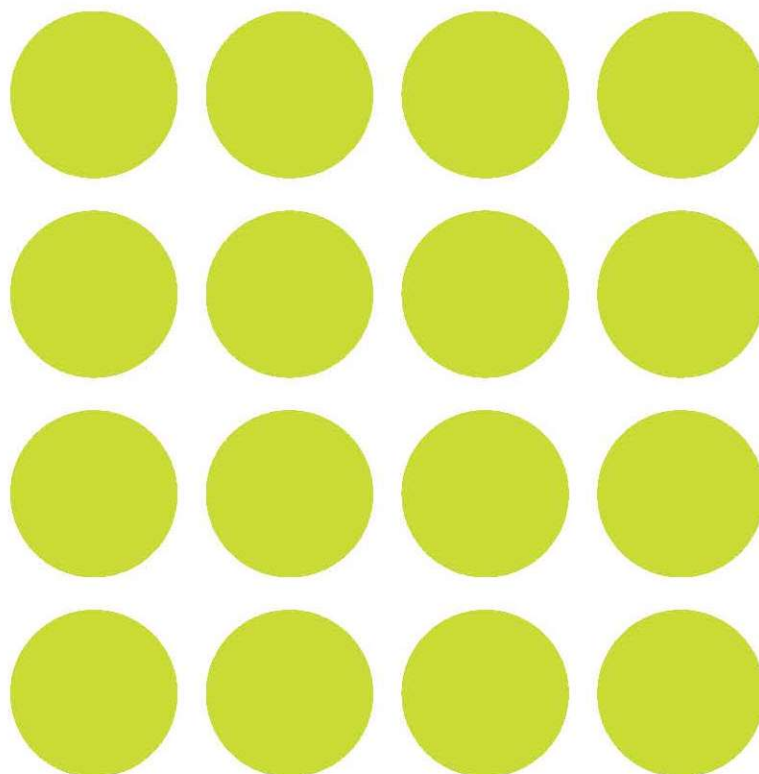


資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究
報告書 4

ICT リテラシーと資質・能力



平成 29 (2017) 年 3 月

研究代表者 梅澤 敦

(国立教育政策研究所 教育課程研究センター長)

はしがき

本報告書は、国立教育政策研究所のプロジェクト研究「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究－目標・内容，指導方法，評価の一体的検討－」（平成 26～28 年度）における研究成果のうち，ICT リテラシーに関わる資質・能力やその育成と評価についてまとめたものである。

本研究は，平成 25 年度まで実施した「教育課程の編成に関する基礎的研究」を，更に学術的に精緻化・構造化し，教育目標や内容，学習・指導方法，評価等の一体的・実証的な検討を行うことを目的としており，教育課程や学習活動，学習評価等を中心に研究を進めてきたところである。

次期学習指導要領改訂に向けた中央教育審議会への諮問（「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について」平成 26 年 11 月 20 日）では，「これからの学習指導要領等については，必要な教育内容を系統的に示すのみならず，育成すべき資質・能力を子供たちに確実に育む観点から，そのために必要な学習・指導方法や，学習の成果を検証し指導改善を図るための学習評価を充実させていく観点が必要」とされている。また，平成 28 年 12 月にまとめられた「答申」においても，「社会に開かれた教育課程」という理念を具体化するためには，「実現するために必要な施策を，教育課程の改善の方向性と一貫性を持って実施していくことが必要である」とされ，次期学習指導要領等では，「主体的・対話的で深い学び」の実現（「アクティブ・ラーニング」の視点）に立った授業改善や，学習評価や条件整備等との一体的改善・充実に関する考え方を示すことが求められているところである。今後，学習指導要領等において，「急速に情報化が進展する社会の中で，情報や情報手段を主体的に選択し活用していくために必要な情報活用能力」も含めて，育成を目指す資質・能力やその育成に向けた学習・指導方法をどう示し，どう評価していくか，また，学校における創意工夫ある学習活動やカリキュラム・マネジメントへの効果的な支援はどうあるべきかを検討していく上で，ICT リテラシーを中核とした学習・指導方法や評価，情報教育基盤等に関する基礎資料は参考になると思われる。

本報告書が，我が国における教育課程の基準の在り方を検討する上で参考資料として十分活用されることを願うとともに，本研究の推進に御協力を頂いた方々に心から感謝申し上げます。

平成 29 年 3 月

研究代表者

国立教育政策研究所教育課程研究センター長
梅 澤 敦

研 究 組 織

(平成 29 年 3 月 現在)

【研究代表者】

梅澤 敦 国立教育政策研究所 教育課程研究センター長 (平成 27 年 5 月から)
高口 努 国立教育政策研究所 教育課程研究センター長 (平成 26 年 7 月から平成 27 年 4 月まで)
勝野 頼彦 国立教育政策研究所 教育課程研究センター長 (平成 26 年 7 月まで)

【研究副代表者】

今関 豊一 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部長

【企画運営委員】

田口 重憲 国立教育政策研究所 研究企画開発部長 (平成 27 年 9 月から)
高橋 雅之 国立教育政策研究所 研究企画開発部長 (平成 27 年 4 月から 7 月まで)
渡邊 恵子 国立教育政策研究所 研究企画開発部長 (平成 27 年 2 月から 3 月まで,
平成 27 年 8 月から 9 月まで)
大月 光康 国立教育政策研究所 研究企画開発部長 (平成 27 年 1 月まで)

【国際研究班】

二宮 皓 比治山大学 学長
青木 麻衣子 北海道大学 准教授
新井 浅浩 城西大学 教授
上原 秀一 宇都宮大学 准教授
坂野 慎二 玉川大学 教授
下村 智子 三重大大学 准教授
福本 みちよ 東京学芸大学 准教授
松本 麻人 文部科学省 生涯学習政策局参事官付 外国調査係専門職
渡邊 あや 津田塾大学 准教授

【検討班】

角屋 重樹 日本体育大学 教授 (国立教育政策研究所 客員研究員)
吉富 芳正 明星大学 教授 (国立教育政策研究所 客員研究員)
猿田 祐嗣 國學院大学 教授 (所外委員)
益川 弘如 静岡大学 准教授 (所外委員)
遠山 紗矢香 静岡大学 特任助教 (所外委員)
淵上 孝 文部科学省 高等教育局私学部私学助成課長 (フェロー)
今村 聡子 東京大学 経営支援担当部長 (フェロー)
佐藤 弘毅 国立教育政策研究所 教育課程研究センター研究開発部長 (平成 27 年 4 月から)
大金 伸光 国立教育政策研究所 教育課程研究センター研究開発部長 (平成 27 年 3 月まで)
大杉 昭英 国立教育政策研究所 初等中等教育研究部長
銀島 文 国立教育政策研究所 教育課程研究センター 総合研究官
二井 正浩 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官

【事務局】

佐藤 有正 国立教育政策研究所 教育課程研究センター 学力調査課長 (平成 27 年 7 月まで)
小久保 智史 国立教育政策研究所 教育課程研究センター 学力調査課長 (平成 27 年 8 月から)
白水 始 国立教育政策研究所 初等中等教育研究部 総括研究官 (平成 28 年 3 月まで)
東京大学 高大接続研究開発センター教授 (フェロー) (平成 28 年 4 月から)
松尾 知明 国立教育政策研究所 初等中等教育研究部 総括研究官
福本 徹 国立教育政策研究所 生涯学習政策研究部 総括研究官
後藤 顕一 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官
西野 真由美 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官
松原 憲治 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官
本田 史子 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官 (平成 27 年
10 月から)
小田 沙織 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 研究員 (平成 27 年 4 月から)

本研究の概要

国立教育政策研究所では、これからの社会で求められる資質や能力を、教科等横断的に育てたい汎用的な資質・能力として位置付け、資質・能力と知識・技能を結び付けた教育課程編成の基本原則を整理するプロジェクト「教育課程の編成に関する基礎的研究」を平成 21 年度より 25 年度まで行ってきた。その成果として 21 世紀に求められる資質・能力¹を整理し、それを知識・技能と結び付ける教育課程の在り方について基礎資料を提供した。

本プロジェクト「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究―目標・内容、指導方法、評価の一体的検討―」（平成 26～28 年度）は、その成果を踏まえ、教育目標や内容、学習・指導方法、評価等を一体的に構想するための基本原則を整理し、実践のための基礎資料を提供することを目的としている。特に本報告書では 21 世紀に求められる資質・能力のうち ICT リテラシーに特化する形で、ICT リテラシー等に関わる社会の変化、ICT リテラシー等をめぐる能力目標の変遷、諸外国における ICT リテラシー等の教育の動向、プログラミング教育も含めた ICT の教育例、教育・学習研究の成果から見た ICT の活用事例、21 世紀に求められる資質・能力における ICT リテラシー等の位置付けに関する基礎資料を収集した。結論を先取りすれば、ICT リテラシーを十全に教育したいのであれば、その教育目標・内容、学習・指導方法、評価を一体的に構想し実践に移すことが必要であり、そのための教員養成・研修やインフラストラクチャー整備も含めた制度面（システムレベル）の支援を一体的に行っていく必要があるという示唆を得た。

以下、各章の内容を簡単に紹介する。

本研究の枠組みを紹介した第 1 章に続き、第 2 章では、ICT リテラシー等に関わる社会の変化を総覧した。コンピュータが開発された当初から、情報技術は人間の知性を増幅する手段として認められていた。実際、現在の情報技術は、20 世紀後半に構想された開発コンセプトを次々と実現し始め、日本でもハードが普及し、それがネットワークに接続され、SNS 等のアプリケーションが隆盛する形で開発が進んできた。このように、世界中の人々の知性を増幅し得る環境は整いつつある。しかし、知性を増幅するものは同時に、個人間の差も増大させる。情報資源のオープンさ（開放性）が増す情報化社会では、知識の入手・編集・創造における差が一層拡大する。情報の「洪水」を意味のある一貫した「知識」へと適切に変換するリテラシーがあるかないかが大きな差を生むためである。このような格差は、個々人の進学や就業、社会での活躍の機会を奪うだけでなく、社会全体として国家規模・国際規模の問題に直面し解決する力を失わせる。それゆえ、我々は、複雑で社会的な問題を解決し、新しい知識を創造するという社会全体の「資質・能力」向上のために、

¹ 21 世紀に求められる資質・能力については、これまでの報告書において、「21 世紀型能力」という呼称を付して整理してきた。これらの報告書の成果も参考としながら次期学習指導要領改訂に向けた議論が進められ、「資質・能力の要素」について包括的な整理がなされていることや、学校現場における教育課程の構造化に向けた意識が向上したことなどにより、「21 世紀型能力」という呼称を付した提案については、その役割を果たしたものと考える。今後は、各学校において、資質・能力の育成に向けた教育課程の構造化が、それぞれの工夫を生かした形で進められるよう、統一的な呼称は付さないこととしたい。

ICT の利活用やリテラシーに関する教育の在り方を考えることが求められている。

第3章では、世界の主要な情報関連の資質・能力目標の変遷を、社会の変化と情報技術の進展に対応付けながら追った。その結果、2000年以前は「コンピュータ」や「メディア」などのリテラシーが主だったものが、2000年以降は、「コミュニケーション（ICT）」や「デジタル」が対象となるように変わったこと、及び、多様なリテラシーを統合・融合させた「トランスリテラシー／マルチリテラシーズ」という資質・能力目標が見られるようになってくるといった特徴がうかがえた。こうした動向と比較して日本の「情報活用能力」の変遷を見ると、1990年前後という早期から情報活用の実践力・理解・態度という多様な目標を包含した提唱を行った点、及び、能力育成を具体的に行うために、教科を設けるだけにとどまらず、学習活動の例示や教科等の横断が積極的に試みられてきた点という二つが特徴的だと見なすことができた。情報活用能力の育成について各種調査結果を検討したところ、全体として情報や情報機器の利活用が日常的に行われているところまでには至っておらず、児童生徒は ICT を用いた素早い情報の読み取りや基本操作の面では一定水準に達しているが、複数の情報を整理し統合する能力に課題がある傾向が見られた。

第4章では、諸外国の教育課程における ICT リテラシーの定義や教育について、イングランド・韓国・シンガポール・オーストラリアの4か国を概観し、各国とも（1）ICT リテラシーを単独教科で学ぶだけでなく、資質・能力目標などとして教科等横断的に活用しながら学ぶ、（2）単独教科ではプログラミングも含めたデジタルリテラシーの教育に注力する傾向を鮮明化させる一方で、それを高次認知能力や情報化社会・知識基盤社会に向かう態度育成につなげる、（3）教員も含む社会全体のリテラシーの底上げ、及びインフラ整備等の一体的・総合的変革を図る、という三点が共通していることを見いだした。

第5章では、ICT リテラシーの一つとしてプログラミングに焦点を当て、日本を含む各国のプログラミング教育の現状や課題について検討した。各国でプログラミングが正式な教科として採用される傾向があるが、それはプログラマ育成のためだというよりも、プログラミングが学習者の資質・能力の育成手段として有効だと考えられているとの示唆が得られた。そこでプログラミング教育実践例について目的を整理したところ、（1）プログラマ育成、（2）教科等の学習促進、（3）高次認知能力の育成、（4）新しい学習メディアの獲得、（5）デジタル社会の創作活動への参加、という五つに大別できることが分かった。これらの目的は、（5）の社会的・協調的な関わりの中で（1）のプログラミングや（2）の教科等の学習が促進され、学習者がプログラミングを（4）の学びのメディアにすることによって、コンピュータを用いた（3）のアルゴリズム的な思考力や協調的な問題解決能力の獲得が進む可能性があることが示唆された。その点で、プログラミングを含む ICT リテラシーの教育は、学び方も合わせて検討する必要があると考えられた。

第6章では、ICT リテラシーの教育と評価をより広い視野で考えるべく、学びのゴールの変革とそれに向けた ICT の役割、ICT を用いた学びを支えるための「学びの視点」を検討した。その上で、学習科学から見た ICT 等のテクノロジーが学びにもたらす意味について議論し、学習科学の実践例と学習支援システムの紹介を行った。その結果、ICT の普遍的（ユニバーサル）な利点があって、それに従って一般的に「このように使えばよい」というガイドラインが引き出せるものではなく、その場で教えたいたいことに応じて ICT の機能を選択・

創造・活用していく必要があり、だからこそ、デザイン研究と呼ばれるような不断の授業改善とシステム改善とが両輪として必要になるという示唆を得た。

第7章では、これから求められる資質・能力における ICT リテラシーの位置付けや詳細、情報活用能力との対応、ICT リテラシーの育成と評価、育成のための支援体制、情報教育の在り方についての論点を整理した。その結果、資質・能力目標をいかなるものにするかに関わらず、それを十全に教育したいのであれば、その目標と教科等の内容、学習・指導方法、評価を一体的に構想し実践に移すことで、児童生徒に一貫・一体化した学習経験を提供することが必要であり、そのための教員養成・研修やインフラストラクチャー整備も含めた制度面（システムレベル）の支援を一体的に行っていくことが必要である、という示唆を得た。情報活用能力等の育成のための教育は、単に教科等の内容を設定するだけではなく、学習・指導方法や評価の変革、教師教育の改革、インフラの整備などを総合的に行う必要がある。それゆえ、「情報」をどう定義し、資質・能力目標をいかなるものと見定めるかが、こうした総合的な改革の核心となる重要な検討課題である。

主な研究経過

【事務局検討班会合】

- ・ 43 回 （毎週木曜日 14 時～17 時）

【ICT リテラシー班コアミーティング】

- ・ 全体会合 2 回（平成 25 年 8 月 16 日及び 10 月 4 日），その後は随時

【教育課程課及び情報教育課との意見交換】

- ・ 随時

【ICT リテラシー講演会】

場所は，いずれも文部科学省会議室

平成 25 年	7	月	30	日	赤堀 侃司	白鷗大学 教育学部長
	8	月	28	日	清水 康敬	東京工業大学 常勤監事
	10	月	9	日	美馬 のゆり	公立はこだて未来大学システム情報科学部教授
平成 26 年	1	月	10	日	黒上 晴夫	関西大学 総合情報学部 教授
	1	月	23	日	三宅 なほみ	東京大学 大学総合教育研究センター 教授

目 次

第1章	本研究の枠組み.....	9
1.	研究の目的.....	9
2.	本研究の位置付け.....	10
第2章	社会の変化と ICT リテラシー.....	12
1.	情報技術の開発思想と ICT 教育の未来.....	12
2.	情報技術と情報関連の教育の変化.....	15
第3章	ICT リテラシーの能力目標の変遷.....	21
1.	国内外の学術的な能力目標の変遷.....	21
2.	日本における「情報活用能力」の変遷.....	26
(1)	用語の誕生から定義まで.....	26
(2)	教育目標の定義から実質的な育成に向けて.....	28
(3)	変遷を振り返って.....	33
3.	「情報活用能力」に関わる各種調査.....	35
(1)	日本国内における ICT 活用に関する調査.....	35
(2)	主たる国際調査.....	37
(3)	特定の課題に関する調査（技術・家庭）.....	38
(4)	情報活用能力調査.....	38
(5)	まとめ：我が国の情報教育の現状と課題についての評価.....	41
第4章	諸外国の動向.....	46
1.	英国（イングランド）.....	46
2.	韓国.....	47
3.	シンガポール.....	48
4.	オーストラリア.....	50
5.	まとめ.....	50
第5章	プログラミング教育の動向.....	52
1.	万人のためのプログラミング教育.....	53
2.	導入期のプログラミング教育.....	57
(1)	プログラミング熟達者の育成.....	58
(2)	プログラミングによる高次認知能力育成.....	58
(3)	プログラミングによる教科内容の理解促進.....	59
(4)	新しいメディアとしてのプログラミングの可能性.....	60
3.	発展期のプログラミング教育.....	60
4.	プログラミング教育の目的と実践例.....	62
(1)	目的1：プログラマ育成.....	62
(2)	目的2：教科等の学習促進.....	63
(3)	目的3：高次認知能力の育成.....	64

(4)	目的4：新しい学びのメディアの獲得	65
(5)	目的5：デジタル社会の創作活動への参加	66
(6)	まとめ	67
第6章	学習科学とテクノロジーに関する研究成果	71
1.	教育の情報化の動向	71
2.	教育に ICT を活用することの意味	72
(1)	情報化社会が可能にする新しい学び	72
(2)	情報化社会が可能にする新しい学びのゴール	74
(3)	学習科学から見た「人はいかに学ぶか」	75
(4)	ICT を用いた二つの授業の比較から	78
3.	学習科学と ICT を用いた協調学習実践例	82
(1)	グループ・スクリブル (Group Scribble)	82
(2)	モデル・イット (Model-It)	84
(3)	バイオキッズ (BioKIDS)	86
(4)	シンカーツール (Thinker Tool)	89
(5)	ワイズ (WISE)	92
(6)	ナレッジフォーラム (Knowledge Forum)	96
(7)	まとめ	102
第7章	今後の課題	108
1.	情報活用能力とその教育をめぐる論点	108
(1)	「情報」をデジタル情報に限定するか、アナログ情報も広く含むか?	108
(2)	授業に対する ICT の活用を積極的に推奨するか、しないか?	109
(3)	教科「情報」等の固有性を強調するか、汎用性を強調するか?	109
(4)	本研究からの示唆	110
2.	本研究の課題	112

第1章 本研究の枠組み

1. 研究の目的

本報告書は、国立教育政策研究所のプロジェクト研究「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究—目標・内容、指導方法、評価の一体的検討—」（平成26～28年度）における研究成果のうち ICT リテラシーに関する内容についてまとめた報告書である。

本研究は、平成25年度まで実施した「教育課程の編成に関する基礎的研究」を発展し、資質・能力を育成する教育課程の在り方を総合的に検討し、教育課程に関する政策の企画立案に資する知見を提供することを目的としている。具体的には、平成25年度までの成果を基盤にして、求められる資質・能力の精緻化・構造化を図るとともに、その育成を図るために必要な教育目標・内容・方法・評価等の一体的、実証的な検討をすることを目的に、文部科学省の関係部局との連携を図りながら組織体制を整え、研究を推進してきた。本研究は、そのうち、「ICT リテラシー」や「情報スキル」等と総称される情報や情報機器の活用に関わる資質・能力について検討するものである。特に次期学習指導要領改訂に向けた答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」（平成28年12月21日）によれば、情報活用能力は「教科等を越えた全ての学習の基盤として育まれ活用される資質・能力」と表現されており、その在り方を具体的に考えていく上で、関連する基礎資料の収集と検討が必要だと考えられる。

本報告書では、下記の点に関する検討成果をまとめて報告する。

- ・ ICT リテラシー等に関わる社会の変化
- ・ ICT リテラシー等をめぐる能力目標の変遷
- ・ 諸外国における ICT リテラシー等の教育の動向
- ・ 諸外国におけるプログラミング教育の動向
- ・ 教育・学習研究の成果から見た ICT の活用事例
- ・ 今後求められる資質・能力の観点から見た ICT リテラシー等の位置付けや詳細

なお、本研究では、研究対象を明確にするために、デジタル情報²とそのテクノロジー—情報技術（IT：Information Technology）若しくは情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）—に絞って検討を進める。それと連動して「情報」も限定的に定義する。第3章に見るように、情報の定義は時代や立場によって多様であり、その情報をどう扱うか、すなわち、「情報活用能力」と位置付けるか、「情報リテラシー」等と位置付けるかによっても変わる。それゆえ、本報告書では、社会の動向に照らして、今後、より重要性を増すと考えられるデジタル情報とそれを扱うテクノロジーに検討の対象を限る。

日本における「情報活用能力」のように、アナログ情報も含めて「情報」を広く定義することの利点と課題については、最後に検討する。以下では、デジタル情報とテクノロジーの活用に関わる資質・能力を仮に「ICT リテラシー」と呼んで論を進める。

² ここでは便宜的に離散量として表された情報と定義し、電子的な処理（取得、蓄積、加工、伝送等）を行いやすい形に量子化・離散化された情報を意味することとする。

2. 本研究の位置付け

国立教育政策研究所では、これからの社会で求められる資質や能力を、教科等横断的に育てたい汎用的な資質・能力として位置付け、資質・能力と知識・技能を結び付けた教育課程編成の基本原則を整理するプロジェクト「教育課程の編成に関する基礎的研究」を平成 21 年度より 25 年度まで行ってきた。その成果として 21 世紀に求められる資質・能力を整理し、それを知識・技能と結び付ける教育課程の在り方について基礎資料を提供した。

本プロジェクト「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究―目標・内容、指導方法、評価の一体的検討―」（平成 26～28 年度）は、その成果を踏まえ、教育目標や内容、学習・指導方法、評価等を一体的に構想するための基本原則を整理し、実践のための基礎資料を提供することを目標としている。特に本報告書では 21 世紀に求められる資質・能力のうち ICT リテラシーに特化する形で、ICT リテラシー等に関わる社会の変化、ICT リテラシー等をめぐる能力目標の変遷、諸外国における ICT リテラシー等の教育の動向、教育・学習研究の成果から見た ICT の活用事例、21 世紀に求められる資質・能力における ICT リテラシー等の位置付けといった ICT やそのリテラシーをめぐる基礎・実践研究を広く展望し、整理するものである。それによって、これからの時代に求められる ICT リテラシーなどの資質・能力はいかなるものかに示唆を与えること、及び、ICT リテラシーを一つの対象としてその一体的な育成と評価はどうあるべきかを検討する材料を提供することを狙う。

なお、本プロジェクトの平成 26 年度の研究成果として、「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書 1」を平成 27 年 3 月に刊行したため、以下では、その内容を整理し、本報告書との関連性を説明する。当該報告書は、平成 25 年度まで行ってきた「教育課程の編成に関する基礎的研究」、そして現在進行中の「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究」の成果を踏まえ、特に資質・能力目標とその教育に絞って、教育実践研究に基づいた学術的な知見を整理し、次の二つの示唆を得た。

- ・ 一つには、「21 世紀を生き抜くための資質・能力」として、「思考力」等の認知スキルを中核として、それを支えるリテラシーなどの「基礎力」、及び思考力の使い方を方向付け、社会と関わり、実践的な課題発見・解決とつなげるための「実践力」が求められている。
- ・ 二つには、「21 世紀を生き抜くための資質・能力」を育むために、図 1 のように教科等の内容と資質・能力を学習活動でつなぐ教育が有効だと考えられる。すなわち、図の左側の教科等の内容だけを重視し、知識伝達・注入型の授業をどれだけ実施しても、右側の資質・能力は育ちにくい。一方で、資質・能力が大事だからと言って、例えば問題解決の練習をどれだけ繰り返しても、生きて働く問題解決能力は育成されにくい。意味のある文脈の中で、教科等の内容の中核となるビッグアイデアを手掛かりに、問う価値のある課題の解決に向けて学習活動を組織することを通して初めて、問題解決能力なども育まれていく。こうした授業作りを繰り返すことで、教科等の内容と資質・能力が一体化され、「生きる力」の育成につながっていくものと思われる。簡潔に言えば、教科等の内容の本質的理解と資質・能力は、学習活動を通して結び付き、一体として育つということである。

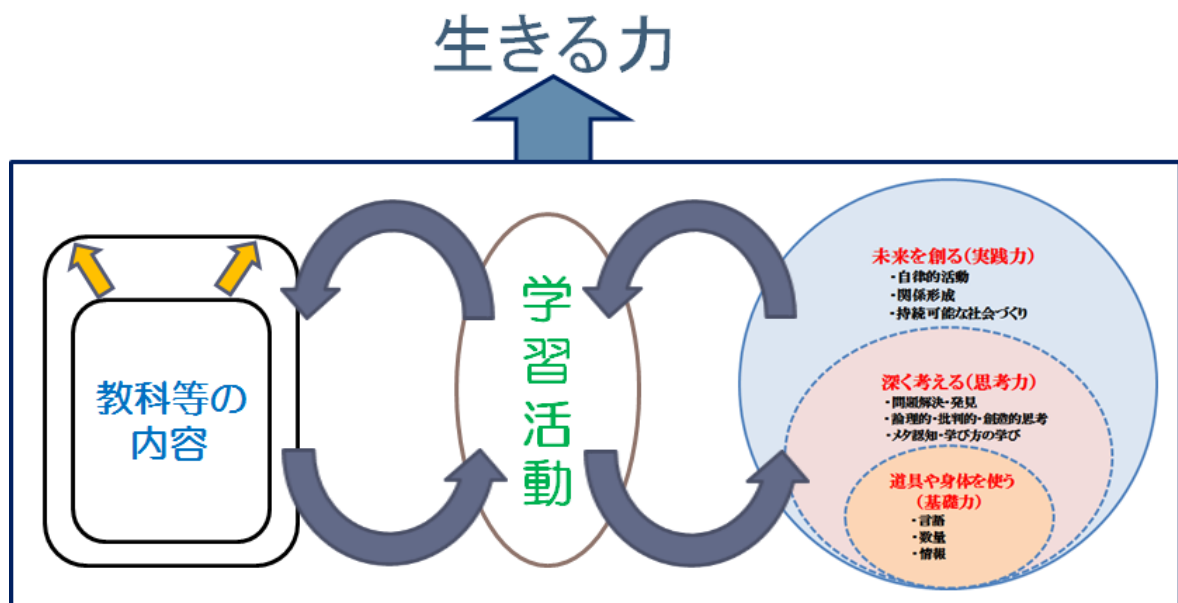


図1. 内容，学習活動，資質・能力をつなぐ学びのサイクル

このような構図で考えたとき，ICT リテラシーは，三つの側面に関わりを持つ。一つは，「資質・能力目標」のうちの主として「基礎力」の一部に位置付けられる。また，ICT リテラシーを用いて収集された情報を組み合わせる等（特にプログラミングなど）の過程は，「思考力」にも位置付けられる。二つは，資質・能力を引き出す「学習活動」に使われる手段として位置付けられる。三つは，それ自体が「学ぶ対象（内容）」に位置付けられるというものである。これを本報告書の内容に照らすと，次のとおりとなる。なお，これら三つの側面を一体化した学びを通して「生きる力」の育成につながる点は，他の教科等の内容と同様である。

- | | |
|--|------------|
| ・ ICT リテラシー等に関わる社会の変化 | ⇒三側面の前提 |
| ・ ICT リテラシー等をめぐる能力目標の変遷 | ⇒主に資質・能力目標 |
| ・ 諸外国における ICT リテラシー等の教育の動向 | ⇒主に資質・能力目標 |
| ・ 諸外国におけるプログラミング教育の動向 | ⇒主に教科等の内容 |
| ・ 教育・学習研究の成果から見た ICT の活用事例 | ⇒主に学習活動 |
| ・ 今後求められる資質・能力の観点から見た ICT リテラシー等の位置付けや詳細 | ⇒三側面 |

【引用文献】

国立教育政策研究所(2015).『資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書1～使って育てて 21 世紀を生き抜くための資質・能力～』. 国立教育政策研究所.
(http://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h27/2-1_all.pdf)

(白水 始)

第2章 社会の変化と ICT リテラシー

本章では、ICT リテラシーに関わる教育を考える前提として、情報技術の歴史的発展の経緯やそれをめぐる社会の変化を簡単に確認し、ICT リテラシーをどのように捉えればよいかに関する示唆を得る。

1. 情報技術の開発思想と ICT 教育の未来

コンピュータが開発された当初から、情報技術は人間の知性を増幅する手段として認められていた。例えば、マウスの開発者であり、マンマシーン・インターフェイスの基礎を築いたダグラス・エンゲルバートは、次のように述べている (Engelbart, 1962)。

「人の知能を補強増大させる」とは、複雑な問題状況にアプローチし、自分の必要に応じた理解をし、問題の解答を導くという人の能力を増すことを意味する。… (中略) …人口と総生産高は相当な比率で増加しているが、問題の「複雑さ」の程度は更に速く増しつつある。そして、人間の活動が盛んになり、それが地球規模になるとともに、問題を解く際の「緊急度」は着実に増大する。以上より「人の知力を補強増大させる」ことは、十分な努力を傾ける値打ちがある。

しかし、知性を増幅するものは同時に、個人間の差も増大させる。情報技術革命の一つであるウェブ (World Wide Web) は、インターネット上に、大量のアクセス可能な情報をもたらしたばかりでなく、多様な形態やメディア、質の情報をあふれさせることになった。それはまさに、ウェブの原型である「メメックス (memex) ³」を提案したヴァネヴァー・ブッシュが、次のように夢想した世界に近いものである (Bush, 1945)。

メメックスを与えられた学者は、一連の情報と連結することで独自の知識ツールを作成でき、それらのツールを共有し、そのツール群を使って更に洗練された知識を生み出し、公表することができる。メメックスは情報爆発を知識爆発に変換する手段として想像された。これはニューメディアの夢の一つである。

それは同時に、「あらゆる方向からやってくる多様で断片的な情報を『一貫した意味を持ち、信頼できる情報の塊、つまり知識』に変換するリテラシー」をユーザに求めることになった。そのリテラシーは、様々なメディアを扱う「マルチリテラシー」を超え、「トランスリテラシー」⁴と呼ばれるものである。このリテラシーを欠く者は、たとえウェブ上の情報にアクセスできたとしても、そこでの仕事や学習に失敗すると言われている。

例えば、現在高等教育の世界で広がりつつある「ムークス (MOOCs : Massive Online Open Courses)」は、インターネット上の講義を無償で公開し、アクセス可能な人々全員を対象に学習機会を提供するシステムである。そこで単位が取れる受講者は、もともと知識やリ

³ 個人が所有する本、記録、通信内容を圧縮して格納できる自己完結型のデジタル図書館。文書間にリンクと注釈で「連想の航跡」を追加し、他人のそれをたどって読むこともできる。

⁴ <http://transliterations.english.ucsb.edu/category/research-project>

テラシーをある程度持つ人であることが見えつつある (Hansen & Reich, 2015)。リテラシーのある者のみが、インターネットがなかった時代には考えにくかったような、自分の判断や責任で学習や知識創造を進める体験が学校外でも享受できる⁵。それゆえ、「人が、人生の各時点で、その時々に必要なことを、世界中の人々と協調的に学べるシステムをウェブが担う」(三宅・益川, 2014) という理念が、逆に格差を拡大しかねない時代がやってきている。

確かに、こうしたリテラシーを欠く者を「アカデミックな知識やスキルを欠くだけで、他の価値ある知識やスキルを持っているはずだ」と擁護することも考えられる。しかし、日本も含め、先進国では ICT を有効に活用できない者の職業が減りつつあり (Autor, Levy & Murnane, 2003; 池永, 2011)、我々の経済や教育システムは、それらの者が活躍できる場を準備しているとは言い難い (Scardamalia & Bereiter, 2013)。そのことに鑑みると、こうしたリテラシーを身に付けるために学校教育の果たす役割が無視できない。

学校教育は、社会的・感情的な関わりにおいて「インクルーシブな」教室を実現するだけでなく、「インクルーシブな知識社会」を実現するひな型のモデルとして機能すべきである。くしくも先述のブッシュが「我々が考えるように (As we may think)」というタイトルの論文においてメメックスを構想したように、「考えるための ICT リテラシー」を持つ子供たちが、教室という一つの場に集まって、解くべき問題は何かについて議論したり、答えを出すのに必要な情報を整理したり、自分たちで答えを作り出しながら、外部の専門家とのやりとりも繰り返して理解を深めていく協調的な学び合いを引き起こす道筋を考えていくべきであろう。こうした方向性に向けた希望は、また、子供たち自身の ICT の使い方から来る。アラン・ケイは、まだコンピュータが「メインフレーム」と呼ばれ、巨大で高価で複数人で共用するのが当たり前だった時代に、次のように「子供向けのパーソナルな小型コンピュータ」を夢想した (Kay, 1972)。

子供は目の前の問題に対処するために、自分を取り囲む環境のモデルを探そうとする。そのモデルは「アイデア A から次のアイデア B に進むにはどうするか」といった「実践的」なもので、厳密な論理の道筋をたどる「一貫した」ものではない。子供へ影響を与えるときに、子供の中にあるモデルを教える側のモデルで置き換えてしまおうとするのではなく、子供自身の現在の考えのモードの中に手掛かりを置いていく方法を探りたいと思う。…(中略)…このプロセスの中で、テクノロジーは、受動的なものではなく、能動的なより良い「本」をもたらしてくれる。その本は、テレビが持つような注意を引きつける力を持ちながらも、その力をテレビ局側からではなく、子供自身によって制御できるようなものになるであろう。それはツールであり、おもちゃであり、表現のメディアであり、果てしない喜びの源泉であり…そしてまた、他の物と同様に、無知な大人や教師の手にかかればひどい苦役の元にもなるのだ！

アラン・ケイの「ダイナブック (動的な本: dynamic な book の短縮)」のコンセプトは、

⁵ インターネットがなかった時代にもテレビの放送大学や英会話等のラジオ講座などの学習手段は存在していた。しかし、例えば放送大学の学生数が学部・大学院合わせて、およそ 9 万人 (平成 28 年度放送大学学園要覧) であるのに対して、MOOCs の一つである「gacco」の利用者数だけを取り上げても、およそ 22 万人 (平成 28 年 4 月 14 日株式会社ドコモ gacco プレスリリース) と、格段にアクセスする人数が増えていると言える。

文章や画像、アニメーションなどのオブジェクトを自在に対話的に扱うプログラム (Smalltalk) に基づくパーソナル・コンピュータ (以下「パソコン」)、いわゆる「アルト」に具現化した。これがアップル (Apple) によるパソコンの開発・増産やタブレットパソコン開発に結実し、小型で安価で個人が利用できるデバイスがインターネットにつながることで、小さい頃からデジタル技術に慣れ親しむ世代「デジタルネイティブ」(Prensky, 2006) が生み出されるに至った。ICT は、子供が小さいときから自分で学び、様々な自由を手に入れるための道具になり得る可能性が示されたわけである。

「コンピュータ・リテラシー」という造語も、ケイによるものである。それは、もともと「パソコンで読み書きする能力やインターネットに関する知識」を指すのではなく、「コンピュータがどのようなメディアにもなり得ることを踏まえて、コンピュータを使って課題を解決するだけにとどまらず、そのメディアを自ら作り出す能力」を意味していた。

ケイはその後、子供が簡単にプログラミングできる環境「Squeak Etoys」を開発し、いま世界で150万人以上に使われているという「スクラッチ Scratch」の開発に影響を与えた。このようにケイは、パソコンの持つ直接操作性と「入力すれば応答を返す」という相互作用性を生かし、直観的な操作が可能な環境を用意することで、「考えるための道具としてコンピュータを使いこなす」リテラシーの促成を目指した。

パソコンは、少数が管理したメインフレームと違い、一般市民が自由に使える道具として反体制的・対抗文化的な理念をも具体化するものでもあった (Nelson, 1980)。しかし、パソコンが広く普及し、インターネットで互いにつながれた現在では、逆に情報漏洩などのセキュリティ上の問題や情報操作による大衆の世論操作、同調的なネットワーク文化など、様々な問題を生み出しているのも事実である。これを「いつの時代でも新しい道具は何らかの問題を引き起こすのだから、それは道具そのもののせいではない」と軽視せずに、掘り下げて考える必要がある。例えば、OECD Education 2030 プロジェクトでは、グローバル時代の大きな問題の一つとして“Connectivity”を挙げている (Schleicher, 2015)。Connectivity とは、過度につながりすぎたインターネットなど非現実空間の中で引き起こされるいじめなどの問題を指す。その制御のための社会的なスキルの育成等が注目を集めているように、我々がどれだけ賢くテクノロジーを使いこなすことができるかが問われていると言える。

そこで、最後に、本節の冒頭に触れたヴァネヴァー・ブッシュの研究人生に戻っておく。ブッシュは、米国の科学研究開発局 (The Office of Scientific Research and Development: OSRD) の局長として科学者と軍の緊密な協力関係を構築し、第二次世界大戦の原子爆弾計画の推進にも携わった。この水爆の核融合計算や大砲の弾道計算にコンピュータが使われた。これが「ブッシュなくしてはコンピュータも原水爆もない」と言われる理由である。歌田 (1996) は「メメックスとは、『善』であるはずの応用科学の可能性を示すものにほかならない。原爆という『悪』の毒を薄めるために準備されたもの、いわば原爆の補償措置、それがこのマルチメディア・マシンのアイデアだった」と述べる。西垣 (1997) は、これに対して次のように反論する。

この二つ (注：原水爆とメメックス) は本当に矛盾なのだろうか。ブッシュは終始、

「科学技術を社会の役に立てる」ために努力していた…（中略）…「ブッシュは悪いこととしたが善いこととした」といった常識論は、本質を見誤らせる。「科学技術じたいは中立で、要はその使い方だ。悪用するのは政治家や商人だ」という研究者の言い訳も間違っている。科学技術とは何より“力（パワー）”なのだ。対象を制圧し、操作し、必要なら破壊しさる力なのだ。その意味で、原爆もメメックスも全く同じである。ブッシュは首尾一貫して、人間のもつ力を増大するために粉骨砕身つとめたのである。

この西垣の解釈に同意するか否かは別として、ICT が現代社会で一層の「力」を持ち始めていることは確かである。それはエンゲルバートが情報技術に知性増幅の「力」を見たときから一貫している。ICT リテラシーを考えるためには、この「力」をどう活用し制御するかという問題と切り離して考えることはできない。

それは、「情報」活用能力にアナログ情報をふくめるか、デジタル情報のみとするかといった問題に一つの視点を与える。すなわち、パソコンなどの ICT は、すべからく「アナログ情報を豊穡^{ほうじょう}に含むリアルな世界を、デジタル情報からなるバーチャルな世界に変換することで、人間による世界の操作制御をしやすくする」という目的を持つと見る視点である。そのように考えると、アナログとデジタル、あるいはリアルとバーチャルがどこで二分されるかという議論より、ICT が世界をデジタル化することで処理水準を上げようとしている点を中心に議論を進めるべきことが示唆される。ICT をどう使うかというリテラシーも、我々が「世界をどのように操作し、どのような結果を得ようとしているのか、全体としてどのような社会を創りたいのか」という目的や価値判断と切り離して論じることはできない。したがって、教育においても、ただコンピュータを使えるようにするというだけではない、使い方や使う文脈、目的も一体化した教育が必要になる。そのためには、教育の目標から考え直す必要もあるだろう。

それゆえ、複雑で社会的な問題を解決し、新しい知識を創造するという社会全体の「資質・能力」向上のために、ICT の利活用やリテラシーに関する教育の在り方を考えることが不可欠になる。

2. 情報技術と情報関連の教育の変化

1 節ではコンピュータやパソコン、インターネットなどの情報技術の開発者やコンセプトの提案者の思想と社会の変化を照らし合わせて、ICT リテラシーの在り方を検討してきた。本節では、情報技術の開発や進展と情報に関わる教育の変化について、基礎的なデータから検討する。なお、情報関連の教育の詳細については、第 3 章にて検討する。

図 2・図 3 は、日本の世帯におけるパソコン普及率やインターネットの利用率を示したものである。これを見ると、各々 50% を突破するのが、パソコン普及率の場合は 2000-2001 年、インターネット利用率が 2001 年（一回でも利用した場合）から 2006 年頃（自宅等での私的利用）であると分かる。ここに各種アプリケーション—例えば、2004 年の「ミクシィ (mixi)」, 2005 年の「ユーチューブ (YouTube)」, 2006 年の「ツイッター (Twitter)」, 2008 年頃の「フェイスブック (Facebook)」日本語版⁶, 2011 年の「ライン (LINE)」—の登場年数を併せて考えると、「ハードが普及し、それをインターネットにつなげて、その上で

⁶日本語化は公式なものではなくボランティアによる作業による、鳴海（2008）参照。

使えるアプリケーションが広がる」という順序で2000年代に情報化が急速に進んだことがうかがえる。さらに、図2では右端にしか入っていないが、スマートフォンやタブレット端末など機器の小型化が進み、ハードとインターネットとアプリケーションが一体的に活用できる端末を人間自らが携帯して活用できる状況が標準になっている。問題は、それだけの情報を得られる環境や情報技術の力をどう生かしていくかであろう。

以上の社会状況の変化に対応して、情報関連の教育はどう変化したのだろうか。各種答申・学習指導要領改訂、用語、主要なできごとを、林（2012）を参考に、表1の年表に示す。用語は該当年度にいかなる学術用語が使われていたかを示す。詳細は第3章で記す。

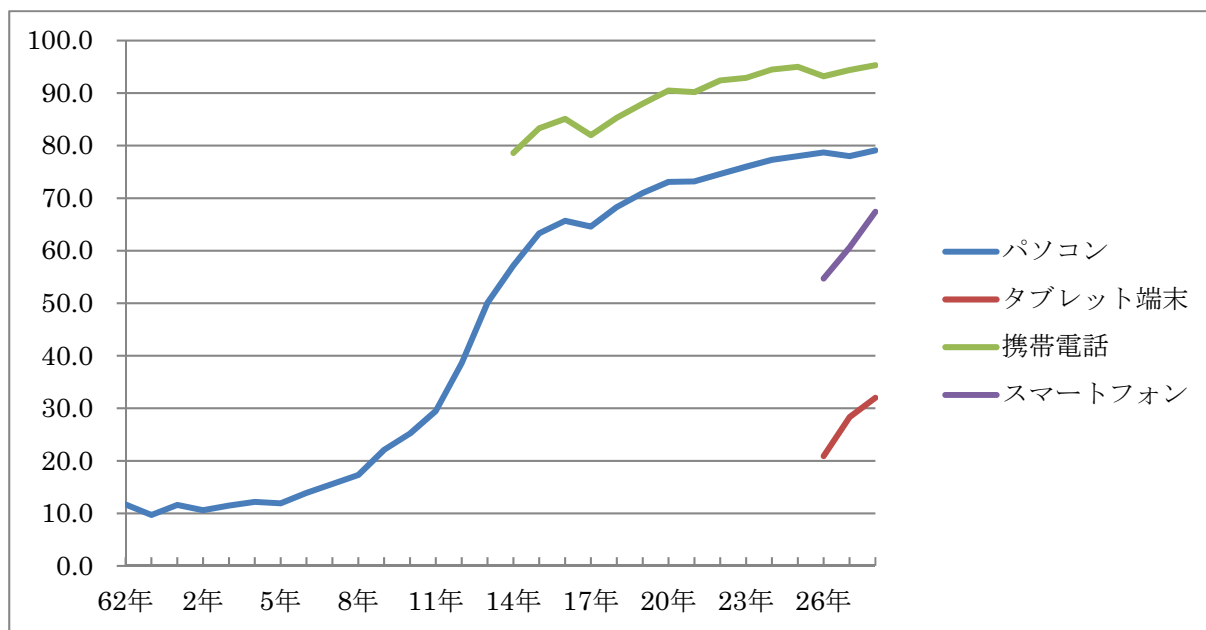


図2. 世帯別のパソコン等の普及率 (内閣府消費動向調査)

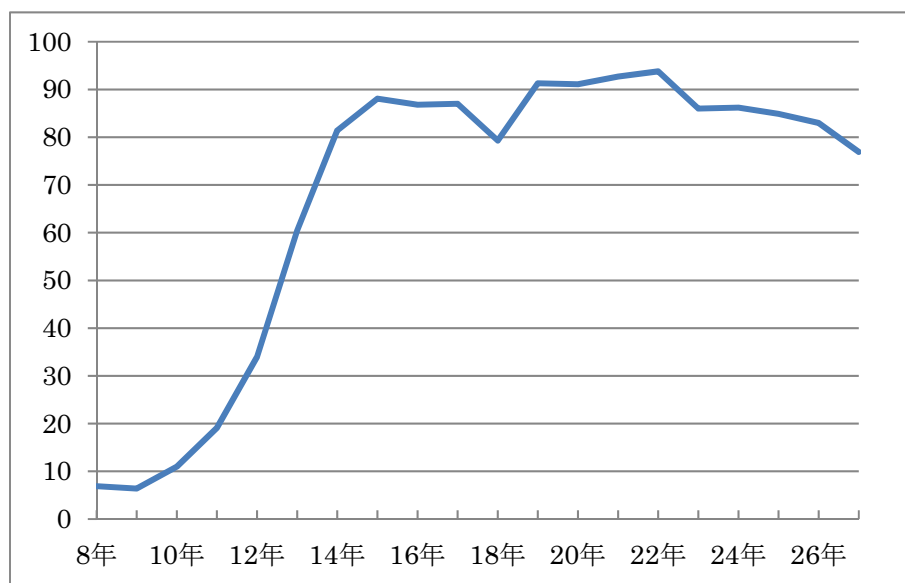


図3. インターネット経験率 (総務省通信利用動向調査)

まず技術面に関するできごとは次のように展開した。インターネット上の情報は、従前は NetNews や FTP サイトで共有されてきた。この頃の ICT リテラシーに関する議論は、「情報を発信する組織と情報を受け取る個人」が対象であった。その背景には、個人用のコンピュータはスタンドアロンが前提であり、ネットワークに接続するコンピュータは大学や研究所、企業といった組織が所有するものが基本であったことがある。

そのような中、1991 年のワールド・ワイド・ウェブ「www (CERN)」の開発によって、世界規模での情報共有が容易にできるようになった。日本では、1992 年のプロバイダー IIJ 設立と 1994 年の移動体端末売り切り制導入によってインフラ整備が整い、1995 年の Windows95 発売によって、インターネットに接続する家庭や企業が増加した。ウェブサイトを探すのが容易になるように、1995 年に NTT DIRECTORY がスタートし、ウェブサイトに関する情報を集約した。その後、様々な検索サイトが開設されて、その開発は世界規模で進み、1998 年の Google 社設立へとつながる。1990 年代の ICT リテラシーに関する議論は、「コンピュータをどのように使うか」に関わるものになってきた。

検索サイトの開発競争は Google によって落ち着きを見せたが、次の流れとして、日本では 2000 年には家庭でのパソコン普及率が 30%を超え、ADSL 回線による常時接続が始まった。さらに、個人で情報を発信し、個人間で情報を共有するために、ソーシャルネットワークサイトが増え始める。2004 年 Facebook (英語版)、2006 年 Twitter、そして、日本では 2004 年に mixi が開設され、Facebook 日本語版が 2008 年頃から使えるようになった。また、インフラ整備が進み動画の蓄積や転送が低コストで可能になったことから、YouTube や ニコニコ動画といった動画共有サイトも増えた。ICT リテラシーは、2000 年代には「発信」が加わり、2010 年代には「発信するためのコミュニケーション」へと関心が移っていった。

このように情報技術の変化とその時代の議論は密接に関連していたと示唆される。そこで、第 3 章で学術上あるいは教育政策文書における資質・能力目標概念の変遷を検討する。

表1. 情報通信と教育に関連する主なできごと（林（2012）を一部改変）

年	主なできごと	用語	答申・改訂など
1984	JUNET CAPTAIN システム		
1985	電電公社民営化		臨時教育審議会第一次答申 協力者会議資料 ⁷
1986		コンピュータリテラシー (中山・東原)	臨時教育審議会第二次答申
1987	Nifty-Serve サービス開始 携帯電話サービス開始		臨時教育審議会第三次答申
1989	World Wide Web 考案 (CERN)	情報リテラシー： Information Literacy (ALA)	学習指導要領改訂 (平成元年度改訂)

⁷情報化社会に対応する初等中等教育の在り方に関する調査研究協力者会議

1990			情報教育に関する手引き 公表
1992	IIJ 設立 日本初のウェブサイト公開（高エネルギー加速器 研究機構）		
1994	移動体端末売り切り制導入 W3C（World Wide Web Consortium）創設		100 校プロジェクト開始
1995	Windows 95 発売 NTT DIRECTORY サービス開始		
1997		情報活用能力（文部省） メディア・リテラシー （鈴木） Digital Literacy （Gilster）	協力者会議 ⁸ 第一次報告 新 100 校プロジェクト開始
1998	Windows 98 発売 Google 社設立		
1999		IT スキル（FITness）	学習指導要領改訂 （平成 10 年度改訂）
2000	Windows 2000 発売		
2001	Windows XP 発売		NICER サービス開始
2002		メディア・リテラシー （水越）	情報教育の実践と学校の 情報化 ⁹ 公表
2004	mixi サービス開始 Facebook サービス開始		学習指導要領改訂 （平成 15 年度一部改訂） 教科「情報」設置
2005	YouTube サービス開始		
2006	ニコニコ動画サービス開始 Twitter サービス開始		
2007		情報リテラシー （図書館情報学会） トランスリテラシー （Thomas <i>et al.</i> ）	
2008	Facebook 日本語版サー		学習指導要領改訂

⁸情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議

⁹ 新「情報教育に関する手引」

	ビス開始		(平成 20 年度改訂)
2009	Windows 7 発売	デジタルリテラシー (P21)	教育の情報化に関する手引き公表
2010		21 st Century Skills (ATC21s) デジタルコミュニケーション力 (CEC)	
2011	LINE サービス開始		教育の情報化ビジョン公表 学びのイノベーション事業開始 (～2013)
2012	Windows 8 発売		
2013		コンピュータと情報リテラシー (ICILS)	
2014		マルチリテラシーズ／ICT コンピテンス (フィンランド)	
2015	Windows10 発売		
2016			2020 年代に向けた教育の情報化に関する懇談会 (最終まとめ) 「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会議 最終まとめ

【引用文献】

- American Library Association. (1989). “Presidential Committee on Information Literacy.” *Final Report*. Chicago: American Library Association.
- Autor, D. H., Levy, F. & Murnane, R. J. (2003). “The skill content of recent technological change: An empirical exploration.” *Quarterly Journal of Economics*, 1279–1333.
- Bush, V. (1945). “As we may think.” *The Atlantic Monthly*, 101–108. (ヴァネヴァー・ブッシュ (著) 西垣通 (訳) (1997). 「われわれが思考するごとく」. 『思想としてのパソコン』, 65–89. 東京: NTT 出版.)
- Engelbart, D. C. (1962). “Augmenting human intellect: A conceptual framework.” In R. Packer & K. Jordan (Eds.) *Multimedia for Wagner to virtual reality*, W.W. Norton & Company, 64–90. (ダグラス・C・エンゲルバート (著) 西垣通 (訳) (1997). 「ヒトの知能を補強増大させるための概念フレームワーク」. 『思想としてのパソコン』, 149–190. 東京: NTT 出版.)
- Finnish National Board of Education (2014). *Curriculum reform 2016*. http://oph.fi/english/education_development/current_reforms/curriculum_reform_2016 (2016/03/01 参照)
- Hansen, J. & Reich, J. (2015). “Demographics in MOOCs: Exploiting public datasets

- for estimates and comparisons.” *Proceedings of the Fifth Learning Analytics and Knowledge 2015 Conference*.
- 林向達 (2012). 「日本の教育情報化の実態調査と歴史的変遷」. 『日本教育工学会研究報告集』, 2012(4), 139-146.
- 池永肇恵 (2011). 「日本における労働市場の二極化と非定型・低スキル就業の需要について」. 『日本労働研究雑誌』, 608, 71-87.
- 放送大学 (2016) 『放送大学学園要覧』
- 株式会社ドコモ gacco (2016). 「日本における MOOC プラットフォームの第一号『gacco』の会員数が4月3日に20万人を突破！総額10万円分の図書カードが当たる会員向け企画「私の学び体験記」キャンペーンを開始！」. http://gacco.co.jp/news/release/news_20160414.html (2016/06/10 参照)
- Kay, A. (1972). “A personal computer for children of all ages”. *Proceedings of the ACM National Conference*, Boston Aug. 1972.
- 国立国会図書館 (2008). 「子どもの情報行動に関する調査研究」. 『図書館調査研究リポート』 No. 10. <http://current.ndl.go.jp/report/no10> (2016/03/01 参照)
- 三宅なほみ・益川弘如 (2014). 「インターネットを活用した協調学習の未来へ向けて」. 『児童心理学の進歩 2014 年版』, 189-214.
- 水越伸 (2002). 『新版 デジタル・メディア社会』. 東京: 岩波書店.
- 文部科学省 (2016a). 『「2020 年代に向けた教育の情報化に関する懇談会」最終まとめ』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/28/07/__icsFiles/afieldfile/2016/07/29/1375100_01_1_1.pdf (2016/12/22 参照)
- 文部科学省 (2016b). 『「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会議 最終まとめ』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/110/houkoku/__icsFiles/afieldfile/2016/12/16/1380531_1.pdf (2017/01/06 参照)
- 中山和彦・東原義訓 (1986). 『未来の教室』. 筑波出版会, 42-43.
- 鳴海淳義 (2008). 「Facebook 創業者来日, 日本語版は成功するか?」. 『CNET Japan』
<http://japan.cnet.com/news/commentary/20373442/> (2016/03/01 参照)
- Nelson, T. H. (1980). “Replacing the Printed Word: A Complete Literay System.” *Proc. IFIP Congress 1980*.
- 西垣通 (1997). 『思想としてのパソコン』. 東京: NTT 出版.
- Prensky, M. (2006). *Don't Bother Me Mom--I'm Learning!* Paragon House.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (2013). Beyond 21st century skills: Building cultural capacity for innovation. 人口ロボット共生学国際シンポジウム『学び続ける力を育てる教育と評価のネットワーク構築に向けて』. 2013 年 5 月 26 日.
- Schleicher, A. (2015). 第 18 回 OECD/Japan セミナー.
http://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/oecd/1365670.htm (2016/03/01 参照)
- 鈴木みどり編 (1997). 『メディア・リテラシーを学ぶ人のために』. 東京: 世界思想社.
- Thomas, S., Joseph, C., Laccetti, J., Mason, B., Mills, S., Perril, S., & Pullinger, K. (2007). Transliteracy: Crossing divides. *First Monday*, 12 (12-3) December.
- Trilling, B. & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. San Francisco: Jossey-Bass.
- 歌田明弘 (1996). 『マルチメディアの巨人(ジャイアント)ーヴァネヴァー・ブッシュ 原爆・コンピュータ・UFO』. 東京: ジャストシステム.

(白水 始・福本 徹)

第3章 ICT リテラシーの能力目標の変遷

1. 国内外の学術的な能力目標の変遷

ここでは、国内外の主要な情報関連の資質・能力目標の変遷を、第2章で見たような情報社会の進展に対応付けながら追うこととする。

表1から、ICT リテラシーに関わる用語を取り出し、組合せについて単語に分解し、年代ごとに示したのが表2及び3である。例えば、アメリカ図書館協会（ALA, 1989）の「情報リテラシー」という目標（表1参照）は「情報」＋「リテラシー」の組合せと分類した。

表2. 教育目標に使われる語句の組合せ 2000 年以前

	スキル	リテラシー	（活用）能力
情報		ALA（1989）	情報活用能力 （1997）
コンピュータ		中山・東原（1986）	
メディア		Ontario（1997）	
IT	FITness（1999）		
デジタル			
ICT			
トランス／マルチ			

表3. 教育目標に使われる語句の組合せ 2000 年以後

	スキル	リテラシー	（活用）能力
情報		図書館情報学会（2007） ATC21s（2010）	
コンピュータ			
メディア			
IT			
デジタル		PIAAC（2011） P21（2009）	CEC（2010）
ICT		ATC21s（2010） ICILS（2013）	Finland（2014）
トランス／ マルチ		Thomas <i>et al.</i> （2007） Finland（2014）	

表2の2000年以前と表3の2000年以後を比較すると、2000年以前は「コンピュータ」や「メディア」などのリテラシーが主だったものが、2000年以降はそれらが消え、代わりに「コミュニケーション（ICTのC）」や「デジタル」が対象となってきたことが見て

取れる。加えて、多様なリテラシーを統合・融合させた「トランス／マルチ」リテラシー（リテラシーズ）が見られるようになってきたことも特徴的である。

時代の動向としても、1990年代までは「情報の取り出し・利用」、1990年代はメディアに対する「分析」や「読み書き」に焦点があった。テレビ・ラジオや新聞といったマスメディアが圧倒的な情報発信力を有していた時代である。2000年代に入ると、「リテラシー」は、「分析」「読み書き」に加えて「発信」という活用も含まれ始めた。1992年のプロバイダーサービス開始や、1995年のWindows95発売によって、インターネット接続が身近になり、個人がウェブページを安価に持って情報を発信できるようになったことが背景にある。2010年代に入ると、「コミュニケーション」が新たに加わるようになった。例えば、総務省による「情報通信白書」の各年次版を概観すると、平成17（2005）年度版から「IT」とともに「ICT」という語句を用いている¹⁰。

一方で、表2と表3の両方に「リテラシー」という語句が多用されている。一つの解釈として、「スキル」は「操作スキル」が念頭に置かれているのに対し、「リテラシー」は「識字能力」とのアナロジーで、情報機器の操作は前提として情報機器を道具として使いこなすことも含むなど、広がりを持つ用語であるためかもしれない。逆に言うと、時代によって同じ言葉でもそれぞれ多様な意味を持っている可能性がある。そこで、それぞれの用語がどのような文脈で使われ、どう定義されたかなどを詳細に見ていく。

1990年代までは、「情報の取り出し・利用」に焦点が置かれていた。

「Information Literacy」は、ALA（アメリカ図書館協会；American Library Association）系の言葉であり、図書館においてどのように information を扱うか、について主眼が置かれている。ズコウスキは「職業上の諸問題に対して情報による解決を行う際に、広範な情報ツール並びに基本的な情報源を利用するための手法や技能」（Zurkowski, 1974）という定義をしており、ツールや情報源といった図書館関連¹¹の用語使用である。また、1989年に公表された全米図書館協会（ALA）の報告書「Presidential Committee on Information Literacy: Final Report」では、学習方法として以下のようなプロセスが必要であると述べている。

- いつ情報が必要であるかを知る
- 与えられた課題や問題に取り組むために必要とされる情報を特定する
- 必要とされる情報を探し評価する
- 情報を組織化する
- 近々の課題や問題に取り組むために効果的な情報を用いる

ブレビックとギーは、「information literacy は、情報化時代を生き抜くための技能である。情報リテラシーを身に付けている人々は、生活の中にあふれている大量の情報におぼれることなく、特定の問題を解決したり意思決定を行うためには、どのようにして情報を見付け、評価し、効果的に用いればよいのかを知っている」（Breivik & Gee, 1989/1995）

¹⁰ <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/>

¹¹ 図書館を中心とした情報リテラシー教育については、国立国会図書館（2008）が詳しい。

と、information literacy を身に付けた人の姿を描いている。

教育利用の分野では、諸外国における「コンピュータリテラシー」(中山・東原, 1986) として「コンピュータについて知るとともにコンピュータに親しみ、コンピュータを用いることのできる能力」といった紹介がされている。

「digital literacy」はコンピュータの利用に重きが置かれた言葉である。ギルスターは「デジタルリテラシーは、コンピュータに連結された様々な情報源から、いろいろな形式をもった情報を取り出して利用する技術」(Gilster, 1997/1997) と、コンピュータを利用して情報を得ることについて述べている。

1990 年代における「メディア・リテラシー」は、メディアに対する「分析」や「読み書き」に焦点があった。例えば、カナダの AML (Association for Media Literacy) は「メディア・リテラシーとは、メディアはどのように機能するか、メディアはどのように意味を作り出すか、メディアの企業や産業はどのように組織されているか、メディアは現実をどのように構成するかなどについて、理解と学ぶ楽しみを促進する目的で行う教育的な取組である。メディア・リテラシーの目的には、市民が自らメディアを創りだす力の獲得も含まれる」という定義をしている(鈴木, 1997)。また、日本におけるメディア・リテラシーの定義としては「市民がメディアを社会的な文脈でクリティカルに分析し、評価し、メディアにアクセスし、多様な形態でコミュニケーションを創り出す力を指す。また、そのような力の獲得をめざす取り組み」(鈴木, 1997), 「メディアを読み書きする能力」(水越, 1999) などが挙げられる。

1999 年には、アメリカ学術研究会議のコンピュータ科学電気通信委員会が出版した「Being Fluent for Information Technology」の中で「Fluency with Information Technology (FITness)」という概念が提唱されている。IT に Fluent にかかわる能力として、

- Intellectual Capabilities : 複雑な状況に IT を適用しその結果を理解する
- IT Concepts : 情報技術がよって立つ基礎
- IT Skills : 情報処理タスクを成し遂げるハードウェアやソフトウェアの資源を利用する

の三つを挙げ、それぞれの能力に対して 10 個の構成要素、総計 30 個の構成要素から成るものとしている。

日本では、後述するが、臨時教育審議会において情報活用能力が議論され、第 1 次答申(1985)から問題提起がなされ、第 2 次答申(1986)から検討結果が盛り込まれている。

また、協力者会議では「情報活用の実践力 (cf. 受け手の状況などを踏まえた発信・伝達能力)」「情報の科学的な理解」「情報社会へ参画する態度」(文部科学省, 1998a) の 3 観点にまとめ、これらを詳細化した 8 要素が情報教育の基礎となっている。

2000 年代に入ると、「メディア・リテラシー」は、「分析」「読み書き」に加えて「発信」という活用が範囲に含まれている。「情報のアクセスにはじまり、そうして入手した情報をクリティカルに読み解き、さらには自らも情報を発信するまでを射程におさめ、それらの営為に必要な知識・技能・態度を総称する概念」(小池, 2003), 「人間がメディアに媒介さ

れた情報を、送り手によって構成されたものと批判的に受容し、解釈すると同時に、自らの思想や意見、感じていることなどをメディアによって構成的に表現し、コミュニケーションの回路を生み出していくという、複合的な能力のことである」(水越, 2002) 等がある。

また、図書館情報学用語辞典第三版によると、情報リテラシーとは「様々な種類の情報源の中から必要な情報にアクセスし、アクセスした情報を正しく評価し、活用する能力」(日本図書館情報学会用語辞典編集委員会編, 2007) という定義がなされ、「情報へのアクセス」「情報の評価」「情報の活用」の三つの下位概念が示されている。これは図書館利用教育の文脈から派生したと推察される。

2010 年代に入ると、「コミュニケーション」が新たに加わるようになった。

IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement ; 国際教育到達度評価学会) による国際コンピュータ及び情報リテラシー調査 (The IEA International Computer and Information Literacy Study) は「コンピュータと情報リテラシー」として「家庭、学校、職場、社会に効果的に参画するために、コンピュータを調査、創出、コミュニケーションするために用いる個人の能力」(ICILS, 2013) を挙げている。OECD では国際成人力調査 (PIAAC) に当たり、「IT を活用した問題解決能力」として「デジタル技術、コミュニケーションツール及びネットワークを活用し、情報を獲得・評価し、他者とコミュニケーションをし、現実の仕事を実行すること」(国立教育政策研究所, 2012) と定義している。

「21 世紀型スキル」関連のプロジェクトにも ICT リテラシーが含まれている。「21 世紀型スキルパートナーシップ」(P21) は「デジタルリテラシー」¹²の下位要素として、情報にアクセスし評価する、あるいは情報を活用し管理する「情報リテラシー」、メディアを分析し、自らプロダクトを創る「メディア・リテラシー」、テクノロジーを効果的に利用する「ICT リテラシー」を設定した。「21 世紀型スキルのための教育と評価プロジェクト(ATC21S : assessment & teaching of 21st century skills)」では「働くためのツール」の一つとして「ICT リテラシー」を「効果的に社会に参加するために、情報にアクセスし、評価・管理し、新たに理解を深め、他者とコミュニケーションするために、一人一人が適切に ICT を使う能力」と定義している。

また、日本では CEC ((財) コンピュータ教育推進センター) が「デジタル (21 世紀型) コミュニケーション力」として「主体的に情報にアクセスし、収集した情報から課題解決に必要な情報を取り出し、自分の考えや意見を付け加えながらまとめ、メディアを適切に活用して伝え合うことにより深めていくことができる能力」(CEC, 2012) を定義している。

最後に、各種リテラシーの統合・融合的なリテラシーについてである。第 2 章でも触れた「トランスリテラシー」については、世界の研究者が研究会などネットワーク¹³を作って 2000 年代後半から検討を進めている。その中でトーマスら (Thomas *et al.*, 2007) は「ト

¹² 正確には 21 世紀型スキルの下位要素であるため、“digital literacy skills”であり、その下位要素も同様に“skills”が付く。ただし意味内容として“literacy”に重きが置かれていると解釈し、表 3 のように整理した。

¹³ <http://transliterations.english.ucsb.edu/category/about> ; <https://transliteracyresearch.wordpress.com/> など

ランスリテラシーとは、ジェスチャや口伝え、手書き、印刷物、テレビ、ラジオ、映画、デジタルなソーシャルネットワークなど、あらゆるプラットフォームやツール、メディアの中で、読んだり、書いたり、相互作用したりする能力」と定義している。リウ (Liu, 2012) によれば、従来のリテラシーが「文書の読み」を意味したのは、「本」という存在が「永続的・標準的・権威的たることを目的に人々の注目を長期間にわたって集める形」として認められていたからである。これに対して、選ばれた特権的な「作者」がその責任において様々な情報を統合する「本」(例えば百科事典) が地位を下げ、多様な「作者」が断片的な情報を発信し自分なりに情報を編集・統合するプラットフォーム(例えば Wikipedia) が一般化した時代には、その情報環境を踏まえたリテラシーの再考が求められる。そこでは知識が「文書から人々に」という流れではなく、太古の昔、本がなかった時代と同様に「人々から人々に」という流れの中で受け渡され、会話の中で統合される。人々は調べたいことを直接人に質問し、たき火のそばで昼の狩猟経験を語り合ったようにネット越しに語り合い、アボリジニが歌詞に彼らの住む土地を織り込んだように地図(例えば Google Map) や動画上に情報を書き込む。この社会的・直感的・視覚的な情報環境の特長を生かしつつ、本や百科事典の知識の統合性という良さも捨てないために、リテラシーは、アナログ対象かデジタル対象かといった視野の狭い二分法を超え、過去・現在・未来のあらゆるメディアや表象をつなぐものになるべきであり、それがデジタル社会であるからこそ可能になりつつあるのだ、という考えが、トランスリテラシー提唱の背景にはある。

フィンランド国家教育委員会 (Finland, 2014) も 2016 年から実施された学習指導要領において、七つの育成すべきコンピテンスの中に「マルチリテラシーズ (multiliteracies)」と「ICT コンピテンス (Competence in information and communication technology)」を位置付けている。マルチリテラシーズとは、「情報量豊富なテキスト環境の中で、書き言葉や話し言葉、マルチメディア文書を解釈・構成・評価するリテラシー」のことである。上記のトランスリテラシー同様、各種の情報を統合するリテラシーであり、「ICT コンピテンス」とともに、児童生徒が新しい知識を創って共有し、コミュニティ内外の人々と相互作用する仕方を学校で学んでおくことが期待されている表れと言えよう。

以上の通り、資質・能力目標は、その当時の情報環境に対応していた。すなわち、1990 年代はテレビ・ラジオや新聞といったマスメディアが圧倒的な情報発信力を有していた時代であり、メディアに対する「分析」や「読み書き」に焦点があった。1992 年のプロバイダーサービス開始や、1995 年の Windows95 発売によって、インターネット接続が身近になり、個人がウェブページを安価に持って情報を発信できるようになったことにより、2000 年代に入ると、「リテラシー」は、「分析」「読み書き」に加えて「発信」という活用の側面に着目されるようになった。2000 年代中盤の SNS の普及によって、2010 年代に入ると、「コミュニケーション」が新たに加わるようになった。それゆえ、マスメディアの発達でメディア・リテラシーが提唱され、コンピュータの発達でデジタルリテラシーが提唱されるなど、リテラシーは環境の変化とともにその内実を変えてきた。さらに、情報環境が様々なメディアを統合したものになると、単一のリテラシーを教えようとするのではなく、複数のリテラシーを統合して使いこなす資質・能力目標が注目を浴びつつある。

2. 日本における「情報活用能力」の変遷

本節では、1節の世界の動向に照らして、日本の「情報活用能力」について検討する。

結論を先取りすると、以下のようにまとめることができる。臨時教育審議会において情報活用能力という用語が最初に用いられ、そして内容が整理されたのは、昭和 61～62（1986～1987）年である。この時期を第 1 節で扱った時代の背景に照らして考えると、世界は情報の「受信」に重きを置いていた時代であるが、日本では、情報の「発信」や「コミュニケーション」などといった情報化社会や情報に関する態度までを目標に収めていた。さらに、世界では特定のスキルやリテラシーの教育に主眼が置かれた時代であるが、日本では情報の活用や科学的理解、態度を統合的・融合的に「能力」目標に包含していた。少なくとも、この二点において、日本は世界に先んじていたものだと思われる。

以下（1）節でその定義に至る経緯、（2）節で定義後の展開をそれぞれ簡単に整理する。

（1）用語の誕生から定義まで

① 用語の誕生から最初の定義まで

まず「情報活用能力」という用語が最初に用いられた昭和 61（1986）年の臨時教育審議会第二次答申も含めて、臨時教育審議会の一連の答申を概観する。

『教育改革に関する第一次答申』（昭和 60（1985）年 6 月）において、「情報化への対応」として「社会の情報化を真に人々の生活の向上に役立てる上で、人々が主体的な選択により情報を使いこなす力を身に付けることが今後重要である」というように、後の「情報活用能力」の必要性が示唆された。

『教育改革に関する第二次答申』（昭和 61（1986）年 4 月）においては、「第二章 情報化への対応のための諸改革」に 1 章が割かれ、「情報活用能力（情報リテラシー—情報及び情報手段を主体的に選択し活用していくための個人の基礎的な資質）」という用語が紹介された。カッコ内に見るように、「リテラシー」と併記されるものとして「活用能力」という語が用いられている。答申の中では、「これまでの『読み・書き・算盤^{そろばん}』のもつ教育としての基礎的・基本的な部分をおろそかにすることなく、新たに『読み・書き・情報活用能力』を基礎・基本として重視し、学校をはじめ様々な教育機関において、学習者の発達段階に合わせ、情報活用能力の育成に本格的に取り組んでいくことが重要である」とされている。その位置付けから考えると、情報活用能力は言及された当初から、読み・書き・算盤^{そろばん}等の基礎的なリテラシーと見なされていたことがうかがえる。

『教育改革に関する第三次答申』（昭和 62（1987）年 4 月）においては、「情報化社会を望ましい方向へ導く基本的社会ルールとして、将来を見込んだ新しい倫理、道徳、言わば「情報モラル」を早急に確立する必要がある」として、情報活用能力が以下の四つの観点で整理されている。世界の動向と比較しても、ii) や iii) を統合している点が時代的に早い。

- i) 情報の判断、選択、整理、処理能力及び新たな情報の創造、伝達能力
- ii) 情報化社会の特質、情報化の社会や人間に対する影響の理解

- iii) 情報の重要性の認識, 情報に対する責任感
- iv) 情報科学の基礎及び情報手段（特にコンピュータ）の特徴の理解, 基本的な操作能力の習得

以上, 第一次答申で, 情報活用能力が必要となる社会の変化が述べられ, 第二次答申で, 情報活用能力が言語・数量を扱うスキルと並ぶ基礎・基本として位置付けられ, 第三次答申で, 情報活用能力の構成要素（下位カテゴリー）が示されるという展開となっていた。

② 今日の定義に至るまで

昭和 60（1985）年 8 月に出された「情報化社会に対応する初等中等教育の在り方に関する調査研究協力者会議第一次審議とりまとめ」では, 「新しい資質の育成」として「すべての児童生徒にコンピュータ等のメディアを正しく理解し, 利用し, これにより自らを表現するための諸能力の基盤を養うことが要請されている。その指導や利用の在り方を十分に検討し, 将来における豊かな応用力, 創造性などにつながる基礎的な力を育成することに主眼がおかれるべきであろう」として, 新しい能力の教育の必要性が言及された。

平成元（1989）年に告示された学習指導要領に, 初めて情報活用能力の育成に関わる教育内容が記載され, 中・高等学校の数学, 理科に「コンピュータに関する基礎的な内容」, 及び中学校の技術・家庭の技術分野に選択領域「情報基礎」が新設された。また, 小・中・高等学校の総則に「視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図る」という文言が含まれ, ICT 活用の先駆けとなるような「教育機器」という用語が初めて使われた。

情報化への対応を円滑に実施すべく, 平成 2（1990）年 7 月にまとめられた『情報教育に関する手引』（通称: 旧・手引き）では, 情報活用能力は次の四つの内容で整理されている。

1. 情報の判断, 選択, 整理, 処理能力及び新たな情報の創造, 伝達能力
2. 情報化社会の特質, 情報化の社会や人間に対する影響の理解
3. 情報の重要性の認識, 情報に対する責任感
4. 情報科学の基礎及び情報手段（特にコンピュータ）の特徴の理解, 基本的な操作能力の習得

現行の情報活用能力に対応付けるならば, 1. が「情報活用の実践力」, 2. が「情報社会に参画する態度」, 3. が情報モラル, 4. が「情報の科学的な理解」及び操作スキルに相当すると思われる。

現行の情報活用能力が定義付けられたのは, 情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議による『体系的な情報教育の実施に向けて「第 1 次報告」』（平成 9（1997）年 10 月）である。「情報教育で育成すべき『情報活用能力』の範囲を, これからの高度情報通信社会に生きるすべての子供たちが備えるべき資質という観点から明確にする必要がある」として, 全ての児童生徒に必要な資質として, 情報教育の目標が以下の 3 点で示された。

- A) 課題や目的に応じて情報手段を適切に活用することを含めて、必要な情報を主体的に収集・判断・表現・処理・創造し、受け手の状況などを踏まえて発信・伝達できる能力（以下、「情報活用の実践力」と略称する）
- B) 情報活用の基礎となる情報手段の特性の理解と、情報を適切に扱ったり、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解（以下、「情報の科学的な理解」と略称する）
- C) 社会生活の中で情報や情報技術が果たしている役割や及ぼしている影響を理解し、情報モラルの必要性や情報に対する責任について考え、望ましい情報社会の創造に参画しようとする態度（以下、「情報社会に参画する態度」と略称する）

操作スキルの習得については明示的には書かれていないが、「実際の学習活動では、情報手段を具体的に活用する体験が必要であり、必要最小限の基本操作の習得にも配慮する必要がある。（ここでいう情報手段は、コンピュータ等の情報機器や情報通信ネットワーク等を指す）」として、一定レベルの習熟の必要性が述べられている。

（２） 教育目標の定義から実質的な育成に向けて

ここでは、（１）節のように定義された情報活用能力がいかに育成されようとしてきたかについて、学習指導要領や文部科学省による報告書を中心に振り返る。

① 平成 10 年告示学習指導要領からそれ以降

平成 10（1998）年告示（小・中学校）、平成 11（1999）年告示（高等学校）の学習指導要領では、小・中・高等学校に必置となった総合的な学習の時間の学習活動として「情報」が例示され、高等学校には普通教科「情報」が必修修教科、中学校の技術・家庭の技術分野に「情報とコンピュータ」という必修領域が設置されるなど、教育内容の面で情報が大きく取り入れられた。また、小学校総則では「各教科等の指導に当たっては、児童がコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段に慣れ親しみ、適切に活用する学習活動を充実するとともに、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」、中学校総則では「各教科等の指導に当たっては、生徒がコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を積極的に活用できるようにするための学習活動の充実に努めるとともに、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」と、コンピュータやネットワーク、いわゆる ICT に関する文言が具体的に取り入れられるようになった（文部科学省、1998b）。

平成 14（2002）年 6 月にまとめられた「情報教育の実践と学校の情報化～新「情報教育に関する手引」～」においても、情報活用能力の育成の基本的考え方、各教科等と情報活用能力との関わり（例えば総合的な学習の時間におけるコンピュータ室の活用）、情報活用能力の育成の考え方や学習活動例などについて、情報教育の 3 観点がより具体的に詳述された。例示を通じた具体化が特色であった。

平成 18（2006）年に公表された「初等中等教育の情報教育に係る学習活動の具体的展開」では、下記のとおり情報活用能力の 3 観点が更に 8 要素に体系化され、学校段階に応じて

情報活用能力に関する指導内容や学習活動例が示された。具体化に加え、いわゆる「発達段階」への対応付けが進んだ点が特色である。

○ 情報活用の実践力

- 課題や目的に応じた情報手段の適切な活用
- 必要な情報の主体的な収集・判断・表現・処理・創造
- 受け手の状況などを踏まえた発信・伝達

○ 情報の科学的な理解

- 情報活用の基礎となる情報手段の特性の理解
- 情報を適切に扱ったり、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解

○ 情報社会に参画する態度

- 社会生活の中で情報や情報技術が果たしている役割や及ぼしている影響の理解
- 情報モラルの必要性や情報に対する責任
- 望ましい情報社会の創造に参画しようとする態度

② 平成 20 年告示学習指導要領からそれ以降

平成 20（2008）年 3 月改訂学習指導要領では、小・中・高等学校の学校段階を通じた情報活用能力育成と、各教科等における情報活用能力育成につながる学習活動の例示、情報モラルに関する指導が明記されたことが特徴的であった。

小学校総則では「各教科等の指導に当たっては、児童がコンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段に慣れ親しみ、コンピュータで文字を入力するなどの基本的な操作や情報モラルを身に付け、適切に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」、中学校総則では「各教科等の指導に当たっては、生徒が情報モラルを身に付け、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を適切かつ主体的、積極的に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」となっている。高等学校では、必修教科「情報」とともに、情報手段を主体的に使えることを前提に「各教科・科目等の指導に当たっては、生徒が情報モラルを身に付け、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を適切かつ実践的、主体的に活用できるようにするための学習活動を充実するとともに、これらの情報手段に加え視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること」と、実践的に使えることが目指されている。

以上の総則において、小学校・中学校・高等学校と、段階的な指導が想定されていることが読み取れる。加えて、情報モラルに関する指導も明記されている。

次に、各教科等での情報活用能力や情報機器に関する記述を見ていく。

小学校では、国語・算数・理科の「指導計画の作成と内容の取扱い」においてコンピュータなど情報機器の活用、社会の「指導計画の作成と内容の取扱い」では「学校図書館や公共図書館、コンピュータなどを活用して、資料の収集・活用・整理などを行うようにす

ること」というように資料収集や整理場面での利用が例示された。総合的な学習の時間では学習活動の例示に「情報」という記述がある。社会の解説では、学習問題の解決に必要な情報を検索し収集する、情報活用能力を育てる、分かりやすく伝える発信能力の3点について述べられている。

中学校では、国語の第2学年「話すこと・聞くこと」に「目的や状況に応じて、資料や機器などを効果的に活用して話すこと」、「読むこと」に「新聞やインターネット、学校図書館等の施設などを活用して得た情報を比較すること」、数学「資料の活用」には第1学年「目的に応じて資料を収集し、コンピュータを用いたりするなどして表やグラフに整理し、代表値や資料の散らばりに着目してその資料の傾向を読み取ることができるようにする」、第3学年「コンピュータを用いたりするなどして、母集団から標本を取り出し、標本の傾向を調べることで、母集団の傾向が読み取れることを理解できるようにする」、技術・家庭の技術分野「情報に関する技術」では「情報通信ネットワークと情報モラル」「デジタル作品の設計・制作」「プログラムによる計測・制御」という必修の内容がある。また、理科・音楽・美術・外国語の「指導計画の作成と内容の取扱い」においてコンピュータなど情報機器の活用、社会の「指導計画の作成と内容の取扱い」では「資料の収集、処理や発表などに当たっては、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用し、指導に生かすことで、生徒が興味・関心をもって学習に取り組めるようにするとともに、生徒が主体的に情報手段を活用できるよう配慮するものとする。その際、情報モラルの指導にも配慮するものとする」として資料の収集から発表までの一連のプロセスにおける情報機器の活用が示されている。高等学校では、専門教科「情報」、必修教科「情報」において情報分野の内容を学ぶほか、各教科でコンピュータや情報通信ネットワークの活用を図ることとされている。

以上のように、各学校段階の各教科等の中にICT等を用いた教育内容・学習活動を埋め込みながら、体系的に情報活用能力を育成しようとする方針が見て取れる。

その後、平成21(2009)年3月に出された(平成22(2010)年10月に一部改訂・追加)「教育の情報化に関する手引き」では、「第4章 情報教育」で情報活用能力の3観点と系統性が示されている¹⁴。また、教科指導におけるICT活用、情報教育、情報モラル、教員のICT活用指導力等が明確に章立てされている。これは、「新学習指導要領及びその解説の記述から、各教科等において、教員によるICT活用、児童生徒によるICT活用の双方でその充実が図られるとともに、児童生徒のICT活用等を通じて情報活用能力の育成の機会も増大すると期待されること、加えて、校務にICTを活用することにより校務の効率化や学校経営の改善といった変化が求められるようになっていることなど、『教育の情報化』の各要素が『教育の質の向上』において重要な位置付けにあると考えられる」ためである。この文章に端的に示されるように、児童生徒の情報活用能力育成のためには、教員自身の情報活用能力の伸長も含め、教育の情報化に向けた総合的改革が求められることが指摘され始めた。

平成23(2011)年4月にまとめられた「教育の情報化ビジョン」では、「情報化が進展す

¹⁴ 『教育の情報化に関する手引き』p.72-73では、「基本的な操作」の確実な習得と、発達の段階に応じて情報活用能力を身に付けさせるための学習活動、について述べられている。

る中で、学校においては、デジタル教科書・教材、情報端末、ネットワーク環境等が整備され、ICT の特長を最大限に生かし、『一斉指導による学び（一斉学習）』に加え、『子どもたち一人一人の能力や特性に応じた学び（個別学習）』『子どもたち同士が教え合い学び合う協働的な学び（協働学習）』を推進することが重要」と、学び方の環境変化が指摘された。さらに、「情報教育の充実」の中の「今後の教育課程に向けて」では「情報活用能力の今後の在り方や、必要とされる具体的な教育内容、その指導方法等について検証することが考えられます」として、情報活用能力の在り方について議論する必要性が提起されている。

2010 年からは総務省の「フューチャースクール推進事業」、並びに 2011 年からは文部科学省の「学びのイノベーション事業」がスタートした。フューチャースクール推進事業では、主に ICT 機器を使ったネットワーク環境を構築し、学校現場における情報通信技術面を中心として課題を抽出・分析するための実証研究を行った。2010 年度は小学校 10 校で実証研究を開始し、2011 年度には中学校 8 校、特別支援学校 2 校が加わった。また学びのイノベーション事業は、2011 年度よりフューチャースクール推進事業と同じ 20 校が指定され、「21 世紀を生きる子どもたちに求められる力を育む教育を実現するために、様々な学校種、子どもたちの発達段階、教科等を考慮して、一人一台の情報端末や電子黒板、無線 LAN 等が整備された環境において、デジタル教科書・教材を活用した教育の効果・影響の検証、指導方法の開発、モデルコンテンツの開発等を行う実証研究」が行われた。

これらの実践成果は、『学びのイノベーション事業実証研究報告書』（文部科学省、2014a）にまとめられ、ICT の特長として「時間的・空間的制約を超える」、「双方向性を有する」、「カスタマイズが容易である」、及び「多様かつ大量の情報の蓄積・共有・分析が可能である」ことなどが整理された。その上で「画像や動画を活用した分かりやすい授業により、興味・関心を高め学習意欲が向上」、「児童生徒の学習の習熟度に応じたデジタル教材を活用し、知識・理解の定着」、「電子黒板等を用いて発表・話し合いを行うことにより、思考力や表現力が向上」するなどの成果に基づく推奨がなされた。「学びのイノベーション事業」では、「1 人 1 台の情報端末、電子黒板、デジタル教材等の ICT を活用した学習活動を行うことによる、児童生徒が ICT を操作・活用するための能力（ICT 活用スキル）」として下記を設定し、事業当初・事業途中・事業終了時の児童生徒の ICT 活用スキルを計測している。

○ 必須操作：3 項目

- 「タブレット PC の電源を入れたり消したりすることができる。」
- 「保管用の棚等からの出し入れや充電など、タブレット PC の管理ができる。」
- 「電子ペン（または指）を使って、先生の指示通りに一人でタブレット PC の画面等を操作できる。」

○ 表現（文章）：2 項目

- 「電子ペンを使って、タブレット PC 画面上に手書き文字を書くことができる。」
- 「キーボードを使って、タブレット PC 画面上に漢字を含む文を書くことができる。」

○ 表現（図・絵）：2 項目

- 「電子ペンを使って、簡単な図や絵を描くことができる。」
- 「電子ペンを使って、色・太さ・四角・円などの道具を使い分けて、図や絵を描く

- ことができる。」
- 表現（表・グラフ）：5 項目
 - 「学習者用デジタル教材や他のツールを使って、表を作成できる。」
 - 「学習者用デジタル教材や他のツールを使って、棒グラフを作成できる。」
 - 「学習者用デジタル教材や他のツールを使って、折れ線グラフを作成できる。」
 - 「学習者用デジタル教材や他のツールを使って、円グラフや帯グラフを作成できる。」
 - 「表のデータから、グラフ作成機能を使って、目的に応じてグラフを作成できる。」
 - 表現（静止画・動画）：4 項目
 - 「タブレット PC のカメラ機能やデジタルカメラを使って、写真やビデオを撮影できる。」
 - 「タブレット PC のカメラ機能やデジタルカメラを使って、自分や友達の動きや発表を記録・再生してふり返ることができる。」
 - 「静止画のサイズを変更したり、トリミングしたりして加工できる。」
 - 「動画にタイトルを入れたり、動画を編集したりすることができる。」
 - 表現（発表用資料）：3 項目
 - 「プレゼンテーション用に、簡単なスライドを作成することができる。」
 - 「プレゼンテーション用に、図や写真を貼り付けたスライドを作成することができる。」
 - 「プレゼンテーション用に、表やグラフを貼り付けたスライドを作成することができる。」
 - ファイル管理：5 項目
 - 「指示された、または、必要なファイルを開くことができる。」
 - 「作成・編集したファイルに対して、ファイル名をつけて保存することができる。」
 - 「保存先のフォルダを選択、指定して保存することができる。」
 - 「必要なフォルダを作成して複数のファイルを分類したり整理したりすることができる。」
 - 「階層構造を考えてフォルダを作成できる。」
 - 文部科学省の学習者用デジタル教材の活用：9 項目
 - 「学習者用デジタル教材の指示された画面を、ステップ単位の操作説明がなくても開くことができる。」
 - 「学習者用デジタル教材の文字や画像を拡大して見ることができる。」
 - 「学習者用デジタル教材の音声や映像を再生・停止・早送りして視聴することができる。」
 - 「学習者用デジタル教材の描画ツールを使って、マーカーをひいたり、書き込んだりできる。」
 - 「学習者用デジタル教材に書き込んだ画面を保存したり、保存した学習履歴を見たりできる。」
 - 「学習者用デジタル教材を使って、計算や漢字を繰り返し練習できる。」

- 「学習者用デジタル教材の機能を使って、英語の発音を録音して、手本と比べながら練習できる。」
- 「学習者用デジタル教材のマップ、カード、分度器などの学習用の道具を活用することができる。」
- 「学習者用デジタル教材の「電子ノート」を使って、表現したものを保存したり共有したりできる。」

○ 情報収集：5項目

- 「インターネット等を使って、必要な情報を集めたり調べたりすることができる。」
- 「検索エンジンを使って、文字列検索により必要な情報を集めたり調べたりすることができる。」
- 「Web ページを作成したりブログ等を更新したりして、インターネット上に情報を発信することができる。」
- 「デジタル国語辞典等の機能を使って、語句の意味や漢字の筆順等を調べることができる。」
- 「デジタル辞典などを使って、英語の意味や発音を調べることができる。」

○ 協働学習ツール：5項目

- 「メール（または同等の機能）を使って、クラスの友達に知らせることができる。」
- 「画面を転送する機能を使って、自分の考えを発表できる。」
- 「画面を共有する機能（模造紙、コラボノート等）を使って、お互いの考え・意見を知ることができる。」
- 「画面を共有する機能（模造紙、コラボノート等）を使って、新聞やポスターなどの協働制作ができる。」
- 「電子黒板を活用して、拡大したり、線を引いたりしながら説明することができる。」

「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会報告書（中間まとめ）」（文部科学省, 2014b）でも、ICT による「距離・時間を問わずに情報の相互のやりとりが可能」、「蓄積した情報を自由に加工・編集・分析・表示することなどが可能」といった利点を基に、「課題解決に向けた主体的・協働的・探究的な学びの実現」、「個々の能力・特性に応じた学びの実現」、「地理的環境に左右されない教育の質の確保」などを目指すべきだと指摘されている。この方針は「2020 年代に向けた教育の情報化に関する懇談会（最終まとめ）」（文部科学省, 2016）にも踏襲されている。

（3） 変遷を振り返って

以上、1990 年前後という比較的早期に情報の活用、科学的理解、態度を包含した目標が立てられ、以来四半世紀にわたって大きな変更も加えられずに育成が目指されてきたのが、「情報活用能力」だったと言える。

育成の大きな流れとしては、情報関連の内容が教科等の中に用意されるだけでなく、情報や情報機器活用の学習活動が例示され、学校段階で体系化が図られるという形で、育成が「具体化」されてきた。さらに、教員の情報活用能力獲得も含め、教育の情報化が総合的に進められようとしてきた。加えて、2000 年代からは ICT という用語も明示的に使われ

始めた。これらの育成に向けた動向は、第4章で見るように諸外国とも共通している。

3. 「情報活用能力」に関わる各種調査

本節では、上記のように定義され育成が目指された情報活用能力の実際の育成状況について各種調査から検討する。

(1) 日本国内における ICT 活用に関する調査

児童生徒の情報活用能力について、文部科学省が客観的に直接大規模に調べた調査は、平成26年度の「情報活用能力調査」までないため、まずは教員や学校を対象とした質問紙による調査結果から検討する。

文部科学省が毎年度行っている「教員のICT活用指導力調査」には、「児童のICT活用を指導する能力」に関する調査が含まれている。平成27(2015)年度末の調査では、「児童・生徒がコンピュータやインターネットなどを活用して、情報を収集したり選択したりできるように指導する」が73.7%、「児童・生徒がコンピュータやプレゼンテーションソフトなどを活用して、わかりやすく発表したり表現したりできるように指導する」が62.4%など、4項目において「わりにできる」「ややできる」と答えた全国の公立学校(小学校、中学校、高等学校、中等教育学校及び特別支援学校)教員は、平均66.2%である。

さらに、平成25(2013)年度全国学力・学習状況調査の教員質問紙結果によると、基本的な操作について、前年度(小学校5年生段階)までに指導を「よく行った」「どちらかといえば、行った」と答えた教師が9割近くいた(表4)。しかし、小学校6年生・中学校3年生の児童生徒に対する普通教室でのインターネット利用や児童生徒のコンピュータ活用を聞くと、「学期に1回」や「ほとんど、または、全く行っていない」が大半であった(表5)。

表4. 平成25(2013)年度全国学力・学習状況調査の質問紙調査の結果

「第6学年の児童に対して、前年度までに、コンピュータ等の基本的な操作を身に付ける指導を行いましたか」(質問番号51) (数値は%)

よく行った	どちらかといえば、行った	あまり行っていない	全く行っていない
31.2	58.6	9.8	0.3

表5. 平成 25 (2013) 年度全国学力・学習状況調査の質問紙調査の結果

小学校 6 年生児童が活用する頻度に関する質問項目 (質問番号 53～57) (数値は%)

		週 1 回以上	月 1 回以上	学期に 1 回以上	ほとんど、または、 全く行っていない
児童に対して、前年度に、授業において、普通教室でのインターネットを活用した授業を行いましたか	国語	2.4	13.9	30.3	53.2
	算数	2.5	8.7	23.5	65.1
前年度に、授業において、発表などする際に児童がコンピュータを使う活動を行いましたか	国語	1.8	13.0	41.2	43.8
	算数	2.2	9.4	28.1	60.1

中学校 3 年生生徒が活用する頻度に関する質問項目 (質問番号 46～49) (数値は%)

		週 1 回以上	月 1 回以上	学期に 1 回以上	ほとんど、または、 全く行っていない
生徒に対して、前年度に、授業において、普通教室でのインターネットを活用した授業を行いましたか	国語	0.7	3.8	17.4	77.8
	数学	0.8	3.0	13.9	81.8
生徒に対して、前年度に、授業において、発表などする際に生徒がコンピュータを使う活動を行いましたか	国語	0.6	3.8	25.5	69.7
	数学	1.0	3.3	18.5	76.7

(国立教育政策研究所, 2013 より)

以上のデータから、教員からは「児童生徒が使うように指導することはできる」、「学習指導要領総則にある通り、基本的な操作は指導している」という趣旨の回答が得られる一

方で、「実際に授業で活用する機会は少ない」という状況が示唆される回答も得られている。

(2) 主たる国際調査

次に国際調査から、国際情報教育調査 (SITES ; Second Information Technology in Education Study) の第2回調査, PISA2009 で行った「デジタル読解力」調査, PISA2012・PISA2015 の質問紙調査, TALIS (Teaching and Learning International Survey) 2013 の結果を各々参照する。

まず, SITES2006 の結果によると, 日本の教師の ICT 使用割合は数学 23%, 理科 44%で, ワープロや電子メール, 表計算といった技術的 ICT 能力は高い水準であるが, 生徒のための ICT 授業や ICT 利用に適切な教育環境の知識, インターネットで生徒の学習を支援するといった ICT 使用能力ははるかに低いとあり, 二つの能力の平均水準の差は参加国中で最大であった。

次に, PISA2009 のデジタル読解力調査結果である (詳細は平成 23 (2011) 年 6 月に公表された調査結果 (文部科学省, 2011) を参照されたい)。

ICT リテラシー関連では, マルチメディア作品と表計算に関する質問項目がある。「マルチメディア作品を作る」という項目は, 「自分で上手にできる」「誰かに手伝ってもらえばできる」と回答した生徒の割合は, 日本は調査対象 17 か国中最下位であり, 49.6% (OECD 平均 82.7%) である。「表計算ソフトを使ってグラフを作る」は, 「自分で上手にできる」「誰かに手伝ってもらえばできる」と回答した生徒の割合は, 日本は 17 か国中 12 番目であり 72.2 % (OECD 平均 80.1%) である。

授業での使用については, 国語, 数学, 理科のいずれの授業においても, コンピュータを使用しないと回答した生徒の割合が, 17 か国中最も多く, 国語 99.0% (OECD 平均 74.0%), 数学 98.7% (84.2%), 理科 98.4% (75.4%) である。実態としては授業ではコンピュータが日常的には使われていないという可能性が示唆される。

一方, 学校でコンピュータを利用しているか否かによるデジタル読解力の得点差は, 日本を含む 10 か国で生徒と学校の社会経済的背景の影響を相殺した後でも統計的に有意であり, 日本を含む 9 か国は学校でコンピュータを利用している生徒の方が利用していない生徒よりも, デジタル読解力得点が統計的に有意に高かった。

先の結果と併せて考えると, 全体として日常的にコンピュータが使われていない中で, それでも利用している学校では, コンピュータ上で資料を読解し結果を記述等で回答するデジタル読解力が育成されているということが読み取れる。

次に PISA2012・PISA2015 の質問紙調査についてである。生徒向けの「ICT 親和性」に関する質問項目があり, 学校外での宿題のためにインターネットを使う頻度が聞かれている。日本は, PISA2012 では「まったく使ったことがない」「ほとんど使ったことがない」と回答する生徒が全体の 53.6%, PISA2015 では全体の 40.3%を占めている。

最後に TALIS2013 の 1 項目で, 課題やクラスでの活動に ICT を利用する頻度が問われている。日本は「しばしば用いる」と答えた教員が 9.9%しかおらず, 調査参加国平均 37.5%より極めて少ない。

(3) 特定の課題に関する調査（技術・家庭）

国立教育政策研究所では、児童生徒の学習の実現状況を把握し、教育課程や学習指導の改善に役立てるため、全国の小学校・中学校の協力を得て、「特定の課題に関する調査」を実施している。平成 19（2007）年度には技術・家庭科について全国の国公立中学校から無作為抽出した 497 校の中学生 15993 人を対象として調査を行った。そのうち、情報分野に関する調査は、コンピュータ画面により出題しマウスを用いて解答する形式で、97 校 3093 人が対象となった。

調査結果からは、コンピュータの機能の理解（通過率 20.8%～39.2%）や、多くの情報から目的とする情報を検索する際に検索語や検索方法を工夫すること（通過率 36.5%）、電子メールの安全性の理解（通過率 57.7%）、電子メールの転送の考え方（通過率 58.4%）に課題が見られた。なお、「通過」は「正答＋準正答」を指す。また、質問紙調査では、「情報機器をもっとうまく使えるようになりたい」と回答した生徒は約 90%（そう思う 74.0%、どちらかといえばそう思う 17.8%）であった。

(4) 情報活用能力調査

平成 25（2013）年 10 月～平成 26（2014）年 1 月に掛けて、文部科学省によるコンピュータを使用して情報活用能力を測定する調査が行われた。調査対象は、小学校 116 校の第 5 学年児童 3343 名、中学校 104 校の第 2 学年生徒 3338 名であった。一人一台の PC を使い、小学生は 60 分、中学生 68 分で、情報活用能力 3 観点 8 要素に関するウェブページの検索、シミュレーションや表計算ソフトの活用、プレゼン資料の作成などの小問 16 問（大問 4 問に小問四つずつが含まれている）を解答した。結果は、平成 27（2015）年 1 月に公表されている（文部科学省、2015a）。詳細はそちらを参照いただきたい。

全体的な結果としては、小学生の平均通過小問数は 6.2 問、標準偏差は 3.2、中学生の平均通過小問数は 8.5 問、標準偏差は 3.4 であった。なお、本章 3（3）節の「特定の課題に関する調査（技術・家庭）」同様、「通過」は「正答＋準正答」を指す。

PC 画面上に提示された平仮名・片仮名・アルファベット等を含めた見本文を打ち込むタイピング課題についての 1 分間の文字入力数は、小学生が 1 分間当たり平均 5.9 文字、中学生が平均 17.4 文字であった。400 字詰め原稿用紙を埋めるのに、小学生ならば 70 分弱、中学生ならば 20 分超掛かる計算になる。

通過率の良い問題と良くない問題との比較から、囲み 3-1 の傾向が指摘されている。

囲み 3-1. 児童生徒の情報活用能力に関する傾向

- | |
|---|
| <p>① 小学生について、整理された情報を読み取ることはできるが、複数のウェブページから目的に応じて、特定の情報を見付け出し、関連付けることに課題がある。また、情報を整理し、解釈することや受け手の状況に応じて情報発信することに課題がある。</p> <p>② 中学生について、整理された情報を読み取ることはできるが、複数のウェブページから目的に応じて、特定の情報を見付け出し、関連付けることに課題がある。また、一覧表示された情報を整理・解釈することはできるが、複数ウェブページ</p> |
|---|

の情報を整理・解釈することや、受け手の状況に応じて情報発信することに課題がある。

囲みの内容を見ると、小・中学生とも共通に次の課題を持っていると言える。

- ・複数ページからの目的に応じた情報収集・関連付け、及び、情報の整理・解釈
- ・受け手の状況に応じた情報発信の工夫

前者は、調査問題で言えば、リンク先をたどっていくような階層が深い情報の把握などに対応し、後者は、前提となる文字入力も含めて文脈を共有しない受け手に対する効果的な表現の工夫、自分や他者の個人情報保護などに対応する。つまり課題は、系統的に情報を深く探って関連付け、受け手のことを考えて結果を発信するところや互いの発信情報を大切にするとところにあり、情報活用能力の中でも特に情報を整理し統合する能力に課題があることが示唆されている。

通過率がよいとされる問題での子供たちの振る舞いはどのようなものだったのだろうか。こうした実態を明らかにするために、ICT のログを用いたプロセス分析が役立つ（文部科学省，2015b）。例えば、図 4 は各ウェブページに含まれた文字数をページの滞在時間で割った「速読（スキヤニング）速度」をページ（サイト）順に並べたものである。ここでスキヤニングとは、「特定の情報やキーワードを同定するために、非常に多くの素材を素早くカバーする読み方。いわゆる「探し読み」」のことである（文部科学省，2015b）。

図のように、小・中学生とも毎秒 20～40 文字という極めて高速でサイト上の文字を読む（読み飛ばす）ことが分かった。さらに、正答者は正解につながる情報が含まれるページ（図 4a 中囲み）で読むスピードを落とす（同様の傾向は他の課題や中学生でも繰り返し見られた）。正答者が高速で読みながら情報源にあたりをつけてそこだけゆっくり読むことができるのか、それともたまたまゆっくり読んだ児童生徒が正答したのかは分からないが、少なくとも児童生徒は瞬時にページを見取りながら何らかの判断は行っていると言える。

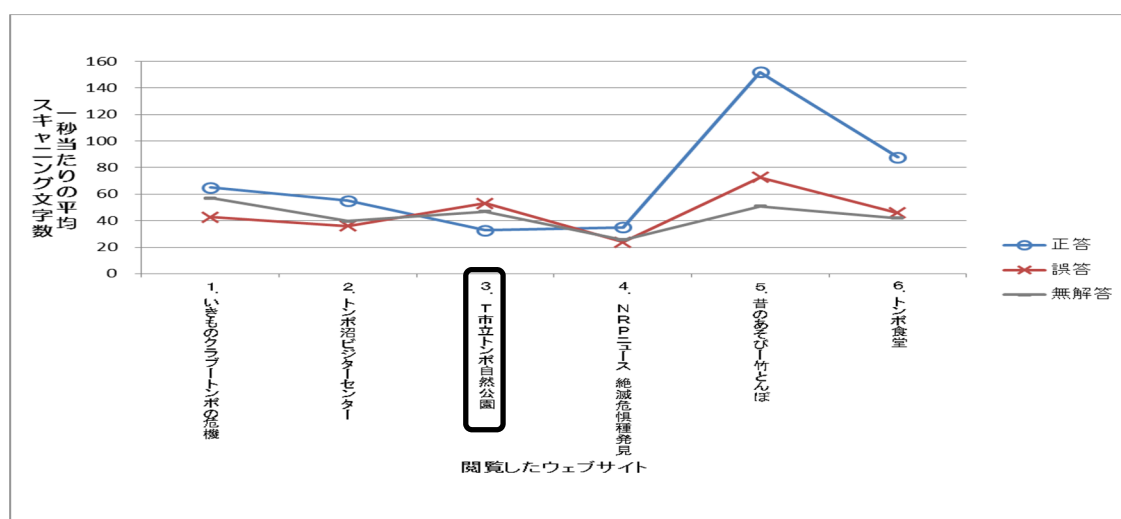


図4. ウェブサイトのスキヤニング速度

D2S3 ごみと環境について調べよう (通過率 9.7%)

小問3 A2-2-4判断(, A1-1-1操作・活用) A2-収集・読み取り(, A1操作)

問3 自分たちのホームページを、多くの人に見てもらうために「ごみの分別クイズ」のページを加えることにしました。
右の画面のように「S市では、写真のようなごみを何曜日にするのでしょうか？」というクイズを考えました。

このクイズの答えは、何曜日でしょうか。S市のホームページを見て調べ、当てはまるものを下の1から5までの中から全て選びましょう。

右側の問題の画面にもどりたい時は、各ホームページの右上にある、赤色の「X」ボタンをクリックしましょう。

- ☐ 1. 月曜日
- ☐ 2. 火曜日
- ☐ 3. 水曜日
- ☐ 4. 木曜日
- ☐ 5. 金曜日



正答：選択肢2、選択肢5

図 4a. 小学生の通過率の低かった問題例

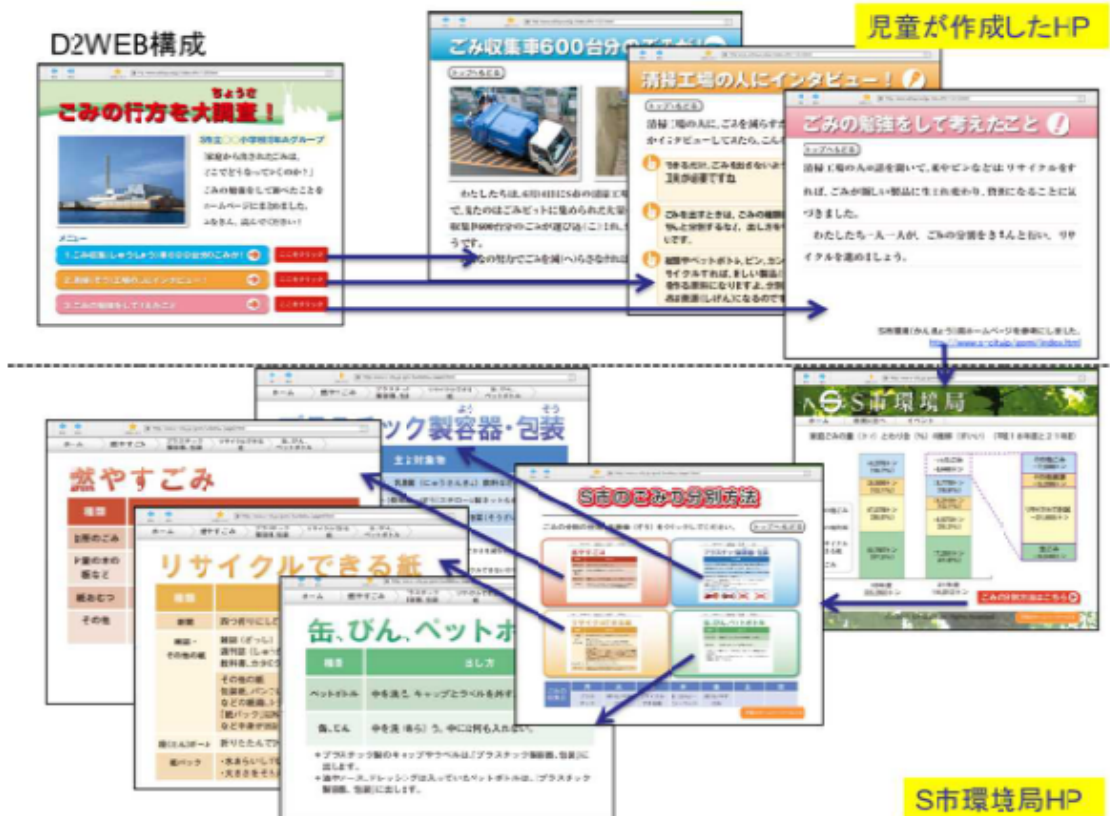


図 4b. 小学生の通過率の低かった問題例のウェブ構成

図 3 の結果に対して、通過率が良くなかった検索問題は図 4a, b のようなものである。問題は図 4a のとおり「写真のようなゴミ（CD の入れ物）を何曜日に捨てるか」をウェブページから読み取るものであった。この問題に答えを出すには、図 4b の上半分のようにトップページから適切なタブを選び、下半分のように更に別サイトで「ごみの分別方法」のページを見付け、それぞれの詳細をもう一つ下の階層で確かめる必要がある。階層で言えば、トップページから 4 階層下まで検索する必要がある。

同じ大問内で通過率の良かった小問と良くなかった小問を見比べると、答えを出すために必要なのは単一の情報か複数の情報か、回答に記述は不要か必要かといった特徴の違いがあった。表面的な情報収集によって短時間で答えられるような問題と、そうでない問題とで通過率が分かれると考えられる。例えば、旅程を選択して所要時間を計算するソフトの活用問題で、ソフトをインタラクティブに使いながら制限時間内に出発地に戻るコースを求めるものは、68.3%の通過率だったが、同じ状況設定で「制限時間内に戻るためのアドバイスを他の生徒に教える」という記述問題の通過率は 55.8%であった。ログ分析では、前者の問題で多くのコースを粘り強く組織的に試した正答者は、問題解決のポイントを理解していることで後者の記述問題ができるようになっていたことが示唆された。

調査問題結果の平均得点の上位・下位 10%の学校群を取り出して、その結果を主観報告（教師用及び児童生徒用質問調査の回答）と関連付けて比較した分析からは、次の囲み 3-2 の傾向が指摘された。特に小学校で学校間の成績差が大きく、質問紙調査では日頃から情報の整理・関連付けや考えの発信を行っているか、その過程で ICT 等の道具も用いてコミュニケーションを行っているかが結果を分けたことがうかがえる。

囲み 3-2. 情報活用能力調査結果の上位の学校群の傾向

- | |
|---|
| <p>① 上位の学校群の教員は、下位の学校群と比べ、次のような授業の実施頻度が高い傾向にある。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 児童生徒に自分の考えを表現させること・ 児童生徒に情報を整理させること・ 児童生徒に情報手段の特性に応じた伝達及び円滑なコミュニケーションを行わせること <p>② 上位の学校群の児童生徒は、下位の学校群と比べ、学校で次のような ICT 活用をしている頻度が高い傾向にある。</p> <ul style="list-style-type: none">・ 情報を収集すること・ 表やグラフを作成すること・ 発表するためのスライドや資料を作成すること |
|---|

（５） まとめ：我が国の情報教育の現状と課題についての評価

本章 3（１）（２）節の結果からは、コンピュータが授業の中で日常的に使われているとは認めにくく、それが本章 3（３）（４）節におけるコンピュータを用いた問題解決に課題が見られる結果につながっていることが示唆された。

情報活用能力調査は、平成 29（2017）年現在、高校生の調査結果が公表されたばかりであり、小・中学生も複数回の調査や追跡調査を行っていない段階である。しかし、そこで見られた傾向を第 1 章からの検討結果とつなげて学術的に考えると、次のような解釈が可能になる。

開かれた情報空間（open informational world）は、かつてない課題とチャンスをお子たちに与える。カーネマン（Kahneman, 2012/2014）に従えば、情報が増えると、人が取る行動パターンは大まかに二つに分かれる。一つは、“Fast thinking（素早い思考）”に基づき、大量の情報から必要なところだけ瞬時に見分けて反応する刹那的なパターンである。最近見られる SNS の「短文」化（例えば Twitter）や「無文」化（例えば Instagram）はその傾向に拍車を掛けかねないものである。もう一つは、“Slow thinking（ゆっくりした熟考）”に基づき、大量情報から必要な情報を深い階層まで潜って探し、それらをつなげてまとめるパターンである。論理的・構造的に情報を活用する能力であり、情報を用いた自律的な学習の基盤にもなる。時間はかかるが、そこまで考えて発信すれば、返信も楽しみになるだろう。それは他者の情報収集や整理の苦労を理解することにも通じるため、情報モラルの育成にもつながる可能性がある。ICT をふだん付き合う友達以外の他者とのコミュニケーションに活用できるようになると、文脈を共有しない相手にどう発信すれば伝わるかを日常的に考える経験になるし、ネットワーク上での協調的な問題解決にまで従事できれば、受け手の状況に応じた効果的な表現をせざるを得なくなるだろう。

そのように子供たちが情報爆発をプレッシャーと感じるのではなく、世界を広げ、コミュニケーションを深く楽しむことができるようになるためには、複数の情報を関連付け統合する能力が一層重要になる。もちろん、こうした「熟考」には「紙と鉛筆」を用いて、操作をスローダウンさせた方が ICT を用いるより効果的だという考え方もあり得る。それゆえ、ポイントは情報社会ならではの大量情報などを熟考にどうつなげていくかであろう。

情報活用能力調査の結果をこの対比につなげて再解釈すると、Fast thinking に基づく瞬時の読みや試行錯誤的なソフト活用、それらを支えるドラッグアンドドロップなどの基本操作は一定のレベルにあると考えられる（文部科学省, 2015b 参照）。その一方で、Slow thinking を要する複数情報の整理・関連付け・統合、タイピングを用いた長文の記述や効果的な発信に課題が見られる。

この観点で、囲み 3-2 の上位群と下位群の学校における情報教育の傾向を見直すと、総合的な学習の時間の解説で触れられるような「探究的な学習」の多くの過程—情報の収集、整理・分析、まとめ・表現—が含まれていることが読み取れる。囲み 3-2 の①を見て分かるように、ICT の利用を問わない場合の「情報収集」には学校群で大きな差はない。これは下位群の学校も「情報収集」は行っていると報告したためである。違いは、それに加えて、「情報の整理・分析」まで行っているか否かにあるということである。つまり、収集した情報をそのまま表現するのではなく、問題解決等のために整理し分析しまとめているかが学校群間の差を作っている可能性がある。

デジタルネイティブと呼ばれるような児童生徒の持つ「Fast thinking」の力をどう生かして、「Slow thinking」の能力育成につなげていくかが、今後の情報教育の大きな使命であろう。上記の学校間の差は、優れて学びのプロセスに関わることであり、いかに情報活

用能力を育成するかという問題は学習過程と切り離せないことを示唆する。そのために、こうした能力について児童生徒が情報や情報機器を扱うプロセスに立ち戻って分析・評価し、指導に生かすという視点が必要である。その詳細を第4章以降、特に第6章で検討する。

【引用文献】

- American Library Association. (1989). “Presidential Committee on Information Literacy.” *Final Report*. Chicago: American Library Association.
- Breivik, P. S. & Gee, E. G. (1989). *Information Literacy: Revolution in the library*. New York: American Council on Education and Macmillan. (三浦逸雄ほか(訳)(1995)『情報を使う力：大学と大学図書館の改革』. 東京：勁草書房)
- CEC (一般財団法人コンピュータ教育推進センター) (2012). 『21世紀型コミュニケーション力育成に関する調査研究』. <http://www.cec.or.jp/cecre/21ccom.html> (2016/03/01 参照)
- フィンランド国家教育委員会 (2014). *Education system*. http://www.oph.fi/english/education_system (2016/03/01 参照)
- Gilster, P. (1997). *Digital Literacy*. John Wiley & Sons. (ポール・ギルスター(著)・井川俊彦(訳) (1997). 『デジタルリテラシー：インターネットを賢く使いこなすために』. 東京：トッパン.)
- ICILS (The IEA International Computer and Information Literacy Study) (2013). http://www.iea.nl/icils_2013.html (2016/03/01 参照)
- Kahneman, D. (2012). *Thinking, Fast and Slow*. London: Penguin. (ダニエル・カーネマン (著) 村井章子 (訳) (2014) 『ファスト&スロー(上/下) あなたの意思はどのように決まるか?』. 東京：ハヤカワ書房.)
- 小池源吾 (2003). 「メディア・リテラシー学習による意識変容」. 『国立教育政策研究所紀要』, 132, 83-93.
- 国立教育政策研究所 (2009). 『教育における ICT の活用 第2回 IEA 国際情報教育調査 (SITES) 2006 報告書』. 国立教育政策研究所.
- 国立教育政策研究所 (2009). 『特定の課題に関する調査 (技術・家庭)』. 国立教育政策研究所. http://www.nier.go.jp/kaihatsu/tokutei_gika/ (2016/3/11 参照)
- 国立教育政策研究所 (2012). 『成人力とは何か』. 東京：明石書店.
- 国立教育政策研究所 (2013). 『全国学力・学習状況調査 報告書・調査結果資料』. 国立教育政策研究所. <http://www.nier.go.jp/13chousakekkahoukoku/index.html> (2016/03/01 参照)
- Liu, A. (2012). “This is Not a Book: Transliterations and Long Forms of Digital Attention.” Talk presented in “Translittératies: enjeux de citoyenneté et de créativité” at ENS-Cachan et Université Sorbonne nouvelle, Paris.
- 水越伸 (1999). 『デジタル・メディア社会』. 東京：岩波書店.
- 水越伸 (2002). 『新版 デジタル・メディア社会』. 東京：岩波書店.
- 文部省 (1985). 『情報化社会に対応する初等中等教育の在り方に関する調査研究協力者会議 第一次審議とりまとめ』. 文部省.
- 文部省 (1991). 『学習指導要領 (平成元年度改訂)』. 文部省. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/old-cs/ (2016/03/01 参照)
- 文部省 (1991). 『情報教育に関する手引』東京：ぎょうせい.
- 文部科学省 (1997). 『体系的な情報教育の実施に向けて「第1次報告」』. 文部科学省. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/002/toushin/980801.htm (2016/03/01 参照)

- 文部科学省 (1998a). 『情報化の進展に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議 最終報告』.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/002/toushin/980801.htm
 (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (1998b). 『学習指導要領 (平成 10 年度改訂)』.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/cs/. (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2002). 『情報教育の実践と学校の情報化～新「情報教育に関する手引」～』. 文部科学省. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/020706.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2006). 『初等中等教育の情報教育に係る学習活動の具体的展開』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1296899.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2008). 『学習指導要領』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2009). 『教育の情報化に関する手引き』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1259413.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2011a). 『教育の情報化ビジョン～21 世紀にふさわしい学びと学校の創造を目指して～』. http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2011b). 『OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA2009) デジタル読解力調査の結果について』. 文部科学省. http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/06/1307642.htm
 (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2013). 『平成 25 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果』. 文部科学省. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1350411.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2014a). 『学びのイノベーション事業実証研究報告書』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/030/toushin/1346504.htm
 (2016/12/22 参照)
- 文部科学省 (2014b). 『「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会」 報告書 (中間まとめ)』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/08/__icsFiles/afieldfile/2014/09/01/1351684_01_1.pdf (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2015a). 『情報活用能力調査結果』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1356188.htm (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2015b). 『情報活用能力調査結果-ログ分析からわかること-』. 文部科学省.
<http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/zenntai09.pdf> (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2016). 『「2020 年代に向けた教育の情報化に関する懇談会」 最終まとめ』. 文部科学省.
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/28/07/__icsFiles/afieldfile/2016/07/29/1375100_01_1_1.pdf (2016/12/22 参照)
- 中山和彦・東原義訓 (1986). 『未来の教室』. 筑波出版会, 42-43.
- National Research Council (1999). *Being Fluent with Information Technology*. National Academy Press.
- 日本図書館情報学会用語辞典編集委員会 (編) (2007). 『図書館情報学用語辞典第 3 版』. 東京: 丸善出版.
- OECD (2013). 『PISA2012 database』. OECD.
<http://www.oecd.org/pisa/data/pisa2012database-downloadabledata.htm> (2017/01/06) 参照
- OECD (2016). 『PISA2015 database』. OECD.
<http://www.oecd.org/pisa/data/2015database/> (2017/01/06) 参照
- 臨時教育審議会 (1985). 『教育改革に関する第一次答申』. 臨時教育審議会.

- 臨時教育審議会 (1986). 『教育改革に関する第二次答申』. 臨時教育審議会.
- 臨時教育審議会 (1986). 『教育改革に関する第三次答申』. 臨時教育審議会.
- 鈴木みどり編 (1997). 『メディア・リテラシーを学ぶ人のために』. 東京: 世界思想社.
- 総務省 (2005). 『情報通信白書』. 総務省.
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h17/pdf/index.html>
(2015/03/01 参照)
- 総務省 (2014). 『教育分野における ICT 利活用推進のための情報通信技術面に関するガイドライン (手引書) 2014』. 総務省. http://www.soumu.go.jp/main_content/000285277.pdf
(2016/12/22 参照)
- Thomas, S., Joseph, C., Laccetti, J., Mason, B., Mills, S., Perril, S., & Pullinger, K. (2007). Transliteracy: Crossing divides. *First Monday*, 12 (12-3) December.
- 豊福晋平 (2015). 「日本の学校教育情報化はなぜ停滞するのか—学習者中心 ICT 活用への転換—」. 『情報処理』 56(4). 316-321.
- Zurkowski, P. G. (1974). “The Information Service Environment Relationships and Priorities.” *Related Paper No. 5*.

(福本 徹・白水 始)

第4章 諸外国の動向

諸外国の情報教育の動向については、文部科学省（2012，2014）など参照できるものが多数あるため、本章では、諸外国の教育課程における情報活用能力の定義に関して、英国（イングランド）・韓国・シンガポール・オーストラリアの4か国のみにについて概観する。この国々を選んだのは、ICTリテラシー教育の先進例であると同時に先述のPISA2009「デジタル読解力」等で上位の順位を占める国（韓国は1位，オーストラリアは3位，シンガポールと英国は不参加）だからである。

1. 英国（イングランド）

2014年9月より導入された新カリキュラム¹⁵とそれまでのカリキュラムについて記す。

前身のカリキュラムでは、ICTリテラシーに関わるものとしては、資質・能力（キースキル）としての「ICTの活用（Use of ICT）」と、独立教科としての「情報通信技術（ICT）」という二つがある。

「Use of ICT (Use of Information and Communication Technology)」は、児童生徒が全ての科目の学習を効率的に進めるために、ICT機器の利用を通じて、自身のICT活用能力を習得し実践していく機会の提供を求めた指導要件である。

その中には、「事象を発見する (find things out)」, 「ICT機器を活用して自身のアイデアを発展する (develop their ideas using ICT tools)」, 「情報を交換・共有する (exchange and share information)」, 「自身の学習成果を振り返り、修正し、評価する (review, modify and evaluate their work)」の四つが含まれる。ICTを学習の全過程を通して活用することが意識されていると言える。特にICTは学習の記録が残しやすいため、学習の振り返りや評価に役立つ特徴を活用している。

独立教科としての「情報通信技術（ICT）」は、ナショナルカリキュラムにおいて全てのKey Stage¹⁶で必修である。その内容は以下の通りである。

- ・ ICT機器の使い方やプログラミングの学習及び「IT Awareness Lessons」
- ・ 「IT Awareness Lessons」で情報社会に関するモラルを扱う。
- ・ 他の教科目標にも寄与する。

2014年9月からは新カリキュラムとなり、独立教科「Computing」が従来の教科「ICT」に代わって新設され、全てのKey Stageで必修となった。これまでオフィス系ソフトの操作に偏っていた内容を、アルゴリズム・プログラミング・システム設計等のコンピュータサイエンス寄りの内容に変えていくものである。教科の目的は、次の通りである。

¹⁵ <https://www.gov.uk/government/collections/national-curriculum>

¹⁶ イギリスの子供たちは、日本の小学校にあたるプライマリースクールに5歳から11歳まで、中学校にあたるセカンダリースクールに12歳から15歳まで通学する。この各学校段階を2段階ずつに分けたのが、キーステージ（Key Stage 1～4）である。

- ・ コンピュータの考え方や創造性を使って物事を理解し、世界を変える力を身に付ける。
- ・ プログラムやシステム、コンテンツを生み出すために情報技術を活用できる。
- ・ デジタル世界に積極的に参加し、将来の職場に適したレベルのデジタルリテラシー、すなわち ICT を活用し、ICT を通して自身を表現し考えを展開する能力を習得する。

到達目標としては、次の通りである。

- ① 抽象概念や論理、算法、データ表示を含む、コンピュータサイエンスの基本原則及び概念を理解し、応用する。
- ② コンピュータ用語で問題を分析し、問題解決のために実践的なコンピュータ・プログラムを繰り返し作成する。
- ③ 問題解決のため、新たな技術あるいは未知の技術を含む情報技術を、論理的に評価し、応用する。
- ④ 責任を持って、能力を発揮し、自信を持って創造的に ICT を活用できるようになる。

以上、旧カリキュラムでも資質・能力としての ICT 活用と教科等の横断を図り、教科内容としても「ICT」を設けて「他の教科目標にも寄与する」ことを狙っていたにも関わらず、新カリキュラムでは、「Computing」を新設し、情報機器の学習を通じた ICT リテラシーの獲得をより鮮明に目指すに至っている。その一方で、教科の目的や到達目標を見ると、単なるプログラミングの学習にとどまらず、コンピュータの考え方をを使って世界を理解し、世界を変える力を身に付けることが狙われている。第2章の議論に戻れば、まさに「ICT が世界をデジタル化することで処理水準を上げる点」に注目して、その観点から世界や社会の理解・創造という目的と関連付けて情報教育を構想しようとしていると捉えられる。

2. 韓国

日本の情報活用能力に当たるものは、過去に「初・中等部情報通信技術教育運営指針」（2001 年制定，2005 年改訂，2008 年廃止）といった指針等があったが、現状では整理されていない（文部科学省, 2012）。この指針は、情報活用に関する能力として教育人的資源部（現・MEST）が整理したものであり、以下の五つからなっていた。

- ・ 情報社会の生活：情報の正しい扱い方，情報保護，表現方法
- ・ 情報機器の理解：情報機器の動作原理，サイバー空間の環境構成
- ・ 情報処理の理解：問題解決，アルゴリズム的思考，プログラミング
- ・ 情報の加工と交流：アプリケーション，サイバー空間での表現
- ・ 総合活動：以上の四つを踏まえた，創意力・問題解決力・論理的思考力の育成

日本と比べると、プログラミングなどのコンピュータサイエンス系の能力や、それと関連付けた形で思考力や問題解決力なども含んでいる点に違いがある。

上述の運営指針について、アプリケーションの操作レベルに落とし込むべく、MEST と

KERIS (Korea Education and Research Information Service) が協力して 2001 年に開発したものが、「ISSS (ICT Skills Standard for Students) ¹⁷」である。さらに、教員向けの「ISST (ICT Skills Standard for Teachers)」と一般向けの「ISSA (ICT Skills Standard for All)」がある。子供の ICT リテラシーを伸ばしたいのであれば、教員だけでなく、社会全体のリテラシーレベルを上げていく必要があるとの狙いが見て取れる。ISSS は情報収集、情報加工、情報交流、情報倫理の四つの大分類があり、それを細分化した 13 の中分類、更にそれを細分化した小分類がある。その教育を通して身に付けさせたい力は、下記のようによまとめられている（訳は文部科学省，2014 による）。

情報科学技術の基本概念と原理を理解し、実生活の様々な問題を計算的な思考で観察して解決する能力と情報倫理的な素養を育てることに重点を置く。

- (1) 情報科学技術の基本概念と原理を習得し、計算的思考力を養い、創意的で効率的な問題解決能力を備える。
- (2) 未来情報社会の一員として備えなければならない情報倫理及び情報保護、情報技術及び機器に対する理解を基に、これを正しく活用して実践できる態度を育てる。
- (3) 情報科学の論理的、手順的思考を通して日常生活の問題を効率的なアルゴリズムで解決し、このような思考を実生活と情報機器に適用する能力を育てる。
- (4) 他の学問と統合されて新しい形態に拡張、発展させていく融合学問の分野を開拓できる力と態度を育てる。

3. シンガポール

シンガポールでは教育の情報化政策として、1997 年からマスタープラン¹⁸を実施している。マスタープラン 1（1997～2002 年）では学校における ICT インフラの整備と全教師の ICT 活用力の定着を目指し、各種ソフトやリソースも準備した。それにより、ICT が教育と学習にとって受容可能な道具として受け止められることを狙った。マスタープラン 2（2003～2008 年）では ICT 活用モデルを構築する試みが行われた。全国の学校全体の 5%を Future school, 15-20%を LEAD ICT school に定め、創造的な実践を行うよう、予算の自律性も持たせて働き掛けた。同時に、児童生徒が最低限習得すべきスキルとして、ICT の活用基準（ベースライン）を定めた。ICT 関連スキルを以下の七つに分類し、プライマリースクールの 3 年次・6 年次・セカンダリースクールの 2 年次・5 年次までに取得すべきレベルを定めた。

- ① 基本的な ICT 操作
- ② 検索を通じた学習
- ③ テキスト文書を通じた学習
- ④ マルチメディアを通じた学習
- ⑤ 表計算ソフトを使った学習
- ⑥ コミュニケーションツールを使った学習

¹⁷http://lib.keris.or.kr/search/media/img/CAT000000005551?metsno=000000000139&fileid=M000000000139_FILE000001

¹⁸ <http://ictconnection.moe.edu.sg/>

⑦ データ収集ツールを使った学習

マスタープラン 3 (2009～2014 年) における目標としては、上記のようなスキルも基に、児童生徒が学びの主導権を持ち、学びを主体的に深めること（自己管理型学習）と、協働学習を通して児童生徒がグループ構成員として責任を持ち学ぶこと（協働学習）ができる力を身に付けること、それらと同時に、思慮深く責任を持った ICT ユーザとなることがあった。

ルーイ (Looi *et al.*, 2011; Looi, 2013) に従って、マスタープランの意義を振り返る。教育への ICT 活用には、知識基盤社会への準備と児童生徒の学習経験を強化するという二つの狙いがあった。そのために、マスタープラン 1 は「基盤を創り」、プラン 2 は「イノベーションの種をまき」、プラン 3 はそれを「強化しスケールアップ（拡大）する」ことを、18 年間に掛けて行った。その過程は表 6 のようにまとめられる。この表を見ると、ICT が学習指導要領に埋め込まれて教科等横断的に有意義な形で使われるようにするために、教師教育や研究開発、インフラなどが総合的に変革されたことがうかがえる。また、シンガポールが ICT の有用性を保護者等の関係者に納得させるために、小型情報端末など「ICT ならでは」の特長が出やすい機器を軸に変革を行った点も特徴的である。

表6. シンガポール：マスタープラン実現のための必須の変革

	マスタープラン 1 (1997～2002 年)	マスタープラン 2 (2003～2008 年)	マスタープラン 3 (2009～2014 年)
カリキュラムと評価	カリキュラムを支える ICT という位置付け	ICT はカリキュラムと評価に埋め込まれる	ICT はシラバスや指導要領に埋め込まれる
教師教育	全教師と全学校にコアとなるトレーニングを提供	差別化した教師教育、管理職への ICT コンサルタント派遣	ICT のメンター制学び合うコミュニティ作り
研究と開発 (RD)	産業と学校現場連携で研究開発を行う試みを国が主導	学校がイノベーションを起こす土壌を整える	研究を教室現場の実践につながるよう「翻訳」する
学習のためのインフラ	全学校に情報機器や基盤を提供、多目的な機器提供	各学校のニーズに合った機器等の提供	カリキュラムの変更と学校のニーズと緊密に連携した提供

(Looi, 2013 より)

なお、現在は 2015～2020 年の期間でマスタープラン 4 が進行中である。「未来に備えた責任あるデジタル社会の学習者」をビジョンに、「ICT を用いたエンパワーメント：全ての学習者に質の高い学習を可能にすること」をゴールとして、「学習経験及び環境のデザイナーとしての教師」と「(学校) 文化の創造者としてのスクールリーダー」という二つの成功への鍵を挙げている。表 6 の要素で言えば、「カリキュラムと評価」はウェブ上の質の高い教材や ICT を用いた評価の充実、「教師教育」はネットワーク上の学び合うコミュニティを

通した ICT 活用のグッド・プラクティスの共有、「学習のためのインフラ」は学校外での ICT 活用支援など、マスタープラン 3 をより具現化する政策が推進されている。

4. オーストラリア

ICT 教育は、資質・能力 (General Capabilities) の一つとして ICT スキルがあるとともに、単独科目として「Digital Technology¹⁹⁾」があるという両側面を持つ。

「Digital Technology」は Technology 教科の 1 科目として、コンピュータ的な思考力と、問題解決のためのシステムデザインと実装を学ぶものである。「デジタルシステム」、「データ表現」、「データの収集・管理・分析」、「システム設計」の 4 分野から成っている。1 年生～10 年生まで、2 学年ごとにそれぞれの分野について内容が定められている。

資質・能力 (General Capabilities) における ICT Capability は、以下の五つの要素から成る。ここでも ICT が創造など各種の知的活動と結び付けられるとともに、ICT の思慮深いユーザとして児童生徒が育つことが期待されている。

- ① Applying social and ethical protocols and practices when using ICT (ICT 利用時に社会的・倫理的慣習・慣行を守る)
- ② Investigating with ICT (ICT を活用して調査を行う)
- ③ Creating with ICT (ICT を活用して創造活動を行う)
- ④ Communicating with ICT (ICT を活用して、他者とコミュニケーションをとる)
- ⑤ Managing and operating ICT (ICT を管理・操作する)

5. まとめ

以上、各国とも ICT リテラシーの育成に当たって、抽象的な目標を掲げるだけでなく、それが具現化できるように、次の 3 点を重視していることが示唆された。

- 1) ICT リテラシーを学ぶための資質・能力の一つとして教科等横断的に設定すると同時に、単独教科としても設定すること
- 2) 単独教科の内容は Computing などのデジタルリテラシーを重視しつつある一方で、その教科目標は思考力や問題解決力、創造力の育成、及び ICT ユーザとしてのモラル獲得など、高次認知能力や情報化社会・知識基盤社会に向かう態度も見据えていること
- 3) 児童生徒の ICT リテラシー育成のために教員等社会のリテラシー全体の底上げ、及びインフラ等の一体的・総合的変革を行うこと

3 点目については、米国の NETP (National Education Technology Plan)²⁰⁾も参考になる。これは STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) を中心に教育を充実

¹⁹⁾

<http://www.australiancurriculum.edu.au/technologies/digital-technologies/curriculum/f-10?layout=1>

²⁰⁾ <http://www.ed.gov/sites/default/files/netp2010.pdf>

させるためのテクノロジー活用について 2010 年に提言されたものであり，そこでも学習と評価，教授法，インフラ，生産性の 5 点を同時に変革することが目指されている。

【引用文献】

文部科学省（2012）．『ICT 活用教育先進国の訪問調査（文部科学省委託調査研究）』．文部科学省．

文部科学省（2014）．『ICT を活用した課題解決型教育の推進事業（諸外国における教育の情報化に関する調査研究）報告書（平成 25 年度文部科学省委託事業）』．東京：大日本印刷．

Looi, C.K., So, H-J., Toh, Y. & Chen W. (2011). The Singapore experience: Synergy of national policy, classroom practice and design research. *International Journal of CSCL*, 6(1), 9-37.

Looi, C. K. (2013). “Scaling up rapid collaborative practices in Singapore schools.” Talk presented in Law, N. *et al.* Are CSCL and Learning Sciences Research Relevant to Large-Scale Educational Reform? *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning (CSCL 2013)*, 575-576.

（福本 徹・白水 始）

第5章 プログラミング教育の動向

本章では、ICT を扱うリテラシーの一つとして近年位置付けられ始めたプログラミングに焦点を当て、その教育方法や理論的背景を整理する。プログラミングは、コンピュータを人間の意図通りに動くよう指示するだけにとどまらず、ICT を使って動画や音声などで自分の考えを表現したり、動的な現象をシミュレーションしたりといった発展的な操作—第2章で見たような人間の能力の拡張—を可能にする²¹。つまり、プログラミングは人の考えをダイナミックに表現するためのメディアと捉えることもできる。そう考えると、プログラミングを教える場合にも、広く ICT リテラシーの一環として教えることや、その目的に従って学習過程に工夫がなされる可能性があると予想できる。実際に近年では、プログラミングの技術の修得にとどまらない、また年齢にもよらない、全ての人を対象としたプログラミング教育（以下「万人向け」と表現する）が世界的に注目を集めている。そこで本章では、プログラミング教育に焦点を絞って、その目標や学習過程に関する国内外の動向や実践研究の展開を追うことで、ICT リテラシー教育への示唆を得る。

本章では、「万人向けのプログラミング教育」に限定して検討するため、小学生程度の子供を対象とした学校でのプログラミング教育に関する先行研究を主に扱う。調査対象とする年代は、小学校でのプログラミング教育が行われ始めた 1980 年頃以降とする。また、本章では国内外の知見を調査対象とするが、中でも、古くから学校の教育課程の中でプログラミング教育を実施してきた北米やヨーロッパを中心的に扱う。学校外でのプログラミング教育も必要に応じて限定的に取り扱う。なお、日本においては現在、中学校の技術・家庭科で「プログラムによる計測・制御」が必修、高等学校の選択科目としてプログラミングを履修可能であるが、本章では、上記の検討目的に応じて、より対象者が幅広い小学校でのプログラミング教育について検討することに主眼を置く。

1 節では、「万人向けのプログラミング教育」に関する提言と各国のプログラミング教育に関する現在の動向を整理する。2 節以降では、先述のとおり、プログラミングをどのように教えるかが重要になってきていると考えられるため、プログラミング教育の実践例を導入期（2 節）と発展期（3 節）に分けて整理する。導入期とは、プログラミングの様々な教え方が模索された 1980 年代であり、発展期とは、それらを振り返り、効果等も検証しながら、よりよい教え方が検討された 1990 年代以降を指す。それらの実践例に基づいて、4 節で現在のプログラミング教育実践例の目的と成果を整理する。なお、国内外のプログラミング教育の動きについては、European Schoolnet（2015）、文部科学省（2014）、Pears *et al.*（2007）、総務省（2015）等によくまとまっているため、そちらを参照されたい。

²¹ 学習指導要領改訂の議論においても「身近なものにコンピュータが内蔵され、プログラミングの働きにより生活の便利さや豊かさがもたらされていることについて理解し、そうしたプログラミングを、自分の意図した活動に活用していけるようにすることもますます重要になっている。将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる「プログラミング的思考」などを育むプログラミング教育の実施を、発達の段階に応じて位置付けていくことが求められる。」（中央教育審議会、2016, pp.37）等と、プログラミング教育の必要性が指摘されている。

1. 「万人向けのプログラミング教育」

近年のプログラミング教育は、プログラマなどの専門職を育成するための教育だけでなく、多様な学習者を対象とするようになった。日本も例外ではない。「万人向けのプログラミング教育」の必要性が教育課程で初めて示されたのは、1989年3月に告示された中学校学習指導要領の技術・家庭科の「情報基礎」(選択領域)においてである(文部科学省, 1989)。これは、1987年の教育課程審議会の答申において、情報化の進展に対応した領域を新設するという改善を反映したものである。1998年の学習指導要領の改訂の際には、プログラミングはすべての生徒に履修させる内容として改められた。一方、学校教育課程外では、文部省(当時)より委嘱された情報処理学会が実施した調査である「一般情報処理教育の実態に関する調査研究」(情報処理学会, 1992)が挙げることができる。本調査結果に基づく「日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005」(情報処理学会, 2005)では、「コンピュータの本質は『手順的な自動処理』であることを、体感的かつ具体的に理解する手段」として、学習者自らがコンピュータに対して命令する一プログラムを作って実行する一ことを学ぶ必要性が示されている。

この提言は、ユネスコ(UNESCO)が提唱したプログラミング教育に関する指針に依拠してまとめられた(UNESCO, 2002)。そもそもこの提唱自体が、ICTリテラシーの一部としてプログラミング教育に言及していた。囲み5-1に、関連する部分を抜粋する。ICTリテラシーをカリキュラムに埋め込む(embedd)段階や浸す(infuse)段階の先に、プログラミング教育が位置付けられている。そこでのプログラミングは、ICTを用いる専門職を目指す者、及び大学進学希望者が獲得すべきリテラシーとされている。それにも関わらず、その「目的」は、日常生活の問題をアルゴリズム(問題を解くために手順を書き出すこと)として解く能力を身に付けることである。この囲みに抜粋した部分の後に提示されている教育プログラムの具体例は、日常生活で直面する問題を解くための手順としてアルゴリズムを設計する問題を示している。プログラミングが専門的な技術としてではなく、問題を解決するための一般的な手順と捉えられている証左だろう。

囲み 5-1: 2002 年 UNESCO 「Information and communication technology in education: A curriculum for schools and programme of teacher development」でのプログラミング教育に関する言及（報告者抄訳）

- 高等学校のカリキュラム構成: 四つのカリキュラム領域が学校の進歩を助けるために次の四つの教授と学習のステージに対応して提供されるべきである (p. 18).
 - ・ (他の教科と切り離された特定教科で ICT スキルが教えられる) ICT リテラシーの学びから
 - ・ (独立教科群で伸ばされた ICT スキルに基づいて) 教科で ICT を活用する学びへ、そして
 - ・ (ICT が全ての教科に統合され埋め込まれている中での) カリキュラム全体のどこでも (infuse された形で) ICT を活用する学びへ、さらに
 - ・ (ICT が応用科目や専門職のための準備として特別に教えられる) ICT 専門科目における専門的な学びに至る。
- ICT 専門科目: ICT を使う専門的な職業につく予定の生徒 (例えばエンジニアリング、ビジネス、コンピュータサイエンス) や、大学進学を予定している生徒のためのものである。ICT スペシャリストとして高度なツールやテクニックを使いこなす内容である。具体的には、基本および応用プログラミング、情報システムのプランニング、プロセス制御システムの設計、プロジェクトマネジメントといった単元が含まれる。その目的は、生徒がアルゴリズム的な考え方・やり方で、日常的な問題を解くことができるようになることである (p. 121 等)。

こうした提言が世界各国のプログラミング教育にどのような影響を与えたのだろうか。ヨーロッパのカリキュラムに対する影響について、21 か国が調査に参加したヨーロッパ・スクールネット (European Schoolnet, 2015) の報告を抜粋したのが、囲み 5-2 である。

ヨーロッパでは、初等教育以降の正式教科として新たにプログラミングを国の教育カリキュラムに組み入れたり、組み入れようとしたりする動きが進んでいると言える。中でも英国は、初等教育以降の全ての義務教育段階において 2014 年からコンピューティング (Computing) の教科の中でプログラミング教育を採り入れた²²。久野ら (2015) によれば、1990 年代のコンピュータ操作を教える ICT 教育が「低レベルで退屈」なものだと学校で認識されるようになったことに対する英国王立協会のレポート「操作ではなくコンピュータサイエンスを学ぶべき」 (British Royal Society, 2012) が影響したと言う。また、英国ではゲーム産業がさかんなことも影響していると考えられる²³。ただし、囲み 5-2 を見ると、UNESCO の「アルゴリズムとして手続を明確に書き出すことで、人が行う問題解決を含む行動に対する理解を深める」 (European Schoolnet, 2015 より報告者抄訳) という意味でのアルゴリズムの学習の重要性も認識されている。また、囲み 5-2 の前後には、論理的思考力や問題解決能力といった 21 世紀型スキルの育成を促すために、プログラミングがカリキュ

²² <https://www.gov.uk/government/collections/national-curriculum>

²³ http://www.tiga.org/repository/documents/editorfiles/reports/june_2014_guide_to_video_games_tax_relief.pdf

ラムへ導入されているという記述も見られる。ヨーロッパでのプログラミング教育の目的が「プログラミングができるようになればよい」だけではないことがうかがえる。

囲み 5-2 European Scholnet 「Computing our future Computer programming and coding: Priorities, school curricula and initiatives across Europe」に示されたヨーロッパのプログラミング教育に関する言及（報告者抄訳）

- プログラミングをカリキュラムに採り入れる目的は、生徒の論理的思考力育成のため（15 カ国）、問題解決能力育成のため（14 カ国）という順で多かった（p. 25）。
- コーディングの授業を国のカリキュラムに採り入れているのは、オーストリア、ブルガリア、チェコ、デンマーク、エストニア、フィンランド、フランス、ハンガリー、アイルランド、イスラエル、リトアニア、マルタ、ポーランド、ポルトガル、スロバキア、スペイン、英国の各国。
- コーディングの授業を地域のカリキュラムに採り入れているのは、ベルギー・フランダース、フィンランド、スペインの各国（p. 36）。

アメリカの場合は、国が定めるカリキュラムは存在しないが、学習者がプログラミングを自学できる無償カリキュラム²⁴が立ち上がったたり、オバマ元大統領がプログラミング教育を取り入れる必要性を説いたりしている²⁵など、プログラミング教育を進める動きが認められる。海外では、プログラミング教育が一般教養として導入されていると考えられる。

日本では、現在、学校教育におけるプログラミングに関する指導については、中学校「技術・家庭」においてプログラムによる計測・制御を必修としており、高等学校においては、共通教科「情報」の科目「情報の科学」において、プログラム言語などにより簡単なアルゴリズムを表現し自動実行させるなどとしている。学校外における活動でも、プログラミング教育に対する関心の高まりが「（関東圏では）定員に対して希望者が多すぎ対応できない状況は課題である」、「現状ではキャパシティの問題もあり、プログラミング教育をやっているということをあまり宣伝していない」（総務省、2015, p. 23-24）などと示唆されている。

政府においても「世界最先端 IT 国家創造宣言」（IT 総合戦略本部、2013；囲み 5-3）や「日本再興戦略—JAPAN is BACK—」（首相官邸、2013）にてプログラミングの重要性が示唆された。そこでは、IT を使うだけでなく、IT を活用して課題を解決したりモノづくりをしたりするための手段として、プログラミングが位置付けられている。さらに、平成 28 年 4 月 19 日の産業競争力会議にて、初等中等教育でのプログラミング教育を必修化するという方向性が示された（首相官邸、2016）。この決定には、若者が第四次産業革命の時代を生き抜き、主導していくための学習機会を義務教育段階で提供する意味が込められている。この決定後に行われた「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）」（文部科学省、2016；囲み 5-4）では、プログラミングを、全ての子供に対して「プログラミング的思考」を育むための手段として採り入れることが示されている。この思考力は、各教科で育むことが期待されている思考力の論理性を更に育てる上で役立

²⁴ <https://code.org/about>

²⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=6XvmhE1J9PY&feature=youtu.be>

つと主張されている。つまり、コーディング（プログラミング言語を用いた記述方法）を覚えさせることだけが、プログラミング教育の目的ではないということである。

以上、国内外のプログラミング教育に関する動きをまとめると、プログラミングが学校における教育課程の一部として採り入れられる傾向があり、早い場合は初等教育のカリキュラムに採り入れられていることがわかる。また、日本とヨーロッパではプログラミング教育が初等中等教育に正式に組み込まれているように、UNESCO の提言よりも低学年かつ幅広い学習者が対象とされている。これらは、プログラミングを学ぶ効果に対する期待の高まりを示したものと推測される。

囲み 5-3: IT 総合戦略本部「世界最先端 IT 国家創造宣言」(2013 年 6 月 14 日版) におけるプログラミング教育に関する言及

- 初等・中等教育段階におけるプログラミングに関する教育の充実に努め、IT に対する興味を育むとともに、IT を活用して多様化する課題に創造的に取り組む力を育成することが重要であり、このための取組を強化する。
- 新しいモノづくりであるデジタル・ファブリケーションやロボティクス、プログラミング、コンテンツ作成など、学生等が、将来を展望した技術を習得できる環境整備を教育環境の IT 化とともに進める。
- 初等・中等教育段階でのプログラミング、情報セキュリティなどの IT 教育を充実させ、高等教育段階では産業界と教育現場との連携の強化を推進し、継続性を持って IT 人材を育成していく環境の整備と提供に取り組む。
- また、IT 習得の意識高揚の観点から、プログラミングコンテストなどの競技会を推進していくことも重要であり、全国規模や地方で開催されるプログラミングコンテストに対して関係省庁による後援や大臣賞の付与等を行う。

(pp. 32-33 : 一部略)

囲み 5-4: 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)

- プログラミング教育とは、子供たちに、コンピュータに意図した処理を行うよう指示することができるということを体験させながら、将来どのような職業に就くとしても、時代を超えて普遍的に求められる力としての「プログラミング的思考」などを育むことであり、コーディング（プログラミング言語を用いた記述方法）を覚えることが目的ではない。
- これからの時代を生きていく子供たちには、ますます身近となる情報技術を効果的に活用しながら、複雑な文脈の中から読み解いた情報を基に論理的・創造的に考え、解決すべき課題や解決の方向性を自ら見だし、多様な他者と協働して新たな価値を創造していくための力が求められる。ここで言う「創造」とは、グローバルな規模でのイノベーションのような大規模なものに限られるものではなく、地域課題や身近な生活上の課題を自分なりに解決し、自他の人生や生活を豊かなものとしていくという様々な工夫なども含むものである。

- 子供たちが、情報技術を効果的に活用しながら、論理的・創造的に思考し課題を発見・解決していくためには、コンピュータの働きを理解しながら、それが自らの問題解決にどのように活用できるかをイメージし、意図する処理がどのようにすればコンピュータに伝えられるか、さらに、コンピュータを介してどのように現実世界に働きかけることができるのかを考えることが重要になる。
- そのためには、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、一つ一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が必要になる。
- こうした「プログラミング的思考」には、各教科等で育まれる論理的・創造的な思考力が大きく関係している。各教科等で育む思考力を基盤としながら「プログラミング的思考」が育まれ、「プログラミング的思考」の育成により各教科等における思考の論理性も明確となっていくという関係性を考え、教育課程全体での位置付けを考えていく必要がある。

(一部略)

2. 導入期のプログラミング教育

ここで問題になるのは、プログラミング教育には本当に期待されているような効果があるのか、という点である。総務省（2015）の調査では、プログラミング教育が「想像力の向上、課題解決力の向上、表現力の向上、論理的思考力の向上」（総務省，2015，pp. 35-37より抜粋）といった効果を持つ可能性が示唆されている。しかし、この調査は学習者の学習成果に基づく評価ではなく、教室運営者や保護者の主観的な評価である点に注意を要する。実際に報告書でも「プログラミングを通じた人材育成をより効果的なものとするためには、目的に照らしてプログラミングのどのような特性を活用するのかを検討し、適した教育手法、ツール、教育プログラムを選択していくことが必要と考えられる」（総務省，2015）と述べられており、プログラミング教育の効果を測定するためには、教育目的を明らかにした上で、手法が妥当かを客観的に評価することが必要である。

そこで以下では、プログラミングの目的や効果について、導入期と発展期に分けて知見を整理する。時期の区切りについては、子供向けプログラミング環境として世界中で用いられている「スクラッチ（Scratch²⁶）」の開発リーダーである Resnick（2014）の整理²⁷を参考にして、子供たちのために開発されたプログラミング言語「LOGO」（詳細は後述）を用いたプログラミング教育及びその研究が数多く実施された 1980 年代を導入期と呼び、過去のプログラミング教育を振り返った論考（Koschmann，1997 等）が出され始めた 1990 年代以降を発展期と呼ぶことにする。これらの便宜的な区切りに沿って、当時のプログラミング教育で掲げられていた目的のバリエーションを整理する。なお、知見が膨大なものになるため、認知科学の観点による整理を行う。

²⁶ <https://scratch.mit.edu/>

²⁷ プログラミング教育に対する熱意が最初に高まったのは 1980 年代と記されている。

(1) プログラミング熟達者の育成

実践例の整理に先駆けて、プログラミングの特徴について整理する。プログラミングは、コンピュータに対してユーザが行いたい処理を実行させるための手段である。ユーザは、処理の流れを書き出し、任意の数値や文字列を入力して処理を実行することで、行いたい処理をコンピュータに委ねることができる。もし実行結果が期待したものと異なれば、処理や入力値を何度でも書き直して実行し直すことができるため、インタラクティブ性も高い。

プログラムを書き始めるには、一般的に、まずトップダウンで処理の流れを設計し、個々の処理を詳しく記述する。プログラムは、個別のモジュール内部の処理を記述するボトムアップな実装と、モジュールをプラン通り並べるトップダウンな実装を行き来しながらできあがる (Hoc, 1981)。モジュール内部では、条件分岐、繰り返し、再帰といったプログラミング言語の一般的な命令²⁸を組み合わせ、入力データを処理する。プログラムの記述に曖昧さは一切許容されないため、人が無意識に行うような処理も含めて必要な手続は全て明文化しなければならない (Miller, 1981)。書き上がったプログラムは多くの場合、期待通りに動かないため、次に、誤りを修正する「デバッグ」作業を行う。デバッグはプロでも工程全体の 50-70%の時間をかけるほど骨の折れる作業である (Schneider, Weingart & Perlman, 1978)。デバッグでは、修正したプログラムを実行し、コンピュータから返ってきた結果を確認して次の修正を行うという試行錯誤的な手続が繰り返される。

上記のような複雑な手続を遂行するには、高度な認知能力が求められる (Dalbey & Linn, 1985)。例えばそれは、プランニングや推論といった能力である。熟達者は、一般的なアルゴリズムの知識とプログラミング言語の知識を統合してプログラムを作っているため (Soloway & Ehrlich, 1984)、高度な認知能力を持っていると期待された。実際に、プログラミングに熟達した大人は、問題を下位分割したり、類推したりといったスキルを獲得していた (Nickerson, 1982)。そこから、プログラミング教育に認知能力を育成する効果が期待されるというロジックが導かれた。

(2) プログラミングによる高次認知能力育成

プログラミングによる認知能力の育成を評価した例として、子供がプログラミングを経験することで省察的な思考や創造的な思考が促されたとする報告がある (Clements & Gullo, 1984)。クレメンツらの実験で子供たちは、プログラミング学習群と CAI²⁹による学習群に分かれて学んだ。子供たちは学習を始める前と 12 週間の学習を終えた後の二度、言語認知能力や省察的な思考能力、創造的な思考力、メタ認知能力といった認知能力を測定する認知機能検査を受けた。事前事後の検査結果を比較した結果、プログラミングを学んだ子供たちは CAI で学んだ子供たちと比べて省察的な思考や創造的な思考の検査結果が有意に向上した。

一方で、ピー (Pea & Kurland, 1984) は、証拠がないにもかかわらずプログラミングが特に高次認知能力を育成するという考え方に警鐘を鳴らしている。

²⁸ 手続き型のプログラミング言語の場合。

²⁹ Computer-Assisted Instruction または Computer-Aided Instruction。

ヘイズーロス (Hayes-Roth & Hayes-Roth, 1979) も、LOGO でプログラミングを学んだ子供たちに、日常生活の中で行うべきことを計画するプランニング課題を与えて、プログラミングの経験が一般的な計画を立てる場面に転移するか検討した。その結果、プログラミング経験は日常的なプランニング課題の遂行へ転移しなかったことが示された。

カーランド (Kurland *et al.*, 1989) はプログラミングを 1 年間学んだ生徒がごく表面的にしかプログラミングを理解していなかったこと、学んだことが手続的な推論や、教室を最短時間で清掃し終えるようロボットに命令するプランニング課題、数学の代数の問題解決等に生かされなかったことを示した。なお、カーランドらは、初心者がプログラミングに熟達するには 1 年間では十分でないことを指摘し、もし学習者がより熟達すれば転移も促進されるという可能性を主張している。

リン (Linn & Dalbey, 1989) は、プログラミング教育の質の影響を見るべく、良質なプログラミングの授業を受けた生徒と一般的なプログラミングの授業を受けた生徒を比較した。その結果、知能検査の結果にかかわらず、良質な授業を受けた生徒は総じてプログラミングの最終テストで良い成績をあげた。一方、一般的な授業を受けた生徒は、知能検査の結果とプログラミングの最終テストの結果が相関していた。このことからリンらは、手段としてのプログラミングの限界を示唆し、授業の設計こそが重要だと結論付けている。プログラミングだけでなく、授業の設計こそが学習効果の有無を分けるということは当たり前だが、プログラミング教育と聞くと、プログラミングの有無で学習効果が左右されると思ってしまいがちであることに警鐘を鳴らした研究だと言える。

他の研究でも授業設計の重要性が示唆されている。ピー (Pea, 1983) は、LOGO がインストールされたコンピュータを子供に与えるだけで創造的な活動が始まるという見方に対抗して、適切な教示を与えない限り子供が理想通り学ばないことを示した。プログラミング言語 BASIC の学習においても、インストラクションを受けた生徒はそうでない生徒よりもよく学んだことが示された (Dalbey & Linn, 1986)。先述したクレメンツ (Clements & Gullo, 1984) の研究も、プログラミングの一般的な効果と速断するのではなく、CAI と比較したときのプログラミングで学ぶという学習場面の設計が好ましい結果を生んだと解釈することもできるだろう。

(3) プログラミングによる教科内容の理解促進

上記で概観したプログラミングの教育とは異なり、学校の既存の正式教科の学びを更に促すためにプログラミングを採り入れた事例もある。戸塚 (1989, 1995) は、算数、理科、社会、音楽といった教科の学びを促す観点から、LOGO によるプログラミングを導入した。事例として報告されているのは、算数のテストで文章題を解けたことがない男の子が LOGO でのプログラミング経験を生かして正解に至る例や、ヒマワリの葉の葉脈がどのように伸びて葉が成長していくかを LOGO でシミュレーションすることで子供が植物の成長の仕組みを学ぶ例など、目を見張るものが多い。

戸塚実践で一貫しているのは、LOGO で何ができるかを考えるのではなく、学ばせたい知識を同定した上で LOGO を活用するという展開である。戸塚 (1989, 1995) が学校での教科の学習を促すために LOGO を活用した事例は、認知科学者 (三宅, 1985; 佐伯, 1986 など)

のコンピュータを用いた教育の在り方に対する見解とも一致するものでもあった。

(4) 新しいメディアとしてのプログラミングの可能性

上記(3)節に対して、子供が自由に学ぶのを促すために学習場面をあえて作り込まない実践もある。パパート(Papert)の実践では、子供たちがLOGOで自分なりに作りたいものを作る中で、数学や物理の概念的な知識も使いこなす場合があることが示されている(Papert, 1980/1982)。LOGOは、ディスプレイ上の亀(タートル)に対して子供でも扱える簡単な命令を出すことによって、その動きの軌跡によって様々な図形を描くことができるプログラミング言語である(図5)。LOGOには、開発者であるPapertの提唱する「構築主義」の理念が具現化されている。学習者が主体となって何かを作り上げる過程でこそ真の学習が起こると捉える見方である。子供が自由に試行錯誤する環境を与えて発見学習を引き起こし、学習成果が次の学びへと転移していくことが期待されている。

実際に、この試行錯誤が学びを促した例もある。ローラー(Lawler, 1981)は、自身の娘ミリアムがLOGOで遊ぶ中で10刻みの暗算を経験したことが、二桁の数同士を加算するやり方の発見、つまり「マイクロワールド³⁰」の構築につながったことを示している。ローラーは、マイクロワールドは一人の中に複数所持されており、それらが互いに結び付くことも示唆した。これは、パパートが描いた、プログラミング学習を通じて数学や物理の理解が深まる可能性を示しているだろう。

以上、導入期のプログラミング教育では、(1)「プログラミングという高度な作業を行う熟達者を育成する」、(2)「高次認知能力を育成する上でのプログラミングの可能性を探る」、(3)「教科内容の学習を促すためにプログラミングを採り入れる」、(4)「新しいメディアとしてのプログラミングの可能性を検討する」という少なくとも四つの目的が示されたと考えられる。



図5. LOGO プログラミングによる線画の描画³¹

3. 発展期のプログラミング教育

1990年代に入ると、アプリケーションを自分で作る(プログラミングをする)ことより

³⁰ ある特定の領域での問題解決に習熟することで、その領域の中では解決手続の意味が分かって問題を解くことができるという「小さな世界」のこと。

³¹ http://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/logo_primer.html

も、道具としてのアプリケーションを有効に使うための操作方法を学ぶことが注目されるようになった。その傾向は、比較的安価なアプリケーションが家庭用パソコンにも提供されるようになったことと無関係ではない。導入期に見られた学校での「万人向けのプログラミング教育」も下火になった (Kafai & Burke, 2013)。その一方で、学校外では「万人向けのプログラミング環境」が充実していった。1990年代には、パパートの実践が発展し、アラン・ケイ (Alan Kay) によるビジュアルプログラミング言語「Squeak」(Ingalls *et al.*, 1997) が開発され、2000年代は、ユーザが自分の作品を仲間と共有したり作り変えたりすることができるコミュニティサイトとセットになったビジュアルプログラミング開発環境「スクラッチ (Scratch)」(Resnick, 2007) へと発展した。この他にも、アリス (Alice)³²、ビスケット (Viscuit)³³など、異なる設計趣旨に基づくビジュアルプログラミング環境も登場した。

導入期と比べると発展期と捉えることができる現在のプログラミング教育は、「コードの学習から活用へ」「ツール単体から作品の共有等を行うコミュニティ作りへ」「『ゼロから』ではなくリミックスで」という点で違うという主張がなされている (Kafai & Burke, 2013)。詳細なアルゴリズムに立ち入らずに自在に動くプログラムを作ることや、作ったプログラムを共有することが可能になったために、プログラミングを通して、デジタル社会で革新的な創作活動を進める第一歩として「計算論的参加 (Computational Participation)」を学ぶことができるようになったというのである。パソコンやインターネットが誰にとっても身近になった現代だからこそ、万人が獲得すべきリテラシーの一つとしてプログラミングが位置付けられ始めたわけである。

また、プログラミング的な処理が、万人の獲得すべきリテラシーとして位置付けられるようになった。本章1節でも示唆されたように、1990年代には日常生活の問題解決手順をアルゴリズムとして書き出す能力 (情報処理学会, 1992) の必要性が示され、2000年代には、それがリテラシーの一つとして位置付けられるようになった (UNESCO, 2002)。コンピュータに手順を命令することをより一般化して捉え、「様々な問題について、抽象化・自動化の観点からモデルを組み立てて解決する」能力として、「計算論的思考 (Computational Thinking)」の重要性が示されたのもこの時期である (Wing, 2006)。計算論的思考はプログラミングを直接指すだけのものではないが、計算論的思考の育成を目的としてプログラミング教育を正式教科に採り入れた国も少なくない (久野ら, 2015)。日本の「プログラミング的思考」(文部科学省, 2016) も、自分が意図する活動を実現したり問題を解いたりするために論理的にうごきを考える力と捉えられている。「万人向けのプログラミング教育」という意味では、導入期に実施されたプログラミング教育がリバイバルしてきているとも捉えられる。

一方で、プログラムを書く専門職 (プログラマ³⁴) を育成することを目的としたプログラミング教育に関する研究は更に続けられた (Pears *et al.*, 2007)。高度情報化社会を支え

³² <http://www.alice.org/>

³³ <http://www.viscuit.com/>

³⁴ 電子情報学会 (<http://www.ieice.org/jpn/>) の記法による。

る、いわゆる「IT 人材³⁵」の育成が急がれたことも無関係ではないだろう。

以上をまとめると、発展期のプログラミング教育では、デジタル社会で他者との創作活動に参加する手段としてのプログラミングという五つ目の目的が付加され、それが他の目的の実現にも貢献しつつある傾向が見て取れる。

4. プログラミング教育の目的と実践例

本節では、2 節及び3 節の概観で得られた5 種類のプログラミング教育の目的を踏まえた上で、現在行われているプログラミング教育の実践例の目的に照らしてその現時点での成果を概観し、今後の課題について検討する。

(1) 目的1：プログラマ育成

目的の一つ目は、高度情報化社会を支えるための、プログラムを書いたり既存のものをメンテナンスしたりすることができるプログラマの育成である。なお、プログラマの業務には、システム全体を設計したり、使用頻度の高い「手続き」を機能ごとにパッケージ化した「ライブラリ」を管理したりすることも含まれるが、その基礎はプログラムを書くことである。

この種のプログラミング教育の難しさは古くから示されており、現在もなお、プログラミング教育研究の蓄積が求められている (Robins *et al.*, 2003; Pears *et al.*, 2007)。例えば、初心者のプログラマは、できあがったプログラムを読んでその動きを予想する場合、プログラムを連続的なものではなく一行ずつばらばらの命令として解釈してしまうため、前の文での処理を踏まえて次の処理がどう動くかを考えることが困難な場合がある (Kurland & Pea, 1989)。プログラムが連続的な手続であることが了解された後も、変数の値の変化や、その変数がどのような挙動として表れるかをシミュレーションすることは容易ではない。それに加えて、効率的なアルゴリズムを考えることや、それをプログラムとして実装するにはどのようなライブラリを用いてどの言語で記述するかといった意思決定、及び作業に必要となる知識や技術を学ぶことにも困難が伴う (Soloway & Ehrlich, 1984)。

このように学習することが多岐にわたるため、学習者が学びやすい順序で教えるという教育手法がある。Tew, McCracken & Guzdial (2005) は、再帰や条件文、配列といったプログラミングの基本概念をどのような順で学ばせるのが効果的かを検討した。近年では構文エラーを避け、アルゴリズムそのものに学習を集中させることを促す支援方法がみられる。細切れのコードをブロックに見立てて、開発の際に使用頻度の高いコードをブロック化してあらかじめ開発環境に用意することで、学習者がブロックを組み立ててプログラムを作れるようにする Building-Block Approach (Maloney *et al.*, 2004) がその一例である。松澤ら (2014) によれば、当初はその支援どおりにブロックでプログラムを作っていた学習者も、その支援から離れ、徐々にテキストによるプログラム記述へシフトし、少しずつ複雑なプログラムを書くようになったという。

日本固有の問題として、英語でプログラムを書くことがプログラミング学習を困難にしているという見方がある。代表例として、母語でプログラムを作成できる開発環境を提供

³⁵ 情報処理推進機構 (<https://www.ipa.go.jp/jinzai/jigyoku/about.html>) による呼称。

することでテキスト型のプログラミング言語（Javascript）を扱う困難を和らげる取組（西田ら，2007）や中学生に条件分岐や繰り返しといった制御構造の学習を促す取組（兼宗ら，2003）があった。Squeak も開発環境が日本語化されたことで，小学生を対象としたプログラミング教育も実現した（松澤ら，2008）。

これら実践の評価は，条件分岐や繰り返し，再帰といったアルゴリズムの考え方や，変数や配列といったデータ構造について，それぞれの理解度を確認することが多い（Tew, McCracken & Guzdia, 2005; 兼宗ら，2003）。一方で，これら個々の知識を組み合わせ活用するスキルを評価するやり方もある。制限時間内で与えられた課題を解くためのプログラムを書くことで，その速さや正確さを評価する「競技プログラミング」³⁶はその例である。

今後は，学習者が学んだアルゴリズムやデータ構造の概念をそのまま再生するだけでは解決できないような，パフォーマンスを測定するタイプの評価によって教育効果を検証する必要がある。これは，目の前の状況に応じて適応的にプログラムを作ることができるかを問うことによって，知識を統合して活用することができるかを見る評価である。なぜなら，社会生活を送る上で直面する複雑な問題にプログラミングをいかに適用するかやそのやり方の大枠を判断する力が今後は一層求められるからである。また，学習順序に関する議論もあったように，適応的なプログラマを育成するにはどのような学習が有効かを検討するために学習プロセスを記録することも重要だろう。

（２） 目的２：教科等の学習促進

目的の二つ目は，算数や理科といった教科に関係する学びを深めるための手段として，プログラミングを採り入れることである。これまでもプログラミングを導入することで，子供が想定上の学びを見せた実践例が数多く報告されている。

先述した戸塚（1989）の実践から，子供たちが自分の住む村の地図を作った例を紹介する。子供たちが自分の歩いた歩数を数え，曲がり角の角度を測りながら村全体を実測した情報を LOGO に入力したところ，村の住民が日常生活からイメージしていた村の全体像とは全く異なる地図が出来上がった。ところが，この地図は航空写真とぴったり重なるほど正確だったという。子供たちは，人によって歩数が違うので歩数記録係はいつも同じ子が担当しなければならないことや，歩数を正確に数える必要があること，道の曲がり方を分度器で測定すること，無関係な道は測定しないことなど，自分たちなりに具体的な世界と算数の世界の間を結び付けていた。LOGO で地図を描くという学習活動の中に，地図の描き方や縮尺に対する子供たちの理解を深める活動が埋め込まれていたと言える。

また，戸塚（1995）の実践例では，学習障害のある小学 5 年生の子供が LOGO を使って算数を学んでいく 21 時間にわたる学びの記録が詳細に残っている。この子供は当初，加減算は手足の指を折って行うしかなかったため，「15+8」のように繰り上がりのある足し算はできなかった。しかし，LOGO で数値を指定して図形を描く過程の中で，まず 100 を超える加減算ができるようになった。次に，扱えるようになった大きな数を使って LOGO で角度を表すことができるようになり，最後には LOGO の世界すら超えて，自分の身体と結び付けて角

³⁶ 一例として <https://icpc.baylor.edu/>

度の大きさを表現できるようになった。このような記録を参照することで、プログラミングのどのような点が子供の学びを促したのか、遡って評価することができる。

文部科学省（2014a）の「プログラミング教育実践ガイド」にも、教科と関連付いた学びを深める手段としてプログラミングを導入している事例が見られる。品川区立京陽小学校では、教科の学びをより深めるための手段として学校全体でプログラミングを取り入れている（久野ら、2016）。評価は、教科の学びがどれだけ深まったかで行われているとのことである。

この目的に沿ったプログラミング教育の課題は、教育効果が個人のエピソードや事例の報告にとどまりがちな点である。それらのエピソードは印象的で効果も著しいものと受け止められるが、そのような学びがクラス全体でどの程度起きたのかなど、プログラミングの客観的な効果として評価し直す取組が必要だろう。それによって、プログラミング以外の手法では成し得ない学びなのか、プログラミングだからこそ成し得た学びなのかなども判断しやすくなるだろう。そのためには、期待どおりの学びが起こった者とそうでなかった者の学習過程でどのような違いがあったかなどを検討することも必要になってくる。

（３） 目的３：高次認知能力の育成

高度に複雑な認知処理が要求される課題としてのプログラミングに焦点を当て、プログラミングを学ぶことで高次認知能力を育成しようとするのが、三つ目の目的である。

海外のプログラミング教育における学校への導入事例（文部科学省、2014b）を見ると、計算論的思考の育成を志向したカリキュラム構成が少なくない。特に英国のカリキュラムは、低学年からの必修科目としてアルゴリズムに触れさせる点が特徴的である。また、1976年からプログラミング教育に注力してきたイスラエルも、高校でアルゴリズムの教育を一部必修化している（European Schoolnet, 2015）。

計算論的思考を含む高次認知能力がプログラミングで育成されるのかを検討した事例もある。事例では、小学校５年生の子供たち４９名にScratchを用いたプログラミングを５週間経験させ、その前後で問題解決能力について調査した結果が比較されている（Kalelioglu & Gulbahar, 2014）。問題解決能力の評価方法は詳しく示されていないが、結果としては、プログラミング経験によって問題解決能力が伸びることはなかったと報告されている。他にも、プログラミング教育では一般的な問題解決能力を伸ばす効果はなかったとする報告（Palumbo, 1990）もある一方で、プログラミングによって創造性が育成されたという報告もある（Pardamen *et al.* 2011）。しかし、後者も検証方法が詳しく述べられていないため、再現性があるのかは判断しにくい。

日本でも、学校外でのプログラミング教育に寄せられた保護者の期待や企業の見解を見ると、プログラミングによって論理的思考力などの認知能力の向上が期待されている（総務省、2015）。しかし、先述したとおり、この検証は主観評価の結果を用いて行われていることから、学習者の能力が客観的に伸びたかを論理的な思考を問うことで検証したわけではない。プログラミング教育は、事実に基づいた検証が十分行われていないことを指摘する声もあり（Guzdial, 2015）、客観的な学習データに基づく評価結果を踏まえて、プログラミング教育を導入する目的を吟味することが、プログラミングを教科に位置付ける際の

重要課題だと考えられる。加えて、「プログラミングを通じて育った高次認知能力を評価する」という場合、コンピュータを使わせない高次認知能力を測るのか、それともコンピュータを使いながらの論理的な思考力等を測るのかは、今後の重要な検討課題である。なぜなら、これらの認知能力は道具の相互作用の中で育まれたものである可能性が高く、その能力を妥当に評価したいのであれば、実際にプログラミングをしている場面の能力を評価した方が良い場合もあるからである。

(4) 目的4：新しい学びのメディアの獲得

目的の四つ目は、学習者が探索的に試行錯誤できる道具としてプログラミングを使うことで、多様な発見学習が引き起こされることを狙ったものである。多様な学習であるため、学ぶ対象は教科等の内容やプログラミングなど実践ごとに異なるが、共通して「現象から問題を発見し解決して次の課題を見付ける」という前向きな学び方が身に付くことを期待している。

パパートは、鉛筆のように自在にものを描くことができ、間違ったらすぐに消すこともでき、必要ならば一部分だけを作り直すことができるような新しいメディアとして、「LOGO」を開発した。LOGO の画面に現れる亀に対して、どちらの方向にどれだけ進むかを指示すると亀が動く。その亀の軌跡がグラフィックスとして描かれる。亀に対する命令には、条件分岐や繰り返しといったプログラミングで用いられる基本的な制御構造を用いることができる。子供によっては、自分の思い通りの絵を描くだけでなく、バグを自分で駆除した者もいたという (Papert, 1980/1982)。ケイ (1972/1992) も、子供たちが日常生活で見付けた現象—例えば同じ高さからボールと羽根を落とすとどちらが先に地面に着くか—をシミュレーションする Squeak のプログラミングを通じて、子供たちが物理現象に対する理解を深めたことを示している。日本国内での初等教育における「総合的な学習の時間」や、授業時間外のワークショップ等で数々の子供向けプログラミング教育を実践してきた阿部 (2015a) も、子供たちが自分の作りたいものを作ろうとするときの動機付けの強さとプログラミング作業への集中力の高さを指摘している。Resnick が運営する Lifelong Kindergarten では、こうした子供たちの創造的な活動を引き出す数々のワークショップが実施されている³⁷。

これらの事例には、ケイとゴールドバーグ (1977) が「パーソナル・ダイナミック・メディア (personal dynamic media)」の論考で示したビジョンの一部が実現しているとも捉えられる。この論考に示されたコンピュータは、個人用の道具であり、子供でも使うことができ、必要とされる大量のデータを記録でき、あらゆるアイデアを視覚にも聴覚にも訴える形でシミュレーションできるメディアとして、知的好奇心を増幅させるものとして位置付けられている。コンピュータをこのようなメディアとして活用するために開発されたのが、教育用プログラミング言語 Smalltalk だった (後に Smalltalk は、万人向けのプログラミング言語としての価値を高めるために、Squeak に発展した)。先述の事例では、個人が自分の考えを自在に表現できるメディアとしてコンピュータを使いこなすことで、人が興味を持って学ぶときに見せる集中や熱中 (engagement)・没頭 (involvement)、それによ

³⁷ <https://llk.media.mit.edu/projects/>

る理解の深化が示されているように見受けられる。日常生活になじみ深い現象をシミュレーションすることで、素朴概念を超えて科学的な考えを学ぶことができる可能性も示されている。その観点に立てば、「(プログラミングを含む) コンピューティングは、学習者自身の能動的な学習 (アクティブ・ラーニング) を具体的に実現する有力な手段となりうる」(久野ら, 2015, p. 54) という見方とも一致する。

このプログラミング教育の課題は、安定して学習者の能動的な学びを引き起こし、理解を深めさせる方法が十分には明らかではない点である。つまり、プログラミングを自分の考えを表現するためのメディアとして学習者全員がうまく活用できるとは限らない可能性がある。発見学習的なプログラミング教育で学んだ学習者には、理解を深めた者もいればそうでない者も含まれている。報告されているのは成功事例のため、理解を深められなかった学習者が他にはどの程度存在するかは推測するしかない。このため、安定して学習者の理解を深めさせる方法を検討するために、期待どおりの学びが起こった者とそうでなかった者の学習過程でどのような違いがあったかなどを検討することが今後必要になってくるだろう。

(5) 目的5：デジタル社会の創作活動への参加

目的の五つ目は、撮影した写真や編集した動画等を共有して相互にコメントする SNS と同じように、プログラム自体を社会的な関わり合いのためのメディアとして扱うものである。そこでは、子供が仲間とアイデアを共有したり目的を最後までやり通したりする活動が、新しいメディアとしてのプログラミングの力として示されている。

例えば、近年では自分が作ったプログラムをインターネット上にアップロードして、プログラムに対してコメントし編集し合う活動が見られる (Resnick & Siegel, 2015)。プログラムを共有することで、学習者一人一人の知的好奇心を刺激する例も示されている。例えば、宮田 (2014) は、世界中の子供たちが文化や年齢の違いも超えて自分の町を Scratch で紹介し合うことで、互いの町に興味を持ち、より広い世界の人と関わり合いたいと感じるようになったと主張している。Resnick (2013) も、子供がインターネットを用いて、プログラミング仲間を見付け、協調的に作品を作り上げていく事例を取り上げている。

日本のプログラミング教室で用いられている言語は、Scratch が 36% を占めており、他言語と比べて多い (総務省, 2015)。2016 年 2 月現在、Scratch のウェブサイトでは 1,300 万個を超えるプログラムが共有され、登録ユーザは 1,000 万人を超えている。2014 年 12 月現在では 740 万個、480 万人 (阿部, 2015b) だったことと比較すると、Scratch などのデジタル社会参画のためのプログラミングに対する関心は日本内外を問わず日増しに高まっていると考えられるだろう。その意味で実際に扱われる言語は時代に応じて変わり得る。

今後の課題は、コミュニケーションの場に参加することで、どのような学びが起こるかを検証することだと言える。プログラミングそのものの学び、あるいはプログラムの題材 (例えば教科等の内容) に対する学びのどちらについても、自分とは異なる視点を持つ他者との相互作用は学びを深める機会になり得る (CoREF, 2015)。関わり合いが参加者全体の活動の質を高め、学びを深めたかを検討することが、一層の発展のために必要だろう。

(6) まとめ

以上、目的別にプログラミング教育の現状と課題について検討した。実践は、(1) プログラマ育成、(2) 教科等の学習促進、(3) 高次認知能力の育成、(4) 新しい学びのメディアの獲得、(5) デジタル社会の創作活動への参加という五つの目的に大まかに分けることができ、それぞれの目的に従って実践が試みられ、事例報告や事後評価を中心に事例が蓄積されてきた。これらの目的は互いに関わり得るものであり、例えば、(5) のデジタル社会の創作活動に参加しながら、子供たちがプログラミングを(4) の新しい学びメディアと認め、(1) のプログラミングや(2) の教科等の学習を行った方が効果も連携・強化されるといった可能性も考えられるかもしれない(参考となる例として、ペアプログラミングに関する Beck, 1999 や平井・井上, 2012, 及び知識構成型ジグソー法をプログラミングに適用した白水・遠山, 2015 など)。こうした活動が実現すれば、これまでにないダイナミックなメディアとしてのプログラミングが、新しい学びを引き起こす可能性もある。学習者自身が様々な手法で自身の考えを表すためのメディアとしてプログラミングを捉えらると、このメディアと接するためのリテラシーについて今後整理が必要になると考えられる。

また、本章 4 (1) 節から (5) 節に示した目的全てにおいて、長期的に学びの過程を記録し、分析することが、プログラミング教育の可能性を明らかにする上で有効だろう。プログラミングは、一般的な教科の学びと比べて学習過程の操作履歴や画面キャプチャといった学習履歴を取得しやすい。それらを学習者の発話記録と合わせて丁寧に分析していくことが、学習者の能動的で協調的な学びを支える新しいメディアとしてのプログラミングの効果を明らかにすることに役立つ。

【引用文献】

- 阿部和広 (2015a). 「子供の創造的活動と ICT 活用」. 『情報処理』, 56(4), 350-354.
- 阿部和広 (2015b). 「子供の創造的活動とプログラミング学習」. 『サイエンティフィック・システム研究会教育環境分科会 2015 年第二回会合資料』.
- Beck, K. (1999). *Extreame Programming Explained: Embrace Change*. Boston MA: Addison-Wesley.
- British Royal Society (2012). *Shutdown or restart? - The way forward for computing in UK schools*.
<https://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report/>
(2016/02/20 参照).
- 中央教育審議会 (2016). 『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)』. 中央教育審議会.
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm
(2017/01/16 参照)
- Clements, D. H. & Gullo, D. F. (1984). "Effects of computer programming on young children's cognition." *Journal of Educational Psychology*, 76(6), 1051-1058.
- CoREF (東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構) (2015). 『自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト 平成 26 年度活動報告書 協調が生む学びの多様性 第5集 一学び続ける授業者へー』. <http://coref.u-tokyo.ac.jp/archives/11519>
(2016/02/20 参照).
- Dalbey, J. & Linn, M. C. (1985). "The demands and requirements of computer programming: A literature review." *Journal of Educational Computing Research*, 1(3), 253-274.

- Dalbey, J. & Linn, M. C. (1986). "Cognitive Consequences of Programming: Augmentations to Basic Instruction." *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 75-93.
- European Schoolnet (2015). "Computing our future: Computer programming and coding. Priorities, school curricula and initiatives across Europe." http://www.eun.org/c/document_library/get_file?uuid=3596b121-941c-4296-a760-0f4e4795d6fa&groupId=43887 (2016/02/20 参照).
- Guzdial, M. (2015). "Bringing evidence-based education to CS." *Communications of the ACM*, 58(6), 10-11.
- Hayes-Roth, B. & Hayes-Roth, F. A. (1979). "A cognitive model of planning." *Cognitive Science*, 3, 275-310.
- 平井佑樹・井上智雄 (2012). 「ペアプログラミング学習における状態の推定—つまずき解決の成功と失敗に見られる会話の違い—」. 『情報処理学会論文誌』, 53(1), 72-80.
- Hoc, J. M. (1981). "Planning and direction of problem solving in structured programming." *International Journal of Man-Machine Studies*, 15, 363-383.
- Ingalls, D., Kaehler, T., Maloney, J., Wallace, S. & Kay, A. (1997). "Back to The Future: The Story of Squeak, A Practical Smalltalk Written in Itself." *In Proceedings of the 12th ACM SIGPLAN Conference on Object-oriented Programming (OOPSLA) 1997*, 318-326.
- IT 総合戦略本部 (2013). 『世界最先端 IT 国家創造宣言』(平成 25 年 6 月 14 日). <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou1.pdf> (2016/02/20 参照).
- 情報処理学会 (1992). 『一般情報処理教育の実態に関する調査研究 (文部科学省委嘱調査研究)』. 情報処理学会.
- 情報処理学会 (2005). 『日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005』. 情報処理学会.
- Kafai, Y. & Burke, Q. (2013). "Computer programming goes back to the school." *Phi Delta Kappan* September 2013 95: 61-65.
- Kalelioglu, F. & Gulbahar, Y. (2014). "The effect of teaching programming via Scratch on problem solving skills: A discussion from learner's perspective." *Informatics in Education*, 13(1), 33-50.
- 兼宗進・中谷多哉子・御手洗理英・福井眞吾・久野靖 (2003). 「初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価」. 『情報処理学会論文誌』, 44, No. SIG13, 58-71.
- Kay, A. C. (1972). "A personal computer for children of all ages." *Proceedings of the ACM National Conference, Boston, Aug.*
- Kay, A. C. & Goldberg, A. (1977). "Personal Dynamic Media." *Computer*, 10(3), 31-41.
- アラン・ケイ (著) 鶴岡雄二 (訳) (1992). 『アラン・ケイ』. 東京: アスキー.
- Koschmann, T. (1997). "Review: Logo-as-Latin Redux," *The Journal of the Learning Sciences*, 6(4), 409-415.
- 久野靖・和田勉・中山泰一 (2015). 「初等中等段階を通じた情報教育の必要性とカリキュラム体系の提案」. 『情報処理学会論文誌 教育とコンピュータ』, 1(3), 48-61.
- 久野靖・阿部和広・日下部和哉・池田菓乃・山崎翔・上野美智恵・西下義之・守田由紀子 (2016). 「学校まるごとわくわくプログラミング - 品川区立京陽小学校の事例 - 」, 『情報処理』, 57(12), 1216-1238.
- Kurland, M. D. & Pea, R. D. (1989). "Children's mental models of recursive logo programs." In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying novice programmer*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 315-323.
- Kurland, M. D., Pea, R. D., Clement, C. & Mawby, R. (1989). "The study of the development of programming ability and thinking skills in high school students."

- In E. Soloway & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying novice programmer*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 83-112.
- Lawler, R. W. (1981). "The Progressive construction of mind." *Cognitive Science*, 5, 1-30.
- Linn, M. C. & Dalbey, J. (1989). "Cognitive consequence of programming instruction." In E. Soloway, & J. C. Spohrer (Eds.), *Studying Novice Programmer*, Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 57-82.
- Maloney, J., Burd, L., Kafai, Y., Rusk, N., Silverman, B. & Resnick, M. (2004). "Scratch: a sneak preview." *Proceedings of the Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing*, 104-109.
- 松澤芳昭・杉浦学・大岩元 (2008). 『ことだま on Squeak で学ぶ論理思考とプログラミング』. 東京: イーテキスト研究所.
- 松澤芳昭・保井元・杉浦学・酒井三四郎 (2014). 「ビジュアル-Java 相互変換によるシームレスな言語移行を指向したプログラミング学習環境の提案と評価」. 『情報処理学会論文誌』, 55(1), 57-71.
- Miller, L. (1981). "Natural-Language Programming: Styles, Strategies, and Contrasts." *Perspectives in Computing*, 1, 22-33.
- 三宅なほみ (1985). 『教室にマイコンをもちこむ前に』. 東京: 新曜社.
- 宮田義郎 (2014). 「進化論的視点からみた日常のモノのデザイン: グローバルに視野を拡げるデザイン原理に向けて」. 『認知科学』, 21(1), 187-200.
- 文部科学省 (2014a). 『プログラミング教育実践ガイド (平成 26 年度文部科学省委託事業 情報教育指導力向上支援事業)』. 文部科学省. http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming_zirei/ (2016/02/20 参照)
- 文部科学省 (2014b). 「諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究 (文部科学省平成 26 年度・情報教育指導力向上支援事業)」. 文部科学省. http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/programming_syogaikoku_houkokusyo.pdf (2016/02/20 参照)
- 文部科学省 (2016). 『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 (議論のとりまとめ)』. 文部科学省. http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm (2017/01/06 参照)
- Nickerson, R. S. (1982). "Computer programming as a vehicle for teaching thinking skills." *Thinking: The Journal of Philosophy for Children*, 4, 42-48.
- 西田知博・原田章・中村亮太・宮本友介・松浦敏雄 (2007). 「初学者用プログラミング学習環境 PEN の実装と評価」. 『情報処理学会論文誌』, 48(8), 2736-2747.
- Palumbo, D. B. (1990). "Programming Language/Problem-Solving Research: A Review of Relevant Issues." *Review of Educational Research*, 60(1), 65-89.
- Papart, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. NY: Basic Books. (シーモア・パパート(著) 奥村貴世子(訳) (1982). 『マインドストーム 子供, コンピューター, そして強力なアイデア』. 東京: 未来社.)
- Pardamen, B., Evelin, E. & Honni, H. (2011). "The effect of logo programming language for creativity and problem solving." *E-ACTIVITIES'11 Proceedings of the 10th WSEAS international conference on E-Activities*, 151-156.
- Pea, R. D. (1983). "Logo programming and problem solving." *Technical Report of Bank Street College of Education*, 12.
- Pea, R. D. & Kurland, M. D. (1984). "On the Cognitive Effects of Learning Computer Programming." *New Ideas Psychology*, 2(2), 137-168.
- Pears, A., Seidman, S., Maimi, L., Mannila, L., Adams, E., Bennedsen, J., Devlin, M. & Paterson, J. (2007). "A Survey of Literature on the Teaching of Introductory Programming." *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(4), 204-223.

- Resnick, M. (2007). “Sowing the seeds for a more creative society.” *Learning and Leading with Technology*, 35(4), 18-22.
- Resnick, M. (2013). *Let's teach kids to code*.
https://www.ted.com/speakers/mitch_resnick (2016/02/20 参照).
- Resnick, M. “Foreword.” In Y. B. Kafai & Q. Burke, *Connected code: Why children need to learn programming*, Cambridge: MIT Press, xi-xiii.
- Resnick, M. & Siegel, D. (2015). “A Different Approach to Coding How kids are making and remaking themselves from Scratch.”
<https://medium.com/bright/a-different-approach-to-coding-d679b06d83a#.hgzw68r mr> (2016/02/20 参照).
- Robbins, A., Rountree, J. & Rountree, N. (2003). “Learning and teaching programming: A review and discussion.” *Computer Science Education*, 13(2), 133-172.
- 佐伯胖 (1986). 『コンピュータと教育』. 東京: 岩波新書.
- 白水始・遠山紗矢香 (2015). 「21 世紀に求められる資質・能力と情報科教育」. 『日本情報科教育学会誌』, 8(1), 5-14.
- Schneider, G. M., Weingart, S. W. & Perlman, D. M. (1978). *An Introduction to Programming and Problem Solving with Pascal*. New York: John Wiley and Sons.
- Soloway, E. & Ehrlich, K. (1984). “Empirical studies of programming knowledge.” *IEEE Transactions on software engineering*, SE-10 (5), 595-609.
- 総務省 (2015). 『プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究報告書』.
http://www.soumu.go.jp/main_content/000361430.pdf (2015/02/20 参照).
- 首相官邸 (2013). 『日本再興戦略—JAPAN is BACK—』
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saik ou_jpn.pdf (2016/02/20 参照).
- 首相官邸 (2016). 「第 26 回産業競争力会議」. 首相官邸.
http://www.kantei.go.jp/jp/97_abe/actions/201604/19sangyo_kyosoryoku_kaigi.html (2016/06/08 参照)
- Tew, A. E., McCracken, W. M. & Guzdial, M. (2005). “Impact of alternative introductory courses on programming concept understanding.” *Proceedings of the first international workshop on computing education research*, 25-35.
- 戸塚滝登 (1989). 『クンクン市のえりちゃんとロゴくん』. 東京: ラッセル社.
- 戸塚滝登 (1995). 『コンピュータ教育の銀河』. 東京: 晩成書房.
- UNESCO (2002). “*Information and communication technology in education: A curriculum for schools and programme of teacher development.*”
<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129538e.pdf> (2016/02/20 参照).
- Wing, J. M. (2006). “Computational Thinking.” *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. (Wing, J. M. (著), 中島秀之 (訳) (2014) 計算論的思考. 『情報処理』, 56(6), 584-587.)

(遠山紗矢香)

第6章 「学習科学とテクノロジー」に関する研究成果

第5章までは、学ぶ対象としての ICT リテラシーを主に扱ってきたが、本章では、児童生徒の学びにとっての ICT の役割について検討する。それは、次期学習指導要領改訂で一つの柱とされる「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善、すなわち、「アクティブ・ラーニング」の視点を踏まえた授業改善に関わるテクノロジーの役割についての示唆を検討することにも通ずる。第5章のプログラミング教育の例でも見たように、ICT リテラシーの教育においては、学習・指導方法の観点も合わせた検討が必要であり、実際に教えてみた成果を不断に評価しながら継続的に授業改善する視点が不可欠であることが示唆される。さらに、第4章のシンガポールなど諸外国の教育政策からは、上記の教育と評価を可能にするような教員やインフラの支援も一体的に考える必要があることも示唆されている。そこで本章では、ICT リテラシーの教育と評価をより広い視野で考えるべく、1節では第3章2節で触れた「教育の情報化」の動向の簡単な紹介、2節で学習科学から見た ICT 等のテクノロジーが学びにもたらす意味の検討、3節で学習科学の実践例と学習支援システムの紹介を行い、今後の方向性を議論する材料を提供したい。

1. 教育の情報化の動向

第3章2節で整理したように、フューチャースクール推進事業や学びのイノベーション事業の実践成果からは、ICT の次の特長が指摘されている。

- ・ 時間的・空間的制約を超える
- ・ 双方向性を有する
- ・ カスタマイズが容易である
- ・ 多様かつ大量の情報の蓄積・共有・分析が可能であるなど

その上で「画像や動画を活用した分かりやすい授業により、興味・関心を高め学習意欲が向上」、「児童生徒の学習の習熟度に応じたデジタル教材を活用し、知識・理解の定着」、「電子黒板等を用いて発表・話し合いを行うことにより、思考力や表現力が向上」するなどの成果に基づく推奨がなされた。

「ICT を活用した教育の推進に関する懇談会報告書(中間まとめ)」(平成26年8月29日)でも、ICT による次の特長が指摘された。

- ・ 距離・時間を問わずに情報の相互のやりとりが可能である
- ・ 蓄積した情報を自由に加工・編集・分析・表示することが可能であるなど

こういった特長を基に、「課題解決に向けた主体的・協働的・探究的な学びの実現」、「個々の能力・特性に応じた学びの実現」、「地理的環境に左右されない教育の質の確保」などを目指すべきだと指摘されている。

2. 教育に ICT を活用することの意味

1 節で紹介したような提言が意味を持つためには、例えば ICT の「双方向性を有する」という利点を具体的に授業の中でどう用いるのか、あるいは「電子黒板等を用いて発表・話し合いを行うことにより、思考力や表現力が向上」する授業とは具体的にどのようなものであり、ICT を用いて話し合いを行っても「思考力が向上」する授業としない授業の差はどこにあるのかなどが理論的・実践的に分かっている必要があるだろう。

そのためには、キー・コンピテンシーや 21 世紀型スキルと呼ばれるような学びのゴールの変革と、それに向けた ICT の役割、ICT を用いた学びを支えるための「学びの視点」を検討しておく必要がある。以下、(1) 節で MOOCs や反転授業の動向、(2) 節でその背後にある「学びのゴール」の変革、(3) 節で「学びの視点」、(4) 節で新しい学びのゴールと視点に基づく実践例の紹介を行う³⁸。これらは直接的に「主体的・対話的で深い学び」というアクティブ・ラーニングの視点に関わるものではないが、それを ICT の活用と関連付けて考えるための材料を提供するためのものと位置付けられる。

(1) 情報化社会が可能にする新しい学び

ICT の中でも、学びにおけるウェブ活用で 2010 年代に急速に拡大したのは、MOOCs (Massive Online Open Courses) である。これは、インターネット上で講義などを無償で公開し、アクセス可能な人々全員を対象に学習の機会を提供するシステムの総称を指す。目指すところは、世界中の誰もが、どこにいても、識者が提供する「授業」を受けられる新しい教育システムである。「社会の基底に現時点における最高知の交流システムがあるべきだ」とするイリイチ以来の「学校」本来の姿が、第 2 章で紹介したようなエンゲルバート以来のテクノロジーの発達と、そうした自由を受け入れる人々の柔軟性や主体性の伸長によって可能になってきた。しかし、だからといって、子供たちが学校に行く必要がなくなるわけではない。そもそも今 MOOCs で提供されている教材の多くは、「形式の決まった問題に、求められている答えを出せるようになること」をゴールとする一方向の知識伝達型の授業である。それに対して学校という場合は、学ぼうとする主体が同じ場に集まって、解くべき問題は何かについて議論したり、答えを出すのに必要な情報を整理したり、自分たちで答えを作り出しながら相互にやり取りを繰り返して各自の理解を深めていく協調的な「学び合い」が起きる可能性のある場である。むしろ教育現場では、こうした学習者主体の学びが国際的にも広く希求され、様々な実践を通して有効性が実証され始めている。

だからこそ、MOOCs で良質な授業が受けられるならそれを自宅で予習して、学校では「予習で少し分かってきたことを実際活用しながら、その定着と発展を図る学び合い」が起きるようにすればよいのではないかという試みも普及しつつある。MOOCs 以外、小中学校の教員自身が講義を録画して教材とする場合もある。こういった試みは「反転授業」と呼ばれ、日本でも 2013 年後半頃からメディアで取り上げられ始めた(重田, 2014)。何をどう反転させるのか、今はまだ試行錯誤的な実践が試みられている状態ではある。しかし、コリンズとハルバーソン(2009/2012)がその著書「デジタル社会の学びのかたち」で述べたように、情報化社会における学校教育は、一人の授業者から多数の受講者への「知識伝達

³⁸ 以下、本節の内容は三宅・益川(2014)を一部転用したものである。

型」から、多数の授業者を活用しての多数の受講者同士による「協調的知識創造型」へ大きく変わろうとしている。

本節では、こうした時代に協調的な学びの場にウェブ等の ICT を活用することの意味はどこにあるのかについて、テクノロジーが提供できるものの可能性と人が学ぶ姿とを付き合わせて検討する。以下、まず今ウェブが提供する学びの機会がどうなっているかを詳述し、ウェブ化した世界で求められている学びとはどのようなものか、そこにウェブがどう活用され得るかを「協調的な学びとは何か」に基づいて検討する。

MOOCs や反転授業が日本でも注目を集めるようになってきた背景には、ウェブ上で学びに使える題材（Open Education Resource：OER）が大量に出現し始めたことがある。例えば、MIT が講義をウェブ上で公開することを 1999 年に検討し始め、この動きを受けて 2004 年には日本の大学もこの Open Course Ware と呼ばれる動きに参加し始めるなど、大学が講義を公開することが 2000 年代中旬には急速に増えた。こうなると授業の内容そのもので大学の力量が比較できるようになったため、MOOCs の一部ではトップ大学が「目玉講義」を公開し合うことになる。当初は無償公開だったものが受講料を支払って一定の手続を経れば単位取得も可能な「キャンパスの不要な大学」を形成するに連れ、アメリカを中心に、大学にとっては従来財力や知名度、人的ネットワークに依存していた「世界の優秀な学生探し」の新手段にもなった。そこから例えば、モンゴルの生徒がマサチューセッツ工科大学に入学する事例も生まれている³⁹。新井(2013)は、これを人材の発掘が国境を越え始めたグローバル化社会の表れと見る。すなわち、この事例を「教育を受ける母集団の数を増やして世界中から高度人材を選ぼうとしている」試みだと捉え、それは、「高度人材が確率的にしか発生せず、教育で陶冶するのが難しいことを暗に認めているともいえよう」と述べている。

一方、教員不足やドロップアウト率の高さに悩んできたアメリカの中等教育では、学校で授業中に解説していたことをネット配信して予習させ、教室ではそれを復習させるような形で、個別指導学習やより発展的な課題に取り組ませる反転授業が試みられるようになった。それにより、高校を卒業できる生徒の率が上がるなどの成果も見え始めている。その後、誰もが理解しやすい良質な教材を一挙に提供しようとするカーン・アカデミー等が急速に発達することによってウェブ上での OER が大量になってくると、各学校が自前で予習部分を作るのではなく、ウェブ上の OER そのものを予習教材として家庭で生徒に予習させ、教室では理解深化や 21 世紀型スキルと呼ばれる、より活用に即した協調的な学び合いを促進しようとする動きも盛んになった。

テクノロジーで新しい評価も可能になる。例えば、上記のカーンは、ウェブ上で自学自習できるシステムに、子供がどれだけの時間をかけて特定の知識・技能を習得していくかを追跡できる評価機能を持たせた。システムを教室に持ち込んで使ってみたところ、開始 5 日時点では、学ぶのが早い子供（正答率を急速に上げる子供）とそうでない子供とに分かれたが、その後自由なペースで好きな時間だけ学べるようにしておくとな数日経過した時点では、両者の差は消えていた⁴⁰。こうした大量のデータを基にカーンは、「車を売るときには一定の品質を保証するためにたとえ長く時間を掛けてでも欠陥がないようにする。し

³⁹ <http://www.asahi.com/edu/articles/OSK201306020161.html>

⁴⁰ https://www.ted.com/talks/salman_khan_let_s_use_video_to_reinvent_education?language=ja

かし、教育の世界では教育に掛けられる時間が一定で、子供によって知識・技能の定着度が違っていても、そのまま次の学年に送り出してしまう。本当は子供たちが満足のいくまで学ぶことができる環境を準備して、全ての子供が十分学ぶまで支援すべきなのに、制限時間が『できる子』『できない子』を生み出してしまっているのではないか」という趣旨の発言を行っている（金成，2013）。ICT の支援による「いつでもどこでも学べる」世界の出現が、「制限時間内に教師の想定したゴールに一斉に同じプロセスで到達させる」という「知識伝達型」の授業の在り方に疑問を生じさせていると言える（他の参考になる実践例として Mitra, 2010）。

（２） 情報化社会が可能にする新しい学びのゴール

（１）節に紹介した動きは、教育行政関係者だけでなく、社会や企業が積極的に新しいゴールを教育に求めるようになったことにも支えられている。例えば、「21 世紀型スキル」の教育と評価について、2008 年にシスコ、インテル、マイクロソフトの 3 社が先導し、メルボルン大学が中心となって、知識産業社会に必要なスキルを同定してその教育方法を国際的な協力体制で開発しようと立ち上げたプロジェクトがある。Assessment and Teaching of the 21st Century Skills (ATC21S) と名付けられたプロジェクトであり、OECD とも連携し、オーストラリア、フィンランド、シンガポール、英国が参加して実践的な研究が繰り返され、報告書がまとめられた (ATC21S, 2013; Griffin & Care, 2015, Griffin *et al.*, 2012/2014)。そこでは 21 世紀型スキルを 21 世紀の社会を生き抜き、社会自体を創造していくために身に付けるべき準備として整理し、以下の二つにまとめていた。

- 協調的問題解決：共通の問題を一緒に解くこと。アイデアや知識、持っているリソースを提供し、交換してゴールを達成する。
- デジタル化されたネットワークで学ぶ ICT リテラシー：社会的ネットワーキング（複数の人で協力しながらネットワークを活用すること）、ICT を使える基礎能力、テクノロジーについての知識、シミュレーションなどの手法を駆使して学ぶ力。これらの手法によって個人は社会的なネットワークの中で自分の役割を果たすことができ、社会的、知的資産の生産に貢献する。

21 世紀型スキルは、今の世界の経済的技術的発展の先端を見据えそれを牽引^{けんいん}しようとする高度に知的なスキルとして提唱されていることがわかる。抽象度も高い。技術的にも学習形態としても、また学びのゴールとしても、新しい。この変化が、従来の講義による知識伝達中心の授業から、学習者自身の対話による、自ら知識を獲得・創造することを中心とした協調型・協働型授業への世界的な変革^{けんいん}を牽引^{けんいん}もし、また後押しもしている。

新しい学びのゴールと従来型の学びのゴールとの違いは二点ある。まず最も顕著に違うのは、これまでエリート^{エリート}の到達目標として挙げられていたスキルが、これからは世界の全ての教室で、生きて働く全ての人にとって獲得可能でなくてはならないスキルとして宣言されているところである（コズマ・ロス，2012/2014，p. xi）。

現代社会は、無数の問題を抱えており、それに取り組んでいかなければなりません。例えば、永続的な貧困問題、エイズ、食糧安全保障、エネルギー問題、世界的な気候変動、環境破壊などです。このような中、複雑な問題に柔軟に対応すること、効果的にコミュニケーションすること、情報をダイナミックに扱うこと、チームで一緒に解決に向けて活動し創造すること、テクノロジーを効果的に使うこと、新しい知識を継続的に生み出し続けることなどが、必要不可欠になってきます。それらスキルの全てが、21 世紀には必要とされているのです。

一部の人が ICT を駆使して協調的に難問にチャレンジできればよい時代でもなく、一部の創造的な人がいて残りの成員は皆同じことが同じようにできればよい時代でもない。一人一人が自ら学び、自ら判断して、他者とは違う自分なりの考えをもってそれを表現し、他者の考えと交換して、それらを再評価して統合し、そのどれとも違う実質的な解決に結び付く解を作り出す仕事に貢献しなければならないということである。

学びのゴールについても一つの新しい点は、ゴールが「近付いたらそこを超える」ものとして想定されるようになったことである。平易に言えば、学んで達成すべきことが「学びを次につなぐこと」であって、「ゴールしたら終わり」ではなくなった。それは、例えば以下の記述に見ることができる（スカーダマリアら、2012/2014, p. 77）。

本章では、21 世紀型スキルに対する二つの異なるアプローチ、「学習目標から後戻りする方法 (working backward from goals)」と「新しいコンピテンシーの創発 (emergence of new competencies)」を統合するためのフレームワークを提案します。学習目標から後戻りする方法は、教育評価や学習目標に基づいた教授方法の主流です。新しいコンピテンシーの創成は、定められた学習目標に向けて児童生徒が学ぶだけでなく、児童生徒が新しい学習目標を発見することを可能にするような、21 世紀のニーズに応える教育のブレイクスルーを前提にした方法です。特に、真正の知識創造に児童生徒が取り組むことで生み出される能力やチャレンジは、新しい学習目標のよい例です。

つまり、教室で子供たちが「分かった！」と言ったら、それは次の学習に進む準備が整ったということであり、そこで授業が完結しないということである。学びにあらかじめ設定されたゴールがあるとは考えない。全員が一丸となって同じところに到達することが大事なのでもない。ゴールとして設定される「その辺り」を目指してみんなと一緒に学びはするが、一人一人自分の納得を「その辺り」に近付けたその先に新たなゴールを自分で見いだして次の学びを導いてほしいー「新しいコンピテンシーの創発」を目指した 21 世紀型スキル育成型の授業や協調的な学びでは、こうしたゴールが目指されていると考えられる。以降では、こうしたゴールを超える学びを引き出す授業を Scardamalia & Bereiter (2013) にならって「前向き」授業と呼ぶことにする。

(3) 学習科学から見た「人はいかに学ぶか」

(2) 節で描いたような新しい形の学びは、実践するのが難しいと受け止められるかもしれない。しかし、我々が日常生活の中でどのように学んでいるかを振り返ってみると、ゴールは常に「前向き」に変化する。何かが分かってくればそこから次に知りたいことが生ずる。何かができるようになれば他にもその技能の使い道がないかを考えたり、別のやり方を工夫したりしたくなる。更に人は、自分が少し分かってきたことについて他

人に伝えようとするだけでなく、他人がどう考えているのを知りたくなるという欲求も持っている（戸田，1992/2007）。人は、基本的にこうした社会的な相互作用を活用して、自分一人では経験できない「異なった文脈」についての知識も得、新規な問題も扱えるよう自分の考えの適用範囲を広げる傾向を持っていると考えられる。人が本来こうした建設的な相互作用を通じて自然に学ぶ力を持っているのだとしたら、人が自ら選び取った問いに対してだけでなく、他者から与えられた問いに対しても、既に知っていることを土台に自ら答えを作りながら知識を新しく作り直し、対話を通してその適用範囲を広げる学び方ができるはずである。

例えば、インターネットを活用した学び合いの初期の例として、1984年に開始され1991年まで続けられた国際文化間学習ネットワーク（InterCultural Learning Network）がある（Cohen & Miyake, 1986; Cohen & Riel, 1989; 三宅, 1997）⁴¹。世界の異なる地点でなされている共通の問題への解決の仕方を比較検討すると相互の「違い」から学べることが多い。そこで、こうした多様な問題を学校場面に取り込んで、子供たちの問題解決の幅と質を上げることが、このネットワークの狙いだった。

共通する問題への多視点からの解決方法を比較検討してより良い解決方法を考えるのは協調的な学習の基本形である。例えば日本の教室で世界地図を見ていると、太平洋が真ん中に来る地図しか見る機会がないが、アントワープとシカゴとエルサレムの教室で使われている世界地図は、どれも日本の世界地図と違う。それだけでなく、それぞれの地図間でも違う。しかし全てに「自分の住んでいる国が真ん中辺り」という共通点がある。世界地図は世界規模で比較してみても初めて、その作成の背景に「世の中の人はどこにいても世界を把握しようとするときに自分を中心に据える」という傾向があることが見えてくる。

この例は、ウェブなどの ICT が学校教育に提供できるものの原型を示している。一言で表現するならば、それは「違い」の提供である。ふだんの教室での会話や、学校で先生が言うこと、学校を取り巻く社会が根ざす文化から出てくるものとは違う視点が提供され得る。人の思考は、自分が正しいと感じているものとは違う視点が意識されることによって「広がり」を持つ（波多野・稲垣, 2006）。そのことが、人の考え方の抽象度を上げ、適用範囲を広げる（Roschelle, 1992; Shirouzu, *et al.*, 2002）。概念変化研究の世界では、より抽象度が高く適用範囲の広い概念をより「科学的」と判断する（Vosniadou, 2013）。したがって、他者が提供する「違う」視점에触れ、他者に了解してもらうために自分の考えを表現し直す行動は、より科学的な概念を自ら作り出す学習活動につながる（三宅, 2011）。

こうした視点の違いが学習活動につながるためには、異なる視点を統合したくなる「問い」があることが望ましい。場を共有する仲間全員が答えを出したいと感じる共通の問いがあると、仲間の一人一人が提供する違いを全部まとめて説明できる説明作りが活性化する。

教室での問いが学校の壁を越えて社会でも通用する問いにつながるためにも、ウェブは

⁴¹ 現在でもこのメンバーの一人 Margaret Riel がボードメンバーを務める iEARN (<https://iearn.org/about>) という非営利組織があり、2016年時点で世界140か国の30000校以上の学校をインターネット上で結んで国際理解教育を支援している（日本センターは JEARN : <http://www.jearn.jp/japan/index.html>）。

「学校と社会をつなぐもの」として期待されてきた（梅田・飯吉，2010）。学校教育では多くの場合、問いそのものが教える側から提供される。それに対して実社会では、日頃不便だと感じていてもそれを「問い」として認め直さないとそもそも問題を解決しようという機運が成り立たないため、「問い」が成立しない（Bransford & Stein, 1984）。その過程を教育しようと、子供たち自身に問いの同定から始めて解法そのものを多様な形で探索させようとする問題解決型の授業デザインが研究されるようにもなった。ジャスパープロジェクト（CTGV, 1997；国立教育政策研究所，2014，pp. 174-175）のようなビデオを使って、ドラマに問題を埋め込んで子供たちに問いの同定から解法の探索までに従事させた実践は、その成功例である。ところが、その後教育現場に「課題解決型」授業として広まったものの多くは、課題を教える側から提供するもの、あるいは逆に「子供の自由な発想に完全に任せる」という両極端のものが多く、ジャスパープロジェクトのように、課題を見いだす過程に必要な制約をかけて課題同定スキル自体の育成までを狙うものは少なかった。これに対して、ウェブを使って「今教室でみんなが取り組んでいる問題が、社会一般で専門家が取り組んでいる問題とどう関係しているか」を示す教育は、専門家が複雑な問題をどのように「解ける形」に変換・定義するかを見せることで課題発見の学びを支援しようとする先進的な試みだろう（Bell & Davis, 2000）。

ICT のもう一つの利点に、一人一人の学習履歴の記録がある。協調的な学びでは一人一人の学習者が自分の考えを学んでいる最中に表現するので、その記録を取っておいて後から参照できる。授業中の一人一人の子供がいつ、何をどう語ったか、どのようなメモや図を描いたか、どこを見て、どんな表情をしていたか、そのとき周りで何が起きていたかなどについて、もし後から「必要なところだけを即座に、必要な範囲の文脈を添えて」取り出して見直すことができれば、今まだ十分には解明されていない「人がいかに学ぶか」についての知見が大幅に改善されるだろう。ICT の開発が進むにつれ、こういった使用履歴がウェブ上で保管・管理され、多くの視点から繰り返し分析される可能性が高まる。ビッグ・データと呼ばれる新たな研究領域がこれに当たり、学習研究での積極的な活用が期待される。

こうした事例から、ウェブ等の ICT は、一連の協調的な学びを支援するのに基盤として欠かせない役割を果たすことが分かる。まとめると、協調的な学びを引き起こすために必要な事柄の中でも、ICT が提供できる可能性が高いものとして、次の三つが挙げられる。

1. 参加する学習者一人一人の考え方の「違い」の可視化
2. 違う考え方を統合して答えを作る「問い」の共有
3. 問いへの答えを作る過程で考えたことの外化履歴とその表示

協調学習に漠然と ICT を導入しても、そこに参加する子供たち一人一人の学びを保証する仕組みがなければ、そこでの学びは次に学びにつながりにくい。例えば、次のような ICT を活用した協調学習の授業実践のパターンを考えてみよう。

- ・ 「課題提示」 本時の目標から一時限で達成できる内容に簡潔化

- ・ 「個の活動」 一人一人ですばは解かせる
- ・ 「小集団活動」 個人で解いたものの確認
- ・ 「全体」 解いたものを発表したい子供が手を挙げて発表

上記のパタンで ICT を活用する典型的な例としては、「個の活動」のワークシートの代わりにタブレット端末に記入し、それを「小集団活動」でタブレット端末を持ち寄って見せ合い、最後に「全体」で先生が指定した子供の書き込みを、共有機能を用いて電子黒板に提示し、説明させるというものである。

そうすると、協調学習への ICT 活用で狙うべき観点として挙げた一人一人の学習者の「違い」を生かす問いへの答え作りやその履歴の活用は、どれも余り機能しない。この授業形態でも注意深く実践すれば仲間同士での建設的な相互作用を引き起こせないことはないが、確実に知識を社会的に構成させるメカニズムが授業デザインに埋め込まれているとはいえない。学習者の視点からみると「自力解決したものを正解と比較する」形になっていて、次の学びのゴールを探しにいくことへの支援が得られない。教師がよほど注意しないと課題が「教師の期待通りのゴールに到達して終わり」になりやすい。「個の活動」で一人一人が自分の考えをタブレット端末に入力したとしても、それを電子黒板上に画面を分割し、一覧表示して教師が自ら求める答えを「分かりやすく」解説してしまえば、たとえその時間の「柱となる問い」が共有されていたとしても、学習者が主体的に他者のまとめと比較する必然性は消えてしまう。このような ICT 活用は、教師が授業を効率的にコントロールするための支援であり、子供たちにとっては他者の解き方を受動的に聞いて受け入れる活動支援になりかねない。子供たちが主体的に学ぶ学習環境になりにくいということである。

もし授業の狙いが、学習者を中心とした対話的で社会的な知識の構成にあるのであれば、ICT を活用した協調的・協働的な学習実践を行う場合にも、学習者に学びの主体性を委ねた建設的な相互作用を保証する学習活動をデザインする力が求められる。その方向性を見据えた上で、まずは有効な協調学習を引き起こし、その過程で起きる学習過程のデータを蓄積して、そこから協調学習のデザイン原則を抽出する必要があるだろう。

(4) ICT を用いた二つの授業の比較から

本章 2 (2) 節で記した学びのゴールに向けて、2 (3) 節で検討した学びの視点に基づいて授業をデザインし、子供たちに「前向きな学び」を実現するとは、どういうことなのかをイメージできるように、同じ単元内容について同じ教員が行った二つの授業実践例（遠山ら、2015）を紹介する。これは飽くまで前節までの授業イメージを議論するための材料であり、授業の質が優れていることを保証するものではないことに留意されたい。

授業は中学生を対象に、理科第 2 分野「地球と宇宙」単元の全 9 時間中の 6 時間目に黄道 12 星座をテーマとして行ったものだった。黄道とは地球の公転によって太陽が星座の中を西から東へ移動するように見える通り道のことであり、黄道 12 星座は黄道上に並ぶ 12 の星座のことである。黄道 12 星座は誕生月の星座でもあるため、生徒にもなじみ深い。授業は「誕生月の星座がその月に見えるか」という課題を 4 人一組の計 10 の小グループで議論し、地球と天体の動きについて理解を深めることを目的としていた。ICT は全グループに

1 台ずつタブレット PC が提供され、教室に電子黒板が 1 台設置されていた。生徒は太陽と地球、黄道 12 星座の星の関係が探索できる天球図の動的模型を渡され、それを使いながら、課題を解決することが求められた。解決結果は、図や文字でタブレットに入力でき、結果はクラウドサービスを介して電子黒板で共有できた。まさに「電子黒板等を用いて発表・話し合いを行うこと」が可能な環境であったと言える。

以上の環境で、同じ教員が 2 回授業を行い、授業の課題だけを変更した。対象生徒がグループ学習に不慣れということもあり、1 回目の授業（以下「授業 1」）では課題を下位分割し四季ごとに「真夜中の南の空」「太陽と同方向」にある星座を答えさせた。しかし、その授業結果を受けて教員は研究者とも協議しながら、2 回目の授業（授業 2）を単純に「自分たちの星座は誕生月に見えるか」に変更した。実践の詳細は次のとおりである。

両授業とも「皆さんの誕生月の星座は？」という導入で生徒が盛り上がり、教員の手作りした動的模型に興味を示した点は同じだった。しかし、4 人グループでの解決過程及びその結果の共有時に違いが生まれた。授業 1 では課題が 8 個に分割されて取り組みやすく、生徒は模型を使いながら答えを導出・送信した。しかし、電子黒板で共有されるうちに「正解」が提示されていることに気付いて写すグループも出た。結果、ほとんどのグループが正答に一致し、電子黒板に一樣な回答が提示されることになった（図 6）。授業 2 では、グループやメンバー間の星座が一致することが少なく、答え方も自由であったため、生徒は苦労しながらも「昼に南」「夕方に西」など答えを創り、10 グループ中一つとして同じ回答の仕方がないほど多様な回答を共有した（図 7）。その結果、教室での共有時も授業 1 では教師の正解をただ静かに聞くだけだったが、授業 2 では多様解を基に自主的に話し合い、教師の「基本的に昼間なので見えない」というまとめにうなずく生徒や「じゃあ何で古代人は太陽の近くにあると分かったのか」という疑問を出す生徒が現れた。

図 6, 7 の電子黒板画面を見比べると、授業 1の方がカラフルで「プレゼンテーション」という観点ではよくできているように見える。しかし、書かれているのは四季ごとの正解の星座名だけであり、生徒自身のまとめもない。授業 2 の電子黒板は白黒が主で単純だが、メンバー全員の結果を書くグループもあれば、どの星座でも結果は共通なので答えは一つしか書かないグループ（図 7 の 6 班の「13 時南東」など）もあるなど、それぞれ独自なまとめ方がなされている。加えて、「（誕生月の星座が）見えるわけねーだろ」という授業の問いに対する自分たちなりの答えの記述もある。授業中の観察でも、課題の解決やそのための話し合いに忙しかったために、プレゼンテーションに凝っている時間がない様子が確かめられた。



図6. 黄道 12 星座をめぐる 1 回目授業での電子黒板画面



図7. 黄道 12 星座をめぐる 2 回目授業での電子黒板画面

まとめると、授業 1 は穴埋め問題型の問い掛けになったため、問いに対する考えの「違い」が見えにくく、答えの「違い」が生じにくい授業になった。それによって、生徒にとっては自力解決結果を正解と見比べ、正しければそこから先（例えば「黄道 12 星座が誕生月に見えるかどうか」）は考えないという学びになりやすかったと考えられる。これに対して、授業 2 では挑戦的で大きな課題（「誕生月に見えるかどうか」）をクラスで共有した上で、生徒がグループで取り組む具体的な課題はそれぞれ異なっていたため、当然答えの「違い」が共有される。そうすると、その違いをまとめて一貫した原則を探そうとするため、

概念的な理解と疑問生成に至るという「前向き」な学びが可能になったと考えられる。

以上は極めて単純な実践例であり、ICT 活用以前の学習課題の質に問題があった事例だと解釈されるかもしれない。しかし、だからこそ、ICT 活用においても、ICT 自体の特長だけではなく、授業の狙いや学習活動のデザインが重要になるということも示唆されているだろう。しかも、図 6, 7 の電子黒板の解釈に示したように、電子的な記録が残っていれば、学習評価を詳細なデータに基づいて分析することも可能になる。それが教員自身の授業改善の助けとなるだろう。

上記の実践やここまでの議論をまとめ、ICT を用いた授業実践の対比を表 7 に示しておく (Scardamalia *et al.* (2012/2014) に従って正解到達型の授業を「後向き」と呼んでおく)。

表7. 二つの授業デザイン原則の違い

授業	後向き(正解到達型)	前向き(目標創出型)
授業目標	一つの正解への到達	概念理解と疑問創出
学習課題	下位課題に分割	挑戦的な課題
協調活動の役割	課題解決	解決を通じた理解
ICT の役割	正解の記録・発信	多様解の記録・発信
教室での共有	答え合わせ	答え創り
ICT のデザイン目的	各個人が正解に到達するための学習活動の支援	全員が対話的に学び合うための学習環境作り

3. 学習科学と ICT を用いた協調学習実践例

ここでは国外の ICT 活用型の協調学習実践例を紹介する。国内については、既に文部科学省（2014）をはじめとして多様な実践例が紹介されている点、及び、必ずしも非営利団体の開発した無料ソフトを使った実践ばかりではない点で、本節では国外事例を扱うことにする。事例の選択基準は、本章 2 節で論じた「新しい学び」に対応し得る学習科学の実践例で、かつ紙とペンでは実現しにくい ICT の特長がよく生かされた実践例とした⁴²。それぞれ、実践に使われたツール・システムの「機能と活用イメージ」、それを用いた「授業例」、「背景理論と開発経緯」、「実践成果」、「取組の特徴」を紹介する。

（1） グループ・スクリブル (Group Scribble)

【機能と活用イメージ】

グループ・スクリブル⁴³ (Group Scribble) とは、図 8 のような個人と集団の考えの交流・共有・編集をやりやすくした協調学習支援システムである。下部のプライベート・ボード (Private Board) の付箋状のノート (Scribble Sheets) に入力した内容を、上部のパブリック・ボード (Public Board) に「すべらせる」ようにドラッグすることで、他のユーザと共有することができる。

さらに、上部のパブリック・ボードにある複数の付箋を下部へとすべらせることで、それらを手元のプライベート・ボードに移動させることができる。その上で、自由に付箋を移動・編集できるが、その変更はパブリック・ボードに影響を与えない。

コンテンツに制約されない頑健なシステムであるため、どの学年のどの教科等でも活用できる。

【授業例】 小学校高学年・算数・分数の単元

- ① 「0 と 1 の間にある分数は何だろうか。一つ書いてみよう」という教員の問いかけに、各児童がプライベート・ボードの付箋に思い思いの答えを記入する。
- ② 付箋をプライベート・ボードからパブリック・ボードへと移動する。すると、多様な答えが共有できる。少数や 0 と 1 の間になく、分数を表現した図形なども含まれる。
- ③ 次に、クラス全体の答えをプライベート・ボードに移動させ、「0 と 1 の間にある分数」だと思うものと、そうでないものを選別する。課題が複雑になるため、小グループで行ってもよい。
- ④ 再度、結果をパブリック・ボードで共有し、クラスで議論し結論を出す。
- ⑤ 今度は、自分たちが「0 と 1 の間にある分数」だと認定した数について、「大きさの順に並べてみよう」という教員の問いかけに応じて、各児童、又は小グループで課題に取り組む。以下、手順の②～④の繰り返し。

⁴² 以下、本節の内容は三宅・白水（2003）を一部転用したものである。

⁴³ <http://gs.lsl.nie.edu.sg/software.html> 国内の類似システムには XingBoard などがある。国外では現在は Microsoft の Surface などタンジブル・インターフェイスに類似機能がある。



図8. 個人と集団の考えを交流しやすい「グループ・スクリブル」

【背景理論と開発経緯】

開発者は、ジェレミー・ロッシェル（Jeremy Roschelle）である。ロッシェルは、物理の学習支援システムを用いた共同問題解決場面の分析から、「協調活動を通して人が理解を深めるのは、各自の理解の違いを解消しようとして、相手に主張のより詳細な根拠を求めるためだ」という収束説（convergence theory）を提唱していた（Roschelle, 1992）。

グループ・スクリブルは、そのような背景思想に基づき、2006 年頃に開発された。システムの狙いは、1）協調学習の参加者の初期仮説をプライベート・ボードに外化し、パブリック・ボードに共有することで、同じ問いに対する違いを外化・共有し、さらに、2）その解消を求めることで、理解の抽象度を上げさせることである。「スクリブル（殴り書き・走り書きする）」というシステム名の通り、当時は珍しかった手書き入力も許容して、自分の考え（初期仮説）を最大限外化しやすくした点が特長である。

【実践成果とその後の展開】

ロッシェルらは、このシステムをテキサス州やニュージャージー州など全米の公立小学校で活用し、システムを導入しないクラスに比べて、単元内容の理解度や学習意欲において、倍以上の上昇があったと報告している（Roschelle *et al.*, 2007）。加えて、課題構成などカリキュラムを教員に任せ、教員が使える範囲でシステムを使うだけでも効果が上がることを示した。システムが単純にできているだけに、使いやすく、成功例を共有しながら、スケールアップしやすかったと考えられる。

グループ・スクリブルは近年でも、シンガポール、香港、スペインの公教育に導入されている。例えばシンガポールでは、デザイン研究アプローチによって、小学校から中学校の数学・理科・英語・中国語の学習に本システムを使用した例がある。小学校が電気回路

を学ぶ授業で本システムを使った例を様々な方法で分析した結果 (Suthers *et al.*, 2013), 本システムを用いることで, 児童グループが互いの図示した考えに描き加えたり修正したりしながら話し合う活動が促され, 概念的な理解が深まったことが示されている。

【取組の特徴】

日本でも個人解決とグループ, クラスでの共有からなる「練り上げ授業」(Stigler & Hiebert, 1999/2002) が重視されてきた歴史的経緯があるため, グループ・スクリブルは, 使い方をイメージしやすいシステムだと思われる。加えて, 練り上げ授業では, クラスでの練り上げが口頭での議論と黑板のみでなされやすいが, 黑板 (パブリック・ボード) の状態が各ユーザの手元で再現できるため, クラスで集まった考えを一人一人の児童生徒が自分のペースで吟味できる利点がある。特に教員主導で非常に整理された板書がなされるような授業では, そこに児童生徒が自分たちの考えを書き加える (アノテーションを加えられる) 利点は大きい。

こうしたシステムに関して容易に思いつく使い方は, 「答え合わせ」や多様解の統合による収束的理解だが, それを超えて, 多様解の統合を一人一人の理解の深化や次の疑問の生成につなげていく使い方ができるかが重要である。教員の板書に対してアノテーションを加えて, 再度全員で共有することなどができれば, 教員が想定したとおりに児童生徒が理解しているわけではないことが可視化され, 一人一人の多様な理解に基軸を置いた教育が可能になるかもしれない。

(2) モデル・イット (Model-It)

【機能と活用イメージ】

モデル・イット⁴⁴ (Model-It) とは, 図 9 のように児童生徒のモデル作りを支援するツールである。モデル・イットでは, 対象について考えられる要因を自由に組み合わせ, それらの間の働き合いを想定しさえすれば, それがそのままモデルになる。具体的には, 図 9 の上部画面に好きな要因を入れ, その要因間の関係を設定し, 一つの要因の値を変えると, ほかの要因の値がどう変わるかを図の下部画面で時間経過とともに見ることができる。考えつく要因を一つずつ増やしてその働きかけ方を仮定するたびに, モデルのふるまいが変わる。考え方を変えたことによる効果を一段階ずつ目で追いながらモデルを構築できるという点で, 開発当時は画期的なツールだった。

因果関係や量的な関係が想定しやすい理数系のコンテンツに強いが, 教科等による直接的な制約はないため, 工夫次第で, どの学年のどの教科等でも活用できる。

【授業例】中学校・理科・水質調査プロジェクト

- ① 水質調査プロジェクトの課題は「自分たちの飲んでいる水の水質」を調べることである。生徒はまず近所の川を調査し, 排水状況や河川の土壌など水質に関係しそうな要因を少人数のグループで選んでいく。どのような要因がどのように組み合わせられて水質を変

⁴⁴ <http://hi-ce.org/modelit/index.html> 2016 年現在, ソフトウェアは提供されていない。

- えるかを考えてモデルのプランを作り、モデル・イットでモデルを作ってその動きをテストする。図 9 はその動きを図示したものである。「近くの工場からの排水」、「川の中の魚」、「川の中の酸素の量」など、要因のアイコンを選んで配置し、それらの間を線でつなぎ、どのような関係があるかを一例えば原因となる変数 X とそれに従属する変数 Y の関係として、単調増加、単調減少、指数関数など様々なものから選んで一設定する。
- ② モデルがある程度出来上がってきたら、原因となる要因の「程度」を操作し、結果の変数との関係をテストすることができる。シミュレーションの結果は図 9 の下のグラフとしても表示される。モデルに矛盾や不備があるときは、上がると思ったグラフが下がってしまったり、思ったほどグラフの様子が変化しなかったりする。テストの結果が予想に合わなければ、モデルを作り変えてテストを繰り返す。また現実のデータと照合してモデルを修正する。このように生徒たちは、地域の水質をめぐる自分たちの理解を徐々に複雑なモデルに表し、直感的・視覚的にテストを繰り返しながら、最終的には簡単な予測ができるレベルまでモデルを作りあげていく。

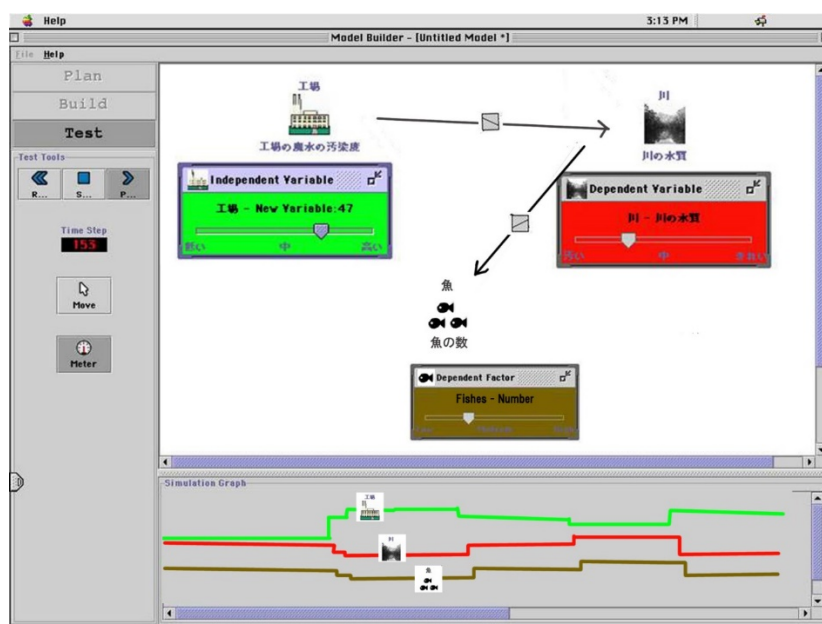


図9. モデル作りを支援する「モデル・イット」

【背景理論と開発経緯】

モデル・イットは、シカゴとデトロイト都市部の中高生に「現実世界の現象に疑問を持つ」、「本物のデータを分析する」、「現実世界のモデルを作る」ことを教える LeTUS (Learning Technology in Urban Schools) プロジェクトによって 1990 年代終わりから 2000 年代初めに開発された。このプロジェクトでは、ディレクタのゴメズ (Gomez, L.) が「科学は未来の貨幣のようなものである。未来社会の経済は、今私たちが子供たちに提供しようとしているような道具を使える人たちの肩にかかってくる。テクノロジーは、自然科学や社会科学に関する『読み書き』能力をサポートすることになるだろう」(三宅・白水, 2003, pp. 130-131) と述べたように、多様な学校を含む都市部の学校だからこそ、高度なツールを使って現実のデータを分析し必要な判断を下す力を付けることが狙われていた。

そのために、児童生徒はモデル・イットを使いながら、1) 断片的な知識や直観的に気付いたことを関係付け、全てが互いに働き合っているとしたらどうなるかを考えられる、2) 自分たちの作った関係が現実世界に当てはまるかをテストできる、3) 単純なものから順に複雑なものを作ることができ、モデル作りという難しい作業を段階的に行うことができる、といった特長を享受できた。また教員にとっても、モデルは作った子供が何をどのように理解しているのかを可視化する利点を持っていた。

【実践成果】

代名詞「イット(それ)」が示すようにこのソフトは汎用性が高く、水質調査だけでなく、大気調査や新しい都市環境を作るプロジェクトなど広範に利用された。こうしたモデル化を学期や学年を超えて繰り返し行うことで、児童生徒は科学的な内容の理解だけでなく、「独立変数」や「従属変数」といった科学用語を理解し、モデル化やデータの解釈など科学的スキルをも習得したと報告されている(Lehrer & Schauble, 2006/2009)。加えて、モデル・イットを使って学ぶうちに児童生徒は、「テストのときに動かせるボタン」を「自分たちで地域環境を変えていくために、働きかけることのできる部分」として理解するようになった。モデル作りを学ぶことは、世界のモデルを作ることによって世界を理解し世界をコントロールできるようになることを学ぶことでもある。そこから、ICTを活用した協調学習が、学校での学びを地域社会に開き、結び付けるという実践も生まれた。

【取組の特徴】

日本でも近年、「思考ツール」など、考えの可視化やモデル化に役立つアナログのツールが広く使われるようになってきた。また、付箋と台紙、ポスター等で概念地図を作る学習活動も日常化している。モデル・イットの強みは、こうした考えと考えの間に関係を定め、コンピュータに自動計算させることによって、モデルが実際に「動き出す」ところにある。こうした「コンピューティング」はICTの大きな強みであり、児童生徒がそれを学ぶことによって、モデリングやシミュレーションに興味を持つことも期待できる。それゆえ、探究活動におけるモデル化の作業を、アナログからデジタルへと高度化させる橋渡しとしてICTが使えることを説得的に示していると言える。

(3) バイオキッズ (BioKIDS)

【機能と活用イメージ】

バイオキッズ⁴⁵ (BioKIDS) とは、生物多様性を学ぶために開発された図10のようなツールキットのセットである。学習活動は、学習対象について関心を持ち(動機付け)、探究し(探究活動)、解釈を構成し(解釈構成活動)、統合する(活動統合)という4段階に分か

⁴⁵ <http://www.biokids.umich.edu/critters/>

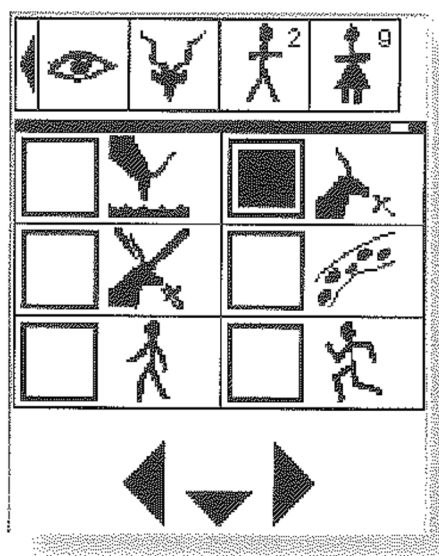
<http://www.cybertracker.org/tracking/discussion-papers/151-cybertracker-in-biokids-customising-of-a-pda-based-scientific-data-collection-application-for-inquiry-learning>

なお、本節の執筆には Songer (2006/2009) を参照した。

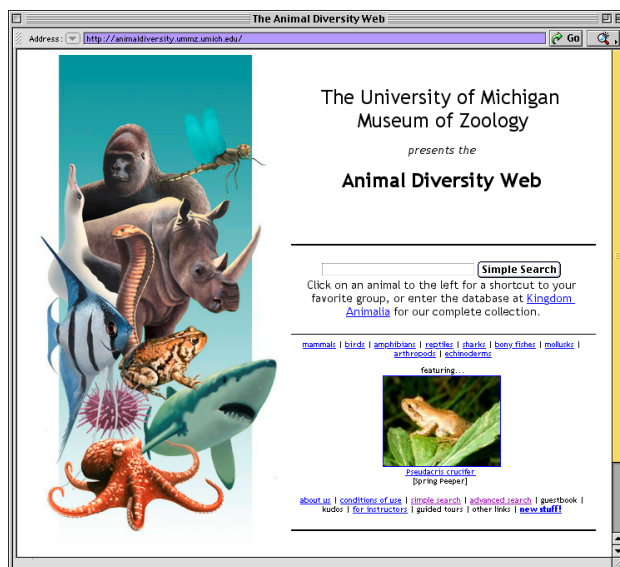
れている。児童生徒は探究段階においてPDA(小型携帯情報端末:Palm OS)の「CyberTracker」を持って校庭や校外に出かけ、生物の目撃情報を記録する。これはハンターや動物保護関係者が使用するCyberTrackerを子供用に改変したものであり、パネル上で動物などのアイコンを選択してデータを入力できる簡便な形になっている。解釈構成段階では、Animal Diversity Web (ADW) を子供用に改変したデータベースである「生き物図鑑 (Critter Catalog)」を使い、自分たちが目撃した種の名前や生態を調べ、まとめる。

【授業例】 小学校6年生・生命科学・生物多様性

- ① 動機付け段階: 生物の生息域として校庭を観察し、データを収集、生物の分布図を作る。
- ② 探究活動段階: 担当した1区域について生物の種、個体数と生息域などに関するデータを収集し、CyberTrackerに入力する。
- ③ 解釈構成段階: 生物の多様性(種の数、個体密度など)が最も高い場所を同定するために収集したデータを考察するためにCritter Catalogを参照し、CyberTrackerで収集したデータをグラフ化して分析する。
- ④ 活動統合段階: 特定の生物についての知識を動員して、食物網や生物間の相互作用に関する活動へと向かう。収集したデータに含まれた生物の身体的特徴や行動特性を更に詳しく調べ、データを表・グラフ・図に変換しながら、その生存との関係を考察する。



PDA (CyberTracker)



生き物図鑑 (Critter Catalog)

図10. 生物多様性を探究する活動を支える「バイオキッズ」のツールセット

【背景理論と開発経緯】

バイオキッズは、本章3(2)節に言及したLeTUSプロジェクトに関わっていたミシガン大学のナンシー・ソングー(Nancy Songer)らが開発したものである。上記の单元以外に、地球科学の「天候」、物理科学の「シンプルな機械」という全3单元を小学校6年生が一年間かけて学ぶ過程全体を学習支援システムで支えながら、「データから解釈を構成する」、「様々な科学的データを分析する」、「データに基づいて仮説を立てる」といった科学

的推論を繰り返し、子供たちが科学的概念を中心として概念的な思考を深め、推論の力を身に付けることを目指した。その他の狙いとしては、小型情報端末を片手に教室の外に出て、現実世界でのデータを収集することで、学びが教室の外の世界とつながること、及び、データの収集・蓄積に優れた ICT が教室の内外をつなぐためのよい道具になるということを知ることがあった。

【実践成果】

生物多様性の単元では、「人間が増えると、人間という単一種ばかりが多くなって他の生物の多様性が減る」ことなどを児童（小学生）は知り、環境について考える契機を得た。それだけでなく三つの単元で科学的な推論を繰り返すことで、科学的な探究能力も、システムを使わない場合に比べて有意に向上したという。科学教育において ICT を用いた介入型の研究で 1 年間にわたる支援を継続的に行うものはそう多くはないが、そこまで時間をかけて行うことで小学生のような若い学習者でも高次の科学的思考を含む発展的な学習活動が可能になることが見えたことに意義がある。その一方で、データの解釈などの科学的活動は問いかけ方を工夫するなど一層の足場掛けが必要であること、及び大人の科学者が参考にするウェブページを児童生徒にとっての学習リソースにするためには大幅に書き直す必要があることが「デザイン研究（実践を繰り返して質向上を目指す研究）」から見えてきた。

【取組の特徴】

日本でも教室と校外での学習の結び付けを図る実践は数多い。そこに科学者などの専門家が使うツールや、ウェブなどの知的なリソースを導入することで、学習活動がより真正（authentic）なものに近づく効果が期待できることを、バイオキッズは示唆している。スマートフォンなど小型端末の発展で、こうした実践は一層やりやすくなった。ミシガン大学の中高生対象のプロジェクトでは、手のひらサイズのコンピュータに優性遺伝子と劣性遺伝子を様々な組合せで仕込んでおき、生徒がコンピュータを 2 台ずつ交配させてどのような形態が生まれるかをクラス全体でシミュレートする一言わばメンデルの実験をバーチャルに追体験する一ことを通じて遺伝の仕組みを学ぶ。他にも後述するワイズプロジェクトでは、上記と同じ仕組みを用い、マラリアの病原菌を持った蚊が 1 匹のときと、2 匹のとき、4、5 匹のときでは一定時間内に教室内でマラリアに伝染する人数がどの程度違うかを体感的に比較させ、蚊の駆除による疾病コントロールの意味を考えさせる。遺伝や感染だけでなく、抽象概念を身体的に理解するために小型の携帯機器が果たす役割は大きい。

同じテーマに関するデータを学校や地域、国を超えて収集し専門家も交えて分析することで、より真正な協調学習が可能になる。日本でも本章 2 節で紹介した国際学習ネットワーク（三宅，1997）や「不思議缶ネットワーク」（美馬，1997）など多くの実践があり、海外でも eTWINNING⁴⁶など大規模なネットワークがある。こうしたプロジェクトで問題になるのは、知の最先端に子供が触れやすくなるように、子供の準備状態をいかに整えるか、最

⁴⁶ <https://www.etwinning.net/en/pub/index.htm>

先端の情報を子供が理解できる形に誰がどの程度書き換えるかという問題である⁴⁷。

さらに、専門家のサイトに子供をアクセスしやすくしつつ、サイトを閲覧して子供が「読む」様子を見ながら、教員が子供たちの実用的な読み書き能力を評価・支援しようとするプロジェクトもある。誰にでも国語や算数など同じ教科を教えていたカリキュラムを変え、一人一人が学びたいことを学ぶことができる時間と環境を創ろうという「ロングテール学習⁴⁸」プロジェクトである (Collins ほか, 2009)。台湾のある学校では、4095 名の親や地域のボランティア、子供が各自の興味関心を登録し、そのマッチをとって学び合い教え合うグループを作った。テーマには、例えば鉱石や恐竜、宝石などが出てきた。これらのグループは、ネット上の専門家や同好会のコミュニティへと接続され、子供は大人が薦めた掲示板の内容に触れたり専門家とコミュニケーションを取ったりする (Liu, 2008)。教員はその様子を机間巡視しながら、好きなものを学ぶときの子供の読みの能力や意欲を評価する。

こうした活動はスマートフォンや PC の学習目的での利用の仕方を教えることにもなる。

(4) シンカーツール (Thinker Tool)

【機能と活用イメージ】

シンカーツール⁴⁹ (Thinker Tool) とは、当初は図 11 のような物理の力学について学ぶことができるツールであった。しかし、実践の発展 (デザイン研究) により、図 12 のような「探究島 (Inquiry Island)」でエージェントと対話しながら学び方についても学ぶシステムも含むようになった。

シミュレーションツールは、児童生徒が誤概念を持ちがちな力学等の分野について、彼らの素朴な知識を出発点として引き出し、教科書にある公式が理解できるようになるまで、力と運動に関する質的なモデルを作ることを支援するものだった。課題は、図 11 のように動いている物体に矢印の力を加えてコーナーを曲がるようにするものであり、任意の方向で力を加え、どちらにどの程度曲がるかをシミュレーションすることができた。

こうした活動は当然、予測を立てては実行し、結果を評価する科学的な活動の原型となる。その過程で、以下のようなエージェントが子供たちに質問やヒント、批判を投げかけ、それに答えながら探究を進めることを支援した。図 12 は質問役のクウェンティンで、児童生徒の立てた問いに「わかりきった答えが出る問いではないか?」、「答えが分かれるような問いか?」などと問いかけてくる。「探究島」はこれら助言役との対話環境を指す。

- ・ 質問など課題遂行の助言役 : Quentin Questioner
- ・ 認知面での助言役 : Ingrid Inventor
- ・ 社会的な側面の助言役 : Keiko Collaborator

⁴⁷ 科学者が議論する電子掲示板に中高生がアクセスできるように、サイエンスライターが内容を書換えることで科学的論争について学ばせた SCOPE プロジェクトが著名 (Bell & Davis, 2000)。

⁴⁸ ロングテールとは需要曲線の尻尾 (テール) に販売数量の少ない商品が大量に並ぶことを指したもの。その語で子供一人一人の学びたいことが多様に存在することを擬似的に示した。

⁴⁹ <http://thinkertools.org/> Bruer (1997) の第 5 章にも詳しい。

- ・ メタ認知的な助言役：Ricky Reflector
- ・ システム開発の助言役：Imogene Improver

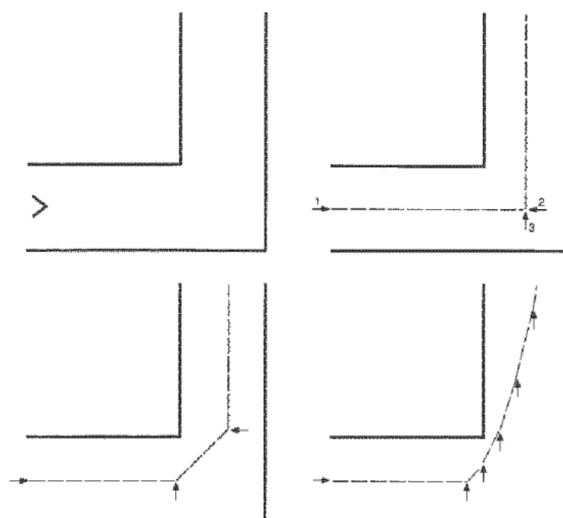


図11. 学び方と物理を共に学ぶ「シンカーツール」：シミュレーションツール

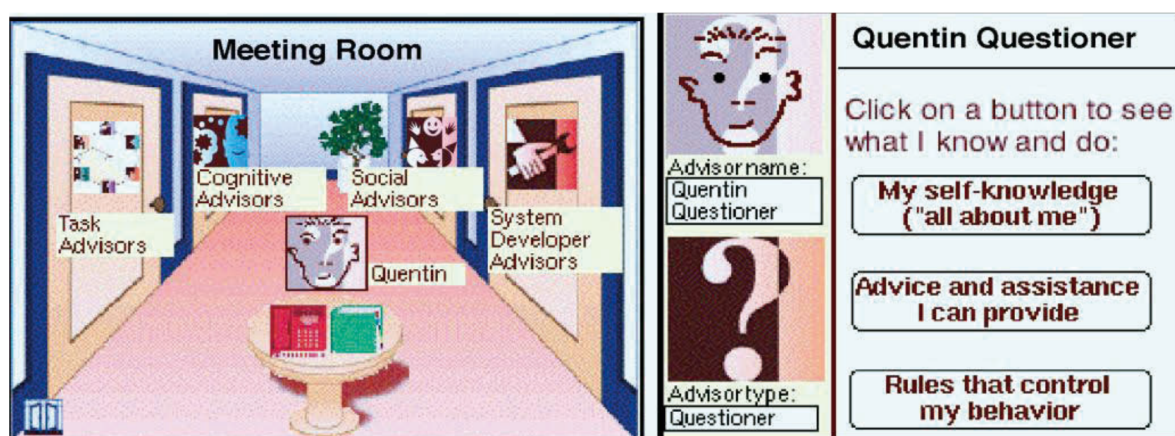


図12. 学び方と物理を共に学ぶ「シンカーツール」：「探究島」のエージェント画面

【授業例】小学6年生：理科：力学

- ① 児童は最初に「摩擦と重力のない一次元の小世界（マイクロ・ワールド⁵⁰）」でドットに衝撃を与えてターゲットに当てるゲームをしながら、「力を掛けた度合いと方向に応じて物体が動く」という直感を強化する。同時に、いったん力が加わると物体が動き続けるというニュートンの第一法則の実例も観察する。
- ② 次に「二次元の小世界」に移り、動いている物体に矢印の力を加えてコーナーを曲がるようにする図 11 の課題に取り組む。それを通して児童生徒は物体が押された方向に進むわけではないことや、力が二つの独立した成分に分けられることを学び、図 11 の右上、左下、右下のような解決策を編み出す。
- ③ 第三の小世界では、様々な頻度で物体に衝撃を与える経験を通して「重力のような力は、小さな衝撃が素早く連続して加えられる極端な場合とも考えられること」を理解する。
- ④ 最後の小世界は、重力や摩擦がある世界で「軌道の分析」を行うことで、日常生活の物

⁵⁰ 第5章2節のマイクロワールドとは違い、ここでは外界に用意された小世界を意味する。

理的な現象を小世界と結び付けて分析できるようにする。

以上の全過程で児童は探究島のエージェントと対話しながら、自分たちで協働し、自律的に探究を進めていく。

【実践成果、及び発展の経緯、背景理論】

本実践は、同じ教科内容でも内容習得に加え、科学スキル獲得やメタ認知形成まで狙うことで学習効果が向上するという典型例（White & Frederiksen, 2007）である。

研究代表者のホワイトらも、実践における最初のフェイズでは「科学モデル（科学的な推論や現象理解のためのモデル）」の理解・習得を目的としていた。それぞれの小世界について教員が次の教授サイクルを回しながら、小学 6 年生でもニュートン力学の基本を理解できる教育を行っていた。

- ・ 動機付け：日常の物体がどう動くかを予測させて児童生徒に興味を持たせる。
- ・ モデルの発展：二人一組で小世界の問題を解き、多様な実験を通して法則を発見する。
- ・ 公式化：実験データを最も正しく、一般的かつ簡潔に説明する法則をクラスで議論する。
- ・ 転移：動機付けの段階で予測した問題など日常場面に法則を適用し、自分たちの最初の答えや直感の間違いを自覚する。

しかし、ホワイトらは実践を繰り返すうちに、児童生徒らが対立仮説を議論することを楽しみ、自律的に探究する姿を見て、上記のような教授サイクルを教員に与えるだけでなく、科学モデルを児童生徒自らが作り出すことを支援することを狙うようになった。そこで、次のフェイズでは「探究のサイクル（Inquiry Cycle）」を図 13 のように図式化して児童生徒と共有した。それによって「科学的探究スキル（予測、実験、分析、モデル化、評価、疑問生成の繰り返しでモデルを作り精緻化する）」の獲得を支援した。

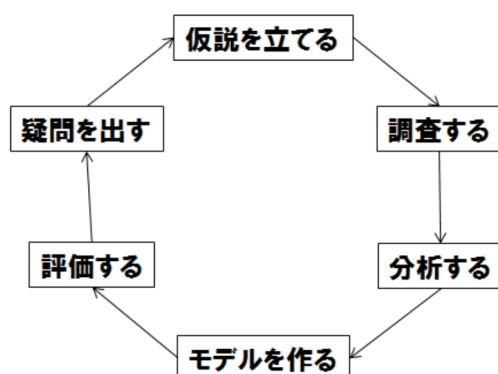


図13. 「シンカーツール」プロジェクトにおける探究のサイクル

更に実践を繰り返すうちに、児童生徒らが「私たちは、どのようなグループで作業すると、一番効果が上がるのか？ 視点の違いが大事か、それとも仲良しな方がよいのか？」等と議論しているのを見て、ホワイトらは、科学的探究を行うための「心の理論（質問・分析

等の認知、計画・振り返り等のメタ認知、協働・コミュニケーション等の社会的認知の仕方)」の獲得を支援目標にした。そこで、児童生徒は図 13 の探究の段階ごとに図 12 のような役割を付与されたエージェントと対話しながら、小世界を探究していくことになった。

以上の実践を通して、最終フェイズでは、小学校 6 年生が座学で学んだ高校生以上に力学を理解し、科学的な探究スキルも習得するなど学習成果が向上した。2 番目のフェイズにおける探究スキルの学習までなら、「理科はこうするものだから」と手順のセットを丸暗記して終わりになりかねない。しかし、最後のフェイズでもう一段抽象的な観点から「科学者のやり方」を考えることで、科学的探究も人間の認識の一手段であることに気付き、その意味や意義を理解しやすくなったとホワイトらは主張している。

【取組の特徴】

日本でも今後 PC ゲームの教育利用などの隆盛も手伝って、アプリケーション上で子供が問題を解きながら教科等の内容を学ぶ教材が増えてくることが予想される。実際、「リバー・シティ」と名付けられた仮想現実の中で感染学を学んだ公教育の例もある (Clark & Dede, 2009)。タブレット等のデバイスが充実すれば、その傾向は一層加速するだろう。

その際、シンカーツールの実践の展開から参考にできることは、1) 教科等の内容（コンテンツ）の習得だけを対象とするのではなく、科学的なスキルやメタ認知など、学習者に主体性をより委ねる学習を目指す必要がある、2) ソフトを作って終わりにするのではなく、それを使っている児童生徒の様子をよく観察しながら、継続的にソフトや授業を改善していくことが必要である、という二点である。

(5) ワイズ (WISE)

【機能と活用イメージ】

ワイズ (Web-based Inquiry Science Environment : WISE) ⁵¹は、同名のプロジェクトが開発した科学の探究学習用ポータルのことである (Linn, Davis & Bell, 2004; Linn & Eylon, 2011; Linn & Hsi, 2000)。熱力学や地球温暖化、光合成など理科に関する様々な単元を科学的活動に従事しながら学ぶことができる。児童生徒は、図 14 のようにウェブ上で単元全体の探求活動の見取図 (左上)、予測やリフレクション、相互評価のプロンプト (左下)、回答のヒント (右上)、インタラクティブな可視化ツールやシミュレーション、実験結果、資料を提供する証拠スペース (右下) を用いながら協調的・自律的な探求学習に従事できた。

探究の過程では、様々な証拠と立場を関係づけ、二次元配置して整理する図 15 の「センス・メイカー (Sense Maker)」というシステムも使う。児童生徒は証拠一つ一つについて、自分の立場を支持するものか、矛盾するか、無関係かに分類する (自分にとっての証拠の信ぴょう性に従って色が付けられている)。図 15 は画面上方の「光はどこまでも届く」立場のボックスと下方の「光は途中で消える」立場のボックス内に根拠となる証拠が配置されている。ボックス内の小ボックスとラベルは、児童生徒が考えた証拠のまとまりとその

⁵¹ <https://wise.berkeley.edu/>

意味づけを示す。このように児童生徒は証拠を統合して友達を説得するために科学的な説明を作り上げる。

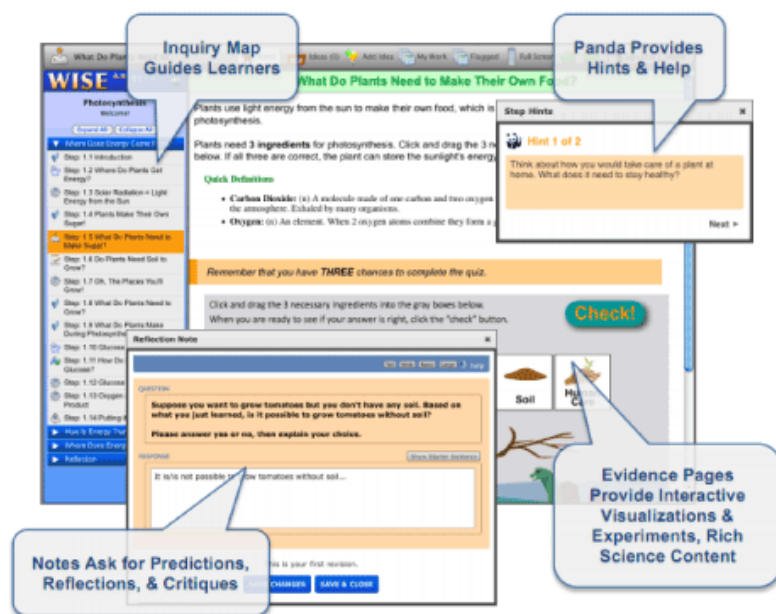


図14. 科学の探究活動のための「ワイズ」 (<https://wise.berkeley.edu/pages/features.html>)

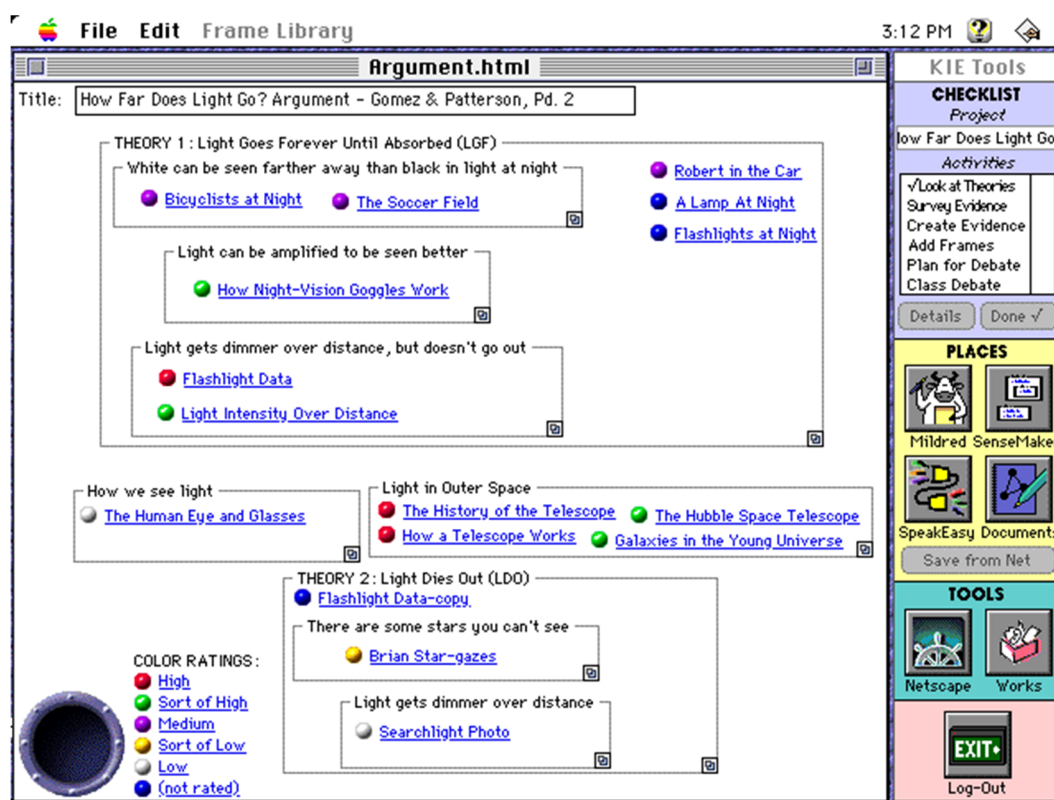


図15. 証拠を二次元配置できる「センス・メイカー」

【授業例】 中学校：理科：エネルギー（光と熱）

- ① WISE では二つの相反する答えが対立するような問題を選んでどちらが正しいと思うか選ばせ、インターネットなどを使って証拠を集めて議論させるなどの手法をよく使う。

例えば「光はどのくらい遠くまで届くのだろうか?」という問いに対して、「どこまでも届く」のか、「途中で消えてなくなる」のかのどちらかの立場を選んで議論する。

- ② 同じ意見を持つ二人一組になってそれぞれの立場を支持する証拠を集め、センス・メイカーを使って、強い証拠と弱い証拠に分け、自分たちの立場を支持する説明を組み立てて、クラス全体で討論する。例えば、サーチライトの写真は一見よい証拠に見えるが、「先の方が消えていて光は途中で消える」とも「ずっと遠くまで光が届いている」とも受け取ることができ、どちらの立場にとっても有利な解釈が可能で、強力な証拠にはならない。これに対して軍隊などでよく使われるナイトビジョンゴーグルの証拠は強力であり、生徒は「肉眼で見えなくても増幅すれば見えるということは、光がそこにあることを意味する。だから、光は、途中で反射させられたり吸収されてしまったりしない限りどこまでも届く」という結論について、自信を持って語れるようになる。
- ③ この後、光が吸収されると熱に変わることを確かめる実験などを繰り返して、学んだことと自分たちの経験を統合し、理解を深めていく。
- ④ その途中で、今科学者の間で起きている科学的な論争の中から学生にとっても身近に感じられる問題を選んで、科学者の論争の実際に触れる。専門家の議論は、高校生や一般の市民にとって読みやすいとは限らない。WISE ではプロの科学記者の協力を得て議論の一部を読みやすく書き直すなどの支援作業が行われ、その効果が確かめられてもいる(先述の SCOPE プロジェクト)。こうした専門家の議論を読むことは、生徒が自覚的に次に学ぶべきことを理解する手助けにもなる。
- ⑤ 様々な活動を多様な視点から繰り返し経験した最後には、インターネット上のソーラハウスの宣伝ページが科学的な根拠に基づいて作られているかを評価するなどの活動を行って、科学の知識が生活に結び付くことを確認する。

【背景理論と開発経緯】

ワイズは、カリフォルニア大学バークレー校のマーシャ・リン (Marcia Linn) を中心に 1980 年代後半から開発され、現在ではインターネットを通じて世界中の 15,000 人以上の理科教員や研究者、カリキュラム開発者が活用し、互いに教材を投稿し検討し合う第 4 版が展開されている。「DDT は禁止すべきか」、「カエルの奇形の原因は何か」、「遺伝子組換え食品は安全か」、「地球温暖化」、「プレート・テクトニクス」、「四季がめぐる仕組み」、「がんに効く薬は」、「古いタイヤをどうリサイクルするか」など数多くの教材をすぐ使える形で具体的に提供しつつ実践して改善するという理想的な科学教育のプロジェクト例である。

プロジェクトの目的は、児童生徒に、科学が日常生活にとって大切な知見をもたらす身近な知識として活用できることを学んでもらい、「科学を学び続ける学習者 (Life-long Learner)」になってもらうことである。そのために、論争の材料になる最新の研究成果や参考文献を提示して、児童生徒の経験則の見直しから始まった探索が、徐々に科学的理解につながる活動へと移行することを支える。その過程で働くのが「知識統合 (knowledge integration)」という認知過程であり、児童生徒が科学的な事象に関する自らの考えを「引き出し」、教科書や実験、観察から考えを「付け足し」、誤った考えと正しい考え、あるいは適応範囲の狭い考えと広い考えとを「選別し」、最後に「構造化する」という四つの段階

をたどると、リンらは考えている。

【実践成果】

リンたちが作成したこのプロジェクトを紹介するビデオの中では、最初「科学はつまらないから嫌い」と言っていた生徒が、授業の中で「光はどこまでも届くか」という論争に熱心に参加して自分の意見を主張し、実験やシミュレータ、センス・メイカーを駆使した学習体験を積んで、最後には「私、将来は科学者になりたい」と発言している (Linn & Hsi, 2000)。このように科学を日常化することが、ワイズプロジェクトの成果の一つである。

それでは、こうした学びが実際のどの程度の児童生徒にどのような形で生ずるのだろうか。ワイズプロジェクトが熱力学の単元について、2002 年までに約 3000 人の生徒を対象に行った授業の詳細な記録を分析し、教授時間の長さの効果を明らかにした研究 (Clark & Linn, 2004) を紹介する。この論文が扱っている問題は、生徒にじっくり考える時間を保証した長めのカリキュラムで教えるのと、内容は落とさずにできるだけ短くして効率的に教えるのとでは、生徒の理解度にどのような影響が出るかという問いである。直感的に言って、時間をかけた方がよさそうではあるが、何がどの程度よいのかについて、これまで具体的なデータを示して緻密に議論をした研究はなかった。

この単元は、1991 年からまず 8 セメスタ (1 セメスタは半期、実授業時間として約 3 か月分) をかけて整備された。そこで出来上がったカリキュラムは 12.25 週かかるもので、論文の中では完全セットと呼ばれている。中には「温度と熱」「熱伝導」「熱エネルギー」「熱均衡」の四つの小単元が含まれている。「部屋の温度と、部屋の中にあるものに触って感じる暖かさや冷たさが違う」ことを実測して確認した後、それはなぜかを議論したり、シミュレータを使って物の熱伝導率を比較したり、黒い容器と白い容器に入れた水を同じ熱量で温めた場合の水温を調べる実験をしたりなど、ワイズを ICT として使いながら、生徒の活動を中心に議論の時間を十分確保したカリキュラムだった。この完全セットで教えた結果、従来に比較して理解度のテストスコアが 4 倍になったと報告されている。

ところが、この完全セットは現場の要請に従ってその後 3 回にわたって少しずつ短縮され、最終的には 6.5 週で終わる形になった。短縮版にも上記の四つの小単元は全て含まれている。この短縮の効果を調べるために、完全セットでの実践から 4 セメスタ分、各短縮版での実践からそれぞれ 5 セメスタ分の実践について、生徒 3000 人分の学習の到達度を比較した。成績は記述式の問題と多肢選択問題の二つの形で評価している。

結果としてまず、「はい」か「いいえ」かを選ぶ多肢選択型の問題への解答には、カリキュラムを短縮した影響はほとんど見られなかった。ところが、記述式テストの成績は、短縮するに従って段階的に落ちていく。この結果について、著者たちは「記述式の問題は、学んだことと自分が日常的に体験している例とを一貫した形で説明できるようにする生成的で豊富な知識統合を要求する。…多肢選択型の問題に正答するためにはそれほど精緻な理解は必要なく、したがってそこまで丁寧に教えなくてもよい結果が得られるのだろう」 (Clark & Linn, pp. 464-465) と述べている。

完全セットで学ぶ過程では実際どのような学習が起きていたのだろう。クラークらはこれを調べるために、平均的な生徒を 50 人選び出し、大体 3 週間に一度学習内容に関するイ

ンタビューを行った。結果を見ると、「はい」と「いいえ」で答えられる問題は3週目で既に半数近くの生徒ができるようになるが、60%の生徒が習ったことを使って自分なりの推論ができるようになるには更に9週間かかっていることが分かった。クラークらはこの分析をもとに、生徒が教えられた知識を自分で組み合わせて推論できる力がついたかどうか判定するのは多肢選択型のテストだけでは難しく、学習評価は学習目標にふさわしい方法でテストすべきだと主張している。クラークらは更にこの50人のうちの「平均的な」一人について、中学校卒業後4年間の追跡インタビューを実施しており、完全セットで教えられた生徒が、ワイズプロジェクトの授業を離れた後も科学への興味を持ち続け、高等学校では科学を選択し、中学生のときに問われたのと同じ問いへの答え方をも段階的に深めていく様子を紹介している。

こうした研究からは、ICT活用型の協調学習で身に付けた力を測るためにはどのような評価が有効かという提言や、個人の知識の変化をインタビューデータによって数年間追うことで、学習研究の在り方と学習についての私たちの理解を変える研究上の提言など、多くの示唆を引き出せる。また、毎年数千人の中高生がこれまでより質の高いカリキュラムで理科の勉強ができるようになる実践上の成果もある。

【取組の特徴】

ワイズは開発時に日本の理科教育の学習指導要領や実践を参考にしており (Linn *et al.*, 2000), 日本の探究活動の利点に基づき、それを一層強化しつつ、学習過程を記録するためにウェブ上の学習環境システムを導入したと言える。ICTリテラシーとしては、「同じ証拠でも立場によって違った解釈ができること」や「科学者も多数の証拠をまとめて理論を洗練していつていること」など科学的な証拠の見方を培い、インターネット上の情報の信ぴょう性を見極める力を養うことが可能になっている。

これを本章3(4)節に紹介したシンカーツールと比べると、レディメイドのソフトと違って、ワイズはウェブ上の教材であるため、教員でも改変しやすく、研究者が一方的に教材を開発し教員が実践するだけの関係でなく、パートナーとして協力しながら開発を進めることができる点に大きな違いがある。ワイズプロジェクトは、学習科学の発展において「教員自身の学ぶ力」を引き出すことで持続的な発展が可能な教育実践を行うところに重心が移った典型だと言える。ICTは、こうした教材や学習環境の改変可能性を高める。

(6) ナレッジフォーラム (Knowledge Forum)

【機能と活用イメージ】

ナレッジフォーラム (Knowledge Forum)⁵²とは、トロント大学 OISE (Ontario Institute for Studies in Education) の知識構築プロジェクトのグループが開発し、約30年にわたって活用・発展されてきた電子掲示板システムである (Scardamalia & Bereter, 2006/2009)。

ナレッジフォーラムの機能自体はシンプルで、利用者が二次元配置可能なマップの上に、考えを投稿し、互いにリンクを付けながらコメントし合うものである。投稿する際、「私の

⁵² <http://www.knowledgetforum.com/>

考えは…」,「理解したいことは…」,「まとめると…」など書き出しを選ぶことができ(図16a),これが作文を書きやすくする足場掛けになる。さらに,自分や仲間の発言をリンクする際も「引用」「積み上げ」「鳥瞰 (rise above)」などの書き出しがある。書き出しによって子供たちは自分の考えを書き込んだり質問し合ったり,みんなの考えを見渡して「次に学びたいこと」を見付け,考えをまとめて「もう一段上から鳥瞰した説明」を試みる。

ナレッジフォーラムには,子供たちの「語彙の成長」「作文過程」「相互作用」「一人一人の貢献」を見る自動分析ツール「分析ダッシュボード」が埋め込まれている。子供たちも教員もその結果を眺めながら,探究過程を振り返ることができる(図16b)。例えば,書き込みがある程度たまったところで,どのような書き出しが良く使われているかを図16cのようにグラフで可視化すると,小学生でも『私の考えは』ばかりで,証拠が全然ないね」等と振り返ることができる。さらに,専門家が議論に使うキーワードと自分たちのキーワードを比較してクラウド表示するツール(図16d)や,一人一人の掲示板に含まれる語数と用語の種類の変化を可視化するツールもある。

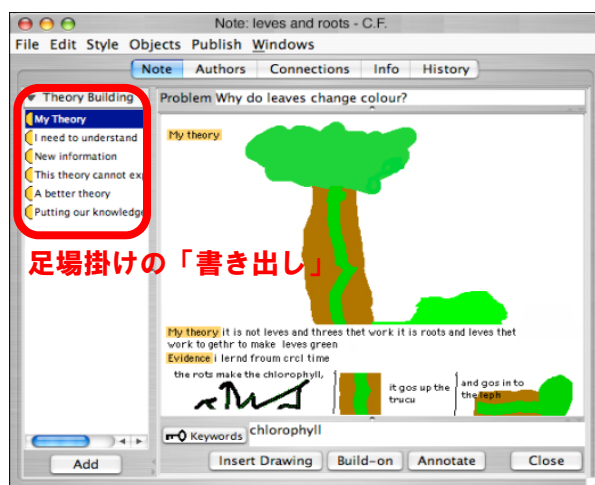


図 16a. 書き込み画面

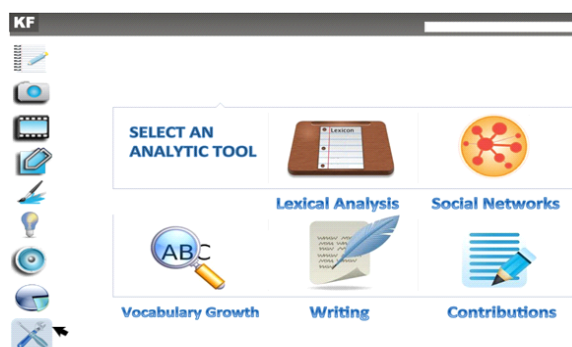


図 16b. 分析ダッシュボード

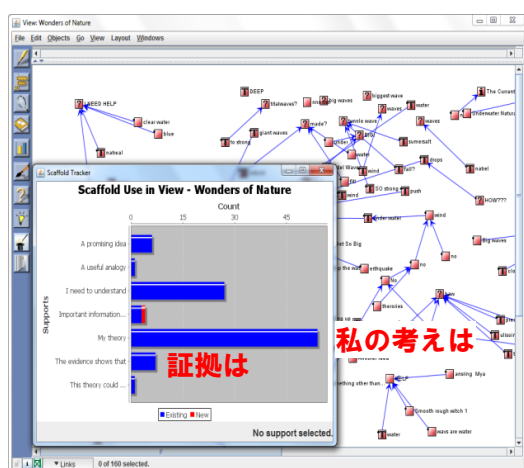


図 16c. 書き出しの使用結果の評価

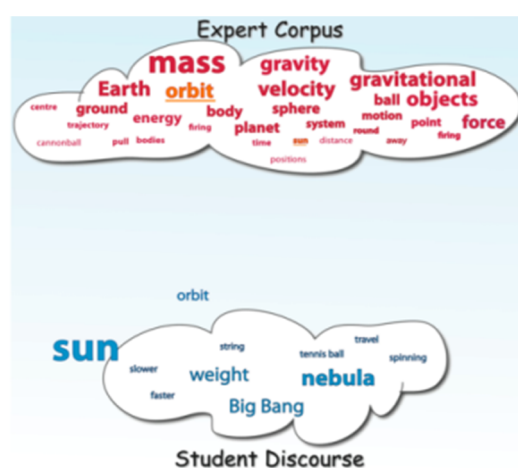


図 16d. 専門家と自分たちの用語クラウド

図16. 書くことで理解を深める「ナレッジフォーラム」

書き出しは教科等に合わせて教員が変えてもよい。例えば,中学校数学の授業に使った

際は、「見付けなくてはならないのは…」、「重要な情報は…」、「この問題で難しいのは…」、「考えなくてはいけないのは…」、「私が推論したことは…」、「これは間違っているに違いない。なぜなら…」といった書き出しが最初の問題分析（問題発見・定義）の際に使われた（Scardamalia, 2014）。これらの書き出しはクラスやグループの協議で変えてもよい。

【授業例】

ナレッジフォーラムは学校種や教科等を問わず活用できる。学習活動にはっきりした段階がないため、知識構築プロジェクトでよく紹介される実践例をまとめて示す。

- 小学校 1 年生が校庭で発した「秋に木の葉が赤色になるのはなぜか」というつぶやきを教員が拾い上げて、みんなで探究する問いにした。児童がそれぞれ調べたことを掲示板に書き込み、一定期間後によく使われた書き出しをグラフにすると、「私の考えでは」が圧倒的に多かった（図 16c）。すると、小学校の一年生でも、もっと証拠を集めたり、他の人の書き込みも読んでみんなの考えをまとめて次に知りたいことを整理したりする方向へと探究の方向性を変えた。その時点を見計らって、ウェブを使って「同じ問題を議論するのに専門家はどんな言い方をしているかな？」という問いを投げかけ、図 16d のようなクラウド画面を見せると、小学生でも自分たちが使ってきた用語との違いを見て取って「この言葉はどんな意味だろう？」と専門用語の使われ方を調べ、そうした用語を自分でも使えるようになった。また、オンタリオ州のカリキュラムスタンダードの中から、探究内容に関係する単元の説明を載せると、児童たちは『児童は植物の一生にサイクルがあることを理解しなければならない（Students should understand cycles in lives of plants）』だって。いいこと書いてあるね」と参考にしながら、探究を進めていった。すると、7 か月後に「私の理論は間違っていた！」と洞察する児童も出た。
- 小学校 5, 6 年生の生物の時間、ある児童がカイメンには生殖を含めて体を作り直す再生の方法が三つもある、というノートを掲示した。「どうして自然にはこんな不思議なことがあるのか」という議論に対して「自分を守ることができない弱い生物だから、様々な方法で繁殖できるようになっているのでは？」という無難な意見が大勢を占めそうになったとき、一人の児童が繰り返し「もし三つの方が一つよりよいのならどうして他にもそういう生物がたくさんいないのか」と問い続けた。これは、進化の仕組みについて少し分かって初めて出せる「質の高い」質問だと言える。これがきっかけになって議論が続き、最終的には進化について専門家がするのと同じような進んだ議論ができるようになり、「カイメンは構造が簡単だから、芽を出したり、失ったところを再生したり、生殖したりすることによって増殖できる」が、「人間は複雑過ぎるからそういうことはできない」のではないかという考え方がみんなの合意を得るに至った。この「構造による制約」説を取った児童の一人は、議論の途中で「胃とか、肺とか、脳とか、心臓とか、そういうものは複雑すぎて、切り取られてしまったとしても簡単に指の先から生えてくるっていうわけにはいかないだろう」というノートを書いた（Scardamalia & Bereiter, 1996）。

【背景理論と開発経緯】

ナレッジフォーラムの背景にあるのは、「知識構築 (Knowledge Building)」という考え方である。ベライターはこれを次のように説明する (Bereiter, 2002)。まず、この世界には、物理的な外界と精神的な内界だけではなく、外界に生み出され社会的に吟味された知識やアイデアの世界があると考えます。この考え方によると、例えば、理科の教科書に書かれた知識は、外界をそのまま反映した唯一無二の真実でも、子供一人一人が頭の中で組み立てた素朴概念と同列のものでもなく、科学者が協調的な吟味の果てに「人知の到達点」として認めたものだとして位置付けられる。そうだとすれば、その知識はいずれ作り変えられる可能性がある。大事なことは、「自分の思いついたアイデアや知識を常に他者との対話の中で改善できること」の教育だということになる。平易に言えば、自分の考えを出すという子供の自然な性向からスタートして、その考えを慎重によく考えて「作り変える」という（自然ではない）性向を身に付け、価値ある知識をコミュニティにもたらし改善し続ける態度を獲得するということである。ベライターらは、この過程を知識構築と呼んで、最重要の教育目標に位置付けた。知識構築プロジェクトは、先述の 21 世紀型スキルプロジェクトにも関わっており、その白書の中で囲み 6-1 のような提言を行っている。

囲み 6-1 : 21 世紀型スキルを活用する教育

（21 世紀型スキルは）イノベーティブな能力の中核にあり……近年のカリキュラムスタンダードにも見られるものの、スタンダードや評価で主に強調されるのは、言語や数の「ハード」スキルや、どれだけ事実を知っているかという「ハード」な知識です。「ソフト」スキルに注目することで、学校が説明責任を問われるような基礎的スキルや教科内容の知識習得の努力が軽視されてしまうのではないかと心配がなされるのです。学習科学の研究者間で一致した見解は、それら二つは矛盾するものではないというものです。……

知識構築プロセスへの参加を通して児童生徒のイノベーティブな能力を高め、他者にとって価値ある公共的知識を生み出し、知識の発展に対する集団責任を持つプロセスが根付きます。このようにしてアイデアの改善は、深い領域の知識の学習へとつながりつつ、知識構築の中核にたどり着くのです。このとき、21 世紀型スキルは、その実現に不可欠な鍵となります。

(スカーダマリアら, 2014, pp. 103-105)

このプロジェクトは 30 年の間にプロジェクト名も変えながら実践を蓄積し、現在世界 21 か国で、知識構築の理念に賛同し、ナレッジフォーラムを使った実践を展開する教員や研究者、教育行政関係者のネットワークを生み出すに至っている。そこでは「大人が想像する以上に、子供たちは知識を自分で作る力を持っている。その力の存在を信じて引き出し、教科等の内容の学習に結び付けながら知識を創造する力を育てていく実践は、世界のどこでも展開できる」という主張が生まれ次の実践を支える、というサイクルが回り始めている。

【実践成果】

ICT を駆使して、考えながら話し合い書き合う積み重ねで、科学的方法を特別にトレーニングされなくても、協調的に説明を作り出し、それを支持する事実を集める「理論構築」

活動ができること、及び単元が終わると、その次の単元につながる疑問が生まれるという大きな特徴が見られた。成果の見られた項目は、次のとおりである。

- ・ 読み、語彙、つづりなど言語テストの有意な成績向上(勉強が得意でないと考えられていた児童生徒でむしろ顕著な向上)
- ・ 作文の量の増加と質の向上
- ・ オンタリオ州統一テストにも反映される教科の内容理解や科学などの概念変化
- ・ 教科書の内容や教師の期待を超えた疑問の生成、次に学びたいことの自覚
- ・ 新しく習うことについてうまく問いを立てることができるなどの探究スキル
- ・ 自分の考えを証拠立てたり、他人の考えにコメントしたりする力や、友達と協力して学ぶ習慣などの協調的な問題解決スキル
- ・ 「理論の仕事は因果の説明をつけることだ」と了解し、断片的な情報を統合し、理論の説明力を上げる実験を対話しながら計画・実施できるなど、協調的な知識構築に従事できるスキル
- ・ 学年以上の内容を学ぶ力や、システムを自ら使い続けて自発的に学ぼうとするなど、自分から意図的に学ぶ能力

最後に、評価から授業を変えた例を一つ紹介する。光の性質に関する単元を小学校 4 年生対象に 3 年間繰り返す、その学習形態を変えながら学習効果を確かめたものである。ナレッジフォーラムに書き込みのあった一人一人をノードとしてその記録をソーシャルネットワーク図(図 17a)で表したところ、1 年目の実践の児童は、自分と同じグループのメンバーのノートを開覧・引用することが主で、閲覧や引用を通してグループ間を「つないで」いたのは教員であることが分かった(教員 The teacher が図 17a のネットワーク図の青い点であり全体の「中心」に位置する)。2 年目の児童は、グループ間の相互作用が推奨されたこともあり、自主的に他グループのノートを開覧・引用するようになったが、依然全グループの「中心」に位置付いていたのは教員であった(図 17b)。3 年目の児童は、グループの形成・組替えが児童に任されたことも手伝って積極的にクラス中で互いの閲覧・引用が行われ、教員が初めて中心の位置から外れた(図 17c)。3 年目の結果は、「派閥(引用関係から見るグループ)」がオーバーラップし学級全体を単純に分割できない。これは、大人の知識構築コミュニティに最も近付いた形になった(Zhang *et al.*, 2009)。

相互作用の活発化と連動して、児童の学習課題の理解も 1, 2 年目に比べ、3 年目においてより深まった。児童がノートに記述した内容から獲得した知識の数をカウントしたところ、年を経るごとに有意に増加しており、知識がよりクラス全体に共有されるようになったことが示唆された。また、知識の質も 3 年目で最も高かった。

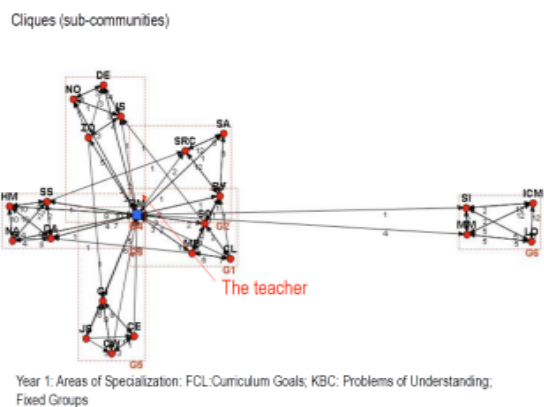


図 17a. 1 年目

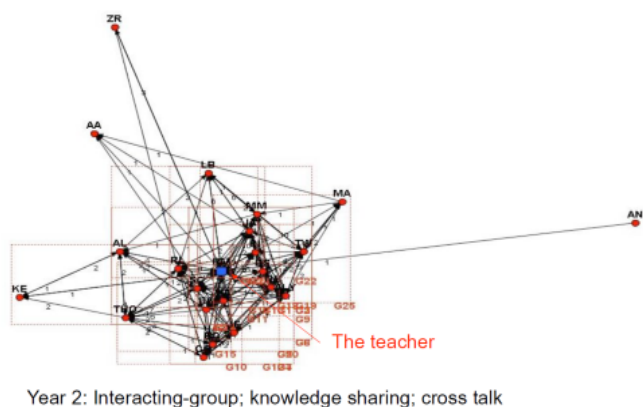


図 17b. 2 年目

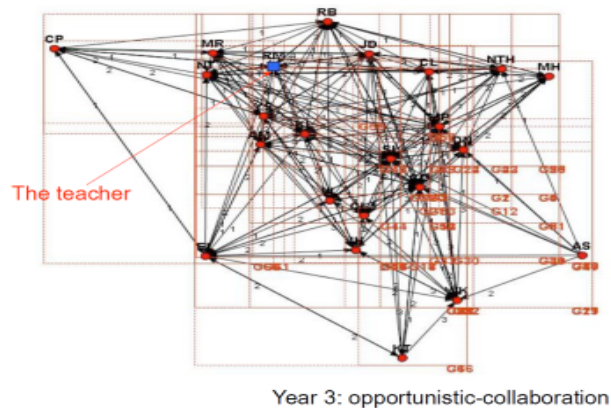


図 17c. 3 年目

図17. ナレッジフォーラム上のノートの閲覧・参照関係から見る相互作用

【取組の特徴】

日本でも子供たちの思いつく問いを中心に置いた問題解決型の授業は、数多く蓄積されてきた。その点では本プロジェクトの実践はなじみやすいものだろう。加えて、ICTを用いて探究活動を支援することで、教員による評価にも子供たちの自己評価にも記録が使える、その評価結果が次の授業そのものに組み込まれていくことが可能になった。

本プロジェクトの特徴から、探究的な問題解決型授業の質を今後、一層高めていくためには、1) 協調活動による説明づくりにも力点を置くこと、2) その過程を ICT で記録す

ることで精密に振り返り、結果を次の授業へと活用していくこと、3) 年度間でも授業の成果を振り返り、継続的に授業改善をすることが重要であることが示唆される。ICT の特長を組み合わせることで、児童生徒の疑問を基にしながら発展的な学びを展開する「前向き」な授業が、一層やりやすくなると言ってもよい。これを実現するために、実践成果等に紹介した学校では、一人一台の PC が準備され、好きなときに好きな時間だけ使えるように整備されていた点も重要である。

加えて、知識構築プロジェクトは学習活動をステップ化し形式化してしまう最近の教育にも警鐘を鳴らしており、今後の参考になる。例えば、探究活動の「正しいやり方 (right way) という考え方はもしかして間違っているかもしれない。例えば、正しいやり方は人や状況によって全部違う。それは初期の段階にしかよい助言として働かない可能性があり、探究活動が本格化している段階では実態と合わずにモチベーションを下げる原因になるかもしれない。それは正しいやり方に従うことに認知的な負荷を使い、より高次のゴールへの注意をそいでしまう」と述べている (Scardamalia, 2014)。カリキュラム開発者などの専門家がゴールとして学ぶべき知識やスキルをあらかじめ確定し、それが教授上の手立てや学習活動、テストに「翻訳」され、教員がそれを実行するしかなくなると、児童生徒には、それらのゴールがどこから、どういう根拠で生まれてきたのかが見えず、そのゴールづくりそのものに貢献し、ゴールを作り変えることもできないのではないかと主張している。それゆえ、知識構築プロジェクトは具体的な学習活動などの形式化よりも、学習活動の理念や目的を原則的に伝えることに重点を置いている。ナレッジフォーラムはその理念や目的を自分たちなりに理解した教員が実践を行う一種のプラットフォームとして機能することになる。この創発的な学びを ICT がどう支援し、また評価可能にするかは重要な論点である。

(7) まとめ

以上、紹介した六つのシステムは、国内外で展開される ICT 活用型の実践のわずか一部でしかない。学習科学と重複する領域には、ICT を用いた教育実践の可能性を探る学問領域“CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning)”自体が存在する。そこで、ここでは六つのシステムの特徴を簡単に振り返った上で、その少ない事例の共通点を一般化するよりも、それらが当然の前提としているポイントを、CSCL や学習科学の情報教育に関する知見 (Bransford ら, 1999/2002, 第 9 章) も参照しながらまとめておく。

表 8 にそれぞれの学習支援システムの特徴 (機能: functionality) と、その特徴を用いた学習上の狙いについてまとめた。わずか六例であるにもかかわらず、六者六様の機能が実装されていたことが分かる。本章 1 節で記したような ICT の「情報の共有・分析・表示」等の特長も含まれており、実際の学習場面ではその場に応じて必要な機能が詳しく検討され、選択され実装されるということだろう。その一方で、全てのシステムを学習理論が支えていたように、表 8 のシステムの特徴と狙いの間に密接な関係があることは共通している。つまり、ICT のユニバーサルな利点があって、それに従って一般的に「このように使えばよい」というガイドラインが引き出せるものではなく、その場で教えたいことに応じて ICT の機能を選択・創造・活用していく必要があるということである。だからこそ、デザイ

ン研究と呼ばれるような不断の授業改善とシステム改善とが両輪で必要になるのだと考えられる。

表8. 六つの学習支援システムの特徴と狙い

システム	ICT の特徴（機能）	狙い
グループ・スクリブル	情報の即時共有・編集・表示	個と集団の交流を通じた協調学習
モデル・イット	自動計算・シミュレーション	モデル化などの科学スキル
バイオキッズ	小型化による情報収集・記録 データベース活用	観察・分析 科学的推論などの科学スキル
シンカーツール	シミュレーション エージェント	科学的理解 メタ認知（認識論・自己調整学習）
ワイズ	シミュレーション 探究支援エージェント 可視化	科学的理解 メタ認知（認識論・自己調整学習） 議論など科学的スキル
ナレッジフォーラム	掲示板 分析ツール	協調的な説明構築 メタ認知（意図的学習）

以上の知見は学習科学や CSCL が教育における ICT の利用、すなわち「教育の情報化」をどのように捉え進めようとしているかと軌を一にしたものである。こうした領域での ICT を活用した教育実践の共通項は、次の六つにまとめられる。

- 1) ICT の利用は、学習者同士が対話し合い、教員や地域の大人も含めた教室外の者との対話も含めて学びを進めていく協調的な学習環境づくりのためのものである。
- 2) ICT の利用自体が目的ではなく、それを通じた教科等の内容理解や資質・能力、スキルの獲得、メタ認知の形成などに狙いがある。
- 3) しかし、2) の学習過程において、ICT の自動計算や記録・編集等の処理能力が強力に、かつ多くの場合、不可視な（invisible）形で支援として働いている。
- 4) したがって、2) によって学習者が ICT を使いながら自らの知性や能力を増幅することができおり、その一体化された能力の増強過程を内省することを通して、ICT 自体に対する学びが促進し得る。
- 5) 以上の一貫・一体化した学習経験を学習者に提供するために、明確な教育目標（学習のゴール）とそれを実現するために ICT をいかに使うかという（学習理論やペダゴジーを含む）「学びの視点」が不可欠である。
- 6) 5) の一貫・一体化した学びを引き起こすために、教育行政関係者、学習支援システム開発者、教員等が一致協力して開発と検証に当たるというシステムレベルでの一貫性・一体性が必要であること。

1)については、本章 2 節までに見たような「問いの共有」、「違いの可視化」、「学習過程の可視化と共有」という原則をカバーした学びが六つのシステムでも実現されていたこと

で示唆される。2, 3, 5) は表 8 で示したとおりである。4) はどのプロジェクトでも目標とされているが、いまだ不十分にしか実現されていない。6) はシステム開発者も不断の授業改善に参加している点が重要である。

さて、こういった実践研究を広げていくために今後取り組むべき大きな課題の一つが評価であり、近年では、クラウドを活用した学習履歴の収集・分析手法の開発である。これからの学習が一人一人の学習者の独立した学習を保証しようとする限り、学習履歴も一人一人個別に収集・分析できなくてはならない。協調学習が社会的な知の構成を基本原理とする以上、学習過程で生み出される学びの履歴は、協調場面で交わされた物理的に多様で雑多な表現が、各学習者の断片的な内的知識を反映するという、高度に分析困難なものが基本となるだろう。こういった困難さに対処するために、現在の音声認識やそのテキスト化手法、またテキストからそこに意味される内的知識の世界を推定する手法がこれから大きく変わっていかねばならない。一つの期待は、これまでそのような技術がなくても教員は授業の雑音の中で一人の子供のつぶやきを聞き、その子の内面で起きている学びの豊かさをつかみ取る経験を繰り返してきたことにある。もうしばらくの間は、そうした経験が技術の発展の方向を誘導するだろう。近い将来、技術が提供し得るものと教員の経験知を組み合わせることによって、多様な学習者の多様な学びの姿が多くの人に入手可能になり、そこからまた次の学習研究の課題が生まれ出ることになるだろう。

【引用文献】

- 新井紀子 (2013). 「人材教育の高度化カギに」. 『日本経済新聞』, 2013. 5. 1 朝刊 27 面.
- ATC21S (2013). *Assessment and Teaching of 21st century skills*.
<http://www.atc21s.org/> (2016/03/01 参照)
- Bell, P. & Davis, E. A. (2000). “Designing Mildred: Scaffolding students’ reflection and argumentation using a cognitive software guide.” *Fourth international conference of the learning sciences*, 142-149.
- Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (1999). *How people learn: Brain, Mind, Experience and School*. Washington, D.C: National Academy Press. (森敏昭・秋田喜代美(監訳)(2002). 『授業を変える: 認知心理学のさらなる挑戦』. 京都: 北大路書房.)
- Bransford, J. D. & Stein, B. S. (1984). *The IDEAL problem solver: A guide for improving thinking, learning, and creativity*. New York: Freeman Co.
- Bruer, J. T. (1993). *Schools for Thought: A Science of Learning in the Classroom*. Cambridge: MIT Press. (ブルーアー, J. T. (著) 松田文子(監訳) 森敏昭 (訳) (1997). 『授業が変わる: 認知心理学と教育実践が手を結ぶとき』, 京都: 北大路書房.)
- Clarke, J., & Dede, C. (2009). Design for scalability: A case study of the River City Curriculum. *Journal of Science Education and Technology*, 18(4), 353-365.
- Clark, D., & Linn, M. (2003). “Designing for knowledge integration: The impact of instructional time.” *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 451-493.
- Cognition & Technology Group at Vanderbilt (CTGV) (1997). *The jasper project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, N. J.: Laurence Erlbaum Associates.
- Cohen, M., & Miyake, N. (1986). “A worldwide intercultural network: Exploring

- electronic messaging for instruction.” *Instructional Science*, 15, 257-273.
- Cohen, M. & Riel, M. (1989). “The Effect of Distant Audiences on Students’ Writing.” *American Educational Research Journal*, 20, 143-159.
- Collins, A., Fischer, G., Barron, B., Liu, C., & Spada, H. (2009). “Long-tail learning: A unique opportunity for CSCL.” *Proceedings of the 9th international conference on Computer supported collaborative learning*, 22.
- 金成隆一 (2013). 『ルポ MOOC 革命——無料オンライン授業の衝撃』. 東京: 岩波書店.
- Griffin, P., and Care, E. (Eds.). (2015). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Dordrecht: Springer.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (Eds.). (2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Dordrecht: Springer. (三宅なほみ (監訳) 益川弘如・望月俊男 (訳) (2014). 『21 世紀型スキル: 学びと評価の新たなかたち』. 京都: 北大路書房.)
- 波多野誼余夫・稲垣佳世子 (2006). 「概念変化と教授」. 大津由紀雄・波多野誼余夫・三宅なほみ (編) 『認知科学への招待 2』, 東京: 研究社, 95-110.
- 国立教育政策研究所 (2014). 『教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書 7 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理』. 国立教育政策研究所.
https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_1_allb.pdf (2016/03/01 参照)
- Kozma, R. B. & Roth, Martina. (2012). “Preface” . In *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Dordrecht: Springer. (ロバート・B・コズマ, マルティナ・ロス (著) (2014) 「はしがき」. 三宅なほみ (監訳) 益川弘如・望月俊男 (訳) (2014). 『21 世紀型スキル: 学びと評価の新たなかたち』. 京都: 北大路書房.)
- Lehrer, R. & Schauble, L. (2006). “Cultivating model-based reasoning in science education.” In K. Sawyer (Ed.) *The Cambridge Handbook of Learning Sciences*, 371-388. (森敏昭・秋田喜代美 (訳) (2009) 『学習科学ハンドブック』. 東京: 培風館.)
- Linn, M. C., Davis, E. A. & Bell. P. (2004) . *Internet Environments for Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Linn, M. C. & Eylon, B-S. (2011) . *Science learning and instruction*. New York: Routledge.
- Linn, M. C., & Hsi, S. (2000) . *Computers, teachers, peers: Science learning partners*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Linn, M. C., Lewis, C., Tsuchida, I., & Spnger, N. (2000). “Beyond fourth grade science: Why do U.S. and Japanese students diverge?” , *Educational Researcher*, 25, 18-24.
- Liu, C. C. (2008). “Beyond the ownership of handheld devices: Active learning with ubiquitous learning minds.” *Proceedings of WMUTE 2008*, 11-19.
- 美馬のゆり (1997). 『不思議なネットワークの子どもたち—コンピュータの向こうから科学者が教室にやってきた!』. 東京: ジャストシステム.
- 三宅なほみ (1997). 『インターネットの子どもたち』. 東京: 岩波書店.
- 三宅なほみ (2011). 「概念変化のための協調学習」. 『心理学評論』, 54, 328-341.
- 三宅なほみ・益川弘如 (2014). 「インターネットを活用した協調学習の未来へ向けて」. 『児童心理学の進歩』, 53, 189-213.
- 三宅なほみ・白水始 (2013). 『学習科学とテクノロジー』. 東京: 放送大学教育振興会.
- Mitra, S. (2010). “The child-driven education.” Talk presented at TED talks.
https://www.ted.com/talks/sugata_mitra_the_child_driven_education/recommendations (2016/03/01 参照)
- 文部科学省 (2014). 『「ICTを活用した教育の推進に関する懇談会」 報告書 (中間まとめ)』. 文部科学省.

- http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/26/08/__icsFiles/afieldfile/2014/09/01/1351684_01_1.pdf (2016/03/01 参照)
- Roschelle, J. (1992). "Learning by collaborating: convergent conceptual change." *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 235-276.
- Roschelle, J., Tatar, D., Chaudbury, S. R., Dimitriadis, Y., Patton, C. & DiGiano, C. (2007). "Ink, Improvisation, and Interactive Engagement: Learning with Tablets" *Computer (September, 2007)*, 40(9), 42-48.
- Scardamalia, M. (2014). "Designs for Principle-Based Innovation in Education." *Talk presented at ICCE2014*, Nara, Japan.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1996). "Computer support for knowledge-building communities." In T. Koschmann, (Ed.), *CSCL: Theory and practice of an emerging practice*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 249-268.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (2006). "Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology." In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. New York: Cambridge University Press, 97-118. (森敏昭・秋田喜代美監訳 (2009). 『学習科学ハンドブック』. 東京: 培風館.)
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (2013). "Beyond 21st century skills: Building cultural capacity for innovation." 人口ロボット共生学国際シンポジウム「学び続ける力を育てる教育と評価のネットワーク構築に向けて」, 2013 年 5 月 26 日
- Scardamalia, M., Bransford, J., Kozma, B. & Quellmalz, E. (2012). "New assessment and environments for knowledge building." In Griffin, P., McGaw, B. & Care, E. (2012) *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. New York: Springer-Verlag, 231-300. (スカーダマリアら(著) 河崎美保・齊藤萌木・大浦弘樹・館野泰一(訳) (2014). 「知識構築のための新たな評価と学習環境」. 三宅なほみ(監訳) 『21 世紀型スキル: 新たな学びと評価』. 京都: 北大路書房, 77-158.)
- 重田勝介 (2014) 「MOOC が高等教育に与えるインパクト」. 『大学マネジメント』, OCT 2014 10(7), 2-10.
- Shirouzu, H., Miyake, N. & Masukawa, H. (2002). "Cognitively active externalization for situated reflection." *Cognitive Science*, 26, 469-501.
- Songer, N. B. (2006). "BioKIDS: An Animated Conversation on the Development of Curricular Activity Structures for Inquiry Science." In K. Sawyer (Ed.) *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 355-370. (森敏昭・秋田喜代美(訳) (2009) 『学習科学ハンドブック』. 東京: 培風館.)
- Stigler, J. W. & Hiebert, J. (1999). *The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom*. New York: The Free Press. (湊三郎訳 (2002). 『日本の算数・数学教育に学べー米国が注目する jugyou kenkyuu』. 東京: 教育出版.)
- Suthers, D. D., Lund, K., Rose, C. P., Teplov, C. & Law, N. (Eds.) (2013). *Productive Multivocality in the Analysis of Group Interactions (Computer-Supported Collaborative Learning Series 16)*, New York: Springer.
- 戸田正直 (1992). 『感情一人を動かしている適応プログラム』. 東京: 東京大学出版会. (戸田正直 (2007). 『感情: 人を動かしている適応プログラム 新装版』, 東京: 東京大学出版会.)
- 遠山紗矢香・高垣マユミ・岡村知英・白水始 (2015). 「ICTを用いた協調学習による「前向き授業」」. 『日本教育心理学会第 57 回総会論文集』, 459.
- 梅田望夫・飯吉透 (2010). 『WEB で学ぶ——オープンエデュケーションと知の革命』. 東京: ちくま新書.
- Vosniadou, S. (2013). "Conceptual change in learning and instruction: The framework theory approach." In S. Vosniadou (Ed.) *The International handbook of researches*

- on conceptual change, 2nd Edition*. New York: Routledge, 11-30.
- White, B. & Frederiksen, J. (2007). "Fostering reflective learning through inquiry."
In J. Campione, A. Palincsar, & K. Metz (Eds.), *Children's learning in laboratory and classroom contexts: Essays in honor of Ann Brown*. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 163-196.
- Zhang, J., Scardamalia, M., Reeve, R. & Messina, R. (2009). "Designs for Collective Cognitive Responsibility in Knowledge-Building Communities." *Journal of the Learning Sciences*, 18(1), 7-44.

(益川弘如・白水 始)

第7章 今後の課題

本章では、第1章から第6章を踏まえ、これから求められる資質・能力における ICT リテラシーの位置付けや詳細、情報活用能力との対応、ICT リテラシーの育成、そのための支援体制など様々な論点について整理し、残された課題の検討を行う。

1. 情報活用能力とその教育をめぐる論点

ここでは、まず日本の資質・能力目標である情報活用能力と、教科「情報」など、その教育をめぐる典型的な論点を挙げ、それに対する選択肢と各々の利点・課題を整理する。

(1) 「情報」をデジタル情報に限定するか、アナログ情報も広く含むか？

典型的な論点の一つは、情報活用能力などの資質・能力目標に掲げられる「情報」を、ビット列で表現されたデジタル情報に限定するか、それ以外のアナログ情報も含むかである。

前者の立場に立てば、情報活用能力もデジタル化された情報を活用する能力、すなわちコンピュータ及びネットワークを媒体とした情報に関わる能力ということになり、目標が限定的で明確なものになる。それが能力育成に向けた教育も促すという利点が期待されよう。これは、第3、4章で見たように、世界の情報教育も社会の情報化に対応して「デジタル」情報を重視する方向にシフトしつつあることと軌を一にするものでもある。この場合、従来の情報活用能力の3観点における「情報活用の実践力」は「デジタル情報やその情報技術（例えばコンピューティング）を活用する力」、「情報の科学的な理解」は「デジタル情報やその情報技術に関わる理解」、「情報社会に参画する態度」は「デジタル社会に参画する態度」ということになる。課題はアナログ情報を除外することで、例えばアナログ情報を用いた小・中学校段階の学習とデジタル情報を用いた高等学校段階での学習が断絶してしまうようなことが生ずる点、及び、教科情報におけるデジタル情報対象の学習と国語におけるアナログ情報の読解が無関連に受け止められるなど、多様な教科等を横断した学びが実現しにくくなる点などが考えられる。

一方でアナログ情報まで広く「情報」に含むという後者の立場を取れば、上記の課題がカバーされ、学校段階を連続して教科等横断的に情報活用能力を育み続けられるという利点がある。その反面、どのような教育をすれば情報活用能力を育成していることになるのかが不明確で、したがって ICT の活用も進みにくいという課題が考えられる。

以上二つの立場に対して、デジタルかアナログかという議論よりも、情報をいかなる目的で活用するのか、活用能力をいかなる目的で育成し、社会の創造や個人の幸福につなげていくのかという観点が重要だと考える立場もある。本報告書も、ICT リテラシーに特化した知見を整理し、情報を深い思考や学びに活用するという目的があること（第3、6章）や、それを社会全体の質向上につなげるという狙いがあること（第2、6章）を見てきた。今後は、デジタル情報やコンピュータを何の役に立てたいのかという観点で議論を深め、

それに照らした形でアナログ情報の意味を考えていく必要があるだろう。

(2) 授業に対する ICT の活用を積極的に推奨するか、しないか？

上記の論点とも連動するが、教科「情報」だけでなく、様々な教科等における ICT の活用を積極的に推奨するか、若しくは推奨せずに、必要なときに教員や児童生徒等が自らの判断で使えばよいという形で任せるかという論点である。

前者の論拠は次のようなものだろう。すなわち、道具は目的のために使えるようになってこそ意味があり、だからこそ使いこなせるようになるまで使い続ける必要がある。それゆえ、道具を必要とする場面を積極的に授業の中に創り出し、児童生徒がそれを使う機会を意識的に設ける必要があるため、教員等の判断に任せるのではなく、ICT の活用を何らかの組織的・制度的なレベルで積極的に推奨していくことが重要だという論拠である。実際にこのような教育が可能になれば、学習における ICT の多様で積極的な活用例も生まれてくる利点がある。その一方で、目的や得られる効果を考えずに ICT を使うケースが増えることで学習を妨げる逆効果や子供が ICT 嫌いになるという課題も考えられる。その場合、イングランドのように“Should not use (使うべきではない)” (Kele & Michelle, 2008) ケースを示すやり方も考えられる。

後者の立場は、教員等の自己判断で ICT を目的や効果に応じて適切に使うことで、教育の全体的な効果を増す利点が考えられる。一方で、教員等が ICT を導入する必要性を見いださなければ、「使わないまま」になる課題も考えられる。

両者の立場に共通するのは、教員自身の情報活用能力が重要だということだろう。すなわち、教員がどの程度児童生徒の学習過程や、そこでの ICT 活用の意味や効果について理解し、ICT を活用すべきかどうかや、いかに活用するかなどを実践的に判断ができることが何よりも重要だということである。確かに科学的な検証を厳密に行えば、「タブレット」や「コンピュータ」と「紙」とで学習効果が異なるように見える場合もある（好例として赤堀，2014）。しかし、こうした実践・実験を広い視野で見ると、一般的な ICT の効果を実証したというよりも、その特長がよく生きる実践・実験題材を使ったことで効果がもたらされている場合も多い。もしそうだとすれば、もう一步進んで、ICT が効果を発揮する単元や学習場面をあらかじめ同定するというある種の「マップ」作りが考えられる。しかし、実際の学習場面はそうした単純化が簡単に行えないほど複雑であり（第6章参照）、かつ、ICT がその性質上、次々と新しい機能を備えることが多く、単純な一般化は行い難いと考えられる。だからこそ、教員一人一人の現場判断を支えるような ICT 活用能力の育成が重要であり、本報告書の第4章の諸外国例で見たように、児童生徒だけでなく、教員の成長も支援しようとする教育改革が多いのであろう。

(3) 教科「情報」等の固有性を強調するか、汎用性を強調するか？

上記二つの論点とも連動するが、教科「情報」を中心に情報教育の内容や方法面の固有性を強調するか、それとも、「情報」は全ての教科等の学びに関わるものとしてその汎用性や教科等の横断可能性を強調するかという論点である。

本節（1）の論点でデジタル情報を重視する立場が、教科の「親学問」である情報科学

やコンピュータ科学との関連性を強調するため、前者の立場と関係しやすい。後者はアナログ情報も含めて情報を広く取る立場と関係する。それによって、教科等を問わず、あらゆる学びが情報を扱うものであることを基盤として、情報活用能力を広範な場面で育てることができる。

この両者は、二項対立の関係ではなく、段階的に考えることができるのかもしれない。第5章の囲み5-1に見るように、ICTスキルだけでなく、情報の活用能力が次のような段階で進むと考えれば、両者は第3段階と第4段階の考え方を反映していると受け止められるからである。

第1段階：他の教科と切り離された特定教科群で情報活用能力が教えられる。

第2段階：独立した教科群で伸ばされた情報活用能力が他の教科等の学習に使われる。

第3段階：情報活用能力が全ての教科等に埋め込まれた形で使われ伸ばされる。

第4段階：その上で、より高度な能力育成に向けた専門教科が設けられる。

(第5章囲み5-1の内容再掲)

こうした段階間の移行を的確に進めたいのだとすれば、まずは第1段階の情報活用能力の育成が技術・家庭科や教科「情報」で十分行われているかの検証、第2段階として教科「情報」と他教科との連携がなされているかの検証を行った上で、今後に向けて、情報活用能力の第3段階「全ての教科等への埋め込み方」と第4段階「より高度な専門教科内容」とを早急に検討する必要がある。前者は学び方も一緒に検討する必要性、後者は教育課程全体を見渡して、資質・能力目標を内容とどう結び付けていくかを考慮する必要性をそれぞれ示している。

(4) 本研究からの示唆

以上の論点に対して、本研究からの示唆は、次の二点である。

- 資質・能力目標をいかなるものにするかに関わらず、それを十全に教育したいのであれば、その目標と教科等の内容、学習・指導方法、評価を一体的に構想し実践に移すことで、児童生徒にも一貫・一体化した学習経験を提供することが必要である。
- そのための教員養成・研修やインフラストラクチャの整備も含めた制度・環境面（システムレベル）の支援を一体的に行っていくことが必要である。

このように考えると、情報活用能力等の教育は、単に教科等の内容を設定するだけではなく、学習・指導方法や評価、教師教育の改革、インフラの整備などを総合的に行う必要があることが分かる。その総合的な改革のために「情報」をどう定義し、資質・能力目標をいかなるものと見定めるかが核となる。いわば一体的改革が、この資質・能力目標「X」を結節点としてめぐってなされることになる。

例えば、資質・能力目標の内容を「計算論的思考 (Computational thinking)」にすれば、次のような目標設定や内容設定、学習・指導方法が導出される (Wing, 2006/2015)。

- ・ 目標：コンピュータ科学者のように、計算装置の計算方式や計算可能性に従って、その資源を活用しながら考えることができる。
 - それによって巨大で複雑な課題に挑戦したり、巨大で複雑なシステムをデザインしたりすることができる。
 - 不確定な状況でもヒューリスティック⁵³な推論によって解を発見することができ、プランニング、学習、探索、スケジューリングを行うことができる。
 - 最悪なシナリオの予防、防御、そこからの復帰という観点を持って、冗長性、故障封じ込め、競合条件回避を行うことができる、など。
- ・ 教科等の内容：上記の目標に従い、計算論的思考に関わるコンテンツを扱うことになる。それに加え、親学問の関係性（機械学習が統計学、ナノコンピューティングがたんぱく質の構造・機能解明や化学、計算ゲーム理論が経済学、量子計算が物理学に影響を与えた例など）を反映して、教科等間の横断が積極的に行われることになる。
- ・ 学習・指導方法：いかなる学習・指導方法であれ、実際にコンピュータを使いながら、問題発見・解決過程を計算論的に考えるという活動が含まれることになる。現象から、計算論的な手法が適用できる情報を同定し、現象を情報へと分節化し、情報同士を関連付けてモデル化し、計算処理を実行することで、処理結果を現象（世界）に戻す（適用する）といった学習活動が想定される。

これは一例でしかないが、このように定義して考えると、「計算論的思考を学ぶために計算装置を使って情報を計算論的に捉える」という教育の在り方がはっきりしてくる。

それでは、アナログ情報までを対象として情報活用能力を学ぶために、何をどのように学べば、どのような力が身に付くことになるのであろうか。例えば、情報を扱う手法として KJ 法やブレインストーミングを学べば、それが問題発見・解決過程を「情報」の観点から見ることにつながるのであろうか。こうした点を明確にしておくことが、目標や内容、学習・指導方法を一体的に構想することにつながるだろう。

次に、目標・内容・方法・評価の一体化（言わば pedagogical coherence）をいかに実現していくかである。ICT リテラシーに話を絞れば、例えば、教員養成課程に「アクティブ・ラーニングの視点に立った授業改善並びに情報機器及び教材の活用を含む教育内容」が積極的に導入されると、それは学び方と ICT 活用を一体化させることに寄与する。教師教育の研究分野では、教室での授業に ICT を融合的に使うためには、教師がカリキュラムの意図したゴールの達成に向けて教育内容と教授法（ペダゴジー）、テクノロジーを適切に結び付ける力量、すなわち、「テクノロジーによる教授内容知識（TPACK: Technological Pedagogical Content Knowledge）」を増大させることが必要だと言われている（Mishra & Koehler, 2006）。

授業での ICT 活用に加えて、教員が自らの授業準備や研究、発表といった探究的な活動に ICT を日常的に活用することができれば、そこには幅広い情報収集やデータの分析・加工、遠隔地にいる関係者とのコミュニケーション、発表・レポートの作成・編集といった

⁵³ 形式的推論等により確実にうまくいく「アルゴリズム」に対して、経験則に基づく不確実なやり方を指す。

活動が含まれやすいため、教員自身が授業に ICT をいかに用いるかという判断力の向上にも役立つだろう。また、教員自身の有意味な ICT 活用経験の蓄積は、例えば授業にスマートフォンの使用を許可した場合に、児童生徒が学習内容についてスマートフォンを用いて検索しているのか、単に遊んでいるだけなのかを見極める力なども身に付けさせるだろう。このように考えると、授業における先述の pedagogical coherence は、教員養成も含めたシステムレベルの一体的な支援（言わば systematic coherence）と切り離せないと言える。

よりシステムのレベルにおいても、例えば各地方自治体が ICT に関する政策を提言する際、インフラ整備から提言を始めるのではなく、いかなる学びを児童生徒に引き起こしたいのかという目的や学びのゴールを描くところから提言を始め、そこからインフラ整備等を導出することで、ICT 活用の目的が明確になり、その活用が日常化し、一体的な改革が起きやすくなるといった可能性が考えられる。

例えば、「学校内外の学びをつなぐ」という目標を立てれば、それに従って、学校に無線 LAN 環境を整備すると同時に公共施設（公共図書館や公民館、駅など）でシームレスに使える環境整備をする案が自然に導出される。実際に幾つかの自治体では、学校からタブレット端末で公衆回線（LTE 環境）を利用した接続が進められている（古河市、2015 など）。

家庭学習の時間を知識・技能の習得や基礎的な情報の収集に使い、その成果を学校に持ち寄って主体的・協働的な学びに従事させて、知識・技能の定着と思考力・判断力・表現力等の伸長を図ること、及び、その過程で ICT 機器を流暢^{リゆうちよう}に使えるようになることを目標にするのであれば、個人（あるいは家庭）が持っている ICT 機器を学校に持ち込んで学習に使う BYOD（Bring Your Own Device）を検討することも考えられる（豊福、2015）。

第2章で見たように、家庭や個人でのタブレット PC やスマートフォンの所持率が高まり、学校でも「一人一台」の端末整備に向けた動きが本格化している現在では、それだけ、多様な機器から最適な組合せを選択して授業を組み立てることが可能になっている。「デジタル教科書」の導入についても環境が整いつつあり、法整備の必要性が指摘されている（文部科学省、2016b）。逆に言うと、何をどのように整備するとよいのかという判断自体も教員や学校、各自治体に求められるようになってきた。各学校や地域の状況に合わせた多様なアイデアが互いの参考になる面もあるだろう。その一方で、国による「教育の IT 化に向けた環境整備4か年計画（平成26年～29年度）」は地方交付税措置であるために自治体の裁量に任されており、ICT の環境整備率に差が見られ始めている。第2、6章で述べたように ICT リテラシーが「生きて働く全ての人にとって獲得可能でなくてはならないスキル」であるとするれば、最適な組合せを選択できるだけの十全な環境整備が望まれる。

2. 本研究の課題

本研究が扱えなかった主要な課題は、発達段階に応じた指導の在り方と、ICT リテラシー等の到達度の評価、情報モラルやセキュリティ教育の三点である。

第3章で見たように情報活用能力についても発達段階に応じて教えることを定めてきた観点があったように、ICT リテラシーについても、発達段階に応じて教育内容と評価を設定する必要があるかという検討課題が残されている。発達段階については、そもそも「何歳まではこれこれのことしかできない」といった見方が子供の潜在能力の発揮を抑えている

といった批判がある (Metz, 1995)。特に ICT のように次々と学習対象が更新される領域では、高校卒業時などを到達点としてそこから逆算して小学校 1 年生で学ぶべきことを決めるのが難しいという問題もある。例えば、2016 年度現在に 18 歳である高校 3 年生を考えてみると、マイクロソフト社の Windows の OS は 6 バージョンも更新された。ICT リテラシーの学習対象に特定の OS を選ぶ必要はないが、そうは言っても技術の進歩によって、OS やインターフェイス、入力装置、タイピング等の考え方も更新せざるを得ない面は多々ある。そう考えると、発達段階をあらかじめ厳密に定義することは難しい面がある。

その一方で、小・中学校段階から高等学校段階まで連続的に ICT リテラシーを育成することを考えたときには、小・中学校の学びが高校段階でのどのような学びにつながるかが見えた方が効果的だという立場もあり得る。例えば、「クレジットを出して引用できる」という情報モラルを小学校低学年であれば「物を借りるときに一言断る」ことの学びから始めることや、「遠隔地にいる相手の状況に応じて的確なコミュニケーションができる」という学びを小学校で「文章の工夫で嫌な思いをする人が少なくなる」という学びから始めることなどが考えられる。平成 28 年 12 月に中央教育審議会が答申した『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』（中央教育審議会, 2016）でも「発達の段階に応じて、情報活用能力を体系的に育んでいくことが重要になる」とされており、このような学校段階、学年に合わせた教育目標の言い換えが能力育成につながるかは、今後の検討が期待される。

次に、ICT リテラシーの到達度の評価については、様々な目標に応じたパフォーマンス課題が開発されている。例えば、第 6 章で紹介した 21 世紀型スキルプロジェクトでは、囲み 7-1 のような資質・能力目標に応じたローエンド (スコア=1) とハイエンド (スコア=10) を設定し、リテラシーを育成する学習環境を評価すると同時に、囲み 7-2a, 7-2b のような課題に生徒が回答できるかで評価する例を示している (グリフィンら, 2014, pp. 153-155; 国立教育政策研究所, 2014, pp. 192-193)。囲み 7-2b の例は、一見 ICT が関係ないように見えるが、実測とシミュレーションを繰り返しながら、近似解を求めていくことや、近似解の根拠自体を説得的に記述することが求められている。

囲み 7-1 : 21 世紀型スキルにおけるリテラシー目標

<情報リテラシー・調査活動>

スコア 1 : 問いに対して答えを探す。情報を見付けてきてそれをまとめる。変数を変えたらどうなるのかを検討するような調査に従事する。

スコア 10 : 今手に入る情報を越えて真相等を突き止めようと更なる情報収集活動に従事しようとする (going beyond given information)。知識リソースを建設的に活用し、またそれに対して貢献することで、よりよいアイデアを社会的に蓄積して拡大する。知識リソースや情報を発展させるための取組に知識創造が位置付けられる。

<ICT リテラシー>

スコア 1 : 一般的なアプリケーションやウェブ上のリソースや各種サービスに慣れ親しみ、使うことができる。

スコア 10 : ICT は組織の日常的な活動の中に埋め込まれている。共有されたコミュニテ

ィ空間が作られ、世界規模の関係が構築され、参加者によって継続的に改善される。

囲み 7-2a : 21 世紀型スキルを問う課題例①

地元のニュースのウェブサイトの編集長から送信されたという状況設定で、児童生徒に電子メールが届きます。電子メールの内容は、地元の求人情報を調査したり、ウェブサイトの人ページを作ったりすることを依頼するものです。この課題を達成するために、児童生徒は、ウェブを検索したり、求人情報を送ってもらうために架空の会社に電子メールを送ったりする必要があります。入手できる情報の範囲と質は多様ですが、現実の Web 情報を反映しています。課題に取り組む間、児童生徒には、編集長からさらなる依頼（締切りの変更や依頼内容の追加）が届きます。

囲み 7-2b : 21 世紀型スキルを問う課題例②

生徒への指示：あなたの学校の全ての職員と生徒が座る積み重ね椅子を十分格納するためのスペースをデザインしてください。

1. 積まれた椅子の山のそれぞれの次元から数学的モデルを開発してください。椅子の数は不明です。
2. 椅子を実用的に収納できる状況をあなたが考えやすくするために、数学的モデルを活用して次のものを考えてください。
 - a. 4メートルの高さがある収納室に収まる椅子の山に含まれる椅子の最大数
 - b. それぞれの山に 10 の椅子が積まれている場合 3.2m の幅がある部屋における山の数
 - c. 学校のすべての椅子が 1 つの山に積まれている場合の山の高さ
3. 質問 2 で導き出された「椅子を実用的に収納できる状況の理解」を活用して、椅子が実際に収納できる領域を見付けてください。

次ページの囲み 7-3 には“FITness” (National Research Council, 1999) プロジェクトの資質・能力目標に関する構成要素を示し、囲み 7-4 に大学生用の課題例を引用した。なお、この FITness は“Fluency with IT” の頭文字であり、IT について、単に使えるというだけではなく、^{りゆうちよう}流暢 (Fluent) に使いこなせるような力を身に付けることが大切であるという提言が込められている。囲み 7-4 に紹介した課題以外にも、家族の一員が致命的な病気と診断されたと想定して、病理学的、社会的、経済的などあらゆる方面からサポートの体制を考えるプロジェクトがある。データとなる医学的な情報の収集整理、診断の妥当性の検討、病院、社会的サポートなど治療に関する情報の収集整理、住環境や生活習慣の変更を検討するところに ICT を使う。それだけでなく、その結果をウェブサイトに公開し、実際に仲間や専門家のコメントを得るところまで行う。

ここで想定されている評価対象者は大学生だが、高校生程度に可能な問題を設定してチームで実際解いてみるような課題を情報活用能力調査や各大学の個別入試として行うことも考えられるだろう。こうした課題の作成を国内外で教員や研究者などが協働で行うことができれば、ICT に関わる資質・能力目標の具体化や再吟味にもつながる。

こうした ICT リテラシーの適切な育成と評価のサイクルをいかに回していくかが、今後

の大きな検討課題の一つである。

囲み 7-3 : FITness における情報技術を使う 流暢^{りゅうちょう}さの構成要素

① 知的能力

1. 持続的な推論をする
2. 複雑さを処理する
3. 解き方をテストする
4. 解法が間違っているとき、問題点をみつけて処理する
5. 情報を構造化しナビゲートする／情報を評価する
6. 他人と協力する
7. 分野の違う聴衆と話し合う
8. 予測しにくいことを予測する
9. テクノロジーの変化を予測する
10. 情報テクノロジーについて抽象的に考える

② 情報テクノロジーについての基礎的な理解

1. コンピュータ
2. 情報システム
3. ネットワーク
4. 情報のデジタル表象
5. 情報組織
6. モデリングと抽象化
7. アルゴリズム的な考えとプログラミング
8. 一般性
9. 情報テクノロジーの限界
10. 情報の社会的影響と情報テクノロジー

③ 情報テクノロジーを利用するスキル

1. パソコンのセットアップ
2. 特徴的な基本的なオペレーティング・システムの使用
3. 文書ドキュメントを作るためにワープロを使用する
4. アイデアを表象するためのイラストやスライドを描くのに
グラフィティック・エディターやアート用のツールを使う
5. コンピュータをネットワークにつなげる
6. 情報や資源を見付けるためにインターネットを使用する
7. 他の人とコミュニケーションするためにコンピュータを使用する
8. 簡単なプロセス分析や会計処理のために表計算ソフトを使う
9. 役に立つ情報にアクセスするためにデータベースを使用する
10. 新しいアプリケーションの使用方法を学ぶために教材を使う

囲み 7-4 : FITness における課題例

「専門店街に初心者向けパソコンを売るようなパソコンショップを一つ作りたい」という課題に対して、銀行から資金を借り入れるビジネスプランを作成してプレゼンテーションまでを行う。ビジネスプランと発表の優劣で店が出せるかどうかが決まり、それが成績につながる。

(生徒に期待されている活動：どんな商品を主力として、幾らで、どのように売るかを決めること、スタッフの数や雇用方法、マーケティングの方法、在庫の扱い、店のデザインなどを決めること、それらを統合して確実に融資が得られそうなプレゼンテーションを考案し、実際発表すること)

【引用文献】

- 中央教育審議会 (2016). 『幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』。中央教育審議会。
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm
(2017/01/16 参照)
- 古河市教育部教育環境整備課 (2015). 「株式会社 NTT ドコモと教育 ICT 分野における共同研究に関する協定を結びました」。古河市。
<http://www.city.ibaraki-koga.lg.jp/0000004282.html> (2016/03/14 参照)
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (Eds.). (2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Dordrecht: Springer. (三宅なほみ (監訳) 益川弘如・望月俊男 (訳)
(2014). 『21 世紀型スキル：学びと評価の新たなかたち』。京都：北大路書房.)
- Kele, F. & Michelle, L. (2008). “Aligning Institutional Culture and Practice: The University of British Columbia’s e-Learning Framework”. *Long-Term Strategic Visions of Effective e-Learning Implementations in Higher Education, NIME International Symposium 2008 Report*.
- 国立教育政策研究所 (2014). 『平成 25 年度 教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書 7 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理』。国立教育政策研究所。
http://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/seika_digest_h25.html (2016/03/01 参照)
- Metz, K. E. (1995). “Reassessment of developmental constraints on children’s science instruction.” *Review of Educational Research*. 65 (2), 93-127.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). “Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge.” *Teachers college record*, 108(6), 1017.
- 文部科学省 (2016a). 『文部科学省所管事業分野における障害を理由とする差別の解消の推進に関する対応指針』。文部科学省。
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afiel_dfile/2015/11/24/1364727_01.pdf (2016/03/14 参照)
- 文部科学省 (2016b). 『「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会議 最終まとめ』。文部科学省。
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/110/houkoku/__icsFiles/afiel_dfile/2016/12/16/1380531_1.pdf (2017/01/16 参照)
- National Research Council (1999). *Being Fluent with Information Technology*. National

Academy Press.

Resnick, M. (1999). “Decentralized Modeling and Decentralized Thinking.” In W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.) *Modeling and Simulation in Precollege Science and Mathematics*, Springer: New York, 114-137.

豊福晋平 (2015). 「日本の学校教育情報化はなぜ停滞するのか—学習者中心 ICT 活用への転換—」. 『情報処理』 56(4). 316-321.

戸田正直 (1992). 『感情—人を動かしている適応プログラム』. 東京: 東京大学出版会.

(戸田正直 (2007). 『感情: 人を動かしている適応プログラム 新装版』, 東京: 東京大学出版会.)

Wing, J. M. (2006). “Computational Thinking.” *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. (Wing, J. M. (著), 中島秀之 (訳) (2014) 計算論的思考. 『情報処理』, 56(6), 584-587.)

(白水 始・福本 徹)

平成 28 年度 プロジェクト研究調査研究報告書

初等中等教育－030

資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究
報告書 4

ICT リテラシーと資質・能力
平成 29 年（2017）3 月 発行

研究代表者 梅澤 敦
（国立教育政策研究所 教育課程研究センター長）

発行者 国立教育政策研究所
住 所 〒100-8951 東京都千代田区霞が関 3－2－2
