地域の祭りと住民の交流に関する 社会ネットワーク分析

小谷　仁務[1]・横松　宗太[2]

[1]学生会員　京都大学大学院工学研究科 (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所)
E-mail: hitomukotani@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp
[2]正会員　京都大学准教授　防災研究所 (〒 611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)
E-mail: yoko@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

祭りをはじめとした地域行事での協同をきっかけとして，それがなければ出会わなかった人たちとの接点が生まれることがある．祭りが，個々人の日常的な仕事や趣味等の生活習慣とは独立のコンテクストで催されるからである．本研究は，個人の知識や経験が他者との交流によって内生的に決まる構造とそれらの相違に関する選好の異質性を仮定した社会ネットワークモデルを定式化する．そして数値シミュレーションによって住民間の交流が発展する過程を分析する．さらに祭りによる外生的なリンク形成が，ネットワーク形成や住民の効用水準に与える動学的影響を分析して，地域の祭りの価値について考察する．

Key Words : *Social network, festival, heterogeneous preference, endogenous knowledge and experience*

1.　はじめに

本研究では，社会ネットワークモデルを応用して,「地域の祭り」が存在する地域コミュニティにおいて住民間の交流関係が形成される過程を分析する．社会ネットワークモデルは，様々な個人間の相互作用や集団行動の分析に用いられている．とりわけ，ある 2 人の個人の間の人間関係の形成が，その一方と直接的・間接的につながった第三者の効用に影響を与えるような,「ネットワークの外部性」を分析する上で有用である．例えば，個人 A と個人 B に交友関係がある状況で，それとは独立に個人 B が個人 C と交流を始めたとしよう．それによって，その後に個人 A は個人 C にアプローチをするチャンスが拡がる．共通の知人である個人 B による紹介を利用することができるからである．このような「ネットワークの外部性」を鍵概念として，これまでに地域社会における個人間の情報伝達や，助け合いや協調行動の生成など，様々な具体的現象が，社会ネットワークモデルのフレームの上で議論されてきた（例えば，Chwe (2001)[1)] や Calvo-Armengol and Jackson (2004)[2)]，Ballester *et al.* (2006)[3)]，Easley and Kleinberg (2010)[4)]）．

本研究では，「地域の祭り」が生み出す動学的なネットワーク外部性を分析する．社会学においては，日常的な時間とは異なる非日常的な時間が，個人の心理過程や社会統合に果たす側面が注目されており (例えば，Durkheim (1975)[5)] や Turner (1974)[6)]，嶋根 (2001) [7)])，これを踏まえれば，地域の人々のつながりを考える際にも，非日常的な時間の代表例である「地域の祭り」の存在に着目する必要がある．祭りでは，普段出会わない人たちと顔を合わせ，協働することが多い．そして，これを機に，祭りを離れた日常でも，祭りがなければ決して交流をしなかったであろう人との交流が生まれることさえある．つまり，祭りを機に，両者が意図せずともつながりが生まれる可能性があることに着目する．

では，こういった働きをもつ祭りを考えた場合，祭りがない場合と比べ，地域の社会ネットワークやそのネットワークから得られる効用は長期的にどう変わるのだろうか．あるいは，ネットワーク形成の観点から祭りの役割または価値とはどういうものだろうか．本研究は，この問に答えるために，祭りが存在する地域でのネットワーク形成モデルを定式化し，数値シミュレーションを通じて，社会ネットワークの特性や効用に関する動的な過程について分析する．

これまで，社会ネットワークの形成を扱う研究において，大きく次の 3 つの設定が採用されてきた．すなわち，1) プレーヤーに外生的に与えられる個性・タイプ，2) 同類性選好，そして，3)improving path に基づいたネットワーク形成である．

Droste *et al.* (2000)[8)] や Johnson and Gilles (2000)[9)]，Iijima and Kamada (2014)[10)] など，多くの既存の研究では，プレーヤーの個人的属性を先験的なパラメータとして扱い，さらには同様の属性をもつプレーヤー間ほど，リンク形成による利得，すなわち交流による効用

が大きい，ないしリンク形成の費用が小さいという仮定がされてきた．それらは「同類性選好（Homophily）」[11)−12)]とも呼ばれて，その想定の下で，同じ人種の人々が集まって住むようになるようなコミュニティの形成過程が記述されてきた．

また，社会ネットワークモデルでは，Jackson and Watts (2002a)[13)]が示す improving path を，個人の合理性を基礎としたネットワーク形成の原理とするものが多い．そこでは，プレーヤー i とプレーヤー j の間にリンク ij が加わることによって両者の効用が共に増加（少なくとも一方は厳密に増加）するならリンク ij が形成される．一方，リンク ij を取り除くことによって，少なくとも一方のプレーヤーの効用が厳密に増加するならリンク ij は取り除かれる．すなわち，リンクをつなぐときには両者の合意が必要であるが，リンクを切るときには一方の意思決定のみで十分であると考える．このような個人的最適化を通じて到達する均衡状態は pairwise stable と呼ばれている．

以上のようなフレームワークに対して，本研究は，次の 3 点のように修正を行う．1) プレーヤーがネットワークの中で内生的に決まる知識・経験を有することを考慮し，内生変数に関するプレーヤー間の「同質性」と「異質性」を扱う．また，2) プレーヤーが異質性選好ももちうること，3) 祭りをきっかけに両者の効用とは独立にリンクが形成されることを考慮する．

1) 本研究では，各プレーヤーがもつ，外生的に与えられる個性・タイプではなく，内生的に決まる知識・経験に着目する．本質的に，人間関係は，外生的に決まる相手の個性・タイプよりも，内生的に変化していく相手の知識・経験に，より左右されると考えるからである．そして，この知識・経験は，自身がもつ人間関係の中で，つまり，自身がつながりを持つプレーヤーから得ていくものと考える．あるプレーヤーが別の新たなプレーヤーと知り合いとなれば，相手から何かを学んだり経験したりして，新たな知識・経験を得ることができると考えるのは自然な想定だろう．このような想定の下では，自分と相手との，知識・経験の「同質性」と「異質性」も，社会ネットワークの中で内生的に決まっていく．

そして，2) 本来，相手の知識・経験に対する選好は各人で異なる．地域コミュニティの中で，知識・経験という点で自分と似た人と交流をしたいと思う人もいれば，自分と異なる人と交流をしたいと思う人もいる．本研究は，地域コミュニティ内に同質性選好者も異質性選好者も存在すること，つまり，知識・経験に対する選好に関して二つのタイプが存在することを考慮し，異なった選好をもつプレーヤー間にどのようにネットワークが作られるのかを分析する．

最後に，3) 祭りでは，日頃は顔を合わさない人との思いがけない交流や協働があり，それを機に，日常においても交流が続いていくことがある．このように，本研究は，祭りの機能として，日常の一対一のリンク形成において，祭りがなければ出会わなかったペア間のリンクを，双方の同意を必要とせずとも形成する機能があると考える．この祭りの機能を，外生的な撹乱を伴う improving path である確率的動学に加える．これにより，祭りの存在が地域の日常のネットワーク形成に対して，動学的にどのような影響を与えるのかを分析する．

以上をまとめると，本研究は，プレーヤー間の知識・経験の「同質性」と「異質性」がネットワーク内で内生的に決まることを考慮し，この「同質性」と「異質性」に対する選好の多様性を許容する．そして，この下での一対一のリンク形成の確率的動学過程に，祭りを機に双方の効用とは独立にリンクが形成されることを加えた構造を定式化する．

以下，**2.** では，モデルを定式化し，ネットワーク形成の動学過程を示す．**3.** では，祭りがないコミュニティにおけるネットワーク形成を，数値計算により定性的に分析する．**4.** では，モデルを拡張し，祭りがあるコミュニティにおけるネットワーク形成を考え，祭りをきっかけとしたリンク形成の動学的影響を明らかにする．**5.** では，本研究の結論と今後の課題を示す．

2. 知識・経験の差異に対する選好の多様性を考慮した社会ネットワーク形成モデル

(1) モデル

有限なプレーヤーの集合を $N = \{1, \cdots, n\}$ とする ($n > 2$)．このプレーヤー間のネットワークは，各プレーヤーをノード，各プレーヤー間のつながりをリンクとするグラフによって表現される．N のプレーヤー間のリンクの集合をネットワーク g で表す．プレーヤー i と j をつなぐリンクを ij で表す．もし $ij \in g$ であれば，ネットワーク g の下で，プレーヤー $i \in N$ とプレーヤー j が直接につながっており，$ij \notin g$ であれば，プレーヤー i と j は直接につながっていないとする．例えば，$n = 3$ の場合に，プレーヤー 1 と 2，2 と 3 がつながっているなら，$g = \{12, 23\}$ となる．また，プレーヤー i と直接につながっているプレーヤーの集合はプレーヤー i の隣人（neighbors）と呼ばれ，$N_i(g)$ で表される．すなわち，$N_i(g) = \{j \in N | ij \in g\}$ である．さらに，隣人の人数をプレーヤー i の次数（degree）と呼ぶ．すなわち，次数 $d_i(g) = |N_i(g)|$ である．

各プレーヤーは，自分の隣人との関係で内生的に決まる，知識・経験を有するものとする．よって，プレー

ヤー i にとって，プレーヤー j が自分とどれほど似た知識・経験を有するか，すなわち，どれほど「同質的」かは，互いにどれほどの隣人を共有するかに依るものとする．一方，プレーヤー i にとって，プレーヤー j がどれほど異なる知識・経験を有するか，すなわち，どれほど「異質的」かは，プレーヤー j が自分の隣人ではない隣人をどれほどもつかに依るものとする．プレーヤー i にとって，プレーヤー j と知人を多く（少なく）共通しているなら，プレーヤー i から見てプレーヤー j は似たような（別の）知識・経験を得ている可能性は高く，プレーヤー j の同質性（異質性）は大きいと想定することは自然なことだろう．

したがって，知識・経験という点で，プレーヤー i にとって，自分とプレーヤー j の似ている部分を「同質性 S_{ij}」，異なっている部分を「異質性 D_{ij}」と呼び，それぞれ以下のように表す．

$$S_{ij} = |N_i(g) \cap N_j(g)| \quad (1)$$

$$D_{ij} = |N_j(g) \setminus (N_i(g) \cup \{i\})| \quad (2)$$

S_{ij} は，プレーヤー i と j の隣人の集合の共通部分の要素の数であり，D_{ij} は，プレーヤー j の隣人の集合からプレーヤー i の隣人の集合を除いた差集合の要素の数である．

相手の同質性と異質性を選好する度合いとして，各プレーヤーはパラメータとして異質性選好度 $x_i \in \{0, 1\}$ をもつものとする．プレーヤー i の異質性選好度 x_i が 0 であれば同質性 S_{ij} に対する選好をもち，1 であれば相手の異質性 D_{ij} に対する選好をもつ．以下では，前者を「同質性選好者」，後者を「異質性選好者」と呼ぶ．

以上の設定の下，各プレーヤーは，自身の隣人の同質性と異質性の程度と隣人の数によって効用を得るものとし，以下のように効用関数を定式化する．

$$u_i(g) = \left(\sum_{j \in N_i(g)} b(x_i, D_{ij}, S_{ij}) \right) - c(d_i) \cdot d_i \quad (3)$$

第一項目の $b(\cdot)$ は，隣人 j との交流から得られる利得を表す．第二項目の $c(d_i)$ は，1 人の隣人との交流にかかる費用である．隣人の数 d_i が増えると，スケジュール調整や機会費用が増加するため，一般的に $c(d_i)$ は d_i の非減少関数，すなわち，$\frac{\partial c(d_i)}{\partial d_i} \geq 0$ となる．

(2)　動学過程

n 人のプレーヤーが繰り返しゲームを行う．すなわち，t 期 $(t \geq 1)$ の期初のネットワークを g^t とし，プレーヤー i は g^t を所与として他のプレーヤーとリンク形成をするものとする．動学過程においては，Jackson and Watts (2002a;2002b)[13)−14)] をはじめとした研究で採用されている，外生的な攪乱を伴う improving path，言い換えれば，進化的圧力が加わる確率的動学を用いる．つまり，inertia（慣性），myopic（近視眼的），error（誤り）/mutation（突然変異）を伴う限定合理的な個人を想定する．これは，動学過程において，全員が同時にリンク形成の行動を起こせる訳ではなく（inertia），行動を起こせるプレーヤーも目下の環境に近視眼的に反応し (myopic)，しばしば意思決定に誤りを伴うか，最適でない行動を試行すること (error/mutation) を考慮することである．error/mutation がなければ，外部性により複数均衡の 1 つに偶然ロックインされるような場合があるが，確率的動学の概念を用いることで，ある均衡から飛び出して他の状態に遷移できるようになり，長期的に見て最も頑健に存在するネットワークを導くことができる．

t 期には，Jackson and Watts (2002a)[13)] に倣い，以下の 4 step をとるものとする．

1st

各リンクについての確率分布 $\{p_{ij}\}(p_{ij} > 0)$ が存在し，その確率分布の下で，t 期において，あるリンク ij がランダムに選ばれる．

2nd

ペア ij 以外のプレーヤーは，t 期には何も行動を起こさない．つまり，ペア ij 以外のプレーヤーは即座に行動を起こさない，inertia をとる．

3rd

1st step で選ばれたリンクの両端のプレーヤー i と j は，次の原理に従い，近視眼的 myopic にリンクをつなぐか切るかの意思決定を行う．なお，ペア ij は自分たち以外のプレーヤーは，前期にとった行動を変えないと考える．

- **3-1**　もしリンク ij がネットワーク g^t 上にない場合，1 人のプレーヤーの効用が厳密に増加し，かつ，もう 1 人のプレーヤーの効用が減少しなければ，リンクをつなぐ．そうでない場合は，リンクをつながない．
- **3-2**　既にリンク ij がネットワーク g^t 上にある場合，そのリンクを切ることで，少なくとも 1 人のプレーヤーの効用が厳密に増加するなら，そのリンクを切る．そうでない場合は，リンクをつないだままにする．

4th

リンク形成の意思決定について，確率 $1 > \epsilon > 0$ で error/mutation が起こる．つまり，確率 $1-\epsilon$ でこの意思決定通りの行動がとられ，確率 ϵ でこの意思決定とは逆の行動がとられ，ネットワーク g_1^t が形成される．

以上をまとめると，g_1^t は次のプロセスで形成される．

- If $ij \notin g^t$ and $u_i(g^t+ij) \geq u_i(g^t)$ and $u_j(g^t+ij) \geq u_j(g^t)$ with one inequality strict, then

$g_1^t = g^t + ij$ with probability $(1-\epsilon)$ and g^t with ϵ. Otherwise, $g_1^t = g^t$ with probability $(1-\epsilon)$ and $g^t + ij$ with ϵ.

- If $ij \in g^t$ and $u_i(g^t - ij) > u_i(g^t)$ and/or $u_j(g^t - ij) > u_j(g^t)$, then $g_1^t = g^t - ij$ with propability $(1-\epsilon)$ and g^t with probability ϵ. Otherwise, $g_1^t = g^t$ with probability $(1-\epsilon)$ and $g^t - ij$ with probability ϵ.

以上のプロセスによって形成されたネットワーク g_1^t が t 期の期末のネットワークとなり，それが $t+1$ 期の期初のネットワーク g^{t+1} となる．$t+1$ 期以降，上記のプロセスが繰り返される．

3rd step のリンク形成で，リンクをつなぐ場合と切る場合で非対称性が存在するのは，リンクをつなぐには双方のプレーヤーの同意を必要とするが，リンクを切るには一方のプレーヤーの同意のみで十分であることを意味している．

3. 数値シミュレーション

(1) 関数とパラメータの設定

本章では，まず，祭りがない場合を基本モデルとして，1 人の同質性選好者と異質性選好者の次数や隣人の内の同質性選好者と異質性選好者の人数，そして，そのリンクから得る純効用などの動学過程を数値シミュレーションにより分析する．

モデルの関数とパラメーターを以下のように設定する．

$$b(x_i, S_{ij}, D_{ij}) = x_i D_{ij} + (1-x_i) S_{ij} \tag{4a}$$

$$c(d_i) = \bar{c} \tag{4b}$$

$$p_{ij} = \frac{1}{{}_n\mathrm{C}_2}\ , g^1 = \emptyset\ , \tag{4c}$$

$$n = 20,\ t = 3000,\ \bar{c} = 0.1, \tag{4d}$$

$$\epsilon = 0.025 \tag{4e}$$

すなわち，1 人の隣人から得られる利得 $b(x_i, S_{ij}, D_{ij})$ は，同質性 S_{ij} に x_i，異質性 D_{ij} に $1-x_i$ の重み付けをした線形関数を仮定する．1 人の隣人との交流にかかる費用 $c(d_i)$ は，交流する人数に関わらず一定と仮定する．$\bar{c} = 0.1$ においては，同質性選好者は，自分と共通の隣人を 1 人でももつプレーヤーとリンクを結べば効用が上がり，異質性選好者は，自分の隣人でない隣人を 1 人でももつプレーヤーとリンクを結べば効用が上がる．また，動学過程の 1st step のリンクの選択確率 p_{ij} は一様分布を，初期ネットワーク g^1 は empty network を仮定する．

分析では，プレーヤー間の交流の違いに関心があるので，同質性選好者と異質性選好者との割合が異なる以下の 5 ケースを考える．

case1
25% ($i = 1, \cdots, 5$) が同質性選好者，
75% ($i = 6, \cdots, 20$) が異質性選好者

case2
40% ($i = 1, \cdots, 8$) が同質性選好者，
60% ($i = 9, \cdots, 20$) が異質性選好者

case3
50% ($i = 1, \cdots, 10$) が同質性選好者，
50% ($i = 10, \cdots, 20$) が異質性選好者

case4
60% ($i = 1, \cdots, 12$) が同質性選好者，
40% ($i = 13, \cdots, 20$) が異質性選好者

case5
75% ($i = 1, \cdots, 15$) が同質性選好者，
25% ($i = 16, \cdots, 20$) が異質性選好者

なお，分析では Monte-Carlo シミュレーションの繰り返し回数を 1000 とし，その平均値を用いる．

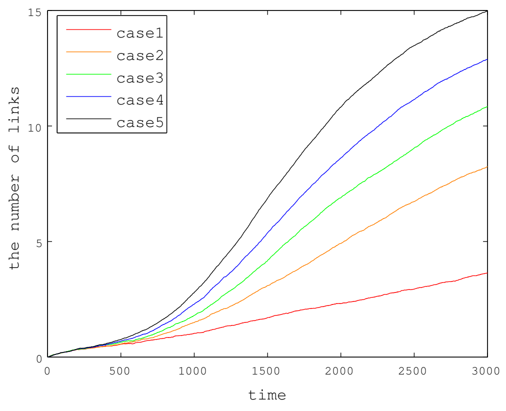
(2) 結果

分析の結果，同質性選好者と異質性選好者のそれぞれの次数と全リンクから得る純効用は，時間が経てば増加していくことがわかる（**図–1-4**）．

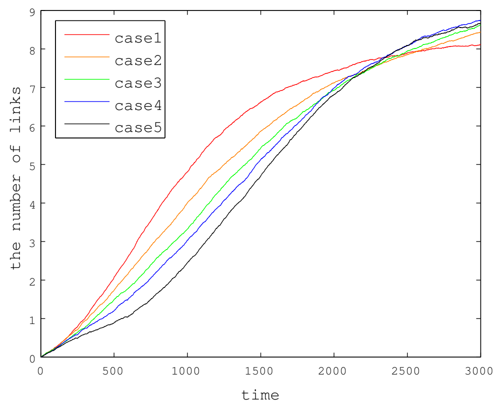
ケース 1-5 を，error/mutation によってネットワーク形成が駆動していく「初期段階」とそれ以降の「一定時間経過後」に分けて考察していく．以降では，表記の簡略化のため，同質性選好者と同質性選好者，同質性選好者と異質性選好者，異質性選好者と異質性選好者の間に存在するリンクをそれぞれ「同質-同質」,「同質-異質（または異質-同質）」,「異質-異質」と記す．

まず，基準となるケースとして，同質性選好者と異質性選好者が半分ずついるケース 3 を考察する．ケース 3 は**図–1-8** の緑色の線で示されている．1 人の異質性選好者の隣人の内の同質性選好者の人数（**図–5**）と異質性選好者の人数（**図–6**）をそれぞれ見ると，異質-異質のリンク数（**図–6**）が最初に大きな水準となる．次に，それに遅れて，同質-同質のリンク数（**図–7**），その後，同質-異質のリンク数（**図–5**）が増加している．すなわち，1) 異質-異質，2) 同質-同質，3) 同質-異質の順にリンク数の大きな増加が起こることが基本パターンとなる．以下に，異質-異質，同質-同質，同質-異質の各リンクが順に増加していく理由を述べる．

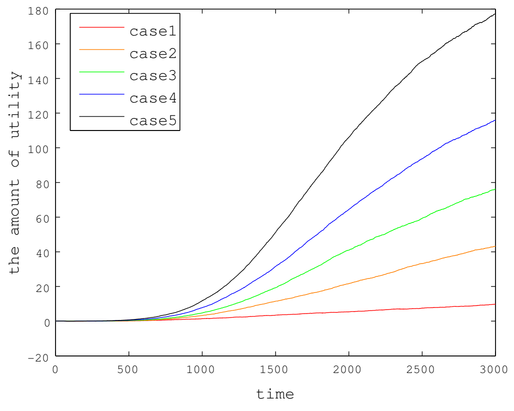
いま，プレーヤー i と j の間にリンクがないとき ($ij \notin g$) に，両者の個々の合理的な意思決定によってリンク ij が形成されるためには，**図–9** または**図–10** に実線で描かれたような状態が必要となる．図中の白いノードは同質性選好者を表し，黒いノードは異質性選好者を表す．灰色のノードは同質性選好者あるいは異質性選好者のどちらでもよい．プレーヤー i と j が同質性選好



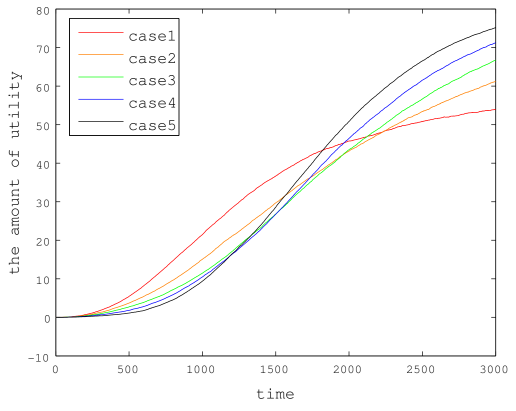
図–1　同質性選好者 1 人の次数



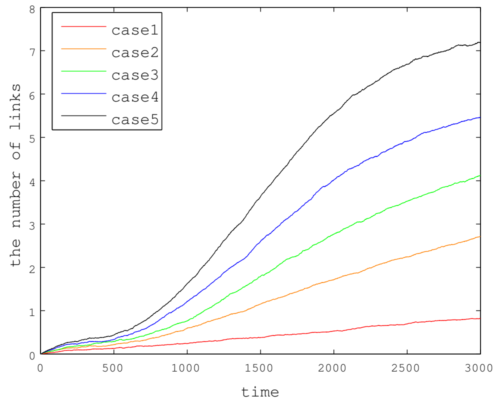
図–2　異質性選好者 1 人の次数



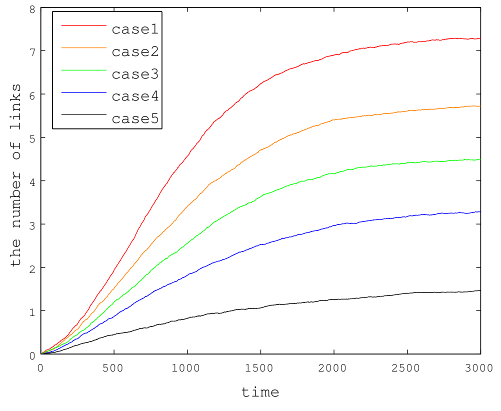
図–3　同質性選好者 1 人が隣人から得る純効用



図–4　異質性選好者 1 人が隣人から得る純効用

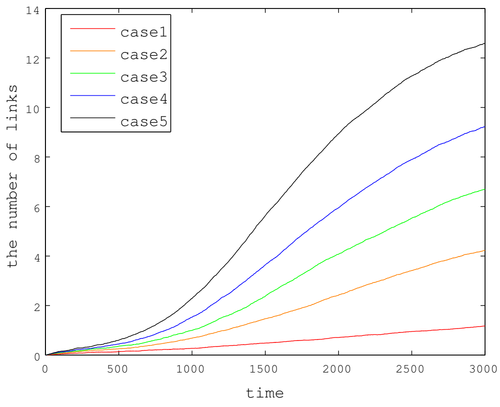


図–5　異質性選好者 1 人の隣人の内の同質性選好者数

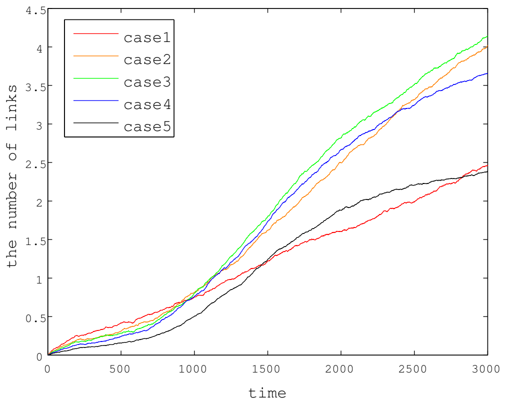


図–6　異質性選好者 1 人の隣人の内の異質性選好者数

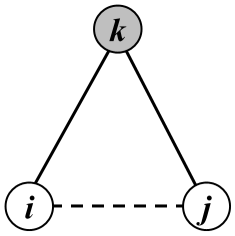
者同士の場合（**図–9**）には，既に共通の知人 k がいることによって，$S_{ij} = S_{ji} \geq 1$ でなければならない．一方，プレーヤー i と j が異質性選好者同士である場合（**図–10**）には，プレーヤー i にとっては j とつながることによって新たに l の知識が得られ，プレーヤー j にとっては i とつながることによって新たに k の知識が得られなければならない．すなわち $D_{ij} \geq 1$ かつ $D_{ji} \geq 1$ である必要がある．



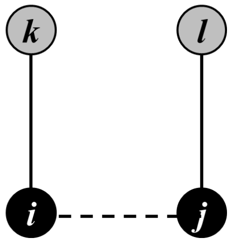
図–7 同質性選好者 1 人の隣人の内の同質性選好者の人数



図–8 同質性選好者 1 人の隣人の内の異質性選好者の人数



図–9 同質性選好者間にリンクが形成されるとき



図–10 異質性選好者間にリンクが形成されるとき

初期の empty network からこのような前提条件が成立するためには，少なくとも 2 回の error/mutation が起き，リンク ik, jk （**図–9**）やリンク ik, jl （**図–10**）が偶然的に形成されることが必要となるが，確率的に後者のネットワーク $g = \{ik, jl\}$ の方が形成されやすい．$l(\neq k)$ が任意であるからである．よって，動学の初期段階では異質-異質のリンク形成の方が起こりやすく，それに次いで同質-同質のリンク形成が起こる．

次に，異なる選好をもつプレーヤー同士のリンク形成を見ていこう．異質性選好者 i と同質性選好者 j の合理的な意思決定によってはじめてリンク ij が形成される条件を考えると，リンク ij が形成されるためには，以下の 2 つの条件が同時に満たされる必要がある．

条件 1

異質性選好者 i にとって，相手 j が自分の隣人でないプレーヤー k とのリンクをもっている．

条件 2

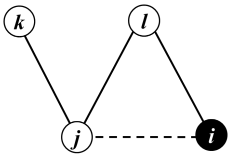
同質性選好者 j にとって，相手 i と既に共通の隣人 l をもっている．

プレーヤー k と l がそれぞれ同質性選好者か，異質性選好者かによって，条件 1 と 2 が共に満たされるときの状態が異なる．それぞれの状態を，**図–11-14** に示すように,「状態 A」,「状態 B」,「状態 C」,「状態 D」と呼ぶこととする．**図–11-14** では，白いノードは同質性選好者を，黒いノードは異質性選好者を表す．

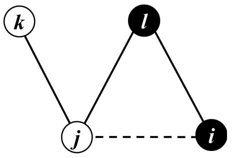
ここでは，同質性-異質性のリンクが初めて合理的な意思決定によって作られる場合を考える．このとき前提として，状態 A-D に存在する同質-異質のリンクは error/mutation で作られている必要がある．状態 C と D では同質-異質のリンクが 2 本も存在しており，特に状態 C と D の成立は error/mutation の確率に大きく依存する．error/mutation による同質-異質のリンクの生成確率が高い環境ほど，ネットワークにおいて同質性-異質性リンクが早く成長していく環境といえる．また，各状態 A-D の中に，同質-同質のリンクは，状態 A では 2 本，状態 B-D ではそれぞれ 1 本あり，同質-同質のリンクが形成されていることもリンク ij の形成に大きな影響を与えているといえる．

したがって，ケース 3 では，以下のような構造で，同質-同質，異質-異質，同質-異質のリンクが作られるものと思われる．

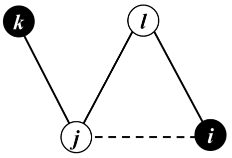
- 初期段階
  Empty network から初期には**図–10** の状態になりやすいので異質-異質が早く形成され，遅れて同質-同質が形成される．
- 一定時間経過後



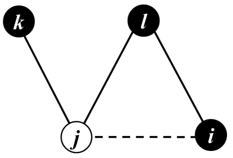
図–11 状態 A



図–12 状態 B



図–13 状態 C



図–14 状態 D

初期段階で同質-同質のリンクが形成されていることで，状態 A-D の生起する確率が高まり，同質-異質のリンクがつくられる

次に，ケース 3 を踏まえ，同質性選好者の割合が小さいケース 1 と 2 を考察する．**図–1-8** においてケース 1 は赤線，ケース 2 はオレンジ線で示されている．

- 初期段階
  異質性選好者の割合が大きいため，error/mutation で形成されるリンクを異質性選好者がもつ確率が高い．このため，**図–10** の状態になる確率が高まるため，初期では異質-異質が大きく成長する．これによって，異質性選好者の次数が大きくなる．**図–2** の $t = 2000$ あたりまでは，赤線，オレンジ線が高い水準をとるのはそのためである．なお，**図–9** で見たように同質-同質リンクは比較的形成されにくく，かつ，同質性選好者の割合が小さく error/mutation で形成されるリンクを同質性選好者がもつ確率は低いので，同質-同質リンクは時間を通じてあまり形成されない．
- 一定時間経過後
  同質-異質のリンク形成に大きな影響を及ぼす同質-同質のリンクは少ないものの，異質-異質のリンクが多い状態にあるため，状態 B と D が比較的成立しやすくなり，同質-異質のリンクが徐々にではあるが形成されていく．

最後に，同質性選好者の割合が大きいケース 4 と 5 を考察する．**図–1-8** においてケース 4 は青線，ケース 5 は黒線で示されている．

- 初期段階
  同質性選好者の割合が大きいため，error/mutation で形成されるリンクを同質性選好者がもつ確率が高い．このため，**図–9** の状態になる確率が高まるため，同質-同質が大きく成長する．一方，異質性選好者の割合は小さいので，**図–10** の状態になる確率が低く，異質-異質のリンクは時間を通じてあまり形成されない．
- 一定時間経過後
  同質-同質が多い状態にあるため，状態 A が最も多く，次いで状態 B-C が多くなり，同質-異質のリンクが大きく成長する．同質-異質のリンクが増えるとき，異質性選好者の割合が小さいため，1 人の異質性選好者がもつ異質-同質リンクが増える．さらに，状態 A で異質-同質リンク ij がつながった後（**図–15** の一番左）には，元々同質-同質のリンクは多いので同質性選好者 k が同質性選好者 m とつながっている可能性が高い．したがって，再び状態 A と同じ構造となり（**図–15** の左から二番目），プレーヤー i と k の合理的な意思決定によってリンク ik がつながる（**図–15** の左から三番目）．さらに，m は別の同質-同質リンクをもちえ，再度状態 A と同じ構造となり（**図–15** の左から四番目），i と m のリンク形成がなされる（**図–15** の左から五番目）．以降，上記のプロセスが繰り返されることで，異質性選好者 i の次数は大きく増える．**図–2** において，およそ $t = 2000$ 以降に，異質性選好者の次数が他のケースより高い水準となるのはそのためである．

4. 祭りの機能

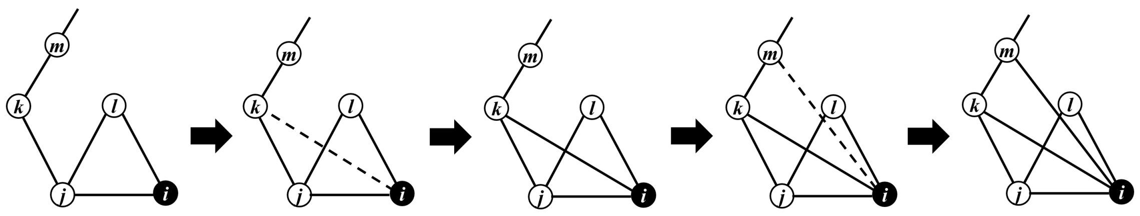
(1) 祭りがある場合のネットワーク形成

本章では，祭りがあるコミュニティを考える．祭りでは，本モデルで定式化した効用関数による評価とは異なるコンテクストによって関係がつくられるものと考えられる．よって，祭りがあるコミュニティでは，前章の動学過程の 1st - 4th step の後に，5th step として，以下のように，祭りへの参加をきっかけに双方合意とは独立に，確率的にリンクが形成されることを想定する．

5th

リンク ij が存在しないのであれば，互いの同意を必要とせずともリンク ij が確率的に作られる．すなわち，もしリンク ij がネットワーク g_1^t 上にない場合，確率 η (> 0) でリンクがつながり，確率 $1 - \eta$ でリンクをつながない．もしこれによってリンク ij がつながったとき，ネットワーク内にリンク ij しかなければ ij を切り，そうでなければランダムに選んだ他のリンク kl を切る．この過程を通してネットワーク g_2^t が形成される．

以上をまとめると，本 step でネットワーク g_2^t は次のように作られる．



図–15 ケース 4，5 の一定時間経過後に，異質性選好者の次数が増える過程

- If $ij \notin g_1^t$, then $g_2^t = g_1^t + ij - kl$ (, where if $g_1^t = \emptyset$, $kl = ij$, otherwise $kl \neq ij$) with probability η, and $g_2^t = g_1^t$ with $(1-\eta)$. Otherwise, $g_2^t = g_1^t$.

以上のプロセスによって形成されたネットワーク g_2^t が t 期の期末のネットワークとなり，それが $t+1$ 期の期初のネットワーク g^{t+1} となる．$t+1$ 期以降，上記のプロセスが繰り返される．

このリンク形成において，リンク ij を加えると同時にリンク $kl \in g_1^t$ を取り除く理由は，直接的なリンク数の増加効果を取り除くためである．すなわち，本分析の目的は祭りの長期的なネットワーク形成効果を調べる点にあるため，5th step によるリンク数増加の操作そのものがネットワーク全体のリンク数を増やすという当然の帰結が，結果の解釈を困難にさせる影響を排除するためである．

数値シミュレーションでは，祭りを機に形成されるリンクの確率を $\eta = 0.05$，その他の関数とパラメータについては前章と同じものを用いる．

(2) 結果

祭りがある場合，5th step では，ペアの効用とは独立してリンクが形成され，他のリンクが取り除かれる．ここではネットワーク内のリンク数は一定に保たれるため，その時点ではネットワークの成長はない．だが，**図–1-4** と**図–16-19** をそれぞれ比較すると，各ケースでの同質性選好者と異質性選好者の次数や純効用は長期的には増加している．

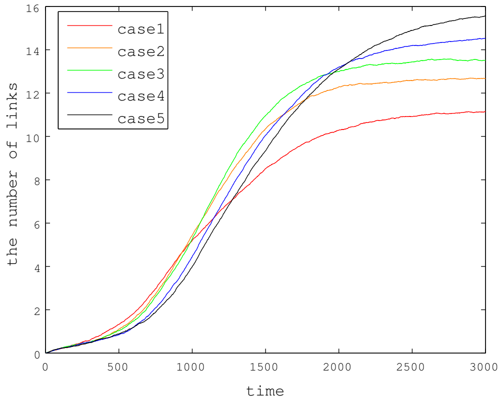
特に，同質性選好者の割合が小さいケース 1 と 2 で各指標の増加が大きい．前章で触れたように，ケース 1 と 2 では，祭りがない場合には，時間を通じて同質性選好者と異質性選好者の間のリンクは相対的に少ない．このつながりにくい同質-異質のリンクが，祭りを機に加えられることで，**図–11-14** の状態 A-D が増え，合理的な意思決定による同質-異質リンクが作られていく．さらに，前章でも見たように，それがまた新たな合理的な意思決定によるリンクを導く．また，リンクがつながることは，同質性選好者には必ず正の外部性をもたらすので，同質-同質のリンクも合理的な意思決定によりさらに追加されていく．こういったプロセスで，ネットワーク全体のリンク数とプレーヤーの純効用は早く，大きく高められるものと考えられる．

このように，ネットワークの形成の観点からの祭りの価値とは，短期では負の効用をもたらすものの，それをきっかけに自律的なリンク形成につながり，長期では大きな効用の増加をもたらすリンクを加えることであるといえるだろう．

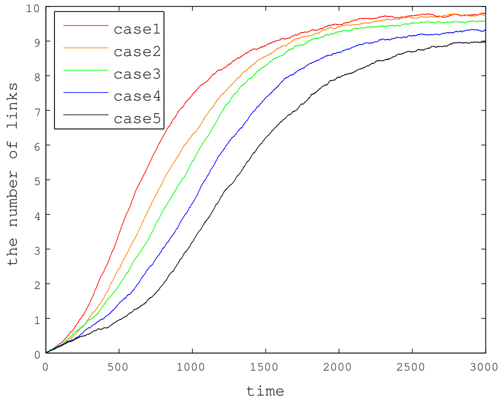
(3) 「非日常性」と地域の社会ネットワーク

Durkheim (1975)[5]は,「集合的沸騰」という概念を通じて，儀礼がもたらす「非日常的な時間」が，社会統合という潜在的な機能をもつことを指摘する．すなわち，価値の転倒や無意味な蕩尽など儀礼的祝祭がもたらす「非日常性」は，日常的な秩序に対する侵犯であり，一見社会を混乱に落とし入れるかのようであるが，社会を全体として眺めてみたときには，非日常的な時間の創出が社会的な秩序維持に貢献しているという潜在機能を発見した．本研究においても，祭りをきっかけとして improving path と独立に生成されるリンクは，短期的には負の効用をもたらすが，長期的には，多様なプレーヤーによって構成されるネットワークの生成や効用の増加をもたらすことが確認された．

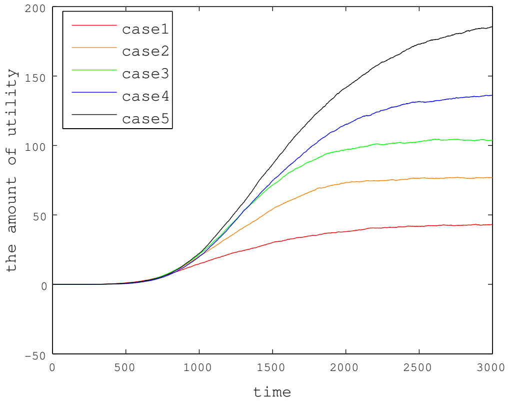
地域コミュニティが直面する非日常は，本研究で扱った「祭り」といった予測可能な非日常から,「震災経験」や「震災復興」といった予測不可能な非日常まで，多様に存在する．一見それらから生まれるつながりは覚束ないものかもしれないが，そこで生まれたつながりを利用していくことで，長期的には多様な人々の結束を強める契機となる可能性が十分にあることを示唆している．例えば，筆者らが定期的に調査で訪れる神戸市長田区の JR 新長田駅周辺でも，上記のことが確認できる．そこでは，阪神・淡路大震災前はそれほど交流のなかった商店街あるいは住民同士が，震災後の復興まちづくりを協同し進めたことをきっかけに，現在でも商店街間の交流が続いており，イベントや伝統行事が盛んに行われ，様々な住民間の交流がさらにつくられる環境となっている．



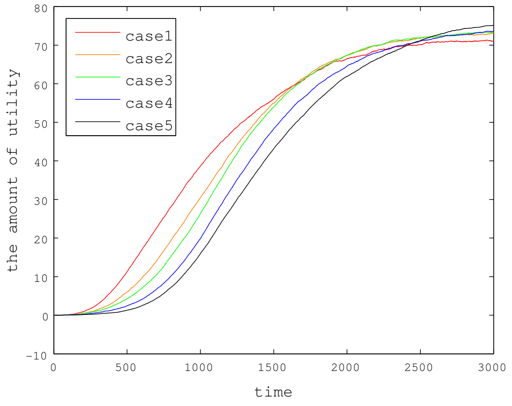
図–16 祭りがあるコミュニティでの同質性選好者 1 人の次数



図–17 祭りがあるコミュニティでの異質性選好者 1 人の次数



図–18 祭りがあるコミュニティで同質性選好者 1 人が隣人から得る純効用



図–19 祭りがあるコミュニティで異質性選好者 1 人が隣人から得る純効用

一方，山田 (2010)[15]は，日常性と非日常性とは相互補完的，相互依存的な関係にあると指摘する．また，藤村 (2001)[16]は，日常と非日常を交錯させた二重性，デュアル・ライフによって，人々が，固定化された役割イメージや身体化した習慣に居直ることなく，動的に生きることが可能となると指摘する．本研究でも，祭りによるリンク形成は，improving path に基づくリンク形成があることでその効力を発揮している．improving path に基づくリンク形成と祭りによるリンク形成は互いに強く依存し合っていること，それぞれのコミュニケーションが異なる意味領域ないし規範の下でなされることの重要性がわかる．

定期的に行われる「祭り」などの地域行事は，ややもすると，住民にとって日常の生活と地続きになりすぎてしまい，普段と同じ役割のまま関与することになるかもしれない．上述したように，非日常性が日常性と相互補完的，相互依存的な関係にあり，異なる意味・役割領域をもつことが肝要であることを考慮すれば，日常のコミュニケーションを保ちつつも，地域行事を日常から際立たせ，固定化された役割や習慣から解放し，日頃のコミュニケーションとは異なる形のコミュニケーションが生まれる場をつくっていくことが，多主体で構成される社会ネットワークの生成に大きく寄与する可能性があるといえよう．

5. おわりに

本研究では，プレーヤー間の知識・経験の「同質性」と「異質性」がネットワーク内で内生的に決まることを考慮し，この「同質性」と「異質性」に対する選好の多様性を許容した，一対一のリンク形成の確率的動学過程を定式化した．そして，祭りを機に双方の効用とは独立にリンクが偶然的に形成されることを祭りの役割と考え，祭りの有無によるネットワーク形成の動学的変化を定性的に分析した．

祭りがない場合，異なる選好をもつプレーヤー間の

リンクが最も作られにくい．だが，祭りがある場合，そのプレーヤー間にリンクがつくられる可能性が高まる．このリンク形成は負の効用を伴うものであるが，このリンクをきっかけに，異なる選好をもつプレーヤー間のリンクや同質性選好をもつプレーヤー間のリンクが自律的に形成され，長期的にはネットワークの拡大と効用の増加が達成される．一時的には負の効用をもたらすが，それがトリガーとなり，多様なプレーヤー間のリンクの自律的な成長と効用の増大を長期的にもたらすリンクをつくることが，祭りの価値であることを明らかにした．

一方，本研究はいくつかの課題を残している．まず，本研究はプレーヤーの選好を外生的に与えたが，ネットワークの中で内生的に決まることを考慮する必要がある．住民の選好は，ネットワーク内での当人の位置や祭りの経験に大きく依存するだろう．次に，本研究は，improving path に則り，プレーヤーが一対一のリンクを形成する枠組みを用いたが，今後，複数のリンクを同時に形成する枠組みへと拡張していく必要がある．祭りは集合的活動であり，一度に多くの人と出会えるからである．

参考文献

1) Chwe, M. S. Y.: *Rational Ritual: Culture, Coordination, and Common Knowledge*, Princeton University Press, 2001（安田雪訳：儀式は何の役に立つか ゲーム理論のレッスン，新曜社，2003.）.

2) Calvo-Armengol, A. and Jackson, M. O.: The effects of social networks on employment and inequality, *American Economic Review*, pp.426-454, 2004.

3) Ballester, C., Calvo - Armengol, A., and Zenou, Y. : Who's who in networks. wanted: the key player, *Econometrica*, Vol.74, No.5, pp.1403-1417, 2006.

4) Easley, D. and Kleinberg, J.: *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*, Cambridge University Press, 2010（浅野孝夫，浅野泰仁訳：ネットワーク・大衆・マーケット 現代社会の複雑な連結性についての推論，共立出版，2010.）.

5) Durkheim, E.: 宗教生活の原初形態（古野清人訳），岩波書店，1975（*Les formes elementaires de la vie religieuse: le systeme totemique en Australie*, 1912）.

6) Turner, V. W.: *Dramas, Fields, and Metaphors: Symbolic Action in Human Society*, Cornell University Press, 1975.

7) 嶋根克己：1 章 非日常を生み出す文化装置，非日常を生み出す文化装置（嶋根克己，藤村正之編著），北樹出版，2001.

8) Droste, E., Gilles, R., and Johnson, C.: Evolution of conventions in endogenous social networks, Unpublished Manuscript, CentER, Tilburg University, The Netherlands, 2000.

9) Johnson, C. and Gilles,R.: Spatial social networks, *Review of Economic Design*, Vol.5, No.3, pp.273-299, 2000.

10) Iijima, R. and Kamada, Y.: Social distance and network structures, Unpublished manuscript, Harvard University, 2010.

11) Lazarsfeld, P. F. and Merton, R. K.: Friendship as a social process: A substantive and methodological analysis, *Freedom and Control in Modern Society*, pp.18-66, 1954.

12) McPherson, M., Smith-Lovin, L., and Cook, J. M.: Birds of a feather: Homophily in social networks, *Annual Review of Sociology*, pp. 415-444, 2001.

13) Jackson, M. O. and Watts, A.: The evolution of social and economic networks, *Journal of Economic Theory*, Vol.106, No.2, pp.265-295, 2002.

14) Jackson, M. O. and Watts, A.: On the formation of interaction networks in social coordination games, *Games and Economic Behavior*, Vol.41, No.2, pp.265-291, 2002.

15) 山田真茂留：非日常性の社会学，学文社，2010.

16) 藤村正之：2 章 現代社会における日常/非日常の構図，非日常を生み出す文化装置（嶋根克己，藤村正之編著），北樹出版，2001.

(2015. 4. 24 受付)

A Social Network Analysis with a Focus on Local Festivals and Communication

Hitomu KOTANI and Muneta YOKOMATSU

Community activities, such as local festivals, which get residents to collaborate with each other, can enable them to start interacting with others whom they have never interacted with before. This is because festivals exist in the context that is independent of daily jobs or hobbies of residents. This study develops a social network model with the assumption that (i) each player's knowledge and experience is endogenously determined through a network and (ii) players have various preferences for the heterogeneity of these knowledge and experience. We carry out numerical simulation to illustrate the dynamic process of the interaction among players. Furthermore, we investigate the dynamic effect of exogenous link addition by festivals on network formation and utility of each player, and evaluate the value of festivals.