

シリーズ「新・強震観測の最新情報」

(第9回) 横浜市高密度強震計ネットワーク

横浜市立大学 吉本和生

はじめに

横浜市高密度強震計ネットワークは、横浜市によって約440 km²の市域内に設置・運用されている強震観測網である。この強震計ネットワークは、1995年1月の兵庫県南部地震による横浜市の地震防災対策の見直しを受けて設置され、1997年5月に同市のリアルタイム地震防災システム（通称READY: REal-time Assessment of earthquake Disaster in Yokohama system）の一部として稼働し始めた。発足当時の観測点数は150であったが、強震観測システムの老朽化によるシステム更新を機に、2012年11月以降は、横浜市の各区内の観測点数を2~3に集約して、図1に示す市内の42地点で強震観測を継続している。高密度強震計ネットワークで収録された強震データは、リアルタイム地震防災の目的以外にも、学校教育や地震防災関連の啓発活動、地震学や地震工学における地震波伝播特性や地盤増幅特性等の調査研究などに活用されている。

強震観測システム

横浜市高密度強震計ネットワークの強震計は、市域内にほぼ均一に分布するように、市内の土木事務所や消防関連施設などに設置されている。これらの強震計は、原則的に地上のコンクリート台座に固定されている。

1997年5月に設置された震度計は、計測部にサーボ型加速度計のJEP-4A3（アカシ製）が採用された。専用に開発された強震観測システム（近計システム製）の、計測震度計の処理部EAT-5500の仕様は、測定要素3成分、ダイナミックレンジ108 dB以上、サンプリング周波数200 Hz、最大計測レンジ±1960 gal、GPS時刻修正方式であった。計測はトリガー方式であり、各観測点で震度1程度以上の地震動によってトリガーが作動し、ICカードに加速度波形が記録され、計測震度、最大振幅、継続時間、応答スペクトルなどが求められた。これらの情報は、ISDNを使用して3つのセンター局（横浜市役所、横浜市消防本部、横浜市立大学）に同時に送信された。気象庁配信点については、通信のバックアップ回線として衛星回線も使用された。

2012年11月に、老朽化したそれまでのシステムは更新され、気象庁配信点を42観測点として、計測震度計の計測部はJEP-4A3からKSS-3（近計システム製）に、処理

部はEAT-5500からSDP-1000（近計システム製）に置き換えられた。SDP-1000の仕様は、測定要素3成分、A/D変換24 bit（実効分解能20 bit以上）、サンプリング周波数100 Hz、最大計測レンジ±3000 gal、GPS時刻修正方式である。計測方式と演算項目（計測震度など）は、更新前のシステムと同様である。観測情報は、FOMA・光回線と衛星回線によって横浜市役所と横浜メディアタワー（災害対策本部支援施設）に送信した後、光回線等で横浜市消防本部と横浜市立大学に転送する方式に変更された。このうち、FOMAによる通信は、2020年6月の市庁舎の移転を機に、4G回線による通信に切り替えられた。

顕著な記録の例

横浜市とその周辺の地下では、フィリピン海スラブと太平洋スラブの沈み込みに伴って、日常的に数多くの地震が発生している。横浜市高密度強震計ネットワークでは、その名の示すとおり、これらの地震の波形データを市域内で稠密に収録している。一般的に、同ネットワークで収録された地震波形の顔つきは、市域内の複雑な地盤構造の影響によって、近接する観測点の間でも大きく異なることが多

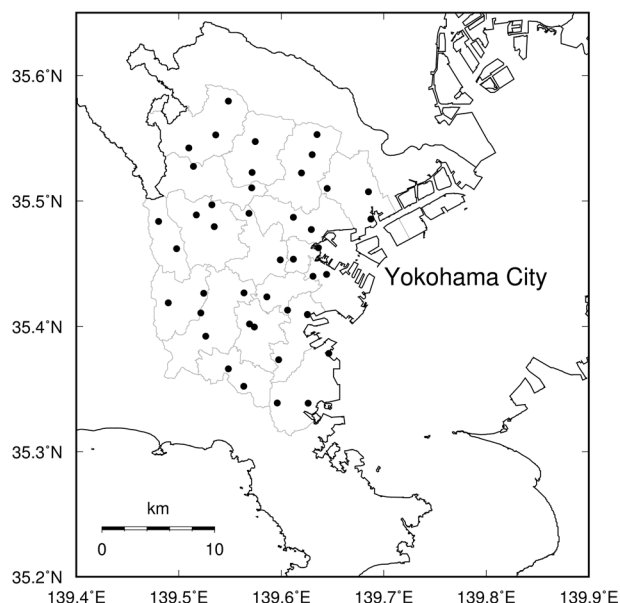


図1 横浜市高密度強震計ネットワークの観測点分布（2020年4月1日現在）

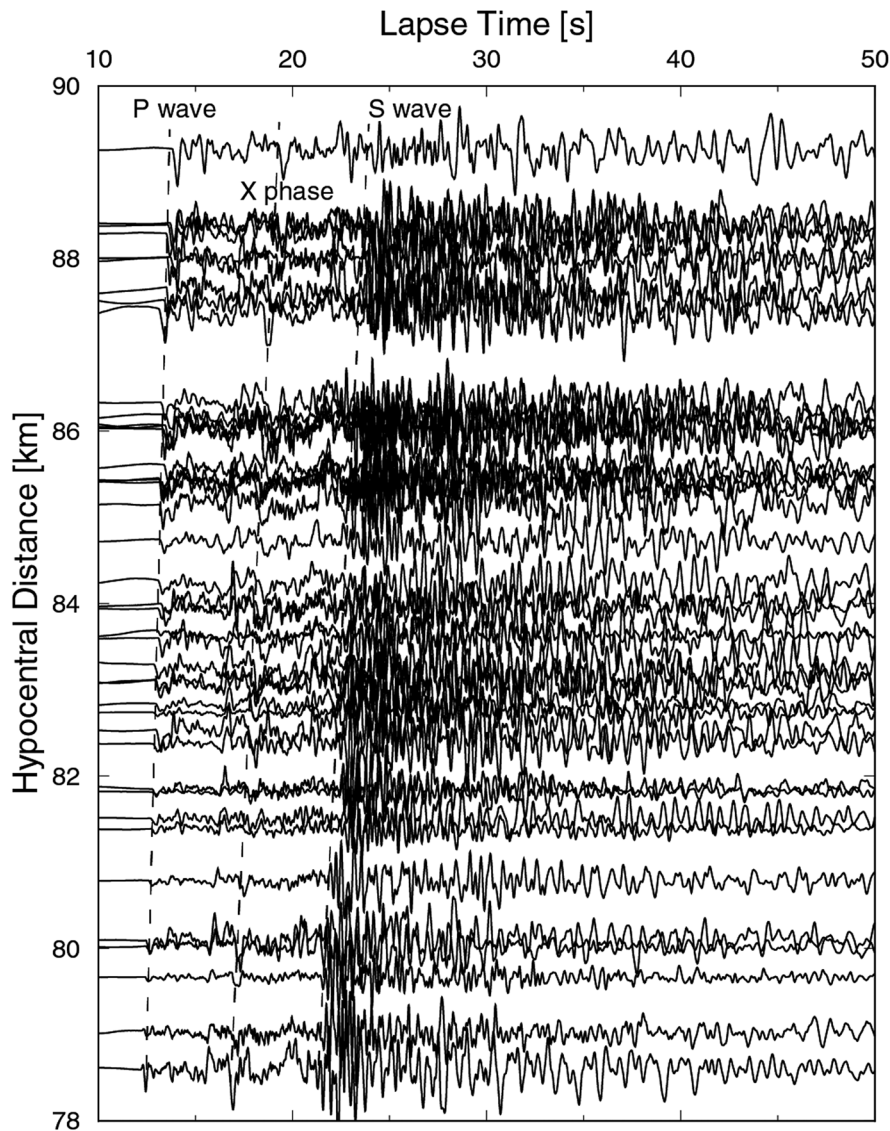


図2 2018年1月6日0時54分に東京湾北部で発生した地震（深さ71km，マグニチュード4.7）の上下動変位波形（加速度波形を2回積分）．振幅は最大振幅で規格化．

い．しかしながら，注意深く見れば，そのような地震波形にも興味深い特徴が見られる．図2は，東京湾北部の深さ71kmで発生した地震（2018年1月6日0時54分，マグニチュード4.7）の上下動変位波形のレコードセクションである．ほぼ鉛直下方から到来するP波のコーダ波群の中に，東京湾直下のスラブ構造に起因して発生したと考えられる大振幅の波相（図中のX-phase）が確認できる．

データ公開

横浜市では，地震に関する研究や防災対策の推進を目的として，横浜市高密度強震計ネットワークで収録された地震波形データを提供している（<https://www.city.yokohama.lg.jp/kurashi/bousai-kyukyu-bohan/bousai-saigai/bosai/jishinjoho/eq.html>）．地震波形データを使用する場合は，

利用規約に同意の上，データ利用申請を提出すればよい．地震波形データは，FTPによって，横浜市立大学のサーバーからK-NET ASCII形式でダウンロードできる．

おわりに

本稿では，横浜市高密度強震計ネットワークの概要について紹介した．同強震計ネットワークは，設置からこれまで20年以上安定して運用され，横浜市のリアルタイム地震防災において根幹的な役割を果たしてきた．また，収録された地震波形データは，地震学や地震工学の調査研究に利用され，地盤増幅特性の評価や長周期地震動の発生過程の解明などに役立てられてきた．今後とも，多くの方々に同強震計ネットワークの地震波形データをご使用いただければ幸いである．

最後に、本稿執筆にあたり多大なご支援をいただいた横浜市総務局危機管理室に、記して感謝する。

参考文献

- 1) 石原 靖, 1999, 横浜市高密度強震計ネットワーク, 日本地震学会ニュースレター, **11** (1), 17-19.
- 2) 石垣祐三, 2011, 周期帯域別にみた横浜市内の地震動の特徴について, 験震時報, **74**, 1-15.
- 3) 菊地正幸, 2003, リアルタイム地震学, 東京大学出版会, 222pp.
- 4) Koketsu, K. and M. Kikuchi, 2000, Propagation of seismic ground motion in the Kanto basin, Japan, Science, **288**, 1237-1239, <https://doi.org/10.1126/science.288.5469.1237>.
- 5) 翠川三郎・駒澤真人・三浦弘之, 2008, 横浜市高密度強震計ネットワークの記録に基づく地盤増幅度と地盤の平均 S 波速度との関係, 日本地震工学会論文集, **8** (3), 19-30, https://doi.org/10.5610/jaee.8.3_19.
- 6) 三浦弘之・翠川三郎, 2001, 3次元深部地下構造がやや長周期地震動の特性に及ぼす影響—横浜市とその周辺地域における検討—, 地震 **2**, **54**, 381-395, https://doi.org/10.4294/zisin1948.54.3_381.
- 7) 高秀秀信・阿部 進・中島徹也・乾 晋, 2002, 高密度強震計ネットワークを利用した深部地下構造調査, 日本地震工学会論文集, **2** (2), 23-40, https://doi.org/10.5610/jaee.2.2_23.
- 8) Tsuboi, S., M. Saito, and Y. Ishihara, 2001, Verification of horizontal-to-vertical spectral-ratio technique for estimation of site response using borehole seismographs, Bull. Seismol. Soc. Am., **91**, 499-510, <https://doi.org/10.1785/0120000239>.
- 9) Tsuda, K., R. J. Archuleta, and K. Koketsu, 2006, Quantifying the spatial distribution of site response by use of the Yokohama high-density strong-motion network, Bull. Seismol. Soc. Am., **96**, 926-942, <https://doi.org/10.1785/0120040212>.

(第 10 回) 首都圏強震動総合ネットワーク SK-net

東京大学 三宅弘恵・上原美貴・鶴岡 弘・鷹野 澄・額額一起

はじめに

1995 年阪神・淡路大震災以降, 地方自治体等によって多くの震度計や強震計が設置された。これらの主目的は, 防災の要となる震度情報を即時に提供し, 被害把握に役立てることであった。大都市圏強震動総合観測ネットワーク¹⁾の一環として展開された首都圏強震動総合ネットワーク (Seismic Kanto strong motion network in metropolitan area: SK-net)^{2),3)} は, これらの強震波形データを広域・高密度に収集・蓄積し, 首都圏の地下構造モデルや強震動シミュレーションの高精度化などの研究^{例えば 4),5)} の推進と, 強震動予測研究や地震防災研究を目的として, 首都圏の自治体等の協力を得て東京大学地震研究所が運営しているデータアーカイブ型のプラットフォームである。現在, 東京都・東京消防庁・神奈川県・横浜市・埼玉県・千葉県・山梨県・群馬県・栃木県・茨城県・長野県・静岡県に加えて東京大学地震研究所から構成される 10 都県 13 観測網, 合計約 1,000 弱の観測点のデータを収集し公開している (図 1)。

SK-net のデータ収集システム

SK-net のデータ収集の詳細は, 鷹野・上原³⁾ および図 2 を参照されたい。データ収集の自動化方法は主に三種類あ

り, 自治体等の波形収集装置から送られるデータを東京大学地震研究所の SK-net 波形収集サーバで自動受信する方式 (A1: 東京都・神奈川県・東大地震研の基盤観測点), SK-net 波形収集サーバから自治体等の波形収集装置のデータを自動取得する方式 (A2: 横浜市・群馬県・茨城県・東大地震研の強震観測点), さらに, SK-net 波形収集サーバから各観測網用の波形収集装置を経由して各観測点にダイアルアップし自動収集する方式 (A3: 山梨県・栃木県・長野県) がある。いずれも既存の震度情報収集に影響を及ぼさないようにデータ収集の負荷やタイミング等が調整されている。自動化以外の収集方法は, B1 (一括: 東京消防庁・静岡県), B2 (年一括: 埼玉県), C1 (CD-ROM 等: 千葉県) となっている。

このように, データ収集方式は, 自治体等のセキュリティポリシーに沿ってオンラインとオフラインが混在している。SK-net 構築当時に開発されたデータ収集方式は, 2009 年から 2011 年頃に実施された震度計更新に伴い, 自治体等のバックアップ回線である電話回線を利用するなど一部変更しつつ今に至っている。今後の震度計更新に伴い, ダイアルアップ主体のデータ収集システムも進化することが望まれている。

首都圏強震動総合ネットワーク観測点分布

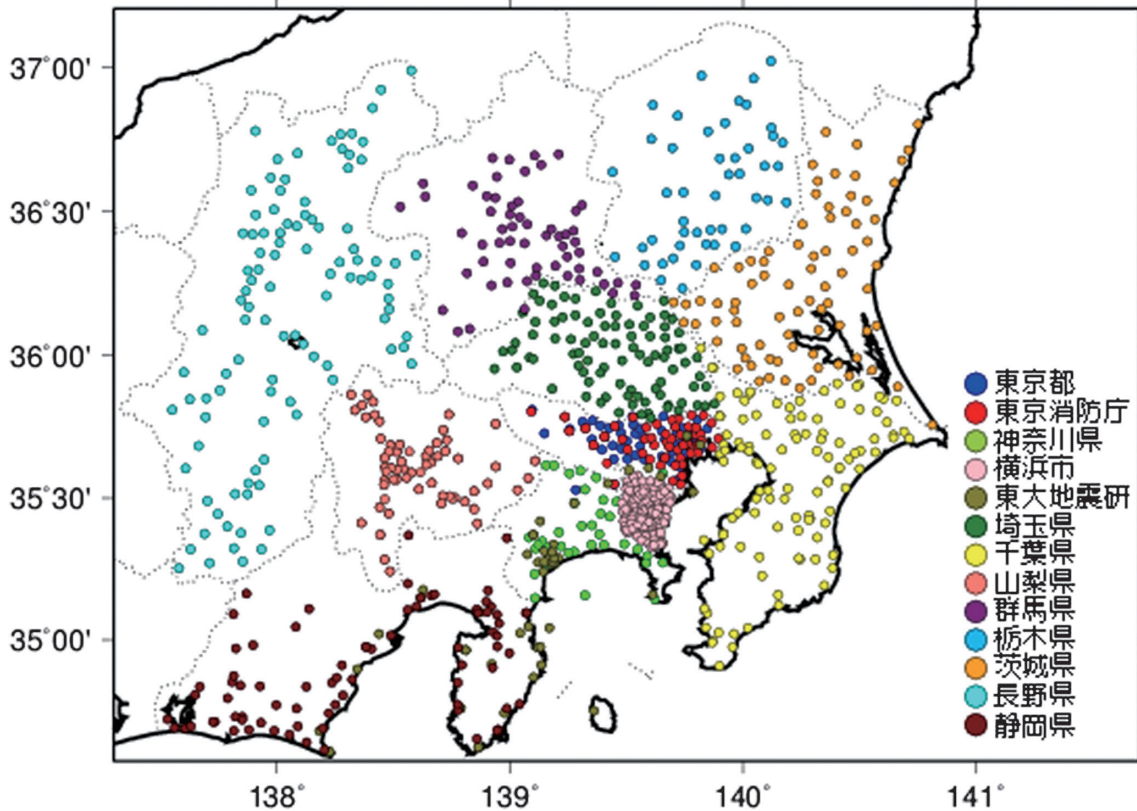


図 1 首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) の観測点分布 (カラー図面は <http://www.sknet.eri.u-tokyo.ac.jp/> を参照)

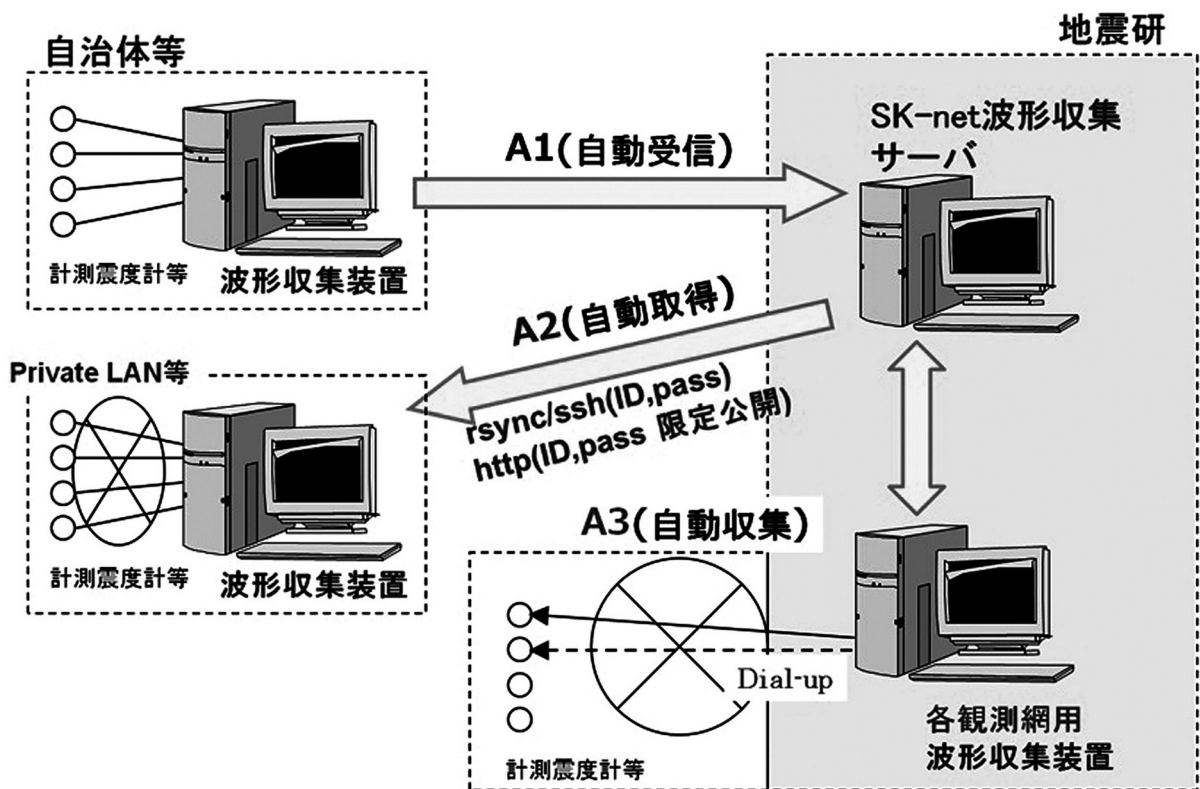
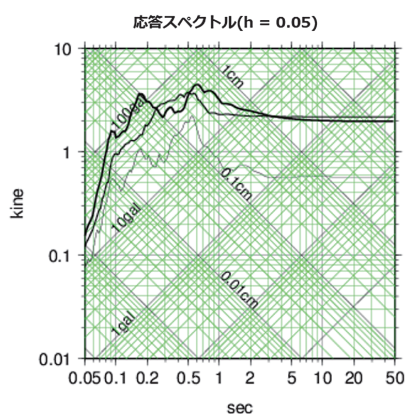


図 2 SK-net のデータ収集システムの自動化方法 (鷹野・上原, 2014)

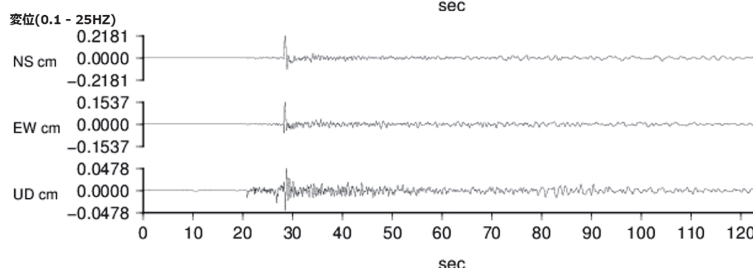
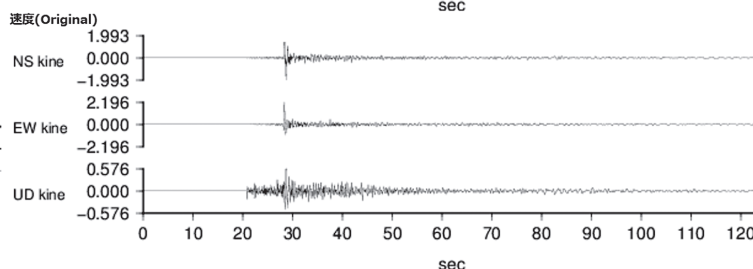
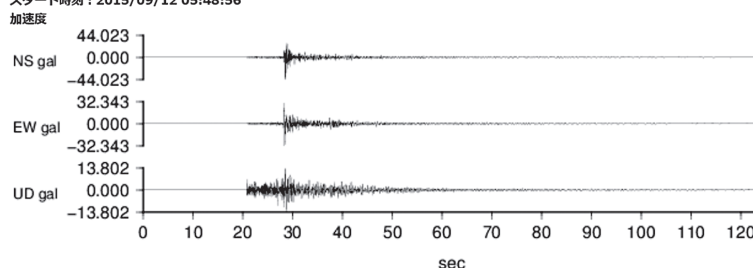
地震名：2015/09/12 05:49:7 TOKYO BAY REGION (35.555N 139.829E 56.6km) Mj 5.2D

観測点：EKO.KERV(東京都 文京区) データ提供：東大地震研

波形数値データ(最大値)					
	N-S	E-W	U-D	水平	3成分
加速度(gal)	44.02	32.34	13.80	45.68	45.90
速度(kine)	1.99	2.20	0.58	2.51	2.52
変位(cm)	0.218	0.154	0.048	0.267	0.268
SI値	2.28	2.06	0.69	2.56	



スタート時刻：2015/09/12 05:48:56



Seismic Kanto Project, ERI, Univ. Tokyo

図 3 SK-net で収集された記録の例 (2015 年 9 月 12 日東京湾の地震の東大地震研リアルタイム強震観測点の加速度波形 (gal = cm/s/s)・速度波形 (kine = cm/s)・変位波形と 5% 減衰速度応答スペクトル)

データ公開

SK-net では <http://www.sknet.eri.u-tokyo.ac.jp/> において、1999 年以降の収集データを公開しているが、データ提供機関の提供時期が異なるため、収録期間は機関毎に異なっている。収集した記録例 (図 3) が示すように、一定の閾値を超えた地震を対象に、データの加速度波形・速度波形・変位波形・応答スペクトル等を表示している。データ利用申請の資格は、自治体等のデータ提供機関との協定等に基づき「国、公、私立大学及び国、公立研究機関の教員・研究者又はこれに準じる者」となっており、年度毎の申請が必要である。なお、東京大学地震研究所の基盤観測点 (八王子・鋸山・筑波) および強震観測点⁶⁾ のうちリアルタイム観測点 (新尺里・御前崎・東大地震研 2・戸田・松崎・南伊豆・南足柄) の強震記録は、SK-net のページからのみダウンロード可能である。

参考文献

- 1) 額部 一, 2000, 大都市圏強震動総合観測ネットワークシステム, 日本地震学会ニュースレター 12 (2), 27-28.
- 2) 鷹野 澄・菊地正幸・山中佳子・額部 一・古村孝志・工藤一嘉・ト部 卓・武尾 実, 2002, 首都圏強震動総合ネットワークと Seismic Kanto プロジェクト, 震災予防, 184, 22-25.
- 3) 鷹野 澄・上原美貴, 2014, 首都圏強震動総合ネットワーク SK-net におけるデータ収集の現状, 東京大学地震研究所技術研究報告, 20, 1-10, <https://doi.org/10.15083/00032140>.
- 4) Koketsu, K, and M. Kikuchi, 2000, Propagation of seismic ground motion in the Kanto basin, Japan, Science, 288, 1237-1239, <https://doi.org/10.1126/science.288.5469.1237>.
- 5) Furumura, T., and T. Hayakawa, 2004, Anomalous propagation of long-period ground motions recorded in Tokyo during the 23 October 2004 M_w 6.6 Niitgataken Chuetsu, Japan, earthquake, Bull. Seismol. Soc. Am., 97, 863-880, <https://doi.org/10.1785/0120060166>.
- 6) 三宅弘恵・額部 一・古村孝志・宮川幸治・安藤美和子・八木健夫, 2020, 東京大学地震研究所の強震観測, 地震 (ニュースレター部), 73 (NL1), 10-13.