

社会・人口統計データの回帰分析を用いた上水道管路の分布推定に関する検討

20T0228M 佐野 南海
指導教員：丸山 喜久，劉 ウェン

1. 研究背景・目的

水道は私たちの生活に欠かせないライフライン設備である。しかし大規模地震発生時には、水道施設や配水管に被害が生じて多数の世帯で断水が発生し、復旧までに時間を要する¹⁾。さらに、このような大規模地震の発生の切迫性が懸念されている²⁾。

そこで各自治体では、発生が懸念されている大規模地震に対して、地震発生時の防災体制の整備や住民への啓発のために、地震被害想定を作成している。上水道の地震被害想定³⁾では、管路の管種ごとの延長を地盤や管種などから得られる補正係数で補正し、管種ごとの被害とするため、想定には管路延長データが必要である。しかしながら、デジタル化された管路図やメッシュごとの管路データが整備されていない地域も多いため、正確な被害想定ができていないと言われている。

このような背景のもと、本研究では上水道配水管の管路延長を 250 m メッシュ毎に推定するモデルを構築することを目的とする。全管種合計の延長の推定だけでなく、配水管の代表的な管種の延長の推定も試みた。さらに、構築されたモデルを他の地域に適用して管路延長の推定を行い、水道統計の延長と比較することでモデルの妥当性を検証する。日本のあらゆる地域で管路の分布推定を行うことができるようにすることを目標とし、最終的には地震被害想定精度向上につなげることを目指す。

2. 本研究で用いたデータ

本研究では、仙台市と熊本市(管路データの無い一部地域を除く)の管路データを教師データとして用いてモデルの構築を行った。説明変数には、2006 年道路中心線データ、微地形区分データ、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年の国勢調査の人口と世帯数、2005 年、2010 年国勢調査・事業所企業統計調査のリンク統計の全産業事業所数、建て方別世帯数のデータを用いた。

3. 管路延長推定モデルの構築

(1) データ整理とモデルの構築について

仙台市と熊本市それぞれにおいて、回帰分析に用いるデータを 250 m メッシュのメッシュコードで整理した。管路データと道路中心線データは、GIS 上で 250 m メッシュに区切り、メッシュ毎の延長を算

出した。その他のデータについては、250 m メッシュ毎のデータはそのまま用い、500 m メッシュ毎のデータは 4 分の 1 ずつに按分し、250 m メッシュに当てはめて用いた。また、GIS 上において、道路幅員が 3 m 未満の狭い道路には水道管が埋設されていない場合が多いことが確認できたため、分析対象は幅員 3 m 以上の道路を含むメッシュとし、該当するメッシュのデータのみを用いた。

モデルの構築については、Matlab の回帰学習器アプリにより、線形回帰モデルや回帰木、回帰木のアンサンブルなどの 9 つの回帰モデルに学習をさせ、その中で検証の決定係数の値が最も良いモデルを最適なモデルとした。学習については、データセット全体を使用して学習させ、分割数 5 の交差検証で検証した。

(2) 全管種の延長推定モデル

仙台市、熊本市でデータを整理し、2 市を結合したデータでモデルを構築した。最適なモデルは、回帰木のアンサンブルのバギング木であり、モデルの決定係数は、0.81 と高かった。推定延長の重相関係数は約 0.96 と良好な数値であり、精度が良いと考えられる。そこで、実際に配水管の分布の推定が正しくできているのかを確認するために、GIS 上で仙台市の 250 m メッシュ毎の管路延長を可視化した。

図-1 では実際の管路分布、図-2 ではモデルによって推定された管路分布を示す。実際よりも広範囲に推定されているが、分布に関しての推定も概ね良好であることが確認できる。

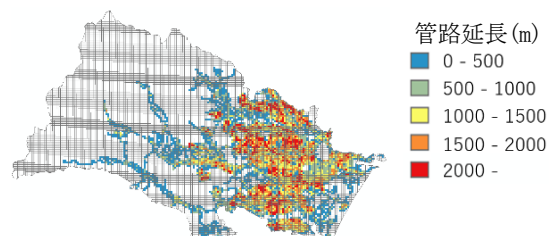


図-1 仙台市実際の管路分布

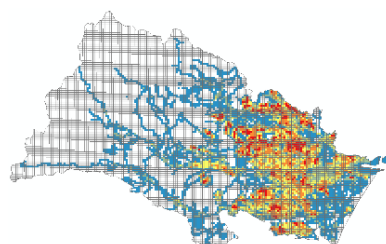


図-2 仙台市の推定された管路分布

(3) 管種ごとの推定モデル

東北地方太平洋沖地震における仙台市内の管種ごとの被害のうち、約70%が塩化ビニル管、約25%が耐震継手を有さない一般継手のダクトイル鋳鉄管であった。水道管被害の大半をこの2つの管種が占めている⁴⁾。そこで本研究では、一般継手のダクトイル鋳鉄管(DIP)と塩化ビニル管(VP)の分布推定モデルを検討した。DIPとVPのそれぞれでモデルを構築したところ、最適なモデルはどちらも回帰木のアンサンブルのバギング木であり、モデルの決定係数は、DIPでは0.60、VPでは0.61となった。推定延長の重相関係数は、どちらも約0.92と、良好な結果が得られた。

4. 静岡市への適用

(1) 全管種の延長推定

本研究では、回帰分析に使用していない地域として、静岡市にモデルを適用した。静岡市でも、説明変数のデータを250mメッシュ毎で整理し、その後、3章で示したモデルを適用した。モデルによって推定された管路延長を、令和2年度水道統計にある静岡市の配水管合計延長と比較し、モデルを評価した。図-3は、実延長と推定延長を比較した図である。モデルによって推定された管路延長は実際の延長の約1.3倍程度となっており、合計延長は実際よりもやや長く推定してしまっているが、地震被害想定には十分使用できる。

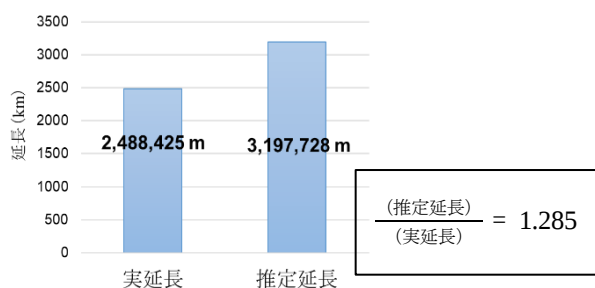


図-3 実際の管路延長と推定された管路延長の比較

(2) VP・DIPの延長推定

章3の節(3)で示した2種類の管種のモデルを静岡市に適用した。管種区別なしの延長推定と同様に、モデルによって推定された延長と水道統計による実際の延長を比較した。

図-4では、DIPの比較結果を示す。推定された延長は、実際の延長の約0.88倍となっており、管種区別なしの延長とは反対に、実際よりもやや短く推定されているが、地震被害想定には十分な精度である。

図-5では、VPの比較結果を示す。推定された延長は、実際の7.8倍以上長く、推定の精度がとても低い。そこで、静岡市の配水管路全体におけるVPの延

長の割合をモデル構築に用いた2市と比較したところ、静岡市のVPの延長の割合は2市の割合の5分の1程度と低かった。これが極端に長く推定してしまう原因の1つであると考えられる。

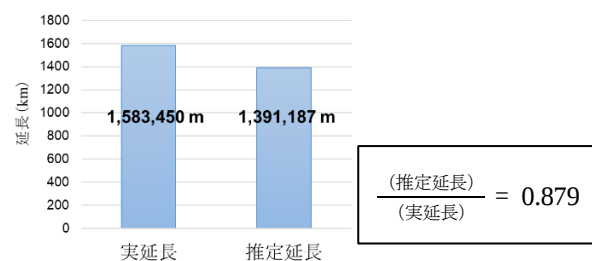


図-4 実際のDIPの延長と推定された延長の比較

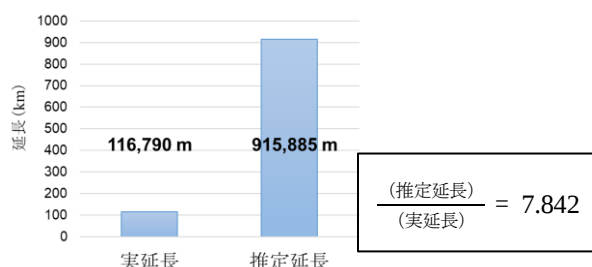


図-5 実際のVPの延長と推定された延長の比較

5. 結論

本研究では、仙台市と熊本市のデータを用いて、250mメッシュごとの管路延長を推定する。モデルを構築した。全管種合計の延長推定に加え、一般継手のDIPとVPの分布推定も行った。すべてのモデルにおいて、推定延長の重相関係数は良好な数値であった。これらのモデルを静岡市に適用してモデルを評価したところ、全管種合計延長とDIPの延長推定では概ね良好な推定結果となったが、VPでは、実延長と大幅なずれが出てしまった。今後は、他の市のデータを加え、様々な特徴のデータをモデルに学習させることにより、精度向上を目指す。

参考文献

- 1) 厚生労働省 水道施設の耐震化の推進 <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/taishin/index.html>
- 2) 内閣府：防災情報のページ 地震災害 <http://www.bousai.go.jp/kyoiku/hokenkyousai/jishin.html>
- 3) 内閣府（防災担当）首都直下地震に係る被害想定手法について p24 <http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/shiryou3.pdf>
- 4) 丸山喜久, 伊藤智大, 若松加寿江, 永田茂：東北地方太平洋沖地震における宮城県仙台市の水道管路被害状況の分析, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 70, No. 3, 377-388, 2014.