

地震直後における上・下水道管路被害リアルタイム推計システムの開発

筑波大学大学院 学生会員 ○皆川大雅 筑波大学システム情報系 正会員 庄司学
防災科学技術研究所主幹研究員 正会員 永田茂 筑波大学計算科学研究センター 北原格

1. はじめに：上・下水道施設を対象としたインフラ・ライフラインのリアルタイム地震被害推定に関する研究は、先行研究が豊富であり、それに係わる多数のシステムが自治体や事業体において実証されている。一例として、永田ら¹⁾は防災科学技術研究所や気象庁が公開している地震動分布を用いた上水道施設を対象とするリアルタイム地震被害推定の枠組みを報告している。本研究では上・下水道管路を推計対象としてリアルタイム地震被害推計を行い、推計結果をメール配信したり、Web GIS を用いた可視化配信するシステム開発を試みた。

2. 提案するシステム構成：

(1)システムの全体構成：システムは地震動分布読込みシステム(A)、管路被害推計システム(B)、被害推計データ配信システム(C)および被害推計データ可視化システム(D)の4つのサブシステムで構成される(図-1)。

(2)各サブシステムの特徴：地震動分布読込みシステム(図-1(A))は、上・下水道管路が敷設された対象とする空間領域において、常時監視を行っている地震動情報提供サイトより、発災直後にその地震動分布データをダウンロード・取得するシステムである。本システムは、過去の地震や今後想定される地震などの図-2(a)に示すような地震動分布データに対しても活用が可能である。管路被害推計システム(図-1(B))は、対象管路を包含するメッシュとその位置に対応する地震動を照らし合わせることで、管路の被害状況を推計するシステムである。このサブシステムにおいては、表-1に示す11項目で構成された250mメッシュデータで表現される管路データを予めストックしておき、被害関数に適用するための管種・口径に関する補正係数、標準被害率推定式のパラメータ、造成地盤および液状化に関する補正データの設定を行う。上水道管路では被害箇所数[件]を敷設延長[km]で除し、下水道管路では被害延長[km]を敷設延長[km]で除して、それぞれの被害率を定義した。管種・口径補正係数および標準被害率推定式のパラメータは、上水道管路においては丸山・山崎²⁾および永田ら³⁾の知見を参考に、下水道管路においては畠山ら⁴⁾の知見に基づいているが、様々な被害関数に対応可能なようにシステム設計されている。推計結果は表-2に示すデータ形式のテキストファイルとして出力される。被害推計データ配信システム(図-1(C))は、表-2(a)で示した集計単位とする空間領域ごとの推計結果に基づき、上・下水道施設の事業者等の災害対応に直結する主体へ被害推計データの配信を行うシステムである。

(3)本システムの優位性：被害推計データ可視化システム(図-1(D))は、表-2(b)(c)で示した被害発生管路推計データに基づき、GISソフトウェアを用いて可視化し、Web上に公開するシステムである(図-4)。メッシュコードごとに被害率が最大の管種・口径の組合せを抽出し、可視化データの作成および公開を行うと共に、管種と口径ごとに250mメッシュデータを構築し、可視化配信を行う(図-5)。被害率の最大値を抽出して可視化・公開する場合には、①推計結果の出力、②メッシュコードごとに被害率が最大の管種・口径の組合せを抽出、③250mメッシュデータを作成・Web GIS上に追加、④Web GIS上でマップの作成、メッシュデータの追加、⑤メッシュデータを被害率の高さで色分けしWeb公開、という流れである。管種・口径の組合せごとに可視化データを作成・公開する場合には、①推計結果の出力、②可視化し易いようにメッシュコードに基づいて再集計、③再集計したデータと既存の250mメッシュデータをメッシュコードで紐づけて結合、④メッシュデータに格納されている管種・口径ごとの被害率の高さに応じて色分けを行う。⑤色分けした可視化データをパッケージデータとして集約、⑥Web GIS(例えば、Portal for ArcGIS)上で共有、という流れである。

3. ケーススタディ：図-2に示す茨城県地震被害想定⁵⁾において発生が想定されている7つの地震に対して、上・下水道管路の被害推計をシステムに基づいて試行した。最も高範囲な管路被害が生じる太平洋プレート南部地震における上水道管路被害推計の事例を紹介する。具体的には、図-2(a)に示した太平洋プレート南部地震における地震動分布データと図-2(b)に示した茨城県における上・下水道管路データを250mメッシュごとに照らし合わせ、被害関数を適用することで被害の推計を行った。被害推計後、自動的に図-3に示した形式で、茨城県の市町村区分ごとの推計被害状況をメールにて配信を行い、図-4に示したようにWeb GIS上に可視化データを公開した。図-4によれば、茨城県南部に被害率1[件/km]以上1.5[件/km]未満の比較的被害率の高い箇所が直感的に把握しやすいように可視化されている。

4. まとめ：本研究では、地震動分布読込システム、管路被害推計システム、被害推計データ配信システムおよび被害推計データ可視化システムの4つのサブシステムで構成される、地震直後における上・下水道管路被害のリアルタイム推計システムの開発を行った。

キーワード リアルタイム防災、被害推計、GIS、上水道、下水道、Web配信

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院理工情報生命学術院システム情報工学研究群
TEL029-853-7368

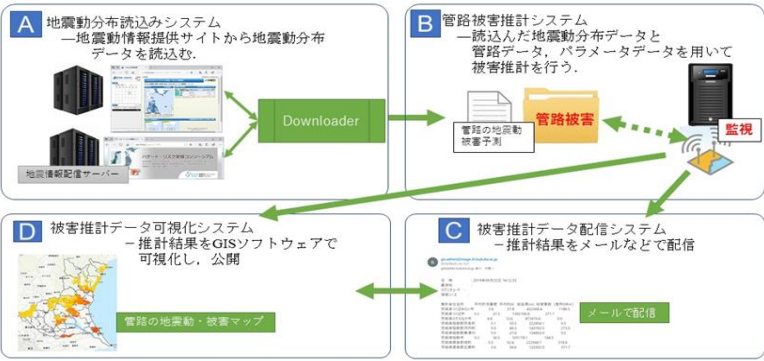


図-1 システム全体図

Figure 3: Data Distribution Form. This table shows the distribution of data for various locations in Ibaraki Prefecture. The columns include the location name, average distance from epicenter (km), average PGV (cm/s), and total damage count (number of pipes).

集計単位名称	平均計測震度	平均PGV	総延長[m]	総被害数(管所Orm)
茨城県つくば市	5.3	65.6	432368.4	0.0
茨城県つくば市	5.2	45.4	1392106.8	540.6
茨城県つくば市	5.1	58.5	873476.6	424.2
茨城県稲敷郡阿見町	5.5	85.1	222854.1	6.1
茨城県稲敷郡河内町	5.9	198.1	143763.5	2570.0
茨城県稲敷郡常陸村	5.5	118.3	134963.0	1385.4
茨城県稲敷郡	5.7	156.6	505178.1	11349.1
茨城県稲敷郡	4.8	19.9	222668.1	0.0
茨城県稲敷郡五箇町	4.9	25.0	122002.0	0.0
茨城県下妻市	5.1	36.6	404374.0	0.0
茨城県笠間市	5.0	34.3	823877.3	2.1
茨城県久慈郡大子町	4.0	13.9	298189.4	0.0
茨城県中久市	5.4	90.8	403098.4	51.3
茨城県結城郡八千代町	5.0	35.1	244002.5	0.0
茨城県結城市	4.9	29.4	384307.3	0.0
茨城県吉河市	4.7	23.1	979281.9	0.0
茨城県行方市	5.6	123.3	675354.4	802.1

図-3 データ配信形式

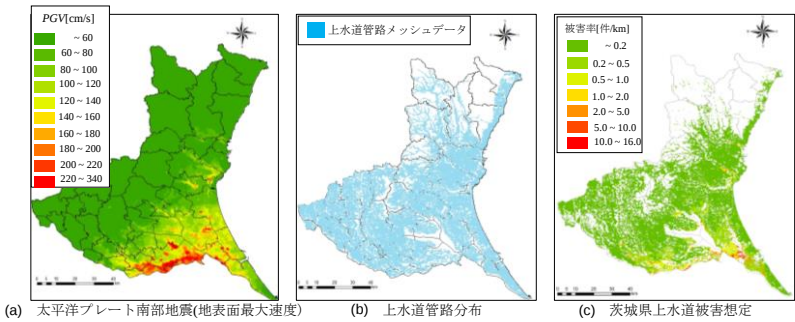


図-2 茨城県地震被害想定調査報告書に係るデータ

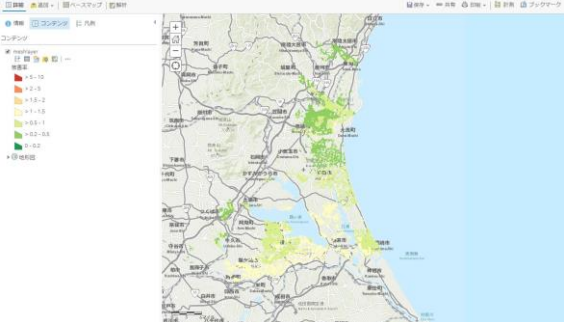


図-4 推計データ可視化形式

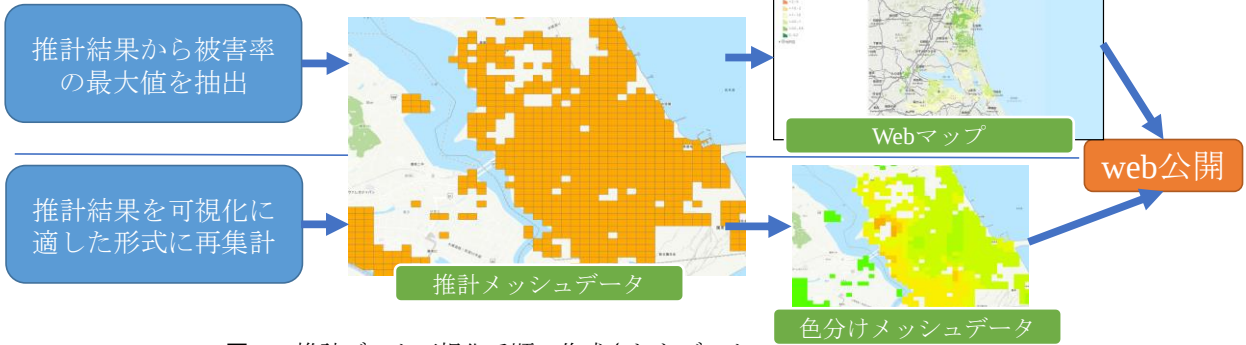


図-5 推計データ可視化手順で作成されたデータ

表-1 推計に用いる管路ファイル形式

メッシュコード	メッシュの中心座標		管種	口径[mm]	延長[km]	補正の有無		集計単位とする空間領域	集計単位の中心座標	
	緯度	経度				造成地盤	液状化		緯度	経度

表-2 推計結果ファイル

(a) 集計単位とする空間領域ごとの管路推計データ															
メッシュコード	集計単位の中心座標		地震発生時間	平均計測震度	平均 PGV	総延長[m]	総被害数[件]								
	緯度	経度													
(b)(c) 全管路・被害発生管路推計データ															
メッシュコード	メッシュの中心座標		管種	口径 [mm]	延長 [km]	補正の有無		地震発生時間	計測震度	PGV	被害率	被害件数 [件]	集計単位とする空間領域	集計単位の中心座標	
	緯度	経度				造成地盤	液状化							緯度	経度

謝辞: 本研究を実施するにあたり、茨城県防災・危機管理 部防災・危機管理課、茨城県企業局施設課、及び、茨城県土木部都市局の皆様方には、管路情報等の関連するデータを提供していただきました。システムの開発に際しては鹿島技術研究所の皆様、サーバーの構築に際しては筑波大学計算科学研究センター宮川寛子氏に多大なご協力を頂きました。なお、本研究は科学研究費助成事業・基盤研究 (A) (課題番号: 16H01842, 研究代表者: 庄司学) の助成を受けて実施されました。関係各位に深甚なる感謝を申し上げます。

参考文献: 1) 永田茂, 矢野祐輔, 庄司学: リアルタイム推計地震動分布の公開情報を用いたインフラ・ライフライン施設の被害想定, 第9回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演論文集, pp.289-293, 土木学会, 2018. 2) 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, Vol. 30, pp.565-574, 2009. 3) 永田茂, 丸山喜久, 庄司学: 既往の上水道配水管の地震被害予測式の予測精度に関する検討, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.71, No.4, pp.I_50pp.I_61, 2015. 4) 畠山大治, 庄司学, 永田茂: 下水道埋設管路の地震被害データに対する統一的な整理・分析と解釈, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.75, No.4(地震工学論文集第38巻), I_144-I_169, 2019. 5) 茨城県: 茨城県地震被害想定調査報告書, <https://www.pref.ibaraki.jp/bousaikiki/bousaikiki/bousai/higaisoutei/documents/gaiyou1.pdf> (2019年11月20日閲覧)