

## 社会ネットワークの形成原理 関係と行動との共進化

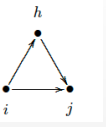
濱岡 豊  
慶應義塾大学商学部

## 研究の背景と目的

- 近年、クチコミやオンライン・コミュニティなど経済主体間の関係をネットワークとして捉える視点が重視されている。
- これまでの研究の多くは構造主義的な立場
  - 社会ネットワークを所与として主体の行動やパフォーマンスが規定される
  - しかし、
  - 個人がソフトウェアを開発→オープンソース・ソフトウェア・コミュニティが形成
    - 主体の行動によってネットワークが変化する可能性もある。
- 本研究の目的
  - 社会ネットワークの形成の促進要因を把握する。
    - 主体と主体との関係、および主体の行動が相互に影響しつつ進化するという共進化の視点を採用。
  - 先行研究におけるネットワーク形成要因についての理論的検討および実証。

## 先行研究 ネットワーク(タイ)の形成の規定要因

- ランダムネットワーク
  - ランダムに相手を選択
- 同類性 homophile
  - (年齢、性別などが)類似した相手を選択
- 推移性 (Granovetter 1973)  $i \sim h, i \sim j$ であれば  $h \sim j$
- 互酬性  $i \sim j$ であれば  $j \sim i$
- バランス/構造同値(結びつき方が類似している相手と結びつく)
- 人気 Popularity (Barabasi 2005)
  - 多くの相手と結びついている者ほど選択される
- 社会関係資本
  - Coleman(1995) 社会関係資本に恵まれているほど、より多くの関係を形成
  - Burt (1992) 構造空隙に面しているほど、隔てられたアクターを仲介することによってメリットを受ける。
  - 実証例 Walker and Kogut (1997) バイオ産業における企業間提携ネットワーク
    - Colemanの理論を支持
- 補完性 戦略論
  - (戦略的)補完性が高い者と提携



## 行動と社会ネットワークの共進化(Snijders 2005)

- 青少年の喫煙行動と社会ネットワーク(Mercken et al.2010)
- 青少年は友人が喫煙していると本人も喫煙していることが多い。
  - 二つの説明
    - 喫煙しているような相手を友人として選ぶ?→友人選択
      - 行動の類似性  $at-1 \rightarrow$ 友人選択  $at$
    - 友人なので影響されて喫煙するようになる?→友人からの影響
      - 友人関係  $at-1 \rightarrow$ 行動  $at$
  - フィンランドの青少年への時系列調査
    - 友人ネットワーク、喫煙行動:4時点
  - 確率的アクターベース・モデル probabilistic actor-based modelによって分析
    - 二つの影響とも有意となったが、友人選択の方が影響が強い。
    - 時間とともに、二つとも影響は弱くなる。

## 確率的アクターベース・モデル Probabilistic Actor-based Model (Snijders 2001,2005; Snijders et al. 2005,2010)

- $x(t)$   $t$ における社会ネットワークの配置(0/1)
- $z(t)$   $t$ における行動(ordinal scale)
  - それぞれ0/1, ordinal scale で表現。 社会ネットワーク変化
- $x(i \sim j)$  アクター  $i$  と アクター  $j$  との関係の変化
 
$$\Pr(x(i \sim j) | x(t), z(t)) = \frac{\exp\{(f + g_i^{sk_i})\beta^{sk_i} \gamma^{sk_i} x(i \sim j)(t), z(t)\}}{\sum_k \exp\{(f + g_i^{sk_i})\beta^{sk_i} \gamma^{sk_i} x(i \sim k)(t), z(t)\}}$$
- $f = \sum \beta_k \cdot sk_k$ 
  - 社会ネットワークについての評価関数
- $g = \sum \gamma_k \cdot sk_k^2$ 
  - Endowment 関数
- $sk_i$ を含む局所的な社会ネットワークの特性値
  - $s_1 = \sum x_{ij}$  出次数
  - $s_2 = \sum x_{ij} x_{ji}$  互酬性
  - など
- 行動変化
 
$$\Pr(z(i \sim \delta) | x(t), z(t)) = \frac{\exp\{(f + g_i^{sk_i})\beta^{sk_i} \gamma^{sk_i} x(i \sim \delta)(t)\}}{\sum_{\tau \in [-1, 0, 1]} \exp\{(f + g_i^{sk_i})\beta^{sk_i} \gamma^{sk_i} x(i \sim \tau)(t)\}}$$

## 分析対象/データ

- (旧)Niftyserveのモバイルギア・コミュニティ(電子会議室)
- モバイルギア Mobile Gear(NEC)
  - 1996年4月発売
  - DOSという汎用性のあるシステムだが、それには触れないようにNEC独自のプログラムランチャーを用意。
  - 処理の遅さ、ユーザーインターフェースの悪さなどから、ユーザーがDOSを使用するようなソフトウェアを開発。
  - 日本語表示、キー入力など利用しやすくするためのソフトを開発。

事例/データの特徴  
ユーザーによる創造  
オンラインコミュニティ  
→社会ネットワークデータとして扱える。  
始まりから終わりまでのネットワークの状況を把握できる。

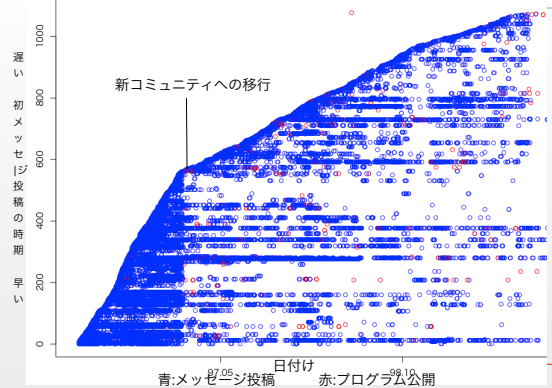


MC-MK32

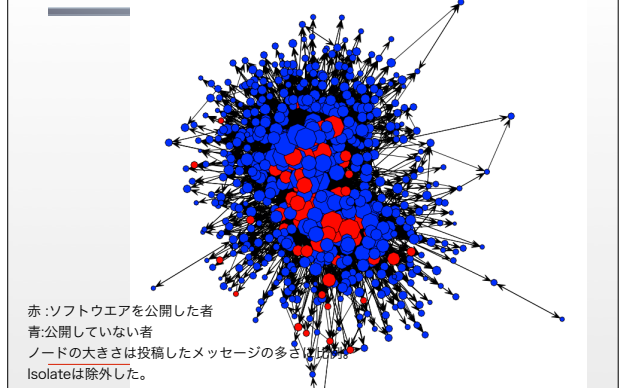
## 記述統計

- 1996/4/25-1999/11/29
- 参加者(発言 or ソフトウェア公開) 1078名
  - うちソフトウェアを開発、公開した者 100名
- 32,341メッセージ
- 398のファイル、ソフトウェアが公開。
  - 後のオープンソース・ソフトウェアとは異なり、ソースは公開されないものが多い。
  - ソフトウェアは「個人」で開発
- 行動
  - コメント投稿
  - ファイル(ソフトウェア)公開
- 社会ネットワーク
  - コメント投稿関係
- 3ヶ月毎に集計
  - 8期分(累積変数を説明変数とするため、2-10期分)
- メッセージのやりとりから近接行列を構成(0/1)

## モバイルギア・コミュニティの成長と個人の行動

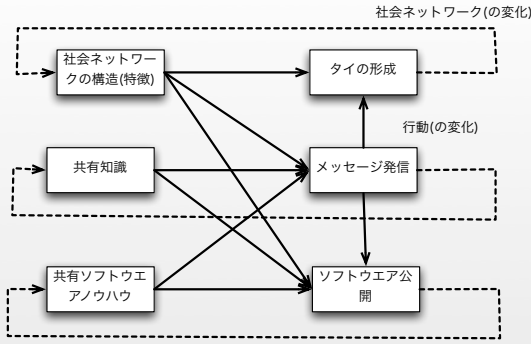


## 社会ネットワークと行動(全期間プール)



赤:ソフトウェアを公開した者  
青:公開していない者  
ノードの大きさは投稿したメッセージの多さ(孤立したノードは除外した)。

## 仮説の枠組み



## 仮説:説明変数と期待される影響

- 社会ネットワークの変化
  - 各期毎の平均的变化
  - 社会ネットワークの特性
    - 互酬性 (+) 推移性 (+)
    - バランス (+) 人気 (+)
- 行動
  - 投稿
    - 自分の投稿数 (+) 相手の投稿数 (+)
    - 投稿数の(相手との)類似性 (+)
    - 累積開発ファイル数 (+)
    - 累積メッセージ投稿数 (+)
  - 開発
    - 自分のソフト公開数 (+) 相手の公開数 (+)
    - ソフト数の(相手との)類似性 (+)
    - 累積開発ファイル数 (+)
    - 累積メッセージ投稿数 (+)
- 行動の変化
  - 各期毎の平均的变化
  - 行動×社会ネットワーク
    - 自分の投稿数×入次数 (+)
    - 自分のソフト公開数×入次数 (+)

## 推定

- RSiena 4.0 (Ripley and Snijders 2010)
  - 社会ネットワークの変化、行動の変化を考慮した 確率的 Actor-based Model の推定が可能
- 1078名すべての分析は困難であったため、ファイルを開示した100名
- モデル
  - 行動
    - 投稿のみ
    - ソフト公開のみ
    - ソフト公開+投稿
  - パラメータ
    - 期間による変化なし
    - 期間による変化あり

## 推定結果(ソフト開発、投稿)

社会ネットワークの変化	パラメータ	パラメータ推定		パラメータ時間依存		
		係数	t値	係数	t値	
社会ネットワーク	ネットワーク密度	-8.58	-45.41 ***	-6.98	-25.02 ***	
	互酬性	4.94	14.28 ***	5.41	7.48 ***	
	推移性	2.06	7.93 ***	2.13	5.72 ***	
	平衡	0.03	3.88 ***	0.04	2.03 **	
	入次数(人気)	0.11	7.98 ***	0.09	5.05 ***	
行動	開発	0.04	0.59	0.03	0.61	
	自己	-0.05	-0.55	-0.12	-0.63	
	類似性	1.12	1.89 *	1.30	1.43	
	自己×相手	-0.03	-1.11	-0.03	-0.77	
	投稿	0.21	2.32 **	0.16	0.78	
自己	0.72	7.18 ***	0.66	3.14 ***		
類似性	1.81	4.08 ***	0.96	1.95 *		
自己×相手	-0.22	-6.45 ***	-0.16	-2.53 ***		
開発×投稿(自己)	0.04	1.01	-0.15	-0.31		
行動の変化	開発	自己	-0.10	-1.64	-0.10	-1.53
		自己 <sup>2</sup>	-0.38	-5.56 ***	-0.38	-2.59 ***
		>入次数	0.08	3.51 ***	0.08	2.69 ***
		>累積公開数	-0.04	-1.72 *	-0.11	-0.87
		>累積投稿数	-0.11	-1.41	-0.04	-0.85
	投稿	自己	-1.41	-13.82 ***	-1.40	-12.34 ***
		自己 <sup>2</sup>	0.28	4.44 ***	0.28	3.11 ***
		>入次数	-0.06	-1.08	-0.06	-0.98
		>累積公開数	-0.14	-2.54 ***	-0.05	-0.18
		>累積投稿数	-0.04	-0.31	-0.13	-2.51 ***

- 期間別の平均変化率も推定したが省略した。
- パラメタ時間依存モデルについては、互酬性を時間依存とした。

## 結果

- 社会ネットワークの変化
- 社会ネットワーク特性
  - 互酬性、推移性、平衡(バランス)、入次数(人気)とも正で有意。
  - 先行研究で指摘されていた点を確認。
- 行動
  - 開発
    - 類似性のみ正で有意→プログラミング量の類似している者同士で関係が形成されやすい。
  - 投稿
    - 自己、相手とも投稿している者同士で関係が形成されやすい。
- 行動の変化
  - 開発
    - (メッセージ)入次数が正で有意。
    - 他者の意見を取り入れることが開発につながる。
    - 累積ファイル公開数
      - +を期待したが(知識が蓄積される)負で有意。→必要なソフトが開発されてしまい、新たなソフトが開発されにくくなる。
  - メッセージ発信
    - (メッセージ)入次数は有意ではない。
    - 自己の発信数<sup>2</sup>が正で有意。2極化する傾向がある。
    - 累積ファイル公開数 負で有意。→必要なソフトが開発されてしまい、それらへの投稿が減少。

## 研究からの知見/貢献

- 研究の目的
  - 社会ネットワークの形成の促進要因を把握する。
- 知見、特徴
  - 社会ネットワークの基本構成要素である、タイの形成に注目。
  - これまで指摘されてきた社会ネットワーク要因の多くが正で有意であることを確認。
  - さらに、社会ネットワークと行動の共進化についても分析。
    - 行動については、ソフトウェア公開、メッセージ投稿に注目。
    - 行動→社会ネットワーク形成、社会ネットワーク特性→行動→つまり行動と社会ネットワークの共進化を確認。

## 実務へのインプリケーション

- 社会ネットワークの成長
  - 核となるメンバーが存在し、それが時間とともに変化する。
  - 時期、社会ネットワークの状態によって、必要とされる役割、それを担う者が異なる。
  - それを把握することが重要。
- ソフトウェア開発者だけでなくニーズ投稿者も重要。ユーザーによる開発、イノベーションの重要性。
- メンバーの役割
  - イノベーションの多くは ニーズ情報×技術情報。

## 今後の課題

- メッセージの内容分析、分類
  - ニーズ情報と技術情報ではソフトウェア公開への影響が異なるのではないかと?
- 他の事例との比較
  - ここでの知見が他の事例でも成立するか?
- 行動→成果を考慮したモデル化、分析
  - 例 パテントネットワーク
    - ネットワーク: 共出願、引用
    - 行動: 共同出願
    - 成果: 登録、引用
      - 好ましい成果を挙げた共出願関係は継続しやすいのではないかと?
  - 他のオープンソース・ソフトウェアプロジェクト
    - ネットワーク: コメント、共同開発
    - 行動: 投稿、開発、

## 参考文献

- Barabási, Albert-László (2002), *Linked: The New Science of Networks*; Perseus Books Group/青木薫訳『ネットワーク思考』NHK出版
- Burt, Ronald S. (1992), *Structural Holes: The Social Structure of Competition*; Harvard University Press/安田雷訳『競争の社会的構造』新曜社、2006年。
- Burt, Ronald S. (2005), *Brokerage & Closure*; Oxford University Press.
- Coleman, James S. (1990), *Foundations of Social Theory*; Belknap Harvard.
- Heider, F. (1958), *The Psychology of Interpersonal Relations*; New York: Wiley.
- Ishizuka, Kei, Yensu Chen, and Yusaku Hamada (2010), "Consumer Creativity: Does The Network Position Matter?," in *Global Marketing Conference at Tokyo*; Hotel Okura; Tokyo.
- Mercken, L., T. A. B. Snijders, C. Steglich, E. Vartiainen, and H. de Vries (2010), "Dynamics of adolescent friendship networks and smoking behavior," *Social Networks*, 32 (1), 72-81.
- Ripley, Ruth M and Tom A.B Snijders (2010), "Manual for SIENA version 4.0 (version May 1, 2011)," in Oxford: University of Oxford, Department of Statistics, Nuffield College. <http://www.stats.ox.ac.uk/siena/>
- Snijders, Tom A.B. (2001), "The Statistical Evaluation of Social Network Dynamics," in *Sociological Methodology*, M.E. Sobel and M.P. Becker, eds. Boston and London: Basil Blackwell.
- Snijders, Tom (2005), "Models for Longitudinal Network Data," in *Models and Methods in Social Network Analysis*, Peter Carrington and John Scott and Stanley Wasserman, eds. Cambridge University Press.
- Snijders, Tom A. B., Gerhard G. van de Bunt, and Christian E. G. Steglich (2010), "Introduction to stochastic actor-based models for network dynamics," *Social Networks*, 32 (1), 44-60.
- Steglich, Christian, Tom A.B. Snijders, and Michael Pearson "Dynamic Networks and Behavior: Separating Selection from Influence," Discussion Paper, INSTITUTE UNIVERSITY CENTER FOR SOCIAL SCIENCE THEORY AND METHODOLOGY. [www.gmw.rug.nl/~steglich/pdfs/Review.pdf](http://www.gmw.rug.nl/~steglich/pdfs/Review.pdf)
- Snijders, Tom A.B., Christian E.G. Steglich, and Michael Schweinberger (2005), "Modeling the co-evolution of networks and behavior," <http://www.ppsw.rug.nl/~steglich/pdf/SnijdersSteglichSchweinberger.pdf>
- Walker, Gordon and Bruce Kogut (1997), "Social Capital, Structural Holes and the Formation of an Industry Network," *Organization Science*, 8 (2), 109-25.
- 濱田豊 (1995), "共進化の観点からのマーケティング戦略論の再構築," 第1回マーケティング協会研究報告書。
- 濱田豊 (2004), "共進化マーケティング: 消費者が開発する時代におけるマーケティング," 三田商学研究, 47 (3), 23-36.