

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 31 日現在

機関番号：12201  
 研究種目：挑戦的萌芽研究  
 研究期間：2009～2011  
 課題番号：21656025  
 研究課題名（和文）偏微分方程式問題解決シミュレーションプログラム生成支援環境の研究  
 研究課題名（英文）PSE (Problem Solving Environment) for Partial Differential Equation based Problems  
 研究代表者  
 川田 重夫 (KAWATA SHIGEO)  
 宇都宮大学・工学研究科・教授  
 研究者番号：30150296

## 研究成果の概要（和文）：

計算科学において問題解決環境(PSE(Problem Solving Environment))の研究が進展している。本研究ではまず、偏微分方程式問題に限ることで、問題に対応するプログラム生成支援が可能であることを示した。様々な PSE が開発されるに伴い、PSE 開発が多大な労力とコストを必要とするようになった。そこで、次に PDE（偏微分方程式）問題解決やプログラミング教育支援などに分野を限ることで、PSE 開発そのものを支援するための PSE の研究を行った。PDE 問題用 PSE 等をモジュール化し、共通に使えるモジュール部品の組み合わせで、新たな PSE を構築支援するメタ PSE(PSE Park)を研究した。

## 研究成果の概要（英文）：

In computing science and engineering, a new research area of PSE (Problem Solving Environment) has emerged to support programming power. First we have studied a PSE for PDE (Partial Differential Equation) based problems, and it was found in this study the programming power could be well supported in the PSE for PDE based problems. PSEs for a specific purpose can be designed and works well, if the specific purpose is well limited. During the study for PSEs, we found that each different PSE has some common modules with other PSEs. So we have studied further on a meta PSE, in which a new PSE could be composed by a combination of legacy components.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,400,000	0	1,400,000
2010 年度	800,000	0	800,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			0
年度			0
総計	3,100,000	270,000	3,370,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：応用物理・工学基礎

キーワード：シミュレーション工学, PSE(問題解決環境), 計算科学

## 1. 研究開始当初の背景

| 計算科学・工学において必要な計算機とア

ルゴリズムの発展には目覚ましいものがある。しかし、それらに加えて計算科学やシミュレーションにおいて必要なプログラミングパワーの進展は遅々としていた。問題解決環境(PSE (Problem Solving Environment))と呼ばれる分野が、このプログラミングパワーを発展させることを狙って発展しつつあった。プログラミングを自動生成あるいは生成支援できないか、あるいは特定の目的に対応するユーザーフレンドリーな環境を提供できないだろうかという要望が高まっていた。同時に、PSE の一種である MAPLE や MATLAB などの数式処理ソフトウェア等が市販され広く使われるようになってきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、偏微分方程式問題に対象を限ることで、プログラミングに必要なタスクのうち機械化できるところを取り出し、その自動化を目指すことを目的とした。偏微分方程式問題 PSE の可能性の研究と構築を目指した。

## 3. 研究の方法

偏微分方程式の基礎式や境界及び初期条件を含む問題記述から、それに対応したプログラムを用意し、問題からプログラムまでのプロセスを詳細に調査した。その過程のうち機械化できるところをすべて洗い出し、PSE ソフトウェアとして実現可能性を検討し、記号処理他を用いて、式の離散化、式整理、プログラムの設計とプログラムの生成を実現した。プログラムスタイルにはある程度の制約をもうけることで、機械化を実現した。一方、平行してプログラミング教育を支援するための PSE も開発し、学習者の習熟度等を機械的に取得する手法等を開発した。次にこれらの PSE を開発することで、性質の違う PSE 間においてもある程度の共通性のある部分が有ることもわかった。そこで、次に PSE のコンポーネントの群れを用意することで、新たな PSE の構築を支援するメタ PSE とも呼ぶべきシステムの可能性に思い至った。そこで、メタ PSE をクラウド上に構築し、PSE コンポーネントが多数用意されればそれらの組み合わせで要求する新たな PSE の構築を支援することも可能であることを示した。

## 4. 研究成果

本研究で得られた主な成果をまとめると、以下の二つである。1) 対象とする問題を限ることでその問題に専用の PSE は構築可能であること。その PSE の構築には、多大の労力と時間が必要であることも。しかも問題ごとにその問題の専門家と PSE を構築するプログラムの専門家とで共同で PSE を開発する必要が有ることもわかった。2) そのため、新たな

PSE を構築すること自身を支援することも考えることも重要であることに気づいた。一方、本研究で複数の PSE を実際に研究開発してみて、対象とする問題領域が異なっているにもかかわらず、ある程度の共通する点があることも見つかった。このことから、共通となる PSE のコンポーネントを用意することで、それらを組み合わせ新たな PSE を構築することを支援することも可能であることがわかった。PSE park というメタ PSE とも言うべきシステムを開発した。

図 1 には PDE 問題用の PSE の構成を示す。微分方程式等の偏微分方程式問題を入力とし、プログラムを出力として出す。離散化や数式処理を行うモジュールやプログラムを設計し生成するモジュール等をネットワーク上に配置し、分散環境上で動く PDE 問題に対応した PSE (問題解決環境)である。

この PDE 用 PSE の他に、プログラミング教育を支援することを目指した PSE の開発も平行して行うことができた。学生のコンピュータに監視ソフトウェアを配置し、学生の気触りのデータやプログラム作成実習中のエラー発生状況等を自動的にデータ収集し、教師にそのデータを開示し効果的な指導に結びつけることが可能になった。

これらの PSE を開発すること及び他の PSE システムを調べることで、性質の異なる PSE においても共通する機能のモジュールが存在することもわかった。この点を利用し、多くの PSE 部品が存在した場合にそれらをつなげることで新たな PSE を構築支援できる可能性が広がった。そのために各コンポーネントの入力と出力形式を統一した。既に過去に開発されたレガシーモジュールの場合は、ラッピングを支援する機能も開発し、再利用できるようにした。こうして PSE そのものの構築を支援するメタ PSE の研究を行い、PSE Park

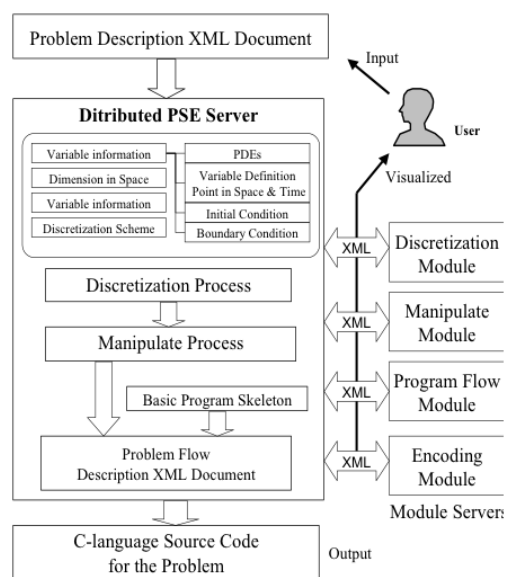


図 1 Distributed-PSE work flow

として開発を行った。

図2にはメタPSEとして研究したPSE Parkを構成するエンジンの概念図を示す。PSEを構成する一つ一つの機能をCOREとしている。COREのつながりがCoreMapと呼ばれるPSEそのものである。このようにPSEを構築支援している。メタPSEが構築可能であることがわかる。

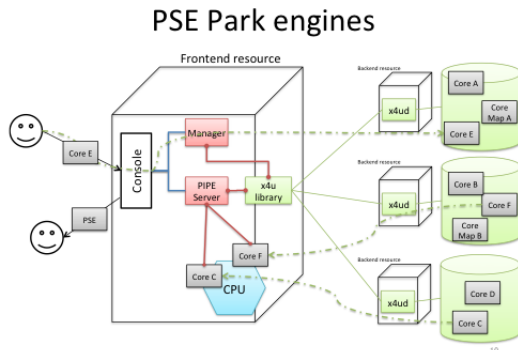


図2 PSE Park のエンジン. CoreがPSEの一機能を荷なう。機能のつながりであるCore mapがPSEを表し、ユーザはコンソールからモジュールであるCoreをつないでPSEを構築し、利用する。

#### 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 5 件)

1. H. Kanazawa, N. Onishi, Y. Mizusawa, T. Tsunekawa, H. Usami: J. Convergence Information Technology, 5, (2011) pp.152-163. 査読有
2. H. Kobashi, S. Kawata, Y. Manabe, M. Matsumoto and H. Usami: “PSE (Problem Solving Environment) Park Engines Toward A Meta-Pse On Cloud In Scientific Computing”, J. Convergence Information Technology, 6, (2011) pp.141-154. 査読有
3. H. Kobashi, S. Kawata, Y. Manabe, M. Matsumoto, H. Usami, D. Barada: “PSE Park: Framework for Problem Solving Environments”, J. Convergence Information Technology, 5(2010) pp.225-239. 査読有
4. S. Kawata: “Review of PSE (Problem Solving Environment) Study”, J. Convergence Information Technology, 5 (2010) pp.204-215. 査読有
5. T. Teramoto, T. Okada, S. Kawata: “An Education-Spport PSE System: TSUNA-TASTE”, J. Convergence Information Technology, 4 (2010)

pp.216-224. 査読有

[学会発表] (計 13 件)

1. H. Kobashi, S. Kawata, Y. Manabe, M. Matsumoto and H. Usami: “Implementation of the job execution function in PSE Park”, 6<sup>th</sup> Int. Conf. on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011), Jeju Island, Korea, Nov. 29-Dec.1, (2011).
2. T. Teramoto, A. Onishi and S. Kawata: “A Programming Education-Support PSE System on TSUNA-TASTE”, 6<sup>th</sup> Int. Conf. on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011), Jeju Island, Korea, Nov. 29-Dec.1, (2011).
3. 小橋博道, 海老原龍夫, 石原隆, 寺元貴幸, 松本正己, 早勢欣和, 真鍋保彦, 宇佐見仁英, 川田重夫: 「問題解決環境のフレームワーク (PSE Park)」, 第16回日本計算工学会講演会, 平成23年5月25日-26日, 東京大学柏キャンパス, 計算工学会講演会講演集, 16(2011)F-7-5, pp.1-4.
4. 海老原龍夫, 小橋博道, 寺元貴幸, 石原隆, 松本正己, 早勢欣和, 真鍋保彦, 宇佐見仁英, 川田重夫: 「問題解決環境のフレームワーク (PSE Park)における一機能の開発」, 第16回日本計算工学会講演会, 平成23年5月25日-26日, 東京大学柏キャンパス, 計算工学会講演会講演集, 16(2011)F-7-3, pp.1-4.
5. 真鍋保彦, 宇佐見仁英, 川田重夫: 「植物工場のためのPSE」, 第16回日本計算工学会講演会, 平成23年5月25日-26日, 東京大学柏キャンパス, 計算工学会講演会講演集, 16(2011)F-6-3, pp.1-2.
6. 石原隆, 海老原龍夫, 小橋博道, 茨田大輔, 川田重夫, “科学技術シミュレーション支援環境構築システムPSE Parkのナビゲーション機能”, 第1回電気学会東京支部栃木・群馬支所合同研究発表会, 平成23年3月3日(木)足利工業大学にて, ETT-10-41, (2011)pp. 98-100.
7. H. Kobashi, S. Kawata, Y. Manabe, M. Matsumoto, H. Usami, D. Barada: “A Meta Problem Solving Environment (PSE)”, 5<sup>th</sup> Int. Conf. on Computer Sciences and Convergence Information Technology. (ICCIT2010), Seoul, Republic of Korea, Nov. 30-Dec. 2, 1, pp. 253-259, (2010).
8. 小橋博道, 真鍋保彦, 松本正己, 宇佐見仁英, 川田重夫, 「PSE ParkにおけるPIPE Serverの開発」計算工学講演会論文集, 15, (2010年5月28日, 九州大学医学部

- 百年講堂) pp.1031-1034.
9. 寺元貴幸, 大西淳, 岡田正, 川田重夫, 「プログラミング教育におけるアルゴリズム可視化とアドバイスシステムに関する考察 II」, 計算工学講演会論文集, 15, (2010年5月28日, 九州大学医学部百年講堂) pp.1039-1040.
  10. H. Kobashi, S. Kawata, Y. Manabe, M. Matsumoto and H. Usami: “PSE Park: a framework to construct Problem Solving Environments”, 第12回問題解決環境ワークショップ, 2009年9月14日-15日, 長崎大学にて, 第12回問題解決環境ワークショップ論文集, (2009) pp. 35-40.
  11. 小橋博道, 真鍋保彦, 松本正己, 宇佐見仁英, 川田重夫, 「偏微分方程式問題のための数値シミュレーション言語の開発」, 第14回計算工学講演会, (May.13), 東京大学生産技術研究所, 2009年5月12日-14日, 計算工学講演会論文集, 14 (2009) p. 2085.
  12. 寺元貴幸, 大西淳, 岡田正, 川田重夫, 「プログラミング教育におけるアルゴリズム可視化とアドバイスシステムに関する考察」, 第14回計算工学講演会, (May.13), 東京大学生産技術研究所, 2009年5月12日-14日, 計算工学講演会論文集, 14, 2 (2009) p.2085.
  13. S.Kawata: “Problem Solving Environment in Scientific Computing”, 4th Int. Conf. on Computer Sciences Convergence Information Technology (ICCIT2009), (11/24), Keynote, Seoul Olympic Parktel, Republic of Korea, Nov.24-26, (2009). 国際会議基調講演

[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

<http://www.ee.utsunomiya-u.ac.jp/~kawatala/b/pse/psetop.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

川田 重夫 (KAWATA SHIGEO)  
 宇都宮大学・工学研究科・教授  
 研究者番号 : 30150296

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

### (3) 連携研究者

宇佐見 仁英 (USAMI HITOHIDE)  
 玉川大学・学術研究所・教授 (国立情報学研究所・客員教授)  
 研究者番号 : 50390604

松本 正己 (MATSUMOTO MASAMI)  
 米子工業高専・電気情報工学科・教授  
 研究者番号 : 90209651

寺元 貴幸 (TERAMOTO TAKAYUKI)  
 津山工業高専・情報工学科・准教授  
 研究者番号 : 30237010

早勢 欣和 (HAYASE YOSHIKAZU)  
 富山工業高専・電子制御工学科・准教授  
 研究者番号 : 60238144

真鍋 保彦 (MANABE YASUHIKO)  
 沼津工業高専・電気電子工学科・講師  
 研究者番号 : 10300584

茨田 大輔 (BARADA DAISUKE)  
 宇都宮大学・工学研究科・助教  
 研究者番号 : 80400711