

シリーズ「新・強震観測の最新情報」

(第15回) 自治体震度計 (震度情報ネットワークシステム)

消防庁消防研究センター 畑山 健

はじめに

1995年兵庫県南部地震発生当時、全国の震度観測点は気象庁が設置したもののみであり、その数は300ないし600箇所(当時、震度観測点の増設の最中であり、1993年に約300箇所、1996年に約600箇所¹⁾という状況から推察)であった。その際に得られた震度観測値の分布はまばらで(震度5以上の観測は5地点、震度7の「震災の帯」の中には震度観測点はなかった)、このことが、国、自治体における初動応急対応に遅れをきたす一因になったとも考えられた。「自治体震度計」、「震度情報ネットワークシステム」などと呼ばれる現在の市町村等における震度観測体制は、こうしたことが契機となって構築されたものである。

自治体震度計(震度情報ネットワークシステム)は、市町村(当時の数3,255)単位で震度を観測し、その情報を都道府県で集約し、さらにその情報を消防庁にも伝送するという事業に対して、1995年度から1996年度にかけて消防庁が都道府県に交付した補助金(1995年度第二次補正予算)により整備された(大半が国費だった模様)。すなわち、震度計の設置、維持管理、運用の実施主体は都道府県等の自治体であり、消防庁は全体的な施策の立案と補助金交付等の財政的支援という役割を担ってきた。筆者は、これらの業務に携わった経験を有さない。本稿は、これまで筆者が収集した資料、情報に基づいて、「自治体震度計(震度情報ネットワークシステム)」に関する経緯と現状を紹介するものである。

当初の整備状況と震度の公表

「震度情報ネットワークシステム」の整備の目的は、全市町村において最低1箇所計測震度を観測し、その情報を各都道府県で集約することにより、地震時の迅速、的確な初動応急体制の確立(消防機関による県内応援体制の確立を含む)を図ること、さらに消防庁に震度情報を集約することにより、県をまたいだ広域応援体制の確立を図ることであった。すなわち、その第一の目的は、計測震度の取得であって、強震波形記録の取得ではなかった。上述のとおり、震度計の設置の実施主体は都道府県であり、機種の設定も実施主体に委ねられたため、都道府県によって設置された観測装置、データ収集システムの仕様・性能は異なり、なかには波形収録機能を有さない機器を採用した県もあっ

たようである。また、波形収録機能を有する観測装置を採用したところであっても、かならずしも強震波形記録の収集・保存が自発的に行われることはなかったものと思われる。

「震度情報ネットワークシステム」を整備するにあたり、当時、気象庁の震度計は全国約600箇所にあり、そのうち約200箇所は市町村庁舎の敷地内にあった。また、防災科学技術研究所のK-NET観測点約1,000地点のうち、約500地点は市町村庁舎の敷地内にあった。これらの市町村については、気象庁震度計あるいはK-NET強震計から信号を分岐し、観測値を取得できるように措置された。そして、残りの約2,600市町村については、新たに計測震度計が設置された。これら「震度情報ネットワークシステム」の当初の整備状況については、文献²⁾が詳しい。

「震度情報ネットワークシステム」の整備により新たに設置された震度計で観測された震度は、当初は公表される仕組みにはなっていなかったが、都道府県から気象庁に提供された震度情報のうち、気象庁の品質管理で適正と判断されたものについては、気象庁から公表されることとなり、1997年11月から段階的に公表が開始され、2003年3月には全都道府県の震度データが公表されるようになった。

観測装置の更新

自治体震度計は、当初の整備から10年以上が経過したことなどから、2009年度補正予算による補助金(このときは全額国費)により、2009年度からおおむね2010年度にかけて機器の更新が行われた。補助金の交付対象となったのは都道府県であったが、このときは、交付を受ける要件として、震度計等は次のようなものでなければならないとされた。

- (1) 震度計は、気象庁検定に合格している計測震度計であり、原則、「次世代震度情報ネットワークのあり方検討会最終報告書」³⁾に示されている「計測震度計が最低限満たすべき仕様」を満足すること。
- (2) 震度計の配置は、「震度に関する検討会報告書」⁴⁾に示されている「地方公共団体が設置する震度計の具体的な配置基準及びその考え方」に準拠すること。
- (3) 震度計の設置環境は、「震度に関する検討会報告書」⁴⁾に示されている「震度計設置環境基準」に準拠すること。

(1) の「計測震度計が最低限満たすべき仕様」は表のとおりである。この補助金により機器の更新を行った都道府県（一部、この補助金の交付を受けなかった都道府県もあるようである）では、現在、最低限この仕様を満たした震度計が配置されているものと考えられる。

(2) の「配置基準」の内容は、震度観測点は、平成の大合併前の市区町村ごとに、少なくとも1箇所は整備すること、設置場所については、基本的には、発災時に被害が大きくなる可能性の高い人口集中地区を中心に設置するとともに、併せて、設置環境についても、設置地域の代表的な震度が適切に測られるよう十分配慮すること、などである。なお、この「配置基準」には、自治体の震度計が、気象庁または防災科学技術研究所が設置している震度計と近接している場合には、自治体の震度計を整理し、気象庁または防災科学技術研究所の震度計から震度情報を入手してもよいということも示されている。

(3) の「震度計設置環境基準」の内容は、今後新設する震度観測点については、平坦な地形で周囲に崖、段差がみられない場所に設置すること、設置場所の地盤は自然地形または切り土であること、などである。なお、自治体震度計の設置環境については、2004年2月から、消防庁と気象庁が合同で全国的な調査を行い、その結果、196の震度計設置点が、設置環境改善の検討の要ありと判定される⁵⁾

など、問題となったことがある。

自治体震度計の分布と強震波形記録の利活用（流通）

図は気象庁 HP に掲載（2021年2月5日時点）されている震度観測点の分布図で、「地方公共団体」とあるのが、自治体が独自に設置した震度計である。その数、2,915地点である。気象庁（668地点）及び防災科学技術研究所（791地点）が設置している震度観測点と合わせると、全国には合計4,374地点の震度観測点があり、そのうちの約2/3を自治体が独自に設置した震度計が占めている。

前述のとおり、自治体震度計のそもそもの目的は震度を観測することではあるが、整備当初から設置されていた震度計の多くは、強震波形記録保存機能を備えていた。一方、1997年に地震調査研究推進本部が策定した「地震に関する基盤的調査観測計画」では、地震に関する基盤的調査観測等の結果については、国、地方公共団体、一般国民、研究者等の活動に貢献していくため、公開することを原則とし、円滑な流通を図るよう努めることとされていた。この一環として、自治体震度計の強震波形記録についても、その流通を推進する方策が地震調査研究推進本部において検討され、その結果、2002年から、消防庁と気象庁が次のように連携して強震波形記録の収集及び提供を行うこととなった。すなわち、①強震波形記録の収集対象とする地震

表 計測震度計が最低限満たすべき仕様

センサー形式	サーボ型加速度計
測定成分	水平2, 鉛直1
センサー分解能	10 mgal
サンプリング周波数	100 Hz
測定範囲	±3,000 gal
分解能	24 bit
実効分解能	20 bit
算出データ	震度階級, 計測震度, 最大加速度・最大速度 (3成分毎), SI値など
震度データ形式	気象庁フォーマット
表示機能	震度階級, 計測震度, 地震検出時刻
時刻同期	GPSによる時刻同期が望ましい。その他の手段により時刻同期を行う場合でも、10 msecの精度を担保すること。
時刻同期の確認	時刻同期の頻度及び精度を保存するようにすることが望ましい
波形データ形式	WIN32に準ずる
波形データ収録容量	256 MB
停電時対応	内部バッテリーにより最低限1時間以上の動作
外部出力	シリアル接続 (RS232C) 及びイーサネット接続

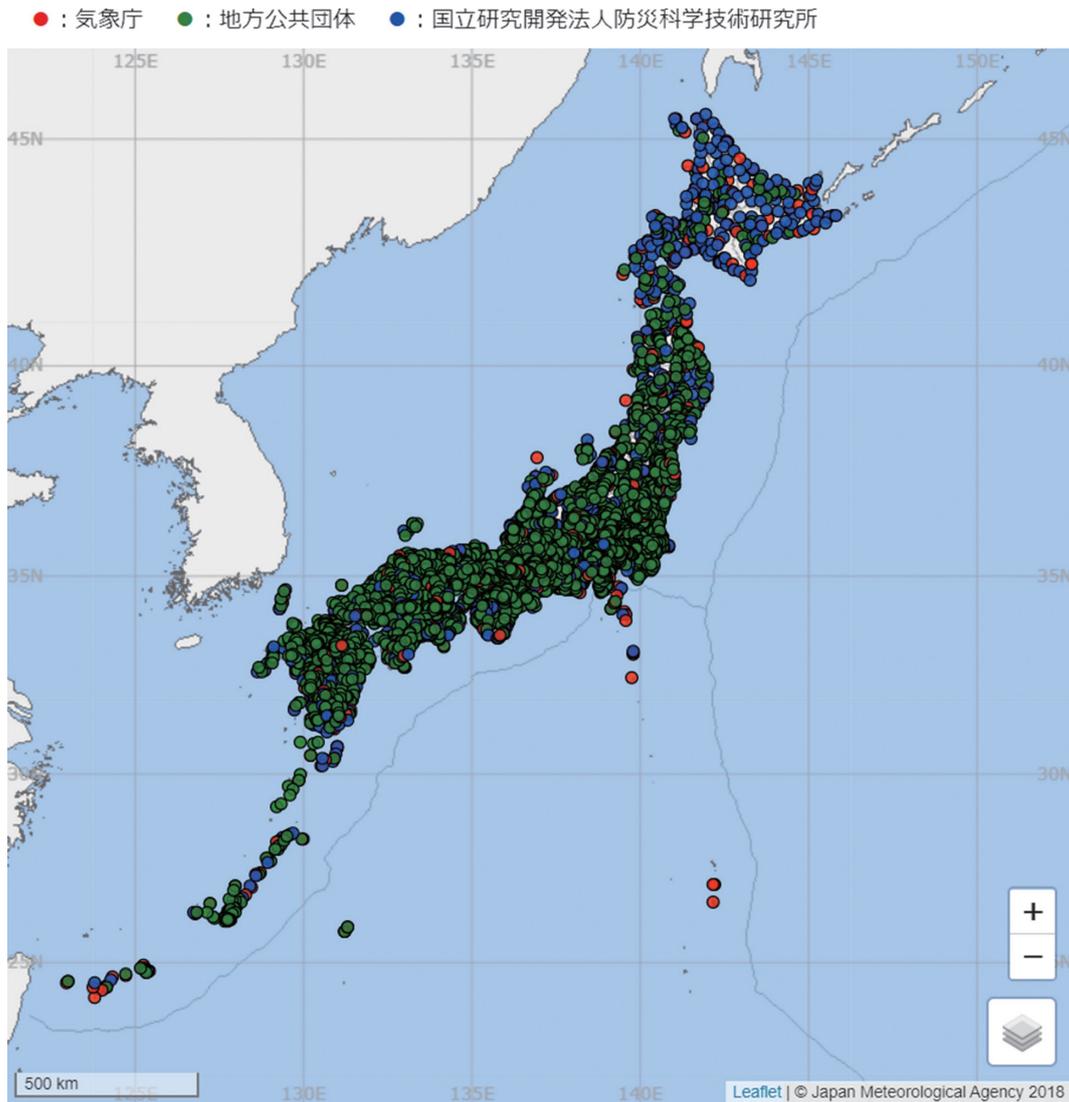


図 震度観測点 (気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/intens-st/index.html> より引用。カラー図面はこちらを参照。)

は、おおむね最大震度5強以上を観測した地震とし、強震波形記録を収集する観測地点は、おおむね震度5弱以上を記録した観測点とする、②消防庁は、気象庁からの要請を受け、関係都道府県に対して、気象庁が行う強震波形記録の収集に協力するよう依頼し、都道府県の協力が得られる場合は、気象庁は、都道府県に対して強震波形記録の提供を依頼し、記録収集及び研究者等に対する提供の窓口となる、③気象庁は、原則として、気象庁と共同して地震学・地震工学等の調査研究を行う者に対して、収集した強震波形記録を提供する、というものである。このようにして収集された強震波形記録は、(一社)気象業務支援センターが頒布している「強震波形データ(95型)」(ディスク媒体)に収録されているほか、一部は気象庁のHPでも提供されている。これらの記録を使用して調査・研究する場合の注意事項(条件)は、ディスク媒体に収録されているファイ

ルや気象庁のHPに書かれている。

自治体震度計の強震波形記録については、本連載第10回で紹介されている「首都圏強震動総合ネットワーク SK-net」⁶⁾などのように、大学が自治体からの協力を得てデータを収集し、研究への利活用を図るという取り組みも行われている。

おわりに

1995年以降、わが国では、計測震度計で震度7の揺れが6回観測されている。それらは、2004年新潟県中越地震(Mj6.8)の際の新潟県川口町川口(計測震度6.5)、2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の際の宮城県栗原市築館(6.6)、2016年4月14日の熊本地震(Mj6.5)の際の熊本県益城町宮園(6.6)、その2日後4月16日の熊本地震(Mj7.3)の際の熊本県益城町宮園(6.7)及び西原

村小森 (6.6), 2018 年北海道胆振東部地震 (Mj6.7) の際の北海道厚真町鹿沼 (6.5) である。これらのうち、厚真町鹿沼の震度は気象庁設置の震度計、栗原市築館の震度は K-NET 築館観測点 (MYG004) の強震計 (この観測点では信号を分岐して自治体に震度情報を提供し、気象庁を通じて震度が発表されている) により観測されたものであり、残りの 4 回が自治体が独自に設置した震度計によるものである。これが示すように、自治体震度計は、地震発生時の迅速かつ確かな初動応急体制の確立に不可欠な存在になっているとともに、強震動研究の進展に実に大きく寄与している。自治体震度計は、前回の全国規模の更新から 10 年が経過した。この観測体制を今後も安定的に維持継続しつつ、さらに、機能強化、高度化を図っていくことが、地震災害から国民の生命を守る上で緊要であることは論を俟たない。

謝辞

気象庁のホームページより図を引用しました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 気象庁, 2009, 震度の活用と震度階級の変遷等に関する参考資料, [https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/](https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/shindo-kentokai/hensen.pdf)
- 2) 長尾一郎, 1998, 震度情報ネットワークシステムの整備, 日本地震学会ニュースレター, Vol. 10, No. 3, pp. 24-25, <https://www.zisin.jp/kyosindo/saisin/saisin05.html>
- 3) 総務省消防庁・次世代震度情報ネットワークのあり方検討会, 2006, 次世代震度情報ネットワークのあり方検討会最終報告書, <https://www.fdma.go.jp/press-release/houdou/items/h18/180414-3/180414-3houkoku.pdf>
- 4) 国土交通省気象庁・総務省消防庁, 2009, 震度に関する検討会報告書, <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/shindo-kentokai/kentokai-houkoku/report.pdf>
- 5) 消防庁・気象庁, 2004, 報道発表資料「自治体が設置した震度計の設置環境調査結果について」, <https://www.jma.go.jp/jma/press/0412/22b/shindokey.pdf>
- 6) 三宅弘恵・上原美貴・鶴岡 弘・鷹野 澄・瀬戸 一, 2020, 首都圏強震動総合ネットワーク SK-net, 地震 (ニュースレター部), Vol. 73, No. NL3, pp. 13-15, https://www.zisin.jp/kyosindo/shin_kansoku/shin_kansoku09_10.pdf

(第 16 回) 首都圏地震観測網 MeSO-net

防災科学技術研究所 木村武志

はじめに

首都圏地震観測網 MeSO-net (Metropolitan Seismic Observation network) は、文部科学省からの委託研究「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」(2007~2011 年度)において、東京大学地震研究所 (東大地震研)、神奈川県温泉地学研究所および防災科学技術研究所(防災科研)により構築された。その後、2012~2016 年度は同じく委託研究「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト」, 2017 年度からは文部科学省からの補助金事業「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」の一環として運用され、2017 年度以降は、データセンター機能を東大地震研から防災科研に移して運用が続けられている。

MeSO-net は日本の首都圏下に沈み込むプレート構造を推定するとともに、大地震の震源域の地震学的構造を明らかにすることを主な目的として構築された。約 300 からなる観測点の多くは学校や公園に設けられ、5 本の直線状に

約 2~3 km 間隔で配置された観測点と半径約 80 km の領域内に約 4~10 km 間隔で面的に配置された観測点から構成される (図 1)。海域である東京湾内にも、第二海堡、海はたる、および風の塔の 3 観測点が配置されている。日本全国に展開する防災科研 MOWLAS の観測点間隔は約 20 km 間隔であり、MeSO-net は、首都圏という限られた領域ではあるが MOWLAS よりも稠密に展開された観測網と言える。

観測装置

都市域における人工ノイズを低減し高品質のデータを取得するために、MeSO-net のほとんどの観測点では深さ 20 m の観測井が設けられ、その底部に 3 成分の加速度計が設置されている。水平方向のセンサ設置方位は、遠地地震による MeSO-net 観測点の観測波形と周辺の Hi-net や F-net 観測点の観測波形との相互相関解析から確認を行っている。センサには日本航空電子社製 JA-40GA を用いて

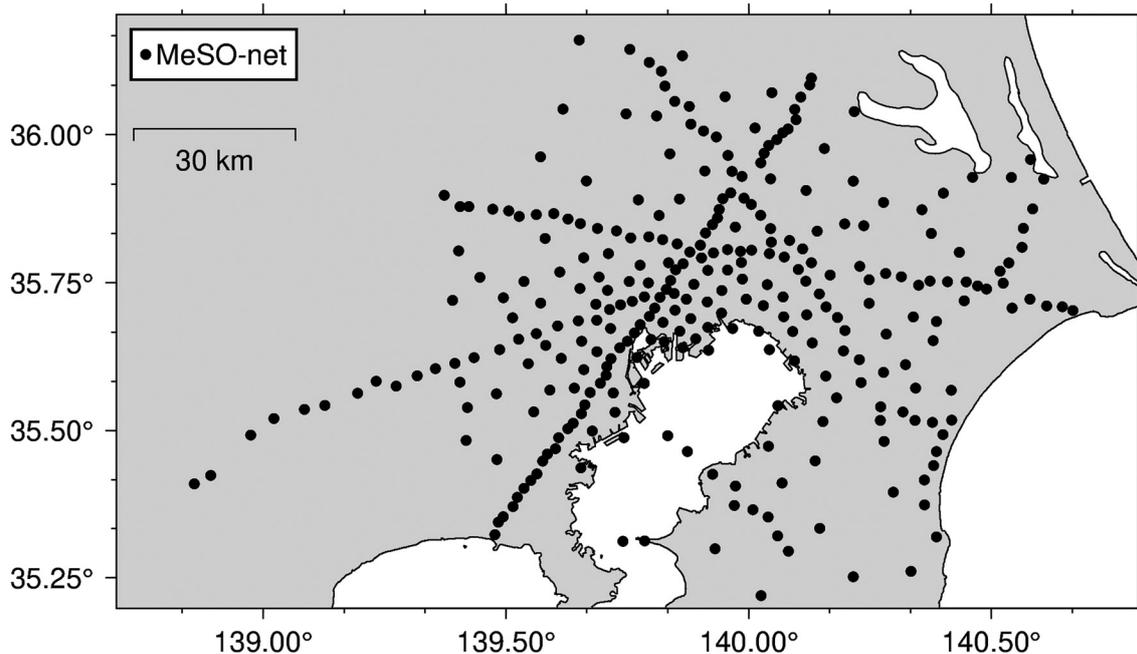


図 1 MeSO-net の観測点分布 (2021 年 1 月 1 日現在)

おり、計測可能範囲は水平成分が $\pm 1,500 \text{ cm/s}^2$ 、上下成分が $\pm 500 \text{ cm/s}^2$ である。観測データは、温度変化の小さい地中において 200 Hz サンプリングで AD 変換された後、地上の観測制御装置で WIN フォーマットに変換され、UDP 方式でデータセンターに伝送される。観測データの時刻は、GPS による時刻校正により 1 ミリ秒以下の精度が保たれている。

地上にはルータなどのテレメータ装置に加えて、通信障害などに備えて約 2 週間分のデータを蓄積可能なストレージを持つ観測制御装置や、停電時でも約 50 時間は観測を継続可能なバックアップ電源を持つ電源制御装置が設置されている。また、無人島である第二海堡観測点では、太陽電池パネルにより観測に必要な電力を確保している。

データ収集と公開

各観測点からは IP-VPN 網を介して連続データがリアルタイムでデータセンターに伝送されている。ほとんどの観測点では ISDN 回線を利用し、データセンター側の通信回線はベストエフォート型の光回線（帯域：1 Gbps）を利用している。有線の通信回線を引くことが困難であった一部の観測点では携帯電話回線を利用している他、携帯電話回線の利用も困難であった第二海堡観測点では、無線 LAN により対岸の富津公園観測点にデータ伝送しそこから ISDN 回線によりデータを伝送している。

各観測点からのデータ送信においては、通信回線の状態やセンター側の受信装置の負荷状態などを考慮しデータ伝送速度を制御する、自律協調型データ伝送機能を採用して

いる。さらに通信障害時に備えて、各観測点の観測制御装置に約 2 週間分のデータを保持可能としており、安定したデータ収集を可能にしている。

収集した地震波形データは、防災科研が運用する Hi-net や F-net などの他の観測網の連続観測データと同様に WIN32 フォーマットで蓄積されている。2018 年 10 月には MeSO-net に関する WEB ページを防災科研から公開した (<https://www.mesonet.bosai.go.jp/mrportal/top>)。この WEB ページには地震波形データのダウンロードページへのリンクも含まれており、Hi-net などと同じデータ公開 WEB (<https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/download/cont/>) で MeSO-net の観測データも公開している。現時点 (2021 年 1 月) では、防災科研が運用を開始した 2017 年 4 月以降のデータのみをこのページから公開しているが、それ以前のデータについても同様に公開するべく準備を進めている。公開データは、MOWLAS と同様に事前にユーザー登録ページ (<https://hinetwww11.bosai.go.jp/nied/registration/>) から登録していただければ、認証の上どなたでも利用可能である。

顕著な記録の例

MeSO-net は首都圏という限られた地域に配置された約 300 観測点からなる稠密な観測網であるため、大地震や台風等に伴い首都圏で停電や通信障害が発生すると大きく影響を受けることになる。一方で、全観測点にバックアップ電源が設けられるとともに、自律協調型データ送信方式が採用されていることなどにより、限られた人員でできるだ

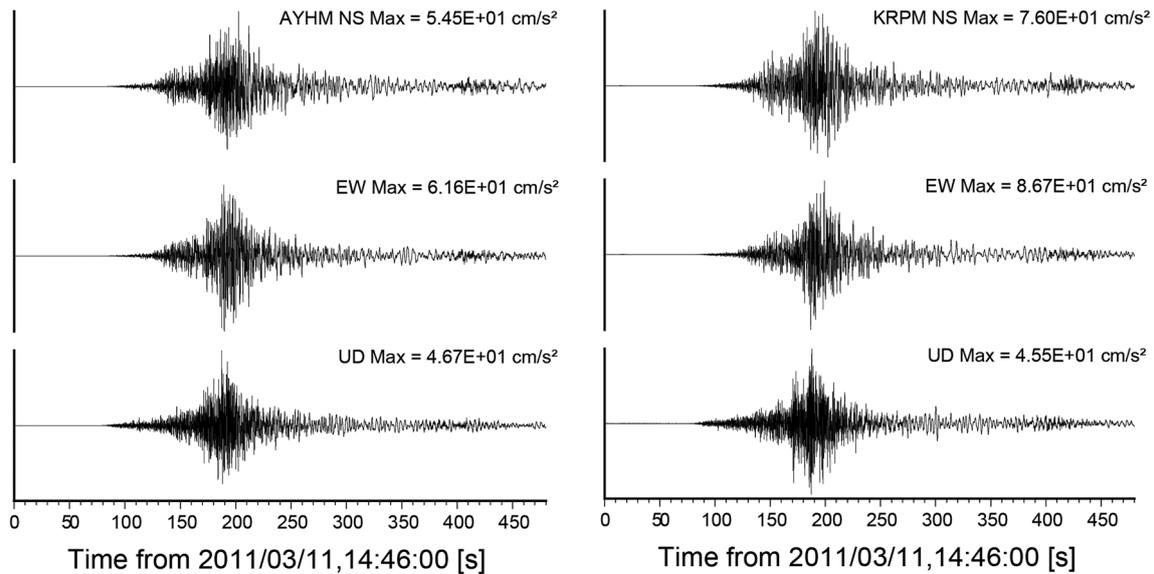


図 2 2011 年東北地方太平洋沖地震時の AYHM と KRPM 観測点での 3 成分加速度記録。
上から南北成分，東西成分，上下成分である。

け安定的にデータが収集できるようになっている。図 2 は 2011 年東北地方太平洋沖地震時の AYHM 観測点（東京都渋谷区）と KRPM 観測点（東京都江戸川区）の加速度波形データである。この地震の際には首都圏の多くの地点で停電や回線断が発生したが、1 観測点で観測制御装置の障害により 14 時 48 分台から欠測になったことを除き、全ての観測点で欠測無く 3 月 11 日一日分の地震記録を収集できており、都心部での稠密な観測データを得ることができた。

おわりに

首都圏地震観測網 MeSO-net の概要について紹介した。MeSO-net は日本の首都圏に稠密に展開された観測網として、運用を担ってきた各プロジェクト研究をはじめとして様々な研究開発に観測データが利用されてきた。特に WEB によるデータ公開以降、その活用の幅は着実に拡大してきた。一方で、構築開始から既に 15 年近くが経過し、観測機器の老朽化などの運用上の課題が生じている。機器の更新など観測網の今後の在り方について検討する必要があるが、引き続き、様々な目的に MeSO-net のデータが活用されれば幸いである。

参考文献

- 1) 加納将行・長尾大道・酒井慎一・中川茂樹・水迫覚信・堀 宗朗・平田 直・汐見勝彦・本多 亮, 2015, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) 地震計の設置方位の検証, 地震 2, **68**, 31-44. <https://doi.org/10.4294/zisin.68.31>
- 2) 笠原敬司・酒井慎一・森田裕一・平田 直・鶴岡 弘・中川茂樹・楠城一嘉・小原一成, 2009, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) の展開, 地震研究所彙報, **84**, 71-88.
- 3) 酒井慎一・平田 直, 2009, 首都圏地震観測網の設置計画, 地震研究所彙報, **84**, 57-69.
- 4) 森田裕一・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田 直・鏡 弘道・加藤拓弥・佐藤峰司, 2009, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) のデータ伝送方式について—自律協調型データ送信手順 (ACT protocol) の開発—, 地震研究所彙報, **84**, 89-105.
- 5) 坂上 実・平田 直・瀨瀬一起, 2009, 首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける東京湾第二海堡での地震観測点の設営について, 地震研究所技術研究報告, **15**, 1-19. <https://doi.org/10.15083/00032166>
- 6) 汐見勝彦・佐々木俊二・酒井慎一・笠原敬司・関根秀太郎・中川茂樹・小原一成・平田 直・棚田俊收, 2009, 地震動の長周期成分を用いた首都圏地震観測網 (MeSO-net) の設置方位推定, 地震研究所彙報, **84**, 115-125.