

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 28 日現在

機関番号：11601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2016

課題番号：25702007

研究課題名(和文) 研究活動における推敲能力育成のための試行錯誤文脈の積極的抽出戦略とその組織化手法

研究課題名(英文) Extraction Strategy of Trial and Error Contexts and Their Organization Methods for Fostering of Elaboration Capabilities in Research Activities

研究代表者

中村 勝一 (NAKAMURA, SHOICHI)

福島大学・共生システム理工学類・准教授

研究者番号：60364395

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：大学等における研究活動の過程では、他者との議論や質問・回答など思考的コミュニケーションと、論文執筆、発表資料作成、調査結果整理など関連ファイル群の主観的管理を伴うドキュメンテーション作業を交互に繰り返し、試行錯誤を経て成果を積み上げる「研究推敲能力」が重要だが、初学者にとってその能力修得は難しい。本研究では、性質の異なるこれら2つの試行錯誤文脈を、作業横断的に成果物と共に組織化する手法を開発した。その上で、組織化された文脈情報上における注視対象の示唆・絞込みを可能とする支援システムを開発した。これにより、試行錯誤文脈を活かした推敲能力育成支援の新たな可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Research activities are composed of stack of the thinking communication (e.g., discussion) and the composite creation of documents (e.g., academic papers, presentation slides, notes) with subjective file management. The capabilities to satisfactorily accumulate the results of each tasks and their circumstances (i.e., contexts) and to elaborate them is clearly important for researchers. However, it is difficult for beginners to obtain such capabilities since these histories are usually scattered and the contexts become complicated through trial and error. This research was aimed at developing methods for organizing these contexts along with the deliverables. On the basis of these methods, support systems for suggestion and narrowing down of the noteworthy portions within contexts were developed. Consequently, new possibility of support way for fostering the elaboration capabilities by taking advantage of trial and error contexts was shown.

研究分野：教育工学

キーワード：文脈情報 情報組織化 推敲能力育成 研究活動支援 Learning Analytics 教育工学

## 1. 研究開始当初の背景

大学等における研究活動の過程では、他者との議論や質問・回答など「思考的コミュニケーション作業」と、論文執筆、発表資料作成、調査結果整理など「関連ファイル群の主観的管理を伴うドキュメンティング作業」を交互に繰り返し、試行錯誤を経て成果を積み上げる「研究推敲能力」が重要だが、初学者にとってその能力修得は難しい。一方、教授者による指導方法の一つに注視対象示唆（重点的に発展させるべき成果物等の示唆）があるが十分な効果が得られない実情がある。

これに対して、議論支援、ドキュメント管理、ノウハウ情報管理共有など様々な支援システム/手法が報告されているが、いずれも研究活動中の主要作業フェーズのいずれかのみを対象としているため、研究活動に関わる作業の経緯や結果をトータルな試行錯誤文脈として蓄積・管理することが難しく、文脈情報中の注視対象やその絞込み示唆による指導を妨げてきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、本来1つの研究テーマなど同一目的下の存在でありながら、作業舞台（媒体、アプリケーション）の違いゆえに散在しがちな2つの重要な試行錯誤文脈（潜在的文脈、主観的形成文脈）の蓄積・活用困難性に着目し、文脈情報を作業横断的に成果物と共に組織化する手法を開発する。

## 3. 研究の方法

本研究では、まず、性質の異なる2つの試行錯誤文脈の積極的抽出蓄積戦略、文脈情報を作業の違いを越えて成果物と共に組織化する手法を開発する。その上で、組織化された文脈情報における注視対象の示唆（教授者）・絞込み（初学者）を可能とする支援システムを開発することで、試行錯誤文脈を活かした推敲能力の実効的育成支援の実現を目指す。

## 4. 研究成果

### 4.1 試行錯誤文脈の抽出・蓄積戦略

他者との議論や質問・回答などの思考的コミュニケーションに際して、媒体中に当初から表出するものの大量の記述中に埋没する文脈情報（潜在的文脈情報）、論文執筆、発表資料作成、調査結果整理など、関連ファイル群の主観的管理を伴うドキュメンティング作業において、ファイル群の使い合わせによって暗に体言され、そのままでは蓄積・再現が困難な文脈情報（主観的形成文脈情報）それぞれについて、実際様態の観察に基づいて蓄積から活用までの戦略を設計した。

具体的には、潜在的文脈情報は、電子メールなどコミュニケーションデータの構造的特徴を利用し、詳細（発話）レベルでの発言抽出、引用・応答関係の分析による議論過程

抽出・視覚化の枠組み（図1）、主観的形成文脈情報については、連続する一度の作業に関わるファイル操作やコピー&ペースト等の作業履歴を監視プログラムにより蓄積し、ネットワーク分析により、注意を払うべき重要箇所を抽出する枠組み（図2）を、それぞれ設計した。

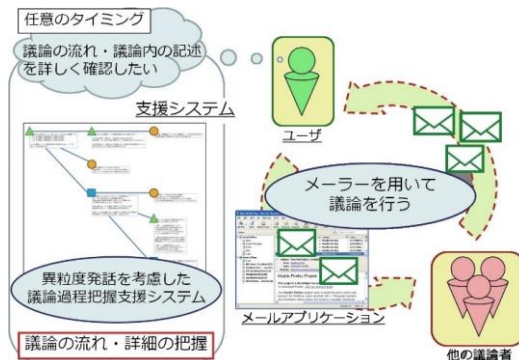


図1 議論過程抽出・視覚化の枠組み

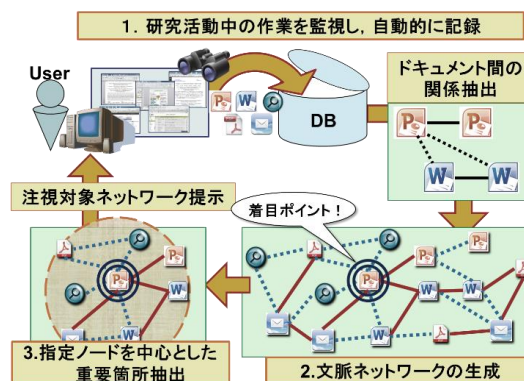


図2 推敲文脈の蓄積・重要箇所抽出の概要

## 4.2 文脈情報の組織化手法

### 4.2.1 潜在的文脈

代表的なコミュニケーション媒体として電子メールに焦点をあて、記述方法に特段の制約を課さずに、通常の電子メール群から個々の議論を構成する記述とその間の繋がり（議論過程）を抽出する手法を開発した。特に、実際の電子メールの記述の入念な観察を通して、記述・応答粒度（どの記述が、どの記述に応答しているのか）が、発話と引用発話の出現の仕方と対応していることを突き止め、応答記述形式の典型パターンと発話出現様態の対応関係を整備した（表1）。

これに基づいた分析により、応答ペア（ある発言とそれに対する応答記述の対）を抽出し、その再帰的な繋ぎ合わせにより議論構造を構築する手法を実現した（図3、図4）。

### 4.2.2 主観的形成文脈

常駐プログラムにより取得・記録したレコードから、研究ドキュメントをノード、ノード間の関係をエッジとするグラフ（文脈情報ネットワーク）を生成する。本研究では、ノード間の関係性算出に際して、安易に固定的

表1 応答記述形式の典型パターン

応答形式	被返答側の記述粒度	返答側の記述粒度	発話セット
1 発話対 1 発話	1 発話	1 発話	[1,0]
$n$ 個の発話対 1 発話	複数発話	1 発話	[1..., 1 $_n$ ,0]
1 発話対 $n$ 個の発話	1 発話	複数発話	[1,0...,0 $_n$ ]
$n$ 個の発話対 $m$ 個の発話	複数発話	複数発話	[1...,1 $_n$ ,0...,0 $_m$ ]
メール対 1 発話	メール	1 発話	[0]
メール対 $n$ 個の発話	メール	複数発話	[0...,0 $_n$ ]

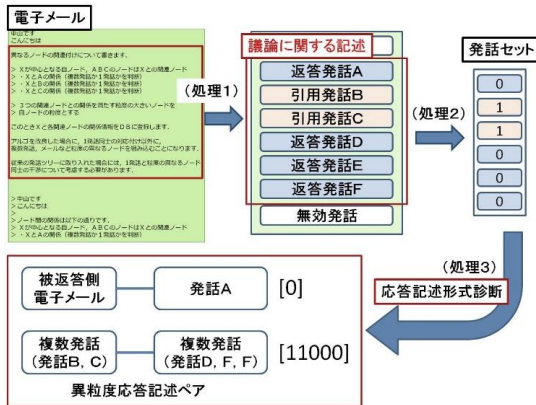


図3 異粒度応答ペアの抽出

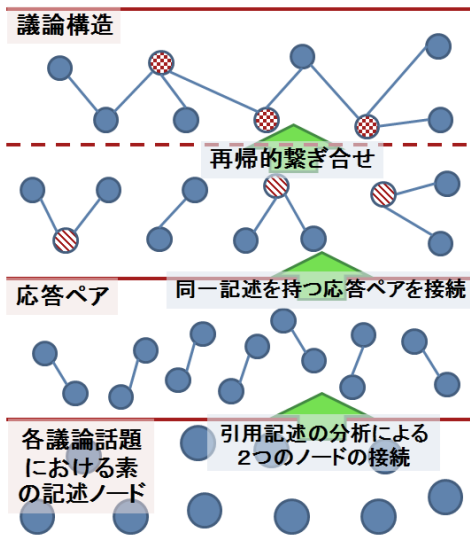


図4 議論構造の抽出

な方法を採用のではなく、同一ファイルの異なるバージョン、文脈情報間でのコピー&ペースト行為、日時情報、特徴語句の共起など、いくつかの要因に注目しつつ、実際的な観察・検証を重ねる立場をとる。生成したネットワークは肥大化する性質を有し、そのままでは文脈情報の活用には繋げることが難しい。そのため、着目ノード（教授者が指定した重要ノードなど）の近傍から、より重要度の高いノードを抽出する方法が必要である。

本研究では、Small World 構造におけるノード貢献度[1][2]に注目し、それに基づいた重要箇所抽出手法を開発した。

以下の4ステップにより、文脈情報ネットワーク上の重要箇所を抽出する。

- (1) 着目ノードの近傍サブネットワーク抽出
- (2) Small World の基準を満たすか診断 (調整)
- (3) 各ノードの貢献度算出
- (4) 貢献度が一定以上のノードを抽出

最初に、着目ノード（教授者が文脈情報ネットワーク上で特に注視すべきと考えるノード等）を指定する。この着目ノードの近傍ノードを、着目ノードとの最短経路が1のもの、次いで最短経路が2のものという具合に順次選択し、事前に定めた閾値を超えるまで収集する。その後、Duncan Watts らが定式化したクラスタ係数  $C$  と平均経路長  $L$ [1] を指標として使い、収集したノード群（サブネットワーク）が Small World 構造の基準を満たすか否かの診断（満たさない場合には調整）を実施する。各ノードが近傍4ノードのみにエッジを持つネットワークと、そこから全てのエッジをランダムに張り替えたネットワークの中間の値をとる場合が Small World にあたる。その上で、近傍サブネットワークの各ノードの貢献度を算出する。ここでの貢献度は、Small World 構造のネットワークに対して、各ノードが平均経路長  $L$  の減少にどの程度寄与しているかを表す指標である。貢献度  $CB$  は、以下の式により算出する。

$$CB = L'_v - L_v$$

$L'_v$ : ノード  $v$  を除いた時の平均パス長の合計

$L_v$ : ノード  $v$  とそのエッジを除いた時のパス長の合計

最後に、貢献度が一定以上のノードを重要箇所として抽出する。これにより、初学者に注視対象を示唆することが可能となる (図5)。

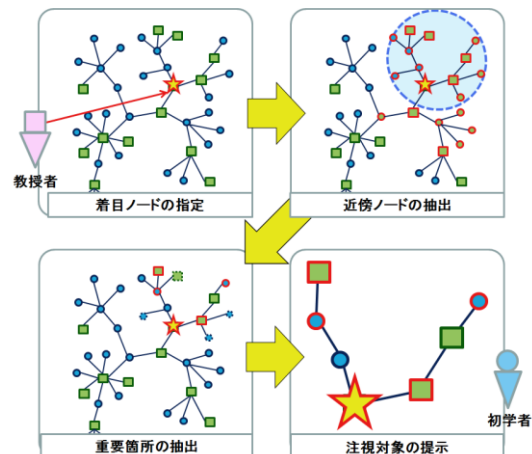


図5 文脈ネットワーク上の重要箇所抽出



### 4. 3 支援システムの開発

開発した潜在的な文脈情報・主観的形成文脈情報の組織化手法をそれぞれ導入し、議論過程視覚化システム、研究ドキュメント推敲過程における文脈ネットワーク中の重要箇所抽出システムを設計し、プロトタイプを開発した。

#### (1) 議論過程抽出・視覚化システム

本システムは、ユーザが蓄積している電子メールを提案手法に基づいて解析することで、リアルタイムで行なわれている議論や過去に行なわれた議論から、その具体的な流れを抽出し、視覚的に提示するものである。メールの作成・送受信は、ユーザが普段使用しているメーラー等をそのまま使用し、議論過程を把握しようとする場面で、本支援システムを活用するスタイルを想定している。

本システムは、メールを話題ごとに管理するリストと、ユーザが注目する議論の過程を視覚化するスペースを備えている(図6)。

ユーザは、話題リストの中から、観察・把握したい話題を選択することで、視覚化スペースに議論の流れが視覚的に提示される。この際、ノードは、議論に関する記述を表し、記述内容(テキスト)が付与されている。エッジは、議論に関する記述(ノード)同士の直接的な繋がりを示す。これにより、ユーザは、記述同士の繋がりがや個々の記述内容詳細などを容易に確認し、議論過程を把握することができる。

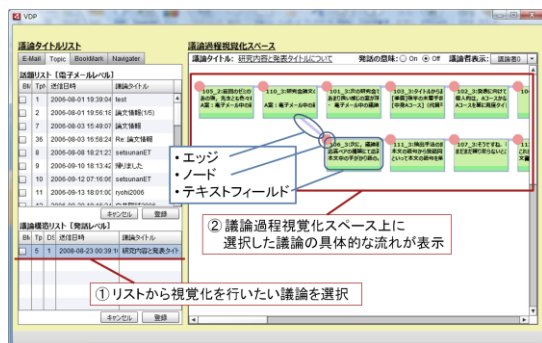


図6 議論過程視覚化システム

#### (2) 研究ドキュメント推敲過程における文脈ネットワーク中の重要箇所抽出システム

本システムには、文脈情報ネットワーク視覚化、研究情報リスト提示、注視対象リスト提示等の各機能、および、アカウント管理やファイル管理などを担う基本機能を具備させる。

これらの機能を実現するために、本システムは、研究情報間関係抽出部、注視対象ネットワーク抽出部をはじめとする各サブシステム部、および、サブシステム間の連携を司る基本システム部から構成される。

また、本システムで取り扱う各種情報を蓄積・管理するために、いくつかのデータベースを準備した。プロトタイプは、実験・検証用途を考慮して実装した。

### 4. 4 評価・検証

#### 4. 4. 1 議論過程抽出・視覚化の評価

##### (1) 実験概要

本研究で開発した議論過程抽出手法の有効性の検証、課題抽出を目的として実験を行った。まず、実験協力者に、それぞれ自身のメールアプリケーションに蓄積されている電子メール1000件を対象として、以下1)~3)の作業を行って頂いた。

- 1) 議論を構成するメール集合を抽出する。
- 2) 抽出した各メール集合について、議論に関係する記述をピックアップする。この時、記述の実態に応じて、電子メール、連続する複数発話、単一の発話のいずれかでピックアップする。
- 3) 並行して、2)で抽出した記述間の関係を線で結ぶ。

なお、1)の作業には、通常使用しているメールアプリケーションの検索・並べ替え機能等を使用して良いものとし、2)、3)は、MS-Officeファイル上に当該記述を張り付け、直線描画機能で線を結ぶ形で実施した。つまり実験協力者は最終的に、議論毎にそれを構成する記述とその間の関係を示すツリー(議論ツリー)を作成した。この際、メール閲覧の順番など、議論を構成する記述の検索に関わる作業手順は、実験協力者のやり易い方法で良いこととした。

一方、提案手法を実装したプログラムを用いて、同じメールデータを対象に1)~3)を実施した。その後、実験協力者による結果に対する、提案手法を実装したプログラムによる抽出の一致状況を、発話等を1つ1つ実際に確認して、精査した。最終的に、①議論を構成するメール集合の抽出、②議論に関わる記述のピックアップ、③議論を構成する記述間の関係抽出、それぞれについて、適合率・再現率を求めた。

##### (2) 結果と考察

まず、再現率については、①~③全てについて良好な結果を得ることができた。適合率については、①③で良好な値を得たものの、②のみやや低めの値となった。実際の状況を確認したところ、提案手法は候補発話を広くとる方針なのに対し、人(実験協力者)はメール中からピンポイントで議論に関わる記述を取り上げる傾向があることが影響していることが分かった。ただし、今回の実験では、「全発話から、議論に関わる発話を抽出する(議論に関わる発話を抽出できれば正解)」だけでなく、「全発話から、議論に関わる発話を(どの議論に関わるのかを区別して)抽出」している。そのため、議論に関わる発話を抽出できたとしても、該当する議論を間違えている場合には不正解と判定している。今回の実験では、このように踏み込んだ評価方法をとっているため、一般にトレードオフの関係にある適合性・再現性について、どちらを重視するか、より明確な方針が求められる。ここでは、議論に関するメールや発

話をなるべく広く抽出することが求められる。これは、議論に係る可能性のある発話群から、ユーザが余計なものを除く形の補正が現実的と思われるためである。つまり「石を拾うことはあっても玉を捨てない」性格、つまり、再現性が重要と考えられる。

今回の実験は被験者数などが限定的なものであり、これらの結果だけから直ちに提案手法の有効性を確認したとまでは言えないものの、全体として十分良好な感触と言える。

#### 4. 4. 2 研究ドキュメント推薦文脈ネットワーク中の重要箇所抽出の評価

##### (1) 実験概要

文脈情報ネットワーク生成と重要箇所抽出の有効性検証と問題点抽出を目的として実験を行った。まず、実験協力者（情報系大学生）に、Web探索と既存ドキュメントの参照を経ながら、自身の研究に関するサーベイを実施して頂いた。このサーベイの過程で着想した新たな研究テーマに関する考え等について、レポートを作成して頂いた。この際、協力者には、着想をテーマ毎に別々のファイルに記載して頂く形をとった。作業過程で作成・獲得・閲覧したファイルは、1つのフォルダ内で管理することとし、以下の基準を満たすまで継続して頂いた。

- ・新たな研究テーマに関するレポートを3つ以上作成する。
- ・ブックマークを30件以上作成する。

作業実施中、以下の履歴を取得・蓄積した。

- ・Web探索履歴とブックマーク
- ・既存ドキュメントの閲覧履歴
- ・コピー&ペーストの実施履歴
- ・アクティブウインドウの変化の様子
- ・キーボード・マウスの操作履歴

また、編集または閲覧された全てのドキュメントを収集した。その上で、研究熟練者（大学教員）が、実験協力者が作成したレポートを精査し、優先して更に検討すべき有望レポートを選出した。加えて、研究熟練者は、実験協力者が作成（登録）したブックマークの中から、有望レポートの検討に参考とすべきものを5件選出した。これらを本実験における正解データとした。

実験協力者による作業終了後、提案手法に基づいて、文脈情報間の関係を分析し、文脈情報ネットワークを生成した。その後、生成した文脈情報ネットワーク中の重要箇所推定を実施した。本実験では、Small World構造における貢献度と特徴語の共起状況を考慮した。また、代表的既存手法である中心性分析による重要箇所推定をあわせて実施した。最後に、提案手法による抽出結果、中心性分析による抽出結果を、それぞれ正解データと比較し、適合率・再現率・F値を算出した。この際、実際の文脈情報ネットワークを丁寧に観察し、問題点把握のために実験協力者に対するインタビューを実施した。

#### (2) 結果と考察

まず、文脈情報ネットワークは概ね意図通り生成することができていた。重要箇所抽出についても、提案手法による抽出が、中心性分析による抽出よりも高い精度を得ていることが確認できた。

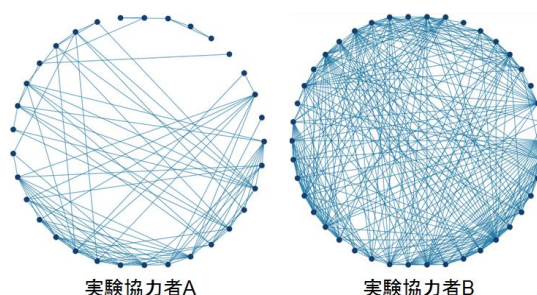


図7 生成された文脈ネットワークの概観

しかし、実験協力者によって、低めの結果になっているケースが認められた。抽出精度が良好なケース（実験協力者A）、低めの結果となっているケース（実験協力者B）それぞれについて、生成された文脈情報ネットワークの概観を図7に示す。抽出精度が低めの値となった実験協力者Bについて、実際状況を精査したところ、ノード間の関係性抽出において特定要素（日時要素）による接続割合が高くなり、ネットワーク密度が過度に高くなっていた。このことが、重要箇所抽出に影響したものと考えられる。それぞれの関係要素の重みづけについて更なる検討が必要と考えられる。

本実験は限られたものであるが、提案手法の基本的有効性について、良好な感触を得ることができた。

また、実験協力者に対するインタビューにおいて、以下の意見を得ることができた。

- ・教授者による有望テーマの示唆は、日常経験しているので馴染み深い。
- ・重要箇所が提示される際に、閲覧順も示唆してもらえると良い。

これらのコメントから、本研究が目指す支援サービスに対する期待（好感）が伺える。一方、注目すべき文脈情報に関する理解が、教授者と学生の間で異なることを心配するコメントも得られた。これは、支援システムを考える上で貴重な知見であり、今後の検討に活かしたい。

#### <引用文献>

- [1] Watts, D. and Strogatz, S.: Collective dynamics of small world networks, Nature, Vol.393, pp.440-442, 1998.
- [2] Yuichi Washida, Hiroshi Tamura, Yukio Ohsawa, Examining Small World Problem Using KeyGraph, 4th IEEE International Workshop on Soft Computing as Transdisciplinary Science and Technology, pp.490-500, 2005.

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Ryo Onuma, Hiroki Nakayama, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Methods for extracting the important portions from the contexts in research document creation involving explorations, Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering, Vol.17, No.S1, pp.S123-S134, 2017(査読有). DOI: 10.3233/JCM-160685
- ② Ryo Onuma, Hiroki Nakayama, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Methods for Dynamic Extraction of Important Portion from the Context Network Based on the Contribution Degree on the Small World Structure, Proc. the IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services, 2016 (査読有).
- ③ Ryo Onuma, Hiroki Nakayama, Shuhei Abe, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Methods for Extracting the Polish Contexts in Research Document Creation. IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing, pp.481-486, 2015. (査読有). DOI:10.1109/PIC.2015.7489894
- ④ 中山祐貴, 大沼亮, 神長裕明, 横山節雄, 宮寺庸造, 中村勝一, 記述形式の多様性を考慮した電子メール中の議論過程抽出手法, 情報処理学会論文誌, vol.56, no.1, pp. 196-206, 2015 (査読有).
- ⑤ Hiroki Nakayama, Ryo Onuma, Hiroaki Kaminaga, Setsuo Yokoyama, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Development of a Visualization System of Discussion Processes in a Mass of E-mails, Proc. the International Conference on Information Society, pp. 163-168, IEEE, 2014 (査読有). DOI: 10.1109/i-Society.2014.7009033
- ⑥ Hiroyuki Anzai, Hiroki Nakayama, Hiroaki Kaminaga, Yasuhiko Morimoto, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, A System for Visual Management of Research Resources Focusing on Accumulation of Polish Processes, Proc. International Conference on Web Information Systems Engineering, pp.799-805, 2014 (査読有).
- ⑦ Ryo Onuma, Hiroki Nakayama, Hiroaki Kaminaga, Yasuhiko Morimoto, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Methods for Strategic Accumulation of Context Information in Research Activities, Proc. 8th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, pp.678-683, IEEE, 2013 (査読有). DOI: 10.1109/ICITST.2013.6750289
- ⑧ Hiroki Nakayama, Ryo Onuma, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Setsuo Yokoyama, Shoichi Nakamura, Extraction

methods of e-mail discussion processes considering diversity of description granularity and their complicated relationships, Proc. 8th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, pp.563-568, IEEE, 2013 (査読有). DOI: 10.1109/ICITST.2013.6750265

[学会発表] (計 3 件)

- ① Takashi Amano, Ryo Onuma, Hiroki Nakayama, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Gaze network extraction from bookmarks in accordance with search intentions, Proc. 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, pp.472-473, IEEE, 2016 年 12 月 5 日-7 日 (バルセロナ・スペイン)
- ② 天野崇, 大沼亮, 中山祐貴, 神長裕明, 宮寺庸造, 中村勝一, 探索意図に応じた Bookmark 中の注視ネットワーク抽出手法の提案, 平成 27 年度第 5 回情報処理学会東北支部研究会, 2016 年 2 月 10 日 (東北学院大学, 宮城・仙台市)
- ③ Ryo Onuma, Hiroki Nakayama, Shuhei Abe, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Strategic Accumulation and Organization of the Polish Contexts in Research Document Creation, 2015 International Conference on Soft Computing and Software Engineering, 2015 年 3 月 5-6 日 (カリフォルニア・アメリカ)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中村 勝一 (NAKAMURA, Shoichi)  
福島大学・共生システム理工学類・准教授  
研究者番号：60364395