口コミによる情報資源探索

大谷 武　　南 俊朗

(株) 富士通研究所
〒814 福岡市 早良区 百道浜 2-2-1
E-mail: {ohtani,minami}@flab.fujitsu.co.jp

概要

World Wide Web におけるサーチエンジンの持つ問題は，(1) 大量の検索結果の中から適切な情報資源を選択することが困難であり，(2) 負荷の増大やトラフィックの増加を招き，(3) 資源情報の陳腐化のために，もはや役に立たない結果を返すことがある点である．これらを解決する手段として，口コミエージェントシステムを提案する．口コミエージェントシステムは，口コミと呼ばれる情報伝達を基にした情報資源探索機構で，複数のエージェントが限定された範囲での評価情報を伴う情報伝達により，資源情報の広告と検索を行うことを特徴とし，ネットワークトラフィックの軽減や資源情報の陳腐化を防ぐのに役立つ．

Abstract

Search engines for World Wide Web have the following problems: (1) it is difficult for most of users to select the proper information resource from among lots of the results which they produce, (2) they often cause the high CPU-load of the server machines and the increase of the network traffic, and (3) they frequently return useless results that are out-dated. In order to solve such problems, we propose a resource discovery mechanism based on the word-of-mouth agent system. The system consists of a number of agents who communicate each other by word-of-mouth. The communication is restricted to a relatively small area and accompanied by evaluation information. Therefore the system is effective to reducing the network traffic and keeping information updated.

1　はじめに

マルチエージェントシステムにおいて，エージェントが持つべき重要な機能のひとつに，探索という機能が挙げられる [1, 4]．例えば，あるエージェントが単独で達成できない仕事を請け負った時に，その仕事の一部を達成する上で最も適任のエージェントを探索して，仕事を依頼したり，あるいは，仕事を達成する上で必要な情報を得るために，最も適切な情報を持っているエージェントを探索するといった場合のように，探索が必要な場面がしばしば見受けられる．

これは，近年大躍進を遂げた World Wide Web の世界にも，よく当てはまる．利用者が，ネットワークを通じてショッピングする場合には，欲しい商品を満足のいく条件で扱っているサイトを見つけなければならないし，最近人気のある映画を知りたいと思えば，映画に関する情報を提供しているサイトを知る必要がある．しかし，現状のネットワーク社会は，多くの独立したネットワークが複雑に結合され，その中で非常に大量の情報資源 (情報，あるいはサービスを提供する主体) が独自に管理・運営されているために，ネットワーク上のすべての情報資源を知ることは不可能である．

このような問題に対して，World Wide Web には，Yahoo[1] や AltaVista[2]などの サーチエンジンと呼ばれる，情報資源を探索するサービスが確立されている．それは，情報資源提供者からの登録依頼やロボットと呼ばれるプログラムによって世界中に存在している情報資源を掻集め，データベースを構築し，情報資源の検索をサービスするものである．このようなサービスの出現によって，我々は世界中に散在する非常に多くの情報資源の存在を知り，利用することが可能となった．しかし，実際に利用してみると，以下のような問題が顕著になってきた．

資源情報の陳腐化: 実際に検索を行い，得られた結果を頼りに情報資源にアクセスしても，すでにサービスを停止してしまっていたり，場所を移動していたり，内容が変ってしまっていたりすることが意外に多い．このような資源情報の陳腐化を防ぐには，一旦収集した資源情報のチェックを頻繁に行うと良いが，そうすると，各サーバの負荷とトラフィックの増大を招くことになる．

情報資源の質を反映しない検索結果: 大量に得られる検索結果から，最適の情報資源を特定し，利用できることが望ましいが，大抵の検索エンジンの場合，選択の指針になるものは，基本的に文書中に出現するキーワードの個数のみである．したがって，検索結果の順位付けの際に，文字をあまり多くは含まないが，有益なサービスを提供するサイトには不利である反面，内容の有用性とは無関係に，人の注意を引くキーワードが数多く現れるような文書が有利となる[3]．

負荷の増大とトラフィックの増加: サーチエンジンの持つ資源情報は集中管理されていることが多く，利用者のアクセスが特定のサイトに集中し，サーチエンジンの負荷の増大を招き，レスポンスが悪くなることがある．また，利用者とサーチエンジンを結ぶネットワークが十分に整備されていないため，快適なレスポンスが得られない場合もある．更に，Lycos[5] や World Wide Web Worm[6] のように文書内のリンクを辿りながら，資源情報を収集する方式では，文書の内容によらず，端から機械的に文書を漁るので，無用なトラフィックを生みやすく，Web サーバの負荷も増大させてしまう．

本論文では，上記の問題点を解決すべく，広大なネットワークにおける情報収集と収集した情報資源の分散管理を行う枠組として，“口コミ” という情報伝達による情報資源の探索システム，口コミエージェントシステムを提案する．ここで述べる “口コミ” の意図するところは，(1) 情報の伝達範囲が限定されていて，(2) 評価情報を伴う情報伝達である．資源情報の分散管理に口コミによる情報伝達を利用する利点は，第一に，分散配置された管理サーバ間で資源情報をやりとり

---

[1] `http://www.yahoo.co.jp/` や`http://www.yahoo.com/`

[2] `http://altavista.digital.com/`

[3] 例えば，`http://www.deerfield.com/wingate/leader12.htm` はブラウザに表示しても分からないが，文書のソースを見ると `<META>` タグの中に多数のキーワードが繰り返し書かれていたり，本文中にも背景と同じ色で見た目に分からないようにキーワードが書かれている．

	マスコミ (マスコミュニケーション)	口コミ (パーソナルコミュニケーション)
情報伝達の方向	一方向的	双方向的
情報伝達の対象	不特定多数	特定少数
情報伝達に要するコスト	大	小
伝達情報の量	大量	少量
伝達情報の即応性	やや低い	高い

表 1: マスコミと口コミの比較

するための通信コストを削減させることが可能である点である．そして第二に，情報資源の評価情報を流通させることで，ネットワーク上に存在する大量の情報資源の中から，適切なものの選択を容易にすることである．

以下，第2章では，口コミによる情報伝達の特徴と資源情報管理に口コミを利用することの利点を述べ，第3章では，口コミエージェントシステムの基本的な動作や特徴を概観し，第4章では，現在開発中の口コミエージェントシステムの実装について述べる．最後に第5章で，結論と今後取り組むべき課題を述べる．

2　そもそも “口コミ” とは何か？

我々の日常の社会生活の中における情報の伝達方法には，マスコミ (マスコミュニケーション) と，しばしばそれに対比される口コミ (パーソナルコミュニケーション) とがある [2]．マスコミとは，新聞・雑誌・テレビ・ラジオなどのマスメディアを利用して，不特定多数の大衆に情報を伝達する手段のことである．印刷機や放送局などといった，情報伝達に特別な装置が必要な場合が多いため，情報伝達に要するコストが大きく，一方向的であるのが特徴である．そのため，テレビやラジオの臨時ニュースや新聞の号外といった例外はあるものの，様々な情勢の変化に速やかに追従できないことがある．これに対して，口コミは，特定の個人やグループなど限られた範囲を対象とし，双方向的に行われる情報の伝達手段で，即応的でもある．

一般に，マスコミの方が，現代社会において強い影響力を持ち，口コミは，それを補完する関係にあると考えられているが，非常に大きなニュースが口コミによって伝わっているという例もある (B.S. Greenberg の調査は，J.F. ケネディ狙撃暗殺事件は，パーソナルコミュニケーションによってそのニュースを知った人の方が多かったと報告している)．文献 [2] によると，非常に大きなニュースの場合，それを知った人は，他の人も恐らく関心を持つであろうと予想し，ニュースを伝えようとするために，パーソナルコミュニケーションが発生するのであるが，危機的状況について，他者といち早く共通の認識を分かち，それに対処すべく意見の交換を行うことも目的であると考えられている．したがって，伝達の対象となる情報が容易に変化し得る状況で，速やかに他人に情報を伝達するのに適した情報伝達が口コミであると述べている．

ネットワーク上の情報資源を利用する状況を考えてみると，情報資源の有用性が変化することはエージェント社会にとって望ましい状況ではない．なぜなら，ある情報資源が利用できなくなったのに，それを知らずにアクセスしようとしたり，もっと有用な情報資源があるのに，それを知らずに従来利用してきた情報資源を利用し続けることは，エージェント社会全体としても決して良いパーフォーマンスが得られないからである．そこで，口コミというコミュニケーション手段を利用し，複数の口コミエージェントが，利用可能な情報資源に関する評価情報を交換することで，

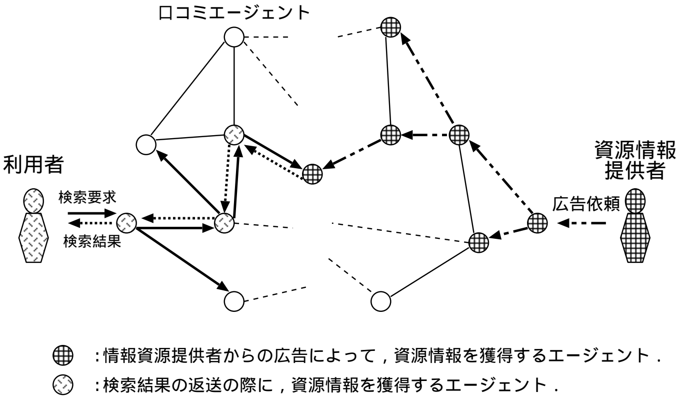


図 1: 資源情報の広告と検索

以前知らなかった情報資源を知ることができるようになったり，利用不能になった情報資源を発見したならば，速やかに他の口コミエージェントに知らせるような機構を実現することで，このような状況を打破することが可能となる．

3 口コミエージェントシステムの概要

本章では，口コミエージェントシステムの基本的な動作原理の説明をし，システムが扱う情報資源の評価情報に関する考察を行う．

3.1 基本的な動作

口コミエージェントシステムは，相互に接続された，情報資源の広告と検索を行う口コミエージェントのネットワークで構成される．各口コミエージェントは，資源情報提供者から，提供される情報資源に関する情報を受付け，各エージェントが持つ資源情報データベースに登録を行う．それと同時に，近隣の口コミエージェントにも同じ資源情報を広告する．この時，資源情報が伝達される範囲は，すべての口コミエージェントではなく，口コミエージェントの管理者が定める，ある一定の“コスト”によって制限されるものとする．このコストとしては，最初に情報提供者から広告を受け付けた時点からの経過時間や，各口コミエージェントの利用や通信にかかる費用と考えることもできるが，仮想的な“費用”によって定めてもよい．広告が口コミエージェントを中継される間に，与えられたコストは消費され，それがなくなるまで広告は繰り返し伝播されていく (図 1右半分)．

一方，利用者が検索を行う場合には，利用者の最寄りの口コミエージェントに検索要求を出し，それを受けた口コミエージェントは，ローカルな資源情報データベースを検索し，該当するデータがあれば，利用者に検索結果を返送する．もし見つからない場合には，情報資源提供者が広告を行った時と同様に，近隣の口コミエージェントに検索要求を伝達する．ここでも，広告の場合と同様に，検索要求の伝達範囲は“コスト”により限定される．各エージェントからの検索結果は，検索要求が配送されてきた経路を逆に辿りながら返送される．その際に，各口コミエージェントは，送られて来た検索結果の内容を調べ，その中に自分の資源情報データベースにない情報，あるいは，より新しい情報が含まれていたならば，その情報をもとに資源情報データベースを更

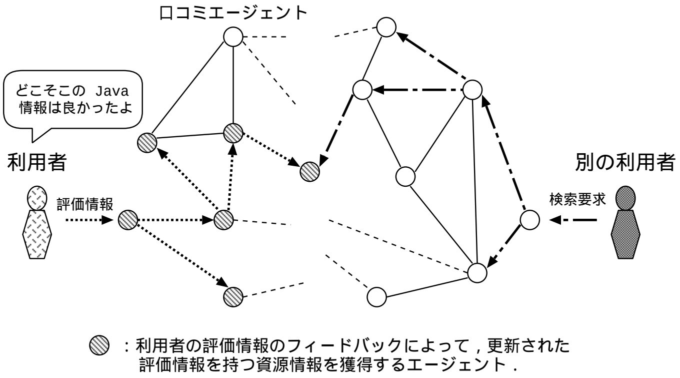


図 2: 情報資源の評価のフィードバック

新する．このようにして，情報提供者が最初に広告を行った範囲外にも同様の情報が伝達されることになる (図 1左半分)．つまり，多くの利用者が検索を行うにつれて，資源情報がより広範囲に伝達され，資源情報を有する口コミエージェントの数が増加する．そのため，最初の検索で満足のいく結果が得られなくても，次回の検索では有益な結果を得ることが起る．

このように，本方式では検索要求が発生するたびに情報の伝達を行うため，ブロードキャストのようなコストの高い通信を行わずにすむ．また，情報は検索要求の生じた方向へと伝達され，要求のない方向には伝わりにくいという特徴を持つため，誰も参照しない資源情報を無闇に持ち続けて，計算機資源を無駄にすることが少ないという利点も持つ．

3.2 情報資源の評価情報

このような枠組みでも，一般のサーチエンジンのように検索結果は大量に得られることが想定される．そこで，利用者が適切な情報資源を選択できるように，資源情報は，利用者による情報資源の評価情報を含むようにする．口コミエージェントは常に評価情報込みの資源情報を伝達し，利用者には評価情報とともに検索結果を提示し，利用者は実際に情報資源を利用し，その評価値を最寄りの口コミエージェントにフィードバックする．これを受けた口コミエージェントは，資源情報提供者による広告や利用者による検索要求と同様に，近隣の口コミエージェントに伝播させ，資源情報は検索結果の返送によって伝達された範囲よりも更に広い範囲に資源情報が伝達されていく (図 2)．

情報資源の評価値は，情報資源の内容が変わることで，変化するのは当然であるが，情報資源の内容が変らなくても，情報資源を取り巻く環境の変化とともに変化する．同じサービスや情報を提供し続けていても，利用者はそれに飽き足らず，更に高度なサービスを求めるのが普通であるし，新しい高度なサービスが出現することで，評価が下がることもあり得る．その結果，以前は良い評価を得ていた情報資源が，それ自身は何も変らないにもかかわらず，評価が落ちるという現象はごく自然である．

このような性質を考慮すると，情報資源の評価値は，資源情報提供者によって登録されたり，利用者によって評価を受けて評価値が決定されたならば，ある程度その値を保った後，時間が経つにつれて平均値に収束するような性質を持つことが妥当であると考えられる (図 3)．なぜならば，過去において非常に良い評価を受けたとしても，その後，誰も利用しなければ，以前の質を維持

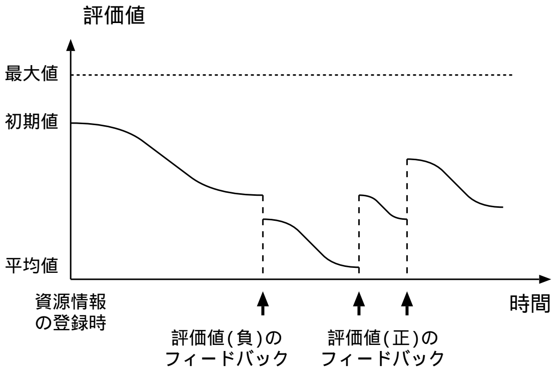


図 3: 評価値の推移

しているかどうかは不確かであり，また同じサービスを行っていたとしても，ネットワークや計算機環境の変化にともなって，現状にそぐわないサービスになってしまっている可能性があるからである．当然，質が向上している場合もあるかもしれないが，それは実際の利用者からの評価情報をもとに更新すべきである．逆に，悪い評価すなわち負の評価値を受けた情報資源に関しては，一度の失敗のために二度と日の目を見ないということのないように，実際に利用され評価を受けるチャンスを与える意味がある．なお，情報資源を登録する際に与える評価値の初期値は，平均値より大きく取られる．こうすることで，過去に実績がある情報資源ばかりが利用され，新規に登録される情報資源が不利になることを防ぐことができる．

3.3　評価のフィードバック

情報資源の評価は，情報資源を実際に使用した利用者の判断によって，積極的になされるのが理想であるが，利用者による評価値の入力といった明示的評価 (explicit rating) は，何らかの報酬を与えないかぎり，極めて期待が薄い．また，悪意を持つ利用者が容易に評価情報を操作しやすいという問題点もある．これらの問題は，利用者からの評価を利用する，ソーシャルフィルタリングの分野で顕著であるが，利用者の行動から間接的に評価を得る暗黙的評価 (implicit rating) を利用して，この問題を解決している例がある [3]．しかし，利用者の行動の解析によって得られた評価情報が，本当にどの程度の効果をもたらすのか疑問点も多い．このような考察を行うと，情報資源の良さは，利用者の行動を観察して判断できるかどうか確かではなく，また明示的評価は利用者の主観に強く依存するものであるため，このような価値判断を取り入れることで，十分な効果がを得られるかについては疑問が残る．

一方，情報資源が良くないという状態に関しては，ある程度客観的に捉えることが可能である．例えば，実際に情報資源を利用しようとしたが，快適に利用できないという状況，つまり，情報資源からのレスポンスが非常に遅い，あるいは情報資源が存在していない，アクセスできないなどという状況は，どのような利用者にとっても望ましくない状況であると言える．したがって，そのような情報資源に対する利用者の評価は低くならざるを得ない．Web 文書は通常 httpd あるいは，それに類するプログラムを介して転送されるが，httpd では次のようなエラー状況が発生する．

- **Unknown host** — ホスト名の IP アドレスのような基本的な情報が参照できないのは論

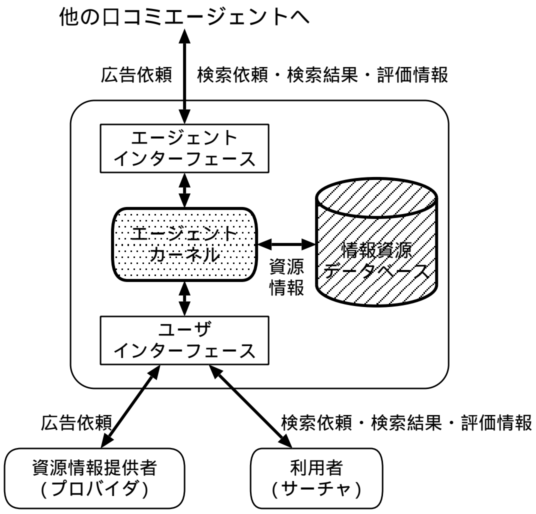


図 4: 口コミエージェントの構成

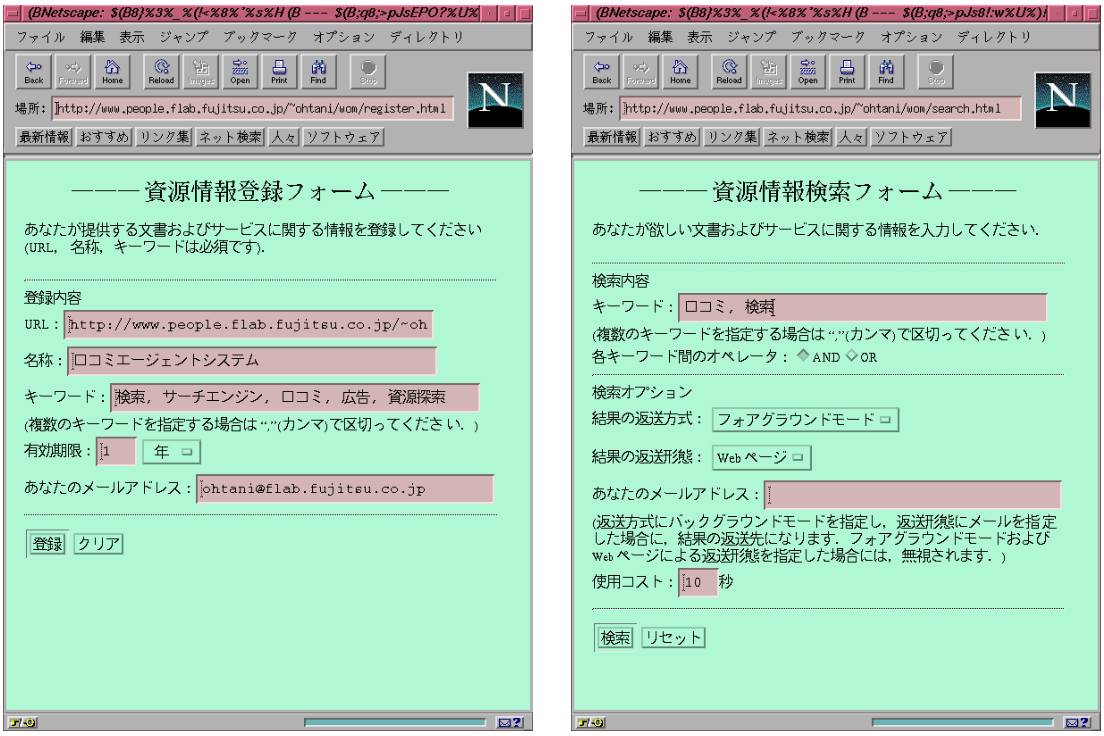
外．サービスを期待するのは無理と思われる．そもそも情報資源の位置情報が間違っている可能性も大であるので，該当する情報資源の評価はかなり低くすべきである．

- **Not Found** — 該当ホストが存在し，ホストの応答もあるのだが，指定したファイルが存在していない場合のエラーである．この場合は，情報資源提供者が，不用意に情報資源の変更を行ったために起ることが多く，いずれ提供者が気付いて，修正することも期待できるので，情報資源の評価は中程度に低くする．
- **Network unreachable** — 情報資源に至るまでのネットワークの経路は不安定なこともあるが，一時的な障害や保守などによるもので，しばらくすれば復旧されることが期待できる．また，情報提供者の責任の範囲外の障害とも考えられるので，評価はマイナスではあるが，下げるべき値は少なくてよい．
- **No response** — 上記の場合と似た状況であるが，パケットは到達できるが，該当する計算機が応答しない場合である．この場合も，一時的な障害，保守，過負荷などによるもので，速やかな復旧が期待できることもあるので，前項と同程度の低い評価を与える必要があるかもしれない．

我々は，このような具体的で明確な負の評価を基礎とし，すでに述べたような問題はあるものの，ブラウザのブックマークに登録をした，あるいは，検索結果を利用して閲覧を続けるといった行為のように，多かれ少なかれ情報資源の価値を認めていると考えられる行為に正の評価を取り入れることで，より実際的な評価値の生成と利用が可能であると考えている．

4 口コミエージェントシステムの実装

第 3.1節で述べたように，口コミエージェントシステムは，相互に接続された，情報資源の広告と検索を行う口コミエージェントのネットワークで構成される．このような口コミエージェントの間の近隣関係は，エージェントの管理者があらかじめ規定しておく．各口コミエージェントは，



http://www.people.flab.fujitsu.co.jp/~ohtani/wom/register.html

———資源情報登録フォーム———

あなたが提供する文書およびサービスに関する情報を登録してください(URL，名称，キーワードは必須です).

登録内容

URL：http://www.people.flab.fujitsu.co.jp/~oh

名称：口コミエージェントシステム

キーワード：検索，サーチエンジン，口コミ，広告，資源探索

(複数のキーワードを指定する場合は“,”(カンマ)で区切ってください．)

有効期限：1 年

あなたのメールアドレス：ohtani@flab.fujitsu.co.jp

http://www.people.flab.fujitsu.co.jp/~ohtani/wom/search.html

———資源情報検索フォーム———

あなたが欲しい文書およびサービスに関する情報を入力してください.

検索内容

キーワード：口コミ，検索

(複数のキーワードを指定する場合は“,”(カンマ)で区切ってください．)

各キーワード間のオペレータ：◆ AND ◇ OR

検索オプション

結果の返送方式：フォアグラウンドモード

結果の返送形態：Web ページ

あなたのメールアドレス：

(返送方式にバックグラウンドモードを指定し，返送形態にメールを指定した場合に，結果の返送先になります．フォアグラウンドモードおよび Web ページによる返送形態を指定した場合には，無視されます．)

使用コスト：10 秒

図 5: 口コミエージェントシステムの実行画面 (左:登録，右:検索)

他のエージェントとの通信を行うエージェントインターフェースのほかに，資源情報を蓄えておく資源情報データベースを持ち，資源情報提供者からの情報資源に関する広告や利用者から検索要求を受け付けるユーザインターフェースを持つ (図 4)．エージェントカーネルとエージェントインターフェースの部分の実装は Java で行い，資源情報データベースには，D.J. Hughes 氏が開発した Mini SQL [4]を用いた．Mini SQL 用の JDBC ドライバには，G. Reese 氏が開発した mSQL–JDBC [5]を利用した．また，現在の口コミエージェントが扱う対象は Web 文書に限定しているため，ユーザインターフェース部分は Perl で実装し，情報資源提供者の資源情報の登録や利用者の検索には，Web ブラウザを通して，口コミエージェントシステムを利用できる (図 5)．

口コミエージェント間のプロトコルは，Java のクラスインスタンスであり，次の 3 種類である．

- **PForm (Propagation Form)**

  情報資源提供者が口コミエージェントに情報資源の情報の新規登録および内容変更の広告を依頼する場合，あるいは情報資源利用者からの評価値を広告する際に生成される．例えば，

```
Resource res =
  new Resource(
    "http://www.people.flab.fujitsu.co.jp/wom/welcome.html", // URL
    "口コミエージェントシステム",                              // 名称
    ["検索", "サーチエンジン", "口コミ", "広告", "資源探索"],   // キーワード
```

---

[4] http://www.Hughes.com.au/

[5] http://www.imaginary.com/

```
    "ohtani@flab.fujitsu.co.jp",                             // メール
    365 * 24 * 60 * 60,                                      // 有効期間
    "877336598.24913%40www.people.flab.fujitsu.co.jp");      // ユーザID
new PForm(res, ´R´, 360).handler();
```

とすると，まず，口コミエージェントシステムという情報資源の資源情報を表す `Resource` オブジェクトを生成し，評価値，評価回数，最終評価日時など評価情報のイニシャライズを行い，変数 `res` に代入する．この時，`Resource` コンストラクタに与える引数は，順番に情報資源の位置情報を示す URL，情報資源の名称，情報資源の内容を表すキーワードの配列，情報資源の管理元のメールアドレス，資源情報の有効期間 (単位は秒)，登録を行ったユーザを特定するユーザ ID である．ユーザ ID は，口コミエージェントが登録者を特定するために自動的に生成する文字列で，登録された資源情報の変更や削除を行う際のユーザの認証に利用する．

次に，その `Resource` オブジェクトの広告を表す `PForm` オブジェクトを生成する．`PForm` コンストラクタの第 1 引数は，前ステップで作成した `Resource` オブジェクトである．`PForm` コンストラ第 2 引数の `´R´` は登録を表し，評価情報の広告を行う場合には`´E´`，資源情報を削除する場合には `´D´` を指定する．そして，第 3 引数には広告に使用するコストを指定する．ここでは，コストとして広告に費やす時間を取り，この例では，`360` 秒で到達し得る範囲の口コミエージェントに資源情報を伝達することを意味する．このように，`PForm` オブジェクトを作成した後，`handler` メソッドを呼び出すと，広告に対する処理が行われ，近隣の口コミエージェントに資源情報が伝達される．

`PForm` オブジェクトを受け取った口コミエージェントは，登録や削除など指示された作業を行った後，コストの計算をし，`PForm` オブジェクトのコストフィールドを更新する．そして，コストに余裕があれば，近隣の口コミエージェントに `PForm` オブジェクトを転送する．`PForm` には，`Path` という，`PForm` が途中通ってきた口コミエージェントを記録しているフィールド変数があり，それを利用して同じ口コミエージェントに同じ `PForm` を何度も転送しない機構を実現する．これは，以下で述べる 2 つのクラスに関しても同じである．

- **QForm (Query Form)**

利用者からの検索要求が発生し，それを受理した口コミエージェントが他の口コミエージェントに検索を依頼する際に生成される．例えば，

```
Query query = new Query(["口コミ", "探索"],  // キーワード
                        ´A´);                // ブーリアンオペレータ
new QForm(query,
          ´F´,
          10,
          "877336598.24913%40www.people.flab.fujitsu.co.jp").handler();
```

とすると，まず，検索条件を表す `Query` オブジェクトを生成し，`query` に代入する．この例では，“口コミ” と “探索” の両方をキーワードに持つような資源情報を検索の対象としている．`Query` コンストラクタの第 1 引数には，検索したいキーワードの配列を，第 2 引数には，キーワード間の関係を指定し，`´A´` は論理積，`´O´` は論理和を表す．そして次に，検索内容が `query` で表されるような検索依頼のフォームを作成する．これが，`QForm` オブジェクトである．`QForm` コンストラクタは 4 つの引数を取り，第 1 引数は検索内容を表す`Query` オブジェクトである．

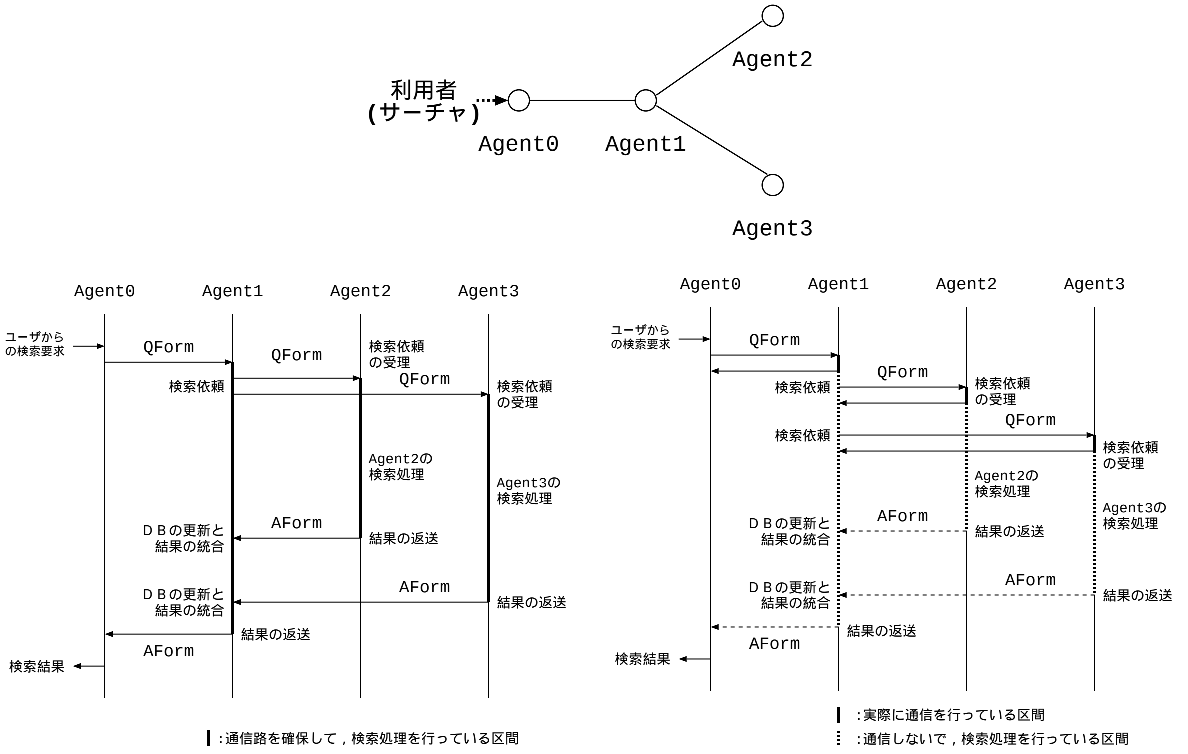


図 6: 2 種類の検索結果返送方式 (上図:口コミエージェントのネットワーク構成図の例，下左図: ´F´ モードの検索ダイアグラム，下右図: ´B´ モードの検索ダイアグラム)

第 2 引数は結果の返送方式を指定し，´F´ は検索の依頼主 (口コミエージェントまたは利用者) に結果を返送するまで，接続を保持するモード (フォアグラウンド) を意味する．他に´B´ が指定でき，これは検索要求を受け付けたならば一旦接続を切り，後で結果が揃った時点で，依頼主に返送するモード (バックグラウンド) である (図 6)．この場合，最終的に利用者に結果を返送する方法は，メールおよび一時的な Web 文書で，利用者から直接検索要を受理したエージェントが作成する．主に ´B´ モードは，検索コストを大きく取った場合，すなわち結果をあまり急がない場合に有効と思われる．

本例の場合，資源情報の広告と同様に検索に費やされる時間がコストとなっており，QForm コンストラクタの第 3 引数で指定されているすなわち，この QForm は 10 秒以内で到達できる範囲の口コミエージェントに送付され，検索が依頼されることを意味する．

最後の引数は，検索を依頼した利用者を特定する ID であり，PForm オブジェクトのユーザ ID と同様に，検索結果を依頼者に提示する際の，依頼者の認証を行うために，口コミエージェントが自動的に付与する．

こうして，QForm オブジェクトを生成し，処理を行わせるために，handler メソッドを呼び出すのも，PForm オブジェクトと同様である．

QForm オブジェクトを受け取った口コミエージェントは，それが既に受け取った QForm であるか否かをチェックし，もしそうであるならば拒否コード SIG_REJECT を返送し，すでに該当する検索を行っている旨を送り主に通知して，処理を終わる．初めて受け取った QForm の場合，QForm のモードが ´B´ モードであるなら，検索要求を受理したことを意味する受理コード SIG_ACCEPT

を返送，通信を終了し，検索処理を続ける．´F´ モードの時には，そのまま通信路を保持したままで検索処理を行う，

検索処理は，まず自分の資源情報データベースを検索する．そして，コストの計算をし，QForm オブジェクトのコストフィールドを更新する．コストを使い切ったか，他に QForm を伝達する口コミエージェントがなければ，検索結果を依頼主に返送する．もし，これに該当しないのであれば，検索結果を TempResultTable という QForm の ID をキーにしたハッシュテーブルに一旦保存する．その後，近隣関係にある口コミエージェントそれぞれに QForm オブジェクトを転送し，検索結果が出揃うまで待ち，依頼主に結果を返送するスレッドを生成する．

これらのスレッドには，タイムアウトを設けてあり，何らかの理由で，検索要求を発送した口コミエージェントからの返送が遅れた場合には，そのエージェントからの結果が揃わなくても，結果を返送する．タイムアウトの時間は，使用可能コストを時間で与えているため，容易に見積もることができる．

- **AForm (Answer Form)**

  QForm に対する結果を返送する際に生成される．例えば，

```
new AForm("877336598.24913@www.people.flab.fujitsu.co.jp",
          [Agent2, Agent1, Agent0],
          [res]).handler();
```

とすると，QForm オブジェクトに対応する検索結果が返送される．AForm コンストラクタの第 1 引数は，対応する QForm オブジェクトの識別子で，口コミエージェントは，どの QForm オブジェクトに対する結果であるのかを判定し，結果を集約する際に利用される．第 2 引数は，対応する QForm オブジェクトが途中辿ってきた口コミエージェントの列である．これは，QForm オブジェクトを配送する際に，同じ口コミエージェントに重複して配送されないようにするために利用されるが，AForm オブジェクトの返送経路としても利用される．第 3 引数は，検索結果の Resource オブジェクトの列である．

AForm を受け取った口コミエージェントは，対応する検索要求の結果を既に返送したか否かをチェックする．もし，まだ返送していないのであれば，AForm で送られてきた検索結果を前節で述べたハッシュテーブルTempResultTable に追加し，自分の資源情報データベースを更新する．後は，QForm を受け取った時点で生成したスレッドが，自動的に結果を AForm の形式で依頼主に返送する．

5 結論と将来展望

我々は，知的エージェント社会という，様々な役割を持ったエージェントのコミュニティが，相互に協力し合い，問題解決を行うマルチエージェントシステムの研究を行っている [7]．口コミエージェントによる資源発見機構は，知的エージェント社会の中のひとつの課題である，ネットワーク上に存在する数多くのエージェントから，ある問題を解決するのに適切なエージェントを，いかに発見するかという問題へのひとつのアプローチである．我々は，[8] において，ネットワーク雑記帳 ZK[9] のハイブリッドデータ (言語的データと非言語的データの両者を含んだデータ) の流通・利用への口コミエージェント機構の応用例を示した．

本論文では，ネットワーク上に散在する大量の情報資源の中から，適切な情報資源を効率的に発見するための枠組みとして，口コミという，範囲の限定された評価値情報付きの資源情報の伝達による資源探索機構の提案を行った．資源情報の伝達には，

- 情報資源提供者による資源情報の広告，
- 利用者の検索要求に対する検索結果の返送，
- 利用者による資源情報の評価フィードバックの広告，

の三種類があり，それぞれコストという概念によって伝達される範囲が限定されている．そのため，ブロードキャストのようなコストの高い通信を行わずにすみ，ネットワーク全体のトラフィックを低く抑えることが可能である．また，資源情報は利用状況に応じて利用者のいるサイトの方へと伝達されていく傾向があるため，資源情報が，誰からも参照されずに計算機資源を無駄にすることが少ないという利点もある．

更に，資源情報には，過去において利用された際の評価情報が含まれており，利用者が大量の検索結果から適切な情報資源を選択し，利用するために役立つ．評価値は，利用者により，または自動的に収集され，それがフィードバックされることで，情報資源の淘汰が起る機構となっている．資源情報の評価値の収集に，資源情報の (主に) 利用不可能性を暗黙的評価として利用することで，明示的評価では集めにくい評価情報の収集が可能である．

現在，口コミエージェントシステムは，プロトタイプの作成・デバッグを行っている．今後口コミエージェントの数を増し，大量データおよび多数ユーザでの実験を行い，実際の効果を検証する．その際に検討すべき課題として，

- 広告および検索に要するコストは，大きすぎるとブロードキャストと同じ効果になり，小さすぎると資源情報の伝達が起りにくくなる．口コミが有効に働くための，コストの適正値はどの程度か．
- 情報資源の評価値は，時間に応じて減衰することを前提としているが，どのような関数を想定すればよいのか．検索頻度よりも非常に早く減衰するのでは，評価値が検索に反映されない恐れがある．また，資源情報の登録時の評価値の初期値は，どの程度が適当か．

を明らかにすることなどがある．

また，更なる課題として，以下のものが挙げられる．

- 現状では，利用者個人ごとの嗜好の差異を考慮していないので，必ずしも利用者全員が，検索結果に満足がいくとは限らない．利用者全体の社会的評価と過去における個人的な評価との組み合わせによって，推薦する機構が必要と思われる．
- 口コミエージェントの近隣関係は，口コミエージェントの管理者があらかじめ設定することを前提にしているが，資源情報をやりとりする内に，近隣にない口コミエージェントの存在を知ることが可能である．その情報を利用して，口コミエージェントのネットワークを自動的に更新し，パーフォーマンスを向上させる．
- 第 3.3節で述べたような，利用者の行動の分析と行動に対する有効性の高い暗黙的評価の詳細化，およびその収集方法．

参考文献

[1] M.R. Genesereth and S.P. Ketchpel. Software Agents. *Comm. ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 48–53, 1994.

[2] 林進 (編). コミュニケーション論. 有斐閣, 1988.

[3] J.A. Konstan, B.N. Miller, D. Maltz, J.L. Herlocker, L.R. Gordon, and J. Reidl. GroupLens: Applying Collaborative Filtering to Usenet News. *Comm. ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 77–87, 1997.

[4] D. Kuokka and L. Harada. Matchmaking for Information Agents. In *14th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 672–678, 1995.

[5] M.L. Mauldin and J.R.R. Leavitt. Web Agent Related Research at the Center for Machine Translation. In *Proc. of the ACM Special Interest Group on Networked Information Discovery and Retrieval (SIGNIDR-94)*, 1994. `http://fuzine.mt.cs.cmu.edu/mlm/signidr94.html`.

[6] O.A. McBryan. GENVL and WWWW: Tools for Taming the Web. In *Fifth International World Wide Web Conference*, pp. 15–29, 1994. `http://www.cs.colorado.edu/home/mcbryan/mypapers/www94.ps`.

[7] 南俊朗, 有馬淳, 織田充, 大谷武. エージェントと仮想社会. 人工現実感における基礎的研究 (九州地区) シンポジウム，重点領域研究 「人工現実感」総括版, pp. 59–62, 1997.

[8] T. Minami, H. Sazuka, S. Hirokawa, and T. Ohtani. Living with ZK–An Approach towards the Communication with Analogue Messages. In *Second International Conference on Knowledge-based Intelligent Electronic Systems (KES'98)*. IEEE South Australia Section, 1998. (発表予定).

[9] 佐塚秀人, 南俊朗, 廣川佐千男. ZK ネットワーク雑記帳. マルチメディア通信と分散処理, 情処研報 97-DPS-85, pp. 195–200, 1997.