全国における土地利用及び土地利用規制と災害リスクとの関連性に関する経年分析

Time-Series Analysis of Relationships between Disaster Risks and Land Use in addition to Land Use Control throughout Japan

松中 亮治*・大庭 哲治*・中川 大**・森倉 遼太***
Ryoji Matsunaka*, Tetsuharu Oba*, Dai Nakagawa**, Ryota Morikura***

We constructed a database of land use, land use control, and disaster risks in 500 meter grids throughout Japan. These risks included earthquakes, floods and landslides. Then, we calculated population exposure in 2010 and 1975 as an indicator of disaster risks, and analyzed the relationships between population exposure and land use, in addition to land use control.

Throughout Japan, earthquakes risk and floods risk increased, while landslides risk decreased between 1975 and 2010. Excluding in Tokyo, Nagoya, Osaka, the overall disaster risk in the areas that changed from farmland to urban environments between 1975 to 2010, is higher than in the areas that remains urban environments since 1976. Moreover, the overall disaster risk in areas where urbanization is limited is higher than in areas designated for urbanization.

Keywords: Population exposure, Disaster risk, Land use, Grid square statistics, Probabilistic seismic hazard maps
曝露人口, 災害リスク, 土地利用, 地域メッシュ統計, 確率論的地震動予測地図

1. 背景と目的

近年急速に進んだハザードマップの普及により, 災害リスクの高い地域は市町村レベルでは明確になりつつある。一方, 日本全国を俯瞰してどのような特性を持つ地域に災害リスクが集中しているのかを把握することも, 人口減少に伴う今後の都市の再編についての全国的な指針を考える上で参考になると考えられる。

既往研究¹⁾において, 近代からの人口増加により都市が拡大した地域の中には, 災害リスクの高い地域を含む場合もあることが明らかになりつつある。しかしながら, これまでの都市計画による土地利用規制が, 災害リスクの高い地域への居住に対して, 抑制が機能してきたかどうかについては, 明らかにされていない。

そこで本研究では, 一般に公開されている地震・洪水・土砂災害に関するデータをもとに, 災害リスクの指標として曝露人口を2分の1地域メッシュ単位で日本全国を対象に過去と現在の2時点において算出する。その上で土地利用の変遷及び土地利用規制に関係する都市計画上の区分と, 災害リスクとの関連性を経年的に明らかにすることを目的とする。

2. 既往研究のレビューと本研究の特徴

土地利用や都市計画などと災害リスクとの関連に着目した研究としては, 小野田ら²⁾の全国71自治体の土地利用の変遷と洪水時の浸水域との関連に着目したもの, 平田³⁾の東京の土地利用の変遷と地震時の建物倒壊危険度・火災危険度との関連に着目したもの, 鈴木ら⁴⁾の人口・社会基盤施設の分布と首都直下地震の想定震度との関連に着目したもの, 姥浦⁵⁾の東日本大震災での被害状況を都市計画法による区分別に論じたもの, 藤本⁶⁾の首都圏の災害弱者と地

震・津波リスクとの関連に着目したもの, などが挙げられる。しかし, いずれも単一の都市や近接するいくつかの都市などに範囲を限定するか, 単一の災害についてのみ検討したものであり, 全国的かつ複数の災害を対象とした研究はない。

一方, 日本全国を対象として災害リスクの把握を試みた研究としては, 池永ら⁷⁾が全国で地震・洪水・土砂災害の現在と将来の曝露人口を1kmメッシュ単位で算出したものが挙げられる。また猪原ら⁸⁾も全国で生活の質指標(QOL)を算出する中で, 安全安心性の一部として地震と洪水による余命損失を算出している。しかしながら, 過去と現在の2時点で災害リスクを経年的に明らかにした研究はない。

以上の既往研究を踏まえ, 本研究には以下の2点の特徴がある。

- ・日本全国を対象に, 災害リスクに関するデータベースを統一的に構築し, 災害リスクの指標として曝露人口を, 地震・洪水・土砂災害について, 過去と現在の2時点で, より詳細な500mメッシュ単位で算出している点。
- ・全国を対象として, 土地利用及び土地利用規制に関係する都市計画上の区分と, 災害リスクとの関連性を経年的に分析している点。

3. データベースの構築

本研究では, 日本全国を約500m四方の1,523,033メッシュに分割し, 分析単位とする。各メッシュの災害リスクと土地利用及び都市計画上の区分などの特性(以下, 「地域メッシュ特性」と呼ぶ)に関するデータを収集し, GISを用いてデータベースを構築する。

* 正会員 京都大学大学院工学研究科 (Kyoto University)

** 正会員 富山大学大学院理工学研究部 (University of Toyama)

*** 正会員 国土交通省 (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)

(1) 災害リスクに関するデータ

本研究では、災害リスクに関するデータとして、日本全土を範囲として提供されている地震・洪水・土砂災害のデータを用いることとする。

地震に関するデータは、地震調査研究推進本部⁸⁾より提供されている全国地震動予測地図のうち確率論的地震動予測地図を用いる。このデータは「一定の期間内に、ある地点が、ある大きさ以上の揺れに見舞われる確率」を250mメッシュ単位で算出したものである⁹⁾。本研究では2013年版（モデル1・全ての地震を含む・平均ケース）において、再現期間を約100年（期間50年・確率39%）で固定したときの地震動の強さ（震度）の分布データを用い、各メッシュに占める震度階級別の面積を算出する。

洪水に関するデータは、国土数値情報¹⁰⁾より提供されている浸水想定区域データを用いる。このデータでは、洪水予報河川および水位周知河川のうち、河川管理者により浸水想定区域図が作成された河川の浸水想定区域が、河川別・浸水深別にポリゴン化されている。ただし浸水想定は河川ごとにされているため、想定条件となる大雨の再現期間は10年のものから100年を超えるものまでばらつきがある。しかし収録されている浸水想定区域図は各河川につき1つのみであるため、本研究ではすべての河川について上記の浸水想定区域データを用いてメッシュごとに浸水想定区域に含まれる面積を浸水深（5段階）別に算出する。

土砂災害に関するデータは、国土数値情報¹⁰⁾より提供されている土砂災害危険箇所データを用いる。このデータには土石流・崖崩れ・地すべり・雪崩に関する11種類の危険箇所についてその範囲と種別が収録されている。しかし種別によっては多くの都道府県により指定されていないものがあるため、本研究ではすべての都道府県で土石流・崖崩れ・地すべりの各危険種別データが存在するように留意しつつ「土石流危険渓流」・「土石流危険区域」・「急斜面地崩壊危険箇所」・「急斜面地崩壊危険区域」・「地すべり危険箇所」・「地すべり危険区域」の6種別のみを用いる。このデータを用いてメッシュごとに危険箇所に含まれる面積を算出する。

(2) 地域メッシュ特性に関するデータ

地域メッシュ特性の指標として、本研究では「人口」・「人口集中地区（DID：Densely Inhabited Districts）」・「都市計画法の地域区分」・「土地利用」・「(属する)都市圏の規模」を用いる。用いたデータの一覧を表-1に示す。人口、DID、土地利用のデータに関しては、経年変化を扱うため過去（昭和50年前後）と現在（平成22年前後）の2時点を用いる。

DIDについては、DID内外の人口が平成22年国勢調査の結果に概ね一致するように、面積の30%以上がDIDに含まれるメッシュを「DID内」、それ以外を「DID外」に分類する。

都市計画法の地域区分でも同様に、「市街化区域」・「市街化調整区域」・「非線引き用途地域」・「非線引き白地地域」・

表-1 地域メッシュ特性に関するデータの一覧

地域メッシュ特性	使用したデータ		
	発行元とデータ名	データ形式	対象年
人口	国勢調査に関する地域メッシュ統計	500mメッシュ	昭和50年 平成22年
DID	国土数値情報 人口集中地区データ	ポリゴン	昭和50年 平成22年
都市計画法の地域区分	国土数値情報 都市地域データ	ポリゴン	平成23年
土地利用	国土数値情報 土地利用細分メッシュデータ	100mメッシュ	昭和51年 平成21年
都市圏	社会資本整備審議会 都市再生ビジョン（平成15年）をもとに市町村情報を更新	市町村	平成22年

「都市計画区域外」の5区分に、区分別の人口が国勢調査の結果に概ね一致するよう面積の割合を定め、メッシュを分類する。

土地利用は、2時点での土地利用種別を統一した上で、メッシュ内の面積が最大となる土地利用種別（「水域」を除く）を当該メッシュの土地利用とする。なお全域が「水域」であるメッシュの土地利用は「水域」とする。

都市圏は、メッシュ内の面積が最大となる市町村の属する都市圏とする。都市圏は平成15年の「都市再生ビジョン」¹¹⁾で設定されている88都市圏を基に、平成22年時点の市町村に更新した上で、新たに政令指定都市となった市が属する都市圏は政令指定都市圏に再分類する。

(3) 曝露人口・曝露メッシュ割合の算出

本研究では、災害リスクの指標として「ある災害の所定のレベルに曝される人数」と定義される曝露人口を用いる。曝露人口の基礎は、能島¹²⁾が「所定の震度レベルに曝される人数」として提案した震度曝露人口である。この震度曝露人口はその後洪水などの他の災害において拡張され、さらに人口の代わりに重要基盤施設などを用いた曝露数量としても扱われている¹³⁾。

本研究では、曝露人口を以下に示す式-1によりメッシュ単位で求める。

$$E_{ijk} = P_i \times \frac{Ah_{ijk}}{Al_i} \quad \text{式-1}$$

E_{ijk} ：メッシュ*i*の災害種別*j*（被害レベル*k*以上）の曝露人口

P_i ：メッシュ*i*の人口

Al_i ：メッシュ*i*の陸地面積

Ah_{ijk} ：メッシュ*i*の災害種別*j*（被害レベル*k*以上）に曝される面積

ただし本研究では、ある災害・ある被害レベルに曝される地域は年代によって変化しないと仮定し、過去の曝露人口算出にも、現在の確率論的地震動予測地図・浸水想定区域データ・土砂災害危険箇所データを用いる。

なお、被害レベルに関しては池永⁹⁾の研究の「生活被害レベル」と「住居被害レベル」を用いる。災害別の生活被害レベルと住居被害レベルの基準を表-2に示す。またメッシュの各災害の同じ被害レベルの曝露人口を合計した値を、各災害を総合した曝露人口（以下、「総合曝露人口」と呼ぶ）とする。ただし合計値がメッシュ内の人口より大き

表-2 被害レベルの基準

被害レベル	地震	洪水	土砂災害
生活被害レベル	震度5強以上	浸水(浸水深問わず)	危険箇所内
住居被害レベル	震度6弱以上	浸水深50cm以上	

くなった場合、人口を総合曝露人口とする。

4. 全国の災害別曝露人口の経年変化

全国で算出した各災害の過去と現在の曝露人口を図-1に、総人口に占める曝露人口の割合を図-2に示す。

まず地震に関しては、震度5強以上に曝露する人口は平成22年時点で1億人を超え、全人口の78.9%、震度6弱以上に曝露する人口は全人口の45.0%を占め、約5,757万人を数える。また昭和50年と比較して、震度5強以上で約1,712万人、震度6弱以上で約943万人増加している。さらに総人口に占める割合でも、震度5強以上で3.7%、震度6弱以上で1.9%増加しており、地震に対して危険な地域に居住する人の割合が増加したと言える。

洪水に関しても、浸水の恐れがある地域に居住する人口が平成22年時点で約3,602万人(全人口の28.1%)、浸水深50cm以上に曝露する人口が約2,612万人(全人口の20.4%)存在する。また昭和50年と比較して、浸水に曝露する人口は約507万人、総人口に占める割合は0.4%増加しており、洪水に対しても危険な地域に居住する人が増加していると言える。

図-1 災害の曝露人口 (全国)

図-2 総人口に占める各災害の曝露人口 (全国)

土砂災害に関しては、約712万人から約604万人(全人口の4.7%)に減少しており、土砂災害のリスクは減少していると言える。

次いで、生活被害レベルでの各災害の曝露人口の分布を図-3に示す。地震では、太平洋側と日本海側で顕著な違い

図-3 生活被害レベルにおける各災害の曝露人口の分布 (H22)

がみられる。また、太平洋側でも特に3大都市圏では、曝露人口の高い値を示すメッシュが広範囲に分布している。洪水においても、河川の下流域にあたる3大都市圏で曝露人口の高い値を示すメッシュが確認できるが、その範囲は地震と比較すると限定的といえる。一方、土砂災害では、曝露人口の高い値を示すメッシュは確認できないものの、全国的に広範囲に分布していることが確認できる。

5. 土地利用の変遷による分類を用いた分析

図4に土地利用の変遷による分類ごとに平成22年の人口に占める曝露人口の割合を示す。土地利用の変遷による分類では、メッシュをまず都市圏の規模により4分類する。つぎに昭和50年頃・平成22年頃の土地利用とDIDを用いてそれぞれ「都市的土地利用(DID内)」・「都市的土地利用(DID外)」・「農業的土地利用」・「未利用」に細分類する。ただし一部の分類を統合し、全36分類とする。また同じ都

図-4 経年的な土地利用による分類別の曝露人口の割合（左上:地震 左下:洪水 右上:土砂災害 右下:総合）

市圏規模の9分類間で災害ごとにカイ二乗検定によって比率を多重比較（有意水準を Bonferroni 法によって調整）した結果（統計的有意性を示す p 値）を表-3 に示す。

まず「三大都市圏」の各区分についてみると、総合曝露人口の割合が「昭和 50 年頃：都市的土地利用（DID 内）→平成 22 年頃：都市的土地利用（DID 内）」を筆頭にいずれの分類においても軒並み高い。また、生活被害レベルよりも住居被害レベルの割合が高い。このことから、「三大都市圏」では旧来からの市街地を中心に地震・洪水・土砂災害に見舞われる確率が高い地域が広がっており、人口の増加によって災害リスクがさらに増加していると言える。これは、主に地震曝露人口の割合が高いことに因る。また「三大都市圏」のうち「平成 22 年頃：都市的土地利用（DID 外）」の各区分の中では、「昭和 50 年頃：農業的土地利用」の方が「昭和 50 年頃：都市的土地利用」より地震・洪水・総合の各曝露人口の割合が有意に高い。すなわち三大都市圏のあまり発達していない居住地の中では、旧来からの居住地より新たに農地から転換された居住地の方が災害に遭う可能性が高いと言える。

「政令指定都市圏」の各区分についてみると、「平成 22 年頃：都市的土地利用（DID 内）」の各区分の中では、「昭和 50 年頃：農業的土地利用」の方が「昭和 50 年頃：都市的土地利用」の 2 つの区分より地震・洪水・総合の曝露人口の割合が有意に高い。また、「平成 22 年頃：都市的土地利用（DID 外）」の各区分の中でも同様のことが言える。す

なわち従来からの市街地より農地から新たに市街化した地域の方が被災する確率が高いと言える。

さらに、「地方都市圏」の各区分についてみると、「平成22年頃：都市的土地利用（DID内）」の各区分の中では、「昭和50年頃：農業的土地利用」が「昭和50年頃：都市的土地利用」の2つの区分より洪水・総合の曝露人口の割合が高く、地震の曝露人口の割合も最も高い「昭和50年頃：都市的土地利用（DID外）」に近い。また、「平成22年頃：都市的土地利用（DID外）」の各区分の中では、「昭和50年頃：農業的土地利用」の方が「昭和50年頃：都市的土地利用」の区分より地震・洪水・総合の曝露人口の割合が有意に高い。すなわちこれらの規模の都市圏でも、従来からの市街地より農地から新たに市街化した地域の方が災害に遭う確率が高いと言える。

最後に、「都市圏外」の各区分についてみると、「平成22年頃：都市的土地利用（DID内）」の各区分の中では、「昭和50年頃：都市的土地利用（DID外）」において、地震・総合の曝露人口の割合が高い。また、他の都市圏と比較して、総合の曝露人口の割合に占める住居被害レベルの割合が高いと言える。

これらは、新たな市街地の開発が旧来からの市街地以上に、地震・洪水のリスクが比較的高い平地を中心として進んだためと考えられる。一方、三大都市圏では平地は開発が進んでおり、新たな開発の余地は少なく、また丘陵地でも開発が進んだことため、新旧の市街地の災害リスクの大

表-3 経年的な土地利用による分類別の曝露人口の割合についての多重比較結果 (p 値)

凡例(値はすべてp値)

震度5強以上	震度6弱以上	浸水	浸水深50cm以上
土砂災害		生活被害レベル	住居被害レベル

1%有意
5%有意

※Bonferroni法により調整しているため、
p値は1を超える場合がある。

[illegible][illegible]

図5 都市計画上の区分による分類別の曝露人口の割合 (左上:地震 左下:洪水 右上:土砂災害 右下:総合)

小関係が他の規模の都市圏とは異なる傾向を示したと考えられる。また、政令指定都市圏では、昭和50年頃に未利用地の区分に該当する場合、平成22年頃の都市的土地利用がDIDの内外を問わず、総合曝露人口の割合（特に、住居被害レベルの曝露人口の割合）が経年的に減少していることがわかる。

6. 都市計画上の区分による分類を用いた分析

図5に都市計画に関する分類ごとの人口に占める曝露人口の割合を示す。都市計画に関する分類では、メッシュをまず前項と同様に都市圏の規模により4分類した後、都市計画法の地域区分によってそれぞれ5分類する。さらに「市街化区域」と「市街化調整区域」については、昭和50年以降の人口の増減で分類して全28分類とする。また前項と同様に同じ都市圏規模の7分類間で災害ごとに比率を多重

比較した結果（統計的有意性を示すp値）を表4に示す。

まず「三大都市圏」の各区分の総合曝露人口の割合についてみると、市街化区域の方が市街化調整区域より高い。

次に「政令指定都市圏」、「地方都市圏」、「都市圏外」の各区分の総合曝露人口の割合についてみると、市街化調整区域の方が市街化区域より有意に高い。特に住居被害レベルの総合曝露人口の割合は、政令指定都市圏で20%以上、地方都市圏でも3%以上高くなっている。また「政令指定都市圏」、「地方都市圏」では災害別の曝露人口の割合で見ても、地震、洪水、土砂災害の3災害とも市街化調整区域の方が市街化区域より有意に高い。さらに「政令指定都市圏」、「都市圏外」の市街化調整区域では人口増のメッシュの方が人口減のメッシュよりも総合曝露人口の割合が高い。

また、いずれの都市圏においても、市街化調整区域（人口減）、非線引き白地地域、都市計画区域外に該当する場合、

表-4 都市計画上の区分による分類別の曝露人口の割合についての多重比較結果 (p 値)

凡例(値はすべてp値)

震度5強以上	震度6弱以上	浸水	浸水深50cm以上
土砂災害	生活被害レベル	住居被害レベル	

1%有意
5%有意

※Bonferroni法により調整しているため、
p値は1を超える場合がある。

	市街化区域 (人口減)	市街化調整区域 (人口増)	市街化調整区域 (人口減)	非線引き用途地域	非線引き白地地域	都市計画区域外	三大都市圏
市街化区域 (人口減)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化区域 (人口増)
市街化調整区域 (人口増)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化区域 (人口減)
市街化調整区域 (人口減)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化調整区域 (人口増)
非線引き用途地域	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化調整区域 (人口減)
非線引き白地地域	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	非線引き用途地域
都市計画区域外	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	非線引き白地地域
政令指定都市圏	市街化区域 (人口増)	市街化区域 (人口減)	市街化調整区域 (人口増)	市街化調整区域 (人口減)	非線引き用途地域	非線引き白地地域	
市街化区域 (人口減)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化区域 (人口増)
市街化調整区域 (人口増)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化区域 (人口減)
市街化調整区域 (人口減)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化調整区域 (人口増)
非線引き用途地域	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化調整区域 (人口減)
非線引き白地地域	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	非線引き用途地域
都市計画区域外	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	非線引き白地地域
都市圏外	市街化区域 (人口増)	市街化区域 (人口減)	市街化調整区域 (人口増)	市街化調整区域 (人口減)	非線引き用途地域	非線引き白地地域	
市街化区域 (人口減)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化区域 (人口増)
市街化調整区域 (人口増)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化区域 (人口減)
市街化調整区域 (人口減)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化調整区域 (人口増)
非線引き用途地域	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	市街化調整区域 (人口減)
非線引き白地地域	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	非線引き用途地域
都市計画区域外	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	非線引き白地地域

地震曝露人口の割合や総合曝露人口の割合(特に、住居被害レベルの曝露人口の割合)が経年的に増加していることがわかる。

7. 結論

本研究では、日本全国を対象に、地震・洪水・土砂災害という複数の災害と土地利用、土地利用規制に關係する都市計画上の区分についてデータベースを構築した。

そして、災害リスクの指標である曝露人口を過去と現在の2時点で算出し、経年的に比較した結果、全国で震度5強以上に遭う可能性のある人口の割合が1.9%、浸水の恐れがある地域に居住する人口の割合が0.4%それぞれ増加しており、地震・洪水のリスクが増加、土砂災害のリスクが減少していることを定量的に示した。

さらに、土地利用の変遷を用いて分析した結果、日本全国を俯瞰してみた場合、三大都市圏以外の都市圏では、近年、農地から新たに転換した市街地が、従来の市街地と比較して、地震・洪水の曝露人口の割合が高い一方で、三大都市圏では、平地の開発が進み、新たな開発の余地が少なく、また丘陵地でも開発が進んだ結果、新旧の市街地における曝露人口の割合の大小関係が、他の都市圏とは異なることを明らかにした。

また、土地利用規制に關係する都市計画上の区分を用いて分析した結果、三大都市圏では、市街化区域の方が市街化調整区域より曝露人口の割合が高い一方で、三大都市圏以外では、市街化調整区域の方が市街化区域より、曝露人口の割合が高いことを明らかにした。

本研究で明らかにした以上の知見は、災害リスクとこれ

までの土地利用の変遷や区域区分(線引き)に関する土地利用規制との関係を、全国を対象に定量的かつ統計的に明らかにしたものである。これらの知見は、今後、人口減少が進む中において、都市圏レベルでの土地利用の観点から、ハザードを受ける曝露人口の制御を通じて、わが国の災害リスク自体を減らすための基礎資料になりうると考える。

【参考文献】

- 1) 小野田恵一、家田仁、野村崇(2003年)、「大都市郊外ベッタタウンにおける浸水被害想定区域の土地利用計画に関する一考察」、土木計画学研究・講演集, Vol.27, No.131
- 2) 平田琢真(2013年)、「土地利用変遷から見る都市構造の変化と災害リスク評価」、法政大学大学院紀要(デザイン工学研究科編), Vol.2, No.15
- 3) 鈴木進吾、林春男(2008年)、「首都直下地震災害の曝露指標の算出とその地域的特性に関する研究」、地域安全学会論文集, No.10, pp.97-104
- 4) 姥浦道生(2011年)、「土地利用規制と東日本大震災」、都市計画, No.291, pp.62-65
- 5) 藤本一雄(2012年)、「首都圏の災害弱者はどこに居住しているのか?—地域メッシュ統計に基づく人口分布と地震・津波ハザードの関係—」、日本建築学会学術講演梗概集, Vol.2012(都市計画), pp.917-918
- 6) 池永知史、大原美保(2015年)、「全国を俯瞰した災害リスク曝露人口分布の分析—将来の人口減少を考慮した土地利用に向けて—」、地域安全学会論文集, No.25, 論文No.5

- 7) 猪原暁, 森田紘圭, 杉本賢二, 秋山祐樹, 加藤博和, 林良嗣 (2014 年), 「全国小地区単位での住民の QOL 評価と将来変化予測」, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, No.59
- 8) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所, J-SHIS 地震ハザードステーション, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>, 2014 年 10 月
- 9) 国立研究開発法人 防災科学技術研究所, 全国地震動予測地図とは | J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/shm>, 2017 年 2 月
- 10) 国土交通省, 国土数値情報ダウンロードサービス, <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>, 2014 年 12 月
- 11) 社会資本整備審議会, 「国際化, 情報化, 高齢化, 人口減少等 21 世紀の新しい潮流に対応した都市再生のあり方はいかにあるべきか」 答申『都市再生ビジョン』, <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/04/041224/01.pdf>, 2003 年 12 月
- 12) 能島暢呂, 久世益充, 杉戸真太, 鈴木康夫 (2004 年), 「震度曝露人口による震災ポテンシャル評価の試み」, 自然災害科学, Vol.23, No.3, pp.363-380
- 13) 陳海立, 牧紀男, 林春男 (2010 年), 「将来人口減少を考慮した東海・東南海・南海地震の地域暴露特性—将来暴露人口と社会基盤施設に対する基礎考察—」, 自然災害科学, Vol.29, No.3, pp.365-380