

道路網GISデータに基づく 地中埋設管分布データの推定

小林朋美¹・山崎文雄²

¹学生会員 千葉大学大学院 工学研究科 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail: t.kobayashi@chiba-u.jp

²正会員 千葉大学大学院 工学研究科 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail: fumio.yamazaki@faculty.chiba-u.jp

地域防災計画を策定する条件設定のため、日本の各自治体において地震被害想定がなされている。一方で、被害想定に必要となるメッシュ単位の埋設管路データはごく一部でしか整備されておらず、多くの場合において他のデータからの推定により作成されているのが実情であり、その精度に問題がある。そこで被害想定の上昇を目的として、250mメッシュ毎の上水道管延長と道路延長との相関分析を行い、DID区域の内側と外側それぞれにおいて道路網を基に上水道管延長を推定する方法を提案し検証した。その結果、道路網データによる推定が有効であることが示された。さらに、ガス管延長に対してもメッシュ単位の下水道管延長との相関分析を行った上で道路網データを用いた推定法の検証を行った。

Key Words : earthquake damage estimation, road network, water supply, gas pipeline, building

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ごと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えない。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、低層住宅が密集する地域では実際よりも延長が長く、高層ビルが立ち並ぶオフィス街では短く推定されてしまうと考えられる。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) 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。またもとなる道路データには、インクリメントP株式会社の道路データ（2009年）を、建物データは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」より提供されたものを使用した。

(2) GISを用いた配水管路の推定方法

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。そこで、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



図-1 柏崎市 DID 内における道路網

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⁶⁾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。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。

(3) DID区域内での推定法

DIDの内側は市街地といえ、建物も密集したエリアとなっている。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DID内における250mメッシュ毎の配水管の推定延長を算出し、図-2に両者の対応を示す。さらに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。つまり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ことを表している。GIS上にて詳細を見たところ、これは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る。しかし、両者の間には高い相関性が得られておりこの推定法の精度は高いといえる。

(4) DID区域の外側での推定法

DIDの外側では水道の需要がある建物が点在しているため、どの道路に配水管が埋設されているかを

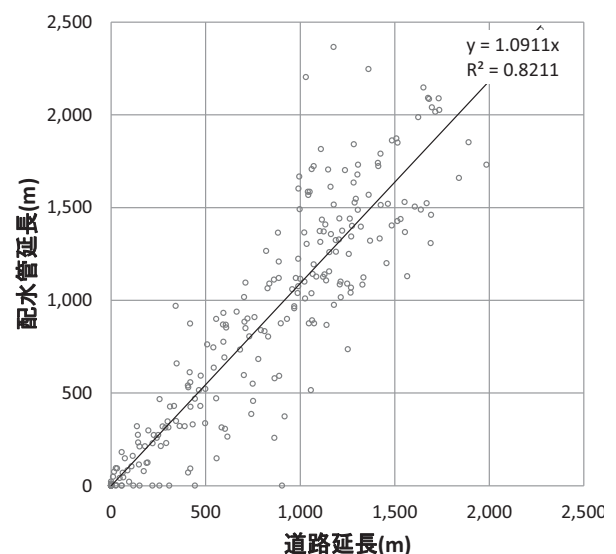


図-2 メッシュ毎の道路延長と配水管延長の比較
(柏崎市 DID 区域内)



図-3 道路網から推定した配水管路分布

考える必要がある。その指標として、「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。これは、交点同士の間道路では、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、建物の各ポイントから最も近い道路ラインまでの距離を算出し、建物のポイントを中心にその距離を半径とした同心円を作成した。さらに作成された同心円と重なる道路のラインを抽出し、それが推定する配水管路であるとした。また抽出する際には、同心円半径が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。除外す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。これは半径10mでの439,955mや半径20mでの549,431mに比べ、配水管実延長494,648mに近い値となった。そのため、本研究では半径15mを基準とし、それ以上の半径をもつ同心円を除外することとする。

図-3に建物と道路データから推定した配水管路分布を示す。また図-4は、250mメッシュ毎の配水管の

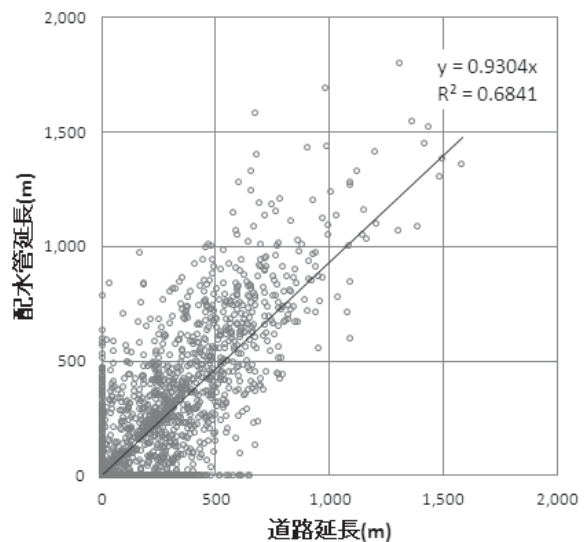


図-4 メッシュ毎の該当する道路延長と実配水管延長の比較（柏崎市 DID 区域外）

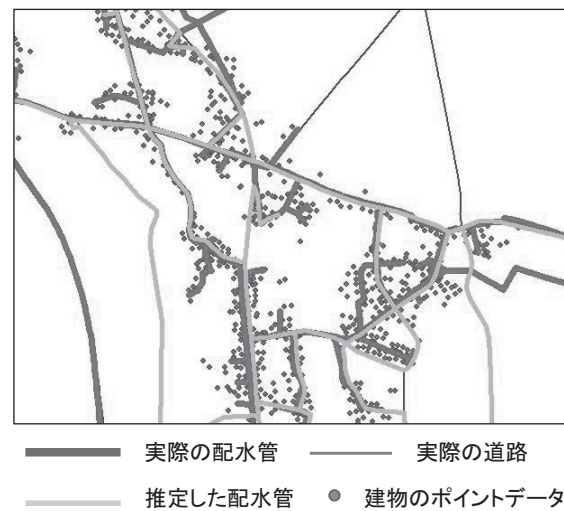


図-5 配水管、道路、建物 GIS データの一部拡大

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は図-3の四角で囲った部分を拡大したものであるが、ここからも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

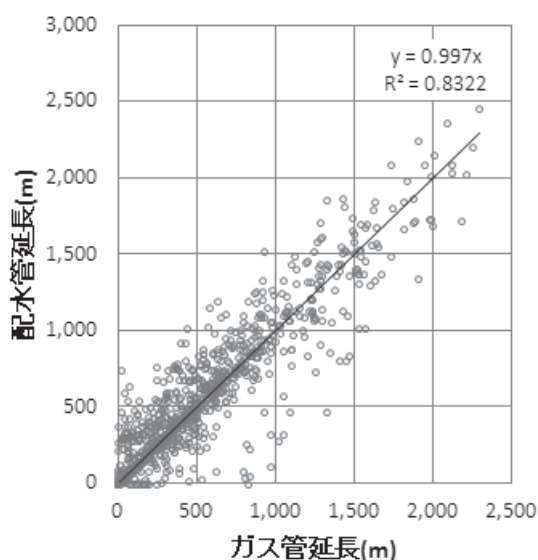


図-6 メッシュ毎のガス管延長と配水管延長の対応（柏崎市）

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。

4. ガス管路分布推定における検証

一般的なライフラインの地震被害想定では、上水道だけでなく都市ガスや下水道の被害予測もなされることが多い。本研究では、上水道の他にガス管に着目しその関係性を把握する。データ同士の相関を評価するため、対象地域は新潟県柏崎市における双方の管路データが存在する範囲とした。使用するガス管データの属性には、材質、口径、継手種別等が含まれている。ガス管の管路データは柏崎市ガス水道局が敷設状況を取りまとめたものを使用した。

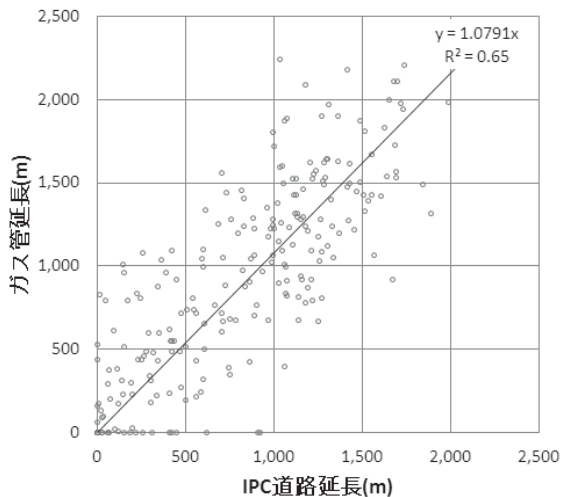
都市ガス管路網のデータは通常入手するのが非常に困難であり、そのため都市ガスの地震被害想定が容易にできないのが現状である。各都県でなされた被害想定を見ると、計算作業は各ガス業者に委ねる、もしくは協力を得て行われる場合が主であった。神奈川県地震被害想定においては、高坂他⁸⁾によ

る被害関数を用いてガス導管の被害軒数を予測する方法も用いられていた。しかしながら、上水道と同様に、この関数に必要な管種や口径等の情報を含んだメッシュ単位のガス管延長のデータは整備されていない。ゆえに、想定に必要なメッシュ単位でのガス管路延長の有効な推定方法を提案することによって、ガス事業者以外でも被害予測を行うことが可能になり、さらには被害推定精度の向上へつながると考えられる。

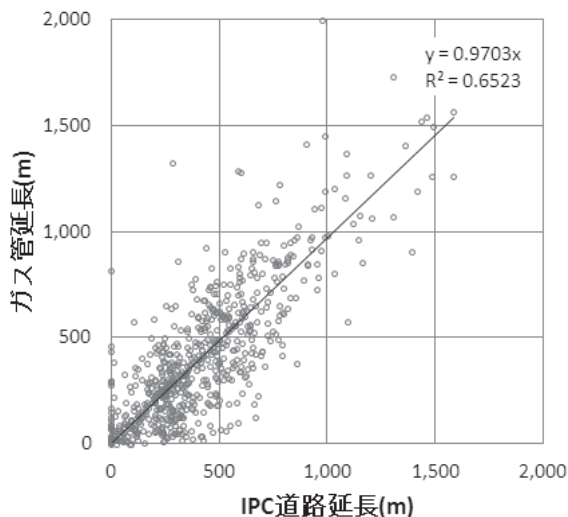
そこで道路網を用いた推定法を、ガス管にも用いることが可能かどうかを検討するため、まずはガス管と配水管の関係性を把握した。これは、柏崎市ではガス水道局が都市ガスと水道の両方を管理しており、両方の管路が近接して埋設されている場合が多いといわれており両者の相関が高いと考えたためである。なお、ガス管のデータには低圧管と中圧管の区別があるが、本研究ではとくに配水管と高い相関があると考えられる低圧管のみを検証対象とした。

図-6に柏崎市の対象地域における250mメッシュ毎のガス管延長と配水管延長の関係を示す。相関係数が0.91と非常に高い相関が得られた。しかし、ある程度のばらつきも見られるためGIS上にてガス管と配水管のラインデータを細かく見たところ、中でも国道8号線に沿って配水管が埋設されているのに対しガス管は埋設されていないという状況が両者の大きな違いとしてあげられた。また、配水管が埋設されていてもガス管が部分的にしか埋設されていない箇所が存在し、その逆の場合もあることも分かり、これらが両者の延長の違いの原因と考えられる。しかしながら、上記の国道沿いのような特殊な場合を除いて両者の間には高い相関性が見られるため、ガス管においても道路網を用いた推定法が有効であると考えられる。

配水管の場合と同様、道路網をもとに配水管延長を推定する方法（DID区域の内側）と、建物データによって抽出した道路網をもとに推定する方法（DID区域の外側）において検証を行った。図-7にそれぞれの推定法における250mメッシュ毎のガス管延長と道路延長の対応を示す。その結果、どちらの場合においても相関係数は0.80を超える値となり、求めた原点固定の回帰直線の傾きは1に近いものとなった。DID区域内においては、道路下にガス管が埋設されていない箇所が多数存在する。GIS上にて詳細を見たところ、これは海浜公園や倉庫街というエリアが影響していた。また、団地内においてガス管が不規則に埋設されているため、ガス管が道路延長に比べ長くなっているという地点が存在した。



(a) 柏崎市 DID 区域内



(b) 柏崎市 DID 区域外

図-7 メッシュ毎のガス管延長と配水管延長の関係

よって、このような特殊な地域を除けば、この推定法の精度はさらに高いものとなると考えられる。DID区域外においては、配水管の場合と同様に、主に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、実延長と推定延長との間に差を生じる要因として考えられる。さらに山道においてはガス管が存在しないにも関わらず、建物が数棟存在するために近くの道路を抽出してしまったという箇所があった(図-8)。以上より、ガス低圧管においても道路網に基づいた推定法は有効であると考えられるが、両者の延長の間にはまだいくらかの差があり道路網データをガス管延長の推定の指標とするためにはさらに詳細な検討が必要であると言えよう。

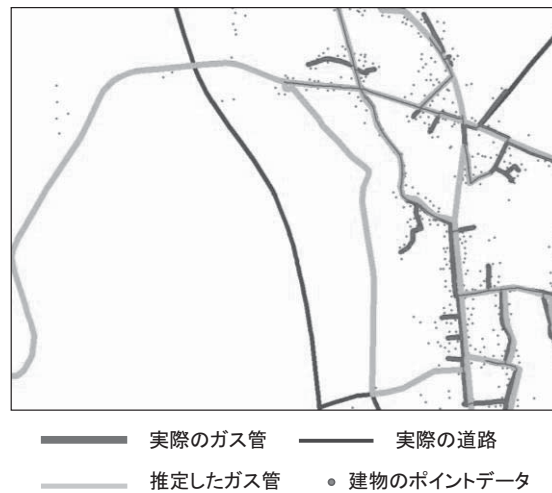


図-8 ガス管、道路、建物 GIS データの一部拡大

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中心点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提案した。その結果、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、まだ十分であるとは言い難い。また、柏崎市のGISデータに基づいてガス管延長と配水管延長の相互の関係を検討したところ両者の間には高い相関が見られた。そこで、配水管の場合と同様に道路網をもとにガス管路分布の推定を行ったところ、回帰直線の傾きが1に近く相関係数も高い値を示す一方で、両者の延長の間にはばらつきも多いことが見受けられた。ゆえに、このままでは道路網をガス管延長データを構築する際の指標として用いるのは充分とはいえないであろう。よって今後は、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、道路に2本埋設されている埋設管や道路網データの精度の問題も考慮することで、さらなる推定法の精度向上へとつなげていきたいと考えている。

謝辞：本研究で使用した新潟県柏崎市における配水管路データは柏崎市ガス水道局より、提供して頂きました。また建物中心点データは、「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>
- 8) 高坂政道, 小島清嗣, 大久保直人: 都市ガス導管の地震被害推定システム, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 3507-3511, 1998.

(2012.11.19 受付)