

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01069

研究課題名(和文) 解答過程解析を基盤とした数式処理連動型理数系eラーニングの運用モデルに関する研究

研究課題名(英文) Research on an operational model for science and mathematics e-learning utilizing Computer Algebra System based on analysis of the solution process

研究代表者

中村 泰之(Nakamura, Yasuyuki)

名古屋大学・情報学研究科・准教授

研究者番号：70273208

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,800,000円

研究成果の概要(和文)：数式処理と連動し、数式で入力された解答の自動採点を行うeラーニングシステムが国内外で運用されているが、その解答データの分析はあまり進んでいない状況である。本研究では、学習者がどのような誤答を経て正答に到達したのか、またどのような思考過程を経て正答に到達したのかを、解答データを用いて分析を行った。具体的には、理数系eラーニングシステムの一つであるSTACKの解答データに対して、ポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)と呼ばれる学生の解答解析のメカニズムを利用して、解答の自動分類を行う仕組みを提案した。また、有効グラフを用いた解答過程の可視化手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、とりわけコロナ禍において、遠隔教育、またそれを支えるeラーニングシステムの活用が目立っている。eラーニングの重要な機能の一つが、学習者の理解度を把握するためのオンラインテストシステムであるが、従来のテスト形式は、正誤選択式、多肢選択肢などが中心であった。ところが、理数系教育においては計算問題などにおいて、解答を数式で入力し、その正誤評価を自動的に数学eラーニングシステムの重要性が認識され、多くの教育機関で利用されている。しかし、解答データは数式で取得されるため、その分析方法の手法は確立されていない。本研究は、理数系eラーニングシステムの解答データの分析手法について提案したものである。

研究成果の概要(英文)：E-learning systems that are linked to Computer Algebra System and automatically grade answers entered with mathematical equations are in operation in Japan and overseas, but analysis of their answer data has not progressed very far. In this study, we used the answer data to analyze how the learners reached the correct answers and through what kind of thinking process they reached the correct answers. Specifically, we proposed a mechanism for automatic classification of answers to the answer data of STACK, one of the e-learning systems for science and mathematics, using a mechanism for analyzing students' answers called a potential response tree (PRT). We also proposed a visualization method of the answer process using effective graphs.

研究分野：教育工学，科学教育

キーワード：数学eラーニング 数式処理 LMS

1. 研究開始当初の背景

近年の通信環境の高速化・広帯域化、また様々なインターネット技術の開発に伴い、教育にコンピュータ、ネットワークを利用する、いわゆるeラーニングの有効性を考慮し、学習を支援するためのシステムとして、Blackboard、Moodle、Sakai、Canvasなどの学習支援システム(LMS)が多くの機関で導入されている。LMSを導入することの利点として、教材の配布などだけでなく、オンラインテストという形式で、学習者が時間・場所に拘束されることなく、納得のいくまで課題に取り組み、しかもその結果が自動的に採点・評価され、学習者の理解度を向上させる機能が含まれている点があげられる。従来、そのオンラインテストで自動採点・評価されるものの多くは、多肢・正誤選択形式、項目群の整合性評価形式、数値入力形式であったが、数学や理科をはじめとする自然科学の分野での効果的なオンラインテストを実施したいという要請から、数式処理システムと連動して、学習者が解答として提出した数式の正誤評価を行う、数式自動採点可能なシステム(理数系eラーニングシステム)が注目され、多くの教育機関で導入され始めている。

日本で主に用いられている理数系eラーニングシステムは、STACK、Maple T.A. (現 Möbius)、MATH ON WEB (現在は利用停止)であると考えられるが、大阪府立大学では世界でも先駆的に2005年からMATH ON WEBの運用を開始した。英国で開発されたSTACK(System for Teaching and Assessment using a Computer Algebra Kernel)は研究代表者の中村により、2010年に日本語化が行われて本格的に国内での運用が開始され、また、龍谷大学では2015年にMaple T.A.が導入されたばかりであり、国内の理数系eラーニングシステムの運用の歴史は浅いと言わざるを得ない。欧米では以前から同様のシステムの運用が行われていたが、システム保守スタッフ、理数系eラーニングの問題作成スタッフ、実際に授業を行う教育スタッフの役割分担が明確であり、教員自らがシステム保守管理、問題作成、授業運営を行うことのできる日本とは環境が異なり単純に比較することはできない。

このように日本では理数系eラーニングの分野は、まだ始まったばかりの研究分野であり、日本で理数系eラーニングに関する報告が見られるようになったのは2010年頃からで、それからの約5年間は同分野の「草創期」とみなすことができる。そして、中村が分担者として関わった基盤研究(C)「自然科学系eラーニングシステムのためのオンラインテスト用問題バンクの進化的構築」(平成25-27年度)以来、オンラインテスト用の問題の共有の仕組みが提案され、問題の蓄積・共有が本格的に始まったと考えられ、「発展期」に入っているとみなされる。

以上の背景のように、現在のところ理数系eラーニングの各実施担当者はそれぞれの経験に基づき、効果的な運用方法を模索している状況であると考えられる。しかし、数学をはじめとして応用分野は広く、また、オンラインテストだけでなく、シミュレーション教材など様々な教材と連携しながら運用することで理解の定着度を期待することができるなど、運用方法を整理することは重要であると考えられる。そこで、今後、理数系eラーニングが普及し効果的に運用される「定着期」を迎えるためには、様々な科目、分野、環境に応じて、どのような運用をすれば最も効果的であるか、という「問い」に対して、明確な指針を提示することのできる「モデル」が必要不可欠となる。

2. 研究の目的

以上の学術的背景、学術的「問い」に対して明確な解答を提示するために、本研究では数学や理科を始めとする理数系分野でeラーニングを活用するにあたり、学習者がどのような誤答を経て正答に到達したのか、またペン入力データの解析などから、どのような思考過程を経て誤答となったか、あるいは正答に到達したのかの解答過程の詳細な解析を基盤として、理数系eラーニングの運用モデルを構築することを目的とする。そして、この目的の達成のために、数式で入力された解答データの分類、解析、可視化など、解答過程を解析するための方法論の確立を目指す。

また、従来オンラインテストでは学習者が提出した思考の結果としての解答の自動採点を行うものであったが、本研究ではタブレット上に、デジタルペンによって解答過程を記述したノートを提出できる仕組みを実現し、そのペン入力データを解析することによる、解答過程の解析の新しい手法を開発することも目指す。

3. 研究の方法

(1) PRT を活用した解答過程解析

STACKには、ポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)という機構が用意され、提示された問題に対して、どのような誤答・準正答が存在し、学習者の解答がどの解答候補に該当するかを判別し、評価・フィードバックの提示を行うことができる。中村はこれまで、学習者がどのような解答候補を経て正答に到達するかを、解答候補間の遷移の確率モデルを使って数理モデル化を試みて来たが、さらに、どのようにPRTを構築すれば学習者の思考過程を解析することができるかを明らかにしていく。

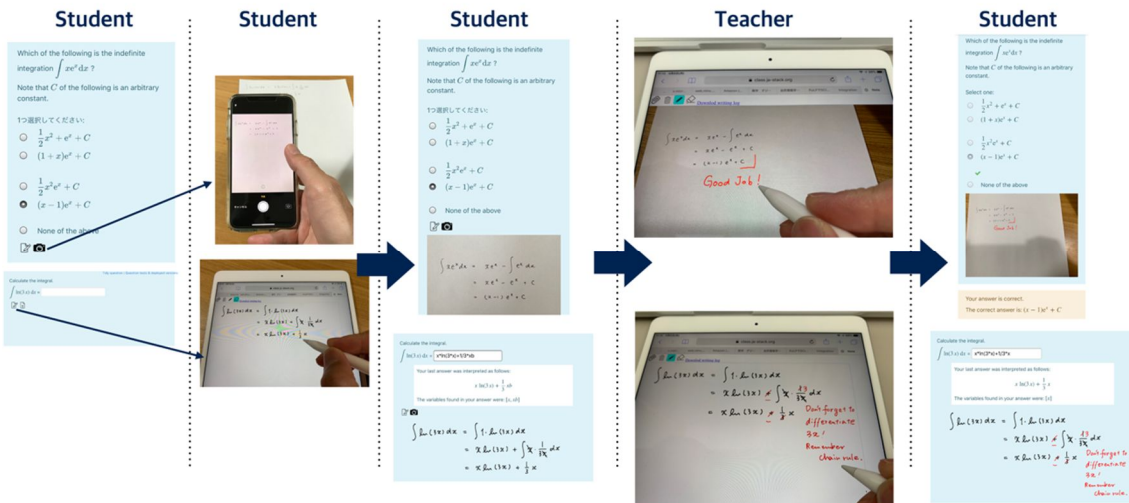
(2) デジタルペンによる手書きノートをもとにした学習データ解析法の探究

代表者の中村は、挑戦的研究（萌芽）「ペン入力を活用したオンライン学習システムの開発と学習行動のマイクロデータ解析」（平成 29-30 年度）の研究課題で、STACK の解答提出に付随してペン入力による手書きノートを提出することのできるシステム構築を行っており、この土台の上で手書きノートをもとにした学習データ解析法の探究を行っていく。具体的には、タイムスタンプ情報が付された手書きのストロークデータを利用し、ペン入力の停滞時の特定などにより、学習者がつまづきやすい学習内容を抽出することを検討している。

4. 研究成果

(1) 数学 e ラーニングシステム STACK のためのノート提出機能の開発

従来オンラインテストでは学習者が提出した思考の結果としての解答の自動採点を行うものであったが、主に、理数系 e ラーニングのオンラインテストでは、計算問題の場合の計算過程などを記したノートを提出することは、学習者がどのような思考を経て解答を得たのかを知るために、重要な機能である。代表者の中村は、挑戦的研究（萌芽）「ペン入力を活用したオンライン学習システムの開発と学習行動のマイクロデータ解析」（平成 29-30 年度）の研究課題で、STACK の解答提出に付随してペン入力による手書きノートを提出することのできるシステム構築を構築しており、具体的に講義内で利用した。このシステムでは、学習者は計算したノートの写真を撮影し、それをアップロードすることもでき、多くの学生は手軽さからこの方法でノートを提出していた。しかし、筆記、消去などを繰り返した結果としてのノートであり、試行錯誤した内容までは把握することができない。一方、本システムでは、タブレットにデジタルペンで記載したノートを提出することもでき、そのストロークデータの分析の重要性も確認することができた。



(2) 数学 e ラーニングの活用法についての整理

数学 e ラーニングシステム STACK では、学習者が提示した数式の自動採点を行うという基本的な機能を有しているが、その他、様々な解答タイプが提供されている。しかし、実際の利用場面を想定した活用事例は整理されていなかった。そこで、数式入力のほか、JXSGraph を用いたグラフを活用した問題の作成，行列の入力を活用した線形代数の問題の作成，式変形を伴う問題の作成例，ドラッグ＆ドロップ形式の問題との併用，多肢選択肢式問題の活用について活用事例を示した。

例えば、乱数に応じて作成されたグラフを提示し、その関数形を解答させる問題，方程式を解くために、途中の式変形も合わせて解答させる問題などを提示することが可能になる。

(3) 数学 e ラーニングシステム STACK の解答データの分類と傾向の分析

Solve the following equation:
 $x^3 = 4 - x$

$x^3 = 4 + x$
 $x^3 = 2 - 4x$
 $x^3 = 2 + x(x+2)$
 $x = -2$ or $x = 0$ or $x = 2$

The variables found in your answer were: [x]

Well done. Correct Answer!

A correct answer is $[x^3 = 4 - x, x \cdot (x^2 - 4) = 0, (x - 2) \cdot x \cdot (x + 2) = 0, x = -2$ or $x = 0$ or $x = 2]$, which can be typed in as follows:
 $x^3 = 4 - x$
 $x \cdot (x^2 - 4) = 0$
 $x \cdot (x - 2) \cdot (x + 2) = 0$
 $x = -2$ or $x = 0$ or $x = 2$

Type in an algebraic expression in the form of $a \sin(b(x - c))$ which has the graph shown below. Note that a, b are one of the 1, 2, 3 and c is one of the 0, 1, 2.

$f(x) =$

Check

Your last answer was interpreted as follows:
 $2 \cdot \sin(3 \cdot (x - 2))$

The variables found in your answer were: [x]

Correct answer. Well done!
 Marks for this submission: 1.00/1.00.

A correct answer is $2 \cdot \sin(3 \cdot (x - 2))$, which can be typed in as follows:
 $2 \cdot \sin(3 \cdot (x - 2))$

数学 e ラーニングシステムは、多肢選択問題に限らず、学習者の解答過程を記録することができる。問題を解く過程で生じた誤答を確認することで、教師は学習者の理解過程を把握することができると期待される。我々の知る限り、数学 e ラーニングシステムの解答データの分析について、まだ網羅的には調査されていないことに着目し、数学 e ラー

No	Math expressions for differentiation	Student's answer	Number of answers
1	$\sin^n x$	$\cos^n x$	3
2	$\cos^n x$	$(-\sin x)^n$	3
3	$\sin^n x$	$n\cos^n x$	2
4	$\cos^n x$	$n(-\sin x)^n$	3
5	$\sin^n x$	$n\cos^{n-1} x$	4
6	$\cos^n x$	$n(-\sin x)^{n-1}$	2
7	$\sin^n x$	$n \sin x \cos x$	1
8		$n \sin^n x \cos x$	2
9		$n \cos^n x \sin x$	1
10		$n \sin^{n-1} x (-\cos x)$	1
11		$n \cos^{n-1} x \cos x$	1
12		$(-\cos x)^n$	1
13	$\cos^n x$	$n \cos^{n-1} x - \sin x$	1
14		$-nx^{n-1} \sin^n x$	1

ニングシステム STACK に蓄積されたデータを分析した。データとして、 $(\sin x)^n$ と $(\cos x)^n$ を微分する問題に対する解答を対象とした。まず、学生の解答を「典型的な」不正解の種類に分け、学生が犯しがちな典型的な間違い(例えば、合成関数の微分の誤解など)を整理した。試行的な調査であったが、こちらが予想した典型的な誤答が多いことに加え、想定しない様々な誤答パターンがあることも判明した(例えば、 $-nx^{n-1}(\sin x)^n$ など)。これらの結果により、STACK の特徴の一つである、誤答を分類するためのポテンシャル・レスポンス・ツリー(PRT)の構築の指針を明確にすることにつながる。

また、学習者がそれらの問題にどのようにアプローチしているかを知るために、解答のプロセスを調べた。これは、数学の e ラーニングシステムに蓄積された情報をもとに、初めて行われたアプローチである。これを確認することにより、例えば $(\sin x)^4$ の微分の問題において、合成関数の微分を忘れていた学

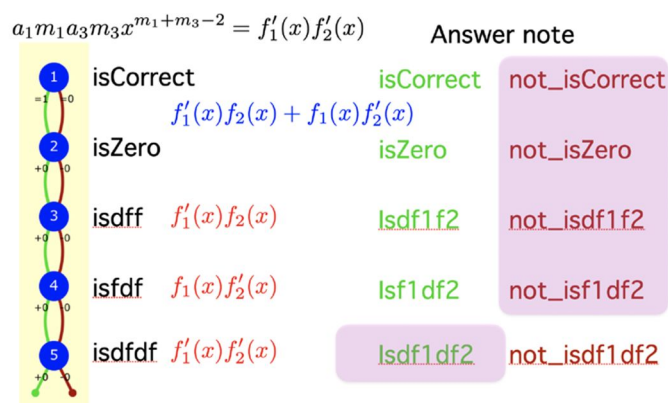
Student No.	question	Time	Answer	Score
1	$\frac{d}{dx} \sin^4 x$	2017 Nov. 29 20:39	--	--
		2017 Nov. 29 20:46	$4*\cos(x)^3$	0
		2017 Nov. 29 20:47	$4*\cos(x)^3*\cos(x)$	0
		2017 Nov. 29 20:48	$4*\sin(x)^3*\cos(x)$	0.8
2	$\frac{d}{dx} \sin^2 x$	2017 Nov. 22 17:46	--	--
		2017 Nov. 22 17:50	$\cos(x)^2$	0
		2017 Nov. 22 17:50	$2*\cos(x)^2$	0
		2017 Nov. 22 17:53	$2*\cos(x)$	0

生が、思い出して正答に至る過程を明確にすることができた。今回はまだ取り組んでいないが、正答に至るまでの時間変化を調査することにより、より詳細な分析が可能であることが示唆された。

(4) 数学 e ラーニングシステム STACK の解答データの誤答自動分類を可能にする PRT の開発

誤答を分類するための PRT の開発の必要性が示唆された先行研究に基づき、特定の問題パターンについて、想定される誤答の自動分類を行うことのできる PRT のプロトタイプを開発した。そのために、これまでに提示された問題を分類し、これにより、開発すべき PRT の必要数を整理することができた。

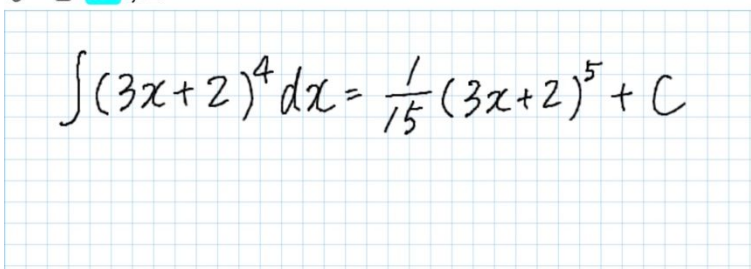
本研究では、これらの分類のうち、下の表のうち多項式の積の形式の関数の微分の問題に対する誤答を分類するための PRT を開発した。右図は、多項式の積で表される関数 $f_1(x)f_2(x)$ の微分の誤答のうち、 $f_1'(x)f_2'(x)$ の形式の誤答がどのように確定されるかを模式的にあらわしたものである。PRT の Answer note の機能を用い、PRT の各ノードでどのように Answer note が記録されたかを元にして、誤答の



種類を確定するものである。一般的なツリー状の PRT とは異なり、鎖状の PRT とし、いくつかの誤答要素を用意し、それらのうちいくつかに該当するかに応じて誤答を分類する方法を提案した。ただし、上図の PRT では、どの誤答要素にも該当しない誤答が約 70%該当し、より正確な誤答の分類のために、PRT の改良の必要性が示唆された。

(5) ペン入力データの分析に関するパイロット研究

本研究ではタブレット上に、デジタルペンによって解答過程を記述したノートを提出できる仕組みを利用し、そのペン入力データを解析することによる、解答過程の解析の新しい手法を開発することも目指した。具体的には、下図の左パネルにあるようなペン入力データに対して、下図右のようなストロークデータが保存されるが、このデータを元に、筆記速度と筆記停滞時間の可視化を行い、学習者の解答の特徴の概要を見出した。



Action	X	Y	Time
start-drawing	66	38	1639025496916
move-drawing	66	37	1639025496927
move-drawing	65	33	1639025496938
move-drawing	73	214	1639025502317
changetoeraser	0	0	1639025507711
start-erasing	81	204	1639025508124
move-erasing	80	204	1639025508136
move-erasing	67	207	1639025508609
changetopen	0	0	1639025509592
start-drawing	455	96	1639025510342
move-drawing	455	95	1639025510351
move-drawing	724	531	1639025547555
allclear	0	0	1639025571671
start-drawing	101	66	1639025572372
move-drawing	695	819	1639025693828
savenote	0	0	1639025706243

以下の図は、筆記速度が大きいほど、暖色系の色でストロークを表示しており、ストローク間の間隔が長い(筆記停滞時間が長い)場合は、停滞後のストロークを太く表示している。これらの可視化から、例えば、学生1、学生2は筆記速度が頻繁に変化していること、学生1においては筆記の停滞が頻繁に起こっていること、学生3は筆記速度が小さいがほぼ一定であることなどが把握できる。また、正誤データとあわせて分析することにより、書き直しの多い学生は、正答率が下がっている傾向が見られた。

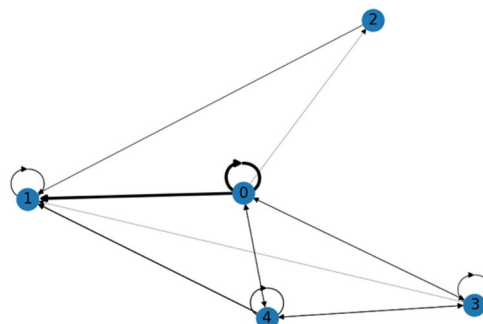
学生1

学生2

学生3

(6) 解答過程を分析するための可視化に関するパイロット研究

その他に、まだパイロット研究の段階であるが、当該科目を理解するために必要な知識の関連性を示した「知識マップ」上に、STACKの解答データの結果を反映させ、正誤結果からどの知識要素が獲得され、どの知識要素が不足しているのかを可視化するシステム(下図左)、また、クラス全体の解答過程を重ね合わせることで作成された、重み付き有効グラフによる、解答過程の傾向を可視化するシステム(下図右)を開発した。下図左では知識マップの中で、問題に正答することにより、その学習者が獲得していると想定されるノードを色付けしている。また、下図右では、ノードの番号が正答(1)、誤答の種類(0~4)であり、0の誤答が繰り返されていること、0の誤答から正答に至る過程が最も多いことが把握できる。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yasuyuki Nakamura, Yuko Ichikawa, Kentaro Yoshitomi, Saburo Higuchi, Yoshinori Miyazaki, Takahiro Nakahara	4. 巻 0
2. 論文標題 Effective Usage of Various Answer Types of Mathematics e-Learning System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)	6. 最初と最後の頁 1113-1117
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 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara	4. 巻 0
2. 論文標題 NOTE-SUBMISSION FUNCTION FOR MOODLE QUIZ AND COLLECTING PEN-STROKE DATA	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of IADIS International Conference Mobile Learning 2019	6. 最初と最後の頁 163-164
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 Nakamura Yasuyuki, Yoshitomi Kentaro, Kawazoe Mitsuru, Fukui Tetsuo, Shirai Shizuka, Nakahara Takahiro, Kato Katsuya, Taniguchi Tetsuya	4. 巻 0
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	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） 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、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 コンピュータ&エデュケーション	6. 最初と最後の頁 47 ~ 52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14949/konpyutariryokuyouiku.48.47	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 Nakamura, Yasuyuki; Higuchi, Saburo; Yoshitomi, Kentaro; Miyazaki, Yoshinori; Ichikawa, Yuko; Takahiro Nakahara;	4. 巻 0
2. 論文標題 Automatic classification of incorrect answers to differentiation questions using Potential Response Tree	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of International Meeting of the STACK Community 2021	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5281/zenodo.5036454	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; Yuko Ichikawa; Yoshinori Miyazaki; Kentaro Yoshitomi; Saburo Higuchi; Takahiro Nakahara	4. 巻 0
2. 論文標題 An Attempt to Analyze Mathematical Question-solving Processes Using STACK	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference	6. 最初と最後の頁 2210-2213
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 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Kenji Fukazawa and Yasuyuki Nakamura
2. 発表標題 The Investigation of the Correlation Between the Improvement of Students' Grades and Their Time Series of Learning Time With Stack
3. 学会等名 32nd International Conference on Technology in Collegiate Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Yuko Ichikawa, Kentaro Yoshitomi, Saburo Higuchi, Yoshinori Miyazaki, Takahiro Nakahara
2. 発表標題 Effective Usage of Various Answer Types of Mathematics e-Learning System
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara
2. 発表標題 Note-Submission Function for Moodle Quiz and Collecting Pen-stroke Data
3. 学会等名 Special Seminar of Mathematical User Interface (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, Masataka Kaneko, Setsuo Takato
2. 発表標題 Analyses of pen-based input data as an answer to the question from mathematics e-Learning system STACK
3. 学会等名 International Congress on Mathematical Software (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 ペン入力解答データ解析のための特徴量に関する検討
3. 学会等名 PCカンファレンス北海道2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Yuko Ichikawa, Takahiro Nakahara, Yoshinori Miyazaki, Saburo Higuchi, Kentaro Yoshitomi
2. 発表標題 STACK: an online assessment system for mathematics
3. 学会等名 The 23rd Asian Technology Conference in Mathematics (ATCM 2018) (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 小テストにおけるノート提出機能と手書きノートのログ取得機能の開発
3. 学会等名 日本MoodleMoot 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Yuko Ichikawa, Yoshinori Miyazaki, Kentaro Yoshitomi, Saburo Higuchi, Takahiro Nakahara
2. 発表標題 An Attempt to Analyze Mathematical Question-solving Processes Using STACK
3. 学会等名 30th International Conference, Society for Information Technology and Teacher Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura, Yasuyuki; Higuchi, Saburo; Yoshitomi, Kentaro; Miyazaki, Yoshinori; Ichikawa, Yuko; Takahiro Nakahara;
2. 発表標題 Automatic classification of incorrect answers to differentiation questions using Potential Response Tree
3. 学会等名 International Meeting of the STACK Community 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuyuki Nakamura, Takahiro Nakahara, Mitsuru Kawazoe, Kentaro Yoshitomi, Tetsuo Fukui, Shizuka Shirai, Katsuya Kato, Tetsuya Taniguchi
2. 発表標題 MATH E-LEARNING QUESTION SPECIFICATION AND XML EXPORTER FOR STACK BY USING VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE
3. 学会等名 International Congress on Mathematics Education (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本和伶, 中村泰之
2. 発表標題 数学オンラインテストの解答のペンストロークデータの可視化と解析
3. 学会等名 教育システム情報学会2021年度学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤可子, 中村泰之
2. 発表標題 数式自動採点システムの解答データへの多段階項目反応理論の適用の試み
3. 学会等名 教育システム情報学会2021年度学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王黎琳, 中村泰之
2. 発表標題 数学オンラインテストの解答データを用いた知識構造の可視化
3. 学会等名 教育システム情報学会2021年度学生研究発表会
4. 発表年 2022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	宮崎 佳典 (Miyazaki Yoshinori) (00308701)	静岡大学・情報学部・教授 (13801)	

6. 研究組織（つづき）

	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	市川 裕子 (Ichikawa Yuko) (10290719)	東京工業高等専門学校・一般教育科・教授 (52601)	
研究分担者	吉富 賢太郎 (Yoshitomi Kentaro) (10305609)	大阪公立大学・国際基幹教育機構・准教授 (24405)	
研究分担者	樋口 三郎 (Higuchi Saburo) (70272474)	龍谷大学・先端理工学部・准教授 (34316)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関