

道路網の GIS データに基づく地中埋設管の分布データ推定

Estimation of Pipeline Length from GIS Road Network Data

11TM0320 小林 朋美
Tomomi KOBAYASHI

指導教員 山崎 文雄

SYNOPSIS

Damage estimation for scenario earthquakes is conducted by local governments for emergency response planning. However, local governments usually do not possess detailed data of utility pipelines and hence, they generally estimate pipeline length data. A problem of this approach is that the accuracy of pipeline length estimation is not so high. This study tries to perform the estimation of water-pipeline data for more accurate earthquake damage assessments. The method to estimate the pipeline length is proposed from road network data by using GIS for densely inhabited districts (DIDs). But outside of DID, buildings data must be introduced in addition to road network data as parameters to estimate water-pipeline lengths in grid cells. Then the estimation method is evaluated by comparing the estimated data with the actual pipeline data.

1. はじめに

わが国では地震が起きた際の防災体制の整備や住民の啓発のために、各自治体において地震被害想定調査が行われている。その際に使用される被害予測手法も次々に更新され、近年行われた首都圏における水道管の被害想定では、磯山らの式¹⁾や東京都の式²⁾、さらに丸山・山崎の予測手法³⁾などが用いられている。しかし、自治体においてそれらの予測に必要な情報を含んだ埋設管路データは整備されておらず、推定によって独自に作成しているのが実情である。上水道管路を例に挙げると、近年行われた首都圏の地震被害想定では、上水道管データは行政区域ごとに集計される統計量をメッシュ毎の建物棟数、もしくは夜間人口データにより比例配分して作成されたものを用いていることがわかっている⁴⁾。後述するが、そのように推定されたデータを用いて得られる被害想定結果も高い精度があるとは言い難い。既往の研究として、Nagata *et al.*⁵⁾は昼夜間人口や需要家件数を用いた配水管路データの推定精度を検討しているが、この他にはまだ十分な研究がなされておらず、被害想定の前堤となるデータの精度向上は、地震被害想定結果の精度向上につながると考えられる。こうした背景をふまえて本研究では、GISを用いてより精度の高い被害予測のための上水道管データの構築を試みる。

2. 現状の水道延長推定法の問題点

神奈川県⁶⁾では平成18年度水道統計に記載されている配水管路延長をもとに、各市町村において単純に建物棟数を比例配分することによってメッシュ毎の管路延長を推定していた。その場合、低層木造住宅と、高層ビルのような大きな建物をどのように評価するかが問題となる。建物の数のみが延長に影響するため、このように推定されたデータに基づいて行われる地震被害想定は、その結果の正確さに疑問が生じる。したがって、より正確な管路データの予測方法が求められている。

3. 配水管路分布の推定

以下ではGISを用いて道路網及び建物のデータから配水管路の分布を推定する手順を示す。

(1) GISを用いた配水管路データの推定

メッシュ単位の上水道延長を推定するにあたって、GISを用いてメッシュ単位の道路延長を指標とし推定する方法を提案し検証する。これは水道やガスなどの埋設管は基本的に道路の下に埋まっているため、道路との間には高い相関があると推測したためである。

対象エリアは埋設管の詳細なデータが得られた新潟県柏崎市とし、道路網による推定法を提案する。なお、本研究では上水道の中でも配水管路の推定を目的とする。使用する配水管データは柏崎市ガス水道局より提供されたものを使用し、その属性には材質、口径、継手種別等の情報が含まれている。また基となる道路データは、インクリメントP株式会社の道路データ(2009年)を使用した。このデータには道路種別や幅員の情報も含んでいる。

柏崎市には建物が密集する市街地とそうでないエリアとが存在する。そのような市街地状況が異なるエリアでは同様に評価することは困難と考えられるため、人口集中地区(DID)を指標として地区を限定することを導入する。DIDという共通の尺度を基準として地域を限定することにより、市街地状況が異なる地域毎に比較ができると考えた。DID区域のデータは国土交通省が公表する国土数値情報⁷⁾よりダウンロードした2008年に作成されたものを使用する。このように市街地状況の異なるDIDの内側と外側では各々の推定法を考慮すべきであると考えられる。

(2) DID区域内での推定法

DIDの内側は基本的に市街地で、建物が連担した区域となっている。そのため水道の需要も多くあり、全ての道路に配水管が埋設されているとした。ゆえに道路のラインデ

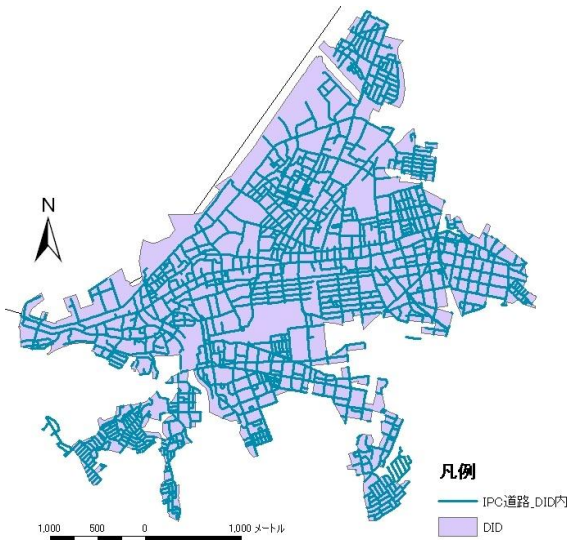


図-1 柏崎市 DID 内における道路網

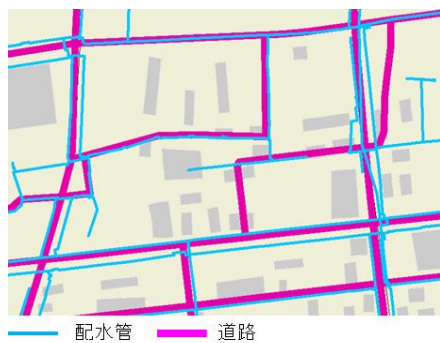
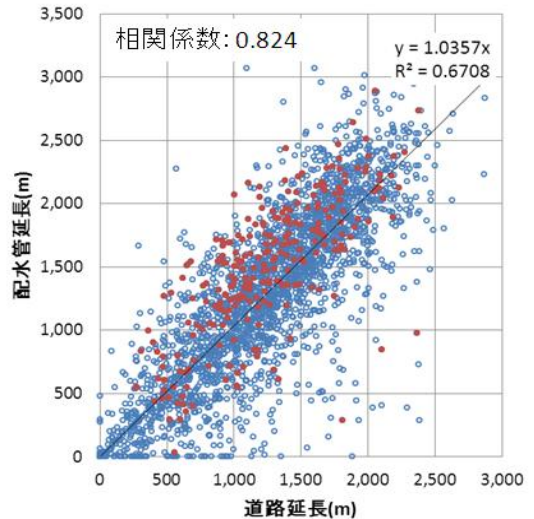


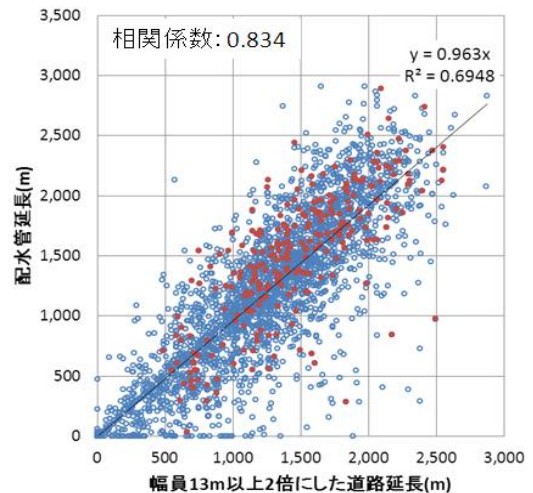
図-2 柏崎市 DID 内における道路と配水管 GIS データ

ータがそのまま推定する配水管路のラインデータになるとする(図-1)。DID内における推定延長および実延長の総延長はそれぞれ191,558m, 209,731mと近い値となった。また250mメッシュ毎の配水管の推定延長を算出し、両者の対応を見たところ、その相関係数は0.863という高い値が得られたが、その一方で推定延長が実延長よりも小さくなっているメッシュが多数存在していた。GIS上にて詳細を見たところ、1本の道路に対して配水管が2本埋設されている場合や、私道などの道路データに含まれていない道路下に配水管が埋設されている箇所もあることが要因であると考えられた(図-2)。そこで、道路の幅員が大きいところには配水管が両側に埋設されていると考え、幅員が13.0m以上の道路延長を2倍にすることで配水管延長を推定することとした。再度250mメッシュ毎の配水管の実延長と推定延長を算出し両者の対応を見たところ、先と比べ相関係数は0.865とわずかながらだが高い値となり、求めた回帰直線の傾きもより1に近いものとなった。変化が微小であるのは、柏崎市において幅員13.0m以上の道路がほとんどなく、それらの道路を2倍にすることによって影響を受けるメッシュが少ないことが考えられる。

そこで、この推定法が有効であるかどうか、配水管データを入手できた仙台市において検証を行った。その結果、図-3が得られ、幅員13.0m以上の道路延長を2倍にすることで推定の精度が少し高くなった。ゆえに、単純に道路延長を推定する配水管路延長とするよりも、道路幅員を考慮し



(a) 道路の幅員を考慮しない場合



(b) 道路の幅員を考慮した場合

図-3 メッシュ毎の道路延長と配水管延長の比較 (仙台市 DID 区域内、赤丸は幅員 13m 以上の道路を含むメッシュ)

て配水管延長を推定することによってより精度が高くなり、また配水管実延長と高い相関を示すことから、DID区域内においてこの推定法は有効であるといえる。

(3) DID区域の外側での推定法

DIDの外側では、まず始めにどの道路に配水管が埋設されているかを考慮する必要があるため、本研究ではその指標として建物を用いることとした。これは、配水管は建物が存在する地域において需要があると考えたためである。以下に、提案するDID区域外における配水管延長の推定法を示し各々において検証を行う。

a) 建物中心点データを用いた推定法

指標とする建物データに、柏崎市役所税務課内の「中越沖地震関連デジタルデータ利活用協議会」より提供された建物中心点データを用いた。また、道路のラインデータは交点から交点までを一つのセグメントとして区分した。こ

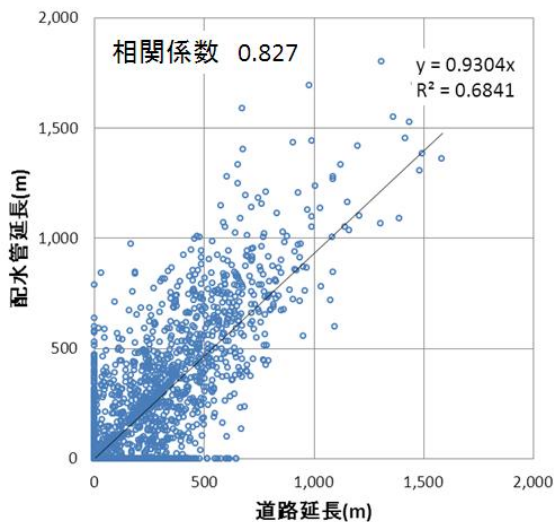


図-4 メッシュ毎の該当する道路延長と実配水管延長の比較（柏崎市 DID 区域外）

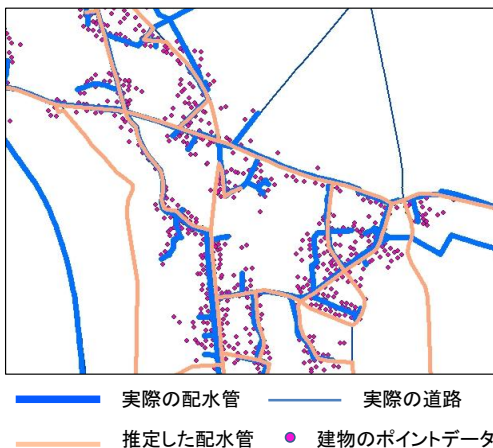


図-5 配水管，道路，建物 GIS データの一部拡大

これは、交点同士の間の道路では、配水管は基本的に途切れることなく埋設されていると考えたためである。

まず、建物の中心点から最も近い道路を選択した。次に建物の中心点から一定の距離を半径とした同心円を作成し、この同心円と重なる道路のラインを抽出し、そこに推定する配水管路が埋設されているとした。抽出する際には、同心円半径として、複数の値を試し、ある一定の大きさ以上のものを除外することにした。これは、道路下に埋設されている配水管を利用しているのは道路沿いに存在する建物が主であると考えたためである。基準となる同心円半径を15mとし、配水管路を推定したところ市内におけるその総延長は513,632mとなった。

図-4は250mメッシュ毎の配水管の推定延長（建物条件を満たす道路延長）と実延長を算出し、両者の対応を示したものである。その結果、ある程度高い相関が見受けられるが、双方の延長が異なっている箇所も多く存在する。また原点固定の回帰直線を求めたところ、その傾きは1よりも小さくなっているため推定延長が実延長よりも小さくなっているメッシュが多数存在する。GIS上にて詳細を見たところ、DID区域内の場合と同様に、私道などの今回使用した道路データに含まれていない道路に配水管が埋設されていることが要因として考えられる。図-5はGISにおいてDID

区域の一部を拡大したものであるが、ここからも先に述べた要因を確認することができる。一方で、実際には配水管が存在しないのにあると推定してしまった箇所もあった。このような状況は周辺の建物が少ないのに対し、交点間の距離が大きく一つのセグメントのラインが長くなっている道路で主にみられた。これは、道路沿いの建物が一棟でも存在すると、その建物ポイント中心の同心円に道路のラインが重なってしまい、交点間の長いセグメントがそのまま配水管が存在すると推定されてしまったからである。ゆえにDID区域外において、道路と建物データを用いて配水管路を推定する方法は、その有効性を確認することはできるものの、建物と道路データの関係においてさらなる検討が必要であるといえる。

b) 建物輪郭データを用いた推定法

ここでは、指標とする建物データの中心点ではなく輪郭を用いた推定法を提案する。建物データにはESRIジャパン株式会社発行の「ArcGISデータコレクション スタンダードパック」に含まれる全国基盤地図のものを使用した。この建物データは国土地理院の基盤地図情報（縮尺レベル25000）をもとにして作成されたものであり、建物が密集した市街地などでは建物をまとめて表現している場合があると記載されていた。また、道路のラインデータはやはり交点から交点までを一つのセグメントとして区分した。まず、建物の各輪郭のラインから特定の距離の範囲エリア（以下バッファと呼ぶ）を作成し、それと重なる道路ラインを推定する配水管路であるとした。バッファの距離は10m, 15m, 20mそれぞれにおいて検証したところ、20mの際にその条件を満たす道路延長と実際の配水管路延長とが最も近い値となったため、この距離を基準としてバッファを作成した。図-6は250mメッシュ毎の配水管の推定延長（建物条件を満たす道路延長）と実延長を算出し、両者の対応を示したものであるが、相関係数0.809と高い相関を得られることができた。建物中心点のデータを指標とする推定法の方が良い精度であるという結果にはなったが、この要因としては柏崎市役所税務課内より提供を受けた建物データでは、郊外においてより詳細な建物の情報が与えられていたためであると推測される。

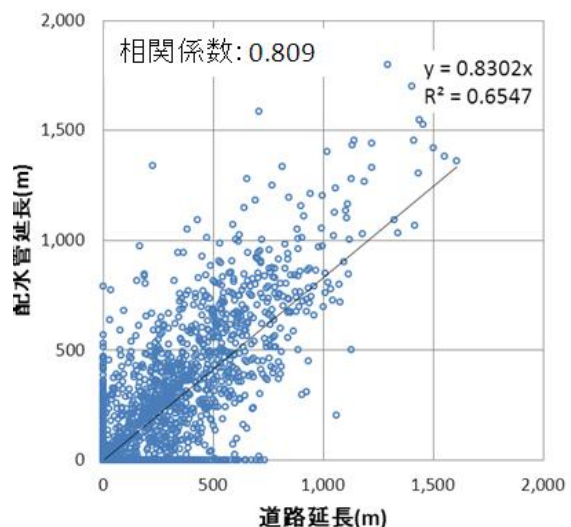


図-6 メッシュ毎の該当する道路延長と実配水管延長の比較（柏崎市 DID 区域外）

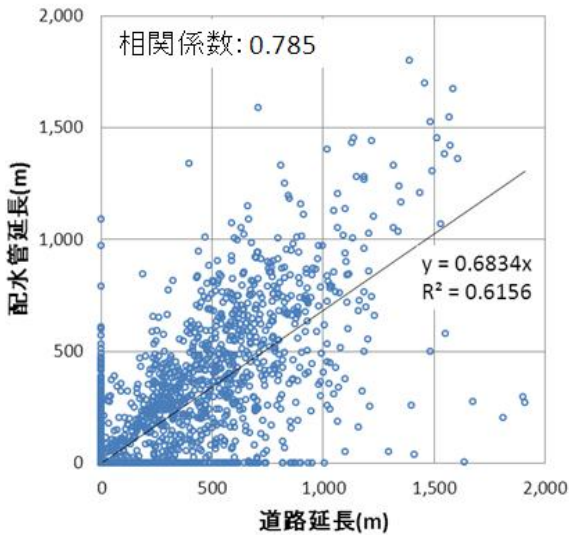


図-7 メッシュ毎の該当する道路延長と実配水管延長の比較（柏崎市 DID 区域外）

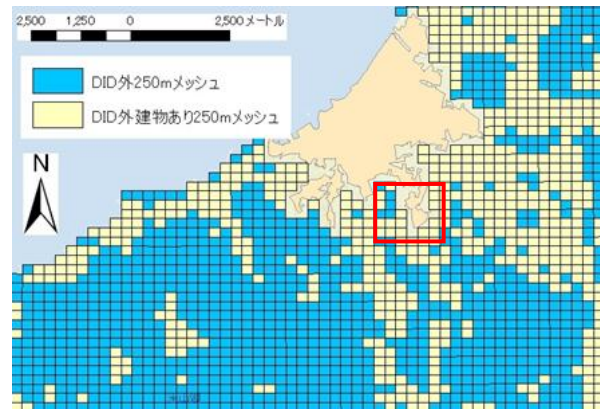
c) 250mメッシュ毎の建物データを用いた推定法

ここまでは建物そのもののデータを指標としていたが、実際そのようなデータを入手することが困難であることも考えられる。そこで、地震被害想定で用いられる250mのメッシュ別に建物が存在するか否かのみ情報をもとに配水管延長を推定する方法を検討する。まず、先に紹介した ESRI ジャパン株式会社発行の建物データを用いて建物が存在するメッシュのみを抽出する。それらのメッシュ内と重なる道路が推定する配水管路となるとした。図-7は250mメッシュ毎の配水管の推定延長（メッシュ条件を満たす道路延長）と実延長を算出し、両者の対応を示したものである。相関係数は0.785とある程度の相関が認められるが、両者の間にはばらつきが多く生じている。図-8に建物があるメッシュと無いメッシュをGIS上で表示したもの、及びその一部の拡大図を示す。このように建物が存在するメッシュが断続的に抽出されているため、抽出されなかったメッシュにおいて配水管路が存在する状況が多くみられた。他には、メッシュに重なる道路を全て推定する配水管路としているため、推定する道路延長が実際の配水管延長よりも長くなってしまっているメッシュが多数見受けられることが推察される。また、a)、b)の推定法と同様に道路データの精度も両者のばらつきの要因として挙げられる。ゆえに、この推定法においてある程度の精度は認められるものの、このままでは十分であるとは言い難く、より検討を重ねていく必要があるといえる。

以上、道路網の他に建物条件を考慮した3つの推定法を提案したが、精度や建物データの入手のしやすさ等を踏まえると、b)で提案する方法が最も実用的であると言える。

5. まとめ

本研究ではGISを用いて、DIDの内側と外側それぞれにおいて道路網をもとに配水管路分布を推定する方法を提案した。その結果、DID区域内においては比較的高い精度での推定が可能であることがわかった。一方で、DID区域外では道路だけでなく建物データも用いることによって配水管路分布を推定する方法をいくつか提案し、評価したところ



(a) 建物が存在するメッシュを抽出したもの



(b) 上図の四角部分の拡大表示

図-8 柏崎市 DID 区域外における GIS データ

建物輪郭データを用いた推定法が最も有効であると考えられた。

今後は、埋設管の位置を建物と道路の関係性において詳細に検討を重ねるとともに、加えて道路のネットワークを考慮するなどして、さらなる推定法の精度向上へつなぐと考えられる。

謝辞：本研究で使用した配水管路データは柏崎市ガス水道局、及び仙台市水道局より。また、建物中心点データにおいては、「中越沖地震関連デジタルデータ利活用協議会」より提供いただきました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 磯山龍二, 石田栄介, 湯根清二, 白水暢：水道管路の地震被害予測に関する研究, 水道協会雑誌, 第761号, pp.25-40, 1998.
- 2) 日本水道協会：「水道統計（平成十八年度）」
- 3) 丸山喜久, 山崎文雄：近年の地震データを加味したマクロな配水管被害予測式の改良, 土木学会 地震工学論文集 第30巻, pp.565-574, 2009.
- 4) 小林朋美, 山崎文雄, 永田茂：地震被害想定のための都市基盤データに基づく上水道管路延長分布の推定, 地域安全学会論文集, No.15, pp.163-168, 2011.
- 5) S. Nagata, K. Kageyama and K. Yamamoto, An Emergency Restoration Model for Water Supply Network Damage due to Earthquakes, Journal of Disaster Research, Vol. 3, No. 6, 2008.
- 6) 神奈川県：神奈川県地震被害想定調査報告書, 2009.
- 7) 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/index.html>