

CBT の解答ログを用いた 解答戦略改善向けフィードバックの開発と効果検証

濱野彰人¹ 堀越泉² 田村恭久²

概要：本稿では、Computer Based Testing (CBT) の解答ログを用いて解答戦略の改善を促すことを目的とし、時間配分や解答順序等を可視化するフィードバックを開発し、その効果検証を行った。近年、PC 等を用いて問題に解答する CBT が普及している。CBT は答案用紙による回答では得られない設問毎の解答時間や解答順序等の解答ログが取得でき、それらを用いて解答者の解答戦略を可視化、分析した研究が存在する。しかし先行研究においては、その可視化結果を学習者に提示したものは少ない。そこで本稿では、解答者の問題の解き方をログから可視化し、解答者自身に提示するフィードバックを検討した。その実現のため、まず、時間配分や解答順序を提示するダッシュボードを開発した。続いて、開発したダッシュボードの効果を、気付き、行動、成果等の観点から検証した。その結果、フィードバックにより良くない時間配分に気付いた解答者や、設問のスキップ戦略を取るようになった解答者等が見られた。

キーワード：Computer Based Testing, 解答ログ, 解答戦略, フィードバックシステム

Development and Verification of Feedback System for Improving Test-taking Strategies with Use of CBT Log

AKITO HAMANO^{†1} IZUMI HORIKOSHI^{†2} YASUHISA TAMURA^{†2}

Abstract: In this paper, we developed feedback that visualizes time allocation and answer order, and verified its effect, with the aim of promoting improvement of test-taking strategies using the answer log of Computer Based Testing (CBT). In recent years, CBT in which students answer questions using a PC or the like has become widespread. CBT can obtain answer logs such as answer time and answer order for each question, which cannot be obtained by answering with the answer sheet, and there are studies that visualize and analyze test-taking strategies of the student using them. However, few previous studies have presented the visualization results to learners. Therefore, in this paper, we visualized how to solve the student's problem from the log and examined the feedback presented to the student himself. To achieve this, we first developed a dashboard that presents time allocation and answer order. Next, the effects of the developed dashboard were verified from the viewpoints of awareness, behavior, results, and so on. As a result, there were some students who noticed a bad time allocation due to feedback, and some students who started to take a question skipping strategy.

Keywords: Computer Based Testing, CBT log, test-taking strategies, feedback system

1. はじめに

従来の学力試験等は、参加者が会場に集まりそこで問題用紙等を用いて解答するペーパーテストの形態が主流であった。一方、PC 等を使用して問題に取り組み解答を行う Computer Based Testing (CBT) 形式の採用が近年増加している[1]。CBT は単にペーパーテストのペーパーをコンピュータに置き換えただけのものではなく、(1) ペーパーテストでは取得できない情報が大量に取得可能、(2) 出題項目を管理するためのアイテムバンクが構築できることから、受験者の能力を測定するために最適な項目を出題できる適応型テストの構成が容易、といった利点があるとされる[2]。

ここで(1)の利点に関して、CBT ではそれぞれの設問の解答にかけられた時間や、設問の解答順序等の解答ログを取得できる。それらの解答ログを活用して解答中の詳細な

振る舞いを可視化し、それを元に解答中に用いられた戦略、すなわち解答戦略を分析する研究が進められている。Costagliola は解答者がどのような順序で設問に解答したかを可視化した上で、設問のスキップの有無や頻度から複数の戦略を抽出し、それらの戦略と得点の関係を分析した[3]。また、Sahin は、見直しの行動や設問への時間のかけ方を可視化し、それらに基づき解答者を分類した[4]。

このように解答ログを用いて解答中の振る舞いや戦略を可視化することは、研究者が解答者の解答戦略について分析する際に有用である。一方で、解答者が自身の解き方や戦略に関する知見を得ることも有用である可能性があるが、その可視化結果を学習者に提示した研究は少ない。

そこで本稿では、解答戦略の振り返りや改善を促すために、上述の解答ログを用いることで解答者の問題の解き方を可視化し、解答者に提示するフィードバックを提案する。

¹ 上智大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Sophia University
² 上智大学 理工学部
Faculty of Science and Technology, Sophia University

その実現のため、まず、時間配分や解答順序を提示するダッシュボードを開発する。続いて、開発したダッシュボードの効果を、気付き、行動、成果等の観点から検証する。CBT における解答ログを用いたフィードバックの有効性を明らかにすることにより、教員を必要とせず解答戦略の振り返りと改善ができるようになる、ペーパーテストでは難しい自身の問題の解き方の客観的かつ正確な振り返りが可能になる、などの効果が期待される。

2. 関連分野

2.1 CBT

CBT は Computer Based Assessment や e-testing などとも呼ばれ、PISA や TOEIC, TOEFL といった一般的な語学試験等にも導入が進みつつある。CBT 特有の利点を活かした実例として、PISA 2012 においては MP3 プレーヤーの操作方法に関するインタラクティブ問題が出題され、最終的な解答結果だけでなく、その画面操作のプロセスが採点対象に含まれていた[5]。

このように CBT の普及と共に、CBT 固有のログが現場で活用され始めており、研究分野においては様々なログの有用性を示す知見が蓄積されている。

例えば、問題解答中の学習者の認知状態や感情を推定した研究として、宮崎は英単語の並び替え問題におけるマウス軌跡のログから迷いの抽出を行った[6]。また、濱野はスクロールやマウス軌跡と迷いの関係性について分析し、これらのデータにより迷いが推定される度合いは問題の形式に影響される可能性を示した[7]。

ペンタブレットのログを用いた研究としては、飯山はペンストロークの時間感覚から解答停滞箇所を検出し[8]、赤倉はペンタブレットにおける筆記情報のログを用いたなりすまし検出方法を提案している[9]。

また、教材改善への利用を志向した研究として、Sahin は解答者が真剣に解答したかを判別する解答時間の閾値を検討し、テスト設計の議論をするときにその解答が真剣に取り組んだ結果かどうかを判別することで、データをもとにした議論の妥当性を高めることを提案している[10]。

本研究のように解答行動を分析した研究としては、Costa は PISA 2012 の数学問題において、問題に対する応答時間を用いることで解答者の能力推定精度が著しく向上したと報告している[11]。また Costagliola は解答順序のログから解答者のスキップ戦略と得点の関係を分析している[3]。

2.2 解答戦略

Dodeen は、「解答戦略は、あらゆる試験に対し適切な方法で対処し、取るべき行動を考えるための能力である（筆者訳）」とし[12]、それを身に付けることでテストの達成度の向上や、解答中の不安や緊張を和らげる効果などが得られると述べている。また、Dodeen は時間管理の戦略や、「解

答前に問題全体を確認する」、「解答を記入しない設問を作らない」といった具体的な解答戦略等を取り上げ、それらを身に付けさせる方法についても言及している。

解答者が用いる解答戦略や、戦略とテストの得点等の関係性についての研究も、CBT の普及以前からインタビュー等の方法によって行われてきた。McClain は、高成績者は設問のスキップが多いと述べている[13]。一方、Hong は高成績者の多くが「解答が正しいかを頻繁に確認する」、「解答前に全ての設問の難しさを見積もり、解答順序を考える」といった解答戦略を用いていたと報告した[14]。

CBT の解答ログを取得することで、解答中の具体的な振る舞いを可視化、分析し、より客観的かつ詳細に解答戦略について議論できるようになった。Costagliola はどのような順序で設問に解答したかを可視化した上で、設問をほとんどスキップしないスタイルや設問をスキップして後回しにするスタイル等に戦略を分類した[3]。さらに、それらのスタイルと得点の関係性を分析した。Sahin は、解答ログから見直しの行動や設問への時間のかけ方を可視化し、それらに基づき解答者を分類した[4]。

このように解答ログを用いて解き方に関する振る舞いや解答戦略を可視化可能であることを活かし、筆者が提案するフィードバックシステムを実現することで、CBT の解答ログをより活用できるようになると期待する。

3. 検証方法

以下の 3 段階の方法により、提案の有効性を検証する。

- システムの開発：CBT の解答ログから解き方の可視化を行いフィードバックするシステムを開発する
- 実験：開発したフィードバックシステムを用いて実験を行い、効果検証のためのデータを取得する
- フィードバックの効果検証：実験で取得したデータを用いて解答戦略の改善の効果検証を行う

4. システムの開発

提案するフィードバックを実現するシステムを開発した。まず、システム全体の仕組みに関する概要を述べ、その後具体的なフィードバック内容や機能について説明する。

4.1 システム概要

本システムはフィードバックの提示に CBT の解答ログを用いるため、図 1 に示すように CBT とフィードバックが連動した構成となっている。

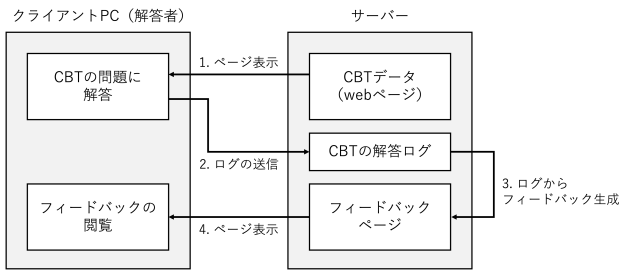


図 1 フィードバックシステムの概要

CBT とフィードバックはいずれも図のようなクライアントサーバーシステムとして構築されている。そのため、解答者は自身の PC の Web ブラウザで CBT への解答とフィードバックの閲覧が可能である。尚、開発におけるプログラミング言語には、クライアントサイドでは JavaScript と HTML、サーバーサイドでは PHP を使用した。CBT に解答した際の解答ログはサーバーに送信、保存される。そして、そのログからフィードバックが生成され、解答者に提示される。尚、システムの CBT 部分は[7]で開発したものをを用いており、本稿ではフィードバック機能のみを開発した。

4.2 フィードバック機能

フィードバック機能は、解き方の可視化機能、アドバイス機能、その他の補助機能の3つの機能で構成され、それらをまとめて表示するダッシュボードとして解答者に提示される。以下に、それぞれの機能についてその内容を述べる。

4.2.1 解き方の可視化機能

解答戦略の改善を促すために、解答者の解き方を可視化し提示する機能を開発した。2章で挙げた解答戦略についての知見を元に、フィードバックにより身に付けさせる解答戦略の目標として以下の3つを設定した。

- 見直し：解答入力後に解答が正しいかを確認する
- 設問のスキップ：設問をスキップし、後回しにする
- 全設問の事前確認：解答前に全ての設問を確認し、解答順序や時間配分を考える

これらを踏まえて、時間配分を可視化するグラフと解答順序を可視化するグラフを開発し、それら2つを合わせて解き方の可視化機能とした。2つのグラフの提示画面をそれぞれ図2と図3に示す。

図2の時間配分の可視化機能のグラフでは、問題中のそれぞれの設問に対する自身の閲覧時間と、解答者の平均閲覧時間を棒グラフで表示する。尚、左側の紺色の棒が自身の閲覧時間、右側の薄紺色の棒が解答者の平均閲覧時間を表している。また、閲覧時間と併せてそれぞれの設問の正誤も表示する。

図3の解答順序の可視化機能のグラフは、横軸がテスト開始からの経過時間、縦軸が閲覧中の設問番号の折れ線グラフである。また、それぞれの設問の閲覧中に、解答が入力されたタイミングと、その正誤を色付きの点をプロット

することで示す。また、テストの時間切れを右端に紫色の線で表す。

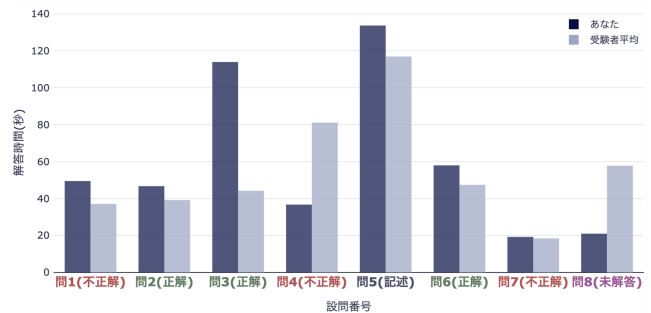


図 2 時間配分を提示するグラフ

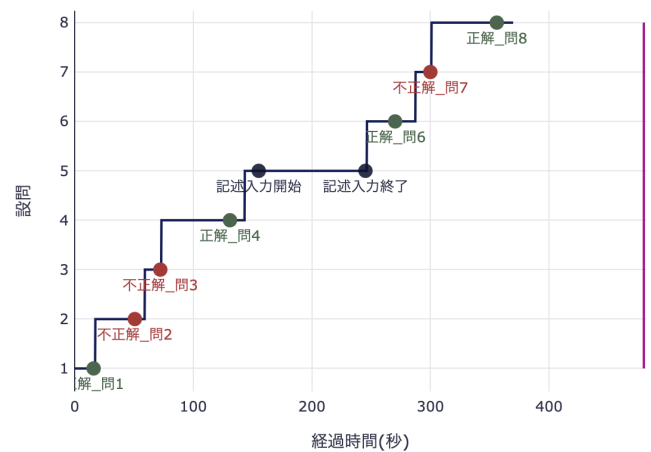


図 3 解答順序を提示するグラフ

これらのグラフを解答者に提示することで、時間をかけすぎた設問があった、あるいは誤答した設問では十分に時間をかけられなかったといった気付きを促せると考える。そしてそれを改善するために、設問のスキップや、解答順序や時間配分を考えるために解答前に設問を確認するという戦略を取る判断につながると期待する。また、解答順序の可視化においては解答終了までどの程度時間的余裕を持って解答を終えたかを閲覧できるため、それを元に解答時間を余らせていたことに気付き、時間を有効に使うために見直しをするといった戦略を取る判断も促されると期待する。

ここまで想定したような、フィードバックの提示により促される気付きや判断等の思考の過程を考慮した、Learning Analytics(LA)におけるフィードバック効果の段階モデルが堀越らによって提案されている[15]。本モデルを用いると、提案するフィードバックにより期待される効果の例は図4のように段階的に整理できる。

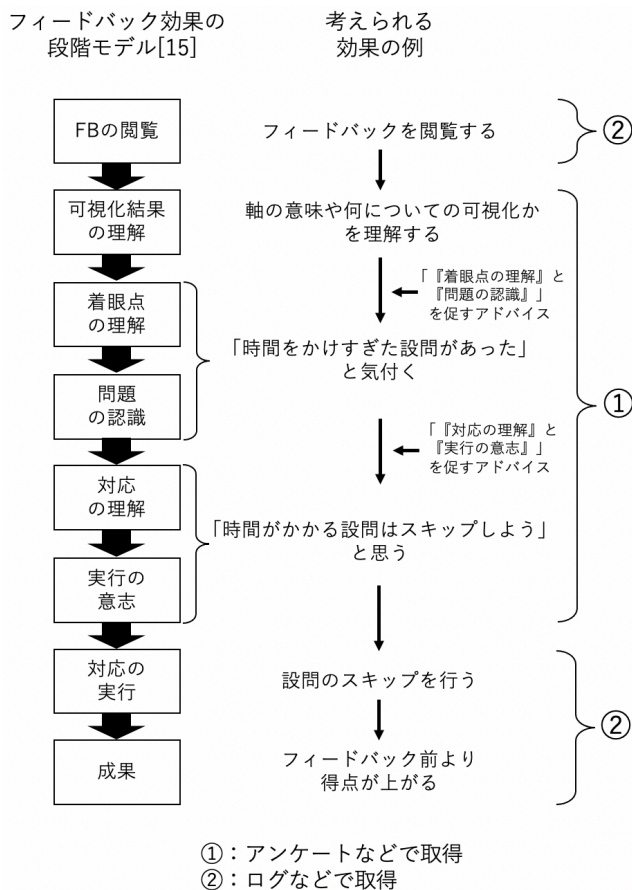


図 4 LA におけるフィードバック効果の段階モデル[15]と提案するフィードバックにより期待される効果の例

本モデルでは行動変容とそれによる成果の分離なども考慮されている。フィードバックによる行動変容とその成果を分離しない場合、解答戦略が改善されていたとしても得点の向上が見られなければフィードバックの効果は無いと判断されるといったことが起こりうる。しかし、その解答戦略は得点の向上に対して本来有効であるが、解答戦略以外の要因により得点の向上が見られなかった可能性も十分考えられる。そのため、最終的な成果のみに着目したフィードバック効果のモデルではその過程における行動変容等の部分的な効果について議論できない。そこで本稿では上述のモデルを用いることで、成果に至るまでの段階的な効果を考慮したフィードバックの設計や効果検証を行う。

提案されているモデルは図4のように全8段階から成るが、その中からいくつかのプロセスを抜粋して扱うことにする。まず、後述の実験において、解答者全員に強制的にフィードバックを閲覧させることと、本フィードバックは提示する内容が簡単かつその閲覧方法を文章で念入りに説明することから、「FBの閲覧」と「可視化結果の理解」の段階は全員が通過している前提とする。また、プロセスにおける効果をアンケートで取得しやすくするために、「着眼点の理解」と「問題の認識」はまとめて一つのプロセスとし、「『着眼点の理解』と『問題の認識』」とする。同様に「対

応の理解」と「実行の意志」はまとめて一つのプロセスとし、「『対応の理解』と『実行の意志』」とする。以上より、フィードバックの効果を「問題の認識」、「『着眼点の理解』と『問題の認識』」、「『対応の理解』と『実行の意志』」、「成果」の4つのプロセスとして扱い、フィードバックの設計や効果検証を行う。

4.2.2 アドバイス機能

解き方の可視化をフィードバックしても、どこに着目すれば良いのかわからず、「時間をかけすぎた設問があった」といった問題を認識できない解答者や、そのように認識しても「時間がかかる設問はスキップする」といった対応を理解し、実行しようと考えられない解答者の存在が予想される。そこで、そのような解答者を補助するために、解答者に対するアドバイスを文章で提示するアドバイス機能を実装した。

アドバイスは「『着眼点の理解』と『問題の認識』」、「『対応の理解』と『実行の意志』」のプロセスに対応した内容に分けられている。

まず、「『着眼点の理解』と『問題の認識』」を促すアドバイスとして以下の項目を設定した。

- 制限時間までの残り時間が多く残った状態で解答が終了されました
- 最後の設問に解答を入力した後、その設問に滞在し続けていました
- 受験者平均と比較して解答に多く時間がかけられていた問題があります
- 受験者平均と比較して解答に十分に時間がかけられておらず、不正解だった問題があります

続いて、これらに対する「『対応の理解』と『実行の意志』」を促すアドバイスとして、以下の項目を設定した。

- 時間が余った場合は、問題の見直しを行うと失点を防げます
- 解答の前に一度全ての設問の内容を確認して解答の順番を決めると、効率よく解答できます
- 予め時間配分を考えておくと、バランスよく時間を使いやすくなります
- 時間がかかりそうな設問などはスキップして後回しにすると、時間を節約できます

これらのアドバイスは、解答者の解答ログから提示すべきもののみが自動判定され表示される。

4.2.3 その他の補助機能

設問毎の正解と解答者の最終的な解答結果及びその正誤の表示機能と、全設問の問題文の閲覧機能を図5のように搭載した。これらの情報は紙のテストにおいても解答者に提示されることが多々あるため、本稿におけるフィードバックの提案部分には含まれないが、最低限の情報として提示を行う。

	問1	問2	問3	問4	問5	問6	問7	問8
採点結果	○	×	×	○	/	○	×	○
正解	4	3	4	1	記述	1	3	3
あなたの解答	4	2	1	1	記述	1	2	3

問1

以下のクリティカルシンキングに関する記述のうち正しいものを選べ。

(1) 物事を客観的に批判することを目指すこと
(2) 他者から客観的に批判され得るような思考のこと
(3) 他者や社会にとって非常に危険な思考のこと
(4) 物事を客観的な把握を目指す批判的思考のこと

前の設問
次の設問

図 5 解答結果に対する正誤判定と設問の内容

5. 実験

5.1 実験設計とデータの取得

開発したシステムを用いて、フィードバックの効果検証のための実験を実施した。まず CBT に解答させ、取得した解答ログから生成したフィードバックを閲覧させた後、再度 CBT に解答させるという流れで行った。

CBT は実験対象科目の内容に関連した演習問題となっており、1 回目と 2 回目で異なる内容の問題を出題した。ただし、全 8 問の設問で構成され、制限時間が 8 分間である条件は 2 回の CBT で共通である。

フィードバック後にアンケートを設け、自由記述式の項目として「自分の解き方について気付いたことがあればお書き下さい」、「解き方について、次のテストで改善したい、あるいは心がけようと考えたことがあればお書き下さい」の 2 つを設定した。これらに対する回答を収集することで、それぞれ『着眼点の理解』と『問題の認識』、『対応の理解』と『実行の意志』の効果のデータを取得する。また、2 回の CBT での解答ログを収集し、用いられた戦略や得点を抽出することで、『対応の理解』と『実行の意志』、『成果』の効果のデータとする。

解き方の可視化によるフィードバック効果とアドバイスによるフィードバック効果を分析するため、

- グループ 1: 解き方の可視化とアドバイスを提示
- グループ 2: 解き方の可視化のみ提示
- グループ 3: フィードバックを与えない

という 3 条件のグループを設定し、被験者を分けた。ただし、正誤判定と問題文は全グループに表示される。

以上の実験の流れとグループ設定、分析対象のフィードバック効果とそのため取得データをまとめると、本実験設計は表 1 のように表される。

5.2 実験対象科目、被験者等について

上智大学全学共通科目「情報フルエンシー（システムコンサルティング）」を実験対象科目とした。実験は 2021 年 12 月 14 日に実施し、被験者数は研究協力の同意を得た受講者 31 名である。尚、本実験は「上智大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会」により研究計画の審査を受け、承認を得た上で実施した。また、CBT の演習問題における出題元の単元は「企業や団体における業務」、「システム開発」、「問題解決とロジカルシンキング」、「可視化とダイアグラム」である。

6. フィードバックの効果検証

提案したフィードバックの有効性を検証するために、フィードバックにより得られた効果をモデルの段階毎に分析した。その際、フィードバックを提示しなかったグループ 3 と解き方の可視化を提示したグループ 2 を比較することで解き方の可視化による効果を分析し、解き方の可視化を提示したグループ 2 と解き方の可視化及びアドバイスを提示したグループ 3 を比較することでアドバイスによる効果を分析した。

6.1 効果 1: 『着眼点の理解』と『問題の認識』の効果検証

フィードバック後のアンケートの「自分の解き方について気付いたことがあればお書き下さい」の項目への回答結果から、フィードバックにより解答者が自身の解き方について気付いた事柄を以下のように分類した。

- 見直し: 自身の見直しの有無に関する回答
- 解答順序: 自身の解答順序の有無に関する回答
- 時間配分: 時間が多くかかった設問など、時間の配分や管理に関する回答
- その他: 問題文を読み間違えたなどの特定の設問の内容に関する気づきや、文意を読み取れない回答

表 1 実験設計と取得データ等

		実験の流れ				
		1. CBT に解答	2. フィードバックの提示		3. CBT に解答	
グループ設定	グループ 1	同一の問題に解答	解き方の可視化とアドバイスを提示		同一の問題に解答	
	グループ 2		解き方の可視化を提示			
	グループ 3		なし			
取得データ		解答ログ	アンケートの回答結果		解答ログ	
			気付いたこと	改善したいこと	取られた戦略	得点
分析対象のフィードバック効果		着眼点の理解と問題の認識	対応の理解と実行の意志	対応の実行	成果	

ただし、複数の事柄を回答した解答者については複数の分類に集計される場合もある。分類結果をグループ毎に集計したところ、図6の結果が得られた。

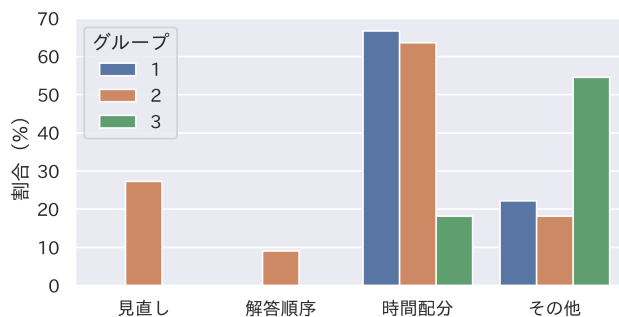


図6 解き方について気付いた内容の集計結果

6.1.1 解き方の可視化の効果

グループ3より解き方の可視化を提示したグループ2の方が、時間配分に関する気づきを得られた解答者の割合が大きい。この理由として、テストに解答した際の時間配分を記憶のみで振り返るのは難しいが、フィードバックにより時間配分を客観的に認識することで、様々な気づきを得ることができたと考えられる。実際に、グループ2の解答者の時間配分に関する気づきの具体例として、「不正解の項目（設問）では、あまり時間をかけていなかったということがわかった」や、「問3から問4にかけて悩んでいた分、時間がかかっていることがよく分かった」といった具体的な気づきの回答が複数見られ、時間配分に関する気づきを促す効果は高かったと見られる。

6.1.2 アドバイスの効果

いずれの分類においても、グループ2よりアドバイスを提示したグループ3の方が気づきを得た解答者の割合が大きいという結果はほとんど見られなかった。これはアドバイスの効果がないと考えるよりも、解答者はアドバイスを必要とせず、自身でフィードバックのどの部分に着目すれば良いかを考え、気づきを得ることができたと考える。

6.2 効果2：『対応の理解』と『実行の意志』の効果検証

フィードバック後のアンケートの「解き方について、次のテストで改善したい、あるいは心がけようと考えたことがあればお書き下さい」の項目への回答結果から、フィードバックにより解答者がすべきだと考えた事柄を以下のように分類した。

- 見直し：答えが正しいかを確認するための見直し
- 設問のスキップ：設問のスキップや解答順序の工夫
- 全設問の事前確認：解答を始める前に全ての設問の内容を一通り確認すること
- 時間配分：時間配分を改善するための対応（時間を上手く使うために設問をスキップする、等の回答はこちらにも分類される）

- その他：上記のいずれにも分類されない回答（問題文をよく読むなど）

効果1と同様に、複数の内容を回答した解答者については複数の分類に集計される場合もある。分類結果をグループ毎に集計したところ、図7の結果が得られた。

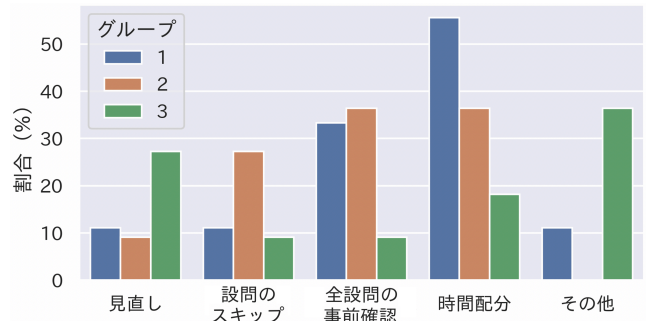


図7 次のテストで改善したい内容（対応）の集計結果

6.2.1 解き方の可視化の効果

本フィードバックで目標としていた解答戦略のうち、設問のスキップと全設問の事前確認においては、解き方の可視化を提示したグループ2の方がグループ3よりもそれらを回答した解答者の割合が高く、解き方の可視化の提示によってこれらの戦略の使用を促せる可能性が示唆された。また、時間配分の改善等に言及した回答も多く、効果1で述べた通り、『着眼点の理解』と『問題の認識』のプロセスにおいて、時間配分に関する気づきを多く促したことがこの結果につながったと考えられる。しかし、グループ2で見直しの戦略を回答した解答者は少なく、見直しの戦略の使用を促す効果は低かったと考えられる。

6.2.2 アドバイスの効果

グループ1とグループ2を比較すると、時間配分に関する対応においてのみ、アドバイスを提示したグループ1の方がその割合が大きい。この原因として、アドバイスの提示の際には、特に時間が多くかけられた設問や、時間があまりかけられておらず尚且つ誤答した設問はそれを視覚的に強調表示した上で時間配分のアドバイスを表示していたため、それにより時間配分を改善する必要性を学習者に強く感じさせた可能性があると考えられる。

6.3 効果3：『対応の実行』の効果検証

2回のCBTの解答ログから、「見直し」、「設問のスキップ」、「全設問の事前確認」の戦略について、それらが実行されていたかをCBTの解答ログから判定した。そして、フィードバック後にそれらの戦略を改善したい、あるいは心がけたいと答えていた解答者が、それらを実際に行っていたかを分析し、集計した。その結果を図8に示す。

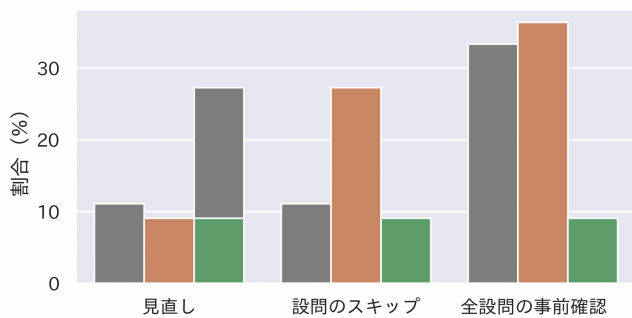


図 8 考えた対応（戦略）が実行されたか

それぞれの戦略において左からグループ 1,2,3 を表し、色のついた部分が改善したいと回答した対応を実際に行っていた解答者、灰色の部分が改善したいと回答した対応を実行しなかった解答者である。

6.3.1 解き方の可視化の効果

グループ 2 の解答者については、取るべき対応として考えた戦略を全員が実行していた。ここで、グループ 2 の解答者は解き方の可視化のみが提示されていたため、自分自身の判断で取るべき対応を考えたことになる。そのようにして自分の意志で必要性を感じた対応は実行されやすいため、このような結果が得られたと考える。

6.3.2 アドバイスの効果

グループ 1 の解答者については、取るべき対応として考えた戦略は一切実行されなかった。ここで、グループ 1 の解答者にはアドバイスが提示されていたため、自身で必要性を感じ対応を考えたというよりも、アドバイスの内容に従って取るべき対応をアンケートに回答していた可能性が考えられる。そのように他者から推奨された事柄については、表面的に納得しただけでは実行されにくいため、このような結果が得られたと考える。

6.4 効果 4：「成果」の効果検証

フィードバックから判断した対応の実行が、CBT の得点にどのような影響を及ぼしたかについて分析した。このプロセスにおいては、グループ毎の区別はせずに分析を行った。それぞれの戦略について、解答者全体を新たに戦略を取るようになった解答者とそれ以外の解答者に分け、1 回目の CBT から 2 回目の CBT での得点の向上量をプロットした。その結果を図 9 に示す。

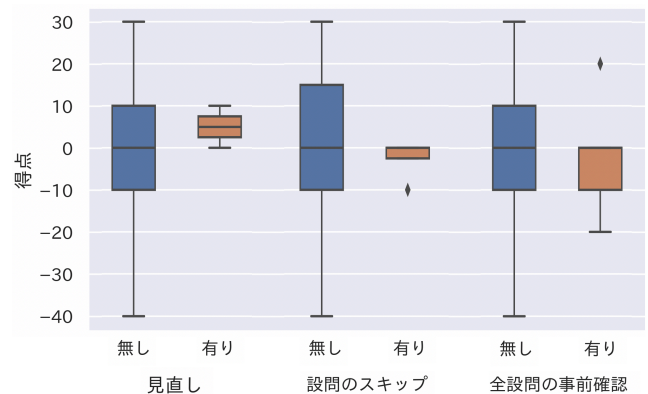


図 9 対応（戦略）の実行による得点の向上

いずれの戦略においても、考えたその戦略を実行した解答者と、それ以外の解答者との間に得点の向上に関して差は見られなかった。今回の検証では、新たな戦略を取ることによる成果の向上への効果は見られない結果となったが、これには今回の実験における CBT の問題が全 8 問、制限時間が 8 分と小規模なものだったことが影響していると考えられる。より設問数が多く、制限時間が長い問題であれば、特にスキップやスキミング等の戦略の実行が得点の向上に大きく影響する可能性があり、今後それを検証していく必要がある。

6.5 フィードバックの効果検証のまとめ

上述の図 4 に示す段階に対応して結果をまとめると、以下のような知見が得られたと考える。

6.5.1 効果 1：「『着眼点の理解』と『問題の認識』」

- 解き方の可視化の提示は時間配分に関する気付きを促す効果が特に高い
- アドバイスがなくても解答者はどこに着目すれば良いかを考え、気付きを得られた

6.5.2 効果 2：「『対応の理解』と『実行の意志』」

- 設問のスキップ、全設問の事前確認の戦略の使用を促す効果がある可能性が示唆された
- 見直しの戦略の使用を促す効果は低いと見られた

6.5.3 効果 3：「対応の実行」

- 解き方の可視化のみを提示された解答者は、取るべき対応として考えた戦略の実行率が高い
- アドバイスも含めて提示された解答者は、取るべき対応として考えた戦略の実行率が低い

6.5.4 効果 4：「成果」

- 新たに解答戦略を用いるようになったことによる得点の向上の効果はほとんど見られなかった。
- 問題の設問数や制限時間等の条件による影響について検証する必要がある

今回の開発と効果検証において、図 4 に示した我々が提案する LA フィードバック効果の段階モデル[15]を用いたことにより、得点の向上の効果（成果）と解答戦略の使用を促す効果（対応の実行）を分離して議論することができ

た。また、解答戦略の変容以前の、フィードバックを受けた際の気付きなどについてもプロセスに分割することによって詳細に分析できた。

7. 結論

本稿では、解答戦略の振り返りや改善を促すための、解答者の問題の解き方を可視化するフィードバック方法を提案し、それを実現するシステムの開発とフィードバックの効果検証を行った。

システムの開発においては、解き方の可視化機能として時間配分を可視化するグラフと解答順序を可視化するグラフを開発した。また、フィードバックの設計の際にはその効果を段階モデルで捉え、フィードバックを閲覧してもその着眼点に気付くことができない、あるいは気付きに対する対応を考えるとできない解答者を補助する目的でアドバイスの機能を開発した。

フィードバックの効果検証の結果、解き方の可視化によって、良くない時間配分に関する気付きが多く促された。それに対する対応として、設問のスキップや全設問の事前確認の戦略を取ることを判断した解答者が複数存在し、実際にその戦略を取るようになった。また、アドバイスは必ずしもフィードバックの効果を高めるとは限らないことが示唆された。

以上のことから、提案したフィードバックは特定の解答戦略の改善を促せる可能性があることが明らかになった。今後は、設問数や制限時間等の条件がフィードバックの効果にどのような影響を与えるかについての検証や、より効果の高いアドバイスの提示方法についての検討を行いたい。

謝辞 日頃より議論の進行を補助し、研究活動に貢献して下さった石井優奈氏に、心より感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] Thurlow, M., Lazarus, S. S., Albus, D., & Hodgson, J.. Computer-Based Testing: Practices and Considerations. Synthesis Report 78. 2010, National Center on Educational Outcomes, University of Minnesota.
- [2] 赤倉貴子, & 柏原昭博. e ラーニング/e テスティング. 2016, ミネルヴァ書房.
- [3] Costagliola, G., Fuccella, V., Giordano, M., & Polese, G.. Logging and visualization of learner behaviour in web-based e-testing. In the International Conference on Web-Based Learning. 2007, p. 452-463. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [4] Sahin, F.. Exploring the relations between students' time management strategies and test performance. In Annual meeting of the National Council for Measurement in Education. 2019
- [5] Csapo, B. and Funke, J. (eds.). The Nature of Problem Solving: Using Research to Inspire 21st Century Learning, Educational Research and Innovation. 2017, OECD Publishing, Paris.
- [6] 宮崎佳典, 相馬あおい, 厨子光政, & 法月健. 英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出の試み. コンピュータ & エデュケーション. 2018, vol. 45, p. 31-36.
- [7] 濱野彰人, 石井優奈, 堀越泉, 田村恭久. CBT 上における様々

- な解答行動の可視化に適した細粒度データの探索. 学習分析学会 第 1 回研究会, 2021.
- [8] 飯山将晃, 中塚智尋, 森村吉貴, 橋本敦史, 村上正行, & 美濃導彦. ペンストロークの時間間隔を用いた解答停滞箇所の検出. 教育システム情報学会誌. 2017, vol. 34, no. 2, p. 166-171.
 - [9] 赤倉貴子.. e テスティング研究の最先端. 教育工学選書 II e ラーニング/e テスティング. 2016, ミネルヴァ書房
 - [10] Sahin, F., & Colvin, K. F.. Enhancing response time thresholds with response behaviors for detecting disengaged examinees. Large-scale Assessments in Education. 2020, vol. 8, no. 1, p. 1-24.
 - [11] Costa, D. R., Bolsinova, M., Tijmstra, J., & Andersson, B.. Improving the precision of ability estimates using time-on-task variables: Insights from the PISA 2012 computer-based assessment of mathematics. Frontiers in psychology. 2021, vol. 12.
 - [12] Dodeen, H.. Teaching test-taking strategies: Importance and techniques. Psychology Research. 2015, vol. 5, no. 2, p. 108-113.
 - [13] McClain, L.. Behaviour during examinations: A comparison of 'A,' 'C,' and 'F' students. Teaching of Psychology. 1983, vol. 10, no. 2, p. 69-71.
 - [14] Hong, E., Sas, M., & Sas, J. C.. Test-taking strategies of high and low mathematics achievers. The Journal of Educational Research. 2006, vol. 99, no. 3, p. 144-155.
 - [15] 堀越泉, 濱野彰人, 田村恭久. Learning Analytics におけるフィードバック効果の段階モデルの検討. 研究報告教育学習支援情報システム(CLE). 2022. (公開予定)