

流通情報に基づいた自律分散最適化を行うネットワーク型情報共有システムの提案

The proposal of an information sharing system using network optimization based on distributed information

濱崎 雅弘
Masahiro HAMASAKI
総合研究大学院大学
The Graduate University for Advanced Studies
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
National Institute of Informatics
takeda@nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~takeda/>

市瀬 龍太郎
Ryutaro ICHISE
(同上)
ichise@nii.ac.jp, <http://research.nii.ac.jp/~ichise/>

大向 一輝
Ikki OHMUKAI
総合研究大学院大学
The Graduate University for Advanced Studies
i2k@grad.nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~i2k/>

keywords: network optimization, distributed system, information sharing, personal network

Summary

In this paper, we propose an information sharing system based on personal network and the prototype system. The feature of our system is to build and maintain personal network and information network simultaneously. Given an initial personal network, the system improves the network to connect people related in their interest. Then people receive recommendation of information through these links. Accepting such recommendation, causes change of their interest so that the personal network can be changed again. By replying this process, both personal and information networks are gradually constructed. We build this system as peer-to-peer architecture. There are no servers to control or collect information so that people can join this system easily.

1. はじめに

本研究では、個人間の情報共有をベースとした情報共有システムの提案を行う。人で行なわれる情報交換は、情報過多への効果的かつ現実的な解決策の一つである。人は、情報の収集やフィルタリング、組織化などを行ってくれる知的エージェントであるといえる。我々は自分のパーソナルネットワークで繋がった人たちと情報交換することで、価値ある情報を得ている。より良い情報交換の環境を得るためには、より良いパーソナルネットワークを作る必要がある。しかし個人個人が持つパーソナルネットワークは、個人の知りうる範囲で適切であるかもしれないが、全体から見ればより適切なネットワークが存在しうる。この問題を解決するために、我々はネットワークを自律分散的に最適化する手法（近傍仲介法）を提案した。これはすでに築かれているネットワークを元に逐次的に拡張していくことで最適化する手法であり、実験によりその有効性が示された。本研究では、近傍仲介法を用いた自律分散型の情報共有システムの提案を行う。

本論文の構成を以下に述べる。第2章において、人の組織化と情報の組織化の相互作用について論じる。第3章、第4章にて提案システムの概要および構成を説明し、第5章にて現在開発中のプロトタイプシステムについて述べる。第6章に関連研究について述べ、最後に第7章にて本論文をまとめる。

2. 人の組織化と情報の組織化

本章では、より良い情報活用環境構築のための、情報の組織化と人の組織化の相互作用について説明する。なお、本研究での人の組織化とは、人のネットワークを作ることであり、そして（人の組織化に基づく）情報の組織化とは、自分の持つ情報のみならず他の人が持つ情報も含めて情報のネットワークを作ることである（図1）。

我々は自分のパーソナルネットワークで繋がった人たちと情報交換することで、価値ある情報を得ている。同時に、そのような情報収集活動を行うことで新しい人に会うこともある。ある共通する話題に関心のある人が

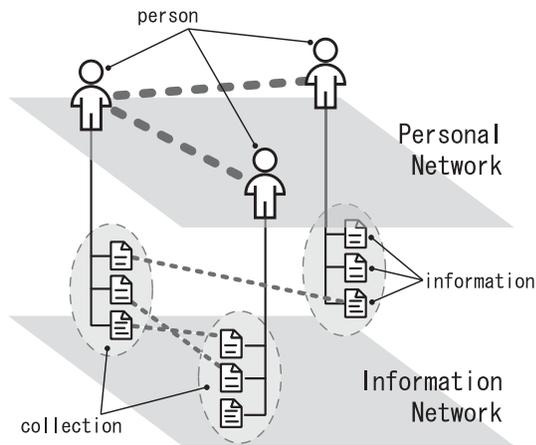


図 1 人の組織化と情報の組織化

集うことで、パーソナルネットワークを効果的に拡張することができる。また、情報を交換することは互いの理解を深め、パーソナルネットワークの強化につながる。

例えば、メーリングリストに入ること必要な情報を探そうとすることはしばしばあるが、これは自分が持つ人のネットワークに新たなノード（人）を追加することで、情報の獲得を容易に行おうとするものであり、すなわち人の組織化という手段により情報の組織化という目的を達成した例である。

逆に、メーリングリストの中で情報交換をしている間に気の合う人を見つけたり、情報収集のために個人ホームページを巡っているうちに興味深い人に会おうといったこともしばしばあるが、これは情報の組織化を行う過程に自分の人のネットワークに追加すべき新しいノード（人）発見した例である。すなわち情報の組織化が手段となり、人の組織化という目的を達成した事になる。

このように、人の組織化と情報の組織化はそれぞれが手段となり目的となりうる。我々はこの相互作用によって自身にとってより有用な情報利用環境を構築している。

人の組織化を手段とした情報の組織化や、逆に情報の組織化を手段とした人の組織化については、様々な研究が行われている。

著者らは情報の組織化を行うことにより人の組織化を支援するシステムとして kMedia を提案・開発した [Hamasaki 01][濱崎 02b]。kMedia は個人が持つ WWW ブックマークの情報をを用いて、複数の人の中でどのような話題が共有されているかを明示化するシステムである。kMedia は個人が持つ情報から個人間の関係を導き出し、それにより人のネットワークの生成を容易化することを目的としている。

その他にも幾つかのシステムがある。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。ユーザは任意の 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 99] 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。このような両者が関わる情報から人と人の関係を導き出すアプローチと異なるものとして原田らのシステム [原田 03] が挙げられる。これは検索結果から人名を取り出し、検索クエリーに対して特に関連の深い人物を提示する。

これらは組織化した情報によって人の組織化を支援するアプローチと言える。

人の組織化からの情報の組織化を支援する技術として、著者らは近傍仲介法を提案した [濱崎 02a][Hamasaki 03]。これは、ネットワークの各ノードが自身の隣接ノード間の関係を計算し、その結果に基づいてノードを推薦する。各ノードは推薦情報を元にリンク追加および削除を行い、それによりネットワーク全体のノード間の関係を自律分散的に最適化しようというものである。我々は本手法を情報共有のための人のネットワーク最適化手法として提案した。

その他にも幾つかのシステムがある。人を情報組織化のために利用するという点では、GroupLnes [Konstan 97] 等の協調フィルタリングや、Bookmark Agent [Mori 99]、PowerBookmarks [Li 99]、SiteSeer [Rucker 97] などの WWW ブックマーク共有システムが挙げられる。個人に着目したものでは Plu らの Web of People [Plu 03] が挙げられる。これは人を一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 を作るようにしている。さらに個人のネットワークを情報源とするものでは、沼尾らの WAVE [伊藤 01] や竹内らのシステム [竹内 02] が挙げられる。これらは自身もつパーソナルネットワーク上で情報流通を行うことで、自身にとって価値の高い情報を簡単に得られるようにするシステムである。

これらは組織化した人によって情報の組織化を支援している。言い換えると、情報の組織化のために人を組織化するシステムである。

このように人の組織化と情報の組織化を支援する技術・システムは幾つか提案されており、その手法は様々である。しかし、先に述べたようにこれらは互いにもう一方を必要とするものである。そこで本研究では、人の組織化と情報の組織化を一つのサイクルとして捉えて支援するシステムの提案を行う。

提案システムでは、人・情報の組織化を相互に行うために、ネットワーク型共有モデルと近傍仲介法という 2 つの手法を用いる。次章では提案システムの概要と共にそれら 2 つの手法について説明する。

3. 提案システム

3.1 システム概要

我々は、オンライン・WWWブックマークシステムをベースにした、人と情報の組織化を目的とした情報共有システムの提案をする。

WWWブックマークの作成は、WWWの膨大な情報の中から必要なものを選び出して記録しておくという情報の組織化活動の一例である。検索エンジンを利用したりウェブブラウジングして見つけたWebサイトやWebページを、WWWブラウザのブックマークに記録するというのは、WWW情報の組織化(整理)としては一般的な方法である。しかしWWW上の情報は増え続ける一方であり、個人が検索エンジンのみに頼って行う情報収集は困難になりつつある。

大規模かつ高性能な検索エンジンが開発され提供されているが、増加し続けるWWW情報に対して、それらは必ずしも十分ではない。質の高い検索エンジンを実現するには、十分なカバー率を持つクローラと高精度なWebページ評価指標が必要である。カバー率を高めるためにクロウリングの効率化を図るアルゴリズムが提案されているが、全てをカバーすることは不可能であるため、何らかの基準で取捨選択するしかない。また、高性能なWebページ評価指標として著名なものにGoogleが採用しているPage Rank[Brin 98]が挙げられるが、あくまである一視点に基づく評価値であり、常に全ての人に支持されるものではない。検索エンジンはWWWにおける情報収集の強力な手段ではあるが、それですべて事足りるということはない。

そこで我々は、情報の組織化を支援するために検索や推薦システムを強化するのではなく、それらを使って人が収集した有用な情報をいかにして効率よく流通させるかに注目する。人を利用することの利点は、一般に自動処理では困難な情報の価値判断も人ならば容易に行うことができ、また、その評価尺度も多種多様存在する点である。膨大な情報を一人で見るのは不可能であるが、他の人と分散並列的に行うことで負荷は軽減できる。

提案システムの利用者は興味のあるWebページやサイトを見つけると、それをシステムに登録する。登録された情報はシステムによって他の人たちへと伝えられる。同様に他の人からの情報もシステムによって利用者に伝わってくる。このようにして利用者は容易に多くの情報を収集できるようになる。このような情報共有を繰り返しているうちに、どの人が情報共有のパートナーとして適切であるかが徐々に浮かび上がってくる。その情報を利用してシステムは利用者の共有相手の最適化を支援する。

提案システムにとって、どのような相手と情報共有をするかが重要になる。どの相手と情報共有すれば良いかは人それぞれであり、その選別は難しい問題である。そこで提案システムでは、細かい共有相手の設定が可能で

あるネットワーク型共有モデルを採用し、その共有相手ネットワークを近傍仲介法により漸進的に最適化していくことにより、共有相手の選別問題を解決する(この個人それぞれが持つ共有ネットワークを、本研究ではパーソナルネットワークと呼ぶ)

情報流通のためのパーソナルネットワークの利用と、流通情報に基づくパーソナルネットワークの最適化のサイクルが、提案システムにおける情報と人の組織化の相互作用である。ユーザは提案システムを用いることで有用な情報を収集できると同時に、自分と同じ関心を持つ人とつながったパーソナルネットワークを構築することができる。

3.2 ネットワーク型共有モデル

ネットワーク型共有モデルとは情報共有モデルの一つである。一般に情報共有システムと呼ばれるものは、データを中央データベースに集積し、参加者は基本的にデータベースへアクセスすることで情報共有を行う。ネットワーク型共有モデルではデータは参加者が自分で持つ。参加者はリンクで結ばれており、データはそのリンクを辿って伝わっていくことで共有が行われる。

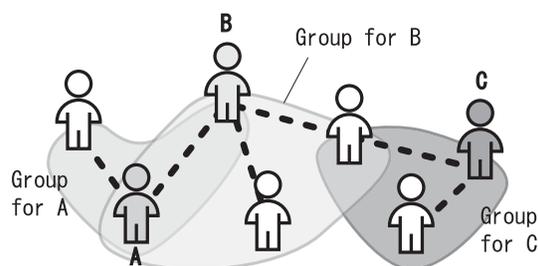


図2 ネットワーク型情報共有モデル

このモデルの特徴は、自分を中心とした任意の共有グループが作成可能である点である。情報共有において参加者間の関係、例えば関心の類似度合いなどは非常に重要であるが、一般に参加人数が多くなればなるほど、参加者全員の間で良好な関係が結ばれるのは難しくなる。対してネットワーク型情報共有モデルでは、各自が任意の相手と共有関係を結ぶモデルであるため、そのような問題を回避できる。

もう一つの特徴として、人を伝って伝播する過程で不要な情報がフィルタリングできることが挙げられる。情報フィルタリングは一般にフィルタリングを行うためのルールを作成する必要があり、効率の良いフィルタリングを行うためには複雑なルールが必要になる。ネットワーク型共有モデルでは伝播する過程において多段的なフィルタリングが行われるので、比較的簡単なルールでもフィルタリングの効果が期待できる。

しかし逆に、共有関係を結んだ相手のフィルタリングのルールが自分と異なる場合、このような多段的なフィ

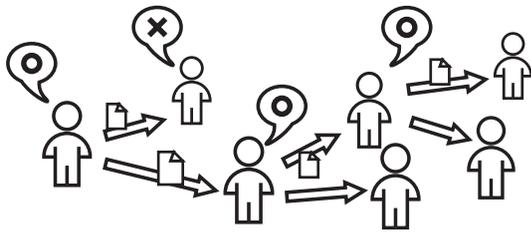


図 3 伝播によるフィルタリング

ルタリングは必要な情報を削除して不要な情報を送ってくるという逆効果を起こしかねない。ネットワーク型共有モデルを有効に利用するためには、共有相手のネットワーク（パーソナルネットワーク）を最適化する問題を解決する必要がある。

3.3 近傍仲介法によるパーソナルネットワークの改善

近傍仲介法は実世界における人のネットワークの拡張手法を模倣したものである。近傍仲介法を説明する前に、近傍仲介法の適用対象となるネットワークのモデルを定義しておく。まず人をノードとし、人と人との情報交換がなされている関係があることをノード間にリンクがあるとす。次に、全てのノードは、ノードとノードの関係の計算が可能であると仮定する。この計算された関係の強弱を示す値を関係値と呼ぶ。全てのリンクは関係値を持つ。

情報交換にとってより良い環境を作るには、パーソナルネットワークの最適化が必要である。このモデルにおける最適なネットワークとはネットワークを構成するリンクの関係値が最も高いネットワークである。全てのノードの情報を知っている場合、ノード間の関係を総当りで計算することで最適なネットワークの発見ができる。以下ではこのような一括計算による最適化手法をサーバ型計算法と呼び、それによって生成された最適なネットワークを最適解と呼ぶ。ここではこのような全ての情報を集約するサーバがなく、個々のノードにおける計算のみで解を求める場合を考える。個々のノードは自分が繋がっているノードしか知り合えないので、最適なネットワークを形成するにはそれ以外の新しいノードを知る方法が必要である。近傍仲介法では、隣接ノードが互いに推薦しあうことで、自律分散的にネットワークの最適化を行なう。

近傍仲介法における、各ノードの振る舞いの例を図4に示す。まず最初に各ノードが自身と隣接しているノード間の関係を計算する(図4-1)。良い関係にあるノードのペアを発見した場合、それぞれのノードにお互いを推薦する(図4-2)。推薦を受け取ったノードは新しくリンクをはるかどうかが決める。推薦を受け入れると推薦されたノードが隣接ノードとして追加される(図4-3)。これらの動作の繰り返しにより、ネットワークは改善されていく。この手法は、前節で述べた友人関係の推薦を模倣

したものである。この特徴は自分の友達が選択したものが推薦される点である。このため、推薦されたノードは比較的適切なものであることが期待される。

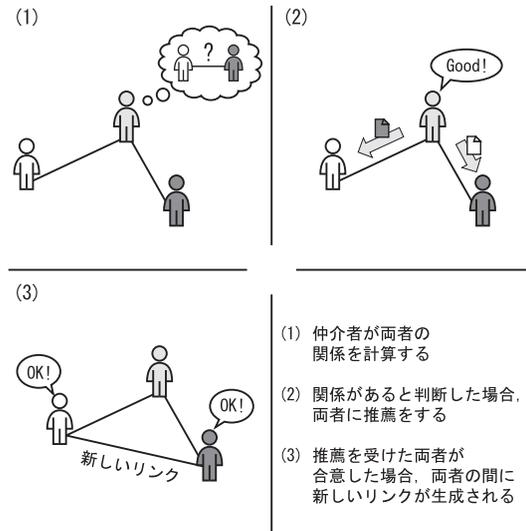


図 4 仲介によるネットワークの更新

近傍仲介法によって適切に人のネットワークを拡張するには、隣接するノード間の関係を正しく計算できるよう、各ノード（人）が自分が隣接するノード（人）をよく知っていなくてはならない。そのためには十分な情報共有が行われていなくてはならない。

4. 提案システムの構成

本章では、提案システムの構成について説明する。ユーザは一人一つずつシステムを持つ。ユーザが持つシステムのことを、ここではパーソナルエージェントと呼ぶ。図5はパーソナルエージェントの概要である。パーソナルエージェントはユーザとやりとりするだけでなく、他のパーソナルエージェントとも互いに通信が可能である。

パーソナルエージェントには大きく分けて二種類の機能がある。一つは人の組織化支援であり、もう一つは情報組織化支援である。以降にて、それぞれについて説明をする。

4.1 人の組織化支援

人の組織化支援として、パーソナルエージェントは他のパーソナルエージェントと隣接関係を結んだり、他のパーソナルエージェントに対して人(パーソナルエージェント)の推薦を行う。ここで言う隣接関係とは互いに相手を承認し、相手に対して情報推薦を行う関係を指す。主な機能を以下に示す。

- 他のパーソナルエージェントとの接続
- パーソナルエージェントの推薦
- パーソナルネットワークの可視化

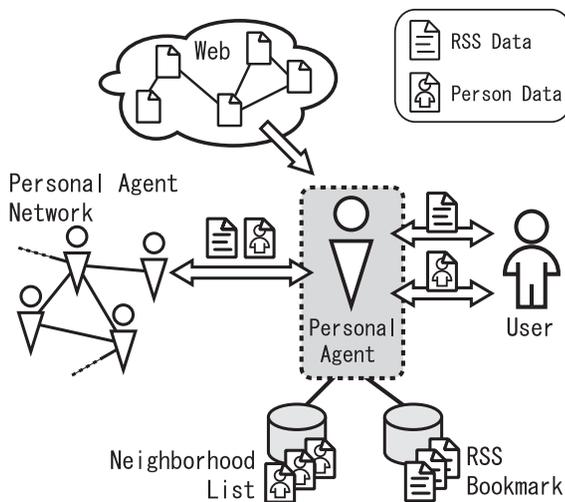


図 5 システムの構成

§ 1 他のパーソナルエージェントとの接続

パーソナルエージェントはユーザが指定した他のパーソナルエージェントに対して接続リクエストを送信する。その後、接続リクエスト受理のレスポンスを受け取った場合、パーソナルエージェントは自身のパーソナルネットワークに相手を登録する。

逆に相手から接続リクエストがあった場合、まずユーザに通知をする。ユーザがその接続リクエストを受理した場合、相手を登録すると同時に相手に対して接続リクエスト受理のレスポンスを送信する。

このようにパーソナルエージェント間の隣接関係は、お互いのユーザが承認した上で結ばれる。

§ 2 パーソナルエージェントの推薦

他のパーソナルエージェントと接続するためには、まず接続リクエスト出す必要がある。リクエストを送るためには、相手の存在を知らなくては行けない。この時点で自分にとって適切な相手を選択し、接続できれば非常に話が簡単だが、一般にそれは非常に困難である。そこでパーソナルエージェントはパーソナルエージェント(人)の推薦を行う。パーソナルエージェントの推薦はパーソナルネットワーク上で隣接する他のパーソナルエージェントから受ける。同時に、自らも他のパーソナルエージェントに対してパーソナルエージェントの推薦を近傍仲介法により行う(推薦の方法は論文[濱崎 02a]に従う)

近傍仲介法に用いるデータとして、自分で作ったプロファイリング情報を利用する。パーソナルネットワーク上で隣接するパーソナルエージェントからは Web ページの推薦等の情報交換が行われる。これを利用して隣接する相手のプロファイリング情報を作成し、自身と隣接するパーソナルエージェントの中でプロファイル情報の似たもの同士を推薦する。後述するプロトタイプシステムでは、同じ Web ページを幾つ持っているかという情報を、両者が似ているかどうかの判断に用いている。

§ 3 パーソナルネットワークの可視化

提案システムはパーソナルネットワークを可視化することで、自分の周辺のパーソナルエージェント間がどのような関係になっているかをユーザ自身が容易にわかるようにする。パーソナルネットワークの構築は最終的にはユーザの決断にゆだねられるため、このようなユーザの状況把握支援はパーソナルネットワークの最適化を行う上で重要であると考えられる。

パーソナルネットワークの可視化にくわえ、そこからコミュニティ候補となる集団を抽出し、提示することでコミュニティ生成の支援を行う。隣接関係のネットワークが大きくなってくると、クリークと呼ばれる構成が増えてくる。ここでいうクリークとは、構成する任意のノード間でリンクがある部分グラフを指す[安田 01]。本システムが持つパーソナルネットワーク中のクリークは、メンバー全員が互いに共有を行っている集団を示している。本システムではこの集団をコミュニティの種であるとみなし、ユーザに提示する。

4.2 情報組織化支援

情報組織化支援として、パーソナルエージェントは RSS を用いた WWW ブックマーク作成支援およびその共有機能を提供する。指定した Web ページを登録するだけでなく、パーソナルネットワークを用いて他のパーソナルエージェントとの情報交換や、ユーザへの推薦情報を Web から直接収集も行う。主な機能を以下に示す。

- ブックマークの登録・管理
- Web ページの推薦
- Web ページ推薦者情報の記録

§ 1 ブックマークの登録・管理

パーソナルエージェントは、ユーザが指定した Web ページをブックマークに登録する。データは RSS 形式で保存される。登録された Web ページの情報は、パーソナルネットワークで隣接している他のパーソナルエージェントへ推薦情報として送信される。

§ 2 Web ページの推薦

パーソナルエージェントは、ユーザに対してお勧めの Web ページを提示する。ユーザが推薦を受理した場合に、ブックマークに改めて登録される。推薦情報は入手経路によって 2 種類に分かれる。1 つはパーソナルネットワーク上で隣接する他のパーソナルエージェントからの推薦情報、もう 1 つはユーザが作成したプロファイルやブックマークに登録された情報を元に Web から直接収集した情報である。

§ 3 Web ページ推薦者情報の記録

どのパーソナルエージェントがどの Web ページを推薦したかを記録する。基本的に他のパーソナルエージェントからの推薦情報は、相手がブックマークに登録した情報である。よって推薦元単位でパーソナルエージェントと Web ページの関係データを見ると、相手のプロファ

イリング情報として見る事ができる．逆に推薦情報単位で見ると，Web ページのメタデータとして見る事ができる．例えば多くのユーザがブックマークに登録している Web ページはポイントを高くする等の，Web ページ評価用データとしても利用できる．

5. プロトタイプシステムの構築

本章では，現在開発中のプロトタイプシステムについて説明する．図 6 はシステムの概要である．パーソナルエージェントは Perl で記述された CGI プログラムであり，ユーザは自身のパーソナルエージェントと通信するために Internet Explorer^{*1}や Mozilla^{*2}などの Web ブラウザを用いる．全てのユーザは 1 人につき 1 つのシステム(パーソナルエージェント)を持つ．パーソナルエージェントは単体で互いに通信を行うことができ，中央サーバを必要としない．

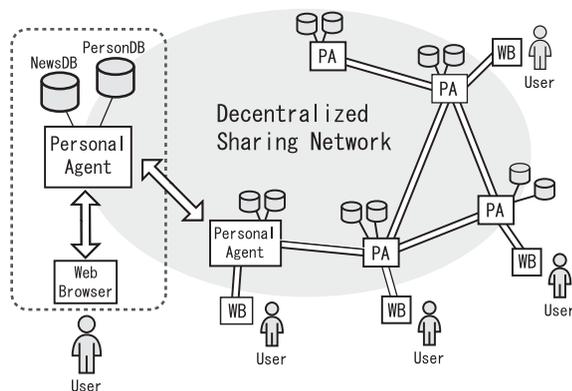


図 6 システムが作る共有ネットワーク

全ての操作は Web ブラウザを介して行う．新規に誰か他のユーザのパーソナルエージェントと接続したい場合や，ブックマークに URL を追加したい場合は，パーソナルエージェントが用意した HTML フォームからメッセージを送信することで実行する．

パーソナルエージェントは隣接している他のパーソナルエージェントからの推薦データを提示するだけでなく，自身で WWW からユーザにとっておすすめと思われる Web ページを取得し提示する機能も持つ．本実装では，ユーザが事前に指定した Web サイトの中から新しいものを取り出して提示する．この Web サイトから新しい Web ページを取るプログラムとしてアンテナを利用する．アンテナとは指定した Web サイトの新規記事を自動的に入手してくれる CGI プログラムを指す．本システムではアンテナプログラムとして，入手した記事データを RSS 形式で記録する RNA^{*3}と呼ばれるアンテナプログラムを利用する．

*1 <http://www.microsoft.com/windows/ie/>

*2 <http://www.mozilla.org/>

*3 <http://www.semblog.org/>

システムは RNA が収集した記事と共に，隣接関係にあるパーソナルエージェントが推薦してきた Web ページをユーザに提示する．ユーザは気に入った Web ページを見つけたら，追加ボタンを押すことで簡単に自分用のオンラインブックマークにその Web ページを追加できる．このようにして追加された Web ページは，改めて隣接するパーソナルエージェントへ推薦される．

隣接するパーソナルエージェントから推薦された Web ページは全て記録しておく．この記録データから，自分と隣接するパーソナルエージェント間でどの程度同じ Web ページをブックマークに追加しているかがわかる．共有している Web ページが一定数以上の場合に両パーソナルエージェント間に有意義な関係があると見なし，人の推薦を行う．

図 7 は開発中のシステムのパーソナルネットワーク表示画面である．パーソナルエージェントは隣接する他のパーソナルエージェントと交換した情報を元に，ユーザを中心として 2hop 先のノードまでを含んだパーソナルネットワークを出力する．

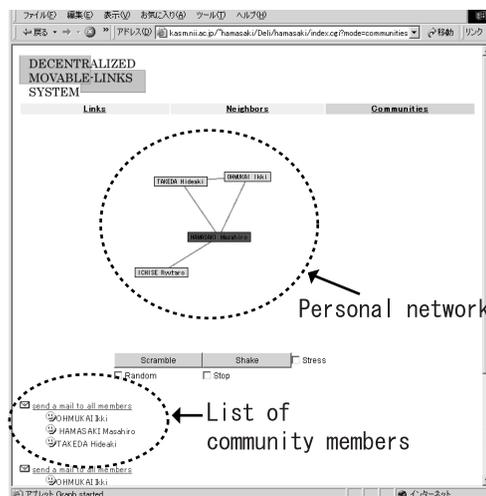


図 7 パーソナルネットワークとコミュニティの表示

開発中のシステムでは，パーソナルネットワークの下にコミュニティのリストが表示される．ここでいうコミュニティとはパーソナルネットワークにおけるクリークのことを指す．これは自身が持つパーソナルネットワークの一つの分析結果(人の組織化に関する一情報)として，ユーザに提示される．

6. 関連研究

ネットワーク型共有モデルを用いた情報共有システムの先行研究として，沼尾らの WAVE[吉田 01] や竹内らの情報伝播システム[竹内 01] が挙げられる．これらは人のネットワークによる多段的フィルタリングの効果や，緩やかな情報共有を行うことを目的としている．竹内の

報告 [竹内 02] では、このような口コミによって行なわれる情報共有では、直接情報交換を行なう相手の選択が重要であると指摘されている。提案システムはネットワーク型共有モデルに加え、共有ネットワークの最適化も導入している点でこれらのシステムとは異なっている。

ネットワークの最適化という点では、エージェントにおける集団形成手法が参考に挙げられる。加藤らはエージェントが効率よくタスクを行うために、各エージェントが持っている情報だけを用いた自律的な集団形成方法を提案している [加藤 01]。原田は、分散したサーバのネットワークを、隣接するノードの情報のみによって最適化する手法を提案している [原田 02]。これらのシステムでは、エージェントが誰と通信したかは特に問題としない。しかし提案システムはエージェントはその持ち主である人と直結し、誰と通信したか、誰と、どれだけ多くとつながっているかが重要な問題となってくる。

提案システムは、共有情報とパーソナルネットワークからコミュニティの発見を行う。今回実装したシステムでは、パーソナルネットワーク中の極大クリークを取り出すことによりコミュニティ発見を行った。しかしコミュニティの形成には、パーソナルネットワークだけでなく共有している情報も重要な因子になると考えられる。これには相澤の提案するマイクロクラスタリング [相澤 02] のような手法を導入することで、より適切なコミュニティ発見が行えるのではないかと考える。

7. ま と め

本論文において、我々は人と情報の組織化の相互作用の重要性を指摘し、それに基づく新しい情報共有システムを提案した。提案システムは、ネットワーク型情報共有モデルと近傍仲介法を用いることで、人と情報の組織化を並行して行うことができる。

今後は提案システムを実装し、被験者を用いた実験を通して提案システムの有効性を評価したい。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Brin 98] Brin, S. and Page, L.: The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine, in *The 7th International World Wide Web Conference* (1998).
- [Hamasaki 01] Hamasaki, M. and Takeda, H.: Experimental Results for a Method to Discover Human Relationship Based on WWW Bookmarks, in *Fifth International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering Systems & Allied Technologies (KES-2001)*, pp. 1291-1295 (2001).
- [Hamasaki 03] Hamasaki, M. and Takeda, H.: Find better friends? - Re-configuration of personal networks by the neighborhood matchmaker method -, in *INTERNATIONAL WORKSHOP ON SEMANTIC WEB FOUNDATIONS AND APPLICATION TECHNOLOGIES (SWFAT)* (2003).
- [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).
- [Li 99] Li, W.-S., Vu, Q., Agrawal, D., Hara, Y., and Takano, H.: PowerBookmarks: A System for Personalizable Web Information Organization, Sharing, and Management, in *Proceedings of The 8th International World Wide Web Conference (WWW-8)* (1999).
- [Mori 99] Mori, M. and Yamada, S.: Bookmark-Agent: Information Sharing of URLs, in *Poster Proceedings of The 8th International World Wide Web Conference (WWW-8)* (1999).
- [Plu 03] Plu, M., Bellec, P., Agosto, L., and Velde, W. V. D.: The Web of People: A dual view on the WWW, in *The 12th International World Wide Web Conference (WWW-12)* (2003).
- [Rucker 97] Rucker, J. and Polanco, M. J.: Sitemeet: Personalized navigation for the web, *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 73-75 (1997).
- [安田 01] 安田雪: 実践ネットワーク分析, 新曜社 (2001).
- [伊藤 01] 伊藤, 沼尾, 右田: 口コミ支援システム WAVE へのプッシュ型情報交換の導入, 情報処理学会「知能と複雑系」, 第 132 巻, pp. 81-86 (2001).
- [加藤 01] 加藤, 木下, 白鳥: マルチエージェントの集団形成方式, 信学会論文誌, Vol. J84-D-I, No. 2, pp. 173-182 (2001).
- [吉田 01] 吉田, 伊藤, 沼尾: 口コミによる分散型情報収集システム, in *Workshop on Multi-Agent and Cooperative Computation* (2001).
- [原田 02] 原田, 佐藤, 風間: 情報利用支援のための Web サーバによる自律的な相互関係の形成, エージェント合同シンポジウム (JAWS2002), pp. 364-370 (2002).
- [原田 03] 原田, 佐藤, 風間: Web 上のキーパーソンの発見と関係の可視化, 情報処理学会研究会報告 DBS-130/FI-71 (2003).
- [緒方 99] 緒方, 古郡, 金, 矢野: 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 (1999).
- [松尾 03] 松尾, 友部, 橋田, 石塚: Web から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 (2003).
- [相澤 02] 相澤彰子: 双対的クラスタリングによる情報空間のモデル化, 2002 年度人工知能学会全国大会 (2002).
- [竹内 01] 竹内, 鎌原, 下條, 宮原: 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).
- [竹内 02] 竹内, 鎌原, 佐伯, 寺岡, 原田, 下條, 宮原: 携帯端末を用いた情報伝播モデルによる実験に基づいた情報伝達力の評価, 第 13 回データ工学ワークショップ (2002).
- [濱崎 02a] 濱崎, 武田: ネットワークの自律的構築のための近傍仲介法の提案とシミュレーションによる検証, エージェント合同シンポジウム (JAWS2002) (2002).
- [濱崎 02b] 濱崎, 武田, 松塚, 谷口, 河野, 木戸出: Bookmark からの共通話題ネットワークの発見手法の提案とその評価, Vol. 17, No. 3, pp. 276-284 (2002).