

地震マクロスケッチ I

(確率と再来周期)

2016年5月17日

河村 廣

此の度の熊本地震によりまして、お亡くなりになった方々には心からご冥福をお祈り申し上げますと共に、多大なる被害を受けられた方々には心からお見舞いを申し上げます。

はじめ

「天災は忘れた頃にやってくる」

同じ趣旨の寺田寅彦博士の手記から知人が彼の言葉として紹介したのが始まりと言われています。地震に当てはめてみれば、その頻度は少なく間隔は長い上に世間は忘れっぽい、という事実を見事に言い当てています。

1995年の阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）、2004年新潟県中越大震災（新潟県中越地震）、2011年の東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）、そして今年2016年の熊本地震などはその典型例です。いずれも最大震度7に達する大地震ですが、虚を衝かれたという感じは否めません。

個々の国民や局所的な地域では「天災は忘れた頃にやってくる」のはやむを得ないことですが、国やマスコミ、学会などの高次元のレベルでは「天災は忘れた頃にやってくる」から「想定外」だった、という個人的な感覚での釈明で済みますのではなく、地震現象について分かっていることと分からないことを国民の前に明らかにすべきものと思います。

この20年ほどの間に内陸の活断層型地震が3件、近海の新海溝型地震が1件です。今世紀、地殻変動の活動期に入っているという説がありますが、それにしても日本列島としては頻繁にあるという感じがしますが、当該地域の人々にとっては生涯で初めて、寝耳に水、であったのです。

活断層・海溝型地震の再来周期に関する思考実験

私の専門は建築の耐震工学ですから地震学全体について熟知しているわけではありませんが、耐震工学上必要な地震関係情報には常に接しています。そこで、「天災は忘れた頃にやってくる」ように感じられるのは何故でしょうか、その理由についてひとつの仮説を立ててみました。

それは日本列島としての大地震の発生間隔 x 年と国民一人ひとりの実体験する発生間隔 y 年とのギャップが $x \ll y$ と大きくないため、国民一人ひとりの意識に根差す世論の高まりが乏しいこと、及び、国スケールの政治、経済、社会、文化の変化が速く、極端に言えば年変わりであり、 $1 \ll x$ であれば彼らのスケールでは真剣に立ち向かうメリットがないことなどです。

その仮説を援護するために、素人ということを利用して大よそですが一例とし

て思考実験を行いましょ。

ある島国を仮想し、そこに大地震を生じる活断層が 100 ヶ所散在しているとします。次いで、個々の活断層の活動間隔が平均で 1,000 年と仮定しますと、 $y = 1,000$ 、そしてその島国における活断層型地震の再来周期は 1,000 年を 100 で割って平均で 10 年、 $x = 10$ 、ということになります。しかしどの活断層が動くかということは予想も特定も出来ません。

従って、上記の仮想の島国では、上式の $1 \ll x \ll y$ が十分に成り立つと思います。

次いでその島国の近海には大きな海溝が 5 ヶ所あると仮定し、個々の活動間隔を約 100 年、 $y = 100$ としますと、その島国における海溝型の巨大地震の再来周期は 100 年を 5 で割って約 20 年、 $x = 20$ となります。従って、活断層型地震と同様に $1 \ll x \ll y$ が成り立ちます。

しかし、 $1 \ll x$ を以て国やマスコミ、学会などが後手主義の免罪符とすることは腑に落ちません。何故ならば、国には行政サービス、マスコミには真実の報道、学会には真理の探究という社会的使命があり、短、中、長期的視野は不可欠です。1 や x や y について情報を入手することが出来ますし、それらの意味を国民に説明する義務もあるからです。

このような仮想実験をもっと詳しく行いたい人は、例えば文献[1, 2]などを参考にしてください。特に、地震保険、工場立地、原発立地などに関係する人たちは懸命に取り組んでいると思いますが、専門的な分析と結果の公表や応用には確率的な不確かさや利害関係にも注意を払う必要があるでしょう。

地震現象に関する確率は私達にはどうも馴染がありませんので、本稿では再来周期に換算して考えてみました。

(震源)地震マグニチュードの再来周期

上記の仮想実験では大きな地震の発生を対象にしましたが、活断層や海溝型のおいても規模の大小があります。その点については、内外共に普遍性のある法則が見出されており、有名なグーテンベルク・リヒターの式として次式が知られています[3]。

$$\log n(M) = a - b M \quad (1)$$

$$n(M) = 10^a \cdot 10^{-b M} \quad (2)$$

詳細は文献[3]を参照して頂きたいのですが、再録すると、ある一定の地域、期間内に震源の規模がマグニチュード M の地震の発生した度数密度分布を $n(M)$ とすれば、式 1 のような M の関数で示されます。 a, b は常数です。マグニチュード M と $M + dM$ の間の度数は $n(M)dM$ になります。式 2 の両辺の対数をとれば式 1 となることは言うまでもないと思います。 M を連続量として扱うならば、累積度数分布(M 以上の地震の総数) $N(M)$ のほうが観測結果の解析にもその応用にも実用性が高いことから、式 2 を積分して次式を得ます。

$$\log N(M) = a' - b M \quad (3)$$

$$N(M) = 10^{a'} \cdot 10^{-b M} \quad (4)$$

a' は常数ですが、式 1, 2 と 3, 4 において b が変わらないことは積分により導けます。観

測結果からも仮想国ではなくリアルな世界において地域や期間に拘らずほぼ 0.7~1.0 程度に収まるとされています。従って、今仮に 1.0 としますと、累積度数 $N(M)$ は式 4 より M が 1 増すごとに 1/10 になること、逆に 1 減ると 10 倍になることが分かります。

もう少し直感的にも分かり易い地震再来周期に換算して再検討しましょう。

式 3, 4 を得た観測期間を Y 年とすると、 $Y/N(M)$ は M 以上の地震の発生する再来周期になり、式 3, 4 より $N(M)$ の逆数をとると a', b の符号が逆転しますので、再来周期は M が 1 増すごとに 10 倍になること、逆に 1 減ると 1/10 になることが分かります。

尚、度数を観測総度数で割ると確率になりますが、ここでは分かり易い再来周期で考察を行いました。以下の震度についても同じですので、ここで前以て断っておきます。

(被災地) 地震震度の再来周期

震源ではなく被災地からみますと、情報にも寿命にも限界のある個々の住民が日々の体験から得た地震像が日常生活においては大きな影響力を持っています。特に、住民の関心は地面の揺れや建物などの被害の大小にあります、その程度を数値化したものが震度です。

興味深いことに震度についてもマグニチュードと同じように、ある地域、ある期間内における震度 I ごとの地震の度数 $n(I)$ と震度 I との関係が観測結果から次式のように求められています[4~7]。式 5 は式 6 の両辺の対数をとったものです。 c, d は常数です。

$$\log n(I) = c - d I \quad (5)$$

$$n(I) = 10^c \cdot 10^{-d I} \quad (6)$$

ここで注意しなければならないことは、式 5 は観測結果から度数 $n(I)$ を震度 I ごとに求めたものですから、震度 4, 5, 6 というように離散的な自然数で与えられているということです。平成 8 年 (1996 年) に震度が計測震度に変更されましたが、それ以前は主として体感や震害程度により一定のルールで震度が離散的数値として決められていたのです。

上式の d は全国的にみて大よそ 0.5 とされており、係数にはマイナスが付されていますから $n(I)$ は 10 の dI 乗に逆比例し、 I が 1 増えれば $n(I)$ は $1/10^{0.5}$ 、即ち約 1/3 に、 I が 1 減れば $n(I)$ は約 3 倍になることを意味しています。

一例として極めて大雑把な略算ですが地震の再来周期に換算しますと、震度 2 (多くの人々が揺れを感じ、電灯などの吊り下げものが僅かに揺れる) の地震が年に一回くらい生じる地域においては、震度 6 の地震は年に 1/100 回、即ち約 100 年に一回生じ、震度 7 になりますと約 300 年に一回生じる勘定になります。

100 年と言えばほぼ 3 世代、大抵の災害は人々の記憶から薄れてゆきます。300 年もたてば日常的な生活の場では痕跡も見当たらないのではないのでしょうか。

この辺りに、「天災は忘れた頃にやって来る」の主たる要因があるようにも思われます。

ここで補足しておきたいのですが、現在は震度 7 が上限とされており、この上限値は過去に被った最大の震害の程度を目安として決められていますので、未来のことは誰も分か

らないということです。

計測震度が変わってからは震度の精度も向上し、一般には 0.5 刻みで公表されるようになりました。そこでマグニチュードと同様に震度 I 以上の累積度数分布 $N(I)$ をとりますと、式 5, 6 を積分して、震度の連続値として次式のように求まります。

$$\text{Log } N(I) = c' - d I \quad (7)$$

$$N(I) = 10^{c'} \cdot 10^{-d I} \quad (8)$$

マグニチュードと同じように c' , d は常数ですが、式 5, 6, 7, 8 を通じて係数 d は変わりません。従って上記の再来周期の勘定も変わりません。但し、「震度 I の」ではなく、「震度 I 以上の」の表現になります。想定再来周期の間に「震度 I 以上の」地震が一回以上生じるということになります。

この「以上の」というところがポイントで、一般には大きく誤解されています。基規準などで与えられている地震入力の値は入力の下限值ですから、設計で設定する安全性はそれ以上にしなさいとあります。しかし、実務設計では主に経済的な理由からでしょうかこの下限値が上限値として大手を振って歩いています。この辺りの問題はまた稿を改めて論じたいと思います。

おわり

本稿では、「天災は忘れた頃にやって来る」の警句が時を経てもいつまでも色あせないことへの問題意識から、地震現象のマクロなスケッチを試みました。

具体的には活断層や海溝による大地震の再来周期の大胆な概算を行い、更に地震の震源のマグニチュードや被災地での震度の大きさによる再来周期への影響も略算しました。前者では大胆かつ簡明な仮想実験を行い、後者では古典的な部類に属する地震学の先達の調査研究結果を再録、再認識しました。

地震現象のマクロなイメージを地震の再来周期をキーワードに描くことにより、「天災は忘れた頃にやって来る」は飽くまでも国民一人ひとりの感想であり、国やマスコミ、学会などは国全体の視点から彼らの果たすべき役目があることを示唆しました。

最後に、マグニチュードや震度が地震の頻度や再来周期の対数スケールで表現されることから、線形スケール(加減乗除)で営まれる私たちの日常生活との落差には常に留意すべきことを強調しておきたいと思います。

私達には不慣れな対数スケールと私たちが日常的に使っている線形スケールのギャップが、「天災は忘れた頃にやって来る」と思わせる一つの原因になっているのかも知れません。

文献：

[1]政府地震調査研究推進本部 HP：今までに公表した活断層及び海溝型地震の長期評価一覧
(平成 28 年 1 月 13 日現在) <http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/ichiran.pdf>

- [2]政府地震調査研究推進本部 HP : 確率論的地震動予測地図の試作版(地域限定ー西日本)(平成 16 年 3 月 25) http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/04mar_kakuritsu/setsumej_1.pdf
- [3]宇津徳治 : 地震学、共立全書、昭和 53 年 (初版 3 刷)、pp. 129,130.
- [4]中村左衛門太郎 : 関東大震災調査報告、震災予防調査会、震災予防調査会報告、第百号 (甲)、pp.67~140, (1925 年)大正 14 年 3 月.
- [5]池上良平 : 日本における有感地震回数と震度との関係、日本地震学会、地震、第 2 輯、14(2), 1961, pp.94~101.
- [6]宇佐美龍夫、勝又護 : 震度別有感地震回数、気象庁、験震時報、第 38 卷、1973,pp.15~21.
- [7]石垣祐三 : 明治・大正時代の震度観測についてー震度データベースの遡及ー、気象庁、験震時報、第 70 卷、2007, pp.29~49.