

理科教育におけるICTの活用と展望

末松 加奈¹⁾

¹東京家政学院大学

ICT utilization in science education: a review

Kana SUEMATSU¹⁾

¹Tokyo kasei gakuin University

Society5.0時代の新たな教育にむけて、GIGA スクール構想をはじめとし、教育現場の ICT 活用が急速に拡大している。1985年に教育用コンピュータの整備予算が配分されて以降、ICT 環境整備の充実に伴い、理科教育においても ICT の活用がすすめられてきた。本稿では、これまでの理科教育における ICT 活用の実態を主要国内学術論文誌である理科教育学研究および科学教育研究をもとに整理するとともに、3つの学習場面（一斉学習、個別学習、協働学習）毎に ICT の活用内容について検討した。その結果、学習場面毎に ICT 活用状況は異なっており、特に協働学習場面における活用実践事例は少なく、その理由として一人1台の端末や無線 LAN 接続環境などの整備の遅れがあることが示唆された。

キーワード：理科教育 ICT 活用 デジタルデバイス デジタル教材

The use of ICT in education is rapidly expanding, including the GIGA school concept, toward new education in the Society 5.0 era. Since the allocation of funds for the development of educational computers in 1985, the use of ICT in science education has been promoted in line with the enhancement of the ICT environment. This paper summarizes the actual status of ICT use in science education to date, based on major domestic academic journals such as Journal of Research in Science Education and Journal of Science Education in Japan, and examines the content of ICT use in each of three learning situations (simultaneous learning, individual learning, and collaborative learning). As a result, it was found that ICT use differs in each learning situation, and in particular, there are few examples of ICT use in collaborative learning situations, suggesting that the reasons for this are delays in the development of one terminal per student and wireless LAN connection environments.

Keyword: science education, ICT utilization, digital devices, digital teaching materials

1) 東京家政学院大学

〒194-0292 東京都町田市相原町2600番地

1 Tokyo Kasei Gakuin University.

2600 Aihara, Machida (194-0292)

1. はじめに

我が国が本格的に教育現場にコンピュータをはじめとしたデジタルデバイス（情報通信機器）の導入を開始したのは、1985年まで遡る。それ以前も教育現場でICT活用が行われていたものの、機器購入のための予算が配分されていなかったという側面もあり、非常に限定的なものであった¹⁾。ところが、昭和60（1985）年の臨時教育審議会において、情報化について議論がすすめられ、以降、コンピュータ整備への予算が組まれ、学習指導要領の中でもICTの活用が示されるようになった。

平成元（1989）年改訂の学習指導要領では、小学校学習指導要領第2章第4節理科において「天気の変化は、観測の結果や映像などの情報を用いて予想できること。」とされ、映像資料等としてデジタル教材を用いる必要性が示された²⁾。また、中学校学習指導要領第2章第4節理科では「情報手段としてのコンピュータなどについて、その発展の過程を知ること。」「各分野の指導に当たっては、観察、実験の過程での情報の検索、実験データの処理、実験の計測などにおいて、必要に応じ、コンピュータ等を効果的に活用するように配慮するものとする。」とされ、情報検索、実験における計測やデータ処理に主にコンピュータを使用することが示された³⁾。その後、平成2（1990）年には第1次コンピュータ整備計画が策定され、以降、平成12～17年の第3次コンピュータ整備計画まで小中高への教育用コンピュータの整備が進められたが、当時の教育用コンピュータは主にコンピュータ室での利用が想定されており、理科室などの特別教室に整備されるコンピュータは教員が活用することが想定されていた⁴⁾。以上より、理科教育へのコンピュータ等のICT活用は、情報化の議論が始まって以降も、教室や理科室で行われる授業では活用しにくい状況であり、また活用内容もデジタル教材、情報検索、計測やデータ処理と限定的であったと想定される。

文部科学省は、ICT活用の効果をどのように捉えているのだろうか。「学びのイノベーション事業実証研究報告書」によれば、実証報告をもとに

考え得るICT活用の効果は、興味・関心の喚起、学習に必要な情報の収集や選択、個別最適な学びによる知識や理解の定着、実際に体験が難しい活動の疑似体験、児童生徒の状況に応じた適切な支援、発表への意欲向上、他者の考えへの気づきを促す、話し合いの活性化などがあるとされる⁵⁾。一方で、木村・田辺・ベネッセ教育研究開発センター（2009）では、教師が考える理科授業でICTを活用するねらいや目的として、「学習内容に対する子どもの興味・関心を高めるため」と「楽しく、やる気を持って授業に取り組ませるため」が大きな目的になっているものの、「理解状況を正しく評価し、つまづきを診断するため」、「結果を予想しながら実験や観察に主体的に取り組めるように」、「手順や方法を正しく理解させたいので実験や観察に取り組ませるため」はICT活用のねらいとして積極的に選択はされなかったことが示された⁶⁾。この調査からは、理科授業へのICT活用の効果の中でも、興味・関心の喚起は教師にとってねらいとして取り入れやすいものの、児童生徒の状況に応じた適切な支援、他者の考えへの気づきを促す、話し合いの活性化といった効果は、ねらいとして捉えにくいことが考えられる。ICT環境整備に関する政策の推移や学習指導要領、理科教育におけるICT活用への意識からは、2000年代までは理科教育におけるICT活用は限定的であったことが推察される。

平成20（2008）年の第1期教育振興基本計画では、校内LANや超高速インターネット接続の整備などデジタルデバイス以外のICT環境整備、また教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数3.6人を目標とし、より活用の範囲を広げるための整備目標が設定されたものの、図1に示すように令和2年度の時点でも教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数は4.9人であり、ICT環境整備が中々進まない状況であった。また、OECD生徒の学習到達度調査（PISA2018）では理科授業におけるデジタルデバイスの使用時間はOECD加盟国中最下位であり、「利用しない」と答えた生徒の割合も約80%であった⁷⁾。

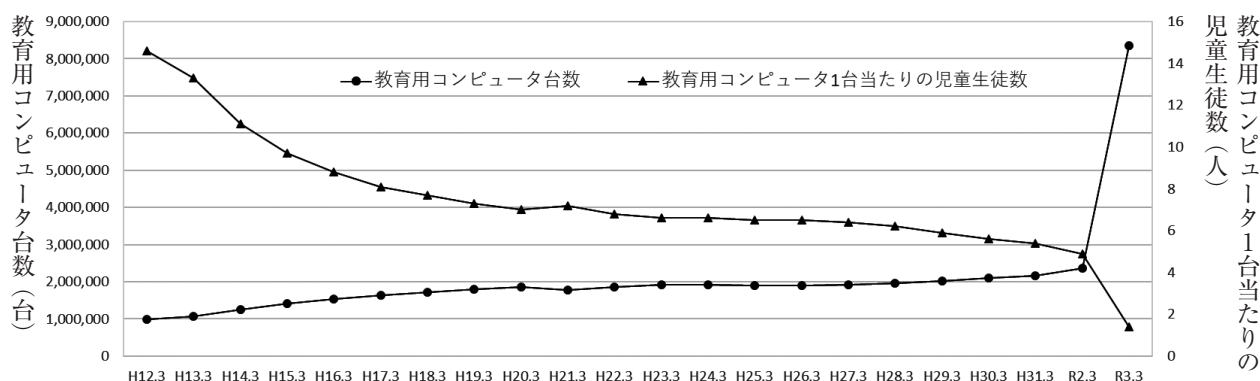


図1 教育用コンピュータの整備状況

出典：文部科学省「学校における教育の情報化の実態等に関する調査（平成11年度～令和2年度）」より著者作成

しかしながら、令和3年度に整備状況は一転する。図1のように教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数は1.4人と大幅に改善され、GIGAスクール構想で示された一人1台に迫る勢いである。GIGAスクール構想の推進と予算配備という側面があるものの、この急激な拡大の背景には、新型コロナウイルス感染拡大による休校措置など、ICT化を急務とせざるを得なかった教育現場の状況があるだろう。そこで本稿では、この様に急激に変化するICT環境の中で、理科教育ではどのようなICT活用が今後考え得るのか、そして教科の学びを充実させるための活用方法を、これまでの理科教育におけるICT活用の実態を主要国内学術論文誌から整理し、その展望を述べる。

2. 理科教育におけるICT活用の状況

2.1 学術論文において検討されたICT活用場面

理科教育に関する主要雑誌の中で、日本理科教育学会発行の理科教育学研究および日本科学教育学会発行の科学教育研究の2誌に着目し、CiNiiのフリーワード検索において「ICT」、「デジタル」、「コンピュータ」が含まれる文献を調べた。なお、教育内容にICT活用が示された平成元年学習指導要領改訂以降を調査対象とした。各キーワードを含む論文数は、重複するものを除き70件あった。そのうち、理科以外の教科に関する研究30件、理科に関する内容であるが小中高における実践を伴わない研究9件を除いた31件を本研究で検

討することとした。検討に当たっては、文部科学省（2014）に整理されているICTが活用される学習場面の分類を用いた⁵⁾。この分類では、学習場面を「一斉学習（1場面）」、「個別学習（5場面）」、「協働学習（4場面）」に整理し、表1のように各場面におけるICT活用のポイントが示されている。

表1 学習場面におけるICT活用のポイント
（文部科学省（2014）より筆者が整理⁵⁾）

学習場面	デジタル
一斉学習	教員による教材の提示 電子黒板等を用いた分かりやすい課題の提示
	個に応じる学習 一人一人の習熟の程度などの応じた学習
個別学習	調査活動 インターネット等による調査
	思考を深める学習 シミュレーション等を用いた考えを深める学習
	表現・制作 マルチメディアによる表現・制作
	家庭学習 タブレットPC等の持ち帰りによる家庭学習
協働学習	発表や話し合い 考えや作品を提示・交換しての発表や話し合い
	協働での意見整理 複数の意見や考えを議論して整理
	協働制作 グループでの分担や協力による作品の制作
	学校の壁を越えた学習 遠隔地の学校等との交流

本研究で調査対象とした31件の論文を、表1の10の学習場面に分類した結果を表2に示す。一斉学習が12件、個別学習が13件、協働学習が6件と、従来の理科教育に関する研究の中では、一斉学習と個別学習の場面对象とする研究が多いことが分かった。また、年代別の件数を見ると、90年代が3件、2000年代が8件、2010年代が17件と論文数が増加している。このことは、当初コンピュータ室のみに整備されていた児童が使用する教育用コンピュータが、徐々に教室や理科室などに整備されるようになったこと、さらにノート型やタブレット型といった持ち運び可能な形式の教育用コンピュータが普及するようになったことが要因の一つと考えられる。つまり、デジタルデバイスの使用用途が広がることによって、より多様な場面での活用が可能になったと言えるのではないだろうか。

表2 理科授業にてICTが活用される学習場面(年代別)

		90 年 代	00 年 代	10 年 代	20 年 代	計
一 斉 学 習	教員による教材の提示	0	3	7	2	12
	個に応じる学習	1	1	0	0	2
個 別 学 習	調査活動	1	0	0	0	1
	思考を深める学習	1	2	6	1	10
	表現・制作	0	0	0	0	0
	家庭学習	0	0	0	0	0
協 働 学 習	発表や話し合い	0	0	2	0	2
	協働での意見整理	0	2	1	0	3
	協働制作	0	0	0	0	0
	学校の壁を越えた学習	0	0	1	0	1
	計	3	8	17	3	31

2.2 一斉学習場面におけるICT活用

理科授業では、一斉学習場面において静止画や動画コンテンツといったデジタル教材がよく用いられる。例えば、天体に関する学習などのスケールが大きな対象を学ぶ場合、直接観察が難しいため、イメージがしにくい、身近に感じられないといった感情を持ちやすい。その様な場合、動画コンテンツを教材として用いると天体の運動がイメージしやすくなり、より実感をともなった指導が可能とされる⁸⁾。

川村・中川・中村・三瓶(2011)は、科学技術振興機構を中心に運用がなされ、理科に関連した多くの静止画・動画コンテンツを配信している「理科ねっとわーく」の利用に関する調査から、静止画や動画コンテンツといったデジタル教材の活用場面や活用の意図について明らかにした。その結果、全体的な傾向として、抽象的な事象をイメージしやすくさせることや現象の仕組みを理解させること、また学習した内容を整理しやすくさせるためといった、学習内容を定着させ精緻化させることを意図して活用されていることが明らかとなった。また、課題の提示や、観察の視点を明確にするなど、学習課題の明示や観察の視点を広げることを意図して活用されていることも指摘された。なお、川村ら(2011)では静止画や動画コンテンツは一斉学習で用いられる場合が多く、個別学習で利用することが少ないことが報告されている⁹⁾。

理科特有の一斉学習場面での活用として、測定へのデジタルデバイスの活用がある。平山・森川・後藤(2014)は、従来の反応前後の気体濃度の変化を検知管式気体濃度測定器で測定する、オオカナダモなどの水草の二酸化炭素の吸収を試薬で確かめる、といった光合成の学習で用いられている実験方法は、光合成の反応過程を直接的に計測できるような実験ではなく、さらに1時間の授業内で完結させることが難しいことから、データロガーを用いた新たな光合成の実験方法を提案した。データロガーとは、センサを用い様々な科学情報をリアルタイムにグラフ化することができる

装置である。開発した装置を授業で用いた教員へのアンケート結果からは、リアルタイムにグラフ化されるため視覚的にわかりやすいことや、10分程度で十分な変化がみられるといった時間的な有用性についての指摘があった。平山ら（2014）は、従来のデジタル教材を提示する、パソコンなどで調べ学習を行うといったICT活用と異なり、データロガーを使用した活用では、変化過程の可視化という新たな活用の側面を示唆した¹⁰⁾。

理科授業の一斉学習場面におけるICT活用は、静止画や動画コンテンツといったデジタル教材の提示を主としたものと、測定へのデジタルデバイスの活用に大別される。これらの活用方法は、平成元年改訂の小・中学校学習指導要領にて理科におけるICT活用として示されたものであり、ICT活用が叫ばれた初期から理科教育におけるICT活用の代表的なものとして存在していたことがうかがえる。

2.3 個別学習場面におけるICT活用

重信・永野（1992）は、採集した植物を分類する際に、植物名だけでなく、葉の特徴や茎の伸び方など、採集した植物の特徴から何の植物か検索できるような植物分類システムを、教材データベースを管理するためのシステムをもとに開発した。活用方法としては、例えば、見つけた植物の植物名が想定できる場合は、植物名をシステムで検索し、植物の絵図や記載と実際の採集した植物を比較しながら正しい植物名であるかを判断するといった活用や、観察して気が付いた植物の特徴を用いて検索結果を絞り込んでいき、植物を同定するといった方法が考えられていた¹¹⁾。当時は、第1次コンピュータ整備計画により、コンピュータ室への教育用コンピュータの整備が始まった時期であり、コンピュータ室で個々の生徒が採集した植物を同定することにより植物の構造への理解を深めるといった学習場面が想定されたと考えられる。

一方で、小池・鴨下・小松田・佐藤・永沼・高津戸（2015）は従来の静止画や動画コンテンツと

いった内容が固定されたデジタル教材ではなく、授業者が学習者の状況に合わせて自由に変更できるようなデジタル教材の開発を目的に、昆虫の形態の基本概念形成を促すような昆虫の頭・胸・腹の絵をそろえる絵合わせパズル形式のデジタル教材を開発した。小学校3年生に対して同教材を授業で用いた結果からは、児童の学習意欲が高まることや、学習を自分たちで進めることができるといった学習の個別化という特徴が確認された。デジタルデバイスとしては、4人グループに1台パソコンが用いられたが、組み合わせパズルの操作は個別に行われた¹²⁾。

小池ら（2015）は、この様なデジタル教材を通して個別に理解を深める授業を、「子どもが教材との対話を通して探究していく理科授業」と表現している¹²⁾。デジタル教材の形式としてはデータベースとパズル形式という違いがあるが、重信・永野（1992）の想定した授業も、児童が教材と対話し学ぶ様々な場面を想定して開発されており、「子どもが教材との対話を通して探究していく理科授業」と言えるのではないだろうか。静止画や動画コンテンツといったデジタル教材は、いかにわかりやすく工夫されていようとも、その教材を見るだけでは、子どもと教材の関係性は一方通行であり、対話的な関係にはならない。個別学習場面で使用される、思考を深めることを目的としたデジタル教材は、児童がその教材とどのように対話するのか想定し、対話が可能な構造を有するよう、工夫して開発されることが望ましい。十分に対話できる教材であれば、児童の学習意欲の向上や理解の深まりにつながると考えられる。

2.4 協働学習場面におけるICT活用

表2からは、協働学習場面におけるICT活用が少ないことが分かる。その一つの理由として、協働学習場面でICTを活用する際に必要な環境が、これまで整っていなかったことが考えられる。例えば、発表や話し合いをするためには、各自の意見を共有するための「場」が必要である。アナログであれば黒板に各自が意見を書く、ホワイトボー

ドに自分の考えを書きそれを学級やグループの皆が閲覧できるようにするなど、「場」を用意することにより意見の共有が可能になる。このような「場」をデジタルで用意するためには、電子黒板やプロジェクター、ネットワーク構築などICT環境整備が必要である。第3次コンピュータ整備計画まではコンピュータ室の環境整備が主であったことから、教室内への電子黒板等の整備やネットワーク環境の整備は当初は十分ではなかったことが想定される。

近年では意見を共有するためのアプリも増加しており、一人1台タブレット端末やノートPCがあれば、オンライン上で意見共有することも可能となった。例えば、奥村(2018)は、栽培観察記録にInstagramを活用する授業実践を高等学校で行った。生徒はタブレット端末を用い、観察対象の写真を撮り、観察内容の記述と共にInstagramに投稿した。活動の振り返りからは、生徒が他者の投稿から学ぶ姿や最後の発表の際に他者からの評価を踏まえて発表できるなど、Instagramを通して他者を意識しながら学ぶ姿が確認された¹³⁾。

このようなオンライン上での協働を中心とした学習は、遠隔地の児童・生徒同士が単に交流という域を超えて協働で学ぶことをも可能にするかもしれないが、一方で無線LANの整備といったICT環境を整えることが必要である。文部科学省(2021)によれば、令和元年度の普通教室への無線LAN整備率は48.9%であったが、令和2年度は78.9%まで向上した¹⁴⁾。全国的にオンライン上で協働的に学ぶ環境は整いつつあると考えられるため、今後はより協働学習場面のICT活用が進むことが推察される。

3. まとめ

本稿では、理科教育の主要学術論文誌である理科教育学研究と科学教育研究を手がかりに、理科教育におけるICT活用の実態について、ICTが活用される学習場面ごとに整理した。その結果、ICT環境整備の変化に応じて活用場面やその方法が発展していることが分かった。一斉学習場面に

おける活用は、主に静止画や動画コンテンツといったデジタル教材の利用や測定にデジタルデバイスを活用するものがあった。測定への活用に関しては、ワイヤレスでタブレット端末やパソコンを接続できる機能がついたセンサがすでに販売されており、今後はこのような新しいセンサを活用した授業実践が増加するのではないかと考えられる。個別学習場面では思考を深めることを目的としたさまざまなデジタル教材が開発されている。このようなデジタル教材の中には、タブレット端末で使用可能なアプリも含まれ、ドリル的なものや図鑑、ARを用いたものなど、様々な種類のアプリがあるものの、それらのアプリが子どもの学びに有効なものであるか精査するための統一的な指標はなく、活用を考えた教員が個々に判断するしかないのが現状である。今後もこのようなコンテンツは増加することが想定されるため、アプリの安全性や有効性が確認できるような何らかの指標、もしくは活用した教員同士が情報を交換できる場などが作られることによって、より活発にそして有効にアプリを活用できる環境が作られることが期待される。協働学習場面におけるICTの活用例はまだ少ない。その原因の一つとして、インターネット環境整備の遅れが考えられる。協働学習場面では、基本的に個別もしくはグループで考えた内容を話し合う、発表することが想定されている。そのためには、個々の情報を共有するためのインターネット環境整備が必須であり、その整備の遅れはそのまま協働学習場面における活動が広がらないことに直結する。令和2年度はインターネット環境の整備状況が急激に向上した。教育用コンピュータの台数も増え、一人1台も目前に迫っている。まさに、協働学習場面へのICT活用の基盤が整ったと言えるのではないだろうか。

理科教育のICT活用は、3つの学習場面それぞれに異なる課題があることが明らかになった。また、その課題を克服するためには実践事例を積み重ねるための基盤として、ICT環境整備を充実させる必要があることも示唆された。教育の情報化

の実態等に関する調査（文部科学省，2021）からは、令和2年度に教育用コンピュータの台数と無線LAN整備率が大幅に向上したことが明らかになっている¹⁴⁾。ICT活用の基盤は大幅に強化された。これを機により多様な活用実践が生まれ、理科教育におけるICT活用がより充実したものとなることが望まれる。

引用文献

- 1) 東原義訓（2008）：我が国における学力向上を目指したICT活用の系譜、日本教育工学会論文誌、第32巻第3号：241-252.
- 2) 文部省（1989）：小学校学習指導要領。
<https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h01e/index.htm>（閲覧：2022年3月20日）
- 3) 文部省（1989）：中学校学習指導要領。
<https://erid.nier.go.jp/files/COFS/h01j/index.htm>（閲覧：2022年3月20日）
- 4) 文部科学省（2017）：学校におけるICT環境整備に関連する資料。
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/037/shiryo/_icsFiles/afiel_dfile/2017/02/17/1382338_06.pdf（閲覧：2022年3月20日）
- 5) 文部科学省（2014）：学びのイノベーション事業実証研究報告書。
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shougai/030/toushin/1346504.htm（閲覧：2022年3月20日）
- 6) 木村治生・田辺久信・ベネッセ教育研究開発センター（2009）：小中学校における理科授業の改善に向けて：ICTを活用した授業実践の成果と課題、ベネッセコーポレーション。
- 7) 文部科学省・国立教育政策研究所（2018）：OECD生徒の学習到達度調査（PISA）2018年調査補足資料 生徒の学校・学校外におけるICT活用。
https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2018/06_supple.pdf（閲覧：2022年3月20日）
- 8) 仲野純章（2018）：高等学校物理教育における学習者意識分析を反映した授業設計、理科教育学研究、第59巻第1号：139-146.
- 9) 川村康文・中川一史・中村保裕・三瓶敦司（2011）：現職教員からみた「理科デジタル教材」の利用に関する目的意識と活用場面「理科ネットワーク」の授業実践事例から、科学教育研究、第35巻第4号：319-329.
- 10) 平山大輔・森川英美・後藤太一郎（2014）：光合成の授業におけるICTの活用とその有効性 小学校理科6年小单元「生物と空気のかかわり」に注目して、理科教育学研究、第54巻第3号：419-426.
- 11) 重信陽二・永野和男（1992）：コンピュータによる顕花植物分類システムの構築と分類の実際、科学教育研究、第16巻第1号：34-40.
- 12) 小池守・鴨下央・小松田勇樹・佐藤仁紀・永沼充・高津戸秀（2015）：昆虫形態の基本概念を児童が形成するためのICTを活用した教材開発に関する研究、科学教育研究、第39巻第1号：19-31.
- 13) 奥村仁一（2018）：高等学校生物のPBLでのSNSを利用した観察についての実践的研究 ジェンダーの視点によるInstagram活用についての考察、科学教育研究、第42巻第3号：188-200.
- 14) 文部科学省（2021）：令和2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（概要）。
https://www.mext.go.jp/content/20211122-mxt_shuukyo01-000017176_1.pdf（閲覧：2022年3月20日）

（令和4年4月 3日受付）

（令和4年5月20日受理）