

1. まえがき 都市域への人口，社会活動の集約に伴い，地震災害は建造物の被害を中心とする形態から，各種施設機能の災害事象が連鎖的に波及する形態へと変化している。本研究は，このような災害の波及評価を地域ごとにある評価基準に従って調べようとしたものである。すなわち，施設に付随する機能は，その資産に比例するものとし，各資産の影響度，重要度を評価する。そして，各地域の住民にとって，各資産が災害により波及あるいは受動する効果をエントロピー的な評価式を用いて求め，具体的な数値シミュレーションを行っている。

2. 震災損失波及評価指数および受動評価指数 地震災害による影響は，種々の項目に波及していくことになる。例えば，図-1の図(a)のように項目*i*から*l*に直接的に波及する場合と図(b)のように項目*i*→*j*→*k*→*l*と間接的に波及していく場合がある。これらの波及過程をネットワークシステムの中で厳密に扱おうとするとミニマムパス等の計算が必要となる。そこで，本研究での項目間の波及はISM法的に災害事象間の因果関係を評価し，項目間の波及過程の結果として直接把握する。さらにいま項目*i*として電力のような供給量と項目*j*として製造業での生産量とを例にして考える。このとき供給量*S<sub>i</sub>*が災害により*dS<sub>i</sub>*だけ減少する場合，製造業での生産物*P<sub>j</sub>*は*dP<sub>j</sub>*だけ減少する。このとき，システムダイナミック的に，

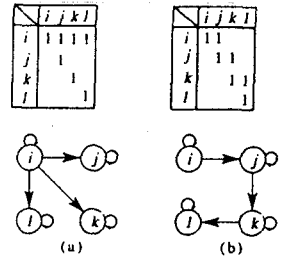


図-1 接続行列とフロー

$$(dP_j/P_j) = \alpha_{ij} (dS_i/S_i) \dots\dots\dots (1)$$

となる関係でモデル化し，係数 $\alpha_{ij}$ を何らかの方法で推定してやればよい。このように影響を受ける項目*j*は，1~*N*あり，全体としてどれだけの影響を受けたか評価してやる必要がある。ここで，項目*j*が社会的あるいは住民としてどれだけの重みを持っているかを $\beta_j$ で表し，項目*i*から他の項目全体への波及を基準化して評価すると，次式のように表せる。

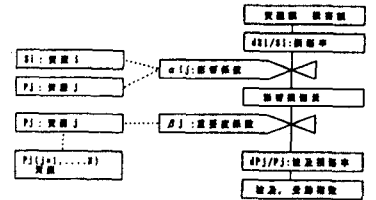


図-2 波及係数および重要度係数

$$p_{ij} = \{ \beta_j \cdot \alpha_{ij} \cdot (dS_i/S_i) \} / \{ \sum_k \beta_k \cdot \alpha_{ik} \cdot (dS_k/S_k) \} \dots (2)$$

規準化された波及量を用いて波及評価指数は，次のように定義する。

$$e_a = - \sum_k (p_{ik} \cdot \ln p_{ik}) / (\ln N) \dots\dots\dots (3)$$

評価式(3)の流れ図は図-2のように示される。逆に，項目*j*が項目*i*から受ける損失評価をし，重要度を重み付けて規準化した量*p<sub>ij</sub>*が求まる。これを用いて，項目*j*の損失受動評価指数が次のように表せる。

$$e_p = - \sum_k (p_{kj} \cdot \ln p_{kj}) / (\ln N) \dots\dots\dots (4)$$

式(3)あるいは式(4)の指数は，いわゆるエントロピー的な評価

式である。すなわち，ある地域の震災波及の大きさは，その地域にあるすべての項目が一様に損傷を被った場合に大きく，特定の項目のみ大損傷を受けただけでは大きくならないような評価となっている。

3. 数値シミュレーション

数値計算の対象区域として大阪府下の市町村をとり，対象地震として南海地震(1946年, 135.6E33.0N, M8.1)を用いて震災の波及，受動効果について解析を行った。

Kojiro MIYAWAKI, Satoshi KAWAZOE

| 項目    | 重要度 (β <sub>j</sub> ) |
|-------|-----------------------|
| 市町村数  | 1.13                  |
| 郡数    | 1.03                  |
| 市町数   | 1.3                   |
| 住宅    | 1.05                  |
| 産業衛生  | 0.83                  |
| 文化施設  | 0.93                  |
| 水道    | 1.3                   |
| 公共下水道 | 1.16                  |
| 排水    | 1.33                  |
| 電力    | 0.8                   |
| 工業用水  | 1.19                  |
| 森林水   | 0.73                  |
| 山岳水   | 1.03                  |
| 農業用水  | 0.78                  |
| 鉄道    | 0.88                  |
| 下水道   | 0.8                   |
| 電気    | 1.1                   |
| ガス    | 0.75                  |
| 電線施設  | 0.83                  |

表-1 項目別重要度係数β<sub>j</sub>

まず、各市町村の構造施設の機能が資産額に比例するものとし、過去からの行政投資総額により算定した。したがって、対象項目は行政投資の項目にした。次に、地震による被害額の算定は、栗林・上田・田崎<sup>1)</sup>による推定式を補正して行った。資産額、被害額によって、各市町村ごとの各項目の損害率が求まり、資産額の相対的な関係を用いて資産項目別影響係数 $\alpha_{ij}$ が推定された。項目別重要度 $\beta_j$ は、資産の大きさおよび影響する項目の多さに比例するよう表-1のように求めた。以上のような推定値を用いて求めた波及、受動指数と資産額との関係を図-3、図-4に示す。この結果より、資産額が大きくなるとそれに伴い波及指数、受動指数は増加する傾向にあることがわかる。実際に求めた波及、受動指数について、都市機能の基盤である電気を例として見ると、電気の波及指数の分布を図-5に示す。図よりわかることは、都市部での波及指数が高く、能勢町、太子町、千早赤阪村は低い値となっている。これは図-3より資産額が増加すればそれに伴い波及指数も高くなる傾向を示すので、都市部に比べて資産額が小さい能勢町、太子町、千早赤阪村は波及指数が低くなっている。さらに電気の影響を波及していく項目jの資産額が0に近い項目を多く含んでいるからである。同様に、受動指数の分布を図-6に示す。図よりわかることは、能勢町、千早赤阪村以外は電気が他の項目より受ける受動効果は大阪府全体として、ほとんど変わらない結果となっている。なぜなら、電気の資産額が他の項目の資産額より相対的に低いことから、資産項目別影響係数 $\alpha_{ij}$ の値が変化せず、受動指数の大きさはほとんど変わらなくなっている。図-7は、大阪市、寝屋川市、能勢町の各項目の波及指数の比較の図である。

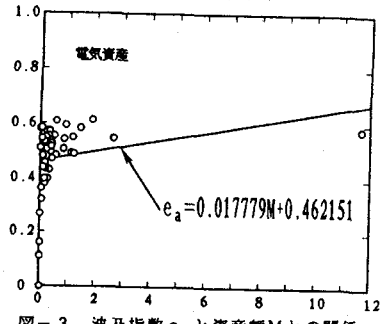


図-3 波及指数 $e_a$ と資産額Mとの関係

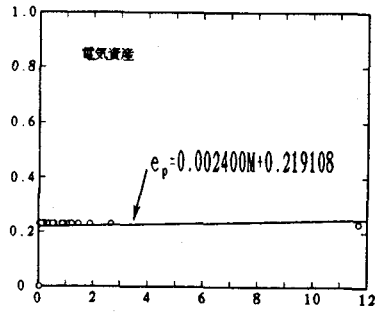


図-4 受動指数 $e_p$ と資産額Mとの関係

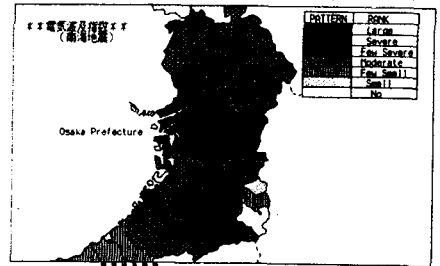


図-5 電気波及指数の分布

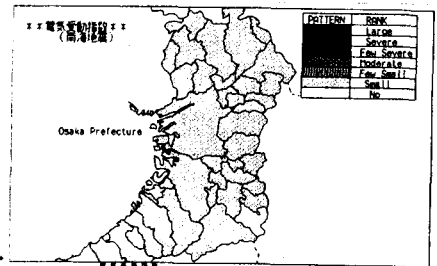


図-6 電気受動指数の分布

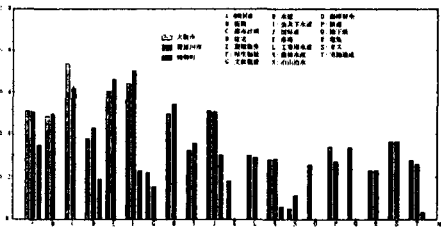


図-7 3都市の波及指数の比較

#### 4. まとめ

本研究で得られたことは、次のようなことである。

- (1) 波及効果の大きさは、都心部で高いことがわかる。
- (2) 資産額が高い項目の波及効果は高くなるということである。
- (3) 波及していく項目jの資産額が0に近い項目を多く含む市町村では波及指数は小さくなり波及効果が低いことがわかった。
- (4) 受動指数についても、ほぼ同じことがわかった。

#### 参考文献

1) 栗林・上田・田崎; 耐風耐震構造専門部会, 第13回合同部会会議録, 1981, pp.538~581