

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 30 日現在

機関番号：20103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2014

課題番号：23501158

研究課題名(和文) ICT人材育成向け統合教育ドキュメンテーション基盤の構築

研究課題名(英文) ICT Human Resource Development For Integrated Education Documentation System

## 研究代表者

大場 みち子 (Oba, Michiko)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：30588223

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：(1)教育コンテンツのDITA化とRDF化にもとづく教育ドキュメンテーションリポジトリ(蓄積系)を設計・開発した。(2)コラボラティブ教育ドキュメンテーション環境(活用系)として学習者が自ら取捨選択して学ぶPull型の学習環境とPBLの状況や担当する役割に応じて学習すべき教育コンテンツを推薦するPush型学習環境を開発した。(3)クリエイティブ教育ドキュメンテーション環境(生成系)として、教育コンテンツをソフトウェア工学の知識体系を用いてチャンク単位でトピックをまとめてトピック管理の効率化を図る方式を開発した。

研究成果の概要(英文)：(1) We have designed and developed the education documentation repository based on DITA of the RDF of education content (storage system). (2) a collaborative education documentation environment Push-type learning environment the learner to recommend educational content to be learned according to the situation and is in charge of the role of their own selection and Pull type of learning environment and PBL to learn in as (use of system) It was developed. (3) as a creative educational documentation environment (generating system), and we have developed a method of improving the efficiency of the topic collectively manage a topic educational content in chunks using a body of knowledge of software engineering.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：PBL ドキュメンテーション RDF DITA LOD 推薦

### 1. 研究開始当初の背景

工学系の大学では産業界が求める実践的な ICT 人材の育成が急務である。これを具体化する方策としてプロジェクト単位でのソフトウェア開発を実施する Project Based Learning (PBL)が注目され、各大学にて実施されている。これに対して、応募者等は全員、実践的 ICT 人材育成の教育に携わり、座学での講義や PBL の実践教育を実施してきたが、つぎの課題に直面した。実践的な ICT 人材の育成では同期型学習、非同期型学習で知識の概念を形成し、PBL などの実践型学習により実践力を養うという関係がある。しかしながら、これらの学習形態に関わる教育コンテンツはそれぞれ個別に生成、管理されているため、コンテンツの作成効率や最新情報へのアップデート、相互活用が困難というドキュメンテーション上の問題があった。具体的には開発するソフトウェアのテーマや開発時に作成するドキュメントの管理方法や共有方法、再利用の促進などに関する標準的な方法論は確立されておらず、各大学単位、教員単位の独自手法になっている。また、ソフトウェア工学などの同期型学習については、教員単位の教育コンテンツに留まっており、共有が図られていない。e-Learning も同様に単一大学内での利用に留まっている。以上の背景に対して、大場は企業内の知識共有およびドキュメンテーション、XML の利用や Web サービスの構築、ワークフロー業務開発などに多数関わった経験から、セマンティック Web 技術をベースとした Linked Open Data (LOD) で教育コンテンツ間の関係と公開/非公開を定義することで、ICT 人材育成に必要な 3 種類の学習形態の教育コンテンツ間の関係や LOD で公開された外部のコンテンツとの関連付けて巨大な教育コンテンツが構築できる着想を得た。また、技術文書の標準仕様 DITA によるコンテンツの一元管理 (ワンソース) の着想は情報処理学会デジタルドキュメント研究会のコアメンバの大場および開発プロセス・ドキュメントの標準化に携わってきた奥野の発想である。さらに、要求定義・設計フェーズを中心としたソフトウェア開発プロセスの改善や開発における情報共有、Moodle をベースとした e-Learning システムなどのユーザインタフェース設計手法に関する多数の研究実績がある伊藤はドキュメンテーションリポジトリ CMS 開発の発想に関与した。

### 2. 研究の目的

本研究は ICT 人材育成のための教育を高度化、効率化するためのドキュメンテーション方式の確立を目標とし、ICT 人材育成向け統合教育ドキュメンテーション基盤を構築する。提案方式は、教育コンテンツの生成、蓄積、活用を管理するドキュメンテーション方式であり、セマンティック Web 技術をベースとする Linked Open Data とオープンな

XML 仕様である DITA に基づくものである。教員、学生のインタラクションからなる同期型学習と学生主体の e-Learning などの非同期型学習、Project Based Learning などの実践型学習の 3 種類の教育コンテンツ利用形態の構造化と統合ドキュメンテーション環境としてのコンテンツマネジメントシステムの構築から構成され、最終的には、インストラクショナルデザイン、教務システム、産学連携や他大学などの別組織からも利用可能とする統合的な学習管理システムへの統合を目指すものである。

### 3. 研究の方法

(1) 教育コンテンツを対象とした DITA 化, RDF 化の策定

教育コンテンツを再利用度の高い DITA 形式で定義し、重複を排除し 1 ソースマルチプルユースを実現する。教育コンテンツの DITA 化のイメージを図 1 に示す。教育コンテンツをトピックという情報の最小限の単位で作成・管理する。このトピックをコンテキストに依存しない粒度で管理しており、マップという構成定義で組み合わせてアウトプットを構成する。

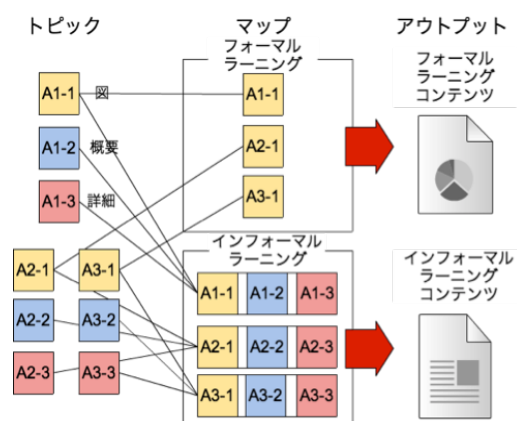


図 1 教育コンテンツの DITA 化

教育コンテンツを状況に合わせて推薦するために、講義資料のスライドごとのメタデータを付与した「授業資料 RDF」を作成する。図 2 はクラス図を説明する 1 枚のスライドの情報を持つ授業資料 RDF の例である。キーワードに「クラス図」、その情報が必要となる工程に「設計工程」、その知識が必要となる役割に「設計担当」という情報を付与している。このキーワード、その知識が必要とされる工程、その知識が必要となる役割等を利用することで、スライド 1 枚単位で推薦することが可能となる。

授業資料と Web ページ、PBL で実施する工程やタスクとドキュメントの関係をマッピングする RDF を利用することで PBL の工程に応じた授業資料や Web ページを推薦できるようになる。

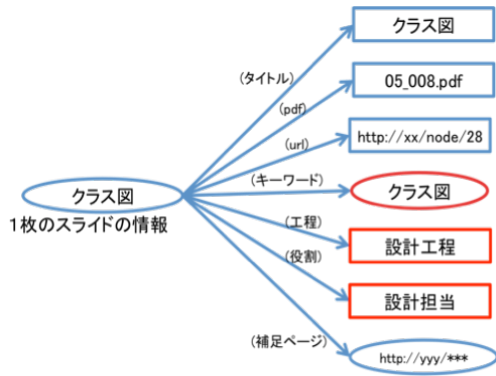


図2 教育コンテンツのRDF化

(2) 教育ドキュメンテーションリポジトリの開発 (蓄積系)

オープンソースのCMSであるDrupalを用いて教育ドキュメンテーションリポジトリを構築した。上記リポジトリには、(1)で策定したDITA化した教育コンテンツやメタデータを付与した授業資料RDF、授業資料を補完するWebページRDF、工程情報RDF、PBLの成果物などを格納する。

(3) コラボラティブ教育ドキュメンテーション環境の開発 (活用系)

① Pull型学習環境

学習者が自ら取捨選択して学ぶPull型の学習環境として2種類の機能を開発した。1つめが、DITAで定義した教育コンテンツを開発工程を元にした木構造で提示する学習環境を構築した。

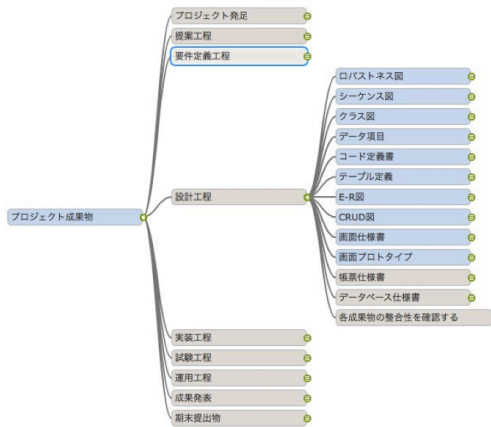


図3 木構造での教育コンテンツ表示

また、講義資料RDFとJ07スキル標準リストを利用したPBLでの役割に対応した教育コンテンツをディレクトリ構造で表示する機能を実現した。

② Push型学習環境

教育コンテンツ推薦手順はつぎのとおりであり、概要を図4に示す。

(a) 予め学生は自身が担当すべきタスクやド

キュメントをプロフィールとしてブラウザに持つ。

(b) 学生が任意のWebページを閲覧中、そのWebページの文章から特徴語を抽出する。更にそれに関連する語句を工程辞書RDFから抽出する。

(c) (b)の特徴語か関連語を持つ授業資料を推薦する。

(d) (c)の授業資料閲覧後に過去のPBLで作成されたドキュメント、予め推薦対象に指定されているWebページを推薦する。

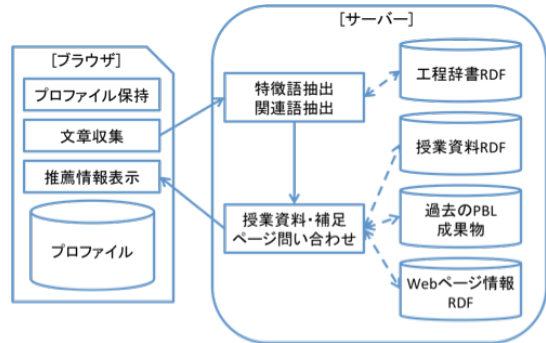
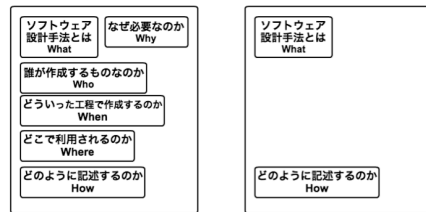


図4 教育コンテンツ推薦処理

(4) クリエイティブ教育ドキュメンテーション環境の開発 (生成系)

教育コンテンツのDITA化ではソフトウェア工学の知識体系を利用したチャンク単位でトピックをまとめて管理の効率化を図る方式を提案し、Drupalの機能で実現した。菌概要を図3に示す。また、各種RDFを作成するツールとして避難所LODを作成するExcel表を利用して開発した。

トピック作成時



ソフトウェア設計手法初期学習者チャンク (メタデータ)      ソフトウェア設計手法中期学習者チャンク (メタデータ)

マップ作成時

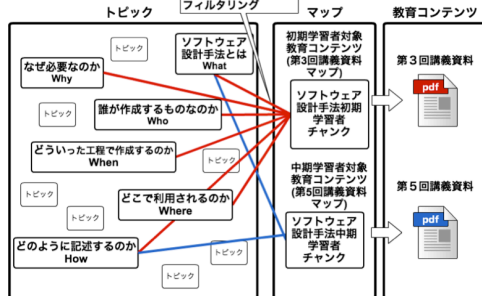


図3 チャンク単位でのコンテンツ作成

(5) インストラクショナルデザインプロセスに基づく講義・PBL の相互交流プログラムの開発

「インストラクショナルデザイン」プロセスを参考に開発中のドキュメンテーションシステムの生成系、蓄積系、活用系にどうインプリメンテーションするかを検討した。PBL での自主学習の状況や科目の講義との関係を「インストラクショナルデザイン」に基づいて「ニーズ調査」→「初期分析」→「設計」→「開発」→「実装・実施」→「評価」のプロセスを実施した。PBL の最終報告書をもとに、学生が参照したコンテンツ（講義内容、書籍、Web サイトなど）について、実態と教員の期待とをつき合わせる調査・分析を行った。合致度は、この4年間で最も完成度の高いシステムを開発したプロジェクトにおいて概ね合致しているがその他のプロジェクトでは大きな乖離があった。

この「あらかじめ講義等でフォーマルに学習させておくことができない」状況に対して、企業でのオンザジョブトレーニング（OJT）を参考に講義とPBLとの相互交流のプログラム（図4）を設計した。また、調査・分析ではPBLでの状況や役割に応じて適切な教育コンテンツの提示方式が必要であり、これまで開発してきたシステムを活用して再構築することとした。さらに、実践型教育におけるカリキュラムの設計と Experience Map を利用した改善を実施した。

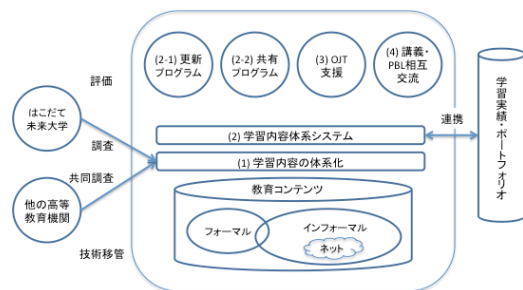


図4 講義・PBLの相互交流プログラムの概要

(6) ICTスキルに対する教育ドキュメンテーションの影響評価

(1)～(5)で検討・構築した教育ドキュメンテーションシステムを利用してICTスキルについて学習効果を観察・評価した。

#### 4. 研究成果

主な研究成果はつぎの通りである。

(1)教育コンテンツを対象としたDITA化、RDF化の策定と教育ドキュメンテーション環境（蓄積系・生成系）開発の成果

教育コンテンツはプレゼン資料で作成されることが多い。予備実験として、1シート1トピックとしてDITA化する実験を実施したところ、演習科目では削減率10%、教科書のある講義科目では削減率46.2%となった。また、再利用率はそれぞれ9.5%、

68.9%となった。この差異の理由は演習では複数の教員がクラスごとに異なるコメントをつけているため、今回の講義資料のシート単位では再利用対象とならないことから削減率、再利用率が低い結果となった。一方、教科書がある講義では教育コンテンツに毎年大きな変更がなく、クラス毎の変化も少ないため削減率、再利用率とも高い結果となった。以上より、DITA化することにより、再利用性が向上し、作成コストや管理コストの軽減に有効であることが判明した。しかし、1シート1トピックで既存の教育コンテンツをDITAトピックへ移行することで膨大なトピックが作成されマップの構成が困難になり、トピックの管理コストが増加することが判明した。

この課題に対して、知識体系を用いたチャンク単位でのマップ作成を提案した。ソフトウェア工学系の2科目をソフトウェア工学の知識体系を利用してチャンク化することで、それぞれの科目で約60%と約80%の削減率となり、管理コストの低減が図れることを検証した。つぎにチャンク単位での科目間の再利用率を検証した。ソフトウェア工学系の5科目では総チャンク数126に対して、19のチャンクが再利用可能で再利用率15%となった。

ソフトウェア工学系の3科目の教育コンテンツをRDF化して、現在見ているWebサイトから関係する教育コンテンツと補足のためのWebサイトを推薦できるようにした。

(2) コラボラティブ教育ドキュメンテーション環境（活用系）開発の成果

Pull型学習環境①②、Push型学習環境③の機能を実装した実験に基づく成果をつぎに示す。

① ソフトウェア開発の全体像と各開発工程の作業内容や作成すべき成果物などを木構造で表示・ブラウジングする機能

PBLでの成果物の作成とWBS (Work Breakdown Structure)作成に適用する実験を行い、提案システムへのアクセス分析とTA (Teaching Assistant)のWBSへの指摘分析、ヒアリングを行った。WBSへの指摘は、システムを使用した方が少なく、知識獲得がスムーズに行えたことより提案機能の有効性を示せた。

② PBLでの役割に応じて講義資料をサムネイルで表示・ブラウジングする機能

設計担当者とプロジェクトリーダーそれぞれの役割に必要な知識をまとめる実験を実施した。それぞれの役割を入れ替えて、実験システム+Web検索/Web検索のみによる対照実験を実施した。実験結果は設計担当者としては実験システム利用者の方が多くの専門用語を利用し、具体的な内容を書いていたことから実験システムにより具体的な知識が抽出できたと考える。一方、プロジ

ェクトリーダーではほとんど変わらなかった。科目「プロジェクトマネジメント」の講義ではテキストを利用して講義資料がなかったため、Web 検索のみと殆ど変わらない結果になったためと考えられる。以上より、十分な講義資料があればプロジェクトの役割にあった知識に効率的に辿り着き易いと言える。また、アンケートにより、基礎的な知識を得るには実験システムが適している。しかし、深い知識を得るには不十分であるということが判明した。

③ PBL での役割や現在の開発工程などのユーザープロファイルに応じて講義資料や補足のための Web サイトを提示・推薦する機能

提案機能を使用し、任意の Web ページ閲覧中に授業資料が推薦された場合に関連がありそうな資料を閲覧してもらう実験を実施した。提案機能の使用で、検索エンジンの検索結果の閲覧時間を短く、回数を少なくすることができる。そのため、必要な情報に短時間でアクセスし、効率的に知識習得ができていていると考えられる。訪問するサイトとページ数に着目すると、1つのサイトで複数のページを閲覧していることから知識習得が効率的であると考えられる。一方、アプリケーションを使わない場合は訪問するサイト数が多く、1つのサイトあたりの閲覧ページ数が少なかった。このことから、学生が自身の学習に合っているサイトの決定に迷っているという傾向があった。さらに、両グループとも推薦サイトでの知識習得が長かったことから提案機能の有効性が示せたと考える。

(3) インストラクショナルデザインプロセスの開発と ICT スキルに対する教育ドキュメンテーションの影響評価

PBL での自主学習の状況や科目の講義との関係を「インストラクショナルデザイン」に基づいて実施し、PBL の現実感を維持して、学生の自主性を促しつつも、技術の習得状況を体系的に把握して、最終的には必要な技術を身につけさせる講義・PBL 間の相互交流の仕組みを提案した。これを品質管理の講義の演習に適用した。この演習において、PBL で作成したドキュメントに対する第三者レビューやテストケース作成、テストを実施することで企業での品質保証部門の役割を認識するとともに、品質管理の重要性への意識が高まるという効果を確認した。

この実験により、講義とシステム開発演習の相互運用の実験を通して、ICT 教育自体の高度化と効率化を実現し、教育の質的向上に寄与するものであり、結果として産業界の求める ICT 人材の育成が期待できると判断する。

研究期間全体としての研究成果をまとめるとつぎの通りである。①教育コンテンツの DITA 化と RDF 化にもとづく教育ドキュメンテーションリポジトリ（蓄積系）を設計・開発した。これにより、教育コンテンツの再利用

性が高まると共に作成の効率化を図れた。②コラボラティブ教育ドキュメンテーション環境（活用系）として学習者が自ら取捨選択して学ぶ Pull 型の学習環境と教育コンテンツにメタデータを付与した講義資料 RDF、講義資料を補足する Web ページ RDF、J07 のスキル一覧から PBL の状況や担当する役割に応じて学習すべき教育コンテンツを推薦する Push 型学習環境を開発し、その有効性を示した。③クリエイティブ教育ドキュメンテーション環境（生成系）として、教育コンテンツをソフトウェア工学の知識体系を用いてチャンク単位でトピックをまとめてトピック管理の効率化を図る方式と教育コンテンツの RDF 化を容易にするツールを開発した。④インストラクショナルデザインプロセスに基づく講義と PBL の相互交流のしくみの開発と評価を実施した。実践型教育におけるカリキュラムの設計と Experience Map を利用した改善を実施した。⑤ICT スキルに対する教育ドキュメンテーションの影響評価を開発したシステムを利用して実施した。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Michiko Oba and Taku Yamaguchi, A Flexible and Efficient System Development Approach for Enterprise System and Smartphone Application, WSEAS Transactions on Computers, 13, pp414-420, 2014, 査読有
- ② 大場みち子, 伊藤恵, 実システム開発 PBL の実践事例, 情報教育シンポジウム 2014 論文集, 81-88, 2014, 査読有

[学会発表] (計 29 件)

- ① 藤原哲, 大場みち子, 山口琢, 花田洋貴, RDF と特徴語を用いた PBL 受講生向け教育コンテンツ推薦システムの構築, 情報処理学会研究報告. デジタルドキュメント研究会, (2015.3.30), 東洋大学 (東京都文京区)
- ② 山口琢, 高橋慈子, 小林龍生, 大場みち子, 高橋修, 文章編集操作記録: 活用の展望, 情報処理学会研究報告. デジタルドキュメント研究会, (2015.3.30), 東洋大学 (東京都文京区)
- ③ 木塚あゆみ, 伊藤恵, 大場みち子, 高度 ICT 教育における振り返り Experience Map を用いたカリキュラム改善, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会, 2015-03-21, 筑波大学東京キャンパス (東京都文京区)
- ④ 花田洋貴, 大場みち子, 藤原哲, 情報専門学科カリキュラム標準 J07 を利用した PBL 向け自主学習支援システム, 情報処理学会第 77 回全国大会, 5ZC-01 (2015.3.17-19), 京都大学 (京都府京都市)

- ⑤ 前田実優, 大場みち子, LOD を用いた地方自治体向け防災・災害情報発信支援システムの開発, 情報処理学会第 77 回全国大会, (2015.3.17-19), 京都大学 (京都府京都市)
- ⑥ 藤原哲, 大場みち子, 山口琢, 奥野拓, 伊藤恵, RDF とユーザープロフィールを用いた PBL 向け情報推薦手法, 日本ソフトウェア科学会第 31 回大会, (2014.9.7-10), 名古屋大学 (愛知県名古屋市)
- ⑦ 大場みち子, 山口琢, 伊藤恵, 奥野拓, 実践型 ICT 教育システムの提案, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2014.6.7, 公立はこだて未来大学 (北海道函館市)
- ⑧ 大場みち子, 安長航, 山口琢, フォーマル/インフォーマルをまたがる学習内容の相互活用, 電気学会情報システム研究会, 2014.5.16, 電気学会 (東京都千代田区)
- ⑨ 大場みち子, 安永航, 山口琢, 情報系大学におけるフォーマル/インフォーマル・ラーニング環境の構築, 教育システム情報学会, 2014.3.15, 名古屋学院大学 (愛知県名古屋市)
- ⑩ 藤原哲, 大場みち子, 山口琢, 奥野拓, 伊藤恵, 関連 Web ページ推薦のための特徴語 RDF 構築の検討, 電子情報通信学会技術研究報告. SC, サービスコンピューティング研究会, 2014-01-03, 国立情報学研究所 (東京都千代田区)
- ⑪ 安永航, 大場みち子, 奥野拓, 伊藤恵, 山口琢, PBL を対象としたインフォーマルラーニング環境の構築, 研究会報告 コンピュータと教育研究会 (CE), (2013-10-05), 中京高等学校 (愛知県名古屋市)
- ⑫ 藤原哲, 大場みち子, 山口琢, 奥野拓, 伊藤恵, 特徴語と RDF を用いた情報推薦手法の提案, 情報処理学会研究報告, 情報基礎とアクセス技術 (IFAT), 2013-09-19, 筑波大学東京キャンパス (東京都文京区)
- ⑬ 浅井信, 大場みち子, 安永航, ソフトウェア開発を対象とする PBL におけるドキュメントの蓄積方式と活用法の提案, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013-03-06, 東北大学 (宮城県仙台市)
- ⑭ 安永航, 山口琢, 大場みち子, 奥野拓, 伊藤恵, 高橋慈子, 関根哲也, DITA を用いた教育コンテンツ管理手法の検討, 研究報告デジタルドキュメント (DD), (2013-01-18), NTT 武蔵野研究センター (東京都武蔵野市)
- ⑮ 山口琢, 小林龍生, 大場みち子, 奥野拓, 伊藤恵, 高橋修, 講義資料におけるマルチユースなリンクを EPUB と LOD で実現するシステムの考察, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報

告, 2013-01-18, NTT 武蔵野研究開発センター (東京都武蔵野市)

- ⑯ 奥野拓, 坂井麻理恵, 伊藤恵, 大場みち子, DITA に基づくソフトウェアドキュメンテーション, 情報科学技術フォーラム, 2012-09-04, 法政大学 (東京都小金井市)
- ⑰ 安永航, 大場みち子, 山口琢, 再利用性を高める教材共有環境の構築, 情報処理学会第 74 回全国大会, 5ZG-7 (2012.3), 名古屋大学 (愛知県名古屋市)

[図書] (計 1 件)

村田嘉利, 大場みち子, 伊藤恵, 佐藤永欣, 共立出版, 「情報システムの開発法: 基礎と実践」, 2013 年, 全 183 頁

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大場 みち子 (OBA Michiko)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号: 30588223

### (2) 研究分担者

奥野 拓 (OKUNO Taku)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・准教授

研究者番号: 30360936

伊藤 恵 (ITO Kei)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・准教授

研究者番号: 30303324