

招待論文

コンピュータの教育的利用から ラーニングトランスフォーメーションへ

美馬 のゆり^{1,a)}

受付日 2019年6月12日, 採録日 2019年6月22日

概要: 日本では人生 100 年時代といわれ, 生涯学び続ける時代が到来した. 学校教育から, 職場での研修, 地域活動や生涯学習施設, 家庭まで, 学習の場である学校, 職場, 地域では, 学習者の背景は多様性を増してきている. これらの課題の解決において, 情報科学・工学からの貢献が期待されている. 社会全体に共通の教育にかかわる問題を解決するために, 情報科学・工学, 教育工学, 認知心理学の横断的な観点から, 学習方法や学習内容について歴史を振り返る. そこから, これらの分野の研究者が協力し, ラーニングトランスフォーメーションに向けた実現フレームワークを設計するための方向性を示す.

キーワード: ラーニングトランスフォーメーション, キーコンピテンシー, プロジェクト型学習, 自己調整学習, 学習環境, 動機づけ, 学習方略, メタ認知

From Educational Use of Computers to the Learning Transformation

NOYURI MIMA^{1,a)}

Received: June 12, 2019, Accepted: June 22, 2019

Abstract: Japan's average age is rising up to 100 years old and the era of lifelong learning has come. Learners hail from increasingly diverse backgrounds in school, at work, and in the community at large. It is expected to contribute of computer science to solve the issues. To solve problems common across societies, looking back on the history of learning methods and contents from a critical mix of relevant background: computer science, educational technology, and cognitive psychology. Finally the direction of designing a framework for learning transformation by collaborating of researchers in these fields will be presented.

Keywords: learning transformation, key competencies, project-based learning, self-regulated learning, learning environment, motivation, learning strategy, meta cognition

1. はじめに

グローバル化, ネットワーク化, デジタル化が急速に進んだ現代は, VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) の時代といわれている. すなわち, 不安定で, 不確実で, 複雑で, あいまいさが急速拡大し, 予測困難な状況に直面している. 産業構造や雇用の形態, そして教育制度も大きく変わろうとしている.

本稿では, 社会全体に共通の教育にかかわる問題を解決

するために, 情報科学・工学, 教育学, 認知心理学の横断的な観点から, 教育方法や教育内容について歴史を振り返る. そこから, これらの分野の研究者が協力し, 教育の変革に向けた実現フレームワークを設計するための方向性を示す.

世界に目を向ければ, 地球規模での環境問題が発生し, 貧困格差は拡大している中で, 2015 年国連本部で「我々の世界を変革する: 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」が採択された [1] (図 1). 日本においても SDGs として, 教育界, 産業界で改革への取り組みが始まっている.

一方, 日本国内では, 少子高齢化, 首都圏への一極集中も強まり, 地方との格差も生まれている. そのような状況で, 産学連携や文理融合, 男女共同参画などで, グローバル人材, イノベーション人材の育成が急務であるといわれ

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655,
Japan

^{a)} noyuri@fun.ac.jp



図 1 世界を変えるための 17 の目標

Fig. 1 The Sustainable Development Goals.

ている。また、デジタル化によって産業構造が大きく変化し、それに対応していくためには、デジタルトランスフォーメーション (Digital Transformation : DX) が必要であると、経済産業省などを中心に議論され、推進に向けて動き始めている [2]。DX 時代における人材育成のための教育革新も重要な課題となっている。教育を所轄する文部科学省だけでなく、内閣府の人工知能技術戦略会議をはじめ、経済産業省、総務省などでも様々な形で教育、人材育成にかかわり始めている [3], [4], [5]。

日本のおかれた状況を考えれば、この教育革新は学校教育だけでなく、現在、仕事に就いている大人も同時に参加する必要がある。大人にとっては、「学び直し」ではなく、新たな内容を学ぶ「学び直し」である。その「学ぶ内容」は、人工知能やロボットと共生する社会を見据え、従来の知識やスキル、教科のあり方を見直すことが必要である。さらにはそれらを学ぶ「方法」についても、効率良く効果的に学ぶために、これまでの研究成果を活かしつつ、大胆に見直す必要があるだろう。

これら学習機会、学習内容、学習方法を変革することを総じて、ラーニングトランスフォーメーション (Learning Transformation : LX) とよぶことを提案する。DX 時代の LX である。人生 100 年時代といわれる日本において、子どもから大人まで、学校教育から、職場での研修、地域活動や生涯学習施設、家庭までを含む、LX に向けた実現フレームワークの設計は喫緊の課題である。そこには情報科学・工学からの貢献が期待されている。

2. コンピュータの教育的利用の始まり

1985 年は、日本のコンピュータ教育元年といわれている。1992 年に文部科学省がまとめた『学制百二十年史』[6] の「情報教育の推進」の項目では、1985 年 6 月の臨時教育審議会第一次答申が教育改革の基本方向の 1 つとして情報化への対応について提言したと書かれている。また、情報教育の基盤整備として 1985 年度には、コンピュータを中心とした新しい教育機器などを使用した教育方法の開発

研究を促進するため、教育方法開発特別設備費補助を創設し、公立の小・中・高等学校および特殊教育諸学校へのコンピュータなどの導入に対し、国庫補助を開始した。しかしながら、当時目標としていた、児童・生徒 1 人に 1 台のコンピュータを順次整備していくという目標は、いまだに達成されていない。

コンピュータを教育に活用することが始まったのは、第 2 次世界大戦中の米国の兵員教育だとされる。行動主義学習理論家である B.F. スキナーのティーチング・マシンの思想に大きな影響を受け、CAI (Computer Assisted Instruction) 研究として発展していった [7]。またこのころ、スプートニク・ショックから教育の中でも特に、科学教育とともに CAI 研究に対して政府から多額の補助金が出たことから開発が加速された。当時の CAI は、ドリル形式の問題群をコンピュータ上に移植したものである。画面に問題を提示し、学習者が答えを入力する。その正誤をコンピュータが判断し、次の問題を与える。個人の学習進度に合わせられること、学習者の成績や進捗をシステムが管理できる利点があるとされた。

このドリル型学習を行う背景には、産業の近代化を支えたテーラー主義の思想がある。20 世紀初頭の米国の産業合理化に寄与した経営学者 F.W. テーラーの科学的管理法である。工場における様々な作業を単純な操作に分解し、それらを最適に組み合わせ、標準化することによって作業の効率化を図る。この思想のもとに各教科の学習プログラムが作成された。一見、合理的に見えるが、これらは結果的に学習者に手続きの定型を押しつけ、繰り返しによって習熟させることにつながった。

さらには、当時さかに行われていた人工知能研究からも、エキスパート・システムの一領域として研究開発が行われた。優れた教師の活動を分析し、分割し、標準化するという、教授行動を代行するシステムの構築へと進んだ。しかしこれは、教師の思考過程を重視したもので、学習者の中で何が起きているか、なぜつまづいているのかを考慮するには至らず、学習者の思考過程を支援するものではなかった。

3. テクノロジー利用の落とし穴

上述の方法による教育や学習が、「効率」の観点から、理にかなったものであるという考え方は、コンピュータのハードウェアの進化やネットワークが普及した現在においても、陥りやすい考え方の落とし穴となっている。

新しいテクノロジーが出現すると、それらを教育に利用する動きが出ることは、これまでの歴史の中でもたびたび起きている。たとえば、テープレコーダやテレビ、ビデオなどの利用である。最近の EdTech (教育分野に先端テクノロジーを導入した技術やサービスの総称) の急速な広がりも同様である。

現在でも、各教科、特に数学や物理などの科目において、詳細な知識のマップを作り、個人の理解や進度などの状況に合わせ、段階的に解説や問題を出していく学習教材が数多く提供されている。しかしこれらの利用では、そもそも人が「学ぶ」とはどのようなことか、という認知心理学や学習科学からの観点が見えていないものが多く見受けられる。

教育の役割は、学習者があることがらを理解するために、その状況において何が重要で、それらがどのような因果関係を持っているかを学習者が自ら発見し、思考するのに役立つように支援することである。問題を与え、解くことだけを要求する環境では、学習者にとっては、解くことに重きがおかれ、知識や公式の暗記に陥ってしまうことが指摘されている [8]。

一方、1980年代にも、教室での既存の活動をコンピュータによって合理化するのではなく、学習者の思考過程を見直すことが重要であるとした観点から、開発されたシステムも存在する。コンピュータというメディアの特性を生かしつつ、学習者の思考過程、動機づけなどを考慮し、真の意味で学習者を助ける「思考の道具」としてのコンピュータを利用しようというものであった。古くは、プログラミング言語 Logo や、幾何学学習用ソフトウェア The Geometric Supposer がこれにあたる [7]。

4. 新たな学習内容とコンピュータ・サイエンス

20世紀終盤、21世紀を生きる子どもたちにどのような知識やスキルを習得させるべきかが大きく変化してきた。中でも、経済協力開発機構（OECD）は、それらをキーコンピテンシー（主要能力）として、その評価方法とともに公表した [9]。これらキーコンピテンシーとともに、学習内容として、コンピュータ・サイエンスの重要性が認識され始めた。

4.1 キーコンピテンシー

教育学研究では1950年代から、教育目標分類（認知、運動、情意）がなされ、学習者が習得すべきことは、知識（何を知っているか）から、認知能力（知識・スキル）、非認知能力（態度・価値観）、キーコンピテンシー（何ができるか）へと移行してきた [10]。

OECDは、これらの教育に関する持続可能な開発目標の達成が、あらゆる国々にとって重要課題であるとし、2015年から Education 2030 プロジェクトを進め、2018年、これまでの成果を簡潔にまとめた中間報告書『教育とスキルの未来』を発表した [11]。そこでは従来のキーコンピテンシーのカテゴリーに、新たに、変革を起こすコンピテンシー（transformative competencies）のカテゴリーを追加した。変革を起こすコンピテンシーは以下の3つの要素からなっている。

- ① 新しい価値を創造する力：新しい製品やサービス、

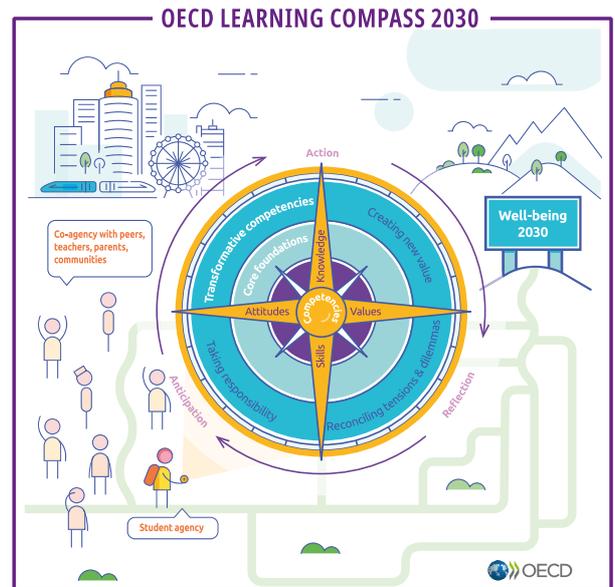


図 2 OECD ラーニングコンパス 2030

Fig. 2 The OECD Learning Compass 2030.

方法論、思考様式、新しい社会モデルなどを他者と協力して生み出していくこと

- ② 緊張を和らげ、ジレンマを解消する力：多様な考え方や利害を調停し、様々な競合する需要間のバランスをとること
- ③ 責任ある行動をとる力：自らの行動の将来の帰結を考え、リスクと報酬を評価し、自分の仕事の成果物について責任をとること

ここで強調しているのは、若者を教育する目的は、働くために準備することだけでなく、責任ある行動がとれ、積極的に社会参画する市民になるためのスキルを身につかせることである。また学習者の主体性（learner agency）が強調され、学習方法としては、現実世界とのかかわりの中で、予見、行動、省察というプロセスを通して行う必要があるとしている。

Education 2030 の普及に向け、2019年6月に、教育目標やカリキュラム、教育方法を、冊子体ではなく、ハイパーテキストの形で、その概念的学習の枠組みとして、2019年にラーニングコンパス 2030 をウェブ上で公開した [12] (図 2)。

4.2 計算論的思考

欧米の学校教育では、21世紀はコンピューテーションの時代であるとして、コンピュータ・サイエンスと Computational Thinking（計算論的思考）を小学校からのカリキュラムに導入している。

英国では、2012年に国家カリキュラムの改定で、5歳児から小中高のすべての段階でコンピュータ・サイエンスを教科として、翌年から導入した [13], [14]。米国では、2016年の大統領令でオバマ大統領は、幼稚園から高校まですべての子どもがコンピュータ・サイエンスを学び、すべての人

が計算論的思考を身につけておく必要があるとした。それに呼応して、コンピュータ・サイエンスや計算論的思考は、STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育とともに、小学生から高校までのカリキュラムが開発され、様々な実践がなされている [15], [16], [17].

計算論的思考が注目されるようになったきっかけは、2006年にJ.M. ウィングがCommunication ACMに書いた計算論的思考についてのエッセイである。このエッセイは2015年に「計算論的思考」として翻訳され、『情報処理』に掲載された [18]。ここでは計算論的思考について、次のように書かれている。

「計算論的思考は問題解決、システムのデザイン、そして基本的なコンピュータ科学の概念に基づく人間の理解などを必要とする」

また2014年にJ.M. ウィング [19] は、その定義をさらに明確にし、次のように述べている。

「計算論的思考は、問題を定式化し、その解決策をコンピュータ（人間または機械）が効果的に実行できるように表現することにかかわる思考プロセスである」

4.3 プログラミング的思考

一方、日本では、2020年度から小学校教育においてプログラミング教育が必修化される。情報科の教員が不在の学校が多い中、すべての学校、すべての教科で実施することを推奨している。文部科学省新学習指導要領 [20] では、計算論的思考を意識し、「プログラミング的思考」という概念を提示している。文科省の有識者会議 [21] では、プログラミング的思考について以下の説明がなされている。

「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、1つ1つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力」

このほか、小学校のプログラミング教育にかかわる教育関連の団体や企業、個人のウェブサイトの中には、プログラミング的思考を計算論的思考と同じようなものとして扱っていたり、プログラミング的思考は論理的思考であるとしていたり、「コンピュータのように考える」ことであるとか、プログラミングスキルを身につけることであるなど、その解釈は様々である。

コンピュータ・サイエンスの発展がビジネスや研究開発、日常生活に変革を起こし、あらゆるものに組み込まれてきている現在、計算論的思考は、新しい問題解決の方法や思考を促進するための基礎となるものである。これはまた、OECD [9] でキーコンピテンシーとして提示されている認知的スキルと重なっている部分もある。「プログラミング的思考」という看板を掲げてコンピュータについて学ばせる日本の教育は、欧米で議論されている計算論的思考をふ

まえているかについては疑問があり、日本の情報処理教育、情報処理教育などが体系的に教育内容として、学校教育で扱われるための議論が必要であると林 [22] は指摘している。

5. 教育方法とデジタル技術

これまで述べてきた新しい学習内容について、それらを効果的に学ぶ方法について、近年、日本の初等教育から高等教育に至るまで、導入されるようになったプロジェクト型学習に注目する。プロジェクト型学習とは、中心となる考え方やテーマを核にした学習で、複数人でチームを構成し、共同で探求する取組みである [23].

5.1 プロジェクト型学習誕生の背景

プロジェクト型学習が生まれてきた背景には、2つの大きな流れが存在する。それは科学技術、その中でも特にデジタル技術の発達による社会の急速な変化と、教育から学習への転換である。この2つは相互に関係している。

世界各国における共通の課題の1つが、学習についての考え方を変えるという学習の改革である。20世紀に行われていた、安定した知識を安定した方法で伝達する教育が終焉を迎え、知識を伝達する教育からいかに脱却していくかが課題となってきた。学習や知識とはどのようなものであるのかという問い直し、そして学習観や知識観の認識の変化が生まれてきた。

教育学者の佐藤 [24] は、21世紀の教育の基本的方向性として、学習の自律的で活動的で、共同的な性格が強調されているとする。また、学習の改革として以下の3点の視点をあげている。

1点目は、大量の知識を効率的に伝達する産業主義モデルに基づく学校教育からの脱皮である。従来の分野の中だけでは扱えない複雑な問題が出現していることから、「基礎学力」の概念や「教科」の枠組みが大きく揺らいできている。

2点目は生涯学習の出現である。生涯学習社会（学校化された社会）が出現し、学校教育は所与の知識の伝達から、生涯にわたる学習者の形成へと転換が求められている。長寿社会の到来から、60歳以降も働き続け、社会へ貢献することが求められるようになってきている。そのためには新たなことを生涯学び続ける必要も出てきた。生涯にわたって何を学んでいくのか、その学ぶ方法、学ぶ力を含めて、生涯学習者となるよう学校教育で形成していく必要が出てきた。

3点目は、学習の心理学の変化である。学習にかかわる心理学のパラダイム転換により、行動主義から社会構成主義への転換が起こった。学習は、個人の頭の中で起こるものでも、トレーニングや繰り返しによって記憶させるものでもなく、社会的インタラクション、すなわち、言葉を媒介としつつ、他者や道具（メディア）を利用しながら社会

的相互作用の中で意味を構築していく過程としてとらえる。人は生活する中で、対象と自分自身、未知の世界と既知の世界、知識と知識の間の意味の関係を構成していく。この関係の構成という認知的、文化的実践を意図的、計画的、組織的に遂行するのが学校という場である。

5.2 学習者中心主義へ

社会構成主義は、20世紀初頭の米国における進歩主義教育として、哲学者で教育学者でもあるJ. デューイらによって、広まってきた。子ども中心主義、学習者中心主義ともいわれている。ここで重要なのは、授業やカリキュラムを設計していく際の、「いかに教えるか」ではなく、「いかに学ぶか」という学ぶ側の視点に立つことである。

日本においても社会構成主義の流れを受け、経験によって学ぶ「経験学習」や体験によって学ぶ「体験学習」、すでに世の中にある問題を解決していく「問題解決学習」などの重要性が叫ばれ、実践されるようになった。従来の教科別に知識を、系統的に順に積み上げて学んでいくという学習の形式に対して、経験学習、体験学習、問題解決学習などが出現した。

学習者を中心とする教育の流れの中では、その反動も起きた。体験や経験だけでは、基礎的な学力が身につかないとして、従来の系統的な学習に戻る動きである。日本においても、総合的な学習の時間が、いわゆる「ゆとり教育」の失敗だとして、個人の補習の時間にあてられることも出てきた。歴史の中で見てみると、上述の2つのやり方は、それぞれの時代、社会的背景によって、振り子のように左右に触れつつ現在に至っている。

このような教育方法の変化の歴史の中で、プロジェクト型学習は、日本では21世紀に入り注目され始め、学校関係者だけでなく企業の人材育成担当者にも通じる方法になってきている。

5.3 教科学習とプロジェクト型学習

プロジェクト型学習は、日常におけるテーマを中心に据えていることから、学習の動機づけにつながっている。学習の動機づけには、新しいこと知りたいという知的好奇心や、それぞれの知識や出来事の原因や関係性を理解したいという理解欲求、上手になりたいと思う向上心が深く関係している [25]。基礎的知識は、日常の中での応用との往還を通して、納得できるようになり、これまでの知識に統合され、応用できるようになり、学習の動機づけも高まること、学習にかかわる研究成果から明らかになっている。

近年、学習の効率化の観点から、基礎的な教科学習については、各児童の進度に合わせて個別に学べるようタブレット端末などを用いてドリル学習を行い、学習の効率化によって捻出された時間を総合的な学習の時間、プロジェクト型学習に充てるとした流れもある [26]。コンピュータ

やタブレット端末を使い、ゲーム的要素を盛り込んだドリル型の学習で、個別最適化学習を行うとしている。

ここでの問題は、「基礎」とされる学習とプロジェクト型学習との切り離しは、深い学びにつながりにくいことである。そもそもプロジェクト型学習のカリキュラム開発やテーマの設定は、複数の教科を統合して行われる。プロジェクトの遂行を通して、各教科で学習する内容との往還が起り、深い理解に結び付くのである。

6. 教育や学習に関する研究成果

効果的で効率的な学習方法を検討するために、ここでは教育や学習に関する研究分野として、教育工学に注目する。現在、世界の中で広く受け入れられている教育工学の定義は以下のものである [27]。

教育工学とは、人間の学習のあらゆる面に含まれる諸問題を分析し、これらの問題の解決法を考案し、実行し、評価し、運営するための、人、手だて、考え、道具、組織を含む複雑な統合過程である。

この研究の中には、人間の学習過程、認知過程を対象としたものや、これをメディアなどの情報手段を用いて、実際の授業や教育改善に寄与することを目的とした、教育設計や研究方法が含まれる [28]。

以下では教育工学の中でも、近年特に、研究やその成果の活用が進められ、文部科学省の資料 [10] などにも取り上げられている、インストラクショナルデザインと自己調整学習について紹介する。

6.1 インストラクショナルデザイン

1930年代に米国で始まった教育工学研究には、インストラクショナルデザインという教育の効果や効率、魅力を高める方法論を研究する領域がある。その中でB. ブルームは、1956年に『教育目標分類学：認知領域』[29]を著し、それ以降、多くの実証的研究と教育実践がなされている。2000年、L.W. アンダーソンら [30]によってその改訂版が出された(図3、図4)。それ以降、知識の獲得(何を知っているか)から、問題解決力や応用力などの、より高次の

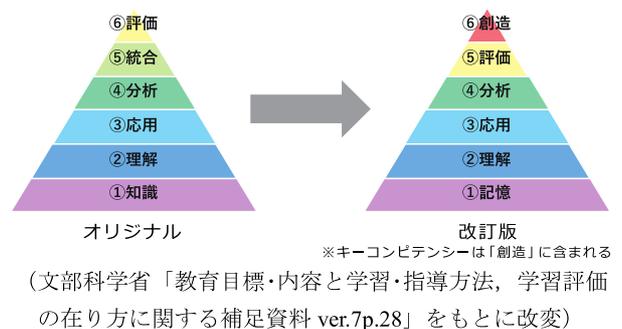
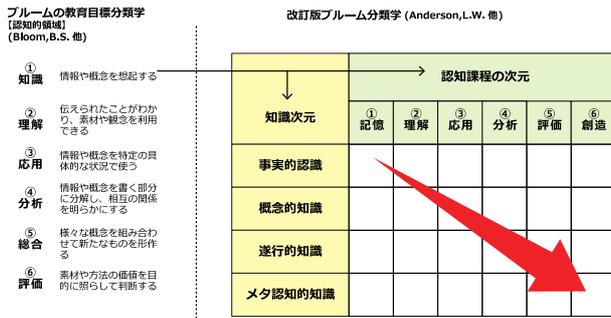


図3 教育目標分類学

Fig. 3 Bloom's taxonomy-revised.



(文部科学省「教育目標・内容と学習・指導方法、学習評価の在り方に関する補足資料 ver.7p.28」をもとに改変)

図 4 教育目標分類学認知的領域

Fig. 4 Bloom's taxonomy-cognitive domain.



図 5 自己調整学習の 3 要素

Fig. 5 Three components of self-regulated learning.

認知的能力の測定と育成を課題とし、科学的・客観的に効果の高い学習法の知見を数多く見出ししている。

教育や学習にかかわる科学研究はまた、高次な認知能力を身につけるための自己調整学習（学習過程に対する学習者の能動的関与）の育成にも取り組んできた。残念ながらそれらの知見は、日本ではほとんど活用されておらず、学習を変革するためにはそれらを普及させることが課題となっている。

6.2 自己調整学習

自己調整学習とは、1990年代よりB.J. ジーマーメンらが提唱し始め、学習者自身の主体的で自律的な取り組みが学習の鍵であるとする理論で、現在初等教育から高等教育に至るまで、数多くの研究と実践がなされている [31]。学習者が自らの目標を達成するために、体系的に方向づけられた認知、感情、行動を自ら活性化し、維持する諸過程のことで、3要素（動機づけ、学習方略、メタ認知）と3段階（予見段階、遂行段階、省察段階）から成り立っている（図 5、図 6）。

自己調整学習では、個人がおかれている環境や、そこで課題に適応し、自ら課題を見つけ、自ら学び続けることの

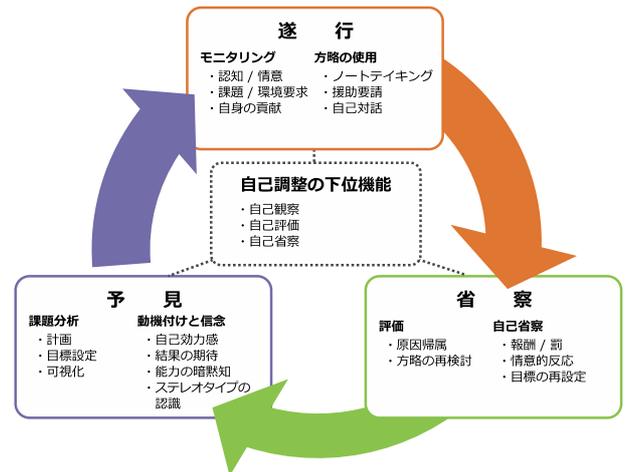


図 6 自己調整学習の 3 段階

Fig. 6 Three phases of self-regulated learning.

できる自律した学習者となることを目標としている。この自己調整の先には、共調整学習（co-regulation of learning）という考え方がある [32]。学習を 1 人の活動とせず、複数の中で、互いに影響しながら調整を行っていくことで、さらに学びが促進されるというものである。

20 世紀後半に起こった学習観の転換では、学習は受動的で個人的な活動から、能動的で共同的な活動という見方へ変化してきた。その中では、共同して学ぶことが深い理解につながるという学習の共同性と、社会的に意味のあることを学ぶことで動機づけられるという学習の社会性という学習の特性も強調され始めた [33]。

6.3 社会的に共有された調整学習

これまで学校教育では、個人が課題を解き、個人で成果を上げることが第 1 の目標として考えられ、実践されてきた。しかしながら 21 世紀の社会においては、共同で作業することや協働的に解決すべき課題が出現し、共通の成果や結果が求められるようになった。

このような社会的な変化の中で、個別的な適応と調整能力の媒介する共調整学習という考え方から、社会的に共有された調整学習（socially shared regulation of learning）の見方が出てきた。社会で起きている課題の解決に向け、共同で活動していく機会が増している。参加者たちがその課題について、共通の認識を持ち、解決に向かうプロセスでは、経験したエピソードなどが語られ、共同的モニタリングや共同的控制の中で、知識や信念などが共有され、新たなものが共同的に構築されていく。この概念は、社会的に共有された調整学習とよばれ、注目され始めている [34]。

学習を個人の活動にとどめず、共同的な複数人での活動として置き換えてみることで、またそこからさらに、学校の外での社会的な活動をこの調整学習という概念で見直してみると、学習支援の新たな方法も生まれてくるだろう。

6.4 学習に関する研究成果とその応用に関する課題

教育工学や認知科学、学習心理学などの研究分野では長年にわたり、その研究成果を実践者向けにモデル化し、科学的・客観的なデータに基づく学習支援手法を、提案・検証してきた。しかし、その研究成果が必ずしも社会に広く活用されているとはいえない。近年さかんに開発が行われてきているEdTechにおいて、これらの成果が活用されれば、さらなる効果が期待できる。

近年、それらの成果をもとにした一般書は、翻訳書も含め、数多く出版されてきている。たとえば、『脳が認める勉強法：「学習の科学」が明かす驚きの真実！』[35]、『使える脳の鍛え方：成功する学習の科学』[36]、『超一流になるのは才能か努力か？』[37]などがある。

しかしながらこれらは、研究から見い出された効果的な学習法を紹介しているものの、それらを現実のどのような場面において、どのように活用すればよいのかという形式では書かれてはいない。またそれらの多くは、スポーツにおける学習法、音楽における学習法、職場研修、特定分野の技術者育成などとして、それぞれの領域で出版されており、書店や図書館では、分類の異なる書棚に収蔵されていることから、それらに共通する概念や理論を一般の人々が見出し、日常の場面で活用することは難しい。また、科学的研究成果をもとにしていないものも同じ書棚に並べられていることが、それらを見分けることをさらに難しくしている。

7. LX への情報科学・工学からのアプローチ

これまで OECD [11] や文部科学省 [38] では、学習主体を児童・生徒・学生に焦点化し、学校教育におけるカリキュラムを提示してきた。しかし、学習主体を子どもから大人までの連続体としてとらえ、学習の場を学校から学校外の場まで拡張するモデルこそが必要になる。いま必要なのは、年代に合わせた学習の道具や教材だけでなく、子どもから大人まで一貫した統合的な学習環境のデザインである。

効果的で実効性の高い学習システムを開発し、広く普及させ、活用していくためには、情報科学・工学、教育工学、認知心理学などの分野の異なる研究者が協働し、研究開発を行うことが望まれる。ここで、1章で述べたLXという学習の変革を実現するための基本的な考え方、その方向を示す。

7.1 LX での人材育成

国内外に課題が山積し、生涯学び続けることが必要な時代において、LXでは、人々が行っているすべての活動を、学習の機会ととらえる。目標とするのは、OECDで議論されてきたキーコンピテンシーを備えた、すなわち、自ら考え、主体的に、責任を持って行動し、社会参画をしていく力を持つ人材の育成である。その学習方法は、すでに研究成果として確立されている問題解決力や応用力などの高度

の認知能力の科学的育成法を、情報技術を活用しつつ、開発することである。

これまで教育工学分野においても、情報科学・工学の教育関連領域でも、教育・学習システムの研究開発は行われていたものの、その目的や、育成する人材像は、それぞれ異なっていた。今後は、現状のシステムに改良を重ねていくフォアキャストではなく、未来の姿や育成する人材像を共有し、そこから逆算して、その実現に向けてどのような手法が可能であるかを探求していく、バックキャスト方式で開発に取り組んでいくことが肝要である。

7.2 アプローチ例としての学習データベースの構築

1つの具体的な足がかりとして、高度の認知能力の科学的育成法の膨大な知見のデータベースを構築することが考えられる。そこから、学習者（年齢、学年、職種など）、学習内容（知識やスキル）、学習環境（学校、職場、地域など）などによって適切な学習法を容易に知り、活用できるようにする「調整学習支援システム」の開発に着手することを目指すのはどうだろうか。

科学的知見に基づく学習法データベースを構築し、学習者が学習の目的や内容、場面などから適切な学習法を引き出せるインデックスを作成する。システムには、学習者との対話のログとともに、複数のセンサを用いて記録した活動ログを含め、データを蓄積し、活用していくことも可能だろう。このデータベースには学習法のメタ知識そのものを格納するのではなく、システムと対話する中で、学習者は自らの学びを意識化し、調整し、自己を拡張していきけるような内容である。学習者の状況に合わせて変化していく構造づくりが鍵となる。システムは、学習者がキーコンピテンシーを獲得していくよう導く役割を果たす。

7.3 LX キュレーターとの育成と配置

もう1つ考えられるのは、学習者が状況に応じて活用する学習支援システムだけでなく、システムに蓄積された各学習者のポートフォリオを活用しつつ、学習変革を普及・促進する人材「LX キュレーター」の育成である。学習者がLX キュレーターとの対話を通じて、これまでの自分の学習法の誤りに気づき、適切な学習法を学びつつ活用していくことができるように促す。

現段階でLX キュレーター像に近いと考えられるのは、米国の大学で組織的に教育改善を行っている学習センターやラーニングコモンズなどの、授業外の学習支援活動の中核を担うチューターである。チューターは一定の条件を満たした学生が、学習方略やメタ認知を意識してチュータリングを行えるよう研修を受けた後、採用される。チューターやその研修制度などの認定を行う関連学会も存在する [39]。日本でその認定を受けている大学の組織として、名桜大学の言語学習センターや、公立はこだて未来大学の

メタ学習ラボがある。

このチューター機能を拡張し、「LX キュレーター」として、大学だけでなく、小・中・高等学校や、企業や地域活動の中に、配置していく。新たに配置するというよりは、現在活動している人たちに研修の機会を提供し、学会などで認定していく制度を構築することが近道であろう。

7.4 LX 実現に向けて

上述の学習データベースの構築や人材の育成は、あくまでも LX 実現に向けたアプローチの例にすぎない。これ以外にも様々なアプローチが考えられる。ここで重要なのは、本稿でこれまで述べてきた近年転換した学習観、「学習は個人の頭の中で起こるものではなく、社会的インタラクション、他者や道具との『対話』の中で意味を構築していく過程」に立脚することである。

LX 実現に向け、学習者が親しみを持って対話できる「ピア（仲間）」としてのシステムと、LX キュレーターが存在する学習環境をデザインする必要がある。学習者は、自分のおかれた状況とその学習環境との対話によって認識し、課題解決に取り組んでいく。システムには、学習者が自らの課題を見つけ解決していく際に必要な、予見、遂行、省察という自己調整学習の3段階を、意識できるような機能を組み込む。そして、その相互作用の中で、高次の認知能力である動機づけ、学習方略、メタ認知という自己調整の3要素を身につけていけるよう方向づけ、自己の成長を確認できるように促していく。

人生100年時代に、学習者とともに成長しながら、学校、職場、地域などの活動全般に寄り添い、シームレスに学びを支援していくフレームワークの構築を目標としたい。

8. おわりに

デジタル化が新たなステージを迎え、社会への影響を大きく変化させる、DXの時代において、また特に人口減少・高齢化が急速に進む日本において、LXは喫緊の課題となりつつある。持続可能な社会を実現するためには、幅広い年代の人々が、問題解決力や応用力などの高次の認知能力を身につける必要がある。そのためには、学習に関する分野の知見と情報科学・工学からの知見や技術の連携は欠かせない。

学校教育という formal な学習の場だけでなく、職場での研修や、地域活動、また家庭という non-formal や informal な学習の場において LX を促進する学習モデルと、その普及に向けたフレームワークが必要となる。教育学や認知心理学、学習科学の長年にわたる研究からの知見をもとにした学習法に基づき、多様な年代の人々を学習主体としてとらえ、学習の場を拡張した学習モデルと、学習者が自らの学びを調整し、生涯を通じて成長していく、学習環境のフレームワークの設計である(図7)。LXを普及させるた

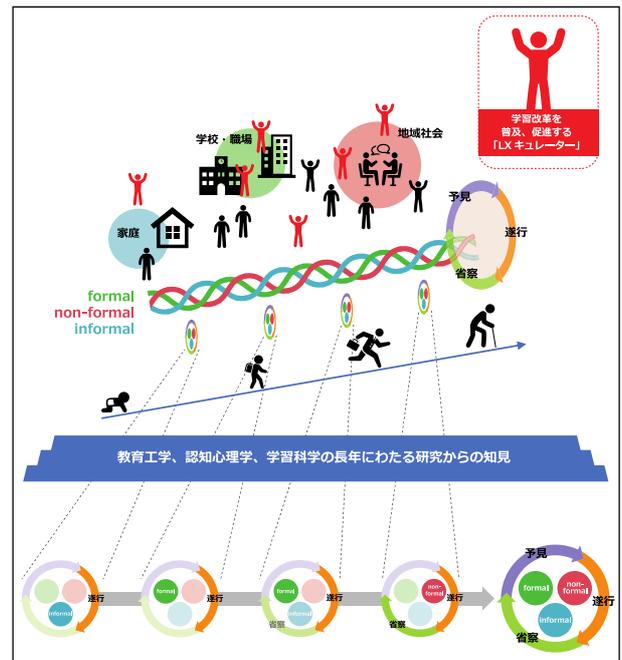


図 7 LX に向けた実現フレームワークのイメージ

Fig. 7 An implementation framework image for the LX.

めには、自己調整学習を促進する機能を持つ人材「LX キュレーター」を各所で育成していくことも重要である。

持続可能な学習環境のデザインは、教室を超え、組織を超え、社会の変革の実践へとつながっていくものであり、その社会的役割は大きい。これまで述べてきた学習内容と学習方法の変革提案自体が重要なのではない。技術と社会の変革の時代に、学習環境の変革の実現が求められているという、まずはその社会環境の変化を認識することなのである。

謝辞 本研究は JSPS 課題番号：18H01056 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 外務省：我々の世界を変革する：持続可能な開発のための2030アジェンダ(外務省仮訳)，国際連合広報センター，東京(2015)。
- [2] 経済産業省：経済産業省のデジタル・トランスフォーメーション(DX)とは，入手先(<https://www.meti.go.jp/policy/digital.transformation/index.html>) (参照 2019-06-08)。
- [3] 内閣府：人工知能技術戦略会議，入手先(<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/jinkochino/index.html>) (参照 2019-06-08)。
- [4] 経済産業省：未来の教室，入手先(<https://www.learning-innovation.go.jp/>) (参照 2019-06-08)。
- [5] 総務省：教育情報化の推進，入手先(http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho-tsusin/kyouiku.joho-ka) (参照 2019-06-08)。
- [6] 文部省：学制百二十年史，ぎょうせい，東京(1992)。
- [7] 美馬のゆり：思考の道具・学習の道具，認知的道具のデザイン，pp.118-138，金子書房(2001)。
- [8] The Next Generation Science Standards: Executive Summary, available from (<https://www.nextgenscience>).

- org/sites/default/files/Final%20Release%20NGSS%20Front%20Matter%20-%206.17.13%20Update_0.pdf) (accessed 2019-06-08).
- [9] OECD (編集), 山形大学教育企画室 (監訳): 学習成果の認証と評価—働くための知識・スキル・能力の可視化, 明石書店 (2011).
- [10] 文部科学省: 教育目標・内容と学習・指導方法, 学習評価の在り方に関する補足資料 ver.7 (平成 27 年 7 月 22 日. 教育課程企画特別部会. 資料 2) (2015), 入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/053/siryo/_icsFiles/afldfile/2015/08/04/1360597.2.1.pdf) (参照 2019-06-08).
- [11] OECD: The Future of Education and Skills: Education 2030, OECD, Paris, France (2018), available from (<http://www.oecd.org/education/2030-project/about/documents/>) (accessed 2019-06-08).
- [12] OECD: OECD Future of Education and Skills 2030: Conceptual learning framework, Concept note: OECD Learning Compass 2030 (2019), available from (http://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_concept_note.pdf) (accessed 2019-06-08).
- [13] Sentance, S., Barendsen, E. and Schulte, C. (Eds.): Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School, Grover, S. and Pea, R.: Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come, pp.19–38, Bloomsbury Publishing (2018).
- [14] National curriculum in England: Computing programmes of study, available from (<https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>) (accessed 2019-06-08).
- [15] Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., et al.: CAS computational thinking - A Guide for teachers (2015), available from (<https://community.computingatschool.org.uk/resources/2324/single>) (accessed 2019-06-08).
- [16] Seehorn, D., Pirmann, T., Batista, L., et al.: CSTA K-12 Computer Science Standards, CSTA, available from (<https://www.csteachers.org/page/standards>) (accessed 2019-06-08).
- [17] Honey, A.M. and Hilton, L.M. (Eds.): Learning Science Through Computer Games and Simulations (STEM Education), National Academy Press (2011).
- [18] Wing, J.M.: Computational Thinking, 中島秀之 (訳): 計算論的思考, 情報処理, Vol.56, No.6, pp.584–587 (2015).
- [19] Wing, J.M.: Computational Thinking Benefits Society, Social Issues in Computing (2014), available from (<http://socialissues.cs.toronto.edu/2014/01/computational-thinking/>) (accessed 2019-06-08).
- [20] 文部科学省: 新学習指導要領のポイント (情報教育・ICT活用教育関係) (2018), 入手先 (http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afldfile/2018/07/20/1407394.2.1.pdf) (参照 2019-06-08).
- [21] 文部科学省: 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ) (2018), 入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm) (参照 2019-06-08).
- [22] 林向 達: Computational Thinking に関する言説の動向, 日本教育工学会研究報告集, Vol.18, No.2, pp.165–172 (2018).
- [23] 美馬のゆり, 富永敦子, 田柳恵美子: 未来を創るプロジェクト学習のデザイン, 公立はこだて未来大学出版会, 北海道, pp.22–27 (2018).
- [24] 佐藤 学: 教育方法学, 岩波書店, pp.66–68 (1996).
- [25] 市川伸一: 勉強法の科学, p.82, 岩波書店 (2013).
- [26] EdTechZine: COMPASS, 経産省「未来の教室」実証事業に採択, 麹町中学校の協力で「教科学習 (授業) の効率化と応用とのサイクルの実証」を実施, 入手先 (<https://edtechzine.jp/article/detail/1220>) (参照 2019-06-08).
- [27] 坂元 昂, 永野和男: 教育工学の歴史と研究対象, 日本教育工学会 (監修): 教育工学とはどんな学問か, 教育工学選書 1, p.19, ミネルヴァ書房 (2012).
- [28] 赤堀侃司: 教育工学研究について, 日本教育工学会 (編): 教育工学事典, pp.10–11, 実教出版 (2000).
- [29] Bloom, B.S.: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook: The Cognitive Domain, David McKay, New York (1956).
- [30] Anderson, L.W. et al. (Eds.): A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Abridged Edition, New York: Longman (2000).
- [31] Zimmerman, B. and Schunk, D.H. (Eds.): 自己調整学習ハンドブック, 塚野州一, 伊藤崇達 (監訳), 北大路書房 (2014).
- [32] Hadwin, A. and Järvelä, S.: 自己調整学習ハンドブック, 塚野州一, 伊藤崇達 (監訳), pp.50–64, 北大路書房 (2014).
- [33] 美馬のゆり: 学習の共同性および社会性を基軸にした学習環境デザイン研究, 電気通信大学博士論文 (2010).
- [34] 鈴木克明, 美馬のゆり: 学習設計マニュアル: 「おとな」になるためのインストラクショナルデザイン, pp.199–201, 北大路書房 (2018).
- [35] Carey, B.: 脳が認める勉強法: 「学習の科学」が明かす驚きの真実!, 花塚 恵 (訳), ダイヤモンド社 (2015).
- [36] Brown, P. et al., 依田卓巳 (訳): 使える脳の鍛え方: 成功する学習の科学, NTT 出版 (2016).
- [37] Ericsson, A. and Pool, R.: 超一流になるのは才能か努力か?, 土方奈美 (訳), 文芸春秋 (2016).
- [38] 文部科学省: 学習指導要領「生きる力」: 平成 29・30 年改訂学習指導要領, 解説等, 入手先 (http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm) (参照 2019-06-08).
- [39] 鈴木克明, 美馬のゆり, 山内祐平: 大学授業の質改善以外の学習支援にどう取り組むか—学習センター関連資格制度についての米国調査報告, 日本教育工学会研究論文集, Vol.11, No.1, pp.181–186 (2011).



美馬のゆり (正会員)

公立はこだて未来大学. 専門は教育工学, 情報工学. 博士 (学術). 公立はこだて未来大学および日本科学未来館の設立計画策定に携わる. 設立後は, 大学では教授, 科学館では副館長 (2003–2006) を務める. NHK 経営委員 (2013–2016) のほか, 中央教育審議会委員, 科学技術・学術審議会委員, NHK 経営委員等を歴任. 近著に, 『学習設計マニュアル』, 『未来を創る「プロジェクト学習」のデザイン』 (いずれも共著) がある.