

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730205

研究課題名(和文) ケースメソッド支援のための因果モデルを用いたファシリテーションシステム

研究課題名(英文) Facilitation System for Case Method based on Causal Model

## 研究代表者

鮫島 正樹 (Samejima, Masaki)

大阪大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：80564690

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、実例にもとづく問題分析、対策立案を通して、問題解決能力を向上させるケースメソッドにおいて、指導者に代わってファシリテーションを行うシステムを開発した。ファシリテーションシステムにおいては、学習者の発言、議論の状況を理解し、適切な助言を行う必要がある。そこで、学習者の発言、議論の状況、指導者の助言に関する情報に対して、Support Vector Machineを用いることで、適切な助言を決定する方法を開発した。実際にケースメソッドに関する情報を収集し、情報の類似度のみを用いた単純な方法と比較して、精度良く適切な助言を選択できることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we develop a system of facilitating the case method to improve learners' problem-solving skills through problem analysis and action planning on real cases. For the automatic facilitation instead of real instructors, the facilitation system need to understand the learners' opinions and discussion, and give advice to the learners. In our facilitation system, the advice is determined by Support Vector Machine trained with learners' opinions, discussion process, and advice from real instructors. We demonstrate that our method determines the appropriate advice in comparison to other straightforward methods on the real data collected in case method.

研究分野：システム開発・運用

キーワード：システム開発・運用 e-Learning ファシリテーション

### 1. 研究開始当初の背景

社会における不確実かつ複雑な問題を解決する人材を育成する手法として、ケースメソッドが広く行われている。ケースメソッドとは、ハーバード大学において1900年代初頭から実施されている教育方法であり、実際に起きた事例を対象として、指導者と複数の学習者によって行われる。学習者は、事例における問題点を発見し、様々な対策を考えて意見を交換し、問題解決について学習する。学習者が問題点に気づかなかつたり、対策を思いつかなかつたりすると、対策の修得が不十分なまま終了してしまうため、指導者は、助言を与える等の議論の活性化を促すファシリテーションを行う。

しかし、学習者に対して指導者は一般に不足しており、学習者がケースメソッドを行いたいときに、ファシリテーションを行う指導者をいつでも確保できるとは限らない。学習者が問題解決能力を高めていくためには、ケースメソッドによる学習を繰り返し行う必要があることから、学習者のみでケースメソッドを行う環境を用意することが求められている。

ケースメソッドを含めた議論は、各自が発言を行って話題を広げる発散プロセスと、発散した話題から結論を導き出す収束プロセスで構成されている。収束プロセスに関しては、議論の参加者によって表出した情報をクラスタリングする方法や、キーワードを抽出する方法が提案されている。一方で、発散プロセスでは、学習者が情報を表出できるよう、きっかけとなる情報を与える支援が必要である。議論の内容にもとづいてWebから関連する情報を検索する研究等が行われているが、議論の結論に近い情報や無関係な情報が提示され、議論の進行をかえって妨げる可能性がある。議論の状況は刻々と変化するため、議論の内容を理解した上で、適切な情報を提示することがファシリテーションにおいて重要であるが、依然として困難な課題である。

### 2. 研究の目的

本研究では、ケースメソッドにおいて学習者が提示した情報に応じて、適切な情報を提示するためのファシリテーションシステムを開発することを目的とする。指導者は、対象のケースを理解し、ファシリテーションの経験を経て、適切な情報を学習者に提示できる。このことに着目し、ケースに関する情報や、指導者と学習者のやり取りの履歴から、ファシリテーションに必要な知識を抽出し、抽出した知識にもとづいてファシリテーションの情報を学習者に提示する。

ケースメソッドの支援として、本研究ではケースメソッドを2段階のフェーズに分割した。まず図1に示すように、ケースメソッドの事前学習のため、学習者1名がケースを理解し、事前に問題の分析と対策の立案を行うフェーズを支援する。次に図2に示すように、

事前学習の結果にもとづいて、指導者と複数の学習者が議論するフェーズを支援する。

図1に示す事前学習においては、学習者は、ケースに関する情報が記載された文章を読み、ケースにおける問題点や解決策を支援システムに入力する。支援システムは、入力された問題点や解決策の内容が不十分であれば、内容を深めるための助言を学習者に提示する。学習者は、支援システムとの対話を繰り返すことで、ケースメソッドに必要な問題の分析と対策案の立案を行うことができる。

図2に示す指導者と学習者の議論の支援においては、学習者の発言間の関係をグラフ構造で示した議論構造グラフを自動で作成し、学習者に提示する。議論構造グラフでは、問題提起にあたる発言がルートノードとなり、問題の分析に関する発言、分析にもとづく対策に関する発言等を示すノードがリンクで接続される。学習者が議論構造グラフを閲覧することによって、分析が進んでいない問題や対策が希薄な問題を把握することができる。

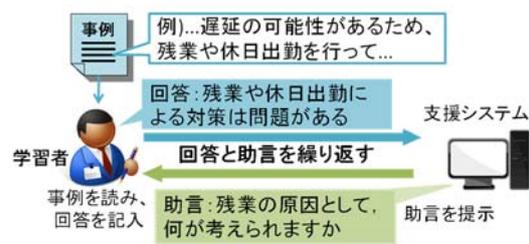


図1 事前学習における支援



図2 指導者と複数の学習者の議論の支援

### 3. 研究の方法

事前学習支援のための助言提示システムについて(1)で、議論支援のための議論構造グラフ作成システムについて(2)で述べる。

#### (1) 助言提示システム

事例研修における指導者は、学習者の回答に対する適切な助言を経験的に判断している。そこで、過去の回答と助言をセットにしてルール化し、ルールとの対応によって提示すべき助言を選択するシステムを開発する。助言提示システムにおける学習者向けGUI(Graphical User Interface)を図3に示す。ウィンドウの左上側のテキストエリアにはプロジェクト事例の説明文が示されており、学習者は説明文を読みながら問題点や対応策を考える。ウィンドウ下部には回答欄があり、行が回答項目、列が問題点と対応策に

対応している。学習者は、回答項目における問題点または対応策のセルを指定し、回答を入力する。

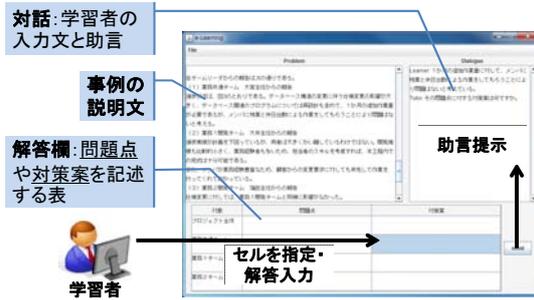


図3 助言提示システムのGUI

指導者の助言を生成し、学習者との対話を実現するため、図4に示すように助言提示システムを構成する。入力学習者による回答(以降、入力文と呼ぶ)、出力は入力文に対する助言である。指導者は、回答例が入力文に対応していれば助言を提示する IF-THEN 形式のルールを助言ルールとして、助言ルールデータベース(以降、助言ルールDBと呼ぶ)に登録する。1つの問題に対して複数の助言ルールがあり、助言ルールには複数の回答例を設定できる。また、どの助言ルールにも当てはまらない入力文を、過去の学習者の入力履歴から収集し、「その他」の助言ルールの回答例に分類する。助言提示システムでは、学習者による入力文と助言ルールDB内の各助言ルールの回答例が、互いに対応しているかどうかを判別する。入力文と対応している回答例を持つ助言ルールを選択し、その助言ルールに応じた助言を提示する。「その他」の助言ルールに入力文が対応していると判別した場合は、表現を変えて再入力するよう学習者に促す。学習者は提示された助言を読み、再び回答を入力し、適切な対策案を導くまで繰り返す。助言提示システムにおいて、学習者に正しい助言を提示するためには、入力文に対応した助言ルールを選択する方式が必要である。

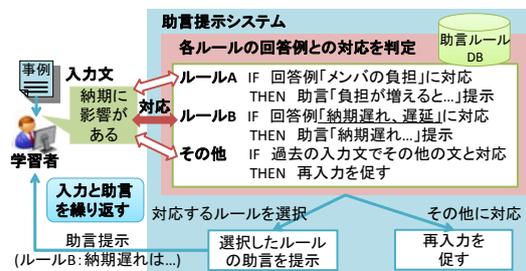


図4 助言提示システムの構成

本研究では、機械学習にもとづく助言ルール選択方式を開発した。助言ルール選択方式の概要を図5に示す。まず、学習者による入力文と助言ルールDBの回答例を用いて、多

クラス SVM (Support Vector Machine) による助言ルール判別を行う。提案方式では、各 SVM による判別結果を統合する際、判別結果が正しい可能性を重視するため、判別結果が正しい可能性を信頼度として求める。次に、求めた信頼度を用いて、判別結果を統合する。入力文がある助言ルールに対応していれば、助言ルールの回答例を分類したときと同程度の信頼度をもって、入力文も分類されると考えられる。そこで、回答例を分類した際の信頼度をあらかじめ求めておき、入力文を分類した際の信頼度と比較する。入力文を分類した際の信頼度と近い信頼度を示す回答例を特定し、その回答例の助言ルールを選択する。図5の例では、各回答例を助言ルール A, B, C のいずれかに分類した場合の信頼度を示している。入力文も同様に信頼度を求めると、助言ルール B に対応する回答例と、同程度の信頼度を示したため、入力文に対して助言ルール B を選択している。

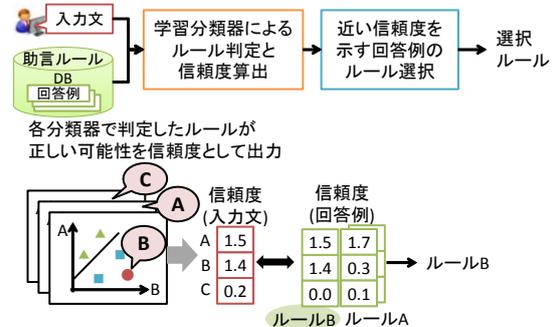


図5 助言提示方式の概要

## (2) 議論構造グラフ作成システム

議論構造グラフを作成する際は、議論の過程に応じて発言間のリンクが特定される。議論の過程と議論構造グラフの関係を図6に示す。図6に示すように、議論の過程には、問題提起、議論の深化、分岐に関する発言がある。議論の過程に応じたリンクは、以下のよう

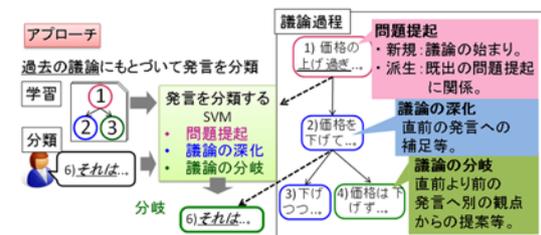


図6 議論の過程とグラフの関係性

- 問題提起  
新規の問題提起は、議論の始まりとなる発言で、現在の議論で既出の発言(以降、単に既出の発言と呼ぶ)とリンクさせない。問題提起の派生は、既出の問題提起に関係し、その発言とリンクさせる。

- 議論の深化  
直前の発言に対する分析、回答、補足等であり、直前の発言とリンクさせる。
- 議論の分岐  
直前の発言より前に既出の発言に対し、別の観点からの発言を行い、互いにリンクさせる。

本研究では、過去の議論において指導者によって正しいリンクが与えられている、議論構造グラフの発言(以降、単に過去の発言と呼ぶ)を用いて、議論の各過程を特定するSVMを学習する。入力された発言を学習したSVMで分類し、議論の過程を特定することにより、リンクを特定する。

議論構造グラフ作成方式の概要を図7に示す。提案方式では、入力された学習者の発言を分類し、議論の過程に応じて既出の発言とのリンクを特定する。同じ内容の問題提起と、そこから議論が深化する発言はそれぞれ類似するため、過去の発言を用いて精度良く分類できる。一方で、議論が分岐する発言は、学習者独自の観点を含むため、過去の発言と異なり、精度良く分類できない。そこで、問題提起、深化、分岐の発言を分類する各SVMを構築し、精度の良いSVMから順に適用するカスケード型SVMによって発言を分類する。また、各SVMを学習する際には、指導者が経験的な知識として用いる、過去の議論構造グラフと指導者が作成した回答例を用いる。

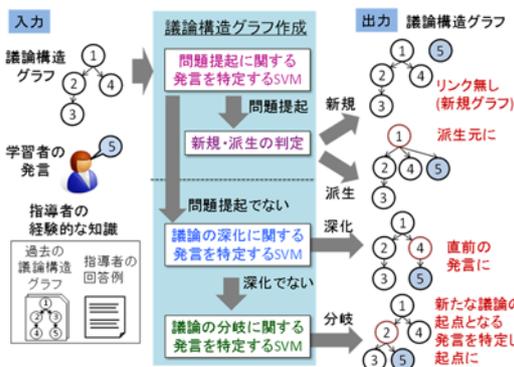


図7 議論構造グラフ作成方式の概要

- 問題提起に関する発言の特定  
問題提起に関する発言の特定方式を図8に示す。問題提起の発言は、指導者が示した問題提起の回答例と同じ単語を含む。そこで、回答例の問題提起に関する単語を素性とする特徴ベクトルを、過去の問題提起の発言から作成し、SVMを学習する。学習したSVMを用いて入力した発言が問題提起か否かを判定する。入力した発言が問題提起の発言と判定された場合、新規の問題提起か既出の問題提起からの派生かを判定する。問題提起からの派生は、既出の問題提起と同じ内容について言及するため類似するという傾向がある。そこで、既出の問題提起とのコサイン類似度を算出し、類似度にも

とづいて判定する。コサイン類似度が閾値未満ならば、新規の問題提起と判定して既出の発言とリンクさせず、新規グラフを作成する。閾値以上なら、既出の問題提起からの派生と判定して派生元とリンクさせる。

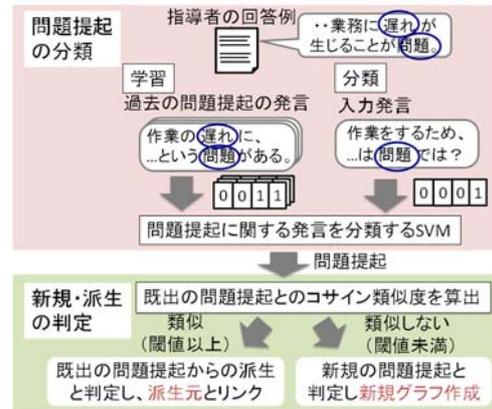


図8 問題提起に関する発言の特定

- 深化に関する発言の特定  
深化および分岐に関する発言の特定方式を図9に示す。リンクする発言のペアにおいて、議論対象の単語が共起する傾向がある。そこで、過去の発言から作成したペアで共起する単語に着目し、入力された発言のリンクを特定する。深化に関する発言は、直前の発言とリンクするため、過去の連続する2つの発言をペアとして作成し、互いの発言に共起する単語の有無を特徴ベクトル、深化の発言か否かをクラスとして、SVMを学習する。入力した発言と直前の発言とのペアに対し、SVMで深化の発言か否かを判定する。しかし、発言の一部が省略や言い換えされることにより、共起単語が無い場合は、共起単語にもとづくSVMで、深化の発言を特定できない。

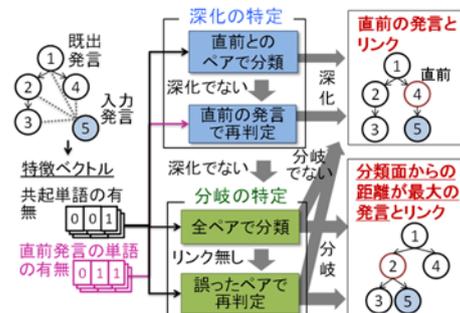


図9 深化、分岐に関する発言の特定

そこで、過去の発言を学習した共起単語にもとづくSVMで分類する。正しく判定できなかった過去の発言を対象に、直前の発言の単語ベクトルのみを特徴ベク

トルとして、新たに SVM を学習することで、省略や言い換えのある発言のリンクを特定する。深化でないと判定された入力発言に対して、その直前の発言とペアを作成し、新たに学習した SVM で再判定する。2 種類の SVM によって深化であると判定された発言は、直前の発言とリンクさせる。

- 分岐に関する発言の特定

図9に示したように、直前とリンクせず、深化でないと判定された発言に対し、分岐に関する発言かどうかを判定する。分岐の発言は、どの既出の発言とリンクするか不明なため、過去の全ての発言を組み合わせて発言のペアを作成し、互いの発言に共起する単語の有無を特徴ベクトル、リンクの有無をクラスとして SVM を学習する。入力した発言と、既出の発言とのペアに対し、リンクの有無を判定する。リンクすると判定された発言のうち、分類面からの距離を信頼度として、距離が最大となる発言を、分岐の発言と特定し、リンクさせる。

しかし、いずれの発言ともリンクが無いと判定される場合がある。全ての発言は必ずリンクを有するため、このような判定を誤りとみなせる。そこで、過去の発言を、学習した共起単語にもとづく SVM で分類する。いずれの発言ともリンク無しと判定した過去の発言を対象に、共起する単語の有無を特徴ベクトルとして、新たに SVM を学習する。いずれの発言ともリンクしないと判定された入力発言に対して、新たに学習した SVM を用いて再判定する。ここで、分岐の発言でないと判定された場合は、対面の議論ではほとんどの発言が直前の発言とリンクすることから、直前の発言とリンクさせる。

#### 4. 研究成果

##### (1) 助言提示システムの評価

企業で実際に使用されているプロジェクトマネジメントに関する事例研修の文章(分量:A4用紙6ページ)を用いた。指導者があらかじめ設定した問題(計4問)について、延べ20人の情報通信を専攻する学生から82文の回答を収集した。対象事例では、プロジェクト進行中に、追加作業が発生して遅延した場合における、プロジェクトマネージャの判断について記述されている。各問題に対し、平均5個の助言ルール、平均43個の回答例を用意した。提案手法以外に、入力文と回答例の類似度が最大となる助言ルールを選択する方式と、SVMによって推定される信頼度が最大の助言ルールを選択する方式を適用し、正しい助言ルールが提示された割合(正解率)を評価した。実験の結果を図10に示す。図10に示すように、提案手法によって正解率が80%以上に改善していることが確認された。

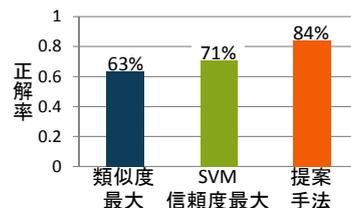


図10 助言ルール選択の正解率

##### (2) 議論構造グラフ作成システムの評価

実際にケースメソッド学習で利用されている、2つのケースを対象として、議論構造グラフを作成する実験を行った。

- ケース1: プロジェクトマネジメント  
プロジェクト進行中に、追加作業による遅延が生じた場合における、プロジェクトマネージャの判断を問うケース
- ケース2: 酒造会社の企業戦略  
設立当初の酒造会社が、大企業のブランドや価格面での競争に対抗するための販売戦略を問うケース

各ケースについて、3名からなる3つのグループが議論し、計6グループの議論で得られた学習者の発言を実験に用いた。提案方式の有効性を評価するため、全て直前の発言にリンクさせる方式、コサイン類似度による従来方式、共起単語にもとづくSVMのみで分類する方式、提案方式において問題提起の特定を含まない方式、提案方式を適用し、リンクを特定する。SVMを用いる方式では、各ケースの2グループの発言を学習データ、1グループの発言をテストデータとして議論構造グラフを作成し、テストデータを変えて全てのグループで実験を行った。最終的に作成される議論構造グラフにおいて、ノード間に正しいリンクが与えられているかどうかを、以下の再現率、適合率で評価した。作成された議論構造グラフのリンクが正しいか否かを指導者が判断した。

図11に各ケースにおけるリンク特定の再現率と適合率を示す。図11に示すように、多くのノードが直前にリンクすることから、発言の内容にかかわらず直前にリンクさせる方式は、再現率、適合率ともに70%程度となっており、類似度や単純なSVMを用いた場合よりも良い結果を得られている。一方で、カスケードSVMを利用した提案方式では、直前にリンクさせる方式よりも再現率、適合率が改善している。特に問題提起に関する発言を特定し、ルートノードと判定する方式によって提案方式による再現率は平均87%、適合率88%を示していることから、提案方式の有効性を確認することができた。

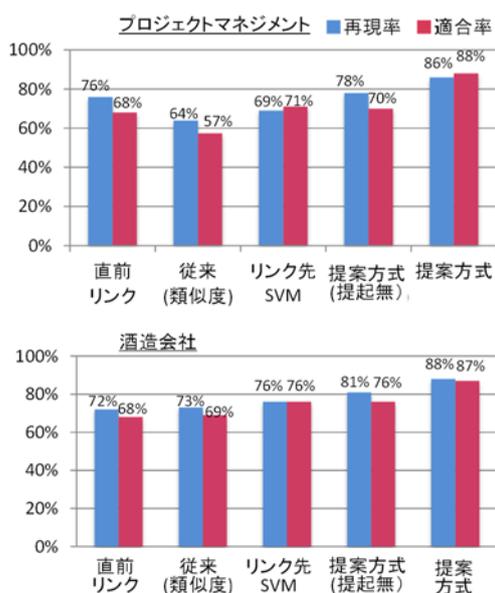


図 11 リンク特定の再現率と適合率

## 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 2 件)

- ① M. Samejima, D. Hisakane, N. Komoda, “Automatic annotation method on learners’ opinions in case method discussion”, *Interactive Technology and Smart Education*, Vol.12, No.2, pp.90-99 (2015)  
DOI:  
<http://dx.doi.org/10.1108/ITSE-04-2015-0003>
- ② 久兼大知, 大月みなみ, 鮫島正樹, “学習者回答判別に対する信頼度分類を用いた事例研修のための助言ルール選択方式”, *電気学会 C 部門論文誌*, Vol.135, No.6, 594-601 (2015)  
DOI:  
<http://doi.org/10.1541/ieejjeiss.135.594>

[学会発表] (計 11 件)

- ① 鮫島正樹, 久兼大知, “ケースメソッド学習における議論支援のための発言分類手法”, *電気学会 電子・情報・システム部門大会*, TC11-6, pp.307-312 (2015.8.26-28, 長崎)
- ② 久兼大知, 鮫島正樹, “カスケード型 SVM を用いたケースメソッド学習の議論構造グラフ作成方式”, *第 62 回情報システム研究会*, IS-15-014, pp.69-74 (2015.5.28-29, 神戸).
- ③ M. Samejima, D. Hisakane, N. Komoda, “Automatic Annotation on Opinions in Case Method Discussion by Support Vector Machine”, in Proc. of 8th IADIS

Int. Conf. on Information Systems 2015 (IS 2015), pp.129-136 (2015.3.14-16, Madeira, Portugal)

- ④ D. Hisakane, M. Otsuki, M. Samejima, N. Komoda, “A Tutoring Rule Selection Method for Case-based e-Learning by Multi-Class Support Vector Machine”, in Proc. of 6th Int. Conf. on Knowledge Management & Information Sharing (KMIS 2014), pp.126-132 (2014.10.21-24, Rome, Italy)
- ⑤ D. Hisakane, M. Samejima, “A Visualization System of Discussion Structure in Case Method Learning”, in Proc. of 6th Int. Conf. on Knowledge Management & Information Sharing (KMIS 2014), pp.119-125 (2014.10.21-24, Rome, Italy)
- ⑥ 久兼大知, 大月みなみ, 鮫島正樹, “学習者回答の判別結果にもとづく事例研修のための助言ルール選択方式”, *電気学会 情報システム研究会*, IS-14-036, pp.35-40 (2014.9.25-26, 沖縄)
- ⑦ 久兼大知, 鮫島正樹, “ケースメソッド支援のための議論構造グラフ作成手法”, *電気学会 情報システム研究会*, IS-14-037, pp.41-46 (2014.9.25-26, 沖縄)
- ⑧ M. Otsuki, M. Samejima, “An Intelligent Tutoring System for Case-Based e-Learning on Project Management”, in Proc. of 2013 IEEE Int. Conf. on Systems, Man & Cybernetics (SMC 2013), pp.3471-3476 (2013.10.13-16, Manchester, UK)
- ⑨ 大月みなみ, 鮫島正樹, “事例学習支援システムにおける助言提示ルール選択方式”, *電気学会 情報システム研究会*, IS-13-58, pp.7-12 (2013.11.28-29, 鳥取)
- ⑩ M. Samejima, K. Hamada, “A Change Detection Method of Arguing Points by Factor Analysis for Case Method Support”, in Proc. of 2013 IEEE Int. Conf. on Systems, Man & Cybernetics (SMC 2013), pp.2849-2853 (2013.10.13-16, Manchester, UK)
- ⑪ 久兼大知, 鮫島正樹, “ケースメソッド学習における議論構造可視化システム”, *電気学会 情報システム研究会*, IS-13-054, pp.87-91 (2013.9.11-12, 福岡)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鮫島 正樹 (SAMEJIMA, Masaki)

大阪大学・大学院情報科学研究科・助教  
研究者番号：80564690