

東日本大震災における年齢別死者数と津波の規模 : 小地域統計による基礎的考察

宮崎, 毅
九州大学大学院経済学研究院経済工学部門 : 准教授

<https://doi.org/10.15017/1515769>

出版情報 : 経済学研究. 81 (4), pp.135-149, 2014-12-26. 九州大学経済学会
バージョン :
権利関係 :

東日本大震災における年齢別死者数と津波の規模： 小地域統計による基礎的考察

宮 崎 毅

1. はじめに

2011年3月11日14時46分、東北地方を中心に死者数1万5,889人、不明者数2,597人、全壊棟数12万7,511棟（2014年11月10日時点）という未曾有の大災害が発生した。これまで日本が経験したことのない大規模な災害に直面し、関連する分野では多くの研究が蓄積されつつある。防災に関する分野（自然科学から人文社会までを含む）では、津波避難、津波火災、災害時の情報伝達、地域の防災力、想定外への対応などに関する研究が多く蓄積されている。また地震学では、M9.0という世界でも類を見ない規模の大地震を想定できていなかったことから、地震学自身への自己批判を展開したほか、そもそもこれまで想定してきた地震発生メカニズム（アスペリティモデルなどを含む）への再考も行われている。経済学分野では、震災の日本経済全体への影響、震災による直接被害額の計算、サプライチェーン・ネットワークによる企業への影響、自治体の震災対応、震災の復旧・復興財政などの研究が実施されてきた。

一方、地域の人口構成と死者数に関する研究も蓄積されている。そこでは、高齢者等の災害弱者の存在などと地域の津波被害（浸水高や浸水面積）が死亡率とどのように関係しているのかが分析されている。石山・横幕（2011）では、消防庁や警察庁が公表した年齢別性別及び住所別の死者の情報を活用し、年齢別性別及び地域別に死者数がどのように異なるのか分析を行っている。市町村別の死亡率や浸水域人口に対する死亡率などを元に、死者・行方不明者にはどのような特徴があるのかを分析し、明治三陸津波では犠牲者の割合が2～5割に達していたにも関わらず、今回最大でも10%程度であったことが示されている。松本・立木（2012）では、市町村別の集計データを用いて、高齢者及び障害者の死亡要因を分析している。NHK取材班から得られた30市町村の死者数及び障害者死者数データを用いて、全体の死亡率と障害者死亡率との関係、及び津波到達時間や津波到達高、人口構成などが障害者や高齢者の死亡率に与える影響を分析している。分析の結果、全体の死亡率よりも障害者死亡率が高いこと、またその数値は県によって差があること、障害者死亡率には高齢化率や津波の大きさなどのほかにも別の要因が影響を与えていることなどが分かっている。上田（2012）では、重回帰分析を用いて東日本大震災における津波の人的被害の様相を分析している。44の市町村データを用いて、死亡率を従属変数、震源からの距離や浸水面積率、産業特性などを表す変数を説明変数として回帰分析を実施し、震源からの距離、津波浸水率、高齢化、産業化の変数などが有意に影響を与えていることが

明らかにされている。鈴木・林（2011）は、死者・行方不明者率を津波の高さ、浸水域の人口密度、浸水域面積、想定津波高、人口変動などの要因で説明できるかを検討している。現地の被害調査報告などを踏まえ、統計的分析及び技術的な分析を行っている。

これらの先行研究は市町村単位での分析が主であるが、一方で小地域統計等を用いた分析も行われている。小山他（2013）では、2005年国勢調査の500mメッシュ統計、及び津波被災マップと被災者の安否確認情報を用い、昼間人口と夜間人口の違いによる人的被害の傾向の違い、浸水域と流失域における死亡率の特徴、男女別の死者数の特性などを分析している。最終的な分析は市町村単位であるが、年齢階級の上昇とともに死亡率が上昇することなどを明らかにしている。一方、本研究と最も関連する研究は谷（2012）である。岩手県、宮城県、福島県の各県警で発表されていた「身元が確認された犠牲者の方々」のデータと町丁字別の人口データ（2010年国勢調査）を用い、町丁字別の死亡率を分析している。その際、津波浸水域マップ（日本地理学会災害対応本部津波被害マップ作成チームが作成）を用い、津波浸水地区を識別した上で地区別の死亡率を算出している。分析の結果、65歳以上の高齢者が死者に占める割合が半数以上であり、死亡率が10%を超えるような市町村も存在していたことなどが分かっている。

このように、市町村単位と小地域単位の2つの集計単位において、地域の人口構成や津波被害の程度が年齢階級別の死者数に与える影響を分析している研究が多く存在している。後者に関しては、国勢調査の小地域集計等を用いて地域別の特徴と死者の関係を調べているが、津波浸水高データを用いた分析はまだ行われていない。

本研究の目的は、町丁字単位における小地域集計データと年齢階層別死者および津波浸水高データを用いて、地域における死亡率の特徴を調べることである。先述のように、市町村単位では多面的な分析が行われているが、どの地区に人口が集中しているか、またその年齢構成は異なるのか、どのような地理的な特徴を持っているのかなど、地域の多様な特徴を把握することができない。一方、町丁字単位であれば、より詳細な地域の特徴に関する情報を入手することができる。特に、町丁字単位であれば数字に現れる地域の特徴だけではなく、住民の結びつきや地理的特性など多面的に地域の違いを把握することが可能になるかもしれない。

本研究では、警察庁が公表している「今回の震災によって犠牲になったの方々」のデータから、各地域における年齢別性別の死者数を算出する。また、東北地方太平洋沖地震津波調査グループによって集計された津波浸水高のデータを町丁字別に集計する。これらのデータと2010年国勢調査の小地域集計データを用い、小地域別にどのような人的被害の特徴があるのかを図やクロス集計、相関分析によって明らかにしていく。

分析の結果、次のことが分かった。第1に、各年齢階層別の人口シェアと比較し、高齢者ほど死者数が増えることが分かった。特に、津波浸水高が大きい場合には、高齢者において死亡率が高い傾向があった。第2に、地域の人口規模が大きくなるほど死亡率は低下することが分かった。特に、若年者においてこの傾向は大きい。具体的には、人口500人までの地区において、死亡率が最も高くなることが明らかとなった。どの年齢階層においても、同様の傾向が存在していた。第3に、津波浸水高

が高くなるほど死亡率が上昇するわけではないことが分かった。より詳細に検討すると、浸水高5mぐらいまでは浸水高の上昇に伴い死亡率が増えていくが、浸水高が5mを超えると津波浸水高が大きくなるほど反対に死亡率が減少することが分かった。この傾向は、若年者において強かった。この結果から、高齢者においては津波が高くなることが予想されても避難することができなかった、或いは避難しなかった可能性が示唆される。また、本研究では考察していないが、津波到達時間や想定浸水高と実際の津波浸水高とのギャップも、死亡率に影響した可能性があるだろう。第4に、若年者が多い地域ほど死亡率が低下していることが分かった。このことは、群馬大学の片田教授が指摘しているように、小中学生など若年者における津波教育が地域の防災力を高めるのに役立つ可能性を示唆している。反対に、高齢化が進んだ地域ほど、地域の防災力が弱くなっているということも言えるだろう。

本研究の構成は以下のとおりである。第2節において東日本大震災を含む本研究の制度的背景を説明する。第3節では、本研究で用いるデータの構築方法と記述統計量を説明し、第4節がグラフや表を用いた統計的分析である。第5節が結論となる。

2. 制度

2.1 東日本大震災の概要

2011年3月11日14時46分三陸沖（男鹿半島の東南東30km付近）の深さ24kmを震源とするM9.0の大規模地震が発生した。震源域は長さ約450km、幅約200kmにも及び、日本周辺における観測史上最大の地震であった。東日本大震災は、地震被害、津波被害、原子力災害の3つの災害が発生した複合災害であると言われている。最大震度は宮城県栗原市の震度7であったが、揺れによる被害よりも、地震によって発生した津波によって壊滅的な被害が生じた。2014年11月10日時点で震災による死者・行方不明者は1万8,487人（そのうち死者は1万5,889人で、行方不明者は2,597人）、建物の全壊・半壊は合計40万1,306棟数にも達し、未曾有の大被害をもたらした。また、地震発生後10m以上の津波に襲われた福島第一原子力発電所では炉心溶融が発生し、放射性物質の漏えいを伴うレベル7の原子力発電事故も生じた。この原子力発電事故により、周辺の住民は長期の避難生活を強いられている。なお、災害発生後、日本政府は直ちに災害対策を実施し、3月12日には激甚災害指定、また特定非常災害指定を行った。その後災害救助法を広範囲で適用したほか、多くの地域で被災者生活再建支援法の適用も行われている。本災害においては、通常期における10年以上分ものがれきが発生し、それらがれきをどのように、かつ迅速に処理するかが大きな問題となった。政府は、被災地域以外でのがれき処理を実施する方針を決めたが、放射能汚染に対する懸念から多くの地域では、主に住民の反対によって瓦礫処理を断念するという事態が生じていた。そのため、迅速ながれき処理は困難となり、最終的には、2014年3月に全ての瓦礫が処理されることとなった。

東日本大震災の被害状況をまとめたのが表1である。死者数は1万5,889人（2014年11月10日時点）で負傷者は6,152人、全壊棟数は12万7,511棟など、甚大な被害が発生した。表2は、死者数10人以上の市町村について、人口当たり死者数、浸水域人口当たり死者数、人口当たり浸水域人口の割合などを

表1. 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の被害状況

死者数	15,889人
不明者数	2,597人
負傷者数	6,152人
全壊棟数	127,511棟
半壊棟数	273,796棟

出典：警察庁緊急災害警備本部（平成26年11月10日）

計算したものである。人口当たり死者数は、1%未満の市町村も多くある中、陸前高田市では6.9%、大槌町では5.6%など高い値となっている市町村も存在する。最も死者数が多い石巻市（3,510人）では、人口当たり死者数は2.2%程度であり、顕著に高いわけではない。このように、死者数と人口当たりの死者数は必ずしも相関しておらず、市町村によって大きく変動することが分かる。では、市町村全体の人口ではなく、津波被害を受けた地域、すなわち浸水域にかかる人口当たりの死者数を考えてみよう。表の5列目にあるように、浸水域にかかる面積当たりの死者数を見ても1%未満の地域もあれば、陸前高田市9.6%、釜石市7.5%、名取市7.8%、大熊町9.6%、双葉町9.1%、浪江町12.6%、富岡町13.8%など、10%を超えるほど死亡率が高い地域も存在する。これらの数値は浸水面積と強く関係しているわけではなく、浸水域の大きさが必ずしも死者数と関連するわけではない。次に、各市町村の浸水域人口が占める割合を見てみよう。表の1番右の列にあるように、浸水域人口の割合についても仙台市のように2.9%と極端に低い地域から南三陸町、女川町のように80%を超える地域まで存在する。各市町村における浸水域人口が占める割合についても、市町村別に大きくばらつきのあることが分かる。したがって、市町村データを用いて各地域における津波被害の状況を市町村レベルで一様に論ずることは難しいであろう。つまり、ある地域における津波の高さや地形などと死亡者数の関係を分析する場合には、町丁目のようなもう少し詳細な地域データを整備する必要があるであろう。

2.2 震災被害の地域別特徴

次に、津波避難と津波の人的被害に関する2つの例を取り上げたい。1つ目は、釜石市の小中学生がほぼ全員津波の被害を逃れたという「釜石市の奇跡」である。釜石市では、小学生1,927人、中学生999人の命が助かり、死亡者はわずか5人であった。生存率は99.8%である。この釜石市奇跡の背景には、昔から津波被害を受けてきたこの地域において語り継がれてきた「津波てんでんこ」という防災教訓がある。「津波が来たら各自てんでんばらばらに1人で高台へ逃げる」という考えであり、この地域では防災の標語としてよく使われてきた。もう1つは群馬大学の片田教授による津波避難教育である。片田教授は、学校教育を糸口に防災意識を高めるための教育を行いたいという考えを持ち、2004年頃から釜石市の小中学校において防災教育を行ってきた。当時、地域の津波に対する危機意識は弱くなりつつあったが、防災教育に関する講演会やテキスト開発及び各教科に防災教育の内容を組み込むなどの工夫をして、震災時の避難に関する教育を行っていた。そうした教育が浸透していたことに

表2. 東北3県（岩手県、宮城県、福島県）の被災状況

市 町 村	人口：人	死 者 数	浸水面積：km ²	人口当たり死者数 (死亡率)：%	浸水域人口当たり 死者数：%	人口当たり 浸水域人口：%
岩 手 県						
宮 古 市	59,430	465	10	0.78	2.53	30.92
大 船 渡 市	40,737	414	8	1.02	2.17	46.82
一 関 市	118,578	13	0	0.01	—	0.00
陸前高田市	23,300	1,597	13	6.85	9.60	71.42
釜 石 市	39,574	986	7	2.49	7.49	33.26
大 槌 町	15,276	853	4	5.58	7.16	78.00
山 田 町	18,617	671	5	3.60	5.88	61.33
岩 泉 町	10,804	10	1	0.09	0.88	10.52
田 野 畑 村	3,843	17	1	0.44	1.07	41.17
野 田 村	4,632	39	2	0.84	1.23	68.59
宮 城 県						
仙 台 市	1,045,986	907	0	0.09	3.03	2.86
石 巻 市	160,826	3,510	73	2.18	3.13	69.81
塩 竈 市	56,490	44	6	0.08	0.24	33.14
気仙沼市	73,489	1,189	18	1.62	2.95	54.88
名 取 市	73,134	952	27	1.30	7.83	16.62
多 賀 城 市	63,060	218	6	0.35	1.27	27.19
岩 沼 市	44,187	186	29	0.42	2.31	18.22
東 松 島 市	42,903	1,125	37	2.62	3.31	79.28
亘 理 町	34,845	281	35	0.81	2.00	40.41
山 元 町	16,704	697	24	4.17	7.75	53.82
七ヶ浜町	20,416	78	5	0.38	0.85	44.81
女 川 町	10,051	607	3	6.04	7.54	80.07
南 三 陸 町	17,429	618	10	3.55	4.29	82.56
福 島 県						
福 島 市	292,590	10	0	0.00	—	0.00
い わ き 市	342,249	416	15	0.12	1.28	9.50
白 河 市	64,704	12	0	0.02	—	0.00
須 賀 川 市	79,267	10	0	0.01	—	0.00
相 馬 市	37,817	458	29	1.21	4.39	27.60
南 相 馬 市	70,878	958	39	1.35	7.16	18.87
広 野 町	5,418	39	2	0.72	2.82	25.56
檜 葉 町	7,700	90	3	1.17	5.15	22.68
富 岡 町	16,001	194	1	1.21	13.85	8.76
川 内 村	2,820	49	0	1.74	—	0.00
大 熊 町	11,515	108	2	0.94	9.58	9.79
双 葉 町	6,932	116	3	1.67	9.08	18.44
浪 江 町	20,905	422	6	2.02	12.57	16.05
葛 尾 村	1,531	21	0	1.37	—	0.00
新 地 町	8,224	95	11	1.16	2.04	56.74
飯 館 村	6,209	43	0	0.69	—	0.00

注：死者数10人以上の市町村。

出所：総務省統計局「社会・人口統計体系」、消防庁等

より、大幅に津波の人的被害を小さくすることができた。

2つ目は、宮城県石巻市にある大川小学校において生じた津波の人的被害である。大川小学校では校庭にいた児童108名中74名、及び当時校内にいた教職員11名中10名が死亡した。地震の揺れが発生した後、裏山に逃げるといった意見があった中、新北上川近くの高台に避難した結果、新北上川を遡上してきた津波に多くの者が飲まれてしまった。地震発生から津波の到達まで時間があったにも関わらず、すぐに退避しなかったことや避難先の決定を間違えるといった学校側の対応の不備が指摘されている。このように同じ市町村内においても地区によって津波災害への対応が異なっている可能性が高く、その結果、津波被害に違いが生じる可能性があると考えられる。

3. データ

3.1 データ作成方法

最初に、本研究で小地域統計を用いる理由を述べる。本研究では、各地域における特性と年齢別の死者数の関係を分析することを目的としているが、市町村レベルのデータでは、そうした地域特性について十分な情報を得られない可能性が高い。例えば、ある市町村において津波災害が生じたとしても、その市町村内において、内陸で標高の高い地域であれば全く被害が生じないが、沿岸地域の標高が低い地区では多大な損害が生じると考えられる。また人口密度の高い市街地における住民の年齢構成や様々な人口的特性と、山間部における人口的特性は大きく異なるであろう。

前述の表2を参照されたい。死亡率（人口当たり死者数）を見ると、陸前高田市や大槌町や女川町などの値が非常に大きいことが分かる。しかし、浸水域人口当たりの死者数は、陸前高田市等では高い数値であるが、富岡町や浪江町ではその値を上回っている。県別に分析すると、岩手県岩泉町は死亡率に対して浸水域人口当たり死亡率が約10倍となっているが、陸前高田市では2倍にも満たない程度である。同様に宮城県では、仙台市では人口当たり死亡率が約0.1%なのに対し、浸水域における死亡率は3%程度であるが、石巻市では浸水域当たり死亡率が3.1%に対して、死亡率が2.2%である。この違いはどこから生じているのかというと、仙台市は人口が100万人を超えて広大な面積を有しているため、人口当たりの死亡率はかなり小さくなるが、石巻市では市域の70%の住民が浸水域に住んでいるので死亡率と浸水域人口当たりの死亡率に大きな差が生じていないためである。同様の傾向は女川町でも見られる。表の1番右側の列にあるように、浸水域に住む住民の割合は、津波被害が生じたと思われる地域で、仙台市の約3%から南三陸町の約83%位まで非常に大きなばらつきがある。したがって、市町村単位のデータで震災の人的被害の様相を議論するのは難しいであろう。

一方近年では、国勢調査を中心に小地域統計が整備されている。小地域統計の集計単位には、町丁・字別や1kmや500mのメッシュ統計がある。この小地域統計では、人口や世帯、住居に関するデータのほか、労働力状態、就業上の地位、在学者数など、産業等に関する集計も行われている。また職業別の就業者数や就業及び通学者の利用交通手段、人口に関するデータ集計なども行っている。人口に関する集計に関しては、男女別及び5歳刻みの年齢階級別、また配偶関係別人口などが集計されてい

る。世帯の種類に関しては、核家族や親族世帯、持家か借家かなどについて集計されている。特に、本研究では町丁目または字別の小地域統計を用いる。こうした地域では、地理的な特性が似ているほか、住民の生活圈や地域における年齢構成、世帯類型などの特徴を把握しやすいと考えられる。数字に表れる部分以外にも、地域住民の気質や自治会などの運営及び住民同士の交流などにおいても比較的同じ特徴を有していると考えられる。そのため、市町村データよりもこうした小地域統計によって、津波による人的被害と地域特性の関係をより詳しく分析することができるであろう。

次に、本研究で用いる死亡者データについて述べる。震災直後から身元確認作業と関連し、警察庁緊急災害警備本部から毎日「今回の災害でお亡くなりになり身元が確認された方々の一覧表」がホームページで公表されていた¹⁾。本研究では、公表されていた一覧表のうち、入手できた直近のデータである2011年12月12日における身元が判明した死亡者の氏名等をデータベース化して分析に用いる。なお、この一覧表では岩手県、宮城県、福島県のほか、他都道府県において身元が確認された方々の氏名、年齢、性別、住所がわかる。住所に関しては、都道府県により若干異なるが、市町村よりも細かい、町丁目単位まで記載されている。ただし、この町丁目の名称については必ずしも国勢調査の町丁目とは一致しない。なぜなら、国勢調査における町丁目名の表示は、調査用に設定された基本単位区域を境界としており、住居表示等と必ずしも一致しないためである。そこで本研究では、国勢調査の町丁目名に一致させるよう一部修正を行っている。

次に、本研究で用いる津波浸水高データについて述べよう。本研究では東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによって計測された津波痕跡の調査結果を用いる（東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ（2011）、The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group（2011））。この調査によるデータは、土木学会海岸工学委員会や地球惑星連合等の関係者が津波痕跡調査を実施した結果をまとめたものであり、総計5,907の津波痕跡データが集められている。様々な集計に関するデータ（位置、計測年月日、津波高、計測グループ名、計測方法など）がある中、本研究では、計測地点に関する情報（計測地の地名、主に町丁目・字単位）及び津波浸水高（m）、測定値の信頼度のデータを用いる。測定値について、津波の遡上高と浸水高が記載されているが、本研究では浸水高を用いる。また、この調査では信頼度をAからDまで分類しているが、本研究では最も信頼度が高いA、つまり、「信頼度大なるもの。痕跡明瞭にして測量誤差、最も小なるもの」と分類されているデータのみ分析に用いる。なお、同じ地区の複数地点において調査を行っているケースがあるが、本研究では国勢調査の町単位（標準2）で浸水高の平均値を取ることとする。当然、町地域単位のデータなので、市町村単位のデータと比べて地域内における浸水高の変動は小さいと考えられ、死者数との相関を調べるのにも適しているであろう。なお、計測地点のデータは、各調査グループがある程度自由に記述しているため、国勢調査の基本単位と一致しないものが多い。例えば、○市△町地区や○市△町1-2-3など、様々な方法で記載されている。そこで、国勢調査データの地区名と記載されている計測地点名を照合し、地図等を用いて計測地点が国勢調査における基本単位のどこに当たるのかを識別した上で、国勢

1) 現在では公表方法が変わり、直近の死者に関する情報しか載せられていない。また、宮城県では、遺族等が公表を拒否した場合には死亡者に関する情報を掲載していない。

調査の町丁・字で分類する。

3.2 記述統計量

表3は本研究で用いる町単位の人口、死者数、死亡率、浸水高に関する記述統計量である。本研究では、津波による浸水面積が0より大きい市町村における、死者数が1人以上で人口10人以上の町のみを分析対象としている。その結果、人口や死者数、死亡率等のデータは約600地区、浸水高については252地区の観測値を得ることができた。人口及び年齢構成について、人口は最大1万9,600人、最小15人とあるように、地区間の変動が非常に大きく、平均的には1地域当たり1,800人の住民が居住している。一方、15歳未満人口、15-64歳人口、及び65歳以上人口においても、最も少ない地域は1桁以下である一方、最大値は少なくとも2,000人以上であり、地域間の変動が非常に大きい。死亡者数に関しても、平均的には約23人の死者数であるが、最大974人、最小1人であり変動はかなり大きい。なお、15-64歳死者数は平均8.8人、65歳以上死者数は12.8人であり、65歳以上死者数は平均的に若干大きい程度であるが、人口を比較すると15-64歳人口は65歳以上人口の3倍弱であり、人口比に対して65歳以上死者の割合が非常に大きいことが分かる。また死亡率は、最も高い地域が63%であるが、平均的には1.25%程度である。一方、15歳未満死亡率は0.4%、15-64歳死亡率は0.78%、65歳以上死亡率は2.9%であり、やはり65歳以上死亡率が非常に高いことが分かる。津波浸水高は最少0.16m、最大20.6mであり、非常に地域の差が大きく、平均的には約7mの津波が押し寄せていたことが分かる。

表3. 記述統計量

	平均	標準偏差	最大値	最小値	観測値数
人口	1,805	2,350	19,591	15	605
15歳未満	238	334	2,349	0	605
15-64歳	1,120	1,490	11,166	9	605
65歳以上	447	579	6,209	0	605
死者数	22.6	72.9	974	1	605
15歳未満	1.0	3.2	27	0	605
15-64歳	8.8	29.0	418	0	605
65歳以上	12.8	42.2	529	0	605
死亡率	1.25	2.7	63.0	0.01	605
15歳未満	0.4	1.9	100.0	0.00	604
15-64歳	0.8	1.8	54.4	0.00	605
65歳以上	2.9	5.4	68.8	0.00	604
浸水高	6.9	4.7	20.6	0.16	252

注：人口と死者数の単位は人。死亡率の単位は%。浸水高の単位はm。津波による浸水面積が0より大きい市町村における死者数1人以上及び、人口10人以上の町のみを対象とする。

4. 分析結果

4.1 図による考察

図1は年齢別（10歳刻み）の人口と死者数である。年齢階級別死者数は年齢の上昇に伴い急激に増加していくが、年齢別人口は最小と最大で約2倍の差にとどまっており、増加の幅は小さい。特に40歳以降において、年齢階級の増加に伴う死者数の増加幅が著しく高くなっており、実際の人口との乖離が大きくなっている。図2は津波浸水高別の死亡者数を年齢階級ごとに積み上げたものである。浸水高5m以上では浸水高と死亡者数の間に正の相関関係は見られない。一方、浸水高1m未満から5mの間にかけては、津波浸水高が上がるにつれて死亡者数も増えている。例えば、1m～3mと3m

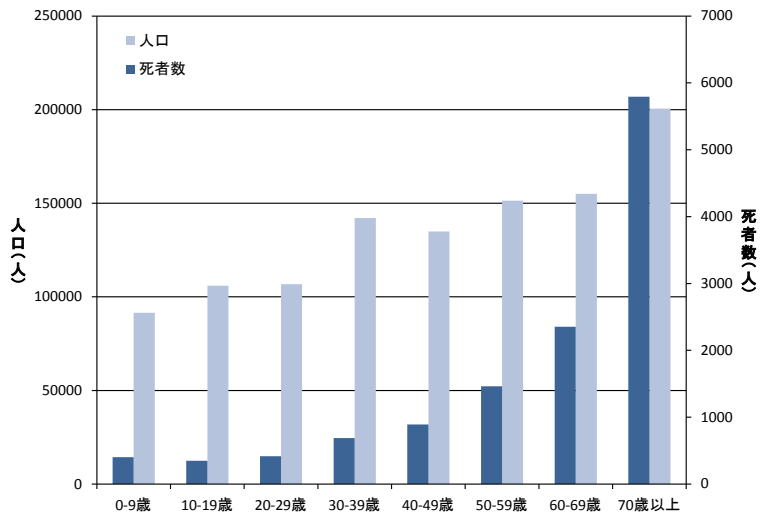


図1. 年齢階層別人口と死者数

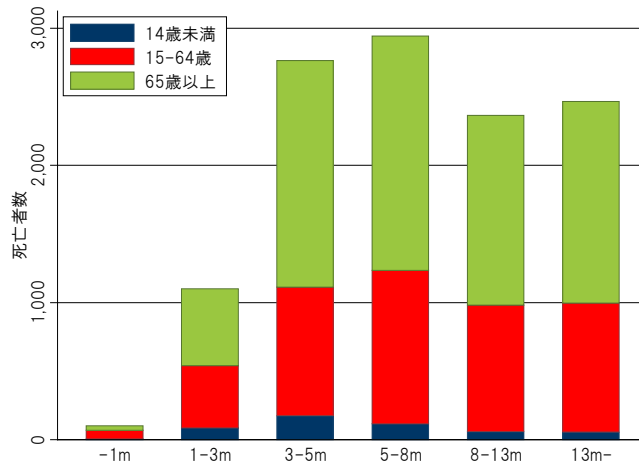


図2. 津波浸水高別死亡者数

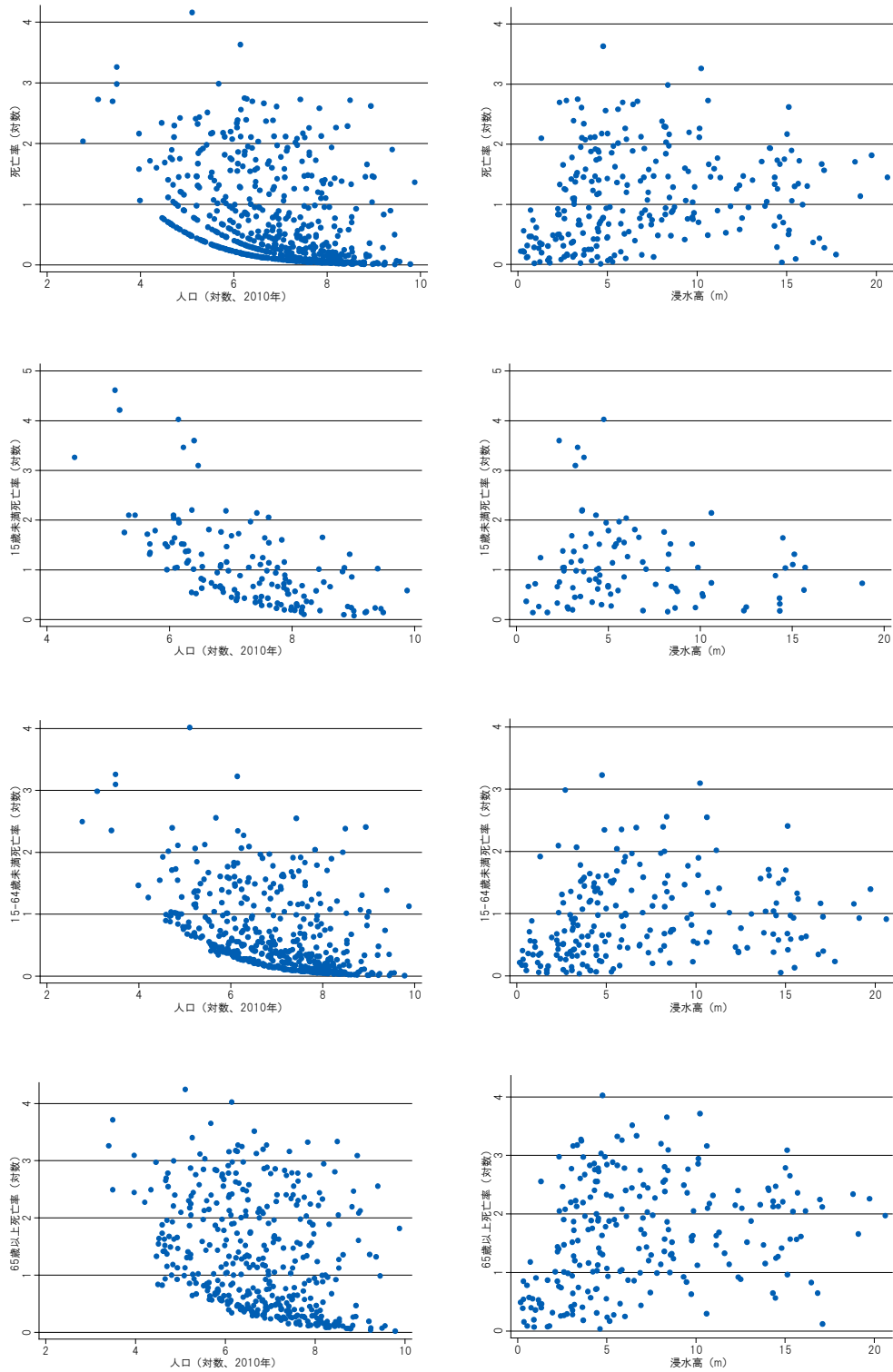


図3. 年齢階層別死亡率と人口及び津波浸水高

～5mの死亡者数を比べると、総数が大きく増加していることが分かる。中でも、65歳以上において死亡者数の増加が大きい。また15歳未満では、5mより高い地域においては3m～5mの地域よりも死亡者数が減少している。この減少傾向は全体の減少傾向よりも小さい。したがって、津波の高さが5m以上と予想される地域では津波避難の必要性を住民が十分認識したため、若年者において津波避難が成功した可能性が考えられる。

図3は、(年齢階級別)死亡率(対数)と人口(対数)及び浸水高の関係を表したものである。第1列にあるように、人口と死亡率の間には、人口の増加に伴い死亡率が低くなるという関係がある。15歳未満の死亡率、15-64歳以下死亡率、65歳以上死亡率すべてにおいて同じ傾向が見受けられる。ただ、この負の相関関係は15歳未満において最も強く、年齢階級が高くなるほど負の相関が弱いことが分かる。15歳未満死亡率と65歳以上死亡率を比べると、65歳以上に関しては、比較的人口規模の大きい地域においても死亡率が高い。図3の第2列を見ると、死亡率と浸水高の関係にはそれほど強い相関はなさそうに見える。しかし詳しく観察すると、浸水高5m程度までは浸水高の上昇に伴い、死亡率も増加するという関係がみられる一方、浸水高5m以上ではむしろ浸水高が高くなるほど死亡率が低くなる傾向がある。この傾向は、すべての年齢階層において当てはまるが15歳未満死亡率において最も顕著に表れている。一方、65歳以上死亡率に関しては、浸水高5m以上において浸水高と死亡率の間に強い負の相関はない。特に、浸水高10m以上の地域においても高い死亡率が散見される。そのため、65歳以上の住民は高い津波の恐れがあっても、避難を行っていなかった可能性が考えられる。

4.2 クロス集計と相関関係

表4は、地区の人口規模と年齢階級別死亡率の関係を調べたものである。人口区分は各区分においてある程度の市町村数を確保するという視点で定めており、10-200人、200-500人などの区分を採用している。どの分類でも概ね同程度の観測値数であるが、5,000人以上の地区については若干対象地域

表4. 人口規模と年齢別死亡率

年齢別死亡率	地区の人口(人)					
	10-200	200-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	5000以上
0-9歳	1.15	1.90	1.02	0.46	0.33	0.30
10-19歳	0.76	0.77	0.71	0.47	0.28	0.18
20-29歳	1.38	0.62	0.27	0.50	0.38	0.33
30-39歳	1.52	1.05	0.60	0.67	0.42	0.39
40-49歳	2.18	1.62	0.82	0.76	0.54	0.60
50-59歳	3.32	2.07	1.29	1.06	0.82	0.80
60-69歳	4.35	3.07	2.01	1.67	1.31	1.27
70歳以上	7.60	4.85	3.68	2.99	2.48	2.53
全体	4.14	2.54	1.68	1.32	1.03	1.15
観測値数	75	114	122	117	132	45

注：死亡率(%)はウェイト付きの平均。

表5. 津波浸水高と年齢別死亡率

年齢別死亡率	津波浸水高 (m)					
	-1	1-3	3-5	5-8	8-13	13-
0-9歳	0.18	0.74	1.17	1.15	0.61	0.80
10-19歳	0.06	0.49	0.76	1.01	0.69	0.78
20-29歳	0.30	0.39	0.64	1.02	0.83	1.65
30-39歳	0.18	0.52	0.80	1.31	1.32	1.77
40-49歳	0.34	0.59	1.02	1.91	1.40	2.44
50-59歳	0.40	0.98	1.47	2.41	2.01	2.58
60-69歳	0.38	1.38	2.51	3.95	2.90	4.16
70歳以上	0.40	2.83	5.38	6.54	5.25	7.14
全体	0.30	1.18	2.40	3.54	2.90	3.52
観測値数	15	35	65	49	49	39

注：死亡率（％）はウェイト付きの平均。

が少ない。全体の傾向を見ると、人口規模が大きくなるにつれて死亡率が低くなるという傾向がある。年齢階級別に見ても、基本的にどの年齢階級でも同じような傾向である。ただし、0-9歳及び10-19歳については200-500人規模の地区において死亡率が高く、一方60-69歳及び70歳以上の階級では200人未満の地区における死亡率が突出して高くなっている。

表5は津波浸水高と年齢別死亡率（10歳刻み）の関係を見たものである。津波浸水高の階級については、どの区分においても同程度の観測値数が確保されるように定めた。全体の死亡率は1m未満から5-8mの浸水高にかけて大幅に増加し、それ以降同程度の高い死亡率となっている。同じ傾向は、その他の年齢階級でも観測されるが、特に60歳以上の年齢階級において津波浸水高1m未満から3-5mにかけての死亡率の増加が大きい。最も全体の死亡率が高いのは5-8mの3.54%であるが、13m以上の場合にもほぼ同じ死亡率である。年齢別死亡率を見ると、浸水高5-8mと13m以上において死亡率が高いが、ほとんどの年齢階級において13m以上の場合に最も死亡率が高くなっている。しかし、0-9歳についてはこれらとは異なる傾向を示し、津波浸水高3-5mにおいて最も死亡率が高い。したがって、死亡率は概ね浸水高5-8m位まで急速に上昇し、それ以降はほぼ変わらないと考えられる。

表6は、(年齢階級別も含む)人口や浸水高と年齢階級別死亡率の相関関係である。人口と各年齢階級における死亡率を比べると、人口規模が大きくなるほど、死亡率が低くなるという傾向が基本的にどの年齢階級でも確認される²⁾。特に、0歳から19歳までの年齢階級において、その傾向が強い。15歳未満人口比率と死亡率の相関関係については、どの年齢階級でも負で有意な結果を得ている。つまり、若年者が多い地域において、どの年齢階級でも死亡率が低いということが分かる。一方、15-64歳の人口比率は20歳から49歳位までの年齢階級における死亡率と負の相関があり、それ以外の年齢階

2) ただし、30-39歳については有意な結果を得ていない。

表6. 人口や浸水高と年齢別死亡率の相関係数

	死亡率							
	0-9歳	10-19歳	20-29歳	30-39歳	40-49歳	50-59歳	60-69歳	70歳以上
人 口	-0.29 (-0.00)	-0.28 (0.00)	-0.20 (0.00)	-0.11 (0.11)	-0.17 (0.01)	-0.23 (0.00)	-0.24 (0.00)	-0.17 (0.00)
15歳未満 人口比率	-0.28 (0.00)	-0.20 (0.03)	-0.31 (0.00)	-0.21 (0.00)	-0.33 (0.00)	-0.31 (0.00)	-0.20 (0.00)	-0.15 (0.00)
15-64歳 人口比率	-0.14 (0.11)	-0.14 (0.15)	-0.19 (0.01)	-0.21 (0.00)	-0.20 (0.00)	-0.10 (0.09)	-0.15 (0.01)	-0.01 (0.89)
65歳以上 人口比率	0.23 (0.01)	0.19 (0.05)	0.27 (0.00)	0.26 (0.00)	0.27 (0.00)	0.20 (0.00)	0.20 (0.00)	0.06 (0.22)
浸 水 高	-0.12 (0.28)	-0.09 (0.42)	0.20 (0.06)	0.01 (0.95)	0.07 (0.39)	0.10 (0.20)	0.05 (0.48)	0.09 (0.16)

注：上段は相関係数で、下段はP値。

級の死亡率とは負であるが、有意な結果を得ていない（ただし、60-69歳を除く）。65歳以上人口比率は、すべての年齢階級における死亡率と正の相関がある。ただし、70歳以上死亡率、及び10-19歳死亡率では有意な結果になっていない。基本的に高齢者の多い地域において、各年齢階級の死亡率が高くなっているという傾向が見受けられる。また、浸水高と年齢階級別死亡率の相関係数をみると、すべての年齢階級において5%水準で有意な結果を得ていない。つまり、単純に浸水高が高くなるほど死亡率が上昇するというわけではなさそうである。

5. 結 論

2011年3月11日、三陸沖でM9.0という大地震が発生し、東北地方沿岸を中心に津波によって多大な人的・物的被害が発生した。こうした大災害を受けて、地域の人口構成や津波被害の程度が地域の死亡者数にどのように影響したのかに関する研究が多く行われている。ただ、市町村単位の研究が多いため、近年市町村規模が拡大していることを考えると、地域の住民意識や地理的・人口的特徴を適切に反映させて、地域の特徴と津波による人的被害の関係を分析できていない可能性がある。

本研究では、こうした既存の研究を踏まえ、国勢調査の小地域統計における町丁字単位で、地域の人口特性や津波の規模が死亡者数に与えた影響を分析した。死亡者データは警察庁によって発表されていた「今回の震災によって犠牲になった方々」の公表資料から作成し、津波浸水高データは東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループが作成した津波調査データから作成した。また、地域の人口特性データは2010年国勢調査の小地域統計を用いた。

分析の結果、次のことが明らかとなった。第1に、年齢階層別の人口比と比べて、高齢者において死亡者の割合が高くなることが分かった。特に、津波浸水高が高い場合には、高齢者における死亡率が高かった。第2に、地域の人口規模が大きくなるほど死亡率は低下していた。特に、若年者ほど人

口規模と死亡率の間の負の相関が強かった。第3に、津波浸水高と死亡率には明確な相関がないことも明らかとなった。浸水高5 mぐらいまでは浸水高の上昇に伴い死亡率が増えていくが、浸水高が5 mを超えると津波浸水高が大きくなるほど反対に死亡率が減少することが示された。第4に、若年者が多い地域ほど死亡率が低下していた。このことから、若年者において津波教育の効果が高い可能性が示されている。

ただ、本研究はあくまで図やクロス集計、相関分析を用いた基礎的なデータ分析であり、因果関係の分析や他の要因の影響を考慮するためには、回帰分析やプログラム評価を行う必要があるだろう。こうしたより高度な統計分析は、今後の課題としたい。

謝 辞

本稿の作成にあたり、リサーチ・アシスタントとして宮地啓介氏に協力頂いた。記して感謝したい。

本研究は、科学研究費助成事業「東日本大震災における課題構造の解明と実効性の高い順応的管理の体系化」(挑戦的萌芽研究、課題番号：25630194)の助成を受けている。

参考文献

- 上田遼 (2012) 「重回帰分析を用いた東日本大震災における津波の人的被害の考察—津波性状と社会的要因を考慮した検討—」『地域安全学会論文集』No.18, 443-450。
- 牛山素行・横山早季 (2011) 「東日本大震災に伴う死者・行方不明者の特徴 (速報)」『津波工学研究報告』第28号、117-127。
- 小山真紀・石井儀光・古河愛子・清野純史・吉村晶子 (2013) 「東北地方太平洋沖地震における浸水状況を考慮した市町村別・年齢階級別死者発生状況」『土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)』Vol. 69, No.4, I_160-I_170。
- 鈴木進悟・林春男 (2012) 「東北地方太平洋沖津波の人的被害に関する地域間比較による主要原因分析」『地域安全学会論文集』No.15, 179-188。
- 谷謙二 (2012) 「小地域別にみた東日本大震災被災地における死亡者および死亡率の分布」『埼玉大学教育学部地理学研究報告』32号、1-26。
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (2011) 「東北地方太平洋沖津波情報」(<http://www.coastal.jp/ttjt/index.php>, 2014年11月10日)。
- 松本亜抄香・立木茂雄 (2012) 「東日本大震災における市町村別の死者集計データを用いた分析による障害者と高齢者の死者発生因に関する研究」『地域安全学会論文集』No.18, 241-250。
- Mori, N., T. Takahashi and The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2012) “Nationwide survey of the 2011 Tohoku earthquake tsunami,” *Coastal Engineering Journal*, Vol.54, Issue 1, 1-27.

Mori, N., T. Takahashi, T. Yasuda and H. Yanagisawa (2011) “Survey of 2011 Tohoku earthquake tsunami inundation and run-up,” *Geophysical Research Letters*, 38, L00G14, doi:10.1029/2011GL049210.

The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2011) “Nationwide Field Survey of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami,” *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Series B* (土木学会論文集 B2 (海岸工学)), Vol. 67, No.1, 63-66.

[九州大学大学院経済学研究院 准教授]