

阪神・淡路大震災による経済被害推計*

Estimation of the Economic Damages Caused by the Hanshin-Awaji Great Earthquake

高橋 顕博** 安藤 朝夫*** 文 世一****

By Akihiro TAKAHASHI, Asao ANDO and Se-il MUN

1 はじめに

平成7年1月に起きた阪神・淡路大震災により、神戸市を中心とした地域で多くの人的・物的被害が生じた。一般に地震による被害は、被災構造物・施設等の直接的被害を基本として把握されてきた。しかし、震災が社会に与える影響はそうした直接的な被害のみではなく、例えば、工場・売場といった生産設備の破壊や道路・港湾といった輸送施設の破壊は生産活動や消費活動の減少をもたらし、先に述べた直接的被害と比較して決して小さいものではない。さらに、生産活動・消費活動の減少が産業の衰退や雇用の減少をもたらすことを考慮すれば、むしろこの間接的影響の方が社会に与える影響は大きいものと考えられる。

本研究は、こうした間接的な震災の影響を捉えるために生産設備及び輸送施設の被害を考慮した経済被害を推定するモデルを構築し、それにより震災による間接的経済被害を推定することを目的としている。ここで、間接的な経済被害とは構造物の直接的な被害額とは異なり、震災前後における生産額の変化のことをいう。

2 モデルの定式化

(1)地域区分と産業分類

本モデルは計量経済モデルと産業連関表を組み合わせ、被災地における経済被害を他の地域との関係において把握しようとしている。本モデルでは、被災地域として兵庫県を想定し、日本全国を(1)兵庫県、

(2)兵庫県を除く近畿地域、(3)近畿以西の日本及び(4)近畿以西の日本の4地域に区分し、これに外国を加えた5地域で分析を行っている。分析に際しては最新の産業連関表が1990年に関するものであるため、1990年を分析の基本年とする。

また、産業分類に関しては通産省の産業連関表産業分類における統合大分類(32分類)を基本として、交通施設被害をモード毎に詳しく捉えるために運輸部門を鉄道、道路(トラック)、船舶及びその他の運輸の4部門に分割し、合計で35部門として分析を行っている。

(2)モデルの概要

生産設備の破壊による生産の減少を考慮するために、(1)式に示すような生産設備と従業者数を生産要素とする Cobb-Douglas 型生産関数を用いて震災後の生産額 X_j^s を求める。

$$X_j^s = \beta_j (K_j^s)^{\gamma_j} (L_j^s)^{1-\gamma_j} / a_{0j}^s \quad (1)$$

K_j^s : 地域 s における産業 j の資本量

L_j^s : 地域 s における産業 j の労働量

a_{0j}^s : 地域 s における産業 j の付加価値率

β_j, γ_j : パラメータ

この Cobb-Douglas 型生産関数は次に示すレオンチエフ型生産関数の一部を構成する。(2)式は、最も制約の厳しい投入財の供給量が生産額を決定することを想定しており、 a_{ij}^s は財 i の投入係数、 x_{ij}^s は地域 s ・産業 j が調達できる財 i の量である。

$$X_j^s = \min \left\{ \frac{x_{1j}^s}{a_{1j}^s}, \frac{x_{2j}^s}{a_{2j}^s}, \dots, \frac{x_{nj}^s}{a_{nj}^s}, X_j^s \right\} \quad (2)$$

ここで x_{ij}^s は以下のように定式化されている。

$$x_{ij}^s = \sum_{r(e)} \sum_m \frac{\bar{C}_{mr}^s}{C_m^s} t_{im}^s a_{ij}^s X_j^s \quad (3)$$

震災による輸送施設の被害が交易に与える影響を考慮するため、財 i のモード m における地域 r から

*key words: 物資流動、産業連関表

**学生員 東北大学大学院情報科学研究科

***正会員 工博 東北大学助教授 情報科学研究科

****正会員 工博 東北大学助教授 情報科学研究科

(〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉 TEL022-217-7497)

s への交易係数 t_{im}^{rs} を(4)式のように定式化する。基本的に交易係数は地域間の交通時間により決定されるとしており、加えて供給地域の生産容量にも影響を受けるために供給側の生産額を組み込んだ形になっている。

$$t_{im}^{rs} = \frac{X_i^r \exp(-\lambda_{im} d_m^{rs})}{\sum_{r(e)} \sum_m X_i^r \exp(-\lambda_{im} d_m^{rs})} \quad (4)$$

d_m^{rs} : モード m による地域 r から s への交通時間
 λ_{im} : パラメータ

(4)式における交通時間に関しては、交通需要 C_m^{rs} が与えられた交通容量 $\bar{C}_m^{rs}$ に等しい場合の交通時間を d_m^{rs0} で表し、需要に関しては増加し、容量に関しては減少するため、以下のように考えられる。

$$d_m^{rs} = d_m^{rs0} \exp(\delta_m \frac{C_m^{rs} - \bar{C}_m^{rs}}{\bar{C}_m^{rs}}) \quad (5)$$

δ_m : パラメータ

地域間の交通需要 C_m^{rs} は地域 s における需要、(4)式により得られる交易係数及び重量換算率 ω_i により以下のように表される。

$$C_m^{rs} = \sum_i \omega_i t_{im}^{rs} (\sum_j a_{ij}^s X_j^s + y_i^s) \quad (6)$$

y_i^s : 地域 s における最終需要額

震災前の交通量は最大交通容量に等しいと仮定し、震災前の交通容量は震災前の交通量を用いる。

域内最終需要 y_i^s は、消費支出 1 単位当たりの財の構成比率 b_i^s が一定であると仮定し、地域 s の最終支出額（消費及び投資）を W^s で表せば、地域 s の財 i に対する最終需要は(7)式のようになる。

$$y_i^s = b_i^s W^s \quad (7)$$

各地域はその地域内で生じた付加価値額に相当する分だけ最終消費及び投資を行う。よって、輸移出入額により調整すれば以下のような関係が成り立つ。

$$W^s = \sum_j V_j^s - \sum_i TFM_i^s \quad (8)$$

(8)式の TFM_i^s は輸移出入インバランスであり、(9)式で表す。

$$TFM_i^s = \sum_{r \neq s} \sum_m t_{im}^{sr} (\sum_j a_{ij}^r X_j^r + y_i^r) + F_i^s - \sum_{r, s, e} \sum_m t_{im}^{rs} (\sum_j a_{ij}^s X_j^s + y_i^s) \quad (9)$$

ここで、e は外国を意味し移入を表す第 3 項にのみ含まれることを表す。 F_i^s は地域 s における財 i の輸

出を表し、地域内の余剰生産が輸出にまわると仮定して(10)式で表される。

$$F_i^s = X_i^s - \sum_s \sum_m t_{im}^{rs} (\sum_j a_{ij}^s X_j^s + y_i^s) \quad (10)$$

3 モデルの解法のプロセス

本章では、震災後の生産額を求める方法を図 1 に示すフローチャートに沿って説明する。

(i)最初に生産のための資本量 K_i^s と地域間の交通容量 $\bar{C}_m^{rs}$ が減少するとして考えられる。そこで、(1)式から被災後の資本量による生産額の初期値を求める。最終需要額及び交通時間は被災前と同じとする。

(ii)生産額 X_j^s と交通時間 d_m^{rs} に基づく交易係数を(4)式により求める。

(iii)交易係数に基づく地域間のモード別交易量（交通需要）を求め、初期値として与えられた交通容量を超過していないか確かめる。もしも全ての組み合わせ(m,r,s)について、 $C_m^{rs} \leq \bar{C}_m^{rs}$ ならば(v)に進む。そうでない場合には、容量を超過したモードについて全ての財の輸送量を(3)、(11)式に従って均等に減少させた結果を求める。

$$y_i^s = \sum_{r(e)} \sum_m \frac{\bar{C}_m^{rs}}{C_m^{rs}} t_{im}^{rs} y_i^r \quad (11)$$

(iv)上で得られた結果を(2)式のレオンチェフ型生産関数に代入し、生産額を改訂する。ここで付加価値率が一定であるとするならば、新しい付加価値額は $V_j^s = a_{0j}^s X_j^s$ で求められる。

(v)2章の(2)で述べたように、最終需要の総額は地域内で生じた付加価値額から輸移出入による取引額を調整した額になる。先ほど計算された生産額、交易係数及び最終需要を用いて(9)式により純輸移出入が計算され、(7)、(8)式により最終需要額がさらに改訂される。

(vi)以上のようにして求めた生産額及び最終需要額から、(10)式により輸出額が再計算される。本モデルにおいては輸出額は正であるとしているが、代入値の多くが推定値であるために必ずしも計算された輸出額が非負であるとは限らない。そこで、 $F_i^s \geq 0$ でない輸出額は 0 とおいて(12)式に示すバランス式に代入して生産額を再改訂する。(12)式の変数はベ

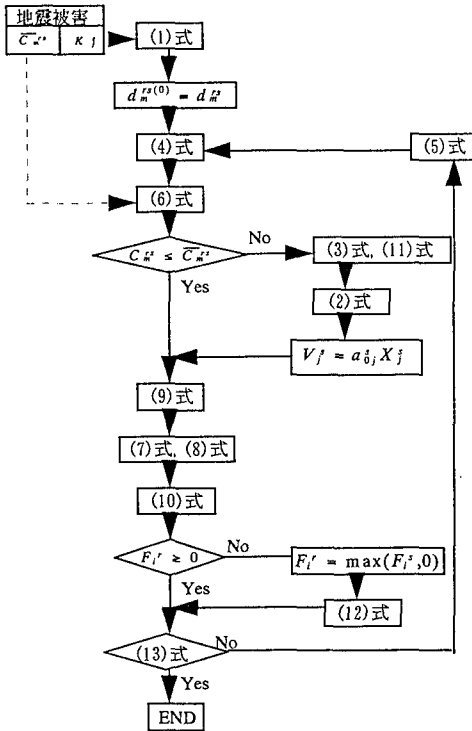


図1 モデルのフロー

クトル表示である。

$$X = (I - A)^{-1}(TY + F) \quad (12)$$

(vii)以上の計算において、全ての組み合わせにおいて $C_m^{rs} \leq \bar{C}_m^{rs}$ 、 $F_i^r \geq 0$ であり、さらに生産額が(13)式のように収束すれば計算を終了する。(Xの右肩における(k)は収束回数を表す)

$$\sum_i \sum_j |X_i^{s(k+1)} - X_i^{s(k)}| < \varepsilon \quad (13)$$

そうでなければ、(5)式を再計算し(ii)以降を繰り返す。

4 モデル適用上の制限事項とパラメータ推定

以下では、3で述べた解法のプロセスに従って経済被害の推計を行うが、データ上の制約により基本モデルを一部簡略化して適用している。

基本モデルでは交易係数を(4)式のように財別・モード別に直接計算する形になっている。しかし、産業連関表では地域間交易がモード別に区別できないために、ここでは全モードを合算した交易係数を以下のように表す。

$$t_i^{rs} = \frac{X_i^r \exp(-\lambda_i d^{rs})}{\sum_{r(e)} X_i^r \exp(-\lambda_i d^{rs})} \quad (4')$$

(14)式に輸送分担率 μ_{im} を乗じることにより t_{im}^{rs} を以下のように得ることができる。

$$t_{im}^{rs} = \mu_{im} \frac{X_i^r \exp(-\lambda_i d^{rs})}{\sum_{r(e)} X_i^r \exp(-\lambda_i d^{rs})} \quad (4'')$$

where $\sum_m \mu_{im} = 1$

震災の際にはモードの代替が存在したと考えられるが、物流全体に占める割合は小さいとして財毎の輸送分担率は一定として取り扱う。輸送分担率 μ_{im} は1990年の全国貨物純流動調査から別に求めている。

交通時間に関しても、(4)式に示したようにモードを合算した交通時間を使用するため以下のように表す。

$$d^{rs} = d^{rs0} \exp\left(\delta \frac{\max(\sum_m C_m^{rs} - \sum_m \bar{C}_m^{rs}, 0)}{\sum_m \bar{C}_m^{rs}}\right) \quad (5')$$

d^{rs0} は交通時間を単純に合算できないために、国内では代表的な輸送手段であるトラックの所要時間を基準交通時間として使用する。輸入に関しては陸上輸送することが不可能なため、特別に寄港時間を設定して基準交通時間として使用する。

5 推計結果

(1)初期値としての被害率の決定

被害額を推計する前に、初期値としての被害率(具体的には K_i^s と $\bar{C}_m^{rs}$) を決定する必要がある。

資本量の減少は、被災地で行ったアンケート調査における有形固定資産の変化のデータから3.2%の被害としている。

また交通容量の減少に関しては、1995年2月における交通量調査により1995年2月の交通容量は震災前の約40%であるとして、以後毎月10%づつ回復すると仮定し、現在回復していない阪神高速道路の容量を控除した容量約80%に近づける。これにより一般道路は6月上旬で全回復したことになり、1995年1年をとおした被害率は約30%と仮定される。

(2)被害推定結果

以上の初期値を与えて推計を行った結果を表1に

表1 推定結果

産業	兵庫地域			兵庫を除く近畿地域			近畿以東の日本			近畿以西の日本		
	震災前	震災後	被害額	震災前	震災後	被害額	震災前	震災後	被害額	震災前	震災後	被害額
農林水産業	194	174	-20	488	483	-5	6,542	6,483	-59	3,076	3,046	-30
鉱業	16	16	0	168	166	-1	630	625	-5	331	329	-3
食料品	840	724	-116	1,299	1,291	-8	8,050	8,003	-47	3,066	3,046	-20
繊維製品	157	135	-22	1,196	1,185	-12	2,559	2,536	-23	1,096	1,086	-11
パルプ・紙・木製品	269	232	-37	943	934	-9	4,059	4,024	-36	1,446	1,433	-14
化学製品	387	333	-54	1,373	1,360	-13	5,439	5,390	-49	1,626	1,611	-16
石油・石炭製品	150	129	-21	484	481	-3	2,573	2,560	-13	1,036	1,030	-6
窯業・土石製品	169	147	-22	574	568	-5	2,724	2,699	-24	874	866	-8
鉄鋼	730	660	-70	907	902	-5	3,346	3,329	-17	1,710	1,701	-10
非鉄金属	112	99	-13	311	308	-3	1,542	1,529	-13	255	252	-2
金属製品	418	359	-59	1,472	1,458	-14	4,772	4,728	-43	945	936	-9
一般機械	910	784	-126	2,011	1,992	-19	8,407	8,330	-76	1,610	1,594	-16
電気機械	719	619	-100	2,366	2,343	-23	12,839	12,722	-117	1,700	1,684	-17
輸送機械	376	323	-53	502	497	-5	8,193	8,119	-75	1,500	1,486	-15
精密機械	40	34	-6	268	266	-2	1,663	1,648	-15	84	83	-1
その他の製造業	555	478	-77	2,259	2,237	-22	9,112	9,029	-82	1,456	1,442	-14
建設業	1,845	1,636	-209	4,530	4,486	-44	27,341	27,092	-249	7,416	7,344	-72
電力・ガス・熱供給	328	291	-37	1,257	1,250	-7	5,390	5,362	-28	1,715	1,705	-10
水道・廃棄物処理	219	194	-25	621	615	-6	2,657	2,633	-24	746	739	-7
商業	1,736	1,531	-205	9,677	9,618	-59	36,833	36,622	-211	9,235	9,177	-58
金融・保険	804	721	-83	3,349	3,329	-20	14,625	14,542	-83	3,185	3,165	-20
不動産	1,846	1,655	-191	5,180	5,148	-32	28,412	28,247	-166	6,605	6,563	-42
鉄道輸送	164	145	-19	444	442	-2	2,210	2,197	-13	202	201	-1
道路輸送	388	344	-44	1,251	1,243	-7	6,070	6,036	-34	2,623	2,607	-16
水運	166	149	-17	159	157	-2	862	855	-7	677	671	-6
その他の運輸	353	317	-37	697	690	-7	3,457	3,426	-31	1,008	998	-10
通信・放送	267	239	-28	1,115	1,108	-7	5,029	5,000	-29	1,602	1,592	-10
公務	518	460	-59	1,555	1,540	-15	9,034	8,951	-82	3,378	3,346	-33
教育・研究	907	804	-103	2,711	2,694	-17	13,734	13,654	-80	4,099	4,073	-26
医療・保険・社会保障	635	563	-72	1,818	1,800	-18	8,228	8,153	-75	4,446	4,403	-43
その他の公共サービス	88	79	-9	356	354	-2	1,674	1,664	-10	458	455	-3
対事業所サービス	798	708	-90	4,194	4,154	-40	21,171	20,982	-189	3,721	3,685	-35
対個人サービス	1,255	1,112	-142	3,916	3,879	-38	18,826	18,654	-172	5,090	5,041	-49
事務用品	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
分類不明	96	86	-11	305	303	-2	1,512	1,499	-13	416	412	-4
合計	18,454	16,277	-2,177	59,755	59,281	-473	289,515	287,325	-2,191	78,433	77,799	-634

(単位: 10億円)

示す。

兵庫県では製造業で約 7,800 億円、商業で約 2,000 億円そしてそれ以外の産業合計で約 1 兆 2,000 億円、兵庫県全体では約 2 兆 2,000 億円もの被害（付加価値ベース）が生じた結果となった。兵庫以外の地域においても決して小さくはない被害が出ていることが計算され、日本全体で約 5 兆 5,000 億円もの経済被害が出たことになる。

また、企業が生産の被害を取り戻すために単純に労働者を解雇すると仮定すれば、これらの被害を Cobb-Douglas 型生産関数に逆に代入し労働量の減少を計算することもできる。この仮定に基づけば、兵庫における製造業・商業に従事する従業者数のうち約 40 万人が職を失うことになる。

案し、実際に被害推計を行うことができた。結果は震災の被害が兵庫以外の地域にも大きく及んでいることが明らかとなった。

問題点としては、初期値設定やパラメータの誤差により被害が過大評価あるいは過小評価される可能性があるということが挙げられる。また、道路・港湾をあまり利用していない銀行や保険業、サービス産業等も大きな被害を受ける結果となり、修正が必要である。

現実としては、兵庫以外の地域では被害もあったがそれ以上に復興需要による生産の増加もあったと考えられるため、復興需要のモデルへの組み込みが必要と言える。

＜参考資料＞

- 1) 通称産業大臣官房調査統計部 平成 2 年工業統計表
- 2) 通称産業大臣官房調査統計部 昭和 63 年商業統計表
- 3) 通称産業大臣官房調査統計部 平成 3 年商業統計表

6 結論と問題点

震災の間接的経済被害を推計する 1 つの方法を提