

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：32663

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00656

研究課題名(和文)地震災害廃棄物管理における共助ネットワークシステムの構造分析

研究課題名(英文)Structural analysis of mutual assistance network system for earthquake waste management

研究代表者

川本 清美 (Kawamoto, Kiyomi)

東洋大学・情報連携学部・准教授

研究者番号：90520718

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、地震災害廃棄物管理における(1)共助の活動ポテンシャル(2)共助ネットワークの構造(3)ソーシャル・キャピタル(SC)の経年変化に伴う共助ネットワークを明らかにした。共助行動は、市民のもつSCネットワークを介して行われる点に着目し、共助ネットワークの構造を明らかにした。加えて、災害からの復旧には、SCを用いたコミュニティのレジリエンス(回復力)が必要である点に着目し、コミュニティレジリエンスの空間特性を明らかにした。コミュニティ内及びコミュニティ間のSCネットワークを推計し、大都市における弱いSC連携の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、概念的に考えられてきた共助行動をSCネットワークの枠組みで整理することにより、定量的にその可能性を評価した点である。これらは、SCネットワークの類型化研究に貢献する。社会的意義は、大都市住民間の弱いSC連携の有効性を明らかにし、自然災害レジリエンスにおける弱いSC連携の活用方法を提示した点である。

研究成果の概要(英文)：This research determined: (1) the activity potential of mutual assistance, (2) the structure of the mutual assistance network, and (3) the mutual assistance network associated with the secular change in social capital (SC) for earthquake waste management. The structure of the mutual assistance network was determined by focusing on the mutual assistance behavior conducted through the SC network of citizens. In addition, SC is a necessary factor in community resilience for recovery from disasters. The spatial characteristics of community resilience were determined by focusing on SC. The effectiveness of weak SC linkages in the metro area was shown by estimating SC networks for intra and inter communities.

研究分野：環境システム工学

キーワード：地震災害廃棄物管理 コミュニティレジリエンス ソーシャル・キャピタル ネットワーク

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地震災害時には、人命救助が最優先されるため、災害廃棄物を管理する資本は不足する。一方で、生活圏には大量の地震災害廃棄物が発生するため、市民が近隣住民や地域内外の知人と協力して、収集、分別、運搬を行うことが必要とされる。このような人々のネットワークはソーシャル・キャピタル(SC)と呼ばれており、コミュニティをベースとした災害レジリエンス(対応力)の重要な要素とされている[1]。

筆者はこれまでの研究で、地震災害廃棄物管理の効率性評価を行ってきた。この中で、効率性向上には、市民の技術や知識といった質の変化が重要であり、災害数年後もこれらは保持されていることを明示した。市民が、SCを通して他者とのネットワークを形成したことにより、技術や知識が向上したと考えられる[2]。一方で、ネットワークの詳細な構造を分析することは困難であり、ネットワーク上での共助者の活動ポテンシャル(可能性)までは分析されてこなかった。

我が国では、環境省により災害廃棄物対策指針が策定され、この指針に倣い地方自治体による災害廃棄物対策指針づくりが進められている。災害廃棄物対策や自然災害対策に市民のSCネットワークを活用するためには、共助の可能性や、共助ネットワークの空間構造を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

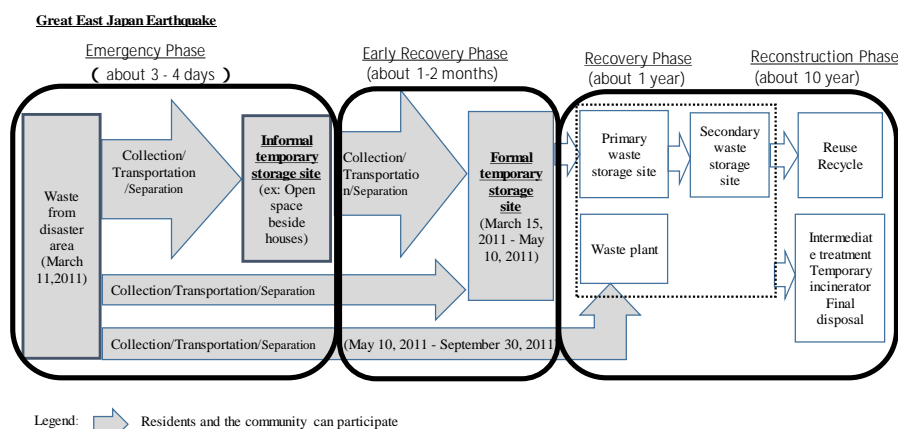
災害復旧時における共助行動は、市民のもつSCネットワークを介して行われる点に着目し、地震災害廃棄物管理における共助ネットワークの構造を明らかにする。研究目的は、(1)共助者の活動ポテンシャルを明らかにする (2)共助ネットワークの空間構造を明らかにする (3)SCの経年変化に伴う共助ネットワークの変容を推計することである。

3. 研究の方法

(1) ソーシャル・キャピタルフレームワーク

SCの一般的なフレームワークは、範囲(ミクロ、メソ、マクロ)と形式(認知的及び構造的)の2つの主要な側面から構築されている[3]。本研究における認知的SCの定義は、Putnam (1993) [4]による『人々の協調行動を活発にすることによって社会の効率性を高めることのできる「信頼」「規範」「ネットワーク」といった社会組織の特徴』とした。構造的SCの定義は、Aldrich (2012) [5]の3種のネットワークとした。Bonding SCは、同一コミュニティメンバー間のつながりを指す。Bondingメンバーは、家族、親戚と近所の人とした。Bridging SCは、地域を超えたグループやネットワークのメンバー間をつなぐものである。bridgingメンバーは、友人、知人とした。Linking SCは、一般市民と公式及び制度化した権力や社会の中の権限者との間の信頼関係のネットワークである。Linkingメンバーは地方自治体、地域外から来る協力者及び政府機関とした。

(2) 市民及びコミュニティにおける地震災害廃棄物管理のフェーズ



Note1: Time schedule is for the case of Sendai (2011).

Sources: Asari M et al. (2013), Handout by Sendai city government (2014)

図1 市民及びコミュニティによる地震廃棄物管理のフェーズ

東日本大震災(2011)における仙台市の事例をもとに、災害初動期(発災後3~4日)、応急復旧期(1~2か月)、復旧期(約1年)、復興期(約10年)の4つのフェーズを設定した(図1)。市民やコミュニティが、収集、運搬、分別に直接関与できる管理を対象とし、有害廃棄物管理等は対象としていない。市民及びコミュニティがSCを用いて関与する主なフェーズは、災害初動期と応急普及期であった。

(3) 分析手法

Web調査により収集した市民のSCデータは、以下の手法により分析を行った。研究対象は、東日本大震災被災エリア、南海トラフ巨大地震対象エリアである。

効率性評価

共助の活動ポテンシャルは、効率性の視点から、Data Envelopment Analysis (DEA)のSuper-Efficiencyモデルを用いて計測した。DEAは、Decision Making Unit (DMU)の効率性を計測する手法である。DMUの数を n 個、効率値計算の対象DMUを k 番目とする。インプットデータは x_i 、その重みを v_i ($i=1, 2, \dots, m$)、アウトプットデータは y_r 、その重みを u_r ($r=1, 2, \dots, s$)として、 k 番目のDMUの効率値 θ を最大化するように重み v_i と u_r を決めている。本研究におけるインプットは、認知的SC及び構造的SCの影響とした。アウトプットは、SCを用いた市民の廃棄物管理行動のレベルである。Input-oriented BCCモデルを用いて効率性が計測された。 θ が1のとき、このDMUは効率的となる。DEAの効率値 θ は、次の分数計画問題を解くことによって定められる。

Objective function

$$\text{Max } \theta = \frac{u_1 y_{1k} + u_2 y_{2k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + v_2 x_{2k} + \dots + v_m x_{mk}}$$

$$\text{ST. } \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$$

$$u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

Super-Efficiencyモデルは、ベストパフォーマーの順序を明確にできるモデルである[6]。効率的なDMUなしで形成されるProduction Possibility Set (PPS)を用いて、ターゲットのDMU o とPPSの間の距離を計測し、距離が長い場合、このDMUは他のDMUよりも優れていると識別される。本研究では、Anderson and Petersenにより開発された、Input-oriented Radial Super-Efficiencyを用いた。

空間分布パターン分析

AnselinのLocal Moran's I [7]を使用し、市民SCのCapital(現在の能力)とCapacity(変化へのポテンシャル能力)の空間的類似性や差異を示す空間クラスターを町単位で特定した。このツールは、Local Moran's I値と z スコアおよび p 値を計算してIの各値の統計的有意性を示すことにより、高値と低値および空間的外れ値を特定する。Moran's Iの正值(クラスター)は、特徴が類似しているためにレジリエンスが高いことを示し、Moran's Iの負値(外れ値)は、特徴が似ていないためレジリエンスが低いことを示す。

ネットワーク分析

Social Network Analysis (SNA)を使用して、災害時の市民のSCネットワーク構造とその強さを推計した。SNAは、相互依存するネットワークの構造特性を測定および分析するために使用される手法である。本研究では、重みつき行列を同コミュニティの居住者のSC平均値から作成し、コミュニティ間のSCネットワークフローを示すものとした。ネットワーク連携の強さを

測定するために Burt(1992)によって開発された構造的空隙の概念を用いた [8]。構造的空隙は、ネットワーク結合の冗長性と制約の概念によって識別される。冗長性の指標として Effective size を使用し、制約の指標として Hierarchy を使用した。ネットワークの構造的空隙が多いほど、構造的空隙が少ないネットワークよりも多様な情報と機会がもたらされる[9]。本研究では、「強い結合」は主に構造的空隙の少ないネットワークであり、「弱い結合」はいくつかの構造的空隙のあるネットワークと定義した。

4 . 研究成果

(1) 共助の活動ポテンシャル

災害復旧時における共助行動は、市民のもつ SC ネットワークを介して行われる点に着目し、地震災害廃棄物管理における共助の活動ポテンシャルを明らかにした。第一の成果として、構造的 SC を用いた共助は、新たな SC ネットワークを構築し、市民の認知的 SC に影響するメカニズムを明らかにした。一方で、地震災害時に新たに構築された SC ネットワークは、その後の復旧期や復興期に減少することも指摘した。第二の成果として、SC が低い地域では、構造的 SC を用いた共助によって、地震災害廃棄物管理のレジリエンスが向上することを明らかにした。第三の成果として、災害初動期及び応急復旧時には、Linking SC を用いた共助の効率性が最も高くなることを明らかにした。

表 1 Super-efficiency model 結果

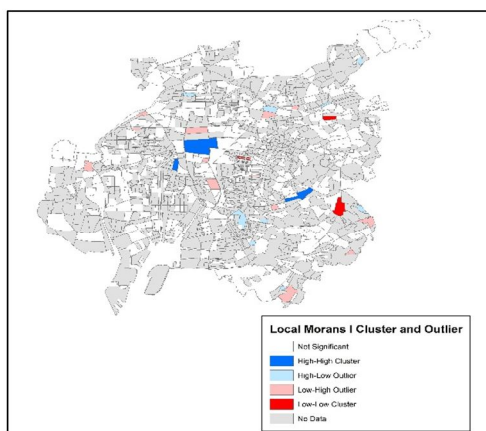
Collaboration scenario	DMU										Scenario Mean
	Cognitive SC class	High	High	High	Medium	Medium	Medium	Low	Low	Low	
	The effects of structural SC	High	Medium	Low	High	Medium	Low	High	Medium	Low	
Scenario 1: Bonding SC	Emergency Phase	1.000	0.826	1.000	1.000	1.293	1.083	1.108	1.067	1.355	1.081
	Early Recovery Phase	0.906	0.730	1.000	0.998	1.071	1.038	0.981	1.099	1.355	1.020
	Phase Mean	0.953	0.778	1.000	0.999	1.182	1.060	1.044	1.083	1.355	1.051
Scenario 2: Bridging SC	Emergency Phase	0.881	0.943	1.000	1.000	1.300	0.992	1.025	1.034	1.348	1.058
	Early Recovery Phase	0.925	0.778	1.000	1.033	1.096	0.987	0.981	0.999	1.348	1.016
	Phase Mean	0.903	0.861	1.000	1.017	1.198	0.989	1.003	1.016	1.348	1.037
Scenario 3: Linking SC	Emergency Phase	0.892	1.000	1.000	1.000	1.218	1.182	1.287	1.040	1.341	1.107
	Early Recovery Phase	0.887	1.000	1.452	1.000	1.027	1.182	1.275	1.033	1.341	1.133
	Phase Mean	0.889	1.000	1.226	1.000	1.122	1.182	1.281	1.036	1.341	1.120

(対象：東日本大震災被災エリア)

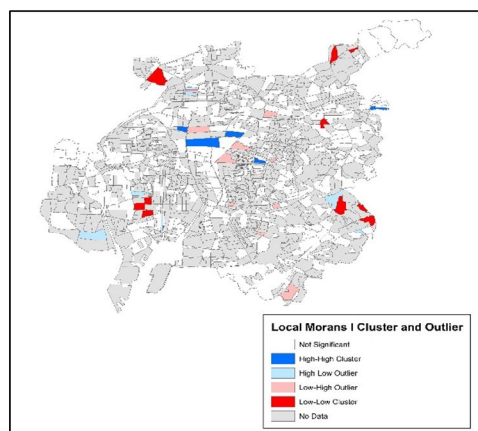
(2) 共助ネットワークの構造

コミュニティにおける災害からの復旧には、コミュニティのレジリエンス(回復力)が必要である。本研究では、コミュニティレジリエンスは、Capacity(変化へのポテンシャル能力)とCapital(現在の能力)から構成されるものとした。コミュニティにおける Bonding SC、Bridging SC、Linking SC ネットワークと災害フェーズ別の災害廃棄物管理それぞれについて、Capital と Capacity の空間特性を分析した。第 1 の成果として、Capital は地理的なクラスターを形成する傾向が高いことを明らかにした。第 2 の成果として、Bonding capital や Bridging capital がコミュニティレジリエンスの推進要因であることを明らかにした。第 3 の成果として、コミュニティレジリエンスを育成するには、Linking capacity が有用であることを明らかにした。

Bridging capacity



Bridging capital



対象：名古屋市（南海トラフ巨大地震対象エリア）

図2 Bridging SCにおけるLocal Moran's Iのクラスター及び外れ値

(3) SCの経年変化に伴う共助ネットワークの変容

近年、大都市住民のSCは、これまで防災に必要な不可欠とされてきた強い連携から弱い連携に変化している。本研究では、コミュニティ内及びコミュニティ間のSCネットワークを推計し、大都市における弱いSC連携の有効性を示した。第一の成果として、コミュニティ内SCネットワークは、都市中心エリアで弱く、郊外地域にいくにしたがい強くなる傾向を明らかにした。第二の成果として、大都市におけるコミュニティ間SCネットワークは、弱い連携で構成されていることを明らかにした。高いSCをもつグループにおいても、非公式なネットワーク、情報伝達やコミュニケーションは弱いSC連携であった。一方で、これらの弱い連携は、ネットワークの構造的空隙や多様性を活用して技術、知識や新しい情報を交換することにより、ネットワークのパフォーマンスを向上させていることが示された。第三の成果として、自然災害レジリエンスにおける弱いSC連携の活用方法を提示した。SCネットワークは、一方向型情報ツールからの一次情報を拡散する機能があり、これらを用いた情報伝達システムの可能性が示唆された。

（参考文献）

- [1] F.H. Norris, S.P. Stevens, B. Pfefferbaum, K.F. Wyche, R.L. Pfefferbaum, Community resilience as metaphor, theory, set of capacities and strategy for disaster readiness, *Am. J. Community Psychol.* 41 (2008) 127–150.
- [2] K. Kawamoto, K. Kim, Social capital and efficiency of earthquake waste management in Japan, *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 18 (2016) 256–266.
- [3] C. Grootaert, T.V. Bastelaer, Understanding and measuring social capital: A synthesis of findings and recommendations from the social capital initiative, The World Bank Social Development Department Social Capital Working Paper Series., Washington DC, 2001.
- [4] R.D. Putnam, *Making Democracy Work*, Princeton University Press, Princeton, 1993.
- [5] D.P. Aldrich, *Building Resilience*, The University of Chicago Press, Chicago and London, 2012.
- [6] W.W. Cooper, L.M. Seiford, K. Tone, *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses*, Springer, New York, 2006.
- [7] L. Anselin, Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geographical Analysis*, 27(2) (1995) 93-115.
- [8] R.S. Burt, *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Harvard University Press, 1992.
- [9] R.S. Burt, Structural Holes versus Network Closure as Social Capital. In *Social Capital: Theory and Research*, N. Lin, K.S. Cook, & R.S. Burt (Eds). Aldine de Gruyter: Chicago, IL: 31-36. 2001.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kawamoto Kiyomi, Kim Karl	4. 巻 33
2. 論文標題 Efficiencies of bonding, bridging and linking social capital: Cleaning up after disasters in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Disaster Risk Reduction	6. 最初と最後の頁 64～73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijdrr.2018.09.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Kiyomi Kawamoto, Eric Yamashita
2. 発表標題 Social Networks and Social Capital for Resilience from Natural Disasters
3. 学会等名 PRIMO 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kiyomi Kawamoto, Eric Yamashita
2. 発表標題 Spatial Analysis of Community resilience for Earthquake waste management
3. 学会等名 The 16th Pacific Regional Science Conference Organization Summer Institute（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiyomi Kawamoto, Eric Yamashita
2. 発表標題 Spatial Analysis of Social Capital and Community resilience for Earthquake waste management
3. 学会等名 Western Regional Science Association 58th annual meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川本清美, Eric Yamashita
2. 発表標題 地震災害廃棄物管理におけるソーシャル・キャピタルとコミュニティレジリエンスの空間分析
3. 学会等名 第55回日本地域学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyomi Kawamoto, Karl Kim
2. 発表標題 Efficiencies of Bonding, Bridging and Linking Social Capital: Cleaning up After Disasters in Japan
3. 学会等名 PRIMO 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyomi Kawamoto
2. 発表標題 Differences between Bonders, Bridgers, and Linkers: Cleaning up After Disasters in Japan
3. 学会等名 25th Pacific Conference of the RSAI, PRSCO (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川本清美
2. 発表標題 地震災害廃棄物管理に影響するソーシャル・キャピタル構造分析
3. 学会等名 第54回日本地域学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kiyomi Kawamoto
2. 発表標題 Social Capital Structure Analysis for Earthquake waste management
3. 学会等名 64th Annual North American Meetings of the Regional Science Association International, NARSC (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----