

構造化チャートを用いた アルゴリズム設計過程の特徴抽出

4U-4

青柳 敏 河野 清尊
米子工業高等専門学校

1. はじめに

筆者は以前「構造化チャートを用いたアルゴリズム教育システム」を開発した[1]。本システムは、高専1年生程度の学力を有するプログラミング言語初心者、面倒な文法規則に煩わされることなく、構造化プログラミング技法を意識したアルゴリズム構築法を習得することができるように支援することを目標としている。

学習者が本システムを用いてアルゴリズムを構築する様子を観察していると、各学習者の問題解決能力、分析能力、思考形態、習熟度などの学習者特性の違いに応じて、問題分析過程、アルゴリズム構築過程に様々な特徴を見ることができる。これらの個々の特徴を抽出、体系化することができれば、アルゴリズム構築過程における学習者のつまづき、誤りに合わせた的確な教育情報の提示が可能になる。

本論文では、本システムを用いて収集したプログラミング言語初心者の演習中の操作ログの概要と、操作ログをもとにアルゴリズム構築過程における学習者個々の特徴の抽出を試みた結果について報告する。

2. システムの概要

本システムは、アルゴリズムに対応する構造化チャートを作成するためのエディタ・モジュールと、作成した構造化チャートを実行するためのシミュレータ・モジュールから構成される。構造化チャートの形式は、PADを模範にした。

また、エディタ・モジュールおよびシミュレータ・モジュールでは、学習者のキー操作および実行結果をロギングすることができる。キー操作に関する操作ログには、学習者がアルゴリズム構築過程で行う操作(パーツの配置、移動、削除、変更、パーツ間の接続、削除など)を収集している。

3. 実験

3.1 被験者

被験者は米子高専電子制御工学科3年生21名である。

本学科では、被験者は第1学年および第2学年でC言語に関する単位をそれぞれ2単位習得しており、課題と類似したアルゴリズムについても既に講義を受けている。また、第1学年からPADを使用している。

3.2 課題と解答例

(1) 課題

キーボードから正の整数値 n を入力し、

$$s = 1 \times 2 - 2 \times 3 + 3 \times 4 - \dots - n \times (n+1)$$

を求めて表示するプログラムを作れ。

なお、 $n \geq 1$ の間は処理を繰り返し、 $n < 1$ の時にプログラムが終了するようにせよ。

(2) 解答例

この課題の解答例を図1に示す。

この課題のアルゴリズムを実現するためには、次のような戦略プランを考案し、適切に結合しながら構造化チャートを作成する必要がある。

条件ループ・プラン：図1の①②③④⑩

累積計算プラン：図1の⑤⑦⑧

符号反転プラン：図1の⑥⑨

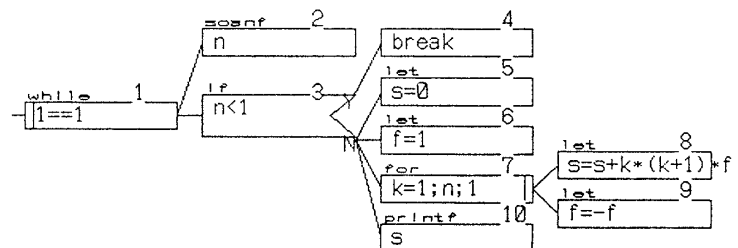


図1 解答例

3.3 実験結果

(1) 操作ログ

課題を最も早く完成した学習者の操作ログを図2に

示す。

11:27:42	メニューの選択	27
11:29:52	配置	NO= 2 X= 8 Y= 3 KIND= 3 PAGE= 1 n
11:30:42	配置	NO= 3 X= 8 Y= 7 KIND= 5 PAGE= 1 n>=1
11:31:35	配置	NO= 4 X= 28 Y= 7 KIND= 4 PAGE= 1 i=1;n;1
11:33:18	移動	NO= 4 X= 28 Y= 10
11:33:30	配置	NO= 5 X= 28 Y= 7 KIND= 1 PAGE= 1 f=1
11:35:52	配置	NO= 8 X= 48 Y= 10 KIND= 1 PAGE= 1 s=s+f*i*(i+1)
11:36:32	配置	NO= 7 X= 28 Y= 8 KIND= 1 PAGE= 1 s=0
11:38:45	移動	NO= 5 X= 28 Y= 8
11:38:51	移動	NO= 3 X= 8 Y= 6
11:37:24	配置	NO= 8 X= 48 Y= 12 KIND= 1 PAGE= 1 f=-f
11:37:53	配置	NO= 9 X= 28 Y= 15 KIND= 2 PAGE= 1 s
途中省略		
11:43:58	実行開始	
11:44:02	入力	n = 8
11:44:02	出力	s = -24
11:44:10	入力	n = 0
11:44:10	実行終了	

図2 操作ログ

(2) 課題完成度

60分経過後における課題のアルゴリズムの完成度を、前記の3つの戦略プランのそれぞれの完成度に応じて、0～9までの10段階に分けて評価した。

その結果、完成した者（完成度0）は6名、未完成の者（完成度0未満）は15名であった。未完成の者の内、特に完成度-9の者6名は、自力でのアルゴリズム完成は無理だと思われる様な状態であった。

また、完成した者の内、最も早かった者は1分28秒、最も遅かった者は3分20秒であった。

4. 考察

4.1 課題完成度と問題分析時間との関係

学習者はメニュー選択から最初のパーツ配置までの間に、課題の理解、達成すべき目標の決定、その解決のための戦略プランの考案、およびアルゴリズム構造の設計を行う。この時間を以下問題分析時間と呼ぶ。

前記の操作ログを参照し、問題分析時間と課題完成度との対応について纏めた結果を図3に示す。

課題を完成した学習者に着目すると、問題分析時間は1分20秒から2分10秒の範囲に収束していることがわかる。また、課題完成度の低い学習者ほど、問題分析時間が長くなる傾向がある。課題完成度と問題分析時間との相関係数は0.56である。

問題分析時間が最も短いのは学習者aの1分2秒である。この学習者は、 $n \geq 1$ の繰り返しについての説明を読み飛ばしていたため、条件ループ・プランがなく、本人は完了したものと思って、次の課題に移っていた。反対に、問題分析時間が最も長いのは学習者bの6分15秒である。この学習者は、前記の戦略プランに関する知識を殆ど持っていなかった。

以上のことから、問題分析時間が特に短い場合は課題の理解が不十分のままアルゴリズムの構築にとりかかっている可能性があり、また特に長い場合はどこから手をつけて良いかわからない状態にある可能性が高いと推定できる。

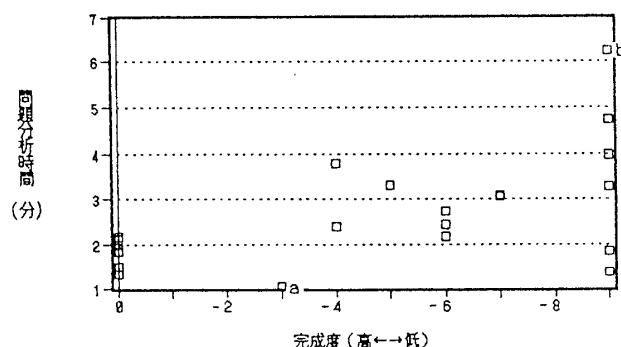


図3 問題分析時間

4.2 課題完成度とパーツ削除率との関係

本システムでは、一度配置したパーツを別のパーツへ変更する場合には、元のパーツを削除した後、新しいパーツを配置し直す必要がある。例えば、for文からwhile文への変更の場合などである。

アルゴリズム構造についての明確なイメージを持ってアルゴリズムの構築に取り掛かっていれば、少々バグはパーツの変更および移動により簡単に修正することができる。従って、パーツの配置に対して削除が多いということは、それだけアルゴリズム構造の変更が大きいことを示すと考えられる。パーツの削除頻度をパーツの配置頻度で割った値を以下パーツ削除率と呼ぶ。

前記の操作ログを参照し、パーツ削除率と課題完成度との対応について纏めた結果を図4に示す。

全体として、課題完成度の低い学習者ほど、パーツ削除率が大きくなる傾向がある。課題完成度とパーツ削除率との相関係数は0.65である。

学習者aはパーツの移動で修正できるにもかかわらず、最初の内パーツを削除した後配置し直すことにより修正していたため、完成した者の中ではパーツ削除率が高い値を示している。また、学習者bは、前記の学習者同様 $n \geq 1$ の繰り返しについて理解していなかったため、条件ループ・プランがなく、本人は完了したものと思って、次の課題に移っていたので、完成した学習者並の値を示している。

一般に、パーツ削除率が特に大きい場合は、試行錯誤的な状態に陥っている可能性が高いと推定できる。

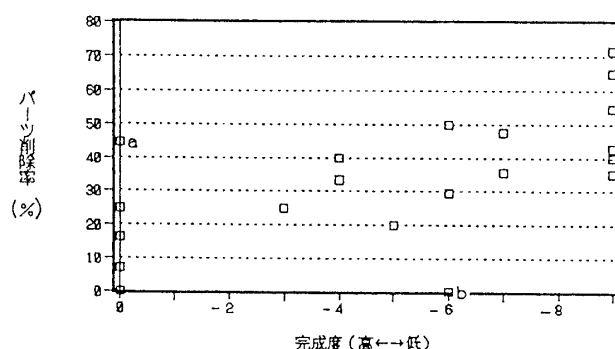


図4 パーツ削除率

5. まとめ

今回は特に学習者の操作ログから抽出される問題分析時間とパーツ削除率に関する特徴を紹介した。

問題分析時間が一定の範囲から外れる場合、およびパーツ削除率が一定値を越える場合は、与えられた課題を自力で完成する可能性は極めて低いことがわかった。従って、このような学習者には、早めに戦略プランやアルゴリズム構造の外枠を示し、適切なアドバイスを与える方が、効果的であると思われる。

参考文献

〔1〕青柳敏：構造化チャートを用いたアルゴリズム教育システム，第8回ソフトウェアコンファレンス論文集（1992）