

# パーソナルネットワークを利用したコミュニティシステムの提案と分析

## Proposal and Analysis of a Community System using Personal Networks

濱崎 雅弘  
Masahiro Hamasaki

総合研究大学院大学, 国立情報学研究所  
The Graduate University of Advanced Studies, National Institute of Informatics  
hamasaki@grad.nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~hamasaki/>

武田 英明  
Hideaki Takeda

国立情報学研究所, 総合研究大学院大学  
National Institute of Informatics, The Graduate University of Advanced Studies  
takeda@nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~takeda/>

大向 一輝  
Ikki Ohmukai

総合研究大学院大学, 国立情報学研究所  
The Graduate University of Advanced Studies, National Institute of Informatics  
i2k@grad.nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~i2k/>

市瀬 龍太郎  
Ryutaro Ichise

国立情報学研究所, 総合研究大学院大学  
National Institute of Informatics, The Graduate University of Advanced Studies  
ichise@nii.ac.jp, <http://research.nii.ac.jp/~ichise/>

**keywords:** personal network, online community, computer supported cooperative works, recommendation system

### Summary

In this paper, we discuss importance and utilization of personal network in a community system through the result of management and analysis of the scheduling support system for academic conferences. The important feature of the system is generation and utilization of personal network to support information exchanging and information discovery among participants. We applied this system to the academic conference called JSAI2003. We obtained 276 users and their personal networks. We found that (1) most participants were willing to contribute to form personal networks, (2) personal networks can promote information exchanging among participants since personal network showed existence of participants to the others and (3) the formed networks can be useful for them in information recommendation.

### 1. はじめに

本論文では, 2003 年度人工知能学会全国大会にて運用したパーソナルネットワークを利用したコミュニティシステムの構築およびその運用結果を分析して, コミュニティシステムにおけるパーソナルネットワークの重要性および有用性について論ずる.

学会会議内での議論活発化のために重要なこととして参加者が自分の興味に合った発表の存在に気づくことが挙げられる. だが, ある程度の規模の学会会議になると数百の発表があり, その中から自身が興味のある発表を見つけ出すのは困難である.

参加者間での交流を促進するためには, どのような人が参加しているのか, どのような人が自身と似たような関心を持っているのかを知ることが重要であると考えられる. しかし参加者数は一般に発表論文数以上に多く, そのような人の発見は興味のある発表の発見以上に難しい問題となる.

本研究では, この 2 つの問題を解決するためのシステムとしてパーソナルネットワークを用いたコミュニティシステムを提案・開発し, 問題解決に向けて実際に運用した. パーソナルネットワークを用いたコミュニティシステムとは, 参加者間のインタラクションを促進させるために知り合い関係という新しい情報源を取り込んだ情報共有システムを指す.

パーソナルネットワークとは社会学の用語で, 人と人との関係によって作られる, 人のネットワークを指す. 人と人との関係といっても様々あるが, 今回は特に知り合い関係に注目した. コミュニティも同様に社会学の用語で, 様々な解釈があるが, ここでは, 参加者間のインタラクションにより情報共有が促進される情報共有システムのことをコミュニティシステムと呼ぶ.

コミュニティシステムにパーソナルネットワークを導入することにより, 参加者はシステム内でいわば“コンテンツ化”され“ネットワーク化”される. コンテンツ化によって参加者を知るための情報が詳細化され, ネット

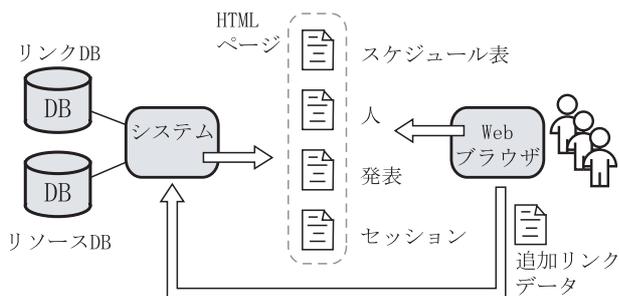


図 1 システム構成

ワーク化によってその情報の流通が促進される．その結果，参加者間のインタラクションが促進されると考える．

本論文では，まず第 2 章にてシステムの概要を説明し，第 3 章にて提供したサービスについて説明する．次に第 4 章にて利用ログとその分析結果について述べ，第 5 章にて考察を行う．第 6 章で関連研究について述べ，第 7 章にてまとめる．

## 2. システム概要

システムは図 1 のような構成である．システムはデータベースを利用してユーザの要求に応じて HTML ページを生成し，また，入力情報をデータベースに格納する．

システムは著者と発表論文とセッション，さらにスケジュール表の 4 種類の HTML ページを動的に生成する．HTML ページ間はデータベースに格納された関係に基づいてリンクが張られており，利用者は生成された HTML ページを自由に閲覧することができ，さらに新しい関係を追加することもできる．この利用者によって追加された関係を元に個人用スケジュール表が変化していく．

システムが扱うデータには大きく分けて 2 種類ある．1 つはリソース，もう 1 つがリンクである．それぞれリソース DB，リンク DB に格納されている．リソースにはセッション，発表論文および人（著者や座長，参加者）の 3 種類がある．リンクとはリソースとリソースの関連性を示す情報である．Contain（セッション - 論文），Author（人 - 論文），Chair（座長 - セッション），Check（利用者 - 論文），Know（参加者 - 人）の 5 種類がある．Contain と Chair および Author は事前に登録されているのに対し，Check と Know は利用者が追加することができる．

システムは MySQL データベースと Perl で記述されたプログラムにより構成される．データは全て MySQL で管理され利用者からのアクセスは CGI プログラムが受け付ける．利用者は Web ブラウザを用いてシステムにアクセスする．スケジュール支援システムとしてのシステム詳細および運用結果については [濱崎 03] にて述べているので，ここでは割愛する．

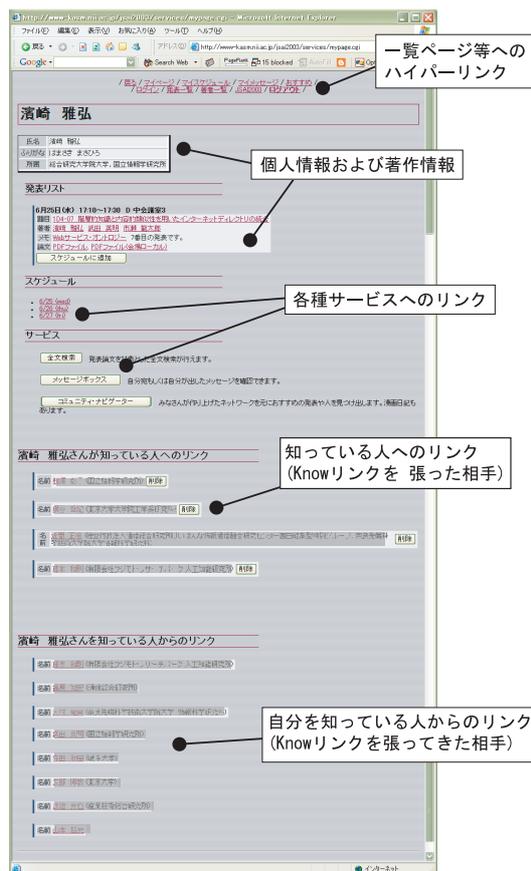


図 2 マイページ

## 3. 提供したサービス

### 3.1 個人情報の登録機能

基本機能として，個人用スケジュール表と友人リストの作成機能を提供した．利用者は興味のある発表論文を会議スケジュールや論文一覧から発見して，自分のスケジュールに加えることができる．すると自分のスケジュール表が更新される．同様に知っている人を発見して知り合いであると指示すると，自分および相手の友人リストに追加され，各々のページに表示される（図 2）．前者は Check リンク，後者は Know リンクの追加にあたる．

追加されたリンクは一種のプライバシー情報であるので，アクセス制御が可能であることが望ましい．本システムでは生成されたネットワークを用いてアクセスコントロールを行う．具体的には，自分が友人として登録されている場合のみ，その人の詳細情報にアクセスでき，自分がある論文をスケジュールに取り込んでいるときのみ，その論文に興味を持った他の人たちを知ることができる．この方法は，アクセス制御とコミュニティ形成の支援を同時に行うことができる．

### 3.2 推薦機能

リンク追加による個人用ページの生成に加えて，利用者が追加したリンクを利用した情報推薦サービスを行う

た。この推薦サービスでは、発表論文だけでなく人の推薦も行われる。利用者はブラウジングだけでなく、推薦によっても興味ある発表論文や人の発見を行うことができる。

本サービスでは、人と論文の2種類のリソースを推薦した。さらに推薦には2種類の方法を用いた。一つは GroupLens [Konstan 97] 等の協調フィルタリング的手法である。これは同じような関心を持っている人のデータを参考に推薦を行う。論文推薦の場合、利用者が Check リンクの張った論文に対して、同様に Check リンクを張っている人たちがどの論文に Check リンクを張っているか、という情報を利用する。もう一つはパーソナルネットワークを利用する手法であり、知り合いが持つデータを参考に推薦を行う。具体的には Know リンクを張っているまたは張られている相手が持っているリンクを用いる。本論文では、前者の Check リンクを用いた推薦を関心類似型推薦、後者の Know リンクを用いた推薦をパーソナルネットワーク型推薦と呼ぶ。

このように、2種類のリソースを2種類の手法で、合計4種類の情報推薦を行った。

推薦するリソースの見つけ方について説明する。人  $h_0$  が論文  $p$  に対して Check リンクを張っている場合は  $Check(h_0, p) = 1$ 、そうでない場合は0を取る  $Check$  関数、人  $h_0$  が人  $h_1$  に対して Know リンクを張っている場合は  $Know(h_0, h_1) = 1$ 、そうでない場合は0を取る  $Know$  関数を定義する。さらに  $Know(h_0, h_1) = 1$  または  $Know(h_1, h_0) = 1$  の時にのみ  $Relate(h_0, h_1) = 1$  となる  $Relate$  関数を定義する。

$V_{hc}(h_0, h_x)$  と  $V_{pc}(h_0, p_x)$  は人  $h_0$  に対する関心類似型推薦における、人  $h_x$  および論文  $p_x$  の推薦度をそれぞれ計算する。

$$V_{hc}(h_0, h_x) = \sum_{\{p_k | Check(h_0, p_k)=1\}} Check(h_x, p_k)$$

$$V_{pc}(h_0, p_x) = \sum_{\{h_k | V_{hc}(h_0, h_k) > 0\}} Check(h_k, p_x)$$

$V_{hk}(h_0, h_x)$  と  $V_{pk}(h_0, p_x)$  は人  $h_0$  に対するパーソナルネットワーク型推薦における、人  $h_x$  および論文  $p_x$  の推薦度をそれぞれ計算する。

$$V_{hk}(h_0, h_x) = \sum_{\{h_k | Relate(h_0, h_k)=1\}} Relate(h_k, h_x)$$

$$V_{pk}(h_0, p_x) = \sum_{\{h_k | Relate(h_0, h_k)=1\}} Check(h_k, p_x)$$

今回の推薦サービスでは、それぞれ4種類の推薦ごとに推薦度  $V$  が高い上位5つを取り出し、そのうち推薦度  $V$  が閾値(今回は2)以上のものを推薦情報として利用者に提示した。

表 1 初期リソース数

Session	49
Paper	259
Person	510

表 2 初期リンク数

Contain リンク	259
Chair リンク	40
Author リンク	770

表 3 終了時リソース数

Person	558
--------	-----

表 4 終了時リンク数

Check リンク	1840
Know リンク	840

## 4. 運用結果の分析

本システムを2003年4月30日から、人工知能学会全国大会開催の6月23~27日を挟んで6月30日までの2ヶ月間運用した。本章では、この間の利用ログの分析結果を述べる。

### 4.1 基本データ

2003年人工知能学会全国大会では、49のセッションがあり、259件の発表が行われた(特別講演等含む)。本システムは各セッションおよび発表論文ごとにページを作成した。著者および共著者、座長等は合計510人であり、こちらも同様に1人1ページずつ作成した。最終的に818ページが初期データを用いて作成された。

表1と表2はシステム稼働開始時にデータベースに登録されたデータの数である。表3と表4は学術会議終了後の6月30日の時点でデータベースに登録されたデータの数である。なお、Personを除く初期登録されたリソースおよびリンクの数は基本的に不変であるため省略している。

### 4.2 登録方法による利用状況の違い

本システムでは登録方法により登録されている人を2種類に分けることができる。一つは座長、著者、共著者などの初期データとして自動登録されている人たちである。もう一つはそれ以外の人たちで、彼らは自発的にシステムにアクセスし、登録手続きを済ませることでシステムに登録される。

自動登録された人々には、システムに自動登録された旨がメールにより伝えられる\*1。だが実際にログインするかどうかは任意であるため、システムに登録されている人の中にはシステムに一度もログインしたことがない者が含まれる。以後、システムに登録されている人を登録者、システムにログインしたことがある人を利用者と呼ぶ。

全登録者558人中のうち、利用者は276人であった。内訳は自動登録された利用者が228人、自発的に登録した利用者が48人である。

\*1 ただし半分以上はメールアドレスを確認できなかったので通知はしていない。

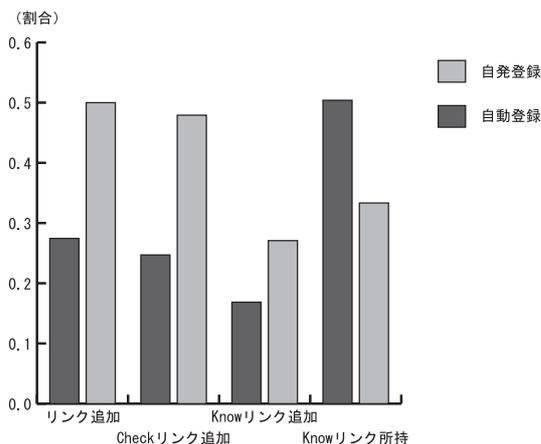


図 3 登録方法によるリンク状況の違い

図 3 は自動登録された利用者と自発的に登録した利用者の、リンク状況の違いを示している。リンク追加は本システムにおいて利用者が行うことができる能動的動作であり、リンク追加回数の多さは本システム内におけるアクティビティの高さを示しているといえる。自発的に登録を行った利用者の方が Check リンク、Know リンク共に追加する割合が高い。これはシステム利用の動機が高いためと考えられる。この傾向は、2000 年度に角らが行った参加者支援サービスで提供されたオンラインサービスでも同様であった [角 00]。

Know リンク所持の割合、つまり Know リンクを追加したかもしくは自分宛に Know リンクを追加されている割合、は自動登録された利用者の方が高かった。これは、自動登録された利用者は論文の著者または座長であるためセッションや論文のページからハイパーリンクが張られている可能性が高いことを勘案すると、妥当な結果である。

対して会議プログラム上に出現しない自発的登録ユーザ<sup>\*2</sup>の約 3 分の 1 が他者から Know リンクを張られていたという結果は興味深い。これは、これらのユーザが積極的に Check リンクおよび Know リンクを作った結果、他者から認知された割合を示していると考えられる。この点でシステムはコミュニティ形成に一定の効果があったといえる。

活発な(多くのリンクを追加する)利用者は、他の情報とのつながりが増えていくことによって情報源として重要な存在になっていく。本システムでは自発的に新規登録した利用者は活発な利用者である傾向がみられたので、例えば新規参加者に注目が集まるような仕組みを設けるなどすれば、情報流通の点で効果的であると考えられる。

\*2 メール通知の不備等の理由から、自発的登録ユーザが会議プログラム上の人物と同一人物である可能性はある。しかし、システムでは両者が同一であるかといった処理は行っていない。

表 5 Check リンクと論文リソース

	持っている人・論文	全体に占める割合
Check リンク	149 人	0.27
被 Check リンク	245 件	0.95

表 6 Know リンクとリソース

	持っている人	全体に占める割合
Know リンク	99 人	0.18
被 Know リンク	260 人	0.47

### 4.3 生成されたリンク構造の分析

本節では、利用者により追加されたリンクによって、どのようなネットワークが作られたのかを分析する。

人は Check リンクと Know リンクの始点、および Know リンクの終点となることができる。同様に、論文は Check リンクの終点になることができる。表 5 は Check リンクを持っている(追加したことがある)利用者の数と、少なくとも 1 人以上から Check リンクを張られている論文の数を示している。同じく表 6 は Know リンクを持っている(追加したことがある)人の数と、少なくとも 1 つ以上 Know リンク又は被 Know リンクを持っている人の数を示している。

Check リンクも Know リンクも共に、リンク追加を行った人は登録されている人に対して 3 分の 1 にも満たない。しかし論文では 95% が、人では 49%<sup>\*3</sup> が、それぞれ Check リンクまたは Know リンクのネットワークに接続されている。利用者がどこにリンクを張るかは自由であるが、結果的にこのように広範囲にわたる新しいネットワークを作ることができた。利用者によって追加されたリンクで作られたこのネットワークは新しい情報探索のルートを示すことになり、情報流通を促す機能を果たす。これはシステムの有用性を示す結果であるといえる。

本システムでは、人と人をつなぐリンクには共著関係と Know リンクとの二種類があるが、共著関係ネットワークと Know リンクネットワークとで共有しているリンクは 135 個であった。すなわち Know リンクの約半数は共著関係からは見つけられないものであったことがわかる。また、Know リンクネットワークは 5 つのクラスタ(各クラスタに含まれるノード数はそれぞれ 262, 4, 3, 2, 2)から形成されているのに対し、共著関係で作られた人のネットワークは 73 のクラスタから形成されていた<sup>\*4</sup>。

Know リンクと共著関係を合わせたネットワークのクラスタ数は 19 個になった<sup>\*5</sup>。図 4 は、共著関係と Know

\*3 Know リンクまたは被 Know リンクを持っている人の数は 273 人なので、 $273/558 = 0.49$

\*4 ノード数は 462、リンク数は 885。

\*5 共著ネットワークには Know リンクネットワークにはない

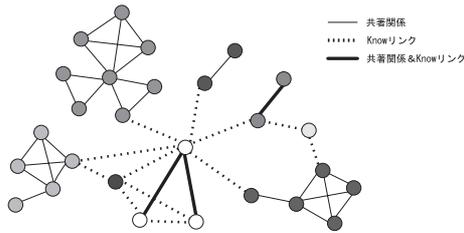


図 4 共著関係と Know リンクのネットワーク (一部)

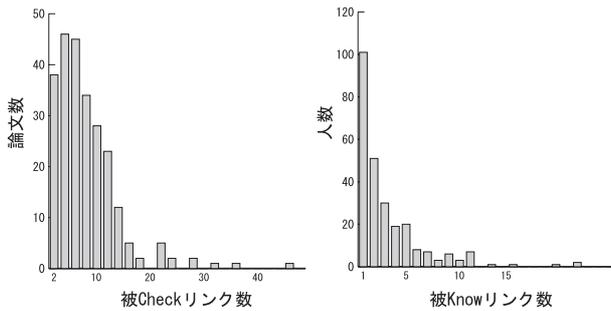


図 5 被 Check リンク数と被 Know リンク数

リンクによって構成された人のネットワークの一部を示している。細い実線が共著関係、破線が Know リンク、太い実線が共著関係があり、かつ Know リンクが張られている関係である。ノードは共著ネットワークによって作られたクラスタごとに色分けされている。

共著ネットワークでは 8 つのクラスタに別れてしまっているが、Know リンクによって 1 つのクラスタに結合できることがわかる。共著関係は人のネットワークにおける重要なリンクであるが、それだけでは断片的なネットワークを構成してしまい、Know リンクの追加によって初めて大きなパーソナルネットワークを構築することができた。

図 5 は論文が持つ被 Check リンク数の度数分布と、人が持つ被 Know リンク数の度数分布を並べたものである。被 Check リンク数は 4~12 個に集中していることがわかる。対して被 Know リンク数は、最小値である被リンク数 1 のノードが一番多く、かつ極端に多く持つノードがわずかにあり、スケールフリーネットワーク [Barabasi 02] の傾向を示している。

Check リンクも Know リンクも利用者によって自由に追加可能であるが、両者の情報の性質は異なっていることがわかる。知り合いネットワークは著名人に集中する一方、発表論文は一定のばらつきがあることがうかがえる。このような異なる性質を持つリンクを複数持つことは利用者がブラウジングする際に多様な選択肢を提示することにつながり、利用者の探索範囲を広げることにも貢献すると考えられる。

#### 4.4 Know リンクネットワークのネットワーク構造

Know リンクが作るネットワークの構造について分析を行う。

Watts はネットワークの特徴を示す指標として、特性パス長  $L$  (characteristic path length) とクラスタリング係数  $C$  (clustering coefficient) を提案している [Watts 99]。特性パス長はネットワークを構成する全ノード間の最短距離平均を、クラスタリング係数は隣接するノード間が直接パスで結ばれている割合の平均を指す。同じノード数およびリンク数を持つランダムネットワークと比較して、 $L$  が同程度、 $C$  が高い場合はスモールワールドと呼ばれる。これは、ノードがクラスタ状に集まっているにもかかわらず、ノード間のパスが短いという特徴を持つ構造であり、自然界や社会における様々なネットワークにこの傾向が見られる。

Know リンクによって作られた人のネットワークは  $L = 3.69$ ,  $C = 0.47$  であった。ノード数 280, リンク数 669\*<sup>6</sup> のランダムネットワークでは  $L = 3.79$ ,  $C = 0.01$  となり、Know リンクネットワークがスモールワールドであることがわかる。

Watts らは様々なネットワークに対してこの値を求めており、俳優ネットワークは  $L = 3.65$ ,  $C = 0.79$ , アメリカの電力網は  $L = 18.7$ ,  $C = 0.28$ , 線虫の神経細胞ネットワークは  $L = 2.65$ ,  $C = 0.28$  であると報告している [Watts 98]。

Amaral らはスモールワールドネットワークを scale-free, broad-scale, single-scale の三種類に分類している [Amaral 00]。scale-free はノード数とリンク数の関係はベキ法則に従う。broad-scale は初期にはベキ法則に従うが、ある程度以上は指数的に急速に減衰する。single-scale はリンク数が指数的に減衰する。このような違いが生まれるのは、ノードがリンク作成可能な期間とノードがリンクを作るコストの存在によるとされている。

図 6 は横軸に被 Know リンク数、縦軸に人数をとった両対数グラフである。グラフ中の直線は被リンク数 1~7 までの近似曲線で、式は  $y = 14.176x^{-1.3542}$  となる。グラフを見ると初期にはベキ法則的に振る舞っていることが、その後、ベキ法則から外れて減衰傾向にあることがわかる。これは broad-scale に見られる傾向に近い。Amaral らの調べによると、知り合いネットワークは single-scale であった。本システムの Know リンクネットワークは、知り合いネットワークであると同時にオンライン上にて作られるネットワークであるために、その性質の違いが生じたのだと考えられる。

#### 4.5 パーソナルネットワークを用いた推薦の分析

システムの推薦サービスによって推薦されたリソースが、利用者に受け入れられたかどうかを調べた。推薦は

ノードがあるため、Know リンクネットワーク単体よりもクラスタ数が多くなっている。

\*6 Know リンク数は 840 だが、うち 342 は双方向リンクなので  $804 \cdot 342 / 2 = 669$ 。

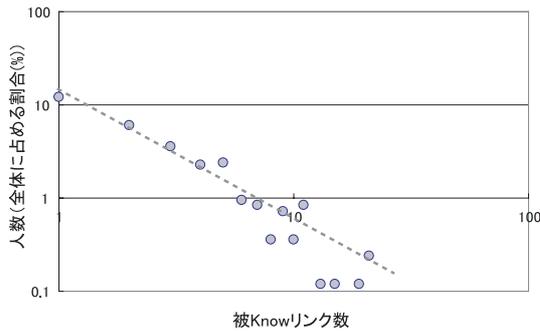


図 6 被 Know リンク数の両対数グラフ

3.2 節で説明した手法で計算した推薦度の高いリソースを列挙することで行われる。利用者は推薦リソースの名前をクリックすることで推薦リソースのページへ移動することができる。そこでリンク追加ボタンをクリックすれば、Check または Know リンクが生成される。推薦リソースのページにアクセスしたということは、そのタイトルを見てある程度の関心を持ったことであり、推薦結果の弱い受理と言える。さらにその推薦リソースに対してリンクを生成した場合は、推薦されたリソースに対して強い関心があったといえ、これは推薦結果の強い受理と言える。

この方法は Cosley らの論文 [Cosley 02] で "Click" と "Buy" という指標に相当する。表 7 に結果を示す。なお、推薦数は正確に集計できなかったので参考値として幅を持って示した\*7

Cosley は推薦においては多様なアイテムの提示が重要であるとして、ResearchIndex \*8 を対象とした推薦システム REFERENCE では 9 種類の推薦を調査している [Cosley 02]。9 種類のうちアクセス率の高かった上位 5 つの推薦手法のアクセス率は 2.00 ~ 4.63%，追加率 (Cosley のシステムではファイルをダウンロードした割合) は 0.63 ~ 2.15%，アクセスした後に追加した割合、つまり追加率/アクセス率は 26.2 ~ 32.0% であった。この結果から、パーソナルネットワーク型推薦は複数の推薦手法の一つとして用いるには十分な性能があることがわかる。なお、追加率/アクセス率が REFERENCE と比較して悪いのは、ファイルダウンロードよりもスケジュール追加の方が心理的負荷が高いためではないかと思われる。

次に、関心類似型推薦とパーソナルネットワーク型推薦との推薦結果について比較分析をした。図 7 は両手法で推薦された論文のうち、利用者がアクセスした論文および Check リンクを追加した論文が持つ、被 Check リンク数を示している。

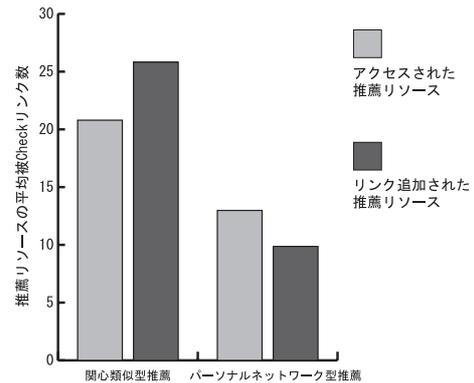


図 7 推薦手法と被リンク数の関係

グラフを見ると、アクセスされた推薦コンテンツが持つ被リンク数は関心類似型推薦の方が多い。興味深いことにリンク追加の場合はさらにこの傾向が強化され、一方は増え、一方は減るという結果になっている。

関心類似型推薦では全体で人気のあるリソースが推薦されがちであるのに対し、パーソナルネットワーク型推薦では自分の周りで人気のあるリソースが推薦される。それらは必ずしも全体においても人気のあるリソースであるとは限らない。そして推薦を受けた側もその傾向を上手く使い分けていることがうかがえる。

パーソナルネットワーク型推薦は、パーソナルネットワークによって推薦時に用いる情報が絞り込まれる。そのために利用者が現時点で持っている情報と似たものを見つける傾向よりはむしろ、利用者の興味に近いを見つけ損ねたような情報を見つけ出す傾向があると考えられる。この点が図 7 に見られる、全体的に人気のないものを受け入れるという結果を引き出したのだと思われる。

推薦システムは単に利用者が知るべき情報を発見し提示するよりは、利用者の意思決定 (この場合はどの論文を読むかということ) を支援するものであると考えられる [Cosley 02]。この観点からすると、様々な根拠に基づいた多様な推薦は、利用者に多様な選択肢を提示するという点で有意義であるといえる。パーソナルネットワーク型推薦は図 7 が示すように通常に関心類似型推薦とは違ったアイテムの推薦が行え、かつそれがある程度受け入れられたという点で、新しい選択肢として価値があると思われる。

#### 4.6 パーソナルネットワークの推薦能力の考察

パーソナルネットワーク型推薦の推薦能力について今回の運用結果に基づいて考察する。

利用者  $h_0$  が Know リンクを張っている先の人たちを  $H_k = \{h | Relate(h_0, h) = 1\}$  とする。 $h_0$  が Check リンクを張っている論文を  $P_0 = \{p | Check(h_0, p) = 1\}$ 、 $H_k$  が Check リンクを張っている論文を  $P_k = \{p | Check(h, p) = 1, h \in H_k\}$  とする。このとき  $P_0 \cap P_k$  が利用者  $h_0$  とその知り合い  $H_k$  が共に Check リンクを張っている論文に

\*7 今回のシステムは Check リンク、Know リンクの変化に応じて推薦アイテムが適時変化するため、いくつの異なるアイテムを推薦したかを集計するのは難しい。今回は推薦ページのアクセス回数を上限、推薦ページにアクセスしたユーザ数 (IP 数) を下限として、その値に 5 (最大推薦アイテム数) をかけたものを用いる。

\*8 <http://citeseer.ist.psu.edu/>

表 7 論文推薦に対するアクセス数とリンク追加数

	アクセス数 (アクセス率)	リンク追加数 (リンク追加率)	追加率 アクセス率
関心類似型推薦	347(6.6 ~ 26.4%)	72(1.4 ~ 5.6%)	20.7%
PN 型推薦	210(2.1 ~ 16.4%)	23(0.3 ~ 1.2%)	10.9%

PN 型推薦：パーソナルネットワーク型推薦

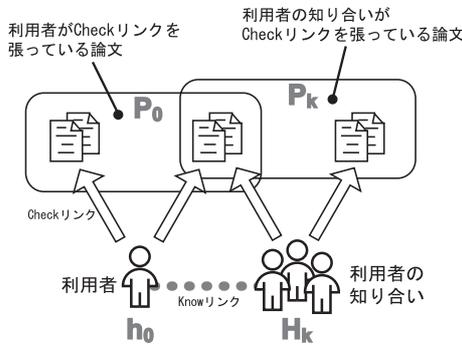


図 8 利用者とその知り合いが持つ Check リンクの関係

なる (図 8)。

今回の結果では、各個人が Check リンクを張った論文に対して、自分が Know リンクを張っている人のうち少なくとも 1 人が Check リンクを張っている割合は  $\frac{|P_0 \cap P_k|}{|P_0|} = 0.67$  であった。

また、各個人が持っている Check リンクの平均値は  $|P_0| = 12.4$ 、そして各個人が Know リンクを張っている先の人たちが Check リンクを張っている論文の数の平均値は  $|P_k| = 52.8^{*9}$  であった。

$H_k$  が Check リンクを張っている論文  $B$  が、利用者  $h_0$  に Check リンクを張られている割合は、 $\frac{|P_0 \cap P_k|}{|P_k|} = \frac{|P_0 \cap P_k|}{|P_0|} \times \frac{|P_0|}{|P_k|} = \frac{12.4 \times 0.67}{52.8} = 0.16$  となる。ここから、パーソナルネットワーク型推薦によって推薦された論文  $B$  が利用者  $h_0$  にとって Check リンクを張る対象となる (すなわち利用者  $h_0$  にとって関心のある) 論文であるかどうかの確率は約 16% であることが予想できる。

同様に人を推薦する場合も考える。Check リンクを Know リンクに置き換えると、人推薦の場合になる。この場合、 $P_0$  に相当するのが  $H_k$ 、 $P_k$  に相当するのが  $H_{kk} = \{h | Relate(h', h) = 1, h' \in H_k\}$  である。自分が Know リンクを張った人に対して Know リンクを張っている割合は  $\frac{|H_k \cap H_{kk}|}{|H_k|} = 0.76$  であった。各個人が持っている Know リンクの平均値は  $|H_0| = 8.5$ 、各個人が Know リンクを張っている先の人たちが Know リンクを張っている人の数の平均値は  $|H_{kk}| = 42.5$  であった。従って知り合いの知り合いが自分の知り合いであった確率は  $\frac{|H_k \cap H_{kk}|}{|H_{kk}|} = \frac{|H_k \cap H_{kk}|}{|H_k|} \times \frac{|H_k|}{|H_{kk}|} = \frac{8.5 \times 0.76}{42.5} = 0.15$  となり、約 15% であることが予想できる。

\*9 重複があるのでこの値は  $|H_k| \times |P_0|$  とは等しくならない。

## 5. 考 察

### 5.1 サービスとしての成果

本システムは 276 人に利用され、さらに能動的行動であるリンク追加を行った利用者を 164 人獲得できた。発表件数 259 件の会議における非強制的サービスとしては優れた結果であったと思われる。

2000 年度人工知能学会全国大会にて角らが行ったオンラインサービスでは、利用者は自動登録者のうち利用したのが 87 人 (18.2%)、自発的登録者では 116 人 (85.3%) であった。対して本システムは自動登録者で 228 人 (44.7%)、自発的登録者で 48 人 (100.0%) であった。サービスの内容、提供の仕方および提供期間が異なるので単純には比較できないが、利用者数の点では以前に運営されたシステムを上回る結果となった。

本システムがサービスとしてこのような結果を出せた要因を説明するのは難しい。そこで、本システムを開発・運用するに当たり留意した点について述べる。

本システムの開発にあたっては、利用者が単純な操作だけで全機能を利用できるように配慮した。利用者が活発に活動することで情報が蓄積されサービスが向上するコミュニティシステムにおいては、活動に際しての負荷をできる限り下げることが重要になる。ここでの負荷とは、利用者に行わせる作業の複雑さだけでなく、選択肢の多さや心理的な抵抗感も含まれる。本システムでは利用者の活動とはリンクを追加することであるが、リンクの追加はワンクリックで行え (簡易な作業)、そのリンクの種類や強度については考える必要がない (少ない選択肢)。また、そのリンクは自分の知り合いのみで共有される (心理的抵抗の軽減)。

本システムの運用にあたっては、特に利用者獲得のための宣伝活動に重点をおいた。サービスを開始してから利用者への宣伝活動を合計 7 回行った。宣伝活動を行うたびに利用者数および 1 日あたりのユニークログイン利用者数の増加が見られ、告知活動が利用者獲得において重要であったことがわかる。7 回の宣伝の中で最も効果的だったのは被リンク通知であった。これは、自分または自分が著者・共著者である論文に対して誰かがリンクを張っていることを利用者に伝えるもので、この通知をした日の 1 日あたりのユニークログイン利用者数はシステム運営期間中最大を記録し、利用者数は約 80 人から約 160 人へと倍増した。人をコンテンツとして利用した点と、受信者個人と直接関係のある情報を利用している点が効果的であったと考えられる。

反省点を一つ挙げるとすると、このように宣伝しても利用者は登録者 510 人中、約半分の 276 人であった。本システムでは Know リンクを追加することにより情報公開が行われる仕組みになっている。これはプライバシー情報への配慮のためであったが、これではパーソナルネットワークにおいてオーソリティの役割を持つような多くの Know リンクを持つ人が不参加の場合に、その豊富なリンク情報が誰にも見られないままになる問題がある。システム内に登録されている人全員を強制参加させられない場合、一部の人が利用するだけでも十分に機能するようなシステムを用意する必要があった。

### 5.2 コンテンツネットワークにおける人ノードの価値

本システムでは学会のプログラム表示に、セッションや発表論文のページだけでなく、著者のページも導入した。発表時間を調べるためのオンラインプログラムとしての観点からいえば著者のページは特に必要ではない。しかし発表論文間をセッションと論文間の関係とは異なる関係でつなぐ役割を果たせる。4.3 節より、利用者が作成したリンクネットワークによって、全論文の約 95% がカバーされたことがわかった。さらにアクセスログの解析 [濱崎 04] から、このリンクネットワークが多く利用されていることがわかった。

また、Check で追加する論文を知り合いが追加している割合、Know で追加する相手を知り合いが知っている割合が、共に 7 割近くあった (4.6 節)。これは知り合いから情報を得ることが有用であることを示す結果といえる。さらに、実際にパーソナルネットワークを用いた推薦を行った結果、一般的な協調フィルタリングと比較すると論文推薦で 3 分の 1 程度、人推薦で同程度の効果を上げることができた (4.5 節)。前者の結果は人のネットワークが有効利用されたことを示し、後者の結果は人が価値あるコンテンツであることを示しているといえる。

このような利点に加え、利用者からは「学会プログラムをブラウジングしながら、知っている人を見かけたら Know リンクを追加するという行為は、実際に会議場で人に会っているようで楽しかった」という声もあった。本システムの狙いは学術会議開催前の情報支援であり、イベント本体の予行演習的な位置付けにあると言える。「実際にいて会っているような気分だった」という意見は、その役割を果たしていることを示す意見と考えられる。

### 5.3 パーソナルネットワークの重要性と有用性

本システムの運用結果の解析により、パーソナルネットワークの重要性および有用性について検証を行った。この二つのポイントについてそれぞれ考察する。

まずパーソナルネットワークの重要性について述べる。Know リンク追加を行った人 (99 人) は、システム利用者 (276 人) の 36%、リンク追加を行ったことがある人 (164 人) の 60% を占めた。Check リンクが追加によって

個人用聴講スケジュールを作成するのに対し、Know リンクは追加によって知り合いリストを作成する。つまり Know リンクを追加する見返りとして得られるものは可視化されたパーソナルネットワークだけである。しかしこれに興味を示した人が、積極的なシステム利用者 (リンク追加を行った人) の半数以上を占めた。これは利用者のパーソナルネットワークへの関心の強さを示していると考えられる。

次にパーソナルネットワークの有用性について述べる。本システムではパーソナルネットワークを二種類の方法で利用した。一つはパーソナルネットワークをハイパーリンクとしてオンラインプログラム中に埋め込むことで、新しい情報アクセスの経路として提供したこと。もう一つはパーソナルネットワークを利用者のプロフィール情報と見立てて情報推薦を行ったこと、である。前者は明示的なリンクであり一定の利用がある程度見込めるものであったが、後者の方の結果は興味深いものであった。すなわちパーソナルネットワークネットワークによる情報推薦は関心型の推薦とは異なる性質を持っていることが、利用者の行動履歴よりわかった。この結果から、パーソナルネットワークは既存のサービスを行う場合でも、既存のものとは異なる新しい情報源として利用可能であることがわかった。

### 5.4 コミュニケーション支援

本システムでは利用者間のコミュニケーションを支援する機能として、掲示板とパーソナルメッセンジャを提供した。掲示板は各発表ごとに用意されており、発表論文に関する議論を各発表論文用の掲示板でもらうことが筆者らの意図であったが、実際には掲示板はほとんど利用されなかった。

CHI2002 にて運用された掲示板システム CHIplace [Girgensohn 02] においても、盛況なのは自由に設定した話題に関して議論する部分だけで、各発表論文を話題とした掲示板はあまり盛況ではなかった。角らが 2002 年度に行ったデジタルアシスタントプロジェクトにおいても各発表論文ごとに議論するための書き込みスペースが用意されたが、あまり利用されなかった [角 00]。これらの結果から、このような形式の掲示板は盛り上がりにくいものであることがわかる。これに関しては今後、考察を深める必要がある。

## 6. 関連研究

### 6.1 会議支援システム

学術会議において出会い支援を行うシステムはいくつか提案されており、実際に学術会議等にて用いられ成果を得ているものがある。

石田らは、ICMAS'96 にて ICMAS Mobile Assistant Project を行った [石田 98]。これは現実のコミュニティ

のメンバが情報ネットワークによってどのように支援可能であるかを実験したプロジェクトである。国際会議の参加者に携帯端末を持たせ、その上でコミュニケーションを促進するような実験システム、通常の電子メールや掲示板の他に周辺情報案内や個人カスタマイズ型情報共有システム、出会い支援システムなどを稼働させた。

Dey らは携帯端末と無線タグによる位置情報を利用した、会議参加者支援システムを試作した [Dey 99]。システムは取得した位置情報などを用いて、携帯端末に利用者向けにカスタマイズした発表スケジュール表を表示する。

角らは2000年度人工知能学会全国大会にてデジタルアシスタントプロジェクトを行った [角 00, Sumi 02]。デジタルアシスタントは、会議における出会い支援を目的とした会議支援システムである。利用者はPDAを持って会期中にリアルタイムで情報共有サービスを受けられると同時に、会場内に設置された情報キオスクやエージェントサロンを通してサービスを受けることができる。

これらのようなモバイルコンピューティングを利用した出会い支援は、利用者が場所と時間を共有する会期中においてリアルタイムのサービスを提供することができる有効な手法であると考えられる。しかしながら会場用のモバイルコンピュータを配布し、それを参加者に利用してもらうコストはまだ大きい。我々は学術会議開催前に公開されるオンラインプログラムを用いることで、会期前の比較的長い期間において利用者の関心を引きつけることのできるシステムの構築を目指した。学術会議開催前に提案システムのような利用負荷の小さい非同期型コミュニティウェアを用いて情報共有を行い、会期中に角らの提案するような同期型コミュニティウェアを用いて情報交流を行うことで、より効果的に学術会議における参加者支援が行えるのではないかと考える。

オンラインプログラムをコンテンツとした学術会議支援システムとして Jameson らの UM2001 website [Schwarzkopf 01, Jameson 02] が挙げられる。これは会議における個人用スケジュール作成を支援するシステムである。このシステムでは、利用者のアクセス履歴や他の利用者のアクセス履歴を用いて、利用者が関心があると思われる発表を見つけ出し、推薦する。このシステムでは利用者に適切な発表聴講計画表を作らせることを目的としている。本システムは発表推薦に加え、人の推薦も行うことにより、参加者間の情報共有を支援しようとしている点で異なっている。

## 6.2 パーソナルネットワーク

本システムでは、利用者によるパーソナルネットワークの構築を支援し、さらにそれを共有するなど、特に「人」に注目したシステム作りを行った。このような人およびパーソナルネットワークに着目した情報システムもいくつか提案されている。

Plu らの Web of People [Plu 03] では、人を1つのコ

ンテンツとして扱い、それらをリンクで繋ぐことにより人の Web を作ろうとしている。また、吉田ら [吉田 01] や竹内ら [竹内 01] は個人間の情報交換が伝播していくことにより、自身のパーソナルネットワークに接続された人々によって選別された情報を得ることができるシステムの構築を行っている。これらのシステムは人およびパーソナルネットワークをコンテンツおよび情報流通の経路として捉えている点で提案システムと似ているが、本システムは個人が持つ情報とパーソナルネットワーク全体の情報を用いて利用者に対してサービスを提供している点で異なっている。

Kautz らの ReferralWeb [Kautz 97] は論文を解析し、共著関係を用いて人のネットワークを生成する。利用者は任意の2人の名前を入力すると、その2人を繋ぐ人のネットワークを見ることができる。松尾らの人間関係発見システム [松尾 03] は、入力された2人の名前が共起している Web ページを検索エンジンで探しだし、文中のキーワードから2人の関係を求め、人のネットワークを生成する。緒方らの PeCo-Mediator [緒方 97] は電子メールからパーソナルネットワークを発見し、質問を投げるべき相手の発見を支援する。これらのシステムでは人の関係や話題に関係する人を提示することにより興味のある人の発見を支援している。これらのシステムでは元となるデータが十分にそろっている必要があるが、提案システムではシステム自身が利用者からデータを収集し、それを元にサービスを行うことで、利用者は別のデータを用意する必要が無い。

## 7. ま と め

本研究ではパーソナルネットワークを導入したイベント支援システムを提案・開発し、2003年度人工知能学会全国大会にて運用し、生成されたパーソナルネットワークの分析およびその利用方法の分析を行った。アクセス経路としてのパーソナルネットワークおよびパーソナルネットワークを用いた推薦についての評価を行い、コミュニティシステムへのパーソナルネットワーク導入の有効性を示した。

今後はユーザモデルの構築とそれを利用したシステム改善への考察、人工知能学会全国大会イベント支援プロジェクトにて同時にサービス提供を行った他のシステムにおけるパーソナルネットワークとの比較などを行い、パーソナルネットワークの性質と効用についてより考察する必要がある。

## 謝 辞

イベント空間支援プロジェクトメンバである産総研の西村拓一、松尾豊両氏には多くの有意義なご指摘をいただきました。心より感謝します。京都大学の角康之氏、国立情報学研究所の相澤彰子氏はお忙しい中、新規

サービスの立ち上げに協力していただきました。心より感謝します。最後に、ミーティングにて多くの有意義な意見をいただいた横浜国立大学の沼尻介氏、東京大学の森純一郎氏に心より感謝します。

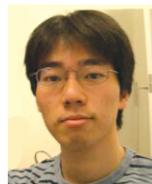
### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Amaral 00] Amaral, L. A. N., Scala, A., Barthelemy, M., and Stanley, H. E.: Classes of Small-World Networks, *Applied Physical Science*, Vol. 97, No. 21, pp. 11149–11152 (2000)
- [Barabasi 02] Barabasi, A.-L.: *Linked: The New Science of Networks*, Perseus Publishing (2002)
- [Cosley 02] Cosley, D.: REFEREE: An Open Framework for Practical Testing of Recommender System Using ResearchIndex, in *Proceedings of the 28th Very Large Databases Conference* (2002)
- [Dey 99] Dey, A. K., Futakawa, M., Salber, D., and Abowd, G. D.: The Conference Assistant: Combining Context-Awareness with Wearable Computing, in *Proceedings of the 3rd International Symposium on Wearable Computers*, pp. 21–28 (1999)
- [Girgensohn 02] Girgensohn, A. and Lee, A.: Making Web Sites Be Places for Social Interaction, in *the 2002 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Works*, pp. 136–145 (2002), Available from <http://www.webcollab.com/alee/papers/cscw02.html>
- [濱崎 03] 濱崎 雅弘, 武田 英明, 大向 一輝, 市瀬 龍太郎: 学術会議における共有型スケジューリング支援システムの開発と運用, データベースと Web 情報システムに関するシンポジウム (DBWeb2003), pp. 147–154 (2003)
- [濱崎 04] 濱崎 雅弘, 武田 英明, 大向 一輝, 市瀬 龍太郎: 学術会議における共有型スケジューリング支援システムの開発と運用, 日本データベース学会 Letters (DBSJ Letters), Vol. 2, No. 4, pp. 7–10 (2004)
- [石田 98] 石田 亨, 西村 俊和, 八槇 博史, 後藤 忠広, 西部 喜康, 和氣 弘明, 森原 一郎, 服部 文夫, 西田 豊明, 武田 英明, 沢田 篤史, 前田 晴美: モバイルコンピューティングによる国際会議支援, 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2855–2865 (1998)
- [Jameson 02] Jameson, A. and Schwarzkopf, E.: Pros and Cons of Controllability: An Empirical Study, in *Proceedings of Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems* (2002), Available from <http://dfki.de/~jameson/abs/JamesonS02.html>
- [Kautz 97] Kautz, H., Selman, B., and Shah, M.: Referral Web: Combining Social Networks and Collaborative Filtering, *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 63–65 (1997)
- [Konstan 97] Konstan, J. A., Miller, B. N., Maltz, D., Herlocker, J. L., Gorden, L. R., and Riedl, J.: GroupLens: Applying Collaborative Filtering to Usenet News, *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 76–87 (1997)
- [松尾 03] 松尾 豊, 友部 博教, 橋田 浩一, 石塚 満: Web からの人間関係ネットワークの抽出と情報支援, 2003 年度人工知能学会全国大会論文集 (2003)
- [緒方 97] 緒方 広明, 古郡 延子, 金 群, 矢野 米雄: 分散型人脈活用支援システム PeCo-Mediator-II の構築, 電子情報通信学会論文誌, 第 J80-D-I 巻, pp. 551–560 (1997)
- [Plu 03] Plu, M., Bellec, P., Agosto, L., and Velde, W. V. D.: The Web of People: A Dual View on the WWW, in *Proceedings of The 12th International World Wide Web Conference* (2003)
- [Schwarzkopf 01] Schwarzkopf, E.: An Adaptive Web Site for the UM2001 Conference, in *Proceedings of the UM2001 Workshop on Machine Learning for User Modeling*, pp. 77–86 (2001)
- [角 00] 角 康之: JSAI2000 デジタルアシスタントプロジェクトの報告, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 6, pp. 1012–1026 (2000)
- [Sumi 02] Sumi, Y. and Mase, K.: Conference Assistant System for Supporting Knowledge Sharing in Academic Communities, *Interacting with Computers*, Vol. 14, No. 6, pp. 713–737 (2002)
- [竹内 01] 竹内 亨, 鎌原 淳三, 下條 真司, 宮原 秀夫: ユーザの関連性に基づいた情報伝播モデル, 第 12 回データ工学ワークショップ (2001)
- [Watts 98] Watts, D. J. and Strogatz, S. H.: Collective Dynamics of 'Small-World' Networks, *nature*, pp. 440–442 (1998)
- [Watts 99] Watts, D. J.: *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness*, Princeton University Press (1999)
- [吉田 01] 吉田 匡志, 伊藤 雄介, 沼尾 正行: 口コミによる分散型情報収集システム, 第 10 回マルチ・エージェントと協調計算ワークショップ (MACC2001), pp. 61–68 (2001)

〔担当委員: 沼尾正行〕

2004 年 1 月 11 日 受理

### 著 者 紹 介



濱崎 雅弘 (学生会員)

2000 年 同志社大学工学部知識工学科卒業。2002 年 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。同年 総合研究大学院大学数物科学研究科博士後期課程入学, 現在に至る。情報共有やオンラインコミュニティの研究に従事。人のネットワークを活用した情報システムに興味がある。情報処理学会, 日本データベース学会, 各会員。



武田 英明 (正会員)

1991 年 3 月 東京大学 大学院工学系研究科博士課程修了。1993 年 4 月 奈良先端科学技術大学院大学助手。1995 年 4 月 同助教授。2000 年 4 月 国立情報学研究所助教授。2004 年 5 月 同教授。現在に至る。総合研究大学院大学教授 (複合科学研究科情報学専攻) を併任。特に知識共有, ネットワークコミュニティ, 実世界エージェントなどの研究に従事。AAAI, 電子情報通信学会, 情報処理学会など会員。工学博士。



大向 一輝 (学生会員)

2000 年 同志社大学工学部知識工学科卒業。2002 年 同大学院工学研究科博士前期課程修了。同年 総合研究大学院大学数物科学研究科博士後期課程入学, 現在に至る。セマンティック Web 技術を用いた知識共有の研究に従事。情報処理学会会員。



市瀬 龍太郎 (正会員)

2000 年 東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻博士課程修了。博士 (工学)。同年より国立情報学研究所知能システム研究系助手。2001 年から 2002 年までスタンフォード大学言語情報研究所客員研究員。機械学習, 知識発見, 知識共有などの研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本認知科学会, 各会員。