

地震の予知と防災

かわ ずみ ひろし
河 角 廣*

1. まえがき

わが国は世界有数の地震国で、全世界地震活動の 1/10 から 1/6 までもわが国が受け持っているといわれている。地震の災害の恐ろしさは国民の心に定着し、こわいものの随一に数えられているほどである。科学技術の未発達な古い時代には、地震は天譴とか怨霊、物の怪などのなすわざとされ、ただ天帝や、神仏をなだめてその災害からまぬがれたいと祈るだけであった。しかし自分の作らせた大仏が伏見の地震でこわれたのに怒って、自分の身さえも守れないような仏など信ずることはない、矢を大仏に射はなったという秀吉の伝説さえも、中世には現われた。また徳川末期の弘化安政にかけて日本各地で大震災がぼつ発した際には、災害予防のすべを知らない一般大衆までが、ただなまらずや要石の戯画や狂歌でこの天災を笑い飛ばすほどに日本人はあきらめの国民性を身につけるに至った。この国民的性格は大正の関東大震災にも発揮され、諸外国の人々を驚かしたものであった。

このまた半面においては、この国民性により、科学技術が発展し、震災防止の方法にも大きな進歩をとげた現在でも、それによって積極的に震災防止に立向かうことをせず、ただ地震予知に悲願をかけ、事前に安全な所へ避難することのみ願う消極性もつちかわれてきた。そればかりでなく世界第3の経済的大国になったといわれる現在もなお脱け切れぬ国民的貧乏根性にも無関係ではないとはいえ、大地震のたびごとに地震予知の推進だけしか考えない政府の態度は、かえって震災防止体制の確立をおくらせておるともいえ、指導者として科学技術への認識不足と誤まった行政姿勢のそしりをまぬがれ得ないものと思われる。

しかるに地震国日本での地震の脅威は常時絶えることがないばかりでなく、科学的にその緊迫が危くされている地域が国の枢要地域にあるのである。それが現実になった場合の国の安危を考える時、この防災問題は一刻もゆるがせにできないと信ずる。表記の問題を取り上げたゆえんもここにあるのである。

2. 地震の予知

イスラエル人の主なる神エホバは2,700年前、その民

* 東京大学名誉教授 理学博士

がそむいて外国の神々を拝し、外国の勢に屈しているのを怒って「われかならず彼等の一切の行為を何時までも忘れじ。これがために地震わざらんや。……地みな河のごとく噴きあがらん。……柱の頭を撃ちて闕を震わせ、之を打砕きて一切の人の首に落ちかからしめよ。」といわれると予言者アモスをして予言させた。それから2年後大地震は起こり、またまもなく国はアッシリヤに亡ぼされ、27,000人の文化人は根こそぎ捕虜として連れ去られた。

この地震の予知の成功とは逆にわが国では治承3(1179)年11月8日の夜、地震を占う陰陽寮の係りであった安部の恭親は「占文の指(す)所斜(め)ならず重く見え待り、世はただ今失(せ)なんず」と泣いて「遠(く)ば7日近くば5日3日を出(で)ずと候へば……法皇も遠き旅に立(た)せおはしまし、臣下も都の外に出(で)給(う)べし。此事もし一言違ふ事候(は)ば、御前において相伝の書籍を焼失い、恭親禁獄、流罪、勅定に随(う)べし」(源平盛衰記)といい切ったのがはずれて土佐畑に流された悲劇がある。

明治13(1880)年4月26日世界にさきがけて、世界の学者を会員として、創立された日本地震学会の最初の講演会で副会長ジョン・ミルンはその講演「日本における地震の科学」の中で地震予知をとりあげ、当時までに知られていた予知法を吟味した。その時吟味された方法と、明治24(1891)年10月28日の濃尾地震がもとで翌年創立された震災予防調査会の事業概要に取入れられた予知に関連する調査項目と、現在わが国で進行中の地震予知観測事業中の諸項目とも大部分が一致していることも興味がある。

このように予知のための調査対象については早くから相当な見通しがあったにもかかわらず、大地震は数十年～百年というような長い間隔でしか起こらないため、地震研究者が観測体制不備のため取逃す場合が多く、地震の予知は進まなかった。1962年日本全国の地震研究者をほとんど網羅して結成された地震予知計画研究グループが、地震予知の現状とその推進計画(ブループリントと通称されている)を作って発表した。日本学術会議や測地審議会はその画期的事業であることを認めて、政府にその推進を勧告した。その結果政府予算も5年前からつき、着々進行中である。最初の4年間の政府予算の実績

論 説

表-1 地震予知研究経費（初期4年度分）

(単位万円)

年度	1965	1966	1967	1968	計
測地および検潮	5,048	7,244	9,105	11,987	33,384
地殻変動連続観測	3,087	3,875	3,754	733	11,449
地震活動	7,383	11,556	10,343	9,436	38,718
地震波速度		124	126	481	731
活断層活しゅう曲		438	771	583	1,792
地磁気地電流	1,958	4,818	1,636	2,914	11,326
データ処理センター			1,056	4,100	5,156
移動観測班			4,391	950	5,341
計	17,476	28,055	31,182	31,184	107,897

表-2 地震予知第2次計画

● 既設

部門	機関	国土地理院	気象庁	水路部	大(含東大震研)	地質調査所	防災科学技術センター	緯度観測所
		● 既設						
A 測 量	I 全 日 本 的 観 測	1) 測量 三角(繰返し周期10年) 水準(" 5 ") 重力(" 5 ") 磁気(" 5 ")	○					
		2) 検潮	○	○	○			
		3) 大・中・小地震		○				○
	II 特 定 地 域 の 観 測	1) 測量 三角(2.5年) 水準(") 菱形基線(") 磁気(") 重力(") 難島および海底(5年)	○					
			○					
			○					
			○					
			○					
		○		○				
		2) (連続)地殻変動				○		○
		3) 微小地震		○		○		
	4) (移動) 極微小,地震 測量,傾斜, 伸縮,地磁気, 重力,地質等					○		
		5) 地殻活構造				○	○	○
		6) 地震波速度					○	
7) 地磁気・地電流		○	○	○	○			
8) 深井戸(東京周辺)			○		○		○	
III	異常地域の観測強化		各	機	関			
IV	観測強化地域への観測集中		各	機	関			
B 実 験	1) 大型材料による岩石破壊実験				○			
	2) 地殻応力測定				○			
C 総 推 進 計 画 制	1) 地殻活動検知センター	●						
	2) 地震活動検知センター		○					
	3) 地震予知観測センター					●		
	4) 地震予知連絡会	●						

は第2表のようである。なお地震予知観測センターにはその下に複数の地域センターがつき、それらはおのおの各種の観測所や移動観測班を持っている。

3. 地震予知の見通し

上記の機構によって行なわれている地震予知の将来を考える前に、地震予知そのものを定義しておく必要がある。現在地震学者は地震予知の三要素、時、所、および地震の規模に対して、規模はマグニチュードで0.5以内、震央位置では50km、したがって強震以上の震度の範囲には一致点があり、一番予知の困難な時については定まった見解は示していないが、避難によって安全を守り得るためには、数時間もしくは2~3日以内が望ましいが、数年の誤差でも他の二要素が確実に知られるなら実用価値があると考えている。過去の地震予知発表で疎開騒ぎや、経済界のパニックまで起こした事実を思う時、地震予知の確実性と、慎重さが必要なことが痛感されている。

このような精度の地震予知の将来の可能性については大部分の地震学者は疑っていないが、1962年に出された前記のブループリントもその結語において「上記の研究計画がすべて今日スタートすれば10年後にはこの間(何時業務としての地震警報が出せるようになるか)にじゅぶんな信頼性をもって答えることができるだろうといい、今年度発足した地震予知連絡会の会報の発刊の辞の中で萩原尊礼会長は「いうまでもなく、地震予知は複雑困難な問題であり、その実現のためには現段階では、なお解決せねばならない多くの基礎的研究課題を残している」と記しており、地震の予知が厳密にはまだできないことは一般に認められている。

したがって上記予知のための諸観測の評価は現状では厳密には不可能であり、また紙面にもかぎりがあるのでここでは触れないでおく。

4. 地震の確率

以上に述べた日本の地震予知研究計画に取上げられている確定論的方法では現在地震予知は不可能であるが、地震の予知にはこのほかに確率論的なアプローチがある。統計的な過去の実績によって推定する方法で、平均の地震活動による確率だけでなく、地震生起の周期性によって予測する道である。大正12年の関東地震を予知したといわれる今村明恒博士の方法もそれであった。しかし方法論の確立されていなかった時代の今村博士の立論には疑義もあったが、その後発展した周期解析の方法によって周期存在の確率も吟味でき、地震の周期的発生の経験式も定められるようになった。この方法によって見出された南関東地方の強震発生の周期

は第一表の通りであり、またその後松代群発地震観測の経験や、1968年十勝沖地震後の予知観測事業推進の閣議了解にもとづいて建てられた明年度以降の第2次計画

性についてつぎに簡単に記しておこう。

地震発生年の年 t_i ($i=1 \dots N$, N 地震の総数) に 1 という値をとる関数 $y = \sum_{i=1}^N \delta(t-t_i) \dots (1)$ のフーリエ変換

$$Y(\omega) = \int_0^{\infty} y e^{-i\omega t} dt = \sum_{i=1}^N e^{-i\omega t_i} \dots (2)$$

をとれば、地震に周期性がなくまったく偶発する時、 $Y(\omega)$ の期待値は 0 で、 $Y^2(\omega)$ の期待値は N になる。実際に得られた $Y(\omega)$ の絶対値 $|Y(\omega)|$ が \sqrt{N} の r 倍以上になる確率は周期性がないときには

$$W(r) = e^{-r^2} \dots (3)$$

であることはレーリー卿の証明したとおりであるが、もし周期 τ があって、その周期から期待される年から ξ 年ずれて起こる確率 $P(\xi) d\xi$ が

$$P(\xi) d\xi = \frac{1}{\tau} \left(1 + \cos \frac{2\pi}{\tau} \xi \right) d\xi \dots (4)$$

である時には $|Y(\omega)|$ の期待値は $N/2$ 、 $Y^2(\omega)$ の期待値は $N^2/4$ になる。

南関東（鎌倉）での強震以上の地震 32 個の $|Y(\omega)|$ を計算すると、図-1 のとおりであり、 τ に対応する $W(r)$ の値は同図の右側の縦軸に目盛ってある。上の $W(r)$ の定義から周期性の存在する確率は $1 - W(r)$ であるともいえる。そして図-1 から $\tau=69$ 年および 207 年の周期に対しては周期性存在の確率は 99.9% $\tau=138$ 年も 99% 以上である。そして $|Y(\omega)|$ は 69 年周期に対しては 15.3 で、前記の理論値 $N/2=16$ にきわめて近いことが知られる。また周期から期待された年からの実際の地震の年のずれ ξ の二乗の平均値 $\bar{\xi}^2$ は、上記の理論式から 69 年周期に対しては 14.2 年になるのに対し、実際の観測値からは 13.2 年となり、これもかなりよく合う。すなわち実用的に上記実験式 (4) がよくあうことが証明されたのである。

実際に鎌倉において最古の 818 年の地震以後最近まで 69 年ごとに期待される地震の時期 17 回の前後に上期標準偏差 13 年以上ずれたか、あるいはまったく地震がなかった時期を見ると 965 年、1025 年、1163 年、1370 年および 1577 年である。この中最後の 1577 年に対応して大日本地震史料には天正 18 (1590) 年 2 月 16 日に大地

震の記事（関八州古戦録）をあげているが、その記事が慶長 9 年 12 月 16 日の安房の地震津波と混淆しているために今までその実在が否定されてきたが、真書大関記第 11 編巻之 30 にある河越城落城の前夜（5 月 21 日）強震の記事は関八州古戦録とともにこの年に関東に強震のあったことを示すかも知れない。それはともかくこの年も他の 4 回も日本ことに関東に戦乱があった時代（将門、純友の乱、駿河介橋忠幹の賊に殺された年とか、平忠常の乱、保元平治の乱、南北朝）に当たることから地震が起こっても、記録が残らなかった可能性もある。以上の事実から関東南部には 69 年周期で強震が繰返えされることが確率的に期待され、つぎのその時期は 1991 年 ± 13 年であることが知られた。したがってあと 8 年で危険期に入ることが期待されるわけである。

5. 震災予防の重要性

以上に地震国日本の首都周辺に地震発生の危険が迫りつつあることを述べた。これはあくまで確率的立論であって、強震以上というだけで、最高震度も、地震の規模も震央も確定できない。しかし大正の関東大震の惨害と、最近の大都市圏の災害要因の複雑化を思う時、しかも一国の政治、産業、文化の中心で、全国人口の 20% を持つ大都市圏の存亡に関することであるから、この危険に対して、なんらかの手をうつ必要は何人にも明らかであり、そのために政治的措置が不可欠であることもいうまでもない。筆者は 1964 年新潟地震の翌月国会での証言で、これらの国家的配慮を要請したところ、東京都は翌 8 月防災会議中に地震部会を設置し、筆者をその長におし、対策の考究を開始した。

この防災会議は 1961 年制定された災害対策基本法により、国や地方行政の各段階に作られたもので、それらは災害から人々の生命財産を守る責任を負い、災害時には災害対策本部をもうけて、救援や復旧に当たるばかりでなく、平時にも防災ならびに救援に要する機材や物資を整備しておき、実際の演習にも万全を尽すとともに、関連する諸問題の検討、調査、研究のために専門委員会設置の権限も与えられていたからであった。

じ来 5 年半、地震部会は対策の基準にすべき震度を大正 12 年の関東地震と同等（震度 6 の弱い方）と定め、それによる被害を想定し、また対策の検討を続けてきた。全作業はまだ終わらないが、これまでに得られた結果だけでも重大事態が予想されるため、一昨年 8 月より国は自治省消防庁を窓口と定め、関東地方南部 4 都県の問題として国家的に必要な措置を検討しており、また神奈川県および横

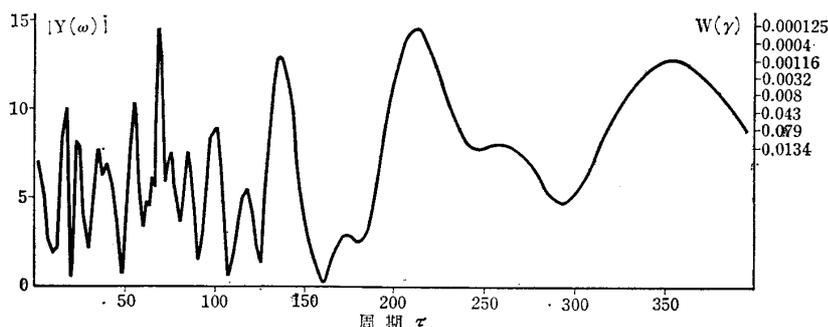


図-1 鎌倉の地震の $|Y(\omega)|$ と $W(r)$

論 説

浜市も同じ地震を目標として対策の検討を始めている。

これらの結果はまた日本各地でも注目され、北海道、京阪神および中京地域をも刺激し、同様な動きが始まりつつあると聞いている。今まで多少とも成果のあった東京都防災会議および自治省消防庁の作業について雑誌ジュリストの1969年11月(No. 437)号 pp, 50-54 特集現代の災害中“震災”の部に筆者は小報告をまとめておいたので、ご参照いただければ幸甚である。ここでは紙面の制約のため、そのコウ概と、その後得られた結論だけを補足するに止どめることをご了承願わなければならない。

6. 東京都防災会議の作業と結果

ここでは烈震(震度6)の弱き方を基準として被害想定を行なっていることは前述のとおりである。歴史的には最高震度を示した安政2年の江戸地震もあるが、そのような大地震の再来周期は800~1000年という今村学説によったのである。この地震部会ではその中に7つの作業班を作って被害想定と、対策の検討を行なってきた。すなわち 1) 地震地質作業班は上記の基準震度のほか、東京湾内で期待される津波は元禄16年の関東地震時の津波(江戸で最高約1.5米)程度と考え、前記69年周期説にもとづき危険期までの今後10年間に完成を目標として諸対策を進めることとし、ボーリング資料を集めて地盤地質図を完成し、関東地震時の木造家屋の全壊率や、物理的に測定した各地層のS波速度等を用いて地震波の周期別の地盤による増幅率等を計算をすませ、都区内の震度分布図の作製を急いでいる。

2) 建築作業班では都内にモデル地区を選び、そこに見られる建物を形式や構造によって分類し、各別に属する建物ひん度を測定するとともに、各別の代表的建物の振動実験を行ない平均強さを定め、上記震度分布図に照して、被害想定を行ない、それに対する対策を考えることとし、現在平均建物強さを定める方法をほぼ確立したところである。

3) 土木地下埋設物等の作業班は公私の道路、橋、川、河川堤防、港湾、上下水道、電力、ガス、通信等の諸施設の分布と現状を各管理者を通じて調査し、それらに予想される被害の想定を代表的な設計図とともに報告してもらい、現状報告書を昨年作ったが、近くその改定版が本印刷されるので、それにもとづいて本格的な被害想定に進む予定である。

なお建築や土木施設の震度には地震動災害のほかに、地盤の流動、破壊を通して起こるいわゆる地盤災害であるが、それが東京都内でも起こるか否かについて調査されるはずである。

現在の予想では外郭堤防については高さも強さもさほ

ど問題はないが、内河川の堤防は数次のかさ上げで欠陥も多く、地震により崩壊し、低地帯の浸水が心配されている。もしその1/10が崩れても、江東、墨田、江戸川区等のデルタ地帯の過半を占めるゼロメートル地帯は10~20分ですところによっては2mも浸水するものと危がされている。

4) 火災作業班は建築作業班の都内の地震時の倒壊家屋数の算出をまたず、独自に関東大震時の建物倒潰率とチュウ積層厚との関係を用いて、各区内の平均チュウ積層厚と戸数から、倒壊数を求め、また同じ時の倒壊率と出火率の関係から地震時の出火件数を求めた。この推定には倒壊率は建物の質の向上により25%の低減を、出火は社会事情の悪化による平時の出火の各区の増加率で補正した。その結果23区内の倒壊家屋数は約2万戸、出火件数は732口となった。この火元の60%を都民の自力消火があるものとし、残りの299口の消火を消防が受け持つとして、紙上作戦をした結果、風速3.5mの場合147口はチン圧不可能であることが知られた。その結果5時間後には焼失面積は16km²、その勢いで拡大すれば10時間後には50km²(関東地震による旧市内の焼失面積の1.3倍に達するものと見込まれる。隅田川以西の各区では多くて1~2点の延焼火災が残るだけで、消防力の増加によっても容易に対処できるが、江東地区および荒川区には119の消火不能火災がのこり、ほとんど5時間で火の海に近くなる。この地域の浸水危険と合わせてこの地域住民のせめて生命だけを守るためにも早期避難の必要性が痛感される。

それゆえ火災作業班は後に増設された5) 避難施設作業班と合同で二次的の死者を防ぐための避難計画を検討し、現状を止むを得ない対策として都内に46ヶ所の避難地を選び、そこへの住民の割当てと、避難道路の指定を行ない、10年の長期計画としては各区内に少なくとも1ヶ所の自由に自力で行ける避難拠点を作る、それは一人当たり1m²以上の空地を持ち、所によっては防火に役立つ30m以上の高さの鉄筋アパート2列以上で囲まれるものとする計画を答申した。この案は江東地域についてはその再開発事業の中に加えられ、白髯橋付近の拠点から明年度より着手される見通しである。最近第3回目の1/20スケールの火災実験(1月21日)により上記拠点の安全性がほぼ実証されたようである。

地震の災害中もっとも危がされる上記の火災と地盤沈下によって生じた浸水の危険のほかに、一般に心配されているのは危険物取扱施設の増加にともなう危険と、自動車増加による交通障害の影響である。後者についてはまだ具体的な解決に苦慮しているが、前者については6) 危険物等の作業班で検討されてきた。大量を取扱う施設の代表的なものについては業者と協同調査を行な

い、外部への影響を防ぐだけの自衛手段が各施設に用意されていることが知られたが、外部からの延焼がある場合にはその限りでないので、最終的にはそれら諸施設はできるだけ都内から疎開を求めなければならない。少量の取扱所の問題はその数が多いために心配される。現在それらについては全都区内 3,000 施設について詳細な実地調査が済み、その危険度の判定を行なっている所であり、別に危険薬品の棚などから落下して起こす出火については、格納状況と落下危険について振動台上で実大試験を行ない、また薬品類の混合出火についても実験を終っている。

実際の地震時の危険物よりの出火の追跡調査も十勝沖地震の震災地で行なった。その結論中とくに石油燃焼器具による出火危険の重大性が明らかになり（全出火の 56% が石油燃焼器具関係であり）、40% は石油ストーブからであった。それらの中もっとも集中出火した十和田市について、使用中の石油ストーブからの出火率が 1.32% であることを戸別調査から知ることができた。現在（昭和 43 年末）東京都区内で石油ストーブを持つ世帯 220 万世帯で 1 つずつ使用中に上の割合で出火すれば（震度は両都市で同一であった）29,200 口もの火元が出ることになり、それがなくともチン圧不能の火災が 147 もあることを考える時、石油ストーブからの出火は都民が自力で消火する以外には助かる道がなく、それができるようにするための、消火器類の配布や燃焼器具の改良、法規制や、都民の訓練等を積極的に始める必要があることが痛感される。

以上のほか地震部会には 7) 総合計画作業班があり、作業の計画、調整を行なっており、地震部会の任務をはずれるがそれら諸結論を行政面に反映させるための予算化にも協力している。以上の各作業班の作業の結果を取まとめ中間報告や答申が今それぞれ起案されつつある。

7. 国の消防審議会の作業

上記東京都防災会議の検討によって、来るべき地震による災害の重大性は明らかにされたが、それが実際に起こった場合のわが国全体への影響は単に被災地だけでなく、国の運命にも関係すると思われる。

この国家的問題に対して消防庁長官は、政府の了解を得て、国の窓口となり、消防審議会に対し、関東地方南部の地震対策を諮問した。それに対し同審議会は東京都防災会議と同じ根拠に立って、1 年半にわたり検討した結果、ようやくその結論に近づき、目下その答申案文をまとめているところである。

同案文では、まず対策の基本事項を洗い、来るべき地震の震源は予知できないので、東京都と同じ基準震度に対する被害の想定を行なった。 $M=7.9$ の大正の関東地震が再発する場合の想定も審議も行なわれたが、その場合の予想結果はあまりにも重大であるので、その具体的考察は一応可能な上記最初の場合の対策を第 1 とし、その目途が立てられた後に第 2 の場合に進むべきものと考えられたからである。

以上の線に沿って審議会は諸対策を検討し、重点的な問題点を吟味し、それに対する施策も考え、応急措置対策と、事前対策にわけ吟味を行なった。それらの結果は膨大でもあり、まだ発表前であることと、紙面もちょうど尽きたので、ここには割愛することとする。

問題は早急に政府がこの対策に乗りだすことであり、国民のそれに対する協力、ことに住民の自衛の覚悟と実行である。その住民意識についてわれわれは国民生活研究所で東京都内の調査を行なって昨年発表したがそれもここでは省略する。

以上の防災体制確立は国家的大問題であり、有識者皆様の総力を結集したご支援がなくては達成困難であり、ぜひそのための一致したご協力をお願いして筆をおく。

(1970. 1.29)

※

※

※