

# 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

小山 真紀<sup>1</sup>・石井 儀光<sup>2</sup>・古川 愛子<sup>3</sup>・清野 純史<sup>4</sup>・吉村 晶子<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 京都大学特定准教授 大学院工学研究科 安寧の都市ユニット

(〒615-8540京都府京都市西京区京都大学桂)

E-mail:koyama.maki.3e@kyoto-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 主任研究員 独立行政法人建築研究所住宅・都市研究グループ

(〒305-0802 茨城県つくば市立原1)

E-mail: ishii@kenken.go.jp

<sup>3</sup>正会員 京都大学准教授 大学院工学研究科 都市社会工学専攻

(〒615-8540京都府京都市西京区京都大学桂)

E-mail: furukawa.aiko.3w@kyoto-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 京都大学教授 大学院工学研究科 都市社会工学専攻

(〒615-8540京都府京都市西京区京都大学桂)

E-mail: kiyono.junji.5x@kyoto-u.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 京都大学特定研究員 大学院工学研究科 安寧の都市ユニット

(〒615-8540京都府京都市西京区京都大学桂)

E-mail: yoshimura.akiko.7a@kyoto-u.ac.jp

本論文は、状況に応じた災害対策の立案に資することを目的として、平成17年国勢調査の500mメッシュ人口統計、日本統計センターによる500mメッシュ推計昼間人口(2005年)、日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チームによる2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に伴う津波被災マップ、消防庁による被害報告および特に被害の大きかった災地3県の県警における安否確認情報を用いて浸水市町村における年齢別死亡率の推計を行うものである。この推計を通じて、昼間人口と夜間人口による傾向の違い、浸水域と流失域における死亡率の特徴、男女別の特性について明らかにした。

**Key Words :** *the 2011 Great Tohoku Earthquake, mortality rate by age class, municipality, inundation area, washed away area*

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、死者16,278名、行方不明者2,994名、全壊家屋129,198棟の被害が発生した<sup>1)</sup>(平成24年3月11日現在)。国土交通省の調査によると、全壊家屋のうち約78,000棟は津波による流失であった<sup>2)</sup>(平成24年8月4日現在)。これは全壊棟数全体の約60%に上る。警察庁によると死者の死因の92.4%が溺死である<sup>3)</sup>(2011年4月11日現在)。なお、死因については、被災後の検案体制の限界から、厳密なも

のとは言えないとの指摘もあるが<sup>4)</sup>、当該資料における「溺死」は実際には津波に起因する死であると捉えるならば、死者の大多数が津波による死であると見なすことができる。このように、東北地方太平洋沖地震による被害の大部分は地震によって引き起こされた津波によるものである。

地震動による人間被害では、建物の耐震性が生死に大きく影響を及ぼすのに対し、津波による人間被害では、避難の可否が生死に大きく影響を及ぼす。国交省の調査では、浸水深が2mを超えると建物被害状況が急激に深

刻になる<sup>2)</sup>ことが明らかとされており、我々の調査でも、家屋が流失するほどの甚大な被災地域（以下、流失域と呼称）における死亡率は、浸水域でも家屋が残った地域と比較すると突出していることが確認されている<sup>3)</sup>。家屋の流失域に於いては、避難をしなかった場合には生命を維持できるような安全な場所を喪失する。それ故に、被害軽減のためにはハード対策だけでなく、ソフト対策の重要性が広く認識されることとなった。

東北地方太平洋沖地震では、地震発生から家屋が流失するほどの津波が到来するまでの持ち時間は数十分以上あった地域がほとんどであった<sup>4)</sup>にもかかわらず約2万人の死者・行方不明者を生じた。これは、口で言うほど「避難」が簡単ではないことを意味している。避難について、心理学的な考察など多方面からの研究が進んでいるが、我々は地理的、統計的なデータから死者の発生状況について明らかにしていくことによって、今後の被害軽減策に資する資料を提供することを目的とする。本報では、特に岩手県・宮城県および福島県で浸水した市町村における年齢別死亡率について推計を行った。

## 2. 用いたデータと手法

### (1) 用いたデータ

解析に用いたデータは、平成17年国勢調査の500mメッシュ人口統計（世界測地系）、日本統計センターによる2005年500mメッシュ推計昼間人口（世界測地系）、日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チームによる2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に伴う津波被災マップ<sup>5)</sup>（以下、津波被災マップと呼称）、消防庁による被害報告（145報）<sup>6)</sup>および3県（岩手県、宮城県および福島県）における2012年3月末までに各県警によって発表された安否確認情報である。

津波被災マップでは、浸水状況について「津波の遡上範囲」と「家屋の多くが流される被害を受けた範囲」の2種類の情報を有している。本研究では、津波の遡上範囲を浸水域とし、家屋の多くが流される被害を受けた範囲を流失域と定義して解析を行う。

なお、市町村別浸水域人口については、統計局も集計結果を公開している<sup>8)</sup>が、総数のみで年齢階層別の人口については公開されていないため、500mメッシュ人口統計のデータを用いて推計を行うものである。浸水域と浸水域に重なる500mメッシュ（人口が0でないもの）との地理的関係の例を図-1に示す。メッシュ人口統計を用いて市町村別の人口を推計するにあたり、市町村界においては、ある市町村区域に重心の含まれるメッシュをその市町村の人口として推計を行った。図-1に示したように、500mメッシュが浸水域を覆うように抽出されるた

め、多くの場合500mメッシュによる面積の方が純粋な浸水域より大きくなる。ただし、浸水域に居住者がいない地域が多く存在する場合やメッシュ重心と市町村界の位置関係から500mメッシュによる面積の方が小さくなるケースもある。

統計局によって発表された浸水域人口<sup>8)</sup>と500mメッシュ人口統計による浸水域人口との比較を表-1に示す。表から、面積の差異と比較して人口の差異は大きくないことが確認できる。消防庁による死者・不明者データ<sup>6)</sup>を用いた統計局および500mメッシュ人口統計に基づく死

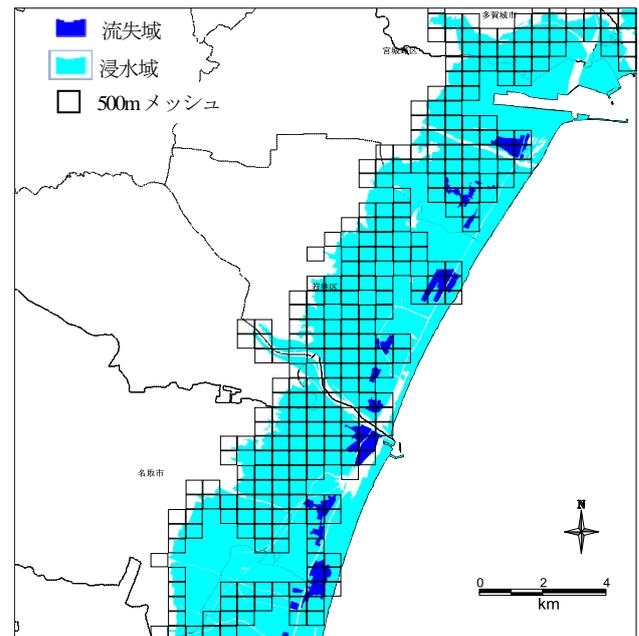


図-1 浸水域および流失域と500mメッシュ統計の地理的關係例

表-1 3県の浸水市町村別人口および死亡・不明率の比較  
(統計局データと500mメッシュ統計による推計値)

市町村名	浸水域面積 (km <sup>2</sup> )	浸水域メッシュ面積 (km <sup>2</sup> )	浸水域人口 (統計局)	浸水域人口 (メッシュ統計)	浸水域に対する死亡・不明率 (統計局)	浸水域に対する死亡・不明率 (メッシュ統計)
宮古市	9.60	28.76	18,378	23,237	2.87%	2.27%
大船渡市	7.43	27.75	19,073	23,583	2.22%	1.80%
久慈市	4.28	9.84	7,171	5,929	0.06%	0.07%
陸前高田市	12.14	31.28	16,640	17,515	10.79%	10.25%
釜石市	6.98	20.19	13,164	15,066	7.95%	6.94%
大槌町	3.85	9.96	11,915	13,315	10.76%	9.63%
山田町	4.92	13.92	11,418	12,791	6.63%	5.92%
岩泉町	0.97	2.23	1,137	1,067	0.62%	0.66%
田代畑村	1.31	4.69	1,592	1,052	1.83%	2.76%
曹代村	0.36	1.73	1,115	660	0.09%	0.15%
野田村	2.29	5.67	3,177	3,112	1.20%	1.22%
洋野町	0.88	5.64	2,733	2,833	0.00%	0.00%
仙台市	104.60	36.17	29,962	35,843	2.77%	2.31%
石巻市	69.95	117.99	112,276	124,424	3.33%	3.00%
塩竈市	4.49	9.09	18,718	25,656	0.17%	0.12%
気仙沼市	16.87	53.66	40,331	47,644	3.36%	2.85%
名取市	73.93	21.77	12,155	12,150	7.95%	7.95%
多賀城市	21.74	8.59	17,144	29,173	1.10%	0.65%
岩手町	64.23	20.78	8,051	7,068	2.26%	2.57%
東松島市	40.75	41.13	34,014	36,387	3.25%	3.04%
鳳凰町	55.12	28.15	14,080	13,628	1.91%	1.97%
山元町	41.48	24.88	8,990	10,701	7.68%	6.45%
松島町	1.73	6.56	4,053	4,445	0.05%	0.04%
七ヶ浜町	6.16	11.12	9,149	17,299	0.83%	0.44%
利根町	0.14	1.26	542	898	4.24%	2.59%
女川町	2.46	14.12	8,048	9,522	11.37%	10.74%
南三陸町	8.38	29.66	14,389	14,026	5.87%	6.02%
いわき市	16.96	34.20	32,520	46,446	1.07%	0.75%
相馬市	28.04	27.74	10,436	11,649	4.39%	3.93%
南相馬市	40.82	54.83	13,377	13,891	4.77%	4.59%
楡葉町	1.70	3.85	1,395	2,273	0.22%	0.13%
楡葉町	3.49	5.64	1,746	1,690	2.12%	2.19%
富岡町	1.57	3.33	1,401	1,577	6.71%	5.96%
大熊町	2.31	4.35	1,127	507	4.17%	9.27%
双葉町	6.99	5.37	1,278	1,070	4.38%	5.23%
浪江町	6.38	5.37	3,356	2,656	5.48%	6.93%
新地町	13.64	11.18	4,666	3,742	2.46%	3.07%

亡・不明率の比較を図-2に示す。この図を見ると、大熊町で500mメッシュ人口統計によって算出された死亡・不明率が特に大きくなっているが、おおむね両者は近い値を示していることが分かり、500mメッシュ人口統計による推計の妥当性が確認できる。

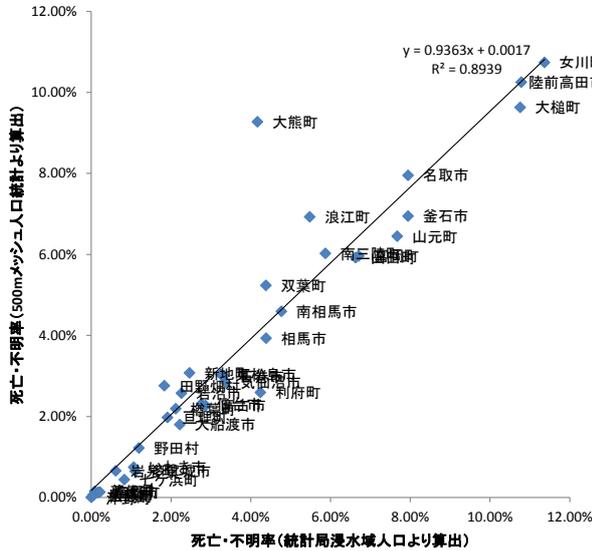


図-2 統計局および500mメッシュ人口統計に基づく死亡・不明率の比較

## (2) 推計手法

まず、岩手県警、宮城県警および福島県警発表の安否情報から、居住地市町村別、年齢別に死者数を整理した。

次に、津波被災マップ<sup>7)</sup>と平成17年国勢調査の500mメッシュ人口統計データから、GISを用いて浸水域における年齢別人口を算出した。死者の92.4%が津波に巻き込まれたことに直接起因する死者<sup>3)</sup>であることから、ここでは死者は浸水域で発生したと仮定して、市町村別の浸水域を含む500mメッシュの年齢階級別人口を母数として市町村別死亡率を算出した。

また、地震発生時間が平日の14時46分頃であり、3県の激甚被災地における、建物の流失をもたらした津波の到来時刻もおおむねビジネスタイムであった。上記の国勢調査500mメッシュ人口はいわゆる夜間人口であるため、昼間の状況を反映していないことも想定される。そこで、日本統計センターによる500mメッシュ推計昼間人口(2005年)を用いて浸水域全体および流失域における昼間人口と夜間人口の比較および死亡率の比較を行った。参考のため浸水市町村における浸水域全域および流失域における夜間人口に対する昼間人口の割合を図-3に示す。図-3に示されるように、いくつかの市町村で夜間人口より昼間人口が多くなっているものの、多くの地域

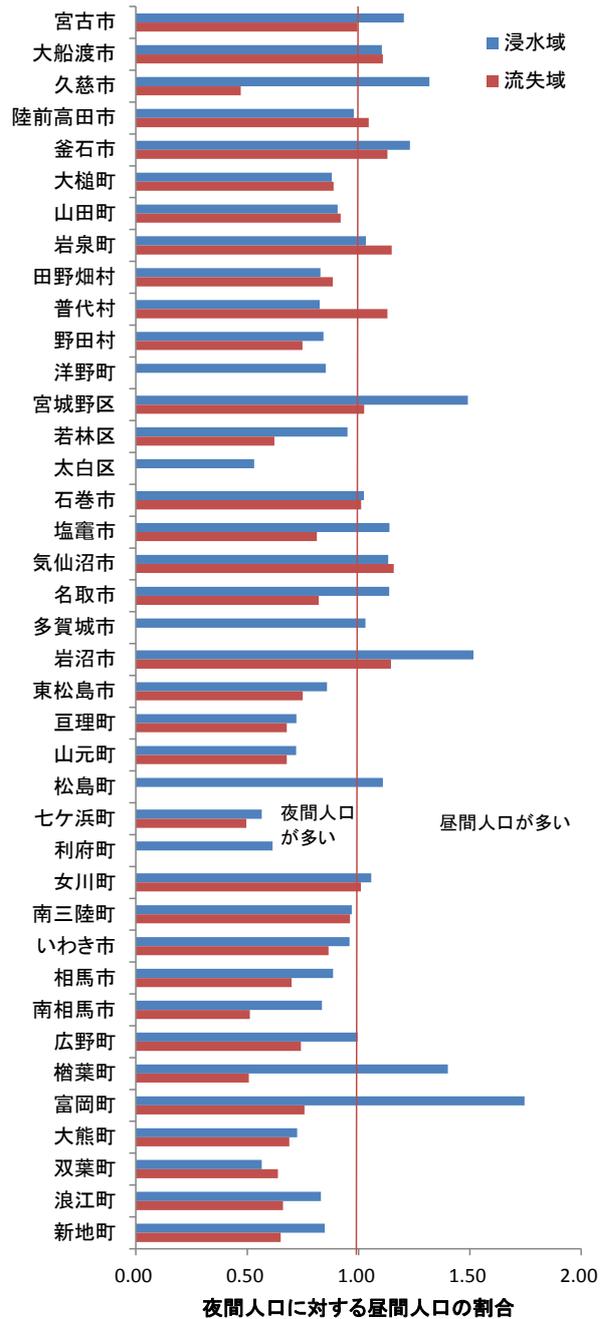


図-3 夜間人口に対する昼間人口の割合

では昼間人口より夜間人口が多くなっている。これは、地震・津波が夜間に発生していた場合の方が浸水域にいた人数が多い事を意味しており、被害が増大していた可能性がある事を示唆している。なお、日本統計センターの500mメッシュ昼間人口推計データは、通勤通学を考慮したものであるが、レジャーや買い物などの自由トリップは反映されていないため、観光地や大規模商業施設などがある場合には別途考慮が必要である。

### 3. 推計結果

#### (1) 死者行方不明者と浸水域のパラメータの関係

死者行方不明者の発生状況がどういふ条件で変わるのかを調べるため、死者行方不明者数、浸水域に対する死亡不明率、死者行方不明者総数に対する行方不明率、浸水域メッシュ面積・人口・人口密度、流失域メッシュ面積・人口・人口密度、浸水域メッシュ面積に対する流失域メッシュ面積の割合および浸水域メッシュ人口に対する流失域メッシュ人口の割合の相関係数を求めた。これらの相関行列を表-2に示す。ここから、死者行方不明者数は、浸水域・流失域の人が居住している面積および人口と強い相関がある事が分かる。死亡不明率で見た場合には、浸水域メッシュ人口に対する流失域メッシュ人口の割合に対する相関係数が最も高い。また、死者行方不明者総数に対する行方不明率では明確に相関があるとは言えないものの、浸水域メッシュ面積に対する流失域メッシュ面積の割合に対する相関係数が最も高くなっている。

表-2 浸水域における各種パラメータの相関行列  
(メッシュ面積は人口0を除いたもの)

	浸水域メッシュ面積(km)	流失域メッシュ面積(km)	浸水域メッシュ面積に対する流失域メッシュ面積の割合	浸水域メッシュ人口	流失域メッシュ人口	浸水域メッシュ人口密度	流失域メッシュ人口密度	浸水域メッシュ人口に対する流失域メッシュ人口の割合	死者行方不明者数	死者行方不明者総数に対する行方不明率	浸水域に対する死亡不明率
浸水域メッシュ面積(km)	1.000	0.897	-0.005	0.893	0.860	0.040	0.337	0.015	0.853	-0.084	0.035
流失域メッシュ面積(km)	0.897	1.000	0.352	0.763	0.921	-0.054	0.336	0.349	0.870	0.055	0.243
浸水域メッシュ面積に対する流失域メッシュ面積の割合	-0.005	0.352	1.000	-0.109	0.270	-0.343	0.233	0.922	0.235	0.347	0.593
浸水域メッシュ人口	0.893	0.763	-0.109	1.000	0.850	0.363	0.388	-0.112	0.811	-0.057	-0.118
流失域メッシュ人口	0.860	0.921	0.270	0.850	1.000	0.077	0.527	0.316	0.910	0.088	0.177
浸水域メッシュ人口密度	0.040	-0.054	-0.343	0.363	0.077	1.000	0.157	-0.332	0.062	-0.117	-0.294
流失域メッシュ人口密度	0.337	0.336	0.233	0.388	0.527	0.157	1.000	0.373	0.456	0.108	0.170
浸水域メッシュ人口に対する流失域メッシュ人口の割合	0.015	0.349	0.922	-0.112	0.316	-0.332	0.373	1.000	0.291	0.251	0.667
死者行方不明者数	0.853	0.870	0.235	0.811	0.910	0.062	0.456	0.291	1.000	0.038	0.370
死者行方不明者総数に対する行方不明率	-0.084	0.055	0.347	-0.057	0.088	-0.117	0.108	0.251	0.038	1.000	-0.043
浸水域に対する死亡不明率	0.035	0.243	0.593	-0.118	0.177	-0.294	0.170	0.667	0.370	-0.043	1.000

#### (2) 市町村別年齢別死者数と死亡率

死亡者数のデータは消防庁<sup>3)</sup>によるものと警察発表のものがあるが、消防庁のデータは年齢構成が不明であるため、本研究では警察発表の安否確認情報から居住市町村および年齢を抽出することで、市町村別年齢別の死亡率推計を行った。以下、安否確認情報から抽出された死者を身元確認死者と呼称する。自明のことであるが、安否確認情報は身元が確認されたケースのみであり、身元不明死者および行方不明者は含まれていない。図-4に消防庁による死者不明者数と身元確認死者数との関係を示す。この図から両者のバラツキは小さく、死者不明者数は身元確認死者数のおおむね1.2倍であることが分かる。本論で示す死亡推計結果については、身元確認死者に基づく推計結果であることから、本結果をもとに身元不明者および行方不明者についても考慮したい場合は、大ま

かに言えば死者数を1.2倍すればよいことになる。

図-5に3県の浸水域における夜間人口と昼間人口に対する年齢別死亡率を示す。今回の地震は平日昼間の地震であるため、昼間人口に基づいて算出した死亡率が実際に近いと仮定したとしても、3県全域としてみた場合には、夜間人口に基づいて年齢別死亡率を算出しても死亡率にはそれほど大きな差がない事が見て取れる。

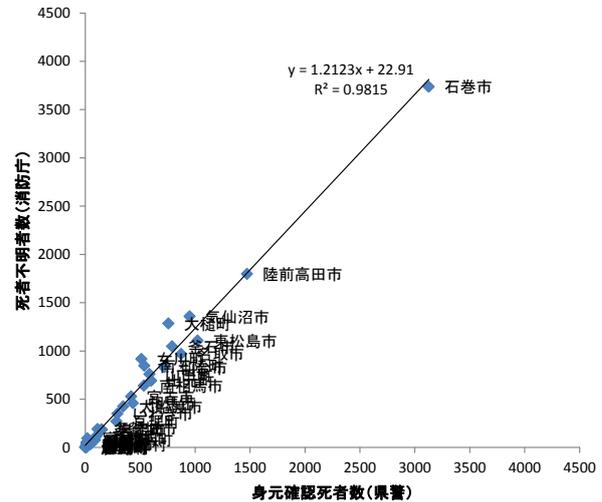


図-4 死者不明者数と身元確認死者数との関係

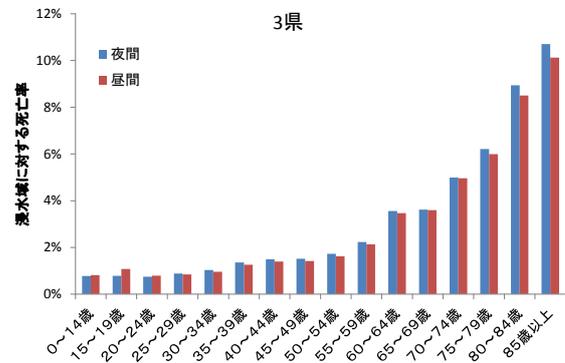


図-5 浸水域における夜間人口に対する死亡率と昼間人口に対する死亡率の比較 (3県)

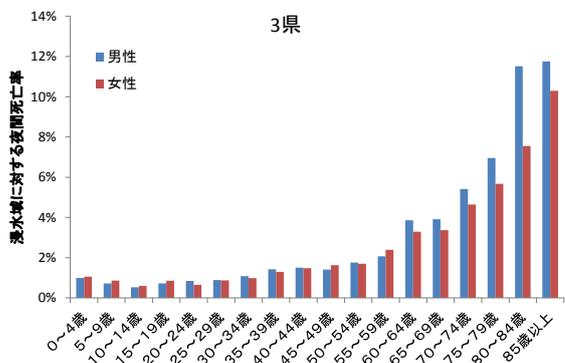


図-6 浸水域における夜間人口に対する男女別年齢別死亡率 (3県)

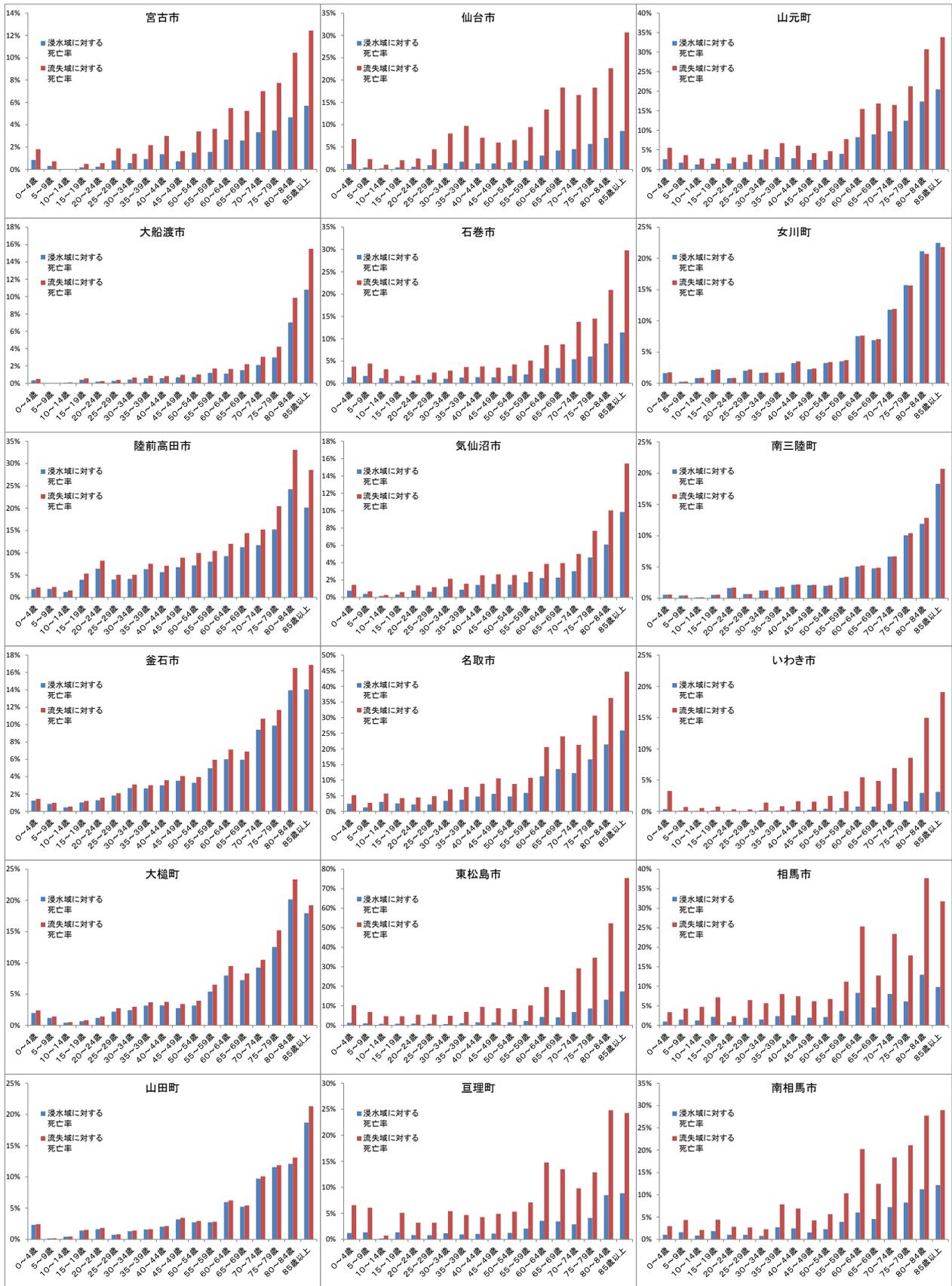


図-7 夜間人口に対する浸水域および流失域における市町村別年齢別死亡率

図-6に3県の浸水域における夜間人口に対する男女別年齢別死亡率を示す。この図から年齢が上がるほど男性の死亡率が高くなることが分かる。なお、昼間人口に対する死亡率についても同様の比較を行ったが、大きな違いは見られなかったことを付言しておく。

図-7に夜間人口に対する浸水域及び流失域における市町村別年齢別死亡率を示す。本図は死者が200名以上の市町村について作成したものである。図中の流失域に対する死亡率は、福島県を対象とした我々の調査研究<sup>9)</sup>から、浸水域に住所のある死者のうち、約91%が流失域に住所があったことから、各年齢階層別身元確認死者数にそれぞれ0.91を乗じた数を流失域における死者数と仮定して推計したものである。すべての市町村に共通して年齢が上がるにつれて死亡率が高くなる傾向が見られる。地域によって、死亡率の上昇の傾向は異なるものの、60代以降の上昇カーブが急であり、特に80代以上の死亡率は突出して高い。

## 4. 考察

### (1) 死者行方不明者と浸水域のパラメータの関係

表-2に示した相関行列において、死者行方不明者数が、浸水域・流失域の人が居住している面積および人口と強い相関があったが、これはごく自然に納得できる結果である。

死亡不明率で見た場合には、浸水域メッシュ人口に対する流失域メッシュ人口の割合に対する相関係数が最も高いという結果が得られたが、浸水域メッシュ面積に対する流失域メッシュ面積の割合に対する相関係数も次に高い値を示している。これは、浸水域の多くが流失域であるような地域において、より死亡不明率が高くなる可能性を示している。

死者行方不明者総数に対する行方不明率では、浸水域メッシュ面積に対する流失域メッシュ面積の割合に対する相関係数が最も高いという結果が得られたが、これは空間的に、浸水域の多くが流失域であるような地域では行方不明率が高い可能性があるということの意味している。このような地域は地形的に同じような傾向を持つ事が推測され、そのような地域は津波の後の遺体捜索が難しい地域であるかもしれない。

### (2) 市町村別年齢別死者数と死亡率

図-5に示したように、今回調査した地域では、昼間人口と夜間人口にそれほど大きな違いは認められなかったが、都市部など、居住地と勤務地が分かれているような地域に於いては、災害の発生曜日や時間による影響がよ

り顕著に現れることが想定される。また、本研究の結果においても推計で用いた昼間人口データは自由トリップを考慮していないため、特定の地域を対象とした検討を行う場合には、商業施設や観光地など、自由トリップに関する注意が必要であろう。

図-6に示した男女別年齢別死亡率についても、今回の被災地に於いては昼間人口・夜間人口とも同じような傾向を示していたが、職住場所が離れているような地域で性差による職の違いや役割の違いにより、昼夜で男性人口及び女性人口に偏りが生じるような地域に於いては、昼夜の死亡状況に大きな差異が生じることが推測される。

図-7で示した市町村別年齢別死亡率のグラフから、浸水域全域の死亡率と流失域の死亡率があまり変わらない地域と大きく異なる地域が存在する事が分かる。これは、浸水域（かつ人の居住している地域）のほとんどが流失域であった地域と、浸水域のうち、流失域はごく一部であった地域の差である。このように地域的な浸水状況の差異が死亡率に与える影響が見て取れる。

同じく図-7において、年齢が上がるにつれて死亡率が上昇する点と高齢者世代からの死亡率の急増を指摘した三上ら<sup>9)</sup>は石巻市において、死者の津波来襲時の行動について調査を行っているが、その結果によると、80代の73%、90代の84%が津波来襲時に自宅にいたとのことである。また、80代から寝たきりなど介助が必要な方の割合が急増しており、80代の25%、90代の47%が介助が必要で自宅にいたとのことであった。この結果は図-7の石巻市の結果とも整合的であり、おそらく他の地域でも割合が異なるとしても同様の事情があることが推測される。在宅医療・介護のニーズは年々上昇しており、この結果は災害軽減の観点から非常に大きな課題を突きつけていると言えよう。

## 5. おわりに

本研究では、平成17年国勢調査の500mメッシュ人口統計、日本統計センターによる500mメッシュ推計昼間人口（2005年）、日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チームによる2011年3月11日東北地方太平洋沖地震に伴う津波被災マップ<sup>7)</sup>（以下、津波被災マップと呼称）、消防庁による被害報告（145報）<sup>1)</sup>および3県（岩手県、宮城県および福島県）における2012年3月末までに各県警によって発表されたの安否確認情報を用いて浸水市町村における年齢別死亡率の推計を行った。この推計を通じて、昼間人口と夜間人口による傾向の違い、浸水域と流失域における死亡率の特徴、男女別の特性について明らかにした。

本研究から得られた結果は、状況に応じた災害対策の

立案のための基礎資料として有用なものであると考える。ただし、現在までの解析では、地形条件などについて示唆が得られたものの、具体的にどういった空間的条件が死亡率により大きな影響を及ぼすのかといった点についてはさらなる検討が必要である。

謝辞：本研究は、学術研究助成基金若手研究(B) No. 23710193 (代表者：小山真紀) の補助の下で遂行した。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 総務省消防庁：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）について，第 145 報，2011. (引用日：2012 年 9 月 17 日)  
<http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou.html>.
- 2) 国土交通省都市局：東日本大震災による被災現況調査結果について（第 1 次報告），2011. (引用日：2011 年 10 月 3 日)  
<http://www.mlit.go.jp/common/000162533.pdf>.
- 3) 内閣府：平成 23 年版 防災白書，図 1 - 1 - 4 東日本大震災における死因（岩手県・宮城県・福島県），2011. (引用日 2012 年 9 月 17 日)

- 4) <http://www.bousai.go.jp/hakusho/h23/bousai2011/html/zu/zu004.htm> .
- 5) 吉田典史：震災死，ダイヤモンド社，2012.
- 5) M.Koyama et al. : An analysis of the circumstances of death in the 2011 Great East Japan Earthquake, 15<sup>th</sup> World Conference of Earthquake Engineering (Lisbon), 2012.
- 6) 気象庁：津波情報：気象観測に関する情報，2011. (引用日 2012 年 9 月 17 日)  
[http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/observation\\_04\\_20110312193944.html](http://www.jma.go.jp/jp/tsunami/observation_04_20110312193944.html) .
- 7) 日本地理学会災害対応本部津波被災マップ作成チーム，2011，2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震に伴う津波被災マップ 2011 年完成版，2011. (引用日 2012 年 9 月 17 日)  
[http://www.ajg.or.jp/disaster/201103\\_Tohoku-eq.html](http://www.ajg.or.jp/disaster/201103_Tohoku-eq.html)
- 8) 統計局：東日本大震災関連情報－総務省統計局・政策統括官（統計基準担当）の統計調査等関連の取り組み. (引用日 2012 年 9 月 17 日)  
<http://www.stat.go.jp/info/shinsai/index.htm>
- 9) 三上卓，後藤洋三，佐藤誠一：東日本大震災津波襲来時の石巻市における住民の行動調査，土木学会第 67 回年次学術講演会（名古屋），I-184，2012..

(2012. 9. ? 受付)

## MUNICIPALITY'S MORTALITY RATE ACCORDING TO INUNDATION LEVEL AND AGE CLASSES ON THE 2011 GREAT TOHOKU EARTHQUAKE

Maki KOYAMA, Norimitsu ISHII, Aiko FURUKAWA, Junji KIYONO  
and Akiko YOSHIMURA

The authors clarified the age-specific mortality by each affected municipality that associated with the 2011 Great Tohoku Earthquake and Tsunami based on 500m grid population census, casualty reports and geographical inundation information. As a result, the relationship of inundation conditions (washed away or not) and death was elucidated: the death rates in washed-away areas were obviously high and especially those of the over 70 age-classes. The mortality rate of male is slightly higher than female. The mortality rate based on national census is almost same of that is considered daytime population.