

## 地震および津波災害における経済的間接被害の推計

豊中市役所 正会員 ○ 石井 康介 神戸大学大学院 学生員 西垣 雅弘  
 大阪工業大学 正会員 後野 正雄 山梨大学大学院 正会員 武藤 慎一

### 1. 序論

近年、大規模な地震や津波被害が世界各国で多発している。今世紀前半にも東南海・南海地震が起こる可能性が高いといわれていることもあり、人々の地震や津波に対する防災意識も高まってきている。また行政、民間の各分野においても、防潮堤や一時避難用の建物の整備、津波ハザードマップの整備などの地震防災対策の充実強化が図られてきており、成果をあげている。しかし、事前に地震および津波が発生したときの被害を推定し、その結果を防災計画に取り入れ、実際に災害が起こったときの被害を軽減することも重要である。本研究では、兵庫県の南東部を対象とし、災害後の間接被害を減らすための防災対策に必要な地震および津波による経済的間接被害推計を行う。

### 2. 経済的被害の推計方法

まず対象地域を以下に示す13ゾーンに分割し、各ゾーンごとに被害状況を設定する。ここで設定する被害状況は、道路被害によるゾーン間所要時間の増加や企業施設の被害などの直接被害である。これを立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルに投入し、経済的間接被害額を算出する。なお、直接被害である道路被害を設定するのに利用者均衡配分モデルを用いる。



図・1 兵庫県対象エリア

### 3. 利用者均衡配分の概要

利用者均衡配分とは、各 OD ペアに対して利用されている経路の所要時間はすべて等しく、利用されない経路の所要時間よりも小さいかせいぜい等しくなるよう

に交通量を配分することであり、利用者の自由な選択に任せた場合に自然に達成される状態のことである。通常、よく用いられる方法は Frank-Wolf 法と呼ばれ、最短経路探索、All-or-Nothing 配分、一次元探索(黄金分割法)から構成されている。

### 4. 利用者均衡配分によるシミュレーション結果

利用者均衡配分後のゾーン間所要時間を以下に示す。

|    | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1  | 0        | 1.138225 | 1.696225 | 1.532903 | 2.037791 | 1.640341 | 2.243004 | 4.031874 | 2.433241 | 3.88924  | 4.800676 | 2.277247 | 1.252791 |
| 2  | 1.148155 | 0        | 0.558    | 0.394678 | 0.920797 | 1.512991 | 2.115653 | 3.904529 | 2.511177 | 3.947169 | 4.938605 | 3.425401 | 1.57695  |
| 3  | 1.706155 | 0.558    | 0        | 0.368372 | 0.894491 | 1.486884 | 2.083471 | 3.878217 | 2.484864 | 3.920863 | 4.912299 | 3.879222 | 1.657522 |
| 4  | 1.54281  | 0.394655 | 0.371706 | 0        | 0.526119 | 1.118312 | 1.720975 | 3.509845 | 2.116492 | 3.552491 | 4.543927 | 3.31085  | 1.28915  |
| 5  | 2.03995  | 0.916925 | 0.893375 | 0.521871 | 0        | 0.592193 | 1.194859 | 2.983726 | 1.590373 | 3.026372 | 4.017806 | 2.8067   | 0.785    |
| 6  | 1.6395   | 1.516448 | 1.493499 | 1.121793 | 0.599924 | 0        | 0.602963 | 2.391533 | 0.99818  | 2.434179 | 3.425615 | 2.40923  | 0.30755  |
| 7  | 2.20839  | 2.085338 | 2.062388 | 1.690683 | 1.168813 | 0.568889 | 0        | 1.78887  | 0.395517 | 1.831516 | 2.822957 | 2.173017 | 0.956439 |
| 8  | 3.802497 | 3.679445 | 3.656496 | 2.984778 | 2.162821 | 2.162897 | 1.594108 | 0        | 1.989824 | 3.425624 | 4.410595 | 3.761741 | 2.550547 |
| 9  | 2.4324   | 2.577435 | 2.554386 | 2.18269  | 1.66082  | 1.060897 | 0.492007 | 2.260771 | 0        | 1.435999 | 2.427435 | 1.7175   | 1.18045  |
| 10 | 3.795416 | 4.024406 | 4.001457 | 3.629751 | 3.107881 | 2.507958 | 1.939068 | 3.727938 | 1.447061 | 0        | 0.991498 | 1.89855  | 2.827511 |
| 11 | 4.787473 | 5.016463 | 4.993513 | 4.621808 | 4.099838 | 3.500014 | 2.831125 | 4.719995 | 2.439118 | 0.992057 | 0        | 2.888807 | 3.819568 |
| 12 | 1.898866 | 3.037091 | 3.595091 | 3.310893 | 2.806743 | 2.409293 | 2.269507 | 4.058377 | 1.7775   | 1.89655  | 2.887986 | 0        | 2.021743 |
| 13 | 1.25195  | 1.57695  | 1.660856 | 1.28915  | 0.785    | 0.38755  | 0.990213 | 2.779083 | 1.18045  | 2.616448 | 3.607865 | 2.0217   | 0        |

被害として地震による液状化と津波による浸水を考慮し、道路交通容量を減少させることにより災害後の所要時間を計測した。災害後のゾーン間所要時間を以下に示す。

|    | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       | 13       |
|----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1  | 0        | 1.138225 | 1.696225 | 1.532903 | 2.037791 | 1.640341 | 2.321541 | 4.110411 | 2.433241 | 4.173797 | 5.17048  | 2.277247 | 1.252791 |
| 2  | 1.148155 | 0        | 0.558    | 0.394678 | 0.920797 | 1.9645   | 2.6457   | 4.43457  | 2.7574   | 5.321951 | 6.318644 | 3.425401 | 1.57695  |
| 3  | 1.706155 | 0.558    | 0        | 0.377442 | 0.892799 | 2.054142 | 2.735342 | 4.524212 | 2.847042 | 5.584842 | 6.581535 | 3.888292 | 1.666592 |
| 4  | 1.54281  | 0.394655 | 0.391489 | 0        | 0.507857 | 1.6767   | 2.3579   | 4.14677  | 2.4896   | 5.2074   | 6.204093 | 3.31085  | 1.28915  |
| 5  | 2.03995  | 0.916925 | 0.893372 | 0.521883 | 0        | 0.963975 | 1.777036 | 3.565906 | 1.96545  | 4.70325  | 5.69943  | 2.40925  | 0.38755  |
| 6  | 1.6395   | 1.9645   | 2.068189 | 1.6767   | 1.17255  | 0        | 0.813082 | 2.801932 | 1.43958  | 4.229288 | 5.225862 | 2.40925  | 0.38755  |
| 7  | 2.310239 | 2.635739 | 2.738928 | 2.347439 | 1.842789 | 0.670739 | 0        | 1.78887  | 0.626497 | 3.416227 | 4.412627 | 2.403997 | 0.956289 |
| 8  | 3.804347 | 4.229347 | 4.332036 | 3.941547 | 3.437397 | 2.264847 | 1.594108 | 0        | 2.220804 | 5.010334 | 6.007027 | 3.988104 | 2.652397 |
| 9  | 2.4324   | 2.7574   | 2.801099 | 2.4996   | 1.96545  | 1.568    | 0.492007 | 2.260771 | 0        | 2.78932  | 3.784423 | 1.7175   | 1.18045  |
| 10 | 3.795416 | 4.033941 | 4.011641 | 3.629751 | 3.107881 | 2.507958 | 1.939068 | 3.727938 | 1.447061 | 0        | 0.999699 | 1.89855  | 2.827511 |
| 11 | 4.784729 | 5.023251 | 4.999951 | 4.629675 | 4.107808 | 3.500014 | 2.831125 | 4.719995 | 2.439118 | 0.992057 | 0        | 2.888807 | 3.819568 |
| 12 | 1.898866 | 3.037091 | 3.595091 | 3.310893 | 2.806743 | 2.409293 | 2.269507 | 4.058377 | 1.777501 | 1.89655  | 2.887986 | 0        | 2.021743 |
| 13 | 1.25195  | 1.57695  | 1.660639 | 1.28915  | 0.785    | 0.38755  | 1.06675  | 2.85762  | 1.18045  | 2.616448 | 3.61825  | 2.0217   | 0        |

災害後の所要時間の増加率が、100%…赤色、50~100%…黄色、0~50%…青色で示す。

対象地域広域にわたり所要時間の増加が見られる。やはり、海岸沿いのゾーンの所要時間が大幅に増加している。特に、2、3、4ゾーンから5ゾーンへの所要時間が2倍以上になっている。また、8ゾーンに関しては、ほぼすべてのゾーンからの所要時間が増加している。この災害後の所要時間データを以下に示す立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルに用い経済的間接被害を計測する。

### 5. 立地均衡を考慮した応用一般均衡モデルの概要

立地均衡を用いた応用一般均衡モデルとは、応用一般均衡(CGE)理論を応用して構築された、大規模な地震

キーワード 経済的被害、応用一般均衡モデル(CGE)、立地均衡を用いた応用一般均衡モデル、等価的偏差(EV)  
 連絡先 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 TEL.06-6254-4205

や津波災害の経済的被害を地域ごとに推計することが可能なモデルである。

経済システムにおいて、「交通企業」、「企業」、「家計」、「政府」の4つの経済主体を想定している。各主体の行動においては、企業は生産技術制約下での費用最小化行動、家計は所得制約下での効用最大化行動をとるものとし、概要を図2、3に示した。また、政府は税金を徴収し、交通企業に対して補助を行っている。

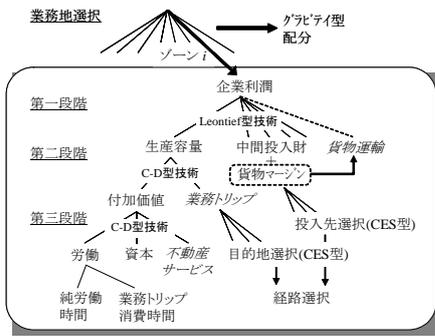


図-2 企業の行動モデル

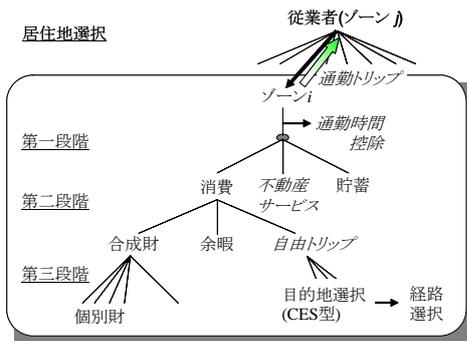


図-3 家計の行動モデル

6. 数値計算手法

計測した交通データと、地震および津波災害がもたらすと推定されている直接被害データを用いて、地震および津波災害がもたらす経済的間接被害を推計する。地震については建物倒壊率、津波については浸水面積割合に応じ資本供給量を減少させることとした。

$$K_{災j} = (1 - \tau_j) \cdot K_{平j} \tag{1}$$

$K_{災j}$ :災害後の資本供給量、 $K_{平j}$ :平常時の資本供給量、 $\tau_j$ :建物倒壊率および浸水面積割合である。

評価方法としては、等価的偏差EVを用いて、一人あたり効用の低下を被害として推計する。以下に定式化した式を示す。

$$EV_{H_j} = \frac{V_{災j} - V_{平j}}{V_{平j}} I_{平j} \tag{2}$$

ただし、 $I_{平j}$ :平常時の所得、 $V_{平j}$ :平常時の効用、

$V_{災j}$ :災害後の効用である。

7. 数値計算結果

直接被害データを、立地均衡を用いた応用一般均衡モデルに入力して得た結果をゾーン毎に示す。

図-4 交通における間接被害

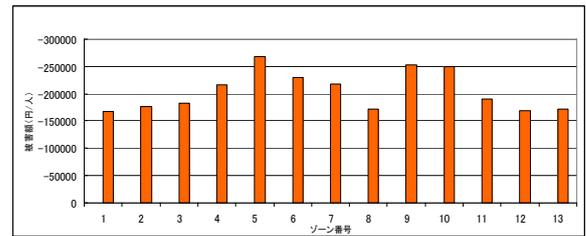
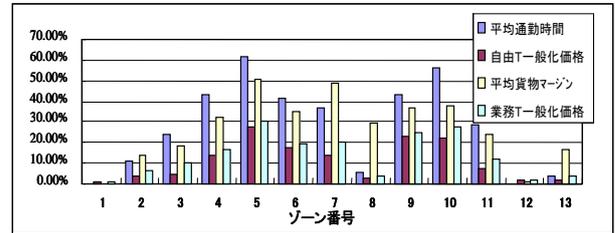


図-5 一人あたりの経済的間接被害額(単位:円)

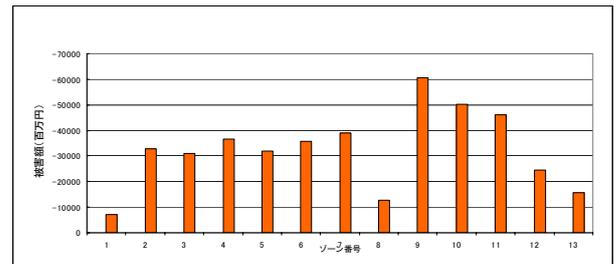


図-6 ゾーン別経済的被害額(単位:百万円)

図-4は、ゾーン間所要時間と対応し、交通ネットワークの被害が交通における間接被害に反映している。また、図5では交通における間接被害が大きいゾーン5、9で、一人あたりの経済的間接被害が大きくなっている。図6では、一人あたりの経済的間接被害額に各ゾーンの人口をかけることによりゾーン別経済的間接被害額を出した。ゾーン9,10の人口が多いことからこのゾーンの被害額が大きくなっている。これらの結果と被害特性比較することによりゾーン7,9,10は地震による液状化対策、ゾーン5では津波による浸水対策が効果の高い対策であると考えられる。

8. 結論

対象地域全体では、間接被害として総額約4,240億円の経済的損失が推計された。本研究を用いて防災対策における投資便益評価を行うことが可能であると考えられる。