深層学習を用いた周辺の観測波形に基づく震度分布推定の試み

京都大学工学研究科　学生員　○栗間　淳
京都大学防災研究所　正会員　後藤　浩之
京都大学防災研究所　正会員　澤田　純男

1. はじめに

地震発生後，様々な推定震度分布が公表されるが，通常は観測された計測震度値から地盤増幅度を考慮して空間補間されたものである．しかし，ばらつきの大きな回帰式を複数介して求められているため推定精度に課題があり，ばらつきの小さなモデルの構築も容易ではない．一方，モデル化が困難とされてきた問題に対して，機械学習の一種である深層学習が大きな成果を上げつつある．本研究では，稠密な臨時地震観測網により地震記録を収集し，これらを学習データとして深層学習により稠密な計測震度分布を推定することを試みた．

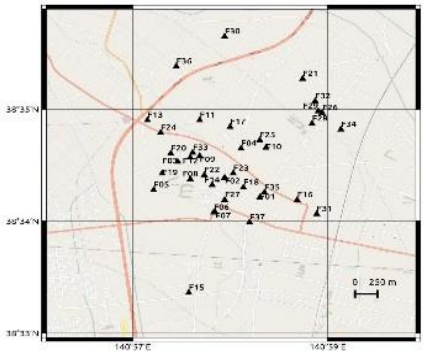

図 1　古川地震観測網の地震計配置

2. 対象データと深層学習モデル

本研究では，宮城県大崎市古川地区に展開されている高密度地震観測網（図 1）[1]の記録を学習データとして，古川地区の計測震度分布を周辺加速度記録から推定するモデルの構築を目指す．図 2 に示すように，モデルは加速度波形から特徴量を抽出する前半部分と，周辺観測点での特徴量から対象地点の計測震度値を求める後半部分とで構成する．前半部分については，計測震度を求めるための出力層をモデルに加えた上で，全国の防災科学技術研究所強震観測網（K-NET，KiK-net）の記録を用いて予め計測震度の計算過程を学習させている．

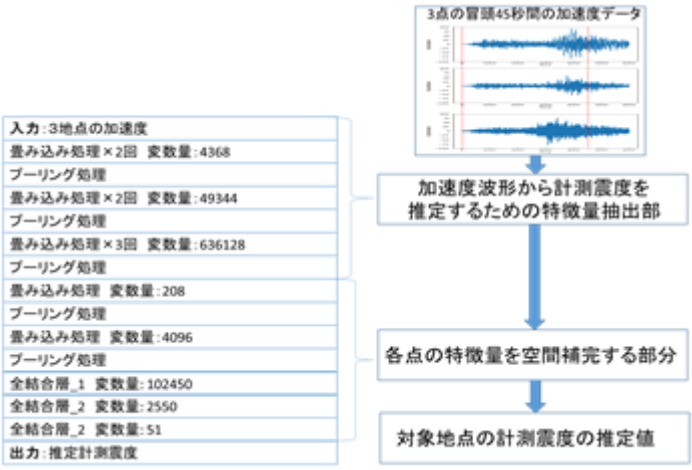

図 2 深層学習モデル

2012 年 10 月~2017 年 9 月の期間に観測した 152 地震イベントの記録を学習データとして用いた．入力データとする周辺加速度記録は，以下の 2 つのケースについて検討した．

Case1：K-NET MYG006，MYG009，MYG011 の加速度記録（トリガー時刻から 45 秒間）
Case2：K-NET MYG006 のみの加速度記録（トリガー時刻から 45 秒間）

3. 学習結果の検証

学習データのうち 80%をモデルパラメータの学習に用い，残り 20%のデータを用いて推定精度を検証する．観測点 F01，F03 について得られた計測震度値の推定精度のヒストグラムをそれぞれ図 2，図 3 に，推定計測震度の標準偏差を表 1 に示す．なお，観測された計測震度値と K-NET MYG006 の計測震度値との差を求め，この平均値を観測点固有の（相対）地盤増幅度として MYG006 の計測震度値から補正する考え方（従来法）による結果も併せて示す．

キーワード　深層学習，震度推定
連絡先　〒611-0011　京都府宇治市五ヶ庄　京都大学防災研究所　ＴＥＬ0774-38-4069

F01, F03 のいずれにおいても，Case1(MYG006，MYG009，MYG011 の三地点)が最も標準偏差が小さい，また従来法に比べ Case1，Case2 のいずれも標準偏差が小さい．複数の周辺観測点のデータを与えることにより，震源位置による伝播経路差が自動的に学習される効果等が考えられる．しかし，Case2 であっても標準誤差は 0. 16 程度であるため，震度階級の幅（0.5）よりは小さい．

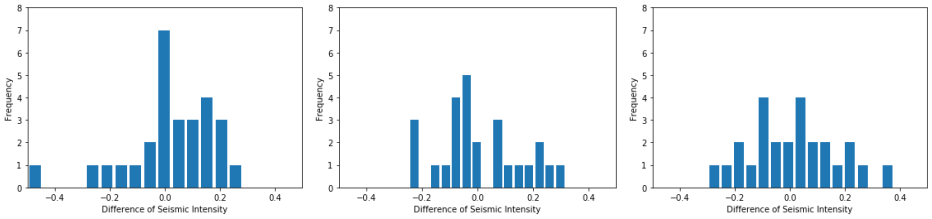

図 3　F01 地点での計測震度推定誤差（左：従来法，中：Case1，右：Case2）

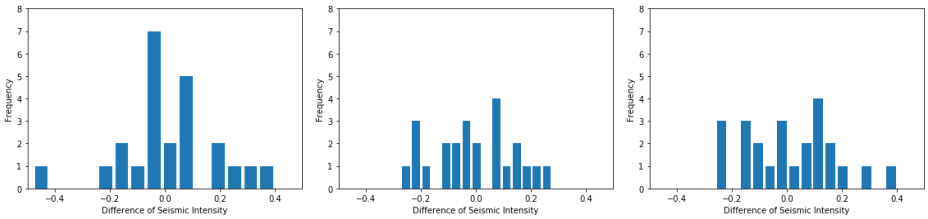

図 4　F03 地点での計測震度推定誤差（左：従来法，中：Case1，右：Case2）

表 1　計測震度推定誤差の標準偏差

	従来法	Case1	Case2
F01	0.158	0.148	0.156
F03	0.181	0.147	0.170

最も精度よく学習された Case1 のモデルを用いて，2012/1/1 の地震と 2012/12/7 の地震について古川地震観測網全点の計測震度を推定した（図 5，図 6）．なお，モデル作成時にこれらは学習データとして用いていない．前者の地震は計測震度分布の再現性が良いといえるが，後者の地震では推定誤差が大きい観測点がいくつかある．深層学習は，学習データに多く含まれない事象に対する推定精度が悪く，後者の地震は計測震度値が 4. 5 程度と大きい．学習データには MYG006 での計測震度が 4 を超える地震は 1 イベントのみであるため，前者の地震に比べ推定精度が低くなってしまっていると考えられる．

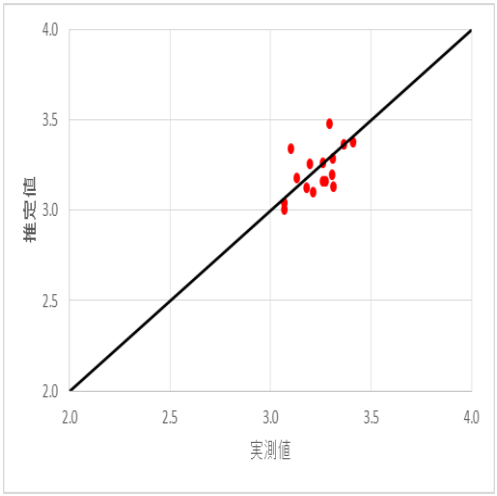

図 5　2012/1/1 の地震における推定震度と実測震度

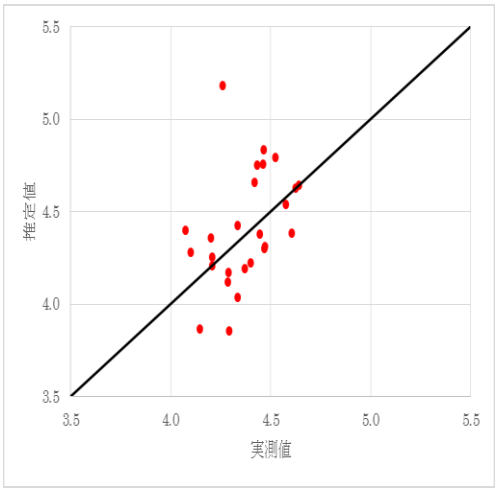

図 6　2012/12/7 の地震における推定震度と実測震度

謝辞

本研究では防災科学技術研究所強震観測網(K-NET)の記録を利用しました．ここに記して謝意を示します．

参考文献

1) Goto, H., Morikawa, H., Inatani, M., Ogura, Y., Tokue, S., Zhang, X.R. Iwasaki, M., Araki, M., Sawada S. and Zerva, A.: Very dense seismic array observations in Furukawa district, Japan, Seismological Research Letters, Vol.83, No.5, pp.765-774, 2012.