

[プログラミング教育の最前線]

5 創造はじめのいっぽ、 Apple I/TK-80/MSX が生んだ感動を すべての子どもたちへ!



福野泰介 | (株) jig.jp

叡智の結晶「コンピュータ」をすべての 子どもたちへ!

震災、感染症、テロ、戦争、隕石など、さまざまな課題とリスクを抱えた現代社会、問題を解決する速度が、問題を生み出す速度に追いつけていない。1996年に経団連が提言した「創造的な人材」^{☆1}の通り、自ら課題を見つけ、解決に向けてチャレンジし続ける人材が求められている。もちろん解決手段に縛りはなく、あらゆる技術を組み合わせ、可能な限り早く課題を解決したい。その手段としてコンピュータを使わない手はない。

残念ながら、コンピュータが一般の人々の手に渡るようになってから半世紀が過ぎたにもかかわらず、現代を生きる大人の大半はその力を存分に使いこなせていない。特に日本の学校現場におけるIT普及状況の遅れは著しい。以前、小学校でもプログラミングに触れる機会があったが、Windowsの登場とともに消滅。2020年、ようやくプログラミング教育が小学校の現場に戻ってくるようになったことは喜ばしい。ただ、入り口を間違えると大学、高専で発生しているプログラミング嫌いが低年齢化してしまうことになりかねない。

プログラミング必修化が決まる前の2014年、「すべての子どもたちへプログラミングを」の理想を実現するため、子どもパソコン「IchigoJam (イチゴジャム)」^{☆2}を筆者が開発。2012年、パソコンが高くて買えない大学

生を憂いて開発されたRaspberry Pi (図-1)に触発された弟分である。コンセプトは、自分のパソコンを持っていない小学生のために電源を入れるだけですぐにプログラミングできる、よりシンプル、より安価(\$15/1,500円、イチゴで買える)なワンボードパソコンである。ジャムのようにいろいろなものと組み合わせたプログラムを、ジャムセッションのように即興で作って楽しんでほしいという想いを込めた(図-2)。

6年前に地元、福井県鯖江市で教えた子どもたちが、プロのエンジニアとなって一線で活躍していたり、高専生となって学生向けのICTビジネスプラン全国大会で大学生と対等に戦っている。また、教材をオープンデータとして幅広く公開したことで、全世界に約80あるPCN(プログラミングクラブネットワーク)などのプログラミング教室やイベントで使用され、IchigoJamで育った子どもたちが、自分自身で新たな技術へと場を移している。JavaScriptで開発している、新型コロナ



ラズパイ創始者、Eben Uptonと！(2016 Raspberry JAM)
同じ、BASIC育ち
(Bill Gates、Mark Elliot Zuckerbergも中学生の頃にBASIC)

図-1 ラズパイ創始者、Eben Uptonと！

☆1 創造的な人材の育成に向けて～求められる教育改革と企業の行動～、1996年3月26日(社)経済団体連合会、<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/pol083/>

☆2 子どもパソコン IchigoJam - はじめてのプログラミングパソコン(1,500円)、<https://ichigojam.net/>

ウイルス対策アプリへプルリクエストを送ってくれた高校生もまた、IchigoJam 出身だった。

プログラミングを一斉授業形式で伝える時間は長すぎても短すぎてもいけない。かつて授業時間中、2回点減するプログラムを考えてもらう時間をとったところ、自分で答えを出せなかった子どもは自信をなくす恐れがあるので待ちたいが、早くできた子どもには早く次を伝えたいというジレンマを感じた。そこで、反転授業に習って、授業時間内では「かわくだりゲーム」の手順を1つ1つ追い、ゲームができていく過程を楽しく実感してもらい、残り時間と放課後に存分に改造してもらう設計とした。電池、キーボード、ディスプレイの一体型周辺機器 IchigoDyhook (図-3) の誕生により、授業前後の準備も不要となった。誰一人取り残さず、体験した子どもが100%楽しく学べ、もっとやりたいと言ってくれることを目標に改善を続けている。

地味ゲー好きな子どもに出会った幸運

黒い画面に白い文字、そしてキーボード。なんだか難しそうで敬遠したくなる大人は多い。でも、子どもの目で見てみるとどうだろう？ カタカタとコマンドを打ち込むことで、みるみるゲームやツールができあがるさまは、まるで魔法のよう。自分でできたらどんなにかっこいいか。世界で人気のゲーム「Minecraft (マイクラフト)」



■ 図-2 じぶんでつくる、じぶんのパソコン！

でも英字のコマンドをいかに使いこなすか、YouTube や、子どもたち同士で情報交換しながら試行錯誤することに、何のやらされ感も、嫌悪感もない。

IchigoJam を発表する4カ月前、地域のお祭り「ご縁市」に、出展した小さなモノクロ画面にスーパーファミコンのコントローラとキーボードをつないだ自作の地味なゲーム機。熱心に遊んでくれる小学生たちに驚いた。高解像度で映画並みの映像を自在に操るゲームが溢れているこの時代、ドットで動くゲームにハマってくれている。「オレ地味ゲー好きなんで」という言葉。こんなゲーム自分で作れるとしたらやってみたくないと聞くと「やりたい!」と即答。この言葉が大きな後押しとなった。

コンピュータサイエンスへようこそ

福井県鯖江市では2014年にIchigoJamを使ったプログラミングクラブ活動が始まり、2019年度には市内全12小学校で4年生「総合的な学習」の時間2コマを使ったプログラミング体験を実施し、必修化を達成。初めてのキーボード操作を楽しんでもらいながら、自分の言った通りLEDが光ったり消えたりすることを目の当たりにして歓声を上げたり、静かに感動している様子を見るのが楽しい。指示通りに動いているのは、目の前にある基板の真ん中にある四角い黒チップ、お値



■ 図-3 一体型周辺機器, IchigoDyhook by IO-DATA

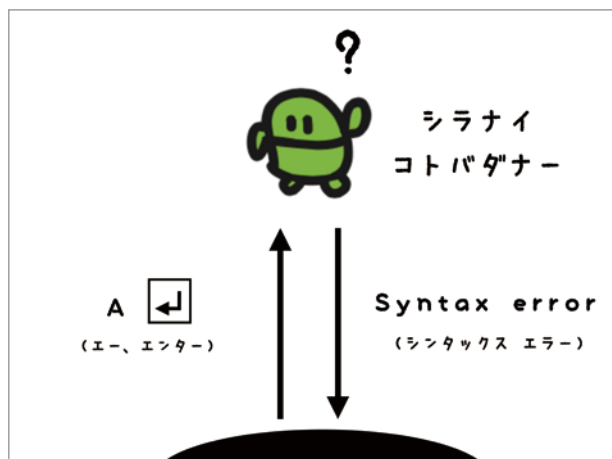
段 100 円のコンピュータ (Arm アーキテクチャ, NXP 社製 LPC1114 を CPU として採用). 「LED1:LED0」一瞬だけ光る LED を見てもらい, この 100 円の計算速度クイズ. 答えは, 1 秒間に 5,000 万回計算. 先生も驚く, 人間を圧倒するこのパワーこそ, コンピュータ最大の魅力である (図 -4, 5, 6).

人には現実と理想があり, そのギャップを埋めたいシンプルな欲求がさまざまな道具を生んできた. 新たな発明は, この先人の知恵の結晶である理論を間違いなく積み重ねていくという, 重要だが退屈な作業の先にある. たとえば, 立体物をさまざまな角度から見る絵を作りたい場合, 三角関数を使って, 膨大な数の掛け算足し算を間違いなく計算する必要がある. この手の作業を自動化するために誕生したのがコンピュータ (計

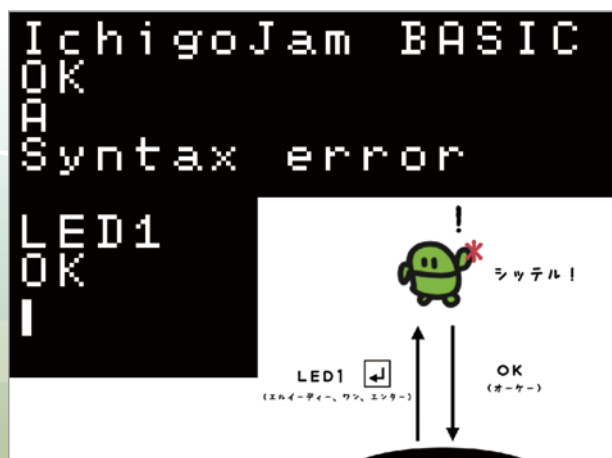
算機) である. 現代コンピュータの計算力は 100 円でも 5,000 万回/秒以上, スマホでさえ 1 兆回/秒にも達する. また, クラウドの発達により, 必要な計算量と記憶量は気軽に時間単位でレンタル可能であり, そのコストは 1 時間あたり 1 円を下回る.

プログラミングとは彼らコンピュータにやってほしいことを頼むことであり, そのときに使う言葉がプログラミング言語である. 文部科学省の学習指導要領にある「プログラミング的思考」は, 「プログラミング」そのものを指している. どんなプログラミング言語を使っても, 入力と記憶を計算し出力する本質は変わらない. オンとオフを電気的に制御する無数のスイッチから成り立つ小さな機械, それがコンピュータの正体である. 子どもたちに, いかにかコンピュータを自分の味方にしたらいと思ってもらえるかをテーマに教材開発を進めている (図 -7, 8).

シリコンバレーのゲーク文化, Stephen Gary Wozniak 氏が開発した Apple 社の初プロダクト「Apple I」は, 1,200 カ所をはんだづけして組み立てる約 30 万円のキット. キーボードとテレビにつないで使うパソコン. 専門家でなくても扱える言語として開発された, プログラミング言語, BASIC が動くため, 多くのソフトウェアや, ソフトウェアエンジニアの誕生につながったらしい. 日本のコンピュータ文化の火付け役, NEC 製 TK-80 もまた, 約 9 万円のはんだづけキット,



■図-4 Syntax error (シラナイコトバダナー)



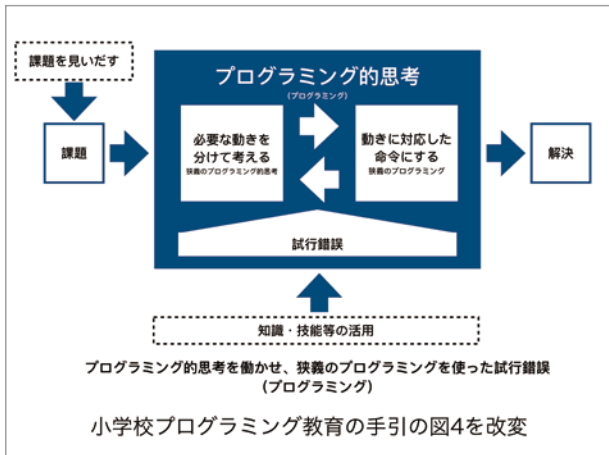
■図-5 LED1 (シッテル!)



■図-6 100 円のコンピュータ, 1 秒間に何回計算できる?

こちらも熱狂的なファンに会う。17の電子部品を計76カ所はんだづけして完成するIchigoJamは、同コンセプトを現代テクノロジーで作った後輩にあたる。コンピュータの進化の恩恵により、値段は大きく下がった。

IchigoJamのはんだづけ&プログラミングイベントは、夏休みなどのワークショップで各地で好評を得ている(図-9)。初めて手で触れるコンピュータ、はんだづけして組み立てできあがったパソコンにキーボード、テレビ、電源をつなぎスイッチをいれて目の前で動いたときに見せる笑顔。打ち込んだ文字が表示され、指示した通りに光るLEDに輝く目。初めて自分で作ったゲームで遊んで、自分なりに改造する。ここまでの体験が約2時間でできる。高専、大学生、大人向けにも有効な、コンピュータサイエンスの入り口としての活用も進んでいる。

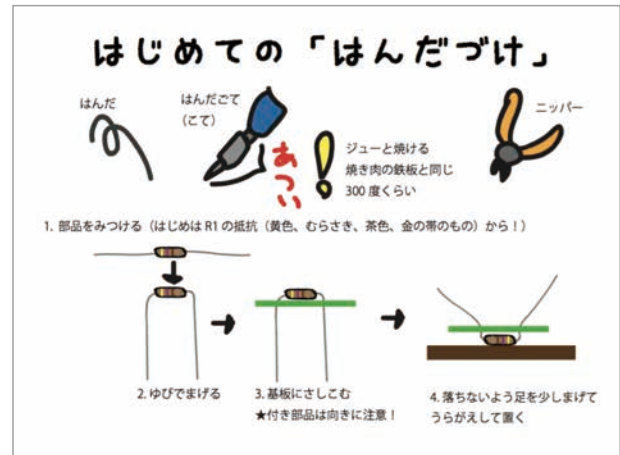


■図-7 プログラミング的思考とプログラミング

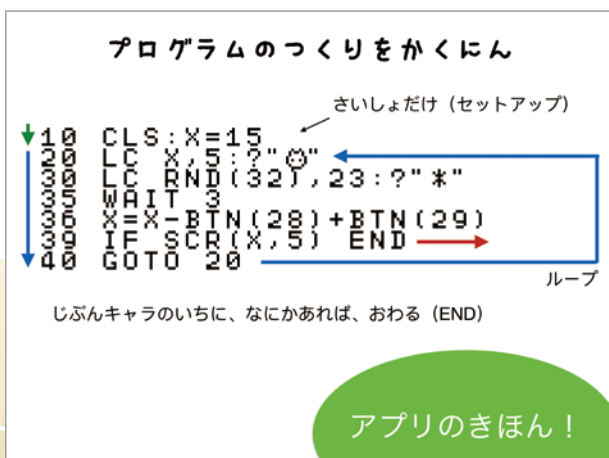
る。モンゴル、アメリカ、ルワンダ、フィリピン、ネパール、海外の子どもたちの反応も日本と等しかった(図-10)。

プログラミングの裾野を大きく広げた 入門用言語 BASIC

私を含むパソコンの誕生と歴史を共にしてきた40代前後のプログラマには、国内外問わずBASIC出身者が多い(図-11)。ほぼ例外なくゲーム好きが転じてプログラミングを始めている。小学生のとき、紙に迷路を書いたりゲームブックを作った延長で、テレビゲームも自分で作れるなら作ってみたい。そのシンプルな欲求に答えてくれたのがMSXだった。毎月発売される雑誌に掲載されたゲーム画面にワクワクし、がんばって



■図-9 はじめての「はんだづけ」



■図-8 かわくだりゲームで学ぶアルゴリズム



■図-10 プログラミング教室 in ルワンダ / KidsVenture & PCN

打ち込み間違いを直し、時に改造しながら遊ぶうちに身についたプログラミング技術。より高度なゲームのためにマシン語に触れ、コンピュータの本質を知った。

ファミコンのゲームが欲しくても年に数回しか手に入るチャンスがなかった35年前と比べ、スマホで無数にある無料ゲームに囲まれる現代では、じっくり取り組んでもらうことは難しい。そのため、計算機工学的な学習である「はんだづけと電子工作」と「プログラミング」の応用としてのゲームづくりと改造をコンパクトに体験でき、自分で取り組み、自分で深める案内までを基本のカリキュラムとして設計した。

BASIC言語の良さは、電源ONですぐ使える手軽さ、低価格、アルファベットの小文字を覚える必要がなく、タイピング数が少ないのでキーボードが不慣れでもゲームづくりまでの体験を短い時間で終わらせること、構造化プログラミングの基本までが身につくことにある。ネームスペースや、オブジェクト指向など、大規模プログラミング向けの機能が入っていない分、子どもでも全容を把握することができ、新しい技術に追従する必要がないので、環境も言語仕様もずっと安定した状態にでき、教材が作りやすい。

どんな環境でも割と高速に動き、HTML/CSSと合わせて標準技術で多彩なアプリが作れるJavaScriptは楽しいが、言語仕様がどんどん変わっていくので、教材が陳腐化しやすい。Python/Rubyは、使うライブラリ側の陳腐化にも気を使う必要がある。C言語は



図-11 ベーマガ復活！(電子工作マガジン) by 電波新聞社

開発者 Dennis MacAlistair Ritchie 氏自身も「まったくの初心者プログラマにはお勧めできない」と話している^{☆3}ように、マシン語を知らない初心者に教えるべきではない。まずは安定していて、つまづきにくく、コンパクトなプログラミング言語で、プログラミング言語を習得すること自体に慣れることが、あらゆるプログラミング言語習得への近道となる。

エンジニアに求められる、早く作ることと速く作ること

エンジニアに求められることは2つ。できるだけ短い開発期間で実現すること、そして、それが十分に高速に動作すること。どんなに性能が良いものであっても、開発に何年もかかっているは旬を逃し、短期間で作ることができても動作が遅くて使い物にならなかったり、割に合わない高コストでしか運用できないのでは意味がない。クラウド環境におけるサーバプログラムや、IoTデバイスにおいて、高速に動作することは低コストと同義であり、競争力に直結する。

特定の言語にこだわることは、短期的には早く作ることにはなるが、速く作れないリスクを抱える。たとえば、IchigoJamは、主にC言語で作った24KBのOSだが、Pythonなどのスクリプト系言語を使ってこのサイズでの実現は不可能。かといって、筆者が開発した全国の感染症状況を見るWebアプリ「新型コロナウイルス対策ダッシュボード」はC言語で作っているわけではない。ブラウザ上で親和性が高いJavaScript言語を使って、速さと早さを実現。各所のデータの更新頻度は日に数回程度なので、サーバ上のデータ送信は高速なCDNに任せ、各所からのデータ収集と整理は速度を要求しないバッチ処理として設計した。その結果、サーバ側でも同じJavaScript言語を使ってサブルーチンを共有することができ「早く作る」を実現している。

すべての言語はマシン語に変換されて動作する。あ

☆3 月刊C MAGAZINE 1989年10月号 創刊特別インタビューより、<https://fukuno.jig.jp/2751>

るプログラムがどの程度のパフォーマンスを発揮するかは、マシン語とハードウェアの特性を知らずに予測することは難しい。マルチプロセッサ、GPU、FPGA、クラウドなど、どの環境でどう実現するとコストはどうか、早く作れるか、速く動くか。取り得る選択肢を絞り込み、試し、実現する力が必要とされている(図-12)。コンピュータの内部や、高速化に興味を持った子どもたちが手軽に試せる、マシン語入門テキスト「IchigoJamではじめる Arm マシン語^{☆4}」を作成し、公開している。

早く速く作るためのベストを模索し続ける世界、実はこれが楽しくて仕方がない。世界中で日々発明される道具を自由に選び、使い、時に自分で作って公開できる、そんなオープンワールドなマイクラフトのような世界が実在する。世界中に100億を超えて存在するコンピュータが1つのネットワークを形成し、Webというアプリケーションにより社会と深くつながった。Webを発明したTim Berners-Lee氏は、すべての人があらゆる環境で同じようにデータを扱える「One Web」を実現する組織、W3C^{☆5}を作った。世界中のエンジニアが競争と共創を繰り返しながら、より良い未来を目指して開発を進めている。

このオープンに誰もが参加できる未来づくりに、年

☆4 はじめてのマシン語 - IchigoJam ではじめる Arm マシン語その1, <https://fukuno.jig.jp/1184>
 ☆5 W3C (World Wide Web Consortium) について, <https://www.w3.org/Consortium/Hosts/Keio/>

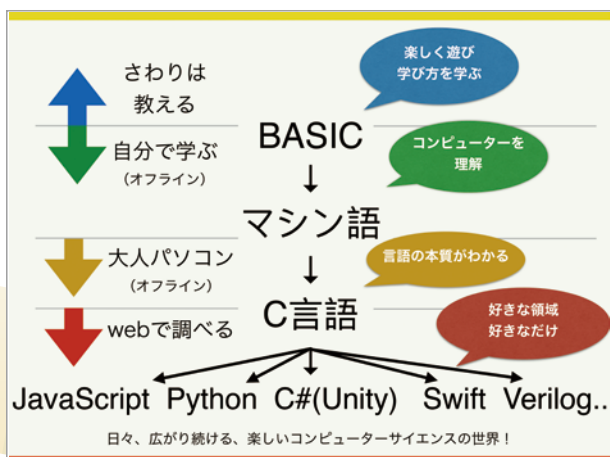


図-12 BASIC, マシン語, C言語, JavaScript/Python/C#/Swift/Verilog...

齢も性別も国籍も関係ない。誰もが、自分の理想とする社会を実現するための学び、何か作り、公開し、小さな賞賛や、時に批判と向き合いながら、自分自身を成長させていくことができる。世界からの遅れを認め、一斉授業との決別を宣言した「GIGA スクール (個別最適化された学び)」(図-13)の究極形は、我々大人と同じ、Webを自ら活用することにある。

子どもにWebを渡すタイミングは、それを自分の成長のために使いたいという意思の有無で見極めるといい。せつかくのパソコンをただのゲーム機や、動画閲覧装置にしてしまつては、貴重な成長機会を奪うことになり逆効果である。また、Webが社会に浸透するほどに、使う責任も重くなる。目の前のコンピュータがその一端であることを知らなかったでは済まされない。コンピュータを理解せずにWebを使うのは、交通ルールを知らずに公道を自転車で走るに等しい(図-14)。

プログラミングが教えてくれた「学ぶ楽しさ」

ものづくりとは、作り、試し、フィードバックを得て、また作る、このサイクルを回し続けることである。文部科学省による「プログラミング的思考」でも、その特徴として記述されている通り、プログラミングの良さはこの試行錯誤のサイクルを、学習者とパソコンだけで完



図-13 GIGA = すべての子どもたちに世界とイノベーションへの入口を (意識)

結でき、かつ、高速に回せることにある。

ミニ四駆にもハマっていた小学生時代、ピンバイスは高価で買えず、手元にあったはんだごてと彫刻刀を使って肉抜き(軽量化)などの改造工作をしていた。自分好みのボディを作ろうとした際、手元の工作道具と材料面で限界を感じ、ミニ四駆を卒業。材料が不要で、足りない道具は自分で作ることもできる、理想的なものづくり環境をコンピュータ上に見つけた。

PCNでは、毎年小中学生を対象としたコンテスト、PCN こどもプロコン^{☆6}を開催している。テーマ、使用技術、国籍にも縛りはなく、子どもたちが自由に作ったソフトウェアや電子工作が集まる。社会問題に鋭く切り込む作品も多く、中でも好きな作品が「お母さんのスマホ使いすぎを防止するマシン」(図-15)。子どもだけの問題ではないスマホ依存に子どもが切り込み、解決策をも実際に作って提示してくれた、IchigoJamと電子工作による作品だ。

試行錯誤のサイクルごとに気づき、学び、技術を積

☆6 PCN こどもプロコン | PCN プログラミング クラブ ネットワーク、
<https://pcn.club/contest/>

み重ね、でき上がった成果物を身近な人に試してもらうことで、また新たなフィードバックが得られる。こうした身近な課題解決にチャレンジする経験が成長へとつながり、視野と活動範囲も地域、日本、世界へと徐々に広がっていく。

最も大切な学びは、学び続ける楽しさに気がつくことだ。レベルが上がって新たな魔法を習得するが如く、作るほどにリアルで使える技術が身に付くループへいかに導くかにこだわりたい。コンピュータサイエンスを活用した応用範囲は深く広く、ブログ「一日一創」で扱っている範囲も一端に過ぎない。コンパクトでシンプルなプログラミング環境「IchigoJam」が、自分で学ぶことができるメタスキル「自学力」習得のきっかけとなるよう、洗練し続けたい。

(2020年4月28日受付)

福野泰介 fukuno@jig.jp

(株) jig.jp 会長, IchigoJam 開発者, 福井高専卒業, 神山まるごと高専 技術教育統括ディレクター就任予定, オープンデータ伝道師, ブロガー一日一創 <https://fukuno.jig.jp/>

ウェブ = 「伝わる」イノベーション

	歴史	保存	即時	拡散	無料
言葉	100,000年	×	○	×	○
文字	5,000年	○	×	×	○
活字	1,000年	○	×	○	×
放送	100年	×	○	○	×
ウェブ	30年	○	○	○	○

図-14 Web = 「伝わる」イノベーション

お母さんのスマホ使いすぎを防止するマシン！



PCNこどもプロコン受賞作品

図-15 お母さんのスマホ使いすぎを防止するマシン！