

C言語学習における エラー収集システムの実現と評価

八幡 開[†] 中山 泰一^{††}
[†] 電気通信大学 情報工学部 ^{††} 電気通信大学大学院 情報理工学研究所

1. 背景と目的

近年、IT技術の発達と共にプログラミングに関する教育・学習が盛んになっている。しかし、実際にプログラムを作成する演習は学習・教育の難易度が高い[1]。学習者を支援するシステムは以前より研究されてきたが、学習者が失敗して初めて機能するものであった[2]。学習者が失敗しやすい点を知ることができれば、予めその部分について教育・学習を行うことができるはずである。

そこで、本研究ではC言語プログラム完成までのエラーを収集するシステムを構築し、プログラミング教育・学習において重要となる点を調査する。

2. エラー収集システムの設計・実装

本システムは、コンパイラとデバッガを利用し学習者の起こしたエラー等を収集する。コンパイラにはGCC(GNU Compiler Collection)、デバッガにはGDB(GNU Debugger)を用いた。システムは、GCCのラッパーを作成することで実現した。学習者が、GCCの代わりに本システムをコンパイルに使用することでエラー等を収集できる。そのため、システムの使い勝手を極力GCCと一致させた。

3. 実験・解析

C言語の問題を10問用意し、大学生・大学院生4名に本システムを利用して問題を解かせ、データを収集した。収集できたデータは、ソースコード、プログラムへの入力、デバッガ上での実行結果、コンパイルエラーであった。また、実験中は各問題の解答時間を計測した。これらを解析したところ、ある被験者Aの結果は図1の通りであった。

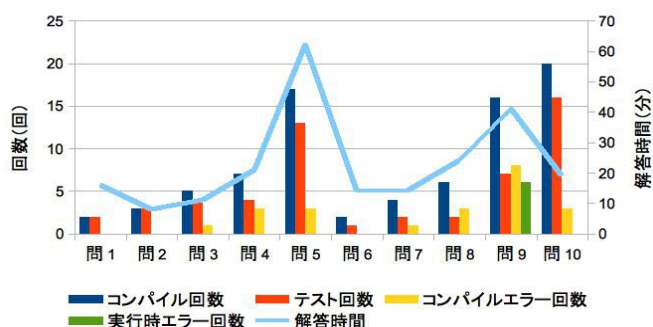


図1. 被験者Aの結果

4人全ての結果より、問5と問9を解く時間が他の問題よりも長く、問題の難易度が高いと考えられる。問5は2次元配列を用いる問題、問9は与えられた文字列を操作する問題である。したがって、これらの問題の難易度の高さは2次元配列という言葉の仕様、文字列を操作するという言語の利用の仕方という2点に起因していると考えられる。

また、実行時エラーは問7と問9で共通して実行時エラーの原因となっていた。収集したエラーとソースコードからさらに調べると、文字列操作系の標準ライブラリ関数を利用した際に、実行時エラーが発生していることがわかった。これより、文字列操作に関する処理が学習者に実行時エラーを発生させる要因であると考えられる。

コンパイルエラーは、大きく2つに分類することができた。

1つは、関数名や変数名のスペルミスや記号の打ち間違えといった些細なミスである。本実験では、「」や「;」の付け忘れ、変数の未宣言などが見受けられた。

もう1つは、C言語の仕様を理解していないために起こったエラーである。本実験では、「配列とポインタの関係」を理解していないために発生したエラーがこれに当たる。実際には、ポインタを用いて配列へアクセスする際の型の不一致、代入の失敗などが見受けられた。

4. まとめと今後の課題

本研究では、C言語学習におけるエラー収集システムを実装し、実験で得られたデータを評価した。

デバッガが実行時エラーの詳細を取得できることに着目し、コンパイラとデバッガを連携させエラーを収集するシステムを構築した。また、評価実験を行い、各種エラーを取得できることを確認したと同時にC言語学習においてつまづきやすい点を明らかにした。

今後の課題として、収集したデータをより活用しやすくするために、収集したデータのグラフ化や各種エラーの回数を自動的に数えるなど、データを解析する機能を追加することが望まれる。本システムはGCCとGDBの2つのプログラムに対応している。2つのプログラムのバージョンや環境が異なってもシステムの動作を保証するため、汎用性の向上が望まれる。また、調査結果とC言語学習における問題点の関係を、より明確にすることが望まれる。そのためより多くの学習者に本システムを用いて、多種多様な演習問題を解かせる必要がある。

参考文献

- [1] 田口浩, 糸賀裕弥, 毛利公一, 山本哲男, 島川博光: 個々の学習者の理解状況と学習意欲に合わせたプログラミング教育支援, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.2, pp.958-968 (2007).
- [2] 西輝之, 劉渤江, 横田一正: デバッガとの連携によるC言語学習支援システムの提案, 電子情報通信学会技術研究報告, ET2006-136 (2007).