

被害想定のための道路網データに基づく下水道管路の分布推定

Estimation of Distribution of Sewer Pipeline's Length based on Road Network Data

13TM0331 中澤 良太
Ryota NAKAZAWA

指導教員 山崎 文雄

SYNOPSIS

Damage estimation for scenario earthquakes is extensively conducted by local governments in Japan for emergency response planning. However, local governments usually do not possess detailed mesh data of lifeline systems with pipe material, diameter and length's information in the grid cell of GIS. The accuracy of lifeline's mesh data is considered to be highly related to the accuracy of damage assessment results. Therefore, to improve the accuracy of earthquake damage assessment, a correlation analysis is carried out to estimate the sewer pipeline length within a grid cell of 250 m from the corresponding road network's GIS data for Urayasu city, Chiba prefecture, Japan. The equation to estimate the sewer pipeline length was examined using the actual pipelines' GIS data and the road GIS data. The accuracy of the method developed for Urayasu city was further examined using the data from Kashiwazaki city, Niigata prefecture. The proposed method showed higher accuracy than the current practice of sewer pipeline length estimation from building density data.

1. はじめに

地震による被害軽減のためには、都市機能を維持する戦略を立て、仮に被災しても早期に復旧する計画を立てることが有用であると考えられる。その一環として我が国では、国や自治体において、地震被害想定が行われている¹⁾。被害想定に使用される被害予測手法は多数あり、想定の実施主体や実施時期によって異なっており、詳しくは報告書にまとめられている。近年行われた下水道の被害想定では、国土交通省の方法²⁾等が用いられているが、いずれも過去の被害データに基づいて統計解析により構築されたものであり、新しい被害地震が発生すると、その都度、被害データを取り入れて更新する必要があると指摘される。また、エネルギー供給や水供給・処理系のライフライン網の被害想定は、ネットワークデータの取得が容易でなく、また地盤・地震動などのデータが通常メッシュ単位で想定されることが多いため、同じくメッシュ単位で行われている。

近年の被害想定では、建物やライフラインのデータ構築と被害推計は、250m 標準メッシュを採用している場合が多い。しかし、各自治体において埋設管路データはメッシュ単位では整備されておらず、建物数メッシュデータなどからの推定によって、作成されている場合が多いことが分かった^{3), 4)}。物的な地震被害想定は、地表面地震動、メッシュ単位の構造種別の総量（埋設管の場合は管種・管径別の延長）、対象構造種別の被害予測式の3つの要素で決定されるが、メッシュ単位の基盤データの作成法は報告書に記載されていないことが多く、重要であるにも関わらず盲点となっていた。そのように推定されたメッシュ基盤データを用いて計算される被害想定結果も、当然ながら精度が高いとはいえない。そこで本研究では、地震被害想定精度向上への一助となることを目指して、実際の下水道管路網データが得られた浦安市を対象に、下水道のメッシュ延長データの構築を試みる。

2. 現状の埋設管メッシュ延長データの問題点

現在、日本の地方自治体では、水道や下水道台帳の電子データベース化の途上にあるところが多い。都道府県内の全自治体を対象とする被害想定では、これらが未整備の自治体が数多く残っている場合が多い。したがって、埋設管路データをGIS上の作業でベクター（管路ネットワーク）からラスター(250mメッシュ)に容易には変換できないため、メッシュ単位の管種・管径別の延長データを他のGISデータから推定し、地震被害想定に用いていることが多い。神奈川県被害想定⁵⁾を例にとると、各市町村における下水道の総延長をもとに、単純に建物棟数で比例配分することで各メッシュにおける下水道延長を推定している。建物課税台帳からの集約で各自治体が作成する建物メッシュデータは、信頼性が高く被害想定基幹データとなっている。一方、下水道や上水道のメッシュデータは自治体共通の方法での作成が容易でないため、メッシュ単位の建物数からの按分により作成されている。

このような推定法を用いた場合、メッシュ単位の建物数（建物棟数密度）だけが推定管路延長に影響するため、大きなビルが立ち並ぶオフィス街であるか、住宅密集地域であるかなどの市街地状況が考慮されない。すなわち、建物棟数密度が低い地区では推定延長は実延長より過小に、また高い地区では過大に推定されることになる。すなわち、同じ被害予測式を適用した場合、前者は被害箇所数が過小に、後者は過大に推計される。このように建物データ等から推定された埋設管延長に基づいて行われる被害想定精度には疑問があり、より正確な管路網のメッシュ延長データの推定法が求められる。

3. 既往の研究および対象地域について

小林ら³⁾は、上水道の配水管は基本的に道路の下に埋設されているため、配水管と道路の間には高い空間的な相関

があると推測した。仙台市の配水管路網を対象に、GISを用いて250mメッシュ単位の配水管延長と道路延長の関係性を調べ、道路データに基づく配水管延長データの推定方法を提案した。すなわち市街地では、配水管は道路下に1本ないし2本(幅員13m以上の道路)埋設されていると考え、市街地の外では、近接して建物が存在する道路にのみ配水管が埋められていると設定した。

本研究ではこの小林らの手法に基づいて、下水道と道路のメッシュ単位の延長の間においても、上水道と同じように高い相関がみられるかどうかについて検討する。対象地域は埋設管の詳細なデータが得られた千葉県浦安市とし、下水道管路データは浦安市より提供されたものを使用する。なお、浦安市の下水道の処理方式は汚水管と雨水管からなる分流式となっており、本研究ではこのうちの汚水管を対象とした。図-1に本研究で用いた下水道データをGISに表示したものを示す。

日本の下水道処理人口普及率は2013年時点で76.3%となっており、2012年の水道普及率が97.7%であることと比較すると、未整備の地域が多いことがわかる。国土交通省国土政策局が提供する国土数値情報では、ごく最近、上水道関連施設データとして、浄水場(その他関連施設)の位置(点)に加えて、給水区域(上水道事業と簡易水道事業)の範囲(面)が公開されている。一方、下水道関連施設に関しては、国土数値情報では、処理場施設およびポンプ場施設の位置が公開されているに留まっている。そこで、小林らの方法に準じて、下水道が整備されている地域についても、人口集中地区(DID)を指標に推定することを試みる。

DIDは日本の国勢調査において設定される統計上の地区であり、人口密度が4000人/km²以上の区域が連続して、なおかつ隣接する基本単位区との合計人口が5000人以上の区域を指す。このことから基本的にDIDは、建物が密集している市街地とみなすことができ、下水道需要も多いと考えられる。DID区域のデータは国土数値情報よりダウンロードすることが出来る。

本研究の対象地域である千葉県浦安市は、ほぼ全域がDIDであり、2014年時点で市内の下水道人口普及率99.6%、下水道面積普及率93.3%となっている。下水管は道路下に埋まっていることから、浦安市のように、市街地化と下水道整備が進んでいる地域では、ほぼ全ての道路に下水管が埋まっていると考えられる。そこでまず、IPC道路データを用いて、道路延長と下水道延長との関係を250mメッシュ単位で比較した(図-2)。比較するにあたって、道路デー

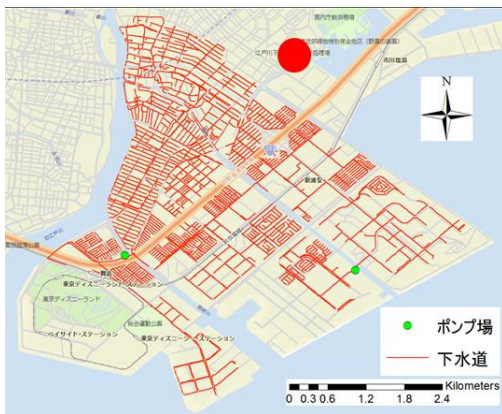


図-1 浦安市の下水道データ

タから高速道路を除外した。その結果、両者の相関係数は0.824と高い関係性が確認できたが、両者の延長の差が大きくなっているメッシュが見られる。そこで、これらの地点についてGIS等で詳細を確認することにする。

4. 下水道管路の分布推定

GISより首都高速湾岸線と並行して浦安市内を通っている国道357号には下水道が埋まっておらず、国道357号を含むメッシュにおいて道路延長と下水道延長の差が大きくなってしまっていることが確認できた。また、1本の道路に下水道が複数本埋設されている箇所が見られた(図-3)。

(1) 国道について

IPC道路データには、道路管理者、道路種別、車線数、道路幅員などの属性情報が含まれている。道路データに基づく下水道の推定延長と実延長をより近づけるため、こ

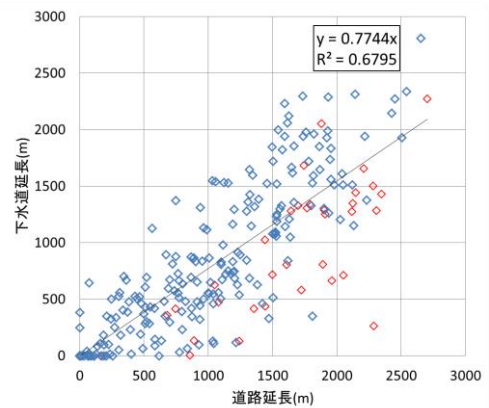
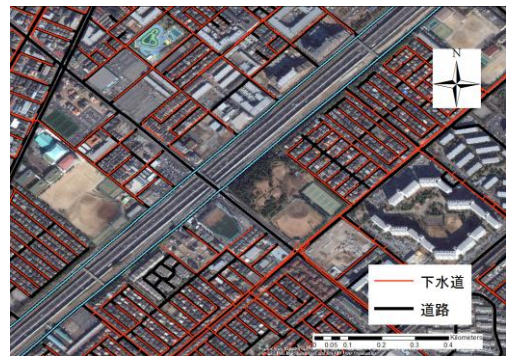


図-2 浦安市の250mメッシュ毎の道路延長と下水道延長の比較(赤点は国道を含むメッシュ)



(a) 国道357号周辺(青いラインは国道)



(b) 道路の両側に複数の下水管が埋設されている箇所
図-3 浦安市の道路と下水道GISデータ

で道路の属性情報を利用する。まずは国道 357 号線を推定延長から取り除く。この際、経路種別に関する属性情報が国道となっている道路を除外した。他に道路管理者、広域フラグ等の属性情報を用いても、この道路のみを抽出することが出来た。図-4 に国道を除去した道路延長による下水道延長の推定結果を示す。

(2) 道路幅員の考慮

次に 1 本の道路に対して複数本の下水道が埋設されている箇所について検討する。既往の研究において、小林らは

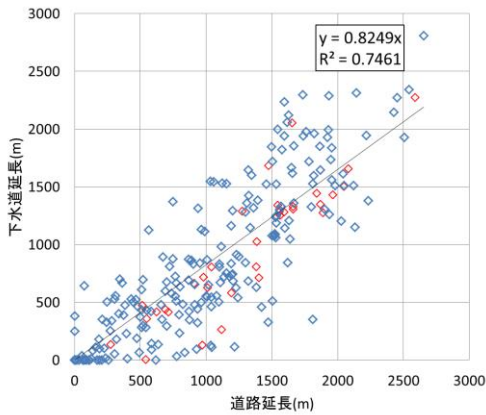


図-4 浦安市の 250m メッシュ毎の道路延長と下水道延長の比較 (赤点は国道を含むメッシュ)



図-5 推測した幹線と実際の幹線の位置の比較

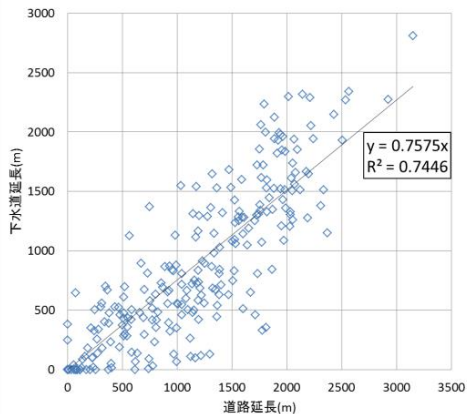


図-6 250m メッシュ毎の道路延長と下水道延長の比較 (幹線が埋設されていると推測した道路延長を 2 倍)

幅員 13.0m 以上の道路には配水管が複数本埋設されているとし、250m メッシュ単位の配水管延長推定の精度を向上させている。そこで本研究においても、まず幅員 13.0m 以上の道路については推定延長を 2 倍にすることで、相関係数が向上するか確認したが、相関係数は下がった。さらに詳細に下水道の埋設箇所について GIS を用いて確認したところ、下水道幹線が通っている道路に複数本埋設されている箇所が多く確認できた。そこで下水道幹線が埋設されている道路を考慮した推定を行うために、まずは下水道の幹線が埋設されている道路を推測することとする。下水道の幹線は枝線から運ばれてきた汚水を取り込み、処理場まで運ぶ管であり、基本的に下水道整備区域内の主要な道路に埋設されている。本研究では、幹線が埋まっている道路には枝線も埋まっていると考え、延長推定を行う。

下水道の基本計画では、20ha 以上または 10ha 以上の区域を対象に汚水処理のブロックを形成し、その中で集められる汚水が幹線へと流れるように検討することが通例である。本研究では、汚水処理のブロックの指標として町丁目ポリゴンを用いる。これは浦安市のほぼすべての町丁目は 20ha 以上または 10ha 以上の区域という条件を満たしているためである。基本的に幅員 13.0m 以上の道路には幹線が埋まっており、その道路には枝線も埋まっていると考え、延長推定を行うが、同一町丁目内を通る幅員 13.0m 以上の道路には幹線が埋設されていないとする。これらの条件で幹線が埋設されていると推測した道路と実際の幹線を図-5 に示す。そして(1)の操作に加えて、幹線が埋まっているとされる道路について延長を 2 倍にして実際の下水道延長と 250m メッシュ単位で比較した結果を図-6 に示す。相関係数は 0.863 となった。

5. 柏崎市における下水道メッシュ延長推定法の精度検証

本章では、これまでに示してきた推定法を他地域で用いて、現状の推定法と比較することでその精度を検証する。精度検証の対象地域は正確な下水道データ、建物データが得られた新潟県柏崎市とする。まず、現状の推定法に用いられている建物棟数と、実際の下水道延長の関係を調べた。建物棟数を用いた既存の推定法により求められる 250m メッシュ毎の下水道延長と実際の下水道延長の関係を図-7 に示す。使用する下水道データは、柏崎市ガス水道局より提

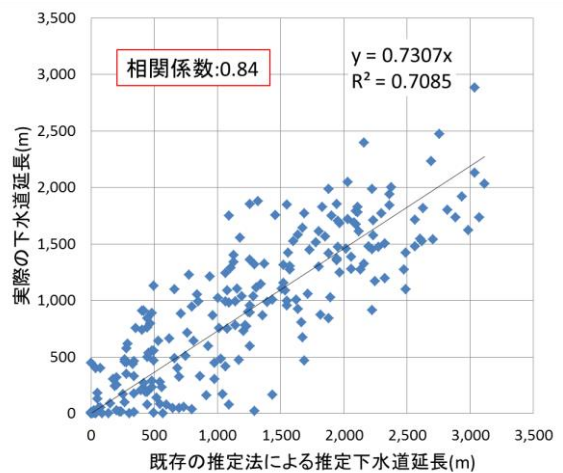


図-7 柏崎市における既存の方法による下水道の推定延長と実延長との比較 (250m メッシュ単位)

供されたものである。また建物データとして、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の中心点位置が与えられたものを使用した。

また道路データを用いた250mメッシュ毎の下水道延長と実際の下水道延長の関係を図-8に示す。図の赤いポイントは国道を含んでいたメッシュを示しており、この分の道路延長は除外した。柏崎市を通る国道は国道8号線及び国道252号線であった。これらの道路周辺の下水道埋設状況について図-9に示す。図の青線が国道、赤線が下水道である。下水道が埋まっている箇所が見られるものの、断続的であり、下水処理の需要家につなぐための必要最低限の埋設であることが図から窺える。この理由について、自治体は埋設管の管理や交通量を考慮して出来る限り国道を避けて埋設管のルートを選定していることが指摘できる。実際に浦安市と同様に、柏崎市において、これらの道路を推定延長から外して下水道延長の推定を行った結果、相関係数は向上した。

また下水道の口径について調べたところ、これらの国道沿いには250mm以上の下水管は埋設されていないこともわかった。結果として道路データに基づく250mメッシュ毎の下水道延長の推定は、求められた相関係数0.919となり、建物棟数を用いた既存の推定法による推定の相関係数0.842を大きく上回った。メッシュ毎の実延長と推定延長の差のばらつき具合も既存の方法より小さいことが図から読み取れ、高い精度で推定が可能であると言える。

なお、実際に推定を行う際には、自治体毎の道路延長(推定延長) L_e と下水道統計の総延長 L_r では差異が生じてしまうため、メッシュ単位の推定延長にそれぞれ補正係数(L_r/L_e)を乗じて下水道統計⁶⁾の値と一致させることとする。

6. まとめ

本研究では、地震被害想定における埋設管路のメッシュ単位の延長データの構築手法の問題点を示すとともに、千葉県浦安市を対象として、道路データを用いた下水道のメッシュ延長の推定を行った。浦安市のように市街地化と下水道整備が進んだ地域では、基本的に道路延長が、推定下水道延長であるという仮定のもとに、IPC道路データを用いて検討を行った。また、GISを用いて道路と下水道管路の位置関係を詳細に確認した。

次に、新潟県柏崎市を対象に、建物棟数データを用いた既存の推定法と比較したところ、道路データに基づく250mメッシュの下水道延長の推定結果は、相対的に遥かに高い精度であることが示され、下水道整備が進んだ地域において、道路データを用いた下水道の推定法は有効であることが検証された。また、国道沿いでは下水処理の需要家屋につなぐための必要最低限の埋設であることがわかった。

今後は、より多くの地域のライフラインデータの収集に努め、上水道、下水道、道路データのそれぞれの位置データ違いについてより詳細に調査し、それぞれの特性を明らかにして、より精度の高いメッシュ延長データの推定方法の提案につなげていきたいと考えている。

謝辞：本研究で使用した下水道管路データは柏崎市ガス水道局、及び浦安市下水道課より。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。

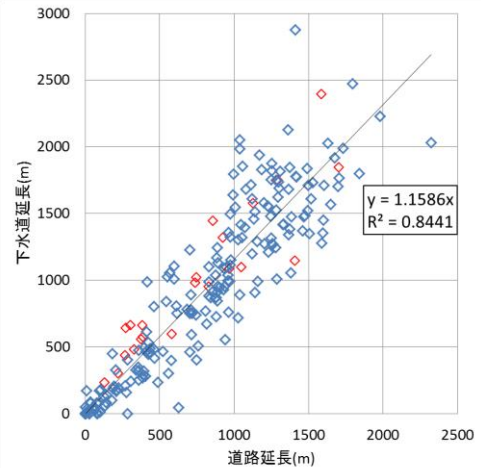


図-8 柏崎市における道路データに基づく推定下水道延長と実延長との比較 (赤いポイントは国道を含むメッシュ)



図-9 柏崎市の国道8号線及び国道252号線の周辺

参考文献

- 1) 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告), 2013. http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/pdf/syuto_wg_report.pdf
- 2) 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/sewage/info/seisaku_kenkyu/jishinhigai/04.pdf
- 3) 小林朋美，山崎文雄，丸山喜久：道路網のGISデータに基づく上水道管路の分布推定，地域安全学会論文集，No. 21, pp. 267-274, 2013.
- 4) 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.
- 5) 神奈川県：神奈川県地震被害想定調査報告書，2009.
- 6) 日本下水道協会：「下水道統計（平成二十年度）」