

小学生に対する情報科学的学習の必要性と内容

青木浩幸^{†1} 宮寺庸造^{†2}

小学生にとって情報科学は難しいと考えられている。幼い時に情報科学の原体験を経験しておくことは将来の学習や関心に影響を与えるため重要である。小学校での情報教育は多くの場合で既存の教科に埋め込まれる形で実施される。情報教育の実践事例で情報科学の内容を扱うにあたって小学生に必要とされる能力の検討はされてきたが、既存教科の学習目的との連続性についての検討は不足していた。本研究は、理科の学習内容の中で情報科学の題材と関係するものを抽出し、理科の探究的学習方法を応用して授業を組み立てる際の方法をまとめた。

Necessity and Contents of Computer Science for Elementary School Students

HIROYUKI AOKI^{†1} YOUZOU MIYADERA^{†2}

1. はじめに

情報科学は現在の情報社会を支える重要な科学である。情報処理学会では情報好きの子どもを育てるために、初等中等教育で教えることを奨めている[1]。情報科学を学ぶことは情報技術で何が可能でなにが可能でないかを判断する力をつけ、未来の情報技術の担い手になってくれることを期待できるからである。本研究では初等教育に焦点を当て、小学校での情報科学教育の推進を図る。

現在、小学校の情報教育は情報技術の利用に偏り、情報科学はほとんど扱われていない。小学校における情報教育の観点「情報の科学的な理解」も、情報科学を学ぶこと自体を目標としたものではない[2]。

現代の子ども達はデジタルネイティブと呼ばれ、大人でも抵抗感がある新しいテクノロジーを苦もなく使いこなすと言われる。教科情報の教材として高校生に糸電話を扱ったところ、生徒達は糸が音声を伝えるということに驚いたというエピソードがある。一方、生徒が持つ携帯電話は「機械」だから音声が伝わるのは当然という認識であった。この例から、デジタルネイティブとはテクノロジーを正しく理解しているのではなく、ただ鵜呑みにしている様子が見受けられる。

子どもの高い適応力は新しいテクノロジーに慣れるのに役立つが、その使い方を誤ると、コンピュータ自体に関心や疑問を抱かなくなり、科学的な素養や態度を欠いた人間を育てる恐れがある。

小学校では、実体験を伴った学習が展開されている。触覚・嗅覚・味覚を伴った原体験は、長期記憶として残りや

すく、探究心の元になる意欲や感性を育てることができる。とされ、理科教育では重視されている[3]。Diesterwegの「理科は子どもに科学を教える教科ではない。子どもが科学を発見する教科である」という言葉は「理科教育の原則論」と呼ばれている[4]。理科教育は子どもに科学的な方法を身につけることを重視している。そのような子どもの頃の体験が将来的に抽象的な学習内容に出会ったときにも、関心を維持し学習する方法を身に付けさせている。

将来の情報科学への関心と理解度を高めるためには、小学校段階でも情報の科学の基礎となる原体験を与えていくべきと考えた。問題は情報教育の中から適切な内容と方法が知られていないことである。本研究は理科教育を基にこれらの問題の解決の糸口を探った。

2. 小学校における情報科学的教育

文部科学省が掲げる情報教育の目標は情報活用能力の育成とされ、さらに「情報活用の実践力」「情報の科学的理解」「情報社会に参画する態度」の3観点にまとめられている。そのうち「情報の科学的な理解」は情報科学に最も関連があると考えられるが、文部科学省の定義では、情報活用のために必要な「情報手段の特性の理解」と「基礎的な理論や方法の理解」を指していることになっている[2]。それはあくまで情報活用のための基礎として取り扱われているのであり、子どもが自ら住む情報世界を科学的に探究したり創造したりする情報科学自体が目的として設定されているわけではない。

さらに、その「情報の科学的な理解」も小学校においては取り扱いが薄い。「教育の情報化に関する手引き」で説明されている小学校における情報教育の目標3観点別の学習活動の記述量をみると、他の2観点がそれぞれ6ページ、2

†1 (株)イーテキスト研究所
eText Lab Inc.

†2 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

ページ割かれているのに対し、「情報の科学的な理解」については 1/2 足らずしか割かれていない。具体的な教科も示されておらず、この観点だけ抽象的な記述になっている。

小学校での情報教育で何を教えるべきかは再検討する必要がある。小学校段階に ICT 科が導入されたイギリスでは、子ども達はコンピュータをすぐに使いこなすので、ICT 科が最もつまらない授業と評価されているという指摘もある[3]。

そこで、我々は情報科学に焦点を当て、小学校段階において実施されている情報科学教育の事例を海外や、過去から現在に至る学習指導要領をもとにまとめた。

2.1 アンブラグドコンピュータサイエンス

子どもに情報科学を教えようとする取り組みで有名なのは、アンブラグドと呼ばれるコンピュータを使わずに実物の小道具を使ってゲーム感覚でコンピュータ科学を教える取り組みである。発祥地のニュージーランドではサイエンスイベントを中心に活動が展開され、日本では中学や高校の授業に取り入れようという実践が行われている[5]。

小学校に導入することについては、石塚が全教科の教科書を分析し、アンブラグドで必要とされる作業は十分に小学生の能力で対応できるものであることが分かった[6]。

アンブラグドの目的は純粋に情報科学の学習であった。コンピュータが身の回りにあふれているとはいえ、現代的情報科学のトピックは、小学生に自分自身の解決する問題として捉えられるには多少無理がある。また、日本の小学校において情報教育は既存教科の中で教えられるが、情報科学を取り入れるためには、既存教科の内容との関連性を明らかにする必要がある。また、子どもの発達段階に応じた科学的な探究方法を採用することも必要である。

2.2 科学・技術教育として・海外の事例

海外には小学校段階での情報科学を、科学教育や技術教育として扱っている例がある。法的な拘束力を持ったカリキュラムの枠組みの無いアメリカでは、大学や学会などの機関が定めた「スタンダード」を基に教科書が作られている。

ITEA（国際技術教育協会）が定めた STL（技術リテラシーのためのスタンダード）では、スタンダード 17 に「情報通信技術を選び、利用し、理解するために 3~5 学年の児童が学ぶべきこと」が以下の項目にまとめられている[7]。

D. 情報処理は人の判断や問題解決の支援に用いられる：コンピュータはデータに容易にアクセスできるようにデータを記録・貯蔵・表示・操作できる手段を提供する。

E. 情報は印刷物や電子メディアを含む、様々な情報源を通して取得・発信できる：コンピュータ効率的に情報の貯蔵・検索・処理を行える。情報の処理や流通に関わる仕事で働

く人々の数は増加している

F. 通信技術は離れた場所の人々や機械の間でメッセージのやり取りをする：電話や電子メール、テレビのような通信システムが通信手段の向上に役立っている

G. 文字・アイコン・標識・記号は考えや量、要素、操作を表現する：例) 足し算と引き算記号、地図上の北を表す上矢印、赤い八角形の「止まれ」の標識。記号や寸法、略図は情報を表現する。

アメリカでは 1 学年から 5 学年の間、独立した「テクノロジー」という独立教科として実施される場合と、社会科や科学等の教科に統合される場合がある[8]。小学校に相当する段階で技術教育を学ぶのはイギリスやフランス、スウェーデン、ドイツ、ロシア、台湾、韓国でも同様であり、系統的な情報教育を初等教育段階から学ぶ機会が確保されている。

日本では技術教育は図画工作と理科教育のものづくりに統合されていると見ることができる。これらの教科の内容で、STL のように情報教育にあたる内容と明示されている物はない。

2.3 過去の学習指導要領

現在の学習指導要領では、情報科学を取り上げた記述は見当たらないということであったが、過去の学習指導要領では関連した内容が取り上げられていた時代もあった。

それは戦後の理科教育では「生活単元学習」と呼ばれる身の回りの事象を探究する学習が重要視されていたからである。小学校でも電信やラジオといった当時先端の情報技術を題材とした情報科学的内容が扱われていた。

昭和 22 年に発表された「小学校学習指導要領一般編（試案）」では、第六学年で「電信機と電鈴」が扱われ、電気と電磁石の自然科学的知識の他、通信の仕方や電信符号の技能、「発信器と受信機を結ぶ電線の数をなるべく少なくして通信する方法を工夫」するような、ネットワークトポロジーを考えさせるような活動も含まれていた[7]。昭和 27 年の改訂では具体的な電信機の活動の記述は削除されたものの、5、6 年生対象の「理解の目標」として電信・電話・ラジオの役割 (VI.D.2.g) や、電話機の仕組み (VI.E.14)、電波を利用して通信できること (VI.E.17) が取り入れられるなど、当時世の中に広まりつつあった情報機器について理解を進める記述がある。

しかしながら、生活単元学習は時代の要求により姿を消す。昭和 43 年告示の学習指導要領はスプートニクショックの影響を受けた「現代化カリキュラム」と呼ばれており、学習指導要領が生活に即した記述から、学問体系に沿った抽象的な記述に切り替わった。例えば、電磁石が学習内容として記述され、「電信機」のような具体的な応用についての記述は消えている。電磁石を学習するために、教材とし

ては電信のような具体的な題材が扱うことは可能だが、何を教材とするかは教科書の記述や教師の判断に左右されるようになった。この状況は現在まで続いている。

3. 小学生理科の中の情報科学的内容的分析

外国の事例や過去の学習指導要領から、技術科や理科の学習内容には情報教育に関連する内容が含まれていることが分かった。既存の教科書の中で、情報科学的な題材を取り上げ、情報科学的な視点を加えることで、理科教育の中で情報教育を兼ねた学習活動が可能になると考えられる。

本章では、現行の理科教育の内容から、情報科学の原体験となり得る理科教育の活動を洗い出す分析を行い、その学習活動と情報教育的意味を検討した。

3.1 内容

理科の小学校学習指導要領（平成 20 年公示）から情報科学的内容を調べた。理科の内容は「物質・エネルギー」と「生命・地球」の2つに分けられる。物質・エネルギーの全ての内容を表 1 に示す。なお、生命・地球の内容は情報科学に関連する物が見つけれなかったため除外した。なお、小学生でも学習可能な内容を洗い出すことを目的としたため、過去の学習指導要領に存在し、平成 10 年の改定で削除されている「音」の内容も参考として含んでいる（表中の※印）。

内容の中で情報科学に関連可能なものに下線を引き、その学習活動が情報科学における何の内容の原体験になり得るか、考えられる情報科学に関連した題材についてまとめた。結果、各学年に一つ以上の内容を見つけることができた。

3 年生では光や電気の単純な伝達や、磁気の保存の内容がある。これらの理科の内容は、情報の伝達、貯蔵の概念に通じ、原体験と成り得る。鏡を使って太陽の光を日陰に導く活動は、これは見方によって光によって合図を送る光通信の原体験に成り得る。光の瞬時に情報を送ることができる性質を体感することができる。鉄を磁化する学習では、鉄に磁気を使って情報を記録できる、ハードディスクの原理につながる。電気の学習は、見えない電気が電線を通ることをさまざまなつなぎ方を試す中で理解する学習であり、通信線に情報が流れることの理解につながる。

音の性質は平成 10 年公示の指導要領から中学校に移った。小学校では、電気が音に変換されるという 5 年生の扱いのみ残っている。光は高速で移動する「光子」でも説明できるのに対し、音は物体自体が移動するのではなく、振動のみが伝わるのが明示的な点で、情報の特徴を学ぶことができる題材である。

また、糸電話は探究の要素を備えていて、現在でも自由研究などで取り上げられる題材である [9][10]。糸の媒質を替えることでアナログ通信における情報の劣化を体験でき

表 1 小学校理科の内容と情報科学的対応

Table 1 Correspondence of Contents of Elementary School Science and Computer Science

学年	内容	理科における内容	情報科学的意味	情報科学関連題材
3	ものと重さ	物の重さと形・体積の関係	—	—
	風やゴムの働き	風やゴムがものを動かす働き	—	—
	光の性質 ——	光の進み方、物に当たったときの作用	情報の伝達（光・電波）	鏡による光通信
	磁石の性質 ——	磁石に付くもの付かないもの、磁化されるもの、磁極の性質	情報の貯蔵（磁気）	鉄の磁化による隠し絵遊び
	電気の通り道 -	電気を通すつなぎ方、電気を通すもの通さないもの	情報の伝達（電線）	スイッチによる灯りの遠隔操作
4	※光と音の性質 - (平成元年公示)	物による音の出方・伝わり方の違い、物が震えることで音が出る	情報の伝達・情報の貯蔵	糸電話、レコード
	空気と水の性質	閉じ込めた空気や水に力をくわえたときの変化	—	—
	金属・水・空気と温度	温度による金属、水、空気の体積の変化や熱の伝わり方、三態変化	—	—
5	電気の働き ——	乾電池の数やつなぎ方による動作の違い、光電池の発電作用	情報の変換（電気-光・音声）	光によるモーターの遠隔操作・音声通信
	物の溶け方	物が溶ける量の限度、溶解による重さの不変性	—	—
	振り子の運動	おもりの重さや糸の長さによる振り子の運動の規則性	—	—
6	電流の働き ——	電流の電磁石を作る働き、電流の強さ・導線の巻数と電磁石の強さ	情報の伝達・貯蔵（電磁石）	モールス発信器・針金蓄音機
	燃焼の仕組み	燃焼における物と空気の変化	—	—
	水溶液の性質	水溶液の酸性アルカリ性の性質と金属を変化させる働き	—	—
	てこの規則性	てこの仕組みや働き、規則性、身の回りのてこを利用した道具	—	—
6	電気の利用 ——	電気の性質（蓄える、変換する）、電熱線の太さと発熱、身の回りの電気を利用した道具	情報の貯蔵・情報の表現	充電式電池・コンデンサ、電子オルゴール

る。糸電話作りで実施されている問題解決には、より遠くまで話せるようにする（通信品質の変化関連）、同時に送話・受話できるようにする（全二重／半二重通信・通信プロトコル関連）、3人以上で話せるようにする（トポロジー・通信の盗聴関連）といったものがある。ネットワークの教科書に、小学生が糸電話の活動を通してネットワークを学ぶ設定の本がある[11]。これは小学校で実践可能な内容でまとめられており、興味深い。

4.5年生では、電気を光や磁気と相互変換する内容となる。これにより光や力といった作用が電線や空間を通じて伝達できることを学べる。また電気回路のつなぎ方の多様性は通信回路の多様性に通じ、長い電線を使って電磁石を作る活動は、電気が長い経路によって減衰することや、周囲に磁界の変化を及ぼし信号が漏れやすくなることの理解につなげることができる。

6年生ではコンデンサを用いて電気を蓄えられることを学ぶ。理科ではエネルギーの保存の概念の学習として扱われるが、これを情報の保存に発展させて、メモリーの原理を学ぶことも可能である。複数のコンデンサを使って2進数を表現し、値を保存したのち、電球を使って値を取り出すような活動が可能である。

身の回りに使われている電化製品や通信機器、コンピュータについて改めて見直し、その働きを分析する中で、電気をを用いることで生活が便利になる、社会への影響を学ぶことができる。

3.2 学習方法

村山は理科について「子どもが自然とのかかわりの中で問題を見だし、見直しをもった観察、実験等を通して自然の事物・現象と科学的にかかわり、結果や結論を生活とのかかわりの中で見直し、実感を伴った理解を図る教科である」と説明している[12]。3.1節で分析したとおり、理科では自然現象として観察可能な情報が取り上げられており、媒質を換えることによる品質の比較などの科学的手法に則った実験が可能である。

2008年の学習指導要領の改訂にあたっては、理科でも指導計画の作成の配慮事項として「ものづくり」の推進が挙げられている。実際に道具を作って、試行錯誤や工夫しながら、子どもの発想に基づいた探究活動ができることが目指されている。

小学校では体感する経験を通して学ぶことが重要視されているのに対し、情報科学は、コンピュータの中に入り込んだ無形のものであり、見たり感じたりしにくい特性がある。

現在のコンピュータによる情報処理以前、例えばレコードのような古い情報技術は目で見て感じる事ができた。そこで授業であえて古い技術を教材として取り上げることで、体験を通して学ぶ教材とする手法が考えられる。

4. おわりに

本研究では、小学校で学べる情報科学の内容と方法を探るために理科の学習内容と方法論を調べた。情報の伝達・保存・変換の7つの内容から、探究的実験とものづくりの方法による授業の可能性を明らかにした。中でも中学校に移ってしまった「音」は小学生にとって情報の性格を理解するための魅力的な内容であり、情報科学を兼ねた題材として小学校理科に復活することが望まれる。

体系立てるとは、親学問の縮小版を子どもに与えることでは必ずしもないと考える。教育に必要なのは、子どもが学んでいることから親学問をなだらかにつなぐことである。

小学校での情報教育は既存の教科の中で行われることが、その教科の系統性や方法論を引き継ぐことができることから有益である。情報科学だけでなく社会と情報の内容についても、社会教育の方法論を応用することにより、体系的に小学校でも取り扱うことができることが予想される。

情報教育は教科としての歴史が浅く、情報機器の利用の側面ばかりが目立っている傾向がある。理科教育の経緯から、情報教育においても原体験を小学校で体験させることがこれからの情報社会を生きる教養となると予想される。特に情報科学の内容が、小学校の情報教育の中で強化されることを願う。

参考文献

- 1) 筑捷彦, 久野靖: 特集コンピュータ好きを育てる 情報科学教育の重要性と情報処理学会の活動, 情報処理, Vol. 50, No. 10, 2009.
- 2) 文部科学省: 教育の情報化に関する手引き 第4章 情報教育の体系的な推進, p.76, 2010.
- 3) Sarah Mitroff: 35ドルPC開発者へ9つの質問: 子どもがコンピュータに夢中になる“力”とは, WIRED.jp, 2012.8.16, <http://wired.jp/2012/08/16/eben-upton/2/>
- 4) 小林辰至, 雨森良子, 山田卓三: 理科学習の基盤としての原体験の教育的意義, 日本理科教育学会研究紀要, Vol. 33, No. 2, pp.53-59 (1992).
- 5) 森一夫: 21世紀の理科教育, 学文社(2003).
- 6) Tim Bell 他: Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. NZ J. Appl. Comput. Inf. Tech. Vol. 13, No. 1, pp. 20-29, (2009).
- 7) 石塚丈晴, 兼宗進, 堀田龍也: アンプラグドコンピュータサイエンスの学習活動と小学校教科書との対応, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.24-32 (2013).
- 8) ITEA: Standards for Technological Literacy, Third Edition, pp.168-169, 2000. <http://www.iteea.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>
- 9) 千歳科学技術大学: 理工工場の学生が小学校5年生対象の理科実験授業を実施しました - ニュース・イベント, 2013.8.26 閲覧, <http://www.chitose.ac.jp/target/toent/001166.html>
- 10) 佐敷小学校: 糸電話のひみつ見つけたよ!, 平成18年度私たちの科学研究 熊本県科学研究展示会 (第66回科学展) 入賞作品集, 2013.8.26 閲覧. <http://sakura1.higo.ed.jp/edu-c/kagakuten/h18list/h18kagakuken.html>
- 11) 山村久美子, 水野真帆: 世界一やさしいネットワークの本, 翔泳社(2004).
- 12) 村山哲也: わかる! 小学校理科授業入門講座. 文溪堂(2012).