

防災投資評価のための不均衡経済モデル*

A Modeling of Disequilibrium Economy for the Benefit Evaluation of Disaster Prevention Investment

上田孝行¹, 高木朝義², 長谷川俊英³, 森杉壽芳⁴
By Taka UEDA ^{*1}, Aki TAKAGI^{*2}, Toshi HASEGAWA^{*3}, Hisa MORISUGI^{*4}

In the state of nature where a disaster happens, an economy can not work so well as assumed in most of existing equilibrium model. Then to evaluate a disaster prevention project, we have to develop a model for disequilibrium economy. This paper shows a prototype of the model and illustrates a way of benefit evaluation of a virtual disaster prevention project implemented in a system of two cities.

1. はじめに

わが国において自然災害は、地理的・気象的条件より発生頻度が高く、多大な被害をもたらしている。また記憶に新しい北海道地震や阪神大震災を経て、防災投資の社会的重要性がますます高くなっているものの、防災投資も現在の限られた経済資源を将来のために投入するため、その是非は合理的かつ客観的な尺度に基づいて評価されなければならない。自然災害は発生、規模ともに不確実であり、また空間において一様ではなく、場所毎に異なる現象、すなわち location specific な現象である。従って防災投資事業の経済評価を行うにあたっては、これらの不確実性を扱った経済理論に依拠しながらもそれを空間経済システムの枠組みで展開していく必要がある。また阪神大震災で見られたように、大規模な災害においては、多くの資材や商品等が破壊、破損し、各経済主体が望むだけの財の需要・供給が不可能な不均衡経済状態に陥ることも考慮する必要がある。

そこで本研究では災害時における不均衡空間経済状態をも考慮した不確実性下での空間経済モデルを構築し、防災投資の便益評価の方法論を示す。

2. モデルの仮定

モデルの構築に際し、本研究では次のような主な前提(上田・森杉・高木(1995), 高木(1996), 長谷川(1997))に基づいている。

- 1) 社会経済システムの地理的空間は2地域で構成されており、それは $j \in J = \{1, 2\}$ でラベル付けされている。
- 2) 実現する状態は離散的に捉えた自然状態に対応して定義される。今回は「平常時」と「災害時」の2つの状態を考え、その状態を $i \in I = \{0, 1\}$ としてラベル付ける。ここで 0 : 平常時, 1 : 災害時。災害は経済状態における環境質または外生的変数の変化として捉え、防災投資は

*キーワード: 整備効果計測法, 公共事業評価法, 防災計画

*1正会員 工博 岐阜大学助教授 工学部土木工学科
(岐阜市柳戸1-1, TEL058-293-2447, FAX058-230-1248)

*2正会員 工博 中日本建設コンサルタント(株)
(名古屋市中区錦1-8-6, TEL052-232-6035, FAX052-221-7833)

*3正会員 工修 東海総合研究所
(名古屋市中区錦3-20-27, TEL052-203-5322, FAX052-201-1387)

*4正会員 工博 アジア工科大学教授 土木工学科

その水準を向上させるとして表現する。3) 社会はゾーン間で自由に立地変更できる同一の選好を有する世帯、地域毎に定義される代表企業、不在者地主、および政府の4部門で構成される。4) 各世帯はいずれの企業の生産する財も消費することが可能であるが、自地域の企業で勤務する。

3. 各主体の行動モデル

3.1 世帯の行動

世帯は、将来に災害が起こるかもしれないことを考慮し、消費行動と立地行動を行うと考える。

3.1.1 世帯の消費行動

各世帯は平常時と災害時の効用からなる期待効用が最大になるように予算制約下で、合成財の各需要水準、土地サービスをコントロールする。

$$E^j(V_i^j) = \sum_{i \in I} \phi_i^j V_i^j \quad (1)$$

ここで、 ϕ_i^j : 地域 j の状態 i の発生確率, V_i^j : 間接効用関数。

そこで V_i^j を以下のように定式化する。

$$V_i^j = \max_{z_i^j, p_i^j, a_i^j} \ln \left\{ f(H_i^j) \left(\alpha^j z_i^{j\gamma} + \alpha^j z_i^{j'\gamma} + \alpha^j a_i^{j\gamma} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right\}$$

$$s.t. \left(\frac{p_i^j}{\tau_i^j} \right) z_i^j + \left(\frac{p_i^j}{\tau_i^{j'}} \right) z_i^{j'} + r_i^j a_i^j$$

$$\leq (w_i^j \bar{l}_i^j + y_i + y_i') (1 - g_i^j - g_i^{j'}) + G_i \quad (= \bar{Q}_i^j)$$

$$z_i^j \leq \bar{z}_i^j, z_i^{j'} \leq \bar{z}_i^{j'}, \alpha_i^j \leq \bar{\alpha}_i^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (2)$$

ここで、 H_i^j : 状態 i における地域 j の環境質, $f(\cdot)$: 環境質が世帯の効用に及ぼす影響, z_i^j : 状態 i における地域 j で生産される合成財の地域 j での需要水準, $z_i^{j'}$: 状態 i における地域 j' で生産される合成財の地域 j での需要水準, a_i^j : 状態 i における地域 j での居住用土地需要水準, p_i^j : 状態 i における地域 j で生産される合成財の価格, $p_i^{j'}$: 状態 i における地域 j' で生産される合成財の価格, τ_i^j : 状態 i における地域 j 内の Iceberg 型交通費用支払後の財の残存率, $1 - \tau_i^{j'}$: 状態

i におけるIceberg型交通費用の比率, τ_i^j : 状態 i における地域 j' から地域 j へのIceberg型交通費用支払後の財の残存率, $1-\tau_i^j$: 状態 i におけるIceberg型交通費用の比率, r_i^j : 状態 i における地域 j の居住用土地代, w_i^j : 状態 i における地域 j の賃金率, l_i^j : 状態 i における地域 j の1世帯(=1就業者)の労働水準, y_i : 状態 i における企業による世帯の利潤配分所得, y_i^j : 状態 i における不在地主による世帯の地代配分所得, g_i^j : 状態 i における地域 j の世帯に課せられる税率(防災投資プロジェクト用を除く), $g_i^{j'}$: 状態 i における地域 j の世帯に課せられる税率(防災投資プロジェクト用), G_i : 状態 i における1世帯当たりの社会資本整備の消費量(貨幣換算), Ω_i^j : 一般化可処分所得, \bar{X} : 実現できる財の需給量, $\alpha^j, \alpha^{j'}, \alpha^j > 0$: 地域 j で生産される合成財, 地域 j' で生産される合成財, 居住地の消費パラメータ, $\gamma (> 0)$: 代替性パラメータ.

3.1.2 世帯の立地選択行動

世帯は居住地を期待効用水準に従って選ぶと仮定する。ここで期待効用水準が誤差項を持ち、それが独立かつGumbel分布に従うと仮定すると、Logitモデルによって表される立地選択確率を得る。この最適化行動を式で表すと次の最大化問題として定式化できる¹⁾。

$$S = \max_{P^j} \sum_{j \in J} \left\{ P^j E^j(V_i^j) - \left(\frac{1}{\theta} \right) P^j (\ln P^j - 1) \right\} - \frac{1}{\theta} \quad (3)$$

s.t. $\sum_{j \in J} P^j = 1$

ここで, P^j : 立地選択確率, θ : 立地選択におけるロジットパラメータ。

この最適化問題を解くと、立地選択確率 P^j が得られる。

$$P^j = \frac{\exp\{\theta E^j(V_i^j)\}}{\sum_{j \in J} \exp\{\theta E^j(V_i^j)\}} \quad (4)$$

このとき包括的期待効用値を示す満足度関数を得る。

$$S = \left(\frac{1}{\theta} \right) \ln \left\{ \sum_{j \in J} \exp\{\theta E^j(V_i^j)\} \right\} \quad (5)$$

3.2 企業の行動

各企業の利潤は合成財の供給量, 労働量, 土地サービスの各需要水準によって表され, 生産技術制約の下で期待利潤を最大にするものと仮定する。

$$E^j(\Pi_i^j) = \sum_{j \in J} \phi_i^j \Pi_i^j \quad (6)$$

$$\Pi_i^j = \max_{Z_i^j, A_i^j} \{ P^j Z_i^j - w_i^j L_i^j - R_i^j A_i^j - \lambda_i^j C_i^j \}$$

$$\text{s.t. } Z_i^j = Q(H_i^j) L_i^{R_i^j} A_i^{B_i^j} C_i^j$$

$$L_i^j \leq \bar{L}_i^j, A_i^j \leq \bar{A}_i^j, Z_i^j \leq \bar{Z}_i^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J) \quad (7)$$

Π_i^j : 状態 i における利潤, Z_i^j : 状態 i における地域 j の企業の合成財の供給水準, L_i^j : 地域 j の企業の労働需要

水準, A_i^j : 地域 j の企業の土地需要水準, C_i^j : 地域 j の企業の所有資本量, R_i^j : 地域 j の業務地代, λ_i^j : 地域 j の企業の資本利子率, $\beta_{L_i^j}, \beta_{A_i^j}$: パラメータ。

なお企業は $\Pi_i^j = 0$ となるように $\lambda_i^j C_i^j$ を社会に存在する全世帯に均等に配分する。

$$\sum_{j \in J} \lambda_i^j C_i^j = y_i N_T \quad (8)$$

ここで, N_T : 総人口。

3.3 地主の行動

各地域に代表的な不在地主が存在すると仮定し, それらは家計と企業にそれぞれ土地を賃貸して地代収入を得る。しかし, 人口移動と土地所有構造に起因する資産所得の配分の問題を分離するために, 地代収入は, 全世帯に均等に配分するものとする。

$$\Omega_i^j = \max. (r_i^j k^j + R_i^j K^j) \quad (9)$$

s.t. $k^j \leq \bar{k}^j, K^j \leq \bar{K}^j \quad (\forall i \in I, \forall j \in J)$

$$\sum_{j \in J} \Omega_i^j = y_i^j N_T \quad (10)$$

ここで, Ω_i^j : 状態 i における地域 j の地主の地代収入, k^j : 地域 j での居住地供給面積, K^j : 地域 j での業務地供給面積, \bar{k}^j : 地域 j の居住用利用可能土地面積(一定), \bar{K}^j : 地域 j の業務利用可能土地面積(一定)。

3.4 政府の行動

政府は, 社会経済システムに存在する各世帯から労働所得, 企業の資産配分, 地主からの資産配分の粗収入からいくらかの税率をかけて税収を得る。その税の目的はあらかじめ二種類に分けておき, 一つは防災投資事業以外の社会資本整備のため, 他は防災投資事業を行うための税とする。

$$I_i = \sum_{j \in J} (w_i^j l_i^j + y_i + y_i^j) g_i^j = G_i N_T \quad (11)$$

ここで, I_i : 環境状態 i における社会資本整備, g_i^j : 環境状態 i , 地域 j における粗所得にかかる社会資本整備のための税の税率, $G_i = I_i / N_T$: 環境状態 i における1世帯当たりの社会資本整備の消費量(貨幣換算であるが, 今回はその効用は明示的に考慮しない)。

次に防災投資事業のために徴収する税金であるが, 今回はその税収を徴収した地域の企業で生産された合成財を消費し, 防災投資事業を行うとする。したがって, 以下のように表現できる。

$$I_i^j = \sum_{j \in J} (w_i^j l_i^{j'} + y_i + y_i^j) g_i^{j'} N^j = \sum_{j \in J} I_i^{j'} \quad (12)$$

$$P_i^j z_{g_i^j}^j = I_i^{j'} \quad (13)$$

ここで, I_i^j : 状態 i における防災投資額(税収), $I_i^{j'}$: 状態 i における地域 j の税収, $g_i^{j'}$: 状態 i , 地域 j における粗所得にかかる防災投資事業のための税の税率, N^j : 地域 j の世帯数, $z_{g_i^j}^j$: 状態 i において地域 j の企業が生産する合成財の政府の需要水準。

なお, 数値例では防災投資事業のための税は平常時の

み徴収とする。

4. 均衡及び不均衡条件

本モデルでは、市場の清算と立地均衡条件の二種類の条件が成立する。

4.1 市場条件

各状態の各地域の土地、労働、合成財の各市場の清算条件と私企業からの配当、地主の利潤配分条件とその他、税金と支出の均衡条件、総人口一定の各条件よりなる。ここでは合成財市場におけるメカニズムについて記す。

$$\frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{I_i^j}{P_i^j} = \bar{Z}_i^j \quad (15)$$

$$p_i^j = v_i^j \left(\frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{I_i^j}{P_i^j}, \bar{Z}_i^j \right) \quad (16)$$

$$\bar{z}_i^j = \omega_i^j \left(\frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{I_i^j}{P_i^j}, \bar{Z}_i^j \right) \quad (17)$$

$$\bar{Z}_i^j = \xi_i^j \left(\frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{\bar{z}_i^j}{\tau_i^j} N^j + \frac{I_i^j}{P_i^j}, \bar{Z}_i^j \right) \quad (18)$$

$$z_i^j = \min. \{ q_i^j(q_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{a}_i^j), \bar{z}_i^j \} \quad (19)$$

$$z_i^j = \min. \{ z_i^j(q_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{a}_i^j), \bar{z}_i^j \} \quad (20)$$

$$\bar{Z}_i^j = \min. \{ Z_i^j(q_i^j, \bar{L}_i^j, \bar{A}_i^j, \bar{Z}_i^j), \bar{Z}_i^j \} \quad (vi \in I, \forall j \in J) \quad (21)$$

ここで、 \bar{X}_i^j : 需給割り当ての外生的上限値 $v(\cdot)$: 価格決定関数、 $\omega(\cdot)$ 、 $\xi(\cdot)$: 需給割り当て関数、 q_i^j : p , τ , r , H , Ω からなるベクトル。

この条件は労働・土地市場に対しても同様の考え方で定式化される。

4.2 立地均衡条件

立地均衡条件については、3.1.2の通りである。

5. 防災投資の便益定義

上記したモデルを用い、等価的偏差EVの概念を拡張して便益(上田・森杉・高木(1995), 高木(1996))を定義する。

5.1 EV (Equivalent Variation)

防災投資の実施前の状態において、実施後の効用を維持するために必要であると世帯が考える最小補償額を防災投資の便益とする。本モデルにはいくつかの効用の概念が導入されているため、何に着目するかによって定義の異なるEVを測ることができる。

5.1.1 Zone State Contingent EV : ZSCEV

効用水準を地域状態別に捉えた V_i^j とする。

$$V_i^j = V_i^j(p_i^j, p_i^j, \tau_i^j, \tau_i^j, r_i^j, H_i^j, (\Omega_i^j + ZSCEV_i^j), \bar{z}_i^j, \bar{z}_i^j, \bar{a}_i^j) \quad (22)$$

どのような状態とどの地域で防災投資の効果が大きいかわることができる。

5.1.2 Zone Contingent EV : ZCEV

効用水準を地域毎の期待効用水準として捉える。

$$E^{bj}(V_i^j) = E^q(V_i^j(p_i^q, p_i^q, \tau_i^q, \tau_i^q, r_i^q, H_i^q, (\Omega_i^q + ZCEV_i^j), \bar{z}_i^q, \bar{z}_i^q, \bar{a}_i^q)) \quad (23)$$

地域別に定義されるので、事業実施に際して受益に見合った費用負担を各地域が行う場合の情報となり得る。

5.1.3 Non Contingent EV : NCEV

効用水準を世帯が地域選択を行った結果として実現される代表的世帯の効用水準とする。

$$S^b = \sum_{j \in J} (P^q E^q(V_i^j(p_i^q, p_i^q, \tau_i^q, \tau_i^q, r_i^q, H_i^q, (\Omega_i^q + NCEV_i^j), \bar{z}_i^q, \bar{z}_i^q, \bar{a}_i^q)) - \frac{1}{\theta} P^q (\ln P^q)) \quad (24)$$

地域・状態に関わらず同じ便益であり、防災投資から直接影響を受けない地域であっても、家計の立地変更のメカニズムを通して間接的に便益が波及していることを意味している。

5.1.4 Zone-Contingent Fair Bet EV : ZCFBEV

立地している地域は限定されている下で、投資無の場合に家計がどの状態あるかに応じて追加的所得を給付する。その際に投資有と同じ期待効用水準は保持するという条件のもとで家計への給付額を最小するものとする。それをもって立地地域を限定した上での当該地域の家計の便益とする。これは以下のように定義される。

$$ZCFBEV^j = \min_{z^{cevj}} \sum_{i \in I} \phi_i z^{cevj}_i$$

$$\text{s.t. } E^{bj}(V_i^j) = E^q(V_i^j(p_i^q, p_i^q, \tau_i^q, \tau_i^q, r_i^q, H_i^q, (\Omega_i^q + z^{cevj}_i), \bar{z}_i^q, \bar{z}_i^q, \bar{a}_i^q)) \quad (25)$$

5.1.5 Social Fair Bet EV : SFBEV

投資無の場合に家計がどの地域に立地しているか、どの状態あるかに応じて追加的所得を給付する。その際に投資有と同じの代表的世帯の効用水準は保持するという条件のもとで家計への給付額を最小するものとする。それをもって経済社会システムに存在している代表的な家計の便益とする。これは以下のように定義される。

$$SFBEV = \min_{z^{cevj}} \sum_{i \in I} P^q \phi_i z^{cevj}_i$$

$$\text{s.t. } S^b = \sum_{j \in J} (P^q E^q(V_i^j(p_i^q, p_i^q, \tau_i^q, \tau_i^q, r_i^q, H_i^q, (\Omega_i^q + z^{cevj}_i), \bar{z}_i^q, \bar{z}_i^q, \bar{a}_i^q)) - \frac{1}{\theta} P^q (\ln P^q)) \quad (26)$$

5.2 OV (Option Value)

ある便益定義のEVと、下位レベルのEVの期待値との差として定義される。今回のような防災投資によるものは、便益を定義する際の家計の置かれている状態と立地している地域についての情報の差がそれに反映されている。OVに関する従来の研究は、OVの符号が常に正であるとは限らないという点では一応の合意された見解に達している。それはOVをオプション価格に対応するEVから期待EV(多くの場合はCVまたはCSで議論している)を差し引いたものとして定義していることに起因している。そ

ここで、本稿では高木・上田・長谷川・森杉(1997)において提案されている Fair Bet の概念に従った OV の概念を採用する。

5.2.1 Zone Contingent OV Type-1 : ZCOVT1

立地地域を特定した上で、ZSCEV の期待値 (Zone Contingent Expected EV : ZCEEV) から ZCFBEV を差し引いたものとする。これは定義から常に正である。

$$ZCOVT1^j = \sum_{i \in I} \phi_i ZSCEV_i^j - ZCFBEV^j \quad (27)$$

ZSCEV の期待値は投資有と無のいずれの場合にもこの地域に立地した家計が置かれている状態について特定化した上での便益の合計値である。ZCFBEV は投資有の場合については期待効用だけが知られており、投資無の場合には家計が置かれている状態について特定化した上での便益の最小合計額である。従って、両者の差は投資有の場合に家計が置かれている状態が特定化できる場合とできない場合の情報の相違を便益のタームで表したものであると解釈できる。

5.2.2 Zone Contingent OV Type-2 : ZCOVT2

同様に立地地域を特定した上で、ZCEV から ZCFBEV を差し引いたものとする。これも定義から正である。

$$ZCOVT2^j = ZCEV^j - ZCFBEV^j \quad (28)$$

ZCEV は投資有の場合には期待効用だけが知られており、無の場合にもこの地域に立地した家計が置かれている状態については特定化しないという条件のもとでの便益である。ZCFBEV は投資有の場合については期待効用だけが知られており、投資無の場合には家計が置かれている状態について特定化した上での便益の最小合計額である。従って、投資有の場合には期待効用だけが知られているという点は共通であるため、両者の差は投資無の場合に家計が置かれている状態が特定化できる場合とできない場合の情報の相違を便益のタームで表したものであると解釈できる。

5.2.3 Social OV Type-1 : SOVT1

社会経済システム全体についても同様に Fair Bet 概念に基づく OV が定義できる。

$$STIOV = \sum_{j \in J} P^j \sum_{i \in I} \phi_i ZSCEV_i^j - SFBEV \quad (29)$$

この定義の OV の解釈は、家計の置かれている状態に加えて立地地域についての情報の相違を反映しているとすれば、5.2.1 から明らかである。

5.2.4 Social OV Type-2 : SOVT2

Type-2 の OV を用いて以下が定義できる。

$$SOVT2 = NCEV - SFBEV \quad (30)$$

この定義の OV の解釈も 5.2.2 から明らかである。

5.2.5 Location Choice Quasi OV Type-1 : LCQOVT1

SOVT1 は次のように分解できる。

SOVT1

$$\begin{aligned} &= \sum_{j \in J} P^j \sum_{i \in I} \phi_i ZSCEV_i^j - SFBEV \\ &= \sum_{j \in J} P^j \left(\sum_{i \in I} \phi_i ZSCEV_i^j - ZCFBEV^j \right) \\ &\quad + \sum_{j \in J} P^j ZCFBEV^j - SFBEV \\ &= \sum_{j \in J} P^j ZCOVT1 \\ &\quad + \left(\sum_{j \in J} P^j ZCFBEV^j - SFBEV \right) \end{aligned} \quad (31)$$

上式の最下列における第 1 項は地域別 OV を意味する ZCOVT1 の総和である。ZCFBEV にはその定義から投資無の場合に家計が置かれている状態を特定化するという情報と投資有の場合の地域別の期待効用についての情報が含まれている。それを立地選択確率で重み付けて総和をとることでさらに投資無の場合に家計が立地している地域を特定するという情報も反映される。この総和には、全ての地域について投資有の場合の期待効用が反映されているが、それらが情報として得られていなければ、投資有の場合における全ての地域への立地選択確率は前提となっているロジットモデルから直ちに計算できる。一方、SFBEV には投資無の場合に家計が置かれている状態や立地している地域については特定化してその情報が反映されているが、投資有の場合については地域毎の期待効用またはそれから直ちに得られるべき各地域の立地選択確率が情報として反映されていない。従って、ZCFBEV の総和と SFBEV が反映している情報で異なっているのは、投資有の場合の各地域の立地選択についての情報である。このことから、(31) の最下段の () 内は投資有の場合の立地選択確率についての情報の差を反映している。これは、家計が自由に立地選択を行えることに起因して生じているため、立地選択による準オプション価値であると呼ぶものとし、以下のように表す。

$$LCQOVT1 = \sum_{j \in J} P^j ZCFBEV^j - SFBEV \quad (32)$$

ただし、LCQOVT1 の正負は一般的には確定しない。

6. 不均衡経済状態の表現

6.1 災害時に一般均衡状態が実現する場合 (Case1)

一般均衡状態は、均衡価格において、それぞれの経済主体が望むだけの需要、供給ができる状態である。これまで構築してきた不均衡経済状態を考慮したモデルの中では、災害時においても需給割当ての外生的上限値を大きくし、制約が取引に何ら影響を及ぼさない状態として表現される。

6.2 災害時に不均衡経済状態が実現する場合 (Case2)

災害の規模によっては、交通機能、企業の生産性の低下とは別に、生産財の破壊、破損によって供給量の数量的制約が生じる。その上、市場ではその需要量、供給量の調整や、価格の調整が平常時と同様には行われない場合が考えられる。災害時には個々の経済主体は平常時と

は需給量が異なるという事実は知り得ても、price maker とるなれるだけの情報を取得することが困難である。すなわち、市場において需要量と供給量を一致させるような均衡価格が情報として伝達されない。このような情報伝達の困難さについてはくつかのタイプのモデルによって表現することが可能であろう。しかし、この見方を極端な場合にまで押し進めると、調整能力は全くないと考えることができ、その場合には価格は完全に硬直的である。そこで、Case2 では、両地域において災害時の全ての価格は平常時のそれらの水準がそのまま維持されているとする。それは、平常時の均衡価格であって災害時においては均衡価格でない。各主体は平常時の価格水準の下で、しかも平常時と異なった環境水準や社会サービスの下でも生産、消費を行わなければならないことになる。このときの土地や労働、または合成財市場での需給不均衡は、さらにそれらの市場に波及し不均衡を持続させるといった状況を生じさせる可能性がある。

不均衡経済状態は、ある市場については需要量がまた別の市場については供給量が超過することになる。そのような超過する需要(供給)量ほどの市場でも供給(需要)の制約がないときに市場価格のもとで需要(供給)したいと考えられる量であり、観念的需要(供給)と呼ばれる。その時、超過している側(long side)にとってその観念的な量を実現することは不可能であり、一旦は short side の需要(供給)両方が long side に割り当てられる。さらに long side は割り当てられた状態の下で、効用、利潤が最大になるように新たに需要量、供給量の再決定を行う。こうして需要計画、供給計画を練り直すことで導出された需要量、供給量を、観念的需給量に対して、有効需要(供給)量と呼ぶ。各主体は、本来望んでいる量をあきらめ、期待できる需給量の下でそれぞれの効用、利潤が最大になるように行動する。このプロセスを本研究では Clower の再決定過程(例えば、皆川(1983)、根岸(1980)、山下(1989)、小谷(1987)、伊藤(1985)、中込(1987)、駄田井(1989)、Clower(1965)、Bernasy(1983)、Dreze(1991))として捉える。すなわち、(16)における価格決定関数を定数(平常時の価格水準)として市場清算条件を解くことになる。

7. 数値例の解説(長谷川(1997))

7.1 Case1 について

表1と2はCase1 についての設定したパラメータと均衡解を投資有と無のそれぞれについて示したものである。防災投資は災害時の交通機能の低下を防止するために行われるものとし、それは投資有の場合である表2における財の輸送後の残存率が高くなっていることで表現されている。平常時と災害時のいずれでも地域1で生産される合成財(合成財1)をニューメーラール(価格尺度)としてその価格を1に設定している。従って、数値例に登場する価格変数の値は全て合成財1に対する相対値で表されている。

投資によって合成財2の価格については低下がみられ、

特に災害時については投資有の場合に価格が大きく低下している。賃金については地域2の平常時を除いては投資によって低下している。これは、地域2から地域1へ人口移動が生じているため、地域1では労働供給が増大し、地域2では逆に減少していることが主な理由であると考えられる。居住地の地代は投資によりいずれも低下しているが、地域1では業務地の地代が上昇を示している。投資が生産された財を輸送するための交通基盤の機能を改善するものであるため、その便益は地域1の業務地の土地地代に主に帰着している。しかし、家計については賃金所得の変化を介した間接的なものであり、特に投資有の場合には投資目的のための税が徴収されているため、家計の可処分所得は必ずしも増加していない。そのため、居住地地代は低下したと考えられる。

地域2の平常時を除いて、投資によって家計の効用は向上している。地域2の平常時において効用が低下しているのは、人口分布が期待効用によって決定されて地域1への人口移動が生じているため、地域2では労働力が減少して生産量が低下していることによると考えられる。この点は、他の価格変数の変化に対しても大きく影響を及ぼしている。本稿のモデルでは、立地選択行動が期待効用に従っており、一旦決定されている地域の人口規模は状態に応じては変化しないと仮定している。そのため、全ての地域と全ての状態において投資によって効用が常に改善されるとは限らない。

既に示した各種の定義に従って計測された便益はCase1 については表5に示されている。地域2の平常時においては投資によって効用が低下しているため、それに対応する便益は負になっている。また、ZSCEV で見てみると災害時の方がどの地域でも大きな便益になっている。しかし、ZCFBEV や ZCEV などの値は状態の発生確率で重み付けされており、地域2では重みの大きい平常時の便益が負となっているため、その結果としてこれらの定義の便益も負の値を示している。一方、Fair Bet の概念に従って定義された ZCFBOV (T1) はその定義通りどの地域についても正であり、また経済社会システム全体についての OV である SFBEV も正の値になっている。なお、ZCFBOV (T2) についてはいずれもゼロになっている。その理由は家計の効用関数を CES 型関数の対数変換としているため、所得の限界効用が所得水準のみに依存することになる。投資無の場合については、平常時と災害時の間で世帯所得についてほとんど差がないため、所得の限界効用にも差がない。その結果として ZCEV と ZCFBEV がほとんど同じ値になり、ZCFBOV (T1) はその値がきわめて小さいため、表記上はゼロとしている。

7.2 Case2 について

設定値は基本的にはCase1 と同様であるが、次の点でモデルの設定が異なり、それゆえ、表の表記方法も若干の相違がある。それは、第一に、Case2 は災害時にも平常時と同じ価格水準が維持されると想定している点、第二に、不均衡状態においては家計の保有する労働力の全て

が雇用されないため、災害時には労働時間の割り当てが行われる点である。

投資による効用の変化についての傾向は基本的にはCase1と同様である。特に注意すべきは、災害時の財の生産量については特に地域1では投資によってその減少がくい止められており、それに伴って、災害時の労働時間の減少も大きく防止されている点である。ここで想定している不均衡経済は、価格の調整能力が全く発揮されないために各市場に超過需要や超過供給が発生しており、そこで財・生産要素の割り当てが行われるが、そのような制約が投資により緩和されている。この数値例では、パラメータの設定が数値例を決定的に支配していることは言うまでもないが、基本的には不均衡状態を想定した数値例においても価格変数を除いては投資による影響の概略的な傾向はCase1の一般均衡状態の場合と類似している。従って、ある一定の条件のもとでは一般均衡状態を仮定したモデルを不均衡状態のモデルの近似として活用できる可能性がある。無論、そのような条件を求めることおよび近似の程度を検証することは今後の大きな研究課題の一つである。

便益の計測結果については、表3と同様の形式で表6に示されている。Case2においても地域2の平常時については便益が負の値になっている。0VについてはZCFBOV(T1)よりもZCFBOV(T2)の方が大きく出ている。これは、Case1とは異なり、平時時と災害時の間で世帯の所得水準に大きな差があるため、所得の限界効用も大きく異なり、その結果としてZCEVとZCFBEVの差が大きくなったことによると考えられる。また、LQOV1は定義からは正負が確定しないことは既に述べたが、Case2においてはわずかであるが負の値になった。どのような場合にこれが負となるのかという条件について、現在のところ明確な知見は得ていないため、今後の研究課題の一つとしたい。

8. おわりに

便益評価論の枠組みにおいて、不均衡経済における数量制約を明示的に論じたものはStarrett(1988)やDinwiddy and Teal(1996)を除けば非常に乏しい。本稿は不均衡と不確実性の両方を考慮した空間経済モデルによって防災投資の便益を評価しようとしたものであり、モデルは必ずしも単純ではないため、数値例に基づき知見を積み重ねていく他はない。しかし、モデルをある程度まで単純化していけば、解析的なアプローチによっても上記の両研究のような知見を得られる可能性もある。また、我が国においても既に阪神大震災以後には災害保険への需要が大きく現れているため、本稿のモデルにも保険機構を導入した上で分析を行う必要もある。これらの課題について今後も取り組み、適当な機会に報告していきたいと考えている。

本稿のモデル分析は、理論的フレームを提案したり、定性的な知見を得るといった目的に留まっており、計量モ

デルとして発展させていくには今後も多大な時間を要すると思われる。しかし、理論的なフレーム無しに計量モデルを開発したとすれば、その正当性を議論する上での足掛かりはなく、不毛であることは明らかである。また、震災の惨事の記憶を呼び起こせば、本稿のようなモデル分析は現実的には無力であるとの印象を持つ方々も多いかもしれない。しかし、そのような惨事を繰り返さないためには、感情論に流されることなく、経済社会システムに関する科学的な知識基盤のもとに今後の防災投資論議を展開する必要がある。形式論理として成立し得る防災投資論目指さなくてはならない。本稿に対して様々な批判を頂くことが、そのような議論のための一つのきっかけとなればと願っている。

【謝辞】

本稿の基礎になっている初期のモデルについて、その開発と数値例の作成には松井直幸氏(現愛知県庁)から多大な協力を得た。また、本稿をとりまとめるに当たっては、浅野貴志氏(岐阜大学大学院)に協力頂いた。ここに記して感謝する次第である。

【参考文献】

- [1] 高木朗義：防災投資の便益評価手法に関する研究，岐阜大学学位論文，1996
- [2] 上田孝行・森杉壽芳・高木朗義：防災投資の経済評価の考え方，阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集，pp.619-629，1996
- [3] 高木朗義・上田孝行・長谷川俊英・森杉壽芳：不確実性下の便益定義に関する考察，土木計画学研究・講演集NO.20(投稿中)
- [4] Miyagi, T. and Morisugi, H.: A Direct Measure of The Value of Choice-Freedom, Papers in Regional Science International
- [5] 駄田井正：経済学説史のモデル分析，九州大学出版会，pp.84-124，1989
- [6] 長谷川俊英：不均衡状態を考慮した防災投資の便益評価モデル，岐阜大学大学院博士前期課程学位論文(修士)，1997
- [7] 中込正樹：不均衡理論と経済政策，創分社，1987.
- [8] 根岸 隆：ケインズ経済学のミクロ理論，日本経済新聞社，1980.
- [9] 皆川 正：不均衡課程の経済理論，創分社，1983.
- [10] 山下章夫：不均衡理論と情報，安部大佳編「情報のニューフロンティア」所収，pp.31-49，中央経済社，1989.
- [11] 小谷 清：不均衡理論，東京大学出版会，1987.
- [12] 伊藤隆敏：不均衡の経済分析，東洋経済新報社，1985.
- [13] Clower, R. W. : The Keynesian Counter-Revolution: A Theoretical Appraisal, in F. Brechling and F. Hahn(eds), The Theory of Interest Rates, Macmillan, London, pp.103-125, 1965.
- [14] Dreze, J. H. , "Underemployment Equilibria", Cambridge University Press, 1991
- [15] Bennis, J.P. "The Economics of Market Disequilibrium", Academic Press, 1983
- [16] Starrett, D. : Foundation of public economics, Cambridge University Press, 1988
- [17] Dinwiddy, C. and Teal, F. : Principles of Cost-Benefit Analysis for Developing Countries, Cambridge University Press, 1996

表1 防災投資無の各出力結果 (Case1)

	地域1		地域2	
	平常時	災害時	平常時	災害時
α_1 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_2 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_3 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
β_1 生産パラメータ	0.40	0.40	0.45	0.45
β_2 生産パラメータ	0.40	0.40	0.35	0.35
γ 代替性パラメータ	-0.70		-0.70	
$f(p)$ 世帯環境質	10	10	9	9
$Q(p)$ 企業環境質	10	10	9	9
k 居住地面積	60	60	50	50
K 業務地面積	6	6	5	5
C 企業資本	120	120	100	100
ξ 税金	30%	30%	30%	30%
l 労働時間	8	8	8	8
N_T 総人口	100			
τ_{11}, τ_{22} 地域内交通費用支払い後残存率	0.99	0.70	0.90	0.70
τ_{12}, τ_{21} 地域間交通費用支払い後残存率	0.70	0.90	0.70	0.90
θ ロジックパラメータ	3.00			
ϕ 発生確率	0.95	0.05	0.95	0.05
人口	55.56		44.44	
期待効用	7.03		6.95	
効用	7.04	6.77	6.97	6.69
各地域が特化している財の供給量	28156.62	28156.62	22221.52	22221.52
合成財1価格	1.00	1.00	1.00	1.00
合成財2価格	1.06	1.06	1.06	1.06
賃金率	25.34	25.34	29.85	29.77
居住地代	6.05	7.34	6.14	7.47
業務地代	1877.11	1877.11	1650.72	1646.45
世帯所得	512.86	513.88	538.11	538.70
合成財1需要量	307.01	253.06	144.98	90.79
合成財2需要量	108.97	68.22	274.86	230.62
土地需要量	1.08	1.08	1.13	1.13
企業資本配分	103.48	103.35	103.48	103.35
地主利潤配分	201.86	203.09	201.86	203.09

表2 防災投資有の各出力結果 (Case1)

	地域1		地域2	
	平常時	災害時	平常時	災害時
α_1 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_2 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_3 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
β_1 生産パラメータ	0.40	0.40	0.45	0.45
β_2 生産パラメータ	0.40	0.40	0.35	0.35
γ 代替性パラメータ	-0.70		-0.70	
$f(p)$ 世帯環境質	10	10	9	9
$Q(p)$ 企業環境質	10	10	9	9
k 居住地面積	60	60	50	50
K 業務地面積	6	6	5	5
C 企業資本	120	120	100	100
ξ 税金	30%	30%	30%	30%
ξ' 防災投資用の税金	9%		9%	
l 労働時間	8	8	8	8
N_T 総人口	100			
τ_{11}, τ_{22} 地域内交通費用支払い後残存率	0.99	0.65	0.90	0.70
τ_{12}, τ_{21} 地域間交通費用支払い後残存率	0.75	0.65	0.75	0.65
θ ロジックパラメータ	3.00			
ϕ 発生確率	0.95	0.05	0.95	0.05
人口	57.33		42.67	
期待効用	7.04		6.94	
効用	7.04	6.98	6.95	6.80
各地域が特化している財の供給量	28512.88	28512.88	21817.84	21817.84
合成財1価格	1.00	1.00	1.00	1.00
合成財2価格	1.05	1.00	1.05	1.00
賃金率	24.87	24.87	30.15	28.76
居住地代	5.74	6.25	5.82	6.63
業務地代	1900.86	1900.86	1601.00	1527.17
世帯所得	482.46	501.05	509.95	522.87
合成財1需要量	298.56	273.87	159.17	152.96
合成財2需要量	116.03	112.01	249.76	195.85
土地需要量	1.05	1.05	1.17	1.17
企業資本配分	102.77	100.66	102.77	100.66
地主利潤配分	200.45	197.48	200.45	197.48

表3 各便益計測結果 (Case1)

Zone	1		2	
	平常時	災害時	平常時	災害時
State				
Zone-State Contingent EV	0.996	118.445	-9.729	61.839
Zone Fair Bet EV	6.274		-6.366	
Zone Contingent EV	6.274		-6.366	
Zone Contingent Expected EV	6.840		-6.151	
Zone Contingent Option Value (T1)	0.566		0.215	
Zone Contingent Option Value (T2)	0.000		0.000	
Social Fair Bet EV	0.732			
Non Contingent EV	0.881			
Social Expected EV	1.067			
Social Option Value (T1)	0.335			
Social Option Value (T2)	0.149			
Location Choice Quasi OV (T1)	0.075			

表 4 防災投資無の各出力結果 (Case2)

	地域1		地域2	
	平常時	災害時	平常時	災害時
α_1 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_2 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_3 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
β_1 生産パラメータ	0.40	0.40	0.45	0.45
β_2 生産パラメータ	0.40	0.40	0.35	0.35
γ 代替性パラメータ	-0.70		-0.70	
θ 世帯環境質	10	10	9	9
Q 企業環境質	10	10	9	9
k 居住地面積	60	59.48	50	50.00
K 業務地面積	6	3.12	5	2.58
C 企業資本	120	120	100	100
s 税金	30%	30%	30%	30%
l 労働時間	8	4.16	8	4.13
Nr 総人口	100			
τ_{11}, τ_{22} 地域内交通費用支払い後残存率	0.90	0.70	0.90	0.70
τ_{12}, τ_{21} 地域間交通費用支払い後残存率	0.70	0.49	0.70	0.49
θ ロジックパラメータ	3.00			
ϕ 発生確率	0.95	0.05	0.95	0.05
人口	55.57		44.43	
期待効用	7.00		6.92	
効用	7.04	6.13	6.97	6.04
各地域が特化している財の供給量	28158.13	14651.31	22219.85	11460.53
合成財1価格	1.00			
合成財2価格	1.06			
賃金率	25.34		29.85	
居住地代	6.05		6.14	
業務地代	1877.21		1690.63	
世帯所得	512.85	269.30	538.13	281.69
合成財1需要量	307.01	131.69	144.99	47.23
合成財2需要量	108.97	35.19	274.86	118.94
土地需要量	1.06	1.07	1.13	1.13
企業資本配分	103.46	53.63	103.46	53.63
地主利潤配分	201.86	107.84	201.86	107.84

表 5 防災投資有の各出力結果 (Case2)

	地域1		地域2	
	平常時	災害時	平常時	災害時
α_1 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_2 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
α_3 消費パラメータ	0.33	0.33	0.33	0.33
β_1 生産パラメータ	0.40	0.40	0.45	0.45
β_2 生産パラメータ	0.40	0.40	0.35	0.35
γ 代替性パラメータ	-0.70		-0.70	
θ 世帯環境質	10	10	9	9
Q 企業環境質	10	10	9	9
k 居住地面積	60	52.28	50	50.00
K 業務地面積	6	3.91	5	2.78
C 企業資本	120	120	100	100
s 税金	30%	30%	30%	30%
g' 防災投資用の税金	5%		5%	
l 労働時間	8	5.22	8	4.45
Nr 総人口	100			
τ_{11}, τ_{22} 地域内交通費用支払い後残存率	0.95	0.65	0.90	0.70
τ_{12}, τ_{21} 地域間交通費用支払い後残存率	0.75	0.65	0.75	0.65
θ ロジックパラメータ	3.00			
ϕ 発生確率	0.95	0.05	0.95	0.05
人口	57.43		42.57	
期待効用	7.02		6.92	
効用	7.04	6.51	6.95	6.29
各地域が特化している財の供給量	28532.56	18606.29	21795.05	12110.27
合成財1価格	1.00			
合成財2価格	1.06			
賃金率	24.84		30.20	
居住地代	5.74		5.82	
業務地代	1902.17		1599.76	
世帯所得	482.34	317.57	510.21	320.83
合成財1需要量	298.56	179.54	159.30	98.87
合成財2需要量	115.92	62.68	249.75	108.07
土地需要量	1.04	0.91	1.17	1.17
企業資本配分	102.77	62.61	102.77	62.61
地主利潤配分	200.47	124.78	200.47	124.78

表 6 各便益計測結果 (Case2)

Zone	1		2	
	平常時	災害時	平常時	災害時
Zone-State Contingent EV	0.808	124.524	-9.550	77.868
Zone Fair Bet EV	6.207		-6.814	
Zone Contingent EV	10.165		-2.468	
Zone Contingent Expected EV	6.993		-5.179	
Zone Contingent Option Value (T1)	0.786		1.635	
Zone Contingent Option Value (T2)	3.958		4.346	
Social Fair Bet EV	0.510			
Non Contingent EV	4.779			
Social Expected EV	1.585			
Social Option Value (T1)	1.075			
Social Option Value (T2)	4.269			
Location Choice Quasi OV (T1)	-0.089			