

ネットワークコミュニティにおける 関心の類似性に基づいた知識共有の促進

倉林 則之[†], 山崎 達也^{††}
湯浅 太一^{†††} 蓮池 和夫[†]

本論文では、関心の類似性に基づく会話支援を通じてネットワークコミュニティにおける知識共有を促進する手法について述べる。ネットワークコミュニティでは多様な参加者が想定されるため、共通の目標や合意は必ずしも明確でない。したがって、参加者の持つ知識を活用するには、情報の所在の特定と知識の表出を促すことが重要である。本手法は、関心の類似性に基づいて有用な情報の保持者を特定し、そのような情報を引き出すきっかけとなる話題を提供することで、局所的な知識共有を促進する。また、文脈に応じてこのような相互作用を繰り返すことで知識共有をコミュニティに拡張する。ここで参加者の利益である有用な情報の獲得と、コミュニティ全体の利益である知識共有の両立に配慮している点が本研究の特徴である。本手法を、我々が開発している会話支援エージェント Zinger に実装し、チャットシステム上で動作させた。被験者実験の結果、本手法は有用かつ新鮮な話題を提供でき、会話による有用な情報の獲得を助けることが分かった。また、Zinger が提供した話題をきっかけとして相互作用が促進され、参加者間で共有されたことが確認された。

Knowledge Sharing Facilitation in Network Communities Based on Interest Similarity

NORIYUKI KURABAYASHI,[†] TATSUYA YAMAZAKI,^{††} TAIICHI YUASA^{†††}
and KAZUO HASUIKE[†]

This paper describes the method that facilitates knowledge sharing in network communities through conversation support based on interest similarity. In a network community, it is often hard to recognize a common goal and/or consensus due to diverse participants. Identifying 'who knows what' and motivating people to externalize their knowledge are hence important to utilize the knowledge. Our method identifies a person who has fresh and useful information based on interest similarity and presents the topics that may bring her or him to disclose such information for facilitating knowledge sharing. Iterating such interaction according to the context can be extended to communities. Acquisition of useful information is the benefit for individuals and diffusion of knowledge is another one for communities. This research aims to consider both benefits. We implemented our method as a part of Zinger, our conversation support agent. Zinger currently runs on a text-based chat system. As the experimental results, we verified that our method was capable of presenting fresh and useful information, and helped the user to get such information from conversation. We also found that the topics presented by Zinger led conversational interaction and they were shared among the users.

1. はじめに

コミュニティは一定の志向性や共同性のもとでゆるやかに結びついた人々の集団であり¹⁾、参加者の間に広く分散している知識を活用するためには「誰が何を知っているか」を特定する必要がある^{2),3)}。また、個人に帰属する知識の外化やその表現を介したコミュニケーションが相互理解や知的創造作業において本質的な役割を果たすという指摘もあり⁴⁾、参加者同士の相互作用に基づく知識発見や知識共有の支援は、コミュニティにおける知識活用の観点からきわめて重要であ

[†] ATR 適応コミュニケーション研究所
ATR Adaptive Communications Research Laboratories

^{††} 通信総合研究所
Communications Research Laboratory

^{†††} 京都大学大学院情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kyoto University
現在、富士ゼロックス IT メディア研究所
Presently with Information Media Laboratory, Fuji Xerox
現在、通信総合研究所
Presently with Communications Research Laboratory

るといえる。

本研究の目的は、ネットワークコミュニティにおいて、個々の参加者にとって有用と推定される情報およびその保持者の発見と、そのような情報の流通を通じた知識共有を実現することである。ネットワークコミュニティは地理的・時間的制約が少なく、様々な背景や知識を持つ人々の参加が想定されるため、共通の目標や合意の存在は必ずしも明確でない。このため、相互理解や合意形成はコミュニティ支援の主要な課題として位置づけられてきた⁵⁾。一方で、参加者の多様化はコミュニティの情報源としての価値を高めていると見なすこともできる。参加者の多様化によって、日常的に得られる助言や手引きにも多様性が増すことが期待できるからである。

そこで本研究では、コミュニティの情報源としての側面に着目し、参加者が知識を表出するための動機づけとなるような有用な話題を提供して会話による相互作用を誘発する。これにより、会話相手との局所的な知識共有を図る。具体的には、有用な情報の保持者を関心の類似性に基づいて特定し、その情報に関連する話題を提供する。そして、文脈に応じて参加者の立場を入れ替えながらこれらを繰り返すことで、知識共有をコミュニティ全体に拡張する。ここで、個々の参加者の利益（有用な情報の獲得）とコミュニティ全体の利益（知識共有）の両立に配慮している点が本研究の特徴である。

以下に、本論文の構成を示す。2章では本手法の概要を説明する。3章では本手法に基づいた会話による相互作用の促進について述べる。4章はシステムの実装の説明である。このシステムを用いて行った被験者実験とその結果については5章で述べる。関連研究は6章に示す。7章はまとめである。

2. コミュニティにおける知識共有

2.1 知識共有の方針

本研究では、参加者同士の会話による局所的な知識共有をコミュニティに拡張するアプローチを採用するが、共通の目標や合意の存在は仮定しない。このような状況において会話を活性化するには、参加者の動機づけが必要となる。コミュニティを情報源とらえた場合、その利点は参加者同士の社会的なネットワークを通じて、それまで知りえなかった有用な情報が得られる可能性にある。さらに、関心を持つ事柄について議論することにより知識の深化や創発も期待できる。そこで、未知の有用な情報を得るための会話を支援することで参加者の動機づけを行う。また、会話から参加者がそ

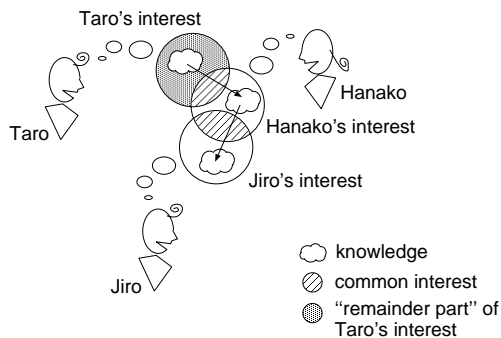


図 1 共通の関心を介した知識共有のモデル

Fig. 1 Knowledge sharing model with common interests.

れぞれ有用な情報を獲得できることを局所的な知識共有の方針とする。

一方、コミュニティにおける知識共有の実現には、個々の参加者に帰属する知識を適切に流通させることが重要である。たとえば、文献 6) では、参加者の持つ知識や情報の多様性に起因する「無知の均衡 (symmetry of ignorance)⁷⁾」を社会的創造性のための資源として開発する枠組みを提案しているが、そこでは個々の参加者が持つ知識体系の差異を越えた相互作用の手段として外化表現の重要性が強調されている。本研究では、情報の要求者と保持者の結びつけおよび話題の提供が「無知の均衡」の開発に対応しており、それらを文脈に応じて自律的に行うことで効果的な知識共有の実現を図る。また、知識の外化表現は言葉を中心としている。

2.2 二者間の知識共有

まず、二者間の局所的な知識共有について、図 1 における Taro と Hanako の会話を例に考える。彼らが共通の関心（斜線部分）を持つとすれば、この部分から会話を始めることは容易である。共通の関心が会話の共通基盤の一部を形成するからである⁸⁾。また、Hanako にとっては、Taro の関心から共通部分を差し引いた残りの部分（網かけ部分；以下、関心の差分と呼ぶ）から、それまで知りえなかった有用な情報が得られる可能性がある。この関心の差分に関連する話題を提供して会話による相互作用を誘発する。参加者は提供された話題を導入することで一時的な会話の方向づけが可能であり、それは有用な情報を引き出したり知識共有のきっかけとなったりするように作用することが期待される。この方法は有用な情報の獲得や知識共有のために他者の関心を利用するものであり、基

問題解決に必要な情報や知識はその問題に関わる多くの人々の間に分散され、誰ひとりとしてそのすべてを有する人間は存在しないという人間の認知的側面を「無知の均衡」と呼ぶ⁴⁾。

本的なアイデアは推薦システム^{9),10)}に近い。推薦システムは、未知の情報に対する利用者の評価を予測することで推薦すべき情報を決定する。この評価の予測に、類似した関心を持つ他者が過去にその情報を評価した際の得点が使われるが、利用者同士の相互作用は考慮されていない。これに対して、本研究では関心の差分から得られる情報を参加者間の相互作用を促進するために利用している点が異なる。

2.3 コミュニティへの拡張

次に、二者間の知識共有をコミュニティに拡張する。共通の関心を持つ参加者の間にはそれぞれ関心の差分が定義され、そこから得られる情報は個々の参加者にとって有用性が高いことが期待される。一般に人の関心は幅広く、文脈に応じてその一部が活性化すると考えられるため、関心の共通部分は文脈依存となる。図1全体は、ある文脈において共通の関心を持つ Taro と Hanako の間で共有された知識が、別の文脈では異なる共通の関心を介して Hanako と Jiro の間で共有されている様子を表している。このように、文脈に応じて情報の要求者と保持者の立場を入れ替えながら相互作用を繰り返すことでコミュニティにおける知識共有を実現する。

3. 会話による相互作用の促進

3.1 会話支援エージェント Zinger

参加者に有用な情報の獲得および局所的な知識共有のきっかけとなる話題を提供するために、我々が開発している会話支援エージェント Zinger を利用する。Zinger は支援対象の参加者（以下、ユーザと呼ぶ）に対して話題を提供するパーソナルエージェントとして設計されており、人との会話は意図していない。Zinger の目的は、ユーザを情報要求者と見なし、話題の提供によってユーザが類似した関心を持つ他者から有用な情報を得たり、相互作用を通じて知識が共有されたりするのを支援することである。

我々はこれまでに、Zinger の初期の実装を用いた被験者実験を行い、ユーザに提供する情報の有用性が発話の促進と高い相関を持つことを確認した¹¹⁾。この結果から、有用な情報の提供によりユーザの発話が促され、知識共有が促進されることが期待できる。そこで、2章で述べた手法を Zinger に実装することで有用な話題を提供し、会話による相互作用を促進する。

3.2 話題の提供

多くの推薦システムでは、人の選好（preference）には一定の傾向やパターンが存在することを仮定しており、選好の類似性を用いて未知の情報に対する利用

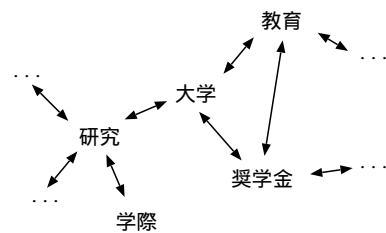


図2 関心プロフィールの例

Fig. 2 An example of an interest profile.

者の評価を予測する。本研究でも同様の仮定を採用し、関心の類似性を有用な情報の保持者を特定する際の根拠とする。すなわち、関心の類似性が高いほど、その参加者が有用な情報を持つ可能性が高いと考える。また、関心の差分から、未知の情報に対するユーザの主観的な有用性を推定する。

本研究では二者間の相互作用を知識共有の基本とするため、その時点において有用な情報の保持者として唯一人の参加者を特定する。以下に、具体的に説明する。

関心の表現

関心は発話に語として現れるという考えに基づき、発話の観察によってユーザの関心を獲得する。観察による獲得は、関心を事前に列挙することの困難さおよびエージェントからの問合せによる会話への干渉を回避するために有効である。関心は、発話から抽出した語（主に名詞）をノードとし、それらの共起関係を表すリンクを持つグラフ構造によって表現している（以下、この構造を関心プロフィールと呼ぶ）。ユーザの発話から語が抽出されると、それを関心プロフィールに追加して、共起関係を表すリンクも更新する。ただし、その語がすでに登録されている場合はリンクのみを更新する。図2に関心プロフィールの例を示す。

文脈の認識

文脈は、センタリング理論¹²⁾ および出現頻度を用いた手法により発話から抽出した語のベクトルで表現する。後者の手法は「最近初めて出現して多く使われる傾向にある語は現在の文脈において重要な語である」という考えに基づいて語の選択を行うものであり、概要は文献 11) で紹介している。文脈は、ユーザを含む任意の参加者の発話ごとに更新する。

有用な情報の保持者の特定

人の選好には一定の傾向が存在するという前述の仮定により、有用な情報の保持者を関心の類似性に基づいて特定する。特に本研究では、最も類似する関心を持つ参加者を有用な情報の保持者と考える。関心の類

似性の判定は文脈に依存して活性化している関心を対象とし、関心プロフィールから文脈に含まれる語を選択する。また、文脈から想起される語についても考慮するために、共起関係を表現するリンク先の語も選択している。たとえば、文脈を「大学」(ここでは簡単のために1語で表現する)とすれば、図2の関心プロフィールからは「大学」「教育」「研究」「奨学金」の4語が抽出される。ここで、語の重みづけは行わず、文脈を用いて関心プロフィールをフィルタリングすることで考慮すべき語を選択している。関心の類似性は、これらの語を要素とするベクトル(以下、文脈依存関心ベクトルと呼ぶ)にベクトル空間モデル¹³⁾を適用することで判定している。 V_p, V_q をそれぞれ参加者 p, q の文脈依存関心ベクトル、 $|V_p|, |V_q|$ を V_p, V_q の要素数(次元数)とすれば、それらの類似性は、

$$\frac{|V_p \cap V_q|}{|V_p|^{1/2} \cdot |V_q|^{1/2}} \quad (1)$$

によって定義される(余弦係数と呼ばれる)。

有用性に基づく話題の検索

有用な情報の保持者を特定できたら、情報保持者の文脈依存関心ベクトルとユーザの文脈依存関心ベクトルとの差分、すなわち関心の差分を求める。ただし、文脈情報が失われないように、文脈に含まれる語については関心の差分に含める。したがって、関心の差分は文脈を情報保持者のみが持つ関心によって拡張したものとなる。

本研究では、類似した関心を持つ他者から得られる関心の差分に未知の有用な情報が含まれていることを想定しているため、情報の有用性は原則として関心の差分に対する類似性によって定義される(本研究では、これを情報の主観的有用性と呼ぶ)。

話題の候補となる情報には、それを特徴づけるキーワードベクトルを付加してデータベース化しておく(以下、話題データベースと呼ぶ)。キーワードベクトルを付加することにより、これらの情報と関心の差分との類似性は、関心の類似性と同様にベクトル空間モデルを用いて推定できる。たとえば、話題データベース D に含まれるある情報 $d \in D$ の、参加者 p にとつての主観的有用性は次式により推定される。

$$\frac{|V_d \cap V_{pr}|}{|V_d|^{1/2} \cdot |V_{pr}|^{1/2}} \quad (2)$$

ここで、 V_d は d のキーワードベクトル、 V_{pr} は参加者 p と情報保持者 r の関心の差分である。ユーザに提供される話題は、データベースの中で現在の文脈において最も主観的有用性の高い情報、すなわち情報保持者との関心の差分に最も類似した情報である。

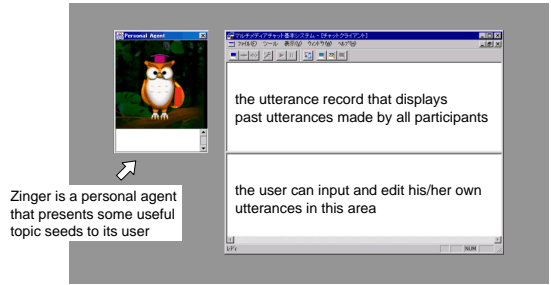


図3 システムの画面イメージ

Fig. 3 A screen image of the system.

4. システムの実装

4.1 チャットへの適用

Zingerをチャットシステム上で動作させ、知識共有の支援を実現した。図3はユーザ端末の画面イメージである。右側はチャットシステムのウィンドウであり、チャットクライアントが動作している様子を示している。このシステムにはチャットサーバの機能も実装されており、クライアントと同時に動作させることも可能である。Zinger(左側)は鳥を模したキャラクターとして実装されており、ユーザの注意を引くような動作をとる画面表示によって話題を提供する。提供する話題は、話題データベースから検索する。ユーザには、たとえば「『ばなな』さんが『大学』『教育』についてよく知っているかもしれませんが『教養教育重点大学を支援 — 中教審答申案』について話してみたいかがでしょうか」という形式で、情報保持者、関心の差分、提供する話題が示される。図4は、それぞれ待機状態および話題提供時のZingerの画面イメージである。

Zingerの実装には ぶぶ ¹⁵⁾を用いた。 ぶぶ はJava VM上で動作するScheme(Lispの方言)の処理系であり、Javaとのシームレスなインタフェースおよびそれを利用したオブジェクトシステム¹⁶⁾を提供することが特徴である。また、発話から語を抽出するために、形態素解析システム「茶釜¹⁷⁾」も利用している。

4.2 マルチエージェントによる会話支援

Zingerはパーソナルエージェントであり、ユーザの端末ごとに配置されるため、システム全体はマルチエージェントの構成となる。さらに本研究では、各々のZingerにより提供される話題の衝突を回避するた

呼びかけるような動作に続いて、こちらに向かってくるように顔を近づけ、その後に表示されるGUIを注視する。特に、こちらに向かってくる動きは強い注意を引く性質を持つため¹⁴⁾、話題の提供をアピールするために利用している。

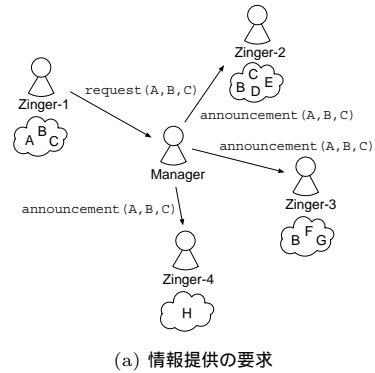


図 4 会話支援エージェント Zinger
Fig. 4 Conversation support agent Zinger.

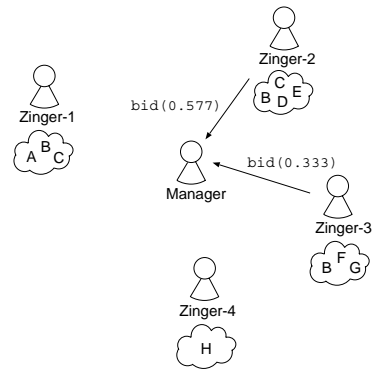
めにマネージャを導入している。マネージャは、各々の Zinger が保持する情報の主観的有用性に基づいてマッチメイキングを行う独立したエージェントであり、各々の Zinger による話題提供の同期をとる役割を持つ。有用な情報の保持者の特定および提供する話題の選択はこれらのエージェントによる交渉に基づいて行い、話題の提供のタイミングもこれに依存する。なお、交渉のプロトコルには契約ネットプロトコルを用いている。

図 5 にマッチメイキングの概要を示す。Zinger-1 のユーザを情報要求者とし、Zinger-2/3/4 のユーザの中から有用な情報の保持者を特定する場合について説明する。ここで、Zinger-1 は現在の文脈において活性化したユーザの関心（文脈依存関心ベクトル） (A, B, C) を持つ。同様に、Zinger-2/3/4 もそれぞれ (B, C, D, E) 、 (B, F, G) 、 (H) を持つものとする。

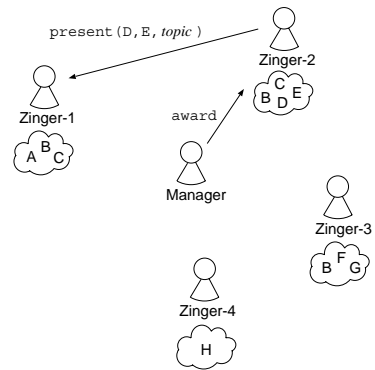
- (1) 情報提供の要求 (図 5(a)): Zinger-1 は文脈依存関心ベクトル (A, B, C) をマネージャに送信してマッチメイキングを要求 (request) し、マネージャはこれを Zinger-2/3/4 に告示 (announcement) する。
- (2) 入札 (図 5(b)): 共通の関心 (B, C) および (B) (類似度はそれぞれ 0.577, 0.333) を持つ Zinger-2/3 は入札 (bid) するが、Zinger-4 は共通の関心を持たないため入札しない (類似度は式 (1) により計算)。
- (3) 落札と情報提供 (図 5(c)): 関心の類似性が最も高い Zinger-2 が落札 (award) し、関心の差分 (D, E) および主観的有用性が最も高い情報 *topic* を Zinger-1 に提供 (present) する。



(a) 情報提供の要求



(b) 情報保持者による入札



(c) 落札と情報提供

図 5 マルチエージェントによる会話支援
Fig. 5 Conversation support by multi-agents.

マッチメイキングに失敗、すなわち現在の文脈において有用な情報の保持者が存在しないと考えられる場合には、Zinger はユーザの文脈依存関心ベクトルのみを用いて話題データベースを検索する。関心の差分もしくは文脈依存関心ベクトルとの類似度が既定の閾値以上の情報が得られた場合は、その情報をユーザに提供する。また情報提供の要求 (request) は、一定時

間(現在の実装では10秒に固定)誰からの発話もない場合に送信するようにした。

5. 評価

5.1 話題の検索能力

本手法は、会話支援への適用を意図しているため、ユーザに提供される話題はその時点の会話の文脈に適合したものでなければならない。一方で、提供される話題が有用であるためには、ユーザの関心を考慮する必要がある。そこで本実験では、これらの基準をそれぞれ満たした検索手法を実装し、評価結果を比較することで本手法の話題検索能力を評価した。具体的には、本手法が文脈への適合性を考慮する検索手法よりも有用であり、かつユーザの関心に基づく検索手法よりも新鮮である話題を検索できるか調べた。この条件を満足すれば、本手法は適切な話題を検索できると考える。その理由を以下に示す。

- 文脈への適合性を考慮することで話題として一定の妥当性が確保されるが、有用性に対する要求は満足できない。元の文脈が有用でなければ、それに基づいて検索される話題が有用であることは期待できないからである。したがって、提供される話題は、文脈への適合性を保証する検索手法よりも有用でなければならない。
- ユーザの関心に基づいて検索された話題には一定の有用性があると考えられるが、新鮮さについては保証できない。ユーザの関心と直接関連性を持たない(つまり、それまで知りえなかった新鮮な)話題は検索されないからである。よって、提供される話題は、ユーザの関心に基づく検索手法よりも新鮮である必要がある。

実験概要

本実験では、社会面のニュース記事から話題データベースを構築し、そこから検索された見出しを被験者に提示して有用性および新鮮さを主観評価してもらった(5段階; 1: まったく有用でない/よく知っている ~ 5: 非常に有用/初めて知った)。社会面のニュース記事を利用した理由は、身近な話題が多く含まれており、被験者の評価のちらばりが大きいと考えたためである。見出しの主観評価は検索手法ごとに30回ずつ行い、評価結果の中央値を代表値として採用した。

被験者の関心プロファイルは、後の「実験手順」で述べる方法によって作成し、これを初期関心プロフ

イルとした。提示した見出しに対する被験者の評価値が3以上であった場合、被験者はその見出しに対して一定の有用性(少なくとも有用でないとはいえない)を感じたと判断し、見出しのキーワードを用いて関心プロファイルを更新した。見出しのキーワードはその見出しに含まれる1個以上の語であり、話題データベース構築時にそれぞれの見出しに対して付加しておいた。発話から抽出した語の代わりに、被験者によって有用と評価された見出しのキーワードを用いる点を除けば、これは3.2節の「関心の表現」で述べた方法と同一である。

また本実験では、それまで提示していた見出しを文脈と見なした。ニュース記事はそれぞれ独立しているため、文脈は直前に提示した見出しのキーワードのみから構成した。

検索手法

本実験で用いた検索手法を以下に示す。3種類(*zinger*, *interest*, *context*)は評価結果の比較のために、1種類(*random*)は被験者の初期関心プロファイルを作成するために使用した。

- *zinger*: 3.2節で述べた本手法である。文脈依存関心ベクトルどうしを比較することで情報保持者を特定し、関心の差分を求める。被験者には、関心の差分に含まれる語と最も類似性が高いキーワードが付加された(すなわち最も主観的有用性が高い)見出しが提示される[すべての被験者の関心プロファイルが参照される]。
- *interest*: 被験者の関心に基づいて見出しを検索する。情報保持者の特定は行わず、被験者自身の文脈依存関心ベクトルに最も類似性の高い見出しを検索する。すなわち、被験者の文脈依存関心ベクトルと話題データベースに含まれる見出しのキーワードを比較し、最も類似性の高い見出しを検索する[被験者自身の関心プロファイルのみが参照される]。
- *context*: 文脈への適合性を考慮して見出しを検索する。ここでは、文脈への適合性の指標として会話の公準¹⁸⁾における関係の公準を採り上げる。すなわち、現在の文脈に関連した話題を提供すべきという立場である。文脈に含まれる語と話題データベースに含まれる見出しのキーワードを比較し、最も類似性の高い見出しを検索する[関心プロファイルは参照されない]。
- *random*: 話題データベースから無作為に見出しを選択する[関心プロファイルは参照されない]。

4.1節で述べたチャットシステムを用いた予備実験の結果、滞りなく会話が継続している状態での発話間隔の最長が約10秒であったため、本研究ではこの値を利用した。

被験者

協力を依頼して集めた7名(男性5名,女性2名)を被験者とした。被験者の年齢は26歳~43歳(平均32.3歳)であった。

実験用システム

図6に実験用システムの構成を示す。話題データベースは,1週間分の社会面のニュース記事(記事数824)の見出しを用いて事前に構築した。実装した見出しの検索手法は前述の4種類であり,これらを選択的に使用した。検索された見出しは図7に示すGUIを用いて1つずつ被験者に提示し,被験者が画面中段のスライダを用いて見出しに対する有用性および新鮮さの評価を入力すると,それが有用(評価値3以上)であった場合は,そのキーワードを用いて被験者の関心プロフィールが更新されるようにした。

実験手順

被験者は実験室で1名ずつ実験に参加した。実験は2回に分けて行い,1回目は関心プロフィールを参照しない検索手法(*random* および *context*),2回目は関心プロフィールを参照する検索手法(*interest* および *zinger*)を用いた。検索手法にかかわらず,見出し

は1つずつ被験者に提示し,その見出しに対する評価を入力してもらった。1回目の実験における *random* では,空の関心プロフィールを評価値3以上の見出しのキーワードによって更新した。これは被験者の初期関心プロフィールとして,2回目の実験で使用した。検索手法については被験者にはいっさい知らせず,検索手法の順序による影響が相殺化されるようにした。

実験結果

各検索手法について,被験者ごとの評価結果の中央値を表1に,その散布図を図8にそれぞれ示す。これらより,本手法(*zinger*)は他の手法(*interest* および *context*)に比べて有用かつ新鮮な見出しを検索する能力が高いことが推察される。なお,検索手法 *random* を用いた実験において有用性を感じられる見出しが提示されなかったため初期関心プロフィールの作成ができなかった被験者1名は集計から除外した。

次に, Friedman 検定を用いて,検索手法によって有用性および新鮮さの評価結果に差があるかどうか検定した。表2は検定結果であり,有用性および新鮮さの評価結果において,検索手法の違いによる有意差が認められた。また, Scheffe の方法を用いて多重比較を行い,検索手法間に差があるかどうか検討した。有用性については,表3に示すように, *zinger* と *context* の間に有意差が認められた ($p < 0.01$)。新鮮さにつ

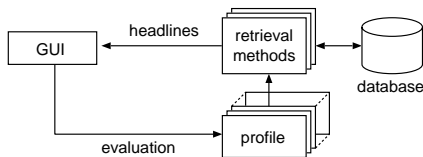


図6 実験用システム
Fig.6 The experimental system.

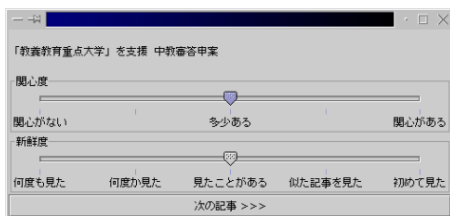


図7 実験用システムの GUI
Fig.7 GUI for the experimental system.

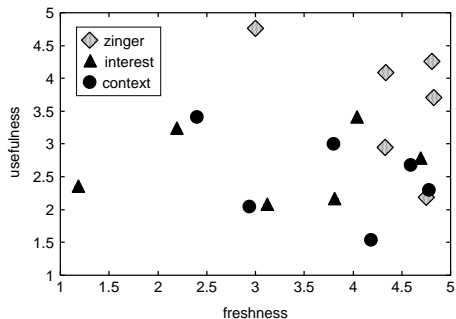


図8 検索手法による評価結果の違い
Fig.8 Difference of evaluation results among retrieval methods.

表1 検索手法ごとの評価結果(中央値)

Table 1 Evaluation results for each retrieval method (median).

| 被験者 | <i>zinger</i> | | <i>interest</i> | | <i>context</i> | |
|-----|---------------|-------|-----------------|-------|----------------|-------|
| | 有用性 | 新鮮さ | 有用性 | 新鮮さ | 有用性 | 新鮮さ |
| A | 4.083 | 4.333 | 3.211 | 2.200 | 2.306 | 4.775 |
| B | 3.700 | 4.833 | 2.781 | 4.694 | 2.679 | 4.594 |
| C | 2.938 | 4.333 | 2.063 | 3.125 | 2.042 | 2.938 |
| D | 4.750 | 3.000 | 2.350 | 1.190 | 3.417 | 2.400 |
| E | 4.250 | 4.813 | 3.406 | 4.050 | 3.000 | 3.800 |
| F | 2.182 | 4.750 | 2.159 | 3.818 | 1.545 | 4.182 |

表 2 Friedman 検定結果
Table 2 Results of Friedman's test.

| 変数 | χ^2 | d.f. | P |
|-----|----------|------|-----------|
| 有用性 | 10.333 | 2 | 0.0057*** |
| 新鮮さ | 6.333 | 2 | 0.0421** |

** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

表 3 多重比較の結果 (有用性)
Table 3 Results of multiple comparison (usefulness).

| 条件 | S | P |
|-------------------------|--------|----------|
| <i>zinger:interest</i> | 4.083 | 0.130 |
| <i>zinger:context</i> | 10.083 | 0.006*** |
| <i>interest:context</i> | 1.333 | 0.513 |

*** $p < 0.01$

表 4 多重比較の結果 (新鮮さ)
Table 4 Results of multiple comparison (freshness).

| 条件 | S | P |
|-------------------------|-------|--------|
| <i>zinger:interest</i> | 5.333 | 0.069+ |
| <i>zinger:context</i> | 4.083 | 0.130 |
| <i>interest:context</i> | 0.083 | 0.959 |

+ $p < 0.1$

いては、表 4 のように、*zinger* と *interest* の間に有意傾向があった ($p < 0.1$)。

以上より、本手法 (*zinger*) は、文脈への適合性を考慮した検索手法 (*context*) よりも有用、かつ被験者の関心に基づく検索手法 (*interest*) よりも新鮮な見出しを検索できることが示されたため、適切な話題の検索能力があるといえる。

考 察

実験の結果、本手法が適切な話題の検索能力を持つことが分かったため、本実験において、本手法の特徴である関心の差分がどのように作用したかを考察してみる。また、関心の差分の副作用についても検討する。

関心の差分は、3.2 節で述べたように、情報保持者のみが持つ関心によって文脈を拡張したものである。したがって、文脈のみに比べて情報量が多く、より広範な話題の検索が可能となる。情報保持者は有用な情報を持つと推定される参加者であるため、本手法が *context* よりも有用な話題を検索できたと考えられる。

また、本手法には *interest* よりも新鮮な話題を検索できる傾向もあった。これは、文脈依存関心ベクトルを用いたマッチメイキングによる効果だと考えられる。文脈依存関心ベクトルは活性化している関心を表しており、お互いが関心を持って注目している事柄に関して、自分の関心には含まれない話題が提供されたために、被験者は新鮮さを感じたと思われる。

ただし、検索対象が明確な場合には、関心の差分を

用いた検索は副作用を持つ可能性がある。本来の検索語が関心の差分の計算によって失われてしまい、望ましい検索結果が得られなくなってしまう場合である。たとえば「大学」の「研究」に関心を持つ情報要求者が「大学」の「教育」に詳しい情報保持者との関心の差分を用いて話題の検索を行った場合「研究」に関する情報は得られない。しかしながら、本手法は情報保持者の関心から未知の有用な情報を引き出して知識共有を促進することが目的であり、この副作用を積極的に活用しているといえる。

5.2 知識共有の促進効果

前節で述べた実験により、本手法が適切な話題の検索能力を有することが分かったため、本手法を会話支援に適用し、被験者実験によって知識共有の促進効果を調べた。

実験概要

本研究は、個々の参加者による有用な情報の獲得とコミュニティにおける知識共有の両立に配慮する点を特徴としている。このため本実験では、有用な情報を獲得するための活動を被験者に明確に意識させる設定としたうえで、本手法の知識共有の促進効果を測ることを目的とした。具体的には、指示したテーマに関する報告書を作成するという仮想的な課題を被験者に与え、そのための情報収集を 4 章で述べたシステムを用いてチャットにより行ってもらった。報告書のテーマは、国際情勢、国内情勢、スポーツ、コンピュータの中から 1 つ選択した。被験者はチャット終了後に報告書に記載すべき項目をチャットのログから抽出し、それぞれに対する有用性を主観評価した。また、得られた項目の新鮮さも同時に評価してもらった。これらの項目を抽出する基準については特に指示せず、被験者の判断に委ねた。

Zinger による話題提供はその支援対象となる被験者に対してのみ行われるが、提供された話題について実際に会話し、それが一定の有用性を持つと評価されれば、報告書に記載すべき項目として各被験者によって抽出されるはずである。このため本実験では、まず Zinger の導入による各被験者の情報収集における改善効果について調べた。これは抽出された項目数を従来のチャットと比較することで行った。これにより、共有される項目の各被験者にとっての有用性を確認した。次に、Zinger が提供した話題が支援対象の被験者の発話を誘発し、それ以外の被験者によって抽出された項目にも含まれていたかを調べ、その比率によって知識共有の促進効果を測った。すなわち本実験では、Zinger による話題提供によって会話による相互作用が

表 5 チャットによる情報収集の結果

Table 5 Results of information acquisition through chat.

| Zinger あり | | | | | | | Zinger なし | | | | | | |
|-----------|------|------|------|-------|------|-------|-----------|------|------|------|-------|------|-------|
| 組 | 発話数 | 項目数 | 有用 | [%] | 新鮮 | [%] | 組 | 発話数 | 項目数 | 有用 | [%] | 新鮮 | [%] |
| A | 18 | 8 | 5 | 62.5 | 3 | 37.5 | E | 9 | 4 | 1 | 25.0 | 4 | 100.0 |
| | 12 | 5 | 4 | 80.0 | 5 | 100.0 | | 17 | 4 | 2 | 50.0 | 1 | 25.0 |
| | 14 | 3 | 3 | 100.0 | 3 | 100.0 | | 19 | 6 | 3 | 50.0 | 4 | 66.7 |
| B | 15 | 5 | 5 | 100.0 | 5 | 100.0 | F | 19 | 8 | 2 | 25.0 | 3 | 37.5 |
| | 9 | 6 | 2 | 33.3 | 3 | 50.0 | | 15 | 5 | 5 | 100.0 | 5 | 100.0 |
| | 19 | 7 | 3 | 42.9 | 4 | 57.1 | | 11 | 4 | 4 | 100.0 | 3 | 75.0 |
| C | 20 | 3 | 3 | 100.0 | 3 | 100.0 | G | 9 | 5 | 5 | 100.0 | 4 | 80.0 |
| | 17 | 6 | 6 | 100.0 | 5 | 83.3 | | 11 | 5 | 0 | 0.0 | 1 | 20.0 |
| | 22 | 5 | 4 | 80.0 | 2 | 40.0 | | 10 | 4 | 4 | 100.0 | 4 | 100.0 |
| D | 23 | 3 | 2 | 66.7 | 1 | 33.3 | H | 16 | 4 | 4 | 100.0 | 4 | 100.0 |
| | 12 | 5 | 5 | 100.0 | 4 | 80.0 | | 24 | 4 | 2 | 50.0 | 2 | 50.0 |
| | 20 | 3 | 3 | 100.0 | 0 | 0.0 | | 25 | 7 | 6 | 85.7 | 5 | 71.4 |
| 平均 | 16.8 | 4.92 | 3.75 | 80.4 | 3.17 | 65.1 | 平均 | 15.4 | 5.00 | 3.17 | 65.5 | 3.33 | 68.8 |

誘発され、結果として複数の被験者が抽出した項目にそれらが反映されていれば知識共有が促進されたものとする。

被験者

大学生および大学院生 8 名（男性 3 名、女性 5 名）が被験者となった。被験者の年齢は 21～26 歳（平均 23.0 歳）であり、実験後に謝金を支払った。

実験用システム

4.1 節で述べたチャットシステムを実験に用いた。被験者用の端末として PC を 3 台用意し、10Base-T で相互に接続した。これらの PC ではチャットクライアントおよび Zinger を動作させた。また、このうちの 1 台ではチャットサーバも同時に動作させた。さらに、マネージャを動作させるための PC も接続し、計 4 台の PC によって実験用システムを構成した。

被験者の関心プロフィールは初期状態では空とした。また、報告書のテーマに合わせて、国際情勢、国内情勢、スポーツ、コンピュータに関する 4 種類の話題データベースをそれぞれ 1 週間分のニュース記事の見出しから構築した。話題データベースに含まれる記事数は平均 592 個であった。

Zinger は被験者の会話を監視しており、一定時間誰からも発話がないときは 4.2 節で述べた方法で話題を検索し、有用な話題が検索できた場合にはそれを被験者に提供した（被験者の端末の画面イメージは図 4(b) と同様である。ただし、被験者がしばらく応答しない場合は自動的に待機状態である図 4(a) に戻るようにした）。

実験手順

被験者は 3 名ずつ組となって実験に参加した。実験前の 5 分間で実験の主旨および手順、実験用システムの使用方法について教示を行った。また、前述の 4 つ

表 6 知識共有の促進効果

Table 6 Effect of facilitation of knowledge sharing.

| 組 | 話題提供数 | 発話数 | 共有数 |
|---|-------|-----|-----|
| A | 20 | 4 | 3 |
| B | 34 | 3 | 3 |
| C | 40 | 2 | 0 |
| D | 17 | 1 | 0 |

のテーマの中から 1 つを指示して、そのテーマに関する報告書を作成するための情報収集を行うように求めた。同じ組の被験者には同一のテーマを与えたが、目的やテーマは実験開始時には互いに分からないようにした。また、話題データベースはテーマに合わせて切り替えた。被験者は、次の 20 分間で情報収集のためのチャットを行い、その後の 15 分間で報告書に記載する項目をチャットのログを見ながら抽出し、各項目について有用性および新鮮さをそれぞれ 7 段階（1：まったく有用でない/よく知っている～7：非常に有用/初めて知った）で主観評価した。

実験結果

まず、Zinger の導入による、個々の被験者の情報収集における改善効果を見るために、チャットによる情報収集の結果を表 5 に示す。報告書に記載すべき情報として被験者が選んだ項目数は、Zinger ありで 4.92、Zinger なしで 5.00 であり、ほぼ同等であった。選ばれた項目の中で有用（評価値 4 以上）と判定されたものは Zinger ありで 80.4%、Zinger なしで 65.5% であり、Zinger からの話題の提供によって約 15% 改善されたことが分かった。一方、新鮮（評価値 4 以上）と判定された項目は Zinger ありで 65.1%、Zinger なしで 68.8% であり、効果を確認できなかった。

次に、Zinger による話題提供に基づく知識共有の促進効果を表 6 に示す。最も知識共有が促進されたのは

A 組であった。提供された話題数 20 に対して誘発された発話数は 4 (20%) であり、これは全発話数 44 の約 9%にあたる。結果として、3 項目 (話題提供数の 15%, 誘発された発話数の 75%) が 2 人以上の被験者の間で共有 (報告書に記載すべき項目として抽出) された。B 組では、提供された話題数 34 に対して誘発された発話数は 3 (8.8%) であり、全発話数 43 に対して約 7%であった。また、そのすべて (100%) が共有された。

発話の誘発は確認されたものの、それが知識共有を促進しなかった場合もあった。C 組では誘発された発話数 2 (話題提供数の 5%, 全発話数の 3.4%), D 組では誘発された発話数 1 (話題提供数の 5.9%, 全発話数の 1.8%) であり、いずれも共有されなかった。

考 察

チャットによる個々の被験者の情報収集では、Zinger の導入によって情報の有用性が向上したことが確認できたが、新鮮さについては効果を確認できなかった。これは、情報収集を行うという実験の設定上、Zinger なしの条件でも被験者が積極的に話題を導入したためと考えられる。また、本手法は文脈依存関心ベクトルに用いるため、提供される話題には文脈と何らかの関連性を持つ情報が含まれている。つまり、Zinger は話題の転換を促す情報を積極的に導入しない。このことは、現在の話題について深く議論するためには有効であるが、新鮮な情報を提供するために Zinger に話題の転換を主導させることの必要性を示唆している。

また、知識共有の促進効果については、知識共有が促進された組 (A, B) では、被験者はいずれも Zinger から提供された話題を積極的に導入するとともに自らの意見を述べたり他の被験者の意見を求めたりしていた。それらは、たとえば「~ (提供された話題) らしいのですが、どう思いますか?」や「私は、~と思います」といったものであった。このような説明的な相互作用に基づく協調的認知活動を促進することは、社会的創造性あるいは知識創発の観点からも非常に重要であり^{6),19)}、発話の誘発における指針として検討する必要がある。また、5.1 節で示した、Zinger が提供する話題の有用性も知識共有に貢献していると思われる。Zinger の導入によって各被験者の有用な情報収集が促進されたことが本実験で確認されたためである。

一方で、別の組 (C, D) では知識共有の促進効果は確認できなかった。ただし、2 人の被験者が実験後に「話題の提供により、自分の知らない分野についての情報が得られたので会話の助けになった」と報告しており、Zinger による話題の提供がこれらの被験者

の発話に間接的な影響を与えた可能性はある。これらの組では、全発話数に対する抽出された項目数の比率は C 組 23.7%, D 組 20.0% であり、A 組の 36.4%, B 組の 41.9% よりも低く、有用な情報を含んだ発話が実際に少なかったことが見てとれる。また、知識共有が促進された組 (A, B) の発話数とされなかった組 (C, D) の発話数の平均の差を t 検定で検定したところ、有意傾向が認められた ($t = 2.016$, $d.f. = 9.951$, $p = 0.072 < 0.10$)。前者の平均発話数 14.5 に対して後者は 19.0 であり、より「浅く」「テンポの良い」会話であったと考えられる。

このような状況においては話題の提供はあまり意味を持たず、むしろ会話を阻害してしまう可能性もある。たとえば、Zinger は被験者の注意を引く動作をとまなつて話題提供を行うため、過度の介入は望ましくない。発話数が比較的多い状況では話題提供を抑制したりより控えめな振舞いにすることも必要であろう。

6. 関連研究

2.2 節で述べたように、本研究の基本的なアイデアは推薦システムに関連している。たとえば、Fab¹⁰⁾ はユーザプロファイルに基づく複数のエージェントの協調によって Web ページの推薦を行うシステムである。本手法も関心の差分を用いて主観的有用性の高い情報を検索するためにエージェント間の交渉を行うが、他の参加者によって得点づけられた情報をそのまま提供することはない。これは会話支援のために、その時点での会話の文脈において新鮮かつ有用な話題を提供することを目的としているためである。

また、コミュニティにおいて会話による相互作用を促進することは知的生産性の向上のために有効であり、様々なアプローチで研究が行われている。

西本らは、ブレインストーミングに代表される発散的思考を支援する、Conversationalist と呼ばれる自律的情報提供エージェントを開発した²⁰⁾。Conversationalist は参加者同士の対話を解析することで、アイデアの生成に寄与しうる情報を自律的に提供する点において本研究との関連が深い。

中西らの社会的エージェントも会話を支援するエージェントである²¹⁾。会話に困っている 2 名の参加者がエージェントを相手に共通の質疑応答を行うことで共通基盤の形成が助けられる。共通基盤の形成は知識共有のためにも重要な課題である。

しかしながら、これらのエージェントは仮想的な会話参加者あるいは司会者として設計されているため、原則として中立的な立場をとっている。したがって、

個々の参加者の関心を直接的に考慮しない点において本研究とは異なっている。

久保田らの EgoChat システムは、複数の分身エージェントを導入することでこの問題を解決している²²⁾。EgoChat システムでは、分身エージェントの発言は、直前の発言との関連性を考慮して、過去発言から生成される。これに対して、本手法は、関心の差分を用いて話題データベースを検索するため、ユーザに提供される話題は未知の有用な情報を含んでいる。

角らのエージェントサロンも、複数のパーソナルエージェントによる対話の自動生成を実現している²³⁾。エージェントサロンは、ユーザの興味や行動履歴の共通部分や相違部分を物語として表現することで対話や知識共有を促進することを目的としている。本手法では対話生成を行わないが、情報保持者から有用な情報を引き出すことを意図した話題の提供は、参加者の会話による相互作用を通じて有用な知識共有を促進するように作用する。

7. ま と め

本手法は、関心の差分に着目して情報の主観的有用性を推定することで会話による相互作用を誘発し、新鮮かつ有用な情報の獲得と知識共有の両立を目的としている。被験者実験の結果、本手法により検索される情報は、このような目的のために適切な話題として利用可能であり、知識共有を促進する可能性があることが分かった。一方で、話題の提供による会話支援が効果を持たない場合も存在し、システムの振舞いも含めて更なる検討の必要性が明らかとなった。

今後は知識共有を促進しうる説明的な相互作用の誘発を重視した会話支援の検討や、発話数に応じたシステムの振舞いの調整などを検討していきたい。

謝辞 本研究は通信・放送機構の研究委託により実施したものである。

参 考 文 献

- 1) 西田豊明：コミュニティの知識創造を支援するインタラクティブなメディアを目指して、情報処理, Vol.41, No.5, pp.542-546 (2000).
- 2) Foner, L.N.: Yenta: A Multi-Agent, Referral-Based Matchmaking System, *Proc. 1st International Conference on Autonomous Agents (Agents'97)*, pp.301-307 (1997).
- 3) Contractor, N.S., Zink, D. and Chan, M.: IKNOW: A tool to assist and study the creation, maintenance, and dissolution of knowledge networks, *Community Computing and*

Support Systems, Ishida, T. (Ed.), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.1519, pp.201-217, Springer-Verlag (1998).

- 4) 中小路久美代：Collective Creationのための感性的コミュニケーション、システム/制御/情報、Vol.45, No.6, pp.314-321 (2001).
- 5) Ishida, T. (Ed.): *Community Computing: Collaboration over Global Information Networks*, John Wiley & Sons (1998).
- 6) Fischer, G.: External and Sharable Artifacts as Sources for Social Creativity in Communities of Interest, *Proc. 5th international roundtable conference "Computational and Cognitive Models of Creative Design"*, pp.9-13 (2001).
- 7) Rittel, H.: Second-Generation Design Methods, *Developments in Design Methodology*, Cross, N. (Ed.), pp.317-327, John Wiley & Sons (1984).
- 8) Clark, H.H.: *Using language*, Cambridge University Press (1996).
- 9) Shardanand, U. and Maes, P.: Social Information Filtering: Algorithms for Automating "Word of Mouth", *ACM Conference Proc. Human Factors in Computing Systems (CHI '95)*, pp.210-217 (1995).
- 10) Balabanovic, M. and Shoham, Y.: Fab: Content-Based, Collaborative Recommendation, *Comm. ACM*, Vol.40, No.3, pp.66-72 (1997).
- 11) Kurabayashi, N., Yamazaki, T., Hasuike, K. and Yuasa, T.: Zinger: Conversation Support Based on Interest Similarity, *2001 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2001)* (2001).
- 12) Walker, M., Iida, M. and Cote, S.: Japanese Discourse and the Process of Centering, *Computational Linguistics*, Vol.20, No.2, pp.193-232 (1994).
- 13) Salton, G.: *Automatic Text Processing: The Transformation, Analysis, and Retrieval of Information by Computer*, Addison-Wesley (1989).
- 14) Reeves, B. and Nass, C.: *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*, Cambridge University Press (1998).
- 15) Yuasa, T.: An Object-oriented Scheme System Bubu with Seamless Interface to Java, *Proc. International Workshop on Parallel and Distributed Computing for Symbolic and Irregular Applications*, Ito, T. and Yuasa, T. (Eds.), pp.101-121, World Scientific (2000).
- 16) 窪田貴志, 湯浅太一, 倉林則之, 八杉昌宏, 小宮

常康：Java 上の Scheme 処理系「ぶぶ」における単一クラスローダを用いたオブジェクトシステムの実装，情報処理学会論文誌：プログラミング，Vol.42, No.SIG7 (PRO11), pp.57-69 (2001).

- 17) 松本裕治：形態素解析システム「茶釜」，情報処理，Vol.41, No.11, pp.1208-1214 (2000).
- 18) Grice, H.P.: Logic and Conversation, *Speech Acts*, Cole, P. and Morgan, J.L. (Eds.), Syntax and Semantics, Vol.3, pp.41-58, Academic Press (1975).
- 19) Okada, T. and Simon, H.A.: Collaborative Discovery in a Scientific Domain, *Cognitive Science*, Vol.21.
- 20) 西本一志，間瀬健二，中津良平：グループによる発散的思考における自律的情報提供エージェントの影響，人工知能学会誌，Vol.14, No.1, pp.58-70 (1999).
- 21) 中西英之，キャサリンイズビスタ，石田 亨，クリフォードナス：仮想空間内でのコミュニケーションを補助する社会的エージェントの設計，情報処理学会論文誌，Vol.42, No.6, pp.1368-1376 (2001).
- 22) 久保田秀和，西田豊明：ユーザの過去発言を利用した複数エージェントによる創造的な対話の生成，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-I, No.8, pp.1222-1230 (2001).
- 23) 角 康之，間瀬健二：エージェントサロン：パーソナルエージェント同士のおしゃべりを利用した出会いと対話の促進，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-I, No.8, pp.1231-1243 (2001).

(平成 14 年 4 月 3 日受付)

(平成 14 年 10 月 7 日採録)



倉林 則之 (正会員)

1968 年生。1990 年豊橋技術科学大学情報工学課程卒業。1992 年同大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年富士ゼロックス入社。1999 年から 2002 年まで ATR 適応コミュニケーション研究所へ出向。現在，富士ゼロックス IT メディア研究所研究員。コミュニティ支援およびユーザインタフェースに興味を持つ。ACM 会員。



山崎 達也 (正会員)

1987 年新潟大学工学部情報工学科卒業。1989 年同大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。同年郵政省通信総合研究所 (現，独立行政法人通信総合研究所) 入所。1992 年～1993 年ならびに 1995 年～1996 年カナダ National Optics Institute 客員研究員。1997 年より (株) エイ・ティ・アール環境適応通信研究所に出向。2001 年通信総合研究所けいはんな情報通信融合研究センターに帰任。画像の統計的信号処理，マルチメディア通信におけるサービス品質，ユーザインタフェース等に関する研究に従事。平成 2 年電気関係学会関西支部連合大会奨励賞受賞。博士 (工学)。電子情報通信学会，映像情報メディア学会，画像電子学会，IEEE 各会員。



湯浅 太一 (正会員)

1952 年神戸生。1977 年京都大学理学部卒業。1982 年同大学院理学研究科博士課程修了。同年京都大学数理解析研究所助手。1987 年豊橋技術科学大学講師。1988 年同大学助教，1995 年同大学教授，1996 年京都大学大学院工学研究科情報工学専攻教授。1998 年同大学院情報学研究科通信情報システム専攻教授となり現在に至る。理学博士。記号処理，プログラミング言語処理系，超並列計算に興味を持っている。著書「Common Lisp 入門」(共著)，「C 言語によるプログラミング入門」，「コンパイラ」ほか。日本ソフトウェア科学会，電子情報通信学会，IEEE，ACM 各会員。



蓮池 和夫 (正会員)

1973 年京都大学工学部電子工学科卒業，1978 年東京大学大学院博士課程修了。同年 KDD に入社，研究所にてドキュメント処理，テレマティックプロトコルの研究に従事。2000 年より ATR 適応コミュニケーション研究所第一研究室室長。通信品質，適応型ネットワークの構成の研究に従事。2002 年 7 月より独立行政法人通信総合研究所情報通信部門長。工学博士。