

平成 30 年 5 月 10 日現在

機関番号：52601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330415

研究課題名(和文) ノウハウモデルを用いた知識の共有と活用・発見・創造にもとづく研究活動支援システム

研究課題名(英文) Research Activity Support System based on Sharing, Using, and Creating Knowledge with Know-how Model

研究代表者

北越 大輔 (Kitakoshi, Daisuke)

東京工業高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号：50378238

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高等教育機関における研究室所属学生を対象に、研究室が所有する研究ノウハウ間の関連性と、学生が所望する情報や過去の問い合わせ傾向等を表現した2種類のモデルを用い、各学生の研究進捗へ寄与する効果的な情報を提示するシステムの実現を目指す。

複数分野の工学系学生を対象とした実験の結果、(1) ノウハウ間の関連性や各学生のノウハウ検索・評価傾向がノウハウモデル、利用者モデルとして適切に表現され、(2) 各モデルを用い利用者(学生)に対して妥当なノウハウを提示可能であること、(3) 双方のモデルを活用した当該システムの提示するノウハウが、学生の研究活動の進捗に貢献し得ることを確認した。

研究成果の概要(英文)：This research aims to develop a Research Activity Support System that can present effective research know-how information contributing to research progress of respective students in higher education facilities based on two kinds of models called know-how and user models. The know-how model expresses dependencies between know-how items stored in the research laboratory to which the students belong, and the user model represents trends of students' desired research information and their tendency of know-how retrieval.

As a result of several experiments for students engaging in engineering studies, the followings have been confirmed: (1) Each model can express dependencies between know-how items and trends of students' retrieving/evaluating know-how; (2) users (students) can obtain proper know-how information by means of each model; and (3) know-how presented by the proposed system using both two models can contribute to progress of each student's research activity.

研究分野：機械学習

キーワード：ナレッジマネジメント ベイジアンネット ヒューマンエージェントインタラクション 知識発見

1. 研究開始当初の背景

近年、高等教育機関における教員の研究・教育活動にかかる負担は年々増大し、双方ともに十分な成果を挙げることは困難となりつつある。また、教員一人あたりの指導学生数も増加傾向を示し、上述の負担増の影響もあり、教員が学生一人一人を手厚く指導することが難しい状況となっている。研究室運営は、複数の学生を育てながら研究成果という利益を挙げ、成果を次の世代へ継承しながらさらなる利益(成果)を追求するという点で、企業経営との類似点が多い。そのような背景の中、企業における知識の蓄積と共有、新たな知識の発見や創造を効率的に行うナレッジマネジメントと呼ばれる経営手法が提案・実践されてきた。ナレッジマネジメントでは、企業内で蓄えられてきた経験や“コツ”といった知識を組織全体で共有しやすい形に変換し、新たな知識の発見や創造を促進する。このような考え方は、企業経営との類似点の多い高等教育機関における研究室運営にも適用可能であると考えられ、学生の円滑な研究活動促進だけでなく、教員の学生指導にかかる負担軽減といった効果も期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、高等教育機関における研究室所属学生を対象に、各学生の研究進捗に必要な情報を効率的に提示可能なシステム(研究活動支援システム)を提案する。

大学・高専等における研究室運営の方法は様々であるが、研究活動の主要な役割を担う学生は卒業等に伴い入れ替わるため、研究ノウハウの効果的な蓄積・共有・活用は重要な課題である。例えば、電子メール中に記述された教員からの助言や、実験中に気がついた“コツ”のような定型化の難しい情報(研究ノウハウ)の抽出・蓄積は一般的には行われないため、当該情報が多数の学生にとって有益・重要であったとしても、その共有・再利用は困難である。申請者は、様々な研究ノウハウを蓄積し、ノウハウ間の関係性を適切にモデル化して活用するため、ナレッジマネジメントの概念に注目する。

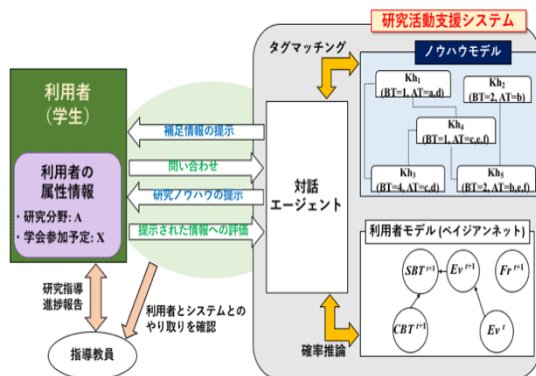


図1: 研究活動支援システムの枠組

提案システムの枠組を図1に示す。図に示される通り、提案システムは主にノウハウモデル、利用者モデル、対話エージェントと呼ばれる3つの構成要素からなる。また、システムの検索、提示対象となる各ノウハウには基本タグ(図中のBT:ノウハウに対応する研究内容を特定。本研究では、“資料作成(スライド・ポスター)”, “資料作成(論文・要旨)”, “開発”, “プレゼンテーション”, “実験・考察”, “用語の定義・説明”の6種類から1つを選択)、自由タグ(図中のAT:基本タグを補足する。自由記述のキーワードを0個以上入力)と呼ばれる2種類のタグが、システムへのノウハウ登録時に利用者(学生)から割り当てられる。以降、システムの構成要素について簡潔に紹介する。

(1) ノウハウモデル: ノウハウをノード(図中の Kh_i)に、ノウハウ間の関連性をノード間のリンクに対応づけたネットワークモデル。関連性は、2つのノウハウに共通して付与されたタグ数に相当。

(2) 利用者モデル: 学生の過去のノウハウ問い合わせ・評価傾向を、確率モデルの一つとして知られるベイジアンネットの形式で表現。

(3) 対話エージェント: システムと利用者(学生)との仲介役として、学生のノウハウ問い合わせやシステムへのノウハウ登録を促す。また、システムが出力するノウハウを、学生にとって適切な形式で提示。

提案する研究活動支援システムを用いたノウハウ提示の流れについて以下に述べる。

(1) 利用者が、自身の問い合わせ内容に対応すると考える基本タグと自由タグ(キーワード)をシステムへ入力

(2) 対話エージェントが問合せ内容をノウハウモデル・利用者モデルへ伝達

(3) ノウハウモデルは問合せ内容にもとづき、所定のノウハウ提示手法を用いて蓄積された全ノウハウの提示優先度を決定し、利用者モデルに提供

(4) 利用者モデルは、学生の事前入力情報とモデルの結合構造を用いた確率推論によって、学生から“高評価が得られる確率”の高いノウハウ群を抽出。抽出結果にもとづきノウハウ提示優先度を調整し、対話エージェントに提供(問合せ内容:以降のノウハウ提示に利用するため蓄積)

(5) 対話エージェントは、提示優先度上位 N ノウハウのリストを生成し、利用者に提示(本研究における実験では $N=20$)

(6) 学生は、リストから任意のノウハウを閲覧し評価(評価情報:以降のノウハウ提示に利用するため蓄積)

研究活動支援システムでは、利用者(学生)の研究分野や研究テーマに応じて提示ノウ

表 1：提示ノウハウへ割り当てる評価値設定

評価値	有効性 v	新規性 n
5	2	2
4	2	1
3	1	1 or 2
2	1	0
1	上記以外の組合せ	

ウを変更することはもちろん、同一の学生であっても当該学生の研究進捗状況や、問い合わせ時点での直近の予定（例：研究テーマを決めなければいけない、学会発表等の成果発表が迫っている、等）にも対応して提示ノウハウの内容を調整可能となることを目指している。そのため上述の通り、利用者からの新たなノウハウの登録を随時促しつつ、利用者の問い合わせ内容（の履歴）、提示ノウハウへの評価情報を当該時点での提示ノウハウ決定に活用しつつ、利用者モデルの構造調整用データとしても利用することを予定している。また、対話エージェントの振舞設計にあたっては、学生がシステムへ親しみを持ち、継続的なシステム利用とノウハウ登録を通して知識の蓄積、共有、発見と創造を実現できるよう、ヒューマンエージェントインタラクションの概念を導入することで、自然な形式で対話的やり取りを実施できるような枠組について検討した。

3. 研究の方法

研究期間中（平成 26 年度～平成 29 年度）に遂行した主な研究内容について以下に述べる。

(1) 平成 26 年度

- ① システム構築の準備として、ノウハウデータの収集、ノウハウへ付与するタグの種類とタグ付け設定について検討
- ② 試作版ノウハウモデルを構築し、妥当性を評価
- ③ 人工データから利用者モデルを生成し、モデルの特徴について考察

(2) 平成 27 年度

- ① 学生の試作版システム利用履歴を用いて利用者モデルを構築し、その特徴と妥当性を評価
- ② 前年度構築したノウハウモデルと当該年度の①で構築した利用者モデルを活用してシステムを構築し、提示ノウハウの妥当性を評価

(3) 平成 28 年度

- ① ノウハウモデルを活用したノウハウ提示法の改善を実施

表 2：ノウハウモデルを用いた提示ノウハウに対する評価の概要

	平均評価値	有効性(平均)	新規性(平均)	総提示ノウハウ	
被験者	(1-5)	(0-2)	(0-2)	(T)	
Kn1	2.52	1.35	1.11	452.00	
Kn2	2.94	1.32	1.04	470.00	
Kn3	3.78	1.82	1.46	591.00	
Kn4	3.00	1.47	1.16	542.00	
平均値	3.06	1.49	1.19	513.75	
被験者	被評価 ノウハウ(E)	E/T (%)	高評価 ノウハウ(Hi)	Hi/T (%)	Hi/E (%)
Kn1	63.00	13.94	23.00	5.09	36.51
Kn2	154.00	32.77	73.00	15.53	47.40
Kn3	89.00	15.06	63.00	10.66	70.79
Kn4	61.00	11.25	25.00	4.61	40.98
平均値	91.75	18.25	46.00	8.97	48.92

- ② 上記①における改善の効果、および、専門分野の異なる学生に対するシステムの適用可能性評価のため、実験を実施
- ③ 実験結果をもとに、ノウハウ提示法の改善効果、異分野の学生に対するシステムの適用可能性について評価・考察
- (4) 平成 29 年度
 - ① ノウハウモデル、利用者モデルを用いた実験の結果に基づき、対話エージェントの設計を実施
 - ② ノウハウモデルの構造を、学生からの評価や問い合わせ内容に応じて調整する機構の検討

4. 研究成果

研究期間中に実施した実験の結果をもとに、提案する研究活動支援システムの基本的特徴や提示ノウハウの妥当性、利用者のシステムに対する印象や評価等について考察を行った。ここで、システムが提示する各ノウハウの評価基準は有効性 v と新規性 n の 2 種類とし(0～2 の 3 段階評価)、これらの値の組合せ(v, n)で提示ノウハウの評価値(1～5 の 5 段階)が決まる(表 1)。

表 3: ノウハウ調整処理の有無による提示
ノウハウ比較

	平均評価値	評価数	提示数
提示ノウハウ 調整処理実施	3.45	1286	11139
提示ノウハウ 調整処理未実施	3.33	950	9892

(1) ノウハウモデルの妥当性について

申請者の所属する情報工学系研究室で卒業研究に従事する学生（5年生，研究分野：人工知能関連）を対象に，研究活動中で気になった点や疑問点等のシステムへの問い合わせと，システムから提示されたノウハウに対する評価を依頼した（実験期間：63日間）。

実験結果の概要を表 2 に示す。表より，平均評価値の平均値 = 3.06 であり、若干ながら（5段階中の標準値である）3 より大きいこと，同様に有効性，新規性の平均値も標準値である 1 より大きいことが分かる。また，表の右端にある Hi/E は，各被験者が評価したノウハウ数(E)のうち，4 以上の評価を与えたノウハウ(Hi)の割合を表している。この結果から被験者は，自身が閲覧したノウハウの 4~7割に対して高評価を与えていることが確認できる。これらの結果から，提案する研究活動支援システムが提示するノウハウは利用者にとって一定の有用性があると考えられる。その一方で，評価基準の一つである新規性の平均値は有効性の平均値より 0.3 低い。このような結果が生じた理由としては，当該実験の被験者である学生はこれまでに 1 回以上同様の実験を実施しており，過去の実験において提示されたノウハウと同一のノウハウを本実験においても少なからず提示される可能性があることに影響していると推測される。

今後は，過去に提示されたノウハウが再度（特に，一度提示されてから間も無く）提示されることを抑制するとともに，利用者の検索・評価傾向をもとに，利用者から高評価を得られることが期待されるノウハウを予測し提示リストの上位に提示可能とする仕組みの導入について検討する。

(2) 利用者モデルの妥当性について

利用者モデル構築用データを収集するため，卒業研究・特別研究に従事する申請者所属研究室の学生（5年生 7名，および専攻科 1 年生 1名）を対象に，ノウハウモデルのみで構築された試作版システムを利用したノウハウ問い合わせ，および，問い合わせに対する提示ノウハウへの評価を依頼した（実験期間：40日間）。続いて，収集データから利用者モデルを構築し，ノウハウモデル・利用者モデル双方からなるシステムから提示されるノウハ

表 4: ノウハウ調整の有無と評価値との比較

利用者モデル	被験者	平均評価値	
		提示ノウハウ 調整処理実施	提示ノウハウ 調整処理未実施
A	A	2.66	2.19
	B	3.48	2.22
	C	3.64	3.00
F	F	1.78	2.25
	G	2.23	2.19

ウについて，改めて評価の実施を依頼した（実験期間：12日間）。評価対象者は，申請者所属研究室の 4 年生 4 名と 5 年生 6 名とし，5 年生については上述した方法で構築した各自の利用者モデル，4 年生については，各々と最も研究分野に近い 5 年生のモデルを使用し評価してもらった。実験では，被験者が問い合わせを実施するたびに，ノウハウ提示優先度の調整処理を実施するか否かがランダムに，かつ，各状況でのノウハウリスト提示回数が均等となるよう設定されているため，提示ノウハウの調整処理が実施されているかどうか，被験者は知ることができない。

はじめに，利用者モデルを用いたノウハウ調整処理の有無による，被験者全体におけるノウハウ評価の概要について示す（表 3）。表から分かる通り，利用者モデルによる提示位置の調整が行われたノウハウは調整未実施ノウハウよりリストに多く提示されることで評価の機会も増加し，被験者からの評価値も高くなる傾向がある。

続いて，ノウハウ提示優先度の調整処理を実施したか否かがノウハウ評価値に与える影響について，典型的な結果を示した被験者 5 名に注目して比較する（表 4）。ここで表の 1 列目は各被験者が使用した利用者モデルを示しており，5 年生である被験者 A と F は自身のモデルを，4 年生である被験者 B, C, G は，それぞれと研究分野の近い学生のモデル(B と C についてはモデル A, G についてはモデル F) を用いたことを意味している。表 4 より，被験者 F を除く全員において，提示ノウハウ調整を実施した場合における平均評価値が，未実施時における値よりも高い傾向があることが確認できる（この結果は表 4 に記載されていない他の被験者においても同様であった）。また，調整処理が実施された場合，例えば被験者 C（平均評価値 = 3.64）のように，5 年生と比較して 4 年生の評価値の方が高くなる傾向も見られる。この点については既に研究成果(1)における考察でも述べた通り，5 年生はノウハウモデル構築用のデータ収集の時点でノウハウ提示・評価を経験しているため，提示ノウハウに対する新規性の面で 4 年生よりも評価が低くなったためであると考えられる。

最後に、調整処理によってノウハウ提示リストにおける提示位置が修正されたノウハウに着目する。提示位置の修正なし、上方修正、下方修正が実施されたノウハウにおける平均評価値はそれぞれ 3.33, 3.46, 3.42 となった。上方修正されたノウハウの評価値が修正なしのノウハウより高い値を示すことは予想されたが、下方修正されたノウハウの評価値が調整未実施ノウハウより高い値を示したことは注目すべき点であると考えられる。提示位置が下方修正されたノウハウは提示ノウハウ全体の 2%と少なく、被験者に閲覧・評価された割合はさらに少ない (1%)。これは、あるノウハウの提示位置が下方修正されることで、本実験において提案システムが一度に提示するノウハウ総数 (上位 20 個) より当該ノウハウの提示順位が下がることで、提示機会自体が消失するためと予想される。その一方、提示位置が下方修正されたにも関わらずリストに提示された 2%のノウハウは、ノウハウモデルの出力において「有益」と強く判断されていることによって提示リスト内に残っていると考えられ、結果として利用者の目に留まり高評価を獲得できたものと思われる。

上述のように、ノウハウモデルと利用者モデルとの相互作用を通じたノウハウ提示を可能とすることで、学生の多様な状況に対応可能な柔軟、かつ適切なノウハウの提示を実現可能となることが期待される。

(3) 他分野の学生への適用可能性について

申請者の所属する高専における物質工学系研究室に所属する専攻科 2 年生 X, 1 年生 Y の計 2 名に対して、所属研究室におけるノウハウの登録 (各ノウハウへのタグ付けを含む) を依頼した (実施期間: 48 日間)。その後、収集したノウハウをもとに各被験者に対応するノウハウモデルを構築し、モデルを被験者自身に確認していただきながらヒアリングを実施した。また、被験者へのヒアリング結果を踏まえ、当該学生が所属する研究室の指導教員にもヒアリングを実施した。

図 2 に、学生 X から収集したデータをもとに構築したノウハウモデルの一部を示す。図中の各ノードが研究ノウハウに対応し、ノードの色は被験者が各ノウハウに付与した基本タグに対応する。図に示される通り、ノウハウモデルでは原則的に同一種類の基本タグが付与されたノウハウ同士の関連性 (2 つのノウハウ間で共通して付与されるタグの数) が大きくなる傾向がある中で、特定のノウハウが他の基本タグを有するノウハウとも多くのリンクを有する“ハブ”としての役割を有する。このような傾向は、情報工学系研究室所属学生により構築されたノウハウモデルでも同様であった。続いて、情報工学系研究室学生を対象に構築したノウハウモデル (Kn) と、学生 X, Y から収集したノウハウから構築した

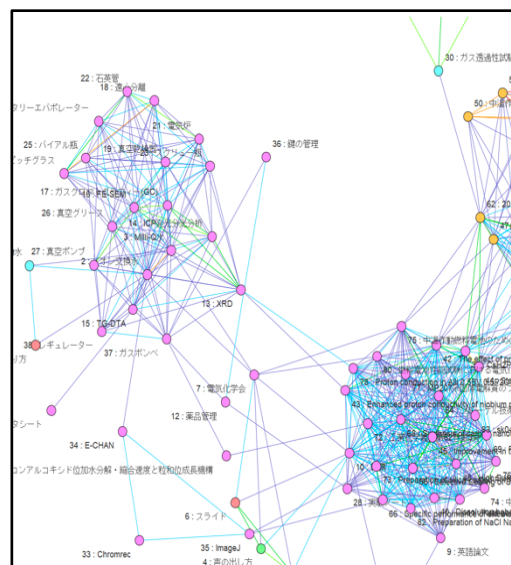


図 2: 構築されたノウハウモデルの一部

表 5: 構築されたノウハウモデルの比較

	ノウハウ数	リンク数	平均次数
Model X	103	234	4.64
Model Y	39	171	8.77
Model Kn	930	68198	146.66

ノウハウモデルの概要について比較する (表 5)。表に示される通り、モデル中のノウハウ数、リンク数、平均次数の全てにおいて Model Kn が大きな値を示しているが、これは Model X と Y が、対応する各学生に対して 48 日間で収集したノウハウにより構築されたのに対し、Kn は情報工学系研究室の複数の学生から、約 2 年の期間をかけて収集したノウハウで構築されていることに起因する。また、リンク数、平均次数ともに Model X, Y より大幅に Kn の値が大きい理由としては、当該研究室の学生は研究活動支援システムについてよく理解しており、ノウハウ登録期間の長さから、適切な (効率的な) ノウハウ登録の方法を把握していたためと推測される。

最後に、学生、および教員へのヒアリングの結果について紹介する。表 5 に示される通り、モデルの規模は情報工学系学生からのノウハウで構築した Model Kn よりかなり小さいものの、被験者 X, Y へのヒアリングの結果、各被験者の登録ノウハウに対して構築した Model X, Y は、各々が登録したノウハウ間の関連性を概ねよく表現できているとのコメントを得られた。その反面、ノウハウへ付与する基本タグの種類については、システムを利用する学生の研究分野によって修正の余地があることも確認できた (例: 物質工学系研究室の学生にとって、“開発”という基本タグはどのようなタイミングで、どのような対象に対して付与すべきかわかりづらい)。その一方で、X, Y の所属する研究室の指導教員にも各

学生に対して構築されたノウハウモデル、および、各学生に対して実施したヒアリングの内容について確認していただいたが、学生と同様、構築されたモデルは当該教員の指導する研究室における研究ノウハウ間の関係性を表現できているとの評価をいただいた。

上記の通り、当該システムは研究分野の異なる学生に対しても適切なノウハウモデルを構築可能である一方、分野の相違を考慮したタグ設定等のチューニングが必要であることが確認できた。研究成果(1)に記述した、利用者の評価にもとづく提示ノウハウの調整機構については現在、強化学習のアプローチを用いてノウハウモデルのパラメータを適応的に調整することで対応することを検討している。また、対話エージェントについてはヒューマンエージェントインタラクションの概念にもとづき、利用者が親しみを感じ、システムの継続的利用を促進できる対話的やり取りを実現可能な枠組を検討中である。

これら、① 研究分野の異なる利用者に対するシステムのチューニング、② ノウハウモデルのパラメータ学習機構の導入、③ 対話エージェントの実装については現時点で作業が完了していない。これらの実現によって、研究活動支援システムは様々な分野における多様な状況の学生が長期間継続的に利用可能なシステムとなることが期待できる。

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)

[学会発表] (計6件)

- ① Daisuke Kitakoshi, Kazuki Yanagisawa, Masato Suzuki, Empirical Study of Student Evaluations of Research Activity Support System for Higher Education Students in Various Fields, 2017 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2017), 2017年12月2日, 台北, 台湾
- ② 北越大輔, 柳沢和樹, 鈴木雅人, ノウハウ情報を用いた研究活動支援システムの汎用性に関する検討, 2017年電子情報通信学会総合大会, 2017年3月24日, 愛知県名古屋市
- ③ 柳沢和樹, 北越大輔, 鈴木雅人, 研究活動支援システムにおけるノウハウモデル構造を用いたノウハウ提示手法の妥当性評価, 第79回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), 2017年3月8日, 北海道函館市
- ④ Daisuke Kitakoshi, Shunya Toda, Masato Suzuki, A Validity Analysis of

a User Model Employed in a Research Activity Support System, Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS & ISIS 2016), 2016年8月27日, 北海道札幌市

- ⑤ 當田峻也, 北越大輔, 鈴木雅人, 研究活動支援システムに活用する利用者モデルの妥当性とその評価, 第76回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST), 2016年3月7日, 兵庫県神戸市
- ⑥ 當田峻也, 北越大輔, 鈴木雅人, ノウハウ提示にもとづく研究活動支援システム—利用者モデル構築に関する検討—, 第17回日本感性工学会大会, 2015年9月3日, 東京都渋谷区

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北越 大輔 (KITAKOSHI, Daisuke)
東京工業高等専門学校・情報工学科・准教授
研究者番号: 50378238

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし