

近年の強震記録から考える震度7

JMA Intensity 7 in Recent Strong Motion Records

鈴木 崇伸¹
Takanobu Suzuki

¹東洋大学理工学部都市環境デザイン学科（〒350-8585川越市鯨井2100）

Department of Civil and Environment, Toyo University

This report presents some idea of analyzing method for extremely large ground motion. In recent years, accelerometers have been improved and installed high densely in Japan. As the results, many records of large ground motion have been obtained. The author shows samples of these records and some results which are calculated from the 2016 Kumamoto Earthquake.

Key Words :large ground motion, JMA Intensity 7, the 2016 Kumamoto Earthquake

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震を契機に日本全国に強震計の配備が進められた。気象庁の震度計ネットワークは行政区ごとの震度情報を得るために配置され、また防災科学技術研究所はK-NET, KiK-netを全国に配置した。その他にも鉄道会社、道路会社、ガス会社などの観測ネットワークも配置されている。

これらのネットワークは整備される前は数少ない地震計の情報しか得られなかつたのに対し、近年の地震では高密度かつ高精度の地震計によって数多くの強震記録が得られるようになった。その結果詳細な地震動分布が得られることにより、強震に対する理解が進み、災害の初期対応を効率的に進められるようになった。また構造物被害の分析においても入力地震動を類推することが可能になった。

また震源近くなどで極めて大きな記録が得られており、これらの記録の分析を進めることにより、今後の防災に役立てていく必要がある。

2. 主な強震記録

強震記録の特徴を考察するために1995年兵庫県南部地震から2016年熊本地震までの記録を用いる。表1に21年間の記録のうち主要なものを示している。震度計算値は気象庁の計算方法によって計算した結果の小数第2位を切り捨てる前の数値としている。最大加速度は3成分の観測記録のベクトル合成の最大値

としている。SI値は東京ガスの計算方式に従い、水平2成分を8方向に投影して減衰定数0.2の速度応答スペクトルを計算し、それぞれで計算したSI値の最大としている。

1995年は地震計の記録可能な最大加速度は1G程度であり、2004年と2007年の地震では2G程度となっていた。2008年以降の防災科学技術研究所の記録は4G仕様となっており、4ケタの加速度は2011年東北地方太平洋沖地震でも数多く観測されている。

21年間に観測された最大震度（相当値）は2004年新潟県中越地震の小千谷における6.7となっている。次点は築館の6.6である。2016年熊本地震の気象庁のデータは現時点で公開されていないが、KiK-netの益城のデータでは4月14日の前震、4月16日の本震ともに6.4となっている。およそ兵庫県南部地震と新潟県中越地震の激震地に相当とする値となっている。

最大加速度の場合、震度に対するばらつきが大きくなっている。最大となっているのは2008年岩手宮城内陸地震のKiK-net一関西であり合成加速度が4Gを超えており、震度で次点となっている築館も大きな加速度となっており3Gを超える値となっている。

SI値は最大加速度に比べてばらつきが小さい。最大は小千谷の167[kine]であり、次点は鷹取の166[kine]となっている。計測震度を導入して初めて震度7となった川口も大きく155[kine]を記録している。一方、最大加速度が最も大きい一関西は81[kine]と小千谷や鷹取の半分程度の値となっている。また築館も109[kine]となっており、加速度に比べて小さい。両観測点とも短周期の成分が卓越しているためである。

表1 主な強震記録リスト

地震	観測点	配信元	震度計算値	最大加速度[Gal]	SI値[kine]
1995年兵庫県南部地震	鷹取	JR	6.48	746	166
	神戸	JMA	6.41	890	125
2004年新潟県中越地震	川口	JMA	6.51	1722	155
	山古志	JMA	6.35	1132	124
2007年新潟県中越沖地震	小千谷	K-NET	6.73	1496	167
	柏崎	K-NET	6.36	811	130
2008年岩手宮城内陸地震	一関西	KiK-net	6.39	4015	81
2011年東北地方太平洋沖地震	築館	K-NET	6.67	2934	109
2016年熊本地震 (4/14)	益城	KiK-net	6.47	1576	129
2016年熊本地震 (4/16)	益城	KiK-net	6.49	1359	139
	熊本	K-NET	6.08	843	92

3. 2016年熊本地震のデータ

2016年4月に熊本地震が発生した。震度7が計測され、兵庫県南部地震、新潟県中越地震、東北地方太平洋沖地震に続いた。20年余りで4回目であり、現在の日本では7年に1回の割合で計測震度6.5以上の揺れが観測されることになる。このことは日本が地震活動期に入ったことだけでなく、観測網が充実し、計測装置が高性能になったことも影響していると考える。観測レンジが広がれば最大加速度も大きくなり、また観測点数が増加すればそれだけ震源近傍でのデータが増加する。今後も大きな揺れが観測されるのは間違いない。

このような大きな揺れを單一尺度で測ってもその特徴を知ることはできない。表1に示した数字の定義を知らない人には震度の数字がわかりやすい。地震データは3成分の加速度波形が基本になり、積分計算して速度は計、変位波形に変換できる。ノイズ成分を適切に処理すれば、加速度よりもわかりやすいデータに変換できる。また周波数成分に注目すればフーリエスペクトルが便利であり、設計的には応答スペクトルにするのが便利である。しかし元の波形の情報はわからなくなる。

筆者は地震動の特徴を簡単にあらわすことのできる図形がないか研究してきた。これまでに提案した手法は加速度振幅と推定変位振幅を時間の経過とともに計算して連続プロットした图形である。計算手順を以下に説明する。

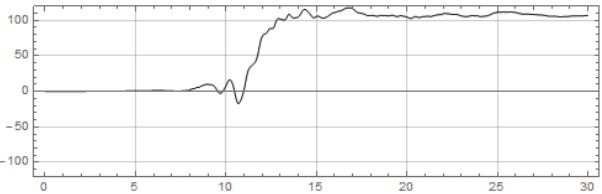
- ① 水平2成分をタイムウインドウで切り出してフーリエスペクトルを計算し、平均スペクトルから当該時刻の卓越振動数を決める。
- ② 同じウインドウ内での最大加速度を決める。
- ③ 表層地盤の振動を1自由度系で近似して変位振幅を推定する。
- ④ タイムウインドウを移動して同じ計算を繰り返す。
- ⑤ 推定変位振幅を横軸、最大加速度を縦軸にして連続プロットする。

以上の計算により、加速度振幅と変位振幅の時間変化を表すグラフが得られる。グラフの傾きは振動数の2乗に比例する。加速度振幅と変位振幅の位置の変化により、揺れの大きさと振動数の変化を読み取ることができる。

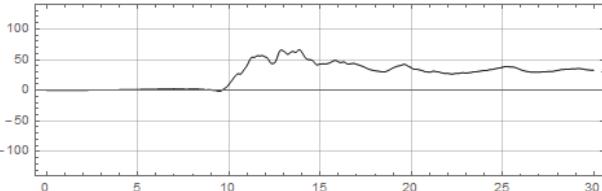
図1に熊本地震の強震記録を図化した結果を示している。図(a)はKiK-net益城の本震のデータをグラフ化している。水平最大加速度が1200Galであり、推定変位は20cm以上となっている。図形を見ると加速度の小さいときの傾きと、大きくなつてからの傾きが異なっている。振幅が大きくなつたときに長周期化していることが読み取れる。その後急速に小さくなつていている。図(b)は前震の記録をグラフ化している。水平成分だけのため加速度は小さい。注目されるのは周期変化がない点であり、およそ1直線の動きになっている。図(c)はK-NET熊本の本震の図

である。ここでも1直線状の動き方になっている。揺れは大きかつたものの表層地盤が非線形化することは無かったと考える。

益城の本震のかたちは断層運動によるゆっくりした剛体変位が地震動に加わった影響と考えられる。剛体変位が振動波形に加わっているという前提で誤差配分して計算した変位波形を図2に示す。水平2成分の計算結果である。東に約1m、北に0.3m移動した計算結果となる。断層近傍の高精度な記録であり、解析法を高度化していくことにより有用な情報を取り出すことができる。



(a) 2016年4月16日KiK-net益城の変位波形 (EW方向)



(b) 2016年4月16日KiK-net益城の変位波形 (NS方向)

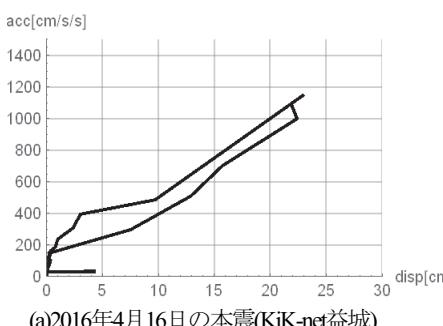
図2 KiK-net益城の変位波形

4. おわりに

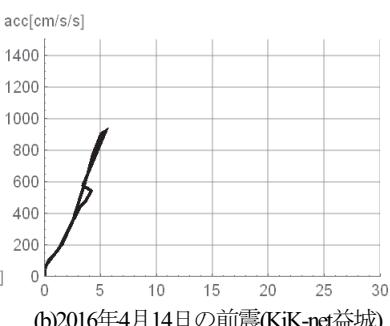
本報告は最近の地震で観測されたきわめて大きな揺れについて検討した結果を述べている。震度7およびそれに近い大きな揺れが頻繁に観測されるようになり、従来以上に揺れの特性分析が望まれている。ここでは熊本地震の記録を用いてその特徴の分析結果を報告している。揺れの特性と被害との関連について研究を進める予定である。

参考文献

- 1) 鈴木崇伸：地震記録から地盤の非線形特性を検出する方法、土木学会論文集 A1(構造・地震工学) Vol. 71, pp.502-510, 2015.
- 2) 鈴木崇伸：断層運動を含む地震記録の分析、第26回地震工学研究発表会、2001.
- 3) JR, 気象庁, 防災科学技術研究所の公開強震記録

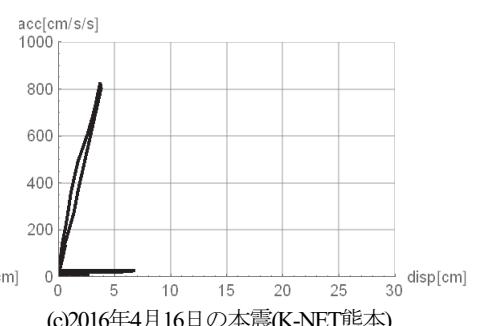


(a) 2016年4月16日の本震(KiK-net益城)



(b) 2016年4月14日の前震(KiK-net益城)

図1 強震動の加速度と変位の特性グラフ



(c) 2016年4月16日の本震(K-NET熊本)