

# 道路網のGISデータに基づく上水道管路の分布推定

## Estimation of Water-Pipeline Length from GIS Road Network Data

小林 朋美<sup>1</sup>, 山崎 文雄<sup>2</sup>, 丸山 喜久<sup>2</sup>

Tomomi KOBAYASHI<sup>1</sup>, Fumio YAMAZAKI<sup>2</sup> and Yoshihisa MARUYAMA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京ガス株式会社 (元千葉大学大学院生)

Tokyo Gas Co., Ltd. (Former Graduate Student, Chiba University)

<sup>2</sup> 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻

Department of Urban Environment Systems, Chiba University

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 the distribution of pipeline length. 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 DIDs, buildings data must be introduced in addition to road network data as parameters to estimate water-pipeline lengths in grid cells.

**Keywords:** earthquake damage estimation, pipeline length, 250 m grid data, road, water supply network

### 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<sup>1)</sup>や東京都の式<sup>2)</sup>、さらに丸山・山崎の方法<sup>3)</sup>などが用いられている。下水道の被害想定においても、もととなるメッシュ毎の下水道延長に被害予測式を用いることで、その被害率を算出するのが一般的である<sup>4)</sup>。また、首都圏には重要なシステムが集中しており、迅速な復旧・復興活動が望まれているため広域連携の必要性が唱えられている<sup>5)</sup>。そこで、丸山・山崎<sup>6)</sup>は統一された手法を用いた広域被害予測を行うことで首都圏の地震抑止力の向上への検討を行った。このように、地震被害想定は防災計画などのためにも重要なものであるといえる。しかしながら、自治体において被害予測式に必要な情報を含んだメッシュ単位の埋設管路データは整備されていないことが多く、独自に延長を推定しているのが実情であり、それらをもとにした地震被害想定には問題があると考えられる。

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<sup>7)</sup>。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に高い精度があるとはいえない。既往の研究として、Nagata *et al.*<sup>8)</sup>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おり、能島<sup>9)</sup>は、メッシュ単位の配水管路データではない

ものの、水道統計<sup>10)</sup>を用いることによって都道府県別の上水道管種別延長の簡易評価法を検討している。また、小林・山崎<sup>11)</sup>は道路網のGISデータを用いた配水管路データの推定法を検討している。このように、被害想定の前堤となる基盤データを精度よく整備する手法を提案することは、地震被害想定精度向上につながると考えられる。

ライフライン施設の多くは道路の地下に埋設されており、各システムの存在が相互に密接に関わっている<sup>12)</sup>。それらの地震被害が重なり合った際には人々の日常生活に支障をきたすものと考えられる<sup>13)</sup>。たとえば、上水道管路とガス管路の関係もその1つといえる。現時点では地震被害想定において、ガスや上水道などのライフライン被害はそれぞれ別々に予測されている。それらの被害想定を行う自治体は、ガス管においても地震被害想定に必要な管路データを保有しておらず、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、計算作業はガス事業者に委ねる、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<sup>14)</sup>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。上水道データの構築において精度向上を図ることは、入手の難しいガス管路のデータの構築にも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



(a) 低層住宅街 (b) オフィス街  
 図1 神奈川県Y市の住宅街とオフィス街の例

表1 住宅街とオフィス街における上水道延長の推定結果

	棟数	棟数で割振りした上水道延長(m)	実際の 上水道延長(m)	差(m)
低層住宅街	373	3,786	1,793	1,993
オフィス街	40	427	1,810	-1,383

神奈川県<sup>15)</sup>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で比例配分することによってメッシュ毎の配水管路延長を推定している。その場合、図1に例を示したような低層木造住宅と、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。神奈川県Y市全域において管路網データ、及び実際の地震被害想定で使用された建物棟数のデータを用いて上水道延長の推定を行ったところ、表1のような結果となった。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。

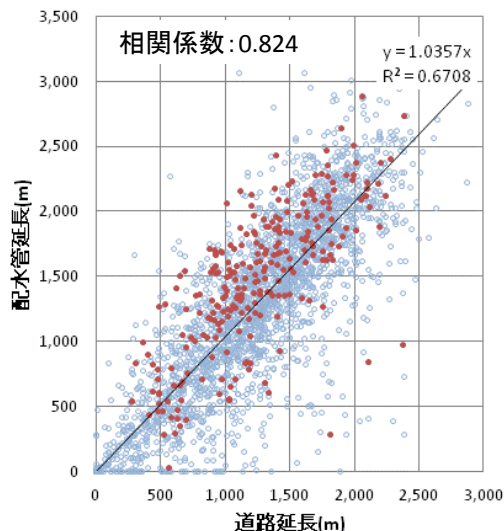
このように推定された存在（インベントリー）データに基づいて行われる地震被害想定は、その精度に疑問が生じる。したがって、より正確な管路延長データの推定方法が求められている。

### 3. 配水管路延長推定の対象地域と使用データ

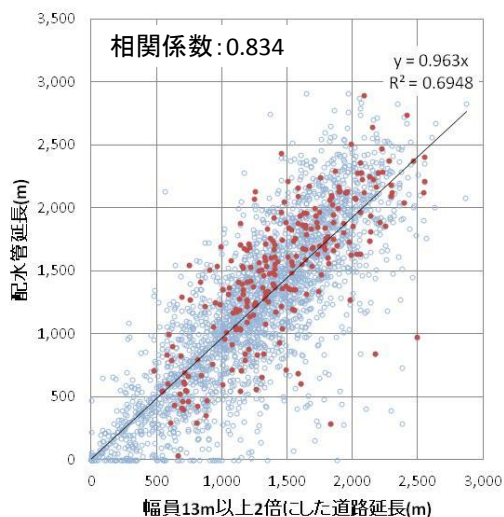
被害想定用のメッシュ単位の上水道延長を推定するにあたって、GISを用いてメッシュ単位の道路延長を指標とする方法を提案し検証する。これは水道やガスなどの埋設管は基本的に道路の下に埋まっているため、道路との間には高い空間相関があると推測したためである。

対象エリアは、埋設管の詳細なデータが得られた宮城県仙台市とし、道路網データに基づく推定法を提案する。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ため、給水管、送水管および導水管は推定する対象外とした。使用する配水管データは仙台市水道局より提供されたものを使用する。またもとなる道路データには、2009年のインクリメントP株式会社の道路データ（以下“IPC道路データ”とする）を、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建物輪郭を使用した。ESRI社による建物データは、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る。建物輪郭データは、密集市街地では連担する建物をまとめて輪郭として表示しており、1棟単位の建物データとは異なる。

仙台市には、建物が密集する市街地と郊外の地域が存



(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2 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）

在する。そのような市街地状況が異なるエリアに対して同じ推定方法を適用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区分する方法を導入する。DID区域のデータは国土交通省が公表する国土数値情報<sup>16)</sup>よりダウンロードした2008年版を使用する。これにより、市街地状況の異なるDIDの内側と外側では、別々の推定法を考慮することが可能となる。

### 4. DID区域内での配水管延長の推定法

DIDの内側は大局的には市街地とみなすことができ、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推測した。したがって、まず道路延長がそのまま推定する配水管路延長になると仮定する。仙台市のDID内における250mメッシュ毎の配水管の延長を算出し道路延長と比較したところ、相関係数が0.824となり高い関係性を示した（図2(a)）。しかしながら、両者の延長の間



(a) 主要道路の立体交差部分



(b) 団地のエリア

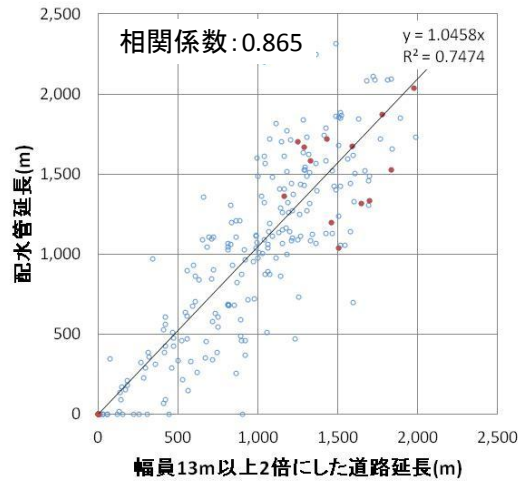
— 道路 — 配水管

図3 配水管延長と道路延長が異なってしまうメッシュの例

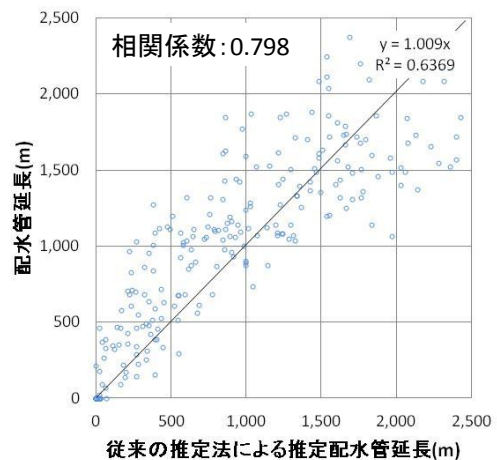
には差が大ききところも見られたため、GIS上にて実際の道路と配水管の位置関係における詳細を確認した。その結果、1つの道路リンクに対して配水管が2本埋設されている場合や、私道などのGISの道路データが整備されていないところに配水管が埋設されている箇所もあることが分かった。

そこで、配水管路網を推定する際に、道路の幅員を考慮することとした。一般に埋設管は、中央分離帯が存在する、もしくは車線数が多いなどの幅員の大きい道路においては、両側に埋められていると考えられる。本研究で用いているIPC道路データには道路属性の情報も含まれており、その幅員は3.0m未満、3.0m以上5.5m未満、5.5m以上13.0m未満、13.0m以上、および未調査の5分類に分けられている。そこで、本研究では幅員13.0m以上の道路には配水管が2本埋められていると仮定し、それらの道路の延長を2倍にすることで配水管延長を推定することにした。

図2(b)は幅員13.0m以上の道路延長を2倍にしたものを推定配水管長と見なした際の、250mメッシュ毎の配水管延長と推定延長の対応を示したものであり、先の単純に道路延長をそのまま配水管延長とした場合の図2(a)と比較した。赤丸で示されているのは、幅員13.0m以上の道路を含むメッシュであり、その道路延長を2倍にすることで推定される管路延長が変わるメッシュである。また、相関係数(決定係数 $R^2$ のルート)を求めたところ、その値は0.824から0.834へと、わずかながらではあるが道路幅員を考慮した場合において、その推定精度



(a) 道路網による推定 (DID区域内)



(b) 従来の建物数による推定 (DID区域内)

図4 柏崎市における配水管の推定延長と実際の延長との比較 (250mメッシュ単位)

が向上していることがわかる。しかし、図2(b)でも配水管延長と道路から推定した配水管延長の間に差があるメッシュがまだ存在するので、この要因をGIS上で詳細を調べてみた。

まず、推定延長が実延長よりも過大になってしまったメッシュを見たところ、道路の形状が立体交差のようになっている個所があった(図3(a))。このような特殊な形状をしている道路には、配水管等は埋設されていないと考えられる。したがって、このような形状の道路については、これらを道路網データから除外するような方法を考える必要がある。また、図3(b)に示すような団地と思われる地区で、その敷地内には道路が存在していても配水管が埋設されていないという箇所がいくつか見られた。また、配水管実延長の方が推定延長よりも大きくなっているメッシュに関しては、私道等のGISデータとして整備されていない道路延長をいかに推定するかが一番の課題であることが分かった。

詳細な建物データが得られた柏崎市のDID区域内において、先と同様に道路幅員を考慮した上で道路網データから配水管延長を推定したものと、これまでの建物棟数を比例配分することで配水管延長を推定する方法との精度比較を行った。もとなる建物データには、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

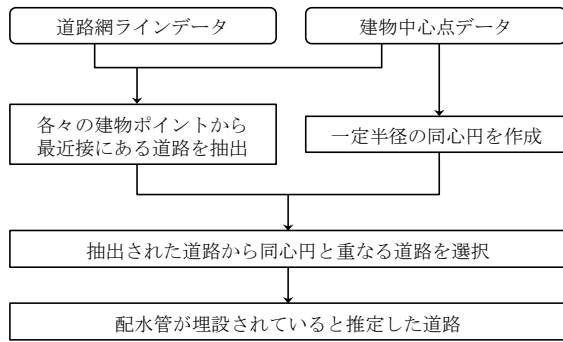


図5 建物中心点法のフロー

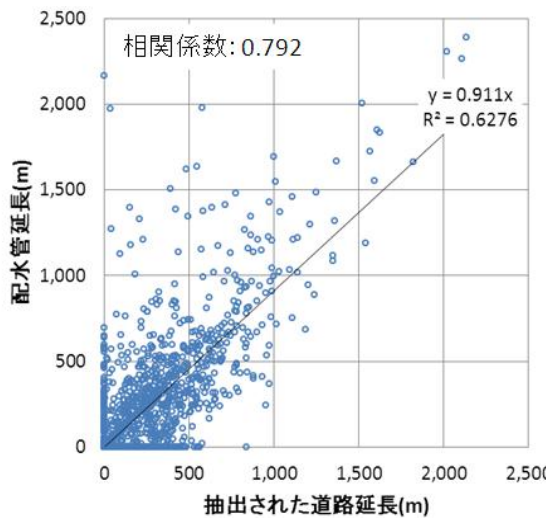


図6 建物中心点法によるメッシュ毎の該当する道路延長と実配水管延長の比較（仙台市 DID 区域外）

議会」より提供された建物の中心点位置が与えられたものを使用する。その結果を図4に示すが、もともと柏崎市には幅広い道路はそれほど存在しなかったため、道路幅員の影響はほとんど見られなかった。しかしながら、図4からも分かる通り全般的に道路延長と配水管延長の間には建物棟数データから推定した場合よりも高い相関性が得られたため、DID区域内に関しては、道路網をもとにした管路延長の推定法が最も適しているものと考えられる。

## 5. DID区域の外側での配水管分布の推定法

DIDの外側では、内側とは異なり水道の需要がある建物が点在しているため、最初にどの道路に配水管が埋設されているかを抽出する必要がある。そこで、その配水管が埋設されている道路を推定する指標として、建物位置情報を用いることとした。これは、配水管路は建物が存在する道路区間において、埋設する必要があると考えたためである。DID区域外における配水管延長の推定法として、建物データの利用法を3通り考慮し、道路データに基づく配水管延長の推定精度の検証を仙台市のDID区域外を対象として行う。また、後の(a)節ではDID区域外の中でもデータがある地域のみを対象とし、(b)節(c)節ではDID区域外の同エリア範囲を対象とした。

### (a) 建物中心点データを用いた推定法

ここでは、道路網の他に個々の建物位置データを用いた推定法（以下、「建物中心点法」と呼ぶ）を提案する。この推定法には詳細な建物位置データが必要になるため、ゼンリン㈱をもとに作成された建物輪郭データを使用する。しかしながら、このデータは仙台市全域では得られなかったため、本研究ではDID区域外のエリアの中でもデータを入手することが出来た範囲について、この推定法の検証を行うことにした。建物中心点法では、建物の中心点データを用いるため、建物輪郭ポリゴンの重心をポイント化した。また、道路のラインデータは、もともと道路種別や幅員などの属性別に一つのラインデータとして格納されていた。しかし、本研究では道路の交差点から交差点までを一つのセグメントとして区分することとした。これは、交差点間の道路では、配水管は基本的に途切れることなく埋設されていると推測したためである。

提案する建物中心点法の手順を示す。まず、建物の中心点から最も近い道路を選択する。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か接する道路のラインを抽出し、その道路に推定する配水管路が埋設されていると見なす。抽出する際には同心円の半径として複数の値を試し、最も適切な半径を経験的に選択することとした。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立地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が、半径10mや半径20mで試した場合に比べ、配水管実延長と最も近い値となった。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5に本推定法のフローを示す。

図6は対象としたエリアにおける250mメッシュ毎の配水管の推定延長（設定した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、配水管実延長は494,648mであるのに対し、推定延長は513,632mとなった。相関係数は0.792となり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メッシュも多く存在している。また原点を通る回帰直線を求めたところ、その傾きは1よりも若干小さい値となっている。つまり、推定延長が実延長よりも大きくなっているメッシュが多数存在していることが分かった。GIS上にて詳細を見たところ、実際には配水管が存在しないのに、存在すると推定した箇所があった。このような状況は、周辺の建物が少ないのに対し、道路の交差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が影響している。長い道路沿いに建物が一棟でも存在すると、その建物中心点からの同心円がその道路を選択してしまい、交差点間の長いセグメントにおいて、配水管が存在すると推定されたからである。

海岸沿いの地域で、配水管が埋設されていない場所において断続的に道路が抽出される状況が多く見られた。この辺りは田畑が広がっているが、その中にも建物がまとまって存在している箇所があったりするために、周囲の道路が抽出されたと考えられる。また、田畑の中での配水管路は、実際は不規則に埋設されているように見られた。一方で、実延長が推定延長より大きくなっている

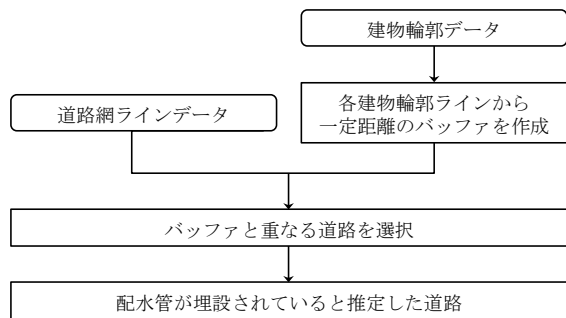


図7 建物輪郭法のフロー

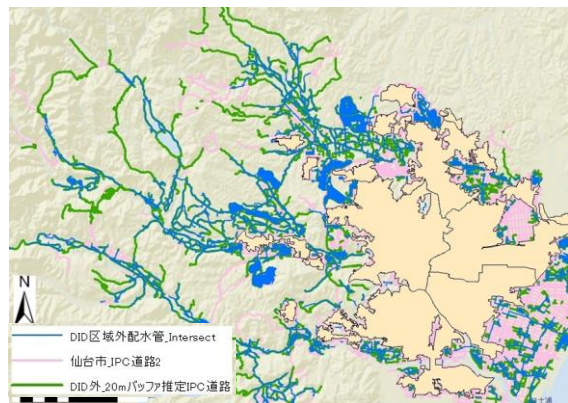


図8 仙台市のDID区域外における建物輪郭法による推定配水管路分布のGISデータ

メッシュも存在する。これは、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下に、配水管が埋設されていることが要因として考えられる。

以上より、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建物中心点法は、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

前節で述べた建物中心点法では位置情報までわかる詳細な個別建物データが必要となる。しかしながら、実際にはそのようなデータを入手することは一般に困難であり、この推定法はあまり実用的とはいえない。そこで、ここでは指標とする建物データとして、3章で紹介したESRIジャパン株式会社発行の全国基盤地図を使用した。国土地理院の基盤地図情報データ自体、誰でもダウンロードすることが可能であるため、これらのデータを用いた推定法の提案（以下、「建物輪郭法」と呼ぶ）は望ましいと考えた。また、道路のラインデータは、前節の建物中心点データでの推定法と同様、やはり交差点から交差点までを一つのセグメントとして区分した。

提案する配水管路の推定法の手順を示す。まず、建物輪郭のラインから特定の距離の範囲（以下バッファと呼ぶ）を作成し、それと重なる道路ラインに配水管路が埋設されているとした。その際、特定の距離を決定するために、各建物輪郭から最近接の道路ラインまでの距離を各々算出し、その距離が100m以内であったものの平均を求めたところ、その値は約20mとなった。そのため、

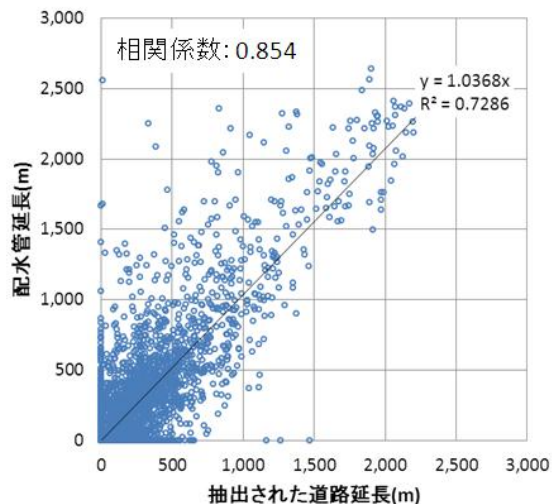


図9 建物輪郭法によるメッシュ毎の該当する道路延長と実配水管延長の比較（仙台市DID区域外）

作成するバッファの距離を10m、15m、20mとしてそれぞれ検証したところ、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することとした。

図7は本推定法のフローを示したものであり、図8に上記の方法で建物データと道路データから推定した配水管路分布を示す。緑のラインが最終的に配水管があると推定された道路、青いラインが正確な配水管路である。また、実際の管路延長が1,057,845mであるのに対し、抽出した道路延長は1,109,203mとなった。図9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、相関係数は0.854と高い値が得られた。また、原点を通る回帰直線の傾きを求めたところ1に近い値となっているが、散布図を見てみると、実配水管延長が抽出された道路延長よりも大きくなっているメッシュが目立っている。

GIS上にて詳細を見たところ、建物データの精度が要因として挙げられる。仙台市錦ヶ丘地区では、建物輪郭データが約半分しか存在していないために、周囲の道路を抽出することが出来なかった。この地区は、2000年以降、現在も拡大を続けているため、2008年発行のESRI社の建物データには、まだ全ての建物は含まれていないものと推測される。仙台市泉区将監においても、同様の状況が確認された。一方で、実際には配水管が存在しないのに存在すると推定したメッシュもある。これは、やはり交差点間が長いセグメントとなっている道路において、配水管が存在すると推定されていたことが一番の原因であった。図8で、青のラインが重なっていない緑のラインの部分がそれを示している。

これらの結果とデータの入手し易さを踏まえると、建物輪郭法は精度も高く、有効な推定法であるといえよう。

#### (c) 250mメッシュ毎の建物データを用いた推定法

前節では建物位置データそのもの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自体が困難であることも考えられる。しかし、首都圏で行われた地震被害想定を見たところ、250mメッシュ毎の建物棟数情報は整備されていることが分かっている<sup>6)</sup>。そこで、

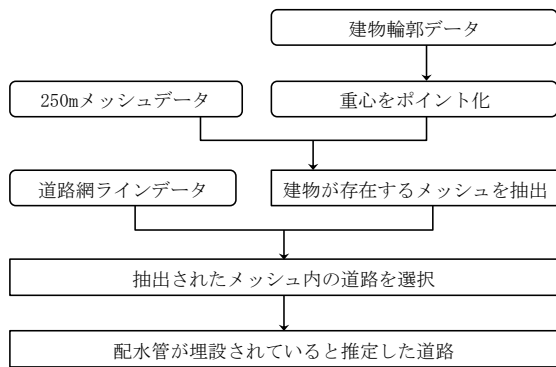


図10 メッシュ別推定法のフロー

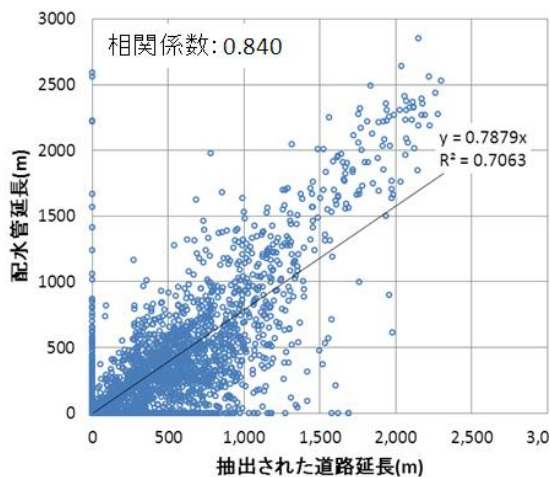


図11 メッシュ別推定法による250mメッシュ毎の配水管延長と推定延長の対応（仙台市DID区域外）

250mのメッシュごとに、建物が存在するか否かのみでの情報をもとに配水管延長を推定する方法（以下、「メッシュ別推定法」と呼ぶ。）を検討した。

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250mメッシュのみを抽出する。その際に建物データがポリゴンとして与えられていたため、はじめに重心をポイント化した後、そのポイントとメッシュが一つでも重なればそれは建物が存在するメッシュと見なし、一つも重ならなければ建物が存在しないメッシュとして推定の対象から外す。そして、建物が存在するメッシュを通過する道路は、配水管路が埋設されているものと推定した。図10にこの推定法のフローを示す。

図11に250mメッシュ毎の配水管の推定延長（条件を満たすメッシュ単位の道路延長）と実延長を算出し、両者の対応を比較したものを示す。また、実延長が1,057,845mであるのに対し、推定延長は1,304,589mとなった。相関係数は0.840となり、建物輪郭法での相関よりもその値がやや低くなる結果となった。原点を通る回帰直線を求めたところ、その傾きが0.79と1より小さくなっていることから、推定延長の方が配水管実延長よりも長くなっているメッシュが多数存在していることが分かる。また、両者の間のばらつきが顕著であることが見て取れる。

メッシュ別推定法を用いて、DID区域外における配水管路が存在する道路を抽出した結果の一部拡大を図



図12 DID区域外におけるGISデータの一部拡大

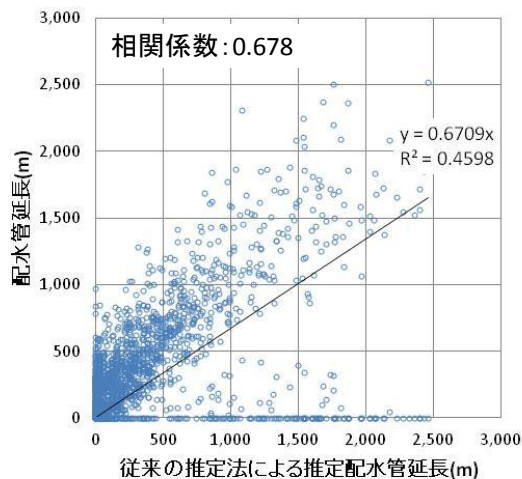
12に示す。このように、建物が存在するメッシュが断片的に抽出されているため、抽出されなかったメッシュにおいて、実際は配水管路が存在する状況が多くみられた。このように推定された配水管路が、途切れ途切れになってしまう状況を避けるためには、道路ネットワークの連続性を考慮する必要があるといえる。他には、抽出されたメッシュ内に存在する道路を全て配水管路が埋設されていると見なしているため、推定配水管延長が実際の配水管延長よりも長くなってしまっている箇所が多数見受けられる。したがって、この推定法においてある程度の精度は認められるものの、現段階ではこのメッシュ別推定法の精度は十分であるとはいえず、今後検討を重ねていく必要があるといえよう。

以上より、建物中心点法では、一棟一棟の詳細な建物データが必要となるため、そのデータの入手を考慮すると実現し難い方法と言える。また、相関係数の違いの他に、建物中心点法では実延長と推定延長との間に247km程もの差が生じてしまったのに対し、建物輪郭法ではその差はおよそ51kmであった。ゆえに、道路網のほかに建物条件を考慮した3つの推定法を提案したが、建物データの入手のしやすさや精度等を踏まえると「建物輪郭法」が最も実用的であり、比較的良い推定結果が得られると考えられる。

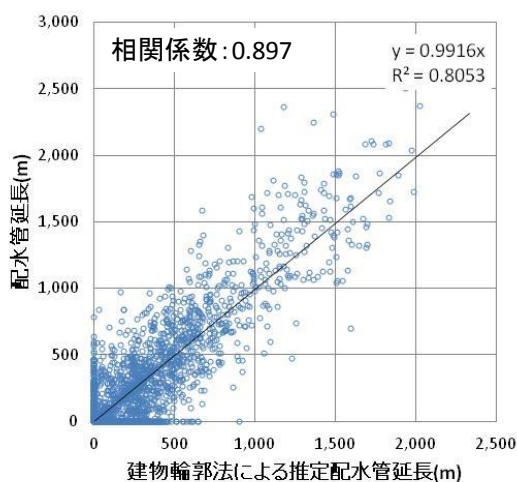
## 6. 柏崎市における推定法の精度検証

正確な配水管路網GISデータが得られている新潟県柏崎市において、本研究で提案した建物輪郭法を用いて250mメッシュ毎の配水管延長を推定し、その精度を検証する。DID区域内では第4章で述べた道路幅員を考慮した推定を行い、DID区域外においては建物輪郭法を用いた後、市全域において推定法の精度検証を行った。

まず、地震被害想定で最も多く用いられている建物棟数によって推定した配水管延長と実際の配水管延長との関係を調べた。対象とした柏崎市のDID区域内の面積は10.46km<sup>2</sup>。DID区域外においてはおよそ320km<sup>2</sup>である。使用する配水管データは、柏崎市ガス水道局<sup>17)</sup>より提供されたものを使用する。また、従来の建物による推定法のもととなる建物データには、4章にて用いたものと同様、柏崎市役所税務課内の「中越沖地震関連デジタルデ



(a) 従来の建物数による推定 (市全域)



(b) 建物輪郭法による推定 (市全域)

図 13 柏崎市における配水管の推定延長と実際の延長との比較 (250m メッシュ単位)

ータ活用協議会」より提供された建物の中心点位置が与えられたものを使用することで、メッシュ別の配水管延長を推定した。

建物による推定法、および建物輪郭法の各々で推定された配水管延長とその実延長の対応を図13に示す。相関係数の値はそれぞれ0.678, 0.897となり、明らかに建物輪郭法によって、良い精度の結果が得られた。また、図13(a)では横軸上に多数の点が存在しており、実際には配水管が存在していないにも関わらず、あると推定されたメッシュが多数あることがわかる。その一方で図13(b)ではそのような点を減らすことが出来ており、これが精度の向上に最も影響していると推測される。

このように、柏崎市において配水管延長データの推定法の精度を評価したところ、2章で述べた建物棟数を用いた従来の推定法に比べて建物輪郭法の精度が高いという結果が得られた。以上より、柏崎市と仙台市における検証結果と、データの入手し易さを踏まえると、建物輪郭法は、精度も高く有効な埋設管路延長の推定法であるといえる。本研究では、道路データと建物データを用いた配水管延長データの推定手法を提案したが、同様の方法でガス管延長や下水道管延長の推定も可能ではないかと考えており、今後の課題としたい。

## 7. まとめ

本研究では、正確な配水管路データを入手することが出来た宮城県仙台市において、GISを用いて人口集中地区(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。DIDの内側では、道路幅員を考慮した推定法を、DID区域外では、道路データに加えて建物データを用いて推定する方法を3つ提案し、新潟県柏崎市を対象に推定法の精度評価を行った。その結果、DID内においては高い精度での推定が可能であることがわかった。一方、DID外では、データの入手し易さも考慮した上で、建物輪郭データを用いた推定法が、最も精度がよく実用的であると考えられた。ここでは仙台市と柏崎市のみにおいての検証であるため、地域特性が異なる他の地区においても検証を行う必要がある。また、本研究で提案した、道路網をもとにした管路延長分布の推定法を用いて得られる推定の総管路延長と、水道統計等から得られる市町村毎の総延長との差を算出し、それを按分することにより総管路延長を調整する方法等が考えられる。これによって、推定法のさらなる精度向上の可能性も考えられるため、今後の課題としていきたい。さらに、提案する推定法を用いて算出した管路延長を使用し、実際に地震被害想定を行うことによって、現状のものとの程度の差が生じるのかを検討することが課題として挙げられる。

提案した道路網をもとにした配水管路延長分布の推定法は、地震被害想定データの構築の精度向上に貢献することが期待できる。しかしながら、現時点では被害予測式にパラメータとして使われている管種、管径の情報を考慮出来ていないため、それらを取り入れた推定法も今後検討する必要がある。また、より正確な被害想定を行うためには、埋設管の位置を建物と道路の関係性において評価するとともに、埋設管のネットワーク特性を考慮することで、地震被害想定さらなる精度向上へ寄与できると考えられる。

## 謝辞

本研究で使用した仙台市における配水管路データは、仙台市水道局より提供して頂きました。また、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、建物データは、「中越沖地震関連デジタルデータ活用協議会」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) 東京都: 東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書, 1997.
- 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) 国土交通省: 第1回 大規模地震による下水道被害想定検討委員会, 資料4 管路施設の被害予測手法について, 2005.

[http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/info/seisaku\\_kenkyu/jis\\_hinhigai/04.pdf](http://www.mlit.go.jp/crd/city/sewerage/info/seisaku_kenkyu/jis_hinhigai/04.pdf)

- 5) 国土交通省:平成15年度 大都市圏震災市街地における広域的な復興方策検討調査  
[http://www.mlit.go.jp/crd/daisei/bousai/15fukkou\\_report\\_gaiyou.pdf](http://www.mlit.go.jp/crd/daisei/bousai/15fukkou_report_gaiyou.pdf)
- 6) 丸山喜久, 山崎文雄:東京湾北部地震における上水道管と木造建物被害の相関性の評価, 土木学会論文集A1, No.68, No.4, 1\_950-1\_958, 2012.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 能島暢呂:脆弱性指数を用いたライフライン網の地震時脆弱性評価~上水道配水管網への適用~, 地域安全学会論文集, No.10, pp.137-146, 2008.
- 10) 日本水道協会:「水道統計(平成十八年度)」
- 11) 小林朋美, 山崎文雄:道路網GISデータに基づく地中埋設管分布データの推定, 第4回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム講演集, pp8-13, 2012.
- 12) 能島暢呂, 亀田弘行:地震時のシステム間相互連関を考慮したライフライン系のリスク評価法, 土木学会論文集 No.57/I-30, pp.231-241, 1995.
- 13) 豊田安由美, 庄司学:ライフライン事業者が想定する地震時応急復旧活動シナリオ及びその相互連関のモデル化の試みー首都直下地震を想定した場合の事例分析, 地域安全学会論文集, No. 12, pp. 61-70, 2010.
- 14) 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.
- 15) 神奈川県:神奈川県地震被害想定調査報告書, 2009.
- 16) 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>
- 17) 柏崎市ガス水道局:  
<http://www.city.kashiwazaki.niigata.jp/detail/3940624027.html>

(原稿受付 2013.5.24)  
(登載決定 2013.9.7)