

数学記述によるグラフ作成ツールを使った数学教育モデル

遠藤 菜津美[†] 富永 侑里[†] 福井哲夫[‡]

武庫川女子大学 生活環境学部 情報メディア学科[†] 武庫川女子大学[‡]

1. はじめに

デジタル教科書が導入されようとしている時代^[1]に、生徒がデジタル端末上で手軽にグラフ作成できるツールが重要と考える。しかし、既存ツールでは関数グラフを定義する数式の入力は、初学者にとって不自然で操作の負担が大きい。そこで我々は、2018年8月にインテリジェントな数式入力インターフェース MathTOUCH を実装した自然な数学記述によるグラフ作成ツールの提案を行った^[2]。

本研究では、このツール（以下、MathTOUCH グラフと呼ぶ）の HTML 形式による入出力機能を新たに整備し、グラフによる数学教育モデルを検討したのでここに報告する。これにより、導いた解答を図で容易に確認できるような学習環境が提供できるものと期待する。

2. 数学記述によるグラフ作成ツール

MathTOUCH グラフとは、グラフなどの図形要素を自然な数学記述で描画する Web アプリケーションである。図 1 は方程式 $y = \sqrt{x}$ のグラフと点 $(2, \sqrt{2})$ を描いており、どんな図形を描いているか記述（図 1 左）を見ればわかるようになっている。描画できる図形要素は図 2 に示す 8 つである。

特に方程式のグラフは、一価関数であればほぼどんな関数でも描くことができる。このときグラフの方程式を教科書通りに記述するために、インテリジェントな数式入力インターフェース MathTOUCH^[3] を採用した。MathTOUCH は数式を読むような曖昧な文字列から、AI が候補を予測し変換する数式入力インターフェースである。入力された式は HTML や PNG などの形式に変換可能なため、グラフに綺麗な数式を表示させることができる（図 1 右）。それゆえ、MathTOUCH グラフはワープロなどと併用し、数学教材のための挿入図を作成するために利用できる。

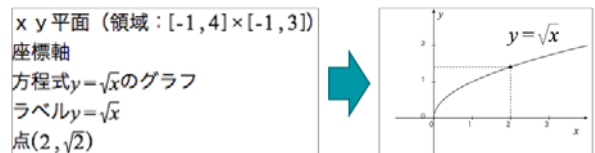


図 1 自然な数学記述によるグラフ作成イメージ

| Xy平面の表示範囲 | 座標軸 | 座標枠 | 方程式のグラフ |
|--|----------------|----------|----------------------------------|
| Xy平面 (領域: [-4, 4] x [-3, 3]) | 座標軸 | 座標枠 | 方程式 $y = \frac{1}{3}x^2$ のグラフ |
| 関数(定義域)のグラフ | 数式ラベル | 点 | ベクトル |
| 関数 $y = \frac{1}{3}x^2$ ($-1 \leq x \leq 2$) のグラフ | ラベル $y = f(x)$ | 点 (1, 2) | ベクトル (1, 2) - (2, -1) |

図 2 描画できる 8 つの図形要素

3. 作成グラフの入出力機能

本研究では、MathTOUCH グラフをデジタル端末上で生徒に直接操作させて教育する応用モデルを議論する。

そのため、作成したグラフ結果の HTML 形式による入出力機能を新たに追加した。入出力処理の流れを図 3 に示す。

3.1 HTML 形式への出力

図 3 のように、MathTOUCH グラフで HTML 形式へ変換を指示すると、記述エリアの結果を変換出力欄に HTML ソーステキストで出力する。これをテキストエディタなどにコピー&ペーストして、HTML 形式でローカルディスクに保存する。

3.2 HTML 形式から入力(再描画)

3.1 節で保存したファイルは Web ブラウザから開くことで、MathTOUCH グラフの記述した内容を再現することができる。

また、Web ブラウザで再現された内容（作成したグラフとその数学記述）は MathTOUCH グラフの記述エリアにコピー&ペーストすることで、表示キャンバスにも表示され、再編集することができる。

「Mathematics instruction model using a graph creation tool based on the mathematical description」

[†]Natsumi ENDO, Yuri TOMINAGA

Department of Informatics and Mediology, School of Human Environmental Sciences, Mukogawa Women's University

[‡]Tetsuo FUKUI

Mukogawa Women's University

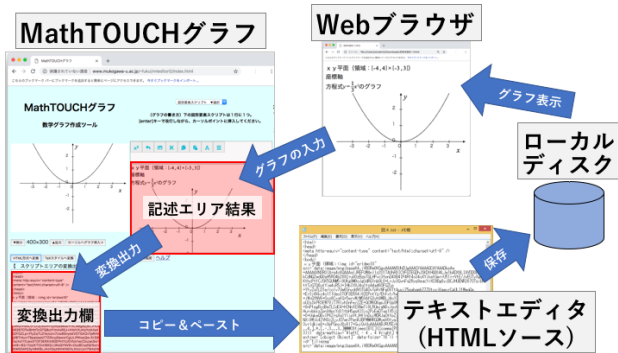


図3 HTML形式による入出力処理の流れ

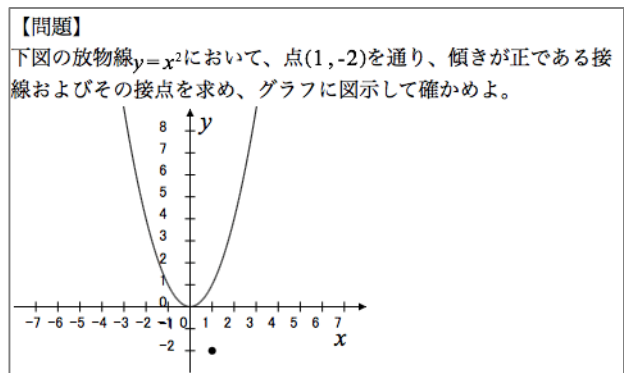


図4 教育モデルの数学問題例

4. 数学教育モデル

ここでは、第3章で述べた入出力機能を数学教育へ応用するモデルを議論する。

図4はグラフの接線と接点を求めさせる問題である。通常は、接線の方程式を求めさせ、正解の式 $y=2(1+\sqrt{3})x-4-2\sqrt{3}$ と照らし合わせて確認する。本提案モデルでは、MathTOUCH グラフにより HTML 形式で作成した(ある URL 上の)ファイルを生徒のタブレット端末等の Web ブラウザ上で開かせて、課題の方程式および接点の式を求めさせる。次に第3章の図3で述べた手順に従って、MathTOUCH グラフ上に問題文にある放物線と点を再現させる。最後に、再編集機能を利用して、図5-①のように接線のグラフを加えさせて、解答式の正しさを視覚的に確認させるものである。

このとき、求めた式には無理数を含んでおり、従来のグラフツールでは正確に指定・表示しにくいものであるが、MathTOUCH グラフは、それらを正確に表示できる特徴をもっている。また、このモデルの利点は、グラフに関する問題において、数式で考えた結果を生徒がすぐに視覚的に確認できる点にある。

MathTOUCH グラフによるモデルのポイントは以下の4つである。

- (1) 問題文と前提グラフを HTML 形式で保存できる。
- (2) 問題文と前提グラフを Web 上で提示できる。
- (3) HTML 形式で保存した前提グラフを MathTOUCH グラフに読み込み再現できる。
- (4) 再編集機能により、生徒自身が考えた図形要素を重ね描きすることができる。

5. まとめ

我々が提案する MathTOUCH グラフは、数式入力 がしやすく、自然な記述によって容易に方程式のグラフが描ける特徴をもつ。今回新たに、HTML 形式による入出力機能を整備したことによって、作図結果の保存・読込・再編集が可能と

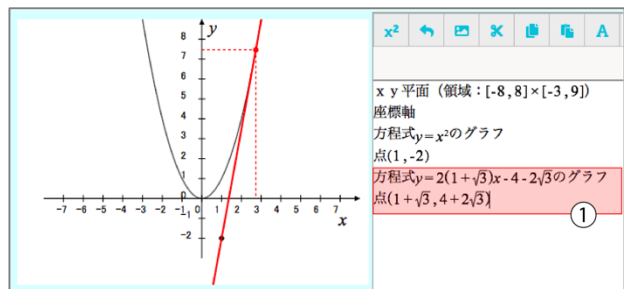


図5 MathTOUCH グラフを使った解答確認場面

なった。この MathTOUCH グラフによって数学教材が作成でき、生徒自身が考えた解答式をグラフで確認させるような教育モデルが実現できた。これにより、グラフに関する新たな教育環境が提供できるものと期待する。

今後は、より様々な図形要素が描画でき、数学教材事例を増やすことが課題である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 17K00501 の助成を受けたものです。

参考文献

[1] 文部科学省公式サイト：「3. デジタル教科書の制度化について」,
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukas-ho/gaiyou/04060901/1349317.htm
 (2018. 10. 11 参照).

[2] 富永侑里, 遠藤菜津美, 福井哲夫：「自然な数学記述によるグラフ作成ツールの提案」, 京都大学数理解析研究所講究録, 2019(掲載予定).

[3] Fukui, T., Shirai, S. : 「Predictive Algorithm for Converting Linear Strings to General Mathematical Formulae」, Human Interface and the Management of Information: Supporting Learning, Decision-Making and Collaboration, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 10274, Springer, pp.15-28, 2017.