

研究活動の持続的成長を支援する eポートフォリオシステムの提案

関 陽介¹ 野村 卓哉¹ 曾我部 紗也香² 佐野 雅彦³ 松浦 健二³ 大平 健司³ 上田 哲史³

概要: 大学等の研究室では、学生や教員等の研究者が日々研究活動を行い、論文や発表スライド、実験データや付随文書などの研究成果が蓄積される。研究初期には、各種学会における公開論文だけでなく、こうして研究室内部に蓄積された非公開の研究素材も活用しながら、テーマ決めなどの新しい研究立案に取り組む。ただし、日々蓄積される研究成果は、研究が持続するに伴い増加するため、その蓄積方法や共有方法次第で、研究活動の質を高めることも可能である。ここで、蓄積・共有に際しては、単独のファイル等として研究成果を扱うようなCMS的アプローチではなく、研究成果間の関係や類似性に関する情報を付与し、視覚的に整理した提供手法を提案する。そのために、本研究では各研究成果に対するプロパティをメタデータとして用いる。機能的には研究成果の蓄積、その意味的な枠組みの定義、アクセス制御といった機能が要求されるが、基本的な機能はすでにeポートフォリオシステムが有するものを応用することができる。そこで、本研究ではeポートフォリオシステムを応用した設計・開発を行う。

キーワード: 研究活動, 研究成果, eポートフォリオ

Proposal of the e-portfolio system supporting sustainable growth of research activity

YOSUKE SEKI¹ TAKUYA NOMURA¹ SAYAKA SOGABE² MASAHIKO SANNO³ KENJI MATSUURA³
KENJI OHIRA³ TETSUSHI UETA³

Abstract: A number of research outcomes such as papers and presentation slides are daily created and stored in a laboratory of higher educational institutes. A young researcher determines a new theme by way of referring published articles in some relevant societies. In addition, s/he can use unpublished materials stored in a laboratory therein. Regarding the research streamline, publications and unpublished materials increase from quantitative and qualitative perspectives as commitments by alternative members continue. Though a general CMSs, contents management system, are used traditionally in such a case, the additional information and functions dealing with relationship between materials and measurements of similarity of them give a new sight for young researchers. Therefore, this study focuses on adding properties and utilizing them as a metadata of a material. Functional requirements for developing this proposal are more or less related to e-Portfolio systems. Hence, this study designs and develops an e-Portfolio system.

Keywords: Research activity, Research results, e-portfolio

¹ 徳島大学 大学院先端技術科学教育部 システム創生工学専攻
Systems Innovation Engineering, Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima University

² 徳島大学 工学部 知能情報工学科
Department of Information Science and Intelligent Systems,
Faculty of Engineering, Tokushima University

³ 徳島大学 情報センター

1. はじめに

大学等の研究室では、学生や教員等の研究者が日々研究

Center for Administration of Information Technology,
Tokushima University

活動を行い、論文等の研究成果を発表するが、日本の論文発表数は近年、停滞しており、国際比較における相対的な生産性は低下している [1]。そのため、研究室における研究活動は、短期間で研究成果を生み出すサイクルを持続することが望ましい。

研究活動として、学術雑誌への論文投稿だけでなく、国内・国際学会での研究発表や卒論発表など学内外で多様な活動が行われる。このため、論文や発表スライド等の研究成果は日々、研究室に蓄積される。^{*1}。研究の開始段階では、各種学会での公開論文だけでなく、こうして蓄積された非公開の研究成果も参照することで、研究テーマの議論ができる。特に新しく研究室に配属される学部生などの研究初心者には、研究の方向性や分野等を検討するために、過去あるいは既存の研究成果は参考になる。また新陳代謝するコミュニティメンバーで蓄積された研究成果を共有することで、大卒の研究テーマや個人のノウハウ等が継承される（以下、知識継承とする）。ただし、研究が持続するに伴い研究成果は増加するため、研究成果の体系的な蓄積、共有方法の確立は、研究成果の質的向上と生産性向上の両面から必要となる。また、研究成果間の関係性や類似性等を表すことで、以後の研究活動の効率化、研究成果の速やかな公表、研究者の研究能力向上等に貢献できる。

そこで本研究の目的は、各研究成果にメタデータを付与し、それに着目して研究成果間の関係性や類似性を表し、それらを公開・非公開に応じて蓄積・共有する e ポートフォリオ環境を構築することで、研究者の研究立案を含む研究活動の支援を目指す。

2. 研究成果の蓄積・共有方法における問題

2.1 研究成果の蓄積方法における問題

一般的に、過去に報告された学術的価値のある問題と、その解決手法や実験結果などを参考にすることで、新たな論文は作成される。つまり、論文は過去に研究された成果の積み重ねにより作成されるため、関連する論文間には発展や引用等の関係性が存在する。また研究過程で生み出される発表スライドやレポート、実験データ等の研究成果も同様に、論文の内容に関する発表スライドやレポート作成に使用した実験データ等、各研究成果間に関係性がある。公開される研究成果として、例えば CiNii の公開論文は引用・被引用の関係性が示される。しかし、研究室に蓄積される非公開の研究成果は、一般的には研究室のファイルやファイルサーバ等に紙媒体や電子データとして保存されるため、関係性を表す情報は蓄積されない。そのため、研究者が適切に研究成果を閲覧することが困難となる場面が考えられる。

例えば、学部生等の研究初心者は卒業要件を満たすため

に、研究テーマを短期間に決定して、在籍期間に研究成果を出す必要がある。そのため研究初心者が、研究室に蓄積された研究成果を無作為に閲覧しても、閲覧した研究内容の課題解決や機能拡張等がすでに報告済みである可能性がある。つまり、閲覧した研究内容の位置づけを把握できなければ、研究テーマの決定や絞り込みに時間を要する。また閲覧した研究成果に関係する発表スライド等の資料を参照する場合、それらが未整理であれば発見することは困難となる。蓄積される研究成果の増加に伴い本問題は深刻となるため、研究成果の整理・体系化等の適切な蓄積方法を検討する必要がある。

2.2 研究成果の共有方法における問題

研究室で研究成果を生み出すサイクルを持続するためには、研究者間での知識・研究成果の共有は重要である。また、新陳代謝するコミュニティにおける知識継承の効率化も研究テーマの継続、発展的研究等を行うために必要である。ただし、ファイルやファイルサーバ等に蓄積された非公開の研究成果を閲覧する共有方法では、参考となる研究成果を効率的に発見したり知識継承することは困難である。

例えば研究者が研究テーマを検討するために、ファイルに綴じた紙媒体から参考となる論文を探す場合、その発見に時間を要す。また、ファイルサーバ等に保存した電子データを文字列検索する場合、研究初心者では入力する文字列が分からない可能性がある。さらに、研究者が任意の研究テーマや内容等に関連する研究成果を閲覧する場合、これらの検索方法ではタイトルやファイル名等から、研究成果の大まかな研究内容やデータの中身等しか把握できないため、目的を満たす研究成果を発見することは容易ではない。これは知識継承においても、適切な共有方法が確立されない場合に同様の問題が発生する。

また、大学には多くの研究室が存在し、進めている研究に類似したテーマや参考となる研究が、他の研究室で行われる可能性がある。これらの研究内容は共同の研究報告会等で研究者間に共有され、横断的に各研究室の研究内容を把握することで、研究者は自身の研究活動の参考にできる。しかし、各研究室の研究内容が共有される機会は多くなく、研究者が日常的にそれらを把握することは困難である。そのため、研究室間で研究内容が重複したり、研究活動に参考となる研究成果が共有されない等、不利益が発生する可能性がある。

以上から、研究成果の効率的な知識継承や、他の研究室を考慮した研究成果の共有方法を検討する必要がある。

3. 関連研究・関連事例

教育工学や学習支援システム分野では、教育・研究活動支援に関するデザイン研究、実践報告、e ポートフォリオの導入等が増加している。

^{*1} 本研究では、過去に作成された論文、発表スライド、レポート、実験データや議事録等を研究成果と定義する。

文献 [2] は e ポートフォリオを用いた学習と評価に必要なエビデンス群を有意な単位で蓄積するための形式的な枠組みを有する e ポートフォリオ蓄積文法を開発し、その文法に基づいて e ポートフォリオ活動を支援するシステムを提案している。しかし、成果物間の関係を時系列のみで表現しており、また学習記録と評価活動の対応付けによる学習プロセスの把握、研究成果の再利用が主な目的であるため本研究の目的とは異なる。他にも研究者自身の研究活動支援に関する研究 [3] が報告されているが、研究成果間の関係性やその共有手法を対象としていないため、本研究には適用できない。

文献 [4] は研究活動で生成される文書等を利用者が蓄積する負担を軽減し、その蓄積状況を視覚化するための計算量を軽減する属性グラフ文法を用いた研究情報蓄積・共有手法を提案している。しかし、本手法は研究者が行った資料作成や発表等の研究過程と、蓄積した文書間の関係性を可視化するが、複数の研究者が作成した研究成果間関係性は表さない。また、各研究者の研究活動を閲覧するためには、任意の研究者を個別に指定する必要があるが、研究室の頻繁な研究者の入れ替わりに伴う検索対象の増加により、参考になる研究活動の検索やその管理が困難となる。

多くの大学では授業等に e ポートフォリオ・マネジメント・システム (iWebfolio, Mahara, FSU Career Portfolio, Sakai/OSP 等) を導入している [5][6][7]。本システムは、授業等で行った授業コンテンツやレポート等の教育記録の蓄積や管理を行うが、一般的には学習活動の管理、共有に重点を置かれるため、それを本研究の目的である研究活動支援に発展させるには、デザインの再設計や機能拡張等を検討する必要がある。

4. 提案手法

4.1 提案方針の検討

一般的に非公開の研究成果を蓄積する場合、例えば卒業論文をファイルに綴じる際、ファイルに張り付けるラベルにタイトル、著者、作成日等の研究成果に関する情報をメタデータとして保存できる。しかし、公開論文や非公開の研究成果との関係性等に関する情報を保存しない。

そこで本研究では、研究成果の関係性からその位置づけを把握するために、研究成果のタイトルや著者などの一般的な情報に加えて、他の研究成果に関係する情報をメタデータとして蓄積する。また、将来的に研究成果の共有に用いるため、研究者に閲覧された回数や閲覧した際のコメント等の動的な情報を蓄積する。そのため、本研究ではメタデータの動的特徴や拡張性を考慮して、研究成果とそのメタデータを電子データとして蓄積する。

次に、研究成果の共有方法としては、蓄積された研究成果とその関係性の提示方法を検討する。研究者が研究テーマの検討に研究成果を閲覧する場合、参考になる研究成果

を発見するために、多くの論文を閲覧する。

多くの研究成果を研究者に分かりやすい形で提示する方法として、可視化の有効性が報告されている [8]。つまり、研究成果と研究成果間関係性を可視化することで、研究者は各研究成果の位置づけを容易に把握でき、参考になる研究成果を発見できる。可視化の実現方法には、研究成果とその関係性をシンプルに表現できる有効グラフなどを使用することで、視覚効果による高い視認性を確保できる。

また、研究室間で研究成果を共有することで、類似した研究成果の確認や、研究活動に参考となる研究成果を発見できる可能性がある。ただし、各研究室に蓄積される研究成果はオープンにアクセスされるべきではない。また研究分野が異なる研究室の研究成果を閲覧しても、参考となる情報を得ることは困難である。そのため、研究者毎の閲覧制限を備える共有方法を設計する。

4.2 研究成果の蓄積方法

(1) メタデータと関係性の定義

前節で述べた通り、研究成果の一般的な情報と他の研究成果との関係等をメタデータとして蓄積する。タイトルや著者等の書誌的なメタデータは、Dublin Core [9] が標準化している。本研究では、蓄積するメタデータの汎用性を視野に入れ、Dublin Core を参考に蓄積対象を決定する。具体的には、従来の蓄積方法で蓄積されるタイトル、著者、作成日等に加えて、キーワード、参考文献等や他の研究成果との関係性に関する情報、動的特徴を持つ研究者に閲覧された回数等をメタデータとして蓄積する。

表 1 論文間関係性

Table 1 Relation between papers

| No | 関係性 |
|----|----------|
| 1 | 発展型, 継承型 |
| 2 | 事例引用型 |
| 3 | 調査公表型 |
| 4 | 要約型 |

次に、研究成果間関係性を定義する。発表スライドや実験データ等における関係性は、例えば発表に用いた資料や実験に使用したデータ等、利用目的を関係性として表現できる。

そこで、本節では複数のパターンが考えられる論文間関係性を定義する。なお、複数の関連研究 [10][11] で論文間関係性は提案されている。そこで、本研究では関連研究や我々の研究室に蓄積する公開・非公開論文も参考に、4つの関係性を定義した (表 1 に示す)。これらは論文間関係性をほぼ網羅すると考えられるが、その検証は将来的に実施する。

「1. 発展型, 継承型」は過去に作成された論文の課題を改善あるいは機能・性能を向上した関係、「2. 事例引用

型」は他の論文の事例を引用し事実・事例等の補強をした関係、「3. 調査公表型」は何らかの調査結果、事例、事実の公表に用いた関係、「4. 要約型」は既存研究を要約した関係を示す。メタデータには、これらの中から適切な関係性を保存する。

また、定性的な関係性に加えて定量的な情報として論文間の類似度を計算する。論文間の類似度を表すことで、研究者はどの程度の関係性が論文間にあるか定量的に把握でき、例えば優先的に閲覧すべき引用文献の決定等の参考にできる。

(2) メタデータの入力・蓄積方法

我々の研究室では、研究成果の蓄積、共有にオープンソースであるeポートフォリオ・マネジメント・システムのMahara[12]を利用している(図1に示す)。定期的に行われる研究室の発表資料や議事録等、様々な研究成果を研究室単位で蓄積し、許可された範囲内でそれらを共有している。Maharaには情報共有に役立つツールが用意されており、ダッシュボードには様々な関連コンテンツへのリンクも作成可能であるため、本研究ではMaharaのカスタマイズや専用プラグインを開発することで、研究活動を支援する研究成果の蓄積方法を実現する。

ただし、本研究はMaharaに限定せず、異なるeポートフォリオ・マネジメント・システムや関連システムにも汎用的に適用させるため、Maharaのカスタマイズは最小限とする。図2はMaharaの拡張機能として作成した、保存された研究成果のメタデータ入力画面になる。メタデータを研究成果毎に全て手動登録した場合、その入力負荷が懸念されるため、可能な範囲でメタデータを自動入力する仕組みを実装する。図2はプロトタイプではあるが、タイトル、著者、キーワードが自動入力の対象項目となる。



図1 maharaの参考画面
Fig. 1 A sample screen of mahara

メタデータは独自に構築したRDB(Relational Database)に保存し、一部の属性値をLOD(Linked Open Data)の表現形式であるRDF(Resource Description Framework)で保存する[13][14]。LODはWeb空間上で公開されたデータを結ぶことで、それらを横断的に共有可能とする技術で

図2 メタデータ入力画面
Fig. 2 A input screen of metadata

あり、そのデータフォーマットの1つとしてRDFが存在する。例えば、論文の書誌情報をLOD化したCiNii Articlesや日本語WikipediaをLOD化したDBpedia Japanese[15]等が公開されており、本研究では、LODを用いて研究者に共有可能な情報を拡張する。

なお、公開論文や非公開の研究成果、蓄積する種類等により、メタデータの蓄積対象を設計することで、表1の関係性を多様化できる。例えば、蓄積される研究成果の所有者情報、変更や利用履歴等を蓄積することで関係性の構造化等ができる。

4.3 研究成果の共有方法

研究成果とその関係性を分かりやすく研究者に提示するために、グラフを用いてそれらの可視化を行う。グラフ描画アルゴリズムに有効グラフを表現できる力学モデルを使用する[16]。

力学モデルは力学系の挙動をシミュレーションし、ノードとエッジを用いてその計算結果をグラフ描画する。本モデルの利点として、エッジの長さやノードの散らばり具合の均一性、ノード配置の対称性、柔軟な拡張性等が挙げられる。本モデルを使用することで、視認性を考慮した研究成果とその関係性を俯瞰的に可視化できる(図3に示す)。ノードは研究成果、エッジは研究成果間の関係性を示す。またエッジの色で関係性の種類を、太さで類似度を示す。プロトタイプである図3は、論文と論文間の関係性のみ可視化しており、ノード名に論文を識別するIDを設定する。本グラフを閲覧して、研究室や他の研究室で作成された論

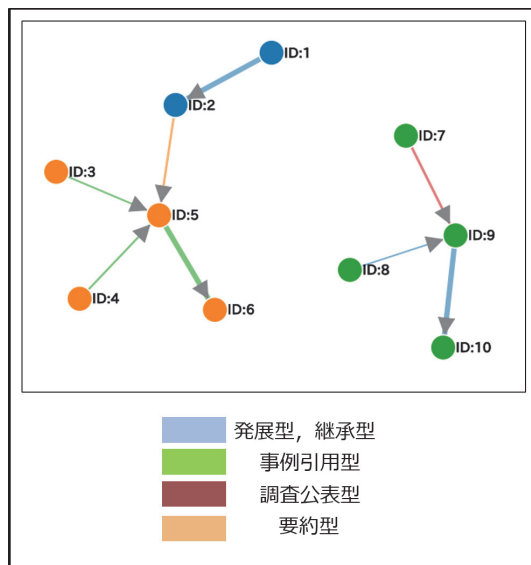


図 3 研究成果とその関係性の可視化

Fig. 3 Visualization of research results and its relation

文と、論文間の関係性を把握することで、各研究室で作成された論文やそれらの位置づけを容易に把握できる。

本グラフは、研究者が閲覧可能な全ての研究成果とその関係性を可視化する。ただし、4.1 節で述べた通り、各研究室で蓄積された全ての研究成果を研究者が閲覧可能にする必要はない。そこで、研究室の公開ポリシー等を考慮して、研究者毎の閲覧制限を実現する。Mahara に蓄積される研究成果には、グループやユーザ単位でアクセス権限が設定される。そこで、本研究ではその権限情報を研究成果のメタデータに保存する。グラフの閲覧制限には、Internet2/MACE プロジェクトが開発が進められ、世界中の学術機関で利用される認証フレームワークである Shibboleth[17] を用いる。Shibboleth は、認証処理に加えて認可制御を実現できるため、Mahara から取得した権限情報を用いて各研究者の閲覧制限を行う。

5. システムの開発

前章で述べた提案手法を実現するために、表 2 のソフトウェアを用いてシステムを構築した。

表 2 システム開発環境

Table 2 System Development Environment

| 種類 | ソフトウェア |
|---------|-----------------------------------|
| OS | CentOS7.0 64bit |
| Web サーバ | Apache 2.4.6 |
| データベース | Mysql 5.6.23 |
| PG 言語等 | PHP 5.4.16, R 3.2.2, JavaScript 等 |
| その他 | Mahara 1.7.2 |

まず、mahara の拡張として、メタデータ入力画面を php と html で作成する。本画面では、mahara に保存した pdf

形式の論文を、java で開発された tika-app を用いてテキスト化し、php を用いて、機械的にタイトル、著者、キーワードを抽出する。本画面を研究成果の保存画面にアクセスした際に別画面として表示させる。抽出したメタデータは、汎用性を持たせるために mahara の DB を使用せずに、新たに構築した DB に一部の属性値を RDF 形式で保存する。

研究者毎の閲覧制限を実現するために、まず mahara の DB の artefact, group_member, usr 等のテーブルから、保存された研究成果のアクセス権限や登録者、ユーザ情報等を取得しメタデータとして保存する。次に、Shibboleth の認証処理を通過した後に、これらの情報を用いることで、研究者毎にアクセス制限を実現する。なお、mahara への Shibboleth の実装には、専用の Shibboleth プラグインを利用する。

研究成果の可視化については、力学モデルを html、グラフ描画用に javascript のライブラリである d3.js を用いる。Web 標準のリソースのみを利用することで豊富な表現が可能な本ライブラリを採用する。

研究成果間の類似度の計算には R と mecab を使用する。具体的には、mecab で論文の形態素解析を行い、TF-IDF コサイン類似度を R で計算する。各品詞を比較した結果、本研究では計算結果の精度が高い名詞を対象とする。なお、mecab の標準のシステム辞書である ipadic は解析結果の精度が高くないため、ipadic を拡張した mecab-ipadic-neologd を使用する。

6. 期待できる効果

研究室における研究活動は、論文投稿や卒論発表など研究成果を出す持続的なサイクルが求められる。そのため、研究室内に蓄積された研究成果の適切な蓄積・共有方法による研究活動の効率化が重要となる。そこで本研究では、研究者の研究立案に寄与する研究活動の支援を目的とした、公開・非公開に応じた効率的な研究成果の蓄積・共有方法を提案した。

まず蓄積方法としては研究成果のメタデータに着目し、研究成果の一般的な情報、発展型や事例引用型等の研究成果間の関係性、閲覧された回数等を蓄積する機能を Mahara に実装する。これらは研究成果を研究者が閲覧する際に、例えば閲覧した論文はある論文の発展研究等、研究成果の位置づけを確認できる。またメタデータを保存するデータフォーマットの 1 つに RDF を用いることで、一般公開される LOD を共有対象として拡張できる。その利用例として、CiNii Articles で公開される RDF フォーマットの書誌情報を取得したり、DBpedia でキーワード等の意味情報を補完できる。

次に共有方法としては、力学モデルを用いて研究成果と他の研究成果との関係性を俯瞰的に可視化する。研究者は本グラフを閲覧することで、各研究成果や、それらの関係

性と類似度を容易に把握でき、研究室でどのような研究がどのような研究成果を経て進められたかを把握できる。例えば、研究者が研究テーマを決定するために本グラフを閲覧する場合、研究室で蓄積された研究成果とその関係性を俯瞰的に確認でき、その位置づけを把握することで、参考となる研究成果を発見できる。また、閲覧した研究成果に関連する発展元、引用元等の論文や発表スライドなど、関連する研究成果も容易に把握できる。つまり、研究テーマ検討プロセスや関連資料の発見プロセスの効率化を期待できる。これは、新陳代謝する研究者間の知識継承においても有効であると考えられる。また、他の研究室の研究成果も共有対象とすることで、横断的に研究成果の閲覧が可能となり、類似研究の確認や参考論文の閲覧、研究者の交流等を実現できる。

7. おわりに

研究活動が持続するに伴い研究室に蓄積される研究成果は増加する。しかし、一般的な蓄積方法では、ファイルやファイルサーバ等に紙や電子データとしてのみ蓄積されるため、その有効な蓄積方法や共有方法を実現することは困難である。

そこで、本研究では公開・非公開に応じた研究成果を蓄積・共有する研究活動支援方法を提案した。具体的には研究成果のメタデータに着目し、研究成果や他の研究成果間の関係性、閲覧された回数等を蓄積して、それらを力学モデルを用いて俯瞰的に可視化した。

以上より、本提案手法を用いて公開・非公開に応じた効率的な研究成果の蓄積・共有方法を実現することで、研究者の研究立案を含む研究活動の支援を期待できる。

今後の計画としては、開発したシステムはプロトタイプであり検討すべき事項も多くあるため、提案手法や詳細設計の再検討、システム改修や実験等を行う。また課題としては、継承型かつ事例引用型など複数の関係性を持つ論文の可視化方法、類似度の多角的な計算手法、グラフ描画モデルの最適なアルゴリズムの選択等が挙げられる。そのため、今後も継続して研究を進めることで、研究者の研究立案を含む研究活動の支援を実現する。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 15K12168 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 文部科学省：平成 27 年版科学技術白書，入手先 http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa2_01501/detail/1359576.html（参照 2016-1-13）。
- [2] 森本康彦，喜久川功，宮寺庸造：e ポートフォリオ活用のための蓄積文法と支援システムの開発，日本教育工学会論文誌，Vol. 35，No. 5，pp. 227-236 (2011)。
- [3] Kenya Miyamoto, Hisayoshi Kunimuneb, Masaaki Nimurab Proposal of a Supporting System for Planning, Executing and Reflecting Tasks in Research Activities,

- Procedia Computer Science, Vol. 60, pp. 1414-1422 (2015).
- [4] 村上千明，穴田浩一，夜久竹夫，森本康彦，中村勝一，神長裕明，宮寺庸造：属性グラフ文法に基づく研究情報の蓄積・共有支援手法，情報処理学会研究報告，Vol. 2014-MPS-101，No. 7，pp. 1-6 (2014)。
 - [5] 川畑 智子，竹山 幸作，細川 敏幸：日本における e ポートフォリオ活用例：e ポートフォリオ導入校の調査と北大版の構想，高等教育ジャーナル：高等教育と生産学習，No. 22，pp. 143-151 (2015)。
 - [6] 浜 正樹：e ポートフォリオシステムの導入と運用，View-Point，No. 11，pp. 84-89 (2011)。
 - [7] 久保 研二，生関 文翔，渡辺 駿，池浦 このみ，川口 諒，高島 亜由美，宮武 遼：教員養成における e ポートフォリオ・システムの実態と課題に関する事例研究：日米の 2 つの大学を比較検討して，学校教育実践学研究，Vol. 21，pp. 163-172 (2015)。
 - [8] 武者 義則，広池 敦，杉本 晃彦：類似画像検索における特徴量空間の可視化インタフェース，電子情報通信学会論文誌，Vol. J82-D-II，No. 10 pp. 1626-1633 (1999)。
 - [9] The Dublin Core Metadata Initiative：Home，入手先 <http://dublincore.org/>（参照 2015-12-24）。
 - [10] 難波 英嗣，神門 典子，奥村 学：論文間の参照情報を考慮した関連論文の組織化，情報処理学会論文誌，Vol. 42，No. 11，pp. 2640-2649 (2001)。
 - [11] 小出 寛史，高橋 真也，松本 惇，横堀 圭太，韓 東力：論文間参照情報のデータベース化に基づく参照タイプの同定，情報処理学会研究報告，Vol. 2012-NL-209，No. 2，pp. 1-1 (2012)。
 - [12] mahara：About Mahara，入手先 <https://mahara.org/about/>（参照 2015-12-15）
 - [13] 一円 真治，梶 克彦，廣井 慧，河口 信夫：Linked Open Data による店舗 POI の公開と活用手法の提案，マルチメディア，分散，協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム，pp. 1930-1938 (2014)。
 - [14] 長谷川 明史，西村 紅美，塚本 享治：セマンティック Web 技術を用いた PC パーツの検索，情報処理学会研究報告，Vol. 2010-DD-74，No. 5，pp. 1-8 (2010)。
 - [15] DBpedia Japanese：Home，入手先 <http://ja.dbpedia.org/>（参照 2015-12-27）。
 - [16] 伊藤 貴之，井上 恵介，土井 淳，梶永 泰正，池端 裕子：力学モデルを用いたグラフデータの画面配置手法の改良，情報処理学会研究報告，Vol. 2001-CG-103，No. 35 pp. 7-12 (2001)。
 - [17] Shibboleth project：Shibboleth，入手先 <https://shibboleth.net/>（参照 2016-1-5）。