

社会ネットワーク形成過程に着目した 地域資産の機能評価

小谷 仁務¹

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)
E-mail: kotani.hitomu.23m@st.kyoto-u.ac.jp

地域資産である広場や商店街などの物理的特性が変わると、そこで行われる祭りなどの地域の共同行事の参加者の数や多様性も変わりうる。そして、それによって行事で新たな共同が生まれ、その共同を機に日常生活の交流も拡大することがある。これは、地域資産の特性がもたらす価値と考えることができる。本稿は、既存のネットワーク形成モデルが地域資産の上記の機能を評価するには不十分であることを示した上で、それらの課題を克服する筆者らの手法を示す。ここでは、地域の共同行事における交流と日常生活の交流を別々の階層で表す階層型の社会ネットワーク形成モデルを用いる。共同行事の交流が日常生活の社会ネットワークを拡大する効果を計量することを通じ、地域資産の物理的特性や共同行事自体の機能を定量的に評価できる可能性を示す。同時に、筆者らの手法の課題を議論する。以上を通じて、本稿は、社会ネットワークの形成過程に着目した地域資産の機能評価に関する方法論を開発していくための一つの方向性を示すことを試みる。

Key Words : Local assets, social networks, community of practice, artifacts, multilayer network formation model, evaluation method

1. はじめに

地域の公園や河川敷、商店街、文化的景観などの地域資産は、地域の中で脈々と引き継がれている。そして、それら地域資産の存在下で、個々人の日課や地域の祭り、催事などの様々な活動が行われている。あらゆる実践活動を、人のみならず、人以外の要素も含めた関係の中で捉える理論が社会心理学に存在する。それは、Lave and Wenger (1991)¹⁾が提唱する「実践共同体論 (Theory of Community of Practice)」である。この理論において、あらゆる実践は人のみならず「モノ」も含めた他者との共同体によって行われる。実践を共にするモノは「アーティファクト」と呼ばれ、実践共同体は「ある一つの実践に関与する人々とアーティファクトのまとまり」によって構成される。また、アーティファクトは、実践共同体の人同士の関係を媒介する (石黒 2001²⁾)。この理論では、実践共同体の構成員である人やアーティファクトとの間に作られる関係や役割が、その実践において個人がもつ「アイデンティティ」となる。実践共同体の構成員であるアーティファクトが変われば、実践共同体内の関係や構成員、実践のあり方も変わる¹⁾。

無論、地域資産もモノである。そのため、地域資産

の維持管理や継承の問題を考える際、実践共同体論の視座をもち、アーティファクトとして地域資産を捉え、地域資産と共になされる共同の実践を考慮すべきだろう。さらに、その共同の実践において、地域資産が人々の間に形成するアイデンティティ、つまり関係に着目する必要がある。言い換えれば、地域資産の維持管理や継承の問題と地域の様々な実践や関係の維持や継承の問題は表裏一体であり、そのことを考慮した適切な地域資産の維持管理が求められる。

実践共同体論に依れば、あらゆる活動は共同の実践であるが、本稿は、地域資産である広場や商店街などの公共空間で開かれる祭りや神事、イベント事といった地域の「共同行事」を対象とする。特に、住民が地域の伝統に参画するという規範意識をもち、参加したり、運営したりする共同行事を考える。

上記の実践に参加することは、互いを利する相手との双方合意によるミーティングとは異なる形で、他者とミーティングすることになる。また、この参加を通じて新たに知り合う人との関係は、行事を離れた日常生活でも続くことがある。そして、その相手とのつながりを機に、別の相手との新たな人間関係を築けることもある。すなわち、アーティファクトとしての地域資産は、地域の共同行事の場を供し、これまで出会うことのなかった人との関係も媒介する。さらに、その新しい関係は、その共同の実践を離れても続くことで、地域全体の社会ネットワークにまで影響をもたらす

¹ 実践共同体論とアーティファクトについては、本文中に示した参考文献の他に、伊藤ら (2004)³⁾、上野ら (2006)⁴⁾、矢守 (2006)⁵⁾、孫ら (2012)⁶⁾、茂呂ら (2012)⁷⁾に詳しくまとめられている。

る。一方、実践共同体論が示唆するように、共同行事に用いられる地域資産の有無や物理的特性が変われば、行事の参加者の数や多様性も変化する。それにより、行事における新たな共同が生まれ、その共同を機に日常生活でも新たな交流が生まれうる。例えば、神戸市長田区の商店街は、阪神・淡路大震災後、巨大な空間をもつ商店街へと変わったが、地域の縁日はその大きな空間を利用することによって、店主のみならず、主婦や学生も出店やイベントに参加できるようになった。そして、縁日に新たに参加したステークホルダーが、縁日をきっかけに、日常生活でも新たな交流を生んでいる。この縁日をきっかけとした日常生活の新たな交流は、新たなアーケードの特性がもたらした価値といえるだろう。同じ世代や職業などの同じグループ内の交流に加え、異なるグループ間の交流の度合いを高めているとするなら、異質な情報の入手可能性や地域コミュニティの構成員への受容性を高め、コミュニティの秩序形成にもつながっているだろう (e.g., Putnam 2000⁸⁾)。また、地域ネットワークにアクセスするきっかけを行事が人々に与え、社会的孤立者を減らしているなら、行事の場を供する地域資産はその役割に少なからず貢献しているともいえる。

以上のように、アーティファクトとしての地域資産が地域コミュニティの関係の形成に果たす意義は大きいと考えられる。そのため、地域資産の適切な維持管理を目的の一つとする土木計画学が、地域資産の有無や物理的性質が社会ネットワークの形成に果たす役割を理解し、それを定量的に評価する枠組みを有しておく必要がある。だが、3. で示すように、既存の社会ネットワーク形成モデルが、地域資産やそれと共になされる共同実践の役割を十分に考慮してきたとは言い難い。

そこで、本稿は、社会ネットワーク形成過程を考慮した地域資産の機能評価に関する方法論の開発に向けた、一つの方向性を示すことを目的とする。具体的には、ネットワーク形成モデルの基礎的な整理を行った上で、地域資産やそれと共になされる共同行事における交流が既往のネットワーク形成モデルでどう扱われてきたかを示す。そして、そこでの課題を踏まえて筆者らが提案する社会ネットワーク形成モデルを紹介する。そのモデルを用いた定量的な結果を示し、今後の課題を議論する。

以下、2. では、ネットワーク形成モデルの基礎的な整理を行う。3. では、地域資産やそれと共になされる共同行事の交流の視点から、既往のネットワーク形成モデルを整理し、それらの課題を述べる。それを踏まえて筆者らが提案するネットワーク形成モデルの枠組みと特徴を述べる。4. では、そのモデルと定量的分析

の結果の概要を示す。5. では、本稿の内容をとりまとめる。

2. ネットワーク形成モデルの基礎的整理

3. で共同行事における交流や地域資産の存在に関連する既往研究を整理するにあたり、本章ではネットワーク形成モデルの基礎的な整理を行う。Jackson (2005)⁹⁾、(2008)¹⁰⁾に依ると、ネットワーク形成モデルは二種類に大別できる(1) 特定の確率過程に従うリンク形成を記述するランダムグラフに関するモデルと(2) リンク形成の費用と便益を考慮し、かつゲーム理論を応用してリンク形成を記述する戦略的モデルである。以降、前者を「確率的ネットワーク形成モデル (stochastic network formation model)」, 後者を「戦略的ネットワーク形成モデル (strategic network formation model)」と呼ぶ。以下に、各モデルの特徴を示す。

(1) 確率的ネットワーク形成モデル

確率的ネットワーク形成モデル (stochastic network formation model) の主眼は、例えば、べき乗則に従う次数分布のような、ある特定の構造をもつネットワークが、リンク形成に関する特定の確率過程からどのように実現するのかを明らかにすることである。このモデルに関する研究は膨大に存在する。

古典的な研究として、リンク形成がベルヌーイ過程に従うランダムネットワークモデルがある (e.g., Erdos and Renyi 1959¹¹⁾, 1960¹²⁾, 1961¹³⁾)。そこでは、ネットワークの次数分布 (degree distribution) などのネットワークの特性が明らかにされている。なお、プレイヤー i がもつリンクの数を i の次数 (degree) と呼ぶ。その他に、ネットワークの直径、すなわち、最短パスの内の最長距離が小さく、かつ、クラスター度合いが大きい、スモールワールドネットワーク (small-world network) を再現するモデルがある。例えば、格子構造ネットワークにおいてリンクのランダムな張り替えを考慮することで、スモールワールドネットワークが再現されることが明らかにされている (Watts and Strogatz 1998¹⁴⁾)。また、べき乗則の次数分布をもつスケールフリーネットワーク (scale-free network) を再現するモデルもある。例えば、ネットワークの成長と優先的選択 (preferential attachment) を考慮することで、スケールフリーネットワークが生成されることが明らかにされている (Barabasi and Albert 1999¹⁵⁾)。なお、ネットワークの成長とは、時間と共にノードとリンクがネットワークに次々に追加されることを意味し、優先的選択とは、大きい次数を持つノードの次数はさらに大きくなる傾向があることを意味する。閾値モデル (threshold

model) もスケールフリーネットワークを再現することが明らかにされている (e.g., Caldarelli et al. 2002¹⁶⁾, Masuda et al. 2004¹⁷⁾). このモデルでは, 各ノードに重みがランダムに割り振られ, その重みの下, 閾値ルールによってリンクを結合するかどうかが決まる. その他にも, 特定の次数分布をもつネットワークを生成するコンフィギュレーションモデル (configuration model) (e.g., Bender et al. 1978¹⁸⁾) などがある.

ただ, これらのモデルは, どういった確率過程を経て特定のネットワークが形成されるのかを明らかにするものの, 分析者が確率過程をアドホックに設定するため, 「なぜ」そのようなネットワークが形成されるのかを明らかににはしない. さらに, 実現するネットワークの良し悪し, すなわち, ネットワークの効率性 (efficiency) に関する議論はこれらのモデルではできない.

(2) 戦略的ネットワーク形成モデル

戦略的ネットワーク形成モデル (strategic network formation model) は, ネットワークを構成するプレイヤーがネットワークから得る効用を明示的にモデル化する. リンクはプレイヤーの合理的な意思決定によって形成される. そして, 均衡の考え方を基に, 起こりうるネットワークの構造が明らかにされる. このモデルは, 「なぜ」特定の構造をもつネットワークが現れるのかを明らかにする. また, このモデルでは, 社会厚生 の指標が定義できるため, 出現するネットワークが社会的に望ましいものかどうかという効率性の議論も可能となる. 戦略的ネットワーク形成モデルが, 採用するリンク形成原理は, 大まかに言うと, 「one-sided link formation」と「two-sided link formation」に分けられる (Goyal 2012¹⁹⁾). 以下では, 各原理とそこでの代表的な均衡概念を整理する.

a) One-sided Link Formation

One-sided link formation では, 各プレイヤーが他のプレイヤーと一方向的にリンクの形成と削除を行える. そのため, ネットワークは有向ネットワークとなる. 各プレイヤーには, 自身が形成するリンクの分だけ費用が生じる. 利得については, Bala and Goyal (2000)²⁰⁾ は, 有向ネットワーク上で得る情報の流れを考慮し, リンクを形成するプレイヤーのみが利得を得る場合と, リンクを構成する双方のプレイヤーが利得を得る場合に分けたモデル化を行っている. 前者は「one-way flow model」, 後者は「two-way flow model」と呼ばれる. ネットワークを g , その下でのプレイヤー i の効用を $u_i(g)$ とすると, プレイヤー i の意思決定行動によってネットワーク g から得られる全てのネットワーク g' について, 各 i が $u_i(g) \geq u_i(g')$ であれば, 有向ネットワーク g は (directed) Nash stable である. (directed)

Nash stable なネットワークが均衡におけるネットワークであり, そのネットワークの構造が分析されることが多い.

b) Two-sided Link Formation

一方, two-sided link formation では, リンクの削除は, one-sided link formation 同様に二人のプレイヤーの内, 少なくとも一方の同意があれば行えるが, リンクの形成は, 両者の同意を必要とする. ネットワーク g にリンク ij が加わったネットワークを $g + ij$, g からリンク ij が切れたネットワークを $g - ij$, すなわち $g + ij = g \cup \{ij\}$, $g - ij = g \setminus \{ij\}$ とすると, ペア毎のリンク形成を想定するとき, プレイヤー i と j は, $u_i(g - ij) > u_i(g)$ かつ/または $u_j(g - ij) > u_j(g)$ であれば, リンク ij を削除するが, $u_i(g + ij) \geq u_i(g)$ かつ $u_j(g + ij) \geq u_j(g)$ が少なくとも一方は等号なしで成立すれば, リンク ij を形成する. 友人同士のつながりや共著, 企業間のつながりなど, 社会や経済の文脈ではペアの two-sided link formation の想定が自然であり, 既存の研究でも多く採用されている (e.g., Jackson and Wolinsky 1996²¹⁾, Jackson and Rogers 2005²²⁾, Carayol and Roux 2009²³⁾, Iijima and Kamada 2010²⁴⁾). 後に 4. で示す筆者らのモデルにおいても, 地域の日常生活におけるペア間のリンクは two-sided link formation の考えに基づき形成されるものとする.

Two-sided link formation におけるネットワークの均衡として, 次に示す pairwise stable なネットワークが取り上げられることが多い. ネットワーク g は以下が満たされれば pairwise stable なネットワークである (Jackson and Wolinsky 1996²¹⁾).

- (a) 全ての $ij \in g$ に対して, $u_i(g) \geq u_i(g - ij)$ かつ $u_j(g) \geq u_j(g - ij)$, かつ
- (b) 全ての $ij \notin g$ に対して, もし $u_i(g + ij) > u_i(g)$ ならば $u_j(g + ij) < u_j(g)$.

つまり, どのプレイヤーも自身のもつ任意の一本のリンクを削除したいと思わず, かつ, リンクをもたないどのペアにおいても少なくとも一方のプレイヤーはリンクを形成したいと思わないネットワークは pairwise stable である. そして, pairwise stable なネットワークの特定やその構造が分析の対象となることが多い. Pairwise stable なネットワークが存在する場合, 次のような動学過程を考えることで pairwise stable なネットワークを得ることができる (Jackson 2008¹⁰⁾). 每期, ペアをランダムに指定し, そのペアが two-sided link formation の原理に従い, リンクの形成または削除を行う. このプロセスを繰り返す中で, ネットワークの変化がなくなれば, そのネットワークが pairwise stable なネットワークとなる. なお, pairwise stable なネットワークがない場合は, 上記のプロセスは無限に繰り返される.

一方で、この動学においては、複数均衡の一つに偶然ロックインされるような場合がある。その中には、その均衡をたまたま離れると、別の均衡へと長期には向かうものもある。そういった場合、新たに移った均衡は、長期的に見て頑健に存在する均衡であるといえる。長期的に見て頑健なネットワークを探す一つの手段は、errors/mutations の導入、つまり、リンクが（小さな）確率 ϵ (> 0) で形成または削除される外生的な事象の導入である (Jackson 2008¹⁰)。Jackson and Watts (2002)²⁵ は次のような動学過程を提示する。そこでは任意のネットワーク g を初期ネットワークとし、各 t 期 ($t = 1, 2, \dots$) において、ペア ij がランダムに選ばれる。そして、そのペアが two-sided link formation の原理に従い、リンクの形成または削除の意思決定を行う。そして、そのペアが行った意思決定は、確率 $1 - \epsilon$ でその通り行われ、確率 ϵ でその意思決定とは逆の行動がとられる。以降はこれを繰り返す。この過程はプレイヤーが若干間違いを犯すという意味で、プレイヤーの限定合理性を仮定する動学過程となっている。この動学過程により、長期的に見て最も頑健なネットワークを見つけることができる。Errors/mutations の導入により、この動学過程ではネットワークは無限に変化し続け、さらに、長期においてはいかなるネットワークも実現しうる。そのため、この動学過程は、a finite-state, aperiodic, irreducible なマルコフ連鎖である。このマルコフ連鎖において、 $\mu(g, \epsilon)$ をネットワーク g が実現する定常状態確率 (steady-state probability) とすると、ネットワーク g は次の性質を満たせば、複数均衡の中で長期的に見て最も頻繁に実現するようなネットワーク、すなわち、stochastically stable なネットワークであると言う。

- Error/mutation の確率が 0 に収束するとき、定常状態確率が下から押さえられている（下に有界である）、すなわち $\mu(g, \epsilon)_{\epsilon \rightarrow 0} \rightarrow a > 0$ であれば、ネットワーク g は stochastically stable である。

慣習やソーシャルキャピタルといった長期に現れる現象に関係するネットワークの議論では、stochastically stable なネットワークの特定やその構造の分析が主眼となることが多い (e.g., Droste et al. 2000²⁶, Vega-Redondo 2006²⁷)。後に 4. で示す筆者らの研究は、解析的に stochastically stable なネットワークを特定するものではないが、stochastically stable なネットワークを導く際に用いられる動学過程を採用する。そして、長期に現れるネットワークへの調整過程に対して共同行事を通じて生まれる交流がもたらす変化を計量することを通じて、地域資産や行事の機能の評価を試みる。

3. 既往研究と筆者らの提案手法

2. における社会ネットワークモデルの基礎的整理を踏まえ、本章では、地域資産や共同行事、そこでの交流の特徴が既往研究でどのように扱われてきたのかを示すと共に、課題を指摘する。そして、それを踏まえて筆者らが提案するモデルの枠組みと特徴を述べる。

(1) リンク形成ルールの変化を考慮するモデル

1. で述べた通り、地域の伝統に参画するという規範意識をもって、参加の意思決定をする共同行事においては共同行事に参加することで、互いを利する相手との双方合意によるミーティングとは異なる形で、他者とミーティングすることになる。つまり、共同行事への参加を通じて生まれるリンク形成は、日常生活で見られるリンク形成とは異なる仕方を実現する。本節では、日常生活と共同行事ではリンク形成ルールが異なること、あるいは、状況に応じてリンク形成ルールが異なることに着目し、それらに関する既往研究を整理する。

確率的ネットワーク形成モデルにおいては、異なるリンク形成ルールを取り入れたモデルの蓄積が進んでいる。例えば、一様ランダムにリンクが形成されることと優先的選択 (preferential attachment) に従いリンクが形成されることを同時に考慮したモデル (Pennock et al. 2002²⁸) や、一様ランダムにリンクが形成されることとそのランダムに形成されたリンクのノードの隣人 (neighbors) にリンクが形成されることを同時に考慮したモデル (Jackson and Rogers 2007²⁹) などが提案されている。なお、ノード i の隣人とは、 i と直接につながるノードの集合のことである。その他、優先的選択とそれ以外のリンク形成との混在を考慮したモデル (e.g., Levene et al. 2002³⁰, Cooper and Frieze 2003³¹) を中心に研究の蓄積が進んでいる。

戦略的ネットワーク形成モデルにおいて、stochastically stable なネットワークを導く際に用いる、error/mutation を考慮した動学過程は、合理的な意思決定によるリンク形成とそれとは独立に確率的に生起するリンク形成とが混在するモデルとみなすこともできる。ただ、その error/mutation は、複数均衡の中から特定の均衡を選別するための道具として主として導入されている (Jackson 2005⁹)。個人の合理的なリンク形成とは異なるルールに従うリンク形成に焦点を当てているわけではないため、そのリンク形成がもつネットワーク外部性の短期的、長期的な側面が分析されていない。一方、状況依存的効用関数を扱った先行研究も皆無に等しく、筆者の知る限り、Chasparis and Shamma (2013)³² のみである。そこでは、プレイヤーが置かれる状況 (state) に応じて、リンク形成費用 (link establishment

cost)の大小が変わる構造を定式化するのみにとどまっている。効用関数形自体が変化し、日常生活のリンク形成とは異なるルールでリンクが形成されることまでは考慮されていない。

それらに対して、Kotani and Yokomatsu (2015)³³⁾、(2016)³⁴⁾は、それぞれ祭りや災害という非日常的イベントを対象に、非日常的イベントと日常生活ではリンク形成ルールが異なることに着目した戦略的ネットワーク形成モデルを定式化する。そこでは、日常生活では互いに利する相手との双方合意による交流、つまり two-sided link formation による交流がなされ、さらに非日常的イベントでは、日常生活と異なるルールによる交流がなされることを考慮する。具体的には、Kotani and Yokomatsu (2015)³³⁾は、祭りを通じて、日常生活ではリンクをもたない相手との間に確率的にリンクが形成されることを定式化する。Kotani and Yokomatsu (2016)³⁴⁾は、災害直後の被災地における相互扶助に着目し、災害時には日常生活とは異なる動機でリンクが形成されることを定式化する。すなわち、状況に応じて、効用関数形自体が変化することを考慮する。それらのモデルを用い、上記の各非日常的イベントにおいて形成されるリンクのネットワーク外部性が動学的に分析されており、リンク形成ルールの変化を考慮したモデルの萌芽が見られる。

(2) 階層型ネットワーク形成モデル

共同行事における交流と日常生活における交流は、異なる種類の交流とみなすこともできる。異なる種類の交流を同じシステムの中に取り入れ、各種類の交流を異なる階層で表現するネットワークは「階層型ネットワーク (multilayer network)」と呼ばれ、近年その研究が進んでいる (e.g., De Domenico et al. 2013³⁵⁾, Boccaletti et al. 2014³⁶⁾, Kivela et al. 2014³⁷⁾, Kenett et al. 2015³⁸⁾, Dickison et al. 2016³⁹⁾)。

階層型ネットワーク形成を扱う研究のほとんどは、階層間の依存関係に焦点を当てている。つまり、ある階層のリンクあるいはネットワークが、別の階層のリンク形成に影響を与える構造を考える。確率的ネットワーク形成モデルでは、例えば、優先的選択ルールを複数階層に一般化した優先的選択ルール (generalized preferential attachment rule) がモデル化されている (e.g., Kim and Goh 2013⁴⁰⁾, Nicosia et al. 2013⁴¹⁾)。そこでは、ある階層のノードがリンクを得る確率が、その階層における自身の次数と別の階層における自身の次数の両方に依存することが考慮されている。他にも、階層間の次数の相関を考慮したベルヌーイ過程に従うランダムネットワークモデル (e.g., Lee et al. 2012⁴²⁾) などがある。

一方で、戦略的ネットワーク形成モデルを用いた研究は皆無に等しく、筆者の知る限り、Shahrivar and Sundaram (2015)⁴³⁾のみである。Distance-based utility function とは、ネットワーク上のプレイヤー間の距離に応じて、相手プレイヤーから得られる利得が変化する効用関数のことであるが (e.g., Jackson and Wolinsky 1996²¹⁾)、Shahrivar and Sundaram (2015) は、ある階層のリンク形成が別の階層の社会ネットワークに条件付けされた distance-based utility function を考える。したがって、別の階層のネットワークで隣人となっているプレイヤーとの距離を最適化するように、ある階層のネットワーク形成が進むことを考慮した定式化となっている。以上のように、既存の階層型ネットワーク形成モデルにおいては、異なる種類の交流の依存関係に焦点が絞られており、階層毎に異なるリンク形成ルールが存在することまでは考慮されていない。

(3) 二部ネットワーク形成モデル

一方、本節までに示したモデルでは、人以外の要素の機能が考慮されていない。本節では、人以外の要素がネットワーク形成モデルにどう取り入れられてきたのかを述べる。人以外の要素を考慮し、それら要素と人との間の関係を記述する社会ネットワークは、bipartite network (e.g., Jackson 2008¹⁰⁾) や two-mode network (e.g., Wasserman and Faust 1994⁴⁴⁾) などと呼ばれる (以降「二部ネットワーク」と呼ぶ)。以下に、二部ネットワークの形成に関する既往研究を整理する。

まず、二部ネットワーク g は、ノードの集合 N が二つの部分集合 A と B に分かれており、リンク ij を構成するノードの内一方は A に属し、他方は B に属するネットワークのことである。この考えを基に、人とそれ以外の要素を二つの部分集合に分け、その部分集合間の関係のみが二部ネットワークにより記述される。そして、その二部ネットワークを基に個人間の関係が分析される。プレイヤーのみで構成される一部ネットワークの形成に関する研究に比べると、二部ネットワークを用いた戦略的ネットワーク形成に関する研究の蓄積はわずかである。その中には Page and Wooders (2007)⁴⁵⁾、(2010)⁴⁶⁾ や Borgs et al. (2010)⁴⁷⁾、So (2014)⁴⁸⁾ がある。例えば、So (2014) は、プレイヤーとイベントの二種類のノードをもつ二部ネットワークを用い、プレイヤーがイベントに参加する行動を定式化する。そこでは、プレイヤーが、あるイベント A に参加する意思決定を行うとき (1) そのイベント A に参加する他のプレイヤー j から得られる利得と (2) イベント A には参加していないが、他のイベント B を介してプレイヤー j とつながるプレイヤー k から得られる利得を考慮し、イベントへの参加行動、すなわち、イベントのノー

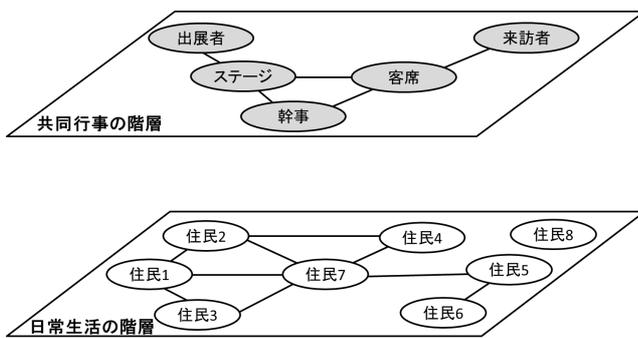


図-1 階層型の社会ネットワーク形成モデル

ドへのリンク形成を行う。このリンク形成は one-sided link formation の原理に従う。つまり、プレイヤーがイベントのノードとリンクを形成する際、他の参加者の同意を必要としない。以上のリンク形成から生成される Nash stable なネットワークや効率的なネットワークの構造が分析されている²。同じイベントに参加するプレイヤー同士はそのイベントにおいて交流しているものとする。あるイベントに参加することで、そのイベントに参加する他の複数のプレイヤーと同時に交流が出来る。この点を表現できるのが二部ネットワークの特徴といえる。ただし、二部ネットワークでは、イベントにおける交流を分析することはできるが、その交流がイベントを離れた日常生活の双方合意における交流にどう寄与するかを分析することはできない。

(4) 筆者らの提案するモデルの枠組みと特徴

以上を踏まえ、筆者ら（小谷・横松 2016⁴⁹⁾は、共同実践としての地域の共同行事の交流と日常生活の交流を別の階層において表現した、階層型の社会ネットワーク形成モデルを定式化する。図-1にモデルの模式図を示す。まず、以下にモデルの枠組みを述べる。

本モデルは、戦略的ネットワーク形成モデルに位置付けられ、日常生活の階層におけるネットワーク形成では、各プレイヤーが互いを利する相手とのみ交流するものとする。すなわち、日常生活のリンク形成は two-sided link formation の原理に従うものとする。一方、共同行事の階層における交流は、他のプレイヤーと行事を共同することで生まれるものとする。共同行事の階層では、実践共同体の構成員である人とアーティファクト

が共同する構造をネットワークにより表現する。以降では、このネットワークを「実践共同体ネットワーク」と呼ぶ。以下に実践共同体ネットワークの詳細を述べる。実践共同体を成立させるためには、行事における各役割が人々に担われる必要がある。その役割は、アーティファクトや他の役割との関係によって既定される。例えば、祭りという実践を考えたとき、祭りが成立するためには、「出展者」、「来訪者」という役割が住民に担われなければならない。そして、「出展者」は、その実践の場を構成する「ステージ」や「客席」というアーティファクトがある中で、「ステージ」にアクセスでき、「ステージ」から見える「客席」や、そこにアクセスする「来訪者」との関係の中で「出展者」足りえる。こういった関係の中で既定された役割を担いながら、住民は他者やアーティファクトと祭りを共同していると考えられる。よって、実践共同体には「役割」と「アーティファクト」による関係構造があるものとする。すなわち、共同行事における「役割」と「アーティファクト」を共にノード、そのノード間の関係をリンクと捉え、ノード間の共同の関係構造をネットワークにより表現したものが実践共同体ネットワークである。

共同行事が開かれれば、各プレイヤーが、その実践共同体ネットワークの構造を基に自身にとって最適な役割を選択する、すなわち one-sided link formation の原理に従い、実践共同体ネットワークのノードである役割にリンクを形成する（図-2左）。そして、その役割を通じて、共同行事の階層で他のプレイヤーやアーティファクトと共同する（図-2右）。そして、自身の役割を通じた共同で、行事における交流が生まれ、その交流の一部が、日常生活の交流にも確率的に引き継がれるものとする（図-3右）。共同行事の階層から日常生活の階層に引き継がれる交流が、日常生活におけるネットワーク形成に果たす効果を分析することを通じて、地域資産とそこでの共同行事がもつ機能の評価を行う。

本モデルの特徴を以下に述べる。本モデルも、Kotani and Yokomatsu (2015)³³⁾、(2016)³⁴⁾と同様に、日常生活における交流と共同行事における交流で異なるリンク形成ルールが存在することを考える。その一方で、本モデルは、それらの交流を異なる種類の交流とみなし、階層型の社会ネットワーク形成モデルとして定式化する。そして、階層毎にリンク形成ルールが異なることを考慮する。この点で、階層型の社会ネットワーク形成モデルの系譜において新規性がある。階層型の社会ネットワークで表現することはいくつかの利点がある。Kotani and Yokomatsu (2015) (2016) は複数プレイヤーとのリンク形成は考慮できていなかったが、本モデルでは、共同行事の階層のノードへのリンク形成、

² イベントへのリンク形成は one-sided link formation であるが、So (2014) は、Nash stable なネットワークを分析の対象とする。そのため、他のプレイヤーの参加行動、すなわちイベントでの交流を考慮し均衡が決まる。しかし、地域の伝統に参画するという規範意識をもって、参加の意思決定をする行事を考えると、参加の意思決定において、行事で誰と交流するかということはさしたる問題ではない。そこでは伝統に参画した結果として他の参加者と交流が生まれる。So (2014) では、このことを表現できていない。

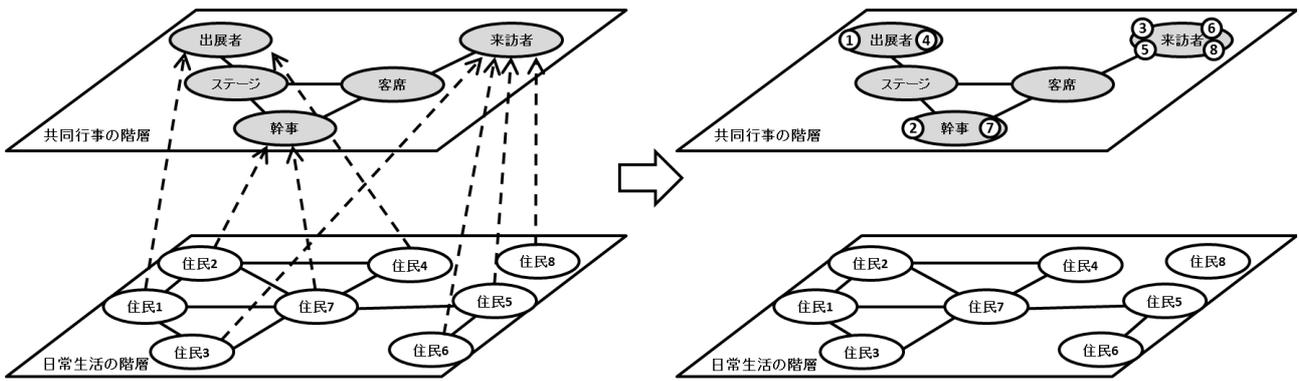


図-2 共同行事の役割の選択と共同行事における交流

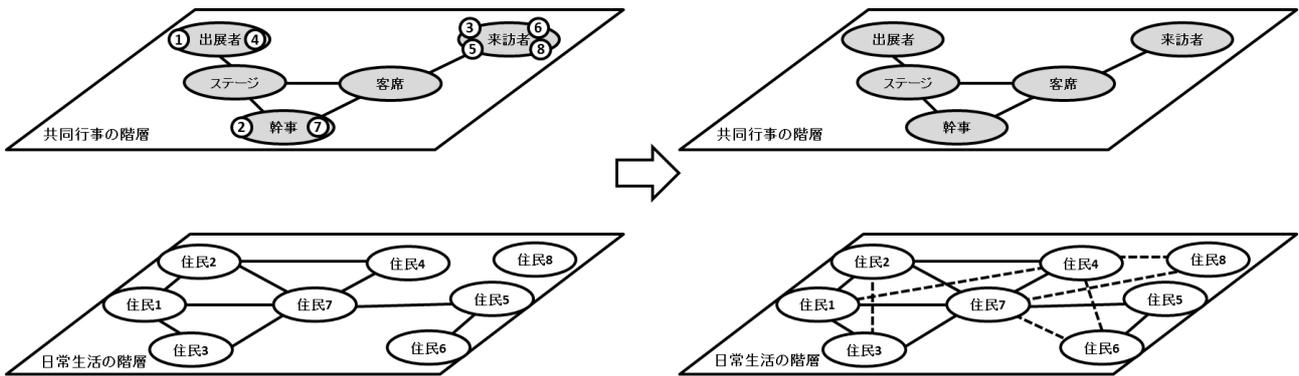


図-3 共同行事における交流から生まれる日常生活の交流（右図における点線が新たに生まれた日常生活の交流）

すなわち行事への参加を通じて、複数人と行事で交流することを表現できる。その上、それが日常生活のリンク形成にもたらす効果を表現できる。このことから、二部ネットワーク形成モデルで示した課題が克服できる³。また、共同行事の階層を考えることで、アーティファクトも含めた実践共同体の関係構造を明示的に表現できる。4. (2), (3) で詳細を示すが、これによって、実践共同体において他のプレイヤーやアーティファクトとの共同から得られる効用を connections model (e.g., Jackson and Wolinsky 1996²¹⁾, Bala and Goyal 2000²⁰⁾) を応用し定式化できる。そして、その関数の線形性を利用し、回帰分析を行うことで、実践共同体ネットワークの構造を定量的に分析できるようになる。つまり、アーティファクトの物理的特性やアーティファクトが実践共同体の中でもつ関係が、日常生活のネット

ワーク形成に与える影響を評価できるようになる。

4. 日常生活の階層と共同行事の階層をもつ階層型社会ネットワーク形成モデル

本章では、前章で示した筆者らのモデルとそのモデルを用いた定量的な分析結果についての概要を示す。なお、本モデルの詳細は小谷・横松 (2016)⁴⁹⁾ あるいは Kotani (2016)⁵⁰⁾ の 6 章にまとめられている。

(1) 日常生活の階層

まず、日常生活の階層 (図-1 下層) について述べる。あるコミュニティ内の有限なプレイヤーの集合を $N = \{1, \dots, n\}$ とする ($n > 2$)。また、各プレイヤーはあるタイプに属するものとし、そのタイプの集合を $X = \{1, \dots, x\}$ とする ($x \geq 2$)。プレイヤー i が属するタイプを x_i で表す。

a) 日常生活のネットワーク

日常生活の階層におけるネットワークを「日常生活のネットワーク」あるいは単に「ネットワーク」と呼ぶこととする。図-1 に示す通り、日常生活の階層のネットワークは、各プレイヤーをノード、各プレイヤー間

³ 本モデルにおいて、共同行事の階層のノードへのリンク形成は、So (2014) と同じく one-sided link formation の原理に従い行われる。ただ、そのリンク形成は、4. (2) の式 (2a) で示すように、過去の参加状況に対する最適反応であるとする。そのため本モデルでの共同行事における交流は、So (2014) が対象とする Nash stable なネットワークでの交流とは異なるものとなる。つまり、これまでの伝統に参画するという規範意識をもって行事に参加した結果、予期していなかった相手と出会い、交流する状況を描くことができる。

のつながりをリンクとするグラフによって表現される。プレイヤー間のリンクの集合をネットワーク g で表す。プレイヤー i と j をつなぐリンクを ij で表す。 $ij \in g$ であれば、ネットワーク g においてプレイヤー $i \in N$ と j が直接につながっており、 $ij \notin g$ であれば、 i と j は直接につながっていないとする。プレイヤー i の隣人を $N_i(g) (= \{j \in N | ij \in g\})$ 、プレイヤー i の次数を $d_i(g) (= |N_i(g)|)$ で表す。そして、ネットワーク g におけるプレイヤー i の効用関数を $u_i(g)$ で表す。小谷・横松 (2016) ⁴⁹⁾ では以下のような効用関数を仮定する。

プレイヤー i は日常生活においては、次数の大きなプレイヤーと交流し、仕事や趣味の機会を上げたいという選択をもつと仮定する。つまり、日常生活においてプレイヤー j とのリンクから得られる利得を $b(d_j)$ と表すと、 $b(d_j)$ は d_j についての増加関数 ($\frac{db(d_j)}{dd_j} > 0$) であることを仮定する。そして、ネットワーク g におけるプレイヤー i の効用関数 $u_i(g)$ を以下のように表す。

$$u_i(g) = \left(\sum_{j \in N_i(g)} b(d_j) \right)^\eta - c \cdot d_i. \quad (1)$$

η ($0 < \eta < 1$) は、隣人から得る追加的利得が逓減する度合いを表すパラメータである。第二項目の c は、一人の隣人との交流にかかる費用である。

b) 動学過程

t 期 ($t = 1, 2, \dots$) の期初のネットワークを g^t とし、 n 人のプレイヤーが每期、ゲームを行う。

日常生活におけるリンク形成は、two-sided link formation の原理に従うものとする。そして、動学過程は、2. で示した stochastically stable network を導く際に使われる、error/mutation を考慮した動学過程、すなわち限定合理的な個人を想定した動学過程を採用する。

動学過程におけるリンク形成では、プレイヤーは、同じタイプの相手とよりも、異なるタイプの相手の方が新たに出会う可能性が低いものとする。すなわち、リンク ij をもたないプレイヤー i と j が異なるタイプに属する場合には、同じタイプに属する場合よりも、リンク ij を形成するための意思決定の機会が低い確率 P_{Hetero} ($0 < P_{Hetero} < 1$) でしか訪れないものと仮定する。

以上から t 期では次のようなリンク形成過程を考える。

g^t を所与とし、プレイヤー i と j を確率 $p_{ij} (> 0)$ で指定する。

- $ij \in g^t$ の場合、
 - もし $u_i(g^t - ij) > u_i(g^t)$ かつ/または $u_j(g^t - ij) > u_j(g^t)$ であれば、確率 $1 - \epsilon$ で $g_1^t = g^t - ij$ 、確率 ϵ で $g_1^t = g^t$ とする。もしそうでなければ、確率 $1 - \epsilon$ で $g_1^t = g^t$ 、確率 ϵ で

$g_1^t = g^t - ij$ とする。

- $ij \notin g^t$ の場合、
 - $x_i = x_j$ の場合、(A') を実行する。
 - $x_i \neq x_j$ の場合、確率 P_{Hetero} で (A') を実行し、確率 $1 - P_{Hetero}$ で $g_1^t = g^t$ とする。

(A') もし $u_i(g^t + ij) \geq u_i(g^t)$ かつ $u_j(g^t + ij) \geq u_j(g^t)$ が少なくとも一方は等号なしで成立するならば、確率 $1 - \epsilon$ で $g_1^t = g^t + ij$ 、確率 ϵ で $g_1^t = g^t$ とする。もしそうでなければ、確率 $1 - \epsilon$ で $g_1^t = g^t$ 、確率 ϵ で $g_1^t = g^t + ij$ とする。

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。

(2) 共同行事の階層

次に、筆者らのモデルの本質をなす、共同行事の階層 (図-1 上層) について述べる。

a) 実践共同体ネットワーク

自然数の変数を s とし、 $t = s \cdot t_P$ 期に共同行事が開かれるものとする。ここで組織させる実践共同体ネットワークを定式化していこう。その行事の実践共同体が成立するために必要な役割とアーティファクトの集合をそれぞれ $R = \{r_1, r_2, \dots, r_K\}$ 、 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_L\}$ とする。この和集合 $N_P (= R \cup A)$ をノード、このノード間の関係をリンクとするグラフを「実践共同体ネットワーク」と定める。ノード間の関係、すなわち「役割 r_k とアーティファクト a_l の関係」をリンク $r_k a_l$ 、「アーティファクト a_l とアーティファクト a_m との関係」をリンク $a_l a_m$ によって表し、このリンクの集合を実践共同体ネットワーク g_P によって表す。 g_P の各リンク $r_k a_l$ 、 $a_l a_m$ には、関係の強さを表す重みが付与されているものとする。その重みをそれぞれ $\delta_{r_k a_l}$ 、 $\delta_{a_l a_m}$ ($\delta_{r_k a_l}, \delta_{a_l a_m} > 0$) で表し、この重みの集合を Δ とする。今、例として、役割 $R = \{r_1, r_2, r_3\}$ とアーティファクト $A = \{a_1, a_2\}$ で構成され、その関係構造が図-4 のようになっている実践共同体を考える。このとき、実践共同体ネットワークのノードは $N_P = R \cup A$ であり、実践共同体ネットワーク g_P は $g_P = \{r_1 a_1, r_2 a_2, r_3 a_1, r_3 a_2, a_1 a_2\}$ 、各リンクの重みの集合 Δ は $\Delta = \{\delta_{r_1 a_1}, \delta_{r_2 a_2}, \delta_{r_3 a_1}, \delta_{r_3 a_2}, \delta_{a_1 a_2}\}$ と表される。なお、簡単化のため、実践共同体ネットワーク g_P は無向グラフ、リンクに付与される重みは対称 ($\delta_{ij} = \delta_{ji}$) であることを仮定する。一方、 g_P における二つの異なるノード i と j をつなぐ経路の中で、経路上の全てのノードが異なる経路をパス (path) と呼

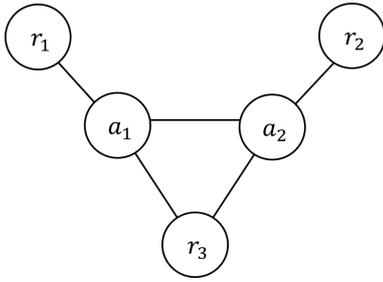


図-4 実践共同体の関係構造

び、ノード i と j の間のパスの集合を $\Gamma_{i,j}(g_P)$ とする。また、その要素を $\gamma_{i,j}(g_P) \in \Gamma_{i,j}(g_P)$ とする。さらに、 g_P において役割 r_k が到達可能なノードの集合（到達集合）を $\bar{N}_{r_k}(g_P) = r_k \cup \{j \in N_P \setminus r_k \mid \text{there exists a path in } g_P \text{ between } r_k \text{ and } j\}$ と定める。

b) 役割の選択

各プレイヤーは、実践共同体ネットワークの中の一つの役割を担い行事に参加し、行事に参加する他のプレイヤーやアーティファクトと共同する。このとき、各プレイヤーは最も高い効用をもたらす役割を選択するものと仮定する（図-2 左）。以下では、 $t = s \cdot t_P$ 期において、プレイヤーが行事におけるある役割を選択する問題を定式化する。

まず、ある役割 r_k を担うことで得られる利得を定義しよう。その利得は次の二つの部分で構成されるものとする。一つ目は、役割 r_k を担うことで実践共同体ネットワークを通じて、役割を担う他のプレイヤーやアーティファクトと共同することから得られる利得 W_{r_k} である。以降、 W_{r_k} を「共通利得」と呼ぶ。 W_{r_k} は役割 r_k を担うどのプレイヤーにとっても同じ水準である。二つ目は、役割 r_k を担うことでプレイヤー i が実践共同体ネットワークとは独立に、個人的に得られる利得 $v_{r_k i}$ である。以降、 $v_{r_k i}$ を「個人利得」と呼ぶ。 $v_{r_k i}$ は役割 r_k を担うプレイヤーの間で異なる水準をとりうる。以上より、役割 r_k を担うことで得られる利得を利得関数 $H(W_{r_k}, v_{r_k i})$ により表す。

共通利得 W_{r_k} を特定化する。プレイヤーは役割 r_k を担うことで同じ役割を担うプレイヤーと共同することができ、利得 V_{r_k} を得るものとする。さらに、実践共同体ネットワークを介して直接・間接的につながるアーティファクト a_l 、そして他の役割 r_m を担うプレイヤーと共同することができ、それぞれ利得 V_{a_l} と V_{r_m} を得るものとする。このとき、実践共同体ネットワークを介して得られる利得は、connections model (e.g., Jackson and Wolinsky 1996²¹), Bala and Goyal 2000²⁰) を拡張した Billand et al. (2012)⁵¹) に倣う。ここでは、あるノードから得られる利得は、そのノードへ

のパスを構成するリンクの重みの影響をうける。すなわち、共通利得 W_{r_k} は次のように表される。

$$W_{r_k} = \sum_{r_m \in \bar{N}_{r_k}(g_P)} (\prod_{oq \in \gamma_{r_k, r_m}^*(g_P)} \delta_{oq}) V_{r_m} \cdot n_{r_m}^{(s-1) \cdot t_P} + \sum_{a_l \in \bar{N}_{r_k}(g_P)} (\prod_{oq \in \gamma_{r_k, a_l}^*(g_P)} \delta_{oq}) V_{a_l}, \quad (2a)$$

where

$$\gamma_{r_k, r_m}^*(g) = \arg \max_{\gamma_{r_k, r_m}(g_P) \in \Gamma_{r_k, r_m}(g_P)} \left(\prod_{oq \in \gamma_{r_k, r_m}(g_P)} \delta_{oq} \right), \quad (2b)$$

$$\gamma_{r_k, a_l}^*(g) = \arg \max_{\gamma_{r_k, a_l}(g_P) \in \Gamma_{r_k, a_l}(g_P)} \left(\prod_{oq \in \gamma_{r_k, a_l}(g_P)} \delta_{oq} \right). \quad (2c)$$

$n_{r_m}^{(s-1) \cdot t_P}$ は、 $(s-1) \cdot t_P$ 期において役割 r_m を選択したプレイヤーの人数である。 $s \cdot t_P$ 期に行事に参加するか否かの意思決定の際には、前回事務が行われた期 ($(s-1) \cdot t_P$ 期) に役割 r_m を選択した人数と同数のプレイヤーと共同を行えることを期待するものとする。

また、役割 r_k を担うために生じる費用を C_{r_k} とする。 C_{r_k} は役割 r_k を担うどの個人にとっても同じ水準である。

以上から、プレイヤー i が役割 r_k を担うことで得られる効用 $U_{r_k i}$ を次のように表す。

$$U_{r_k i} = H(W_{r_k}, v_{r_k i}) - C_{r_k}. \quad (3)$$

したがって、プレイヤー i が選択する役割 r_k^* は次のように決まる。

$$r_k^* = \begin{cases} \arg \max_{r_m \in R} U_{r_m i} & \text{if } U_{r_k^* i} > 0. \\ \emptyset & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4)$$

$r_k^* = \emptyset$ はプレイヤー i が共同行事に参加しないことを意味する。

c) 共同行事での交流をきっかけとした日常生活のリンク形成

プレイヤー i は自身が担う役割を通じ、行事で各役割を担う他のプレイヤー j と共同する（図-3 左）。そして、行事を共にすることで新たに知り合ったプレイヤー同士の交流は、行事を離れた日常生活でも確率的に続くものとする（図-3 右）。その確率はプレイヤー i と j が共同行事で担う役割に依るものとする。すなわち、日常生活のネットワーク $g_1^{t_P}$ においてリンク ij をもたないプレイヤーが、共同行事においてそれぞれ役割 r_k と r_m を担う場合 ($r_k, r_m \neq \emptyset$)、行事参加後には確率 $q_{r_k r_m} (> 0)$ で日常生活のネットワークにリンク ij が形成されるものとする。これが全てのペアについて生じ、共同行事後には日常生活のネットワーク $g_2^{t_P}$ が形成されるものとする。そして、 $g_2^{t_P}$ が $t_P + 1$ 期の期初の日常生活におけるネットワーク g^{t_P+1} となる。つまり、 $g_2^{t_P}$ は次のプロセスで形成される。

全てのリンク ij について,

- $ij \notin g_1^{tP}$ の場合,
もしプレイヤー i と j がそれぞれ役割 r_k と r_l を選択していれば ($r_k \neq \emptyset$ かつ $r_l \neq \emptyset$), 確率 $q_{r_k r_m}$ で $g_2^{tP} = g_1^{tP} + ij$, 確率 $1 - q_{r_k r_m}$ で $g_2^{tP} = g_1^{tP}$ とする. もしそうでなければ, $g_2^{tP} = g_1^{tP}$ とする.
- $ij \in g_1^{tP}$ の場合,
 $g_2^{tP} = g_1^{tP}$ とする.

(3) 定量的分析

本節では, 上記モデルを用いた定量的分析の概要を示す. なお, 調査の内容や方法, パラメータの推定手法の詳細は Kotani (2016)⁵⁰⁾ の 7 章にまとめられている.

定量的分析における設定は次の通りである.

- 対象とするアーティファクトと共同行事
兵庫県神戸市長田区 JR 新長田駅南エリアの「大正筋商店街」とそこで毎年 7 月下旬に開かれる「縁日」を対象とする.
- 対象とするエリア
縁日の参加者のおおよその居住地である, 長田区若松町, 大橋町, 腕塚町, 久保町, 二葉町の各二丁目-七丁目を対象とする. したがって, このエリアの住民間の日常生活のつながりによって構成される社会ネットワークを対象とする. 平成 22 年 (2010 年) の国勢調査データによると, この対象エリアに居住する住民数は $n = 7965$ 人である.
- 日常生活の交流
「買い物や道端で偶然会えば挨拶やおしゃべりをする事以上の交流」と設定する.
- 住民の属するタイプ
「年代」とし, コミュニティ内に「10 代以下」「20 代」「30 代」, ..., 「80 代」「90 代以上」の九つのタイプ分けを行った. なお「タイプの異なるペア」は「年代が二つ以上離れている人同士」とした. 例えば, 被験者が 30 代で, 相手が 20 代, 30 代, 40 代のいずれかであれば, 同じタイプのペアとみなし, それ以外であれば異なるタイプのペアとみなす.
- 動学分析の対象期間
新たな商店街での縁日は平成 16 年 (2004 年) に始まった. そのため, その縁日が始まる 1 年前の平成 15 年 (2003 年) から平成 27 年 (2015 年) の縁日終了日の 12 年間とする.
- 実践共同体ネットワーク
アーティファクトとして「商店街 a 」, 役割として「出展者 r_e 」と「来訪者 r_v 」を考え, 図-5 の関係構造を仮定する.

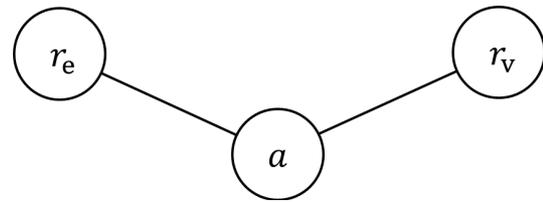


図-5 定量的分析における実践共同体ネットワーク

調査は, 縁日への参加状況やそこでの交流の状況, 日常生活での交流の状況に関する質問で構成されるアンケート票を全戸郵送配布することで行った. 配布数は 2872 であり, 有効回答数は 411, 有効回答率は 14.3% であった.

実践共同体ネットワークに関するパラメータの推定手法のみをここでは示す. 定量的分析では式 (2a) を修正し, 来訪者の共通利得 W_{r_v} を次のように表す.

$$W_{r_v} = V_{r_v} + \delta_{r_v a} V_a + \delta_{r_e a} V_{r_e} \quad (5)$$

ここでは, 一人の相手との共同から得られる効用を 1 に基準化している. それにより, V_{r_v} と V_{r_e} は, 行事で交流する役割 r_v と r_e を担う相手の人数となる. 式 (5) の線形性を利用し, W_{r_v} を被説明変数, V_{r_v} , V_a , V_{r_e} を説明変数とし線形回帰分析を行うことで回帰係数として実践共同体ネットワークの各リンクの重み $\delta_{r_v a}$ と $\delta_{r_e a}$ を推定する.

W_{r_v} , V_{r_e} , V_{r_v} , V_{a_1} , V_{a_2} の指標としてそれぞれ以下のものを設定し, その内容を調査で問うた.

- W_{r_v} : 来訪者の「縁日に対する支払意思額」.
- V_{r_e} : 来訪者の「縁日において挨拶やおしゃべりをした出展者の人数」.
- V_{r_v} : 来訪者の「縁日において挨拶やおしゃべりをした来訪者の人数」.
- V_a : 来訪者の「商店街で縁日を楽しむために重要だと感じる物理的機能の数」. 物理的機能として, 「道幅が広い」「天井が高く圧迫感を感じにくい」「屋根があるため天候に左右されない」「床面の段差が(少)ない」などの項目から該当するものを選択してもらった.

縁日の来訪者の各指標の回答を用いて, 回帰分析を行った結果, $\delta_{r_e a} = 8.36$, $\delta_{r_v a} = 3.81$ を得た.

このパラメータ値, および別途推定したその他のパラメータ値の下, 新しい商店街における縁日が日常生活の社会ネットワーク形成にもたらす影響を分析する. 「異なるタイプ間のリンク数」と「孤立点の数」の比較動学分析の結果が図-6 と図-7 である. なお, 分析では, Monte-Carlo シミュレーションの繰り返し回数を 100 回とし, その平均値を用いた. 各図の青線は縁日を考慮しない場合, 赤線は考慮する場合を意味する. 縁

日を考慮する場合、考慮しない場合に比べ、最終期には、孤立点の数は 2.3% (57 人) 減り、異なるタイプ間のリンク数は 1.9% (71 本) 増えることがわかる。上記から、新しい商店街で縁日が始まってからの 11 年間の内に、縁日は、孤立点数の減少と異なるタイプ間のリンク数の増加を中心に、地域の社会ネットワークに一定の変化をもたらした可能性がある。現在の縁日の形態が、新しい商店街に大きく依存していることを踏まえれば、上記のネットワークに対する影響の中で、新しい商店街が果たす役割は少なくないと考えられる。なお、今回の調査、分析は、神戸市長田区を対象としたが、本提案手法はその他の行事や地域資産へも適用可能なものとする。

言うまでもなく、本手法は多くの課題を残す。例えば、アーティファクトである商店街の各物理的性能がネットワーク形成に果たす影響の同定を試みたが、性能間で違いを検出することは難しかった。本手法では、縁日における商店街の各性能の必要性を問い、それを単純集計することで、アーティファクトである商店街との共同から得られる効用 V_a の計測を行った。ここでは性能間の完全代替性を仮定している。だが、例えば、「道幅が広い」と「天井が高く圧迫感を感じにくい」ことは、商店街の開放感を感じながら縁日を行う上で、補完的な関係にある可能性も考えられる。今後、性能間の代替性を考慮した定式化や調査法の構築を行う必要がある。また、実践共同体論ネットワークの重みの推定においても、アーティファクトとの共同で得られる利得 V_a と共通利得 W_{rV} との関係は統計的に有意な結果にならなかった。この点においても空間の物理的性能 V_a を正確に把握していくことが求められる。その他にも、今回は商店街アーケード全体を一つアーティファクトとして捉えたが、商店街アーケードは、例えば出展スペースと通路スペースといった複数のアーティファクトによって構成されていると捉えることもできる。今後、共同の実践において人々が用いるアーティファクトの正確な把握が求められる。

5. おわりに

本稿は、インフラストラクチャーである公園や河川敷、商店街などの地域資産を、実践共同体論におけるアーティファクトとして捉え、それらをもつ社会ネットワークの拡大効果に着目した。そして、社会ネットワークの形成過程を考慮した地域資産の機能評価の方法論の開発に向けた今後の方向性を示すことを試みた。そのために、まず、ネットワーク形成モデルの基礎的な整理を行った上で、地域資産と共に行われる共同行事での交流に関連する特徴と既往のネットワーク形成モデルとの関連を示した。既往研究の課題を踏まえて筆者らが提案する社会ネットワーク形成モデルとそのモデルを用いた定量的分析の結果の要点を示した。具体的には、戦略的ネットワーク形成モデルを応用し、共同行事における交流と日常生活における交流を異なる階層において表現した、階層型の社会ネットワーク形成モデルを示した。階層型の社会ネットワーク形成モデルによって、共同行事における役割を通じた交流が日常生活の階層における交流を拡大させる効果を計量でき、それによって共同行事の階層の評価を行うことが可能となる。アーティファクトとそこでの共同行事として、神戸市長田区の商店街とそこで開かれる縁日を取り上げ、上記の効果を定量的に分析し、地域資産と共になされる共同行事の機能評価が可能であることを示した。一方で、筆者らのモデルの課題も示した。物理的性能や空間構成要素の把握に関する問題が浮き彫

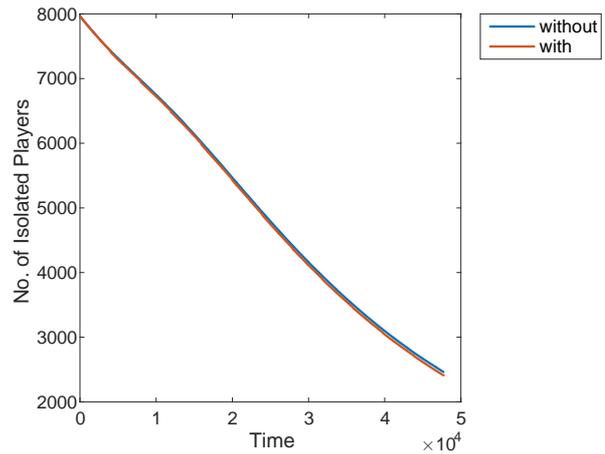


図-6 孤立点の数の比較動学

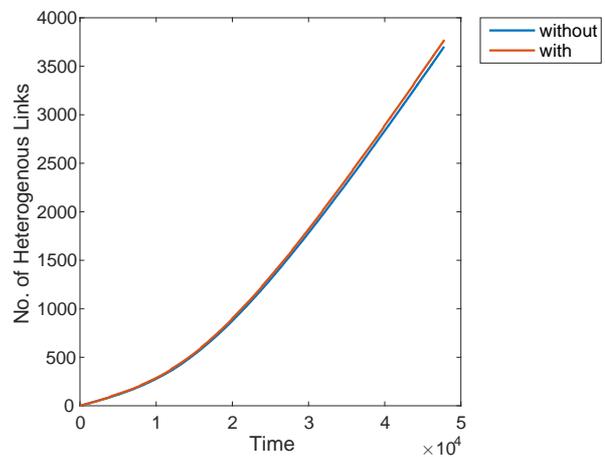


図-7 異なるタイプ間のリンク数の比較動学

りになった。今後は、景観工学などで既に蓄積された知見や手法を応用していく必要がある。その他に、本稿では、ある種の共同行事を対象としたが、祭事や神事は多種多様に存在する。今後、それらを丁寧に分類し扱っていく必要がある。

2. と 3. から分かるように、統計物理学や経済学、社会学などの分野を中心に、無数のネットワーク形成モデルが提案されてきた。だが、3. で示した通り、それらのモデルが、アーティファクトである地域資産の役割を十分に考慮してきたとは言い難い。この問題の解消に向けては、地域資産を扱う土木計画学が、景観工学等の分野でこれまで蓄積してきた知見や手法を活かし主導的な役割を担っていかなければならない。本稿における既往研究の整理の視点や筆者らの手法、残された課題が、社会ネットワーク形成過程に着目した地域資産の機能評価の方法論を開発していく糸口となれば幸いである。

謝辞： まず、経験の浅い筆者に招待講演という大変名誉な機会を与えてくださった土木計画学研究委員会に深くお礼申し上げます。

本機会の直接の理由となりました平成 27 年度土木学会論文奨励賞の受賞論文「災害による環境変化と共同実践の変容過程に関する基礎的研究」は、筆者が博士課程在学中に京都大学防災研究所の横松宗太准教授に指導いただく中で執筆した共著論文です。また、本稿で紹介した筆者らの研究も横松准教授に指導いただく中で生まれたものです。未熟な筆者に対して、学部生の頃から現在まで温かく指導いただいていることに心より感謝申し上げます。

京都大学防災研究所の矢守克也教授には、矢守研究室との合同ゼミなどを通じて、社会心理学の基礎理論の一端をご教示いただきました。また、本稿で示した筆者らの研究は、筆者の博士論文に含まれるものです。博士論文の審査員として京都大学防災研究所の Cruz Naranjo Ana Maria 教授と京都大学工学研究科の小林潔司教授から貴重なご意見をいただくと共に、今後の重要な課題をご指摘いただきました。各先生方に感謝の意を表します。その他、様々な学会や研究会でご議論をいただいた皆さまにもお礼申し上げます。

なお、本稿は、科学研究費補助金・特別研究員奨励費（課題番号：15J08041）の助成を受けた研究成果の一部です。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

1) Lave . J. and Wenger, E.: *Situated Learning Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press, 1991 (佐伯胖訳, 福島真人解説: 状況に埋め込まれた学習, 産業図書, 1993) .

- 2) 石黒広昭:実践のエスノグラフィ 茂呂雄二編著 2章 アーティファクトと活動システム, 金子書房, 2001 .
- 3) 伊藤崇, 藤本愉, 川俣智路, 鹿嶋桃子, 山口雄, 保坂和貴, 城間祥子, 佐藤公治: 状況的学習観における「文化的透明性」概念について: Wenger の学位論文とそこから示唆されること, 北海道大学大学院教育学研究科紀要, Vol. 93, pp.81-157, 2004 .
- 4) 上野直樹, ソーヤーりえこ編著:文化と状況的学習 実践, 言語, 人工物へのアクセスのデザイン, 凡人者, 2006 .
- 5) 矢守克也: 防災教育のフロンティア 1. 防災教育のための新しい視点 - 実践共同体の再編 -, 自然災害科学, Vol.24, No.4, pp. 344-350, 2006 .
- 6) 孫英英, 矢守克也, 近藤誠司, 谷澤亮也: 実践共同体論に基づいた地域防災実践に関する考察 - 高知県四万十町興津地区を事例として -, 自然災害科学, Vol.31, No.3, pp.217-232, 2012 .
- 7) 茂呂雄二, 有元典文, 青山征彦, 伊藤崇, 香川秀太, 岡部大介編: 状況と活動の心理学 コンセプト・方法・実践, 新曜社, 2012 .
- 8) Putnam, R. D.: *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*, Simon and Schuster, 2000 (柴内康文訳: 孤独なボウリング 米国コミュニティの崩壊と再生, 柏書房, 2006) .
- 9) Jackson, M.O.: The economics of social networks, Lecture prepared for the 9-th World Congress of the Econometric Society, August 2005, *the Proceedings of the 9-th World Congress of the Econometric Society*, edited by Richard B., Whitney N., and Torsten P., Cambridge University Press, 2005.
- 10) Jackson, M. O.: *Social and Economic Networks*, Princeton University Press, 2008.
- 11) Erdos, P., and Renyi, A.: On random graphs, I, *Publicationes Mathematicae (Debrecen)*, Vol.6, pp.290-297, 1959.
- 12) Erdos, P., and Renyi, A.: On the evolution of random graphs, *Publication of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Sciences*, Vol.5, pp.17-61, 1960.
- 13) Erdos, P., and Renyi, A.: On the strength of connectedness of a random graph, *Acta Mathematica Academy of Sciences of Hungarica*, Vol.12, No.1-2, pp.261-267, 1961.
- 14) Watts, D. J., and Strogatz, S. H.: Collective dynamics of 'small-world' networks, *Nature*, Vol.393, No.6684, pp.440-442, 1998.
- 15) Barabasi, A. L., and Albert, R.: Emergence of scaling in random networks, *Science*, Vol.286, No.5439, pp.509-512, 1999.
- 16) Caldarelli, G., Capocci, A., De Los Rios, P., and Munoz, M. A.: Scale-free networks from varying vertex intrinsic fitness, *Physical Review Letters*, Vol.89, No.25, pp.258702, 2002
- 17) Masuda, N., Miwa, H., and Konno, N.: Analysis of scale-free networks based on a threshold graph with intrinsic vertex weights, *Physical Review E*, Vol.70, No.3, pp.036124, 2004.
- 18) Bender, E. A., and Canfield, E. R.: The asymptotic number of labeled graphs with given degree sequences, *Journal of Combinatorial Theory, Series A*, Vol.24, No.3, pp.296-307, 1978.
- 19) Goyal, S.: *Connections: An Introduction to the Eco-*

- nomics of Networks*, Princeton University Press, 2012.
- 20) Bala, V., and Goyal, S.: A noncooperative model of network formation, *Econometrica*, Vol.68, No.5, pp.1181-1229, 2000.
 - 21) Jackson, M. O., and Wolinsky, A.: A strategic model of social and economic networks, *Journal of Economic Theory*, Vol.71, pp.44-74, 1996.
 - 22) Jackson, M. O., and Rogers, B. W.: The economics of small worlds, *Journal of the European Economic Association*, Vol.3, No.2-3, pp.617-627, 2005.
 - 23) Carayol, N., and Roux, P.: Knowledge flows and the geography of networks: A strategic model of small world formation, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol.71, No.2, pp.414-427, 2009.
 - 24) Iijima, R., and Kamada, Y.: *Social Distance and Network Structures*, Unpublished Manuscript, Harvard University, 2010.
 - 25) 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.
 - 26) Droste, E., Gilles, R. P., and Johnson, C.: *Evolution of Conventions in Endogenous Social Networks*, Unpublished Manuscript, CentER, Tilburg University, The Netherlands, 2000.
 - 27) Vega-Redondo, F.: Building up social capital in a changing world, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.30, No.11, pp.2305-2338, 2006.
 - 28) Pennock, D. M., Flake, G. W., Lawrence, S., Glover, E. J., and Giles, C. L.: Winners don't take all: Characterizing the competition for links on the web, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.99, No.8, pp.5207-5211, 2002.
 - 29) Jackson, M. O., and Rogers, B. W.: Meeting strangers and friends of friends: How random are social networks?, *The American Economic Review*, Vol.97, No.3, pp.890-915, 2007.
 - 30) Levene, M., Fenner, T., Loizou, G., and Wheeldon, R.: A stochastic model for the evolution of the web, *Computer Networks*, Vol.39, No.3, pp.277-287, 2002.
 - 31) Cooper, C., and Frieze, A.: A general model of web graphs, *Random Structures & Algorithms*, Vol.22, No.3, pp.311-335, 2003.
 - 32) Chasparis, G. C., and Shamma, J. S.: Network formation: Neighborhood structures, establishment costs, and distributed learning, *IEEE Transactions on Cybernetics*, Vol.43, No.6, pp.1950-1962, 2013.
 - 33) Kotani, H., and Yokomatsu, M.: Role of local festivals on network formation among a variety of residents in a community, *Proceedings of Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2015 IEEE International Conference*, pp.832-839, 2015.
 - 34) Kotani, H., and Yokomatsu, M.: Natural disasters and dynamics of "a paradise built in hell": A social network approach, *Natural Hazards*, pp.1-25, 2016.
 - 35) De Domenico, M., Sole-Ribalta, A., Cozzo, E., Kivela, M., Moreno, Y., Porter, M. A., Gomez, S., and Arenas, A.: Mathematical formulation of multilayer networks, *Physical Review X*, Vol.3, No.4, pp.041022, 2013.
 - 36) Boccaletti, S., Bianconi, G., Criado, R., Del Genio, C. I., Gomez-Gardenes, J., Romance, M., Sendina-Nadal, I., Wang, Z., and Zanin, M.: The structure and dynamics of multilayer networks, *Physics Reports*, Vol.544, No.1, pp.1-122, 2014.
 - 37) Kivela, M., Arenas, A., Barthelemy, M., Gleeson, J. P., Moreno, Y., and Porter, M. A.: Multilayer networks, *Journal of Complex Networks*, Vol.2, No.3, pp.203-271, 2014.
 - 38) Kenett, D. Y., Perc, M., and Boccaletti, S.: Networks of networks - An introduction, *Chaos, Solitons & Fractals*, Vol.80, pp.1-6, 2015.
 - 39) Dickison, M. E., Magnani, M., and Rossi, L.: *Multilayer Social Networks*, Cambridge University Press, 2016.
 - 40) Kim, J. Y., and Goh, K. I.: Coevolution and correlated multiplexity in multiplex networks, *Physical Review Letters*, Vol.111, No.5, pp.058702, 2013.
 - 41) Nicosia, V., Bianconi, G., Latora, V., and Barthelemy, M.: Growing multiplex networks, *Physical Review Letters*, Vol.111, No.5, pp.058701, 2013.
 - 42) Lee, K. M., Kim, J. Y., Cho, W. K., Goh, K. I., and Kim, I. M.: Correlated multiplexity and connectivity of multiplex random networks, *New Journal of Physics*, Vol.14, No.3, pp.033027, 2012.
 - 43) Shahrivar, E. and Sundaram, S.: The strategic formation of multi-layer networks, *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, Vol.2, No.4, pp.164-178, 2015.
 - 44) Wasserman, S., and Faust, K.: *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press, 1994.
 - 45) Page, F. H., and Wooders, M.: Networks and clubs, *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol.64, No.3, pp.406-425, 2007.
 - 46) Page, F. H., and Wooders, M.: Club networks with multiple memberships and noncooperative stability, *Games and Economic Behavior*, Vol.70, No.1, pp.12-20, 2010.
 - 47) Borgs, C., Chayes, J., Ding, J., and Lucier, B.: The hitchhiker's guide to affiliation networks: A game-theoretic approach, *arXiv preprint arXiv:1008.1516*, 2010.
 - 48) So, C. K.: *Non-cooperative Formation of Agent-event Networks*, PhD Thesis, Monash University, Faculty of Business and Economics, Department of Economics, 2014.
 - 49) 小谷仁務, 横松宗太: 地域行事が行われる場の構成に関する定量的評価モデルの開発: 社会ネットワークアプローチ, 第 53 回土木計画学研究・講演集, 2016.
 - 50) Kotani, H.: *Evaluation of the Function of Local Assets on the Formation of Social Networks and a Resident's Identity*, Doctoral Thesis, Kyoto University, Graduate School of Engineering, Department of Urban Management, 2016.
 - 51) Billand, P., Bravard, C. and Sarangi, S.: On the interaction between heterogeneity and decay in two-way flow models, *Theory and Decision*, Vol.73, No.4, pp.525-538, 2012.

(平成 28 年 9 月 21 日 受付)

Evaluation of the Function of Local Assets on Social Network Formation

Hitomu KOTANI

Changes of a physical property in a local asset such as a park and a shopping street may result in changes in the number or variety of participants in festivals and rituals that are held there. Changes of participants may also lead to new collaboration in the activity, through which interactions in daily life would also expand. This expansion of social networks can be regarded as a value that the physical property brings.

This article, first, demonstrates that existing social network formation models are insufficient for the evaluation of the above function of local assets, and then the article presents our proposed method that overcomes the problems. The method applies a multilayer network formation model which expresses interaction in collaborative activity and in daily life with different network layers. The method could evaluate the function of the collaborative activity itself and the physical property in local assets through measuring the effect of new collaboration in the activity on the network formation in daily life. Through the above process, this article seeks to indicate a direction of the development of a methodology for the evaluation of the function of local assets on social network formation.