

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：21602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00103

研究課題名(和文) 津波モデリングの教育と英語教育のためのサービス指向インフラストラクチャー

研究課題名(英文) Service-oriented Infrastructure for Tsunami Education and Digital Badges support for English Learning Management System

研究代表者

Vazhenin A.P (Vazhenin, Alexander)

会津大学・コンピュータ理工学部・教授

研究者番号：10325970

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：デジタルバッジ付き学習管理システム(LMS)の主要コンポーネントが設計されました。生徒にポイントを素早くかつ反復的に与えるための便利なグラフィカルインターフェイスを備えます。このポイントは日本の大学の英語村プロジェクトでの成果を認識するために使用できます。津波モデリングと教育環境では津波データの調査、収集、処理が可能です。人工水中障壁で水質計や津波のデータを編集、モデリングシナリオの指定、モデリングプロセスの実行、結果の表示ができます。パイプライン化された津波モデリングインフラストラクチャーは、計算資源の限られたコンピュータでの高速津波モデリングをサポートします。

研究成果の概要(英文)：Based on the original Virtual-MVC paradigm, the main components of the on-line English Learning Management System (LMS) with Digital Badges were designed. The system has a convenient graphical interface for awarding points to students rapidly and repeatedly. The points accumulate and contribute toward digital badges, which are used as the mechanism for recording and recognizing achievements in an English village project at a university in Japan. The Tsunami Modeling and Education Environment is oriented to study and design methods of observing, measuring, collecting and processing GIS and tsunami data. The system allows the user to tune/edit bathymetric and Tsunami Source Data containing artificial underwater barriers, specify modeling scenario, distribute data over computational resources, execute the modeling process as well represent results. The pipelined Tsunami Modeling Infrastructure supports high-speed tsunami modeling on computers with rather limited computational resources.

研究分野：コンピュータサイエンス

キーワード：e-Learning Tsunami-modeling 高機能計算 Digital Badges

1. 研究開始当初の背景

(1) eラーニング環境は、学習プロセスの不可欠な側面の教師-学生間のコミュニティ内のコミュニケーションをサポートし充実させる新たな可能性を作り出します。また、コンピュータ支援学習の強みとインストラクター指導の学習とを組み合わせることで、学生が自立した学習ができるようになる助けになると考えています。したがって、私たちは、言語教育者が教室の資格を獲得し、それらを世界と共有できるデジタルバッジを提示することができます[1]。

(2) 日本の大地震と津波によって引き起こされた影響は、異なる時間スケール、分析、リアルタイム津波警報、および長期ハザード評価におけるそのような事象からの影響をどのように軽減するかという疑問を提起しました[2]。また、GIS や津波データの観測、測定、収集、計算の手法を理解し、分類、予測、伝達するためにこの情報を使用する方法を理解するための津波教育を支援するeラーニングツールを作成することは非常に重要です。複雑かつ多様な津波モデリングメソッドとツールは学生達が異なるメソッドを使ったモデリング実験を行い比較し、新たなメソッドとツールの設計に参加することを可能にするシステムの設計を必要とします。

(3) これらのeラーニングシステムを実現するには、対応するソフトウェアツールを設計する必要があります。クラウド・コンピューティング、モバイル・テクノロジー、ビッグ・データおよびWEBベースのインターフェースの採用が増加するにつれて、アプリケーションとデータの再利用性と相互運用性は非常に重要です。これらのテクノロジーを可能にするのは、サービスが主要なビルディングブロックである疎結合の標準ベースのソフトウェアコンポーネントを開発するためのプリンシプル、ストラテジー、パターンを導入するサービス指向アーキテクチャ(SOA)です[3]。

2. 研究の目的

(1) 大学における研究の目標は効率的に優れたソフトウェアの開発アプローチ、教育と研究といった活動を支援するインフラの構築です。この一連のアプリケーションは、Virtual-Model-View-Controller (V-MVC) と呼ばれる、SOA と Model-View-Controller (MVC) という2つのよく知られたアプローチを組み合わせで作られた、設計パターンに基づいて開発されました。このアイデアは、従来の MVC のフレームワーク内で SOA ベースの分散アプリケーションを開発するアプローチとして用いられます。したがって、SOA アプリケーションの開発を補助するための VMVC ベースの技術設計を行っているとも言えます。この技術は、処理ロジックと

UI デザインの作成に対する開発者の労力と考慮を軽減し、ビューとモデルのそれぞれ個別に対するテストを従来の方法よりも容易なものとして提供します。調査としては、この技術に基づく、デジタルバッジを用いた英語学習を補助するシステム、津波のモデル化とそれを利用する教育環境を提供するシステム、といった二つのシステムの設計を実際に行いました。

(2) 英語村は、英語が母国語ではない者が多くを占めるコミュニティであり、構成員の多くはコミュニケーション能力の向上を目的としています[1]。実際にそのコミュニティは、大学のキャンパスなどといった教育を目的とした人たちにとって身近な場所に設立されており、英語村での活動への参加に対しては、「パスポート」にスタンプを集めることで参加の有無を記録します。デジタルバッジとは、活動に対する成果や得られたスキルをオンライン上で可視化したもので、賞状の贈与などの個人の成績を称えるもののデジタル版と言えるようなものです。デジタルバッジは、従来の賞状等といったものよりも細かく多くの用途を持つことができ、英語村の学習においての成績に関連するデータとして電子的に記録され、それは分析、検証、伝達することを非常に容易にします。そのため、この研究においては、バッジを発行する、またバッジを表示する Web サイトのシステムを開発することに専念しました。また、将来的にこのシステムには設定された活動に対して、受講者の状態が「完了」になったときに、バッジのポイントを自動的に付与する仕組みを実装する予定があります。

(3) 津波のモデル化とそれを利用する教育環境を提供するシステムの仔細な目的は、数値モデルとコンピュータモデリングに基づいて計算された津波現象のさまざまな側面についての研究を促進することである [4,5]。現代のモデルは、実際の事象を記録装置に書き込むまでの伝搬時間、波高および速度などの基本波パラメータが正確であると示しています。そこで、この研究に対する調査としては、新しい津波のモデリング手法の確立やそれに関するツールの研究、評価、開発に加え、効率的なモデル化を行う方法を確立するための実験として、地形学や海底地形のデータ、初期条件と境界条件、地震データの情報、それら以外のモデル化の為に数値、といった情報を含んだ様々な地域かつ複数のシナリオファイルを使用して、モデル化を実際に行い、結果を記録していく調査を行います。したがって、この調査の目的は、様々な形状、大きさ、配置構成をした海底地形や沿岸域を防護するために使用されている沿岸物(人為的もしくは自然な)等の影響を調べることでもあるとも言えます[6]。この研究では、GPUを用いたモデリングのための計算処理の高

速化にも重点を置き、津波関連の研究により集中出来るよう、かつ便利なものとししました。また、このシステムは、更なる発展のために、資源を管理するインフラによってモデル化のためのコンポーネントを統合する機能が実装される可能性があります。

3. 研究の方法

(1) 研究実装のプロセスは、オブジェクト指向プログラミング、計算とマルチメディアのクラスタリング、ネットワーク、並行、分散、SOA プラットフォームなどの最新技術に基づいています。オリジナルの仮想 MVC 設計パターンと統合スキームは、相互参照されたコンポーネントを再利用することによってソフトウェア品質を改善することに関連しています。

(2) 津波モデルと教育環境を作成するために、モデリングコンポーネントを設計するための初期ソフトウェアとして MOST ソフトウェアパッケージを使用しました[4]。またこの研究は、津波に島や沿岸地域の地形などの自然地形オブジェクトの影響を研究することにも焦点を当てています。物理モデル化[6]を補完するために、モデル化プロセスの目的は、危険な津波波のパラメータ(高さと流速)を最小にするための海底地形オブジェクトの適切な数、サイズ、配置を見つけることです。オリジナルの Bathymetry and Tsunami Source Data Editor は、形や大きさの異なる人工の防波堤や水中の障壁を追加/削除することで、水深マップや津波源のデータを編集するための基本的なシステムツールです。この研究では、ネストされた計算で使用される津波モデルの高速スキームの設計にも焦点を当てました。これにより、重要ではない海岸地域を計算プロセスから除外することによって、合計計算量を減らすことができます。

(3) デジタルバッジサポートシステムによると、この分野に関する専門文献の調査を行い、「英語村」コミュニティを育成するためのオンラインシステムのニーズを特定しました。デジタルバッジとは、成果やスキルをオンライン上で表現したもので、デジタル版の紙認証に似ています。バッジに関する情報は、今後のアクセスとレビューのためのメタデータとして保存されます。いくつかのより大きなポイントの目標に寄与する少数の加点を与えることで、常習的かつ継続的な努力を奨励することは有益であることが多いです。

(4) 最も一般的で広く使用されているオープンソースの LMS である Moodle は、バッジ発行サイトとバッジ表示サイトの両方として使用できます。標準的な Moodle インターフェイス経由でポイントを加えることが困難であることを考慮した上で、英語の村プロジェクトにおけるポイントの素早くかつ

細かな加点を促進するために、ポイントを入力する軽い方法が必要でした。

4. 研究成果

(1) SOA ベースのソフトウェア設計の手法の一つとして、V-MVC パターンのフレームワークを用いて形式化する方法を用いました。このパターンを検証するために、V-MVC に基づくプログラミング手法を用いる環境を構築しました。会津大学においてもソフトウェア工学の授業の演習でのこの手法を用いた実装や、MVC 並びに SOA について学ぶ学生の研究プロジェクトにおいてもこの手法が用いられた実績があります。学生からの、この手法に対して、半数は二週間ほどで、この手法の基礎的な部分を十分に理解できたと評価し、84%は四週間あれば、この手法を用いたソフトウェア設計に関して、十二分に理解することができたと評価した、というデータがあります。V-MVC パターンの理解に対する評価された難易度の表として図1に示しました。

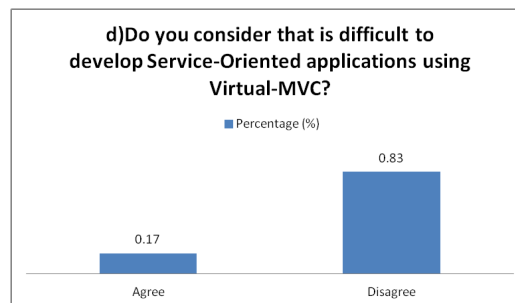


図 1. Example of Usability Survey Evaluation

(2) デジタルバッジに関連するシステムとしては、moodle 上の課題に対するフィードバックの別のプラグインとして、バッジのシステムに関連した点数を設定する新しいインターフェイスを設計しました。そのインターフェイスの使用例を図2に示します。

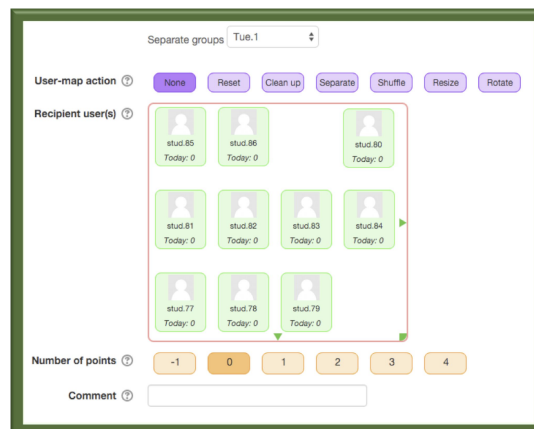


図 2. Point Accumulator for Digital Badges

(3) システムは高知工科大学で2つの主な教育環境の中で英語村を持つことで試行されました。これらは、(1) セミナールームで自発的で時間外の英会話のクラスに参加する8名までの少人数のグループ、(2) 大学の教室で行われる40名までの中規模のグループで英語の必修クラスです。試行中、加点の付与だけでなく、試験やレポートなどの非加点タスクのスコアの付与にもインターフェイスを使用できることが明らかになりました。現在、会津大学に適応しています。

(4) 前述したように、津波のモデリングと教育のための一連のツールとコンポーネントが開発されました。元の「Bathymetry and Tsunami Source Data Editor」は、形状や大きさの異なる人工海溝や水中障壁を追加/除外することにより、水深や津波のデータをオブジェクト指向で編集するための基本的なシステムツールです。これにより、海岸地域を保護するために、津波波の危険なパラメータ(高さや速度)を最小限に抑えながら、これらの障壁の適切な数、サイズ、配置を見つけることができます(図3)。表1では、4つの数値実験の結果が、異なるサイズおよび配置の平行六面体形状の障壁で提示されています。

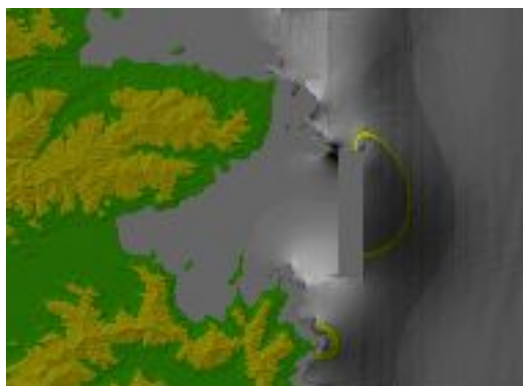


図3. Modeling of the Coast Protection via a Rectangular Barrier

表1

No	Place of Barrier	Size (km)	Tsunami Max Wave (m)
0	No Barrier	-----	3.10
1	38.577148 141.6129	9.433x 0.9443	2.80
2	38.577148 141.6129	4.721x 0.9443	2.70
3	38.577148 141.6129	9.433x 0.9443	2.35

(5) グリッドスイッチングパイプライン津波モデリング構造は、限られた計算資源を持つシステム上で高速津波モデルをサポートするように開発されました。パイプライン方式は、計算リソース上に領域を分散し、領域間の境界のバッファリングを使用して各領域

の計算を同期させることによって実現されます。表2に示された試験の結果は良好な性能を示しました。CUDA アクセラレータと組み合わせた分散コンピューティングを使用して、すべての計算を同時に実行する計算の研究室規模での実装の可能性を確認できます。また、共有されたリソースを持つ分散マルチコンピュータシステムを通して、このシステムをクラウドベースの計算に拡張します。

表2

nn	Architecture	Time (min)	Speedup
1	Sequential, SSD	T1= 283.3	T1/T1=1
2	Pipelined, SSD	T2= 151.0	T1/T2= 1.87
3	Sequential, SSD, 2 CUDA-boards	T3= 60.0	T1/T3= 4.72
4	Pipelined, SSD, 2 CUDA-boards	T4= 41.0	T1/T4= 6.90 T3/T4= 1.46
5	Pipelined, SSD 1 CUDA-board	T5= 104.6	T1/T5= 2.70 T2/T5= 1.44

(6) 言及された可能性はすべて、上記の津波モデリングプロセスのフレキシブルな管理と同様に、様々な海底測量マップをサポートする便利な Web ベースのエンドユーザーインターフェイスによってサポートされます(図4)。したがって、主なユーザーの活動は:

1. モデリングシナリオの指定。
2. 利用可能なリソースの確認。
3. 計算資源上のデータの分配とモデリングの実行。
4. クライアントサイトでの結果の収集と表示。

Tsunami Modeling Topics

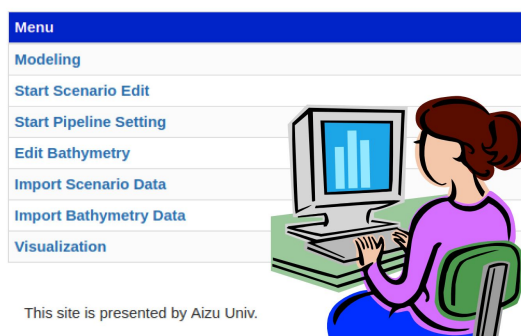


図4. WWW-based Interface for the Pipelined Tsunami Modeling

(7) 設計したモデリングツールは、さまざまな数値実験をサポートします。提示した実装では、学生がモデリング手法を学習するだけでなく、新しい手法やシステムコンポーネントを現在のアーキテクチャに同時に展開するように積極的に参加するアクティブな学習スタイルを構成できます。現在、これらのツールは卒業研究で使用されており、分散コンピューティングと数値モデリングのコースになります。

<引用文献>

- (1) R. Rughinis, Talkative objects in need of interpretation. Re-thinking digital badges in education, *Proc. of the Int. Conf. on Human Factors in Computing Systems (CHI '13)*, 2013, pp. 2098-2108, 2013.
- (2) <http://www.tsunami.noaa.gov/education.html>
- (3) Th. Erl, SOA Design Patterns, Prentice Hall, 2009.
- (4) V. Titov, C. Synolakis, Numerical Modeling of Tidal Wave Runup, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. 124 (4), 1998, pp. 157-171.
- (5) N. Shuto, F. Imamura, A. Yalciner, and G. Ozyurt, *TUNAMI2: Tsunami Modeling Manual*, <http://tunamin2.ce.metu.edu.tr/>
- (6) A. M. Fridman, L. S. Alperovich, L. Shemer, An. G. Marchuk, Tsunami Wave Suppression using Submarine Barriers, *Physics-Uspekhi*, vol. 53 (8), 2010, pp. 809-816.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 11 件)

- (1) K. Hayashi, A. Vazhenin, An. Marchuk, Cloud-based Pipelined Nested Tsunami Modeling, *Proc. of the Twenty-eighth (2017) Int. Ocean and Polar Engineering Conference, Sapporo, Japan*, 2018, pp. 714-719.
- (2) F. Kono, N. Nakasato, K. Hayashi, A. Vazhenin, S. Sedukhin, Evaluations of OpenCL-written Tsunami Simulation on FPGA and comparison with GPU implementation, *The Journal of Supercomputing*, Vol. 74, 2018, pp. 1-29, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11227-018-2315-8>.
- (3) A. Vazhenin, A. Mikheeva, P. Dyadkov, A. Marchuk, The Software using Digital Databases and GIS Interface for Detecting Geodynamic Structures, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 297, 2017, pp. 576 - 592, DOI: [10.3233/978-1-61499-800-6-576](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-800-6-576)
- (4) K. Hayashi, A. Vazhenin, An. Marchuk, Investigation of the Artificial Underwater Object's Protection Properties using Numerical Modeling, *Proc. of the Twenty-seventh (2017) Int. Ocean and Polar Engineering Conference, San Francisco, USA*, 2017, pp. 981-988.
- (5) M. Lavrentiev, A. Romanenko, D. Kuzakov, A. Vazhenin, Determination of Initial Tsunami Wave Shape at Sea Surface, *Proc. of the IEEE OCEANS 2017 ABERDEEN Conference, Aberdeen, Scotland*, IEEE Publisher, 2017, pp. 1-7, DOI: [10.1109/OCEANSE.2017.8084933](https://doi.org/10.1109/OCEANSE.2017.8084933)
- (6) K. Hayashi, A. G. Marchuk, A. Vazhenin, Numerical Modeling of Tsunami Propagation on a Sequence of Refining Grids, *AIP Conference Proceedings*, Vol. 1907(1), 2017, pp. 1-11, DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5012633>
- (7) G. Bateson, A. Vazhenin, J. Brine, A Graphical Interface for Awarding Incremental Points for Digital Badges in an English Village Reward System, *Proc. of 11th Int. Technology, Education and Development Conference (INTED2017)*, 2017, pp. 2060-2067. DOI: <https://doi.org/10.21125/inted.2017.0613>
- (8) K. Hayashi, A. Vazhenin, A. Marchuk, Source Data and Bathymetry Editor in Tsunami Modeling Environment, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Vol. 286, 2016, pp. 235-245, DOI: [10.3233/978-1-61499-674-3-235](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-674-3-235).
- (9) R. Cortez, A. Vazhenin, Virtual Model-View-Controller Design Pattern: Extended MVC for Service-oriented Architecture, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 10 (4), 2015, pp. 411-422. DOI: <https://doi.org/10.1002/tee.22101>
- (10) K. Hayashi, A. Vazhenin, An. Marchuk, Service-Oriented Tsunami Modeling: VMVC-Based Functional Engines, *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 513, 2015, pp. 376-390. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-17530-0_26
- (11) A. Vazhenin, K. Hayashi, An. Marchuk, Trans-Boundary Realization of the Nested-Grid Method for Tsunami Propagation Modeling, *Proc. of the Twenty-fifth Int. Ocean and Polar Engineering Conference (ISOPE 2015)*, Kona, Hawaii Big Island, USA, 2015, pp. 741-746.

[学会発表](計 7 件)

- (1) K. Hayashi, A. Vazhenin, A. Marchuk, Numerical Modeling of the Tsunami Wave Suppression by a Submerged Barrier, *The 27th International Tsunami*

- Symposium (ITS2017)*, August 21, 2017, Bali, Indonesia.
- (2) K. Hayashi, A. Marchuk, A. Vazhenin, The Algorithm for the Conveyor Computation of Tsunami inside Japanese Harbors using the Sequence of Grids, *The 7th Int. Tsunami Symposium*, September 13, 2016, Ispra, Italy.
- (3) K. Nagasu, K. Sano, F. Kono, N. Nakasato, A. Vazhenin, S Sedukhin, Parallelism for High-Performance Tsunami Simulation with FPGA: Spatial or Temporal? *IEEE 24th Annual Int. Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines*, May 2, 2016, Washington, USA.
- (4) A. Vazhenin, Tsunami Modeling Infrastructure based on Hybrid Bathymetry, *Symposium on Big Data Analytics in Science and Engineering*, December 9, 2015, University of Aizu, Japan.
- (5) G. Bateson, J. Brine, A. Vazhenin, Can Digital Badges Help Students Focus on Learning? *41st Annual International Conference on Language Teaching and Learning & Educational Materials Exhibition*, November 21, 2015, Shizuoka, Japan.
- (6) Sh. Takano, K. Hayashi, A. Vazhenin, An. Marchuk, Hybrid Tsunami Modeling Infrastructure: Tsunami Source Data and Bathymetry Editor, *The Int. Workshop on Applications in Information Technology (IWAIT-2015)*, October 8, 2015, University of Aizu, Japan.
- (7) G. Bateson, J. Brine, A. Vazhenin, Motivating Change through Digital Badges, *Eurocall Conference 2015*, August 27, 2015, University of Padova, Italy.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://sparth.u-aizu.ac.jp/kakenhi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

ヴァジエニン A・P (Vazhenin A・P)
会津大学・コンピュータ理工学部・教授
研究者番号：10325970

(2) 研究分担者

ブライン ジョン (Brine John)
会津大学・コンピュータ理工学部・教授
研究者番号：60247624

(3) 連携研究者

渡部 有隆 (ワタノベ ユタカ)
会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授
研究者番号：30510408

吉岡 廉太郎 (ヨシオカ レンタロウ)
会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授
研究者番号：00360008

中里 直人 (ナカサト ナオヒト)
会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授
研究者番号：00392051

(4) 研究協力者

(Mikhail Lavrentiev)
Novosibirsk State University, Russia,
Professor

(Andrey Marchuk)
ICM&MG SO RAN, Russia, Professor

(Alexey Romanenko)
Novosibirsk State University, Russia,
Associate Professor

(Gordon Bateson)
Kochi University of Technology, Japan,
Professor

(Marcin Paprzycki)
Systems Research Institute of PAS, Poland,
Professor