

電子教科書の出版の工夫とプログラミング入門教育の実践

土肥 紳一¹⁾ 紫合 治²⁾ 吉田 拓歩³⁾ 大山 実²⁾

1) 東京電機大学 システムデザイン工学部

2) 東京電機大学 名誉教授 3) 東京電機大学 出版局

dohi@mail.dendai.ac.jp

Ideas of Digital Textbook Publication and Practice in the Novice Computer Programming Education

Shinichi Dohi¹⁾ Osamu Shigo²⁾ Takuho Yoshida³⁾ Minoru Ohyama²⁾

1) School of System Design and Technology, Tokyo Denki University

2) Professor Emeritus of Tokyo Denki University 3) Tokyo Denki University Press

概要

デジタル教科書や電子教科書が話題になっている。小学校では2024年度からの本格的な導入に向け、準備が進められている。デジタル教科書の教育効果を疑問視する声もあるが、今後の活用で徐々に明らかになっていくであろう。「ためしながら学ぶC言語」は電子教科書として、2020年9月20日に東京電機大学出版局から出版した。少し遅れて、2020年10月5日に書籍を出版した。電子教科書の出版に至るまでには、2018年にプリント本として初版を、2019年にプリント本として第2版を出版し、2020年の書籍化に合わせ、電子教科書を出版した。電子教科書の出版の工夫とプログラミング入門教育の実践を述べる。

1 はじめに

文部科学省では、2024年度から小学校でデジタル教科書の本格導入を目指している[1]。健康面での影響や、教育効果について新聞記事にも取り上げられている。先行事例で、大学では大学生協PC講座短期集中型プログラムとDECS電子教材の試作が行われている[2]。また電子書籍が読書行動に及ぼす影響と読書文化に関する研究が行われている[3]。このような状況の中、「ためしながら学ぶC言語」を電子教科書として出版した。その工夫とプログラミング入門教育の実践を述べる。

2 電子教科書の工夫

「ためしながら学ぶC言語」は、身近な話題を取り入れ、受講者の興味を喚起するようにし、初学者が自然にプログラミング技術の基本を習得できるよう工夫した。電子教科書のスクリーンショットを活用しながら、主な工夫を抜粋して紹介する。

2.1 ビューアでの閲覧

この教科書の拘りはネット検索で分かることは可能な限り排除し、BYOD(Bring Your Own Device)で手に入れたノートPC等を活用しながら(ためし



図1 ためしながら学ぶC言語

ながら)学ぶことに重点を置いた[4]。完成した電子教科書をビューアで開く様子を図1に示す。

電子教科書の総ページ数は目次や索引等を含め242ページ、定価は税込みで2860円である。今回の出版では、少し遅れて紙の書籍も同じ定価で販売した。したがって、本電子教科書は紙の書籍の内容が主であり、紙面はモノクロで、動画などのコンテンツは組み込んでいない。章立てと各章のページ数、並びに各章で学習する関連技術を表1に示す。授業では、8章まで終えることを目標としている。8章まで終える力

表 1 章立て

章	タイトル (関連技術)	頁数
1	動作環境の準備(表示出力, 内部コード)	8
2	日常生活にある値(意外な数字)(キーボードからの入力, 四則演算, 情報処理の基本原則)	16
3	不思議な数 (配列, 繰り返し)	15
4	モデル化とシミュレーション(分岐, エラー処理)	21
5	デコレーション(文字列, 表・絵文字の表示)	20
6	便利なツールや部品の作成(関数, 引数と返却値)	27
7	暗号 (文字列の内部表現, 文字配列, 暗号・復号化)	27
8	文字の出現頻度(ファイルの入出力)	16
9	日本の人口(CSV ファイルの入出力)	19
10	数当てゲーム(乱数)	17
11	暗算クイズ(変数, 四則演算, 乱数, 繰り返し, 関数の利用)	14
12	組込み型プログラミングの体験(Raspberry Pi を用いた IoT 入門)	19

が付くと, 9 章以降は, 自主的に学べる内容となっている.

2.2 'a'はいくつ (表示出力, 内部コード)

C 言語の最初のプログラムは Hello World の表示が一般的である. 本書でも 1 章のプログラムにこれを取り入れた. これに続く例として英小文字の'a'はいくつかを表示するプログラムを紹介した. 内部コードを 10 進数で表示するだけであるが, 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, 最初にためすようにした. この様子を **図 2** に示す. 詳しくは 8 章でその仕組みが分かるようになっており, やがて理解できることを説諭する. 各章の章末には, 1 頁のまとめと練習問題を掲載した. 1 章のまとめの様子を **図 3** に示す. 練習問題の模範解答は web サイトに掲載し, 紙面を節約した. この「まとめ」は学習内容の整理, 「練習問題」は, プログラミング技術の習得に極めて有効である.

2.3 意外性で引き付ける工夫(キーボードからの入力, 四則演算, 情報処理の基本原則)

2 章では「今浴びている太陽の光は, いつ光った光」を題材に取り上げた. 普段は考えたこともない, 意外な数字を狙った. この問題を解くためには, 地球から太陽までの距離と, 光の速さが分かれば解くことができる. 地球から太陽までの距離を知るために太陽の探索を行っている web サイトを使った. 残念ながらこのサイトは, 2021 年の後期の授業時点で終了していることが分かった.

この発展形として, 地球から「はやぶさ 2」まで電波を送ると何秒かかるかを計算するプログラ



図 2 'a'はいくつ



図 3 1章のまとめ

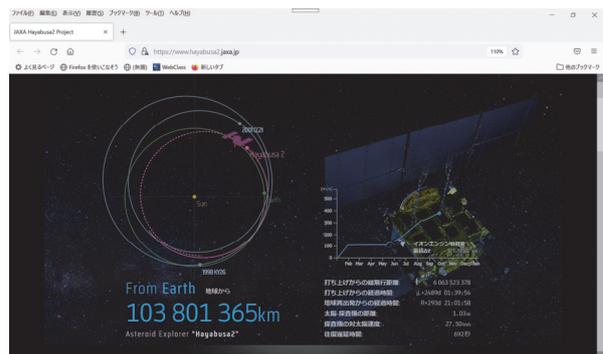


図 4 地球から「はやぶさ 2」までの距離

<https://www.hayabusa2.jaxa.jp/>

2021 年 9 月 26 日 15:02 閲覧

ムに書き換える。「はやぶさ 2」までの距離は, web サイトを使う. この様子を **図 4** に示す. 授業でためしてみると, 地球との距離が時々刻々変化し, 下 3 桁を正確に入力できないことを体験する.

しかし, 光速が約 300000Km/sec と数が大きいため, 下 3 桁の影響はほとんど出ないことを体験する. この web サイトでは往復の時間が掲載されており, 実行結果を 2 倍すると一致することを確認できる.

2.4 不思議な数(配列, 繰り返し)

3 章では, 数列を題材に不思議な数を取り上げた. 自然界では花びらの枚数がフィボナッチ数列になっていることが多く, 花占いと関連付けた. フィボナッチはイタリアの数学者で, 1200 年に

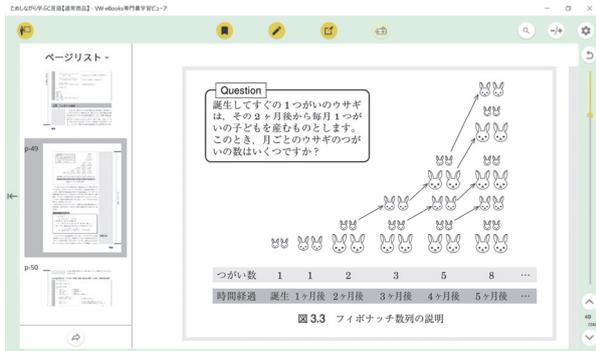


図 5 フィボナッチ数列

著した「Liber abaci」にこの数列が紹介された。この本の中でフィボナッチ数列の実例として「ウサギのつがいの増え方」が紹介され、それを引用した。この様子を図 5 に示す。

2.5 売り上げ最大(分岐, エラー処理)

4 章では、モデル化とシミュレーションで鶴亀算や売り上げ最大の問題を取り上げた。「たこ焼き」と「鯛焼き」の売り上げを最大にする問題は、シミュレーションならではの問題である。残った「たこ焼き」と「鯛焼き」から、AセットとBセットがいくつ作れるかをすべての組み合わせについて計算し、その中から売り上げが最大になる組み合わせを見つける。この様子を図 6 に示す。

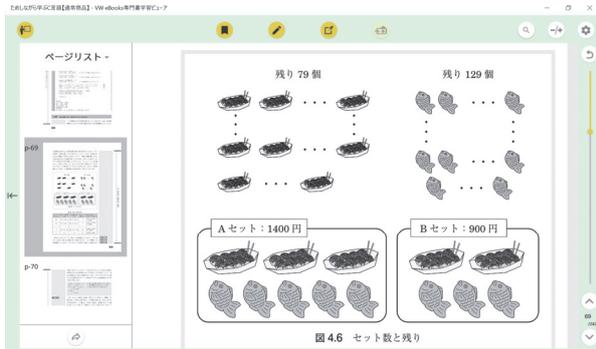


図 6 売り上げ最大の問題

2.6 絵文字の表示(文字列, 表・絵文字の表示)

5 章では文字列の飾りつけ(デコレーション)を取り上げ、最終的に絵文字を表示するためのアルゴリズムを考える。目的を達成するアルゴリズムは複数存在する可能性もあり、考え方が異なるとでき上がったプログラムも異なることを教える。

絵文字 X を 3 つの部分に分けて考えることを示し、その特徴を説明する。その特徴を満足するプログラムをどのように記述していくのかをスモールステップの手法を取り入れ、少しずつ、完成していく。直前のプログラムに加筆修正し絵文字 X の上部を表示するために必要な入力のプログラムを太字で示した。この様子を図 7 に示す。さらに

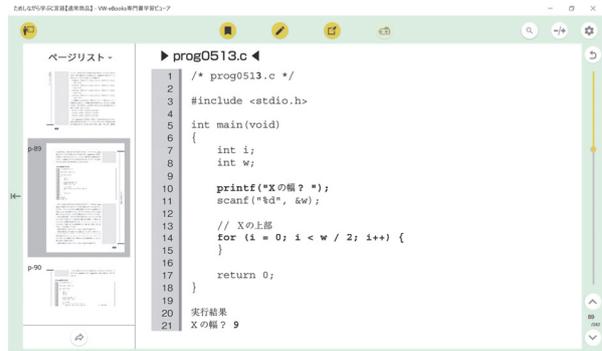


図 7 X の上部を表示する入力のプログラム

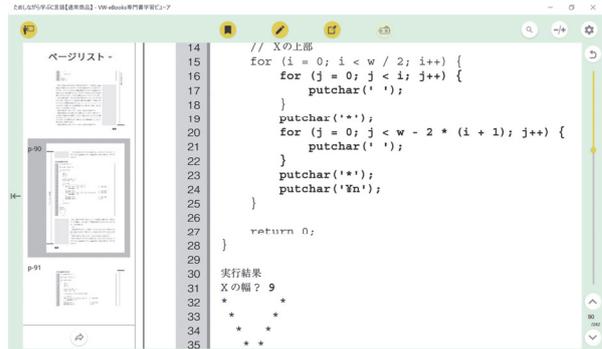


図 8 X の上部を表示するプログラム

絵文字 X の上部を表示するプログラムを太字で示した。この様子を図 8 に示す。

2.7 関数の活用(関数)

5 章までは main 関数を使って、C 言語の基礎を学習するが、このままプログラムを組み続けると、肥大化が問題となる。6 章では、処理のまとまり毎に関数を宣言しプログラムを細分化する。5 章で取り上げたデコレーションの内容を関数で細分化し、関数宣言を活用したプログラムのひな型を図 9 に示す。初学者はプログラムを細分化する時に、単なるプログラムの切り貼り、すなわちパッチワークと誤解することが多い。そこで、パッチワークを体験させ、コンパイルエラーを誘発しながら理解を深める工夫を取り入れた。プログラム自体は、5 章で取り上げた内容を再利用できる。図 8 の内容にパッチワークをほどこした例を図 10 に示す。仮引数とローカル変数が不足しており

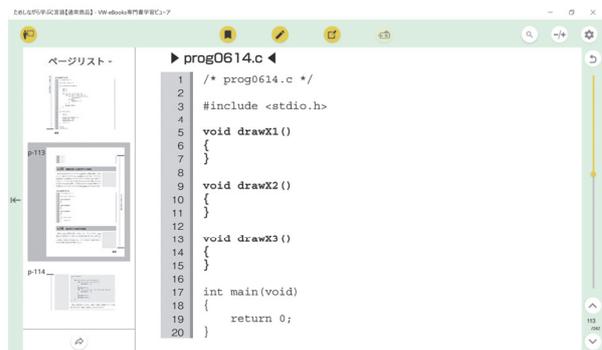


図 9 関数宣言を活用したプログラムのひな型

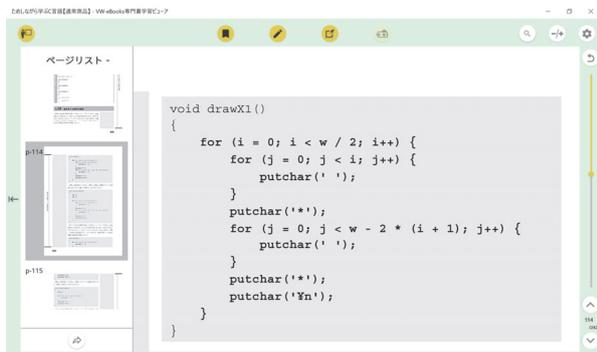


図 10 パッチワークが上手くいかない例
コンパイルエラーとなる。

main 関数の中では、変数が有効であったものが、関数内部では有効でなくなることを体験する。これを解決する方法の 1 つが引数の概念である。何かをためし、エラーを体験し、その理由を探り、解決策を適用することを繰り返すことによって、少しずつ、理解が深まるように工夫した。

2.8 返却値の工夫(引数と返却値)

関数の宣言には、関数名の前に void が付いたり、int や double が付いたりするものがある。この返却値の理解は、初学者にとって難しい。void が付いている場合は、返却値が無いことを意味する。これを理解させるために、おまけは出てこないゲームマシンの図を活用した。この様子を図 11 に示す。ゲームを楽しむためにお金を投入(これが引数に相当)し、ゲームが終了しても景品(返却値に相



図 11 返却値が無い例



図 12 返却値がある例

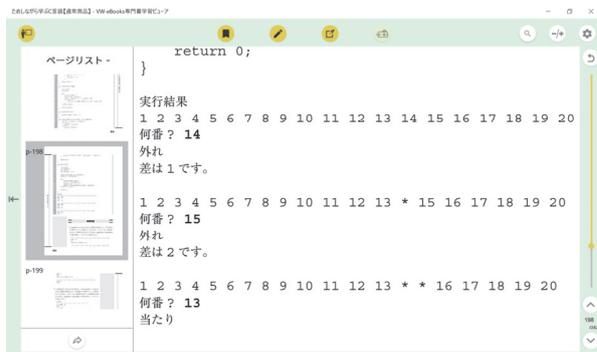


図 13 数当てゲームの工夫

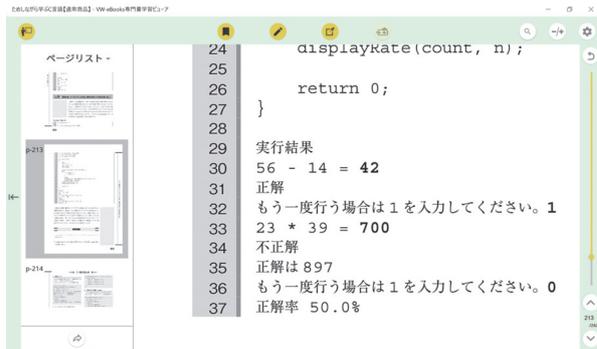


図 14 暗算ゲームの工夫

当)は出てこない例である。

一方、int や double が付いている場合は、返却値が有ることを意味する。これを理解させるために、自動販売機の図を取り入れた。この様子を図 12 に示す。ジュースを手に入れるためにお金を投入(これが引数に相当)し、商品を選ぶとそれ(返却値に相当)が出てくる例である。

2.9 数当てゲームの工夫(乱数)

10 章では、乱数を使った数当てゲームである。計算機が乱数を使って数を決め、それを当てるゲームである。外れた場合は、その旨表示し、正解との差を表示し、外れた数字は * に置き換える。このようにして、正解を探る面白さを加えた。筆者の感想であるが、実行してみると、面白さに浸ることができる。この様子を図 13 に示す。

2.10 暗算ゲームの工夫(変数, 四則演算, 乱数, 繰り返し, 関数の利用)

11 章は暗算クイズである。計算機が乱数を使って、2 項の四則演算を表示し、ユーザが暗算で解答を入力するものである。自分の意志で繰り返せるようになっており、最後に正解率を表示する。2 項の数と四則演算を乱数で決定し、問題を表示する。11 章を最後までためすと、暗算ゲームが完成する。このゲームは、一見簡単そうに見えるが、やってみると間違えることがあり、悔しい思いをする。ゲームを作成したのは自分自身であり、な

おさら悔しさが増す. この様子を図 14 に示す.

2.11 組み込み型プログラミング(Raspberry Pi を用いた IoT 入門)

AXIES2019, AXIES2020 では, シングルボードコンピュータの Raspberry Pi を使って, コンピュータリテラシー教育のどこまで活用できるのかを探り, その結果を述べた[5][6]. これらの内容を基に, まとめたのが 12 章である. 暗くなったら電気を点けるためには明るさを検出できるセンサーが必要になる. 距離を測定するためには, 超音波センサー等を使う. また, 出力は LED の表示が容易に行える. RGBLED アレイを使うと, 点灯のパターンをプログラムで制御できる. 点灯の様子を図 15 に示す. RGB を高速に切り替えて点灯させると, 赤緑青以外の色に見せかけることができる.



図 15 RGBLED アレイの例

3 授業の実施形態

3.1 新型コロナの感染拡大の影響

2020 年の授業は, 新型コロナの感染拡大の影響を受け, 前期と後期の授業はすべてオンラインで実施することになった. 2021 年は, 前期はハイブリッド(ハイフレックス)で実施したが, その後, 感染状況が悪化し, 後期は再びオンラインで実施することになった. ここで取り上げる授業は, 土肥が担当する工学部の機械工学科(EK 科と略)のコンピュータプログラミング I と, 工学部第二部の電気電子工学科(NE 科と略)のコンピュータ基礎 II である. 受講者数は各々 60~70 名である. EK 科は 100 分授業, NE 科は 90 分授業となっている.

3.2 Zoom による遠隔講義の実施

Zoom は書画カメラで教科書を撮影するとネットワークの負荷が高まることを確認しており, 教科書の内容はスキャナ等で PDF に変換したものを使うとダイエット効果が大きい. 電子教科書の導入は, 教科書の内容を PDF にする手間が省けるメリットがあった. Zoom を使った授業では, ホスト

のデスクトップに, エディタ, コンパイル実行を行うウインドウ, 電子教科書のビューアのウインドウが必要になる. さらに, 授業で使用している web サイトのウインドウが必要である. ノート PC の狭いデスクトップでは, これらを上手く配置する工夫が求められる. 文字の大きさは, 24 ポイント程度の文字サイズで指導している. Zoom のホスト側のデスクトップの様子を図 16 に示す.

受講者側の環境では, ホストから送られてくる Zoom のウインドウを表示する必要があり, デスクトップが窮屈な状況になる. Zoom のクライアント側のデスクトップの想像図を図 17 に示す.

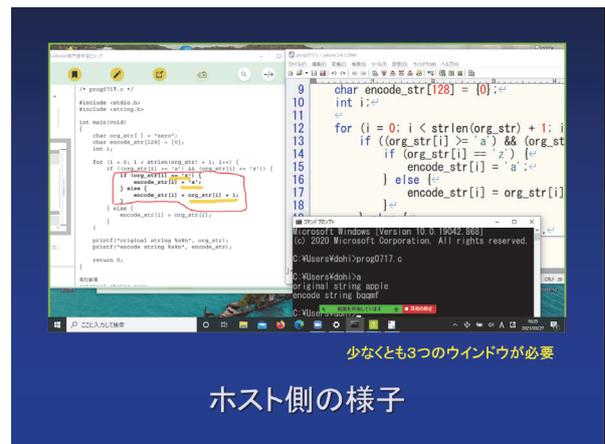


図 16 Zoom のホスト側の様子

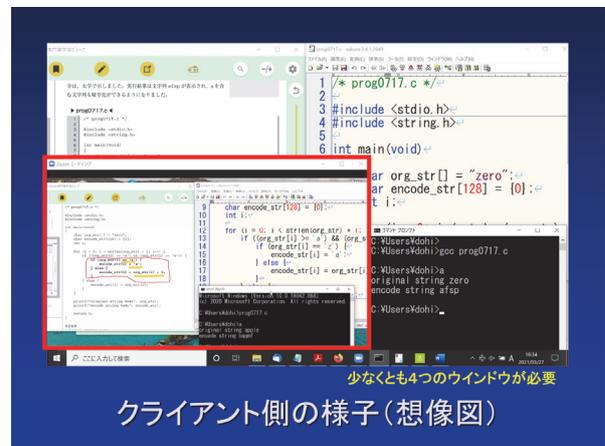


図 17 Zoom のクライアント側の様子 (想像図)

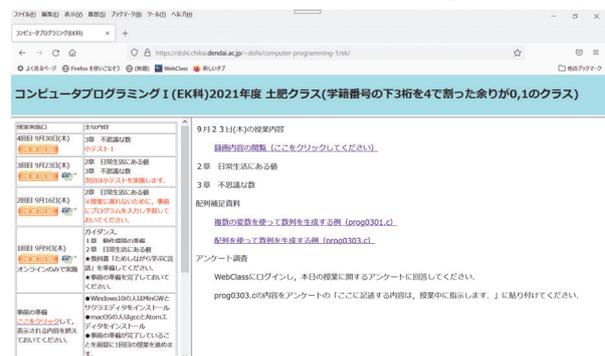


図 18 web サイトの様子

授業は、Zoom の機能で録画しており、準備でき次第、web サイトから公開する。なお、録画のファイルは box にアップロードし、関係者の閲覧のみ許可し、その共有リンク情報を授業の web サイトで公開する。この様子を **図 18** に示す。box は本学が導入しているクラウド上のストレージサービスである。

3.3 授業の流れ

初回の授業を除き、前回の授業の最後に実施したアンケート調査結果を紹介する。このアンケート調査は授業の理解度と授業に対する要望と感想を求めるものである。理解度調査項目は、「はい」「いいえ」で回答を求め、「はい」の割合が 80%以上になることを目指している。80%を下回る項目は、説明不足であることを確認し後日補足する。

アンケート結果の紹介が終わった後は、本日の授業内容を紹介しゴールを示す。その後、教科書の例題を説明しながら、エディタで例題を入力し、保存する。コンパイルを行い、エラーが発生した場合は誤りの原因を探り、それを修正し、保存する。コンパイルエラーが出なくなったらプログラムを実行し、教科書の実行例と同じになることを確認する。

プログラムでは全角、半角などを組み合わせて入力する部分があり、初学者が間違いやすい部分をエディタ上のカーソルで補足説明する。

プログラムを少し書き換えて、次の例題へ進む流れになっている。

授業中にチャットが入ったものは、タイミングをみながら口頭にて回答する。タイピング等が苦手な受講者がおり、ストレスが蓄積する。例題を試す中で、区切りの良いところで 1 分程度のブレイクを入れ、躓いている受講者を吸収している。中には手ごわいトラブルに陥る人もおり、授業時間後にメール等で対応する。授業終了後は、メールにて適宜、対応する。

3.4 学習環境

BYOD の普及によって、受講者の環境は Windows と macOS が一般的となった。本学では Windows の利用者が大半であるが、macOS の利用者也居る。授業では両方を満足させる必要がある。Windows の環境では、テキストエディタにサクラエディタを使うこととした。C 言語固有の予約語等が色分けされ、スペルミスの発見が容易である。C コンパイラは MinGW をコマンドプロンプトで利用する。環境変数の設定等が、初学者にとって

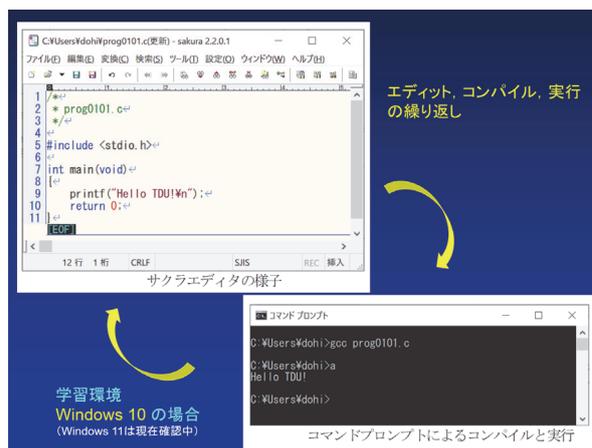


図 19 入力、コンパイル、実行の繰り返し
難易度が高いが、コンパイルや実行といった一連の操作が明確になり分かりやすい。Windows における入力、コンパイル、実行の繰り返しの様子を **図 19** に示す。

macOS の環境では、テキストエディタは ATOM を使うこととした。C 言語固有の予約語等が色分けされて表示でき、スペルミスの発見が容易である。C コンパイラは Xcode の gcc をターミナルで利用する。

3.5 複数のウィンドウの活用

受講者は、遠隔での授業に慣れてきており、自宅等では、2 台目のディスプレイを付けて、デスクトップを広げている人も居るようである。また、HDMI の端子がついたテレビも多く、これを 2 台目のディスプレイとして活用している人も居るようである。その他、スマホやタブレット型の端末を併用するなど、各自の工夫が進んでいるようである。現在進行している授業では、昨年の受講者の様子から、2 台目のディスプレイがあると、かなり操作性が良くなることを紹介し、各自の学習環境を工夫するように指導している。オンライン授業における受講環境と疲労の調査が行われている[7]。

3.6 ビューワの便利な機能

ナビゲーションは、左側にサムネールが表示され、スクロールバーを使って素早く移動できる。お絵描き、しおり、付箋等の機能がある[8]。

まだ活用していないが、アンケート調査を行ったり、多くの機能が提供されている。

検索の機能は便利である。索引を引かなくても、うろおぼえの言葉で検索すると短時間に、目的の位置へたどり着くことができる。お絵描きの機能は、説明していることを示しながら説明でき、説明しやすく、理解させやすいことが分かった。

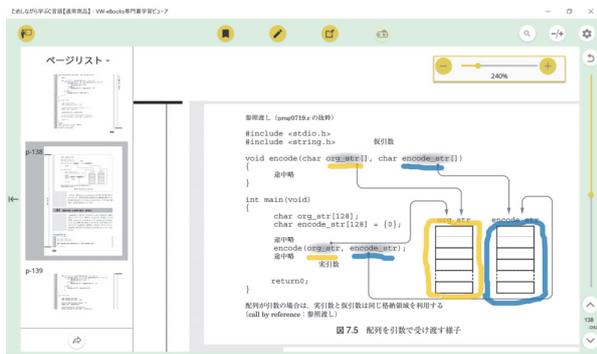


図 20 お絵描き

今、どこを説明しているのかが、明確になり、落書きの内容は消せる。紙面を汚すことがない。この様子を図 20 に示す。

付箋は、重要な点にメモを付けることができる。自分だけのメモを付けることによって、ノートの機能を兼ね備えることができる。

3.7 コピーアンドペーストや印刷の禁止

著作権保護の観点から、テキストのコピーアンドペーストや印刷はできない仕組みになっている。読者からは、印刷できないなどのコメントがあるが、こればかりは仕方ないことである。

3.8 ログの活用

2020 年 10 月から 12 月までの一部のログデータを、大学生協事業連合勉学研究事業部 DECS 事業推進課様から個人が特定できない状態でご提供いただいた。文字の拡大率、アクセス状況について分析を行った。

電子教科書は、拡大縮小が容易に行える。受講者が利用している情報端末によって、どの程度の拡大率で閲覧しているのかは興味深い。文字の拡大率について分析した結果を図 21 に示す。縦軸は、アクセス数である。100% 辺りから急激に上昇し、140% にピークがあった。

約 3 か月間における EK 科と NE 科の時間帯別

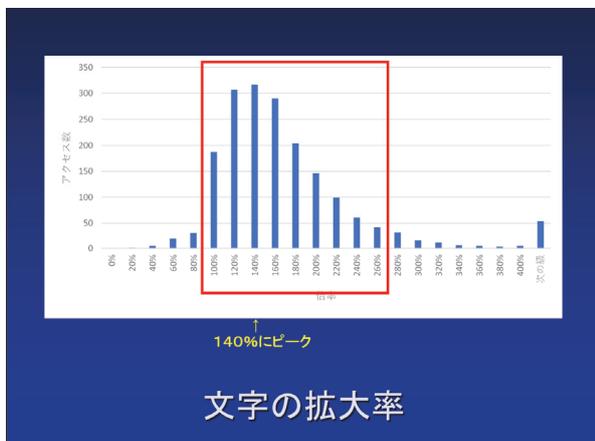


図 21 電子教科書の拡大率

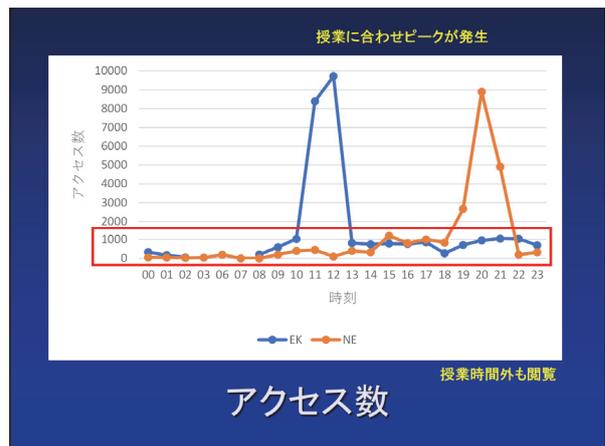


図 22 電子教科書のアクセス数

のアクセス数を図 22 に示す。授業開始に合わせてアクセスが急増していることがうかがえる。EK 科は授業終了後も約 1000 アクセスがカウントされており、また NE 科は授業開始前の 15:00 頃から約 1000 アクセスがあることが分かった。

4 受講者の声

2021 年後期の授業は、本論文の原稿締め切りまでに 4 回実施する。メール等による質問や授業毎に実施しているアンケート調査結果の自由記述欄から、授業や電子教科書に関するものを抜粋した。

4.1 環境変数に関するトラブル

事前の準備で多く発生する声は、gcc が認識されないである。Windows で gcc を利用できるようにするためには、環境変数を設定する必要がある。慣れない操作に戸惑う方もおり、設定を間違えてしまうようである。

4.2 漢字コードに関するトラブル

「漢字やひらがなが文字化けするのは直せませんか？確認しましたが sjis でやっていました」との質問がメールで届いた。Windows の環境では、コマンドプロンプトはデフォルトで SJIS になっており、エディタで UTF-8 で入力すると、文字列を出力するプログラムでは文字化けが発生する。この例ではエディタは SJIS になっているが、実行すると文字化けが発生するとのことであった。原因を追究していく中で、コマンドプロンプトのフォントがアラビア語になっていた。

4.3 保存先のフォルダの誤り

プログラムはコマンドプロンプトを開いた時のフォルダにソースプログラムを保存することを原則としている。これは余計な操作を省くためであるが、異なるフォルダへ保存する人がいる。

4.4 ウイルス対策ソフトの影響

コンパイルを行った結果は、a.exe のファイル名で実行形式プログラムが作成される。ウイルス対策ソフトによっては、これをウイルスと誤解するものがあり、実行できないなどの事態が発生する。ウイルス対策ソフトに a.exe はウイルスでないことを設定する必要がある。64 ビット版の MinGW を使うと、この問題は回避できるようである。

4.5 教科書に関する記述

EK 科の 1 回目の授業では、「初めて行ったけれど教科書に詳しく書いてあってスムーズについていくことができた」、2 回目の授業では、「プログラムを一步步より良いもの書き換えていくというやり方がとても分かり易かったです」との指摘があった。スモールステップの効果が出ている。

NE 科の 2 回目の授業では、「教材が分かりやすかったので、予習がやりやすかったです。次回もやり方優先で、あとから入力する記号の意味を理解して進めていきたいです」「視線がスクラエディタと教科書と zoom を行ったり来たりで苦労しました」「電子教科書が思っていたよりも使いやすかった」との指摘があった。

4.6 Zoom を使った授業に関するもの

EK の 3 回目の授業では、「要所要所でブレークがあるので進度を合わせたり、頭で整理することができ、とても助かっています」「パソコンを見続けているので、目が悪くならないか心配です」「今回は、エラーを出すことなくプログラムを実行できたので良かった」「授業を進めるスピードちょうどよくうまくペースについていけています」「もう少し授業ペースを落としていただけると嬉しいです」の指摘があった。要所要所で少しブレークすることの効果がかげられる。

紙の書籍は、書籍とノート PC が物理的に分離しているが、電子教科書は教科書とノート PC が一体化して利用できるメリットがある。予習や復習のしやすさにつながっていることも考えられる。

5 まとめ

電子教科書の出版の工夫とプログラミング入門教育の実践について述べた。現在、電子教科書と書籍の 2 本立てになっている。電子教科書はカラー化が容易で、動的なコンテンツを組み込める。さらに閲覧のログ情報が提供されると、どの部分が多く閲覧されているのか、授業時間以外での学習の様子を知ることができメリットが多い。

2020 年の出版では、授業開始に間に合わせるために、電子教科書の販売を最優先に実施した。2021 年の出版では、電子教科書と書籍の両方を販売し、購入者が選択できるようにした。販売は昨年同様に東京電機大学生協同組合東京千住購買書籍部様にて 9 月 29 日まで実施した。その結果、販売実績は電子教科書が 100 冊、書籍が 135 冊となり、電子教科書の割合は 42.6% になった。

今後の出版では電子教科書と書籍の共存は難しいと考えている。どこかで電子教科書へ移行することになろう。電子教科書の良さを追求し、教育効果を高める次世代の教科書を追求したい。

謝辞

ログデータをご提供いただいた大学生協事業連合勉学研究事業部 DECS 事業推進課、販売実績のデータをご提供いただいた東京電機大学生協同組合東京千住購買書籍部、出版でお世話になった東京電機大学出版局の皆様へ感謝します。

参考文献

- [1] デジタル教科書に関する制度・現状について、文部科学省、https://www.mext.go.jp/content/20200710-mxt_kyokasyo-000008653_03.pdf, 2021 年 9 月 26 日閲覧
- [2] 北村 士朗, 板倉 隆夫, 熊澤 典良, 上村 隆一, 竹山 英紀, 南條 晃, 樋口 直樹, 森川 佳則, 藤井 諭, 大学生協 PC 講座短期集中型プログラムと DECS 電子教材の試作, コンピュータ利用教育学会 PC カンファレンス講演論文集, pp.115-118, 2019.
- [3] 菅谷 克行, 電子書籍が読書行動に及ぼす影響と読書文化に関する一考察, コンピュータ利用教育学会 PC カンファレンス講演論文集, pp.144-145, 2019.
- [4] 土肥 紳一, 大山 実, 紫合 治, ためしながら学ぶ C 言語, 東京電機大学出版局, 2020.
- [5] 土肥 紳一, Raspberry Pi 3 を活用した情報教育の可能性, 大学 ICT 推進協議会, 年次大会講演会講演論文集, p155-p162, 2019.
- [6] 土肥 紳一, 齊藤 剛, Raspberry Pi 4 を使った集中講義の効果, 大学 ICT 推進協議会, 年次大会講演会講演論文集, p185-p192, 2020.
- [7] 越智 徹, 館野 浩司, 初年度情報リテラシー教育のオンライン授業における受講環境と疲労の調査, 情報処理学会 SSS2021 講演論文集, pp.61-68, 2021.
- [8] VW-eBooks DECS アプリ, <https://coop-ebook.jp/contents/StaticPage.do?html=guide10>, 2021 年 9 月 26 日閲覧