

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 6 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501195

研究課題名(和文)クラウド化とパーソナル化による数式処理サービスのWeb汎用化

研究課題名(英文)Universalising a Web Service of Algebraic Manipulations by using Cloud and Personalisation

研究代表者

中野 裕司 (NAKANO, HIROSHI)

熊本大学・総合情報統括センター・教授

研究者番号：40198164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、既存の数式処理系Maxima、マッシュアップ等Web技術の融合により、数式処理等を含んだ学習コンテンツを、一般のコンテンツ同様に任意のサーバに置き、一般のWebブラウザで簡単に利用可能な環境の構築を行った。MaximaとWebアプリケーションをLinux、Windows、MacOS上で稼働させ、ネットを離れた動作も可能にした。また、RESTfulなJSONPを用いたWeb APIを実装することで、マッシュアップを可能にし、数式表示をMathJax、数式入力をMathDoxの機能追加で、グラフのプロットをFlotで実現することで、現行の殆どのWebブラウザでの利用を可能とした。

研究成果の概要(英文)：We developed a system that can embed algebraic manipulations, mathematical formulas and graphs in usual web pages on any web servers by integrating web technologies as a mash-up approach. By introducing Maxima and the web application to Linux, Windows and MacOS, the system can run locally on these OSs. On almost all current web browsers, mash-up is realized by implementing RESTful Web APIs with JSONP, and formulas can be displayed by MathJax, and be edited by adding functions to MathDox, and graphs can be plotted by using Flot.

研究分野：教育情報システム

キーワード：e-ラーニング マッシュアップ 数式処理 数式表示 グラフプロット Web API JSONP REST

1. 研究開始当初の背景

理数系の学習コンテンツにおいて、動的な数式処理やその結果のグラフ表示は、学習内容の理解を助けるだけではなく、数式による回答を自動採点可能なクイズや、類似問題の動的生成等、その応用範囲は広い。しかし、LMS (Learning Management System) 等の Web 上の学習コンテンツでこれを実現するには様々な問題がある。

インターネットから数式処理を扱う場合、数式処理ソフトの Web フロントエンドや入力プラグイン等で取り組んだ例が多いが、その場合、通常の Web ブラウザ環境では利用できず、また、専用サーバ上での利用となり、LMS 等、任意の Web サーバ上に配置された他の学習コンテンツとの融合が難しい。

LMS 上での数式処理の利用を可能とした代表的な例としては、オープンソース LMS の Moodle とオープンソースの数式処理系 Maxima を組み合わせた STACK があり、既に実用的に利用されている。しかし、Moodle 上のコンテンツとしての利用のみ可能である。これも含め、特定の Web サーバや LMS に縛られずに汎用的に利用できるものは調べた限り存在しない。

そこで我々は、拡張性やコンテンツ配置の自由度を重視し、Maxima とマッシュアップ技術による Web 上の学習コンテンツ中での数式処理と可視化を試みた。具体的には、Ajax、MathML、FLOT、RPC Web API (データ型は JSONP) 等の技術を活用し、クライアントの JavaScript のみによる複数サービスのマッシュアップによって、LMS 等任意の Web サーバ上に配置したコンテンツから数式処理機能が利用できるシステムを提案し、プロトタイプシステムを開発してきた。

しかし、ダウンロード等したローカルな PC 上の学習コンテンツ中でも利用可能なのに、数式処理の利用には専用サーバへのア

クセスが必要である。」「数式入力を Maxima 形式で行う必要があり、教材作成者やインタラクティブな教材で数式入力に Maxima の知識が必要となる。」「数式表示をサーバ上で MathML に変換しブラウザの MathML 表示機能で表示しているため、表示だけでもサーバアクセスが発生する、Web ブラウザにより対応状況が変わる。」等の問題が残っている。

2. 研究の目的

本研究では、開発したプロトタイプシステムを発展させ、これらの問題を解決し、ネットワーク接続がなくとも利用可能で、入力や表示方式を改善した新しいシステムを提案・実装し、実際の学習コンテンツによる評価を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

数式処理の利用をネットワークに接続しなくても可能にするため、これまで開発してきたシステムのマッシュアップ対応サーバをプライベートクラウドへ対応させると同時に、ローカル PC 上の専用 Web アプリケーション (パーソナル化) を Linux、Windows、MacOS 版に関して開発する。

同時に、数式入力のしやすさの改善や、数式表示のブラウザ依存の減少等に関して、サーバ、クライアント、接続方法等に関して多面的に検討し、Web アプリケーションとクライアントの JavaScript プログラムの改善を行う。

開発には、情報電気電子工学専攻の院生の協力を得る。また、評価 (特に形成的評価) にあたっては、教授システム学専攻の担当 e ラーニング科目や院生の協

力を得て実施する。

4. 研究成果

まず、数式処理の利用をネットワークに接続しなくても可能にすることに関して、既存システムのマッシュアップ対応サーバをプライベートクラウドへ対応させると同時に、ローカル PC上の専用 Web アプリケーションを Linux、Windows、MacOS 上で動作させることを試みた。

プライベートクラウドへの対応は、Linux 上の KVM で行ったが、仮想ネットワークと外部ネットワークをどう接続するかといった一般的な問題を考慮する程度で実装できた。

Web アプリケーションの Linux 上での動作は、Apache Tomcat, Maxima, Javaをディストリビューションのパッケージで導入し、その上に Web アプリケーションを導入するのみで、比較的容易であり、さらに、同じ構成でファイアウォール等の設定を行えばパブリックなサーバとしても機能する。Windows 及び MacOS に関しても同様の手法で行えることを確認したが、Linux に比べて設定が複雑であり、サーバとして機能させる必要があるため、ウイルス対策ソフト等、セキュリティの設定が、ケースバイケースで異なる。また、ローカルで Maximaを動作させることになるため、誤って重い処理を行ってしまうと、PCの動作が重くなり、学習者自身による回復が困難になる可能性がある。主に Web 上のコンテンツを扱うことから、パブリックなサーバを用意するか、SSO を利用している場合はユーザを絞ったサーバを置くことで負荷を抑えることも可能である。

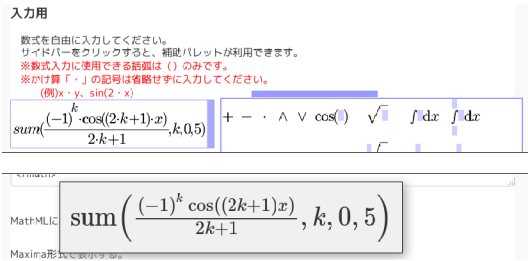
サーバと Web ブラウザの接続に関しては、以前のシステムでは、データ形式は JSONP であったが、Web API として RPC を用いて

いた。現在マッシュアップ提供サイトの多くが REST を用いていることもあり、RESTに変更し、通常の jQueryの getJSON メソッドによる Web API とした。

数式入力に関しては、中村ら (①)の開発した Maxima 形式出力に対応した MathDox を活用して GUI やキーボードからの入力を実現した。MathDox は、GUI パレットやキーボードを用いて容易に数式を入力するための JavaScript ライブラリであるが、残念ながら Maxima形式の出力ができなかった。①では、MathMLから Maximaへのリアルタイムコンバータを作成することでこの問題を解決を試みており、高い割合で実現している。ソースコードを譲り受け、本システム内部に実装することができた。その結果を図 1(a)に示す。

数式表示に関しては、以前のシステムは Maxima のモジュール mathml.lisp を Web API 経由で利用し、Maxima形式を MathMLに変換して、ブラウザの MathML表示機能を利用して表示していた。この方法だと、単なる数式表示にも Web API によるサーバアクセスが発生することと、MathMLをブラウザ対応に任せていることから、ブラウザに若干依存していた。そこで、国際的な学会等でも利用実績のある数式表示用 JavaScript ライブラリの MathJax(②) を使うことで、MathMLで書かれた数式を殆どのブラウザで表示可能になると同時に、図 1(a)に示すように、ズーム等の付加機能も利用できるようになった。

図 1 の (b-d) に Web API を用いて数式処理を行った結果の例を示すが、(a)はテキスト表示、(b)は数式処理を続行することが可能 Maxima形式の表示で、(c)は前述の mathml.lisp を利用した MathML形式で、MathJax へ渡すことで、同様の



(a) Maxima 形式対応 MathDox による数式の入力と MathJax による表示

$$\frac{\cos(11x)}{11} + \frac{\cos(9x)}{9} + \frac{\cos(7x)}{7} + \frac{\cos(5x)}{5} + \frac{\cos(3x)}{3} + \cos(x)$$

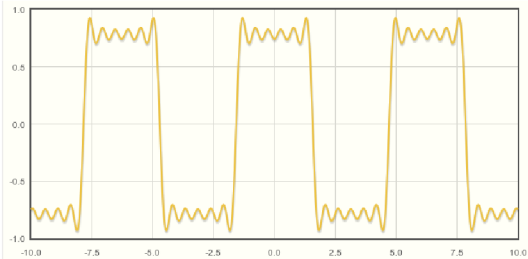
(b) WebAPI 経由 Maxima による数式処理の結果 (normal 形式)

$$-\cos(11*x)/11 + \cos(9*x)/9 - \cos(7*x)/7 + \cos(5*x)/5 - \cos(3*x)/3 + \cos(x)$$

(c) WebAPI 経由 Maxima による数式処理の結果 (simple 形式)

$$-\frac{\cos(11x)}{11} + \frac{\cos(9x)}{9} - \frac{\cos(7x)}{7} + \frac{\cos(5x)}{5} - \frac{\cos(3x)}{3} + \cos(x)$$

(d) 上記を Maxima 形式対応 MathJax により数式表示



(e) WebAPI 経由 Maxima によるデータを取得し、Flot によりプロット

図 1: 数式の入力、表示、数式処理、プロット

表示が可能である。

図 1(e)は、結果を WebAPI でデータ点として受け取り、ブラウザ側の JavaScript ライブラリ Flot を利用してプロットした例である。Flot の凡例等他の機能も利用できる。

以上、ある程度の目的は達成したと考えるが、サーバ側の Maxima のプロセス制御 (重い処理への対応)、MathDox の未実装部分や数式以外の Maxima コマンド (factor 等) のパレットへの追加、ギリシャ文字、添字等への対応、サポートしているグラフの種類が少ないことなど、今後の課題もある。

るが、研究自体は継続し、実用版の公開を目指す。

< 引用文献 >

- ① 中村泰之, 稲垣佑亮, 中原敬広, MathDox を活用した STACK への数式入力インターフェースの追加, PCカンファレンス論文集 (CD-ROM), pp.188-191 (2014).
- ② MathJax: <https://www.mathjax.org/>

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Takaaki Imamura, Takayuki Nagai and Hiroshi Nakano, A Simple Eye-Gaze Detecting Function for Touch-Typing Training System, Proceedings of IEEE EDUCON (The 3rd Annual IEEE Engineering Education Conference) 2012, 査読有, pp.428-432 (2012).

DOI: 10.1109/EDUCON.2012.6201084

- ② Muhammad Wannous, Hiroshi Nakano and Takayuki Nagai, Virtualization and Nested Virtualization for Constructing a Reproducible Online Laboratory, Proceedings of IEEE EDUCON (The 3rd Annual IEEE Engineering Education Conference) 2012, 査読有, pp.70-73 (2012).

DOI: 10.1109/EDUCON.2012.6201022

[学会発表] (計 15 件)

- ① 中野裕司, 永井孝幸, 中村泰之, 稲垣佑亮, Wannous Muhammad, 喜多敏博, 宇佐川毅, RESTful Web API とマッシュアップ技術を活用した Web コンテンツ内数式処理と入出力及び可視化の検討, 情報

処理学会第16回教育学習支援情報システム (CLE) 研究会, 放送大学熊本学習センター (熊本), 2015年05月22-23日, Vol.2015-CLE-16, No.7, pp.1-6 (2015).

② Hiroshi Nakano, University-wide Learning-support System and Observing Learners' Activities, Keynote speech on The 8th International Conference on Information and Communication Technology and Systems 2014 (ICTS2014), Sept. 24, 2014, Surabaya (Indonesia), (2014).

③ 中野裕司, 久保田真一郎, 松葉龍一, 戸田真志, 永井孝幸, 右田雅裕, 武藏泰雄, 喜多敏博, 杉谷賢一, オンラインテキストを活用した大規模情報処理科目の実施, 日本教育工学会第30回全国大会, 2014年09月20日, 岐阜大学 (岐阜), pp.533-534 (2014).

④ 及川義道, 松葉龍一, 喜多敏博, 鈴木克明, 中野裕司, 類題生成機能の拡張 TeX スタイルファイルを用いた数学物理学問題への対応, 日本教育工学会第30回全国大会, 2014年09月20日, 岐阜大学 (岐阜), pp.371-372 (2014).

⑤ 米山基, 松葉龍一, 合田美子, 中野裕司, Experience APIに対応した学習成果物収集のための Web ブラウザ拡張機能の開発, 第39回教育システム情報学会全国大会, 2014年09月11日, 和歌山大学 (和歌山), pp.299-300 (2014).

⑥ 中野裕司, ラーニングアナリティクスに向けた学習データ利活用に関する技術動向, 京都大学学術情報メディアセンターセミナー, 2014年09月09日, 京都大学 (京都), (2014).

⑦ Wannous Muhammad, Nagai Takahiro, Nakano Hiroshi, Utilization of cloud technologies for e-learning during campus-wide failure/down situation, 2014年05月17日, 京都大学 (京都), 情報処理学

会第13回教育学習支援情報システム (CLE) 研究会, Vol.2014-CLE-13, No.6, pp.1-4 (2014).

⑧ 中野裕司, 永井孝幸, 松葉龍一, 喜多敏博, 杉谷賢一, 宇佐川毅, 共有化を狙った Web アプリケーション仕様の提案とサンプルの開発の試み, 大学 ICT 推進協議会2013年次大会論文集, 幕張メッセ (千葉), 2013年12月19日, pp.319-322 (2013).

⑨ 永井孝幸, 杉谷賢一, 河津秀利, 中野裕司, 学認対応認証基盤とユーザ ID体系移行用 CAS ゲートウェイの構築, 情報処理学会第122回CE・第11回CLE合同研究発表会, 琉球大学 (沖縄), 2013年12月07日, Vol.2013-CE-122, No.20, pp.1-10 (2013).

⑩ 及川義道, 松葉龍一, 喜多敏博, 鈴木克明, 中野裕司, XyMTeXによる類題生成機能の拡張, 日本教育工学会第29回全国大会発表論文集, 秋田大学 (秋田), 2013年09月21日, pp.475-476 (2013).

⑪ Hiroshi Nakano, Riken Homma, Ryuichi Matsuba, Shin-Ichiro Kubota, Takayuki Nagai, Toshihiro Kita and Tsuyoshi Usagawa, The Required Functions and Implementation Principles of the University-wide ePortfolio System linked to the Curriculum Map, Proceeding of the 12th ePortfolio and Identity Conference (ePIC2013), July 9-11, 2013, London (UK), pp.158-159 (2013).

⑫ 中野裕司, 久保田真一郎, 松葉龍一, 杉谷賢一, 永井孝幸, 田村規雄, 八木玲子, 西村岳史, 中野淳, CAS とリバースプロキシを基盤とした学外システムの利用者制限とログ管理, 大学 ICT 推進協議会2012年度年次大会, 神戸国際会議場 (神戸), 2012年12月17-19日, 4

pages (2012).

⑬中野裕司，永井孝幸，久保田 真一郎 ，松葉龍一，喜多敏博，ポータルフォリオ時代に適応するオフライン Web アプリ組み込みコンテンツの提案と試行，日本教育工学会第28回全国大会，2012年09月 15-17 日，長崎大学（長崎），pp.667-668 (2012)，

⑭及川義道，松葉龍一，喜多敏博，鈴木克明，中野裕司，Moodleに対応した類題生成ブロックおよび類題演習モジュールの開発，日本教育工学会第 28回全国大会，長崎大学（長崎），2012 年09月 15-17 日，pp.233-234 (2012)。

⑮米山基，中野裕司，久保田真一郎，合田美子，学習成果の観点からみた LMS・学習ツール間連携技術の比較検討，教育システム情報学会第 36回全国大会，千葉工業大学（千葉），2012 年08月 22-24 日，pp.116-117 (2012)。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 裕司 (NAKANO HIROSHI)

熊本大学・総合情報統括センター

・教授

研究者番号： 40198164

(2) 研究分担者

永井 孝幸 (NAGAI TAKAYUKI)

熊本大学・総合情報統括センター

・准教授

研究者番号： 00341074