

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：62601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H00822

研究課題名(和文) 高大接続に資する多面的評価のためのタブレット端末を用いたCBTの総合的研究

研究課題名(英文) Comprehensive Studies of Computer-Based Testing Using Tablet PC that Evaluates Applicants Multifacetedly and Comprehensively Contributing to Articulation of High Schools and Universities

研究代表者

安野 史子 (Yasuno, Fumiko)

国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部・総括研究官

研究者番号：00370081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,950,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、タブレット端末を用いたCBAのためのデジタル問題項目開発、システム構築、調査実施から評価までの一連の作業を行い、特に、紙筆テストでは測定できないが、CBTでは測定可能な能力へと拡張することを目指す。問題項目は高等学校学習指導要領の枠組みで開発し、紙ベースのものをデジタル化したのではなく、動画やインタラクティブな動的オブジェクトなどを含む革新的な問題である。これらの作業の結果、得られた主な知見は以下の通りである。紙ベースの問題では評価できない数学や理科の能力を評価することを可能とし、CBAのためのデジタル問題を数学と理科とも同じ視点で四つに分類することが提案できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国内外において、テストのCBT化が進む中、紙ベースのものをデジタル化したのではなく、動画やインタラクティブな動的オブジェクトなどを含む革新的な問題を具備したCBTの総合的研究は、CBT導入検討のためには必須の事項であり、極めて重要かつ喫緊のものと考えられる。本研究で得られた知見は、特にわが国に相応しいものであり、これまで測定してこなかった、またはペーパーテストのみでは測定しにくかった評価についての新たなシステム基盤であり、今後の参考になるものと確信している。そのため、本研究のアウトリーチ活動として、開発問題の一部を書籍として公開する。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop mathematics, physics and chemistry question items for Computer-Based Assessment (CBA) using Tablet PCs. In particular, the aim of our study is to extend competencies that cannot be measured by Paper-Based Testing but can be measured by Computer-Based Testing (CBT). All of these items are innovative items that include richer stimulus material (e.g., videos or interactive dynamic objects), rather than digitizing paper-based items. We developed these items in the framework of the Japanese Courses of Study and conducted the field tests for validation. As a result, we have identified potential improvements in item design. The main findings of this study are as follows. We have enabled the assessment of mathematical and scientific competencies that cannot be assessed in a paper-based format. And we can then suggest four categories of questions for CBA, with the same perspective for both mathematics and science.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 デジタル問題 CBA CBT 学力測定 学力評価 高大接続

1. 研究開始当初の背景

(1) 高大接続の問題点と改善の方向性：平成 27 年 1 月の高大接続改革実行プランに基づき、「高大接続システム改革会議」において、高大接続改革の実現に向けた具体的方策についての検討がなされ、その議論の内容を「最終報告」として取りまとめが公表された(高大接続システム改革会議, 2016)。その中に、「高等学校基礎学力テスト(仮称)」については、コンピュータ型テスト(以下、CBT, Computer-Based Testing)方式での実施が前提と明記されている。しかしながら、CBT に向けた問題開発をはじめとする議論はほとんどなされていない。

(2) 国内外の研究動向：CBT により「革新的な問題形式(innovative item formats)」と呼ばれる新しい問題形式が導入でき、従来の問題形式で測れない重要な特性(attributes)を測定できる可能性があるといわれている。その一方で、テスト作成者や問題作成者のためのガイドラインや研究が不十分であるとも指摘されている。CBT による新しい問題についての研究は比較的情報が少なく、個々に独自の仕様で開発といった段階である。教科・科目型あるいはそれに類似した CBT の事例としては、米国における NAEP(The National Assessment of Educational Progress)の理科問題(2009)や OECD による生徒の学習到達度調査(PISA2015)の協調問題解決(CPS: collaborative problem solving)において評価問題が作成され、評価が試みられているが、わが国においては先行事例が皆無である。

(3) 現状と課題：ペーパーテスト中心の試験においては、測れる能力には限界があり、学習指導要領の範囲内においても、ペーパーテストでは測れない能力・測りにくい能力が指摘できる。特に、思考力・判断力・表現力を構成する諸能力を短時間の客観テストで、測定することは容易ではない。先行研究(課題番号: 25242016)において開発した数学と化学の問題の一部においては、思考過程で試行錯誤による自分自身との対話の繰り返しが必要であり、問題解決に多数の協働によるコミュニケーションが必要である。先行研究は、新しい問題の開発に主眼を置いており、研究計画当初は、CBT の実施の議論もなされておらず、問題は電子冊子であるが解答は解答用紙に記述する形式であるため、完全な CBT 化がなされていない。そこで、完全な CBT 化への新たな仕組み作りが急務であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究においては、先行研究の研究成果を発展させ、高大接続に資する教科科目型の多面的な学力評価・測定を行うために、思考力・判断力・表現力を構成する諸能力に関する判定機能に焦点を当て、CBT の特定を活かした問題開発を科目拡大して継続的に行うとともに、大規模共通試験を念頭に、解答入力システムの基盤構築も併せて行い、それらを融合して完全 CBT 化を目指す。さらに、継続的に問題が作題できるように、作題者自らが電子的問題を作成可能とする問題提示システム環境の構築も行う。

具体的には、タブレット端末を用いたコンピュータベースド・アセスメント(CBA)のための数学、物理、化学の問題項目を開発する。特に、紙ベースのテストでは測定できないが、コンピュータベースのテスト(CBT)では測定可能な能力へ拡張することを目的としている。これらの問題項目は、日本の高等学校学習指導要領の枠組みで開発し、中等教育の基本的な内容で構成する予定である。また、これらの問題項目は、いずれも紙ベースの項目をデジタル化するのではなく、より豊かなコンテンツ(ビデオやインタラクティブな動的オブジェクトなど)を含む革新的な項目である。さらに、解答入力方法に関する研究開発、特に、テキストや数式・化学式の手書き認識入力を組み込むことを試み、実証的にその有効性も示す。

3. 研究の方法

本研究においては、「評価問題開発班(数学)」、「評価問題開発班(物理)」、「評価問題開発班(化学)」、「評価問題開発班(国語)」、「システム開発班」、「調査班」、「分析班」を設け、各班で分担して責務を遂行するとともに、研究代表者は、すべての班に参画し、研究の総括を行う。

(1) 評価問題開発：思考力・判断力・表現力を構成する諸能力に関する判定機能に焦点を当て、測定する枠組みの策定を行うとともに、CBT の特性を活かした問題開発を行う。数学班は、高等学校の『数学』『数学 A』『数学 B』について、物理班は、高等学校の『物理基礎』『物理』、化学班は、高等学校の『化学基礎』『化学』について、問題開発を行う。問題の中に組み込むアプリや動画といった動的オブジェクトも併せて開発を行う。国内での先行研究がないこともあり、小規模パイロット調査やモニター調査を繰り返しながら改善を図る。

(2)-1 システム開発(問題提示)：数学の動的図形や物理・化学のインタラクティブシミュレーションといった動的オブジェクトの作成方法及びシステムへの組み込みの方法の検討を行う。先行研究課題では、電子書籍への組み込みを行ったが、標準化(HTML)及び機能強化を行う。

(2)-2 システム開発(解答入力)：先行研究においては、解答は紙媒体の解答用紙あるいはマークシート解答用紙を用いたが、本研究課題では、選択肢番号(記号)、数式、テキストの入力 GUI を開発する。特に、タブレット端末で、キーボード入力を要しない手書き認識入力(テキスト、数式・化学式)の組み込み開発を行う。

(3) モニター調査：(1)(2)で開発したものについて，高校生及び大学生を対象に，モニター調査を行い，改良，改善を図る。調査設計及び実施方法についても検討を行う。特に，オンラインでの調査は，様々な検証を行いながら実施する。

(4) 結果分析及び評価：(3)の結果分析を行い，(1)(2)の評価を行う。また，実施で得られたログについて，分析手法の検討も含めて行う。

4. 研究成果

(1) 開発問題（数学）：平成 21 年告示の高等学校学習指導要領(文部科学省)における数学の科目のうち、『数学』『数学 A』『数学 B』(ただし，「(1) 確率分布と統計的な推測」を除く)の内容について開発を行った(表 1)。開発したすべての問題において，動的オブジェクト(Dynamic Object)を含む問題，つまり，オブジェクトを移動，変形させると数式も自動的に変更され，逆に，数式を変更するとそれに応じてオブジェクトも変形する機能を含む問題となっている。これによって，解答者は一定の条件下で図形やグラフをインタラクティブに動かして問題解決をしていく。こうした数学的活動を通して，数学における基本的な概念や原理・法則の体系的な理解，事象を数学的に考察し表現する能力を測ることを目指した。そして，それらのオブジェクトがどのような役割となっているかを，数学的活動のプロセス(中央教育審議会, 2016)，すなわち，事象から課題を見いだしたり，現実世界の問題を数学の問題として翻訳したりする「数学化」(A)，解決するための構想を立てる「方略」(B)，数学的に考察・処理する「数学的処理」(C)，数学的に得られた結果を事象に照らして解釈する「意味付け」(D) の四つに分け検討し，明確にした。

(2) 開発問題（物理）：平成 21 年告示の高等学校学習指導要領(文部科学省)における理科の科目のうち、『物理基礎』及び『物理』の内容について，内容について開発を行った(表 2)。物理の問題は，問題に含まれるオブジェクトが，イラスト，写真，映像，動的オブジェクトと多岐に渡る。物理実験動画では，ハイスピードカメラでの撮影によって，スローモーション動画を用いることができる。その動画や写真から時間やスケールを測定することができるようにしてあり，そこから得られたデータを活用して解く設問が特徴として挙げられる。特に，力学と波の問題で多用された。また，数学と同様に，動的オブジェクトを用いた，物理シミュレーションの問題も出題可能であることが特徴として挙げられる。他にも，従来のペーパーテストとは異なる出題が可能となった。例えば，電圧計の様子を答えさせるのに，動画を選択肢にしたり，動的オブジェクトを用いて定常波を解答させたりといった出題である。そして，「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」(中央教育審議会, 2016)を基に，それぞれの問題が，知識・技能の活用，自然現象に対する気付き，課題の設定，仮設の設定，検証計画の立案，観察・実験の実施，結果の処理，考察・推論，表現・伝達，科学的に探究する態度のどれについての評価であるのかを明確にした。

(3) 開発問題（化学）：平成 21 年告示の高等学校学習指導要領(文部科学省)における理科の科目のうち、『化学基礎』及び『化学』の内容について，内容について開発を行った(表 2)。化学の問題は化学実験動画を含むものが中心で，動画以外には，アニメーションや 3D を用いた化学現象のモデリング，動的オブジェクトを用いた化学実験シミュレーションが主である。物理と同様に，開発した問題が何を評価しているかの明確化を行った。

(4) 開発問題の評価：我々は，(1)(2)(3)において，デジタル問題に特化した問題の開発に取り組んだが，高等学校の学習指導要領の範囲内という以外には，特定の枠組みにとらわれず，自由な発想で開発を行った。開発問題がある程度数の問題数になってきた段階で，評価におけるデジタル問題の有用性について整理を行った。OECD の PISA における CBAS の報告書では，「コンピュータベース評価は，リアルタイムで観察することが難しい科学の現象をスローモーションやスピードアップなどで再現，肉眼では見えない科学現象のモデル化（気体の分子の動きなど），限られた試験時間内で繰り返し試行する機会を生徒に提供，本来なら危険であったり厄介であったりする実験を仮想実験室で安全に実施するために特に有用である。」という記述がある。これを参考に，数学と科学とも同じ視点で，CBT におけるデジタルの特性を活かした問題を以下の四つに分類することを提案することができた。

- ・ 現象や変化の観察
- ・ 実時間や肉眼で見るのが難しい現象や変化
- ・ モデル化
- ・ 試行の繰り返し

(5) システム開発：まずは，先行研究の電子書籍による方式を継続した。電子書籍に付随する HTML ウィジェット(widget)を活用することにより，HTML による表現が可能となるため，まずは，この方式で機能拡張を行った。特に，解答をオンラインで収集する意義は大きい。タブレット端末で実施することを前提に，キーボード入力を排除して解答する方式とした。選択式は，プルダウン選択を多用した。ラジオボタン，チェックボックスは，選択肢の内容がすべて表示されていることから，見直しがしやすいという利点があるが，問題全体のスペースが広くなり，受験者にボリューム感を与える。プルダウン選択であると，問題がコンパクトになる。モニター調査では，見直しの際に，プルダウン選択であると，いちいちタップしてプルダウンを開かないと選択の内容が確認できない，確認した際に意図せず別の解答が選択されてしまったという意見は一定数あった。また，ネットワークトラブルでオフラインになった場合に，サーバ側で選択

肢内容を保持していると、そのトラブル対応において、紙筆解答に切り替える場合、選択肢内容を別途用意しておかないといけない。短答式(特に、求答式)は、キーボード入力・フリック入力の採用の可否について議論したが、手書き認識入力を試みるという結論に至った。その理由は、漢字変換の辞書において、学習機能や推測変換・連想変換といった機能がオンでは知識を問う問題が出題し難くなり、オフだと変換に時間を要する。一方、手書き認識入力は、ストロークデータによる認識であるため、紙筆の手書きの解答を後から OCR で読みとるよりも認識率は各段に高く、紙筆の記述により近いという特性がある。数字・数式については、キーボード(フリック)入力やパレット入力では分数、記号、添え字などの入力が煩雑であるが、手書き数式認識入力により容易となる。さらに、本研究では、受験者が認識されたテキストや数式を確認しながら解答入力する方式を採用し、誤認識トラブルは大幅に軽減され、その有効性の確認はできたものの、いくつかの課題も明らかになった。短答式の設問における手書き認識入力において、ノイズが全体の 1%程度検出された。この多くは、受験者が解答入力欄に触れてしまったり、数式の最後に点を付す癖がある受験者が無意識に点を付してしまったりした結果、細かい点が付き、それも認識されといった、書き始め、書き終りのノイズである。本研究では、自動採点までは研究の対象としていないことにより、採点では、ノイズは無視したが、今後、自動採点までも視野に入れると注意すべき点である。テキストに関しては、現在の文字認識エンジン(本研究では MyScript 社の MyScript CDK(Cloud Development Kit))は、認識率が非常に高く、80 文字程度までの記述を試みたが、受験者からは好評であった。入力 GUI では、10 文字以下の解答を想定している設問の解答欄には、「確定ボタン」と「全消去ボタン」のみとし、それ以上の長さに解答を想定している設問の解答欄には、一般的な「確定ボタン」「1 ストローク戻る」「1 ストローク進む」「全消去ボタン」の 4 種類を用意したが、解答欄内で、文章の推敲を行えるようにはしていない。機能が多くなると、その説明が必要になり、実施面で問題が発生することにつながることを考慮した結果である。数式認識(数値及び数式)による解答入力回数が、1 回が 56%、2 回(書き直し 1 回)までが 81%で、4 回(書き直し 3 回)までで 96%に達し、ほぼ 4 回以内で入力を終えていた。この中には、解答そのものを書き換えている場合も含むため、同じ解答に対する解答入力回数に限定すると、1 回が 67%、2 回(書き直し 1 回)までが 92%で、3 回(書き直し 2 回)までで 97%に達し、ほぼ 3 回以内で入力を終えていた。ただし、小数点が「.」(コンマ)や「・」(中点)と認識された事例が確認された(ノイズの 5%程度)。海外開発の認識エンジンを使用したことにより、小数点に「.」(コンマ)を用いる国があることに起因すると思われる。日本人の表記で学習した認識エンジンを利用すれば、かなり低減されると思われるエラーである。それ以外として、(数字の)「1」と「/」(スラッシュ)「|」(パイプ、縦棒)「!」の間の誤認識、(数字の)「7」と「」(大文字のパイ)「」(小文字のパイ)の間の誤認識、「x」(エックス)と「」(カイ)の間の誤認識が若干確認されたが、数としては僅かであった。その後、汎用性がある CBT のシステムや学習管理システム(Learning Management System; LMS)への移植を試み、一部についてはプラグイン(plugin)の開発も行った。

(6) ログの分析結果: 本研究においては、ログ分析を行うことは当初目的にはなかったが、手書き認識の有効性の確認において、ログを取り出したこともあり、併せてログ分析も行った。CBT では、問題ごとに制限時間を設けたり、一度解答を確定した問題には戻れなくなったりといった制御が可能であることが特徴として挙げられるが、本研究においては、日本の高校生が受けている多くのテストの方式から鑑みて、制御を行うことはせず、50 分間で 5 題を解答するという方式で実施した。それにより、CBT では問い(正確には解答欄)ごとに、「受験者 ID」「問題 ID」「ストロークデータ(JSON 形式: JavaScript Object Notation)」、「認識結果(MathML 形式)」、「ログ書き込み時刻」をログとして保持可能である。「ログ書き込み時刻」(タイムスタンプ)を利用すると、受験者がそれぞれの問題に要していたおおよその(予想)時間(あくまでも解答入力のイベント時間のみで、問題文を読んだり、思考していたり、計算していたりした時間は含まず)や受験者が解答した順番、解答の変更状況などがわかる。紙筆では、消しゴムで消されてしまえば残らないが、CBT ではこれらを蓄積することが容易である。数学の時系列解答ログを分析した結果、無解答(解答回数 0 回)が 19%、解答変更が行なわれていない(解答回数 1 回)が 66%で、それらを合わせると 85%に達し、そもそも解答変更はそれほど多くないことが確認できた。同一の大問内では、前の方の設問ほど、解答変更回数が多く、後ろの設問に行くほど、解答変更回数が少なくなる傾向が見られるという、一般的に予想される結果が観察された。解答の変更がなされて、それが正解に結びついているかについては、解答変更があった解答数がそれほど多く得られなかったことから、解答変更回数が多くなるにつれ、正解する割合が若干下がる傾向がみられたという程度の結果しか得られなかった。2 回以上の解答の書き換えのサンプルがそもそも少ないかったため、正答から誤答に書き換えた事例は数例で、正答 誤答 正答と巡る例は本研究では観察できなかった。

表1 開発問題例：数学

科目	学習指導要領の内容	問題内容	Object の役割	難易度	2017 調査	2018 調査	2019 調査
I (2)	図形と計量	三角形の敷き詰め	数学化	標準	5	A3	3
I (2)	図形と計量	正八角形に内接する三角形の面積	方略	発展	2 2 2	B3	-
I (3)	二次関数	定数の変化とグラフの挙動	方略	基本	-	-	-
I (3)	二次関数	絶対値を含む関数	方略	標準	-	B1	1
I (3)	二次関数	二つのグラフの交点と共有点	処理	基本	-	A1	-
I (4)	データの分析	偽物の判別	処理	基本	4	-	-
II (1)	いろいろな式	4次式の因数分解(因数定理)	方略	標準	-	A2	1
II (2)	図形と方程式	線分の midpoint の軌跡を表す方程式	数学化	基本	1 1 1	-	-
II (2)	図形と方程式	放物線の弦の midpoint の軌跡	数学化	標準	3	-	1
II (2)	図形と方程式	線形計画法(造花制作による利益)	処理	標準	(4)	-	4
II (3)	指数・対数関数	計算尺の仕組み(対数尺)	数学化, 意味	標準	-	-	2
II (3)	指数・対数関数	対数関数と指数関数のグラフ	数学化, 意味	標準	-	-	4
II (4)	三角関数	周期・周波数・角速度	数学化, 意味	発展	5	-	-
II (5)	微分・積分の考え	三次関数の決定(導関数)	方略	発展	3	B2	2
II (5)	微分・積分の考え	球面に内接する円柱の体積(最大)	方略	標準	3	-	-
A (1)	場合の数と確率	玉の取り出しの逆問題(8個)	方略	基本	-	B4	5
A (1)	場合の数と確率	玉の取り出しの逆問題(9個)	方略	標準	-	-	5
A (1)	場合の数と確率	正十二角形の頂点からなる三角形	処理	発展	-	A4	4・δ 4
A (3)	図形の性質	3辺上の正三角形(フェルマー点)	数学化	基本	-	-	3
A (3)	図形の性質	動点となす角の最大値	方略	標準	5	-	1
A (3)	図形の性質	長方形上の4点からなる長方形	方略	発展	-	-	3
A (3)	図形の性質	三角形内の点から各辺までの距離の和	方略	発展	-	-	3
B (2)	数列	薬の成分の体内残量	方略	標準	4	-	2
B (3)	ベクトル	アポロニウスの円(三角形)	方略	発展	-	-	5
B (3)	ベクトル	ベクトル方程式	数学化, 方略	発展	-	-	5
B (3)	ベクトル	線分の長さの最大値・最小値	方略	発展	-	-	2

注)・難易度は、2019年調査結果を基準として、得点率平均が70%以上を「基本」、40%以上70%未満を「標準」、40%未満を「発展」としている。

・2017年調査は高校生対象で3冊子(, ,), 2018年調査は大学生対象で数理2冊子(A,B), 2019年調査は高校生対象で4冊子(, , ,)。

表2 開発問題例：理科

科目	学習指導要領の内容	問題内容	含まれる Object	難易度	2017 調査	2018 調査	2019 調査
物理基礎 (1)	ア(ア)(ウ)	動く板上での物体の運動	動画・写真	標準	-	B5	4
物理基礎 (1)	ア(イ)	速さ比べ	動画	標準	-	-	3
物理基礎 (1)	イ(エ)	空気抵抗を受ける雨粒の運動	動的オブジェ	発展	-	C2	-
物理基礎 (2)	イ(イ)	弦の振動, 定常波	動画	基本	-	B3	-
物理基礎 (2)	イ(イ)	定常波(発振器の振動数)	動画	標準	-	-	5
物理基礎 (2)	イ(イ)	閉管内の気柱の振動, 共鳴	動画	発展	-	-	5
物理 (1)	ア(イ)	自由落下・水平投射	動画	標準	-	A2	2
物理 (1)	ア(イ)・イ(ウ)	水平投射したボールの跳ね返り	動画	発展	-	B2	2
物理 (1)	ウ(ア)	回転円盤上の物体	動画	基本	-	A5	-
物理 (1)	ウ(イ)	振り子のシミュレーション	動的オブジェ	基本	-	-	3
物理 (1)	ウ(イ)	物理スタンド	動画	標準	-	-	4
物理 (2)	ア(ア)	水波投影機による水面波の反射	動画・写真	発展	-	B4	2
物理 (2)	ア(ア)	水波投影機による水面波の屈折	動画・写真	発展	-	A4	3
物理 (3)	ア(ア)	はく検電器での帯電体の電荷	動画	標準	-	-	5
物理 (3)	ア(ウ)	コンデンサーの充電・放電	動画	標準	-	A3	4
物理 (4)	イ(イ)	原子核の崩壊系列	動的オブジェ	発展	-	-	-
化学基礎 (1)	イ(ア)	分留(実験装置の組み立て)	ObjectVR	基本	1	-	1
化学基礎 (3)	ア(ア)	溶液(NaOH)の調製(実験操作)	動画	基本	1	-	-
化学基礎 (3)	ア(イ)	炭酸カルシウムと塩酸の反応	動画	標準	-	-	4
化学基礎 (3)	ア(イ)	化学反応と量的関係	動的オブジェ	発展	3	-	-
化学基礎 (3)	ア(イ)	化学反応と量的関係	動的オブジェ	標準	3	-	-
化学基礎 (3)	イ(ア)	酢酸水溶液の中和滴定(器具・操作)	動画	基本	1	B5	2
化学基礎 (3)	イ(イ)	イオン化傾向	動画	標準	4	-	-
化学 (1)	ア(ア)	蒸気圧と沸騰(水の沸騰)	動画	標準	2	-	3
化学 (2)	ア(ア)	ヘスの法則	動的オブジェ	標準	-	-	5 5
化学 (2)	ア(イ)	電気分解	動画	標準	4	B7	-
化学 (2)	ア(ウ)	電池のしくみ	動画	標準	4	-	-
化学 (2)	イ(ア)	反応速度	動的オブジェ	発展	3	-	-
化学 (2)	イ(ア)・(3)ア(ア)(イ)	使い捨てカイロのしくみ	動画	基本	-	-	4
化学 (2)	イ(イ)	共通イオン効果	動画	標準	-	-	4
化学 (3)	ア(ア)	薬品の保存方法に関わる性質	動画	標準	2	B6	1
化学 (3)	ア(ア)	キップの装置	動画	標準	-	-	1
化学 (3)	ア(ア)	希硝酸と銅の反応(NOの反応)	動画	標準	-	-	3
化学 (3)	ア(ア)	液体窒素	動画	標準	-	-	3
化学 (3)	ア(ア)(イ)	化学物質の同定	動画	標準	5	-	-
化学 (3)	ア(ア)(イ)	沈殿反応	動画	発展	5	-	-
化学 (3)	ア(ア)(イ)	金属イオンの系統分離	動画	発展	5	-	-
化学 (3)	ア(イ)	酸化剤	動画	標準	-	-	2
化学 (4)	ア(ア)(イ)	シス・トランス異性体	3D	標準	-	-	5

注)・難易度は、2019年調査結果を基準として、得点率平均が60%以上を「基本」、30%以上60%未満を「標準」、30%未満を「発展」としている。

・2017年調査は高校生対象で化学3冊子(, ,), 2018年調査は大学生対象で数理2冊子(A,B)物理1冊子(C), 2019年調査は高校生対象で物理, 化学とも3冊子(, ,)であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 安野史子	4. 巻 31
2. 論文標題 タブレット端末利用型CBTの開発とモニター調査による評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大学入試研究ジャーナル	6. 最初と最後の頁 146-153
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 安野史子, 西村圭一, 浪川幸彦	4. 巻 103-5
2. 論文標題 ドイツの総合制学校におけるICTを活用した数学の授業実践からの示唆 --ヴォルテール総合制学校ポツダムの視察報告--	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本数学教育学会誌『数学教育』	6. 最初と最後の頁 46-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32296/jjsme.103.5_46	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 安野史子	4. 巻 2178
2. 論文標題 タブレット端末利用型CBTにおける解答入力方法の検討 --オンライン手書き数式認識の利用--	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所 講究録	6. 最初と最後の頁 21-30
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 Fumiko Yasuno, Keiichi Nishimura, Seiya Negami and Yukihiko Namikawa	4. 巻 26 no 3
2. 論文標題 Development of Mathematics Items with Dynamic Objects for Computer-Based Testing Using Tablet PC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal for Technology in Mathematics Education	6. 最初と最後の頁 131-137
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1564/tme_v26.3.04	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 安野史子	4. 巻 30
2. 論文標題 高大接続を視野に入れたタブレット端末利用型CBTの解答入力システムの開発と検討 - 手書き認識入力を中心に -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 大学入試研究ジャーナル	6. 最初と最後の頁 112-117
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 安野史子	4. 巻 2142
2. 論文標題 電子書籍を利用したタブレット端末によるCBTの数式入力システムの検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所 講究録	6. 最初と最後の頁 71-78
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 安野史子, 柳澤秀樹, 山下卓弥, 高木繁, 中島範行, 林誠一, 松原静郎	4. 巻 29
2. 論文標題 高大接続を視野に入れたタブレットを用いる評価問題の試作(3) - ペーパーテストとの比較 -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 大学入試研究ジャーナル	6. 最初と最後の頁 111-116
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Fumiko Yasuno, Keiichi Nishimura, Seiya Negami, Yukihiko Namikawa, Satoshi Takahashi, Shinya Itoh, Ryoken Sokei and Hiroaki Takahashi
2. 発表標題 Development of Mathematics Items with Dynamic Objects for Computer-based Assessment Using Tablet PC
3. 学会等名 The 14th International Congress on Mathematical Education (ICME14) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBTの開発とモニター調査による評価
3. 学会等名 令和2年度 全国大学入学者選抜研究連絡協議会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBTのシステムの開発と検討 - 手書き文字・数式認識による解答入力を中心に -
3. 学会等名 日本科学教育学会第44回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.44.0_119
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西村圭一, 安野史子, 根上生也, 高橋聡, 祖慶良謙, 高橋広明, 伊藤仁一, 浪川幸彦, 伊藤伸也
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBT のための数学問題の開発 - 選抜試験への実装可能性の検討 -
3. 学会等名 日本科学教育学会第44回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.44.0_123
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村泰之, 小林雅之, 岡本英治, 猿田祐嗣, 寺崎清光, 右近修治, 安田淳一郎, 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBT のための物理問題の開発とモニター調査による評価
3. 学会等名 日本科学教育学会第44回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.44.0_127
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松原静郎, 長谷川拓, 北野賢一, 岩城圭一, 松高和秀, 山下卓弥, 杉山礼, 林誠一, 柳澤秀樹, 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBT のための化学問題の開発とモニター調査による評価
3. 学会等名 日本科学教育学会第44回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.44.0_131
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBTによる時系列解答データログ分析の一考察
3. 学会等名 令和3年度 全国大学入学者選抜研究連絡協議会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 矢嶋 遼, 安野史子, 中川正樹, 清水郁子
2. 発表標題 オンラインLMSのための手書き入力CBTの設計と実装
3. 学会等名 電子情報通信学会, IEICE Technical Reportt, ET2021-45(2022-01), pp.13-18 (2022.1).
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 高大接続を視野に入れたタブレット端末利用型CBTの解答入力システムの開発と検討 手書き認識入力を中心に
3. 学会等名 令和元年度 全国大学入学者選抜研究連絡協議会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋聡, 安野史子, 西村圭一, 根上生也, 祖慶良謙, 高橋広明, 伊藤仁一, 浪川幸彦, 伊藤伸也
2. 発表標題 高大接続を視野に入れたタブレット端末利用型CBTの開発 数学問題の開発と改良
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.43.0_193
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 右近修治, 小林雅之, 中村泰之, 岡本英治, 猿田祐嗣, 寺崎清光, 安田淳一郎, 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末を用いた映像や動的オブジェクトを含むCBT物理問題の開発
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.43.0_195
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北野賢一, 長谷川拓, 松高和秀, 岩城圭一, 合志恭, 山下卓弥, 柳澤秀樹, 林誠一, 松原静郎, 安野史子
2. 発表標題 化学のタブレット型試験の開発
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.43.0_199
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 タブレット端末利用型CBTの解答入力システムの開発と検討 手書き文字・数式認識入力を中心に
3. 学会等名 日本科学教育学会第43回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.43.0_201
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 電子書籍を利用したタブレット端末によるCBTの解答入力システムの検討
3. 学会等名 RIMS 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 2019年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 GeoGebraの整備と普及に向けて
3. 学会等名 2019年度統計数理研究所共同研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 動的数学ソフトウェアによる教材を組込んだ電子書籍の作成 – iBooks AuthorのHTMLウィジェットの利用 –
3. 学会等名 日本数学会情報システム運用委員会後援ワークショップ「数学ソフトウェアとフリースクメント 28」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiko Yasuno, Keiichi Nishimura, Seiya Negami and Yukihiro Namikawa
2. 発表標題 Development of Mathematical Problems with Dynamic Objects for CBT
3. 学会等名 Conference on Digital Tools in Mathematics Education (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安野史子, 柳澤秀樹, 山下卓弥, 高木繁, 中島範行, 林誠一, 松原静郎
2. 発表標題 高大接続を視野に入れたタブレットを用いる評価問題の試作 (3) - ペーパーテストとの比較 -
3. 学会等名 平成30年度 全国大学入学者選抜研究連絡協議会第13回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 高大接続におけるタブレット端末利用のCBT の開発と検討 CBT の特性を活かした問題開発を中心として
3. 学会等名 日本科学教育学会第42回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.42.0_117
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村圭一, 安野史子, 根上生也, 祖慶良謙, 高橋広明, 伊藤伸也, 伊藤仁一, 浪川幸彦, 高橋聡
2. 発表標題 高大接続におけるタブレット端末利用のCBT の開発 数学問題の可能性
3. 学会等名 日本科学教育学会第42回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.42.0_119
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳澤秀樹, 山下卓弥, 林誠一, 松原静郎, 安野史子
2. 発表標題 化学のタブレット型試験とペーパー型試験の比較調査(1)
3. 学会等名 日本科学教育学会第42回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.42.0_121
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山下卓弥, 柳澤秀樹, 林 誠一, 松原静郎, 安野史子
2. 発表標題 化学のタブレット型試験とペーパー型試験の比較調査(2)
3. 学会等名 日本科学教育学会第42回年会. https://doi.org/10.14935/jssep.42.0_125
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村泰之, 右近修治, 岡本英治, 小林雅之, 猿田祐嗣, 寺崎清光, 安田淳一郎, 安野史子
2. 発表標題 動的オブジェクトを有するCBT 物理問題の開発 ~総論とパイロットテストの報告~
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会. https://doi.org/10.11316/jpsgaiyo.74.1.0_3241
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田淳一郎, 右近修治, 岡本英治, 小林雅之, 猿田祐嗣, 寺崎清光, 中村泰之, 安野史子
2. 発表標題 動的オブジェクトを有するCBT物理問題の開発 ~科学的推論能力の評価を目的とした設問の検討~
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会. https://doi.org/10.11316/jpsgaiyo.74.1.0_3242
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安野史子
2. 発表標題 動的数学ソフトウェアによる教材を組み込んだ電子書籍の作成 - iBooks AuthorのHTMLウィジェットの利用 -
3. 学会等名 ワークショップ「数学ソフトウェアとフリードキュメント 28」(日本数学会情報システム運用委員会後援)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安野史子, 柳澤秀樹, 山下卓弥, 高木繁, 中島範行, 林 誠一, 松原 静郎
2. 発表標題 高大接続を視野に入れたタブレットを用いる評価問題の試作 (3) - ペーパーテストとの比較 -
3. 学会等名 全国大学入学者選抜研究連絡協議会第13回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 安野史子編著	4. 発行年 2023年
2. 出版社 学事出版	5. 総ページ数 176
3. 書名 CBTのためのデジタル問題事例とその作成ガイドブック - 高等学校の数学・理科 - (仮)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

電子書籍：iBooks Author によるデジタル教材・テキスト制作数学・理科の教材を中心に https://itunes.apple.com/us/book/id1449233904
--

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	中川 正樹 (Nakagawa Masaki) (10126295)	東京農工大学・学内共同利用施設等・特任教授 (12605)	

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	伊藤 仁一 (Itoh Jin-ich) (20193493)	椛山女学園大学・教育学部・教授 (33906)	
研究分担者	西郡 大 (Nishigor Dai) (30542328)	佐賀大学・アドミッションセンター・教授 (17201)	
研究分担者	西村 圭一 (Nishimura Keiichi) (30549358)	東京学芸大学・教育学研究科・教授 (12604)	
研究分担者	根上 生也 (Negami Seiya) (40164652)	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・教授 (12701)	
研究分担者	木村 拓也 (Kimura Takuya) (40452304)	九州大学・人間環境学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	林 篤裕 (Hayashi Atsuhiro) (70189637)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	
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)	
研究分担者	島田 康行 (Shimada Yasuyuk) (90206178)	筑波大学・人文社会系・教授 (12102)	

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	中村 直人 (Nakamura Naoto) (20201676)	千葉工業大学・情報科学部・教授 (32503)	平成30年度科学研究費助成事業交付申請書（平成30年4月12日）にて，削除承認

	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
研究協力者	浪川 幸彦 (Nakimawa Yukihiko) (20022676)	椛山女学園大学・教育学部・客員教授 (33906)	
研究協力者	伊藤 伸也 (Ito Shinya) (10570434)	金沢大学・学校教育系・准教授 (13301)	2021年度まで
研究協力者	高橋 聡 (Takahashi Satoshi) (20613665)	椛山女学園大学・教育学部・准教授 (33906)	2021年度まで
研究協力者	安田 淳一郎 (Yasuda Jyunichirou) (00402446)	山形大学・学士課程基盤教育院・准教授 (11501)	
研究協力者	右近 修治 (Ukon Shuji) (60735629)	東京都市大学・理工学部・教授 (32678)	
研究協力者	猿田 祐嗣 (Saruta Yuuji) (70178820)	国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部・部長 (62601)	2020年度まで

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
研究協力者	松原 静郎 (Matsubara Shizuo) (50132692)	桐蔭横浜大学・スポーツ健康政策学部・名誉教授 (32717)	
研究協力者	林 誠一 (Hayashi Seiichi) (70562403)	富山大学・学術研究部教育学系・教授 (13201)	
研究協力者	高橋 広明 (Takahashi Hiroaki)		
研究協力者	祖慶 良謙 (Sokei Ryoken)		
研究協力者	岡本 英治 (Okamoto Eiji)		
研究協力者	寺崎 清光 (Terasaki Seiko)		
研究協力者	小林 雅之 (Kobatashi Masayuki)		
研究協力者	岩城 圭一 (Iwaki Keiichi)		

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
研究協力者	北野 賢一 (Kitano Kenich)		
研究協力者	合志 恭 (Goshi Takashi)		
研究協力者	杉山 礼 (Sugiyama Rei)		
研究協力者	長谷川 拓 (Hasegawa Taku)		
研究協力者	松高 和秀 (Matsutaka Kazuhide)		
研究協力者	柳澤 秀樹 (Yanagisawa Hideki)		
研究協力者	山下 卓弥 (Ymashita Takuya)		

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
---------	---------