

赤松貴史*²・武藤慎一*³・伊藤聖晃*⁴・岩崎義一*⁵

By Takashi AKAMATSU*²・Shinichi MUTO*³・Toshiaki ITO*⁴・Yoshikazu IWASAKI*⁵

1. はじめに

現在、近畿圏では東南海・南海地震に対する危機意識が高まっている。また、活断層上の直下型地震も、発生確率はそれほど大きくはないが地域に甚大な被害をもたらすとして問題視されている。

これに対し近年、大地震の発生に伴う人的被害及び物的被害の具体的な推計に関する研究が進んでおり、自治体でも公表されている（和歌山県HP）。これに対し、経済的被害についてはまだ十分に検討されておらず、計測するところまでは進んでいない。これらは特に地震災害により生産活動が停止することによりもたらされる経済的被害を正確に評価するため必要と考えられる。

防災対策については、道路や施設等の耐震化が挙げられるが、膨大な費用がかかり、さらには規定以上の地震が発生すれば、耐震化を行なったとしても被害を防ぐのは難しい。これに対し、地域防災力に対する関心が高まってきている。防災白書によると、安全・安心を得るために自助・共助・公助の取り組みが必要とし、地震被害を軽減する「備え」が広く展開される減災社会の実現に向けた取組が必要とされている¹⁾。

本研究では、大地震に伴う経済的被害の計測モデルの開発を行うとともに、地域防災力向上策の評価モデルを構築する。具体的には、立地変化を考慮した応用一般均衡モデル²⁾を用いて、道路交通社会資本と民間資本の損

傷による経済的被害の計測と、地域防災力の向上による安心感の向上等の便益計測を行う。本研究では、和歌山県北部を対象としてその実証分析も行った。

2. モデルの概要

ここでは、武藤・伊藤²⁾に基づく立地変化を考慮した応用一般均衡(CGE)モデルを用いる。

本モデルは、複数のゾーンに分割された都市圏を対象とする。各ゾーンには従業者一人あたりでの企業、人口一人あたりでの家計が存在する。企業は労働、資本、不動産サービスからなる生産要素および中間投入財を投入して財・サービスを生産する。家計は労働、資本を提供して所得を得、それを基に企業が生産した財・サービスを消費する。なお、本モデルでは地域防災力の水準が家計効用に影響するとした（図-1参照）。なお、その評価においては、環境整備の便益評価に用いられるCVM（Contingent Valuation Method：仮想市場法）を適用することにした。その上で地域防災力向上策を実施した際の便益を立地CGEにより計測する。

市場については、従来モデルでは土地市場のみがゾーン毎に存在するとされていたが、ここでは資本市場もゾーン毎に存在するものとしてモデル化した。これにより、災害時の民間資本損傷の影響がゾーン毎に考慮できる。その他の市場については、従来モデルと同様、都市圏全体で一つの市場が存在するものとしてモデル化されている。

ここでは、全てのモデルの詳細を示すことが困難なため、従来モデルとの相違を中心にモデルの概要を示す。まず、企業の行動モデルは従来モデルとほぼ同じであるため、割愛する。家計についても、基本的な構造は同じであるが、ここでは効用関数に地域防災力水準を考慮しており、その形を以下に示す。

* キーワード：地震被害計測，地域防災力，応用一般均衡分析

² 正会員，工（修），国土交通省近畿地方整備局 福井河川国道事務所 河川管理第二課（〒910-1211 福井県吉田郡永平寺町5-26-1 TEL:0776-63-7100）

³ 正会員，工（博），山梨大学大学院准教授 医学工学総合研究部土木環境工学専攻（〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11 E-mail:smutoh@yamanashi.ac.jp）

⁴ 正会員，工（修），滋賀県芹谷ダム建設事務所（〒522-0071 彦根市元町4-1 TEL:0749-27-2263）

⁵ 正会員 大阪工業大学教授 工学部都市デザイン工学科（〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5-16-1 TELL:06-6954-4083）

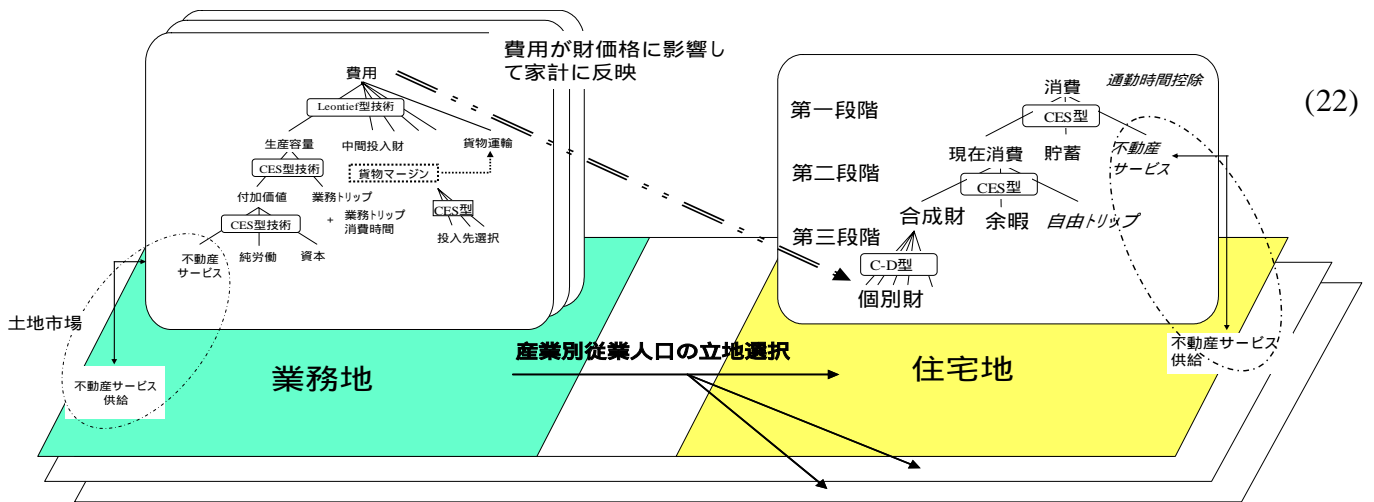


図 - 1 各経済主体の行動と相互関係

$$\left[\beta^H \sigma_1^H \left\{ x_{Hjk}^H \right\}^{v_1} + \beta^C \sigma_1^H \left\{ x_{Hjk}^C \right\}^{v_1} + \beta^A \sigma_1^H \left\{ x_{Hjk}^A \right\}^{v_1} \right]^{\frac{1}{v_1}} + \beta_n \cdot Z_{j,n} \quad (1)$$

ただし、 $x_{Hjk}^H, x_{Hjk}^C, x_{Hjk}^A$: それぞれ当該期消費，
 $Z_{j,n}$: 地域防災指標（防災活動数・避難場所数・住民組織数を指す），貯蓄および不動産サービス消費，
 p_j^H, p_j^C, h_j^H : 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， $\beta^H, \beta^C, \beta^A$: 分配パラメータ，
 β_n : 各種防災分配パラメータ， σ_1^H : 代替弾力性パラメータ， $v_1 = \frac{\sigma_1^H - 1}{\sigma_1^H}$ ， V_{jk}^H : 効用水準。

3. 便益評価指標

本研究では、災害の経済的被害および地域防災力の向上策の便益を、等価的偏差 EV の概念に基づき定義する。ここでは、災害の有無と政策の有無と四種類の場合が存在し、それぞれに対し EV の定義が可能となる。これらの概念図を図-2に示す。

これに基づけば、まず経済的被害は、災害の有無に対する EV に基づき定義できる。なお、これは政策なし、ありともに定義可能であり、それぞれ以下のように表される。

【政策なしでの経済的被害】

$$EV_j^{p0} = \frac{V_{p1,j}^{S0} - V_{p0,j}^{S0}}{V_{p0,j}^{S0}} \cdot I_{p0,j}^{S0} \quad (2)$$

【政策ありでの経済的被害】

$$EV_j^{p1} = \frac{V_{p1,j}^{S0} - V_{p0,j}^{S0}}{V_{p0,j}^{S0}} \cdot I_{p0,j}^{S0} \quad (3)$$

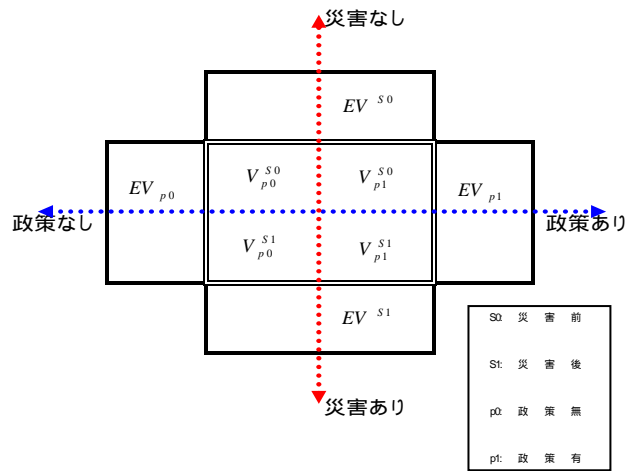


図-2 本稿の考慮パターン別の効用とEV

続いて、政策実施に伴う便益を定義する。これらは、災害発生確率による期待効用を用いて定義した。これは以下のように表される。

$$EV_j = \frac{\left\{ \phi \cdot V_{p1,j}^S + (1-\phi_s) V_{p1,j}^{S0} \right\} - \left\{ \phi \cdot V_{p0,j}^S + (1-\phi) V_{p0,j}^{S0} \right\}}{\phi \cdot \frac{V_{p0,j}^S}{I_{p0,j}^S} + (1-\phi_s) \frac{V_{p0,j}^{S0}}{I_{p0,j}^{S0}}} \quad (4)$$

4. 地震災害の経済的被害計測

(1) 対象地域

ここでは、和歌山県北部を 13 ゾーンに分割した地域を対象とし、経済的被害計測を行った。具体的に想定した地震は、南海・東南海地震、中央構造線による地震の 2 つである。なお、対象地域の詳細については図-3に示す。

(2) 被害設定の方法

ここでは、道路交通社会資本と民間資本とが、地震により損傷した場合を考慮する。まず、民間資本はゾーン毎の民間資本供給量を減少させることで表現した。そ

表1-1. 13ゾーン詳細表

zone1	和歌山市	zone5	広川市	zone9	紀ノ川市	zone13	九度山町
zone2	海南市	zone6	吉備町	zone10	紀美野町		
zone3	有田市	zone7	金屋町	zone11	かつらぎ町		
zone4	湯浅市	zone8	岩出町	zone12	橋本市		

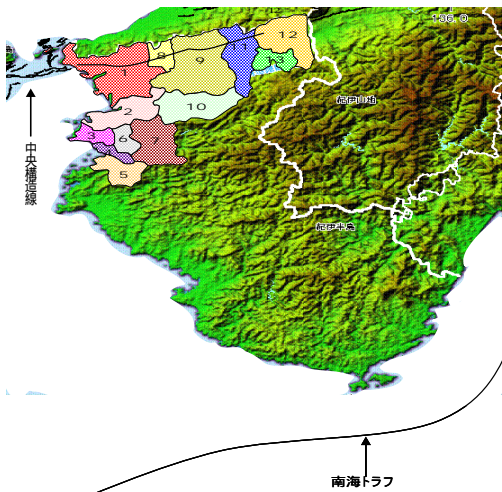


図-3 数値計算の対象地域

の減少率は、直接想定されたデータがなかったため、表-2に示す建物損傷率と焼失率に基づき設定した。この結果、民間資本供給量の減少率の大きなゾーンに立地する企業は、大きな経済的被害を受ける。一方、ここでは家計が資本供給を行うと想定しているが、その資本所得については全ゾーンで平均化した所得を家計が受け取ると想定した。そのため、ゾーン毎の民間資本の損傷に伴い、平均的に資本所得が減少することに伴う家計効用の低下の影響はあるが、それがゾーン毎に異なることはないものとなっている。

一方、道路交通社会資本の損傷は、交通容量の減少に対し利用者均衡配分を行って道路所要時間の増大を推計することで考慮した。この結果、本モデルにおいては、災害時に通勤時間、自由トリップの一般化価格、業務トリップの一般化価格、そして貨物マージンを上昇させる影響が考慮され、これらの影響が最終的に家計の効用低下、さらにEVの概念に基づく経済的被害の計測がなされる。

(3) パラメータ推定

数値計算にあたり、パラメータを推定する必要がある。基本的には、従来のCGEモデルと同様、キャリブレーションによりパラメータを推定した。その中で、効用関数の地域防災水準に係わるパラメータは以下のように推定した。

まず、CVMに基づき防災指標に対する支払い意思額

表-2. 地震別建物全壊・焼失率

市町村	全壊・焼失率		
	南海・東南海	中央構造線	同時発生
和歌山市	3.5%	48.6%	48.6%
海南市	19.9%	40.2%	40.2%
有田市	5.2%	10.5%	10.5%
湯浅町	12.1%	1.6%	12.1%
広川町	13.7%	1.5%	13.7%
吉備町	2.8%	2.8%	2.8%
金屋町	3.1%	4.1%	4.1%
岩出市	0.5%	17.6%	17.6%
紀の川市	1.1%	22.7%	22.7%
紀美野町	0.2%	4.7%	4.7%
かつらぎ町	1.5%	17.9%	17.9%
橋本市	0.7%	10.0%	10.0%
九度山町	1.4%	14.1%	14.1%

：出典：和歌山県庁総合防災化HPより

(WTP)を求める。その結果を表-3に示す。次に、表-3で推定された各指標に対する支払い意思額に所得の限界効用 $\partial V/\partial I$ を乗じて、効用関数の地域防災水準に係わるパラメータを求めた。なお、限界効用は立地CGEモデルの数値計算を通じて計測可能である。

表-3 一人あたり支払い意思額

指標 n	WTP _n
防災活動	6671 (円/活動)
避難施設	7584 (円/施設)
住民組織	7066 (円/組織)

(4) 地震災害による経済的被害の計測

政策なしの時の地震被害額 $EV_{p0,j}$ を計測した結果を図-6, 図-7に示す。全体の総被害額は 南海・東南海では約772億円、中央構造線では約2,837円の被害額となった。なお、これらの被害額は図-3の対象地域内のものである点には注意が必要である。

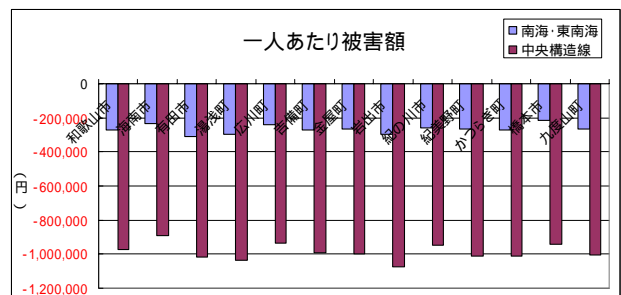


図-4. 地震被害額 (一人当たり)

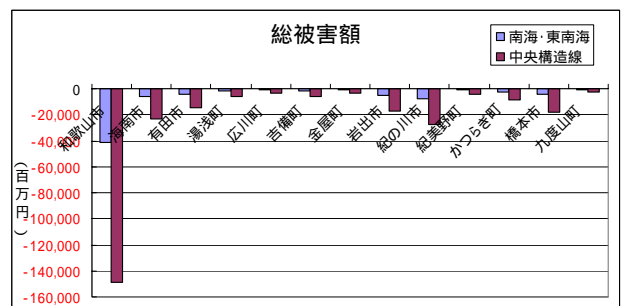


図-5. 地震被害額 (ゾーン別総被害額)

(5) 地域防災力向上政策の評価

a) 政策の概要

続いて、地域防災力の向上政策の評価を行う。ここでは、政府がまず直接税（住民税）を家計より徴収し、それを補助金として支給することで各地域の防災力強化を図るものとした。その上で、家計の総効用が最も高くなる補助金支給額および補助金の各防災指標、各地域への配分割合を数値計算より明らかとする。ただし、これら全てを同時に求めることは困難であったため、ここでは各防災指標と各地域への配分割合は、とりあえず固定として補助金支給額である税収額についてのみ、最適値を計測した。なお、固定的に扱う指標と地域への配分割合については、それぞれ以下のように設定した。

a) 防災指標への補助金の分配

$$P_n = \frac{WTP_n}{\sum_{n=1}^3 WTP_n} \quad (4)$$

b) 各地域への補助金の分配

$$P_{n,j} = \frac{\gamma \cdot \beta_{n,j} \cdot Z_{n,j}^{\gamma-1}}{\sum_{i=1}^{13} \gamma \cdot \beta_{n,i} \cdot Z_{n,i}^{\gamma-1}} \quad (5)$$

なお、これらはそれぞれ支払い意思額の高い指標、当該防災指標への評価の高い地域への配分を優先するよう設定した。

以上より、補助金支給がなされた地域防災力については、各地域防災指標の年間維持費 λ_n （表-2）で除すことにより指標の増分を求めた。この結果、式(1)の家計効用内の地域防災力水準 Z が増大し、家計効用も上昇することとなる。

表2 年間維持費

指標 n	年間維持費 λ_n
防災活動	50 (万円/活動)
避難施設	500 (万円/施設)
住民組織	250 (万円/組織)

b) 評価結果

政策による総便益の増加を最大化する税率は、0.6%であった（図-6）。総税収額は、年間約305億円、一人あたりでは約10万円である。

また、政策に伴うゾーン別の一人あたり便益は図-7のとおりであり、南海・東南海地震、中央構造線ともに総便益が約314億円の結果となった。現状において防災に対する取り組みが活発でなかった地域（有田市・湯浅市・金屋市・紀美野町）が重点的に強化され

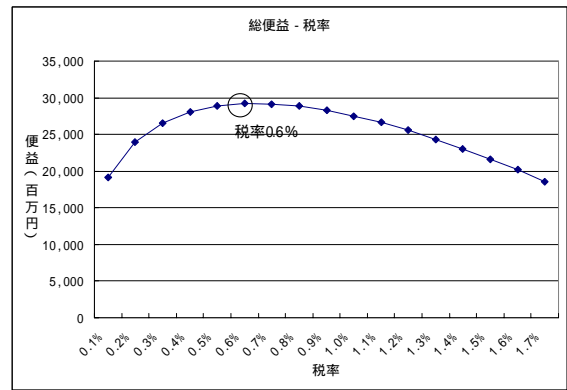


図-6 税率変化に伴う便益の変化

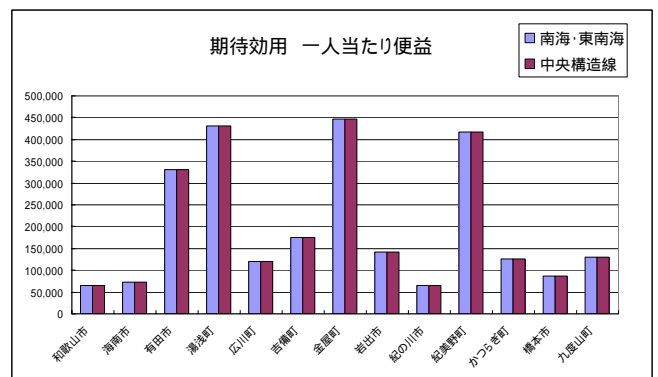


図-7 経済的平均被害による政策効果（一人あたり）

ることで、その地域の一人あたり便益、また家計人口も増加する結果となった。

5. まとめ

本研究では、地震災害の経済的被害の計測と地域防災力向上政策の評価を行うための立地 CGE モデルを構築し、当該モデルに基づき実際に和歌山県を対象に実証分析を行った。特に、ここでは CVM 調査との融合を図ることにより、防災対策の評価においてソフト面での対策の評価が可能となった点が特徴である。

今後の課題は、今回の分析は特定の条件や前提によるものでありそうしたものを見直していく必要がある。また、モデルの安定性や利用の条件等の確認も必要である。

【参考文献】

- 1) 多々納裕一，高木朗義：防災の経済分析 - リスクマネジメントの施策と評価，勁草書房。
- 2) 武藤慎一，伊藤聖晃：都市交通に係わる環境施策評価のための立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルの開発，環境システム研究論文集，Vol.33,pp.275-284,2005