

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 ○水野健太郎
 正会員 宮田 譲
 正会員 洪澤博幸

1. はじめに

東日本大震災の発生以降、国内ではハード面、ソフト面ともに様々な災害対策が行われてきた。東日本大震災発生時に防潮堤が津波により倒壊したことなどにより、国や地方自治体は人命を最優先に確保する避難対策としてハザードマップに注目している。災害危険度に関する情報とは、土地の位置と被災時の被害の程度を関連付けたものであり、ハザードマップもその一つである。災害危険度情報の提供による効果に関する理論的研究は極めて少なく（例えば山口ら¹⁾）、その効果を実際の都市に当てはめたシミュレーション分析も極めて少ない。そこで本研究では災害危険度に関する情報の提供による家計の立地選択行動を南海トラフ巨大地震により大きな被害を受けると予測されている愛知県豊橋市を事例に考察することを目的とする。

2. モデル化の前提条件

本研究では閉鎖都市モデルを仮定し、都市内の家計数 N は一定、土地の所有形態は不在地主モデルを仮定する。家計はすべて同一の所得と均質な嗜好を持つものとする。すべての家計はCBDに通勤するものとし、その通勤費用はCBDからの距離 r によってのみ変化し、この通勤費用は平常時も被災時も変化せず一律であるとする。

本研究では災害に対して強いA地区と脆弱なB地区の二つの地区が存在するものとし、幅 h の線形都市を想定する（図1）。これは都市内の土地はその位置により災害に対する脆弱性が異なり、被災時に家計が享受できる居住水準が異なるためである。平常時にはどちらの地区も等しい居住水準 a_0 を享受することができるが、被災時にはA地区では居住水準は低下せず a_0 のままであるが、B地区では a_1 まで低下するものとする。本研究は山口ら¹⁾の研究を参考としているが、本モデルでは豊橋市の土地利用を参考とし、その対称性を考慮しないことに新規性がある。



図1：想定する都市の形態

3. 家計の居住地選択モデル

(1) 家計のリスク認知と主観的期待効用

災害危険度情報が利用不可能な場合、家計は都市内のどの地点でも同質であるとみなし、災害時には $1 - \varepsilon$ の確率で被災すると予測するものとする。

情報が利用可能である場合、家計が災害時に被害を受けると予測する主観的な被災確率は家計が情報を利用する以前に認知していた主観的な被災確率 $1 - \varepsilon$ と、情報公開による客観的な被災確率 0 または $1 - e$ との線形結合として表す。VisucusiのProspective Reference Theory Model²⁾にしたがって、家計の主観的な情報信頼度を τ とすると、家計が被災時にも被災しないものと予測する条件付主観確率 $E_\delta(\tau; \varepsilon, e)$ は地区 $\delta (= A, B)$ において以下のように定義できる。

$$E_\delta(\tau; \varepsilon, e) = \begin{cases} 1 - \frac{(1-\varepsilon)+\tau \cdot 0}{1+\tau} = \frac{\varepsilon+\tau}{1+\tau} & (\delta = A) \\ 1 - \frac{(1-\varepsilon)+\tau(1-e)}{1+\tau} = \frac{\varepsilon+\tau e}{1+\tau} & (\delta = B) \end{cases} \quad (1)$$

家計が情報を全く信頼しない場合 ($\tau = 0$) には、主観的なリスク認知は $E_\delta(0; \varepsilon, e) = \varepsilon$ となり、情報提供が行われようとも家計はリスク認知を変更しようとしなない。しかし、家計が情報を完全に信頼する場合 ($\tau \rightarrow \infty$) には、 $E_A(\infty; \varepsilon, e) = 1$, $E_B(\infty; \varepsilon, e) = e$ となり、客観的なリスク水準に一致する。よって、リスク認知のバイアスは、客観的な被災確率 0 ($1 - e$) と、主観的な被災確率 $1 - E_A(\tau; \varepsilon, e)$ ($1 - E_B(\tau; \varepsilon, e)$) の差として表される。

すべての家計は予算制約のもとで効用の最大化を図るように消費行動および居住地選択を行うものとし、平常時には居住水準 a_0 を享受し、土地を s 、合成財を z 消費することにより効用 $u(s, z, a_0) > 0$ を得ることができるが、被災時には居住水準の低下により $u(s, z, a_1)$ に低下した効用しか得られないものとする。なお、本研究で想定する南海トラフ巨大地震は人命にかかわるほど甚大な災害であるため被災時に家計が得られる効用は、消費機会を与えられようと $u(s, z, a_1) = 0$ になるものと仮定する。

また、災害の生起確率を p ($0 \leq p \leq 1$) とし、これをすべての家計が知っているものとする。家計が位置 (δ, r) において土地を s 、合成財を z 消費した場合の主

観的期待効用 $EU_{\delta}^{\tau}(s, z, r, \tau)$ は以下の式で表される。

$$EU_{\delta}^{\tau}(s, z, r, \tau) = (1 - p + E_{\delta}(\tau; \alpha, e)p)u(s, z, a_0) \quad (2)$$

(2) 家計の居住地選択行動

情報信頼度を添え字 τ で表し、 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、家計の居住地選択行動は以下のように定式化できる。

$$V_{\delta}^{\tau}(R_{\delta}^{\tau}(r), y - tr) = \{ \max_{s, z} EU_{\delta}^{\tau}(s, z, r, \tau) | R_{\delta}^{\tau}(r)s + z + tr = y \} \quad (3)$$

(3) 土地利用均衡モデル

都市内の付け値 $\Psi_{\delta}^{\tau}(r, u; p, q, \varepsilon, \tau)$ は均衡効用水準 u を所与とすると以下のように与えられる。

$$\Psi_{\delta}^{\tau}(r, u; p, q, \varepsilon, \tau) = \max_{s, z} \left\{ \frac{y - tr - z}{s} | EU_{\delta}^{\tau}(s, z, r, \tau) = u \right\} \quad (4)$$

都市内の土地はもっとも高い付け値を付ける活動に利用されるため、地代 $R_{\delta}^{\tau}(r)$ は付け値 $\Psi_{\delta}^{\tau}(r, u; p, q, \varepsilon, \tau)$ と農業地代 R_A のうち、より大きなものが選択される。

ここで純所得を $Y = y - tr$ とすると、均衡効用水準 u^{τ} は間接効用関数 $v(R_{\delta}^{\tau}(r), Y)$ を用いて以下のように表すことが出来る。

$$u^{\tau} = (1 - p + E_{\delta}(\tau; \varepsilon, e)p)v(\Psi_{\delta}^{\tau}(r, u^{\tau}; p, e, \varepsilon, \tau), Y) \quad (4)$$

均衡効用水準を付け値について解けば均衡地代はローの付け値関数 $\Psi(u, Y)$ を用いて以下のように表すことが出来る。

$$\Psi_A^{\tau}(r, u^{\tau}; p, e, \varepsilon, \tau) = \psi\left(\frac{u^{\tau}}{1 - p + E_A(\tau; \varepsilon, e)p}, Y\right) \quad (5)$$

$$\Psi_B^{\tau}(r, u^{\tau}; p, e, \varepsilon, \tau) = \psi\left(\frac{u^{\tau}}{1 - p + E_B(\tau; \varepsilon, e)p}, Y\right) \quad (6)$$

また、都市境界での地代は農業地代に等しくなる。

本モデルでは線形都市を仮定しているため、単位距離・幅 h 当たりの家計数 $n_{\delta}^i(R_{\delta}^i(r), y - tr)$ は人口密度に等しくなり、均衡土地利用状態における都市内の全家計数 N は以下のように表される。

$$N = \int_0^{\bar{r}_A^1} \left\{ \frac{h}{s(\Psi_A^1(r, u^1; p), y - tr)} \right\} dr + \int_0^{\bar{r}_B^1} \left\{ \frac{h}{s(\Psi_A^1(r, u^1; p), y - tr)} \right\} dr + \int_{\bar{r}_B^1}^{\bar{r}_B^1(1)} \left\{ \frac{h}{s(\Psi_B^1(r, u^1; p), y - tr)} \right\} dr \quad (7)$$

ここでCBDからA地区とB地区との境界までの距離を \bar{r}_B^1 、B地区と農地との境界までの距離を $\bar{r}_B^1(1)$ とする。

これらを解くことで均衡効用水準、都市境界距離、均衡付け値が内生的に定まる。

4. 立地均衡に関する比較静学分析

ここでは土地市場に対して災害危険度に関する情報提供および、家計の主観的な情報信頼度が与える影響

に関して考察を行う。

情報提供下における均衡地代は任意の $r, u^{\tau}, p, e, \varepsilon, \tau$ に関して、CBDから等距離のA地区とB地区の均衡地代を比較するとA地区の均衡地代の方が高くなる。

家計が情報を全く信頼しない場合、災害が生起する可能性がない場合、災害が生起しても被災する可能性がない場合には両地区の地代分布は同一となる。

また、均衡地代は家計の情報に対する主観的信頼度の上昇に伴ってA地区では増加、B地区では減少する。したがって任意の $r, u^{\tau}, p, e, \varepsilon, \tau$ における均衡地代の大小関係は、以下ようになる。

$$\Psi_A^{\tau}(r, u^{\tau}; p, e, \varepsilon, \tau) \geq \Psi^0(r, u) \geq \Psi_B^{\tau}(r, u^{\tau}; p, e, \varepsilon, \tau) \quad (8)$$

5. 結論

家計の災害危険度情報に対する信頼度の上昇に伴い災害危険度の高い地区では地代が減少し、災害危険度の低い地区では地代が増加する。これにより、付け値が農業地代よりも低くなる地区は居住地として利用されなくなるため、居住地面積は災害危険度の高い地区では縮小、災害危険度の低い地区では拡大する。しかし、家計が情報を全く信頼しない場合には両地区の地代分布は同一となる。このことから家計のリスク認知のバイアスの減少は、災害危険度の高い地区で被災する家計数を事前に災害危険度の低い地区へ移動させ、被災する人口や資源を減少させる効果があると言える。

また、土地特性が非対称な場合には安全な地区が大きくなるほど安全な地区の人口の増加や都市域の拡大の効果がより大きく表れる。

参考文献

- 1) 山口健太郎, 多々納裕一, 岡田憲夫: リスク認知のバイアスが災害危険度情報の提供効果に与える影響に関する情報の提供効果に関する分析, 土木計画学研究・論文集 No.17, pp.327-336, 2000.
- 2) Viscusi, K.W.: Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk, New York: Oxford-University Press, 1992.
- 3) 片田敏孝, 及川康: 洪水経験と災害意識に着目したハザードマップの公表効果に関する研究, 土木計画学研究・講演集 21(1), pp.331-334, 1998.
- 4) 水野健太郎, 宮田譲, 洪澤博幸: 南海トラフ巨大地震による都市の土地利用変化の理論的考察: 地震情報提供による影響分析, 日本地域学会第51回年次大会学術発表論文集, 2014.