

Vol.161

## CONTENTS

【コラム】 続・小さな町での ICT 支援～コロナ禍と「香水」のメロディ～…渡邊 景子

【解説】 ケースから考える教育データ EdTech の ELSI…若林 魁人・岸本 充生

【解説】 初学者向けプログラミング自己学習教材におけるデザイン原則…久野 靖



## COLUMN

### 続・小さな町での ICT 支援<sup>☆1</sup>～コロナ禍と「香水」<sup>☆2</sup>のメロディ～

小さな町の小学校では、新型コロナウイルス感染症対策のための臨時休校が、2020年3月から続いていたが、5月下旬ようやく解除された。筆者はこの町の ICT 教育支援アドバイザーを拝命し、要請があれば町に出向く約束だった。しかし、首都圏からの移動は自粛を余儀なくされ、代わりにオンラインで授業支援を行うことになった。

この年、かつて中学校で数学を教えていた W 先生が、ICT 支援員に着任された。W 先生は ICT を駆使して、というよりは、チョーク 1 本で勝負する先生だった。学校再開 3 日後に、前作<sup>☆1</sup>にも登場している U 先生が、「3 年生のクラス全員で Zoom に繋がりたい」と、この年最初の ICT 支援を要請された。このたびの臨時休校で、クラスの子どもの様子が分からなくて困っていた。1 日 1 回でも Zoom でお互いの顔が見られれば安心できる。ひとまず学校は再開したが、またいつ休校になるかもしれない。支援員 W 先生は、慣れない ICT の仕事をゼロから学んで、コロナ禍の教室と筆者とをオンラインで結び、その様子を電子黒板に映し出した。音声のハウリングや全員同時に接続できるのかが気になったが、「まずはやってみよう」。結果は大成功だった。U 先生の発想の豊かさや行動力、子どもたちへの強い思いと、それを支える支援員 W 先生の尽力によって、「オンラインでの ICT 支援は有効である」と、確信が得られた。

それから要請が何件もあり、W 先生と筆者はオンラインでの授業支援を粛々と行った。そして秋になる頃、スピーカ内蔵の micro:bit v2 が発表され、早速 40 台を入手した。micro:bit は、LED、ボタン、センサーなどが搭載された小型の教育用ボードコンピュータである。U 先生の学校の 6 年理科で使用することになり、筆者もオンラインで参加した。手始めにハートがチカチカ点滅するプログラムを、Zoom の画面越しに示しながら子どもたちに同様の操作を促すと、「できた！」すぐにあちこちから歓声が上がった。「次はなんでも好きなことをやってみましょう」。しばらくすると、1 人の児童が「先生、先生、見てみて！」と、何やら音楽を奏でている。ん？これは……当時流行っていた「ドルチェ & ガッバーナ」の曲<sup>☆2</sup>ではないか！ 小さな鍵盤を手にしてわずか 10 数分で……筆者の耳にもオンライン越しにしっかり届いたそのメロディは、今でも記憶の中で響いている。

この町の子どもたち一人ひとりに GIGA 端末<sup>☆3</sup>が届いたのは、このあと、2020 年度の終わり頃であったが、先任の K 指導主事が整備してくれたインフラ、および 1 人 1 台を校内でシェアして使う環境のおかげで ICT を普段使えていたことと、支援員 W 先生のご苦労のおかげで、導入後、至ってスムーズに活用されている。

☆1 渡邊景子：小さな町での ICT 支援—コロナ禍以前—、情報処理、Vol.63, No.5, pp.245-245 (May 2022), <http://doi.org/10.20729/00217585>

☆2 作詞・作曲 8S、歌 瑛人：香水、JASRAC 作品コード：728-9657-4

☆3 GIGA スクール構想について、[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/index\\_0001111.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_0001111.htm)



渡邊景子（東京女子体育大学・東京女子体育短期大学）（正会員） keiko@iisa.jp

東京女子体育大学・東京女子体育短期大学 准教授。東京学芸大学大学院（修士）卒業。小学校教員、派遣社員、いわき明星大学嘱託職員、同理工学部助手、聖心女子大学非常勤講師、（ときどき無職）を経て、現職。

# ケースから考える教育データ EdTech の ELSI

若林魁人 岸本充生

大阪大学社会技術共創研究センター

## 教育データ EdTech の ELSI

テクノロジーを用いて教育を支援する EdTech (Educational Technology, エドテック) は、米国・欧州をはじめとした諸外国ではすでに、AI による能力測定や評価、生体データを用いた感情・集中度といった内面の推定など、萌芽的な科学技術を内包するものも含めて社会実装が進んでいる。それに伴う倫理的・法的・社会的課題 (Ethical, Legal and Social Issues, ELSI) の顕在化・兆候が見られるケース (本稿ではこれを ELSI ケースと呼ぶ) もすでに多く、顕在化した ELSI への対応が進められている。日本ではこれらの諸外国に遅れて EdTech の社会実

装が進められていることもあり、同様の ELSI が今後顕在化することが予見される。そのため諸外国で先行する ELSI ケースから、日本の社会背景に合った ELSI 対応方策を早期に検討することで、児童・生徒や保護者・教育現場、さらには教育データを利活用する EdTech の推進を目指す事業者にとっても安全な EdTech の実現につながる可能性がある。そこで本稿では、筆者らが国内外の ELSI ケースについて収集と論点整理を行った「教育データ EdTech の ELSI (倫理的・法的・社会的課題) を考えるための国内外ケース集」<sup>1)</sup> をもとに、ケースとして頻出する教育データ EdTech の ELSI の主要な論点 (図-1) を紹介する。

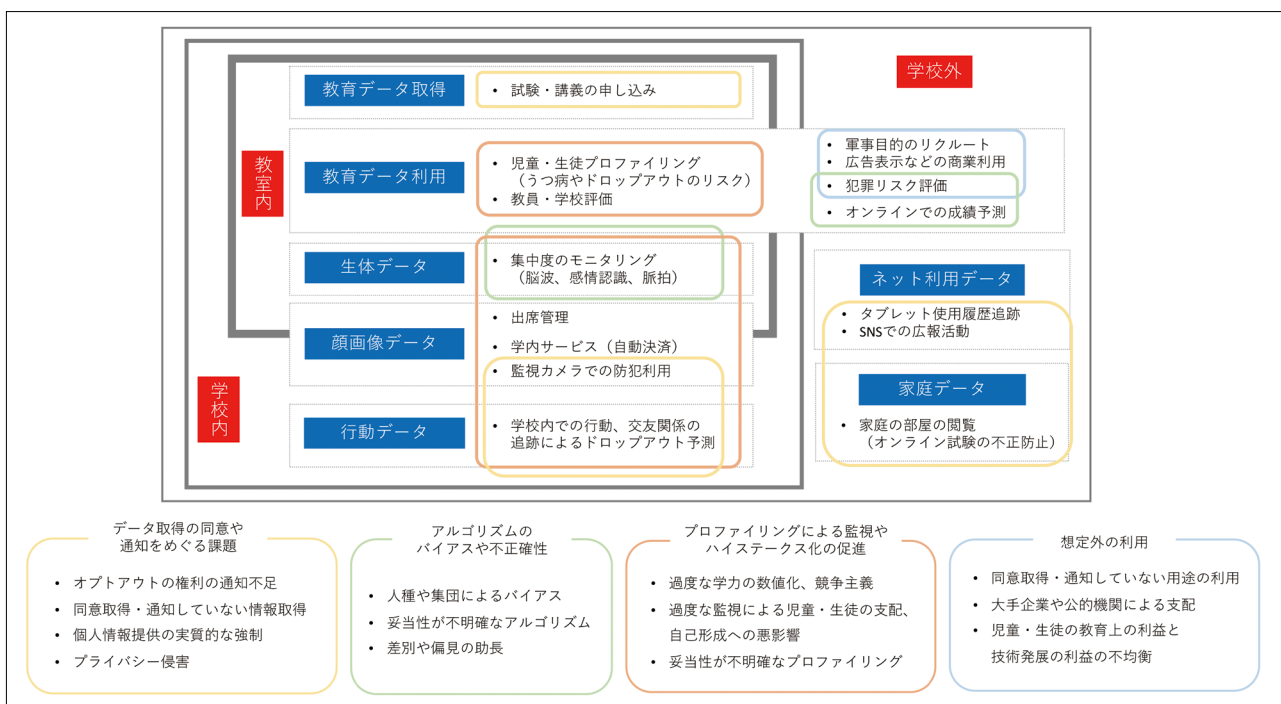


図-1 ケースを基に類型化した、EdTech で扱われるデータ・用法・ELSI 論点のマップ  
EdTech の ELSI ケースを教室内—学校内—学校外 (家庭, オンライン空間, 学校外での試験) に分類し、それぞれの場所やサービスで扱われるデータと用法を一覧にした。また、それぞれの用法に関連する主な ELSI 論点を色分けによってグルーピング化した。

## データ取得の同意や通知をめぐる課題

ELSIが生じやすい場面の1つはパーソナルデータを取得する場面である。教育データは社会的価値の大きな個人情報であるにもかかわらず主要な対象が未成年であるため、データ取得にあたる同意取得や通知には特有の配慮が求められる。

データ取得を行う場面で多く見られるのは、十分な同意取得や通知が行われないままデータ取得が行われるケースである。代表的なものとして、米国での軍事職業適性バッテリー (ASVAB) テストに関するケースが挙げられる。これは高校生を対象として、米軍の入隊における適正検査を主な目的として科学的知識や論理的思考力などを測るテストだが、実質的には米軍への入隊を希望する生徒に限らず、職業適正や学力を測るために広く受講されている。2010年にメリーランド州では、多くの高校が保護者の同意なしにテスト結果と生徒に関する詳細情報を米軍のリクルーターへ送信していた。これを受けて同州では、保護者の承認なしに生徒にASVABを実施・米軍へ公開することを認めない法案を可決した<sup>☆1</sup>。また米国全体でも、2013～2014年度の高校生のASVABの受講データのうち81%が、保護者の同意なしに高校から米軍のリクルーターに送信されていたことが明らかとなった<sup>☆2</sup>。米軍のリクルーターはASVABを通して、生徒の各科目の成績など本来は取得できない教育データに関する情報も取得し、生徒の認知能力を判断するために用いた。これを受けて2013年に国連の子どもの権利委員会は、学校からASVABの受講が義務付けられるにもかかわらず親や生徒はASVABの性質や軍との関連性を知らないケースが多く、場合によっては単

☆1 Sanchez, C. : Looping Parents In On Armed Services Test, National Public Radio (2010), <https://www.npr.org/2010/07/30/128777298/looping-parents-in-on-armed-services-test>

☆2 Elder, P. : High School Students' Test Results Are Being Sent to Military Recruiters Without Consent, Truthout (2016), <https://truthout.org/articles/u-s-military-releases-high-school-testing-data/#:text=The%20Pentagon%20says%20ASVAB%20results,without%20providing%20for%20parental%20consent>

なる学力試験であると通知されていたと報告し、実質的に軍事検査を強制することは「武力紛争における児童の関与に関する選択議定書」に違反していると批判した<sup>☆3</sup>。

また、データの所有者への十分な通知が積極的に行われないことは、全般的な傾向として見られることも指摘されている。米国の家庭教育の権利とプライバシーに関する法律 (Family Educational Rights and Privacy Act; FERPA) では、児童・生徒が学校にオプトアウトを申請することで自身の個人情報に制限を加えることができることを前提として、学校は事前の同意なしに児童・生徒の個人情報の含まれる名簿情報を公開できる免除規定が設けられている。しかし World Privacy Forum (2020) の調査報告<sup>☆4</sup>では、学校はそのオプトアウトの権利について Web サイトの目立つ場所に掲載しない・積極的に情報を提供しないなど、保護者や児童・生徒に十分に通知を行わないケースが多く見られたことが報告された。英国においても、慈善団体である 5rights Foundation が発表したコロナ禍に導入されたオンライン授業に関する報告書<sup>☆5</sup>の中で、ロンドンの小学校に通う児童が自身のデータを無断で営利目的に利用されたくないと考えているにもかかわらずデータの権利についての教育を受けていなかったことを示した。

さらにパーソナルデータ利用の同意取得について、EdTech で特に強く表れる論点として、オプトアウトの権利が提供・通知されていたとしてもそれに伴って個人が負う進路などへの機会損失が大きいなど、児童・生徒と学校・企業の立場の非対称性に

☆3 武力紛争における児童の関与に関する選択議定書 全文 (政府訳), [https://www.unicef.or.jp/about\\_unicef/about\\_rig\\_pro.html](https://www.unicef.or.jp/about_unicef/about_rig_pro.html)

☆4 World Privacy Forum : Without Consent: An Analysis of Student Directory Information Practices in u.s. Schools, and Impacts on Privacy (2020), [https://www.worldprivacyforum.org/wp-content/uploads/2020/04/ferpa/without\\_consent\\_2020.pdf](https://www.worldprivacyforum.org/wp-content/uploads/2020/04/ferpa/without_consent_2020.pdf)

☆5 Hooper, L., Livingstone, S. and Pothong, K. : Problems With Data Governance in UK Schools: The Cases of Google Classroom and ClassDojo (2022), <https://digitalfuturescommission.org.uk/wp-content/uploads/2022/08/Problems-with-data-governance-in-UK-schools.pdf>



よって、本人や保護者がデータの提供に同意せざるを得ない状況に置かれてしまうことが挙げられる。2018年にスウェーデンのフェレフトオ市の高校で顔認証技術を用いた出欠管理システムを試験運用したケースでは、同国のデータ保護当局は顔認証技術の導入の際の同意取得プロセスがGDPR（一般データ保護規則）に違反するとして、高校を管轄する自治体に20万クローナ（約260万円）の罰金を科した<sup>☆6</sup>。その論点の1つとして、学業上の不利益への恐れから、実質的に顔認証システムへのデータ提供に同意せざるを得なかった可能性から同意の有効性が認められなかったことが挙げられている。このような「同意の実質的な強制」に関する論点は日本でも顕在化しつつある。東京都で2022年度より都立高校の入試に導入された英語スピーキングテスト東京都(ESAT-J)について、東京都教育委員会が提示した受験申し込み要項では顔写真をはじめとする個人情報の登録、保護者の同意が必須になっており、個人情報提供へ同意しなければ入試に加点される試験を受けられないことが示された<sup>☆7</sup>。これを受けて、同年7月に朝日新聞教育ポータルが行った都立高入試を行う中学生を持つ保護者への取材<sup>☆8</sup>では、受託事業者が過去に起こした個人情報流出の被害にあったことを受けての不安から都立高校受験を断念した家庭や、経済的に私立高校へ進学させられないため不安を感じながらも個人情報を提供せざるを得なかった家庭の状況が報告されている。

## ■ アルゴリズムのバイアスや不正確性

AIを用いたEdTechの開発や社会実装を進めら

☆6 Integritetsskyddsmyndigheten : Tillsyn enligt EU:s dataskyddsförordning 2016/679 - ansiktsgenkänning för närvarokontroll av elever (2019.8.20), <https://www.imy.se/globalassets/dokument/beslut/beslut-ansiktsgenkänning-for-narvarokontroll-av-elever-dnr-di-2019-2221.pdf>

☆7 東京都教育庁指導部指導企画課：令和4年度 中学校英語スピーキングテスト(ESAT-J)実施要項(2022), [https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/content/files/global/esat-j\\_1\\_01.pdf](https://www.kyoiku.metro.tokyo.lg.jp/school/content/files/global/esat-j_1_01.pdf)

☆8 石田かおる：スピーキングテストに保護者の怒り(下)「事業の停止を」住民監査請求へ 個人情報の扱いの違法性を指摘、朝日新聞教育ポータル(2022.09.16), <https://www.asahi.com/edu/article/14718536>

れており、それに伴ってAIが持つアルゴリズムの不透明性やバイアスが新しいタイプのELSIを生じさせている。教育でのAIのユースケースには成績の評価や予測が多い。成績評価は児童・生徒の進路や将来への影響が大きく、その不確実性や偏りが内包するリスクには慎重になる必要がある。

米国では2012年にウィスコンシン州公教育部(DPI)が中学生のドロップアウト早期警告システム(DEWS)を開発・導入し、2023年には8つの州がDEWSを導入、もしくは導入を検討していた。DEWSはテストの点数、規則違反に伴う停学などの記録、人種などのデータに基づいて各生徒のドロップアウトのリスクを予測するシステムであり、同州のいくつかの高校ではこのスコアに基づいて要注意生徒と評価された生徒への介入が行われた<sup>☆9</sup>。しかし、ウィスコンシン州での過去10年間の予測データではモデルによるドロップアウト予測のうち4分の3は誤りであったこと、黒人やヒスパニック系の生徒は白人の生徒よりも高い割合でドロップアウト警告がされたことが明らかとなった。

コロナ禍にはオフラインでの試験の代替方策として、既存の成績データとアルゴリズムによって成績判定を行うケースも見られた。2020年に英国では、大学入試に相当する「Aレベル」試験が新型コロナウイルスの影響で中止となった代替案として、生徒、およびその生徒が所属する学校全体の過去の成績などを用いて、試験の成績を予測する成績評価アルゴリズムで算出した得点が英国政府によって採用された<sup>☆10</sup>。その結果、生徒の40%近くが成績を落とすこととなり、大学から入学許可を取り消される生徒も現れた。このAIによる成績予測は、評価者のバイアスによって高めにつけられた可能性のある成績

☆9 Evers, T. : Wisconsin Dropout Early Warning System Action Guide, Wisconsin Department of Public Instruction (2015), <https://dpi.wi.gov/sites/default/files/imce/dews/pdf/DEWS%20Action%20Guide%202015.pdf>

☆10 Alex, H. : Ofqual's A-Level Algorithm: Why Did It Fail to Make the Grade, The Guardian 21 (2020), <https://www.theguardian.com/education/2020/aug/21/ofqual-exams-algorithm-why-did-it-fail-make-grade-a-levels>

を修正し、成績評価をより公正なものにする狙いがあったとされる。しかし、この成績評価のアルゴリズムは生徒自身の成績のみならず学校や地域のこれまでの成績などの影響を強く受けることや、今年良い成績を取れたとしても前年の成績に丸め込まれることなど、不明瞭でバイアスのある評価である可能性が指摘された。これにより、私立の名門校や裕福な地域の生徒に有利な評価システムであったことや、本来であれば合格できたはずの大学への進学が困難になった生徒が存在することなどの批判が生まれた。こういった批判があったことや、実際に多くの生徒が進学に大きな影響を受けたことを受けて、スコットランド政府は教員が推定算出した成績での評価に戻すことを発表したことを封切りに、英国内の各構成国は（アルゴリズムに算出された成績が教員の成績評価を上回る場合を除き）自動算出された成績の撤回を発表した<sup>☆11</sup>。

## プロファイリングによる 監視やハイステークス化の促進

AIによる教育データのビッグデータ分析や生体データを用いた感情分析など、萌芽的な科学技術によるさまざまなプロファイリングが学校現場にも用いられつつある。しかし、データの過度な可視化や定量評価、感情などの質的なものを単純化して定量的に解釈してしまう「測りすぎ」の問題は、教育においては児童・生徒の自己監視・相互監視を助長することによる発達への影響や、教師や学校、ひいては生徒自身の競争の激化をもたらす可能性がある。前節でのアルゴリズムのバイアスがもたらすELSIが軽減されたとしても、技術的に「できること」と社会的に「やってよいこと」が必ずしも一致しないことに注意する必要がある。

☆11 A-Levels and Gcses: U-Turn as Teacher Estimates to Be Used for Exam Results, BBC News (2020.8.18), [https://www.bbc.com/news/uk-53810655?intlink\\_from\\_url=https://www.bbc.co.uk/news/topics/cw1w3xz01e5t/gavin-williamson&link\\_location=live-reporting-story%EF%BC%89](https://www.bbc.com/news/uk-53810655?intlink_from_url=https://www.bbc.co.uk/news/topics/cw1w3xz01e5t/gavin-williamson&link_location=live-reporting-story%EF%BC%89)

デンマークでは若年層のうつ病が増えていることなどの背景から、2018年頃より公立小学校で児童が睡眠時間や気分などのヘルスケア情報を主体的に自己報告するアプリケーションの導入が進んでいる。このアプリケーションを通して、たとえば睡眠習慣の改善が必要であると明らかになったクラスでは、児童同士で改善方法を話し合い、それをお互いに実現できているか監視し合うなどの方法で活用されている。一方で一部の専門家からは、感情や精神状態の定量化の妥当性への懸念や、幼いころから自己監視・相互監視の習慣を育むことによって自己形成や他者との関係性を悪化させてしまう懸念が示されている<sup>☆12</sup>。

筆者らが行ったEdTechのグローバル動向に関するインタビュー調査<sup>2)</sup>では、経済協力開発機構(OECD)は、児童・生徒のリアルタイムのプロファイリングのための生体データ分析はアジア圏に先進的な事例が多いとの見解を示している。2019年に中国浙江省金華市の金東区の小学校である孝順鎮中心小学は、児童の授業中や作業中の注意力の集中レベルを測定・評価して教師と保護者グループに転送・表示する脳波測定用ヘッドバンドを導入した。これを受けて中国の保護者やネットユーザーは、このヘッドバンドが児童を監視し保護者と教師が子どもたちを縛る道具になることやプライバシー侵害、生体データ流出の懸念を示した。金東区教育局は状況の調査を行い、各学校に対して監視ヘッドバンドの収集データや児童のプライバシーが流出しないよう自主監査を命じ、一時的に使用を禁止した。日本においても、埼玉県久喜市の公立中学校で、生徒が手首に脈拍を測るリストバンド型の端末を装着することで、教員の手元の端末で脈拍から測定した集中度をリアルタイムにモニタリングするシステムの試験運用を行っている。2023年6月にこの取り組み

☆12 Khameneh, A. : Teachers in Denmark Are Using Apps to Audit Their Students' Moods, MIT Technology Review (2023.4.17), <https://www.technologyreview.com/2023/04/17/1071137/denmark-teachers-apps-student-mood-audit-software/>



を共同通信が報じたことで管理強化への懸念がインターネット上で数多く寄せられた。なおオンラインメディア AERA dot. が行った同校への取材では<sup>☆13</sup>、同校の校長は、授業中にクラスの生徒全員のグラフを確認することはできず、実際はその日の夕方にグラフを確認して授業内容を振り返る教員が多いため“リアルタイムの監視”には使われ得ないこと、教員評価や教員管理にこのシステムが使われるリスクについても、管理職である校長自身がそのような活用をしなければ済むと回答している。

## ケースのポイント

ここまでの章では ELSI ケースを暫定的に ELSI 論点ごとに分類したが、実際にはそれぞれのケースは時間・空間や論点同士をまたがっており、要素還元主義的に分解・課題解決を目指すことは困難である。一方で、それぞれのケースはデータの取得・利用に関する同意や通知が発端となって ELSI が顕在化することが多い。たとえば先述の DEWS のケースでは、当該校の生徒や学校関係者へのインタビュー調査<sup>☆14</sup>によると、生徒は DEWS の存在を知らなかったこと、学校は DPI から DEWS の予測アルゴリズムの開示やドロップアウトリスクが高い生徒への適切な介入方法の説明を受けていなかったことも明らかとなっている。また本稿では取り上げ

なかったが、教育データが教育以外の用途に想定外利用されてしまうケースも、十分な同意取得や通知が行われないことを発端として発生する。

そのため実践的には、まずは子どもの権利とプライバシーについて慎重に議論され、データの所有者が自身のデータについて十分な意思決定を行える制度設計が行われることが ELSI を未然に軽減する上で有用となるだろう。先行する諸外国ではパーソナルデータを保護する法的な制度設計に加えて、たとえば OECD では児童・生徒や保護者が自身のデータに関する意思決定をする能力までを含む意味でのデータリテラシー教育の取り組みなども進めている。日本においては、先行する ELSI ケースが踏んだ轍に学び、それらのケースでは不十分だったリスクの検討を慎重に行った上で研究、実証、そして実装を進めていくことが期待される。

### 参考文献

- 1) 若林魁人, 岸本充生: 教育データ EdTech の ELSI (倫理的・法的・社会的課題) を考えるための国内外ケース集, ELSI NOTE 31, pp.1-31 (2023), <https://doi.org/10.18910/92524>
- 2) 若林魁人, 佐藤 仁, 高橋 哲, 加納 圭: 教育データ EdTech の導入と ELSI 対応のグローバル動向に関するインタビュー記録, ELSI NOTE 47, pp.1-32 (2024), <https://doi.org/10.18910/98264>

(2024年10月30日受付)



若林魁人 wakabayashi.kaito.elsi@osaka-u.ac.jp

大阪大学社会技術共創研究センター 特任研究員。博士(工学)。大阪大学基礎工学研究科修了後、日本科学未来館 科学コミュニケーターを経て現職。



岸本充生 kishimoto@elsi.osaka-u.ac.jp

大阪大学 D3 センター教授, 社会技術共創研究センター長。博士(経済学)。京都大学大学院経済学研究科修了。産業技術総合研究所, 東京大学を経て現職。

<sup>☆13</sup> 米倉昭仁: 「管理教育はやめろ」と批判殺到の公立中学の授業取材, 生徒の声は? 脈拍データ把握の真意, AERA dot. (2023.7.13), <https://dot.asahi.com/articles/-/195890?page=1>

<sup>☆14</sup> Feathers. T.: False Alarm: How Wisconsin Uses Race and Income to Label Students "High Risk", The Markup (2023), <https://themarkup.org/machine-learning/2023/04/27/false-alarm-how-wisconsin-uses-race-and-income-to-label-students-high-risk>

# 初学者向けプログラミング自己学習教材における デザイン原則

久野 靖

電気通信大学

## 高校プログラミング教育の現状

我が国の大学入学試験では、2025年1月の大学入学共通テストからプログラミングを必須内容として含んだ科目「情報I」が出題され、国立大学受験者は原則としてこれを受験するようになった<sup>1)</sup>。また、国公立の2次試験や私立大学の試験でも教科「情報」で受験できるところが増えて行く方向である。

2023年度から2024年度にかけては、このような状況を受けて、「情報」を出題予定の多くの大学が体験会やサンプル問題の公開を行い、受験産業による「情報I」の模擬試験も活発に行われている。

筆者が所属する本会情報入試委員会では、上記の状況を関心を持って注視してきたが、2024年夏頃になって、次のことが課題ではないかという意見が多く見られるようになってきた。

- 他分野の問題の平均点と比較して、プログラミング分野の問題の平均点がはっきりと低い<sup>☆1</sup>。
- 他分野にくらべて、プログラミング分野の点数のばらつきが大きく、「まったくできない人」もいる。
- 長めの問題では、最初に（得点して当然と考えられる）基本的な問いが置かれることが多いが、プログラミング分野ではその最初の問いから不正解の人がいる。

これらの原因は、きちんと調査をしなければ決定的なことは言えない。しかし、我々のこれまでの「情報」科目にかかわる経験から、現状では、次のことが大きな要因になっていると予想された。

- (1) 情報科を教えている教員の中に、プログラミングを苦手としたり、積極的に教えたいと思わない人が、一定数いる。
- (2) 「情報I」の教科書のプログラミングの説明は必要最小限であり、割り当てられている時間も多くない。
- (3) これらの結果、多くの生徒が「プログラムが書ける」以前の状態に置かれ、そこから抜け出す手段もない状態にある。

(1) については、情報科の科目が「情報A/B/C」だったころ、プログラミングを内容として含む「情報B」の開講比率（教科書販売数から分かる）が10%ほど、「情報の科学／社会と情報」だった2021年度までと同じく「情報の科学」が20%ほどだったことが傍証といえる（科目の選択は担当教員だけで決めるわけではないが）。また、2023年2～4月に実施された「情報I」高校教員意識調査<sup>2)</sup>（550名対象Webアンケート）でも、「コンピュータとプログラミング」分野を「嫌いまたは苦手」と解答した教員は20%弱いた。積極的に教えたくない先生の場合、授業は「教科書どおり、通り一辺」となることが考えられる。

(2) については、「情報I」の内容が多いことが根底にあり、200ページ余りの教科書のうちでプログラミングの説明には10～15ページ程度が割かれているにすぎない。プログラミング入門書なら200ページ程度以上あるのを思えば、少ない分量である。意欲ある先生であれば説明を工夫したり副読本や自作教材を使い、実習に時間をかけるなどで補うかもしれないが、そうでない先生に教わる生徒の場合はか

<sup>☆1</sup> 「情報I」は2018年告示学習指導要領では、情報社会の問題解決、コミュニケーションと情報デザイン、コンピュータとプログラミング、情報通信ネットワークとデータの活用、の4分野から成る。



なり困難が予想される。

これらの結果が(3)につながると、我々は考えた。

## 高校生初心者用プログラミング教材の試み

前章で述べた課題は一朝一夕に解決できるものではないし、教員の助けなしに1人で学ぶ生徒が必要とする支援についての調査・研究も十分ではないが、とりあえずそのような生徒にいくらかでも助けになることを目指し、「プログラミングの基本トレーニング—短冊型問題による『書ける力』の獲得—」と銘打った自習教材(以下「本教材」と記す)を作成した。この教材は、情報入試委員会のサイトやPrint On Demand 出版/電子ブックで公開している<sup>☆2</sup>。

本教材は「1: 変数と代入」「2A: 基本的な枝別れ」「2B: else や elif を含む枝分かれ」「3A: for 文による繰り返し」「3B: while 文による繰り返し」「4: 制御構造の様々な組み合わせ」「5: 配列の参照」の7レッスンに各3問(計21問)の練習問題と、それに先立つ概念等の説明が中心となっている。

概念説明では、特に強調したい13項目を「基本原則」として目立たせた。最初の3つを示す。

- 1: 順次実行 プログラムは原則として、書かれた順に実行される。
- 2: 変数と代入 「変数 = ...」は、「=」の右辺で指定された値を、左辺の変数(変化し得る値を表す名前)に書き込む(代入する)。
- 3: 複数回代入 同じ変数に2回以上代入した場合、最も最近に代入した値が有効となる。

これらからも分かるように、制御構造に入る前の「1: 変数と代入」にかなり重きを置き、丁寧に説明している。またこのレッスンでは短冊型問題(後述)とその解答方法についても説明している。

これら具体的な設計に加えて、以下のようなデザ

<sup>☆2</sup> Amazon POD/Kindle, <https://www.amazon.co.jp/dp/4802087667/>, <https://www.amazon.co.jp/dp/B0DMMPYWBF/>  
情報処理学会情報入試委員会, <https://sites.google.com/a/ipsj.or.jp/ipsj/home>

イン原則(特徴)を採用している。

## 原則1: プログラムは書きもの

プログラミングを学ぶにあたっては、「書けるようになる」ことを目標としたい。これは「コンピュータで何かをするためには、それをするプログラムを書かなければならなかった」太古の時代には当然だったが、いまはそうではない。たくさんプログラムが読めればいいという人もいそうだし、穴埋め問題が解ければいいという人は非常に多くいる。しかし以下の理由から、「書ける」ことを目指して練習するのが、いまでも一番効率の良いプログラミングの学び方だと考える。

- コンピュータサイエンスは「さまざまなプログラムを作る」ことを中心に発展してきたので、「書く」姿勢でアプローチすると理解しやすいことが多い。
  - 書くことを練習していくと、書いたプログラムが成果物として残るので、成果が振り返りやすく、動かして見られるので思い出しやすく、モチベーションとなりやすい。
  - 自分で考えて書いたプログラムは、自分の知識の範囲内で作られ、自分の思考様式にとって自然な構成となるため、読むときも読みやすい。
- 最後の点は、逆に言えば自分の視点だけに固まってしまう恐れもあり、それを克服するために、意識して新しいものを取り入れて行く必要がある。

## 原則2: 離陸ファースト

離陸ファースト<sup>3), 4)</sup>は、筆者がここ10年ほど、プログラミング学習・教育で大事であると考えている原則である。離陸は次のように定義される。

**離陸:** 自分の手でコードを書いて動かし、結果を見て手直しできるようになる。

それはいいことだが、一番最後に達成されることでは、と考える人もいるかと思う。



そうではなく、これができるだけ早く達成されるべきだ、というのが「離陸ファースト」の考え方である。それを可能にするためには、各段階で学ぶことが十分簡潔であり、手間をかけずにいろいろ試してみられる必要がある。

世の中のプログラミング教材は、そうになっていないことが多い。たとえば、プログラミング言語の入門書には、使うものもあまり使わないものもとりまぜて、その言語のあらゆる機能を(段階を踏んではいるが)先にすべて説明しているものが多い。(言語でなく)プログラミングの入門書でも、著者がまず必要と思うことを1章分説明してしまい、それから「練習問題」がある、という構成は普通に見られる。

しかし、このようなテキストだと、いざ「最初の練習問題にとりかかろう」と思ったとき、山のよう説明されたことの何をを使えばいいのか分からない。そこで「解答」を見てなるほどと思い、先へ進んだとすれば、最後まで読了しても書けるようになっているとは思われない。

「離陸ファースト」ではこれらと対照的に、最初の例題は数行の簡潔なもので、その理解と類題を書くのに必須のことだけを学び、それらに基づいて練習問題を解く。それが成功したら(離陸したら)、もう少し新しいことを学び、また練習する。このようにして離陸状態を維持しながら学んでいくことで、必要な範囲をマスターする。

### 原則3：コードを動かそうと言わない

これまで筆者は、前記の「離陸ファースト」で授業や講習をデザインするとき、必ず「すぐ動かしてみられる」環境をセットで用意してきた。そうすることで、練習問題の正誤がすぐ分かり、また「自分がプログラムを作れている」という大きなモチベーションが得られるからである。

しかし、本教材では「教員の助けなしに1人で学習する(プログラミングが苦手な)生徒」が前提であ

る。そこで「コードを動かしましょう」と言った場合、次の課題が予想される。

- 生徒は「コンピュータが苦手」というメンタルを持ち、そのため「コードを動かす」ことを促す教材は遠ざけてしまう可能性が大きい。
- PC や携帯で使ったことのないソフトを新たに動かす、その助けもないことは、大きなプレッシャーである。
- コードを動かすのに際して、誤りから抜け出せなかったり、操作に長い時間を要したりして、投げ出してしまう可能性がある。

これらのことを考慮した結果、本教材では「離陸ファースト」にもかかわらず、「コードを動かしましょう」とは一切言わないことにした。学習者は、テキストの説明と問題を読み、問題の解答を考え、解説でその正誤や難しい点を知る、という「慣れ親しんだやり方」で学ぶ。

ただし、プログラムを動かすことに前述の利点があることも確かなので、「コードを動かさないでよい」とも書かないことにした。そして、例題や問題の正解プログラム(使用言語はPython)は、目立つ囲みに入れて配置し、そのまま処理系に与えれば動くようにして、いつの時点でもコードを動かすようになってよいようにした<sup>☆3</sup>。

### 原則4：短冊型問題の採用

本教材では「離陸ファースト」にもかかわらずコードを動かさないで、それに代わる「やってみる」が必要である。さまざまな教科のドリル型テキストでは通常、練習問題がこれに対応している。しかし、プログラミング入門が題材の場合に、それをどのような形にするか考える必要がある。

<sup>☆3</sup> 情報入試委員会で、プログラムと入力データは分ける方がよく、そのため入力命令を使ったかどうかという議論があった。しかし、データを用意せずプログラムだけで動く方が望ましいので、プログラム冒頭で入力用変数にデータを代入する方式にした(共通テストもこの方式での出題である)。本教材では、冒頭に並んでいる代入はそのような役割であることを、丁寧に説明している。



まず考えられるのは、共通テストと同様の、穴埋めの選択肢式問題である。これは、プログラミングの練習手段としてはすぐ後で述べるように欠点が多いが、共通テスト等がモチベーションである生徒たちにはよく使われている。利点としては、正誤の判定は明らかで、生徒も慣れていることが挙げられる。

しかし、穴埋め問題がプログラムを書く練習に適するだろうか。プログラムを書ける人は穴埋め問題を正解するだろう。しかし、穴埋め問題を正解する人が必ずプログラムを書けるかは疑問である。実際、同種の問題を出題する情報処理技術者試験の参考書では、プログラムとあまり関係なく「どのように穴を埋めたら正解になりやすいか」の解説が目立つ。生徒がそのような方向に行ったら、本教材としては失敗である。

また、穴埋め問題は「穴」の比率が問題全体に比して小さいので問題量に比べて場所を取り、1度やったら覚えてしまい、反復練習が難しい。

大学等の授業における練習や試験では、プログラムをキー入力させるか白紙に書かせるのが普通である。確かにこれなら「書く」練習になる。

一方、この方法では正誤の判定が難しい。正解例を掲載しても、それと違う正しいコードは複数有り得るので、生徒に自分で採点させるのは困難である。

選択肢

```

ア x = 12
イ y = 3
ウ print(z)
エ z = x + y
オ z = x - y
カ z = x
キ z = z + 1
ク z = z + x
ケ x = x * 2

```

問題

変数 x に 12 を格納する。その後、x を 3 倍した結果を書き出す。

図-1 短冊型問題の選択肢と問題の例

コンピュータで実行させて正解出力と一致を調べる方法もあるが、「正解／不正解」の1ビットしか返さないで、練習用には向かない。

これらに対して筆者らが考案したのが「短冊型」<sup>5), 6)</sup>と呼ぶ問題形式である。短冊型では、正解プログラムを1行ずつバラバラにして、正解には使わない行を混ぜて並べ、頭に記号を付して選択肢とする(図-1上)。問題は文章として示され(図-1下)、解答はプログラムとしては図-2のようになるが、それを図-3のように記号の並びで表したものを解答させる<sup>4)</sup>。

短冊型では、穴埋めのようにプログラムの骨格を示してしまわないので、学習者は最初から「ゼロからプログラムを書く」メンタルを持つことができ、白紙にプログラムを書くのに近い部分まで力を見ることが出来る。問題は数行の文と選択肢で済み、1回やったら覚えてしまうような弱点も少ない。正解かどうかは記号の列なので容易に判定できる<sup>5)</sup>。

.....  
<sup>☆4</sup> 上の正解例のように、1つの選択肢が複数回現れることもある。またこの問題のように、複数の解答が考えられる場合もあるが、回答者はそのうちの1つを解答する。完全に一致しなくても編集距離などで「近い」場合は部分点を与えてもよい。  
<sup>☆5</sup> 誤答の場合は解説を見て学ぶことができるが、その機会や情報の量は穴埋め式より豊富に得られる。

```

x = 12
z = x
z = z + x
z = z + x
print(z)

```

---

```

x = 12
z = x
x = x * 2
z = z + x
print(z)

```

図-2 短冊型問題の正解となるプログラム例

正解例

```

アカククウ
アカケクウ

```

図-3 短冊型問題の正解例

短冊型の問題を解く操作は「写経」<sup>☆6</sup>よりやさしいので、初心者レベルでも対応できる。よりレベルが高い学習者については、書きたいプログラムが長くなって短冊型の選択肢が30以上になるようなら「白紙」での練習に移る必要がある（しかしそれは共通テストに出るレベルを超えていると考える）。

本教材では最初から最後まで短冊型の問題を並べることで、コードは動かさないものの、最初から「自分の手でコードを書いて動かし、結果を見て手直しできるようになる」という、離陸ファーストの考え方に近いものが実現できたと考える。

もちろん、まったく白紙にプログラムを書くのと比べれば、使える短冊が限られ、思い浮かべたコードが作れない場合もあるという弱点は存在するが、短冊型問題にはそれを補うだけのメリットがあると考える。

## その他の補足

本教材では問題はすべて短冊型で、「変数 data に、10 個の非負整数が並んだ配列を格納する。続いて、data に入った値の最小値を求め、書き出す」のような文章題である。7つのレッスンそれぞれに3問があり、選択肢はレッスンごとに3問共通の1群にまとめられているので、紙面と問題を見る時間の節約になる。そして、各問ごとに説明、正解プログラム（複数ある場合はその説明も）、実行例、正解となる記号の並び（複数正解があればその

<sup>☆6</sup> 例題プログラムをそのまま打ち込んで動かさせること。プログラミングの入門教育では多く見られる。

すべて) が付されている。

これにより、プログラムの実行なしでも、「離陸ファースト」によって学習者がテキストの範囲のコードが書けるようになることを期待している。

ここまで学習者として生徒を想定してきたが、情報科を教える教員で「離陸」していない人にも、本教材などで学んでプログラムを書ける人になってもらえれば、嬉しい、やはり分かっている人が教えるのに優る方法はないと思うからである。

本教材はまだ公開したばかりで、評価はこれからという段階である。にもかかわらず、複数の先生方から好評をいただき、要望をいただいて本稿のような背景説明まで書かせていただいた。ここに感謝します。

## 参考文献

- 1) 角田博保：大学情報入試の概要，情報処理，Vol.65，No.2，pp.e1-e5 (Feb 2024).
- 2) みんなのコード：2022 年度プログラミング教育・高校「情報I」実態調査報告書教員の意識調査（高校・情報担当教員）単純集計結果，<https://speakerdeck.com/codeforeveryone/programmingeducationreport2022-high>
- 3) 久野 靖：プログラミング教育／学習の理念・特質・目標，情報処理，Vol.57，No.4，pp.340-343 (Apr 2016).
- 4) 久野 靖：プログラミング入門科目の指針と実践例（前編），情報処理，Vol.60，No.3，pp.244-247 (Feb 2019).
- 5) 角田博保，久野 靖：短冊型問題：プログラミングの技能を評価可能な試験出題形式，情報処理学会夏のプログラミングシンポジウム 2016：教育・学習，pp.73-80 (2016).
- 6) Nakayama, Y., Kuno, Y. and Kakuda, H. : Split-Paper Testing : A Novel Approach to Evaluate Programming Performance, Journal of Information Processing, Vol.28, pp.733-743 (Nov. 2020).  
(2024 年 11 月 19 日受付)



久野 靖 (正会員) skuno@acm.org

1984 年東京工業大学理工学研究科情報科学専攻単  
位取得退学。同大学助手、筑波大学講師、助教授、教授、  
電気通信大学情報理工学研究科教授を経て、同大学特  
命教授。筑波大学名誉教授。理学博士。プログラミング  
言語、プログラミング教育、情報教育に関心を持つ。

