

問題解決力を育成するための プログラミング指導法の検討

小原 裕二*・八木 徹**・山口 敏和***

要 約

近年プログラミング教育を必修化する取り組みが世界各国で広がっている。日本でも、内閣府の日本再興戦略を始め様々な会議でプログラミング教育の必要性が提言されている。しかし、各提言が意図するプログラミング教育の目的は様々である。本稿では、プログラミング教育の目的を検討するとともに、高校までのプログラミング教育の成果を分析するために、大学1年生にアンケート調査を実施した。調査結果より、現行のプログラミング教育において、アルゴリズム的思考・論理的思考・プログラミング的思考力と言ったものは学生に身につけていないことが明らかになった。

キーワード：高等教育、情報教育、社会と教育、情報的な見方・考え方、3種の知識、問題解決力、プログラミング教育、情報の科学的な理解

1. はじめに

予測困難な時代における大学の責務として、「生涯学び続け、どんな環境においても“答えのない問題”に最善解を導くことができる能力」を身につけた学生の育成が求められている（中央教育審議会大学部会 2012）。私立大学情報教育協会（以下「私情協」）では、松田（2015）の「問題解決の縦糸・横糸モデル」を基に、学士力としての「ICT 問題解決力」育成のためのガイドラインを提案している（玉田 2016, 2017）。

一方、諸外国では、初等中等教育でプログラミング教育を必修化する動きが広がっている（文部科学省 2015）。日本においても、内閣府（2013）の「日本再興戦略」、総務省（2014）の「世界最

先端 IT 国家想像宣言」、教育再生実行会議（2015）の「第7次提言」など、各方面からプログラミング教育の必要性が提言されている。

しかし、各提言が意図するプログラミング教育の目的は異なっている。日本再興戦略では、「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」、世界最先端 IT 国家創造宣言では、「IT に対する興味を育むとともに、IT を活用して多様化する課題に想像的に取り組む力を育成すること」、教育再生実行会議の提言では、「これからの社会で求められる情報活用能力を育成する」ことが目的とされている。前二者が産業向けの人材育成に重点があるのに対して、最後のものは全ての児童生徒を対象にしているように読み取ることができる。

文部科学省（2016a）も、これらの要請を基に、次期学習指導要領において、全学校段階でプログラミングの指導を行うべきだと中央教育審議会が答申した。

松田ら（2017）は、プログラミングを指導する

2017年11月30日受付

* 江戸川大学 情報文化学科助教 教育工学

** 江戸川大学 情報文化学科准教授 情報科学

*** 江戸川大学 情報文化学科専任講師 情報教育

目的を5つに分類した上で、共通教科「情報」（以下「情報科」）では、「情報社会に参画する態度に結びつく情報の科学的な理解を養う」ことが適切だとしている。なお、「情報社会に参画する態度」と「情報の科学的な理解」は、文部科学省の協力者会議（1998）で定義された用語である。前者は、「社会生活の中で情報や情報技術が果たしている役割や及ぼしている影響を理解し、情報モラルの必要性や情報に対する責任について考え、望ましい情報社会の創造に参画しようとする態度」、後者は「情報活用の基礎となる情報手段の特性の理解と、情報を適切に扱い、自らの情報活用を評価・改善するための基礎的な理論や方法の理解」と定義されている。

本研究では、学士力としてのICT問題解決力（問題解決力×情報リテラシー）育成に向けた1つのアプローチとして、近年、初等中等教育で重視されているプログラミングの指導法及び教材の開発を行う。ここで、プログラミング教育を取り上げる目的は、人工知能（AI）の飛躍的な進化など、ICTがもたらす社会の加速度的・質的变化に対応するための基礎として情報の科学的な理解を養うことと、モデル化・シミュレーションなどの技術を活用して問題解決する力を育成するためであり、本学の授業で指導法を開発・実践し、効果検証を行う。そして、情報系でない一般の大学生に対して汎用的に活用できる指導法を確立すると共に、初等中等教育のプログラミング教育でも応用可能な指導の知見を抽出する。

2. 目的

本研究では、大学生のICT問題解決力を育成するための汎用的なプログラミング指導法及び教材開発とともに、初等中等教育でのプログラミング教育に応用可能な指導法の開発を目指している。

これまで大学におけるプログラミング教育には、小中高との連携を検討する視点はほとんどなく、個々の大学の専門性と教員の現状に応じてプログラミング教育が実施されていた。さらに、文部科学省（2014）の調査結果を見ても、諸外国のプロ

グラミング教育で問題解決力が向上したという結果は見られていない。一方、松田（2014）は、小学校高学年までのプログラミング体験が、コンピュータに対する意識（コンピュータ不安など）に影響を与えるという研究成果を引用し、「食わず嫌い」が生じる前の小学校段階でプログラミングを体験させることは悪くないと指摘をしている。

また、私情協の定義する「情報リテラシー教育ガイドライン」では、初等中等教育で「情報活用の実践力」にあたる目標を大学教育では到達目標Aとして、問題解決の枠組みを徹底して修得させることを目標としている。到達目標Bは、「情報モラル」に相当する部分を含むが、情報社会の有効性と問題点を認識し、主体的に判断して行動することができる力を育成することを目指している。「到達目標C」では、情報通信技術の仕組みを理解し、モデル化とシミュレーション等を問題発見・解決に活用できる力を育成することを目指している。

本研究では到達目標Cとして、松田（2003）が情報技術を活用した問題解決力を育成するために提案している「情報的な見方・考え方」と、「3種の知識」を統合した問題解決の枠組みを活用する。これは、人工知能（AI）の飛躍的な進化など、ICTがもたらす社会の加速度的・質的变化に対応するための基礎として情報の科学的な理解を養うことと、モデル化・シミュレーションなどの技法を活用して問題解決する力を育成するためである。

以上のことを踏まえ、まずは、プログラミング教育を行うことで学習者は論理的な思考ができるようになるのか、ということを検討するために、大学1年生を対象にアンケート調査及び論理的思考を問う設問を実施した。

3. 方法

大学に入学したばかり2017年度1年生464名を対象とし、「プログラミングに関する意識調査」として質問紙調査を行った。調査項目は次の通りである。

- プログラミングに対する意識
- 入学以前のプログラミング経験
- プログラミング教育で学習したい内容
- 論理的思考を問う問題

プログラミングに「興味がある」「まあまあ興味がある」と回答した学生が53%であった(図4-a)。また、プログラミングを「学びたい」「まあ学びたい」と回答した学生は62%であった(図4-b)。

4. アンケートの結果・分析

4.1 プログラミングに対する意識調査

大学入学以前のプログラミング経験については、76%の学生がないと答えている(図2)。一方、プログラミング経験がある学生の64%が、高校の授業で経験していた。中学校の授業で経験した学生は30%、小学校の授業で経験した学生は7%であった(図3)。

プログラミングに対する意識調査においては、

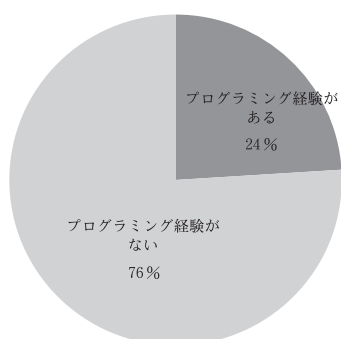


図2 大学入学以前のプログラミング経験

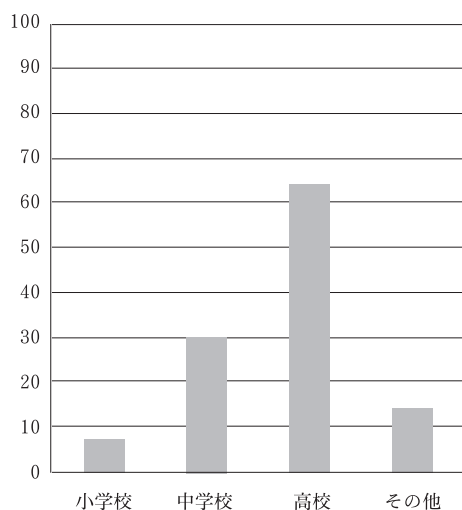
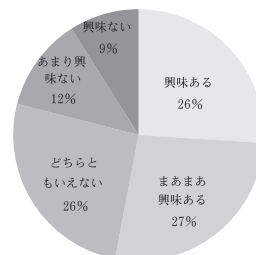
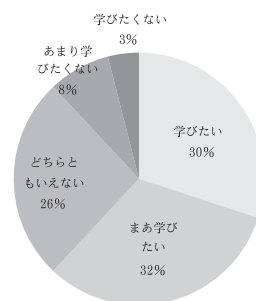


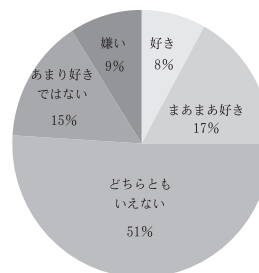
図3 プログラミングを体験した時期



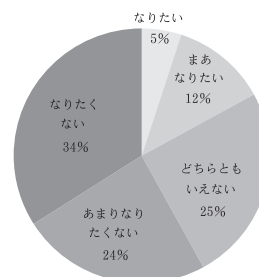
a. プログラミングに興味はありますか



b. プログラミングを学びたいですか



c. プログラミングは好きですか



d. 専門家になりたいですか

図4 プログラミングに対する意識

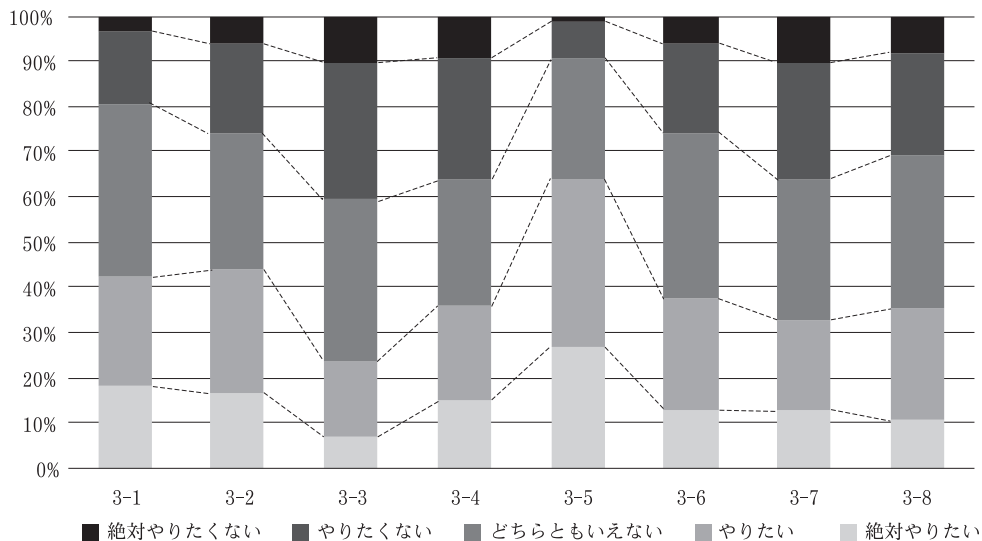


図5 プログラミング教育で学習したい内容に関する設問

設問 3-1：コーディングを覚えること

設問 3-2：Web アプリやスマートフォンアプリを作ること

設問 3-3：ロボットなどを作って、動かすこと

設問 3-4：ゲームを作ること

設問 3-5：何事にも通用する問題解決力を身につけること

設問 3-6：アルゴリズム的思考を身につけて論理的に考えられるようになりたい

設問 3-7：世界に通用するプログラミングの技術を身につけたい

設問 3-8：計測や制御に関するプログラミングを覚えること

これは大学入学以前にプログラミング経験がないと回答した学生が76% (図2) おり、プログラミング教育に対する苦手意識がまだ芽生えていないためと考えられる。また、「プログラミングが好きですか」という設問に対して51%の学生が「どちらともいえない」と回答していることから、そのことがうかがえる (図4-c)。一方、「専門家になりたいですか」という設問に対して58%の学生が「なりたくない」、「あまりなりたくない」と回答している (図4-d)。これらのことより、プログラミングに対して興味や学習意欲は高いが、専門家になるくらいの高いレベルの知識や技術を求めていることが明らかになった。

プログラミング教育で学習したい内容に関する設問においては、「絶対やりたい」「やりたい」と回答した学生はそれぞれ、「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」では39% (図5 設問3-1)、「Web アプリやスマートフォンアプリを作ること」では44% (図5

設問3-2)、「ロボットなどを作って動かすこと」では24% (図5 設問3-3)、「ゲームを作ること」では36%の学生が回答しており学習意欲が低い傾向がみられた (図5 設問3-4)。しかし、「コーディング (プログラミング言語を用いた記述) を覚えること」では、プログラミング経験者の50%、非経験者が35%解答していた。このことから、プログラミング経験者にとって、プログラミング教育は「コーディングを覚える」という意識が強いことが明らかになった。

それに対して、「何事にも通用する問題解決力を身につける」という設問では64%の学生が回答しており高い値を示した (図5 設問3-5)。

一方、「アルゴリズム的思考力を身につけて論理的に考えられるようになりたい」では37% (図5 設問3-6)、「世界に通用するプログラミングの技術を身につけたい」では33%であった (図5 設問3-7)。各方面からプログラミング教育に対する提言が出されているが、学生には、ア

ルゴリズム的思考力などの文言に馴染みがないようである。また、「計測や制御に関するプログラミングを覚えること」では、35%の学生が回答している（図5 設問3-8）。「プログラムによる計測・制御」を学ぶことを目的とし、2012年に中学校学習指導要領が改訂され中学校でプログラミング教育が必修化されているが学生にとっては興味関心が低い事項であることが明らかになった。

4.2 論理的思考力に関する問題

論理的思考力を問う設問では、基本的なアルゴリズム（順次、条件分岐）と、それを具体化するために視覚的に流れ図で表現するというフローチャートの考え方をういた問題を2問、設問文の説明を手順通りに並び替える問題を1問出題した（図6）。

本設問では、プログラミング経験者はアルゴリズム的思考・論理的思考・プログラミング的思考が培われており正答率が高くなることを期待した。

| | 設問IV | 設問V | 設問VI |
|-------------|------|-----|------|
| プログラミング経験あり | 35% | 59% | 22% |
| プログラミング経験なし | 27% | 52% | 18% |

図7 論理的思考力を問う設問の正答率

しかし、この設問の正答率は、プログラミング経験の有無による差異はなかった（図7）。

一方、設問IVにおいて、間違えた学生のうち、フローチャートの処理と判断の区別がつかない学生が、プログラミング経験ありでは43%、プログラミング経験なしでは56%であった。このことより、プログラミングを経験することでフローチャートに対する考え方が身につけていることが明らかになった。

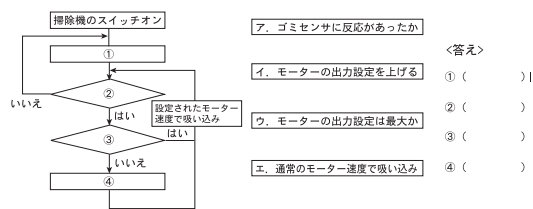
5. まとめと今後の課題

近年プログラミング教育を必修化する取り組みは、内閣府（2013）の日本再興戦略を始め、様々な会議でプログラミング教育の必要性が提言されることにより促進されている。しかし、プログラミング教育を行う目的が様々で明確化されておらず、プログラミングをさせることに主眼を置きすぎているように思われる。また、2016年12月の中央教育審議会によるとプログラミング教育は、プログラミング的思考をはじめ、論理的思考、問題解決力等を養うために、必要であるとされている。

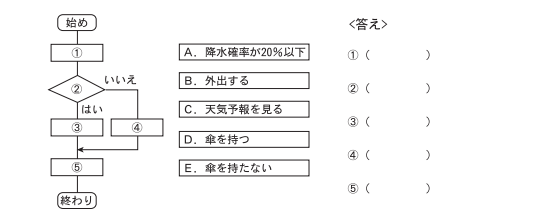
アルゴリズム的思考・論理的思考・プログラミング的思考力が何を指し示すものかはまだ明確ではないが、本研究の調査結果から、現行の高等学校までのプログラミング教育では、それらの力に相当するものを修得できているとは考えにくいことが明らかになった。アルゴリズム的思考・論理的思考・プログラミング的思考力といった類のものは学生に身につけていないようである。

また、プログラミング経験者は、「コーディング（プログラミング言語を用いた記述）を覚えること」がプログラミングだと思っている傾向が強

IV. あなたは、部屋の掃除をするために、掃除機のスイッチをオンにしました。掃除機の中のセンサとコンピュータは、ごみの状況を把握して、出力を調整しています。掃除機はどのような作業をしているのでしょうか。①～④の空欄に入るものは、次のア、エ、のどれか。適切なものを選び、記号で答えなさい。



V. 天気予報を見て、降水確率が20%以下ならば、傘を持たずに外出し、そうでないならば傘を持って外出しようと思っている。その手順を以下のフローチャートにした。①～⑤の空欄に入るものは、次のA～Eのどれか。適切なものを選び、記号で答えなさい。



VI. システムを開発する一般的な手順になるように、A～Fを並び替えなさい。
 A. 要件定義にもとづき、システムを設計する。
 B. 完成したシステムを導入し、そのシステムが要求どおりに動作するかを検証する。
 C. 単体テストが済んだ個々のプログラムを結合して、「結合テスト」→「システムテスト」→「運用テスト」の順番で、システム全体が正常に動作するかを確認する。
 D. 利用者(システム利用部門)が実際にシステムを運用し、不都合があれば改善する。
 E. 設計した内容にもとづき、システムを開発する。作成した個々のプログラムは「単体テスト」を行い、それぞれの動作を検証する。
 F. システムに要求される機能を整理する。
 答え：() → () → () → () → () → ()

図6 論理的思考力を問う設問

いことが明らかになった。そのため、プログラミングがコーディングであると勘違いしない、プログラミング教育を実施する必要がある。

以上のことを踏まえて、今後は、プログラミング教育について本研究が目指すところを明確にするとともに、実際に学生に対してどのような指導をするとその力を涵養することに効果を示すか検討を進める必要がある。

謝 辞

本研究の実践に関し、日本学術振興会・科学研究費補助金（基盤研究C）No. 15K01087・代表：玉田和恵、同 No. 17K01145001・代表：神部順子）の支援を受けた。また、実践では北翔大学小杉直美先生、静岡産業大学高橋等先生、日本女子大学久東光代先生、星名由美先生にご協力を頂いた。ここに記して感謝する次第である。

参考文献

- 玉田和恵（2016）価値の創出を目指した問題発見・解決思考の情報リテラシー教育モデル，私立大学情報教育協会平成28年度教育改革 ICT 戦略大会資料，pp. 141-146.
- 玉田和恵（2017）価値の創出を目指した問題発見・解決思考の情報リテラシー教育を実現するための教材開発，私立大学情報教育協会平成29年度教育改革 ICT 戦略大会資料，pp. 106-113
- 教育再生実行会議（2015）第7次提言，http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kyouikusaicei/pdf/dai7_1.pdf（参照日 2017. 11. 29）
- 松田稔樹（2014）育成すべき資質・能力との関係を考慮したカリキュラム検討の視点と提案 7，日本情報科教育学会論文誌，pp. 7-10.
- 松田稔樹（2015）情報科で育成すべき資質・能力のモデル化と授業・教材設計の視点，日本情報科教育学会第8回全国大会講演論文集，pp. 27-28.
- 松田稔樹（2017）「情報の科学的な理解」をどう捉えて指導するか，日本情報科教育学会第10回全国大会報告集，pp. 45-46.
- 松田稔樹・金井文哉（2017）共通教科「情報」でプログラミングを扱う意義とそれに即した教材開発の方向性，日本情報科教育学会第10回全国大会報告集，pp. 109-110.
- 中央教育審議会大学部会（2012），http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2012/04/02/1319185_1.pdf（参照日 2017. 11. 29）
- 文部科学省（2014）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（参照日 2017. 11. 29）
- 文部科学省（2016a）次期学習指導要領等に向けたこれまでの審議のまとめ（第2部）（情報，主として専門学科において開設される各教科・科目，道徳教育），http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/10/06/1377021_1_6.pdf（参照日 2017. 11. 29）
- 文部科学省（2016b）2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会 最終まとめ，http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/28/07/_icsFiles/afieldfile/2016/07/29/1375100_01_1_1.pdf（参照日 2017. 11. 29）
- 文部科学省（2016）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略等について（答申），http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf（参照日 2017. 11. 29）
- 内閣府（2013）日本再興戦略，http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaicei/pdf/saikou_jpn.pdf（参照日 2017. 11. 29）
- 総務省（2014）世界最先端 IT 国家創造宣言，http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/it_kokka_souzou_sengen.pdf（参照日 2017. 11. 29）