

中学校数学を想定したデジタルノートの開発

藤井 研一^{1,a)}

概要：文部科学省 GIGA スクール構想に基づく学校教育への情報機器を用いた教育が積極的に進められる中で、デジタル教科書を筆頭に教育用教材の開発が進められている。それに伴い、これらの機器を活用した新しい学び方も求められている。教材のデジタル化に伴う利点として、学んだ知識を有機的に結びつけ知識体系全体を意識しながらの学習が可能となると考えられる。このような新しい学びにおいても、個々の学習者が獲得した知識を自らまとめ整理するためのノートは不可欠だと考えている。本研究では、そのノートを用いることで一つ一つの学習内容が有機的に結びつけられ、学習者が体系化された知識をより効果的に身につけるための支援ができるかを調べることを目的としている。具体的には、中学校向けの数学学習用ノートのタブレット PC 上への実装を行い、それを用いた学びの方法についての考察を行う。

Keywords: 数学学習支援、タブレット PC、知識体系の可視化

Development of a digital note for mathematics in junior high schools

FUJII KEN-ICHI^{1,a)}

1. はじめに

文部科学省 GIGA スクール構想 [1] に基づく学校教育への情報機器を用いた教育が積極的に進められる中で、小・中・高等学校を対象としてデジタル教科書を筆頭とする教育用教材の開発が進められている。このような学びの大きな変化の元となる情報化社会に対応した人材への大きな需要も引き起こすこととなっている。データ分析などの数学的素養および論理的思考力がどのような分野においても広く求められるようになり、数学教育の役割はますます大きなものとなっている。数学教育の基礎は中学校数学において築かれる。中等教育における数学では代数と幾何学の学習が中心となる。どちらも、論理的思考力と同時に体系化された知識の獲得を目指すものである。小学校の具体的な算数とは異なり、中学校の数学は抽象度も高く、学習者は個々の単元の内容理解のために、多くの問題を解く必要がある。このため学習者の中には目先の問題の解答に終わり、それを通して学んでいる論理的思考法や体系化された知識獲得に思いを馳せる余裕がないものも存在していると

考えられる。また幾何学は幾何学、代数は代数とバラバラな知識に終始する結果、数学としての体系的な理解を得ることが困難な場合も稀ではない。論理的思考力の獲得は体系化された知識の理解と密接に関係しており、総合的に理解することは重要である。

このような状況を受けて、学習した数学の単元の内容が数学の体系理解にどのような位置を占めているかを学習者が俯瞰し、自らの達成した知識が体系のどこに位置づけられるかを容易に理解可能とすることは意味のあることと考えられる。

文部科学省による GIGA スクール構想 [1] の土台ともなる学校教育における学習者 1 人 1 台の情報端末が完備された状況下では、ICT 機器を用いた新しい教育ツールの開発が活発に展開するものと思われる。本研究では、このような ICT 機器の導入の目的として知識体系自体の理解を想定している。この目的に合致した数学学習用ノートとして、学習者が学んだ内容が数学の体系にどのように位置づけられるかを可視化し学習者に自らの達成状況とともに示すことができるものの開発を目指し、それによって数学の体系自体の理解を促すことを想定してデジタルノートの開発を行なった。

¹ 大阪工業大学情報科学部 大阪府枚方市北山 1-79-1, Kitayama 1-79-1, Hirakata, Osaka 573-0171, Japan

^{a)} kenichi.fujii@oit.ac.jp

2. 開発環境

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 での実行を考えた。統合開発環境である Xcode 上で Swift 言語を用いて開発を進めた。ユーザーインターフェース (UIF) のデザインのためにはインターフェースビルダーを用い、タブレットにおける基本的なインターフェースである、運指操作を、特定の数学的操作や特定の作図操作に対応づけることを試みた。しかしながら作図を考える時には指による操作が最も効果的と考え、タップに代表される指の操作をどのように取り入れるかに主眼を置いて UIF の設計に当たった。

3. 開発ノートの概略

初等教育から中等教育に進むことで、学習者は学ぶ教科の質的变化、「抽象化」に直面する。特に数学は数値を用いた具体的な計算が中心の算数から、記号を用いた抽象的な数学 (代数) に変化し、より厳密な論理についても学ぶ。数学学習の違いは、抽象度だけではなく、代数および幾何学という知識体系自体が学習の中に含まれることにもある。この時期に知識体系を理解することは、それ以降の教育にとっての基礎として必須と考えられる。数学の単元は熟考の元に作成されているが、学習者にとって、特定の単元を学んでいる時点で、全体のどこを学んでいるのか、学んでいる内容が全体とどのような関係にあるのかの理解することはなかなか困難なことと思われる。

そこで、上記のように大まかに幾何学と代数に分け、個々の単元がどのような関係にあり、数学全体の体系にとってどのような役割を担っているかを可視化して示すことを考えた。これにより各々の単元の意味が明確になり、個々の知識を学ぶ意義が見出せ、学習意欲を高めると考えられる。各々の教科教育において、知識の体型理解の組織的な「学び方」は明示的には示されない。学習者は幾何学なら幾何学の学習自体からこのような知識構造の存在を理解することになる。

我々は、これまでに数学のいくつかの単元の学習用の教材を開発してきた [2-5]。フリーハンド作図機能を有する幾何学学習用の教材 [2]、代数分野では、連立一次方程式の解法を支援し独習に利用可能な教材 [3] を作成し、幾何学では多角形の内角の和を学ぶ教材、平面図系から立体図形を作成するもの [4]、幾何学の証明問題を支援するもの [5] などを作成してきた。これら個別の教材の利用においても、単元同士がどのように関連して体系化されるかを数学の体型全体から俯瞰して理解できるようにすることは、学ぶ上で有益と考えられる。このために単元の結びつきを可視化したグラフを表示し、学習者が学んでいるその内容が代数または幾何学のどこに位置づけられるかを直感的に理解できるようにすることを目指した。

本ノートもタブレット PC 上で利用可能なデジタル教材として開発を行なった。体系全体を示すマップをアプリケーションとしてのノートに組み込み、学習者が自身で記述した内容がどこに位置づけられるかを見て取れるようにしている。このノートに必要な機能としては、(1) 思考を支援するユーザーインターフェース (UIF)、(2) 自身の記述内容のデータベース、(3) 体系化された知識グラフへのマッピングの3項目を考えている。すでに上で述べた目的に対しては、(3) の実装の設計が関わってくる。今回の発表でもこの部分について、既存の可視化技術とリンク機能により実現を考え議論する。学習者は学校教育を通して学ぶ項目ごとの問題を解くが、それぞれの問題がどのような知識に関係しているか、どのような構造に当てはめられるかをグラフかしたマップによりはあく可能とし、関連する問題や記述にはリンク機能を使って関連づける。ここで、どこまでを学習者が、どこまでをアプリケーションが行うかが設計上の問題と考えている。

4. まとめと今後の展望

教育現場にデジタル機器が積極的に導入される中、学習者の学びを支援するためのノートの開発を行なった。このような機器を持ちいて容易に実現可能な可視化とリンク機能を用いて直近の学習内容が知識体系にどのように位置づけられるかを理解できるようにすることで、自身の学習達成度を明瞭に把握するとともに、学習者が現時点で学んだ知識が今後の学習にどのように関わるかを理解することができると目指した。今回の開発では中学校数学を対象としたが、これを用いることで、数学という知識体系がどのようなものであるかを自身の作成したノートを通して理解可能とし数学的思考の獲得ができるものと期待している。

参考文献

- [1] 「GIGA スクール構想の実現」、文部科学省
- [2] 「初等数学教育のための直感的インターフェースの開発」(情報処理学会 第 79 回全国大会 6ZF-3、2017)
- [3] 「連立方程式解法理解のためのタブレット PC を用いた教育用ツール開発」(情報処理学会 第 76 回全国大会 6ZF-3、2014)
- [4] 「幾何学の理解を支援するタブレット教材開発」(情報処理学会 コンピュータと教育研究会 138 回研究発表会、2017)
- [5] 「タブレットを使用した中学校での幾何学学習支援教材の開発」(JSiSE 第 45 回全国大会 E6-3、2020)