

# シリーズ「新・強震観測の最新情報」

## (第11回) 関西地震観測研究協議会の強震観測

一般財団法人 地域地盤環境研究所 赤澤隆士  
京都大学防災研究所 岩田知孝

### はじめに

1990年代の初め頃までは、関西地域では大地震は発生しない、とまことしやかに囁かれ、関西地域で強震観測は必ずしも重要視されていなかった。そのような中、関西地震観測研究協議会(関震協:CEORKA)は、土岐憲三・京都大学教授(当時)と岩崎好規・財団法人大阪土質試験所所長(当時)の呼びかけで、産官学共同の強震観測プロジェクトとして、1991年12月に発足した任意団体である<sup>1),2)</sup>。関震協は、大阪府域と尼崎、神戸市域の10地点に自前の強震観測点を設置すると共に、これらの観測点を利用した強震観測網を構築し、1994年4月に運用を開始した。そして、運用開始から1年を待たずして発生した1995年兵庫県南部地震やその余震時に、震源近傍で高精度な観測記録を多数収集し、その後の強震動研究の発展の一躍を担った。その後、強震観測点の増設(1997年)やe-mailによる速報体制の確立(1998年)、ホームページ(<http://www.ceorka.org/>)を利用した観測情報の配信(2003年)、e-mailを利用した緊急地震速報の配信システムの構築(2007年)、既存の強震観測点を利用した連続観測網の構築(2009年~2011年)<sup>3)</sup>、連続観測により得られる準リア

ルタイム連続データを利用した速報体制への移行(2018年)<sup>4)</sup>を経て、現在に至っている。図1に、2020年9月時点の関震協の強震観測点位置を示す。大阪平野を中心として盆地・平野部と周辺の山地に観測点を配置し、当該地域の地震動特性の把握に活用している。図において、管理点と記したものは関震協で管理している自治体や大学の観測点、記録提供点は地震観測記録の提供を受けている観測点である。このうち、阿倍野観測点を除く3地点の管理点は、関震協の連続観測網に組み込まれている。

### 観測装置とデータ回収方法

関震協では、1台の強震計に、イベントトリガー観測と連続観測に対応した2種類のデータロガーを接続して、強震観測を実施している(管理点の阿倍野観測点と記録提供点の5地点はこれとは異なるが、本報では割愛する)。これにより、一方のデータロガーが故障した場合でも、他方でイベントデータがバックアップされる。強震計には、当初から広帯域な強震動の収集が可能な(株)東京測振製のサーボ型速度計VSE-11(水平動)とVSE-12(上下動)を利用している。この強震計は、広帯域・高ダイナミックレ

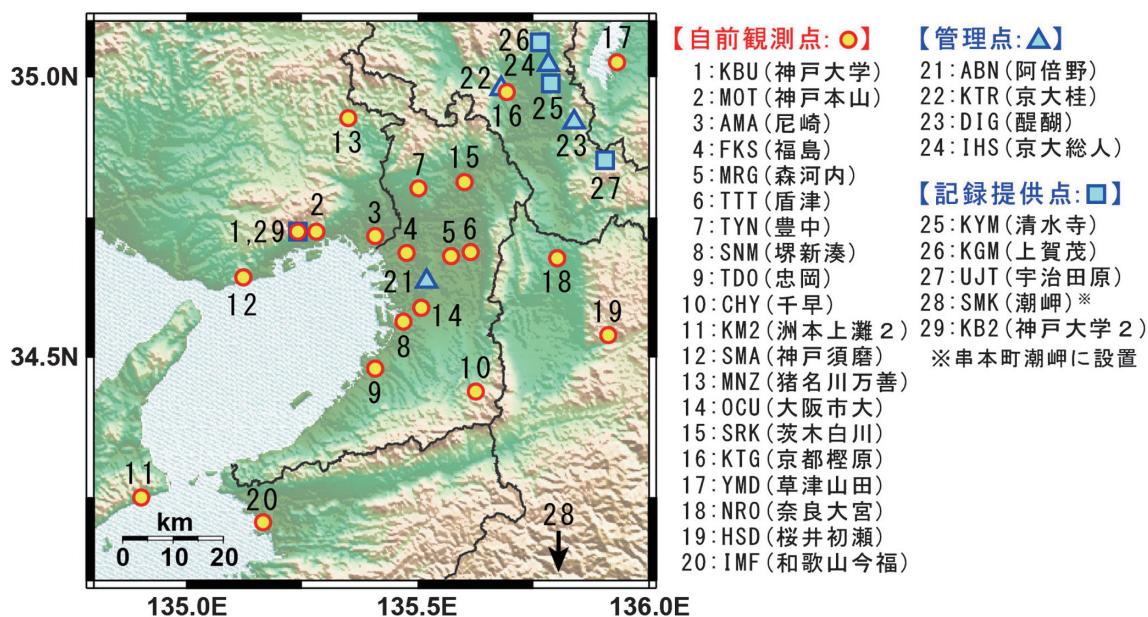


図1 関震協強震観測点位置(2020年9月時点)

ンジ化を図るために、2系統（基本的な計測範囲は低感度200 cm/sと高感度5 cm/s）の速度信号をそれぞれ3成分ずつ出力する機能を有する。データロガーには、イベントトリガー観測に（株）東京測振製のCV-901NVR（6成分仕様）を、連続観測に（株）aLab製のKS-002D（8成分仕様；後述するAK-002の基盤を2組搭載）を利用しており、いずれも、上述した6成分の速度信号が100 Hzのサンプリング周波数で収録される。ただし、後者は、KS-002Dの代わりに、AK-002と、KS-002Dの開発過程で作製されたKS-001（いずれも（株）aLab製；4成分仕様）をセットにして設置している観測点がいくつかある。データロガーの仕様や観測システムの詳細については、文献<sup>3)</sup>を参照いただきたい。

連続観測によるデータは、インターネット回線を利用してリアルタイムで伝送され、サーバで1分毎に観測点別にファイル化される。回線が切断するなどしてファイル化されなかった場合は、データロガーに保存されているファイルを手動でダウンロードすることで補完することができる。インターネット回線には、大半の観測点でADSLを利用してきた<sup>3)</sup>が、この回線は数年以内に廃止されることから、現在、携帯電話回線など代替回線の選定を進めている。一方、イベントトリガー観測によるデータは、ダイヤルアップ回線（ISDNやPHSなど）を利用して回収する方式を採ってきた。しかし、これらの回線も既に廃止または近い将来廃止されることから、連続観測と同じインターネット回線を利用して回収する方式に順次移行している。

## 速報システム

関震協では、1994年の観測開始からイベントトリガー観測を利用した速報システム<sup>2)</sup>を運用してきたが、2018年6月に連続観測を利用したシステムへ移行した。連続観測を利用した速報システムの機能は、「地震波形データの抽出」と「地震観測情報の配信」、「地震波形データの転送」に大別される。「地震波形データの抽出」では、準リアルタイム連続データ（サーバに1分毎に保存される連続データ）を1分毎に順次読み込み、2観測点以上で震動レベルがある閾値を超えた（トリガーした）と判定されると、全観測点を対象に地震波形データの抽出処理を開始する。全観測点でトリガー前の振幅レベルと同程度になったと判定されると、抽出処理は終了する。「地震観測情報の配信」では、抽出された地震波形データを利用して、関震協の会員にe-mailで全観測点の地震観測情報（計測震度相当値および震度階、最大速度、時刻歴波形図）を配信すると共に、関震協のホームページで各観測点の震度階をプロットした地図を公開する。e-mailの配信は、抽出処理を開始してから最短で1分以内に開始され、地震動が収束したと判

定されるまで設定時間毎に配信される。一方、ホームページ上の震度マップは、抽出開始から地震動が収束したと判定されるまで、毎分更新される。「地震波形データの転送」では、抽出された地震波形データのファイルをWebサイトにアップロードする。関震協の会員は、Webサイトにアクセスすることで、ファイルをダウンロードして地震波形データを利用することができる。アップロードされるファイルは、抽出開始から地震動が収束したと判定されるまで、1分単位のデータを連結しつつ、毎分更新される。

## 観測記録例

関震協では、これまで、1995年兵庫県南部地震<sup>1,2)</sup>をはじめ、大地震（2000年鳥取県西部地震や2004年9月の紀伊半島南東沖の地震、2011年東北地方太平洋沖地震<sup>3)</sup>、2016年熊本地震など）から、近地で発生したM<sub>J</sub>2程度の小地震に至るまで、速度型の利点を活かして広帯域で高精度な観測記録を多数得てきた。都市圏での観測を実施していることからバックグラウンドノイズが高い中でも、連続記録には遠地大地震記録も漏れなく記録できるようになっている。2018年6月18日7時58分に発生した大阪府北部を震源とする地震（M<sub>J</sub>6.1）時にも、関震協の全観測点で良好な記録が得られた<sup>5)</sup>。図2に、同地震時に関震協で得られた南北成分の速度波形を示す。震源近傍に位置するSRK（茨木白川）観測点では、南北成分で約39 cm/sの最大速度を観測した。一方、大阪平野の中南部に位置する、OCU（大阪市大）観測点やSNM（堺新湊）観測点では、直達S波と同程度の振幅を持つ卓越周期5秒程度の揺れが1分以上続いており、大阪平野の特徴的な地震動特性を実現現象として見る事ができる。

## データ公開

上述した大阪府北部を震源とする地震を含め、2003年以降に観測された主要な記録の波形画像や擬似速度応答スペクトル画像は、関震協のホームページで公開している。一方、観測されたデジタル記録の公開方法は、関震協の会員と非会員とで区別している。会員は、原則として、入会年度以降の記録について、ホームページから直接ダウンロードできる他、1年分の記録を収録した記録媒体（CD-ROM、DVD-ROM）を利用することができる。これらの情報は、関震協ホームページ（<http://www.ceorka.org/>）を参照いただきたい。

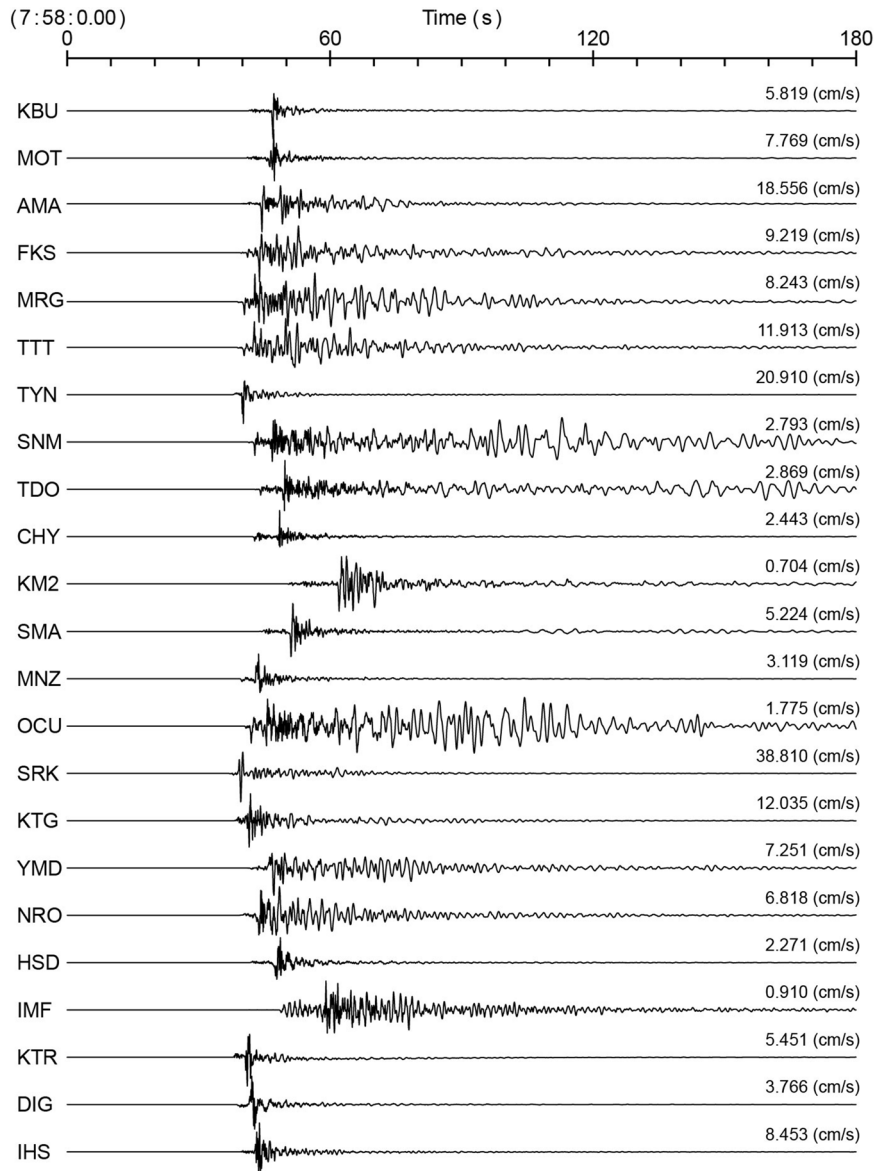


図 2 2018年6月18日7時58分の大阪府北部を震源とする地震 ( $M_J 6.1$ ) の際に、関震協の連続観測網で得られた南北成分の速度波形。各トレースは最大値で正規化しており、右上に最大値を示している。

#### 参考文献

- 1) Toki, K., K. Irikura, and T. Kagawa, 1995, Strong motion records in the source area of the Hyogoken-nambu earthquake, January 17, 1995, Japan, *Journal of Natural Disaster Science*, **16** (2), 23-30.
- 2) Kagawa, T., H. Iemura, K. Irikura, and K. Toki, 2004, Strong ground motion observation by the Committee of Earthquake Observation and Research in the Kansai Area (CEORKA), *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, **4** (3) (Special Issue), 128-133, [https://doi.org/10.5610/jaee.4.3\\_128](https://doi.org/10.5610/jaee.4.3_128).
- 3) 赤澤隆士・荒木正之・鷹野 澄・澤田純男・林 康裕・堀家正則, 2013, 近畿地方における高精度リアルタイム連続強震観測網の構築, *日本地震工学会論文集*, **13** (4), 4\_55-4\_67, [https://doi.org/10.5610/jaee.13.4\\_55](https://doi.org/10.5610/jaee.13.4_55).
- 4) 赤澤隆士, 2018, 準リアルタイム連続データを利用した地震観測情報伝達システムの構築, *日本地震学会講演予稿集 2018 年度秋季大会*, S14-P32.
- 5) 赤澤隆士, 2018, 関西地震観測協議会の強震観測網が捉えた 2018 年 6 月 18 日大阪府北部の地震, *日本地震学会講演予稿集 2018 年度秋季大会*, S24-P10.

## (第12回) 地震予知総合研究振興会による強震観測

公益財団法人 地震予知総合研究振興会 関根秀太郎

### はじめに

公益財団法人地震予知総合研究振興会本部（以下、「振興会本部」という。）では、以前から東北大学や鹿児島大学との共同研究で大学の観測点として地震観測点を運用してきたが、新規に2009年度から宮城・福島地区に6観測点、長岡地区に40観測点（AN-net）<sup>1)</sup>を整備し運用を始めた。2011年の東北地方太平洋沖地震で福島の1観測点が休止

になったが、2013年から2014年度にかけて青森北部から函館地区に36観測点（AS-net）<sup>2)</sup>、2018年度に薩摩川内地区に15観測点（AK-net）<sup>3)</sup>、2019年度に九州北部地区に23観測点（AG-net）<sup>4)</sup>を展開し、2020年9月現在、全部で119点の観測網を運用している。これらの観測網は周辺域の微小地震の観測を行う為に地中の速度計を中心に機器が構成され、既存の観測点の隙間を埋めるように配置され

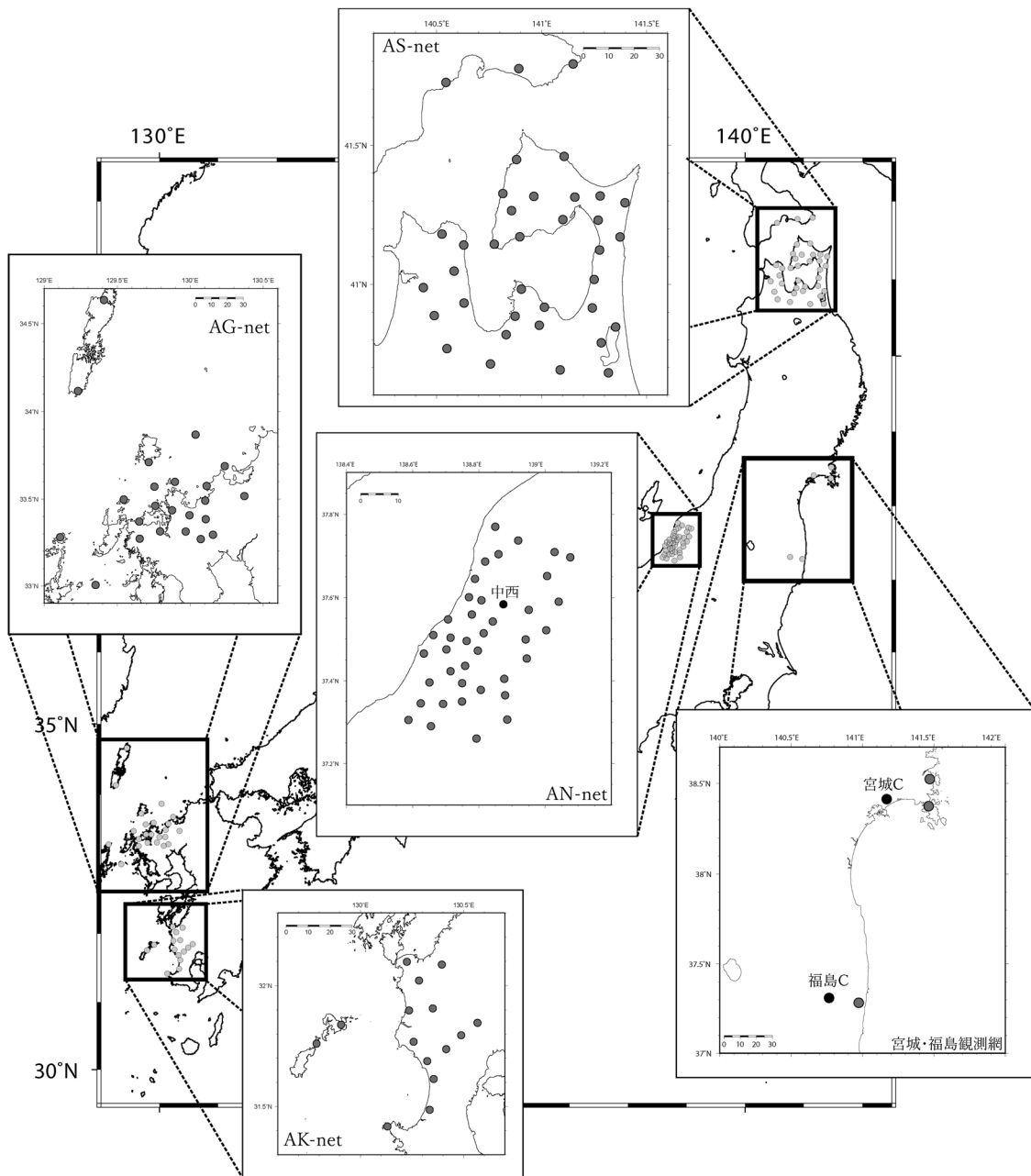


図1 公益財団法人地震予知総合研究振興会本部の観測点分布

ている。さらに、強震動にも対応する為に、地中または地表に加速度計が設置されている。観測点の分布を図1に示す。なお、これらの観測点の一部は2017年12月から気象庁の一元化処理の観測点として使われており、2020年9月現在、46観測点の速度計の読み取り値が気象庁の地震カタログに載っている。

### 観測機器及びデータ流通の概要

2020年9月現在における各地区の観測点に設置されている機器の仕様及び公開開始日等を表1に示す。それぞれの観測網内の機器は統一されているが、構築された時期および調査対象の差異により機器の仕様が異なる。なお、全観測網において速度計および加速度計のデータは100Hzサンプリングで収録されているが、九州の観測網の広帯域地震計のデータは20Hzサンプリングで収録されている。

表1 公益財団法人地震予知総合研究振興会本部観測網の機器仕様

観測網	宮城・福島観測網	長岡観測網 (AN-net)	下北観測網 (AS-net)	川内観測網 (AK-net)	玄海観測網 (AG-net)
観測点数	5観測点	40観測点	36観測点	15観測点	23観測点
加速度センサー	地中	地中及び地表	地中	地表	地表
	航空電子 JA-40GA (MAX 4G)	航空電子 JA-40GA (MAX 4G)	航空電子 JA-40GA (MAX 2G)	Nanometrics Titan	Nanometrics Titan
計測ロガー	計測技研 HKS-9200	計測技研 HKS-9200	白山工業 LS-7000XT	計測技研 HKS-9300	計測技研 HKS-9300
その他センサー	Lennartz LE-3 Dlite MkII	Lennartz LE-3 Dlite MkII	Lennartz LE-3 Dlite MkII	Lennartz LE-3 Dlite MkIII	Lennartz LE-3 Dlite MkIII
		Trimble NetR5 (20点)		Nanometrics Trillium Compact 120s	Nanometrics Trillium Compact 120s
公開開始	2010/11/01	2010/11/01	2014/09/30	2018/04/01	2019/04/01

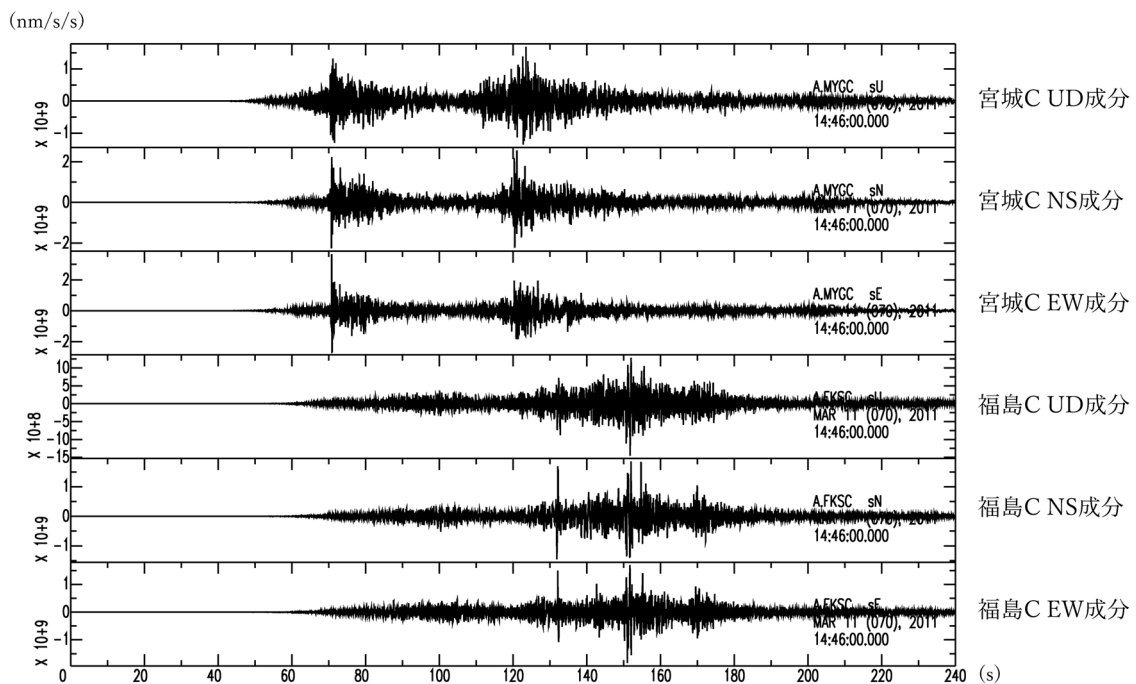


図2 宮城C観測点および福島C観測点における2011年東北地方太平洋沖地震の3成分加速度波形記録

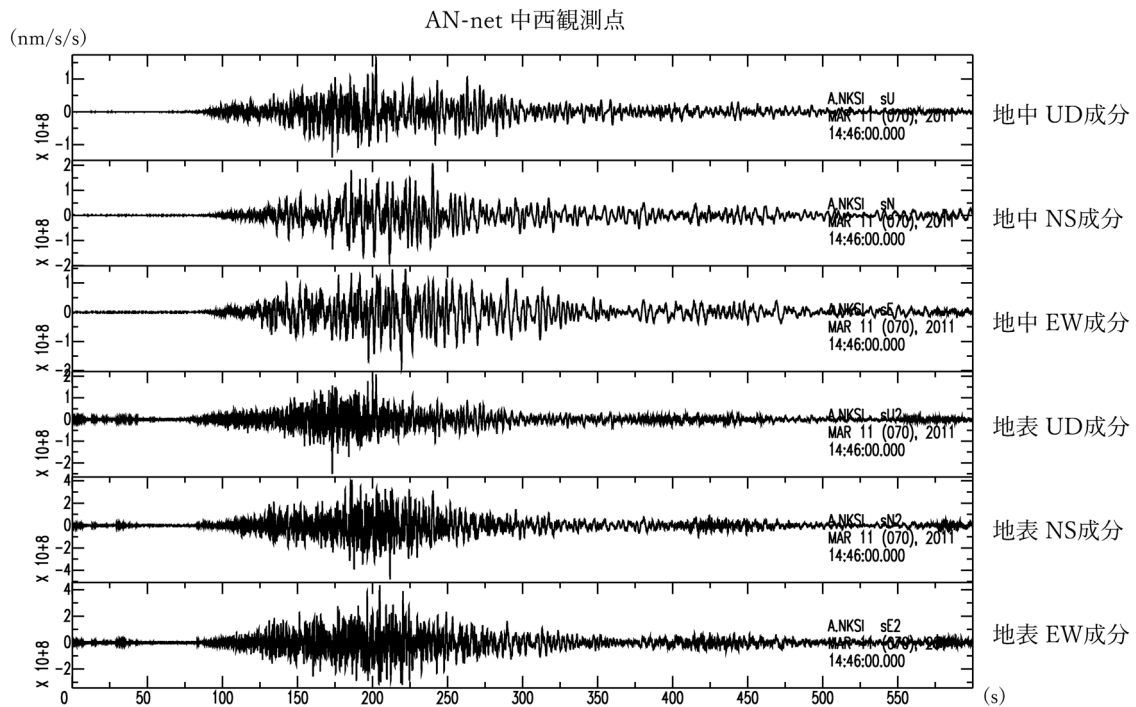


図 3 AN-net 中西観測点における 2011 年東北地方太平洋沖地震の地中及び地表の 3 成分加速度波形

各観測点のデータは一旦振興会本部に集約された後に、速度計のデータおよび一部の加速度計のデータが東京大学地震研究所経由で全国地震観測データ流通ネットワークを通して全国の大学や研究機関に流通されている。これらの観測点のデータに関しては、防災科学技術研究所の Hi-net のページからダウンロードできるようになっているが、それ以外の観測点のデータに関しても、振興会本部まで連絡して頂ければ、使用する事ができる。

#### 顕著な記録例

観測網の加速度計による顕著な記録例として、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の宮城 C 観測点と福島 C 観測点の地中加速度記録を図 2 に、AN-net 中西観測点の地表と地中の加速度計記録の 3 成分波形を図 3 に示す。これらの観測点の地中地震計は約 100 m の深さに設置されているが、やや深い地中においても大振幅の加速度を記録している事がわかる。また、AN-net では、地中と地表の加速度計記録を比較する事で、表層地盤による増幅の影響を見る事ができる。図に示した中西観測点は越後平野にある観測点であり、地表の加速度値は地中の約 2 倍の大

きさを持ち、特に短周期成分が卓越している様子が分かる。

#### 参考文献

- 1) 関根秀太郎・澤田義博・佐々木俊二・阿部信太郎・田澤芳博・土方勝一郎・西村 功・植竹富一, 2010, 長岡平野西縁断層帯における微小地震観測網の構築, 日本地震学会講演予稿集 2010 年度秋季大会, P.120.
- 2) 関根秀太郎・澤田義博・笠原敬司・佐々木俊二・田澤芳博・矢島 浩, 2014, 下北半島周辺における微小地震観測網の構築, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 横浜, STT57-P09.
- 3) 中元真美・澤田義博・笠原敬司・パナヨトプロス ヤニス・関根秀太郎, 2018, 南九州川内地域周辺における高密度地震観測網 (AK-net) の構築, 日本地震学会講演予稿集 2018 年度秋季大会, S02P-01.
- 4) 中元真美・澤田義博・笠原敬司・パナヨトプロス ヤニス・関根秀太郎・阿部信太郎, 2019, 九州北西部陸域から玄界灘周辺における高密度地震観測網 (AG-net) の構築, 日本地震学会講演予稿集 2019 年度秋季大会, S02P-06.