Vol.2020-CE-156 No.3
2020/8/29

データ構造ビューワを用いた教育実践とその評価

大西 建輔[1,a)]

概要：データ構造とアルゴリズムは, コンピュータサイエンスの基礎であり, 情報系の専門科目を学ぶためには必須の科目である. 著者の所属学科では, 1 年次のプログラミングの講義に続き, この科目を 2 年次に学ぶ. しかしながら, 学生によっては, 内容の理解が追いつかないことがある.
我々は, データ構造とアルゴリズムの講義内容の理解を目指し, 学生が自身のスマートフォンで利用可能なアプリ “データ構造ビューワ” をアシアル株式会社と共同で開発した. 本アプリに組み込まれているデータ構造は, JavaScript 言語で実装されている. また, アプリに即した教科書を執筆した. さらに, 作成アプリと教科書を用いた授業をおこなった. その上で, アンケートを用いてアプリと教科書の評価をおこなった.

キーワード：情報教育, データ構造, アルゴリズム, Android 向けアプリ, iPhone アプリ

Educational Practice Using Data Structure Viewer and Its Evaluation

Kensuke Onishi[1,a)]

Abstract: Data structure and algorithm is the foundation of computer science and are essential subjects for studying specialized subjects in information systems. In the department to which the author belongs, students learn the subject in the second year following the programming lecture in the first year. However, some students may not be able to understand the content.
We collaborated with Asial Corporation to develop an application ”Data Structure Viewer” that students can use on their smartphones with the aim of understanding the lecture contents of data structure and algorithm. The data structure built into the application is implemented in the JavaScript language. Also, we wrote a textbook suitable for the application. In addition, we gave lectures using the created application and textbook, and then evaluated the application and textbook using questionnaires.

Keywords: information education, data structure, algorithm, Android application, iPhone application

1. はじめに

文部科学省のおこなった「超スマート社会における情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査研究」[1] では, 情報系のカリキュラムをコンピュータサイエンス (CS), 情報システム (IS), コンピュータエンジニアリング (CE), ソフトウェアエンジニアリング (SE), インフォメーションテクノロジ (IT), 一般情報教育 (GE) に分類し, それぞれのカリキュラム標準を提言している. この内容は, 情報処理学会のカリキュラム標準 J17[2] として情報処理学会でも提言している. カリキュラム標準 J17 には, 情報セキュリティ (Cyber) の素案も提示されている.

CS, CE, SE, IT, GE, Cyber の各分野では, カリキュラムにデータ構造が含まれる. また, CS, CE, IT, GE, Cyber の各分野では, 探索や整列などを含むアルゴリズムが含まれている. すなわち, 多くの情報系分野では, アルゴリズムやデータ構造が教えられていることになる. 特に, CS 分野の報告書 [1], p.74 では, アルゴリズムと計算量について, 次のように述べている.

> アルゴリズムと計算量は、情報科学やソフトウェア工学において基盤的役割を果たす。

また, 2016 年度におこなわれた調査 [3] においても, 多くの

1 東海大学
259-0318, 神奈川県平塚市北金目 4-1-1
a) onishi@tokai-u.jp

ⓒ 2020 Information Processing Society of Japan

情報系学科でアルゴリズムやデータ構造の講義が実施されていることが判明している.

アルゴリズムやデータ構造で学ぶ内容は, 配列やポインタに始まり, リスト構造 (スタックやキューを含む), 探索, 二分木, ハッシュ, 並べ替え (ソート) などが含まれる. 一般に, これらのデータ構造の概念を学ぶ, その仕組みを理解する, データ構造の実装をおこなう等の段階を踏んで, 学習をおこなう.

近年の大学では, 様々な背景や学力を持つ学生が在籍している. いくつかのデータ構造の概念を学ぶだけであれば, あまり前提とする知識は必要なしに, 座学だけで講義をおこなうことは可能である. しかし, 次の段階である仕組みを理解しようとすると, 数列や確率などの数学的な知識を必要とする場面が出てくる. 例えば, 二分探索の比較回数が, $\log n$ に比例することを理解するには, 対数や数列の知識が必要である (n はデータの個数). 数学の知識を補完しながら, 講義を進めるのだが, 数式があるだけで, 拒否反応を示し, 学びを放棄する学生もいる. また, データ構造の実装は, プログラミングがあまり得意でない学生には, なかなか取り組み難い部分である.

このような現状を踏まえ, アルゴリズムを見せることで, 理解を促すという手法がおこなわれてきた. 例えば, 様々なデータ構造を見ることができる Java アプレットが添付された書籍がある [4], [5]. 残念ながら, Java アプレットは, Java SE 9 で, 非推奨となり, Java SE 11 で削除された [6]. Java SE 8 以前の環境でもアプレットのサポートは, 2019 年 3 月で終了している [7].

最近では, データ構造を見ることのできるスマートフォン向けアプリもある. ここでは, アルゴリズム図鑑 [8] について説明する. アルゴリズム図鑑は, リストやハッシュなどのデータ構造やソート, リスト探索, グラフ探索やクラスタリングなどを見ることのできるアプリ[*1]である. アルゴリズム図鑑に含まれるデータ構造を解説する書籍 [9] も発売されている. この書籍とアプリは, データ構造の概念を学ぶという意味では非常によい組み合わせである. さらに, Python Tutor[10] [*2] では, ソースコードを入力すると, そのコードの実行過程や変数の中身を見ることができる. Python Tutor は, Python 言語だけでなく, Java 言語[*3], C 言語, C++言語, JavaScript 言語, Ruby 言語[*4] にも対応している. Python Tutor で, データ構造のソースコードを実行することで, データ構造の動作の仕組みを見ることができる.

我々は, 学生が自ら様々なデータ構造に触れ, その動作を理解するために, データ構造を見ることのできる Android アプリ “データ構造ビューワ” [11] を開発し, 2017 年度の “データ構造とアルゴリズム” の講義で使用した. 講義内でのアプリの評価などは, [12] にて, 報告した. アプリへの評価は概ね好評であった. また, 講義としてみると, 大学の実施する授業評価の値が多少向上していた. 問題点としては, 講義の開始時に作成したアプリの開発が間に合わず, 学生自身がアプリを使っていないことであった.

本研究は, [12] の継続研究として, おこなったものである. まず, 改善点として, Android 携帯だけでなく, iPhone でも動作するアプリを作成した. さらに, アプリに即した教科書 [13] を執筆した. その上で, アプリと教科書を用い, “データ構造とアルゴリズム” の講義をおこなった. そして, アンケートを用いて, アプリと講義についての評価をおこなった.

本論文の構成は次の通りである. 2 節では, 今回作成したアプリの概要と一部のデータ構造の実装について述べる. 3 節では実践をおこなった講義について, 4 節では実施したアンケートの詳細とそのデータについて説明する. 5 節では, アンケート結果についての議論をおこなう.

2. Monaca 版データ構造ビューワ

2.1 アプリの概要

今回のアプリは, すでに公開しているデータ構造ビューワ [11] (以下では, 旧版と呼ぶ) をアシアル株式会社[*5]の協力の元, JavaScritp 言語と Monaca[*6]で作り直したものである. 旧版との区別をするために, Monaca 版データ構造ビューワ, もしくは単に Monaca 版と呼ぶ. Monaca は, HTML5 ベースのモバイルアプリ開発用のプラットフォームで, JavaScript 言語を用いて, Android/iPhone 向けアプリの開発が可能である.

Monaca 版データ構造ビューワの特徴は次のようになる.

(1) JavaScript 言語で実装したデータ構造を元に, 作られている. 画面表示の部分は Monaca 上で実装され, Android/iPhone の両方に対応している.
(2) データ構造は, JavaScript 言語に含まれているクラスを使わず, 簡便な実装をおこなっている. これは, データ構造とアルゴリズムの講義内で用いるためである. 同講義では, データ構造の動作を知るだけでなく, 原理の理解を促すことも目的としている.
(3) 内部構造の一部を確認できる. 参照値を用いたデータ構造では, 参照値を表示し, データ構造の原理を理解することが必要である. JavaScript 言語の場合, 参照値を明示的に得ることはできない. そこで, 動的に作られる要素に重複のない数値を割り振り, その数値を用いてデータ構造を作成した.

Monaca を用いて作成したアプリは, アプリとして Google

*1 基本的に無料のアプリであるが, 一部のアルゴリズムを見るためには, 課金が必要である.
*2 http://pythontutor.com/
*3 動作はするが, 開発は止まっている.
*4 動作はするが, 開発は止まっている.
*5 https://asial.co.jp/
*6 https://ja.monaca.io/

図 1　アプリの起動画面

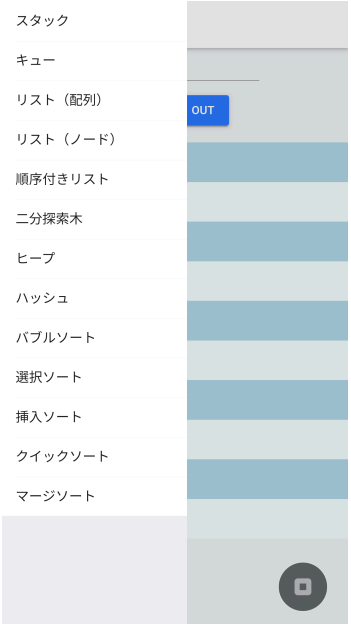

図 2　データ構造の選択

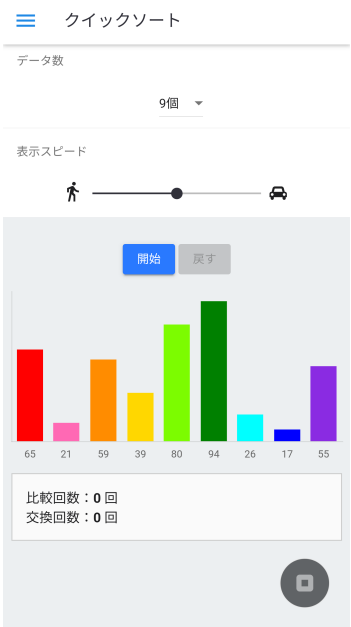

図 3　クイックソート

Play や App Store に公開できる．しかし，講義の始まる 2019 年 10 月時点で，アプリとして承認されていなかったため，アプリを Monaca for Study[*7] 上で動作させ，受講者に使ってもらうことにした．図 1 はアプリを起動した画面である．左上の☰をタップすると，実装されているデータ構造を選べるようになる (図 2)．クイックソートをタップすると，図 3 が表示される．

本アプリでは，スタック，キュー，リスト (配列)，リスト (ノード)，順序付きリスト，二分探索木，ヒープ，ハッシュ，バブルソート，選択ソート，挿入ソート，挿入ソート，クイックソート，マージソートが実装されている．旧版と比較すると，6 種類のソートが追加されている．

2.2　例：リスト構造 (参照型)

図 4 は，リスト (ノード) の実行画面である．それぞれの行が 1 個のノードを表している．最初に，ノードに割り当てられている固有の数値 (以下では，**ノード番号**と呼ぶ) があり，`Info` にはノードに保持している情報が，`Next` には次のノードのノード番号がある．ここで扱っているリストは，先頭ノードがあり，最終ノードはないものとなっている．JavaScript 言語では，作成したノードの参照値を得ることが難しい．そのため，ノードを作成する度に，重複のないノード番号を割り振り，参照値の代わりとしている．

図 4(a) は，9 個のデータを入力したあとのリストの状態である．ここでは，先頭ノードのすぐ後にデータを入力しているので，最初に入力したノードが最後にある．先頭のノード `Node:0` から順にノード番号をたどることでリストの構造がわかるようになっている．図 4(b) は，図 4(a) のリストから “大村” を削除した状態である．ノード番号 6 を見ると，次のノード番号が 4 となっており，削除ノードがなくなり，ノードの繋ぎかえがおこなわれていることがわかる．図 4(c) は，旧版の参照型のリストである．こちらでは，ノード番号ではなく，Java 言語の `hashCode` メソッドで得られる値を用いてノードを表している．

*7　Monaca for Study の使用には，アカウントが必要である．

3.　実践講義の内容

本節では，作成したアプリを用いた講義の内容について述べる．

表 1　実践講義の概要

講義名	データ構造とアルゴリズム
対象者	情報系学科 2 年生対象 秋学期
履修者	70 名 (2 年生 64 名，3 年生以上 6 名)
(参考，2017 年度)	32 名 (2 年生 22 名，3 年生以上 10 名)

今回，おこなった講義の概要を，表 1 にまとめた．著者の所属学科のカリキュラムでは，まず，1 年生で Java 言語を用いたプログラミングの講義 (春学期 週 2 回，秋学期 週 1 回) と HTML 及び JavaScript 言語の講義 (秋学期 週 1 回) を受講する．その上で，本講義を 2 年生の秋学期に受講する．本講義は，当学科の必修科目ではないが，2019 年度は 2 年生の約 8 割の学生が履修している．2017 年度と比較すると，倍以上の学生が履修している．これは，2018 年度にカリキュラム変更がおこなわれた影響であると考えられる．

講義の内容としては，次の内容を扱った．

- アルゴリズム解析の基本 (オーダ記法，計算量の説明)
- スタック
- キュー

ⓒ 2020 Information Processing Society of Japan

(a) データの入力　(b) 削除後　(c) 旧版

図 4　アプリの実行例: リスト (ノード)

- リスト (配列を用いたもの, 参照型を用いたもの, 整列済みリスト)
- 二分木 (定義, 性質や実現方法など)
- 二分探索木, 平衡二分探索木
- ヒープ
- ハッシュ (分離連鎖法, 線形探査法, 2 重ハッシュ法)

それぞれの内容を 1 回から 2 回の講義で扱う．なお, 第 3 回目の講義から第 13 回目まで毎回簡単な講義アンケートをおこなった．

講義内では, 次のようにアプリを利用した．

(1) 擬似コードでアルゴリズムを説明した上で, アプリの画面上で動作を見せ, 理解を促す．この際, 学生に質問をし, 操作の結果何が起こるかを考えさせる．
(2) 学生自身にアプリを動かしてもらい, 自身の考えている通りにデータ構造が動くかどうかを確認してもらう．
(3) JavaScript 言語のソースコードを見せ, 内容を説明する．再度アプリの画面上で動作を見せる．この際, ソースコードでの動作とアプリの動作が同じであることを理解してもらう．

また, 教科書として, [13] を使用した．本書籍は, アプリの作成と並行して書かれたもので, アプリに含まれるデータ構造と本書籍の節には対応関係がある．

4. 履修者による評価

4.1 評価の概要

本節では, 履修者のアンケートを用いたアプリ, 授業と教科書に関する評価について述べる．ここでは, 3 種類のアンケートを用いている．一つは, Monaca 版データ構造ビューワと教科書 [13] に関するアンケートである．このアンケートは, 最後の講義後に実施した．アンケート内容は 4.2 節で説明する．もう一つは, 講義ごとに学生の振り返りをしてもらうためのアンケートである．3 回目の講義から 13 回目の講義まで, 11 回のアンケートをおこなった．アンケート内容は 4.3 節で説明する．最後は, 大学が実施している授業評価アンケートである．このアンケートは, 全ての科目で実施される．多くの項目が含まれるため, 今回は, 講義と関連すると考えられる項目だけを利用する．

4.2 アプリと教科書に関するアンケート

講義の履修者 70 名に対し, アンケートを今後の開発と学会での発表に用いることを説明し, 賛同できない場合は回答しないように伝えた．その結果, 61 名からの回答があった．

4 段階評価では, 4 を高評価とし, 1 を低評価とした．4 段階評価のアンケートの項目と評価結果を表 2 に示す．自由記述のアンケートの項目を表 3 に示す．

表 2 の加重平均は, それぞれの評価に人数を掛け, 和をとった値を回答者数 ($N = 61$) で割った値である．

表 3 の項目 1(アプリのよい点) を集計した結果が次である．

頻出語 (名詞)　動き, 確認 (5), 理解, 結果 (4), **アルゴリズム**, プログラム (3).

頻出語 (動詞)　わかる (10), できる (7), 分かる (6), **動かせる**, **用いる**, **確かめる** (1).

頻出語 (形容詞)　やすい (13), **分かり易い** (2).

括弧内の数値は, 出現回数である．また太字は回答に含まれる特徴的な単語である．

表 3 の項目 2(アプリの悪い点) を集計した結果が次で

表 2　アプリに関する評価項目と評価 (4 段階) $N = 61$

項目番号	項目	加重平均	評価値 / %				加重平均 (2017)
			4	3	2	1	
1	アプリは学習の手助けになりましたか?	2.44	11.5	42.6	24.6	21.3	3.06
2	自分でアプリを使って見たいと思いましたか?	2.18	9.8	27.9	32.8	29.5	2.61
3	スタックの動作を見ることで, スタックの理解が進みましたか?	2.48	14.8	41.0	21.3	23.0	3.17
4	キューの動作を見ることで, キューの理解が進みましたか?	2.49	13.1	42.6	24.6	19.7	3.22
5	リスト (配列) の動作を見ることで, リスト (配列) の理解が進みましたか?	2.57	16.4	41.0	26.2	16.4	3.17
6	リスト (参照型) の動作を見ることで, リスト (参照型) の理解が進みましたか?	2.42	11.5	37.7	32.8	18.0	3.22
7	整列済みリストの動作を見ることで, 整列済みリストの理解が進みましたか?	2.51	13.1	42.6	26.2	18.0	3.11
8	二分探索木の動作を見ることで, 二分探索木の理解が進みましたか?	2.62	23.0	32.8	27.9	16.4	3.28
9	ヒープの動作を見ることで, ヒープの理解が進みましたか?	2.41	11.5	36.0	34.4	18.0	3.22
10	ハッシュの動作を見ることで, ハッシュの理解が進みましたか?	2.39	8.2	42.6	29.5	19.7	3.11

表 3　アプリに関する評価項目 (自由記述)

項目番号	項目
1	アプリについてよいと思った点をお書きください
2	アプリについて悪いと思った点をお書きください
3	作成してほしいデータ構造があれば教えてください
4	各アプリについての自由記述

ある.

頻出語 (名詞)　アップデート (4), ダウンロード (3), アプリ (2), **むずすぎ**, **ソースコード**, **終了時間** (1).

頻出語 (動詞)　わかる (4), 動く (3), しまう (3), **ずる** (1).

頻出語 (形容詞)　長い (3), 欲しい (3), **見にくい** (2).

表 3 の項目 3(作成して欲しいデータ構造) では, 以下の回答があった.

- 解説があるといいな
- 分からない。
- もうこれ以上作らないで
- 単位取得に必要な点数を計算してくれるプログラム
- レポート課題の問題 (2 件)
- 二分探索木
- やり方
- 特になし (23 件)

表 3 の項目 4 の各アプリに関する特徴的な回答をあげる.

スタック　こういう風に打ってみましょうと教科書に書いて欲しかった

キュー　もう少し色々なパターンを例として書いといてほしい

リスト (配列)　回答をもう少し見せてください

リスト (参照型)　もう少し例題を見せてください, データを紐付けするようなレイアウトだと分かりやすかった

整列済みリスト　理解しやすい

二分探索木　値がわからない, 教科書のようなレイアウトだと分かりやすかった

ヒープ　実際にやるとわかりやすい

ハッシュ　各文字列のハッシュ値を出して欲しかった

全てのアプリに共通する回答として, 次のようなものがあった.

- 実際にやるとわかりやすい, 動作で構造を理解できた
- 難しい

教科書についても同時に, 質問をおこなった. 項目は次の 3 点である.

- 教科書の難易度 (4 段階, 評価値 1 はとても難しい, 4 はとても簡単)
- 教科書の価格 (4 段階, 評価値 1 はとても高い, 4 はとても安い)
- 教科書についての自由記述

表 4 は, 教科書に関するアンケート結果である.

表 4　教科書に関する評価項目と評価 $N = 61$

項目	加重平均	評価値 / %			
		4	3	2	1
教科書の難易度	1.93	1.6	24.6	39.3	34.4
教科書の価格	1.80	1.6	14.8	45.9	37.7

教科書に関する自由記述を集計したデータを載せる.

頻出語 (名詞)　サイズ (3), 回答 (2), 意味不明 (2), 価格 (2), 内容 (2), **データ構造** (1), **練習問題** (1), **改訂版** (1).

頻出語 (動詞)　わかる (4), 載せる (2), **照らす** (1), **たげる** (1).

頻出語 (形容詞)　**にくい** (6), 欲しい (5), **見やすい** (2).

これらアンケートの項目間の関係を見るために, 相関係数を計算した (表 5). 太字は強い相関のある項目 (0.7 以上) であり, 斜体は相関のある項目 (0.5 以上 0.7 未満) である.

4.3　講義の理解度

講義ごとの振り返りのアンケートには, 次の項目がある.

- 理解度 (4 段階, 評価値 4 はとても理解できた, 評価値 1 はまったく理解できなかった)
- 講義でわかったこと (自由記述)
- 講義でわからなかったこと (自由記述)
- その他, 伝えたいこと (自由記述)

理解度のアンケート結果の集計結果を表 6 に載せる.

表 5 評価項目についての相関係数

表 2 の項目番号	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12 教科書の価格
1	*0.680*	**0.709**	*0.684*	*0.682*	*0.651*	**0.707**	*0.601*	*0.661*	*0.665*	0.444	0.426
2		*0.555*	*0.652*	*0.656*	*0.600*	*0.588*	*0.539*	*0.604*	*0.583*	0.330	0.346
3			**0.804**	**0.800**	**0.728**	**0.740**	**0.792**	**0.738**	**0.708**	*0.525*	*0.522*
4				**0.849**	**0.852**	**0.880**	**0.857**	**0.844**	**0.718**	*0.533*	0.462
5					**0.853**	**0.873**	**0.755**	**0.865**	**0.798**	0.434	0.393
6						**0.879**	**0.778**	**0.872**	**0.760**	0.460	0.414
7							**0.793**	**0.814**	**0.802**	0.479	0.428
8								**0.808**	**0.746**	0.492	0.447
9									**0.829**	*0.504*	0.434
10										0.423	0.438
11 教科書の難易度											*0.580*

表 6 講義ごとの理解度

授業回数	理解度 (加重平均)	主な講義内容
3	2.76	キューとリスト (配列)
4	2.56	リスト (配列) とリスト (参照型)
5	2.56	二分探索, 比較回数の証明
6	2.66	二分木, ノード数などの証明
7	2.86	完全二分木, 木の走査
8	2.75	二分探索木
9	1.87	二分探索木の高さ (証明)
10	2.47	平衡二分探索木
11	2.74	赤黒木, ヒープ
12	2.78	ヒープ, ハッシュ法
13	2.49	ハッシュの衝突処理

4.4 東海大学の実施する授業評価

最後に, 東海大学の全ての講義で実施されている授業評価について説明する. この授業評価には, 約 20 項目の質問があり, 各項目が 5 段階で評価されている. 各項目について, そう思う (5) が最もよい評価であり, そう思わない (1) が最も悪い評価である. 講義全体の評価となるため, 関係がある項目を表 7 に挙げる. 項目番号 6 は, 一週間当たりの学習時間であり, その選択肢は, (5) 5 時間以上, (4) 3 時間から 5 時間未満, (3) 1 時間から 3 時間未満, (2) 1 時間未満, (1) 無しとなっている.

5. 議論

Monaca 版データ構造ビューワ

まず, 表 2 について議論をおこなう. 2017 年度の加重平均と比較すると, いずれもかなり下がっていることが分かる. 項目 2, 項目 6 と項目 9 以外は, 良い評価 (評価値 3,4) を付けた割合は, 50%を超えているが, 加重平均を見ると, 2.5 を下回っているものが多い. これは, もっとも悪い評価 (1) を付けた学生が多いことを示している. 2017 年度のアンケートでは, もっとも悪い評価を付けた学生はほぼ居なかったが, 2019 年度のアンケートでは, 16%から 20%程度の学生がこの評価を付けている. 履修者の増加で, アプリの操作や講義内容の難易度により, 理解が追いついていない学生が増えたと考えられる.

加重平均が 2.5 以上あるのは, 二分探索木, リスト (配列) と整列済みリストである. 二分探索木は, 図 4 のリスト (ノード) と同様の作りとなっている. そのため, 直感的ではないが, アプリなどを使い, 手を動かすことが二分探索木の仕組みの理解に繋がったと考えられる. 逆に, 最も加重平均が低いのは, 項目 2 の “自分でアプリを使いたいか” という設問である. 単なるアプリというだけでは, 学生は使おうとはしない. 使いたいと思わせる仕組みを作る必要がある. この点に関しては, 今後の課題となっている.

次に, アプリに関する自由記述について議論をおこなう. よい点の項目には, “動き”, “確認”, “結果”(名詞), ” わかる”, “できる”(動詞), “分かり易い”(形容詞) などがあった. この集計結果から, アプリのよい点として, 動きや結果などがわかり, 分かり易くなっていることがわかる.

悪い点のアンケートには, “アップデート”, “ダウンロード”(名詞), “わかる”, “動く”, “しまう”(動詞), “長い”, “見にくい”(形容詞) がある. このような言葉が多いのには, 次の状況があった. Monaca 版データ構造ビューワは, Monaca for Study 上で動作させている. そのため, 動作をおこなうには, まず Monaca for Study を立ち上げ, プロジェクト (今回は, データ構造ビューワ) を読み込む必要がある. この際, プロジェクトのアップデートのチェックがあり, アップデートがある場合には, ファイルのダウンロードが始まる. 講義をおこなった教室では, 大学の無線 LAN が使えなかったため, 多くの不満が出たと考えられる. また, 授業の途中で, アプリの一部にバグが含まれることがわかった. そのため, アプリのアップデートをおこなった. この際, 新しいプロジェクトを作成したため, 全てのファイルをもう一度ダウンロードする必要があった. さらに, 初回の授業で渡していたアカウントとパスワードを紛失し, アプリの更新をすることができない学生がいた.

これらの対策としては, 次のことが考えられる.

- プラットフォームを利用せず, アプリとして公開する.

表 7　講義に関する評価項目と評価 (5 段階),
2019 年度 ($N = 63$), 2017 年度 ($N = 25$), 2016 年度 ($N = 15$)

項目番号	項目	加重平均 (2019)	評価値 / %					加重平均 (2017)	加重平均 (2016)
			5	4	3	2	1		
1	総合的に評価すると, この授業を受けて満足した	3.12	15.0	18.3	40.0	16.7	10.0	3.71	4.00
2	説明はわかりやすかった	2.68	12.7	11.1	33.3	17.5	25.4	3.87	3.60
3	板書, 視聴覚教材 (パワーポイントなど), 配布資料は適切で, わかりやすかった	2.87	15.9	14.3	33.3	14.3	22.2	3.80	4.13
4	学生の参加意欲と授業参加を促す工夫がされていた	2.84	15.9	11.1	38.1	11.1	23.8	3.88	3.87
5	授業内容はよく理解できた	2.90	12.7	17.5	36.5	14.3	19.0	3.68	3.53
6	授業の取り組みにあてた週当たりの平均時間	2.19	4.8	3.2	27.0	36.5	28.6	2.09	2.14

- 無線 LAN の使える教室で講義をおこなう.

表 3 の項目 3(作成して欲しいデータ構造) に関しては, 有用な回答はなかった.

表 3 の項目 4(各アプリに関する自由記述) の特徴的な回答を見ると, もっと直感的な理解できるように表示をして欲しいという回答があった. しかし, この部分は, アプリを使い理解して欲しい部分である. こちらの意図が伝わっていなかったことがわかった. また, 講義内で, 自由にアプリを使う時間を作ったが, 何をして良いのかわかっていない学生がいた. そのため, 今後は, アプリの使用法をより丁寧に説明をおこなう必要がある.

教科書

次に, 教科書に関するアンケート結果 (表 4) について議論をおこなう. 難易度の加重平均を見ると, 2 を下回っている. 難しい (評価値 1,2) と回答した学生が, 75%(46 名) である. データ構造とアルゴリズムの教科書として, 必要な内容を厳選したが, 履修者にとっては, 難しいと感じたことになる. また, 価格は多くのデータ構造とアルゴリズムの教科書が 2500 円を超えるため 1980 円に設定した. しかし, 履修者は, この価格を高いと感じたことになる.

自由記述に関しては, “サイズ”(名詞), “わかる”, “載せる”(動詞), “にくい”, “見やすい”(形容詞) などがあった. 教科書は A4 のサイズで多色刷りとしたため, 見やすいという意見が見受けられた. 一方で, 教科書としては大きいため, 小さいサイズが良いという意見もあった.

評価項目の相関

表 5 について議論をおこなう. 表 2 の項目番号 3 から項目番号 10 は, アプリがそれぞれのデータ構造の理解の助けになったかという項目である. それらの相関係数が高いということは, 多くの学生が同じ傾向の回答をしていることになる. これらの項目と項目番号 1(学習の手助けになりましたか?) も相関のある結果となっている. 特に, スタックの動作と理解を聞いた項目番号 3 は, 項目番号 1 と項目番号 4 から項目番号 10 までと高い相関を持つことがわかる. スタックのアプリは最初に用いたものである. そのため, 最初の印象や使用感が, あとの回答にも影響を与えていると考えられる.

また, 項目番号 11 と項目番号 12 は, 教科書に関するアンケート結果である. これらの項目と相関がある (0.5 以上) 項目として, 項目番号 3 (スタックのアプリ) がある. また, 項目番号 11(難易度) と項目番号 12(価格) の相関も高い (0.580). 以上から, 講義の初期の段階で, アプリの使用法を丁寧に説明することが大切であることがわかる.

講義ごとの理解度

表 6 について議論をおこなう. 講義の理解度は, 概ね 2.4 から 2.8 の間にあった. 学生としては, ある程度理解できたと考える講義が多かったと考えられる.

本アンケートを用いて, 毎回” わからなかったこと” を質問し, 収集した. その結果に応じて, 次回の講義で追加の説明をおこなった. このため, 講義内で全く理解できなかった学生が少ないのではないかと考える.

ただし, ランダムにデータを挿入した二分探索木の高さの証明 (第 9 回の講義) は, 最も低い理解度となった. 講義全体の中で, 最も難しい内容であるため, 理解度が低くなることは理解できる. この内容についても, より理解できるよう資料の改善などをおこなっていきたい.

東海大学の実施する授業評価

表 7 について議論をおこなう. 2019 年度と 2016 年度, 2017 年度と比較すると, いずれの加重平均も大きく値を下げている. 項目番号 2 から項目番号 4 でほぼ 1 程度下がっている. 2017 年度の分布と比較すると, よい評価をつけた学生の人数はあまり変化していない. 一方で, 悪い評価をつけた学生が増えた. 例えば, 項目 2 の場合, 評価値 5,4 を付けた人数は, 15 名 (2019 年度), 14 名 (2017 年度), 12 名 (2016 年度) である. 評価値 2,1 を付けた人数は, 27 名 (2019 年度), 4 名 (2017 年度), 1 名 (2016 年度) である.

また, いずれの年度でも, 週当たりの勉強時間が少ないことがわかった. 勉強時間が 1 時間未満の学生 (選択肢 2,1)

と回答した学生は, 41 名 (2019 年度), 17 名 (2017 年度), 10 名 (2016 年度) である. 課題等で, 一週間の学習時間が 1 時間を超えるようにしていきたい.

さらに, 加重平均が小さいのが, 項目 2(説明のわかりやすさ) であった. 講義中は, なるべく丁寧に説明しているつもりであるが, 学生からすると, わかり難いという判断である. 一部の学生から, パワーポイントの資料を公開して欲しいとの要望が出されていた. 資料を書き写していると, 説明を聞く時間が足りないという主張であった. 資料を公開した場合, 授業中に何もしない学生が多数出るのではと考え, これまでは公開してこなかった. 今後の講義では, 簡略化した資料を公開し, 講義内で学生が補っていく形にしたいと考えている.

6. まとめ

本稿では, データ構造を可視化するアプリを用いた講義とその評価について述べた. Monaca 版データ構造ビューワは, 2020 年 7 月現在, Android 版, iPhone/iPad 版がそれぞれ公開されている. 各アプリへのリンクは, 書籍サポートページ[*8]にある.

提案アプリは, 内容を理解してもらう以前の部分での難しさがあった. アプリの導入にアカウントのあるプラットフォームが必要であったこと, 途中でのアプリの更新がおこなわれたことがあげられる. 今回, 学生の利便性を考えて, 予めアカウントを用意し, 印刷した紙片を配布した. しかし, アプリの更新をおこなう際に, 配布物を無くしたため, 再ログインができずに, アプリが使えなくなった学生もいた. 2020 年 7 月現在, スマートフォン用アプリが公開されているため, このような事例はおこらないと考えられる.

2020 年の秋学期は, 2019 年と同様の講義を遠隔講義でおこなう予定である. 遠隔講義でも, 提案アプリは, 学習の手助けになると考えている. 2019 年に比べ, アプリは導入しやすくなっているが, アプリの使用法などを遠隔で説明する必要がある. 学生の理解度をあげるために, 評価項目の相関から得られた初期段階での丁寧な説明をおこなっていきたい.

現在の状況では, 今後遠隔講義や遠隔と対面のハイブリッドな講義が増えていくことが予想される. そのような講義でも, 各自が利用できるアプリを使うことは, 学生の理解度や満足度をあげることに繋がると考えられるため, 今後とも研究や開発を進めていきたい.

謝辞 アシアル株式会社 岡本雄樹氏, 塚田亮一氏には, アプリの開発及び, 書籍出版の手助けをしていただき, 心から感謝しております.

[*8] https://edu.monaca.io/data

参考文献

[1] 超スマート社会における情報教育カリキュラム標準の策定に関する調査研究, https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/itaku/1407590.htm, 2020 年 7 月 28 日最終アクセス.
[2] カリキュラム標準 J17, https://www.ipsj.or.jp/annai/committee/education/j07/curriculum_j17.html, 2020 年 7 月 28 日最終アクセス.
[3] 超スマート社会における情報教育の在り方に関する調査研究, https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/itaku/1386892.htm, 2020 年 7 月 28 日最終アクセス.
[4] Robert Lafore 著, 岩谷宏訳, Java で学ぶアルゴリズムとデータ構造, ソフトバンククリエイティブ (1999).
[5] 新井正之, Java アプレットで学ぶデータ構造とアルゴリズム, 共立出版 (2008).
[6] Java Client Road Map Update v2018-03-05, https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/javaclientroadmapupdate2018mar-4414431.pdf, 2020 年 7 月 29 日最終アクセス.
[7] Java SE 8 の Java Plugin サポートの終了について, https://support.oracle.com/knowledge/Middleware/2516777_1.html, 2020 年 7 月 28 日最終アクセス.
[8] アルゴリズム図鑑, http://algorithm.wiki/, 2020 年 7 月 28 日最終アクセス.
[9] 石田保輝, 宮崎修一, アルゴリズム図鑑 絵で見てわかる 26 のアルゴリズム, 翔泳社 (2017).
[10] Philip J. Guo, Online Python Tutor: Embeddable Web-Based Program Visualization for CS Education, Proc. of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, pp.579-584 (2013).
[11] データ構造ビューワ, https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.ac.tokai.ss.onishi.lists, 2020 年 7 月 28 日最終アクセス.
[12] 大西 建輔, データ構造を可視化する Android アプリの作成とその実践, 情報教育シンポジウム論文集, pp.236-241(2018).
[13] 大西 建輔, アプリで学ぶデータ構造とアルゴリズム, 学術研究出版 (2019).

ⓒ 2020 Information Processing Society of Japan