

## 幾何学の証明問題を支援するタブレット教材の開発

藤井研一<sup>†</sup>大阪工業大学情報科学部<sup>†</sup>

中等教育で学ぶ幾何学は論理的思考法を習得する上で必須の単元と考えられる。本研究では、中等教育で学ぶ幾何学学習支援に特化したソフトウェア開発を目指し、ソフトウェア自体の操作習熟に時間を費やすことなく利用可能な教材開発を試みた。このため、操作は幾何学の作図を踏襲し、論理構築という幾何学証明問題の本質的な部分の集中学習が可能な教材となることを目指した。¥¥

Keywords: 幾何学、ユーザーインターフェース、タブレットPC

## 1. 初めに

中学校で学習する初等数学は、論理的思考を築くための基礎となる科目として重要であり、学習者すべてが理解すべき科目と考えられる。にもかかわらず、「10歳の壁」[1]という言葉で象徴されるように、抽象度の高まりのために、小学校から中学校への教科内容のギャップが、学習者に大きな負担を与えていると考えられている。学校教育における教育成果を検証するための国際的な調査として、国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)[2]があり、日本では小学校4年生と中学2年の学生を対象として行われている。このため、10歳前後の学習者の変化を知るための指標として適していることになる。

2015年度に実施された国際数学・理科教育動向調査(TIMSS2015)結果が文部科学省のサイト[2]では、数学に関する結果はどちらの学年も、参加国・地域別の5位であり、望ましい結果と考えられる。

しかし、同時に実施された学習者の意識アンケートでは、(1)「数学は楽しい」、(2)「数学は得意」、(3)「数学を勉強すると日常生活に役立つ」、(4)「将来自分が望む仕事につくために数学で良い成績をとる必要がある」の4項目すべてで、肯定的な回答が国際平均を大きく下回っている。特に項目(4)への肯定的な回答は国際平均に比べ15ポイントも低い。

この調査結果からは、日本の中学生は高い学力を持つにもかかわらず、数学を「得意」とは思えないという結果になっており、数学への自信を持ってない学生が多数を占めていると考えられることになる。この結果は、憂慮すべきものであ

り、数学に対する教育方法の見直しを迫っている問題と考えられる。

中等教育における数学は、抽象度の高い思考方法獲得を要求される。これが数学学習を困難なものとしている理由の一つと捉えられる。中学校数学の主な教授内容である代数と幾何学のうち、代数は具体的な数値から抽象的な記号操作が主体となる。一方、幾何学は、合同や相似の証明を扱うことで論理的な思考力を形成する。幾何学の学習においては、作図が重要となり、例えば二等辺三角形の作図や角の二等分線描画などを定規、コンパス等を用いて実習する。もちろん、このような身体を用いた操作による学習は、理解獲得の重要な要素である。Van Hiele[3]の提唱した「学習水準理論」にある幾何学習における5つの思考水準に従うと、このような作図は、第2及び第3水準の理解につながると思われる。この水準の達成の上に、第4水準である、幾何学理論を構成する演繹法の理解が獲得されると思われる。すなわち具体から抽象に変容する段階が、作図と共に達成されていると考えられる。

しかしながら、不正確な作図により学習者の論理的な思考が中断される可能性も考えられる。

このような問題点は、ICT機材の導入により軽減できるものと考えられる。本研究では、何ほどの程度軽減できるかを調べる目的で、幾何学問題理解を支援する教材を作成した。これにより、学習者が、Van Hieleの第三水準以降の学習へ円滑に移行できることを目指した。

## 2. 教材としてのソフトウェア

本ソフトウェアの動作環境としてタブレットであるiPadおよびiPhoneを想定しiOS上で開発を行った。幾何学学習に特化しているため、(a) 問題表示、(b) 作図、(c) 証明記述の3つから構成されている。

この中で作図は、学習者が問題解決を試みる上

Development of educational materials on tablet PC for understanding of geometry

<sup>†</sup> Ken-ichi Fujii, OIT

で最も重要である。タブレット、スマートフォン上ではドラッグ、タップ、フリック、スワイプなどの指によるインターフェース (I/F) 操作が基本になる。作図を容易にするために、ドラッグ操作により任意の平面図形を正確に描けるようにI/Fをデザインした。作成する必要がある図形としては、三角形を含む多角形、円、直線が挙げられる。幾何学を考える上で、作図に必要なものとしては、直線に関しては、平行、同一の長さがある。また角に対しては、直角が基本にあり、その整数による除算、乗算の角の作図が挙げられる。これらを特定の操作により実現出来るように考えた。さらには直線の交点の作る角が他の角とどのような関係にあるか見て取れることも考慮した。いずれにしろタブレットを用いた作図は、試行錯誤が容易なため、思考に連動した作図が可能となる。

より具体的な作図機能として、直線のコピー、直角および特定の角度入力、二等辺設定が、筆記による描画と同様な操作、記号入力で可能となるようにI/Fを設定した。

ただ、図形に関する情報をすべて表示してしまうことは、幾何学学習者、特に初学者にとっては問題があると考えている。例として、角度、辺の長さ等に関して、どの程度まで表示をすべきかを測る尺度を見出す必要がある。これについては本ソフトウェアの試行により確認する予定である。

任意の多角形や補助線を正確かつ容易に描画消去可能とすることで、試行錯誤が容易となり、学習者はタブレットを利用しながら、問題に集中して取り組むことが可能となると考えている。

次に、論証の記述について、どこまで学習者が行うのかについても検討する予定である。まずは幾何学固有の記号 (図形を示すもの、角度表示、線分の表示) 等の表示を可能とする必要がある。数学記号に関してはLaTeX[4]を利用することで可能となる。タブレット上では、MathJax[5]を使用することで、LaTeXによる表示が可能となる。これを利用した証明記述支援は学習者の論理理解に重要となる。どのようなものが効果的か現在検討を進めている。

### 3. まとめ

作図に始まる幾何学の一般的な学習用教材をタブレット上で開発した。柔軟な思考に追随可能なI/Fを有することにより、効果的な幾何学学習が可能になると思われる。幾何学への関心、理解が得られれば、論証の理解にもつながり、論

理的思考の礎を築くことが可能になる。幾何学教材としては、論証理解の支援に留まらず、図形の求積問題への活用も検討している。これにより、微分積分学習にも接続可能とし数学のより深い理解に繋がりたいと考えている。

実際の教育効果についての検証は、今後中学生対象の調査を実施する予定である。

- [1] 子どもの「10歳の壁」とは何か? 渡辺弥生 (光文社新書)、2011.
- [2] 文部科学省, 国際数学・理科教育動向調査 (TIMSS) の調査結果, [http://www.mext.go.jp/a%E\\_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/detail/1344312.htm](http://www.mext.go.jp/a%E_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/detail/1344312.htm)
- [3] 数学教育の理論と実際 数学教育研究会 (聖文新社)、2010.
- [4] LaTeX web site: <https://www.latex-project.org>
- [5] MathJax website: <https://www.mathjax.org>