

広域社会基盤を対象とした災害対策代替案の設計・評価のための 狭域地域経済モデルの開発*

Construction of Small City CGE Model to Evaluate Alternatives of Disaster Countermeasure for Large Social Infrastructure*

武藤慎一**, 上田孝行***

By Shinichi MUTO**, Taka UEDA***

1. はじめに

「震災が発生した場合、地域においてどのような順序で社会基盤施設を復旧していくべきか」という問いは、公共主体が直面する最も重要な課題である。施設の復旧を決める基本原則は重要性の高い施設から順に復旧するというものであるが、その重要度は単に短期的な重要度ではなく、復旧が長期化した場合に生じる経済的な被害の大きさも反映されなければならない。また、地震発生により、多数の施設が損傷した場合、重要性が同程度の施設が多くあると、それらの交通施設間の復旧の順序を具体的に判断することは容易でない。このような状況は、特に都道府県道などの一般道を復旧する際に起こる問題である。したがって、事前に個々の交通施設の寸断が引き起こす社会経済への波及被害を一般道レベルのネットワークの破損に応じて事前に推定しておき、復旧優先度についてある程度の目安を付けておくことが必要になる。

こうした問題意識に基づく先行研究には、小池・上田・秋吉(2004)、土屋・多々納・岡田(2003)がある。それらでは、空間的応用一般均衡(SCGE)モデルを用いて、大規模地震による当該地域での交通施設損傷がもたらす交通時間の増大を外的ショックとして与え、その地域経済への影響を評価しようとしている。しかし、一般にSCGEモデルは、入力データに産業連関表を必要とするため、都道府県以上の大きさのゾーンからなる地域に対しての評価しか行えず、一般道レベルのネットワーク寸断の波及被害までは評価できないという問題があった。そこで本研究では、都市圏レベルでの空間的応用一般均衡モデルを狭域地域経済モデルとして開発し、それに基づき一般道レベルの破損という詳細な事象の経済影響の評価を試みる。

2. 狭域地域経済モデルの概要

狭域モデルでは、武藤(2003)をベースにして、図1の社会経済モデルを想定し、以下の仮定を設けた。

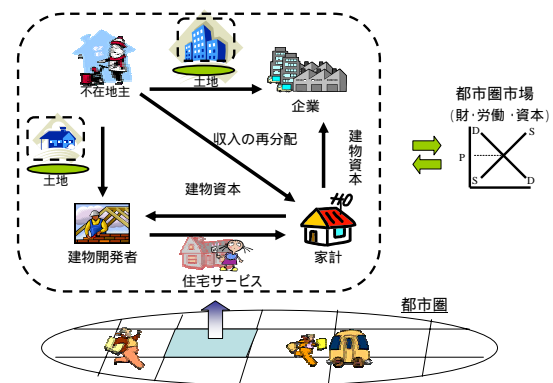


図-1 モデルの全体構成

- 1) S ゾーンからなる 1 都市圏の閉じた経済空間を想定する。
- 2) 経済主体は都市圏に 1 つ集計的企業が M 種存在し、各ゾーンに家計、代表的不在地主、代表的建物開発者が存在する。ただし、家計は都市圏全体で n 世帯存在するものとし、ゾーンを選択し立地するものとする。
- 3) 財市場、労働市場、資本市場については都市圏に 1 つしかないが、建物資本市場、土地市場、建物サービス市場はゾーンに 1 つずつあるものとする。
- 4) 企業は M 種の間接投入財と労働、資本、建物資本、土地を投入して、ただ 1 種の財を生産する。企業は利潤最大化行動をとる。
- 5) 家計は企業に資本と労働力を提供し所得を得て、財を消費し効用を得る。家計は効用最大化行動をとる。
- 6) 各市場は完全競争市場であり、長期的均衡状態にあるものとする。
- 7) 鉄道と道路からなるゾーン間の交通ネットワークが存在するものとする。
- 8) ゾーンごとの居住人口は一定として、外生的に与えられるものとする。
- 9) 通勤にかかる時間と費用については、家計が時間を負担し、企業が費用を負担するものとする。

* キーワーズ：立地均衡，CGEモデル，便益評価

** 正会員 博(工) 大阪工業大学工学部環境工学科

(大阪市旭区大宮 5-16-1, TEL: 06-6954-4203,

FAX: 06-6952-6197, E-Mail: muto@env.oit.ac.jp)

*** 正会員 博(工) 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

2.1 企業の行動モデル

企業の行動モデルの概要は以下のとおりである。

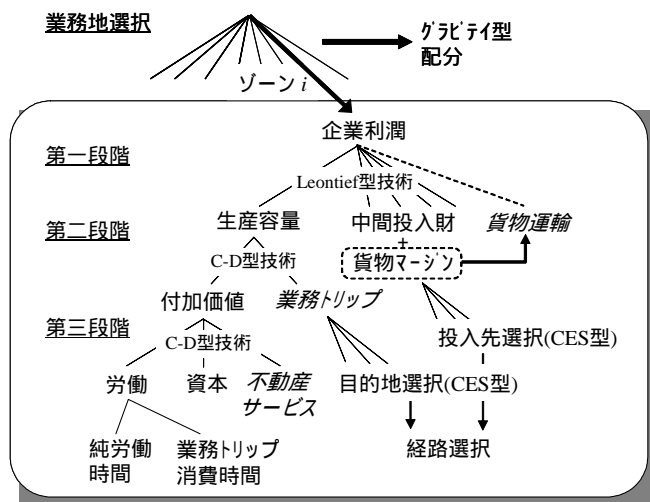


図-2 企業の行動モデル

なお、具体的な定式化は、表-1にまとめて示す。

2.2 家計の行動モデル

家計の行動モデルの概要は以下のとおりである。

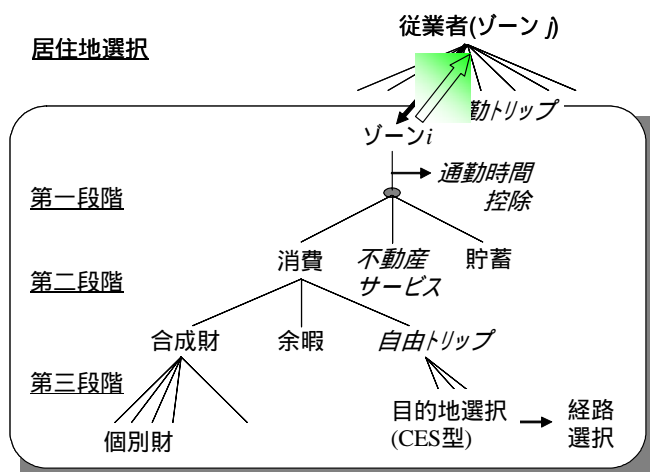


図-3 家計の行動モデル

具体的な定式化は、表-2にまとめて示す。

2.3 市場均衡条件

本モデルにおける市場均衡条件は以下のとおりである。

$$\sum_{m'} a_m^{m'} Y^{m'} + x_m^A + x_m^H + x_m^G + x_m^I = Y^m \quad (1)$$

$$\sum_j \sum_m \{L_j^m + T_j^m\} = \sum_j N_j \left\{ \Omega - x_j^S - \sum_i (\delta t_{ji} + x_j^T t_{ji}) \right\} \quad (2)$$

$$\sum_j \sum_m K_j^m = \sum_j N_j k_s \quad (3)$$

$$\sum_m A_j^m = AS_j^F \quad (4)$$

$$N_j x_j^A = AS_j^H \quad (5)$$

ただし、 $Y^{m'}$ ： m' 財の生産量、 $a_m^{m'}$ ：中間投入係数、 x_m^A ： m 財製造企業の不動産サービス投入量、 x_m^H, x_m^G, x_m^I ：最終需要を構成する家計、政府、投資の各消費量、 L_j^m, K_j^m, A_j^m ：それぞれ総生産要素投入量、 T_j^m ：企業の業務交通消費時間 $\left(= a_m^T y_j^m E_j^m \sum_i t_{ji} Pr_{ji}^T \right)$ 、 N_j ： j ゾーンの総家計数、 AS_j^F, AS_j^H ：それぞれ企業、家計への不動産サービス供給量を表す。

3. モデル分析の入出力値

モデルの入出力について、産業活動や生活の様々な場面での被害を多様なシナリオとして入出力できるよう検討している。

企業部門

- ・ゾーン別、産業別 物流コストの変化
- ・ゾーン別、産業別 業務交通に係わる時間、費用の変化
- ・ゾーン別、産業別(11 産業；農林水産業、鉱業、製造業、建設、電力・ガス・水道、商業、金融・保険、通信・放送、公務、サービス、分類不明)生産量の変化
- ・生産財価格の変化

家計部門

- ・ゾーン別 通勤時間損失
- ・ゾーン別 買い物交通等に係わる時間、費用の変化
- ・生産財価格の変化に伴う財消費の変化
- ・ゾーン別 効用水準の変化

4. おわりに

本研究では、一般道レベルの破損という詳細な事象の経済影響の評価のための狭域地域経済モデルを開発した。特に、別途、開発と適用が進められている交通モデルと統合的に分析ができる詳細ゾーンでの適用に向けてモデル構造とデータセットの両面から検討を行い、モデル構築を行った。今後は、詳細ゾーンでの適用を本格的に進めて、様々な震災シナリオのもとで被害の推定を行う予定である。

参考文献

- 1) 小池淳司・上田孝行・秋吉盛司, 社会資本ストック崩壊による経済的被害の空間的把握 空間的応用一般均衡モデルによる計量厚生分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, pp.367-374, 2004.
- 2) 土屋哲・多々納裕一・岡田憲夫 空間応用一般均衡アプローチによる東海地震の警戒宣言時の交通規制に伴う経済損失の評価, 地域安全学会論文集, No.5, pp.319-325, 2003.
- 3) 武藤慎一, 都市圏交通における環境施策評価のためのCGE・CUE統合モデルの開発, 土木計画学研究・講演集, vol.23 (CD-R), 2003.

表-1 企業の行動モデル

	費用最小化問題	中間財, 生産要素投入量
立地	$\pi^{m*} = \max_{P_j^{Fm}} \left[\sum_j \xi_j^F \frac{1}{\sigma_S^F} (P_j^{Fm} \cdot \pi_j^m)^{\sigma_S^F} \right]^{\frac{1}{\rho_S^F}}$	$P_j^{Fm} = \frac{\xi_j^F \left\{ \pi_j^m \right\}^{\sigma_S^F - 1}}{\sum_i \xi_i^F \left\{ \pi_i^m \right\}^{\sigma_S^F - 1}}$
配分	$\text{s.t. } \sum_j P_j^{Fm} = 1$	
	<p>ただし, P_j^{Fm}: 企業の立地選択確率, π_j^m: 企業利潤($\pi_j^m = p_m y_j^m - C_j^m$ より得られる), ξ_j^F: 分配パラメータ, σ_S^F: 代替弾力性パラメータ, $\rho_S^F = \frac{\sigma_S^F - 1}{\sigma_S^F}$.</p>	
第一	$C_j^m = \min_{pc_j^m, z_j^{m-m'}} \left[tc_j^m \cdot pc_j^m + \sum_{m'} \sum_k \left[\left\{ p_{m'} + p_F \mu^{Fm'} \left(\frac{t_{kj}}{t_{jj}} \right)^{\sigma^F} \right\} \text{Pr}_{kj}^{Fm'} z_j^{m-m'} \right] \right]$	$pc_j^m = a_m^0 y_j^m,$ $z_j^{m-m'} = a_m^{m'} y_j^m$
	$\text{s.t. } y_j^m = \min \left[\frac{pc_j^m}{a_m^0}, \dots, \frac{z_j^{m-m'}}{a_m^{m'}}, \dots \right]$	
段階	<p>ただし, $z_j^{m-m'}$: m' 財の中間投入量, t_{jk}: ゾーン $j-k$ 間の交通所要時間, $\text{Pr}_{ji}^{Fm'}$: 中間投入財の投入先選択確率, $\mu^{Fm'}$: 貨物マージン(単位中間投入財輸送のために必要な貨物サービス投入量), p_F: 貨物サービス価格, $p_{m'}$: m' 財価格, y_j^m: 生産量, a_m^0: 生産容量比率, $a_m^{m'}$: 中間投入係数, tc_j^m: 生産容量の単位費用, C_j^m: 生産費用.</p>	
第二	$tc_j^m = \min_{va_j^m, z_j^{m-T}} \left[fc_j^m \cdot va_j^m + \left\{ p_T + w \sum_k (t_{jk} \text{Pr}_{jk}^{TF}) \right\} z_j^{m-T} \right]$	$va_j^m = \frac{1}{\eta_{pc}^m} \left\{ \frac{\alpha_{pc}^{va} \cdot p_T}{\alpha_{pc}^T \cdot fc_j^m} \right\}^{\alpha_{pc}^T},$ $z_j^{m-T} = \frac{1}{\eta_{pc}^m} \left\{ \frac{\alpha_{pc}^T \cdot fc_j^m}{\alpha_{pc}^{va} \cdot p_T} \right\}^{\alpha_{pc}^{va}}$
	$\text{s.t. } pc_j^m = \eta_{pc_j}^m \left\{ va_j^m \right\}^{\alpha_{pc}^{va}} \left\{ z_j^{m-T} \right\}^{\alpha_{pc}^T} [=1]$	
段階	<p>ただし, va_j^m: 付加価値投入量, z_j^{m-T}: 旅客サービス投入量(業務交通投入量と解釈できる), Pr_{ji}^{TF}: 旅客サービス投入目的地選択確率, fc_j^m: 付加価値の単位費用, p_T: 旅客サービス価格, w: 賃金率, $\eta_{pc_j}^m$: 効率パラメータ, $\alpha_{pc}^{va}, \alpha_{pc}^T$: 分配パラメータ $[\alpha_{pc}^{va} + \alpha_{pc}^T = 1]$.</p>	
第三	$fc_j^m = \min_{l_j^m, k_j^m, a_j^m} \left[w \cdot l_j^m + r \cdot k_j^m + h_j^F \cdot a_j^m \right]$	$D_{Lj}^m = \frac{1}{\eta_j^m} \left[\frac{\alpha_l^m r}{\alpha_k^m w} \right]^{\alpha_k^m} \left[\frac{\alpha_l^m h_j}{\alpha_a^m w} \right]^{\alpha_a^m}$
	$\text{s.t. } va_j^m = \eta_{va_j}^m \left\{ l_j^m \right\}^{\alpha_l^m} \left\{ k_j^m \right\}^{\alpha_k^m} \left\{ a_j^m \right\}^{\alpha_a^m} [=1]$	$D_{Kj}^m = \frac{1}{\eta_j^m} \left[\frac{\alpha_k^m w}{\alpha_l^m r} \right]^{\alpha_l^m} \left[\frac{\alpha_k^m h_j}{\alpha_a^m r} \right]^{\alpha_a^m}$
		$D_{Aj}^m = \frac{1}{\eta_j^m} \left[\frac{\alpha_a^m w}{\alpha_l^m h_j} \right]^{\alpha_l^m} \left[\frac{\alpha_a^m r}{\alpha_k^m h_j} \right]^{\alpha_k^m}$
	<p>ただし, l_j^m: 労働投入量, k_j^m: 資本投入量, a_j^m: 不動産サービス投入量, w: 賃金率, r: 利子率, h_j^F: ゾーン別業務地代, $\eta_{va_j}^m$: 効率パラメータ, $\alpha_l^m, \alpha_k^m, \alpha_a^m$: 分配パラメータ $[\alpha_l^m + \alpha_k^m + \alpha_a^m = 1]$</p>	

表-2 家計の行動モデル

	効用最大化問題	財・サービス消費量
立地配分	$V_j^{H*} = \max_{P_{ji}^H} \left[\sum_i \xi_i^H \frac{1}{\sigma_S^H} (P_{ji}^H \cdot V_{ji}^H)^{\sigma_S^H} \right]^{\frac{1}{\rho_S^H}}$ $\text{s.t. } \sum_i P_{ji}^H = 1$	$P_{ji}^H = \frac{\xi_i^H \{V_{ji}^H\}^{\sigma_S^H - 1}}{\sum_k \xi_k^H \{V_{jk}^H\}^{\sigma_S^H - 1}}$
	<p>ただし、P_{ji}^{Fm} : 住宅地選択確率、V_{ji}^H : 効用水準、ξ_i^H : 分配パラメータ、σ_S^H : 代替弾力性パラメータ、$\rho_S^H = \frac{\sigma_S^H - 1}{\sigma_S^H}$.</p>	
第一段階	$V_i^H = \max_{x_i^H, x_i^A, x_i^C} \left[\beta_H^1 \sigma_1 \{x_i^H\}^{\nu_1} + \beta_A^1 \sigma_1 \{x_i^A\}^{\nu_1} + \beta_C^1 \sigma_1 \{x_i^C\}^{\nu_1} \right]^{\frac{1}{\nu_1}}$ $\text{s.t. } p_H x_i^H + h_i^H x_i^A + p_C x_i^C = w[\Omega - \delta t_{ij}] + r k_S (\equiv M_{ji}^1)$	$x_i^H = \frac{\beta_H^1 M_{ji}^1}{p_H^{\sigma_1} \Delta_1}$ $x_i^A = \frac{\beta_A^1 M_{ji}^1}{h_i^H \sigma_1 \Delta_1}$ $x_i^C = \frac{\beta_C^1 M_{ji}^1}{p_C^{\sigma_1} \Delta_1}$
	<p>ただし、x_i^H, x_i^A, x_i^C : それぞれ当該期消費、不動産サービス消費および貯蓄、p_H, h_i^H, p_C : それぞれ当該期消費価格、不動産サービス価格および貯蓄価格、Ω, k_S : 一家計あたり総利用可能時間、資本ストック保有量、δ : 一家計あたり平均通勤トリップ数、$\beta_H^1, \beta_A^1, \beta_C^1$: 分配パラメータ、σ_1 : 代替弾力性パラメータ、$\nu_1 = \frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1}$、$V_{ji}^H$: 効用水準 .</p>	
第二段階	$x_i^H = \max_{x_i^Z, x_i^S, x_i^T} \left[\beta_Z^2 \sigma_2 \{x_i^Z\}^{\nu_2} + \beta_S^2 \sigma_2 \{x_i^S\}^{\nu_2} + \beta_T^2 \sigma_2 \{x_i^T\}^{\nu_2} \right]^{\frac{1}{\nu_2}}$ $\text{s.t. } p_Z x_i^Z + w x_i^S + q_{Ti} x_i^T = M_{ji}^1 - p_C^* x_i^{C*} (\equiv M_{ji}^2)$	$x_i^Z = \frac{\beta_Z^2 M_{ji}^2}{p_Z^{\sigma_2} \Delta_2}$ $x_i^S = \frac{\beta_S^2 M_{ji}^2}{w^{\sigma_2} \Delta_2}$ $x_i^T = \frac{\beta_T^2 M_{ji}^2}{q_{Ti}^{\sigma_2} \Delta_2}$
	<p>ただし、x_i^Z, x_i^S, x_i^T : それぞれ合成財、余暇、総旅客運輸の消費量、p_Z : 合成財価格、q_{Ti} : 総旅客運輸一般化価格 ($= p_T + w \left\{ \sum_j \text{Pr}_{ij}^{HT} t_{ij} \right\}$)、$\text{Pr}_{ij}^{HT}$: 自由トリップの目的地選択確率、$\beta_Z^2, \beta_S^2, \beta_T^2$: 分配パラメータ、σ_2 : 代替弾力性パラメータ、$\nu_2 = \frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2}$.</p>	
第三段階	$x_i^Z = \max_{x_i^m} \prod_m \{x_i^m\}^{\beta_m^3}$ $\text{s.t. } \sum_m p_m x_i^m = M_{ji}^2 - p_Z^* x_i^{Z*} - q_T^* x_i^{T*} (\equiv M_{ji}^3)$	$x_i^m = \frac{\beta_m^3}{p_m} M_{ji}^3$
	<p>ただし、x_i^m : m 財消費量、p_m : m 財価格、β_m^3 : 分配パラメータ .</p>	

なお、本研究は、文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」に係わる研究成果の一部であり、ここに記して感謝の意を表する次第である。