

近年の内陸活断層型地震の被害データに基づく 重篤な負傷者の予測手法の高度化

Development of Estimation Method Especially Focused on Heavy Injury Damage Based on Data of Recent Earthquakes

佐伯 琢磨¹, 時実 良典², 清水 智², 中村 洋光³, 藤原 広行³

Takuma SAEKI¹, Yoshinori TOKIZANE², Satoshi SHIMIZU²,
Hiromitsu NAKAMURA³ and Hiroyuki FUJIWARA²

¹ 京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

² 応用アール・エム・エス株式会社

OYO RMS Corporation

³ 国立研究開発法人 防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

In this study, estimation method is proposed especially focused on heavy injury damage which is supposed to be rescued by DMAT (Disaster Medical Assistance Team). In advance, injury data caused recent earthquakes are gathered and compiled. In addition, definition and distinguish method of injury damage are investigated. By using these knowledge and injury data of recent earthquakes, estimation method in case of heavy injury damage caused by earthquake is developed.

Keywords: estimation method, heavy injury damage, DMAT (Disaster Medical Assistance Team), definition and distinguish method of injury damage, earthquake

1. はじめに

地震時の重篤な負傷の予測に関する既往研究としては、重傷者数の中から入院者数を別途評価した佐伯ほか(2001)¹⁾などがあるが、本研究では、近年の内陸活断層型地震(2004年新潟県中越地震, 2007年新潟県中越沖地震, 2008年岩手・宮城内陸地震, 2016年熊本地震)の被害データに基づき、地震などの災害時に、特にDMAT(災害派遣医療チーム)等の救助の対象となるトリアージに対応した重篤な負傷に注目し、その予測手法を構築する。

災害による人的被害に関する区分は、区分を使用する分野や目的によって異なる区分が使用されている。その一方で、異なる区分であっても、重傷と重症のように、同じ読み方で分野によって区分が異なるなど、負傷者情報を共有する上で、問題がある。報道での「重症」は本研究で対象とする外傷ではなく内因による症状が重い場合を示すのに対して、重症度・緊急度判断基準では外傷・内因を問わず生命の危険性を伴う場合に使われるなど、その言葉の使用には注意が必要である。

このように、被害推定結果を使用する分野によって必要となる区分が異なることが予想されるとともに、被害推定結果を出す上では「どの区分による人的被害か」が明確である必要がある。

上記に留意したうえで、過去の被害データや文献などを用い、災害時に建物内で発生する重篤な負傷の予測式

を構築する。

2. 人的被害データの収集整理

(1) 人的被害程度の定義

人的被害は、重傷や軽傷など被害程度に応じて区分がされているが、使用目的などによって異なる定義に基づいた区分が行われている。さらに、区分によって「重傷」と「重症」など似た名称が使われていたり、同じ名称でも意味合いが異なる事があるため、定義を明確にしないままに被害データの収集を行った場合には混乱を生ずる可能性がある。そこで、本研究ではまず第一に、主な人的被害程度の定義についてレビューを行った上で、本研究で用いる人的被害程度を明確にすることから実施する。

本研究では表1に示した4種類の人的被害程度区分についてレビューをしたのちに、それぞれの定義を整理したうえで、本研究で収集・整理する人的被害程度について検討する。

報道で用いられる人的被害程度としては、ケガによるものは「軽傷」と「重傷」に分類されており、その境界は治療に1ヶ月以上を要するか否かである。一方で体内の病気が重い状態を「重症」と呼ぶとともに、病気・ケガにかかわらず命が危ない状態を重態(重体)と称している(図1)²⁾。

表 1 主な人的被害程度区分の種類

種別	概要
報道等で用いられる区分	新聞報道等で用いられている区分で、軽傷・重傷・重症・重体(重態)など
災害に関する統計等 (内閣府被害認定基準)	自治体等による災害に関する統計等に用いられている区分で、内閣府の被害認定基準に定義されている。重傷は1ヶ月以上の治療を要するもの。
救急医療現場 (重症度・緊急度判断基準)	救急医療現場などで用いられている区分で入院の要否や生命の危険の有無によって分類されている。
和藤(2001) ³⁾ (医療の関与や災害による医療レベル低下に注目した考え方)	日常レベルの医療であれば救命出来たかどうかの視点で死者などの重篤な人的被害を区分したもの。



図 1 新聞報道等で用いられる人的被害の定義²⁾

一方で、被害報などの災害情報に収集されている人的被害は、内閣府⁴⁾の被害認定基準(表 2)の分類ごとの人数が記録されている。この分類は、災害により死亡した者を死者、負傷した者のうち治療に1ヶ月以上を要する者を重傷者、1ヶ月未満で治療できる見込みの者を軽傷者として分類している。この分類は過去に発生した災害の人的被害の記録だけではなく、地震被害想定などでも広く使用されている定義であるとともに、重傷・軽傷の区分は前述の報道による定義とも一致している。一方で、治療に1ヶ月以上要するケガは「重傷」とされるため、例えば足の指を1本骨折した場合でも重傷となり、命の危険の有無は考慮しない区分となっている。

表 2 内閣府による人的被害の定義⁴⁾

被害種類	認定基準
死者	当該災害が原因で死亡し、死体を確認したもの、または死体を確認することができないが死亡したことが確実なものとする。
行方不明者	当該災害が原因で所在不明となり、かつ死亡の疑いのあるものとする。
重傷者 軽傷者	災害のため負傷し、医師の治療を受けまたは受ける必要のあるもののうち、「重傷者」とは1ヶ月以上の治療を要する見込みの者とし、「軽傷者」とは、1ヶ月未満で治療できる見込みの者とする。

救急医療現場で用いられる分類は傷病者重症度分類表(表 3)のとおりであり、生命の危険の有無や入院の要否に

よって分類されている。軽症は入院を要しないものを示し、中等症は生命の危険は無いが入院を要するものを示す。上記の軽症および中等症が生命の危険のない傷病である。重症は生命の危険がある傷病のうち後述する重篤・死亡を除いたものである。重篤は生命の危険が切迫した傷病であり、死亡は初診時に既に死亡しているものである。重篤の生命の危険が切迫としては、心肺停止もしくは心肺停止の恐れがあるものと、心肺蘇生を行ったものとされている。また、重症・重篤は生命の危険があるという定義で前述の報道等による定義の重体(重態)と同義であると考えられる。

表 3 傷病者重症度分類表³⁾

重症度	定義	備考
軽症	入院を要しないもの	
中等症	生命の危険はないが入院を要するもの	
重症	生命の危険の可能性のあるもの	生命の危険の可能性のあるものとは、重症度・緊急度判断基準において、重症以上と判断されたもののうち、死亡及び重篤を除いたものをいう。
重篤	生命の危険が切迫しているもの	生命の危険が切迫しているものとは、以下のものをいう。 ① 心・呼吸の停止または停止のおそれがあるもの。② 心肺蘇生を行ったもの。
死亡	初診時死亡が確認されたもの	

これまでにレビューした人的被害程度の分類のうち、同一名称で定義が異なるものや名称が類似しているものを整理する。同一名称で定義が異なるものとしては「重症」が挙げられる。報道では外傷には用いず病気の程度が重いものに用いている一方で、救急医療現場では外傷・病気を問わず生命の危険の可能性のあるものについて使用している(表 4)。また、「重症」と「重傷」、「軽症」と「軽傷」は文字は異なるものの読みが同じであるために注意が必要である。

表 4 「重症」の定義

報道での定義	傷病者重症度分類での定義
病気の程度が重いもの	生命の危険の可能性のあるもの

本研究の対象である人的被害の予測手法は、災害発生時に迅速な被害状況を適切に把握し初動体制の確立や災害対応を通して人的被害を軽減することを目的としており、生命の危険性のある重篤な人的被害を予測する事が重要である。一方で、過去の被害統計との比較や予測結果の利用を考慮すると、災害に関する統計等で用いられている内閣府の被害認定基準⁴⁾との整合性にも留意する必要がある。

そこで、本研究では被害認定基準⁴⁾による区分を基本としつつも、生命の危険性が切迫している重篤な人的被害を重傷者から分離して表 5 に示すように人的被害を分類する。本研究で「重体」とした被害は傷病者重症度分類表による「重篤」に相当し、トリアージカテゴリ(表 6)

で「直ちに処置を行えば、救命が可能な者」とされる重症群とも概ね整合するものと考えられる。

一方、医療の関与による救命や、災害時と平時の医療体制の差に注目した考え方として Prevented deaths・Preventable deaths(和藤・大西(2001)⁵⁾)がある。これは、日常の救助・医療体制であれば救命の可能性のあった死亡を Preventable Deaths と定義するとともに、医療・救助活動の介入の結果として救命出来た命を Prevented Deaths と定義している。また、平時の医療体制であっても救命出来なかった命を Not preventable deaths としている。

表5 本研究で使用する人的被害程度の定義

重症度	定義	備考
軽傷	1ヶ月未満で治療出来る見込みのもの	災害の被害認定基準 ³⁾ による
重傷	治療に1ヶ月以上要する見込みの者のうち生命の危険性の無いもの	災害の被害認定基準 ³⁾ による重傷者から傷病者重症度分類表 ³⁾ による「重篤」を除いたもの
重体	生命の危険が切迫しているもの	傷病者重症度分類表 ³⁾ による「重篤」に相当
死亡	既に死亡しているもの	

表6 トリアージカテゴリによる人的被害程度⁶⁾

順位	分類	識別色	傷病等の状態
第1順位	最優先治療群 (重症群)	赤色 (I)	・直ちに処置を行えば、救命が可能な者
第2順位	非緊急治療群 (中等症群)	黄色 (II)	・多少治療の時間が遅れても生命には危険がない者 ・基本的には、バイタルサインが安定している者
第3順位	軽処置群 (軽症群)	緑色 (III)	・上記以外の軽易な傷病で、ほとんど専門医の治療を必要としない者
第4順位	不処置群 (死亡群)	黒色 (O)	・既に死亡している者又は直ちに処置を行っても明らかに救命が不可能な者

(2) 人的被害の整理結果

本項では、近年の内陸活断層型地震(2004年新潟県中越地震, 2007年新潟県中越沖地震, 2008年岩手・宮城内陸地震, 2016年熊本地震)の被害データに基づき、整理する。また、小数で算出された数値を整数に案分した。なお、病院のトリアージは、その地域の病院の位置づけによって集まってくる患者の質が変わってくるので、集めたデータベースの精度が、地震あるいは地域ごとに異なる可能性を含んでいることに、注意が必要である。

a) 2004年新潟県中越地震

新潟県中越地震による消防庁⁷⁾により公表されている人的被害のうち本研究で対象とする(旧)長岡市・(旧)川口市・小千谷市の死者・重傷者数は表7のとおりである。

本研究では表7の重傷者数から医療の関与によって救命された負傷者として、和藤(2006)⁸⁾の Prevented deaths および Preventable deaths から抽出して、重体者として分離する。和藤(2006)⁸⁾により収集された死者および重症救命例は70例(表8)となっている。収集された死者40名(うち内因死24名)のうち2名は中越地震がなければ救命することが出来た(Preventable)とされている。一方、外傷による死亡(16名)については地震の有無にかかわらず救命することが出来なかったとされている。

表7 新潟県中越地震における人的被害⁷⁾

被害程度	地域別人的被害[人]				計
	(旧)長岡市	(旧)川口市	小千谷市	その他	
死者	12	6	19	31	68
重傷者	257	38	120	218	633
計	269	44	139	249	701

表8 和藤(2006)⁸⁾による重篤な人的被害の分類

	被害程度		人数(人)
	Not preventable deaths	Preventable deaths	
死者	外傷による死亡	内因死	16
			22
	外傷による死亡	内因死	0
			2
重症救命例(Prevented deaths)			30
計			70

表9 和藤(2006)⁸⁾の比率を用いた人的被害の推定結果

被害程度	(旧)長岡市	(旧)川口市	小千谷市	計
死者	12	6	18	36
重篤者	防げた死	0	0	1
	救命	12	2	6
重傷者	245	36	114	395
計	269	44	139	452

表10 対象地域における死者の死因^{7)・8)}

市町	消防庁被害報				和藤(2006) ※
	年齢	性別	死因		
(旧)長岡市	75	女性	家屋倒壊(土砂崩れ)		No.13
	42	男性	家屋倒壊(土砂崩れ)		No.14
	59	男性	肺炎		
	73	男性	脳内出血		
	39	女性	土砂崩れ		No.7
	3	女性	土砂崩れ		No.8
	20	男性	悪性高熱等(PTSD)		
	79	女性	呼吸不全(持病悪化)		
	70	女性	突然死(ストレス)		
	70	女性	呼吸不全(持病悪化)		
	85	男性	脳出血(ストレス)		
	90	男性	肺炎・心不全(ストレス)		
(旧)川口市	64	男性	家屋倒壊		No.10
	12	女性	家屋倒壊		No.11
	81	女性	家屋倒壊		No.9
	78	男性	家屋倒壊		No.12
	84	女性	誤飲(地震による疲労)		
	41	男性	肺炎		
小千谷市	55	男性	車庫倒壊		No.5
	70	女性	ショック死(地震)		
	小学生	男子	家屋倒壊		No.2
	小学生	男子	家屋倒壊		No.3
	小学生	女子	家屋倒壊		No.4
	76	男性	人工呼吸器が地震で外れた		
	89	男性	ショック死(地震)		
	77	女性	家屋倒壊		No.1
	85	男性	ショック死(地震)		
	68	女性	脳内出血(地震によるショック)		
	81	男性	地震によるショック		
	43	女性	エコノミークラス症候群		
	88	男性	栄養障害・持病の悪化		
	84	女性	肺炎		
52	女性	突然死(避難生活での疲労等)			
86	男性	重症肺炎			
82	女性	急性心不全(環境変化)			
90	女性	肺炎(ストレス)			
77	男性	呼吸不全(ストレス)			

※和藤(2006)の表1「外傷による死亡」の番号

表11 対象地域における外傷による死者と内因による死者数^{7)・8)}

市町	(計)	死者数	
		外傷(建物内)	その他
(旧)長岡市	12	2	10
(旧)川口市	6	4	2
小千谷市	19	5	14

次に、和藤(2006)⁸⁾による死者数のうちに占める Preventable Deaths の割合および重症救命例を用いて旧長岡市と小千谷市の死者および重傷者数から重篤者数を推定する。和藤(2006)⁸⁾には死者・重症救命例の発生箇所に関する記載がないが、重症救命例(30人)を対象地域外を含めて重傷者数で按分して推定した。また、和藤(2006)⁸⁾により Preventable deaths とされた死者2名のうち1名(地震により人工呼吸器が外れた、76歳男性)は消防庁被害報⁷⁾より小千谷市におけるものと判断できることから、小千谷市の死者から1名を除外して重篤者とした。

上記により推定した小千谷市および旧長岡市の重篤者数の推定結果を表9に示した。次に、消防庁被害報⁷⁾および和藤(2006)⁸⁾に記載された死因および重症救命例の原因に基づいて、死者・重篤者数から建物外での外傷や内因によるものを除外して、本研究で対象とする建物内での人的被害を抽出する。新潟県中越地震による死者の死因(表10)に基づく建物内での外傷による死者数は表11のとおりである。また、和藤(2006)⁸⁾による重症救命例(30例)の内訳は表12に示したとおりであり、脳血管障害・一酸化炭素中毒・呼吸不全(喘息等)を建物内の外傷によるものから除外すると18例が外傷による重症救命例となる。和藤(2006)⁸⁾には外傷による重症救命例の発生箇所の記載が無いため、本研究では18例を重傷者数(表7)で対象地域外も含めて按分すると共に、重傷者数については被害報の重傷者数から上記の重篤者数を控除して建物内の外傷による人的被害として表13のとおり推定した。なお、重篤者のうち Prevented Deaths に該当するものは前述の通り内因によるものであるためここでは考慮していない。

表12 重症救命例の内訳⁸⁾

原因	症例数
骨盤骨折	1
クラッシュ症候群	2
胸部外傷	2
ショック	1
多臓器不全	1
多発外傷	1
頭部外傷	2
急性心筋梗塞	1
大腿骨骨幹部骨折	4
熱傷	3
脳血管障害	5
一酸化炭素中毒(車内)	4
呼吸不全(喘息等)	3

表13 対象地域における外傷による人的被害(推定)

地域	外傷による人的被害[人]		
	死者数	重体者	重傷者
(旧)長岡市	2	7	250
(旧)川口町	4	1	37
小千谷市	5	3	117
計	11	11	404

b) 2007年新潟県中越沖地震

新潟県中越沖地震による人的被害は、消防庁⁹⁾より表14のとおりで、重傷者数191人から日本集団災害医学会(2008)¹⁰⁾による重症度別患者数割合(重症度別の患者の内訳は、死亡9名、重篤患者17名、中等症46名、軽症33名)のうち中等症と重篤者が重傷者に該当すると仮定し、重篤者数として分離して表15のとおり推定した。

次に、本研究で対象とする外傷による人的被害を推定する。新潟県¹¹⁾によると柏崎市での死者14名のうち10名が外傷による死亡(表16, No.1~10)である一方で4名はストレス等による内因死(表16, No.11~14)である。このため、10名のみを外傷による死者として分離した(表17)。なお、重篤者は「重傷者」から分離したものであるため、内因によるものは含んでいないものと判断した。

表14 新潟県中越沖地震における柏崎市の人的被害⁹⁾

被害程度	人数[人]
死者	14
重傷者	191
軽傷者	1,473
計	1,678

表15 新潟県中越沖地震での柏崎市の人的被害(推定)

被害程度	人数[人]
死者	14
重体者	52
重傷者	139
軽傷者	1,473
計	1,678

表16 柏崎市での死者の死因(新潟県¹¹⁾による)

No.	年齢	性別	死因
1	76歳	男性	建物の下敷きになって死亡。
2	72歳	女性	建物の下敷きになって死亡。
3	78歳	女性	建物の下敷きになって死亡。
4	81歳	女性	建物の下敷きになって死亡。
5	83歳	男性	建物の下敷きになって死亡。
6	83歳	男性	建物の下敷きになって死亡。
7	77歳	女性	外傷性硬膜下血腫により死亡。
8	71歳	女性	建物の下敷きになって死亡。
9	76歳	男性	建物の下敷きになって死亡。
10	47歳	男性	熱傷により死亡。
11	62歳	男性	被災によるストレスのため急性心筋梗塞で死亡。
12	70歳	女性	被災によるストレスのため脳出血で死亡。
13	59歳	男性	被災によるストレスのため胃潰瘍(大量出血)で死亡。
14	59歳	男性	地震や長期入院によるストレスのため死亡。

表17 内因死を除いた人的被害推定結果

被害程度	人数[人]
死者	10
重体者	52
重傷者	139
軽傷者	1,473
計	1,674

c) 2008年岩手・宮城内陸地震

岩手・宮城内陸地震による人的被害は表18のとおりであり、死者・行方不明者17人、重傷者数28人となっている。このうち、重傷者数28人から栗原市立栗原中央病院におけるトリアージ結果(表19)を用いて重篤者数を分離した(表20)。具体的には、トリアージの黄色と赤色が重傷者に相当すると仮定し、重傷者28人のうち5人(28×2÷(11+2))がトリアージで赤色の重篤者に該当するものとして表20のとおり人的被害を推定した。

次に、本研究で対象とする揺れによる建物被害に伴う人的被害を推定する。岩手・宮城内陸地震による栗原市における死者(13名)の死因は表21のとおりであり、いずれも建物外で土砂災害等に遭遇したことによる死者である。また行方不明者(4名)の原因は不明であるが、現時点

まで発見されていないことは何らかの土砂災害に遭遇した可能性が高いと考えられる(牛山・太田(2009)¹⁴).

上記より岩手・宮城内陸地震による栗原市における死者の全ては土砂災害等の本研究では対象外となる原因によるものとなる。このため、重傷者・重篤者にも土砂災害等によるものが含まれる可能性があるが、受傷原因が不明であるために特に控除はせず、人的被害の推定結果を表22のとおりとした。

表 18 岩手・宮城内陸地震における栗原市の人的被害¹²⁾

負傷程度	人数[人]
死者・行方不明	17
重傷	28
軽傷	152
計	197

表 19 栗原市立栗原中央病院におけるトリアージ結果¹³⁾

トリアージ色	人数[人]
赤	2
黄	11
緑	39
計	52

表 20 岩手・宮城内陸地震における栗原市の重篤者数の推定結果

負傷程度	人数[人]
死者・行方不明	17
重体者	4
重傷	24
軽傷	152
計	197

表 21 岩手・宮城内陸地震による栗原市における死者の死因(文献12)による)

原因	地区	人数
土砂崩れ	花山地区	3
車両埋没	湯浜温泉	1
生き埋め	駒の湯温泉	7
吊り橋からの落下	花山地区	2

表 22 建物内での人的被害の推定結果

負傷程度	人数[人]
死者(建物内)	0
重体者	4
重傷者	24
軽傷者	152
計	180

d) 2016年熊本地震

熊本地震における熊本市と益城町の人的被害は表23のとおりで、死者24名、重傷者884名となっている。熊本地震被災地の主要病院におけるトリアージ結果は表24のとおりである。このうち黄色と赤色の比率を用いて、重傷者のうち23.3%(86+283人)が重篤者とみなして重傷者から分離して、表25のとおり重篤者数を推定した。なお、死者数については複数の死者が記録されている(表26)が、これらの被害のうち直接的な外傷によると考えられる死者として「警察が検視により確認している死者数」を記載した。

熊本地震は2016年4月14日のいわゆる「前震」と、

4月16日のいわゆる「本震」の2回震度7を観測しており、それぞれの地震において死者が発生している。また、南阿蘇村など山間部では土砂災害が発生しており、前述の死者数から本研究で対象とする建物倒壊等以外による死者数を分離する必要がある。前震および本震別および原因別の死者数は牛山ほか(2016)¹⁸⁾により示されている(表27)。死者(直接死)は前震が9名、本震が41名の合計50名であり、50人のうち38名が倒壊による死者とされている。倒壊以外の死者としては南阿蘇村における土砂災害による死者(10名)、八代市における火災による死者(1名)でこれらはいずれも「本震」による死者である。一方、熊本市における死者1名が前震と本震のいずれによるかについては牛山ほか(2016)¹⁸⁾には記載がないものの、内閣府資料(本震発生前の4/15 14:30時点)に「熊本市東区の68歳女性が家屋内で転倒し、搬送先の病院で死亡確認」と記載があるため、この死者は前震による死者と考えられる。

表 23 熊本地震における人的被害¹⁵⁾

被害程度	人的被害[人]			
	熊本市	益城町	その他	計
死者	4	20	26	50
重傷者	750	134	275	1,159
軽傷者	943	31	576	1,550
計	1,697	185	877	2,759

表 24 熊本地震被災地におけるトリアージ結果^{16)・17)}

トリアージ色	患者数[人]		
	赤十字	付属	計
赤(重症)	68	18	86
黄(中等症)	267	16	283
緑(軽症)	1,059	32	1,091
黒(CPA)	3	1	4
計	1,397	67	1,464

赤十字:熊本赤十字病院
 付属:熊本大学医学部付属病院

表 25 熊本地震における重体者数の推定結果

被害程度	人的被害[人]			
	熊本市	益城町	その他	計
死者	4	20	26	50
重体者	175	31	64	270
重傷者	575	103	211	889
軽傷者	943	31	576	1,550
計	1,697	185	877	2,759

表 26 熊本地震における死者数の内訳¹⁵⁾

市町村	死者数[人]			
	①	②	③	計
熊本市	4	69	2	75
益城町	20	20	0	40

- ①警察が検視により確認している死者数
 ②災害弔慰金の支払い等による法律に基づき認められたもの
 ③6月の豪雨による被害のうち熊本地震との関連が認められるもの

表 27 熊本地震における前震・本震および原因別死者数

市町村	前震・本震別死者数[人]			死因別死者数[人]				
	前震	本震	計	火災	倒壊	土砂	その他	計
熊本市	1	3	4	0	3	0	1	4
八代市	0	1	1	1	0	0	0	1
西原村	0	5	5	0	5	0	0	5
南阿蘇村	0	16	16	0	6	10	0	16
御船町	0	1	1	0	1	0	0	1
嘉島町	0	3	3	0	3	0	0	3
益城町	8	12	20	0	20	0	0	20
計	9	41	50	1	38	10	1	50

牛山ほか(2016)¹⁸⁾の記載内容に基づき作成

以上の検討を踏まえて揺れによる死者数を前震・本震別に整理すると表 28 のとおりであり、前震の揺れによる死者数は益城町の 8 名、本震の揺れによる死者数は熊本市が 3 名、益城町が 12 名となる。

表 28 熊本地震における前震および本震それぞれの揺れによる死者数

市町村	揺れによる死者数[人]		
	前震	本震	計
熊本市	0	3	3
西原村	0	5	5
南阿蘇村	0	6	6
御船町	0	1	1
嘉島町	0	3	3
益城町	8	12	20
計	8	30	38

牛山ほか(2016)¹⁸⁾および首相官邸資料¹⁹⁾の記載内容に基づき作成

(3) 過去の被害地震におけるデータ収集整理のまとめ

人的被害の試算および予測手法の高度化のための基礎資料とするために、過去に発生した被害地震のうち人命に関わると考えられる重篤な人的被害に着目してデータを収集し整理した。データの収集・整理にあたって留意した点や整理した結果は下記のとおりである。

- ・人的被害の収集整理に先立って、現在使われている人的被害の分類法について調査した。その結果、読みが同じであっても「重症」と「重傷」では意味合いが異なること、文字が同じ「重症」であっても報道と医療では意味合いが異なることなどの問題点が明らかになった。
- ・本研究では内閣府の被害認定基準による「重傷」と「死亡」を中心に人的被害を収集するとともに、重傷者数の中から生死に関わる可能性のある重篤な人的被害として「重体」を細分することとした。
- ・重傷者数から重体者数の推定に当たっては災害時に行われたトリアージによる黄色と赤色(重症群)の割合を重傷者数に乗じることにより、生命の危険性のない重傷者と生命の危険性のある重体者に分離した。
- ・前述の通り、負傷者の重症度を示す用語は使う分野によって異なるだけでなく、読み方が同じであるなど紛らわしいケースが多い。人的被害予測手法の開発に当たっては、推定する被害程度がどのような定義によるものかを明確にするとともに、被害推定結果を利活用する立場になった区分の重症度で定義することが重要であると考えられる。

3. 人的被害予測手法の高度化

前章のとおり人的被害は、分野や目的によって複数の区分・定義がなされているため、利用目的に応じた人的被害区分での予測が必要であると考えられる。本研究では、災害医療分野での使用、救助等の初動体制の確立に向けての判断材料とすることなどが考えられる。また、予測される被害は状況把握結果に基づいて検証可能な形であることが望ましい。

上記より、医療分野では重症度・緊急度判断基準³⁾による区分での出力が望ましいと考えられ、ISS 値(カテゴリ)での出力により上記のニーズを果たすことが出来ると考えられる。ここで日本救急医学会によると、ISS (外傷重症度スコア)とは、1974 年に Baker らが考案した多発

外傷患者のための重症度評価法であり、Abbreviated Injury Scale (AIS) をもとに算出される。すなわち、損傷を頭頸部、顔面、胸部、腹部および骨盤内臓器、四肢および骨盤、体表の 6 部位に割り当てたうえで、各部位の AIS スコアの最大値に注目し、上位 3 部位までのスコア最大値を自乗して足した値と定義されている。一方で、意思決定や事後の検証を考えると内閣府の被害認定基準で出力する事が望ましいと考えられる。また、内閣府の被害認定基準での重傷は治療に 1 ヶ月以上要するものという定義のため、足の指の骨折から生命の危険が切迫するものまで含まれるため、生命の危険が切迫しているトリアージでの重症群(赤)相当も出力する事が望ましいと考えられる。

上記を踏まえると、地震による人的被害即時評価で出力する人的被害区分は表 29 のように ISS カテゴリと内閣府の被害認定基準に準ずる区分の 2 区分で出力可能とする事で上記で想定したニーズを満たせると考えられる。その一方で、中嶋・岡田(2015)²⁰⁾では ISS カテゴリ別の人数と死者については算出方法が提案されているものの、生存者の算出方法については提案がなされていない。

そこで、本章では、図 2 に示すように、中嶋・岡田(2015)²⁰⁾での死者数推定方法を参考に、2 章で収集した実被害データに基づいて軽傷・重傷・重体を求める方法について検討する。なお、実被害データの収集では重体を重傷から切り離していたが、本項では内閣府の被害認定基準での重傷者数はあくまで重傷者数として出力し、重体は重傷者の内数として出力する事とする。

表 29 本研究で出力する人的被害区分

ISS 値 (カテゴリ)		人的被害区分	定義
~8	軽症・中等症	軽傷	内閣府の被害認定基準
8~15	重症	重傷	内閣府の被害認定基準
16~24	重篤	重体	トリアージで「赤」相当
25~40	瀕死		
41~75	死亡相当	死者	内閣府の被害認定基準

※着色部は中嶋・岡田(2015)に算出方法がない人的被害区分

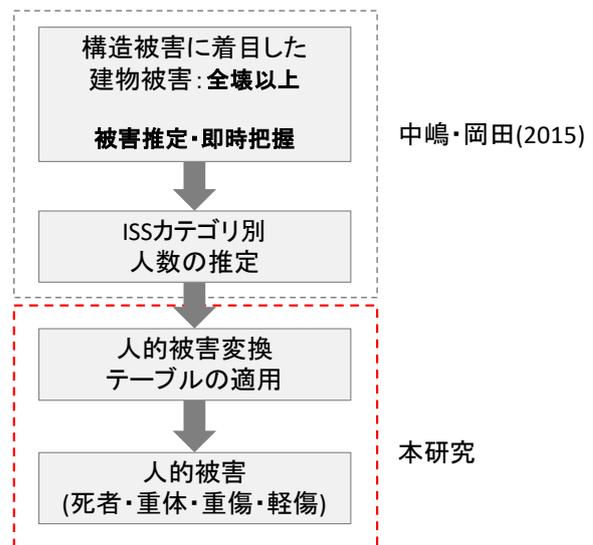


図 2 人的被害予測のフローチャート

(1) 人的被害算出用パラメータの検討

a) 中嶋・岡田(2015)²⁰⁾での死者数推定

中嶋・岡田(2015)²⁰⁾での死者数推定は、ISS 値カテゴリ別の人数に外傷データバンク²¹⁾によるカテゴリ別の死亡率を乗じて死者数を求めている(式[1])。一方で、前述の

とおり生存者(負傷者の取扱いは明記されておらず、ISS 値カテゴリ別の人数から死者を減ずるなどの方法が考えられるが、内閣府の被害認定基準⁴⁾の区分とは一致しない問題がある。

$$\text{死者数} = \sum_{i=1}^5 [N_i \times RD_i] \quad \text{---式[1]}$$

ここで Ni:ISS カテゴリ i 別の人数, i=1:軽症・中等症, 2:重症, 3:重篤, 4:瀕死, 5:死亡相当, RD₁:0.009, RD₂:0.022, RD₃:0.069, RD₄:0.283, RD₅:0.618

b) 重体・重傷・軽傷者数推定パラメータの検討

中嶋・岡田(2015)²⁰⁾では内閣府の被害認定基準²⁾での重傷度別の人数の推定が出来ない問題を踏まえて、本項では被害認定基準⁴⁾での重傷度別人数の推定方法について検討する。重傷度別人数は、ISS 値カテゴリ別人数から死者率²¹⁾に基づいて推定された死者数を減じた ISS カテゴリ別負傷者数に対して、ISS 値カテゴリから被害認定基準⁴⁾での重傷度別の係数(パラメータ)を検討する。

$$I_k = \sum_{i=1}^5 [N_i \times R_{k,i}] \quad \text{---式[2]}$$

ここで Ni:ISS カテゴリ i 別の人数, i=1:軽症・中等症, 2:重症, 3:重篤, 4:瀕死, 5:死亡, k=1:軽傷, 2:重傷, 3:重体, R_{k,i}:ISS カテゴリ i から負傷程度 k となる割合

① ISS 値カテゴリから重傷度への係数推定に用いるデータ

ISS 値カテゴリから重傷度を推定する係数は、下村ほか(2016)²²⁾および門馬ほか(2017)²³⁾による被害データによる全壊建物を、中嶋・岡田(2008)²⁴⁾により D4~D6 に分類したうえで、ISS カテゴリ別人数(表 30)で推定した ISS 値カテゴリ別の負傷者数(表 30)と、2章で収集した実被害データ(表 31)を基に検討する。なお、熊本地震は前震による実被害データが得られていないため本震のみを対象とする。また、熊本地震本震は避難を考慮しない場合の死者数推定結果は大幅な過大評価となるため、前震による建物被害に基づいた避難を考慮(一部損壊以上は全員避難、無被害でも半数被害)した人的被害を使用する。

表 30 ISS 値カテゴリ別の人数と死者数推定結果

地震名	市町村名	ISS 値カテゴリ別人数[人]					死者数
		~8	9~15	16~24	25~40	41~75	
2004年新潟県中越地震	(旧)長岡市	895.44	85.02	4.67	0.20	0.00	10.31
	(旧)川口町	327.33	34.40	1.66	0.07	0.00	3.84
2007年新潟県中越沖地震	小千谷市	824.02	31.67	0.82	0.03	0.00	8.18
	柏崎市	1,321.10	163.09	8.49	0.36	0.00	16.17
2008年岩手・宮城内陸地震	栗原市	14.05	0.79	0.03	0.00	0.00	0.15
2016年熊本地震(前震)	益城町	495.39	49.04	1.86	0.08	0.00	5.69
2016年熊本地震(本震)	益城町	562.73	167.53	6.93	0.30	0.00	9.31

表 31 被害地震による実被害(重体は重傷者数とトリアージ結果等に基づく推定)

地震名	市町村名	実被害[人]		
		軽傷	重傷	重体
2004年新潟県中越地震	(旧)長岡市	1,851	257	7
	(旧)川口町	24	38	1
	小千谷市	665	120	3
2007年新潟県中越沖地震	柏崎市	1,473	191	52
2008年岩手・宮城内陸地震	栗原市	152	28	4
2016年熊本地震(本震)	益城町	31	71	63

※重体は重傷の内数である

②重傷度への係数推定手法

ISS カテゴリ別人数から重傷度別人数を求める係数推定は、まず重傷者数を求める係数を第一に検索し、次に軽傷・重体を求める係数を推定する。

重傷者数の推定は、係数を 0.1%刻みで変化させながら重傷者数を推定し、誤差指標が最小となる係数(R_{k,i})の組み合わせを検索する。

$$E = \sqrt{\sum_n [(I_k - Act_k)^2] / n} \quad \text{---式[3]}$$

ここで E:誤差指標, n:地域数, I_k:負傷者数推定値, Act_k:実被害(負傷者数)

軽傷者数を推定する係数は、負傷者数は重傷者数と軽傷者数の和となることから、軽傷者を求める係数は 1 から重傷者率を減じた値とする。

$$R_{1,i} = 1 - R_{2,i} \quad \text{---式[4]}$$

一方、重体者数は重傷者数の内数であることから、重傷者を求める係数を上限として、係数を 0.1%刻みで変化させながら誤差指標(式[1])が最小となる係数の組み合わせを検索する。

ただし、重傷者数および重体者数の組み合わせを検索するにあたって、係数の組み合わせが一つに収束しない、または現実と乖離する係数の組み合わせが検索される可能性があるため、ISS 値および ISS 値の基となる AIS 値などから制約条件(表 32)を付すこととする。

ISS 値が 41 以上(死亡相当)となる場合は、ISS の対象部位(6部位)のうち 3 部位全ての AIS が 3 以上もしくは、複数部位が 4 以上となる必要がある。AIS が 3 以上の損傷は組織欠損が 100cm²を超えかつ皮下組織に達し出血量が全血液の 20%を越えるなどの重篤なものが定義されていることから、全身の複数部位でこのような損傷を受ける場合は重体以上であるものと推定した。

同様に ISS 値が 25 以上(瀕死)となる場合は、6 部位のうち少なくとも 1 部位で AIS が 3 以上となる損傷を受けていることとなることから、25 ≤ ISS の場合には全てが重傷以上であると推定した。また、ISS 値が 16 以上(重篤)の場合には、死亡を除く少なくとも過半数以上であるものと推定した。

表 32 重傷者・重体者推定パラメータの制約条件

ISS カテゴリ		本研究で対象とする人的被害区分	
I	ISS 値	重傷(k=2)	重体(k=3)
1	1~8	軽症・中等症	上限:1-(死亡率) 下限:死亡率, 上限:重傷率 ただし, <R _{3,2} とする
2	9~15	重症	上限:1-(死亡率) ただし, >R _{2,1} とする 上限:重傷率 (R _{2,2}) ただし, <R _{3,3} とする
3	16~24	重篤	下限:1-(死亡率)/2 上限:1-(死亡率) 上限:重傷率 (R _{2,3}) ただし, <R _{3,4} とする
4	25~40	瀕死	1-死亡率とする 上限:重傷率 (R _{2,4})
5	41~	死亡相当	1-死亡率とする 1-死亡率とする

表 33 重傷者・重体者推定パラメータの推定結果

ISS カテゴリ			推定パラメータ			死亡率 ²⁰⁾
i	ISS 値		軽傷	重傷	重体	
1	1~8	軽症・中等症	83.2%	15.9%	0.9%	0.9%
2	9~15	重症	81.6%	16.2%	12.0%	2.2%
3	16~24	重篤	0.0%	93.1%	93.1%	6.9%
4	25~40	瀕死	0.0%	71.7%	71.7%	28.3%
5	41~	死亡相当	0.0%	38.2%	38.2%	61.8%

※死亡率は外傷データバンク²⁰⁾による

上記により推定した ISS カテゴリ別人数から軽傷・重傷・重体への変換パラメータを、外傷データバンク²⁰⁾による死亡率とともに、表 33 に示した。ISS カテゴリが 9~15 の「重症」であっても軽傷となる場合が 81.6%となっている点にやや疑問点が感じられるが、それ以外では概ね ISS 値や AIS 値との矛盾の無いパラメータとなった。

(2) 過去の被害地震を対象とした人的被害の検証

本項では、前項までに推定した ISS カテゴリ別人数から負傷者数(軽傷・重傷・重体)を求めるパラメータ(表 33)を用いて死傷者数を推定する。

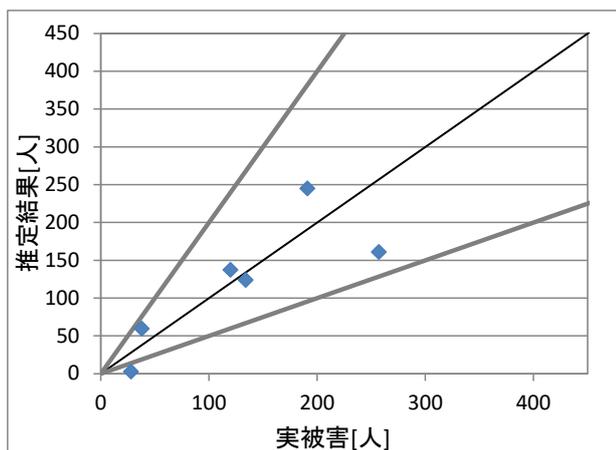
具体的には、「(1) 人的被害算出用パラメータの検討」

表 34 人的被害の試算結果

地震名	市町村名	人的被害推定結果[人]				実被害[人]			
		軽傷	重傷※1	重体※1	死者	軽傷	重傷	重体※2	死者
2004年新潟県中越地震	(旧)長岡市	814.38	160.63	22.75	10.31	1,851	257	7	2
	(旧)川口町	300.41	59.22	8.67	3.84	24	38	1	4
	小千谷市	711.43	136.94	12.01	8.18	665	120	3	5
2007年新潟県中越沖地震	柏崎市	1,232.23	244.64	39.62	16.17	1,473	191	52	10
2008年岩手・宮城内陸地震	栗原市	12.34	2.39	0.25	0.15	152	28	4	0
2016年熊本地震(前震)	益城町	452.18	88.50	12.13	5.69				8
2016年熊本地震(本震)	益城町	604.89	123.27	31.83	9.31	31	134	31	12

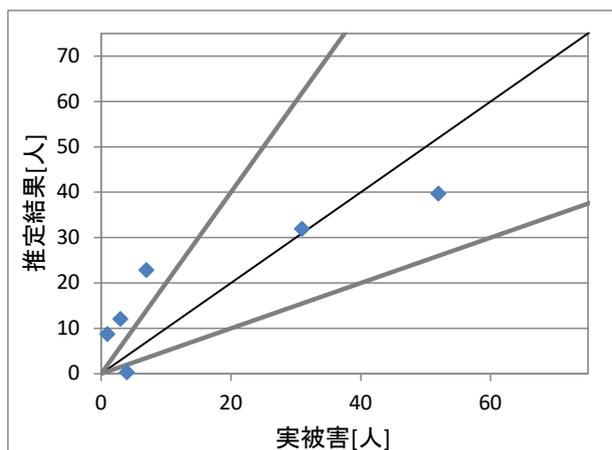
※1 重傷に重体を含む(重体は重傷の内数)

※2 重体の実被害のうち中越地震以外はトリアージ結果に基づく推定



(実線は実被害と推定値が同値、灰色線は倍半分の範囲を示す)

図 3 重傷者数の散布図



(実線は実被害と推定値が同値、灰色線は倍半分の範囲を示す)

図 4 重体者数の散布図

4. まとめ

本研究では、地震などの災害時に DMAT (災害派遣医療チーム) 等の救助の対象となる、特に重篤な人的被害に注目し、その被害予測を試みることを目的とした。

で推定した ISS カテゴリ別人数(表 30)に、死傷者数推定パラメータ(表 33)を乗じて人的被害を試算した。

試算した結果は表 34 に示したとおりである。今回明らかにすることができた重体者数の推定結果は、表 34 より、重傷者数全体の 9~26%、死亡者数の 147~342%となることが示された。また、実被害との比較として重傷者数の散布図を図 3 に、重体者の散布図を図 4 に示した(実線は実被害と推定値が同値、灰色線は倍半分の範囲を示す)。

重傷者数は岩手・宮城内陸地震を除いて全ての地震で倍半分の範囲であり、精度良く重傷者数を予測できた。岩手・宮城内陸地震の死者は全員が土砂崩れによることから、重傷者も同様の傾向が考えられるため、推定値が実被害を下回っているものの本研究で対象とする揺れに伴う建物倒壊等による重傷者数は寧ろ精度良く予測できている可能性がある。一方で重体者数は、新潟県中越地震で過大評価する傾向がみられる。これは、新潟県中越地震以外の地震はトリアージ結果で「赤」となる水準を対象とした一方で、新潟県中越地震の重体者の実被害は、和藤(2006)⁸⁾で医療の介入により救命出来た人数に基づいていることから、その重傷度が異なっている可能性があるためと考えられる。

となどの問題点が明らかになった。そのため、本研究では内閣府の被害認定基準による「重傷」と「死亡」を中心に人的被害を収集するとともに、重傷者数の中から生死に関わる可能性のある重篤な人的被害として「重体」を細分することとした。

上記に留意したうえで、過去の被害データや文献などを用い、災害時の重篤な人的被害の予測式を構築した。重傷者数は岩手・宮城内陸地震を除いて全ての地震で倍半分の範囲であり、精度良く重傷者数を予測できた。一方で重体者数は、新潟県中越地震で過大評価する傾向がみられた。

なお、日本集団災害医学会の尼崎 JR 脱線事故特別調査委員会報告書によると「外傷性窒息の ISS は極めて低く算出」とある。地震時の建物倒壊による死者は外傷性窒息が多いことが、表 10 および表 16 から推察できるが、本研究では人的被害を ISS 値を基準に評価していることから、本研究の予測手法が誤差を含む可能性がある。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人: JST) によって実施された。ISS 値別人体損傷発生確率については、北海道大学の岡田成幸教授、中嶋唯貴助教に、過去の災害の重症救命例のデータ等については、金沢医科大学の和藤幸弘教授に、ご協力いただいた。記して感謝を表します。

参考文献

- 1) 佐伯琢磨, 中村雅紀, 渡辺敬之, 翠川三郎: 地震による死傷者数および負傷に対する治療費用の評価方法, 地域安全学会論文集 No.3, pp.133-140, 2001.11.
- 2) 毎日新聞: コトバ解説 「重症」と「重傷」と「重体」の違い, <https://mainichi.jp/articles/20110303/mul/00m/040/044000c>, 2011.3.(2017.11.11 閲覧)
- 3) 財団法人救急振興財団: 救急搬送における重症度・緊急度判断基準作成委員会報告書, (ア) <http://www.fasd.or.jp/tyousa/hanso01.pdf>, 2004.3.
- 4) 内閣府政策統括官(防災担当): 災害の被害認定基準について, 平成 13 年 6 月 28 日府政防第 5 1 8 号
- 5) 和藤 幸宏, 大西 一嘉: Protracted Deaths, Preventable Deaths, and Prevented Deaths in an Earthquake —Prevented Deaths の概念と意義—, 東濃地震科学研究所報告, Seq. No.7, pp.51-54, 2001.3.
- 6) 社団法人横須賀市医師会: 災害時医療救護活用マニュアル, <http://www.yokosukashi-med.or.jp/topics/saigaimanual/3.htm>
- 7) 消防庁: 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震(確定報), <http://www.fdma.go.jp/data/010909231403014084.pdf>, 2009.10.
- 8) 和藤 幸宏: 2004 年新潟県中越地震における人的被害の評価, 東濃地震科学研究所報告, Seq. No.18, 2006.3.
- 9) 消防庁: 平成 19 年(2007 年)新潟県中越沖地震(確定報), <http://www.fdma.go.jp/bn/%E5%B9%B3%E6%88%9019%E5%B9%B4%EF%BC%882007%E5%B9%B4%EF%BC%89%E6%96%B0%E6%BD%9F%E7%9C%8C%E4%B8%AD%E8%B6%8A%E6%B2%96%E5%9C%B0%E9%9C%87%EF%BC%88%E7%A2%BA%E5%AE%9A%E5%A0%B1%EF%BC%89.pdf>
- 10) 日本集団災害医学会: 平成 19 年新潟県中越沖地震調査特別委員会 報告書, https://jadm.or.jp/od/toku-iin/h19_chuetsuoki_houkoku.pdf,

- 2008.6.
- 11) 新潟県: 平成 19 年新潟県中越沖地震 被害状況(平成 25 年 4 月 11 日現在), <http://www.pref.niigata.lg.jp/kikitaisaku/1196093798397.html>, 2013.4.(2017.10.18 閲覧)
- 12) 消防庁: 平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震(第 79 報), <http://www.fdma.go.jp/bn/data/%E5%B2%A9%E6%89%8B%E3%83%BB%E5%AE%AE%E5%9F%8E%E5%86%85%E9%99%B8%E5%9C%B0%E9%9C%87%EF%BC%88%E7%AC%AC%EF%BC%97%EF%BC%99%E5%A0%B1%EF%BC%89.pdf>, 2010.6.
- 13) 日本集団災害医学会: 平成 20 年岩手・宮城内陸地震調査特別委員会, 報告書 https://jadm.or.jp/od/toku-iin/iwatemitagi_houkoku.pdf, 2010.3.
- 14) 牛山 素行, 太田 好及: 平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震による死者・行方不明者の特徴, 自然災害科学, Vol.28, pp.59-66, 2009.
- 15) 熊本県: 平成 28(2016)年熊本地震等に係る被害状況について【第 253 報】, http://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=15459&sub_id=236&flid=117913, 2017.8.
- 16) 熊本赤十字病院: 特集「熊本地震」, メディカルキャンパス, No.37, <http://www.kumamoto-med.jrc.or.jp/facilities/magazine/pdf/medicalcampus37.pdf>, 2016.7.
- 17) 熊本大学医学部附属病院: 熊本地震熊本大学医学部附属病院記録集, <http://www.kuh.kumamoto-u.ac.jp/kuh/images/book/kirokusyu.pdf>, 2017.2.
- 18) 牛山 素行, 横幕 早季, 杉村 晃一: 平成 28 年熊本地震による人的被害の特徴, 自然災害科学, No.35, pp.203-215, 2016
- 19) 首相官邸: 熊本県熊本地方を震源とする地震について 平成 28 年 4 月 15 日(14:30)現在, <http://www.kantei.go.jp/jp/headline/pdf/20160415/higai04151430.pdf>, 2016.4.15(2017.11.13 閲覧)
- 20) 中嶋 唯貴, 岡田 成幸: 大地震に伴う人的被害の重症度指標別詳細評価法の提案～想定南海トラフ巨大地震による震動及び津波被害を例に試算～, 厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業), 大規模地震に対する地域保健基盤整備実線研究 平成 26 年度総括・分担研究報告書, 研究代表者: 犬塚 君雄, 2015.3.
- 21) 日本外傷データベース, <https://www.jtcr-jatec.org/traumabank/index.htm>
- 22) 下村博之・藤原広行・中村洋光・門馬直一・山田哲也・藤澤誠二: 新潟県中越地震と岩手・宮城内陸地震の震度分布と建物被害の関係, 日本地震工学会・大会-2016, P2-23, 2016.9
- 23) 門馬直一, 藤原広行, 中村洋光, 佐伯琢磨, 下村博之, 山田哲也, 藤澤誠二: 空中写真判読による熊本地震の建物被害の特徴, JpGU-AGU Joint Meeting 2017
- 24) 中嶋唯貴, 岡田成幸: 時間軸上の死者低減率最大化を主目標とした木造住宅耐震化戦略の策定—東海・東南海連動型地震を対象とした東海 4 県への適用事例—, 日本建築学会構造系論文集, 第 73 巻, 第 623 号, pp.79-86, 2008.1.

(原稿受付 2018.8.24)

(登載決定 2019.1.12)