

人口減少と都市構造の変容が火山防災に及ぼす影響 - 大分県別府市を対象として -

大野 桃菜*・鶴成 悦久**・小林 祐司***

Effect of Population Decline and Changes in Urban Structure on Volcanic Disaster Prevention - A Case Study in Beppu City, Oita Prefecture -

Momona ONO *, Yoshihisa TSURUNARI **, Yuji KOBAYASHI ***

Abstract: In recent years, many natural disasters have occurred. In particular, volcanic disasters are difficult to predict and are still a shallow countermeasure. In addition, the population is declining due to the diffused urban structure, and risks such as disasters, reconstruction costs, and urban development costs are increasing. Therefore, a case study in Beppu city, Oita prefecture, which has analyzed the relationship between urban structure and volcanic disasters during the period of population decline, which has active volcanoes. The purpose is to obtain basic knowledge necessary for volcanic disaster prevention and review of land use. For this purpose, we categorize the changes in population and land use for 20 years from 1995 to 2015 and overlay hazard maps to obtain land trends. Then, the categorization and hazard maps are overlaid to obtain the tendency of the land. As a result, population distribution and land use were diffused in the range where volcanic disasters were expected.

Keywords: 火山防災 (Volcano Disaster Prevention), 都市構造 (Urban Structure),
人口減少 (Population Decline), 土地利用 (Land Use)

1. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

かつて、人口の増加傾向に伴い開発が進められた都市などでは、近年多発している大雨、津波、地震などの自然災害時に脆弱性が明らかになることがある。現在日本では、人口が減少傾向にあり、特に地方都市では、空き家、空き店舗、地域コミュニティ機能の低下など生活に大きな影響が出ている。自然災害が多発し、人口が減少していく中で、今後の都市のあり方について検討が必要となってきた。その一例として、立地適正化計画などの策定が全国で行われている。その中でも、自然災害に対して危険だと予測されている箇所の開発が事前に防げるような対策として、土地利用計画制度の見直しがこれから重要になってくる。土地利用の新たな展開を行う上で、現在に至るまでの人口変化や土地利用変化は把握すべき重要な要素となる。

本稿では、そうした人口変化や土地利用変化を把

握し、相互関係について時空間的に分析を行う。さらに、自然災害の中でも地震、津波、大雨などの対策に比べ意識が低く、近年になって大きな危機管理の見直しが行われた火山災害リスクについて着目し、火山災害時にどの程度の影響が都市へと及ぼされるか類型化を行う。以上から、人口減少期の都市構造と火山災害との関連性を整理し、これからの火山防災と土地利用の見直しに必要となる基礎的知見を得ることを目的とする。

1.2. 既往研究と本研究の位置づけ

本稿では、メッシュデータを用いて人口と土地利用について時空間的に分析を行う。メッシュデータを用いた人口変化に関する研究では、地区の将来人口予測手法の研究(奥村誠, 2005)、首都圏における時空間的人口変化の研究(小池司朗, 2010)、人口と都市的土地利用の可視化に関する研究(清水裕之, 2015)などがある。これらの研究はあくまで人口や

* 学生会員 大分大学大学院工学研究科 (Oita University)

〒870-1192 大分県大分市旦野原 700 番地 E-mail : v19e5003@oita-u.ac.jp

** 正会員 大分大学減災・復興デザイン教育研究センター (Oita University)

*** 正会員 大分大学理工学部創生工学科 (Oita University)

土地利用の分析方法に関する研究であり、これらを用いて火山災害との関わりを分析した研究は少ない。

そこで本稿では、500m メッシュを用いて人口変化と土地利用変化を時空間的に把握し、相互の関係について分析を行い（清水裕之，2015），火山災害と都市構造の関係性と課題点を抽出し、火山防災についての提案を行う。

2. 研究対象地域について

2.1. 研究対象地域の概要

日本にある 111 の活火山のうちのひとつである鶴見岳・伽藍岳を有する大分県別府市を研究対象地とする。全国でも有数の温泉地として知られている別府市の温泉は、典型的な火山性温泉であり、それらは鶴見岳・伽藍岳の火山活動による恩恵されるものである。市街地は火山性扇状地の上に形成されており、明治期から恵まれた観光資源を活かし、温泉観光都市として、戦前と大きくは変わらない街並みで発展を遂げてきた。東西に鶴見岳から別府湾にかけてなだらかな丘陵地が広がっている。人口は 116,585 人、人口密度は 930 人/km²（2020 年 1 月 31 日時点）であり、人口密度の高い地域である。

2.2. 鶴見岳・伽藍岳の概要

鶴見岳・伽藍岳は、南端の鶴見岳（標高 1,375m）から北端の伽藍岳（標高 1,045m）まで約 5 km にわたって溶岩ドームが連なる火山群である。有史以降では、伽藍岳が 771 年に水蒸気噴火を起こし泥流が発生、867 年の水蒸気噴火では泥流、噴石、降灰などがあったとされている。その後、長い間噴火はなかったが、1949 年に鶴見岳の標高 1,100m 付近で多数の噴気孔が出現し、高さ約 10m の噴気を上げているのが発見された。1974 年から翌年にかけては、同じ地点で高さ約 100～150m の噴気が上がり、周囲には小噴石が飛散し、現在も噴気活動が続いている。今後、想定されている火山現象としては、大きな噴石、火砕流、火災サージ、溶岩流、降灰、火山ガス、土石流があげられ、これらをもとに鶴見岳・伽藍岳のハザードマップが作成されている。

3. 人口変化と土地利用変化による地域類型化

3.1. 地域類型化の概要

本稿では、人口と土地利用の 2 点の変化を明らかにした上で類型化を行う。人口の変化では、人口増減を求める際に使用される正規化差指数（以降、NDI）（清水裕之，2015）により分析する。土地利用変化では利用区分の中で都市的土地利用としての建物用地、幹線交通要地（道路、鉄道）を加算して分析を行う。そして、時空間的にどのような変遷を辿ったかを明らかにするために、それぞれのデータを 1995 年から 2015 年の 20 年間を 5 年ごとに整理する。

3.2. 人口構造の変遷

3.2.1. 人口と世帯数の変化

平成 2 年度以降、平成 10 年度までは人口が減少傾向にあり、その後平成 19 年度まではおおむね増加傾向にあった。その後再び人口減少へと転じている。また、人口が減少しているのに反して、世帯数は増加しており、別府市は世帯分離が急速に進んでいる都市といえる（図 1）。

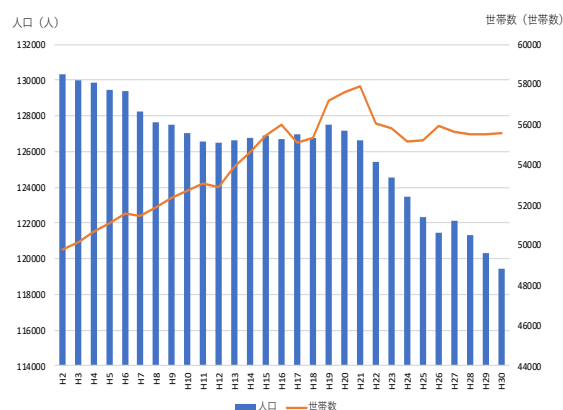


図 1 別府市の人口と世帯数

3.2.2. 人口変化に関する分析手法

立地適正化計画でおおむね 20 年後の都市の展望を定めていることから、総務省統計局地域メッシュ統計の地域メッシュ統計から 1995 年から 2015 年の 20 年分の国勢調査の 4 次メッシュデータ（500m メッシュ）を使用する。

また、本稿で用いる NDI は、人口変化や土地利用の変化などの異なる種類を正規化し同じ尺度として

比較が容易になる特徴を持つ。本稿では、NDI 数値を演算した対称変化率と置き換え、これを人口変化率と呼ぶ。人口変化率が±50%の場合倍増・半減、±20%の場合は2割の増減、±5%はほぼ安定とする。

また、1995 年から 2015 年の 20 年間を 5 年間ごとに分割し、5 つの年代それぞれに対して人口変化率を抽出した。さらに、人口変化率を 8 区分し、分析によって明らかになったメッシュ数と全体に対してのメッシュ数の割合を表 1 に示す。

3.3. 土地利用変化に関する分析手法

1991 年から 2014 年までの土地利用の変遷を把握する。本稿では 500m メッシュ内に含まれる土地利用細分メッシュデータ (100m) を空間的に結合することにより、500m メッシュのデータを作成した。土地利用データの都市的土地利用に関する用地は、1991 年から 2006 年は建物用地、幹線交通用地、その他の用地、2009 年からは建物用地、道路・鉄道、その他の用地となっている。幹線交通用地が 2009 年以降に道路と鉄道で細分化がされた。本稿では、その他の用地を除外し、建物用地、幹線交通用地 (道路、鉄道)のみを都市的土地利用として分析を行う。

その上で、データが存在する年代で都市的土地利

用増減率を明らかにした。表 2 に示すように 1991 年から 2014 年の 23 年間を、5 つの年代ごとに分割し、それぞれに対して都市的土地利用増減率を人口変化率と同様に抽出した。

3.4. 地域類型化

3.4.1. 地域類型化の手法

類型化に伴い、NDI の閾値のなかでも人口変化率が±5%の範囲、土地利用変化率が±5%の範囲を安定とし、変化率が正であれば増加、負であれば減少とし 3 区分に分類した。これらのデータは対象とする年度、期間がそれぞれによって異なるため、便宜上最も近い年度を対応させて分類した。また、類型化した際の名称に用いる年号は国勢調査のデータの人口データに合わせた。表 3 にそれぞれの対応と類型化した際の名称を示す。これにより、人口変化 3 類型と都市的土地利用変化 3 類型の 9 類型ができる (表 4)。本節では、この指標を用いて類型化を行う (清水裕之, 2015)。

3.4.2. 1995 年から 2000 年の類型結果 (図 2)

市中央部から西側にかけて拡大傾向 1 が集積し、別府駅、東別府駅周辺では拡散傾向 1 が多く分布し

表 1 人口変化率

	1995~2000年		2000~2005年		2005~2010年		2010~2015年		1995~2015年	
人口変化率	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合
-100%~-50%	5	0.92%	18	3.33%	18	3.33%	27	4.99%	43	7.95%
-50%~-20%	19	3.51%	23	4.25%	25	4.62%	39	7.21%	36	6.65%
-20%~-5%	50	9.24%	31	5.73%	54	9.98%	61	11.28%	26	4.81%
-5%~+5%	424	78.37%	368	68.02%	387	71.53%	358	66.17%	335	61.92%
+5%~+20%	32	5.91%	36	6.65%	28	5.18%	27	4.99%	27	4.99%
+20%~+50%	9	1.66%	7	1.29%	13	2.40%	13	2.40%	11	2.03%
+50%~+100%	2	0.37%	58	10.72%	16	2.96%	16	2.96%	63	11.65%
合計	541	100%	541	100%	541	100%	541	100%	541	100%

表 2 都市的土地利用増減率

	1991~1997年		1997~2006年		2006~2009年		2009~2014年		1991~2014年	
都市的土地利用増減率	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合	メッシュ数	割合
-100%~-50%	0	0.00%	1	0.18%	0	0.00%	0	0.00%	1	0.18%
-50%~-20%	0	0.00%	23	4.25%	8	1.48%	1	0.18%	13	2.40%
-20%~-5%	0	0.00%	44	8.13%	40	7.39%	20	3.70%	31	5.73%
-5%~+5%	478	88.35%	374	69.13%	442	81.70%	489	90.39%	391	72.27%
+5%~+20%	47	8.69%	59	10.91%	36	6.65%	29	5.36%	43	7.95%
+20%~+50%	16	2.96%	37	6.84%	15	2.77%	2	0.37%	53	9.80%
+50%~+100%	0	0.00%	3	0.55%	0	0.00%	0	0.00%	9	1.66%
合計	541	100%	541	100%	541	100%	541	100%	541	100%

ていることがわかる。以上から、都市的土地利用が拡大していた時期であったといえる。

3.4.3. 2000 年から 2005 年の類型結果（図 3）

市域全体ですべての傾向が混在し、モザイク状となっている。拡大傾向 2 が鶴見岳・伽藍岳の麓に、拡大傾向 1 が別府駅西側に、縮退傾向 2 が東別府駅を中心として集積していることがわかる。以上から、人口、土地利用が拡大しているといえる。

3.4.4. 2005 年から 2010 年の類型結果（図 4）

市域全体で拡大傾向が減り、拡散傾向 1、安定傾向のメッシュが多く分布していることから、人口減少が顕著である。都市の増拡大傾向が収束方向に向かう時期であったといえる。

3.4.5. 2010 年から 2015 年の類型結果（図 5）

市域全体に拡散傾向 1 が広がっていることがわかる。また、集約傾向や安定傾向も多く分布している。一方で、縮退傾向 2 が一部に存在している。以上から、都市が集約傾向にあると捉えることができる。また、拡散傾向 1 が多いことから、広がった都市的土地利用での人口が減り、都市のスポンジ化が懸念される。

3.4.6. 1995 年から 2015 年の類型結果（図 6）

拡散傾向 2、拡大傾向が集中していることがわかる。特に、鶴見岳、伽藍岳の麓に拡大傾向が集中している。拡大傾向を示すメッシュに着目すると主要道路沿いに多く分布していることがわかる。

4. 人口減少期の都市構造と火山災害

前章の結果から、被災が想定される地域が、どの

ような都市構造の傾向にあるのかを把握する。対象とする災害は、ハザードマップに記載されている火山噴出物の溶岩流、火砕流、火砕サージとする。それぞれ被災が想定されるメッシュを対象として、噴出物と人口変化、土地利用変化による類型化のクロス集計を行い、火山防災に対する提案を行う。

4.1. 鶴見岳の火山災害が都市構造に与える影響

図 7 に 1995 年から 2015 年の人口変化と土地利用変化の類型化と鶴見岳火山防災ハザードマップを重ねたものを示す。表 5 に 1995 年から 2015 年の類型化と鶴見岳における被災想定を示す。表 5 より、鶴見岳では 64 メッシュが被災想定に含まれ、溶岩流、火砕流が 19 メッシュ、火砕サージが 26 メッシュとなった。類型別にみると、集約傾向 1 が最も多く、次いで、拡大傾向 2 が多い。ともに人口増加を意味する類型であり、鶴見岳火山防災ハザードマップに含まれるエリアに人口が集積してきたといえる。噴出物別にみると、最も危険度の高い溶岩流では拡散傾向 2 が最も多く、火砕流では集約傾向 1、火砕サージでは拡散傾向 1 となっている。危険度の高い災害種別の被災想定範囲において人口の増加、都市的土地利用の増加がみられる。これらのことから、鶴見岳においては、1995 年から 2015 年までに人口分

表 4 人口変化と都市的土地利用変化による類型

傾向		人口		
		減少	安定 (変化率±5%)	増加
都市的 土地 利用	減少	縮退傾向2	縮退傾向1	集約傾向2
	安定 (変化率±5%)	拡散傾向1	安定傾向	集約傾向1
	増加	拡散傾向2	拡大傾向1	拡大傾向2

表 3 使用データの対応と名称

人口データ	土地利用データ	類型化名称
1995～2000年NDI +	1991～1997年増減率 →	1995～2000年における人口変化と土地利用変化における類型
2000～2005年NDI +	1997～2006年増減率 →	2000～2005年における人口変化と土地利用変化における類型
2005～2010年NDI +	2006～2009年増減率 →	2005～2010年における人口変化と土地利用変化における類型
2010～2015年NDI +	2009～2014年増減率 →	2010～2015年における人口変化と土地利用変化における類型
1995～2015年NDI +	1991～2014年増減率 →	1995～2015年における人口変化と土地利用変化における類型

4.2. 伽藍岳の火山災害が都市構造に与える影響

Figure 1 is a map of the Toyooka area showing the distribution of 10 types of vegetation. The map uses a grid system to categorize different land areas. A legend on the right side of the map identifies the vegetation types by color: Blue for 樹道緑地 2, Purple for 樹道緑地 1, Light Purple for 雑草緑地 1, Green for 安定緑地, Yellow for 集約緑地 1, Orange for 集約緑地 2, Dark Blue for 樹道緑地 2, and so on. The map also shows major roads, rivers, and landmarks like Toyooka Station and Aburahi Station. A scale bar at the top right indicates distances up to 3.75 km.

[illegible][illegible]

5. 総括

[illegible]

図6 1995年から2015年の人口変化と土地利用変化による地域類型

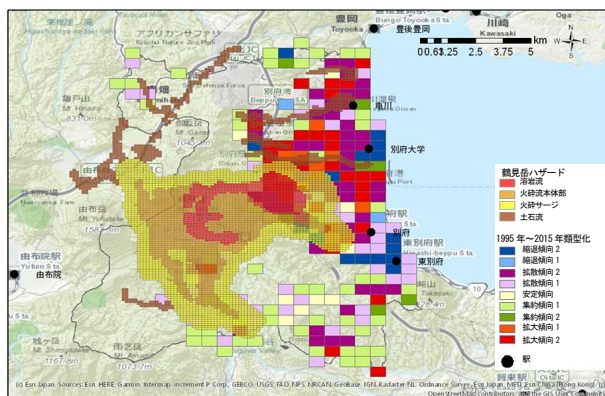


図7 1995年から2015年の人口変化と土地利用変化による地域類型と鶴見岳火山防災ハザードマップ

表5 1995年から2015年の類型化と鶴見岳における被災想定

	溶岩流	火砕流	火砕サージ	総計
縮退傾向2	0 (0.0%)	2 (3.1%)	1 (1.6%)	3 (4.6%)
縮退傾向1	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
拡散傾向2	6 (9.4%)	0 (0.0%)	6 (9.4%)	12 (18.8%)
拡散傾向1	1 (1.6%)	3 (4.7%)	8 (12.5%)	12 (18.9%)
安定傾向	2 (3.1%)	2 (3.1%)	1 (1.6%)	5 (7.8%)
集約傾向1	2 (3.1%)	8 (12.5%)	5 (7.8%)	15 (23.4%)
集約傾向2	1 (1.6%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (1.6%)
拡大傾向1	2 (3.1%)	1 (1.6%)	0 (0.0%)	3 (4.7%)
拡大傾向2	5 (7.8%)	3 (4.7%)	5 (7.8%)	13 (20.3%)
総計	19 (29.7%)	19 (29.7%)	26 (40.6%)	64 (100%)

現在、別府市は20年先の都市の姿を描く立地適正化計画の策定を進めている。しかし、火山噴火は超長期的な周期で発生しているため、長期的な火山防災を検討していかなければならない。今後は、被害の最小化を目指し、平時から市民を巻き込んだ火山防災どう進めていくか具体的な提案を行っていく必要がある。

謝辞

本論は、本学工学研究科修了生（2019年度）・岡美紀氏の修士論文の成果によるところが大きい。記して感謝の意を表する。

参考文献

- 岡美紀（2019）人口減少と都市構造の変容が火山防災に及ぼす影響と課題把握。修士論文，大分大学大学院工学研究科
- 奥村誠（2005）国勢調査データに基づく地区の将来

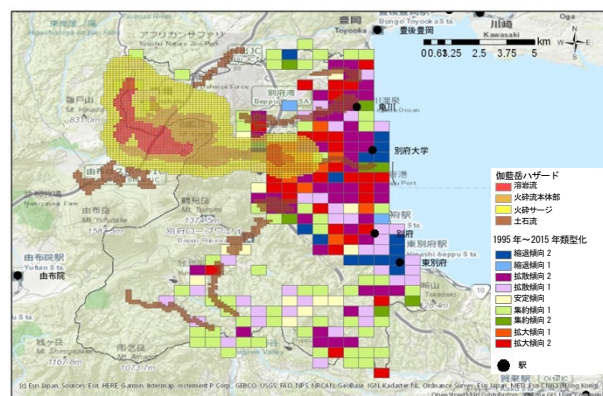


図8 1995年から2015年の人口変化と土地利用変化による地域類型と伽藍岳火山防災ハザードマップ

表6 1995年から2015年の類型化と伽藍岳における被災想定

	溶岩流	火砕流	火砕サージ	総計
縮退傾向2	0 (0.0%)	1 (3.6%)	0 (0.0%)	1 (3.6%)
縮退傾向1	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
拡散傾向2	0 (0.0%)	0 (0.0%)	4 (14.3%)	4 (14.3%)
拡散傾向1	1 (3.6%)	1 (3.6%)	2 (7.1%)	4 (14.3%)
安定傾向	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (3.6%)	1 (3.6%)
集約傾向1	2 (7.1%)	2 (7.1%)	2 (7.1%)	6 (21.4%)
集約傾向2	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
拡大傾向1	0 (0.0%)	1 (3.6%)	3 (10.7%)	4 (14.3%)
拡大傾向2	0 (0.0%)	4 (14.3%)	4 (14.3%)	8 (28.6%)
総計	3 (10.7%)	9 (32.1%)	16 (57.1%)	28 (100%)

人口構成予測手法.「日本都市計画学会論文集」，40(3)，193-198.

小池司朗（2010）首都圏における時空間的人口変化—地域メッシュ統計を活用した人口動態分析—.「人口問題研究」，66(2)，26-47.

清水裕之（2015）標準地域3次メッシュを用いた日本の国土の土地利用の変化と人口・世帯変化の観察と類型化—都市的土地利用に着目して—，「都市計画論文集」，50(1)，107-117

財城真寿美・小口 高・香川雄一・高橋昭子・小池司朗・山内昌和（2005）日本における居住地の分布と地形との関係—GISを利用した市区町村単位の検討—，「2005年度日本地理学会春季学術大会」，188

総務省統計局（2015）地域メッシュ統計. <
<http://www.stat.go.jp/data/mesh/index.html>>