

# 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\*\*\*・大森宣暁\*\*\*・原田昇\*\*\*\*

By Kotaro MAKI\*\*・Kiyoshi TAKAMI\*\*\*・Nobuaki OHMORI\*\*\*・Noboru HARATA\*\*\*\*

### 1. はじめに

#### (1) 研究の背景

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。避難や延焼遮断に資する道路の整備や公園等の空地の確保、各敷地における建物の過度な建て詰まりの解消、建物の不燃化の促進など、多様な施策を組み合わせることで、当該地区の防災性を向上させることができる。施策の実施の妥当性を客観的に示すためには、費用に対して適切な便益が期待され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。実務的には、多様な施策の内容を考慮でき、個々の地区ごとに複雑なシミュレーションなどが不要な簡便な方法で便益を算出できることが求められる。

#### (2) 既存研究

防災性の便益評価をしている既存の研究事例としてはヘドニック法やコンジョイント分析により計測した事例<sup>1)</sup>があり、また、特に実務では災害発生時の被害額の減少額による便益計測事例<sup>2)</sup>などがある。また、災害発生時の被害に対する保険の考え方をういた研究<sup>3) 4)</sup>が行われている。一方、都市基盤整備（特に、土地区画整理事業、市街地再開発事業など）の実務的な便益計測では、地区内や周辺区域ごとに整備量を説明変数とした便益計測が容易であるヘドニック法が用いられている<sup>5) 6)</sup>。特に地震を念頭においた面的な都市基盤整備による防災性の向上については、被害想定のためには様々な想定が必要となり、地震保険については都市基盤整備の詳細な状況との関係性を分析することは困難である。従って、本研究では、都市基盤整備に関する施策による防災性向上の便益計測手法として、ヘドニック法を想定する。

なお、野村ら（2009）<sup>7)</sup>は、地震の建物被害の程度

（全壊・全焼率等）が地震発生後の地価に与える影響をヘドニック法により分析している。本研究では、防災性向上に資する施策の評価として、施策により実現する市街地を評価するため、被害の実績を用いずに研究を行う。

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として、宅間（2007）<sup>8)</sup>は、密集市街地の防災性に関する説明変数として、「棟数密度」（戸/ha）、「未利用容積率」（指定容積率－基準容積率）、「密集市街地ダミー」（重点密集市街地、緊急密集市街地ダミー）を用いて地価関数を推定している。しかし、防災性については、研究の背景で述べたとおり、道路の割合、空地の割合、建築物の建て込み具合、建築物が燃えにくい（不燃化率）等、多様な要素が考えられるが、これらの要素を網羅しているとは言い難い。また、「密集市街地ダミー」については、行政による指定に基づくため、都市基盤整備による当該ダミー変数の変化を設定することが困難である。防災性の観点からは空地が多く建築物が建て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いることが予想される。そのため、これらの経済活動の活発性と密接な関係のある指標により、直接的に地価との相関関係を分析することは課題がある。

山鹿ほか（2002）<sup>9)</sup>は、東京都による地域危険度を説明変数として地価関数を推定している。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>10)</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、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、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。

\*キーワード：防災性、費用便益分析、ヘドニック法

\*\*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、博(工)、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

\*\*\*\*正員、工博、東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻

山鹿ほか (2002) では、地域危険度と地価の関係について分析しているが、都市基盤整備の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。そのため、評価対象とする個々の都市基盤整備について便益を計測するためには、延焼シミュレーションなどを行う必要があり、実務的な便益計測への適用には課題がある。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。

以上を踏まえ、本研究では、都市基盤整備に関する施策による防災性向上の便益をヘドニック法により計測することとし、防災性を多様な要素で捉え、かつ、具体的な施策の便益計測に耐えうる評価モデルの構築を行う。

### (3) 研究の目的

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することで、施策による防災性の向上に関する便益の計測手法を構築する。また、構築した手法について都市基盤整備による便益計測への適用可能性を検証するため、ケーススタディを実施して便益を試算する。

## 2. 分析方法

防災性に関する各指標に基づいて、地価の差分により便益を計測する手法を構築する。地域危険度により地価を説明する対数形の関数形の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ためのオーダードロジットモデルによる地域危険度に関する関数を推定する。

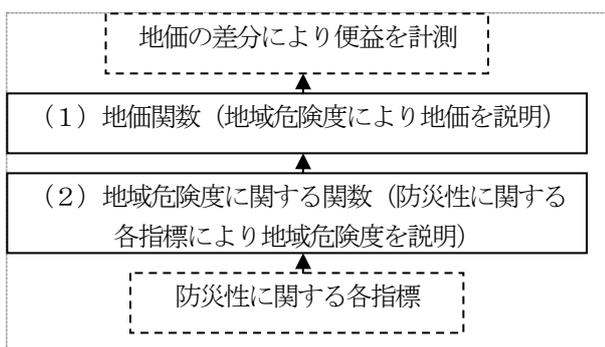


図1 分析のフロー

### (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。

$$\text{Ln}(Y) = \sum(a \cdot \text{Ln}(X_a)) + \sum(b \cdot X_b) + C$$

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)

$a, b$  : 説明変数に関する係数

$C$  : 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として各町丁目の地域危険度を説明する関数を推定した。被説明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を用い、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の関数とした。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段階評価とした。Sheffi<sup>11)</sup>におけるオーダードロジットモデルでは、各段階において定数項のみが変化し、その他の変数の係数は一定と想定されている。地域の防災性については、例えば、危険度4や5といった危険性の高い状態では道路の整備や建物の建て詰まり具合が重要であるが、危険度1や2といった危険性の十分に低い状態を実現するためには道路の整備や建物の建て詰まりのみならず空地の確保が不可欠になるなど、危険度の段階により重要となる防災性の指標が異なることが想定される。従って、Vickerman et al.<sup>12)</sup>におけるunconstrained型のオーダードロジットモデルを踏まえ、以下の通り、各段階において定数項およびその他の変数の係数が変化するオーダードロジットモデルを用いた。以下の式より、 $\beta_{ni}$  が正の場合は $X_i$  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り、負の場合はその逆となる。各シナリオにおける説明変数の値に基づいて、危険度 $n$ となる確率を推計し、地価の差分の期待値の算出に用いる。

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

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

$$XB_1 = 0$$

$$XB_n = \alpha_n + \sum_i (\beta_{ni} \cdot X_i)$$

$n$  : 2、3または4

$\alpha_n$  : 危険度  $n-1$  から危険度  $n$  への定数項

$\beta_{ni}$  : 危険度  $n-1$  から危険度  $n$  への説明変数  $i$  の係数

$X_i$  : 説明変数  $i$  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。さらに、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。

都市基盤の整備には都市計画決定から整備完了まで長期間を要するため、その効果の発現や地価への反映は徐々に進展し、効果発現の有無を特定の時点の前後で把握することは困難と考えられる。従って、各地点について複数時点のデータをプールする手法は用いず、一時点のみのデータを用いて地価関数を推定した。

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、建物倒壊危険度と火災危険度は相関が高く多重共線性が疑われるため、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（ネットの建ぺい率）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>13)</sup>において公表されている町丁目別の数値を用いる。都市基盤整備として、道路整備等により道路率の向上が期待され、公園整備等により空地率の向上が期待され、土地区画整理、市街地再開発等により建ぺい率や不燃化率の改善が期待される。

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）、用地地域（準工業地域）、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（JRの駅のうち乗降客数の多い7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「駅すばあと」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) 用途地域区分

地価関数は、用途地域に基づいて、住宅地、商工業地ごとに推定した。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。商工業地は、近隣商業地域、商業地域および準工業地域とした。このほかの用途地域として、工業地および工業専用地域（地価公示の地点数は11地点）については、防災性の課題のある地域が少ないため、分析対象から除外した。

#### (4) 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。商工業地については、商業系用途地域と工業系用途地域による地価水準の差異を説明するため、「準工業地域ダミー」（近隣商業地域および商業地域：0、準工業地域：1）を導入した。

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。いずれの地価

関数においても、各説明変数のVIFは十分に小さく（最大で、「地域危険度」における「地域危険度1ダミー」の1.607）、多重共線性の問題は回避されていると考えられる。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低層の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（例えば、建ぺい率と地価の相関係数は0.492）。「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。自由度調整済みの決定係数について、「地域危険度」の地価関数では、「複数指標」の地価関数に比べて高い値となった。「地域危険度1ダミー」の係数が0.228であることから、地域危険度が3から1となることで地価が $\exp(0.228)$  = 約1.26倍となる結果が得られた。同様に、地域危険度が3から2となることで地価が約1.07倍、地域危険度が3から4,5となることで地価が約0.92倍となった。

（補足：地価関数において地域危険度を用いる必要性）  
 防災性に関する指標として、道路率、空地率、建ぺい率および不燃化率を用いたが、例えば、建ぺい率については、本研究で期待する「建ぺい率を低く抑えることでその他の要因と相まって防災性が向上するため、防災

性の向上が地価に反映される」という関係のほかに、「地価が高く収益性の高い土地ほど高密度に利用されるため、建ぺい率が高い」という関係が予想される。前者は非市場財である防災性による関係性であるが、後者は収益性であり市場財であるためにより明確に地価と関係がある可能性がある。

地価関数の推定に用いた住宅地の地点について、建ぺい率、総合危険度および地価の分布は、図2のとおりである。図2より、地価が高いほど建ぺい率が高くなる傾向が確認されるとともに、建ぺい率が高いほど地域危険度が高く、地価が低い傾向が確認される。

従って、本研究では、建ぺい率やその他の要因で説明される防災性に関する合成変数（地域危険度）により地価を説明する地価関数を採用する。政策変数である説明変数に建ぺい率等の防災性の指標を直接的に用いる地価関数については、地価が高いことにより建ぺい率が高くなるという関係が誤差となって適切な地価関数を推定できない可能性があるため、採用しない。

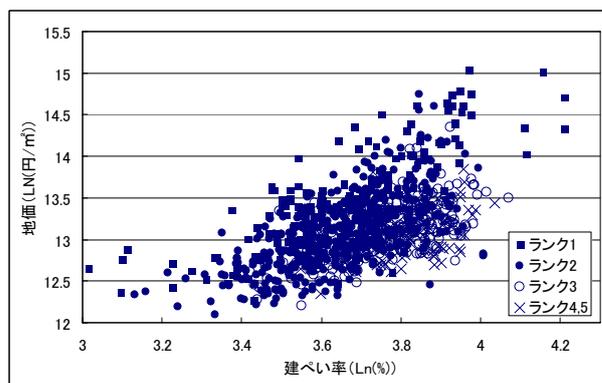


図2 建ぺい率,総合危険度,地価の分布（住宅地）

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
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。

「複数指標」：「道路率」、「空地率」および「建ぺい率」についても説明変数の候補としたが、符号条件を満たさず、説明変数として採用されなかった。

表2 商工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	9.143	19.80	8.878	18.82	9.149	19.89
都心までの所要時間(分)	-0.382	-15.79	-0.370	-15.00	-0.369	-15.03
最寄り駅までの距離(m)	-0.107	-10.65	-0.108	-10.76	-0.106	-10.60
前面道路幅員(m)	0.135	4.45	0.137	4.53	0.127	4.20
駅前広場ダミー	0.366	2.28	0.365	2.28	0.330	2.06
指定容積率(%)	0.769	10.69	0.703	9.20	0.781	10.88
地積(m <sup>2</sup> )	0.218	10.14	0.210	9.67	0.199	8.89
準工業地域ダミー	-0.164	-2.84	-0.188	-3.23	-0.156	-2.71
都心3区ダミー	0.540	11.68	0.502	10.40	0.520	11.19
不燃化率(%)			0.168	2.56		
地域危険度1ダミー					0.094	2.14
地域危険度4,5ダミー					-0.094	-2.02
自由度調整済み決定係数	0.752		0.755		0.757	
サンプル数	880					

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。

「複数指標」：「道路率」、「空地率」および「建ぺい率」についても説明変数の候補としたが、符号条件を満たさず、説明変数として採用されなかった。

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。いずれの地価関数においても、各説明変数のVIFは十分に小さく（最大で、「複数指標」における「指定容積率」の3.830）、多重共線性の問題は回避されていると考えられる。「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（例えば、建ぺい率と地価の相関係数は0.454）、道路が整備されている地区ほど高い容積率が指定されていること（道路率と指定容積率の相関係数は0.633）などが考えられる。「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。地域危険度が2,3から1となることで地価が $\exp(0.094)$  = 約1.10倍、地域危険度が2,3から4,5となることで地価が約0.90倍となる結果が得られた。

#### 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。

地域危険度は、防災性に関する要因として地盤の特性（台地、沖積低地等）についても考慮された指標であるが、地盤の特性は都市基盤整備により改善が期待される要因ではない。従って、地域危険度の関数では、地盤の特性に関する説明変数として概ね沖積低地にあたる23区東部に関するダミー（中央区、台東区、墨田区、江東区、荒川区、足立区、葛飾区および江戸川区は1、その他は0とする）を設定した。

##### (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。係数の符号が正である変数はその値が大きいほど上位の危険度となり、係数の符号が負である変数はその値が大きいほど下位の危険度となることを示す。空地率については、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、その他の変数（道路率、建ぺい率、不燃化率および23区東部ダミー）は、各段階において、5%有意水準で統計的に有意な結果となった。また、危険度の段階により、各変数の係数の大きさに差異がみられることが確認された。危険度3や4,5といった危険性の高い状態では道路率や建ぺい率が地域危険度により効いているが、危険度1や2といった危険性の十分に低い状態では空地率や不燃化率が地域危険度により効いていることが確認された。

表3 地域危険度の関数の推定結果

変数	危険度2/1	危険度3/2	危険度4,5/3
空地率	-0.073 (-17.72)	-0.030 (-6.52)	—
道路率	-0.045 (-4.99)	-0.108 (-10.34)	-0.085 (-5.36)
建ぺい率	0.126 (14.71)	0.253 (21.56)	0.166 (10.53)
不燃化率	-0.093 (-19.61)	-0.080 (-17.6)	-0.070 (-9.84)
23区東部 ダミー	1.905 (12.84)	1.617 (12.63)	1.511 (9.21)
定数項	2.759 (9.82)	-6.515 (-16.49)	-5.414 (-8.67)
尤度比：0.426			
サンプル数：3,128			

注) 危険度 $n/n-1$ ：危険度 $n-1$ と $n$ の間の段階。()：t値。

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。各危険度  $n$  のうち、 $P_m$  が最も高くなる  $n$  を危険度の推計値とした。表4より、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が過半数となっており（1,714町丁目）、また、各危険度と推計された町丁目においては観測された危険度が同じとなる町丁目が最も多く、一定の再現性が確認された。ただし、観測値ごとに見ると、危険度3、危険度4,5である町丁目については、推計値の危険度が的中した町丁目は半数以下に留まった。

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	564	159	12	1	736
危険度2	340	803	122	1	1,266
危険度3	56	378	304	24	762
危険度4,5	7	99	215	43	364
合計	967	1,439	653	69	3,128

## 5. ケーススタディ

### (1) ケーススタディの設定

防災性に課題のある地域における都市基盤整備を想定し、地価の差分により便益を試算した。防災性に課題のある地域における事業無（without）の状況については、地域危険度が4または5である364地区の平均値を用いた。364地区のうち過半数の211地区が23区東部に所在することから、23区東部を想定した。都市基盤整備としては、包括的な基盤整備を行う土地区画整理事業を念頭に、道路の整備および空地の確保が行われ、建ぺい率は変化しないが、建替によりほぼ全ての建物の不燃化を想定した。具体的には、表5のとおり、事業無（without）および2

種類の事業有（with1、with2）のシナリオを設定した。

表5 ケーススタディのシナリオ

シナリオ	空地率	道路率	建ぺい率	不燃化率
without	10.0%	7.0%	47.6%	44.0%
with1	10.0%	14.0%	47.6%	98.0%
with2	15.0%	10.5%	47.6%	98.0%

注) with1：道路率の倍増、空地率は変化無を想定。  
with2：道路率の増加は1.5倍、空地率についても1.5倍の増加を想定。

### (2) 試算結果

各シナリオ（without、with1およびwith2）について、「4. 地域危険度の関数の推定」において推定されたランクロジットモデルの関数を用いて、各地域危険度となる確率の分布は表6のとおり推計された。withoutとwith1の間に比べて、with1とwith2の間では確率の分布の差異は僅かとなった。なお、地域危険度の観測値と推計値の誤差を軽減するため、without、with1およびwith2のいずれについても推計値に基づいて分析した。

表6 各地域危険度となる確率の分布

シナリオ	危険度1	危険度2	危険度3	危険度4,5
without	0.4%	7.1%	38.8%	53.7%
with1	45.3%	50.6%	4.0%	0.1%
with2	50.5%	44.9%	4.5%	0.1%

推計された各地域危険度の確率分布および「3. 地価関数の推定」において推定した地価関数に基づいて、表7のとおり、住宅地の場合と商工業地の場合ごとに、地価の差異を試算した。地域危険度が確率的に分布するため、地価の変化については期待値として算出した。参考に、「複数指標」の地価関数を用いて不燃化率から地価の差異を推計した場合の試算結果を併記した。「地域危険度」の地価関数を用いた場合、with2は、with1に比べてより地域危険度が低下するため、地価の変化が僅かに大きくなった。「複数指標」の地価関数では、with1とwith2では不燃化率の想定を共通としたため、with1とwith2の試算結果は同値となった。

表7 ケーススタディによる地価変化の試算結果

シナリオ	用途地域	地域危険度の地価関数	(参考) 複数指標の地価関数
without-with1	住宅地	1.199倍	1.111倍
	商工業地	1.099倍	1.144倍
without-with2	住宅地	1.208倍	1.111倍
	商工業地	1.105倍	1.144倍

地価関数の推定に用いた各地点の地価の平均値（住宅地で約58万円/m<sup>2</sup>、商工業地で約225.6万円/m<sup>2</sup>）と同程度の地価水準で、地価上昇の範囲を土地区画整理事業を参考に10ha程度と仮定すると、便益は地価の変化額に基づいて表8のとおり試算された。地域危険度の地価関数を適用した場合、便益は、without-with1については住宅地で115億円、商工業地で224億円と推定され、without-with2については住宅地で121億円、商工業地で237億円と試算され、ケーススタディのシナリオごとの各地域危険度の確率分布に応じた便益が算定された。

表8 ケーススタディによる便益の試算結果

シナリオ	用途地域	地域危険度の地価関数	(参考) 複数指標の地価関数
without-with1	住宅地	115 億円	64億円
	商工業地	224 億円	325億円
without-with2	住宅地	121 億円	64億円
	商工業地	237 億円	325億円

## 6. まとめ

### (1) 結論

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。防災性を多様な要素で捉え、かつ、具体的な施策の便益計測に耐えうる評価モデルを構築した。

住宅地および商工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示した。

道路率や空地率などをそれぞれ説明変数とした地価関数については統計的に有意な結果が得られなかったが、地域危険度を説明変数とすることで各種の防災性に関する要因を考慮した地価関数を推定できた。

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から、危険度1、危険度2、危険度3、危険度4,5の各ランクになる確率の分布を説明する手法を構築した。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従来から計測されていた便益（交通利便性等の向上、その他の居住環境の向上）に加えて、防災性の向上による便益についても計測が可能となった。

さらに、ケーススタディとして地価関数および地域危険度を説明する関数を用いて便益を試算することで、構築した手法について、都市基盤整備による便益計測への適用可能性が検証された。多様な施策の内容を考慮でき、詳細なシミュレーションなどが不要な簡便な方法で便益を算出できる便益計測手法を構築した。

本研究で分析した都市基盤整備による便益については、道路、公園等の整備を行う土地区画整理を念頭に、表9のとおり整理できる。便益帰着構成表は、上田ほか(1999)<sup>14)</sup>によれば、プロジェクトの評価において、各主体における受益や負担を把握する手法として有用である。本研究により、これまで計測が困難であった防災性向上の便益(D)を計測する実務的な手法が構築された。防災性向上の便益(D)については、直接的には土地を貸借して利用する主体に波及するが、間接的には土地の価値向上による地代の変化(F)を通じて地主など土地を所有する主体に波及すると整理される。

表9 都市基盤整備に関する便益帰着構成表

	①地域住民	②土地所有者	③施行主体	④行政	合計
	土地を貸借して利用する主体	地主など土地を所有する主体	都市基盤を整備する主体		
都市基盤の整備費用			- A		- A
公共減歩による地代の変化		- B			- B
都市基盤整備の便益	交通利便性等の向上	+ C			+ C
	防災性の向上	+ D			+ D
	その他の居住環境の向上	+ E			+ E
土地の価値向上による地代の変化		+ F			0 (ゼロ)
税変化		- G		+ G	0 (ゼロ)
補助金・公共施設管理者負担金等			+ H	- H	0 (ゼロ)
合計	+ C + D + E - F	- B + F - G	- A + H	+ G - H	- A - B + C + D + E

注) ①～④の各主体は相互に兼ねる場合がある。

## (2) 今後の課題

本研究では地価関数に別途の関数を組み合わせており、これによる誤差について慎重な検討が必要である。また、推計される危険度の分布は観測値に比べて危険度1,2に分布する傾向があり、更なる手法の改良が望まれる。なお、地域危険度が確率的に分布するために地価の変化は期待値としてのみ算出されることや、地域危険度の推計値が実績値に比べて危険度の低いランクに偏る傾向があることに留意する必要がある。

一般に、道路および公園等の空地の整備は、公共団体により都市基盤整備に関する事業として実施されることが多いが、建物の建替は、公共団体による事業の対象外であり民間によって実施される場合がある。その場合は、民間が負担する建替に関するコストの費用便益分析における取扱い、事業を実施しないケース(without)における不燃化等の進行の想定について留意が必要である。

本研究では、市場で計測可能な地価の変化に基づいてヘドニック法を行ったが、特に防災性向上が求められる既成市街地においては、地域の状況等によっては必ずしも十分に地域内外の移転が行われなことが想定される。その場合は、キャピタリゼーション仮説が成立せず、効用の差分(C+D+E)が土地に関する付け値の差分(F)を下回るために、便益の過大推計となる恐れがある。

## 参考文献

- 1) 例えば、川合史朗、所功治、大野栄治：コンジョイント分析を用いた都市公園の機能別の経済評価に関する研究、土木計画学研究・論文集、No.23、pp.67-77、2006。
- 2) 例えば、建設省：土石流対策事業の費用便益分析マニュアル(案)、2000。
- 3) 横松宗太、小林潔司：防災投資による非可逆的リスクの軽減効果の経済便益評価、土木計画学研究・論文集、No.16、pp.393-402、1999。
- 4) 横松宗太、小林潔司：防災投資による物的被害リスクの軽減便益、土木学会論文集、No.660/IV-49、pp.111-123、2000。
- 5) 国土交通省：土地区画整理事業における費用便益分析マニュアル(案)、2009。
- 6) 国土交通省：市街地再開発事業の費用便益分析マニュアル案(平成19年度改訂版)、2007。
- 7) 野村浩司、大原美保、目黒公郎：都市直下型地震が地価に及ぼす影響に関する一考察、生産研究、61巻4号、pp.93-96(pp.709-712)、2009。
- 8) 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。
- 9) 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。
- 10) 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。
- 11) Y. Sheffi：Estimating Choice Probabilities among Nested Alternatives, Transportation Research, Part B, Vol.13B, pp.189-205, 1979。
- 12) R. W. Vickerman, T. A. Barmby：Household Trip Generation Choice: Alternative Empirical Approaches, Transportation Research, Part B, Vol.19B, No.6, pp.471-479, 1985。
- 13) 東京都消防庁：東京都の市街地状況調査報告書(第7回)、2005。
- 14) 上田孝行、高木朗義、森杉壽芳、小池淳司：便益帰着構成表アプローチの現状と発展方向について、運輸政策研究、Vol.2、No.2、pp.2-12、1999。

---

## 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\*

牧浩太郎\*\*・高見淳史\*\*\*・大森宣暁\*\*\*・原田昇\*\*\*\*

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を用いて、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。

---

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

By Kotaro MAKI\*\*・Kiyoshi TAKAMI\*\*\*・Nobuaki OHMORI\*\*\*・Noboru HARATA\*\*\*\*

This Paper estimates the land price function that used index of regional disaster risk, and the function that explained the index according to factors concerning disaster prevention. The benefit of the disaster prevention according to the improving urban infrastructure became possible to be evaluated through four indices of the rate of the road, the rate of open space, the building coverage, and the fireproofing rate with these two functions.

---