

津波避難評価指標の提案と検証

後藤 洋三¹・中須 正²

¹ 正会員 東京大学付属地震研究所 (〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1)

gotoyozo@mti.biglobe.ne.jp

² 正会員 College of Population Studies, Chulalongkorn University

(254 Phayathai Road, Pathumwan, Bangkok 10330 Thailand)

tadashi.nakasu@gmail.com

東日本大震災の津波による人的被害を地域単位で比較した場合、その発生率の大小には地域固有の自然特性と社会特性が関係しているはずである。その関係を数量的に一般化できれば、人的被害を縮小する対策の効果を具体的に評価する手段とすることが出来る。そこで、著者等は人的被害の発生率を建物被害の発生率で割って人的被害の発生しやすいさを表す指標とする手法に着目した。そして、岩手県沿岸と宮城県沿岸の比較的規模の大きい自治体を対象に、東日本大震災の人的被害データと建物被害データを使って、指標を求める方法を検討し、求めた値と各自治体の避難の難易性との関係を検証した。その結果、バラツキがある中で指標と各自治体の地域特性、社会特性との間に関連性があることが確認できた。そして、大津波警報の発表内容、避難距離、自動車避難などの影響を数値的に評価することが出来た。今後は各自治体を地域特性が明確な集落に区分して分析を行うことにより、指標の適用性をさらに分析することが課題となる。

Key words: *Tsunami evacuation, East Japan Great earthquake and Tsunami, Human Vulnerability Index, geographical factor, social factor*

1. はじめに

東日本大震災では東北地方太平洋沿岸各部で津波により多くの人命が失われたが、その様な被害の発生のしやすさを自治体単位、あるいはその集落単位で客観的に評価できる指標を求めその地域の自然特性と社会特性に関連づけることが出来れば、その地域の復興計画を防災・減災性の向上の視点から具体的に評価することが出来る。また、そのような関連性の検討を東日本大震災の多数の事例について実施して指標値を予測する数値モデルを回帰できれば、これから被災が懸念される地域の防災対策を客観的に評価できる。

そこで著者等は、地域毎に犠牲者数を被災建物数で除した指標で人的被害発生のしやすさを分析する手法に着目した。

このような指標は既に今村¹⁾が1913年に発行された震災予防調査会報告 77号で地震による建物被害と死者発生率を地域毎に比較的記述する際に用い

ている。また、武村²⁾はその著書で、家屋喪失数(全壊・全焼・流失・埋没など)を死者数で除する指標を1872年の浜田地震以降の主要地震について求めた結果を紹介している。さらに、武村³⁾は2014年にその指標をNk値と再定義し、東日本大震災に適用した場合はその値が6.8となること示している。また、Andrew Coburn⁴⁾は1992年の著書で犠牲者数を大きな被害を受けた家屋数で割ったLethality Rateを提唱している。

これらは主として地震の揺れによる建物被害に起因する人的被害の分析に適用されてきたが、中須⁵⁾は津波による人的被害の分析に適用する観点から被災家屋数を全家屋数で除した家屋被災率と犠牲者数を人口数で除した犠牲者率の比を取ったHVI (Human Vulnerability Index)を提案した。そして、明治三陸津波、昭和三陸津波、東日本大震災における津波犠牲者について適用し、東北地方リアス部の主要市町の津波による人的被害の脆弱性と地域特性を時系列で考察している。

さらに、後藤⁶⁾は津波による建物被害数を津波ハザードの総合指標ととらえ、犠牲者数を流失・全壊建物数で除した値を犠牲者発生指数と定義して岩手県山田町の6集落に適用し、その指数の大小が各集落の避難力と関連づけられることを示した。

この論文では、指標値が無次元化されることにより一般性が高まることが期待される中須のHVIを踏襲し、岩手県と宮城県の人的被害データと国土交通省復興支援調査アーカイブス⁷⁾(以下、復興支援アーカイブスと略す)の建物被害データなどを使ってHVIを求める手法を検討し、岩手県と宮城県沿岸部の主要自治体について適用して検証した結果を述べる。

すなわち、この論文の第2章でHVIの定式化と具体的な計算方法の検討を述べ、第3章で適用性の検証と考察、ならびにHVIの比較分析から明らかになった被災要因を述べる。

2. 定式化と計算方法の検討

(1) HVIの定式化

次式により求める。

$$HVI = \frac{\frac{\text{津波による犠牲者数}}{\text{基準人口}}}{\frac{\text{津波による被災建物数}}{\text{基準建物数}}} \times 100 \quad (1)$$

津波による犠牲者数も被災建物数も津波の高さに伴って単調増加する値であるから、その比を取ることで津波高さの影響が相殺されて津波の高さが異なる地区でも比較できることを期待している。被災建物数を基準地域の建物数で割ることにより、空屋や集合住宅数の影響を減ずることが出来る。100を掛けるのは指数を見やすくするためである。

以下の(2)～(5)で、分母と分子を構成する4つの数値をどのように決めるか検討する。

(2) 津波による犠牲者数

犠牲者数は津波による死者数と行方不明者数の合計とすれば確定しやすい数値であるが、その人達が

津波に際に対象地域内にいたか、また津波による犠牲者か、が課題となる。

東日本大震災における住民の避難行動に関する後藤他⁸⁾の分析によれば、一時帰宅した人も含めると地震発生から津波来襲までの間に7～8割の人が自宅にいたと推定される。そこで、この分析では岩手県⁹⁾と宮城県¹⁰⁾が住所で取りまとめている各自治体の死者(関連死を除く)+行方不明者を犠牲者数として用いる。本来ならば犠牲者が地震発生の際に居た場所で計数した方が良いが、大きな津波災害ではそのような統計データは得られない。

(3) 津波による被災建物数

復興支援調査アーカイブスにまとめられたデータを用いる。ただし、どのようなカテゴリーによって計数するかが課題となる。

ここでは、被災程度として流失と全壊(流失+全壊+一階天井以上浸水)で計数した結果、並びに建物用途として居住用途と全用途で計数した結果を計算方法の検討として比較する。木造、非木造などの構造種別で区分して計数することも考えられるが、復興支援アーカイブスでは構造不明のデータが平均で19%、自治体別で0～38%に分散して偏在するため構造種別で計数しても比較不能と判断した。

復興支援アーカイブスの元データは国土交通省が2011年後半に実施した東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査であり、比較的早い時期に自治体毎に選定されたコンサルタント等に委託調査された結果である。

一方、(2)で述べた宮城県の被災統計には被災から約4年後までに集計されてきた全壊以上の建物被害棟数が示されている。そこで、主要な9自治体について復興アーカイブスと宮城県集計値の相関係数を求めると0.993、宮城県集計値/復興アーカイブスの平均値は0.76、標準偏差は0.17であった。建物の被災判定は人の判断に依らざる得ない部分があり、自治体毎に判定レベルが異なる可能性がある。また、「全壊」の計数値には揺れによる被害データが含まれている可能性もあり、「流失」の計数値が示されている復興支援アーカイブスのデータを用いる。

表-1 HIV の試算に用いた統計データ

自治体名	死者 + 行方不明者*1	浸水域人口*2	全人口*3	流失(居住用)建物*4		全壊(居住用)建物*4		浸水域全建物数*4	居住用建物全棟数*3
				棟数	浸水深 m	棟数	浸水深 m		
A	514	18378	59430	1606	5.4	2778	4.2	5089	25010
B	752	11418	18617	2158	5.4	2771	4.8	3466	7950
C	1229	11915	15276	3214	8	3482	7.6	4427	6130
D	1040	13164	39574	2502	7.5	3146	6.7	4206	18420
E	419	19073	40737	2717	6.8	3686	6.3	5656	16580
F	1763	16640	23300	3374	10.8	3696	10.4	6434	8550
G	1326	40331	73489	5727	7.1	8025	6.1	12611	25670
H	812	14389	17429	4427	10.7	4748	10.3	5319	5540
I	850	8048	10051	1868	13.4	2167	12.8	4063	4568
J	1114	17330	23611	4307	8.1	5293	7.5	6399	9595
K	2591	94946	112683	4982	4.5	13665	3.5	45751	45390
L	1086	34014	42903	3213	3.6	4427	3.4	20636	15450
M	326**	17375	190473	715	5.3	1229	4.9	4564	98390
N	359**	9386	132306	1205	4.3	1422	4.2	4042	70640
O	950	12155	73134	1489	4.8	1755	4.5	4408	25820
P	181	8051	44187	726	4.1	1000	3.8	3589	17010
Q	270	14080	34845	989	3.4	2916	2.7	7060	11520
R	698	8990	16704	2426	5.8	3414	4.8	6000	5310

*1 岩手県と宮城県の 2015 年 7 月集計データ, ** 仙台市全域のデータからの推定値

*2 総務省総務省総理府統計局の 2011 年 4 月 21 日のデータ

*3 2010 年国勢調査データ, 居住用建物は空き屋も含む

*4 国土交通省復興支援調査アーカイブスのデータより作成, 全壊には流失, 全壊, 1 階天井まで浸水を含む。

(4) 基準人口

2010 年国勢調査¹¹⁾による各自治体の人口と総務省総理府統計局¹²⁾による自治体毎の浸水域人口推計値を検討の対象として用いた。

(5) 基準建物数

2010 年国勢調査による各自治体の居住用建物棟数と復興支援調査アーカイブスに示される浸水域建物棟数(床下浸水以上の被害を受けた建物と浸水域にあったが敷地が盛り土されていた等で浸水被害を受けなかった建物の合計)の計数値とした。

(6) 浸水深の影響の検討

表-1 が(2)から(5)に述べた統計データの総括表である。

HVI によって津波に対する Vulnerability(脆弱性)を条件の異なる集落間で比較することが目的の一つであるので, HVI は津波の高さの影響を受けないことが望ましい。復興支援アーカイブスにはほぼ全ての被災建物について浸水深が記録されているので, 自

治体毎に流失と全壊それぞれの建物の浸水深の平均値を求めることが出来る。各自治体についてその平均浸水深を横軸に取り, 被災建物数 / 浸水域建物数をプロットした結果を図-1 と図-2 に示す。

両図において I と F が小さい側に分離した値となっている。この自治体の住宅街は緩傾斜の斜面に広がり浸水域に対し家屋流出域が限定されていたためと思われる。また, B は大きな側に分離している。ここは大きな火災が発生した所であるので, 火災に

流失建物数 / 浸水域建物数

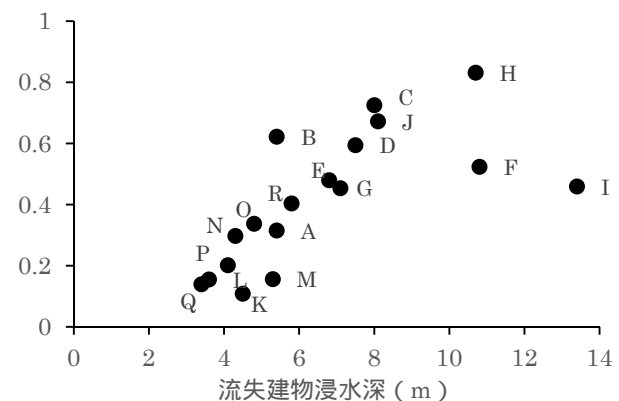


図-1 流失建物数 / 浸水域建物数

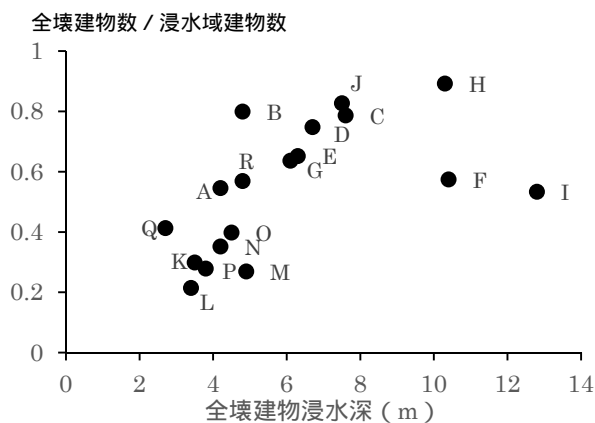


図-2 全壊建物数 / 浸水域建物数

よる大破，焼失が含まれている可能性がある．両図とも浸水深に対する頭打ちの傾向が見られるが，図-1の流失建物数の方が頭打ちの傾向が縮小し，バラツキも小さくなる傾向を示す．津波犠牲者（死者＋行方不明者数）／浸水域人口と浸水深の関係を図-3に示した．浸水深は流失建物についての値を取った．Hを例外として浸水深8m以上で頭打ちの傾向が現れている．

次に，津波犠牲者／被災建物数について浸水深を横軸に取ってプロットした結果を図-4と図-5に示す．全壊建物数を分母にを使った場合(図-5)浸水深に伴ってプロット値が増加する傾向が見られるが，流失建物数を分母にを使った場合(図-4)は浸水深の影響が見られなくなる．回帰直線の勾配を最小2乗法で求めるとバラツキが大きい図-4のプロット値については0.003，図-5については0.017となり，流失建物数を分母に取った方が浸水深の影響が小さくなることが判る．

(7) HVI の計算

以上に述べた検討の結果から，式(1)の津波による被災建物数として流出(居住用)建物数を取ることとし，基準人口と基準建物数については，津波浸水域の人口と建物数，並びに対象自治体全域の人口と建物数の2つの組み合わせについてHVIを計算した．横軸に流出建物浸水深をとってプロットした結果が図-6と図-7である．

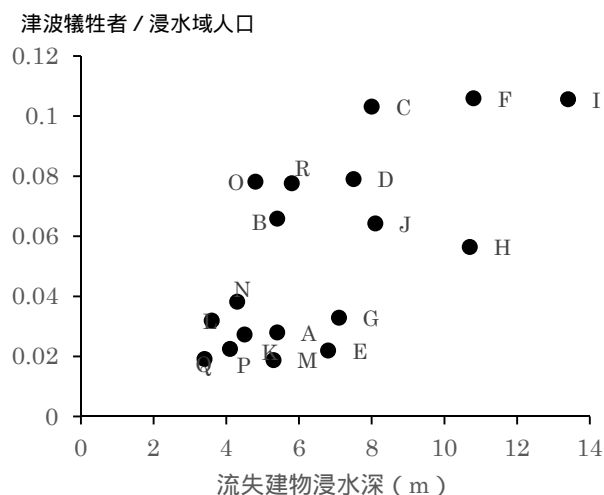


図-3 津波犠牲者 / 浸水域人口

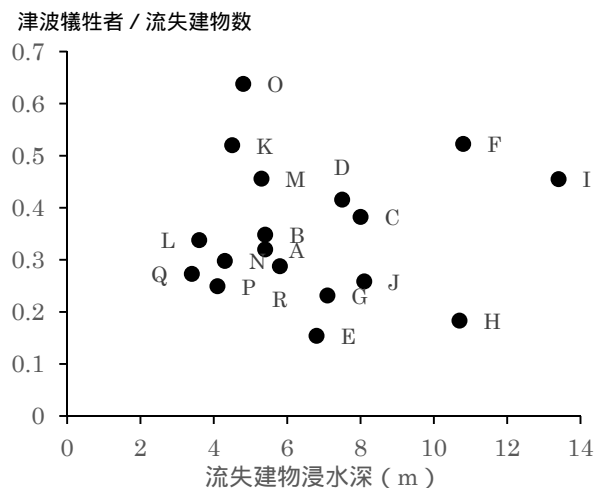


図-4 津波犠牲者 / 流失建物数

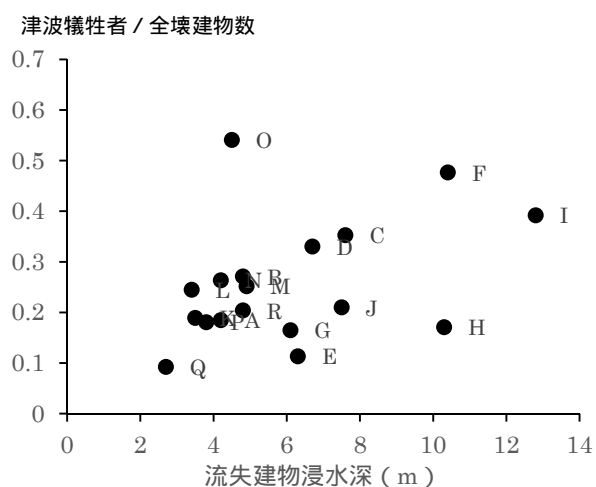


図-5 津波犠牲者数 / 全壊建物数

それぞれのプロット点の回帰直線の勾配を最小2乗法で求めると図-6の場合0.000、図-7の場合0.2で、浸水深の影響が小さいHVIが得られている。

プロット点のバラツキで見ると浸水域を基準とした方(図-6)が大きい。自治体内で一世帯当たり家族数や、集合住宅・長屋の割合、空き屋率などの居住状況が均一で有れば、浸水域と自治体全域のどちらを基準に選んでも結果は同じになるはずである。そうならないのは、まず、対象域が狭くなると全域の平均値からずれることが多くなる必然的な理由が考えられる。対象域が狭くとも計数が正しく行われていれば正しいバラツキである。

一方、対象域が狭いと計数の誤差が敏感に現れる危険性がある。この研究で使用している浸水域の人口は国土地理院が航空写真により推定した浸水域について総務省統計局が国勢調査の住民データを重ねて計数したものであり、震災から40日後に発表されている。復興支援アーカイブスによる浸水域のデータは多くの調査員が現地を訪れて計数したものである。浸水域の解釈などにズレがあり居住用建物としての判定にバラツキがあった可能性がある。

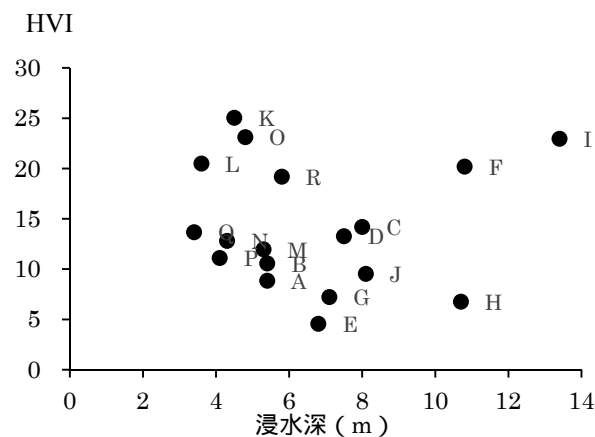


図-6 浸水域を基準とし流失家屋数で求めた HVI

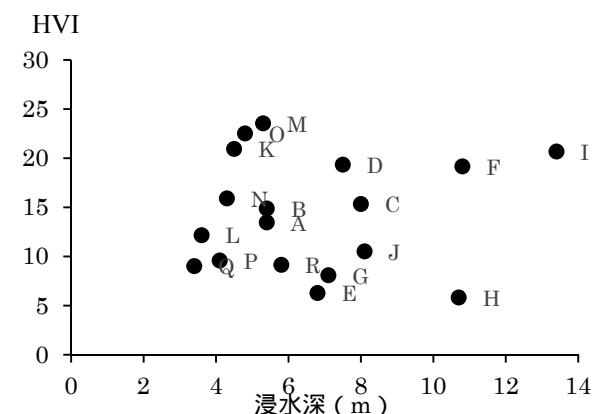


図-7 行政区画を基準とし流失家屋数で求めた HVI

表-2 HVIと避難の難易に関わると推測される地域特性と社会特性

自治体名	HVI	流失建物 浸水深 (m)	津波主要 波到達ま での概略 時間	地形によ る区分	海岸線から 10km 以内の 標高30m 以 下の割合*1	65 才 以上 高齢 化率	浸水域建物 における鉄 筋コンクリ ート割合	財政力指数 = 基準財政収入 額 / 基準財政 需要額*2	大津波警 報第1報 の予想津 浪高さ
A	13.5	5.4	35 分	リアス部	9%	27%	3.2%	0.34	3m
B	14.9	5.4	35 分	リアス部	9%	28%	2.2%	0.27	3m
C	15.3	8	35 分	リアス部	8%	29%	1.5%	0.31	3m
D	19.3	7.5	35 分	リアス部	6%	31%	5.5%	0.46	3m
E	6.3	6.8	35 分	リアス部	10%	27%	3.0%	0.41	3m
F	19.2	10.8	35 分	リアス部	24%	31%	2.0%	0.27	3m
G	8.1	7.1	35 分	リアス部	23%	27%	1.5%	0.42	6m
H	5.8	10.7	35 分	リアス部	31%	28%	2.7%	0.3	6m
I	20.7	13.4	35 分	リアス部	29%	30%	3.1%	1.28	6m
J	10.5	8.1	35 分	リアス部	20%	35%	0.8%	0.5	6m
K	20.9	4.5	60 分	平野部	80%	25%	1.7%	0.5	6m
L	12.2	3.6	60 分	平野部	95%	21%	0.9%	0.43	6m
M	23.6	5.3	65 分	平野部	95%	15%	3.9%	0.86	6m
N	15.9	4.3	65 分	平野部	95%	16%	1.7%	0.86	6m
O	22.5	4.8	65 分	平野部	95%	17%	1.6%	0.75	6m
P	9.6	4.1	65 分	平野部	85%	18%	2.6%	0.79	6m
Q	9	3.4	65 分	平野部	85%	21%	0.4%	0.56	6m
R	9.1	5.8	60 分	平野部	67%	28%	0.3%	0.38	6m

*1 国土審議会政策部会防災国土づくり委員会災害に強い国土づくりへの提言¹³⁾資料 32 を読み取って作成

*2 総務省地方財政状況調査関係資料平成 22 年度 市町村別決算状況調より作成

さらに、図-7 あるいは次章の表-2 で大きな HVI を示す M 地域の場合は、行政区画の広がりに対して浸水域の広がりが大変小さい場合（流失建物数 / 全域建物数 = 0.007）である。この地域では商工業地域と居住区域が入り交じっており、全域平均の住居特性が浸水域のそれと異なっている可能性がある。そのような誤差の発生を避けるためには浸水域に出来るだけ近い行政区画の人口や建物数を使うべきであるが、それらの精度の高いデータは入手が難しい。

海外も含め HVI を広く活用して比較を可能にしていくためには定義が明確で入手しやすいデータを用いる必要がある。そのため浸水域に限ったデータに限定せず、浸水域を含むできるだけ狭い行政区画で取りまとめられている人口と居住用建物数のデータを基準として用いるべきである。

3. HVI の適用性の検証

表-2 に HVI と避難の難易に関わると推測される地域特性と社会特性を示した。

津波の到達時間と平地率はリアス部と平野部で明瞭に異なる。リアス部と平野部の HVI の単純平均は 13.4 と 15.4 であり、平野部の方が高い値を示す。一方、リアス部と平野部において地震直後に大きな津波が来ると思った割合が 47% と 19%、市町村から避難を促されたが 43% と 27%（いずれも津波で自宅が全半壊した生存者の回答集計）である。津波の到達時間が約 30 分遅いの平野部の HVI が高くなるのは、住民の津波に対する警戒心のレベルと津波避難を促す公助共助のレベルが平野部において低かったためであろう。

図 8 に高齢化率と HVI の関係を示す。津波犠牲者は高齢者に多いことから右上がりのプロットになるはずであるが、仙台近郊の M、O、N 地区が特異な値を示すため、傾向が見えなくなっている。J 地区は高齢化が進んだ地域であるがしばしば津波を経験しており、住民の避難力は高いと考えられる。

図 9 は居住用建物にしめる鉄筋コンクリート造の割合と HVI の関係をプロットした物である。2 階以上の鉄筋コンクリート造の建物は避難場所として機

能する場合もあるはずで、鉄筋コンクリート造が多いと HVI が小さくなりプロットは右下がりになるはずであるが、逆の傾向を示す。人が滞在、あるいは駆け込んだものの高さが不足し、一カ所で多くの人

が亡くなった所もあるのでデータを個別に精査する必要があると思われる。

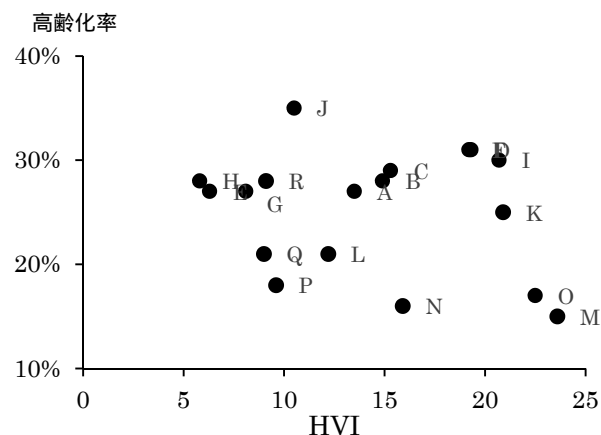


図 8 高齢化率と HVI

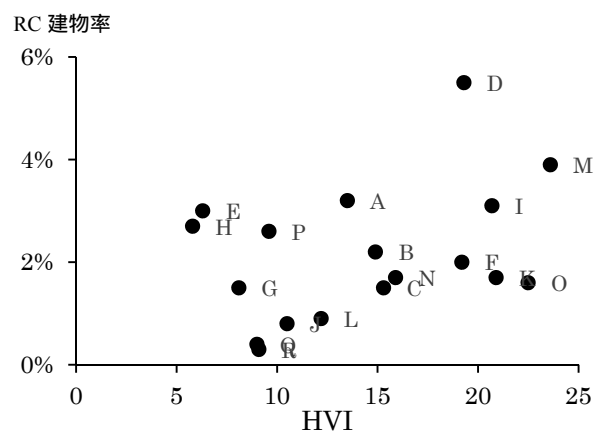


図 9 鉄筋コンクリート建物率と HVI

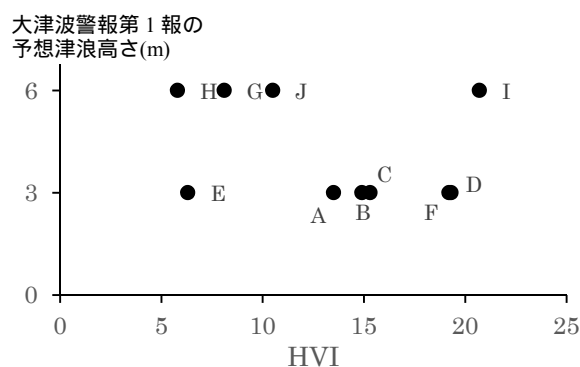


図-10 大津波警報予想津浪高さ

同じリアス部で大津波警報第1報の予想津浪高さが3mとされた地域と6mとされた地域のHVIを比較した結果が図-10である。単純平均値で3m地域が14.8, 6m地域が11.3である。第2報でこれら予想津浪高さは引き上げられたが実質的には間に合わなかったため、住民の初動はこの第1報に影響された。3mという予報は東北地方リアス部の住民には「安心情報」となった場合があると考えられる。なお、6m地域のI地区は平均浸水深が最も高かった地区で、HVIに浸水深の影響が残っている可能性がある。

表-3に生存者へのインタビュー調査から得られた避難行動と避難の動機付けに関わる事項をHVIと比較して示した。HVIと比較する場合、本来なら犠牲者についてのデータを用いるべきであるが、推測値しか有り得ない。一方、津波浸水域人口に対する犠牲者率は自治体単位で見た場合、高くても10.6%(F地区とI地区)であるので、ここでは生存者のデータで置き換えても傾向は失われなかった。

避難開始時間(中央値)はリアス部北部で早くリアス部南部から平野部で遅くなる傾向にある。ただ

しその差は大きくても15分で、リアス部と平野部の津波到達時間差の約30分まで大きくない。J地区は例外であるが、先にも述べたとおり住民の避難力が高いと推測される地域であった。

徒歩避難の場合の移動距離は地形特性や津波避難ビルの配置と関係する。HVIと移動距離の関係をデータ数の少ないP地区を除いてプロットした結果が図-11である。当然の結果であるが、移動距離が大きい地区ほどHVIは大きくなる。

自動車の使用率とHVIの関係を図-12に示す。バラツキが大きいやや右下がりの傾向が見え、自動車の使用率が高まると避難の成功率が高まる傾向が見える。

自動車で避難した場合の自動車の平均速度とHVIの関係を図-13にプロットした。平均速度が小さい地区は渋滞が多発していたと考えられる。右肩下がりプロットとなっており、渋滞の影響が大きかったことが分かる。

ハザードマップを見たことがあるという回答者はリアス部の方が多いが、HVIとの関係は明確でない。ハザードマップの内容と理解への取り組みが自治

表-3 生存者へのインタビュー調査結果とHVIの関係

自治体名	HVI	地形による区分	自宅が津波で全壊・地震時に自宅にいたか外出先から帰宅してから避難した人達の行動					自宅が津波で全半壊した人達の回答 (YESの割合)				
			サンプル数	避難開始時間(分) (中央値)	徒歩による移動距離(m) (中央値)	自動車使用率	自動車平均速度(Km/h) (中央値)	サンプル数	ハザードマップ見たことがあるか	地震直後津波が必ず来ると思ったか	大津波警報を聞いたか	市町村から避難の呼びかけあったか
A	13.5	リアス部	158	9	293	49%	8.5	364	60.8%	47.8%	56.3%	50.0%
B	14.9	リアス部	146	9	341	42%	6.7	252	43.4%	60.3%	36.9%	26.6%
C	15.3	リアス部	118	9	334	53%	7.1	248	34.7%	42.7%	41.5%	28.6%
D	19.3	リアス部	180	9	250	29%	4.3	313	46.3%	51.6%	50.5%	39.9%
E	6.3	リアス部	208	9	239	57%	11.3	445	55.7%	47.4%	45.6%	46.1%
F	19.2	リアス部	264	14	274	50%	10.5	491	55.8%	37.3%	60.1%	50.9%
G	8.1	リアス部	439	13	361	48%	9.4	825	55.9%	50.1%	64.5%	53.9%
H	5.8	リアス部	234	14	186	50%	7.9	416	38.7%	52.4%	66.3%	60.6%
I	20.7	リアス部	112	14	269	40%	6.3	171	12.3%	50.6%	55.6%	48.5%
J	10.5	リアス部	164	9	226	51%	11	373	17.7%	31.4%	58.4%	28.4%
K	20.9	平野部	548	14	405	50%	7.9	1266	14.8%	31.9%	55.0%	24.1%
L	12.2	平野部	138	14	118	41%	9.6	305	44.4%	14.4%	43.9%	24.7%
M	23.6	平野部	77	24	608	62%	10.3	287	37.8%	19.9%	53.0%	27.2%
N	15.9	平野部	61	24	349	84%	12.8					
O	22.5	平野部	123	14	426	61%	10.4	312	23.7%	14.4%	49.7%	25.6%
P	9.6	平野部	29	24	65	79%	16.7	138	35.5%	12.3%	62.3%	22.6%
Q	9	平野部	121	24	217	68%	14.3	249	27.3%	22.1%	61.0%	41.4%
R	9.1	平野部	121	19	127	85%	18.3	205	24.4%	19.5%	46.3%	19.2%

体によって異なっており，認知率だけで評価することは出来ない．

地震の発生直後に大きな津波が来ると思った割合と HVI の関係をプロットした結果が図-14 である．やや右肩下がりの傾向が見え，揺れから津波をイメージする割合が高い地区は避難の成功率が高い傾向が見て取れる．リアス部と平野部で単純平均を取ってみると，47%と 19%で明瞭な差がある．

地震直後に発令された大津波警報を聞いた割合と HVI の関係をプロットした結果が図-15 である．明瞭ではないが聞いた割合が高いと HVI が小さくなる傾向が見られる．図中の L 地区，O 地区，R 地区は防災行政無線が整備されていないか，故障して機能しなかったか機能が弱った地区である．ラジオなどからも情報は入手できたのであろう．

図-16 が市町村からの避難の呼びかけを聞いた割合と HVI の関係である．聞いた割合が高まると HVI が低下する傾向を示しており，公助の役割も重要であることが分かる．

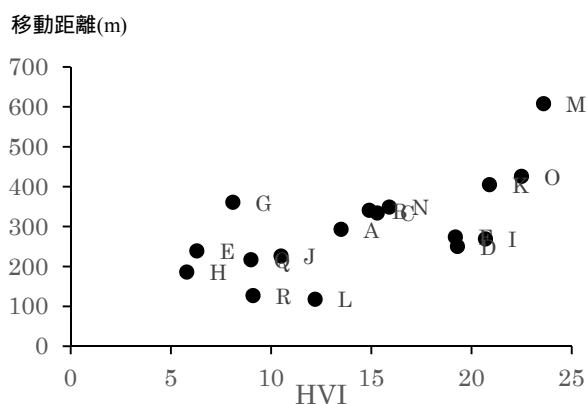


図-11 徒歩避難の場合の移動距離と HVI の関係

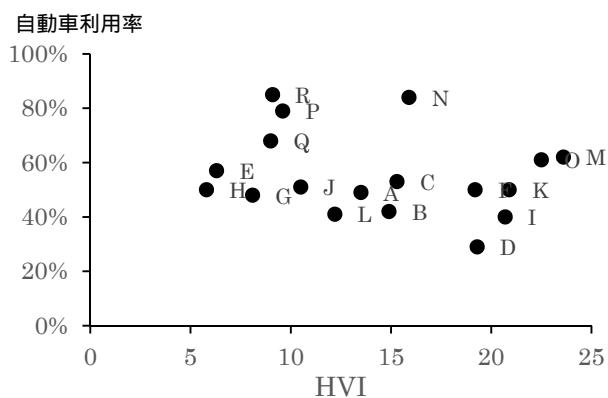


図-12 自転車の使用率と HVI の関係

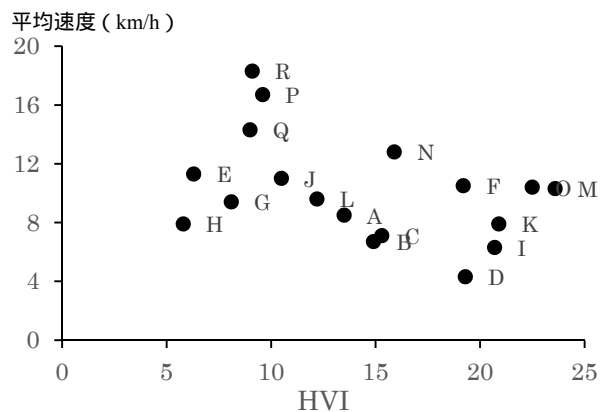


図-13 自動車の平均速度と HVI の関係

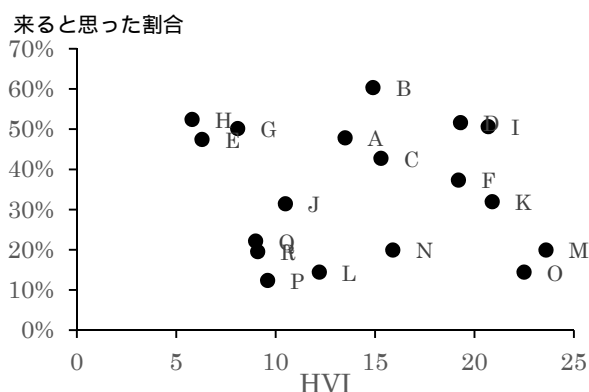


図-14 大きな津波が来ると思った割合と HVI

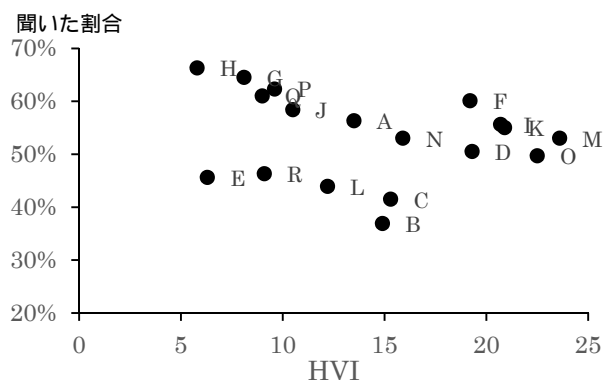


図-15 地震直後の大津波警報を聞いた割合と HVI

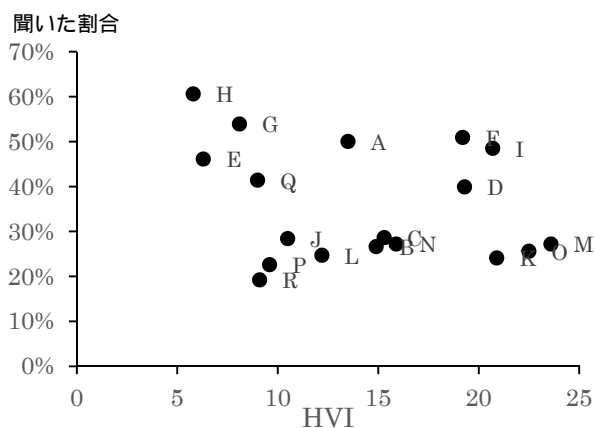


図-16 市町村からの避難の呼びかけを聞いた割合と HVI

4. 結論

(1) 津波犠牲者を被災家屋数で割ることを基本とする HVI を求める計算方法は数種考えられるが、被災家屋数として流失住居用建物数を用い、無次元化する際の基準人口、基準建物数のセットに行政区単位で計数した値を用いることが出来る。ただし、地域特性が狭い範囲で変化する都市部では基準人口、基準建物数を可能な限り津波浸水域に近い区画で計数することが望ましい。

(2) 東日本大震災の被害について岩手県、宮城県の主要沿岸自治体の HVI を求めて比較した結果、バラツキがある中で、津波犠牲者の発生のしやすさに関連する地形特性と社会特性を一定程度評価できた。

(3) バラツキの原因の一つは、津波からの避難の成否には様々な要因が影響することから、単一の要因で HVI の関係を見ても傾向が見えづらいことがあげられる。さらに、一つの自治体内で地形特性と社会特性が異なる集落が存在することが多いことから、自治体単位の分析による比較では傾向が見えづらくなると考えられる。そのため、今後は地域特性と社会特性が明確な集落で区分して HVI を求め、重回帰分析などを適用して HVI と各要因の関係を解析することが課題となる。

(4) 今回の解析によって、大津波警報第 1 報で 3m とされた地区は 6m とされた地区より平均的に見て HVI が高くなること、徒歩による避難距離が長くなると HVI が高くなること、一般に言われてきた傾向とは逆に自動車避難の割合が高いと HVI が低くなること（すなわち避難の成功率が高まること）、市町村による避難の呼びかけが良く伝わった地区では HVI が低くなることが確認された。

謝辞：本研究のとりまとめに当たり、貴重なご意見を頂いた村上ひとみ氏（山口大学准教授）に感謝します。また、このような研究は国土交通省住宅局・東京大学空間情報科学研究センター、総務省総理府

統計局、岩手県並びに宮城県で取りまとめ公開頂いている調査データなくしては実施不可能で在り、各機関と担当者に深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 今村明恒：震災予防調査会報告 77 号，震災予防調査会，1913．
- 2) 武村雅之：地震と防災～”揺れ”の解明から耐震設計まで～，中公新書，中央公論新社，2008．
- 3) 武村雅之，虎谷健司：1944 年東南海地震の広域震度分布の再評価と被害の特徴，第 14 回日本地震工学シンポジウム論文集，DVD 出版，2014．
- 4) Andrew Coburn and Robin Spence：Earthquake protection，Wiley，1992．
- 5) 中須 正・倉原孝孝：「災害調査と東日本大震災」『社会と調査』10 号，社会調査協会，pp.64-69，2013．
- 6) Goto Y.：Index to Evaluate Tsunami Evacuation Potential and its Validation at Yamada, Iwate Prefecture, Journal of Disaster Research, Vol.9, No.7, pp.730-742, 2014.
- 7) 国土交通省都市局，東京大学空間情報科学研究センター：復興支援調査アーカイブ，
<http://fukkou.csis.u-tokyo.ac.jp/default/about>
2014 年 3 月閲覧．
- 8) 後藤洋三，池田浩敬，市古太郎，小川雄二郎，北浦勝，佐藤誠一，鈴木光，田中努，仲村成貴，三上卓，村上ひとみ，柳原純男，山本一敏：東日本大震災津波避難合同調査団の形成と山田町・石巻市担当チームによる調査結果 - データ特性分析 -，日本地震工学会論文集特集号「津波等の突発大災害からの避難の課題と対策」，2015 年 10 月発行予定．
- 9) 岩手防災ポータル東北地方太平洋沖地震に係る人的被害・建物被害状況一覧平成 27 年 7 月 31 日現在
<http://www2.pref.iwate.jp/~bousai/index.html>
2015 年 9 月閲覧．
- 10) 宮城県東日本大震災宮城の記録東日本大震災における被害等状況 平成 27 年 7 月 31 日現在
<http://www.pref.miyagi.jp/uploaded/attachment/321498.pdf>
2015 年 9 月閲覧．
- 11) 総務省統計局：平成 22 年度国勢調査，
<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/>
2015 年 9 月閲覧．
- 12) 総務省総理府統計局：東日本太平洋岸地域のデータ及び被災関係データ（津波による浸水範囲に関する統計情報）
<http://www.stat.go.jp/info/shinsai/zuhyou/sinsui.xls>
2015 年 5 月閲覧．
- 13) 国土交通省国土審議会政策部会防災国土づくり委員会：災害に強い国土づくりへの提言本文 000164481
http://www.mlit.go.jp/report/press/kokudo03_hh_000033.html
2015 年 9 月閲覧．
- 14) 総務省：地方財政状況調査関係資料平成 22 年度市町村別決算状況調
http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/h22_shichouson.html
2015 年 9 月閲覧．