

## 今後の初等・中等学校におけるプログラミング教育

### Computer Programming Education in Elementary and Secondary School in the Near Future

堀田 裕史 高木 三郎 山岸 博美 樋口 康彦  
 HORITA Hiroshi TAKAGI Saburou YAMAGISHI Hiromi HIGUCHI Yasuhiko

小学校は 2020 年から、中学校は 2021 年から、高等学校は 2022 年からプログラミング教育が必修化される。小学校は「総合的な学習の時間」を中心に、中学校は技術・家庭科で、高等学校は情報科で扱われる。本稿では、プログラミングの必要性、学習指導要領、先行教育実践例、諸外国の情報教育課程調査も検討し、教育内容、教育用ソフトを含めた教育方法、社会との接続について検討した。その結果、小学校ではプログラミングを意識しないで基本となる考え方を理解させるソフトが一部で使われているが、そのようなものが今後広く使われることになると思われる。中学校では、現行学習指導要領の技術・家庭解説編でもプログラミングが扱われているが、従来よりもより高度な内容となっている。高等学校については、情報科の新指導要領は未発行であり詳細は不明だが、中教審答申からは高度化が推察される。以上より初等・中等教育のプログラミング教育の高度化が実現すれば、情報社会のインフラ理解が大幅に進み、また高等教育や職業教育での IT 教育との接続の円滑化が期待できる。ただし、筆者のひとり(堀田)は、それでも IT 企業での必要な能力・専門性とはまだ遠く隔たり、IT 産業への労働力供給源としては、高等教育機関や職業教育機関が重要な役割を果たすと考えている。

プログラミング教育、初等・中等教育、総合的な学習の時間

#### 1. プログラミング教育の必要性

##### 1.1. 第 4 次産業革命

現在進行中といわれる第 4 次産業革命とともに今後も消滅しない職業に就く基本能力として、プログラミング能力が求められ、その能力育成のため、小学校は 2020 年から、中学校は 2021 年から、高等学校は 2022 年から必修となるとされている<sup>1)</sup>。第 4 次産業革命とは、第 3 次産業革命が ICT 機器・ソフト利用による情報革命とすると、より具体的に表現すると IoT (Internet of Things) による多数機器のデータ交換、メガデータ採取と利用、AI (人工知能、Artificial Intelligence) 利用の本格化、ロボットの高次利用が進むと考えられている。

ほりた ひろし(食物栄養学科) たかぎ さぶろう(幼児教育学科) やまぎし ひろみ, ひぐち やすひこ(食物栄養学科)

第 4 次産業革命が唱えられている現状は、1960 年代から 80 年代にかけての A I ブームが再燃し、80 年代の i-TRON 構想が IoT として実現しつつあるように思える。そして、1980 年頃の通商産業省の情報処理技術者不足対策を彷彿させるような、学校教育でのプログラミング教育の必修化の流れが今押し寄せようとしている。

## 1.2. 労働市場の変化

### 1.2.1. 米国の場合

職業の変化についての研究<sup>2)</sup>では、ML(機械学習、Machine Learning)、MR(移動可能型ロボット、Mobile Robotics)により、21 世紀からは、例えば個人ごと筆跡の異なる手書き文書の認知力向上と自動的ビッグデータ化など、従来はルーチンワークとは見なされなかったことがコンピュータ化しつつある。1980 年代からは労働市場の U 字化(創造性が低いか、高い労働人口が増大し、普通レベルの創造性に向けた労働人口の必要性が非常に少なくなりつつある現象)が続いている。将来的には、702 の職種でコンピュータ化感受率(仕事がコンピュータ制御機器により自動化される比率)を求めて、そのうちコンピュータ化感受率が 70%以上の仕事はコンピュータに置き換えられる可能性が高いとした。その結果は、米国で職種では 319 で 45.4%、労働者数では 49%が、今後 10 年から 20 年でコンピュータに置換される危険な職(at risk)に従事している(論文は 2013 年発表)としている。

### 1.2.2. 日本の場合

日本の労働環境の失われた 20 年による変化は生々しい爪痕が残る。産業のグローバル化(国内産業衰退)、流通業大型店舗化(地方商店街消滅)、団塊世代雇用維持政策による外部不経済(若年世代の非正規雇用化と貧困層増加・少子化加速)、高付加価値推進の失敗(世界標準製品流入による国内ガラバゴス市場消滅)など、労働市場は変化に晒された。ただし AI 化やロボット化進展と直接結びついた事象ではなく、これらと関係する将来予測を次に示す。

表 1 に、文部科学省の第 3 期教育振興基本計画の策定に向けた基礎データ集抜粋からの AI やロボットで代替されうる職種一覧<sup>3)</sup>を示す。表示順序は 50 音順で代替可能性確率とは無関係とのことである。データの出所は野村総研と前述の Oxford との共同研究で、その研究では日本の労働人口の約 49%が技術的に A I やロボットで代替可能と推計した<sup>4)</sup>。表 2 では、製造業、運送・配送業、事務職などの職種が減ることを予想している。AI 化、ロボット化の進展は、基幹産業を中心に単純労働に属する職種を根こそぎ減少させるようだ。一方アートディレクターなど片仮名のクリエイティブな職種が増加するとしているが、I C T 技術者は含まれず、この文献からは情報通信産業の進展や技術者育成の必要性を推察することはできない。

表 1. 人工知能やロボット等による代替可能性が高い 100 種の職業

IC 生産オペレーター	検収・検品係員	鍛造工	郵便外務員
一般事務員	検針員	駐車場管理人	郵便事務員
鋳物工	建設作業員	通関士	有料道路料金収受員
医療事務員	ゴム製品成形工(タイヤ成形除)	通信販売受付事務員	レジ係
受付係	こん包工	積卸作業員	列車清掃員
AV・通信機器組立・修理工	サッシ工	データ入力係	レンタカー営業所員
駅務員	産業廃棄物収集運搬作業員	電気通信技術者	路線バス運転者
NC 研削盤工	紙器製造工	電算写植オペレーター	
NC 旋盤工	自動車組立工	電子計算機保守員(IT保守)	
会計監査係員	自動車塗装工	電子部品製造工	
加工紙製造工	出荷・発送係員	電車運転士	
貸付係事務員	じんかい収集作業員	道路パトロール隊員	
学校事務員	人事係事務員	日用品修理ショップ店	
カメラ組立工	新聞配達員	バイク便配達員	
機械木工	診療情報管理士	発電員	
寄宿舎・寮・マンション管理	水産ねり製品製造工	非破壊検査員	
CAD オペレーター	スーパー店員	ビル施設管理技術者	
給食調理人	生産現場事務員	ビル清掃員	
教育・研修事務員	製パン工	物品購買事務員	
行政事務員(国)	製粉工	プラスチック製品成形	
行政事務員(県市町村)	製本作業員	プロセス製版オペレー	
銀行窓口係	清涼飲料ルートセールス員	ボイラーオペレーター	
金属加工・金属製品検	石油精製オペレーター	貿易事務員	
金属研磨工	セメント生産オペレーター	包装作業員	
金属材料製造検査工	繊維製品検査工	保管・管理係員	
金属熱処理工	倉庫作業員	保険事務員	
金属プレス工	惣菜製造工	ホテル客室係	
クリーニング取次店員	測量士	マシニングセンター・	
計器組立工	宝くじ販売人	ミシン縫製工	
警備員	タクシー運転者	めっき工	

### 1.3. プログラミング教育

#### 1.3.1. 米国の場合

職業の変化についての研究<sup>2)</sup>では、米国では高学歴及び高収入とコンピュータ化は負の相関が指摘されている。即ち抽象的なまた創造的な思考ができる階層は、コンピュータ機器により取り換えられる危険が少なく、低収入化のリスクが少ないという主張である。プログラミング教育が労働者の抽象的で高度の思考につながれば、職業として無くなるリスクが低いことになり、米国では大いに望ましいことといえる。

文献 2)での、職種とコンピュータ化感受率の提示例は、①職種：「コンピュータ・システム・アナリスト」、感受率：「0.0065」、②「ソフトウェア開発者」「0.13」、③「コ

ンピュータ・プログラマ」「0.45」、④「コンピュータ保守技術者」「0.65」、⑤「コンピュータ・オペレータ」「0.78」である。これら職種では、プログラミング教育は当然全て受けているはずであるので、プログラミング教育が即将来の職種安定化や高収入化に寄与し、就く職種消滅のリスク低減につながるかは疑わしい。プログラミング教育を元に、ソフトウェア・エンジニアリングでいう上流工程までの能力を獲得すると、コンピュータ化で消滅する危険は少ないし、収入も多くなると見込まれる。

### 1.3.2. 日本の場合

さて日本であるが、文部科学省の資料<sup>3)</sup>として、表2に、産業別就業者数の予測を示す。「ベースライン・労働参加漸進」とは、経済成長（年率実質2%）、及び若者、女性、高齢者等の労働市場参加が一定程度進むと仮定している。特徴的なのは、(1)医療・福祉分野の激増(2030年は2014年より、187万人増)、(2)情報通信産業の微増(24万人増)、(3)卸売・小売りの激減(189万人減)、(4)工業・建設業の減少(85万人減)である。

表2 産業別就業者数の予測（単位：万人）

		実績 2014年	推計	
			ベース・参加漸	
			2020年	2030年
産業別 就業者数 万人	農林水産業	230	230	195
	鉱業・建設業	505	470	420
	製造業	1,004	982	927
	食料品・飲料・たばこ	142	136	122
	一般・精密機械器具	136	134	122
	電気機械器具	145	142	132
	輸送用機械器具	105	101	100
	その他の製造業	476	471	451
	電気・ガス・水道・熱供給	29	28	27
	情報通信業	206	226	230
	運輸業	317	302	288
	卸売・小売業	1,100	1,035	902
	金融保険・不動産業	234	213	188
	飲食店・宿泊業	328	294	264
	医療・福祉	747	833	934
	教育・学習支援	298	269	227
	生活関連サービス	162	151	137
	その他の事業サービス	360	341	324
	その他のサービス	449	448	456
	公務・複合サービス・分類不能の産業	382	356	326
産業計	6,351	6,178	5,844	
2014 年との 差 万人	農林水産業		0	-35
	鉱業・建設業		-35	-85
	製造業		-22	-77
	食料品・飲料・たばこ		-6	-20
	一般・精密機械器具		-2	-14
	電気機械器具		-3	-13
	輸送用機械器具		-4	-5
	その他の製造業		-5	-25
	電気・ガス・水道・熱供給		-1	-2
	情報通信業		20	24
	運輸業		-15	-29
	卸売・小売業		-65	-198
	金融保険・不動産業		-21	-46
	飲食店・宿泊業		-34	-64
	医療・福祉		86	187
	教育・学習支援		-29	-71
生活関連サービス		-11	-25	
その他の事業サービス		-19	-36	
その他のサービス		-1	7	
公務・複合サービス・分類不能の産業		-26	-56	
産業計		-173	-507	

このうち情報通信産業についてであるが、産業計の就業者数 507 万人減少の傾向とは逆に増加するとの予想であり、AI 時代には情報通信産業の規模拡大が想定されることになる。今後の情報通信産業就業者増加には、退役する現就業者を補いつつ更に就業者数を増やす必要があり、ICT 技術者の大量育成を必要とするであろう。

一方経済産業省は IT 技術者に関し、ずっと詳細な就業者数の予想を立てている<sup>5)</sup>。試算では、図 1 に示すように、IT 技術者が、2020 年に 36.9 万人、2030 年には 78.7 万人不足すると、とんでもない数字をはじいている。この図は日本の産業としてどれだけ IT 技術者が必要かを予測している。経済産業省の試算は、日本国の IT 部門存続の必須条件として IT 技術者育成が必要との趣旨であると思われる。

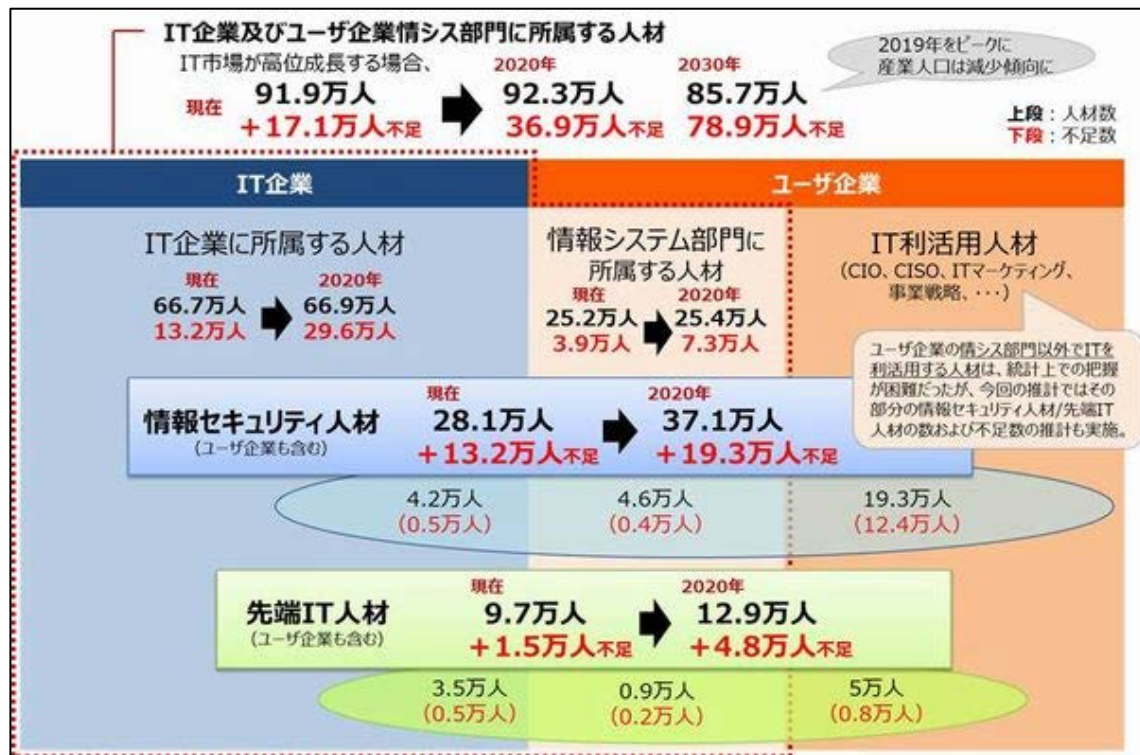


図 1. IT 人材の需給に関する推計結果の概要 文献 5) より転載

これだけ IT 技術者が不足すれば、産業の多国籍化・国際化現象 (国内産業の縮小化) に拘らず IT 技術者の需要があると思われる。ただし団塊世代の完全退役後に若年世代の正規雇用が増大すれば、IT 技術と関わりなく所得水準向上に繋がる。世の中に多くの職種があるなか、若者が IT 技術者を目指し IT 技術者の需要を賄えるかは、賃金と待遇が魅力的かどうかであろう。長時間労働、高ストレスの労働環境を社会が全面的に問題視し、社会から全面的に改善の機運が高まり、業界全体で存続を賭けた努力がされるであろうか。長時間労働、高ストレスは、嘗ての情報通信産業労働者の実態に近いといえるが、これが改善する必要がある。高付加価値の推進と国内市場ガラバゴス化と世界標準製品の席捲による国内市場の突然の消滅などが発生しがちな業界体質を改善して、グローバル・スタンダードを生み出す勢いを取り戻すことが可能であれば、IT 技術者の志願者の増加と定着につながるであろう。

## 2. 諸外国のプログラミング教育

表 3 に諸外国のプログラミング教育の様子を、文部科学省資料<sup>6)</sup>から要約して示す。

幾つかの国では、情報教育にコンピュータ科学を取り入れており興味を持たれる。

OECD の PISA(学習到達度調査 : Programme for International Student Assessment) で高い評価を受けているフィンランドは、中等学校生徒の四分の一が教員志望であり教育先進国を絵に書いたような国であるが、2016 年から小学校でプログラミングが必修化される予定という。

ハンガリーは演算子法で著名なミクシンスキーなどの優れた数学者を生んだ国であるが、情報教育でも初等・中等教育としては、比較的高度な情報科学を含み注目される。

インドは初等教育では世界標準のビジネスソフト使用経験を得させており実用性が高そうであり、中等教育におけるコンピュータ科学教育は将来の就労先に備え非 I T 職種向け、I T 職種向け(高度な内容と思われる)に分けて教育しており好感がもてる。

表 3 からいえることは、多くの国(地域)では、初等教育ではプログラミングを教えようとしており世界の趨勢となっている。注意すべきは、初等教育ではプログラミング教育はコーディングとは異なり、プログラミングの基本となる考え方を対話型画面表示によるシミュレーションで習得しようとするのが主である。中等教育ではコンピュータ科学を導入するもののコーディング量は僅かの例がみられ、トイプログラムのイメージが付きまとう国もある。中等教育でのコンピュータ科学の教育が明確なものは、アルゴリズムとプログラム製造・保守工程別の教育をしている国であり、このようなプログラム生産過程全体に対して大雑把ながら全体を俯瞰しようとする国が増えつつあるようだ。

表 3. 諸外国のプログラミング教育

No.	国(地域)	プログラミング環境
1	英国(イングランド)	小学 1・2 年 : 簡単なプログラムの理解と作成、デバッグ。小学 3-6 年 : プログラムの設計や作成、デバッグ、コンピュータネットワークの理解と応用。中学生 : プログラミング言語とデータ構造、論理数学、デバイス。高校 1-2 年 : 分析スキル、課題解決スキル、設計スキル。初等教育は、Scratch、LOGO、Kodu 等使用。中等教育は、Scratch、Kodu、Python 等使用
2	エストニア	ベーシックスクールでは Scratch や Lightbot などを使用。プログラミング学習のためのツールは、LEGO Education が多い。
3	フランス	後期中等教育一部のコースで、科目数学でアルゴリズムとプログラミング教育を実施。初等教育と前期中等教育(コレッジ)に関しては 2014 年 6 月に政府がアルゴリズムとプログラミング教育に必要な公的声明を出し現在新指針を作成中である。
4	ドイツ	州により異なる。初等教育ではプログラミングは無い模様。中等教育(5-10 年生)ではプログラミングや設計図書学ぶ。中等教育(10-13 年生)では php による Web アプリ開発・実装を含め、アルゴリズムなど実際のプログラム言語を使用して学ぶ。
5	フィンランド	2016 年プログラミング教育が数学で採用予定。1-2 年生プログラミング的思考(指示)。3-6 年生 Scratch 等。7-9 年生プログラミング言語。
6	イタリア	小中学校ではプログラミング的な思考法を教えるが、プログラムそのものかはわからない。高等学校(5 年制)のうち技術高校ではプログラム開発、アルゴリズム、データベース管理、Web アプリケーションなど I T 技術・科学をほぼ網羅する。

表 3. 諸外国のプログラミング教育 (続き)

No.	国(地域)	プログラミング環境
7	スウェーデン	プログラミングは、上級中等学校(16~18才)職業訓練専門コースでのみ履修。他は読み、書き、計算、ICT利用能力重視。
8	ハンガリー	初等・中等教育12年間で、1-4年生は簡単なアルゴリズム、5-6年生は簡単なプログラム実装、検証、7-8年生はステップバイステップの計画手順、9-12年生は改良の原理学ぶ。
9	ポルトガル	7-8年生でScratchによるプログラミング教育。インタラクティブなプレゼンテーション、アニメーション、インターネット共有ゲーム等作成。
10	ロシア	初等教育では、簡単なアルゴリズムに基づいた行動ができるようにする。中等教育では主要なプログラム言語でアルゴリズムに精通することや、文字コード表の使い分け。0~255のコードの変換など。
11	米国(カリフォルニア州)	州ごと又は学校毎に違う。プログラミングを使用する場合初等教育ではScratch、中等教育ではJava, C, C++である。ハイスクールの10%がプログラミング教育を行うが、その教育内容はオブジェクト指向、ソート含むアルゴリズム、データ構造などである。
12	カナダ(オンタリオ州)	初等教育(1-8年生)はICT。中等教育は、10年生コンピュータ学習入門、大学準備コースの11年生コンピュータサイエンス入門、12年生コンピュータサイエンス、カレッジ準備コースの11年生コンピュータプログラミング入門、12年生コンピュータプログラミング。カレッジは日本の専門学校に近い。
13	アルゼンチン	初等教育：プログラミング教育は実施されない。中等教育：公立中学校等生徒にノートPC無料配布し、教科「ICTスキル」でプログラミング教育実施。IT要員育成の技術・職業訓練の専門課程は「Computing」「Programming」の2独立教科で教育。
14	韓国	初等学校「実科」中学「技術・家庭」でICT教育実施。プログラミングは中学「情報」と(一般選択)、高等学校「情報」(深化選択)で実施。情報科はあるが大学受験に不要で履修率が低い(2012年中学8.1%、高校5.2%)
15	シンガポール	初等教育：先進的学校除き、プログラミング教育無し。中等教育：普通校技術系コースの必修教科「Computer Applications」で簡単なプログラミング指導。
16	上海	小学校・中学校でのプログラミング教育はない模様である。高校では、Visual Basic, Basic, Pascal, cの例がある。
17	香港	小学校・中学校ともMicrosoft Office 使用法などICT基本が主であるが、中学2・3年でプログラミング、制御構造、演算子等を学ぶ。高校ではプログラミングを含むICT(情報)科目受講率は9.7%で低い(使用言語Visual Basic, c, Pascal)。
18	台湾	小学校は情報リテラシー、中学校はプログラムの概念を教えるがScratchを使用する教科書がある。高等学校ではVisual Basicの枝葉教科書の例がある。
19	インド	初等教育(6~13才)の3-5年生ではWindows操作法、Microsoft Word/Excel/PowerPoint等アプリケーション使用法、LOGOによる図形描画。5年生は簡単なアルゴリズムやフローチャート、プログラミング言語は6-7年生QBasic、8年生Visual Basic、9年生C++、Javaの基本的記述。中等教育(14-17才)はネットワーク関連、HTML、XML、11-12年生ではC++。
20	イスラエル	高等学校(10-12年生):CSプログラムは1ユニット90時間で構成され、短期かつ基礎的な1ユニット版(90時間)、中級レベルの3ユニット版(270時間)、より高度な5ユニット版(450時間)から選択できる。

表 3. 諸外国のプログラミング教育 (続き)

No.	国(地域)	プログラミング環境
21	オーストラリア	州により違う。ビクトリア州政府では、7-8 年生は汎用プログラム言語で反復・分岐などアルゴリズム実装。9-10 年生ではオブジェクト指向言語でアルゴリズム・データ構造設計と実装を行いソリューションを実行する。
22	ニュージーランド	1-10 年生にはプログラミング教育はなく、11-13 年生はコンピュータサイエンスとソフトウェアエンジニアリング理解のため、アルゴリズムやソフト開発プロセスを理解する。
23	南アフリカ	1-9 年生ではプログラミング教育は確認できない。11-12 年生では実際にソフト開発をしている模様。12 年生の Senior Certificate 試験では、Delphi と Java 指定とされる。

### 3. 日本のプログラミング教育

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)(中教審第 197 号)<sup>7)</sup>によれば、各学校段階、各教科等における改訂の具体的な方向性が挙げられている。そしてそれに沿うように、プログラミング教育の必修化などが含まれる新しい学習指導要領が作成され、小学校では 2020 年、中学校では 2021 年、高等学校では 2022 年からの実施が予定されている。

#### 3.1. 小学校<sup>8)</sup>

小学校では文字入力やデータ保存などの技能の確実な習得とともに、将来どのような職業でも普遍的に求められる「プログラミング的思考」を育むプログラミング教育実施が求められる。各小学校は実情に応じ、プログラミング教育を行う学年や教科等を決め、計画し実施することが必要となる。

小学校におけるプログラミング教育の円滑な実施のため、国は、教育委員会や、小学校、関係団体、民間、学術機関等とプログラミング教育に関する指導事例集や教材等の開発・改善を行い、ICT 環境の整備や教員研修など整備が求められる。

(9) 情報に関する学習を行う際には 探究的な学習に取り組むことを通して 情報を収集・整理・発信したり、情報が日常生活や社会に与える影響を考えたりするなどの学習活動が行われるようにすること。第 1 章総則の第 3 の 1 の(3)のイに掲げるプログラミングを体験しながら論理的思考力を身に付けるための学習活動を行う場合には、プログラミングを体験することが、探究的な学習の過程に適切に位置付くようにすること。

図 2. 小学校学習指導要領解説 総合的学習の時間編

「総合的学習の時間、第 3 指導計画の作成と内容の取扱い、1 指導計画の作成に当たっては、次の事項に配慮するものとする」より引用<sup>9)</sup>

小学校では、学習指導要領解説の総合的学習の時間編<sup>9)</sup>で、図 2 に示すようにコーディングが目的ではなく、社会の根底に流れているプログラミング的なものの見方を会得す



ることであると記してある。新学習指導要領の総合的学習の時間は 2018 年(平成 30 年)から適用されるが、特に当該科目のプログラミング教育の部分は移行措置に含まれ、2020 年(平成 32 年)からの適用となる。

### 3.2. 中学校における情報の展開<sup>10)</sup>

中学校では、技術・家庭の科学技術分野で、プログラミングや情報セキュリティについて充実を図る。知的財産を創造・保護・活用する態度や技術上の倫理観の育成等を重視する。技術科では、制御系と情報システムの設計・プログラミング・動作について触れられている。これからは、ロボットのような物(筆者らの抱くイメージでは、車輪などにより前後左右移動可能な乗り物型で片辺 20cm 程度以内の大きさのもので、プログラミングによる動作指令をインターフェースを介して受信可能なもの)を実際に動作させることが想像される。平成 30 年度から平成 32 年度までを移行期間とし全部または一部のみ新指導要領によるとしているが、2021 年度(平成 33 年度)から全て新指導要領によることになる。

図 3 に、新学習指導要領解説技術・家庭科編<sup>11)</sup>と現行学習指導要領解説技術・家庭科編<sup>12)</sup>の対応関係がみられる部分を示す。現行の「簡単なプログラムが作成できること」から、「安全・適切なプログラムの制作, 動作の確認及びデバッグ等ができること」へと、プログラムの品質と、プログラム製造時の工程別作業に分けて記述している。プログラミング以外でも、2進数・16進数や IP アドレスの意味の理解に言及するなど新指導要領解説編では、現行より具体的でまた高度化した記述となっている。新学習指導要領になっても、授業を受ける中学生自身が敷居が高いと感じないならば、新学習指導要領後の世代は IT 社会のインフラについて各段に理解が進んでいると思われる。ただ筆者らの経験では、2進数・16進数や IP アドレスを教えることは簡単ではなく、受講者に REALITY を感じてもらえずとても腐心する。

現行指導要領 の一部 <sup>12)</sup>	(3) プログラムによる計測・制御について、次の事項を指導する。 ア コンピュータを利用した計測・制御の基本的な仕組みを知ること。 イ 情報処理の手順を考え、簡単なプログラムが作成できること。
新指導要領 の一部 <sup>11)</sup>	(3) 生活や社会における問題を、計測・制御のプログラミングによって解決する活動を通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。 ア 計測・制御システムの仕組みを理解し、安全・適切なプログラムの制作, 動作の確認及びデバッグ等ができること。 イ 問題を見いだして課題を設定し、入出力されるデータの流れを元に計測・制御システムを構想して情報処理の手順を具体化するとともに、制作の過程や結果の評価, 改善及び修正について考えること。

図 3 中学校 学習指導要領解説編技術・家庭科の一部

中学校の数学科の学習指導要領では、コンピュータについての記載は、「各領域の指導に当たっては、必要に応じ、そろばんや電卓, コンピュータ, 情報通信ネットワーク

などの情報手段を適切に活用し、学習の効果を高めること。」とあり、理科の学習指導要領では「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、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的かつ適切に活用するようにすること。」とあり、いずれも具体性に乏しく、事実上のコンピュータ教育は技術・家庭の科学技術分野が担うことになると思われる。

### 3.3. 高等学校

高等学校では、現行の情報教育の授業は「社会と情報」と「情報の科学」からの選択必修であり、プログラミング教育受講者は「情報の科学」を選択者でその履修率は2割程度と思われること、受験科目でなく積極性に疑問があること、各都道府県での情報科教員採用にアンバランスがみられるなど、現行の情報科では産業の情報化の高度化に十分に対応できていないことなどが反省材料となっている。

高校では情報科で、情報関係に関して履修する。全高校生共通の必修科目「情報Ⅰ」により情報技術の効果的活用力を全生徒に育成し、プログラミング活用力も身に付ける。選択科目「情報Ⅱ」は、「情報Ⅰ」の基礎の上に、情報システムや情報コンテンツ構築力を養うとしている。

高校の学習指導要領は未発表であり、詳細な予測はできない。図4に、中教審第197号によれば、情報Ⅰが必修化されて全高校生がプログラミングを学ぶこと、情報Ⅰでは情報Ⅰを基礎により高度なことを学ぶことが期待される。

中学校の技術・家庭科でのプログラミングの扱いが高度化することから、全高校生もコンピュタリテラシーではなく、アルゴリズムからプログラミングの構造、実装、検査はで最低できるようになることが期待できる。

ただ、①各都道府県が別教科教員の転換で済まらず、情報科教員採用に踏み切るか、②選択科目として想定される「情報Ⅱ」は多くの大学で受験科目として取り上げられず、履修率は低いものにならないか、③そもそも国・数・社・理と同等の大多数の大学の受験科目に採用されないと、情報科を主要科目と見做す高校生が増えないのではないか。⑤その場合、情報科が人類の英知であり産業の基礎であるという認識は、それこそ今後100年たとうが生まれえないと思われ、世界に遅れをとる事態も起こり得るであろう。

- ・ 共通必修科目として、問題の発見・解決に向けて、事象を情報とその結び付きとして捉え、情報技術を適切かつ効果的に活用する力を全ての生徒に育む「情報Ⅰ」を設定。全ての高校生がプログラミングによりコンピュータを活用する力を身に付けられるようにする。
- ・ 選択科目として、「情報Ⅰ」の基礎の上に、情報システムや多様なデータを適切かつ効果的に活用する力や、情報コンテンツを創造する力を育む「情報Ⅱ」を設定。
- ・ コンピュータについての本質的な理解に資する学習活動としてのプログラミングやより科学的な理解に基づく情報セキュリティに関する学習活動などを充実するとともに、統計的な手法の活用も含め、情報技術を用いた問題発見・解決の手法や過程に関する学習を充実する。

図4 「各教科・科目等の内容の見直し 13. 情報科」<sup>7)</sup>より抜粋

### 3.4. 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の情報教育指導力向上支援事業のプログラミング教育実践ガイド<sup>13)</sup>では、教員向けにプログラミング教育の例を示されている。小・中・高校各 4 例ずつ計 12 例が紹介されている。情報教育は、高等学校では「情報科」、中学校では「技術・家庭科（技術分野）」に集中しているが、小学校では「総合的な学習の時間」「図画工作」「生活科」「特別活動」と幅広い教科に跨っている。

表 4. プログラミング教育実践ガイド 文部科学省ホームページより作成<sup>13)</sup>

No.	テ ー マ	対 象
1	1 年生からのプログラミング体験	小学校 1 年生：生活科，特別活動
2	めざせ！行列のできるおすし屋さん！	小学校 4 年生：図画工作科
3	プログラムロボット学習	小学校 4・5・6 年生：総合的な学習の時間
4	調べた人物をプログラムで表現してみよう	小学校 6 年生・総合的な学習の時間
5	アニメーション制作でプログラミングの基礎学習	中学校 2 年生：技術・家庭科（技術分野）
6	プログラミングを利用して LED を制御しよう	中学校 3 年生：技術・家庭科（技術分野）
7	車型ロボを制御して課題コースをクリアしよう	中学校 3 年生：技術・家庭科（技術分野）
8	ペアで取り組む交差点の信号機プログラミング	中学校 3 年生：技術・家庭科（技術分野）
9	C 言語と電子工作・センシングの基礎学習	高等学校 2 年生：SSH 情報（学校設定科目）
10	タイマーオブジェクトによるオリジナルプログラム製作	高等学校 2 年生：情報
11	普通科高校での Web プログラミング	高等学校 2・3 年生：情報
12	基本的なアルゴリズムの学習	高等学校 3 年生：情報

#### 4. 小学校におけるプログラミング教育用ソフト

小学校においては、プログラミングコードの教育ではなく、指令、指令の繰り返しなどが一定の意味のある連続動作を形成することを体験することが中心となる。以下に、小学校水準で使用されていることが想定されるツールを紹介する。

##### 4.1. Squeak（スクイーク）<sup>14)</sup>

Alan Kay の提唱した 1970 年代 Xerox パロアルト研究所「ダイナブックプロジェクト」計画で Smalltalk(OS 実行環境とも)が開発された。Alan Kay 設立の NPO・Viewpoints Research Institute で 1995 年頃開発を開始し、Squeak が作られた。Squeak は Smalltalk

よりさらに初心者を使いやすいことと可搬性を目指して作られた。記述言語は Smalltalk で、クラス階層もかなり踏襲している。Squeak はバイトコードテンタープリターが c で記述されたため Squeak の Virtual Machine は Unix 等の多くのプラットフォームに移植され、無償での実装のはずである。また JIT(Just In Time Compiler) により実行速度が向上した。

#### 4.2. Squeak Toys<sup>15-17)</sup>

LOGO に影響をうけ、Squeak に様々なオブジェクトを追加して動作させることができるようにシミュレーション環境を整えたものである。オブジェクトの動作は、動作を指定する図名を使用し、連続動作は図形のダイアグラムが構造化フローチャートに相当し、結果としてプログラミング動作の視認による理解を促進することになる。日本語化ダウンロードサイトから利用できる。

#### 4.3. Scratch<sup>17)</sup>

Scratch と Scratch 1.4 は、Sueek 上に実装された。一方 Scratch 2 は、Adobe 社の Flash により全面的に書き換えられたものである。NuScratch はタブレット Raspberry Pi(CPU は携帯電話用と共通、OS は Linus・Debian の方言)上に実装された。Squeak Toys のように、連続動作は図形のダイアグラムで示し構造化フローチャートが得られ結果としてプログラミング動作の視認による理解を促進することになる。Scratch では、ブロックを積む機能は特化され、ゲーム・シミュレーション機能、共有、グラフィック強化がされている。

#### 4.4. Smalruby<sup>18)</sup>

Scratch と操作法が互換なソフトとしては、Smalruby(スモールビー)があるが、これは Scratch の図形によるプログラム組み立てのユーザーインターフェースを日本人が開発したプログラム言語 Ruby(ルビー)で実装したものである。松江市にある NPO 法人 Ruby プログラミング少年団が Raspberry Pi にインストールして活動を行う様子がインターネットにアップされている<sup>18)</sup>。

#### 4.5. 小学生向けプログセミング教育ソフトに必要な事項

小学生向けに実装されており、キャラクターデザインも進んでいる。プログラムを意識することなく、ユーザーインターフェースを介して実質的なプログラム構造を作っていくことで、キャラクターに思い思いの動作を与えていくのは児童の興味を引きそうと筆者等は推測する。ただし気になる事は、既定の使用法を超えて拡張しようとする、高度なプログラミング環境を表示しユーザーインターフェースを解読してコードインスペクションを繰り返すといった IT 技術者独特の世界に入りこまねば、改造・拡張ができないように見えるのは筆者らの私見であろうか。コーディングは普通の教員とは無縁な世界である。よって、一切改造を必要としない、閉じた世界で、児童が問題解決ができるような、優れた対話的なシミュレーションソフトであり、一切教員側においても記述言語 (Smalltalk、Ruby など) を意識する必要がないことが必要であると考え。

## 5. 考 察

### 5.1. 初等教育のプログラミング教育必修化の意義

第 4 次産業革命における I T 専門家が多大の不足をきたすため、I T 技術者育成に迫られプログラミング教育を初等・中等教育で実践し、小学校は 2020 年から、中学校は 2021 年から、高等学校は 2022 年から必修される。

まず小学校におけるプログラミング教育は、機械など動作はプログラム化された指令に従い動作するという原理に気付かせることにあると思われる。社会の機械系・情報系の様々なシステムはブラックボックスに見えても、実際には手順を踏んだ指令（又は動作、条件判断）の集合体と、それに従って物理的に動作する機械システムから構成されているとの認識が得られるであろう。社会のインフラをなす全ての機械系・情報系システムをこのように認識することで理解しやすくなり、また特段問題はないと思われる。

### 5.2. 中等教育のプログラミング教育必修化の意義

中学校におけるプログラミング教育は、実際に簡単なプログラムを作成し、簡単なロボットを思いどおり動作することなどであろう。実際にプログラムを作成して動作させることは、意外に労力と試行錯誤に満ちた作業であることに気付くと思われる。既に記したように新指導要領技術・家庭解説編では、プログラムの品質とプログラム製造時の工程別作業や、2 進数・16 進数や I P アドレスに言及し、現行より高度化した教育が実施されるはずである。これにより日本国民が情報化社会の基盤的知識を共有する（常識化する）のであり、今後の情報化社会を支えるのに大いに貢献するであろう。

ただし、2 進数・16 進数を教えるのに苦労した経験のある人には、全ての中学生が理解するには多大な努力が必要であることを危惧するのではないかと想像する。現場の教員による円滑な運用が望まれる次第である。

### 5.3. 中等教育の情報教育必修化と就業との接続

中等教育でのプログラミング教育または情報教育の強化と、社会における I T 技術者育成とどのように関係するかは、はっきりしない。I T 技術者はプログラミングが必須である。筆者等のうち一人(堀田)はプログラミング技術の上達には、実務経験で 2~3 年必要と考えている。1 年に 1,700 時間働くとして 3,000 から 5,000 時間訓練が必要ということである。また I T 技術者の仕事の分野、AI なのか機械系、金融システム、電気系、CAD 系、リアルタイムシステムなど、分野ごとに多様なドメインの知識が必要とされる。またプログラミング等の情報通信技術を単なる手段と割り切るのは危険であり、C S つまりコンピュータサイエンスとしての基礎訓練も必要である。例えば今が AI の時代であると規定すれば、標準的な記号処理言語である L I S P (List Processor) で前方推論または後方推論による専門家システム (Expert System) 構築経験も必要と思われるが、初等・中等教育ではこのような教育は難しい。

以上より中等教育までのプログラミング教育ないし情報教育では、情報化社会の情報

通信技術者育成と直接接続できるものではなく、今後も高等教育や社内教育が必要なことには変わりがない。ただし、今後その接続がスムーズになることは大いに期待できる。

#### 5.4. 生徒の情報通信機器利用の問題点

初等・中等教育へのプログラミング教育・情報教育の強化とは別に改善が必要な点も挙げておく。図 5 は OECD の出版物<sup>19)</sup>からの転載であるが、日本の生徒の学校外での情報通信機器の利用の程度である。OECD 諸国のうち最下位か最下位同然である。日本の生徒の学校外での情報通信機器の利用はゲーム、生徒間メールなどを含め、ほぼ勉強以外に費している。情報通信機器の勉強への利用は基本的な課題といえる。

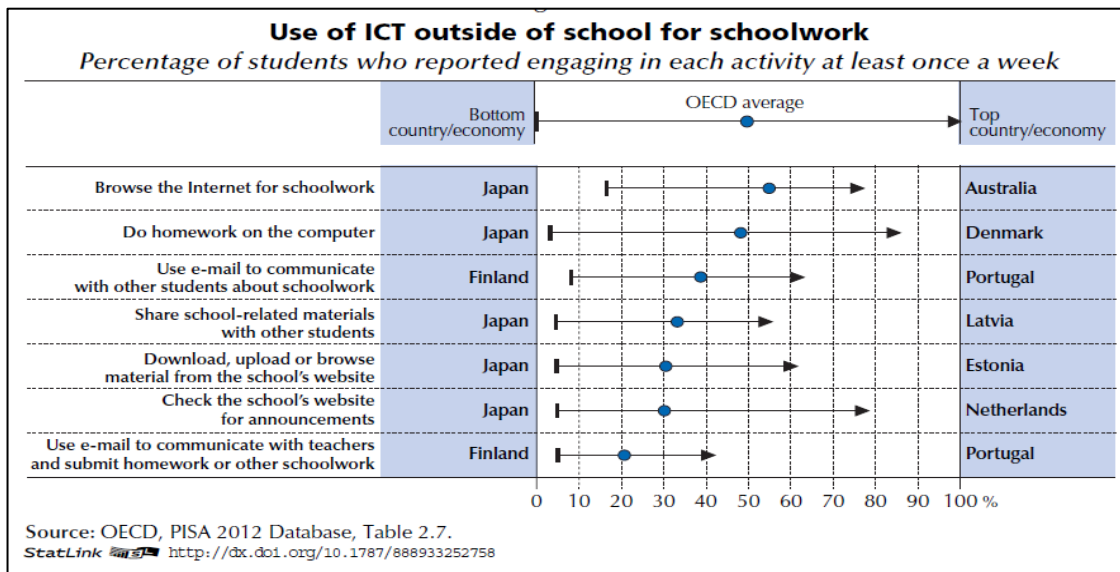


図 5. OECD 諸国の生徒の学校外での情報通信機器の利用<sup>19)</sup>

#### 参考文献

- 1) 大杉昭英解説：中央教育審議会答申 平成 28 年版、明治図書(2017)
- 2) Carl Benedikt Frey† and Michael A. Osborne : THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?,Oxford University Programme on the Impacts of Future Technology(2013)、  
[http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf)(2017/11/25 閲覧)
- 3) 文部科学省：第 3 期教育振興基本計画の策定に向けた基礎データ集抜粋（高等教育関連追加）、  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo4/siryo/\\_\\_\\_icsFiles/fieldfile/2016/06/27/1373565\\_12.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo4/siryo/___icsFiles/fieldfile/2016/06/27/1373565_12.pdf)(2017/12/19 閲覧)
- 4) 野村総合研究所：日本の労働人口の 49%が人工知能やロボット等で代替可能に、  
[https://www.nri.com/~media/PDF/jp/news/2015/151202\\_1.pdf](https://www.nri.com/~media/PDF/jp/news/2015/151202_1.pdf)(2017/12/19 閲覧)

- 覧)
- 5) 経済産業省 : IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果を取りまとめました、  
<http://www.meti.go.jp/press/2016/06/20160610002/20160610002.html>(2017/11/25 閲覧)
  - 6) 文部科学省 : 諸外国におけるプログラミング教育に関する調査研究、  
[http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/programming\\_syogaikoku\\_houkokusyo.pdf](http://jouhouka.mext.go.jp/school/pdf/programming_syogaikoku_houkokusyo.pdf)  
(2017/12/24 閲覧)
  - 7) 文部科学省 : 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) (中教審第 197 号)、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) 【概要】、  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1380731.htm)(2017/11/25 閲覧)
  - 8) 文部科学省 : 小学校学習指導要領、  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afielldfile/2017/05/12/1384661\\_4\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielldfile/2017/05/12/1384661_4_2.pdf) (2017/12/2 閲覧)
  - 9) 文部科学省 : 小学校学習指導要領解説 総合的な学習の時間編、  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afielldfile/2017/10/19/1387017\\_14\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielldfile/2017/10/19/1387017_14_2.pdf) (2017/12/2 閲覧)
  - 10) 文部科学省 : 中学校学習指導要領、  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afielldfile/2017/06/21/1384661\\_5.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielldfile/2017/06/21/1384661_5.pdf) (2017/12/2 閲覧)
  - 11) 文部科学省 : 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編、  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afielldfile/2017/10/31/1387018\\_9.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielldfile/2017/10/31/1387018_9.pdf) (2017/12/2 閲覧)
  - 12) 文部科学省 : 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編、  
[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_\\_icsFiles/afielldfile/2011/01/05/1234912\\_011\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afielldfile/2011/01/05/1234912_011_1.pdf) (2017/12/2 閲覧)
  - 13) 文部科学省:プログラミング教育実践ガイド、  
[http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming\\_zirei/](http://jouhouka.mext.go.jp/school/programming_zirei/) (2017/11/22 閲覧)
  - 14) Squeak Foundation : Welcome to Squeak/Smalltalk, <http://squeak.org/>  
(2017/11/25 閲覧)
  - 15) Viewpoints Research Institute : SqueakLand、  
<http://www.squeakland.org/resources/articles/article.jsp?id=1008>(2017/11/25 閲覧)

- 16) 阿部和広、Thoru Yamamoto : スクイークであそぼう、pp.1-128, 翔泳社 (2003)
- 17) MTS-Project of Digital Hollywood University : スクイーク Etoys のダウンロード、<http://etoys.jp/squeak/download.html>(2017/11/25 閲覧)
- 18) R u b y プログラミング少年団 : 5 月 1 8 日 (日) に一日 Ruby プログラミング体験 in 松江 (八雲公民館) を開催しました♪、  
<http://smalruby.jp/blog/2014/05/18/trial.html> (2017/12/2 閲覧)
- 19) OECD (2015), Students, Computers and Learning: Making the Connection, PISA, OECD Publishing.,  
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en>(2017/12/23 閲覧)