

第1章 「情報I」を出題するためのCBTシステムに関する調査研究

第1章では、大学入試センターにおいて令和3年度までに行った、CBTの特徴を生かした「情報I」の試験問題を出題するためのCBTシステムに関する調査研究の成果をまとめる。

1. 先行研究である阪大システムについての分析

大学入試センターが「情報I」のCBTでの出題に関する調査研究を行う上で参考にできる先行事例は多くなかった中で⁶、平成28～30年度に実施された文部科学省大学入学者選抜改革推進委託事業（情報分野）「情報学的アプローチによる「情報科」大学入学者選抜における評価手法の研究開発」（以下「平成28～30年度文部科学省委託事業」という。）において開発されたCBTシステムは貴重な先行事例であった。本事業の受託者が大阪大学を中心とするグループであったことから、本報告書においてはこのCBTシステムを「阪大システム」と呼ぶこととする。

平成28～30年度文部科学省委託事業は、多面的・総合的な評価を行うための実践的で具体的な評価手法を構築し、その成果を全国の大学に普及することにより、各大学の入学者選抜の改革を推進することを目的としていた⁷。大阪大学を中心とするグループが受託したのは情報分野に関する研究開発だが、情報分野にはプログラミングの力などPBTでは評価しにくいものがあった。そこで、出題できる設問の幅を広げて問いたい力を問えるようにするため、CBTで問うことを前提として検討が進められた。平成28～30年度文部科学省委託事業の実施当時は、情報特有の出題機能を持つ既存CBTシステムがなかったこともあり、CBTシステムを独自開発することとされた。

阪大システムで特筆すべき機能は、大きく2種類の問題形式でプログラミング問題を出題できることである。ただし、いずれの問題形式についても、試験問題のシステムへの登録は専門性を有するシステムエンジニアが行うことが前提となっていた。

①短冊型問題

「短冊型問題」は、問題に示されたプログラムの断片（以下「短冊」という。）を並べ替えて指定された内容のプログラムを作成するといった問題形式である。受験者は、選択肢欄から使用する短冊を解答欄にドラッグ・アンド・ドロップし、短冊を並べ替えて解答を作成する。このような問題形式でプログラミングに関する力を問おうとした理由の一つとして、プログラミングの本質的な力を問うのであれば、プログラミング言語の些末な文法誤り等のみをもって誤答とするような問い方は避けるべき、という考え方があった。この問題形式であれば、受験者はプログラミング言語の些

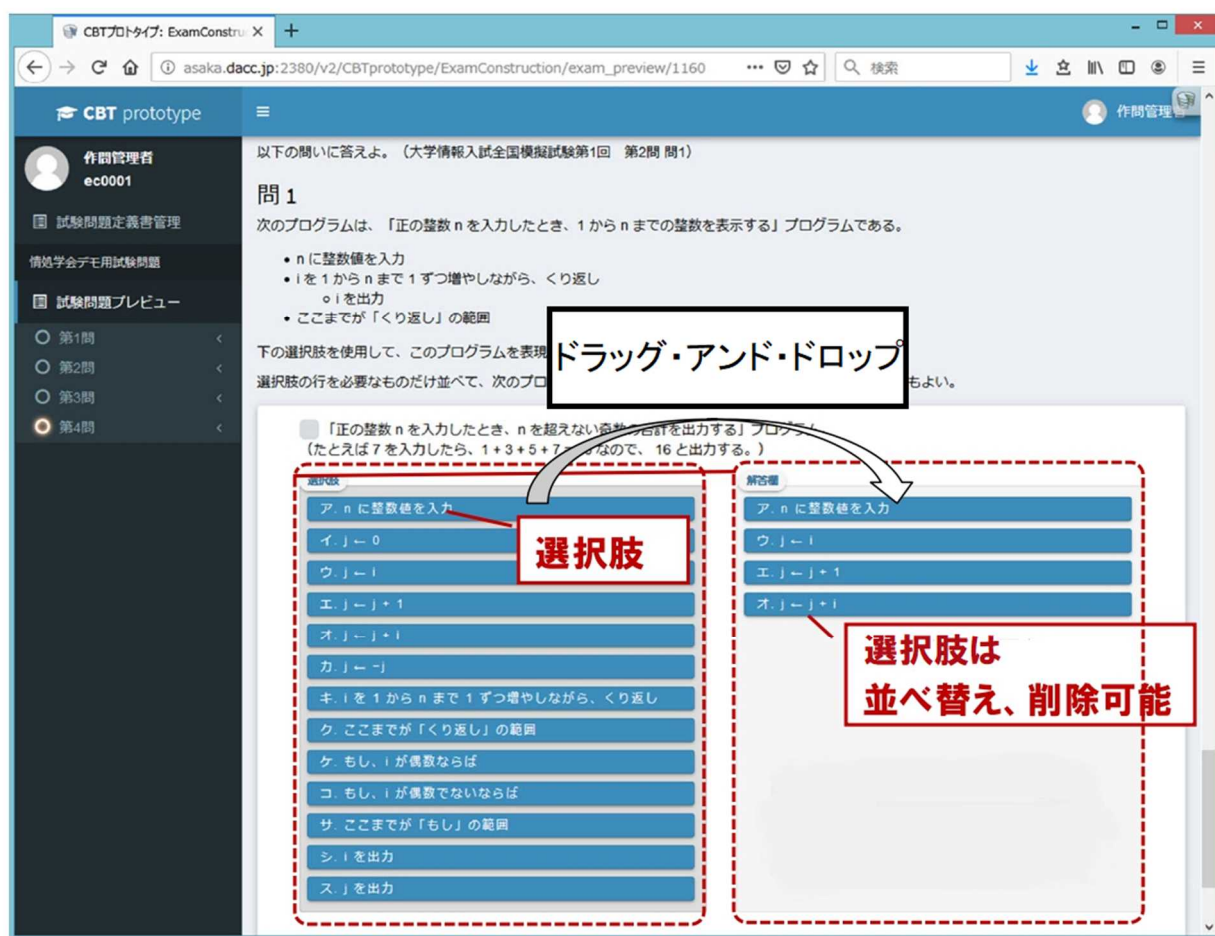
⁶ 令和2年度に大学入試センターは「コンピュータを用いた試験・学力調査における出題・解答形式に関する国内外調査」（受託者：株式会社教育測定研究所）を実施したが、その成果報告書である「CBTにおける出題形式に関する調査報告書—革新的項目タイプを中心として—」においても、情報分野の力を問うCBT試験の事例は取り上げられていなかった。

⁷ https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/senbatsu/1397824.htm（令和4年5月31日閲覧）

末な文法に過度に囚われることなくプログラムを作成できる⁸ので、問いたい力をよりよく問うことができる。また、10～20分程度の解答時間でプログラムを一から入力して作成させることは時間的に難しいが、短冊型問題の形式で出題すれば、受験者は比較的短時間でプログラムを完成できるという理由もあった。

この短冊型問題の解答は、並べ替えられた短冊の順序であることから、選択肢に用意する短冊によっては、正答を一意に定めることが困難になることもあり、部分点を含めると自動的に採点することは容易ではない。

なお、短冊の表示内容は自由で、例えば、実際のプログラミング言語ではなく日本語表記の疑似言語などを表示することもできる。



【図 1】阪大システムの短冊型問題の解答画面（イメージ）

②プログラム実行型問題

プログラムを考案するとき、プログラムを一度で完成させることは一般的には容易ではなく、プログラム案を考え、それをいろいろな入力データで実行し、実行結果を確認し、作成したプログラムの完成度を確認する。完成度が低い場合はプログラムのどこが悪いのかを考え、どのように変

⁸ 受験者の解答時に構文誤りが生じにくいようにするための工夫として、解答欄に短冊をドラッグ・アンド・ドロップする時に自動的に段下げをする機能も備えた。

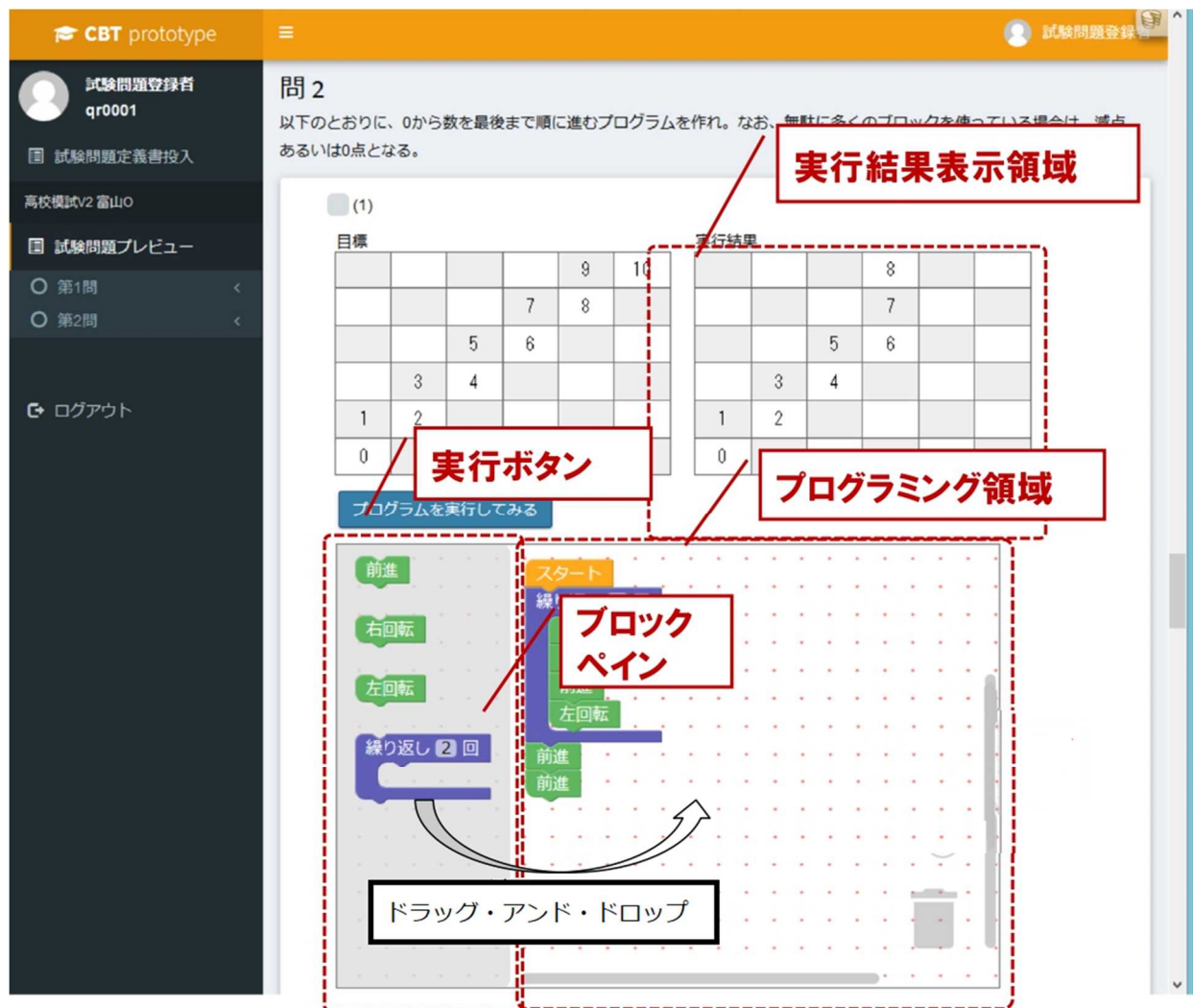
更すればよいかを考えプログラムを修正し、それを実行して実行結果を確認する。このような試行錯誤を繰り返しながらプログラムを完成度の高いものにしていく。

試行錯誤しながらプログラムを完成させる力を評価するためには、CBT でプログラムを作成する機能、及びそのプログラムを実行して結果を表示する機能が最低限必要である。このため、受験者がブロックを用いてプログラムを書き、それを実行して結果を確認し、プログラムを修正して再度実行できる問題形式である「プログラム実行型問題」を開発した。

この「プログラム実行型問題」がどのような問題形式であるかについて、【図2】を例に説明する。これは、碁盤の目状の領域で示された番号の順にロボットを移動させるプログラムを、使用するブロック数を抑えて作成することを求める問題である。ロボットを移動させる際の操作（ロボットに対する移動命令）は、「前進」、「右に90度回転」、「左に90度回転」の3種類である。この3種類の操作でロボットを指示通りに移動させることはできるが、使用するブロック数を抑えるためには「繰り返し」を用いる必要がある。操作系列のどの部分系列を繰り返せばよいかを受験者に発見させ、それを実現するプログラムを作成させることが、この問題のねらいである。

問題では、まず、【図2】の左側の「ブロックペイン」領域に、プログラムを作成するために使用可能な操作がブロックとして与えられる。受験者はそのブロックを「プログラミング領域」にドラッグ・アンド・ドロップしてプログラムを作成する。「実行ボタン」を押せば、【図2】の下側の「プログラミング領域」のプログラムが実行され、実行結果が右上の「実行結果表示領域」に表示される。受験者は、この実行結果を見てプログラムが正しいかどうかを判断する。また、正解となるプログラムは唯一ではなく、複数の解が存在しうるため、採点もプログラムを実行した結果に基づいて行う。

なお、この問題形式では、【図2】のようにブロック型言語を使用することもできるし、【図1】のような短冊型言語、あるいはPythonなどの実用プログラミング言語を使用することもできる。



【図2】 阪大システムのプログラム実行型問題の解答画面（イメージ）

2. 試験問題管理・蓄積に関する研究の中での検討

第2章で触れるとおり、大学入試センターにおいては、令和元～2年度に、文部科学省の大学改革推進等補助金により「先端的試験問題管理・蓄積基盤についての研究」を実施した（受託者：富士通株式会社（当時））。これは、共通テストのような大規模な試験において「情報I」をCBTで出題する場合、受験者数などによっては同一時刻に一斉実施することが難しく、項目反応理論（Item Response Theory；IRT、以下「IRT」という。）等に基づいて複数回試験を実施することも検討する必要があったことから、共通テストで「情報I」をCBT-IRTで出題することについて研究を行ったものである。この研究の中で、プログラミング問題の出題・解答機能について、1で触れた阪大システムの①短冊型問題、②プログラム実行型問題の双方を参考にしながら検討した。この検討の成果のうち、特筆すべきものを以下で紹介する。

(1) プログラミング問題の登録の機能

1にあるとおり、阪大システムでは、作成した試験問題のシステム上への登録は、専門性を有す

るシステムエンジニアが行うことが前提となっていた。しかし、仮に CBT-IRT に基づいて「情報 I」の試験問題を出題するとした場合には、大量の試験問題を作成し、CBT システム上に登録することになるため、情報技術に関する専門性を持たない者でも試験問題の登録を行えるようにすることが重要であった。

このため、「先端的試験問題管理・蓄積基盤についての研究」の中で、疑似言語を利用するプログラミング問題を出題でき、かつ、情報技術に関する専門性を持たない者でも問題の登録を行えるシステムについて検討した。具体化した問題作成画面及び入力方法は【図 3】のようなものである。

【図 3】において「選択肢表示内容」を入力する欄が設けられていることから分かるとおり、本システムにおいても、1 の阪大システムと同様に、短冊への表示内容を任意に設定する機能を備えた。センター試験や共通テストの『情報関係基礎』においてプログラミング問題を出題する際には、高等学校の授業で多様なプログラミング言語が利用されていることから、公平性を鑑みて、大学入試センター独自の日本語表記の疑似言語「DNCL」を使用してきた。共通テストの「情報 I」で CBT を活用し、プログラミング問題を出題するという場合も、特定の言語を使用するのではなく、いずれのプログラミング言語で学んだ受験者にとっても不利益が生じないように、DNCL のような疑似言語を使用することが望ましいと考えたのである。

具体的には、試験問題で表示する短冊を作成する際、短冊を解答欄に置いた場合に機能するプログラムとは別に、受験者が解答画面で見る短冊上の文字を設定することができるようにした。例えば、DNCL で表現した内容を短冊上で表示したい場合は、それを【図 3】(上)の問題作成画面の「選択肢表示内容」欄(左側)に記入し、その短冊を解答欄に置いた場合に機能するプログラミング言語を「実行コード」欄(右側)に記入する。解答時に、DNCL で内容を表現した短冊を並べ替えて作成したプログラムを実行した際には、「実行コード」欄に記入されている内容が実際のプログラムとして実行される。なお、本研究では、「実行コード」のプログラミング言語は Python とした。

解答 *

設問番号	正解
ア	<input type="text" value="20XX年うるう年"/> <input type="text" value="20XX年うるう年ではない"/>
23 / 10000文字	

短冊問題設定 *

	表示順	選択肢表示内容 (DNCL)	実行コード (Python)	
上部固定値	▼	もし year[m] % 4 = 0 ならば	if year[int(m-1)] % 4 == 0;	削除
	▲	もし year[m] % 100 = 0 ならば	if year[int(m-1)] % 100 == 0;	削除
追加				
選択肢	▼	もし year[m] % 4 = 0 ならば	if year[int(m-1)] % 4 == 0;	
	▲	もし year[m] % 100 = 0 ならば	if year[int(m-1)] % 100 == 0;	
追加				
下部固定値				追加

No.	項目名	説明	備考
1	解答		
	設問番号	設問番号を入力します。 ※初期表示では「ア」が入力された状態で表示されます。	最大 3 文字
	正解	正解を入力します。	最大 10000 文字
2	短冊問題設定		
	上部固定値	上部固定値：上部に固定で表示する値を設定します。	
	選択肢	選択肢：プログラミングの選択肢を設定します。	
	下部固定値	下部固定値：下部に固定で表示する値を設定します。	
	表示順	《▲》《▼》をクリックすると、選択肢の表示順を変更できます。	
	選択肢表示内容 (DNCL)	選択肢に表示する内容を入力します。	最大 100 文字
	実行コード (Python)	実行するプログラムのコードを入力します。	最大 1000 文字
	《追加》ボタン	上部固定値/選択肢/下部固定値を増やします。	
	《削除》ボタン	上部固定値/選択肢/下部固定値を減らします。	

【図 3】「先端的試験問題管理・蓄積基盤についての研究」プログラミング問題（短冊式）の問題作成画面（上）と入力に関する説明（下）

(2) 受験者が思考力・判断力・表現力等を発揮して解答する問題を出題するための工夫

「先端的試験問題管理・蓄積基盤についての研究」において具現化された受験者の解答画面（イメージ）は、【図4】のようなものである。本研究で開発したシステムにおいても、阪大システムと同様、組み立てたプログラムを実行させて実行結果を確認できる機能を設けた。これにより、受験者は、【図4】の右下の実行エリアで実行結果を確認し、試行錯誤しながら試験問題の解答に取り組むことができる。なお、受験者が限られた時間で効率的・効果的に試行錯誤を行えるよう、以下のような工夫も施した。

- ・解答エリアにおいて、解答時に短冊を配置できる場所を明示できる。
- ・選択肢エリアにある短冊のうち、一度解答に使用した（選択肢エリアから解答エリアにドラッグ・アンド・ドロップした）ものは着色される。
- ・一度取り組んだものをリセットし、初期状態に戻せる。

また、試験終了後の解答内容の評価に当たっても、受験者が思考力・判断力・表現力等を発揮できたかを分析することを目指し、受験者ごとに操作ログ（画面アクション）を記録して保持することが望ましいと考えた。これにより、仮に正しい実行結果を導き出せなかった解答についても、解答プロセスにより部分点を付与するなどの検討が可能になる。



【図4】「先端的試験問題管理・蓄積基盤についての研究」のプログラミング問題の解答画面（イメージ）

3. TAOのPCIに関する調査研究

共通テストにおいて「情報I」をCBTで出題することについて検討を進めてきたが、「はじめに」にあるとおり、令和7年度共通テストはPBTで実施されることが令和3年7月に決定されたが、この結論に至るまでに実施した「情報I」のCBTでの出題に関する調査研究の成果は、社会に還

元されるべきものである。そこで、令和3年度には、令和2年度までに実施した調査研究で得た成果を、今後の個別大学における大学入学者選抜や初等中等教育段階における情報教育に資するCBTシステムに整えて、社会に還元することを目指した。具体的には、1、2の調査研究を通じて検討したものも含め、CBTの特徴を生かした「情報I」の問題を、諸外国や日本国内において利活用が広がっているCBTプラットフォームのTAOで出題できるようにするための調査研究を、文部科学省の大学改革推進等補助金により実施した。なお、この調査研究の方向性を定めるに当たっては、入学者選抜におけるCBTの活用に関するワーキングチームの委員にも指導・助言いただいた。

TAOは、国際標準化団体であるIMS Global Learning Consortiumが策定するQTI (Question & Test Interoperability) 規格⁹に準拠して構築されているCBTプラットフォームで、ルクセンブルク大学により開発され、現在は、ルクセンブルクにあるOpen Assessment Technologies S.A. (以下「OAT社」という。)により保守・管理されている。TAOはオープンソフトウェアであり、ソースコード等は無料で入手することができる¹⁰こともあり、諸外国で広く使用されている。日本国内でも、文部科学省が開発しているMEXCBT¹¹がTAOをベースとしているため、今後、日本の初等中等教育においてもTAOが広く使用されることが予想される。

QTI規格は、問題(アイテム)とテストデータの表現の基本的な構造についての技術標準であるが、QTI規格に定められている項目タイプとしては【表1】のようなものがある。

【表1】QTI規格3.0に定められている項目タイプ

通常型	選択、並べ替え、組合せ、マトリックス、ホットテキスト、穴埋め、スライダー、記述問題、ファイルアップロード、メディア
穴埋め型	選択肢、テキスト入力
画像	ホットスポット、並べ替え、組合せ、穴埋め

【表1】以外の項目タイプをQTI規格準拠のCBTシステムで出題したい場合は、別途PCI (Portable Custom Interaction)¹²モジュールを開発し、それをQTI規格準拠のCBTシステムに組み

⁹ QTI規格とは、IMS Global Learning Consortiumが策定する、CBTシステム間の互換性・相互運用性の向上を目的とした標準規格である。QTI規格は随時改訂されており、令和4年5月には“IMS Question and Test Interoperability v3.0 Final Release Specification”が公開された。

¹⁰ ただし、ソースコード等を入手した後に動作環境の構築が必要となる。

¹¹ MEXCBTとは、文部科学省が開発・展開を進めている、児童生徒が学校や家庭において、国や地方自治体等の公的機関等が作成した問題を活用し、オンライン上で学習やアセスメントができる公的CBT (Computer Based Testing) プラットフォームである。詳細は、文部科学省ウェブサイト (https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/mext_00001.html) において確認できる。

¹² IMS Global Learning Consortiumが定めるPCIの仕様書(P.10で詳述)の記載を踏まえると、PCIとは、QTI規格に準拠したCBTシステムにおいて情報技術を活用する試験問題や独自形式の試験問題を導入するための取り決めであると言える。

込むことで可能となる。令和3年度当初の段階で最新であった TAO3.3¹³の場合、Audio（音声で解答）、Likert（5段階評価の形で解答）、Liquid（液体の量を示す形で解答）、Math Entry（数式を入力する形で解答）、Text Reader の5種類の項目タイプの PCI モジュールが搭載されているが、これ以外の項目タイプの試験問題の出題は、独自の PCI モジュールを開発して使用することで可能になる。

大学入試センターでも、CBT の特徴を生かした「情報 I」の試験問題を TAO で出題できるようにすることを目指し、以下のとおり、PCI に関する調査研究を実施した。ここではその概要を紹介する。

(1) PCI モジュールの開発に向けた情報収集と研究計画の検討

令和3年夏に PCI に関する調査研究を実施するという方向性は定めたものの、日本国内では QTI 規格や PCI 規格に関する情報が十分に普及している状況ではなく、大学入試センターも調査研究を進める上で必要な情報を有していなかった。このため、まず、調査研究に必要な情報を収集し、その上で研究計画（主に仕様書）を検討した。

PCI 規格の仕様書の入手

PCI モジュールの開発は、IMS Global Learning Consortium が定める PCI 規格の仕様書（IMS Global Portable Custom Interactions Specification）を基に行う必要がある。本仕様書は、令和4年5月時点では確定されていないが、日本国内の法人等の場合、日本 IMS 協会（<https://www.imsjapan.org/>）の会員であれば本仕様書(案)を閲覧することができる。このため、大学入試センターは令和3年9月に日本 IMS 協会に入会した。また、大学入試センターが入札公告を行う調査研究への応札条件にも、「IMS Global Learning Consortium 又は日本 IMS 協会に入会している（又は入会申請中である）こと」を含めた。

PCI モジュールの開発事例やその成果物の収集

本調査では、諸外国を中心に増えている PCI モジュールの開発事例も参考とした。例えば、フランスでは、TAO を用いての全国一斉の学力調査が実施されているが、従来の TAO にはない問題形式の試験問題を出題するために様々な PCI モジュールを開発し、実際に学力調査で活用している。それらの開発を手掛けてきたフランス企業の Wiquid が過去に開発した PCI モジュールを参考にした¹⁴。また、Wiquid は新規の PCI モジュールを開発するための Web アプリケーション“Wiquid’s PCI Generator for TAO platform Free to use”（オープンソース）を作成しているが、これを Wiquid

¹³ 令和4年2月に、OAT 社から TAO3.5 が公表された。

¹⁴ 令和4年3月までに25種類の PCI モジュールを開発した実績があり、その多くがフランス国内の学力調査において使用されている。なお、Wiquid がこれまでに作成した PCI モジュールについては、同社ウェブサイト（<https://www.wiquid.fr/index.php/sample-page/>）で紹介されている。

から提供してもらい、活用した。

仕様書の作成

その上で、PCIに関する調査研究を外部委託により実施することとしたが、仕様書に記載する具体的な開発内容については、仕様策定委員会（テスト理論、情報・情報技術、情報教育の専門家から構成）における議論を踏まえて決定した。

また、仕様書に示す開発手法についても、専門家の意見を踏まえて検討した。従来、官公庁が発注するシステム開発の方式としては、ウォーターフォール開発のように、開発を開始する前にあらかじめ開発内容を決定する方式が採用されることが多かったが、令和3年3月に内閣官房情報通信技術（IT）総合戦略室から「アジャイル開発実践ガイドブック」が公表され、政府情報システム開発においても、従来の開発スタイルとは別にアジャイル開発¹⁵という選択肢を設ける必要があることが示された。また、「アジャイル開発実践ガイドブック」においては、「開発手法としてアジャイル開発を採用する場合には、専門知識を有する第三者（CIO 補佐官、外部の支援事業者など）による状況判断の機会を設ける¹⁶」ことが推奨されている。これらのことも踏まえ、大学入試センターが実施するPCIに関する調査研究についても、アジャイル開発を参考にするとともに、開発の過程で有識者の助言も受けながら開発内容を柔軟に調整できるような仕様書を作成した。具体的には、受託者に、大学入試センターや大学入試センターに設置されている有識者会議¹⁷（以下単に「有識者会議」という。）と月に1回程度協議し、協議の場で開発状況について報告したり、開発内容に関して意見交換したりすることを求めた。その際に、進捗状況が分かる資料やモックアップ、プロトタイプを適宜提示することを求め、開発の状況を大学入試センターや有識者会議と十分に共有できるようにした。さらに、大学入試センターや有識者会議と協議した内容を可能な限りその後の調査研究に反映させること、反映させることが困難な場合は調査研究報告書にその旨を記載することも求めた。

(2) プログラミング問題 PCI モジュール（受託者：BPS 株式会社）

プログラミングを行う際、最初から完成されたプログラムを書き上げるようなことはなく、作成途中のプログラムの動作を確認しながら段階的にプログラムを完成に導いていくのが通常である。よって、プログラミングについて出題したい場合、本来であればそのようなプロセスを通じて受験者の力を問う、すなわち、受験者が自分でプログラムを組み立てて実行し、試行錯誤の過程を経る

¹⁵ 「アジャイル開発実践ガイドブック」においては、アジャイル開発とは「インクリメンタルかつイテレーティブな開発」と表現されている。インクリメンタルとは、漸次的に（少しずつ）作り進める様を表す語で、イテレーティブとは、反復的に開発行為を繰り返すことを表す語であり、アジャイル開発とは「少しずつ反復的に作り進める開発」とであるとされている。

¹⁶ 「アジャイル開発実践ガイドブック」（内閣官房情報通信技術（IT）総合戦略室）P.29

¹⁷ 有識者会議は、入学者選抜における CBT 活用に関するワーキングチームの一部の委員から構成した（巻末の名簿を参照）。

がら目標に近づけていくといった解き方を通じて問うことが望ましいと言える¹⁸。また、本質的な力を問うのであれば、プログラミングにおける些末な文法間違いのみをもって誤答とすることは避けるべきという思想も引き継ぐこととした。これらの考え方を踏まえ、指定した内容のプログラムを「短冊」の並べ替えにより構築させるといった問題形式によりプログラミング問題を出題する「プログラミング問題 PCI モジュール」を開発することとした。

開発した PCI モジュールにより TAO 上でプログラミング問題を作成・出題した場合の解答画面（イメージ）を【図 5】に示す。また、開発に当たって特に検討した点について以下に述べる。



【図 5】プログラミング問題 PCI モジュールで作成・出題する問題の解答画面（イメージ）

専門性を必要としない問題作成・登録画面

プログラミング問題を出題する場合、同じ実行結果を導くプログラムが複数存在したり、受験者の解答内容によっては例外的な処理が発生したりすることを考慮する必要がある。問題の作成・登録の際に情報技術に関する高い専門性が必要となると、そもそもプログラミング問題 PCI モジュールを活用しにくかったり、活用しても出題傾向に偏りが出たりする恐れがあったため、プログラミング問題 PCI モジュールにおいても、2 の検討時と同様、情報技術に関する専門性を持たない試験関係者でも問題の作成・登録を行えるようにすることを重視した。

【図 6】は、このことを重視して開発したプログラミング問題 PCI モジュールにおける問題作成画面である。画面上部に「問題欄」、画面左枠に「短冊型コード選択肢欄」、右枠に「解答欄」をそれぞれ配置した。問題作成の大まかな手順は以下のとおりとなる。

- ①画面上部の「問題欄」に問題文を入力する。
- ②画面左枠の「短冊型コード選択肢欄」に、問題で選択肢として表示する短冊を配置する。
- ③配置した短冊が持つ役割（JavaScript のコード）や、短冊上に表示する内容を入力する。

¹⁸ PBT のプログラミング問題では、従来のセンター試験及び共通テストの『情報関係基礎』や、令和 3 年 3 月に大学入試センターが公表した「サンプル問題（情報）」にあるような、問題作成者がつくったプログラムを読み解くことが中心の出題になるケースが多い。令和 3 年報告書の付録 2 の参考資料 1 を参照。

④解答時、(受験者がドラッグ・アンド・ドロップで配置せずとも) 最初から解答欄に配置されている短冊(固定短冊)を解答欄に配置する。

具体的な問題作成の手順については、本報告書の付録3-1「プログラミング問題 PCI モジュール 操作マニュアル」と付録3-3・3-4「プログラミング PCI モジュール 問題例とその作成方法」に記載している。



【図6】 プログラミング問題 PCI モジュールの問題作成画面

短冊の形態・表示内容

TAO 上で、受験者が自分でプログラムを組み立て実行し、試行錯誤の過程を経ながら解答するプログラミング問題の出題を実現するため、短冊の形態や表示内容についても検討を行った。

TAO 上で動作する PCI モジュールは全て JavaScript で構築されているため、それぞれの短冊には実行時に処理される JavaScript のコードを割り当てる必要がある。しかし、プログラミング問題 PCI モジュールで出題する試験問題で問いたい力は、JavaScript という言語を習得しているかではなく、プログラミングの組み立て方や論理的な思考を学ぶことにあることから、JavaScript 特有のコーディング規制や構造などの特性を理解していなくとも解答することが可能な形にすることを目指した。このため、短冊に表示する内容は、1、2の先行事例も踏まえ、プログラムを構成する JavaScript の命令文とするのではなく、問題作成者が設定する疑似言語など任意の内容とできるようにした。

また、短冊の類型は「process」「while」「for」「if」「if else」「print」の6種類とし、それぞれ、「短冊型コード選択肢欄」の上にあるボタンをクリックすることで該当する種類の短冊が「短冊型コード選択肢」内に配置されるようにした。また、短冊は類型ごとに色分けをすることとした。更

に、ユニバーサルデザインへの対応のため、各短冊の特性が外観からも分かるよう、短冊の左上に類型を示すアイコンを配置した。

例外的な処理が発生した場合の対応

プログラミング問題を出題するにあたり、while や for を用いた無限ループ（処理が永久に終わらない状態）によって、CBT を行う端末に大幅な負荷をかける可能性があるため、このことに対する対策を十分に行う仕様とした。具体的には、ループ処理が 1000 回実行された場合や、全体の処理に指定秒数（デフォルトは 5 秒、変更可能）を上回る実行時間が経過した場合において、強制的に処理の中断がかかる仕様とした。

不正行為等への対応

プログラミング問題 PCI モジュールを使用して出題する試験問題ではプログラムそのものを扱うため、不正なコードを挿入するインジェクション行為により、試験問題の破壊的行為や他の受験者の解答内容の不正入手など、試験実施に支障をきたす不正行為が、意図する、しないに関わらず発生する可能性がある。このため、これらの不正行為を防止する仕様とした。具体的には、自由記入が可能な短冊には入力可能な文字を制限したり、特定の文字が入力された場合に強制的に削除したりできるようにした。

一方、不正行為への対応をしすぎてしまうと、短冊形コードを活用したプログラミング問題の幅や拡張性が失われてしまい、学習の方向性における選択の幅を狭めることにつながる。このため、上記のような制限の範囲や種類については、出題者が問題作成時に選択肢プロパティから変更できるような仕様とした。

なお、この観点から、短冊中の空欄に関数を入力できる仕様にするということについても、有識者会議にて議論を行った結果、見送ることとした。関数を実装すると、インジェクション行為など不正行為への対策を増やす必要性が高まることに加え、JavaScript の特性に大きく左右されるという事情もあり、搭載の実現には更に詳細な設計が必要であるとされた¹⁹。

大学入試センターと有識者会議は、プログラミング問題 PCI モジュール開発の受託者である BPS 株式会社と計 5 回の協議を実施した。これとは別に、大学入試センターと BPS 株式会社の打合せも随時実施した。調査研究の成果物として納品されたプログラミング問題 PCI モジュールは、GitHub において公開している (<https://github.com/rdncuee>)。プログラミング問題 PCI モジュールの操作マニュアルは本報告書の付録 3-1、ソースコード説明書は付録 3-2 として掲載している。また、プログラミング問題 PCI モジュールにより作成・出題できる問題例については、付録 3-3・3-4 で紹介している。

¹⁹本報告書の付録 6-1 「教科「情報」の CBT 試験を TAO で実施するための PCI に関する調査研究業務（プログラミング問題） 調査研究報告書」P.10-11 に詳述。

なお、大学入試センターや有識者会議と協議したが PCI モジュールに反映させることが困難であった内容とその理由などについてまとめた調査研究報告書は、付録 6-1 として掲載している。

(3) 散布図 PCI モジュール、クロス集計 PCI モジュール（受託者：データアクセス株式会社）

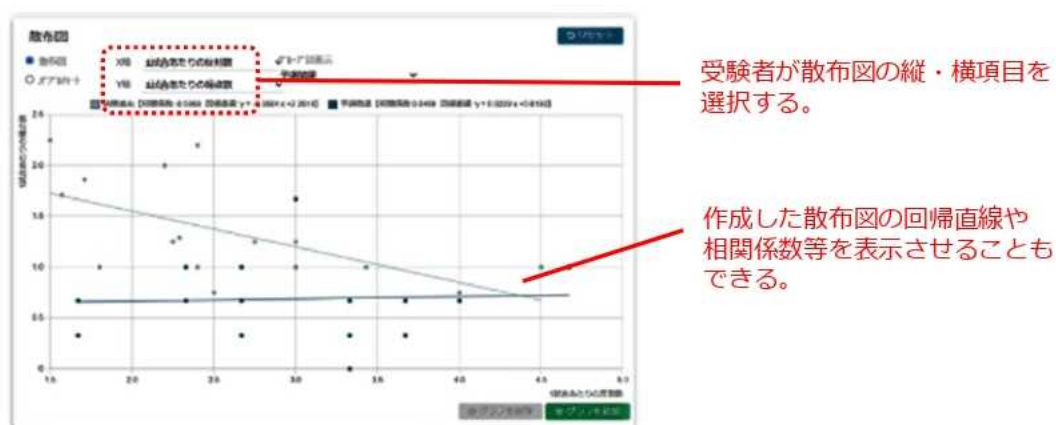
「情報 I」の内容として、新しく「(4) 情報通信ネットワークとデータの活用」が設けられた。この項目についても、PBT で問う場合、時間内に手計算で処理できる程度のデータしか試験問題で扱えないが、CBT で問うことで、大量のデータを試験問題で扱える。また、「情報 I」でも重視している実データを扱うことも容易になる。

このような出題を実現する TAO の PCI モジュールの先行事例として、EtherCalc²⁰という Web ベースの表計算システムを基にした PCI モジュール（オープンソース）が存在する（開発元：Wiquid）。ただし、この PCI モジュールはタブレット型パソコン上での操作ができない、パソコン上での操作が複雑であるという課題があったため、大学入試センターではこれらを克服した PCI についても調査研究することとした²¹。具体的には、以下の 2 つの PCI について調査研究を行うこととした。

「散布図 PCI モジュール」：TAO の解答画面で散布図を作成し、その散布図や回帰直線、相関係数等を基に試験問題に解答させる。

「クロス集計 PCI モジュール」：TAO の解答画面でクロス集計を行い、その集計結果を基に試験問題に解答させる。

開発した PCI モジュールにより TAO 上で散布図やクロス集計の試験問題を出題した場合の解答画面（イメージ）を【図 7】【図 8】に示す。また、開発に当たって特に検討した点について以下に述べる。



【図 7】 散布図 PCI モジュールで作成・出題する問題の解答画面（イメージ）

²⁰ EtherCalc は <https://ethercalc.net/>において使用することができる（令和 4 年 5 月 31 日閲覧）。

²¹ ただし、EtherCalc を基にした PCI モジュールも大学入試センターの調査研究の参考になるため、開発元の Wiquid から入手し、本調達の入札公告期間中に当該 PCI モジュールについての情報を応札者が求める場合、閲覧を認めた。



【図8】クロス集計 PCI モジュールで作成・出題する問題の解答画面（イメージ）

散布図 PCI モジュールとクロス集計 PCI モジュールの位置付け

散布図 PCI モジュールとクロス集計 PCI モジュールは、プログラミング問題 PCI モジュールと異なり、受験者が問題を解答するためのデータ分析を行うツールの位置付けとした。すなわち、これらの PCI モジュールと組み合わせて出題される選択問題や並べ替え問題などへの解答が受験者の解答となるのであって、散布図エリア及びクロス集計エリアでの操作・表示結果が受験者の解答となるものではない。ただし、PCI モジュール内で受験者が設定した内容は TAO の解答データとして記録することができるようにした。

取り扱うデータの登録

散布図 PCI モジュールとクロス集計 PCI モジュールでは、取り扱うデータを、問題作成者が各 PCI モジュールの機能を使って、文字コード UTF-8 の CSV 形式ファイルをアップロードすることにより登録する。

登録した CSV 形式ファイルの内容は、基データとして散布図エリア又はクロス集計エリアの上部に表示され、その各列（カラム）の項目名が、散布図エリア又はクロス集計エリアでの表示・集計の対象の項目となる。

複数の「散布図エリア」、「クロス集計エリア」の表示

受験者は、散布図 PCI モジュールでは散布図エリアを、クロス集計 PCI モジュールではクロス集計エリアを、それぞれ1つ以上最大4つまで作成・表示できる。これは、受験者が異なる観点で同時にデータ分析し、その結果を並べて比較、検討できるようにすることをねらいとしたものである。

複数の散布図エリアとクロス集計エリアとも、同じ画面上で上下に配置している。この配置については、主な対案として以下を検討した。

(対案1) 追加した散布図エリアとクロス集計エリアを同じ画面上でなく、それぞれ別ウィンドウの画面上に表示する。

(対案2) 追加した散布図エリアとクロス集計エリアを同じ画面上に、上下でなく、左右に配置して表示する。

対案1は、ブラウザが具備するポップアップブロック等の機能の影響を受け表示動作が保証できないことから対応を見送った。また、対案2では、個々の散布図エリアまたはクロス集計エリアの横幅が従来の半分以下となり、ユーザインタフェースの観点から好ましくないことから対応を見送った²²。

受験者への表示内容と受験者による操作の制限

散布図 PCI モジュール及びクロス集計 PCI モジュールでは、問題作成者が、受験者がデータを分析する際にエリアに表示する内容や、受験者に許可する操作を、以下のとおり柔軟に設定することができる。これにより、多様な問題の作成が可能となっている。

○散布図 PCI モジュール

- ・外れ値の操作可否

外れ値と思われる値を外した上での分析を受験者に求めるか否かは、試験問題の内容に依存する。そのため、分析の際に受験者が任意の値を除外して分析することを可能とするか否かは、問題作成者が設定できるようにした。

- ・相関係数、回帰直線の表示/操作可否

データ分析手法として一般的な相関係数、回帰直線、決定係数 (R^2) が作成された散布図に表示されるのがよいか否かは、試験問題の内容に依存する。そのため、受験者が散布図を作成した際に相関係数、回帰直線、決定係数 (R^2) が表示されるようにするか否かは、問題作成者が設定できるようにした。なお、これらを表示させる場合、自動的に表示させることとするか、受験者に表示の有無を選択させることとするかについても、問題作成者が設定できる。

○クロス集計 PCI モジュール

- ・表示できる表/グラフの種類の制限

クロス集計 PCI モジュールでクロス集計として表示可能な表/グラフを【表2】に示す。表示可能な表/グラフの種類は多いが、クロス集計結果の表示に適切な表/グラフは、取り扱うデータの内容に依存して決まると考えられる。このため、クロス集計 PCI モジュールでは、受験者が使用できる表/グラフを問題作成者が【表2】の中から設定できることとした。

【表2】クロス集計 PCI モジュールで表示可能な表/グラフの一覧

No.	日本語表記[英語表記]	説明
1	表[Table]	クロス集計データを表形式で表示する
2	表(要素を棒グラフ)	クロス集計データを表形式で表示し、各セルにその値を

²²本報告書の付録6-2の「教科「情報」の CBT 試験を TAO で実施するための PCI に関する調査研究業務（データ活用問題）調査研究報告書」P.26-27 に詳述。

	[Table Barchart]	棒グラフで表示する
3	ヒートマップ(全体比較) [Heatmap]	クロス集計データを表形式で表示し、各セルの値の大きさを色で視覚化して表示する
4	ヒートマップ(行内比較) [Row Heatmap]	クロス集計データを表形式で表示し、行毎に各セルの値の大きさを色で視覚化して表示する
5	ヒートマップ(列内比較) [Col Heatmap]	クロス集計データを表形式で表示し、列毎に各セルの値の大きさを色で視覚化して表示する
6	折れ線グラフ [Line Chart]	クロス集計データを、列項目を X 軸にして行項目毎の値をプロットし、行項目毎に関連する項目の点を直線で繋いで表示する
7	棒グラフ(横) [Horizontal Bar Chart]	クロス集計データを、行項目を Y 軸にして列項目毎の値を棒グラフで表示する
8	積み上げ棒グラフ(横) [Horizontal Stacked Bar Chart]	クロス集計データを、行項目を Y 軸にして列項目毎の値を積み上げた形式の棒グラフで表示する
9	棒グラフ [Bar Chart]	クロス集計データを、列項目を X 軸にして行項目毎の値を棒グラフで表示したもの
10	積み上げ棒グラフ(横) [Stacked Bar Chart]	クロス集計データを、列項目を X 軸にして行項目毎の値を積み上げた形式の棒グラフで表示する
11	積み上げ折れ線グラフ(横) [Area Chart]	クロス集計データを、列項目を X 軸にして行項目毎の値を積み上げた形式でプロットし、行項目毎に関連する項目の点を直線で繋いで表示する

・集計値の種類制限

クロス集計 PCI モジュールでは、受験者が選択できる集計値の種類を、データ分析で一般的な「件数」、「合計」、「平均」、「最大」、「最小」のみとしている。しかし、クロス集計 PCI モジュールが使用するライブラリには他に多くの集計値の種類が用意されている。将来的にこれらの一部が一般的となり、出題・解答時に利用するケースが発生することを考慮し、ライブラリを編集することによって集計値の種類を追加することが可能とされている²³。

受験者の操作性や視認性の向上に資するための取組

今回の調査研究では、受験者の操作性や視認性の向上も重視した。ここでは、散布図 PCI モジュールでの受験者の操作性や視認性の向上のために取り組んだ内容を挙げる。

・同じ値のデータの表示

散布図は、同じ値のデータが存在する場合、同じプロットの形式でデータを重ねて表示する

²³ クロス集計 PCI モジュールのライブラリの編集方法については、付録5-1の「開発した PCI モジュールの使用に関するマニュアル (クロス集計)」P.14-15 に詳述。

ので、受験者はその重なりを認識しづらい。このため、受験者がバブルチャートによる表示を選択できるようにしている。バブルチャート表示とした場合、同じ値のデータがあった場合、その点は大きく表示されるので、受験者がデータの重なりを認識しやすくなる。

・外れ値の選択

上述のとおり、散布図を PCI モジュールでは、受験者が任意の値を除外して分析することを可能とする設定ができるが、それを可能とした場合、受験者は外れ値を散布図上でポインティングして選択することができる。

大学入試センターと有識者会議は、散布図 PCI モジュール、クロス集計 PCI モジュール開発の受託者であるデータアクセス株式会社と、計 5 回の協議を実施した。これとは別に、大学入試センターとデータアクセス株式会社の打合せも随時実施した。調査研究の成果物として納品された散布図 PCI モジュールとクロス集計 PCI モジュールは、GitHub において公開している (<https://github.com/rdncuee>)。散布図 PCI モジュールの操作マニュアルは本報告書の付録 4 - 1、ソースコード説明書は付録 4 - 2、散布図 PCI モジュールにより作成・出題できる問題例については付録 4 - 3 で紹介している。クロス集計 PCI モジュールの操作マニュアルは本報告書の付録 5 - 1、ソースコード説明文書は付録 5 - 2 として掲載している。また、クロス集計 PCI モジュールにより作成・出題できる問題例については、付録 5 - 3 で紹介している。

なお、大学入試センターや有識者会議と協議したが PCI モジュールに反映させることが困難であった内容とその理由などについてまとめた調査研究報告書は、付録 6 - 2 として掲載している。

【コラム①】 IMS Global Learning Consortium について

大学入試センターでは、令和 4 年 1 月から国際標準化団体である IMS Global Learning Consortium[1] (以下「IMS-GLC」という。) に加入している。

IMS-GLC は、e-Learning や CBT を効果的に活用するための技術標準を策定する非営利団体である。IMS-GLC は、1997 年に EDUCAUSE の National Learning Infrastructure Initiative 内のプロジェクト (教育管理システムプロジェクト) として発足し、1999 年に EDUCAUSE からスピンアウトし、独立した組織になった。IMS-GLC では、標準規格の策定だけでなく、開発されたシステムやモジュールが標準規格に適合しているかを検証し、認証を与えることも行なっている。

国内では、IMS-GLC の諸事業の普及のために日本 IMS 協会[2]が設立されている。日本 IMS 協会は、IMS-GLC に日本から参画する団体、及び日本国内での普及活動を行う団体による自主的な組織であり[3]、大学入試センターでは、日本 IMS 協会に令和 3 年 11 月から加入している。IMS-GLC は、CBT システム間の互換性・相互運用性の向上を目的とした標準規格である QTI 規格(Question & Test Interoperability)を策定している。QTI 規格は、オーサリングツール、アイテムバンク、テスト構成ツール、学習プラットフォーム、スコアリング/分析エンジン間で質問項目やテストコンテンツ、解答データの交換を実現させるため、XML 形式のデータ構造を用いている[4][5]。今後、CBT の開発は、項目データや解答履歴データの共有・再利用に向けて QTI 規

格への準拠の必須化が予想される。QTI規格は、令和4年2月時点で Version 3.0 Public Candidate Final が公開されている。このバージョンでは、「HTML5 及び Web コンポーネントのマークアップへのサポート」や「Computer Adaptive Testing（受験者の学力を逐次的に測定し、その学力に応じた項目を選択することによって効率的に学力を測定できる）のサポート」、「PCI モジュールのサポート」等が含まれている。PCI モジュールは、QTI 規格に準拠したシステムに新しい形式の質問項目を導入することができる。

令和3年度に大学入試センターが開発した PCI モジュールは、CBT のプラットフォームである OAT 社の TAO[6]での利用を想定している。TAO は QTI 規格に準拠して構築されており、OECD PISA に活用されるなど諸外国で利活用が広がっている。

大学入試センターでは、IMS-GLC に加入し、引き続き、QTI 規格や PCI モジュールに関する調査研究を進めていく予定である。

参考文献

[1]IMS Global Learning Consortium、<https://www.imsglobal.org/> (参照 2022-02-04)

[2]日本 IMS 協会、<https://www.imsjapan.org> (参照 2022-02-04)

[3]山田恒夫、日本 IMS 協会の成立とミッション：次世代 ICT 活用教育と国際標準化、法政大学情報メディア教育研究センター研究報告、Vol. 33、pp. 2-5、2019

[4]IMS Question & Test Interoperability (QTI) Specification、
<https://www.imsglobal.org/question/index.html>

[5]永井正一、QTI 概説、法政大学情報メディア教育研究センター研究報告、Vol. 33、pp. 18-21、2019

[6] Open Assessment Technologies TAO、<https://www.taotesting.com> (参照 2022-02-04)

(執筆：宮澤芳光 (大学入試センター研究開発部助教))

【コラム②】“CBT ならではの”の問題とは ～「情報 I」の CBT 試験を考える～

GIGA スクール構想によって、児童生徒が学ぶ現場で ICT の活用が急激に進んでいる。このような流れの中、大学入試を含め試験の CBT 化が検討されるのは、自然な流れとも言える。国も未来投資戦略 2018 や A I 戦略実行会議などで、共通テストにおける『情報 I』の出題とともに CBT での実施について検討するとしてきた。これらを踏まえ、有識者が検討した結果は、「令和7年度大学入学共通テストでは PBT で行うこととする。」として、引き続き CBT に関する調査研究を進めるとしている。この大学入学共通テストの CBT 実施については、令和3年3月の「大規模入試選抜における CBT 活用の可能性について (報告)」に詳しく述べられている。

試験に CBT を導入する利点は、試験運用や評価・分析の側面が表に出ることが多いが、ここでは、これまでの Paper-Based Testing (紙の試験、以下「PBT」という。)では問えなかった問題や測ることが難しかった力を測定することができる問題、つまり“CBT ならではの”の問題とはどういう問題か、特に「情報 I」の試験問題で求められる CBT の問題に組み込む機能を、現実

的な視点で考えてみたい。

共通テストに新科目「情報Ⅰ」が実施されると報道された時、SNSなどでさまざまな反応が見られた。その中で、「情報Ⅰ」はPBTではなく、CBTで行うべきだという声があつた。私は、PBTでも「情報Ⅰ」の大学入学に求められる資質・能力は十分に測れると考えている。しかし、CBTだからこそ、PBTでは測ることが難しかった知識や技能を活用したり応用したりして思考・判断・表現し、主体的にパフォーマンス課題に取り組む態度まで測れる可能性があるとも考えている。ゆえに、「情報Ⅰ」のCBT試験は、単なる紙の試験をコンピュータ上の試験に置き換えたものではなく、「情報Ⅰ」の科目が持つ特性により、受験者が能動的にコンピュータを操作して双方向性のあるプロセスの中で問題の解答を導き出す”CBTならではの”問題があつてこそその試験でなければならない。

PBTでは実現が難しい”CBTならではの”問題とはどういう問題か。国際的にも実績があるTAOの標準パッケージに含まれる問題形式（インタラクション）を見てみると、やはり多くの科目で利用できる動画や音声などメディアを使った問題になる。そこで、「情報Ⅰ」の問題に特化した問題形式に組み込む機能（以下「組込機能」という。）に求められる要件を次のように考えてみた。

- ①測りたい資質・能力が、その機能を使った問題でより測ることができる。
- ②その機能を操作できるか否かが測りたい資質・能力に影響を与えない（その機能を誰もが容易に操作することができるよう、場合によっては試験前に説明や練習が必要）。
- ③単なる解答の正誤だけでなく、解答を導くまでのプロセスを評価することができる。
- ④その機能を使って問題を解くプロセスが、日ごろ学習において実施しているような双方向性のあるものになっている（日ごろの学習プロセスと問題が乖離していない）。
- ⑤その機能を使い、さまざまな問題を作成できる汎用性がある（特定の問題のために作られたスペシフィックな機能でない）。

今回、大学入試センターにおいて、「情報Ⅰ」のCBTの問題に組み込む機能として検討したものは、プログラミング問題とデータの活用の問題を作成する機能である。これは、共に大学教育に繋がる「情報Ⅰ」の重要な領域であるとともに、先に挙げた要件の中で、①～③はもちろんの事、④と⑤の両方を満たしている稀有な機能である。

(1) データの活用の問題の組込機能

データの活用の領域で求められることは、データを表現、蓄積するための表し方と、データを収集、整理、分析する方法についての理解と技能、そして、思考力、判断力、表現力等を発揮しデータの収集、整理、分析及び結果の表現の方法を適切に選択し、実行し、評価し改善することである。これらを実行するためのCBTの機能としては、一般によく使われている表計算ソフトウェアを利用するという考え方もあるが、表計算ソフトウェアは高機能であるがゆえに操作能力、活用能力がその問いで測りたい資質・能力に大きく影響を与えてしまう可能性がある。このため、操作は極力簡略化し、受験者は、直感的な操作でデータを分析することができる必要がある。そこで、データの分析でよく使う散布図とクロス集計を受験者自らが作成するという機能に限定することで、一定のデータ分析ができると考える。ここで、この機能を使った問題作成で

留意すべき点は、この機能の操作結果が解答になるのではなく、この機能を使って分析した結果をもとに問いに答える問題でなければならないことである（第1章3. (3)を参照）。

(2) プログラミングの問題の組込機能

プログラミングの領域で求められることは、問題解決の場面の中で、目的に応じたアルゴリズムを考え適切な方法で表現し、プログラミングによりその過程を評価し改善することである。これら进行评估するための CBT の機能としてプログラミング環境を考えた場合、受験者が学ぶプログラミング言語やプログラミング環境を考えると、特定のプログラミング言語のコードをテキストで記述させるのは、現実的ではないし、コーディングスキルの影響が大きく出てしまう。そこで、各問題にかけられる時間も踏まえて考えると、疑似言語を含めさまざまなプログラミング言語に対応する短冊（1行分のコードをブロック化したもの）を並べ替えてコーディングする環境が適切であると考えられる。受験者は、与えられた短冊型コードを組み合わせ、試行錯誤しながら求めたい実行結果が得られるプログラムを完成させる。これは、まさに実用的なプログラミング言語を使って、目的のプログラムを作り上げるプロセスにも近い。また、同じ結果を導き出すさまざまなプログラムが存在するように、解答は短冊の並び順ではなくプログラムの実行結果のみを解答とすることも可能になる。逆に、正答を導けなくても、どのように短冊を組み立てたかで、思考のプロセスも評価することが可能になる。さらに、問題の構成によっては、プログラムの実行結果から考察して得られた解答を、多肢選択や空欄補充で解答することも可能になる（第1章3. (2)を参照）。

この二つの組込機能は、あくまでも問題を構成する一つの機能に過ぎない。しかし、(1)であれば多種多様なデータを登録することによって、(2)であれば、登録する短冊を変更することによって、さまざまな問題を作成することができる。もとより、問題作成者は、「情報 I」に係る受験者の資質・能力を適切に測るために、より実践的な問題解決を題材に、これらの組込機能を生かした思考力・判断力・表現力等を発揮して取り組める問題の作成に努めなければならない。

（執筆：水野修治（大学入試センター試験問題調査官））