

教育評価のデジタルトランスフォーメーションに向けて Towards Digital Transformation of Educational Assessment

白水 始[†]

Hajime Shirouzu

[†] 国立教育政策研究所

National Institute for Educational Policy Research

shirouzu@nier.go.jp

概要

本オーガナイズドセッションでは、教育評価でデジタルトランスフォーメーション (DX) を推進する利点を探ると共に、それをテーマに認知科学における DX とはどのようなものであるべきかを考える。そのために「比・割合」という一見簡単そうに見える題材を巡る AI ドリルと協調学習とを対比しながら、子供の学びにいかに関与できるかを検討し、学習モデルとテクノロジーを共進化させるものとして DX を再定義する。

キーワード：教育評価 (educational assessment), デジタルトランスフォーメーション (digital transformation), 協調学習 (collaborative learning)

1. オーガナイズドセッションの目的

本セッションでは、今年の学会テーマ「認知科学のデジタルトランスフォーメーション」に呼応して、教育評価をテーマに、そのデジタルトランスフォーメーションはどのようなものであるべきかを検討する。それは教育評価のデジタルトランスフォーメーションによる効果を探るためである一方で、この「デジタルトランスフォーメーション」といういささか怪しげに見える概念-情報分野から提言され[1]、ビジネスの世界で変質され危ういバズワードになりつつある概念[2]-を批判的に検討し、もし認知科学に採り入れるのであれば、それがどのようなものであるべきかを逆提案するためでもある。

結論を先取りすれば、本 OS で議論したいのは、第一に、教育評価のデジタルトランスフォーメーションは、単にデジタルを導入するだけでなく、学習モデルの変革に支えられたものであるべきだということ、第二に、学習モデルの変革には「認知」の科学たる認知科学の構成概念が役に立つということ、第三に、だからこそデジタルトランスフォーメーションは学習モデルとテクノロジーを共進化させ、子供たちの学びにより深く分け入って教育可能性を最大限高めるものであるべきだということである。その点でデジタルトランスフォーメーションは、提唱者 Stolterman[1]の言う通り、情報技術の無自覚な受容を批判し (critical stance against

unreflective acceptance of information technology), 人々の生きる世界一本稿では学習-を探究する手段 (people's life world as a core focus of inquiry) であるべきなのだろう。以下、このように考える背景と OS の研究対象・構成について順に記す。

2. 背景

デジタルトランスフォーメーションに関する説明としてビジネス界でよく流布しているのは、アナログをデジタルに変えるだけの digitization やデジタルの利点を生かす digitalization と比較して、digital transformation (以下 DX) をデジタルによるビジネスモデルの根本的な変革だと定義するものだろう[2]!。この DX には、業務プロセスや組織、企業文化・風土の変革までもが含まれると言う。

この対比を昨今の教育界に当てはめて考えやすいのが AI ドリルである。紙のドリル (練習問題) を電子的にできるようにしたのが digitization, そのログを取って適応型の学習を可能にしたのが digitalization と考えられるからである (適応型学習ドリルについては[3,4])。

それでは、何が AI ドリルを DX 足らしめるのだろうか。一つは上記のサービスビジネスモデルの変革がヒントになる。つまり、AI ドリルがサポートするものが学習だとすれば、学習モデルの変革こそが DX の鍵となるということになる。逆に言えば、学習モデルが従来のままでは、古いワインを新しい革袋に包んだだけで、DX とは呼べないということになる。もう一点は、ビジネスモデルの変革を支える基盤の変革、すなわち、学習モデルの変革が開発業者や研究者、教育者等の連携基盤や協働プロセスの変革にも支えられているか、ということである。

¹ 簡便のため、[2]の digital business transformation を digital transformation と読み替えておく。また、本来こうした便乗的な定義ではなく、提唱者[1]の定義に戻ってその解釈がどう変質して受容されたかを明らかにするような読み解きが必要だが、紙幅の都合上、またの機会とし、今回はこうした定義に「乗って」一般に受容されやすい形で論考を進める。

この学習モデルの変革を考えるのに、認知科学の古くからの構成概念が役立つ。

例えば、多様な問題のバリエーションを繰り返し解くというAIドリルの特徴を捉えて、それを熟達化の一種と見なせば、波多野らの「定型的熟達化 (routine expertise)」と「適応的熟達化 (adaptive expertise)」の対比が参考になる[5]。波多野らの示唆を二点簡単にまとめれば、数多の問題を解きながらも単に手際よい熟達者になっていくだけの定型的熟達化と手続きの意味を理解し、背後にある概念的知識を獲得・構成していく適応的熟達化という二つの熟達のコースがあるということ、そして、単なる反復的な定型的熟達化から適応的熟達化は自発しないということになる。適応的熟達化に向かうためには、何らかの意図的な概念変化 (intentional conceptual change) [6]が必要になる。

これをAIドリルに当てはめて考えてみると、練習を繰り返して問題を解けるようになって、そこに意味理解や概念的知識が伴われている保証はないということである。逆に、問題解決からの概念変化を引き起こすような支援はDXへの道につながる可能性がある。しかし、AIドリルの開発業者が「反復こそが上達の道」など定型的熟達のみを学習だと考え、認知科学・学習科学研究に触れる機会がなければ、その学習モデルに基づいてドリルが開発され、無自覚に教育現場に提供されることになる。

それでは適応的熟達化はどのように引き起こしているのか。波多野は、上記の熟達化の概念化では社会的文化的要因への考慮が足りなかったとして、晩年に適応的熟達に至る条件として次の4つを挙げている[7]。

1. 絶えず新しい問題のバリエーションに出会うこと
2. 対話的な相互作用に従事すること
3. 理解のための時間が確保されていること
4. 理解を重視するコミュニティに所属していること

これをAIドリルの学習に適用すると、単に同じ種類の問題だけでなく、多様なバリエーションの問題が必要であり(条件1)、それらを数多くこなすことよりも、じっくり時間を掛けて取り組むこと(条件3)、そのためにも達成より理解を重視する風土に支えられること(条件4)が不可欠だということになる。

問題は、条件2の対話的な相互作用がなぜ必要かであろう。その点で同じく認知科学の構成概念である「建設的相互作用 (constructive interaction)」[8]がヒントに

なる。協調場面では「同じ問題」を巡る対話が、話しながら考える課題遂行機能と聞きながら考えるモニタリング機能とを相補的に生みだし、問題解決を通じた段階的な概念変化を引き起こしやすくする。課題遂行者が外化した言葉をモニターが対象化して聞くことによって、少し抽象度の違う新たな解釈を行い、今度は自らが課題遂行者としてそれを対話の場にフィードバックする。この繰り返しによって、少しずつ違う解釈が対話の場に累積していく[9,10]。対話における「話し言葉」はそれ自身がリフレクションの対象となるとともに、「書き言葉」と違って考えを固着させにくいからこそ、次々変化していく性質を持つ(もちろん対話においても「それってこういうこと?」と言いながら記述・描画したりなど「書き言葉」が伴われることは当然である)。平易に言えば、対話的な相互作用(波多野の条件2)においては、「あれこれ言い合い」ながら自然に一つの問題を巡る考えのバリエーションが出される(条件1²)、気づけば時間が経ち、考えが変わっていた(条件3・4³)、ということが起きやすいのだと言える。その点で、人の学習にとって読み書きそろばんが基礎だと言われるが、読み書き (literacy) の前に話し言葉 (oracy) があるのかもしれない。

この協調と対話(話し言葉)の重要性は、AIドリルを考える際にも参考になる。一人で同種の問題を繰り返し解いているだけでは考えが固着し定型的な熟達しかし得なかったものが、二人以上で考えの断片を出し合ううちに考えが適応的に変わっていく。果たしてAIドリルは、子供があれこれ考えを出し、考えを変えていく対話相手となっているのだろうか。子供の問題解決の結果(正誤情報)にドリルが適応して問題や解説を提供することで、かえって子供の定型的熟達の効率化を推し進めることになっていないか。技術的制約ゆえに音声入力など oracy を使ったインタラクションを排除し、子供の認知過程の中途結果の自然な外化をし難くしてはいないか。このように考えると、AIドリルの開発にも、何らかの「気の利いた」機能の付加や新しい使い方の提案ではなく、人の学び方に関する根本的な見直しが必要だということになってくる。

² 問題のバリエーションではないが、対話場面での考えのバリエーションは参加者にとって、所与の問題の下位問題とも言える場合が多い。

³ 波多野の表現は、時間確保やコミュニティ所属の「意図性」を感じさせるが、問題を解きながら無意図的に時間が経ち、コミュニティの原初となる関係性ができていたという場合もあるだろう。

見直しの際にもう一つ参考にしたいのが、動機付けの知見である。外的報酬による内発的動機付けの低下[11]は心理学の常識であろう。それにも関わらず、世間一般には依然として子供を「何か自分なりにやりたいことを持った個人」として見ず、そのしたいこと（内発的動機付け）に無関係な報酬（外的報酬）をあげて「大人がさせたいことをさせる対象」として見るモデルが優勢であることは、例えば、AIドリルにおける正解や満点（全問正解）が外的報酬に当たることに気づき辛いという点によく表れている。そして外的報酬の問題は、それが消えると学び始める前よりも動機付けが落ち、学び続けたくなくなるということである。AIドリルは、正誤のフィードバックや褒賞以外で学習の継続をどう保証しようとしているだろうか。

その一方で逆に内発的動機付けは内発的に働き易くしておくことが大事だとして、全く外的なコントロールを掛けない立場もある。これに対しても波多野・稲垣[12]が内発的動機付けは対話的相互作用の中で強まるという示唆を与えてくれている。彼らが紹介する、保育園でも「ひとりが持った疑問がみんな調べてみる行動としてうまく機能すると、最初に疑問を持った子供だけでなく他の子も全員この知的な探索活動を楽しみ、持続させ、最初の疑問にひとりひとりちゃんとした答えを出すようになる」[13, p.181]事例を見ると、「答えを出す」ことが内発的動機付けを妨げるわけではなく、問題を共有して「自分たちなりに」答えを出そうとすることが知的な楽しみを生み、学び続ける動機付けとなることがわかる（学習者自身によるこの楽しさの言語化については[14]）。AIドリルは、知的な楽しみをどう喚起しようとしているだろうか。

以上のようにAIドリルをいかにDX足らしめるかという問題を考えるだけでも、認知科学の基礎的な構成概念が適用できること、そして、その適用から学習モデルの大幅な変革が必要そうなことが見えてくる。

しかし、これらの概念はすべて仮説である。実際、それに従って子供がどう学んでいるかを分析（学習評価）することや、支援の仕方を変えて、仮説通り・仮説以上の学びが起きていたかを評価することが必要である。この学習科学と呼ばれる分野の試みによって、認知科学の概念は更新され、同時にデジタルテクノロジーの新しい使い方も見えてくる。それによって、私たちの暗黙の学習モデルを問い直し、それに拠って立つ教え方を問い直す教育評価のDXが可能になる。それは認知科学のDXの一例ともなるだろう。

それに向けたOSの研究上の戦略として、AIドリルが進展している算数・数学分野を対象に、手続きと意味、定型的熟達と適応的熟達への志向性の違いが見分け易い「比・割合」を採り上げる。その上で、「一人でテキスト入力を通して問題を解いて正誤情報をフィードバックされるAIドリル」と、「複数人で対話を通して問題を解き、考えへのコメントが互いにフィードバックされる協調学習」とを対比しながら、子供の学びをいかに知ることができるかを検討する。

今回の対比は学校外の自学と校内の授業を対象とした変則的なものであり、本来は両者の組み合わせ（e.g. 授業での意味理解とドリルでの手続き習熟）を希求すべきだという指摘は当然あるだろう。しかし、本OSでやりたいのは、そのような学びのトータルデザインの前に、そもそも両者を通して私たちは子供の学びをどの程度深く知り、そこからどのような示唆を得ることができるかを見極めることである。なお、本OSでは、この「学びを見る」ということに主眼を置いた関係で、デジタルテクノロジーが一見使われていないように見えるケースが含まれることを断っておきたい。

3. 対象

本OSでは、小学校算数5、6年生の「比・割合」関連の学習を主たる検討対象とする。比・割合は数学的概念であり、意味理解の対象である一方で、その算出には乗法・除法の計算手続きが必要になる。逆に乗除の手続きも比・割合のことを考えながら学んだり問題解決に使ったりすれば、手続きと意味が密接に関係付くはずである。それゆえ、教育現場では単なる「立式」や「計算」だけでなく、手続きを適用する意味のある状況を扱う「文章題」の解決や、解決のための「図」の利用を含む指導がよくなされている。

それにも関わらず、全国の小学校6年生が受ける全国学力・学習状況調査における「比・割合」関連の全問題の正答率は、知識の活用が問われるB問題で33.9%（記述式問題だけを取り出すと28.9%）である。約7割は問題に正答していないことになる。それが、比・割合の不理解を意味するのか（逆に解けた約3割が理解していると言えるのか）は別途検討が必要だが、少なくとも問題解決のレベルで日頃の学習が解決に繋がっていないことは確かである。

そこで何が起きているのか。数学教育でよく言われるように、比・割合は関係を表す内包量であるために、

小学校3, 4年生に比べて概念の抽象度が上がるから学び難いのか。それとも Bereiter[15, pp.426-427]が「私たちが本当に教えられるかどうか検討すべき7つの事項」の一つとして「分数・比例・比・小数・百分率」を挙げるように、既に3, 4年生から学び損なっているのか。あるいは、具体物との対応がまだ取れた加減算を超えて乗除を学び始めた2, 3年生から、顕在化しなかつただけで、乗除の基盤にある「単位当たり」で考えるという意味をつかめていなかったのか。だからこそ、その考えを明示的に求める比・割合の問題(e.g. A/BとC/Dの大小を比較するなど)になると、自分たちが頼りにできる認知的レパートリーの引き算を持ち出し、変則的な解法を編み出そうとするのか(e.g. A-BとC-Dの大小やA-CとB-Dの大小を比べる:ただしこの減算解法の生態学的意義については[16]参照)。それとも、そもそも問題の意味(何を問われているのか)や意義(なぜこの問いが問われなければいけないのか)の理解でつまづいているのか。

このように比・割合という一単元を採り上げただけでも、一授業で児童がどのような学びを見せるのかという短期的スパンから、その学びが学年を超えてどう繋がっているのかという長期スパンまで、認知科学上、興味深い課題が広がる。そこに日々の指導はどう関わり、その成果をどれだけ大規模に把握できるものなのか。こうした検討課題に研究者・教育者・教育行政関係者・開発者等はどう協働・貢献できるのだろうか。

4. 構成

こうした問いに対する考えを深めていくために、OSでは白水のイントロに続いて、まず「埼玉県学力・学習状況調査」[17]について教育行政関係者に報告していただき、その上で認知科学者が解くべき課題を提示してほしいと考えている。

この調査は、「子供たちが現在の實力を知り、『どれだけ自分が伸びたか』を実感し、自信を深めていくことを大切にしたい」[17]との考えから、小学校4年生から中学3年生まで、項目反応理論(IRT: Item Response Theory)とパネル調査を用いて、『学習した内容がしっかりと身に付いているのか』という今までの視点に、『一人一人の学力がどれだけ伸びているのか』という視点を加えることで、子供たちの成長していく姿[17]を可視化しようとする先進的試みである。CBT(Computer Based Testing)への移行も試行している。

学力の伸びを測るための「教科に関する調査」問題は、例えば「答えが $14 \div 0.8$ の式で求められる問題はどれか」を問い、問題例として「赤いテープの長さは14 cmです。白いテープの長さは、赤いテープの長さの0.8倍です。白いテープの長さは何cmですか。」などが挙げられているというものである(問題一部略、正確には[18]参照)。この問題は、IRT上はレベル6の問題だと紹介されている。3節の内容に照らすと、式が妥当性を持つ状況を聞いており、手続きと意味の結び付けを問おうとしていると言えるだろう。

さらに本調査は『学力の伸び』は、子供たちの1年間の学習成果であるとともに、教育委員会や学校の取組の成果でもあるとの考えから、学力の伸びと教育委員会や学校の取組の変化の関係を検証すべく、学習意欲や学習方法、学校の取組等に関する「質問紙調査」も実施している。意欲としては例えば勉強する理由を「楽しい、好きだから」「将来や就職の役に立つから」などの多肢選択肢から選ぶもの、学習方法としては例えば「勉強でわからないところがあったら、友達にその答えをきく」「勉強のやり方が、自分に合っているかどうかを考えながら勉強する」などについて5件法から選ぶもの、学校の取組は例えば「ドリルなどをする」「グループで活動するときに、一人の考えだけでなくみんなで考えを出し合って課題を解決する」体験の多寡を5件法から選ぶものである[19]。

2019年度からは蓄積したデータをAIも用いて分析し、例えば児童生徒に戻す個票では「つまづき分析」として「今年度間違えた設問に2年前のどの設問の関与が高いか」(e.g. 中2で面積を求める設問に間違った生徒は小6の分数のかけ算と単位変換、小5の円の面積の設問も間違えていたなど)をお知らせするような事業にも挑んでいる[20]。

認知科学者のみなさまは、これを読んでどう感じるだろうか。デジタルテクノロジーも用いて、学力の伸びが的確に捉えられ、授業など学校の取組や教育施策の影響が検証できるというDXの典型だと感じるだろうか。子供一人ひとは自らの学びの軌跡を振り返り、学校教員は児童生徒の学習成果に基づいて教育活動を見直し、教育委員会は施策の効果を内省して、各自が次の改善へと主体的に繋げていくサイクルが回りそうだろうか。もしそうでないと感じるとすれば、どこに不足や改善点を見出すだろうか。

ここ以降の報告[3,4,21]は本論文集に掲載されているため、直接ご覧いただきたい。ここでは、筆者がポイ

ントと考える点を中心に展開を紹介しておく。

益川・稲垣[3]は、小学5年生が一年間という熟達化と呼ぶにふさわしい期間、AIドリルを自主的に活用したログを分析している。まずはなかなか表に出難いリアルな活用データを提供して下さった事業者と学校に感謝したい。その上で、学校から帰れば毎日でも使えるというタイムスパンで、しかも本人のレベル（問題解決の正誤）に合わせて問題や解説が提供されるという適応型学習ドリルを用いれば、子供が先ほどの報告であったような「現在の實力を知り、『どれだけ自分が伸びたか』を実感し、自信を深めていく」ことが可能になるかをじっくり検討したい。ドリルの成績で便宜的に4層の学力に分けられた子供は、それぞれどんなプロセスで学んでいそうだろうか。また、その様子を掴むのに、特にあまり問題を解いてくれない学力下位層の子供がどんな気持ちで、何を考えながらドリルに取り組み、何を学び取っていたかを掴むのに、ログデータがどれだけ貢献し得るか（私たちが解釈の確からしさを感じられるか）も検討したい。

林[4]は、自身のバックグラウンドをもとにCAI（Computer-Assisted Instruction）やITS（Intelligent Tutoring System）の展開を解説し、一つの問題を解くだけでも、どれだけの細かい下位ステップや表象変換が含まれるかを示唆しており印象的である。その上で、AIドリルが「問題」単位の正誤情報だけをIRTに使っているのであれば、「問題解決のプロセス」に関する認知科学的なITS研究等との協働可能性があると主張する⁴。CAIやITSが他の研究とどう交差しているかという文献レビューは、ステークホルダー間の協働可能性を探るものともなっていると言える。

齊藤・水谷[21]は、協調学習を武器に、子供たちの問題解決プロセス、そしてその背後の理解深化プロセスの複雑さ、多様さを明らかにすること—「観察の窓」[22]を開けること—に成功している。学習者の学ぶ力は学習環境次第で引き出すことができるという前提に立ち、授業者が児童の実態と授業のねらいを踏まえてベストと考えた教材を準備して、あとは児童の対話に任せる授業を展開することで、初めて子供たちの理解過程が、そのつまづきも含めて、私たちに見えてくる。

「①60mLの梅シロップと100mLの水を混ぜて、梅

ジュースを作ります。同じ濃さになる組み合わせを選びましょう。」という問題に「②シロップ100mLと水140mL」は同じか、「③シロップ90mLと水150mL」は同じか等と考えていくメイン課題に、AIドリルの世界では学力下位層に割り振られるかもしれない男児が中心的な課題遂行者となって、②が（差が①と同じ40mlだから）同じだと豪快に間違う。授業者が「差が同じでも濃さは同じだと言えない」ことを確認するために用意した資料が変則的な引き算解法の説明根拠に転用され、グループでの協調問題解決活動の中では、割り算を使って比を求める解法（e.g. 最大公約数で割れば①と同じ5倍なので③が同じ）とそれがごく自然に並存する（e.g. ①・②が同じなのは差で、①・③が同じなのは比で説明できる）。この後、当該グループは他のすべての班の比による解法を聞いて、自分たちの考えを改めていく。引き算解法を主導した男児が最も概念変化を引き起こしたことも興味深い。授業後の記述が彼・彼女らの概念的知識の定着を保証するかは定かではない。それゆえ、報告者らも本単元やその後の単元でスパイラルな問題解決から理解を深めていく必要性を訴えている。

齊藤ら[21]の貢献は、一つの問題に多視点から時間を掛けて対話する場を設けることで、適応的熟達に繋がる理解深化のための教育上の示唆が得やすくなることを示しただけではない。もっとベーシックな、解答の正誤以前の、児童が問題をどう捉え、何を考え、表象をどう変換し、思考の中途結果をどんな「話し言葉」で外化し、どんな解の候補を立てたかというプロセス全体が可視化できることを示唆した点大きい。それは授業者や研究者、開発者みなの実感を外れる多様性である。しかし、こうした多様性が見えてきて初めて支援の基盤をなす学習モデルの真正化が可能になる。

加えて、動機付けの点でも、自信の根拠は「現在の實力を知り、『どれだけ自分が伸びたか』を実感」することから生じてはいない。そうではなく、みんなが解けない問題を共有し、だからこそ誰もが「自由にものが言える」という対話環境それ自身が引き出している[14]。たとえ、説明する内容や提案する解法が誤っていても、「自分なりの考えを言ってよい」という場が外化を促し、外化してみることで仲間が考えなければならぬ考えのバリエーションが増え、それが「ある手続きがなぜ正しいのか」の納得を要請する。

ここまで来ると、本節の冒頭で紹介した埼玉県の前提も学習モデルの一つに過ぎないことが対照的に見え

⁴ 筆者も、状況論に押されて1985年頃を頂点に衰えた感のある認知科学的なタスクアナリシスやモデル化を再度、分析単位を拡張して外的なりソースも取り入れた形で復興し、知見や可能性を社会と共有すべきではないかと強く感じている。

てくる。また別の、新たなモデルを考える余地と必要性が見えてくる。[21]の共著者であり、授業者である教員の水谷が、こうした学びのモデルの可能性を語ってくれるだろう。そのモデルは2節に記した認知科学の構成概念の示唆と軌を一にするが、本 OS の報告は、それらを実践の中で何度でも繰り返しデザインの形で具体化してゆかなければならないことを示唆している。

最後に齊藤ら[21]の分析は、普通の教室での対話を対象とした最もアナログな分析に見える。しかし実際は、児童一人ひとりの授業前後での紙での記述解答、グループ活動中の IC レコーダーによる発話記録、グループ間のクロストークのビデオ記録という本 OS では最も多様なメディアを用いた総合的な分析となっている。

教育評価の DX は、もしかすると普通の教室の中で、児童生徒の学びを質量とも最大限引き出そうとする教員の学習環境デザインの意図的な努力の下で、自由闊達に展開される児童生徒一人ひとりの学習プロセスを具に追うところから始まるのかもしれない。それが明らかになってくると、私たちの支援と評価がどれほど私たち自身の学習モデルと技術的な制約に縛られた一面的なものに過ぎないか、児童生徒一人ひとりの複雑で豊かな学習プロセスの点と点を結ぶようなものに過ぎないかが見えてくるだろう。

当日は、学習科学、教科教育学、教育測定学というそれぞれ異なるバックグラウンドの三人からの指定討論を皮切りに建設的な議論をフロアと行いたい。

文献

- [1] Stolterman, E., & Fors, A. C., (2004) "Information Technology and the Good Life." In Kaplan B., Truex D.P., Wastell D., Wood-Harper A.T., DeGross J.I. (eds) Information Systems Research. IFIP International Federation for Information Processing, vol 143. Springer, Boston, MA.
https://doi.org/10.1007/1-4020-8095-6_45
- [2] Gartner Glossary, "Digitalization Strategy for Business Transformation",
<https://www.gartner.com/en/information-technology/insights/digitalization-strategy>
- [3] 益川弘如, 稲垣忠, (2021) "適応型学習機能を組み込んだ AI ドリルの「比・割合」のビッグデータ解析から見えてくること", 日本認知科学会第38回大会論文集, 印刷中.
- [4] 林勇吾, (2021) "学習支援システムの研究動向に関するレビュー: CAI から adaptive testing へ", 日本認知科学会第38回大会論文集, 印刷中.
- [5] Hatano, G., & Inagaki, K., (1986) "Two courses of expertise". In H. Stevenson, H. Azuma, & K. Hakuta (Eds.), Child development and education in Japan, Freeman, pp.262-272.
- [6] Hatano, G., & Inagaki, K., (2003) "When is Conceptual Change Intended? A Cognitive-Sociocultural View", In Sinatra, G. M., Pintrich, P. R. (Eds.), Intentional conceptual change, Mahwah, NJ: Erlbaum, pp.407-427.
- [7] 波多野諄余夫, (2001) "適応的熟達化の理論をめざして", 教育心理学年報, No. 40, pp.45-47.
- [8] Miyake, N., (1986) "Constructive interaction and the iterative process of understanding", Cognitive Science, No. 10, pp.151-177.
- [9] Shirouzu, H., Miyake, N., & Masukawa, H., (2002) "Cognitively active externalization for situated reflection", Cognitive Science, No. 26, pp.469-501.
- [10] 中山隆弘, 白水始, 齊藤萌木, 飯窪真也, (2021), "話量は理解となぜ相関しないのか?—「知識構成型ジグソー法」授業を例に—", 日本認知科学会第38回大会, 印刷中.
- [11] Lepper, M R., Greene, D., & Nisbett, R. E. (1973) "Undermining children's intrinsic interest with extrinsic rewards: A test of the "overjustification" hypothesis", Journal of Personality and Social Psychology, No.28, pp.127-138.
- [12] 波多野諄余夫・稲垣佳世子, (1973) "知的好奇心", 中央公論新社.
- [13] 三宅なほみ, (2012) "学習への動機づけ", 三宅芳雄(編), 教育心理学特論, 放送大学教育振興会, pp.172-186.
- [14] 白水始, 齊藤萌木, 飯窪真也, 森山一昌, (2021) "協調学習の成果を10年後に評価する—「知識構成型ジグソー法」による可搬性とメタ学習—", 日本認知科学会第38回大会, 印刷中.
- [15] Bereiter, C., (2002) "Education and mind in the knowledge age", Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [16] Lave, J., (1988) "Cognition in Practice: Mind, Mathematics and Culture in Everyday Life (Learning in Doing)", Cambridge: Cambridge University Press. (ジーン・レイヴ(著), 武藤隆・中野茂・山下清美・中村美代子(訳) (1995). 『日常生活の認知行動—ひとは日常生活でどう計算し、実践するか』. 東京: 新曜社.)
- [17] 埼玉県教育委員会, "埼玉県学力・学習状況調査", <https://www.pref.saitama.lg.jp/f2214/gakutyou/20150605.html>
- [18] 埼玉県教育委員会, (2020) "埼玉県学力・学習状況調査(小学校) [R2]復習シート小学校6年算数(数と計算)", <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/80447/r2sasnou6a.pdf>
- [19] 埼玉県教育委員会, (2020) "令和2年度「埼玉県学力・学習状況調査」児童質問紙(小学校6年生)の内容", <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/182273/r2sitsumonshinaiyousyou6.pdf>
- [20] 文部科学省, (2020) "令和3年度 オンライン学習システムの全国展開、先端技術・教育データの利活用推進事業(学びにおける先端技術の効果的な活用に関する実証事業) 2-1.実証地域成果報告(埼玉県教育委員会)", https://www.mext.go.jp/content/20210323-mxt_jogai02-100013299_002.pdf
- [21] 齊藤萌木, 水谷隆之, (2021) "「比とその利用」の「知識構成型ジグソー法」授業における児童の学習プロセスの検討", 日本認知科学会第38回大会論文集, 印刷中.
- [22] Pellegrino, J.W., Chudowsky, N., & Glaser, R., (2001) "Knowing what students Know: the science and design of educational assessment", Washington, DC: National Academies Press.

※URL 参照はすべて 2021. 7. 9