

データ構造を可視化する Android アプリの作成とその実践

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、プログラミングの講義に続き、学ぶこととなっている。しかしながら、学生によっては、その内容の理解が追いつかないことがある。

我々は、講義内容の理解を目指し、学生が利用可能なデータ構造を表示する Android アプリを作成した。本アプリに組み込まれているデータ構造は、Java 言語で実装されたものであり、実際に講義内で扱っているものである。

さらに、作成アプリを用いて、実際に講義をおこなった。その上でアプリに関するアンケートによりアプリ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 アプリ

Implementation and practice of Android application to visualize data structure

ONISHI KENSUKE^{1,a)}

Abstract: Data structure and algorithms are the foundation of computer science and are indispensable subjects to learn special subjects of information science. In the department to which the author belongs, following the programming class, it is to learn. Depending on the student, understanding of the contents may not catch up.

In order to understand the content of the lecture, we have created an Android application that shows the data structure that students can use. The data structure used in this application is implemented by Java language and is actually handled in the lecture.

In addition, we lectured using the application. Then we took questionnaire about the application and evaluated the application.

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

1. はじめに

情報処理学会がおこなった「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」[1]によると、情報系教育機関で教えられている技能、知識エフォート^{*1}の中で、“各種の計算・アルゴリズム”が3位となっている。これは、アルゴリズムおよびデータ構造が現在の情報分野の基礎と

なっているためであると考えられる。一般に、アルゴリズムとデータ構造と呼ばれる講義の内容は、配列やポインタに始まり、キューやスタックなどのリスト構造、二分木、ハッシュ、並べ替え(ソート)、グラフアルゴリズム、幾何アルゴリズム等、多岐に渡る。通常は、扱われるデータ構造とアルゴリズムの理解に加えて、その時間計算量や領域計算量の解析などもおこなう。これには数学的な道具も必要となり、学生に理解を深めてもらうには、教員の技量が要求される。

アルゴリズムを見せるアプリとしては、アルゴリズム図鑑 [2] がある。アルゴリズム図鑑では、様々なデータ構造を可視化することで、データ構造の動作を見せようとして

¹ 東海大学
4-1-1, Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa, 259-0318, Japan

^{a)} onishi@tokai-u.jp

^{*1} 履修者数と知識またはスキルの達成度レベル値の積

いる。2017年には、アルゴリズム図鑑に含まれるデータ構造を説明する書籍が発売された [3]。本書籍は、データ構造を説明するものであり、ソースコードは含まれない。また、Java アプレットとして、データ構造が実装された書籍として、[4], [5] がある。Java アプレットに用いられている Java 言語のバージョンが古く、現在の環境では、動作させるのが難しい。また、2017年にリリースされた Java 9 では、アプレット自身が非推奨となり、今後廃止される予定である [6]。そのため、アプレットに依存しない環境が必要となっている。さらに、Java Tutor[7] というサイトがある。このサイトでは、ソースコードを入力することで、ソースコードを逐次実行し、その中で使われる変数の内容を表示してくれる。

データ構造とアルゴリズムに関しては、素晴らしい書籍が多数出版されている [8], [9], [10]。それらのほとんどはデータ構造とアルゴリズムの説明やその解析が中心である。データ構造やアルゴリズムの解説だけでは、残念ながら、多くの学生にとっては、内容の理解が難しい。一方で、ソースコード中心の教科書もある。いずれの場合でも、書籍には多くの図が使われるが、今回作成したアプリを利用することで、学生のより深い理解の手助けになると考えている。

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 アプリを開発した。また、このアプリのためにいくつかのデータ構造を Java 言語で実装した。その実装したデータ構造を用い、Android アプリの中で表示をおこなっている。本アプリを、著者の所属学科の 2017 年度秋学期の“データ構造とアルゴリズム”の講義において使用し、履修学生によるアンケートを用いて評価をおこなった。

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と、そこで実施したアンケートについて述べる。4 節では、今回得られた知見と今後の展望について述べる。

2. 作成アプリの概要

2.1 全体像

作成したアプリは、次の特徴をもつ。

- (1) Java 言語で実装したデータ構造を用いて、作られている。つまり、画面表示の部分のみが Android 向けに作られている。そのため、実装だけを用い、データ構造を教えることもできる。
- (2) データ構造は、Java 言語に含まれるクラスを使わず、なるべく簡便な実装をおこなっている。これは、データ構造への理解を促すためである。また、言語内で実装がされているデータ構造との比較をする意味もある。
- (3) 内部構造の一部を実際に確認できる。参照値を用いたデータ構造では、参照値を表示している。これによりデータ構造がどのように構築されているかを理解でき

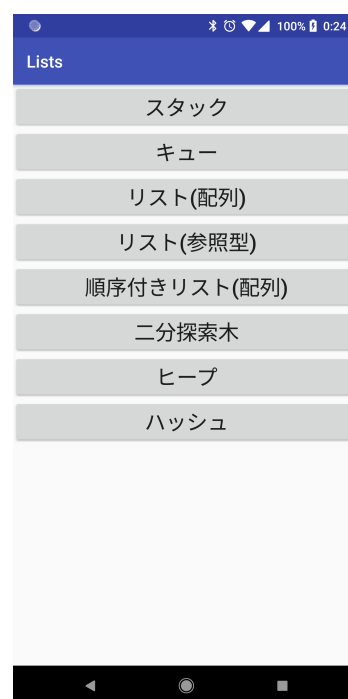


図 1 アプリの起動画面

る手助けとなる。

作成アプリの起動画面は、図 1 となっている。データ構造の名前がボタンとなっており、ボタンをタップすると、それぞれのデータ構造を表示する画面に移動する。現在、スタック、キュー、配列を用いたリスト、参照型を用いたリスト、順序付きリスト、二分探索木、ヒープ、ハッシュの実装を終えている。今後、ソート、グラフアルゴリズム、計算幾何などについても、実装する予定である。

以降の節では、例としてキューとリスト構造 (参照型) のアプリを説明する。

2.2 例: キュー

図 2 は、キューを実行したときの画面である。(a) は、起動直後の画面である。キューの内部には、何も入っておらず、FRONT と REAR の値が共に 0 となっている。上部にデータの入出力ができる場所があり、ここに文字列を入れ、入力ボタンを押すと、キューにデータが入る。出力ボタンをおすとキューからデータが取り出され、上部にデータが表示される。(b) は、全てのデータが入っている状態であり、これ以上データを入れようとすると、“キューに保存できませんでした”と表示される。(c) は、全くデータが入っていない状態である。ここでの実装には、円環キューを用いているため、FRONT と REAR の値が等しいときに、データがない状態となる。

参考のため、A.1.1 節に Queue クラスの実装を載せた。配列といくつかのメンバだけで構成している。



(a) 初期状態



(b) 満杯状態



(c) 空状態

図 2 アプリの実行例: キュー



(a) 初期状態



(b) 挿入



(c) 削除

図 3 アプリの実行例: リスト構造 (参照型)

2.3 例: リスト構造 (参照型)

図 3 は、リスト (参照型) を実行した画面である。ここのリストは、ヘッダとテイルのあるタイプのリストとなっている。それぞれの行は、リストの一つのノードを表している。ノードでは、Java 言語の `hashCode()` で得られる値 (以下では、ハッシュコード値と呼ぶ) ^{*2} を表示しており、この値を見ることで、実際のデータ構造がどうなっているのかを理解する手助けになる。

^{*2} `hashCode()` で返される値は、オブジェクトが異なると違う値となる。参照値そのものではないが、ここではオブジェクトを表す値として利用している

図 3 (a) は、リストを作成した直後の状態である。先頭のノードがヘッダであり、次にテイルを表すノードが表示されている。ヘッダのハッシュコード値は、1fc6f5 であり、次のノードのハッシュコード値は、2a48c8a となっている。ヘッダの `Next:` には、2a48c8a が入っているため、ヘッダの次は、テイルのノードであることがわかる。さらにテイルのノードの次もテイルとなっている。(b) は、'あ'、'か'、'さ'、'た'、'な' を順に追加した後の状態である。ハッシュコード値を見ることで、リストの構造が理解できるようになっている。また、後から入れた節が先頭に入るため、先に入れた節が後ろへの節となっていることもわかる。(c) は、(b) の

状態から 'か' のノードを削除した後の状態である。このとき、リスト内の探索のため、テイルにあらかじめ、'か' が入れられ、検索の失敗がない実装となっていることがわかる。

3. 実践とその評価

本節では、作成した Android アプリを用いた講義の概要と、アンケートによる評価について述べる。

表 1 実践講義の概要

科目名	データ構造とアルゴリズム
対象者	情報系学科 2 年次 秋学期
履修者	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、本講義は、1 年次にプログラミングの講義 (春秋週 2 回, 演習含む) を受講した後、2 年次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ため、1 学年のうち 4 割程度の学生しか受講していない。

実践講義内では、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) Java 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。
- (3) (未実施) 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) が未実施となったのは、アプリの開発が遅れ、講義の開始前にアプリを公開することができなかったためである。

履修者によるアプリ評価

アプリに関する評価を、履修者によるアンケートでおこなった。アンケートは、4 段階評価の回答と自由記述の項目がある。アンケートのうち、4 段階評価の項目は必須とし、自由記述は任意記入とした。アンケートをアプリの改良と研究発表に用いることを伝え、同意してくれる場合に、アンケートに答えてくれるように説明した。その結果、18 名の学生から回答があった。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、和をとった値を総数 (N=18) で割った値である。項目 1 を見ると、加重平均が 3.06 であり、約 83%(15 名) の学生 (評価 3 と 4 の合計) が役に立ったと回答している。これにより、講義中にアプリを用いることで、学生の理解の手助けとなったことがわかる。項目 2 は、加重平均が 2.61 である。61%(11

名) の学生が使いたいと考えている。一方、39%(7 名) の学生は自分で使いたいとは考えていない。アプリを作成したからと言って、必ずしも学生は、喜んで使うことはないことを示している。多くの学生に自ら利用してもらうためには、学生が使ってみたいと感じるアプリを作る必要がある。

項目 3 から項目 10 はそれぞれのデータ構造の理解について質問している。ほとんどのデータ構造で“理解が進んだ”(評価値 3, 4) という回答がされている。全く理解できなかった (評価値 1) という回答は、いずれのデータ構造でもなかった。そのためか、加重平均はいずれも 3.1 を超えている。最高値は二分探索木の 3.28 である。これ以外に 3.2 を超えているのは、キュー、リスト (参照型)、ヒープがある。これらデータ構造の共通点として、考えられるのは、他のデータ構造に比べ、データ構造とその操作が難しいことである。また、参照型を用いたデータ構造が 2 つとも含まれているのも特徴的である。講義だけでは分かり難かったが、データ構造を見せることで理解が進んだ例である。

表 3 の項目 1(アプリのよい点) では、以下の回答があった。

- 簡易的に描かれているので分かりやすい
- 色分けされていて見やすかった
- 見やすかった
- データ毎に色分けされている点
- 文字だけでは分からなかったのが、アプリを使い分かった部分もあったのでよかったです。
- わかりやすい (2 件)

これらの回答から、見て理解が進むことがあることがわかった。また、図 2 にある各節の色わけも好評である。

表 3 の項目 2(アプリの悪い点) では、以下の回答があった。

- 動くのが遅い時がある
- 接続があまり良くない
- 構造が少しわかりにくい
- 視覚的な理解がしにくい
- もっと大きいやつが見やすい
- 学習支援システム*3 にアップロードして使えるといいと思う
- 特になし (3 件)

最初の 2 つの回答は、データ構造を表示する際の問題である。Android 端末をパソコンに接続し、パソコンの画面を通し、プロジェクタに表示をおこなっていた。この際、接続が上手くいかない場合あり、このような意見が寄せられた。授業で利用する際は、Android 端末から直接画面に表示することやパソコン上のエミュレータでアプリを動作させることも考慮に入れる方がよい。次の 2 つの回答は、もっと直接的な構造を見たいという意見である。今回のアプリでは、全てを見せるだけでなく、学生に考えさせることも必要だと考え、このような表示となっている。こう言った意

*3 東海大学で導入されている LMS、学生が課題などのファイルをダウンロードできる。

表 2 アプリに関する評価項目と評価 (4 段階) N=18

項目番号	項目	加重平均	評価値 / %			
			4	3	2	1
1	アプリは学習の手助けになりましたか?	3.06	27.8	55.6	11.1	5.6
2	自分でアプリを使って見たいと思いましたか?	2.61	16.7	44.4	22.2	16.7
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?	3.17	22.2	72.2	5.6	0.0
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?	3.22	27.7	66.7	5.6	0.0
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?	3.17	33.3	50.0	16.7	0.0
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?	3.22	27.7	66.7	5.6	0.0
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?	3.11	27.8	55.6	16.7	0.0
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?	3.28	38.9	50.0	11.1	0.0
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?	3.22	33.3	55.6	11.1	0.0
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?	3.11	33.3	44.4	22.2	0.0

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意見

見が多くなるようだと、動作や構造だけを表示するアプリを作成、もしくは既存アプリを利用する必要がある。また、フォントなどの大きさを変化させることはさほど難しいことではないが、端末の画面サイズもあるため、あまりに大きくすると、必要な情報が見えなくなってしまうこともある。

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。

- ハッシュ
- 色々なアルゴリズム
- 遺伝的アルゴリズム
- 特になし (3 件)

本講義では、一般的なデータ構造について講義をおこなった。学生は、これ以外のデータ構造については、あまり知らないのか、有用な回答はほとんどなかった。

表 3 の項目 4 では、以下の回答があった。

- 説明不足なところがアプリにより分かりました。
- わかりやすい
- 見やすかった

ほぼ全てのデータ構造でこれらの回答があった。それぞれが同一人物による回答である。

履修者による講義評価

次に、もう一つの評価について説明する。こちらは、東海大学の全ての講義で実施されている講義評価を元にしたものである。この講義評価は、各項目が 5 段階で評価されている。5 が最もよい評価である。講義全体の評価となるため、関係がある項目を表 4 に挙げる。

表 1 の履修者 (32 名) のうち、25 名が回答をしている。また、比較のために、2016 年度の同一講義の評価も記載して

いる (回答者は、16 名)。表 4 の一つの項目の上部が 2017 年度、下部が 2016 年度の評価である。年度間の比較のため、パーセンテージで評価値の割合を表示している。

総合的な評価 (項目 1)、説明のわかりやすさ (項目 2) や板書、視聴覚教材などのわかりやすさ (項目 3) は、加重平均が減少している。前年と比較すると、4 の評価が減少し、3 の評価が増加している。特に、項目 3 の場合は、5 の評価が減少している。2017 年度は、パワーポイントの資料を変更したり、前年よりも多くの資料を配布したのだが、あまり効果はなかった。

項目 4 の加重平均は、ほぼ変化しなかった。アプリの導入の影響の大きさはわからないが、多少の効果はあったのではないかと考える。項目 5 の理解度は、少しではあるが向上が見られた。講義全体としての理解度であるため、先のアプリに対するアンケートも含め、アプリの利用による効果が多少はあったのではと考える。

4. まとめ

本稿では、データ構造を可視化するアプリの作成とその評価について述べた。作成アプリでは、スタック、キュー、リスト (配列)、リスト (参照型)、順序付きリスト、二分探索木、ヒープ、ハッシュを使用することができる。これらのうち、キューとリスト (参照型) については、それぞれ 2.2 節、2.3 節で概要を述べた。今後、扱えるデータ構造を増やす予定はあるが、まずは現状の形で、作成アプリを Google Play に公開する予定である。

また、作成アプリを実際に“データ構造とアルゴリズム”の講義にて使用し、アプリの評価と講義自身の評価をおこなった。アプリ自身は、学習の手助けとなったが、学生自身は使おうと考えていないこともあるというアンケート結果が得られた。学生が使おうとする仕組みをどのように構築していくかが、今後の課題である。また、難しめのデータ構造の方が、学生が理解したと思う比率が高い。これはアプリを使うことで、全く理解できなかったとは思わなかったということが考えられる。

表 4 講義に関する評価項目と評価 (5 段階),
上段は 2017 年度 (N=25), 下段は 2016 年度 (N=15)

項目番号	項目	加重平均	評価値 / %				
			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	3.71	29.2	20.8	41.7	8.3	0.0
		4.00	26.7	53.3	13.3	6.7	0.0
2	説明はわかりやすかった	3.60	20.0	36.0	28.0	16.0	0.0
		3.87	13.3	66.7	13.3	6.7	0.0
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	3.80	16.0	56.0	20.0	8.0	0.0
		4.13	40.0	40.0	13.3	6.7	0.0
4	学生の参加意欲と授業参加を促す工夫がされていた	3.88	28.0	36.0	32.0	4.0	0.0
		3.87	26.7	40.0	26.7	6.7	0.0
5	授業内容はよく理解できた	3.68	24.0	32.0	36.0	4.0	4.0
		3.53	13.3	33.3	46.7	6.7	0.0

一方で、講義に対する評価は、前年度に比べ下がっている部分もある。アプリの利用がどの程度関係するのかは、計測が難しいが、今後講義の評価も上昇するよう講義の改善、アプリの改善を続けていきたい。

参考文献

- [1] 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, http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/itaku/1386892.htm, 2018 年 6 月 2 日最終アクセス.
- [2] アルゴリズム図鑑, <http://algorithm.wiki/ja/app/>, 2018 年 5 月 10 日最終アクセス.
- [3] 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).
- [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 9 および Java プラグイン, https://www.java.com/ja/download/faq/jdk9_plugin.xml, 2018 年 5 月 27 日最終アクセス.
- [7] Java Tutor - Visualize Java code execution to learn Java online, <http://pythontutor.com/java.html#mode=edit>, 2018 年 6 月 2 日最終アクセス.
- [8] Donald E.Knuth 著, 有澤誠監修, The Art of Computer Programming Volume 1 Fundamental Algorithms Third Edition 日本語版, アスキー出版 (2015).
- [9] T.H.Cormen, C.E.Leiserson, R.L.Rivest, C.Stein 著, 浅野哲夫ら訳, アルゴリズムイントロダクション 第 3 版 第 1 巻: 基礎・ソート・データ構造・数学 (世界標準 MIT 教科書), 近代科学社 (2012).
- [10] R.Sedgewick 著, 野下浩平ら訳, セジウィック: アルゴリズム C 第 1~4 部 - 基礎・データ構造・整列・探索, 近代科学社 (2018).

付 録

A.1 ソースコード

A.1.1 Queue クラス

```

private String store[];
private int front, rear;

public Queue() {
    front = 0;
    rear = 0;
    store = new String[maxsize];
}

public String offer(String data){
    if (!full()) {
        store[rear] = data;
        rear = (rear+1) % maxsize;
        return data;
    }else{
        return null;
    }
}

public String poll(){
    if (!empty()) {
        String str = store[front];
        front = (front + 1) % maxsize;
        return str;
    } else {
        return null;
    }
}

public boolean empty(){
    if (rear == front){ return true; }
    else { return false; }
}

public boolean full(){
    if ((rear+1) % maxsize == front){ return
        true; }
    else { return false; }
}
}

```

```

1 public class Queue {
2     private int maxsize = 10;

```