

地震津波火山ネットワークセンター 研究員

久保 久彦

くぼ・ひさひこ

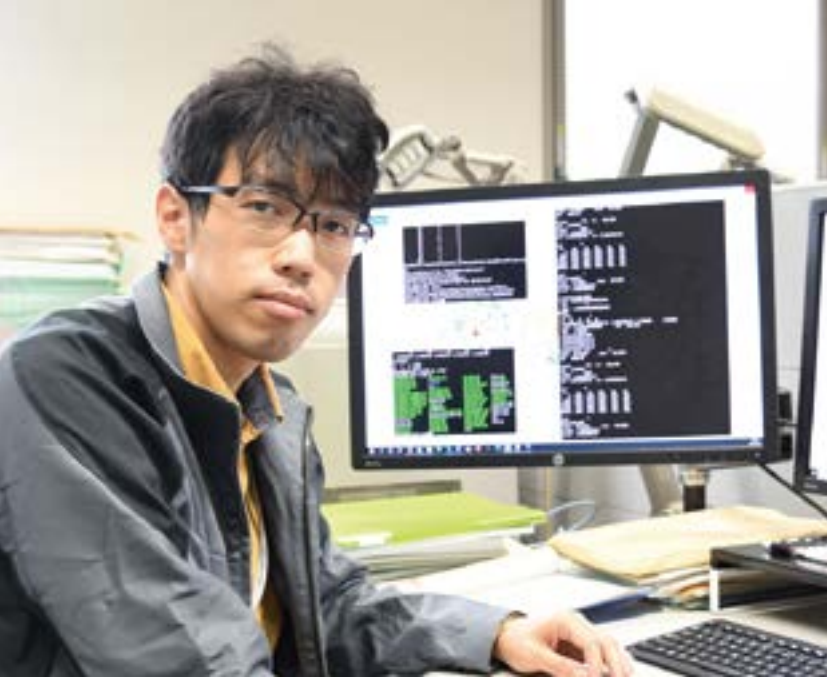
博士（理学） 専門分野：強震動地震学

2015年京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻（地球物理学分野）博士後期課程修了

2015年4月に防災科学技術研究所入所、2019年7月より現職。

現在は、地震観測網の運用に携わるとともに、地震による強い揺れや大地震の断層破壊過程に関する研究、地球物理学分野への機械学習の応用に取り組む。

兼務：地震津波防災研究部門、南海トラフ海底地震津波観測網整備推進本部



AIと物理モデルのハイブリッドで地震の揺れを予測する

近年発展著しいAIは日常の様々な場面において活躍しているが、現状のAIは決して万能ではないこともわかってきている。ここでは、地震による揺れをAIで予測しようとしたが、データの性質の問題から一筋縄ではいかなかったため、人がこれまで培ってきた物理モデルを挟むことで解決を図ったという研究を紹介する。

AIの時代

近年のAIの発展およびその活用の広がりはずさまじく、皆さんの生活の中でも様々なAIが活躍していると思います。一方でAIはすべてを解決できる魔法の杖ではないこともわかってきています。AIは大量のデータを学習し、データ中の構造やその背後の関係をすることで、高い性能を発揮します。そのためデータの質やそれをどう学習するのかが、AIの性能を左右します。もしデータ内部に大きな偏りがある場合、それを学習したAIの出力におかしな偏り「バイアス」が生じてしまいます。例えば、大手テック企業による顔認識アルゴリズムの性能が、対象とする人

物のジェンダー・肌の色によって変わることが指摘されたことがあり、これは白人男性のデータが多いという学習データの偏りが原因とみられています。

地震の揺れをAIで予測してみると？

大地震が起きると、我々の社会は強い揺れに見舞われることがあります。地震防災分野において、想定した地震による揺れの強さの分布を予測する「地震動予測」は主たる研究課題の一つです。複雑な地下の構造を考慮して大規模なシミュレーションを行うこともありますが、ここではより簡易な手法、つまり地震からの距離や地震の規模、予測地点での揺れやすさの情報などのパラメータか

ら、予測したい地点での揺れの強さを予測することを考えます。この技術は将来の地震に備えてあらかじめ行う被害予測や、地震発生時の緊急地震速報に活用されており、これまでは地震動予測式と呼ばれる計算式が使われてきました。AIは様々な要素が複雑に影響しあう事象について、データに基づく予測を精度よく行うことができるため、従来に比べて予測精度の向上が期待されます。強震観測網（K-NET・KiK-net）*1における約20年間の地震の揺れの記録と、広帯域地震観測網（F-net）*2による地震の情報、地震ハザードステーション（J-SHIS）*3の地盤情報を組み合わせたデータセットを構築し、AI分野で使われる機械学習で学

習してみました。

予測結果の例として、皆さんの記憶にも新しい2016年熊本地震の本震での予測結果を図に示します。この地震の際には、図中aにて暖色系の色で示すように1,000galを超えるもしくはそれに迫る強い揺れが複数の地点で観測されています。一方、機械学習モデルによる予測では、図中bで示すように、1,000galを超えるような強い揺れは見られず、予測値が観測値の半分以下となっていています。つまり観測で見られた強い揺れを、この機械学習モデルでは再現できていません。強い揺れを小さく予測してしまうというバイアスは、他の地震でも確認できました。たとえ全体の予測性能が良かったとしても、強い揺れは建物被害に直結するものであるため、このバイアスは防

災・減災上看過できません。

AIと物理モデルの協同

なぜこのようなことになったのか。皆さんも肌感覚としてお持ちかと思いますが、震度7のような強い揺れはごくまれにしか観測されませんが、弱い揺れは頻繁に観測されています。このような大きな偏りが存在する地震の揺れのデータを学習したために、強い揺れの過小評価というバイアスが引き起こされたと考えられます。

ではどうするか。ここでは人がこれまでに培ってきた知見である物理モデル（地震動予測式）を用いました。地震動予測式は地震の揺れに関する物理モデルを方程式の形で表現しているため、あまり発生したことがない事象を予測する場合でも、ある程度の性能を発揮することが期待されます。具体的

には、従来の予測式による予測と観測の差を学習した機械学習モデルを作成した上で、予測時には予測式と機械学習モデルのそれぞれによる予測を足し合わせてハイブリッドで予測する手法を考えました。

2016年熊本地震の本震におけるハイブリッド予測の結果を図中cに示します。機械学習モデルのみで予測した際に見られた強い揺れの過小評価が、ハイブリッド予測では改善されたことが確認できました。

AIの活用はこれまでの手法よりも高い精度の予測につながるだけでなく、これまででは実現できなかった予測も可能とするポテンシャルを秘めています。今後もAIをうまく使いつつ、地震防災研究を進めていきたいと考えています。

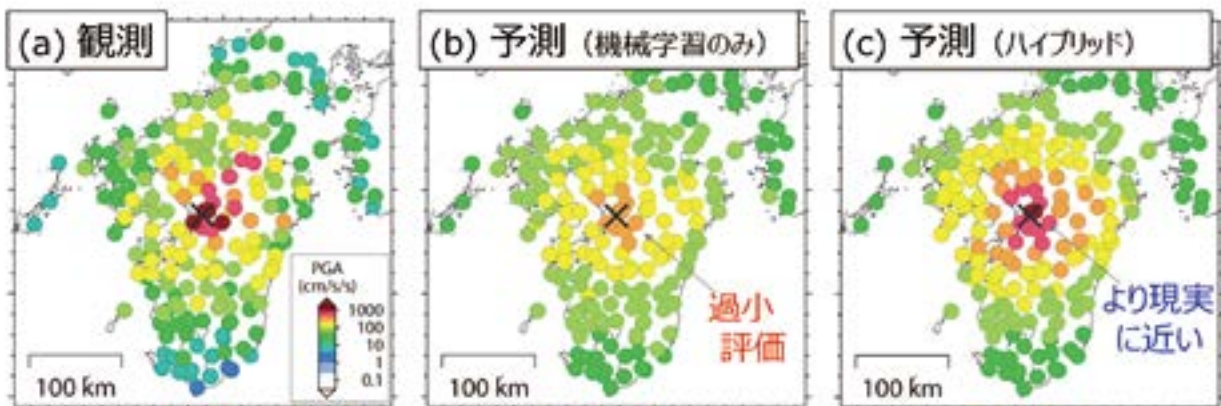


図 2016年熊本地震の本震 (Mj7.3) における地表最大加速度の (a) 観測、(b) 機械学習モデルによる予測、(c) ハイブリッド予測。各地点での揺れの強さを色で示しており、暖色系の色ほど地震の揺れが強いことを表す。同地震は学習用のデータセットに含まれておらず、性能検証用として用いている。図中の×は同地震の震央位置を表す。

- *1 強震観測網 (K-NET・KiK-net)
被害を及ぼすような強い揺れを振り切れることなく正確に記録することを目的として、全国約1,700ヶ所で強震観測を行う防災科研の観測網
- *2 広帯域地震観測網 (F-net)
全国約70ヶ所に設置された広帯域地震計による防災科研の観測網。はやり揺れから非常にゆっくりとした揺れまで幅広い周期の揺れを記録できる
- *3 地震ハザードステーション (J-SHIS)
地震防災に資することを目的に、日本全国の「地震ハザードの共通情報基盤」として活用されることを目指して作られた防災科研のサービス