

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

安野 史子 (国立教育政策研究所)

我々は、これまでに CBT の総合的研究として、CBT で測れる能力を明確にすることを目指し、デジタルの特性を活かした教科・科目ベースの問題を試作し、CBT システムも併せて開発し、継続的に調査研究を行ってきた。その一環として、開発した数学の問題を使って、高校生を対象にモニター調査を実施してきている。そこで本稿では、モニター調査で得られた手書きストローク解答データの時系列ログを使って、解答変更回数、解答変更の正誤履歴、解答回数と総得点の関係性について、探索的に分析を行った結果を報告する。PBT では解答の履歴が不明だが、CBT でのログを活用することにより、解答の過程等が明らかになり、得点に現れない新たな能力評価の測定につながる可能性や、CBT における制御の方向性が示唆される。

キーワード：CBT, タブレット端末, 数学, 手書き数式認識入力, 時系列解答データログ

1 はじめに

近年、わが国では大規模入学者選抜における CBT (Computer-Based Testing) の活用の可能性について (大学入試センター, 2021) や、大規模調査の CBT 化についての議論がなされている。一方、海外あるいは国際学力調査では、CBT による実施が標準的になりつつある。とりわけ、全米学力調査 NAEP (National Assessment of Educational Progress) 2009 の科学分野におけるコンピュータを用いたインタラクティブ課題 (NCES, 2012) や、OECD による PISA2015 の科学的リテラシー調査や協同問題解決力調査 (OECD, 2016; OECD, 2017) では、既にインタラクティブな ICT ツールを利用しながら問題を解決する力の測定がなされている。しかしながら、解答入力に関する議論は PC のタイピングと紙による手書きとの違いを論じているものが多く、実装は、ラジオボタンやチェックボックスを利用した選択肢式入力、キーボードあるいはタブレット利用による文字や数式入力が目立つ。

本研究を含む我々の一連の CBT に関する研究は、CBT の特性を活かした教科・科目ベースの問題を試作し、CBT で測れる能力を明確にすることを目的に実施してきている (安野, 2017, 2018, 2020, 2021a; 安野ほか, 2018; Yasuno et al., 2019)。特に、2022 年度から学年進行で施行される高等学校学習指導要領 (平成 30 年告示) (文部科学省, 2018) の数学及び理科の内容を視野に、大学入学希望者の高等学校卒業段階の評価に資する問題として、我々は、CBT ならではの映像、3D、インタラクティブな動的コンテンツを含む問題の開発を遂行してきている (安野, 2017, 2018; 安野ほか, 2019; 西村ほか, 2020; 中村ほか, 2020; 松

原ほか, 2020)。解答方式としては、2017 年までは、解答用紙による解答方式 (安野, 2017, 2018; 安野ほか, 2018), 2018 年以降は、解答形式が選択肢式と短答式の設問について、解答入力システムを試作し、タブレット端末に解答を入力する方式も試みている (安野, 2020, 2021a)。特に、本研究で用いたデータで、実証的にオンライン手書き数式認識入力の有効性と問題点の検討をしてきている (安野, 2021b)。

一般的に CBT では、時間の制御、入力の制御が可能といったことが特徴として挙げられる。そこで、問題ごとに時間を制御するのかそれとも PBT (Paper-Based Testing) と同様に問題冊子 (セット) で合計の解答時間とするのか、設問において一度解答を確定した解答を書き換えができないように制御したり、それに続く設問の条件設定を制御するのか、といった議論となる。西郡らが行った研究では、順次的な出題についての検証を行うため、前の問題に戻ることができないように制御したシステムであった (西郡ほか, 2017) のに対し、我々の開発システムは、PBT と同様に、問題全体を俯瞰的に確認でき、解答者が解答したい順に解答したり、解答した問題に戻って見直したり、解答を変更したりすることができる。上述の議論の決定のためのエビデンスは、両方式の比較調査結果によることが多いが、CBT による時系列ログ分析を行うことで、より詳細な情報が得られる可能性がある。

そこで、本研究では、これまでに我々が開発した CBT を用いて、2019 年に高校生を対象に行ったモニター調査の時系列解答ログを使って、解答変更回数、解答変更の正誤履歴、解答回数と総得点の関係性について、探索的に追加の分析を行うことを目的とする。

表 1 モニター調査冊子の構成及び結果

冊子	大問	小問	内 容	平均点 ^a	SD	形式	手書き数式認識による正解例
γ γ	第 1 問	(1) (2)	4 次式の因数分解 (因数定理)	18.2 (60.7%)	10.3	短答 選択	$(x - 11)(x - 23)(x - 29)(x - 111)$
γ γ	第 2 問	(1) (2)	漸化式 (薬成分の体内残存量)	20.2 (67.3%)	11.1	短答 選択	$0.6a_{n-1} + p$
γ γ	第 3 問	(1)~(6)	3 辺上の正三角形 (フェルマー点)	20.9 (69.6%)	5.8	選択 選択	
γ γ γ	第 5 問	赤 緑 青	色玉の取り出し (8 個)	22.5 (75.0%)	13.2	選択 選択 選択	
δ δ δ	第 1 問	(1) (2) (3)	絶対値を含む関数	19.3 (64.5%)	8.2	短答 短答 短答	$(f(x) =)x, (g(x) =) x - a , (h(x) =) x - a - a < 0$ $(a \text{ の範囲: }) a > 0, (x \text{ の範囲: }) x > \frac{a}{2}$
δ δ	第 2 問	(1) (2)	三次関数の決定 (導関数)	10.2 (34.0%)	13.3	短答 短答	$(a =)\frac{7}{2}, (b =) - \frac{9}{4}$ $(f(x) =)\frac{1}{3}x^3 - \frac{7}{2}x^2 + 10x$
δ δ	第 3 問	(1) (2)	三角形の敷き詰め	15.3 (51.2%)	12.2	選択 選択	
γ γ γ	第 5 問	赤 緑 青	色玉の取り出し (9 個)	14.9 (49.6%)	15.0	選択 選択 選択	
γ δ γ δ γ δ γ δ	第 4 問	(1) (2) (3) (4)	正十二角形の頂点 からなる三角形	7.8 ^b (26.0%)	6.7	短答 短答 短答 短答	220 4 5 12

^a配点は各大問 30 点で 150 点満点，下段の括弧内は平均得点率。冊子別人数は γ 冊子 28 人，δ 冊子 43 人。各冊子の結果は，γ 冊子 平均点 87.5 (58.3%)，SD 23.3，δ 冊子 平均点 68.9 (46.0%)，SD 33.4 であった。

^b2 冊子合算での結果で，冊子別には γ 冊子 平均点 5.7 (19.0%)，SD 5.3，δ 冊子 平均点 9.1 (30.5%)，SD 7.3 であった。

2 分析データ

本研究で開発した CBT システムは，基本的に時系列解答ログを収集することを前提に設計をしていなかったが，唯一，手書き文字・数式認識入力について，問題点の洗い出しや認識精度の検証のために，手書きストロークデータの時系列解答ログを取得するようにしていた。そこで，本稿では，数学，物理，化学の合わせて 10 冊子¹⁾のうち，数学の 2 冊子 (γ, δ 冊子) のログについて分析を試みる。そのため，以下 2.1 は，モニター調査の概要における数学の 2 冊子に関する部分の抜粋である。

2.1 モニター調査の概要

開発した CBT の総合的な検証及び改善に資するため，以下の (1)~(6) のとおりモニター調査を実施した。

- (1) 調査日：2019 年 7 月下旬 ~ 11 月上旬
- (2) 調査対象者：高等学校 (全日制普通科) 第 3 学年 (あるいは第 2 学年) の生徒で，「数学 I」「数学 II」「数学 A」「数学 B」を履修している (した) 生徒。
- (3) 調査内容：数学は，現行 (平成 21 年告示) の高等学校学習指導要領 (文部科学省，2009) における数学の科目のうち，「数学 I」，「数学 II」，「数学 A」，「数学 B」 (ただし，(1) 確率分布と統計的な推測を除く) の内容で，すべての問題には，動的オブジェクト (Dynamic Object) が含まれる。開発問題の中から，選択肢式と短答式の設問のみの問題を選び出し，オンライン解答入力冊子として γ 冊子，δ 冊子を構成した。ただし，γ 冊子と δ 冊子は，ほぼ同じ内容で，難

易度が異なるよう構成し (δ 冊子の方が難), 第 4 問は共通問題としている。各冊子の問題構成を表 1 に示す。

(4) 解答時間 : 1 冊子あたり 50 分 (配点は各大問 30 点とし 150 点満点)

(5) 調査実施方法 : 調査実施校において, 電子問題冊子を取り込んである 9.7 インチのタブレット端末 (iPad, OS: iOS11)²⁾, タッチペン, 解答用紙あるいはメモ用紙を受験者に配付し実施。なお, 各端末は, LTE の WiFi ルータ (通信事業者: Softbank) 経由でインターネットに接続した状態で配付し実施 (1 ルータあたり端末 8 ~ 10 台を接続)。

(6) 調査実施結果 : 調査実施校数は県立高等学校 4 校 (3 県), 調査実施生徒数 (受験者数) は 71 人 (γ : 28 人, δ : 43 人) であった³⁾。表 1 に各問題の平均点, 標準偏差 (SD) が示してある。共通問題の第 4 問の結果 (表 1 参照) からわかるように, γ 冊子と δ 冊子は母集団が異なる⁴⁾。

2.2 時系列ストローク解答データログ

手書き数式認識入力による解答は, 解答が数式または数値の短答式の設問, すなわち表 1 に示す第 1, 2, 4 問にあり, γ 冊子は 6 箇所, δ 冊子は 13 箇所ある。ただし, 第 4 問の 4 箇所は γ, δ 冊子共通である。

組み込んだ手書き数式認識入力システムは, 解答者がタブレット端末画面の解答欄にタッチペン (または指) で手書き入力し⁵⁾, 解答者自身が数式認識結果を確認して確定する方式をとっている。認識結果が異なっていれば再度書き直して認識結果の確認を繰り返すことができる。入力されたストローク解答データは, 最終解答のみではなく, 認識イベントが実行される度にログとして記録されるようにしている。取得しているログの情報は, 「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」である。

3 時系列ログ分析

手書きのストローク解答データログの有効データの人数は, 55 人⁶⁾ (γ 冊子: 21 人, δ 冊子: 34 人) で, 書き直しも含めた全ストローク解答データログ数は 897 である。なお, このデータ数には, 無解答やトラブルにより用紙に記入した解答データは含まれない。このうち, 問題と関係ないテキストの入力, 書きかけ,

表 2 解答回数

設問	無 解答	1 回	2 回	3 回	4 回	変更回数 (計)	解答回数 (計)
γ 1(1)	5	14	1	0	1	4	20
γ 2(1)	2	13	5	1	0	7	26
γ 4(1)	1	12	7	0	1	10	30
γ 4(2)	0	18	3	0	0	3	24
γ 4(3)	1	14	6	0	0	6	26
γ 4(4)	6	15	0	0	0	0	15
γ 冊子計	15 11.9%	86 68.3%	22 17.5%	1 0.8%	2 1.6%	30	141
δ 1(1) $f(x)$	0	32	2	0	0	2	36
δ 1(1) $g(x)$	2	16	10	6	0	22	54
δ 1(1) $h(x)$	5	18	8	2	1	15	44
δ 1(2)	4	27	3	0	0	3	33
δ 1(3) a	7	26	1	0	0	1	28
δ 1(3) x	13	17	4	0	0	4	25
δ 2(1) a	13	17	3	1	0	5	26
δ 2(1) b	13	20	1	0	0	1	22
δ 2(2)	14	18	2	0	0	2	22
δ 4(1)	3	24	4	3	0	10	41
δ 4(2)	3	27	4	0	0	4	35
δ 4(3)	3	28	2	1	0	4	35
δ 4(4)	14	20	0	0	0	0	20
δ 冊子計	94 21.3%	290 65.6%	44 10%	13 2.9%	1 0.2%	73	421
2 冊子 合計	109 19.2%	376 66.2%	66 11.6%	14 2.5%	3 0.5%	103	562
共通問題 2 冊子合計							
4(1)	4	36	11	3	1	20	71
4(2)	3	45	7	0	0	7	59
4(3)	4	42	8	1	0	10	61
4(4)	20	35	0	0	0	0	35

ノイズのみ (無解答と同等) を欠損として除くと 844 で, さらにこれから, 手書き数式認識の書き直し 280 と, 正しく認識されたにもかかわらず再度書き直した 2 事例を除くと, 562 となる (安野, 2021b)。これを時系列ログの分析対象データとする。

3.1 解答の変更回数

本システムで, 手書き数式認識入力の同一の解答欄における解答の書き換えは, 手書き数式認識がうまくいかずに同じ解答を書き直す場合と, 解答を変更して異なる解答を書き直す場合に大別される。前者は上述のようにすでに除外しているため, 後者について調べると, 表 2 に示すとおりである。

まず, 2 冊子を合計したログデータ数, すなわち, 解答回数の合計は 562 回で, そのうち 103 回⁷⁾ (18.3%) は解答の変更によるものである。

次に, 解答欄のべ数は γ 冊子が 126 (6 問 \times 21 人), δ 冊子が 442 (13 問 \times 34 人), 2 冊子合計で 568 となる。そのうち, 無解答 (解答回数 0 回) が 109 (19.2%), 解答変更が行なわれていない (解答回数 1 回) が 376 (66.2%) で, そもそも解答変更はそれほど多くない

表 3 解答回数と最終解答の正誤の関係

解答回数	1回 [変更無]	2回 [変更1回]	3回 [変更2回]	4回 [変更3回]
γ 冊子				
正答	23 (26.7%)	6 (27.3%)	0 (0%)	0 (0%)
誤答	63 (73.3%)	16 (72.7%)	1 (100%)	2 (100%)
計	86	22	1	2
δ 冊子				
正答	136 (46.9%)	18 (40.9%)	4 (30.8%)	0 (0%)
誤答	154 (53.1%)	26 (59.1%)	9 (69.2%)	1 (100%)
計	290	44	13	1
2 冊子合計				
正答	159 (42.3%)	24 (36.4%)	4 (28.6%)	0 (0%)
誤答	217 (57.7%)	42 (63.6%)	10 (71.4%)	3 (100%)
計	376	66	14	3

ことがうかがえる。変更回数も多くが1回で、変更4回以上は観察されなかった。

また、表2から、同一の大問内では、前の方の設定ほど、解答変更回数が多く、後ろの設定間に行くほど、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。

3.2 解答回数と最終解答の正誤の関係

次に、解答の変更がなされて、それが正解に結びついているかを調べる。表3は、解答回数と最終解答の正誤についてまとめた表である。これから、解答回数が1回(変更無)のみと、2回(変更1回)では正解する割合はγ冊子については差がみられなかったが、δ冊子は正解する割合が若干下がる傾向がみられた。さらに、解答回数が3回(変更2回)になると、その実数自体がδ冊子1人、γ冊子13人と僅かであり、傾向としては正解する割合が下がっている。解答回数が4回(変更3回)の場合は、3例のみであり、すべて誤答であった。また、正答から誤答に変更した例が、5例観察された。それらは、 $\delta 1(1)g(x)$ 、 $\delta 1(1)h(x)$ 、 $\delta 4(1)$ では、2回解答したうちの1回目の解答が正答で2回目が誤答、 $\delta 2(1)a$ 、 $\gamma 4(1)$ では、3回解答したうちの1回目の解答が正答で2回目、3回目とも誤答への変更であった。いずれの場合も、1回目に書いた解答が正答であった。また、3回以上はそもそもサンプルが少ないが正答、誤答、正答と巡る例は観察されなかった。

3.3 解答変更の時間間隔

問題の閲覧履歴や選択肢問題の時系列解答ログを取得していれば、受験者がどのような順番で解答していったかが詳細にわかるが、我々の開発システムでは、手書き認識入力 of 検証のために、時系列ストロー

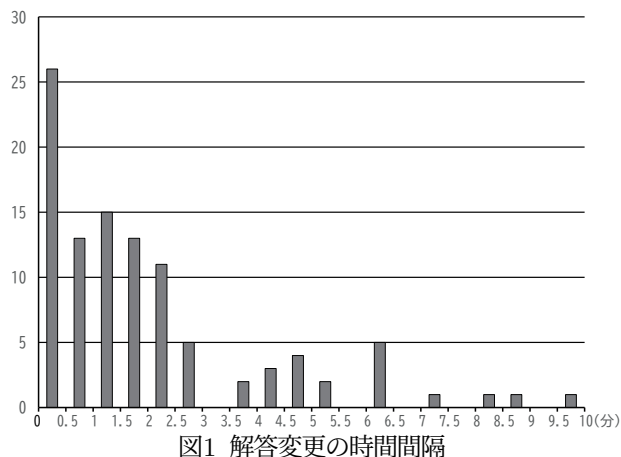
ク解答データログのみを取得するようにしていた。

しかし、本データログのみからでもある程度の状況は推測可能である。同一の解答欄で、解答の変更がなされた103のデータについて、変更されるまでの時間間隔を前後のイベントログの生成時刻の差により求め、グラフにしたのが図1である。解答変更の時間間隔が最長だったのは9分36秒で、すべて10分以内であった。また、30秒以内が約25%、3分以内で80%を超え、ほとんどの場合、あまり時間が経過せずに解答の変更が行われていたことがわかる。1冊子50分で大問5題であることから、平均1題10分の解答時間を想定している。以上のことから、他の大問を解いてから、戻って解答を書き換えた可能性はそれほどないと思われる結果であった。

3.4 解答回数と総得点との関係

最後に、解答回数と総得点との関係について見ていく。表2に示されているように、無解答が20%程度あるため、各受験者の解答回数の合計への影響が大きい。1冊子分の解答回数を合計しても、無解答と解答変更で相殺される。つまり、足し込むと、1問が無解答で、もう1問が2回(変更1回)と、2問ともが1回(変更無)が同じ扱いとなる。しかしながら、分析対象の人数もγ冊子が21人、δ冊子が34人と少ないことから、無解答がないデータセットでの分析やグループ分けによる分析も困難である。そこで、図2と図3に示すように、解答回数と総得点との関係を散布図に表した。

γ冊子はδ冊子よりも設問数が少なく、選択肢式の解答が多い。手書き数式認識による解答欄が、γ冊子は6箇所、δ冊子は13箇所であった。したがって、γ冊子で解答回数が7以上であれば書き直しを行った解答欄が存在することになる(図2)。逆に、5以下であ



れば無解答の解答欄が存在することになる。同様に、 δ 冊子で解答回数が 14 以上であれば書き直しを行った解答欄が存在することになる (図 3)。逆に、12 以下であれば無解答の解答欄が存在することになる。相関の有無よりも、例えば、 δ 冊子で解答回数が 15 回以上の受験者の得点の幅が広いが、高得点の受験者は、問題解決の過程を振り返って評価・改善する能力を有していると判断できる可能性がある。

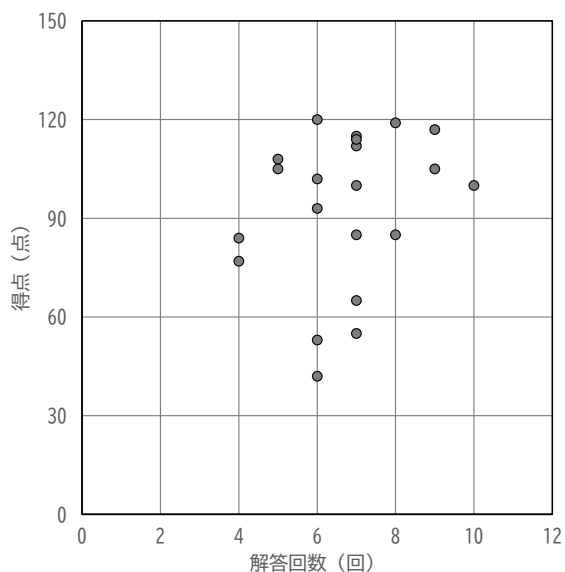


図2 解答回数と総得点との関係 (γ 冊子)

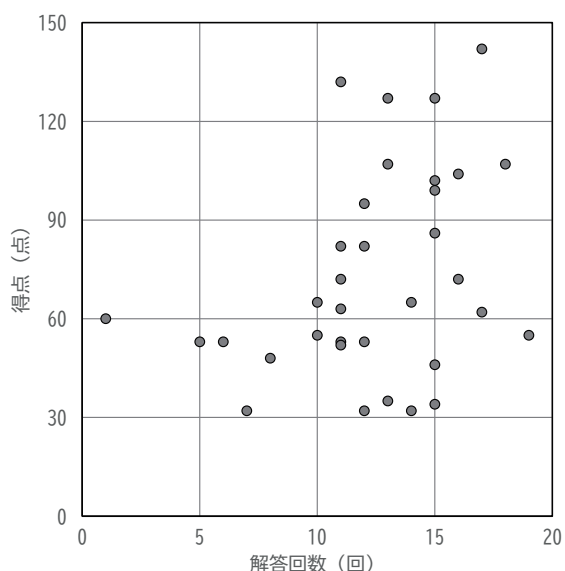


図3 解答回数と総得点との関係 (δ 冊子)

4 まとめと今後の課題

本稿での分析において用いた時系列解答ログデータは、手書き数式認識の有効性の検証のために収集していたが、本稿の追加分析で、このようなログの有効活用の可能性が垣間見える。今後、問題の閲覧履歴や選択肢の解答履歴 (最終解答のみならず、すべてのイベント) を収集し蓄積していけば、受験者がすべての大問に解答後に振り返りをしているのか、大問の中で振り返りをしているのか、といったことが詳細にわかる。また、同じ設問で、多肢選択肢式と短答記述式の比較を試み、どちらが解答変更回数が多いのかといったことや、多肢選択式でのひっかけ問題のような設問での迷いなどについても、実証的に示せるであろう。

これらの情報は、これまでの単なる制限時間内にどのくらい正解できたかということだけでなく、数学的な技能であったり、思考過程の振り返りであったりといったことを、数量的に評価することができる可能性がある。

また、教科・科目特性にも関係するが、本稿の数学の結果では、前の問題に戻って、見直しや書き直しをして解答が変更される事例はそれほどないと推察され、また、ほとんど場合は、解答の変更も行われなかったか 1 回程度であった。この結果から、短答記述式であれば、西郡らが行った研究 (西郡, 2017) のように、順次的な出題で、前の問題に戻ることができないという制御を行っても、解答者の解答状況にそれほど大きな影響があるとは考えられないが、多肢選択肢式については同様の分析を行う必要があるであろう。

西郡らが行った研究 (西郡, 2017) でのアンケートに、「前の問題に戻れない」「時間配分が気になる」「早く終わってからの確認が出来ない」といった意見があったことを踏まえると、同一の問題セットで、両方の場合を比較し、制御による心理的要因が得点に影響を与えるかどうかを検証する必要がある。

問題ごとの制限時間の類の時間制御についても、解答変更の時間間隔のみならず、解答順序も含めて分析すると、どのような時間制御をすべきかについて考える材料になるであろう。

CBT はこれまでの PBT では知り得ることがなかった詳細な情報が得られるが、どのようなログを取得し、どのような分析を行うと何が測定できて、有効であるかは、これからの課題である。

注

1) 本調査は、数学 4 冊子 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$ 冊子)、物理 3 冊子、化学 3 冊子の計 10 冊子の中から、1 受験者が異なる教科科目について最大 2

冊子の問題に解答している。数学 α 冊子, β 冊子は解答用紙へ記入する記述式で, 数学 γ 冊子, δ 冊子はタブレット端末へ直接解答するオンライン解答入力式である。

- 2) iPad は, 米国および他の国々で登録された Apple Inc. の商標である。
- 3) 本モニター調査は, 数学, 物理, 化学あわせて 9 高等学校 (4 都道府県) のべ 636 人の高校生に実施し, ここでの分析対象データはこの調査の一部である。数学については, 調査実施生徒数 (受験者数) は 155 人 (高 2: 38 人, 高 3: 117 人) で, 冊子別には, α : 44 人, β : 40 人, γ : 28 人, δ : 43 人であった。
- 4) 数学の冊子は, 3 校は 4 冊子 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$) を均等に, 1 校 (いわゆる県立最上位校の 3 年理系クラス) は 3 冊子 (α, β, δ) を均等に割り当てたことに起因する。
- 5) 開発システムは, タッチペンと指のどちらでも手書き認識入力が可能となっているが, 解答欄の大きさから指での入力は困難と判断し, 全員にタッチペンを配付して実施した。
- 6) ログの有効データ人数は, ネットワークや機器等の実施トラブルにより, 紙による解答をした受験者を除いているため, 2.1(4) の調査実施者数とは一致していない。
- 7) 1 回 (書き換え無) のみの解答が 376, 2 回 (書き換え 1 回) が 66, 3 回 (書き換え 2 回) が 14, 4 回 (書き換え 3 回) が 3 であることから, 書き換え回数の合計は $1 \times 66 + 2 \times 14 + 3 \times 3 = 103$ (回) という計算になる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり, 各教科の作題委員, 調査実施高等学校の関係者に感謝申し上げます。

附記

本研究は JSPS 科研費 JP17H00822, JP18K18684 の助成を受けたものである。

参考文献

独立行政法人 大学入試センター (2021). 「大規模入学者選抜における CBT 活用の可能性について (報告)」.

文部科学省 (2009). 「高等学校学習指導要領 平成 21 年 3 月告示」 東山書房.

文部科学省 (2018). 「高等学校学習指導要領 平成 30 年 3 月告示」 東山書房.

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 (2020). 「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」『日本科学教育学会第 44 回年会論文集』, 131-134.

National Center for Education Statistics (NCES), National Assessment Governing Board, Institute of Education Sciences (IES), U.S. Department of Education (2012). “Science in Action, Hands-On and Interactive Computer Tasks From the 2009 Science Assessment, National Assessment of Educational Progress at Grades 4, 8, and 12.” <<https://nces.ed.gov/nationsreportcard/pdf/main2009/2012468.pdf>> (2021 年 12 月 9 日).

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 (2020). 「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」『日本科学教育学会第 44 回年会論文集』, 127-130.

西郡大・山口明德・松高和秀・長田聡史・坂口幸一・福井寿雄・高森裕美子・園田泰正・兒玉浩明 (2017). 「デジタル技術を活用したタブレット入試の開発—多面的・総合的評価に向けた技術的検討—」『大学入試研究ジャーナル』 27, 63-69.

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 (2020). 「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—」『日本科学教育学会第 44 回年会論文集』, 123-126.

OECD (2017). “PISA 2015 RELEASED FIELD TRIAL COGNITIVE ITEMS .” <<https://www.oecd.org/pisa/test/PISA2015-Released-FT-Cognitive-Items.pdf>> (2021 年 12 月 9 日).

OECD (2016). “PISA 2015 Science Test Questions.” <<http://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-science-test-questions.htm>> (2021 年 12 月 9 日).

安野史子 (2017). 「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—映像や動的オブジェクトを含む問題—」『大学入試研究ジャーナル』 27, 71-79.

安野史子 (2018). 「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 (2) —映像や動的オブジェクトを含む問題—」『大学入試研究ジャーナル』 28, 155-162.

安野史子・西村圭一・根上生也・祖慶良謙・高橋広明・浪川幸彦・伊藤仁一・三宅正武 (2018). 「動的オブジェクトを有する CBT 数学問題の開発」, 日本数学教育学会誌, 100(5), 『数学教育』 72-3, 2-14.

Yasuno, F., Nishimura, K., Negami, S. and Namikawa, Y. (2019). “Development of Mathematics Items with Dynamic Objects for Computer-Based Testing Using Tablet PC,” *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 26(3), 131-137.

安野史子 (2020). 「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—」『大学入試研究ジャーナル』 30, 112-117.

安野史子 (2021a). 「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」『大学入試研究ジャーナル』 31, 146-153.

安野史子 (2021b). 「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—」『京都大学数理解析研究所 講究録』 2178, 21-30.