意味情報と嗜好情報に基づく P2P システムの提案と実装

中沢 実[†] 服部進実[†]

近年，パーソナルユースでのマシン性能の向上やネットワークの高速化にともない，情報配信手法の１つとして，P2P が注目を集めている．この技術によってピアを独立させ，フラットなネットワークを構築することは可能になったが，情報の取捨選択という面においては，いまだ手探りの状況が続いている．本論文では，ブローカレスな P2P ネットワークを構築し，自らが情報配信者となる手法を提案する．その際，利用ユーザの嗜好情報に着目し，個人嗜好に基づいてパーソナル化を行うことでピアを自立させ，それらによる応答の連鎖によって，間接的に情報通信を行い，P2P ネットワークにおける情報の取捨選択をサポートすることを提案する．

A Proposal and Its Implementation of P2P System Based on Semantic and Preference Information

Minoru Nakazawa[†] and Shimmi Hattori[†]

Recently, the performance of network and personal computer has been improved. Therefore, P2P system has become attractive to information distribution technology. By this technology, it is possible to construct the flat network without server, letting be indendent of the peer. This paper proposes the technique of peer based information distribution, implementing broker-less P2P network which has personalized characteristic using preference information of user. It is also proposed that a meta-network is constructed by the chain of response of these peers, searching infortion on this meta-network.

1. はじめに

近年，ネットワーク環境の整備と個人所有端末のスペックの向上に比例して，インターネットは飛躍的に普及し，それと意識しなくても日常生活に欠かせない存在へとなりつつある．約 10 年前に発表された WWW 技術によって，ユーザはブラウザを介し，世界中に分散された情報を活用することが可能になった．同時に，自らが WEB サイトを構築することにより，情報配信者になる術を手にした．しかし，それらの情報を探索するためには，ポータルサイトに代表される一種のデータベースへとアクセスする必要がある．運営者によって収集・蓄積された断片的な情報を頼りに，ユーザは自らが欲する情報を選別しなければならず，それは膨大な「情報」という名の樹海に地図もなく踏み込むのに等しい．またそのデータの信頼性，リアルタイム性といった点においてもブローカに依存することになる．

† 金沢工業大学工学部情報工学科
Faculty of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

2000 年 3 月に発表された Gnutella の爆発的普及により，P2P（Peer-to-Peer）が世界中で注目されるようになった．P2P とは，上述したようなポータルサイトやブローカを介せずに，直接，エンドユーザ同士が情報をやりとりすることが可能なビジネスモデルである．これまでのインターネットで一般的に用いられてきたクライアント/サーバモデル（C/S）とは違った，新たなビジネスを創出する可能性があると期待されている[1)~4)]．

しかしながら，実用化されている P2P システムに目を向けると，Gnutella 以降全世界に普及し，取り巻く関連技術の発展も目覚ましいが，解決すべき問題も多く残されている[5)~8)]．

特に，P2P ネットワーク環境におけるピアやコンテンツ情報の探索問題について，膨大な情報を分散管理を行うためにメタ情報/インデックス情報を流通させることで，広域なネットワークをカバーする手法等が考案されている[1),2),9),10)]．

本研究は，年々肥大化するネットワークと膨大な量の情報において，ユーザの意思によるコンテンツの取捨選択を可能とするインフラストラクチャを提案する

ものである．次世代インターネットのインフラストラクチャとしても期待される P2P 技術を用いて，ピアの自立によるブローカレス情報配信とブローカレス探索手法を提供する．探索には嗜好情報と意味情報を用い，探索要求に対して自立的に反応・応答し，それらの連鎖によって分散されたピアにおいて，ピア，情報，サービス等の意図的な探索を可能にする．

2. 提案の背景

P2P は次世代ネットワークに大きく影響を与えるキーアーキテクチャの 1 つである．これまでの低速，低キャパシティのネットワークからブロードバンド化が進み，それにともないユーザが要求する情報の質も量も数年前とは比較にならないほど高品質，大容量化が進んでいる．さらにパーソナルコンピュータの低価格/高性能化が進み，インターネットがとる形態も以前の単なるデータ交換，情報閲覧にとどまらず，コミュニケーション手段やビジネス展開等，新たなツールとしての転機を迎えたといってもよい．

現在，主な P2P アプリケーションで利用されているのは，ハイブリッドタイプ（**図 1** 右上）が主流であり，サーバにおけるメタデータ集積と，そこからの情報の検索という，従来から利用されてきた方法によって情報探索が行われている．この手法を用いた場合，情報提供者は本質的には情報配信者になることができず，あくまでネットワークからみたリソースの一部となってしまう．また，P2P アーキテクチャ自体もデファクトスタンダードとなるプロトコルや，ネットワークアーキテクチャが確定せず，非常に不安定な状態といえる．そのような状況であっても，P2P に対する期待や需要は日増しに高くなってきており，ネットワークやクライアント環境が整備されていくにつれて，新たな情報探索手法が必要不可欠になってくることは前述のとおりである．

以上のような P2P の側面，利点や問題点，現状をふまえ，ピュアな P2P アーキテクチャを指向するインフラストラクチャに必要不可欠な，ブローカレス情報探索手法の提案を目的とする．

現在普及している P2P ソフトウェアのピアは，1 つのノードにすぎない．そこでピアに対して，利用者およびピア自体の意味情報を付加し，ピアとしての挙動と，その上で動作するサービスにおいて自律的に動作することで，ユーザの行動（探索，サービス実行等）をサポートする．

つまり，今後のインターネットインフラストラクチャを担うと考えられる P2P アーキテクチャを用いて，ピアやピアが提供するサービス，配信するコンテンツに対して，ユーザの意思（嗜好，要求）を反映した探索を可能にする手法を提案する．つまり，各ピアが自立し，ブローカレス配信とブローカレス探索手法を提供することで，P2P ネットワークにおいて各ノードとのネゴシエーションを独自で行い，それを連鎖させることによる次世代インターネットインフラを構築するものである．

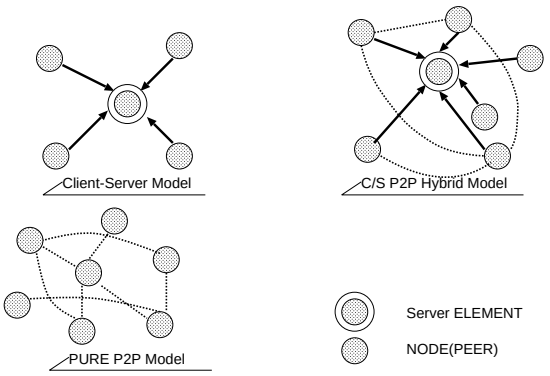


図 1 ネットワークモデル
Fig. 1 Network model.

3. ブローカレス P2P システム

本論文で提案するシステムは，ピュア P2P ネットワーク（図 1 左下）において，ピアがブローカレス情報探索/配信を行い，情報配信者としてネットワークに参加するための手法を提供するものである．

3.1 システム概要

今回提案するシステムは，JXTA [4] を基本インフラストラクチャに用い，その上で稼動するサービスとしてブローカレス情報探索/配信を構築するものである．

ブローカレス情報探索を行うためには，従来の C/S 型でいうデータベースが存在しないために，ピアが持つ情報を他のピアが参照できなくてはいけない．そのためのアプローチとして，P2P ネットワークに対し，メタデータを流通させ，その情報を分散させることによって，広域なネットワークをカバーする手法[2),9),10)] もあるが，この場合本質的には C/S 型モデルを分散させているのと同じで，情報のリアルタイム性や正確性といった点で疑問点が生じる．また，それらの分散されたメタデータを協調させるとなると，インターネットという莫大な資源を考えれば容易なことではない．そういった理由からも，P2P ネットワーク上にデータ流通基盤としてのメタネットワークを構築するのではなく，ピアとピアのネゴシエーションの連鎖によって，動的なメタネットワークを構成する手法を提案する

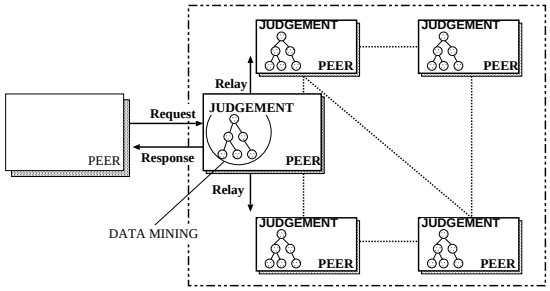


図 2 ピアツーピアメタネットワーク
Fig. 2 P2P meta-netork.

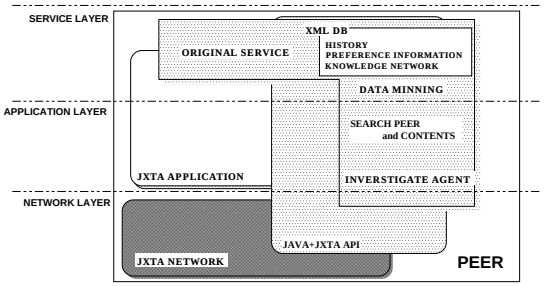


図 3 ピアシステム構成
Fig. 3 Peer system configuration.

(**図 2**).

ピアとピアのネゴシエーションとは，探索要求という刺激に対する自発的な応答のことである．この応答において，ピアが独自の判断によって，レスポンスや探索要求のフォワード，ドロップといったルーティングを行っていく．このピアの応答の連鎖によって，ブローカレス情報探索を可能とし，それこそがブローカレス情報配信手法となる．

3.2 探索への応答

ブローカレス情報配信を可能にするため，ピアは探索要求に対し自発的に応答を行う．この応答には，探索要求に対するレスポンス，探索要求を他のピアにフォワードする探索要求のルーティングがある．

探索等に送信するメッセージには，探索要求のルーティングに用いる「ネットワーク情報」，要求元の嗜好情報や，ピアの情報に含まれる「意味情報」,「キーワード」の 3 種類の情報が XML [11]において記述されている．

探索要求メッセージをピアが受け取ると，そのピア自身の特徴を示す複数の決定木や，両者の嗜好情報の相関，単語の結びつきをグラフ理論で表現した，意味情報ネットワークによるマッチングによって，自分自身が探索要求に該当するかを高速に判断し，条件を満たすならばレスポンスを返す．その後，要求メッセージの生存期間が許す間，ピア自身が知る他のピアに対して，探索要求の転送を行う．このあらかじめ作成された決定木を用いることで，複雑な意味情報の処理，データマイニングによる恩恵を高速に受けることができる．

決定木の作成は各ピアが，バックグラウンドプロセスとして定期的に行う．対象となるデータは，ピア利用者の嗜好を含む個人情報，履歴情報，意味情報ネットワークである．これらの情報をもとに，データマイニング手法[12]によりピアの特徴を検出し，嗜好情報とのマッチングを高速に行う決定木を作成する．

3.3 ピアのシステム構成

ピアとは，P2P ネットワークに接続されているすべてのノードを指す．ネットワークを構成する要素がピアであり，ピアこそが P2P ネットワークそのものを表す．つまり，ピアが存在する時点で，そのピアは 1 つの P2P ネットワークを形成することを示す．

ピアの構成は，**図 3** のように 3 層に分類され，インフラストラクチャを含み最下層にあたる Network 層に JXTA を利用する．ピアの発見や，ピアまでのルーティング，メッセージの送信といった P2P システムにおけるコア部分を JXTA に委任することで，JXTA 上の一サービスとしてブローカレス探索を提供することができる．このことにより，P2P コアアーキテクチャが大きく変化しても，その流れを追従するのは JXTA だけでよく，探索モデルというコアサービスをコアインフラストラクチャから切り離して設計することが可能になる．

3.4 嗜好情報と知識ネットワーク

ピアの個性を表現するために，ピア利用者の興味を示す個人嗜好情報と，そのパラメータやキーワードのつながりを知識ネットワークとして保持する．これらは，履歴情報やメタデータの解析によって，そのピア独自の再構築を繰り返し，ピアの自立の中心となるデータを作成する．

ピアの嗜好情報には，静的嗜好データと動的嗜好データがある．静的嗜好データは，各ピアの利用者に対して行うアンケートによって取得する．これにより利用者の意思による確実な嗜好情報をピアに反映することができる．動的嗜好データは，利用者の行動履歴をログデータとしてつねに取得し，そのログデータを解析することで得ることができる．これによって，ユーザが無意識に感じている嗜好を取得することができる．静的嗜好データは，ユーザ自身が入力しているためデータの信憑性が高い．動的嗜好データは，確実性を求めるものではなく，静的嗜好データでは取得す

ることのできない，利用者の潜在的な嗜好を補完するデータである．

嗜好情報は，関連性の強いものどうしを相互に連結し，意味情報ネットワークを構成している．

この意味ネットワークを用いて，嗜好の相関を求めることによって，ジャンルを越えた嗜好の相関を求めることができる．

3.5 データマイニングによるピアの自立

ピアの自立とは，ブローカレス情報探索が行われた際，探索要求メッセージを自動的に処理することを指す．そのとき，前述の嗜好情報や意味情報ネットワークをピア自身が理解できるようにすることで，ピアが独自の解釈を行うことができる．これによって，ブローカレス情報配信を可能にするとともに，他ピアとの差別化が図れるため，ピアの探索要求にも柔軟に対応できる．

ピアの探索では，ユーザ任意のキーワードと，嗜好情報を利用することができる．キーワードを入力しない場合でも，ピアの嗜好情報をもとにして，他ピアとの嗜好の相関を求めることにより，ピアの探索が可能になる．

ピアの自立を行ううえで，嗜好情報を用いたデータマイニングを行う．これによって，ピアの嗜好情報や履歴情報からピアの特徴を抽出し，単なるマッチングでは表現できなかった検索手法を提供することが可能になる．今回提案するシステムでは，ピアの特徴を検出するのに用いる方法として，特徴検出，相関，ログ解析がある．これらによってピアが保持するあらゆる情報が分析され，探索要求への応答を判断する，重要な材料になる．

3.5.1 ピアの特徴抽出

嗜好を用いたピアの探索では，処理の高速化のため，最初にピアの特徴情報によるマッチングを行う．特徴情報とは，ピアの嗜好を分析した結果，顕著に現れた特徴を示す情報である．特徴検出では，静的嗜好データから平均，分散を求め，そのピアが何に興味があるかを判断する．この特徴情報が類似した場合，両者の類似性は高いと判断し，その後は，前述した静的嗜好データの個々の相関解析をすることなく，応答処理を行う．

3.5.2 相関を用いた探索

検出された特徴によるマッチングが失敗した場合，両者の嗜好の相関を求める．相関はピアどうしの嗜好の類似度という観点から行われる．

相関をとる手法として，静的嗜好データの相関，意味情報ネットワークを利用した嗜好の相関，前者のキーワードによる刺激を加えた相関，特徴情報に意味情報ネットワークを反映させた相関の 4 種類を提供する．

3.5.3 キーワードを用いた検索

(1) **コンテンツ情報の把握**

これまでに述べた相関を用いた探索は，嗜好情報によりピアを探索する方法であった．次に，嗜好ではなく，キーワードを用いたピアおよびコンテンツの探索手法を提案する．

キーワードを用いた探索では，ピアに存在するコンテンツが重要となる．コンテンツとは，JXTA に依存することなく，ピアが公開しているリソースを指す．これらのコンテンツに対しメタデータを付加することによって，ピアにコンテンツを認識させることが可能になる．

メタデータは，コンテンツの特徴を示す事柄が，テキスト情報である XML 形式で記述される．このメタデータをテキストマイニング手法の 1 つである，形態素解析を用いて分析することで，メタデータ中に存在するキーワードを抽出することができ，さらに，特定の単語の出現率や，単語の組合せ等が把握できる．これにより，コンテンツの形式を超えて一様にリソースを扱うことが可能になる．また，このメタデータによって，従来のような全文検索的なコンテンツの探索も可能になる．

(2) **意味情報ネットワークの動的再構築**

キーワードを用いたピアやコンテンツの検索では，複数のキーワードを指定することができる．たいていの場合，入力された複数のキーワード間には，何らかの因果関係があると予測できる．このキーワードをログデータとして保管し，バックグランドで解析を行い，その結果を意味情報ネットワークに反映することで，新たな単語を学習していく．

すなわち**図 4** に示すように，キーワード探索によって蓄積されるログデータを用いて，キーワードの同時発生率より相関を探索することが可能である．

ログデータの解析方法として，データマイニング手法の 1 つであるマーケットバスケット分析を用いる[12]．これにより，キーワードの依存関係を分析し，図中左にあるように意味情報ネットワークへの動的追加，再構築を可能にする．図中右には，「W カップ」，「サッカー」というキーワードが同時発生する確率が高くなり，「陸上」との相関性が低くなったときに再構成される例を示している．

3.6 ブローカレス探索の流れ

3.6.1 ネットワークアーキテクチャ

本システムでは，P2P インフラストラクチャ上にお

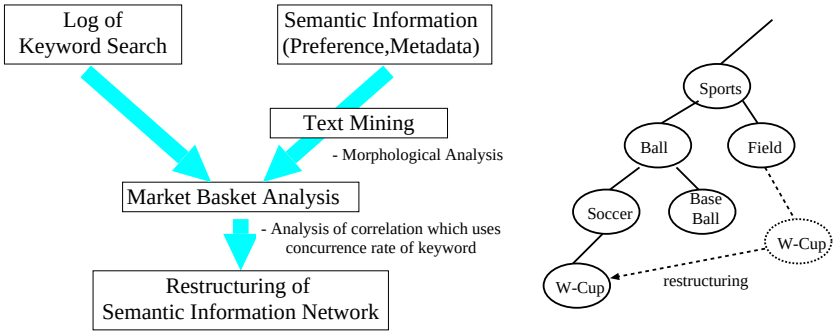


図 4 意味情報ネットワークの再構築
Fig. 4 Restructuring of semantic information network.

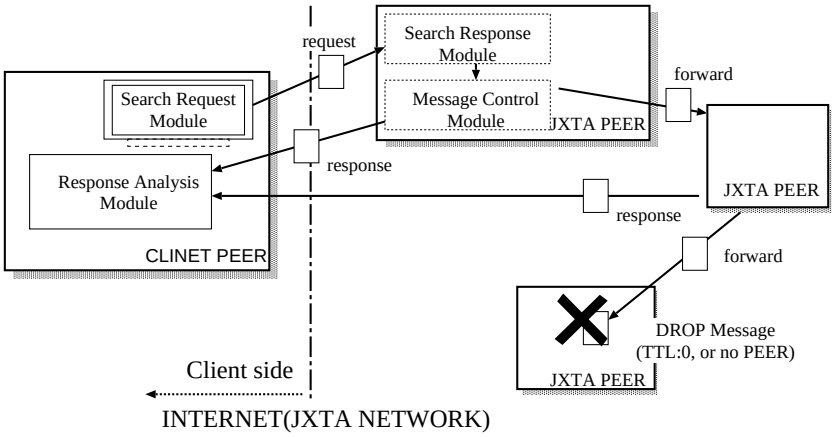


図 5 ブローカレス検索の流れ
Fig. 5 Flow of broker-less search.

いてブローカレス探索モデルを適用するために，JXTA プロトコルが提供するネットワークアーキテクチャに加えて，探索要求を P2P ネットワーク上に展開させるために，独自のルーティングを行っている．JXTA では，あらゆるメッセージ通信が XML 形式で取り扱われている．そのため，その下位エレメントとして独自の XML を挿入することが可能である．その構造を利用して，サービス独自のメッセージを，JXTA プロトコルの上位プロトコル的位置づけで利用することが可能になる．これにより，ピアを P2P ネットワークという概念から開放し，あくまでサービスどうしの通信として扱うことができる．

3.6.2 探索要求/応答の手順

ブローカレス探索を行う一連の手順は，**図 5** のようになる．基本的な流れとしては，探索要求者が JXTA ネットワークに対し，探索要求メッセージを発行し，それを受け取った各々のピアが，メッセージにより応答処理を判断し，応答メッセージの送信，もしくは他ピアへの転送処理を行う．

探索要求モジュールでは，サービス上から JXTA プロトコルの PDP（Peer Discovery Protocol：ピアが公開済みの JXTA リソースを探索するプロトコル），PBP（Peer Binding Protocol：ピア間で通信するときのコネクションを生成するプロトコル）を利用して，P2P ネットワークに探索要求の配信を行う．

探索応答モジュールは，C/S 型でいうサーバにあたり，探索要求メッセージを受け取るための告知を発行している．この告知のパイプを通じて，探索要求メッセージを受信する．受け取ったメッセージが探索要求であった場合，探索要求手法に応じて，探索要求を満たしているか判断し，条件を満たす場合，探索結果を XML 形式で挿入し，メッセージ制御モジュールに転送を依頼する．また，条件を満たす，満たさないにかかわらず，探索要求メッセージをメッセージ制御モジュールに転送する．

メッセージ制御モジュールは，ブローカレス探索サービスのメッセージ転送を制御する部分にあたる．処理内容としては，探索応答メッセージの送信，探索要求

メッセージのマルチキャスト配信，探索要求メッセージのドロップの 3 種類になる．メッセージには生存期間を示す TTL の値が設定されており，メッセージを転送させるごとに減少させ，メッセージの生存チェックを行う．探索要求の場合，まずメッセージに経路履歴として自身のピアの ID を追加する．その後，探索要求モジュール同様に配信先をリストアップする．その際，探索要求の重複を避けるために，経路履歴内に記述されているピアをリストから削除し，要求の配信を行う．これは，重複したメッセージがピアネットワーク上に出現することによって，ネットワーク負荷を増大させないようにするためであり，メッセージのループを防ぐものでもある．

応答メッセージの転送の場合，メッセージ制御モジュールでは，探索要求元のピアに対して，JXTA プロトコルの ERP（Endpoint Routing Protocol：ピア識別子を用いて直接ピアと通信を行うプロトコル）を用いて直接転送を試みる．経路が見つからない等の理由で直接送信できない場合，メッセージが転送されてきたピアの履歴に基づき，JXTA プロトコルの PBP，ERP を用いて探索要求元への転送を依頼し中継していく．ここで送信先がなくなった場合，TTL の値にかかわらずメッセージをドロップする．

応答解析モジュールでは，探索要求に対する応答を収集する．探索要求の内容によって，応答メッセージは変化するが，XML 形式で扱うことで，フォーマットを標準化する．また，ブローカレス情報探索においては，あくまでネットワークを経由しての非同期なセッションとなるために，時間の経過とともにレスポンス情報が収集されることになる．この点においても XML 形式で格納することによって，応答メッセージの動的反映や分析が容易に行える．

4. 実装/評価

それでは，これまでに提案してきたブローカレス情報探索システムを実装し，その動作の確認と有効性を検証する．

4.1 システム構成

本システムは，前述のとおり，JXTA を用いて P2P ネットワークを構築し，実装には，JXTA の Java バインディングを用いた．そのためブローカレス情報探索に必要なすべてのモジュールは Java 言語☆によって開発している．Java は，プラットフォーム非依存の言語であり，P2P の根底にある，オープンネットワークの思想と相性が良い．

☆ Java: (http://java.sun.com)

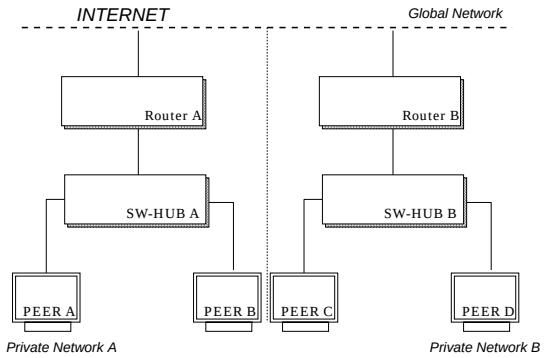


図 6 実験ネットワーク環境
Fig. 6 Experimental network environment.

表 1 テスト環境マシンスペック
Table 1 Machine specification on test environment.

ID	OS	CPU	Memory
Peer A	TurboLinux7	Pentinum III 600M(*2)	640 MB
Peer B	MiracleLinuxV2	Pentinum III 933M	256 MB
Peer C	WindwosXP	PentinumIII 1G	512 MB
Peer D	Windows2000	PentinumIII 1G	1 GB

探索の応答に必要なサービスとして，各ピアには，XML によるコンテンツ管理サービスと，嗜好情報や意味情報ネットワークを解析し，ピアの相関やキーワードのマッチングを行うサービスを Java で実装している．これらは，ブローカレス探索を行う端末のバックグラウンドプロセスとして動作し，定期的に嗜好情報の解析や，意味情報ネットワークの再構築を行っている．それらの結果を XML-DB に格納し，コンテンツのメタデータとともに管理している．

今回テストに構築した P2P ネットワークは，4 ノードで構成される（**図 6**）．各ピアは，現在利用されている一般的な PC のスペックである（**表 1**）．OS としては，プラットフォーム非依存性を実証するために，Linux 系 OS を 2 種☆☆と，Microsoft Windows 系 OS を 2 種☆☆☆用いた．

4.2 ブローカレス情報探索の実験

テスト内容としては，前述のシステムを用いて実際に探索要求を配信する．探索要求を行うピアを PEER-A とし，PEER-B〜D に対して探索要求を行う（図 6 参照）．探索テストは，嗜好情報のみによる相関を用いた探索（テスト 1）と，キーワードを用いた意味情

☆☆ Linux Distribution's
MiracleLinux Corp. (http://www.miraclelinux.com)
TurboLinux Inc. (http://www.turbolinux.co.jp)
☆☆☆ Microsoft Corp.
(http://www.microsoft.com/japan/windows/)

報ネットワークからの探索（テスト 2）の 2 種類により実施する．

各ピアの嗜好情報を異なったものにし，その反応の違いを確認する．今回，テストデータとして，特徴の異なる嗜好情報を 4 種類用意した．大まかな特徴として，PEER-A を基準として，相関の度合いを C > D > B となるように設定している．また，本来類似性の低いピアに関しては応答処理を行わないが，データ取得のために，要求に対して応答するパラメータの閾値を排除している．

また，嗜好情報の有意性を確認するために，上記実験環境とは別に，嗜好情報の相関に基づくピア探索シミュレーションを行った．

さらに，実験ネットワーク環境（図 6）において，ブローカレス情報探索とともに，P2P ネットワークの性能評価を行うために，探索要求から応答の受信までの応答時間や，CPU への負荷，ピアの応答に要する処理速度等のデータを収集し，分析，考察を行った．

4.3 結果と考察

表 2，**表 3** は，それぞれテスト 1，2 の結果である．静的嗜好情報を用いる場合，単純な両者の相関を求める方法と，意味情報ネットワークを反映させ，嗜好情報のつながりを考慮した相関がある．

表 2 においては，前述した 4 種類の嗜好情報の結果より，PEER-A からみて，それぞれピアが異なる類似度の値を持ち，設定した嗜好情報から想定される相関を示し，それぞれ，ピアの嗜好情報をもとに行ったデータマイニングの結果を受けて，ピアが独自の応答を行っているといえる．本方式では，嗜好情報ごとにみた総合的な嗜好の類似度が分かるが，どの嗜好情報が特に類似しているか特定するには困難である．

上記の問題点を解決するために，キーワードを用いることで，嗜好情報が特定された場合，全体的に類似度が低い場合があっても，特定の嗜好情報についての類似度が高い場合を抽出することができる手法を示す．相関の算出には以下の式を用いる．

$$Y = \sum_{m \to N}^{m=1} (1.0 - \mid data1[m] - data2[m] \mid)$$
$$C = Y/N$$

ここで，$data1$，$data2$ は，それぞれ違うピアでの特定の嗜好情報のキーワードを示す．m は，キーワードの種類を示し，N は，キーワードの個数である．これらの相関の総計を求め Y として，最後に，キーワードの個数 N で割ると，特定嗜好情報の相関 C が求まる．

表 2 嗜好情報のみによる相関結果
Table 2 Correlation result of preference.

PEER ID	類似度	スポーツ	旅行	コンピュータ	グルメ
Peer-B	25.0%	60.3%	12.2%	25.5%	25.0%
Peer-C	93.0%	90.0%	90.0%	90.2%	89.7%
Peer-D	66.6%	84.0%	33.3%	88.8%	70.0%

表 3 意味情報ネットワークからの探索結果
Table 3 Search result of semantic information network.

PEER ID	キーワード相関	意味情報ネットワーク	カテゴリー相関
Peer-B	40.0%	45.8%	33.3%
Peer-C	75.0%	80.4%	90.0%
Peer-D	85.0%	59.9%	60.0%

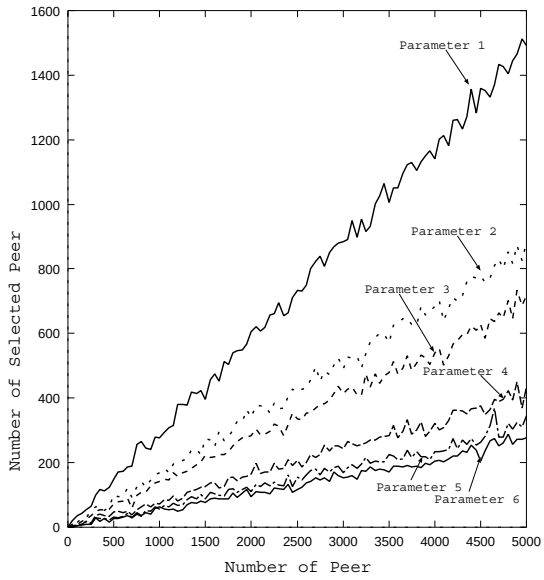


図 7 嗜好情報数による探索ピア限定範囲の結果
Fig. 7 Result of search peer area by number of preference information.

その結果を示したのが，表 3 である．このときは，あるキーワードをもとにして得られた探索結果となる．本方式においても，各ピアが独自の応答を行っていることが確認でき，さらに，表 2 の結果と違い，全体の類似度が異っていても，ある特定の嗜好情報をもとに探索が可能であるといえる．

次に，嗜好情報の有意性を確認するため，ピアごとにランダムにキーワードの発生頻度を設定し，嗜好情報の値を計算を行った後，嗜好情報の相関に基づくピア探索シミュレーションの結果について述べる．

図 7 は，嗜好情報数による探索ピアの探索範囲限定の効果について示している．横軸は，嗜好情報を用いる前の全探索対象ピア数を示しており，縦軸は，嗜好情報を使用した後の探索対象ピア数を示している．

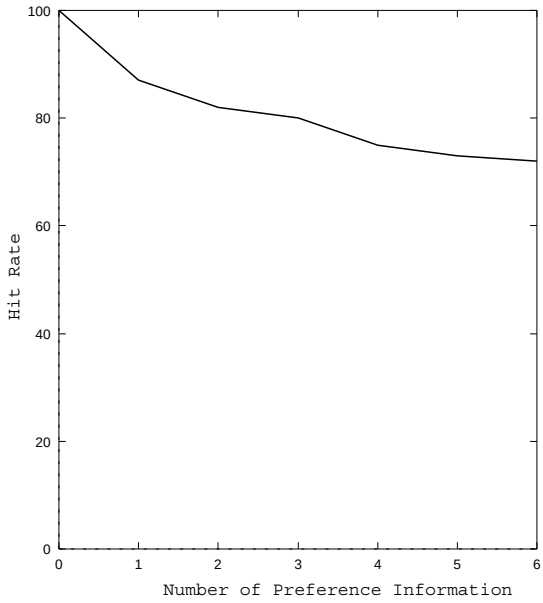


図 8 嗜好情報数による探索ピアのヒット率
Fig. 8 Hit-rate of search peer by number of preference information.

それぞれの線は，使用した嗜好情報数である．このとき，嗜好情報の相関率が 80%以上であるときに，探索対象ピアとすることにしている．図中より，多くの嗜好情報を用いるほど，対象となる探索対象ピア数が明らかに限定されている様子が分かる．これより，利用時に嗜好情報を用いることで，探索範囲を限定することが可能になっている．

さらに，**図 8** は，図 7 における総ピア数 2,500 時の検索結果のうち，目的とする探索ピアを発見するヒット率を示したものである．このとき，縦軸のヒット率とは，上記嗜好情報による探索結果に対して，全体のキーワード相関が 80%を超えるピアが全体ピア数に対して，どの程度探索できたかを示している．横軸は，嗜好情報数を示している．図中より，多くの嗜好情報を用いるとヒット率が低下する様子が見てとれるが，嗜好情報数 6 においても，約 70%のヒット率を保っており，嗜好情報によるピア探索数の限定という図 7 の結果を合わせると，本システムにおける嗜好情報の有意性を確認することができる．

さらに，実験ネットワーク環境である図 6 において，測定された処理性能を**表 4**，**表 5** に示す．表の各列は順に，応答したピアの ID，探索要求から応答を受け取るまでに要した応答時間，ピアが要求を受けて応答を配信するまでに要した応答処理時間，Ping によるピア間のネットワーク速度，ピアが要求を受けてから応答までに計測された CPU 負荷のピーク値を示す．各データは，テストを 10 回実施し，その平均の値を示している．

表 4 嗜好情報の相関による探索の処理性能
Table 4 Processing performance of search by correlation of preference information.

PEER ID	応答時間	応答処理時間	ネットワーク速度	CPU 負荷
Peer-B	555 ms	356 ms	235 μsec	9%
Peer-C	1.09 s	412 ms	5.72 msec	12%
Peer-D	1.74 s	387 ms	5.91 msec	11%

表 5 キーワードによる探索の処理性能
Table 5 Processing performance of search by key-word.

PEER ID	応答時間	応答処理時間	ネットワーク速度	CPU 負荷
Peer-B	353 ms	198 ms	235 μsec	12%
Peer-C	622 ms	218 ms	5.72 msec	16%
Peer-D	815 ms	211 ms	5.91 msec	12%

応答処理時間は，CPU 負荷が低いことからも，マシンスペックの違いを感じさせるほどの差はない．これは，応答判断処理を行ううえで，事前に嗜好情報の分析とルール化を済ませているため，全体の処理効率が向上したためであると考えられる．これにより，応答処理時間においては，探索方法の種類にかかわらず，ピア間における処理時間の差はないと考えられる．

一方，応答時間をみると，明らかな違いが現れている．Ping によるネットワーク速度の値をみても，ネットワークの遅延が応答時間の開きとは考えにくい．ゆえに，ネットワークとサービスの間で行われる処理において，遅延が生じていると考えられる．つまり，JXTA プロトコルで行われる，JXTA ネットワーク上のルーティングにともなう遅延である．考えられるのは，JXTA においてピア間通信を行う場合，いくつかの手順をふむことになるが，その処理における遅延が，物理的なネットワークの距離に応じて累積し，その結果が顕著に現れたものだと推測される．ただし，このオーバヘッドは，JXTA プロトコルをインプリメントするために利用した JAVA バインディングが，インターネットとの互換性を重視し，低帯域用に設計された TCP/IP プロトコルと，HTTP プロトコル上で動作していることも 1 つの原因と考えられる．今後，P2P ネットワークのアーキテクチャが定まれば，これらのオーバヘッドは少なからず解消されるものといえる．

また，PEER-C は PEER-D と，ネットワーク的に同じ環境に存在するが，ここにも応答処理時間以上の差が応答時間に現れている．これは，JXTA ネットワークからみて PEER-D が PEER-A を発見できない場合があり，PEER-C に転送を依頼しているためで

ある．これらの結果は，履歴情報から解明できたもので，原因が JXTA にあるのか，ネットワーク構成にあるのかは判断できなかったが，現在の P2P アーキテクチャが持つ不安定さが要因と考えられる．しかし，本システムのブローカレス情報探索としては，P2P のピア間の非同期性と，ネットワークの動的な変更に追従できたことは確認できたといえる．

5. ま と め

本論文では，P2P ネットワークにおいて，自らが情報配信者になる手段を提供し，利用者自身の意図による情報探索を行うブローカレス情報探索手法を提案した．本システムでは，サーバを介入させないピュア P2P を前提とした．それは，情報配信者になるという，インターネットの本質的な部分を考慮した場合，ブローカを挟まない形こそが最善のソリューションを提供できると判断したからである．そのため，ピアの自立によって間接的なブローカレス情報配信を可能とし，ピュア P2P モデルにおいてブローカレス情報探索と配信を実現した．

今後の課題は，現在の嗜好情報は主観的な要素であり，評価にはシミュレーションだけでなく，より多くのピアと長期のデータ収集が必要である．また，ホップ数が増大した場合のルーティング（フォワーディング）を検討する必要がある．

謝辞 本研究は，通信放送機構の地域提案型研究開発制度の支援を受けて実施された．ここに記して謝意を表す．

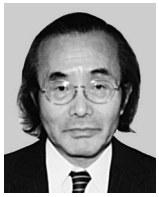
参 考 文 献

1) 星合隆成，柴田 弘：御用聞き型情報探索のための自律分散照合環境アーキテクチャとその性能評価，信学論（D-I），Vol.J83-D-I, No.9, pp.1001–1012 (2000).
2) 星合隆成，小柳恵一，ビルゲスクバタール，久保田稔，柴田 弘，酒井隆道：意味情報ネットワークアーキテクチャ，信学論（B），Vol.J84-B, No.3, pp.411–424 (2001).
3) JPPP. http://www.jnutella.org/jnudev/
4) JXTA. http://www.jxta.org/
5) 大場正博，中沢 実，服部進実：意味情報と嗜好情報に基づく P2P システムの提案と実装，情報処理学会研究報告，マルチメディア通信と分散処理研究会，DPS-107-17, pp.97–102 (2002).
6) 市川恭之，酒井孝次，大石哲矢，黒川 章：P2P 汎用ミドルウェア構成に関する一考察，信学技報，ネットワークシステム研究会，IN2001-284, pp.197–202 (2002).
7) 後藤嘉弘，阿多信吾，村田正幸：P2P サービスにおける物理ネットワークを考慮した論理トポロジー構築手法，信学技報，コミュニケーションクオリティ研究会 (2002).
8) 西山和雄：P2P ネットワークによるコミュニティ指向検索システム，*Jnutella Workshop 2001* (2001).
9) Stoica, I., Morris, R., Karger, D., Kaashoek, F. and Chord, H.B.: A Scalable Peer-To-Peer Lookup Service for Internet Applications, *ACM SIGCOMM'2001*, pp.149–160 (2001).
10) Ratnasamy, S., Francis, P., Handley, M., Karp, R. and Shenker, S.: A Scalable Content-Addressable Network, *ACM SIGCOMM'2001*, pp.161–172 (2001).
11) XML/SGML サロン：標準 XML 完全完全解説，技術評論社 (1999).
12) Berry, M.J.A. and Linoff, G.: *Datamining Techniques For Marketing, Sales and Customer Support* (1999).
13) Brookshier, D., Govoni, D. and Krishnan, N.: *JXTA: Java P2P Programming*, Samspublishing (2002).

(平成 14 年 7 月 3 日受付)
(平成 14 年 11 月 5 日採録)

中沢 実（正会員）

1991 年金沢工業大学工学部情報工学科卒業．1993 年同大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了．同年富士通研究所に入社．1996 年金沢工業大学助手．2002 年同助教授．工学博士．自律分散システム，ネットワークアーキテクチャの実装方式に関する研究に従事．電子情報通信学会，映像メディア学会各会員．



服部 進実（正会員）

1964 年東北大学工学部電子工学科卒業．同年より富士通にて情報通信システムの研究開発部門に所属．1989 年金沢工業大学情報工学科教授．1995 年同大学人間・情報・経営工学系長．電子情報通信学会通信グループ副委員長．本学会北陸支部長等を歴任．工学博士．情報通信システム，分散処理システムの研究に従事．電子情報通信学会，人工知能学会，映像メディア学会，IEEE 各会員．