

東日本大震災の事例に基づく津波火災の延焼発生リスクを評価するモデルの構築

名古屋大学 学生会員 ○大江 崇
名古屋大学 正会員 富田 孝史

1. はじめに

津波襲来中に発生して津波の流れによって拡大する、津波後に浸水域で発生して拡大するなどの津波に関連した火災、いわゆる津波火災は 2011 年の東日本大震災、1993 年の北海道南西沖地震などで発生している。津波火災が発生すると災害直後の救助・救援や早期復旧活動を阻害する。また浸水域内での火災のため消火活動が難しく、被害が拡大しやすいという特徴もある。そのため、津波災害リスクを軽減するための事前対策の検討において、津波火災の延焼発生リスクを推定することが重要である。既往の津波火災のリスク評価では、リスク評価対象地点におけるデータのみを使用しているが津波災害においては周辺地域から流入してくる可燃物を考慮することが必要であると考えられる。そのため本研究では、リスク評価対象地点の周辺地域の建物の被災状況を考慮した津波火災の延焼発生リスクを評価するモデルを構築することを目的とした。

2. 研究方法

本研究で構築するモデルは、発生の有無など 2 値の分類で一般的に使用されるロジスティック回帰モデルとした。確率分布にはベルヌーイ分布を設定し、目的変数には津波火災の延焼発生有無 f を用い、延焼発生期待値 $E(f)$ を求めることとした。また、モデルの優劣の判定方法には赤池情報量規準 AIC を用いた。説明変数の候補は既往研究^{1)~3)}を参考に平均浸水深 $Dw[m]$ 、浸水割合 $Aw[\%]$ 、残存建物の面積率 $Rb[\%]$ 、流失建物の面積率 $Wb[\%]$ 、世帯数 NH を挙げ、さらに漂流瓦礫が盛土に捕捉されるという状況を考慮した盛土の有無 Le 、評価対象地点の海側からの瓦礫の流入を考慮して、評価対象域の海側領域における流失建物の面積率 $SWb[\%]$ を加えた。評価対象域の空間解像度は 4 分の 1 地域メッシュ(250m 四方)とした。解析対象域は東日本大震災において大規模な津波火災が複数地点で発生した一方で、同じような津波の作用を受けながらも津波火災が発生しなかった地区がある岩手県山田町、岩手県大槌町、宮城県気仙沼市とした。気仙沼市の気仙沼湾で発生した海面上の火災事例は延焼範囲や海面に拡がった重油の挙動が不明であるため本研究では対象外とした。

3. 結果

表-1 は AIC より最適と判断されたモデルの回帰分析の結果を示している。説明変数の組合せは Dw 、 Le 、 NH 、 SWb 、 Wb となり、 Aw と Rb は有意な説明変数にならなかった。また、標準化偏回帰係数を相対的に比較すると Dw が最も影響度が大きく、その次に SWb が大きいという結果が得られた。

延焼期待値 $E(f)$ の頻度分布(図-1)を見ると、火災発生はその値が 0.01 を超えると見られ、 $E(f)$ が 0.1 を超えると延焼が発生した区画の割合が急激に上昇し、 $E(f)$ が $10^{-0.5}$ を超えると、その割合は約 30% まで上昇した。また、実際に延焼が発生した個々の事例について、延焼期待値 $E(f)$ と延焼面積の関係を見ると(図-2)、延焼面積が大きい事例ほど、 $E(f)$ が 0.1 を超えている区画が多い傾向にあり、またその $E(f)$ の分布は幅広くなっている。比較的小規模な事例($10,000m^2$ 未満)では、 $E(f)$ が $10^{-1.5} \sim 10^{-1.0}$ の範囲に分布していた。これらの結果から、 $E(f)$ が 0.1 を超えると、隣接区画を巻き込んで複数区画にまたがるような($10,000m^2$ 以上)大規模な津波火災に発展する恐れがあり、 $E(f)$ が $10^{-2.0} \sim 10^{-1.0}$ の範囲では、比較的小規模な津波火災が発生する事が推測される。

表-1 最適モデルの回帰分析結果(AIC=237.8)

	偏回帰 係数	標準誤 差	Z 値	P 値	標準化偏 回帰係数
定数項	-4.800	0.573	-8.377	< 2e-16	-4.419
Dw	-0.327	0.107	-3.041	0.002	-1.289
Le	0.942	0.381	2.472	0.013	0.429
NH	0.020	0.005	3.726	0.000	0.554
SWb	0.128	0.037	3.424	0.001	0.867
Wb	0.074	0.030	2.472	0.013	0.559

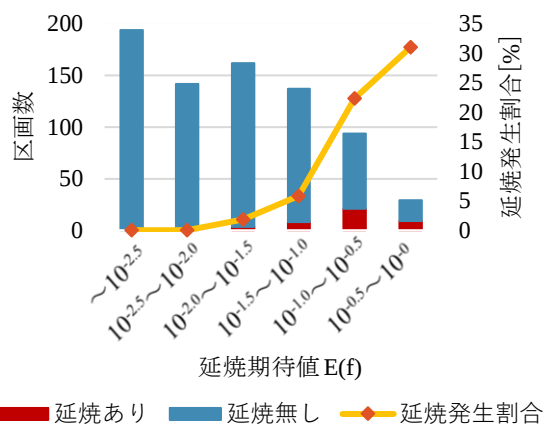


図-1 延焼期待値の頻度分布

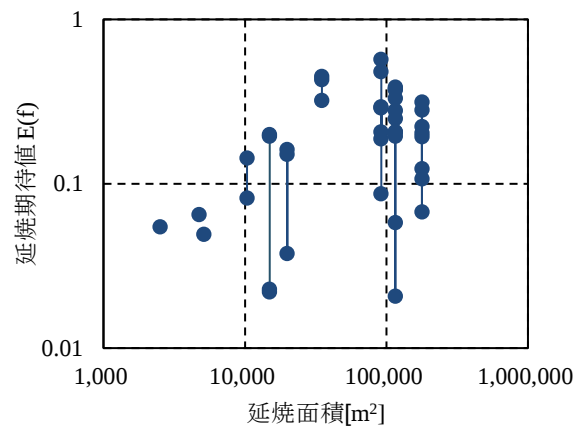


図-2 延焼面積と延焼期待値の関係

4. 考察

最も影響度の大きい平均浸水深 Dw の偏回帰係数は負であり、このことは浸水深が大きいほど津波火災の原因となりうる瓦礫が対象区画から流失しやすく、リスクを軽減させる要因になっていることが考えられる。 Dw に次いで影響度の大きい SWb については、偏回帰係数の符号が正であり津波火災のリスク評価において海側領域における建物の被災状況が重要な役割をもっており、リスク評価対象区画に流入する瓦礫を考慮することの重要性が示されている。 Wb については、紙面の都合により図には示さないが特に大槌町の丘陵地際では Wb 値が顕著に大きくなっており、そこで実際に大規模火災が発生している。この地域では対象区画において流失した建物瓦礫が背後の丘陵地の存在によって対象区画内に残る可能性が高く、その結果可燃物の密度が高くなって延焼リスクが増大したと考えられる。 NH の偏回帰係数の符号が正であることは、世帯数が多いほど可燃物となりうる家財道具や自動車、ガスボンベが多くなることを示していると推察され、リスクを増大させる要因になることが考えられる。 Le については偏回帰係数の符号が正であることから、評価対象区画内の盛土が瓦礫を捕捉し可燃物の密度が高くなることによる延焼リスクの増大に寄与していることが考えられる。しかし、評価対象域区画外の海側に盛土があれば評価対象区画内に流入してくる瓦礫は減量されると考えられ、盛土を考慮しない場合 SWb が過大評価となる可能性があり、評価対象区画外における漂流瓦礫を捕捉しやすい地形や構造物の影響を検討することが必要であると考えられる。

5. 結論

評価対象区画の海側領域における建物の被災状況は津波火災の延焼発生に対し大きな影響を与えることが明らかになった。また、実際に津波火災が発生した区画の延焼期待値の分析から延焼期待値が大きいほど、延焼面積が大きくなる傾向にあり、特に 0.1 を超えている場合は複数区画にわたる大規模な津波火災が発生する可能性があると考えられる。一方で、気仙沼湾において発生した海面上における津波火災のモデル化や丘陵地や河川堤防といったような漂流瓦礫を捕捉しやすい地形や構造物の影響を検討することが今後の課題として挙げられる。

6. 参考文献

- 1) 山本治貴，関澤愛，今津雄吾，野竹宏彰：東北地方太平洋沖地震時の津波火災事例に基づく延焼発生確率と延焼面積に関する回帰モデルの開発に関する研究，日本火災学会論文集，67(2)，57-67，2017。
- 2) 今津雄吾，野竹宏彰，関澤愛，山本治貴：東北地方太平洋沖地震時の津波瓦礫分布調査に基づく局所的津波火災リスク判定手法，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，72(2)，I_1615-I_1620，2016。
- 3) 西野智研，北後明彦：一般化線形混合モデルを用いた津波火災の発生件数の予測手法，日本建築学会環境系論文集，80(718)，1105-1114，2015。