

「人のつながり」のスケールフリー性の検証及び要素への分解可能性検証

Verification of Scale-freeness of "Human Connections"

and Verification of Possibility of Decomposition into Elements

田代 光輝 (Mitsuteru TASHIRO)¹ 飯島 泰裕 (Yasuhiro IIJIMA)² 小松 正 (Tadashi KOMATSU)³
大野俊和 (Toshikazu ONO)⁴ 江口 清貴 (Kiyotaka Eguchi)⁵ 浅子 秀樹 (Hideki Asako)⁶・

1 多摩大学情報社会学研究所 准教授 2 青山学院大学社会情報学部 教授
3 多摩大学情報社会学研究所 客員准教授 4 群馬医療福祉大学 教授
5 一般財団法人 情報法制研究所 6 LINE 株式会社 公共政策室

[Abstract] In this research, we examined the preferential attachment model and the aptitude selection model about "human connections" in real space and virtual space by using questionnaire data. We verified the two models using questionnaire data for high school students in Tokyo. The contents of the verification were tested for distribution shape and decomposed into elements by multiple regression analysis. As a result of the verification, the human connections in real space and the human connections in virtual space, the distribution is not contradictory in the Log-normal Poisson distribution, and contradiction occurs in the Power distribution. In addition, in the results of multiple regression analysis, it was confirmed that the positive and negative effects were reversed between the number of net friends and the number of school friends. This is a consistent result in the aptitude selection model. In previous research, research based on the existence of the scale-free nature of human connections is under way. However, it is confirmed that there is no scale - free property in human connections, and the distribution considered to be the Power distribution is the Log-normal Poisson distribution.

[キーワード] 情報社会、対数正規ポアソン分布、べき分布、グラフ理論、スケールフリー性、人のつながり

1. はじめに

本研究では、現実空間と情報空間における「人のつながり」について、バラバシの提唱した優先的選択モデル [1]と、田代が提唱する適性選択モデル [2]について、実データを利用して検証した。バラバシは「人のつながり」はべき分布で、スケールフリー性があるとして、「持てるものがさらに多くを得る」という優先的選択モデル [1]を提唱した。一方、田代は「人のつながり」は対数正規ポアソン分布として、スケールフリー性に疑問を呈し、相性や趣味嗜好に一致など、適性に従って「人のつながり」が生成される適性選択モデル [2]を提唱した。

本研究では、この2つのモデルの実データとの適合を、東京都の高校生へのアンケートデータを利用して、検証した。検証内容は、分布の形の検定と、重回帰分析による要素への分解を行った。検定の結果、現実空間における「人のつながり」(学校友達数)も、情報空間における「人のつながり」(ネット友達数)も、共に分布は対数正規ポアソン分布(以下:LP分布)では矛盾せず、べき分布(以下:PW分布)では矛盾する結果となった。また、重回帰分析の結果では、性別、学校満足、部活日数は、ネット友達数と学校友達数で正負が逆の影響が確認された。これは、適性選択モデルで矛盾しない。

従来研究では、「人のつながり」のスケールフリー性の存在を前提とした研究が進められているが、田代の研究 [2][3]および、本研究により、「人のつながり」にはスケールフリー性はなく、PW分布と考えられてきた分布はLP分布としても矛盾しない。また、「人のつながり」の生成過程も、適性選択モデルで矛盾ない説明が可能であることが確認された。

2. 情報社会における「人のつながり」について

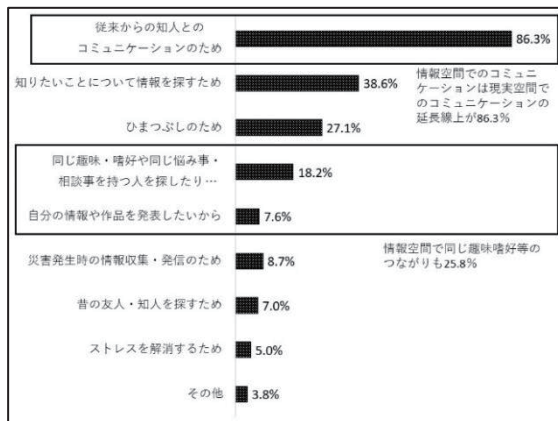
2.1. 情報社会と「人のつながり」

本研究では、情報社会の社会様相を考察するにあたり「人のつながり」に着目し、人が、どのような「つながり」を持つかを考察する。「人のつながり」に関して、ウォールディング(Robert Waldinger)は、1938年から続いている724人への継続調査 [4]の結論として、「健康で幸せに暮らすために必要なものは、富でも名声でも働く事でもなく、良い人間関係を築くこと」としている。同様に、カーネマン(Daniel Kahneman)は、幸せの研究 [5]に関して「幸福とは、自分の愛する人、自分を愛している人とともに時間を過ごすことだと言っても、あながち言い過ぎではない」としている。より良き「人のつながり」が人の幸福の源泉であり、「人のつながり」を研究することは情報社会全体を考察する上で重要な要素の1つといえる。

情報社会にとって重要なインフラの1つがインターネットである。総務省の『平成 28 年度版情報通信白書』[6]によれば、2016 年末の日本のインターネット利用者数は1 億 18 万人、人口普及率は 82.8%である。世帯別の情報機器の普及率は、パソコンの普及率が 78.0%、携帯電話の普及率が 94.6%、スマートフォン普及率が 64.2%となっている。通産省機械情報産業局は「高度情報化プログラム」[7]において、高度情報化社会では「情報の伝達や処理速度が格段に抑制されることで、情報に関する時間的・距離的制約が取り払われる」とした。情報機器の普及や、情報サービスの発展が、距離や時間に依存しないコミュニケーションを活発にし、それまで出会うことが困難だった人達も「つながる」ことが可能なのが、情報社会である。

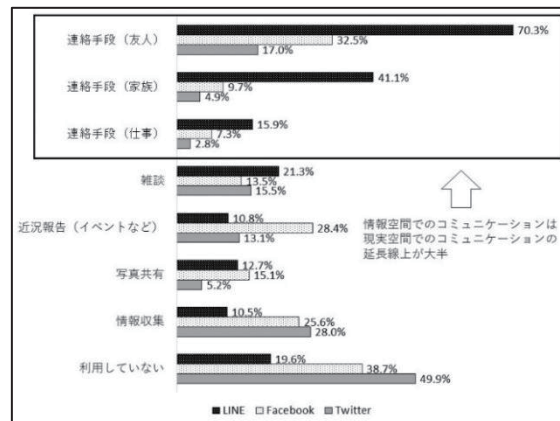
2.2. 社会様相の情報社会への変化と「人のつながり」の変化

インターネットの普及に伴い、「人のつながり」のきっかけにも変化が表れている。総務省の『平成 28 年度版情報通信白書』[6]によれば、86.3%の人が、SNS 等のコミュニケーションサービスの利用目的として「従来からの知人とのコミュニケーション」を挙げている(図 1)。MMD 研究所のレポートでも同様に、MMD 研究所のレポート[8]では、利用率 1 位「LINE」(利用率 61.1%)の利用目的は「連絡手段/友人」(70.3%)が最も多く、次いで「連絡手段/家族」が 41.1%、「雑談」が 21.3%の順となった(図 2)。一方で、『平成 28 年度版情報通信白書』[6]の調査では、SNS の利用目的として、18.2%が同じ趣味の人を探すため、7.2%が自分の作品を発表するため、と回答している。現実空間での「人つながり」以外にも、同じ趣味嗜好の人や、自分の才能や努力に共感する人と「つながる」ためにも、情報空間上のコミュニケーションが利用され始めている



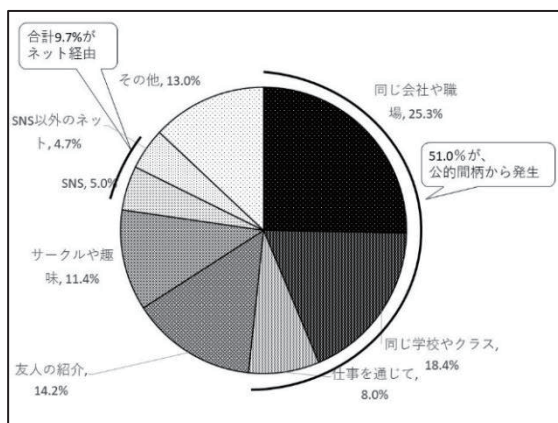
(参考文献 [6] を元に、執筆者作成)

図 1 SNS 等のコミュニケーションサービスを利用する理由



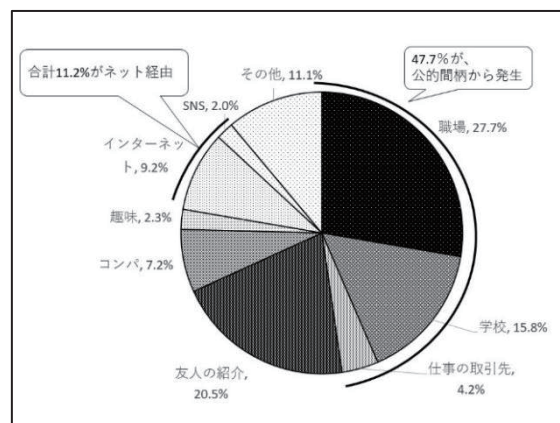
(参考文献 [8] を元に、執筆者作成)

図 2 SNS 利用目的一覧



(参考文献 [9] のデータより執筆者作成)

図 3 恋愛に至った「きっかけ」



参考文献 [10] のデータより執筆者作成)

図 4 結婚に至った「きっかけ」

恋愛に関して、リクルートブライダル総研が行った首都圏・東海・関西の 20 代～40 代への調査 [9]によれば、2014 年の段階で、恋愛の出会いのきっかけとして、同じ会社や職場と回答した割合が 25.3%、同じ学校やクラスが 18.4%、仕事を通じてが 8.0%と合計 51.0%が職場や学校などが同じことがきっかけとしている。一方、SNS が 5.0%、SNS 以外のネットが 4.7%と合計 9.7%が、ネットがきっかけで交際に至ったと回答している(図 3)。さら

に、結婚に関して、アニヴェルセル株式会社が行った首都圏・関西の20歳～36歳男女のアンケート [10]によれば、SNSが2.0%、SNS以外のネットが9.2%、合計11.2%がネット経由での交際から結婚に至っている（図4）。

同社のアンケートでは、ネットでの出会い [11]も26.5%が「抵抗がない」と回答しており、首都圏・関西での若者における、ネットを通じた「人のつながり」の拡大を示している。今後、情報社会が深化すれば、ネットを通じた、趣味嗜好等をきっかけとする「人のつながり」の拡大が予想される。

2.3. グラフ理論と「人のつながり」のスケールフリー性について

「人のつながり」を理論的に説明する際に使われるのがグラフ理論である。グラフ理論は、1736年オイラー (Leonhard Euler)が「ケーニヒスベルクの橋問題(Königsberger Brückenproblem)」 [12]の解決方法として提唱した概念である。グラフ理論を利用すると、ネットワーク構造を、容易に可視化できる。

グラフ理論を利用して分析すると、「人のつながり」には、スケールフリー性、スモールワールド性、クラスタ性の3つの特徴がある（参考文献 [13]）。そのうち、スケールフリー性は、「人のつながり」の分布は「不平等」という特徴で、次数分布がPW分布になることである。PW分布とは、任意ノードaのリンク数をKとした場合、Kの確率分布 $P(K)$ が、指数 α に対して $P(K) \propto k^{-\alpha}$ となる分布である。スケールフリー性は、所得分布や都市の人口分布等では、以前より知られていた。平均を中心として分散する正規分布ではなく、分布の多くが平均以下だが、極端に値の大きい部分も存在するような分布である。値と確率密度を対数にしてグラフにすると「直線」（べき乗）になる分布になる。

この特徴を再現するモデルの提唱は、近年になって活発化している。最初に提言されたのが、1959年のポール・エルデシュ(Erdős Pál)とアルフレッド・レーニイ(Alfréd Rényi)が提唱したランダムグラフ [14]である。ランダムモデルは、ノードがランダムにリンクされるモデルで、スモールワールド性を満たした。1998年にワッツとストロガッツが提唱したWSモデル [15]では、スモールワールド性とクラスタ性を満たした。

スケールフリー性を満たしたのが、バラバシ(Albert-László Barabási)・アルバート(Réka Albert)が提唱した、優先的選択モデル [1]である。優先的選択モデルは、成長の概念を取り入れ、さらに新しいノードが追加された時、それまで多くのリンクを持ったノードが、優先的に新しいノードとリンクする、という概念のネットワークの生成モデルである。優先的選択モデルは、スモールワールド性とスケールフリー性を持つ、ネットワーク生成過程の再現に成功した。

優先的選択モデルによって再現された「PW分布」の生成過程は、その後の「人のつながり」の議論の中心となる。Hole-Kimモデル [16]やCNNモデル [17]など、スモールワールド性やクラスタ性のあるモデルが、優先的選択モデルの亜種として、提唱された（以下、優先的選択モデルやこれらモデルを従来モデルとする）。さらに、優先的選択モデルは、タンパク質の結合 [18]や、商品購買行動 [19]など、「人のつながり」以外のネットワークの生成過程でも議論の中心となった。また「PW分布」そのものに注目が集まり、マーケットの世界ではロングテール理論 [20]などの議論が進んだ。

表1 従来モデルの特徴一覧

参考文献 [13]を元に、執筆者作成

ネットワークモデル	人のつながり	ランダムグラフ	WSモデル	優先的選択モデル
メカニズム	(不明)	ランダムにつながり	ランダムにつながり変えられる	リンク数の多いノードが新規ノードを優先的に獲得
スケールフリー性 $p(k)$ がPW分布	PW分布 *1	ポアソン分布	ポアソン分布 *2	PW分布 $\alpha = -3$
スモールワールド性 L (Lが小さい)	小さい	小さい $L = \log(N)$	小さい $L = \log(N)$ *3	小さい
クラスタ係数 CL (CLが大きい)	大きい $CL = 0.1 \sim 0.9$	小さい $CL = 1/N$	大きい	小さい $CL = \frac{(m-1)(\log N)^2}{8N}$
発表した年		1959年	1998年	1999年

灰色部分が「人のつながり」の特徴を満たした部分

N=ノードの数 α は、次数をkの、 $p(k) \propto k^{-\alpha}$ となる、べき指数の α m=ノードが持つリンク数

*1 本研究では、PW分布ではなくLP分布であることが明らかになったが、本表では先行研究の検証結果として、PW分布とした。

*2 最もばらつきが大きいのがシミュレーションによる試行回数が1の時のポアソン分布

*3 ただしシミュレーションによる試行回数が十分に大きい時

2.4. 「人のつながり」のスケールフリー性に対する疑問

田代は、「情報空間における「人のつながり」の分布の検証」 [3]において、ソーシャルメディア白書2012 [21]

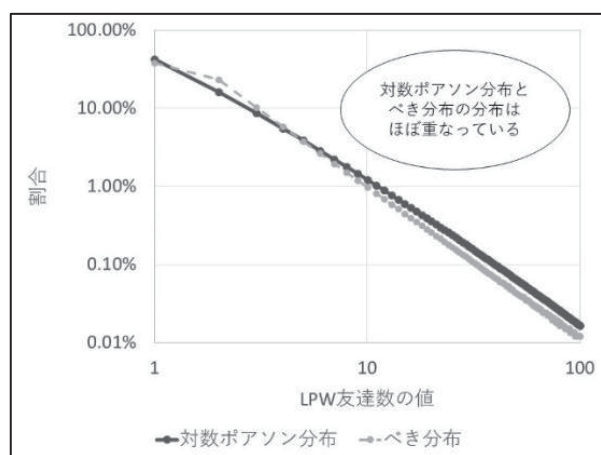
のデータを利用して、情報空間の「人のつながり」の分布を検定している。田代は、ソーシャルメディア白書 2012 に掲載された、Twitter のフォロワー数・フォロワー数、Facebook、mixi、gree、mobage の友達数データを、カイ二乗検定した。検定結果の一覧が表 2 である。検定結果は、このデータの全てにおいて、LP 分布とは矛盾しないが、PW 分布では矛盾する結果（有意水準 5%）となった。

LP 分布は、値と確率密度を対数にしてグラフ化すると、放物線になる分布で、PW 分布のような直線にはならない。しかし、幾何平均が単位以下の場合、LP 分布は PW 分布に近い分布になる。図 5 は平均 0.082、分散が 0.071 の LP 分布と、指数 α が 1.07、切片が 169.0 の PW 分布の値である。グラフ上でほぼ重なっており、カイ二乗検定の結果も P 値が 11.58% となって、同じ分布として矛盾しない結果となった。表 2 の Twitter フォロワー数や mobage 友達数の PW 分布の P 値は、LP 分布に比べると低いが、1% 有意水準であれば矛盾しない結果となっている。田代は、LP 分布は平均が単位以下の場合に、PW 分布と矛盾しない形で観測されることを明らかにしている。「人のつながり」は LP 分布となっているにも関わらず、一定条件で観測すると、観測値が PW 分布と似た形状なるために、従来研究では「人のつながり」は PW 分布であり、スケールフリー性があるのだと勘違いされていた可能性を示した。

表 2 カイ二乗検定結果一覧 [3]より引用

	LP 分布		PW 分布	
	カイ二乗値	P 値	カイ二乗値	P 値
Twitter フォロワー数	8.52	48.30%	128.42	0.01%以下
Twitter フォロワー数	7.01	63.61%	18.05	3.46%
Facebook 友達数	12.37	19.32%	38.51	0.01%以下
mixi 友達数	15.87	6.96%	115.89	0.01%以下
gree 友達数	10.42	31.78%	50.81	0.01%以下
mobage 友達数	9.74	37.21%	17.37	4.32%

(5%有意水準は 16.92、1%有意水準は 21.67)



([3]より引用)

図 5 LP 分布と PW 分布の期待値の重なり

3. 本研究の分析対象データ

本研究では、東京都の高校生への調査データを利用して、情報空間と現実空間における「人のつながり」の分布の検定と、要素への分解可能性を検証する。東京都は、平成 29 年度版情報通信白書 [6]の都道府県別のインターネットとスマートフォンの普及率では、東京は 89.7%、62.1%とトップである。東京都は、情報社会におけるデジタルネイティブ世代の今後を予測するために、最適なサンプルの 1 つである。また、高校生は、行動範囲が基本的に自宅周辺か学校である。現実空間の「人のつながり」も学校の中が多いため、現実空間での「人のつながり」を学校単位で測りやすい。さらに、調査も学校単位で行える利点もある。

3.1. データの集計方法

調査は、2016 年 6 月～9 月（以下：春調査）と、2016 年 12 月～2017 年 1 月（以下：秋調査）にかけて、ほぼ同一の内容で、東京都教育庁、LINE 株式会社、多摩大学情報社会学研究所が、共同で行った調査 [22]である。この調査は、中学生と高校生のネットの利用実態と、ネットリスクの原因等を明らかにするために、東京都の公立高等学校の 9 校において 3,968 人の生徒から回答があった。アンケート冒頭に、各人にユニークに割り当てた回答番号を記入してもらい、春調査と秋調査で同一人物が答えているものを紐づけている。なお、この調査は、あくまで生徒のネット利用実態の把握が目的で、かつ、学校で行う調査のため、心理尺度や生活状況等の内心に関わる質問や、プライバシーに関わる質問はしていない。そのため、心理尺度や生活状況をある程度推し量れる質問を選んで分析をした。

3.2. 調査から利用したデータについて

利用した回答は以下である（質問詳細は付録 1）。最初に、春調査と秋調査の双方で回答番号が一緒の回答を

抽出した上で、春調査と秋調査の双方で確認用の質問「Q35 これは確認用の質問である。かならず右横の欄に「2」と記入してください。」で「2」の回答を抽出した。この質問は、調査に対する正確な回答を判断するための質問である。空欄や、1、3、4、5の回答は、調査への意識が、いい加減であると判断し、抽出から外し、2と回答したものだけを抽出した。

次に、秋調査のデータから、Q32「ネット（SNSやネットゲーム、掲示板等）がきっかけで知り合った友達が何人ぐらいいますか」（以下：ネット友達数）、と、Q12「お互いに卒業後も付き合っていきたいと思っている親友があなたの今の学年に何人いますか」（以下：学校友達数）の回答を抽出した。このデータは分布の検定と、要素への分解可能性の検証のための重回帰分析の目的変数として利用する（集計結果は次項）。

次に、カイ二乗検定と重回帰分析の説明変数に利用するために、秋調査の結果から、学校友達数やネット友達数への影響が推測される回答を、抽出した（表3～表8）。Q1「あなたの性別はつぎのどれですか」（以下：性別）、Q4「あなたの勉強は好きですか」（勉強が苦手であるという回答の方の数字が大きいため、以下：勉強苦手）、Q10「あなたは学校のクラブ活動や部活動を週あたりどれくらいやっていますか」（以下：部活日数）、Q13「あなたは、今通っている学校での人間関係に対して満足していますか」（以下：学校満足）、Q17「あなたは、ネットを安全に利用できていると思いますか」（以下：安全意識）、Q8「あなたはふだん、スマートフォンや携帯電話、タブレット端末を、1日にどれくらい使っていますか？」（以下：スマホ時間）にすべて回答している（1つも空欄がない）回答を抽出した。最後に、その中から、Q2 あなたの現在の学校の種類は次のどれですかで「2.全日制高校」に回答した生徒を抽出し、1,940人を有効回答として利用した。

なお、スマホ時間は平日と休日の利用時間は、時間と分をそれぞれ数字で回答しているので、平日の時間に300（60分×5日）を、平日の分に5（1分×5日）を、休日の時間に120（60分×2日）を、休日の分に2（1分×2日）を乗算し、合計したものを7（7日）で割って1日あたりの分を割り出した上で、時間換算にするために60で割ってスマホ時間の値として利用する。

【秋調査の各指標の値】（平均や分散の値は、部活日数とスマホ時間は値を、それ以外は選択肢の番号を値として利用して算出）

表3 性別集計結果

	値	割合
男性	892	46.0%
女性	1,048	54.0%
合計	1,940	

表4 学校満足集計結果

	値	割合
1.そう思わない	50	2.6%
2.ややそう思わない	149	7.7%
3.どちらでもない	357	18.4%
4.ややそう思う	927	47.8%
5.そう思う	457	23.6%
合計	1,940	
平均	3.82	標準偏差 0.91

表5 部活日数集計結果

	値	割合
0日	677	34.9%
1日	103	5.3%
2日	113	5.8%
3日	129	6.6%
4日	109	5.6%
5日	255	13.1%
6日	421	21.7%
7日	133	6.9%
合計	1,940	
平均	4.03日	標準偏差 2.65

表6 勉強苦手集計結果

	値	割合
1.好き	92	4.7%
2.やや好き	248	12.8%
3.どちらでもない	829	42.7%
4. やや苦手	376	19.4%
5. 苦手	395	20.4%
合計	1,940	
平均	3.38	標準偏差 1.11

表7 安全意識集計結果

	値	割合
1.安全に使えている	1,131	58.3%
2.やや安全に使えている	576	29.7%
3.どちらでもない	176	9.1%
4.やや安全に使えていない	45	2.3%
5.安全に使えていない	12	0.6%
合計	1,940	
平均	1.57	標準偏差 0.85

表8 スマホ時間集計結果

	値	割合
0時間	16	0.8%
1時間未満	148	7.6%
1以上2時間未満	362	18.7%
2以上3時間未満	442	22.8%
3以上4時間未満	348	17.9%
4以上5時間未満	171	8.8%
5以上6時間未満	142	7.3%
6以上7時間未満	76	3.9%
7以上8時間未満	56	2.9%
8以上9時間未満	34	1.8%
9以上10時間未満	19	1.0%
10時間以上	126	6.5%
合計	1,940	
平均	3.75	標準偏差 186.68

4. ネット友達数と学校友達数の分布の、カイ二乗検定

4.1. 分布の検定方法について

分布の検定は、カイ二乗検定を利用する。蓑谷は『統計学のはなし』[23]において、カイ二乗検定は100分率か1000分率で、5～20の階級で検定を行うのが適切だとしている。本研究では、ネット友達数と学校友達数をスタージェスの公式（個数 s に対して階級数 S が $S = 1 + \log_2(s)$ ）に従って集計し、値は100分率で検定する。

ネット友達数は、最小値を1人して集計すると、個数は753個である。スタージェスの公式に従うと、階級は10となる。分布が対数正規分布に近く、最大値は1,000人（1,000人以上の回答は無効回答として利用しない）なので、対数で $\log_{10}(1,000)/10=0.3$ を階級幅にして、1人、2～3人、4人～7人、8～15人、16人～31人、32～63人、64～127人、128～255人、256～511人、512人以上の10の階級で集計した。256人～511人と512人以上は100分率にすると値が5以下になる。カイ二乗検定では値が5以下の階級が全体の20%以上であると正確に計算できないため、128人以上の階級として統合した。集計結果が表9である。

学校友達数の個数は1,828個、最大値は420人である。スタージェスの公式に従い、階級を12に分ける。対数で $\log_{10}(420)/11=0.238$ を階級幅にして、1人、2人、3～4人、5～6人、7～11人、12～20人、21～33人、34～55人、56～92人、93～153人、154～253人、254人以上で集計した。そのうち21～33人、34～55人、56～92人、93～153人、154～253人、254人以上が100分率で5以下になったため、21人以上の階級として統合した。集計結果が表10である。

表9 ネット友達数、集計結果(0人を除く)

	実数		100 分率
1 人	64		8.50
2～3 人	133		17.66
4～7 人	121		16.07
8～15 人	169		22.44
16～31 人	105		13.94
32～63 人	62		8.23
64～127 人	50		6.64
128 人以上	49		6.51
合計	753		100.00
最小値	1 人	最大値	1,000 人
平均	15.70	標準偏差	67.11
対数の平均	10.75	対数の標準偏差	2.73

表10 学校友達数、集計結果(0人を除く)

	実数		100 分率
1 人	74		4.05
2 人	101		5.53
3～4 人	272		14.90
5～6 人	380		20.81
7～11 人	533		29.19
12～20 人	281		15.39
21 人～	185		10.13
合計	1,826		100
最小値	1 人	最大値	420 人
平均	13.79	標準偏差	32.50
対数の平均	7.86	対数の標準偏差	1.53

4.2. 期待値の求め方について

検定を行う検定を行うために必要な期待値は、田代の研究手法 [3]に従って求めた。LP 分布の友達数 k ($k=1,2,3,\dots$) となる割合を $g(k)$ とする。まず、実数から対数の平均 (μ) と対数の分散 (σ) を求める。ただし、0 の値は対数ではエラーが起るため集計時に対象から外しており、実際の幾何平均や幾何分散から値がずれる。そのため、期待値を求める際には、それぞれに前後の値を用意して、実数の再現性に対して当てはまりの良い値を採用することを繰り返して調整し、最終的に最も当てはまりの良い値を採用する。

次に、 n 番目の潜在的な確率を x_n としたときに、 x_1 から x_{1940} までの $n=1940$ 個を用意し、それぞれに確率 $\rho = n/1,941$ を割り振る。さらに、対数の平均 μ 、対数の標準偏差 σ 、確率 ρ を対数正規分布逆関数にあてはめ

$$f(x_n) = e^{[\mu + \sigma x_n \{NI(\rho)\}]} \quad (NI \text{ は正規分布の逆関数})$$

として、 $f(x_n)$ を潜在的な確率として利用した（公式の。最後に $f(x_n)$ を平均としたポアソン分布 $p(f(x_n) = k)$ $k=1,2,3,\dots$ を、 k 毎に集計し

$$g(k) = \sum_{n=1}^{1,940} \{p(f(x_n) = k)\}$$

集計した $g(k)$ $k=1, 2, 3, \dots$ を LP 分布の期待値とした。（以下、この手法を手法 A、とする）。

PW 分布の n 番目の実数 x_n を期待値を w_n 、として、クローセット (A. Clauset) らによる手法 [24] を利用して、期

待 w_n を求めた。最小値 $w_{\min}$ を1として、1,940個の実数 x_n ($n=1 \sim 1940$)に対して、べき指数 α を

$$\alpha \cong 1 + n \left[\sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{x_1}{w_{\min} - \frac{1}{2}} \right) \right]^{-1}$$

の公式に従って求めた。求めた α に対して、定数 C ($C = \frac{1940^{-\alpha}}{\zeta(\alpha, w_{\min})}$) (ζ はHurwitzのゼータ関数)に対して

$$w_n = Cn^{-\alpha}$$

を求め、値毎に集計し、PW分布の期待値とした(以下、この手法を手法Bとする)。手法Aと手法Bで求めたネット友達数の期待値が表11、学校友達数の期待値が表12である。

表11 ネット友達数の期待値の集計結果(0人を除く)

値	LP分布	100分率	PW分布	100分率
1人	178.25	10.26	225.08	29.89
2~3人	262.74	15.12	142.22	18.89
4~7人	316.86	18.23	100.42	13.34
8~15人	316.05	18.19	75.35	10.01
16~31人	264.84	15.24	58.31	7.74
32~63人	188.17	10.83	45.81	6.08
64~127人	113.77	6.55	36.27	4.82
128人以上	97.00	5.58	69.54	9.23
合計	1,737.68	100.00	753.00	100.00
対数の平均	7.69		α	1.33
対数の標準偏差	2.35		最小値	1

表12 学校友達数の期待値の集計結果(0人を除く)

値	LP分布	100分率	PW分布	100分率
1人	99.04	5.24	598.85	32.78
2人	131.49	6.95	232.83	12.74
3~4人	291.74	15.42	224.50	12.29
5~6人	268.95	14.22	118.88	6.51
7~11人	472.26	24.96	156.16	8.55
12~20人	376.83	19.92	128.63	7.04
21人~	251.57	13.30	367.00	20.09
合計	1,882.43	100.00	1,826.84	100.00
対数の平均	7.65		α	1.36
対数の標準偏差	2.33		最小値	1

4.3. ネット友達数と学校友達数の、カイ二乗検定結果と考察

ネット友達数を100分率利用してカイ二乗検定をした。検定結果が表13である。検定の結果は、LP分布のカイ二乗値が2.87、P値は89.69%、PW分布のカイ二乗値が38.63、P値は0.01%以下となった。ネット友達数の分布は、PW分布では矛盾するが、LP分布として、矛盾しない。学校友達数を100分率を利用してカイ二乗検定した結果が表14である。LP分布のカイ二乗値が10.86、P値は5.41%、PW分布のカイ二乗値が147.15、P値は0.01%以下となった。学校友達数の分布は、PW分布では矛盾するが、LP分布では矛盾しない結果となった。

これは、田代[3]のソーシャルメディア白書データの検定結果と同じで、「人のつながり」は、情報空間と現実空間の双方で、PW分布では矛盾するが、LP分布では矛盾しない。この結果は、田代の提唱する適性選択モデル[2]で説明可能である。従来研究では「人のつながり」について、スケールフリー性があるとされているが、本検定では、「人のつながり」のスケールフリー性の存在は、矛盾する結果となった。

表13 ネット友達数と、LP分布とPW分布のカイ二乗検定結果

値	実数	LP分布	カイ二乗値	PW分布	カイ二乗値
1人	8.50	10.26	0.30	29.89	15.31
2~3人	17.66	15.12	0.43	18.89	0.08
4~7人	16.07	18.23	0.26	13.34	0.56
8~15人	22.44	18.19	1.00	10.01	15.46
16~31人	13.94	15.24	0.11	7.74	4.97
32~63人	8.23	10.83	0.62	6.08	0.76
64~127人	6.64	6.55	0.00	4.82	0.69
128人以上	6.51	5.58	0.15	9.23	0.81
検定結果		カイ二乗値合計	2.87	カイ二乗値合計	38.63
		5%有意水準	14.07	5%有意水準	14.07
		1%有意水準	18.48	1%有意水準	18.48
		P値	89.69%	P値	0.01%以下

表 14 学校友達数と、LP 分布・PW 分布のカイ二乗検定の結果

値	学校友達数	LP 分布	カイ二乗値	PW 分布	カイ二乗値
1 人	4.05	5.24	0.27	32.78	25.18
2 人	5.53	6.95	0.29	12.74	4.08
3~4 人	14.90	15.42	0.02	12.29	0.55
5~6 人	20.81	14.22	3.06	6.51	31.44
7~11 人	29.19	24.96	0.72	8.55	49.84
12~20 人	15.39	19.92	1.03	7.04	9.90
21 人~	10.13	13.30	0.75	20.09	4.94
		カイ二乗値合計	6.13	カイ二乗値合計	125.93
		5%有意水準	12.59	5%有意水準	12.59
		1%有意水準	16.81	1%有意水準	16.81
		P 値	40.84%	P 値	0.01%以下

5. 秋調査のデータを利用した、要素への分解可能性の確認

5.1. 要素への分解可能性の確認について

要素への分解可能性の確認は、3.2において抽出したデータを利用し、秋調査のネット友達数と学校友達数の対数を目的変数として、その他の指標の対数を説明変数とした重回帰分析を行う。田代の研究 [3]および本研究において、情報空間の友達数は、LP 分布として矛盾しないことが明らかとなっている。LP 分布であれば、様々な要素が乗算的に影響していることが予測される。数を対数にした上で重回帰分析することは、友達数を Y として、要素を X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、定数を $a \sim d$ と K とすると、

$$\log Y = a \log X_1 + b \log X_2 + c \log X_3 + d \log X_4 + K \log 10$$

という形になる。式を変更すると

$$\log Y = \log X_1^a X_2^b X_3^c X_4^d 10^K$$

$$Y = X_1^a X_2^b X_3^c X_4^d 10^K$$

であり。これは要素の乗算が友達数 Y になることを表している。本研究では、取得できる要素が十分ではないため、因果関係をすべて明らかにするものではないが、ある程度の傾向までは解明できることが期待される。

5.2. 秋調査の、ネット友達数と学校友達数の、重回帰分析結果

「人のつながり」には、社交性のような性格に拠るもの、体系、髪型、顔の造形など容姿に拠るもの、趣味嗜好に拠るものなど、多くの要素が影響していることが予測される。しかし、本調査では内心に関わるものに関して取得ができなかったため、秋調査のデータから、安全意識、勉強苦手、性別、学校満足、部活日数、スマホ時間の6つの指標を利用して、傾向を分析する。勉強苦手、学校満足、安全意識はそのまま10を底にして対数に、ネット友達数、部活日数、スマホ時間は0の値があるため、0.5を足した上で10を底にして対数に、性別は男子を1、女子を0として分析した。さらに、時間経過による効果を測るために、春調査の学校友達数（以下：春学友数）とネット友達数（以下：春ネ友数）を抽出し、春学友数はネット友達数の説明変数に、春ネ友数は学校友達数の説明変数として利用した。表15は、説明変数に利用する指標の、対数の平均と、対数の標準偏差である。

また、分析の前に、指標の多重共線性を検証するために、数値のVIF（Variance Inflation Factor）を確認した。VIFは1.05で、基準となるVIFの10を下回っているために、多重共線性は認められない（表16）。

表 15 指標の対数の平均と、対数の標準偏差（値は10を底にした対数）

	ネット 友達数 ^{*1}	学校 友達数 ^{*1}	春ネ友数 ^{*1}	春学友数 ^{*1}	安全 意識	勉強 苦手	性別 ^{*2}	学校 満足	部活 日数	スマホ 時間 ^{*1}
対数の平均	0.27	0.86	0.23	0.84	0.15	0.5	0.54	0.56	0.33	2.2
対数の標準偏差	0.8	0.48	0.77	0.5	0.19	0.17	0.5	0.14	0.49	0.42

^{*1} 0の値があるため、値に0.5を加えたうえで対数にした ^{*2} 値が0と1のみのため、そのまま平均と標準偏差を求めた

表 16 指標の VIF

	春ネ友数	安全意識	勉強苦手	性別	学校満足	部活日数	スマホ時間
春学友数	1.00	1.01	1.00	1.01	1.05	1.00	1.00
春ネ友数		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
安全意識			1.00	1.00	1.00	1.01	1.05
勉強苦手				1.00	1.00	1.00	1.00
性別					1.00	1.00	1.00
学校満足						1.00	1.00
部活日数							1.00

5.3. 重回帰分析結果と考察

指標を説明変数に、ネット友達数と学校友達数を目的変数にして、評価値は赤池情報量基準 (AIC) [25] を用いて、変数減少法で統計ソフト R を利用して重回帰分析をした。変数減少法によって、ネット友達数は、安全意識、春学友数、勉強苦手 の 3 つの指標を削除、学校友達数は、安全意識、スマホ時間の 2 つの指標を削除した。最終的な分析結果が、表 17 である。

分析の結果、決定係数はネット友達数が 0.05、学校友達数が 0.11 であり、当てはまりは悪い。これは、容姿、性格、趣味嗜好など、内に関わる指標がないためと考えられる。しかし、分析結果から注目すべき点が 2 つある。1 つ目は、春学友数がネット友達数に対して、春ネ友数が学校友達数に対して、それぞれ説明力のない変数となったことである。お互い説明力のない変数となったことは、「人のつながり」は、友達数の多い人が、常に友達が多いのではなく、現実空間や情報空間それぞれで、異なる要素の影響を示唆している。

2 つ目は、ネット友達数と学校友達数で、指標が異なる点である。ネット友達数は性別・学校満足・部活日数・スマホ時間がであったのに対して、学校友達数は性別・学校満足・部活日数である。性別・学校満足・部活日数は、ネット友達数と学校友達数で係数の正負が逆である。また、スマホ時間はネット友達の方に説明力がある。優先的選択モデルは「友達数の多い人がさらに友達数を増やす」ため、この違いは説明不可能である。しかし、適性選択モデルでは、「場 (コミュニティ)」の適性によって「つながりやすさ」が異なるため、影響が逆になる指標や、片方にしか影響しない指標が存在することは、説明可能である。

表 17 ネット友達数と学校友達数の重回帰分析の結果

	ネット友達数					学校友達数				
	b	bSE	β	t	P-値	b	bSE	β	t	P-値
切片	-0.32	0.12	-0.00	-2.58	0.99%	0.39	0.06		6.90	0.00%
春ネ友数						0.02	0.01	0.04	1.76	7.78%
勉強苦手						-0.11	0.06	-0.04	-1.75	8.09%
性別	0.13	0.04	0.08	3.60	0.03%	-0.13	0.02	-0.13	-6.10	0.01%以下
学校満足	-0.35	0.13	-0.06	-2.77	0.56%	1.01	0.07	0.29	13.65	0.01%以下
部活日数	-0.10	0.04	-0.06	-2.77	0.57%	0.07	0.02	0.07	3.07	0.21%
スマホ時間	0.34	0.04	0.18	8.06	0.01%以下					
重決定 R ²	0.05					0.11				
補正 R ²	0.05					0.11				

b=偏回帰係数 bSE=偏回帰係数の標準誤差 β =標準偏回帰係数

6. 本研究のまとめと課題

6.1. 本研究のまとめ

本研究では、ネット友達数と学校友達数の、分布の検定と、要素への分解可能性を検証した。検定の結果、ネット友達数も学校友達数も PW 分布では矛盾するが、LP 分布では矛盾しないことが明らかとなった。要素への分解可能性の分析の結果、ネット友達数と学校友達数では、性別、学校満足、部活日数の指標が、「人のつながり」に与える影響が政府が逆になることが確認できた。これらの差異は、優先的選択モデルでは説明不可能だが、適性選択モデルでは説明可能である。

「人のつながり」が現実空間しかなかった従来社会では、距離に依存したコミュニケーションしかできず、交流は居住地域や学校・職場など限られたコミュニティの中であった。限られたコミュニティが、その人の「適性」に合わない場合、より良き「人のつながり」を持つのは困難である。より良き「人のつながり」を持つためには、

「適性」が合う人が集う場所に移動する必要があった。しかし、移動は、時間的にも金銭的にコストが掛かる。また、転居や転校、転職をしても、新しい「場」が適性に合わないリスクもある。

一方、情報社会では、情報空間での“距離に依存しないコミュニケーション”が可能である。情報空間では、現実空間では孤立するような、マイナーな趣味嗜好や個性を持った人でも、距離に依存しない情報空間上で、適性のあるコミュニティを見つける事が可能になる。例えば、松尾 [26]が示した通り、mixi には 10 万弱のコミュニティが存在していた。コミュニティへの参加は無料で、ボタン一つで参加可能である。転居や転校、転職に必要もない。またコミュニティに適性が無ければ、ボタン一つで離脱可能で、コストやリスクが低い。

本研究での分析では、現実空間の「人のつながり」(学校友達数)と、情報空間での「人のつながり」(ネット友達数)は無相関であり、それぞれに影響する要素の差異も確認された。現実空間の「人のつながり」の多少に関係なく、情報空間で独自の「人のつながり」を持っている実態が確認された。今後、社会が情報社会に移り変わると、より多くの人々が、情報空間でコミュニケーションをする。そうすれば、現実空間の「人のつながり」とは全く関係がない、情報空間での「人のつながり」の増加が予測される。情報社会は、従来モデルが示したような、持てる者だけがさらに持てる社会でも、一部の持っただけがさらに持つ社会でも、友達の友達のみがつながる社会でもなく、“適性のあるコミュニティ”を見つけた人が、より良き「人のつながり」を持つ社会である、といえる。

6.2. 本研究の課題

本研究は、東京都の高校生のアンケート調査結果を利用して、カイ二乗検定と重回帰分析を通じて「人のつながり」のモデルを考察した。カイ二乗検定では LP 分布について十分な結果が得られたが、重回帰分析の結果はネット友達数は決定係数 0.05、学校友達数は決定係数 0.11 と当てはまりが悪かった。これは「人のつながり」を説明するために、利用した説明変数が十分ではなく、より影響の大きい説明変数の必要性を示している。今後は心理尺度や生活状況など、内心に関わる質問やプライベートにかかわる質問を別途行い、より「人のつながり」に影響する指標で分析する必要がある。今後、様々なルートや手法でデータ収集を進め、情報社会の「人のつながり」の実態解明を進める必要がある。

【謝辞】

東京都の高校生へのアンケート調査では、東京都教育庁の皆様、LINE 株式会社の公共政策室の皆様にご大変お世話になりました。また、回答いただいた東京都の高校生および教職員の皆様にご感謝いたします。適性選択モデルの検証に関して、多摩大学情報社会学研究所の公文俊平所長、山内康英所長代理、舟橋正浩客員研究員にご大変お世話になりました。論文指導に関して、青山学院大学上野亮研究員をはじめ、飯島研究室のみなさん、及び中央大学の実積寿也教授に、丁寧なご指導をいただきました。文末になりますが、改めて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Albert-László Barabási, Réka Albert, “Emergence of Scaling in Random Networks”, Science Vol.286, pp.509-512, 1999.
- [2] Mitsuteru Tashiro, Yasuhiro Iijima, Tadashi Komatsu, Fujio Toriumi, Takafumi Nakanishi, Kiyotaka Eguchi, Hideki Asako 『Construction and verification of a power distribution model that uses graph theory and considers the ease of connection』 Journal of Transformation of human behavior under the influence of The Infosociconomics Society Vol.2 2017
- [3] 田代光輝, 「情報空間における「人のつながり」の分布の検証」, 青山社会情報研究 vol.9, pp.24-41, 2018
- [4] Robert Waldinger, “What makes a good life?”, <http://robertwaldinger.com/>, [accessed: 1 Jul. 2017].
- [5] Daniel Kahneman, Alan B. Krueger, David Schkade, Norbert Schwarz, Arthur A. Stone, “Would You Be Happier If You Were Richer? A Focusing Illusion”, SCIENCE Vol.312, pp.1908-1910, 2006.
- [6] 総務省, 『平成 28 年版 情報通信白書』 2016 年.
- [7] 通商産業省機械情報産業局, 『高度情報化プログラム』, コンピュータエージ社, 1994.
- [8] MMD 研究所, 「SNS/コミュニケーションサービスの利用目的」, “https://mmdlabo.jp/investigation/detail_1324.html”, [accessed: 1 Jul. 2017].
- [9] リクルートブライダル総研, 「恋愛観調査 2013」, http://www.bridal-souken.net/data/ra/renaikan2014_reliace.pdf, [accessed: 13 Jan. 14]
- [10] アニヴェセル株式会社, 「パートナーとはどこで出会った? 既婚男女 600 人を大調査」, [accessed: 18 May 2016].
- [11] アニヴェセル総研, 「ネットの出会いに抵抗ある?」, <http://www.anniversaire.co.jp/>, [accessed: 8 Mar. 2018].
- [12] Leonhard Euler. “Königsberger Brückenproblem”, 1736.

- [13] 増田直樹, 今野紀雄, 『複雑 network』, 近代科学社, 2010
- [14] Erdős P., Rényi A., "On Random Graphs", Publicationes Mathematicae 6, pp.290-297, 1959.
- [15] Watts, Duncan J, Strogatz, Steven H, "Collective Dynamics of Small-World Networks", Nature vol.393, pp.440-442, 1998.
- [16] Petter Holme, Beom Jun Kim, "Growing scale-free networks with tunable", Physical review Vol.65-2, No.026107, 2002.
- [17] Jörn Davidsen, Holger Ebel, Stefan Bornholdt, "Emergence of small world from local interactions: Modeling acquaintance networks", Physical Review Vol.88, No.128701, 2003.
- [18] 阿久津, 『バイオインフォマティクスの数理とアルゴリズム』, 共立出版, 2007.
- [19] 高安秀樹, 『経済物理学の発見』, 光文社新書, 2004
- [20] クリス・アンダーソン, 『ロングテール』, 早川書房, 2006.
- [21] 株式会社トライバルメディアハウス 株式会社クロス・マーケティング, 『ソーシャルメディア白書 2012 ローデータ版』, 翔泳社, 2013.
- [22] LINE 株式会社, 「青少年のネット利用実態把握を目的とした調査 平成 28 年度最終報告書」, <https://linecorp.com/ja/csr/newslst/ja/2017/103>, [accessed:31.may.2018]
- [23] 蓑谷千風彦, 『統計学の話 (第 4 版)』, 東京図書, pp.257-266, 2002.
- [24] Clauset, Aaron; Shalizi, Cosma R.; Newman, M. E. J. "Power-law distributions in empirical data", SIAM Review, 51 (4), pp. 661-703, 2009.
- [25] Akaike, H., "Information theory and an extension of the maximum likelihood principle", Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory, pp.267-281, 1973.
- [26] 松尾豊, 安田雪, 「SNS における関係形成原理- mixi のデータ分析-」, 人工知能学会論文誌 22 巻 5 号 G, pp.531-541, 2007.

(2018 年 7 月 15 日受理)

【付録 1】本研究に利用した質問一覧

【確認用の質問】 Q35 これは確認用の質問です。かならず右横の欄に「2」と記入してください。1. そう思う 2. 確認した 3. どちらでもない 4. ややそう思わない 5. そう思わない 【ネット友達数として利用した質問】 Q32 あなたには、ネット（SNS やネットゲーム、掲示板など）がきっかけで知り合った友達が何人ぐらいいますか。その人数を下の（ ）の中に、数字で記入してください。 【学校友達数として利用した質問】 Q12 あなたには、お互いに卒業後も付き合っていきたいと思っている親友があなたの今の学年に何人いますか。わからないときはだいたいでかまいません。その人数を下の欄にある（ ）の中に、数字で記入して下さい。 【性別として利用した質問】 Q1 あなたの性別はつぎのどれですか。男性なら 1 を女性なら 2 を選び、その数字を右横の欄に記入してください。 【勉強苦手として利用した質問】 Q4 あなたの勉強は好きですか。選択肢の中からあてはまるものをひとつ選び、その数字を右横の欄に記入してください。 1. 好き 2. やや好き 3. ふつう 4. やや苦手 5. 苦手 【スマホ時間として利用した質問】 Q8 あなたはふだん、スマートフォンや携帯電話タブレット端末を 1 日にどれくらい使っていますか？ 【部活日数として利用した質問】 Q10 あなたは学校のクラブ活動や部活動を週あたりどれくらいやっていますか。選択肢の中からあてはまるものをひとつ選び、その数字を右横の欄に記入してください。 1. やっていない 2. 週 1 日やっている 3. 週 2 日やっている 4. 週 3 日やっている 5. 週 4 日やっている 6. 週 5 日やっている 7. 週 6 日やっている 8. 週 7 日やっている 【学校満足として利用した質問】 Q13 あなたは、今通っている学校での人間関係に対して満足していますか。選択肢の中からあてはまるものをひとつ選び、その数字を右横の欄に記入してください。 1. 満足していない 2. あまり満足していない 3. どちらともいえない 4. やや満足している 5. 満足している 【安全意識として利用した質問】 Q17 あなたは、ネットを安全に利用できていると思いますか。選択肢の中からあてはまるものをひとつ選び、その数字を右横の欄に記入してください。 1. 安全に利用できている 2. やや安全に利用できている 3. どちらともいえない 4. あまり安全に利用できていない 5. 安全に利用できていない 【学校の種類についての質問】 Q2 あなたの現在の学校の種類は次のどれですか。 1. 中学校 2. 全日制高校 3. 定時制高校 4. 通信制高校
