

11. 都市直下の地震を対象とした被害想定のある方

The way of loss assessment for a near field earthquake

熊谷 良雄 (筑波大学 社会工学系)

Yoshio KUMAGAI, Inst. of Policy and Planning Sciences, Univ. of Tsukuba,
Ten'nohdai 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki 305

In this paper, at first, I would like to express revisions of techniques for earthquake loss assessment after the Great Hanshin-Awaji Earthquake Disaster based on the newest report by the Tokyo Metropolitan Government. These are building damage, outbreak of fires, fire spreading, lifeline system failure, human damages and the secondary damages in community.

And then, characteristics of damage by near field earthquakes are pointed out by damage ratio in the Tokyo Wards Area as follows:

- The spatial damage distribution will be localized in each supposed source region.
- The municipal disaster prevention plan should be revised in some local governments which damage by a near field earthquake will be exceeded than the next Kanto Earthquake.

Finally, the future earthquake loss assessment are shown as follows:

- The substance of the earthquake loss assessment should be ascertained.
- The quantitative loss assessment should be merged to the qualitative one.
- The nimble loss assessment system should be developed.

Keywords : Earthquake loss assessment, Near field earthquake, The Tokyo Metropolitan area

我が国の地震としてはそれほど大きなエネルギーを放出したわけではない「平成7年(1995年)兵庫県南部地震」は、阪神・淡路大震災をもたらした。それは被災地内は言うに及ばず被災地外でも、厳然としてOngoingである。

被災地外では、阪神・淡路大震災の初期段階の教訓を基に、災害に強い都市・まちづくり計画、地域防災計画の改訂、地震被害想定とのやり直し……、次から次に調査研究が続いている。たとえば、「南関東地域直下の地震対策の大綱¹⁾」を受けて、茨城県では県南30市町村の地震被害想定結果の最終取りまとめ段階、東京都では本格調査の一年目だった。

本論では、作業に参画した東京都の直下地震被害想定²⁾を例として、阪神・淡路大震災によって浮き彫りにされた被害想定手法の改訂状況と都市直下の地震による被害の様相を概観する。さらに、これらを踏まえて、これからの都市直下の地震を対象とした被害想定のある方について私見を述べたい。

1. 阪神・淡路大震災前後の被害想定手法比較

東京都直下の地震被害想定に関する基礎調査をとりまとめている段階で、ノースリッジ地震が発生した。パサディナのDFO(連邦と州の現地対策本部)には、50組以上の日本からの調査団が訪問したと言われ、東京都調査団もその一つだった。素速い応急危険度判定、GISの活用、CUBEの利用、DAC(災害申請センター)の展開等々学ぶべき点が多々あったが³⁾、フリーウェイの崩壊、建物崩壊による多数の死者の発生、出火の長期化等々の被害様相については、「日本ではあり得ない」とタカを括っていた。

しかし、一年後の阪神・淡路大震災では、上記のような被害の様相のすべてが表出した。すなわち、倒壊家屋の下敷きによる大量の死者、発災後10日間も続いた火災の発生、ポツ

キリと折れた電柱、圧壊した木造家屋の上を走った火焰等々である⁴⁾。このような被害の様相を地震被害想定項目に置き換えると、生き埋めとなる被災者数、電気器具・配線等による出火、電力供給支障等々となり、さらに、拠点機能支障や被災者の精神的ダメージ、清掃・衛生機能支障等にもつながっていく。

阪神・淡路大震災の被害様相は想定手法の改訂を迫った。たとえば、阪神・淡路大震災以前、火災被害想定で不可欠な延焼速度の想定手法では、震動によって防火木造建物のモルタルが剥離したり亀裂が生じ、隣棟からの着火時間が短くなることは考慮に入れていた。しかし、木造建物が崩壊し、隣棟間隔を狭めたり建物高さが数m低くなることは考えもしなかった。兵庫県南部地震が発生した時のような静穏な気象条件下での延焼速度が、一時間当たり20数mと極端に遅かったことに木造建物の圧壊が関与していたことは明らかである。

近年の地震被害想定では、想定項目が数十にものぼることは稀ではなく、量的想定のために想定しなければならない項目も加えると百を超える。

そこで、東京都の地震被害想定手法を対象として、阪神・淡路大震災の被害様相が変更や追加を余儀なくさせた内容の概略をまとめたものが表-1である。想定項目毎に、阪神・淡路大震災等を踏まえた新たな手法の概略を示すと、以下のごとくである。

(1) 震動による建築物被害

阪神・淡路大震災では、古い木造建物や鉄骨造・RC造も圧壊等の大きな被害を被ったことを踏まえて、建築年代別加速度別の被害率が、阪神・淡路大震災の被害率を参考として設定された。

(2) 出火

阪神・淡路大震災では、電気関連・漏洩ガス等の新たな出火源に加えて、長期間にわたって火災が発生したことを踏まえて、白熱灯・熱帯魚用ヒーター等の電熱機器からの出火を震動実験等を踏まえて、定量的な想定手法が開発された⁷⁾。また、建築物全壊による配線・自動車等からの出火が、阪神・淡路大震災における出火率を基に想定された。

さらに、被災者の自宅外避難による火の始末率の低下や、震度7までを対象とした初期消火率の算定式も、阪神・淡路大震災での調査結果を基に、改訂された。

(3) 延焼・消防力

木造家屋の全壊を考慮し、延焼の想定にあたっては、出火後の全時間を対象とした新たな延焼速度式「東消式'97」⁷⁾が用いられた。

消防力の運用に関しては、従来の1.5次運用(市街地への延焼拡大がないと予想される出火点での消火活動は行わず他の火災に転戦)から、大規模延焼火災を対象とした消防隊および消防団による火災包囲の可能性や延焼阻止線での活動(二次運用)も想定された。

(4) ライフライン被害

阪神・淡路大震災での被害分析結果を用いることを基本とするとともに、脱線等の鉄道の被害、高速道路の落橋等による被害も想定の対象となった。

(5) 人的被害

阪神・淡路大震災による死者の8～9割が建築物の震動被害に起因していることを踏まえ、木造・非木造別に阪神・淡路大震災での区市町別のデータを用いて、全壊率と死者率の関係式が新たに設定された。また、延焼火災による死者については、関東大震災以降の市街地火災における単位時間当りの焼失棟数と死者数との関係式が用いられた。

さらに、鉄道脱線による死傷者発生率が、過去の事例を用いて、算定された。

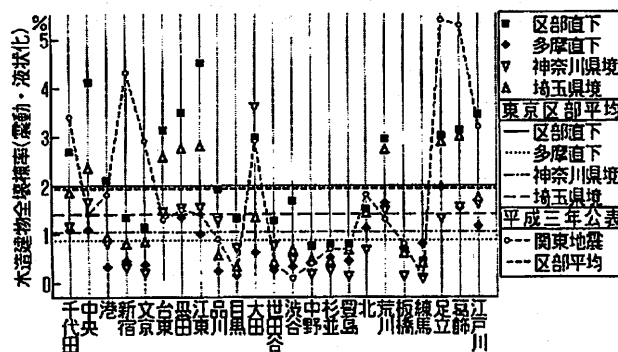
(6) 社会的被害

社会的被害の想定にあたっては、阪神・淡路大震災での被害様相を積極的に取り入れ、新たに、生き埋め、地方公共団体職員の参集支障、要転院患者数や日常受療困難者数等の医療機能支障の定量化、瓦礫発生量や仮設トイレの需要量等を阪神・淡路大震災での事例を参考に、新たに定量的に想定された。また、阪神・淡路大震災では大きな問題とはならなかったが東京都では喫緊の課題である帰宅困難者数の想定にあたっては、新たに、通学者や買物客等の一時的滞り者も想定の対象となった。

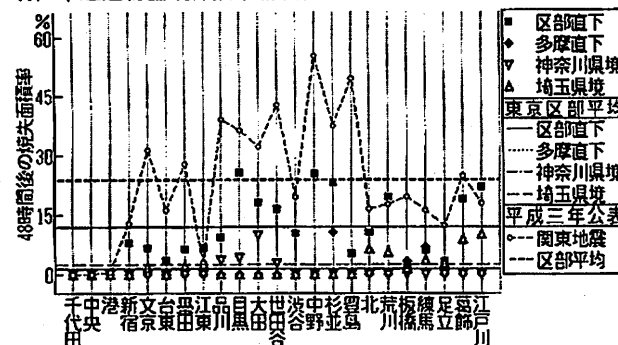
2. 東京都の地震被害想定に見る直下地震被害の特徴

「南関東地域直下の地震対策に関する大綱¹⁾」では、「被害の局地性」等を直下の地震の特徴としている。そこで、平成6年度から開始した「東京都における直下地震の被災想定に関する調査」では、「震源域の不特定性」を踏まえて、当初、10数ヵ所の震源域をフィリピン海プレート上面に設定し、500mメッシュ毎に想定される加速度を試算し、それに伴う被害量の概算を行ない、東京都全域の被害量と被害の局地性を勘案した上で、「①区部直下の地震」、「②多摩直下の地震」、「③神奈川県境直下の地震」、「④埼玉県境直下の地震」の4つの地震を被害想定の対象としている(いずれもM:7.2)。

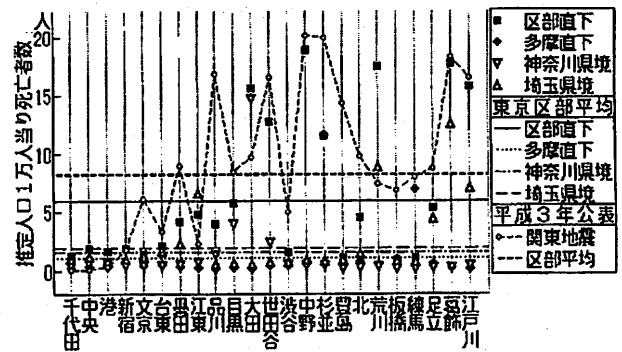
この4つの想定地震による区別の被害率と平成3年9月に公表された関東地震の再来を想定した場合の被害率を、木造建物の全壊、48時間後の焼失面積、死亡者数、自宅外避難者数について示したものが、図-1である。区別被害率の特徴は以下のとおりである。



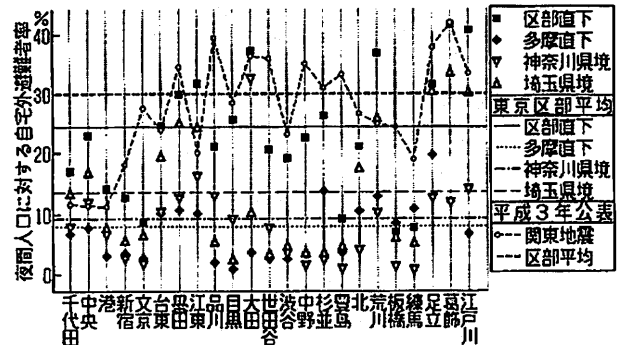
(1) 木造建物全壊棟数率(震動および液状化)



(2) 48時間後の焼失面積率



(3) 推定人口1万人当りの死亡者数



(4) 夜間人口に対する自宅外避難者率

図-1 東京都直下の地震による区別被害率の比較(冬の夕方のケース)

(1) 木造建物の全壊

- 1] 「①区部直下の地震」による区部全体の震動・液状化による木造建物全壊棟数率は、関東地震の被害率(平成3年想定)をわずかに上回り、墨田・江東・荒川の江東デルタ、大田、区部東部での被害率が大きい。
- 2] 「②多摩直下の地震」による区別被害率が1%を超えるのは、墨田・江東・荒川・北および区部東部の各区に限られる。
- 3] 「③神奈川県境直下の地震」では、大田を除いて1%以下の被害率である。
- 4] 「④埼玉県境直下の地震」では、都心、江東デルタ、区部東部における被害が区部平均を上回る。

(2) 48時間後の焼失面積

- 1] 想定した4つの地震のうち最も大きい「①区部直下の地震」による焼失面積率(12.1%)においても、関東地震の想定(23.5%)と比較すると約1/2であるが、目黒、中野、杉並、江戸川の各区での焼失面積率は20%を超える。
- 2] 「②多摩直下の地震」では杉並、「③神奈川県境直下の地震」では大田、「④埼玉県境直下の地震」では北・葛飾・江戸川での焼失面積率が10%前後となる。

(3) 死亡者数

- 1] 最も死亡率(冬の夕方における各区内の推定人口が母数)が高い「①区部直下の地震」においても、関東地震を想定した場合よりも1/4程度減少するが、荒川での死亡率は関東地震想定との2倍以上である。
- 2] 「①区部直下の地震」においても、48時間後の焼失面積率が約12%と阪神・淡路大震災と比較して大幅に小さく、死亡率は約1/4程度である。

(4) 自宅外避難者数

- 1] 最も被害が大きいと想定される「①区部直下の地震」による焼失面積率が、関東地震想定と比較して、約1/2となったため、①区部直下の地震による自宅外避難者率は5%強小さくなっている。
- 2] 「①区部直下の地震」では、千代田・中央・港・江東・荒川・江戸川の各区で、関東地震の想定より大きい自宅外避難者率が想定されているが、「④埼玉県境直下の地震」における中央区を除いて、他の地震を含めて、関東地震想定を上回る自宅外避難者率が想定される区はない。

(5) 被害の局地性と関東地震想定との比較

つぎに、図-1等を用いて、区部平均より被害率が上回る区、および、関東地震被害想定結果より被害率が上回る区を示したものが表-2である。

表-2によると、4つの想定地震毎に、以下のような被害発生の特徴を示すことができる。

- a. 「①区部直下の地震」では、墨田・江東・荒川の江東デルタ、目黒、大田、世田谷、渋谷の区部南西部、および、足立・葛飾・江戸川の区部東部の各区での被害率が区部平均を上回る。
- b. 「②多摩直下の地震」では、杉並・練馬の区部北西部、北・板橋の区部北部、荒川、足立の各区の被害率が区部平均を上回る。
- c. 「③神奈川県境直下の地震」では、品川・目黒・大田・世田谷の区部南西部の各区で区部平均を上回る。
- d. 「④埼玉県境直下の地震」では、都心3区のライフライン支障が大きく、台東・墨田・江東・荒川の下町、北、足立・葛飾・江戸川の区部東部での被害率が区部平均を

上回る。

- e. いずれの想定地震の場合も、新宿・文京・渋谷・豊島の山の手各区の被害率は、区部平均を下回っている。

(6) 直下の地震による被害想定の特徴

以上の被害想定結果から、直下の地震による被害の特徴をまとめると、1)想定地震毎に被害の局地性が顕著である、2)4つの震源を想定したにもかかわらずほとんどの被害想定項目にわたって区部平均より被害率が下回る地域がある、3)従来の関東地震被害想定より被害率が上回る区では、区別の地域防災計画の見直しを検討する必要がある。

3. これからの地震被害想定

(1) 地震被害想定の本質の見極め

平成7年兵庫県南部地震は、昭和23年の福井地震の事例を教訓に設定された震度7を観測した初めての地震であった。そして、神戸市の地域防災計画が震度5強を前提としていたこともあって、「地震被害想定では震度7を想定しなければ」という風潮が生まれた。しかし、活動度の高い活断層が確認されていない東京都では、最も浅い震源と考えられるフィリピン海プレート上面にM7程度の震源面を設定しても震度7は想定できない。

さらに、地震被害想定結果は、地域防災計画の応急対策編と災害予防計画に含まれる事前の準備: Preparednessの前提条件となっている。したがって、過大な「量的想定」は無意味である。たとえば、震度7を想定して「東京区部東部で外郭堤防や大規模河川の堤防が満潮時に決壊」を仮定すると、「浸水面上を引火性の油類が拡散し何らかの着火源によって一面の火の海」になり、「いくつかの広域避難場所は2m以上水没する」等々を想定する必要もある。このような状況では、事前の準備も応急対策計画も画餅に帰してしまう。

一方、地域防災計画の災害予防計画には、ほとんどの場合、「地震に強い都市づくり」計画が示されている。しかし、この計画は地域防災計画全体の前提条件である地震被害想定とはリンクされておらず、ほとんどが各種個別計画の羅列に終始し、計画の実践が被害想定量の軽減に寄与する程度は示されていない。

地震被害想定結果を地域防災計画の前提条件とするならば、積極的に災害予防計画の「地震に強い都市づくり」にも組み入れ、たとえば、「**年後には、焼失面積を**%減少させる」「**年後には地震による死亡者数△人を目指す」等々の目標設定にも用いることを検討すべきである。

(2) 「量的想定」と「シナリオ型想定」との融合

では、震度7を想定しなくもよいのか。自然災害も危機管理の一環と考えるなら、常に最悪の事態を想定しなければならない。

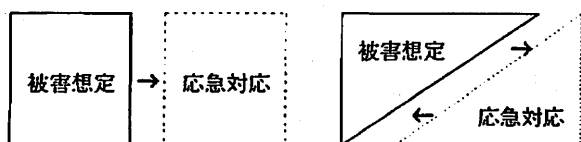
そのためには、「量的想定」と「シナリオ型想定」との融合が必要である。しかし、「シナリオ型想定」は「量的想定」と相対するものであり、「量的想定」は簡便を旨とし「シナリオ型想定」に徹するべきである」とか「量的想定」のみでは判りにくいので、「量的想定」を判りやすく記述したものが「シナリオ型想定」である」というような風潮があることは否定できない。

「シナリオ型想定」が「量的想定」と融合する側面は二つある。その一つは、「量的想定」ではなじまない激甚な被害、たとえば「震度7に襲われ災害対策本部が物理的に崩壊した」状況とその波及を「シナリオ型想定」によって記述すること

表-2 被害率が東京区部平均を上回る区、および、関東地震想定(平成3年9月公表)との比較

●/◎:地震動・物的被害, ⇄ ⇄:ライフライン支障, × 区:人的・社会的被害

地震	区名 想定項目	千代田	中央	港	新宿	文京	台東	墨田	江東	品川	目黒	大田	世田谷	渋谷	中野	杉並	豊島	北	荒川	板橋	練馬	足立	葛飾	江戸川	区部平均	
区部直下	木造建物全壊率 ^{*1}	●	●	●			●	●	●			●						●				●	●	●	2.00%	
	1km ² 当り出火件数	●	●	●	●	●	●	●	●		●			●			●						●	●	1.02件	
	48時間後焼失面積率										●	●	●		●	●							●	●	12.1%	
	1日後の断水率	⇄	⇄				⇄	⇄	⇄		⇄						⇄		⇄		⇄	⇄	⇄	⇄	31.3%	
	都市ガス支障率 ^{*2}	⇄	⇄				⇄	⇄	⇄	⇄	⇄						⇄		⇄			⇄	⇄	⇄	37.4%	
	死亡率 ^{*3}											×	×		×	×			×				×	×	5.99人	
	自宅外避難者率 ^{*4}							×	×	×		×	×			×			×			×	×	×	24.3%	
	木造建物全壊率	●	●				●	●	●									●	●			●	●	●	0.86%	
	1km ² 当り出火件数	●	●	●	●	●	●							●	●	●	●	●	●	●	●				0.44件	
	48時間後焼失面積率															●	●		●	●					1.34%	
多摩直下	1日後の断水率							⇄	⇄	⇄								⇄	⇄			⇄	⇄		12.6%	
	都市ガス支障率																	⇄	⇄			⇄			7.2%	
	死亡率															×					×				1.16人	
	自宅外避難者率							×	×	×						×		×	×	×	×	×	×	×	7.93%	
	木造建物全壊率	●	●				●	●	●	●		●						●				●	●	●	1.06%	
	1km ² 当り出火件数	●	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●			●								0.54件	
	48時間後焼失面積率									●	●	●	●												1.47%	
	1日後の断水率		⇄				⇄	⇄	⇄	⇄		⇄						⇄				⇄	⇄	⇄	15.8%	
	都市ガス支障率	⇄	⇄									⇄													5.0%	
	死亡率										×	×	×												1.62人	
神奈川県境	自宅外避難者率						×	×	×	×		×						×				×	×	×	9.27%	
	木造建物全壊率	●	●				●	●	●									●	●			●	●	●	1.42%	
	1km ² 当り出火件数	●	●	●	●	●	●	●	●					●			●	●	●			●	●	●	0.70件	
	48時間後焼失面積率																	●	●		●	●	●	●	2.49%	
	1日後の断水率		⇄				⇄	⇄	⇄									⇄	⇄			⇄	⇄	⇄	23.9%	
	都市ガス支障率	⇄	⇄				⇄	⇄	⇄									⇄				⇄	⇄	⇄	22.3%	
	死亡率							×										×				×	×	×	1.95人	
	自宅外避難者率		×				×	×	×									×	×			×	×	×	13.5%	
	埼玉県境	木造建物全壊率	●	●				●	●	●									●	●			●	●	●	1.42%
		1km ² 当り出火件数	●	●	●	●	●	●	●	●					●			●	●	●			●	●	●	0.70件
48時間後焼失面積率																		●	●		●	●	●	●	2.49%	
1日後の断水率			⇄				⇄	⇄	⇄									⇄	⇄			⇄	⇄	⇄	23.9%	
都市ガス支障率		⇄	⇄				⇄	⇄	⇄									⇄				⇄	⇄	⇄	22.3%	
死亡率								×										×				×	×	×	1.95人	
自宅外避難者率			×				×	×	×									×	×			×	×	×	13.5%	
関東地震		木造建物全壊率	●	●				●	●	●									●	●			●	●	●	1.42%
		1km ² 当り出火件数	●	●	●	●	●	●	●	●					●			●	●	●			●	●	●	0.70件
		48時間後焼失面積率																	●	●		●	●	●	●	2.49%
	1日後の断水率		⇄				⇄	⇄	⇄									⇄	⇄			⇄	⇄	⇄	23.9%	
	都市ガス支障率	⇄	⇄				⇄	⇄	⇄									⇄				⇄	⇄	⇄	22.3%	
	死亡率							×										×				×	×	×	1.95人	
	自宅外避難者率		×				×	×	×									×	×			×	×	×	13.5%	
	関東地震 想定 の 区部平均	木造建物全壊率		◎	◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎		◎			◎	1.92%
		1km ² 当り出火件数		◎	◎			◎		◎		◎	◎	◎	◎		◎			◎		◎			◎	0.97件
		48時間後焼失面積率								◎										◎					◎	23.5%
1日後の断水率		⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	⇄	9.0%	
都市ガス支障率																									98.5%	
死亡率		☒	☒	☒	☒			☒			☒								☒						☒	8.18人
自宅外避難者率		☒	☒	☒			☒		☒			☒							☒					☒	30.0%	



7. 海溝型巨大地震 4. 内陸型(直下型)中規模地震

図-2 被害想定と応急対応との関連

は、その前提となる地震発生時刻や季節さらには気象条件の組み合わせは数ケースに止まっているのが現状である。

利用データが詳細化され、それに伴って手法の精緻化が進展しても、地震被害想定手法は過去の被害事例に依存せざるを得ないことを前提とすると、常に新しい“顔”を持っている大規模な地震被害の様相の全てを表現できない。また、地震被害想定の場合には発震季節と時刻、気象条件、地震の諸元等によって設定されなければならないが、時間的かつ予算的な制約によって、数ケースの地震諸元と発震季節・時刻による想定が限界となるのが常である。

先に述べた「地震に強い都市づくり」の目標として地震被害想定結果を用いる際には、到達可能な被害量を一ケース設定すれば充分と思われるが、様々な局面を想定すべき応急対応計画の立案にとっては、地震諸元、発震季節、発震時刻、気象条件の組み合わせによる数万ケースの被害想定結果が必要となる。

したがって、下一桁までは信頼性はなくとも下三桁程度の精度はある軽快な地震被害予測システムを開発し、各種のケースが短時間に想定し得る方向を目指すべきである。

(4) リアルタイム被害推定システムへの期待

阪神・淡路大震災の初動段階での被害情報不足とノースリッジ地震でのCUBEの利用等に触発され、また、大規模地震がいつ発生するかの予知が困難なことを踏まえて、リアルタイム被害推定(予測)システムの開発とその運用が華やかに行なわれている。

的確な初動対応を行ない得るだけの情報が収集できない発災後数十分間に、限られた震度情報等のみで被害の空間的パターンを推定する軽快な被害推定システムの必要性は、誰もが認めるところであろう。

しかし、GIS:地理情報システムを組み込み、発災後数時間までの被害を推定しようとする試みは、現在の技術レベルでは無意味なものであろう。

なぜなら、被害推定の手法は被害想定手法に依存しているが、災害は個々の“顔”を持っており、過去の事例に頼っている現在の大半の想定手法の域外の事象が生起することによ

って、推定結果と実際の乖離は、時々刻々、広がるのみであるからである。

さらに、火災延焼のように、時系列的に変化する被害要因をリアルタイムで推定するためには、時々刻々の被害拡大状況をリアルタイムで収集し、実際と推定とのギャップを埋め(パラメーターを変更し)、近未来の推定をしていかなければならない。

リアルタイムで被害拡大状況が把握できるなら、被害推定システムは不要なものとなり、また、そのための推定技術の開発や機器の設置は、日常利用性の面からも無意味なものである。

GISを組み込んだ被害推定システムを開発するならば、被災状況の整理・分析、瓦礫の処理、罹災証明の発行等の応急対応に活用できるようなシステムとすべきである。

また、リアルタイム被害推定結果が、発災直後の混乱期に応急対応の方針決定に活用されることを前提とするならば、被害の様相が一目で判るビジュアルな表示方法を採用すること、応急対応にそのまま利用できる新たな指標(たとえば、焼失面積ではなく火災を取り囲むために必要な消防ホースの口数)を設定する必要がある。

なお、本論は、参考文献8)を基としている。

引用・参考文献

- 1) 中央防災会議(1992), 南関東地域直下の地震対策に関する大綱
- 2) 東京都総務局災害対策部防災計画課(1997), 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書
- 3) 東京都総務局災害対策部防災計画課(1994), 1994年ノースリッジ地震東京調査団調査報告書
- 4) 東京都総務局災害対策部防災計画課(1995), 阪神・淡路大震災調査報告書——平成7年兵庫県南部地震東京調査団——
- 5) 東京都総務局災害対策部防災計画課(1997), 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書(被害想定手法編)
- 6) 東京都防災会議(1993), 東京における地震被害の想定に関する調査研究
- 7) 東京消防庁防災部防災課(1997), (火災予防審議会答申) 直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策
- 8) 熊谷良雄(1997), 地震被害想定と阪神・淡路大震災, 人と国土, 第23巻第3号