

日本列島のある特定地点における地震の最大地動加速度と再現期間の同時分布について

Joint Probability Distribution of Maximum Acceleration and Return Period for Earthquakes at the Specific Place in Japan

清水 信行*・阿部 新*
Nobuyuki SHIMIZU, Shin ABE

1. ま え が き

耐震工学においては地震の最大地動加速度の分布，その再現期間の分布およびこれらを同時に扱った同時分布に興味がある。それはこの最大加速度の大きさが地震時の構造物の応力状態を決定する支配的な要因だからであり，その再現期間の分布やこれらの同時分布より構造物の安全性や信頼性に対する大略の評価が可能となる。本報告では岡本の「日本列島大地震図譜」¹⁾による日本列島およびその近辺で発生した地震に対し金井の式²⁾をもとにある特定地点の最大地動加速度と再現期間の同時分布を計算した結果について述べる。

2. 計算式と対象とした地震

地盤の卓越周期 T_0 の地表面における最大地動加速度 α_{max} (gal) は文献 2) によれば近距離の地震に対しても使える式，

$$\alpha_{max} = \frac{5}{\sqrt{T_0}} \times 10^{0.61M - (1.66 + \frac{3.60}{x}) \log_{10} x + (0.167 - \frac{1.83}{x})} \quad (1)$$

となることが実験的に得られている。ここで M は地震の規模 (マグニチュード)， x は震源までの距離 (km) である。なお M の測定誤差は $\pm 1/4$ 程度である。

処理の対象とした地震は文献 1) に示されている 1600 年から 1970 年までその震源の明らかな $M \geq 6.0$ の 261 個の地震 (1960 年のチリ地震 ($M=8.5$) は遠距離のため除外した) である。

3. 計算結果

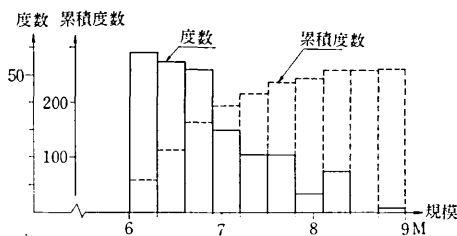


図 1 日本列島近辺の地震規模の分布

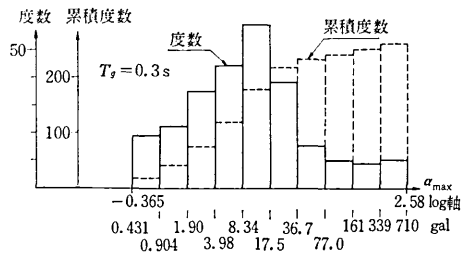


図 2 横浜北部の最大加速度分布

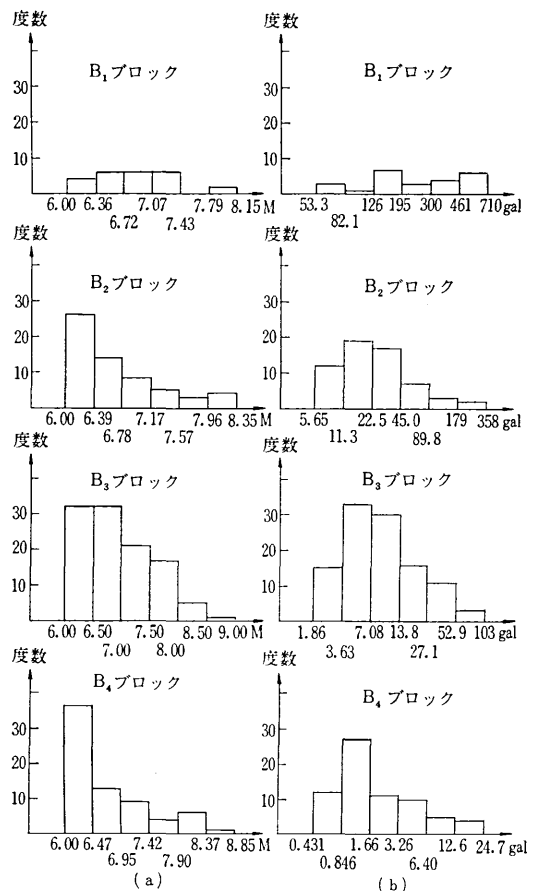


図 3(a) 地震規模のヒストグラム (b) 最大加速度のヒストグラム

* 東京大学生産技術研究所 第 2 部 柴田研究室

まず 261 個の地震に対する規模別のヒストグラムを作成したものを図 1 に示す。これを見るとすでによく知られているように規模の小さいもの程多発していることがわかる。これを地点 O (この場合には北緯 35.5°, 東経 139.5° (横浜市北部) とした) を原点とする半径 r_i ($i=1, 2, \dots, n$) の円で日本列島を区分し区間 $(r_i, r_{i+1}]$, ($i=1, 2, \dots, n$) を作成する。このドーナツ状の中で発生した地震は規模がほぼ同一で、区間が適当な大きさであれば地点 O への影響はほぼ同一と考えてよい。地点 O の卓越周期として東京本郷での平均的な値 $T_0=0.3s$ を使用した。図 1 に対する地点 O の加速度分布を求めてみると図 2 のようになる。図より log 軸で両すそのある分布となることがわかるが、80~710 gal の間ではほぼ一様となる。

次に地点 O を中心に $B_1 \equiv (0, 100, 0)$, $B_2 \equiv (100, 0, 280, 0]$, $B_3 \equiv (280, 0, 680, 0]$, $B_4 \equiv (630, 0, 8800, 0]$ (単位 km) に区切りこのドーナツ状地域に入った地震ごとにその規模に対するヒストグラムと地点 O の最大加速度に対するヒストグラムを作成したものを図 3 に示す。これより地点 O を中心に半径 100 km 以内の地震はその規模がほぼ一様分布を示し、したがって地点 O の最大加速度の分布も log 軸に対し一様となることがわかる。しかし本計算例では地点 O として横浜北部を選んだため

東地方、特に房総沖の地震に支配されており、他の地域については再度計算が必要である。またこの地震規模の分布の上限については坪井³⁾によれば 8.6 前後であろうとされている。さらに B_1 を除いた各区間 B_i 内の地震規模に対してはすべて右さがりの分布となるが、地点 O の最大加速度の分布はピークをはさんで両側にすそをもつ対数正規分布のようになる。そしていかに大きな規模の地震であっても高々 B_2 区間くらいまでのものが加速度による被害をもたらすにすぎないであろうことがわかる。つぎに区間 B_1 , (B_1+B_2) における再現期間の分布を処理してみると図 4, 5 のようになる。なお図 4, 5 において (a) はヒストグラム中に示された最大加速度区間の地震発生の再現期間であり、(b) は各ヒストグラム中に示された特定の最大加速度以上の地震発生の再現期間である。これらのヒストグラムはともに信頼性評価の使用目的に応じて有効であるが、これについての議論はここではふれないことにする。図 6 は図 4, 5 より最大加速度とその再現期間の平均値を求め前述の (a), (b) に対し図示したものである。●, ○印が B_1 区間に対する

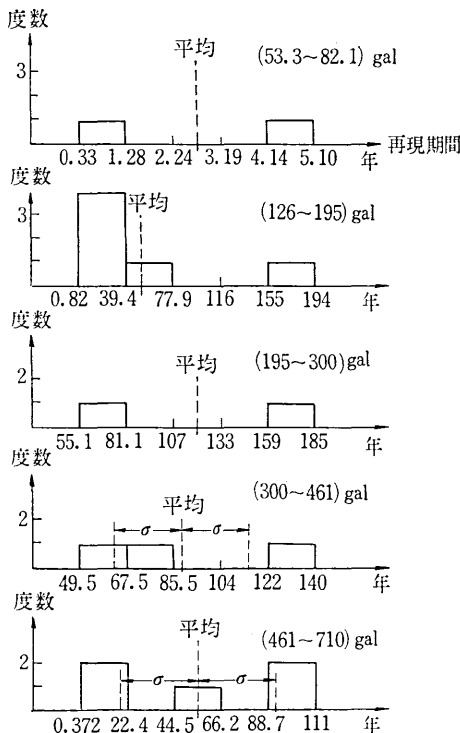
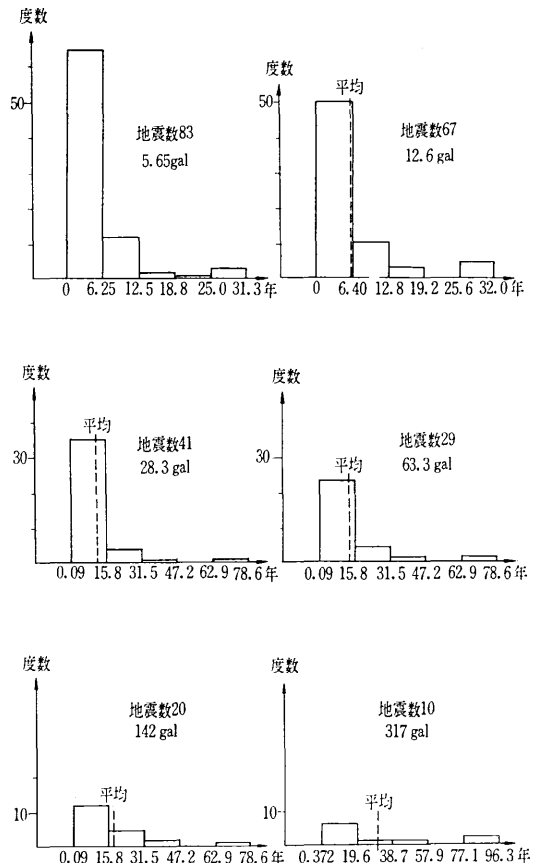


図 4(a) B_i ブロック内の地震の地点 O の最大加速度区間別再現期間



(b) B_i ブロック内の地震の地点 O のある値以上の最大加速度再現期間ヒストグラム

研究速報
もの、×、⊗印が (B_1+B_2) 区間に対するものでありそのうち●と×印は図4,5で(a)に対応する。なお図中Aのまわりの $\sigma_\tau=33$ 年は図4(a)において(461~710)

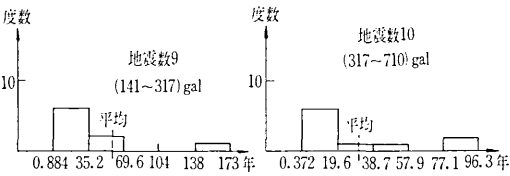
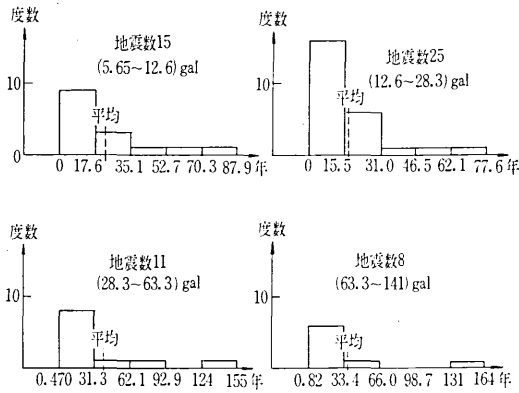


図 5(a) (B_1+B_2) ブロック内の地震の地点Oの最大加速度区間別再現期間ヒストグラム

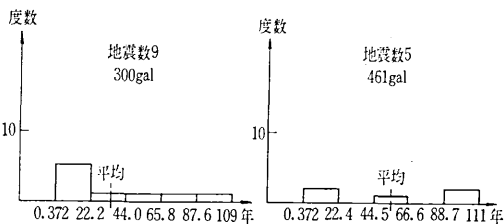
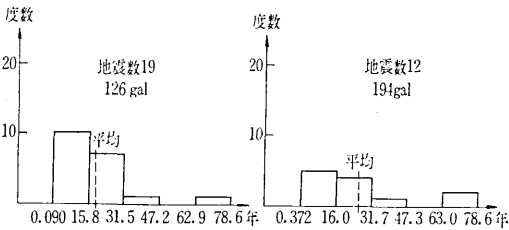
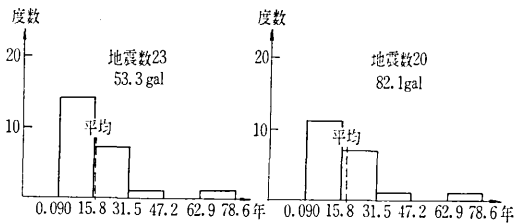


図 5(b) (B_1+B_2) ブロック内の地震の地点Oのある値以上の最大加速度再現期間ヒストグラム

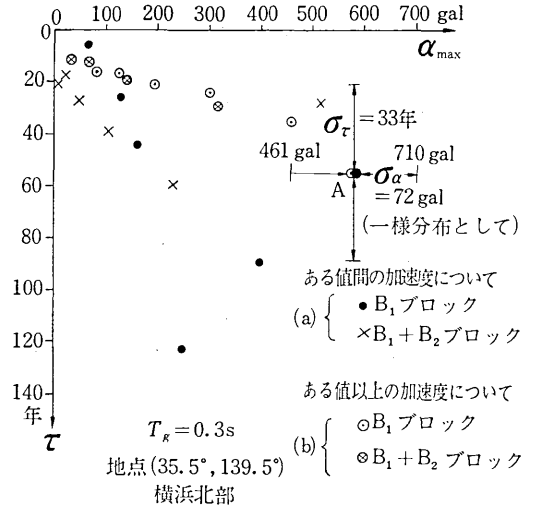


図 6 地点Oの最大加速度とその再現期間(平均値)

gal に対するヒストグラムから求めた地震発生の再現期間の標準偏差であり、 $\sigma_\alpha=72$ gal は簡単のためこのヒストグラムが α_{max} 軸に対し一様分布をしていると仮定したときの最大加速度の標準偏差である。図のように最大加速度とその再現性において、ある最大加速度区間の再現性(a)とある最大加速度以上になる地震の再現性(b)では当然異なる。(b)の曲線は単調に変化するが、(a)は必ずしもそうはならず、本例ではある最大加速度付近で下に凸となるピークを示した。また最も厳しい条件は点Aで表わされる付近であり、点Aについては平均約600 galの最大加速度を及ぼす地震が平均約60年の再現期間で発生するという結果になった。しかし地震数や年数が十分大きくないため十分な結論ではない。

4. あとがき

1600年から1970年に発生した地震規模がマグニチュード6.0以上の代表的な地震でその震源の明らかなもの261個を最大加速度とその再現性に注目して処理した結果 $Tg=0.3s$ の卓越周期を示す横浜北部の地表面では平均的に約600 galの最大加速度が60年ごとに再現するという計算結果を得た。

本研究を報告するに当たり有意義なご討論とご意見をいただいた本研究所第2部柴田教授に厚くお礼申し上げます。

(1971年3月26日受理)

参考文献

- 1) 岡本; 耐震構造設計者のための「日本列島大地震図譜」オーム社、(昭43.12), pp 240
- 2) 金井; 地震工学, 大学講座土木工学 18, 共立出版(昭44.5), 96
- 3) 坪井; 新地震の話, 岩波新書, (昭42.5) pp 210