

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：12608

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21790

研究課題名(和文)多言語・多開発環境に対応する実用的ライブプログラミングシステムの構築手法

研究課題名(英文)Multi-Platform and Ployglot Live Programming Framework

研究代表者

増原 英彦(Masuhara, Hidehiko)

東京工業大学・情報理工学院・教授

研究者番号：40280937

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,700,000円

研究成果の概要(和文)：ライブプログラミング環境の実用化につながるいくつかの方法を提案した。主要な成果は次の通りである。(1)ライブプログラミング環境の多言語化と効率化を達成するために、メタ言語フレームワークを用いた実現方法を提案した。(2)Kanonライブプログラミング環境における可視化機能の高度化で、要素数の多いデータ構造をプログラマにとって意味のある配置ができるアルゴリズムの提案を行った。この他に、(1)コードの閲覧履歴と閲覧者のメモを記録する環境(2)コーディング以前のプログラム設計をブロック型開発環境で支援する環境について、それぞれ初期提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複数の国際会議においてライブプログラミングを中心とした話題を扱うワークショップが継続して開催されているように、この分野に対する注目度は依然として高い。そのような中で、実用性を高める研究の重要性を訴え、実際にいくつかの論文として技術を示すことができたことは学術的に意義があると考えられる。またこの分野では学術的な会議の成果をより実用的な文脈で応用する気運も高いため、今後は社会的な影響を与える可能性も充分にあると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We proposed several methods that make live programming more practical, and achieved the following contributions. (1) We proposed an implementation method based on a meta-language framework in order to support multiple languages and in order to accelerate performance. (2) We proposed a couple of algorithms that enhance visualization in Kanon so that visualization can cope with many data elements, and can give "meaningful" layout to the programmers.

Additionally, we proposed preliminary ideas on (1) an integrated development environment that can link between the code browsing history and developer's memos, and (2) a block-based environment that assist developers and learners to design programs in advanced to coding.

研究分野：プログラミング言語

キーワード：ライブプログラミング 多言語環境 開発環境

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は本研究開始以前よりソフトウェア開発環境に関する研究を行ってきた。主要なものとして大規模なソースコードデータベースから開発者が書くべきコードをリアルタイムで推薦するシステムや、プログラムの詳細な実行履歴を記録し、実行を巻き戻した状態を調査できるデバッガなどがある。これらの研究に共通する背景には、それまで難しかったような量のデータを**計算機能力の向上によって現実的な時間で処理できるようになったことがある。**

ライブプログラミングもまた計算機性能の向上によって現実的になった手法である。特別な工夫のない言語処理系を用いても、今日の計算機環境上での小規模なプログラムのコンパイル時間・実行時間は数百ミリ秒程度しかかからなくなったことで可能になったと言える。

そのような背景の下、応募者は「ライブプログラミングを実用的なソフトウェア開発に用いる」観点で研究を進めてきた。例えば、テスト駆動型開発手法をライブプログラミング環境に取り入れたシステムや、本応募研究の主要テーマにつながる、データ構造の可視化を用いたライブプログラミング環境などである。これらの経験から、現実のソフトウェア開発にライブプログラミングを供するには、環境設計や効率面において多くの研究が必要であることを感じ、本応募研究の提案に至っている。。

2. 研究の目的

近年ライブプログラミング環境が注目されている。これは、プログラマがプログラムを編集すると、即座にその変更されたプログラムの実行結果を見せてくれるようなシステムである。プログラミング教育や芸術(音楽演奏やCG作成をするプログラムを用いた即興上演)分野において応用がはじまっている。

ライブプログラミングの発想は、プログラムの編集操作から結果表示までの時間を短縮しただけである。しかしその時間が一瞬と言えるほど短くなったことにより、プログラマにとってはプログラムを書き換えているにも関わらず、その実行結果を直接書き換えているような感覚を得る。このことは、**将来のプログラミング行為のあり方を革新すると期待させるものである。**

現在のライブプログラミングの適用範囲は自ら画像や音を出力する小規模なプログラムに限られており、**実用的なプログラムに適用するには多くの課題がある。**例えば内部で複雑なデータ構造を操作したり、複雑な計算過程を経るプログラムの場合、そのデータ構造や計算過程を表示するように予めプログラムされていない限りはライブプログラミングを使う意味がない。また、多数のモジュールから構成された大規模なプログラムに適用した場合は、再実行の時間は無視できなくなる。

そこで本研究では、**実用的なプログラムにライブプログラミングを適用する際に生じる問題に焦点を当て、それらを解決してゆくことを目的とする。**

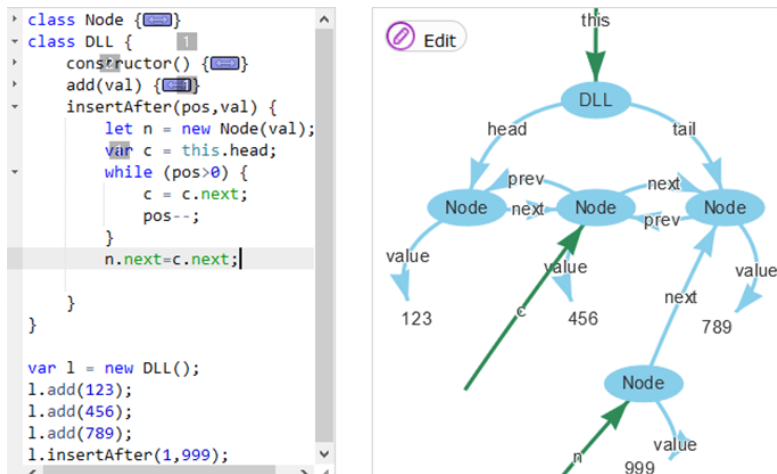


図1 Kanon の実行画面

3. 研究の方法

これまでに応募者はデータ構造の可視化を行うライブプログラミング環境 Kanon の試作しているので、この環境を拡張する形で研究を進める。右は Kanon の実行画面である。左側が編集中的 Javascript プログラムで、右側はそのプログラムが生成するデータ構造が Kanon によって自動的に可視化された結果である。他のライブプログラミング環境と同様に、プログラムが編集されると即座に右側の構造図が更新される。

以下で年次ごとの研究内容を説明する。**初年度**は、データ構造の可視化とモジュール機構について取り組む。

実用的なプログラムにライブプログラミングが適用可能となるための鍵は、「プログラマが頭に思い浮かべる図」を自動的に表示する点にある。現在の Kanon では上述の画面表示にあるような構造図を得るためには人手による再配置が必要であるため、**データの参照関係から適切な配置を求める手法を提案**する。基本構造としてリスト構造と木構造を仮定し、生成されたデータ中で該当する部分を推論する。その部分に対して配置に関する制約式を生成し、それを制約解消系によって解いて配置を決定する。研究は増原が担当し、大規模グラフ可視化を専門とする脇田の助言を得る。

モジュール機構については、**モジュールを単位として、再処理・再実行範囲を限定する手法を提案**する。現在の Kanon はプログラムが変更される度にプログラム全体を変換処理して再実行しているため、大規模なプログラムへの対応は難しい。そこでモジュール間の依存関係を解析し、不要な再変換・再実行を避ける方法を確立する。最初は Featherweight Java に基づいた計算系を定義し、プログラム変更に対する影響範囲を理論化する。それをを用いて Kanon を拡張し、複数クラスによるモジュール開発を可能にする。研究は青谷が担当する。

2年度以降は、**データ構造可視化手法**については利用者実験による評価を行い、プログラマによって図の配置をカスタマイズする方法、またプログラマの注視部分に表示範囲を限る方法を提案する。

基本の配置方法は、典型的なデータ構造しか想定していないため、複雑なデータ構造に対しては適切な配置を与られなかったり、表示が複雑になり過ぎてしまうと予想される。それに対して (a) プログラマが定義するデータ構造に、配置方法に対する指示を追加できる API を用意すること、(b) プログラムの編集操作から注目すべき部分データ構造を推定し、表示範囲を限定する方法を提供する等を行う。この部分は増原が引き続き担当し、利用者実験、配置カスタマイズ部分の設計に関してそれぞれ加藤、Khatchadourian から助言を受ける。

再実行の効率化については、実行履歴を用いた命令単位の再実行効率化手法を提案する。現在の Kanon では、プログラム実行途中のデータ構造の状態を表示するために、詳細な実行履歴を記録している。これを拡張してデータと実行された命令の依存関係を保持することで、プログラムが編集された場合に、変更の影響を受けなかった部分の再実行を命令単位で省略することが可能にする。この部分は櫻井が主に担当し、Kanon での実現を増原が行う。

4. 研究成果

ライブプログラミング環境の実用化につながるいくつかの方法を提案した。主要な成果は次の通りである。(1) ライブプログラミング環境の多言語化と効率化を達成するために、メタ言語フレームワークを用いた実現方法を提案した。(2) Kanon ライブプログラミング環境における可視化機能の高度化で、要素数の多いデータ構造をプログラマにとって意味のある配置ができるアルゴリズムの提案を行った。

この他に、(1) コードの閲覧履歴と閲覧者のメモを記録する環境 (2) コーディング以前のプログラム設計をブロック型開発環境で支援する環境について、それぞれ初期提案を行った。

複数の国際会議においてライブプログラミングを中心とした話題を扱うワークショップが継続して開催されているように、この分野に対する注目度は依然として高い。そのような中で、実用性を高める研究の重要性を訴え、実際にいくつかの論文として技術を示すことができたことは学術的に意義があると考えられる。またこの分野では学術的な会議の成果をより実用的な文脈で応用する気運も高いため、今後は社会的な影響を与える可能性も充分にあると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takahashi Shusuke, Izawa Yusuke, Masuhara Hidehiko, Cong Youyou	4. 巻 30
2. 論文標題 An Approach to Collecting Object Graphs for Data-structure Live Programming Based on a Language Implementation Framework	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 451 ~ 463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2197/ipsjip.30.451	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Taniguchi Rikito, Masuhara Hidehiko	4. 巻 -
2. 論文標題 CodeMap: A Graphical Note-Taking Tool Cooperating with an Integrated Development Environment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 8th Programming Experience Workshop (PX/22)	6. 最初と最後の頁 54-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3532512.3535225	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Izawa Yusuke, Masuhara Hidehiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Amalgamating different JIT compilations in a meta-tracing JIT compiler framework	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 16th ACM SIGPLAN International Symposium on Dynamic Language (DLS'20)	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3426422.3426977	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Junya Nose, Youyou Cong, and Hidehiko Masuhara
2. 発表標題 Design with blocks, code in text: A hybrid environment for program design recipe
3. 学会等名 Scheme Workshop 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 能勢純弥, 増原英彦, 叢悠悠
2. 発表標題 デザインレシピに基づいた初学者のための学習環境
3. 学会等名 第24回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ(PPL2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋修祐, 伊澤侑祐, 増原英彦, 叢悠悠
2. 発表標題 データ構造ライブプログラミングのための言語実現フレームワークに基づくオブジェクトグラフ収集手法
3. 学会等名 情報処理学会第136回プログラミング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋修祐, 伊澤侑祐, 増原英彦, 叢悠悠
2. 発表標題 言語実現フレームワークに基づく汎言語的オブジェクトグラフ収集手法
3. 学会等名 情報処理学会第135回プログラミング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hidehiko Masuhara, Shusuke Takahashi, Yusuke Izawa, and Youyou Cong.
2. 発表標題 Toward a multi-language and multi-environment framework for live programming.
3. 学会等名 The 2020 Workshop on Live Programming (colocated with SPLASH 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Junya Nose, Youyou Cong, and Hidehiko Masuhara.
2. 発表標題 Designing a programming environment based on the program design recipe.
3. 学会等名 Scheme and Functional Programming Workshop (Scheme 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Junya Nose, Youyou Cong, and Hidehiko Masuhara.
2. 発表標題 Toward automated feedback in HtDP-based programming: A DSL-based approach.
3. 学会等名 the International Workshop on Trends in Functional Programming in Education (TFPIE 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Izawa, Hidehiko Masuhara, and Youyou Cong.
2. 発表標題 An interpreter design for supporting different JIT compilations in RPython framework.
3. 学会等名 The 23rd JSSST Workshop on Programming and Programming Languages
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shusuke Takahashi, Yusuke Izawa, Hidehiko Masuhara, and Youyou Cong.
2. 発表標題 汎言語的ライブプログラミング環境のためのデータ構造解析手法.
3. 学会等名 第23回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ(PPL2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junya Nose, Youyou Cong, and Hidehiko Masuhara.
2. 発表標題 デザインレシピに基づいたプログラミングための開発環境の構築に向けて.
3. 学会等名 第23回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ(PPL2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Ogushi and Hidehiko Masuhara.
2. 発表標題 ライブデータ構造プログラミングの大規模データ利用のための改善.
3. 学会等名 第23回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ(PPL2021)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Kanonライブプログラミング環境 https://github.com/prg-titech/Kanon
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------