

防災力向上を目的とした地域間の住民連携に関する研究

都市アメニティ工学グループ
M09C001 石澤公明

共助 地域防災力 地域間連携
住民連携

1. はじめに

地震災害発生直後の災害混乱期においては、救助事象が散在するため、公助が被災地に行き届くことは困難であり、被害を最小限とどめるには、地域住民同士の共助が重要である。しかし、近年、中山間地域での限界集落の発生等の問題が顕在化し、共助の際に災害対応能力として大きな役割を果たす青年期や壮年期の人手が不足し、高齢の要援護者が増加している地域がある。これらの地域は公助の行き届かない災害混乱期において、住民による共助も困難になることが予測され、その対策が必要とされる。そういった公助の行き届かない災害弱地域を含めた被災地全域の人的被害を軽減していくためには、地域間の住民連携による共助が重要となると考える。

しかし、地域を跨いだ地域間の住民連携での共助についてのケーススタディやシミュレーションにより、効果的な対策方法を模索できれば大いに有用と考えられるが、そのような研究の事例は見あたらない。

そこで本研究では、小地域ごとの災害対応能力を人的要素、特に人口構成に着目して定量的に評価し、その実態を捉えた上で、各地域間の住民連携により公助の行き届かない地域や災害弱地域での人的被害を軽減し、防災力を向上させる方策について考察することを目的とする。

2. 住民による救助活動効果の評価指標の検討

2.1. 既往の文献による検討

岡田ら¹³⁾は、コミュニティの年齢の多様性と被災状況の関連に注目し、高齢者と中年若年層が同じ時間帯に同地域にいる割合を「居合わせ交流度」と定義して被災地での調査を行っている。神戸市長田区などを事例に調べた結果、居合わせ交流度が高い地域ほど被災者の救出率が高いことや、震災復興も速い傾向などを統計学的に実証している。このことから、年齢別・性別ごとの人口構成により地域内の災害対応能力に影響することが示唆される。また、地域間の住民連携により、高齢化地域や過疎地域で異なる年齢層が交わり共助活動を行うことで、救出率を高めることが出来ると考える。

このことから、災害時において地域内の年齢性別ごとの人口構成が地域の災害対応能力に影響することが示唆される。住民に着目して災害対応能力を評価する際には、年齢性別を考慮した評価指標が必要である。住民の災害対応能力を評価するに当たり、対象とする共助活動を決定し、その評価指標を決定する必要がある。そこで、文献⁸⁾から災害発生直後における住民の行動を把握する。

文献によれば、救出・救助・避難行動は、地域・近隣で26%

の割合を占め、「電気道具は役に立たず、ノコギリとバールで救出した」とあるように、住民による救助活動においては、簡易な道具もしくは、人力によるところが多いと考えられる。治療・看護行為では、専門性や緊急度に関わるため実施率は低いとされている。消火活動についても、断水や消防設備のない中で、一般市民が消火活動を行なうには限界であることが示唆されている。阪神・淡路大震災では治療・看護ニーズよりも、安否確認や救出・救助・避難がまず求められていた。

よって、本研究においては、年齢性別ごとの差異を救助活動で必要となる運動能力と、活動参加率を用いて共助活動における人的要素を評価することとする。

2.2. アンケート調査による検討

災害弱地域へ地域間の住民連携による対策を検討する上で、地域住民にアンケート調査を行った。

2008年11月14日に東御門町、12月16日に小友地区の計2地区の地区会合に訪問し、調査概要を説明し、アンケート用紙、と解説用配付資料の入った返信用封筒を直接配布した。自宅に持ち帰って回答してもらうため、家族及び近隣住民用の解答用紙を各世帯5部ずつ配布し、協力をお願いした。回収は郵送回収とした。アンケートの設問数は18問で、質問内容は以下の通りである。

- ・防災意識、日常の防災行動についての問い
- ・日常からの地域間連携についての問い
- ・災害時の地域間連携についての問い

表2-1に回収状況について示す。

表1. 回収率及び回答者属性

	東御門地区	小友地区	合計
配布数	150	150	300
回収数	47	110	157
回収率	31.3%	73.3%	52.3%
有効回答数	47	72	119
有効回答率	100%	65.5%	75.8%

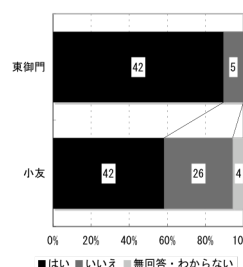


図1. 最寄り避難所の認知度

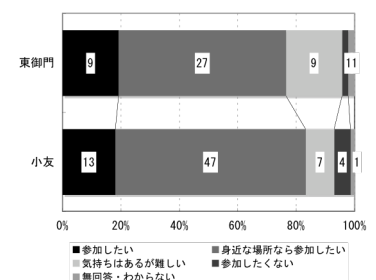


図2. 他地域との災害時助け合いへの参加意欲

住民へのアンケート調査結果から、図2-1より、地域住民の最寄りの避難所の認知度は高く、避難所を地域間の連携上の参

集場所とすることは妥当と考える。また、一般的に避難計画では、被災者は一時避難場所から広域避難場所へ順次移動することとなっている。情報共有等の便宜も考慮し、一時避難所と広域避難所を基準として地域間の連携網を構築することが妥当と考える。

図 2-2 より、他地域との災害時助け合いへの参加意欲については、「参加したい」が 2 割程度となった。阪神淡路大震災における住民の救助活動実施率をみると、22%となっており、住民の救助活動の参加率として阪神の参加率を取り入れることは妥当と考える。また、「身近な場所であれば参加したい」の割合も 5 割強となった。このことから、距離は地域間の住民連携を考える上での重要な要素であり、考慮する必要がある。

3. 住民による救助活動効果算定のためのモデル構築

地域間の住民連携による救助活動の効果を算定するためのモデルの構築を行う。

次に、救助効果の評価の順序を示す。

- 1.地震発生（想定地震）
- 2.建物被害予測（全壊）
- 3.倒壊家屋への閉じ込め判定・人的被害予測
- 4.時間経過による生存率の変化
- 5.住民による救助活動（生存救助者数・死者数）

由利本荘市に被害を与える地震を想定し、共助による救助能力を評価する上で対象となる各町内における要救助者数を算出する。想定した地震による各町内の被害想定を『地震被害想定支援マニュアル（内閣府）』²⁾を用いて行う。被害想定から家屋倒壊による各町内の要救助者発生数を算出する。

被害想定には、由利本荘市より借用した普通・堅牢建物の位置情報と、町内ごとの年齢性別ごとの人口統計情報のデータを用いた。このデータより町内ごとの構造別の建物棟数と、町内ごとの人口構成を年代性別ごとに整理し、被害想定に用いた。なお、本研究における構造別建物数は都市計画上の普通建物を木造建物、堅牢建物を非木造建物と仮定している。

(1) 地震発生

主に秋田県に被害を及ぼす地震は、日本海東縁部に発生する地震であり、日本海東縁部に大きな地震を発生させるような変動帯が存在することは認められている。本研究では、秋田・山形沖の海域を第一種空白域とする説から、日本海沖を震源とするマグニチュード 7.7 規模の地震を想定した。

(2) 建物被害

建物は、建設された年、構造によって地震に対する強度が異なる。そのため、建物被害を推定するためには、建物を木造建物と非木造建物に分け、それぞれの建物の建設年を把握する必要がある。しかし、本研究においては、由利本荘市の全地域の全建物の建築年代を把握することが困難であったため、建物の建築年代については、「昭和 46 年以前(1971 年以前)に建築」、「1971 年～1981 年に建築」、「1981 年以降に建築」の各条件を全建物に一律で与え、以上の 3 case についてケーススタディを行った。

なお、木造と同様に、非木造建物についても全壊率を計算した結果全地区において 0.0%以下であったことと、由利本荘市

においては、住居の木造率が 99%であることから、被害が発生する建物はすべて木造と仮定し、非木造は考慮外とした。

(3) 人的被害予測

『地震被害想定支援マニュアル（内閣府）』に従い地区別、構造別の建物内滞留人口を算出し、木造建物死者数を算出した。なお、本研究では、午前 6 時に発災したものとし、人口については夜間人口を用いて評価を行った。なお本研究での要救助者数は、重傷者数と負傷者数の和とした。

(4) 救助活動

要救助者数に対する救助参加人数を求める。本研究では、住民の救助活動能力の単位として、資機材を未保持かつ訓練未経験な成人男性一名が消火・救助活動を行うときの活動能力を 1mp (man power) と定義して評価した。マンパワーは人口を年齢性別ごとの救助活動の参加率と運動能力の差で重み付けを行ったものである。以下に救助活動参加人数 (mp) の算定式を示す。

$$m_{pi} = p_i \times r \times w$$

p_i : 町内 i の夜間人口

r : 阪神大震災における住民の性別年齢別の救助活動実施率

w : 20 代男性に対する各年齢・性別ごと運動能力の相対値

マンパワーの評価対象となる救助活動可能人口は、15 歳以上 65 歳代までの生産年齢人口 ± 5 歳とした。それ以外の 10 未満の年少人口と 80 歳以上の高齢人口はマンパワーの計算から除外した。なお、人口は各町内の夜間人口を用いて、先の被害想定で算出した死者数及び、被害率から被害を考慮した人口を用いた。救助活動参加率は、阪神・淡路大震災時における住民による救助活動の実態から算出された活動実施率⁷⁾を用いた。

年齢性別ごとの運動能力の差を考慮するために用いた年齢性別ごとの相対値は、以下の (2) 式から年齢・性別ごとの標準的な体型での単位時間あたりの運動量を求め、20 代男性を基準として相対化したものである。計算結果は、表 3-3 に示す。

なお、RMR は 4(強い運動)、運動時間は 1 時間(60 分)とした。

$$P = (RMR + 1.2) \times t \times w \times BMR \dots (2)$$

P : 運動量[Kcal] RMR : エネルギー代謝量

t : 運動時間[分] w : 性別・年齢別体重[kg]

BMR : 性別・年齢別基礎代謝量基準値[Kcal/kg/分]

表 3. 年齢性別ごとの運動量

性別 年代	男性						
	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代
運動量 (kcal)	341	338	326	315	304	286	263
20代男性に 対する相対値	1.01	1.00	0.96	0.93	0.90	0.84	0.78
性別 年代	女性						
	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代
運動量 (kcal)	286	256	256	249	242	236	218
20代男性に 対する相対値	0.85	0.76	0.76	0.73	0.72	0.70	0.65

次に、要救助者を救出するために要する時間を仮定する。救助にかかる労力については、「地震発生時における人命危険要因の解明と対策」¹⁹⁾より住民1人で要救助者1人を救助するのに要する時間に略算すると、13.8[時間/人]となる。

従って、全要救助者の救助に要する時間は、(3)式となる。

$$t_r = (h_i \times 13.8) / m_{pi} \dots (3)$$

t_i : 全要救助者数の救助に要する時間

h_i : 要救助者数 m_{pi} : 対象地域のマンパワー

次に、地域間の連携を考える上で、地域間の移動距離の問題がある。そこで、本研究では、各町内に町内ノードを、旧市町を基準とした8地域に広域ノードを設置し、地域間の住民連携が行われる場合は、住民が各ノード間を移動するものとする。ノード間の移動時間は、広幅員道路かつ最短経路での移動距離を最短経路探索から探索し、約時速30kmでの車両移動を想定して移動時間を求めた。図に仮定したノード設置例を示す。

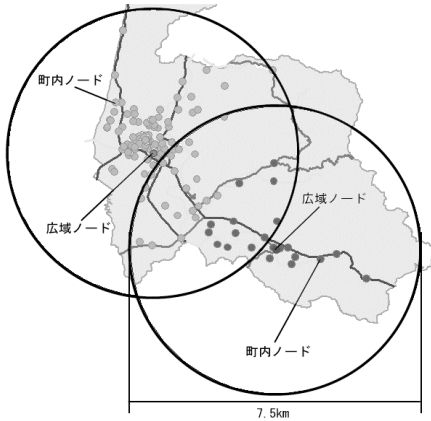


図3. ノード設置例(本荘地域)

a. 町内ノードの決定方法

町内ノードは、町内参集拠点とし連携先町内に行く前に、各町内で住民が参集する地点とした。町内に避難所がある場合は避難所にノードを設置し、避難所がない場合は町内の最も幅員が広く町内の中心座標に最も近い道路に設置した。

b. 広域参集拠点(広域ノード)の決定方法

広域参集拠点は、連携先町内に行く前に、旧市町を元とした地域単位に一時的に参集し、各地域の情報を収集し、連携先へ向かう拠点とする。広域ノードの設置基準は、旧1市7町を基本とした各8地域に約1箇所ずつ、国道等の主要幹線道路に面する、もしくは近接している小中学校を基本とした。小中学校がない地域では、指定避難所を対象とした。1箇所地域内の町内をすべて広域ノードの範囲内に含むことが出来ない地域は2箇所設定した。

c. 町内ノードが所属する広域ノードの決定方法

旧市町村で分けられる8地域と、さらに旧市町村内で分けられる地区を基準に分配する。基本的には、町内が所属する地区にある広域ノードを住民の参集場所とする。広域ノードの範囲内(7.5km)に含まれない場合は、その他の地区で、その町内を範囲

内としている広域ノードへ参集するものとした。

図に示した、広域ノードの参集範囲7.5kmは、生存率減少の1%以下を誤差範囲(100人中1人が死亡しない精度)とすると、生存率の±0.5%は、経過時間によると±15分で、時速30kmでの移動の場合、移動距離に換算すると±7.5kmになるためである。従って、広域ノードの参集範囲は時間経過による死者発生誤差を許容できる範囲の7.5km圏とした。

なお、移動時間は、組み合わせられた町内の各町内間の移動時間を組み合わせ数で平均した値とした。

以上から、地域間の住民連携が行われない場合は「救助時間」を「経過時間」とし、地域間の住民連携が行われる場合は、「救助時間」に救助活動参加者の「移動時間」を加えて、「地震発生から生き埋め者が救助されるまでに要した総時間(以後、経過時間)」を求め、この時間を次に示す「余命和特性関数」に当てはめることにより、救助された生き埋め者の生存を判定する。

本研究では、要救助者が、救助された時点で生存しているかの判定について震災で生き埋めになった人の生存率と救助時間の関係を表した曲線である震後余命特性曲線を援用する。「震後余命特性曲線の試算-兵庫県南部地震の場合-」²⁰⁾によれば、40時間までは救助時間が1時間増えるごとに1.6%生存率が下がり、それ以降は1時間経過するごとに0.8%下がる関係が見いだせる。この関係から経過時間による生存率を用い、生存救助者数を求める。

以上から、本研究では、要救助者数のうちの生存救助者数を救助活動及び地域間の住民連携の効果として評価する。以下に、生存救助者数の算出の一連の流れを示す。

$$t_e = t_m + t_r \dots (4)$$

$$S_{r1} = 1 - 0.016 \times t_e \dots (5)$$

$$R_i = h_i \times S_r \dots (6)$$

t_e : 経過時間 t_m : 移動時間 S_{r1} : 発災後48時間以内生存率
 R_i : 生存救助者数 S_r : 生存率

(5) 遺伝的アルゴリズムによる地域の最適組み合わせの探索

地域間の住民連携による救助効果を示すため、最も生存救助者数の多くなる町内の組み合わせを遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm 以下GA)により探索した。

各町内の要救助者数、マンパワー、各ノード間の移動時間のパラメータから、GAによる世代交代の操作を適応度が収束するまで繰り返すことで、最も生存救助者数の多い組み合わせを探索した。

4. 地域間の住民連携の有無による救助効果の比較

表4に各case及び共助・連携の有無による時間経過による死者数の比較を示す。共助をまったくしない場合、12時間が経過した時点で、約1600人の時間経過による死者が発生する。これに対し、地域内のみであっても共助を行うことで約160人、地域間の連携により約300人の時間経過による死者数の減少が見込まれた。

表 4. 各 case での時間経過による死者数の比較

	時間経過による死者		
	共助無し	連携有り	連携無し
case1	1647.17	1482.28	1346.66
case2	1638.03	1471.41	1321.56
case3	1631.61	1463.79	1312.04

表 5. 連携の有無による救助者数の比較

建築年代	要救助者数	生存救助者数		連携前後の差
		連携前	連携後	
case1 (-1971)	8579.05	7096.77	7232.39	135.62
case2 (1971-1981)	8531.45	7060.04	7209.89	149.85
case3 (1981-)	8498.01	7034.22	7185.97	151.76

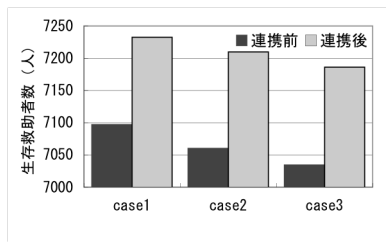


図 4. 建築年代別の比較

表 4 から、地域間の住民連携によって、生存救助者数の増加が見られ、地域間の連携による効果が確認された。

今回は各建物の建築年代を把握できなかったため、被害想定を忠実にすることが出来なかった。しかし、図 4、表 4 から、最も安全側にとっている case3 においても、効果が見られたことから、救助事象の発生数は減少しても、現状においては救助効果が期待できることが示された。

次に、表 4 に case1 における個々の組み合わせに着目した連携の効果について示す。

表 6. 連携例

地域	町内名	mp	要救助者数 (被害想定)	生存救助者数
本荘	東裏尾崎町	28.64	48.88	30.45
	片町	6.94	4.67	3.97
矢島	小田	46.46	3.58	3.52
大内	大倉沢	33.91	2.1	2.06
鳥海	八木山	25.22	0.41	0.41
合計	連携前	141.17	59.64	40.41
	連携後	-	-	53.98
連携効果				(+)13.56

表 6 から、連携の一例を示す。東裏尾崎町、片町、小田、大倉沢、八木山の 5 町内の組み合わせでは、連携無しより生存救助者数が約 13 人増加した。

表 4-4 に示すように、今回の想定では鳥海や矢島といった地域は比較的被害が小さく、マンパワーも豊富に保持されていたため、このようなマンパワーが被害の大きかった本荘の市街地の救助に貢献している例が見られた。このことから、市街地の被害が少なく、山間部で被害が大きい場合は同様のことが起こりうると考えると、地域間の住民連携が、市街地、山間部相互

に有益だと考えられる。

また、多少の移動時間がかかったとしても、余剰のマンパワーをマンパワーが不足している地域に提供することにより救助時間の短縮効果の方が、影響が大きく、救助効果として大きくなるため、効果が現れたと考えられる。

5. おわりに

本研究の知見を以下に示す。

1) 公助の行き届かない災害混乱期において、地域間の住民連携による共助がより多くの人命を救うために有効であることを定量的に示した。

2) 地域間の住民連携では、地域間の移動に多少の時間がかかったとしても、余剰のマンパワーをマンパワーが不足している地域に提供することで、救助時間の短縮による救助効果が見込まれる。

3) 連携事例の中で山間部地域から市街地への共助という形が見られた。一般的に、都市部から山間部への支援という形を考えがちではあるが、山間部における被害が小さい場合、山間部にもマンパワーの十分な地域もあり、逆に山間部から都市部への支援という形も見られることが示された。

以上から、本研究では、地域間の住民連携を築くことで、災害時に地域間の住民が協力して活動し、生存率の高い発災後の数時間で多くの要救助者を救助することが可能になることが示された。このような結果は、災害混乱期に同時多発する救助事象から、公助の行き届かない地域や災害弱地域を含む被災地全域の人的被害を軽減していく上で、地域間の住民連携による共助の有効性を示し、住民の共助による防災意識を高める上で有用であると考えられる。

今後の展望として、本来の共助では自分の町内の救助を完了してから他の町内の救助に向かうということになると考えられる。しかし、今回の計算モデルではその点が表現できていない。今後、この点をモデル化することで、より現実に近いモデルが構築できると考えられる。

《引用文献》

- 1) 内閣府：「地震被害想定支援想定マニュアル」,内閣府,2001
- 2) 村尾修,山崎文雄：兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討,日本建築学会計画系論文集 第 515 号,pp.187-194,1999.1
- 3) 太田裕,小山真紀,和藤幸弘：震後余命特性曲線の試算-1995 年兵庫県南部地震の場合,東濃地震科学研究所報告, Sep.No7 地震防災分野,2001
- 4) 村上ひとみ：1995 年阪神・淡路大震災における応急救助所要時間の検討,『21 世紀の「国際防災安全都市」をめざして 福井震災 50 周年記念事業「世界震災都市会議」予稿集』,福井震災 50 周年「世界震災都市会議」開催実行委員会,pp.132-133,1998.6
- 5) 亀田弘行：総合防災学の道,京都大学学術出版会,2006.3.31
- 6) 1995 年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書,日本火災学会,1996.11
- 7) 飯塚智幸ほか：個人属性から見た大都市震災時の救助・救出行動に関する分析,地域安全学会梗概集 No.9,1999
- 8) 江原勝幸：災害弱者援助における地域ネットワークの活用,静岡県立大学短期大学部研究紀要 18-W 号,2004
- 9) 江原勝幸：震災避難期の災害弱者支援に関する考察,静岡県立大学短期大学部研究紀要 19-W 号,2005
- 10) 火災予防審議会：地震発生時における人命危険要因の解明と対策,東京消防庁,1999.3
- 11) 火災予防審議会：地震時における地域の防災力に関する課題と対策について,東京消防庁, 2007.3