

地震動の継続時間を考慮した機械学習に基づく液状化予測に関する基礎検討

千葉大学 学生会員 ○中山 洋斗

千葉大学 正会員 丸山 喜久, 劉 ウェン

1. 研究背景と目的

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震では、東日本の広範囲において液状化が発生した。液状化が発生すると、一般の構造物や橋梁、ライフライン施設に甚大な被害を与える。そのため、今後発生すると予測されている地震に対して液状化対策を行うため、広域性と即時性を備えた液状化の発生予測は重要であると考えられる。一般的に行われている液状化判定にはボーリング資料などの土質試験データが使用されることが多いが、精度は高いものの広域性がやや乏しい。

液状化の発生率と地震動の継続時間には関係性があることが示されている¹⁾。本研究では既往研究²⁾をもとに地震動の継続時間を考慮して機械学習を行い、液状化発生予測の高精度化を目指す。

まず、地震記録から地震動の継続時間を算出し、震度、表層地盤、液状化記録とともに 250m メッシュごとにまとめる。これを用いて機械学習を行い、液状化の発生予測を行う。なお、評価指標には正解率、適合率、再現率、F 値を用いる。

2. データ説明と継続時間の算出

本研究では東北地方太平洋沖地震における千葉県を対象とした。使用したデータは国土交通省が整備する国土数値情報、防災科学技術研究所の地震ハザードステーション (J-SHIS) と強震観測網 (K-NET, KiK-net), および産業総合技術研究所の QuiQuake による地震動分布である。それぞれ行政地域、表層地盤データ、地震記録、計測震度分布のデータを使用する。このうち表層地盤と計測震度分布は 5 次メッシュ (250m メッシュ) ごとに格納されている。また、液状化発生地点には、若松・先名³⁾がまとめた 5 次メッシュのデータを使用する。

地震動継続時間は、地動加速度の累積パワー曲線の

占有時間から算出される SR (Significant/Relative) 継続時間⁴⁾、指定の閾値を最初に超過してから最後に下回るまでの時間である BA (Bracketed/Absolute) 継続時間、そして SR 継続時間の地動加速度を地動速度の時刻歴波形に代えてして算出した SRV 継続時間を使用する。これらは防災科学技術研究所の地震観測網の観測点ごとに計算し、GIS 上で空間補間して 5 次メッシュに分割した。このように算出された各継続時間の千葉県における推定値を図-1～図-3 に示す。SR 継続時間は南部を、BA 継続時間は北部を中心に長くなっている。また、SRV 継続時間は前述の 2 つよりも大きい値となり、さらに最大値と最小値の差が最も小さくなっている。

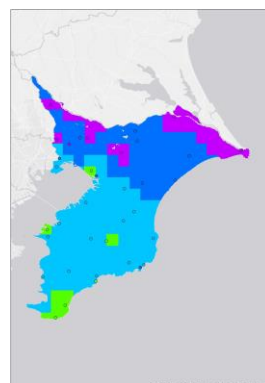


図-1 SR 継続時間

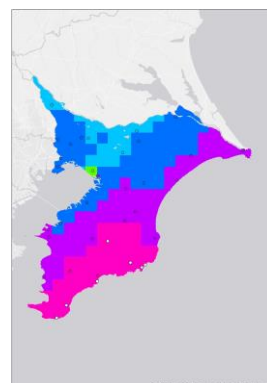


図-2 BA 継続時間

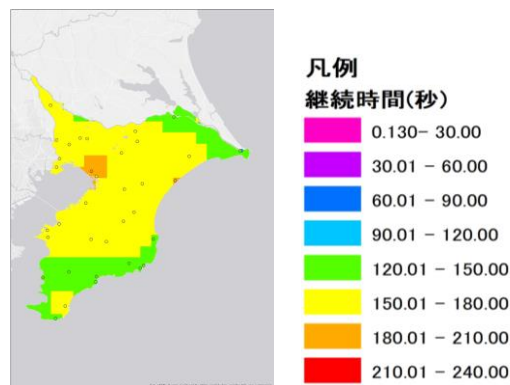


図-3 SRV 継続時間

キーワード 液状化発生予測, 地震動継続時間, 機械学習, 東北地方太平洋沖地震

連絡先 〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学大学院工学研究院 TEL:043-290-3555

3. 機械学習を使用した予測モデルの作成

プログラミング言語の一つである R 言語を使用して、液状化発生の予測モデルの検討を行う。本研究ではサポートベクターマシン (SVM) とランダムフォレスト (RF) の 2 種類の機械学習を用いた。学習データとテストデータは、千葉県 の 79920 メッシュをある割合でランダムに 2 分割した。また、微地形区分は 24 分類と、簡略化を図るため、既往研究⁵⁾を参考に 6 分類にしたものの両方を検討した。

4. 液状化発生地点の予測

RF において最も液状化予測の精度が高かったのは、SR 継続時間、微地形 24 分類を用い、学習データの割合を 30%としたときである。実際の液状化発生地点と予測地点を比較し、液状化発生地点の評価図を作成した(図-4)。

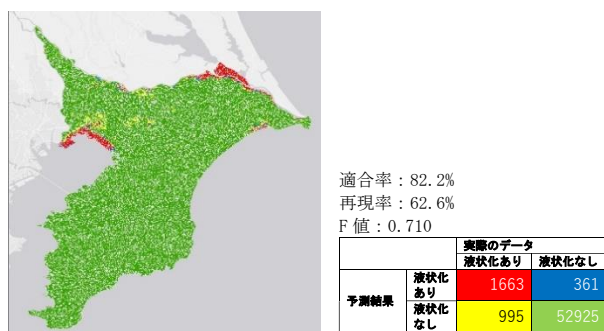


図-4 RF による液状化発生地点の評価

RF では適合率、F 値は高い値となっているが、再現率が 6 割程度と低くなっている。この理由には、沿岸部や利根川沿いでの的中率は高いが、内陸部での液化化の見落としが多いことが挙げられる。

RF は各変数が分類の際にどれだけの影響を及ぼしているのかを可視化することができる (図-5)。本研究の RF の分析では、震度と継続時間が液状化の予測に大きく影響していた。また、微地形については、埋立地、三角州・海岸低地などの液状化の発生率が高い地点の影響が大きい。

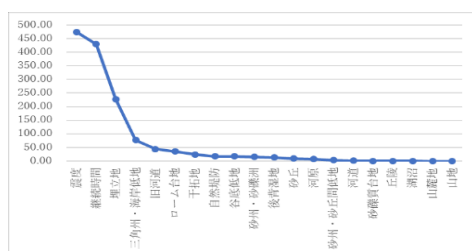


図-5 RFにおける各変数の影響度

SVM において最も精度が高かったのは、BA 継続時間と微地形 24 分類を用いた時であった。ここで、液状化発生地点の見落としを減らすため、液状化発生地点に 20 倍の重みづけをして SVM を実行した。RF と同様に液状化発生地点の評価図を作成した (図-6)。SVM では、RF と比べて適合率、F 値は下がったが、液状化発生地点の見落としは減少した。

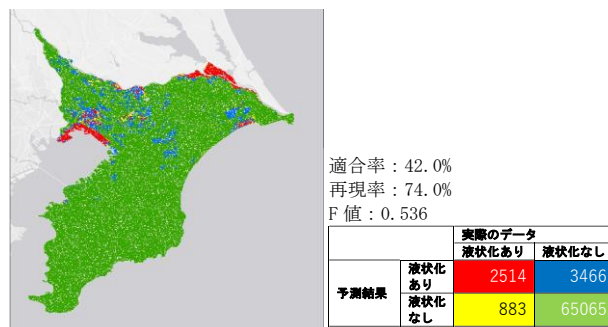


図-6 SVMによる液状化発生地点の評価

5. まとめ

本研究では東北地方太平洋沖地震において液状化が多数発生した千葉県を対象に、地震動の継続時間を考慮した液状化発生地点の予測モデルの構築を目指した。RFのほうがSVMよりも3指標で良好な値となったが、液状化発生地点の見落としが多かった。今後は、予測精度の向上のため、地震動継続時間マップの見直しや微地形の区分の見直し、学習量の増加をする必要がある。また、同一地震の他地域や他の地震での適応性を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 先名重樹, 松岡昌志, 若松加寿江, 翠川三郎: 液状化発生率に及ぼす強震動の継続時間と地域性の影響, 日本地震工学会論文集, Vol. 18, No. 2, pp. 82-94, 2018.
- 2) 柳瀬匡雄, 丸山喜久: 液状化地点の予測に向けた共分散構造分析とサポートベクターマシンの利用, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 75, No. 4, pp. I_133-I_143, 2019.
- 3) 若松和寿江, 先名重樹: 2011 年東北地方太平洋沖地震による関東地方の液状化発生と土地条件, 日本地震工学会論文集, Vol. 15, No. 2, pp. 25-44, 2015.
- 4) 能島暢呂, 高島拓也: 累積パワーに基づく地震動継続時間の等価振幅レベルに関する考察, 日本地震工学会論文集, Vol. 16, No. 6, pp. 1-15, 2016.
- 5) 松岡昌志, 若松和寿江, 橋本光史: 地形・地盤分類 250m メッシュに基づく液状化危険度の推定手法, 日本地震工学会論文集, Vol. 11, No. 2, pp. 20-39, 2011.