Development of Educational Support System for Algorithm using Flowchart

Masashi Ohchi Member (Saga University, masashi@ace.ec.saga-u.ac.jp)

Norio Aoki Student Member (Saga University, aoki@ace.ec.saga-u.ac.jp)

Tatsuya Furukawa Member (Saga University, tach@ace.ec.saga-u.ac.jp)

Kanta Takayama Non-member (FANUC LTD.)

Keywords: flowchart, education support system for algorithm, source code, compile, graphical user interface

Recently, an information technology is indispensable for the business and industrial developments. However, it has been a social problem that the number of software developers has been insufficient. To solve the problem, it is necessary to develop and implement the environment for learning the programming language and algorithm. In the paper, we will describe the algorithm study support system for a programmer based on flowchart. Since the implemented system uses Graphical User Interface(GUI), it will become easy for a programmer to understand the algorithm in programs.

Figure 1 shows the functions of algorithm study support system using the flowchart. It is able to make the source code from flowchart and to show the animations of the data sort algorithms.

Figure 2 shows the overview of present system. The user is able to create the flowchart using the original GUI.

Figure 3 shows the snapshot to study the algorithm based on the programming language. Using the system, when the user clicks the mouse button on the symbol of the flowchart, the C source codes are highlighted in the right side windows. Therefore, he can study both the algorithm and C source codes easily and simultaneously.

Figure 4 shows the snapshot of an animation mode window of the bubble sort. The user can see and study the sort algorithm by using animation.

It is considered that the implemented system uses the new GUI, it becomes easy for a programmer to understand the algorithm using the flowchart.

Fig. 2. Overview present system

Fig. 3. Flowchart and program(selection sort)

Fig. 1. Functions of algorithm study support system using flowchart

Fig. 4. Animation mode window

フローチャートを利用したアルゴリズム学習支援システムの開発

正員 相知 政司* 学生員 青木 規至*
正員 古川 達也* 非会員 高山 堪太**

Development of Educational Support System for Algorithm using Flowchart

Masashi Ohchi*, Member, Noriyuki Aoki*, Student Member,
Tatsuya Furukawa*, Member, Kanta Takayama**, Non-member

Recently, an information technology is indispensable for the business and industrial developments. However, it has been a social problem that the number of software developers has been insufficient. To solve the problem, it is necessary to develop and implement the environment for learning the algorithm and programming language. In the paper, we will describe the algorithm study support system for a programmer using the flowchart. Since the proposed system uses Graphical User Interface(GUI), it will become easy for a programmer to understand the algorithm in programs.

キーワード：フローチャート，アルゴリズム学習支援システム，ソースコード，コンパイル，グラフィカル・ユーザ・インタフェース

Keywords: flowchart, education support system for algorithm, source code, compile, graphical user interface

1. はじめに

近年，IT 技術の発展に伴い，IT 技術は社会基盤には，必要不可欠なものとなっている。この結果，様々な場所でプログラムが使われ，IT 技術者の不足が社会問題⁽¹⁾ になっている。そこで，プログラムを作成できる技術者の育成が必要となっている。

筆者らの経験から，大学の教育の場においても，プログラミングができない学生が年々増加していると感じている。この大きな原因の 1 つが，大学入試センター試験のようなマークシートによる受験機会が増え，受験対策として，数学や物理の問題でさえも暗記科目のように扱われ，暗記した公式を用いて早く答えを出すという傾向が強いからではないかと考える。したがって，高等学校までの教育において，問題の内容を理解し，問題を分析・整理して，導出過程を論理的に考え，答えを導き出すことが疎かになっており，論理的思考能力，展開能力，応用能力を涵養するような教

育が行われていないと思われる。さらに，入学試験には時間的制約があり，一つの問題に対して時間をかけてじっくり考えて取り組むことは不利になる。その結果，未知の問題を解く場合に，集中力や忍耐力が不足していると思われる。このような背景から，近年の大学生は，プログラミング学習が苦手となっているのではないかと考えられる。

しかし，一方，近年の大学生は，初等教育からコンピュータを使用した授業があり，その操作に慣れている。また，本をあまり読まず，教科書の活字を読むより，コンピュータを用いて学習した方が教育効果が向上するのではないかと考えられる。

そこで筆者等は，プログラミング学習の基礎的なものとして，フローチャートを用いたアルゴリズム学習支援システムを開発することにした。

フローチャートは手順や処理の流れを説明するために用いられ，筆者等が行う情報処理教育の中でも，アルゴリズムが分かっている教員側が，分かていない学生に対して説明する場合に，多用されている。また，フローチャートはプログラムの基本的な構造をイメージするために利用され，アルゴリズムは使用するプログラミング言語が変わっても同じである場合がほとんどである。

しかし，従来，筆者等が開発したシステム⁽²⁾⁽³⁾ では，フローチャートからソースコードを生成し，コンパイル・実行するような機能を実装していなかった。この点は，実際にフローチャートを用いてアルゴリズムを学習しても，作成したアルゴリズムの動作を確認することが困難であり，学

* 佐賀大学理工学部電気電子工学科
〒 840-8502 佐賀市本庄町 1 番地
Department of Electronics Faculty of Science and Engineering,
Saga University
1, Honjo-machi, Saga 840-8502

** ファナック（株）
〒 401-0597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3580 番地
FANUC LTD
3580, Shibokusa Aza-Komanba, Oshino-mura, Minamitsurugun, Yamanashi Pref., 401-0597

習上大きな問題であった。

一方、山本氏によって、プログラミング学習支援システムの利用が報告⁽⁴⁾されているが、フローチャートからソースコードを生成しコンパイルすることはできず、フローチャートとソースコードを対応させた説明や変数の値を変更する程度であった。

そこで、本研究では、電気電子および情報系学科の大学生を対象として、フローチャートを利用することで、アルゴリズムの学習支援システム^{(5)~(7)}を提案し開発した。さらに、本システムでは、アニメーションを利用しソートアルゴリズムの基本動作をイメージさせ理解させる工夫をした。

また、本システムでは、アルゴリズムを確認するためにフローチャートから C 言語のソースコードを生成し、コンパイル可能とした。次に、学習者にとって難解な C 言語の構造体と共用体について簡単に変数を宣言でき、対応する C 言語のコードを生成可能とした。

本システムは Java アプリケーション⁽⁸⁾として開発したので、Java 2 Standard Edition (J2SE) Software Development Kit (SDK) もしくは J2SE Java Runtime Environment (JRE)^{(9) (10)} がインストールされているコンピュータであれば、動作環境に合わせて若干コードを書き換えるだけで、ほとんどのコンピュータで動作可能である。したがって、多くの大学の情報処理演習室で利用されている Microsoft 社の Windows 系 OS や Apple 社の Mac OS、サーバ等の用途で用いられる UNIX でも利用可能であり、学習者が著作権を気にせず、ライセンス料を支払うこともなしに使用可能である。したがって、本システムは、プログラミング学習者にとってアルゴリズムを学習するには、有用かつ有益なシステムであると考えられる。

2. アルゴリズム学習支援システム

「プログラム言語アルゴリズム学習機能」について、その使用の流れを図 1 に示す。また、本システムの主な機能は、以下の通りである。

- フローチャートとソースコードの対応を見ることによって、フローチャートとアルゴリズムの関係について、同時に説明が可能。
- ソートプログラムについてフローチャートを用いて表し、アニメーションを利用して単純なソートアルゴリズム⁽¹¹⁾の説明が可能。
- 構造体や共用体の変数宣言について学習可能。
- フローチャートからソースコードを生成し、コンパイル後に実行し動作確認が可能。

これらの機能を用いることによってプログラミング学習者が視覚的かつ能動的にアルゴリズム学習ができる。

2・1 プログラム言語アルゴリズム学習機能 プログラム言語アルゴリズム学習機能の概観を図 2 に示す。本システムには、フローチャートとプログラムを対応させたフローチャート・モードとソートの様子をアニメーション

図 1 システムの機能

Fig. 1. Function of system.

図 2 システムの概観

Fig. 2. Overview of present system.

で表すアニメーション・モードがある。さらに、学習者が自由にフローチャートを作成可能であり、作成したフローチャートから C 言語のソースコードを生成、コンパイル・実行するモードがある。

2・2 フローチャート・モード 図 3 に、単純選択ソートのフローチャート・モードを示す。フローチャート・モードでは、フローチャートとプログラムを表示する。図 3 のフローチャートのブロック部分をクリックすると、ブロックに対応したプログラムのソースコード部分の背景色が白に変わる。

これによって、フローチャートとプログラムを関連付けて考えることができ、アルゴリズム学習に利用できると考えられる。

2・3 アニメーション・モード 本システムでは、プログラム学習者に説明する最初のアルゴリズム例としてバ

図3 フローチャートとプログラム (選択ソート)

Fig. 3. Flowchart and program(selection sort).

ブルソート, 単純選択ソートのアニメーションによる説明を実装した。両者を文章で説明すれば, 以下のようになるが, アニメーションによる説明であれば, 視覚的情報であり学習者にとって容易に理解可能になると考えられる。

●バブルソート

配列の後ろから先頭に向かってスキャンしていき, もし隣り合う二つの要素の大小関係が逆であったら, それを入れ換えるという単純なものである。

最初は, $n - 1$ 番目 (最後) から 0 番目 (先頭) の要素までをスキャンする。その結果, 最小の要素が 0 番目 (先頭) に浮かび上がってくる。二回目のスキャンでは, $n - 1$ 番目 (最後) から 1 番目までの要素をスキャンして, 結果として次に小さい要素が配列の 1 番目に浮かび上がってくる。更に, スキャンを繰り返していき, 最終的に $n - 1$ 回目のスキャンで整列が完了する。

●単純選択ソート

単純選択ソートはデータの中で最小の値を選択し, 最小の値をデータの先頭に移動する。その後データの先頭 + 1 からデータの最後までで最小の値を選択し, その値をデータの先頭 + 1 の値と交換する。以上の動作を繰り返すことによって, データが先頭から小さな順に並んで行く。

図4にバブルソートのアニメーション・モードを示す。アニメーション・モードでは, データがソートされているのが視覚的に理解でき, ソートのアルゴリズムを理解するのに効果があると考えられる。

実際には, データの大きさに対応した四角形を表示し, ターゲットになっているデータ二個が右側に移動し比較が行われる。バブルソートの場合は, 上のデータが大きい時には, 入れ換えが発生し, それ以外の場合には, そのまま左に移動する。この動作をデータのソートが終了するまで続ける。

2・4 構造体と共用体の変数宣言 プログラム学習者にとって構造体と共用体を授業で学習しても, 変数の宣言

図4 アニメーションモード

Fig. 4. Animation mode.

図5 構造体設定

Fig. 5. Setting window for structure variable.

さえもできないことがある。そこで, 本システムでは, 構造体と共用体変数の変数宣言をサポートする学習項目を実装した。

図5に構造体の設定画面を示す。図5のシステムメニューから“STRUCT”タブを選択すると, 構造体の設定を行うことができ, “UNION”タブを選択すると, 共用体の設定を行うことができる。この設定画面では, 構造体の名前設定・メンバの追加・メンバの削除を行うことができる。

まず, 追加ボタンをクリックすると追加ウィンドウが表示される。その後, メンバの作成を行いOKボタンをクリックすると, 図6のようにメンバの作成が行われる。

2・5 ソースコード出力モード 図2に示したサブメニューにある“Source Code”タブをクリックすると, フローチャートに対応したソースコードが表示される。

図7に本システムを使用して作成したフローチャートのサンプルを示す。本図を元に生成されたソースコード表示

図 6 構造体の設定結果

Fig.6. Result in setting structure variable.

図 7 ソースコードを生成するためのフローチャート

Fig.7. Flowchart for generating source code.

ウィンドウを図 8 に示す。ただし、実際には、フローチャートから全てのソースコードが完全に生成可能ではないので、事前に変数名等をユーザが入力しておく必要がある。

2・6 コンパイル・実行モード コンパイル・実行モードは、前節で説明したソースコードを利用しプログラムのコンパイル・実行を行う。

コンパイルは図 2 に示したフローチャートシステムから“Compile”タブを選択し、図 9 に示すコンパイルボタンを押して実行する。コンパイル時にエラーがある場合には、エラーコードが表示され、エラーがない場合は「コンパイル完了」と表示される。

プログラムの実行はフローチャートシステムから“Run”タブを選択し、図 10 に示す「実行」ボタンを押して実行す

図 8 ソースコードの出力

Fig.8. Generated source code.

図 9 コンパイル

Fig.9. Compile.

る。実行時に表示される標準出力は実行画面に表示される。

2・7 本システムの有用性 大学の授業では、毎回の授業が 90 分で、学期あたり 15 回の授業を行い評価を行うことが多い。この場合、授業時間の都合で、授業内容がアルゴリズムとプログラミング文法のどちらかに主眼をおくことになりがちであるが、本システムを使用すれば、フローチャートを利用しながらアルゴリズムを学習の中心とすることが可能である。

図 10 実行

Fig. 10. Running.

さらに、アルゴリズムを検証するためには、ソースコードをコンパイルして実行することが必須である。本システムでは、アルゴリズムに対応するソースコードを生成可能なので、プログラミング文法も同時に学習可能である。また、自動生成されたソースコードを利用すれば、文法エラーが理解できずに無駄な時間を過ごすといったプログラム学習者にありがちな事例が少なくなり、学習内容に集中できるので教育効果の向上が期待される。したがって、プログラム学習者のアルゴリズム学習に大変有効かつ有用であると考えられる。

3. 本システムの使用予定授業

開発した本システムを、当学科の3年次生を対象とした平成18年10月に開講される後学期選択科目である「アルゴリズム論」にて、使用する予定である。

当学科のカリキュラムでは、1年次の後学期必修科目「情報基礎演習II」で簡単なC言語の文法とコンパイルと実行の仕方を学習し、2年次後学期必修科目「プログラミング演習」で、ベクトルの演算、行列式の計算や簡単な数値積分などのプログラミング実習を行っている。

3年次後学期の選択科目「アルゴリズム論」では、C言語のコンパイルや文法はある程度理解しているとの前提で、「アルゴリズム」に重点をおいた授業を行う予定である。また、本授業は、情報処理演習室において行うので、学生は

各自1台ずつパソコンを使用できる。

この「アルゴリズム論」で、フローチャートとソースコードの対応、ソートプログラムにおけるアルゴリズムの違いによる実行速度の変化などを教授する予定であり、従来のテキストなどを用いる紙媒体中心の授業と比較して、フローチャートからソースコードを生成することも可能で、アルゴリズムに関する学生の理解も深まり、プログラミングに対する興味も増加するものと考えられる。

本授業を通して、開発したシステムの教育効果を検証し、今後の改善に生かす予定である。

4. むすび

本研究では、プログラム学習者のためにフローチャートを利用したアルゴリズム学習支援システムを開発した。

フローチャートとソースコードを対応させて表示することによって、プログラム学習者にとって、ソースコードを理解する場合にも利用できる。さらに、アニメーションを利用することにより、データソートのアルゴリズムを視覚的に簡単に理解できると考えられる。

さらに、本システムでは、C言語の構造体や共用体の変数宣言やフローチャートからC言語のソースコード生成ができ、プログラム学習者にとって、アルゴリズム、フローチャート、ソースコードを対応させて同時に学習することが可能であり、従来の教科書だけを用いた授業と比較して、教育効果の向上が期待される。

最後に、本システムのソフトウェアはJavaアプリケーションとして開発したので、J2SE SDK もしくは J2SE JRE がインストールされているコンピュータであれば、ほとんどのコンピュータで動作可能である。さらに、著作権に抵触することなしに無料で、大学の情報処理演習室や家庭での自学習にも利用可能であり、大学等の情報処理教育において有用なシステムを開発できたと考えられる。

今後の課題としては、実際の授業で使用し、ユーザの意見を聞いた上で GUI の改善や課題の提出などが挙げられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、2005年3月に佐賀大学大学院工学系研究科博士前期課程電気電子工学専攻を修了した（現：アイコム株式会社勤務）赤木圭太氏に多大な協力を頂いた。ここに、謝意を表する。

（平成17年8月25日受付，平成18年7月19日再受付）

文 献

- (1) 総務省・情報通信行政・情報通信ソフト懇談会, http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/chousa/soft_kondan/
- (2) 高山堪太・相知政司・古川達也:「Javaを用いたロボット制御アルゴリズムの学習支援システム構築の試み」, 第11回 電子情報通信学会九州支部学生会講演論会, No.D2-24, pp.123 (2003-9)
- (3) K. Takayama, M. Ohchi, and T. Furukawa: "Development of Algorithm Study Support System by Flow-chart Creation using Java", SICE Kyushu Branch Annual Conference, Vol.22, No.203A6, pp.259-260 (2003-11) (in Japanese)

高山堪太・相知政司・古川達也:「Javaを用いたフローチャート作

成によるアルゴリズム学習支援システムの開発」, 第 22 回 SICE 九州支部学術講演会, 203A6, pp.259-260 (2003-11)

- (4) Y. Yamamoto: "Use of the Programming Learning Support System Simultaneously Displaying the Flow Chart and the Source Code", *Trans. Japanese Soc. Information & System in Education*, Vol.20, No.4, pp.380-384 (2003) (in Japanese)
山本 芳人:「流れ図とソースプログラムを対応させたプログラミング学習支援システムの利用」, 教育システム情報学誌, 20, 4, pp.380-384 (2003)
- (5) K. Takayama, M. Ohchi, and T. Furukawa: "Proposal for Algorithm Study Support System using Flowchart", The Papers of Joint Technical Meeting on Frontier in Education, IEE Japan, FIE-04-16, pp.9-12 (2004-3) (in Japanese)
高山 堪太・相知 政司・古川 達也:「フローチャートを利用したアルゴリズム学習支援システムの提案」, 電気学会教育フロンティア研資, FIE-04-16, pp.9-12 (2004-3)
- (6) 高山 堪太・相知 政司・古川 達也:「フローチャート作成によるプログラミング言語学習支援システムの開発」, 平 16 電気関係学会九州支部連大, 12-2A-02, pp.630 (2004-9)
- (7) K. Takayama, M. Ohchi, and T. Furukawa: "Development of C Language Study Support System by Flow-chart Creation", SICE Kyushu Branch Annual Conference, No.203C5, pp.297-298 (2004-12) (in Japanese)
高山 堪太・相知 政司・古川 達也:「フローチャート作成による C 言語学習支援システムの開発」, 第 23 回 SICE 九州支部学術講演会, 203C5, pp.297-298 (2004-12)
- (8) 坂田 健二: JAVA プログラミング入門, 秀和システム (2005)
- (9) <http://java.com/ja/>
- (10) 柏原 正三: 標準プログラマーズライブラリシリーズ, ひとりのできる Java 実践入門, 技術評論社 (2003)
- (11) 柴田 望洋・辻 亮介: C 言語によるアルゴリズムとデータ構造, SOFT BANK (2002)

相知 政司 (正員) 1964 年 12 月 8 日生。1989 年 3 月長崎大学大学院工学研究科修士課程修了。同年 4 月 NTT に入社。1991 年 4 月佐賀大学理工学部助手。1993 年 4 月同電子工学科助手へ配置替。2000 年 4 月同電気電子工学科講師。2002 年 1 月同助教授。現在に至る。分布誘電率推定に関する研究並びに教育工学に関する研究に従事。博士 (工学)。計測自動制御学会, 電子情報通信学会, 日本シミュレーション学会, 日本 AEM 学会, 日本ロボット学会会員。

青木 規至 (学生員) 1981 年 5 月 20 日生。2004 年 3 月佐賀大学理工学部電気電子工学科卒業。同年 4 月同大学大学院工学系研究科博士前期課程電気電子工学専攻入学。2006 年 3 月同専攻修了。同年 4 月同大学大学院工学系研究科博士後期課程システム生産科学専攻進学。電磁界の計測並びに Web とデータベースを応用したシステムに関する研究に従事。計測自動制御学会, 日本音響学会学生員。

古川 達也 (正員) 1956 年 6 月 21 日生。1984 年 3 月九州大学大学院工学研究科博士後期課程単位修得上退学。同年 4 月長崎大学工学部助手。1986 年佐賀大学理工学部電気工学科講師。1987 年同助教授。1993 年 4 月同電子工学科助教授へ配置替。2001 年 4 月電気電子工学科教授。現在に至る。数値解析, 計算機応用工学に関する研究に従事。工学博士。計測自動制御学会, 日本シミュレーション学会, 日本 AEM 学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会会員。

高山 堪太 (非会員) 1980 年 12 月 25 日生。2003 年 3 月佐賀大学理工学部電気電子工学科卒業。同年 4 月大学院博士前期課程進学。2005 年 3 月同大学院博士前期課程修了。同年 4 月ファナック (株) 入社, 現在に至る。在学中は, フローチャートを援用したアルゴリズム学習支援システムの開発に従事。