

## 危機管理の視点に立った地震被害予測の重要性

鈴木 敏 正\*

### Importance of Seismic Damage Prediction Based on Crisis Management

Masatoshi SUZUKI \*

#### Abstract

A large-scale earthquake causes various types of destruction to our society.

The loss of the life, physical damage and the so-called direct damage such as the loss of the social infrastructure or the collapse/loss of the buildings and facilities can be expected at first.

Next, is the indirect economic destruction, for instance, due to the halting of enterprise activities and transportation. Also, you can imagine the economic damage caused by the interruption of computer networks or information network services.

It is conceivable that damage suffered by business partners may result in severe damage to you.

Economic damage due to confusion, collapse of the social, economic system, and the financial system, should be also recognized as so-called indirect damage and be included with damages indicated above.

It is expected that such indirect damage will bring a far serious influence on the economy in comparison to direct damage, especially for certain types of highly developed economic/financial cities like Tokyo. A huge earthquake has yet to hit a city, that functions internationally as an economic and financial capital like Tokyo.

For this reason, the research on seismic damage prediction was insufficient from such a point of view. We should take efficient measures to reduce seismic damage to a level that our society can accept, and accomplish this by using our precious social resources.

It is very important to understand the severity damage an earthquake can bring to our society in order to accomplish the above tasks, and it is desirable to do it first.

This paper attempts to clarify the characteristics of indirect seismic destruction, and attempts to suggest a realistic prediction process putting emphasis on the importance of the prediction of indirect seismic damage. The items that should be clarified in such an indirect damage prediction and the steps to accomplish these items are as the follows.

1. Preparation of social damage scenarios based on the occurrence of a presumed earthquake
2. Qualitative/quantitative analysis of the seismic damage based on such scenarios
3. Consideration of socially acceptable limits of seismic damage, and preparation for plans to control the seismic damage to keep it within an allowable range
4. Preparation of countermeasures for the mitigation of seismic damage and consideration of the responsibility for executing the countermeasures

---

\* 株式会社日本総合研究所

\* The Japan Research Institute Ltd.

**Key words** : earthquake damage prediction ,indirect damage ,social/economic system ,seismic mitigation , crisis management

**キーワード** : 地震被害予測 , 間接被害 , 社会・経済システム , 地震被害軽減 , 危機管理

## I. はじめに

現代が「不確実性の時代」とであると指摘されてから久しいが、それはビジネスの世界ばかりでなく、自然科学の世界でも顕著になってきている。

わが国が地震の多発国であるとの認識は全ての国民が持っており、その不幸な証明も、近くは、阪神・淡路大震災でなされた。さらには、この不幸な災害が関西地区にもたらされたということで、地震は日本中どこでも起きうるといふ認識も深く胸に刻んだところである。

しかしながら、それほど多くの人々の意識にありながら、「どのくらいの規模」で「どこ」に「いつ」地震が起きるかについては、はなはだあいまいで、文字通り「不確実」である。さらには「どのような特性」を持ち、「どのくらい激しい」のかについても「確実」には指摘できないのが現状である。確かに「地震学」「地震工学」を中心とした科学技術の進歩と共に、不確実性の範囲は徐々にではあるが狭まってきていることも確かであり、将来、いつの日か災害としての地震を「確実」に予知することになるかもしれないが、現状では残念ながらそこまで達していない。

我々はこれからも、「不確実性」を内包した状況で、日々の営みを続けていかなければならない。したがって我々の社会にとっては、このように数多く存在する「不確実性」を認識した上で、あるいは「不確実性」をもうまく取り入れて、より良い社会のマネジメントを行っていくことが、きわめて今日的な課題になっていると言える。

## II. 地震被害想定・予測の意義

地震災害の分野について、そのような観点から見ると様々な課題が浮かび上がってくる。地震発生阻止の手段を未だ持たない人類にとって、現状でできる最善の方策は、地震発生時の被害を最小

化し、社会システムを維持できる範囲に被害をコントロールすることである。このための手段として、重要と考えられるものは2つある。

1つは、地震予知である。地震予知の可能性については様々な議論があるが、多くの不確実性があるにしても、少なくとも地震発生後の被害を、地震予知がない場合と比較して大幅に低減させる有効な手段になりうることは確かである。東海地震を対象とした静岡県 の推定では、とりわけ人的被害の著しい低減が期待できるとされている。「地震予知」の不確実性とは、予知の内容と著しく異なる事象が生起しうることがありえるということである。とりわけ、地震予知が「空振り」に終わる危険性、つまり、地震の発生時期、場所、規模等の予知が「空振り」に終わる危険性のあることである。「空振り」の危険性を伴う「予知」の有効性は、それを受け入れる社会のあり方に大きく依存するもので、「予知」が成功したときの社会的被害の軽減と、「予知」が空振りに終わったときの社会的被害との比較を通して判断しなければならない。したがって、地震発生時の被害の適切な予測は、地震予知への取り組みを考える上での重要な指標の一つとなるものである。

2つ目は、地震発生に備えた様々な危機管理 防災計画の立案とその実行である。

たとえば、建物、施設の耐震性の強化、遠隔地に同種類代替を設けるなどのいわゆる事前対策がそれにあたる。一方、地震の発生によってもたらされる各種建物、施設の崩壊の防止のみならず、それによってもたらされる二次、三次被害の発生阻止、経済活動、企業活動の早期復旧、社会インフラ機能の早期回復は、有効な危機管理 防災計画の準備無しには有り得ないものである。

さて、このような危機管理 防災計画に基づく対応は、自らの持つ資源、資金力を勘案して具体策を決定しなければならない。またその対応のため

に、どれだけの資源、費用を投入するかは、現状のまま地震を受けたときの総被害量、対策実施のための費用、そしてその効果としての被害低減量などを判断して決められる。このように、危機管理 防災計画を考えるにあたっては、被害の適切な予測はきわめて重要な意義を持つものである。

このように地震被害を最小化し、首都圏を含むわが国最重要地域における社会・経済・生活の継続のための方策を考えるにあたっては、どのような場合でも“被害予測”は、きわめて重要な要素となる。

### III. 地震被害想定・予測の現状と課題

地震によって我々の社会にもたらされる被害は種々考えられるが、それらは大別して、直接被害と間接被害に分けられる。

直接被害は、地震によってもたらされる人的・物的被害を主としており、たとえば人命の喪失、人の傷害、あるいは建物、施設（社会的基盤、たとえば鉄道、道路、通信網などを含む）の破壊、炎上などが挙げられる。これまで国、各自治体で実施されてきた被害想定は、主にこの直接被害が対象になっていたと考えられる。

しかしながら、地震によってもたらされる被害はこれらの直接被害ばかりでなく、これらを起因としたより広範囲で、重大なものも数多く考えられる。これらを一括してここでは間接被害として、以下に示す。

#### 1) 建物、施設の損壊に伴う機能喪失による経済的被害

##### a) 物流、交通手段等の途絶による経済的被害

たとえば、東海地方の東名高速道等の途絶が起こり、さらに代替の中央道が交通集中により機能しなくなるといったシナリオでは、首都圏と中部、関西圏間の物流の多くが途絶え、経済的損失は1日当たり7,000億円程度になるとの試算もある（山本，1995）。とりわけ、製品の製造と顧客へのデリバリーがきわめて短時間（たとえば1日）のうちに行わなければならないもの（特殊な医薬品、食料品など）では、物流・交通手段の途絶は全ての生産活動の中止を意味し、その影響は深刻であ

る。

##### b) 情報網、あるいはコンピュータシステムの途絶による企業活動の停止

より情報化された企業において、コンピュータシステムの停止が1週間続いた場合、引き続く1年間で業績は回復できず、さらに1ヶ月間続いた場合には半数の企業が倒産するというデータが米国で発表されている。また、原料調達 製造 配送 貯蔵などが一元的にコンピュータ管理されることの多くなった状況では、情報通信の途絶は企業活動の全面停止をもたらすということも考えられる。

##### c) 人的資源の活動停止による企業活動の停止

大規模地震発生後の数日間の社員出社率は、10%～40%とのデータがあり、直接被害が軽微であっても、実質的に企業活動は停止状態になる（鈴木，1996）。

首都圏においては、大震災時、主要幹線（たとえば環状七号線）以内への一般車両通行禁止などが予定されており、実質的に従業員の出社できない企業等が続出することが予想されると共に、自らの意思で出社せず家族と共に行動する人々が大半であることを想定すべきである。

また、地震による家屋喪失により人々の他地方への移住が発生し、それに伴い企業活動が停止するといった事態も想定される（鈴木，2000）。

##### d) 取引相手の被害による企業活動の停止

阪神・淡路大震災の例では、神戸地区の自動車部品メーカーの被害により全国各地の自動車組立ラインがストップし、一部海外組立工場の操業にも影響を与えた。

このように、現代の企業は製造業、サービス業を問わず、分業と機能のアウトソーシングが進行しており、自らの健全性の確保だけでは企業活動を維持できないケースが多くあり、事業パートナー（取引相手等）の健全性に大きく依存する形態となっていることに注意する必要がある。

#### 2) 社会・経済システムの混乱・崩壊による被害

##### a) 風説等による誤った情報の流布による社会的混乱、治安状況の悪化

誤った情報が巷間に流布し、復旧活動が停止し

たり社会インフラの被害状況についての情報が正しく伝えられなかったために、交通事情が極度に悪化したり、主要ターミナルへの過度の集中による混乱、パニックが起きる等によって地域的に経済活動が全面停止になることも考えられる。

b) 金融システム等、社会・経済システムの部分的機能低下によるシステム全体の機能不全  
地震時の構造物、設備等の被害を起因としたり、その他社会的混乱等何らかの原因により手形交換所の閉鎖、コンピュータシステムの停止、金融システムの機能不全が引き起こされる可能性がある。このシステムの不全は、金融機関間通信ネットワークの途絶等から銀行間決済が不能になると、いわゆる企業活動の低下をもたらすのみならず、地域経済、国家経済、ひいては国際経済へ深刻な影響を及ぼす。また、社会・経済的混乱をもたらすことも考えられ、産業、経済の継続性を困難にすることも有り得る。

c) 株、外国為替、商品取引等の停止

これら取引停止の影響は被災地に留まらず、その影響は広域、国際的となる。このような市場が成立しなくなった場合、あるいは、ここからの資金調達による周辺経済への波及効果が期待できなくなった時の国家経済への影響は無視できない程大きくなることが予想できる。また、このような機能の長引く中断は、市場そのものの喪失をもたらす可能性を持つ。ちなみに、この市場は現代における最も経済波及効果の高いものの一つであるということに注目する必要がある。

このように、地震によってもたらされる被害は直接的なもののみならず、より広範囲に影響する間接的なものまで、きわめて重大なものになると予想されるが、現状では一部を除いて前述した直接被害の予測に留まっていると考えるとよく、地震の重大性の認識と対策の必要性検討のためには、これまで注目されてこなかった間接被害の詳細な検討がきわめて重要になってきていると言える。

ちなみに、間接被害の重大さを認識させる実例として、米国におけるビル爆破の例を挙げることができる。

不幸な出来事であるが、先日テロによる攻撃を

受け、大惨事となったワールド・トレードセンター・ツインビルは以前にもテロ攻撃を受けている。第1回目は1993年2月26日であり、イスラム原理主義を標榜するテロ集団によりによる被害を受けている。爆破されたタワーは、110階建て、総床面積126,400坪という巨大なもので、地下1階から地下5階までの範囲が、重大な損傷を受けた。表1は、引き続き2月28日までの3日間に判明した被害額を、直接被害と間接被害に分けてまとめたものである。

これは一般的なビルの破壊時被害であるが、間接被害が全体の8割以上を占める可能性があるという顕著な例である。地震被害も同様に地域経済、国全体の経済への影響は間接被害の予想無しには語れないことを如実に示していると考えられる。

第2回目は、2001年9月11日早朝である。乗取りで手に入れた2機の民間航空機を同ビルに衝突させたものである。直接的建物被害は、本体ビルのみならず周辺ビルをも巻き込んだこともあって、1ヶ月を経過した現在でも厳密な集計はできずにいる。また、4,000人以上の尊い生命を奪われたことを考えると、金額ベースでの被害額の推定も虚しくならざるを得ない。

しかし見逃してはならないのは、直接的な建物被害はなかったにもかかわらず、ニューヨーク株式取引所が実質4日間(週末を入れると実に7日目にしようやく再開した)閉鎖され、多大な経済損失を受けたばかりでなく、これにより国際的な金融不安をも引き起こしたことである。取引所関係者が多数犠牲者となったこと、通信網が遮断され、コンピュータシステムが作動しなかったこと、電力供給がなされなかった等いくつかの原因が複合して起こった事態ではあるが、本体の物理的な障害ではなく波及的影響での機能停止は、とりわけ金融都市東京では十分に検討しておく必要がある。

ちなみに、ニューヨーク市当局は2001年10月10日現在の見通しとして、今後2年間の経済損失として最高1,050億ドル(約12.6兆円)との仮試算を発表している。地下鉄の復旧費用40億ドル、貿易センタービルの再建費用67億ドル、周辺ビル

表 1 ワールド・トレードセンタービル爆破時の損害（本位田，1993）。  
Table 1 Damage from the explosion of the World Trade Center Building. NYC.

損害種別	被害項目	被害額（US 万ドル）
1. 直接被害	a) 清掃・窓の修理	500
	b) 電話線の修理	500
	c) 建物修理・補強	1,500
	d) 設備補修	1,500
	e) 新保安設備	2,000
小計		6,000 ( 16.7% )
2. 間接被害	a) 建物使用不可による逸失損失	3,000
	b) 棚卸し損害	2,000
	c) 休業損害	8,000
	d) データ損害	2,000
	e) 健康関連費用	1,500
	f) 仮営業・移転損害	3,000
	g) 新保安・予備設備	4,000
	h) 交通・輸送途絶損害	5,000
	i) 法律・財務の損害	1,500
小計		30,000 ( 83.3% )
総計		36,000

の修繕費用 53 億ドルとの試算を含めての額であり、いかに間接的に経済に及ぼす影響が大きいかが、今回の例でも明らかになっている。

一方、被害想定予測は、地震時の社会の姿をイメージすることから行うこともできる。あるいは異常事態における社会環境を想定することにより、そこから連鎖するシナリオを展開することにより求めることができる。つまり、地震時のような異常状況を前提として各初期事象を設定し、対象とする社会の各機能が、そのような状態でどのような機能障害を起こすか、さらに、それによってどのような具体的被害が発生するのかを予想することにより、間接的社会的被害の予想が可能になるはずである。

図 1 は、銀行の支店業務が不可能となる状況が社会の各機能喪失とどのように関連しているかを示した簡易 FT(フォールトツリー)である。このような機能関連分析を進め、その知見を蓄えていくことにより社会の被害をより鮮明に示すことが可能となる。

一方、これまで世界中で数多くの地震に遭遇し

た経験を踏まえて、FEMA(米国連邦緊急事態管理庁)は、壊滅的な地震によってもたらされる社会環境を次のように記述している(FEMA, 1985)。

- a) 壊滅的な大地震は、次のような事態をもたらす。
  - ・多数の死傷者
  - ・普段使用している建物・設備などの破壊
  - ・社会の各レベルの機関が、全精力をつかって対処しなければならない事態
  - ・社会の生産活動の長期的停滞
  - ・各公的機関、企業の緊急時行動、復旧行動に深刻な制約を与える事態

b) 地震は最悪の被害をもたらす時刻に、何の前触れもなく発生することもあり得る。被害の発生した地域から、あるいはそこへの交通は、数時間から数日間にわたって制限される。通信と社会生活支援のサービスに関わるシステムは中断するか、破壊されるかして、その役目を果たさなくなるおそれがある。

c) 地震の本震、余震は地震そのものの揺れによる被害を発生させるだけでなく、火災、津波、地

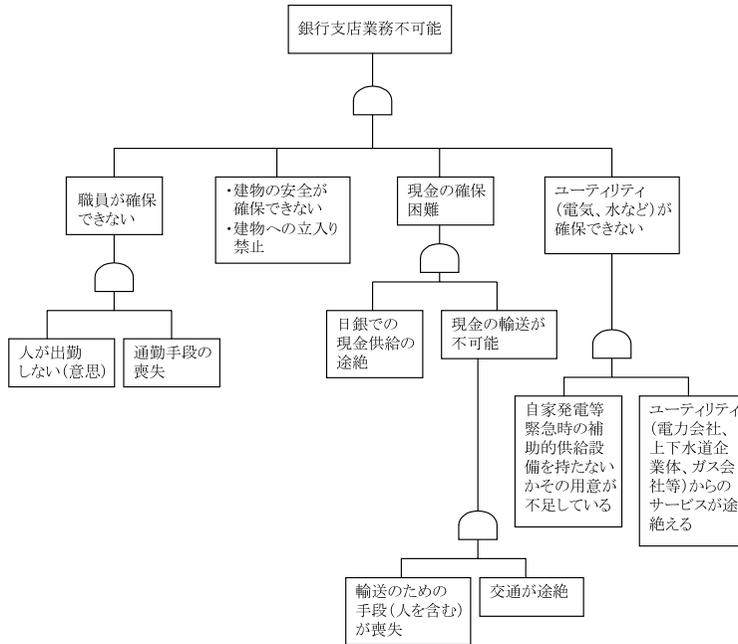


図 1 業務不能を示す FT 例 .

Fig. 1 The FT example showing business interruption.

滑り，地盤の液状化，ダム崩壊，洪水，危険物の放出，拡散など，いわゆる二次災害をもたらす可能性がある。

d) 壊滅的な地震による被害は広範囲にわたる可能性がある。地震の形態（たとえば，地面の揺れなど）は，地域により異なり，被害の大きい地域，被害の少ない地域などが広範囲に混在することとなる。地震後，ある期間，生産設備の完全な操業停止が余儀なくされる可能性もある。従業員の多くがこのような被害地域に取り残され，就業中の従業員は自らの家族や家，家財の安全確認，確保のため帰宅を望むこととなる。

e) 壊滅的な地震は，知事による非常事態宣言，それを受けての大統領による災害地域指定をもたらす。これらの宣言により公的な支援，災害復旧活動は開始される。しかしながら，この地域にある各種の資源は，地震発生後 72 時間を経過するまで何らかの理由により利用できないままになることも考えられる。たとえ利用できるようになったとしても，量的に不十分になる可能性が高い。

f) 地方政府（地方自治体）による救援のための資源は，壊滅的地震発生後の企業の要望に応えるほど十分には用意されていない。したがって産業界，企業は，地震発生後，数時間，場合によって数日間は自らが満足できるレベルの対応策を，自らの責任で準備しておかなければならない。

一方，地方政府（地方自治体）は，地震時において利用できる資源の利用方法，またその利用優先順位を予め決めておく必要がある。また，産業界，企業に対し社会的設備，通信，交通手段，輸送手段などの復旧行動優先順位も明らかにしておく必要がある。

ここでの想定は，ほとんどが定性的であるが，それでも地震のもたらす社会環境の変化を適切に表現している。ここで示されている想定は，全ての壊滅的地震あるいは大規模地震の際に同様の被害の様相になるとは限らないが，これまでの都市地震災害の経験から，このくらいの被害は覚悟しなければならない，あるいは危機管理的な発想で“想定しうる最悪の状況”の設定という意味で合理

的である。

これまで、地震のもたらす被害の特性、変化する社会環境などについてまとめてきたが、これらのうち現状で算定されている地震被害は、そのほとんどが直接被害で、それは地震被害の一部に過ぎないのが現実である。地震の重大性の認識と、地震対策の意志決定のための基礎資料のためには、定量的、定性的に間接被害を予測することがきわめて重要と言える。

#### IV. 今後の課題および研究の方向性について

これまでの直接被害偏重の被害予測に加えて、早急に間接被害を含めたトータルな意味での地震時社会変化を基とした被害予測に着手すべきである。

このようなデータの保持と公表は、わが国のように地震が最重要リスクの一つとなっている国にとって、国民一人ひとりがその重大性を認識し、自己責任による自己防衛の方策を確立していく上できわめて重要であるばかりでなく、地域、国の防災計画を充実させ、地震に強い地域へと変えていくために不可欠なことと言える。

そのために行うべき事項と、その実行ステップは、以下のように想定される。

##### ステップ1

各地域で想定される地震の生起を前提として、社会的被害発生シナリオを作成する。

- ・地震を起因として直接被害が二次、三次被害へと進展していくシナリオ
- ・直接被害により社会、企業などの機能が喪失したことにより、間接被害へと拡大していくシナリオ
- ・社会的インフラの機能喪失の経済への影響シナリオ
- ・社会、経済システム、たとえば金融システムにおいて、その機能の一部が地震被害を受けて機能しなくなったときの全体システムへの影響度の検討、またそれが、社会、経済的損失に至るシナリオ
- ・地震による治安悪化シナリオ

##### ステップ2

作成されたシナリオそれぞれについての被害を、定量的、定性的に把握する。

- ・被害をできる限り定量化する。
- ・定量化できないものについても、社会、経済への影響の重大度など、新たな尺度で評価する。
- ・また、現行の防災対策、あるいは新たな防災対策を施したときの被害低減効果も評価する。

##### ステップ3

地震による被害の社会的許容範囲に関する共通認識の形成と、被害を許容範囲に抑えるための方策の策定

- ・地震被害を、どの程度までに抑えるのかを、社会的、技術的、費用的など様々な角度から検討し、その被害許容目標を社会的に形成する。
- ・被害を許容目標以下にできる方策を各分野で検討し、最も有効で効率的な方策を策定する。地震被害低減のための対策策定および対策の実施のための責任の明確化
- ・国、自治体、企業等、各団体の責任範囲の明確化
- ・各国民の自己責任の範囲の明確化と、その達成のための手段の提供、あるいは支援方法を明らかにする。

さて、これらの研究の目指すところは、本稿の冒頭でも述べたように「地震発生時の被害を最小化し、社会システムを維持できる範囲に被害をコントロール」することである。我々は、地震発生時に予想される諸々の被害を阻止すること、あるいはそれら被害の全てについて対処するに十分な社会的資源を持ち得ていないし、今後も残念ながらそれは不可能であると考えざるを得ない。そのような現実の中では、持てる資源の最適な配分による社会的納得性と合理性を持つ被害最小化が最も重要となる。

そのためには、まず我々が重大と考える被害で、かつその低減が現実的に見込める被害を明らかにすることから活動を始めなければならない。また、被害低減の方策を考えるにあたっては、その発生メカニズムと進展プロセスの解明、被害低減のための方策立案など、我々の持つ知識と知恵の結集が不可欠である。このような意味でこの分野での

自然科学と人文科学の境界を越えた新しい研究体制の構築が早急に図られなければならない。

## 文 献

FEMA (1985) *Comprehensive Earthquake Preparedness Planning Guidelines: Corporate*. FEMA, May 1985.

本位田正平 (1993) 保険銀行日報 (1993年4月23日) 記事 .

鈴木敏正 (1996) 企業における防災管理の実践 企業危機管理のガイドライン . 新日本法規, p.9 .

鈴木敏正 (2000) Economic study for the Hanshin Awaji Earthquake. 第5回国際企業防災会議, サンノゼ大学, 169-178 .

山本雅樹 (1995) 地震予知の不確実性を許容する社会システムの提案 「新防災社会フォーラム」からの報告 (2) . *Japan Research Review*, 1995 3, 68-87 .

(2001年8月28日受付, 2001年10月15日受理)