

## クラスター分析による地震動の経時特性の分類

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

岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員 久世益充

### 1.背景と目的

地震動の継続時間は、振幅特性、周期特性とならんで重要な特性である。地震動の加速度累積パワーに基づく SR 継続時間はよく用いられるが、その振幅レベルの関係を明らかにするため、筆者らは等価閾値震度  $I_{eq}$  と震度との差分にあたる等価震度差  $\Delta I$  を提案した<sup>1)</sup>。継続時間  $D_{5-95}$  および  $D_{5-95}$  はそれぞれ平均的に震度より  $\Delta I=1.5$  および  $0.9$  低い振幅レベルに相当することを明らかにした<sup>1)</sup>。ただし  $\Delta I$  のばらつきは標準偏差で  $0.25$  程度であり、ばらつきの要因解明を課題としていた<sup>1)</sup>。本研究ではその基礎的検討として、地震動の経時特性の新しい特徴抽出法を提案するとともに、特徴ベクトルにクラスター分析を適用して分類を行ったものである。

### 2.経時特性の特徴抽出とクラスター分析を用いた分類

本研究では、経時特性の特徴抽出に当たって、水平成分の 1 成分ごとの地震動加速度波形  $A(t)$  の全パワーで正規化された累積パワー曲線(Husid plot)  $P_c(\tau)$  を用いる。  $P_c(\tau)$  を 1%刻みで離散化し、99 個のパーセンタイル値  $t_i = P_c^{-1}(i)$  ( $i=1,...,99$ ) を求め、基準時間を  $t_1$  として、時間差  $d_i = t_{i+1} - t_1$  ( $i=1,...,98$ ) を定義して特徴ベクトル  $\mathbf{d}=\{d_i\}$  とする。2 波形の特徴ベクトルを  $\mathbf{d}_a$ ,  $\mathbf{d}_b$  とすると、これらの非類似度として、ユークリッド距離  $dist(\mathbf{d}_a, \mathbf{d}_b) = \|\mathbf{d}_a - \mathbf{d}_b\|$  を採用する。この  $\mathbf{d}$  についてクラスター分析を適用して経時特性の分類を行う。分析方法としては階層的クラスター分析を用いて、クラスター間の距離の定義としては最遠隣法を採用した。

### 3.東北地方太平洋沖地震における K-NET 観測点 693 地点に対する検討

#### 3.1 Husid plot のクラスター分析

本研究で対象としたのは、2011 年東北地方太平洋沖地震の K-NET 加速度記録であり、観測記録が得られた全 697 地点のうち局所的な地震の影響を受けたと考えられる GIF003, 004, 005, 007 を除外し、693 地点の EW 成分を用いた。図 1 は全観測点における Husid plot  $P_c(\tau)$  の箱ひげ図である。ボックス内部の点は中央値、ボックスの左右端は第 1 および 3 四分位点、その外側の線は四分位点範囲の 1.5 倍以内、さらに外側は外れ値であり、観測記録によるばらつきは大きい。クラスター分析を行った結果、図 2 のデンドログラムが得られた。分割数を 12 としたクラスターを赤枠線で表示している。各クラスターの波形を用いて図 1 に相当する箱ひげ図を描き、その中央値をプロットしたものが図 3 である。全体的な継続時間の長短に加えて、特定の時間帯へのパワーの集中や、多重震源過程によるパワーの分散などの特徴が現れている。

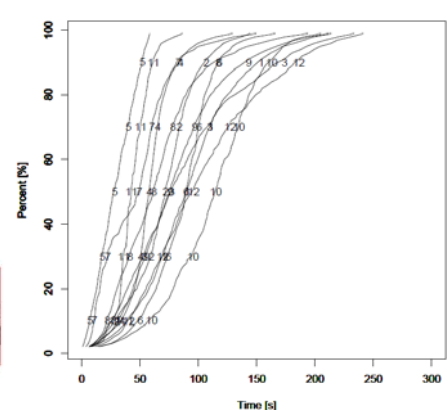
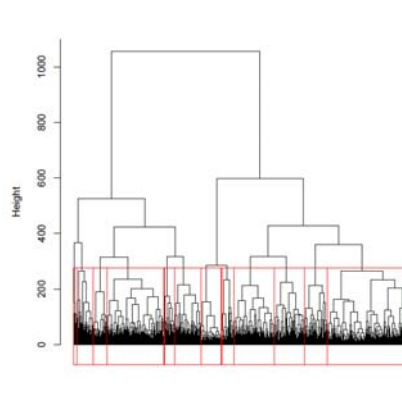
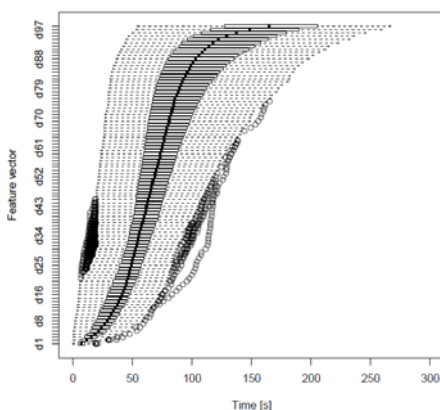


図 1 全観測点の  $P_c(\tau)$  の箱ひげ図

図 2 デンドログラム

図 3 各クラスター内の  $P_c(\tau)$  の中央値

キーワード 継続時間, Husid plot, ユークリッド距離, クラスター分析

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

### 3.2 クラスタ分析による分類結果の分布

クラスタ分析の結果をマップ化したものを図4に示す。図3の各クラスターの Husid plot に最も近い（非類似度 *dist* が小さい）地点における加速度波形も示している。震源近くの岩手県から宮城県中北部にかけては IWT014 のように多峰形の波形を持つ第7群が集中している。茨城県の一部や群馬県の北部では GNM002 のような単峰形で振幅のピークが鋭い波形の第11群が分布しており、多重震源による複数波群の到着が集中したことを示唆している。福島から関東全域にかけては第4群が広く分布しており、SIT010 のようにピークが鋭く第11群より継続時間が長い波形である。一方、北海道から日本海側にかけては、震源に近い順に第8, 3, 9, 1群が広い範囲に分布しており、これらはそれぞれ AOM015, AOM017, HKD124, NIG027 に示すような長継続時間の波形である。関西より以西では、HYG016 のように継続時間が極端に短い第5群が分布しているが、これは震源から遠くプレトリガおよびポストトリガが不十分な記録であることを意味している。しかし濃尾平野や大阪平野、遠州灘沿岸付近の揺れやすい地盤では第1群や第9群が点在しており、長い継続時間となっている。

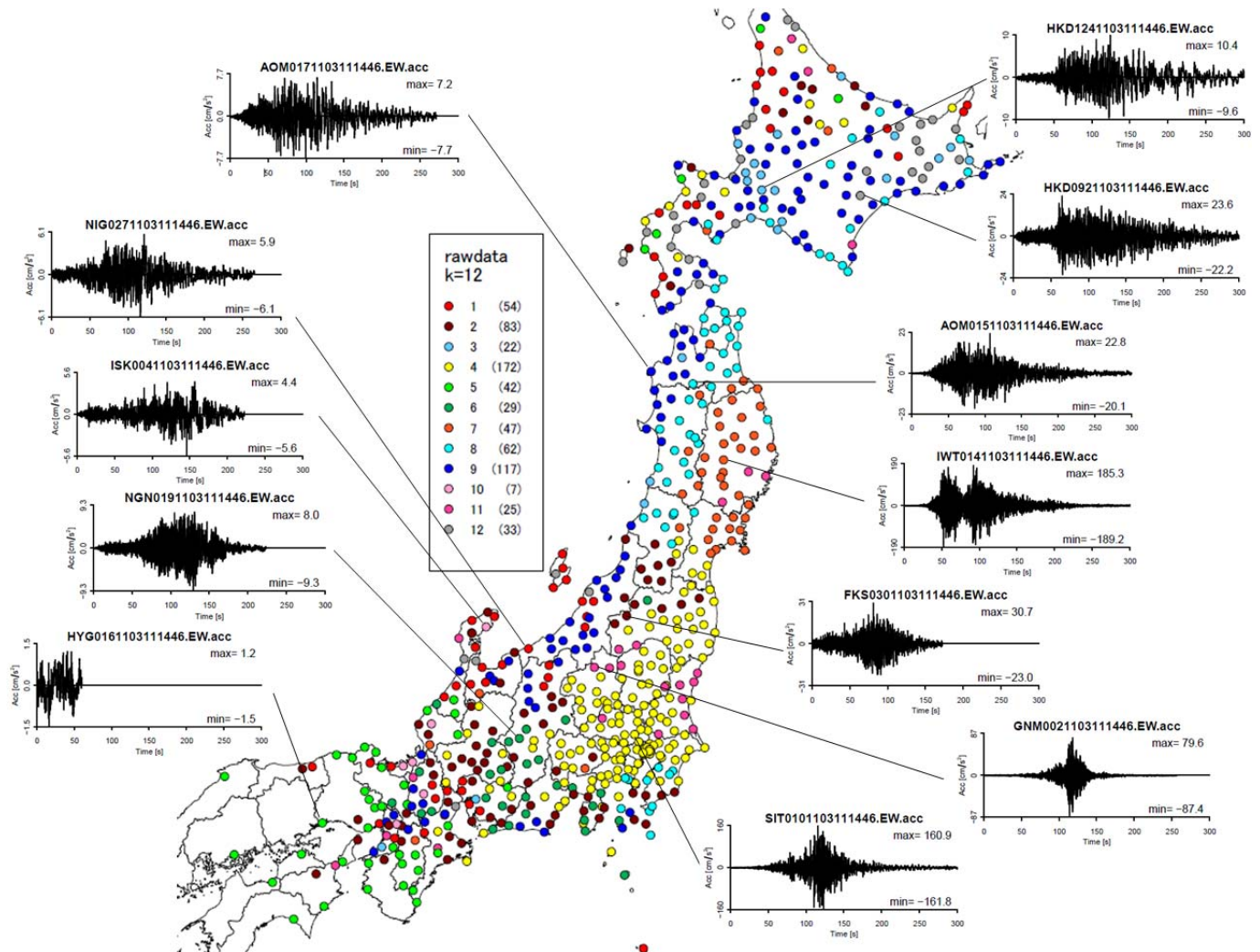


図4 東北地方太平洋沖地震における加速度波形のクラスターと各クラスターの代表波形

### 4.おわりに

本研究では、Husid plot の特徴ベクトルを定義し、クラスタ分析によって地震動の経時特性の分類を行えることを示した。本稿では東北地方太平洋沖地震についての適用例を示したが、今後、他の地震についても適用して波形を分類し、等価震度差  $\Delta I$  に及ぼす影響について総合的な評価を行う方針である。

**謝辞：**本研究では(国研)防災科学技術研究所 K-NET の強震記録を使用しました。記して謝意を表します。

**参考文献** 能島暢呂・高島拓也：累積パワーに基づく地震動継続時間の等価振幅レベルに関する考察，日本地震工学会論文集，Vol.16, 2016.5.