

## 累積パワー規準に基づく地震動継続時間に対応する等価振幅レベルについて

岐阜大学大学院 学生会員 ○高島 拓也  
岐阜大学工学部 正会員 能島 暢呂

### 1.研究の目的

地震動の物理的特性は、振幅特性、周期特性、継続時間の3要素によって特徴づけられる。振幅レベルが同じ場合、継続時間が長い方がより大きな影響を与える可能性が高く、その評価は重要である。継続時間の定義としては、加速度波形の累積パワー曲線における5~95%あるいは5~75%の占有時間(Significant duration)がよく用いられる( $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ とする)。しかしこれらの継続時間に対応する振幅レベルについては、必ずしも明らかにされていない。本研究では $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ と等価な振幅レベルを求めることを目的とする。

### 2.継続時間と等価閾値震度の計測例

本研究では時刻歴波形として、計測震度算出用フィルターをかけた3成分のベクトル合成波形 $a_0(t)$ を用いる。その累積パワー曲線の例を図1下部に示す。この例では、 $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ はそれぞれ85秒、53秒となり、 $D_{5-75}$ は定義より $D_{5-95}$ よりも短くなる。これらと等価な振幅レベルを求めるため、ベクトル合成波形 $a_0(t)$ に基づいてリアルタイム震度を算出する(図1上段)。以下では、2種類の継続時間を定義し、 $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ と等価な継続時間を与える振幅レベルを「等価閾値震度」として求める。一つは所定の閾値震度を超過する正味の時間を計測した継続時間 $D_U$ (Uniform)である。上記の継続時間 $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ 秒に相当する等価閾値震度は $Ieq_{5-95U}=4.65$ および $Ieq_{5-75U}=5.05$ と求められる。もう一つは、閾値震度を最初に上回ってから最後に下回るまでの継続時間 $D_B$ (Bracketed)であり、定義より $D_U$ よりも長くなる。 $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ に相当する等価閾値震度は $Ieq_{5-95B}=5.55$ および $Ieq_{5-75B}=5.99$ と求められ、 $D_U$ に基づく結果よりも高くなる。

### 3.東北地方太平洋沖地震における指標の分布特性

ここでは東北地方太平洋沖地震を対象とした例を図2に示す。図2(b)の $D_{5-95}$ については、日本海側では極めて長く、太平洋側では相対的に短い傾向を示しており、図2(a)の震度とは逆転した関係である。太平洋側に注目すると宮城で長く、岩手、福島がこれに次ぎ、茨城では最短となっている。図2(c)の $D_{5-75}$ は $D_{5-95}$ とほぼ同様の分布傾向を示すが両者の比( $D_{5-75}/D_{5-95}$ )は0.60となっている。計測震度と等価閾値震度の差(等価閾値震度差) $I-Ieq_{5-95U}$ については図2(d)に示すように、日本海側で1.2~1.6、太平洋側では1.6以上が多く地域性はあるものの、大きな差はなく平均値は1.41となった。また地震動時刻歴 $a_0(t)$ の自乗累積値として定義されるトータルパワー $P_T$ の分布は、図2(e)に示すように $I$ の分布に類似しているが細部は異なっている。ほぼ同等の $P_T$ を示す二地点のK-net観測点(IBR003とMYG015)のNS成分の加速度波形も示している。同じ $P_T$ のもとでは、継続時間が長ければパワーが分散され、短ければパワーが集中しているという関係がある。

### 4.既往35地震を対象とした継続時間 $D_{95-5}$ 、 $D_{5-75}$ 、 $D_U$ 、 $D_B$ の計測と等価閾値震度の算出

既往研究<sup>1)</sup>と同じく、1996~2013年の期間に震度6弱以上の揺れを記録した地震を中心に35地震を対象地震として、K-NETおよび気象庁により観測された約10000記録の加速度データについて分析を行った。まず $D_{5-95}$ および $D_{5-75}$ を全記録について比較した結果を図3に示す。ばらつきは大きいですが、原点を通る回帰式は $D_{5-75}=0.54D_{5-95}$ となった。次に、等価閾値震度 $Ieq_{5-95}$ および $Ieq_{5-75}$ と計測震度 $I$ との関係を考察する。図4と図5はそれぞれ $D_U$ と $D_B$ を用いた結果である。いずれも計測震度より低い値となるが、その傾向を計測震度 $I$ の位置次式で回帰した結果、次式が得られた。

$$Ieq_{5-95U} = -1.062 + 0.9000 I$$

$$Ieq_{5-75U} = -0.702 + 0.9190 I$$

キーワード 地震動継続時間、振幅レベル、等価閾値震度、累積パワー

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL 058-293-2416

$$Ieq_{5-95B} = -0.683 + 0.9318 I$$

$$Ieq_{5-75B} = -0.402 + 0.9661 I$$

以上の式においては、 $I$ の係数は極めて1に近い値となっており、震度依存性が小さい。そこで等価閾値震度差  $I-Ieq$  の平均値を求めると上記順に 1.43, 0.87, 0.95, 0.47 (標準偏差は 0.22, 0.19, 0.21, 0.16) と求められた。 $D_{5-95}$  は計測震度から 1.43 ないし 0.95 低い振幅レベル、 $D_{5-75}$  は 0.87 ないし 0.47 低い振幅レベルに相当することを意味する。これは累積パワー規準に基づく継続時間の振幅レベルに関する目安となる。ただしばらつきも大きく、継続時間の長短を議論する際には、等価となる振幅レベルを明示することが望ましいといえる。

### 5.おわりに

従来、累積パワー規準に基づく継続時間の振幅レベルについては明らかにされてこなかったが、本研究により、計測震度と継続時間  $D_{5-95}$  の等価閾値震度との震度差は平均的に 1.43、 $D_{5-75}$  で 0.87 であることがわかった ( $D_U$ を用いた場合)。本研究の成果は、構造物被害や地震時の人間行動への影響を、継続時間および振幅レベルと関連づけて考察するうえで重要と考えられる。

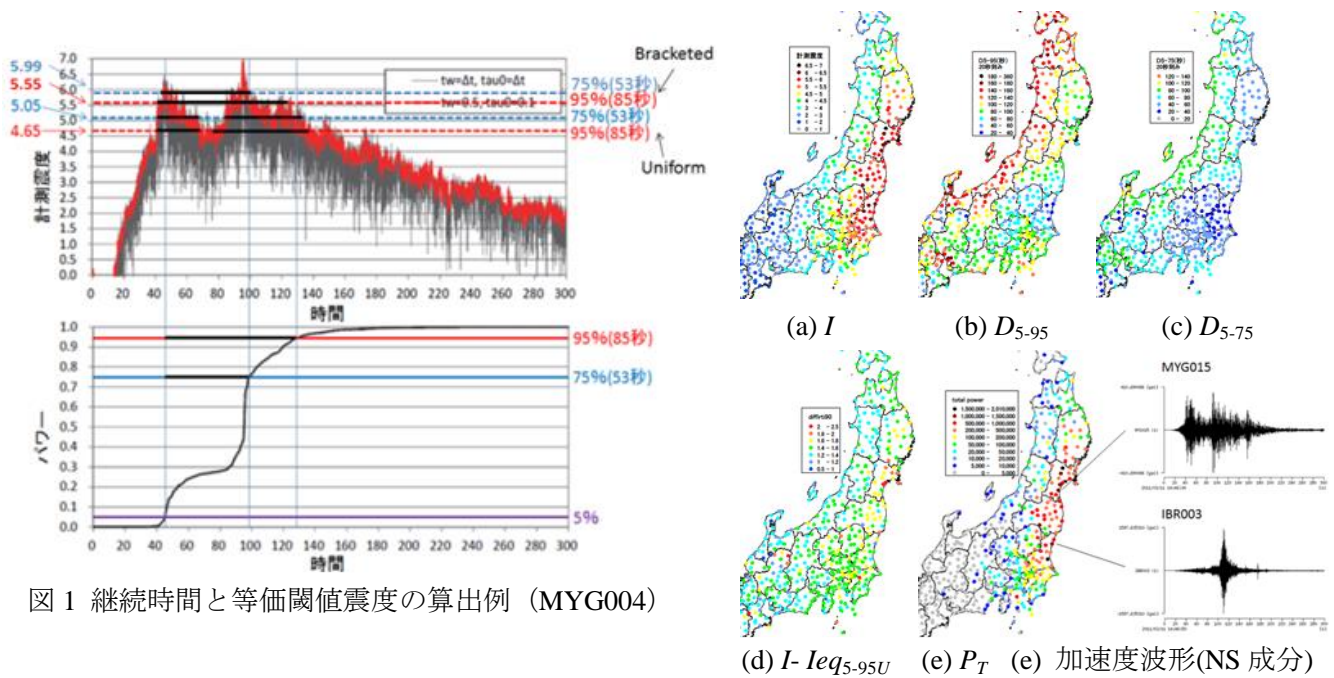


図1 継続時間と等価閾値震度の算出例 (MYG004)

図2 東北地方太平洋沖地震に関する諸指標の分布

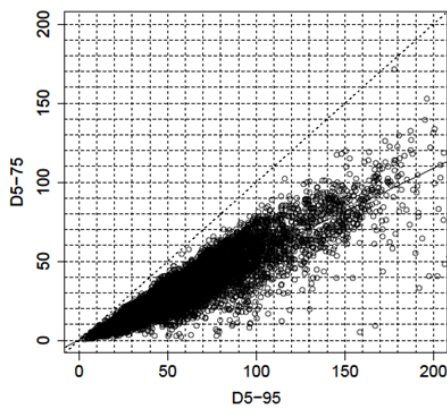


図3  $D_{5-95}$  と  $D_{5-75}$  との比較

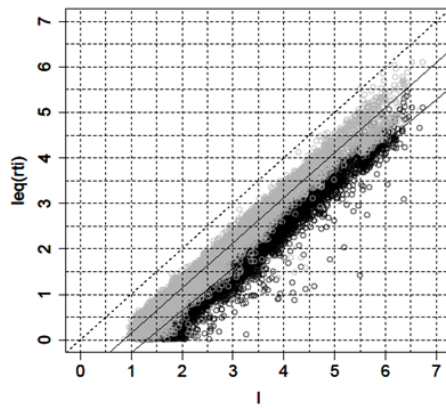


図4  $D_U$ に基づく等価閾値震度と計測震度との比較 (灰色:  $D_{5-75}$ , 黒:  $D_{5-95}$  に等価)

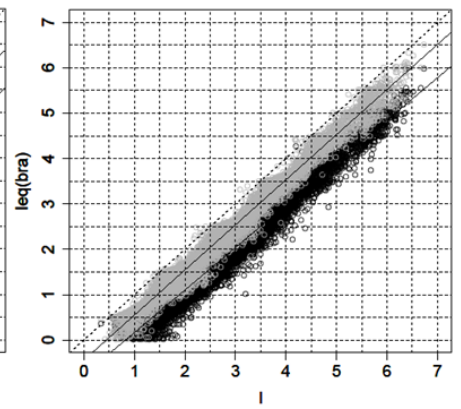


図5  $D_B$ に基づく等価閾値震度と計測震度との比較 (灰色:  $D_{5-75}$ , 黒:  $D_{5-95}$  に等価)

参考文献 能島暢呂: 観測震度または予測震度を与件とする震度継続時間の条件付予測式, 日本地震工学会論文集, 第14巻, 第5号, pp.50-67, 2014.11.