

# 数式記述言語 MathML を用いた初等教育における教師支援ツールの開発

理学専攻・情報科学コース 椎名 遥

## 1 はじめに

現在、初等教育の現場にデジタル教科書や電子黒板が導入されつつある。「主体的・対話的で深い学び」の視点からの授業改善や、特別な配慮を必要とする児童生徒等の学習上の困難低減のため、令和2年度から新学習指導要領が実施される。そのため、学習者用デジタル教科書を制度化する「学校教育法等の一部を改正する法律」等関係法令 [1] が平成31年4月から施行された。これにより、これまでの紙の教科書を主たる教材として使用しながら、必要に応じて学習者用デジタル教科書を併用することができるようになる。尚、ここでの「学習者用デジタル教科書」とは、紙の教科書の内容の全部をそのまま記録した電磁的記録である教材を指す。

しかし、導入しやすい電子黒板での授業を試みる際でも、教師は教材を自分で用意する必要がある。そのため、従来の黒板を使った授業の形式を変えることに労力や時間を要すること、新たな機器の導入やそれらの使い方を新たに習得すること、電子教材に適したコンテンツを作成しなければならないことなどが、学校現場において教師の負担となっている。電子教材を取り入れることで学習障害のある児童・生徒への活用やディープラーニングへの活用、通学時の生徒にかかる負担の軽減、わかりやすく自由度の高い授業の実現が見込まれるものの、指導者用のデジタル教科書の普及率が約半数に留まっている。本研究では MathML を用いることによって、算数科目において、電子黒板及びデジタル教科書を使う際の教材作成の自動化を目指し、授業の電子化を容易にするための教師支援ツールの開発を行った。

## 2 教科書

日本の初等教育と中等教育の学校では、文部科学省が示す教科用図書検定基準に合致した教科用図書を使用しなければならない。これは、「教科用図書検定規則」及び「義務教育諸学校教科用図書検定基準」に定められている。[1]

昭和37年に「義務教育諸学校の教科用図書の無償に関する法律」、昭和38年に「義務教育諸学校の教科用図書の無償措置に関する法律」が施行され、義務教育で使用する教科書を無償配布するための具体的方法や、教科書採択の仕組みなどが定められ、今日に至っている。

平成20年に「障害のある児童及び生徒のための教科用特定図書等の普及の促進等に関する法律」が施行され、視覚障害のある児童生徒用の拡大教科書をはじめとする教科用特定図書等において、無償での提供や発行の促進、教科用特定図書を作成するボランティア団体等への教科書デジタルデータの提供が行われている。

## 3 現状

現在、教師のデジタル教材の作成を支援するツールは、dbookpro2[2] をはじめいくつか提供されている。

これらの活用システムは電子黒板と連携したものであるが、各種教材コンテンツを提供するものではなく、教材そのものは現場の教師が自助努力で用意しなければならない。市販のデジタル教科書等をコンテンツとして登録しても不十分で、算数であれば授業時間で提示すべき内容は、数値を1ヶ所変更しただけでもコンテンツの変更が必要となる。板書するように容易にコンテンツの変更ができれば良いが、そのような仕組みが提供されなければ現場の教師に使われることがなく、使用されたとしても教材作成上の負担は大きい。

また、現状の学習指導要領における筆算の位置付けとしては、第2章第3節に算数についての記述がある。各学年での演算の習得に、筆算の仕方の理解が必須となっている。初等教育算数において筆算が自動出力されるシステムはまだ開発されていないため、本研究では、任意の計算式を入力すると、段階ごとに筆算が自動で出力されるシステムを提案する。

## 4 MathML

MathML[3] とは、World Wide Web Consortium によって勧告された XML アプリケーションの一つであり、数式を記述するためのマークアップ言語である。文書として記述するには HTML 又は XHTML に埋め込む必要がある。

MathML には、表現形式記述と意味形式記述の2つの記述方式がある。前者は、数式の視覚的な表示に用途を絞り、数式を見てわかりやすく表現するための記述 (W3C: MathML では Presentation Markup) 方式である。後者の意味形式記述は、数式の要素を定義し、意味を厳密に表現するための記述 (W3C: MathML では Content Markup) 方式である。両者の違いは、数式を綺麗に表示することを目的とするか、数式の意味を厳密に定義することを目的とするかという点にある。

MathML は2014年4月に勧告されたバージョン3.0第2版が最新版である。最新版では、表現形式記述において、初等算術レイアウトのための構成要素が導入された。数字と演算子の行を揃える、スタックの行間に線を引く、次の行を斜線で消し、注釈を付けるといった機能が付加された。これにより筆算を綺麗に表示することが可能となった。表1に新たに導入された初等算術の組版に用いる要素を示す。

MathML は  $\text{T}_\text{E}_\text{X}$  と比べて構成要素は多く、可読性に優れていない。 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$  では一行で記述できる数式も、MathML だと何行も要する。しかし  $\text{T}_\text{E}_\text{X}$  は筆算の記述には向いていない。また、意味形式記述でも筆算を組版できるタグが定義されていない。よって、本研究では MathML の表現形式記述を用いる。

## 5 実装

図1に、本研究で提案する筆算の自動入力システムを示す。2つの項の四則演算式をターミナルに入力すると、小さい桁から配列に入れられる。筆算の行ごとに別の配列が設けられ、全て計算し求められると、筆算の形で HTML 形式のファイルが出力される。

表 1: 初等算術の組版に用いる要素

タグ	説明
<mstack>	mstack 要素の引数一つ一つが、一つの行となる。stackalign という行の水平配置を制御する属性がある。
<msrow>	複数の要素で一つの行を構成するためのもの。
<msline>	水平罫線を表す空要素である。
<mscarries>	mscarries 要素の引数一つ一つが、対応する桁の位置に小さい字で組まれる。
<mscarry>	mscarries の引数となる複数の要素を含むためのもの。
<msgroup>	複数の行をひとまとめにするためのもの。
<mslongdiv>	除算（割り算）を組むための要素である。最初の 3 つの引数は順に、除数（割る数）、商（割った結果）、被除数（割られる数）となる。

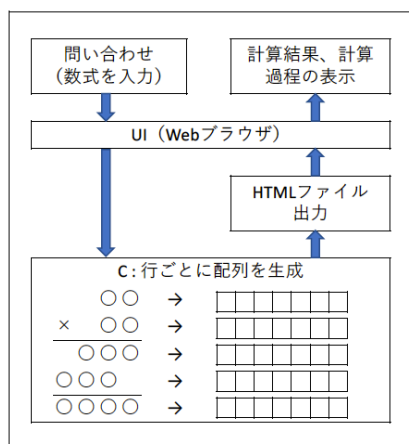


図 1: 筆算の自動出力システムの構成

入力行形式で行う。今回は四則演算に対応するものとし、整数部分と小数点以下 4 桁ずつ程度（指導要領を網羅する桁数）を想定している。これは、筆算の方法を教える段階ではそこまで大きい桁の例を頻繁に用いる必要がないためである。

加法は繰り上がりが存在する可能性があるため、繰り上がりも一行と考え配列を設ける。10 の位から配列に入れ、繰り上がりの配列が 0 だった場合は表示しないものとする。

減法では、繰り下がりの存在が考えられる。教師や教科書の方針、児童の学力レベルによって繰り下りの書き方はいくつか考えられる。本体の斜線を右上がりにするか右下がりにするかといった流儀の分岐がある。また繰り下げた数字をそのまま書くか元の数字を足して書くかという点も意見が分かれる。図 2 に、繰り下がりのある引き算の例とその記述を示す。この例では教育出版の教科書を参考に作成したため、斜線は右下がりであり、メモは元の数字を足したものである。[4]

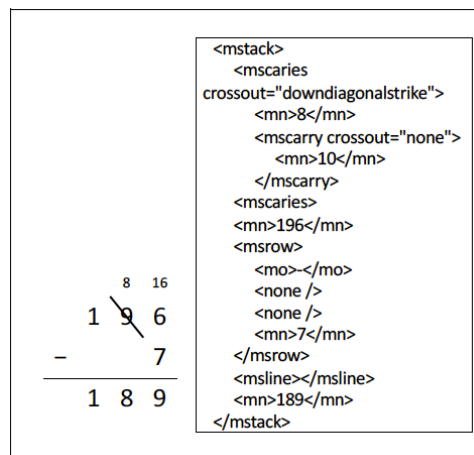


図 2: 繰り下がりのある引き算と表現形式出力  
乗法では、加減法と同様に 1 の位から配列に入れる。線と線の間の途中経過は、二次元配列を用いる。除法では加減法と同様に小さい桁から配列に入れるが、商は被除数を大きい桁から計算していくため、除数以外の数字の大きい桁から配列に入れている。

配列が完成したらそれを基に MathML 記述の含まれた HTML ファイルを書き出す。さらに XML ドキュメントの組版ソフトである AHformatter 用に XSL-FO 形式の XML 文書も出力する。

## 6 まとめ

本研究では、教師がデジタル教材を用いる際、手軽に筆算を表示できるツールを提案した。

活用としては、手書き入力をこのツールの入力に合わせることで、同じシステムを用いることが可能となる。また、段階ごとに行を非表示にすれば、計算途中の様子も出力可能となる。例えば教師が板書する場合と同じ要領で数式を入力した際、手書きの数式を読み取り、筆算を段階ごとに表示することができる。さらに、電子書籍ファイルフォーマット ePub や障害者のための録音図書の国際標準規格 DAISY は、XHTML に基づいているため、電子書籍や障害者の学習支援への活用が考えられる。本研究では、筆算の自動出力システムにおけるエンジンを作成、CUI(コマンド)での実行により正しい MathML が出力されることが検証できた。さらに現場の教師にとって使い勝手の良いシステムにするには、GUI で提供する必要がある、今後の開発目標でもある。

## 参考文献

- [1] 「文部科学省」 <https://www.mext.go.jp/index.htm> (2020 年 1 月 7 日閲覧)
- [2] 「dbookPRO2」 <https://www.great-inter.com> (2020 年 1 月 7 日閲覧)
- [3] 「MathML」 <https://www.w3.org/TR/MathML3/> (2020 年 1 月 7 日閲覧)
- [4] 坪田耕三、金本良通、ほか 28 名: “小学算数 2 上”、pp.83、教科書出版株式会社 (2015)