

コミュニティ活動におけるリーダー間の 関係が活動の活性化に与える影響

Analysis of the relation between leaders and revitalization of community activities

浜島康佑 武藤敦子 森山甲一 犬塚信博
Kosuke Hamajima Atsuko Mutoh Koichi Moriyama Nobuhiro Inuzuka

名古屋工業大学 大学院工学研究科情報工学専攻

Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

Revitalization of community activities plays an important role in solving regional and national problems. In communities such as neighborhood associations, community activities sometimes carry out to enrich lives of members and improve their environment. Participation in community activities is supported by members having rights and responsibilities. However, there are few people who actually participate. That's because nonparticipants can obtain the same benefit with participants. Therefore, nomination of leaders who always participates in the activities and encourages the norm consciousness of the surrounding people is important to revitalize activities.

In this research, we analyze the relationship between leaders who revitalize activities using an agent-based model.

1. はじめに

自治会・町内会のようなコミュニティでは、生活を豊かにしたり環境を改善するためにコミュニティ活動を行うことがある[清水 69]。コミュニティ活動の重要性は多くの人が認識しているにもかかわらず、実際に活動に参加する人は少ない。これは、コミュニティ活動に参加せずとも参加者と同等の公益を得ることができる上、コミュニティ活動に参加するには労力や時間が必要のため個人単位では参加行動が起きにくいためである。このことから、コミュニティ活動は自発的な形成や拡大が容易ではないといえる。

今村らは、個人のコミュニティ活動への参加は自身の周囲の人間の参加行動が関係していると指摘した[今村 10]。この指摘から、コミュニティ活動の活性化を考えるうえで、コミュニティの中での人間関係を分析することは必要であると考えられる。

また、コミュニティ活動の中には一定以上の活動結果を見込むために、活動に必ず参加し地域住民を先導するリーダーを指名する場合がある。このリーダーが中心となってコミュニティ活動の活性化を促すため、適切なリーダーを指名することは重要である。このことと今村らの指摘を踏まえると、適切なリーダーを指名するにはそのリーダーが持つ人間関係を考慮する必要があるといえる。

本研究ではコミュニティ活動のシミュレーションを行い、コミュニティ活動を活性化させるリーダーの持つ人間関係について調査を行う。調査の結果より、複数人のリーダー間の関係がコミュニティ活動の活性化にどのように影響しているかを考察する。

2. 従来研究

今村らは実際のコミュニティ活動（長野県の保健補導員活動など）を調査し、個人がコミュニティ活動に参加する動機は周囲の目を気にすることから生起する、と指摘した[今村 10]。長野県の保健補導員活動では保健補導員の役は持ち回り制であり、役が回ってきた人は初めは活動に積極的ではなかったが、

規範的影響を受け、それまで他の人がやってきたからという消極的な理由で参加した。そして活動を通じて活動へのやりがいを感じるようになり、積極的に参加するようになった。

山田らは今村らの指摘した周囲への意識（規範意識）と活動に参加して感じたやりがい（自己効力感）から個人がコミュニティ活動への参加・不参加を決める数理的なエージェント・ベース・モデルを提案した[山田 15]。このモデルでは、参加した個人がその隣人に影響を与え、その隣人がさらに隣人に影響を与えるという参加行動の伝播を表している。

甲村らは山田らの提案したエージェント・ベース・モデルにネットワーク構造を導入し、より複雑な友人関係を表現できるようにモデルを拡張した[甲村 16]。そして数理的なネットワーク生成モデルを用い、そのパラメータを変更する実験から、ネットワーク全体の指標とコミュニティ活動の活性度の関係を調べた。またネットワーク中心性の高い上位3人をリーダーとしたときの実験を行い、コミュニティのネットワーク構造と、参加人数が最も多くなるネットワーク中心性の種類について考察した。

賀川らは甲村らの提案したモデルを利用してシミュレーションを行い、個人のリーダーとしての影響力を調査した[賀川 17]。この調査では活動活性化貢献度という指標を設け、個人が持つリーダーとしての影響力を示した。また、その指標がネットワーク中心性の観点からどのように表されるかを調べ、活動を活性化させるリーダーのしるべき必要な要素を提示した。

従来の研究では、コミュニティ内の人間関係と個人の持つリーダーとしての影響力に注目していたが、現実のコミュニティ活動ではリーダーを複数人設ける場合がある。これまでの研究では複数人のリーダーの相互の関係と、リーダー達がコミュニティ活動に与える影響力の関係については考察がされていなかった。そこで本研究ではリーダーを選ぶ組み合わせに注目し、リーダーの相互の関係がコミュニティ活動の活性化にどのように影響を与えるかについて調査を行う。

3. コミュニティ活動形成モデル

本研究ではコミュニティ活動のシミュレーションのために甲村らのコミュニティ活動モデル[甲村 16]を使用する。このモデルはエージェント・ベース・モデルであり、コミュニティ内

連絡先: 連絡先: 浜島康佑, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市昭和区御器所町, k.hamajima.701@nitech.jp

の各メンバーはエージェントとして表される。各エージェントは態度 (A)、自己効力感 (E)、規範意識 (N) の 3 つの動機変数を持つ。この変数はコミュニティ活動が行われるごとに更新し、その値によって活動への参加・不参加を決定する。

態度は活動に対してどの程度積極的であるかを示しており、コミュニティ活動で自分が得られた利益に基づいて更新される。自己効力感とは自分が参加した活動が成功したかどうかによって更新される、自信の程度を表す。規範意識は自分の周囲の人から受ける影響のことであり、周囲の人の参加率により更新される。

コミュニティ活動の結果は、活動の参加割合によって決まる費用 (C) と公益 (B) の和で表される。費用とは活動に参加するために必要な時間や労力のことであり、参加割合によって一人当たりの費用が増減する。一方公益は、コミュニティ活動によってコミュニティ全体にもたらされる利益のことであり、この利益は活動への参加・不参加に関係なく得られる。コミュニティ活動にある程度の参加があった時に初めて活動が成功し、活動が成功すると公益が発生する。活動の参加割合と費用・公益・経験の関係を表 1 に示す。

表 1: 活動への参加割合と費用・公益・経験の関係

参加割合 X	参加者			不参加者	
	C	B	経験	C	B
$0 \leq X < 1/9$	-9	0	failure	0	0
$1/9 \leq X < 2/9$	-8	0	failure	0	0
$2/9 \leq X < 3/9$	-7	0	failure	0	0
$3/9 \leq X < 4/9$	-6	4	success	0	4
$4/9 \leq X < 5/9$	-5	4	success	0	4
$5/9 \leq X < 6/9$	-4	4	success	0	4
$6/9 \leq X < 7/9$	-3	4	success	0	4
$7/9 \leq X < 8/9$	-2	4	success	0	4
$8/9 \leq X \leq 1$	-1	4	success	0	4

不参加者は費用が常に 0 なので、費用と公益の和 (C+B) が参加者よりも常に大きい。このことから、不参加者は自分が参加しなくても公益が得られた場合、活動への参加が消極的になる。また、公益が得られる境界と (C+B) が正になる境界は異なる。

以下に 3 つの動機変数の更新式を示す。エージェント i のステップ t における態度を A_i^t 、自己効力感を E_i^t 、規範意識を N_i^t 、エージェント i がステップ t の活動から得た費用と公益の和を $(C+B)_i^t$ と表す。 A_i^t と E_i^t から内的動機 IM_i^t が形成される。また IM_i^t と N_i^t から参加・不参加行動を決定するための行動意図 I_i^t が形成される。参加者は A_i^t を $(C+B) \geq 0$ の場合肯定的に、 $(C+B) < 0$ の場合否定的に更新する。

参加者の態度 A_i^t の更新式を式 (1) に示す。一方不参加者は A_i^t を常に否定的に更新する。不参加者の態度 A_i^t の更新式を式 (2) に示す。パラメータ δ は A_i^t の変化のしやすさを表す。

$$A_i^{t+1} = \begin{cases} A_i^t + \delta \times (C+B)_i^t \times (1 - A_i^t), & \text{if } ((C+B)_i^t \geq 0) \\ A_i^t + \delta \times (C+B)_i^t \times A_i^t, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$A_i^{t+1} = A_i^t - \delta \times (C+B)_i^t \times A_i^t \quad (2)$$

参加者は自己効力感 E_i^t をステップ t の活動が成功した場合に肯定的に、失敗した場合に否定的に更新する。不参加者は E_i^t を更新しない。

参加者の自己効力感 E_i^t の更新式を式 (3) に示す。パラメータ λ は E_i^t の変化の敏感さを表す。

$$E_i^{t+1} = \begin{cases} E_i^t + \lambda \times \{1 - (E_i^t)^2\}, & (task^t = success) \\ E_i^t - \lambda \times \{1 - (E_i^t)^2\}, & (task^t = failure) \end{cases} \quad (3)$$

参加者・不参加者ともに、規範意識 N_i^t を自分と繋がっている人 (=友人) の数 ($Friend_i$) とその内コミュニティ活動に参加した友人の数 ($PartFriend_i^t$) によって更新する。友人の定義は、山田らのモデルでは格子状の友人関係ネットワークにおけるムーア近傍 (8 近傍) としていたが、甲村らのモデルではノードとエッジであらわされた友人関係ネットワークにおけるノードの有無としている。

規範意識の更新式を式 (4) に示す。パラメータ ϵ は周囲の行動への流されやすさを表す。

$$N_i^{t+1} = \epsilon \times \frac{PartFriend_i^t}{Friend_i} + (1 - \epsilon) \times N_i^t \quad (4)$$

以下に、各動機変数が全体・友人の参加割合によってどう更新するかをまとめる (表 2)。表中の UP は動機変数をより大きい値に更新すること、DOWN はより小さい値に更新すること、- は更新を行わないことを表す。

表 2: 態度、自己効力感、規範意識の変化

		全体の参加割合 Y^t			友人の参加割合 Z^t	
		$Y^t < \frac{1}{3}$	$\frac{1}{3} \leq Y^t < \frac{2}{3}$	$\frac{2}{3} \leq Y^t$	$Z^{t-1} > Z^t$	$Z^{t-1} < Z^t$
参加者	A	DOWN	DOWN	UP	DOWN	UP
	E	DOWN	UP	UP		
	N					
不参加者	A	-	DOWN	DOWN	DOWN	UP
	E	-	-	-		
	N					

リーダー以外の各エージェントは動機変数の値から行動意図を形成し、その値から次の活動への参加・不参加を決定する。リーダーに選ばれたエージェントは動機変数に関わらず強制的に活動に参加する。全てのエージェントが参加・不参加を決定した後活動が実施され、その活動の結果によって動機変数を更新する。この一連のサイクルを 1 ステップと呼ぶ。このステップを繰り返して、参加行動を伝播させていく。

4. 活動の活性化とリーダー間関係調査

リーダー間関係がコミュニティ活動の活性化にどのように関わっているかを調査するために、リーダーが複数いるコミュニティ活動のシミュレーションを行い、その結果からリーダー間関係と活動の活性化の相関を調べる。

この実験では友人関係推定手法 [下村 08] で得た、名古屋工業大学のあるクラスの 12 月時点の友人関係ネットワークを使用する。このネットワークは人をノード、友人関係をエッジとした有向グラフである。実際にはこのネットワークは地域コミュニティではないが、隣人との人間関係が形成されやすい地域コミュニティと、学籍番号が近い者同士で人間関係が形成されやすい大学のクラスのコミュニティは似ていると考えて、これを地域コミュニティとして扱う。このネットワークから全ての組み合わせでリーダーを 2 人選出する。リーダーに選ばれた人は自分の行動意図に関わらず、すべてのコミュニティ活動に参加する。これにより周囲の人の規範意識を促し、参加行動を伝播させることが期待できる。

以降の実験ではシミュレーションの各初期値を $\delta = 0.01, \lambda = 0.05, \epsilon = 0.5, \sigma = 2, \beta = 30, A^{t=1} = 0.5, E^{t=1} = 0, N^{t=1} = 0.5$ として実験を行った。コミュニティ活動のシミュレーションのステップ数を 500 とし、ステップ 500 までを 1 試行と呼ぶ。この試行を 2000 回繰り返し、最終ステップでの参加割合の平均を算出した。

この結果を元に、リーダー間の関係が参加割合にどのような影響を与えているかを調査する。

4.1 調査 1：リーダー間の距離に注目した調査

調査 1 では、2 人のリーダー間の距離に注目した調査を行った。リーダー間の距離が離れているとコミュニティ全体で活動が活性化すると予想して、リーダー間の距離と活動への最終ステップでの参加割合の平均の関係を調べた。この調査では、リーダー間の距離を友人関係のエッジを無向辺として求め、エッジがつながっていないノード間の距離は、コミュニティ内のノード間の最大距離に 1 を加えたものとした。

横軸をリーダー間の距離、縦軸を最終ステップでの参加割合の平均とした散布図を図 1 に示す。

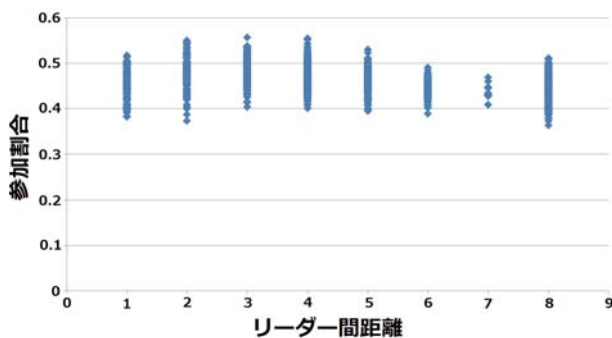


図 1: 参加割合とリーダー間距離の散布図

本結果から、リーダー間の距離と活動への参加割合はほとんど相関がないことが分かる。リーダー間の距離が大きくなると参加割合が低くなる様子が一部見られるが、これはこの際のリーダーがコミュニティの端に位置しているためであると考えられる。

4.2 調査 2：リーダーの属するグループに注目した調査

次に、リーダー間の関係をリーダーの属するグループに注目して調べるため、コミュニティをグループに分割した分析を行う。この調査では固有ベクトルに基づくアルゴリズム [Newman 06] により友人関係ネットワークをグループ分けした。その結果、図 2 のように 9 つのグループに分割された。図中のノードの色は各ノードの属するグループを示す。

シミュレーションにより、参加割合の平均が高かった 2 人のリーダーの組み合わせと属するグループについて観察を行うと、コミュニティ活動への参加割合を高めるリーダーを選ぶには、コミュニティ内の異なるグループから選ぶことと、グループ内の人数が多いことが関係していると示唆された。そこで、異なるグループからリーダーを選んだ時のコミュニティ活動への全体の参加割合と、2 人のリーダーが属するグループ内の人数の合計の関係について調べた。

図 3 に、横軸をリーダーの属するグループ内の人数の合計、縦軸を最終ステップでの参加割合の平均とした散布図を示す。

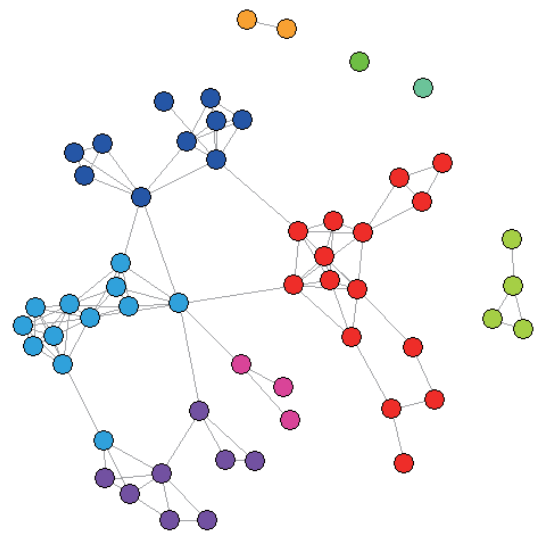


図 2: 名古屋工業大学のあるクラスをグループ分けしたネットワーク図

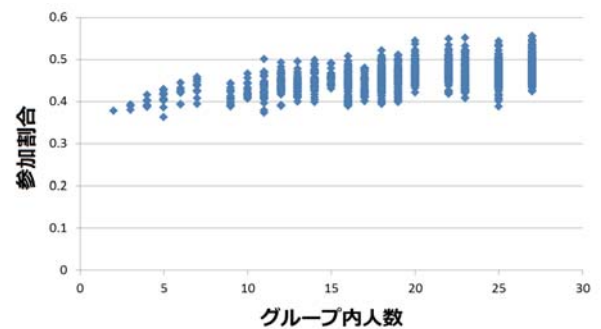


図 3: 参加割合とグループ内人数の合計の散布図

図より、グループ内人数が多い程平均して参加割合が高くなり、グループ内人数が少ないと参加割合が低くなる傾向がわかる。実際に、リーダーの所属するグループ内の人数とコミュニティ活動への参加割合の相関検定をした結果、有意水準 5% で有意な正の相関 (相関係数: 0.55) を確認した。

5. 回帰分析

コミュニティ活動を活性化させるリーダーの新しい指標として「コミュニティをグループ分割したときの、リーダーが所属するグループ内の人数」という指標が得られた。その指標とネットワーク中心性の指標を元に、あるリーダーとそのリーダーを選んだときの活動の活性化について回帰分析を行う。ネットワーク中心性とは、社会ネットワーク分析の分野で用いられる、ノードがネットワークにおいてどの程度中心的な存在であるかを表す指標である。本研究では、ネットワーク中心性の指標として、近接中心性、次数中心性、媒介中心性の 3 つの指標を扱う。

目的変数をコミュニティ活動への参加割合、説明変数をリーダーの属するグループの合計人数と 3 つのネットワーク中心性として回帰分析を行った。結果を表 2、表 3 に示す。

表 2: 4 変数による回帰分析 (1)

重決定 R^2	0.8191
補正 R^2	0.8185
標準誤差	0.0136
観測数	1286

表 3: 4 変数による回帰分析 (2)

	係数	標準誤差	p 値
切片	0.3874	0.0033	0
グループ内人数	0.0003	9.314×10^{-5}	0.0021
近接中心性	1.616×10^{-5}	0.0105	0.9987
次数中心性	0.0042	9.778×10^{-5}	7.947×10^{-251}
媒介中心性	1.296×10^{-5}	1.772×10^{-6}	4.601×10^{-13}

表 2 を見ると決定係数が高い数値を示しており、4 つの変数で参加割合がおおむね説明できていることが分かる。一方で表 3 を見ると、近接中心性の p 値が 1 に近い値を示しており、参加割合を説明する変数として有効でないことが分かった。そこで、近接中心性を除いた 3 つの説明変数で再度回帰分析を行った。結果を表 4、表 5 に示す。

表 4: 3 変数による回帰分析 (1)

重決定 R^2	0.8198
補正 R^2	0.8194
標準誤差	0.0135
観測数	1286

表 5: 3 変数による回帰分析 (2)

	係数	標準誤差	p 値
切片	0.3884	0.0011	0
グループ内人数	0.0006	1.426×10^{-4}	3.480×10^{-5}
次数中心性	0.0042	8.964×10^{-5}	2.594×10^{-276}
媒介中心性	1.320×10^{-5}	1.574×10^{-6}	1.302×10^{-16}

表 4、表 5 から、近接中心性の指標を除いた 3 つの変数でも参加割合がおおむね説明できていることが分かる。このことより、ある 2 人のリーダーを選んだ時のコミュニティ活動への全体の参加割合は、2 人のリーダーが所属するグループ内の人数の合計、次数中心性、媒介中心性の 3 つの変数でおおむね説明できるといえる。

ノード i, j をリーダーとしたときの参加割合の回帰式を以下に示す (式 (5))。

$$\begin{aligned} JoinRate_{ij} = & 0.0006 \times Group_{ij} + 0.0042 \times Degree_{ij} \\ & + 1.320 \times 10^{-5} \times Betweenness_{ij} + 0.3884 \end{aligned} \quad (5)$$

ここで $JoinRate_{ij}$ は、ノード i, j をリーダーとしたときの参加割合、 $Group_{ij}$ は属するグループ内の人数、 $Degree_{ij}$ は次数中心性の合計値、 $Betweenness_{ij}$ は媒介中心性の合計値をそれぞれ示す。

以上より、リーダー i, j がコミュニティ活動の活性化に与える影響は、リーダー間の関係を考慮して上の式で表される。

6. おわりに

本論文では、個人が周囲の影響を受けて活動への参加・不参加を決定する山田ら、甲村らのコミュニティ活動モデルを用いて、参加行動が伝播するシミュレーションを行った。そのシミュレーションの結果から、コミュニティ活動を活性化させるリーダーはどのような特徴があるのかについて、リーダー間の関係に注目した観察をした。

調査 1 ではリーダー間の距離とコミュニティ活動への参加割合についての関係を調べた。調査の結果、リーダー間の距離を離しても活動への参加割合は上がらず、かえって参加割合が下がる傾向が見られた。これはリーダー間の距離を離そうとすると、コミュニティの中で中心的でない人物が選ばれてしまうためだと考えられた。

調査 2 ではコミュニティをグループ分けした調査を行った。参加割合の高くなったときのリーダーとそのリーダーの属するグループの関係を調べると、リーダーは異なるグループに属しており、そのグループの人数が多いほど参加割合を高めている様子が確認できた。この結果から、リーダーの属するグループ内の人数の合計と参加割合について調べたところ、相関があることが確認された。

調査 2 で得られた変数とネットワーク中心性の指標を用いて回帰分析を行ったところ、リーダーの所属するグループ内の人数の合計と次数中心性、媒介中心性の 3 つの変数を用いて、参加割合をおおむね説明できた。この 3 つの変数から参加割合の推定式を導出し、2 人のリーダーを選ぶ場合のリーダーの組み合わせと、その時の参加割合の関係を明らかにした。

今後の課題として、コミュニティの人数によってリーダーの人数を変えることなどが考えられる。

参考文献

- [清水 69] 国民生活審議会調査部会コミュニティ問題小委員会：コミュニティ-生活の場における人間性の回復，大蔵省印刷局，1969.
- [今村 10] 今村晴彦，園田紫乃，金子郁容：コミュニティのちから“遠慮がちな”ソーシャル・キャピタルの発見，慶應義塾大学出版会，2010.
- [山田 15] 山田広明，橋本敬：規範意識と自己効力感に駆動されたコミュニティ活動形成と拡大，人工知能学会論文誌，Vol.30, No.2, pp.491-497, 2015.
- [甲村 16] 甲村啓伍，武藤敦子，松井藤五郎，森山甲一，犬塚信博：ネットワーク構造を導入したコミュニティ活動モデル，情報学論，数理モデル化と応用，Vol.9, No.3, pp.15-23, 2016.
- [賀川 17] 賀川祐耶，武藤敦子，松井藤五郎，森山甲一，犬塚信博：他者の関係に基づくコミュニティ活動リーダー決定モデル，情報処理学会研究報告，2017.
- [下村 08] 下村幸作，中野智文，犬塚信博，松尾啓志：学生の出欠時間を活用した学生の友人関係分析，第 6 回人工知能学会データマイニングと統計数理研究，SIG-DMSM-A703, pp.20-26, 2008.
- [Newman 06] M. E. J. Newman: Finding community structure in networks using the eigenvectors of matrices, Phys. Rev. E 74, 036104-Published 11 September 2006.