

2013年度 卒業論文

プログラミング教育ツールの変化についての 調査研究

大阪産業大学 工学部 情報システム工学科
情報教育システム研究室

10H118 真邊 龍

目次

1	はじめに	1
2	目的	2
3	プログラム学習支援ツール	3
3.1	教育支援ツール	3
3.2	プログラミング教育 Web サイト	7
3.3	その他	10
4	考察	12
5	まとめ	13

1 はじめに

現在、情報化社会の急速な成長によりプログラミング^{*1}についての知識や技術がある技術者の需要が増えている。そのため多くの教育機関で様々なプログラミング教育 [1–18] が行われている。しかし、情報科学系での教育としてのプログラミングを学習したにもかかわらず、プログラミングを理解できない学生は少なくない。その原因の一つとして、教育機関でのプログラミング教育手法が確立していないということが上げられる。現在の教育機関でのプログラミング教育でも、プログラミング言語で使う単語や IT^{*2}業界で使われる用語を覚えることは出来るかもしれない。しかし、プログラミングを理解するためには単語や用語を覚えること自体はそれほど重要ではない。現状のプログラミング教育では、プログラミングにとって重要なアルゴリズム^{*3}を理解できない。そのため、教育機関でのプログラミングの授業を学生が理解しても、社会で必要とされているプログラミングの本質的な知識や技術を習得できないというのが現状である。

本研究ではプログラミング学習支援ツールについて調査し、教育方法がどのように変化してきたかを分析した。第 2 章では本研究の目的を説明する。第 3 章では本研究で調査、分析した教育ツールを説明する。第 4 章では、本研究での考察を述べる。第 5 章では、本研究のまとめと今後のプログラミング教育の可能性について説明する。

^{*1} プログラム (コンピュータに対する命令を記述したもの) を作成することにより、人間の意図した処理を行うようにコンピュータに指示を与えること。

^{*2} (Information Technology) 情報技術。情報処理および情報伝達の、工学およびその社会的な応用技術の総称。

^{*3} 問題を解くために必要な手順

2 目的

本研究では、プログラミング教育ツールを分析し、どのようなプログラミング教育ツールが開発されてきたのかを知ることを目的とする。まず、プログラミング教育の需要が急速に増加した 15 年前から、プログラミング教育ツールの発達経緯を調査する。そして、過去 15 年の教育機関や Web サイトなどのプログラミング教育についての変化傾向を分析する。

3 プログラム学習支援ツール

第3章で提示するツールはプログラミングを学習するために提供されているアプリケーション^{*4}である。2013年現在、インターネットに接続できる環境があれば Web 上で学習又は無料でダウンロード^{*5}できる。また、一度ダウンロードすれば時間や場所に関係なく自由に学習することができる。

3.1 教育支援ツール

(3.1) では、プログラムの動きやアルゴリズムを可視化するツールを提示する。(3.1) で提示するツールは (3.2) で提示する Scratch(3.2.1) に大きな影響を与えた。

3.1.1 Squeak Etoys

Squeak Etoys [19-24] は、Apple 社にて 1996 年に開発された。開発には Alan Kay 博士^{*6}が関わっている。

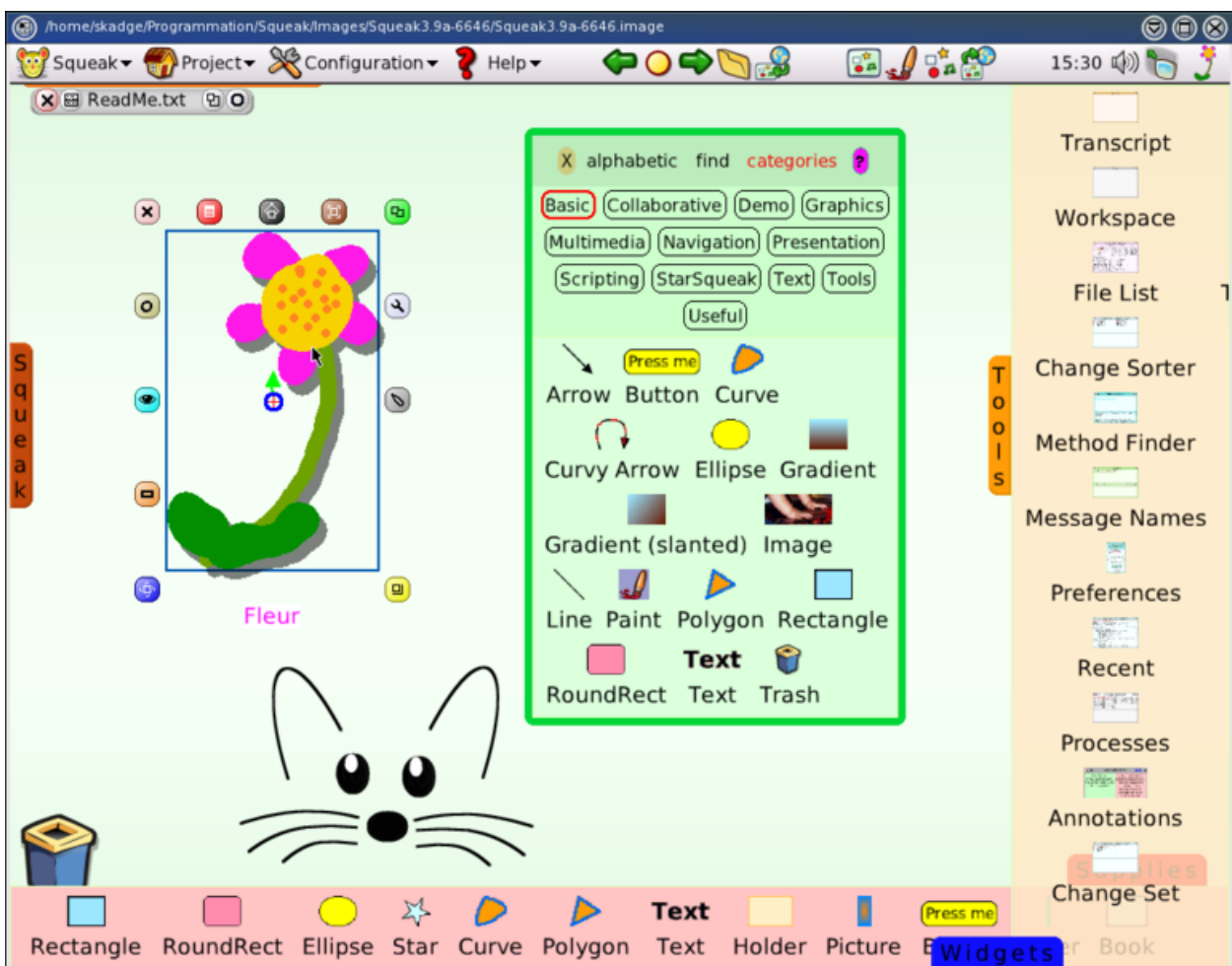


図1 Squeak

^{*4} 作業の目的に応じて使うソフトウェア (コンピューターを動作させるためのプログラムや命令を記述したデータのまとまり)

^{*5} 通信回線やネットワークを通じて、別のコンピュータなどからデータを受信すること。また、受信したデータを記憶装置上のファイルなどまとまった形で保存すること。

^{*6} アメリカ合衆国の計算機科学者。「ダイナブック構想の提唱者」1940-

自らが作画してその絵を動かすことで、自分の考えたアルゴリズムを可視化することができる。ブラウザ上で動き、オブジェクト指向^{*7}でプログラミングを学ぶことのできるツールである。このツールは児童向けに開発されており、キャンパスのような操作画面に自由に絵を書くだけでプログラムの動きを学ぶことができるようになっている。また、Squeak Etoys の「Etoys」とは子供向け子供向けコンピュータ環境および教育で 사용되는ことを想定したオブジェクト指向プロトタイプベースプログラミング言語である。これは (3.2.1) に紹介する Scratch に大きな影響を与えた。

3.1.2 jeliot

jeliot とは、プログラミングの動きを可視化することができるアプリケーションである。1997 年にプログラミングのアルゴリズムをアニメーションを用いて作られた Eliot [25] を改良された。Eliot は C を使用していたが、java の需要が多くあったために jeliot では java が使われている。

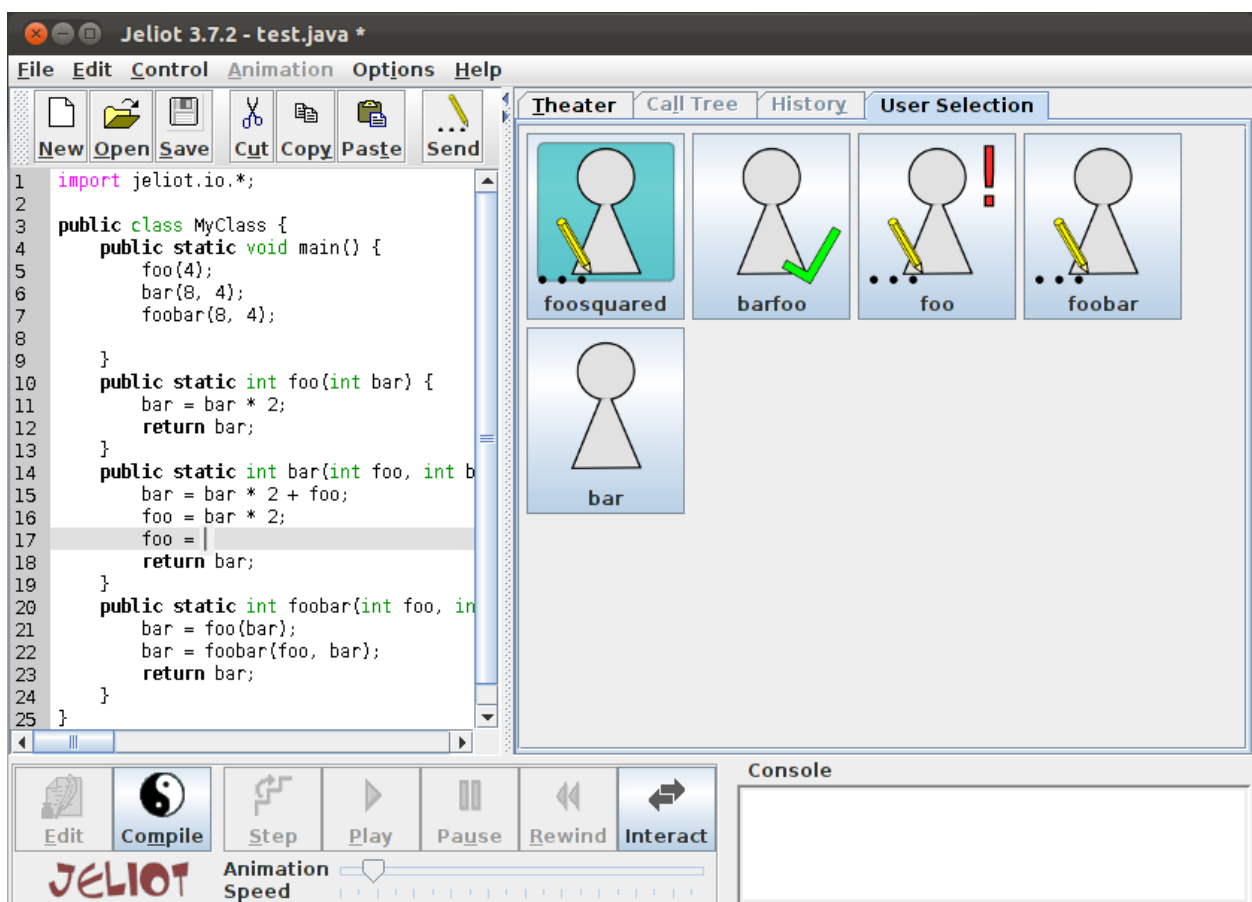


図 2 jeliot

具体的にはメソッドを呼び出し、変数、動作を学生がプログラムの実行することによってどんなプロセスになっているかを、アニメーションの経過とともに画面上に表示され確認するかとができる。残念ながら、当時のこのツールにはプログラムのソースコードを書くことが前提となっていたため初学者には向いておらず、あまり普及しなかった。

現在ではさらに改良が加えられ jeliot3 [26] が存在している。jeliot3 では、jeliot で問題であったプログラムの

^{*7} 主にソフトウェア開発における考え方の一種で、プログラムを、処理の手順 (手続き) ではなく、処理対象 (オブジェクト) に着目して記述していく考え方

ソースコードを書くという動作を (3.2.1) に紹介する Scratch を使うことにより、より初学者に学びやすくできるように配慮している。

3.1.3 MINDSTORMS

MINDSTORMS は、モーターを備えたプログラムが組み込めるブロックや、センサー、レゴブロック、ギアや車軸、ビーム、タイヤと言ったレゴテクニックの部品の組み合わせで、ロボットや他の機械、または対話システムを組むためのレゴ社^{*8}の商品セットである。

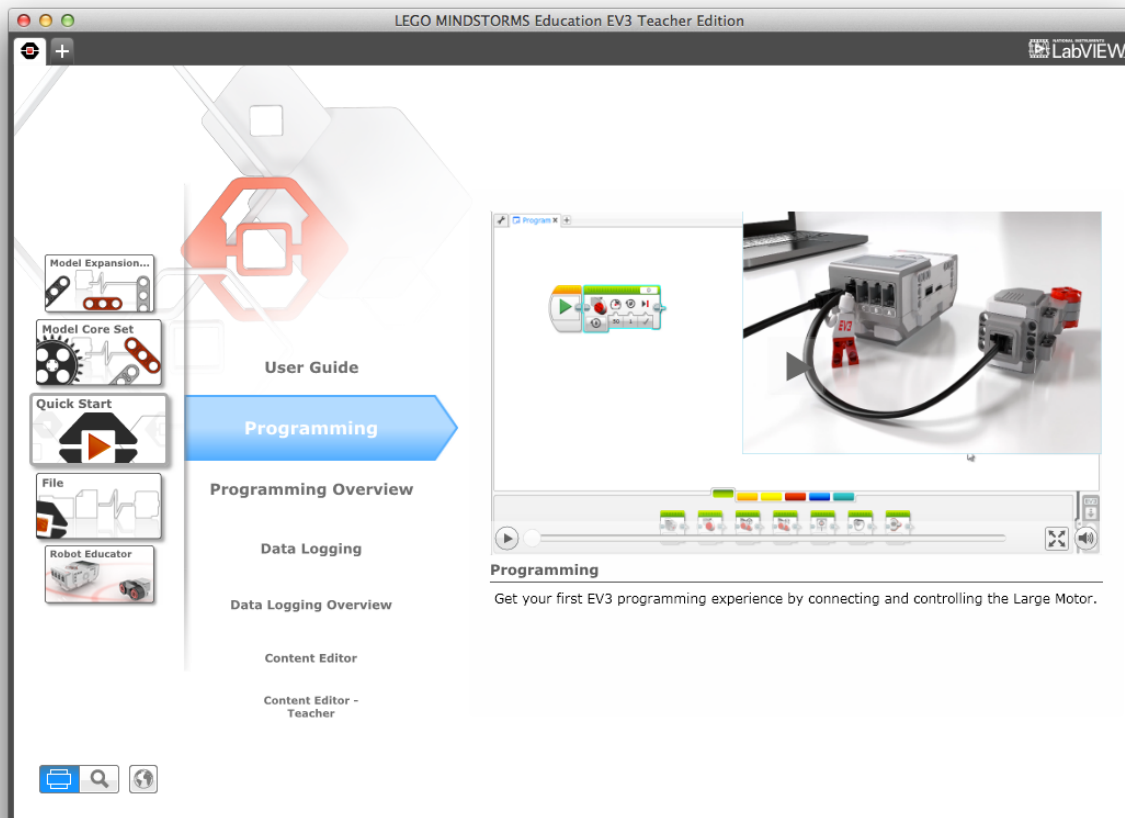


図 3 MINDSTORMS

初代 MINDSTORMS の Robotics Invention System(RIS) は 1998 年にリリースされ、発売当初は「ロボット発明システム RIS」として売られていた。また、MIT Media Lab とレゴのパートナーシップを通して教材 [27] としても販売され使われていた。

マインドストームの前身となったのは、スター・ウォーズ^{*9}に登場するドロイド「R2-D2^{*10}」のキット [28, 29] である。このキットは、基本的に R2-D2 専用であり、MINDSTORMS という名前はまだなかったが、マイコンを搭載しており、簡単なプログラミングが可能である。このキットが好評だったことで、より自由度が高く、ロボットや制御の学習に役立つキットとして「MINDSTORMS」が誕生した。

^{*8} デンマークの玩具会社。設立当初は木製玩具を作っていたが、現在ではプラスチック製の組み立てブロックの玩具を開発している。

^{*9} ジョージ・ルーカスが温めていた構想を元に映画化された、スペースオペラ作品。

^{*10} 『スター・ウォーズ・シリーズ』に登場するキャラクター（ドロイド）

3.2 プログラミング教育 Web サイト

(3.2) では Web 上でプログラミングを学習することができるサイトを提示する。インターネットに接続できる環境があれば、誰でも無料で学習することができる。

3.2.1 Scratch

Scratch [30] は Squeak Etoys をベースに MIT Media Lab^{*11}の Mitchel Resnick^{*12}教授が主導して開発した教育用プログラミング環境である。



図 4 Scratch

Scratch は低年齢の子供たちでも扱うことが出来るよう開発されており、特に視覚的な部分に重点を置いて作られている。そのため、操作方法も非常に容易で、一番左の画面に様々な命令文が用意されており、それらを中央の画面にドラッグ&ドロップ^{*13}するだけである。ブロックも色分けされ非常に理解しやすい構造になっている。

Scratch は低年齢層に作られたツールであるが、小学校から大学まで幅広い教育現場で利用されている [31-36]。

^{*11} 米国マサチューセッツ工科大学建築・計画スクール内に設置された研究所。

^{*12} MIT Media Lab ではメディア・アーツ・アンド・サイエンス・アカデミック・プログラムの長。

^{*13} 画面上でマウスポインタがウィンドウの枠やファイルのアイコンなどに重なった状態でマウスのボタンを押し、そのままの状態でもウスを移動 (ドラッグ) させ、別の場所でもウスのボタンを離す (ドロップ) こと。

SNS^{*14} [37] もサイト内に用意されており、世界中で開発された作品を見ることが可能となっている。

3.2.2 Codecademy

Codecademy [38] は 2011 年に開始されたプログラミング言語関連のコーディング講座を無料で提供している Web サイトである。創始者は Zach Sims^{*15} と Ryan Bubinski^{*16} である。



図 5 Codecademy

2012 年の時点で Codecademy の登録者数は 500 万人を越えており、アメリカ合衆国のニューヨークの市長であった Michael Bloomberg^{*17} も登録者 [39–41] の一人である。

2012 年には Codeyear [42] という、送られてくる E メールに書かれたプログラミングの練習問題を解くというサービスも開始されている。このサービスはたった二日で 10 万人も登録 [43] された。

3.2.3 ドットインストール

ドットインストール [44] は 3 分間のプログラミングを学習するための動画を無料で提供している初心者向けの Web サイトである。

すべての動画は 3 分以内で提供されているため、難しい準備をする必要もなく、すきまの時間を利用して気軽に始めることができる。また、スマートフォンなどでも閲覧することができる。

^{*14} 【Social Networking Service】ソーシャルネットワーキングサービス。人と人とのつながりを促進・サポートする、コミュニティ型の Web サイト。

^{*15} Codecademy の創始者の一人。コロンビア大学を中退。

^{*16} Codecademy の創始者の一人。コロンビア大学 コンピュータ学科を卒業。

^{*17} (Michael Rubens Bloomberg 1942 年 2 月 14 日-) は、アメリカ合衆国の実業家、政治家。第 108 代ニューヨーク市長。



図 6 ドットインストール

3.3 その他

(3.3) では直接プログラミングの教育を支援するツールではないが、様々な教育機関などでプログラミング学習で利用されているコンピュータと競技大会を提示する。今後もプログラミング教育をサポートするために利用される可能性が高いものを取り上げる。

3.3.1 Raspberry Pi

Raspberry Pi [45–53](ラズベリーパイ) は、ラズベリーパイ財団によって英国で開発された ARM^{*18} プロセッサ^{*19}を搭載したシングルボードコンピュータ^{*20}である。

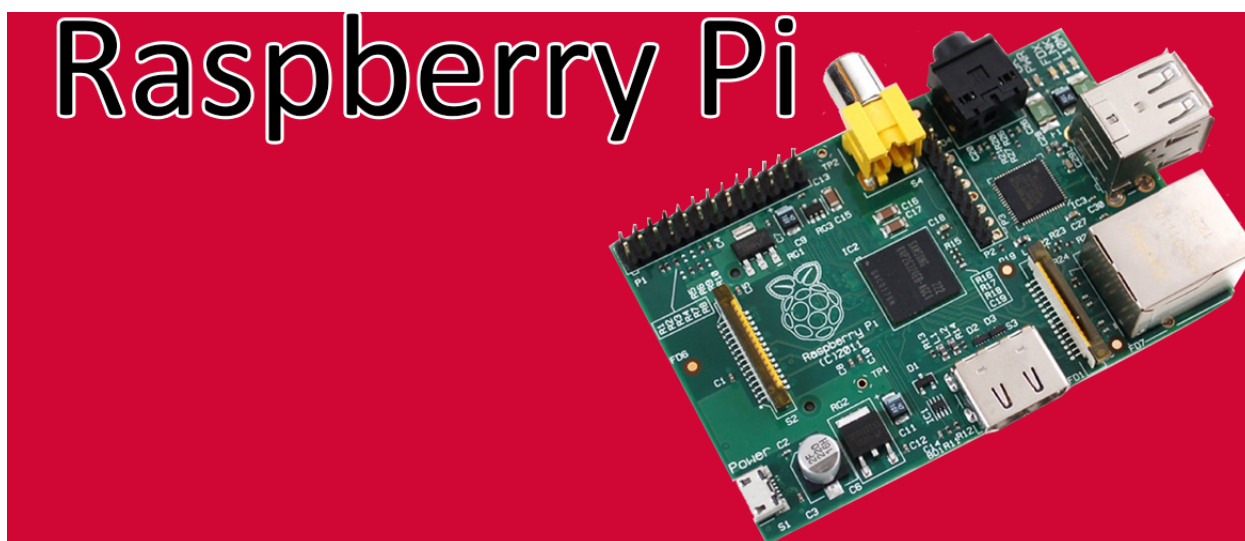


図 7 Raspberry pi

小型のコンピュータでありながら、(3.2.1) で紹介した Squeak などの教育支援ツールも使用できる。現在、Raspberry Pi には、25 米ドルの「Model A」と 35 米ドルの「Model B」の 2 つのバージョンがリリースされている。

コンピュータとしては非常に安価であり、そのためアフリカの貧村の小学校 [54, 55] にもプログラミングを学ぶためのコンピュータとして利用されている。また、日本の小学校 [56] でもプログラミング教育にも使われている実績がある。

3.3.2 ロボカップ

ロボカップ (RoboCup) [57] は、ロボットと人工知能の新しい標準問題として「2050 年、人型ロボットでフットボールのワールドカップ・チャンピオンに勝つ」ことを目標とし、その研究過程で生まれた技術を世界に還元することを目的とした国際的ロボット競技大会である。

ソニー CSL^{*21}の北野宏明や大阪大学の浅田稔、電総研^{*22}の松原仁ら日本の研究者が提唱して 1993 年に提案さ

^{*18} マイクロプロセッサの設計などを行なうイギリス企業。また、同社によるマイクロプロセッサの設計や、それに基づくプロセッサ製品などの総称。

^{*19} コンピュータなどの中で、ソフトウェアプログラムに記述された命令セット（データの転送、計算、加工、制御、管理など）を実行するためのハードウェア。主に演算装置、命令や情報を格納するレジスタ、周辺回路などから構成される。

^{*20} むき出しの一枚のプリント基板の上に、電子部品と最低限の入出力装置を付けただけの極めて簡素なマイクロコンピュータ。

^{*21} 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所。コンピュータサイエンスの研究を行うソニー系列の研究所で 1988 年に設立された。

^{*22} 現: 公立はこだて未来大学



図 8 ロボカップ

れ、正式に第一回大会が開催されたのは 1997 年である。その後、毎年開催されている。大学などの教育機関でプログラミングを学ぶために利用されることも多くあり [58-61]、学生のモチベーションを向上させるためにロボカップの出場を目標としている教育機関 [62] も存在する。

4 考察

プログラミング教育が急速に発達してきた 1990 年代後半から、プログラミングを無料かつ簡単で理解しやすいツールの開発が推し進められてきている。その理由の一つとして、低年齢の初学者のプログラミングの需要が増えているからであると考えられる。そのため、年齢に関係なく理解しやすい、プログラムの動きやプログラムのアルゴリズムを可視化できるツールの開発が進んでいるプログラムの動きやアルゴリズムが可視化出来ることは、理解を助けるだけでなく、プログラミングを学ぶ楽しさを実感できるものであると考えられる。

1996 年に登場した Squeak Etoys(3.1.1) は低年齢者向けに開発され、プログラムの動きを覚えるのに適したプログラミング教育用ツールであった。しかし、プログラムのコードを書くことを学習するにはあまり向いていなかった。その約 1 年後の 1997 年に登場した jeliot(3.1.2) ではプログラムのアルゴリズムを学習するのに適したツールであった。しかし、このツールはプログラムのコードをある程度書くことができるプログラミング学習者向けのツールであったため、初学者がプログラミングを学ぶには向いていなかった。その約 5 年後の 2002 年に登場した Scratch(3.2.1) ではブロックを並べるだけでプログラムのコードを書くことができ、プログラムの動きやアルゴリズムの可視化も可能であった。この Scratch(3.2.1) は Squeak Etoys(3.1.1) の影響を受けて開発された。また、jeliot(3.1.2) の最新版 jeliot3 では Scratch(3.2.1) を使って書いたプログラムのアルゴリズムを可視化することができる。これらのプログラミング教育ツールは互いに影響を受け合って発達したと考えられる。10 年以上前に低年齢の初学者向けに開発された Squeak Etoys(3.1.1) や Srtch(3.2.1) などのプログラミング教育ツールは、2013 年現在でも普及し続けている。

また、ここ 5 年間で Web 上で学べるプログラミング教育支援ツールが増加している。その理由は、インターネットの急速な普及と学習する時間と場所を学習者自身が選択できることであると考えられる。さらに、Web 上で学べるプログラミング教育支援ツールは無料であることが多い。そのため、プログラミングに興味があったが、時間や費用の問題でプログラミングを学習することに億劫になっていた人も気軽に学習を始めることが出来るようになった。今後も、Web 上で学べるプログラミング教育支援ツールが増え続けることが期待できる。

5 まとめ

約 15 年間のプログラミング教育ツールを分析した結果、「プログラムを書くことを専門とした技術者以外を対象としたプログラミング教育ツールの開発が主流である」ということを知った。現在では、プログラムの動きやアルゴリズムを可視化できかつ低年齢向けの教育ツールが主流となっている。プログラムの動きやアルゴリズムを可視化する理由は、プログラムの動きやアルゴリズムを理解しやすくするためである。可視化によって学習者のプログラミングを学ぶモチベーションを高めることができると考えられる。また、低年齢向けに教育ツールが開発されている理由としては、低年齢層のプログラミング教育の需要が増えているだけでなく、学習対象を低年齢にすることで老若男女問わず幅広い層のプログラミング初学者に対応できるためであると考えられる。

Scratch の開発主導者である Mitchel Resnick 教授は幼少の頃からプログラミングを学ぶべきであると述べている [63]。日本の小学生にもプログラミングを教えに来日 [64] したこともある。幼少の頃からプログラミングを学ぶ理由として、プログラミングとは言語であり、プログラミングを学ぶことで幅広い分野で創造的な考え方を養うことができると述べている。プログラミングは自然言語^{*23}で読み書きを学習しそれを利用して様々な物事を学習するのと同様に、自分から意欲的に創造する機会が増えると述べている。

今後は、プログラミング教育の低年齢化が進み、プログラミングを学ぶことが必要不可欠となる時代が訪れるかもしれない。

^{*23} 人間によって日常の意思疎通のために用いられる、文化的背景を持って自然に発展してきた記号体系である。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、大垣斉准教授には本研究の実施の機会を与えて戴き、その遂行にあたって終始、ご指導戴いたことに深く感謝致します。筆者の情報分野の学習や就職活動の指導をしてくださった東川諒央先生、小山翔平先生の両名には感謝しております。筆者が執筆するにあたり、本研究室の環境の使用方法を指導してくださった奥田侑紀君、豊田太郎君、田崎慧君には感謝しております。そして、team.andrew ML に参加してくださっている皆様方には御助言を賜りました。その他見守ってくださった方々にはこの場を借りて深く感謝の意を表し、謝辞と致します。

参考文献

- [1] 神林靖, レッドガードヘンリー F. プログラミング:はじめの一步はオブジェクト指向であるべきか?:c++ による構造化プログラミング. 電子情報通信学会技術研究報告, 2002.
- [2] 松前進, 永井孝之, 都倉信樹. (148)java を導入言語としたプログラミング教育 (第 39 セッション教育研究指導 ()). 工学・工数教育研究講演会講演論文集, 2002.
- [3] 江澤. javascript プログラミングと情報教養教育. 情報研究:関西大学総合情報学部紀要, 2007.
- [4] 広瀬雄二. Ruby プログラミング教育基礎講座. 電子情報通信学会技術研究報告, 2009.
- [5] 高清水直美, 野田哲夫. 島根大学における教養科目としての ruby プログラミング教育 (情報教育, 一般). 電子情報通信学会技術研究報告, 2011.
- [6] 山口文彦, 榎本進. 関数言語 standard ml のプログラミング教育 ((連載) プログラミング, 何をどう教えているか). 情報処理, 2010.
- [7] 佳代子寺川, 一喜多. N-008 プログラミング教育におけるペア学習の試み (n. 教育・人文科学). 情報科学技術フォーラム一般講演論文集, 2004.
- [8] 大塚一徳, 八尋剛規. Visual basic プログラミング基礎教育における web を利用したリアルタイム授業評価システムの運用. 長崎県立大学論集, 2005.
- [9] 小川淳矢. プログラミング入門支援ゲームの web アプリケーション化. PhD thesis, 大阪産業大学, 2011.
- [10] 曽超, 石原好宏. (233)web による教育支援ポータルサイトの構築:プログラミング学習・教授への支援 (セッション 67 e-ラーニング (インターネット・マルチメディア利用教育を含む)). 工学・工業教育研究講演会講演論文集, 2004.
- [11] 高岡詠子, 石井和佳子. java プログラミング入門単位認定型完全 e-learning へ向けての試み:評価バージョン. 情報処理学会研究報告, 2005.
- [12] 王文涌, 李峰栄, 板谷雄二. プログラミング教育における魅力ある e-learning 教材の開発と評価 (e-learning における学習評価/一般). 電子情報通信学会技術研究報告, 2006.
- [13] 松本和也, 渡部治朗, 寺内俊, HE Aiguo. Provit:ソフトウェア可視化手法を用いた初心者向け c 言語教育ツール (e-learning と教育品質保証・向上/一般). 電子情報通信学会技術研究報告, 2009.
- [14] 加藤浩. 12. ゲームの実況設定を用いた大学文系向けプログラミング教育の実践 (メディア教材のプロトタイプに関する研究開発-4 年間の総括と今後の展望-, メディア教材のプロトタイプに関する研究開発). 研究報告, 2001.
- [15] 栗山裕, 橋本友茂, 山下利之. 情報教育におけるゲームプログラミングの有効活用. 情報処理学会研究報告, 2004.
- [16] 栗山裕, 橋本友茂, 山下利之. ゲームプログラミングによる情報教育の評価方法. 日本教育工学論文誌, 2005.
- [17] 辻大地. プログラミング入門支援ゲームの試作と評価. Master's thesis, 2010.
- [18] 東川諒央. ゲームを題材としたプログラミング教育支援システムの開発と評価. Master's thesis, 2011.
- [19] <http://www.squeakland.org/>.
- [20] 相澤正人, 中平勝子, 福村好美. Squeak etoys による待ち行列シミュレーションプログラムの作成. 情報処理学会研究報告, 2006.
- [21] 並木美太郎, 長慎也. Squeak と smalltalk を用いた高度 it 人材育成のための it スクール実施報告. 情報処理学会研究報告, 2005.
- [22] 軽野宏樹, 木實新一, 上林弥彦. Alan-k プロジェクト:squeak を活用した創造的な情報教育の試み. 情報処理学会研究報告, 2003.
- [23] 白井康雄, 竹村顕太郎, 上善恒雄, 高田秀志. 現実世界との関連を意識した squeak カリキュラムの開発. 情報

- 処理学会研究報告, 2007.
- [24] 杉浦学, 松澤芳昭, 大岩元. Squeak を利用した”ものづくり”プロジェクトによる [生きる力] の育成. 情報処理学会研究報告, 2003.
 - [25] Erkki Sutinen and Jorma Tarhio. Eliot-an algorithm animation environment. *Department of Computer Science*, 1997.
 - [26] 福井俊雄. 視点移動を配慮した jeliot3 の改良. PhD thesis, 大阪産業大学, 2010.
 - [27] 宮崎和光. MindStorms と高等教育, 特集総説, pp. pp.517–521. 人工知能学会誌, 2006.
 - [28] <http://www.jeffbots.com/mindstorms.html>.
 - [29] Pc watch レゴ、「教育版レゴ マインドストーム ev3」. http://pc.watch.impress.co.jp/docs/news/20130426_597692.html, 4 2013.
 - [30] <http://scratch.mit.edu/>.
 - [31] 森秀樹, 杉澤学, 前迫孝憲. Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践:小学生を対象としたプログラミング教育の再考. 日本教育工学会論文誌, 2011.
 - [32] 森秀樹. Scratch を用いた文系大学生向けプログラミング教育. 日本教育工学会論文誌, 2010.
 - [33] 大熊一正, 恐神正博, 笹谷隆弘, 四折有紀, 杉原一臣, 山西輝也. 高校生を対象とした scratch プログラミング体験授業の実施とその展開. 福井工業大学研究紀要, pp. 426–437, 2013.
 - [34] 鈴木聡. 視覚的プログラミング言語を活用した計測制御教材の開発. 木更津工業高等専門学校紀要, 2013.
 - [35] 伊藤一成, 阿部和広, 新目真紀. 世代や組織を超えた相互学習を促進するためのプログラミング導入教育の実施報告. 研究報告コンピュータと教育, pp. 1–7, 2012.
 - [36] 伊藤一成. プログラミング, 何をどう教えているか:scratch を授業実践報告. 情報処理, pp. 111–113, 2011.
 - [37] <http://scratch.mit.edu/channel/featured>.
 - [38] <http://www.codecademy.com/>.
 - [39] <http://bits.blogs.nytimes.com/2011/09/14/codecademy-offers-free-coding-classes-for-aspiring-entrepreneurs/>.
 - [40] <http://techacademy.jp/magazine/620>.
 - [41] <http://techcrunch.com/2011/08/22/codecademy-surges-to-200000-users-2-1-million-lessons-completed-in-72-hours/>.
 - [42] <http://www.codeyear.com/>.
 - [43] <http://www.wired.com/wiredenterprise/2012/01/codeacademy-enterprise/>.
 - [44] <http://dotinstall.com/>.
 - [45] <http://www.raspberrypi.org/>.
 - [46] 桑野雅彦, 羽鳥元康, 永原柊, 中村憲一, 畑雅之, 知久健, 水野正博, 兵藤健, 丹下昌彦. お手軽 ARM コンピュータラズベリー・パイで I/O. CG 出版社, 2013.
 - [47] 太田雅史, 長南浩, 大内明, 大塚恵喜, 青島英希, 池田百合子, 蒲谷直樹, 古村圭加. Raspberry Pi[実用] 入門. 技術評論社, 2013.
 - [48] (株) クイープ [訳]Eben Upton. Raspberry Pi ユーザーガイド. 株式会社インプレスジャパン, 2013.
 - [49] 水野正博, 村上青児, 宮本憲一, 安藤慶昭, 関山守, 桑野雅彦, 箱清水一郎, 宗像尚郎, 吉井卓, 海老原祐太郎, 三上直樹, 安藤章吾, 濱田淳, JJIOXS, 岡村淳, 多岡和彦, 趙日憲, 石丸顕二, 村井和夫, 外村元伸, 高木和貴. 手のひら Linux でハイパー電子工作, インターフェース, 第 438 巻. CQ 出版社, 2013.
 - [50] 宗像尚郎, 松永正治, 久保田英晃, 岡村淳, エンヤカズヒロ, 海老原祐太郎, 小黒玲, 大谷清, 三上直樹, 濱田淳, JJIOXS, 村井和夫, 石丸顕二, 大原雄介, 中村憲一. 新定番の研究 ARM × Linux, インターフェース, 第 437 巻. CQ 出版社, 2013.
 - [51] 中村文隆. ラズベリー・パイで作る手のひら Linux パソコン. CQ 出版社, 2013.

- [52] 林和孝. 名刺サイズの魔法のパソコン Raspberry Pi で遊ぼう! 株式会社ラトルズ, 2013.
- [53] 高橋正和, 高橋秀和, 安東一真. 誰でもできる!Raspberry Pi で楽しもう. 日系 BP 社, 2013.
- [54] <http://jp.techcrunch.com/2013/04/06/20130405raspberrypi-microcomputers-are-powering-a-school-computing-lab-in-rural-cameroon/>.
- [55] <http://jp.techcrunch.com/2013/08/22/20130821pi-for-schools/>.
- [56] http://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/20131029_621377.html.
- [57] <http://www.robocup.or.jp>.
- [58] 渡邊景子, 竹中久, 大表良一, 高山文雄. サッカーロボット製作による導入教育. 電子情報通信学会, 2006.
- [59] 大森康朝, 中川友紀子, 野田五十樹. ロボカップ道しるべ: 標準プラットフォームリーグ. 情報処理, Vol. 52, No. 3, pp. 334-341, 2011.
- [60] マイクロロボット制御アルゴリズムの見える化に向けて-組み込みシステムの教材として. 大熊一正 and 恐神正博 and 籠谷隆弘 and 四折直紀 and 杉原一臣 and 山西輝也. 福井工業大学研究紀要, 2012.
- [61] 岡哲資. 大学学部情報系学科におけるロボットシミュレータを用いた教育. 電子情報通信学会, 2008.
- [62] 荒井優輝, 金田忠裕, 野村泰朗. C 言語初級者のためのロボカップジュニア用ロボット教材の開発 (ロボカップ 1, 生活を支援するロボメカ技術のメガインテグレーション). ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, Vol. 2005, p. 169, 2005.
- [63] http://www.ted.com/talks/mitch_resnick_let_s_teach_kids_to_code.html.
- [64] 田島篤. 「すべての人がプログラミングを学ぶべき」—米 mit 教授が三鷹市の小学生に伝授. <http://dotinstall.com/>.