

K-003

数学学習支援のためのテーブルトップインタフェースを用いた作図ツールの提案 A Drawing tool for Supporting Mathematics Learning by using Tabletop

伊藤 唯† 伊地知 裕子† 浦 正広‡ 中貴俊† 山田 雅之† 遠藤 守† 宮崎 慎也† 安田 孝美†
Yui Ito Yuko Ijichi Masahiro Ura Takatoshi Naka
Masashi Yamada Mamoru Endo Shinya Miyazaki Takami Yasuda

1. はじめに

小・中学校における算数・数学の課程では、初等幾何学の内容を学習する。その際、基本的な図形の性質を作図を通して理解する。作図は正確である必要はなく、“2線分が平行”などの描いた図形の幾何学的意味が把握できるものでよい。そのため、作図には定規やコンパスなど手軽に利用できる道具を用いる。一方、幾何CAIに類するソフトウェアも多くあり、それらを利用してコンピュータ上で作図すれば、描いた図形の変形なども容易にでき、教育現場での利用も盛んになってきている。

本論文では上記前者の紙や道具を使った作図と上記後者のコンピュータ上での作図の両方の良さをとり入れた作図環境を構築するためのマルチタッチ対応テーブルトップインタフェースを用いた作図ツールについて述べる。本ツールの特徴は、実際の道具を使った作図に近い入力操作を可能にする点である。文献[1]では文房具メタファを用いた作図システムを提案し、画面上の定規やコンパスとスタイラスを用いて作図が行えるが、我々のツールは両手を使った作図操作などマルチタッチ・テーブルトップインタフェースならではの操作が可能である。例えば、実際の作図では2つの定規を操作しながら、ある線に平行あるいは直角になるような定規の位置を求め、一方の手で定規を支えながら他方の手で鉛筆を持ち線を描く。このような操作は両手および複数の指を使った作業であり、同じような操作が本ツールでは可能である。また、一度描いた図形を変形する際、拡大縮小・回転・平行移動の組み合わせを設定でき、場面場面に適した幾何学変形の操作が可能である。

2. 作図ツール

本ツールは2つのモード、作図モードと分析モードを持つ。前者は画面上に配置された道具を使って図形を描くモードであり、後者は描いた図形を移動・変形できるモードである。

2.1 作図モード

作図モードでは紙と2種類の三角定規、拡大縮小が可能な円定規が用意されている。紙や三角定規は回転並進操作ができる。また、円定規は拡大縮小並進操作が可能で、コンパスの役割を果たす。図形要素は線分、弧、記号、点があり、定規を使って線分と弧を入力でき、また、特定の操作で数種類の記号も入力できる。2線分の交点などの点要素は自動で生成表示する。図形要素を入力する際は、始めに、画面の鉛筆ボタンをタッチし、消去する際は、消しゴムボタンをタッチする。作図モードの画

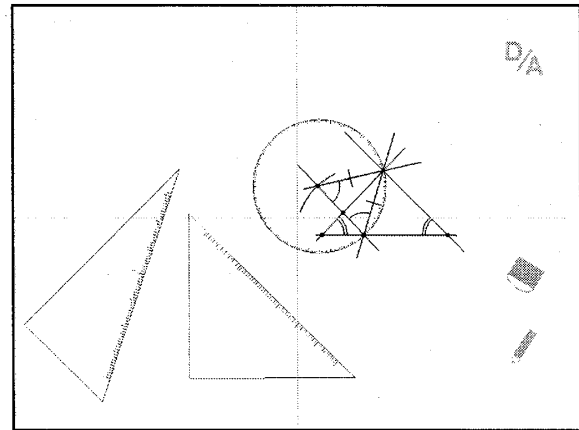
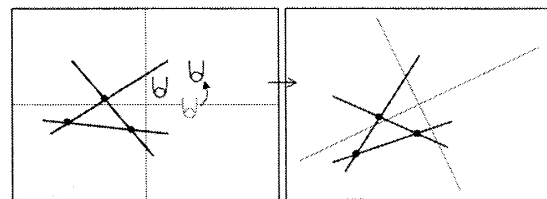
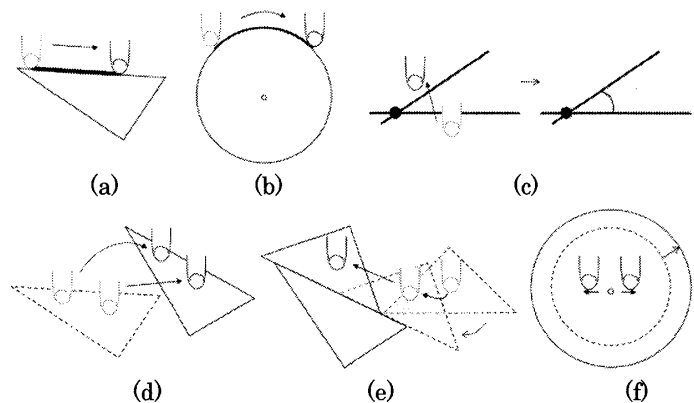


図1 作図モード画面



(g)

図2 作図用ジェスチャ例

面を図1に示す。モード切り替えはD/Aボタンをタッチすることで行う。

2.1.1 作図用ジェスチャ

図形要素の入力・消去操作および道具の操作には画面にタッチする指の動きおよび指と道具との位置関係から構成されるジェスチャを用いる。ツール側はジェスチャおよびそのときのモードや鉛筆・消しゴムボタンのオン・オフ状態に基づき操作を決定する。

†中京大学情報理工学部, Chukyo University

‡名古屋大学大学院情報科学研究科, Nagoya University

線分を入力するときは鉛筆ボタンをオン状態とし、三角定規の1辺をドラッグし(図2a)、弧の場合は、円定規の周上をドラッグする(図2b)。入力可能な記号は数種類あり、角記号の場合は、その角をなす2線分に交差するようにドラッグする(図2c)。三角定規は回転並進移動(図2d)や他の三角定規の辺に1辺を合わせてスライドさせることができる(図2e)。円定規は平行移動の他、拡大縮小ができる(図2f)。紙も実際の紙と同様に回転並進移動ができ(図2g)、これにより作図しやすい位置に図形を配置できる。図形要素を削除するときは消しゴムボタンをオン状態とし、図形要素をドラッグする。

上記のように、ジェスチャおよび指と道具の位置関係から操作を判定できることから、細かなメニュー選択が必要なく、直観的な操作が可能となる。

2.1.2 作図例

図1は互いに重なっている二等辺三角形と正三角形を作図した例である。等角や等長を表す記号も入力されている。

2.2 分析モード

分析モードでは作図モードで描いた図形を変形したり移動して、図形の性質を理解するための分析が行える。変形や移動は線分単位と多角形単位で行い、作図の過程で生成される交点を頂点とする任意の線分・多角形を対象とする。分析モードの画面を図3に示す。

2.2.1 分析用ジェスチャ

多角形を指定するときは、まず、多角形作成ボタン(図3右側の上から2番目)をオン状態とし、そのあと、作図モードで生成された頂点の中から多角形の頂点とするものを順にタッチしていく。その多角形を操作する場合は、拡大縮小・回転・平行移動の組み合わせをS, R, Tボタンのオン・オフにより決定したのち、ジェスチャを行う。例えば多角形をその1つの頂点を中心に回転したい場合、Rボタンをオン状態にし、図4aのように、その頂点をタッチしながら他の指で多角形内部をドラッグする。また、回転しながら拡大縮小を行う場合はジェスチャの前にSとRのボタンをオンにする。その他、図4bのように1つの頂点のみの移動もできる。

2.2.2 分析例

ピタゴラスの定理の証明には、図4cのような図形を使う方法がある。この証明の過程では2つの三角形ABCとADEが合同であることを利用する。合同であることは三角形ABCをAを中心に回転させ三角形ADEに重なることを確認すればよい。図1は分析モードにおいて三角形ABCに対応する三角形を選択し、Aに対応する頂点を中心に回転させている様子である。

なお、マルチタッチテーブルは60cm×45cmのサイズであり、FTIR方式[2]を用いて構築した。このテーブルを用いた操作の様子を図5に示す。

3. まとめ

本論文ではマルチタッチテーブルトップインタフェースを用いた作図ツールについて述べた。作図モードでは三角定規と円定規を使って図形要素を入力でき、分析モードでは拡大縮小・回転・平行移動の組み合わせを選択することにより、その場に適した幾何変形ができる。両

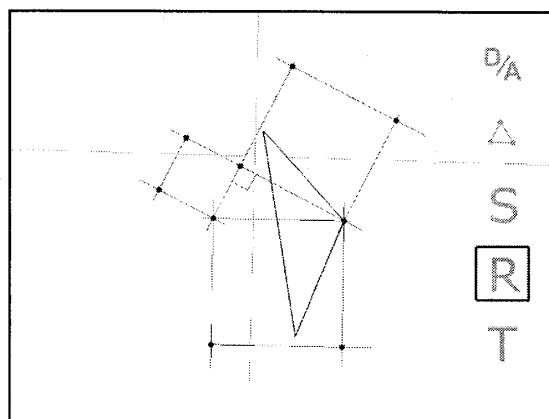


図3 分析モード画面

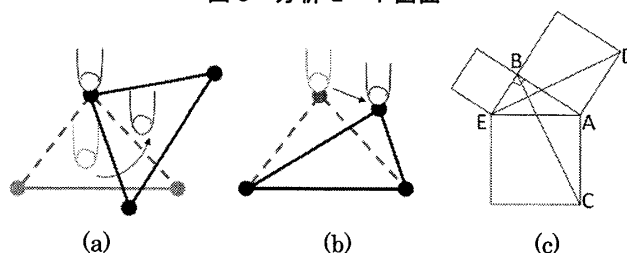


図4 分析用ジェスチャ例と分析例題

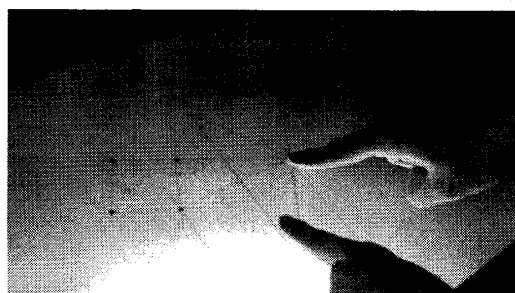


図5 実際の操作の様子

モードにおいてマルチタッチジェスチャと最小限のメニュー選択により、必要な操作を直観的に表現できたため、教育現場での子供の利用に向けた幾何学習支援ツールとして利用できる。

今後の課題としては、道具間の力学的作用の導入、様々な作図・分析例題を通しての機能面評価およびジェスチャの直観性の客観的評価などがあげられる。

謝辞

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金、財団法人栢森情報科学振興財団研究助成、財団法人人工知能研究振興財団研究助成、財団法人堀情報科学振興財団研究助成による。

参考文献

- [1]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 (1994).
- [2]Jefferson Y. Han, “Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection”, UIST'05 (2005).