

## 1. 研究の背景・目的

1995 年兵庫県南部地震における建物などの多くの被害損失は、高度に発達した都市の脆弱性や予防・応急対策等、地震対策に関する問題点を浮き彫りにした。その結果、過去の被害推定の手法や各種データ等の見直しが行われ、内閣府において「地震被害想定支援マニュアル」<sup>1)</sup>、及び「地震被害想定支援ツール」<sup>2)</sup>がインターネット上で公開されるようになった。しかし、地震被害想定支援ツールやこれを基本としている各自治体の被害推定では、1km メッシュの被害推定をしているため、広域に被害把握するには適しているが詳細な被害を知ることは困難である。

この問題点に対して、昨年度の本研究室では、東京都 23 区を対象とした一般配布を目的とした 100m メッシュの地震被害推定システム<sup>3)</sup>を開発した。しかし、建物全壊率・全損率の評価式が連続関数でないということから被害棟数に誤差が生じていた。また、被害推定範囲が東京都 23 区で、狭い範囲しか地震被害推定ができないという問題点もあった。

そこで本研究では上記の問題点を解決するために、被害推定ツールの建物全壊率・全損率の評価式を連続関数に変更を行い、システムの改修、およびその他の問題点の解決を行う。また、様々なシステムに組み込みが可能なシステムとして、GIS(地理情報システム)を用いた地震被害推定システムの開発を行う。

### 2.2 種類の地震被害推定システム

本研究では、2 種類の地震被害推定システムについて開発・改修を行う。一つは昨年本研究室で Microsoft Visual Basic 6.0 SP5(以降、VB)で作成された一般配布を目的とした地震被害推定システム<sup>3)</sup>である。もう一つは GIS を用いた地震被害推定システムである。

まず、両システムの基本的な被害推定の流れは、地震動推定部分と建物・人的被害推定からなっている。地震動推定では、震源の設定(Mw、震源深さ等)を行い、距離減衰式と地盤の増幅率を用いて、ある地区の地表最大速度の推定する。建物・人に関わる被害推定では、地震動被害推定から得られた地表最大速度を用いて建物・人的被害の推定を行い、そして推定結果が表示される。これらの手法は、内閣府の「地震被害想定支援マニュアル」に準じている。2 種類のシステムの基本となる建物データと昼間・夜間人口データは東京都都市計画局<sup>4)</sup>のデータを用いている。

2 種類のシステムの特徴を以下に示す。

#### (1) 一般配布を目的とした地震被害推定システム

一般配布を目的とした地震被害推定システムは、自治体、自主防災組織もしくは住民の方に自分の地区の地震被害を簡便に知って頂くために、昨年度本研究室で配布を可能にするために VB のみで作成された。被害推定に用いる基準単位は 100m メッシュを用いており、各自治体が行っている 1km メッシュより詳細に被害推定ができる特徴がある。しかし、データを固定しているため他の地区に拡張するのは難しく、また、そ

他のシステムとの連携も難しい欠点がある。

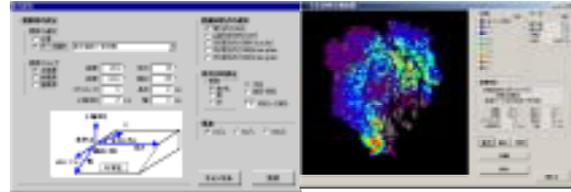


図 1. 一般配布を目的とした地震被害推定システム画面

#### (2) GIS を用いた地震被害推定システム

GIS を用いた地震被害推定システムは、Informatix 社の SIS6.0 MapModeller の GisLink と VB を用いて開発したものである。このシステムの特徴としては、地震被害推定に必要な建物・人口データをそろえるだけで全国規模のシステムに拡張できることや、様々なシステムに組み込みが可能であるということが挙げられる。また、汎用の GIS を用いているため集計や統計処理が容易に行える利点がある。そして、一般配布を目的とした地震被害推定システムの被害推定範囲は東京都 23 区のみであったが、本システムでは東京都全域まで被害推定範囲を拡大したことと、使用するデータを 100m メッシュ単位から町丁目単位に変更した。これは、100m メッシュ単位の方が詳細なデータであると言えるが、自分の住んでいる地域がわかりづらいという欠点があった。

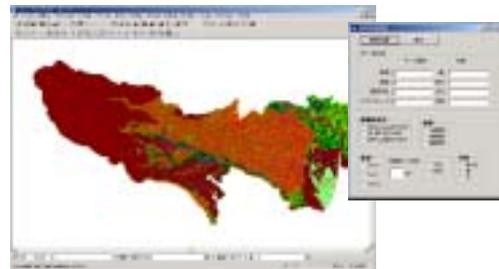


図 2. GIS を用いた地震被害推定システム画面

### 3. 建物全壊率・全損率の評価式の改修

昨年度のシステムの問題点として、建物全壊率・全損率の評価式が連続関数の式でなかったという点が挙げられた。そのため、被害率に若干の誤差が生じ、建物全壊数や全損数の被害に過大評価している部分があった。本研究では、建物全壊・全損率の式に連続関数を採用し、より正確な被害推定結果を得られるようにした。建物全壊率の評価式を以下に示す。

$$Vr(V) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^V \text{EXP}\{-\frac{(\log V' - \log V_0)^2}{2\sigma^2}\} d(\log V')$$

$Vr(V)$ : 最大地表速度  $V$  での被害率

$\sigma$ : 標準偏差

$\log V_0$ : 被害率が 50% になるときの最大地表速度の対数値

表 1. 建物全壊率の被害関数パラメータ

建築年代	木造建物		非木造建物		
	$\log V_0$	$\sigma$	建築年代	$\log V_0$	
昭和46年以前	2.18	0.242	昭和56年以前	2.24	0.249
昭和47年以降	2.3	0.256	昭和57年以降	2.55	0.283

#### 4. 両システムの東京都直下型地震の計算結果

東京都が想定している面震源の東京直下型地震で昨年度システムと改修システムでそれぞれ被害推定を行った。東京直下型地震の震源モデルを表2、計算結果を表3に示す。昨年度システムと改修システムの地震動推定に必要な地盤の増幅率や建物棟数や昼間・夜間人口データは同じもので計算を行った。また、GISを用いた地震被害推定システムでは、地盤の増幅率のみ異なり、新たに河川距離を考慮した増幅率を用いて計算を行った。

まず、昨年度システムと改修システムを比較すると、昭和46年以前木造建物全壊数と昭和56年以降非木造建物全壊数がそれぞれ著しく異なる結果となった。表3より、昭和46年以前木造建物全壊率について、昨年度システムでは建物被害について過大評価されているといえる。また、昭和56年以降非木造建物全壊率については、昨年度システムでは小数点第2位の値までしか求めていないので地表最大速度が60~79kineの範囲では建物被害の過小評価、地表最大速度が80kine以上の範囲では、昭和46年以前木造建物全壊率と同様に建物被害の過大評価がなされていたといえる。これらの結果から改修システムでは昨年度システムの建物全壊数や人に関わる被害の誤差が修正された。

次に、GISを用いた地震被害推定システムと一般配布を目的とした地震被害推定システムと結果を比較すると、全体的に過小評価となってしまう。地震動被害推定の地表最大速度の値が、本年度改修した一般配布可能な地震被害推定システムの値に比べ明らかに小さいことから、新たに作成された地盤の増幅率もしくは地震動被害推定のプログラム部分に問題があると考えられる。建物被害棟数と人的被害に関わる被害推定に関しては、誤差の生じた一番の原因として、地震動推定から得られた地表最大速度の影響があると考えられる。

#### 5. まとめ及び今後の課題

本報では、2種類の地震被害推定システムについて開発・改修を行い、東京都直下地震を例として被害推定の比較を行った。まず、一般配布を目的とした地震被害推定システムについては、建物全壊率の評価式を導入することにより、建物被害の誤差が低減できたといえる。特に昭和46年以前木造建物全壊数の過大評価の低減や、被害の出にくい昭和57年以降非木造建物全壊数の値については、過小評価が改善された。それに伴い、建物全壊率を用いて算出する人に関わる被害も低減されたといえる。次に、GISを用いた地震被害システムに関しては、内閣府の地震被害想定支援マニュアルに準じて、地震動推定と建物・人に関する被害推定の一連の流れを完成させることができた。しかし、東京都直下型地震の計算結果より、地表最大速度をはじめとした地震被害推定の過小評価ということがわかった。このことより、地震動被害推定をはじめ、プログラム上に様々な誤りがあると考えられる。

今後の課題として、2種類の地震被害推定システムの解析精度を上げるために内閣府防災部門の地震被害想定支援マニュアルなどと結果を比較・改善していく必要がある。また、他のシステムと連携するプログラ

ムを作成し、リスク解析又は建物の耐震診断に役立てられるシステム作りをする予定である。

#### 【謝辞】

2種類の地震被害推定システムを作成するにあたり、昨年度卒論生渡辺さんのプログラムを参考にさせて頂いた。また、建物・人口データを東京都都市計画局から提供して頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

#### 【参考文献】

- 1) 内閣府防災部門：地震被害想定支援マニュアル，2001  
<http://www.bousai.go.jp/manual/index.htm>
- 2) 内閣府防災部門：地震被害想定支援ツール，2001  
<http://www.bousai.go.jp/manual/tool/tool.html>
- 3) 渡辺梓：首都圏を対象とした地震被害推定システムの開発工学院大学2002年度卒業論文
- 4) 東京都都市計画局（<http://www.toshikei.metro.tokyo.jp/>）
- 5) Midrikawa, s: preliminary analysis for attenuation of peak ground velocity on stiff site, Proceedings of the International Workshop on Strong Motion Data, vol.2, 1993.pp39-48

表2. 東京都が想定している東京直下型地震の震源パラメータ

マグニチュード		7.2	走行	95°
震源座標	緯度	35° 63'	傾斜	155°
	経度	139° 43'	長さ	41km
震源深さ		21km	幅	21km

表3. 両システムの東京都直下型地震の計算

	一般配布可能な地震被害推定システム				GISベースの地震被害推定システム	
	昨年度		改修			
地表最大速度(kine)	62.48	100.00%	62.48	100.00%	38.07	60.93%
震度	6強	100.00%	6強	100.00%	5強	-
昭和46年以前木造建物全壊数	65273	100.00%	48500	74.30%	6231	9.55%
昭和47年以降非木造建物全壊数	21279	100.00%	14849	69.78%	2192	10.30%
全木造建物全壊数	86552	100.00%	63349	73.19%	8423	9.73%
昭和56年以前非木造建物全壊数	2874	100.00%	2606	90.67%	0	-
昭和57年以降非木造建物全壊数	2	100.00%	455	24202.13%	0	-
全非木造建物全壊数	2876	100.00%	3060	106.40%	0	-
全建物全壊数	89428	100.00%	66409	74.26%	8423	9.42%
木造建物死者数	3911	100.00%	2890	73.89%	628	16.06%
非木造建物死者数	534	100.00%	473	88.56%	0	-
全死者数(建物被害による)	4446	100.00%	3363	75.65%	628	14.13%
全負傷者数	1533413	100.00%	1533413	100.00%	854041	55.70%
重傷者数	9280	100.00%	6969	75.10%	2371	25.55%
重傷者数	1856	100.00%	1394	75.11%	474	25.54%

表4. 木造建物全壊率の結果

木造、昭和46年以前			非木造、昭和57年以降		
地表最大速度(kine)	昨年度システム	改修システム	地表最大速度(kine)	昨年度システム	改修システム
40-49	0.02	0.008-0.020	40-49	0.00	0.00
50-59	0.05	0.023-0.045	50-59	0.00	0-0.001
60-69	0.08	0.048-0.079	60-69	0.00	0.001-0.003
70-79	0.13	0.083-0.120	70-79	0.00	0.003-0.005
80-89	0.18	0.126-0.170	80-89	0.01	0.005-0.008

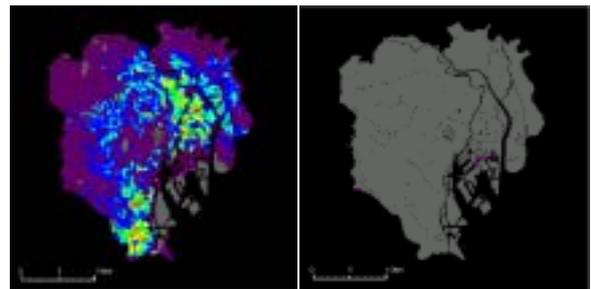


図3. 一般配布可能な地震被害推定システム結果画面

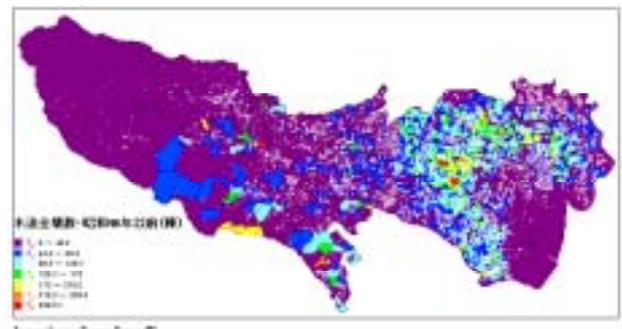


図4. GISベースの地震被害推定システム結果画面