

平成 29 年 8 月 3 日現在

機関番号：21602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870585

研究課題名(和文)次世代プログラミング言語によるオンラインジャッジシステム

研究課題名(英文)Online Judge System based on Next Generation Programming Language

研究代表者

渡部 有隆(Watanobe, Yutaka)

会津大学・コンピュータ理工学部・准教授

研究者番号：30510408

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)：プログラミング学習支援システムにおいて、ピクチャによる表現手法を用いたビジュアルプログラミング言語を対応させることを検討した。研究期間において、本ビジュアルプログラミング言語の拡張、レガシシステムのサービス指向アーキテクチャに基づく再構築、ハイブリッドビジュアルプログラミング言語開発のためのアーキテクチャの開発を行った。昨今のWEB技術における言語やフレームワークの急速な技術移行等により、研究期間内に安定したサービスの一般公開には至らなかったが、研究成果により、プログラミング教育やソフトウェア開発に応用できる新しいビジュアルプログラミング言語及びその環境の開発がより円滑に行えるようになった。

研究成果の概要(英文)：A visual programming language which can be applied to an educational system for programming, has been considered. In the research project, extension of the visual programming language/environment, migration to an environment based on a service oriented architecture and the development of an architecture for creating hybrid languages, have been conducted. The research results and related technologies can facilitate development of new types of visual programming systems for programming education as well as for software development. On the other hand, the developed services were not opened to the general public in the research period due to rapid technology transfer related to WEB.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：学習支援システム ビジュアルプログラミング

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術の進化に伴い要求されるアプリケーションはより複雑化・多様化し、産業界においても、シミュレーション、安全解析、ロボット制御等、科学技術はソフトウェアに支えられ発展してきた。安全性と高性能が備わった膨大な種類のソフトウェアを開発・生産していくためには、優秀なプログラマーの育成に加え、技術者の労力を削減しかつ次世代への技術継承を円滑に行うことができるプログラミング言語の開発が必要とされていた。プログラマーの技術訓練に広く貢献しているサービスの一つとして、提出されたプログラムを自動採点・評価するオンラインジャッジシステムが挙げられる。オンラインジャッジシステムはアルゴリズムやシミュレーションの類の課題(問題)を解くプログラムを、厳格な検証データや検証器を用いて、その性能評価と正誤判定を行うサービスである。多くの問題とユーザが登録され、様々なアルゴリズムに関する解答コードが継続的に蓄積される特性を持つ。しかし、一般的なオンラインジャッジシステムがサポートする従来の言語で記述されたコードはブラックボックス化されているため、言語を習得していない学習者や、コーディングが専門ではない科学者、シミュレーションの専門家らにとっては、これらの情報資源の内容を素早く理解し再利用することは容易ではなかった。結果的に、オンラインジャッジの特性を活かして獲得できる知識・知見を、プログラミング教育をはじめ、ソフトウェア開発や研究の現場に有効活用することが不可能であった。これは、計算モデルとドキュメントの役割を果たすことができない従来のプログラミング言語で書かれたコードの欠点によるものとも言える。

上記背景の問題解決に貢献すると考えられたのがビジュアルプログラミングである。研究代表者が開発してきたビジュアルプログラミング言語は、言語要素として動画やピクチャによる「拡張文字」を用い、プログラマーが描くモデルやアルゴリズムをより直接的に記述し同時にドキュメント化を行うことができる。プログラマー間のコミュニケーションを円滑にし、生産性の高いソフトウェア開発プロセスを支援するだけでなく、高いセキュリティと信頼性を確保する特長も持つ。また、作成されたソフトウェアのパーツには階層的なアノテーションが埋め込まれるため、言語要素の暗記が不要であり学習コストは低い。これらの利点が評価され、技術継承が頻繁におこる産業界においても機構・企業と共同研究を行ってきた。先行プロジェクトにおいては、言語仕様を定義し、専用のモデリング環境のプロトタイプをデスクトップアプリとして構築した。本ビジュアルプログラミング言語は、言語要素の拡充を行うことにより知識の蓄積を行い、対象とす

るアプリケーション指向の言語に発展させることができるユニバーサルな言語である。そのため、実用化に向けた言語拡張を行うために、より多くの事例研究(ライブラリの開発等)を必要としていた。オンラインジャッジシステムは、その特徴から新しいプログラミング言語の周知の場ともなりえ、本ビジュアルプログラミング言語と併せ双方の開発促進と機能拡張を図ることができると考え、本研究課題の着想に至った。

2. 研究の目的

上記背景を考慮し、プログラムを自動採点・評価するオンラインジャッジシステムにてビジュアルプログラミング言語を対応させることを検討し、双方のサービス・技術の推進を図ることが目的である。長期的には、教育・研究・ソフトウェア開発の現場に貢献できるオンラインジャッジシステム及びプログラミング教育と科学技術の発展を後押しするプログラミング技術の開発を目指す。具体的には、オンラインジャッジに蓄積されるコードの有効活用とビジュアル言語による直観的・直接的なアルゴリズムの記述を促進するとともに、オンラインジャッジの特性を活かして、ビジュアルプログラミング言語の開発の促進を図る。将来的には本ビジュアルプログラミング言語が教育・研究の現場及び産業界で実用化されることを目的とする。

3. 研究の方法

研究代表者が開発・運用してきたビジュアルプログラミング言語及びオンラインジャッジシステムそれぞれについて、必要な機能の追加開発を行った。既に稼働していたシステムの拡張や、設計思想の踏襲によって、本課題の新規項目であるビジュアルプログラミング環境の開発、ビジュアルプログラミング言語の言語拡張、オンラインジャッジと統合するためのAPI(Application Programming Interface)の開発に注力した。システムの実装は主に研究代表者(申請者)が行い、データ作成等は数名の大学院生が担当した。オンラインジャッジ側は主に外部システムと連携を行うためのAPIの開発を行った。運用してきたレガシシステムを最新のフレームワークで再構築しAPIを公開した。ビジュアルプログラミング側は、専用のエディタ、コード変換器、ビジュアライザの開発を中心に、ケーススタディを通して必要な言語要素を作成した。

4. 研究成果

本ビジュアルプログラミング言語は、プログラミング学習支援システムにおける教育資料の作成及び各分野における情報資源の表現手法への応用が期待できる。これらの技術の融合に向けてそれぞれのシステムの研究開発を遂行した。研究成果は下記6項目に分類される：

(1) ビジュアルプログラミング環境の開発

本ビジュアルプログラミング言語は、プログラマや学習者が思い描くモデルやアルゴリズムをより直観的・直接的に表現・記述が行えるよう、ピクチャによる拡張文字・動画を基本言語要素とし、アノテーションによるドキュメント化を同時に行えるよう設計された言語である。そのため、プログラムの作成にはテキストエディタではなく、専用のビジュアルエディタ(ブラウザを兼ねたユーザインタフェース)が必要となる。本エディタの開発へ向け、WEBシステムの開発環境を取り巻く技術調査を含めた設計を行い、より簡潔な操作でプログラムが作成できるよう、拡張文字の挿入・補完方法やアノテーションの添付方法を考慮したうえでユースケースを作成し、実装を行った。また、プログラムの入力データ、実行結果及び実行課程のデータを保持するデータ形式を検討し、それらをブラウザ上で可視化するためのライブラリを整備した。

(2) コード変換器の開発

ビジュアルプログラミング言語によるコードから既存のテキストベースの言語(C++11等)のコードへ変換するためのコンパイラの開発を行った。コード変換器はビジュアルプログラミング環境とオンラインジャッジシステムの環境を繋ぐためのAPIの一部として実装された。

(3) 事例研究による言語の拡張

本ビジュアルプログラミングの言語要素拡充のための事例研究を行った。グラフ・ネットワーク、木、メッシュ、数値解析、計算幾何学などの分野を検討し、ケーススタディを通して必要な言語要素、アノテーション、及びテンプレートプログラムを追加作成した。また、ケーススタディとして中規模の数値シミュレーション(3次元流体解析等)に関するプログラムを開発し、ビジュアルプログラミング言語及び環境を拡張し、その簡潔さと性能を評価した。

(4) 教育への応用

本言語の特長がプログラミングの教育においてどのように応用できるかを分析した。具体的には、ビジュアルプログラミング言語の表現手法に含まれる多角的ビュー、ピクチャ、拡張文字、動画、アノテーション、テンプレートプログラムの適時活用が、アルゴリズムやプログラミング言語を学ぶ上で有益であることをユーザビリティテストの分析

を通して示した。

(5) ハイブリッド言語システム開発のためのアーキテクチャ

初等教育の現場でも活用されているように、一般的なビジュアルプログラミング技術はマウスを用いてコーディングが行えるユーザインタフェースを提供する。一方、学習段階を超え実践を見据えたテキストベースのプログラミングへの移行も必須であることから、ハイブリッドなプログラミング環境についても検討してきた。そこで、ビジュアル要素とテキスト要素の両者を用いたシームレスなコーディングを行うことができるハイブリッド言語の開発のための新たなアーキテクチャを提案した。

さらに、ビジュアルプログラミング言語の内部表現を見直し、ビジュアル要素とテキストベースのコードの両者を変更することができるハイブリッドなエディタを開発し、内部形式に対応するようコード生成器を改修した。この改修により、マウスによるコーディングだけでなく、キーボードを主要な入力手段としたビジュアルプログラムの編集が可能となった。

(6) サービス指向アーキテクチャへの変換

従来のWEB技術に基づいたレガシシステムを、APIベースのサービス指向アーキテクチャを基盤とする環境として再構築した。本アーキテクチャは、本研究課題におけるオンラインジャッジとビジュアルプログラミング環境に関する異質のサービスを繋げるだけでなく、第三者が開発する機能を容易に統合することを支援するものである。

上記研究成果により、今後さらに重要視されるプログラミング教育に活用できる新しいビジュアルプログラミング言語及びそのプログラミング環境の開発がより円滑に行えるようになった。一方、昨今のWEB技術における開発言語やフレームワークの急速な技術発展等によってクライアント(ユーザインタフェース)の実装が遅れ、研究期間内に安定したサービスの一般公開には至らなかった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

1. Yutaka Watanobe and Nikolay Mirenkov, Hybrid intelligence aspects of programming in *AIDA, Future Generation Computer Systems, 37, 417-428, 2014, Elsevier Publisher.
2. Yutaka Watanobe, Nikolay Mirenkov and Mirai Watanabe, Educational features of *AIDA programs, Communication in Computer and Information Science, 513, 2015, 162-177.

6 . 研究組織

研究代表者

渡部有隆 (Yutaka Watanobe)
会津大学コンピュータ理工学部
上級准教授
研究者番号 : 30510408

〔学会発表〕(計7件)

1. Yutaka Watanobe, Nikolay Mirenkov and Mirai Watanabe, Adaptation of *AIDA, , 16th IEEE International Conference on Computer and Information Technology.
2. Mirai Watanabe, Yutaka Watanobe and Alexander Vazhenin, Architecture for Hybrid Language Systems, 16th IEEE International Conference on Computer and Information Technology.
3. Mirai Watanabe, Yutaka Watanobe and Alexander Vazhenin, Modeling Tools for Social Coding, International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques.
4. Yutaka Watanobe, Nikolay Mirenkov and Mirai Watanabe, Applying *AIDA programs as educational materials, The 13th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques.
5. Yutaka Watanobe and Nikolay Mirenkov, *AIDA Declaration Supporting Program Compactness, International Joint Conference on Awareness Science and Technology and Ubi-Media Computing.
6. Yutaka Watanobe and Nikolay Mirenkov, Diagram scenes in *AIDA, IEEE International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques.
7. Yutaka Watanobe, Nikolay Mirenkov and Haruo Terasaka, Information resources of *AIDA program, IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing.

〔図書〕(計3件)

1. Yutaka Watanobe, Takuya Akiba, Ozy, Algorithms and Data Structures for Programming Competitions, Mynavi.
2. Yutaka Watanobe, Takuya Akiba, Ozy, Algorithms and Data Structures for Programming Competitions, POST & TELECOM PRESS.
3. Yutaka Watanobe, Introduction to Programming in C/C++ based on Online Judge System, Mynavi.