

第 12 回
問題解決環境ワークショップ論文集
The 12th Problem Solving Environment Workshop'09

平成 21 年 9 月 14 日～15 日

主催：PSE 研究会

長崎大学 大学教育機能開発センター

協賛：ケイ・ジー・ティー

第 12 回 PSE ワークショップ開催にあたって

皆さまの多大なご支援とご協力により、今年度も（Problem Solving Environment（問題解決環境））ワークショップを開催する運びとなりました。深く感謝申し上げます。この第 12 回 PSE ワークショップでは皆さまを長崎にお迎えします。

今回の 10 件の発表は、シミュレーションの支援環境、システム開発支援環境、協調環境、教育支援環境、生活支援環境等を対象としています。多岐にわたった分野における活発な議論が期待されます。

PSE ワークショップの回を重ねる毎に発表内容が幅広くなってきました。さまざまな分野において課題や問題を解決するための環境として”PSE”の考え方が広まってきたものだと考えております。今回の開催地、長崎は異国文化との交流が盛んであります。この地において、さらに新たな研究分野の交流のきっかけが生まれれば幸いです。

最後に、本ワークショップの開催にご協力くださった井ノ上憲司先生、直野公美さん、坂井一也くん、新田高士くんをはじめ、長崎大学 大学教育機能開発センター 教育指導支援システム研究開発部門の皆さんに感謝いたします。

平成 21 年 9 月 14 日

丹羽量久

長崎大学 大学教育機能開発センター

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，宮地英生，松本正己，寺元貴幸，早勢欣和，前田太陽，小島義孝，日置慎治，茨田大輔，丹羽量久

目 次

- (1) **Robotic CAR@MEL** を用いた情報教育のための支援環境 1
○早勢 欣和, 梅 伸司, 成瀬 喜則, 早川 幸弘 (富山商船高等専門学校)
- (2) 教育分野における **PSE** としての **TIES** (帝塚山インターネット教育サービス) 7
○日置 慎治 (帝塚山大学)
- (3) **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 9
○古賀 掲維 (長崎大学), 大寄 二郎 (株式会社 ティエルエス), 新田 高士 (長崎大学),
飛永 三奈 (長崎大学), 坂井 一也 (長崎大学), 原田 徹 (株式会社 ティエルエス),
丹羽 量久 (長崎大学)
- (4) 聴覚障害者のための問題解決環境 13
○五井 正明 (一般社団法人手話情報保障センター)
- (5) 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 17
○前田 太陽, 松本 茂, 名取 良太, 曹 陽, 蟻川 浩, 村田 忠彦 (関西大学)
- (6) **OpenGL Fusion** 開発キットの利用事例 21
○宮地 英生 (株式会社 ケイ・ジー・ティー)
- (7) 知能型植物工場における問題解決環境～ e-サイエンスによる研究コミュニティの形成 ～ . 25
○宇佐見 仁英 (玉川大学/国立情報学研究所)
- (8) セキュリティを考慮したネット対戦型プロコン競技システムの開発 31
○寺元 貴幸 (津山高等専門学校), 宮下 卓也 (津山高等専門学校),
松野 良信 (有明高等専門学校), 島村 浩 (福島工業高等専門学校), 川田 重夫 (宇都宮大学)
- (9) **PSE Park** の開発 35
○小橋 博道 (宇都宮大学), 川田 重夫 (宇都宮大学), 真鍋 保彦 (沼津高等専門学校),
松本 正己 (米子工業専門学校), 宇佐見 仁英 (玉川大学/国立情報学研究所)
- (10) 通信分野におけるハードウェア開発とシミュレーション 41
○岩松 隆則, 古舘 英樹, 梅田 雅敬 (株式会社 富士通研究所)

第 12 回 PSE ワークショップ 2009 プログラム

会場：長崎大学 坂本キャンパス 良順会館 ボードインホール

9/14(月) 第 1 日目	
12:30 -	受付開始
13:00 -13:05	開会：丹羽 量久（長崎大学）
13:10 -14:40	セッション 1 座長：川田 重夫（宇都宮大学）
	早勢 欣和 （富山商船高等専門学校） “Robotic CAR@MEL を用いた情報教育のための支援環境”
	日置 慎治 （帝塚山大学） “教育分野における PSE としての TIES（帝塚山インターネット教育サービス）”
	古賀 掲維 （長崎大学） “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”
14:40 -15:00	休憩（20 分）
15:00 -17:00	セッション 2 座長：小島 義孝（五大開発株式会社）
	五井 正明 （一般社団法人 手話情報保障センター） “聴覚障害者のための問題解決環境”
	前田 太陽 （関西大学） “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”
	宮地 英生 （株式会社 ケイ・ジー・ティー） “OpenGL Fusion 開発キットの利用事例”
	宇佐見 仁英 （玉川大学/国立情報学研究所） “知能型植物工場における問題解決環境 ～ e - サイエンスによる研究コミュニティの形成 ～”
18:00 -	懇親会（場所：雑魚屋）
9/15(火) 第 2 日目	
9:45 -11:15	セッション 3 座長：宇佐見 仁英（玉川大学/国立情報学研究所）
	寺元 貴幸 （津山高等専門学校） “セキュリティを考慮したネット対戦型プロコン競技システムの開発”
	小橋 博道 （宇都宮大学） “PSE Park の開発”
	岩松 隆則 （株式会社 富士通研究所） “通信分野におけるハードウェア開発とシミュレーション”
11:15 -11:20	閉会：川田 重夫（宇都宮大学）

Robotic CAR@MELを用いた情報教育のための支援環境

USER SUPPORT ENVIRONMENT FOR INFORMATION EDUCATION USING ROBOTIC CAR@MEL

早勢欣和¹⁾, 梶伸司¹⁾, 成瀬喜則²⁾, 早川幸弘³⁾

Yoshikazu Hayase, Shinji Toga, Yoshinori Naruse and Yukihiro Hayakawa

- 1) 工修 富山商船高等専門学校 電子制御工学科
(〒933-0293 富山県射水市海老江練合1-2, hayase@toyama-cmt.ac.jp)
- 2) 工博 富山商船高等専門学校 電子制御工学科
(〒933-0293 富山県射水市海老江練合1-2, toga@toyama-cmt.ac.jp)
- 3) 学博 富山商船高等専門学校 国際流通学科
(〒933-0293 富山県射水市海老江練合1-2, naruse@toyama-cmt.ac.jp)
- 3) 富山商船高等専門学校 教育研究支援室
(〒933-0293 富山県射水市海老江練合1-2, hayakawa@toyama-cmt.ac.jp)

The Robotic CAR@MEL was developed as a device for carrying out multipurpose use in education. A control program for the Robotic CAR@MEL can be made easily using a workflow tool which we developed. Furthermore, we developed the evaluation system of a control program, in order to support teachers and students who use the Robotic CAR@MEL in information education, etc. In this paper, we present about the Robotic CAR@MEL and the evaluation system. Moreover, we introduce about some approaches which used these as support environment in education.

Key Words :Robotic car, workflow tool, Problem Solving Environment, Education

1. はじめに

ものつくりや科学的手法の重要性を認識するためには自ら考え、実験計画を立て、データを測定し、考察するなどといった一連のプロセスを学ぶことが重要である。研究・開発の現場ではコンピュータシミュレーションが実験・理論に次ぐ第3の手法として欠かせない基盤技術となっているが、得られる結果に対して正しく評価できることが研究者の資質として求められる。こうしたことから、教育の現場では実際に実験実習を通して科学的概念や技術を習得させることも大変重要であるといえる。

我々はすでに、外国の教育機関などとの共同学習を通じて異文化理解力、語学力、共同プロジェクト遂行力などを養い、グローバル社会に対応できる人材を育成することを目的とした、北アイルランドバリークレアの学生との協調学習などで利用するためにロボティックカーを開発していた¹⁻²⁾。そこでこれを、学生が自ら考えて、その考えをすぐに実践できるための教材として活用でき、さらに多目的な利用もできるようにRobotic CAR@MELへの改良を行ってきた。制御のためのPICプログラムを簡単に記述できるようにするためのツールは、これまでと同じワークフロー形式³⁾とすることとしたが、コンピュータとロボットをUSB接続してプログラム送信できるなど学習者の利便性を高めるための改良を行っている。

さて、Robotic CAR@MELを用いた当初の取り組みでは学習者には制御プログラムツールのみを渡し、例えば一定のエネルギーで長い距離を走ることを目標とさせるといった課題を与えて解決させていた。学習者らは問題を解決するために、各々が自ら制御プログラムを考え実際に動かし走行データを得て分析を行いさらに良いものとなるように工夫するといったことを行っていた。しかし、このような取り組み実践では、学習者ら自身による評価は各々にとっては意味のあるものであったが、それぞれで異なる基準によるものとなるのがほとんどだった。このため、多数の学生が一斉に参加する講義・演習の現場などにおいて教材として活用するには不都合があると考えられ、学習者らは教師が指定する共通の評価基準にしたがって問題解決を行える環境の構築が必要であった。そこで、教師は評価基準を簡単に設定することができる。また学習者らは簡単に測定データから同じ評価による値を知ることができるといった、それぞれを支援するための評価システムを構築した。

今回は、改良を行ってきたRobotic CAR@MELおよび新たに開発した評価システムについて紹介を行う。さらに本校本科・専攻科生や小・中学生など様々な年代層の学生らを対象として行ってきた取り組みから、小・中学生を対象とした出前授業についての紹介も行う。

2. Robotic CAR@MEL

Robotic CAR@MELは、PICにより直進走行のみを行うためにモータへの印加電圧を制御するといったシンプルなものだが、一回の走行に利用できる電力量などの制限を設けることができる車型ロボットとして開発した。

学習者らは、電力供給配分パターンと加速や走行距離との関係を考え、課題に適した供給電力のデューティ比と供給時間を組み合わせて羅列した制御プログラムを作成する。モータの特性、トルク、デューティ比などの基礎的な知識を習得できるようになっている。

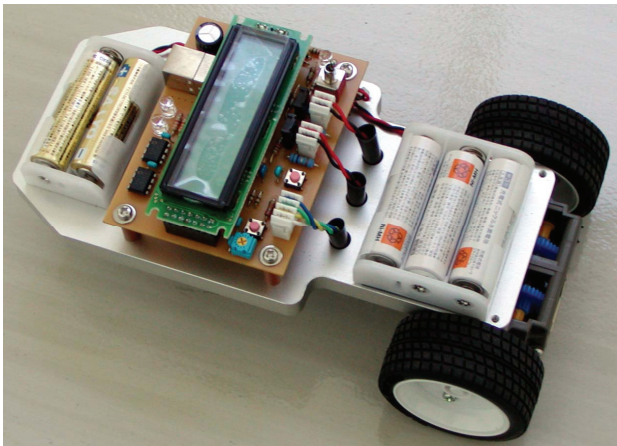


図 1 Robotic CAR@MEL

Robotic CAR@MELで設定できる、供給エネルギーに関する制限項目は

- 無制限
- 消費エネルギーによる制限
- 走行距離による制限
- 走行時間による制限

となっている。走行距離を競うテーマや、目標位置で停止させるテーマなどに対して、これらのいずれかの制限を組み合わせることで、様々なシチュエーションを想定した課題を与えることができるようになっている。

課題に取り組ませるにあたっては、先ず、学習者に図2などの資料を渡し、本授業の趣旨とRobotic CAR@MELの仕組みの説明を行う。

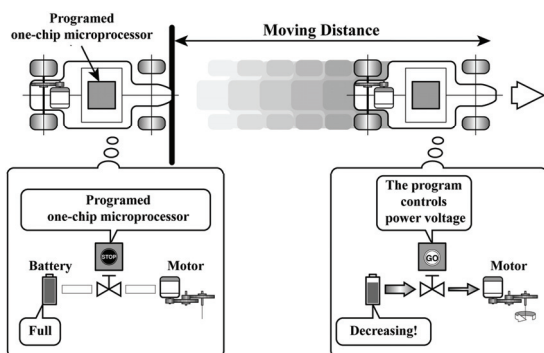


図 2 Robotic CAR@MEL の教示資料

特に、スタート時に加速を大きくしようとエネルギーを使用すると、その後の走行のために利用できるエネルギーが少なくなってしまうことや、デューティ比を低くした場合には、走行距離は伸びるが加速が得られないなどといったことを理解させる。

これらのことを踏まえて、制御におけるエネルギー供給パターンと走行距離の関係を予想させる。

3. 制御プログラム作成ツール

考えるため授業の教材としてRobotic CAR@MELを活用するにあたってプログラムは、学習者が自らの考えを実施するといった目的を実現するための手段にすぎない。細かな制御を行うためにプログラムをC言語やアセンブラなどでソースコードから記述させることも可能だが、これでは手段であるはずのプログラミングの習得が目的にすり替わってしまうといったことが懸念される。

そこで、Robotic CAR@MELのためのプログラムツールは、以前のバージョンと同じくワークフロー形式によるものとし誰もが簡単に作成できるようにした。また、走行データを受信して、走行時のサンプリング数値データとそれをグラフで表した結果を表示できるようにした。

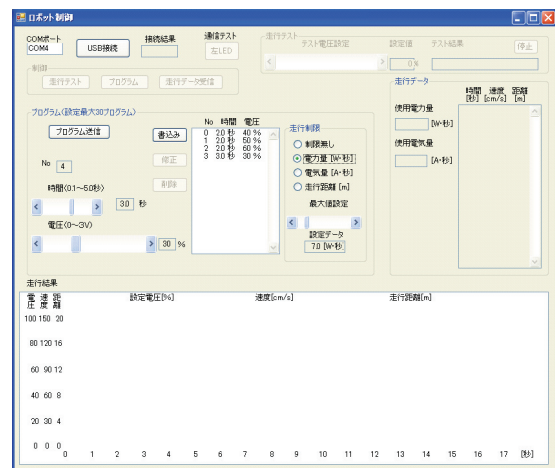


図 3 制御プログラム作成ツール

4. 走行コース

Robotic CAR@MELの走行実験には、平地と上り坂および下り坂のそれぞれを、課題内容に応じて組み合わせたコースを用いる。例えば、対象が小学生以下である場合は体育館などの長い距離を確保できる場所そのものとし中学生以上であれば起伏を設けるなどの工夫を行う。様々なコース設定を行うことで、例えば距離を競う課題であってもいくつかのバリエーションを持たせることができるようになっている。



図 4 走行コース例

5. Robotic CAR@MELのみによる学習環境

当初の取り組みにおける学習環境は、図5に示すように学習者にRobotic CAR@MELと制御プログラムツールのみを渡したものであった。Robotic CAR@MELとコンピュータとはUSBで接続され、制御プログラムの送信および走行データの受信ができるようになっている。

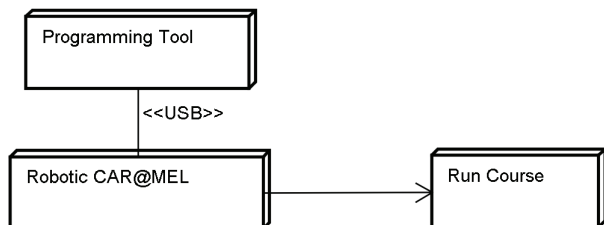


図 5 当初の取り組みにおける学習環境

課題は、例えば一定のエネルギーで長い距離を走るといったものを与える。学習者らは問題を解決するためにRobotic CAR@MELをどのように制御し動かせばよいかといったことを、各々が自ら考えて、それをプログラムで記述し、次に、実際に動かして得られる走行データの分析を行いエネルギー利用などとの因果関係を考えながら、さらに良いものとなるように工夫するといったことを繰り返し行っていた。



図 6 出前授業風景(小学生対象)

6. Robotic CAR@MELのみによる学習環境の問題点

Robotic CAR@MELのみを用いた取り組み方法の場合学習者らによる評価は各々それぞれで異なる基準によるものとなるのがほとんどであった。各学習者にとっては意味のある取り組みであったと言えるが、これでは、例えば情報教育など多数の学生が一斉に参加し限られた時間内で行わなければならない講義・演習の現場などで教材として活用するには不都合があると考えられる。

また、小学校低学年以下の場合には仕方ないと考えられるが、中学生や高専生であっても単なる試行錯誤となり自分の考えをまとめるのではなく、直感を頼りとした取り組みで終わってしまうといったこともあり、教材として活用するにはいくつかの問題点が明らかとなった。

7. 評価システムを伴う学習環境

学習者らが、それぞれの評価基準で学ぶ状況下であっても、学習効果そのものはあると考えられる。しかし、講義・演習で行うにあたっては、学習者らは教師が指定する共通の評価基準にしたがって問題解決を行える学習環境が望ましい。このために必要なRobotic CAR@MELに評価システムを加えた学習環境概念図を以下に示す。

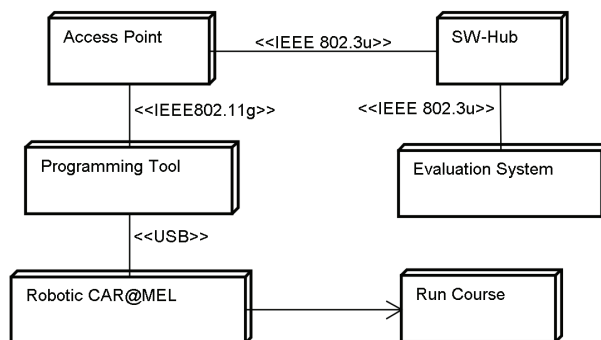


図 7 学習環境概念図

走行結果データを点数化する評価システムの構築をWebサーバとすることで、学習環境において学習者らに必要な追加される操作は、使い慣れているWebブラウザ操作のみとすることができる。学習者らは走行データの送信と評価結果の確認をWebブラウザで行う。各学習者のデータはサーバに集約されることになるので、評価結果や走行データを学習者間で共有できるようになる。

このような仕様を満たすために構築した評価システムの基本構成を以下に示す。

表 1 評価システム構成

Webサーバ	Apache2
ユーザ・データ管理	MySQL
インタフェース	PHP + PEAR

Webサーバなのでインターネットからの利用も可能だが、出前授業などの会場ではインターネット環境が整備されていないことも多い。そこで、以下のように携帯用環境の構築も合わせて行った。

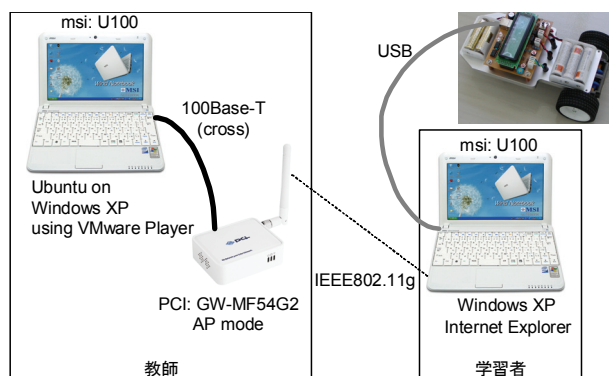


図 8 携帯用学習環境

8. 評価システム

Robotic CAR@MELの走行データに対して評価を行うシステムはWebサーバ上に構築されているので、学習者はWebブラウザを用いてアクセスする。それぞれの走行データの登録を行うと、点数化された評価値を知ることができるようになっている。



図 9 ユーザ認証画面

評価システムを利用するには、まずユーザ認証を行う必要がある。学習者は各自のアカウントとパスワードを用いてログインする。なお評価システムのユーザ認証の仕組みは、PEAR::Authモジュールを用いて構築を行った。またユーザアカウントとパスワードはデータベースMySQLで管理を行っている。



図 10 走行データ登録画面

Robotic CAR@MELの走行データの登録を行う際にはどのような考えで制御プログラムを作成したのかなどのコメントを記述することを必須としている。走行データとコメントもデータベースで管理しているので、すでにシステムに登録を行った走行データについて評価のみを単に確認するのではなく、どのように考えてきたのかの履歴についても再確認できるようになっている。

なお、Robotic CAR@MELの液晶パネルには、消費したエネルギー、走行距離、停止までの時間の各数値データが表示されるので、これらとコメントのみを入力して評価結果が得られる簡易版も用意してある。

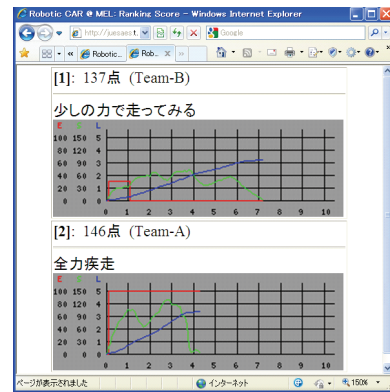


図 11 評価ランキング画面

各学習者が登録したデータは、他者のものについても確認することができるようになっていて、必要に応じてランキングを調べて知ることができるようになっている。ランキングを確認できるようにすることで、他者よりも良い点数を取りたいなどの目標が新たに加わることになるなど、熱心に取り組むひとつの材料となる。また他者の様子を確認できることから、どのようなアプローチを行っているのかを推測し、自分の考えを修正するための参考資料としても利用できる。

9. 走行データの評価方法

Robotic CAR@MELの走行データの評価には、消費エネルギー、走行距離、走行時間の各値のみを用いて点数化を行うこととし、どのような走行プログラムとしたかは対象としていない。点数は、システムで設定されているそれぞれの目標値、基準値、重みを用いた以下の式により求める。

$$\sum_{i \in \{E, D, T\}} Weight_i \frac{Aim_i + |Aim_i - CAR@MEL_i|}{Base_i} \quad (1.1)$$

なお、これらの各設定値は、想定する課題のシチュエーションを考慮して教師が決め、教師用画面からのみ登録を行うことができる。

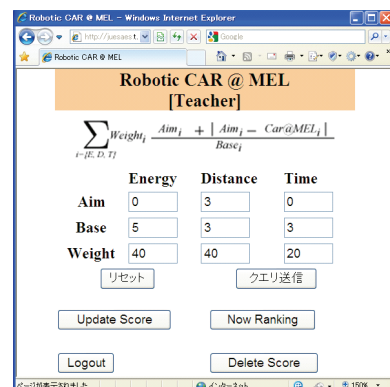


図 12 評価システム画面(教師用)

想定するシチュエーションとして、例えば一定エネルギーで距離を競うといったものとした場合の各目標値は

- エネルギー：設定値
- 走行距離：到達不能な距離
- 走行時間：越えない時間

といった値を適度に設定することになる。これらの各設定値は、特定のシチュエーションで一通りの取り組みが修了した後、改めて別のシチュエーションに想定しなおして教師が再設定し再評価することが可能である。評価の重み付けを変えることでランキングを変動させることができ、学習者に改めてチャレンジさせることができる。

今回用いた計算式で得られる評価値は、低い点数である方が課題に対する良い結果となる。学習者らは、通常は高い点数が良いことが多いので、こうしたことを固定概念として持っていることがほとんどである。このため、ランキングを見て最初は戸惑うことになるが、この数値は走行にかかったコストとして考えると点数が低い方が良いとなるといった説明を行い、思考するという点において視点を換えることや思い込みの既成概念にとらわれないことの必要性を気づかせることができるのではないかと考えている。

10. 取り組み事例

Robotic CAR@MELのみを用いた当初の取り組みでは深く考えることなく勘を頼りに調整を行うといった、単なる試行錯誤で終わってしまう学習者が少なからずいる傾向に陥りやすいといった問題点が明らかとなっていた。

そこで我々は、対処方法として試行回数を制限することとした。試行回数を越えることは禁止とし、試行毎にどのような方針としているのかを学習者自身が記録用紙にまとめていくなどの基本ルールを設けることとした。また、最後に各自が課題に対して最も良い走行となると考えられる制御プログラムを用いたコンテストを行うこととした。その際、各自の考えを他者に発表させてから走行するといった要素も取り組みの課題の一つとして加えている。これらのことから学習者らは限られた実習時間内で効率的に取り組むことも要求されることになり、深く考えて取り組まなければならなくなったと言える。

チーム名	方針	プログラム	ページ番号	結果
	坂で動く最低の力を計る。 (前半の力の量)	時間[Sec] 2.54秒 駆動力[%] 93%		走行距離 坂の半分まで？ (評価)
	坂の中間を走る早さを計る。 ↓ 坂の前半が	4.64秒 20% 5.64秒 15%		坂の半分よりが 心感した。 前半の力を考えて 次はやる。

図 13 記録用紙



図 14 出前授業風景(中学生対象)

11. アンケート結果

出前授業での実践後に、参加中学生10名を対象として表2に示す意識アンケートを行った。全13項目について

- 5:とてもそう思う
- 4:そう思う
- 3:どちらとも言えない
- 2:あまり思わない
- 1:全然思わない

の5段階評価を行った。結果から、「(4)課題を解決する努力をすることによって自分の力が高まると思う」「(5)コンピュータを使うことによって自分の知識も向上すると思う」「(7)友達と一緒に考えることは楽しい」という項目について、意識が高かった傾向があることがわかる。

表 2 意識アンケート結果

質問項目	平均
(1)ロボットについてもっと学んでみたい。	3.5
(2)コンピュータについて深く学んでみたい	3.7
(3)情報を集めて分析することは重要だと思う	3.6
(4)課題を解決する努力をすることによって自分の力が高まると思う	4.0
(5)コンピュータを使うことによって自分の知識も向上すると思う	3.9
(6)自分のペースで勉強するのは楽しい	3.6
(7)友達と一緒に考えることは楽しい	3.9
(8)いろいろな教科の勉強をしなければならぬと思う	3.9
(9)今勉強していることが将来の進路につながっていると思う	3.0
(10)エコについてもっと勉強してみたい	3.4
(11)エコはとても大切なことであると思う	3.8
(12)自分で課題を設定して勉強を進めることは重要なことであると思う	3.5
(13)自分の疑問をきちんと整理することは大切なことであると思う	3.8

また、上記のアンケートの実施と同時に、表3に示す知識と力の向上に役立つ活動に関する調査も行った。各自に21個の活動内容を16個の中から回答してもらった。知識・力に関する項目には

- (1)ロボットに対する興味や関心
- (2)ロボットに対する知識や理解
- (3)コンピュータに関する興味や関心
- (4)コンピュータを操作する力

などがある。

表 3 知識と力の向上に役立つ活動

活動内容	合計
(01)先生から電気やエネルギーの説明を聞く	20
(02)先生からロボティックカーの説明を聞く	21
(03)先生からエコについての説明を聞く	22
(04)先生からコンピュータ操作の説明を聞く	24
(05)先生のロボティックカーのデモを見る	18
(06)みんなで課題について考える	31
(07)ロボティックカーに入れるプログラムを作る	29
(08)ロボティックカーを走らせてみる	17
(09)他の人の走行を見て考える	22
(10)自分のプログラムでの走行を見る	37
(11)より良い走行について考える	33
(12)友達の考え方を聞く	23
(13)自分の考えを友達に説明する	30
(14)コンテストで自分の考え方を説明する	16
(15)コンテストで友達の発表を聞く	25
(16)その他	16

16個の活動内容は、中学生が活動した内容をまとめたものである。最も多く選ばれた活動は「(10)自分のプログラムでの走行を見る」であり、続いて「(11)より良い走行について考える」, 「(06)みんなで課題について考える」, 「(13) 自分の考えを友達に説明する」であった。

12. おわりに

情報処理を不得意とする学生には、自ら意識的に考え実践するといったことを苦手としている者が多い。また考えることはできても、その考えを整理し表現することができない学生が、さらに多くいる。こうしたことから情報処理教育においても、学生が直感的にわかり興味を持ちやすいものとなるようにと、扱う課題をこれまでも工夫してきている。こうした取り組みによって学生らは考えを整理し適切な表現をしなければいけないということを知っていると感じている⁴⁾。

さて、今回紹介したRobotic CAR@MELを用いた取り組みでは、どのような走りをさせることが良いか、また、それを実現するにはどのようなエネルギー供給パターンとするべきかなどを、学習者自らが考えてくれていた。こうしたことから、情報教育においても、これを教材と

して活用することは有効であると考えている。ただし、講義・演習の現場では、多数の学生が一斉に参加するとしても教師は一人に対応することがほとんどであるので学生らが各々の考えで取り組む状況では教師の負荷が大きすぎることになるといった問題は懸念されていた。

今回、教師と学生らのための学習支援環境として評価システムを構築したことによって、学生らが教師の指定する共通の評価基準にしたがって問題解決を行う環境を整えることができたと考えている。これにより、教師が一人に対して学生が多数という状況下であっても活用できるといった可能性が見えてきている。今後、教材化を目指して更なる改良を行う予定である。

なお、感想であるが、考えを整理し表現した制御プログラムをすぐにRobotic CAR@MELで実践できるためか、出前授業では100分連続の実習時間としたにも関わらず、中学生であっても集中力が途切れることなく真剣に取り組んでくれたことが印象的であった。

参考文献

- 1) Naruse, Y., Miyaji, I., Toga, S. and Hayase, Y., Development of Decision-making Learning System Using a Robotic Car, The Society for Information Technology and Teacher Education 2009 The 20th International Conference (SITE2009), pp.2022-2026, 2009
- 2) TOGA Shinji, NARUSE Yoshinori and HAYASE Yoshikazu: Robotic Car for the Ecological Education, 15th Asian Symposium on Ecotechnology, Journal of Ecotechnology Research, Vol.14 No.2 P-89, p161, 2008
- 3) 早勢欣和, 榎伸司, 成瀬喜則: PICプログラム環境としてのワークフローツールの構築, 第9回問題解決環境ワークショップ論文集, pp.71-74, 2006
- 4) 早勢欣和: 思考の視覚化を意識した情報基礎教育の試み, 高等専門学校情報処理教育研究委員会第27回研究発表会, pp.111-114, 2007

教育におけるPSEとしてのTIES (帝塚山インターネット教育サービス)

TIES AS A PSE IN THE EDUCATIONAL WORLD

日置慎治
Shinji Hioki

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

We introduce TIES(= Tezukayama Internet Educational Service) as a PSE in the educational world.

TIES started more than 10 years ago. Now 74 groups(Universities etc) are now using TIES for their education.

Key Words : e-learning, TIES

1. はじめに -TIESの紹介-

TIES(Tezukayama Internet Educational Service : 帝塚山インターネット教育サービス)とは、帝塚山大学が1997年から開発・運用しているeラーニング環境のことである(図1)。初期の内容に関しては、日置・中嶋による報告¹⁾を参照されたい。



図1 TIES トップページ (www.tiesnet.jp)

従来は、TIESを利用したい大学にTIESシステムをインストールする形態をとっていたが、現在では学外にサーバをレンタルし、ASP(アプリケーションサービスプロバイダ)形式で運用している。つまり、従来であれば、TIESを導入するためにはハードウェアを新規に準備する必要があったが、現在ではその必要はなくなっている。その結果、他大学が利用する際のバリアが低くなっていると考えられる。

現在では、多くの大学等(国外も含む)の授業で活用

され、TIESコミュニティを形成している。これまでのTIESコミュニティ成長の軌跡を表1にまとめた。

表1 TIESコミュニティの成長の軌跡

年度	2004.4- 2005.3	2005.4- 2006.3	2006.4- 2007.3	2007.4- 2008.3	2008.4- 2008.9
1. TIES利用大学数	20	33	51	66	70
2. 利用講義数	103	205	548	817	966
帝塚山大学内	87	133	326	482	550
連携大学	16	72	222	335	416
3. コンテンツ数	3,416	7,431	10,409	16,263	18,293
帝塚山大学	2,992	4,966	8,240	11,806	12,691
連携大学	424	2,465	2,169	4,457	5,602
4. 教材作成者数 TIES合計	82	130	320	801	892
帝塚山大学内	52	63	118	220	227
連携大学	30	67	202	581	665
5. ユーザ数(合計)	3,376	8,499	16,740	34,861	40,183
TIES全体(合計)	2,981	7,321	15,099	32,935	38,027
帝塚山大学(卒業生含む)	1,925	4,133	6,197	7,576	8,891
卒業生					3,314
連携大学	1,056	3,188	8,092	25,359	29,136
OpenTIES一般ユーザ数	395	1,178	1,641	1,926	2,156
6. 公開講義数	29	78	134	186	210

2009年9月1日現在の状況は以下のとおりである。

- ・参加大学数：74
- ・教員ユーザ数：958
- ・学生ユーザ数：47,472
- ・一般ユーザ数：2,496人
- ・講義数：1,167コース
(うち、OpenTIESとして235は一般公開)
- ・分野数：46

TIESの発展は多くの要素に支えられているが、中でも「TIES教材開発室」の果たす役割は大きい。TIES教材開

発室は帝塚山大学内に2001年に設置され、常勤スタッフと多くの（有能な）アルバイト学生によって運営されている。帝塚山大学におけるTIESの組織図は図2のようになっており、TIES教材開発室をコアとして、多くの機関がこれを支える構成となっている。

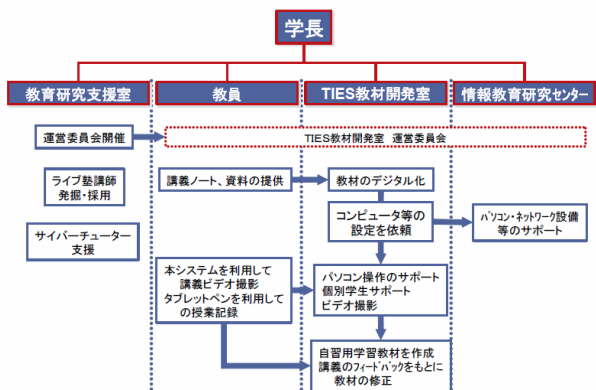


図2 TIESの組織図

2. 教育におけるPSEとしてのTIES

2.1 教育のIT化

教育には様々な問題が存在することは周知の事実である。これら全てを解決できる万能の方法は未だに見つかっていないが、多くの教員が日々模索しながら、自分達の教育方法の改善に取り組んでいる。

教育方法の改善の方法のひとつに、IT活用が叫ばれて久しい。同時に教育のIT化は国の施策にもなっている。

ここでは、教育のIT化に関して、教員が解決すべき問題に対して、TIESでいかにして解決できるかを述べ、TIESが教育におけるPSEとなりうる可能性について論じたい。

2.2 教育のIT化のTIESによる解決

教育にITを活用する際、忘れてはならないキーワードがeラーニングである。eラーニング(システム)とは、厳密な定義はさておき、一般的には以下のような要請があると考えられる。

- ・教材を電子化してWebでいつでもどこからでも学習者が教材にアクセスできる
- ・学習者の学習履歴を管理できる

後者はLMSとも言われる機能であるが、ここでは広くeラーニングに含めた。

eラーニングシステムを高額の経費を使い導入したものの、費用対効果として期待通りの効果がでない、という意見を時々耳にするが、これは仕方がないことである。eラーニングの成功には、教育者の意識改革とともに、教育者へのサポート、ひいては、教育をおこなう者への教育が必要であると考えられる。これを「eティーチング」²⁾と呼ぶことにすると、教育のIT化のためには、eラーニングとeティーチングの両輪が効果的に働く必要があると考えられる。TIESにおいては、当初から

この2つを主な柱としている。

- ・eラーニング
教材のデジタル化およびWebアクセス
学習者の管理
- ・eティーチング
教材製作者への全面的なサポート

図3にTIESにおける両方の分担を表した。網かけの部分以外はeティーチングを表している。

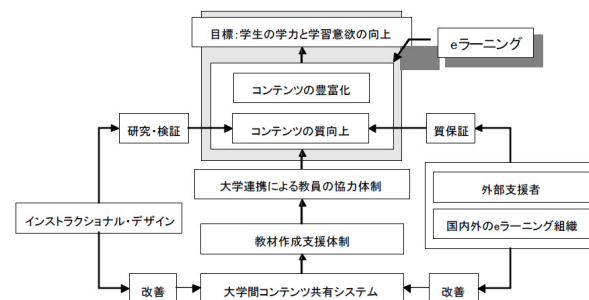


図3 eラーニングとeティーチング

3. まとめと将来

TIESのこれまでの経緯をまとめたが、それ以外の部分について簡単に触れたい。

大学等の連合体としてのTIESではできない事を実現する母体として、NPO CCC-TIESを設立した。このNPOでは最近、以下のようなイベントを開催した。

- ・「産経eカレッジみんなde大学」
<http://www.minnade-daigaku.com/>
- ・第1回 全国大学対抗TIESタイピング大会
http://www.tiesnet.jp/link/2009_typing/seiseki_final_090907.htm

どちらのイベントも、TIESの将来に繋がる活動であると考えており、今後とも、精力的に取り組んでいきたい。

謝辞：この原稿をまとめるに当たり、TIESを率いて様々な教育活動にまい進しておられる中嶋先生の資料を活用させて頂いた。感謝いたします。

参考文献

- 1)日置慎治・中嶋航一「問題解決環境としての教育 シミュレーション科学への招待」『別冊・日経サイエンス』130、2000年3月
- 2)中嶋航一「eラーニングのためのeティーチング」、
<http://www.cccties.org/>

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

USABILITY IMPROVEMENT FOR AN EDUCATION SUPPORT SYSTEM USING AJAX/RIA FRAMEWORK

古賀掲維¹⁾, 大寄二郎²⁾, 新田高士³⁾, 飛永三奈⁴⁾,
坂井一也⁵⁾, 原田徹⁶⁾, 丹羽量久⁷⁾

Aoi Koga, Jiro Osaki, Takashi Nitta, Mina Tobinaga, Kazuya Sakai, Toru Harada and Kazuhisa Niwa

- 1) 修士 (工学) 長崎大学 大学教育機能開発センター (〒852-8521 長崎市文教町1-14, aoi@redc.nagasaki-u.ac.jp)
- 2) 株式会社 ティエルエス (〒850-0035 長崎市元船町2-7-6F, osaki@tls-style.co.jp)
- 3) 長崎大学 大学教育機能開発センター (〒852-8521 長崎市文教町1-14, takashi@redc.nagasaki-u.ac.jp)
- 4) 長崎大学 大学教育機能開発センター (〒852-8521 長崎市文教町1-14, tobi@redc.nagasaki-u.ac.jp)
- 5) 長崎大学 大学教育機能開発センター (〒852-8521 長崎市文教町1-14, kazuya@redc.nagasaki-u.ac.jp)
- 6) 株式会社 ティエルエス (〒850-0035 長崎市元船町2-7-6F, harada@tls-style.co.jp)
- 7) 工博 長崎大学 大学教育機能開発センター (〒852-8521 長崎市文教町1-14, niwa@redc.nagasaki-u.ac.jp)

In this report, we introduce an improvement example of the user interface of education support system iPortfolioMaker using the Ajax/RIA framework. And we examined the effectiveness of the Ajax/RIA framework in the usability improvement of the Web application.

Key Words : RIA, Ajax, Usability, Education Support System, iPortfolioMaker

1. はじめに

大学全入時代の到来により高等教育の現場では、学力・モチベーション等の面で多様化する学生への対応を迫られている。以前と同じ教育効果を得るためには、より多くの労力と時間を教育活動に割く必要があるが、一方では教員の雑務は増えるばかりであり、十分な教育効果をあげることが難しくなっている。

筆者らは大学の高等教育関係のセンターに所属し、一般情報処理教育に携わる傍ら、教育改善に活用できるICTシステムの開発を行ってきた。近年は誰にでも簡単に利用でき授業支援のツールとして教育支援システム『iPortfolioMaker』の開発を行っている。

本報告では、教育支援システム『iPortfolioMaker』のユーザーインターフェイスをAjax/RIAフレームワークを用いて改良した事例を紹介し、Webアプリケーションのユーザビリティ改善におけるAjax/RIAフレームワークの有効性について検討を行う。

2. 教育支援システム『iPortfolioMaker』

2.1 概要

iPortfolioMakerは長崎大学で研究・開発を行っている教育支援システムである。iPortfolioMakerは授業に関する様々な情報を収集・蓄積・分析し、クラス全体および個々の学生を把握しやすくすることによって教育を支援する

ことを目的としたシステムである。iPortfolioMakerでは、学習ポートフォリオ、教育ポートフォリオの作成を通じて教育情報を収集する。また、一部eラーニングシステム的な機能も実装している。

2.2 iPortfolioMakerのシステム環境

長崎大学で運用しているiPortfolioMakerは複数のサーバーを用いて運用している。以下のそれぞれのサーバーの環境、およびクライアントの環境を簡単に示す。また、各サーバー間の連携状況を図1に示す。

a) アプリケーションサーバー

- ・ OS : CentOS 5.3(Redhat Enterprise Linux互換)
- ・ Webサーバー : Apache 2(OS付属のもの)
- ・ プログラム言語 : PHP 5.2.x(OS付属のもの)
- ・ フレームワーク : Symfony 1.0.x(1.0.20)

b) データベースサーバー

- ・ OS : CentOS 5.3(Redhat Enterprise Linux互換)
- ・ RDBMS : Oracle 11g

c) 分析サーバー

- ・ OS : Windows 2003 Server
- ・ 分析エンジン : CBMI 1.4(ジャストシステム社), R

d) Webサービスサーバー

- ・ OS : Windows 2003 Server
- ・ Webサーバー : Apache(XAMPP)

- ・プログラム言語：PHP 5.2(XAMPP付属のもの)
 - ・Webサービスライブラリ：PEAR XML-RPC2
- e) クライアント環境(パソコン)
- ・OS：最新のブラウザが動作する環境
 - ・対応ブラウザ：Firefox, IE, Chrome, Safari
- f) クライアント環境(携帯電話)
- ・各社の携帯電話に対応

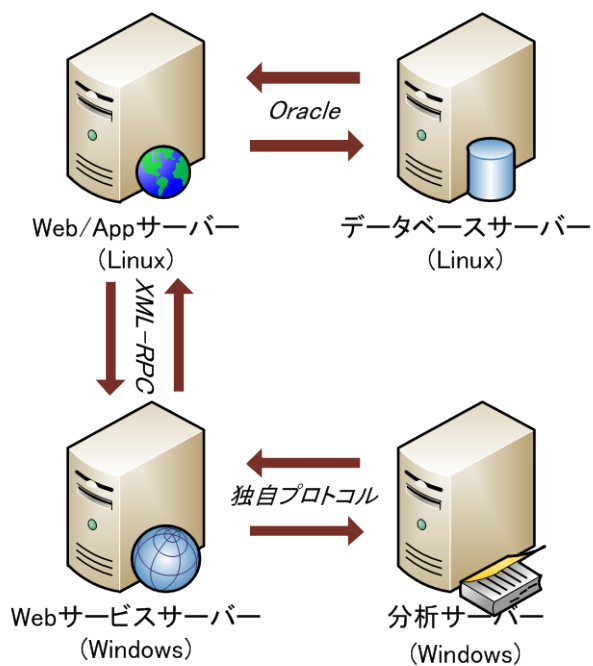


図1 サーバー間の連携図

2.3 iPortfolioMaker の機能

iPortfolioMakerには、ポートフォリオ作成に関する機能、アンケート実施に関する機能、eラーニングに関する機能など様々な機能が実装されているが、ここでは現行バージョンのiPortfolioMaker2の主要な機能について紹介する。

a) アンケート機能

iPortfolioMakerではポートフォリオ中にアンケート要素を配置し、アンケートを実施することができる。アンケート要素としては、1) 短答式、2) 記述式、3) 複数選択式、4) 択一選択式、5) ファイル提出式が用意されている。アンケートの回答はパソコンからだけでなく、携帯電話等の携帯端末を用いて行うこともできるようになっている。

b) 資料提示機能

ポートフォリオ中に資料提示要素を配置し、学生へファイル等を提示することができる。資料提示要素としては、1) ファイル配布要素、2) イメージ表示要素、3) メディア表示要素、4) リンク(URL)要素、5) リッチテキスト要素がある。各要素では、システムに組み込まれたファイル管理機能を用いてファイルのアップロード・管理を行うようになっている。

3) テスト要素

ポートフォリオ中にテスト要素を配置し、オンラインテストを実施することができる。テスト要素では、設問形式として、1) 短答式、2) 記述式、3) 複数選択式、4) 択一選択式を選ぶことができる。また、見出しを用いて階層構造を作成することも可能である。

4) レポート機能

ポートフォリオ中にレポート要素を配置し、レポートを課し、オンラインでレポートの回収を行うことができる。レポートの回収にあたっては、開始日時、締切日時の他、締切後の提出の可否および打ち切り日時、複数回の提出を許可するかどうかの設定が行える。

5) 授業評価機能

ポートフォリオ中に授業評価要素を配置し、授業評価を実施することができる。授業評価機能は、アンケート機能に類似しているが、組織単位で定めたカテゴリー(設問の集まり)を選択する必要があるところが異なっている。

6) メモ機能

iPortfolioMakerでは、ポートフォリオ中にメモ要素を配置し、授業の記録等を残すことができる仕組みが用意されている。また、メモ要素の他に学生のポートフォリオ画面では、学生毎、クラス毎の記録を残すことが可能である。

3. Ajax/RIAフレームワーク

3.1 Ajax とは

AjaxとはAsynchronous JavaScript + XMLの略称で、1) XHTMLとCSSを使った標準規格のプレゼンテーション、2) DOM(ドキュメント・オブジェクト・モデル)を使ったダイナミックな表示と相互のやりとり、3) XMLとXSLTを使用したデータ変換と操作、4) XMLHttpRequestを利用した非同期なデータ検索、といった技術をJavaScriptを利用して上手く組み合わせたアプローチを指す。

3.2 RIA とは

RIAとはRich Internet Applicationの略称で、ユーザーインターフェイスとしてFlashやJavaアプレット、Ajaxなどを用いて、単純なHTMLで記述されたWebページよりも操作性や表現力に優れたWebアプリケーションを指す。

3.3 Ajax ライブラリ

3.1で述べたようにAjaxは複数の技術の組み合わせたものであり、それぞれの技術の仕組みさえ理解できていれば開発者自身がシステムに実装することが可能であるが、実際にはクロスブラウザ対応の難しさから公開されているライブラリを用いることが多い。Ajaxライブラリを用いることによって、1) クロスブラウザ対応、2) Javascript機能拡張、3) 視覚的な画面効果追加、4) リッチなGUI部品、といった機能を簡単に利用できるようになる。以下に主要なAjaxライブラリを示す。

a) Prototype

<http://prototype.conio.net/>

b) script.aculo.us

<http://script.aculo.us>

c) Yahoo! User Interface Library

<http://developer.yahoo.com/yui/>

d) jQuery

<http://jquery.com>

e) ExtJS

<http://www.extjs.com/>

<http://www.extjs.co.jp/>

3.4 ExtJS とは

ExtJS は、Ext JS 社によって提供される Ajax/RIA フレームワークである。ExtJS の特徴としては、1) 高機能でカスタマイズ可能な GUI 部品、2) オブジェクト指向プログラミングのデザインパターンに従った拡張可能なコンポーネントモデル、3) 豊富なドキュメント、4) 商用ライセンスとオープンソースライセンスのデュアルライセンスモデル、5) 開発元による商用サポートがあげられる。ExtJS の対応ブラウザは、1) Internet Explorer 6+, 2) Firefox 1.5+, 3) Safari 3+, 4) Opera 9+, となっている。また、ExtJS の主な GUI 部品を表 1 に示す。

表 1 ExtJS の GUI 部品

部品名	説明
パネル	ExtJS の基本となるユーザーインターフェイス部品
タブパネル	ページ内容をタブで区切ったレイアウトを提供する部品
ウィンドウ	アプリケーション用のウィンドウとして設計されたパネル部品
グリッド	データを表形式で表示するパネル部品
ツリー	ツリー構造かされたデータを表示する部品
フォーム	フィールドとラベルを適切に整理させるためのパネル部品
ツールバー・メニュー	パネルにツールバー、メニューを追加するための部品

表 1 からわかるように、ExtJS ではより Windows OS などに似せた Web アプリケーションの構築をサポートする部品が数多く用意されている。

4. 教育支援システムのユーザビリティ改善

4.1 ユーザビリティ改善方針

教育支援システムのユーザビリティを改善するにあたり、全体目標として「大学全体で普及可能なこと」(すなわち、IT が苦手な教員にも使える)を掲げ、以下の点に留意し、システムの改良を行った。

- 1) 直感的なインターフェイス
- 2) より少ない画面遷移
- 3) 統一化されたデザイン

4) 開発時間(コスト)の提言

4.2 iPortfolioMaker におけるユーザビリティ改善

a) Ajax/RIA フレームワークの採用

iPortfolioMaker では 4.1 で示した改善方針に沿って、Ajax/RIA フレームワークとして ExtJS を採用することとした。改善前の iPortfolioMaker(バージョン 1)と改善後の iPortfolioMaker2(バージョン 2)について簡単に比較すると表 2 のようになる。

表 2 改善前, 改善後の比較

	バージョン 1	バージョン 2
Ajax	PHP フレームワーク (Symfony)ビルトインの機能(Prototype)を使用。	ExtJS で用意された仕組みを使用
GUI	自前で Windows 風の GUI を作成し、部品の動きは Ajax を用いて制御。	ExtJS の GUI を利用。部品の動きについても、ExtJS のフレームワークをそのまま利用。
開発効率	悪い。デバッグに時間がかかる。デザインの検討が負担。	かなり良い。用意された部品を使って GUI を構築することによって、デザインに悩まされない。

b) ユーザビリティ改善例(アプリケーション画面)

まず、ユーザビリティの改善例として iPortfolioMaker のアプリケーション画面の例を図 2, 図 3 に示す。図 2 は改善前、図 3 は ExtJS の GUI 部品を用いた改善後の画面である。

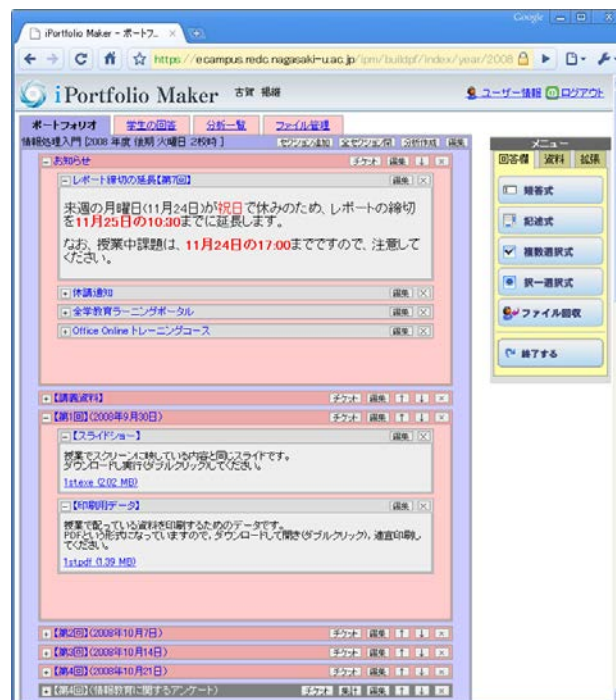


図 2 アプリケーション画面(改善前)



図 3 アプリケーション画面(改善後)

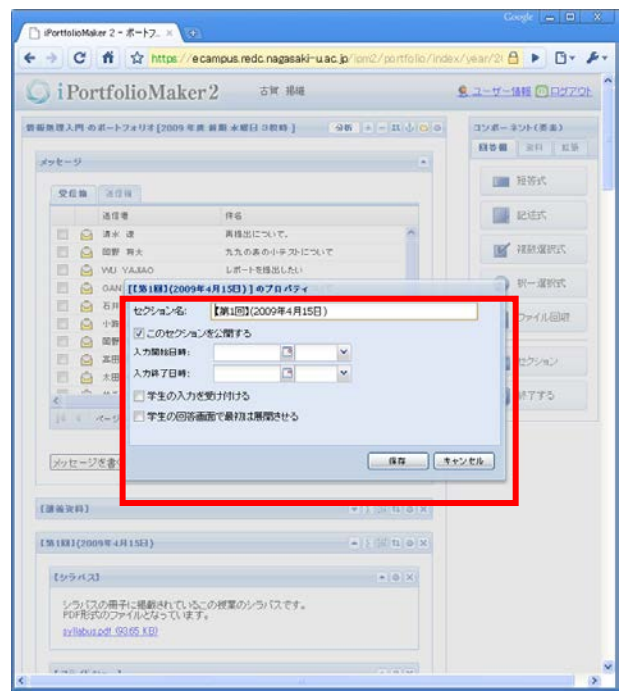


図 5 要素編集(改善後)

図2, 図3よりわかるように, ほぼ同じ画面構成のまま, より洗練されたGUIとなっている。画面だけではわからないが, システム内部は大幅に簡素化され, 動作速度も向上している。

c) ユーザビリティ改善例(要素編集)

図4, 図5は改善前, 改善後における各要素の編集画面である。改善前はインラインで表示していた編集内容を, 改善後はダイアログとして表示するように変更した。このダイアログもExtJSのGUI部品を利用している。



図 4 要素編集(改善前)

d) 改善効果

iPortfolioMakerにおけるAjax/RIAフレームワーク採用の改善効果を以下にまとめる。

- 1) GUIが統一され, デザイン, 操作性ともに向上した
- 2) ダイアログを容易に用いることが可能となり, 画面遷移が大幅に減少した
- 3) 設定画面や編集画面でダイアログを利用することによって, ユーザーに必要な操作を明示的に示すことができるようになった

5. まとめ

Ajax/RIAフレームワークを活用することによって, 従来のWebアプリケーションと比較して, より直感的なインターフェイスの構築が可能となり, ユーザビリティを向上させることができることがわかった。また, フレームワークの採用により, 統一したGUI, よく利用されるパターンでのシステム開発が可能となり, システム開発の効率化, コスト削減が期待できる。

参考文献

- 1) 古賀掲維, 福田博之, 丹羽量久: オープンソースを活用した教育改善システムの開発, 第9回問題解決環境ワークショップ論文集(2006)
- 2) 古賀掲維, 福田博之, 坂井慎吾, 直野公美, 丹羽量久: PSEを用いた教育情報の収集・分析・可視化の試み, 第10回問題解決環境ワークショップ論文集(2007)
- 3) 丹羽量久, 古賀掲維, 坂井一也, 新田高士: XMLをベースとしたテンプレート・エンジンを用いた教育情報蓄積システムの開発, 第11回問題解決環境ワークショップ論文集(2008)

聴覚障害者のための問題解決環境

Problem solving environment for supporting hearing handicapped people

五井正明

Masaaki Goi

一般社団法人手話情報保障センター (〒150-0012 東京都渋谷区広尾1-8-9, goim@shuwamura.com)

The present status and problems of sign language for hearing handicapped people in Japan are discussed from the viewpoint of IT. It is emphasized that problem solving environment (PSE) is useful to solve the problems. An attempt to PSE system of sign language is proposed.

Keywords: Hearing Handicapped People, Sign Language, Radio Frequency Identification, Benshi

1. はじめに

「ろう者」と自らを呼んでいる人達がいる。「聾」である。「ろう」は、ただ単に「聞こえない」人という意味ではなく、手話を自らの母語として求めていることを強く意味している。

今我々が住んでいる都会は様々な音声に満ち溢れている。目覚めてから寝るまでにいったいどれ程の情報量が耳を通り過ぎて行くのであろうか？その何%のものが有効なのであろうか？朝のテレビのニュースから始まり、通勤の駅では電車の事故情報、買い物に行けばセールのご案内などがある。一方、お金を出して得る音声情報もある。美術館で借りるガイダンスレシーバーはその例であろう。これらの当たり前な環境から疎外されている人がいる。日本語の分からない外国人もそうであろうが「ろう者」である。こんなにも情報が溢れているなかにながら自ら努力をしなければその情報に辿り着けない現実がそこにはある。

わが国の「ろう者」の人口は6万人程度だといわれている。第2章で、この6万人のろう者が現代の情報化社会で生活していくうえで生じている情報欠如の現状分析を行う。この情報欠如はITを積極的に活用することによって回避される。このためろう者のコミュニティは積極的にITと関わりをもとうとしている。それについて第3章で述べる。これらの現状分析とITとの関わりを踏まえて、ろう者が必要とするIT環境を第4章で考える。ろう者の情報格差を埋めるやさしい問題解決環境のひとつの試みを第5章で提案する。第6章ではまとめを述べる。

2. ろう者コミュニティが抱える情報格差

ここでは情報化社会でろう者がかかえている現状を述べたい。

2.1. 参政権

現在、政見放送で手話通訳の映像を付けられるのは公職選挙法の規定では、衆参両院の比例代表選と衆院小選

挙区選のみである。公選法には、その他の選挙の政見放送に手話通訳を認める規定がない。たとえば知事選が認められない理由として、総務省は「手話通訳士の確保が困難な地方もあり、選挙運動の公平性を欠く恐れがあるため」と説明している¹⁾。そこには積極的に差別となっている要因を取り除こうとする姿勢が見えない。

政見放送が生放送であれ、録画放送であれ手話通訳者が放送現場に居る必要はない。例えば手話通訳は東京で撮影しその映像をスピーチの場面に合成し放送すれば解決するのである。

2.2. 手話を教えないろう教育

手話はろう者の言語であるにもかかわらず日本のろう教育では、手話を中心とした教育は認められていない。特に小学校に相当する小学部では手話は口話教育の妨げになるとして手話を教える場を設けてない。さらに悪いことに発話訓練に時間を割くために読み書きの教育が充分になされていない現実がある。そんな中でろうの子供を持つ親を中心に、子供たちに手話で教育を行いたいという要望から日本初の手話を母語として位置付けた教育を行う学校法人が2008年に設立された²⁾。わが国では手話と日本語のバイリンガル教育が受けられる唯一の学校である。

全国のろう教育の現場では手話の出来る教師が数少ないという点も大きな問題として存在している。このためにろう児とのコミュニケーションが不十分であり結果として十分に授業を進めることができないのである。乳幼児の時から親による話し聞かせが豊かな人間形成の元になるようにろう児には手話による話し聞かせが必要なのである。ろう児の親の大部分が聞こえる親であるという現状を考えるとこの様な役割もろう学校に期待せざるを得ないが応えられていない。

ではこのような状況にIT技術はどの様にサポートできるのであろうか。子供が言語を身につけるにはなるべく早くより正しい言語に触れる環境が必要である。この

ために複数の成人および子供のろう者が居る場所と学校をネットワークで結び会話を通じゲームやおしゃべりで手話が自然と学べる環境を構築することである。また遠隔地にいるろう教師が手話を使った授業を行うことでもよいであろう。

2.3. 通じない手話通訳

現在わが国の（聞こえる人に対して）手話を教える教育は福祉施策の1つに組み込まれており語学としての位置付けを持たない。これはわが国では手話が言語であるという認識が希薄であるためである。このために手話指導方法の統一性がなく、また、手話を単なる単語学習として行われていることが少なくない。この結果日本語の単語を手話単語で置き換えただけの表現を手話として扱っている手話通訳者が多く見られる。当然ながらろう者が日常で使用している手話とはかけ離れてしまい結果として通じない手話通訳となっている。

この場合もネットワーク環境があれば手話通訳を必要とする現場とベテランの手話通訳者を回線で結ぶことにより離れた場所での手話通訳が可能となる。

2.4. 参加できるのか裁判員制度

平成21年5月21日から裁判員制度が始まった。ろう者が裁判員に選ばれた場合の対応についてはどうだろうか？手話通訳者の数は地域によって偏りがあり技術を持った通訳者を必要に応じて設置可能なのが最大の懸案事項である。このためトラブルを心配して最初の2年間は聴覚障害者は裁判員の候補から外されるという噂もある。

これも前節の2.3.と同等の手段で解決できそうであるが同時に複数の人が発言するようなケースでは複数の通訳者を用意する必要がある。

2.5. 見ない日本映画

バリアフリー映画というものがある。ここで言っている「バリアフリー」とは何か？答えは「音声ガイド（副音声）・字幕付き映画」をさしている。副音声とは画面の状況や動きの説明であり、字幕では例えば、「雷がなっている」とか「遠くにいる群衆の笑い声」などと字幕化される。だがこの「バリアフリー」には「手話」という考えが抜け落ちている。ろう者で映画好きな人はたくさんいるが残念ながら見る対象は洋画となってしまっている。その理由は洋画には字幕があるからである。最近になって邦画にも字幕をつける試みがあるがまだ少数である上に日程や上映館も限られている。聞こえる人にとって字幕は邪魔なのである。

邦画へ字幕をつけることについては、最近発足したNPO「メディア・アクセス・サポートセンター」³⁾が推進することが期待されている。このNPOの試みは直接上映時に字幕をつけるのではなく、DVDソフトやネット配信の映画を家庭のパソコンで見るときにインターネットを通じて配信した字幕などのデータを取り込ませ視聴させるものである。IT技術がうまく生かされており、字幕情報

を望む人達には大きな朗報である。

2.6. テレビは字幕つき（だけ）で解決か

海外をみってみるとイギリスでは1996年に「放送法」が改正され、10年以内に民間放送の全番組の80%に字幕を、5%には手話を付けることが決まっている。スウェーデンにおいては、憲法によってスウェーデン手話が公用語として定められているため公共放送局であるSVTは手話の番組を放送する義務がある。一方わが国をみるとNHKは番組の約8割、民放は約3割に字幕を入れておりデジタル化後はさらに字幕番組は増えるであろう。郵政省では、視聴覚障害者向け放送の普及をはかるため、「2007年までにニュースなど生番組を除いたすべての番組を字幕放送化する」という字幕放送の普及目標を策定し、公表した。しかし手話放送の観点からわが国の実情をみってみると手話を使った情報発信を積極的に推し進めていく体制にない。

IT分野で興味深いものはイギリス民放連が大学に委託研究している手話アニメである。英文のテキスト原稿をコンピュータに読み取らせそれをアバターが手話表現するという試みである⁴⁾。

2.7. ろう児をもつ聞こえる親に対するサポート

聞こえる親からろう児が生まれた場合、親が自らの子供を「ろう者」として育て始めるきっかけを与えてくれる場（具体的には様々なろうコミュニティをいう。本来ならば公的なろう教育の場がその中心的な存在であるべきであるが2.2節にて示したようにその役を担えていない状況がある）が存在している事を教えてくれる人がいない。病院の関係者においてさえもろう者のコミュニティの存在を知らず、ろう者とはなんであるのかを知らず正しいアドバイスができない。相談ももつぱら病理学的な立場に限られてしまっている。

3. ろう者のコミュニティとIT

前の章で述べた課題のいくつかはITと密接に関係している。

3.1. 美術館で

ろう者の一人からITに関してこんな提案を受けたある美術館があった。「現在、携帯電話はもちろん、ニンテンドーDSやPSPでも動画が見られる。この美術館には音声サービスのガイダンスレシーバーがあるのに手話動画によるガイダンスレシーバーサービスはないのか？インターネットでは動画は当たり前のように使えるのだから技術的に出来ないはずはない。ろう者の数が少ないからといって『後で、後で』と言われ続け今までなんでも我慢させられてきた。なぜ自分達だけ我慢なのか？聞こえる人はなぜ平等の考え方をもてないのか？『ろう者にやさしい環境を作っておけば聞こえる人にも役立つのではないか？日本語の分からない外国人にも応用できるのではないか？』と。

3.2. YouTube

現在ろう者は IT を使用してどのようなサービスを利用しているのだろうか？昨今では投稿も視聴もかんたんな YouTube を見るろう者が増えているという。ろう者による投稿が盛んになり 1 つのブームと言えるようだ。しかしサービスとなると有効なものはほとんど存在していない。YouTube の利用といっても積極的な目的をもって行うのではなく手話による情報を欲している中での有りようといえよう。そしてこのことから手話情報がいかに待ち望まれているかが分かる。ただ残念なことにパソコンが使えない世代には縁がないし、また携帯電話での利用は限られている。

3.3. 手話弁士

邦画をろう者に見てもらうため 2009 年 6 月にひとつの試みがあった。「長編ドキュメンタリー映画『ひめゆり』日本初のろう者の手話弁士つき」上映というものである⁵⁾。スクリーンの端で映画の音声を全て手話で語るといふ試みで定員を超える申し込みがあったようである。字幕つきの上映もあるが字幕では雰囲気やニュアンスまでは伝えることはできない。そこで新しい試みとして行われたものである。わが国においては初の試みでも海外においては手話通訳つきの映画は以前から行われている所も存在する。

では字幕ではなく一歩進めて手話動画として描画できないだろうか。手話弁士のように作品の上映毎に人手で行うには限りがあるため立体ディスプレイを使った手話アニメなどどうだろうか。文字情報を入力する方法だと感情まで理解できず手話の強みを引き出せないが音声入力を行った場合音声の要素として声のトーンを解析できるエンジン⁶⁾もあるようなので手話アニメには心強い味方である。

4. ろう者への IT 環境

ろう者が、第 2 章で述べたいいくつかの課題に取り組むうえで、必要となる IT 環境について述べる。

高齢のろう者においては就学義務免除の適用がなされたケースが多いために義務教育を受けておらず日本語の書き言葉の理解に困難な者もいる。このために全ての情報は手話によって行われるのが理想である。例えば必要な情報に至るまでの手順でさえも手話や静止画等の直感的な操作による誘導が望ましい。

第 2 章に述べた例は聞こえる人にとっては気にもしてこなかったものばかりである。逆にいえば有って当たり前なのである。その当たり前が当たり前でない所に PSE の役割が期待されている。

コンテンツ

盲の人対象にコンテンツの読み上げシステムが存在している。これと同じレベルで手話表現の機能が必要である。他言語のコンテンツはその国の手話もしくは日本の手話に翻訳できればよいのである。

ろう教育

教科書・参考書は全て手話と日本語で。

日本語を正しく理解させるためには手話による説明は必須である。

手話を学ぶ IT 環境の構築。国語辞書・漢和辞書のような機能をもつ手話による辞書は必須である。

手話通訳システム

SF の領域になるが日本語音声 手話の翻訳機、日本語書き言葉 手話の翻訳機があるならばろう者も聞こえる人とほぼ同等な生活が送れるであろう。

図書

全ての図書は手話の翻訳が必要である。マナーや家庭の医学など身近なものは特に要望されている。提供手段は DVD やネット配信となるであろう。このための自動翻訳機（日本語から手話アニメ化）が必要となる。

5. ろう者にやさしい問題解決環境

ここでは、第 3 章でろう者から提案された美術館での動画サービスを例に、ろう者へひとつの PSE を提案する。

展示されている美術品の 1 つ 1 つの解説をリアルタイムに見せることにポイントをおいて図 1 に示す PSE システムを考えている。

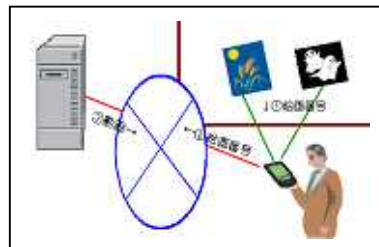


図 1 美術館での動画サービスシステム

システム要件は次のようになる。

機器としては次の 4 つである。

RFID (Radio Frequency Identification)

動画用ガイディングレシーバー

(画面はタッチパネル)

ネットワーク環境 (無線 LAN)

動画サーバー

実際の運用は次のようになる。

絵画 1 枚毎に RFID を付ける。

見学者は RFID リーダー機能を有する携帯端末 (大きなディスプレイ付き) を持つ。

携帯端末はインターネットを経由する無線機能を持ち動画サーバーとつながっている。

携帯端末が RFID の情報を拾うと画面に作品名・作者等を表示する。

見学者は希望する作品を選択する。

作品の選択は動画再生要求を意味しサーバーから

RFIDの情報に対応した動画（手話による解説）をストリーム再生する。

各機器の要求されるソフトウェアは次のようになる。

動画用ガイディングレシーバー：RFID の読み込み、動画の再生、無線通信、タッチパネル画面（重くないOSが必要）

動画サーバー：無線通信、動画の管理・サービス

である。

ソフトウェアやハードウェアのどの面から見ても図1のシステムは既存の技術で実現できるものである。

このPSEは、第2章で述べたろう者がかかえるさまざまな課題を解決することができるであろう。また、動画だけでなく字幕を表示してもよい。したがってコンテンツさえ準備すればどこの国の手話や音声言語または文字情報にも対応できる。ろう教育に使用可能なほか、手話通訳者の代わりとしても期待できるであろう。

使用場所は美術館、博物館、遊園地、観光地、公共施設、ホテル、デパート、交通機関、食堂などその範囲は広い。

6. おわりに

1つの提案を元に話を進めてきたが一番の問題は聞こえる我々がろう者に対する間違った認識「ろう者は聞こえないだけの障害なのだから音声を補完する字幕で補えばよい」からきているのがわかる。

本来ならばろう者自らがこういった問題を提起していくべきであろう。中には実際に色々な機会を見つけて発言している人もいる。しかし一般のろう者は聞こえる人の前で発言しようとはしない。その大きな理由としてコミュニケーションのバリアーがあるためである。手話通訳を介してしか思いを伝えられないがその手話通訳者が自分の想いを十分に通訳できていなかったり誤って伝えていたらどうであろう。そしてこれは残念なことに珍しいことではない。さらに悪いことにろう者には自分の言葉が間違っただけで発信されていることを知ることは出来ず、従って間違いを訂正する手段を持たない。通訳を聞いている聞こえる人はまさか手話通訳が間違っただけをして

いるとは思わないため「このろう者は変なこと言ってるな」と思ってしまうのである。そしてさらに聞こえる人のろう者に対する無知、誤解や偏見があるゆえに二重三重の壁が存在している。

私は研究者でもなく何らかの開発に携わっているわけではなく手話に関わり、ろう者に関わりをもったのがきっかけでこのような情報格差の現実を知るに至った。今回このことを広く知って頂く機会を与えて頂いた事に感謝します。この講演が障害者を支援する問題解決環境が開発される一石を投じられれば幸いです。

そして少数者であるがゆえに情報保障の枠外に置かれているろう者をサポートする機器の開発をこのグループの皆様のご協力を得ながら進めることができれば当法人としてこの上ない喜びとするものです。

参考文献

- 1) 静岡新聞:
http://www.shizushin.com/news/feature/tijisen_new/news/20090625000000000069.htm
- 2) 品川区 学校法人明晴学園:
<http://www.city.shinagawa.tokyo.jp/hp/page000002900/hpg000002837.htm>
- 3) 特定非営利活動法人（NPO法人）「メディア・アクセス・サポートセンター」:
<http://www.47news.jp/CN/200907/CN2009071001000620.html>
- 4) Sign Language Animations:
http://signingbooks.org/animations/sign_language_animation_s.htm
- 5) 手話弁士: 字幕では伝わらない手話弁士の挑戦
<http://www.youtube.com/watch?v=2VcivTyr1cQ&feature=related>
- 6) “感情”を読み取る音声認識エンジン:
<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/0405/07/news037.html>

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

A development of PSE system for virtual experimental environments to investigate human choice behavior

前田太陽¹⁾, 松本茂²⁾, 名取良太³⁾, 曹陽⁴⁾, 蟻川浩⁵⁾, 村田忠彦⁶⁾

Taiyo Maeda, Shigeru Matsumoto, Ryota Natori, Cao Young, Hiroshi Arikawa and Tadahiko Murata

- 1) 博士 (理学) 関西大学 政策グリッドコンピューティング実験センター
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35, maeda@pglab.kansai-u.ac.jp)
- 2) 博士 (経済学) 同上 (同上, shmatsumoto@jm.aoyama.ac.jp)
- 3) 修士 (政治学) 同上 (同上, natori@res.kutc.kansai-u.ac.jp)
- 4) 博士 (社会学) 同上 (同上, QVG02310@nifty.com)
- 5) 博士 (工学) 同上 (同上, hiro-ari@pglab.kansai-u.ac.jp)
- 6) 博士 (工学) 同上 (同上, murata@pglab.kansai-u.ac.jp)

In this study, we focus on human choice behavior, and develop a PSE (Problem Solving Environment) to realize a virtual experimental environment for choice behavior using computer systems. The proposed system provides subjects some information and a choice, and collects their responses as log data. The system also has a function that enables an experimenter to control the experiment he is taking. We apply two experiments that are designed by social scientists. Experimenters obtain results that each subject is affected from behaviors of others. In this paper, we show some key issues in development the proposed system to conduct virtual experiments for human choice behavior using computer systems.

Key Words : *problem solving environments, choice behavior, virtual experimental environment, web based system*

1. はじめに

我々の暮らす社会における様々な現象を、定量的に解明また説明する一つの手段が実験である。しかしながら、社会現象実験を行うには、膨大な費用がかかることが多く、簡便な実験研究のプラットフォームの構築が望まれる。人間行動の分析を目的とする実験研究を促進するには、特定の条件下での実験の結果データと、その分析結果の蓄積が重要となる。このような実験では、実験の対象が人間であるため、その意識や思考などが分析対象となっており、一般に実験の設計を行い得られたデータの分析を行うまでに、多くの時間や費用が必要となる。この解決策の一つが実験室における仮想実験である。本研究では、シミュレーションではなく仮想的に創られた実験を仮想実験と呼び、その実験の対象となる人を被験者、実験を設計し実験を行う人、または実験補助者を実験者と呼ぶこととする。実験室における人間行動を観察する試みは社会学や心理学、経済学などで実施されているが、多くの実験の記録は、被験者自身や実験者により、手作業で記録されるものが多い。さらに、実験データをデジタルデータに変換することは、労力がかかる作業である。近年では、ウェブアンケートシステムを用いることによ

り、直接デジタルデータの結果を取得する方法も考えられているが、ウェブアンケートの場合、被験者が自宅で回答するなど、被験者の回答環境を統一できない場合が多く、実験の回答に様々なノイズが入り込むことが懸念される。そこで、被験者を実験室に集めて実施する実験を支援する仮想実験システムの設計を行った。我々は計算機を用いた仮想実験支援システムを設計するために、経済学、政治学、心理学、工学の専門家らと議論した。その結果、人間行動を観察するため、仮想的に設計した条件下において、複数の被験者の行動を記録する環境があればよいというニーズが得られた。

そこで本研究では、計算機上で選択行動のための仮想実験を実現するため、実験者が設計した仮想環境を提供する問題解決環境 (Problem Solving Environments, 以下、PSE) を開発した。開発したPSEシステムは、実験者に代わり、複数の被験者に対して次のことを行う。被験者への選択行動に関する情報の提示、被験者の選択結果の収集、収集データの統計処理、実験の進行状態や被験者の回答状態の把握である。本システムは、計算機を利用して実験者が想定したシナリオのGUI(Graphic User Interface)を被験者に対して自動生成することで仮想的に

実験を行う仮想実験環境を提供するPSEと位置づけている。

2節で社会学者らから得たニーズと仮想実験環境を実現するために構成したシステムについて述べ、3節で本システムを用い、施設選択に関する2つの実験とその結果の一例を示し、4節でシステムを利用した考察を述べ、最後にまとめる。

2. 実験へのニーズとシステムの実現

2.1 実験プロセスとニーズ

社会実験やアンケート調査では、被験者に対して謝金を支払う。これは、何らかの行動に対して、その代償として利益を得るという設定を前提条件としているためである。このような条件下において、被験者の行動によって、他の人と異なる利益が発生する状況が実現できれば、社会現象として選択行動のデータを得ることができる。行動経済学における施設選択実験の先行研究として、我々はSelten¹⁾による実験に着目した。このような実験の難しさは、図1に示すように、実験の計画、被験者のリクルート、実験の記録、実験後のデータ処理に専門分野の異なる多くのマンパワーが必要となることである。このため、研究本来の行動データの収集と分析を頻繁に実施することが難しい。

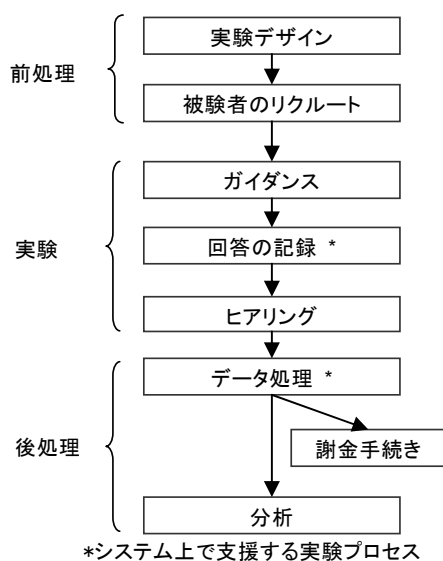


図 1 実験の流れ

次に我々が着目した実験上の課題とその解決策を述べる。先に述べたように、実験中の被験者の行動記録は、被験者本人または実験者によって記録されるため、被験者の人数を少人数にせざるをえない、という実験実施上の制約がある。これを計算機を用いて仮想実験を実施することにより、この記録を自動的に行い、記録ミスや実験時間の短縮を図る。さらに被験者それぞれの記録に対し、施設選択の結果だけでなく、被験者それぞれの回答

時間が記録できれば、回答結果を主体とは異なる視点での分析できる可能が出てくる。最後に、デジタルデータとして記録をとることで、実験後のデータ処理が迅速に行えると予想できる。さらに、図1の*印で示すプロセスを計算機上のシステムで実現できれば、被験者を変更して、同様の実験を繰り返し行うことが容易になる。

2.2 システム概要

仮想実験環境上で、被験者に施設選択を行ってもらうためには、現実的な施設選択の状況を再現する必要がある。例えば、被験者の選択した施設の混雑状況を被験者への提示や、施設選択で空いている施設を選んだ際の報酬の発生などの処理である。このため、他の被験者の行動が、施設の混雑状況という全体の情報として反映されるシステムを構築する必要がある。技術的には、全員の回答後に、被験者へ与える情報を更新する仕組みや、その情報を被験者に通知する仕組みが必要となった。

次に、システムのユーザを定義する。システムを利用し、回答者へ実験のための情報と回答方式を設計する実験者をユーザとする。実験での被験者数は数名から百名程度での実験が考えられたため、その数の被験者が個別の計算機を利用して選択行動を行うことを想定した。よって、システムは、同じスペックの計算機がLAN(Local Area Network)環境で接続されている環境を想定した。これらのことから、計算機が設置されている部屋の収容人数によってシステムを柔軟に構築できるようにシステム全体をWebベースのシステムとし、情報の受信と回答するためのGUIを被験者のWebブラウザ上のコンテンツとした。

実験を実施する際、柔軟なシステム構築が望まれたため、サーバの構成もポータビリティのあるものとした。このため、被験者の行動をテキストベースで記録した。この理由は、サーバに利用する計算機の管理者権限やデータベースの権限がなくとも実験データの収集を可能にするためである。システムは、図2に示すように、実験者が設問や提供する情報と回答方法を示すGUI（以下、パネルと呼ぶ）を設計し、実験のためのシナリオを組み込むパネルモジュール、実験者が任意のタイミングでパネルを送るコントローラ、パネルの配信と被験者の回答を記録する挙動デーモンで構成した。これらの実現方法を順に説明する。

2.3 設問の配信コントロール

実験で被験者へのパネルの同時配信は、WebベースでApacheを利用したため、擬似的なメッセージの配信をPHPとJavascriptとそのライブラリであるjQuery²⁾を用い、ポーリングを行うことで実現した。また、システムはXAMPP³⁾を利用したことで、USB媒体で持ち運びできる構成となった。このため実験で利用する計算機がある部屋が変更した場合でも、柔軟にシステム構築をすることができる。送信するパネルは、あらかじめ実験者が指定している内容を元に、挙動デーモンがHTMLとjavascript

を被験者個別に出力する。このデータがクライアントのブラウザ上で図3に示すようなGUIとなり、そのGUIに表示された選択のためのボタンを被験者が押すことで、被験者は選択の回答を行う。また挙動デーモンは被験者ごとにこの回答を記録し、情報の提供や報酬計算の際に記録を参照する。

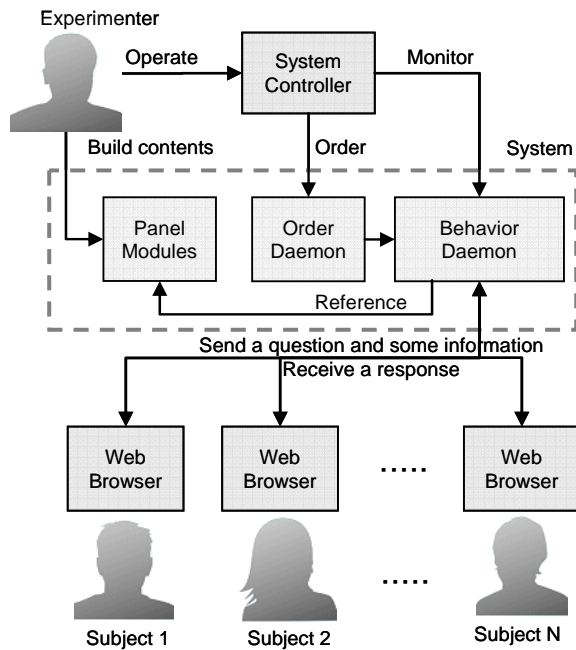


図 2 システムの概要図

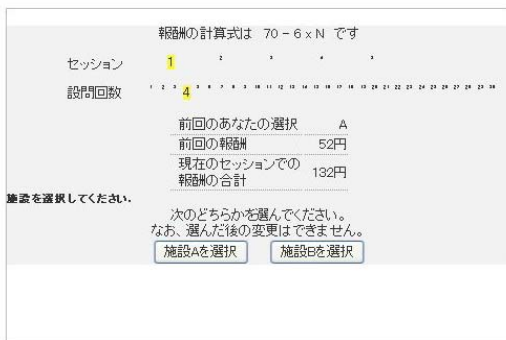


図 3 情報と選択を行う被験者用 GUI

2. 4 設問の配信と回答ログのモニタリング

実験者が実験の進行を調整できるように、コントローラを開発した。また、被験者すべての回答をユーザが回答しているかどうかをチェックするために、モニタを開発した(図4)。これにより、実験者は回答しているかまたはしていないのかを確認することで、未回答者への対応ができるようになった。

3. 適用事例と結果

施設選択の実験の事例として、経済学と政治学の専門家を実験者とした実験を行った。どちらの実験もLAN環

境で接続された研究室や演習室のPCを利用し、それぞれ実験で異なる仮想実験環境を構築した。どちらの実験も、実験者と被験者で同じ性能のPCを利用し、その1台を実験者が用いるシステム用サーバ(図4)とした。

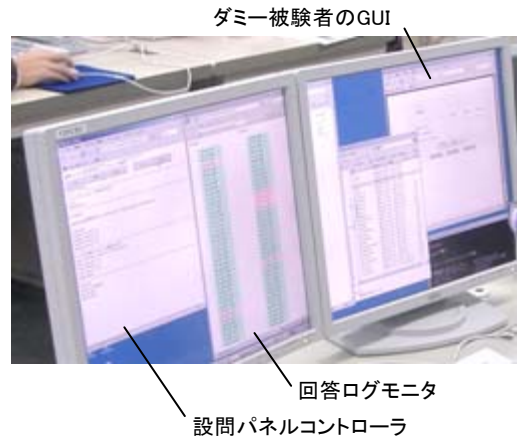


図 4 回答ログモニタと設問通知用操作パネルの画面

3. 1 施設選択実験 I

この実験は、8人の被験者を対象とし、ATMなどの提供されるサービスが同じ施設の選択(図5)を行った。選択行動に対して報酬が与えられ、被験者は自身の利得最大化を考え選択を行う。選択は2者択一の施設選択で、被験者は報酬条件の異なるセッションを5回、各セッション30回の選択を行った。各被験者に与えた情報は、報酬の計算式、前回の回答、前回得た報酬、報酬の合計額である。システム内では、被験者を2つのグループに分け、報酬がセッションとグループにより異なるよう設定し、情報のコントロールを行った。この実験の結果、被験者は機会費用に関係なく施設選択を行うということ⁴⁾がわかった。



図 5 施設選択実験の風景 1

3. 2 施設選択実験 II

3.1の実験とは異なり、より多人数を対象とした公共性の高い施設選択として、提供されるサービスが同じ医療機関選択の実験(図6)を行った。この実験は、被験者84名で行い、条件の異なる4つのセッションで実験を行った。各セッション20回で、3つの病院から1つ選択を行う。被

験者に提供する情報は、3つの医療機関それぞれの定員と混み具合である。同じ定員の場合と異なる場合をセッションによって変化させた。また、前回自分が選んだ病院の混み具合の情報と、すべての病院の混み具合情報が得られる条件についてもセッションによって変化させた。被験者は設定されている定員の情報をもとに、空いている病院を選ぶほど報酬が得られることを条件とした。この実験の結果、選択に対し制限したい際に、混み具合の情報提供の有無は、結果に影響しないことがわかった。



図 6 施設選択実験の風景 2

3. 3 被験者の特徴分析

2つの実験データを元に、社会心理の専門家が分析を行った。それぞれの実験において、回答時間を“考えようとする動機の有無”として分析した結果、選択傾向の異なる合理的タイプと非合理的タイプを識別⁵⁾することができた。

4. 考察

2つの実験事例から、セッションと設問回数に対して各被験者の選択した結果と、それがいつ行われたかという時間情報を得ることができた。これらのデータから分野の異なる専門家から、以下のような分析結果や結論が得られた。利得最大化を目指す計量経済学の観点から、機会費用と選好の分析が可能となった。政治学の観点から、混み具合の情報は、選択した結果に大きく影響されないことがわかった。また、社会心理学の観点から、被験者の思考タイプの識別が可能になった。この結果は、選択行動のシミュレーションを行う場合、意思決定の際のモデルに必要なデータとなることが期待できる。

これらのことから、システムの適用範囲がある程度広く、多くの仮想実験で利用することができるのではないかと期待している。また、被験者の記録データをはじめからシステム上で記録するため、分析用に処理する際と、事務手続きのための処理の際に、効率のよい作業が期待できる。

仮想的な実験環境内で観察された現象の再現性を検証するためには、被験者を異ならせた実験を行う必要がある。また、設定条件の変更による被験者の行動選択の変

化を検証する場合もさらなる実験が必要となる。その際、提案システムを用いることにより、一度作成した実験シナリオはシステム側で保存できることから、被験者の変更や、シナリオの変更と情報のコントロールの対応のみで実験することができる。このため、今後の実験が行いやすくなったと考える。

5. まとめ

本研究は、実験者のシナリオで被験者の選択行動を記録することが可能な仮想実験環境を創り出すPSEシステムを開発した。2つの施設選択実験を行ったところ、行動経済学的な知見と政治学的な知見を得ると共に、心理学的な被験者個々の行動の違いを検出することが可能となった。

システムの今後として、今回述べた事例の実験内容と異なる問題に対しての実験が可能であるかどうか議論するために、適用事例を拡張し、システムに必要な機能の追加などを検討したい。また本研究では、開発と実験実施の都合上、実験者が設計したシナリオをシステム開発者によりシナリオ用モジュールとして書き換えシステムへ組み込んだ。このため現在の本システムには、PSE⁶⁾でのユーザ、つまり実験者がシナリオを入力するインターフェース部分が存在しない。この部分の開発についても検討していきたい。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省社会連携研究推進事業(平成17年度～平成21年度)による私学助成を得て行われた。

参考文献

- 1) R. Selten, T. Chmura, T. Pitz, S. Kubec, M. Schreckenberg, Commuters route choice behaviour, *Games and Economic Behavior* 58, pp.394-406, 2007
- 2) jQueryjquery.com/
- 3) XAMPP www.apachefriends.org
- 4) Shigeru Matsumoto, Hiroshi Arikawa, Taiyo Maeda, Tadahiko Murata, Agent heterogeneity and facility congestion, *proceeding of economic science association*, 2009. now printing
- 5) 曹陽, 同期型オンラインシステムを用いた施設選択実験一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 2-1, 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
- 6) J. R. Rice, R. E. Boisvert, "From Scientific Software Libraries to Problem-Solving Environments," *IEEE Computational Science & Engineering*, Vol. 3, No. 3, pp. 44-53, 1996.

OpenGL Fusion開発キットの利用事例

Introduction of Examples by Using OpenGL Fusion Software Development

宮地英生¹⁾

Hideo Miyachi

1) ㈱ケイ・ジー・ティー ビジュアライゼーション事業部 (〒160-0022 東京都新宿区新宿2-8-8, miyachi@kgt.co.jp)

We have developed OpenGL Fusion technique to assemble two to more kinds of 3D visualization software into a window together without any software modification. Using this technique, system developers can supply a new problem solving environment by assembling legacy graphics programs to small software with new functions. As the software development kit was developed in 2009, in this paper, I introduce the background for developing the kit and application examples.

Key Words : Visual Fusion, OpenGL Fusion, Visualization, PSE

1. はじめに

1980年代後半, AVS, EnSight, FieldViewなどの商用の可視化ソフトウェアが登場し, その後, 各種国家プロジェクトで開発されたParaView, VisItなどのフリーの可視化ソフトウェアも数多く利用できるようになった. そのため, 新しい可視化ソフトウェアは開発する必要が無いように思えるが, 数値計算のプロジェクトがおこる度に, 新しい可視化ソフトウェアが開発される.

これはデータの互換性の問題もあるが, 分野毎に要求される可視化の機能が少しずつ異なっていることも原因である. しかし, 一部のデータ形式の違いや, 一部の特殊な可視化表示が欲しいために, 基本的な可視化手法を含め最初から全てを作り直すことは, ソフトウェア生産性の観点から見ると極めて無駄が多い.

そこで, この問題を解決するための基礎技術として, 複数の3元グラフィックスを追加の開発無しで統合するOpenGL Fusion技術^[1]が開発された. 例えば, 流体構造連成の新しいシステムを開発したとき, 既存の流体用可視化ソフトと構造解析用可視化ソフトを組み合わせて, 新しい連成解析用システムの構築ができる. また, 連成問題特有の新しい表示が欲しい場合も, その機能だけを開發して, 既存の可視化システムに追加できる(図1).



図1 組合せによる問題解決環境構築

その基盤技術をベースに, パーチャルリアリティ用のFusionVR^[2], デスクトップ用のAVS Fusion Player^[3]が製品化されてきたが, 本年度2009年にユーザがOpenGL Fusion技術を使って独自のアプリケーションを開発できる開発キットの提供が始まった. 本稿では, その背景と開発キットの利用事例について紹介する.

2. OpenGL Fusion技術

OpenGL Fusionの技術は, 独立行政法人情報通信研究機構の民間基盤技術研究促進制度の委託業務「テレ・イメージ・カンファレンス・システムに関する研究」のプロジェクト^[4]の中で開発された.

OpenGLは, 対話的な3次元表示ソフトウェア開発用のグラフィックスライブラリで, ネットワーク経由のサーバ・クライアントアンで動作する「ネットワーク透過型」の機構を持つ. ネットワーク上はOpenGLコマンドが送受信されており, その規格はオープンになっている. そのOpenGLコマンドをサーバ・クライアント以外のプログラムが取り出して加工することで, 例えば, 表示を立体視装置や, タイルディスプレイに表示することが可能となる. 具体的には, 起動時にバイディングされるOpenGLのDLLを, 本来のOpenGLの機能に機能追加したDLLと取り替えることで実現でき, この技術をGL DLL Replacement^[5]と呼ぶ(図2).

この技術は, すでに㈱フィアラックスのEasyVR, VRCO社のCondidシリーズ, TechViz社のTechVizなどの製品で利用されている.

これらは, シーンをコピーした情報にカメラマトリックスを追加することで別の視点の画像を追加生成しているが, OpenGL Fusionでは複数のシーン情報を1つに合成する. シーン情報にはカメラのように1つしか存在でき

ないリソースがあるので、合成時には、それらを引き算する工夫が必要となる。

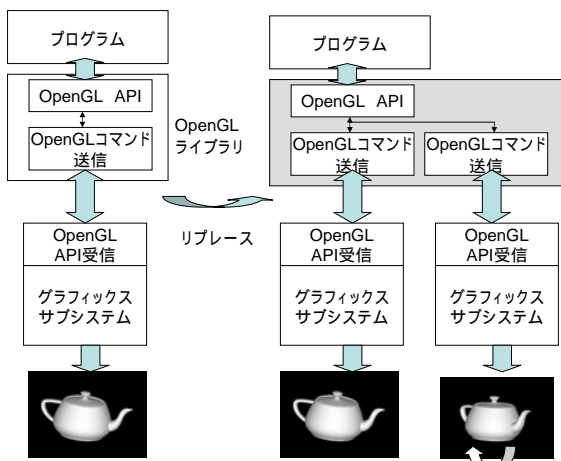


図2 OpenGL DLL Replacement技術

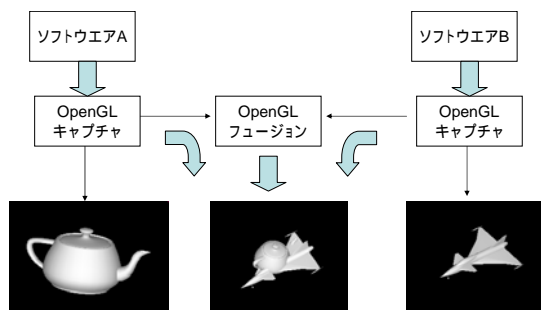


図3 OpenGL Fusion技術

3 . AVS Fusion Playerの課題

AVS Fusion Player は OpenGL Fusion 技術を使ってデスクトップで動作する複数のアプリケーションを1つのウインドウに合成する。製品として合成を保証しているのは、MicroAVS , AVS/Express , 3D AVSPlayer と Image Board(付属ソフト)だが、これまで表1のソフトウェアと Image Board の合成例がある(表1)。

表1 合成実績の一覧

	ソフトウェア名	種類	無償	開発者
正式サポート	MicroAVS	汎用可視化ソフト		KGT
	AVS/Express	汎用可視化ソフト		AVS Inc.
	3D AVS Player	可視化結果のビューワ	無償	KGT/JAEA
	FlexRight	VRMLのVRビューワ		フィアラックス
	Image Board	付属ソフト		KGT
実績あり	Metaseq	モデラー	無償	個人
	EnLiten	可視化結果のビューワ	無償	CEI
	UC WIN/ROAD	交通シミュレーション		Forum8
	VideoAVATAR	ビデオアバター	無償	筑波大
	Google SketchUP	モデラー	無償	Google
	CradleViewer	可視化結果のビューワ	無償	ソフトウェアクレイドル
	Google Earth	地図ビューワ	無償	Google
	Cortona	VRMLビューワ	無償	Cortna3D
	EON Reality	VRオーサリング		EON Inc.
オプション	MAYA	CGソフト		オートデスク
	CATIA	CAD		ダッソー
	3DSMAX	CGソフト		オートデスク

「オプション」は有償のオプションを追加することで合成も可能となるソフトウェアである。

図4にいくつかの合成事例を示す。



(a) UCWIN/Load と ImageBoard の合成



(b) Enliten と 3DAVSPlayer の合成



(c) ビデオアバタと 3DAVSPlayer,ImageBoard の合成

図4 合成事例

Fusion 技術は、動作中のアプリケーションを合成できることが利点だが、逆に合成中は3つのソフトウェアが動作していなければならない。有償のソフトウェアの場合、合成される2つのライセンスが必要で、1つのコンピュータに複数の有償3次元ソフトが入っていることは稀である。

ネットワークを越えた合成もできるが、操作に2名以上の人が必要となる。著者自身も AVS 系のソフトウェアは自分のPCに入っているし操作もできるが、それ以外のソフトウェアの操作は未熟である。これは、MAYA などのCGソフトウェア、CATIA などのCADソフトウェアも同様、複数の3次元ソフトウェアを自在に使える人も、また稀であることが判ってきた。2つのソフトウェアを AVS Fusion Player に合成するとき、3名のエキスパートが必要になってしまう。

そこで、AVS のシリーズで言えば、共通の出力フォーマットの GFA で出力し、それを表示するだけの 3DAVSPlayer で合成する。合成の目的がデモンストレー

ションの場合、本体を合成するより決められた構図の3次元データをダブルクリックだけで起動して合成する方が使い勝手が良い。EnSihgtの場合EnLiten、ソフトウェアアクレイドルの製品ではCradleViewerというフリーのビューワがある。

4. Fusion 開発キットの開発

AVS Fusion Playerを使った場合、合成結果に対する操作はAVS Fusion Playerのものとなるが、簡単な回転・拡大操作でも、日頃使い慣れた操作を要望する人が多い。特に、ウォークスルーでは、最後の操作機能が重要となるので、必然的にカスタマイズ作業が必要となる。

このとき既存のウォークスルーシステムが存在するケースが多く、合成システムに再びウォークスルー機能を追加で開発したのでは本末転倒となる。

そこでソースコードを持っている場合、その中にFusion機能を追加する開発キットを提供することとした。

Fusion開発キットは、いくつかの関数を含んでいるが、もっとも単純な実装の場合、GL-UTのプログラムに2つの関数を足すだけで良い。図5にコーディングの概念について示す。

```

main(int argc, char *argv[])
{
    glutInit(&argc, argv);
    glに関する各種初期化();
    glutDisplayFunc(display);           //表示コールバックのセット

    fusionInit();                       // Fusion機能の初期化

    initCamera();                       // カメラの初期化

    glutMainLoop();
}

static void
display()
{
    glMultiMatrixd(XXXX);               // マウス操作など

    fusionRender();                   // キャプチャ物の描画

    glColor3d(1., 1., 1.);
    glutSolidTeapot(1.0);               // ティーポットの描画

    glutSwapBuffer();                  // 全体の表示
}

```

図5 Fusion機能のglutコードへの追加の概念

GLUTの各種初期化のところFusionの初期化関数(fusionInit)を追加でコールし、描画のコールバックの中でFusionの描画関数(fusionRender)をコールする。Fusionの初期化は独自機能の初期化なので、これはGLUTの各種初期化との順序は関係が無い。一方、キャプチャしたものの描画(FusionRender)の位置は、その他のGLUT関数との順序に注意が必要である。図5の例は、このコードがオリジナルとして描画する白色のティーポットと、キャプチャした物体を連続でコールしており、その全体にマウス操作などの各種マトリックス操作が掛かるようにしている。キャプチャした物体だけにスケールをかける場合は、push/popを使い、局所的にマトリックス操作をする必要がある。

先に示したコーディングで、既存のGLUTプログラムに任意のアプリケーションの表示結果をキャプチャできるが、どのソフトウェアの出力をキャプチャするかは、下記に示した2つの環境設定で決まる。

(1) OpenGL32.dllのコピー

Windows系のOSでGL DLL Replacementを機能させるには、キャプチャライブラリ(gl32.dll)をアプリケーションの起動ディレクトリにコピーする。

(2) 設定ファイルへの記述

キャプチャライブラリがアプリケーションにバインディングされ、OpenGLの命令が入ってくると、環境変数acDirectoryで示されたホルダの設定ファイル(acStubConfiguration.ini)を参照する。ここで、アプリケーションの実行バイナリ前と一致するエントリを探して、それがActiveになっていれば、Fusionアプリケーションに通信を行う。エントリが無い場合、あるいは、そのエントリがFalseになっている場合は、通信を行わないので、アプリケーションは通常のgl32.dllと同じ動作を行う。

Fusion開発キットでは、通信が接続された情報を把握できるが、先の図5に示したサンプルでは、それらの細かい制御はFusionInitやfusionRenderの関数の中に記載している。

5. Fusion 開発キットを使った開発事例

(1) 簡単なサンプル

図5に示した簡単なサンプルプログラムを動作させると何もメニューが無いウインドウにティーポットが表示される(図6(a))。



(a) 起動ウインドウ

(b) 合成の様子

図6 単純なサンプルプログラムの例

設定ファイルにはMicroAVSのエントリを作成し、それをActiveに設定しておく。その状態でMicroAVSを起動して地形のデータ(Carib.geom)を読み込むと、ティーポットにカリブ海の地形が合成される(図6(b))。

カリブ海の地形はMicroAVSで操作をし、ウインドウ内のマウスのドラッグで全体の回転・拡大ができる。これにゲームコントローラの操作を適切にコーディングすればウォークスルーのアプリケーションになる。

(3) VFIVEへのFusion機能の追加

VFIVE^[6]は、没入空間内で操作できる汎用の可視化アプリケーションである。GLUTで記述されているので、プログラムは長いですが、図5に示したと同様に2箇所にてFusionの関数を追加することでFusion機能の追加ができた。図7は、VFIVEの表示とAVS/Expressの表示が没入空間の中で統合されている様子である。

VFIVEの表示

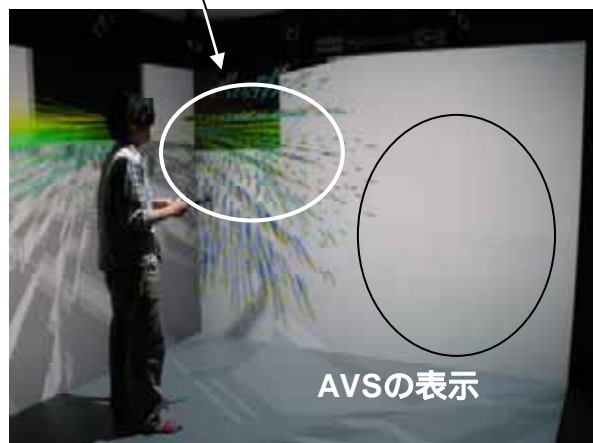


図7 VFIVEとAVS/Expressの統合表示

ここでは、VFIVEの対話的な流線表示が機能している。ワンドと呼ばれる3次元ポインティングデバイスを使って仮想粒子を空間に放出できる。一方、AVS/Expressはビルや広域における流れの様子をスタティックに表示することで、計算領域全体に対する検討領域の位置が判り易くなっている。従来のデータを受け渡す方法では、このように2つのアプリケーションの機能を同時に利用することは不可能であったが、Fusion開発キットにより、それが実現できた。

6. まとめ

OpenGL Fusion技術をアプリケーションに組み込むための開発キットを開発した。それを用いて汎用可視化ソフトウェアVFIVEとAVS/Expressを同時に利用できるシステムを構築した。このように、OpenGL Fusion開発キットにより、既存の可視化ソフトウェアの組み合わせによる新しい可視化ソフトウェアの開発を可能にすることを示すことができた。現在は表示だけを統合しているが、入力デバイスにも切り替え機能を追加することで、入出力ともに1つに統合することが可能になると考えている。

謝辞： VFIVE と AVS/Express の統合の開発において、中央大学の櫻山教授、田近様、山崎様のご支援をいただいた。

参考文献

- 1) H.Miyachi, Marie Oshima, Yoshitaka Ohyoshi, Takehiro Matsuo, Taiki Tanimae, and Nobuyuki Oshima: Visualization PSE for Multi-Physics Analysis by using OpenGL API Fusion Technique, PSE Workshop at Melbourne, Australia, December 5, 2005, pp.530-535
- 2) 宮地英生, 谷前太基, 松尾武洋, 大吉芳隆: OpenGL 合成技術によるVR空間でのアプリケーション統合, 計算工学講演会論文集, Vol.11, No.2 pp.569 - 570, 2006
- 3) 宮地英生: AVS Fusion Playerの開発と活用事例, 計算工学講演会論文集, Vol.14, No.1, pp.425-426, 2009
- 4) 宮地英生, 大吉芳隆, 立山義祐, 江原康夫, 小木哲郎, 久木元伸如, 小山田耕二, 廣瀬通孝: OpenGL フュージョンによるリッチな IPT 空間の構築, 日本バーチャルリアリティ学会第 11 回大会論文集, pp.460-463, 2006
- 5) Greg Humphreys, Mike Houston, Ren Ng, Randall Frank, Sean Ahern, Peter D. Kirchner, James T. Klosowski: Chromium: a stream-processing framework for interactive rendering on clusters, SIGGRAPH 2002, pp.693-702, 2002
- 6) 陰山聡, 大野暢亮: "バーチャルリアリティを用いた対話的3次元可視化ソフトウェアの開発とその応用", J. Plasma Fusion Res. vol.84, No.11, pp.834-843 (2008)

知能型植物工場における問題解決環境 ～ e-サイエンスによる研究コミュニティの形成 ～

A PROBLEM SOLVING ENVIRONMENTS IN THE INTELLIGENT PLANT FACTORY
— THE CREATION OF RESEARCH COMMUNITY BASED WITH e-SCIENCE —

宇佐見 仁英
Hitohide USAMI

玉川大学(usami@lab.tamagawa.ac.jp)/国立情報学研究所(usami@nii.ac.jp)

Recently, the plant factory comes to the front of the new Japanese industry. The plant factories have many advantages compare with ordinary green houses, but current productivity of the Japanese plant factory is about half as much as Dutch's one. We describe concept of the new intelligent plant factory and apply to problem solving environments technology for increasing the productivity. Plant environment data, cultivation data, knowhow and problem solving process are very important in the intelligent plant factory. Those knowledge get gather and integrate work with collaboration on the research community by using e-Science framework.

Key Words : *Problem Solving Environments, Intelligent plant Factory, e-Science, Research Community*

1. はじめに

我が国の産業構造の転換、特に農業生産に関する早急な変革が求められている。なかでも未来型農業生産として期待されているのが植物工場である。昨今の経済危機に対する「新経済成長戦略2008」においても植物工場の普及・拡大が求められている。植物工場は、栽培環境を人工的に管理した栽培システムであり、天候等の自然界の影響を受けずに高付加価値食物（無農薬の新鮮野菜等）を安定的に供給できるのが最大の利点である。しかしながら、人工環境を維持するための電力コスト等が非常に高いのが現状であり、路地物と比べてコスト面で不利となっている。中長期的な視点に立てば、葉菜類・果菜類を中心に安心・安全な食物供給の有力な手段であり、先進国における新しい都市型農業として発展していく可能性が高い。特に、宇宙植物工場での葉菜類の生産・提供は、新鮮な生野菜を宇宙空間で何時でも提供できるシステムとして大いに期待されている。

我が国における植物工場の現状は、植物工場の先進国オランダに比べ生産性が半分以下に留まっており、生産性の向上が急務となっている。また、エネルギーコストのウェイトの高い光環境に対しては、日本の得意分野である発光ダイオード（LED）を大幅に取り入れることにより、コストダウンの余地を残している。LED技術の進歩は著しく、エネルギー効率、価格面で優れたものが研究開発され、近い将来、世の中の照明が全面的にこの手の照

明器具に置き換わる可能性もある。特に、LEDの得意な赤色、青色等は、植物の光感受性を考慮した人工環境に適しており、高効率な生産システムとなる可能性がある。新しい人工環境での植物生産に対応するためには、LED環境下での植物生産性の向上策が重要となる。

本論では、このような背景を踏まえて、植物の生育状況を非破壊で科学的に計測するとともに、省エネルギー、省力化の観点からも植物の生育状況に対応した自律的な知能型システムによる環境制御の枠組みについて述べる。さらに、知の結集としての植物工場関連の研究を強力に推進するための研究コミュニティ形成について論じる。

2. 植物工場の現状

農林水産省、経済産業省ともに、植物工場の普及促進を推進しており、植物工場を工場とみるか圃場と見るかで所管が変わる可能性があり、主導権争いは当面続くものと思われる。

2.1 植物工場とは

我が国の施設園芸では、簡単なビニールハウスタイプからガラス張りの太陽光を基本としたもの、或いは窓の無い倉庫型の完全閉鎖型の植物工場まで、幅広い施設が展開されており、既に商用生産を開始している施設がある。どの程度までの施設を植物工場と定義するかは明確にされていないが、一般的には、「施設内で植物の生育環境（光、温度、湿度、二酸化炭素濃度、養分、水分等）を制御して栽培を行う施設園芸のうち、環境及び生育の

モニタリングを基礎として、高度な環境制御と生育予測を行うことにより、野菜等の植物の周年・計画生産が可能な栽培施設（農林水産省、植物工場ワーキンググループ報告書より）とされている。

このような観点から植物工場を分類すると、温室等をベースに太陽光の利用を基本とした半閉鎖環境で、雨天・曇天時の補光や夏季の高温抑制技術等により周年・計画生産を行う「太陽光利用型」と太陽光を使わずにLEDや蛍光灯のような人工光源の利用を基本とした閉鎖環境で、環境の制御により周年・計画生産を行う「完全人工光型」の2種類となる。「太陽光利用型」は、光源を主として太陽光とすることから、「完全人工光型」に比べてエネルギーコストが低く高効率である。一方、「完全人工光型」は、環境を制御できるため、同一品種の通年栽培が可能であり、路地物では困難な収穫期と需要期が大幅に異なった場合での植物生産も可能となる。

2.2 植物工場の普及と課題

三菱総合研究所が実施した委託調査によると野菜、花類（苗を含む）を生産している植物工場は全国で50箇所（完全人工光型：34，太陽光利用型：16 カ所）にのぼると言う。今年度、農林水産省が3倍増計画を打ち出しており、早急に拡大して行くものと思われる。

しかしながら、普及には多くの課題がある。最大の課題は建設・運用コストである。植物工場の建設投資が路地物に比べて極めて大きく、特に完全人工光型では、空調、人工照明等のランニングコストが莫大にかかるのが現状である。農林水産省では、初期投資コストを下げるために建設費の半額を補助金で支援する施策を打ち出している。また、全国の遊休工場を利用して、建設コストを最小化する試みがなされている。

2.3 植物工場の展望

課題で述べた、建設コスト、ランニングコストに見合う経済的に採算が取れる栽培品目を如何に増やして行けるかが普及のポイントとなる。現状では、レタスを中心とした葉菜類や苗等、生育期間の短い品目が中心であるが、形質転換(組換え)作物を使った二次代謝物による薬用植物の生産など高付加価値な植物生産を進めていけば展望が開けて行けそうな状況である。

既に生産に乗り出しているディズニーランド (OLC) のように、無農薬の安全・安心野菜を安定的な生産・供給する体制が組めれば、植物工場としての採算性は充分確保できる状況にある。さらに、イチゴ等の季節性の果物が、一年中、安定的に収穫できれば、需要期の12月等、高付加価値商品としての販売が可能となり、ビジネス的な展望も開けてくる。

特に、植物工場の生産品は無農薬で安心・安全である点を消費者へ全面的にアピールしてイメージ向上を図って行く必要がある。しかしながら、イメージアップには「植物工場」という言葉自体、消費者受けしない言葉であり、欧米で使われている「グリーンハウス」等の響き

の良い言葉に変える必要があると思っている。

3. 植物工場の知能化

3.1 植物の健康状態の把握

植物工場の知能化の最大のポイントは、植物の健康状態の把握にあると言える。人間では、体温、脈拍、脳波等の測定により、かなりの確度で健康状態を把握することが出来る。一方、植物は、元来、検診による健康管理という概念が無いため、健康状態を把握するための方法論が確立されていないのが現状である。健康観察の人間との対比を図1に示す。



図1 健康観察の人間との対比

人間の勘と経験に頼った植物栽培から、工場生産のための均一で高品質な植物生産に転換しなければならない。工場内の温度、湿度、光強度、液肥の養分状態等の物理的な環境は、それぞれのセンサーを活用することにより、デジタルな数字として容易に把握することができる。しかしながら、植物の生育状態、健康状態を数値としての確に捉えるのは難しく、経験と勘に頼っているのが現状である。特に、完全人工光型植物工場では蛍光灯や赤色、青色等のLEDを使った人工的な光環境となるので、目視での健康状態の把握が難しくなってくる。

LED等の人工照明下でも適切な生育状況、植物の活性状態が把握するために非破壊で低侵襲な方法として、植物の電気的特性を測定し植物の活動状態を評価する手法がある。実験は、実際の植物工場と同じ環境を自由に設定して各種実験ができるように人工気象器（インキュベータ）を用いた環境で実施する。開発中の植物の活動状態測定システムの構成概念を図2に示す。

人間: EBH (Evidence Based Healthcare) 植物: EBPC (Evidence Based Plant Cultivation)

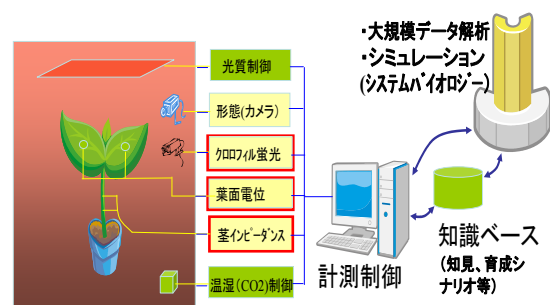


図2 植物の活動状態測定

3.2 知能化

植物工場の生産性を上げるとともにエネルギー削減による生産コストの低減が、我が国の農業が国際競争に勝ち残って行くための必須条件である。そのために、最高水準の人工知能技術を駆使した生産システムを構築する必要がある。

(1) 知識処理（データからシナリオの作成）

温湿度等の環境データとともに、植物の生育データ（草丈、本葉数、葉色・・・）を収集する。収集したデータから、データマイニング機能を使って生育のための有益な知識を抽出し、知識ベース化する。断片的な知識が網羅的に集まったら、一つの生育シナリオに体系化する。体系化されたシナリオをシナリオDBとして蓄積管理する。シナリオ作成のための知識処理プロセスを図3に示す。

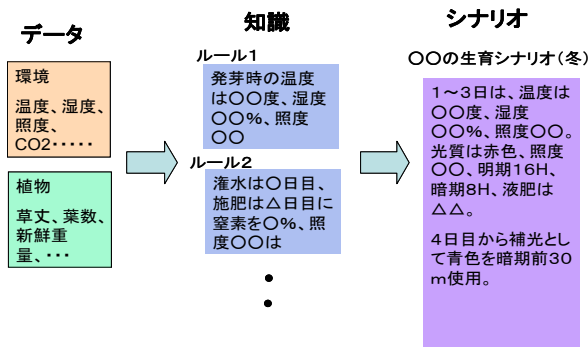


図3 シナリオ作成のための知識処理プロセス

(2) 植物工場の知能化（シナリオ活用）

生育シナリオを記述するための良い記述言語が無い。ここでは、商用の知識ベースシステム（XpertRule）を用いて、手続き的処理としてのワークフローとプロセスでの判断としてのルールベースと併用することにより、シナリオの記述を試みる。ナレッジベース・アプリケーションとは、ルール・専門知識・ノウハウ・手続き・ポリシー・規則といった「ビジネス・ルール」と呼ばれるものを組み込んだソフトウェア・コンポーネントである。

シナリオベースの植物工場の知能化イメージを図4に示す。図のように、生育植物と目標（レタスの短期栽培等）を入力することによって、最適なシナリオを選択し、シナリオに沿って環境がセットされるとともに、植物モデルとの照合により、生育状態の適切な把握とシナリオ修正が適時行われる知能型システムとなる。

・植物の生育シナリオ

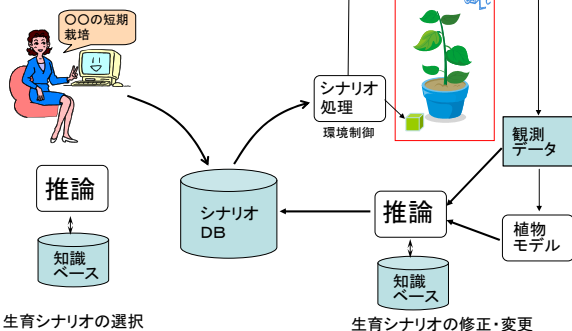


図4 植物工場の知能化

(3) 植物モデル

植物の観測データを収集しても、植物の内部状態を正確に推測することは難しい。そこで、我々は、植物の内部状態を出来るだけ詳細にモデル化する手法を採用し、観測データと植物モデルとを照合することでより正確な内部状態の推定をすることを考えている。特に、植物の代謝物産生のメカニズムを解明するために、トランスクリプトミクス、メタボロミクスなどのゲノム機能科学からシステムバイオロジーへの展開が図られており、我々も植物機能解明と応用のためのシステムバイオロジーのツールである CellDesigner の適用を検討している。システムバイオロジーの全体像を図5に示す。

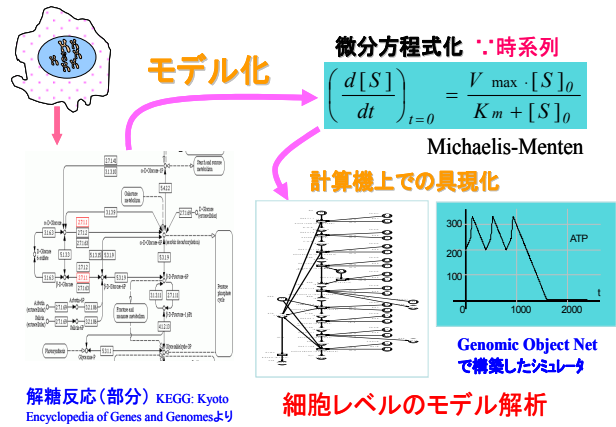


図5 システムバイオロジーの全体像

植物は動物などに比べて優れた代謝物の多様性を有しており、食料、医薬品・健康機能成分などの形質転換物が注目され、植物の有用代謝産物が利用されている。また、現在ホットな話題になっている植物によるバイオエネルギー生産にも植物代謝物が重要となっている。

3.3 植物との会話

愛知万国博覧会（愛・地球博）の展示において、バイオリンガル植物工場（フルタ電機株式会社）の展示があり、生体電位測定による植物との会話の試みが展示された。また、高度な会話処理のための植物心理モデルとして、人間の心理モデルをベースとした図6に示すようなモデルが提案され、プロトタイプシステムが作成されている。植物モデルと連携することで、より高度な植物状態の推定が可能になるものと考えている。

「植物の知性」を研究、フィレンツェ大学の植物神経生物学研究所

・植物からみた心理モデル

- 物理的ストレスー
 - 温度、湿度、照明、風力、音、重力
- 化学的ストレスー
 - 水分、養分、CO2
- 生物的ストレスー
 - 病原菌、虫、病気
- 精神的ストレスー(?)
 - 睡眠、受粉

産総研 ヒューマンストレスシグナル研究センター(～2008.3.31)

図6 会話のための植物心理モデル

4. 測定実験

ここでは、図2で示した茎インピーダンス、葉面電位、クロロフィル蛍光の各々の測定実験での植物の活動状態の測定・評価について述べる。

4.1 電気インピーダンスによる活動度評価

電気インピーダンスは、植物の鮮度や熟度、特に腐敗しているか否かの評価に使われる手法で、植物の活動状態を評価する一つの有力な手段となっている。植物の生体測定においても、非破壊・低侵襲で、且つ対ノイズ性に優れた簡便な測定法である。

(1) 植物組織の電気的モデル

植物組織の電気的モデルとしてHaydenのモデルが使われるが、ここでは電気的等価回路として図7a)に示すような抵抗RとコンデンサーCで構成される単純なRC並列回路としてモデル化する。図7c)は、RC並列回路の複素インピーダンス式であり、図7b)は、図7c)に対する周波数特性をCole-Coleプロット図として表現したものである。抵抗Rは植物の含水量と関係し、コンデンサー容量Cは細胞膜の電気保持力と関係していると考えられている。従って、細胞内の含水量が増加すると抵抗Rが小さくなり、また、細胞が元気で膜でのイオン分離が活発だと容量Cが大きくなると考えられる。この電気インピーダンス値を細胞の元気度、つまり「いきいき度」として植物の健康状態を現す一つの指標としてみることにした。

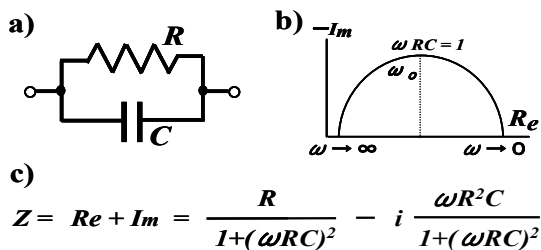


図7 a) 等価回路、b) 周波数特性、c) 複素インピーダンス式

図7 電気インピーダンス法

(2) 測定システム

電気インピーダンスの測定には、電極と試料の接触部での電極のインピーダンスを無視できる4電極法を用いた。電極は直径0.5mm、長さ2.0cmの白金線、測定にはLCRメータ(NF回路設計ZM2353)を用いた。測定システムの概要を図8に示す。

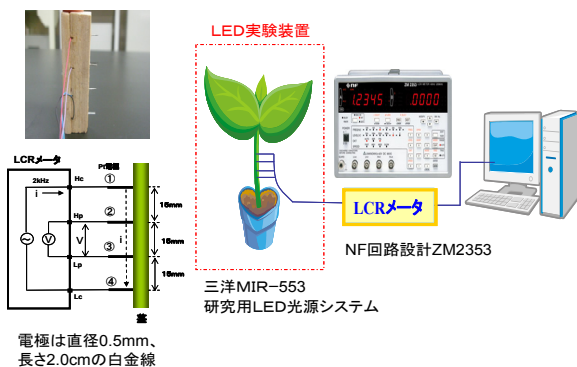


図8 測定システムの概要

(3) 実験

供試植物は、タバコ (*Nicotiana tabacum* L. Samsun'), 生育環境は、温室の暗幕内の白色蛍光灯下、明期16時間、暗期8時間で、光量180~200 \cdot mol m^{-2} s^{-1} 、温度24°C \pm 2°C、湿度30~50%でLED実験装置での可能な苗高が50cm前後(2ヶ月間)のものを使用した。

5日間の長時間測定実験を実施した。結果を図9に示す。電極を装着した直後から抵抗(Resistance)、容量(Capacitance)ともに大きな変化を示した。2日目から急速に改善されはじめ、3日目からは安定的な測定ができるようになった。これは、電極挿入による組織破壊によって引き起こされる水分流出による状態の悪化とその後の急激な回復を示しているものと考えられる。

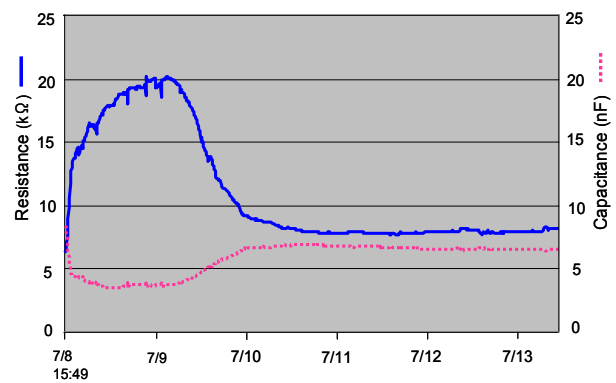


図9 長時間測定結果

4.2 葉面電位測定

葉面電位測定は、植物の環境浄化作用の定量的な把握等、多くの研究実績がある。しかしながら、葉肉の厚い観葉植物を供試植物として実験している事例が多く、植物工場を対象とするような植物での研究が少ない。

(1) 葉面電位

葉面電位測定は、平坦な葉表面、或いは裏面に脳波、または心電測定用の電極を使って生体の発する電位変化を測定し活動状態を推測する手法である。高等植物の細胞では、細胞一つ一つが独立しているのではなく、図10に示すような隣同士の細胞の細胞壁が貫通する原形質連絡によって細胞が連結されたシンプラスト構造をとる。シンプラスト構造によって、葉面はあたかも一つの巨大な細胞と見なすことができる。従って、葉面電位測定では、葉面に皿状の電極を装着することによって、細胞群のイオン濃度変化を集合電位として測定できる。

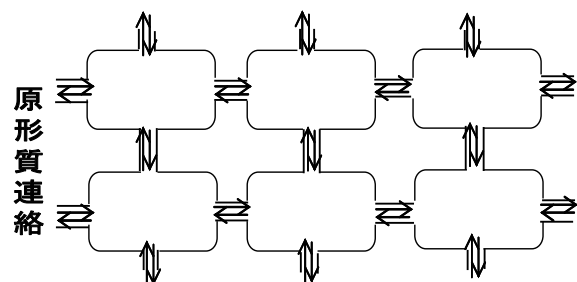


図10 シンプラスト構造の概略図

(2) 測定システム

葉面電位の測定には、観葉植物の測定等で実績のある血電極に直接測定器を接続する方法を用いた。電極は日本光電(Vitrode a-50IL), 測定にはデジタルマルチメータ(株式会社エーディーシー ADCMT7351E)を用いた。葉面電位測定システムの概要を図11に示す。

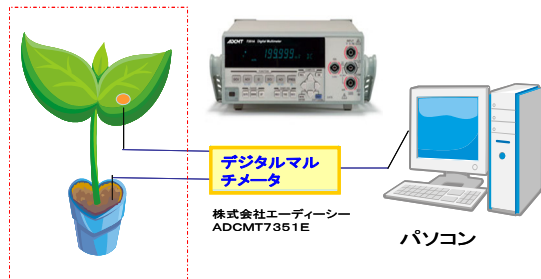


図11 測定システムの概要

4.3 クロロフィル蛍光測定

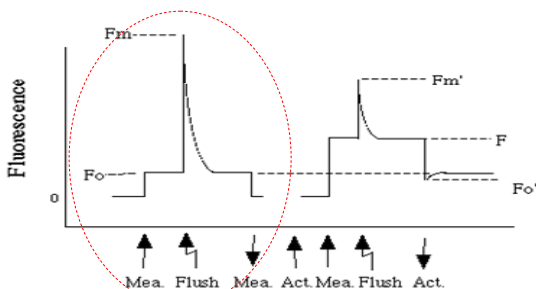
植物の細胞、特に葉の中に多く存在するクロロフィルは光を吸収するのが主な仕事で、吸収した光によって励起されたエネルギーが最終的には二酸化炭素固定に使われる。弱光時を除き、全ての光エネルギーが二酸化炭素固定に使われるわけではなく、使われなかったエネルギーのほとんどが熱として放散されるが、ごくわずかなエネルギーは光として放出される。このとき放出される光がクロロフィル蛍光と呼ばれ、吸収エネルギーの0.5から3%程度といわれている。赤外線カメラで、この葉面から放出されるクロロフィル蛍光の光強度を測定し、植物の健康状態を推測するもので、多くの研究実績がある。

(1) クロロフィル蛍光測定法

代表的なクロロフィル蛍光測定法である PAM (Pulse Amplitude Modulation) 法での測定の様子を図12に示す。図12の横軸は時間経過で、右から何も光を当てていない時は蛍光の放出は無い。Measuring beam (Mea.) を当てると少し蛍光を発する。この状態での蛍光の値を Fo と呼ぶ。ここで、flash を焚くと、蛍光収率が上がりこの時の蛍光の値を Fm と呼ぶ。flash が消えると、蛍光収率は元に戻る。蛍光パラメータ (光合成の最大収率)

$$\phi P_m = F_v / F_m \dots \dots \dots (1)$$

ここで、Fm; 蛍光強度の最大値, Fo; 蛍光強度の最小値, Fv; Fm-Fo である。



東北大学大学院生命科学研究所 光合成の生理生態学講座より

図12 クロロフィル蛍光測定の概要

(2) 測定システム (簡易測定)

最終的にはPAM法によるクロロフィル蛍光測定を実施したいが、パルス変調光の照射等、装置が複雑で高価なものである。ここでは、クロロフィル蛍光の簡易測定として微弱光と飽和光との単純な差分を指標として測定を試みることにした。この測定には、光ファイバーの先端に波長透過性を持つコリメータを接続し、測定には高感度なフォトンカウンタ(浜松フォトニクス C10507-11-100U)を用いた。クロロフィル蛍光簡易測定システムの概要を図13に示す。

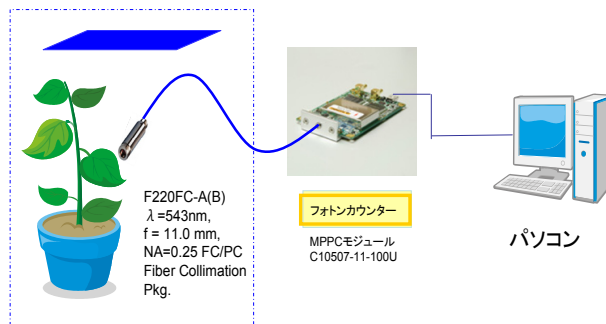


図13 測定システムの概要

4.4 統合環境の構築

4.1~4.3の実験は、各々独立したパソコンによって測定管理されている。これらのパソコンからのデータをセンターサーバで収集、管理するための統合環境が必要となる。統合環境により、測定データ間の相関分析、或いは多次元データによるデータマイニングなど高度な解析が可能となる。統合環境のシステム構成を図14に示す。

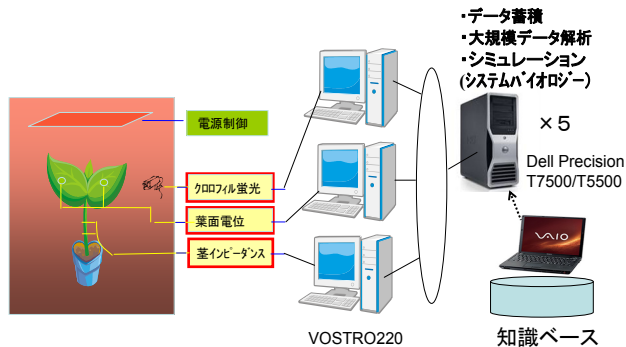


図14 統合システム環境

5. 研究コミュニティの形成

植物工場は、我が国の一大産業に育つ可能性がある重要な分野であり、All Japan としての取り組みが求められている。また、地球規模での知を結集させるには、データ、ノウハウ等を共有するための研究コミュニティの形成が重要であり、そのためのインフラ整備が急務となる。

5.1 植物生育シナリオの研究コミュニティ

植物工場は、環境を自由に制御できるとはいえ、エネルギーコスト、特に温度制御、照明に費やすコストが採算ベースに載るかが勝負を決めることになる。品種改良も含めて、コスト、生育ともにバランスが取れた最適

条件を探索していくことが重要となっている。研究コミュニティで共有すべき情報、考え方、ツールを図15に示す。これらの情報をコミュニティで共有出来るようにすることが第一歩となる。XMLをベースとした標準化検討が積極的になされているが、現実的には共有基盤を確立したコミュニティ形成には至っていない。

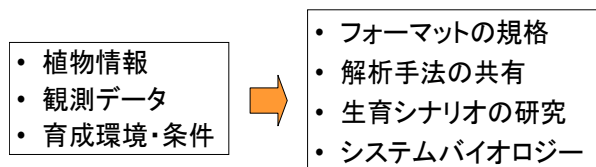


図15 研究コミュニティでの情報共有

5.2 国際共同研究コミュニティ形成に向けて

情報共有のソフト面（標準化、規格、権利問題等）が整備されたならば、国際共同研究のためのハード面（供用インフラ）の整備が重要となる。現在、国立情報学研究所が中心となって研究開発している「e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発」～研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究～をベースに国際共同研究コミュニティの形成を検討している。国際共同研究コミュニティの構成イメージを図16に示す。

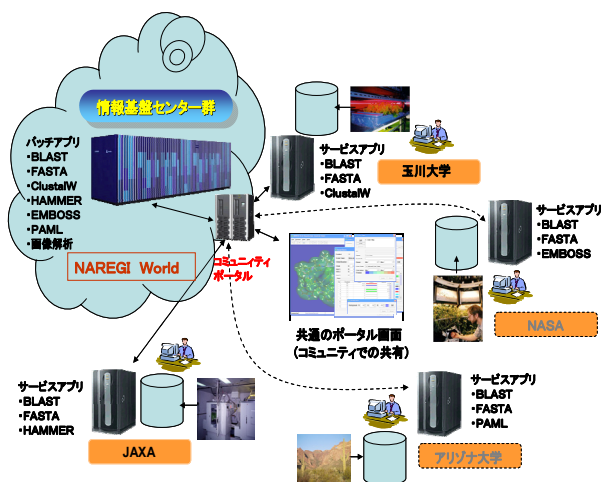


図16 国際共同研究コミュニティの構成イメージ

6. まとめ

植物の生体測定を中心に、植物工場に向けた基本的な測定環境の構築ができた。特に、茎の電気インピーダンス測定では、光合成と茎含水量との関係など、新しい知見を得ることができ、植物計測の工学的手法による見通しを得ることができた。

今後は、実験データの収集、解析手法の確立を図り、植物工場の最適化設計に役立つレベルに高めるとともに、「知能型植物生産システムに向けた植物計測と生育環境の制御」へと発展させていく必要がある。特に、測定データと抽出された知見(知識)により科学的根拠に基づく

生育 (EBPC: Evidence Based Plant Cultivation)の確立が急務と考えている。EBPCは、近年話題のEBH (Evidence Based Healthcare) の植物版であり、近未来の植物工場における重要な技術要素の一つとなる物と思われる。

謝辞：本論文執筆にあたって、玉川大学渡邊教授、大橋准教授、大野研究員、布施研究員、学生の座古氏にご指導・ご協力を頂きました。また、e-Science に関しては、国立情報学研究所三浦教授、合田教授、大阪大学松田教授、産業技術総合研究所関口部門長、東京工業大学松岡教授、高エネルギー加速器研究機構佐々木教授、ならびに NAREGI 関係者にご指導・ご支援を頂きました。

尚、本研究の一部は、文部科学省の平成 21 年度科学技術試験研究委託事業「研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究（アプリケーション共有方式のユースケースと実証に関する研究）」の成果である。

参考文献

- [1] 高橋伸英, 山浦逸雄, 山田興一, “植物の水分状態と電気インピーダンスの関係”, 第 48 回自動制御連合講演会, pp409-410, (2005 年 11 月)
- [2] 植物生体電位とコミュニケーション, 大藪多可志, 勝部昭明, 海文堂(2009 年 4 月)
- [3] 宇佐見仁英, 座古朝美, 布施政好, 渡邊博之:” 電気インピーダンスによる植物の状態評価”, 日本生物環境工学講演要旨, 2009 年福岡大会 (2009 年 9 月)
- [4] 宇佐見仁英, 黄淳郁, 宮原豊, 山田基弘, 藤崎正英, 早勢欣和, 川田重夫:” グリッドサービスを基盤とした問題解決環境「NAREGI/PSE」”, PSE Workshop2004, 2004.
- [5] 宇佐見仁英, 金澤宏幸, 宮原豊, 藤崎 正英, 川田重夫: 研究コミュニティにおける NAREGI-PSE のアプリケーション共有方式, 計算工学講演会論文集 D-10-1 (2007 年 5 月)
- [6] 宇佐見仁英, 金澤宏幸, 宮原豊, 川田重夫: NAREGI-PSE によるリアルタイムコラボレーション, PSE Workshop2007, pp19-25, 2007/9/25
- [7] H. Usami, H. Kanazawa, M. Yamada, Y. Miyahara, Y. Hayase, Kawata, ” Problem Solving Environment (PSE) for scientific Grid computing, SC2005 CD-ROM Conference Proceedings, Seattle, USA, Nov., 2005
- [8] H. Usami, H. Kanazawa, Y. Miyahara, S. Kawata, Problem Solving Environment for Scientific Grid Computing, 3rd IEEE International Conference on eScience and Grid Computing, Poster session, Bangalore, India, Dec., 2007.
- [9] 宇佐見, 金澤: 複数グリッド環境におけるアプリケーションホスティングサービス (AHS) の一考察, PSE Workshop2008, pp18-21, 2008/9/1
- [10] H. Usami, H. Kanazawa, Application Hosting Services in a virtual organization that support multiple grid environments., 4th IEEE International Conference on eScience and Grid Computing, Poster session, Indianapolis, USA, Dec., 2008.
- [11] 宇佐見仁英, 大西尚樹, 水澤有里, 金澤宏幸: 異種グリッドミドルウェアに跨るアプリケーションホスティングサービス (AHS) の設計と実装, 第 121 回 HPC 研究会, 2009/8/5

セキュリティを考慮したネット対戦型 プロコン競技システムの開発

THE DEVELOPMENT OF THE NET PLAY TYPE PROGRAMMING CONTEST SYSTEM THAT STRENGTHENED SECURITY

寺元貴幸¹⁾, 宮下卓也²⁾, 松野 良信³⁾, 島村 浩⁴⁾, 川田重夫⁵⁾
Takayuki Teramoto, Takuya Miyasita, Yoshinobu Matsuno, Hiroshi Shimamura,
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 津山高専 情報工学科(〒708-8509 津山市沼624-1, Tel. 0868-24-8289, miyasita@tsuyama-ct.ac.jp)

3) 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)

4)講師 福島工業高等専門学校 コミュニケーション情報学科(〒970-8034 いわき市平上荒川字長尾30, Tel. 0246-46-0848, shima@fukushima-nct.ac.jp)

5)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 19th programming contest was held in Iwaki, Fukushima in October, 2008. We give this paper about a system construction and use of the competition section of the 19th programming contest for a purpose of succession of system development. However, the game section gave up enforcement by the trouble of the play system and performed a rematch at the future. We conducted a rematch using Internet. The game system inflected with VPN and virtual System, various communication tools for Security retention.

Key Words : Programming Contest, VPN, Virtual System, Security

1. はじめに

高専生を対象とした全国規模のコンテストとしてロボットコンテスト(通常ロボコン)とプログラミングコンテスト(通称プロコン¹⁾)がある。このうち第19回プログラミングコンテストは福島高専を主管校として、平成20年10月11日12日の両日、いわき明星大学で開催された。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。自由部門と課題部門は毎年基本的な運用方法に変更がないため、各会場に合わせた配置を調整することで実施可能である。これに比べ競技部門は毎年テーマが変更され、そのつど運用システムを構築しなければならない。昨年度は津山市で石垣を組み立てる競技システムが開発された^{2,3)}。このときは、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るが、実際の競技システムの開発や運用を津山高専が主体となって開発を行った。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。

19回大会においてもこの点はあまり改善されず、開発は福島高専を中心に行う事となった。ただし、今回は福島高専の学生ではなく、卒業生を中心とした開発チーム

が開発を委託され、そのメンバーを中心に開発が進められた。そのため本番会場でのテストに十分な時間を取ることができず、競技の運営システムに不具合が発見され、本選期間中での競技の実施を断念せざるを得なかった。

それに伴い、第19回大会の競技部門については再試合を実施することになった。再試合ではインターネットを活用した対戦を行った。本稿では、再試合を行うに至った経緯と、再試合の実施に関する検討、実際の再試合の運営等について報告する。

2. 競技の概要とシステムの不具合

第19回プロコンの競技は「フラット収集車」という競技である。これは、図1のようなマップ上のチェックポイントを、いかに効率よく巡回するかを競う競技であった。チェックポイントには特産品が置かれており、できるだけたくさんの特産品を集めてゴールに運ぶ事を目的としている。各参加チームは主催者の用意したPCを操作することにより各自のコマ(収集車)を動かし、その内容を主催者側のサーバで集計するものであった。

1回の競技には6チーム~10チームが参加し、それぞれのチームがチェックポイントの荷物を取り合うことになる。他のチームと取り合いになった場合は、(上限があるが)希望数をそれぞれのチームに配布する。もし配布

する荷物が足りない場合は按分により、分配する。ただし、荷物を積みばそれだけ収集車の燃費が悪くなり、エネルギーをたくさん消費してしまう。このあたり、他のチームの動向を見ながらゴールを目指すことになり、1チームだけでの最適解がそのままゲームの最適解とはならない。

本選は2日間で行われるが、参加者より2日目の朝に、1日目の按分部分の集計結果について疑義がある旨の申し出があった。そのため、競技の実施を中断し、サーバ側のログを確認したところ、一部の試合の集計結果に誤りが発見された。

その後、サーバシステムのデバッグを試み間違い部分を見つける事ができたが、今度はデータベースシステムの不具合が発生し、本選期間中での確実な競技運営は困難であると判断せざるを得ない状況となり、本選での試合は無効とすることとなった。

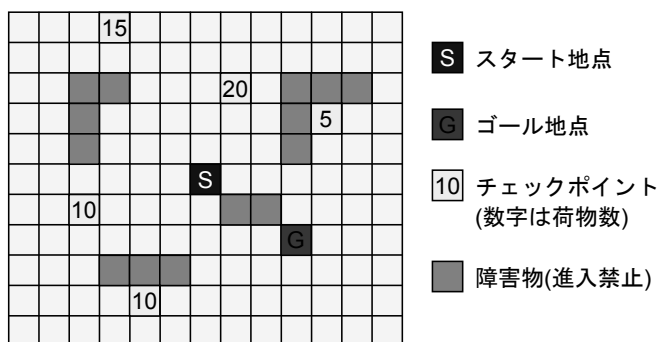


図1 競技画面

3. 再試合の検討

本選期間中の競技の実施を断念したことに伴い、第19回プロコン委員会では競技参加チームによる再試合を行うことになった。

再試合の実施については、次の項目を重要と考えた。

- ・本選参加の全チームが参加できるよう最大限配慮する。
- ・本選で予定していた競技ルールからの変更を最小限にする。

これらを実現するために、第19回プロコン委員会では、本選と同様に参加チームが1か所に集合する場合とインターネットを経由して仮想的な環境を用意する場合について検討を行った。ただし、インターネットを利用する場合は、一般的な攻撃やシステムのバグを悪用した不正が十分考えられた。

最初関係者全員が一箇所に集まることが可能かどうかの検討したが、1000万円以上の費用がかかること、各チームの日程調整が事実上困難な事が分かった。これらの情報をもとに、同時に競技部門担当委員によるミーティングや実証テストを繰り返して可能性を探った。その後、チーフミーティングで議論し、実際に集まることは経費

の問題もあり、参加チームのスケジュール調整についても困難と判断し、インターネット経由で行うこととなった。

4. 再試合システムの開発

インターネット経由での対戦を行うに当たり、本選用に開発された競技システムをベースに改良するか、全く新規に開発するか検討を行ったが、新規に開発した場合は、短期間の開発となり本選用システムのクオリティと同等以上のものの開発には大きなリスクがあると考え、本選用システムを改良することとした。ただし、本選期間中のシステムの不具合を補償する意味でも、競技システムのソースコードレベルでのデバッグ・十分なテストランに加えて、集計結果等を検証するシステムが必須と考え、別途新規に開発を行うことにした。検証システムについては、本選用システムの開発には直接関与していなかった第19回プロコン委員の徳山高専 重村氏を中心に、再試合用競技システムの開発とは独立して行うこととなった。

つづいて、参加チームの参加方法について検討を行った。元々の本選用システムは、図2のように元々サーバクライアント形式をとっていた。この入力用PCを参加者側のPCで置き換えることも検討したが、入力用PCの環境が統一できないことから次のような問題が懸念された。

- ・入力用クライアントソフトウェアの動作保証ができない。
- ・入力用PCと競技サーバの時計の同期が困難である。

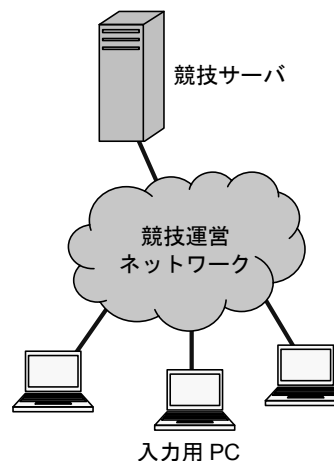


図2 本選用競技システムの構成

これらを解決する手法として、今回の再試合では、主催者側で入力用PCを用意し、参加チームはリモートデスクトップで接続して入力用PCを操作することにした。

しかし、リモートデスクトップ(TCP:3389)での校外への通信が許可されている高専は少ないことも予想され、またセキュリティの観点からも直接入力用PCにインターネットから接続することは好ましくない。そこで、VPNによる参加チームから競技システムへの接続を行うこと

にした。特殊なVPN装置やプログラムが必要な場合は、対応できない参加チームが多くあることが懸念されたため、今回は通常のWebブラウザから利用でき、Javaのエージェントで動作するSSL-VPNを利用することにした。SSL-VPNには、SSL-ExplorerのCommunity Edition⁴⁾を用いた。

これに加えて、参加チームが試合の進行状況を確認できるように情報提供システムとリプレイツールの提供を行った。情報提供システムは、元々の本選システムでの情報提供サーバをそのまま使い、リプレイツールは先に述べた新規開発の検証システムそのものである。

また、競技進行のための各参加チームと運営側の連絡のためのツールとして、チャットシステムを用意した。これはXoopsをベースとして、第19回プロコン委員の弓削商船高専 長尾氏が開発した。

なお、入力用PCについては、実機のPCを維持管理するのではなく、VMware Server 2.0およびVMware ESXi 3.5による仮想化により実現し、SSL-VPNサーバおよびチャットシステムを合わせて1台の物理サーバにより構築した⁵⁾。

これらのシステムの概要を図3に示す。

5. 再試合の日程

再試合の実施に先立ち、まず11月10日～17日に参加チームによる再試合システムへの接続テストを行い、各チームがインターネット経由で再試合に参加可能か確認した。学校のネットワークによっては、SSL-VPNを用いても接続できないこともあった。各学校の情報センターの方々にもご協力いただき解決できた例もあったが、解決が困難な場合は2008年夏からサービスが始まった日本通信のb-mobile 3Gによる参加を試みるために端末を送付した。そのため、参加チームによっては何度も接続テストを行っていただいたが、結果として海外チームを含んではほぼ全チームの参加が技術的に可能であることを確認した。

さらに、再試合に全チームの参加を目指すためには日程の調整が重要であった。基本的に放課後の時間しか使えないが、学校によっては定期試験や学校行事のため、各参加チームが参加可能な日時を事前に調査し、それに基づいて対戦可能な組合せを組んでいくこととなった。それでも準決勝や決勝では、試合日時の設定が困難であり、参加チームには日程調整の協力もお願いせざるを得なかった。

そのような調整の結果、1回戦7試合を11月25日～12月9日に、準決勝3試合を12月8日～10日に、決勝戦1試合を12月10日に実施した。

6. 再試合の運営

実際の再試合での各試合は、基本的に次のような流れで進めた。

- 1) 試合開始1時間前までに試合で使用するサーバ類のURLを参加チームに連絡。
- 2) 試合開始20分前に情報提供サーバから問題公開。
- 3) 試合開始までに、SSL-VPN経由のリモートデスクトップ接続およびチャットシステムへの認証・接続を完了。
- 4) 接続・動作確認のためのミニゲームの実施。
- 5) ミニゲームの正常終了を確認後、試合の実施。
- 6) 試合終了後、成績の確認。
- 7) 翌日までに参加報告書を事務局にFAX送付。

なお、確実な試合の運営のために次のような対策を行った。

再試合用システムは3組用意し、津山高専・福島高専・有明高専の各拠点に配置した。各試合では、1拠点をメイン会場として用意し、1拠点を同じ準備を行ったサブ会場とした。残りの1会場はチャットシステムの運用を行うこととした。これは、メイン会場が何らかの障害により機能しなくなった場合に、競技自身をサブ会場に切り換えることを想定しつつ、同時にチャットシステムが機能しなくなることを避けるためである。各試合でどの拠点の

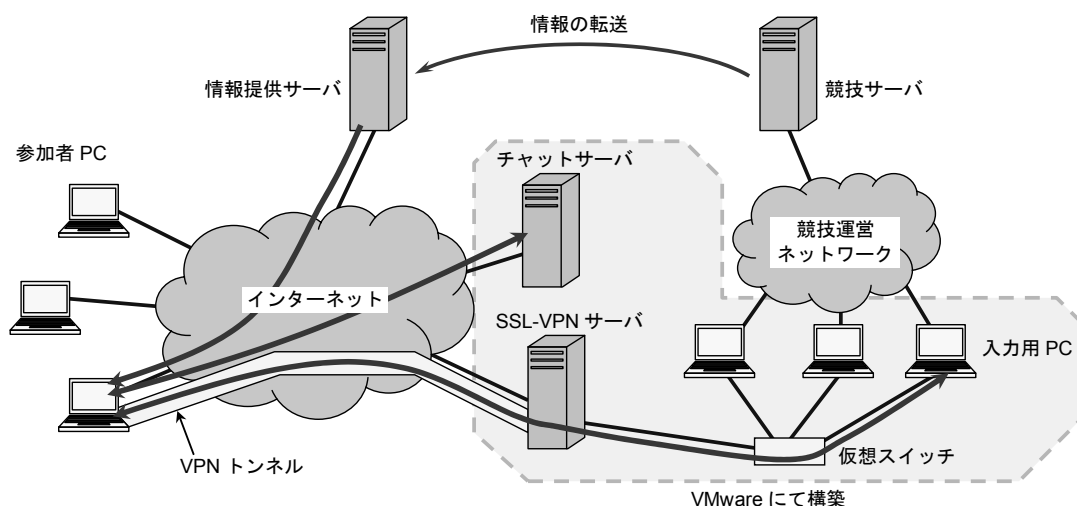


図3 システムのネットワーク構成

サーバを利用するかは参加チームのみに知らせることにした。

試合の途中でリモートデスクトップ接続ができなくなるチームが生じた場合に備えて、チャットシステムや電子メール、FAX等による操作データを受け付ける準備も行った。この場合、参加チームは検証用システムを利用して送信用操作データを作成できるようにした。

また、集計結果等の検証用に用意した検証システムを用いて、再試合用システムを配置した各拠点の他、試合ごとに設定される審判長等も再試合用システムの集計結果と検証用システムの結果を確認し、試合の成績の確実性を保証することにした。

運営側では、再試合用システムを配置した3拠点の他、審判長やサポートスタッフがリアルタイムで連絡を取り合う必要があった。チャットシステムはもちろん関係者全員が確認はするが、準備段階から綿密な連絡を取るために、高専機構本部の契約するテレビ会議システムを借用した。

加えて、各拠点のサーバ類には有明高専のドメインを利用したため、有明高専のDNSサーバにはIPS(不正侵入防止システム)も一時的に設置した。

再試合における試合中のメイン会場の様子を写真2に示す。



図4 システムのネットワーク構成

7. まとめ

第19回プロコンでは、競技部門の再試合という状況となり、主催者側のスタッフとしてあらためて深くお詫びしたい。特に、スケジュール上の問題や学校のセキュリティポリシー上の問題等から、残念ながら2チームが参加できなかったことは誠に申し訳ないと感じている。

システムの開発に当たって、セキュリティ対策に十分配慮した。これはゲームの公平性という観点が最も重要であるが、ゲームの進行を阻害する要因をいかに少なくするかということも重要な要素であった。外部からの妨害要素をどれだけ低減できるのかに腐心し、システムそのものやDNSの多重化や、拠点を分散させてリスクの分散を行った。

再試合自身は、海外からの参加を含めて懸念されたシステム上のトラブルもほとんどなく、概ね順調に実施できたと考えている。また、再試合用システムは、有明高専に設置していたものを保管しており、中国地区高専で2009年3月7日に実施されたコンピュータフェスティバルでも利用され問題なく運用できた。

今回の経験を糧に今後の高専プロコンの発展に寄与できれば幸いである。

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)
- 4)<http://freshmeat.net/projects/ssl-explorer/>,
<http://sourceforge.net/projects/sslexplorer/>
- 5)<http://www.vmware.com/jp/>

PSE Park: a framework to construct Problem Solving Environments

Hikomichi Kobashi¹⁾, Shigeo Kawata¹⁾, Yasuhiko Manabe²⁾, Masami Matsumoto³⁾, Hitohide Usami⁴⁾

1) Graduate School of Engineering, Utsunomiya University (7-1-2 Yohtoh Utsunomiya 3218585)

2) Numazu National College of Technology (3600 Ooka Numazu 4108501)

3) Yonago National College of Technology (4448 Hikona-cho, Yonago 6838502)

4) Tamagawa K-12 & University (6-1-1 Tamagawagakuen, Machida 1948610)

In this paper, we introduce a new framework for Problem Solving Environment (PSE) construction that is PSE Park, which enables us to construct PSEs easily. The PSE Park consists of four engines; PIPE Server, Core, Registration and Console. A PSE designed and constructed in the PSE Park consists of Cores. The PIPE Server manages the Cores based on the core map, which expresses the connection of the Cores for a specific PSE. The output of each Core is retrieved and merged by the PIPE Server. All outputs of the Cores are saved and easily reused. If a selected Core has been deployed in another site, the PIPE Server manages the communication between the Cores. Therefore, the Core developers do not need to take care about the communication between the Cores in the PSE Park. The Core is independent from programming language, because each Core is executed individually as a process in the PSE Park. The Cores are registered by using the Registration engine, and users access the engines via the Console. We applied the PSE Park to develop a PSE for partial differential equation based problem. This PSE helps a part of simulation steps. There are six Cores to construct this example PSE. By using this PSE, users can execute a PDE-based simulation and get a detailed document about the simulation. We believe that the concept of the PSE Park, that is a framework for PSE development, presents a significant new direction in the world of problem solving environment.

Key Words : *Computer assisted simulation, PSE, PDE*

1. Introduction

We believe that there are two movements around computing world: polarization in computing pattern and cloud computing. Computing power and network bandwidth are still growing, and they have been influencing absolutely not only computer engineers but also ordinary people. Many people have mobile phones and they access to the Internet to send or receive mails or to check their schedule. Those mobile phones have really powerful CPUs and network interfaces.

However, recently the high performance is no longer the best. PC, games and mobile phone markets have this remarkable tendency. Netbook is the example of this tendency. "Low performance but reasonable" is the concept of Netbook. This is why the performance of CPU was enough high in these few years and people are interesting in other features such as easy to use or low price. "Universal Design" is included in this tendency.

We call this tendency as polarization. Polarization is ahead in some areas and behind in others. Simulation area is the

latter case. There are many research projects including national projects for high performance simulation such as super computer or high speed network development. On the other hand, there are few projects for low-end simulations: for example, simple simulations such as energy efficiency in a room or a house or education for students or so. Energy saving is one of the hot topics for many people. The needs of simple simulations or computations increase for our better life. However, there is no infrastructure or framework for easy-to-start simulations.

Cloud computing may provide one way for low-end simulation. Cloud computing is the new computing environment. In Cloud computing, software, middleware, OS and even computer are provided as services. Amazon, one of most famous company in cloud computing, provides middleware (Simple Storage Service or Elastic Compute Cloud) for users at a low price. We believe that more people will be interest in simulations for better life. For example, many sensors will be joined to computer network and user will make it easy to create input data such as room size or

current temperature. Computing resources will be available on users' demand via network in cloud computing.

In such cloud computing environment, we believe that PSE (Problem Solving Environment) is required for simulations. PSE is 'a system that provides all the computational facilities necessary to solve a target class of problems. It uses the language of the target class and users need not have specialized knowledge of the underlying hardware or software' (E. Gallopoulo et al.(1), E. Houstus et al.(2)). PSEs help and accelerate to simulate what they want to know. The 1st generation PSEs are PSILAB (Y. Umetani et al.(3), C. Konno et al. (4)), ELLPACK (J. Rice et al. (5)) and NCAS (C. Boonmee et al. (6)(7), T. Teramoto et al. (8), S. Kawata et al. (9)(10)). These are libraries or program generation systems for scientific simulations. PSILAB and ELLPACK are the black box type of program generation system and NCAS is the white box type of program generation system. In the 2nd generation, PSE have extended the research areas including lower layer of computing environment. In Grid computing (11) environments, which are similar to cloud computing, many PSEs have been created and developed because of its complexes. Cactus Code (G. Allen et al.(12)) is a PSE for Grid computing for the simulation of relativity theory and IRIS Explore and SCIRun is the data flow management PSE (C. E. Goodyer et al. (13)). NAREGI-PSE is the portal to Grid computing environment (S. Kawata et al. (14), H. Kanazawa et al. (15)). PSE for Particle Image Velosimetry (PIV) is the PIV Virtual Laboratory (Y. Kadooka et al. (16)).

However, these PSEs are the domain specific environments. PSE itself is useful, though it is difficult to construct or develop a PSE. As the 3rd generation PSE may include a meta PSE, which enables us to construct PSEs easily. In the near future many users may access the cloud computing to start simulations for their hobby, better life, etc; one user may have his/her own PSEs as his/her simulation environments.

We developed a framework, which makes it easy to construct PSEs for many kinds of domains. We call it the PSE Park. Users, who want to simulate problems, access to the PSE Park, construct their PSEs, and execute simulations for their purposes.

In this paper, we describe about the PSE Park in Section 2. We construct an example PSE for PDE (partial differential equation) -based problem on the PSE Park. Section3 presents an adaptation example of the PSE Park to this PDE-based PSE. In Section 4, we conclude this paper.

2. PSE Park

A PSE construction framework, that is, the PSE Park is described in this section. The PSE Park makes it easy to construct PSEs on a cloud computing environment. Fig. 1

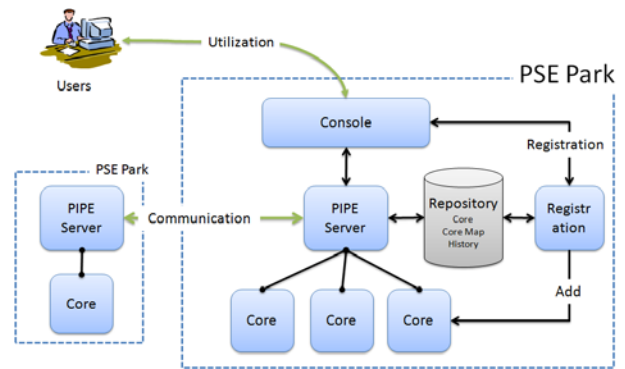


Fig. 1 PSE Park Architecture

presents the architecture of PSE Park. The PSE Park provides functions as Cores, which are required to construct PSEs. The PIPE Server in the PSE Park handles the Cores and constructs PSEs. The PIPE Server can communicate with another PIPE Server and use Cores easily. Users access to the Console in the PSE Park and construct/use a PSE or registered Cores and a Core Map.

The PSE Park has following the characteristics:

- Module Base

In cloud computing environment, we believe that operations and functions are highly modularized than ever to use computers effectively. Our PSE Park also provides functions to construct module-based PSEs, and each function is supported by a Core. Users, who construct PSEs, connect the Cores for their PSEs. In scientific simulation research areas, discretization methods like finite difference method are still being improved, and many researchers have requirements, that they want to try new methods quickly. In the PSE Park, if a user wants to try another method or to develop a new method, the user just only replaces the Core which is in charge of the specific method.

- Transparent access to Cores

PSE Park provides a transparent access to Cores. This means that users can access to Cores regardless of the Core's location. In the cloud computing, user does not recognize which machine he/she uses. The PSE Park handles the communication among Cores instead of users.

- Verification and Validation

Users, who develop the PSE Park Cores, can register their Cores in the PSE Park. The PSE Park has many kinds of Cores and manages them. The PSE Park provides users many choices. However, this is sometimes unkind for entry users. The PSE Park provides some typical stencils called Core Map for each target domain. Cores in the Core Map are verified and validated to provide high reliability. Expert users also can use the core map but easily modify as they want. For example, an expert user may try a new method or know a better way to solve a problem. In this case, if a new core is verified, a renewed core map should be registered as a validated core

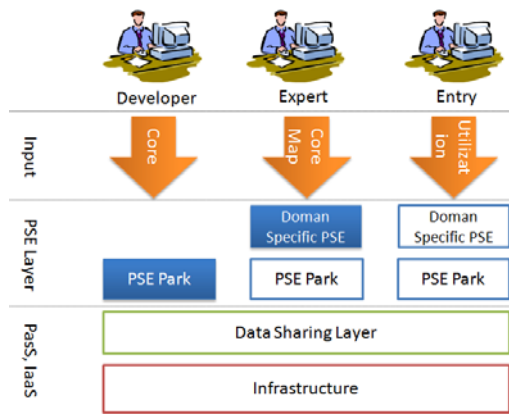


Fig.2 PSE Park Users

map.

We assume three types of users in the PSE Park; Developer, Expert and Entry-level user. (see Fig. 2)

Developers provide Cores to the PSE Park. They contribute to the PSE Park for further improvement and expansion of Cores registered or of the PSE Park itself. Experts provide and register the PSE Park Core Map. Their contribution is the same as traditional PSE developers'. They construct typical PSEs in each specific domain by using Cores, which are provided by Developers. Entry-level users can run simulations easily by using PSEs, which are constructed and registered by Experts.

We expect that Data Sharing Layer and Infrastructure in Fig.6 are provided by cloud computing environment. They are called as Platform as a Service: PaaS and Infrastructure as a Service: IaaS in cloud computing. The machines where PSE Park is running are provided from IaaS. Data in the PSE Park is shared by using PaaS between machines in PSE Park. We do not describe about them in this paper, because they are the function of cloud computing not PSE Park.

We describe each PSE Park's engines below:

2.1 PIPE Server

The PIPE Server is the main engine of the PSE Park. The PIPE Server manages and handles Cores and constructs PSEs by connecting Cores.

Users write Core Maps and pass them to the PIPE Server. The PIPE Server connects Cores based on the Core Map. In a Core Map, the relations of Cores are described, and the PIPE server constructs a PSE.

Fig. 3 shows an example of a simple Core Map expression. The Core Map expresses a PSE, which has Start Core, Stop Core and another four Cores in this example case. The PIPE Server executes the Cores between the Start Core and the Stop Core. In this Core Map, the PIPE Server executes the Core A first, and the output of the Core A is passed to the Core B as its input. If a Core has multiple inputs like the Core D, then the PIPE Server merges outputs of the Core B and the

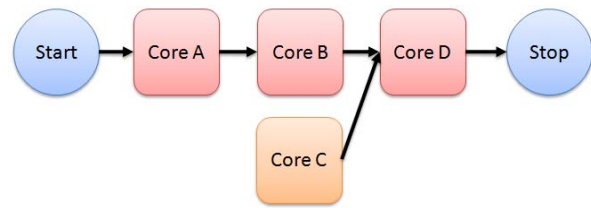


Fig. 3 Core Map example

Core C. The Core D is executed with the input, which are the merged output of them. The PIPE Server stores each output, and the output can be easily reused.

2.2 Core

Core is executed as a function of PSE. Cores collaborate with each other by the PIPE Server. In PSE Park, Core is executed as a process and is not compiled at execution time. This means that Core is independent from language, and users can implement Cores by using their well-known language. This makes it easy to develop Cores for developers or experts, and to register Cores into PSE Park for many users.

The communication between a Core and a remote Core is handed by the PSE Park, so that users do not need care about it. It is usual in cloud computing environment that all Cores, which user wants to use, are not located on the same site. If users should prepare a communication function, communication handling tends to be difficult. The PSE Park handles the communication among Cores.

2.3 Registration

Cores are registered into the PSE Park by the Registration engine. For registration of Core, Core itself and the definition of INPUT/OUTPUT are required. Core Map can be also registered with the Registration engine. After the registration, user can use the Cores and the Core Map.

The Registration engine saves an execution history of each Core, and the history and the Core map registered can be reused easily. The Core and Core map managements are handled by the Registration engine.

2.4 Console

The Console provides an interface to the PSE Park functions. Users can create Core Maps namely PSEs themselves or reuse previously constructed PSEs, which are registered Core Maps. The Cores and Core Maps are registered from the Console.

3. PSE for PDE based problems in PSE Park

We constructed a PSE for PDE-based problems in the PSE Park. In this chapter, we describe an adaptation example of the PSE Park to an example PDE-based PSE.

3.1 PSE for PDE

There are five steps in simulation, "problem discovery", "program designing / writing", "program execution", "aggregate execution result" and "discussion". If an engineer

or researcher wants to run simulations in his target problem, he/she should study not only his/her problem itself but also how to use computer, how to write program or how to execute program. For this reason, execution of simulation may be difficult even in his/her specialty domain.

The PSE helps a part of simulation steps, "program designing / writing" or "program execution". Users can easily create a program on the PSE Park, and then they can simulate and solve the target problem on the PSE created on the PSE Park. The target of this example PSE is PDE-based problems. This PSE generates a simulation program from "equations", "boundary conditions", "simulation domain", "initial conditions" and so on. This PSE is a White Box system, which shows intermediate results, and a document of the target problem is automatically created.

3.2 Cores in PSE for PDE based problems

The Cores in this PSE are followings:

- Input Equation Core

This core helps input target problem. Users describe their problems by using this core. PDEs themselves, the initial conditions, etc. are the inputs of this PSE.

- Difference Method Core

A difference method is defined in this Core. For example, an explicit method or the SOR method or another one is selected or specified.

- Equation Manipulation Core

This Equation Manipulation discretizes given equations. All intermediate results are saved and user can check them if needed.

- Program Generation Core

This Core creates a program by using the discretized and manipulated equations, the initial conditions, the boundary conditions, etc.

- Program Execution Core

This Core executes the generated program. This Core compiles the program generated or links libraries if needed.

- Document Generation Core

This Core creates a document from the intermediate results of the Cores.

3.3 Adaptation

We have developed a PSE for PDE based problems by using Cores which we presented in 3.2. This PSE is focused on a 2-dimensional heat conduction phenomenon. The Core Map of this PSE is shown in Fig. 4.

3.3.1 Input Equation Core

Input Equation Core passes the inputs defined by users to the Equation Manipulation Core. The parameters, which users set in this PSE are "computation target in equation", "computation domain of simulation", "equation should be solved", "physical quantities point ("in between point" or "on

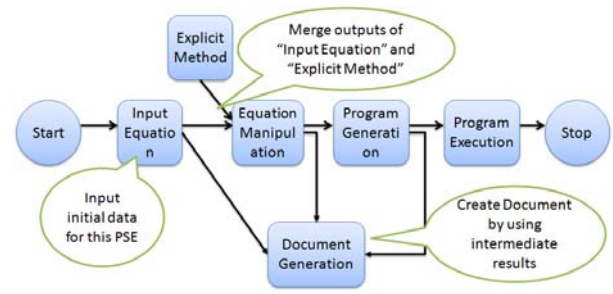


Fig. 4 Core Map for PSE for PDE based problems

the point")", "initial condition of simulation" and "boundary condition of simulation".

The initial conditions of this result are following:

Equation;

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \quad (1)$$

Computation Domains;

$$0.0 \leq x \leq 1.0, 0.0 \leq y \leq 1.0 \quad (2)$$

Initial Values;

$$0.0 \leq x \leq 1.0, 0.0 \leq y \leq 1.0 \quad (3)$$

$$0.0 \leq x \leq 1.0, 0.0 \leq y \leq 1.0 \quad (4)$$

Boundary Condition;

Periodic boundary in both x and y axis

3.3.2 Explicit Method Core

In this PSE, we adapted an explicit method as the difference method. The Difference Method Core generates discretized equations for each physical quantities on specified points. In the Explicit Method Core, the discretized equations are followings:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u_{i+1}^j + u_i^j}{\Delta t} \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{u_{i+2}^j - 2u_{i+1}^j + u_i^j}{\Delta x^2} \quad (6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u_{i+1}^j - u_{i-1}^j}{2 * \Delta t} \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{u_{i+2}^j - 2u_{i+1}^j + u_i^j}{4 * \Delta t^2} \quad (8)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u^{j+1} + u^j}{\Delta t} \quad (9)$$

The PSE Park performs the discretizations for the basic PDEs based on the discretization method specified.

If user wants to use the SOR method, that is, one of implicit methods, user should exchange this Explicit Method Core to the SOR method Core

3.3.3 Equation Manipulation Core

Equation Manipulation Core receives outputs from both of the Input Equation Core and the Difference Method Core (Explicit Core). In fact, the PIPE Server merges outputs of the two Cores and passes them to the Equation Manipulation Core.

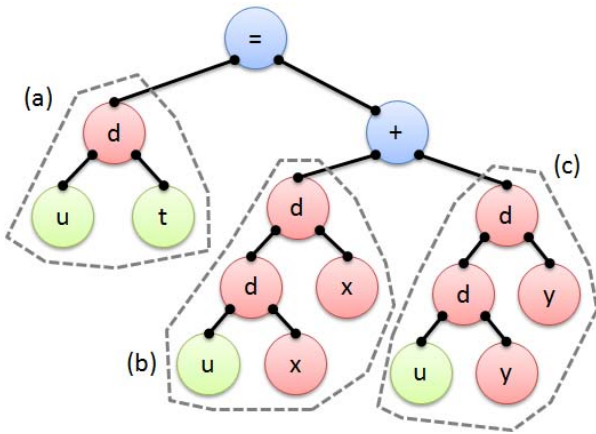
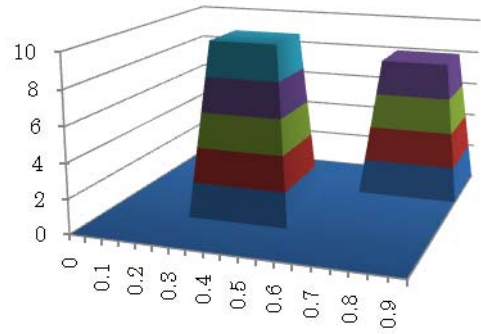


Fig. 5 Tree of equation



(a) step = 0

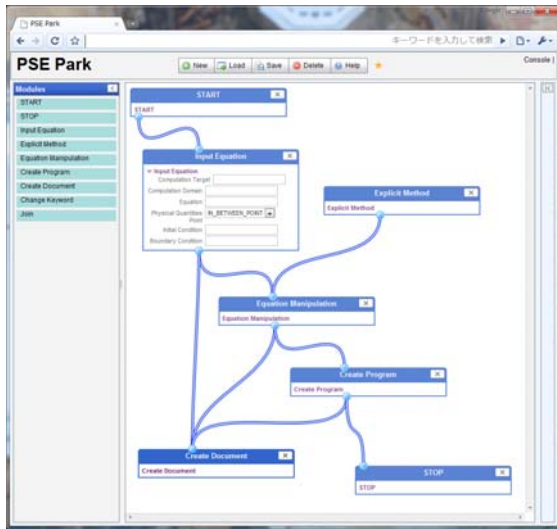


Fig. 6 Snapshot of Console

In the Equation Manipulation Core, the discretized equations are manipulated to obtain the new values for the target dependent variables.

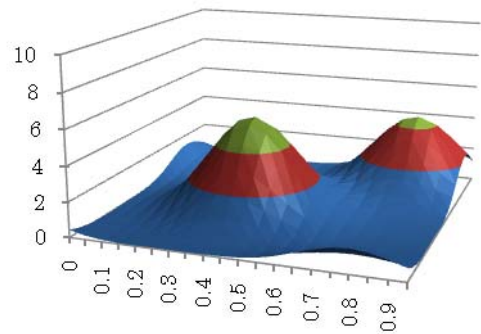
Fig. 5 shows the tree of equation. In the Equation manipulation Core, the obtained equation is converted to a tree. The tree has “=” as its Root. Operators like “+”, “-”, “*” and “/” are set as inner nodes. Values which are located on both sides of the operator are set as children of the operator node. Sub trees of the tree in Fig. 5 are replace to trees which are indicated in Explicit Method Core. In this Example, we use equation (9) for sub tree of Fig. 5 (a) and equation (6) for sub tree of Fig. 5 (b) and (c).

3.4 Simulation Results

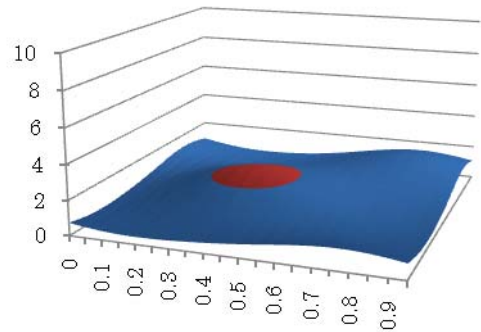
We can see the Core Map of this adaptation through Console in Fig. 6.

We show simulation results in Fig. 7. The simulation program is generated by the PSE for PDE-based problem, and the PSE was generated by the PSE Park.

We put two peaks of heat quantity in this simulation. We can observe that these two are merged each other and heat quantity comes to constant in all field.



(b) step = 50



(c) step = 1200

Fig. 7 Simulation Results

3.5 Evaluation of PSE Park

We constructed a PSE by using the PSE Park. If the PSE Park is not available, users should construct the PSE by users. In this case users have to prepare the functions for the PSE (these kinds of Cores), and study how to handle processes and data in Cloud computing. In order to use cloud computing efficiently, users need to obtain know-how. It is quite difficult for most of entry users to study them.

In the PSE Park, users do not have to prepare functions and study how to use cloud computing. Functions are provided by Cores, and users can choose cores, which they want to use. The PIPE Server in the PSE Park handles processes and data

access instead of users. These are advantages of using PSE Park.

4. Conclusions

In this paper we developed and presented the PSE Park. The PSE park is a PSE construction framework, that is a kind of meta PSE. By using the PSE Park, a user can construct PSEs easily and perform simulations for his/her target problems. The PSE Park supports PSE developers and engineers, as well as low-end users for computer simulations. The PSE Park may meet users' requirements for problem solving: program generation, easy modification of programs, PSE development, automatic documentation supply and simulation execution support on cloud computing systems. The concept of the PSE Park, that is a framework for PSE development, presents an important new direction in the world of problem solving environment.

References

- 1) E. Gallopoulo, E. Houstis and J. Rice, "Computer as thinker/doer: problem-solving environments for computational science", *Computational Science & Engineering*, IEEE Volume 1, Issue 2, Summer 1994, pp. 11 - 23
- 2) E. Houstis, E. Gallopoulos, R. Bramley and J. Rice, "Problem-Solving Environments for Computational Science", *Computing in Science and Engineering*, vol. 4, no. 3, July-Sept. 1997, pp. 18-21
- 3) Y. Umetani, M. Tsuji, K. Iwasawa, H. Hirayama, "DEQSOL- A Numerical Simulation Language for Vector/Parallel Processors", *Proc. of IFIP WG 2.5 Working Conference on Problem Solving Environments for Scientific Computing*, 1985, pp. 147-164
- 4) C. Kon'no, M. Saji, N. Sagawa and Y. Umetani, "Advanced implicit solution function of DEQSOL and its evaluation", *Proceedings of 1986 ACM Fall joint computer conference*, pp. 1026 - 1033
- 5) J. Rice, R. Boisvert, *Solving elliptic problems using ELLPACK*, Springer-Verlag New York, Inc. New York, NY, USA, 1985
- 6) 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
- 7) 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
- 8) T. TERAMOTO, T. NAKAMURA, S. KAWATA, S. MATIDE, 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
- 9) S. Kawata, H. Usami, Y. Hayase, Y. Miyahara, M. Yamada, M. Fujisaki, Y. Numata, S. Nakamura, N. Ohi, M. Matsumoto, T. Teramoto, M. Inaba, R. Kitamuki, H. Fujii, Y. Senda, Y. Tago and Y. Umetani, "A problem-solving environment (PSE) for distributed computing", *Int. J. High Performance Computing and Networking*, Vol. 1, No. 4, 2004, pp. 223-230
- 10) S. KAWATA, M. INABA, H. FUJII, H. SUGIURA, Y. SAITOH, T. KIKUCHI, "Computer-Assisted Liaison among Modules in a Distributed Problem Solving Environment (PSE) for Partial Differential Equation Based Problems", *Transaction of JSCES*, Paper No.20050029, 2005
- 11) I. Foster and C. Kesselman, *The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, The Elsevier Series in Grid Computing, 2004
- 12) G. Allen, W. Bengler, T. Goodale, H. C. Hege, G. Lanfermann, A. Merzky, T. Radke, E. Seidel, J. Shalf, "The Cactus Code: A Problem Solving Environment for the Grid", *High-Performance Distributed Computing*, 2000. *Proceedings. The Ninth International Symposium*, 2000, pp. 253-260
- 13) C. E. Goodyer and M. Berzins, *Solving Computationally Intensive Engineering Problems on the Grid using Problem Solving Environments Software Environments and Tools*. Springer, 2006
- 14) S. Kawata, H. Usami, Y. Hayase, Y. Miyahara, M. Yamada, M. Fujisaki, Y. Numata, S. Nakamura, N. Ohi, M. Matsumoto, T. Teramoto, M. Inaba, R. Kitamuki, H. Fujii, Y. Senda, Y. Tago and Y. Umetani, "A problem-solving environment (PSE)", *Int. J. High Performance Computing and Networking*, Vol. 1, No. 4, 2004, pp.223-230
- 15) H. Kanazawa, M. Yamada, Y. Miyahara, Y. Hayase, S. Kawata, and H. Usami, "Problem Solving Environment based on Grid Services: NAREGI-PSE", *Proceedings of the First International Conference on e-Science and Grid Computing*, 2005
- 16) Y. Kadooka, H. Kobashi, J. W. Choi, Y. H. Lee and Y. Tago, "PIV Virtual Laboratory using Grid Technology", *Proceedings of PSFVIP*, 2003, F4027

通信分野におけるハードウェア開発とシミュレーション

THE HARDWARE DEVELOPMENTS AND SIMULATIONS FOR THE RADIO COMMUNICATION

岩松隆則 ， 古館英樹 ， 梅田雅敬

Takanori Iwamatsu , Hideki Furudate and Masataka Umeda

株式会社富士通研究所 (〒211-8588 神奈川県川崎市中原区上小田中4-1-1)

We introduce our PSE actions for the radio communication, and explain to solve the problems for 7 years. In this paper, we show the new problems of the simulation for early-understanding of the hardware performances. And we propose the Excel level simulator to simulate the hardware quickly and easily.

Key Words : hardware, simulation, Excel, communication

1. はじめに

通信分野の回路設計やLSIのハードウェア開発を行う場合にシミュレータを使用することが必然となっている。開発の効率や品質を向上させるためにはシミュレーションの効率や品質向上が必要である。筆者らはシミュレーションを行う上での様々な問題について検討を行い、それらの問題解決を行ってきた。本論文では、これまでの活動内容を振り返り、ハードウェア開発とシミュレーションの関係を再度考察し直す。また、新たな活動として簡易エクセルシミュレータを提案し、その有効性について実例を取り上げて紹介する。

2. ハードウェア開発におけるシミュレータの役割

2.1 ハードウェア開発手順

ハードウェア開発においてシミュレータを使用する目的としては、回路図の作成や配置配線の実装などの直接的な設計をCADシステムによって検証する場合と、変復調やプロトコルなどの通信状況を実際の通信モデルも含めてシミュレーションにより検証する場合が考えられる。本論文では後者のように機器の動作や仕様がどのようにあるべきかについて、機器のみならず伝送路まで含めたシステム的な検証を行うことを目的とする。すなわち、ハードウェアを開発する際に仕様を如何にすべきか、変復調の手法の確立、などを目的としてシミュレータを使用している。また、シミュレータはハードウェアを忠実に模擬することが必要であり、動作時間毎に実行を行う逐次シミュレータを使用している。

ハードウェア開発では、回路作成以前にシミュレータを開発し、システム全体および詳細な回路までの動作確認を行うことが必要となる。その手順の例を図1に示す。まず、大まかな仕様により逐次シミュレータを開発し、

詳細仕様を決定する。この仕様を元に回路言語であるRTL (Register Transfer Level) を使って回路を開発する。RTL開発時は、逐次シミュレータとRTLが同じ動作をすることを照合により検証する。このようにして開発したハードウェアは逐次シミュレータと全く同じ特性を持つことができる。

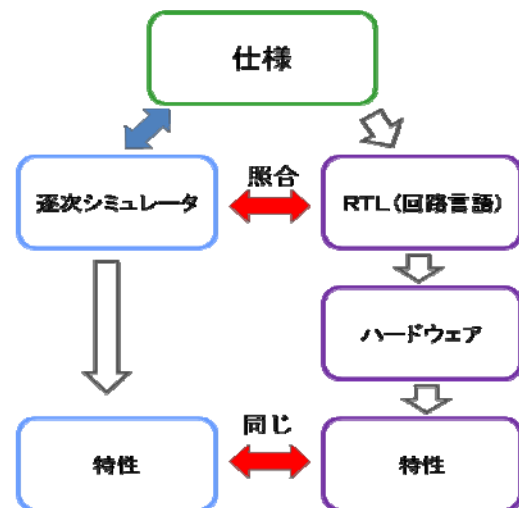


図1 ハードウェア開発手順

2.2 ハードウェア開発における課題

図1の開発手法により高品質なハードウェア開発が可能となるが様々な課題も合わせ持っている。考えられる課題について列記する。

a) シミュレーション実行時間・実行回数

逐次シミュレータを使用して多くのパラメータを変えた特性取得を行う必要がある。逐次シミュレータは伝送路や詳細な回路をイメージしているもので

あるためCPU実行時間が長くなる。実行時間・実行回数共に非常に多く、我々の部門の最近の実行実績では、実行時間平均値=10,000h/月 程度である。

b) パラメータチューニング

回路パラメータを決定するために多くのジョブ実行が必要になる。全ての組み合わせを実行することは実質不可能である。経験的なパラメータの組み合わせで評価することが多い。

c) 逐次シミュレータとRTLの照合

逐次シミュレータとRTLの両者が完全に一致していることをデータ照合により行う。小さなブロックレベルから全体レベルまで確実に実行する必要があるため多大な手間を要する。ここに抜けがあると最終的な特性が一致しない。

d) システムレベル的な動作の確認

開発するハードウェア単体の特性は図1の手順で得られるが、このハードウェアを複数配置した場合の特性も必要になる。例えば、移動無線通信における複数の端末と基地局の振る舞いなどがその例である。これらの特性を得るためには逐次シミュレータだけでは不十分である。

e) 概略性能の早期把握

逐次シミュレータを開発して特性取得を行うことになるが、逐次シミュレータ開発に時間がかかるため概略性能の把握であっても時間を要する。開発の方向性を左右するような項目については簡易的でも良いので早急な性能把握が求められる。

2. 3 ハードウェア開発における課題に対する取り組み

前節で挙げた課題について、我々がこれまで取り組んできた活動を簡単に整理する。

a) シミュレーション実行時間・実行回数

CPU速度が年々向上しているが通信の逐次シミュレーションを行うためには未だ未だ不足である。長実行時間・多実行回数に対する対策としてグリッドシステムの導入¹⁾による多量ジョブの実行、および長時間ジョブの並列動作プログラミング²⁾の両面から取り組みを行った。特に、グリッドシステムは当社で開発したCAD-Gridシステムにより省資源と短時間でのジョブ実行を可能にしている。事務PCをシミュレーションマシンとして活用することで無駄の廃除を行っている。

b) パラメータチューニング

限られたパラメータの組み合わせについてのみシミュレータにより実行し、特性の全体像を把握する試みを行った。特性の全体像を精度良く把握することでパラメータチューニングを短時間で行うことが可能になる。実験計画法を応用した統計的設計支援システムを構築し製品設計へ役立てた^{3) 4)}。但し、開発初期段階のパラメータチューニングとしては有効で

あるが、製品の評価においては、使用するパラメータ全ての特性把握が必要になる。

c) 逐次シミュレータとRTLの照合

C言語で記述している逐次シミュレータ(Cモデル)とハードウェアを忠実に表すRTLの位置関係を近づける試みが行われている。Cモデルは抽象度が高く、RTLは抽象度が低い。抽象度ができるだけ低いCモデルを開発し、Cモデルから人間の手を介さずに直接RTLを作成する設計ツールが開発されてきている。その例として、システムCやカタパルトなどの高位合成ツールがある。我々は、システムCを使用してRTLの自動作成をトライしてきた²⁾。高位合成ツールを使用することで照合にかかる手間を大幅に省くことができる。

d) システムレベル的な動作の確認

逐次シミュレータを基本特性取得のツールとして使用し、複数のハードウェアを系統的にシミュレーションするツールを別に開発する必要がある。逐次シミュレータとこのシステムシミュレータの連携を行い、短時間でトータルシミュレーションを行う試みを行った⁷⁾。この活動については、非常に大がかりなものであり現在も活動を継続している。

e) 概略性能の早期把握

昨今の通信技術の発展により、通信技術が複雑になり、それを実現するハードウェアも大きくなっている。このため逐次シミュレータの開発には多くの時間を要している。開発の初期段階で必要となる局所的な方式検討・回路検討についてはその部分だけができるだけ簡易的・視覚的に把握できるツールでシミュレーションすることが望まれる。本論文では、その解決案と実例を次章から紹介する。

これらのように、ハードウェア開発における課題の解決としてシミュレーション技術を中心に取り組んできた。シミュレーション実行の効率および品質を上げることでハードウェア開発の効率と品質が大きく向上している。

3. 簡易エクセルシミュレータ(ELS)の提案

3. 1 簡易エクセルシミュレータの活用

前節で触れたように、ハードウェア開発の初期段階に方式・回路の決定を早急に行う必要がある。このような場合に、市販のシミュレータソフト(MATLABなど)を使用することも可能であるが、できるだけカスタマイズ可能なシミュレータが望ましい。そこでマイクロソフトの表計算ソフトであるエクセルを逐次シミュレータとして活用する手段を提案する。簡易エクセルシミュレータ(ELSと呼ぶ)と簡易がついているが、動作そのものはC言語で開発する逐次シミュレータと同じである。通信分野で頻繁に使用するPLL回路を例として取り上げ、ELSの有効性を説明する。

3. 2 PLLについて

ELSの説明の前に、PLL(Phase-locked loop)について簡単に解説する。PLLは位相または周波数の同期を行うための回路であり、通信のハードウェアには必須の回路である。基本構成を図2に示す。入力(IN)から入った信号は後段の発信器(VCO: Voltage Controlled Oscillator)出力と位相比较が行われる。位相比较の結果を特定な伝達特性を持つLPF(Low Pass Filter)に通しVCOを制御する。VCO出力が出力(OUT)になる。すなわち、INから入った信号の周波数および位相にVCOが追従する回路である。簡単な回路であるが、入力信号の変動にVCOを的確に追従させるLPFのパラメータはシミュレーションで確認が必要である。また、動作開始から追従するまでの振る舞いもLPFにより大きく変わる。

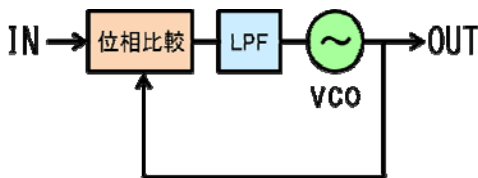


図2 PLLの基本構成

図2のPLLをデジタル化した構成を図3に示す。位相比较は減算で行い、LPFは1次と0次の変動をVCOに伝えることが可能な構成にした。ここで α と β はLPFの伝達特性を決定するパラメータである。VCOは巡回形のアキュムレータで構成している。また、VCO出力にはSIN波形を出力する変換テーブルを合わせ持っている。図中のFFはDフリップフロップを示し、1単位時間の遅延を与える。ELSで実現するために、各部分のbit数を数値で示している。この構成で表現しているそれぞれのデジタル信号の値は、このbit数で表される数値を持つ。

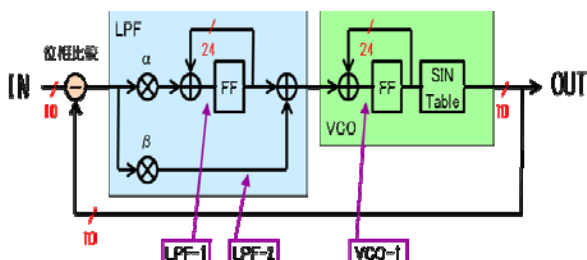


図3 デジタルPLLの構成

3. 3 簡易エクセルシミュレータの構成

図3のデジタルPLLをELSで構成する。縦方向をデジタルのサンプリング時間とし、横方向に回路中の複数のポイントを定義する。図3に示したIN、位相比较出力、LPF-1、LPF-2、VCO-1、OUTの値を列方向に定義する。図4にELSのセル配置を

示す。時間の行方向はシミュレーションを実行する時間の行数分だけ計算式を入力する。例では10000行のシミュレーションを行った。INには入力正弦波をSIN関数で作成してbit制限を与えた。それ以降のセルには図3のPLL構成に忠実に式を入力している。

時間(sec)	IN	位相比较出力	LPF-1	LPF-2	VCO-1	OUT
0.00E+00	0		184549	0	-1398102	
1.00E-08	32	-288	183397	-147456	-1361009	-256
2.00E-08	64	314	184653	160768	-1016844	-250
3.00E-08	95	285	185793	145920	-686271	-190
4.00E-08	127	257	186821	131584	-368894	-130
5.00E-08	157	228	187733	116736	-65337	-71

図4 ELSの構成(開始部分)

シミュレーション結果は、エクセルのグラフ機能を使用して視覚的な動作の把握が可能である。例えば、動作条件として下記を与えた場合のPLL追従周波数とLPF1の状態変化を図5に示す。

- ・サンプル速度 : 100 MHz
- ・IN周波数 : 1.0 MHz
- ・PLL初期周波数 : 1.1 MHz
- ・PLL初期位相 : 30 deg

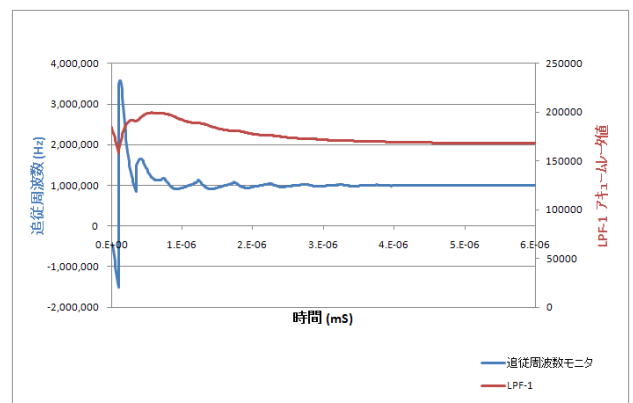


図5 状態変化の様子

また、IN、OUTおよび位相比较出力の波形モニターを図6に示す。いずれもエクセルのグラフ表示機能で簡単に作成できる。

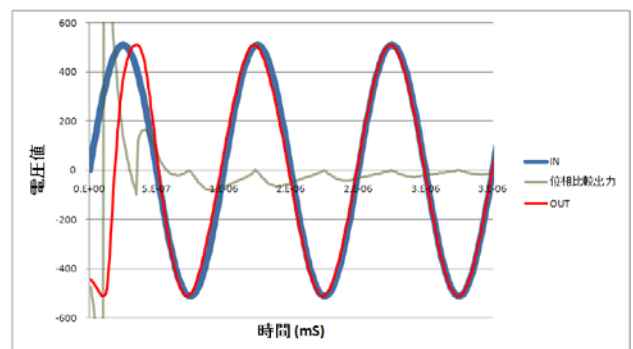


図6 波形モニター

これらの図から分かるように、初期周波数に偏差がある状態から始まり、PLLの追従動作によって位相と周波数同期が行われることが視覚的に理解できる。αおよびβのパラメータを調整しながら、これらの変化が要求特性に一致することの確認を行い、パラメータ決定することができる。この程度の回路であれば数時間程度でシミュレーション結果を得ることができ、概略性能の早期把握を可能にする。

3. 4 簡易エクセルシミュレータの効果

提案するELSの長所短所を下記にまとめる。

【長所】

- 1) 短時間でシミュレータ構築と結果を得ることが可能
- 2) シミュレーションしている回路の値全てが表示されているためデバッグが非常に容易
- 3) エクセルという汎用のソフト以外には使用しないため、環境を選ばずにシミュレーションが可能
- 4) C言語などの特殊なシミュレーション言語を学習することなくシミュレータ開発が可能
- 5) エクセルのグラフ表示を使用することで波形モニタなどが簡単に行える
- 6) C言語で開発する逐次シミュレータのデバッグ時に、動作を比較することでデバッグツールとしても利用可能

【短所】

- 1) 長時間実行が必要な回路には適用が難しい(10万行程度が限界)
- 2) 回路が大きい場合に、ファイルサイズが大きくなり扱いが不便
- 3) 回路開発(RTL)に直接リンクさせることができない

これらの長所のように、短時間で有用性の高い結果を少ない投資で得ることができる。例にあげたPLLの回路検討の場合は、C言語によるシミュレーション(約3日)に比べてELS(0.5日)は約20%以下の時間で検討結果を得ることができる。昨今、コンピュータの高速化および汎用ソフトの高性能化により、汎用ソフトを逐次シミュレータとして活用するというアイデアをELSにより実現した。ELSの長所を活かし、短所に影響しない使い方をすることで非常に有効なツールとして利用可能と考える。特に部分的な方式や回路の特性を早急に把握して開発方針を決定する場合などで大きな力を発揮する。

4. まとめ

通信分野におけるハードウェア開発の手順を明確にし、シミュレータの重要性と問題点および解決手段を説明した。これまでに行ってきた活動が今後も有効であり、引き続き活動を継続する予定である。また、概略性能の早期把握の課題に対して簡易エクセルシミュレータ(ELS)の導入を提案した。ELSにより環境を選ばずに短期間で結果を得ることが可能になる。PLL回路のシミュレーションを実例にとり、シミュレータを簡単に組めること、その結果が視覚的に得られ、新規開発に力を発揮することを示した。

通信分野のハードウェア開発における課題解決についてはこれからも積極的に活動を行い、開発効率UPを目指していきたい。

参考文献

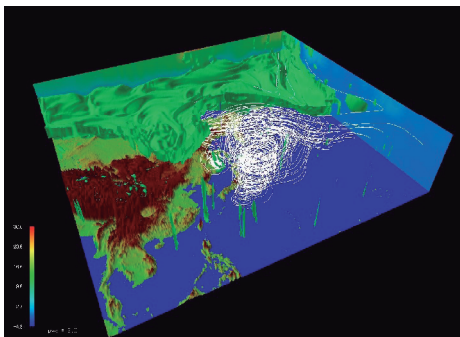
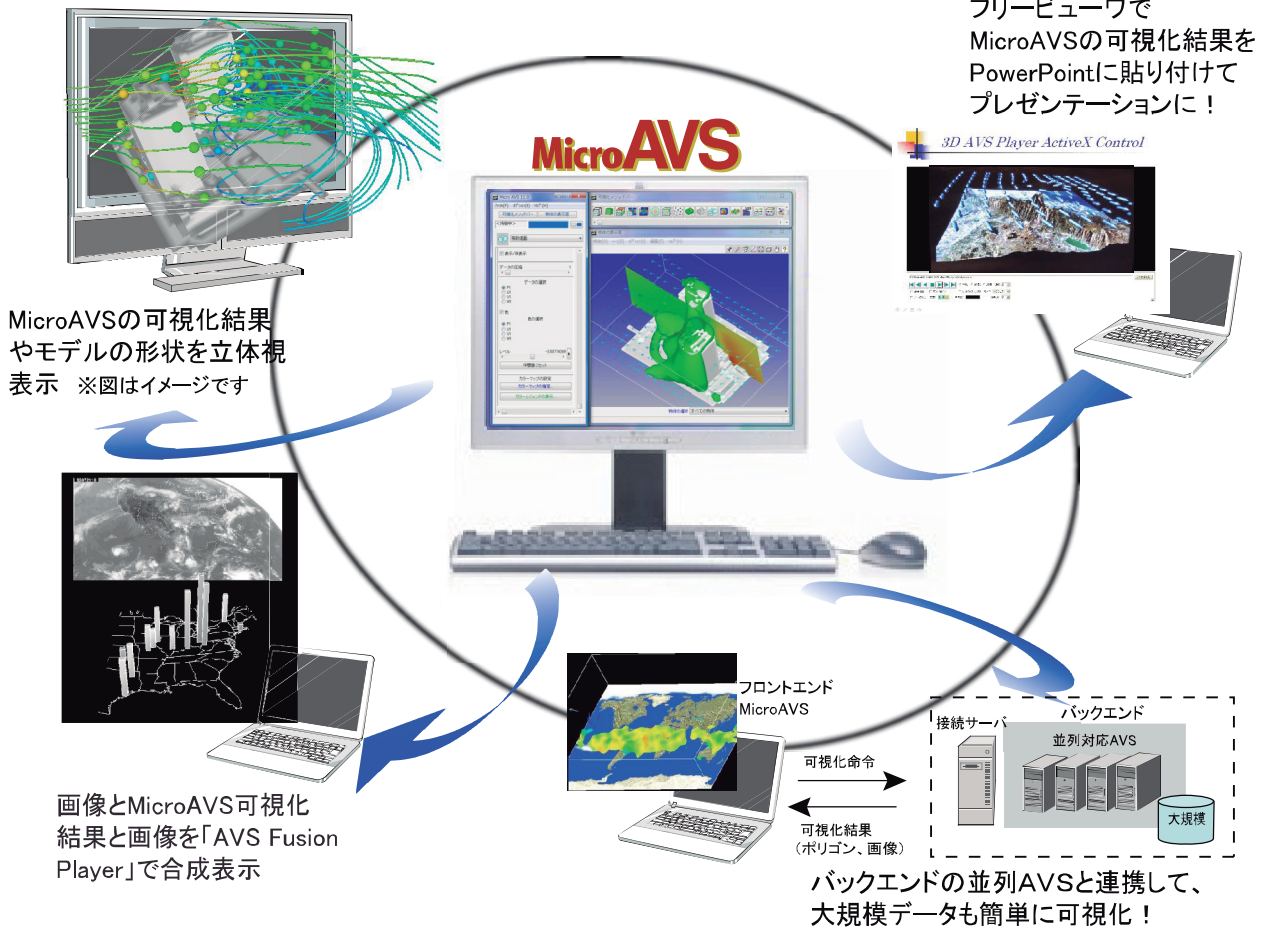
- 1) 山下智規, 中村武雄 etc. 「グリッド環境「CAD-Grid」構築と移動通信システムシミュレーションへの適用」, PSE Workshop in Sapporo(2003)
- 2) 松崎和浩, 山下智規 etc. 「System CのMPI拡張と移動通信シミュレーションの適応」, PSE Workshop & Grid Seminar in Oita(2004)
- 3) 山本佳, 小橋博道 etc. 「統計的設計支援システム・CyberGRIPを用いたグリッドシステムと移動通信システムシミュレーションへの適用」, PSE Workshop & Grid Seminar in Oita(2004)
- 4) 吉田大輔, 瓜生和也 etc. 「最適化機能を強化したSmart Grid Systemの構築」, The 8th PSE Workshop & the 3rd Grid Seminar'05
- 5) 梅田雅敬, 古舘英樹 etc. 「利用者から見たCAD-Gridシステムの活用」, The 9th PSE Workshop'06
- 6) 小林崇春, 古舘英樹 etc. 「移動通信シミュレータにおける実行時間最適化に関する検討」, The 10th PSE Workshop'07
- 7) 太田喜幸, 岩松隆則 「移動通信におけるシミュレーション技術の考察」, The 11th PSE Workshop'08

Personalなのに、Powerful! 使える機能も満載!!
Personal Visualization System

MicroAVS V12

マルチスレッド、マルチビュー対応
MicroAVSバージョン12
ただ今、好評発売中!

MicroAVSの活用で、3次元ビジュアルリゼーションの可能性が広がる!



台風の3次元シミュレーションの結果(提供:岐阜大学 吉野純 助教)

- ★わかり易いGUIを採用し、可視化の初心者でも可視化作業が簡単に!
- ★マルチスレッド対応 (Pro版のみの機能です)
流線、離散点補間、等数値面などの可視化機能をマルチスレッドで対応。可視化より速度を改善します。
- ★可視化作業のコストを大幅に低減させる「完全バッチ処理化」を実現。

★バージョンアップも受付中! 詳細はWebで!!

MicroAVS

検索

KGT
Knowledge Graphics Technology

株式会社ケイ・ジー・ティー
<http://www.kgt.co.jp/>

〈 本社 〉 〒160-0022 東京都新宿区新宿2-8-8 とみん新宿ビル
TEL 03 3225 0743

◀E-mail▶ avs-info@kgt.co.jp

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 12 回 問題解決環境ワークショップ論文集

発行日 2009年9月14日
編集発行 長崎大学 大学教育機能開発センター
〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14
TEL/FAX (095)819-2084/2259
E m a i l pse2009-info@redc.nagasaki-u.ac.jp
