地震災害

村上　處直

1. はじめに

オペレーションズ・リサーチ誌から地震災害について書くように依頼されて気楽に引き受けてみたものの，何かOR向きの内容を書こうとすると筆が進まなくなってしまった．私事になって申しわけないが，私が防災の研究をはじめたのは昭和37年からであるが，その時，恩師の東大の高山英華教授に指示されたのは「技術者として防災をやるのでなく，計画者として防災の研究をやるように」ということであった．

それまでの日本の防災研究は，建物が火災に燃えないようにするにはどうしたら良いか，建物が地震で潰れないようにするにはどうしたら良いかという，どちらかというと物を作るさいの技術的対応が主であって，技術者は燃えない建物をつくれば良い，地震に強い建物をつくれば良いと考えて仕事を進めてきていた．

日本の都市は，木造建築で構成されているために，火事になりやすく，いったん火災が発生すると都市大火になってしまうことや，日本列島が環太平洋地震帯に位置していることから世界有数の地震国であり，大きな地震が起り市街地大火となった地震災害を何回も経験していることや，台風銀座といわれる位置にあり，常に大雨や台風に見舞われ，壊滅的な大災害を受けてきている．このことは，都市にある建物や橋という構造物がいろいろな災害に対してあまりにも脆弱であるため，まず構造物を災害に対して強くしなければならないという使命が最優先され，近代の工学技術がもっぱらそのことのために用いられてきた．そのため技術者の災害に対する認識も，社会全般の災害に対する認識も，災害に強い構造物や施設さえつくれば災害にやられるようなことはなくなるだろうという段階であった．

確かに，地震で建物が崩れたり，倒壊した家屋から火災が数多く出た事実をみると，建物が倒壊しないようにしなければいけない，家屋が燃えないようにしなければいけないと考え，建物の耐震技術の研究や，建物の不燃化技術の研究が重要視されるのは当然である．そして，その目標が完成されれば，防災対策が完了したように考えてしまっていたことも当然ではなかろうか．

しかし，計画者として防災をやるとなると，構造を強くするとか，建物を不燃化するという段階で仕事が完了してしまっては，やることがなくなってしまうわけである．

今でこそ，災害とは何かという問いに対して，家屋が倒壊することや，建物が燃えるという施設被害や，人が何人死亡したという人的被害だけで災害が語りつくせないことは多くの人の知るところであるが，昭和37年当時の災害調査をみると，物的，人的被害と原因を把握する段階で調査が終

むらかみ　すみなお　防災都市計画研究所
〒102 千代田区五番町4－5　番町第六金井ビル3f

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

っていた.

災害という現象は人間がまき込まれるからこそ災害なのであって，きわめて人間的現象であるにもかかわらず，人間の問題を入れた災害研究がほとんどなく，物をつくるための技術的防災研究のみが進展していた時に，計画者として防災をやることとなったわけである.

計画者の立場からどのように災害を見てきたかについて述べることによって，ORの研究者の方々に多少でも役に立てばと考えている.

2. 震災予防調査会

明治24年（1891年）10月28日午前6時37分に岐阜県大野郡根尾村を震源とする巨大地震が起り，美濃および尾張地方を中心に大被害を与えた．この濃尾地震は，内陸で起った最大級の地震で，根尾谷断層ができたことでも有名であるが，その震動は激烈をきわめ，いちじるしい地変の発生とともに家屋が数多く倒壊し圧死者・負傷者が多数にのぼり，つづいて起った火災や水災によって，その被害の惨状はあまりにもひどく，この地震を契機に，翌明治25年に，政府機関として設立されたのが震災予防調査会である．震災予防調査会は地震学，物理学，地質学，気象学，建築学，土木学等幅広い各界の権威者によりはじめられ，地震および災害予防の研究が体系づけられた.

この地震被害の認識は，文明開化が進むと人間社会は地震に対して弱くなるというもので，地震災害を単に構造的側面だけでなく広くとらえており，人間の存在も含めた計画的側面に対しても着眼されはじめていた．しかし，計画的防災はなかなか科学的に把握することがむずかしいために，どうしても学問研究の俎上に乗りがたく，さしあたりの緊急課題であるところの地震学の研究と耐震工学の研究が主流となって進むこととなった．震災予防調査会では，その後，被害地震のあるたびに報告書を出し，大正12年（1923年）の関東大震災の第百号の報告書を出して，東京大学・地震研究所へと発展的解消をとげた.

震災予防調査会が33年間に残した研究業績は世界の注目をあびるものであったが，濃尾震災ほどの地震は大正12年の関東大地震までなく，地震学や耐震工学の研究とともに，計画的防災の視点に立った震災予防に対する警告が，いずれの報告書にも最後にまとめとして残されているにもかかわらず，あまり社会的に活かされることなく関東大震災をむかえてしまっている.

濃尾地震も関東大地震も，その被害は都市災害の極と考えてよい現象が多発し，地震災害が人間社会の在り方に深くかかわっていることを示唆していたが，計画的防災すなわちOR的発想の必要な地震研究は，学問的研究として根づきにくく取り残されていってしまった．東京大学地震研究所ができた当初は，震災研究の学際性がうたわれており，広く研究者を集めようと試みていたが，当時は理学と工学の学際的協力の範囲にとどまり，計画的震災研究の領域は，大学の講座をつくるまでに至っていなかった.

3. 地震災害のイメージ

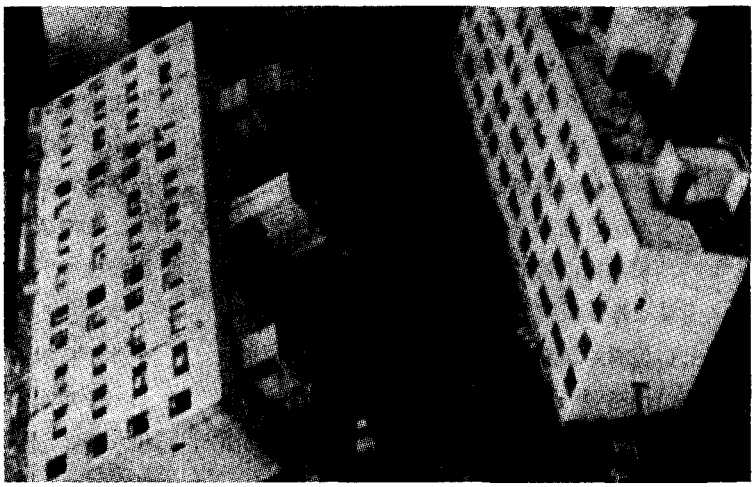
われわれは物のイメージをどうしても視覚的にとらえやすいし，少なくとも視力のある人間にとってイメージと視覚的イメージは，ほとんど重なっているように思える.

多くの人は，地震災害というと何をイメージするのだろうか．また，何によって地震災害のイメージがつくられているのであろうか．みずから地震災害を体験したことのない人の地震のイメージは，体験者から聞かされた話や1枚の印象的な写真，昨今ではテレビの映像などによって与えられていると考えてよい.

人間の存在を考慮に入れた災害現象は，時間の概念や空間の概念をもった現象であり，地震災害をどうとらえるかも，このことをぬきにして考えるわけにゆかない．この時間・空間の現象を視覚的にとらえることはそう簡単なことではないが，

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

写真 1 新潟地震．転倒した鉄筋コンクリートの県営アパート



視覚的イメージに馴れすぎているわれわれは，1枚の写真を見せられると，すべてわかったような気になってしまう．

たとえば地震によって完全につぶれてしまった建物の写真を見ると，これは大変だ，こんな建物の中にいたらだれも助かりっこないと考えてしまうのが普通である．メキシコやアルジェリア，イタリアの建物の場合，潰れた建物の中にいれば，助かるチャンスは小さい．それは逃げ出すまもなく短い時間に完全に潰れてしまうからで，人間の対応力が活かせないからである．しかし，つぶれたが時間が長かったとか，つぶれたがちょっとした隙間があった場合，意外なほど九死に一生を得て助かっている人が多勢いる．ちょっとした隙間に身をひそめたり，つぶれていく時間を利用して脱出したりしている．建物がつぶれてゆくというそれほど長くない時間の現象でも，つぶれてゆく時間が長いか短いかによって人間が助かるかどうかが違ってくる．最近の日本の地震災害で建物がつぶれた場合をみると，下敷になって死亡した人は少なく，つぶれる建物から飛び出した人の中に死者や重傷者が出ているわけで，写真から受けるイメージとはかけはなれている．

物的被害のみを考えるのであれば，つぶれた建物の写真が1枚あれば十分説明できるが，つぶれる建物と人間の関係を知ろうとすれば，どうしても現場にいって当事者の話を聞かなければなにもわからない．

昭和39年6月16日午後1時2分，新潟市の北方およそ50キロの栗島付近の海底下でマグニチュード7.5の地震が発生した．そのとき信濃川の旧河川敷に建っていた4階建ての県営アパートが地盤の液状化によって横倒しとなった．この時新聞や雑誌，テレビで転倒した県営アパートとして紹介されたので記憶されている方も多いと思うが，「転倒した」という修飾語が地震災害のイメージを間違って伝えることになってしまった．結果的に転倒したことは確かであるが，転倒のプロセスが問題で，「転倒」という言葉からわれわれが想像する状況とは，まるで異なっていることが関係者の証言からわかったわけである．ちょうど，県営アパートの階段を登っていた新潟大学の教授の奥さんは，身体の調子があまり良くなく立ちくらみが起ったと思いしゃがんでいたが，気がついて起き上がろうとしたら普通に立てなくて建物が倒れていることに気づいたという話であった．これはきわめて緩慢に倒れていったことを示している．

はじめ，転倒した鉄筋コンクリートの建物にキレツ1つ入っていないことから，建物の構造的強さを過大評価してしまったが，この場合のように時間をかけて，壊れ物を寝かすように倒れたのであれば，キレツが入らないことは当然であった．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

今までの話は，地震によって破壊が進行している，ごく短い時間の話であるが，人間と地震災害の問題を考えようとすると，地震災害は，もっと長い時間の中で考えてゆく必要がある．火災がはじまれば，それに対処しなければならないし，停電や断水が起れば，それに対処しなければならないし，地震直後の対応から復旧，復興というプロセス全体を地震災害と考える必要がある．

正しい災害対策を立てるためには正しい災害のイメージが必要であるが，多くの人々のもっている災害のイメージは，災害現象の最も強烈な場面の写真やテレビ解説によってつくられた災害の一局面のものであって，人間の存在を考えた時必要な時間の概念，空間の概念をもった災害現象でないことが多い．実際に災害に巻き込まれた人たちは，災害が，いかに時間的・空間的現象であるかがわかっており，写真を見てもテレビを見ても正確な理解ができるが，そうでない第三者が正しく理解することはきわめてむずかしい．

それは，災害のように時間的特性や空間的特性の強い現象の場合，観察者の目の位置・観察時間によって，同じ現象を見ていても違ったイメージをもってしまうことがあるからである．このことは写真のレンズの位置・時間，テレビのカメラマンの位置・時間すべてが，ある一瞬の何かを代表しているに過ぎないことを示し，その限界を知って活用しないと，とんだ誤りを犯す結果となる．

目の前で同じ現象を見ていたはずの数人の技術者が，それぞれ違った話をしたとしても，そのだれが正しくてだれが間違っているかを勝手に考えてしまうと，とんでもない誤りを犯してしまう．これらのことを知らないで，現場で情報収集をすると，間違った結論に達してしまうのが「災害の場」である．はっきり言って，われわれは，そのような時間的・空間的現象を的確に表現しうる言葉を持ち合せていないし適切な方法がないのが現状ではなかろうか．正しい災害のイメージを正しく定着させる方法の開発こそ，正しい災害対策構築の原点ではなかろうか．

地震災害は，広域的な災害であるが，全域が同じような被害を受けることはなく，地盤特性や古い市街地か新しい市街地か，開発時期の社会的・経済的背景，さらには過去の災害履歴などによって，その被災の様相は異なっており，きわめて地域特性の強い現象である．そのため構造的な被害が集中する地域は局所的にかたよっており，地域全体からみるとまだらに分布している．しかしテレビや新聞では，局所的な現象をとりあげざるを得ないことから，聴視者は極端な災害が全体的に拡がっていると誤解してしまう．

大正12年（1923年）の関東大震災は，市街地大火が起り，東京や横浜という当時の近代都市が焼け野原となり，全面的な災害と受けとられているが，地震直後の倒壊率は地域によって極端に異なり，山の手の地盤が良いところでは，倒壊した家屋を探すのが大変だったくらいなのに反して，下町の軟弱地盤では，軒並やられた感じの地域もある．そのような場所でも，建物がしっかり造られていたり，地盤条件が少し良いだけで，何も被害のないような家もあるわけで，映像情報で実際の状況を伝えるのがいかに困難かがわかる．

物的施設の被害だけで地震災害がわかるのであれば，地震後くまなく調査することによって，かなりの実態はわかるが，そのような施設被害に対して人間がどのように対応したかになると，現場にいた人たちの証言を可能なかぎり集めるしかない．現場での証言というものは時に，人それぞれのちょっとした視点の違いや，その人が強く印象を受けたタイミングのずれから，とても同一の場面の証言だと思えないようなことも起るが，それらを選択して捨てるのでなく，すべて拾っておく必要がある．それぞれの証言は，時間的・空間的現象のある限られた視点，ある限られた時間の事実を把えているはずだからである．

関東大震災の時，本所被服廠跡地で4万人近くの人たちが大きな火災旋風に巻き込まれて亡くな

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

った．あの場合，避難場所に運び込んだ荷物に火がついてあのような大惨事になったと言われている．確かに荷物は火災旋風を強める役割をもったことは事実であるが，もし全員が荷物をもち込まないでいたら助かったかというと，そうは言えないのが現実である．あの火災旋風は，荷物があったから起ったのではない．ちょうど，市街地火災に同時に囲まれるような状況ができ，隅田川の少し上流のところで旋風が発生し，それが蔵前の側の火を呼び込むようにして発達し，ついに火災旋風となって，両国側に上陸して被服廠跡の避難者の群を襲ったと考えてよさそうである．被服廠の近くで商売をしていて，旋風に巻き込まれながら安田庭園の池の中で九死に一生を得た，故原田さんが，当時の友人たちの証言と，みずからの体験をもとにして語られたお話しや，遠方から観察されたたつまき雲などから推測したものである．

荷物の山の中にいた人たちにとって，目の前で起った現象は，荷物がいかにも火災を呼んだように見えたはずであるが，旋風現象は，自然界のもっと大きな現象だったと考えてよいのではないだろうか．このぐらいのスケールの現象になると，観察者の目の位置によって，それぞれ異なった証言が得られることは当然である．

物的被害と人間との関係を見ても，時間・空間的現象としての災害は多様であり，われわれが知り得た情報や知識が，全体の中でどのような位置づけにあるかを考えて災害現象をみなければならないわけである．さらに災害を経済的側面でみてゆくと地震による物的・人的被害という直接的被害の損失よりも，その後のいろいろな影響も含めた間接的被害の方が多くなるし，大きな地震災害の後の経済的混乱から政治的混乱へと展開し，その国の体制さえ変ってしまうことがある．

社会や経済の相互連関性が高い現代社会では，日本でいえば首都東京の地震被害は日本全体さらには世界にも大きな影響をおよぼすことになると考えられており，地震災害をどの範囲まで考えるかは，社会そのものをどうとらえるかにかかっており，OR的発想の研究の必要な部分は際限なく考えられる．また，これからの世界はいわゆる高度情報化社会といわれる時代に入ってゆくが，高度情報化社会における地震災害となると，いまだわれわれが体験していなかったような事態さえ起るのではないかといわれている．

今回，これらのことについて詳しく述べることは紙面の都合からも無理なので，昨年のメキシコ地震のいくつかの話題から，地震災害の初期の段階のイメージづくりに役立つ話を拾ってみたい．

4. メキシコの地震災害から

1985年の9月19日の朝，メキシコ時間で朝の7時17分44秒にメキシコ太平洋沿岸でマグニチュード8.1の地震があり，震源から370キロメートル離れたメキシコ市で，人的にも物的にも大きな被害が出た．メキシコ市は人口1,800万人という超過密大都市の首都であり，首都の地震被害ということで強く興味を感じ，地震発生から3日目の9月22日から現地入りし，民間機としては初めてのヘリコプターによる空からの視察もできた．

地震後，次々とテレビを通じて報じられる建物崩壊の現場からの映像を見ていると，メキシコ市が潰滅したのではという印象を受けるが，現地入りして実際に歩いてみたり，空から眺めてみると被害はきわめて局所的で選択的に起っていることがわかる．メキシコ市の人口は1900年に54万人，1920年に90万人，1940年に170万人，1960年に520万人，1970年に890万人，1980年に1450万人で現在1800万人（1985年）という急激な伸び方をしており，今回，主にやられた市の中心部の商業地区は，割合古くから高い建物ができていた，いわゆる中心市街地であり，過去の1957年や1979年などの地震によってかなりの被害を受けていたところである．また，地下水のくみ上げによる地盤沈下の影響を最も深刻に受けている地域とも重なっている．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

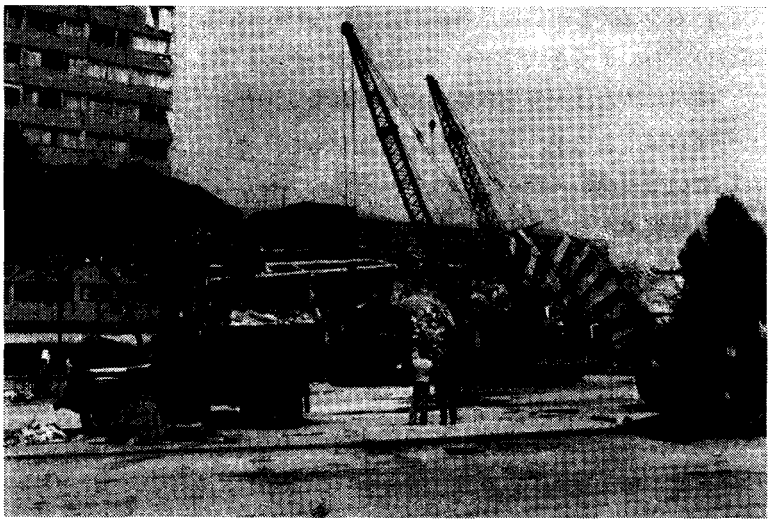


写真 2 1985年9月19日メキシコ地震（9月23日撮影）
崩壊したトラテロルコ団地．この時まだクレーンは床版を支えているだけ．

今回の地震の被害が，震源に近いところよりも震源から370キロメートルも離れた，メキシコ市で大きかったのは，最初の地震の震動が減衰しないうちに，30秒後に次の地震が起り，そのようにたたみかけて起った巨大なエネルギーが，700～800mという厚い沖積層でできたメキシコ市の湖底平野の軟弱地盤をゆすり続けたためと考えられている．そのため設計の前提条件をはるかに超えた力が建物に加わってしまったと言われている．

しかし，今回の地震後，左官屋さんが大繁盛しクラックを埋めてしまったという話があるが，これまでの地震の時も同じようなことが起っていたとすれば，過去の地震で相当に強度が落ちていた建物が，古い市街地の地域にたくさんあってもおかしくないわけである．筆者も1973年と1979年の地震の後メキシコにいったが，今回大きくやられた通信省の建物も，トラテロルコ団地も，これまでの地震で相当な被害が出ていた建物で，特に通信省の建物は今回大きくやられたと同じ場所が，1973年の地震の時，大きくやられていた．耐震工学的に考えれば，クラックをプラスターでぬり込めてわからないようにして再び利用することは危険なことであるかもしれないが，日々の生活や経済力という人間サイドの条件を考えれば，そのような危険も承知で次の地震の危険よりも，その日の安心感のために，左官屋さんを頼むのではなかろうか．これは世界のいろんな場所の地震の災害をみても常に同じようなことがくりかえされていた．1つの建物の地震対策ならば，最新の耐震工学の技術があれば解決がつくが，都市の地震対策の場合，耐震工学の技術では解決つかない問題が次の地震の被害を大きくしているわけである．

今回の地震が起った時間が朝の勤めがはじまる前だったので，当初話題の中心になったのは崩壊した建物の下敷きになった人々の救出活動で，主にアパート，病院，ホテルという，その時間に多く人がいた建物であった．学校や官公庁の建物も数多く崩壊していたが，少なくとも筆者が滞在した最初の10日間ぐらいはテレビの話題にはのぼっていなかった．

建物が崩壊し，下敷になった人を救出する現場のテレビ映像で，建築会社や石油会社から借り上げたクレーンなどの大型作業機械が映っていたが，現場で見ていると，大型重機はほとんど本来の作業をやっていなかった．ほとんど，数多くのボランティアによる人海戦術で，作業は手で進められていた．これはオペレーターがいないからでなく，建設会社の作業員は，何日も何日も現場で手伝うチャンスを待っていた．それは大きな機械で現場をいじると，崩れた建物の隙間にいる人が

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

死ぬ可能性があることから，大きくバランスの崩れる可能性のある作業を中止していたからである．現場の周辺では下敷になった家族や関係者を待つ多勢の人たちが作業を見守っていたが，下敷きになって生きているかもしれない人の関係者としては，生きていたかもしれないのに，つぶしてしまうようなことはできないわけである．

このような救出作業を妨げたのは，もれ出しているプロパンガスの爆発の危険，余震によってさらに崩れる危険であり，救出作業そのものよりも救出作業の準備作業の方が大変であった．犬をつれてやってきたフランス隊の人と話していたら，どこに生き埋められた人がいるかさえわかれば救い出せるということで，初期の段階では犬が大活躍していた．結果的に犬によって救出された人たちは50数人ということであった．

犬による救出も，現場で犬が役に立つような状態をつくるまで待つ必要があり，犬は活動よりも待つことで疲れたという新聞記事があった．救出には音声探知機，熱感知装置や光ケーブルを利用したケーブルカメラなどが利用されたが，アメリカの鉱山会社がもってきたケーブルカメラがかなり有効であった．他方，音声探知機だと周囲の音がない真夜中にやらなければ騒音で妨げられるなど，利用条件がむずかしかったようである．

われわれがヘリコプターに乗りたいと申し出た時の不許可の理由が，騒音と低周波の震動による崩壊危険ということであり，ある時期にならなければ許可されないだろうということであった．それは大統領命令で，誰も侵すことはできないという厳しいものであった．

とにかく現場には静かさが必要であり，最初の3日間くらいは，救援にかけつけた人たちの自動車も現場近くではエンジンを切って，皆んなで押していたくらいで，音を出す大型機械など，きわめて限定的に利用されていた．クレーンの主な作業は作業員を崩れた建物の上に運ぶためや，崩れそうな床版を支えるといった作業である．最初役立ったのはハンディーなポータブル機械であったそうである．少なくとも地震後8日目の9月27日金曜日までは大型機械の活躍するチャンスはなかったと考えてよい．作業方法が変えられ，大型機械が入ったのは次の土曜日からであった．

いつの災害でもそうであるように，救出活動が行なわれているあいだは，人々の関心は救出劇に向けられており，テレビもそのことを中心に流していた．地震災害の後の話題にもされない人々の活動が，本当の地震災害のイメージづくりに役立つわけで，地震災害を正しく知る技術を身につける必要があろう．

次号予告

特集　モジュールとユニット

日本のモジュール……荒木　睦彦（清水建設）
モジュールの思考……鈴木　博之（東京大学）
包装モジュール化の動向……長谷川良雄（日本包装技術協会）
ユニットロードシステムと物流モジュール……高森　秀夫（日通総合研究所）
ソフトウエアにおけるモジュール化……大筆　豊（東芝）

研究レポート　三角図表の作図——筆順のモジュール化……柳井　浩（慶応義塾大学）

事例研究　大学入試における入学者数の予測……稲場日出男，矢部真（工学院大学）

連載　連続型シミュレーション・システム
BASIC で DYNAMO 的記述を……林　亜夫（筑波大学）

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．