

機械学習を用いた通信用管路地震被害予測手法の検証

日本電信電話(株) 正会員 ○伊藤 陽
日本電信電話(株) 正会員 奥津 大
京都大学 正会員 古川愛子
筑波大学 正会員 庄司 学
東洋大学 正会員 鈴木崇伸

1. はじめに

日本の通信網においては地下ケーブルを防護するための設備が建設されており、これらの中でも特に管路は設備量が多く約 62 万 km 存在している¹⁾。これらの設備は平常時には問題なく利用可能であるが、大規模地震が発生した際には管路の一部で被害が発生する。これらの管路は可能な限り利用し続けることが望ましく、地震で真に損傷する管路のみを把握し、事前に対策を施すことが必要である。

本稿においては、過去に生じた地震における管路点検結果を基に、被害有無を機械学習によって予測可能であるか検討した。

2. 用いるデータの内容

過去に発生した主な地震(兵庫県南部地震、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震、東北地方太平洋沖地震、熊本地震)における管路点検結果を用いる。管路点検は、管路内に直径 73mm、長さ 600mm の円筒状冶具を通過させ、不通過であった場合にパイプカメラを用いて確認する。カメラで地震による被害であると判定される場合に、当該の管路を被害ありとする。この時、不通過の要因が明らかに管路内部の錆や他の外力によるものであると考えられる場合は、被害無しとする。また当該のスパン(マンホールからマンホールを繋ぐ管路)の内一か所以上被害が確認された場合には、そのスパン全体を被害有りとして扱い、被害状態、被害箇所数は考慮しない。点検は基本的には地震発生後に気象庁が発表した速報値において震度 6 弱以上が観測された市町村を含む収容局やケーブル障害などが生じた箇所を含む収容局の設備であり 33035 件(内被害有 1397 件)のレコードである。説明変数として利用するパラメータを表 1 に示す。

表 1 利用したパラメータ一覧

項目	概要
管種	以下の五種類 鋼管(ねじ継手)／鋼管(差込継手) ²⁾ ／ビニル管(接着継手)／ビニル管(差込継手) ³⁾ ／铸铁管(ねじ継手)
巨長	当該管路のスパン長
経過年数	建設から地震までに経過した年数。
AVS30	地下 30m までの平均 S 波速度。J-SHIS ⁴⁾ の微地形区分に基づく値にボーリングデータを統合した ⁵⁾ もの。
基本固有周期	地盤の固有周期。J-SHIS の微地形区分に基づく値 ⁶⁾ にボーリングデータを統合したもの。
推定人工平坦化地	盛土等、人工的に平坦化されたと推定される箇所 ⁷⁾
平均標高	基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュより作成された 250m メッシュの平均標高 ⁸⁾
平均傾斜角	基盤地図情報数値標高モデル 10m メッシュより作成された 250m メッシュの平均傾斜角度 ⁸⁾
PGV	K-NET, KIK-net ⁹⁾ で観測された最大速度を Kriging 法で 250m メッシュにて推定。
PGA	K-NET, KIK-net ⁹⁾ で観測された最大加速度を Kriging 法で 250m メッシュにて推定
計測震度	K-NET, KIK-net ⁹⁾ で観測された計測震度を Kriging 法で 250m メッシュにて推定
SI 値	K-NET, KIK-net ⁹⁾ で観測されたスペクトル強度を Kriging 法で 250m メッシュにて推定
換算変位	推定された PGV ² /PGA で変換される値 ¹⁰⁾ 。
等価卓越周期	推定された 2 π PGV/PGA で変換される周期 ¹¹⁾
地盤ひずみ	高圧ガス導管耐震設計指針に基づき算出 ¹²⁾

キーワード 地下管路, 機械学習, 勾配ブースティング, GBDT, 地震被害予測

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL 029-868-6242

3. 機械学習の概要

本稿では教師有り学習の一つである勾配ブースティングを用いた。ブースティングは多くの弱分類器を組み合わせて出力する手法であり、弱分類器として決定木を利用する。弱分類器生成の際に勾配降下法を用いるものが勾配ブースティングである。数値データは標準化した上で全データの内の 80%を学習用データとして利用し、残りの 20%をテストデータとして利用しモデルの性能を検証する。この学習用データでモデルを作成する際に、学習用データを 4 分割し、3/4 を用いてあるハイパーパラメータでのモデルを作成した上で、1/4 を用いてこのモデルでの性能を検証する。モデルの評価は縦軸が真陽性率(被害を受けると予測された被害有レコード数/被害有のレコード数)、横軸が特異度(被害を受けないと予測された被害無レコード数/被害無のレコード数)である Receiver Operating Characteristic 曲線(ROC)の Area Under Curve(AUC)で評価する。ハイパーパラメータの調整はベイズ最適化アルゴリズムの一種である Tree-structured Parzen Estimator を基にしている Optuna¹³⁾を利用した。

4. 結果および今後の課題

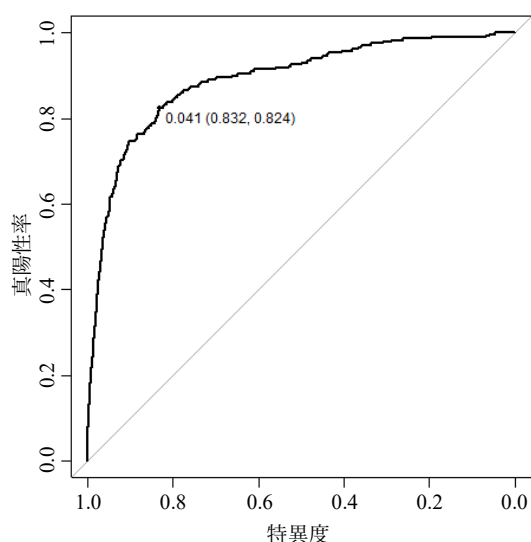


図 1 ROC 曲線(AUC=0.89)

勾配ブースティングを用いて推定用モデルを作成し、テストデータに適用した結果を ROC 曲線で表した結果が図 1である。AUC は 0.89 と良好な値を示しており被害有無の閾値として被災確率 0.041 を用いた際に偽陽性率(1-特異度)が 16.8%で真陽性率 82.4%とすることができている。本データセットに対して勾配ブースティングを用いた推定モデルの作成は有効であることが確認された。このことから、通信管路の被災予測モデル構築において本手法を適用することが有効である可能性が示唆された。

作成されたモデルにおける変数寄与度を Permutation feature importance で確認したものを図 2に示す。最も寄与しているのは換算変位であり AVS30 や経過年数、管種及び亘長が寄与していると導出された。今後このような指標を基に、モデルが説明可能なものであるか検討する。

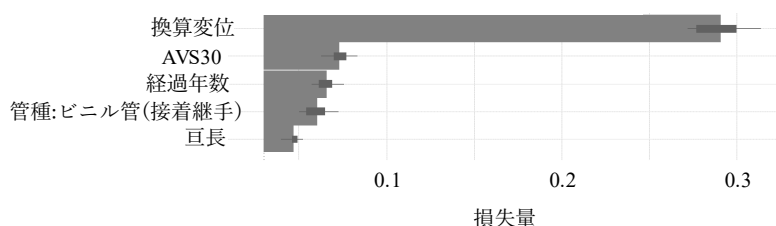


図 2 Permutation feature importance

参考文献

- 1) 杉野文秀, 政倉浩志: NTT 技術ジャーナル, Vol.26, No.8, pp.8-11. (2014)
- 2) JFE スチール株式会社: 差込み継手塗覆装鋼管, <https://www.jfe-steel.co.jp/products/koukan/catalog/e1j-024.pdf>, (2020.3.19 閲覧)
- 3) クボタケミックス: https://www.kubota-chemix.co.jp/products/pvc_pipes/for_communication_cable/item_1555 (2020.3.19 閲覧)
- 4) 防災科学技術研究所: <http://www.j-shis.bosai.go.jp/> (2020.3.19 閲覧)
- 5) 末富岩雄, 石田栄介, 福島康宏, 磯山龍二, 澤田純男: 日本地震工学論文集, Vol.7, No.3, pp.1-12. (2007)
- 6) 先名重樹, 翠川三郎: 日本地震工学学会論文集, Vol.9, No. 4, pp.11-25. (2009)
- 7) A. Ito, M. Okutsu, T. Suzuki, G. Shoji: 7th ICEGE proceedings, pp.3062-3069. (2019)
- 8) 国土交通省 国土数値情報ダウンロードサービス: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G04-d.html> (2020.3.19 閲覧)
- 9) 防災科学技術研究所 強震観測網: <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> (2020.3.19 閲覧)
- 10) I. Towhata, J.K. Park, R.P. Orense: International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp.739-742. (1999)
- 11) 川瀬博: 京都大学防災研究所年報第 56 号, A, pp. 1-10. (2013)
- 12) 日本ガス協会: 高圧ガス導管耐震設計指針, JGA-指-206-03, pp.50-75. (2004)
- 13) Preferred Networks: <https://preferred.jp/ja/projects/optuna/> (2020.3.23.閲覧)