

災害危険度情報の提供便益に関する研究*

Modeling Benefits of Information Provision on Amenities in Disaster *

山口 健太郎**, 田中 成尚***, 多々納 裕一****, 岡田 憲夫****

By Kentaro YAMAGUCHI **, Naruhisa TANAKA ***, Hirokazu TATANO **** and Norio OKADA ****

1. はじめに

近年、多くの自治体でハザードマップ等の「災害危険度に関する情報」が住民に提供されるに至った。この種の情報は、各々の地点における災害時の被害の程度を住民が参照することを可能とし、望ましい土地利用の実現に資する可能性が高いと考えられる。しかし、災害危険度に関する情報の提供には調査・解析等の少なからぬ費用が必要である。このため、情報提供の便益を事前に評価しておくことが望ましい。

近年の研究によって、不確実性下の便益評価指標や一般均衡の枠組を用いた防災投資の便益の計量化等の分析¹⁾が進展してきている。一方、情報提供の便益についても合理的期待理論をベースにITS等の効果計量化に応用されつつある²⁾。

災害危険度に関する情報提供は、立地均衡を変化させるが、災害自体が希有な事象であるために、住民が抱く主観的な危険度と、客観的な危険度が一致する保証はない。このため、災害危険度に関する情報提供の便益を計量化する際には、立地均衡分析を通して求められた住民の主観的な厚生や地代の変化に基づいて便益を評価することは適切ではないであろう。本研究ではこのような認識の下で、災害危険度情報の提供の便益を計量化するための基礎的分析の枠組を提示することを目的とする。

2. モデル化の前提条件

*キーワード: 災害危険度情報, 住宅立地, 土地利用, 防災計画

**学生員 京都大学大学院工学研究科 修士課程

(〒606-8317 京都市左京区吉田本町, Tel 075-753-5070)

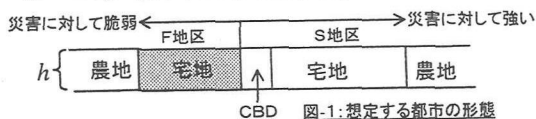
***正員 株式会社 日水コン

(〒532-0004, 大阪市淀川区西宮原 2-1-3SORA 新大阪 21, Tel 06-398-1654, Fax 06-350-5309)

****正員 工博 京都大学防災研究所

(〒611-0011 宇治市五ヶ庄, Tel 0774-38-4035, Fax 0774-38-4044)

都市内の家計数 N は一定であるとし、土地の所有形態は不在地主モデルを仮定する。また土地はその位置によって災害に対する脆弱性が異なり、災害時に家計が得ることのできるアメニティ水準が異なる。そこで本研究では図-1に示すような幅 h の線形都市を想定し、CBDを挟んでS地区、F地区という災害時のアメニティ水準の異なる2つの地区が存在するものとする。平常時には両地区のアメニティ水準 e は等しく $e = e_0$ であるが、災害時にはS地区ではアメニティ水準は低下せず e_0 にとどまるのに対し、F地区では e_1 に低下するものとする。



災害危険度に関する情報が利用可能な場合、家計はその情報を利用することにより平常時と災害時のアメニティ水準の違いをも考慮に入れて自らの居住地を選択できる。しかし災害危険度に関する情報が利用不可能な場合、家計は都市内のどの地点で災害時のアメニティ水準の低下が生じるかを知ることができないような状況の下で居住地を選択することになる。以下前者を「完全情報下における家計の居住地選択行動」、後者を「ゼロ情報下における家計の居住地選択行動」と呼ぶ。また都市内に居住するすべての家計は、都市内の交通機関によって都市中心部に位置するCBDに通勤するものとする。この交通機関の単位距離当たりの料金は平常時・災害時に関わらず一律である。家計は均質な選好を有し、単位期間に同一額の(名目)所得を得ているものとする。

3. 家計の居住地選択行動のモデル化

(1) 居住地選択行動モデル

a) 完全情報下の家計の期待効用

いま、都市内における土地の位置は $S(F)$ 地区内に位置することを示す $\delta = S(F)$ 、CBD からの距離 r で表すことにする。家計の持つ効用関数は敷地規模 $s(>0)$ 、合成財 $z(>0)$ 、アメニティ水準 e を用いて $u(s, z, e)$ と表されるものとする。

ここで災害危険度に関する情報の提供は、人命を脅かすほど甚大な被害を及ぼす災害を対象とするものと仮定する。そこで本研究では、状況依存的な効用を用いて、被災時(災害時において実際にその家計が被害を被る場合)及び平常時の家計の厚生水準を表現することにする。すなわちすべての家計は、平常時にはアメニティ水準 e_0 を享受することができ、効用 $u(s, z, e_0)(>0)$ を得ることができるものとする。しかしながら被災時には、アメニティ水準 e_1 を甘受しなければならず、いかなる消費機会 (s, z) が与えられようとも効用は $u(s, z, e_1) = 0$ にとどまるものとする。

また、すべての家計は災害の生起確率を p を共有情報として知っているものとするが、都市内のどの地点で災害時に被害が生じるかに関する知識は、災害危険度情報の利用可能性に依存するものとする。災害危険度に関する情報が提供され、完全情報が得られる場合、各家計は各地区におけるアメニティの生起確率を確実に知ることができるものとする。したがって、完全情報下において位置 (δ, r) に居住する家計が、土地を s 、合成財を z 消費する場合の(主観的)期待効用 $EU_\delta^i(s, z, r)$ は、以下のように与えられる。

$$EU_S^1(s, z, r) = u(s, z, e_0) \quad (1)$$

$$EU_F^1(s, z, r) = (1-p)u(s, z, e_0) \quad (2)$$

b) ゼロ情報下の家計の期待効用

災害危険度に関する情報の提供がなければ、家計は災害時に生起するアメニティ水準の地区による違いを認識できない。したがって、災害が発生したという条件の下でアメニティ e_1 が生じると家計が予測する(主観的)確率 α は、すべての地区において一定であるはずである。このとき、家計の(主観的)期待効用 $EU_\delta^0(s, z, r)$ は次式で与えられる。

$$EU_\delta^0(s, z, r) = (1-p+\alpha p)u(s, z, e_0) \quad (\delta = S, F) \quad (3)$$

いま、情報構造を添え字 i ($i=1$: 完全情報、 $i=0$: ゼロ情報) で表示し、 $R_\delta^i(r)$ を位置 (δ, r) における

地代、 y を名目所得、 t を単位距離当たりの通勤費であるとすると、家計の居住地選択行動は以下のように定式化できる。

$$\max_{\delta, r, s, z} EU_\delta^i(s, z, r) \quad (4)$$

$$\text{s.t.} \quad R_\delta^i(r)s + z + tr = y \quad (5)$$

居住位置 (δ, r) における土地及び合成財の需要は以下の問題の解 $s(R_\delta^i(r), y - tr)$, $z(R_\delta^i(r), y - tr)$ となる。

$$V_\delta^i(R_\delta^i(r), y - tr) = \max_{s, z} EU_\delta^i(s, z, r) \quad (6)$$

$$\text{s.t.} \quad R_\delta^i(r)s + z + tr = y \quad (7)$$

情報構造 i の下で位置 (δ, r) に居住する家計の主観的な厚生水準は間接効用値 $V_\delta^i(R_\delta^i(r), y - tr)$ として与えられる。さらに家計の居住位置の選択は、 $\max_{\delta, r} \{V_\delta^i(R_\delta^i(r), y - tr)\}$ の解 (r_δ^i, δ^i) として与えられる。

(2) 土地利用均衡モデル

情報構造 i の下での地点 (δ, r) における付け値 $\Psi_\delta^i(r, u; p)$ は次式で定義される。

$$\Psi_\delta^i(r, u; p) = \max_{s, z} \left\{ \frac{y - tr - z}{s} \mid EU_\delta^i(s, z, r) = u \right\} \quad (8)$$

均衡土地利用状態において、都市内の全ての家計はその立地点に依らず、同一の均衡効用水準 u^i を達成する。すなわち

$$u^i = V_\delta^i(\Psi_\delta^i(r, u^i; p), y - tr) \quad (9)$$

となる。また均衡における地代 $R_\delta^i(r)$ は、農業地代を R_A とすると以下のように表される。

$$R_\delta^i(r) = \max\{\Psi_\delta^i(r, u^i; p), R_A\} \quad (10)$$

CBD から都市端までの距離(都市境界距離)を $\bar{r}_\delta^i$ とおくと、 $\bar{r}_\delta^i$ は R_A を農業地代として以下の解として与えられる。

$$R_A = \Psi_\delta^i(\bar{r}_\delta^i, u^i; p) \quad (11)$$

ここで単位距離・都市の幅 h 当たりに住む家計の数は $n_\delta^i(R_\delta^i(r), y - tr) = h/s(R_\delta^i(r), y - tr)$ となるから、均衡土地利用状態においては都市内の全家計数に関して以下の関係が成立していなければならない。

$$N = \sum_{\delta=+1, -1} \int_0^{\bar{r}_\delta^i} \{h/s(\Psi_\delta^i(r, u^i; p), y - tr)\} dr \quad (12)$$

式(11)、さらに式(12)から都市境界距離 $\bar{r}_\delta^i$ 、均衡効用水準 u^i が内生的に求められる。

4. 災害危険度に関する情報提供の便益

(1) 厚生水準

情報が利用不可能で各地点における災害危険度が判別できない場合、各家計は、S地区は実際には(確実に)安全であるにもかかわらず、災害時において低いアメニティ水準を甘受しなければならない可能性を予測し、またF地区は実際には(確実に)危険であるにもかかわらず、災害時にも平常時と変わらぬアメニティ水準を享受できる可能性を予測しながら居住地を選択するであろう。したがって、その結果形成される均衡効用水準は、家計がその均衡土地利用状態において実際に得ることのできる(客観的な)厚生とは異なったものとなる。いま仮に災害危険度に関する情報が提供されても居住地選択の変更が認められない状況を想定してみよう。アメニティ水準 e_1 の生起に関して認知されるリスクは、情報提供によって、バイアスを含んだ主観的リスクから正確な客観的リスクへと変化する。しかし、この場合には消費ベクトルが一定であるから、厚生の変化は生じないはずである。そこで本研究では主観的リスクに基づく均衡効用水準ではなく、客観的リスクに基づいた災害危険度情報の便益の計測を取り上げる。

いま、家計が位置 (δ, r) において実際に得ることのできる(客観的)厚生を $w_\delta^i(R_\delta^i(r), y-tr)$ とおこう。このとき、ゼロ情報下の均衡土地利用状態における土地消費、合成財消費をそれぞれ (s^0, z^0) とすれば、式(9)より $u(s^0, z^0, e_0) = u^0/(1-p+\alpha p)$ であるから、ゼロ情報下における1家計当たりの客観的厚生水準は以下のように与えられる。

$$w_S^0(R_S^0(r), y-tr) = u^0/(1-p+\alpha p) \quad (13)$$

$$w_F^0(R_F^0(r), y-tr) = (1-p)u^0/(1-p+\alpha p) \quad (14)$$

すなわち、ゼロ情報下においては、F地区に住む家計は主観値よりも低い厚生を実際(客観的)には甘受しなければならないのに対して、S地区に住む家計は主観値よりも高い厚生を得ることになる。

これに対して完全情報下においては、すべての家計は災害時にいずれの地区のアメニティ水準が低下するかを正しく知った上で居住地を選択するため、1家計当たりの客観的な厚生水準 $w_\delta^0(R_\delta^0(r), y-tr)$ は以下のように与えられる。

$$w_\delta^1(R_\delta^0(r), y-tr) = u^1 \quad (\delta = S, F) \quad (15)$$

したがって、完全情報下においてS・F両地区に住む家計が主観的な期待効用に基づいて達成する均衡

効用水準は、客観的な厚生水準と一致することになる。

(2) 帰着便益

a) 等価的オプション価格(OE)

情報提供により各々の家計に帰着する便益を、等価的オプション価格OEによって計量しよう。等価的オプション価格 OE_δ は、情報提供前の土地利用状況において、情報提供後の効用水準を達成するために必要な所得の増加量であり、すなわち以下の等式を解くことによって求めることができる。

$$w_\delta^0(R_\delta^0(r), y + OE_\delta - tr) = w_\delta^1(\Psi_\delta^1(r, u^1; p), y - tr) = u^1 \quad (\delta = S, F) \quad (16)$$

b) 総差額地代(TDR)

不在地主の厚生は以下に示す総差額地代TDRで計ることとする。総差額地代とは、都市内における地代と農業地代との総差額である。

$$TDR^i = \sum_{\delta=S, F} \int_0^{r_\delta^i} h\{\Psi_\delta^i(r, u^i; p) - R_A\} dr \quad (17)$$

c) 総便益

したがって、災害危険度に関する情報提供によって生じる便益の給付額Bは、次式で与えられる。

$$B = TDR^1 - TDR^0 + \sum_{\delta=S, F} \int_0^{r_\delta^0} EV_\delta(y-tr, p) dr \quad (18)$$

5. モデル分析

効用関数を $u(s, z, e_0) = s^a z^b$ (コブ=ダグラス型)に特定化し、得られた結果を以下に示す。

図-2は、情報構造と地代の関係を示している。情報公開時には、非公開時と比べてS(F)地区の地代が上昇(下落)し、都市境界距離はCBDから遠ざかる(接近する)ことがわかる。またこれらの傾向は災害生起確率 p の上昇とともに顕著になっている。さらに、災害生起確率 p が、家計数 N や農業地代 R_A といった外生的な変数によって定まるある確率 $\bar{p} = 1 - (\frac{R_A h}{Nt + R_A h})^a$ よりも高くなった場合、CBDからF地区側に距離0における均衡地代 $R_{-1}^1(0) = 0$ となり、F地区は居住地としては利用されなくなる。

図-3は、情報区構造に関するS・F両地区における1家計当たりの客観的な厚生水準を示したものである。災害危険度情報を提供することによってS地区における客観的な厚生水準は低下し、逆にF地区の厚生は増加することがわかる。

図-4は、CBDからの距離 r と等価変分 EV_S の関係を示している。災害危険度に関する情報の提供によってもたらされる1家計当たりの客観的な厚生水準の変化を価格変換すると、S地区では負の評価、F地区では正の評価となり、またそれらの評価の絶対値はCBDからの距離 r に関して減少することがわかる。

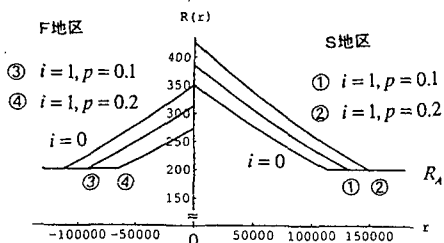


図-2: 情報構造・災害生起確率と均衡地代の関係

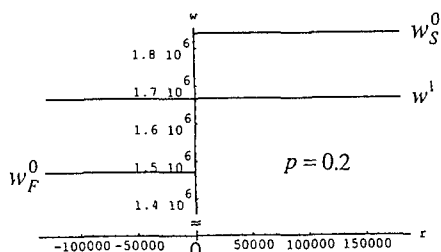


図-3: 情報構造と1家計当たりの客観的な厚生水準の関係

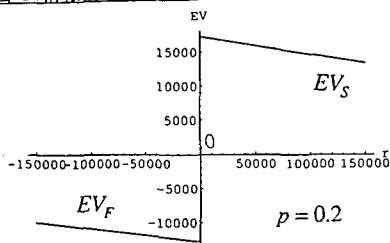


図-4: 等価変分

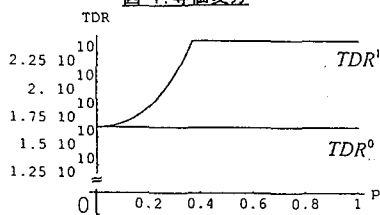


図-5: 災害生起確率と総差額地代の関係

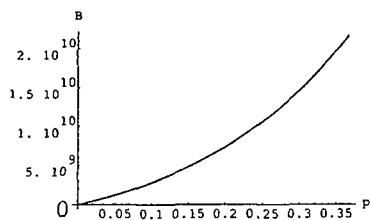


図-6: 災害生起確率と便益の関係

図-5は、災害生起確率 p と総差額地代 TDR の関係を示す。 $p \geq 0$ において $TDR^1 \geq TDR^0$ であることがわかり、不在地主の厚生は災害危険度に関する情報の提供によって改善されることがわかる。

図-6は、災害生起確率 p と総便益 B の関係を示す。この例では、 $p \geq 0$ において $B \geq 0$ であり、災害危険度情報の提供の便益が正となっている場合を示している。

6. おわりに

分析の結果より得ることのできた主要な知見を取りまとめると以下の通りである。

- 1) 災害危険度に関する情報が提供された場合、災害に対して脆弱な地区への人口・資産の集積は軽減される。
- 2) 災害危険度に関する情報の提供によって、1家計当たりの客観的な厚生は安全な地区では低下し、危険な地区では上昇する。すなわちハザードマップの提供は客観的な厚生を平準化する働きを持つ。
- 3) 災害危険度に関する情報の提供は、いかなる場合にも総差額地代を増加させ、不在地主の厚生を改善する。
- 4) 災害危険度に関する情報の提供前と提供後の客観的な厚生水準の変化を、等価変分概念を用いて価格換算を行い、上記2)・3)の結果を合わせると、災害危険度に関する情報の提供便益は正であると評価される場合があることがわかる。

参考文献

- 1) 上田 孝行：防災投資の便益評価—不確実性と不均衡の概念を念頭において、土木計画学研究論文集 14, 17-34, 1997.
- 2) 小林 潔司, 文 世一, 多々納 裕一: 交通情報による経路誘導システムの経済便益評価に関する研究, 土木学会論文集, No.506/IV-26, pp.77-86, 1995.
- 3) Graham-T., T. and Myers, R.J.: Supply-side option value: Further discussion, Land Economics, 66, pp.425-429, 1990.