

第二次関東大震災のシミュレーション

安田 八十五・土方 正夫

1. 第二次関東大震災への対応

今、東京に関東大震災級の大地震がきたらどうなるであろうか。おそらく、東京は、火ぜめ水ぜめになり、この世の生き地獄といった光景がえがきだされるであろう。ちょっと考えれば、想像がつく大地震の被害の大きさに対して、なぜ適切な対策がうち出されないのであろうか。この不思議さの原因にはさまざまな理由が考えられるが、最も大きな理由は、科学的な被害の予測と、対策の有効性の評価が十分行なわれていない所に見い出すことができる。そこで、本稿では、首都圏に関東大地震級の大型地震がきた場合を想定して、被害のシミュレーションを行ない、対策の効果を明らかにすることにしよう。

さて、防災の問題は、人類が発生した時から、その時代時代の状況に応じて考えられてきた問題であり、その意味では古くて新しい問題である。しかし、現時点にたつて過去をふり返ってみると高度成長期には経済的な効率性をあまりに重視しすぎたため、生活の安全面に対する総合的な配慮が欠けていたように思われる。とくにこの傾向は、大都市において顕著であり、土地を有効利用するため、関東大震災級の地震に襲われても倒壊することがない高層ビルが数多く建てられた。しかし、大地震が発生した場合、ビル内部の配管などが破壊されない保証はない。内部備品類が凶器となり人を襲うかも知れないという話を聞くと背

筋が寒くなる。

最近、大都市の安全面の点検は、国をはじめとし、地方公共団体でも長期、中期、短期的視点から見直しがなされており、長期的な震災対策の一環として幹線道路を防火遮断帯として利用することが検討されている。しかし、日常の経済活動を円滑に行なうため、数多くの車が幹線道路でひしめきあっている現状のもとでは、幹線道路は防火遮断帯として有効に機能するのであろうか。つい最近、東名高速道路の日本坂トンネルで車の火災による惨事があったが、東京のラッシュ時の幹線道路にみられる途方もない車の渋滞の列をみると、運悪く東京が再び大地震に襲われた場合、日本坂トンネルと同じような悲惨な状況が発生する可能性がないとはいえない。

これは一例にすぎないが、大都市における防災の問題ではとくに、ハードウェアの問題とソフトウェアの問題を切り離して考えることはできない。それと同時に、震災は日常生活の延長線上のどこかで突然発生する問題であることを忘れるわけにはゆかない。

震災に対する予知の研究は、かなりの成果があげられているとはいえ、震災に襲われた場合の対策となると、人口の集積が進み、住民にとっては自らをとりまく環境のさまざまな物と人とのメカニズムに対し、ほんの部分しかわからない現在の大都市の状況のもとではパニックや被害情報の収集・伝達等困難な問題が山積みになっている。し

かしながら、今必要なことは、都市を動かしているメカニズムを総合的に解明し、震災に対する都市の弱点を発見するとともに、一時しのぎの対症療法ではない適確なコントロールポイントを発見することである。そして、日常の生活活動や経済活動と、震災に襲われた場合すみやかに都市機能を回復させるための諸対策をバランスよく両立させる財源配分のあり方を明らかにし、総合的な対策を一步ずつでも具体化することである。

2. 震災対策実施上の問題点

総合的な震災対策の必要性は、直接の防災担当者でない単なる一住民であっても身のまわりをざっと見回しただけでもすぐ理解できることである。ここでは、その必要性が叫ばれながらも総合的な対策がなかなか実現されない原因について少し考えてみる。

最初にあげられることは、人の意識の問題である。大地震はそうそうおこるものではなく、関東大震災69年説という説があるように、人が一生に1回遭遇するかどうかという頻度で発生する。それゆえ、震災は生活実感からほど遠い問題であり、日常生活の中では、いかにすれば生活を豊かにできるかという問題には真剣に取り組んでも、震災に襲われた場合いかにすれば生命の安全を保てるかという問題には意外と無頓着になりがちである。そのうえ、日頃から防災訓練をする機会もあまりないのが実態であろう。すなわち、直接経験する機会が少ないため震災の具体的な状況のイメージを各人がつかみにくいことが対策をたてにくくする原因となる。

第2の原因は、同時多発型の被害が発生することである。大地震の場合、そのインパクトは一瞬ではあるが、非常に大きなものであり、広域的、同時に日常の生活全体に多大な影響を与える。火災を例にとって考えてみても同時多発型の火災に対応した消防体制はあまりにコストがかかりすぎる。そのうえ、単独に発生した火災と異なり、

道路状況もどうなるかわからない。あらゆる状況に対処しようとするならば、そのコストは莫大なものになってしまう。投入コストの有効性を事前に把握することのむずかしさが対策の具体化を阻む一因となる。

第3の原因は、関係官庁の縦割り組織の問題である。防災対策は、それぞれの地域特性によって対策のポイントが異なる。対策の基本単位としては、小学校区程度の日常生活圏域から具体的に考えられるべきである。しかし、震災の発生から復旧の段階までそのプロセスをおってみると、数多くの主体が複雑に絡み、対策を実効性のあるものにするには、その対象域を何段階にも分けて考えねばならない。そのうえ、同時多発性の被害を拡大させないためには即断即決が必要とされ、官庁の縦割り合議性は通用しない。そのためには縦割りの壁を破り、権限を一時的にせよ委譲してゆくことが必要とされるが、実行となるとなかなかむずかしい。このあたりにも総合的な対策の具体的展開を阻む一因がある。

第4の原因は防災対策機器開発の問題がある。

大震災が減多におこらないということは、対策面でいかに有効な力を発揮する機器であっても、それが専用機器で平常時に使えないものであると製品化されにくい。現実の場では、防災機器の評価は災害時のコスト・ベネフィットで行なわれるのではなく、日常の市場経済の中で評価されるほうが一般的である。いろいろな有効と思われる技術開発案が考えられても具体化しない一因はこの点にもある。

この他にもいくつかの原因が考えられるが、今後やらねばならぬことは、仮想のことではあってもマクロ的な立場、ミクロ的な立場から考えられる状況を整理することである。そして、おそらく最悪のケースに完全に対応できる対策は財源、人等の限られた資源では到底不可能であろう。いちど冷静に大震災問題を見直し、都市活動のソフトウェア面も含め徹底的なコスト・ベネフィット分

析を行ない、安全率と費用の相互関係を解明する必要がある。さらには、費用負担問題等についても研究を進め現実的に震災対策の具体的な展開を行なう必要がある。

3. 首都圏における大地震復旧シミュレーションモデル

3.1 モデル作成のねらい

大地震による災害は、建物の倒壊や道路の亀裂等震動によって生ずる直接的な被害・火災発生による住居、事務所等の焼失による被害、さらには、経済活動の混乱等いわゆる社会システムのソフトウェアに関する被害等、その波及効果は非常に広い範囲にわたる可能性が十分にある。これまでに直接的な被害や火災の延焼に関する研究は数多く行なわれており貴重な成果が蓄積されているが、これらの個別研究成果にもとづいた総合的な対策のあり方が実際の場では求められている。地震対策という面から大地震による災害の問題をとらえ直してみると基本的な問題は大地震が発生した後、再び日常生活が営めるようにいかに速く都市機能を回復すればよいかということである。すなわち、地震対策という点から大地震の問題を眺めるとこれはまさにシステム的な問題であり、個々の対策を積み重ねただけでは問題の解決にはならない。本稿では、過去に行なわれた研究成果の蓄積を基礎とし、復旧過程を中心とした総合的な意味での地震対策のあり方についてモデル分析を用い基本的な問題を検討する。

モデルの対象域は東京・神奈川・埼玉・千葉の一都三県からなる首都圏であり、シミュレーションは1日を単位期間として60日間行なった。また大地震はそう頻繁に発生するものではな

く被害に関するさまざまなデータはその時代の都市構造のあり方によって大きく異なるため、過去のデータをそのまま用いるのは無理がある。そこでシミュレーション手法としてはシステムダイナミックスを採用した。

3.2 モデルの構造

本モデルは、人口、経済、輸送、物的セクターの4つのサブセクターから構成されている。首都圏を特徴づけるものは人口の集積、高密度な土地利用等の他に情報の集積があげられるが本モデルでは情報、通信に関するセクターはとくに設けていない。また、災害対策という点からは財政の問題をなおざりにすることはできないが、モデルが煩雑になるため、本モデルでは割愛した。上にあげた4つのセクターの相互関連は図3.1に示すとおりであるがモデル全体の骨格となる因果フロー図は図3.2に示すとおりである。

図3.2からもわかるように、復旧段階では輸送力がかなり大きな役割を果たしている。

一般に災害時には、地域の諸活動を維持し、復旧させるための食糧や燃料や資材は他の地域からの移入に頼らざるをえないが、とくに首都圏域では、その圏域が広いうえに人口規模、経済規模が

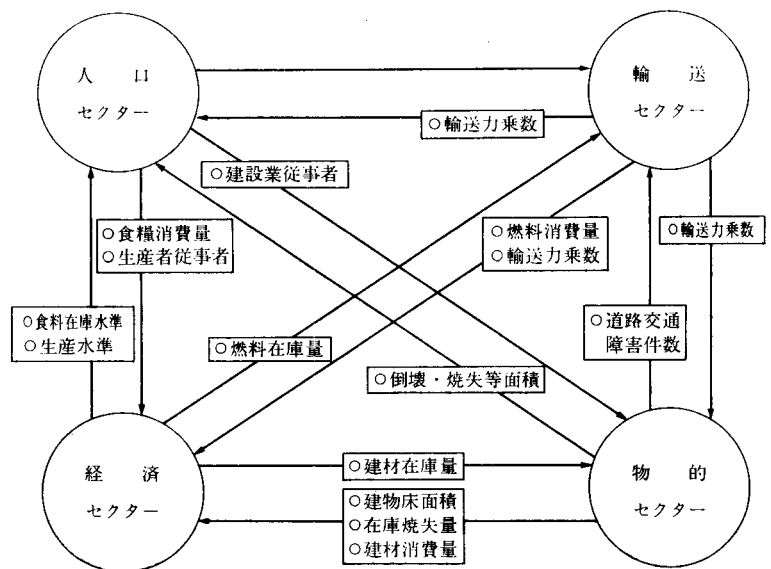


図 3-1 各セクター間の関連

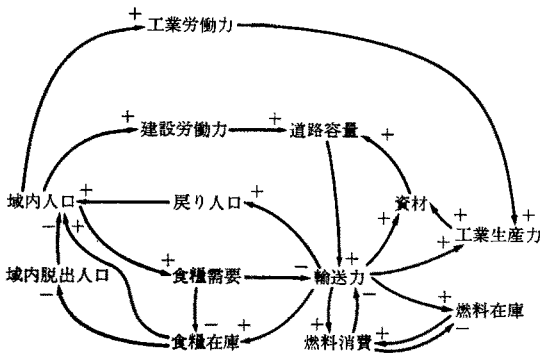


図 3-2 因果フロー図

大きいためその傾向が強くなる。

域内の人口は被災直後、食糧や水等の生命を維持するための最低の物資と雨露をしのげる住居があれば、人口の何割かは域内にとどまり住居まわりの片づけをしたり、周辺の道路整備等に労働力を提供するであろう。(モデルの中では、首都圏以外の地域へ脱出したくとも、避難する先がない人は最後まで首都圏内にとどまるようになっていいる。また、被害直後、輸送力さえ確保できれば老人や子供は成年層に比べて首都圏から早めに脱出し、復旧段階に再び首都圏へ遅れて戻るといった扱いをしている。)

しかし、域内にとどまる人口が多いと、食糧に対する需要が大きくなり、食糧移入のための輸送力を必要とすると同時に、域内の食糧在庫が急激に減少し、輸送力が食糧を供給するのに十分でない場合には、人々は首都圏から脱出し、このため域内人口は減少するというネガティブ・フィードバックが働くことになる。また、域内の人口が極端に減少してしまうと、道路整備や交通網整備のための資材を生産するための労働力が減少し、輸送力の回復を遅れさせてしまうことになる。一方復旧段階での輸送力を確保するためにはエネルギー源としての燃料が必要となるが、1つの大きな問題は、一都三県は平常時は燃料を域外に出す立場にあるため、基本的に輸送力確保のための燃料の絶対量は少なくなり、燃料を域内に搬入するための燃料も域内である程度確保する必要がでてくる。

ここに復旧段階の大きな問題として人の輸送、人の生命を維持するための物資の輸送、都市機能を回復するための資材の輸送、輸送力を確保するための燃料の輸送のそれぞれに輸送力をどう配分すべきかという問題が生ずる。本モデルでは、平常時の輸送力をベースにし、どの程度輸送力が回復したかによってそれぞれへの輸送力の配分に対する重みづけが変わるようにパラメータを与えている。

以上が本モデルの骨格ともいえる大まかなアウトラインである。

4. シミュレーションのケース設定と結果

4.1 シミュレーションのケース設定

大地震による被害の大きさは、地震の規模によって大きく異なるが、ここでは関東大震災と同規模の地震が発生した場合、神奈川県、埼玉県、千葉県を含む首都圏でどの程度の被害が発生するかについていくつかのケースを設定しシミュレーションを行なった。ケースは、地震発生の季節・時間・天候のちがいや地震発生後の諸対策の適・不適等により被害の大きさが大きく異なるであろうことを考え、以下の4つのケースを設定した。

(表4.1)

A. ケース I (悲観ケース)

冬季の強風下、夕食時に震災が発生したことを想定した。そして夕刻の通勤ラッシュ時と重なったため多くの避難時死亡人口がでるものと仮定した。また、木造建物焼失率は30%とし、これに伴い道路上の交通障害発生率も、家屋の倒壊や路上自動車数が多いことから、1km 当り1カ所程度とした。そして道路被害型式についても、1カ所の破壊が輸送力を引き下げる割合の大きいネットワーク型破壊とした。

経済セクターについては、石油化学コンビナート地帯が壊滅的打撃を受け、60日間では生産回復に至らず、この地帯の石油タンクも火災、流出等ですべて使えなくなるものと想定した。同時に火

表 4-1 シミュレーションケース

ケース		I (悲観ケース)	II (楽観ケース)	III (中間ケース)	IV (標準ケース)
セクター	項目				
人口	避難時	0~14歳 4万人	1.5万人	3万人	IIと同じ
	死亡人口	15~64歳 40 "	15 "	20 "	
施設	木造建物 焼失率	30%	10%	20%	III "
	路上障害 発生率	1カ所/km	0.4カ所/km	0.7カ所/km	I "
輸送	道路 被害型式	ネットワーク 破壊型	単独破壊型	中間型	III "
経済	電力供給 乗数				III "
	物資搬入 乗数				II "
	生産者燃料 在庫焼失率	100%	30%	50%	I "
	燃料生産 水準				I "

力発電所も相当の被害を受け、他地域から電力をまわすにしても低いレベルでしか行ないえないものと考えた。最後に物資搬入については、人の輸送等に食われ、輸送力全体の低下以上に物資輸送量がダウンするものと考えた。

B. ケースII(楽観ケース)

夏、微風、夜間時を想定し、ケースIとは逆に避難時死亡者数、木造建物焼失率を低く見積った。したがって道路上の交通障害発生件数も少なく、また道路被害型式も単独型とした。

石油化学コンビナートは、初期は被害箇所の修理・点検のため生産をストップするものの、徐々

に操業を開始し、60日後には40%まで生産が回復しているものとした。石油タンクも、被害は30%にとどまるものと想定した。そのほか、電力供給は80%まで回復し、物資搬入も力が注がれるため輸送力の回復水準以上に搬入が行なわれるものとした。

C. ケースIII(中間ケース)

ケースIおよびIIの中間を想定し、したがって各パラメータは両者の中間程度の値とした。

D. ケースIV(標準ケース)

ケースI~IIIのうちから、パラメータごとに最も現実におこりうる可能性の高いと思われる場合

を選択しそれらを組み合わせたものをケースIVとした。

4.2 シミュレーション結果

上記の各ケースについてシミュレーションを行ったがそのうち、いくつかの興味ある結果について各ケースを比較してみる。まず、域内の総人口についてみると、人口が最も減少してしまうのは標準ケースであり、その谷になる時期も悲観ケースより幾分早めになっている(図4.1)。これは、悲観ケースの場合には、輸送力乗数がきわめて小さくなるため逃げだせない人口が域内にとどまることによるためである。つぎに食糧在庫をみると、悲観ケースと標準ケースでは、それぞれ10日、40日近くに、域内残留人口と輸送力の低下のため在庫が底をついてしまうが、これは1人当りの食糧を事前に減らさねばならないことを意味している(図4.2)。また、都市施設の被害のうち道路走行不能箇所数をみると、楽観ケース、中間ケースでは労働力の供給、輸送力の供給ともに回復が早いので20日目までに不能箇所数はかなり減少するが悲観ケース、標準ケースでは減少のしかたはゆるやかになっている(図4.3)。この大きな原因は被災直後は人口減少により労働力が減少し路上の障害物の撤去が遅れる。これが後までひびくためである。

燃料については、悲観ケース、標準ケースでは初期被害も大きいと同時に輸送力低下により消費

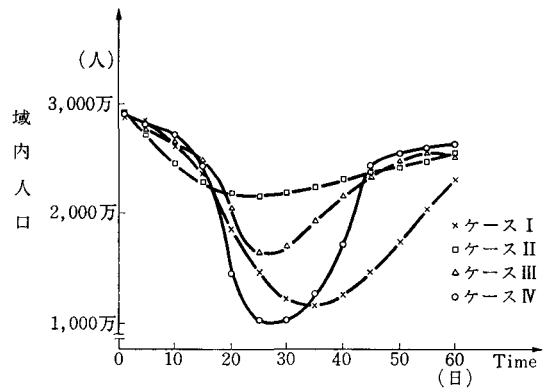


図 4-1 域内総人口の推移

量も減少するため、在庫切れはそれぞれ約50日目、35日目におこっている。標準ケースは悲観ケースに比べ道路がより良い状態にあるため消費量がより多くなり、在庫切れというカタストロフィが悲観ケースより早期に発生する(図4.4)。これに関連し、輸送力の推移をみると悲観ケースと標準ケースでそれぞれ約50日目、約30日目に急激な輸送力の低下がみられる。両ケースは、燃料の域内残存在庫と生産は同一であるが、標準ケースは域外からの燃料の搬入に重点をかけるという点でのみ悲観ケースより有利である。しかし、この場合には燃料輸送のための燃料消費による在庫食いつぶしが、域外からの搬入を上回ってしまうた

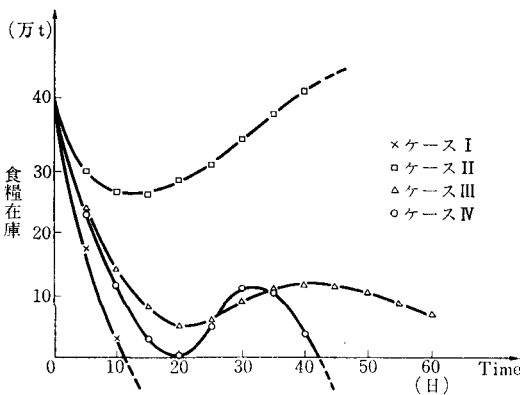


図 4-2 食糧在庫量の推移

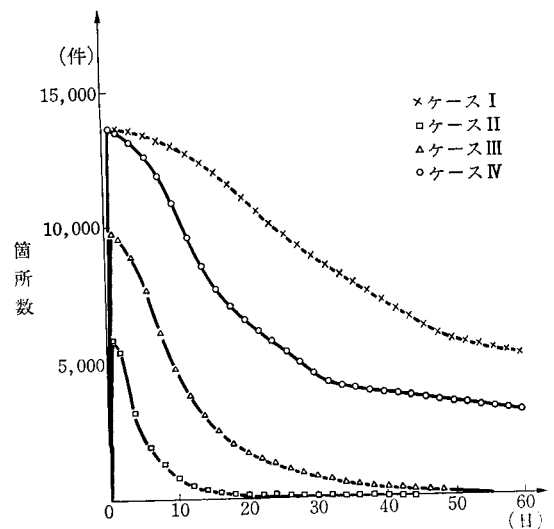


図 4-3 道路走行不能箇所数

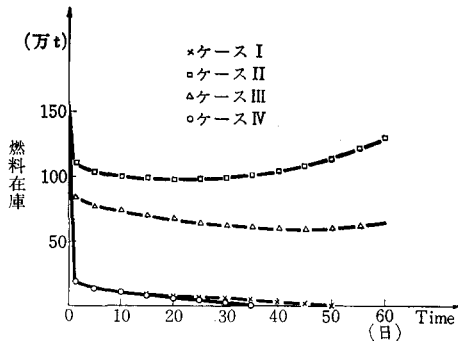


図 4-4 燃料在庫量の推移

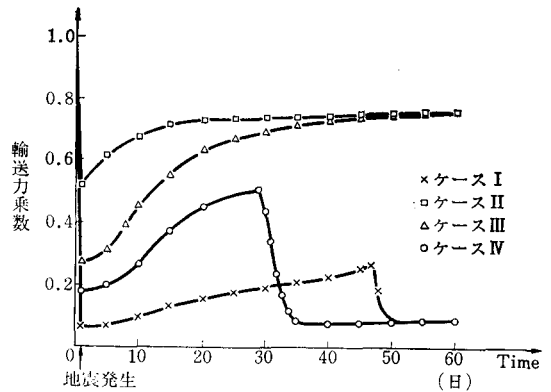


図 4-5 輸送力の推移

め、悲観ケースよりも輸送力の低下が早くおこってしまう。すなわち、輸送力の回復が大きかった分だけ、燃料不足による輸送力低下が早く、かつ変化の度も大きくなってしまふ(図4.5)。

今回のシミュレーションでは、物的な意味での都市構造の現況のもとで、大震災の災害復旧過程を中心に、いわゆる都市のソフトウェア部分の問題点を探ってみたが、定式化の段階でとくに大都市圏では輸送力に大きな問題があるという認識からこの部分に焦点を絞り、周辺問題との相互関係について考察した。この中で問題となったエネルギー源としての燃料の制約は、複数のファクターで決定されるのでいちがいに言えないが、とくに域内で確保できる燃料(残存在庫、生産)が少ない場合には、常に状況をふまえた配分について意を払う必要があることが示された。大都市におけるエネルギーの問題は現在、平常時でも大きな問題となっているが、大震災発生のような万一の場合の対策も考慮しておく必要がある。

5. 望ましい地震対策のあり方

地震対策は予知の問題も重要にはちがいないが、本質的には都市機能が復旧するまでのプロセスを一連のシステムとしてとらえる必要がある。そして、それぞれのフェーズに対し、中心となる意思決定主体や対策の対象域を明示しておく必要がある。

とくに現在必要とされているのは、日常生活

圏域を対象にした地区防災管理システムである。

また、大震災のように被害の波及効果の大きい同時多発型の災害では意思決定に正確さはもちろんのことスピードが要求される。その意味で被災時の情報システムには重要な役割が課せられている。また、パニック発生の原因のひとつには情報の不足があげられている。被害情報ははじめとし、時々刻々と変化する状況の情報は積極的に住民に伝達すべきであろう。わかりやすい情報の表現方法をとることは重要である。また、情報伝達機器も近代的な情報処理、伝達機器とともにノロシなどの原始的な方法であっても確実に情報を伝達する方法も同時に考えておく必要がある。

防災の問題はその性格から公共的な色彩の濃い問題ではあるが、国や地方公共団体の手だけで解決のつく問題ではない。今後の問題は、財源、人などの有限な資源を活用した場合、どの程度の安全性まで保証できるのかその限界を明確にし、官・産・学・民一体となって総合的な震災対策システム作りを進めてゆくことであろう。

なお、本稿は、安田が中心となって筑波大学の大型プロジェクト研究として昭和53年度から開始した防災システムプロジェクト研究の成果の一部を用いて執筆されたものである。モデルの計算作業は、主に大学院生の佐伯、千葉、衣笠、榎木の諸君が担当したものである。

(やすだ・やそい、ひじかた・まさお 筑波大学)