^{†3} 東京農工大学

3. デジタル化されたデータの活用

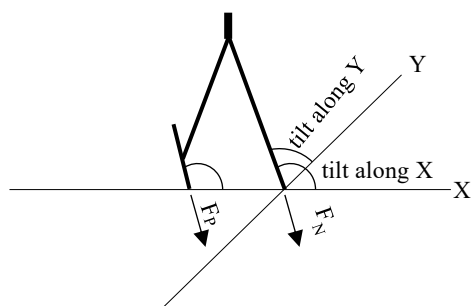


図 3

電子ペーパーにはデジタル化された筆記作図データは inkML をベースとした xml 形式で保存されている。座標 (X,Y,Z), 傾き(X,Y), 筆圧, 時刻が記録される。[図 3] また、消しゴムを使用した場合は、表示は消えるが、筆記データは残るよう設計した。

4. まとめと今後の予定

学習指導要領が求めているコンパスを使用した作図技能を習得するにあたり、タッチパネルの様にコンピュータに 1 点のみの指示が与えられるユーザーインターフェースでは難しいことが提示できたと考える。電子ペーパーは、紙筆と同等のコンパスの作図活動ができることが明示できたと考える。

自動採点においては、図形の合同で判断することはできない。しかしながら、時系列データを活用した採点方法を引き続き研究する予定である。また、紙筆では解答者を見ていないと得られない、作図手順がわかり、解答者の指導につながっていくと考えている。

謝辞 本研究は東京農工大学に設置されたワコム-東京農工大学共同研究講座において、手書き解答の自動認識・自動採点に関する研究の一環で実施されたものである。一

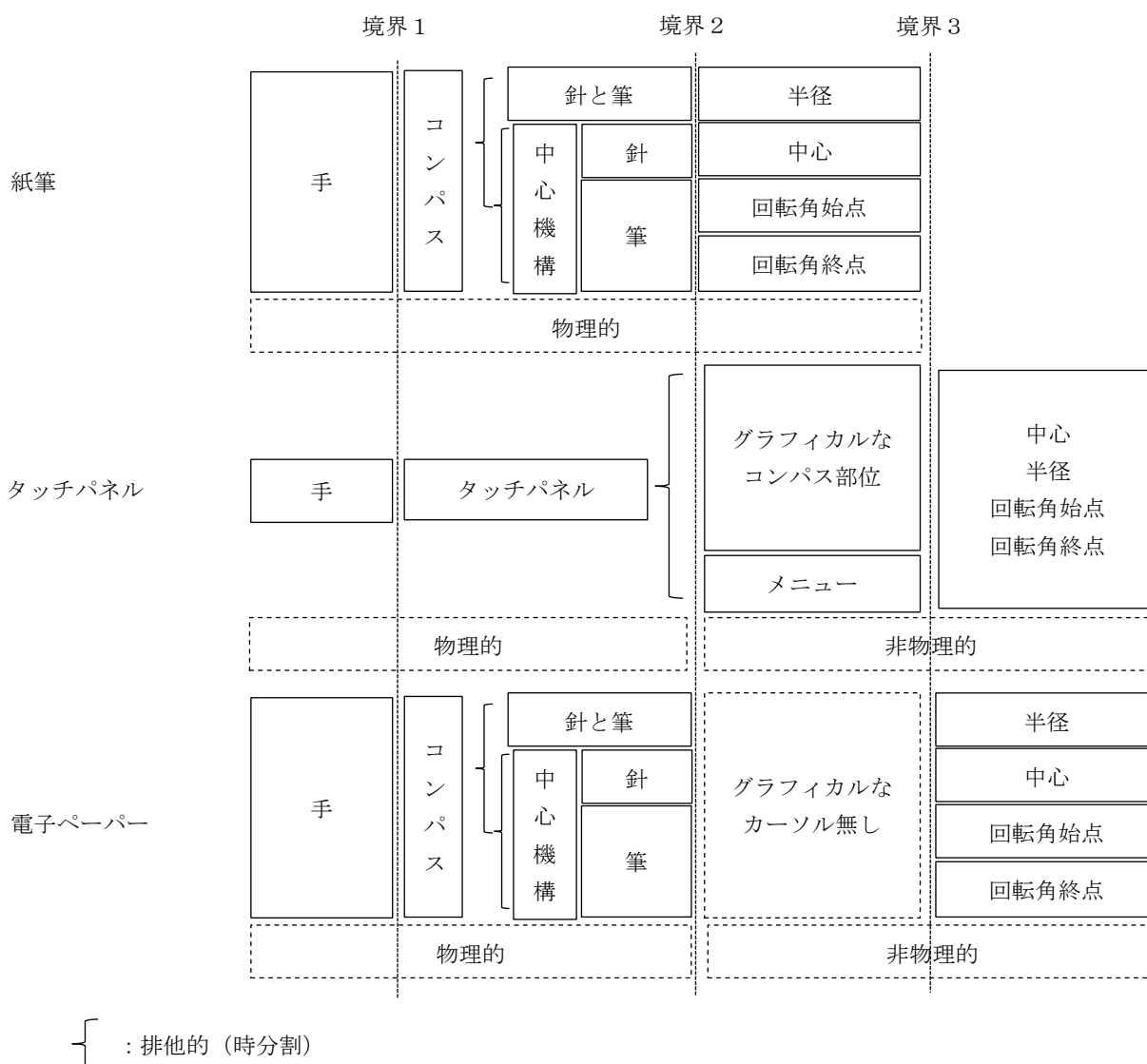


図 4

部，JSPS 科研費 JP21K18136, JP22H0008, JP24H00738 の補助による。

参考文献

- [1] 文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 数学編，2017
- [2] 文部科学省：GIGAスクール構想の実現標準仕様書，2020
- [3] 宮澤寛，電子ペーパーにおける電子ペン描画の高速化 情報処理学会 インタラクション2022 論文集，2022，706-707.
- [4] 朝倉僚，グエン トゥアン フーン，グエン トゥアン クーン，宮澤寛，土田洋一，山本高廣，伊藤雅充，堀江利彦，清水郁子，中川正樹．手書き解答の自動採点に向けた学習ドリルのデジタル化と筆記解答の収集．電子情報通信学会 信学技報．2022，vol.122 PRMU-314, 70-75.
- [5] Asakura,T., Nguyen,H.T., Truong,N.T., Ly,N.T., Nguyen,C.T., Miyazawa,H., Tsuchida,Y., Yamamoto, T., Ito,T., Horie,T., Yasuno.F, Ishioka,T., Kobayashi,K., Shimizu,I., Nakagawa.M. Digitalizing educational workbooks and collecting handwritten answers for automatic scoring. iTextbooks@AIED 2023,2023, 78-87.
- [6] 宮澤寛，朝倉僚，グエン トゥアン フーン，トルン タン ギア，リー ツゥアン ナム，安野史子，堀江利彦，中川正樹．手書き幾何図形解答の自動採点に向けた正答例の記述，日本教育工学会 2024 年春季全国大会．2024，663-664p.
- [7] 渡邊恵太．融けるデザイン ハード×ソフト×ネット時代の新たな設計論．ビー・エヌ・エヌ新社，2015，93p.