

口コミ機構を利用した分散型サーチエンジンの有効性の検証

大谷 武 南 俊朗

(株) 富士通研究所 ネットメディア研究センター

〒 814-8588 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 における情報検索に有用なものとして、サーチエンジンは広く使われている。しかし、それらは、(1) 負荷・トラフィックの増加によるレスポンスの低下、(2) 有用情報選択の困難さ、(3) 文書情報の陳腐化、という問題を抱えている。我々は、我々が普段利用している“口コミ”に類似した情報伝達手段による“口コミエージェント機構”を考案し、それを用いて、これらの問題を解決することを目指している。本論文では、口コミネットワークを 20×20 の格子状に構成し、シミュレーション実験を行い、(1) と (3) に対する本機構の有効性を考察した。その結果、平均到達距離の約半分の検索コストによる検索を数回行うことで、エージェントから資源情報への到達距離が速やかに減少し、検索に成功する可能性が 60% に至ることが判った。しかも、実際に資源情報を獲得するエージェント数の増加率は比較的緩やかであり、ネットワーク全体におけるトラフィックを低く抑えられることが確認できた。更に、実際のサーチエンジンとの比較を行い、同一検索コストによる検索を行った場合、検索頻度が上位 37.8% に該当するキーワードに関連する資源情報は、サーチエンジンよりも早く更新されることが判った。また、検索要求の多いエージェントの近辺に情報が集まる、需要適応性も確認できた。

Verifying the Effectiveness of Distributed Search Engine based on Word-of-Mouth Communication Mechanism

Takeshi Ohtani Toshiro Minami

Netmedia Laboratory, Fujitsu Laboratories Ltd.

2-2-1 Momochihama, Sawara, Fukuoka 814-8588 Japan

Abstract

Search engines are widely used for the information retrieval in World Wide Web. However, they cause the following problems: (1) slow response by high CPU-load and high network traffic, (2) difficulty in selecting proper information resources from among lots of the search results, and (3) returning useless results that are out-dated. In order to solve these problems, we have proposed the “word-of-mouth agent” mechanism for resource discovery that resembles our “word-of-mouth” information transmission style. In this paper, we investigate the effectiveness of this mechanism on (1) and (3) through some simulation experiments with the 20×20 lattice network. As a result, the required cost for finding resource information rapidly decreases according to retrievals with search cost about half of the average distance cost, and the success rate in retrieval reaches to 60%. Furthermore, the number of the agents who have the resource information increases only gradually and therefore our mechanism effectively reduces total network traffic. Moreover, the updating rate is higher than that of the existing search engines for those resource information that relates to the keywords which are included in the top 37.8% of them that are used for retrieval. Lastly, we succeed in confirming the adaptability nature of the word-of-mouth agent mechanism so that the information is distributed to the area where the needs for it are high.

1 はじめに

インターネット、特に World Wide Web の普及に伴って、近年誰もが容易に情報発信を行えるようになり、ネットワークを通じてユーザが利用可能な Web 文書やサービスなどの情報資源が爆発的に増加してきている。このような情報資源を利用するためには、URL (Uniform Resource Locators) と呼ばれる情報資源の位置情報を知る必要があり、位置情報を検索する手段として、Yahoo¹ や AltaVista² などのサーチエンジンと呼ばれるサービスが提供されている。これらは、情報資源提供者からの資源情報の登録依頼やロボットと呼ばれるプログラムによって、資源情報を掻集め、その位置情報のデータベースを構築し、それに基づき情報資源の検索を行う。このようなサービスの出現によって、我々は情報資源を容易に利用することが可能となった。しかし、それらは以下の問題を引き起こしている [3]。

負荷の増大とトラフィックの増加：サーチエンジンの多くは文書情報を集中管理しており、多数の利用者のアクセスが一箇所に集中するため、負荷が増大し、周辺のトラフィックが増え、レスポンスの悪化がしばしば起る。Lycos [5] や World Wide Web Worm [6] のようにロボットによって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、文書の内容の善し悪し、要不要に拘らず、文書転送を行うので、無用なトラフィックを生みやすく、Web サーバの負荷を増大させている。

情報資源の質を反映しない検索結果：サーチエンジンは、しばしば大量の検索結果をユーザに提示する。多くのサーチエンジンは、利用者が大量の検索結果から最も望ましいものを選択できるように、キーワードを多く含む文書ほど適切な文書と考え、利用者の注意を引くように検索結果の上位に配置する。そのため、有益なサービスを提供していても、文字を多く含まない情報資源は評価されにくい一方で、人の注目を引くキーワードが数多く現れる文書は、実際の有用性以上に評価されがちである。

資源情報の陳腐化：サーチエンジンの検索結果には、実際には無効なものが含まれていることが多い。いざ、検索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、内容が変わってしまっている状況にしばしば出くわす。このように、データベース内の資源情報が、現状を反映しなくなることを、資源情報の陳腐化と呼ぶ。資源情報の陳腐化を防ぐためには、一旦収集した資源情報を頻りにチェックすることも考えられるが、それでは、更に Web サーバの負荷とトラフィックの増大を招くことになる。

我々は“ロコミ”という情報伝達による情報資源の探索システム、ロコミエージェントシステム [7-9] を、ネットワークにおける資源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提案し、それにより、これらの問題の解決を目指している。本論文は、シミュレーション実験に基づき、その有効性を定量的に示すことを目的とする。

¹<http://www.yahoo.co.jp/>, <http://www.yahoo.com/>

²<http://altavista.digital.com/>

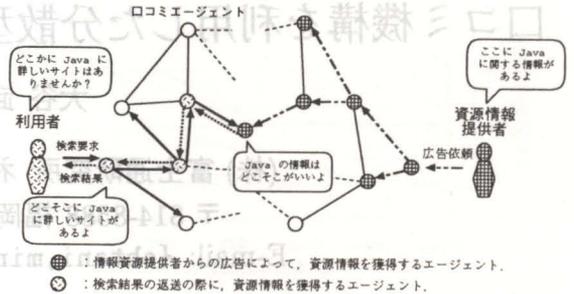


図 1: 資源情報の広告と検索

以下、2章において、ロコミ機構の基本原則とその特徴を概観し、3章で、実験方法とその結果に関して議論を行う。4章で、他の研究との違いを示し、5章では、全体を総括した後、今後の課題を示す。

2 ロコミエージェントシステムの概略

本章では、ロコミエージェントシステムの基本的な動作原理について概略を述べる。機構の詳細は [7-9] で述べられている。

ロコミエージェントシステムは、情報資源の広告と検索を行うロコミエージェントとそのネットワーク (ロコミネットワーク) で構成される。具体的な構成は、例えば、企業内の各部署ごとにエージェントを設置し、実際に連携のある部署同士でリンクを設けるという形態や、ネットワークプロバイダのアクセスポイントごとにエージェントを設置し、実際のネットワークの接続関係を基にアクセスしやすいエージェント同士を結んだネットワーク等、事情に応じて定める。既存のサーチエンジンごとにエージェントを置き、相互にリンクする形態も可能である。

各ロコミエージェントは、資源情報提供者や他のシステムから、情報資源に関する情報を受け付け、各エージェントが持つ資源情報データベースに登録する。同時に、近隣のロコミエージェントにも同じ資源情報を伝える。資源情報が伝達される範囲は、ロコミエージェントの管理者が定める、伝達のための“コスト”によって制限される。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、各ロコミエージェントの利用や通信にかかる実際の費用を考えても良いし、仮想的な費用を設定してもよい。広告がロ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る (図 1 右方)。

一方、検索の際も、利用者は最寄りのロコミエージェントに検索要求を出し、それを受けたロコミエージェントは、自分の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。ない場合には、広告と同様に、あるコストによって限定される範囲内のロコミエージェントに検索要求を伝達する。ただし、検索に費やすコストは、広告のためのコストと異なり、利用者により設定される。このように、伝達された検索要求が資源情報を持つエージェントに到達すると、検索結果の返送が起る。その際、経路上の各エージェントは、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、または、より新しい情報が含まれて

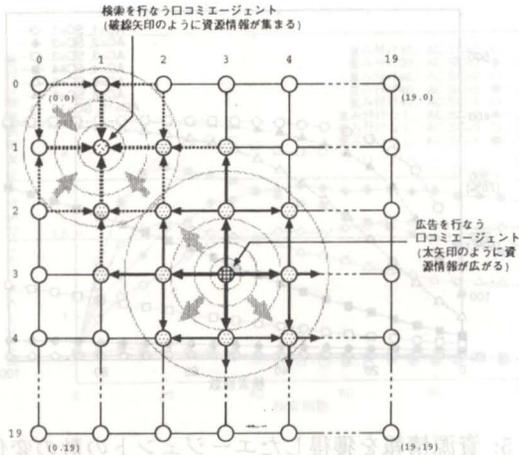


図 2: 20 × 20 の格子状口コミネットワーク

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 左方)。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に応じた情報伝達を行うため、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ったため、誰も参照しない有効性の低い資源情報を持ち続けるための計算機資源の消費が少ないことも利点である。ところが、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。それに対処するために、口コミエージェントが扱う資源情報に利用者による評価情報を含ませ、利用者が適切な情報資源を選択できるようにする。利用者は検索結果を基に、実際に情報資源を利用し、その評価を最寄りの口コミエージェントにフィードバックする。評価は利用者によってなされるのが最良であるが、自動的に収集可能な情報にも、評価として有用なものもある。例えば、情報資源へアクセスできない、あるいは利用できないといった状態は、負の評価として利用することができる。評価情報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、更に広い範囲に資源情報が伝達される。

3 シミュレーションによる考察

400 個の口コミエージェントを、縦横 20 個ずつ格子状に結合した口コミネットワークを模式的に構成し(図 2)、繰り返し仮想的な検索を行うことによって、資源情報を有する口コミエージェントまでの平均距離とエージェントが獲得する資源情報量の変化を調べ、それによって快適なレスポンスと省トラフィック、および速やかな情報伝達が実現されることを示すシミュレーション実験を行った。なお、本実験では、コストとして、広告および検索要求が経由されるエージェントの個数を採用した。

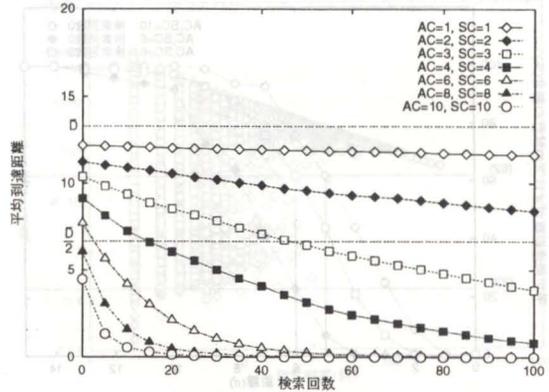


図 3: 資源情報を有するエージェントへの平均到達距離の変化

AC, SC	1	2	3	4	6	8	10
平均到達距離	12.2	11.2	10.4	9.14	7.70	6.06	4.48
\bar{D} との差	-1.1	-2.1	-2.9	-4.16	-5.60	-7.24	-8.82

表 1: 広告直後の平均到達距離

3.1 実験 1: 資源情報を持つエージェントへの平均到達距離

次の設定により実験を行った。最初に 400 個の口コミエージェントからランダムに 1 個のエージェントを選び、コスト AC で資源情報を広告する。次に、ランダムに選んだエージェントから、コスト SC の検索を行うという操作を 100 回行い、5 回の検索ごとに各エージェントから資源情報に到達する距離の平均(平均到達距離)を求める。これを、各 AC と SC の組に対して 100 回ずつ試し、平均到達距離の平均を求めた。

一方、各口コミエージェントをパケットを中継するルータあるいは計算機と見なすことで、集中型サーチエンジンの場合を、この枠組みで計算する。各エージェントからサーチエンジンまでの距離の平均は、サーチエンジンの座標を (p, q) とし、マトリックスの大きさを n とすると、

$$\bar{D}(p, q) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} (|p-i| + |q-j|)$$

である。そして、サーチエンジン自身も任意のノードを取り得るものとし、サーチエンジンの位置に関しても平均を取ると、

$$\bar{D} = \frac{1}{n^2} \sum_{p=0}^{n-1} \sum_{q=0}^{n-1} \bar{D}(p, q) = \frac{2}{3n} (n+1)(n-1)$$

となる。この値は、検索を行うエージェントからサーチエンジンまでの平均的な距離を表しており、検索時には、この値に比例してレスポンス時間も長くなると思われる。本口コミネットワークの場合は $n=20$ なので、平均到達距離 \bar{D} は 13.3 となる。

図 3 に実験結果を示す。これによると、広告コストが大きいほど平均到達距離は小さくなり、検索を始める前の状態は、表 1 のように、 \bar{D} よりも約 AC だけ小さい値を示す。検索を繰り返す度に、資源情報を有するエージェント数は増大し、資源情報への平均到達距離は 0 に収束し、しかも検索コストが大きいほど急速に収束することが分

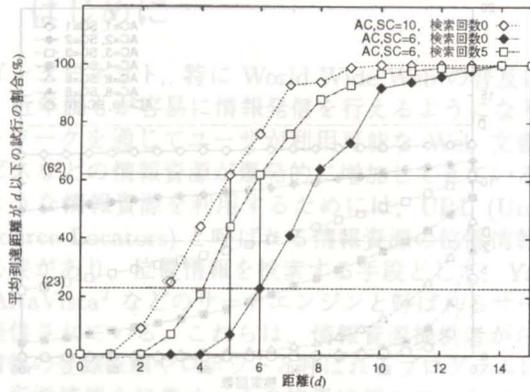


図 4: 平均到達距離が d 以下の試行の割合

AC, SC	1	2	3	4	6	8	10
平均到達距離が SC 以下になるために必要な検索回数	-	-	-	45	5	0	0
その時点での平均到達距離が SC 以下の試行の割合	-	-	-	66%	62%	87%	100%

表 2: 最少必要検索回数と平均到達距離が SC 以下の試行の割合 (“-” は 100 回の検索で確認不可)

かる。この平均到達距離は、利用者が検索を行う際の資源情報までの距離を表しているため、それはネットワークのトラフィック量ひいてはレスポンスの速さの目安となる。このような観点から実験結果を見ると、いずれの場合も集中型の平均到達距離 \bar{D} よりも少なく、検索を重ねるにつれて徐々に減少し、 $AC, SC \geq 4$ では、高々 15 回の検索を行えば、平均到達距離が \bar{D} の半分以下まで減少することが分かる。このことから、集中型よりも比較的快適なレスポンスが期待できると言える。

また、平均到達距離は、資源情報を発見するのに必要な平均的検索コストと見なすこともできる。例えば、 $AC, SC = 10$ の場合、広告を行った直後の平均到達距離は 4.48 であり、 $SC = 5$ で検索を行っても、資源情報を発見する可能性が十分高い。実際、図 4 に示すように、平均到達距離が 5 以下になる試行は 62% と半数以上である。 $AC, SC = 6$ の場合は、平均到達距離の初期値が 7.70 であり、平均到達距離が SC 以下の試行は 23% と少なく、検索で資源情報を発見する可能性は低いが、検索を 5 回行った後では、平均到達距離は 5.65 と SC より小さく、62% の試行で平均到達距離が SC 以下になり、資源情報を発見する可能性が高い(図 4)。資源情報の発見可能性が高くなる最少必要検索回数、および平均到達距離が SC 以下になる試行の占める割合を表 2 に示す。集中型と異なり、口コミ方式では、すべての資源情報が検索によって発見できることは保証できないが、ある程度検索を重ねることで、十分発見されやすい状況へと変化していくことが、この実験により確認された。

3.2 実験 2: 資源情報の伝播

本実験では、資源情報の広がり方を見るために、資源情報を獲得した口コミエージェントの個数の変化を調べる。実験 1 と同様な 100 回の試行を行い、5 回の検索ごとに情報が伝達されたエージェント数を測定した。資源情

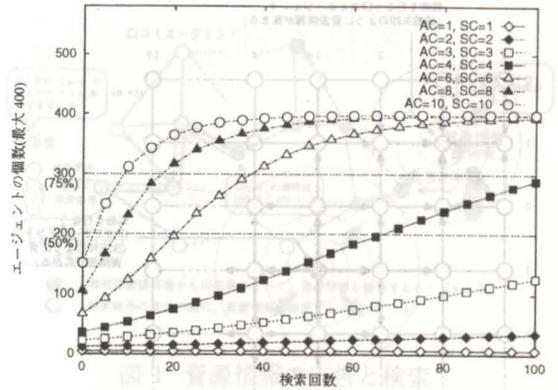


図 5: 資源情報を獲得したエージェントの数の変化

AC, SC	1	2	3	4	6	8	10
50% のエージェントに伝達するのに必要な検索回数	-	-	-	70	25	10	5
75% のエージェントに伝達するのに必要な検索回数	-	-	-	-	40	20	10

表 3: エージェントに資源情報を伝達するために必要な検索回数 (“-” は 100 回の検索で確認不可)

報が伝達されたエージェントの平均個数の変化を、図 5 に示す。 $SC \leq 2$ の場合には、情報の伝播は非常に起りにくく、100 回の検索を行っても、情報が伝達されたのは、全エージェントの 10% にも満たない。一方、 $SC \geq 8$ の場合には、20 回の検索で、すでに 75% 以上のエージェントに資源情報が行き渡っている。エージェントの半数および 75% に資源情報が伝達されるのに必要な最少検索回数を表 3 に示す。

実験 1 の結果は、 AC, SC が 6 ぐらいになると、資源情報を持つエージェントへの平均到達距離は急激に減少していることを示していたのに対し、この実験では、資源情報を得るエージェントがそれほど急激に増加していないことを示している。例えば、検索回数が 20 回の時で、平均到達距離は 2.16 であり、検索開始時の 30% 以下に減少しているにもかかわらず、資源情報が伝達されたエージェントは、全体の半分に満たない 195.91 である。これは、ブロードキャストのようなネットワークに負荷のかかる通信を行わなくとも、資源情報が容易に発見できることを示している。

3.3 実験 3: 資源情報の局所化

本実験では、検索のシミュレーションを行う際に、検索要求を与える口コミエージェントを完全にランダムに選ぶのではなく、ある特定の口コミエージェントが選ばれやすい状況を作り出すことで、ある情報資源に対する興味を持つ利用者の多いエージェントに資源情報が本当に集まるかどうかを検証する。

まず、400 個のエージェントにそれぞれ異なる資源情報を与え、コスト AC で広告を行わせておく。その後、実験 1, 2 と同様に、コスト SC の検索を繰り返し行う。この時、特定のふたつのエージェント A (座標 (5, 5)) と B (座標 (19, 19)) が選択される確率を、それぞれ他のエージェントの約 10, 20, 40 倍の 3 通りに設定し、実験を行っ

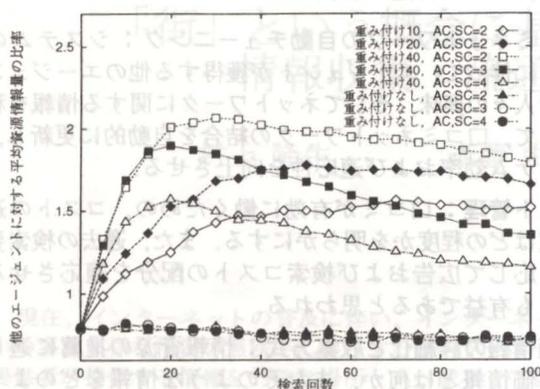


図6: エージェント A, B の他のエージェントに対する平均獲得資源情報量の比率の変化

た。エージェント A は、その周囲 4 方向にエージェントを持ち、ネットワークの縁からも離れているため、検索を行う際に十分に広い範囲を検索できる最良の環境にあり、エージェント B は、逆にネットワークの隅に位置するため、検索範囲が最小である最悪な状態のエージェントである。このような 2 種類の典型的なエージェントを選び、平均を取ることで、ネットワーク環境の違いによる差異を少なくすることが期待できる。

それぞれの重み付けに対して、AC, SC がそれぞれ 2, 3, 4 の場合について 100 回の試行を行い、エージェント A, B のそれ以外のエージェントに対する資源情報量の平均比率の変化を図 6 に示す。検索エージェントの選択に重み付けを行わない場合には、エージェント B が、資源情報の獲得に非常に不利であるために、コストや検索回数の違いによらず、その他のエージェントの 0.7~0.8 程度に留まっている。これに対して、AC, SC を 2 に固定し、重み付けを増していくと、徐々に比率が増加し、10 倍の時で最大 1.57, 20 倍の時 1.78, 40 倍の時 2.07 まで増加する。これは、検索要求の頻度が高ければ高いほど、資源情報が集まりやすいことを示している。また、重み付けを 40 倍に固定し、コスト AC, SC を 2, 3, 4 と変化させていくと、比率の最大値は、それぞれ 2.07, 1.90, 1.57 と徐々に減少している。これは、検索コストが大きいと、それだけ資源情報が広範囲に伝播され、各エージェントが保持する資源情報の差が小さくなっていくためと考えられる。また、検索が繰り返されると比率が減少するのも同じ理由である。これは情報の局所化の結果現れる現象であり、興味を同じくする仲間が多いほど、多くの情報が集まるという現象が、本方式により実現されていることが示された。

3.4 サーチエンジンにおける検索からの考察

富士通社内向けのあるサーチエンジンの 1 週間分の検索ログから、2 回以上検索に用いられた検索語 (6155 個) の使用頻度と、その検索語が実際に検索された時間間隔との関係を図 7 に示す。

本サーチエンジンはロボットによって資源情報を収集しているが、その動作間隔は 1 週間 (10080 分) であり、この間隔で新しい情報資源が発見される。一方、ロコミ方式においては、実験 1 の結果から、AC, SC = 6 の場合、検索を 5 回以上行くと、資源情報の発見可能性が高い。もし、

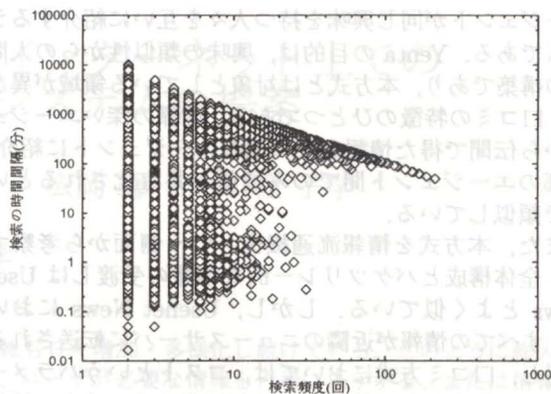


図7: 検索語の検索頻度と検索の時間間隔との関係

前回のロボットの動作直後に情報資源が作成され、同時に広告も行われたとするなら、1 週間に 5 回以上検索されたキーワードにマッチする資源情報は、ロボットを利用したサーチエンジンよりも早くエージェント間に行き渡り、発見されやすくなる。また情報資源の状態に変化があったことも伝わりやすくなる。このような観点から、検索時間間隔が 2520 分 (1 週間に 5 回検索する時の間隔) 以下で、かつ実際に 5 回以上検索されているキーワードを調べると、2323 個 (37.8%) であった。すなわち、1 週間に 2 回以上検索に用いられたキーワードの上位 37.8% については、それに関係のある資源情報は、ロボットを利用したサーチエンジンよりも速やかに利用者に提示されることを示している。この数は、さほど大きくないように思えるが、SC が実験 1 で述べた平均到達距離 13.3 の半分以下で済む、すなわちレスポンス時間が短いという点を考慮すれば十分効率の見込める値である。更に、AC, SC ≥ 8 とすれば、検索を 1 回も行わなくても、資源情報の発見可能性が高いため、ロボットを利用したサーチエンジンよりもはば確実に、しかも素早く資源情報が発見される。

4 関連研究

従来の World Wide Web における資源発見の手法は、大きくサーバ主導型とクライアント主導型に分けられる。前者は、Lycos [5] や World Wide Web Worm [6] のように、サーバ側で、あらかじめ情報資源を収集し、利用者に検索サービスを提供するもので、サーチエンジンはこれに該当する。後者は、クライアントアプリケーションが利用者の要求に応じて情報資源を探索するタイプである。代表的な例として、利用者が指定したページを起点にし、探索ロボットのようにリンクを辿りながら、利用者の要求を満す文書を探し出す Fish Search [1] がある。

ロコミエージェントシステムは、これらのアプローチとは異なり、情報資源の提供者とその利用者を結び付けるマッチメイキングによって、情報検索を行う。SHADE, COINS マッチメカ [4] は、エージェントに関する情報の広告と検索要求のマッチングを行い、エージェントを斡旋する点で、本方式とよく似ている。しかし、これらは、エージェントの仲介に特化している点、および、エージェントの情報を集中管理することを前提としており、大量情報の処理を十分に考慮していない点が大きく異なる。

Yenta [2] も、マッチメイキングシステムのひとつで、

エージェントが同じ興味を持つ人々を互いに紹介するシステムである。Yentaの目的は、興味の類似性からの人間関係の構築であり、本方式とは対象としている領域が異なるが、口コミの特徴のひとつである、関係の深いエージェントから伝聞で得た情報を更に他のエージェントに紹介し、一部のエージェント間でのみ情報が共有化されるという点で類似している。

また、本方式を情報流通機構という側面から考察すると、全体構成とバケツリレー的な情報の受渡しは Usenet News とよく似ている。しかし、Usenet News においては、すべての情報が近隣のニュースサーバに転送されるのに対し、口コミ方式においては、コストというパラメータによって限定される範囲のみに伝達される。また、情報が伝達される範囲は利用者の要求に応じて、更に広がるという特徴がある。この点が、口コミ方式と Usenet News との大きな違いであり、口コミ方式の利点の基である。

5 結論

本稿では、我々の実生活の中で行われているように、情報の伝達範囲が限定され、評価情報を伴う情報伝達を“口コミ”と呼んでいる。分散型サーチエンジンである口コミエージェントシステムは、このような情報伝達をモデル化し、利用することで、現在のサーチエンジンの抱える問題、(1)レスポンスの低下と負荷やトラフィックの増加、(2)大量の検索結果からの適切な情報選択、(3)情報の陳腐化、を同時に解決することを目指している。(2)の評価に関する問題は、すでに[7-9]において議論しており、本論文では、シミュレーション実験を通して、(1)と(3)の問題に対する、口コミエージェントシステムの有効性に主眼を置いて、検証を行った。

本方式によると、検索を繰り返すにつれて、資源情報は口コミエージェント間に広がり、利用者によって発見されやすくなるのが、実験結果から示された。しかも、平均到達距離の半分程度の検索コストでの検索を数回行うだけで、資源情報を発見できる可能性が60%に至ることが分かった。しかも、殆どのエージェントが同じ資源情報を保持する必要がないことも、実験によって確かめられた。すなわち、本方式はトラフィックの総量を抑えつつ、資源情報を容易に発見できる環境を実現している。また、検索要求の多いエージェントとその周辺に自然に資源情報が集まり、需要の少ない部分では、情報量が少ないため、有効性の低い情報を蓄積することで生じる管理コストを低く抑えることができることも確認できた。

本方式が持つこれらの利点は、裏を返すと、多くの人に興味を持たれないような情報資源に関する情報は発見しにくい、また、利用者が全体的に少ない、あるいは、あるエージェントに偏在している場合にも、資源情報が流通しにくく、新しい情報の発見が難しくなる、という問題点でもある。しかし、負荷分散、トラフィックの低減、資源情報の陳腐化、資源情報の管理コストなどを考慮すると、本方式は利点が欠点を補って余りあるものと判断できる。

現在、口コミエージェントのプロトタイプシステムを用いて、少数の口コミエージェントによる実データに基づいた実験を行っている。今後多数の口コミエージェントを用い、大量データおよび多数ユーザでの実験を行い、実際の場面での効果を精密に検証する必要がある。その過程を

通じ、以下の課題の解決を図っていきたい。

口コミネットワークの自動チューニング：システムの運用に伴って、エージェントが獲得する他のエージェントや人々の興味、そしてネットワークに関する情報を利用して、口コミネットワークの結合を自動的に更新し、システム効率および適応性を向上させる。

コスト管理：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を明らかにする。また、過去の検索要求に応じて広告および検索コストの配分を適応させることも有益であると思われる。

評価情報の詳細化と収集方式：情報資源の推薦に適した評価情報とは何か、またそのような情報をどのように収集するか。

参考文献

- [1] P.M.E. de Bra and R.D.J. Post: Information Retrieval in the World-Wide Web: Making Client-based searching feasible. In O. Nierstrasz, editor, *Proc. of the First Annual World Wide Web Conference*, 1994.
- [2] L. Foner and I.B. Crabtree: Multi-Agent Matchmaking. In H.S. Nwana and N. Azarmi, editors, *Software Agents and Soft Computing, LNAI 1198*, pp. 100-115. Springer, 1997.
- [3] 服部文夫: ネットワークエージェントによる情報収集と流通. 情報処理, Vol. 38, No. 1, pp. 30-35, 1997.
- [4] D. Kuokka and L. Harada: Matchmaking for Information Agents. In *Proc. of the 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 WWW: Tools for Taming the Web. In *Proc. of the Fifth International World Wide Web Conference*, pp. 15-29, 1994. <http://www.cs.colorado.edu/home/mcbryan/mypapers/www94.ps>.
- [7] 大谷武, 南俊朗: 口コミによる情報資源探索. 第6回マルチ・エージェントと協調計算ワークショップ, 1997. <http://www.kecl.ntt.co.jp/msrg/macc97/ohtani.html>.
- [8] 大谷武, 南俊朗: エージェント社会における資源管理. 情報処理学会 研究報告, 98-ICS-110, pp. 55-62, 1998.
- [9] T. Ohtani and T. Minami: The Word-of-Mouth Agent System for Finding Useful Web Documents. In *Proc. of the Asia Pacific Web Conference (AP-Web98)*, pp. 295-300, 1998. <http://www3.cmu.deakin.edu.au/apweb98/FINAL/012.doc>.