

災害危険度情報の提供が家計の居住地選択に及ぼす影響に関する 動学シミュレーション分析*

Dynamic Simulation Analysis on the Effects of Provision of Disaster Risk Information on a Household's Location Decision Making *

多々納裕一**, 河野充保**, 五十部渉***, 山口健太郎****

By Hirokazu TATANO **, Mitsuyasu KOUNO ***, Wataru ISOBE**** and Kentaro YAMAGUCHI*****

1. はじめに

人命・資産が集中する都市においては、災害に見舞われた場合の被害が甚大なものとなる可能性がある。このような被害を防止するためには、防災施設の整備といったハード的対策のみならず、災害に対して脆弱な地域における資産・人命の集積の抑制や安全な地域への誘導といった施策が必要である。そのような施策の一つとして、ハザードマップに代表される災害危険度の地理的情報の提供が注目されている。災害危険度情報が提供されれば、家計は災害時に被る被害の可能性も考慮した上で立地選択を行うようになるため、災害に対して望ましい土地利用をもたらすと考えられるからである。例えば、Bernknopf *et al.* 1) や山口ら 2) は災害情報の提供効果について、都市経済学的な枠組みに基づく分析を行っている。これらの研究では、災害危険度情報の提供は、災害危険地域における集積の抑制や安全な地域への誘導効果をもち、長期的に災害に対して望ましい均衡土地利用をもたらすことを示している。

ところが、災害情報が提供されたとしても、移転の際には金銭的な費用が必要となることから、家計は瞬時に移転することはできない。また、現在居住している地域への愛着や人的ネットワークの喪失と

いった非金銭的な要因も、家計が他の地区へ移転することを阻害する要因となる。これらの理由から、災害情報の提供によって必ずしも災害リスクの分布に応じた均衡土地利用が実現するとは限らない。また、実現するとしても、そのためには非常に長い年月を要するであろう。このような移転費用・地域への愛着の喪失といった家計の移転を阻害する要因を総称して「サンクコスト(埋没費用)」と呼ぶこととする。本研究では、サンクコストが存在する下での家計の居住地選択行動と土地利用の時間的変化を分析するために、マイクロシミュレーションによる分析方法を提案する。この方法を用いて、サンクコストが存在する場合における土地利用の均衡状態への収束可能性を検討する。また、サンクコストの大きさ等が家計の居住地選択行動や土地利用の変化に与える影響についても分析する。

2. モデル化の前提条件

(1) 想定する都市

本研究では CBD と呼ばれる単一中心をもつ幅 h の線形都市を仮定する。この都市は CBD を挟んで、災害に対して脆弱な地区 (F 地区) と安全な地区 (S 地区) の二つの地区に分かれているとする。S 地区においては、災害時にも平常時と同一のアメニティ e_0 が得られる。F 地区では、災害時にはアメニティが低下し、 e_1 になるものとする。また、家計は他の都市との間でも自由に移転が可能な開放都市モデルを想定する。

(2) 土地の所有形態

都市内の土地は不在地主により所有され、各家計

*キーワード: 災害危険度情報, サンクコスト, 居住地選択, 動学シミュレーション分析

**正員 工博 京都大学防災研究所
(〒 611-0011 宇治市五ヶ庄, Tel 0774-38-4308,
Fax 0774-38-4044)

***学生員 京都大学大学院工学研究科 修士課程
(〒 606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel 075-753-5070)

****学生員 工修 京都大学大学院工学研究科 博士課程
(〒 606-8501 京都市左京区吉田本町, Tel 075-753-5070)

*****正員 工修 三菱総合研究所公共計画部
(〒 100-8141, Tel 03-3277-3435,
Fax 03-3277-3460)

は地主によって供給される土地を賃貸して居住するものとする。賃貸契約は家計の転出により解除されるまで同一の地代で継続するものとする。地代は競争的な土地市場により決定される。すなわち、等質なロットに対する十分な需要がある場合、供給されるロットの全てが利用されるような価格水準に地代が決定する。このとき、同一の地区に存在し、CBDからの距離が同一であるロットの地代は等しくなる。

(3) 災害危険度情報の提供と家計の居住地選択行動

災害危険度に関する情報の提供がなされる前において、都市の土地利用は均衡状態にあるものとする。災害危険度情報の提供後には、全ての家計は各土地の災害に対する脆弱性に関して正確な認知をもつようになるものとする。情報提供を行えば土地利用は不均衡状態となり、各家計は移転を行う誘引をもつことになる。ただし、移転に際しては、移転費用という金銭的負担と、愛着のある地域を離れることに伴う人脈・地理的喪失という非金銭的負担の存在により家計の移転が阻害されるため、均衡土地利用状態は瞬時には実現しない。本研究ではこれらの要因を総称して「サックコスト」と呼ぶ。

また、家計は有限な寿命をもち、世帯主の死亡により世代が入れ替わると、家計は他の都市へ移転し居住地を引き継がないものとする。すなわち、その土地は空きロットとなる。

3. 家計の居住地選択行動のモデル化

(1) 移転前の厚生水準

今、都市内の位置を、地区を表わす $\delta (= F, S)$ と CBD からの距離 r によって表わす。アメニティ水準 e が実現している場合の状況依存的な効用は敷地規模 (ロットサイズ) $s (> 0)$ と合成財の消費量 $z (> 0)$ の関数であるとし、 $u(s, z, e)$ で表す。すなわち、災害時の効用は $u(s, z, e_1) = 0$ であり、平常時の効用は $u(s, z, e_0) > 0$ で表される。また、災害の生起確率は p であり、全ての家計がこの確率を正確に認知しているものとする。また敷地規模 s は全ての地区で一定であるとする。

地区 δ に居住する家計の予算制約式は $R_\delta(r)s + z = y - tr$ で与えられる。ここで、 $R_\delta(r)$ は位置 (δ, r) における市場地代、 y は名目所得、 t は単位距離当た

りの通勤費用を表す。情報提供前においては、家計はどの土地が被災時にアメニティの低下に直面するかに関して正確な情報を知らない。そこで、家計は初期信念として、災害時においてもアメニティ水準が低下せず e_0 であると考え (主観的) 確率 α をもつものとする。このとき、地点 (δ, r) に居住する家計の主観的厚生水準 $EU_\delta^i(R_\delta(r), y - tr)$ は次式で与えられる。

$$EU_\delta^i(R_\delta(r), y - tr) = \begin{cases} (1 - p + \alpha p)u(s, y - tr - R_\delta(r)s, e_0) & (i = 0) \\ u(s, y - tr - R_\delta(r)s, e_0) & (i = 1, \delta = S) \\ (1 - p)u(s, y - tr - R_\delta(r)s, e_0) & (i = 1, \delta = F) \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $i = 0$ は情報提供前の状態を、 $i = 1$ は情報提供後の状態を表わす。

また、情報提供前の都市における土地利用状態は均衡であると仮定しているため、厚生水準は外生的に定まる均衡効用水準 u^0 に等しく、

$$EU_\delta^0(R_\delta(r), y - tr) = u^0 \quad (2)$$

となる。以上より、

$$EU_F^1(R_F(r), y - tr) \leq EU_\delta^0(R_\delta(r), y - tr) \leq EU_S^1(R_S(r), y - tr) \quad (3)$$

という関係が成立する。すなわち、情報提供によって両地区の厚生水準にかい離が生じ、家計が居住地移転を行う誘因をもつようになることが分かる。

(2) 移転による厚生水準の変化

家計が他の地区へ移転する場合、上述した金銭的負担と非金銭的負担を含むサックコストが発生する。本研究では、サックコストは個人的な要因に依存するものと考え、個人によって大きさが異なるものとする。家計 j が負担するサックコストのうち金銭的な負担を c_j で表し、所得の減少として扱う。一方、非金銭的な負担は、その土地への愛着などを表すため、居住年数に伴って増大することを考慮して $k_j(T_j)$ で表し、厚生水準の減少として扱う。以上より、情報提供後において、地区 δ から地区 l に移転する場合の厚生水準は次のようになる。

$$EU_{l\delta}^{1j}(R_l(r), y - tr) = (1 - k_j(T_j))EU_l^1(R_l(r), y - c_j - tr) \quad (4)$$

地区 δ に T_j 期間居住した家計 j が地区 l に移転す

るのは、移転後の厚生水準が移転前の水準を上回る場合に限られる。すなわち、移転が生じる条件は以下ようになる。

$$EU_{i0}^{1j}(R_i(r), y - tr) > EU_{i0}^1(R_{\delta}(r), y - tr) \quad (5)$$

これは以下のように書き換えることができる。

$$(1 - k_j(T_j))EU_i^1(R_i(r), y - c_j - tr) > EU_{i0}^1(R_{\delta}(r), y - tr) \quad (6)$$

一方、本研究では開放都市を想定しているため、他の都市に居住している家計も都市内に移転することが可能である。他の都市に居住している家計が当該都市の地点 (l, r) に移転を行う条件は以下のように表される。

$$EU_l^1(R_l(r), y - tr) > u^0 \quad (7)$$

ここで、 u^0 は災害危険度情報が提供される以前の均衡効用水準である。なお、式 (7) の左辺には移転に伴うサンクコストが現れていないが、これは情報提供前の均衡効用水準がサンクコストを含むような水準に定まっていることを意味する。

4. 動学シミュレーション分析

(1) シミュレーションの概要

次に、前節で構築したモデルを用いて実際にシミュレーションを行い、災害危険度情報の提供が、都市内の土地利用や地代の分布等に及ぼす影響の時間的変化を分析する。この際、家計の効用関数をコブ・ダグラス型 $u(s, z, e) = s^a z^b e$ ($a, b > 0$) に特定化する。また、金銭的費用 c_i 、非金銭的費用 $k_j(T_j^0)$ 、家計の余命はランダムに与えることとした。

シミュレーションによる求解のプロセスを図 1 に示す。シミュレーションにおける居住地の決定は、以下のようなルールに従うものとする。1. 最も高い付け値を与える家計がそのロットに居住する。2. 複数の土地で最高値を付けた家計は、それらの土地の中からランダムに居住地を選択する。3. 等質なロットについては地代は全て等しくなるものとする。4. 付け値が農業地代を下回った場合には、その土地は農地または空き地となる。5. 居住者が決定した場合、その居住者の前の居住地は再び空きロットになる。以上を 1 タームと考え、以後このプロセスを順次繰り返す。土地利用状態が均衡になった時点でシミュレーションを終了する。

シミュレーション分析は、パラメータの値を変え

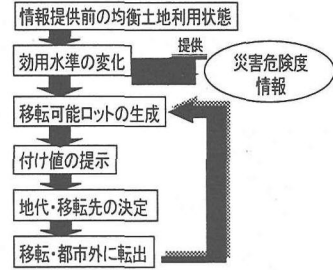


図 1: シミュレーションの手順

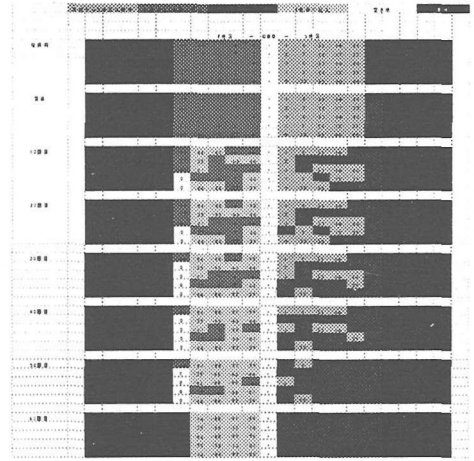


図 2: シミュレーション分析の結果 (ケース 3)

て、以下の 5 通りのケースについて実施した。まず、ケース 1 (基本ケース) では、 $h = 50$, $t = 3.0$, $s = 10.0$, $u = 250.0$, $R_A = 70.0$, $p = 0.1$, $\alpha = 0.5$, $a = 0.5$, $b = 1.0$ のように最も標準的なパラメータの値を与えた。ケース 2 ($k_j < 0.10$)、ケース 3 ($k_j > 0.90$) では、サンクコストの大小の違いによる影響の分析を行った。ケース 1 ($p = 0.1$)、ケース 4 ($p = 0.2$)、ケース 5 ($p = 0.3$) では災害発生確率 p の大小が与える影響について分析した。いくつかのケースの分析結果を図 2 ~ 4 に示した。各図では、時間の経過とともに土地利用形態がどのように推移していくかが示されている。

(2) 分析結果の考察

サンクコストの小さいケース 2 では活発に家計の移転が行われ、比較的短い時間で都市境界が安定し

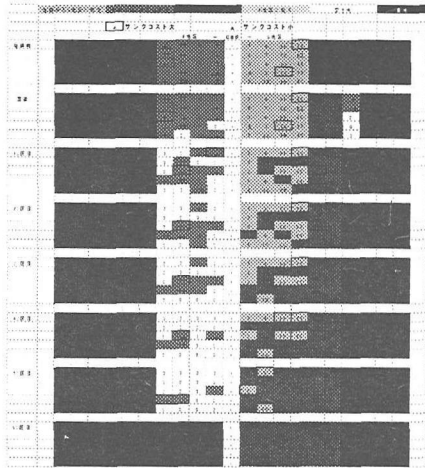


図-3: シミュレーション分析の結果 (ケース 4)

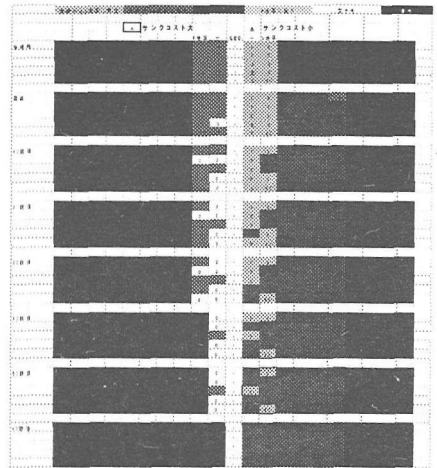


図-4: シミュレーション分析の結果 (ケース 5)

均衡土地利用状態に達した。逆に、サンクコストの大きいケース 3 では、図 2 のように家計の移転はみられず、家計は最後まで同じ土地に住み続けた。これらから、サンクコストが大きいほど家計の居住地の移転は行われにくいことが確認された。

次に、災害発生確率 p の増大に伴って、均衡土地利用状態における F 地区の居住地面積が減少し、S 地区の面積は増加することが確認された。特に、ケース 4 とケース 5 では F 地区の家計は最終的に 0 となった。ケース 1 では他都市から F 地区への転入も起こったが、ケース 4 やケース 5 では起こらなかった。また、災害発生確率の最も高いケース 5 では、図 4 で示されるように F 地区の家計が S 地区や都市外に転出する現象が見られる。逆に、災害発生確率が中間であるケース 4 では、図 3 に示されるように長らく取り残される家計が存在した。

5. おわりに

災害情報の提供は、経済主体の立地選択行動の変化を通じて、土地利用を長期的に災害に対して望ましい方向に誘導する効果をもつ。しかしながら、移転費用や地域への愛着といったサンクコストの存在は、このような効果が現れることを遅らせる要因となる。そこで本研究では、このようなサンクコストの存在や大きさが家計の立地選択行動にどのような影響を与えるかを分析するためにマイクロシミュレ

ーションを用いた分析方法を提案した。このモデルを用いて分析を行った結果、以下のような知見を得た。1) サンクコストが大きいほど、つまり地域に対する愛着が大きいほど、災害危険度情報が提供されても住居移転は行われにくくなり、家計は災害危険性の高い地域に住み続けることになる。2) サンクコストが小さいほど住居移転は活発に行われ、その結果土地利用状態は比較的早く均衡状態に達する。3) 災害の発生確率が大きくなるほど S 地区における居住地は広くなり、F 地区の居住地は狭くなる。

本研究で分析を行ったケースはごく限られた一部のケースである。今後、初期値の与え方等を変化させて様々なケースを想定した分析を行う必要がある。また、本研究で提案したモデルは、土地所有形態や土地制度などの違いにも対応できる柔軟な分析が可能である。これらの分析については、今後の課題としたい。

[参考文献]

- 1) Berkhopf, R. L., Brookshire, D. S., McKee, M. and Soller, D. L.: Estimating the Social Value of Geologic Map Information: A Regulatory Application, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 32, pp. 204-218, 1997.
- 2) 山口健太郎, 多々納裕一, 田中成尚, 岡田憲夫: 単一中心都市における甚大な災害リスク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. 16, pp. 333-340, 1999.
- 3) 河野充保, 多々納裕一, 岡田憲夫: 災害危険度情報が居住地選択に及ぼす影響に関する動学シミュレーション分析, 土木学会関西支部年次学術講演会概要集, IV-90, 2000.