

社会ネットワークのサイズと次元が文化圏形成に与える影響の 分析

筑波大学社会工学類 社会経済システム専攻
横手 美史暢

1. 研究背景

「文化とは人間が自然に手を加えて形成してきた物心両面の成果であり、衣食住をはじめ技術、学問、芸術、道徳、宗教 など生活形式の様式と内容とを含むものである。（広辞苑 第六版）」こんにち多様な文化が地球上に存在する。人々は衣食住や技術、宗教など個人がそれぞれ持っている文化で人をまとめたり、区別したりする。同じ国や地域でも時間とともに人々の文化は変容していく。

また、文化は人々のつながりによって広がり、広がった先ではほかの文化と融合して新しい文化を作ることがある。例えば日本でポピュラーな料理のラーメンは、もともとは中国の麵料理だった。それが日本へ渡り、日本人の味覚に合うように改良されるなど日本の食文化と融合することで、元あった料理とは全く別物の料理となった。そしてラーメンが本全国へ広まり、各地での文化と融合することにより様々な味や具、麵の種類が異なるラーメンが生まれており、現在にも残り続けている。

共通の文化をもつ人々が集まったり、あるコミュニティ内で文化を共有したりすることで人々は共通の文化のまとまりである「文化圏」を形成する。ある文化の文化圏が大きくなり、空間全体に広がっていくことでその文化は「流行している文化」ということができる。図は日本国内における豆まきに関する文化の広がりを表したものである。

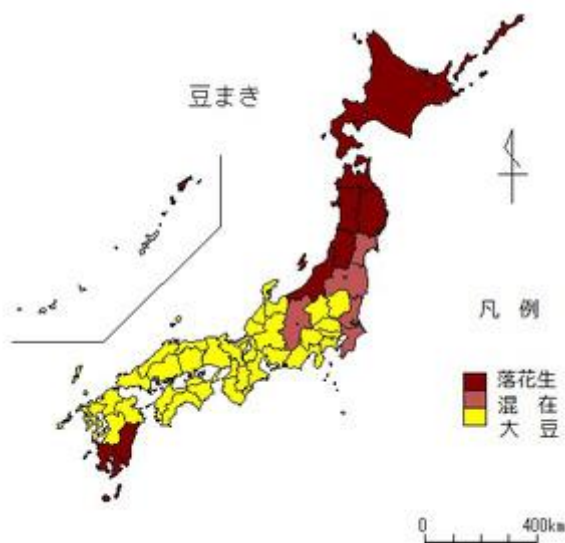


図1 豆まきの文化圏

2. 先行研究

文化は人々のつながりやコミュニケーションにより広がる。この時、二つの場合として人々が動き回って様々な人が接触する場合、または人が動かずに近隣の人のみと接触する場合の二つがある。この後者の場合に文化が変化し、広がっていくメカニズムを数理モデルで検証した研究として Axelrod の研究がある[1]。Axelrod は人々どうしの文化がどれだけ似通っていくか、そして空間内に文化がどのように広がるかに注目した。Axelrod はエージェントの設定として、 $N \times N$ 個のセルにひとつずつエージェントを配置し、エージェントが動かない空間を用いた。

図1は初期状態の一例である。10×10のセルにひとつずつエージェントを配置し、各エージェントの文化はひとつずつランダムに与えられる。図のように、5ケタの数字がエージェントが持つ文化を表し、エージェントの色の違いが文化の違いを表している。

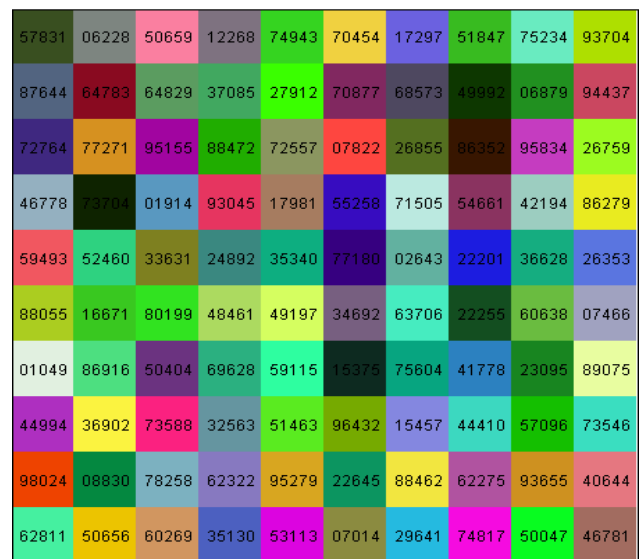


図2 初期状態の例(10×10)

Axelrod はエージェント一人一人が持つ文化を様々な次元を表すリストによって一つの文化として表現し、エージェントの特徴が多次元の状態を持つ Cellular Automata を用いてエージェント間での文化の広がりを再現した。図3はエージェントが持つ文化を表したものである。

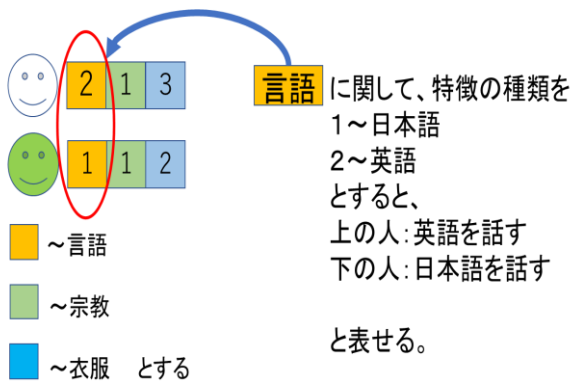


図3 エージェントの文化

図3では文化を言語、宗教、衣服のように三種類に注目し、それぞれ3桁の文字列で表す。そしてそれぞれの中身を213、112と表現する。この図3の場合、宗教については同じだが、言語と衣服については異なるというように表す。このようにして文化を一般化し、エージェントが相互作用を行うことでエージェントがもつ文化が変化していく様子を文化が変容していく様子としてとらえることができる。エージェントは自分の上下左右に接している隣人のエージェントをランダムに選択して自分と共通している特徴の数を計算し、その値に応じた確率で特徴のコピーを行い、文化が変容・伝播していく。Axelrodはエージェントどうしの文化は互いに似通っていき、最終的に空間全体が一つの文化でおおわれる場合、あるいは大多数の文化とは異なる少数の文化が残る場合の二つの場合があることを明らかにした。

Axelrodのモデルから拡張した研究は数多くあるが、その中にエージェントが存在する空間構造に着目したKlemmらの研究がある[3]。Klemmらは一次元格子と二次元格子でアクセルロッドのモデルを比較した。この研究では、エージェントがもつ文化、特に特徴の種類の数に注目した。この研究の結果、一次元格子と二次元格子では、空間内の文化が多様化するか画一的になるかの境界となる閾値がそれぞれ異なることを示した。この研究では、エージェントが持つ文化そのものに注目している。

3. 研究目的

これまでの先行研究では、(1)エージェントどうしのつながり方の構造の次元の違いが文化の広がり方に与える影響、(2)集団サイズの違いによる文化の広がり方への影響を同時に検証していない。しかし、現実の世界におけるつながりを見るとつながり方も集団の規模も様々なものがある。文化は人々のつながりによって広がるので、つながり方の違いや人数の増減が文化の広がりにもたらすと考えられ

る。そこで、本研究では文化の伝播において空間構造の違いによる比較と人数の影響を分析した。

3. 研究方法

本研究の具体的な手法は、エージェントが構成する社会ネットワークを異なる空間構造と人数を細かく変更してシミュレーション分析により比較することである。社会ネットワーク上での文化の伝播メカニズムを観察するためにAxelrodのモデルを拡張したエージェントシミュレーションで分析した。シミュレーションの際にはエージェントシミュレーションプラットフォーム「artiso」を用いてエージェントシミュレーションを行った。分析ではエージェントが構成する社会ネットワークを一次元格子、二次元格子、また隣人のみと文化のやり取りを行う一次元格子から遠距離とのやり取りを導入し、現実のネットワーク構造に即したスモールワールドネットワークに設定してそれぞれの空間構造でエージェントの数を増やしていき、空間の構造とエージェントの全体数が文化の広がりにもどのような影響を及ぼすかについてを明らかにした。

3.1 モデル

3.1.1 一次元格子と二次元格子

本研究では最も基礎的な構造の違いから比較するために一次元格子と二次元格子を用いた。

さらに一次元格子構造で隣人のみでなく、一定の確率でリンクをつなぎかえることで遠隔地とも文化のやり取りを行うことが可能となっているスモールワールドネットワークを用いて分析を行った。一次元格子、スモールワールドネットワークはエージェントを同一の直線上に配置し、隣人は両隣と二つ隣の4つに設定した。二次元格子ではAxelrodのモデルに従い、上下左右に隣接するエージェントが隣人となる。図4、5、6はそれぞれのネットワーク構造を表したものである。

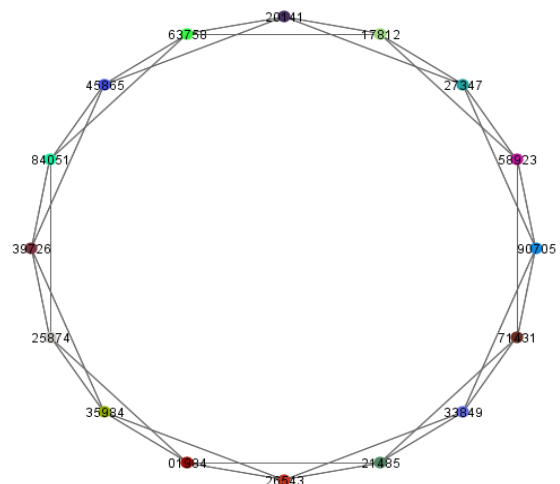


図4 一次元格子 (N=16)

57831	06228	50659	12268	74943	70454	17297	51847	75234	93704
87644	64783	64829	37085	27912	70877	68573	49992	06879	94437
72764	77271	95155	88472	72557	07822	26855	80352	95834	26759
46778	73704	01914	93045	17981	55258	71505	54661	42194	86279
59493	52460	33631	24892	35340	77180	02643	22201	36628	26353
88055	16671	80199	48461	49197	34692	63706	22255	60638	07466
01049	86916	50404	69628	59115	15375	75604	41778	23095	89075
44994	36902	73588	32563	51463	96432	15457	44410	57096	73546
98024	08830	78258	62322	95279	22645	88462	62275	93655	40644
62811	50656	60269	35130	53113	07014	29641	74817	50047	46781

図5 二次元格子(10×10)

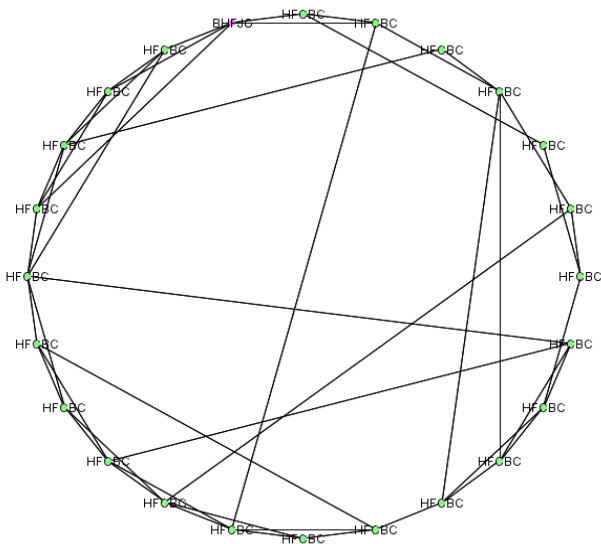


図6 スモールワールドネットワーク(N=24)
リンクをつなぎかえる確率 $\beta=0.3$

一次元格子ではエージェントの数を6から2ずつ増やして100まで、二次元格子では4, 9と増やしていき100まで、スモールワールドネットワークでは10から2ずつ増やして100まで増やして分析を行った。

3.1.2 エージェントの設定

初期設定としてエージェント一人一人がもつ文化を設定する。シミュレーションの設定として特徴の数の値が5、文化の種類の数10の5次元10種類のリストを生成し、そのうちの1つをエージェント一人ずつランダムに割り当てた。つまり、5つのリ

ストの中にA~Jの10種類の値が格納される。一次元格子でも二次元格子でも基本のルールはAxelrodのモデルに従う。

シミュレーションの各期は4つのステップに分かれている。

1. 各期の最初はランダムにアクティブな状態になるエージェントが選ばれる。
2. アクティブな状態のエージェントは近隣の隣り合ったセルのエージェントをランダムに選択する。
3. 自分もつ文化と選択したエージェントが持つ文化で共通の特徴の数を合計する。以下では共通の特徴を共通文化とする。
4. 特徴の数に対して共通文化が占める割合を算出し、類似度とする。
5. 少しでも共通の特徴があり、かつ特徴が完全に同じでない場合に類似度に応じた確率で異なる特徴を一つ選択し、コピーする。

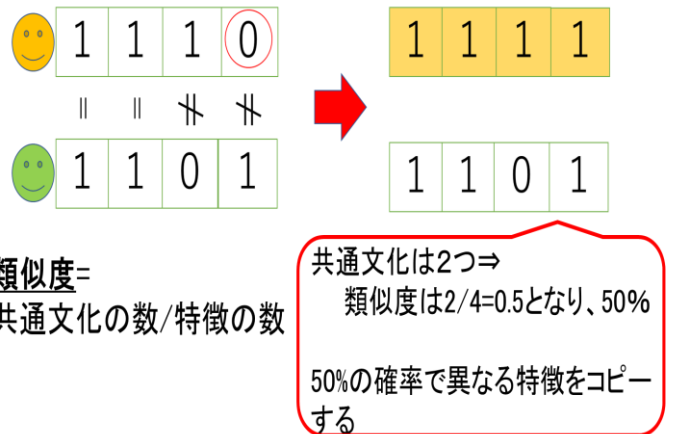


図7 特徴のコピーが行われるメカニズム

1~5を1期として値のコピーが行われなくなる期まで繰り返す。以上で1試行とし、1つのエージェントの数で100試行を行った。

4. 結果

4.1 一次元格子、二次元格子での結果

本研究では特に文化のまとまりの大きさの変化に着目した。以下では、同じ文化を持つまとまりとして空間の中で最大のものを最大文化圏とし、 S_{max}/N を全エージェント数Nに対する最大文化圏の大きさとする。

一次元格子では、エージェント数が増えるにつれ最大文化圏の大きさが縮小し、空間内に多数の文化圏が混在する状況になった。

一方、二次元格子ではエージェント数が増えるにつれ最大文化圏の大きさが大きくなり、一つの大きな文化圏が空間全体を覆うようになった。図3.1、

3.2 はエージェント数ごとに S_{max}/N を算出し、100 回の平均をグラフに表したものである。縦軸が S_{max}/N の値、横軸がエージェント数を表す。

以上のように、一次元格子では空間の文化が多様化し、二次元格子では空間の文化は画一的になることを明らかにした。図8、9はそれぞれ一次元格子、二次元格子での結果である。

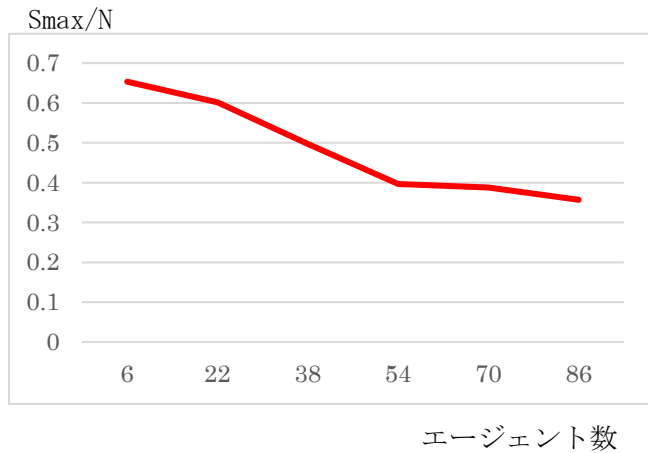


図8 一次元格子の結果

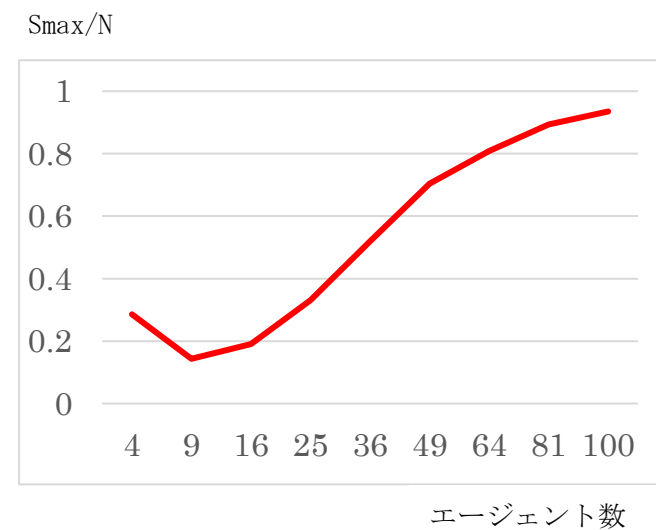


図9 二次元格子の結果

4. 2 スモールワールドネットワークでの結果

次に、スモールワールドネットワークにおける結果を示す。スモールワールドネットワークでは、エージェントどうしのリンクをつなぎかえる確率 β ($0 \leq \beta \leq 1$) の値を変更し、それぞれの β でエージェント数を増やして分析した。エージェント数スモールワールドネットワークでは、エージェントどうしのリンクをつなぎかえる確率が小さいと一次元格子同様に文化圏の大きさは小さくなっていく。しかし、リンクをつなぎかえる確率が一定を超えると二次元格子のようにエージェント数に応じて文化圏は大きくなっていく。図10はそれぞれの β においてエー

ジェント数を変更したときの S_{max}/N の推移をグラフに表したものである。

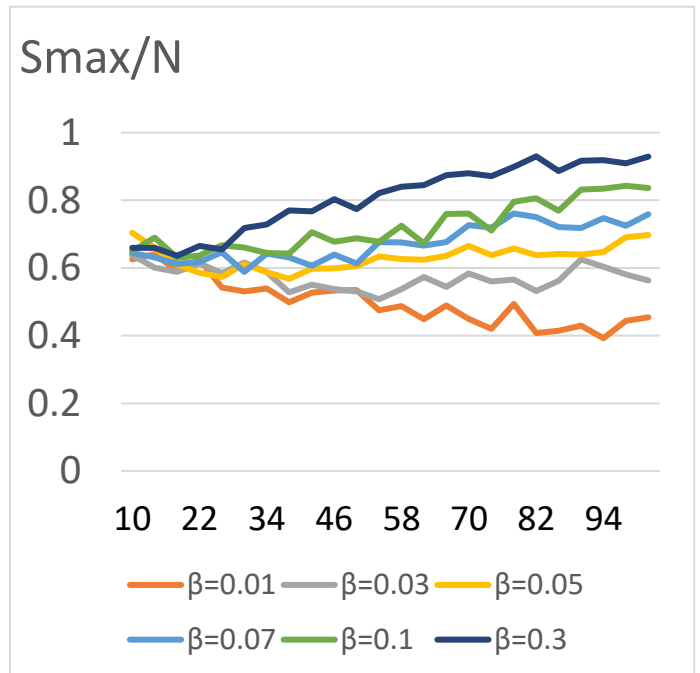


図10 スモールワールドネットワークの結果

この結果より、リンクをつなぎかえる確率が一定の値を超えると、空間内に文化がひろがるバイパスができやすくなるためにエージェント数が増えていくと文化圏の大きさが大きくなる。

5. 考察

このメカニズムについて考察すると、一次元格子ではエージェントは同一の直線上につながっているために文化は直線状に広がっていく。文化が全く異なって相互作用が行われなくなると、文化が広がるルートが限定されているため空間内に多数の文化圏が形成される。一方、二次元格子ではエージェントの数が多くなると空間の大きさも大きくなる。空間が大きくなることで文化が空間的に広がりやすくなる。文化の種類の数も多くなるが、直接文化のコピーが行われなくても周囲に少しでも共通している文化があるとそこから文化のコピーが行われ、周囲を巻き込んで一つの大きな文化圏を生成する。

スモールワールドネットワークにおいての結果を考察すると、リンクをつなぎかえる確率が小さいと文化が広がるバイパスができにくいため、一次元格子同様に文化は直線的に広がりやすくなる。したがって一次元格子のようにエージェントの数が増えると文化は広がりづらくなる。

一方、リンクをつなぎかえる確率が大きくなると文化が広がるバイパスができやすくなる。これによ

り、隣人に共通する文化がなく値のコピーが行われなかった時、または隣人が全く同じ文化を持っていた時に遠隔地にリンクがつながって文化のやり取りを行い、離れた違うところから文化が広がっていく。

この分析によって、空間構造と人数が文化圏の形成に影響を及ぼすことが判明した。これらの結果からいえることは、空間的に文化が広がる場合、小さい地域内で文化を拡散させようとする全体に広がりづらく、反対に大きい地域内では最終的に残る一つの文化が全体を占めるといえる。また、近隣のみで交流していた人間関係では文化は小さくまとまりやすかったが、遠く離れた遠隔地と交流を行うことで人数が増えても全体の文化の統一を促進できるということが言える。現代では、人々が構成する社会ネットワークは様々なものがある。近年では SNS やインターネットの発展により、近隣の人だけでなく遠くの人とも交流が容易となった。ある地域でしかポピュラーでなかった食品や習慣、ご当地キャラクターが SNS やインターネットで全国に知られ、普及していった例も存在する。エージェントの全体数、空間構造に関して詳しく分析したのは本研究が初である。

6. 今後の課題

今回行った研究ではAxelrod が用いていた特徴の数の値が5、種類の数が10 である5 次元10 種類の文化のリストを生成するパターンで検証を行った。今後の課題として、本研究の頑健性を検証するために文化のパターンをより詳細に条件を変えて検証する。

また、エージェントの数も今回の研究では最大100 と設定したため、エージェントの数を1000, 10000 と増やしていくとどのような結果がもたらされるのかについても検証したい。さらには現実世界の人々が構成する様々なネットワークを考慮し、他にも様々なネットワークを用いて分析したい。そのうえでエージェントの数を比較することで構造的な違い、エージェントの数が文化の多様性へ与える影響について分析できるのではないかと考える。

参考文献

- [1]R. Axelrod “The dissemination of culture a model with local convergence and global polarization”. Journal of conflict resolution 41.2 (1997). pp.203-226.
- [2]R. Axelrod 『対立と強調の科学』 ダイヤモンド社 (2003)
- [3]K. Klemm, V. M. Equiluz et al. “Role of dimensionality in Axelrod’ s model for the dissemination of culture” .