

# 地震被害軽減のためのOR

## — 東海・東南海連動地震に向けて —

2001MM022 石田 一茂      2001MM074 酒向 高明      2001MM099 山口直也  
指導教員 鈴木 敦夫

### 1 はじめに

#### 1.1 過去の地震と現在の状況

1995年1月17日早朝、淡路島発端を震源地として起きたマグニチュード7.2の地震(阪神・淡路大震災)により5,500を超える尊い人命を奪い、多くの人に精神的な外傷を残した。そして今、中部地方では大規模な地震が起こることが予想されている。阪神・淡路大震災の被害の実態は地震の発生が早朝であったことで建物被害により亡くなった人が87%にもなった。これは補修や補強を含めて、事前の対策がない限り救うことができない。つまり事後対策では救えない被害が人的被害の多くを含めていたことになる。現在のわが国では既存不適格建物(1981年<S56>の耐震基準改定以前に建築された耐震性が不十分なもの)が膨大に存在しており地震直後の被害を軽減するには地震が襲う前に建築物を強くしておく以外にすべはない。すなわち、強度の不十分な建物の耐震補強を実施することである。しかし現実問題として地震発生時期の不明確性、対策費用の問題などがあり耐震補強対策はなかなか進展していかない。特に公的ではない一般住家の耐震補強が全然進まず、これらが地震発生時に大量の死傷者を出すことも現実視されている。

#### 1.2 研究方針

現状からわかるように、今愛知県で地震が起きたら被害は莫大である。現在、地震対策事業の実施や地震対策に対する諸計画は充実してきているがやはり地震に対する意識は不十分である。またその諸計画よりどのくらい被害が軽減されるのか実態は定かではない。そこで我々は愛知県内の建物全壊数、焼失棟数、死者数を予想し線形計画法を用いて被害の軽減を図っていく。想定の内容は年代別の木造・非木造建物の全壊数、木造・非木造建物の焼失棟数、死者数の被害が明らかになるような算定式を用いることに努め、今後のポイントを明らかにした。

#### 1.3 本要旨の流れ

本論文を展開するに当たって、研究のアウトラインを説明していく。本論文の内容は以下の5点である。この流れにそって研究を行っていく。

- ・愛知県庁による被害予測
- ・最適化モデルの作成
- ・モデルを用いた対策の提案
- ・モデルの拡張と実データによる計算
- ・結果の分析・考察

### 2 被害予測

愛知県庁の被害予測方法を用い、もし東海・東南海地震が起こったら愛知県全域でどのくらい死者が出て、どれくらいの被害が予測できるのかを示していく。

#### 2.1 地震の設定

種類:想定東海・東南海連動地震(海溝型地震)  
強さ:モーメントマグニチュード\*8.27, 深さ 20km  
震源地:緯度 34.50 経度 137.50  
対象人口:7,202,698人(愛知県全域)  
対象建物:2,200,680棟(愛知県全域)

#### 2.2 愛知県庁被害予測

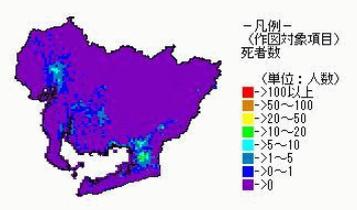


図1 死者数

上記の図は愛知県の人的被害を表したものである。多くの人的被害が起こることが予想されている。

### 3 最適化モデルの作成

#### 3.1 係数の算定

##### 3.1.1 算定方法の改善

本卒論で参考にした愛知県庁の東海・東南海連動地震被害予測では木造・非木造建物の全壊率と死者数の関係を表し、死者数の算定を行っている。ここでは建物の年代は考えていない。また地震による火災に対しても木造・非木造とを分けずに算定を行っている。実際の地震が起きれば古い建物が壊れやすく、木造建物の方が燃えやすいのは明白である。このことに注目して全壊率・焼失率から死者数の関係を表す式を求めていく。

##### 3.1.2 年代別木造建物

木造・非木造建物内人口は年代が変わっても同じ人数であると考えられる。つまり年代別死者数の割合は各年代建物棟数の割合と同じだと仮定し、最小2乗法を用いて式を算定する。

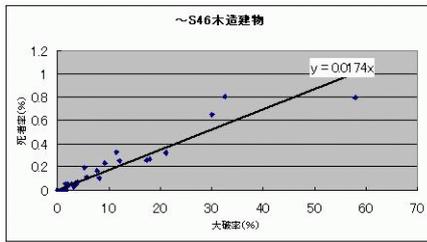


図2 昭和46年以前木造建物の大破率・死者率の関係

上記の結果より、昭和46年以前の木造建物の死者数と全壊率の関係は下記の式となった。また各年代や非木造建物、焼失建物に対しても同様な方法で算定していく。

$$0.0174 \times (\text{木造被害棟数} \div \text{木造建物数}) \times \text{木造内人口}$$

年代別の建物全壊率を分けた方がより実践的なデータに近くであると考え、次からの定式化では今回出した結果を用いて算定していくものとする。

### 3.2 原因別死因

地震による建物被害での死者数の中にも大きく分けて3つの要素がある。それは地震動、液状化、家具落下である。これらの割合は過去の地震により、地震動が74%、液状化10%、家具落下16%であった。この後の定式化では3つの値も入れて最適化を行っていく。

### 3.3 文字の説明

#### 3.3.1 変数の説明

各要因別の対策棟数を  $x_1 \sim x_{17}$  という変数をおいた。

- $x_1$ : 昭和46年以前の木造建物の地震動対策棟数
- $x_2$ : 昭和46年以後の木造建物の地震動対策棟数
- $x_3$ : 昭和57年以前の木造建物の地震動対策棟数
- $x_4$ : 昭和57年以後の木造建物の地震動対策棟数
- $x_5$ : 昭和46年以前の木造建物の液状化対策棟数
- $x_6$ : 昭和46年以後の木造建物の液状化対策棟数
- $x_7$ : 昭和57年以前の木造建物の液状化対策棟数
- $x_8$ : 昭和57年以後の木造建物の液状化対策棟数
- $x_9$ : 昭和46年以前の木造建物の家具補強対策棟数
- $x_{10}$ : 昭和46年以後の木造建物の家具補強対策棟数
- $x_{11}$ : 昭和57年以前の木造建物の家具補強対策棟数
- $x_{12}$ : 昭和57年以後の木造建物の家具補強対策棟数
- $x_{13}$ : 昭和46年以前の木造建物の防火対策棟数
- $x_{14}$ : 昭和46年以後の木造建物の防火対策棟数
- $x_{15}$ : 昭和57年以前の木造建物の防火対策棟数
- $x_{16}$ : 非木造建物の防火対策棟数
- $x_{17}$ : 非木造建物の防火対策棟数

#### 3.3.2 定数の説明

各要因別の対策費を調べ  $m_1 \sim m_{17}$  という定数をおいた。また液状化、家具補強はたとえ建物の年代が変わったとしても対策費は変わらないものとする。全倒壊数、焼失棟数は被害予測データから抜粋し、人口や建物棟数は国勢調査等を用いた。

表1 防災対策費(千円)

$m_1$	地震動(～S46木造)	1,000
$m_2$	地震動(～S56木造)	500
$m_3$	地震動(S57～木造)	350
$m_4$	地震動(～S56非木造)	4,000
$m_5$	地震動(S57～非木造)	2,700
$m_6$	液状化(～S46木造)	1,649
$m_7$	液状化(～S56木造)	1,649
$m_8$	液状化(S57～木造)	1,649
$m_9$	液状化(～S56非木造)	3,655
$m_{10}$	液状化(S57～非木造)	3,655
$m_{11}$	家具補強(～S46木造)	100
$m_{12}$	家具補強(～S56木造)	100
$m_{13}$	家具補強(S57～木造)	100
$m_{14}$	家具補強(～S56非木造)	400
$m_{15}$	家具補強(S57～非木造)	400
$m_{16}$	防火(木造)	380
$m_{17}$	防火(非木造)	3,400

表2 全壊棟数

K	木造建物全壊総数	64,430
$k_1$	木造建物(～S46)全壊棟数	32,574
$k_2$	木造建物(～S56)全壊棟数	29,835
$k_3$	木造建物(S57～)全壊棟数	2,021
F	非木造建物全壊総数	4,504
$f_1$	非木造建物(～S56)全壊棟数	4,149
$f_2$	非木造建物(S57～)全壊棟数	355
$g_1$	木造建物焼失棟数	25,210
$g_2$	非木造建物焼失棟数	10,934

表3 建物棟数

W	木造建物総数	1,191,690
w <sub>1</sub>	木造建物棟数 (~S46)	375,840
w <sub>2</sub>	木造建物棟数 (~S56)	356,120
w <sub>3</sub>	木造建物棟数 (S57~)	459,730
Z	非木造建物総数	1,008,990
z <sub>1</sub>	非木造建物棟数 (~S56)	340,040
z <sub>2</sub>	非木造建物棟数 (S57~)	668,950

表4 12時と24時の木造・非木造建物内人口

	12時	24時
木造建物総人口	1,441,945	2,883,890
木造建物 (~S46)	454,767	909,533
木造建物 (~S56)	430,905	861,810
木造建物 (S57~)	556,273	1112,547
非木造建物総人口	5,761,333	4,318,477
非木造建物 (~S56)	1,941,628	1,455,371
非木造建物 (S57~)	3,819,705	2,863,106

3.4 目的関数

対策した後の死者数が最小になるように目的関数を設定する。つまり各要因の死者数を足して、最小になる変数の値が最適な対策であるといえる。

対策後、木造建物被害による死者数

$$= \text{各係数} \times \{(\text{木造被害棟数} - \text{対策した木造棟数}) \div \text{木造建物総数}\} \times \text{木造内人口} \times \text{死因係数}$$

対策後、非木造建物被害による死者数

$$= \text{各係数} \times \{(\text{非木造被害棟数} - \text{対策した非木造棟数}) \div \text{非木造建物総数}\} \times \text{非木造内人口} \times \text{死因係数}$$

対策後、火災による死者数

$$= \text{各係数} \times \text{各焼失率} \times \text{木造・非木造内人口}$$

(対策後、木造建物死者数)

- 0.0174 × {(k<sub>1</sub> - x<sub>1</sub>) ÷ w<sub>1</sub>} × p<sub>1</sub> × 0.74 (1)
- 0.0192 × {(k<sub>2</sub> - x<sub>2</sub>) ÷ w<sub>2</sub>} × p<sub>2</sub> × 0.74 (2)
- 0.0224 × {(k<sub>3</sub> - x<sub>3</sub>) ÷ w<sub>3</sub>} × p<sub>3</sub> × 0.74 (3)
- 0.0174 × {(k<sub>1</sub> - x<sub>6</sub>) ÷ w<sub>1</sub>} × p<sub>1</sub> × 0.1 (4)
- 0.0192 × {(k<sub>2</sub> - x<sub>7</sub>) ÷ w<sub>2</sub>} × p<sub>2</sub> × 0.1 (5)
- 0.0224 × {(k<sub>3</sub> - x<sub>8</sub>) ÷ w<sub>3</sub>} × p<sub>3</sub> × 0.1 (6)
- 0.0174 × {(k<sub>1</sub> - x<sub>11</sub>) ÷ w<sub>1</sub>} × p<sub>1</sub> × 0.16 (7)
- 0.0192 × {(k<sub>2</sub> - x<sub>12</sub>) ÷ w<sub>2</sub>} × p<sub>2</sub> × 0.16 (8)
- 0.0224 × {(k<sub>3</sub> - x<sub>13</sub>) ÷ w<sub>3</sub>} × p<sub>3</sub> × 0.16 (9)

(対策後、非木造建物死者数)

- 0.0012 × {(f<sub>1</sub> - x<sub>4</sub>) ÷ z<sub>1</sub>} × q<sub>1</sub> × 0.74 (10)
- 0.0087 × {(f<sub>2</sub> - x<sub>5</sub>) ÷ z<sub>2</sub>} × q<sub>2</sub> × 0.74 (11)
- 0.0012 × {(f<sub>1</sub> - x<sub>9</sub>) ÷ z<sub>1</sub>} × q<sub>1</sub> × 0.1 (12)
- 0.0087 × {(f<sub>2</sub> - x<sub>10</sub>) ÷ z<sub>2</sub>} × q<sub>2</sub> × 0.1 (13)
- 0.0012 × {(f<sub>1</sub> - x<sub>14</sub>) ÷ z<sub>1</sub>} × q<sub>1</sub> × 0.16 (14)
- 0.0087 × {(f<sub>2</sub> - x<sub>15</sub>) ÷ z<sub>2</sub>} × q<sub>2</sub> × 0.16 (15)

(対策後、木造火災による死者数)

$$0.0007 \times \frac{g_1 - x_{16}}{W} \times P \quad (16)$$

(対策後、非木造火災による死者数)

$$0.0023 \times \frac{g_2 - x_{17}}{Z} \times Q \quad (17)$$

3.5 制約条件

愛知県の防災対策費を調べ、対策費 (M) を 39 億 8,000 万円とし、合計が超えないように設定した。また各対策棟数は各被害棟数を超えてはならない。

$$\begin{aligned} \text{防災対策費の合計} &\leq \text{愛知県の防災対策費} \\ \text{各対策棟数} &\leq \text{各被害棟数} \end{aligned}$$

以上のことから制約条件を定式化すると以下の通りである。

- $\sum_{i=1}^{16} m_i x_i \leq M \quad (18)$
- $x_i \leq k_1 (i = 1, 6, 11) \quad (19)$
- $x_i \leq k_2 (i = 2, 7, 12) \quad (20)$
- $x_i \leq k_3 (i = 3, 8, 13) \quad (21)$
- $x_i \leq f_1 (i = 4, 9, 14) \quad (22)$
- $x_i \leq f_2 (i = 5, 10, 15) \quad (23)$
- $x_{16} \leq g_1 \quad (24)$
- $x_{17} \leq g_2 \quad (25)$

3.6 実行結果

表5 対策棟数

	12時	24時
地震動 (~S46 木造)	0	0
地震動 (~S56 木造)	174	174
地震動 (S57~ 木造)	2,020	2,020
地震動 (~S56 非木造)	0	0
地震動 (S57~ 非木造)	0	0
液状化 (~S46 木造)	0	0
液状化 (~S56 木造)	0	0
液状化 (S57~ 木造)	0	0
液状化 (~S56 非木造)	0	0
液状化 (S57~ 非木造)	0	0
家具補強 (~S46 木造)	4	4
家具補強 (~S56 木造)	29,835	29,835
家具補強 (S57~ 木造)	2,021	2,021
家具補強 (~S56 非木造)	0	0
家具補強 (S57~ 非木造)	0	0
防火 (木造)	0	0
防火 (非木造)	0	0

表 6 時間別死者数

	12 時		24 時	
	対策前	対策後	対策前	対策後
地震動 (~S46 木造)	508	508	1,015	1,015
地震動 (~S56 木造)	513	510	1,026	1,020
地震動 (S57 ~ 木造)	41	0	81	0
地震動 (~S56 非木造)	21	21	16	16
地震動 (S57 ~ 非木造)	13	13	10	10
液状化 (~S46 木造)	69	69	137	137
液状化 (~S56 木造)	69	69	139	139
液状化 (S57 ~ 木造)	5	5	11	11
液状化 (~S56 非木造)	3	3	2	2
液状化 (S57 ~ 非木造)	2	2	1	1
家具落下 (~S46 木造)	110	110	219	219
家具落下 (~S56 木造)	111	0	222	0
家具落下 (S57 ~ 木造)	9	0	18	0
家具落下 (~S56 木造)	5	5	3	3
家具落下 (S57 ~ 非木造)	3	3	2	2
焼失 (木造)	32	32	64	64
焼失 (非木造)	150	150	112	112
すべての死者数	1,664	1,500	3,078	2,751

定式化による実行結果より愛知県庁防災対策費のすべてを使えば、これだけの死者数が軽減される。またこれが最適な費用の割り当てである。

### 3.7 考察

一番に注目すべき点是对策費用が少ない要因についての対策棟数である。やはり対策費用が少ない木造建物に対策が集まる傾向がみられる。また対策費の同じ家具補強の結果を見ると、古い建物よりも新しい建物の方が対策しやすいということも分かる。つまり対策費と建物の年代の関係があり、対策費が少なく新しい建物に対策を行うことが最も効果がある。建物の年代によって効果が違うということが分かり、より現実的な対策計画が立てられてよいアプローチだったといえる。時間帯別に見ていくと予想した通り死者数は 24 時の方が多くなっている。これは皆が寝静まっている時間帯であり当然の結果であると言える。また木造建物内人口・非木造建物内人口に注目してみる。1 建物内にいる人数は 12 時が仕事等に出ているため非木造の方が多く、24 時は帰宅のため木造の方が多い。木造建物の方が壊れやすく、死者が出やすいのでこのことから 24 時の方が死者数が多いことが分かる。対策棟数は時間帯別にしても変化が見られなかった。少なくとも 39 億 8,000 万円の防災対策費という範囲では対策をしていく順番が一緒であるといえる。また対策を行うと死者数は 12 時、24 時で 9.9%、10.6% 減少した。10% 前後しか減らすことができず、愛知県庁の防災対策費では十分な対策ができなかった。

## 4 モデルを用いた対策の提案

### 4.1 パレート最適

今回は 12 時と 24 時に地震が起こることを想定し、被害予測・被害軽減のための対策を行ってきた。しかし実際の地震は自然現象なのでいつ何時に起きるかわからない。そこで昼間人口・夜間人口で算定を行った定式化の式にそれぞれ重みをつけて、パレート最適を行う。

#### 4.1.1 定式化

$$\min \leftarrow w_1 \times (\text{昼間人口対策後死者数}) + w_2 \times (\text{夜間人口対策後死者数})$$

$$w_1 + w_2 = 1$$

$w_1, w_2$  がそれぞれの時間帯の重みである。この 2 つの和は 1 になるように設定する。

#### 4.1.2 パレート最適に対する結果・考察

パレート最適を行ってみたが、どれだけ重みを変えても死者数はそれぞれ変わらなかった。これは 12 時と 24 時では対策棟数に変化が見られなかったのが当然の結果であるといえる。また 500 億という防災対策費で行った場合でもパレート最適の結果は時間帯別の重みを変化させてもほとんど変わらなかった。対策棟数に時間帯変化は多少見られたが、パレート最適による結果はほとんど変わらなかった。この結果から地震という不確定におきる自然災害ではあるが、対策の仕方は時間帯によって変わらないとわかった。

### 4.2 防災対策費の変化による死者数の推移

今回は愛知県の防災対策費である 39 億 8,000 万円と設定し、死者数の軽減を図っていったが死者数は約 10% しか軽減できなかった。そこで防災対策費を増やすことによってどのように死者数が変化していくのか、またそのときの傾きはどれくらいになるのかを調べ、考察を行っていく。

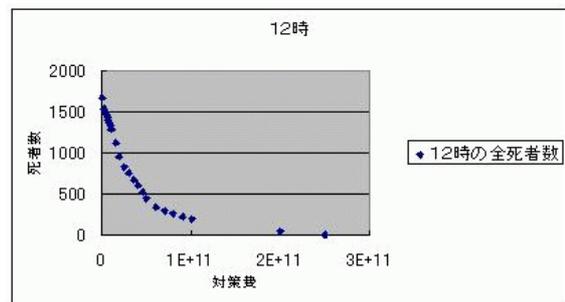


図 3 12 時の対策費・死者数の関係

#### 4.2.1 防災対策費変化の考察

当り前のことだが防災対策費を増やせば増やすほど死者数は減っていった。またグラフを見てもわかるように

防災対策費が増えていくとグラフの傾きが下がることがわかる。傾きが急なものと同じの対策費をかけたとき、より多くの死者数を減らせている。また傾きが平らなものは逆である。より多く死者数を減らせる対策順にお金をかけていることがグラフからわかる。

12時24時を比べてみてもお金をかけたときの死者数の減少は死者数が異なるので、もちろん違うが対策の仕方はほとんど変わらなかった。ある同じのお金をかけた時の死者の減少割合も一緒だった。

またグラフを見てみるとあるところを境にお金をかける効果が著しく減っている。ここを最適な対策費であると判断すると、愛知県庁の防災対策費は約500億が妥当であるといえる。また、防災対策費500億に対する死者数は12時24時で73.4%、79.1%減少した。39億8,000万では10%前後しか減らせなかった死者数が500億かければ70%以上減らすこともわかった。

## 5 モデルの拡張と実データによる計算

### 5.1 モデルの拡張

本卒論はこれまで被害にあった全壊建物・焼失建物に対し、対策をしたら直接被害が減るものと仮定して死者数の軽減を図ってきた。しかし実際はどの建物が被害にあうかは知ることができず、たとえ対策をしたとしても全壊しない建物であったら対策の意味がない。ここではどの建物が全壊・焼失するか分からない状態、つまり対策棟数に全壊率・焼失率をかけたものが実際の全壊数・焼失数を減らせる値として死者数の軽減を図っていった。結果は対策する価値が下がったので当たり前だが死者はそれほど減らせなく、愛知県の防災対策費の39億8,000万円では10~20人しか救うことはできなかった。

### 5.2 防災対策費の変化による死者数の推移

5.1の結果では10~20人しか死者を減らせなかったので防災対策費を増やしたらどうなるか考えていく。4.2と同様な方法で防災対策費を増やしていき、死者数の変化について考察を行う。

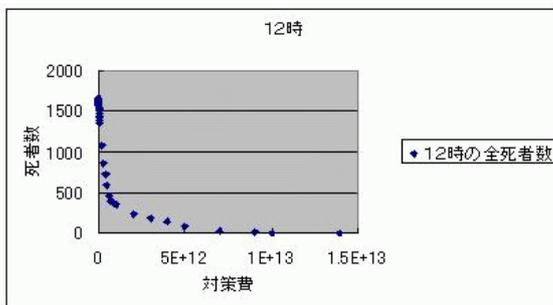


図4 12時の対策費・死者数の関係

### 5.2.1 防災対策費変化の考察

前回の直接被害を減らした場合と同様にやはり対策費を増やせば死者数は減った。また減り方も同様に傾きの大きいものから順に対策されていることが分かる。今回は500億の対策費を使っても12時24時では9.4%、9.9%しか死者数を減らすことができなかった。防災対策費を使うときは住宅密集地、液状化危険度の高い地域などの被害が大きいと予想される地域に限定して対策することが大切であるとわかった。またグラフを見ると約5,000億を境に対策の効果が著しく減少している。これは5,000億までは対策効果の見込みがある事が分かる。

### 5.3 名古屋市中区の被害予測

今までは愛知県という広範囲で死者数の想定をし、被害軽減を行った。範囲が広すぎて莫大な費用がかかった。ここでは範囲を名古屋市中区という狭い範囲に限定し、対策費を1億にしてその場合の死者数の想定と被害軽減を図る。また今回は前回の算定でもまったく対策されなかった焼失については考えないものとする。

表7 中区建物データ

	棟数	全壊数
木造建物総数	3,610	258
木造建物 (~S46)	2430	247
木造建物 (~S56)	570	0
木造建物 (S57~)	610	11
非木造建物総数	26,460	31
非木造建物 (~S56)	2,770	29
非木造建物 (S57~)	23,690	2

表8 中区建物人口データ

	12時	24時
木造建物総人口	13,000	21,000
木造建物 (~S46)	8,750	14,135
木造建物 (~S56)	2,053	3,316
木造建物 (S57~)	2,197	3,549
非木造建物総人口	298,000	49,000
非木造建物 (~S56)	31,197	5,130
非木造建物 (S57~)	266,803	43,870

### 5.3.1 実行結果

表 9 対策棟数

	12 時	24 時
地震動 (~S46 木造)	70	70
地震動 (~S56 木造)	0	0
地震動 (S57~木造)	11	11
地震動 (~S56 非木造)	0	0
地震動 (S57~非木造)	0	0
液状化 (~S46 木造)	0	0
液状化 (~S56 木造)	0	0
液状化 (S57~木造)	0	0
液状化 (~S56 非木造)	0	0
液状化 (S57~非木造)	0	0
家具補強 (~S46 木造)	246	247
家具補強 (~S56 木造)	0	0
家具補強 (S57~木造)	11	11
家具補強 (~S56 非木造)	0	0
家具補強 (S57~非木造)	1	0

表 10 時間別死者数

	12 時		24 時	
	対策前	対策後	対策前	対策後
地震動 (~S46 木造)	11.45	8.21	18.50	13.26
地震動 (~S56 木造)	0	0	0	0
地震動 (S57~木造)	0.66	0	1.06	0
地震動 (~S56 非木造)	0.29	0.29	0.05	0.05
地震動 (S57~非木造)	0.15	0.15	0.02	0.02
液状化 (~S46 木造)	1.55	1.55	2.50	2.50
液状化 (~S56 木造)	0	0	0	0
液状化 (S57~木造)	0.09	0.09	0.14	0.14
液状化 (~S56 非木造)	0.04	0.04	0.01	0.01
液状化 (S57~非木造)	0.02	0.02	0.01	0.01
家具落下 (~S46 木造)	2.48	0.01	3.99	0
家具落下 (~S56 木造)	0	0	0	0
家具落下 (S57~木造)	0.14	0	0.23	0
家具落下 (~S56 非木造)	0.06	0.06	0.01	0.01
家具落下 (S57~非木造)	0.03	0.02	0.01	0.01
すべての死者数	16.95	10.43	26.53	15.99

死者数が少ないので小数第 2 位まで表した。

### 5.3.2 考察

今回は狭い範囲で行ったので当然のことながら死者数は減った。名古屋市中区というオフィス街で算定したので非木造建物が非常に多く木造建物が少なかった。しっかりした建物が多いことから、全壊する建物が少なく死者があまりでなかった。

またオフィス街ということで 12 時と 24 時で人口が全く違った。このことから対策の仕方が多少異なると予想していたが、やはりほとんど変わらない対策方法で良いという結果になった。死者数や人口は違ってその対策によって救える人数の価値というものの順番はあまり変わらないといえる。

## 6 おわりに

### 6.1 感想

卒業論文を終えてみて感じたことは当初、過去の地震データから統計を取り未来の地震を予測しようと試みたが、どんな状況で起こるのかまったく分かりませんでした。地震と一口に言っても種類も大きさも異なります。仮に同じ場所・規模の地震でもプレートのずれる長さ・速さなどが異なり過去の被害の統計のみで被害予測することは地学の専門家でも難しく我々ではできませんでした。また今回の研究では新潟中越地震で被害の多かったライフラインなどの二次被害を予測できず考慮できなかった点から、自然災害をデータ・モデル化し被害予測を行うことの難しさを改めて知りました。

今回の研究を色々な視点で解いていったが結果はあまり変化しませんでした。建物の被害額なども考慮できたら面白い結果になっていたかもしれません。思った通りに研究は進まなかったが 3 人で目標に向けて考え・話し合い、一つの結論を出すことができてよかったです。

本研究を行ったことや、先日起こった新潟中越地震の被害を目の当たりにし地震の恐ろしさを改めて知ることができ私たちの地震意識が向上しました。本卒論を読み地震の恐ろしさを感じ、地震に対しての意識が向上してくれたら幸いです。

### 6.2 謝辞

本研究を進めるにあたり、多大な助言を頂き、また熱心に御指導下さいました南山大学数理科学科の鈴木敦夫教授に深く感謝いたします。また多忙の際にも我々の相談にのってくださった愛知県庁役員のみなさま、及び静岡県地震防災センターの方々にも心からお礼を申し上げます。

## 7 参考文献

- [1] 愛知県庁防災局: 愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書-H15 概要版
- [2] 朝日新聞社: 阪神・淡路大震災誌 (1995 年兵庫県南部地震)
- [3] 長谷川浩一, 翠川三朗, 松岡昌志: 建築学会構造系論文集第 505 号,53-59(1998 年 3 月)
- [4] 建築震災調査委員会: 平成 7 年阪神・淡路大震災調査委員会中間報告 (1995 年)
- [5] 国土庁: 地震被害想定支援ツール
- [6] 首藤伸夫: 津波工学研究報告第 9 号 (1992 年)
- [7] 日本火災学会: 1995 年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書 (1996 年 11 月)
- [8] 静岡県防災局: 第 3 次地震被害想定結果概要 (2001 年 5 月)