

Study on Site-specific Ground Motion Evaluation Models Utilizing Machine Learning Method Considering Epicentral Directions

*Toru Ishii¹, Atsuko Oana¹, Kensuke Wada¹

1. Shimizu Corporation

新たな観点の地震動評価による新たな知見獲得を目指し、堆積平野内や周辺で得られた水平地震動観測記録を教師データとする機械学習により、地点固有の地震動評価モデルの作成を試みた。各地点では地盤特性が共通なので、震源・伝播特性を記述する各パラメータを入力する「特徴量」とし、観測記録から求められた地震動指標を「目的変数」とすることにより、両者を関連付けて機械学習を実施した。

機械学習には、勾配ブースティングと決定木を組み合わせた手法「勾配ブースティング木」を用いた。「目的変数」として、地震動の最大加速度 $PGA[cm/s^2]$ および複数の周期 $T[s]$ での減衰定数 $h=5\%$ の擬似速度応答スペクトル ${}_pS_v[cm/s]$ と速度応答継続時間スペクトル $TS_v[s]$ （パラメータ $p1=0.03$, $p2=0.95$ ）を検討した。大振幅になるとデータ数が減る PGA と ${}_pS_v$ は、モデル精度を高めるために機械学習に適した解析上のデータ分布となる常用対数（ $\log_{10}PGA$, $\log_{10}{}_pS_v$ ）に変換して入力した。「特徴量」としては、地震のモーメントマグニチュード M_w 、震源深さ $H[km]$ 、震源距離 $X[km]$ 、震央方位 $\Lambda[degree]$ を与えた。 Λ は真北を 0° として時計回りに定めたが、真北を境に不連続量となるので、解析上のデータには $\sin \Lambda$ と $\cos \Lambda$ のペアを与えた。一特徴量のデータ列のみシャッフルして置き換え機械学習により再評価した時に評価精度の悪化した度合いにより、モデルへのその特徴量の「影響度」とした。

K-NET観測点TKY028での「地震動評価モデルT」の検討例を図1～4に示す。 Λ の影響度は特に TS_v で大きく、周期によっては $M_w \cdot X \cdot H$ と同等以上になった。この例では、評価値／観測値の比の平均は約1.1、その常用対数標準偏差は振幅では0.2強、継続時間では0.1強で、評価値の大半は観測値の倍半分以上以内に収まった。従来の距離減衰式等で扱われなかった震央方位や応答継続時間を考慮し、地点・周期毎に地震動特性が変化する様子の定性的・定量的な分析・検討も可能で、地震波の三次元伝播特性の違いを簡便な評価モデルに反映出来る可能性がある。

AIとBig Dataを生かす上で良質・大量のデータと情報の得られる地点毎に地震動評価モデルを作成することには大きな利点がある。今後、データの粗密に起因するモデル精度のアンバランスを改良するための工夫や、データ数が少なく外挿領域に当たる大地震・大振幅地震動・長時間地震動の評価上の工夫も必要となろう。

謝辞

本研究には、気象庁の地震情報と防災科学技術研究所の陸海統合地震津波火山観測網の公開データ、および、機械学習ツール DataRobot と描画ツール GMT を使用した。これらの開発・運用・管理に携われた全ての皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

石井・小穴・和田, 日本地震工学会大会 2019 梗概集 (投稿中)

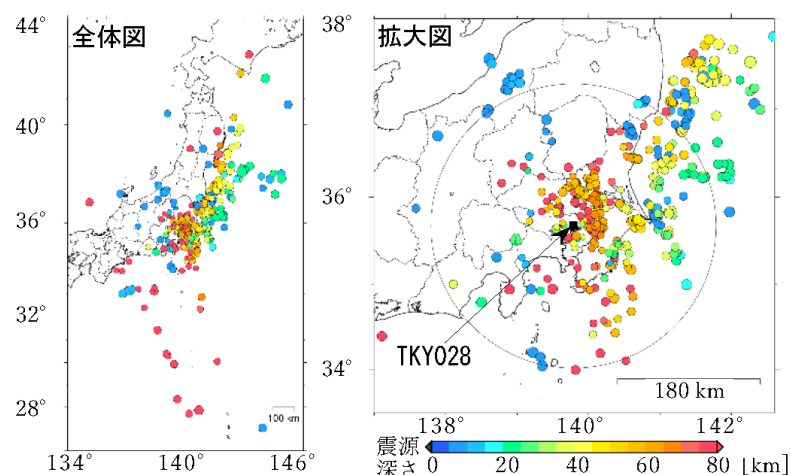


図 1 TKY028 で観測されたモデル T 検討用地震の震央

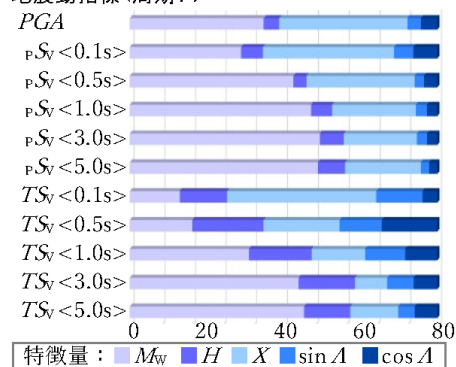
地震動指標<周期 T >

図 2 モデル T の各地震動指標に対する各特徴量の影響度

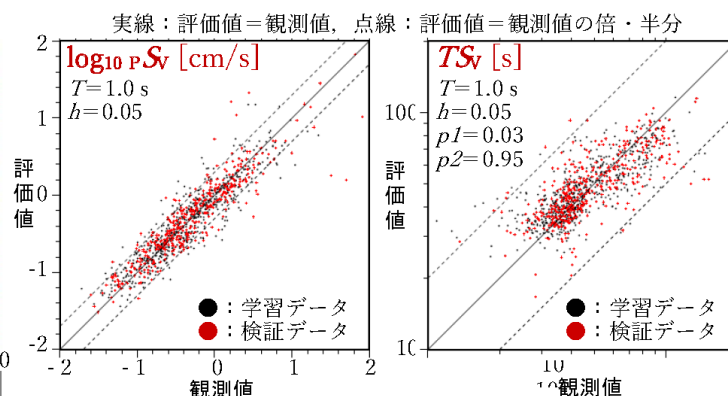
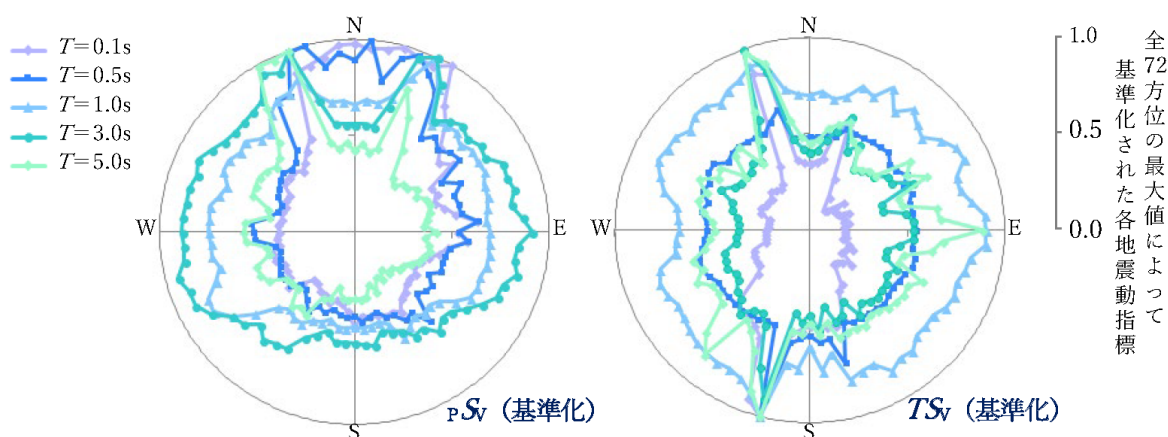


図 3 モデル T の地震動指標(目的変数)の観測値と評価値の相関図(散布図)の例



$M_w=6$, $H=10\text{km}$, $X=180\text{km}$ の条件で Δ を 5° 刻みで変化させて最大値により基準化して示したもの

図 4 モデル T の地震動指標(目的変数)の評価値の震央方位依存性の検討例