

# 都市基盤整備による防災性向上に関する実務的な便益計測手法の検討\*

## Practical Method of Benefit Estimation on Disaster Prevention by Urban Infrastructure Development\*

牧浩太郎\*\*・高見淳史\*\*\*

By Kotaro Maki\*\*・Kiyoshi TAKAMI \*\*\*

### 1. はじめに

都市基盤整備の施策の目的として、地震等を念頭に置いた防災性の向上が重視されてきた。施策の効果を客観的に示すには、費用に対して適切な効果が発生することを明らかにすることが重要である。そのため、防災性の向上に関する便益計測手法の確立が重要である。

防災性の便益評価をしている既存の研究事例として、不燃化率等を用いて地価関数を推定している事例<sup>1)</sup>がある。しかし、防災性は、単にその建築物が燃えにくい(=不燃化率)だけではなく、空地の割合、避難や防火に資する道路の割合、建築物の建込み具合等、多様な要素が考えられる。そのため、不燃化率等のみにより防災性を十分に評価することは困難である。また、防災性の観点からは空地が多く建築物が建込んでいないことが望ましいが、しばしば経済活動が活発な地域ほど空地が少なく建築物が建て込んでおり、これらの指標と地価は期待される相関関係とは逆の関係にあることが多い。

東京都では、概ね5年に1度、「地震に関する地域危険度測定調査」<sup>2)</sup>を実施しており、地域危険度を指標化している。地域危険度は、地盤の特性および建物の特性に基づいて算出される建物倒壊危険度と、出火の危険性および延焼の危険性に基づいて算出される火災危険度と、建物倒壊危険度および火災危険度から算出される総合危険度により構成される。地域危険度は、地震に関する防災性に関係する様々な要因を考慮した指標であり、さらに延焼の危険性については延焼のシミュレーションを行うなど精緻な計算がなされている。1(最も安全)から5(最も危険)の5段階の相対評価で、都内の区部及び多摩地域の市街化区域の町丁目について危険性の高さを評価したうえで、危険性の高いランクほど町丁目数が少なくなるように、標準正規分布の右半分を想定し $3\sigma$ を5等分して1から5としている。この地域危険度を用いて地価

関数を推定している既存の研究事例はあるが<sup>3)</sup>、施策によりどの程度に危険度が変化するかについて明確となっていない。従って、地域危険度を用いた既存の研究事例に基づいて具体的な施策の実施に関する便益を計測することは困難と考えられる。

そこで、本研究では、防災性の指標である地域危険度を用いて地価関数を推定するとともに、防災性に関する各指標により地域危険度を説明する関数を推定し、これらの両関数を用いて施策による防災性の向上に関する便益の計測手法を確立する。

### 2. 分析方法

#### (1) 地価関数

以下のとおり、土地区画整理事業の費用便益分析に用いられる地価関数と同様に対数形の関数形を想定し、重回帰分析により地価関数を推定する。 $X_a$ の微小な変化( $n\%$ )による地価の変化は、 $a \cdot n\%$ と近似される。

$$\ln(Y) = \sum (a \cdot \ln(X_a)) + \sum (b \cdot X_b) + C$$

ここで、

$Y$  : 地価 (円/m<sup>2</sup>)

$X_a$  : 説明変数 (ダミー変数以外)

$X_b$  : 説明変数 (ダミー変数)

$a, b$  : 係数

$C$  : 定数項

#### (2) 地域危険度に関する関数

各町丁目の防災性に関する各指標を説明変数(独立変数)により各町丁目の地域危険度を説明する関数を推定する。被説明変数(従属変数)となる地域危険度は1から5までの5段階評価の指標であり、離散変数であるためロジットモデルによる回帰分析を行うこととし、順序性のある指標であるためオーダードロジットモデル型の関数とする。なお、先述のとおり、危険度4および危険度5の地点が少ない(合わせて約7%)ため、本研究では、危険度1、危険度2、危険度3、危険度4または5の4段階評価とする。以下の式より、 $a_n$ が正の場合は $X_a$ が大きな値であるほど危険度が $n-1$ より $n$ である確率が高くな

\*キーワード: 防災性、費用便益分析、ヘドニック分析

\*\*学生員、環境修、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻(東京都文京区本郷7-3-1、TEL:03-5841-6234)

\*\*\*正員、工博、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

り、負の場合はその逆であることとなる。

$$P(n) = \frac{\exp(XB_1)^{Y_1} \cdot \exp(XB_2)^{(Y_2+Y_3+Y_4)}}{\exp(XB_1) + \exp(XB_2)} \cdot \frac{\exp(XB_2)^{Y_2} \cdot \exp(XB_3)^{(Y_3+Y_4)}}{\exp(XB_2) + \exp(XB_3)} \cdot \frac{\exp(XB_3)^{Y_3} \cdot \exp(XB_4)^{Y_4}}{\exp(XB_3) + \exp(XB_4)}$$

ここで、

$P(n)$  : 危険度 $n$  となる確率

$Y_n$  : 危険度 $n$  の場合は1、その他の場合は0

$XB_1 = 0$

$XB_n = XB_{n-1} + \sum (a_n \cdot X_a)$

$n$  : 2、3または4

$a_n$  : 危険度  $n-1$  から危険度  $n$  への各説明変数の係数

$X_a$  : 各説明変数の値

### 3. 地価関数の推定

#### (1) 分析対象地域

本研究では、防災性の指標として地域危険度を用いるため、地域危険度のデータが整備されている東京都を分析対象地域とする。特に、防災性に課題のある木造密集地を中心とする地域に着目するため、東京区部を分析対象とする。なお、東京区部における地価公示の地点は、全て、都市計画区域内の市街化区域に所在する。

#### (2) データ

地価データについては、平成20年の地価公示を用いる。他の地価データとして、土地の取引価格は、実際の市場で取引された価格であるが、本研究の対象外である買い/売り急ぎなどの取引の特殊事情による影響が大きい。地震発生時の火災等の危険性は面的に波及するものであり地域危険度は町丁目単位の指標であるため、地価公示よりミクロな状況が反映された路線価は用いない。

地震に関する防災性の指標である地域危険度については、東京都都市整備局による「地震に関する地域危険度測定調査（第6回）」（平成20年2月）を用いる。地域危険度については、建物倒壊危険度、火災危険度および両者に基づく総合危険度があるが、都市基盤整備による建築物の不燃化および空地や道路の確保は建物倒壊危険度および火災危険度の双方の改善に資することから、二つの危険度に基づく総合危険度を分析に用いる。

また、地域危険度を用いた地価関数との比較のため、道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率を用いた地価

関数を推定する。建ぺい率は、指定されている建ぺい率ではなく実現している建ぺい率とし、空地および道路を除外した市街地面積に占める建築物の建築面積の割合とする。不燃化率は、（耐火建物の建築面積+準耐火建物の建築面積×0.8）／（全建物の建築面積）×100（%）とする。これらの指標については、東京都消防庁による「東京都の市街地状況調査報告書」<sup>4)</sup>において公表されている町丁目別の数値を用いる。

地価関数の説明変数のうち、最寄り駅までの距離（m）、前面道路幅員（m）、指定容積率（%）、地積（m<sup>2</sup>）、敷地形状（不整形など）、所在地（特別区等）については、地価公示に整理されたデータを用いる。都心までの所要時間（分）については、最寄り駅から都内主要駅（東京駅、新橋駅、品川駅、渋谷駅、新宿駅、池袋駅および秋葉原駅）までの所要時間を株式会社ヴァル研究所「駅すぱあと」により検索し、各都心主要駅までの所要時間のうち最小値を都心までの所要時間とする。

#### (3) 推定結果

推定された地価関数を表1、表2に示す。まず、防災性に関する指標を含まない地価関数（「基本形」と表記）を推定し、次に「基本形」に道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率を追加した地価関数（「複数指標」と表記）、最後に「基本形」に地域危険度を追加した地価関数（「地域危険度」と表記）を推定した。所在地に関する説明変数として、「都心3区」ダミー（千代田区、中央区および港区：0、その他の20区：1）を導入した。地価関数は、用途地域に基づいて、住宅地、商業地ごとに推定した。なお、住宅地は、第一種および第二種低層住居専用地域、第一種および第二種中高層住居専用地域、第一種および第二種住居地域および準住居地域とした。商業地は、近隣商業地域および商業地域とした。

住宅地における地価関数（基本形）は、前面道路幅員および指定容積率については統計的に有意な結果が得られなかったが、それ以外の説明変数については、5%有意水準で統計的に有意な結果が得られた。住宅地については、前面道路が幹線道路など広幅員の道路より区画街路のほうが住環境が良好であることが考えられ、指定容積率が低く抑えられている地域にはブランド性の高い住宅地が含まれていることが考えられることから、妥当な分析結果と考えられる。「複数指標」の地価関数では、道路率、空地率、建ぺい率について、防災性の観点からの符号条件を満たさなかった。経済活動が活発な地域ほど空地や道路が少なく建築物が建て込んでいることが考えられる。「地域危険度」の地価関数では、各危険度について統計的に有意な結果が得られ、「地域危険度1ダミー」の係数が「地域危険度2ダミー」の係数より大きく、妥当な結果が得られた。

商業地における地価関数（基本形）は、不整形ダミーについては統計的に有意な結果が得られなかったが、それ以外の説明変数については、5%有意水準で統計的に有意な結果が得られた。「複数指標」の地価関数では、住宅地と同様に、道路率、空地率、建ぺい率について、防災性の観点からの符号条件を満たさなかった。経済活

動が活発な地域ほど空地や道路が少なく建築物が建て込んでいることが考えられる。「地域危険度」の地価関数では、危険度2と危険度3の間で統計的に有意な差異がみられなかったため、危険度2ダミーを設定しなかったが、それ以外の危険度について統計的に有意な結果が得られた。

表1 住宅地における地価関数の推定結果

	基本形		複数指標		地域危険度	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数項	14.504	98.66	13.875	73.17	14.943	101.29
都心までの所要時間(分)	-0.440	-22.49	-0.417	-21.05	-0.452	-23.94
最寄り駅までの距離(m)	-0.208	-13.72	-0.196	-13.00	-0.237	-16.07
地積(m <sup>2</sup> )	0.240	13.62	0.238	13.72	0.186	10.53
不整形ダミー	-0.333	-3.12	-0.343	-3.26	-0.314	-3.08
都心3区ダミー	0.707	16.75	0.640	14.67	0.631	15.34
道路率(%)			(符号条件を満たさず)			
空地率(%)			(符号条件を満たさず)			
建ぺい率(%)			(符号条件を満たさず)			
不燃化率(%)			0.131	5.15		
地域危険度1ダミー					0.228	8.51
地域危険度2ダミー					0.071	3.54
地域危険度4,5ダミー					-0.081	-2.50
自由度調整済み決定係数	0.696		0.705		0.724	
サンプル数	920					

注) 地域危険度ダミー：地域危険度3以外に設定。

表2 商業地における地価関数の推定結果

	基本形		複数指標		地域危険度	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
定数項	8.394	16.28	8.077	15.45	8.391	16.44
都心までの所要時間(分)	-0.366	-13.92	-0.350	-13.13	-0.345	-13.03
最寄り駅までの距離(m)	-0.095	-8.99	-0.096	-9.12	-0.093	-8.83
前面道路幅員(m)	0.167	5.02	0.174	5.25	0.164	4.96
駅前広場ダミー	0.470	2.77	0.480	2.84	0.441	2.62
指定容積率(%)	0.811	10.02	0.701	7.97	0.824	10.27
地積(m <sup>2</sup> )	0.277	10.98	0.272	10.79	0.253	9.77
都心3区ダミー	0.505	10.23	0.451	8.63	0.473	9.55
道路率(%)			(符号条件を満たさず)			
空地率(%)			(符号条件を満たさず)			
建ぺい率(%)			(符号条件を満たさず)			
不燃化率(%)			0.236	3.08		
地域危険度1ダミー					0.136	2.81
地域危険度4,5ダミー					-0.146	-2.66
自由度調整済み決定係数	0.752		0.755		0.757	
サンプル数	729					

注) 駅前広場に接する地点では前面道路幅員が不明のため、駅前広場ダミーを設定した。

地域危険度ダミー：地域危険度2および3以外に設定。

#### 4. 地域危険度の関数の推定

##### (1) 分析対象地域

地価関数の推定と同様に、東京区部を分析対象とする。

##### (2) データ

町丁目単位の地域危険度、道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率は、地価関数と同様のデータを用いる。

##### (3) 推定結果

推定されたオーダードロジットモデルの関数を表3に整理した。空地率および道路率については、危険度3と危険度4,5の間で統計的に有意な差異が確認されなかったが、それ以外の変数については、5%有意水準で統計的に有意な結果となった。

表3 地域危険度の関数の推定結果

変数	係数	t 値
空地率(危険度2)(%)	-0.050	-15.24
空地率(危険度3)(%)	-0.029	-7.62
道路率(危険度2)(%)	-0.034	-4.17
道路率(危険度3)(%)	-0.016	-1.99
建ぺい率(危険度2)(%)	0.163	26.45
建ぺい率(危険度3)(%)	0.089	20.10
建ぺい率(危険度4,5)(%)	0.047	8.00
不燃化率(危険度2)(%)	-0.078	-19.26
不燃化率(危険度3)(%)	-0.068	-17.46
不燃化率(危険度4,5)(%)	-0.064	-10.55
尤度比	0.317	
サンプル数	3,128	

注) 危険度  $n$  に関する各変数は、危険度  $n-1$  を基準とした。

推定された関数の再現性を検証するため、観測された危険度と、関数により推計される危険度を表4に整理した。表4より、各危険度と推計された町丁目において観測された危険度と同じとなる町丁目数が最も多く、また推定された危険度と観測された危険度が一致する町丁目数が過半数となっており、一定の再現性が確認された。

表4 地域危険度の関数の再現性

推計 \ 観測	危険度1	危険度2	危険度3	危険度4,5	合計
危険度1	440	280	11	5	736
危険度2	224	705	297	40	1,266
危険度3	28	314	350	70	762
危険度4,5	1	57	234	72	364
合計	693	1,356	892	187	3,128

#### 5. まとめ

##### (1) 考察

本研究では、地震に関する防災性の指標である地域危険度を用いた地価関数を推定するとともに、防災性に関する各指標により地域危険度を説明する関数を推定した。住宅地および商業地に関する地価関数の推定より、防災性が地価に帰着し、さらに地域危険度を用いた場合に自由度調整済み決定係数が最大となることを確認した。また、地域危険度を説明する関数より、道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率と、危険度1、危険度2、危険度3、危険度4,5の各ランクとの間の関係を確認した。これらの両関数を用いることで、道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率の4つの指標を通じて、都市基盤整備に伴う防災性の向上による便益の計測が可能となった。

##### (2) 今後の課題

本研究では、地域危険度を道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率の4つの指標を用いて説明したが、地域危険度のうち、建物倒壊危険度において各町丁目の地盤特性（山地・丘陵地、山の手の台地、下町の沖積低地、谷底低地等）が考慮されており、火災危険度において世帯や用途別の事業所の分布状況や火気器具等の使用状況が考慮されている。これらの要素は、都市整備による改善がわずかと考えられ、本研究では分析対象としていないが、地震に関する防災性において重要な指標と考えられるため、今後、分析において考慮する余地がある。

本研究の妥当性検証のために、道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率の変化を想定したケーススタディを実施し、便益の試算を行うことが望ましいと考えられる。

本研究では、地価関数に別途の関数を組合せており、これによる誤差について慎重な検討が必要である。また、今後の研究の方向性として、施策の有無による差異を分析対象とすることから、施策の前後を含む複数時点に関するパネルデータを用いた分析が考えられる。また、防災性の効果は空間的な波及が期待されるため、空間的自己相関を考慮する余地があると考えられる。

##### 参考文献

- 1) 例えば、宅間文夫：密集市街地の外部不経済に関する定量化の基礎研究，住宅土地経済，No.64，pp.30-37，2007。
- 2) 東京都都市整備局：地震に関する地域危険度測定調査報告書（第6回），2008。
- 3) 例えば、山鹿久木：地震危険度と地価形成：東京都の事例，応用地域学研究，Vol.7，pp.51-62，2002。
- 4) 東京都消防庁：東京都の市街地状況調査報告書（第7回），2005。