

グラフィック出力を備えた Web ブラウザベースのプログラミング実行環境

田村 謙次*1・鳥居 隆司*2・中野 健秀*3・杵淵 信*4・安藤 明伸*5
川崎 直哉*6・大岩 幸太郎*7・藤尾 聡子*8・古金谷 博*8

Email: torii@sugiyama-u.ac.jp

- | | |
|--------------------|-------------------|
| *1: 中央学院大学 商学部 | *5: 宮城教育大学 教育学部 |
| *2: 椛山女学園大学 文化情報学部 | *6: 上越教育大学 学校教育学部 |
| *3: 愛知学院大学 商学部 | *7: 大分大学 教育福祉科学部 |
| *4: 北海道教育大学 教育学部 | *8: シンカース・スタジオ |

©Key Words プログラミング, C 言語, Web, 描画機能

1. はじめに

最近、情報社会の基盤を支える IT 技術者が不足していると言われている。IPA が毎年行っている IT 技術者に関する調査の結果⁽¹⁾では、2013 年度の段階で、IT 企業において、「大幅に不足している」や「やや不足している」を合わせた回答が 82.2%、ユーザ企業においても「大幅に不足している」や「やや不足している」を合わせた回答が 91.9%にも達しており、問題が深刻化していることがうかがえる。そして、Web 関連の仕事にかかわる IT 人材の不足が、急速に進むとともに、スマートフォンやタブレットアプリの開発、Web コンテンツ制作や Web に由来するデータ分析の人材の不足も深刻化している。さらに、「新事業・新サービスを創出する人材」について、IT 企業およびユーザ企業ともにその必要性の認識があるものの、「人材育成に係わる投資ができない」が 5 割近くを占め、「実務経験を通じた育成を行う場がない」が 3 割程度に達している。情報システムのクラウド化によって、専門的な技術者不足は解消するとの憶測もあったが、マイナンバー制に伴う 2016 年問題や人口構成に起因する 2020 年問題の時期ぐらまでは、この状況が続くとの見方もある。

学校教育の面においては、既に新しい学習指導要領の「指導計画の作成等に当たって配慮すべき事項」において、「コンピュータや情報通信ネットワークなどを活用できること」「情報モラルを身に付けること」が小学校から高等学校までのすべてに記述⁽²⁾のされ、これまで以上に、情報教育を特別なものではなく、各教科の内容を学習する中でコンピュータや情報通信ネットワークを利用し活用することが求められている。特に、中学校の技術・家庭科においては、技術分野の「情報に関する技術」のプログラムによる計測・制御について、「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」と「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」と記述され、計測・制御とセンサやアクチュエータ、コンピュータの関わりやインタフェースによる情報の伝達についての指導を行うこと。そして、プログラミングだけでなく、情報処理の手順を考える過程でその目的や条件によつて的

確な方法を考え、様々な課題の解決につながる意味もある。さらに、「技術にかかわる倫理観や新しい発想を生み出し活用しようとする態度が育成されるようにするものとする」とも記述され、情報社会をより良い方向へ発展させるための態度や創造性の育成が求められている。

2013 年 6 月に産業競争力会議から出された成長戦略(素案)⁽⁸⁾において、「世界最高水準の IT 社会の実現」の「産業競争力の源泉となるハイレベルな IT 人材の育成・確保」の項目に「IT を活用した 21 世紀型スキルの修得」として、「・・・義務教育段階からのプログラミング教育等の IT 教育を推進・・・」とされている。その後、出された「産業競争力の強化に関する実行計画」では、これらの具体的内容は記述されていないが、長野県の学校法人信学会が、プログラミング科目を必修とした単位制の通信制高校「コードアカデミー高等学校」が開校され、アメールブログ関連事業、Ameba インターネット広告事業、スマートフォンゲームの開発などを行っている株式会社サイバーエージェントが小学生向けプログラミング教育事業会社を設立するなど具体的な動きがある。海外でも情報社会の急激な進展とともに IT 技術者の養成が急務であることなどからプログラミング教育を重視すべきであるとの声が高まり^{(9)~(12)}、様々な取り組み^{(13)~(15)}が行われている。このようなプログラミングなどのコード教育は必要ないとする意見もある。しかし、新しい内容が取り入れられるときには必ず推進派と慎重派、反対派が存在することは当然であり、検討されるべき論点の幅が広すぎることも問題である。

2. プログラミングに関する学校教育

高等学校の教科「情報」においては、新学習指導要領から共通教科「情報」は、「情報の科学」と「社会と情報」となった。共通教科「情報」は、専門学科で開設される教科「情報」とは異なり、高等学校の普通科で選択必修として履修される教科であり、「情報の科学」の目標として、「情報社会を支える情報技術の役割や影響を理解させるとともに、情報と情報技術を問題

の発見と解決に効果的に活用するための科学的な考え方を習得させ、情報社会の発展に主体的に寄与する能力と態度を育てる。」と示されている。そして、指導要領解説には、「プログラミング言語の記法の習得などが主目的にならないように留意」しなければならないものの「問題解決との関わりの中で、情報機器や情報通信技術を効果的に活用するための知識と技能を習得」しなければならないこと、「ただ単に問題解決の作業を行わせるというだけではなく、そこで利用されるコンピュータによる処理手順の自動実行、論理的な考え方、統計的なデータの扱い方などを様々な場面で生かせる応用力を習得させる」こととなっている。これらの内容は、具体的には、「問題解決とコンピュータの活用」の単元の「問題の解決と処理手順の自動化」において、学習することになる。共通教科「情報」は、一般的に2単位の科目で、70時間程度の授業時間であることを考慮するとプログラミング言語の習得が主な目的にならないよう配慮しつつ、授業時間の配当は数時間程度となってしまう。

3. グラフィック出力を備えたC言語環境

本研究では、これまで、プログラミング学習の環境として、クラウドサービスを活用し、インターネットに接続できる環境であれば、いつでも、コンパイル型の汎用言語のプログラミングと若干のグラフィック機能を付加した学習環境を構築^{(16)~(18)}してきた。

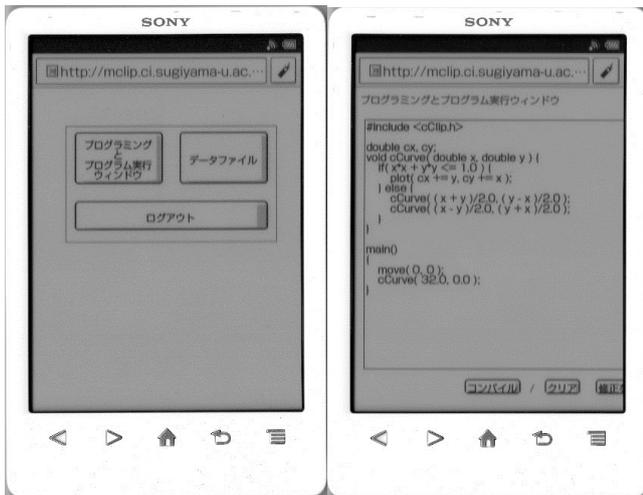


Fig.1 SONY の電子書籍リーダー付属のブラウザでログインし、プログラムを記述した様子

今回は、Logo に代表されるタートルグラフィックス風の機能を充実させ、汎用言語の習得であっても学習者が比較的容易にその内容に取り組めるような Web ベースのコンパイラ型プログラミング学習環境を改良し構築した。本学習環境は、Web ブラウザベースの環境であるので、基本的には Fig.1 や Fig.2 などに示すように電子ブックリーダーに付属している Web ブラウザであっても使用可能である。

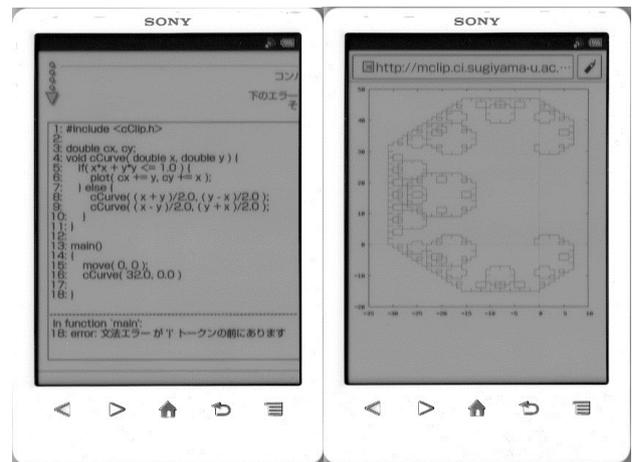


Fig.2 文法エラーの出力例とエラーを修正した後グラフィック表示させた例

実行時には、原点(0, 0)にタートルが y 軸の正の方向を向いて存在（仮想的なタートルであるので、タートルは表示されない）する。したがって、正三角形を描きたい場合には、様々な方法が考えられ、たとえば、述べるまでもないが、タートルを一定の距離だけ動かし、右回りに 120 度回転させ、さらに一定の距離だけ動かし、右回りに 120 度回転させ、もう一度一定の距離だけ動かさばよいことになる。そしてもう一度タートルを 120 度回転させておけば、タートルは最初の向きに戻るようになる。このような例題では、120 度の回転を 3 回行うことによって元の向きに戻ることから、学習者は、世界が 360 度であることを学習環境に自ら働きかけることによって、他者から教えられるのではなく体験を通して自ら認識理解する⁽¹⁹⁾というわけである。

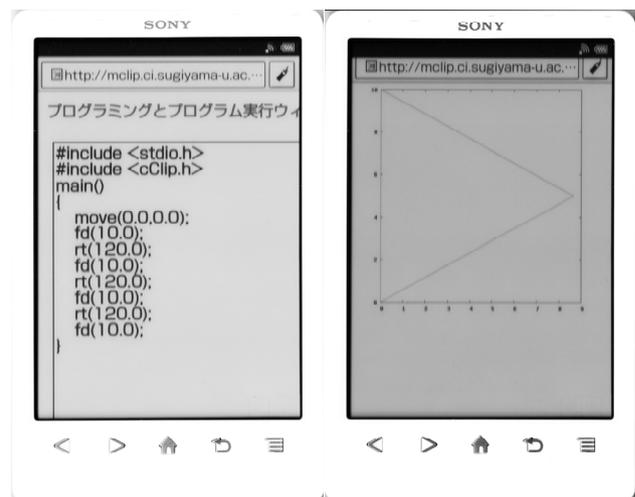


Fig.3 タートルグラフィックス風の出力例、三角形を描画するために最終的に回転させ線を描く必要はないが、最初の辺と同じ軌跡を描画させている

このように Logo の例題としてよく示される例によって本研究でのグラフィック出力を Fig.3 に示したが、この程度の記述であれば、小学校であってもローマ字入力を学習する程度の学年で、記述自体は十分可能であろう。また、小学校高学年の場合には、ヘッダファイ

¹ SONY の電子書籍リーダー PRS-T3S では動作確認している。Kindle Paperwhite のブラウザ(体験版)は、その名のとおり体験版であるので現在のバージョンでは、使用できない。

ルをインクルードする部分や main 関数に関する記述は、C 言語に関する内容ではなく単なる記述の骨組みとしてとらえ、カッコ内を記述する事を学習内容とすれば、十分対応可能であろう。このような意味での教育用言語では、プログラミング言語そのものを教えることを目的としてないため、予約語や構造化の排除の他、日本語でプログラミングできる言語⁽²⁰⁾やブロックによる図を配置によってプログラミング⁽²¹⁾できるツールなどが試みられている。中でも Scratch⁽²²⁾は、Kinect などの汎用的なセンサも利用できるライブラリも存在し、初等中等教育から高等教育まで様々な場面で活用されている。実際、前述したように、高等学校の共通教科「情報」であっても、指導要領解説には、「プログラミング言語の記法の習得などが主目的にならないように留意」ということであるので、本当のプログラミングを学習者に見せずに情報教育を行うことは、その内容に関心を持つ児童・生徒の裾野を拡大する方法として、意味があるかもしれない。また、コンピュータが情報を処理する仕組みを体験することや、その体験によって、情報社会を支えているコンピュータをはじめとする情報機器に関する知識を持って、情報システムに対する対応もある程度は可能であろう。

そして、あくまでも具体的なプログラミングコードの記述は避けるべきとの主張も多いが、本研究で構築した環境は、C 言語をそのまま記述できる仕組みとしており、オブジェクト指向でもなく、記述も単純で Fig.3 に示した程度のコードでコンピュータに対する手順を順序立てて示すことが、それほど難しいこととは考えにくい。情報教育は、コンピュータの出現からはじまったことを考慮すると、情報教育のはじまりにおいては、当然、使用するハードウェアもソフトウェアも教育機器としては、黎明期であり、ある程度専門の教員でなければ、使い方は非常に難しく、その結果プログラミングが非常に難しいという拒否反応を生み、今日に至っているように思えてならない。

教育の情報化のひとつとして、プロジェクタや書画装置などを活用し、教科書の該当部分や必要な図表をクラス全員で同じものを見る程度の ICT 活用が進まなかった例では、ICT が学校教育に導入された頃の教員研修などにおいて、ICT を活用している教員の中でも特に得意な教員らによる例示が行われたことが、逆に ICT の活用を妨げた原因のひとつであった可能性もある。

このように教育現場での新しい技術やツールへの抵抗の歴史として、『紙が汎用的に使われるようになったアメリカでは、1815 年に「最近の生徒たちは紙に頼り過ぎです。生徒たちは石板を使うとチョークの粉まみれになってしまいます。それに石板をきちんときれいにすることもできない。紙を使い切ってしまったらどうするんでしょう。』⁽²³⁾との記述が、また、『1987 年「アップル・クラスルーム・オヴ・トゥモロー」では、小学校 4 年生を担当している教員から「もし生徒がコンピュータを使って課題を提出するようなものなら、自

分の手と労力を使って書き直すように指導します。なぜなら、生徒たちは、自分一人の力でコンピュータで宿題ができるとは思えないからです。』⁽²³⁾とある。

そこで、本研究では、汎用的な C 言語の使用環境の敷居を低くすることでプログラミングそのものの学習も可能な方向性と、その使い方が非常に簡単なグラフィック機能の充実を図った。このような機能の充実により、構成主義的なタートルグラフィックスの考え方は生かしたまま、単純な手順を記述することで、図

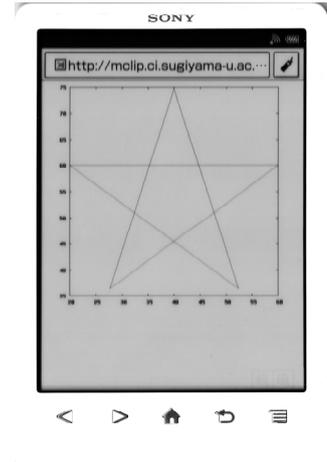


Fig.4 繰り返し処理によって形が描画できる段階から、星形を描画した例

4. 描画機能とその活用例

描画機能は、前述したようにタートルが表示されないタートルグラフィックス風の機能で、Fig.3 で示した非常に簡単な記述だけでなく、Fig.4 に示すような構造

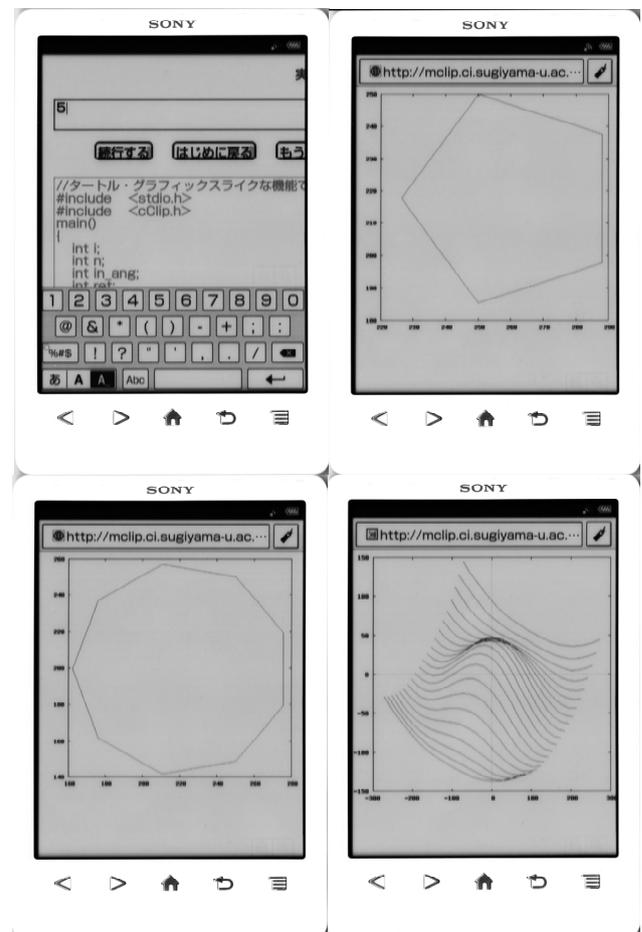


Fig.5 scanf 関数のキーボード入力によって正n角形を描画した例と、右下は3変数関数を描画した例

² このような主張は、過去に情報教育としてプログラミング教育がしばしば行われていた頃からよく聞かれたことであり、そのような声を受けてプログラミングコードを記述することなくプログラミングできる様々なツールが開発されている。

化プログラミングや Fig.5 に示すように `scanf` 関数を用いて、キーボードからの入力を受け付け、入力される値によって処理を変えること、他、JIS 規格に沿った C 言語のプログラミングとともに活用できる。また、本

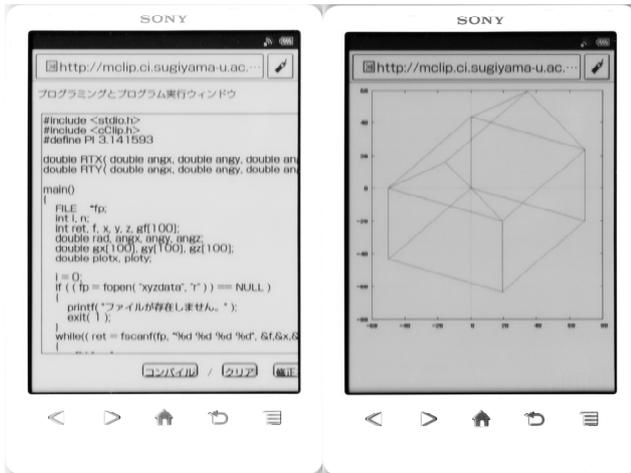


Fig.6 別に保存されたファイルから座標データを読み込み、座標変換して描画した例

システムは、現在、Amazon ウェブサービス (AWS) の EC2 (Amazon Elastic Compute Cloud) に構築されているため、ソースコードをクラウド上に保存することが可能であり、Fig.6 に示すように、同クラウド上に保存されたファイルに記述されたデータをファイルポインタによる入出力が可能である。このように本学習環境は、ある程度の機能をもった Web ブラウザさえあれば、タートルグラフィックスのような比較的容易な記述による図形描画を通しての学びからポインタやファイルの入出力などの記述も含んだ C 言語のプログラミングまで幅広い学びの場面で活用できると考えられる。

5. おわりに

急激な情報化の流れを見据えて、世界最高水準の IT 社会の実現として産業競争力の源泉となるハイレベルな IT 人材の育成・確保する政策から考えれば、我々は、初等教育の段階からある程度、現実のプログラミングコードを記述し体験する学習を行っても問題はなく、それが、仮にプログラミング言語の記法の習得などが主目的にならないように留意するとしても、あえて避ける必要はないのではないと考える。

我々も高等教育の初年次教育を中心に Scratch やブロックを組み合わせる形式のプログラミングやセンサによる制御などの授業を行っており、このような体験によって興味をもった学生が次のステップとしてプログラムコードを記述する段階に進むのであるが、結局、その段階で理解できなくなりあきらめてしまうケースも多い。また、プログラムそのものの理解の他に、プログラムによって何かを創造する力が発揮されないことによることも原因の一つであるように感じている。

具体的な教材やカリキュラム構成については、今後の課題であるが、本論文では、プログラミング教育の

是非やプログラミング必要論を訴えているわけではない。実際、現実のソフトウェア開発現場でも製品としてのプログラムは記述できないものの優秀なソフトウェア開発者も多く、また、ソフトウェア開発の中では、要件定義や仕様の策定、テストなどのコーディング以外の工程と比較して、コーディング作業の占める割合はそれほど多くないことから、プログラミングは、情報リテラシーとして必ず必要なものとは考えていない。情報教育の本質のひとつである情報処理の基礎的な考え方を学ぶ目的でプログラミングを活用する考え方もあるのではないかということである。

謝辞

本研究の一部は、JSPS および MEXT 科研費 2450169 および 25381242 の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) IT 人材白書 2014, 「作る」から「創る」へ、「使う」から「活かす」へ、独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) IT 人材育成本部, 2014.
- (2) 小学校学習指導要領, 文部科学省, 2008.
- (3) 小学校学習指導要領解説, 文部科学省, 2008.
- (4) 中学校学習指導要領, 文部科学省, 2008.
- (5) 中学校学習指導要領解説, 文部科学省, 2008.
- (6) 高等学校学習指導要領, 文部科学省, 2009.
- (7) 高等学校学習指導要領解説, 文部科学省, 2009.
- (8) 成長戦略(素案), 産業競争力会議, 2013.
- (9) ACM K-12 Task Force Curriculum Committee, "A Model Curriculum for K-12 Computer Science 2nd Edition", 2003.
- (10) <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CurrFiles/K-12ModelCurr2ndEd.pdf>, (2014/05/03).
- (11) UNESCO, IFIP Curriculum, Information and Communication Technology in Secondary Education, D. ICT Specialisation (1994, Update 2000).
- (12) <http://www.wedu.ge.ch/cptic/prospective/projets/unesco/en/>, (2014/05/10).
- (13) Code.org, <http://www.code.org/>, (2014/05/03).
- (14) Year of Code, <http://yearofcode.org/>, (2014/05/03).
- (15) Hour of Code, <http://csdweek.org/>, (2014/05/03).
- (16) 古金谷博, 鳥居隆司, 井上明, 杵淵信, 田淵哲明, 田村謙次, 中野健秀, プラットホームに依存しない C 言語学習環境の構築, pp.329-332, PC カンファレンス論文集, PC カンファレンス実行委員会 (2005).
- (17) 古金谷博, 藤尾聡子, 鳥居隆司, プログラム言語学習の位置づけと目的, Vol.22, pp.82-87, コンピュータ&エデュケーション (2007).
- (18) 鳥居隆司, 杵淵信, 安藤明伸, 田村謙次, 川崎直哉, 大岩幸太郎, 中野健秀, 藤尾聡子, 古金谷博, Web ブラウザベースのプログラミング実行環境, pp.59-62, PC カンファレンス論文集, PC カンファレンス実行委員会 (2013).
- (19) Seymour Papert, Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas, Basic Book (1980).
- (20) 兼宗進, 中谷, 多哉子, 御手洗理英, 福井眞吾, 久野靖, 初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.44, SIG 13, pp.58-71, 情報処理学会 (2003).
- (21) <http://www.legoeducation.jp/mindstorms/>, (2014/05/11).
- (22) <http://scratch.mit.edu/>, (2014/05/11).
- (23) Allan Collins (原著), Richard Halverson (原著), 稲垣忠他(翻訳), デジタル社会の学びのかたち: 教育とテクノロジーの再考, 北大路書房 (2012).

³ 現在では、hackathon(ハッカソン)や Hack Day などのイベントも盛んに行われており、このようなイベントが学習者の創造性の育成につながることを期待している。