B-06

スマートメータを活用した漏水発生位置の予測

18T0233Y　安江　崇志
指導教員：丸山　喜久，劉　ウェン

1.　研究背景と目的

現在，日本の水道では年間 2 万件を超える漏水・破損事故が発生している [1]．水道管の法定耐用年数は約 40 年といわれており，高度経済成長期に整備された施設の老朽化に伴う漏水事故が懸念されている．水道管の漏水は，地上に流れ出す「地上漏水」と，地上には流れ出さず地下で流れている「地下漏水」の 2 種類に大別できる．東京都水道局によると，令和 2 年度の地上漏水に伴う修理対応が 6,790 件，地下漏水に伴う対応が 306 件であった [2]．地上漏水は人目に触れることから発見しやすいものの，地下漏水は漏水の状況を直接目視で確認できないため，早期発見のための技術開発が求められている．

そこで本研究では，現在普及が進んでいるスマートメータから得られる情報を活用し，センサで取得した水圧低下などの情報から漏水位置を推定する新たな手法の構築を目的とする．スマートメータ [3] とは，通信機能を備えた水道メータのことを指す．スマートメータには様々なセンサを搭載することが検討されており，圧力センサもその 1 つである．本研究では，管網末端のスマートメータの圧力情報を使用した漏水予測に関する検討を行う．

2.　管網解析

本研究では，実際の埋設管網を用いて管網解析 [4] を行い，管網内の 1 箇所で漏水が発生した場合の管網末端での水圧変化を計算する．この管網解析を多数実行し，機械学習の学習データとして用いる．機械学習によって，漏水箇所を予測する数値モデルを構築する．

埋設管網では，神奈川県茅ケ崎市萩園地区を対象地とした．対象地域内のメータ数は 274 である．配水網内に 60 m^3/h または 20 m^3/h の漏水が 1 箇所発生したことを想定する．漏水位置を複数設定し，管網解析を行った．図-1 に 60 m^3/h の漏水が 1 箇所発生した場合のメータの水圧分布を示す．このような管網解析を 400 シナリオ実行し，次章の機械学習の学習データに用いた．

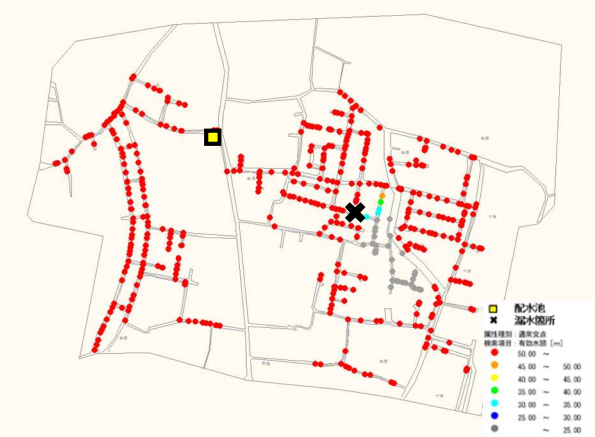

図-1　管網解析による水圧分布（漏水量：60 m^3/h）

3.　機械学習を用いた漏水箇所予測

管網解析ソフトにて得られたシミュレーション結果に基づき機械学習を行い，予測モデルを構築した．言語には python を使用し，機械学習手法にはランダムフォレスト [5]を用いる．ランダムフォレストとは，複数の決定木を作成し，それらの結果の多数決により予測を行うアンサンブル学習手法である．

本研究では，配水網を 250m メッシュ（モデル A）と 50m メッシュ（モデル B）で区切り，漏水しているノードが含まれるメッシュを「漏水メッシュ」とし，管網末端でのメータの圧力情報から「漏水メッシュ」を予測するモデルを構築した．モデルの説明変数には，メータの水圧変化量，水圧変化率とし，精度の高い予測モデルを模索した．グリッドサーチに基づきハイパーパラメータを設定した．また，全データ数の 70%を学習データ，30%をテストデータとした．

4.　漏水箇所予測モデルの精度評価

モデル A，モデル B について最も精度が高かったモデルの結果をまとめたものを表-2 に示す．

表-2　モデル別の評価指標

メッシュサイズ	モデル A 250 m メッシュ	モデル B 50 m メッシュ
正答率	0.93	0.62

説明変数にメータの水圧変化量と水圧変化率の両方を用いたモデルが最も正答率が高かった．モデル A は正答率が 0.93 と良好であるのに対し，モデル B では 0.62 とやや低かった．

漏水箇所の予測精度の低いメッシュに関する考察を行った．全データ数のうちメッシュ内に漏水点を含むデータのシナリオ数とメッシュごとの予測精度の関係を図-3，図-4 に示す．

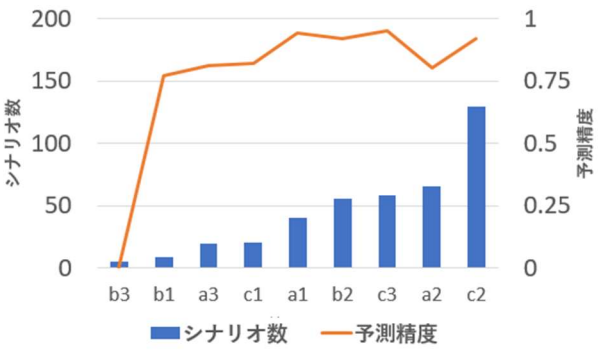

図-3　モデル A の漏水点を含むシナリオ数と予測精度の関係

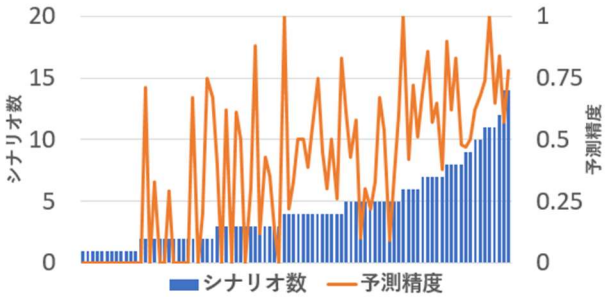

図-4　モデル B の漏水点を含むシナリオ数と予測精度の関係

メッシュ内に漏水点含むシナリオ数が増えると，予測精度が上昇することがわかる．その中でも特異的に予測精度が低いメッシュについて，マップ上に示したものを図-5 に示す．図-5 で示す予測精度が低いメッシュのうち，半分以上のメッシュで管路が入り組んでおり，複数の給水経路が存在した．そのようなメッシュでは予測精度が下がる傾向が見られた．

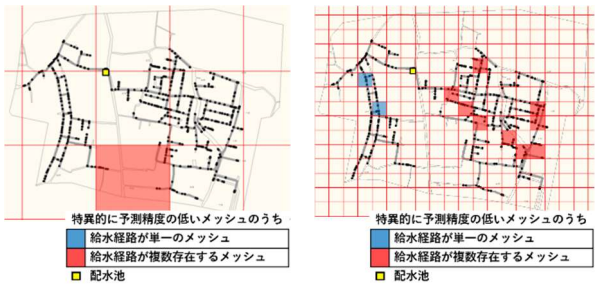

図-5 特異的に予測精度の低いメッシュ（左：モデル A，右：モデル B）

5.　まとめと今後の展望

本研究では，スマートメータから得られる情報を活用し，ランダムフォレストを用いた漏水位置予測モデルの構築を行った．250m メッシュで区切ったモデルでは良好な結果が得られたが，50m メッシュでは正答率が 0.62 とやや精度が低かった．今後は，管網解析のシナリオ数を増やす，説明変数に管路内の流量計から得られる情報を追加するなど，精度の向上を図る．また，漏水量をランダムに設定した場合や，災害時のように漏水箇所を複数設定した場合での予測モデルの構築を検討している．

参考文献

1)（社）日本水道協会：平成 29 年度水道統計（施設・業務編），第 100-1 号，2019.

2)東京都水道局：東京の漏水防止，令和 3 年度版，https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/files/items/20310/File/rousuiboushi_r3.pdf

3)東京都水道局：水道スマートメータトライアルプロジェクト，https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suidojigyo/torikumi/smartmeter_trialproject.html

4)高桑哲男：配水ネットワークの解析法とその応用，電気学会雑誌, Vol.966, No.6, p527-534, 1976.

5)波部斉：ランダムフォレスト，コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.2012-CVIM-182, No.31, p.1-8, 2012.