

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 8 日現在

機関番号：35403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23700998

研究課題名（和文）

自学習習慣の養成を目指したプッシュ型 e ラーニングの開発とその効果

研究課題名（英文）

Development of a push-based e-Learning for self-studying and its effectiveness

研究代表者

松本 慎平 (Shimpei Matsumoto)

広島工業大学・情報学部・助教

研究者番号：30455183

研究成果の概要（和文）：現在広く使われている一般的な e-Learning システムは、自ら積極的にシステムを利用する学習者を前提としている。しかしながら、従来の e-Learning の基本機能だけでは、能動的な自学習習慣が確立されていない学習者層の支援は困難であった。そこで、本研究では、プッシュ型 e-Learning と呼ばれる新たな仕組みに着目した。本研究は、学習習慣が十分に確立されていない学習者層を対象としてプッシュ型 e-Learning を活用する。具体的には、学習に対する日常的な「気付き」の提供が自学支援と学習習慣の養成に有効ではないかと考え、携帯電話のメール転送機能を利用したプッシュ型 e-Learning を開発した。これにより、各学習者は自動的かつ定期的に練習問題を受けることができるようになった。

研究成果の概要（英文）：At present, common e-Learning systems have been designed for positive learners whose learning habits are already established to some degree. To assist students other than the positive learners, most of who has more difficulty in learning with the usual e-Learning systems, this paper focuses on a new type of e-Learning system called "push-based e-Learning". The push-based e-Learning is for learners who cannot establish study habits or take an active part in learning, and be an essential tool for supporting self-study continuity. This study realizes push service by e-mail technology of cell-phone. The system, used in conjunction with an interactive e-mail service through cell-phones, allows users to automatically receive up to some exercise e-mails a day.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：教育工学

科研費の分科・細目：学習環境

キーワード：e-Learning, LMS, Web, データベース, プッシュ型, 携帯端末, 電子メール, 問題配信アルゴリズム

## 1. 研究開始当初の背景

教育支援を目的に構築された情報システムは、総称して e-Learning と定義される。WebCT や Blackboard などのソフトウェアや、あるいは Moodle や NetCommons などのオープンソースパッケージを利用することで、ネットワーク技術に関する一般的な基

礎知識を有してさえいれば、誰でも簡単に e-Learning を構築できるようになった。また、Twitter などソーシャルウェブサービスとの連携や、マルチメディア機器の導入、Skype などの ICT ソフトウェアを組み合わせた多機能な e-Learning も提案されている。その中でも特に、携帯情報端末を取り入れる試み

は、最近特に注目される話題のひとつである。以上を活用して、学習者の実践活動の記録や双方向性・情報共有を重視した講義運営や、さらには学習生活支援へも進展しつつある。

教育の情報化は、教育を主な研究対象とする学術団体のみならず、情報処理技術を主な課題とする学術団体でも教育支援を目的とした研究会が組織化されるなど、昨今重要な課題として認識されている。最近では、教育に対するエンタテインメント性、特にゲーミフィケーションの導入に関する報告、安価に入手可能となった携帯情報端末を教育に応用する試み、また、BlogやSocial Networking Serviceの仕組みの活用など、情報技術の教育への導入はますます進展しつつある。

情報技術の普及と発展と共に優れた学習支援環境の構築は進められているが、多くのe-Learning環境では、特定の利用者しかシステムを利用しないと現状が確認されている。その大きな要因として、教材にアクセスするまでの能動的な手間にあるのではないかと考えた。従来のシステムの場合、そのサービスを受けるためには、学習者が問い合わせなければならない。したがって、既存のe-Learningが想定している利用者は、積極的・能動的に勉強する習慣が身に付いている者であり、同様に既存の機能で十分な学習者は、その学習領域に対してある程度の興味関心を既に有している者であると考えられる。よって、従来のe-Learningの基本機能だけでは、自学習慣が確立されていない学習者や、興味関心を十分に持つことができない学習者を支援することができなかつた。

## 2. 研究の目的

### (1) 対象の設定

本研究では、従来型のe-Learningを積極的に活用できる学習者は、学習習慣が既に十分に確立されている学習者であり、時間外で補助するほどに深刻ではないと考えた。そして、早急に支援すべき学習者は、従来のe-Learningの基本機能だけでは継続的に利用できない学習者、すなわち、自発的に学習する習慣が身に付いていない学習者や、学習に対して興味関心を十分に持ち合わせていない学習者ではないかと考えた。酒井は、全ての人材を、積極的学習者、消極的学習者、学習拒否者の3つに分類した。この分類はe-Learningの学習者も同様であると考えられるため、本研究はこの言葉を借りて、対象とすべき学習者を消極的学習者と定義した。酒井によると、消極的学習者は、彼らが取り組まなければならない学習を避ける傾向にあると設定している。本研究では、もし消極的学習者の学力を高めることができれば、彼らは良い結果を残すことができるようになり、結果として学習に対して積極的になるの

ではないかと期待した。そのために必要なこととして、初期段階においては、特に基礎学力を身に付けるまでは、教示者は学習者に学習機会の提供をできるかぎり強制しなければならないと考えた。

### (2) 手法の設定

消極的学習者を積極的学習者とするために、システム側からの能動的な問いかけが効果的であると考えた。また、手軽な学習機会を提供するため、携帯電話の普及率の高さや、身近で手軽なインターネット環境を提供可能なことを踏まえた結果、携帯電話の利用が有効ではないかと考えた。以上を踏まえて、本研究では、自学自習を支援することを目的として、携帯電話の電子メール機能を用いたプッシュ型e-Learningシステムを開発した。利用者側からコンテンツに問い合わせる形式のe-Learningはプル型、一方、システム側から利用者にコンテンツを提供するe-Learningはプッシュ型と定義されている。本研究では、これを自学学習習慣の養成に活用することを目指した。本研究のシステムでは、携帯電話が採用しているプッシュ型メールシステムを利用するため、利用者自身がコンテンツに能動的に訪問しなくても、問題のメールが自動的に配信される。利用者は配信されたメールの指定箇所に解答を記述し、返信することにより採点結果を即座に受けることができる。また、専用サイトにアクセスすることで、達成度や弱点、全体での自身の順位を把握することができる。解答履歴はデータベースに記憶されているため、集積された解答データを活用し、採点の自動化や各自の習熟度の理解、全体の傾向把握に役立たせることができる。一般的なLMSとデータベースを共有することで従来のシステムと併用が可能であるため、一般的なe-Learningだけでは充足が困難であった学習の支援を補完できる。以上に加えて、データマイニング法を応用することで、利用者の到達度に応じた学習教材を継続的に生成・配信することも視野に入れた。個人対応の学習機会を創出し、学習者に対応した問題配信手法の基礎構築を目指して研究を進めた。

## 3. 研究の方法

### (1) システムの概要

プッシュ型e-Learningでは、携帯電話が採用しているプッシュ型メールシステムを利用する。よって、利用者自身がコンテンツに能動的に訪問しなくても、電子メール内に記述された学習教材は利用者の各端末に非同期的に配信される。Moodleのデータベース内で管理された問題バンクを共有しており、電子メールの形式に自動的に変換して問題を各利用者に提供する。各利用者は、彼らの

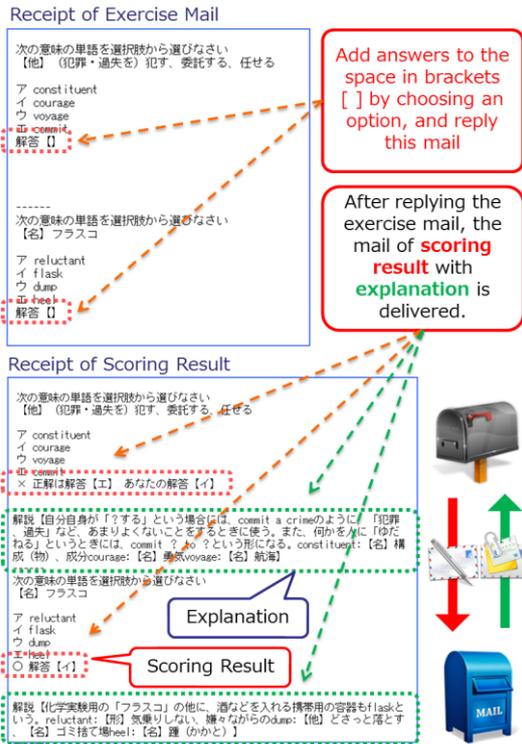


図 1 教材配信の一例

システム設定, 例えば配信日時や練習問題数などに従って, 自動的かつ継続的に教材を受け取ることができる。

システムは大きく 3つの手続きにより利用される。(1) 1問以上の練習問題を記述した電子メールが利用者に対して自動的に配信される。(2) 各利用者は, 彼らの回答をそのメールに付与して返信する。指定箇所をクリックするか, または引用した本文の指定箇所に解答を記述する。件名にはハッシュ値が記述されているため, 件名のハッシュ値を残したまま返信する。(3) システム側で自動採点を行っているため, 利用者は採点結果をすぐに得ることができる。なお, 現時点では, 全ての問題は多岐選択形式に基づいている。

その他の付加機能として, 専用サイトにアクセスすることで, 達成度や弱点, 全体での自身の順位を把握することができる。解答履歴はデータベースに記憶されているため, 集積された解答データを活用し, 採点の自動化や各自の習熟度の理解, 全体の傾向把握に貢献できる。なお, 一般的な電子メールプロトコルを利用しているため, PC で学習支援を受け取れることも可能である。図 1 に練習問題のやりとりを示す。図 1 上部には, システムから配信された教材コンテンツ(練習問題)が示されている。この問題の本文を引用文として残したまま指定箇所に解答を記述し, 返信することで, 図 1 下部に示している正誤結果を受け取ることができる。また, システムのインタフェースの一例を図 2 に示す。



(a) LMS サービスストップ画面



(b) 機能の一例(問題管理画面)

図 2 開発したシステムのインタフェース

## (2) 利用技術

システムは主に 2つの主要な機能によって構成されている。一つは LMS サービスであり, もう一つは電子メール送受信サービスである。LMS のサービスは, LAMP 環境により動作し, LAMP 環境は Linux kernel 2.6.38, Apache 2.2.22, PHP 5.3.5, MySQL 5.1.54 で構成されている。また, Web サイト構築のフレームワークには CakePHP 2.2.5 を利用している。LMS により, 様々なサービスが Web ブラウザ経由で利用可能となる。サービスの種類は教示者側と学習者側とで異なっている。教示者側では, 各利用者の基本情報, 全学習者の点数確認, 学習履歴確認, そして, 各利用者の学習設定情報確認, 例えば練習問題配信時間, 問題配信数などである。学習者側では, 利用者情報設定, 問題情報設定管理, 学習履歴管理, 対話機能, 学習履歴分析機能である。様々な種類の情報, 例えば各練習問題の配信数や正答率, 各利用者の返信率, 各利用者の正解率などはデータベースに保存されているため, いつでも閲覧可能である。

本研究では, 学習対象として, 継続的な学習が重要となる資格学習, 英単語学習で予備実験を行った。資格学習としては, 情報処理技術者試験を対象とした。本研究により, IT パスポートの問題を 21 期分計 1680 問, 基本

情報技術者試験の問題を26期分計2080問と新たに応用情報技術者試験の問題17期分計1360問を新たに登録した。英単語学習としては、理工系学生にとっての必修英単語のデータベースであるCOCET 3300を利用した。

### (3) メール自動採点・送受信機能

本研究では、Java 1.6.31で動作する3つのサーバアプリケーション、電子メール送受信、問題の自動生成、利用者の回答の自動採点、をそれぞれ開発した。その中の一つは、電子メールの自動送受信機能を提供するサーバアプリケーションであり、著者らはこれをMail Assistance Agent(MAA)と名付けた。MAAは、先行研究によって既に開発を進めていたシステムであり、電子メールの利用を支援するためのサーバソフトウェアである。電子メールとデータベース間のやりとりを抽象化させることで、データベース操作言語やメールプロトコルといった知識を要することなくテキスト処理の拡充が可能となる。MAAでは10秒間毎に電子メールの送受信状況を監視している。各利用者が設定した時刻に練習問題のメールが送信されるが、メール送信の時刻となったとき、練習問題を自動生成するためのサーバアプリケーションが呼び出される。正解・不正解の選択肢はデータベースの中からランダムに選出される。ただし、各問題には難易度が設定されているため、学習者の到達度を表現した経験値(問題に正解するごとに得点が加算されるようになってい)に応じた確率で問題が配信されるようになっている。また、不正解の選択肢については、英単語の場合であれば同じ品詞や正解語とアルファベットが近い語が高い確率で選択されるようになってい。この処理の後、練習問題のテキストは生成され、そして電子メールの本文に追加される。同時に、このとき電子メールの件名に一意のハッシュ値が与えられる。そして、電子メールは送信待ちのデータベースに登録される。MAAは監視中に送信待ち状態のメールを取得し、設定されたSMTPサーバにメールを転送する。これを利用者は練習問題メールとして受けることになる。このメールに対して、彼らの回答を付与してメールを返信する。利用者は、ハッシュ値を残したまま電子メールを返信しなければならない。例えば、もし件名が`12126221801`であったなら、利用者は`Re: 12126221801`か、または同様の形式でメールを返信しなければならない。返信の後、指定のPOPサーバが利用者の回答メールを受信する。MAAはその電子メールを取得し、回答待ち状態としてその電子メールをデータベースに登録する。採点待ちデータベースに登録された際、他の自動採点サーバアプリケーションが呼び出され、全ての採点待ちメ

ールの採点を行う。採点結果の取得と共に、統計情報を更新する。自動採点が完了すると、採点結果を報告するメールは送信待ちの状態データベースに登録される。これを確認したMAAは、利用者に採点結果を送信する。

## 4. 研究成果

### (1) 主要な取り組みの概要

平成23年度度においては、e-Learningの大規模運用時の動作を考慮したサーバ環境の整備、試作システムのサーバ環境への対応、そして、サーバ上での試験運用とその動作の検証を主に取り組んだ。まず、システム開発用の端末やネットワーク環境、動作検証用のサーバ構築を行い、次に、試作システムの開発に取り組んだ。具体的には、本提案の要件定義を行い、プッシュ型e-Learningが持つべき汎用機能を具体化した。この過程で、提案システムの長短や特徴を明確にするため、MoodleによるLMS環境を導入し、その効果を検証した。その結果、プッシュ型e-Learningが持つべき機能を明確にしたばかりではなく、Moodleとのデータ連携の可能性を確認した。この成果を踏まえて、提案システムの応用対象を絞ることができた。従来、著者らは資格学習と語学学習を提案システムの対象として考えていたが、資格学習に限ってはMoodleの利用で十分であるという結論を得たこと、語学、特に英単語学習であれば、より手軽で継続的な学習が求められているということを確認できた。以上から、英語学習に限定したシステムのカスタマイズを完了させた。その他、MAAの拡張を行った。従来、MAAはWindowsクライアント端末内で動作していたものであったが、Linux環境で動作を可能とした。メールサーバ構築とメール転送については、Gmailのメール転送機能や、さくらインターネット社の仮想専用サーバを採用した。

平成24年度度においては、利用を促すデザインインタフェースの実装、データマイニング技術に基づく意思決定支援法の問題配信アルゴリズムへの応用可能性検証、導入手続きの簡略化と環境設定文書の作成、ソースコードの可読性向上をオープンソース化へ向けての課題と技術的課題としながら、複数現場での運用実験により各種機能の洗練を図った。以上今年度から着手した課題と共に、昨年度からの継続課題として、メール自動生成、配信用サーバ開発・動作環境の構築、小規模実験からのサーバ負荷や動作状況の調査を行った。同時に、昨年明らかとなったMoodleとの連携可能性についてさらに調査を進めた。まず、年度当初から、協力学生を数名集い、利用を促すデザインインタフェースの実相開発に着手した。CakePHPと呼ばれるPHPフレームワークを採用し、MVCモ

デルに基づいて可視性・拡張性を考慮しながら各処理を実装した。ここでの取り組みにより、オープンソース化に向けて大きな成果が得られた。昨年度においてプロトタイプシステムが完成していたため、システムの改良と並行させて試験運用を行い、利用履歴情報を獲得した。専用のデータマイニングソフトウェアを活用しデータ分析を行った結果、項目反応理論に基づく問題配信アルゴリズムの適用可能性を見出した。

## (2) 試験運用及び結果

本研究では、開発したシステムを評価するため小規模の運用実験を行った。システムは研究室内の7人の被験者を対象として、COCET 3300を用いて120日間運用した。7人の学習状況を表1に示すと共に、運用期間の経過に応じた被験者ごとの返信率の推移を図3に示す。表1、図1では、被験者の名前をAからFで表記し、Obtained Scoreは、問題に正解する度に加算されるポイントを表しており、以降経験値と表記する。表1、図1から、経験値が最も高い学習者は被験者Dであり、被験者Dは多くの問題を一つのメールに同時に配信していた。しかし、被験者Dは継続的に返信していなかったが、プッシュ配信は有効であると述べた。被験者Eは、経験値が2番目に高い学習者であり、英語を得意とする。当初被験者Eはシステムに強い関心を持っていたが、運用期間の途中から関心を失い利用を放棄した。被験者Eはより多くの問題登録を望んでいたが、システムの機能については好意的な意見を得た。被験者AとBは高い返信率であり、普段から携帯電話をよく使う学習者である。彼らは英語に関心を持っているが、彼ら自身では積極的に使うことができていなかった。被験者AとBは練習問題の配信は大変手軽で良いと述べた。被験者C、F、Gは、英語が得意でない学習者であり、さらに、通常のLMSだけでは支援が不十分である消極的学習者である。消極的学習者であっても、配信された練習問題に対していくつかは返信が得られているため、LMSだけの場合と比較してプッシュ配信は効果的であると考えられる。被験者C、F、Gは、彼らにとって難しすぎる問題に対してはほとんど返信しなかった。ここで、彼らは彼らの理解度に応じた問題の配信を強く望んでいた。また、それを実現できていれば、ここでの結果以上にシステムを利用できていたと述べた。この結果から、情報推薦手法を応用するなどにより、学習者の理解度に応じた問題配信の重要性を確認した。

次に、各被験者に送信した練習問題メールに対して返信されるまでの間隔について調査した(表2)。表2は各被験者の返信間隔(日)に応じたメール数を示している。例えば間隔

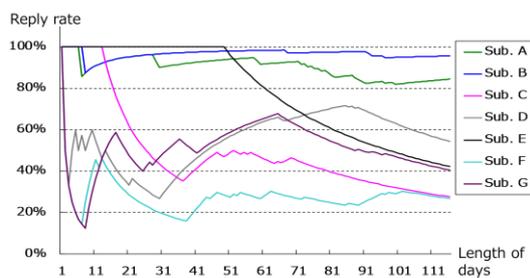


図3 運用期間の経過に応じた返信率

表1 被験者の学習状況

Subjects	A	B	C	D	E	F	G
Obtained Score	342	501	207	1879	551	68	373
Total of Mails Sent	160	137	122	122	123	122	124
Number of Mails Replied	133	122	32	62	49	30	46
Reply Rate	83.1%	89.1%	26.2%	50.8%	39.8%	24.6%	37.1%

表2 各被験者の返信間隔

Interval (Days)	Sub. A	Sub. B	Sub. C	Sub. D	Sub. E	Sub. F	Sub. G
1	123	51	28	21	30	21	19
2	5	13	2	5	4	2	4
3	2	9	1	9	3	3	0
4	0	9	0	3	3	0	2
5	0	6	0	3	3	1	1
6	1	5	0	3	3	1	1
7	1	4	0	3	2	0	2
8	0	3	0	2	0	0	1
9	0	3	0	4	0	0	1
10	0	1	0	3	0	0	1
11	0	5	0	2	0	0	0
12	0	1	0	1	0	0	0
Over	0	11	0	3	0	2	14

が1であれば、実験期間内で1日以内に返信されたメール数を表している。この結果から、各被験者の学習スタイルが確認できる。例えば、被験者は大きく3つのグループに分類でき、1つめは、被験者AとC、2つめは被験者B、D、G、3つめは被験者EとFである。大部分のメールの返信間隔は1日以内であり、日が長くなるにつれてその度数は減少する傾向にある。返信間隔の長いメールのほとんどは、他のメールと同時刻にまとめて返信される場合が多かった。返信間隔は各自の予定に強く依存するため、各自の予定を考慮した配信手法の確立が必要であると考えられる。一方練習問題メールは継続的に配信されているため、学習の意識付けという点ではプッシュ配信は効果的ではないかと考えている。ここでの実験では、返信率や返信間隔といった指標のみに基づいた評価であるため、意識付けに対する影響の定量評価手法の構築が今後必要である。

## (3) 問題配信アルゴリズム

現在のシステムでは、問題配信はランダムに行われている。個々の学習者に適した問題を配信すること、また、学習者の意欲を高めるためには、何らかの指針に基づいた配信が必要であると考えられる。そこで、まず情報推薦の代表的手法である協調フィルタリ

グに着目した。協調フィルタリングを用いて、利用者に適した問題の推薦・配信を行うシステムの検証実験を行った。その結果、推薦を行う前にある程度の量の学習履歴データを蓄積しなければ利用者へ適切な推薦ができないこと、また、すでに正解した問題が推薦されるといった問題点が明らかとなった。その他、たとえば同じ傾向の学習者を見付けられた場合であったとしても、合った問題か、間違った問題か、問題配信の場合はどういった問題を推薦すべきであるかという点を明確にすることができなかった。

以上の予備実験の結果を踏まえて、本研究では、配信する練習問題の内容が受験者学習者にとって適切かどうかを判断するため、テスト問題内容の難易度や受験者の能力からを推定することがすることが可能な項目反応理論に着目した。項目反応理論では、協調フィルタリングに比べ少ない情報量で早くに推薦を行うことができる。この手法では、問題や被験者の能力によって問題の難易度と被験者の能力の測定することがなく、瞬時に被験者に最適な適切な問題を選ぶことができる。そのため、瞬時に適切な問題を、利用者に提供することでの効率的に学習を進める促進することができると考えている。

本研究では、項目反応理論によって導かれた各変数をデータベースに蓄積させ、その変数値をもとに学習者へ配信すべき問題を推薦可能とするシステムを実装した。推薦を行うために重要となる利用者学習者の情報は、問題配信により必要な回答を事前に得ることで準備できる。ここでの成果を踏まえて、今後は、長期的運用を踏まえて、利用者に適した問題を推薦し、その問題について利用者が評価を行う。その結果、有用性の高さを確認できれば、本研究の e-Learning システムとして機能を実装する予定である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- (1) Shimpei Matsumoto, Masanori Akiyoshi and Tomoko Kashima, Development of Push-Based English Words Learning System by Using E-Mail Service, Proc. of The 15th International Conference on Human-Computer Interaction, to appear (2013), 査読有.
- (2) Shimpei Matsumoto, Masanori Akiyoshi and Tomoko Kashima, English Words Learning Environment for University Students of Science and Technology by Using a Push-Based e-Learning System, Proc. of The First Asian Conference on Information Systems, pp.249-250 (2012), 査読有.

- (3) Tomoko Kashima and Shimpei Matsumoto, Estimating the Difficulty of Exercises for Inactive Students in User-Based e-Learning, IAENG Transactions on Engineering Technologies, Vol.7, pp103-115 (2012), 査読有.

[学会発表] (計 5 件)

- ① 原田康弘, 松本慎平, 秋吉政徳, 加島智子, 英単語学習教材配信システムに対する項目反応理論の適用, 平成 24 年度 JSiSE 学生研究発表会講演論文集, <http://www.jsise.org/society/presentation/>, (東広島市市民文化センター 2013/3/2).
- ② 松本慎平, 楠木佳子, 三熊祥文, 石井義裕, 中島吾妻, 時間外学習が重要な講義に対する LMS の効果的活用法の検討 - 広島工業大学における Moodle の活用事例を主として -, 第 37 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.70-71, (千葉工業大学, 2012/8/22)
- ③ 加島智子, 松本慎平, 理工系学生を対象とした英語学習支援システムの運用と効果検証, 第 37 回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.102-103, (千葉工業大学, 2012/8/22)
- ④ 松本慎平, 情報科学のための e ラーニング活用, 第 16 回情報科学研究会 (尾道大学, 2012/2/29)
- ⑤ 加島智子, 松本慎平, 個人対応の学習支援環境構築のための機能要求の抽出とデータ設計, 第 36 回教育システム情報学会全国大会 講演論文集, pp.118-119 (広島市立大学, 2011/8/31-9/2).
- ⑥ 石崎匠, 松本慎平, 加島智子, 自学学習支援を目的とした携帯情報端末への問題の自動配信, 2011 IEEE SMC Hiroshima Chapter 若手研究会講演論文集, pp.97-98 (広島市立大学, 2011/7/9)

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
松本 慎平 (Shimpei Matsumoto)  
広島工業大学・情報学部・助教  
研究者番号: 30455183
- (2) 研究分担者  
なし
- (3) 連携研究者  
加島 智子 (Tomoko Kashima)  
近畿大学・工学部・講師  
研究者番号: 30581219