

電子教科書「ためしながら学ぶC言語」を活用した授業の工夫

土肥紳一*1

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

◎Key Words 電子教科書, C言語, プログラミング入門教育, BYOD

1. はじめに

電子教科書「ためしながら学ぶC言語」を出版した後、2年間、授業で使用した。その前身はプリント本から始まっており、初版の内容はPCC2019で述べた。その後、改版を行い、プリント本として第2版を出版し、その内容はPCC2020で述べた。プリント本での過去2年間の授業実績を反映し、書籍化を行った。出版時期の都合で、電子教科書として出版し、少し遅れて書籍を出版することになった。PCC2021では、主に電子教科書の内容を中心に紹介し、利用者のログ情報を使い利用状況等を述べた⁽¹⁾。PCC2021の開催後、2021年の後期の授業では、受講者が電子教科書と書籍を選べるように販売し、授業を実施した。電子教科書と書籍の両方を出版しているため、書籍の制約によって電子教科書の機能を使い切れない問題が生じている。電子教科書と書籍の両方を使った授業を取り上げ、本論文では授業の工夫について述べる。

2. 授業の工夫

電子教科書の出版は、新型コロナ感染拡大の最中に遭遇し、遠隔授業を強いられた。本学の遠隔講義システムはZoomを導入している。授業の工夫は、Zoomによる授業の録画の公開、授業毎の理解度調査の実施、LMS(Learning Management System)の活用、補助資料の提供等がある。

2.1 録画の公開の工夫

従来は授業の録画を行う場合、ビデオカメラや收音のための設備などが必要で大がかりであった。最近のノートPCはこれらの機能が内蔵されており、Zoomによる授業の録画は、容易に行えることを体験した。授業後に録画内容はboxへ格納し、授業のwebサイトに動画のリンクを設定し、学内限定で公開している。boxは本学が導入しているネットワーク上のストレージである。授業で使用しているwebサイトの様子を図1に示す⁽²⁾。

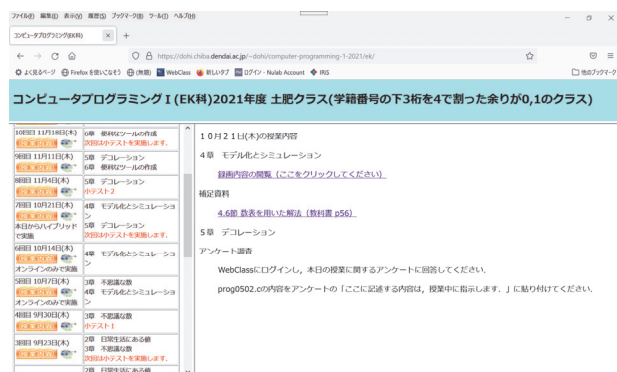


図1 授業のwebサイトの例

録画内容の再生の様子を図2に示す。録画の公開は、

授業の見直しに役立っており受講者から評判が良い。録画内容は収録後に編集することせず、収録内容をそのまま公開している。画質や音質にこだわらなければ、電子教科書へ組み込むことは容易である。ただし、見たい場所をスムーズに発見できる何らかの仕組みは必要であろう。

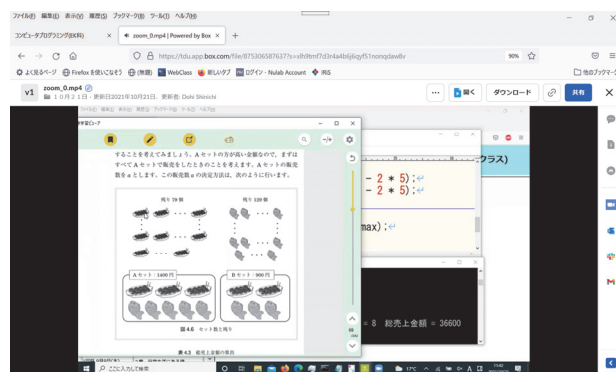


図2 録画内容公開の様子

2.2 授業毎の理解度調査の工夫

毎回の授業では理解度調査のアンケートを実施しており、各調査項目は、「はい」「いいえ」の2択での回答を求める。「はい」の割合が80%を下回る場合は授業での説明が不十分であったと判断し、次回の授業で復習や補足の内容を増やす工夫を行っている。この様子を図3に示す。



図3 理解度調査結果の例

アンケート調査では、授業に対する要望感想も自由記述で回答できるようになっており、回答者が誰か分からないようにして公開している。ささいな工夫であるが、受講者および教授者にとってフィードバックを掛けることができ、教授者の一方的な授業を防ぐ効果がある。

2.3 LMSの活用の工夫

本学のLMSはWebClassを導入している。穴埋め式の課題を出題し、中間試験や期末試験等でも活用している。特に採点機能は、その時間を大幅に短縮でき重宝してい

る。その他に、自学自習用に小問を準備し公開する工夫を行った。WebClass で公開している小問の一覧を図 4 に示す。これらは何度でも解け、正解になるまでリトライできる。期末試験前になると、利用者が増える傾向がある。

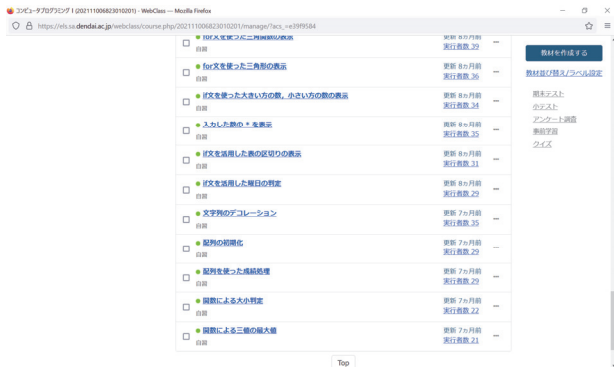


図 4 WebClass で公開している小問の一覧 (抜粋)

文字列のデコレーションに関する小問の例を図 5 に示す。本学は BYOD(Bring Your Own Device)を推進しており、受講者が所有するノート PC を活用する。プログラムを完成し、(1)と(2)に当てはまるプログラムを回答欄に入力する。この後、正解か否かを自ら確認できる仕組みである。

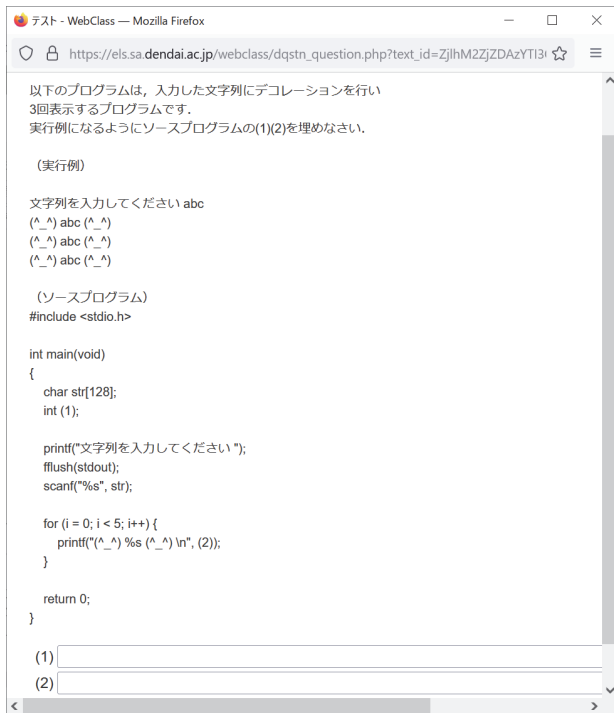


図 5 文字列のデコレーションに関する小問の例

このようなクイズ形式の小問は、電子教科書へ容易に組み込めると考えられる。

3. 補足資料を活用した授業の工夫

3.1 パワーポイントの活用

電子教科書で記載しきれなかった内容は、補足資料を作成し、授業の web 頁で公開している。補足資料は作り易さからパワーポイントのスライドで作成し、PDF に変換したものを公開している。複数のスライドを切り替え

ることにより、プログラムの実行に合わせて図が動いて見えるように工夫した。補足資料は事前の準備から 8 章までで合計 43 個、470 枚のスライドになる。この様子を表 1 に示す。資料の個数と枚数が多い章や、授業回が複数並ぶ章は、教授するのが難しい内容である。特に 3 章と 4 章が大きな山場であることが分かる。

表 1 補足資料の量

章	章名	授業回	個数	枚数
1	動作環境の準備	1	7	37
2	日常生活にある値	2,3	1	1
3	不思議な数	3,4,5	8	274
4	モデル化とシミュレーション	5,6,7	3	33
5	デコレーション	7,8,9	2	11
6	便利なツールや部品の作成	9,10,11	5	5
7	暗号	12,13	14	77
8	文字の出現頻度	13	3	32
	合計	-----	43	470

3.2 変数の宣言と代入の補足資料

初学者には、プログラムの実行によって、内部でどのようなことが起きているのかをイメージさせることが重要である。スライドではソースプログラムを左側に配置し、実行中の部分を示すために黄色の文字で示した。変数は長方形で表現する工夫を行った。変数が順に宣言される様子を図 6 に示す。

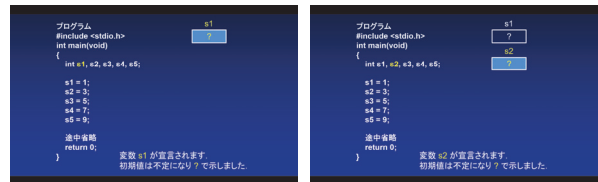


図 6 変数の宣言の様子 (抜粋)

C 言語では変数の宣言によって、その値は不定になるため、長方形の中は?で示した。プログラムの進行によって、どの変数が対象になっているのかを示すために、長方形の中を水色で塗りつぶした。どのようなことを行っているのかを、スライドの右下に簡潔に記述した。同様に代入の実行によって長方形の中の値が?から代入した値になる様子を図 7 に示した。スライドは、計 12 枚である。

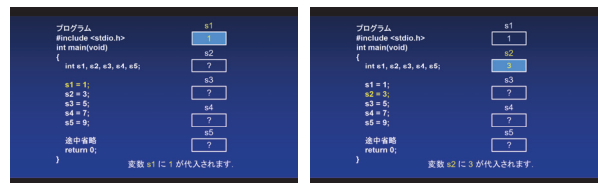


図 7 変数に値が代入される様子 (抜粋)

3.3 配列の宣言と代入の補足資料

配列は初学者にとって、難関の一つである。補足資料では配列を連続した長方形を並べ、変数がたくさん連続して並んでいるように表現を工夫した。C 言語では配列の

宣言によって、その値は不定になるため、配列の要素を示す長方形の中は?で示した。プログラムの進行によって、どの配列の要素が対象になっているのかを示すために、該当する要素の長方形の中を水色で塗りつぶした。配列の宣言と配列の要素に代入する様子を図 8 に示した。スライドは、計 8 枚である。

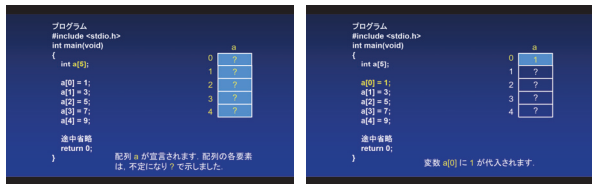


図 8 配列の宣言と要素に値が代入される様子 (抜粋)

3.4 配列を使った数列の補足資料

教科書の 3 章では配列を使った数列を求める例を掲載している。繰り返しを活用しながら数列を求めるプログラムは、初学者にとって複雑である。スライドでは、配列や変数が宣言される様子から始め、数列を求める仕組みを図で示し計 41 枚になった。プログラムの進行によって、どの変数と配列の要素が対象になっているかを明確にするために、該当する要素の長方形を水色で塗りつぶす工夫を行った。等差数列を 10 項求める様子を図 9 に示す。

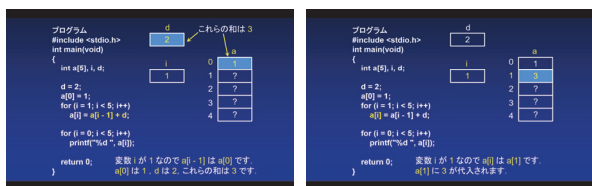


図 9 等差数列を求め配列の要素に代入する様子 (抜粋)

初学者にとって等差数列と等比数列のプログラムは、まったく異なるプログラムと思われがちである。しかしこの違いは、公差を加えるか公比を掛けるかの違いでしかなく、プログラムはほとんど同じであることに気が付く。解いている問題が違っていても、プログラムはほとんど同じである点は、興味深いことである。

さらに、プログラムを書き換え、直前の 2 つの項を加えることによってフィボナッチ数列を求めることができる。フィボナッチ数列を 10 項求める様子を図 10 に示す。スライドは、計 47 枚になった。

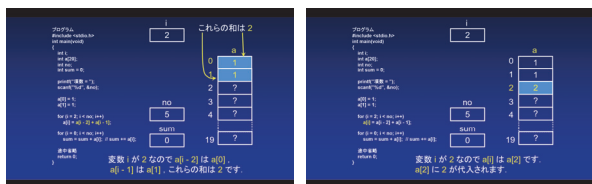


図 10 フィボナッチ数列を求める様子 (抜粋)

以上、プログラムの実行に同期する方法で、内部でどのようなことが起こっているのかを、パラパラ漫画の原理でスライドを工夫した例を述べた。このような補足資料は電子教科書に組み込むことは容易であるが、書籍に組み込むことはページ数の大幅な増加につながり、現実的でない。ここでも電子教科書と書籍の両立は難しい。

4. モデル化とシミュレーション補足資料の工夫

教科書の第 4 章はモデル化とシミュレーションを取り上げている。内容は鶴亀算から始まり、連立方程式で解く方法、クラーメルの公式で解く方法、売上最大化を解く方法を取り上げている。中でも売上最大化のプログラムは、考え方が難しいため、補足資料を工夫した。

4.1 売上最大化の問題

ここで取り上げる問題は、「たこ焼き」と「鯛焼き」の A セットと B セットを考えるものである。A セットは、「鯛焼き」5 個と「たこ焼き」3 個で 1400 円、B セットは、「鯛焼き」3 個と「たこ焼き」2 個で 900 円である。「鯛焼き」の残数が 129 個、「たこ焼き」の残数が 79 個の場合、売り上げが最大になる組み合わせを求める問題として取り上げている。

この問題を解くためにはモデルを作成し、そのモデルを使って実現可能なすべての組み合わせをシミュレーションし、売り上げが最も高い組み合わせを発見することを行う。ここでの補足資料は、プログラムの進行に合わせ、内部でどのようなことが起こっているのかではなく、考え方を理解させ、プログラムでどのように記述するのかに重点を置く工夫を行った。

4.2 前提条件の表示

前提条件となる A セットと B セットの様子を図 11 の左側に示した。残っている「鯛焼き」と「たこ焼き」の数を絵で表示し、絵の個数も合わせ図 11 の右側に示した。

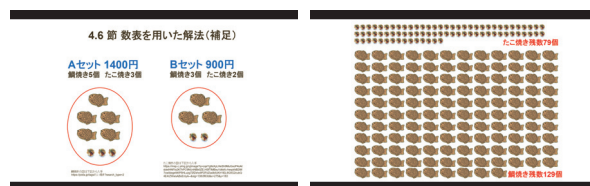


図 11 前提条件の表示

4.3 A セットの数の算出

ここでは A セットに着目し、残った「たこ焼き」の個数から A セットがいくつ作れるかの式を図 12 の左側に、残った「鯛焼き」の個数から、A セットがいくつ作れるかの式を図 12 の右側に示した。

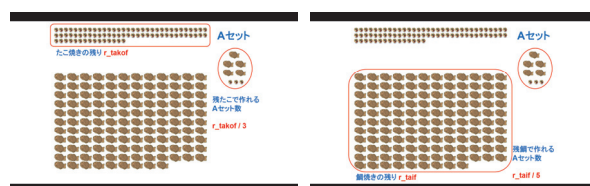


図 12 A セットの個数

残った「たこ焼き」の個数から、A セットがいくつ作れるかを求めるプログラムを「たこ焼き」の図と併記し図 13 の左側に、残った「鯛焼き」の個数から A セットがいくつ作れるかを求めるプログラムを「鯛焼き」の図と併記し図 13 の右側に示した。この工夫は、ソースプログラムの記述が、具体的にどのようなことを行っているかを図に関連付けている点である。

次は、少ない方の数を採用する必要がある。残った「たこ焼き」の数から A セットが 26 個、残った「鯛焼き」の

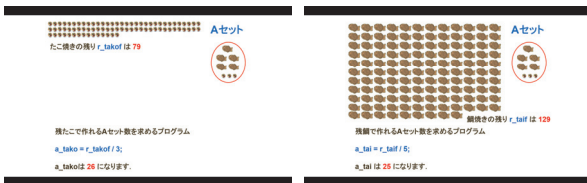


図 13 A セットの個数を求めるプログラム

数から A セットが 25 作れることが分かり、少ない方の 25 を採用する必要がある。もし 26 個を採用すると、「鯛焼き」が不足する事態を招く。このようなロジックは、初学者にとって頭では分かるものの、プログラムでどのように記述すればよいのかは難しい。図 14 の左側にこの判定を行う if 文の部分を、右側にはプログラムを示した。



図 14 小さい方の判定

25 個の A セットを作った結果、残りの「たこ焼き」と「鯛焼き」の個数は共に 4 になる。この様子を図 15 の左側に、これを実行するプログラムを図 15 の右側に示した。



図 15 残りの「たこ焼き」と「鯛焼き」の個数

4.4 B セットの数の算出

残った「たこ焼き」の個数から B セットがいくつ作れるかを図 16 の左側に、残った「鯛焼き」の個数から B セットがいくつ作れるかを図 16 の右側に示した。



図 16 B セットの個数

この時、少ない方の数を採用する必要がある。残った「たこ焼き」の数から B セットが 2 個、残った「鯛焼き」の数から B セットが 1 個作れることが分かり、少ない方の 1 を採用する必要がある。もし 2 個を採用すると、「鯛焼き」が不足する事態を招く。図 17 の左側にこの判定

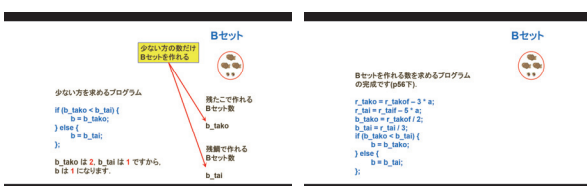


図 17 小さい方の判定

定を行う if 文の部分を、右側にはプログラムを示した。

4.5 シミュレーションの実行

以上のモデルを活用し、A セットは 25 から始め B セットがいくつ作れるかを、A セットが 1 になるまで順番に調べる。この様子を図 18 に示す。この過程の中で売り上げが最大になる組み合わせを求めることになるが、紙面の都合でスライド等は省略した。売上最大化の問題のスライドは、計 27 枚になった。考え方が理解できないとモデルを作ることにはできない。モデルが作れないとプログラムを作れないことになり、補足資料は欠かせない。



図 18 シミュレーション (抜粋)

5. おわりに

本論文では、電子教科書と書籍の両方を使った 2 年間の授業を取り上げ、その工夫について述べた。補足資料の内容は、電子教科書に組み込みやすいが、書籍に組み込むとページ数の大幅な増加につながり、価格への影響が大きく現実的ではない。Zoom の録画内容を電子教科書に組み込むことも容易であろうが、画質や音質の問題が残る。さらに LMS のように小問を電子教科書に組み込むことも可能であろう。今後、電子教科書に何をどこまで組み込むべきかは、難しい問題である。このような問題を含め、今後は書籍を止め、電子教科書へ移行することを検討していく必要があるとされている。学期末に調査した授業に対する要望感想の中に以下のものがあつた。

- とても分かりやすい授業で今自分が何をやっているのかが何なのかが常に理解できていたのでとても役にたったと感じました。
- この授業を通して、よりプログラミングへの興味を持つことができました。

電子教科書や書籍を活用しながら、録画、LMS の活用、補足資料等の効果が総合的に出ているものと考えている。

これまで電子教科書は VW-eBooks 専門書学習ビューアで利用してきた。9 月からは EDX Uni Text に変わるそうである。さらに使い勝手が良くなり、受講者の学習意欲の喚起につながることを期待したい。

参考文献

- (1) 土肥紳一：電子教科書「ためしながら学ぶ C 言語」を活用した C 言語プログラミング入門教育の実践、PC カンファレンス 2021 講演論文集、pp.30-33 (2021)。
- (2) コンピュータプログラミング I (EK 科)2021 年度 土肥クラス web サイト、<https://dohi.chiba.dendai.ac.jp/~dohi/computer-programming-1-2021/ek/>、2022 年 6 月 19 日閲覧。