

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330426

研究課題名(和文) 複数のプログラム言語の単体テストに対応するプログラミング自動採点システムの開発

研究課題名(英文) Automated programming marking system for multi-program language using unit testing frameworks

研究代表者

森山 真光 (MORIYAMA, Masamitsu)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：00283953

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：ソフトウェア市場から製品の保守性や再利用性を高める開発が求められている。しかしながら、プログラミング教育の現場では、教員が目視で提出されたプログラムを評価することが多いため、学習者へのフィードバックの時間が長くなるという問題があった。そこで、我々はプログラミング学習アセスメントに単体テストフレームワークを用いることを提案し、Java/Ruby/PHP/SQLなどの複数プログラム言語に対応するプログラミング自動採点システムを開発した。

研究成果の概要(英文)：High maintainability and reusability of products are required in a software market. However, learners have a problem about long feedback time lags in actual teaching programming, because teachers assess submitted programs visually. Therefore we have proposed using unit testing frameworks in assessment of learning programming, and developed a automated programming marking system for multi-program language such as Java, Ruby, PHP and SQL.

研究分野：Webサービス

キーワード：プログラミング自動採点 単体テストフレームワーク

1. 研究開始当初の背景

(1) 1995年より、ソフトウェア市場の急速な発展に伴い、社会のニーズと大学レベルのプログラミング教育のギャップが指摘されている。ソフトウェア市場からは製品の保守性柔軟性を高める開発が求められているのに対して、大学プログラミング教育ではアルゴリズムやオブジェクト指向を中心に学び、デザインパターンについては触れる程度であり、両者に乖離があると考えられる。

(2) プログラミングは継続的学習と逐次的なアセスメントにより効果が向上すると期待される。しかしながら、筆者が所属する大学のプログラミングの実習では、レポートによる添削の場合、最短で一週間のスパンの繰り返しが現状であり、より短期間の繰り返しが望まれている。

2. 研究の目的

(1) プログラミング学習において、レポート採点と比較し、学習者へのフィードバックの即時性を向上させ、学習者の継続的学習を実現することを目的とする。

(2) 学習者が時間や場所を問わず学習できるように Web アプリケーションとしてシステムを構築する。

(3) 単一のプログラム言語に固定せず、複数のプログラム言語に対応するシステムを構築する。

3. 研究の方法

(1) 複数のプログラム言語を採点するために、各プログラム言語の単体テストフレームワークを用いることを提案する。

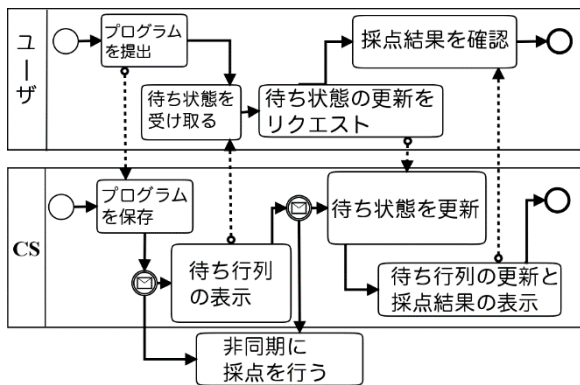


図1 CSのワークフロー

(2) 「提出」、「採点」、「結果の確認」といった機能を実装した Web アプリケーションを開発した。図1に開発した Web アプリケーション (CS) のワークフローを示す。ユーザ(学習者)はCSにプログラムを提出する。CSは提出されたプログラムをシステム内に保存し、採点処理を待ち行列に追加する。同時にユーザへ待ち行列の状態を表示する。待ち行列に

格納された採点処理は非同期に採点が行われ、採点が完了した時に CS は待ち行列の状態を更新する。その後、CS はユーザからの更新リクエストを受信した時に採点結果をユーザに通知する。CS は非同期に採点を行っているため、プログラムが同時に提出されても対応可能である。しかし、単一の待ち行列を用いているため提出されたプログラムの数に比例して応答時間が増加する。

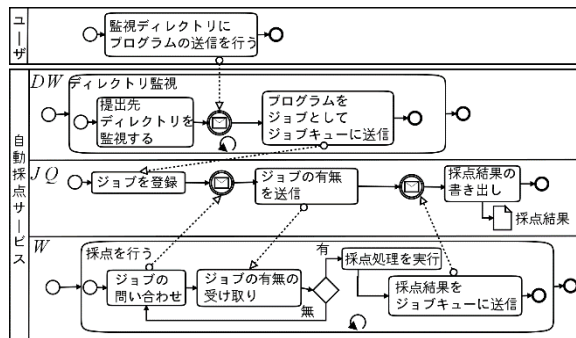


図2 MSのワークフロー

Algorithm 1 採点のワークフロー

```

DW watch the submission destination directory;
If DW catches "CREATE" or "MODIFY" event
then
    DW submits the job to JQ;
End if
JQ registers job;
While W queries job to JQ do
    If job exists in JQ then
        W marks program(s);
        W submits marking result to JQ;
    End if
End while
JQ outputs of marking result;
    
```

(3) 単一の待ち行列による応答時間の増加を解決するために、「提出」と「採点」機能をそれぞれディレクトリ監視サービス (DW)、ジョブキュー管理サービス (JQ)、ワーカー (W) とロガー (Log) の 4 サービスに分割する。DW はプログラムの提出機能、JQ は待ち行列の管理機能、W は採点機能、Log は採点結果の管理機能を持つ。それぞれを単一のサービスに分割する。これにより、それぞれのサービスが単機能となり、凝集度が向上する。図2にこれらのサービスを組み合わせたシステム (MS) のワークフローを、Algorithm 1 に採点のワークフローを示す。ユーザは DW が監視するディレクトリにプログラムを提出(送信)する。DW はプログラムとその情報を JQ に

ジョブとして登録する。また、エラーメッセージが出た場合はそのメッセージを Log に送信する。W は JQ にジョブを問い合わせ、ジョブの有無を受け取る。ジョブがあった場合は再度ジョブの問い合わせを行う。その後、JQ は設定により、採点結果を様々は方法で送信する。今回は Log に送信を行っている。W の数を増加させることにより、同時に採点することが可能である。

4. 研究成果

(1) システムの QoS (Quality of Service) の測定にユーザが可否判決を受け取るまでの時間である応答時間を利用する。式(a)に

$$R(s) = \tau_{submit} + \tau_{check} \quad (a)$$

τ_{submit} は提出を開始した時間、 τ_{check} は採点結果が書き込まれた時間を示す。図 3 に会は素下システムの応答時間の結果を示す。縦軸が応答時間、横軸が提出物の数となっている。比較対象は W の数が 1 つ, 2 つ, 制限なし, 既存システムで、それぞれ X1worker, X2worker, Nworker, ConventionalSystem となっている。

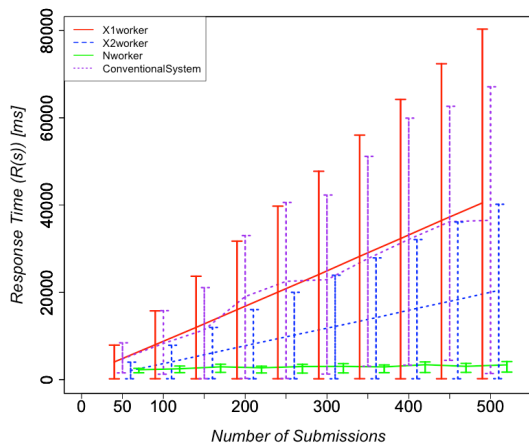


図 3 レスポンスタイムの比較

図 3 より、W の数が 1 つの時のレスポンスタイムは既存システムと同等であった。しかし、W の数が 2 つの時のレスポンスタイムは 50% 減少した。これは W の数が増加し、2 倍の採点処理を実行するためである。また、W の数を制限しない場合は W の数が 1 つの時と比較してレスポンスタイムは 95% 減少した。

(2) メモリ使用量は図 2 に示した W の自動採点時のメモリを 1 秒ごとに測定し、その平均をとる。図 4 に開発したシステムのメモリ使用量を示す。縦軸がメモリ使用量、横軸が提出物の数となっている。ワーカー数は図 3 と同様である。図 4 より、W の数が 1 つの時のメモリ使用量は CS と比較して 32% 減少した。これはそれぞれのサービスを実行ファイル化したため、Web アプリケーションである CS と比較してメモリ使用量が減少したためと考えられる。また、W の数を制限しない場合は CS と比較して 10%、W の数が 1 つの時と

比較して 43% 増加した。

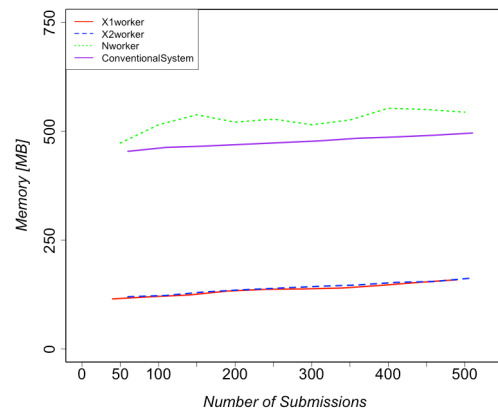


図 4 メモリ使用量の比較

(3) ネットワークトラフィックはプログラム提出物ごとの Log に送信されるメッセージサイズの和を測定している。図 5 に W から JQ へのジョブの有無の問い合わせ処理のネットワークトラフィックの比較を示す。縦軸はネットワークトラフィック、横軸が時間となっている。比較対象は W の数が 1 つの時, 2 つの時であり、それぞれ X1worker, X2worker となっている。CS はサービス分割をしていない単一アプリケーションであるためジョブの有無の問い合わせ処理がなく、比較対象としていない。

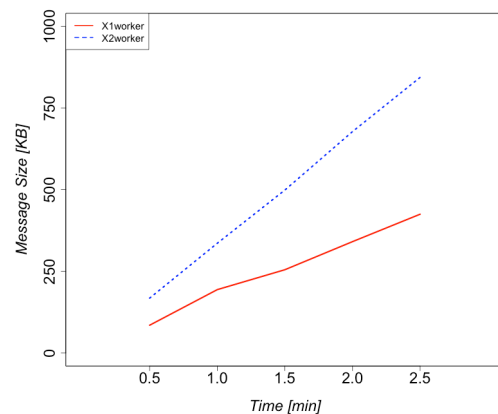


図 5 ネットワークトラフィックの比較

図 5 より W の数が 1 つの時と W の数が 2 つの時を比較するとネットワークトラフィックは 2 倍となった。これは、採点を行う W の数が増加し、JQ への問い合わせリクエストが 2 倍に増加したためである。

(4) 2015 年度後期に実際に本システムを 100 名規模と 200 名規模のプログラミング実習において運用し、実証実験を行った。本システムは安定に稼働することを確認した。しかしながら、学習者より単体テストフレームワークが生成するエラーメッセージがフィードバックとして不明であるといった指摘があった。学習者へのフィードバックの内容の改

善が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 9 件)

① 森山 真光, 平岡 利規, “Web アプリケーションにおけるサービスを通じた部品化-単体テストを用いたプログラミング自動採点の場合”, 日本生産管理学会第 43 回全国大会講演論文集, 2016 年 3 月 6 日, 高知工科大学(高知市・高知県).

② R. Hiraoka, M. Moriyama, “Multiple Programming Languages Marking System Using Unit Testing -- Evaluation of Isolation of Marking Algorithm --”, e-CASE & e-Tech 2015, 2015 年 4 月 2 日, クアラルンプール(マレーシア).

③ R. Hiraoka, M. Moriyama, “Minimalization of Multiple Programming Languages Marking System Using Unit Testing”, IAM2015 Winter, 2015 年 2 月 4 日, シンガポール(シンガポール).

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森山 真光 (MORIYAMA, Masamitsu)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号 : 00283953

(2) 研究分担者
なし ()

研究者番号 :

(3) 連携研究者
なし ()

研究者番号 :