

小グループの情報共有過程の可視化

山上俊彦

NTTマルチメディアネットワーク研究所

小グループでの情報共有過程の長期的変化を扱う上で、特徴抽出し、ソシオグラムの変化に注目して共有のための社会構造を解析することは重要である。解析のための探索的調査のために、さまざまなパラメータ設定に対して、共有構造を可視化することが必要になる。小グループにおける核-衛星構造に着目し、核-衛星構造を前提として、可視化を行うアルゴリズムを提案し、さまざまな情報フローに対して適用した。地域情報ネットワークにおける電子メール交換に適用した例について、全体構造の把握と構造推移の観察について述べる。

Social Process Visualization in Small Group Information Sharing

Toshihiko Yamakami

NTT Multimedia Networks Laboratories

yam@acm.org

It is important to analyze small group information sharing process in a long-term manner. In the long-term social process analysis, socio-gram changes in human relationship are significant keys to capture characteristics of the social process. In the early stage of information sharing structure analysis, it is necessary to identify the information sharing structure in a small group in a variety of visualization parameters. In this study, the author focuses on the core-satellite structure of a small group social process based on the long-term know-how sharing system experience. An algorithm based on the core-satellite assumption is proposed. A case study in e-mail exchanges in a community network system field trail is described.

1. はじめに

情報共有の支援においては、グループ内での情報フローの把握と、それにとまなう情報共有過程の変化を把握することが重要である。

一方、このような解析には時間がかかるため、実際に解析が行われた時点においては、すでに動的に共有関係が変化しており、共有を定着する上での方法論には結び付かず過去の解釈にとどまり、グループウェアの設計につながらないという課題があった。

著者らのグループではNTT社宅における地域ネットワークの実験を1995年10月から行っている。利用家庭は開始時81世帯である。2年の実験を踏まえ、現在、地域ネットワークにおける交流パターンの発展段階について次のような解析を行っている。

本稿では、このような課題を解決するため、ヒューリスティックを用いて、要求毎に半自動的に共有関係過程を可視化する方法とその応用について検討したので報告する。

2. アプローチと要求条件

2.1 アプローチ

小グループとは、ここでは3~20人程度の、一定の共通の目的をもって行動する集団として定義する。このようなグループは一般に現実相互に名前と顔が一致し、社会的集団としてさまざまな非言語情報に基づく背景情報を持ち、メンバー間の行動に関する相互認知を発達させていることが多い。

著者は、従来、オフィスにおいて、知的生産性向上のための組織知識支援における小グループの

共有関係の検討を行い、次の知見を得ている。
 ・電子メール、ノウハウ支援、電子ニュースはそれぞれ、異なる情報フローの安定性を持っている。電子メールはオフィスにおいては作業形態やミッションの変化により非常に情報フローが変化しやすい。

・ゆるやかな結び付きによる情報通信システムにおいては、最初に活発な核グループが生成し、それから核グループの活発なメンバとの間に1ないし2の情報フローを持つ衛星メンバが生成する

・情報フローの構造、変化しやすさ、などは小グループの通信文化特性に依存する。

ネットワークは飛躍的な発展をとげ、オフィスにおける電子メールやWWWなどの利用はほぼ普及期を迎え、今後、インターネットの持つさまざまなセキュリティ、性能、安定した管理などに関する問題を踏まえつつも、あと戻りすることはないように思われる。今後は、このようなネットワークインフラが家庭や地域にも普及していくかどうか課題になる。地域におけるLANサービスのようなものはまだ普及していないが、今後の光通信インフラの進展によってもっともインフラとしての展開が見込まれるのもこの分野である。

地域LANを前提としたアプリケーションはまだ十分発展しているとはいいがたい。著者らは光多重化装置を利用した地域ネットワークをケーススタディに地域社会におけるネットワークの影響と、アプリケーションの定着に関する研究を行っている。このような研究においては、家庭や地域という多様性を加味した新しい定着方法論が必要になる[西尾97]。

従来の方法論は利用場面がある程度、学術的、ビジネス的なものにしぼり、その場面における有効性を検討したものが主流であった。地域LANにおいては、そもそも、潜在的な情報流通パターンがどのようなものであり、現実社会における通信交流パターンがどのようなものであるか、ということから検討しなくてはならない。

- (a) 空間的分布に関する検討
 - ・活発なユーザとそうでないユーザの識別
 - ・活発さの誘因の解析
- (b) 時間的分布に関する検討
 - ・活発さ、など集団特性の時間的推移の解析
 - ・行動スペクトラム(行動周期)の解析
 - ・規則性、安定性の検討
- (c) 社会的構造に関する検討
 - ・情報共有パターンの解析
- (d) 因果関係の検討
 - ・アンケートの因子分析、因果グラフによる因果関係の検討

これらの解析は、地域ネットワークにおけるアプリケーション開発にとって重要な需要態度形成に関する仮説をたてるためにデータ解析を

するものである。

以下では、社会的構造に関する検討を行うために作成した情報フロー解析支援システム VENUS (Visualization in Electronic Network User Social process) について述べる。

3. 社会構造解析の概要

3.1 社会構造の可視化

ここでいう社会構造の可視化とは、利用者をノードとし、情報の共有や通信をアークとするグラフ構造として表わすことを示す。

情報フローの例を図1に示す。この例では情報のフローに方向性がない例をあげたが、電子メールの送信や、ある利用者の発信した情報をほかの利用者がアクセスした場合など、情報に方向性をもたせて解析する場合もある。

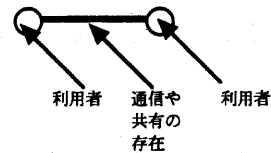


図1 無向情報フローの例

図2に情報フローの密の例と疎の例を示す。情報フローの幾何学的形態は、小グループの通信構造、情報共有構造などを反映する。

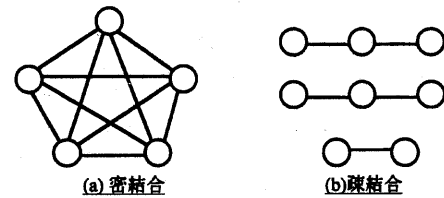


図2 情報フローの例

的確な可視化のためには、連結構造の把握、アークにおけるしきい値などの前処理、ノードの配置アルゴリズム、アークの表示方法、などが必要になる。

3.2 社会構造解析の目的

社会構造解析の目的は以下のようなものである。

- (a) 長期の利用者動向解析において、小グループの社会的構造の変化を捉えるために、さまざまな期間区分の社会構造をオンデマンドに可視化する
- (b) ネットワークを介して共同研究する研究者が容易に、利用者データを交換し、可視化することができる
- (c) 核グループ/衛星グループという特定の社会構造を利用して可視化を行う(図3参照)
- (d) 特定利用者の過剰行動によってできるだけ可視化が影響を受けない

図3に核構造を持つ社会構造の例を示す。オフィスにおける情報通信システムの定着において

は、非常に活発なユーザのまわりに徐々に特定の核利用者を媒介としてシステムへの親和性を高め少しずつ利用する衛星ユーザが情報交換に加わってくる傾向が見られる。

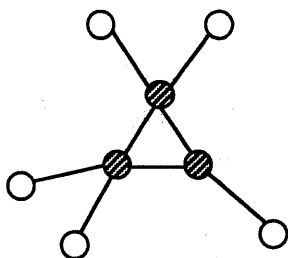


図3 核構造を持つ社会構造の例

3.3 探索的共有過程解析

地域ネットワークにおける行動解析においては次のような問題がある。

- ・事前に共有過程に関する前提が得られない
- ・どのような期間単位で行動が安定しているかが事前にわからない
- ・どの程度のトラフィックで抽象化を行うべきかが事前にはわからない。

このような問題を解決するため、著者は、「探索的共有過程解析」を提案する。

探索的共有過程解析とは、利用者の利用パターンに前提をおかず、さまざまなパラメータ(しきい値、核グループ構成パラメータ)を動的に変動させ、視覚的にとらえることによって、利用者の社会構造を探索的に捉えるものである。

具体的には次のような項目を

- ・社会構造の複雑さ
- ・社会構造の安定度
- ・社会構造のフラットさ
- ・キーパースンとその周辺集団の抽出

3.4 VENUSのシステム構成

VENUSは次のような構成要素からなっている。

- ・ユーザインタフェース部(インターネット上でブラウザに表示する)
- ・ネットワークインタフェース部(インターネット上でデータを転送する)
- ・交流パターン解析部(構造を解析し、これを視覚化する)
- ・フロントエンド部(地域情報ネットワークにおいて応用として提供されていたFirstClass通信システムのログを解析し標準フォーマットに変換する)

ネットワーク上での柔軟な利用のため、ユーザインタフェース部とネットワークインタフェース部とはPFP/FI 2.0 [PHP/FI]で記述し、

WWWのホームページ上で動作するようにした。交流パターン解析部はgifファイルを出力するため、GD 1.15 [GD]を利用した。このため、解析処理部分はGDと整合性のよいPerl5 [Perl]を利用している。

3.5 VENUSのユーザインタフェース

VENUSは、直接、利用者からの入力によって動作するとともに、ネットワーク上のhttpアドレスからの入力も可能にする仕様とした。このようにすることにより、地域情報開発においてままある例であるが、地域ネットワークの運用地点と情報解析地点が異なるような場合でも柔軟に対応できる利点がある。

VENUSの出力例を図4に示す。なお、複数利用者の同時利用については、プロセス識別子による簡易な制御を実現している。

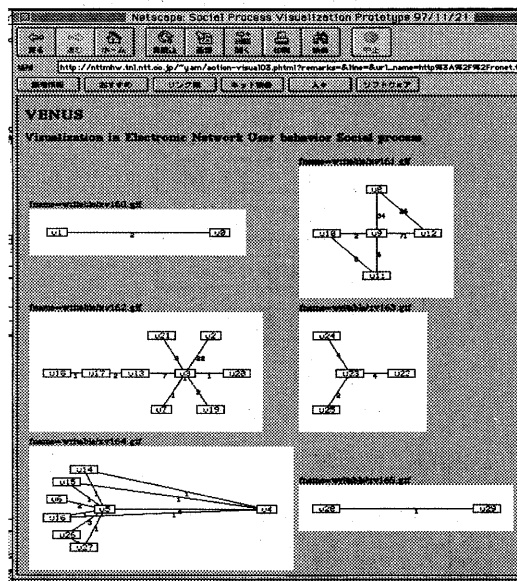


図4 VENUSの出力例

3.6 従来研究との比較

社会ネットワーク分析は社会学でよく使われる手法である[Scott92]。分析ツールとしてはCMUで開発されたKrackPlot[KrackPlot95]などがある。KrackPlot 3.0においては、位置を指定したり、ランダムに配置したりし、さまざまなネットワーク属性の解析(到達度など)を行うことができる。VENUSは、核-衛星仮説に基づいてノード位置配置を自動的に行うところがKrackPlotと異なる。視覚化という観点からは、ノードとノード間のリンクを与えて視覚化するアルゴリズムは提案されている。VENUSの場合には、特定の社会構造を前提として位置配置を行うため、特定のノード

間の関係の増減や、稀なリンクの追加や削除によって大きく全体の形状が変わらず、構造に関する安定性があることが特徴である。

4. アルゴリズム

4.1 基本アルゴリズム

今回、利用したアルゴリズムは図5に示すようなアルゴリズムである。著者はこれをSV法(Spiral Visualization)と名付けた。図5における「核ノード群の抽出」から「確定帰属の決定」までがSV法である。SV法と名付けた理由は、核ノードの決定を行い、さらに、核ノードへの帰属関係に基づき、衛星ノードの位置を決定し、さらに衛星の衛星となるノード、というように、もっとも活発な核ノードから不活発な衛星ノードまでを順に視覚化していくからである。最初のプロトタイプにおいては、衛星は1レベルだけで、すべてのノードが核と核に接続する衛星の2つに分けられていた。これでは、地域ネットワークにおける多様な交流パターンを視覚化するには十分でないため、現在の版では、複数レベルの衛星を許すように仕様を拡張している。

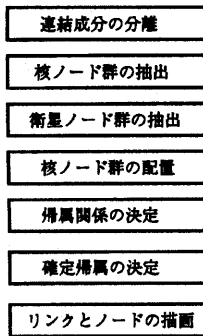


図5 可視化アルゴリズムの概要

(a) 連結成分の分離

利用者の相互関係が疎であり、相互に無関係な複数の連結グラフになる場合にも対応できるように、まず、連結成分の分割を行う。

(b) 核ノード群の抽出

核ノードは一定のパラメータに基づき、選定される。もっとも一般的なパターンは、交流を持つ相手先の数である。さらに複雑なパターンに関しては後述する。

(c) 衛星ノード群の抽出

核ノードとして選出されなかったノードが衛星ノードとして抽出される。

(d) 核ノード群の配置

核ノードの視覚化する上での位置関係が決定される。

(e) 帰属関係の配置

交流情報を解析し、衛星ノードが、どの核ノードあるいは衛星ノードに帰属するかが決定される。

(f) 確定帰属の決定

帰属関係の中から、可視化する上で重要な

主帰属が決定される。主帰属に基づいて衛星ノードが順に配置される。

(g) リンクとノードの描画

ノード位置が確定したので、リンクとノードが描画される。

4.2 アルゴリズムの拡張

核ノードの配置については、100ユーザレベルで連結しているような疎な構造が広く広がっている場合には、固定したリンク数による核構造の把握が適当でない場合がある。例えば、リンク数の上下によって構造が失われたり、衛星の一部が核として扱われることにより全体に放漫なグラフになったりする。最終的な解析においては、リンク数は固定するが、探索的な段階においては、自動的にリンク数の調整を行うことが必要である。

次の2つの拡張を行っている。

(a) 核ノードを特定の割合で許容する

(b) リンク数を変化させ、変化に対応する核ノードの変化数の変化が最大になるところの手前でリンク数を設定する

現在、これらの拡張の視覚化に与える効果については検討中である。

5. ケーススタディ

5.1 解析対象

1996年8月から1997年10月まで通信ログを解析し、126名の家庭ユーザの11242通の発信/受信について、その情報フローを解析した。現在のVENUSでは、方向を表示する機能が未実現なため、この解析では電子メールの送信数を双方向加えあわせたものを利用者-利用者間のリンクの重みとして利用した。

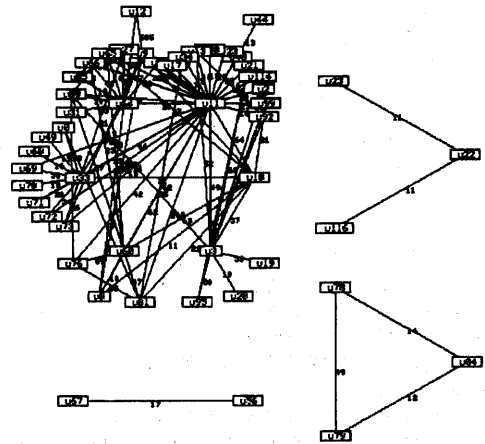


図6 しきい値=10、3連結を核とする可視化の例

5.2 社会構造パターン

図6にしきい値=10、3連結を核とする可視化の例を示す。この例では社会交流構造は4つの別々の連結グラフになる。ただし、主なものは左上であり、ほかの3つは孤立構造である。

図6の構造をさらに分析するために、主要な構造を抽出した例を図7に示す。ここではしきい値を40にし、7連結を核構造とする可視化を行った。

一般的な可視化のための核構造の抽出法については、さらにデータセットを追加して調査しなければならないが、図6と図7を比較する限り、しきい値にもよるが、3~7連結の間に適当な値が存在すると考えられる。これは、小グループの構成単位とだいたい整合すると考えられる。

図7からは、u11を中心とするグループとu64を中心とするグループの存在が読み取れる。またu11のグループの中にもu3,u9による三角構造が存在することが読み取れる。

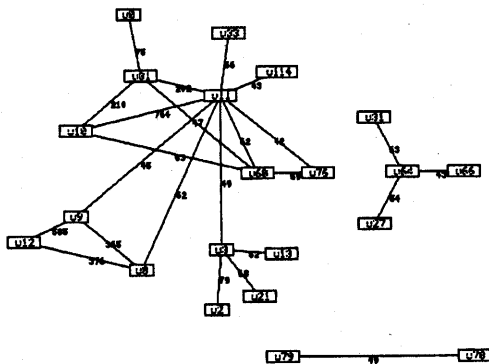


図7 しきい値=40、7連結を核とする可視化の例

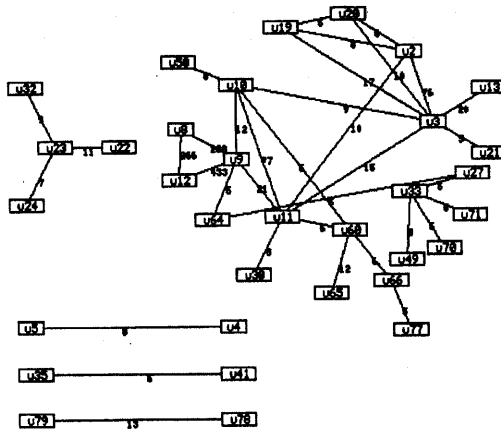


図8 しきい値=5、3連結を核とする前半可視化の例

5.3 社会構造の推移

社会構造の推移を探索的に見るのが探索的共有過程可視化の目的である。ここでは、図6に示した構造を、前半(96年8月-97年1月)と後半(97年2月-97年8月)にわけて解析した。図8に前半を、図9に後半を図示する。前半のほ

うが構造が単純であり、後半のほうがより複雑な通信パターンが生成していることがわかる。この集団では5ヶ月という期間で、このレベルでの社会構造はかなり流動的であることがわかる。

図8の右上のグループを見る限り、集団のサイズはそれほど大きくなく、最大の連結グラフでもノード数は、23であり、その中では比較的疎ないくつかのサブグループの結合に読み取れる。

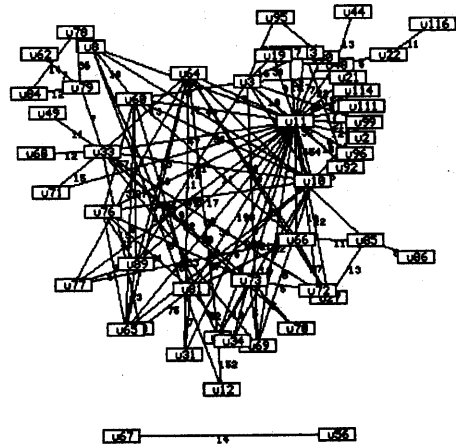


図9 しきい値=5、3連結を核とする後半可視化の例

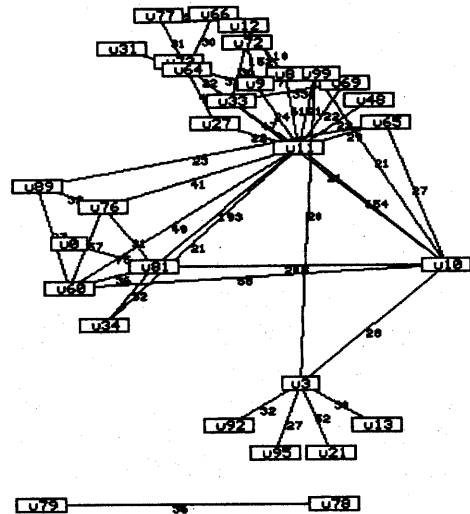


図10 しきい値=20、7連結を核とする後半可視化の例

さらに後半部分の構造を明らかにするために、しきい値=20、7連結を核とする後半部分の構造可視化を行った(図10)。

これにより、u11を中心とした構造、u3を中心とした構造、u81を中心とした構造の3つの主構造が読み取れる。

このような構造把握、構造推移の把握は、さまざまな仮説を設定するための探索的解析のツールとして有効であると考えられる。

5. 4 性能評価

性能については、しきい値1で8.57秒、しきい値10で1.61秒、しきい値40で0.91秒であった。しきい値1の場合には、稀な通信によって全体構造が大きく影響を受けるため、実際に社会構造の探索的検討をする上では、WWWブラウザで表示していても応答性能としては1年分の解析を行ってもこのデータセットでは問題がない。Perl5による実装は、さまざまな可視化に対応するために性能より拡張性を重視したオブジェクト構造をとって設計しており、VENUSではまだ最適化の余地があるが、実験的解析をする上では問題がない、という結果を得た。

5. 5 今後の課題

今後の課題としては、解析対象のより深い理解と、VENUS実装上の工夫がある。

解析対象のより深い理解としては、他グループによるデータセットとの比較、対象グループの通信行動の内容の理解、対象グループに対するアンケートやインタビューと構造解析との連携方法の検討、などがあげられる。

実装上の工夫としては、向きのある構造情報の可視化、自動的なサブグループ抽出技術の実現、しきい値や連結構造データの自動認識技術、重なり部分を自動的に回避する手法の検討、核構造の幾何学形状の多様化、複数利用者の同時処理における排他制御の厳密化、などがあげられる。

6. むすび

小グループでの情報共有過程の長期的変化を扱う上で、特徴抽出し、ソシオグラムの変化に注目して共有のための社会構造を解析することは重要である。家庭、地域におけるLANを想定した地域ネットワークの実験について、構成された社会構造、その構造変化の度合を解析するために、探索的共有過程解析を提案した。探索的共有過程解析をネットワーク上で実現するために、WWWブラウザから利用できる社会構造可視化ツールVENUSを実現した。

VENUSでは、社会行動における核-衛星構造に着目し、交流が密な部分を核とし、核からの帰属距離をベースに衛星を放射状に配置するSV法(Spiral Visualization)を提案した。本方式はPerl5.0で実装し、ポータビリティと拡張性に優れている。

SV法を地域情報ネットワークの1年分のデータに適用し、十分、パラメータを変化させながら探索的に解析をすすめる上で性能要求を満たしていることを示した。

今後、構造解析で得られた情報をもとに、地域情報ネットワークにおける情報共有過程のモ

デリングにより、地域ユーザの通信行動形成を理解するための方法論の開発に取り組んでいく予定である。

謝辞

本研究を行うにあたって、連動する解析ツールを開発し、出力データを提供してくれた西尾弦一氏、ならびに有用な示唆をいただいたNITT 地域情報ネットワーク研究グループの皆様、地域情報ネットワーク実験に協力してくださっている林社宅の関係者に深く感謝します。

参考文献

- [GD] GD.pm, version 1.15,
<http://www.genome.wi.mit.edu/ftp/pub/software/WWW/GD.html>
- [KrackPlot95] KrackPlot 3.0 User Manual,
<ftp://bikini.heinz.cmu.edu/dist/krack/kp3man.ps>
- [Morisaki96] Morisaki, Nishio, Mori, Tsuji: The Field Trial of Regional Community Network in Hayashi Company Houses, Fourth International Workshop on Community Networking, IEEE Communications Society, Sep., 1997.
- [西尾97] 西尾、山上「地域情報ネットワークにおけるユーザ行動モデリングの課題」情処DPS&GW, Jan 1998.
- [Perl] Perl 5.004,
<http://language.perl.com/info/documentation.html>
- [PHP/FI] PHS/FI Version 2.0,
<http://php.iquest.net/phpfi/doc/doc.html>
- [Scott92] Scott, J., Social Network Analysis. Newbury Park CA: Sage, 1992.
- [Yam95] Yamakami, T.: "Information Flow Analysis: An Approach to Evaluate Groupware Adoption Patterns", *Trans. IPSJ*, Vol.36, No.10, pp. 2511-2519 (October 1995).