

# 新型コロナウイルス禍に東京で観察された 地震計ノイズレベルの低下

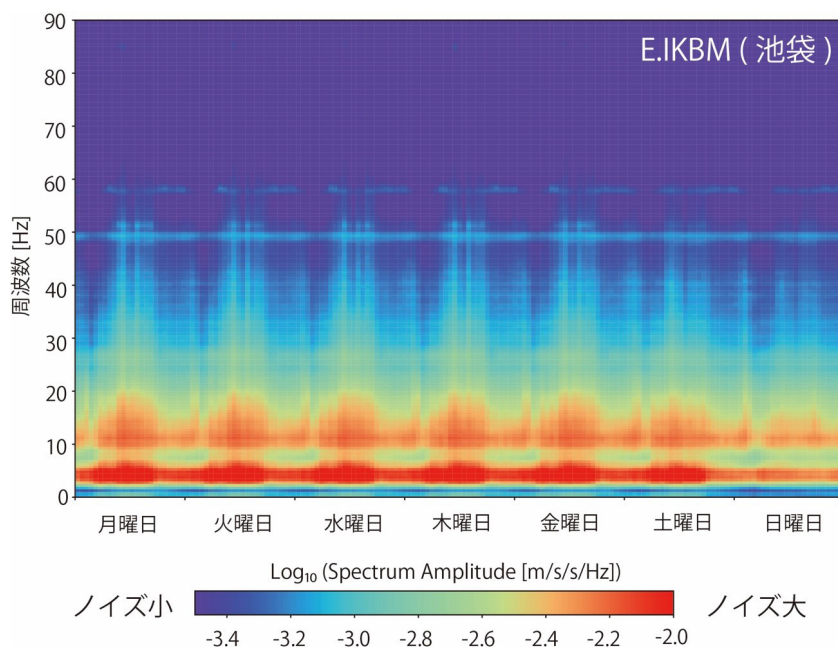
矢部 優<sup>1)</sup>・今西 和俊<sup>2)</sup>・西田 究<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

世界有数の地震国である日本では、地震観測網が陸域と海域の両方に展開されています。緊急地震速報のような防災・減災に資する仕組みも、スロー地震の発見 (Obara, 2002) のような世界に先駆けた研究成果も、世界に誇る日本の地震観測網によってもたらされました。この地震観測網は目的によって幾つかの種類があります。陸域の全国的な地震観測網では、小さな地震まで観測できる高感度地震観測網 (Hi-net)、強い地震動を観測できる強震観測網 (K-NET・KiK-net)、速い振動からゆっくりした振動まで広い周波数帯域にわたる観測ができる広帯域地震観測網 (F-net) などが挙げられます。世界中の研究者が、このような日本の観測データを用いて地震現象の研究に取り組んでいます。

地震計というと、地震による地面の振動を記録している

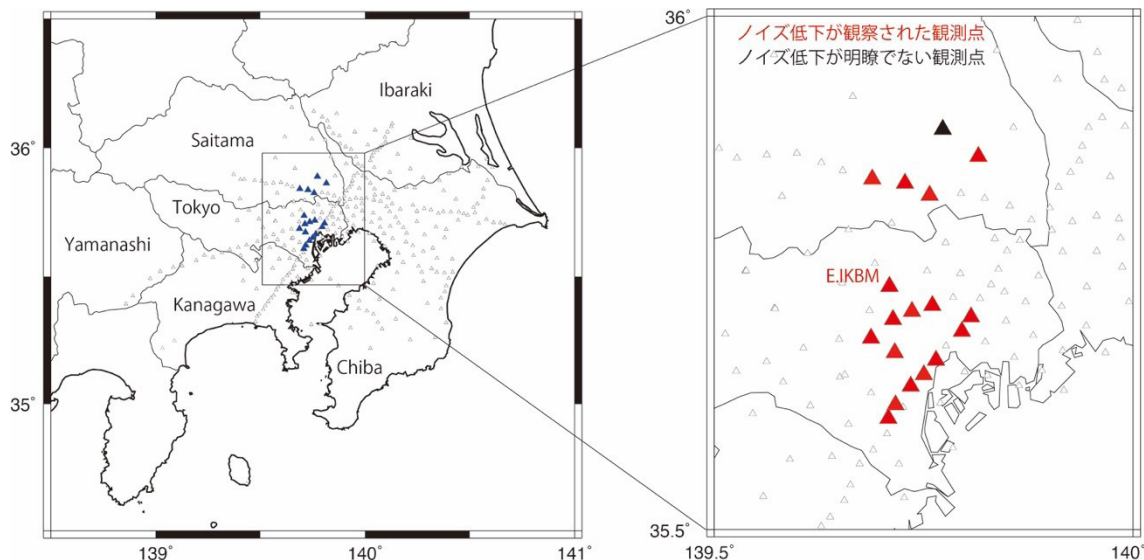
ように思われますが、地震計記録の中で地震のシグナルを捉えている時間はほんの一部にすぎません。残りの大部分の時間は地面の乱雑な揺れ (= ノイズ) を捉えています。ノイズと言っても、その揺れには意味があることがこれまでの研究で明らかになってきました。例えば、落石や土砂崩れのような地表での現象がノイズの中に隠れています (Yamada *et al.*, 2013)。また、気象現象によっても地面の振動が生み出されノイズの一部となっていることが分かっています (Longuet-Higgins, 1950; Hasselmann, 1963)。さらに、そのような自然現象と同様に、人間活動 (経済活動) もノイズの一部となっていることが知られています (岡田・小原, 2000)。例えば、地震計のノイズの大きさは、昼間に大きく夜間に小さくなります。1週間の中では平日に大きく週末に小さくなります (第1図)。年末年始やゴールデンウィークなどの大型連休の際には特に小さくなります。このようなノイズの大きさの時間変化は、人間活動が



第1図 E.IKBM (池袋) 観測点における平均的なノイズの大きさ。赤い色ほどノイズが大きいことを示す。各曜日の日中は夜間に比べてノイズが大きいこと、そして週末に比べて平日にノイズが大きいことが分かる。観測点の位置は第2図を参照。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。

1) 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門  
2) 産総研 地質調査総合センター 研究戦略部  
3) 東京大学 地震研究所 113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1

キーワード：新型コロナウイルス、地震計、ノイズ、人間活動



第2図 首都圏地震観測網 (MeSO-net) の観測点図。(左) 首都圏全体の観測点図。三角は観測点を表す。青い三角は解析に使用した観測点を表す。(右) 使用した観測点周辺の拡大図。赤い三角はノイズ低下が確認された観測点を示す。黒い三角はノイズ低下が確認されない観測点を示す。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。

大きなノイズ源であることを示唆しています。具体的なノイズ源としては、車両や電車などの交通、ビルや工場における機械の振動などが考えられます。

2020年は新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の流行によって、経済活動が様々な制約を受けるなど大きな影響が出ています。特に4月から5月にかけて緊急事態宣言が発令された際には、可能な限りの在宅勤務が求められるなど人間活動が大きく低下しました。これまで知られている地震計ノイズの特徴を考えると、今回の COVID-19 による人間活動の低下はノイズの大きさにも影響を与えていると考えられます。実際、そのようなノイズ低下が世界中の都市で観察されたことが *Science* 誌にも報告されました (Lecocq *et al.*, 2020)。本稿では、日本においてその影響を初めて調査した Yabe *et al.* (2020) の内容を紹介します。

## 2. 首都圏地震観測網

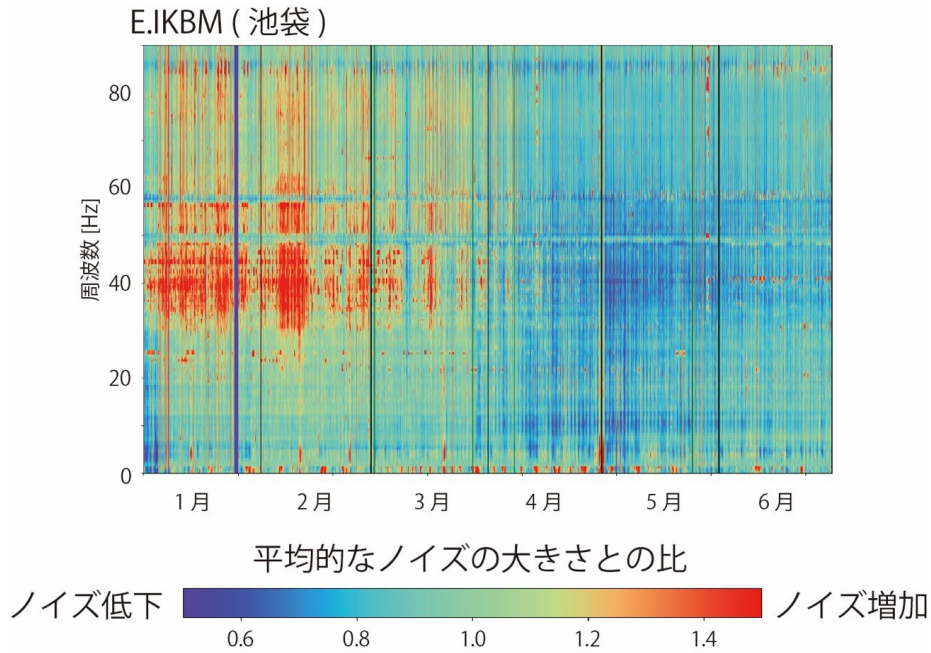
本研究では、首都圏地震観測網 (MeSO-net) と呼ばれる地震観測網のデータを使用しました。MeSO-net では、首都圏の主に学校の敷地内に集中的に 300 点ほどの観測点が配置されています (第2図)。Hi-net の地震計はできるだけノイズを小さくするために 100 m から 1 km 程度の地下に設置されていますが、MeSO-net の地震計は比較的地表に近い地下 20 m 程度に設置されているため、人間活動に由来するノイズの影響を相対的に強く受けていて、本研究の目的に適していると期待されます。本研究では、

MeSO-net 観測点のうち東京都中心部と埼玉県南部の一部観測点について調査しました (第2図)。

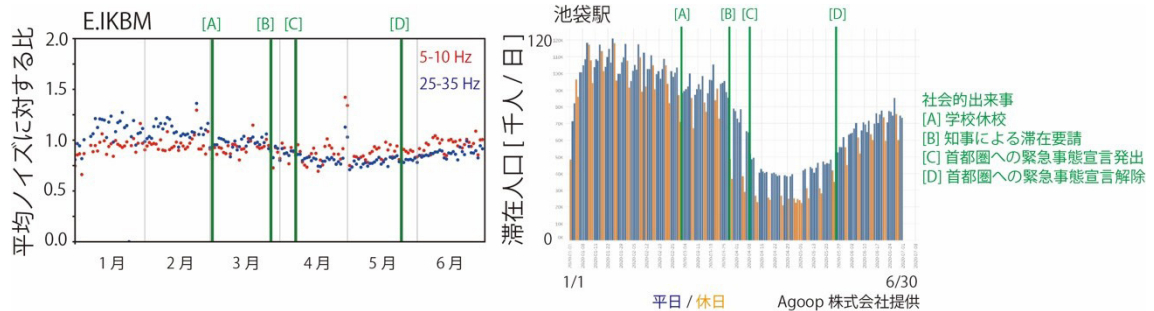
## 3. ノイズの大きさの時間変化

ノイズの大きさは通常時でも曜日や時間によって変動することが知られています。そこで、まずは各曜日・時間の平均的なノイズの大きさを COVID-19 が流行する以前のデータから定義しました。第1図には E.IKBM (池袋) の観測点 (場所は第2図を参照) における平均的なノイズの大きさを示しています。週末 (土曜の午後から日曜にかけて) にノイズの大きさが小さくなっていること、平日でも夜間にはノイズが小さくなっていることが確認できます。次に 2020 年上半期のノイズの大きさを第3図に示します。ここでは、COVID-19 による人間活動の低下の影響を明瞭にするため、第1図の平均的なノイズの大きさに対する比としてノイズの大きさを表示しています。第3図を見ると、3月末から4月上旬にかけての期間で、ノイズの大きさがかなり低下していることがわかります。このような大きな低下は COVID-19 が流行する以前のデータには見られないため、前例のない出来事が起きたことを示しています。一方で、ゴールデンウィーク明け後の5月後半から6月にかけての期間では、ノイズの大きさが回復傾向にあることもわかります。

本研究では、Agoop 株式会社発表の鉄道駅周辺の滞在人口データを人間活動の活発さの指標と考え、ノイズの大



第3図 E.IKBM (池袋) 観測点における、2020 年前半のノイズの大きさの時間変化。平均的なノイズの大きさに対する比を示す。青いほどノイズが低下していることを示す。3月末から4月上旬にかけてノイズが低下し、5月後半から6月にかけて回復傾向にあることが分かる。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。



第4図 地震計ノイズと人間活動の比較。(左) 地震計ノイズの時間変化。第3図に示したデータについて、5-10 Hz (赤) と 25-35 Hz (青) の2つの周波数帯域における代表値の時間変化を示す。(右) Agoop 株式会社提供の池袋駅周辺の滞在人口データ。青色と橙色はそれぞれ平日と休日のデータを表す。緑字で示した [A] から [D] のタイミングは、COVID-19 に関連した社会的な出来事が発生したタイミングを示す。本図は Yabe *et al.* (2020) から修正したものである。

きさの時間変化と比較しました(第4図)。この滞在人口データは、携帯電話の位置情報を元に、どのくらいの人数が鉄道駅周辺の一定エリア内にいるかを滞在時間の重み付きで推計したデータです。池袋駅周辺の滞在人口は3月末から4月上旬にかけての期間で大きく減少しています。地震計ノイズが低下する時期と一致するこの期間は、都知事による自粛要請や緊急事態宣言の発令など、人間活動に大きな影響を与えたと考えられる出来事が発生した時期に対応しています。一方で、ゴールデンウィーク明け後の5月後半から6月にかけての期間には、徐々に滞在人口が回復し始めている様子も確認できます。地震計のノイズも

これに調和するように回復傾向に転じています。緊急事態宣言が解除されたのは5月末ですが、その前から人間活動が再開しつつあったことが読み取れます。

このように、人間活動の指標である滞在人口データと地震計ノイズの大きさとの振る舞いは、よく一致していることが明らかになりました。このことは、ノイズ源が人間活動であることを裏付けるとともに、地震計ノイズが人間活動の活発度の指標になりうることを示しています。前述した通り、地震計ノイズの一部が人間活動由来であることは認識されていましたが、本研究のように人間活動の指標と直接的に比較する機会はありませんでした。そのた

め今回の新型コロナウイルス禍は、地震計ノイズの性質について理解を深める貴重な機会となりました。

#### 4. 今後の展望

本研究により、人間活動指標との直接的な比較によって、地震計ノイズの一部が人間活動に由来することが裏付けられました。しかし、具体的にどのような人間活動がどの程度のノイズをもたらしているか、という点は未だ明らかになっていません。人間活動の指標となりうるものは、滞在人口以外にも交通量・鉄道ダイヤ・工場の稼働状況など様々あると予想されます。各観測点周辺の環境を考慮した上で様々な指標と比較するなど、定量的な理解にはより詳細な研究が必要となります。都市環境下での新たな地震観測と種々の人間活動指標との比較を通して、人間活動由来の地震計ノイズについてさらに理解を深めることで、世界中に設置された多くの地震計の新たな活用手段が見つかるかもしれません。

#### 文 献

- Hasselmann, K. (1963) A statistical analysis of the generation of microseisms. *Review of Geophysics*, **1**, 177–209, doi:10.1029/RG001i002p00177.
- Lecocq, T., Hicks, S. P., Van Noten, K., van Wijk, K., Koelemeijer, P., De Plaen, R. S. M., Massin, F., Hillers, G., Anthony, R. E., Apoloner, M.-T., Arroyo-Solórzano, M., Assink, J. D., Büyükakpınar, P., Cannata, A., Cannavo, F., Carrasco, S., Caudron, C., Chaves, E. J., Cornwell, D.G., Craig, D., den Ouden, O. F. C., Diaz, J., Donner, S., Evangelidis, C. P., Evers, L., Fauville, B., Fernandez, G. A., Giannopoulos, D., Gibbons, S. J., Girona, T., Grecu, B., Grunberg, M., Hetényi, G., Horleston, A., Inza, A., Irving, J. C. E., Jamalreyhani, M., Kafka, A., Koymans, M. R., Labedz, C. R., Larose, E., Lindsey, N. J., McKinnon, M., Megies, T., Miller, M. S., Minarik, W., Moresi, L., Márquez-Ramírez, V. H., Möllhoff, M., Nesbitt, I. M., Niyogi, S., Ojeda, J., Oth, A., Proud, S., Pulli, J., Retailleau, L., Rintamäki, A. E., Satriano, C., Savage, M. K., Shani-Kadmiel, S., Sleeman, R., Sokos, E., Stammer, K., Stott, A. E., Subedi, S., Sørensen, M. B., Taira, T., Tapia, M., Turhan, F., van der Pluijm, B., Vanstone, M., Vergne, J., Vuorinen, T. A. T., Warren, T., Wassermann, J. and Xiao, H.. (2020) Global quieting of high-frequency seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures, *Science*, **369**(6509), 1338–1343. doi: 10.1126/science.abd2438.
- Longuet-Higgins, M. S. (1950) A theory of the origin of microseisms. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, **243**, 1–35. doi:10.1098/rsta.1950.0012.
- Obara, K. (2002) Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan. *Science*, **296**(5573), 1679–1681. doi:10.1126/science.1070378.
- 岡田義光・小原一成 (2000) 関東・東海地域の高感度地震観測点における地動ノイズの特徴. 防災科学技術研究所研究報告, **60**, 15–39.
- Yabe, S., Imanishi, K. and Nishida K. (2020) Two-step seismic noise reduction caused by COVID-19 induced reduction in social activity in metropolitan Tokyo, Japan. *Earth Planets Space*, **72**, 167. doi:10.1186/s40623-020-01298-9.
- Yamada, M., Kumagai, H., Matsushi, Y. and Matsuzawa, T. (2013) Dynamic landslide processes revealed by broadband seismic records. *Geophysical Research Letters*, **40**, 2998–3002. doi:10.1002/grl.50437.
- 
- YABE Suguru, IMANISHI Kazutoshi and NISHIDA Kiwamu (2020) Seismic noise reduction in Tokyo observed during COVID-19 pandemic.
- 

(受付:2020年11月17日)