

# 機械語学習支援用 CPU シミュレータの提案と評価

1240344 富原 守之輔 【ソフトウェア検証・解析学研究室】

## 1 はじめに

高知工科大学の科目「情報学群実験第2」の機械語とプログラム実行機械の構造に関する章ではこれまで、文章と図で説明をし、通常のエディタやリンカなどを用いて機械語プログラムを作成するという形式で演習を行っていた。しかし、この形式ではレジスタやメモリの役割やプログラム実行途中の内部状態の理解が不十分な履修者が出ることや、内部状態の推測が難しくプログラム作成やエラーの原因特定・修正に多くの労力を費やすことがあった。これらの対策として内部状態が視覚化された「CPU シミュレータ」をプログラミング演習で使用することは有効だと考える。実際に、[1] のような内部状態が視覚化されたシミュレータはいくつも開発されており、良い学習効果をもたらすことが報告されている。しかし、これらは機械語プログラムを実行するように作られておらず、本授業には適していない。そこで本研究では、次の特徴を持つ CPU シミュレータの開発を行い、その有用性を評価する。(1) プログラム作成は機械語を直接メモリに記述する。(2) 実行中の内部状態を見ることができる。(3) 初学者が容易に使用できる。(4) 独自に設計した、命令セットが単純で簡単な架空の CPU アーキテクチャ「ミクロン」をシミュレートする。

## 2 CPU シミュレータ

本シミュレータは、実行・停止ボタン、レジスタとフラグの状態を表示するエリア、機械語を入力するメモリの3つで構成されている(図1)。メモリ部分に機械語プログラムを入力して実行すると、命令が順に実行されると同時に実行された命令が記述された部分がオレンジ色に変化し、レジスタやフラグの値が変化する。これによって、学習者は実行された命令とレジスタやフラグの状態を追うことができる。プログラムにエラーがあった場合は、その箇所での実行が止まり、中央にエラー文が表示される(図1参照)。これによって、すぐにエラーの特定・修正ができる。命令セットは「論理演算」や「シフト演算」などの理解が難しく、使用頻度も少ないものは採用せず、プログラムを作るために最低限必要なものだけに絞った。

## 3 評価

本シミュレータの有用性を評価するために、次の2点を行った。(1)「情報学群実験第2」の授業で使用し、シミュレータの利便性と学習者の主観的な授業内容の理解度を計るアンケートを行った。(2) 本シミュレータを使用する組と使用しない組に分けて比較実験を行った。



図1 シミュレータの画面の一部(エラー発生時)

### 3.1 「情報学群実験第2」履修者へのアンケート調査

アンケートには40人が回答し、結果は次の通りとなった。利便性と理解度を問う質問の全てで、82.5%以上の人が良い評価に分類される選択肢を選んでいった。また、シミュレータの満足度を問う質問では90%の人が「満足」または「どちらかという満足」を選択しており、学習者からは良い評価を得ていることが分かった。

### 3.2 本シミュレータを使用することによる理解度向上の比較実験

比較実験にはある程度プログラミングの知識を持った本学情報学群の1年生7人が参加した。実験は次のような手順で進めた。(1) 事前テストを行う。(2) 本シミュレータを使用する組と使用しない組に分かれ、機械語とコンピュータの仕組みについて書かれたテキストに沿っていくつかのプログラムの入力と実行を試す。(3) 事後テストを行う。ステップ(2)の学習によって理解度が向上したか調べるため、事前・事後テスト間の得点の増加量を調べた。その結果本シミュレータを使用した組の方が得点の増加が大きかった。しかし、平均に差があるかどうか検定したところ有意差はなかった( $p = 0.7143$ )。

## 4 まとめ

本研究では機械語学習用 CPU シミュレータの開発と評価を行った。履修者へのアンケートでは良い結果を得られ、比較実験でも本シミュレータを使用した組の方が得点増加量が多い傾向にあったが、統計的有意性は示せなかった。今後実験の方法や被験者数を再度考えなおし、より信頼性の高い実験結果を得る必要がある。

## 参考文献

- [1] 布施, 岡部, 中西, “大学初年次の一般情報教育における CPU シミュレータを用いたプログラム作成によるコンピュータ動作の教育,” 高等教育ジャーナル: 高等教育と生涯学習, Vol.24, pp.97–105, 2017.