

(48) 地震による損害の波及効果の推計手法について

建設省 正員 田崎 忠行
 建設省土木研究所 ○正員 中島 威夫
 建設省土木研究所 正員 柴田 松雄

1 まえがき

地震による被害には、人的、物的被害のような直接被害、これによって波及的に発生する経済的な間接被害、あるいは、パニック、地域社会の変化のような社会的被害などがある。したがって、将来の地震災害の規模を予想し、地震防災計画に反映させるためには、これら全ての項目を総合的に検討する必要がある。しかし、これらの中には定量化可能なものと不可能なもの、国、県のような行政レベルのもの、地域社会、家族のような個人レベルのものなど種々の要因が入り組んでいる。本報告で述べるモデルは、県レベルで定量化可能な経済的波及効果を取り扱うもので、地震の影響の一部を評価するに過ぎないが、定量化可能な目標を推計しようという点で地震災害予測のための一つの有効な方法であるといえよう。

2 推計モデルの概要

地震による損害推計モデルは、直接損害モデルおよび間接効果モデルの2つの部分より成り立っている。直接損害モデルは地震による人的、物的損害を推計するためのモデルである。モデル作成にあたっては、既往の6つの地震における市町村単位の被害データを用い、重回帰分析によって関数推定を行なった。間接効果モデルは、直接損害モデルで求められた人的、物的損害を入力として、これらの直接損害が地域経済に与える間接的な影響を時系列的に求めるためのモデルである。ここでは、地震による施設の被害が、生産活動を停止または停滞させる効果と、被害復旧のための、新たな需要創出効果を調整するメカニズムをモデル化し、地震後の経済の推移を推計した。図-1に推計モデルの全体構成を示す。

3 直接損害モデル

直接損害のうち物的損害を決定する要因としては、地震動強度、被害の対象となる資産のストックが考えられる。このうち、地震動強度の指標としては、加速度応答スペクトル値を用いることにした。加速度応答スペクトル値と、木造家屋の被害の定量的関係の解析については、いくつかの研究がなされている。加速度応答スペクトル値を求めるためには、資産ごとの固有周期を知ることが必要であるが、これを力学的に求める事は容易ではない。このため、本解析ではいくつかの固有周期に対応する加速度応答スペクトル値を用いて直接被害を推計する回帰式を求め、このうち相関係数の最も高い回帰式をモデルに採用する事にした。加速度応答スペクトル値の計算に用いる地盤条件は2種類に分類した。この分類で、地盤Iとは洪積世以前の地盤、地盤IIは沖積世以降の地盤である。分類にあたっては、国土数値情報のメッシュデータを基本とし、市町村ごとに人口

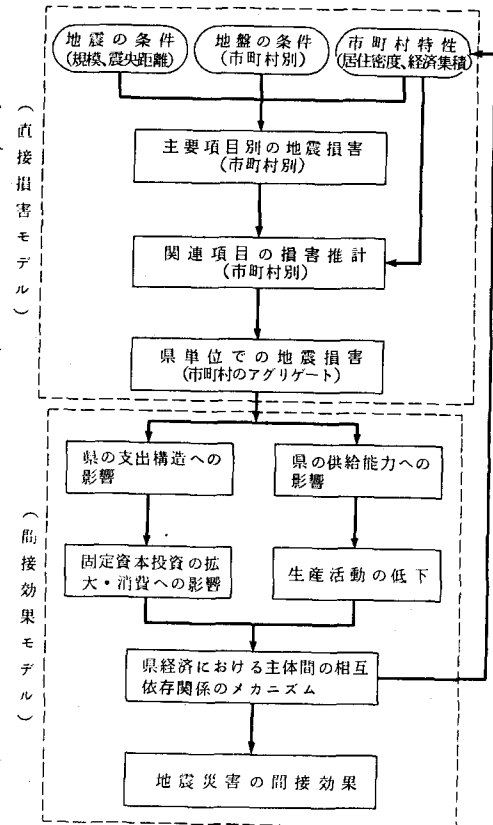


図-1 地震災害の間接効果推計モデルの構成

密度が一定の値以上の地域において、卓越する地盤の種類をとってこの市町村を代表する地盤の種類とした。³⁾ただし、河川施設のように人口集積と分布が無関係な施設については市町村全域で卓越する地盤の種類を、市町村を代表する地盤の種類としている。加速度応答スペクトル値は参考文献4)に示されている既往地震の応答スペクトル値の統計解析結果を補間して用いた。

同一の地震強度であっても、資産の蓄積が異なれば被害の程度は異なることから説明変数として資産ストックをとりあげている。資産ストックのうち、データのよいものについては資産ストックと関連の深い地域特性の指標を説明変数として採用している。例えば水道施設についてみれば、水道施設の規模を決定する最大の要因である人口を説明変数としている。損害額推計式の一般形はつぎのようになる。

$$L_i = f(SA_T, K_i) \text{ ----- (1)}$$

ここに、 L_i : i項目資産の損害額

SA_T : 固有周期Tにおける加速度応答スペクトル値 (gal)

K_i : i項目資産のストック (またはそれと同等の地域特性の指標)

人的被害については、住家の被害と密接な関係にあると考えられるので、住家損害額と地域特性を説明変数とする回帰式を作成した。

損害を推計する資産は、家計資産、社会資本、民間資産の各項目とした。これらの項目すべてについて、既往地震における市町村ごとの損害額のデータが、整備されているわけではない。したがってデータの整備されている資産についてのみ回帰式の推計をおこなない、それ以外の資産は回帰式の推計されている資産のうち最も類似の資産の損害率をそのまま用いることにしている。たとえば社会資本の場合、道路、河川、教育施設、水道施設が推計可能である。したがって鉄道の場合には類似の施設として道路を選び、道路の損害率を用いて損害を推計している。

回帰式の推計には新潟地震、1968年十勝沖地震、伊豆半島沖地震、大分県中部地震、伊豆大島近海地震、宮城県沖地震の6つの地震を用いた。データはこれらの地震で被害が大きかった6つの市町村ごとの人的被害および物的被害の被害金額を用いた。ここで新潟地震以降の地震を選んだのは地震被害の性状は時代とともに変化するので、古い地震のデータを用いることは適当でないこと、さらに古い地震については被害に関する詳細なデータが得られないことによる。

災害統計に計上されている被害金額は被害を受けて滅失した資産額を用いているもの、復旧費を用いているものなどまちまちである。しかし被害金額の積算は被害項目によってそれぞれ独自の方法がありこれを一概に無視することはできないので、災害統計に計上されている被害金額をそのまま用いて解析を進めることにした。ただし物価変動の影響を除去するために、デフレーターを用いて昭和40年度価格に実質化している。^{5) 6) 7)}

回帰式は、おおむね良好なF値および重相関係数をもち推計されている。説明変数のなかでは、一般的に加速度応答スペクトル値のF値が大きく、地震動強度が大きな説明要因となっている。

4 間接効果モデル

地震が経済に与える間接効果としては、まず社会資本、民間資産の滅失による資本回復供給の減少、人的被害および休業に起因する労働力の供給減などが、生産活動の低下を通じて地域の所得の減少をもたらす。一方地震被害は資産の滅失を補てんするための各種の投資を誘発する。実際の経済はこのような拡大した需要と、地震の被害による供給面での制約の両者を調整しつつ推移するものと考えられる。

間接効果モデルの骨格を図-2に示す。このモデルは ①対象地域外からの援助等の影響を考慮していない、②モデルで用いているパラメータは地震の前後で変化しない、③前提条件のもとに組み立てられている。直接損害モデルで求められた在庫品被害、住宅ストック被害、家計資産被害、社会資本ストック被害、民間設備資本被害をデータとして入力する。これらの被害は、まず社会資本ストックおよび民間設備資本ストックを減少させ、産業別純生産を減少させる作用をする。一方民間住宅投資、政府固定資本形成、民間設備投資などへの投資

は前期のストックを説明変数として
ているので、地震によるストック
の減少は投資の増加を要する事
になる。この相反する作用が需要
と供給の調整メカニズムによって
調整されて、最終的な産業別純生
産が求められる。この結果から県
民所得および個人所得が求められ、
これらはそれぞれ政府消費支出お
よび民間住宅投資、個人消費に影
響を与える。モデル作成において
とくに配慮した点を以下に述べる

① 地震の直接損害が生産要素へ
及ぼす影響の定式化。

社会資本、民間設備資本に対
する被害が生産能力を減少させる
過程を、コブダグラス型の生産関
数の中にとり入れた。この
うち社会資本は道路、鉄道、港
湾などの生産基盤社会資本スト
ックの被害のみを考慮した。資
本ストックの地震被害による減
少量の概念図を図-3に示す。

ここで被災した資本ストックは
復旧期間中のストックの減少量(図中斜線をふいた部分)と
1年間を通算したストック量の比だけ減少すると仮定した。
復旧期間は道路と鉄道については式(2)により、その他の施
設については表-1により求めた。

$$RP = \begin{cases} 0 & 0 \leq D_i < 0.0062 \\ 263 \ln D_i + 38.3 & 0.0062 \leq D_i \end{cases} \quad (2)$$

RP: 復旧期間(日) D_i : 資産項目*i*の損害率

表-1 損害率と復旧期間との関係

損害率(%)	復旧期間比(対年%)
0.0 ~ 1.25	0.0
1.25 ~ 20.0	0.055
20.0 ~ 65.0	2.6
65.0 ~ 100.0	5.0
100.0	100.0

参考文献 9)による。

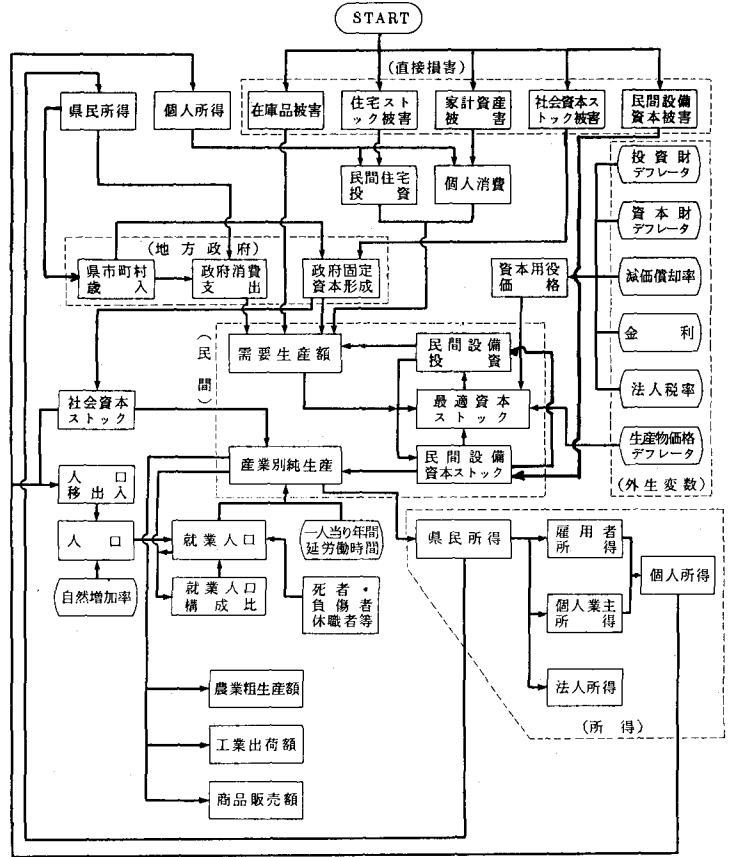
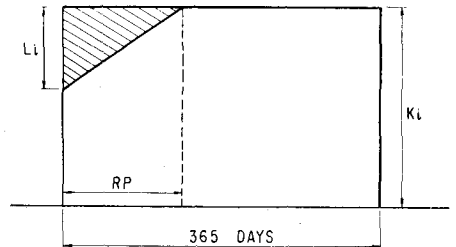


図-2 間接損害推計モデル



L_i : *i*項目資産の損害額

K_i : *i*項目資産のストック

RP: 復旧期間(日)

年間を通算したストックの減少率

$$= \frac{L_i \cdot RP / 2}{K_i \cdot 365}$$

図-3 年間を通算したストックの減少率

ここで復旧期間が0日とは、地震後半日未済で機能が復旧する場合を言う。

また労働力に関して死傷者、災害後一定期間の休業を生産関数のなかで評価した。

② 資産に対する被害の推計

直接損害モデルを受けて、求められた損害額を地震前の資産残高(ストック)から差し引いたものを地震後の資産残高とする。

③ 地震災害による支出構造の変化

地震災害の支出構造への影響としては、第1に災害の復旧のための家計資産、社会資本、民間設備資産に対する投資の発生、第2に一定の所得水準のもとでの投資増に伴う消費支出の削減等に対する影響、第3に地震災害による生産減を通じて生ずる地域の生産活動および所得の低下によってもたらされる投資支出、消費支出の削減効果などがあり、これらをモデルの中で定式化している。

④ 需要と供給の調整メカニズム

地震災害の生産活動に及ぼす影響は、上述したように需要の拡大と供給の制約という両面があるが、実際の生産レベルは両者の調整結果として実現されることになる。本モデルでの供給の調整は、需要水準に対応する供給能力の変化という形で定式化することとした。すなわちジョルゲンソン型の投資関数を用いて、地震後の需要水準に対応する最適資本ストックに対して企業が設備投資を調整するというメカニズムをとっている。

民間設備投資の推計式の一般形はつぎのようになっている。

$$(IPI)_t = a + b (KPI^*)_{t-1} + c (KPI)_{t-1} \dots \dots \dots (3)$$

$(IPI)_t$: t期におけるi資産項目の設備投資額

$(KPI^*)_{t-1}$: t-1期におけるi資産項目の最適資本ストック

$(KPI)_{t-1}$: t-1期におけるi資産項目の資本ストック

a, b, c : 定数

ここで最適資本ストック KPI^* は与えられた生産関数のもとで生産を最大にするための資本ストックである。

これによって需要水準が供給能力を上まわれば、そのギャップを埋めるための投資が拡大し、過剰能力が存在する場合には投資が抑制されるという企業行動が定式化される。

5 あとがき

直接損害モデルでは、物的損害は地震動強度と資産ストックによって説明されるとして、既往地震の被害データをもとにパラメータ推計をおこなっている。ここで資産ストックのデータがない資産項目については、これと関連の深い地域特性の指標を説明変数に用いており、資産ストックのデータが整備されることによって、上記のパラメータ推計の精度はより向上するものと考えられる。また、間接効果モデルでは、まず地域経済モデルを作成し、これに地震というインパクトが加わった後の経済指標の変化を求めている。ここでモデルの中で用いられているパラメータは地震の前後を変化しないと仮定しているが、実際には復旧の努力による一時的な生産性の向上、経済構造の変化があると考えられればこの仮定は成立しない。これらについては、既往地震における経済指標の吟味によって今後把握していくことが必要であろう。

本研究を実施するに必要なデータの収集に当っては、建設省国土地理院地図情報室、静岡県地震対策課、市町村課、統計課のみなさまに多大な便宜を図って頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

6 参考文献

- 1) Scawthorn, C. and H. Iemura : Studies of Earthquake Damage to Japanese Low-rise Buildings, Proc. of 7th WCEE, Istanbul, 1980.
- 2) 千塚他 : 既往地震の被害率と応答加速度スペクトルの関係について、土木学会第35回年次学術講演会講演要録第I部、昭和55年9月
- 3) 国土数値情報(行政界等)作成調査作業共同企業体 : 国土数値情報作成調査業調査報告書(1)、(2)、昭和51年3月
- 4) 土木研究所資料第1250号、耐震技術に関する研究開発報告書、建設省土木研究所、昭和52年3月

- 5) 建設省 : 建設統計要覧
- 6) 農林水産省 : 農林水産統計月報
- 7) 経済企画庁 : 国民所得統計年報
- 8) 附属資料1 参照
- 9) Hirschberg, J.O., et al. : Natural Hazards Socio-economic Impact Assessment Model, J.H. Wiggins Co., July 1978.
- 10) 阪上他 : 地震防災投資の最適化において考慮すべき諸要因、第12回UJNR, ワシントンD.C., 1980.