

Computational Thinking は 大学入試を変え得るか

萩原兼一

大阪大学

大学入学者選抜改革推進委託事業

大阪大学が代表機関となり、東京大学と本会が連携大学等として、約2年半実施してきた文部科学省・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」¹⁾が2019年3月末に終了した。本稿ではこの委託事業を振り返る。

本委託事業で解決が求められているのは、主に次の2つの課題である。

P1. 情報分野において知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力(以降では Thinking, Judgement, Expression の頭文字をとって TJE と略す)を評価するための実践的で具体的な評価手法を構築する。

P2. 本委託事業で開発する手法は、各大学の個別入試で利用できる高いレベルのものであり、この手法を多くの大学に普及させる。

さらに、この委託事業募集時の文部科学省の担当者からは、10年先を見越して斬新的な手法を考えてほしい、とも付け加えられた。

本委託事業のタイトルにつけた「情報学的アプローチによる」は、この大学入試改革に Computational Thinking²⁾(以降では CT と略す)を適用してみようという意図がある。ここでは、CT をコンピュータ科学者が問題解決するときの考え方、という意味で使っている。上記課題 P1 をコンピュータ科学者が解決すればこのようになる、ということを示したい。私が小学生のころの生物学は、「桜の花びらは何枚？」などと分類学的なものであっ

た。そこに物理的な考え方が入り、数式が使われるようになり、さらに CT によりゲノム解析や、生体機能のシミュレーションなどができるようになり、生物学は飛躍的に発展した。同様に、CT は、物理学、化学、統計学、経済学などの分野での考え方を変えている。大学入試のようなテストの分野でも、CT により今までのやり方を改革するものと考えている。本委託事業は、TJE を評価する大学入学試験をコンピュータ科学者の考え方で研究したということが大きなポイントである。

委託事業の概要

2016年10月から2019年3月までの期間に、主に次のことを実施した。

- 委託事業に関するさまざまなことは、1泊2日の作業部会を30回開催し、検討した。
- TJE を評価する試験問題を開発し、CBT システムで解答する実証実験を実施した。
- 委託事業の内容を広報するために、シンポジウムを3回および本会全国大会の企画イベントを3回実施した。これらの内容は参考文献3)に詳しく紹介されている。

□ 思考力・判断力・表現力を評価する試験問題の作り方

課題 P1 に対処するとき、見本になるような試験問題を具体的に示し「このような試験問題を作成すればよい」という方法をよくとる。本委託事業でもルーブリックを具体化するところでそのような方

法を採用したが、主張したい重要な点は、試験問題そのものではなく、作問の具体的手続きを提案しているところにある(図-1)。我々が試験問題作成のときに、無意識に実施していると思われることを、明文化かつ手続化していると考えればよい。これはまことにCT的な試みである。もちろん、この作問手続は完璧なものではなく、順次更新していくことになる。

本委託事業で取り組むものは「知識・技能を用いて課題を解決するために必要な『思考力・判断力・表現力』を測定する試験」であるが、この「思考力・判断力・表現力」は、いわゆるバズワード(buzzword)であり、日本語としての意味は分かるが、具体的にTJEを評価するには何をすればよいかに関してはよく分からない。ソフトウェアを開発するときも、漠然とした仕様が与えられたときに、それをもっとブレイクダウンして、仕様を明確にしてからソフトウェアを開発する。本委託事業でも、TJEの内容を試験で評価可能と思えるレベルまでブレイクダウンして研究を進めた⁴⁾。

手続化がプログラム化まで進めば、問題を自動生成できるかもしれないが、まだそこまでは進んでお

らず、今後の研究が必要である。

□ CBTによる思考力・判断力・表現力の評価

新学習指導要領には、プログラミング、シミュレーション、データサイエンスなどの学習内容が含まれている。データサイエンスでは、比較的多量なデータの分析が必要となる。これらの能力を評価する場合、紙の試験(PBT: Paper Based Testing)だけで評価することは容易ではないので、コンピュータを用いて、プログラムを作成し、実行した結果を確認することや、比較的多量のデータを統計処理した結果などを判断することで評価する。

そのために、コンピュータを用いて試験するCBT(Computer Based Testing)システムと試験問題を開発した。CBTについては、4択問題などが出題され、コンピュータで自動採点されるなどの印象が多いが、本委託事業ではそのような観点ではなく、あくまでもTJEを評価するためにコンピュータを使うという立場である。PBTよりCBTの方が、出題の幅が広がると考えている。したがって、実際の入学試験をコンピュータで実施する場合に配慮しなければならないセキュリティやカンニングなどの対策は実装していない。

プログラムあるいはアルゴリズムの完成版を一度に作ることは難しい。プログラムを作っては、実行して結果を確認して、意図通りに動作していなければデバッグすることを繰り返す。このようなことができるCBT環境(図-2)を実装した⁵⁾。

CBTにおけるこのような工夫はまだ必要であり、主なものを今後の課題に記載する。10年後には、現在のスーパーコンピュータの性能がデスクトップコンピュータの性能になっている。このようなコンピュータの性能向上を想定してCBTを設計することが重要である。

なお、本委託事業で開発したCBTシステムは公開する。ただし、非営利用途に限る。



図-1 「授人以魚 不如授人以漁」(老子)
「魚(試験問題)を与えるのではなく、魚の釣り方(試験問題の作り方)を教えよ」
「授人以題 不如授人以製題之法」



□ CBT を用いた実証実験

2017年度および2018年度それぞれにCBTを用いた実証実験を実施した。2018年度は、プログラミングやソフトウェアのテスト (software testing) に関する能力を評価する試験問題を作成し、それらを実施するためのCBT機能(図-2)を追加実装し、大学生と高校生を対象に実証実験した。受験生はPCでインターネットを経由して大阪大学に設置しているサーバにアクセスし、Webブラウザ上でキーボードとマウスを用いて解答する方式である。両年度の試験問題は参考文献4)に掲載している。

なお、人(受験生)が関係する実証実験なので、大阪大学、東京大学、本会それぞれの研究倫理委員会の承認のもと、実験内容に関して同意した受験生のみを対象に実施した。

受験機会を複数回にする場合、テストに関する理論 (test theory) である項目反応理論⁶⁾ (IRT: Item Response Theory) を用いて実施することが主流であり、特にCBTとの相性が良い。この場合、すでに実施されているCBTでの解答方式は、四択など答えの候補からどれが正解かを選ぶ小問形式が多

い。多数の四択問題を用いた試験は、知識・技能のレベル確認にはある程度効果があると考えられている。一方、TJEを多くの四択問題を用いた試験で評価できるかどうかはリサーチ・クエスチョンである。そのため、2018年度の実証実験では、試験時間の半分を、IRTを想定した小問形式を出題し、残りの半分の時間には、TJEを評価する大問形式で出題し、それらに相関があるかも検討した。弱い相関は認められたが、今後の研究が必要である。

また、実証実験では、自由記述問題の一部の採点に機械学習を用いた。ただ、現在の機械学習では、その判定理由を明確にすることは容易ではないので、採点においてランキング案を出す前処理には使えそうである。

□ 高校教科「情報」のルーブリック

教科「情報」の内容を12分野に分け、各分野に対して、4段階のルーブリックを作成し、そこに内在するTJEを評価する試験問題例を作成した⁴⁾。新学習指導要領解説が公開されたのが最終年度の2018年7月であり、検討に十分な時間を割けなかったため、今後発行される教科書も参考にして、この内容を充実させる必要がある。

□ 情報を出題する大学について

課題 P2 に関して、本委託事業の成果が普及し、情報入試や高校の定期試験の作問に重宝がられることは明らかである。

一方、情報を大学入試の出題科目とすると、受験生が減ることを危惧する大学が少なくなく、情報入試の重要性とは別次元の理由で入試科目とされない可能性があるため、地道に大学関係者を説得する必要がある。

以下のとおり、0から数を最後まで順に進むプログラムを作れ。なお、無駄に多くのブロックを使っている場合は、減点、あるいは0点となる。

目標						実行結果			
4	3	2:14	13	12					
5		1:15		11					
6:26	7:25	0:8:16:24:32	9:23	10:22					
27		17:31		21					
28	29	18:30	19	20					

プログラムを実行してみる

前進 スタート

右回転

左回転

繰り返し 2 回

大きさ 2 の四角

図-2 ループ化をする問題のCBT画面

目標に示す順番通りにロボットを移動させる命令列を考え、ループを用いてコンパクトに表現する問題。実行ボタンを押すと、実行結果が表示され、指定通りに動いているかどうかを確認できる。

今後の課題

本委託事業の実施期間では次の課題まで手が回らなかった。今後の研究が必要である。

- TJE を評価する試験において、CBT システムにおける各種解答形式を充実させる。

具体的には、シミュレーションやデータ分析を実行できる環境、図など文字でないものを解答するインタフェースが必要である。

- TJE を評価する問題の場合、問題文が長くなり、参照する図や表が多くなる傾向がある。問題文等が PC の画面に収まらない場合に、それらを受験生にフラストレーションなく表示する必要がある。
- 採点で部分点を与える方法を研究する。

解答プログラムが正しく動かない場合でも、部分点を与えたいことがある。正解のプログラムに対して何が異なれば何点減点という規則を考える。

- 考案した試験問題を CBT で実施できるように設定する（以下では CBT 化と記す）ためのソフトウェアを研究開発する。

TJE を評価する上記のような解答形式の場合は、現時点ではコンピュータ実装に能力のある技術者が個別に CBT 化する必要がある。これを汎用化して、必要な試験問題の内容を平易な方式で入力すれば、機械的に CBT 化するソフトウェアの開発が望まれる。これにより、CBT 技術に詳しくない人でも入試問題の CBT 化が容易になる。さらに高校でも定期試験で CBT を用いることができ、CBT による大学入試環境に慣れることが期待できる。

- 前記の作問手続により、情報科で学ぶ各分野の小問に関する作問方法は具体的になった。一方、大問は分野横断的になる傾向にあり、この作問方法を研究する。
- 複数の受験機会を採用する場合を想定して、IRT を用いた試験問題の作問方法を研究する。

この場合、小問を用いることが多いが、IRT

は小問に限るわけではなく、中間や大問も用いることができる。TJE を評価するには、中間・大問が有効である。ただし、IRT による試験では、同じ難易度の問題を多数用意する必要があるので、人手での作問ではなく、汎用的かつ機械的な作問方法の研究が必要である。まず、IRT を適用しやすい個別の問題タイプから始めて、その適用範囲を拡張していくことが効果的と考える。

- プログラムを解答する問題で、それが実行可能な CBT 環境として出題する場合は、いくつかのプログラム言語から受験生が得意な言語を選択して解答できるようにする。
- TJE を評価するつもりで作問した問題が、本当に TJE を評価しているのかを検証する。

いずれの課題も容易ではないので、CBT 分野は研究の宝庫である。本会会員の今後の貢献を期待したい。

参考文献

- 1) 萩原兼一：大学入試における高校共通教科「情報科」の評価方法改革に関する研究プロジェクト―「思考力・判断力・表現力」を評価する問題の作成方法と CBT による試験実施、情報処理、Vol.58, No.9 (Sep. 2017).
- 2) Wing, J. M. : Computational Thinking, Communications of the ACM, Vol.49, No.3, pp.33-35 (2006). (日本語訳) 中島秀之：計算論的思考、情報処理、Vol.56, No.6, pp.584-587 (2015).
- 3) 河合塾：「キミのミライ発見」講演・シンポジウム：バックナンバー、<https://www.wakuwaku-catch.net/> 講演 - シンポジウム - バックナンバー / (参照 2019-05-29)
- 4) 文部科学省：大学入学者選抜改革推進委託事業成果報告会の開催について、http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/senbatsu/1413650.htm (参照 2019-05-29)
- 5) 西田知博：情報科大学入試の今後―CBT を用いた試行試験を通じて、【東書Eネット】(高等学校)ニューサポート高校「情報」Vol.16, pp.6-7 (2019年春号)、https://ten.tokyo-shoseki.co.jp/ten_download/2019/2019048160.htm (参照 2019-05-29)
- 6) 別府正彦：「新テスト」の学力測定方法を知る IRT 入門―基礎知識からテスト開発・分析までの話、河合出版(2015).

(2019年5月31日受付)

萩原兼一 (正会員) hagihara@ist.osaka-u.ac.jp

大阪大学・大学院情報科学研究科・特任教授。大阪大学・名誉教授、本学会元地方編集委員、元理事、元関西支部長、理工系情報学科・専攻協議会元会長。

