

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

中澤良太¹⁾、山崎文雄²⁾

1) 千葉大学 大学院工学研究科、大学院生

e-mail : r.nakazawa@chiba-u.jp

2) 千葉大学 大学院工学研究科、教授 工博

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

要約

日本の各自治体において地震被害想定がなされているが、これに必要となるメッシュ単位の埋設管路データの整備は十分になされていない。建物棟数など、他のデータからの推定により作成されている場合が多く、その精度に問題がある。そこで本研究では、実際の下水道および道路データのある浦安市を対象に、250mメッシュ毎の下水道延長と道路延長との相関分析を行った。また、道路の幅員を考慮した推定法なども検討した。この推定法の精度を評価するために、新潟県柏崎市を対象にこれらの推定法を既存の推定法と比較し、より高い推定精度であることを確認した。

キーワード： 地震被害想定、GIS、道路網データ、下水道、250mメッシュ

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⁾⁴⁾。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⁵⁾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⁶⁾が、上水道の被害想定では日本水道協会⁷⁾のものや東京都の式⁸⁾などが用いられているが、いずれも1995年兵庫県南部地震などの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、2011年東北地方太平洋沖地震などの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が指摘される。

地震被害想定の中での1つの重要な項目である、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。近年の多くの被害想定では、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²⁾⁴⁾。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^{9), 10)}。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述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、地震被害想定への精度向上の一助となることを目指して、実際の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。

千葉県地震被害想定調査²⁾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、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ことが図1からわかる。千葉県の被害想定に用いられた下水道のメッシュ延長データは、建物数データとほぼ直線関係にあり、建物棟数をもとに作成されたものであると推察できる。完全比例関係でない理由は、想定に用いた建物データの構築時期と、下水道データの構築に用いた建物データの構築時期に差があることが考えられる。新たに建物が建てられたであろうメッシュにおいて、下水道の延長が過小評価されているのは、恐らくこのためであると考えられる。建物課税台帳からの集約で各自治体が作成する建物データは、信頼性が高く被害想定の方針データとなっている。一方、下水道や上水道の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たことが、この図からも明らかになった。

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。

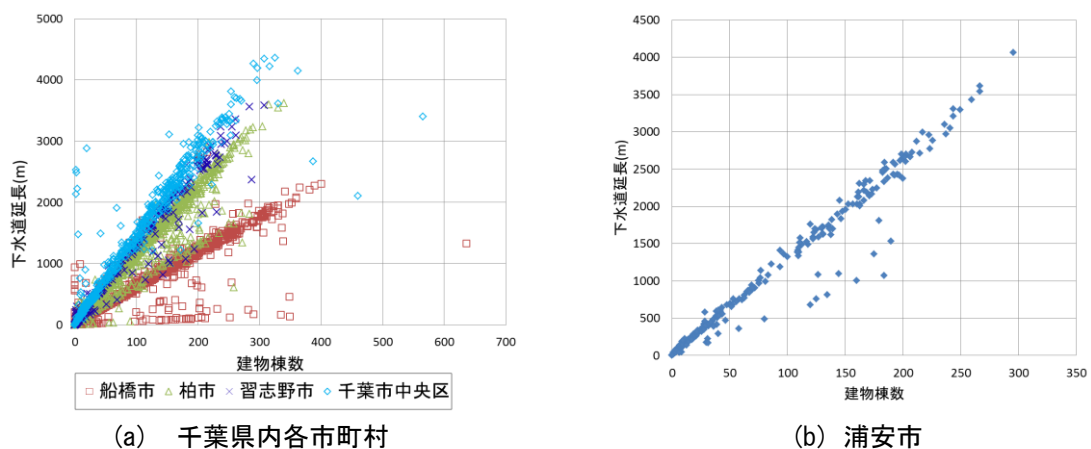


図1 千葉県被害想定³⁾に用いられた下水道データと建物棟数データの関係(250mメッシュ単位)

3. 下水道のメッシュ延長分布の推定法

小林ら¹⁰⁾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污水管と雨水管の分流式となっており、本研究ではこのうちの污水管を対象とした。浦安市の下水道（污水管）管路網を図 2(a) に GIS で表示した。

浦安市の道路データとしては、国土地理院が発行した「数値地図 2500」(2006 年)とインクリメント P 株式会社の IPC 道路データ(2009 年)を使用する。これらのデータは図 2(c)、(d)に示す。本研究では、GIS を用いてこれらの道路データと下水道データの詳細な位置関係を把握し、一般に入手が容易である道路データに基づいて、下水道のメッシュ単位の延長を推定する手法を提示する。

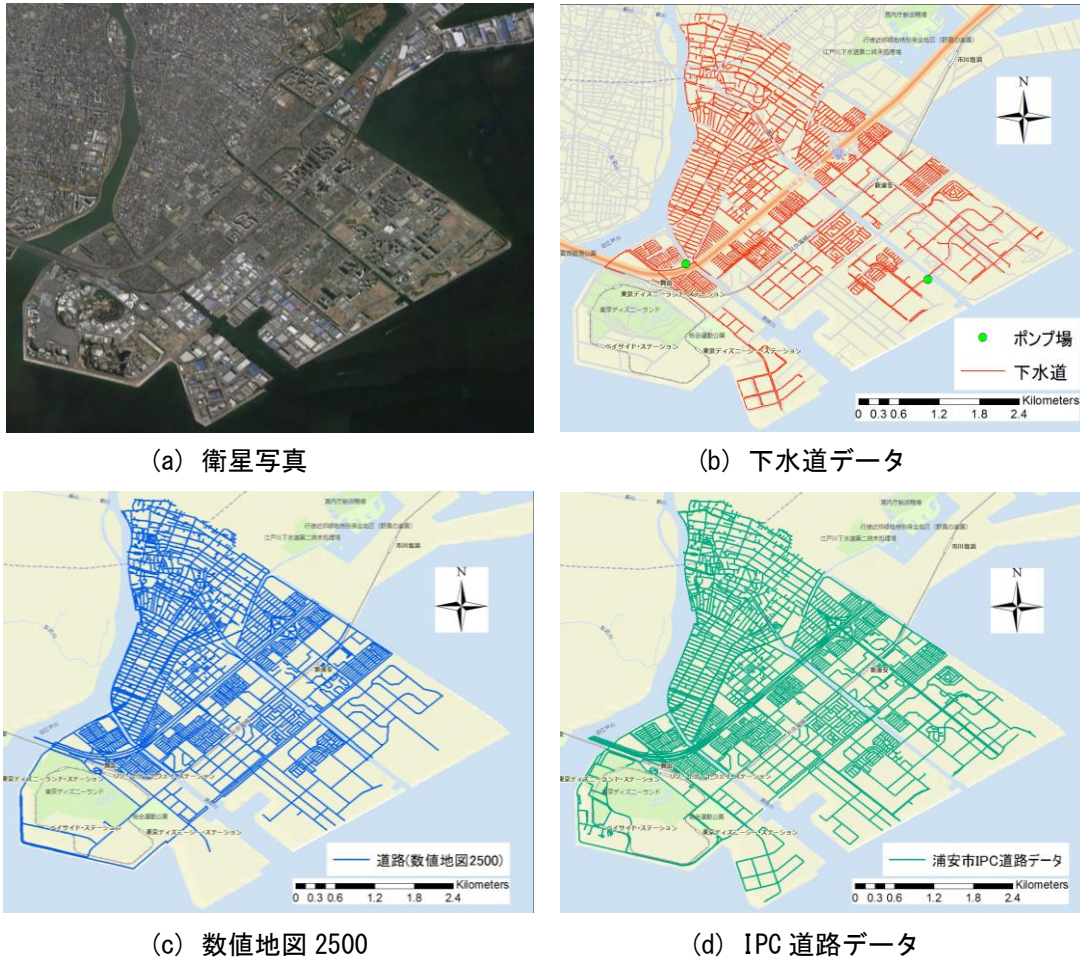


図 2 浦安市内の各データ

4. 浦安市を対象とした下水道延長の推定

4.1 下水道と道路のメッシュ延長の関係

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¹¹⁾、2012 年の水道普及率¹²⁾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¹³⁾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¹⁰⁾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¹⁴⁾。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、「数値地図 2500」¹⁵⁾の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 3)。相関係数は 0.837 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。

まず、図 3 の y 軸上に位置する下水道延長が 0 になっているメッシュについては、下水道未整備地区が含まれていることが分かった。また、市内南部の臨海部では道路延長が大きく不足している箇所が見られた(図 4)。さらに、1つの道路に対して、下水管が複数本埋設されている箇所が見られた。とくに道路データの整備時期や、どの区分の道路まで GIS で整備されているかの状況が、重要になってくることが指摘できる。

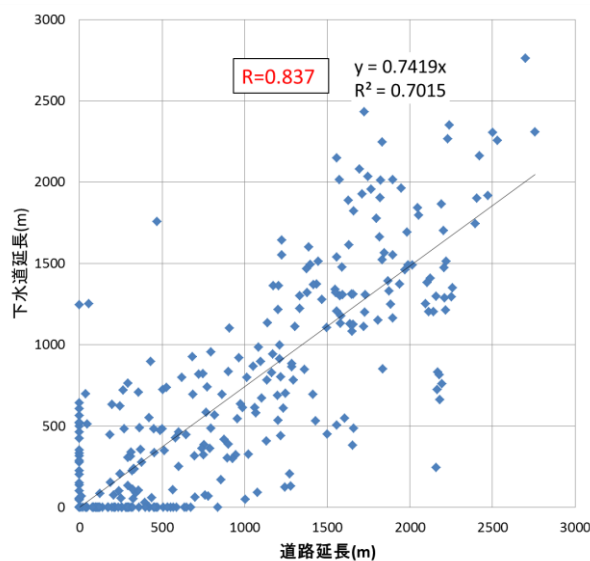


図 3 浦安市における「数値地図 2500」道路データと下水道延長の関係(250m メッシュ単位)



図 4 浦安市南部の下水道管路の未整備地区と道路データの未整備地区

4.2 道路幅員を考慮した下水道延長の推定

下水道メッシュ延長の推定精度をより高めるために、道路のより詳細な情報を持つカーナビ用のIPC道路データ¹⁶⁾を用いて再び検討することとした。埋設管が平行に複数埋設されている箇所は、車線数が多く、幅員の大きい道路であると考えられ、GIS上でも実際にそのような箇所を確認することができた。そこで中央分離帯のある幅員が大きい道路には、下水管が道路の両側の車線に1本ずつ埋まっていると仮定し、該当する道路延長を2倍にし、推定精度が高くなるかを調べてみた。

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。ここで道路の幅を表す属性情報として、車線数と道路幅員が挙げられるが、車線数に関しては未調査の道路が多かったため、道路幅員を用いることにした。道路幅員は3.0m未満、3.0~5.5m、5.5~13.0m、13.0m以上および、未調査の5分類から成っている。図5(a)はIPC道路データを用いて「数値地図2500」の場合と同様に、道路延長=推定下水道延長とした結果、図5(b)は幅員13.0m以上の道路延長を2倍にして推定下水道延長とした結果である。幅員を考慮した結果、相関係数は逆に下がってしまった。小林ら¹⁰⁾は、仙台市の配水管延長推定にこの方法で推定精度を向上させているが、浦安市の下水道の場合は精度向上につながらなかった。

この理由としては、まず仙台市と浦安市の市街地状況と道路データの整備状況の違いが考えられる。また一般的に、配水管は水道の安定供給のために、重要な配水管について複数系統化や二重化が進められており、配水本管網単位や配水支管網単位でブロックを設定し、ブロックを管網によりネットワーク化している¹⁷⁾ことが下水道管網との違いの一因ではないかと考えられる。また、道路について2つのデータを用いたが、大きな中央分離帯がある道路では、IPCでは2本の道路、数値地図2500では1本の道路として表現している箇所があった(図6)。今後はこのような点についても考慮して、道路データに基づく下水道のメッシュ延長の推定方法を考えていきたい。

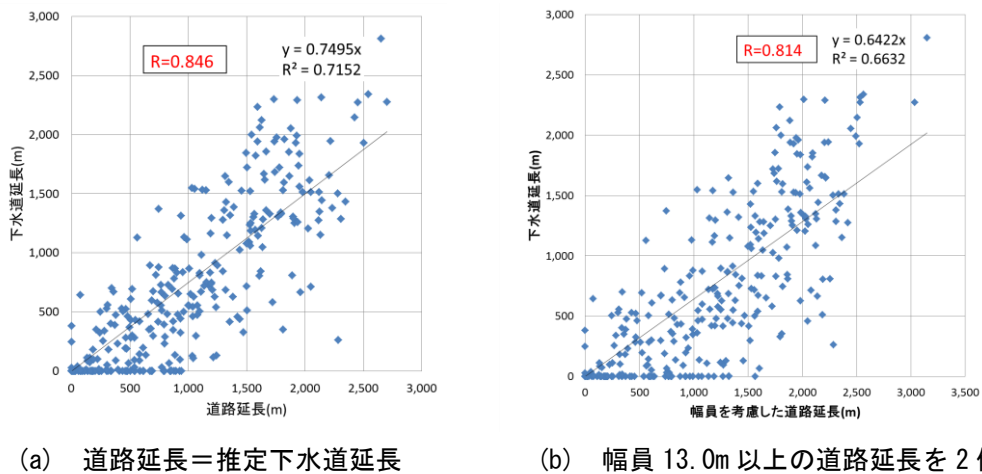


図5 IPC道路データを用いた浦安市の下水道メッシュ延長の推定

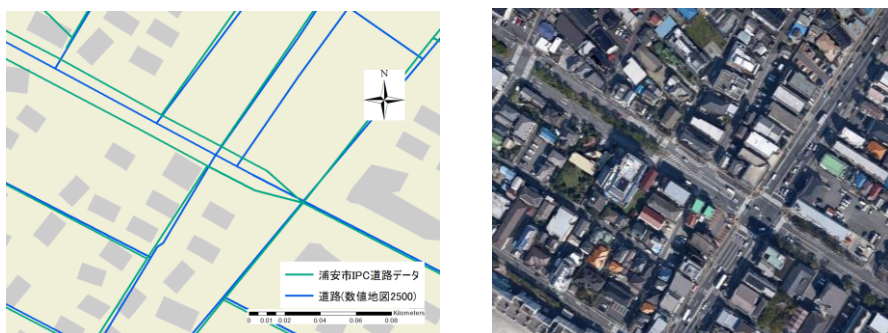


図6 2つの道路データによる広幅員道路の表現の違いの例

4.3 住宅地内の行き止まり道路の除外に関する検討

浦安市の道路と下水道について、それぞれのデータの総延長は、IPC 道路データ：311km、数値地図2500：282km、下水道：213kmと異なっている。よって、正確に下水道延長を推定するためには、道路に対する下水道の埋設状況を詳しく検討する必要がある。ここでは、下水道が埋設されていない箇所を除外し、推定精度の向上を試みる。図7は浦安駅周辺の道路と下水道敷設状況を示したものである。このように住宅地内の行き止まりになっている道路において、下水道が埋まっていない様子がGISで多く確認できた。この理由は、これらの行き止まり道路は私道であり、下水道の管路は埋設されているものの、下水道管路の所有者が私道の所有者となっているため、市の管路データに記載されていないものと考えられる。一方、IPC道路データは私道も一部含んでいる。

そこでこのような行き止まり道路を除外することで、推定精度の向上を試みる。住宅地の抽出は、国土数値情報¹³⁾の用途地域データを用いた。本研究では図7のような箇所がとくに多く見られた第一種住居地域を対象に、行き止まり道路を除外した。なお、IPC道路データ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した。浦安市内の250mメッシュ数は346あり、そのうち行き止まり道路を除外したメッシュ数は112であり、その延長は13,101mであった。

第一種住居地域の行き止まりの道路を除外することによって、道路延長が下水道延長に近づいたメッシュ数は82、逆に差が大きくなってしまったメッシュ数は29であった。この数字から、住宅地内の行き止まり道路を除外することによって、下水道管路のメッシュ推定精度が向上することが期待できる。差が大きくなってしまったメッシュに関しては、道路1本に対して下水道が複数本埋設されていることが原因であり、メッシュ内における下水道延長が道路延長より大きい地域である。さらにGISで確認してみたところ、メッシュ内において下水道延長が道路延長を上回る原因としては、道路データの不足と、道路1本に対して下水道が複数本埋設されていること以外には見当たらなかった。

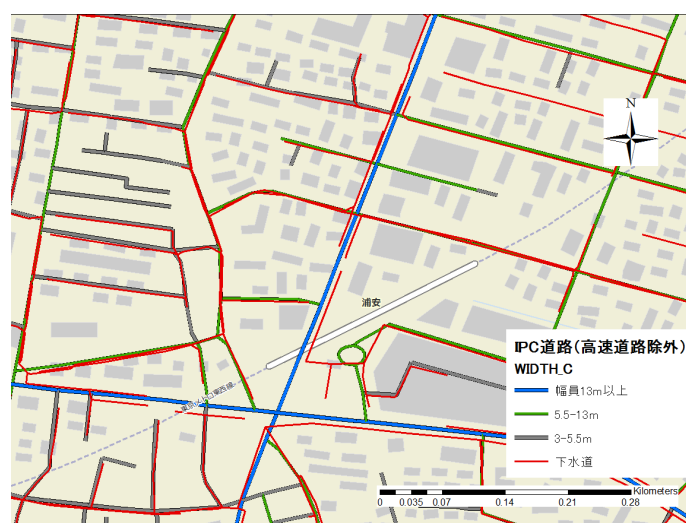


図7 浦安駅周辺の道路、下水道の敷設状況
(赤:下水道、灰色:幅員3.0~5.5mの道路、緑:5.5~13.0m、青:13.0m以上)

5. 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のDID内とする。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。使用する下水道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、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。既存の推定法に用いられる250mメッシュ毎の建物棟数と実際の下水道延長の関係を図8(a)に示す。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

を図8(b)に示す。図8(b)は幅員を考慮しない場合の結果である。下水道延長の推定について、幅員13m以上の道路の延長について考慮しない推定結果の相関係数の方がわずかながら高くなった。これについては柏崎市のDID区域内において、幅員13m以上の道路が1本しか存在しなかったことも影響していると考えられるが、浦安市と同様の結果となった。しかしながら、求められた相関係数より推定の精度は非常に高く、道路データを用いた下水道延長の推定法の有効性を確認することが出来た。

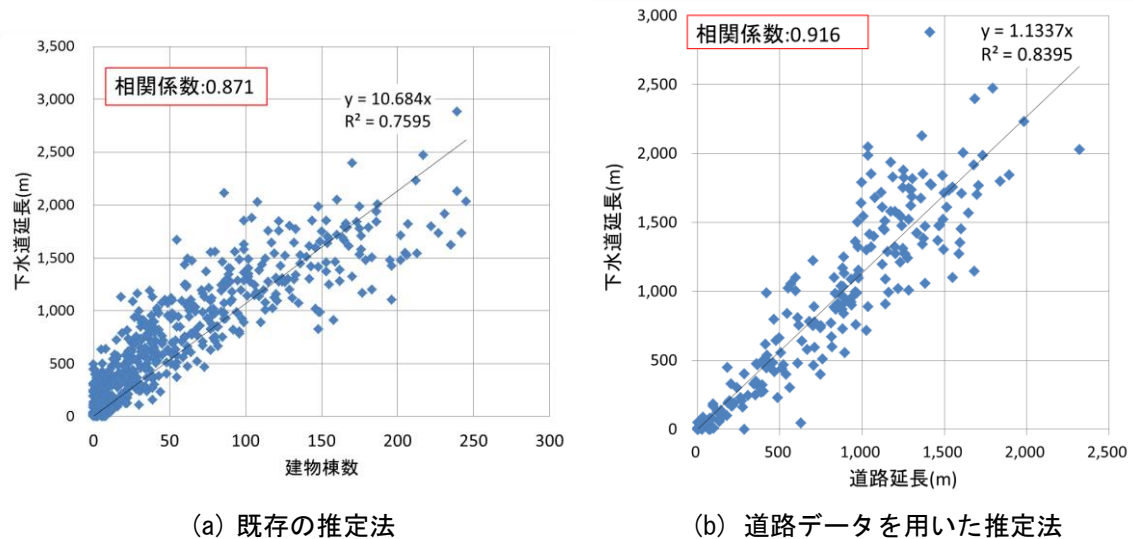


図8 柏崎市における下水道メッシュ延長推定法の検証 (250mメッシュ単位)

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、まず数値地図2500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。その結果、広幅員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。これより、より詳細な道路属性情報を持つIPC道路データを使い、道路幅員を考慮した下水道のメッシュ延長推定を行ったが、精度は上がらなかった。また、IPC道路データに下水道データに含まれない私道が多く含まれているとの観点から、住宅地内において行き止まり道路を除外する方法についても検討した。この結果、浦安市では住宅地の行き止まり道路は除外した方が、よい推定結果が得られることが分かった。

次に、新潟県柏崎市を対象にこれらの推定法を既存の推定法と比較し、その精度の検証を行った。結果として、道路データに基づく下水道250mメッシュの延長の推定結果は、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。

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。新潟県柏崎市を対象にこれらの推定法を既存の推定法と比較し、その精度の検証を行い、既存の推定法より高い推定精度を示した。

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) 千葉県：平成 19 年度千葉県地震被害想定調査報告書, 2008.
- 3) 神奈川県：神奈川県地震被害想定調査報告書, 2009.
- 4) 東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定（平成 24 年 4 月 18 日公表），2012.
<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/taisaku/1000902/1000401.html>
- 5) 損害料率算定機構：国・自治体の地震被害想定における被害予測手法の調査（平成 25 年度調査），地震保険研究 27, 2014. http://www.giroj.or.jp/disclosure/q_kenkyu/27.html
- 6) 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
- 7) 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，1998, pp.25-40.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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. 21，2013, pp. 267-274.
- 11) 日本下水道協会：下水道処理人口普及率，2013. <http://www.jswa.jp/rate/>
- 12) 厚生労働省：水道普及率の推移，2012.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/suii.html>
- 13) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，2014. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
- 14) 浦安市：公共下水道普及状況，2014.
http://www.city.urayasu.chiba.jp/secure/21416/H26_3hukyuujoyoukyou.pdf
- 15) 国土地理院：数値地図 2500（空間データ基盤），2006.
- 16) インクリメント P 株式会社：道路ネットワークデータ，2014.
<http://www.incrementp.co.jp/products/sales/domestic.html>
- 17) 土木学会：都市ライフラインハンドブック，2010.

ESTIMATION OF THE DISTRIBUTION OF SEWER PIPELINE LENGTHS BASED ON ROAD NETWORK DATA

NAKAZAWA Ryota ¹⁾, YAMAZAKI Fumio ²⁾

1) Graduate Student, Graduate School of Engineering, Chiba University

2) Professor, Graduate School of Engineering, Chiba University, Dr. Eng.

ABSTRACT

Damage estimation for scenario earthquakes is extensively carried out by local governments in Japan for emergency response planning. However, local governments usually do not possess detailed grid 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 estimated sewer pipeline lengths were compared with the actual lengths from the GIS network data, and the efficiency of the estimation method from road network data is demonstrated.