

付録

【付録 1】 ガレキ堆積状況の回帰分析と考察	85
【付録 2】 構築したリスクモデルの南海トラフの巨大地震への適用例	89

(白紙)

【付録 1】 ガレキ堆積状況の回帰分析と考察

第 2 章のガレキの堆積高さを 100m メッシュごとに集計し、第 3 章のメッシュ単位のデータと組み合わせて、第 3 章と同様の回帰分析を行った結果を表 1、表 2 に示す。2.1.3 と同様に、女川地区から北側の三陸海岸と石巻東地区から南側の大規模な平野部では様相が異なり、津波火災のリスクが前者と後者と異なっていたと考えられる。

なお、津波火災の発生した地区についてはガレキの焼失の影響があることから、分析対象外とした。

表 1 回帰分析結果 (100m メッシュごと) のガレキの有無、各地区の AIC 最小モデル

県	地区名		メッシュ数	定数項		NHI		Dw		SL		Be		null. deviance	
	市区町村	地区		係数	P値	係数	P値	係数	P値	係数	P値	係数	P値		
岩手	野田村	野田	217	1.0E+0	0.0	1.3E-1	0.0	-	-	-5.5E-2	0.1	-	-	213	
	田野畑村	田野畑	62	5.7E-2	0.9	1.9E+0	0.0	-	-	-	-	-	-	40	
	岩泉町	岩泉	131	2.2E-1	0.5	3.3E-1	0.0	-	-	5.9E-2	0.1	-2.0E+0	0.1	137	
	宮古市	津軽石	181	2.0E+0	0.0	-6.8E-2	0.0	-	-	3.7E-1	0.0	-	-	114	
	山田町	北浜町	62	1.9E+1	0.2	3.0E+1	0.2	-	-	-5.4E+0	0.2	-	-	5	
	大槌町	吉里吉里	60	6.4E-2	0.9	1.4E+0	0.1	-	-	-	-	-	-	19	
	釜石市	鶴住居	212	1.8E+0	0.0	3.3E-1	0.0	-	-	-	-	-	-	87	
	大船渡市	釜石	釜石	179	-2.0E-1	0.7	6.1E-2	0.0	3.8E-1	0.0	-1.0E-1	0.1	1.9E+0	0.1	107
		越喜来	越喜来	49	-1.3E+0	0.3	-	-	-	-	2.3E+0	0.1	-	-	15
		大船渡	大船渡	483	1.4E+0	0.0	4.2E-1	0.0	-1.0E-1	0.1	-	-	-	-	270
		陸前高田市	陸前高田	730	2.1E+0	0.0	6.6E-1	0.0	-	-	-	-	-1.0E+0	0.1	236
		気仙沼市	本吉	291	3.7E+0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	66
		南三陸町	歌津	90	5.4E+0	0.0	4.9E-1	0.3	-	-	-2.1E-1	0.1	-	-	26
		女川町	女川	276	4.3E-1	0.1	3.3E-1	0.0	-	-	-	-	-	-	157
	石巻市	石巻市	石巻東	823	-8.0E-1	0.0	5.1E-2	0.0	8.2E-1	0.0	-	-	-	-	532
		東松島市	野蒜	543	5.4E-1	0.2	7.5E-2	0.0	-3.7E-1	0.0	5.6E-2	0.0	-	-	609
			松島町	松島	64	-3.9E+0	0.0	-	-	1.9E+0	0.0	-	-	-	-
塩釜市		塩釜	340	-2.1E+0	0.0	-	-	1.7E+0	0.0	-	-	-2.5E+0	0.0	339	
七ヶ浜町		七ヶ浜	278	7.3E-1	0.0	-	-	1.3E-1	0.1	-9.8E-2	0.1	1.4E+0	0.0	320	
仙台市宮城野区		仙台港北	595	-1.8E-1	0.4	-3.8E-2	0.0	4.4E-1	0.0	-1.7E-1	0.0	-	-	741	
仙台市若林区		荒浜	1,617	1.1E+0	0.0	1.4E-1	0.0	-	-	-2.7E-1	0.0	-	-	1,808	
岩沼市	岩沼	岩沼	2,541	-7.5E-1	0.0	3.8E-1	0.0	3.0E-1	0.0	-	-	-	-	3,055	
	亘理町	亘理	1,681	-8.1E-1	0.0	2.9E-1	0.0	2.7E-1	0.0	7.0E-1	0.0	-	-	1,845	
	山元町	山元	909	-1.6E+0	0.0	1.4E-1	0.0	-2.9E-1	0.0	-	-	-	-	615	
	新地町	新地	375	4.5E-2	0.8	3.0E-1	0.0	2.7E-1	0.0	-	-	-	-	343	
相馬市	相馬	846	-5.4E-1	0.0	2.0E-1	0.0	2.3E-1	0.0	-	-	-9.5E-1	0.0	1,028	1,169	

※1 統計解析ソフト R 3.0.1 の glm() を用いて分析した。リンク関数は logit、確率分布はベルヌーイ分布を設定した。記号などは第 3 章を参照のこと。
 ※2 偏回帰係数の値が全地区の中央値 (一のセルは 0 として計算) よりも大きいセルに赤影を、小さいセルに青影を付けた。
 ※3 偏回帰係数の P 値が 0.25 より大きいセルに灰影を付けた。

表 2 回帰分析結果 (ガレキ有りの 100m メッシュごととのガレキの量、各地区の AIC 最小モデル)

県	地区名		メッシュ数	定数項		NH1		Dw		SL		Be		null. deviance		
	市区町村	地区		係数	P値	係数	P値	係数	P値	係数	P値	係数	P値			
岩手	野田村	野田	168	6.5E+0	0.0	4.1E-2	0.0	-4.6E-2	0.1	-	-	-5.0E-1	0.0	242		
	田野畑村	田野畑	49	6.0E+0	0.0	7.7E-2	0.0	-3.0E-2	0.1	-4.4E-2	0.0	-	-	51		
	岩泉町	岩泉	93	6.1E+0	0.0	5.5E-2	0.0	-8.2E-2	0.0	-3.2E-2	0.1	-	-	181		
	宮古市	津軽石	160	6.0E+0	0.0	5.1E-2	0.0	-6.0E-2	0.0	-5.2E-2	0.1	6.6E-1	0.0	207		
	山田町	北浜町	59	6.7E+0	0.0	6.0E-2	0.0	-3.5E-1	0.0	-	-	-1.2E+0	0.0	43		
	大槌町	吉里吉里	55	6.2E+0	0.0	4.8E-2	0.0	-	-	-9.1E-2	0.0	-	-	52		
	釜石市	鶴住居	198	7.2E+0	0.0	5.1E-2	0.0	-2.0E-1	0.0	-	-	-	-	340		
	大船渡市	釜石	釜石	154	5.9E+0	0.0	3.8E-2	0.0	6.3E-2	0.1	-	-	3.3E-1	0.2	205	
			越喜来	45	5.1E+0	0.0	1.5E-1	0.0	-	-	-	-	-4.9E+0	0.0	73	
			大船渡	420	6.3E+0	0.0	6.0E-2	0.0	-	-	-3.5E-2	0.0	-	-	600	
			陸前高田市	陸前高田	694	6.4E+0	0.0	7.0E-2	0.0	-6.3E-2	0.0	3.9E-2	0.0	-	-	999
			気仙沼市	本吉	284	5.1E+0	0.0	1.1E-1	0.0	-2.0E-2	0.1	6.1E-2	0.0	-	-	360
			南三陸町	歌津	85	6.2E+0	0.0	6.1E-2	0.0	-	-	-2.5E-2	0.1	-	-	71
			女川町	女川	238	6.4E+0	0.0	5.5E-2	0.0	-3.3E-2	0.0	-2.4E-2	0.0	3.8E-1	0.0	236
	石巻市	石巻東	石巻東	701	4.9E+0	0.0	5.1E-2	0.0	2.8E-1	0.0	-9.8E-2	0.0	1.3E+0	0.0	1,066	
			野蒜	218	5.0E+0	0.0	6.1E-2	0.0	-1.2E-1	0.0	-	-	4.9E-1	0.0	338	
			松島町	14	2.8E+0	0.0	-	-	-	-	1.8E-1	0.0	-5.4E+0	0.0	31	
塩釜市			塩釜	138	5.3E+0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	334		
七ヶ浜町			七ヶ浜	199	5.3E+0	0.0	6.7E-2	0.0	-9.1E-2	0.1	-	-	5.5E-1	0.0	375	
仙台市宮城野区			仙台港北	355	5.9E+0	0.0	-	-	-	-	-1.6E-1	0.0	-	-	994	
仙台市若林区			荒浜	1,173	4.4E+0	0.0	6.5E-2	0.0	-	-	4.6E-1	0.0	-	-	3,696	
岩沼市	岩沼	岩沼	1,451	4.6E+0	0.0	1.3E-1	0.0	-	-	2.6E-1	0.0	-	-	4,106		
		亘理町	1,099	4.8E+0	0.0	1.1E-1	0.0	-9.9E-2	0.0	-	-	-	-	1,975		
		山元町	118	4.1E+0	0.0	1.0E-1	0.0	-	-	9.9E-1	0.0	-	-	173		
		新地町	293	3.6E+0	0.0	7.4E-2	0.0	-	-	4.8E-1	0.0	-1.7E+0	0.0	510		
相馬市	相馬	453	4.2E+0	0.0	4.0E-2	0.0	1.7E-1	0.0	1.3E-1	0.0	-	-	1,167			

※1 統計解析ソフト R 3.0.1 の glm() を用いて分析した。リンク関数は log、確率分布はガンマ分布を設定した。記号などは第 3 章を参照のこと。
 ※2 偏回帰係数の値が全地区の中央値 (一のセルは 0 として計算) よりも大きいセルに赤影を、小さいセルに青影を付けた。
 ※3 偏回帰係数の P 値が 0.25 より大きいセルに灰影を付けた。

(白紙)

【付録2】構築したリスクモデルの南海トラフの巨大地震への適用例

南海トラフの巨大地震を想定したときに、本研究の分析対象地区（三陸）と地形・浸水状況が類似すると考えられる静岡県下田市、三重県尾鷲市、高知県須崎市の3地区に対し、構築したリスクモデルの適用を図1の手順で試みた結果を示す。

なお、ここで取り上げる南海トラフの巨大地震は、内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された「千年に一度あるいはそれよりもっと発生頻度が低い」^(注1)地震である。より発生頻度の高い南海トラフの地震に本研究で構築したリスクモデルを適用すると、適用結果が南海トラフの巨大地震に適用した場合とはまったく異なる場合がある。本研究で構築したリスクモデルを実際の検討に用いる場合は、その目的に照らして、様々な地震を想定して総合的に検討するなど工夫する必要がある。

(注1) 中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ、南海トラフ巨大地震対策について（最終報告）、平成25年5月

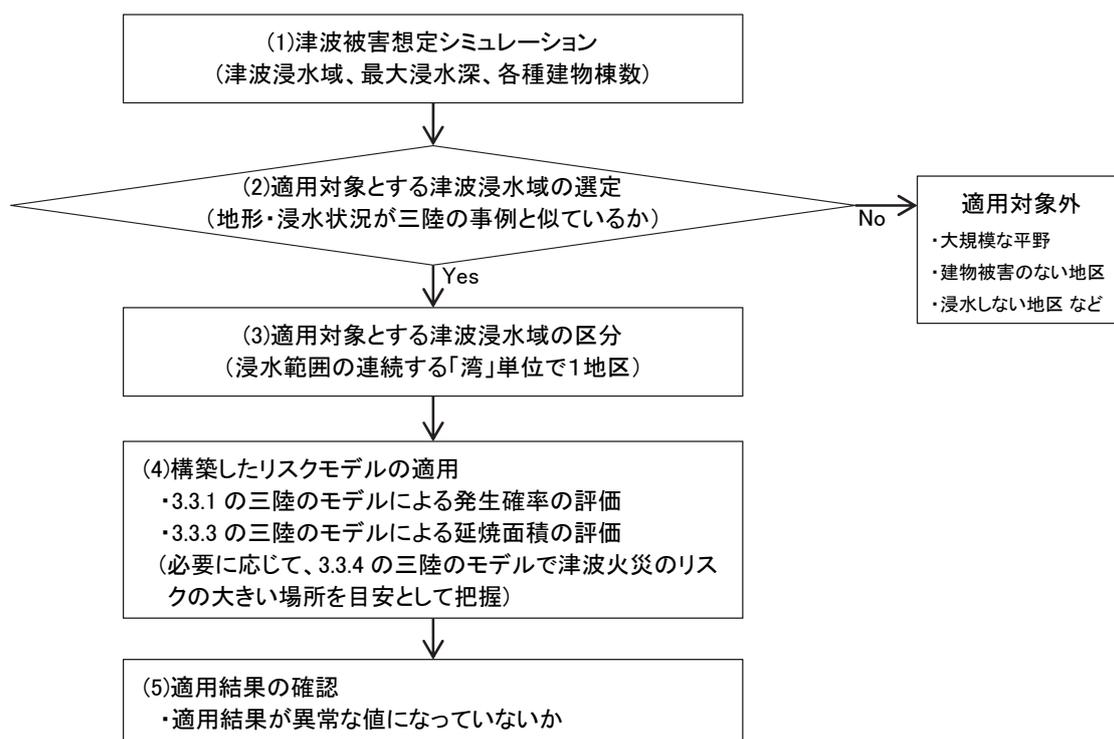


図1 他の地震や地域への適用方法のフロー案（図3.4.1を再掲）

(1) 津波被害想定シミュレーション

内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された南海トラフの巨大地震の基本5ケースの10mメッシュ別最大浸水深のデータのうち、内閣府 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループにおいて検討された全壊棟数が、それぞれの地区の属する県で最大となるケース⁹⁾のデータを用いた。

10mメッシュ別最大浸水深から100mメッシュごとに最大浸水深の平均を求め(図7、図9、図11)、それぞれの100mメッシュに含まれる建物の数^(注2)に被害関数^(注3)を乗じて、津波浸水域内の流失する建物の数($NH1-NH2$)と流失を免れる建物の数 $NH2$ を求めた。

(注2) 建物の数はゼンリン製住宅地図(三井造船システム技研株式会社、2012~2013年時点)に基づく。無壁舎を除いて取扱った。

(注3) 被害関数は国土交通省都市局「東日本大震災津波被災市街地復興支援調査」によるメッシュ別の最大浸水深と建物被災状況(流失もしくは再使用不能となる建物の割合)の被災地全体での関係²⁾を用いた。

(2) 適用対象とする津波浸水域の選定

前述のとおり、南海トラフの巨大地震を想定したときに、分析対象地区(三陸)と地形・浸水状況が類似すると考えられる静岡県下田市、三重県尾鷲市、高知県須崎市の津波浸水域を選定した。

(3) 適用対象とする津波浸水域の区分

静岡県下田市、三重県尾鷲市、高知県須崎市の津波浸水域を浸水範囲の連続する「湾」単位で区分すると複数の湾に区分できるが、このうち各市の中心部を含む図7、図9、図11に示した浸水範囲をそれぞれ一つの区分(1地区)とし、適用対象とした。リスクモデルの説明変数となる $(NH1-NH2)/Aw$ ^(注4)、 $NH2$ 、 Dw ^(注4)の地区ごとの分布を図4、図5、図6に示す。

(注4) Aw は浸水面積を、 Dw は最大浸水深の平均値を表す。

(4) 構築したリスクモデルの適用(図2、図3、図8、図10、図12)

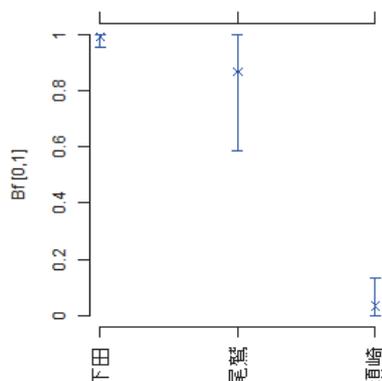


図2 津波火災の発生確率 Bf の評価結果(被害関数、No.17)
(×: $E[Bf]$ 、棒: $E[Bf]$ の95%信頼区間)

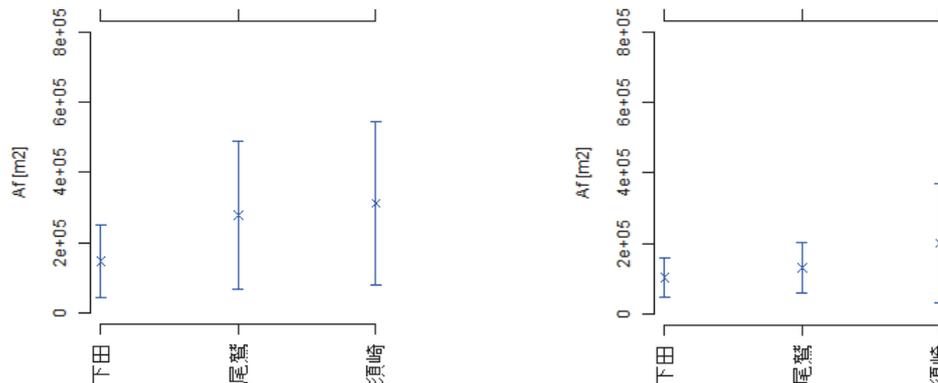


図 3 津波火災が発生した場合の延焼面積 A_f の評価結果 (被害関数、左 : No. 6、右 : No. 13)
 (× : $E[A_f]$ 、棒 : $E[A_f]$ の 95% 信頼区間)

(5) 適用結果の確認

本研究で構築したリスクモデルには 3.4.2 に記載した課題があり、定式化できていない要素もあるため、確認には主観的なものも含む必要がある。適用結果の確認については、複数の人の意見を集約するなどの方法で客観性を確保することが望ましい。

また、今後の研究の蓄積に応じて、適用結果は随時確認しなおす必要がある。

1) 発生確率 (地区単位、図 2、図 4)

① 説明変数の値の比較

- すべての適用対象地区で、説明変数 $(NH1-NH2)/D_w$ 、 D_w の値が本研究の分析対象地区 (三陸) の分布の内側にあり、適用範囲内と考えられる。

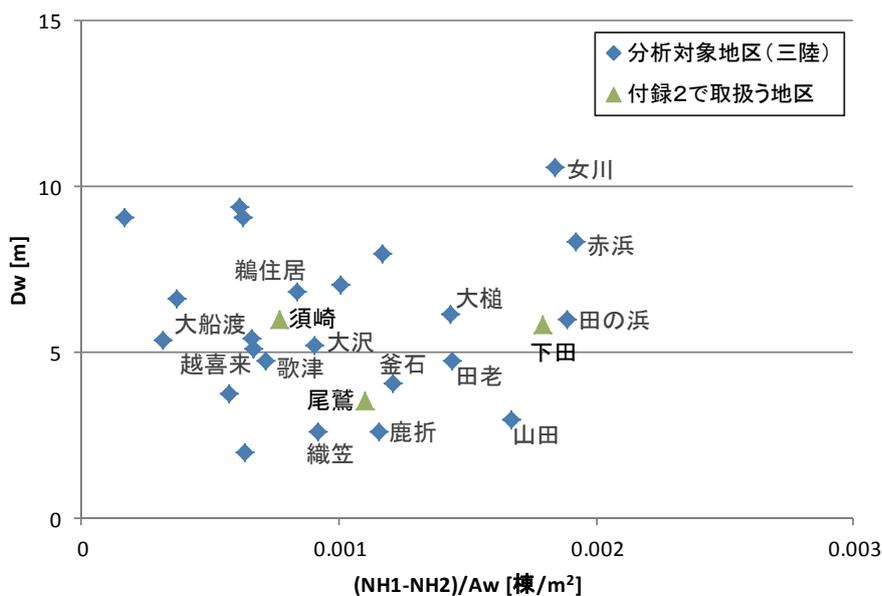


図 4 付録 2 で取扱う地区の $(NH1-NH2)/A_w$ と D_w の分布

② 説明変数の値の近い地区との地形・浸水状況、航空写真の比較

- ・下田地区、尾鷲地区は、説明変数の値がそれぞれ田の浜地区（図 2.1.3 No.10）、鹿折地区（図 2.1.5 No.19）と近い。これらの地区の地形・浸水状況や航空写真を比較すると類似性が見られるため、それぞれ津波火災の発生確率が近い値となるという適用結果に大きな違和感はない。
- ・須崎地区については、地形・浸水状況や航空写真を比較すると、説明変数の値の近い越喜来地区（図 2.1.4 No.16）などよりも、説明変数の値の離れた大槌地区（図 2.1.4 No.13）と類似性が強い。そこで、地形・浸水状況を見直すと、図 12 の④の範囲については、建物の多い市の中心部を通る矢印イ、矢印ウの方向と異なって、建物の少ない矢印アの方向から津波が入射する。このことから、④以外の範囲とはガレキ堆積状況ひいては津波火災の発生確率が異なると考えられる。そのため、須崎地区の適用結果については、津波浸水域の区分を図 12 の④の範囲と④以外の範囲にさらに区分して見直すことを検討すべきである。

2) 延焼面積（地区単位、図 3、図 5、図 6）

① 説明変数の値の比較

- ・すべての適用対象地区で、説明変数 $NH2$ の値はモデルの構築に用いた分析対象地区（三陸）の分布の外側か内外の境界にあり、適用対象外とすることも検討すべきである。

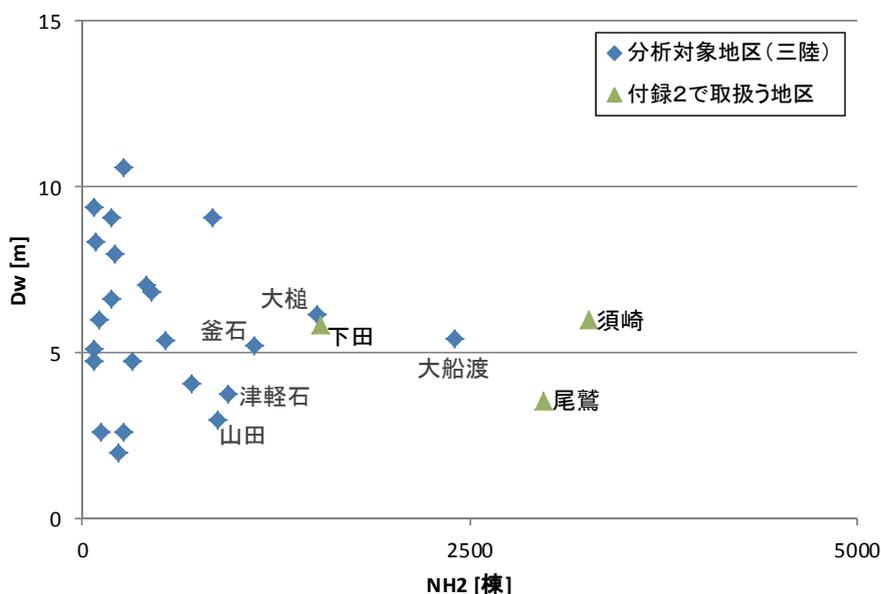


図 5 付録 2 で取扱う地区の $NH2$ と Dw の分布

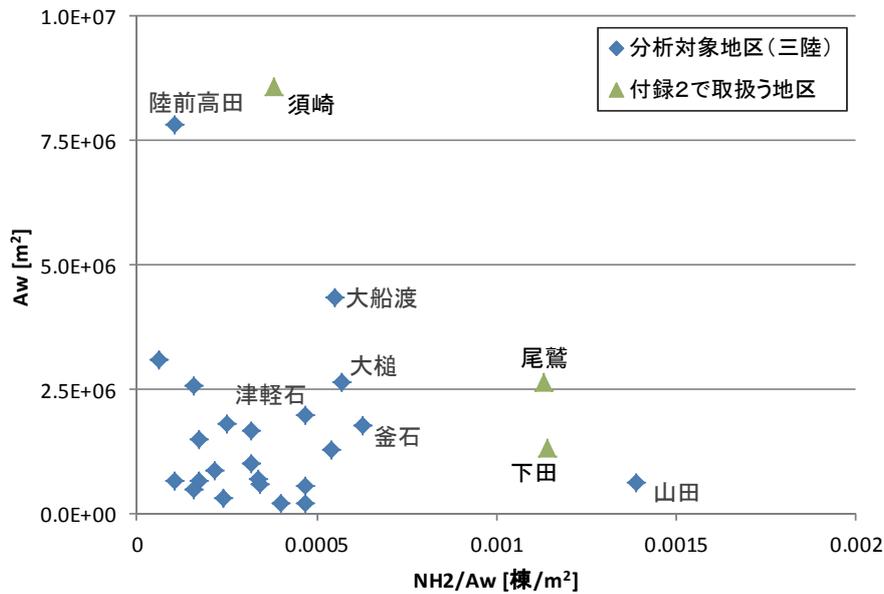


図 6 付録 2 で取扱う地区の $NH2/Aw$ と Aw の分布

② 説明変数の値の近い地区との地形・浸水状況、航空写真の比較

- No.6 の説明変数 $NH2$ と Dw について、下田地区は、説明変数の値が大槌地区（図 2.1.4 No.13）と近い。これらの地区の地形・浸水状況や航空写真を比較すると類似性が見られるため、津波火災の延焼面積が近い値となるという適用結果に大きな違和感はない。他の地区については説明変数の値の近い地区がない。

3) 延焼確率（メッシュ単位、図 7～図 12）

① 適用に問題のある場所（図 3.3.18、図 3.3.28）と類似した場所の把握

- 図 7、図 8 の①の範囲は、図 3.3.28 の①の場所と同様に、堤防を挟んで浸水深の大きい市街地と不連続となっていて、ガレキのあまり堆積しない場所と考えられるため、津波火災の延焼確率を過大評価していると考えられる。

② 延焼確率の高いメッシュから延焼する可能性のあるメッシュの把握

- 図 7、図 8 の②および図 9、図 10 の③の範囲が該当する。本研究で構築したモデルでは延焼確率の高いメッシュから別のメッシュに延焼する可能性が考慮できていないため、津波火災の延焼確率を過小評価していると考えられる。図 2.1.3 No.10 田の浜地区のように津波浸水域の外側まで延焼しうる。

適用結果の確認にあたっては、モデルの適用に無理がないか、以上のような観点で確認することが必要だと考えられる。

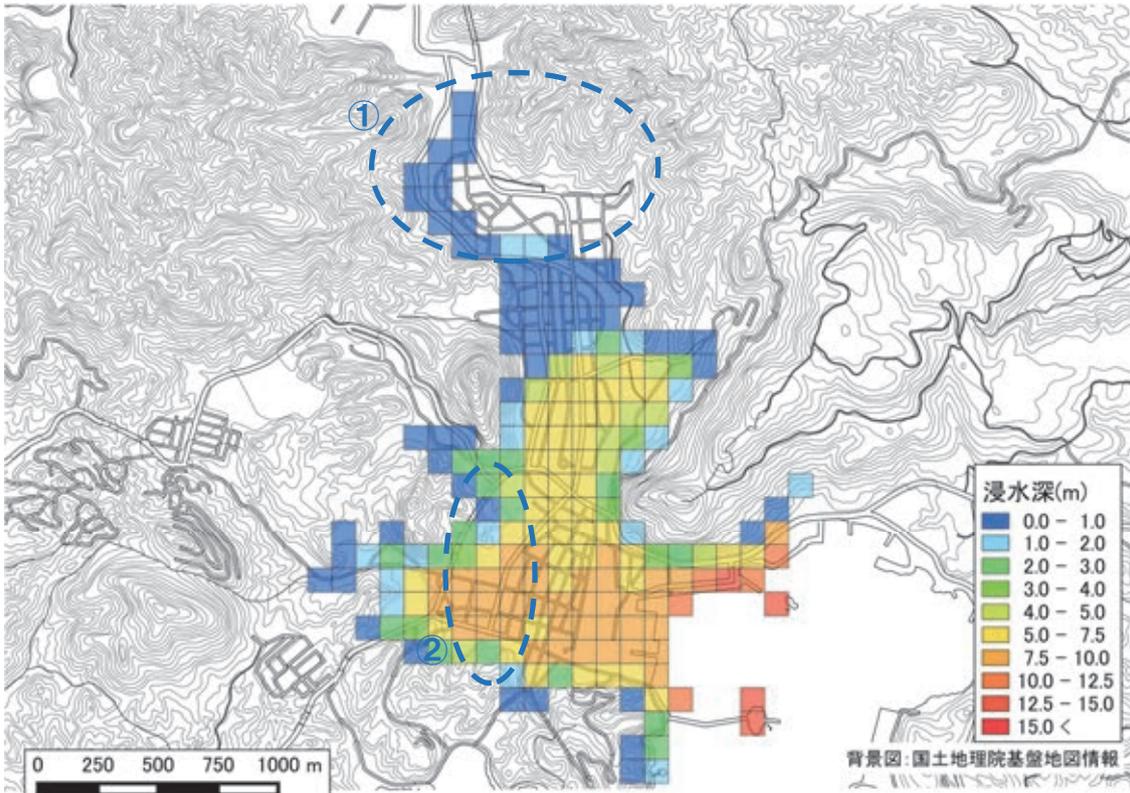


図 7 メッシュ単位の D_w (下田地区、基本ケース 1) ¹⁸⁾をもとに作成

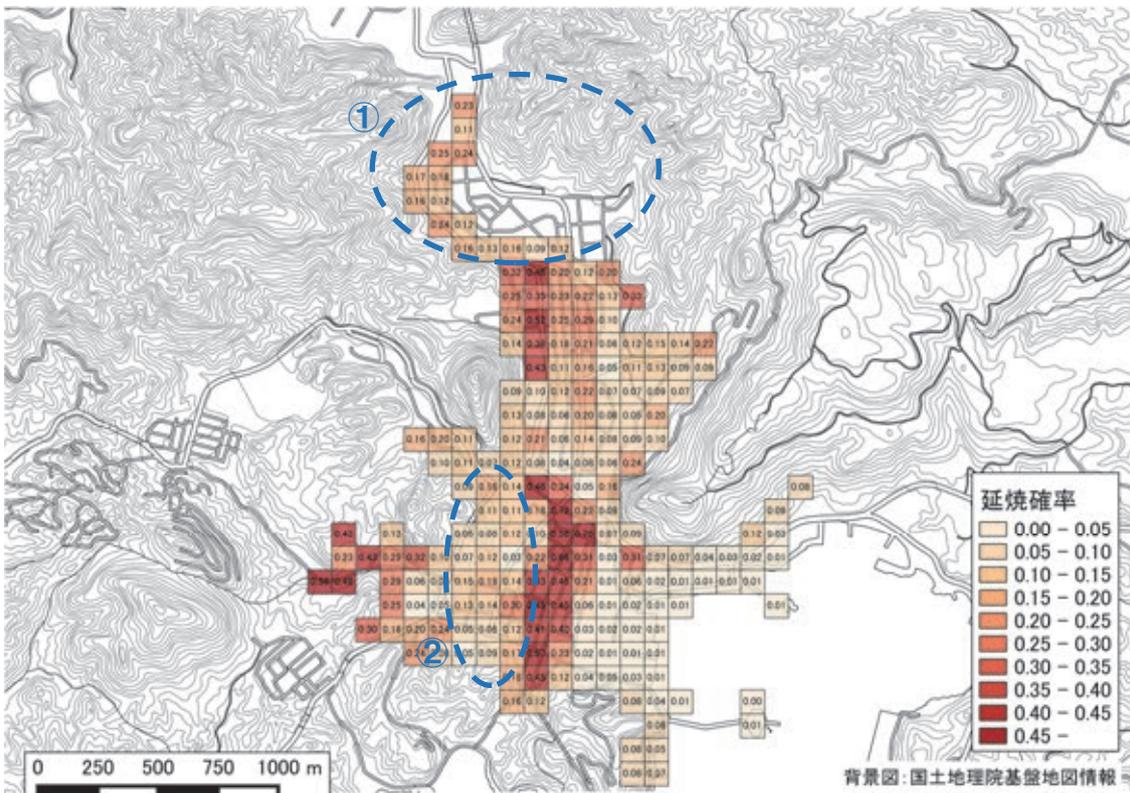


図 8 メッシュ単位の $E[B_f]$ の評価結果 (下田地区、基本ケース 1) ¹⁸⁾をもとに作成

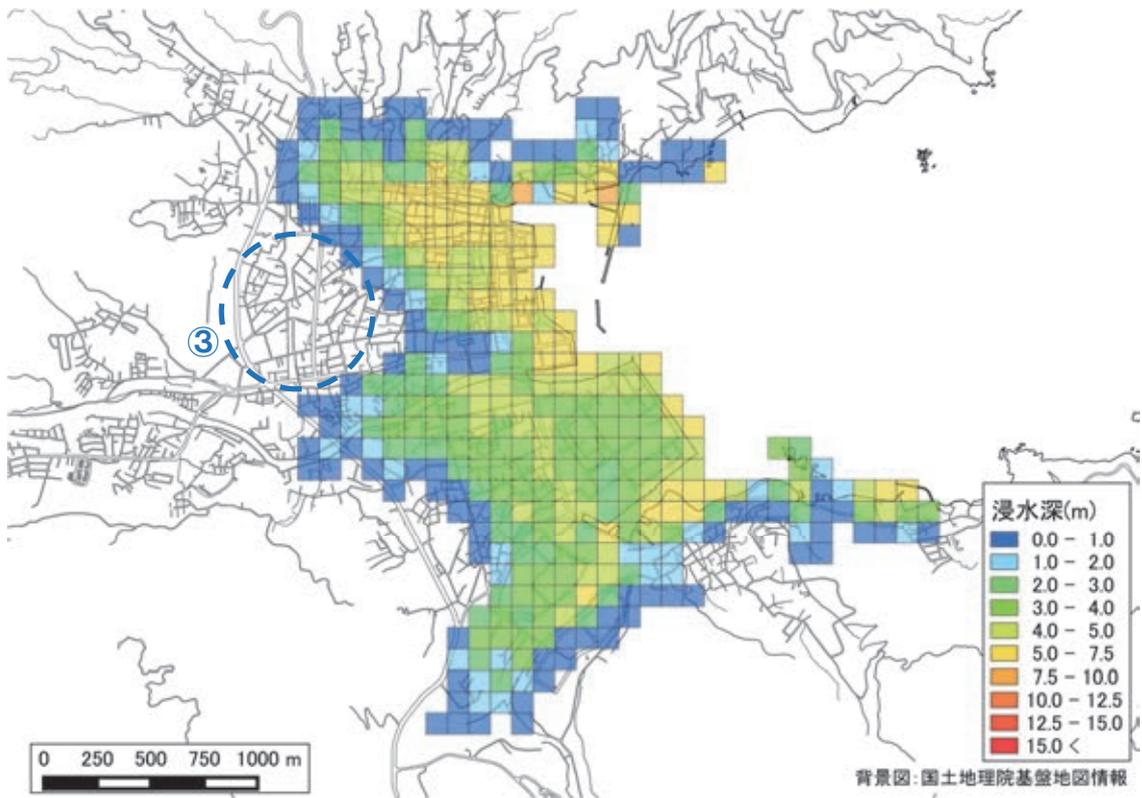


図 9 メッシュ単位の D_w (尾鷲地区、基本ケース 1) ¹⁸⁾をもとに作成

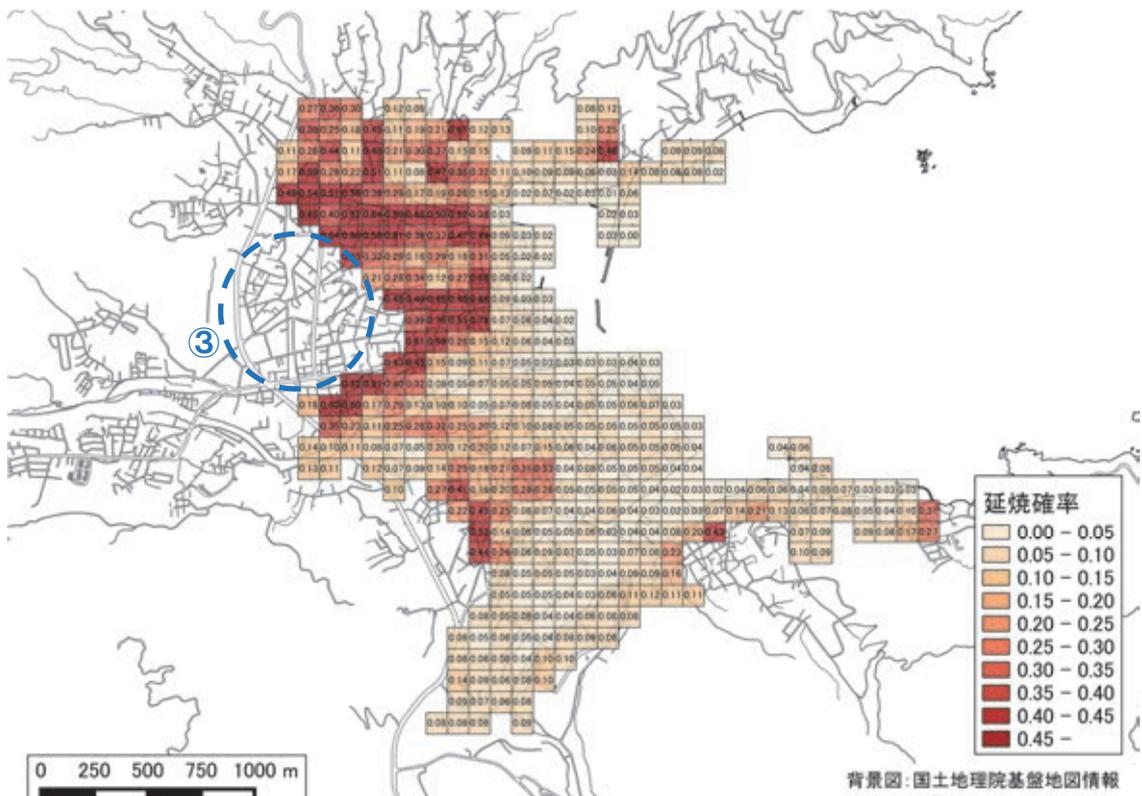


図 10 メッシュ単位の $E[B_f]$ の評価結果 (尾鷲地区、基本ケース 1) ¹⁸⁾をもとに作成

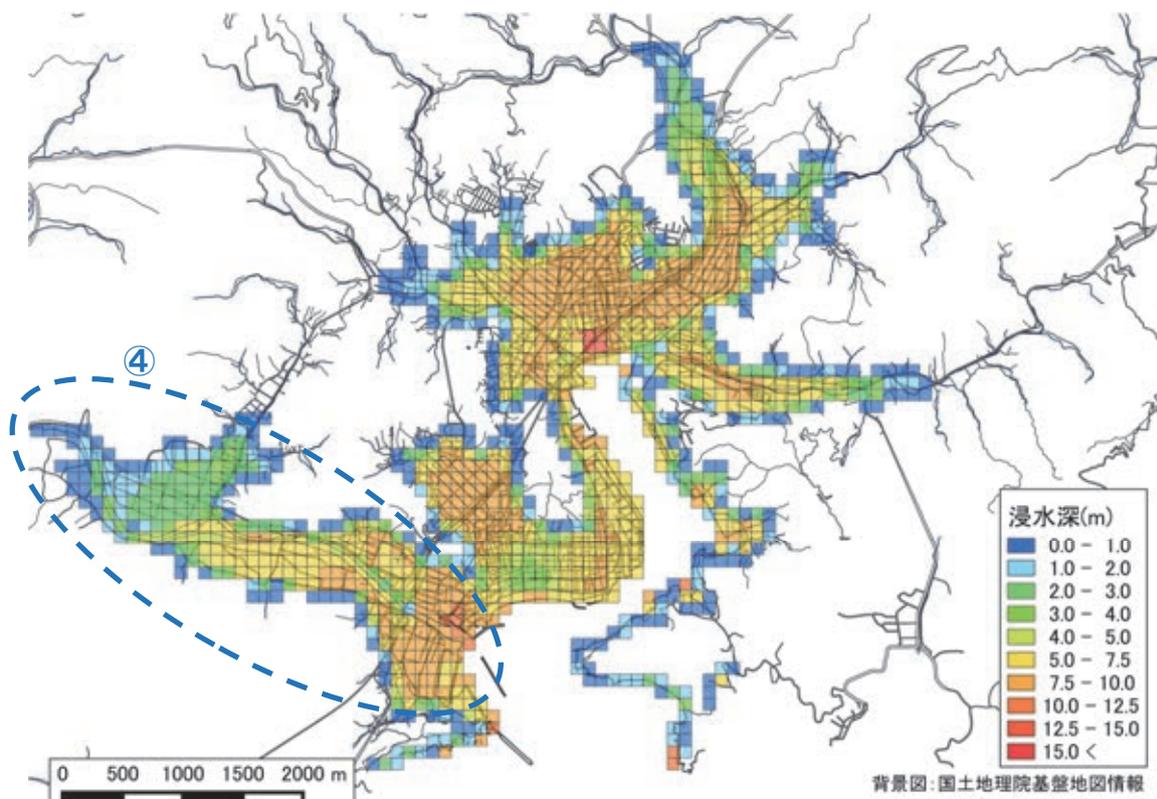


図 11 メッシュ単位の D_w (須崎地区、基本ケース 4) ¹⁸⁾をもとに作成

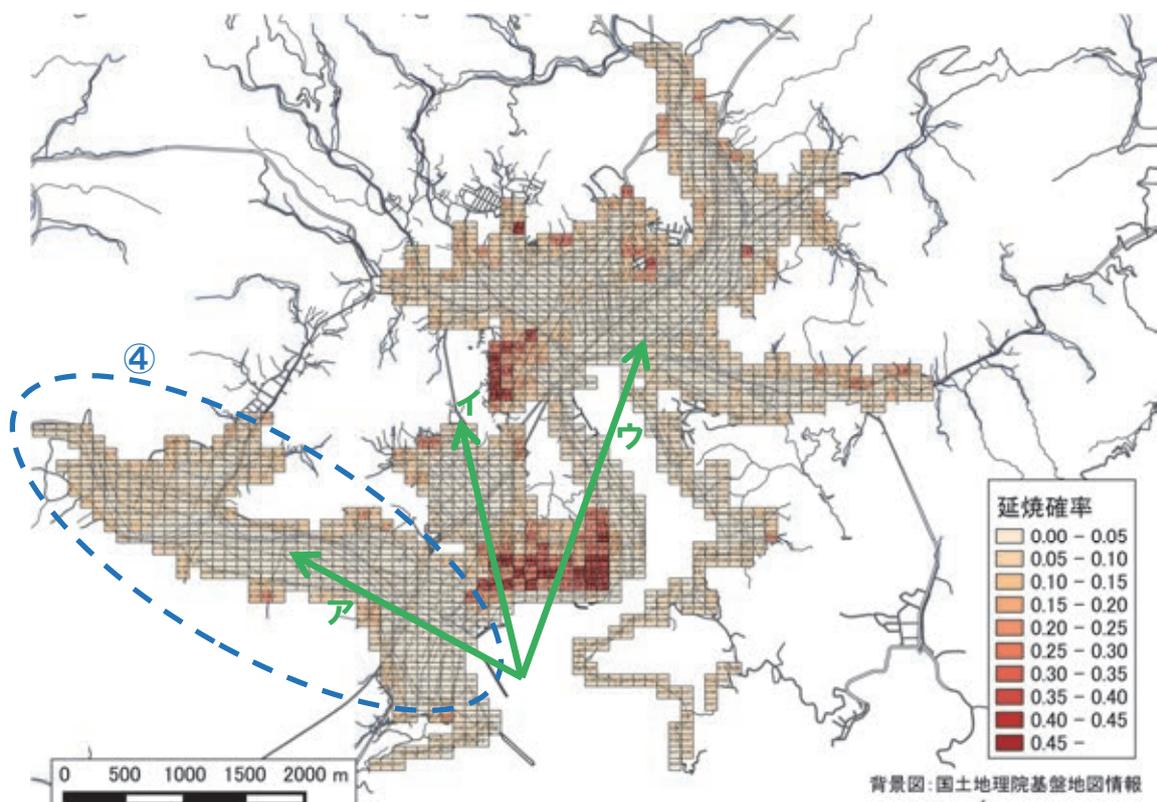


図 12 メッシュ単位の $E[B_f]$ の評価結果 (須崎地区、基本ケース 4) ¹⁸⁾をもとに作成

地震保険研究29

災害科学研究会 火災部会
平成25・26年度報告書

東北地方太平洋沖地震の事例に基づく
津波火災のリスクモデルの構築

平成27年（2015年）11月発行

発行 損害保険料率算出機構（損保料率機構）

〒163-1029 東京都新宿区西新宿3-7-1

TEL 03-6758-1300（代表）

URL <http://www.giroj.or.jp>

印刷 株式会社 三千和商工

〒105-0004 東京都港区新橋6-10-7

