

令和 2 年 7 月 8 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03067

研究課題名(和文) 数学eラーニングコンテンツの標準化による異種システム間連携とクラウドサービス化

研究課題名(英文) Standardization of Authoring Contents for Mathematics Online Testing

研究代表者

谷口 哲也 (TANIGUCHI, Tetsuya)

日本大学・医学部・准教授

研究者番号：10383556

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,400,000円

研究成果の概要(和文)：数学オンラインテストの問題コンテンツを異種システム間で相互利用する際、非互換性が障壁となる。この問題を解決するために、我々は、これまでに問題生成や解答判定の流れをシステムに依存しない統一的な標準仕様で記述する方針を採択した。本方針における標準仕様をMeLQSとして策定し、仕様書の作成を支援するツールを開発してきたが、本研究では新たに、仕様書から数学オンラインテストシステムの一つであるSTACKの問題への変換までを行なうことが可能な環境を構築し、線形代数の問題を題材としてMeLQSの実用性を確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

異種システム間での問題共有のための一つの方法として、問題コンテンツの標準仕様を策定し、その仕様に基づいて問題を作成した後、それぞれのシステム用のフォーマットでエクスポートするという着想を得て、数学オンラインテストのためのコンテンツの標準仕様“Mathematics e-Learning Question Specification, MeLQS”として提案した。MeLQSに準拠したコンテンツを開発することにより、異種システム間での問題共有が可能となり、コンテンツ開発の労力を軽減できる。さらに、異種システムの開発者コミュニティ間の交流が生まれ、数学eラーニングの活用が促進されると期待している。

研究成果の概要(英文)：In order to solve the compatibility problem that hinders the mutual use of contents of mathematical online tests between heterogeneous systems, we chose the policy to describe the mathematical questions and scoring mechanisms itself with a system-independent standard specification. Based on this policy, we created a standard specification, MeLQS, and in this paper, we provided tools to support specification creation and export contents for Math e-Learning system STACK. We could confirm the practicality of MeLQS by creating a linear algebra question.

研究分野：数学

キーワード：数学オンラインテスト 標準化 問題作成

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

オンラインテストにおいて、数式で入力された解答を自動採点し、適切なフィードバックの提示を行うことのできる、いわゆる数学オンラインテストシステムの利用が国内外で広がっている。STACK, Möbius (旧 Maple T.A.), MATH ON WEB, WeBWorK, Numbas などはその例であるが、各システムで用いられている数式処理システム (Computer Algebra System, CAS) が異なることなどによりシステム間に互換性がないため、それぞれのシステム毎にテスト用の問題 (コンテンツ) を実装する必要がある。

個々の問題は重要な教育資源であるが、その開発および実装のための時間的・労力的な負担は大きく、負担軽減のために、各システム用の問題コンテンツの共有の仕組みがいくつか提案されている (Abacus project, Mathbank, Question Banks など)。しかし、いずれも特定のシステムに依存したものであるため、異種システム間での問題の相互利用は困難であり、結果として、重要な教育資源である問題が互換性なく分散してしまっている。異種システム相互間の問題の共有を目的として、Maple T.A.の問題を STACK にインポートするツールも開発されているが、完全に自動化されているとは言えず、変換は限定的である。

2. 研究の目的

我々は、異種システム間での問題共有のための一つの方法として、「問題コンテンツの標準仕様を策定し、その仕様に基づいて問題を作成した後、それぞれのシステム用のフォーマットでエクスポートする」という方針の下で、数学オンラインテストのためのコンテンツの標準仕様“Mathematics e-Learning Question Specification, MeLQS”の策定を目的とした。MeLQS に準拠したコンテンツを開発することにより、異種システム間での問題共有が可能となり、コンテンツ開発の労力を軽減できる。さらに、異種システムの開発者コミュニティ間の交流が生まれ、結果的に数学 e ラーニングの活用が促進されると期待している。

3. 研究の方法

吉富による STACK と MATH ON WEB の問題データ構造の比較分析研究により、数学オンラインテストシステムの問題構造の共通性が明確となり、異種システム間での問題データの相互共有には、標準仕様の設定と仕様に基づく問題設計が重要であるという知見を得た。本知見に基づき我々が提唱する MeLQS は、問題のアイデアを共有するための設計図としてシステムに不慣れな一般教員にも記述可能な「問題仕様書」とシステム実装者に必要な具体的な処理手順を記述する「実装仕様書」の二段階構成とした。

問題仕様(書)は、数学教員が問題のアイデアを共有するための設計図であり、主なデータは「問題文のサンプル (数値・数式を含む問題例)」、「正答例」、「チェック項目 (学習者の入力した解答に対する採点基準と解答の正誤や誤答レベルに応じたフィードバックを記述したもの)」からなる。数学教員がシステムの知識に関係なく、数学教育全般において広く紙媒体を含めた教育資源として活用するための仕様になっている。

一方、実装仕様(書)は、問題仕様書に記述された問題およびそれと同形式の類題群 (数値・数式を入れ替えた問題) をオンラインテストとして実装するために必要となる情報 (ただし特定のシステムに依存しない形式で記述される) を記述するものであり、個々のオンラインテストシステム用の問題データへの変換も視野に入れたシステム向きの仕様(書)である。主なデータは「問題文を生成するためのアルゴリズム (数値や数式の入る位置を指定した固定文と数値・数式の生成に関する処理の記述からなる)」、「正答例を生成するための処理 (問題文の数値・数式から正答例を生成するアルゴリズム)」、「チェック項目をアルゴリズムとして記述したデータ」からなる。実装仕様において問題文を数値・数式部分を可変とする固

定文として記述する理由は、既存の代表的な数学オンラインテストシステムの問題文のデータがこの形式からなり、この形式で実装仕様を記述することが異種システム間での問題共有のために重要となっているためである。

問題仕様書は教育資源としての知見を明文化し、同時に、各種オンラインテストシステム用のデータ生成の基盤となる実証仕様書の作成につながる。両仕様書の蓄積は、教員による教育的知見の提供および教員とスタッフによる相互的な協働により行なわれることが期待され、共有と協働を目的としたオンラインツールが必要となる。

4. 研究成果

標準仕様 MeLQS を元に各種数学オンラインテストシステムへの実装を可能にするメカニズムのうち、STACK への実装の実現と、線形代数の問題を題材にして、運用の妥当性を検証し、確認した。検証の詳細について述べる。実装仕様書の作成において重要なのは、具体的処理手順に頻出する多様な基本的プロセスとそれに対応するブロックである。ここで、数学オンラインテストシステムにおいて、このようなブロックを用いることによって多様な問題の仕様が記述できるのが問題となる。数学オンラインテストシステムに実装される問題は多種多様であり、問題の生成にも、解答判定にも、さまざまな数学的処理が必要となる。しかし、基本的には教育的な問題に必要な数学的処理は限定されており、それらをブロックとして定義し、それらに対応する各オンラインテストシステムにおける実装コードが定まっていれば、原理的には、さまざまなシステムで運用可能になると期待される。そこで、実際に限定されたブロックのみで実装が可能かどうかを、大学の基礎教育段階の科目としては最も複雑な処理が必要となる線形代数を対象に検証することにした。検証は、市販の線形代数演習書で広く使われているものを二冊選び、共通して掲載されている問題からオンラインテスト化できる問題を抽出し、それらの実装仕様の記述に必要な数学的処理を分析して分類するという方法で行った。

まず、二冊の演習書^[1, 2]のうち、共通に掲載されている問題のリストを作成し、証明問題などオンラインテストに不適なものを除外して 26 題を抽出した(Table 1)。

Table 1 線形代数の演習書 2 冊に共通する問題一覧

| |
|-----------------------------------|
| 与えられた 3 点を通る平面の方程式を求め。 |
| 行列・ベクトルの演算 (基本計算, ブロック分けによる積) |
| 与えられた行列が直交 (ユニタリ) 行列となるように定数を定める。 |
| 与えられた 2, 3 次正方行列の n 乗を求め。 |
| 与えられた正方行列を対称行列と交代行列の和で表す。 |
| 行列式の計算 (数値成分, 文字成分) |
| 正則性判定と逆行列計算。 |
| 行列の階数の計算。 |
| 与えられた正則行列を基本行列の積で表す。 |
| 連立一次方程式を解く。 |
| 線形独立性を判定する。 |
| 与えられた数ベクトルの組が線形従属となるように定数を定める。 |
| R^3 の与えられた部分集合が部分空間かどうか判定する。 |
| 有限個の数ベクトルで生成される部分空間の基底を求め。 |
| 有限個の数ベクトルで生成される部分空間の和と共通部分を求め。 |
| グラム・シュミットの直交化法を用いて正規直交基底を作る。 |

| |
|---|
| R ³ 上の線形変換の像と核を求める。 |
| 与えられた二つの基底の間の基底の変換行列を求める。 |
| 与えられた基底に対する線形写像 $f: R^n \rightarrow R^n$ の表現行列を求める。 |
| 与えられた正方行列の固有多項式・固有値・固有ベクトルを求める。 |
| 与えられた正方行列の最小多項式を求める。 |
| 対角化可能性の判定と正則行列による対角化。 |
| 対称(エルミート)行列を直交(ユニタリ)行列で対角化する。 |
| 与えられた実対称行列のべき乗を求める。 |
| 与えられた2次形式の標準形を求める。 |
| 与えられた束縛条件下での2次形式の最大値・最小値を求める。 |

次に、Table 1 の問題における問題生成と解答判定に必要なプロセスを、STACK での実装経験に基づいて精査、整理した(Table 2)。

Table 2 線形代数の標準問題の実装に必要なプロセス

| プロセス名 | 仕様 |
|------------|--|
| サイズ指定行列 | 成分が一定の範囲の任意の行列を生成 |
| 行列の演算 | 行列の和・スカラー倍・積を返す |
| 行・列結合 | 行または列に関して2つの行列を結合 |
| 階数指定行列 | 指定されたサイズと階数を持つ行列を指定された数値範囲で生成 |
| 行列式指定行列 | 指定された数値範囲の行列式を持つ指定サイズの正方行列の生成 |
| 被約階段行列 | 指定された主成分を持つ被約階段行列(行簡約行列)の生成 |
| 対角行列 | リストの要素を対角成分に持つ対角行列を生成 |
| 基本行列 | 各基本変形に対応する基本行列を生成 |
| 列指定置換行列 | 順列で与えた置換による列置換行列を生成 |
| Jordan 標準形 | 指定された Jordan ブロックを持つ Jordan 標準形の生成 |
| 正規直交系 | 正規直交系となるベクトルのリストを生成 |
| 行列の階数 | 行列の階数を返す |
| 行列式 | 行列式を計算する |
| 被約階段行列変形 | 与えられた行列を行に関して基本変形し、被約階段行列(行簡約行列)に変形したものを返す |
| 内積指定直交化 | 内積の表現行列を与えて直交化の計算を行う |
| 内積指定正規化 | 内積の表現行列を与えて正規化の計算を行う |
| 多項式の係数取り出し | 多変数1次式から指定変数の係数と定数項からなるリストを取り出す |
| 直交行列判定 | 行列が直交行列であるか判定する |
| 対角行列判定 | 入力された行列が対角行列であるかどうか判定する |
| 外積ベクトル | 外積ベクトルを計算して返す |
| 解空間 | 行列を係数行列とする斉次連立1次方程式の解空間の基底のリストを返す |

Table 2 のプロセスについて、MATH ON WEB に実装されている線形代数の問題セットと照合して検証したところ、全 105 セット中 102 セット(97.1%)に必要なプロセスを与えていることが確認された。このことより、Table 2 は、標準的な線形代数の演習問題をオ

オンラインテスト化するのに十分なプロセスを与えていると考えられる。線形代数のみでの検証ではあるが、線形代数は「チェック項目」が最も複雑になる科目であるため、他の科目（微積分や常微分方程式など）でも同様に限定されたブロックのみによって実装仕様が記述可能であると考えられる。

次に、STACK へのエクスポートの検証について述べる。実装仕様書から各数学オンラインテストシステム用にエクスポートすることで、異種システム間でのコンテンツの相互活用が期待されるが、まず、第一段階として Moodle の問題タイププラグインである STACK の問題へのエクスポートを実現した。STACK は CAS として Maxima を利用しており、まず Blockly の Code Generator 機能を用いて Blockly を Maxima の表現へ翻訳する機能を実装した。仕様書検索結果一覧において、各実装仕様書にあるボタン群の中から STACK エクスポートボタンをクリックすると、MeLQS 独自の形式でデータベース化された実装仕様書データが Moodle XML フォーマットに変換され、その XML ファイルがダウンロードされる。これを Moodle の標準機能である問題バンクのインポート機能でインポートすれば、STACK の問題として利用可能となる。STACK 以外のシステムへのエクスポートもこれと同様に各システムで利用可能なインポートフォーマットへ実装仕様書データを変換することにより十分対応可能であると考えられる。

エクスポートに際して、数学問題用のブロックは、ツールによってブロックから Maxima を基本とした STACK 形式のプログラムコードへと変換され、XML に追記されている。例として



Fig. 1 実装仕様書の作成画面（問題生成処理）

Fig. 1 の問題をエクスポートした場合の XML の問題変数部分のコードを示す(Fig. 2)。

そして、エクスポートされた XML を元にして作成された STACK の問題を Fig. 3 に示す。以上により、「問題仕様書の作成 → 実装仕様書の作成 → STACK 用 XML のエクスポート → STACK の問題として実装」という一連の問題作成の流れを実現可能であることを確認した。

```
<questionvariables>
<text><![CDATA[
  MR3:block([k,mat],

mat:genmatrix(lambda([i,j],rand(1s)),n,r)
      .genmatrix(lambda([i,j],rand(1s)),r,m)
,
      for k from 0 while k < 1000 and not
equal(rank(mat),r)
do
mat:genmatrix(lambda([i,j],rand(1s)),n,r) .
genmatrix(lambda([i,j],rand(1s)),r,m),return
n(mat));
  Pt1:row(MR3,1);
  Pt2:row(MR3,2);
  Pt3:row(MR3,3);

R1:block([c1],c1:matrix_size(rv)[2],return(
makelist(rv[1,i],i,1,c1)));

R2:block([c1],c1:matrix_size(rv)[2],return(
makelist(rv[1,i],i,1,c1)));

R3:block([c1],c1:matrix_size(rv)[2],return(
makelist(rv[1,i],i,1,c1)));
  R11:[R1, null];
  L1:[null];
  ]]></text>
</questionvariables>
```

Fig. 2 実装仕様書をエクスポートした XML の一部

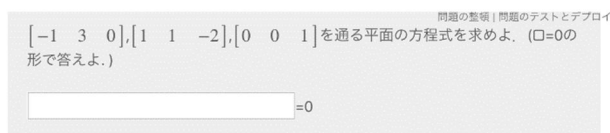


Fig. 3 実装仕様書からエクスポートされた XML をもとに作成された STACK の問題

- [1] 横井英夫, 尼野一夫, 『線形代数演習』,サイエンス社,1984.
- [2] 茂木勇, 間下克哉, 『基礎演習シリーズ 線形代数』, 裳華房, 1981.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計26件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 9件）

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 谷口哲也, 川添充, 吉富賢太郎, 中村泰之, 福井哲夫, 白井詩沙香, 加藤克也, 中原敬広 | 4. 巻 48 |
| 2. 論文標題 標準仕様による数学オンラインテストの問題実装と実用性の検証 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 CIEC | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Shizuka Shirai, Tetsuo Fukui, Kentaro Yoshitomi, Mitsuru Kawazoe, Takahiro Nakahara, Yasuyuki Nakamura, Katsuya Kato, Tetsuya Taniguchi | 4. 巻 10931 |
| 2. 論文標題 Intelligent Editor for Authoring Educational Materials in Mathematics e-Learning Systems | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 International Congress on Mathematical Software 2018, Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 431-437 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-96418-8 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 吉富賢太郎, 川添充, 中原敬広, 中村泰之, 福井哲夫, 白井詩沙香, 加藤克也, 谷口哲也 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 数式オンラインテストの標準仕様 MeLQS に基づく問題実装 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 第43回教育システム情報学会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 335-336 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 白井詩沙香, 福井哲夫 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 数式曖昧入力変換方式による 数式入力インタフェースのスマートデバイス向けUIの試作 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 第43回教育システム情報学会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 277-278 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Kentaro Yoshitomi, Mitsuru Kawazoe, Tetsuo Fukui, Shizuka Shirai, Takahiro Nakahara, Katsuya Kato, Tetsuya Taniguchi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Effective Use of Math E-Learning with Questions Specification | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Distance Learning, E-Learning and Blended Learning in Mathematics Education, ICME-13 Monographs, Springer | 6. 最初と最後の頁 133-148 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-90790-1_8 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 富永侑里, 遠藤菜津美, 福井哲夫 | 4. 巻 2105 |
| 2. 論文標題 自然な数学記述によるグラフ作成ツールの提案 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」 | 6. 最初と最後の頁 69-78 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 遠藤菜津美, 富永侑里, 福井哲夫 | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 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 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 情報処理学会第81回全国大会講演論文集 | 6. 最初と最後の頁 591-592 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------|
| 1. 著者名 Shizuka Shirai, Tetsuo Fukui | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Evaluation of Intelligent Input Interface for Entering Equations on Smartphone | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 IUI '19: Proceedings of the 24th International Conference on Intelligent User Interfaces | 6. 最初と最後の頁 9-10 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3308557.3308687 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 K. Yoshitomi | 4. 巻 10931 |
| 2. 論文標題 Generation of abundant multi-choice or STACK type questions using CAS for random assignments | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science book series (LNCS, volume 10931) | 6. 最初と最後の頁 492-497 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-96418-8_58 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 吉富 賢太郎, 長坂 耕作 | 4. 巻 43回 |
| 2. 論文標題 スマートフォン適応のLMS 用反転学習問題教材 の CAS による自動生成 | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 教育システム情報学会全国大会予稿集 | 6. 最初と最後の頁 95-96 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 吉富 賢太郎 | 4. 巻 2019.no.5 |
| 2. 論文標題 スマートフォンでの入力に配慮した反転学習用ランダム問題の開発 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 JSiSE Research report | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|--------------------------|
| 1. 著者名 Tetsuo Fukui | 4. 巻 Vol.198 |
| 2. 論文標題 Algorithm for Predicting Mathematical Formulae from Linear Strings for Mathematical Inputs | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Applications of Computer Algebra, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics | 6. 最初と最後の頁 pp.137-148 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-56932-1_9 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------------|
| 1. 著者名 Tetsuo Fukui, Shizuka Shirai | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Predictive Algorithm for Converting Linear Strings to General Mathematical Formulae | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 S. Yamamoto (Ed.): HIMI 2017, Part II, LNCS 10274 | 6. 最初と最後の頁 pp.15-28 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-58524-6_2 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------------|
| 1. 著者名 Tetsuo Fukui and Shizuka Shirai | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Extension of Output Function in MathTOUCH for the Production of Mathematical Materials | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the International Workshop on Mathematical Education for Non-Mathematics Students Developing Advanced Mathematical Literacy | 6. 最初と最後の頁 pp.115-118 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, Masataka Kaneko, Setsuo Takato | 4. 巻 10407 |
| 2. 論文標題 Authoring Quizzes with Interactive Content on the Mathematics e-Learning System STACK | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science | 6. 最初と最後の頁 273-284 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-62401-3_21 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 A New Mathematics Input Interface with Flick Operation for Mobile Devices | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 MSOR Connections | 6. 最初と最後の頁 76-82 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21100/msor.v15i2.413 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Kentaro Yoshitomi | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 On a flipped class/learning trial conducted for the linear algebra course. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the International Workshop on Mathematical Education for Non-Mathematics Students Developing Advanced Mathematical Literacy | 6. 最初と最後の頁 87-89 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 吉富 賢太郎 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 大学専門基礎数学における反転学習用動画教材の開発とLMSの活用 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 教育システム情報学会全国大会予稿集 | 6. 最初と最後の頁 221-222 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 吉富 賢太郎, 川添 充, 中原 敬広, 中村 泰之, 福井 哲夫, 白井 誌沙香, 加藤 克也, 谷口 哲也 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 数式オンラインテストの標準仕様 MeLQS の提案と仕様書作成ツールの試作 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 教育システム情報学会全国大会予稿集 | 6. 最初と最後の頁 447-448 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 谷口哲也, 宇田川誠一, 根本洋明 | 4. 巻 2022 |
| 2. 論文標題 STACK におけるランダム選択肢問題の作成例 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 数理解析研究所講究録 | 6. 最初と最後の頁 135-142 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 M.Kawazoe and K.Yoshitomi | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 E-learning/e-assessment systems based on webMathematica for university mathematics education | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 MSOR Connections | 6. 最初と最後の頁 17-24 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 A New Mathematics Input Interface with Flick Operation for Mobile Devices | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 MSOR Connections | 6. 最初と最後の頁 76-82 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Kenji Fukazawa, Yasuyuki Nakamura | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Enhancement of Plotting Environment of STACK with Gnuplot | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 21st Asian Technology Conference in Mathematics | 6. 最初と最後の頁 1-9 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 中村泰之, 中原敬広 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 モバイルデバイス用数式入力支援環境の拡張 | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 2016 PCカンファレンス論文集 | 6. 最初と最後の頁 161-162 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 DEVELOPMENT OF A MATH INPUT INTERFACE WITH FLICK OPERATION FOR MOBILE DEVICES | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 12th International Conference on Mobile Learning 2016 | 6. 最初と最後の頁 13-116 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|----------------------|
| 1. 著者名 S. Shirai and T. Fukui | 4. 巻 Vol.15, No.2 |
| 2. 論文標題 MathTOUCH: Mathematical Input Interface for E-Assessment Systems | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 MSOR Connections | 6. 最初と最後の頁 70-75 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 23件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 Shizuka Shirai, Tetsuo Fukui, Kentaro Yoshitomi, Mitsuru Kawazoe, Takahiro Nakahara, Yasuyuki Nakamura, Katsuya Kato, Tetsuya Taniguchi |
| 2. 発表標題 Intelligent Editor for Authoring Educational Materials in Mathematics e-Learning Systems |
| 3. 学会等名 International Congress on Mathematical Software 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 富永侑里、遠藤菜津美、昇千尋、福井哲夫 |
| 2. 発表標題 自然な数学記述によるグラフ作成ツールの提案 |
| 3. 学会等名 数理解析研究所研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kentaro Yoshitomi, Mitsuru Kawazoe, Takahiro Nakahara, Tetsuo Fukui, Shizuka Shirai, Katsuya Kato, Yasuyuki Nakamura, Tetsuya Taniguchi |
| 2. 発表標題 MeLQS: Mathematics e-Learning Question Specification -- a common base for sharing questions among different systems |
| 3. 学会等名 E-Assessment in Mathematical Sciences (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉富寛太郎, 川添充, 中原敬広, 中村泰之, 福井哲夫, 白井詩沙香, 加藤克也, 谷口哲也 |
| 2. 発表標題 数式オンラインテストの標準仕様 MeLQS に基づく問題実装 |
| 3. 学会等名 第43回教育システム情報学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 白井詩沙香, 福井哲夫 |
| 2. 発表標題 数式曖昧入力変換方式による 数式入力インタフェースのスマートデバイス向けUIの試作 |
| 3. 学会等名 第43回教育システム情報学会全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 遠藤菜津美, 富永侑里, 福井哲夫 |
| 2. 発表標題 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 |
| 3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shizuka Shirai, Tetsuo Fukui |
| 2. 発表標題 Evaluation of Intelligent Input Interface for Entering Equations on Smartphone |
| 3. 学会等名 The 24th annual meeting of the intelligent interfaces community and serves on intelligent user interfaces (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 K. Yoshitomi |
| 2. 発表標題 Generation of abundant multi-choice or STACK type questions using CAS for random assignments |
| 3. 学会等名 EAMS2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎, 長坂 耕作 |
| 2. 発表標題 スマートフォン適応のLMS 用反転学習問題教材 の CAS による自動生成 |
| 3. 学会等名 教育システム情報学会第43回全国大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 スマートフォンでの入力に配慮した反転学習用ランダム問題の開発 |
| 3. 学会等名 教育システム情報学会2018年度第5回研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 「線形代数における反転授業の試み」～課題と展望～ |
| 3. 学会等名 名古屋大学高等教育研究センター 第165回招聘セミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 TEX による計算と教材利用 |
| 3. 学会等名 数学教育セミナー「TEX による教材作成」（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Yoshitomi, M. Kawazoe, T. Nakahara |
| 2. 発表標題 On the development of Mathematica-based question type plugin for Moodle |
| 3. 学会等名 EAMS2018（国際学会） |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tetsuo Fukui, Shizuka Shirai |
| 2. 発表標題 Predictive Algorithm for Converting Linear Strings to General Mathematical Formulae |
| 3. 学会等名 HCI International 2017（国際学会） |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Tetsuo Fukui and Shizuka Shirai |
| 2. 発表標題 Extension of Output Function in MathTOUCH for the Production of Mathematical Materials |
| 3. 学会等名 International Workshop on Mathematical Education for Non-Mathematics Students Developing Advanced Mathematical Literacy (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, Masataka Kaneko, Setsuo Takato |
| 2. 発表標題 Authoring Quizzes with Interactive Content on the Mathematics e-Learning System STACK |
| 3. 学会等名 International Conference on Computational Science and Its Applications (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara |
| 2. 発表標題 Development of note-submitting function of mathematics e-Learning system STACK |
| 3. 学会等名 The 12th Workshop on Mathematical User Interfaces (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中村泰之, 中原敬広 |
| 2. 発表標題 STACK における計算過程ノート提出機能の開発と簡易評価 |
| 3. 学会等名 RIMS 共同研究「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kenji Fukazawa, Yasuyuki Nakamura |
| 2. 発表標題 Enhancement of Figures in STACK by Appending the Capability of Interactive Manipulations |
| 3. 学会等名 The 22nd Asian Technology Conference in Mathematics (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara |
| 2. 発表標題 Enhancement of Input Type for Math e-Learning System STACK |
| 3. 学会等名 INTERNATIONAL WORKSHOP MATHEMATICAL EDUCATION FOR NON-MATHEMATICS STUDENTS DEVELOPING ADVANCED MATHEMATICAL LITERACY (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中村泰之, 中原敬広 |
| 2. 発表標題 STACKにおける解答過程の提出・採点プラグインの開発 |
| 3. 学会等名 Moodle Moot 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Mitsuru Kawazoe, Kentaro Yoshitomi, Takahiro Nakahara, Yasuyuki Nakamura, Tetsuo Fukui, Shizuka Shirai, Katsuya Kato, Tetsuya Taniguchi |
| 2. 発表標題 MeLQS: Mathematics e-Learning Questions Specification -- a common base for sharing questions among different systems |
| 3. 学会等名 International Workshop on Mathematical Education for Non-Mathematics Students Developing Advanced Mathematical Literacy (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 大学専門基礎数学における反転学習用動画教材の開発とLMSの活用 |
| 3. 学会等名 教育システム情報学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kentaro Yoshitomi |
| 2. 発表標題 On a flipped class/learning trial conducted for the linear algebra course. |
| 3. 学会等名 International Workshop on Mathematical Education (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 線形代数の動画教材の開発と反転授業の試み |
| 3. 学会等名 日本数学教育学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|------------------------------|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 線形代数授業における反転学習の実践 |
| 3. 学会等名 ICT 利用教育に関する小研究会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉富 賢太郎 |
| 2. 発表標題 動画教材を活用した反転授業の試み から見る予習活動の促進 |
| 3. 学会等名 第12回医療系Eラーニング全国交流会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 谷口哲也, 宇田川誠一, 根本洋明 |
| 2. 発表標題 STACK によるフィードバック付問題の実践例 |
| 3. 学会等名 RIMS 共同研究「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K.Yoshitomi, M.Kawazoe, and T.Nakahara |
| 2. 発表標題 Mathematica-based e-Learning/Assessment System for College Mathematics |
| 3. 学会等名 The international conference on E-Assessment in Mathematical Sciences 2016 (EAMS 2016) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中原敬広, 吉富賢太郎, 川添充 |
| 2. 発表標題 Mathematicaをベースとした数式評価オンラインテストを可能にするMoodleプラグインの開発 |
| 3. 学会等名 教育システム情報学会第2回研究会 (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kenji Fukazawa, Yasuyuki Nakamura |
| 2. 発表標題 Enhancement of Plotting Environment of STACK with Gnuplot |
| 3. 学会等名 21st Asian Technology Conference in Mathematics |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 中村泰之, 中原敬広 |
| 2. 発表標題 モバイルデバイス用数式入力支援環境の拡張 |
| 3. 学会等名 2016 PCカンファレンス |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara |
| 2. 発表標題 Development of math input interface for mobile devices |
| 3. 学会等名 The international conference on E-Assessment in Mathematical Sciences 2016 (EAMS 2016) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara |
| 2. 発表標題 DEVELOPMENT OF A MATH INPUT INTERFACE WITH FLICK OPERATION FOR MOBILE DEVICES |
| 3. 学会等名 12th International Conference on Mobile Learning 2016 (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Y. Nakamura, T. Nakahara |
| 2. 発表標題 Function Enhancement of Math Input Environment with Flick Operation for Mobile Devices |
| 3. 学会等名 The 5th International Congress on Mathematical Software (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Tetsuya Taniguchi, Kentaro Yoshitomi, Shizuka Shirai, Tetsuo Fukui, Takahiro Nakahara |
| 2. 発表標題 STACK PROJECT IN JAPAN ITEM BANK SYSTEM, MATH INPUT INTERFACE AND QUESTION SPECIFICATION |
| 3. 学会等名 13th International Congress on Mathematical Education (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Shirai and T. Fukui |
| 2. 発表標題 MATHTOUCH WEB: ONLINE MATH INPUT EDITOR FOR INTERACTIVELY CONVERTING LINEAR STRINGS |
| 3. 学会等名 13th International Congress on Mathematical Education (ICME-13) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 白井詩沙香, 福井哲夫 |
| 2. 発表標題 多種ある数式自動採点システムの統一的解答入力の提案 |
| 3. 学会等名 2016 PC Conference |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 S. Shirai and T. Fukui |
| 2. 発表標題 Mathematical Input Interface for E-Assessment Systems |
| 3. 学会等名 The international conference on E-Assessment in Mathematical Sciences 2016 (EAMS 2016) (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 白井詩沙香, 福井哲夫 |
| 2. 発表標題 数式予測アルゴリズムを実装した数式入力インタフェースMathTOUCHの試作と評価 |
| 3. 学会等名 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 139回研究発表会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 谷口哲也、宇田川誠一、根本洋明 |
| 2. 発表標題 STACKにおけるランダム選択肢問題の作成 |
| 3. 学会等名 RIMS研究集会「数学ソフトウェアとその効果的利用に関する研究」 |
| 4. 発表年 2016年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-----------|---|---------------------------------------|----|
| 研究 分担者 | 川添 充 (KAWAZOE Mitsuru) (10295735) | 大阪府立大学・高等教育推進機構・教授 (24403) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|-------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 吉富 賢太郎 (YOSHITOMI Kentaro) (10305609) | 大阪府立大学・高等教育推進機構・准教授 (24403) | |
| 研究分担者 | 白井 詩沙香 (SHIRAI Shizuka) (30757430) | 大阪大学・サイバーメディアセンター・講師 (14401) | |
| 研究分担者 | 福井 哲夫 (FUKUI Tetsuo) (70218890) | 武庫川女子大学・生活環境学部・教授 (34517) | |
| 研究分担者 | 中村 泰之 (NAKAMURA Yasuyuki) (70273208) | 名古屋大学・情報学研究科・准教授 (13901) | |