

第 14 回  
問題解決環境ワークショップ論文集  
The 14th Problem Solving Environment Workshop'11

平成 23 年 9 月 5 日～6 日

主催 村田 忠彦

PSE 研究会

## 目次

第14回 PSE ワークショップ 2011 開催にあたって .....	3
第14回 PSE ワークショップ プログラム .....	4
単純な Web ベースエージェント集団の振る舞い	
-早勢 欣和 .....	5
プログラミングコンテスト競技部門「よみがえれ, 世界遺産」における対戦システムの構築	
-寺元 貴幸, 松野 良信, 中道 義之, 奥田 遼介, 小保方 幸次, 千田 栄幸, 井上 泰仁, 川田 重夫 .....	9
政策研究向けインターネット調査システムの設計と実装	
-蟻川 浩, 曹 陽, 松本 茂 .....	13
ヘテロな環境に対応した並列プログラミング	
-日置 慎治 .....	19
科学技術シミュレーション問題解決環境支援のためのフレームワーク (PSE Park) の開発	
-海老原 龍夫, 小橋 博道, 石原 隆, 寺元 貴幸, 松本 正己, 早勢 欣和, 眞鍋 保彦, 宇佐見 仁英, 川田 重夫 .....	21
電力消費を意識したコンピュータ実習の代替環境	
-前田 太陽 .....	25
植物工場のための問題解決環境	
-眞鍋 保彦, 宇佐見 仁英, 川田 重夫 .....	27
資格マッチングによる起業支援システムの構築	
-森本 吾一, 村田 忠彦 .....	31
三次元立体ディスプレイを用いた EV シミュレーション支援環境の構築	
-松本 正己 .....	37
レンダリング画像のボリューム化とその応用に関する研究	
-宮地 英夫 .....	41

## 第14回PSEワークショップ2011開催にあたって

今年は、3月に発生した東日本大震災の影響を受け、様々なイベントの中止や延期が相次ぐ中、皆様のご支援とご協力のもと、PSE (Problem Solving Environment (問題解決環境)) ワークショップを開催することができ、心より御礼申し上げます。本ワークショップでは、招待講演、特別報告、10件の一般発表を企画しております。

招待講演として、大阪府立大学大学院工学研究科の中島智晴先生に、「エージェントコンペティションと計算知能」と題して、計算知能を活用したエージェントコンペティションの現状をご講演いただきます。また、特別報告として、玉川大学の宇佐見仁英先生、富士通株式会社の大西尚樹氏に、「e-Scienceプロジェクトの概要と実証実験」と題して、2011年6月にTOP500の一位を獲得した京速コンピュータ「京」を含むわが国の次世代計算環境を活用するためのe-Scienceプロジェクトの現状をご報告いただきます。

10件の一般発表で取り扱われる内容は、シミュレーション支援、教育支援、社会科学支援、協調環境など、様々な分野へと広がりを見せています。質疑や懇親会での参加者の皆様の活発な議論を楽しみにしております。

最後に、HP作成を始め、論文集の編纂など、事務局として活躍してくださった宇都宮大学 川田研究室の海老原龍夫氏、石原隆氏に感謝します。

平成23年9月5日

村田 忠彦

関西大学 総合情報学部

第14回PSE ワークショップ組織委員会

宇佐見仁英、梅谷征雄、門岡良昌、川田重夫、小島義孝、寺元貴幸、丹羽量久、早勢欣和、茨田大輔、日置慎治、前田太陽、松本正己、眞鍋保彦、宮地英生、村田忠彦、Soonwook Hwang

第14回 PSE Workshop プログラム  
会場：関西大学高槻ミューズキャンパス

9月5日(月)

12:30～	受付開始	
12:55～13:00	開会の辞	村田 忠彦(関西大学)
13:00～14:30	セッション1	
	単純な Web ベースエージェント集団の振る舞い	早勢 欣和(富山高等専門学校)
	プログラミングコンテスト競技部門「よみがえれ、世界遺産」における対戦システムの構築	寺元 貴幸(津山工業高等専門学校)
	政策研究向けインターネット調査システムの設計と実装	蟻川 浩(奈良産業大学)
14:30～14:50	休憩	
14:50～16:10	招待講演	座長：村田 忠彦(関西大学)
	エージェントコンペティションと計算知能	中島 智晴(大阪府立大学)
16:10～16:30	休憩	
16:30～17:30	特別報告	座長：川田 重夫(宇都宮大学)
	e-Science プロジェクトの概要と実証実験	宇佐見 仁英(玉川大学) 大西 尚樹(富士通)
18:00～	懇親会	

9月6日(火)

9:00～11:00	セッション2	
	ヘテロな環境に対応した並列プログラミング	日置 慎治(帝塚山大学)
	科学技術シミュレーション問題解決環境支援のためのフレームワーク(PSE Park)の開発	海老原 龍夫(宇都宮大学)
	電力消費を意識したコンピュータ実習の代替環境	前田 太陽(埼玉工業大学)
	植物工場のための問題解決環境	眞鍋 保彦(沼津工業専門学校)
11:00～11:10	休憩	
11:10～12:40	セッション3	
	資格マッチングによる起業支援システムの構築	森本 吾一(関西大学)
	三次元立体ディスプレイを用いた EV シミュレーション支援環境の構築	松本 正己(米子工業高等専門学校)
	レンダリング画像のボリューム化とその応用に関する研究	宮地 英夫(サイバネットシステム)
12:40～12:45	次回 PSE ワークショップ開催案内	川田 重夫(宇都宮大学)
12:45～12:50	閉会の辞	

# 単純なWebベースエージェント集団の振る舞い

## BEHAVIOR OF SIMPLE WEB BASED AGENTS GROUP

早勢欣和

Yoshikazu Hayase

富山高等専門学校 電子情報工学科 (〒933-0293 富山県射水市海老江練合 1-2, hayase@nc-toyama.ac.jp)

This paper describes about PSE that is constructed using cooperation of simple Web based agents group which process on one or more servers for users to concentrate on a problem solving. A behavior of one simple Web based agent is predictable about, because a simple Web based agent carries out only simple processing respectively. However, behaviors by cooperation of two simple Web based agents become less simple. Furthermore, behaviors by cooperation of some simple Web based agents are complicated. This paper considers behavior of simple Web based agents group seen when some simple problems were solved.

**Key Words:** web-based PSE, distributed processing, agent

### 1. はじめに

アプリケーション間の連携処理を行うことで問題を解決するといった環境は、ネットワークに接続されている複数のWebサーバを用いることで比較的安易に構築することができる。しかし、Webサーバの多くは、単一の処理のみではなく並行して様々な処理が行われているのでCPUやNICの負荷状況は常に変化している。このため、Webサーバの処理応答時間にばらつきが生じてしまう。また、インターネットの通信品質は必ずしも安定していないのが現状であり、たとえLAN環境であっても、時間帯によって接続ノード数が増えるなど、トラフィックが変動する要因は多い<sup>1,2)</sup>。このようにWebサーバによる連携システムは通信の不確実性を内包するので、高精度や高速度が要求される数値計算などで利用するには技術的な対策を行うことが必要だと考えられる。

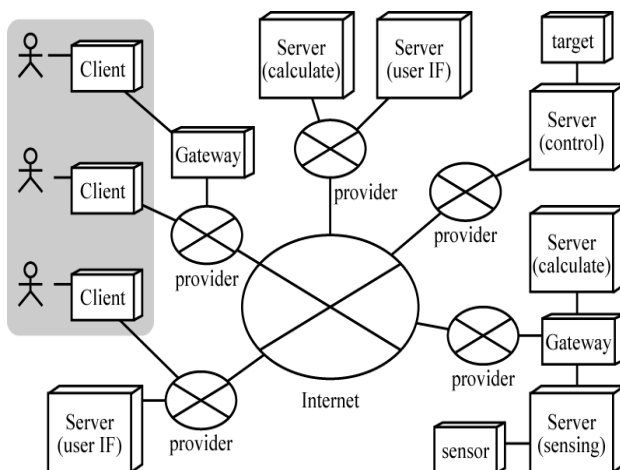


図 1 インターネットにおける連携処理環境例

ところが、この環境に対して技術的な改善をすることなくそのままに、単純な処理のみを行うWebベースエージェントを配置すると、システム環境の不確実性から明白であると考えられるが、各エージェントの振舞いは複雑になる。これまで、この複雑な振舞いを示すことをシステムの特徴とする分散Webサーバ連携によるPSEを提案し、その適用事例について報告してきた<sup>3,4)</sup>。今回は、これまでより多数のエージェントによる集団としての振舞いについて検討を行う。

### 2. 単純なWebベースエージェント連携PSE環境

#### 2.1. ネットワーク構成

単純なWebベースエージェント集団の振舞いを検証するために、図2のように学内LANに接続された演習室内のPC50台を用いてシステムを構築した。

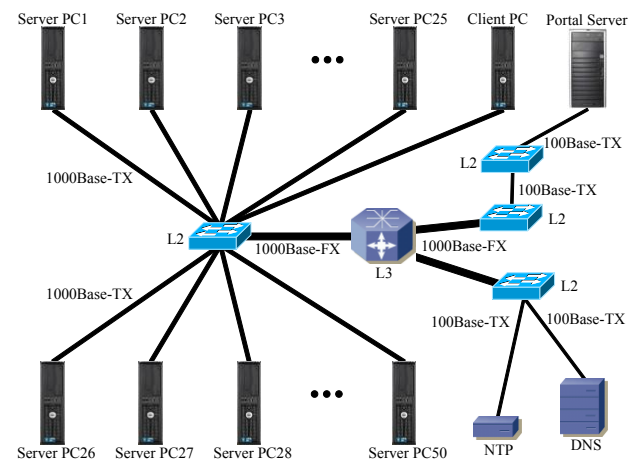


図 2 分散 Web サーバ連携システム構成概念図

## 2.2. 分散 Web サーバ連携システムスペック

各コンピュータのスペックを以下に示す.

### 【Server PC 1-50】

- Hardware
  - CPU: Intel® Core™ 2 Duo E8400 3.00GHz
  - Memory: 4GB
  - NIC: 1000Base-TX
- Software
  - OS: Ubuntu 11.04 (2.6.38-10-server x86\_64)
  - Web: Apache/2.2.17 (Ubuntu)
  - PHP: 5.3.5-1ubuntu7.2
  - Pear: HTTP\_Request

### 【Client PC】

- Hardware
  - CPU: Intel® Core™ 2 Duo E8400 3.00GHz
  - Memory: 4GB
  - NIC: 1000Base-TX
- Software
  - OS: Windows 7 (32BIT)
  - Web: Internet Explorer8

### 【Portal Server】

- Hardware
  - CPU: AMD Athlon™ 64 3500+ 2.2GHz
  - Memory 8GB
  - NIC: 1000Base-TX
- Software
  - OS: Ubuntu 10.04.1 (2.6.32-33-server x86\_64)
  - Web: Apache/2.2.14 (Ubuntu)
  - PHP: 5.3.2-1ubuntu4.9
  - Pear: HTTP\_Request

学内LANの基幹はGigabitで構成され、ServerおよびClientの各PCが設置されている演習室もGigabitで構成されている。学内LANには多数のコンピュータ・ネットワーク機器が接続されている。

## 2.3. サーバ間応答距離の不確定性

単純な複数のエージェントによる連携処理で用いるWebサーバ間の応答距離をTCP httpポートへpingをかけた際の応答時間(RTT: Round Trip Time)の値とする。理想的なコンピュータ・ネットワーク環境であれば、スペックに応じた一定の応答距離が測定されると考えられる。しかし実際には分散Webサーバ間の応答距離は一定ではなく、いろいろな要因によって、かなりのバラツキが生じてしまう。ときには極端に応答が悪くなることもあり、コンピュータ・ネットワークの利用状況によってはタイムアウトになってしまうこともある<sup>5)</sup>。

## 3. 不確定性を示す分散Webサーバ連携PSE

### 3.1. 分散 Web サーバへの単純なエージェント配置

単純な戦略に基づいて値を決定し-1または1のいずれかの値を保持するといったエージェントについて考える。同一の戦略を用いる2つのエージェントを用意し、他のエージェントと同じ値となる(non zero sum), あるいは異なる値となる(zero sum)ことを目的とした場合の振舞いについて検討する。任意の時刻における各エージェントの値を  $A_0(t)$ ,  $A_1(t)$  で表すとすると, zero sumでの戦略は  $A_0(t) = -A_1(t)$ ,  $A_1(t) = -A_0(t)$  となるが, 各エージェントの初期値が  $A_0(t_0) = A_1(t_0)$  と等しいとき, 計算をいくら繰り返しても目的を達成することができない。しかし, このエージェントを2台のWebサーバにそれぞれ1つずつ配置した場合は, サーバ間応答距離のわずかな変化が処理の順番に影響することで目的を達成することができる。

### 3.2. 応用としての4彩色問題解決への適用

4彩色問題は, マップの各領域を隣接する箇所で色が重ならないよう塗り分ける問題である。この解法として, 例えば分枝限定解法やニューラルネットワークを用いたものが提案されている<sup>6,7)</sup>が, 単純なWebベースエージェント連携による問題解決環境を用いることでも図4のようなマップに対しても解を得ることができる<sup>8,9)</sup>。

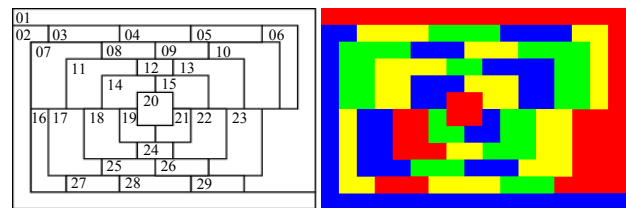


図 3 4彩色問題のマップとその解の例

今回は, 図5のように振舞うPHPで記述されたエージェントプログラムをマップの領域毎に各分散Webサーバ(Server PC1~Server PC29)に配置した。各エージェントはそれぞれ独立して機能し, 非同期で連携しあって処理を行う。隣接領域で全色が使用されている場合は色の選択候補が無いことになるが, 例えば色表をもとに現在の色の次のものとするなどの戦略を組み込む。

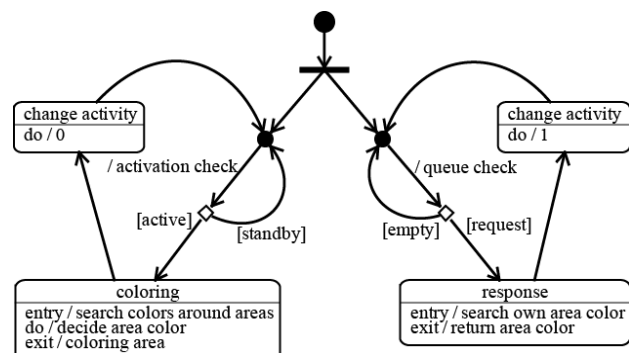


図 4 4彩色問題のために用いたエージェント仕様

#### 4. Webベースエージェントの振舞い

##### 4.1. データ非保存問題における動作事例

複数の単純なWebベースエージェント集団の連携処理における振舞いを検討するために、エージェントを64個、256個、1,024個、4,096個のそれぞれについて動作試験を行った。各エージェントは隣接する小領域の色情報を集め、最も多くの領域を占めている色に自身の値を変更するといった単純な処理を行う。なおドメインにおけるデータの保存は行わない。なお今回は常に活性化した状態として連携処理を行わせ続けた。

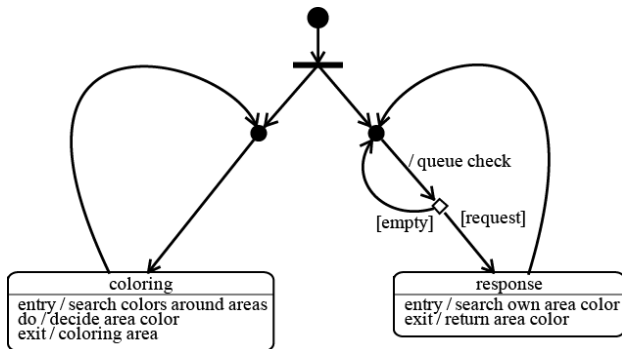


図 5 振舞い検証試験のためのエージェント仕様

小領域毎にエージェントを配置するが、このときの初期値は乱数を用いて無作為に設定した。

$$A_i(0).color = rand() \% 4 \quad (1)$$

この初期状態から各エージェントをほぼ一斉に活動させ収束した状態の結果を確認した。

$$A_i(step + 1).color = \max(colorAround(A_i(step))) \quad (2)$$

64個のエージェント集団の振舞い検証の試行におけるうち8回のものについて図6に示す(8×8の小領域)。左側部は試行における1step, 6step...と5step毎の領域の変化、右端のものは収束状態である。

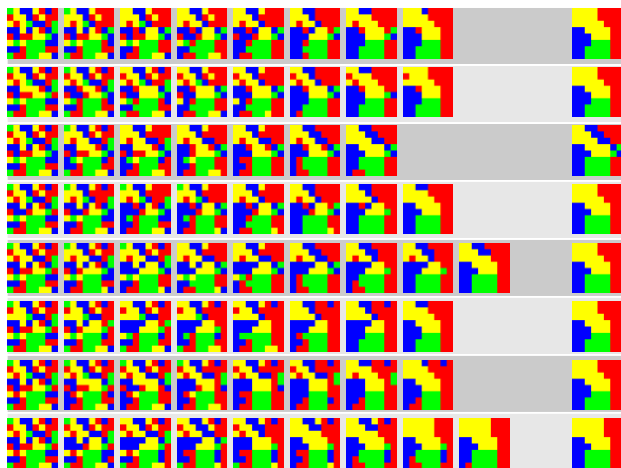


図 6 振舞い検証試験結果の一例

次に、Webベースエージェントを配置し、非同期の連携処理を行った場合の振舞いについて、4彩色問題に適用した際の事例を確認する。この問題でもエージェントを領域ごとに配置したが、初期値は全て同じ色からはじめ、隣接する領域にあるものとの連携処理を行わせた。このときのエージェントデータ構造を図7に示す。色情報に加え隣接領域エージェント名、色決定処理で選択できるものがない場合に用いる<strategy />などの情報が含まれる。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<four-color>
  <agent>
    <name>01</name>
    <server>hadjet.toyama-cmt.ac.jp</server>
    <color>0</color>
    <link>02</link>
    <link>03</link>
    <link>04</link>
    <link>05</link>
    <link>06</link>
    <link>10</link>
    <link>23</link>
    <link>29</link>
    <strategy>($color + 1) % 4</strategy>
    <activity>1</activity>
  </agent>
</four-color>
```

図 7 エージェントデータ構造

各エージェントの<activity />の値が1のとき活性化していることを表す。このとき先ず担当領域の色を決定するための処理を行い、次に<activity />の値を0として停止する。なおエージェントの活性化は他のエージェントからの色情報収集のアクションで行われる。図4の例題で用いた29個の各エージェントの<value />の値の時系列変化を図8に示す。いずれかのエージェントが変化するときを1stepとした5,000stepまでをプロットした。この試行の際には各エージェントは色変更の際の決定のための<strategy />において疑似乱数を用いるといったことをしていないが、変化の過程は不規則なものとなっている。

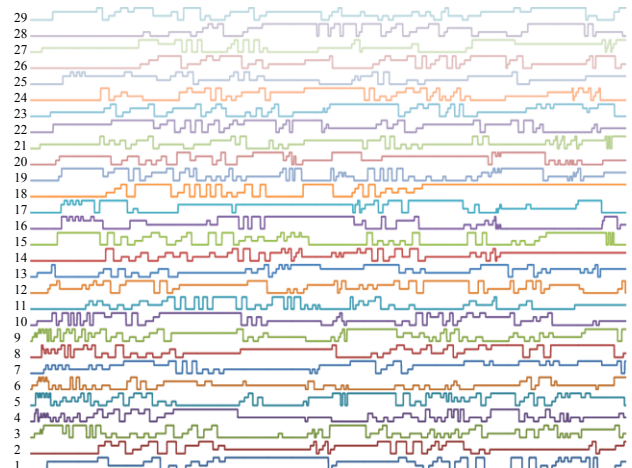


図 8 4彩色問題における各エージェントの変化

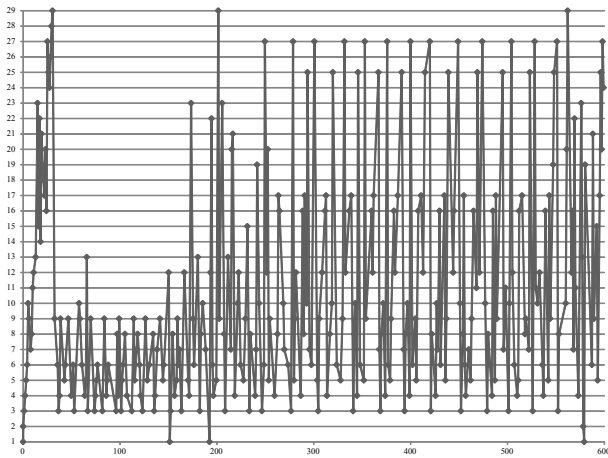


図 9 4 彩色問題におけるエージェント活性化の変化

エージェントが活性化されていく変化を、開始から600秒までの時系列として図9に示す。分散Webシステムそのものに潜在する不確定性の影響もあるとは考えられるが単純処理を繰り返すだけの各エージェントの集団が非同期で互いに連携することによって振舞いが複雑なものになっていることから、活性化のパターンが画一化していないことが確認できる。

## 5. おわりに

分散Webサーバ環境に、単純なWebベースエージェント集団を配置して連携処理を行うように構築するだけといった問題解決環境を提案し検証を行っている。今回は、現時点で構築を行った50台のPCを用いた問題解決環境におけるエージェント集団の振舞いについて行った試行について報告した。今後、更にPCの台数を増やし、より規模の大きな環境でのエージェントの振舞いや問題点などについての検証を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 亀井陽一郎, 平沼賢次, 田伏正佳, 高橋伸弥, 河野通夫: インターネットを介した遠隔制御のための基礎実験(ネットワークサービス), 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.3, pp.838-841, 2004
- 2) 汐月哲夫: インターネットの遅延特性と双方向遠隔通信制御, システム制御情報学会誌, No.45, Vol.12, pp.695-702, 2001
- 3) 早勢欣和: 不確定な連携挙動を示す分散サーバ環境の4彩色問題への応用, 第11回問題解決環境ワークショップ論文集, pp.69-72, 2008
- 4) 早勢欣和: 4彩色問題のための単純なWebベースモジュール連携によるPSE, 計算工学会講演会論文集, 第15巻 第2号, pp. 1023-1026, 2010
- 5) 早勢欣和: 分散サーバ連携における不確定な挙動を考慮したユーザ支援に関する検討, 計算工学会講演会論文集, 第13巻 第2号, pp.979-982, 2008
- 6) 下田善隆, 田岡智志, 高藤大介, 渡邊敏正: グラフ彩色問題に対するPCクラスタ並列分枝限定解法の性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告. COMP, コンピューテーション, Vol.104, No.642(20050121), pp.67-76, 2005
- 7) 山田祐司, 康敏: マキシマムニューロンニューラルネットワークによる4彩色問題アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告. NLP, 非線形問題, Vol.97, No.531(19980206), pp.59-66, 1998
- 8) 早勢欣和: 単純なWebベースエージェントの振る舞い, 第13回問題解決環境ワークショップ論文集, pp.31-34, 2010
- 9) 早勢欣和: 問題解決環境としてのシンプルなWebベースモジュールによるエージェント連携, 計算工学会講演会論文集, 第16巻, 2011/5



# プログラミングコンテスト競技部門 「よみがえれ、世界遺産」における対戦システムの構築

THE CONSTRUCTION OF THE GAME SYSTEM IN PROCON 2011 COMPETITION SECTION  
“RESTORE THE WORLD’S HERITAGE”

寺元貴幸<sup>1)</sup>, 松野良信<sup>2)</sup>, 中道義之<sup>3)</sup>, 熊谷一生<sup>4)</sup>, 奥田遼介<sup>4)</sup>, 小保方幸次<sup>5)</sup>, 千田 栄幸<sup>6)</sup>,  
井上泰仁<sup>7)</sup>, 川田重夫<sup>8)</sup>

Takayuki Teramoto, Yosinobu Matsuno, Yosiyuki Nakamiti, Isei Kumagai, AntiVirus  
Okuda Ryouyuke, Koji Obokata, Eicho Chida, Yasuhito Inoue and Shigeo Kawata

- 1) 講師 津山高専 情報工学科(〒708-8509 津山市沼624-1, Tel. 0868-24-8289, teramoto@tsuyama-ct.ac.jp)
- 2) 准教授 有明高専 電子情報工学科(〒836-8585 大牟田市東萩尾町150, Tel. 0944-53-8873, yoshi@ariake-nct.ac.jp)
- 3) 講師 沼津高専 総合情報センター(〒410-8501 沼津市大岡3600, Tel. 055-921-2700, nakamiti@numazu-ct.ac.jp)
- 4) 東北大学大学院 情報科学研究科(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号09)
- 5) 准教授 一関高専制御情報工学科(〒021-8511 一関市萩荘字高梨, Tel. 0191-24-4700, obokata@ichinoseki.ac.jp)
- 6) 准教授 一関高専 電気情報工学科(〒021-8511 一関市萩荘字高梨, Tel. 0191-24-4700, chida@ichinoseki.ac.jp)
- 7) 講師 舞鶴高専 電気情報工学科(〒625-8511 京都府舞鶴市宇白屋234番地, Tel. 0773-62-8964, yinoue@maizuru-ct.ac.jp)
- 8) 工博 宇都宮大学大学院 工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, kwt@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

The 22nd programming contest will be held on December 23 - 24, in Kyoto. We give this paper about a system construction and use of the competition section of the 22nd programming contest. According to the game rule, we have compiled the competition software. To win this game, the participant must search for many combinations to win this game. Therefore, it is necessary to grope for the most suitable algorithm. We constructed the system that the exercise of the match was possible through the Internet. Each participant can play without being influenced by other participants.

**Key Words:** Programming Contest, Internet, Security

## 1. はじめに

高専生から一流のプログラマーを育成する目的にプログラミングコンテスト(高専プロコン<sup>1)</sup>)が企画され、今年で22回目の大会となる。今年度は当初一関高専(岩手県)を主管校として平成23年10月に開催される予定であった。しかし平成23年3月11日の東日本大震災で一関高専周辺も大きな被害を受け、開催予定地や宿泊施設の使用が確実とはいえなくなった。また震災の影響で一関高専が主管校を続けるには多くの問題もあった。そこで急遽主管校が舞鶴高専に変更となり、開催地も最終的には舞鶴市(京都府)となった。

高専のプログラミングコンテストは自由、課題そして競技の3部門から構成されている。競技部門のテーマは開催地にちなんだものがよく採用され、今回は当初の開催地である一関市の隣にある平泉文化遺産が世界遺産への登録にむけて活動を行っていることに着目した。平泉の中でも中尊寺の金色堂は有名で、1962年から行われた修復作業により建立当時の豪華絢爛な姿に復元された。そのことをモチーフとして今回は画像を修復するというコンセプトで競技を作成することとした。

高専プロコンの競技部門は毎年テーマが変更されルー

ルだけでなく競技システム全てを刷新している。3月11日の大震災で開催地は変更となったが、競技テーマの変更は困難と考え「世界遺産」のまま継続することとした。幸い舞鶴のある京都府には数多くの世界遺産があり、極端的に外れなテーマとは考えにくいと思われた。

ここ数年競技に関するルールや運用方針の概要は全国プログラミングコンテスト委員会がとりまとめ、実際の競技システムの開発や運用は主管校が主体となって開発を行ってきた。このスタイルは開催地の独自性を生かしたシステム開発が可能なこと、大会前に十分な調整時間をとることができるというメリットがある。反面、開発や運用のノウハウが継承されないため、開催地に過度の負担を強いることになった。<sup>2)3)</sup>

今大会においても一関高専のOBを中心とした開発スタッフにより開発が始められた。この部分も3月から別の開発スタッフに引き継ぐことは困難と判断し、引き続き同じスタッフでシステムの開発を行っていくこととした。

今回もできるだけ多くの参加者に質の高いプログラムで本選に臨んでもらうよう、あらかじめ練習ができるシステムを公開することやルール・アプリケーションのメニューの英語化などできるあらかじめできることは可能

な限り努力している。本稿では、競技の概要と簡易版の練習用システムについて報告する。

## 2. 競技概要と競技ルール

競技では2値画像（白黒）を取り扱う。競技では同じサイズの初期画像と最終画像が示される。これに複数のスタンプが用意される。スタンプは画像に適用するとスタンプと一致したフィールドが白黒反転する。適切にスタンプを適用すると画像がどんどん変化（これを我々は修復と呼んでいる）し、最終的にフィールドを目的の最終画像に一致させる。できるだけ早く（少ない手数で）初期画像を最終画像に「修復」したチームが勝利する競技である。

### ●競技用語

#### セル

- ・画像の1ドットを「セル」と呼ぶ。
- ・セルは0または1の値をとる。

#### フィールド

- ・フィールドは最大で横640個、縦480個のセルから構成される。
- ・フィールドの原点(0,0)は左上とし、右および下を正の方向とする。
- ・フィールドの大きさは問題ごとに定める。

#### スタンプ

- ・スタンプは最大で横128個、縦128個のセルから構成される。
- ・スタンプの大きさは原則異なるが、同じものが含まれる場合もある。
- ・スタンプの最大枚数は128枚である。
- ・スタンプの枚数は問題ごとに定める。

#### 修復

- ・フィールドのある矩形領域に対してスタンプを適用することを「修復」といい、1回の修復を「手数」としてカウントする。
- ・修復を行うとセルの値はフィールドとスタンプの対応したセルのxorの値となる。
- ・スタンプはフィールドの任意の位置に対して修復可能である。
- ・スタンプの一部がフィールドに重なっていれば修復可能であり、スタンプがはみだしてもよいとする。
- ・修復場所はスタンプの左上セルを適用するフィールドの座標で表す。
- ・修復の例を図1に示す。これは、スタンプを(1, -1)に適用した例となる。

### ●競技の基本ルール

- ・1つの問題は指定画像2枚（初期画像と最終画像）と複数のスタンプで構成される。
- ・初期画像はフィールドの初期状態を表す。
- ・すべての問題にサイズが1x1でセルの値が1のスタンプが必ず含まれる。

- ・問題は1つのファイルとして提供される。
- ・問題のサンプルを図2に示す。これは初期・最終画像の2つの画像と3つのスタンプで構成されている例となる。

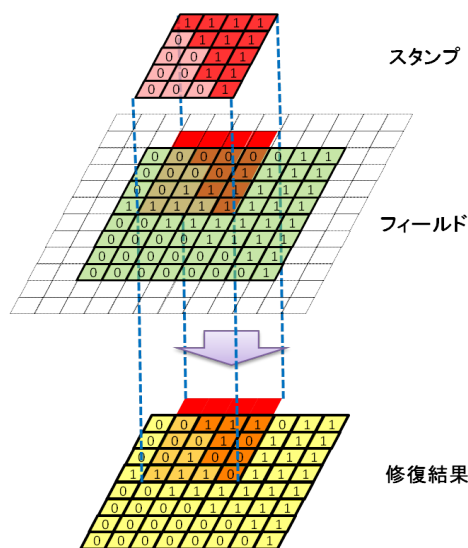


図1 修復例

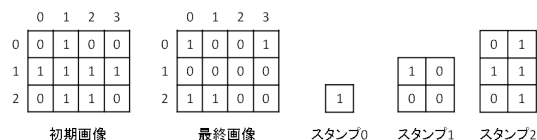


図2 問題例

### ●制限時間

- ・問題ごとに回答の制限時間を定める。
- ・制限時間は1問あたり1~10分の範囲とする。
- ・制限時間内に回答が送信し終わっている必要があり、回答の送信中に制限時間となった場合は、その回答は無効となる。
- ・制限時間は試合開始前に各チームに連絡される。

### ●試合の進行手順

- ・1試合は最大12チーム対戦で行う。
- ・1試合は2問で行う。
- ・試合開始とともに最初の問題がネットワーク経由で提供される。
- ・各チームは制限時間内に問題を解き、回答をネットワーク経由で提出する。
- ・各チームから回答が提出されると、回答の状況についてスクリーンに表示される。
  - 回答が受理された
  - 回答画像（初期画像に回答手順を適用した画像）が最終画像と一致
  - 回答画像が最終画像と不一致
  - 回答がフォーマットエラー
- ・制限時間内であれば、10回以内の提出が可能である。

- ・試合の進行を妨げるほど回数・容量のファイル提出に関しては失格となる可能性がある。
- ・最後に提出された回答が有効となる。
- ・1問目の制限時間経過直後に、1問目の結果（手数と時間と暫定順位）をスクリーンに表示する。また修復手順を表示することがある。
- ・1問目の制限時間経過直後に2問目の問題がネットワーク経由で提供される。
- ・2問目を1問目と同様の手順で行う
- ・2問目の制限時間が経過すると集計を行い、順位が決定される。

●勝敗判定は以下の優先順位

- 1.最終画像との一致度が高い方（修復画像と最終画像との相違セルの総数が少ない方）が勝ちとなる。
- 2.修復手数が少ない方が勝ちとなる。
- 3.最後の回答を早く提出した方が勝ちとなる。
- 4.じゃんけんで勝った方が勝ちとなる。

なお、1試合の最終結果は上記の相違セルの総数・手数・時間を2問分合計して最終的な順位を決定する。

●その他のルール等

- ・競技に持ち込んで利用できるコンピュータ類は携帯可能なものを2台以内とする。そのうち1台は100BASE-TXが利用できるEthernetポートとUSBポートを持つ必要がある。コンピュータは用意されたテーブルに置くものとする。
- ・テーブルには各チームに合計150W程度の電源コンセント2口を用意する。
- ・競技ネットワークに接続するためにLANケーブルを各チーム1本用意する。2台のコンピュータを競技ネットワークに接続する必要がある場合は、スイッチングHUB等の機器を各チームで用意する。
- ・競技中チーム内での情報のやり取りはよいがチーム以外と情報交換することは認めない。
- ・コンピュータ間の無線による通信は認めない。
- ・サーバや他チームの試合進行を妨害する行為は認めない。
- ・試合の進行の妨害や審判または他チーム等への妨害、その他禁止行為があったと判断された場合等には、失格とすることがある。失格とした場合は、試合の順位は最下位となる。
- ・ネットワークによる問題の配信と回答の提出について、主催者側のシステムに不具合が発生した場合はUSBフラッシュメモリ等のオフラインでの問題の配布と回答の提出になることがある。この場合、試合時間や提出回数等が変更される可能性がある。

### 3. 簡易版練習システムの公開

競技のルールはそれほど複雑ではないが、質の高いプログラムを作成するには十分に練習する必要がある。そのため、ネットワークの接続を必要としないスタンドア

ローン動作を行うプログラムを公開した。プログラムの公開日程は以下のようになっている。

- 2011年2月1日 競技概要の発表（ルール等の公開）
- 2011年5月23日 練習用簡易システムの公開
- 2011年6月14日 問題フォーマットの一部訂正
- 2011年6月17日 第1回質問受け付け終了
- 2011年7月1日 募集終了
- 2011年8月1日 予選通過チーム発表
- 2011年8月3日 練習用簡易システムVer.1.1の公開

練習用簡易システムと本選版と異なり、問題を提供するサーバやネットワークは不要であり、スタンドアローンで動作可能である。しかし、その動作は本選システムとほぼ同様に動作し、ネットワークとしてlocalhostを使用するだけである。スタンドアローン版の特徴は以下の通りである。

- ・サーバへの接続が不要で、パソコン1台で動作可能である。
- ・1台で問題の作成、読み込み、競技開始、集計をコントロールする。
- ・基本的に複数チーム登録することができるが、その場合もすべて自チームが回答を行う必要がある。
- ・Ver. 1.1よりメニューなどすべての表記が日本語・英語の併記となった。
- ・システムの利用を説明するための動画を作成し、動画公開サイトで公開を行った。
- ・ルールなどをすべて英語化し公開した。

実際の練習用簡易システムの起動状況を以下に示す。

図3が試合を行うための問題作成画面であり、初期画像、最終画像そしてスタンプを登録できる。図4が試合を管理する画像で、参加するチームの登録を行うことができる。図5が試合監視画面で、図3および図4で作成した試合を開始し、終了までの時間を管理する。

競技が開始されると、各チームはサーバ（この場合は練習用システム）から問題をダウンロードし、保存することができる。以下に問題のフォーマットと実際のデータを示す。

●問題のフォーマット

- ・問題は次のようはフォーマットで初期・最終画像とスタンプを1ファイルで提供する。
  - 初期画像横サイズ
  - 初期画像縦サイズ
  - 初期画像のビットデータ
  - ……
  - 最終画像横サイズ
  - 最終画像縦サイズ
  - 最終画像のビットデータ
  - ……
  - スタンプ数
  - スタンプ0の横サイズ
  - スタンプ0の縦サイズ

スタンプ0のビットデータ

.....

スタンプ1の横サイズ

スタンプ1の縦サイズ

スタンプ1のビットデータ

.....

- ・スタンプの番号は0からはじまる. 問題には0から順番に記載する.
  - ・なお特に断らない限り文字コードはUTF-8とし, 行はCR+LF の改行コードで区切られるものとする.
- 問題フォーマットのサンプルを図6に示す.



図3 簡易版練習システム (問題作成画面)



図4 試合管理画面

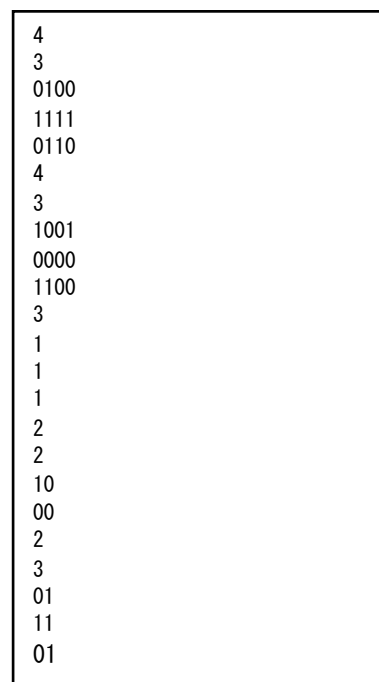


図5 試合監視画面

図6 問題フォーマット

#### 4. まとめ

第22回プロコンでは, 震災の影響により過去に経験したことのない体制で大会の準備が進められている. スケジュールに関しても従来とは全く異なっている. そのため, 主催者側だけでなく参加者側も混乱する恐れがある. しかし情報を速やかに公開し, 十分な準備を行うことで混乱を最小限に抑えたいと考えている.

簡易練習用システムにより, 競技に関する疑問点はほぼ解消された. また今後はインターネット経由による本選同様の練習システムも計画している.

2011年8月31日 ネットワークサーバのチェック開始

2011年9月中旬 インターネット版公開

および各チームのID発行

2011年10月上旬 模擬試合の開催

なお今回の練習システムとは別にプロコン愛好家による練習場がネットワークにできており, 多くのチームによって利用されている. いままでの経験を生かして今年の高専プロコンでも成功を目指したい.

#### 参考文献

- 1)プログラミングコンテスト公式ホームページ,  
<http://www.procon.gr.jp/>
- 2)寺元貴幸,宮下卓也,最上勲,岡田正,井上恭輔,松野良信,  
高専教育32, pp. 921-926(2009)
- 3)飯田忠夫, 田中永美, 長岡健一, 山田洋士, 金寺登:  
第13回プログラミングコンテスト競技部門運用支援システムの構築について, 高専教育, Vol.27 pp. 721-726(2004)

# 政策研究向けインターネット調査システムの設計と実装

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTERNET SURVEY SYSTEM FOR POLYCY STUDIES

蟻川 浩<sup>1)</sup>, 曹 陽<sup>2)</sup>, 松本 茂<sup>3)</sup>

Hiroshi Arikawa, Yang Cao and Shigeru Matsumoto

1) 博士 (工学) 奈良産業大学 情報学部 (〒636-8503 奈良県生駒郡三郷町立野北 3-12-1, hiro-ari@pglab.org)

2) 博士 (社会学) 中国科学院 心理研究所 (100101 北京市朝阳区大屯路甲 4 号, qvg02310@nifty.com)

3) Ph.D (Economics) 青山学院大学 経済学部 (〒150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25, shmatsumoto@aoyamagakuin.jp)

This paper describes to design and implementation of internet survey system for policy studies. Internet survey is method to analysis of social studies in recent year. We have researched the method of internet survey for policy studies from a variety of angles. In this paper, we propose an internet survey system using "access logs." Then, we illustrate the how to implement the internet survey system. By using the access logs, we can obtain some respondents behavior.

**Key Words:** *Internet Survey, Access Logs, Policy Studies*

## 1. はじめに

有益な政策提案を行うために、また様々な社会問題を解決するためには、マイクロ・データを収集するとともに統計学を活用して緻密な分析を行うことが求められる。一方、マイクロ・データの収集ならびに収集のための準備には膨大な時間がかかることが指摘されている。近年、マイクロ・データを迅速に収集する方法としてインターネット調査が注目されるようになった。

インターネット調査の長所は、情報通信技術を駆使することでマイクロ・データの収集にかかる各種コストを低減できることである。一方、収集したデータのサンプルの性格が不明確であるなど指摘されている。

我々は、インターネット調査法と政策研究のための展開を目的として研究を行っている。特に、既存の調査法である郵送アンケート調査法等との比較を通じて、インターネット調査法に含まれる問題点の抽出と改善、またインターネット調査をさらに発展させるための研究に着手している。本稿では、政策研究での活用を目的としたインターネット調査システムの設計について述べる。インターネット調査では回答者の回答にかかる時間の測定や回答場所の推定が可能であることに注目し、アクセスログを活用したインターネット調査システムを設計した。また、インターネット調査システムをクラウド・コンピューティング環境にて利用することを考慮して、各種作業用ソフトウェアおよびJavaサーブレット環境とPHP環境向けのサーバソフトウェアの実装を行った。ソフトウェアの実装を通じて得られた知見を述べる。

## 2. インターネット調査

本稿では、インターネット技術を活用したアンケート

調査をインターネット調査と定義する。具体的には、WWWブラウザを活用し、ネットワークに接続されているアンケートを回収する計算機 (アンケート・サーバ) にアクセスしてもらう形態を指す。

インターネット調査のメリットとして、(1) 迅速にデータ収集が可能であること、(2) 調査に係る各種コストが低く抑えられること、(3) 質問事項に静止画像および動画画像が利用できること、である。WWWブラウザを活用するのでオンラインでの調査であること、アンケート・サーバが質問票提示、回答結果の回収、データ集計を機械処理できるため、中でも調査後に係る作業を大幅に軽減できることが挙げられる。また、回答者はWWWブラウザが動作する端末があればどこでも回答可能になり、調査員の人件費等も抑えられる。さらに、主要WWWブラウザは、静止画、動画を問わずカラー画像が扱えるので、動画画像を含む宣伝用コンテンツの事前調査など、視覚で訴えるアンケート調査が可能になった。

一方、インターネット調査はサンプルの性格が不明確であることが指摘されている<sup>1,2)</sup>。アンケート調査による実証的検証では「誰を、どのように選び、確実に捕捉したか。また、どのように回答したか」という調査の基本事項が満たされなければならない。中でも「どのように回収したか」の事項において、郵送アンケート調査等では各設問に回答する時間を測定できないが、インターネット調査においては質問票の提示方法によって各設問に回答する時間を測定することができる。曹、前田らは、インターネット調査のアンケート・サーバに記録されたアクセスログから各設問の回答にかかる時間を抽出することで、インターネット調査において回答時間という説明変数を取り出せることを示している<sup>3,4,5,6)</sup>。曹、前田ら

の研究により、他の調査方法（観察法、実験法、面接法、質問紙法）では測定が困難とされた「時間制約下における人間の意思決定は思考過程の違い」を説明できるようになり、インターネット調査の新たな価値が見出された。

### 3. 政策研究向けインターネット調査システム

#### 3. 1 インターネット調査システムの設計

インターネット調査システムを設計するにあたり、本稿では、原則として必要最低限の機能を提供する方針とする。ネットワークを活用したアプリケーションの開発ではしばしばサーバ側による障害なのか、ネットワーク側の障害なのかの判断を迫られる。アプリケーション開発で発生する障害を少しでも減らすべく、必要最低限の機能に絞り込むことにした。また、提案するインターネット調査システムは、回答結果の分析に関するソフトウェアの開発は行わない。マイクロ・データを取り扱うことを主とする研究者や実務担当者は高度統計処理ソフトウェアを活用した分析を主とする。したがって、回答結果をCSV形式のデータファイルに変換される機能を提供するだけで十分と判断した。

近年、一部の調査会社では登録されているモニタからアンケート依頼主の条件に該当するモニタのみを抽出し、外部のアンケート・サーバに誘導するサービスが提供されるようになった。本稿ではモニタ誘導サービスと呼ぶ。モニタ誘導サービスにより、アンケート調査の基本事項である「誰を、どのように選んだか」について満足できると考え、提案するインターネット調査システムはモニタ誘導サービスを積極的に活用することとする。もし、アンケート分析において、性別、年齢、家族構成など回答者の属性情報が必要な場合は、質問票にこれらの属性情報を得るなどの工夫で対処する。

本稿で提案するインターネット調査システムの全体像を図1に示す。回答者はWWWブラウザを通じてアンケートに回答するため、これらの機能はすべてWWWサーバソフトウェアと連携して動作する。提案するインターネット調査システムは以下の機能を有する。

#### 回答者認証機能(authentication module)

WWWサーバへのアクセスが正規の回答者によるものかを確認する機能を提供する。当該システムに予め登録されている回答者のみ認証され、後述の機能が有効になる。また、認証されていることを示す情報を回答者に送信する。

#### 質問提示機能(sender module)

回答者に質問を提示する機能を提供する。質問は原則として複数の設問で構成される。回答者は設問ごとにHTTPリダイレクトを使って質問データを受信する。

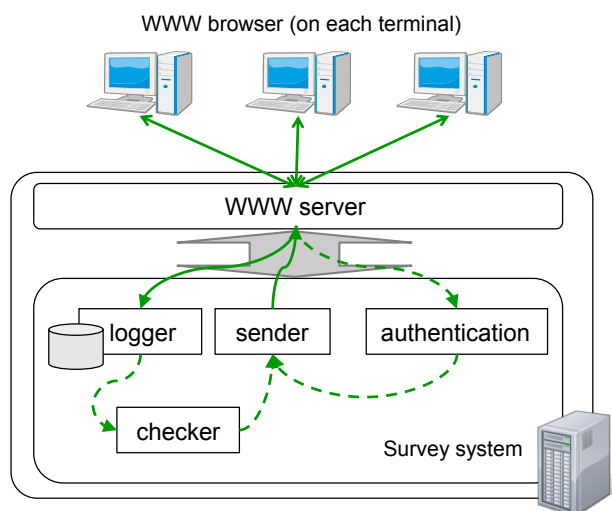


図1 インターネット調査システムの全体像

#### 回答記録機能(logger module)

回答者からの回答を記録する機能を提供する。回答者認証機能で認証されたことを示す情報、回答時刻、設問番号、回答結果の4つの情報を一組としてデータベース等に記録される。

#### 回答確認機能(checker module)

回答者からの結果に回答漏れがないかを確認する機能を提供する。政策研究向けの質問は択一選択および複数選択の質問で構成されることが多く、択一選択および複数選択の結果を中心に確認することで無回答を防ぐ。回答結果がある条件を満足する場合には、該当する質問に誘導するよう質問提示機能に伝える。一方、無回答の場合は、同一の質問を回答するよう質問提示機能に伝える。

WWWサーバソフトウェアと連携するものとは別に、インターネット調査システムを円滑に動作させるためのツールを別途準備する。具体的には、回答者認証時に使うデータベースを作成するツール、質問票データからWWWコンテンツへ変換するツール、データベースに格納されている回答結果をCSVファイルに加工するための回答結果出力ツールである。

#### 3. 2 回答者の特定方法

提案するインターネット調査システムでは、回答者を以下の方法で特定する。

はじめに「回答者が認識可能な文字列」と「当該システムで判別するためのID値」の組をもつデータベースを準備する。

前者の文字列は、回答者が予め知っているものとする。インターネット調査会社のモニタ誘導サービスを活用する場合は調査会社が回答者に対して当該システムを利用するために通知される情報である。多くの場合、謝礼等

を支払う際の照合専用アカウントに該当する。インターネット調査会社が回答者に対して連絡するので、当該システムでは照合専用アカウントを照会し、正当な回答者であることを確認する。また、当該システムを単独で利用する場合は、あらかじめ回答者が募集されていることが前提であるが、別途照合専用の情報（例えば、回答者の連絡用メールアドレス）を準備する。

後者のID値は回答数に応じてID値の桁数を決定する。IDは1以上の値だが、当該システムでは文字列として取り扱う。桁数に満たないID値はゼロで埋める（例えば、IDの桁数を5とした場合、1から9999までの値は00001から09999とする）。

回答者の認証はデータベースに登録されている情報をもとに行われ、回答者に「当該システムで判別するためのID値」を提示する。また、「当該システムで判別するためのID値」を活用して、回答者の回答状況を把握する。具体的には、RFC2965で定義されているcookieを利用して回答者にID値を配布する。自宅およびSOHOなどのネットワーク環境の場合、ブロードバンドルータ等を用いていることが多い。ブロードバンドルータは1つのグローバルIPアドレスと複数のプライベートIPアドレスとをNAT機能によって接続し、プライベートIPアドレスを割り当てられた計算機のインターネットアクセスを可能にしている。したがって、ブロードバンドルータの配下に複数の回答者が存在した場合、IPアドレスだけで回答者の特定ができないことになる。そこで、現状のインターネット接続環境を考慮するとWWWブラウザ単位で回答者を特定するのが妥当と考え、cookieの枠組みを活用して回答者のWWWブラウザにID値を記録させることにした。なお、アンケートの終了とともにWWWブラウザ側で記録されたcookie情報は消去される。

### 3. 3 質問票の取り扱いと質問コンテンツの作成

政策研究のためのアンケート調査では、アンケート実施者は回答者に適切に回答してもらうための質問票を設計する。本稿では、アンケート調査における質問票自体が既に設計されているものとする。

一般的に質問票は複数の設問で構成されている。また、回答者は最初の設問から最後の設問に向かって回答するよう設計されている。質問票中、条件分岐となる質問があるが、次以降の設問に答えるかを判断するものが多く、判断結果が偽の場合はいくつかの設問を飛び越えるにとどまり、回答済みの質問に戻ることはない。したがって、質問票全体を眺めた場合、質問の流れは有向非循環グラフ(DAG)で表現される。

本稿で提案するインターネット調査システムは、回答者への質問提示は設問別に分けることにした。ここで、回答者に提示される設問別のWWWコンテンツを質問コンテンツと呼ぶことにする。

設問番号, 小問番号, 質問形態, 質問文, 項目 1, 項目 2, ....

図2 質問票データファイルの形式

設問番号, 小問番号, 質問形態, 次番号, 条件値, 移動先番号

図3 フロー情報データファイルの形式

大量の質問を一度に提示することは回答者の回答意欲を低下させる。また、我々は回答者の各設問における回答時間を得ることを目的としている。質問の流れがDAGであることに注目すると、回答者の回答内容に応じて設問を提示することが可能と考え、設問別にWWWコンテンツを作成することにした。以下で質問コンテンツの作成方法を述べる。

質問コンテンツの作成に必要なアンケート情報（質問票）の情報は図2および図3に示すようにCSV形式のファイルとして作成する。図2は質問内容を記述したものの、また図3は質問内容の流れを記述したものである。図3のデータをフロー情報と呼ぶ。これらの情報は1小問あたり1行で記述される。

設問番号、小問番号はそれぞれ質問コンテンツ単位に割り振られる番号、質問単位で割り振られる番号である。

質問形態は、択一選択、複数選択、値入力、スケール尺度の4種類のうちいずれかを選択する。

質問コンテンツの遷移を示すフロー情報は次番号、条件値、移動先番号を定義する。原則として次番号の項目には次の設問番号の値を設定する。また、条件分岐が要求される設問では、条件値と移動先の設問番号を記述する。本稿で提案するインターネット調査システムでは、制約として質問形態が択一選択のときのみ条件分岐を許すことにした。また、フロー情報はDAGで表現されていることを確認する。

質問コンテンツは設問番号別にコンテンツファイルを作成する。各設問の質問コンテンツファイルはWWWブラウザで閲覧可能にすべく、HTMLのフォームタグを使って記述する。加えて、WWWブラウザのcookie情報から当該システムで判別するためのID値を取り出すコードを記述する。取り出されたID値は回答結果と一緒に送信されるよう、隠し属性タグで記述する。質問形態が択一選択、複数選択、値入力の場合、質問コンテンツの質問事項はそれぞれラジオボタntag、チェックボックスタグ、テキストボックスタグを用いて記述する。また、質問形態がスケール尺度の場合、ラジオボックスタグを用いて記述する。

### 3. 4 アクセスログの活用

提案するインターネット調査システムでは、回答時間を説明変数として取り出し、質の高いアンケート結果を得ることを考えている。そこで、調査システムの通信記録から回答者の回答環境と各設問の回答時間を推定する。

前者はグローバルIPアドレスからインターネット調査システムにアクセスしている地域を推定する。後者は質問コンテンツにアクセスされてから回答結果を送信するまでの時刻を回答時間として定義する。後者は現時点では、回答者が謝礼目当てであるかを確認する際に用いる。謝礼目的である回答者は質問内容に興味がないので、回答時間が極端に短いと想定できる。そこで、回答結果と回答時間を総合的に判断し、謝礼目的の回答者かを確認する。アンケート結果から謝礼目的の回答者の情報を取り去ることで、アンケート結果自体の品質を向上することにつながる。また、調査票の設計においても有益な効果もたらす。例えば、調査項目に対する回答者の認知上の差異を検討できるなど、さまざまな展開が可能になる。

#### 4. インターネット調査システムの実装

インターネット上でサービスを提供する場合、これまではサーバ専用の計算機と必要最低限のトラフィックを確保したネットワークを準備してきた。近年、クラウド・コンピューティングの概念および技術が浸透した結果、インターネット上でのサービス提供形態やWebプログラミング開発形態が大きく変化している。計算機環境においては、Google App EngineやAmazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2)に代表されるように計算機の処理能力を時間単位で購入できる環境が整備されている。また、一定性能を維持しつつも月額料金が低価格のレンタルサーバも多数存在するようになった。Webプログラミング環境は、一般的になりつつある Perl/CGI, PHP, Javaサーバレット以外にRuby on Railsなど、様々なWebプログラミング環境が揃いつつある。加えて、それらの開発上のノウハウも数多く蓄積された結果から、作業コストのかからない開発方法も提案されている。我々も、このような環境の変化を積極的に活用しながらソフトウェア実装することが望ましいと考えた。

本稿では、インターネット調査システムを実装するにあたり、インターネット調査システムのサーバ部分に相当するソフトウェアの実装は必要最低限の機能のみとした。また、質問コンテンツの生成など、サーバ部分の動作に直接影響しないツールについては、Perl, Rubyなどの高機能スクリプト言語を活用して実装した。多くのUNIX環境ではPerlやRubyなどのインタプリタはインストールされている。また、Windows環境においてもPerlやRubyのインタプリタがインストール可能である。これらの方針により、ツール等の実装にかかる負担を減らすことにした。また、クラウド・コンピューティングを視野に入れたシステム開発を心掛け、Javaサーバレット環境およびPHP環境の2種類について取り上げる。まず、サーバの環境に依存しないツールの実装について説明したあと、Javaサーバレット環境およびPHP環境それぞれにおけるインターネット調査システムの実装上の工夫について述べる。

##### 4. 1 サーバ環境に依存しないツールの開発

質問コンテンツを作成するツール、回答者の情報を格納したデータベースを作成するためのツール、データベースに格納された回答結果およびアクセスログをCSVファイルに変換するツールはスクリプト言語Perlを用いて実装した。なお、本稿では質問コンテンツを作成するツールについて述べる。

質問コンテンツを作成するツールは、図2で示したフォーマットで書かれたデータファイルから、HTMLのフォームタグを使ったデータファイルに書き換える。後述するJavaサーバレット環境およびPHP環境で質問コンテンツを使えるようにしなければならない。そこで、Javaサーバレット環境およびPHP環境の質問コンテンツにそれぞれ図4および図5のコードを書き加える。図4および図5のコードはWWWブラウザのcookie情報を読み取るコードである。また、回答者を識別するための情報を送信するために質問コンテンツに書き加える。書き加えるコードを図6および図7に示す。さらに、図3で示したフォーマットで書かれたデータファイルから、次の質問コンテンツを記したデータファイルを作成する。すべての質問コンテンツに対応するようデータファイルが作成される。加えて、「択一選択」の質問に限り条件分岐を許可するよう制約を設けた。択一選択の質問かつ条件値が記されている場合に限り条件と次のコンテンツ設問番号をデータファイルに追記するように実装した。

##### 4. 2 Javaサーバレット環境で動作するサーバソフトウェアの実装

2008年よりGoogle社はGoogle App Engineと呼ばれるWebアプリケーション実行環境を提供している。利用できるWebアプリケーションの言語はPython, Java, Go(Google社が開発した専用言語)と制約があるもののGoogle社が有する巨大な計算機システムを使って高性能Webアプリケーションを実行できる。アクセス数やデータ転送量に基づいて従量制で課金されるが、一定量は無料であることや課金レートが安価であることから注目されている。対応している言語のうちJavaはJavaサーバレットで書かれたコードをGoogleの計算機システム向けに仕様変更するだけでよいので、Javaサーバレットのプログラミングに慣れている開発者には適当な計算機環境が安価で入手できる。そもそも、JavaサーバレットによるWebプログラムは大量のリクエスト処理に適している。Javaサーバレットによるインターネット調査システムの実装は妥当であると考えた。そこで、Google App Engineで動作させることを視野に、本稿ではJavaサーバレットエンジンであるTomcatで動作するインターネット調査システムを実装した。



```

<%@ page import="java.net.*"
contentType="text/html; charset=UTF-8" %>
<%
Cookie cookies[] = request.getCookies();
Cookie respondentIDcookie=null;

if(cookies!=null) {
    for(int i=0;i<cookies.length; i++) {
        if(cookies[i].getName().
            equals("respondentID")) {
            respondentIDcookie=cookies[i];
        }
    }

String respondentID;
if(respondentIDcookie==null) {
    respondentID = "-99999";
} else {
    respondentID = URLDecoder.decode(
        respondentIDcookie.getValue());
}
%>

```

図4 質問コンテンツに追加するコード(サーブレット)

```

<?php
if( isset($_COOKIE['respondentID']) ){
    $respvalue = $_COOKIE['respondentID'];
} else{
    $respvalue = -1;
}
?>

```

図5 質問コンテンツに追加するコード(PHP)

```

<input type="hidden" name="respid"
value="<%= respondentID %>" >

```

図6 回答者ID送信部分のコード(サーブレット)

```

<input type="hidden" name="respid"
value="<?= $respValue; ?>">

```

図7 回答者ID送信部分のコード(PHP)

TomcatはWWWサーバソフトウェアのApacheと連携するよう設定した。回答情報はURL変数に記述してサーバ側に送信するよう実装したので、Apacheのアクセスログにも回答情報が記録される。また、Apacheのアクセスログには、回答時刻とIPアドレスが記録されるので、回答者の回答時間と回答場所等が推定しやすくなる。



図8 WWWブラウザでの表示例

Tomcatのルートディレクトリに相当する部分に実装したプログラム(クラスファイル)と質問コンテンツ、各種データベースファイルを配置した。回答者情報を格納したデータベース、回答結果が格納されるデータベースはSQLJetを使って実装した。SQLJetはSQLite準拠のデータベースファイルをJavaプログラムからアクセスできるライブラリである。そのため、SQLiteのターミナルプログラムからデータベースを修正できる。なお、当該システムでは非対応だが、Google App Engineに適用する場合は、Datatore Java APIを活用するようコードを書き換えることになる。

図8に実装したシステムを使ってアンケートに回答する際のWWWブラウザの表示例を示す。図8の表示例は、設問がスケール尺度の場合である。実装したシステムでは簡素化されたものを提示するが、スタイルシートなどを活用することでより綺麗な質問画面を提示できる。

#### 4.3 PHP環境で動作するサーバソフトウェアの実装

レンタルサーバを提供する業者もまたクラウド・コンピューティングの技術を積極的に利用している。仮想化技術と高性能CPUを搭載した計算機により、1台の計算機(ホスト計算機)で複数のサーバ計算機を生産できるようになった。また、ホスト計算機が故障しても別のホスト計算機でサービスを提供できる。この結果、サーバ計算機の1台あたりの月額単価が安価で提供されるようになった。また、サービスの復旧にかかる時間が従来以上に短縮できるため、サーバ計算機の故障耐性が大幅に向上した。

レンタルサーバのハードウェアおよび運用の観点では安価で質の高いサービスが提供されるものの、利用者からみれば1台のサーバ計算機に変わらない。Amazon社が提供するAmazon EC2やさくらインターネット社が提供するさくらのVPSなどはサーバ計算機としてLinuxサーバを提供しており、Javaサーブレット環境の導入するこ

とでJavaサーバ環境のサーバソフトウェアを適用できるが、多くのレンタルサーバではJavaサーバ環境を構築できるとは限らない。依然としてPHP、Perl/CGIによるWebアプリケーションのみ実行可能となっている。このような事情から、本稿で提案するインターネット調査システムをPHPで動作するよう新たに実装した。

PHP環境で動作するサーバソフトウェアは原則としてJavaサーバ環境で動作するソフトウェアと同一の挙動になるよう実装した。相違点としては、回答結果を格納するためのデータベースへ記録する方法を簡素化した。Javaサーバ環境はサーバエンジンが大量のリクエストを処理できるので、データベースへの同時書き込みに対して適切に処理される。一方、PHPでは1リクエストに対してApache側の子プロセス（もしくはスレッド）が生成される。複数の回答者が同時に送信するとデータベースファイルへの書き込みが同時に発生することになり、結果としてソフトウェア全体の性能低下につながることを考えた。そこで、PHPで動作するシステムでは、回答情報をSQLiteなどのデータベースシステムを使わず、Apacheのログファイルに直接出力するよう改良した。アンケート結果はApacheのログファイルから取得できるよう外部のツールを実装することで対処した。

## 5. 関連研究

クラウド・コンピューティングを活用したアンケートシステムの構築という観点では、Google社はGoogleドキュメントのスプレッドシートが挙げられる。GoogleドキュメントはWWWブラウザ上でオフィススイツを使えるようにしたものである。その一機能であるスプレッドシートにはアンケートフォームを作成する機能が含まれており、アンケートフォームの作成、アンケート実施、アンケート結果の収集と分布図程度のグラフ作成をすべてWWWブラウザだけで行うことができる。アンケートフォームは択一選択、複数選択、スケール尺度の他に、リスト一覧からの選択なども存在する。条件分岐を含む質問を含めることができる。アンケートを実施する際、原則として誰でも回答できる状態だが、Googleアカウントの所有者に限定することもできる。アンケート結果はGoogleドキュメントのスプレッドシートにアクセスした時間を主キーとする情報として出力される。アンケート実施者はGoogleアカウントを有することでこれらの機能を使えることから、本稿で提案するインターネット調査システムよりも手軽にかつ迅速にアンケートが実施できる。一方、設問別の回答時刻を測定できないこと、回答場所の情報を収集するのが難しいので、我々の目的を満たささない。

## 6. おわりに

本稿では、政策研究向けインターネット調査システムの設計と実装について述べた。本稿で提案するインターネット調査システムでは、サーバ計算機のアクセスログを用いることで回答者の回答にかかる時間の測定や回答場所の推定ができるように設計した。また、クラウド・コンピューティング環境を視野に入れたインターネット調査システムのプロトタイプ実装を行い、得られた知見を述べた。本稿では質問票をWWWコンテンツに変換するためのツール実装で工夫した点について示すとともに、Javaサーバ環境とPHP環境それぞれの環境に適したサーバソフトウェアの実装上の工夫を示した。今後、インターネット調査会社のシステムと連携した実験や経済政策に関するインターネット調査の実施を通じて、本稿で提案するインターネット調査システムの性能評価を行う。また、これらのツールの改良等を通じて、インターネット調査法のあるべき姿を提示する。

**謝辞:**本研究の一部は平成22年度文部科学省委託業務「特色ある共同研究拠点の整備の推進事業」による委託を受けて行った。

### 参考文献

- 1) 林知己夫, 調査環境の変化と新しい調査法の抱える問題, 統計数理, Vol.49(1), p.199,2001
- 2) 大隅昇, インターネット調査の何が問題か: 現状の問題と解決すべきこと, 新情報, Vol.91, pp.1-24, 2004
- 3) 曹 陽, 同期型オンラインシステムを用いた施設選択実験—回答者の特徴を理解するためのアクセスログの活用事例2—, 日本社会心理学会第50回大会・日本グループ・ダイナミクス学会第56回大会合同大会論文集, pp.6-9, 2009
- 4) Shigeru Matsumoto, Hiroshi Arikawa, Taiyo Maeda, Tadahiko Murata, Agent heterogeneity and facility congestion, PG Lab Discussion Paper Series, No.44, pp.1-22, 2009.
- 5) 前田 太陽, 松本 茂, 名取 良太, 曹 陽, 蟻川 浩, 村田 忠彦, 仮想環境下での選択行動のための実験環境を提供するPSEシステムの開発, 第12回問題解決環境ワークショップ論文集, pp.17-20, 2009.
- 6) Taiyo Maeda, Tadahiko Murata, Daichi Kotaka, Shigeru Matsumoto, Yang Cao, Social Simulation Based on Human Behavioral Data Collected by Web-Based Experimental System, Journal of Convergence Information Technology, Vol.5(4), pp.141-151, 2011.

# ヘテロな環境に対応したプログラミングのすすめ

## SUPERCOMPUTING IN HETEROGENEOUS ENVIRONMENT

日置 慎治

Shinji Hioki

工博 帝塚山大学教授 経営情報学部 (〒631-8501 奈良市帝塚山7-1-1, hioki@tezukayama-u.ac.jp)

The way to achieve the high performance calculation in heterogeneous environment is discussed. If the code can run on any number of processors, you can do efficient partitioning of the processors and then the code will run fast. I will show one simple example to realize this situation. The status of the SuperComputing in the world will be also presented..

**Key Words :** SuperComputing, Heterogeneous Environment, PSE

### 1. Introduction

膨大な計算能力を必要とするアプリケーションは多い。そのような計算を遂行するためにはスーパーコンピュータに代表される並列計算機が必要であり、同時に、並列プログラミングが不可欠である。

はじめに、スーパーコンピュータについて触れておこう。スーパーコンピュータの歴史や現状を語るとき、2つの主な指標に注目するとよい。1つは俗にいう“Top500 list” [1]であり、他方は“ゴードンベル賞 (Gordon Bell Prize Winner)” [2]である。これら2つは、ともに計算能力を競うものであるが、以下の点が異なっている。

- (1) Top500ではLINPACK[3] 計算を対象とする
- (2) ゴードンベル賞は全アプリケーション対象

しかしながら、歴史を概観すると、これら2つのトップは、多くの場合と同じ顔で占められてきた。例えば、最近では、2009年のゴードンベル賞はORNLでのCray XT5を使った計算に与えられ、Top 500はORNLの“Jaguar - Cray XT5-HE Opteron Six Core 2.6 GHz” が受賞した。

図1は、Top 500に見る計算性能の推移である。(上のグラフから、1位から500位までの性能合計、1位の性能、500位の性能の順)

この図からは、とてもクリアなムーアの法則を見ることが出来る。

表1は、2010年6月におけるTOP500のベスト10である。特筆すべきは、中国が2つ入っていること。そして何より残念なのは、日本が見当たらないことである。

(2010年後半に、中国の天河1Aがトップに躍り出た)

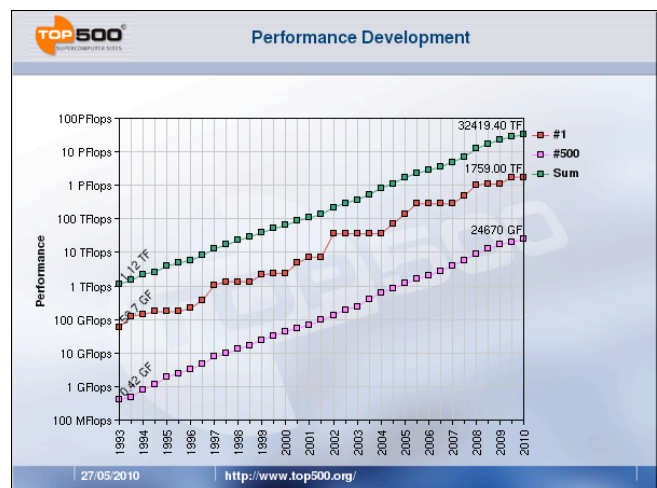


図1 TOP500に見る性能の推移 (<http://www.top500.org>.)

Rank	Manufacturer	Country	RMax
1	Cray Inc.	United States	1759000
2	Dawning	China	1271000
3	IBM	United States	1042000
4	Cray Inc.	United States	831700
5	IBM	Germany	825500
6	SGI	United States	772700
7	NUDT	China	563100
8	IBM	United States	478200
9	IBM	United States	458611
10	Sun Microsystems	United States	433500

表1 2010年6月のTOP500 (<http://www.top500.org>.)

これら上位の性能をもつ計算機に共通するのは、ノードの性能が均一の「ホモジニアス」な並列計算機である、という点である。高性能を達成するために並列プログラムを作成するという立場からすれば、ホモジニアスな計算機は扱いやすく、最高性能を達成しやすい。

これは、すべてのノードで同じプログラムを走らせ、均一な負荷を与えるSIMD型のプログラミングが容易だからである。

一方、例えば大学や研究所等の計算センターのような環境に目を転じてみると、様々な計算機が混在している「ヘテロジニアス」な環境がむしろ一般的であり、そのような環境において、最高性能を達成しようとするならば、ホモジニアスな環境では理想的であったSIMD型のプログラミングスタイルは通用せず、我々はパラダイムの転換を必要とされることになる。

この稿では、既存のプログラムに少し変更を加えることで、パラダイムの交換を行う可能性および実証実験の結果について触れてみたい。

## 2. QCDMPI

QCDMPI [4] は、素粒子物理に関する、格子QCDモンテカルロシミュレーションを行うプログラムであり、筆者により開発され、これまで世界中で広く使われてきた。

QCDMPI はその名の通り、並列処理部分にMPIを利用しており、かつ、下記のようにポータブルな特徴を持っている。;

- 1) 何次元のQCDでも計算可能
- 2) 何次元分割にも対応
- 3) ノードの数は任意
- 4) 必要とする作業メモリが少ない

これらの特徴は密接に関係しているのであるが、今回は、3) に注目したい。

ある計算を遂行するために必要なノードの数を可変にしておくことで、ヘテロジニアスな環境に対応することが可能であると想定できる。つまり、計算能力に応じた負荷分散を行えばよい。ノードの数を可変にする方法はアプリケーション毎に異なると考えられるが、領域分割の問題に関してはQCDMPIの例が役に立つと思われる。QCDMPIの場合の詳細については文献[4]を参照いただきたい。

## 3. ヘテロジニアスな環境での並列化

ヘテロジニアスな例として、2つのコンピュータAとBから構成されるシステムを考えよう。Aの性能はBの2倍であるとする。この場合、理想的な全体性能はBの3倍であるが、このシステムをホモジニアスな環境であると考えて、SIMD型のプログラム（全ノードで負荷が均一）を走らせた場合に得られる性能は、遅いBに制約されるためにBの2倍となる。（図2のCase1）

一方、ヘテロジニアスな環境に対応可能なプログラムの場合には、全体のノード数を3にしておいて、そのうち

2つをAで、残りの1つをBで実行することにより、全体性能は理想値であるBの3倍を達成することができる。

（図2のCase2）

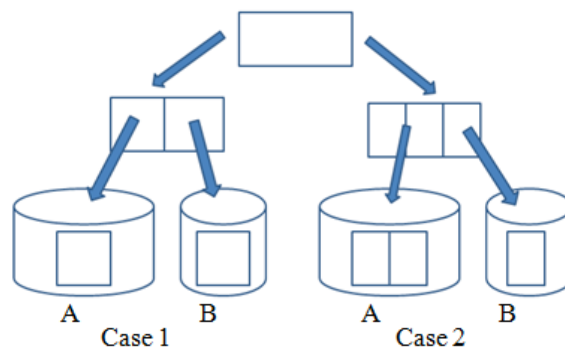


図2 並列化方法

性能比が1:Nの2台のコンピュータの場合であればノード数を(N+1)とし、高性能のコンピュータでNノードを分担させればよい。この場合には、ホモジニアスな環境と比べた時の、ヘテロジニアスな場合の計算時間の比の理想値は  $2 / (1 + N)$  となる。

## 4. 実機による実測とまとめ

性能比1:Nの2台のコンピュータを使い、実測値と理想値の比較を行った。当然、通信時間が含まれるので、理想的な性能からずれる可能性も考えられるが、QCDMPIは通信時間も最小化するように設計されているため、大きな影響はないと予想される。

結果は、図3となり、2つはほぼ一致した。つまり、ノード数を可変にすることだけで、ヘテロジニアスな環境であっても理想的な並列化が実現できることが示された。

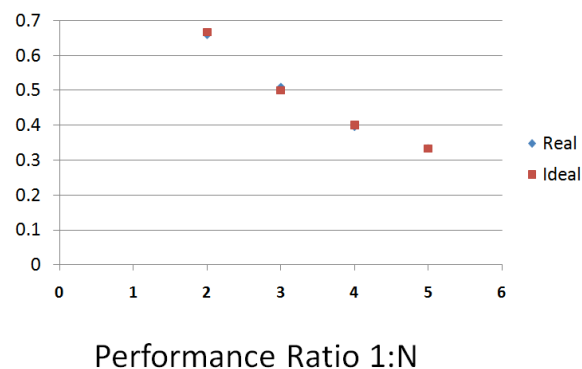


図3 ヘテロジニアスな環境における性能向上

## 5. References

- [1] <http://www.top500.org/>
- [2] for the past list, for example see <http://www.sc2000.org/bell/pastawrd.htm> and <http://awards.acm.org/homepage.cfm?awd=160>
- [3] <http://www.netlib.org/linpack/index.html>
- [4] S.Hioki, Nuclear Physics B63 (1998) 1000.

# 科学技術シミュレーション問題解決環境 支援のためのフレームワーク(PSE Park)の開発

Development of a PSE framework (PSE Park) for Scientific Simulations

海老原龍夫<sup>1)</sup>, 小橋博道<sup>1)</sup>, 石原隆<sup>1)</sup>, 寺元貴幸<sup>2)</sup>, 松本正己<sup>3)</sup>  
早勢欣和<sup>4)</sup>, 真鍋保彦<sup>5)</sup>, 宇佐見仁英<sup>6)</sup>, 川田重夫<sup>7)</sup>

Tatsuo Ebihara, Hiromichi Kobashi, Takashi Ishihara, Takayuki Teramoto, Masami Matsumoto  
Yoshikazu Hayase, Yasuhiko Manabe, Hitohide Usami and Shigeo Kawata

- 1) 宇都宮大学大学院工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2)
- 2) 津山工業高等専門学校 (〒708-8509 岡山県津山市沼 624-1)
- 3) 工博 米子工業高等専門学校 教授 (〒683-8502 島根県米子市彦名町 4448)
- 4) 富山高等専門学校 (〒933-0293 富山県射水市海老練合 1-2)
- 5) 沼津工業高等専門学校 (〒410-8501 静岡県沼津市大岡3600)
- 6) 工博 玉川大学学術研究所 教授 (〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1)
- 7) 工博 宇都宮大学大学院工学研究科 教授 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

We study a framework of a problem-solving environment(PSE) : PSE Park. The PSE Park is a PSE for PSE. PSE can be constructed in the framework of PSE Park. Each component of PSE Park is a kind of module. The PSE Park is a module-based meta PSE. Each module is called as “Core” in the PSE Park. In this Paper a steering function and a navigation function are presented.

**Key Words:** Problem Solving Environment, Simulation Support, meta PSE, PSE Park,

## 1. 序論

PSEとは問題解決環境(Problem Solving Environment)[1][2]の略称である。定義は「コンピュータ関係の特別の知識やスキルを必要とせず、問題を解決するための計算ハードウェアとソフトウェア環境」である。

PSEはコンピュータシミュレーションを支援する目的で誕生した。PSE研究はコンピュータの性能とネットワーク環境の向上に伴い発展した。

コンピュータシミュレーションを支援するために誕生したPSEの研究は様々な分野で行われている。例として、NCAS[3][4][5][6], TSUNA-TASTE, NAREGI-PSEの三つを紹介する。NCASは偏微分方程式問題用のPSEである。動作としては、物理式や種々の条件を入力することによって、シミュレーションに必要な作業をコンピュータが行いプログラミング、プログラム実行、可視化までを代行して行うPSEである。NCASの最大の特徴はホワイトボックス型であるということである。NCASはシミュレーションのための一連の作業をするが、一連の作業の途中経過を閲覧することができる。例えば、基礎方程式を離散化する作業をPSEの利用者は確認し必要とあれば編集することができる。このように利用者がPSEに介入するこ

とをステアリングという。NCASは利用者を最大限に意識して作られたPSEの一つである。

TSUNA-TASTEはプログラミングの授業を支援する着教育支援PSEである。情報系の知識が何の知識もない学生に対してプログラミングを教えるのは、難しく授業をしても身に付かない学生は多い。そこで、開発されたのがTSUNA-TASTEである。

NAREGI-PSEはグリッドコンピューティング環境をコンピュータの素人でも使えるようにするためのPSEである。グリッドコンピューティングは計算資源としてはとても有用なものである。しかし、素人が利用するとなるととても不便なものであった。そこで、Webを通して簡単にグリッドコンピューティングを利用する環境を提供するために開発されたのがNAREGI-PSEである。

紹介したPSEは非常に高機能であり開発するのに多く人手と労力を要した。しかし、現実では問題には様々な種類があり、早急に解決したい問題や、急ぎではないが便利にしたいなど多種多様である。そこで、早急に解決したい問題にも対応出来るように、PSEを構築するPSEが必要であると考えた。そこで、メタPSEとしてPSE Park

を開発した。

## 2. PSE Park

PSE Park[7]とは、問題解決環境のフレームワークである。フレームワークとは、汎用的な機能を提供し、それらを使ってアプリケーションを構築するための土台(プラットフォーム)として機能するソフトウェアのことである。つまり、PSE Parkとは、「PSEを構築するための様々な機能と、それら機能を扱うことができるプラットフォーム」のことである。PSE Parkの全体像をFig.1に示した。PSE Parkの特徴はモジュールベースになっていることである。モジュールベースにすることによって二つのメリットがある。

一つ目のメリットは一つの機能を作るのにあまり労力をかけずに済むという点である。今までのPSEは一つのプログラムに全ての機能を組み込んでいたため、作るのに多大な労力が必要であった。しかし、機能ごとにプログラムを作ることによって、一つの機能を作る際の労力は少なくなる。

二つ目のメリットはPSEの柔軟性が向上することである。ここで言う柔軟性とは、機能の内容を容易に書き換えることができるということである。今まで開発されたPSEでは書き換えたいと感じた時に様々な箇所を修正する必要が出てくるため柔軟性が低かった。PSE Parkでは機能ごとにプログラムを構築するため、機能の内容を書き換えるのが容易になる。

また、PSE Parkはクラウドコンピューティングにも対応している。クラウドに対応させた理由は計算環境にある。通常シミュレーションをする場合、スーパーコンピュータやクラスターPCなど、計算速度が速いコンピュータを用いる。個人でこのコンピュータ環境を作り出すことは困難だ。そこで、PSE Parkでは計算環境にクラウドを採用した。このようにすることで、簡単なシミュレーションから大規模なシミュレーションまで行うことができる。

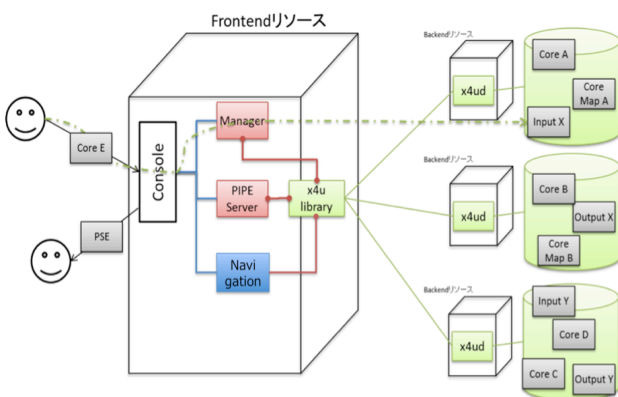


Fig.1 PSE Parkのアーキテクチャ

ここでPSE Parkを構成する要素としてCoreとCoreMap、

PIPE Server, Manager, Console, x4uの六つを紹介する。

### (1) Core

CoreとはPSE Parkにとってモジュールである。PSE ParkではCoreを用いてPSEを作る。Coreは一つの機能を持っている場合もあり、Coreの一つが様々な機能を持つPSEである場合もある。Coreはどのようなプログラミング言語でも構わない。しかし、Coreを作るにあたってルールがある。

入出力情報をJSONにすることである。JSONとはJavaScript Object Notionの略称で、プログラミング言語のJavaScriptの一部をベースに作られた。データ交換フォーマットのことであり、入出力情報にJSONを採用したことでプログラミング言語を統一するという制約をなくした。更にモジュールベースを採用することで、機能の再利用をすることができるようになる。CoreのイメージをFig.2に示した。

PSE Parkでは入出力情報がJSONではないレガシープログラムも再利用が可能である。このようにレガシープログラムを再利用してCoreとして使えるようにしたものをWrapped Coreという。Wrapped Coreはレガシープログラム固有の入出力情報をJSONに変換して、次のCoreへ渡している。Wrapped CoreのイメージをFig.3に示した。

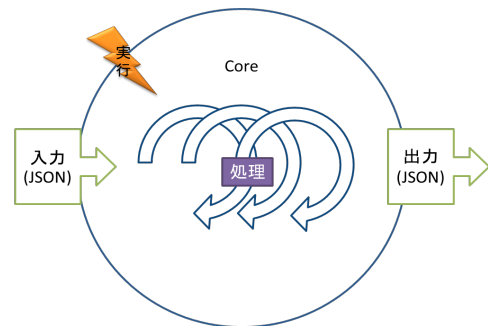


Fig.2 Coreのイメージ図

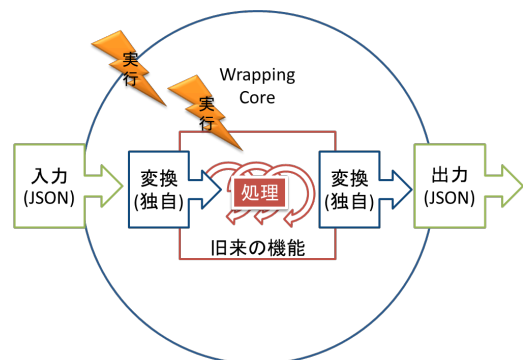


Fig.3 Wrapped Coreのイメージ図

### (2) CoreMap

CoreMapとはCoreの繋がりを表したものである。いわゆるCoreの実行の順番を記述したファイルである。PSE

ParkではPSEを構築するが、モジュールベースになっているので基本的に様々なCoreを利用することで、PSEを作る。Core同士の情報の受け渡しはJSONファイルを使う。

### (3) PIPE Server

PIPE ServerはCoreMapを読み込んで、Coreをデータストアから呼び出し、実行を行う機能を持っている。

PIPE Serverの特徴として、データを引き継ぐ機能を持っている。

### (4) Manager

主にPSE Parkのデータの操作をする機能である。プログラムをPSE ParkのCoreとして取り込んだり、CoreMapをPSE Parkに取り込む役割を持つ。

### (5) Console

PSE ParkのGUIである。Consoleはウェブブラウザを利用したGUIである。PSE Parkの利用者はConsoleを通してPSE Parkの操作を行う。

### (6) x4u

x4uはPSE Parkのデータストアである。PSE Parkのように様々なユーザが利用をするシステムの場合、容易にデータベースのアクセス性能が向上できることが望ましい。また、科学技術シミュレーションでは、最終結果やその途中結果のデータ量が大量になることがある。したがって、保存することのできるデータの容量が容易に増やせることは重要だ。x4uはコンピュータを追加するだけで、スループットと容量の向上を図ることができる。以上のことから、x4uは、PSE Parkに適したデータベースであると言える。

## 3. PIPE Serverステアリングシステム

PIPE Serverステアリングシステムとは、利用者がCoreの処理結果を編集することができる機能のことである。

通常PIPE ServerはCoreMapを読み込んで、Coreを呼び出して処理を実行する。その際、利用者はCoreの処理の結果を見ることは可能である。

しかし、シミュレーションをする中で少しパラメータを変えてシミュレーションをしたいということも考えられる。そこで、利用者が作ったPSEに介入することができるシステムがPIPE Serverステアリングシステムである。ステアリングシステムの概念図をFig.4に示した。

PIPE Serverステアリングシステムの利用者は編集したいデータを受け取るCoreの名前(Core B)を入力すると、PIPE Serverはテキストエディタを起動してCoreから出力されたJSONファイルが編集出来るようにする。

利用者は表示されたテキストエディタでCoreの出力したJSONファイルを編集する。編集するにあたり注意も必要である。そこで、編集後もデータの形式が変わらないように、編集してもいい部分を指定しておく。編集を終えてテキストエディタを閉じるとその結果を入力としてPIPE ServerはPSEの実行を続ける。

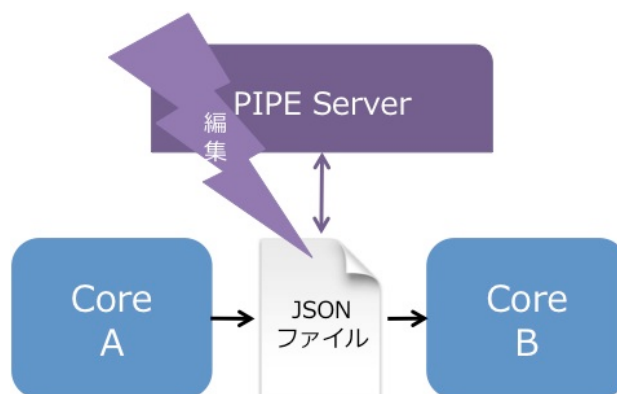


Fig.4 PIPE ServerとJSONの編集

例として、PIPE Serverステアリングシステムを利用して構築したPSEを示す。Fig.5はステアリングを使用していないPSEである。Fig.6はステアリングを使用しユーザが介入して生成したPSEである。Fig.6では誘電体の比誘電率のパラメータをステアリングした。Fig.5では2.0でFig.6では4.0に設定したものになる。

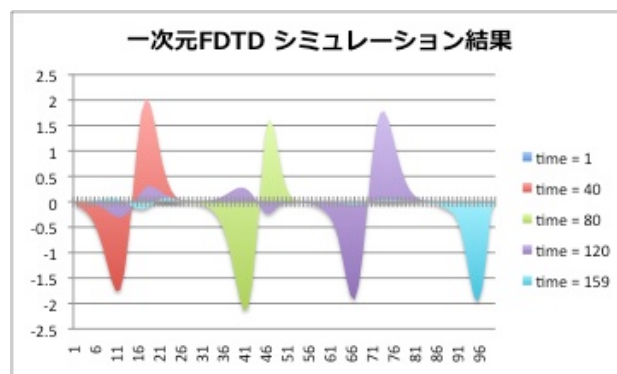


Fig.5 ステアリングを使用していないPSE

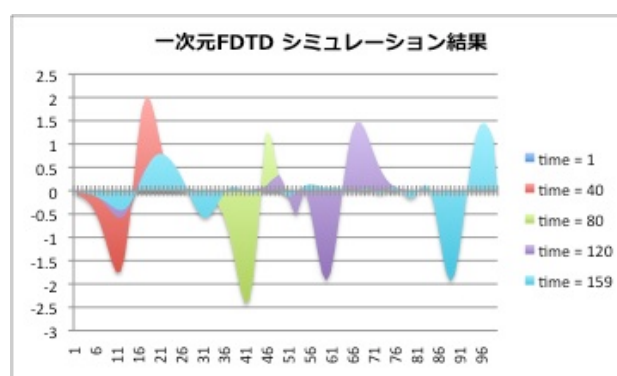


Fig.6 ステアリングを利用したPSE

## 4. PSE Park Navigation System

我々はPSE Parkを利用するユーザのために利用を補助する機能として、PSE Parkナビゲーション機能が必要であると考える。PSE Parkナビゲーション機能をTable.1に示す。今回は5のCoreMap構築支援機能について述べるので、1のPSE Parkの利用説明書と2のレコメンド機能に

については[8]の計算工学会論文集を参照して頂きたい。

Table.1 PSE Parkナビゲーション機能一覧

1. PSE Parkの利用説明機能
2. レコメンド機能
3. Core構築補助機能
4. 登録Core, CoreMapの紹介機能
5. Core Map構築支援機能

(1) CoreMap構築支援機能

CoreMap構築支援機能は、ユーザがCoreMapを構築する際にサポートしてくれる機能である。ユーザはこの機能を利用する際に2つのCoreを入力する。CoreMap構築支援機能は入力された2つCoreのCoreMapを生成してPIPE Serverで繋がるかをテストする。もしも入力した2つのCoreが繋がらない場合、Coreを繋げるために必要なデータを提示する(Fig.7 & 8)。同時にPSE Parkのデータストアに必要なデータを出力するCoreがあるか検索する。検索してCoreを発見した場合、ユーザに2つのCoreを繋げるために必要であると提示する機能になっている。

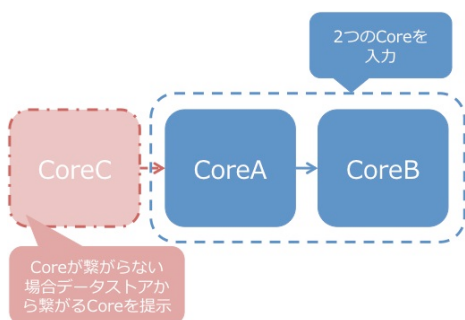


Fig.7 CoreMap構築支援機能イメージ

```

Last login: Tue Aug 16 07:48:22 on console
localhost:~ ebiharatatsu$ cd Desktop/pse_park
localhost:pse_park ebiharatatsu$ python coremap_support.py
exec_one_dimension_fdt input_one_dimension_fdt_params

"start" keyword is not found before exec_one_dimension_fdt
core
"input_one_dimension_fdt_params" core is necessary to connect
before core.
False
Cores are not connectable
localhost:pse_park ebiharatatsu$
    
```

Callouts: "2つのCoreを指定" (pointing to the command), "Coreを繋げる為に必要な情報を提示" (pointing to the error message).

Fig.8 CoreMap構築支援機能実行結果

5. 結論

今回はPIPE ServerステアリングシステムとPSE Park Navigation Systemの一つである、CoreMap構築支援機能を

開発した。PIPE Serverステアリングシステムの開発によりPSE Parkの利用者がPSEを構築する際に介入出来るようになった。この機能の開発によりPSE Parkの柔軟性の向上に貢献することが出来た。CoreMap構築支援機能の構築によりPSE Parkが利用しやすくなった。この機能はCoreが繋がるのかを検証する機能だけではなく、もしも繋がらなかった場合にCoreMapを構築するためにはどのようなCoreが必要なのかを提示する機能もある。そのためCoreMapの構築が容易になった。この機能によりPSE Parkの利用者に貢献することができた。

謝辞：本研究は一部科学研究費補助金により実施された。

参考文献

- 1)川田重夫, 田子精男, 梅谷征雄, 南多善 共編：“PSE BOOK[基礎編] シミュレーション科学における問題解決のための環境”, 培風館, 2005.
- 2)川田重夫, 田子精男, 梅谷征雄, 南多善 共編：“PSE BOOK[応用編] シミュレーション科学における問題解決のための環境”, 培風館, 2005.
- 3)T. Teramoto, T. Nakamura, S. Kawata, S. Machide, K. Hayasaka, H. Nonaka, E. Sasaki and Y.Sanada, “A Distributed Problem Solving Environment (PSE) for Partial Differential Equation Based Problems”, Transactions of JSCES, Paper No.20010018, 2001.
- 4)C. Boonmee and S. Kawata, “Computer-Assisted Simulation Environment for Partial-Differential-Equation Problem: 1. Data Structure and Steering of Problem Solving Process”, Transactions of JSCES, Paper No. 19980001, 1998.
- 5)S.Kawata, C. Boonmee, A.Fujita, T. Nakamura, T. Teramoto, Y.Hayase, Y.Manabe, Y.Tago, M.Matsumoto : “Visual Steering of the Simulation Process in a Scientific Numerical Simulation Environment -NCAS-”, Enabling Technologies for Computational Science, edited by E.Houstis and J.Rice, Kluwer Academic Publisher, 2000.
- 6)C. Boonmee and S. Kawata, “Computer-Assisted Simulation Environment for Partial-Differential-Equation Problem: 2. Visualization and Steering of Problem Solving Process”, Transactions of JSCES, Paper No. 19980002, 1998.
- 7)H. Kobashi, S. Kawata, Y. Manabe, M. Matsumoto, H. Usami and D. Barada: PSE Park: Framework for Problem Solving Environments, Journal of Convergence Information Technology, 2010.
- 8)海老原龍夫, 小橋博道, 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)における一機能の開発”, 第16回計算工学会講演会論文集, 2011.



# 電力消費を意識した コンピュータ実習の代替環境

## AN ALTERNATIVE ENVIRONMENT OF ENERGY-AWARE EXERCISE IN COMPUTER SCIENCE

前田太陽  
Taiyo Maeda

1)博士(理学) 埼玉工業大学 工学部情報システム学科  
(〒369-0293 埼玉県深谷市普濟寺 1690, maedat@sit.ac.jp)

This paper presents alternative environment for energy-aware education which is exercise in computer science. The proposal environment is construed by laptop computers, tablet PC, data sharing system and monitor mirroring software. Using this environment, teacher obtains rapidly environment which relatively conventional exercise is possible in particular situations.

**Key Words:** *Problem Solving Environments, Environment for Exercise, Energy-aware Education*

### 1. はじめに

これまで、コンピュータやシステムの継続的な利用やデータと保守に対応する研究が行われてきた。この背景のひとつに、落雷などが原因で一時的な停電によりコンピュータやコンピュータシステムの利用が中断される状況を改善するために取り組まれてきた。一方、2011年3月の震災後、全国的に国民が取り組んでいる節電を意識した電気機器の利用対応が必要となっている。このような2つの背景と、教育現場でのコンピュータを利用した実習に着目した。

コンピュータを利用した実習を教員が行う場合、コンピュータの利用は必須であるため使用を避けることはできない。そこで、電力使用ピーク時の電力使用を避けるため仕組みが必要となる。実習時にこのような環境があれば、同時に停電対応も可能となる。また、これまで教育支援の Problem Solving Environments (PSE)[1-3]として、受講者を対象とした研究や事例が存在する。それらを含めコンピュータの実習を行う教員をターゲットとした教育支援 PSE が必要である。

これらのことから、電力供給がない場合、または電力消費を意図的に下げるために電力供給を停止する場合でも、容易に実習を継続するための実習環境を提案する。既存の実習環境から一部の変更や必要な要素を付加することで、既存の実習と同様の実習が可能な環境構築を目的とする。

### 2. コンピュータを利用した実習と環境

コンピュータ関連の実習では、受講者、実習内容、実習室の環境によって多少の違いが見られる。しかしながら実習用の環境は共通した部分が多い。そこで実習を進める上で必要になる機能について次に述べる3点に焦点を当てる。

1つ目は、資料の表示である。一般的にはプロジェクタにより表示している。また、1名または2名がプログラムや資料の細かな部分を間近で見るための専用ディスプレイがある教室も存在し、これら2つを併用している設備が多くみられる。このシステムは教育効果が高い反面、電力供給がない場合、多くのものは使用できなくなる。この際、ソフトウェア操作の説明やプログラミングや細かな内容の変更を説明することが困難になる。

2つ目は、ネットワークとデータの共有である。一般的に実習用ネットワークの多くは有線 LAN である場合が多い。電力供給がない場合、スイッチが停止し、仮に教員がデジタルのデータを持っていても配布できない状況が発生する。

最後に、受講者の実習状況の把握のためのディスプレイ共有である。コンピュータ操作やプログラミングの進行状況の把握する場合、受講者のディスプレイを共有できたほうが効率的なアドバイスが可能であるため導入されている場合が多い。しかしながらディスプレイの切り替え器、ディスプレイともに無電力供給時に利用できない場合がある。

### 3. 代替環境と事例

備え付けPCがデスクトップである場合が存在するが、近年のノートPCの普及率や、バッテリーによる利用、移動可能といった利点から、ノートPCを利用した実習を前提とする。また、先に述べた状況に対応するため、代替する環境の構成を、タブレット型PC、ハードウェア、ソフトウェア、コンテンツ配信を組み合わせることで試みた。環境構築を状況別に述べ、事例とともにその結果を述べる。

#### 3.1 プロジェクトまたは、専用ディスプレイによる実習資料の表示

教員が説明資料の表示とデータ共有を電力供給停止時に行う作業工程を少なくするため、コンテンツ配信用のシステムにより教員側のPCの画面を共有する。ネットワークについては、教員側のPCと複数の受講者のPCを無線LANにより接続することとした。プロトタイプとして、ApacheとJavaScript、キャプチャソフトを利用し、1秒おきにキャプチャした画像をWebベースで配信システムを構築した(図1)。

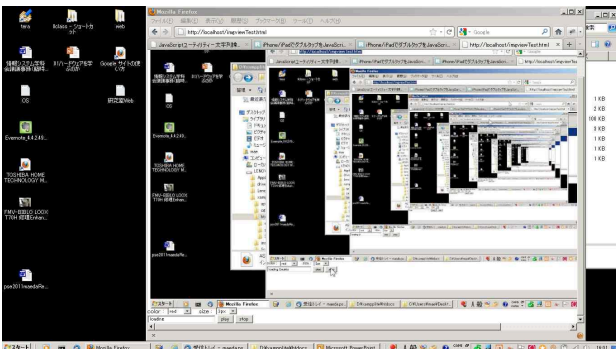


図1 教員側の画面共有の例：

教員のデスクトップ内容を教員のPCのブラウザ上で表示しているスクリーンショット

受講者側のPCは無線LANの設定ができていれば、受講者にURLの通知後、実習を進めることができた。しかしながら、フレームレートが必要な場合を想定すると別の方法を選択する必要がある。

#### 3.2 データ共有

コンテンツの表示で行った方法で、プログラムや手順などの表示は可能となる。Webベース配信システムにファイルリストをリンクすることで、受講者にデータの配信が可能となった。

#### 3.3 受講者のディスプレイ共有

教員やアシスタントが同時に画面共有しアドバイスする場合、必要な表示機器の最大数は、教員側の人数でよ

い。よって、その数のタブレット型PCと画面共有ソフトを導入することで対応できる。

Apple社iPad2と画面共有ソフトDisplayLink[4]によりテストを行った。受講者側のPCにノートPCにこのソフトを事前にインストールしていれば、タブレット型PC側で接続したい受講者PCを選択し共有できるため(図2)、受講者の作業状況を確認しながらアドバイスをすることができた。

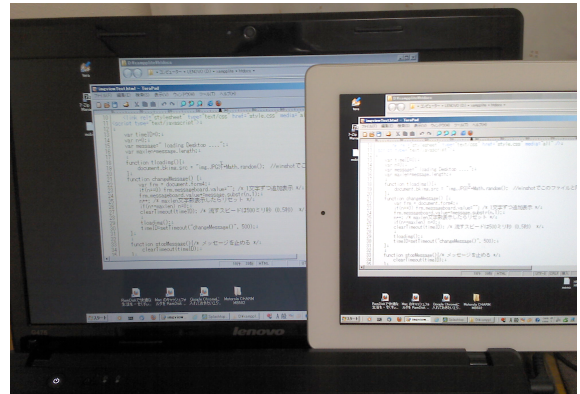


図2 受講者側の画面の共有例

### 4. まとめ

本研究では、コンピュータ実習を行う教員をユーザとし、消費電力を意識した既存の実習環境を代替する環境のプロトタイプを構築した。事例として、一時的に電源の供給がない状況において、コンピュータ実習での3つの状況を想定し、既存の環境と同様の実習が行えるかを試みた。この結果、容易に代替環境を利用できることを示した。また、実習内容によっては改善すべき点があり、教員のニーズによって環境が異なることが今後の課題となった。

#### 参考文献

- 1) 日置慎治, 教育におけるPSEとしてのTIES, 第12回問題解決環境ワークショップ論文集, 2009
- 2) 古賀掲維, 大崎二郎, 新田高士, 飛永三奈, 坂井一也, 原田徹, 丹羽量久, Ajax/RIAフレームワークを用いた教育支援システムのユーザビリティの改善, 第12回問題解決環境ワークショップ論文集, 2009
- 3) 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回日本計算工学会計算工学講演会論文集 Vol.14 pp.431-432, 2009.5
- 4) displaylink <http://www.displaylink.com/>

# 植物工場のための 問題解決環境

## A PROBLEM SOLVING ENVIRONMENT FOR A PLANT FACTORY

眞鍋保彦<sup>1)</sup>, 宇佐見仁英<sup>2)</sup>, 川田重夫<sup>3)</sup>

Yasuhiko Manabe, Hitohide Usami and Shigeo Kawata

1)修士 (工学) 沼津高専 電気電子工学科 (〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600, manabe@numazu-ct.ac.jp)

2)工博 玉川大学 学術研究所 (〒194-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1, usami@lab.tamagawa.ac.jp)

3)工博 宇都宮大学大学院 工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2, kwt@cc.utsunomiya-u.ac.jp)

This proceeding describes about PSE for a plant factory. In a plant factory, staffs must check a growing of plants. Currently, staffs remove samples from plants for checking the growing. But removing samples cannot be connected to original plants. In this study, we propose a PSE for detecting growth of plants without removing samples. This system takes pictures of plants periodically. Taking pictures are processed to extract edges. The system compares edges and growth models. If this comparison is different largely, we can find poor growth plants.

**Key Words:** *problem solving environment, plant factory, plant model*

### 1. はじめに

近年, 未来型の野菜づくりとして植物工場が注目されている<sup>1-3)</sup>. 本論文では, 植物のモニタリングを支援する, 植物工場のための問題解決環境 (PSE) について述べる.

植物工場においては, 植物の成長具合を把握する必要があり各種計測が行われる. 必要な測定データは, 測定機器で取得できるものもあれば, 実際に植物を採取した上で測定可能なものもある. ただ, 植物はいったん採取してしまうと, もはや元には戻せない. 本研究では, 植物の成長の様子をデジタルカメラにて撮影し, あらかじめ用意した植物成長モデルと撮影画像とのマッチングを行うことにより, 植物を採取することなくモニタリングが行えるようなシステムを提案する<sup>4)</sup>. 近年では画像解析ツールを用いた植物の根の成長の抽出に関する研究も行われている<sup>5)</sup>.

### 2. 植物工場におけるモニタリング

植物工場においては, 植物の成長具合の把握のためにモニタリングが必須である. モニタリングによって得られる情報には大別して2種類ある. ひとつは計測器やセンサーを使って得られる数値的な情報であり, もうひとつは人間の目による視覚的な情報である.

植物工場におけるモニタリングについて言及する前に, 我々人間の健康診断に置き換えて考える. 数値的な情報とは, 血圧, 身長, 体重といったものであり, 計測器を用いて測定できる. 一方, 視覚的な情報とは, 医者が目視で判断し診断を下すための情報であり, 顔色を見

る, 触診を行う, などが該当する. いかにか計測器で各種測定を行っても, 最終的に健康であるか否かの判断には, 医者による問診, すなわち視覚的な情報が欠かせない.

植物のモニタリングも人間の健康診断と似ている. 温度, 湿度, CO<sub>2</sub>濃度などといったものは, 測定器で容易に取得できる. ただし, 視覚的な情報は, 計測器だけではなかなか取得しにくい. 葉の面積を測定する場合などはサンプルとして植物の一部を採取しなければならないこともある. その場合, 採取した植物は二度と元には戻せない. 結果として破壊検査を行っていることになる.

本研究では, この視覚的な情報の把握という部分に着目する. 植物の様子を見る人間の目の代わりに, これをデジタルカメラに置き換えて, 撮影画像からさまざまな情報を採取しようと試みるものである.

### 3. 本PSEシステムの概念

図1に本PSEシステムの概念図を示す. 測定対象となる植物をデジタルカメラで撮影する. 撮影された画像はデータ処理用PCに取り込まれ, 輪郭線抽出等の画像処理が行われる. この作業により対象植物の成長の様子が把握できる. ただし, これだけでは成長が妥当なものであるかどうか判断しかねるため, PC上にはあらかじめ正常に成長した様子をシミュレーションによって作成しておき, この結果と実際の撮影画像とを比較する. 両者の差異がほとんどなければ, 植物の成長は妥当であるといえるが, そうでなければ, 何らかの原因で成長に不具合が生じていることになる. 本システムを用いることで, 植

物が正常に成長しているかどうか判断できると考える。

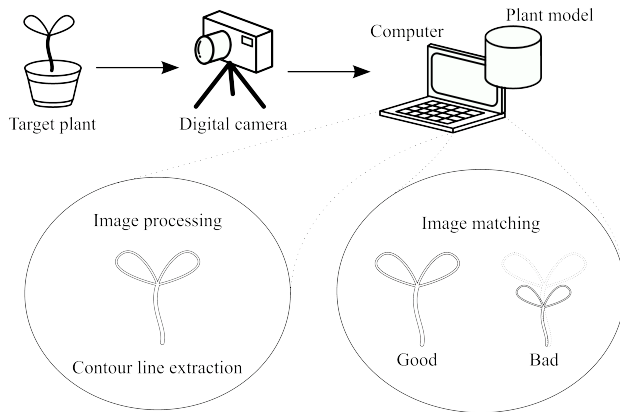


図1 本PSEシステムの概念図

#### 4. 測定システム

測定にあたり、2つのシステムを構築したので、それぞれ説明する。

##### 4.1 日照時間制御を考慮したシステム

図2は日照時間制御を考慮した測定システムの構成図である。システムのケースはスチール製ラックであり、その周りを遮光カーテンで覆うことで簡易暗室化している。照光装置としては蛍光灯を用いている。蛍光灯はプログラムタイマーに接続され、日照時間の制御が行えるようになっている。簡易暗室内には撮影対象となる植物が置かれ、それをデジタル一眼レフカメラで撮影する。撮影自体は安価なコンパクトカメラでも十分可能であるが、インターバル撮影を行うなど高度な制御が必要であったため、エントリーモデルのデジタル一眼レフカメラを利用している。データ採取用PCからソフトウェア制御にて1時間ごとに植物の様子を撮影する。撮影した画像はPCに取り込まれ、後で画像処理が行われる。

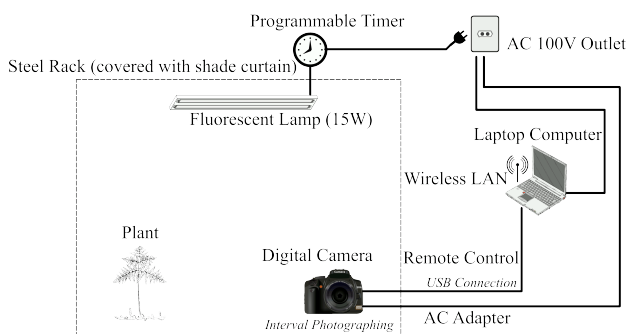


図2 日照時間制御を考慮したシステム

##### 4.2 日照時間制御を行わないシステム

図3は日照時間制御を行わない測定システムの構成図である。蛍光灯とプログラムタイマーは取り去っている。追加部品としてはUSB接続の温度・湿度のデータロガーがある。湿度・温度の採取は1時間ごとに行われる。ま

た、前節のシステムは筐体が大きいため、洋服収納ケースを利用してコンパクト化を図った。

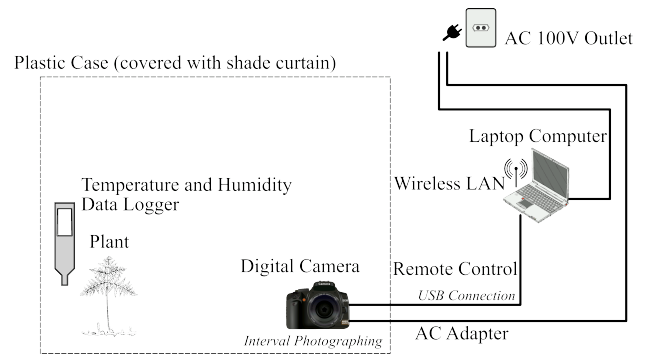


図3 日照時間制御を行わないシステム

#### 5. 測定結果

簡易暗室にてカイワレ大根の成長を観測した。苗床を変えて2つの測定を行ったので、それぞれの結果を示す。

##### 5.1 園芸用給水スポンジを苗床とした成長結果

最初の結果は、苗床としてフラワーアレンジメントなどに使われる緑色のスポンジ（いわゆる園芸用給水スポンジ）を使用したものである（図4）。このときには温度と湿度の採取は行っていない。



図4 園芸用給水スポンジの苗床

図5にカイワレ大根の成長の測定結果を示す。縦軸は経過日数を、横軸は根の部分を含まないカイワレ大根の背丈を示す。

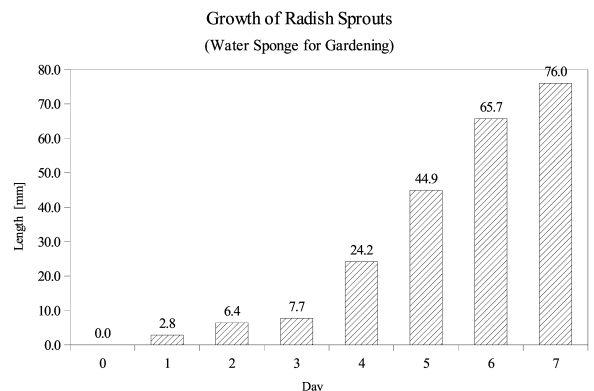


図5 成長結果（園芸用給水スポンジ苗床）



図6 背丈の計測

なお、背丈は画像データから計算によって求めている(図6)。これは基準の大きさとなる苗床の大きさと、それに対応する画面上のピクセル値との比例関係から算出したものである。このデータ採取時に使用した苗床は直径100[mm]の円形であった。これが画面上で1630[pixel]に対応する。したがって、成長したカイワレ大根の背丈の大きさを $y$ [pixel]、求める実際の長さを $x$ [mm]とすれば、 $x$ は式(1)で計算される。

$$x = \frac{100y}{1630} \quad [\text{mm}] \quad (1)$$

図5の結果を見ると、4日目までは成長が芳しくない。4日目から6日目にかけては1日あたり16[mm]から20[mm]の成長率であり、経過日数に対し、ほぼ比例の関係が得られた。

### 5.2 メラミンスポンジを苗床とした成長の結果

次の結果は、汚れ落としによく利用されるメラミンスポンジ(図7)を苗床としたものである。これは、吸水性がよいことからカイワレ大根の苗床として適していると考えたからである。また、前節の園芸用スポンジと比較して、弾力性があり、取り扱いやすい。



図7 メラミンスポンジの苗床

成長の測定結果を図8に示す。先の例と比較して、成長率が高い。これは、メラミンスポンジの苗床が水分を

豊富に含んだこと、測定時期が夏季の比較的気温の高い時期であったことなどが理由としてあげられる。

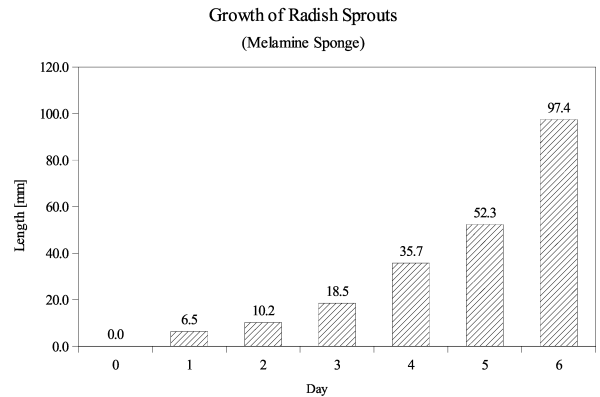


図8 成長結果(メラミンスポンジ苗床)

## 6. 成長モデル

撮影画像とのマッチングを行うための植物成長モデルを作成した。

### 6.1 植物の成長例

種を土に植えた場合、図9のような流れで植物が成長する。図の各記号の状態は以下ようになる。

- (a)種をまいた直後
- (b)根が出た状態
- (c)芽が出た状態(根は成長を続ける)
- (d)芽の成長が進み、根の伸びが鈍化し、根毛が発生
- (e)葉が作られ、成長し始める

成長モデルでは、この流れをシミュレートすることにした。

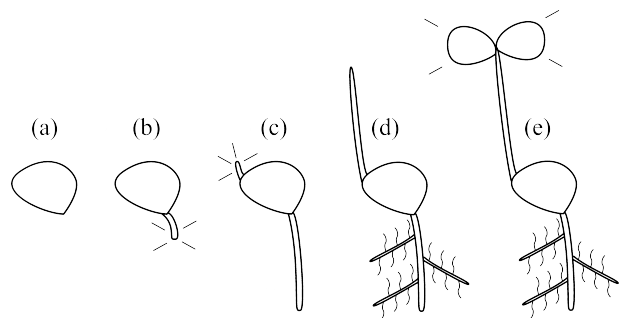


図9 植物の成長例

### 6.2 植物形状のモデル化

植物は複雑な形状をしているため、今回は図10に示すように、簡素化して考えることにした。葉は円で表現し、その半径が葉の大きさを表している。茎は細長い長方形で表現し、縦方向の長さが茎の背丈を横方向の大きさが茎の太さをあらわしている。根は根毛を省略し、縦長の長方形だけで表現している。根毛は成長の把握に深く関係しないと考えたからである。

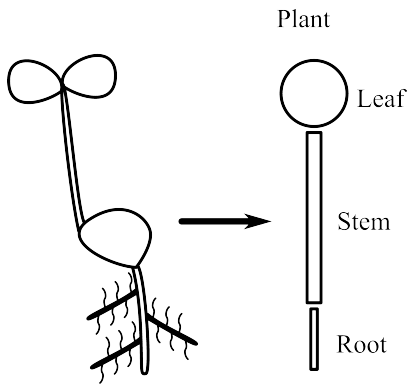


図10 植物形状のモデル化

### 6.3 シミュレーションプログラム

シミュレーションプログラムを作成するにあたり、前節のモデルに従って図11のようなプログラム構成を考える。各部分はエージェントとして他の部分と協調しながら成長させるものとする。

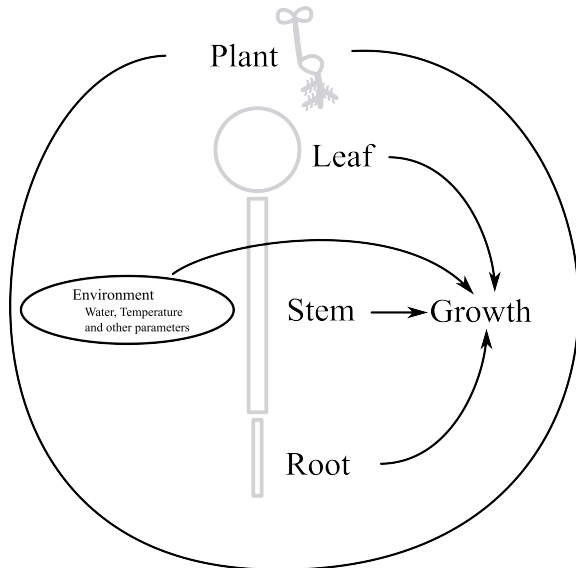


図11 シミュレーションプログラムの構成図

今回、植物(Plant)は、カイワレ大根を想定し、葉(Leaf)、茎(Stem)、根(Root)の3つに部分に分割した。植物の成長には外部の環境が大きく影響するため、成長に際し、水、温度といった各種パラメータを作用させる。各部分の成長の計算には式(2)を利用している。

$$y \leftarrow y + ar \quad (2)$$

ここでyは各部分の長さ、aは成長率、rは不確定要素を与えるための0以上1以下の乱数である。成長は基本的に線

形であるという仮定のもとでシミュレーションを行っている。シミュレーション結果の一例を図12に示す。この結果は6.1節で述べた植物の成長の流れをシミュレートしている。たとえば、茎は根がある程度成長してから成長を始めている。葉については茎がある程度成長してから成長を始めている。ただし、縦軸、横軸ともにシミュレーションプログラム内の仮想的な値であり、現実空間の値ではない。

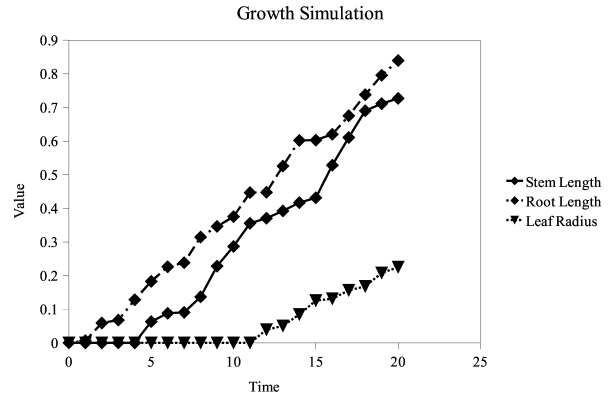


図12 シミュレーション結果

今後、さまざまな条件で成長データを採取し、この式の妥当性を含め検討していく必要がある。

### 7. まとめ

植物工場における植物の生育状況の把握のためのPSEシステムを提案し、今回はその足がかりとなる部分を構築し、データの採取を行った。今後はシミュレーションプログラムの改善、植物モデルのさらなる考察などを行い、システムを発展させていく必要がある。

謝辞：本研究を進めるにあたっては、PSE研究会メンバーから多くのご指導・ご支援をいただきました。

### 参考文献

- 1)玉川大学 大学院 農学研究科:LEDによる植物工場, <http://www.tamagawa.jp/graduate/agriculture/index.html>
- 2)宇佐見仁英: 知能型植物工場における問題解決環境, PSE Workshop 2009, pp. 25-30, 2009
- 3)宇佐見仁英: 植物生産におけるPSE, PSE Workshop 2010, pp. 9-12, 2010
- 4)眞鍋保彦, 宇佐見仁英, 川田重夫: 植物工場のためのPSE, 計算工学講演会論文集, Vol. 16, 2011
- 5)Andrew French et al., Plant Physiology, Vol. 150, pp. 1784-1795, 2009

# 資格マッチングによる起業支援システムの構築

## INCUBATION SUPPORT SYSTEM BY QUALIFICATION MATCHING

森本伍一<sup>1)</sup>, 村田忠彦<sup>2)</sup>

Goichi Morimoto and Tadahiko Murata

1)関西大学 大学院総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1, k436327@kansai-u.ac.jp)

2)博士 (工学) 関西大学 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1, murata@res.kutc.kansai-u.ac.jp)

In this paper, we propose a system that supports job seekers. Many systems supporting job seekers just show information on job offers with conditions of employment. Other systems enable job seekers to register their personal resumes so that some company finds them. These systems help to create relations between companies and individuals, but they do not create relations among individuals. Our system shows job offers with requirements needed for jobs. When a job seeker satisfies all requirements for a job, he/she can apply for it by him/herself. If he/she cannot satisfy them alone, our system shows others who can complement requirements that are not covered by him/herself. By making a company with those who can satisfy the requirements of a job offer, they can apply for the job. In our system, we show a list of people who can complement qualifications of users with their geographical information. By this function, users can find candidates in their neighborhood. We show an example of our system in job offers of construction projects in this paper.

**Key Words:** *incubation support system, database, geographical information*

### 1. はじめに

本稿では、求職者を支援するシステムを構築する。現在、求職者が仕事を探す方法としては求人サイトや求人雑誌、公的職業紹介所（ハローワーク）等が一般的である。これは企業側が求人を掲載し、求職者側がその中から仕事を選ぶという形式である。また、求職者が自身の持つ資格や希望する職場環境を提示し、企業側からオファーする形式等も存在する。この形式のサービスとして、「Programmer's」<sup>1)</sup>や「LinkedIn」<sup>2)</sup>のサイトがある。これらのサイトでは、求職者が自身の資格や業務履歴を登録することができ、求人企業が、プログラマー等の技能保有者をヘッドハンティングする方法として利用されている。また、「LinkedIn」はヘッドハンティング以外にも新たな取引先を探すためのツールとしても利用されている。この形式の求職者支援システムの特徴としては、自分の希望する環境で働くことができる可能性が高いが、企業側からのオファーが受動的であるため、早急に職を探すことが困難である。上述の求人サイトと資格登録サイトでは、いずれも求人企業と求職者を結ぶ支援を行っているが、明示的に求職者同士を結びつけて、求人企業と関係づける仕組みが取り入れられていない。

本稿で提案するシステムでは、求職者が希望する職場環境を提示するという特徴を生かしつつ、求職者側が能動的に仕事を探し、応募できるシステムを構築する。また、従来の会社に就職するという考えでなく求職者同士がシステム上で知り合い、さらには自分一人では資格が

不足する仕事を求職者同士で起業することにより、業務遂行に必要な資格を補い、請け負える仕事の幅を広げられる場を提供する。本稿では、例として、市町村が主な発注者である小規模工事等希望者登録制度を用いるが、このシステムは広義には、どんな案件発注者にも適用可能であり、発注者が多様な事業担当者を見つけられるようにするのが目的である。

本稿では本研究で採用する求人方法の説明、小規模工事等希望者登録制度を使用してシステム構成について述べると共にシステムの活用方法、今後の展望について述べる。

### 2. 資格マッチング起業支援システム

#### 2. 1 システム利用の流れ

以下に求職者に求職者が本システムを利用した際の流れを示す。(図1)

- 1)求職者はまず利用者登録を行う。利用者登録時に登録する情報の詳細は3節に示す。
- 2)仕事検索時には利用者登録時に登録した求職者の資格情報を元にデータベース上の仕事の一覧データからマッチングを行い、1つ以上の資格条件に合った仕事のみを求職者に提示する。
- 3)自分自身の資格だけでは仕事に必要な資格に十分でない場合には、自分の資格を補完する資格を持った他の求職者を提示する。求職者は、リストの中からパートナーを選び、共同で仕事に応募する。応募に関しては、直接、

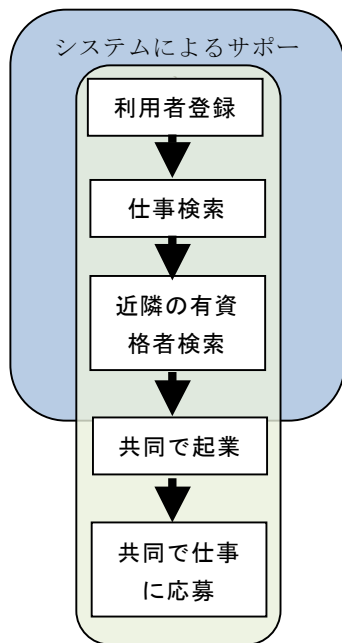


図1 求職者の提案方法の利用の流れ

窓口に見積書を提出する方法に従い、提案システムでは電子入札等の応募支援は行わない。例えば小規模工事等希望者登録制度による仕事の場合は見積書を市役所に提出する。これは提案システム内で応募を可能にすると、認証機能がないために1件の仕事の公募に対して1人で複数数の応募が可能となるからである。日本国内で利用されている認証機能をもつ電子入札システムは、日本建設情報総合センター（JACIC）が提供するシステム等がある<sup>3)4)</sup>。ただし、これらのシステムを利用するためには、求人側が電子入札システムを導入する必要があること、さらに求職者側が有料のICカードおよびICカードリーダーを事前に購入する必要があるなど、応募等にかかるハードルが高くなることが考えられるため、本稿のシステムでは導入しない。近隣の仕事を近隣の有資格者により遂行する、ということから、従来の窓口に見積書を提出する方法で、認証を行うことが可能である。

## 2.2 小規模工事等希望者登録制度

本稿で対象とする小規模工事等希望者登録制度は市町村により名称や制度の内容が多少異なっている。名称は「小規模修繕契約希望者登録制度」、「小規模契約希望者登録制度」、「小規模工事登録制度」などの様々な名称が存在する。本稿では小規模工事等希望者登録制度という名称を用いる。

小規模工事等希望者登録制度とは市町村内の入札参加資格者登録を受けていない企業を対象とし、「少額で内容が軽易な工事・修繕」を発注し、市町村内の企業の受注機会の拡大を図る制度である。市町村により異なるが1件の契約額が概ね20～100万円以下の少額の仕事に限られる。事前登録制であり、建設業の許可証がなくても登録することができる。仕事の契約社選定方法は市町村に

より様々であり、登録している全ての企業から見積書をもらうわけではなく、市町村が選んだ数社から見積書を提出してもらい最低価格の見積書を出した企業と契約する方法が一般的である。現在全国で449の市町村が導入している<sup>4)</sup>。現在も導入市町村数は増加傾向にあり、契約額の上限も上昇傾向にある。しかし、既存の指名競争入札と同様に最低価格の見積書を採用することや市町村内の企業のみを発注することは品質や価格競争、談合等の面で批判の対象ともなっている<sup>5)</sup>。また、契約額の上限や対象となる工事が異なるため、市町村により仕事の発注数に大きな差がある。

現在国や地方自治体は施設の建設工事や修繕工事として様々な案件を公開している。その多くは競争入札や随意契約等で行われ、これに参加するためには大臣または知事からの建設業許可が必要になる。小規模工事等希望者登録制度は、取得が容易ではない建設業の許可証を必要とせず、また少額の仕事が中心であり、数人で起業した企業でも応募が可能である。提案システム内で起業される企業の規模を考え、本研究では小規模工事等希望者登録制度による仕事を想定しシステム内で利用する。提案システムでは利用者の近くに住む他の求職者の保有資格を検索することで、個人で応募できる仕事の提示に加え、小規模工事等希望者登録制度での案件から、単独では応募できないが、近くに住む他の資格を持つ求職者と共同なら応募することができる仕事の提示を行う。

## 3. システムの概要

本求職方法を実現するためのシステムの概要を実行例と共に示す。なお、本システムはRuby On Rails及びSQLiteにより開発している。

### 3.1 システムで使用する情報

サーバー上に登録される情報を示す。最初に求職者が登録する情報を Table 1 に示す。資格情報の登録は、小規模工事等希望者登録制度による仕事を想定し、国交省の建設工事の種類に該当している国家資格を対象とする。具体的には Table 2 の建設工事の種類に該当する国家資格の有無を登録する。また、今回は自分の持つ資格で担当できる工事の種類を登録することにした。建設業許可証申請要件の内の「経営業務の管理責任者」を満たしている、または建設業許可証を保有しているかの登録も行う。これは多くの仕事に応募する機会を提供するために一般競争入札や指名競争入札への参加を促す機能を追加できるようにするためである。建設業許可証申請要件を Table 3 に示す。なお、一般建設業許可と特別建設業許可があり、3000万円以上の仕事の場合は特別建設業許可が必要である。建設業許可証は2都道府県以上に跨って営業所を設ける場合と1都道府県内で営業所を設ける場合とで申請先が異なるが、申請要件は共通している。仕事を登録する発注者が登録する企業・団体情報と発注者が仕事を登録する時に入力する情報を Table 4 に示す。



Table 1 求職者が登録する情報

求職者の個人情報	
氏名	電話番号（非公開）
メールアドレス（非公開）	住所
経營業務の管理責任者となるか？または建設業許可証を保有しているか？	保有資格種類情報 （最大 28 項目）

Table 2 保有資格種類情報一覧

建設工事の種類	建設工事の内容	
	該当する国家資格（一例）	
土木一式工事	総合的な企画，指導，調整のもとに土木工作物を建設する工事（補修，改造又は解体する工事を含む。）	
	一級建設機械施工技士 総合技術監理（建設）	
建築一式工事	総合的な企画，指導，調整のもとに建築物を建設する工事（補修，改造又は解体する工事を含む。）	
	一級建築施工管理技士 一級建築士	
大工工事	木材の加工又は取付けにより工	
	一級建築施工管理技士 一級建築士	
左官工事	工作物に壁土，モルタル，漆くい，プラスター，繊維等をこて塗り，吹付け，又ははり付ける工事	
	一級建築施工管理技士 左官	
とび・土工・コンクリート 工事業	イ)	足場の組立て，機械器具・建設資材等の重量物の運搬配置，鉄骨等の組立て，工作物の解体等を行う工事
		一級建設機械施工技士
	ロ)	くい打ち，くい抜き及び場所打ぐいを行う工事
		一級建築施工管理技士
	ハ)	土砂等の掘削，盛上げ，締固め等を行う工事
		一級土木施工管理技士
ニ)	コンクリートにより工作物を築造する工事	
	一級土木施工管理技士	
ホ)	その他基礎的ないしは準備的工事	

石工事	石材（石材に類似のコンクリートブロック及び擬石を含む。）の加工又は積方により工作物を築造し，又は工作物に石材を取付ける工事 一級土木施工管理技士 一級建築施工管理技士
屋根工事	瓦，スレート，金属薄板等により屋根をふく工事 一級建築施工管理技士
電気工事	発電設備，変電設備，送配電設備，構内電気設備等を設置する工事 一級電気工事施工管理技士
管工事	冷暖房，空調和，給排水，衛生等のための設備を設置し，又は金属製の管を使用して水，油，ガス，水蒸気等を送配するための設備を設置する工事 一級管工事施工管理技士
タイル・れんが・ブロック 工事	れんが，コンクリートブロック等により工作物を築造し，又は工作物にれんが，コンクリートブロック，タイル等を取付け，又ははり付ける工事 一級建築施工管理技士 一級建築士
鋼構造物工事	形鋼，鋼板等の鋼材の加工又は組立てにより工作物を築造する工事 一級土木施工管理技士 一級建築施工管理技士
鉄筋工事	棒鋼等の鋼材を加工し，接合し，又は組立てる工事 一級建築施工管理技士
ほ装工事	道路等の地盤面をアスファルト，コンクリート，砂，砂利，碎石等によりほ装する工事 一級建設機械施工技士 一級土木施工管理技士
しゅんせつ工事	河川，港湾等の水底をしゅんせつする工事 一級土木施工管理技士 総合技術監理（建設）
板金工事	金属薄板等を加工して工作物に取付け，又は工作物に金属製の付属物を取付ける工事 一級建築施工管理技士 工場板金
ガラス工事	工作物にガラスを加工して取付ける工事 一級建築施工管理技士 ガラス施工

塗装工事	塗料、塗材等を工作物に吹付け、塗付け、又ははり付ける工事
	一級土木施工管理技士
防水工事	アスファルト、モルタル、シーリング材等によって防水を行う工事
	一級建築施工管理技士
内装仕上工事	木材、石膏ボード、吸音板、壁紙、たみ、ビニール床タイル、カーペット、ふすま等を用いて建築物の内装仕上げを行う工事
	一級建築施工管理技士
	一級建築士
機械器具設置工事	機械器具の組立て等により工作物を建設し、又は工作物に機械器具を取付ける工事
	機械・総合技術監理（機械）
熱絶縁工事	工作物又は工作物の設備を熱絶縁する工事
	一級建築施工管理技士
電気通信工事	有線電気通信設備、無線電気通信設備、放送機械設備、データ通信設備等の電気通信設備を設置する工事
	電気通信主任技術者5年
造園工事業	整地、樹木の植栽、景石のすえ付け等により庭園、公園、緑地等の苑地を築造する工事
	一級造園施工管理技士
さく井工事	さく井機械等を用いてさく孔、さく井を行う工事又はこれらの工事に伴う揚水設備等を行う工事
	総合技術監理（上下水道「上水道及び工業用水道」）
建具工事	工作物に木製又は金属製の建具等を取付ける工事
	一級建築施工管理技士
水道施設工事	上水道、工業用水道等のための取水、浄水、配水等の施設を築造する工事又は公共下水道若しくは流域下水道の処理設備を設置する工事
	一級土木施工管理技士
消防施設工事	火災警報設備、消化設備、避難設備若しくは消化活動に必要な設備を設置し、又は工作物に取付ける工事
	甲種・乙種消防設備士
清掃施設工事	し尿処理施設又はごみ処理施設を設置する工事
	総合技術監理（衛生工学「廃棄物管理」）

Table 3 建設業許可証申請要件

I. 経營業務の管理責任者		
右記の中から最低1項目に該当する者		許可を受けようとする建設業に関し、5年以上経營業務の管理責任者としての経験を有している
		許可を受けようとする建設業以外の建設業に関し、7年以上経營業務の管理責任者としての経験を有している
		許可を受けようとする建設業に関し、7年以上経營業務の管理責任者に準ずる地位にあって、経營業務を補佐した経験を有している
II. 専任技術者の設置		
営業所ごとに許可を受けようとする建設業に関して、専任技術者を設置する（右記の中から最低1項目に該当する者）	一般建設業	指定学科修了者で高卒後5年以上若しくは大卒後3年以上の実務の経験を有する者
		10年以上の実務の経験を有する者 建設省告示352号の対象者
	特定建設業	国家資格者
		指導監督の実務経験を有する者 大臣特別認定者：建設省告示第128号の対象者
III. 誠実性		
IV. 財産的基礎等		
一般建設業（右記の中から最低1項目に該当すること）		自己資本が500万円以上
		500万円以上の資金調達能力を有する
		許可申請直前の過去5年間許可を受けて継続して営業した実績を有する
特定建設業（右記の全項目に該当すること）		欠損の額が資本金の20%を超えていない
		流動比率が75%以上
		資本金の額が2000万円以上であり、かつ、自己資本の額が4000万円以上

Table 4 発注者が登録する情報

発注者の企業・団体情報	
企業・団体名	電話番号
メールアドレス	住所
仕事の情報	
工事名称	工事場所
工事概要	連絡先
工期予定期日	見積書締切期日
予定価格	予定価格を公開するか否か
工事の種類	発注者

**新規登録**

名字

名前

メールアドレス

パスワード

パスワード(確認)

住所

建設業許可証申請要件を満たしていますか？または既に建築業許可証を保有していますか？

満たしていない

満たしている

既に持っている

次の内、貴方が持っている国家資格の種類を選んでください。(複数選択可)

土木一式  建築一式  大工  左官  とび・土工・コンクリート  石  屋根  電気  管  タイル・れんが・ブロック

鋼構造物  鉄筋  はせ  しゅんせつ  板金  ガラス  塗装  防水  内装仕上  機械器具設置  熱絶縁

電気通信  造園  さく井  建具  水道施設  消防施設  清掃施設

ログイン  
パスワードの再発行  
建設メールの再配信

図2 求職者新規登録画面

### 3.2 求職者の登録

求職者の登録は、Table 1 の情報を入力後、登録確認メールに記載されている URL にアクセスする事で完了となる。登録画面は図2になる。

### 3.3 発注者の登録と仕事の登録

発注者の登録は、求職者の登録と同様に、Table4 の発注者の企業・団体情報を入力後、登録確認メールに記載されている URL にアクセスする事で完了となる。発注者は図3のように WEB 上から仕事の登録を行う事ができる。自身が登録した仕事は登録日時順に一覧表示されると共に Google Map 上に表示される。発注者の可能な作業は、登録した仕事の削除、内容の修正、公開終了の操作である。公開中の仕事の一覧と公開終了した仕事の一覧はタブで切り替えられる。公開を終了した仕事の表示は図4のように表示される。

工事名称

工事場所住所

工事概要

連絡先

工期予定  年  月  日

見積り期限  年  月  日

予定価格(非公開)

仕事の分類

土木一式  建築一式  大工  左官  とび・土工・コンクリート  石  屋根  電気  管  タイル・れんが・ブロック

鋼構造物  鉄筋  はせ  しゅんせつ  板金  ガラス  塗装  防水  内装仕上  機械器具設置  熱絶縁

電気通信  造園  さく井  建具  水道施設  消防施設  清掃施設

公開中  公開終了

発注案件名称	登録日時	公開終了	削除
イルミネーション設置撤去工	2011/10/20	完了	削除
小学校教室改修工事	2011/07/29	完了	削除
道路補修工事	2011/07/29	完了	削除
小学校トイレ改修工事	2011/07/29	完了	削除
幼稚園遊戯室改修工事	2011/07/29	完了	削除
除雪作業委託	2011/07/29	完了	削除
花壇管理委託	2011/07/29	完了	削除
公園遊具塗装工事	2011/07/29	完了	削除

図3 仕事の登録画面（公開中の仕事の表示）

公開終了時にはこのシステムが役に立ったか、だれと契約したか（本システム内の求職者との契約の場合）を登録してもらう。公開が終了した仕事は WEB 上から仕事情報と契約者（公開終了時に登録した場合）を確認する事ができる。

### 3.3 資格マッチングと近隣の求職者の検索

#### a) 求職者の資格に合う仕事検索

求職者の資格情報から1つ以上の資格条件を満たした仕事を図5のように一覧表示すると共に Google Map 上に表示する。仕事一覧は、条件を満たしている資格の割合、見積書締め切り期日、距離の順番に並び換えて表示する。（資格の割合を表に含める！）

#### b) 不足している資格を持つ求職者検索

本求職システムでは求職者同士が集まり起業することにより、互いに不足している資格を補完しあい、より多くの仕事に応募できる機会を提供する。そのために、ある仕事の受注に不足する資格を持つ、自分の近隣の求職者を検索する機能を提供する。

近隣の求職者の検索機能は、仕事情報の詳細画面で提供される。結果の一例を図6に示す。仕事情報の詳細画面の下部に一覧表示と共にGoogle Map上に、該当者の住所がマーカー表示される。また、仕事の詳細情報を表示する画面では仕事情報とユーザー情報を連携させる事でその仕事に応募するために、自分だけでは不足する資格を保有した求職者を表示する。検索結果は自分に近い者から順番に表示される。これらにより求職者同士で起業するにあたって都合の良い求職者を選定できる。

#### c) 求職者同士の起業支援

本求職システムでは「求職者の資格に合う仕事検索」及び「不足している資格を持つ求職者検索」の機能以外に求職者に対して2つの機能を提供する。1つ目は求職者同士でお互いが連絡を取り合うためのメッセージ機能である。メッセージ機能はGoogle Map上の近隣の求職者を示すマーカーや「メッセージを送る」の項目からメッセージを送る事ができる。

工事名称

工事場所住所

工事概要

連絡先

工期予定  年  月  日

見積り期限  年  月  日

予定価格(非公開)

仕事の分類

土木一式  建築一式  大工  左官  とび・土工・コンクリート  石  屋根  電気  管  タイル・れんが・ブロック

鋼構造物  鉄筋  はせ  しゅんせつ  板金  ガラス  塗装  防水  内装仕上  機械器具設置  熱絶縁

電気通信  造園  さく井  建具  水道施設  消防施設  清掃施設

公開中  公開終了

発注案件名称	登録日時	公開終了	削除
小規模公園草刈作業委託	2011/07/29	既了	削除
既設管理委託	2011/07/29	既了	削除
消費生活センター改修工事	2011/07/29	既了	削除

図4 仕事の登録画面（公開終了した仕事の表示）

発注案件名称	施行日	見積書締切	資格達成率
イルミネーション設置撤去工	2011/10/20	2011/08/28	2/2
屋外拉声設備整備工事	2011/11/28	2011/08/28	4/4
小学校教室改修工事	2011/12/02	2011/08/28	4/8
道路補修工事	2011/12/08	2011/08/28	2/5
小学校トイレ改修工事	2011/12/19	2011/08/28	2/5
幼稚園遊戯室改修工事	2011/12/22	2011/08/28	2/5
除草作業委託	2011/12/29	2011/08/28	1/3
花壇等管理委託	2012/01/01	2011/08/28	1/4
公園遊具塗装工事	2012/01/06	2011/09/28	1/4



図5 資格マッチング後の画面

### 工事詳細

工事名称	イルミネーション設置撤去工
工事場所住所	大阪府大阪市北区松ヶ枝町
工期予定日	2011-10-20 09:00:00 +0900
見積もり期限	2011-08-28 09:00:00 +0900
連絡先	06-6333-0011
工事概要	イルミネーションの撤去作業
分野	電気



あなたの近くにこんな人がいます

氏名	住所	メッセージ
森本 伍一	大阪府大阪市北区松ヶ枝町	<a href="#">メッセージを送る</a>
桜井 一郎	大阪府大阪市北区紅梅町	<a href="#">メッセージを送る</a>

図6 特定の仕事に対応した求職者の表示

(赤マーカー：仕事，緑マーカー：求職者)

2つ目は相手への個人情報の開示機能である。個人情報の開示機能は相手から個人情報開示請求のメッセージが送られてきた際に承認ボタンを押す事で、以後その相手は承認された相手の電話番号、メールアドレスなどの情報を閲覧可能になる。

### 4. 課題

ここでは現在、本システムにより求人／求職活動を支援する場合のいくつかの課題を挙げる。

1つ目の課題として、起業された企業の仕事の履行能力がある。本システムでは資格のみを判断基準としている

ため、求職者の業務遂行上の習熟度や評判は考慮されていない。現在の官公庁の制度では原則最低価格を採用し、品質等に関しての詳細な審査項目はない<sup>6)</sup>。したがって、習熟度を考慮できない本システムでは、習熟度が十分でない企業が仕事に応募する機会が増え、結果的に発注した仕事の質が低下する可能性がある。今回は小規模工等希望者登録制度という軽易な工事・修繕であり、事前登録を行う必要がある仕事を対象としたが、今後さらに多くの仕事に対して本システムを適用する際に、不具合が生じるおそれがある。

2つ目の課題として、談合の問題がある。本システムでは求職者どうしが資格を補完しあうため、お互いの連絡先や住所等を公開している。このため、近くの求職者どうしで複数の会社を起業し、共同で仕事の応募することにより、受注機会の増加を意図することが考えられる。

### 5. 今後の展望

今回は提案システムの適用例として小規模工等希望者登録制度の案件を利用した。今後は起業支援システムとして発展させると共に、他の需要が見込める案件を利用したシステムの構築を目指す。システムの発展として、工事履行実績等を登録し、仕事に対する習熟度を他の求職者に視覚的に示すことや、公開が終了した仕事を利用することによって発注者への情報の提示などを考えている。また、求職者の近隣の仕事情報、他の求職者の情報からさらに関心度の高い仕事を選びだし、表示する必要がある。本システムを利用した新たな案件としてはマンションの補修工事等の一般工事や震災等の際の復興工事を対象にしたいと考えている。

### 参考文献

- 1) DataBaseBank.COM, <http://www.seprogrammerjobs.com/>.
- 2) LinkedIn, <http://www.linkedin.com/>.
- 3) 内閣府行政刷新会議事務局：電子入札システムの運営管理，工事・業務実績提供システム（コリンズ・テクリス）からの情報提供，内閣府行政刷新会議「事業仕分」WG-A議事録，pp.1-23，2010
- 4) 全国商工新聞，「小規模（修繕，改善等）工事契約希望者登録制度」等の実施自治体，2010
- 5) 大野泰資：公共工事における入札・契約方式の課題，会計検査研究，pp.159-174，2003
- 6) 渡邊法美：リスクマネジメントの視点から見たわが国の工事入札・契約方式の特性分析と改革に関する一考察，土木学会論文集F，Vol. 62, No. 4, pp.684-703，2006

# 三次元立体ディスプレイを用いた EVシミュレーション支援環境の構築

DEVELOPMENT OF ELECTRIC-VEHICLE SIMULATOR  
USING 3D STEREO GRAPHICS ENVIRONMENT

松本正己

Masami Matsumoto

博士（工学） 米子工業高等専門学校 電気情報工学科  
〒689-8502 鳥取県米子市彦名町 4448, mats@yonago-k.ac.jp

Recently, the introduction of the electric vehicle (EV) is advanced all over the world. Automakers plan to develop electric vehicles. However, both the developer and the user have various problems that should be solved. In this research, the EV simulator is made by using the three-dimensional stereo graphics technology. This system assembles driving simulators with the numerical simulation of an electric motor. This paper describes the system configuration and applications.

**Key Words:** 3DStereo Graphics, Electric Vehicle, Driving Simulator

## 1. はじめに

仮想現実感（VR: Virtual Reality）システムは、様々な訓練用のシミュレータとして効果を上げている<sup>1)</sup>。特に、VRシステムには、高度な操作性を要求される航空機などの機械システムに対しても、危険を伴う様々な環境を仮想的に構成し、被験者の安全を確保しつつ実践的な訓練・教育を提供できるという利点がある。現在では、新しいシステムのプロトタイプの開発に積極的に用いられている。高度な操作環境を仮想的に安全に体感できることは、効率的なシステム開発に有効である。そこで、本研究では、発達の著しい電気自動車の開発と操作のためのシミュレータの開発を試みた。



図1. Electric Vehicle

おもしろ科学体験フェスティバルH23.6/27 広島県  
福山市にて (<http://yonago-k.ac.jp/shinchaku/>)

近年開発が積極的に行われている電気自動車（EV: Electric Vehicle）は、内燃機関とは異なる電動モータ駆動による加速性能や操作性が要求される。

実用化の進んでいるハイブリッド・カーの設計においては、エンジン、モータ、二次電池などの構成要素を動的に協調動作させる高度なモデルが、制御系設計上で構築されている。しかし、EVは「乗物」としての自由度が格段に高く、従来の高速な移動手段の一つとしてではない、より人に身近な手足となる可能性を持っていると考えられる。「人」目線による自由なパーツ配置とモデリングによって、より自由度の高い乗物とするには、制御システムのシミュレータを含めた設計支援ツールが必要不可欠である。

そこで、本研究では nVIDIA社<sup>2)</sup>の三次元立体表示機能である3D Visionと、フォース・フィードバック可能なドライビング・シミュレータ<sup>3)</sup>を用いて様々な操作環境をテスト可能なEVシミュレータを構築する。これによって、モータ特有の機能を生かすための制御ソフトと新しい乗物の可能性を探る。

## 2. 電気自動車の構成<sup>4)</sup>

### 2. 1 制御の要素

EVの制御システムを構成する上で、シミュレータとしての精度を上げるには各構成部品の動作範囲、効率特性、動的特性をモデル化することが必要である。さらに動作の「可視化」はシステム設計において効果的であり、三次元立体視環境を採用することでより臨場感のあるシミュレータが実現できる。

本システムでは、まず、基本となるモータと駆動系の構成要素をモデル化した。

## 2. 2 駆動モータ

電気自動車は様々なパーツから構成される。特に、これらの要素の中で重要な位置を占めるのが駆動モータである。電気自動車においては、構造とその速度制御性から、直流 (DC) モータが用いられている。しかし、近年はエネルギー半導体素子の高効率化を背景に、ブラシレスな交流モータも採用されている。なかでも永久磁石同期モータ (PMSM; Permanent Magnet Synchronous Motor) はハイブリッド車へ搭載され、広く用いられている。

DCモータを駆動源とするシステムは従来の内燃系のシステムとは異なり、その応答時間の速さに特徴がある。電動機の応答時間は電気系システムの遅れを考慮しても数msと、内燃機系のエンジンと比較して2桁ほど速い。速度制御においても、電流を変化させることで容易にトルクを制御することが可能である。さらに、モータのエネルギー変換効率は95%と高く、エネルギーの効率的に運用できるバンドも広い。減速時に回生制動を行うことで、さらに効率を高めることも可能である。

最も単純な構成の電気自動車は、エンジンの代わりに一つのモータによって車両を駆動させるシステムである。しかし、モータには内燃機系のエンジンとは異なり、その搭載位置には大きな自由度がある。エネルギー変換効率をさらに向上させることで冷却系との組み合わせの自由度も増すことになり、制御設計系と連動したシミュレータの必要性も大きい。

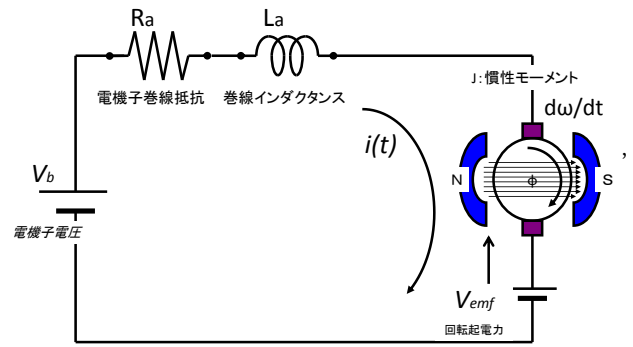
コンセプトカーに採用されているインホイールモータはディファレンシャル・ギアを用いた既存の電気自動車システムとは駆動性が異なり、その操作環境は従来の運転システムと別な機構を考察することが可能である。各輪を独自に制御駆動させることや、各駆動軸を独立に回転させるとも可能である。すなわち、電気自動車には従来にはなかった、様々な動きを考慮することが必要であり、加減速や旋回停止などの状況に応じた加重計算による位置制御が重要な走行性を決める要因となる。

## 2. 3 駆動系システム

駆動系のシステムは、単純な機械構成の伝達関数モデルを線形の微分方程式でシミュレーションすることで構成できる。モータの制御系を含めたモデルは、古典的なPID制御機構によってモデル化することも可能である。

一般に、このような制御系のシステム開発の主流となっているソフトウェア開発環境は、米国MathWorks社の数値解析ソフトウェアであるMATLAB<sup>5)</sup>が用いられている。MATLABを用いると、CやFORTRANといった従来のプログラミング言語よりも短時間で簡単に科学技術計算を行うことができる。類似フリーウェアにはScilab, GNU Octave, FreeMatなどがある。

本研究では、高価なMATLABを用いることなく、線形モデルに対する数値シミュレーションについては、作成したJava言語による解析ライブラリを用いた<sup>6)</sup>。Javaのクラス・ライブラリは、現在、組み込み機器制御用に用い



$$G(s) = \frac{\Theta(s)}{V_b(s)} = \frac{K_T}{s(L_a s + R_a)Js + K_T K_E} \quad K_T, K_E \text{ は定数}$$

図2. Model of DC motor (Permanent Magnet)

DCモータは制御工学で用いられる第一原理に基づいた簡単なモデルを採用し、入力電圧:  $V_b$  に応じたモータの角変位:  $\theta(t)$  を求めた。本モデルでは伝達関数モデルを作成し、外乱の無い場合のモータの回転をモデル化してシミュレーションを行っている。

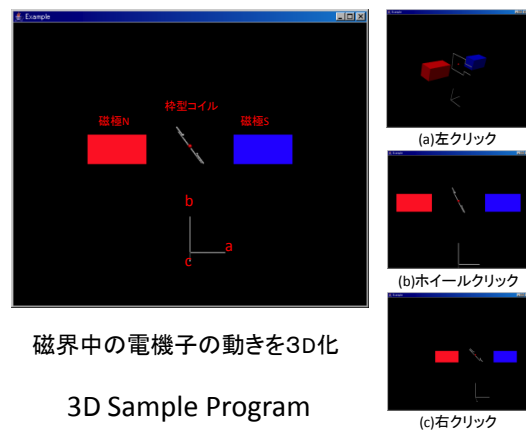


図3. 3D-Stereo Graphics of the Motor Simulation

## 3. ドライビング・シミュレータ

本研究では、EVのための運転シミュレータ・モデルを構築するために、プロトタイプとして既存環境のゲーム用シミュレータによる動作シミュレーション環境を構築する。

使用した環境は、操作（ハンドル、ミッション、ブレーキとPCとのフィードバック）系は、一般に広く市販されているドライビング・シミュレータの高機能モデル用いた。操作制御用のPCとはUSBで双方向に接続される。



図4. Driving Simulator

Driving Wheel : GT-27 (Logitech Corp.) with PLAYSEATS WRC Model (SECT International Corp.)

#### 4. 三次元立体ステレオ・グラフィクス環境

本研究を進める上で、グラフィクス・システムの開発環境であるOpenGL<sup>8)</sup>とDirectX<sup>9)</sup>の、二つのApplication Program Interface (API) に関してモデル化を検討した。

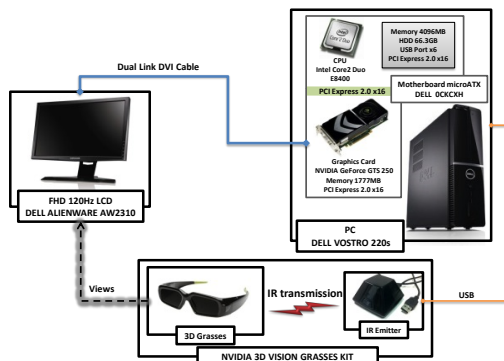


図5. 3D Vision System

現時点では、本システムの開発にはWindowsマシンのプラットフォームにおいて、音源を含めたライブラリの充実しているDirectXを使用している。DirectXであれば、グラフィクスカードも安価なGeforceによる3DStereo出力が可能である。また、開発環境はVisual Studio 2010 Express とnVIDIAのSDKを用い、C/C++で記述している。3Dシステム開発と実行環境を図5に、ソフトウェアのライブラリ構成を図6に示す。

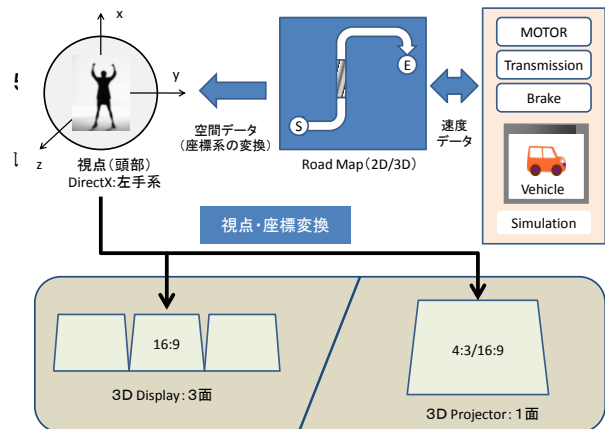
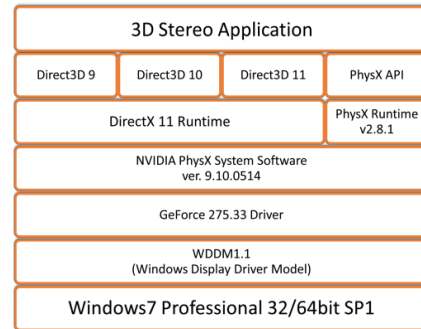


図7. Driving Simulation for the Visualization System

駆動部のモータと機械系を含めた数値シミュレーションは開発用端末上で行い、生成したパラメータをグラフィクス・サーバへ送信する。送信データはXML形式を用いた。

ドライビング・シミュレータは送られたパラメータ値によって構成されるテーブルに基づき、制御値を送り画像を変化させる。EVを構成するパラメータの変更は開発用端末上で行い、ネットワークを介して可視化サーバに送られる。これは、フルスクリーンで動作する三次元立体視環境下では数値の設定変更が行い難く、立体視用のメガネをかけた状態での操作の煩わしさを回避するためである。

三次元立体可視化環境は、可視化サーバとして高性能なGPUマシンを適用した場合に最大三面のディスプレイに同時表示可能である。しかし、3Dプロジェクタによる一面構成の場合には、出力する情報を切り替えることが必要となる。

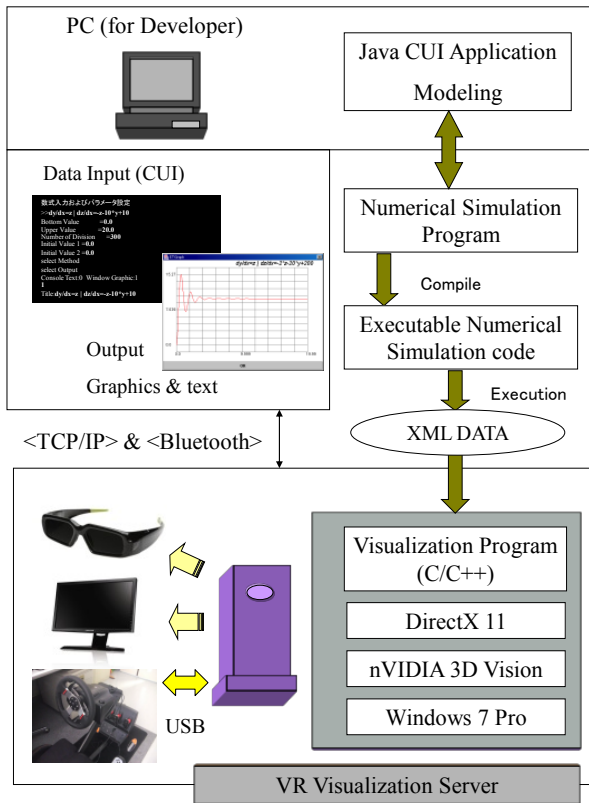


図8. Construction of the Driving Simulator

## 6. まとめ

本システムは、nVIDIA社の三次元立体表示機能とフォース・フィードバック可能なドライビング・シミュレータを用いて、EVの操作環境をテスト可能なシミュレータの構築を行った。

今後は、モータ部をDCモータ以外にも、PMSMに代表される交流モータや、電源（二次電池）部とDC/DCコンバータ、およびPWM（Pulse Width Modulation）インバータまでの要素を順次オブジェクト化して取り入れて行く計画である。さらに、シミュレータからのフォース・フィードバックの要素を外乱として制御系要素に取り入れ、インタラクティブなシステムを目指す。

最終的には「乗物」としての機械的構成モデルのテンプレートを作成し、モータ特有の機能を生かすための新しい形状の可能性を探っていきたい。

謝辞：EVの写真提供を頂きました、米子高専・電気情報工学科の宮田仁志教授に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Journal of the Virtual Reality Society of Japan, "特集・訓練シミュレータ", Vol.16, No.2, pp.6-25, 2011.
- 2) nVIDIA; <http://www.nvidia.com/>
- 3) Logitech; <http://www.logitech.com/>
- 4) 廣田幸嗣, 足立修一 編, 小笠原悟司, 山口欣高 著：電気自動車の制御システム, 東京電機大学出版局, 2009.
- 5) MATLAB; <http://www.mathworks.com/>
- 6) M. Matsumoto et al., JSCES Proc., Vol.10, pp.343-354, 1998.
- 7) ARM; <http://www.altera.co.jp/>
- 8) OpenGL; <http://www.opengl.org/>
- 9) I/O編集部, "I/O BOOKS DirectX11 3Dプログラミング", (株)工学社, 2011.



# レンダリング画像のボリューム化とその応用に関する研究

## STUDY ABOUT APPLICATIONS OF VOLUME DATA GENERATED FROM RENDERING IMAGES

宮地英生

Hideo Miyachi

博士（工学） サイバネットシステム株式会社（〒101-0022 東京都千代田区神田練堀町 3, miyachi@cybernet.co.jp）

Volume data handling has become easy as computer performance goes up. I propose the data conversion from surface data to volume data by using a rendering because the treatment of volume data is easier than the surface data. This paper describes the conversion method and introduces two kinds of applications with the method.

**Key Words:** Visual Fusion, Visualization, Volume data, CFD

### 1. はじめに

従来、CGによる可視化の最終結果がレンダリング画像であった。しかし、計算機が高速になりボリュームデータのハンドリングが容易になってきたため、レンダリング画像をボリューム化して利用する方法が実用的になってきた。これまで、ボリュームレンダリングが直交等間隔のボクセルデータにしか適用できないため、非構造格子やBFCの差分格子のシミュレーション結果をボリューム化し、ボリュームレンダリングにより可視化する場合があった。本稿では、そのようなレンダリングを目的としたボリューム化ではなく、レンダリング画像を出発点としたボリューム化アプリケーションを提案する。今日、カメラの高性能化、CTスキャンの普及で、3次元画像データが増え、実験分野において、それらボリュームデータに対する分析技術が高度化している。ポリゴンデータをボリューム化することにより、それらの資産を有効活用できると考えている。

### 2. ビジュアルフュージョン

デジタルデータは年々増加の一途を辿る。デジタル情報を活用したCAEは一般となり、試作無しでモノが開発できるようになってきた。そのプロセスにおいてソフトウェア間のデータの標準化、データの変換は大きな課題である。異なったソフトウェア、例えば、CADとデザイン検討用のCGソフトウェアは、利用目的が異なるため、取り扱うデータの内容も異なる。したがって、両者が扱うデータを単純に相互に変換できないからである。例えば、CADで扱う材料情報は、加工工程のCAMにとっては重要な情報だが、意匠検討には不要である。一方、意匠検討で重要な色情報はCADやCAMにとっては重要でない。また、機械のアームが動く情報は機構解析では重要だが、CADやCAMでは扱えない。

しかし、「人間が見る」というステップに焦点をあて

たとき、これらは単純なものとなる。可視化処理の最終段階ではグラフィックスボードに、ボリュームデータ又はサーフェスデータが転送され、それらがレンダリングにより画像化され、ディスプレイに表示される。その段階では、全ての情報が無次元の「表示されるための情報」になっている。この段階では、複数のソースから供給されたデータをボリュームからサーフェス、サーフェスからボリュームに変換し、両者を合成して扱うことが容易となる。筆者は、その概念をビジュアルフュージョンと名づけた(図1)<sup>[1]</sup>。

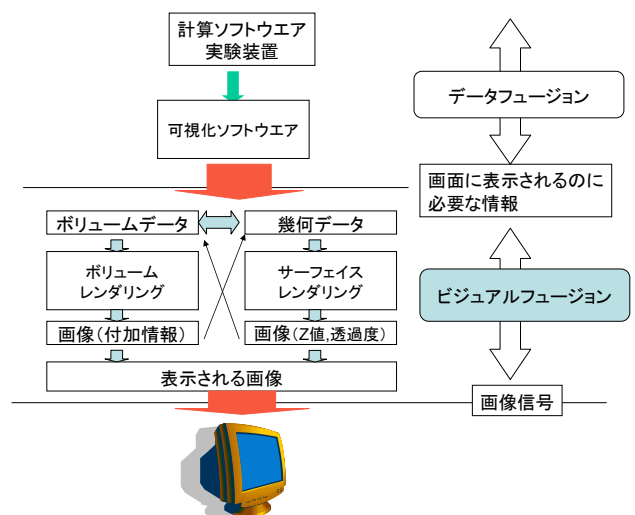


図1 ビジュアルフュージョンの概念

ボリュームからサーフェスへの変換は、一般に等値面処理で行われるが、サーフェスからボリュームへの変換はあまり行われない。それはボリューム化した時、データ量が膨大になるからである。

それでも、実写の世界において、複数の方向から被写体を撮影し、物体をデジタル化するイメージベースモデ

リング<sup>[2]</sup>が盛んである。ここでは一例として、図2に、シルエット法による写真からの3次元形状復元<sup>[3]</sup>の概念を示す。

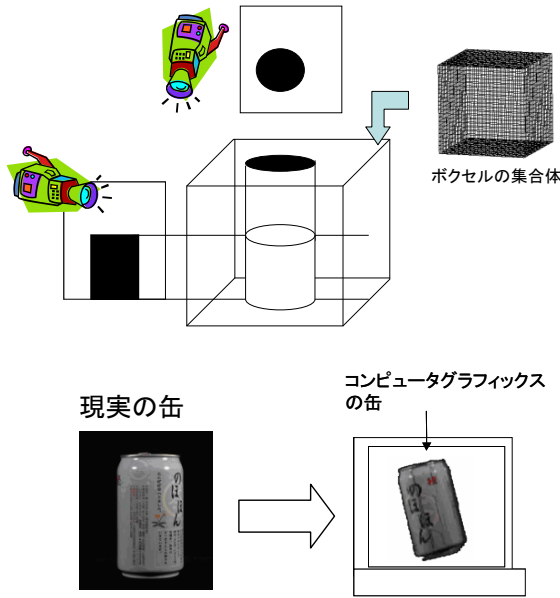


図2 シルエット法による3次元形状復元

この作業では、カメラのキャリブレーションが重要である。一方、CGにおいてカメラは正確に配置でき、レンズの特性も考慮不要なので、任意のソフトウェアでレンダリングされた画像から、同様の手法で3次元復元することが容易に実現できる。

表面だけでなく内部を含むデータは、医療用CT、工業用CT、共焦点顕微鏡などから複数の断面画像として取得され、ボリュームデータとして処理されている。これを模擬し、サーフェイスデータの断面画像をレンダリングで取得してボリューム化することで、その後処理に対して実写で使われる各種処理が流用可能となる。

本稿では、サーフェイスデータ(STL)からCGで断面画像を生成、ボリューム化する手法の提案と、その応用事例について紹介する。

### 3. ボリューム化

STLからボリュームデータ作成のプロセスを図3に示す。これは腎臓のSTLデータをボリューム化例である。

まず、STLデータから断面図を取り出す。これにより等高線図のような画像が複数取得できる。断面図の生成は一般的だが、ここではAVS/Expressのortho\_sliceモジュールを用いて断面図を作成している。

次に各断面図に対して内部を塗りつぶす処理を施す。塗りつぶしルーチンは、画像処理のラベリング処理のラベルの付け方を少し工夫したものである。ここでは、一番外側のラベルを1として、そこに隣接するものはラベル3、さらに、それに隣接する画像は3とする。これにより、外側から内外判定が行われることになる。

1が外側とすれば、2は外から中への境界、3は内部となる。中空の場所があった場合、中から外への境界はラベル3が与えられ、以下、何重になっても同様の順序でラベルが付く。最後に2, 3, 4のラベルを内部として塗りつぶすことで内外の判定が完了する(図4)。

最後に、それらを重ね合わせてボリュームデータを構築する。

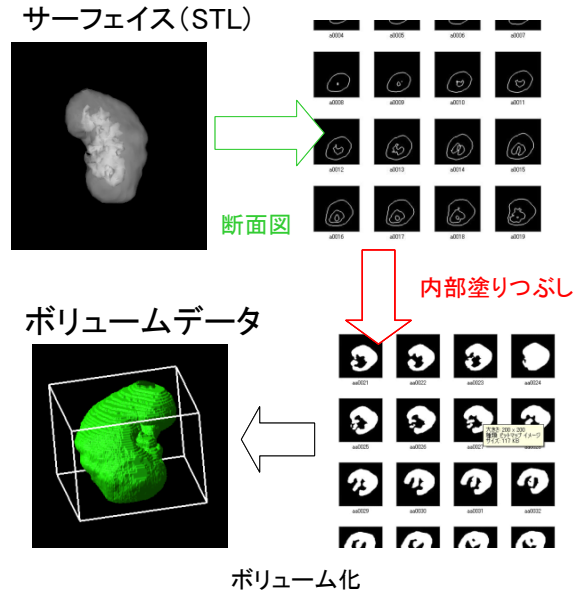


図3 STLからボリュームデータ作成のプロセス

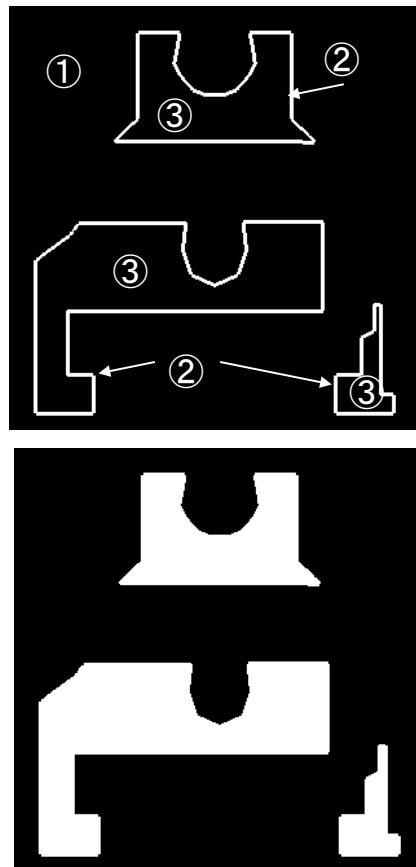


図4 塗りつぶし処理例

もともと3次元のデータを2次元化して、再び3次元に戻っているように見えるが、ボリューム化されたことでいくつかの応用が可能となる。

#### 4. アプリケーション

##### 4. 1 差分表示

ボリューム化されたデータは演算が容易になる。ボリューム化した段階で精度が悪くなるという問題はあるが、適切な精度でボリューム化ができれば、簡単に複数の可視化結果の差分を取り出すことができる。

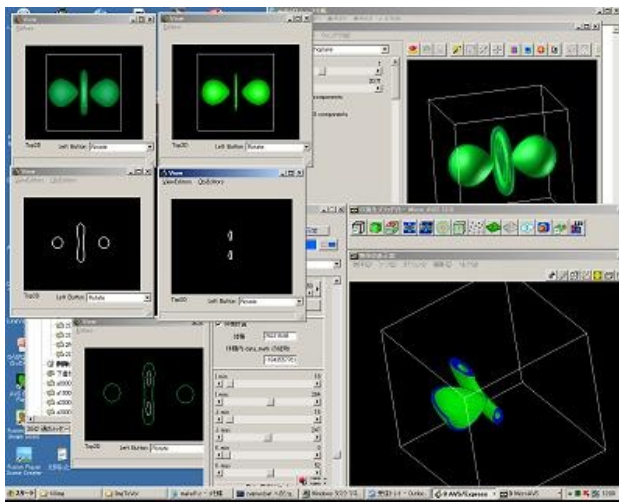


図5 2レベルの等値面の差分表示

図5は、水素分子の3次元電子密度分布に対して異なるレベルの等値面を2つ生成し、その差分を取り出した様子を示している。図5の右下のウィンドウに表示されているのが差分ボリュームである。図5の左上のように2つのウィンドウに並べて表示しているだけでは判らない微妙な差が、差分計算を行うことで明確に見ることができる。また、差分体積も計算できる。

##### 4. 2 粒子法による流体解析の粒子初期配置

医療用、工業用のCTスキャンデータから数値解析を行う場合がある。通常、スキャンデータから面を生成し、そこから空間や内部に対して従来のプリプロセッサで自動格子生成を行う。このとき、最も詳細な情報が必要な部分に合った精度で均等にスキャンするため、データが増えすぎる傾向にある。ポリゴンリダクションにより、平たい場所、変化の少ない場所の格子を粗くする必要があるが、粒子法の場合、基本的には均等に粒子を配置する。したがって、ボリューム化処理は、そのまま粒子の初期配置情報になる[4]。

サンプルとして、図6に示すような矩形容器の左半分には80%水が入っている初期状態をモデルした。このあと、中央の仕切りを外して、流体が左右に揺れる様子をシミュレーションすることを念頭においている。

ここでは、流体部に粒子を並べることに加え、境界上

に粒子を配置する必要がある(図7)。これらは別々に処理し、最後にボリューム間演算によって両者を統合する。

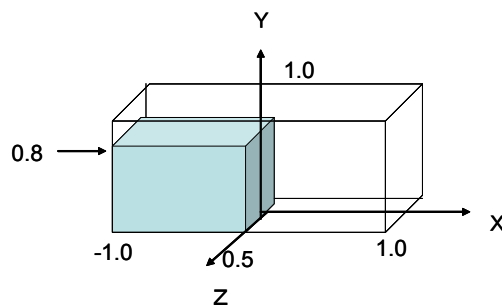
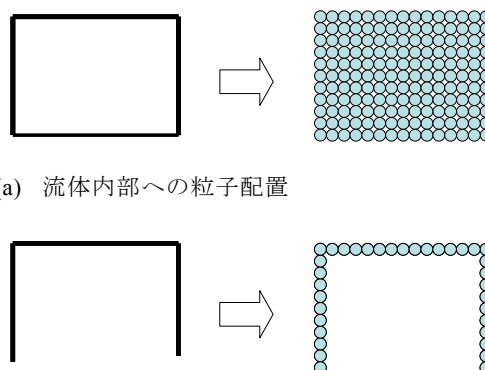


図6 粒子法シミュレーションのモデル図



(a) 流体内部への粒子配置

(b) 境界上への粒子配置

図7 2種類の粒子配置

図7の(a),(b)はボリューム間の演算処理をする前に、3次元の収縮および膨張処理を入れることがある。図7では、境界上の粒子配置は1層しかないが、多層にする場合は膨張処理を施す。

また、流体部の外側に境界条件を与える場合、図7(a)に収縮処理を施す(図8)。ボリューム演算処理で、収縮前から収縮後の差を取ると1層の境界部分が残るので、そこに境界のIDを割り当てることができる。

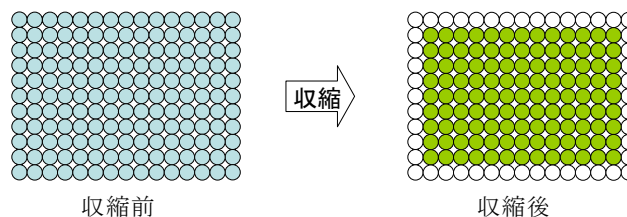


図8 収縮処理

これらの処理を経て、図6のモデルに対応する粒子法の初期粒子配置データを生成した結果が図9である。

ここでは3種類のIDが付いた粒子が配置されている。

ID=0: 固体壁境界(赤色)は、矩形容器の面上に3層で配置されている。

ID=1：流体・気体境界（青色）は，流体部の周辺で，固体境界壁に接しない部分に配置されている。  
ID=2：流体部（水色）は，流体部で気体境界以外の部分に配置されている。

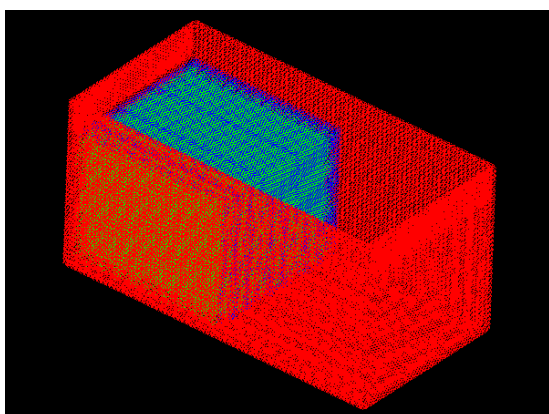


図9 粒子情報の初期配置

現在，この初期配置を用いた計算を実行中である。

この方法は，粒子法だけでなく，六面体要素によるFEM計算の初期格子としても利用できると考えている。

## 5. まとめ

STLのサーフェイスデータから断面図をレンダリングすることでボリュームデータに変換する方法を紹介し，それを用いたアプリケーション事例を示した。差分表示事例では，並べて表示して見比べるだけでは判断が難しい2つの等値面可視化結果の差分画像を表示し，差分体

積を計算することができた。粒子法の初期配置事例では，ボリューム化に加え，境界上への粒子配置，さらに，圧縮・膨張などの画像処理とボリューム間演算処理を組み合わせることで境界条件を付加した粒子配置を実現した。ボリュームデータは，サーフェイスに比べてデータ間演算が容易などの有利な点がある。レンダリングを用いたボリューム化は，ポスト処理だけでなく，幅広い応用が期待できると思われる。

謝辞：粒子法の初期配置の事例について有益なアドバイスを頂きました九州大学の浅井光輝准教授に感謝いたします。

## 参考文献

- 1)宮地英生：問題解決環境としての可視化システムの開発，東京大学大学院工学研究科機械工学専攻博士論文，2006
- 2)Jagersand, M., Burschaka, D., Cobzas, D., Dodds, Z., Hager, G. and Yerex, K., Recent Methods for Image-based Modeling and Rendering, IEEE Virtual Reality 2003 Tutorial 1,2003
- 3)Miyachi, H and Sakamoto, N. : Data Reduction by Applying Image-Based Modeling and Rendering Technique to CG models, Journal of Visualization, Vol.8, No.4, pp.331-338, 2005
- 4)越塚誠一:粒子法 計算力学レクチャーシリーズ5,丸善,2005

本文中の一部あるいは全部について、PSE 研究会の承諾を得ずに複製することは、法律で認められる場合を除き禁止されています。

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, without the prior permission in writing of the PSE Research group.

第 14 回 問題解決環境ワークショップ論文集  
発行日 2011 年 9 月 5 日  
編集発行 宇都宮大学 工学研究科 川田研究室  
〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2  
TEL(028) 689-6605