

P2P ネットワークにおけるクラスタリング手法の提案

川田 量久[†] 石本 一生[†] 植田 和憲^{††}

^{††} 高知工科大学工学部 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185
E-mail: †{115066j,105302t}@gs.kouchi-tech.ac.jp, ††ueda.kazunori@kochi-tech.ac.jp

あらまし 近年、ファイル共有やコミュニケーションツールなどにおいて、P2P ネットワークアプリケーションが注目を集めている。P2P ネットワークでは効率的な検索や負荷分散などのため、クラスタリングと呼ばれるピアをグループ化する手法が使用されている。しかし、既存のクラスタリングは各ピアのクラスタ用パラメータが頻繁に変化した場合を想定しておらず、ユーザ同士の会話の内容によってグループ化を行うサービスなどには適さない。そこで本報告では、あえて明確なグループ化を行わないことによって柔軟なクラスタリングを行う手法を提案する。また、本手法の適応例としてオンラインゲームの多人数参加型テトリスを実装した。

キーワード P2P ネットワーク, グループ化, クラスタリング

Proposal of clustering technique in P2P network

Kazuhisa KAWADA[†], Issei ISHIMOTO[†], and Kazunori UEDA^{††}

[†] Electronic Photonic System Engineering Course, Graduate School, Kouchi University of Technology
Miyanakuchi 185, Tosayamada-machi, Kami-city, Kouchi, 782-8502 Japan
E-mail: †{115066j,105302t}@gs.kouchi-tech.ac.jp, ††ueda.kazunori@kochi-tech.ac.jp

Abstract In recent years, lots of file sharing applications and communication tools based on the P2P network system have been used. On the P2P network, grouping mechanism called clustering is used to increase efficiency of information search or load balancing. However, existing clustering mechanisms does not react to frequent move of peer. Therefore, these are not suitable for network applications such as communication tools based on groups of peer which are organized according to content of communication. In this report, we proposed clustering mechanism which does not provide strict grouping but flexible grouping, by which a peer is allowed to belong to several groups. Furthermore, we implemented trial application, massively multiplayer online Tetris, as example of network application with proposal clustering mechanism.

Key words P2Pnetwork grouping, clustering

1. ま え が き

近年、クライアント・サーバモデルと呼ばれるサーバとクライアントの役割が明確に分かれた形態において利用されるネットワークアプリケーションだけではなく、P2P モデルと呼ばれるサーバとクライアントという役割の違いが明確でない形態のネットワークアプリケーションが増加してきた。P2P ネットワークとは一般に、ネットワークを構成するコンピュータ(あるいはノード)を「同等の」といった意味を持つ peer (ピア)という言葉を用いて表現し、同等の役割を持つピア同士がサーバを介さず直接通信を行うネットワーク・モデルのことを指す。先にも述べたように、ネットワークを構成しているピアは、サーバやクライアントといった明確な役割を持たず、場合によってそれらの役割を適宜担うことになる。P2P モデルの

ネットワークアプリケーションには Skype によるインターネット電話や、Winny などのファイル共有アプリケーションなどがあり、一般への認知も広がってきた。特にファイル共有アプリケーションについては、違法なファイル交換の横行やファイル共有機能による個人情報の流出などの社会的な問題もあり、そのあり方についても様々な議論が行われている。

これまでの P2P ネットワークでは、各ピアを一定の基準でグループ化するクラスタリングという手法が用いられている。これは、クラスタリングを行うことによって情報検索やデータの送受信をより速く、また無駄を少なく効率的に行えるというメリットがある。しかし、既存のクラスタリングは各ピアのクラスタ用パラメータが頻繁に変化するような場合、すなわち、頻繁なクラスタの要素の交換などを想定しているわけではない。そのため、ユーザ同士の会話の内容によってグループ化を行う

サービスなどには必ずしも適しているとはいえない。このようなサービスの適用においては、クラスタの構成を随時明確に行うクラスタリング手法を適用するよりも、クラスタの要素の重複を許すような状況の変化に比較的寛容なクラスタリング手法を用いるのが適していると考えられる。そこで本報告では、あえて明確なグループ化を行わないことによって柔軟なクラスタリングを行う手法を提案する。

ここで、柔軟なクラスタリングとは一つの要素が複数のクラスタに属してもよいことを指す。このようなクラスタリング手法は、一般にファジクラスタリングと呼ばれている。そこで、今回提案するものは P2P ネットワークにおけるファジクラスタリングの一手法であると位置付けることができる。

本研究グループでは、ネットワークアプリケーションにファジクラスタリングを適応した例として、広く知られているゲームであるテトリスを多人数参加型オンラインゲームとして試作し提案手法の検証を行うこととした。多人数参加型オンラインゲームとしてのテトリスの設計・実装において、クラスタ用パラメータとしてテトリスにおけるプレイヤーの上手さの度合いをある基準にて数値化した「レート」というパラメータを用い、P2P ネットワークにおけるクラスタリングを行う。

また、他のアプリケーション例として多人数参加型チャットシステムについて検討した。このチャットシステムでは発言内容をクラスタのパラメータとすることで、似た話題の発言者達が次第にグループ化される。これにより、チャットを通して人間の自然なコミュニケーション形態を再現することができると考えられる。人間の自然なコミュニケーションには様々な形態があるが、今回は山本ら [1] が提案した井戸端会議スタイルに近いものである。

2. P2P ネットワーク

P2P ネットワークは大別すると、ネットワークの管理やデータ検索などにインデックスサーバを使用するハイブリッド P2P と、サーバを使用せず純粋にピアのみでネットワークを構成するピア P2P の二種に分類できる。本報告ではピア P2P に焦点を当てて解説する。

ピア P2P には中央サーバが存在しないので、ピア自身で他ピアを発見、接続し、データ配信を行う必要がある [2]。クライアント・サーバモデルでは中央サーバがクライアントのインデックスを管理しているが、ピア P2P ではネットワークの一部、または全体にブロードキャストされた他ピアからのメッセージで各ピアのインデックスが補完されるのが一般的である。

ここで P2P ネットワークの利点についてまとめる。

- インターネットの「末端」に接続されている無数のコンピュータで未使用になっているリソースを活用することができる
- ネットワーク全体の処理が各ピアに分散されるので、高価な中央サーバが必要なく、クライアント・サーバモデルに比べコストを大幅に削減できる
- 集中的な管理、監視、制御が必要ない
- ピアを追加するだけでネットワークを拡張できるため、

拡張性が高い。

- ネットワークの耐障害性が向上する。
- クライアント・サーバモデルに比べ、より柔軟で順応性のあるネットワークを実現できる。

既存のピア P2P ネットワークアプリケーションでは、クラスタリングをピアの階層構造と組み合わせて実装していた [3] [4]。例えば Winny [4] ではピアに上流と下流の概念を設けて階層構造化し、クラスタリングを行っている。Winny におけるクラスタリングとは、好みの似ているノードをグループ化することである。「好みの似ているノード」という主観的な相関性を、ユーザが指定したキーワードの近似値から求めている。

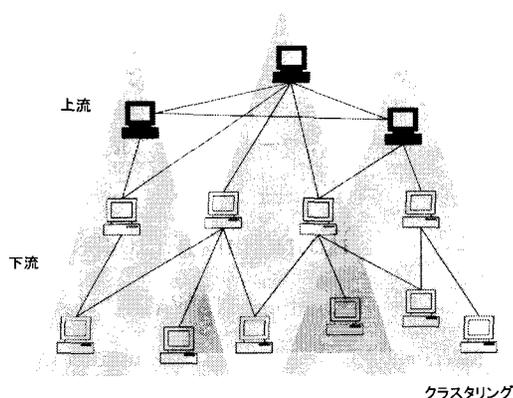


図 1 Winny における階層構造とクラスタリング

一般にこのような P2P を、ピア P2P の中でも特にスーパーノード型 P2P と呼んでいる。スーパーノード型 P2P はピアの大規模な増加にも適応でき、ピア P2P の持つ利点も併せ持っている。尚、階層上位のピアは、ネットワークの中から処理能力の高いものが自動的に選ばれる。具体的には、FTTH などの高速回線を使用している、ネットワークに接続している時間が長い、パソコンの処理能力が高いもの等である。

スーパーノード型 P2P における上位層のピアは、自分より下位の階層にいるピアの情報を保持している。例えばネットワーク全体の検索などは少数の上位層ピアに問い合わせるだけで良いため、効率的なネットワークを構成できている。言わば、上位層のピアはネットワーク上の擬似サーバのような機能を果たしている。そのため、上位層のピアには高い処理能力が求められている。

反面、上位層のピアはネットワーク構成における重要度が非常に高いため、切断と再接続を繰り返したり、頻繁に複数のクラスタへ移動するような動作は向いていない。上位層のピアの大多数がそのような動作をすれば、ネットワーク全体が不安定になってしまう可能性がある。

3. ファジクラスタリング概要

P2P ネットワークにおけるファジクラスタリング (図 2) とは、それぞれのピアが自分のクラスタ用パラメータに近い値を持つ他ピアに接続し、ピアの周囲で自分のパラメータを基準と

したクラスタが形成されることを指す。これは同時に、自分は他ピアのクラスタに属していることになる。ピアにはスーパーノード型 P2P のような階層構造は設けず、純粋なピア P2P による、メッシュ状のネットワークを構成する。そのためクラスタ同士の区切りは曖昧で、一つのクラスタが複数のクラスタに同時に部分的に所属する場合もある。これをそれぞれのピアに注目した場合、“自分の周囲には似たピアが接続されている”状態になっている。

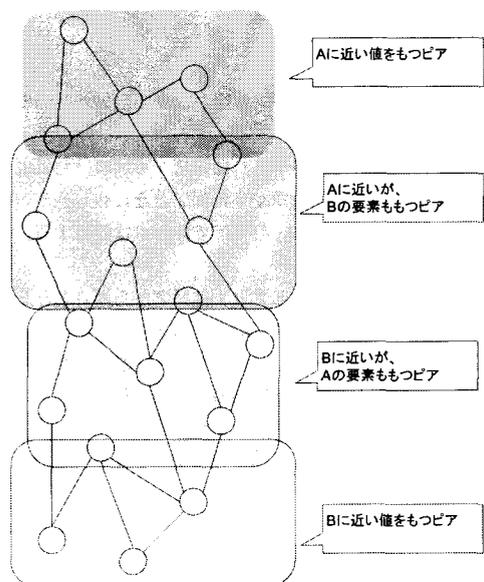


図2 ファジクラスタリング概要図

ピア間の距離が遠いか近いかは、あるピアから目的のピアまでのホップ数で決める。ホップ数が少なければ距離が近い、周囲のピアとなる。

ピアのパラメータが変動しても、変化した値が小さなものであれば自分の周囲でパラメータがより近い他ピアへの接続を行う。パラメータが変動する度にこの処理を繰り返すことで、ピアは自分のクラスタのメンバーを少しずつ入れ替えることになる。これによって、ピアを基準とした周囲のクラスタ形成が崩れる心配が無い。そのため、クラスタ用パラメータが頻繁に変化してしまうようなネットワークアプリケーションにおいて本手法が有用となる。

4. アプリケーションへのファジクラスタリング応用

ファジクラスタリングを使用したアプリケーション例として、多人数参加型テトリスと多人数参加型チャットを提案する。どちらもピアが持つクラスタのパラメータが動的に変化するといった特徴を持つ。階層構造と組み合わせたクラスタリング手法ではこのような場合に上手く対応することが出来ない。しかしファジクラスタリングでは、ピアのパラメータが変化する度にクラスタのメンバーを少しずつ入れ替えることで対応する

ことが出来る。

4.1 多人数参加型テトリスの提案

ファジクラスタリングを使用したアプリケーション例として、オンラインゲームの多人数参加型テトリスを提案する。

多人数参加型テトリスはプレイヤーの実力をレートで表現し、それをクラスタリングのパラメータに採用している。ファジクラスタリングによって、常にレートの近い他プレイヤーと対戦を行うことが出来る。またまた、プレイヤーはテトリスのラインを消すことで他プレイヤーに攻撃を与えることができ、自分も他プレイヤーから攻撃を受ける危険がある。プレイヤーのテトリスの腕が上達することで、より強力な他プレイヤーから攻撃を受ける可能性も上がっていく。このネットワークに多数のユーザが参加した場合、各ユーザは自身の実力を客観的に知り、テトリスの腕試しをすることができる。

アプリケーションの仕様を以下に示す。

- プレイヤーにゲームの上手さに応じた”レート”を設定し、クラスタ用パラメータとして使用する。
- プレイヤーは自分のレートと近い複数の他プレイヤーと自動で接続され、対戦を行う。
- プレイヤーがテトリスでラインを消した行数によって、他プレイヤーに攻撃を与えることができる。逆に他プレイヤーから攻撃を受けることもある。ここで、攻撃とはテトリスのラインが積み上がることである。
- ラインが上まで積み上げればゲームオーバーとなる。自分のレートが変化し、ゲームが再スタートされる。
- レート計算はプレイ時間と他プレイヤーのレートに依存している。一度のプレイでゲームオーバーになるまでの時間が長ければ高く、短ければ低い値となる。また、周囲のピアのレート平均が自分より高ければ自分のレートは上がりやすく、低ければ下がりやすくなる。

• 自分のレートの変化によって、対戦相手もレートに合わせて自動で変化する。例えば自分のレートが高くなれば、対戦相手もそれに見合った値となり、より激しい攻撃を受けることになる。

4.2 多人数参加型チャットの提案

他のアプリケーション例として、人間の自然なコミュニケーションを再現できる多人数参加型チャットを提案した。人間の自然なコミュニケーションには様々な形態があるが、今回は山本ら [1] が提案した井戸端会議スタイルをファジクラスタリングによって再現する手法を示した。

井戸端会議スタイルとは、クライアント・サーバタイプでのコミュニティを P2P 上で考えたもので、人間の自然なコミュニケーション形態を表現している。現在の BBS コミュニティなどでは、スレッドごとに話題が決まっていて、逸脱することは原則として許されない。しかし、実際に会話をしている人達は話題の変化に対応することができる。例えば広場で大勢の人間が一つの話題について話していたとしても、次第に幾つかの小グループが形成されていく。そこでは、それぞれのグループは他のグループの話題についてあまり感知する必要が無い。このようなコミュニケーション形態が井戸端会議スタイルである

(図 3)。

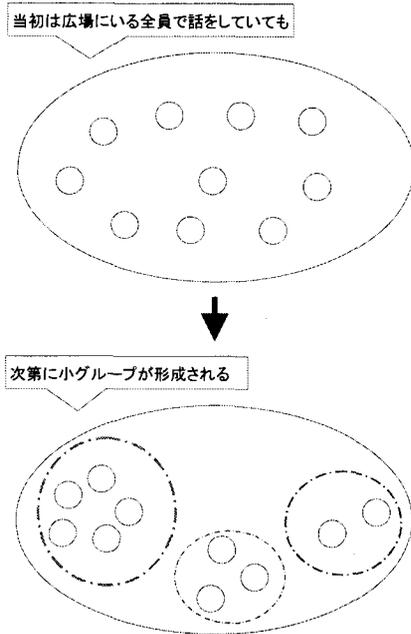


図 3 井戸端会議スタイル

上記を参考にして、多人数参加型チャットの基本的な動作原理を述べる。ピア一つ一つをチャットの参加者とした場合、自分の発言は自分の周囲数ホップにのみ送信される。似通った話題の発言者達はファジィクラスタリングによってクラスタを形成することとする。ここで、クラスタのパラメータは発言内容同士の文字列の相関とする。また、発言内容に他の発言へのアンカーが付いた場合は、相関が更に強くなるようにする。

ただし、話題の変化によるグループ形成は人間の主観に拠る部分が多い。そのためファジィクラスタリングによるクラスタの移動はユーザの判断に任せ、アプリケーションが行う処理は移動先クラスタ候補をユーザに教えるだけに止めておく。

上記の処理によって、井戸端会議スタイルによる人間の自然なコミュニケーションを、ファジィクラスタリングによって再現できる可能性がある。

5. 多人数参加型テトリスの実装

5.1 実装概要

4.1 で述べた多人数参加型テトリスを実装した。ネットワーク形成にファジィクラスタリングを使用し、クラスタ用パラメータにテトリスのレートを使用する。

今回実装した多人数参加型テトリスにおけるピアの発見は、一般の P2P ネットワークアプリケーションとは違いネットワーク全体またはネットワークの特定セクションに対しメッセージをブロードキャストせず、自分の周囲にいる任意のピアを検索しに行く。各ピアは他ピアのリストを所持し、その内容は他ピアのアドレスとレート、最後に接続を試みた時間である。その中から、原則としてレートが一番近いピアに接続することで、

ネットワーク全体でファジィクラスタリングを構成する。

ネットワーク上で、ピア一つ一つの動作は以下になる。

• 接続：

(1) ネットワークへの初回接続では、手で接続相手のアドレスを打ち込み接続する。それ以降は、自分が持つ他ピアのリストの中から一番レートが自分に近いものを選ぶ。

(2) 自分の接続数の上限に余裕があれば接続し、無ければ現在接続中のピアと (1) で選んだピアとを比較する。その中でレートが一番近いピアが (1) で選んだピアなら接続する。

(3) (1)、(2) を繰り返す。

• 待機：

(1) 他ピアから接続要求が来た場合、まず自分が持つ他ピアのリストを渡す。

(2) 接続数の上限に余裕があれば接続する。無ければ現在接続中のピアと (1) で接続要求が来たピアとを比較し、その中でレートが一番近いピアが (1) のピアで無ければ接続する。

• 他ピアのリスト：

(1) 自分に接続してきたピアと、他ピアから渡されたピアのリストを受け取り、そのリストの内自分のリストに登録されていないピアが存在する場合は自分のリストへ新たに登録する。

(2) ネットワーク全体でピアの数が少ない場合はリストに全てのピアを登録すればよいが、ピアの数が膨大であればリストに上限を設け、何らかのルールに従ってピアを除外しなければならない。

(3) 単純にリスト内のピアを自分のレートに近いものだけにした場合、自分とレートが離れたピアに適切なリストを渡せない可能性がある。全てのレートのピアを均一に登録したり、自分と離れたレートのピアでも少数に限り登録するなど、幾つかの手法が考えられる。

• 切断：接続数が上限を超えていれば、一番レートが遠いものを切断する。

図 4 に、P2P ネットワーク上でテトリスが動作する様子を示す。ここではそれぞれのピアがテトリスをプレイし、その状況によってレートが時々刻々と変化している。そのためピアが自身のレートの変化によって、よりレートに近い他ピアへの接続の接続を自動で行っている。

5.2 ファジィクラスタリング検証

アプリケーションの起動と同時にテトリスが開始する。テトリスのプレイ画面を図 5 に示す。

レートによってそれぞれのピアが関連付けられて接続されるかどうかを検証する。複数のピアを接続してテトリスを行った場合、それぞれのピアのレートは人間がテトリスの操作をしなければ全てある一定の値に収束してしまい、ファジィクラスタリングの検証が正確に行えない。そのため、ピアのレートは初期値を与えればそこから変動しないようプログラムを改変して実験を行う。

(1) まず最大接続数が 3 のピアを 7 つ用意し、それぞれに異なるレートの初期値 20、30、40、50、60、70、80 を与える。次にその中から一つのピアを選び、それ以外のピアがそれぞれを手動で接続する。

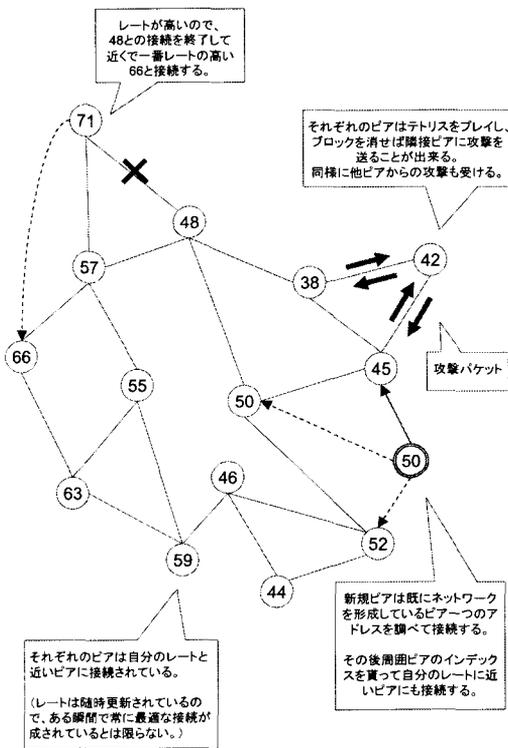


図4 多人数参加型テトリスのネットワーク構成

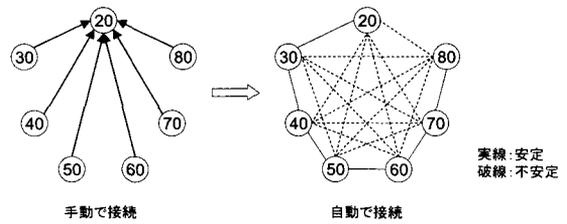


図6 ファジクラスタリングの簡易検証

トワークを形成した。どのピアを切断しても同様の結果が得られた。

5.4 考察

今回実装した多人数参加型テトリスを複数起動し P2P ネットワークを形成させた場合において、それぞれのピアは自分のレートと近い値を持つピアと頻繁に、また長い時間接続される。これはピアの接続でファジクラスタリングが行われていると言える。

しかし、本アプリケーションを使用して少人数のユーザとテトリスをプレイした場合、少人数でのプレイでは強いプレイヤー、弱いプレイヤーと近い実力のプレイヤーが存在せず、自分と同程度のプレイヤーとゲームをプレイすることができない。大多数のプレイヤーの参加が無ければ、ファジクラスタリングによってレートの近いプレイヤー同士でプレイすることも困難になる。そのため、数台のコンピュータで行った本実験のみでは検証が不十分である。

しかし、実験時に大多数のコンピュータを揃えて検証を行うことは現実的ではない。本アプリケーションがどれだけ大規模なネットワークで正常なクラスタ形成を行えるかを確認するためにも、今後は複数のピアが一度に動作するシミュレータの作成が必要だと考えられる。

6. まとめ

本報告では、P2P ネットワークにおいて柔軟なクラスタリングを行う、ファジクラスタリングを提案した。本手法ではあえて明確なグループ化を行わないことによって、クラスタ用のパラメータが頻繁に変化するようなネットワークアプリケーションにも適応できる。本手法を適応したネットワークアプリケーション例として、オンラインゲームの多人数参加型テトリスと、多人数参加型チャットを提案し、特に多人数参加型テトリスを実装した。

多人数参加型テトリスはプレイヤーの実力をレートで表現し、それをクラスタリングのパラメータに採用している。ファジクラスタリングによって、常にレートの近い他プレイヤーと対戦を行うことが出来る。多人数参加型テトリスは実際に数台のピアによるクラスタリングの検証を行い、本手法の妥当性を確認した。しかし、検証したピアの数が非常に少なく、より多数のプレイヤーがゲームに参加した場合の動作を検証できていない。そのため、今後はシミュレータによって大規模なネットワークで本手法の検証を行いたい。

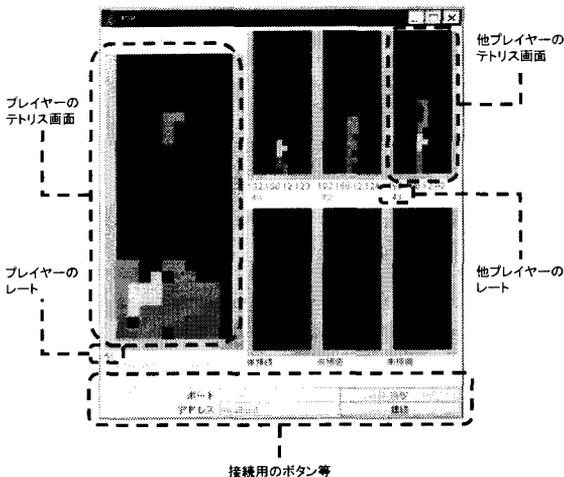


図5 テトリスのプレイ画面

(2) (1)の終了後、ピアを三つネットワークから切断し、残ったピアが構成するネットワークを確認する。

5.3 結果

(1) それぞれのピアは自動で接続と切断を繰り返し、図6の構成で落ち着いた。最大接続数は3だが、図が示すように安定接続が3のピアは一つも無い。いずれのピアも1~2の接続余裕を残し、常時残りのピアに接続を試みていた。

(2) 残りのピア全てが安定接続を行い、完全メッシュ状のネッ

他のアプリケーション例として、人間の自然なコミュニケーションを再現できる多人数参加型チャットを提案した。このチャットでは参加者同士の発言に相関を付け、クラスタリングのパラメータとしている。複数の参加者が当初は全員でチャットをしても、発言内容によって次第にグループが形成される。人間の自然なコミュニケーションには様々な形態があるが、今回は山本ら [1] が提案した井戸端会議スタイルをファジィクラスタリングによって再現する手法を示した。

文 献

- [1] 山本浩之, 望月洋介, 森本雄, 井戸端会議スタイルが *P2P* を変える. 第2回 *P2P* 勉強会, 2005-3.
- [2] M. Miller, *P2P* コンピューティング入門—ファイル共有・コラボレーション・分散コンピューティングの新しい形. 大和総研情報技術研究所, 2002.
- [3] 上田達也, 安倍広多, 石橋勇人, 松浦敏雄, *P2P* 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリング. 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 4, pp. 1063-1076, 2006-4.
- [4] 金子勇, *Winny* の技術. 株式会社アスキー, 2005.