

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23501152

研究課題名(和文) Webベースプログラミング学習支援環境のための柔軟なサーバー側基盤の構築

研究課題名(英文) Design of a Customizable Server-side Platform for Web-based Environments for Learning Programming

研究代表者

香川 考司 (Kagawa, Koji)

香川大学・工学部・准教授

研究者番号：50284344

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：Webベースプログラミング学習支援環境のサーバー側プログラムに、Scalaスクリプトによる柔軟なカスタマイズ機能を提供できるプラットフォームを構築することを目的として、教師用システムと学習者用システム間のファイルシステムを利用した疎結合インターフェイスの設計と、プロトタイプによる基本機能の確認を行った。教師用サーバー側プラットフォームにScalaインタプリタとのインターフェイスを実装した。また、プログラム可視化ツール、スクリプト入力支援ツールなどのクライアント側の補助的なツールを設計・実装した。

研究成果の概要(英文)：We aim at constructing a server-side platform for Web-based programming learning support environments that can support flexible customization using scripts written in the Scala language. For this purpose, we designed a file-system based interface between teachers' server-side system and learners' server-side system and provided a prototype implementation to check basic functionalities. Moreover, we implemented an interface to call the Scala interpreter on the teachers' server-side platform. We also designed and implemented some utility tools such as program visualization tools and visual programming editors.

研究分野：計算機科学

キーワード：プログラミング学習支援 Webベース Scala

1. 研究開始当初の背景

(1) オフィススイートやメーラーなどと同じように、プログラム開発環境を Web アプリ化することができれば、プログラミングの学習支援に有用と考えられる。しかし、既存の Web ベースプログラム開発環境の大部分は単層のアプリケーションとして作成されており、教師が個々にカスタマイズを加えたり、新しい言語処理系に対応させたりすることは難しかった。そこで、効果的な学習支援のためには、コンポーネント化されていて、さまざまなプログラミング言語に対応可能な Web ベースのプログラミング学習支援システムが必要であると考え、そのクライアント側プラットフォームである WappenLite を開発していた。

(2) 一方、このようなクライアントを活かすためのプログラミング学習支援環境のサーバー側の機能として、自動採点や学習者へのメッセージ送信のサポートが必要となってきた。プログラム課題の採点基準は単純な正解の判定ではなく、詳細は教師ごと・課題ごとに異なり、カスタマイズが必要となる。また、ある条件を満たす課題に対する一斉処理をスクリプトで容易に記述することが望ましい。研究開始当初は、JSP/サーブレットと XML/JSON などの形式の設定ファイルによるサーバー側プログラムを構築していたが、このような細粒度のカスタマイズは困難だった。また試みとしてサーバー側で動作する JavaScript を利用しようとしたが、実行性能面で実用的でなかった。

(3) WebSocket や Canvas などのいわゆる HTML5 技術が普及し始めていた。WappenLite は、通常の Web ブラウザーをユーザーインターフェイスとして採用しているため、このような新技術を利用して、リアルタイムコミュニケーション機能などを追加することが可能なはずである。そうすれば、演習中に教師やティーチングアシスタント (TA) が、学習者の進捗を把握して効果的に学習者に助言を与えることなどが可能になる。しかしスクリプト機能なしでは学習場面で有効に利用することが困難であるため、このような機能の提供には至っていなかった。

2. 研究の目的

(1) 本研究では JVM (Java 仮想機械) ベース言語である Scala を利用して、Web ベースプログラミング学習支援環境のサーバー側プログラムに、スクリプトによる柔軟なカスタマイズ機能を提供できるプラットフォームを構築する。これにより教師は、クライアント側システム (WappenLite) と同じコードを流用して自動採点などを導入することができる。課題の採点や学習者へのメッセージの作成は、map/reduce/filter のような関数型言語が得意とする処理を多用する。Scala を利用すれば高速かつ信頼性の高いスクリプトを作成することが容易になる。

(2) 本研究では、できるだけ疎結合なアラカルト方式としてプラットフォームを構築する (図 1)。既存の類似システムである Moodle や Web-CAT などはプラグインで拡張する方式をとっている。一方で、その機能の一部だけを利用するという想定されていない。そのため、本体のバージョンアップにプラグインが追従できないという問題がしばしば報告されている。本研究では、プラットフォームのバージョンアップへの追従に追われる必要がないようにする。

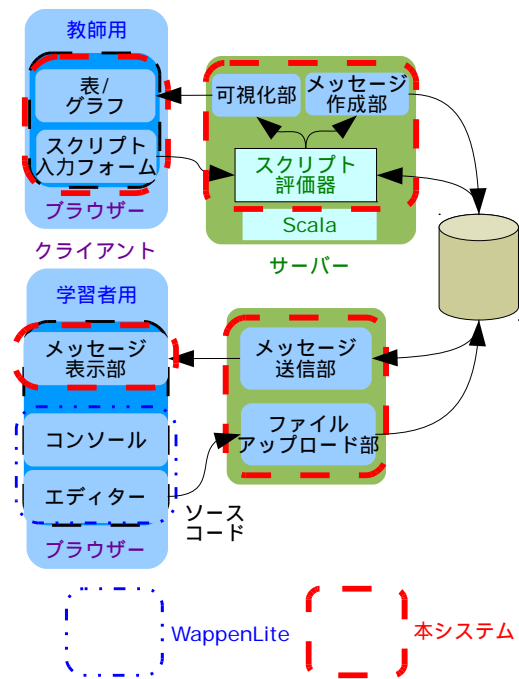


図 1: 本システムの構成

3. 研究の方法

本研究が目的とするシステムは、Web ベースプログラミング学習支援環境の教師用サーバー側プラットフォーム、学習者用サーバー側プラットフォーム、教師用・学習者用システム間の疎結合インターフェイス、および可視化ツール、スクリプト入力ツールなどのクライアント側のツールからなる。まずは、学習者用プラットフォームのユーザー認証・出欠確認ページと教師用プラットフォームのスクリプトを利用した一括採点などの機能から着手した。また、並行して研究協力者と協力し、クライアント側の可視化ツール、グラフィカルエディターなどの設計・実装などを行った。

4. 研究成果

(1) OpenID Connect によるユーザー認証と JavaServlet で動作する既存の学習者用サーバー側システムのユーザー認証の統合を実装した。これによりメーラーなどとアカウントを統合することができ、学習者にとっての追加の負担なしでシステムを導入することが可能になる。

(2) 教師用システムと学習者用システムの間
のファイルシステムを利用した疎結合イン
ターフェイスの設計と、プロトタイプによる
基本機能の確認を行った。これにより、スクリ
プト機能を持つ教師用システムに問題が
発生しても、学習者用システムの課題提出・
出欠確認など最低限の機能には影響を与え
ないことが確認できた。このインターフェイス
を利用して、学習者側の座席位置入力シス
テムと Cometあるいは Server-Sent Events を利用
した教師側の座席位置リアルタイム表示
システムなどを実装した。

(3) 提出後の一括自動採点・成績処理を Scala
スクリプトでカスタマイズするために、教師
用サーバー側プラットフォームに Scala イン
タプリター（いわゆる read-eval-print ルー
プ）とのインターフェイス（スクリプトを動的
に実行する機能）を実装した。細粒度のカ
スタマイズが可能で、表形式の出力などでも
十分な実行速度が得られることを確認した。
いくつかのユーティリティー関数を実装し、
成績集計表の作成などに利用できることを
確認した。

(4) 研究開始当初は、本システムの Web アプリ
ケーションプラットフォームとして Lift を
使用してきたが、現状では研究開始当初想定
していたほど Lift が普及していない。一方で
もう一つの Scala ベースのフレームワークの
Play!が広まってきている。そこで Play!
を含めたいくつかのプラットフォームで、これま
でに Lift で実装してきた座席位置リアルタイム
表示システムなどをテスト実装した。その
結果、Java 8 と Servlet 3.1 を用いた、従来型
Web アプリケーションから Scala インタプリ
ターを呼び出す構成で、予定していた機能の
ほとんどが実現可能なことが判明した。これ
は JavaServlet API の整備により WebSocket,
Server-Sent Events などのサーバーサイドプ
ッシュ技術が利用しやすくなったことが関係
している。そこで、本システムのプラット
フォームを Lift から単純 Servlet/JSP に変更す
ることにした。その場合、スクリプトに Lift の
ライブラリーが利用できないため表現力が
落ちる可能性はあるが、既存の授業用 Web ベ
ース提出・採点システムとの互換性が確保し
やすい、また jQuery などの JavaScript ライ
ブラリーを平易に利用できる、などスクリ
プトの表現力の損失よりも単純化したことよ
る互換性などの利益のほうが大きいと考え
られる。この結果、より多くの教師側ユー
ザーにとって利用しやすいシステムが提供
できると考えられる。

(5) 本体システムと独立したタスクとして、
エラーメッセージ収集のインターフェイス
の調査として、クライアント側のプログラ
ミング学習支援システム用プラットフォーム
WappenLite に基づくシステムから、コン
パイルのエラーメッセージを収集しサー
バー側で蓄積・分析するシステムを構築
した。最終的には本体システムのリアル
タイムコミ

ュニケーション機能と連係して動作する
部分に使用する予定である。

(6) 本体システムと独立したタスクとして、
バージョン管理システムとのインター
フェイスの調査を行なった。分散バージョン
管理システム git の Java API である JGit
について調査し、現時点ではサーバー側
プラットフォームとは独立した Java
アプレットとして、git に対する Web
インターフェイスを実装している。最終
的には本体システムのスクリプトバ
ージョン管理・レポート管理に使用
する見込みである。その結果、教師
側システムのスクリプトの改良や、
学習者側での中長期のプログラミング
演習の学習支援に役立つと考えら
れる。

(7) 本体システムと独立したタスクとして、
Web ベースのブロック型ビジュアル
プログラミング環境である Blockly
および Waterbear の調査とプロ
トタイプの作成を行った。また、
入れ子の複雑な式にも対応する、
Blockly に替わるドラッグ&ドロ
ップ式プログラミング環境の調
査とプロトタイプの実装を行った。
また、C などの言語により作成
されたプログラムを JavaScript
に変換するツールである emscri
pten の調査とそれを利用した
Web ブラウザー上で動作する
パーサーの作成を行った。これら
は最終的には本体システムのス
クリプト入力フォーム部に使用
する見込みである。ユーザーと
して想定している教師は必ず
しも Scala に詳しいわけでは
なく、ティーチングアシスタ
ントなどが使用する場合も
考えられるので、そのような
場合にサーバー側のコンテナ
技術と組み合わせて利用す
ることを想定している。

(8) 本体システムと独立したタスクとして、
いくつかのプログラム可視化
ツールの設計と実装を行った。
最終的には本体システムの
教師採点補助用の可視化部、
学習者へのメッセージ作成
部で利用する予定である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 27 件)

玄馬 史也、富永 浩之、ポーカー戦略を
題材とする応用 C プログラミング演習の
支援と実践 - 大会運営サーバ WinT の
提出状況とコード比較の機能の追加 -、
情報処理学会 研究報告, Vol.2015-CE-128,
No.9, pp.1-6, 2015 年 2 月 14 日、大阪学
院大学 (大阪府・吹田市)

森田 昌樹・香川 考司、WebGL とジェス
チャー認識デバイスを
用いたプログラミング
例題提示システムの
開発、教育シ
ステム情報学会
第 39 回全国大会
(JSiSE2014) 講演
論文集, F4-1, 2014
年 9 月 12 日、和歌
山大学 (和歌山県・
和歌山市)

鳥原 悠平・香川 考司、Emscripten
を用いた Web ベース
パーサーとエディ
ターの開発、教育
システム情報学会
第 39 回全国大会
(JSiSE2014) 講演
論文集, H3-1, 2014

年 9 月 11 日、和歌山大学 (和歌山県・和歌山市)

藤沢 尚樹・香川 考司、ツリー表示を活用した Ajax ベースプログラミングエディタの構築、教育システム情報学会第 39 回全国大会 (JSiSE2014) 講演論文集, H3-2, 2014 年 9 月 11 日、和歌山大学 (和歌山県・和歌山市)

Koji Kagawa, A Web-based Interactive Scala Environment for Grading Programming Courses, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications (ED-Media 2014), 2014 年 6 月 23 日 ~ 27 日, Tampere (Finland)

豊田 竜也・中矢 誠・大川 昌寛・川鯉 光起・富永 浩之、プログラミング演習としてのコードレビューを取り入れた輪講支援システム - 解答コードの同期閲覧とスナップショットへのコメント機能の実装 -、電子情報通信学会 技術研究報告, Vol.113, No.482, pp.59-64, 2014 年 3 月 8 日、高知工業高等専門学校 (高知県・南国市)

花川 直己・大川 昌寛・蔵本 幸司・富永 浩之、教育支援システムへの Web アクセスの負荷計測ツールの機能検討、情報処理学会 研究報告, Vol.2013-CE-122, No.21, pp.1-6, 2013 年 12 月 14 日、琉球大学 (沖縄県・中頭郡西原町)

Akihiko Nagae and Koji Kagawa, Development of a Visual Debugger for C That Runs on JavaScript, Workshop on Computation: Theory and Practice (WCTP 2013), 2013 年 9 月 30 日 ~ 10 月 1 日, Manila (Philippines)

末友 貴大・香川 考司、WebGL を用いたプログラムの動的振舞いの可視化システムの構築、教育システム情報学会第 38 回全国大会 (JSiSE2013) 講演論文集, TF1-2, 2013 年 9 月 3 日、金沢大学 角間キャンパス (石川県・金沢市)

尾崎 陽一・香川 考司、Web ベースグラフィカルプログラミングエディタを用いた Flex プログラミング環境の開発、教育システム情報学会第 38 回全国大会 (JSiSE2013) 講演論文集, TF1-1, 2013 年 9 月 3 日、金沢大学 角間キャンパス (石川県・金沢市)

中矢 誠・富永 浩之、ハッキング競技 CTF を取り入れた情報セキュリティの教育イベント - グループ対抗のコンテストの実施方法と大会運営サーバ BeeCon の機能 -、情報処理学会 研究報告, Vol.2013-CE-120, No.12, pp.1-6, 2013 年 7 月 6 日、青山学院大学・青山キャンパス (東京都・渋谷区)

中矢 誠・富永 浩之、初心者への情報セキュリティの教育機会としてのハッキングゲーム CTF、電子情報通信学会 技術報告, ET Vol.112, No.66, pp.45-50, 2013 年 3 月 29 日、愛媛大学・城北地区 (愛媛県・

松山市)

平川 裕弥・香川 考司、JavaServlet 学習のための Web ベース統合開発システムの構築、教育システム情報学会研究報告 27(4), 2012 年 11 月 10 日、和歌山大学 (和歌山県・和歌山市)

Koji Kagawa, Design of a Scala-based Monitoring Server for Web-based Programming Environments, Workshop on Computation: Theory and Practice (WCTP 2012), 2012 年 9 月 27 日 ~ 28 日, Manila (Philippines)

白神 佑典・香川 考司、JFLAP を応用した初心者向けの学習支援ツール、教育システム情報学会第 36 回全国大会 (JSiSE2012), 2012 年 8 月 22 日 ~ 24 日、千葉工業大学 芝園キャンパス (千葉県・習志野市)

長江 明彦・香川 考司、JavaScript 上で動作する C 言語用視覚的デバッガの開発、教育システム情報学会第 36 回全国大会 (JSiSE2012), 2012 年 8 月 22 日 ~ 24 日、千葉工業大学 芝園キャンパス (千葉県・習志野市)

吉崎 翔・香川 考司、Web 上の学習支援環境を用いた printf, scanf 関数の内部動作の可視化、教育システム情報学会第 36 回全国大会 (JSiSE2012), 2012 年 8 月 22 日 ~ 24 日、千葉工業大学 芝園キャンパス (千葉県・習志野市)

Gensuo Han and Koji Kagawa, Towards a Web-based Program Visualization System using Web3D, 11th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2012), 2012 年 6 月 21 日 ~ 23 日, Istanbul (Turkey)

高橋 知希・富永 浩之、高校生への導入体験としての LEGO プログラミング演習を支援する Web サイトとシミュレーション教材の構築、教育情報システム学会 学生研究発表会 2012 年 春, pp.176-177, 2012 年 3 月 19 日、香川大学・幸町キャンパス (香川県・高松市)

韓 根鎖・香川 考司、Web3D を用いたプログラムの関数呼び出し可視化システムの構築、教育システム情報学会研究報告 26(6), 2012 年 3 月 17 日、大阪工業大学 枚方キャンパス (大阪府・枚方市)

21 山田 航平・富永 浩之、ボードゲームの戦略プログラミングを題材とした Java 演習支援 - 着手確認モジュールの導入と大会支援サーバの GUI の改良 -、電子情報通信学会 技術報告, Vol.111, No.473, pp.19-24, 2012 年 3 月 10 日、香川高等専門学校・詫間キャンパス (香川県・三豊市)

22 横山 裕一・香川 考司、バージョン管理システム Git の Web ベースインタフェースの開発、教育システム情報学会研究報告 26(5), 2012 年 1 月 21 日、鹿児島大学 郡元キャンパス (鹿児島県・鹿児島市)

- 23 池田 秀聴・香川 考司、HTML5 を用いたプログラミング学習環境におけるエラーメッセージ収集システムの構築、教育システム情報学会研究報告 26(4)、2011 年 11 月 12 日、関西大学 千里山キャンパス（大阪府・吹田市）
- 24 白岩 真一・香川 考司、Haskell に対する Web ベースのグラフィカルな学習支援環境、教育システム情報学会第 36 回全国大会(JSiSE2011)、2011 年 9 月 1 日、広島市立大学（広島県・広島市）
- 25 堀井 達也・香川 考司、トレーサ機能を持つ Web ベース学習支援システム、教育システム情報学会第 36 回全国大会(JSiSE2011)、2011 年 9 月 1 日、広島市立大学（広島県・広島市）
- 26 川鯉 光起・中矢 誠・富永 浩之、書籍販売サイトと連携した研究室規模の蔵書管理システム - 試作とユーザ評価 - 、電子情報通信学会 技術報告, Vol.111, No.141, pp.41-46、2011 年 7 月 16 日、室蘭工業大学（北海道・室蘭市）
- 27 西村 智治・川崎 慎一郎・富永 浩之、小コンテスト形式の初級 C 演習における教師支援- 解答状況の時系列表示によるモニタリング機能の試用実験 - 、情報処理学会 研究報告, Vol.2011, No.10, pp.1-8、2011 年 7 月 9 日、富山大学・五福キャンパス（富山県・富山市）

〔その他〕

ホームページ等

<http://guppy.eng.kagawa-u.ac.jp/WappenLite>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

香川 考司 (KAGAWA, Koji)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号：50284344

(2) 研究分担者

富永 浩之 (TOMINAGA, Hiroyuki)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号：80253251

(3) 研究協力者

白岩 真一 (SHIROIWA, Shinichi)
堀井 達也 (HORII, Tatsuya)
池田 秀聴 (IKEDA, Yoshiaki)
横山 裕一 (YOKOYAMA, Yuuichi)
韓 根鎖 (HAN, Gensuo)
吉崎 翔 (YOSHIZAKI, Shou)
平川 裕弥 (HIRAKAWA, Yuuya)
長江 明彦 (NAGAE, Akihiko)
白神 佑典 (SHIRAGA, Yuusuke)
尾崎 陽一 (OZAKI, Youichi)
末友 貴大 (SUETOMO, Takahiro)
鳥原 悠平 (TORIHARA, Yuuhei)

藤沢 尚樹 (FUJISAWA, Naoki)

森田 昌樹 (MORITA, Masaki)