

付録：モデル火山による確率論的火山災害危険度評価の試行

1. 背景・目的

本研究では、過去に噴火した各火山現象による噴出物の分布が再来するという仮定に基づき、全国を対象としてリスク評価を行った。

一方、2015年の第3回国連防災会議で行われた事例など、火山リスク評価をモデリングによる将来事象の予測に基づく事例がみられるようになってきている。

これらは個々の火山に対する詳細な観測記録やシミュレーションが必要となり、日本全国のリスク評価には利用が難しいと考えられる。

ここでは、このようなモデリングによる確率論的火山リスク評価手法の一つの検討事例として、噴火や火口の形成を確率論的に考慮した噴石による被害のリスクに関し、三宅島および伊豆東部火山群を対象とした試算を行った。

2. 確率論的火山災害危険度の考え方

ある火山が想定火口で噴火した場合の対象メッシュ被災率および当該火口の形成確率を乗じる。これを全ての想定火口について計算し合計することにより当該メッシュのある火山の噴火による被災率が求められる。被災世帯数は、求めた被災率を世帯数に乗じることにより推定する。

被災世帯数は、

$$= \left(\sum_{n=1}^{\text{想定火口数}} \text{火口形成確率}n \times \text{対象メッシュ被災率}n \right) \times \text{対象メッシュ世帯数}$$

さらに、上記の「ある火山が噴火した時の噴石被災世帯数」に当該火山の x 年間噴火発生確率を乗じることにより、

x 年間で想定したある火山における噴石被災世帯数

$$= \text{ある火山が噴火した時の噴石被災世帯数} \times x\text{年間の噴火発生確率}$$

を算出することができる。この値を発生確率の想定期間（ x 年）および対象地域の全世帯数で除すことにより、その地域の「年平均噴石被災率」即ち、噴石による確率論的火山災害危険度が得られる。

年平均噴石被災率

$$= \frac{x\text{年間の噴火確率}}{x\text{年}} \times \frac{\text{ある火山が噴火した時の噴石被災世帯数}}{\text{当該地域の全世帯数}}$$

表 付録2. 噴石によるの建物の全壊被災率（木造、非木造）（表4.2.6の再掲）

火口からの距離	建物の全壊被災率
0-1 km	0.17
1-2 km	0.034
2-3 km	0.0079
3-4 km	0.00035

3. モデル火山の選定

モデル火山としては、三宅島と伊豆東部火山群を選定した。

三宅島を選定した理由は、下記①および②、伊豆東部火山群の選定理由は、下記①および③である。

- ① 火口の位置や噴火の痕跡が詳しくわかっているため火口形成分布確率を検討しやすい。
- ② 歴史時代の噴火が多く、噴火の発生間隔を推定しやすい。
- ③ ②火口近傍に人家が多く噴火時の影響が大きくなる。

4. 確率論的火山災害危険度評価の試行

4.1 三宅島

4.1.1 噴火履歴の整理

産業技術総合研究所の「1万年噴火イベントデータ集」¹¹⁹⁾を参考に、三宅島の噴火履歴を整理した。歴史時代以前の噴火の年代は誤差があるため歴史時代の一番古い記録である西暦 832 年の噴火以降のデータを対象とした。なお、噴火の発生間隔の計算にあたっては、噴火活動が複数年に及ぶ場合は、噴火が開始した年を噴火年とした。

三宅島の噴火履歴を表 付録 4.1.1 に、噴火発生間隔を図 付録 4.1.1 に示す。

表 付録 4.1.1 三宅島の噴火履歴

噴火イベント名	年代 (西暦)	噴火年(採用西暦)
2006年噴火-2	2006	2006
2006年噴火-1	2006	2006
2004-05年噴火	2004 → 2005	2004
2000-02年噴火	2000 → 2002	2000
1983年噴火	1983	1983
1962年噴火	1962	1962
1940年噴火	1940	1940
1874年噴火	1874	1874
1835年噴火	1835	1835
1811年噴火	1811	1811
1763-69年噴火	1763 → 1769	1763
1712年噴火	1712	1712
1643年噴火	1643	1643
1595年噴火	1595	1595
1535年噴火	1535	1535
1469年噴火	1469	1469
1154年噴火	1154	1154
1085年噴火	1085	1085
釜根スコリア層噴火	886 → 1154	886
雄山溶岩流・雄山スコリア層・三池爆発角礫岩層噴火	850 → 不明	850
風早スコリア層噴火	832 → 不明	832

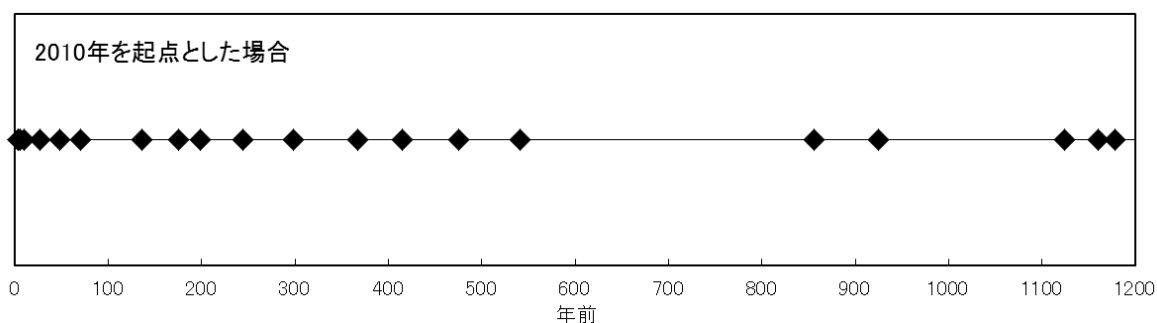


図 付録 4.1.1 噴火の発生間隔（起点：2010 年）

4.1.2 噴火発生確率の計算

三宅島の噴火履歴（表 付録 4.1.1）では、2000 年以降の小規模噴火が含まれることや発生間隔が長い噴火があることから、データの選択により平均発生間隔が大きく異なる。このため、既往研究である（Garcia et al., 2012）¹²⁰⁾と噴火の発生間隔に近い値となるよう歴史時代の全噴火から 2000 年噴火以降の小噴火および噴火間隔 100 年以上の噴火を除外したデータを使用して噴火確率を計算した。

パラメータ等の計算結果を表 付録 4.1.2 に、噴火発生確率を表 付録 4.1.3 に示す。

表 付録 4.1.2 噴火発生確率の計算に用いるパラメータ等

項目	本研究	【参考】 Garcia et al. (2012)
データ概要	発生間隔 10 年以上 100 年未満の噴火	過去 1 万年間
イベント数	16	29
平均噴火間隔 μ	43.6	44.2
ばらつき α	0.45	0.51
経過年数	17	17

表 付録 4.1.3 噴火発生確率の算出結果

年	平均噴火間隔	10	30	50	70	100
本研究	43.6 年	21 %	50 %	68 %	80 %	90 %
Garcia et al. (2012)	44.2 年	20 %	49 %	68 %	80 %	90 %

4.1.3 火口形成確率の計算

本研究の火口形成確率の計算にはカーネル密度推定を用いる。

三宅島の火口形成確率計算を行うため、設定した 170 点の火口について、火口間の距離を計測した（図 付録 4.1.2）。火口間距離の最小値は 39m、最大値は 8,991m、平均値は 3,485m となった。

カーネル密度推定は、ArcGIS の Spatial Analyst のカーネル密度機能を用いて推定した。バンド幅を 3,500m、メッシュ間隔 250m とした場合のカーネル密度推定結果を図 付録 4.1.3 に示す。火口間距離の平均値を参考にバンド幅は 3,500m とした。

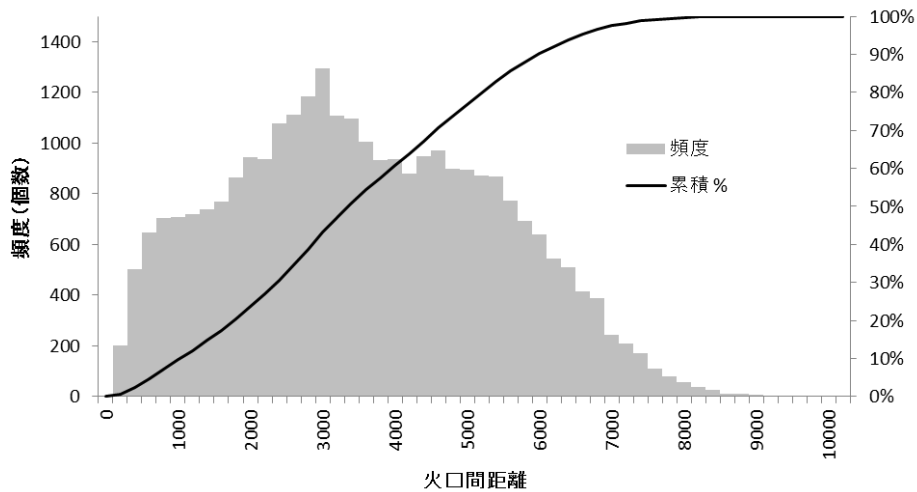


図 付録 4.1.2 三宅島の火口間距離

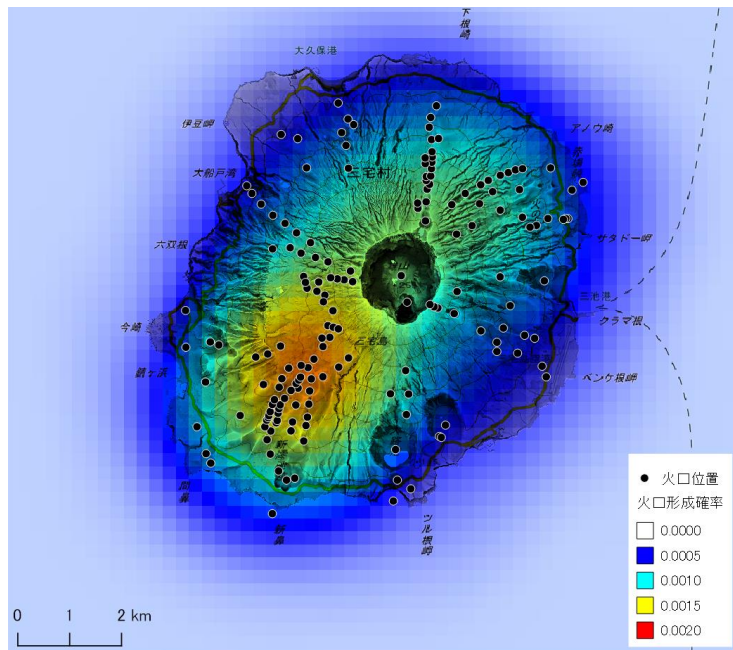


図 付録 4.1.3 三宅島のカーネル密度推定結果

4.1.4 被災危険度の計算

(1) 被災危険度の計算方法

被災危険度を試算するために、各発生確率の条件を次のように設定した。

- ・噴火発生確率は、今後 30 年間の値である 0.50 とする。
- ・火口形成確率は、2km 間隔で噴火位置を想定した 14 地点（陸上部のみ設定）での近傍値から正規化した（図 付録 4.1.4、表 付録 4.1.4）

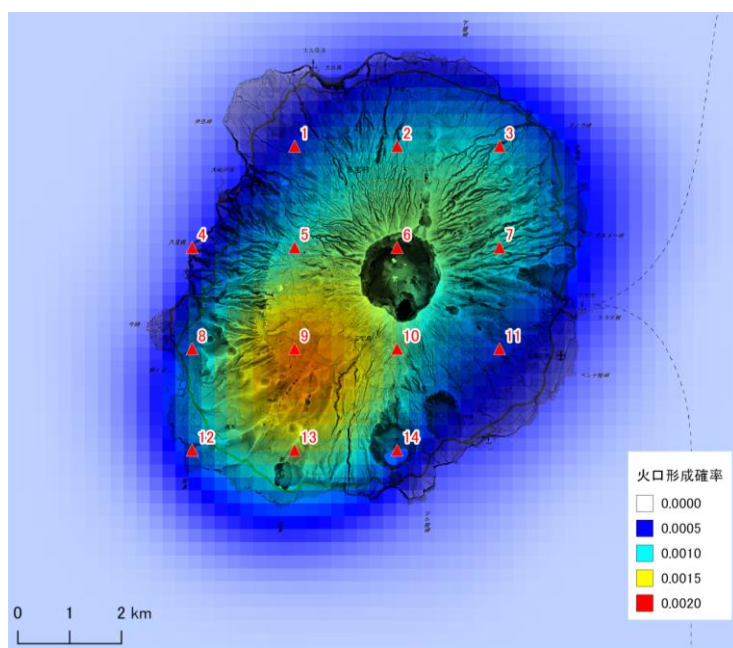


図 付録 4.1.4 想定噴火位置

表 付録 4.1.4 各想定噴火位置の火口形成確率

火口 No.	火口形成確率	火口 No.	火口形成確率	火口 No.	火口形成確率
1	0.0447	6	0.0947	11	0.0418
2	0.0723	7	0.0768	12	0.0559
3	0.0664	8	0.0626	13	0.1007
4	0.0291	9	0.1305	14	0.0537
5	0.0843	10	0.0865	計	1

(2) 被災率の計算結果

三宅島で想定した No.1 から 14 の火口が噴火した場合の確率論的噴石被災率の計算結果を表 付録 4.1.5 に示す。

表 付録 4.1.5 三宅島が噴火した場合の火口別の確率論的噴石被災率計算結果

火口 No.	火口からの距離				火口 No.	火口からの距離			
	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km		0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km
1	0.007599	0.00152	0.000353	0.000016	8	0.010642	0.002128	0.000495	0.000022
2	0.012291	0.002458	0.000571	0.000025	9	0.022185	0.004437	0.001031	0.000046
3	0.011288	0.002258	0.000525	0.000023	10	0.014705	0.002941	0.000683	0.00003
4	0.004947	0.000989	0.00023	0.00001	11	0.007106	0.001421	0.00033	0.000015
5	0.014331	0.002866	0.000666	0.00003	12	0.009503	0.001901	0.000442	0.00002
6	0.016099	0.00322	0.000748	0.000033	13	0.017119	0.003424	0.000796	0.000035
7	0.013056	0.002611	0.000607	0.000027	14	0.009129	0.001826	0.000424	0.000019

4.1.5 被災世帯数の試算

(1) 火口別被災世帯数の試算結果

被災対象は火口から半径 4km の円に含まれる世帯が対象となる。表 付録 4.1.7 に火口別世帯数および被災世帯数の集計結果を示す。

表 付録 4.1.7 火口別の半径 4km 以内の該当メッシュの集計結果

火口No.	メッシュ数 ^{※1}	世帯数 ^{※2}	被災世帯数	火口No.	メッシュ数 ^{※1}	世帯数 ^{※2}	被災世帯数
1	464	706	1.7657	8	398	578	4.7720
2	546	643	1.0815	9	606	769	1.5761
3	438	486	1.0485	10	685	721	0.4812
4	407	770	0.4960	11	507	376	0.7577
5	628	1,029	0.5793	12	311	495	1.9814
6	767	1,027	0.0340	13	444	788	0.9713
7	560	589	0.1673	14	466	499	0.4142
			合計		—	—	16.1262

※1：メッシュ数は世帯数が0のメッシュおよび各火口から4km以内の同一メッシュを含む。

※2：250mメッシュ（1/4地域メッシュ）別世帯数は「平成27年国勢調査に関する地域メッシュ統計」の世帯数を用いた。世帯数は各火口から4km以内の同一メッシュの世帯数を含む。

4.1.6 被災危険度の計算結果

(1) 年平均被災世帯数

4.1.5 で求めた被災世帯数に当該火山の年平均噴火発生頻度を乗じることにより、ある火山における年平均被災世帯数を計算する。

$$\begin{aligned} \text{年平均被災世帯数} &= \text{噴火した場合の被災世帯数} \times \text{年平均噴火発生頻度} \\ &= 16.1262 \times 0.016667 = 0.2688 \end{aligned}$$

$$\text{ただし、年平均噴火発生頻度} = \frac{x\text{年間の噴火発生確率 (0.5)}}{x\text{年 (30)}}$$

(2) 年平均噴石被災率

$$\text{年平均噴石被災率} = \frac{\text{年平均被災世帯数}}{\text{当該地域全世帯数}} = \frac{0.2688}{1,482} \times 1,000 = 0.18 [\%]$$

4.2 伊豆東部火山群

4.2.1 噴火履歴の整理

三宅島と同様に産業技術総合研究所の「1万年噴火イベントデータ集」¹¹⁷⁾を参考に、伊豆東部火山群の噴火履歴を表 付録 4.2.1 に、噴火発生間隔を図 付録 4.2.1 に示す。

表 付録 4.2.1 伊豆東部火山群の噴火履歴

噴火イベント名	年代 (ka) ※	採用年代
1989 年伊東沖海底噴火	0.011	11
岩ノ山-伊雄山火山列噴火	2.7	2700
カワゴ平噴火	3.2 → 3.1	3200
与市坂溶岩流噴火	4	4000
大室山噴火	4.2 → 4	4200

※：年代 (ka) とは kilo annum の略で 1,000 年単位を表す。

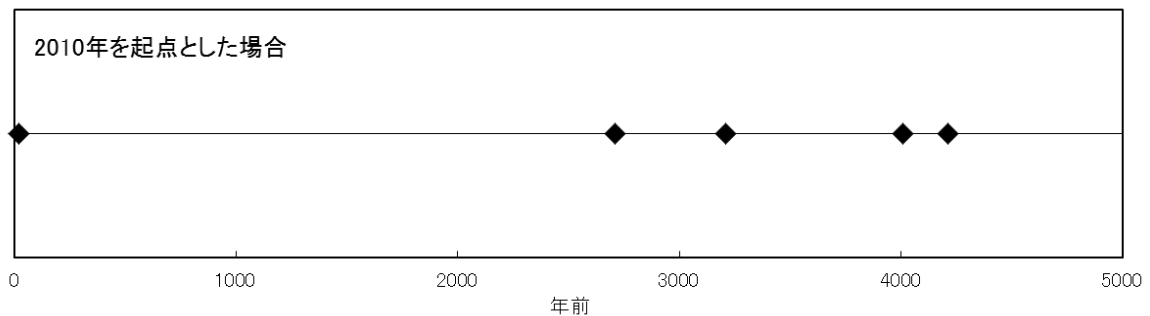


図 付録 4.2.1 噴火の発生間隔 (起点 : 2010 年)

4.2.2 噴火発生確率の計算

計算結果を表 付録 4.2.2 に示す。

表 付録 4.2.2 噴火発生確率の算出結果

伊豆東部火山群	平均噴火間隔	10 年	30 年	50 年	70 年	100 年
	1,047.3 年	1 %	3 %	5 %	6 %	9 %

4.2.3 火口形成確率の計算

カーネル密度推定のバンド幅を決めるため、70 点の火口設定し、三宅島と同様に火口形成確率を計算した（図 付録 4.2.2、図 付録 4.2.3）。

火口間距離の最小値は 264m、最大値は 29,326m、平均値は 11,822mである。火口間距離の平均値を参考にバンド幅はから 12,000mと設定した。

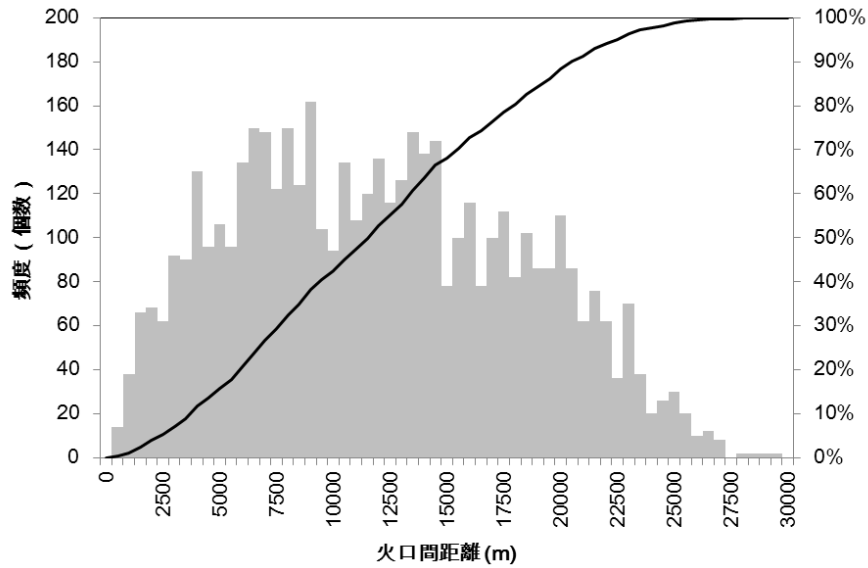


図 付録 4.2.2 伊豆東部火山群の火口間距離

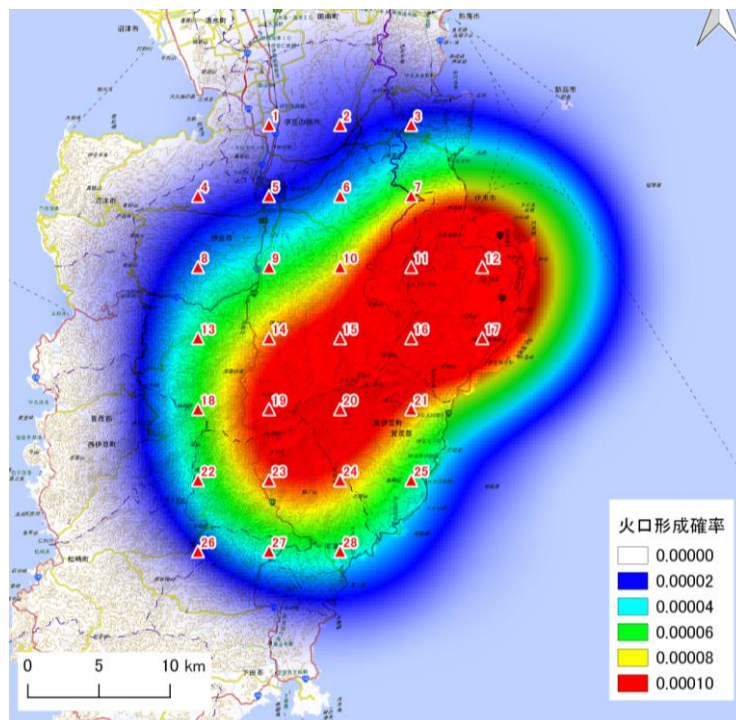


図 付録 4.2.3 想定噴火位置

4.2.4 被災危険度の計算

(1) 被災危険度の計算方法

被災危険度を試算するため、各発生確率の条件を次のように設定した。

- ・噴火発生確率は、今後 30 年間の値である 0.03 とする。
- ・火口形成確率は、5km 間隔で噴火位置を想定した 28 地点（陸上部のみ設定）での近傍値から正規化した（図 付録 4.2.3、表 付録 4.2.3）。

表 付録 4.2.3 各想定噴火位置の火口形成確率

火口 No.	火口形成確率	火口 No.	火口形成確率	火口 No.	火口形成確率
1	0.0052	11	0.0681	21	0.0471
2	0.0105	12	0.0733	22	0.0262
3	0.0105	13	0.0262	23	0.0471
4	0.0052	14	0.0471	24	0.0471
5	0.0105	15	0.0576	25	0.0262
6	0.0157	16	0.0733	26	0.0105
7	0.0366	17	0.0681	27	0.0262
8	0.0157	18	0.0314	28	0.0262
9	0.0262	19	0.0576	計	1
10	0.0419	20	0.0628		

(2) 被災率の計算結果

伊豆東部火山群で想定した No.1 から 28 の火口が噴火した場合の確率論的噴石被災率の計算結果を表 付録 4.2.4 に示す。

表 付録 4.2.4 伊豆東部火山群が噴火した場合の火口別の確率論的噴石被災率計算結果

火口 No.	火口からの距離				火口 No.	火口からの距離			
	0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km		0-1 km	1-2 km	2-3 km	3-4 km
1	0.000884	0.000177	0.000041	0.000002	15	0.009792	0.001958	0.000455	0.00002
2	0.001785	0.000357	0.000083	0.000004	16	0.012444	0.002489	0.000578	0.000026
3	0.001785	0.000357	0.000083	0.000004	17	0.011577	0.002315	0.000538	0.000024
4	0.000884	0.000177	0.000041	0.000002	18	0.005338	0.001068	0.000248	0.000011
5	0.001785	0.000357	0.000083	0.000004	19	0.009792	0.001958	0.000455	0.00002
6	0.002669	0.000534	0.000124	0.000005	20	0.010676	0.002135	0.000496	0.000022
7	0.006222	0.001244	0.000289	0.000013	21	0.008007	0.001601	0.000372	0.000016
8	0.002669	0.000534	0.000124	0.000005	22	0.004454	0.000891	0.000207	0.000009
9	0.004454	0.000891	0.000207	0.000009	23	0.008007	0.001601	0.000372	0.000016
10	0.007123	0.001425	0.000331	0.000015	24	0.008007	0.001601	0.000372	0.000016
11	0.011577	0.002315	0.000538	0.000024	25	0.004454	0.000891	0.000207	0.000009
12	0.012461	0.002492	0.000579	0.000026	26	0.001785	0.000357	0.000083	0.000004
13	0.004454	0.000891	0.000207	0.000009	27	0.004454	0.000891	0.000207	0.000009
14	0.008007	0.001601	0.000372	0.000016	28	0.004454	0.000891	0.000207	0.000009

4.2.5 被災世帯数の試算

三宅島と同様の方法で集計した世帯数および被災世帯数の集計結果を表 付録 4.2.5 に示す。

三宅島では被災自治体が1村のみだったため火口別の被災世帯数をまとめたが、ここでは被災が複数市区町村別にわたるため、市区町村別に集計した。

表 付録 4.2.5 市区町村別の被災世帯数

市区町村 (静岡県)	世帯数※	被災 世帯数	市区町村 (静岡県)	世帯数※	被災 世帯数	市区町村 (静岡県)	世帯数※	被災 世帯数
沼津市	80,661	0.0017	伊豆市	12,136	14,2892	松崎町	2,830	0.0050
熱海市	18,818	0.2188	伊豆の国市	18,642	6.1543	西伊豆町	3,667	0.0004
伊東市	30,422	65.4447	東伊豆町	5,607	5.5478	函南町	14,294	0.0000
下田市	10,384	0.3031	河津町	2,916	5.5576	計	200,377	97.5226

※：被災範囲に存在するメッシュの属する市町の全世帯数

4.2.6 被災危険度の計算結果

(1) 年平均被災世帯数

三宅島と同様に

$$\begin{aligned} \text{年平均被災世帯数} &= \text{噴火した場合の被災世帯数} \times \text{年平均噴火発生頻度} \\ &= 97.5226 \times 0.001 = 0.0975 \end{aligned}$$

(2) 年平均噴石被災率

三宅島と同様に

$$\text{年平均噴石被災率} = \frac{\text{年平均被災世帯数}}{\text{当該地域全世帯数}} = \frac{0.0975}{200,377} \times 1,000 = 0.000487 [\%]$$

地震保険研究34

噴火履歴に基づく
火山災害危険度評価に関する研究

2019年3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>