ネットワーク解析を用いた南九州過疎地域の内部構造分析

○喜多　未咲子[*1]　　本間　俊雄[*2]
古川　惠子[*3]　　増留　麻紀子[*4]
横須賀　洋平[*5]　　境野　健太郎[*6]

キーワード：過疎化　高齢化　人的ネットワーク　ネットワーク解析　地域特性

1.　はじめに

過疎･少子高齢化が進む日本の現状において、従来の行政によるトップダウン方式では当該地域にとって活性化の芽を摘む場合がある。このような状況では、現状を把握した地域づくりがより重要になる。特に若者の減少が著しく､地域活動の衰退や買い物･通院などの日常生活に支障を来す地域は、災害時においてより深刻さを増すため、現況把握が急務となっている。血縁や地縁などによる個々人の繋がりの把握は、現況を理解する上で必要不可欠であり、実効性のある地域活性化や自主防災組織等の構築に繋げられる可能性を有している。

本稿では、南九州の過疎地域である 2 地域(地域 S, D)計 4 集落を対象に、人と人との繋がりの関係性をグラフ理論によるネットワーク解析を実施し、得られたデータの比較より､共通点と相違点及び地域毎の特徴･問題点を把握した。地域特性の基礎データをまとめ、地域づくりに役立てることを考えている。

2.　調査概要

2010～2015 年に対象地域の調査を実施した。調査は調査員 2 名が常時･緊急時の人と人の繋がりに関する全 27 項目を個別に聞く対面ヒアリング方式を採用している。

調査対象　居住する 20 歳以上の住民全員を対象者とする。ただし、地域内の田畑に毎週数回出てきて地域内の人と親しくしている人も対象者に含める。

調査形式　全戸訪問し、1 人当たり 30 分程度のヒアリングを実施する。ヒアリングから地域及び生活状況も把握する。なお、対象者が回答し易いように調査内容は順番を決めた質問形式でなく､会話を通して聞き出している。

3.　対象地域の概要

各地域の年代別･世帯別人口構成を表 1 に示す。

3.1　地域 S の概要

鹿児島市からフェリー利用の車で 2 時間程度に位置する海沿いの地域である。1 人あるいは 2 人世帯の割合が高く、独居高齢者や夫婦のみの世帯が多い(表 1)。

集落 S-a　世帯数 64 戸、総人口 122 名からなり、高齢化率は 51.6%(2015 年 9 月)である。集落内の平均年齢は 59.3 歳、平均居住年数は 40.5 である。

集落 S-b　世帯数 54 戸、総人口 114 名からなり、高齢化率は 47.4%(2014 年 10 月)である。集落内の平均年齢は 57.8 歳、平均居住年数は 41.2 である。

3.2　地域 D の概要

鹿児島市から車で 40 分程度の通勤圏内に位置する山あいの地域である。集落によって年代別･世帯別人口構成が異なる(表 1)。

集落 D-a　世帯数 49 戸、総人口 97 名からなり、高齢化率は 47.4%(2013 年 10 月)である。集落内の平均年齢は 62.6 歳、平均居住年数は 42.3 である。

集落 D-b　世帯数 58 戸、総人口 146 名からなり、高齢化率は 16.4%(2013 年 9 月)である。集落内の平均年齢は 41.8 歳、平均居住年数は 25.2 である。

4.　ネットワーク解析結果と考察

同規模の 2 地域(各 2 集落ずつの計 4 集落)を比較し、集落間の類似点や特徴をまとめる。ネットワーク解析の用語と定義は付録に記す。ノード･エッジ及び Q 値等の基本用語は参考文献 2)を参照のこと。

4.1　グラフの可視化手順

グラフ化は人と人の繋がりを抽出･行列化し、人をノード(●)、関係をエッジ(―)として、付き合いのある人を繋いだネットワークの全体像を描画する。作図は UCINET で正方行列を解析用に数値変換し、描画ソフト NetDraw で表示する[註 1)]。

4.2　ネットワークの全体形態

常時のネットワーク全体像を図 1 に示す。常時はどの地域も網目状形態を維持し、末端に位置するノードは地域内出現者[註 2)]が多い。

緑と青のノードは切断点[註 3)]である。緑(●)は常時のみ切断点､青(●)は常時･緊急時ともに切断点のノードを表す。切断点ノードは、他のノードを集落内のネットワークに繋ぎ止める役割を果たす。緑のノードと比べ青のノードは次数が高く、重要度が高いことを意味する。青のノードが少ない地域 D は、緊急時に多くのノードが孤立することに繋がる。従って、地域 D のような形態は、孤立者が多数出現し、情報が行き渡らずに安否確認等が困難となる危険性がある。

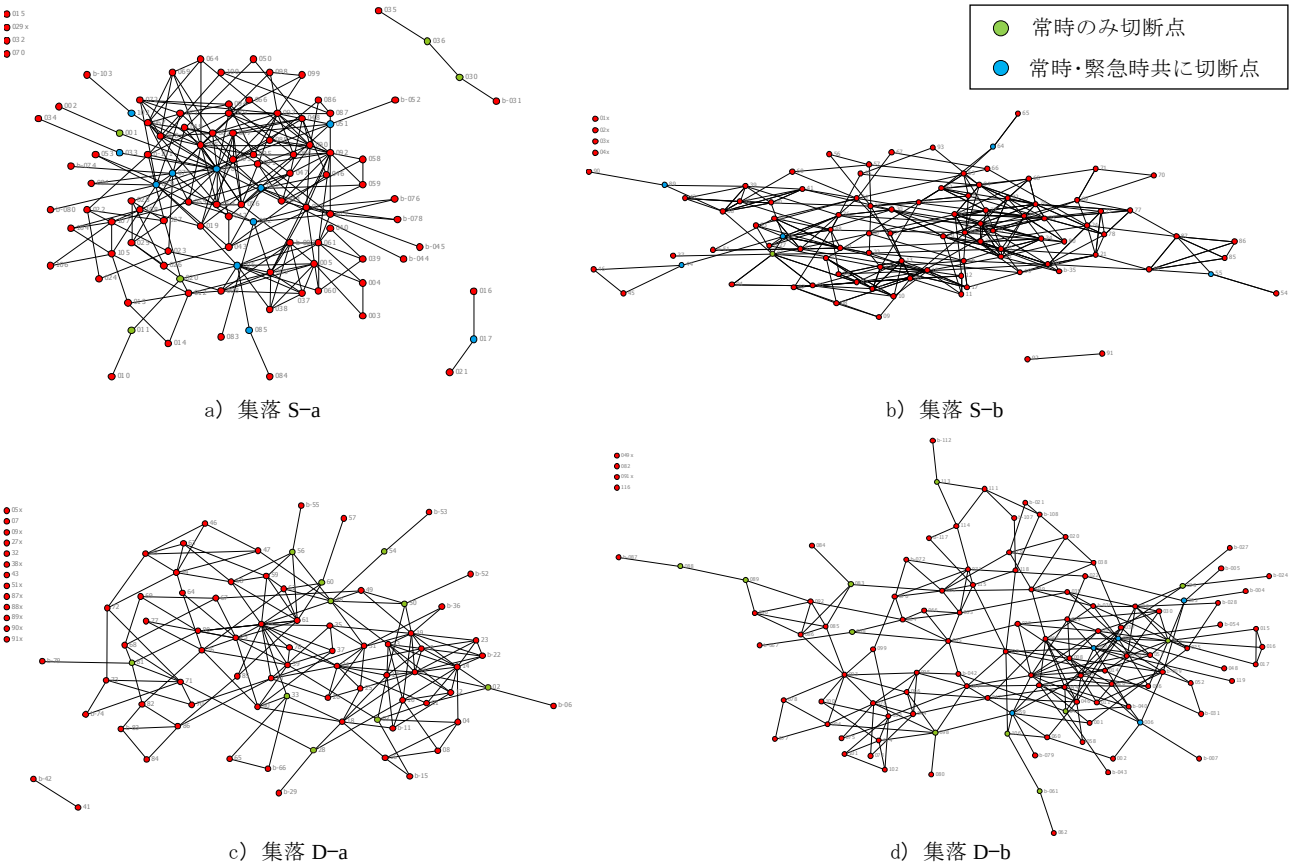
4 集落の共通点は、緊急時にエッジが減り帯状に連なるノードが増えるため、切断点の数が多く構成される。

4.3　ネットワーク特性量

表 2 に各集落のネットワーク特性量を示す。

表 1　年代別･世帯別人口構成

		世帯数	男女別人口			年齢別人口					高齢化率	世帯別人口						
			男	女	計	0～19歳	20～39歳	40～59歳	60～79歳	80歳以上		1人世帯	2人世帯	3人世帯	4人世帯	5人世帯	6人世帯	7人世帯
地域S	集落S−a	64	55	67	122	14	9	28	45	26	51.6%	26	27	5	3	3	0	0
	集落S−b	52	54	55	109	10	11	23	47	18	48.6%	19	20	7	3	2	0	1
地域D	集落D−a	52	45	52	97	6	13	24	32	22	47.4%	25	19	4	1	2	1	0
	集落D−b	58	77	69	146	31	33	42	32	8	16.4%	13	15	20	8	1	1	0



a）集落 S−a　　b）集落 S−b

c）集落 D−a　　d）集落 D−b

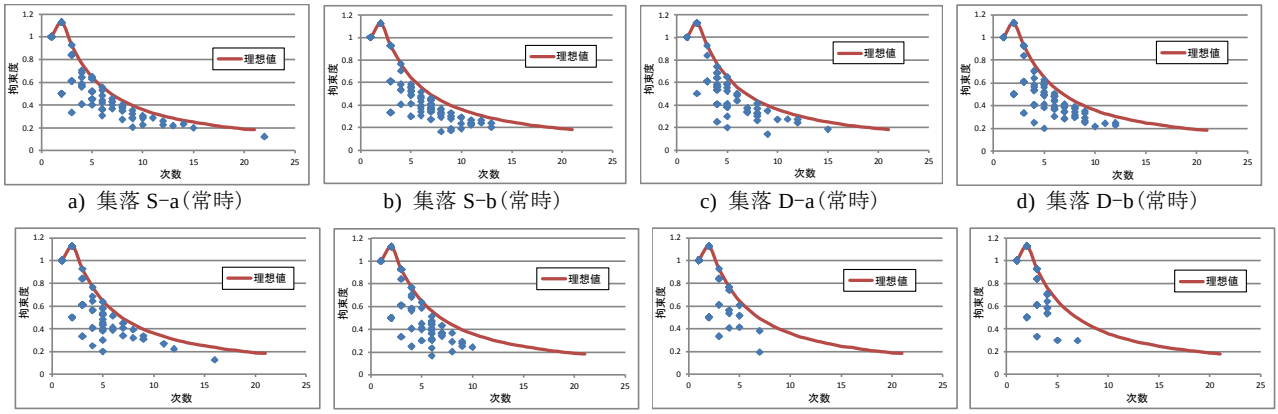
図 1　ネットワーク全体像

表 2　ネットワーク特性量

	集落S−a		集落S−b		集落D−a		集落D−b	
	常時	緊急時	常時	緊急時	常時	緊急時	常時	緊急時
node数	104	103	95	91	78	69	111	97
edge数	262	176	274	189	186	80	249	104
平均次数K	5.0	3.4	5.8	4.2	4.8	2.3	4.5	2.1
Kmax	22	16	13	10	15	7	12	7
最高次数ID	18	18	18、76	84	34	21、34	012、053	034
平均最短パス長D	3.22	4.10	3.21	3.90	3.27	4.97	4.01	3.15
平均クラスター係数C	0.395	0.428	0.406	0.436	0.407	0.540	0.410	0.646
Qmax	0.479	0.642	0.524	0.648	0.519	0.796	0.636	0.875
クラスター数	14	13	14	9	12	18	11	27
平均局所点連結度	2.27	1.12	3.15	1.75	1.97	0.19	2.19	0.06
平均効率性	0.756	0.795	0.717	0.730	0.743	0.788	0.747	0.769
平均拘束度	0.593	0.713	0.517	0.608	0.583	0.825	0.600	0.874
clique合計数	91	48	92	41	56	14	70	21
3-cliqueの数	73	42	73	29	43	11	51	17
4-cliqueの数	14	3	13	9	11	2	17	4
5-cliqueの数	2	3	6	3	1	1	2	0
6-cliqueの数	2	0	0	0	1	0	0	0

次数Kと最短パス長D　地域Dは次数を見ると常時で約5人、緊急時で約2人と繋がる。地域Sは、常時で約5～6人と、緊急時で約3～4人と繋がり、D地域と比較すると常時･緊急時ともに1人当たりの繋がりの人数が多い。最短パス長も短く、常時では約3人、緊急時では約4人介せばネットワーク内全員に連絡が可能である。繋がる人数が増えるにつれ、ネットワーク内の人と連絡するために介す人数が減る。

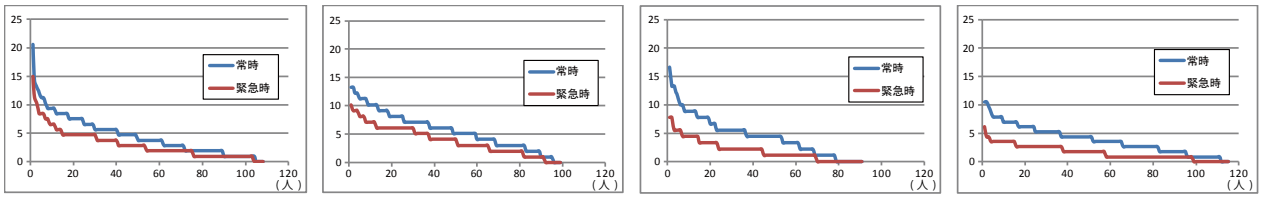
クラスター係数CとQ値　いずれの集落も緊急時はクラスター係数、Q_{max}の値が大きくなり、クラスター内のエッジ密度が高く、クラスター間のエッジ密度が低い。つまり、緊急時はいくつかの小さいグループにまとまり、



a) 集落 S-a(常時)　b) 集落 S-b(常時)　c) 集落 D-a(常時)　d) 集落 D-b(常時)

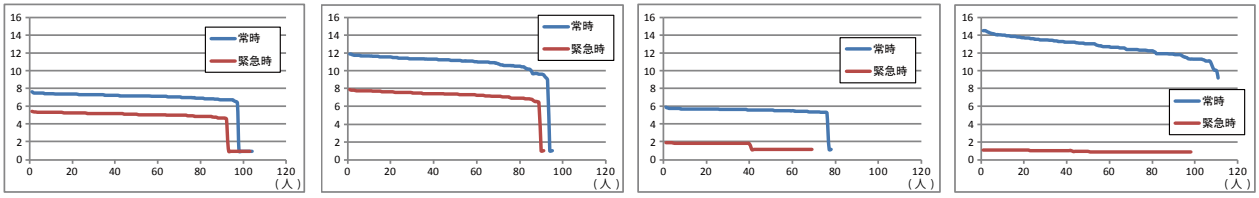
a) 集落 S-a(緊急時)　b) 集落 S-b(緊急時)　c) 集落 D-a(緊急時)　d) 集落 D-b(緊急時)

図 2　次数と拘束度の関係



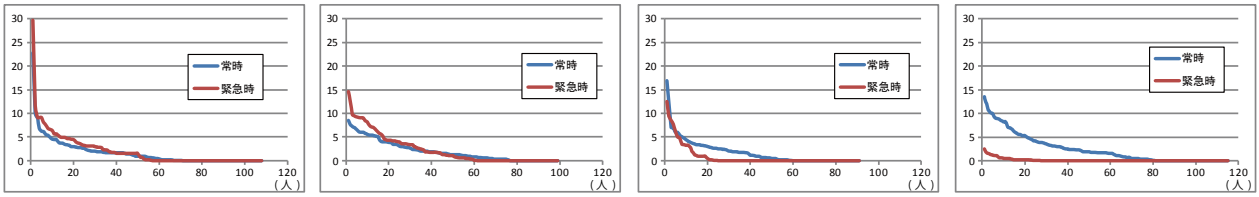
a) 集落 S-a　b) 集落 S-b　c) 集落 D-a　d) 集落 D-b

図 3　次数中心性



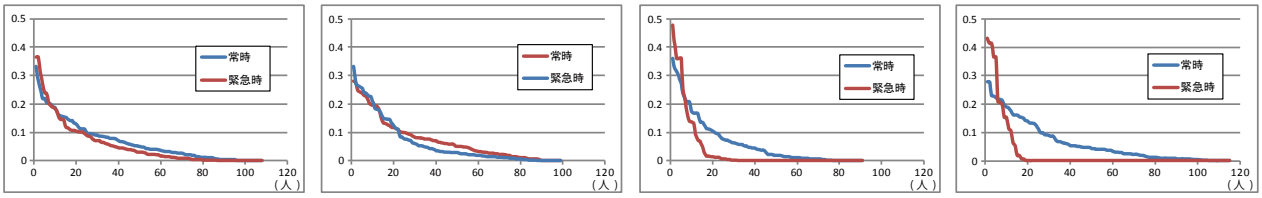
a) 集落 S-a　b) 集落 S-b　c) D-a 集落　d) 集落 D-b

図 4　近接中心性



a) 集落 S-a　b) 集落 S-b　c) 集落 D-a　d) 集落 D-b

図 5　媒介中心性



a) 集落 S-a　b) 集落 S-b　c) 集落 D-a　d) 集落 D-b

図 6　固有ベクトル中心性

グループ外の人と連絡が疎になる。地域 D はこの傾向が顕著に表れている。地域 S は緊急時にクラスター数が減少しているが、地域 D は増加する。つまり、地域 D の緊急時は孤立ネットワークが多く、ネットワークが 1 つにまとまらない状況になる。

<u>局所点連結度</u>　常時･緊急時共に集落 S-b が最も高い値であり、例え一部の人と疎遠になっても集落内では孤立し難い。地域 D は地域 S に比べ低い値を持つので、孤立するために消去するエッジの本数が少なく、孤立者が出現し易い。集落 S-b は平均次数も最も高い値で、局所点連結度の大きさと次数の大きさは比例する。

<u>効率性</u>　集落 S-b は常時･緊急時共に他の集落より低い値であり、安定したネットワークを形成する。集落 S-a は 1 人のみと繋がっている人が多く、平均次数が高いに

も関わらず効率性の値が高い。平均次数の高い集落が低い効率性を示しているとは限らないので、次数が高いノードが密なネットワークを形成するとは限らない。

拘束度　図 2 に次数と拘束度の関係を示す。赤の曲線は次数に対する拘束度の最大値(理想値)を示し、線に近いノードほど密な関係を築いている。次数が高くなるにつれ拘束度は低くなるので、拘束度のみで関係の疎密を判断することは出来ない。地域 D に比べ、地域 S は常時･緊急時ともに理想曲線に近接するノードが多く、安定したネットワークを形成する。特に、集落 S−a は高次数のノードが多い。

4.4　中心性

図 3～6 に 4 集落の各中心性を示す。

次数中心性　集落 S−a と D−a は自治会長の中心性が最も高く、他の集落と比較しても高い中心性を有している。集落 S−b と D−b は高い次数のノードがいないため、傾きが緩やかとなっている。常時で中心性が高いノードは緊急時でも高い。

近接中心性　地域 S の常時･緊急時、集落 D−a の常時において極端に低い値があるのは、孤立ネットワークのパス長が長いためである。従って、孤立者の多い集落 S−a と D−a は中心性の値が低い。地域 S の緊急時は常時と同傾向の変化を示しているが、地域 D の緊急時は孤立ネットワークが多いため低い中心性のみとなっている。

媒介中心性　地域 S は、緊急時にエッジが減ることで最短経路数が減るため、緊急時の媒介中心性が常時を上回るノードが多い。集落 S−a の最も高い値のノードは他の集落と比較してもかなり高い値を有し、このノードが在るゆえに孤立していないノードも多く存在する。

固有ベクトル中心性　固有ベクトル中心性をみると、地域 S は常時･緊急時で同傾向の変化を示しているのに対し、地域 D の緊急時は極端に高い値を持つノードと低いノードの 2 つに分かれる。地域 D の緊急時では、まとまったネットワークが一部のみで、多くのノードが孤立した状態になる。

5.　集落の特徴

地域 S は常時から緊急時でネットワークにあまり変化がなく安定しているが、地域 D は変化が大きく、孤立者が出現し易い。地域 D の特性として周囲の人との交流を避けた暮らしを望む住人が多いことを表している。集落 S−b は集落内でのみ密なネットワークを形成するため、他地域から来た人が馴染みづらい傾向がある。集落 S−a･D−a には強力なまとめ役が存在する。しかし、孤立者も多く、まとめ役のノードがいなくなった場合、孤立者が大幅に増える危険性がある。

6.　おわりに

本稿では、南九州に位置する 4 つの過疎･高齢化が進む集落をグラフ理論による人と人の繋がりに関するネットワーク解析を行い、地域の特徴を明らかにした。各集落の結果を比較することで類似点や相違点を示し、内部構造の把握を示した。

今後、分析データを蓄積し、より詳細な過疎･少子高齢化地域の現状把握を通して、地域活性化や防災計画あるいは地域をまとめる人材育成の提言に繋げたい。

付録

本研究で用いる中心性の定義を記述する。

局所点連結度　2 つのノードを非連結にするために消去しなければならないエッジ数を示す。

効率性(*Efficiency*)　ノード間の比重複比率の総和(有効サイズ)にどれだけ近いか表す指標である。

$$Efficiency = \frac{Effective\ size}{k_i} \qquad Effective\ size = k_i - \frac{2E_i}{k_i}$$

ここで、k_i：v_i の次数，E_i：v_i に隣接するノード間のエッジ数である。

拘束度(*Constraint*)　他のノードからどれだけ拘束されているか表す指標である。

$$Constraint = (P_{ij} + \sum_q P_{iq} P_{qj})^2 \qquad q \neq i, j$$

$$P_{iq} = \frac{(Z_{iq} + Z_{qi})}{\sum_j (Z_{ij} + Z_{ji})} \qquad i \neq j$$

次数中心性(*Degree Centrality*)　ノードをつなぐエッジの多さにより重要性を評価する指標である。

$$C_D(v_i) = \frac{k_i}{n-1}$$

ここで、n：ネットワーク内の総ノード数である。

近接中心性(*Closeness Centrality*)　ネットワーク内で他のノードに対する近さを示す指標である。

$$C_C(v_i) = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n} D_{ij} \right]^{-1} \qquad i \neq j$$

ここで、D_{ij}：v_i と v_j の最短パス長である。

媒介中心性(*Betweenness Centrality*)　2 つのノードをつなぐ最短の経路上にいるノードを高く評価する指標である。

$$C_B(v_i) = \frac{2}{(n-1)(n-2)} \sum_{s=1}^{n} \sum_{t=1}^{n} \frac{g_i(v_s, v_t)}{N_i(v_s, v_t)} \qquad s, t \neq i$$

ここで、$N_i(v_s,v_t)$：v_s と v_t を結ぶ最短経路数，$g_i(v_s,v_t)$：$N_i(v_s,v_t)$の内 v_i を通る経路数である。

固有ベクトル中心性(*Betweenness Centrality*)　あるノードの中心性にそのノードと関連を持つ他のノードの中心性を反映させる指標である。

註釈

註 1）UCINET と NetDraw は、社会ネットワーク解析用の標準的なソフトである(Analytic Technologies, Inc. and the University of Greenwich)。

註 2）回答者以外で付き合いのある人として名前の挙がった人を指す。

註 3）なくなった場合、孤立するノードが現れるノードを指す。

参考文献

1）古賀菜津美，古川惠子，境野健太郎，本間俊雄，友清貴和：グラフ理論を用いた地域コミュニティの構造解析－過疎･高齢地域 D の人的ネットワークー，日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿），建築計画，927 - 928，2014

2) 喜多未咲子，本間俊雄，境野健太郎，古川惠子：過疎･高齢地域における人と人のつながりに関するネットワーク解析，計算工学会論文集，Vol20，D-10-4，2015

3) 喜多未咲子，境野健太郎，古川惠子，横須賀洋平，増留麻紀子，本間俊雄：ネットワーク解析を用いた南九州過疎地域における地域特性，日本建築学会研究報告九州支部，55･3，69-72，2016

---

*1　鹿児島大学大学院理工学研究科建築学専攻　博士前期課程

*2　鹿児島大学大学院理工学研究科建築学専攻　教授･工博

*3　鹿児島女子短期大学　名誉教授･博(学術)

*4　鹿児島大学大学院理工学研究科建築学専攻　助教

*5　鹿児島大学大学院理工学研究科建築学専攻　助教･博(情報科学)

*6　工学院大学建築学部建築学科　准教授･博(工学)