

プリント本を活用したC言語プログラミング入門教育の実践

—モチベーションの向上を目指して—

土肥紳一*1・今野紀子*2

Email: dohi@mail.dendai.ac.jp

*1: 東京電機大学 システムデザイン工学部 デザイン工学科

*2: 東京電機大学 システムデザイン工学部 人間科学系列

◎Key Words C言語, プログラミング入門教育, モチベーション

1. はじめに

2017年4月から東京千住キャンパスの昼間学部を対象に、共通教育「情報」が誕生した。担当科目は、「コンピュータリテラシー」と「コンピュータプログラミングI」である。2017年度の「コンピュータプログラミングI」の教科書は、「新・明解C言語 入門編」を採用した⁽¹⁾。2018年度は、本学の出版局から教科書執筆依頼があり、「ためしながら学ぶC言語」を出版することになった。書籍化の前段階としてプリント本を出版することとし、これを使って授業を行った。その結果、プログラミングの開発環境、授業の運営を含め、改善すべき点が明らかになった。本論文では、受講者のモチベーションの推移を分析しながら、プリント本を活用したC言語プログラミング入門教育の実践を述べる。

2. 共通教育「情報」

2.1 誕生

「コンピュータリテラシー」と「コンピュータプログラミングI」に相当する科目は、これまで東京千住キャンパスの昼間学部で学科独自に開講してきた。この2科目は共通教育とすることを目的に、共通教育「情報」が誕生した。枠組みはあるものの、組織の実態は存在しない。専任の教員は、私を含め2名である。これらの2科目は、一部の学科から従来通り独自に担当したいとの意向もあり、最終的に「コンピュータリテラシー」は工学部6学科のうち3学科、未来科学部は3学科のうち2学科、システムデザイン工学部は2学科のうち1学科が共通教育「情報」での担当を希望した。

一方、「コンピュータプログラミングI」は、工学部の6学科のうち3学科、システムデザイン工学部は2学科のうち1学科が共通教育「情報」での担当を希望する結果となった。「コンピュータリテラシー」の方が「コンピュータプログラミングI」よりも担当依頼が多かったのは、「コンピュータリテラシー」は手間がかかり、学科から敬遠されていることがうかがえる。

2.2 「コンピュータプログラミングI」について

工学部から依頼のあった3学科は、先端機械工学科(EF)、機械工学科(EK)、電気電子工学科(EJ)であり、プログラミング言語はC言語である。プログラミング開発環境は、Eclipseを使用した。システムデザイン工学部から依頼のあった1学科は、デザイン工学科(AD)であり、プログラミング言語はProcessing言語である。この実践は、昨年のPCカンファレンスで述べた⁽²⁾。

3. プリント本の出版

3.1 出版までの経緯

2017年度の教科書は、「新・明解C言語 入門編」を採用した。これは、筆者が工学部第二部電気電子工学科の「コンピュータ基礎II」の授業で、長年使用してきた。短い例題が多く記載され、見やすい配色である。

2018年度に入る頃、本学の出版局から共通教育「情報」で担当している「コンピュータプログラミングI」の教科書執筆依頼があった。著者は、共通教育の担当者2名、情報環境学部情報環境学科の教員1名である。情報環境学科の教員1名は、長年、初年次科目である「情報処理の基礎」の科目を担当してきた。さらに出版局の職員1名が加わり、出版に向けて準備が始まった。最終的には書籍として出版することを狙い、まず、プリント本を試作し、不具合を吸収することとした。

3.2 プリント本への拘り

C言語の書籍は、Hello Worldに相当する内容から始まり、文法的な流れに沿って構成されることが一般的である。このような書籍はたくさん出版されており、インターネットで調べると、豊富な情報も得られる。特にインターネットで調べれば分かる内容は、プリント本には細かく記載しないこととした。

文法の流れを払拭し、初学者が、「ためしながら」学ぶことに重点を置き、まず「やってみる」、そして補足説明を見ながら理解が深まるように配慮した。ストーリー性を持たせることにも拘った。

スモールステップを多く導入した。具体的には、各章で取り上げたプログラムは、少しずつプログラムを加筆修正しながら、目的のプログラムを完成できるようにした。取り上げているプログラムは、一見、長く見えるが、直前のプログラムとの差を太字で示し、少し書き換えると次に進めるように工夫した。プログラミングの初学者は、ブロック構造を意識したプログラムを埋め込むことに慣れておらず、目的の機能を達成するためには、どこに何を記述すれば良いかが分からない。スモールステップの導入は、効果的である。

東京電機大学らしきを出すことにも拘った。本学はME(Medical Electronics)にも力を入れており、その一例として脈波から脈拍数を求める例を取り入れた。

さらに色々なセンサーを活用する例を取り上げた。外が暗くなってきたら電灯のスイッチを入れるなどのことが可能になる。しかし、このような光センサーはノートPCと直接接続することはできない。そこで、

表1 章立て

章	タイトル	頁数	プログラム数
1	学習環境の準備(a はいくつ)	16	6
2	日常生活にある値	12	8
3	不思議な数	16	9
4	問題を解く	25	6
5	デコレーション	22	16
6	便利なツールの作成	23	6
7	暗号	27	24
8	文字の出現回数	17	10
9	心拍数はいくつ?	14	6
10	数当てゲーム	11	5
11	暗算クイズ	20	12
12	組込み型プログラミングの体験	15	6

Arduino などのマイクロコンピュータを使って、制御することになる。このプログラムは、「コンピュータプログラミング I」の授業で教わった C 言語の知識を活かせ、ノート PC ではできなかったことが可能となり、プログラミングの世界が広がる⁹⁾。

3.3 章立て

章立てを表 1 に示す。各章のページ数は、表 1 の右端に示した。いくつかの章ではストーリー性を持たせたため、全体的にページ数が増加している。

1 章は、Eclipse を使ったプログラム開発環境の準備と出力を行う。Hello World に相当する内容は、小文字の a を 10 進数で表示すると幾つになるのかを試した。コンピュータ内部では、文字も数字で扱われていることを早い段階で体験してもらう狙いがある。

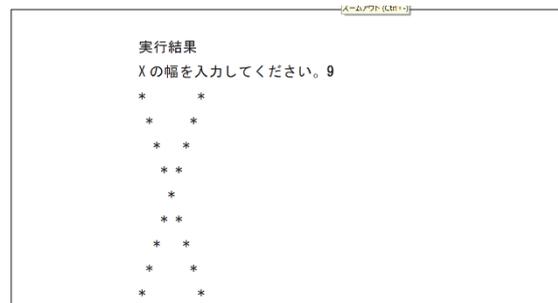
2 章は、日常生活の中にある値、例えば消費税の計算や合計金額を求める例などを試す。特に整数同士の割り算は小数点以下が切り捨てられ、注意を要する。

3 章は、等差数列や等比数列の例を取り上げ、つるかめ算や売り上げ最大の例を試す。つるかめ算や売り上げ最大の例は、前期科目の「コンピュータリテラシー」の授業で、表計算でも取り上げた内容である。C 言語のプログラムで記述すると、かなりの量になり、表計算ソフトのありがたみを再認識できる。

4 章は、線形代数等でクラーメルの公式を学習しており、それを使った連立方程式を解く例を試す。このことは、他の授業で教わったことがプログラミングで活用できることを体験する。

5 章は、文字の飾りつけや絵文字を表示する例を試す。飾りつけを行う文字が変わっても、対応できるようにプログラムを組む必要がある。これを実現するためには、その法則を発見し、プログラムを完成する。絵文字を表示するプリント本の例を図 1 に示す。

6 章は、5 章で取り上げた内容について、同じような処理は関数として定義し、これを適切に呼び出すことによって、プログラムが簡潔に記述できることを試す。7 章は、シーザー暗号を使って、文字列の暗号化を試す。1 章でも取り上げたが、小文字の a はコンピュータ内部では数字で扱われていることをヒントに、1 文字ずらす暗号化の原理、すなわち 1 を加えることを知り、そのことを活用する。さらに複数文字をずらす場合の考え方、関数を活用した暗号化、復号化の例を試す。



この章ではデコレーションの考え方について説明しました。法則を発見し、繰り返しを活用することによって、絵文字の×は任意の奇数に対応できることが分かったと思います。同様に、他の絵文字についても考えることができますので、ぜひ、取り組んでみてください。

図 1 絵文字を表示するプリント本の例(5 章より抜粋)

8 章は、文字列をファイルから入力し、文字の出現頻度を調べる例を試す。文字の出現頻度の特徴が分かり、モールス信号と照らし合わせて、出現頻度の多い文字は短いモールス符号になっていることを補足説明する。

9 章は、あらかじめ計測しておいた心拍データを使って、心拍数を求める例を試す。生体データからどのように心拍数を求めるのか、信号処理の基礎を紹介する。

10 章は、ゲームをいくつか試す。C 言語の学習によって、自分たちで簡単なゲームを作れる。

11 章は、計算機が問題を出題し、その答えを入力することを試す。計算機が問題を作るとはどういうことなのか、乱数を活用しながら、この辺りの仕組みを試しながら理解する。さらにプログラムの利用者が止めたいと思うまで繰り返す仕組みを試す。

12 章は、Arduino を取り上げ、発光ダイオードの点滅、サーボモーターの回転、超音波距離センサーを使った距離の測定、RGBLED アレイの例を試す。

4. プリント本を使った授業の実践

4.1 筆者が担当したクラスの様子

筆者は、2018 年度、諸般の事情で EK 科のみを担当することになった。1 回目の授業は、ガイダンスと 1 章の内容に沿って、プログラム開発環境の準備を行い、出力を行うプログラムを試した。2017 年度の経験から、Eclipse のダウンロードに膨大な時間がかかったため、あらかじめ USB3.0 のメモリにダウンロードした Eclipse のファイルを入れておき、これを 20 個程度準備し配布した。この工夫はダウンロードに要する時間を大幅に削減でき、効果を発揮した。

Eclipse はプログラム開発環境として素晴らしい機能を有しているが、初学者にとって敷居が高い。短いプログラムであってもプロジェクトとして管理するため、新規作成からプログラムの実行までの操作が煩雑になること、複数のウィンドウが表示され、どれに着目すれば良いのかが分かりにくい。授業では操作に慣れるまで、スクリーンショットをたくさん組み込んだ補助資料を用意し、操作がステップバイステップで分かるように工夫した。「コンピュータプログラミング I」の web サイトの様子を図 2 に示す⁹⁾。授業では、理解度調査を目的に、アンケート調査を毎回実施している。理解度調査結果の例を図 3 に、授業に対する要望感想の



図 2 web サイトの様子

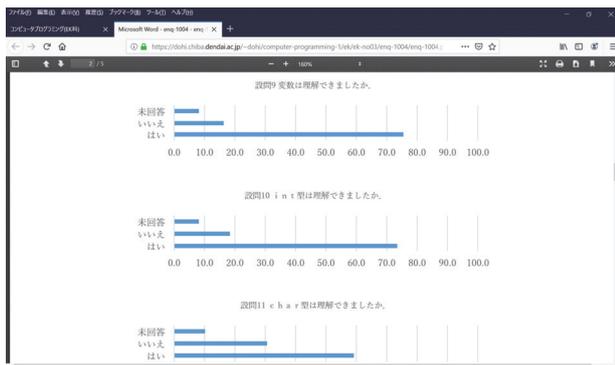


図 3 理解度調査結果の例

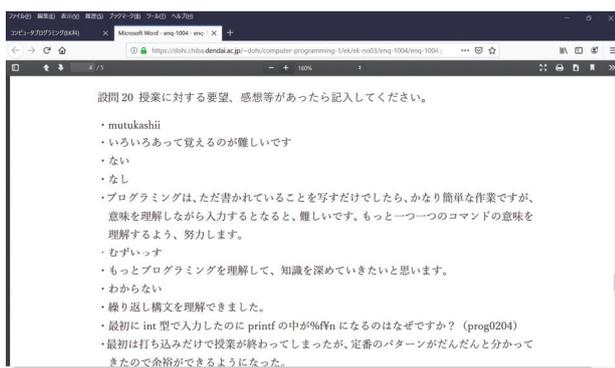


図 4 授業に対する要望感想の例

例を図 4 に示した。これらは次の授業の冒頭で報告し、教授者の一方的な授業にならないよう注意している。

当初は、1回目の授業で1章を終える予定であったが、2回目の授業の前半まで時間を要し、その後、2章の内容に入った。授業毎の実施状況は、表 2 に示す。3章、4章、5章、6章は2回の授業を、7章は3回の授業を使ったことになる。8章はテキストファイルを開いたところで時間切れになった。シラバスでは、8章まで終わることを目標としていたが、授業回数にして約 1 回不足する結果となった。

4.2 授業進行が遅れた主な原因

授業進行が遅れた主な原因は、いくつか考えられる。受講者が Eclipse の操作に慣れるのに時間がかかること、Eclipse の何かの操作を間違えると、プログラムの実行ができなくなるなどの問題が発生した。この現象は、2017 年度も発生しており、初学者のプログラム開発環境として Eclipse は、C 言語の本質以外の部分で色々な問題を誘発することが分かった。プリント本は、スモ

表 2 授業実施状況

回	主な授業内容
1	ガイダンス, 1章 学習環境の準備
2	1章 学習環境の準備, 2章 日常生活にある値
3	2章 日常生活にある値, 3章 不思議な数
4	3章 不思議な数, 小テスト1
5	4章 問題を解く
6	4章 問題を解く
7	5章 デコレーション
8	5章 デコレーション, 小テスト2
9	6章 便利なツールの作成
10	6章 便利なツールの作成, 7章 暗号
11	7章 暗号, 小テスト3
12	7章 暗号
13	7章 暗号, 8章 文字の出現回数(ファイルのオープンまで)
14	期末学力考査

ールステップに対応し、少しずつプログラムを修正しながら完成していく流れを取り入れているが、うっかり修正箇所を見誤ると、プログラムを破壊することに陥る。また、タイピングが苦手な人がおり、同期をとった授業進行が難しい。2回目の授業からは、例題を事前に入力し、試しておくように指導した。

4.3 Eclipse 固有の問題

Eclipse はキーボードからの入力時に注意が必要である。キーボード入力時には、プロンプトを表示し、何を入力すべきかをユーザーに伝えることが一般的である。特に `scanf` 関数を利用する時は、その直前の `printf` 関数でプロンプトを表示する時は、`flush` 関数でバッファの内容を強制的に出力しないと、プロンプトが表示されない問題がある。その他、C 言語固有のエスケープシーケンスが存在するが、機能しないで口のマークが表示されるなど、初学者を混乱させた。

4.4 今後の対策

Eclipse に関連した問題に対する対策として、2019 年度は、プログラム開発環境をテキストエディタとコマンドプロンプトを使い `gcc` で行う予定である。テキストエディタは、長年、情報環境学部のプログラミング入門教育で活用してきたサクラエディタが良いと考えている⁶⁾。`gcc` は、MinGW を活用する予定である⁶⁾。

2018 年度は、7 回目の授業から LMS(Learning Management System)の活用を始めた。本学の LMS は、WebClass を導入している。教授者が WebClass に慣れていないことが最大の問題であるが、事前学習内容と事後学習内容を徐々に増やして行った。2019 年度は、授業の最初からこの活用を紹介し習慣づけることを行う。

5. モチベーションの分析

5.1 モチベーションの推移

受講者のモチベーションの推移を表 3 に示す。2017 年度の前期のモチベーションは、19.1 であったが、2018 年度は 17.1 と 2.0 低い値になった。2018 年度は、母集団全体がプログラミングに興味を持たない集団に変化していることがうかがえる。前期から中期にかけては、2017 年度の 1.1、2018 年度の 0.9 と共に類似した傾向で減少した。中期から後期にかけては、2017 年度が 0.2 の増加、残念ながら 2018 年度が 1.1 の減少となった。

表3 モチベーションの推移

年度	前期	中期	後期
2017	19.1	18.0	18.2
2018	17.1	16.2	15.1

表4 CS 分析結果

	2017年度			2018年度		
	満足度	関連度	改善度	満足度	関連度	改善度
成功機会度	50.9	50.1	-0.4	36.9	42.9	2.8
親性度	40.5	52.8	6.7	50.7	55.7	2.4
愉快度	45.7	54.3	6.1	42.4	41.0	-0.6
理解度	47.8	44.5	-1.5	42.4	44.5	1.0
知覚的喚起度	54.1	44.0	-6.4	53.4	49.3	-2.2
意義の明確度	50.9	48.8	-1.4	49.3	36.2	-6.5
好奇心喚起度	50.9	59.8	4.3	39.7	41.8	1.0
将来への有用度	62.4	65.2	1.3	59.0	61.2	1.0
向上努力度	55.1	54.1	-0.5	63.1	55.4	-3.6
自己コントロール度	38.4	64.9	17.4	54.8	58.3	1.6
自己目標の明確度	27.9	45.2	8.2	28.6	51.6	11.8
コミュニケーション度	36.3	31.3	-2.3	42.4	47.5	2.4
所属集団の好意的反応度	53.0	33.9	-10.1	57.6	45.9	-7.1
コンテンツの合致度	62.4	36.2	-18.0	65.9	70.6	2.1
参加意欲度	65.6	58.4	-3.3	57.6	64.3	3.1
参加積極度	58.2	56.8	-0.6	56.2	33.6	-12.8

5.2 CS 分析結果と授業改善策

CS 分析の結果を表4に、CS グラフの結果を図5と図6に示した。以下で取り上げた値は、表4に赤色で示した、2017年度と2018年度の中期から後期に向けた授業改善策は、以下が提案された。

2017年度のCS分析結果から、中期から後期に向けた授業改善策は、「自己コントロール度 (ILI=17.4)」「自己目標の明確度 (ILI=8.2)」の改善、工夫が効果的である。具体的には、①最初はできそうな課題で「やればできる」という感覚をつかませながら、馴れた頃にチャレンジ精神をくすぐるような課題に挑戦させることで、学生に自らの工夫を生かした成功体験を与える、②自分の到達すべき学習の目標を見失っている学生のため、再度、授業の意義や目的を明示し、目標を立てさせるなどが有効と考えられる。

2018年度のCS分析結果から、中期から後期に向けた授業改善策は、「自己目標の明確度 (ILI=11.8)」の改善、工夫が効果的である。具体的には、自分の到達すべき学習の目標を見失っている学生のため、再度、授業の意義や目的を明示し、目標を立てさせるなどが有効と考えられる。

5.3 プリント本の成果

2017年度の愉快度は6.1と比較的高い値であったが、2018年度は-0.6に減少し改善している。同様に親性度は6.7から2.4に減少し、こちらも改善している。好奇心喚起度の満足度偏差値は39.7と、プログラミングに興味を持っていないことがわかる。にもかかわらず、親性度(授業の内容を親しみやすく感じる)の満足度偏差値が50.7と高いのは、プリント本や授業の効果と考えられる。また、向上努力度(もっとプログラミングの勉強を努力しようと思う)の満足度偏差値が63.1、自己コントロール度(授業で学習したことを基にして、自分で工夫し勉強してみようと思う)の満足度偏差値が54.8と

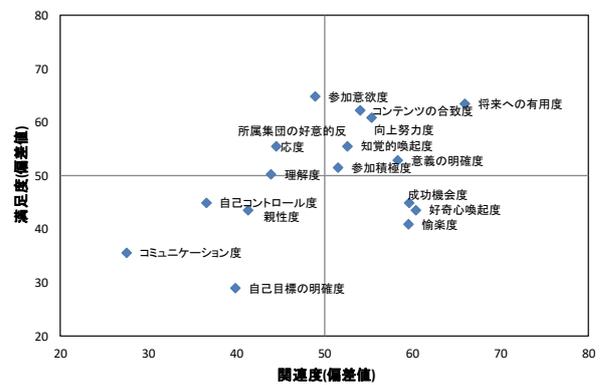


図5 2017年度のCS グラフ

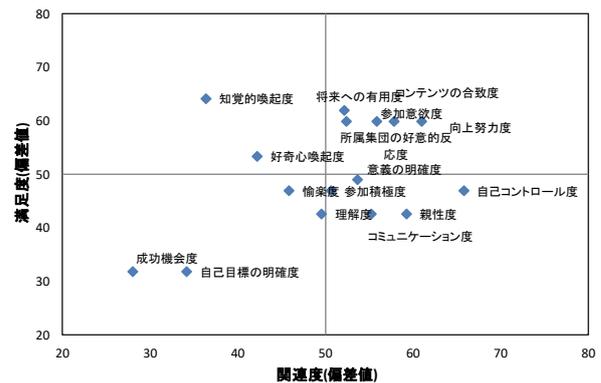


図6 2018年度のCS グラフ

高いのは、『初学者がためしながら学べる』『スモールステップを多く導入』の成果だと考えられる。

6. おわりに

本論文では、プリント本を活用したC言語プログラミング入門教育の実践について述べた。2019年度の授業では、テキストエディタとgccを使う予定である。工学部第二部電気電子工学科の「コンピュータ基礎II」の授業でも、本書を採用することにした。この授業は、もともと、テキストエディタとgccを使っており、Eclipseのような混乱は発生していない。今後は書籍化を目指し、「ためしながら学ぶC言語」が、他大学でも採用されることを願っている。さらに受講者の、モチベーションの向上を目指したい。

参考文献

- (1) 柴田望洋: 新・明解C言語 入門編, SBクリエイティブ (2006).
- (2) 土肥紳一: Processing を使ったプログラミング入門教育の実践, コンピュータ利用教育学会(CIEC), PCカンファレンス2018 講演論文集, pp.356-359 (2018).
- (3) 土肥紳一: Arduino によるコンピュータプログラミングAを教わった後のハードウェア入門3, コンピュータ利用教育学会(CIEC), PCカンファレンス2017 講演論文集, pp.321-324, (2017).
- (4) EK科「コンピュータプログラミングI」のwebサイト <https://dohi.chiba.dendai.ac.jp/~dohi/computer-programming-1/ek/> 2019年6月2日閲覧
- (5) MinGW, <http://www.mingw.org/>, 2019年6月2日閲覧
- (6) サクラエディタ, <http://sakura-editor.sourceforge.net/download.html>, 2019年6月2日閲覧