

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 1日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300305

研究課題名（和文） eラーニングにおける多機能型eポートフォリオ・システムの開発

研究課題名（英文） Development of multifunctional e-Portfolio system in e-learning

研究代表者

植野 真臣（UENO MAOMI）

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授

研究者番号：50262316

研究成果の概要（和文）：本 e ポートフォリオ・システムの特徴は、(1)個人の e ポートフォリオを構造化し、ハイパーリンクでつなぐことにより、多様なパスで有用な他者情報の発見を支援する、(2)高度な検索機能により、キーワード検索、過去の優秀なレポートやテスト成績の良い学習者、相互評価の高い学習者などが容易に検索できる、(3)すべての階層で多様なアセスメント機能が用意されており、自己のリフレクションを誘発するだけでなく、優秀な他の学習者の発見に利用できる、などが挙げられる。実データより、本システムの有効性を示す。

研究成果の概要（英文）：The e-Portfolio system (1) provides structured individual e-Portfolios and hyperlinks that enable students to quickly locate useful information created by others in various way, (2) features user-friendly, intelligent search capabilities making it easy to search for keywords and identify other bright students (based on past reports, test scores, peer assessment, and so on), and (3) supports an array of assessment techniques at all levels that not only encourage students to reflect upon their own learning but can be used to quickly identify the best students who consistently do excellent work. Actual trial use of the system demonstrates that the e-Portfolio system is effective.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	8,700,000	2,610,000	11,310,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：e-ラーニング、eポートフォリオ

1. 研究開始当初の背景

近年、学習理論において構成主義の台頭と共に、学習活動や課題、評価方法等の「真正性(authenticity)」が強調されている。真正な学習・評価は、現実的な課題（真正な課題）と、現実的な文脈を持った学習内容（真正な文脈）のもとでの現実に即した活動（真正な

活動)を意味する。また、真正な学習・評価においては、学習の中に評価が埋め込まれていることが特徴である。真正な評価で用いられる学習者個人に関わる大量の電子データを e ポートフォリオと呼ぶ。しかし、実際にはその概念さえ曖昧であり、現在、開発されている多くの e ポートフォリオ・システムで

は、レポートやプログラムなどの電子上の成果物を蓄積し、電子掲示板や自己評価機能、相互評価機能を付け加えることでリフレクションを誘発するものを指すことが多い。例えば、eラーニングに絞り込んだだけでも、学習評価に用いられるデータは、レポートなどの学習成果物の他にそれへの様々な評価結果、大量に蓄積された学習履歴や電子掲示板での議論過程、演習テスト結果、その他のテスト履歴、など大量で多岐にわたるデータが得られる。本研究では、これらのデータを統合的に格納し、縦断的、横断的に解析しフィードバックできるシステムを開発する。著者はこれまで大規模学習者集団の自律的な協調型 eラーニング環境を実現するための LMS (Learning Management System) “Samurai” を開発し、多年にわたり実践を行ってきた。このシステムでは、主に A.大量に蓄積された学習履歴のデータ・マイニングおよび学習エージェントによるアドバイス生成機能、B.学習成果物の蓄積と自己評価・相互評価機能および電子掲示板機能、C. e テスティングによる演習問題、最終テストおよびテスト履歴、テスト結果のデータ・マイニング機能、の学習評価機能を持っている。しかし、現状では A,B,C のシステムはそれぞれ独立に動作しており、これらを互いに関連付けることにより、(学習に組み込まれた) 多様な学習評価を実現することができる。

2. 研究の目的

本研究では、eラーニングで大量に蓄積される多様な学習データを整理・格納し、さまざまな状況・目的に応じてポートフォリオの作成、評価、学習への活用を支援するシステムを開発する。さらに申請者がこれまで開発してきた LMS “Samurai” に実装し、実践することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) システム開発

LMS “Samurai” を搭載した eラーニングサーバーに、本研究で購入した eポートフォリオ・サーバーを接続し、当該研究目標の eポートフォリオ・システムを構築する。これにより、コンテンツ配信処理と複雑な演算処理とを完全に分離し、スムーズに動作する eラーニング環境を設定する。システムは以下の機能を開発する

- ① 現在利用されている eポートフォリオの現状を調査し、レビューしたうえで、eポートフォリオの多様な目的、機能を整理する
- ② 多次元時系列ポートフォリオ・データの統一利用システムのデータベース設計
- ③ マルチメディア eポートフォリオ・システムの開発・実践
- ④ 発話カテゴリ／発話者の MDL マルコフモデ

ルへの当てはめと議論過程の圧縮と可視化

- ⑤ ベイジアン・ネットワークによるキーワード分析と可視化
- ⑥ 多変量ロジスティック分析によるキーワード分析と学習者の多次元布置分析による可視化
- ⑦ サポート・ベクター・マシン、決定木、ナイーブ・ベイズ、ベイジアン・ネットワークなどを用いてセルフ・アセスメント、ピア・アセスメント、e テスティングの結果からエキスパートによるアセスメントの統合評価を予測するシステム開発
- ⑧ 学習者の学習状況に適応してアセスメント方法の組み合わせを選択し、それに適応したインターフェースを提示するシステムの開発
- ⑨ 項目反応理論を用いてピア・アセスメントの評価精度を向上させるシステムの開発
- ⑩ ピア・アセスメントにおける項目反応理論を利用して学習者に応じてその成果物評価についての情報量を最大化にする評価者を計算し、推薦するシステムの開発
- ⑪ 被評価者と評価者を最適化させた学習履歴データのピア・アセスメント・システムの開発
- ⑫ eポートフォリオ利用履歴データベースの設計と開発
- ⑬ eポートフォリオ利用履歴データベースとベイジアン・ネットワークを利用した状況に適応して最適な eポートフォリオ利用方法を推薦するシステムの開発

(2) システムの実践と評価

LMS “Samurai” における eポートフォリオ機能を実際の eラーニング実践に利用し、eラーニングにおける有効なポートフォリオ活用モデルを構築する。機能なしで実践された場合の評価との差異を検討し、効果分析を行う。

4. 研究成果

(1) 本研究でのポートフォリオの分類

学習者個人を対象とした eポートフォリオは、その機能によって以下のように大別できる (IMS、2005)。

- ① アセスメント eポートフォリオ…学習者の学習成果を管理し、それを評価に用いる
- ② プレゼンテーション eポートフォリオ…学習者の昇進や雇用のための情報を提示
- ③ ラーニング eポートフォリオ…学習者の身に付けた知識やスキルが追跡でき、リフレクションすることを目的として、レポート、プログラム、テスト結果等あらゆる学習成果物を蓄積
- ④ ワーキング eポートフォリオ…学習のプロセスについての情報を蓄積

これらのeポートフォリオは、相互に補完すべき情報を持ち、一つのシステムに統合すべきであると考えられる。①-④のポートフォリオを統合した概念として、IMS(2005)は「ディベロップメント e ポートフォリオ (Personal Development e-Portfolio)」を定義している。しかし、ディベロップメント e ポートフォリオに対応した具体的なシステム設計については議論されていない。例えば、実際に開発されている e ポートフォリオ・システムでも、①-④の一部の機能に特化しており、組織的には情報が統合されていない。

本研究では、①-④を階層的に統合したシステムを開発し、多様な目的に応じて重要な他者情報を発見できるようにする。先の①-④の分類は機能的には重複があるので、ここではLMS"Samurai"を大学で利用することを前提に期間単位を用いて以下のようなポートフォリオの分類を行う。

- キャリア・ポートフォリオ…学習者が履修してきたコース・ポートフォリオの集積、さらに教育機関修了後も生涯学習として学習目標を決定し、ルーブリックを作成して学習成果物を蓄積し、ピア・アセスメント、セルフ・アセスメントなどを行ったもの。在学中、卒業後も続く長期間のeポートフォリオ
- コース・ポートフォリオ…授業単位で集積されるeポートフォリオ。学習成果や学習履歴、ピア・アセスメント、セルフ・アセスメント、テスト成績などが蓄積される
- トピック・ポートフォリオ…1トピックの学習が終了するまでに学習の誘導、促進を行い、学習プロセスおよび結果を引証付けるために使われるeポートフォリオ
- コンテンツ・ポートフォリオ…1コンテンツの学習過程にかかわる学習履歴や学習の途中の未完成物や作業物も含まれ、短期間で用いられる

上の各ポートフォリオは、上のものが下のものの情報を包含する階層構造となっている。すなわち、コンテンツ・ポートフォリオ \subseteq トピック・ポートフォリオ \subseteq コース・ポートフォリオ \subseteq キャリア・ポートフォリオという情報の包含関係であり、上位のポートフォリオは下位のポートフォリオの集積であると考えられる。つまり、上の階層になるほどポートフォリオの情報範囲と情報粒度は大きくなる。これにより、学習者はその目的に応じた階層のポートフォリオから他の学習者の情報を探し出すことができる。

(2) システム概要

一般にeポートフォリオは、LMSと相補的な関係にある。本システムも、前述のLMS"Samurai"と連携しており"Samurai-folio"と呼ぶ。"Samurai-folio"の構成は図1の

おりである。eポートフォリオでの学習者の振る舞いは、LMS"Samurai"により、学習履歴は統一的に蓄積・管理される。

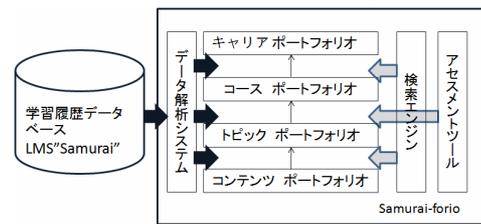


図1 eポートフォリオの構成

本システムは"Samurai"で蓄積された膨大な学習履歴データから現在学んでいるコンテンツの情報を蓄積し、コンテンツ・ポートフォリオとして表示できる。その情報を集積して90分に対応する授業の情報を蓄積したポートフォリオが図2のトピック・ポートフォリオである。トピック・ポートフォリオでは、①トピック内で学習者が学習してきた学習コンテンツ名とリンク、②各コンテンツへの反応、③各コンテンツの学習時間、④学習回数、⑤掲示板および学習成果物が提示されている。トピック・ポートフォリオ、コンテンツ・ポートフォリオでは、詳細な学習履歴、学習途中の学習成果物も蓄積されるので前述の分類ではラーニング・ポートフォリオ、ワーキング・ポートフォリオの役割を果たしていることになる。

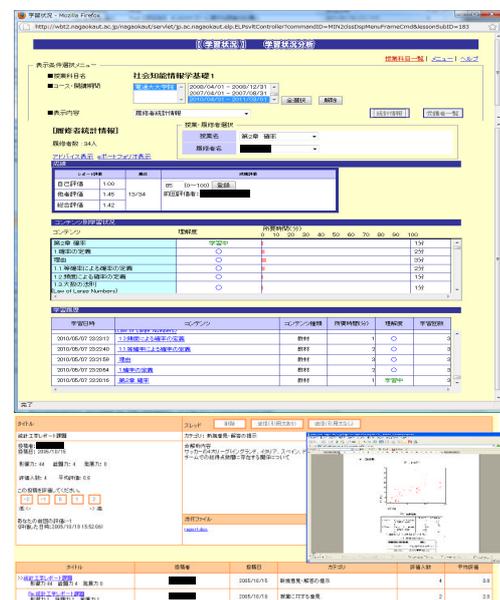


図2 トピック・ポートフォリオ

トピック・ポートフォリオにおいて蓄積された学習成果物から最終的な成果を選択するとそれらのデータと学習履歴データ、ピア・アセスメント、セルフ・アセスメントを1つのコースに対応させて集積し、図3のコース・ポートフォリオに蓄積する。コースの進捗や理解度、ピア・アセスメント、セルフ・

アセスメントの平均値が他の学習者のその平均とともに提示される。また、このコースでのテスト結果の総合順位も提示されている。このページには、各トピックごとの進捗率、所要時間、理解率が他の学習者の平均値とともに提示され、学習者自身のリフレクションを生起できるように工夫されている。コース・ポートフォリオは大学では学期（前期、後期、通年）における一つの授業コースに対応しており、ラーニング・ポートフォリオの上位の階層に位置し、互いにリンクされている。「私の学習課題」ではコースに対する学習目標と学習課題を学習者自身が入力し、達成度をセルフ・アセスメントで評価し、達成されたと自己評価された課題は「完了した課題」に移動させる。これにより、自己の達成を振り返り、リフレクションを促すことができる。このコースで提出した学習成果物（最終バージョン）についてピア・アセスメントが行われた結果の平均値、その順位が提示されるとともに教師により選ばれたベストプラクティスの成果物には◎が提示される。また、同じ課題でベストプラクティスを受賞した学習成果物（過去から現在まで）がショーケースとして学習者のポートフォリオ一覧に展示される。ベストプラクティスを選択するとその学習者のポートフォリオに移動し、学習成果物が提示される。それを閲覧することにより、受賞者のポートフォリオをより詳細に調べたりできる機会が増え、他の学習者のポートフォリオを閲覧する機会が誘発されるように設計されている。

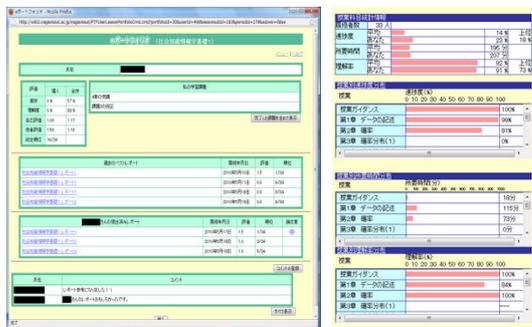


図3 コース・ポートフォリオ

教師には各コースの履修学習者の学習成果物のピア・アセスメントの平均値、テスト結果、eラーニングでの達成度と理解率とそれらの重み和としての最終得点、レポート提出状況一覧に各コースごとに課題一覧とそれに対応する学習成果物の提出状況（提出率、全員提出かどうか）、各学習者と提出された学習成果物が提示され、これを閲覧しながら、成績をつけたり、学習成果のベストプラクティス（複数可）を選定できる。また、総合成績は教員がテスト結果、ピア・アセスメントについて重み和を与えて決める。重みは教師

が自由に決めてよいし、各学習者の最終成績にも修正値を入力でき微妙な調整もできる。このように、コース・ポートフォリオはカリキュラムに組み込まれていることから前述の分類ではラーニング・ポートフォリオ、アセスメント・ポートフォリオとしての性格が強い。

さらに全てのコースのポートフォリオを集積するとSNS形式のキャリア・ポートフォリオが生成される（図4）。キャリア・ポートフォリオでは、学習者のプロフィール、学習日記、ピア・アセスメント、セルフ・アセスメント、総合評価の全平均、が提示され、自己の設定した全ての学習目標（課題）および達成状態が一覧できる。キャリア・ポートフォリオは、学習者の成績表を含めた履歴書としての機能もあり、写真付きプロフィールや学習に関するブログ日記という役割を持ち、日々の学習目標や活動を記述していく欄もある。前述の分類では、ラーニング・ポートフォリオとプレゼンテーション・ポートフォリオの役割を主に果たす。

コース・ポートフォリオ同様に、ページ自身もピア・アセスメント、セルフ・アセスメントの対象であり、コメントも投稿され、コメントが投稿された学習者のポートフォリオとリンクが自動的に生成される。キャリア・ポートフォリオはまさに学習コミュニティにおけるSNSであり、学習成果よりもむしろインフォーマルな関係から学習者が互いにリンクできる階層として設計されている。本システムでのポートフォリオ階層化の狙いは、学者者同士のリンクから学習成果物や学習履歴の閲覧へ誘導したり、逆に学習成果物や学習履歴からその学習者のページに誘導し、その学習者の他の学習成果物や学習履歴を閲覧できることであり、これにより他者からの学びを促進することである。

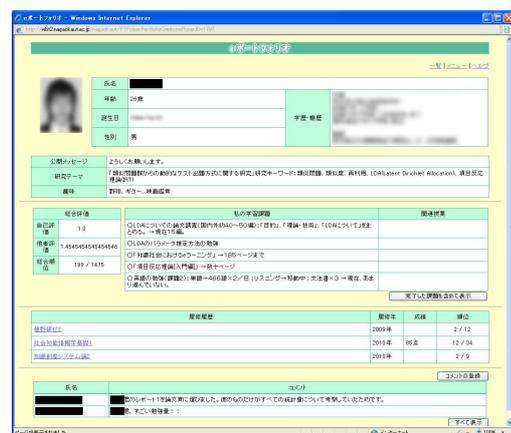


図4 キャリア・ポートフォリオ

検索システム

本システムでは、検索システムを用いて学習者が興味のある学習者や学習成果物を検

索することができる。このシステムでは、検索キーは、1. 学習者名、2. コース名と期間、3. 順位（成績、ピア・アセスメント）、4. キーワード、である。

(3)実践と評価

①実践環境

著者が担当する統計学のeラーニング授業での大学院修士1年用のコースでSamurai-folioを使用した。授業は、15回である。初めに90分の対面授業を行い、本授業の理念・方法について詳細に説明し、成績、学習履歴、レポートなどの学習成果、等を他学習者に公開することの利点を説明したうえで、それに賛同した学習者のみに受講を許可している。システムは、これらの情報の公開／非公開を管理者が個別に設定できる。

eラーニング受講スケジュールは1トピックが一週間で学ぶと決められており、そこで学んだ手法を用いて各自データを採取しフリーソフトRを用いて分析して翌週中にレポートを提出しなければならない。グループは約10名ずつに分かれ、そこでピア・アセスメント(5段階)を行ってレポートを採点する。このために最低、グループ内の他の約9名のレポートはレビューしなければならない。14回目の授業は、受講者を10人ずつのグループに分け、学習者が最終レポートを対面形式でプレゼンテーションを行い、相互評価を行った。15回目の授業は、最終テストであり、学習者は各々、自宅や研究室から、一度だけWeb上のeテストを受検でき、それが最終テスト結果としてサーバーに保存される。本システムを用いて、2009～2010年の2年間で91名の受講生が履修している。

②学習履歴データによる閲覧遷移分析

本システムのポートフォリオ階層構造が他学習者のポートフォリオ閲覧を促進できたかについて評価した。2年間の講義でLMSに蓄積された学習履歴より、eポートフォリオの操作履歴について以下のようなページ閲覧カテゴリを用いて学習者の閲覧系列データ(2598系列)を作成した。

1. 検索（検索キー：テスト成績）
2. 検索（検索キー：キーワード）
3. 検索（検索キー：ピア・アセスメント成績）
4. 他者／5. 自身のキャリア・ポートフォリオ
6. 他者／7. 自身のコース・ポートフォリオ
8. 他者／9. 自己の学習成果物
- a. 他者／b. 自身のトピック・ポートフォリオ
- c. ベスト・プラクティス

上のカテゴリにおいて1～3は検索システムを用いたこと、4～7、a、bは各ポートフォリオのページに滞在していたこと、8、9は他者／自己の学習成果物を閲覧していたこと、cはベスト・プラクティスリストから閲覧して

いたこと、を示している。

各学習者の学習プロセスにおいて、閲覧系列データとしてのカテゴリ系列データが得られる。例えば、系列データ“579”は、当該学習者が自身のキャリア・ポートフォリオを閲覧し、コース・ポートフォリオに移動して、自己の学習成果のページに移動した、ことを意味する。学習者の閲覧遷移を分析した結果、本システムを用いて多様なパスで他者のポートフォリオを閲覧していることが示され、他者ポートフォリオ閲覧を誘発していることが示された。

③学習効果に関する評価

他者ポートフォリオからの学びが生起しているかについて評価するため、以下のeラーニング実践での学習成果について、最終テスト結果、進捗度、学習時間を比較した。

1. 講義型eラーニングで対面授業と同じ統計学をLMS“Samurai”で学ぶ授業、ただし、掲示板でレポート提出、学習者同士の議論は行われる(2007年実施)
2. LMS“Samurai”で学習履歴データを公開した授業(2008年実施)
3. 本システムを用いた授業

ただし、すべての授業で同じ講義ビデオ、テスト、レポート課題が提示され、同じ形式でピア・アセスメントが実施されている。

比較の結果、本システムを用いた場合の途中放棄者の割合が、用いない場合に比較して、有意に低かった。この結果は、本実践で、真正な目的による文脈化された活動が内発的に動機づけしただけでなく、他者からの評価が外発的にも動機づけし、学習者の自律的な持続学習を促進できたと解釈できる。

また、最終テスト・進捗度・学習時間の項目ごとに、比較した結果、テスト結果は本システムを用いた授業が、用いていない授業より有意に高く、進捗度は本システムを用いた授業と学習履歴のみを公開した授業が、用いていない授業よりも有意に高かった。この結果から、学習履歴を公開することが学習者の進捗度を促進していることがわかる。他の学習者の進捗が分かることにより、自身と比較して学習を促進できたと解釈できる。また、本システムを用いることにより、途中放棄率が減少し、テスト成績も有意に向上していることから、他者ポートフォリオを活発に相互閲覧する学習環境が効果的であったことを示している。また、従来のLMS“Samurai”でも、協調学習機能として掲示板はあるが、本システムにより学習動機、成績ともに改善できたことは興味深い。

この原因をより深く分析するために、アンケートを本システムを用いた授業の受講生81名(最終テスト受験者)に最終テストと同時に実施した。得られたデータを分析した結

果、以下のことが示唆された。

- ・ 学習成果を公開することが外発的動機を高め、持続的学習を可能にし、学習の推敲を繰り返したり、リフレクションすることにより、深い学びを実現させている。
- ・ 単に他者ポートフォリオを閲覧するのではなく、他者からの指摘や他者成果の問題点から学習へのリフレクションを促進することにより、学びの達成感および内発的動機を向上させ、持続的学習および深い学びを可能にしている。

学習履歴や成果物を単に公開・共有できるだけのシステムでは活発な相互参照を生起させることが難しいことが報告されてきたが、本システムが学習者間の相互参照を活性化できたことが、学習者の持続学習への動機と深い学びに貢献できたと結論づけられる。

(4)まとめ

多機能型 e ポートフォリオ・システム "Samurai-folio" の開発を行った。その特徴は、個人の e ポートフォリオを構造化し、ハイパーリンクでつなぐことと高度な検索機能を組み合わせることにより、多様なパスで有用な他者情報を発見できることを支援していることである。実際に大学院で本システムを用い、多様なパスで他者ポートフォリオの閲覧を促進できたことを示した。また、実データの分析より、ポートフォリオが他者に評価されるという意識が学習を促進するだけでなく、他者の学習成果物から学んだり、それを批判的に分析することにより、持続学習への動機向上と深い知識獲得を支援できることを示し、それらが単に掲示板を用いただけの協調学習では実現できないことも示した。今後は、本システムで、具体的にどのような学習が生じているのかについて詳しく分析していきたい。

本研究により、以下の意義が期待される。

- ・ これまで学問的に曖昧に扱われてきた「e ポートフォリオ」の定義、方向性にインパクトを与え、新しい分野開拓に貢献できる。
- ・ e ポートフォリオを学習に埋め込んだ自律的 e ラーニングの実践に利用することにより、新しい e ラーニングの実践モデルに貢献できる。
- ・ e ポートフォリオ・システムに関する知的支援システムはほとんどなかったので、新しい技術革新としてインパクトがある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 12 件)

- ① 植野真臣、宇都雅輝、他者からの学びを誘発する e ポートフォリオ、日本教育工学会論文誌、査読有、35 卷(2)、2011、169-182

- ② 吉川厚、植野真臣、学習評価のデザイン、人工知能学会誌、査読有、25(2)、2010、283-290
- ③ Maomi Ueno、Intelligent LMS with an agent that learns from log data、The journal of Information and Systems in Education、査読有、7-1、2009、3-14

〔学会発表〕(計 9 件)

- ① Maomi Ueno、Robust learning Bayesian networks for prior belief、Association for Uncertainty in Artificial Intelligence、2011 年 7 月、Barcelona, Spain
- ② 植野真臣、多機能型 e ポートフォリオシステム "Samurai-folio" の開発、日本教育工学会研究会、2010 年 7 月 3 日、電気通信大学

〔図書〕(計 4 件)

- ① 植野真臣、荘島宏二郎、朝倉書店、学習評価の新潮流、2010、187
- ② Maomi Ueno、Information Science Publishing、Handbook of Research on Methods and Techniques for Studying Virtual Communities: Paradigms and Phenomena、2010、841 (303-317)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

植野 真臣 (UENO MAOMI)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授

研究者番号：50262316

(2) 連携研究者

森本 康彦 (MORIMOTO YASUHIKO)

東京学芸大学・情報処理センター・准教授
研究者番号：10387532

藤原 康宏 (FUJIWARA YASUHIRO)

兵庫医科大学・医学部・准教授

研究者番号：30305338

永森 正仁 (NAGAMORI MASAHIRO)

長岡技術科学大学・工学部・助教

研究者番号：80334697

橋本 貴充 (HASHIMOTO TAKAMITU)

独立行政法人大学入試センター・研究開発部・助教

研究者番号：20399489

安間 文彦 (ANMA FUMIHIKO)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・助教

研究者番号：70422574

安藤 雅洋 (ANDO MASAHIRO)

長岡技術科学大学・工学部・助教

研究者番号：00345539