

デジタル教科書を用いたプログラミング教育の実践

岩崎 日出夫¹⁾

1) 東海大学 札幌教養教育センター

hideo.iwasaki@tsc.u-tokai.ac.jp

Practice of Programming Education Using Digital Textbooks

Hideo Iwasaki¹⁾

1) Liberal Arts Center, Sapporo Campus, Tokai Univ.

概要

HTML・CSS 入門の授業において、例題に対する解法（操作手順）を記録した動画を作成し、iPad 上のデジタル教科書内に載せ、学生一人ひとりに iPad を配布して、毎回の授業を行った。また、Java 言語によるプログラミング入門の授業において、写経型学習（サンプルプログラムを模倣して実行する学習法）用デジタルサブテキスト（iBooks 形式, EPUB 形式）とその PDF 版を作成し、LMS 上に載せ、事前学習を課した。その結果、動画教材については、授業の理解度が増した、学習意欲が増した、必要であるなどの学生の反応があった。写経型学習（事前学習）については、数が多すぎてやる気が起こらない、写すだけでは意味がないなどの否定的な反応や改善の要求が肯定的な反応を上回った。どちらの試みも（統計的には）、授業の満足度や定期試験の結果を向上させるには至らなかった。

1. はじめに

初等・中等教育では当面、紙教科書と同一内容のデジタル教科書¹⁾を併用する方針[2]であるが、何れはデジタル教科書による学びが定着し、それが自然な学びとなった学生が大学に入学してくる。すなわち、高等教育におけるデジタル教科書の利活用はこれから本番を迎えるのである。デジタル教科書をどう作ればよいのか、授業において非デジタル要素（ICT を使わない教育）をどう組み合わせればよいのか、大学生を対象とするデジタル教科書の制作と授業実践に関する具体的な知見を集積していく必要がある。一方、大学のプログラミング教育は、デジタル教科書世代の入学に加えて、もう1つの入学者の世代交代を迎える。

プログラミング学習の小学校からの必修化である²⁾。今後の小中高の各校のプログラミング教育への取り組みの差が、入学者のプログラミング能力の格差として現れる。能力別クラス編成が望ましいが、新たな教員の確保が難しい場合がある。そのような場合には、次点の策として、ICT を用いるより他にはない。筆者は、これらの2つの大波への対応の一助となることを目指し、利用者である大学生の意見を取り入れながら、プログラミング教育用のLMS (Moodle) のコースとデジタル教科書を作成し、それを用いた授業を実践し、その過程で得られた知見を報告してきた。特に文献[5]では、プログラミング実習を中心とした講義科目において、デジタル教科書の使用／不使用、

¹⁾ デジタル教科書教材協議会 (DiTT) による定義では、児童及び生徒の学習の用に供するための文字、図形、音声又は映像を組み合わせたものに係る情報を、電子計算機を介して提供するプログラムとしている[1]。本稿では、単に電子書籍の体裁を有する教科書・ハンドアウトをデジタル教科書と呼ぶ。したがって、大学

生向けの自作教科書・ハンドアウトを含む。なお、PDF の教科書・ハンドアウトをデジタル教科書とは呼ばないこととする。

²⁾ 2016 年 4 月、政府はプログラミング学習を必修化する方針を打ち出し[3]、これを受け、有識者による検討がなされた[4]。

⁴ <http://www12.tsc.u-tokai.ac.jp> (2017.10.2 閲覧)。

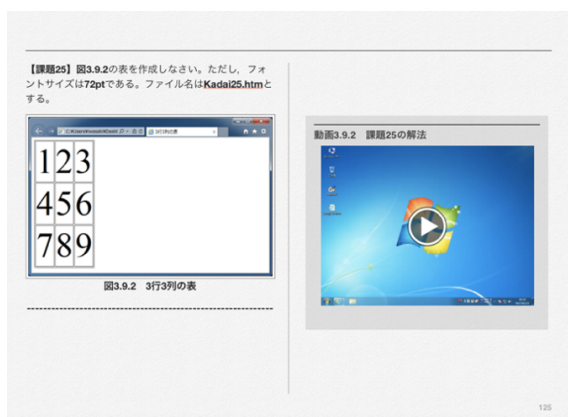


図 2.1 (d) Web クリエイション入門におけるデジタル教科書の記述例：課題

なお、図 2.1 に示すような解説、例題、課題が、授業を行うための基本の構成要素であるが、プログラミング基礎のデジタル教科書には自学用コンテンツとして、iBooks Author の Widget の練習問題機能を使った多肢選択問題を各節に設置した。解説や例題の内容を確認するための即時採点式練習問題である。ただし、2016 年度まではデジタル教科書は授業中の利用に限られており、練習問題を行う時間は設けていない。また Moodle 上に載せた授業外学習用教科書は PDF 版であったため、インタラクティブ・オブジェクトである練習問題は機能していない。iTunes-U に iBooks 版を載せたので一部の学生は練習問題を利用した可能性があるが、多くの学生は、テキストと静止画像のみの非インタラクティブ・オブジェクトだけのデジタル教科書を使用した。2017 年度春学期からは、授業時間外の学習用にデジタル教科書（iBooks 版、EPUB 版）も Moodle 上に載せたので、誰もが練習問題を利用可能な状況となった。対象の 2 科目は、何れもコンピュータ室を使用する科目であり、デジタル教科書の閲覧以外の活動（プログラミングや Moodle の利用）はすべて PC で行われた。

3. 授業実践の結果

本章では、考察の対象である 2 科目について、2016 年度までの教育効果（文献[5]で報告済み）と

⁵ 授業の満足度の平均値は、質問「総合的に評価すると、この授業を受けて満足した」への回答の選択肢を「そう思う」を 5、「ややそう思う」を 4、「どちらとも言えない」を 3、「あまりそう思わない」を 2、「そう思わない」を

2017 年度春学期の教育効果を比較するためのデータ（授業の満足度調査と定期試験の結果）と、デジタル教科書内に配置した動画教材（WEB クリエイション入門）・事前学習として実施した写経型学習（プログラミング基礎）についてのアンケート結果を提示し、次章で考察を行うための準備とする。

3.1 WEB クリエイション入門(HTML・CSS 入門)

WEB クリエイション入門は 2015 年度春学期、2015 年度秋学期、2016 年度春学期、2017 年度春学期の 4 つの学期において、同一の授業内容であり、同等の問題による定期試験が行われた。授業内容は同一、定期試験は同等であるが、2015 年度秋学期は PDF 教科書（総ページ数 227）を用い、2015 年度春学期、2016 年度春学期、2017 年度春学期はそのデジタル教科書版を用いた。2017 年度春学期にはデジタル教科書内に実習形式の例題に対する解法（操作手順）の動画教材を配置した。一方 2015 年度春学期、2015 年度秋学期の 2 つの学期においては Moodle の小テスト機能（多肢選択・短文記述問題）を用いた自動採点方式の小テストを実施せず、その後の 2 つの学期においては、この方式の小テストを学期中 7 回実施した。小テストの採点結果及び正答は学内ではいつでも確認できる状態であった。表 3.1 に WEB クリエイション入門の授業の満足度と定期試験の平均値を示す。

表 3.1 WEB クリエイション入門における授業の満足度と定期試験の平均値（）内は人数

学期	2015S	2015F	2016S	2017S
教科書	PDF	デジタル教科書		
動画教材	なし			あり
授業の満足度 平均値 ⁵	3.79 (42)	4.50 (28)	4.51 (45)	4.39 (46)
Moodle 小テスト	不実施			7 回実施
定期試験の 平均値	54.44 (45)	54.65 (40)	75.94 (48)	78.82 (50)

動画教材については、教育効果や必要性について、アンケートも行った。結果を表 3.2 に示す。

1 と対応付けして、アンケート回答者（受講学生）に数値で回答させ、算出したものである。本稿では、1～5 の回答を等間隔と見なして議論を進めるが、平均値は、あくまで、1 つの参考値（等間隔性を仮定した場合の値）である。

表 3.2 動画に関するアンケートの結果

(a) 質問：iPad の電子教科書中の「動画」をどの程度利用しましたか

選択肢	人数	%
いつも利用した	13	27.1
たびたび利用した	22	45.8
あまり利用しなかった	6	12.5
まったく利用しなかった	7	14.6

(b) 質問：iPad の電子教科書中の「動画」を用いることで理解度が増したと思いますか

選択肢	人数	%
とても増したと思う	28	63.6
わりに増したと思う	11	25.0
あまり増したとは思わない	3	6.8
ぜんぜん増したとは思わない	2	4.6

(c) 質問：iPad の電子教科書中の「動画」を用いることで楽しさを感じましたか

選択肢	人数	%
かなり楽しさを感じた	17	40.5
わりに楽しさを感じた	16	38.1
あまり楽しさを感じなかった	9	21.4
ぜんぜん楽しさを感じなかった	0	0.0

(d) 質問：iPad の電子教科書中の「動画」を用いることで学習意欲が増したと思いますか

選択肢	人数	%
とても増したと思う	19	63.6
わりに増したと思う	14	25.0
あまり増したとは思わない	8	6.8
ぜんぜん増したとは思わない	1	4.6

(e) 質問：iPad の電子教科書中の「動画」は必要だと思いますか

選択肢	人数	%
とても必要だと思う	31	64.6
わりに必要だと思う	10	20.8
あまり必要だとは思わない	5	10.4
ぜんぜん必要だとは思わない	2	4.2

3.2 プログラミング基礎 (Java 言語によるプログラミング入門)

プログラミング基礎は、2015 年度秋学期、2016 年度春学期、2017 年度春学期の 3 つの学期において、同一の授業内容であり、同等の問題による定期試験が行われた。3 つの学期においては、同一内容のデジタル教科書（総ページ数 146）を用いた。それらは、前述のように、授業中に iPad を配布して、利用してもらった。授業外学習用には、その PDF 版を Moodle に、iBooks 版を iTunes-U のコースに載せ

た。2017 年度は、EPUB 版も Moodle を介して配布した。Moodle の小テストは、2015 年度秋学期は実施せず、2016 年度春学期、2017 年度春学期はそれぞれ 7 回実施した。2017 年度春学期は、事前学習として、写経型学習、すなわち、サンプルプログラムを授業の事前に入力し、実行結果を確認しておくことを課した。また、そのための（写経のための）デジタルサブテキスト（総サンプルプログラム数 85）を作成し iBooks 版、EPUB 版、PDF 版を Moodle より（iBooks 版は iTunes-U から）配布した。表 3.3 にプログラミング基礎における授業の満足度と定期試験の平均値を示す。写経型学習による事前学習についても、教育効果や必要性に関して受講者アンケートを行った。結果を表 3.4 に示す。

表 3.3 『プログラミング基礎』における授業の満足度と定期試験の平均値

学期	2015F	2016S	2017S
写経型事前学習	不実施	不実施	実施
デジタル教科書	使用	使用	使用
授業満足度平均値	4.28(29)	4.35(43)	4.13(30)
Moodle 小テスト	不実施	実施	実施
定期試験平均値	58.48(40)	65.69(47)	69.76(35)

表 3.4 写経に関するアンケートの結果

(a) 質問：この授業で実施した写経をどの程度行いましたか

選択肢	人数	%
毎回必ずやった	7	23.3
時々やらなかった	8	26.7
半分くらいはやった	7	23.3
あまりやらなかった	8	26.7
まったくやらなかった	0	0

(b) 質問：この授業で実施した写経により、授業の理解度が増したと思いますか

選択肢	人数	%
とても増したと思う	1	3.3
わりに増したと思う	12	40.0
あまり増したとは思わない	12	40.0
ぜんぜん増したとは思わない	5	16.7

(c) 質問：この授業で実施した写経に楽しさを感じましたか

選択肢	人数	%
かなり楽しさを感じた	1	3.3
わりに楽しさを感じた	13	43.3
あまり楽しさを感じなかった	10	33.3
ぜんぜん楽しさを感じなかった	6	20.0

(d) 質問：この授業で実施した写経により、学習意欲が増したと思いますか

選択肢	人数	%
とても増したと思う	2	6.7
わりに増したと思う	11	36.7
あまり増したとは思わない	12	40.0
ぜんぜん増したとは思わない	5	16.7

(e) 質問：この授業で実施した写経の必要性や問題点、改善点などをコメントしてください

分類	コメント数	%
肯定的なコメント	4	13.3
強い否定のコメント	9	30.0
改善要求のコメント	16	53.3
その他のコメント	1	3.3

4. 考察

4.1 WEB クリエイション入門(HTML・CSS 入門)

表 3.1 の授業の満足度（の平均値の元データ）に関して、4 つの学期を独立なグループとして、Kruskal-Wallis の検定を行った。検定の結果は有意 ($p<0.05$) であり、学期のペアごとの比較から、デジタル教科書を使用しなかった学期（2015 年度春学期）とデジタル教科書を使用した学期（2015 年度秋学期、2016 年度春学期の各々）の授業の満足度の分布の中心位置に有意差があると判明した。一方、動画を載せたデジタル教科書を使用した学期（2017 年度春学期）と他の学期とのペアでは、授業の満足度の分布の中心位置に有意差は認められなかった ($p>0.05$)。したがって、動画教材は授業の満足度を向上させたとは言えない。しかしながら、2017 年度春学期の授業の満足度の平均値は、デジタル教科書を使用した前の 2 つの学期の授業の満足度の平均値と同様、4 点台であり、良好な値（表 3.1 参照）である。

一方、表 3.1 における定期試験の平均値に対して、一元配置分散分析を行なった結果、4 つの学期の定期試験の点数は等分散であり、有意差のあるペアが存在すると判明した ($p<0.05$)。Tukey の HSD 検定の結果、Moodle の小テストを実施した学期（2016 年度春学期、2017 年度春学期の各々）の定期試験の平均値は、実施しなかった学期（2015 年度春学期、秋学期の各々）の定期試験の平均値より有意に高値であった。Moodle の小テストを実施した学期のうち、デジタル教科書を使用した 2 つの学期につ

いて、動画教材が載っていないデジタル教科書を使用した学期（2016 年度春学期）と動画教材が載っているデジタル教科書を使用した学期（2017 年度春学期）の定期試験の平均値に有意差は認められなかった。すなわち、動画教材は定期試験の結果を向上させたとは言えない。ただし、2017 年度春学期の定期試験の平均値は最もよい点数である（表 3.1 参照）。

前述のように、動画教材に関しては、アンケート調査も行なった（表 3.2 参照）。動画教材は、例題に対する解法（操作の手順）を示すものであるが、これに対しては、教員が授業中に解法の実演を行っている。動画教材の役割は、実演を見てもその通りに操作することができない学生を補助することである。アンケートの結果、動画教材を利用した群は 73% であることが判明した。その中には、確認のための視聴や毎回見ているわけではないという人も含まれていると推察されるが、過去の教授経験から、実演を見ても、その通りに操作することができない学生は少なくないと考えている。更に動画教材により理解度が増すと回答した群は 89%、楽しさを感じた群は 79%、学習意欲が増した群は 89%、必要だと思った群は 85% である。授業の満足度や定期試験の結果に有意差として現れるほどではないが、一定の教育効果が得られているものと判断できる。

4.2 プログラミング基礎（Java 言語によるプログラミング入門）

表 3.3 の授業の満足度（の平均値の元データ）に関して、3 つの学期を独立なグループとして、Kruskal-Wallis の検定を行なった。その結果、授業の満足度の分布の中心位置に有意差は認められなかった ($p>0.05$)。平均値からも、写経型学習による事前学習が授業の満足度を高めていないことは明らかである（やや低下している）。しかしながら、デジタル教科書を使用した 3 つの学期の授業満足度の平均値は 4 点台であり、写経型学習による事前学習を課した 2017 年度春学期においても高い満足度が保たれていると判断される。

次に、表 3.3 の定期試験の平均値に関して、一元配置分散分析を行なった。その結果、3 つの学期の定期試験の点数は等分散であり、平均値に有意差がある学期のペアが存在することが判明した ($p<0.05$)。Tukey の HSD 検定の結果、Moodle の小テストを実施しなかった学期 (2015 年度秋学期) と Moodle の小テストを実施した学期 (2016 年度春学期, 2017 年度春学期の各々) に有意差が認められた。Moodle の小テストを実施した学期は、実施しなかった学期より、定期試験の平均値が有意に高い値であった。Moodle の小テストを実施した 2 つの学期 (2016 年度春学期と写経型学習による事前学習を実施した 2017 年度春学期) の定期試験の平均値については、有意差は認められなかった。すなわち、写経型学習による事前学習が定期試験の平均値を上げたとは言えない。ただし、2017 年度春学期の定期試験の平均値は 3 つの学期の中で最もよい点数である。

一方、アンケート結果の理解度が増したか、学習意欲が増したかなどの学習効果に対する質問において、否定群が肯定群をやや上回っており、写経型学習の導入による影響により、授業満足度の低下をまねいた可能性は否定できない。しかしながら、写経型学習への強い否定は 30%であり、53%は改善の要求 (数が多い、学外から提出できない、単調であるなど) である。改善要求に対応すれば、授業の満足度が上がる可能性がある。定期試験の結果については、数値としては上がっているが、写経の効果であるかはわからない。やはり改善要求に対応することで、有意な点数の上昇となり得ると考えている。

なお、以上の記述のうち、2016 年度までの結果は文献[5]で報告済みである。2017 年度に明らかとなった部分を次章にまとめる。

5. まとめ

デジタル教科書を用いた授業を実践し、動画教材と写経型学習 (事前学習) の効果に関する以下の知見を得た。

- 1) WEB クリエイション入門における実践より：
 - ・今回導入したデジタル教科書内の動画教材は、授業の満足度、定期試験の結果を (統計的には) 向

上させなかったが、授業の満足度、定期試験の結果はともによい点数が維持されている。

- ・受講者は、動画教材が授業の理解度を上げ、動画教材に楽しさを感じ、動画教材により学習意欲を上げる、動画教材が必要であると考えており、一定の教育効果を与えたものと考えられる

2) プログラミング基礎における実践より：

- ・今回行った写経型学習による事前学習では、授業の満足度、定期試験の結果を (統計的には) 向上させなかったが、授業の満足度、定期試験の結果はともによい点数が維持されている。
- ・写経型学習に関するアンケートでは、授業の理解度、楽しさ、学習意欲に関して否定的な群が肯定群をやや上回ったが、写経型学習に関するコメントの半数は、改善要求であり改善の余地がある。

参考文献

- [1] DiTT (デジタル教科書協議会), デジタル教科書法案概要, 2012, http://ditt.jp/office/DiTTThouan_gaiyo_ver2.pdf, (2017.10.2 閲覧)。
- [2] 文部科学省, 「デジタル教科書」の位置付けに関する検討会議 最終まとめ, http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/110/houkoku/1380531.htm, 2017.10.2 閲覧。
- [3] 日本経済新聞, プログラミング必修化 政府方針 小中学高で 2020 年から, 2016 年 4 月 19 日付朝刊。
- [4] 文部科学省, 小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について (議論の取りまとめ), http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/houkoku/1372522.htm, 2017.10.2 閲覧。
- [5] 岩崎日出夫, デジタル教科書を用いた授業に関する検討, 東海大学高等教育研究 (北海道キャンパス), **16**, 23-34, 2016。
- [6] 岡本雅子・村上正行・吉川直人・喜多一, プログラミングの写経型学習過程を対象としたつまずきの分析とテキスト教材の改善, 京都大学高等教育研究, **19**, 47-53, 2013。
- [7] 喜多一・岡本雅子, プログラミング教育における反転授業の一構成法, 大学 ICT 推進協議会 2016 年度年次大会論文集, FE25