

## C言語初学者向けのプログラム動作理解支援のための図作成システム Application for novice programmer to help understanding programs by drawing animation

塩川 雄樹†  
Yuuki Shiokawa

酒井 三四郎‡  
Sanshiro sakai

### 1. 研究の背景と目的

プログラミング教育支援という分野は、今までに多くの研究者によって研究されている。その中には、図的に表現することでプログラミング学習者の理解を支援するものも多くある[1][2][3]。しかし、既存の研究は自動的に図を作成するシステムが多かった。このようなシステムでは、プログラミング学習者、特に初学者がアルゴリズムをしっかりと理解できているかわからない。自動的に作成される図を見てわかったつもりでいるだけかもしれない。根本的に理解するためには、学習者自身で考えて描く必要があるのではないかと考えた。実際に、学習者が図を描きながらプログラムを理解するということが行われている。特に、ポインタやソートのアルゴリズムを初めて理解するときによく図が利用されている。

そこで、アルゴリズムをより理解させるために、自動ではなく学習者自身に図を作成させるシステムを開発する必要がある。学習者自身が図を描きながらプログラムを理解することを目的とする。その上、本研究では目で見て理解しやすいように、アニメーションのような動的な図を作成できるシステムを開発する。また、ただ図を作成できるシステムを開発するだけでは紙とペンを使用して図を描くことと変わらないので、図を描くことを容易にすることも目的である。なお、本研究の対象はC言語プログラミングとする。

### 2. 本研究の位置づけ

プログラムを読み込み、自動的に図を作成するものは数多く存在した。それらはプログラムを読み込みアニメーションのような図を自動で出力するもの[1]や、PADを自動で出力するもの[2]や、フローチャートと実行パスを自動で出力するもの[3]などがあつた。しかし、これらは自動で動的あるいは静的な図を出力するもので、学習者自身が手動で図を作成するものはこれまでの研究の中にはなかった。本研究ではこの点に着目し、学習者自身が図を作成するシステムを作成する。そして静的な1枚の図ではなく、データ構造の変化を連続的に確認できる複数枚の図を作成できるようにする。

### 3. システムの概要

#### 3.1 基本的な概念

本システムでは「変数」と「イベント」間の関係性を描くことによって、アルゴリズムの理解を深める目的がある。「変数」とは、プログラム中で使われている変数、「イベント」とは四則演算や入出力、条件文、関数呼び出しなどの動作のことである。これらを使うことで、イベントによ

って変数が変化していく様子が描ける。例えば、ソートのプログラムのどのイベントが変数の値の変化に関連しているのか表示することができる。

また、本システムで描かれた各図を「スライド」、スライドを複数枚使用して連続的に表示することを「スライドショー」と定義する。

#### 3.2 支援対象

対象は本学部2年次に受講するアルゴリズムとデータ構造の授業(初・中級)レベルの学習者とする。学習者は普段、Meadowのようなテキストエディタを使用してC言語を使用してアルゴリズムとデータ構造を学んでいる。

#### 3.3 動作

最初に、学習者は理解したいプログラムを入手する。授業者がアルゴリズムを理解させたいプログラムを与えてもよい。次に、本システムを用いて図をスライド単位で作成していく。最終的には作成された複数のスライドをスライドショーとして実行する。アルゴリズムの理解に重要な部分は変数の変化する前後で細かく、そうでない部分は一つのイベント毎というように大まかに描くこともできる。また、以前作成したスライドを読み込み、それに手を加えることで、似たスライドを二度描くような手間が省ける。最後に、スライドショーを実行する。このような方法で、学習者のアルゴリズム理解を支援する。

また、スライドは外部ファイルとして保存できるため、学習者間や授業者との間でスライドを共有することができる。スライドショーを授業者に見せることで、授業者は学習者の理解度を知ることにも出来る。学習者間でスライドを見せることや、授業者が作成したスライドを学習者に見せることで、従来の自動的に図を作成するシステムと同様の効果も得られる。

#### 3.4 概観

図1に、本システムの図作成部分の概観を示す。

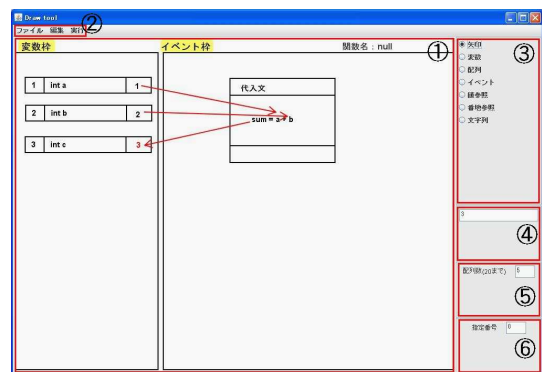


図1 図作成部概観

①の四角の中には「変数」と「イベント」を描くための枠がある。この四角の中に図を描いていく。②のメニューには、「ファイル」「編集」「実行」という項目がある。「ファイル」には新規作成やファイルを開く、保存す

†静岡大学大学院情報学研究科

‡静岡大学情報学部

るコマンドがある。「編集」にはスライドの追加と削除や、変数とイベントの削除のコマンドがある。「実行」にはスライドショー実行コマンドがある。③の四角の中には変数とイベント枠に追加できる要素の一覧がある。これらのボタンのうちの一つを選択することで、その要素を図に追加できる。④の四角の中には図に文字要素を追加するためのテキストフィールド、⑤の四角の中には配列の要素数を決めるテキストフィールド、⑥の四角の中にはスライドのインデックスを指定するテキストフィールドがある。スライドのインデックスの指定は、追加や削除を行う際に使用する。

図2にスライドショー実行部分の概観を示す。

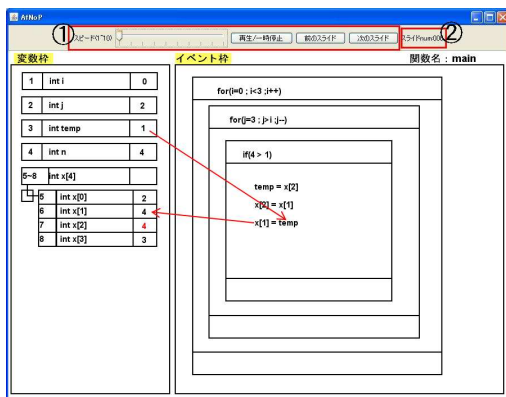


図2 スライドショー一部概観

①の四角の中にはアニメーションの再生速度の調節バーと再生/停止ボタンと前/次のスライドへ移るボタンがある。②の四角の中には現在のスライドのインデックスを表示している。

## 4. 実装と評価

### 4.1 システムの実装

3章で述べた内容を実際に実装した。また、図を描くことを容易にするための支援として、スライドのコピー機能を実装する。紙とペンでは似たスライドを作成するときも初めから作らなければならないが、スライドをコピーできれば数箇所の変更だけで済む。

### 4.2 システムの評価

実装したシステムを実際に使用してもらい、システムを利用したことによる理解度や使用感についてのアンケートを取った。被験者は4名で、C言語を既に学んだことのある者である。

まず、システム利用による理解度についてである。学習者が自身で図を作成することで、1ステップずつ動作を確認できるので理解が深まるという結果が得られた。また、自分の作成したものと他人の作成したものを比較することで、理解の向上にも繋がるという結果も得た。

次にシステムの使用感についてである。最初はシステムの使用法がよくわからず手間が多いように感じるが、システムに慣れることでその手間も軽減されるという結果が得られた。しかし、システムに現在のスライドの一覧表示機能がなかったため、全体を把握しにくいという意見が数多くあった。また、システムの編集機能の充実も必要だという意見や、紙とペンと比較しても手間が軽減されていないという意見もあった。

## 4.3 システムへの機能追加

4.2節の結果から、本システムではシステムを利用する際の手間の軽減が必要であることがわかった。変数やイベントのコピー&ペースト等の編集機能がないため、編集のしづらさがある。また、現在作成したスライドの一覧表示機能がなかったため、コマ全体を捉えることが難しく、プログラムの全体像を把握しにくい。こういった事項に対応するため、これらの機能を追加した。

更に、以前のシステムでは構造体を取り扱えなかった。支援対象とする授業レベルでは、構造体は必要である。そのため、新しく構造体の機能も追加した。機能を追加したシステムの図作成部分の概観を図3に示す。①の四角の中にスライドの一覧表示機能がある。また、②の四角の中で右クリックすることで、ポップアップメニューが呼び出され、変数等の追加や削除、コピー&ペースト等が実行できる。

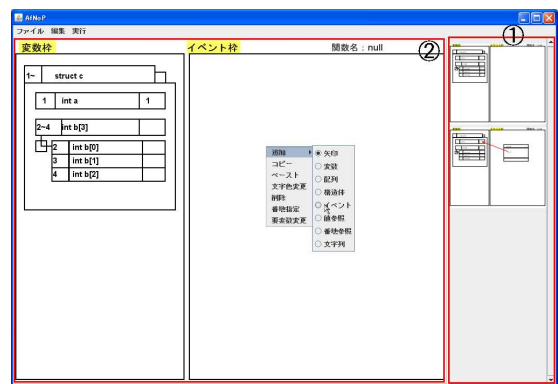


図3 機能追加後のシステムの図作成部概観

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、今までに多くの研究者によって研究されている自動で図を出力するものではなく、手動で学習者自身が図を作成する支援のためのシステムを開発した。学習者自身が図を描くことで理解の向上に役立つことも確認できた。システムを使用する手間を軽減するために、アンケートに基づき機能を追加した。より学習者の負担を軽減することができた。今後の課題として、再び評価実験を行い、システムの向上を計る。

## 参考文献

- [1] Rainer Oechsle, Thomas Schmitt: "JAVAVIS: Automatic Program Visualization with Object and Sequence Diagrams Using the Java Debug Interface(JDI)", LNSN, vol.2269, pp.176-190, 2001
- [2] 石田真樹, 柴田正行: "Cプログラミングの学習支援に関する研究—PAD エディタを用いたアルゴリズム学習支援システムの構築—", 情報処理学会研究報告, pp.41-48, 2000
- [3] 喜多義弘, 川添貴議, 片山徹郎: "初心者を対象としたJavaプログラム自動可視化ツール実現に向けて", 電子情報通信学会技術研究報告, pp.19-24, 2005