

「情報教育セミナー2020」基調講演

AI時代の教育の実現－プログラミング教育の在り方－（要旨）

令和2年9月22日（火）

清水静海教授（帝京大学大学院教職研究科長）

（「学習情報研究」（2020）11月号掲載資料「情報教育セミナー2020」開催（速報）又は学情研ホームページ（URL: <https://gakujoken.or.jp/>）の情報交換・提供＞情報教育セミナーの掲載資料と併せてご確認ください。）



はじめに

皆さんこんにちは。

略歴にも入れていただいておりますけれども、私は情報教育の専門家というよりは算数・数学教育をずっと研究し、お世話をさせて頂くということで、情報教育に関わってきました。具体的には、今回の新しい学習指導要領をつくる過程で、プログラミング教育についての有識者会議のメンバーとして算数・数学教育の立場から発言させて頂く機会がありました。また、小・中・高校の算数・数学教育の基本的な方針について検討するワーキング・グループの主査代理として内容の取りまとめのお世話をさせて頂きました。ということで、今回の「情報教育セミナー2020」基調講演のお話でも、具体的な事例等は算数・数学に関わることになるかと思っておりますけれども宜しくお付き合いを頂きたいと思っております。

さて、今は4次産業革命に入りつつあり、これがどんどん進展して行くと言われております。それを特徴づけるキーワードとして「AI(人工知能)の時代」が言われているかと思っております。そして今、我が国では、小学校は今年から完全実施され、中学校は来年から、高校はその次の年から学年進行で、ここ4～5年が新しい学習指導要領に基づく教育の実施という、大変重要な時期を迎えています。

実は、AI時代、第4次産業革命の進展を念頭において学習指導要領の改訂が行われたということです。その中で皆さんご存知のようにプログラミング教育というものに関心を持たれ、それを学校でも意図的、計画的に進めていこう、そういう状況になってきたのだと思われまます。

お話は大きく3つありますが、まず、これからの新しい教育におけるポイント、肝心なところ、特にプログラミング教育との絡みで考えてみたいと思っております。次いで、「小学校段階における論理的思考力や創造性、問題解決能力

等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議」で議論され、整理された「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(議論のとりまとめ)」、それが答申とか、現在でいうと教科書の中に反映されている訳ですけれども、学習指導要領についてプログラミング教育と関連させつつ触れてみたいと思っております。最後に、具体的な事例、算数の事例でございましてけれども、2つほど考えてみたいと思っております。

有識者会議の名称は、大変長いものになっておりますが、プログラミング教育が「論理的思考力や創造性、問題解決能力等の育成」と関連づけられていることは重要です。また、有識者会議のヒアリングで、シリコンバレーの第一線で働くIT技術者の「シリコンバレーではIT教育以上に人間教育を重視する傾向にある」との指摘は印象的であり、「議論のとりまとめ」では、この指摘を受けて、「人間ならではの感性を働かせながら、よりよい社会や人生の在り方について考えること、学んだことをそうした人生や社会の在り方に生かそうとすることは、私たちが人間らしく生きていくために重要な営みであると同時に、社会や産業の構造が変化し成熟社会に向かう中で、社会が求める人材像にも合致するもの」としています。

Ⅰ AI時代とその教育

まず、これからの新しい教育ということですが、AI時代の教育ということです。最初に、このAI時代の特徴的なこととして、人工知能技術、すなわち機械が大量のデータから統計的な関係性を見つけ出し、自動でプログラミングをする「機械学習」の技術が普及していくといわれています。更に、機械学習が格段に進歩を遂げて、「深層学習」のレベルに至っているともいわれていますが、そのことによって、従来人間にしかできないと考えられていた知

的な業務の一部分を機械がこなせるようになるといわれています。

1. AI時代の進展にともなう「職業の変化」の推計

そういう状況の中で、教育をどうするか、という大きな課題に直面しているのです。これから職業が変わっていくということについて、例えば、オックスフォード大学のオズボーンさんたちが、数年前推定したのですが、アメリカの場合ですと、現在の労働人口の47%を占める職業の70%以上が自動化される、人間の手を借りなくてもできてしまう、こういう予想があります。

それから、オズボーンさんたちと野村総合研究所との共同研究で、日本の場合についても研究されていまして、現在の労働人口の約半分が人工知能、ロボットによって置き換えられるといわれており、大変だという心配を一層増幅するような状況があります。このことも、これからの教育を考える上で議論の参考とされていた重要なことです。

歴史を振り返りますと、第1次産業革命では、蒸気機関によって、人馬で運んでいたものが鉄道を敷いて大量輸送が可能になりました。第2次は、電気、あるいはガソリンエンジンなどの活用によって、一層それが加速化し、また作業の仕方がガラッと変わりました。それから、第3次はコンピュータの発明によって仕事がまた変わってきました。これからの第4次はコンピュータが活躍するといえますか、それが活用される中で、更にコンピュータの性能面での高まり、つまりAIというものが格段に進む世の中になるといわれ、その中でどのように生き抜いていくかということが喫緊の課題となっています。

実は、新しい技術等が生まれてきますと、それに伴う新しい職業が必要になっているのです。だから、なくなるだけではなくて、現在では想定できないような新たな職業が生まれてくる可能性もあるのです。問題は、それに適切に対応できるようにするため、今何を準備すべきかだと思います。どんな仕事が要請されるか分からない時に個別、具体的話なんてできません。となると、何か学ぶ必要が生まれた時に、それにしっかりと辛抱強く、果敢に、受動的ではなくて能動的に関われるような人間をどう育成していくか、これが、不易な部分だろう思うのです。ですから、長期的な展望に立って、過去を振り返り、未来を見通して、しっかりと私どもは不易の部分をつまみ取っておか

ないと、流行に流されてしまっは大変危険ではないかと思います。昔から、教育は100年の大計と言われております。100年まではとても無理ですけども、向こう10年、20年、子どもたちが社会を担うこととなる20年位先までは視野に入れた対応が必要になってくるんだらうと思います。そのように考えますと、やはり長期的な展望に立った教育の在り方、それから新たなことを必要とした時に、今の子どもたちが迷うことなく新たな職業にしっかりと挑戦し、必要なことを学び取っていきける、そういう力をどのように今身に付け、対応するか、このことが多分、長期的な展望に立った時に大変重要なポイントになってくるのだらうと思います。

2. AI時代の教育

実は、新しい学習指導要領を作る過程でも、当然のこととして、こういうことが議論になっておりますし、それを念頭において今回はかなり重要なことが体系的に、しかも分かりやすく、精緻化して整理されたというふうの評価できると思います。ので、今一度、そういった視点でご確認を頂けるとありがたいと思っています。

そこで、新しい学習指導要領の中で、どのようなことがポイントになるのかということについて、簡単に整理をしておきたいと思います。今回の改訂は、一応2030年位までを目処に考えましょう、その先はまた更に見直しが必要になることは明らかです。未来永劫、これよい、などと思いませんよ、という感じで検討が進められているんです。ある意味では流行の側面もあるのですが、その先を視野に入れて不易の部分についてもかなり議論がなされております。そのことをしっかりと読み解いて頂くことが必要かと思えます。

大雑把に言いますと、戦後の昭和の時代は成長社会へ向けての教育ということで、それによって高度成長社会を実現して、一定の成果を上げてきました。その後、成熟社会への教育を模索するというので、今日を迎えています。平成期の30年間、4回の改訂を経て、議論を積み重ねて参りました。私はその入口のところで文部省でお世話になったのですが、その後もOBということもありまして、3回の改訂でも外側から色々ご協力させて頂きました。振り返ってみますと当時描いていたものが3回の改訂を経て今回の4回目のところで、大変細かく体系的に整理をされたのではないかと思います。

(1) 新しい学習指導要領が実現を目指す学力観

— 習得・活用・探究に自立・協働・創造をのせる —

特に、知育の側面で、いわゆる学力観、確かな学力と言われてきていますが、これは教育の質の充実を考えると文脈で明確に示されるようになってきました。新しい学習指導要領が実現を目指す学力観の構造は、第4次産業革命への対応を念頭に置いています。この一つ前の2008年の改訂は、習得・活用・探究、「習得と探究を活用でつなぐ」というコンセプトで行われました。つまり、基礎・基本を単に身に付けるだけでは、これからはダメですよ、何のために身に付けるかという、問題発見・問題解決、すなわち、探究的な学びの過程でそれらを活用することができるように身に付けていることが要請されています。習得したものを探究的な学びの過程で活用できるようにしたいということで、「習得と探究を活用でつなぐ」という構造が明確にされたのです。この活用を支える重要なものとして、思考力、判断力、表現力といった能力を位置付ける構造が、それまでより一層明確に示されることになりました。これが2008年改訂です。今回はそれを前提としながら、その上に「自立と協働による創造」、自立・協働・創造をのせてきたということです。

習得・活用・探究というのは自立な学びの姿を例示したものといえます。しかし、一人でそれをやっても価値ある新たなものを生み出すとなると、やっぱり必ずから限界があります。やはり複数の人たち、大勢の皆さんで切磋琢磨するというプロセスを経て、よりよいものが生まれるのです、ということで協働、コラボレーション、これが今回強調されているのです。異なる他のいろいろなものと競合する、突き当たることによって更に新たなことを生み出す機会が生まれ、三人寄れば文殊の知恵的なことだと思いますけれども、それによって社会をよりよくすると同時に世界に貢献できる日本人の育成を目指す、こういう文脈になっているのです。

先ほど申し上げましたように、成熟社会における教育を考える際の着眼点として、平成期の教育では、社会の変化に主体的に対応できる子どもたちをどう育成するのか、もう一つは教育の質的な充実をどう図っていくのか、といった問題を併せて考えていくことになったのです。

(2) 平成期30年間の教育を振り返る

— 教育の質的な側面の強調 —

成長期の教育では、何を教えるか、その内容にかなり関心が向いていたようです。そのために、例えば、どのような内容を取り上げるか、その教育にどれだけ時間をかけるかなど、教育の量的な側面に関心が向けられていたようです。成熟期に入ってきますと、むしろ、どのような資質・能力を身に付けるか、教育の質的な側面に着目せざるを得ない状況が生まれて、今日に至っています。この2つの側面のバランスをどのようにとっていくのか、いろいろ議論されながら今日に至っていますが、これからも同様な議論が展開されていくのではないかと思います。

平成元年の改訂では、学習指導要領が実現を目指す学力のとらえ方、後に「新学力観」というような言い方で、教育の質的な側面を象徴する記述が学習指導要領でも位置付けられることになりました。その後、1998年の改訂との関連で「確かな学力」といわれ、今日に至っています。

当時は、その根拠は明文化されていませんでした、法律の上。しかし、2007年の学校教育法の改正によって、新たに第30条第2項が設けられたことで、学力の3つの要素が明確に規定され、法律上の根拠が明確になりました。今回の改訂で初めて、資質の能力の3本柱と、それに対応した形で、観点別学習状況の評価の観点、これが整合される形で基準が改善されました。結構時間が掛かるんです。そういう意味でも今回の改訂は、構造の面でも、わかりやすさの面でも格段に改善されているといえます。

平成期の学力観について、最初の平成元年改訂では単純でした。それが改訂のたびに世の中の変化の状況は大きく変わってきていますので、いろいろなものがくっついたり、あるいは行間に埋もれたものが表に出てきたりということで、学力観は一層精緻化されてきました。

(3) 思考力から思考力・判断力・表現力へ

— 社会の情報化、国際化の進展への対応 —

ところで、昭和の時代はどちらかというと広い意味での思考力の育成に焦点がおかれ、これにかなり関心を持って議論が積み上げられてきたと思います。それに対して、平成元年の改訂では、社会の変化に関心を持たざるを得ない状況になり、当時、国際化への対応、それから情報化への対応が話題になります。国際化への対応ということで表現力、これは外国語だけではなく、日本人は以心伝心でもって、きちっと筋書きを表明しないことが多いです、例えば、結論を言うんだけれど、その前提が明

確にされないことがあります、そういう意味では外国の人たちとコミュニケーションする上で若干弱いかな、という議論もあります。それから、情報化ということで、今日までそれが格段に進んできていますが、当時は情報化への対応ということが盛んに言われましたが、臨時教育審議会(内閣直属)の答申で、それまでの情報処理能力に対し、情報の創造、それに伴う情報モラルを含めた情報活用能力が提案され、今日に至っています。実は、プログラミング的思考の育成は、この情報活用能力「世の中の様々な事象を情報とその結び付きとして捉え、情報及び情報技術を適切かつ効果的に活用して、問題を発見・解決したり自分の考えを形成したりしていくために必要な資質・能力」を育成する文脈に位置付けられています。

(4) 「ゆとり」で意図していたこと

一 成長に必要な「遊び」：その心を継承したい 一

その後、1998年の改訂では学校週5日制との絡みで、自ら考えること、自ら学ぶことに重点をおいた教育を進めることとなりました。まさに創造的な活動を通して、この子たちを鍛えるということで、趣旨はこれからの教育に十分生かされるべき内容を含んでいると思われまのですけれども、残念ながら世の中は経済的に右肩下がりになり、様々な不安を抱えている状況の中で、授業時数の縮減や教育内容の厳選が大幅に行われたため、そんなに減らして大丈夫かという懸念の声がでてきます。例えば、100マス計算って皆さん記憶にありますか、かけ算の練習などでも100マス計算が全国的に流行りました。そんな状況で、「確かな学力」という言葉が、平成14年1月から言われるようになり、それを巡っての様々な議論がその後展開します。

この1998年の改訂では「ゆとり」ということが話題になりました。これも批判的に議論されることが多いのですけれども、「ゆとり」というのは、当時、どういう意味で捉えられていたのか。日本語で「ゆとり」というと私たちそれぞれ勝手に「ゆとり」ととらえ、理解しますが、外国にその意味が通ずるようになるためにということで、答申の概要が英訳されています。そこでは、「ゆとり」を「room to grow」と訳しています。「room」というのは部屋の意味もありますが、隙間という感じでしょうか。「grow」は成長です。つまり成長するためには隙間が必要である、がんじがらめじゃなくてです。これからの

教育ですと、試行錯誤しながら柔軟に対応することですね。そのように「ゆとり」ととらえて頂ければ、授業時数の縮減や教育内容の厳選の趣旨も、もうちょっとうまく伝わる可能性があったと思います。これからも、その辺は実践を進めながら色々工夫していかなければいけません。まさに、「room to grow」の精神で教育を進めていくためには、みなさんが関わっているICTの活用とか、そのソフトの開発の面も含めて、それらによってそのような時間が作れるのかどうか大きな課題になっていくだろうと思います。

皆さん運転免許状をお持ちだと思います。ハンドルには「遊び」がありますね。あれがまさにroomなんです。「遊び」がなかったら少し触っただけですぐ向きが変わってしまって、こんな危ない乗り物はないです。ほどよい「遊び」があり、しかも、車にはまっすぐ走る習性があるので私たちは安心して運転できるのです。教育でも、そんな雰囲気や「ゆとり」という言葉に想いを寄せて頂き、もう一度ここでの「ゆとり」への想いを復活させていく。これからの教育の大事な視点の一つになっていく可能性があるのではないかと。「ゆとり」が揶揄される時には「ゆとり」か「ゆるみ」というような話になってしまった向きもあります。これは、私からすると「ゆとり」に申し訳ないなという感じを持っています。先生方に是非もう一度その背景にある精神と言いますか「心」を確認していただけるとよいと思います。

平成14年1月、文部大臣の新年の挨拶の中で「確かな学力」という言葉が使われ、その内容はその後の答申で明確に述べられています。単なる知識・技能だけにとどまてはいけません、必要ですけれども、さらに意欲とか能力、そういったものも視野に入れて欲しいことが書かれています。それは将来の社会の変化ということをお頭にあれば当然のことです。この内容は、今回の新しい学習指導要領にも引き継がれ、反映されています。まさに不易の部分に当たるといえることができます。

学力低下についての懸念が社会的に高まったこともあり、2008年の改訂では、教育内容も授業時間数も平成元年の水準に戻るような方向で改訂がなされました。ここでは、「習得と探究を活用でつなぐ」というコンセプトが強調され、それを支える重要な要素として言語活動の充実が言われ、OECD-PISA調査における読解力(リーディング

グ・リテラシー)の影響もあり、言語力や言語能力の育成に関心が向けられ、今日までそれが受け継がれています。

(5) アクティブ・ラーニングで目指していたこと

— 「学びの質的な向上」：「深い学び」の実現 —

そのような流れの中で、今回の改訂を迎えるわけです。今回の改訂の特徴的なところ、これをかいつまんで確認をしておきたいと思います。

一つは、アクティブ・ラーニングが一時大変流行りましたけれども、最初の頃はやっぱりその趣旨とか中身について若干の誤解を、世の中に持たせてしまったのではないかと、その心配は、中教審の議論の中でもたびたび話題になっていました。そんなこともあり、主体的な学び、対話的な学び、深い学びは、当初は並列で話題になっていたのですけれども、やっぱり、深い学びが肝ですよ、学びの中核に置かれるべきですよ、ということで「主体的・対話的で深い学び」という言い方になり、アクティブ・ラーニングの本質は学びの質を向上させることであるということを出すこととなったのです。ですから、どちらかというと「主体的・対話的で深い学び」の方が表に出て、アクティブ・ラーニングがちょっと控え目になっています。

④ 学びの質の向上：学びの成果と過程の両面

そこで、この学びの質をどう捉えるかということです。一つは、学びの成果、果実としてです。これは育成を目指す資質・能力の3本柱、知識・技能、能力、それから態度です。知識では、ただ単に、身に付けるだけではなくて生きて働くものとして、つまり探究の過程で支えになるよう期待されています。能力は、未知の状況で果敢に挑戦できるための足腰として働くことが期待されています。そして、将来に向かって学び続ける、という態度の涵養となります。一般的には、これらが学習とか教育の目的というふうになっているんですが、実は、学びの質の向上を、学びの過程で見ると、いかなる事態が起こっても、それを学びによって越えていくということになりますと、主体的、対話的に学びに取り組むこと、そして、深い学びを実現することも「学びの成果」として大事にすべきではないかということなんです。

まず、主体的な学びでは、学ぶことの意味と自分の人生や社会の在り方を結びつけること、対話的な学びでは、多様な人たち、さらに、先哲との対話を通して考えを広げる、ただ単にコミュニケーションではないのです、学びを広

げる、深める、つまり、先ほどのコラボレーション、協働的な学びを支えることが期待されています。ですから、学びの成果というのは、ある一定の資質・能力を身に付けるということだけではなくて、これに加えて、それらを身に付ける過程でどのように学んできたのか、学びの進め方、それも大事な成果として、しっかりと位置付けて、学びの質を高めてください、こういう構造になってます。

② 自立・協働・創造：受動から能動への「学び」の転換

新しい学習指導要領では、「自立と協働による創造」を強調していることが一つの特徴です。学びの視点から言いますと、受動的な学びから能動的な学びへの転換です。先ほどのように、職業がなくなるかもしれない、しかし新たな職業が必要になります、間違いのない。その時に、受け身ではまずい、やはり能動的に意欲を持って果敢に挑戦をする。そして、人生、社会の創り手として、生きていけるようにしたい、こういうことです。それらが、実は新しい学習指導要領では、その冒頭に、前文として総括的な文書が加えられ、そこで先ほどの「自立と協働による創造」という枠組みが明確にされています。

③ 「人間ならではの強み」への着目とその強化

それを根本で支えるものは「人間ならではの強み」、そういうものをどのように認識をし、高めていくか、これは今回の改訂、あるいはこれからの教育を考える上で大変重要な視点になってくると思います。そこで言われていることは、目的とか目標を自分で創る、考え出す、これが「人間ならではの強み」で最も特徴的なことではないか。それから、今までの教育は、どちらかという認知的な側面にかかなり関心をもって、それを鍛える方向でしたが、感性ですね、直感、感覚的なことも大事だと。私たちが様々な状況や情報に直面したりした時に、「これちょっとおかしいんじゃないの」って思うことがありますね、理由は示せないけれども。でも、その時の感覚を大事にしませんかということ。また、そういう感覚を持てるのは今のうちはまだ人間の強みですよと、こういうことなんです。ですからこの感性を働かせるという、情意的な側面への配慮、それと考える対象、あるいは問題を自ら生み出すという、目標や目的の設定、この辺に「人間ならではの強み」を見いだしていこう、こういうことです。

そして、多様な他者と協働しながら目的に応じた「納得解を見いだす」ということが言われています。納得解、こ

これは、正しい答えとは限らないですね。つまり今、正しいと思っても、時代が進み、検討が進んでいくと別な答えが出てくる可能性があります。しかし、それに向けて頑張り続けるということになるのです。そういう世の中で価値のある新たなものを生み出していくことになります。

今までの、「和をもって尊し」とする日本の文化では、「出る杭は打たれる」といった雰囲気があったのですけれども、これからは、「出る杭が次々と育ち、成長していくの仕組み」をつくる。このようなことが、教育課程の基準の改善の文脈ではないのですが、科学技術イノベーションを議論する文脈で最近言われています。

II. プログラミング教育

次に、副題のプログラミング教育について考えてみたいと思います。

1. プログラミング教育の「必修化」の内実

有識者会議で、平成 28 年 6 月 16 日、中教審の答申(2016.12.21)が出る 7 か月くらい前ですけれども、「議論の取りまとめ」が出されました。その時には基本的にはプログラミング教育の「導入」というスタンスであったと思います。新聞報道もそうでした。学習指導要領でも同様なスタンスになっていると思います。しかし、最近のマスコミ等で話題になる時には、プログラミング教育の「必修化」と言われています。プログラミング的思考を育成する文脈で、プログラミンを位置付けるということになっていますが、状況を的確にご理解いただいてない皆さんには、かなりプレッシャーを感じる表現かと思います。特に保護者の皆さん、小学校に上がる前のお子さんをお持ちの方を中心に、今からプログラミングを勉強させておかないと遅れをとるのではないかというようなことでいろいろ心配されている向きがあると言われています。この辺のプレッシャーから解放し、的確に対応して頂くためには、本来の趣旨を理解して頂く必要があると思います。

2. プログラミング教育の位置付け

プログラミング教育はどのように位置付けられているのか、ということです。コーディングを目的としていません。プログラミング教育の入門のための資料が第三版まで既に文科省から出され、公開されていますが、そこでもプログラミング教育について今と同じスタンスで整理されています。

そこで、プログラミング教育はどのようになっているかということ、資質・能力の 3 本柱に関わって、まず、知識・技能について、小学校では、身近な生活でコンピュータが活用されていること、それから課題解決には必要な手順があること、それを創り出すことが大事であるということに気付くこと、これらが、小学校の知識・技能で強調されているのです。知識・技能として、あることを知るとか、あることができるということまで期待されていないのです。それから、中学校に行くと、少しそれが踏み込んでいまして、例えば、簡単なプログラムを作成する、その際に必要な知識・技能として明確に示されているのは、技術・家庭科の領域の中で新設されています(領域「D 情報の技術」)。それ以外のところは、基本的には小学校でのスタンスと同様ということになります。高等学校では、更に個別、具体の知識・技能は、教科「情報」の中の科目でしっかりとやることになっています。それ以外の教科等や科目での対応は、基本的には小学校のものが援用され、それぞれの発達段階に応じて適切に対応することが期待されています。

能力(思考力・判断力・表現力等)のところはプログラミング的思考、これは小中高、共通です。それから 3 番目の学びに向かう力のところも全く同じです。この辺のところ、プログラミング教育の大枠で、大変重要な部分です。このことをしっかりと認識した上で、適切に対応することが期待されているのです。

プログラミング的思考を育てる、あるいはプログラムの働きとかその必要性といったようなよさに気付く、それから、各教科の学びをより確かなものにする文脈で、必要のところ、可能性があるところでは、プログラミング的思考の育成に積極的に取り組むことです。

3. プログラミング的思考とその育成

プログラミング的思考については、アルゴリズムをつくる、筋書きをつくるというような感じで整理されています。これも有識者会議で話題になったことですが、既にアメリカを中心にコンピューショナル・シンキングという言葉があるのですけれども、それを参考にしつつ日本バージョンでアルゴリズムをつくることを目指すという文脈で再構成し、論理的思考力の特別なものが、このプログラミング的思考であるというように位置付けています。ここで特に期待されているのは、目的を定める

のは「人間ならではの強み」である、それに向かって試行錯誤をしながら、継続的に改善を繰り返す、問題の解決を進めていく。この体験を、プログラミングを絡めた学習活動の中で大事にして頂くということです。ある目的を決めて、一定の手順、許された手順が明確にされた時に、それをどう組み合わせ、目的を攻略するか、実現するか、ここでは試行錯誤が伴い、柔軟な対応が必要になります。それで、うまくいかないから投げ出すのではなくて、工夫をしてそれを実現していく。その体験こそが、これからの教育に大事なことなのです。

プログラミング的思考の規定では、アルゴリズムをつくることに傾斜した表現になっていますけれども、一般的に言えば、論理的に考える力です。その時に、論理とか筋道をどうつくるのか、これも広い意味ではアルゴリズムです。ですから、そのように考えて頂けると、やっぱり一般に広く学び、身に付けている、汎用的な思考のようなもの、それとプログラミング的思考の共通点が明らかになりますので、その辺のところも視野に入れつつ対応をして頂く、そういうことになるのです。プログラミング教育の入門についての文科省の資料でも、このような形で整理をしていますので、参考にして頂きたいと思います。プログラミング言語を覚えたり、プログラミング言語を教えたりすることは、主たる目的ではないのです。必要な範囲での対応は考えなくてはいけませんけれども、目的を自分で決めて、それを攻略するために試行錯誤しながら、目的の実現に向けて、改善を続けながらアプローチすること、その実体験を重視していく方向です。

このプログラミング的思考はどこで位置付けられているのでしょうか。実は、学習指導要領上では、教科横断的に育成を目指す情報活用能力の育成という文脈に位置付けられています。この情報活用能力はどのように規定され、その文脈でどのように位置付けているかということを確認して、その文脈で適切に対応して頂きたいと思います。

III. 事例

事例について具体的に考え、プログラミング的思考の育成についてイメージを持って頂きたいと思います。

1. 正多角形の作図

算数科の場合ですと、5年生の正五角形の作図と関連づ

けて取り上げることが例示されています。それから、プログラミングを、する、しないという話と、その元になるアルゴリズムをつくるという学習は、実は小学校2年生から始まる筆算、あるいはいろいろな計算の手順、あるいは因数分解なんかは中学校でやりますけれども、さらに、各種の作図の手順、いずれもアルゴリズムをつくることに深くかかわっています。

正多角形の作図では、試行錯誤をしながら考えていくということですが、実は皆さんご経験をお持ちの方いらっしゃるかもしれませんが、例えば正三角形の場合、三角形で辺の長さも角の大きさもすべて等しい図形ということなんですけど、正三角形の一つの角の大きさは60度です、ところが実際には、プログラミングで取り上げるプロセスでは、60度でやっているとどんどん開いていって、多分、正六角形のようになるんですけども、正三角形にはなりません。そこで試行錯誤が起こります。どうしたら正三角形になるかということで、そして、120度に気付いてやっていくのです。

実は、この120度というのは中学校で勉強する外角の話です。このような活動をするのが実は中学校の学習につながっていくのです、新たな事実(定理)の発見として。そう考えるとこの活動も大事な活動の一つとして位置付けることができます。同じように正六角形の作図となると、一つの内角の大きさは120度ですが、60度で回していけばできます。そのようなことを、正方形、正八角形など、他の正多角形でもいくつか調べていくと、多分、子どもたちから、回転角の総和はいつも360度になっていることに気付く子どもが出てくるでしょう。内角はどんどん増えていきますけど、外角だったら正多角形であればみんな同じになる。もちろん、このことは正多角形だけで成り立つ事実ではありません。そうしたことが帰納的に明らかになれば、これを一般的に、多角形で示し、演繹的に説明するのが中学校での学びになります。となると、学習の質の高まりを一層自覚できる素材として位置付けることができます。だから、プログラミングで終わりにしてはもったいないのです。算数・数学の学びの系統にうまく位置づけて頂くと、新たな疑問とか、問いが生まれ、次の学びにつなげていく機会として生かすことができます。すなわち、「学びに向かう力の涵養」にも関わってきます。

それから、よりよくする手続きを観察し、分析すると、

繰り返しが出てきます、それを束ねると、三つの大きなまとまりの繰り返しということで、手続きが単純化されます。これも結構プログラミングでは大事なことで、アルゴリズムをつくる際の基本的な思考です。また、ものごとを考えたり、手順を考えたりする際の大事な着想にもなるのです。この辺のところを顕在化して、ものごとを考える際の一般論として位置付けて頂くとよいと思います。

2. 筆算のアルゴリズムの創造

それからもう一つは、筆算のアルゴリズムです。

整数の四則計算は、小学校の4年生で完結し、筆算(形式)は、2年生から学び、4年生のわり算で完結します。

4年生のわり算の筆算を考える場面です。それまでの三則、たし算、ひき算、かけ算の筆算と比べると、その形式は、わり算の場合だけ違うんです。3回も繰り返している筆算、それをもとにすれば、類推で、当然、わり算だって同じようにやりたいと思う子どもたちが出てくるでしょう。ところが、わり算の筆算は、三則の場合と異なります。このことを教え込もうとしたら、子どもたちがいろいろ工夫をして筆算をつくるという体験の機会を奪うことになってしまうのです。先ほどの、目的を自分で決めて、それをものにしていくというプロセスで、試行錯誤しながらアプローチしていく、この体験は、型を教えて習熟するという教育ではなかなかできないのです。

簡単な数の計算で筆算形式の計算を練習するのは必要ですけど、形式を作るプロセスを大事にして頂くことは、プログラミング的思考の育成につながっていきます。同様なことは、作図の手順を考える際などにもあります。説明をする時の段取り、証明の手順(構想)といったものを考える際も、広い意味ではアルゴリズムをつくることです。その辺のところも併せて考えて頂きたいと思います。

実は、三則と同様な考え方で筆算をつくらうとすると、数によってうまくいく場合といかない場合がでてきます。アルゴリズムですから一般的な手続きですので、例外なく出来るが必要になります。実際に、4年生でやっていただいた時の子どもの反応ですけれども、 $73 \div 3$ のように、余りが出る時に困っちゃうんです。これを改良していくと、多分、下の位からではなくて、上の位からやることの方が都合よいことが、明らかにできるでしょう。ただそれをどのような形式にまとめるか。ある教科書の4年生にコラムとして載っているんですが、たし算、ひき算、か

け算は、国際的にみんな同じなんですけど、わり算ではお国柄が出てくるのです。もしかすると、子どもたちでつくってもらおうと、日本でやっているのとは別の他の国の筆算形式が出てくる可能性が十分あるわけです。そうした時に、大げさに言うと、国際化対応ができるのです。そう考えている国もあるんですよ、と。それほどに微妙な問題を含んでいますので、アルゴリズム、今までは身に付けて上手に使うというコンピュータに近いことを一生懸命やってきたんですけど、簡単な数でアルゴリズムに即して正確に実行することは必要です。しかし、これからは、アルゴリズムを理解し働きを知るとともに、それをつくることも併せて必要とされ、それができる子どもを育てて欲しい、そういう方向になっていますので、昔からある教材も視点を少し変えて工夫をして取扱って頂くことで、新しい教育的な価値を実現していく教材として頂くことが必要ではないかと思います。

おわりに

そのような教育を進めていく上で、教育の畑からちょっと距離を置いた人たちからいろいろな提案があります。

1. ネガティブ・ケイパビリティ

一つは、帯木蓬生氏、精神医学者で、今も医師として活動している方です。作家でもあり、これはペンネームだそうです。帯木氏がネガティブ・ケイパビリティ「論理を離れた、どのようにも決められない、宙ぶらりんの状態を回避せず、耐え抜く能力」を強調され、お勧めになっています。まさにこれまで申し上げたことと深く重なるところですので、是非お読み頂くとよいと思います。

つまり、今まではポジティブ・ケイパビリティ「問題が生じれば、的確かつ迅速に対処する能力」、できるように変形して、できることを一生懸命やる。しかし、これからはそれだけではなくて、少々大変で、できそうもないことであっても、あきらめないでチャレンジして、新しい成果を生み出していく、そこで働く力、ケイパビリティです。これを評価していただけたらということです。

そして、「学びの力」について次のように述べています。

学べば学ぶほど、未知の世界が広がっていく。

学習すればするほど、その道がどこまでも続いているのが分かる。あれが峠だと思って坂を登りつめても、まだその後ろに、もうひとつの高い山が見える。

そこで登るのをやめてもいいのですが、見たからにはあの峠に辿りついてみたい。

それが人の心の常であり、学びの力でしょう。

このことを受けて、「答えの出ない問題を探し続ける挑戦こそが教育の神髄」であるとしています。まさに、「人間ならではの強み」を端的に示されています。

2. 人間の知性（理性）の相対化

それからもう一つは、AIの開発が進んでいくと、人間の知性、理性を超えるところまでいってしまう可能性があります。AIで動くコンピュータから結果はでてきます。しかし、コンピュータの中で実行されていることは、情報の多さとコンピュータによる機械学習や深層学習により複雑になっており、ブラックボックスで、どのようなことをどのようにしたかということは明かにできません。だから、正しいかどうかを確認することは難しい。人間の能力を超えているのです。したがって、暫定的な結果として受け止め、共存していくということになります。人間でできなかったことを可能にしてくれる可能性もあります。しかし、それは正しいか間違っているか分からないということです。となると、事柄については基本的に、今までは間違わないようにということで、無謬性を求めて一生懸命やってきたんですけど、これからはそうは言っても間違えることがある、という可謬性を念頭において頑張っていく必要があるのです。これが、小林慶一郎氏の言う「学び」や「思考」で本質的なことです。

これは、これからの教育を考える上で大変重要な示唆をしていると思います。この本も最近出た本ですけど、是非、お読みいただけたらと思います。AIの専門的な部分についていくのに大変苦労しまして、3回4回読んでもなかなか納得できないんです。けれども、他の部分はかなりお役立ていただけるのではないかと思います。

つまり、可謬性というのは「希望」の別名であって、試行錯誤が認められて初めて思考の自由が生まれる。その前提に可謬性がある。これは哲学的な問答ですけど、やはりこれから大事にして頂きたいと思います。

後半、ちょっと急ぎ足になりましたけれども、どちらかというとその不易の部分に着目しながら、今話題のプログラミング教育、あるいはプログラミング的思考との付き合いをどのようにしていくかということで、算数・数学教育の眼鏡でお話しさせて頂きました。ご参考にして頂

きまして、皆様の想いの実現にお役立て頂ければ大変ありがたいと思います。

ご静聴ありがとうございました。

（進行）折角の機会ですからご質問があればお答え頂けるかと思っております。一問だけ誰かご質問がございましたらよろしくお願ひしたいと思っております。

（会場から）先生のアルゴリズムや筆算のお話に大変感動したんですけども。実際現場では試験やテストで点を取らなければ評価されない、筆算に関しても今の教科書では仕組みや考え方が示され言葉で説明するような筆算になっている。しかしパターンで答えを出すだけの練習していることが多く見られる。目先の点数が気になるからです。カンガエルことをさせない。対話とか試行錯誤もない、どうしたらいいのか。

もう一点が、プログラミング教育という名でタブレットなど使った教材が幼児まで降りてきている。幼児からデジタル画面中心の遊びやゲームに夢中になることを、デジタルを使いこなすということで、喜ぶ親さえいる。ゲームは別ですけど。こういった現状をどう考えればいいのか、どうしたらいいのか。

（講師）最初のご質問は、事前に頂いた質問と関係するものです。国が学習指導要領を改訂していますけれども、その趣旨をご理解頂きそれに基づいて実践をして頂くことが重要です。そのためにはいろんな研修などをしっかりやっけていかないといけないと思います。

それには先生方の研修、学校現場へのサポートが必要になります。国は教育にしっかりとお金を出して頂き、その理念を実現して頂く、私たちも含めて皆様にもサポートして頂く環境を作らないといけないと思います。今、10年目の免許更新のための研修を実施していますが、5年目のスパンでもって、新しい情報や専門家としての知識の積み上げに向けての積極的な対応をお願いしていかねばいけないと思っています。残念ながら、今、ご質問いただいたようなことになることを私も心配しています。

2つ目は、先ほどのプログラミング教育の必修化ということがかなり影響しているように思います。最近の報道を見ると、必ず「必修化」になっているのです。最初の、2・3年前までは「導入」という、やや穏やかな柔らかい表現をしていましたが、やはり「必修化」というと、心配

に思っている人は、いろいろな情報がありますので、それに乗りやすいのです。特に、教員養成大学の先生方には、特に、専門性をもって冷静に対応して頂かないといけないと思っています。いろいろな機会にその趣旨をお話しして頂くことと同時に、子どもたちが世の中に出て、社会を支える立場に立った時に、どういうことが必要なのか、少し長期的な展望に立って教育を考えて頂く。ICT機器の利活用については、目的に応じて適切に進めることとなりますが、コンピュータとかプログラミングについては、プログラミング言語を覚えたり、プログラミング言語を教えたりすることが、主たる目的ではないとしています。目的を自分で決めて、それを攻略するために試行錯誤しながら、目的の実現に向けてアプローチすることの実験を重ねていくことが大切だ、ということをしっかり認識して頂かなければいけないと思います。

(主催者) 情報教育セミナー2020の前後でメールによる質問・意見が、それぞれ1件ずつ2件寄せられています。質問・意見の要点と講師からのお答えは次のとおりです。

(参加者：セミナー前)「情報教育セミナー2020」に参加予定です。AI化、デジタル化、個別最適化が進み、さらに生徒が主体的に学ぶようになり、少子化も進んで行くと、当然、今まで頑張って来てくれた「集団で、一方的に教える、アナログな教師」が、大量に不要になるかと思えます。もちろん教師の再教育により意識を変化させようとする流れはあるかもしれませんが、年齢層が高めの先生方や、管理職や教育委員会の皆さんなどは、新しい変化・対応が難しいと予想され、新しい技術や考え方が有効に使われず、一番必要である「これからの未来を背負う子供」たちに届かないことが懸念されます。そういった問題に対して、何かお考えやメッセージなどがあれば、宜しく願いいたします。

(講師) 学習指導要領が改訂されると、文部科学省は3～4年間で趣旨の伝達を、全国を複数のブロックに分けて実施しています。そこには、都道府県教育委員会、国立、私立学校の代表者が参加しています。一般の公立学校へは、市区町村教育委員会への伝達を経て、趣旨が伝達されます。この情報は、学習指導要領及びその解説を読み解く際のヒントとなるものです。「これからの未来を背負う子供」の育成を担う皆様には、当事者意識をしっかりと持ち頂き、新しい情報を受け入れ、これまでを見直し、次に

向けて創造的に関わって頂くことを期待しています。各学校の設置者の皆様には、このサポートを積極的に進めて頂きたいと思っています。また、今回の改訂では、各学校において「社会に開かれた教育課程」を編成することが期待されています。保護者はもちろん地域社会の皆様にもこれからの教育の方向に関心をお持ち頂き、学校の皆様と協働して子どもたちの教育が進められるよう働きかけて頂きたいと思っています。

(参加者：セミナー後) 講演に関して質問させていただきます。
①プログラミング教育の「必修化」について、「必修化」ではない、というニュアンスでお話されていたと思いますが、新学習指導要領の総則で、「児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動」とありますので、これは必ず実施しなければならない内容ではないのでしょうか？(つまり必修) ②わり算のアルゴリズムの実践事例について、新学習指導要領総則には「児童がプログラミングを体験しながら」とありますので、プログラミングの学習活動では実際にコンピュータを使う必要があると思われます。この点について頂いた資料P37では、「類型Bについては、コンピュータを用いずに行う指導に当たるので、『コンピュータを活用しながら行う学習と適切に関連させて実施するなどの工夫』が必要となる」とありますが、この事例と適切に関連できる、コンピュータを活用する学習とはどんなものでしょうか。具体的にご教示いただけますと幸いです。お忙しいところ恐縮ですが、ご回答いただけると幸いです。

(講師)「①プログラミング教育の必修化」について、学習指導要領に例示された事例、例えば、算数科第5学年の正多角形の作図の例では、この例を教科書で取り上げるか、これと同等な作図の事例を取り上げる必要があります。そうでないと、教科書の検定で合格になりません。講演では、「必修化ではないこと」を主張したわけではありません。趣旨を的確にお伝えできませんでしたことはお詫びします。文部科学省の言い回しでは、プログラミング教育については「導入」や「推進」等が用いられ、「必修化」の言い回しは用いられていないかと思えます。有識者会議の「議論の取りまとめ」でも指摘されていますように、「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

とがプログラミング教育の目的であるとの誤解が広がりつつあるのではないかと指摘もあり、「小さいうちにコーディングを覚えさせないと子供が将来苦労するのではないか」といった保護者の心理からの過熱ぶりや「コーディングは時代によって変わるから、プログラミング教育に時間をかけることは全くの無駄ではないか」といった反応が見られ、いずれも、こうした誤解に基づくものではないかと考えられています。これら、二つの正反対、両極端の誤解の間に、「プログラミング的思考の育成」をおくことでプログラミング教育を展開することが提案され、新しい学習指導要領に反映されています。「必修化」との言い回しは、マスコミ報道などで、最近、使用される例が多くみられますが、前者の「保護者の心理からの過熱ぶり」を煽ることになるのではないかと危惧から、講演では、もっと穏やかな対応を期待している趣旨でお話しました。

「②プログラミングの学習活動とコンピュータの使用」に関わって、「プログラミングの学習活動のねらいは、プログラミング言語を覚えたり、プログラミングの技能を習得したりすることでなく、プログラミング的思考を育むこと、プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータをはじめとする情報技術によって支えられていることなどに気づき、身近な問題の解決に主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこうとする態度などを育むこと」(文部科学省「教育の情報化に関する手引」、有識者会議「議論の取りまとめ」など)とされています。有識者会議「議論の取りまとめ」において「プログラミング的思考」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」と説明されており、この定義が中央教育審議会答申、学習指導要領解説などでも引用されています。ここで、「動き」を「手続き」に置き換え、「対応した記号」(動きを記号に置き換えること、すなわち、コーディング)の部分削除すれば、広く「アルゴリズム(問題を解決する手順を表したもの)をつくる」問題解決に当たるとみることで、算数科の正多角形の作図では、通常、円と組み合わせて作図しま

す。その作図は、等しい辺や等しい角を移すコンパスの操作に基づいています。それに基づいて、「辺の長さが全て等しく、角の大きさが全て等しい」という正多角形の意味を使って作図することになります。コンピュータを利用した作図では、「等しい辺や等しい角を移すコンパスの操作」を「長さ 100 進む(線を引く)、左に等しい角度で曲がる」といったコンピュータが理解できる(用意されている)命令に置き換えるもので、これらを組み合わせることで正多角形をかくことができるというものです。したがって、作図の仕方を構想し、計画するための思考は、従前の図形の作図の場合とコンピュータを活用した作図の場合も同じで、プログラミング的思考の本質に関わっているといえます。コンピュータを利用してこの作図に充てる授業時間は、多く見積もっても 5 時間程度かと思えますので、第 5 学年では、算数科の授業時数の約 5 %です。小学校全体では約 1000 時間ありますので、約 0.5%に過ぎません。ICT を利活用した授業は増えていくと思えますが、プログラミング教育の「必修化」と強調するのは心配です。

プログラミング教育の中核に「プログラミング的思考の育成」がおかれていますので、例えば、筆算の手順を考えることは、アルゴリズムをつくる問題解決の典型です。これをコンピュータで実行すると、コーディングが必要ですが、これを小学生に求めることは難しいのですが、プログラミング的思考の本質的な部分を、コンピュータを使わずに鍛えることができると考えています。この文脈で筆算の例を取り上げています。したがって、「プログラミングの学習活動」を、狭義に、「プログラミングをしてコンピュータを利活用すること」に限定してしまえばと窮屈なものとなりますので、「プログラミング的思考の育成」に焦点を当て、アルゴリズムをつくることを重視した広義の「プログラミングの学習活動」とらえて対応することを期待しています。そうすれば、算数科でこれまで取り上げてきました、計算の仕方に関わること、作図に関わることは基本的にアルゴリズムをつくることに深く関わりますので、習熟に重点をおいた伝統的な取扱いを控えめにして、アルゴリズムをつくる事を重視するという新たな息吹を加えた教材研究を重ね、新学習指導要領の趣旨を実現する授業改善に生かして頂くことを期待しています。(文責：学情研)