

# 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

丸山 喜久<sup>1</sup>・山崎 文雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 千葉大学准教授 大学院工学研究科 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)  
E-mail:ymaryam@tu.chiba-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 千葉大学教授 大学院工学研究科 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)  
E-mail:yamazaki@tu.chiba-u.ac.jp

本研究では、中央防災会議・首都直下地震対策専門調査会が想定している東京湾北部地震が発生したときの下水道管と木造建物の被害率を広域に統一された手法で予測した。対象地域は東京、神奈川、埼玉、千葉の1都3県とし、下水道管被害率と木造建物被害率は250mメッシュ単位で算出した。とくに震度6弱以上の揺れが予測されている東京湾沿岸の地域に関して町丁目ごとに下水道管と木造建物の被害率を整理すると、両者の被害率がともに高く予測される町丁目が各都県に存在することが分かった。これらの地域では、地震後の埋設管の復旧作業に大きな支障が生じる可能性が指摘される。

**Key Words :** *scenario Tokyo Metropolitan earthquake, water distribution pipe, wooden house, damage ratio*

## 1. はじめに

2004年10月に発生した新潟県中越地震以降、マグニチュード(M)7クラスの地震が近年頻発している。首都圏におけるM7クラスの地震の切迫性<sup>1)</sup>は従来から指摘されており、その対策が急務である。東京、神奈川、埼玉、千葉の1都3県は、中央防災会議・首都直下地震対策専門調査会が想定している東京湾北部地震<sup>2)</sup>を想定地震として、地震被害想定調査結果をとりまとめ公表している<sup>3)</sup>。地震被害想定は、自治体やライフライン事業者の地震防災対策の充実、住民の自助力の向上、大地震に対する自治体間の広域連携の推進を目的としている<sup>7)</sup>。

地震被害想定では、発生が想定される地震をいくつか設定し、震源断層、地形・地質、地下構造などの自然条件の調査をふまえて、地震動強さ、液状化の発生などを予測する。これらの予測された外力と建物分布、人口、ライフライン施設、交通輸送施設など社会条件の調査結果をもとに、建物被害、火災被害、人的被害、土木構造物被害、ライフライン被害など多岐にわたる被害量を推定する。建物、埋設管、道路橋の被害率と地震動強さの関係性は種々提案されており、各都県が様々な被害関数で被害程度を見積もっている。

首都圏には政治・行政機能、企業の本社機能等が集中しており、迅速な復旧・復興活動が望まれ、広域連携の必要性が唱えられている<sup>8)</sup>。適切な首都直下地震後の広

域連携復旧戦略を立てるためには、都県の境界を越えた被害想定結果はその一助になるものと考えられる。また、統一された手法で広域被害予測をすることで、被害量の相対評価が可能となり、危険性の高い地域を都県境にとらわれずに指摘することができ、首都圏の地震抑止力の向上に役立つ基礎資料としての活用も期待できる。さらに、自治体などで行われる地震被害想定は、建物被害とガスや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が、実際には種々の地震被害が重なり合っ

て人々の日常生活に支障をきたす<sup>9)11)</sup>ものと考えられる。例えば、建物被害が集中している地域に発生した埋設管被害は、その復旧活動に支障が出るのが予想される。また、建物被害が少ないものの、その地域の埋設管被害の程度が高ければ、ガスや水道の停止期間が長くなることが予想され、住民の日常生活に支障をきたす可能性が高い。

そこで、本研究では、東京、神奈川、埼玉、千葉の1都3県の地震被害想定で使用された空間基盤データを用いて、東京湾北部地震を想定した広域被害予測を行う。具体的には、木造建物と下水道管の被害率を標準的な統一された手法で予測し、都県境を超えて被害量の相対評価をする。さらに、地震によって同位置に様々な被害が発生する状況を評価するため、木造建物と下水道管被害率を町丁目ごとに集計する。町丁目ごとの被害率を平均値と標準偏差をもとにランク分けし、2種類の地震被害

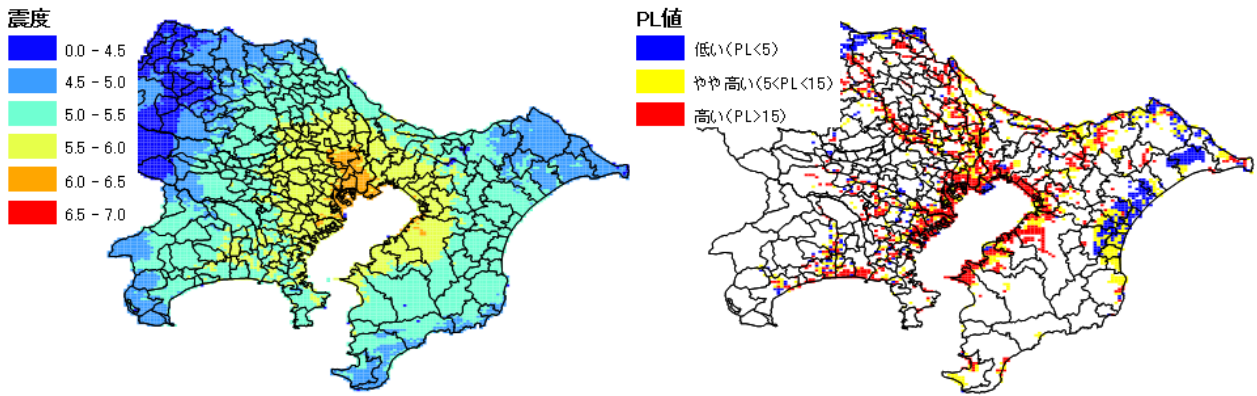


図-1 東京湾北部地震の計測震度とPL値の分布<sup>12)</sup> (1kmメッシュ)

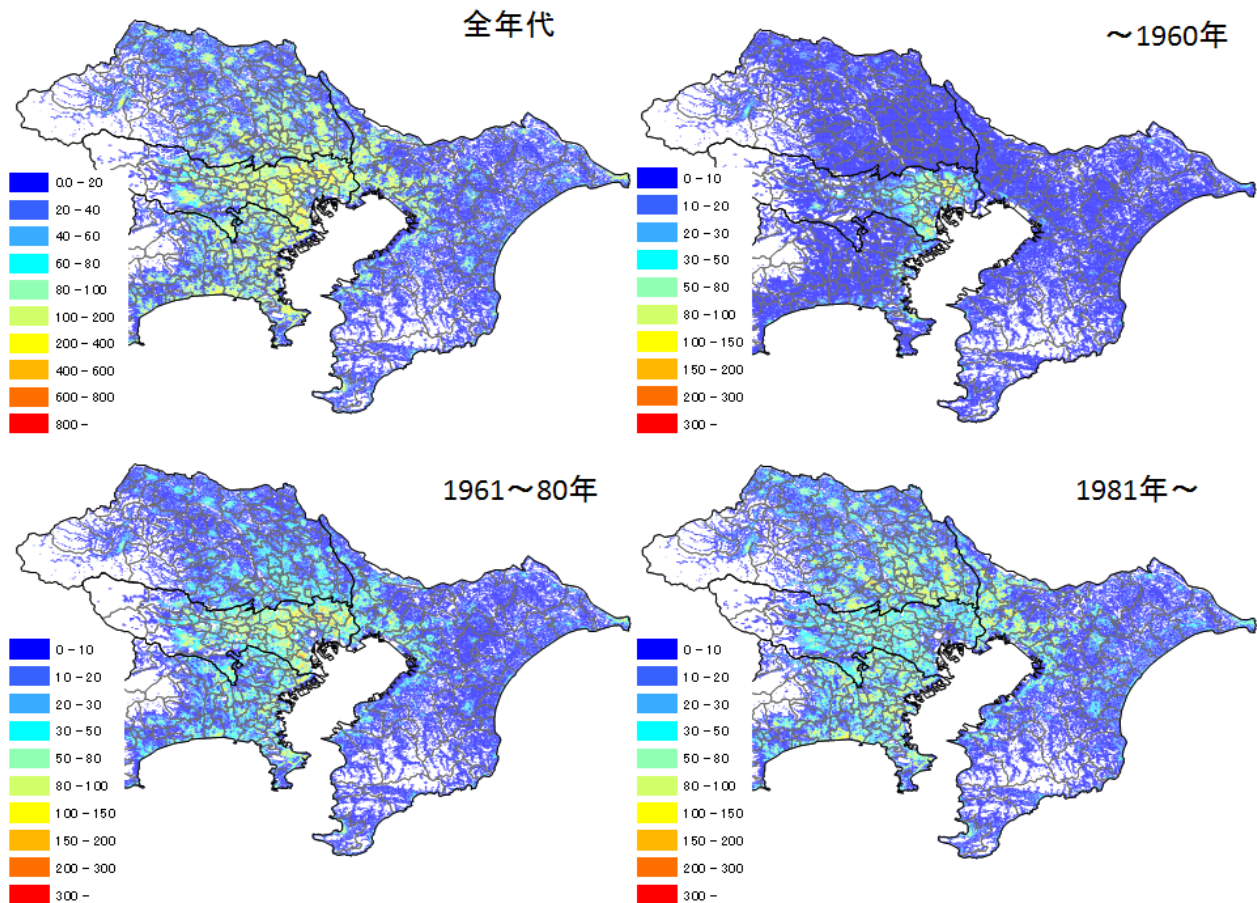


図-2 1都3県における建築年代別の木造建物数 (250mメッシュ)

の相関性を分析する。

## 2. 1都3県の地震被害想定基盤データの整理

首都圏では、プレート境界の潜り込みによって蓄積された歪みのエネルギーの一部が、相模トラフ沿いの規模の大きな地震に先立ってマグニチュード7程度の地震として放出される可能性が高いと指摘されている<sup>1)</sup>。そこで、中央防災会議・首都直下地震対策専門調査会は、フ

ィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震のうち都心部が影響を受ける場合の応急対策立案のための対象断層として東京湾北部の2断層面を設定した<sup>2)</sup>。東京湾北部地震はある程度切迫性が高い地震とされ、さらに都心部の揺れが強く、強い揺れの分布が広域的に広がっているため、首都直下地震の代表的なシナリオ地震として、各都県の地震被害想定で用いられている。

図-1に、東京湾北部地震 (M7.3) の計測震度とPL値の分布を示す。内閣府では、1kmメッシュ単位の計測震度とPL値を公開している<sup>12)</sup>。主に東京都江戸川区、墨田

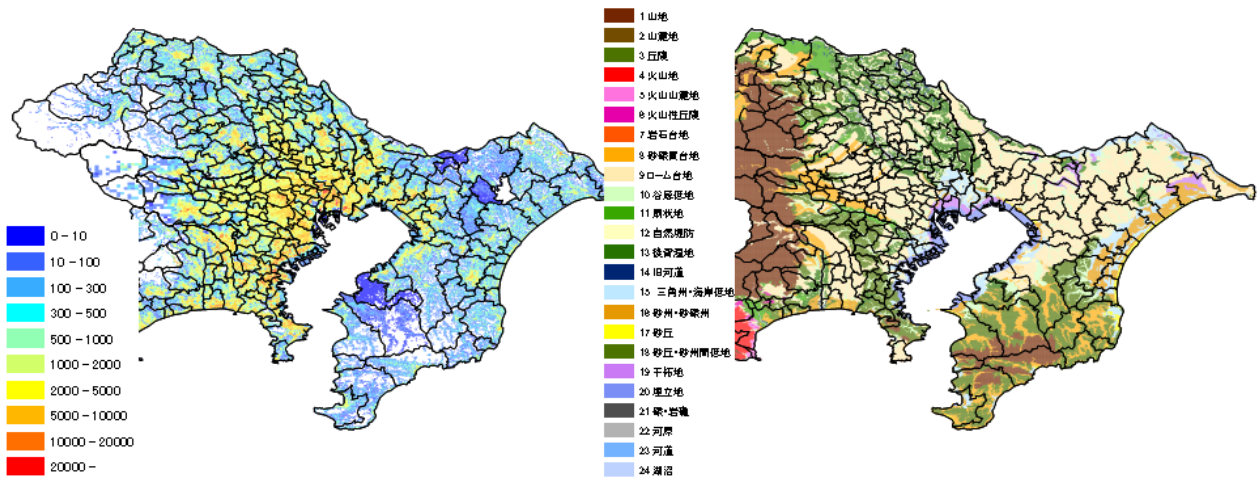


図-3 1都3県における上水道管路延長(m)とJ-SHISで公開されている微地形区分(250mメッシュ)

区, 江東区で震度6強の揺れが予測され, 東京湾沿いに広く震度6弱の揺れが想定されている. また, 東京湾側の地域や河川沿いの地域などでは液状化の危険性も高いものと予測されている.

図-2に, 木造建物総数の分布を示す. 各都県が地震被害想定で用いた木造建物に関するデータは, 250mメッシュごとに建物数が示されていることは共通するが, 建築年代区分等が都県ごとに異なっている場合もあった. 本研究では, 1都3県の木造建物について標準的な統一された手法で被害予測<sup>13)</sup>を行うため, 各都県のデータ構造をそろえる必要がある. そこで, 建築年代の区分を1960年以前, 1961年~1980年, 1981年以降の3区分とすることにした. 千葉県の木造建物数データの建物区分は, 1950年, 1970年, 1980年を区切りとして作成されているため, 住宅・土地統計調査<sup>14)</sup>から得られる建物構造種別ごとの建築年代数の比率を乗じて, 年代区分が上記の3区分となるように建物棟数を換算した.

上水道管路(配水管)延長データに関しても, 木造建物データと同様に各都県でデータ区分が異なっていた. 統一された手法で一括に被害予測を行うためには, データ区分を統一することが必要なため, 管種6区分(铸铁管: CIP, ダクタイル铸铁管: DIP, ポリエチレン管: PEP, 塩化ビニル管: VP, 鋼管: SP, 石綿セメント管: ACP), 管径4区分( $\phi 75\text{mm}$ 以下,  $\phi 100\sim 150\text{mm}$ ,  $\phi 200\sim 450\text{mm}$ ,  $\phi 600\text{mm}$ 以上)に分類した. 埼玉県の詳細については, 管径ごとの管路延長が含まれていなかったため, 平成18年度水道統計<sup>15)</sup>に記載されている事業主体ごとの管径別配水管路延長を利用して比例配分した. 各都県の上水道管データは, 基本的には事業主体や行政界ごとに集計される統計量を建物棟数や人口データなどを用いて比例配分して作成しているように見受けられた. また, 上水道管の被害予測を行う際には, 地形区分を考慮する必要があるため地震ハザードステーション(J-

表-1 木造建物被害関数のパラメータ<sup>13)</sup>

建築年代	全壊率	
	$\lambda$	$\zeta$
~1960	6.25	0.27
1961~1980	6.40	0.32
1981~	6.95	0.44

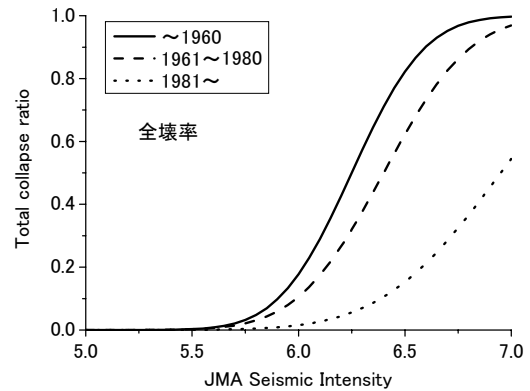


図-4 木造建物の被害関数<sup>13)</sup>

SHIS)にて公開されている若松らが構築した微地形分類<sup>16)</sup>を1都3県について整備した. 図-3に1都3県の上水道管路延長と微地形区分を250mメッシュ単位で示す.

### 3. 東京湾北部地震時の広域被害予測

#### (1) 木造建物の被害予測

地震被害想定で見積もられる木造建物被害は, 揺れ(地震動強さ), 液状化, 急傾斜地崩壊, 火災などに起因するものに大別されるが, 本研究では揺れによる木造建物被害のみを検討対象とした. 標準的な建物被害予測手法として, 内閣府<sup>13)</sup>が建築年代別の木造建物全壊率を

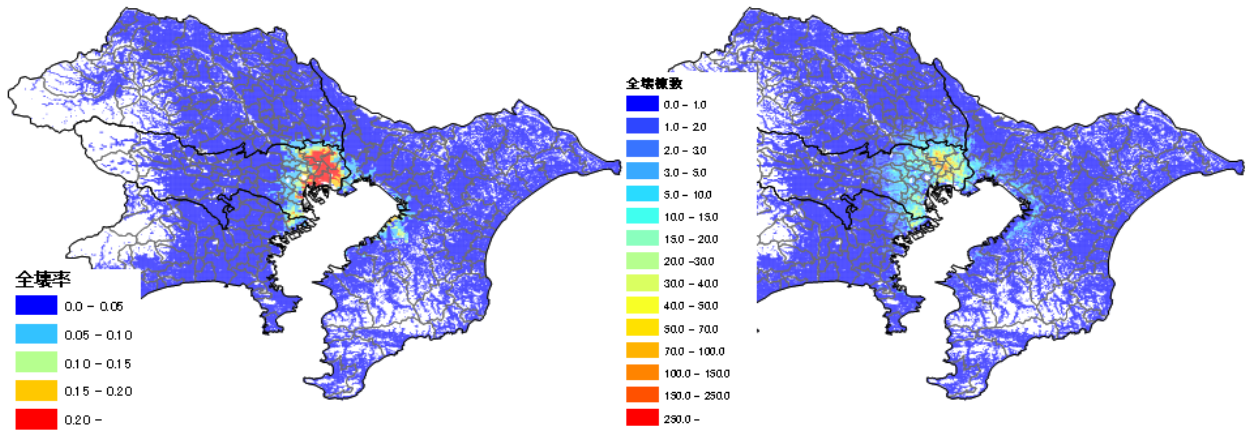


図-5 東京湾北部地震における木造建物全壊率と全壊棟数の分布

推定する方法として示している山口・山崎<sup>17)</sup>をもとにした被害関数を使用する。木造建物の被害率は式(1)のように表されるものと仮定する。

$$P(I) = \Phi((I - \lambda)/\zeta) \quad (1)$$

ここで、 $\Phi(x)$ は標準正規分布の確率分布関数を表し、 $I$ は計測震度、 $\lambda$ は計測震度の平均値、 $\zeta$ は標準偏差である。内閣府<sup>13)</sup>は、 $\lambda$ と $\zeta$ を表-1のように定めている。図-4に本研究で使用した木造建物の被害関数を示す。

図-5に本研究で予測された東京湾北部地震による木造建物全壊率と全壊棟数の分布を示す。全壊棟数については、震度6強以上の揺れが予測されており、さらに1960年以前に建てられた木造建物の多い東京都東部を中心に被害数の大きいメッシュが分布し、神奈川県川崎市、横浜市、千葉県市川市、浦安市、船橋市、千葉市でも比較的多くの全壊建物が生じると予測される。

(2) 上水道管の被害予測

磯山ら<sup>18)</sup>は水道管路の被害率 $R_m$  (件/km) の推定式を以下のように提案している。

$$R_m(v) = C_p C_d C_g C_l R(v) \quad (2)$$

ここで、 $C_p$ は管種係数、 $C_d$ は管径係数、 $C_g$ は地形・地盤係数、 $C_l$ は液状化係数、 $v$ は地動最大速度 (PGV) である。

$R(v)$ は、標準被害率曲線と呼ばれ、標準的な管路 (CIP,  $\phi 100-150\text{mm}$ ) が一般的な条件で埋設されている場合 (沖積地盤に浅く埋設) の被害率と地動最大速度の関係式である。本研究では、神奈川県の地震被害想定調査<sup>9)</sup>と同様に、著者らが近年の被害地震における水道管被害データを取り入れて構築した標準被害率曲線<sup>19)</sup>を使用する (式(3))。

表-2 上水道管の標準被害率曲線の回帰定数<sup>19)</sup>

管種	$\zeta$	$\lambda$	C
CIP・VP	0.860	5.00	2.06
DIP	0.864	6.04	4.99

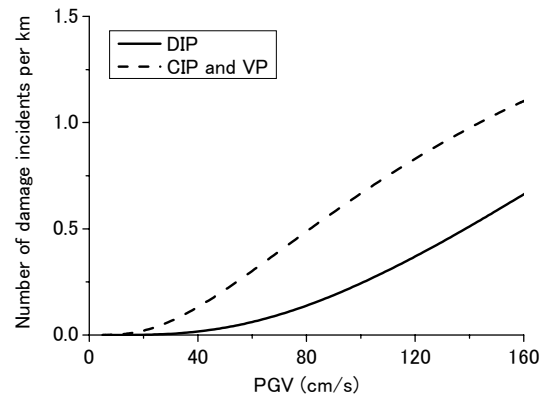


図-6 上水道管の標準被害率曲線<sup>19)</sup>

表-3 本研究で用いた管種係数<sup>4)</sup>

管種	管種係数 ( $C_p$ )
ACP (石綿セメント管)	1.2
CIP (鋳鉄管)	1.0
VP (塩化ビニル管)	1.0
SP (鋼管)	2.0
PEP (ポリエチレン管)	0.1

$$R(v) = C\Phi((\ln v - \lambda)/\zeta) \quad (3)$$

ここで、 $C$ 、 $\lambda$ 、 $\zeta$ は非線形回帰で得られた定数であり、表-2のように定められている。被害率予測式の概形は図-6のようである。

千葉県、神奈川県がとりまとめた地震被害想定調査結果<sup>4,6)</sup>を参考に管種係数については表-3、管径係数は表-4

表-4 本研究で用いた管径係数<sup>4),6)</sup>

管径	管径係数 ( $C_d$ )
~φ75 mm	1.6
φ100~150 mm	1.0
φ200~450 mm	0.8
φ500 mm~	0.5

表-6 本研究で用いた液状化係数<sup>4),6)</sup>

PL 値	液状化係数 ( $C_l$ )
0~5	1.0
5~15	2.0
15~	2.4

表-5 本研究で用いた上水道管被害予測式の地形・地盤係数<sup>4)</sup>

地形区分	若松らの微地形分類	地形・地盤係数 ( $C_g$ )
良質地盤	1. 山地 2. 山麓地 3. 丘陵 4. 火山地 5. 火山山麓地 6. 火山性丘陵 7. 岩石台地 8. 砂礫質台地 21. 岩礁・礫 22. 河川敷・河原	0.4
沖積平地	11. 扇状地 12. 自然堤防 13. 後背湿地 14. 旧河道 15. 三角州・海岸低地 16. 砂州・砂礫州 17. 砂丘 18. 砂州・砂丘間低地 19. 干拓地 20. 埋立地	1.0
谷・旧水部	10. 谷底低地 23. 河川・水路 24. 湖沼	3.2
段丘	9. ローム台地	1.5

表-7 町丁目ごとの相関性の分析対象とした地域

都県	市町村
東京都	特別区 (23 区)
神奈川県	川崎市, 横浜市, 横須賀市, 三浦市
埼玉県	和光市, 戸田市, 川口市, 草加市, 八潮市, 鳩ヶ谷市, さいたま市
千葉県	松戸市, 市川市, 浦安市, 船橋市, 習志野市, 千葉市, 市原市, 袖ヶ浦市, 木更津市, 君津市, 富津市

る東京湾側の地域で被害件数が多く推定されており、震度6強が予測されている東京都東部低地よりも千葉県などの東京湾側地域が大きくなっている。能島による水道統計を用いた都道府県別の上水道管管種延長の分析結果<sup>21)</sup>によると、千葉県は地震に弱いACPの残存距離が全国一であり、比較的地震に強いDIPの敷設割合が小さい。また東京都では、配水管にはDIPが主として使用されていることが明らかとなっている。このような敷設されている管種の割合の違いが影響して、強い揺れが予測されている東京都よりも千葉県の方が水道管被害率が高く予測されていると考えられる。

#### 4. 木造建物被害と上水道管被害の相関性

本研究で予測された木造建物と上水道管の被害率は250mメッシュ単位であるが、表-7に示す主に震度6弱以上の揺れが予想される東京湾沿いの地域に関して、町丁目単位でその結果を集計した。ここでは、町丁目ポリゴンと250mメッシュの空間的な位置関係をもとに両者を結合した。木造建物に被害が甚大で、さらに上水道管の被害率も高い町丁目については、倒壊建物による道路閉塞などの影響で、地中埋設管の復旧が遅れることが懸念される。また、建物被害の程度は小さいものの、上水道管被害の程度が大きい地域は、長期間断水が続き日常生活に支障をきたす期間が長期化することが予想される。本研究では、この復旧遅延が生じる可能性を評価することを目的に、町丁目単位で木造建物と上水道管被害の相関性を分析する。なお、町丁目ポリゴンのGISデータは、政府統計の総合窓口 (e-Stat)<sup>22)</sup>から入手した。

本研究では木造建物の被害程度を表す物理量として、全壊率を用いることとする。上水道管については、被害

のように定めた。管種係数は、CIPおよびVPの標準被害率曲線を基準としたものである。本研究では、DIPに関しては管種係数を乗じるのではなく、式(3)で表されるDIPの標準被害率曲線を直接用いることとする。また、耐震管には被害が生じないものと仮定する。

地形・地盤係数は、図-3に示した24種類の微地形分類をもとに表-5のように定めた<sup>4)</sup>。液状化係数は、沖積平地に分類されるメッシュについてのみ図-1のPL値分布をもとに表-6のように設定した<sup>4)</sup>。

図-7に東京湾北部地震における上水道管の被害率 (件/km) と被害件数の予測結果を示す。なお、東京湾北部地震の予測されている計測震度は、Karim and Yamazakiの関係式<sup>20)</sup>でPGVに換算し、式(3)に代入した。同様の関係式はいくつか提案されているが、ここでは東京湾北部地震と同様のM7クラスの地震記録を多く用いて構築されている関係式として、Karim and Yamazakiによる提案式を用いることとした。震度6弱以上の揺れが予測されてい

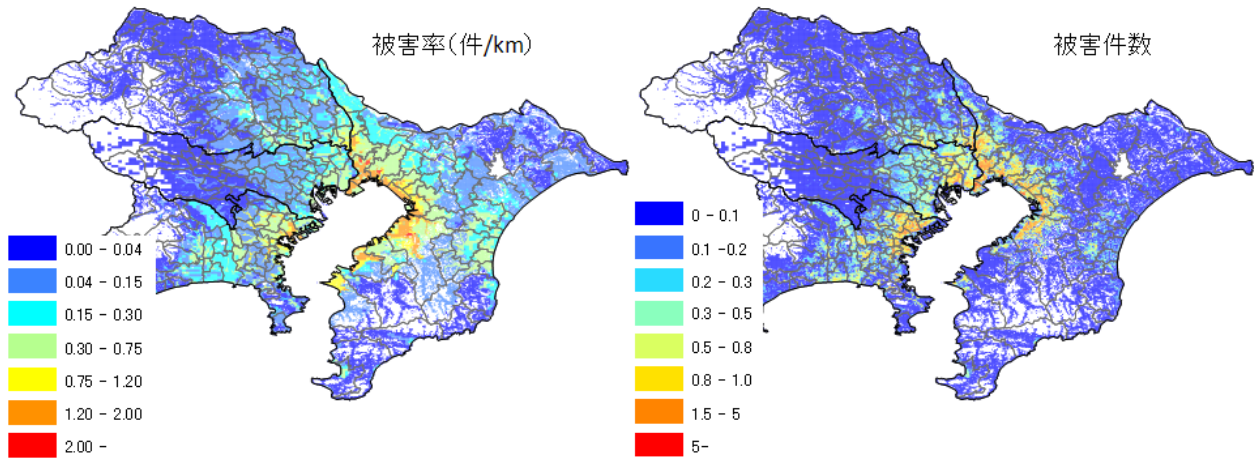
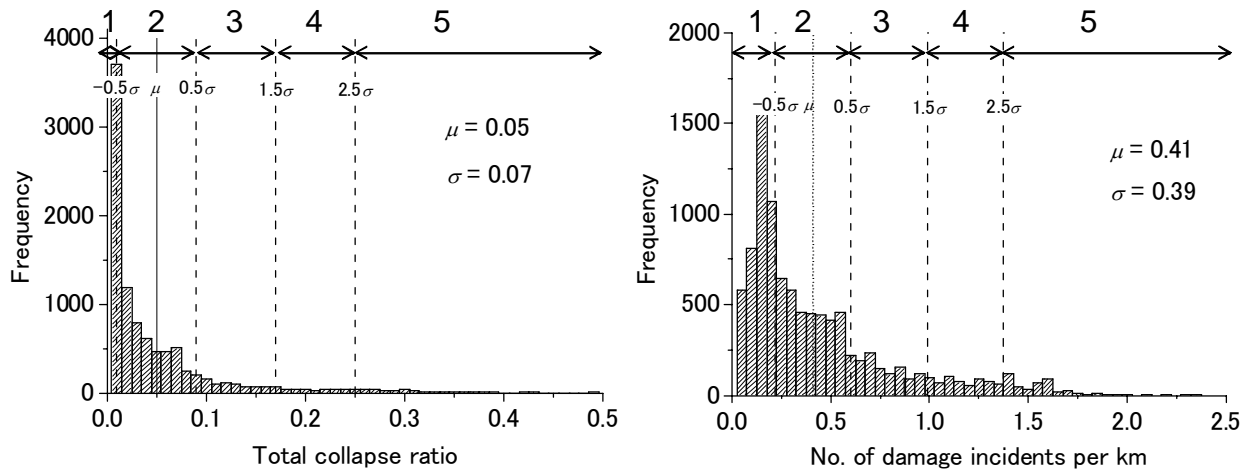


図-7 東京湾北部地震における上水道管の被害率と被害件数



(a) 木造建物全壊率

(b) 上水道被害率

図-8 町丁目別の木造建物全壊率と上水道管被害率のヒストグラム

件数を管路延長で除した被害率(件/km)を用いる。なお、ここで用いる全壊率や上水道管被害率は、町丁目単位で建物棟数、全壊建物数、管路延長、被害数を集計した後に、全壊率や上水道管被害率を算出しているため、全壊棟数や被害数の影響も含んだものと考えられる。

木造建物や上水道管の被害率を予測するには、被害関数を用いるのが一般的である。提案されている被害関数は多岐にわたっており、どの被害関数を採用するかによって予測される結果は異なる。さらに、上水道管の被害率については、補正係数の値をどのように設定するかも最終的な結果に影響する。そこで、木造建物と上水道管の被害率を評価するにあたり、ここでは絶対量で評価は行わず、推定された被害率の平均値 $\mu$ と標準偏差 $\sigma$ をもとに5段階にランク分けし、相対的な評価をすることとした。ランクの閾値は $\mu - 0.5\sigma$ ,  $\mu + 0.5\sigma$ ,  $\mu + 1.5\sigma$ ,  $\mu +$

$2.5\sigma$ とし、被害率の小さい方から順に1~5ランクとした(図-8)。図-9に、町丁目ごとの木造建物全壊率と上水道管被害率を5段階のランク別に表示する。木造建物全壊率に関しては、震度6強の揺れが予測されている東京都東部を中心にランク5の地域が存在する。上水道管被害率に関しては、想定震度の大きい東京都東部よりも千葉県や神奈川県の一部にランク5の地域が見られる。これは、前述の通り上水道管の管種の割合の違いが影響しているものと考えられる。

本研究で推定された町丁目別の木造建物被災率と上水道管被害率の関係を図-10に示す。両者の散布図によると、木造建物全壊率はランク1または2であるが上水道管被害率はランク4または5である町丁目(図-10の赤枠)、上水道管被害率はランク1または2であるが木造建物被災率はランク4または5である町丁目(図-10の青枠)が存

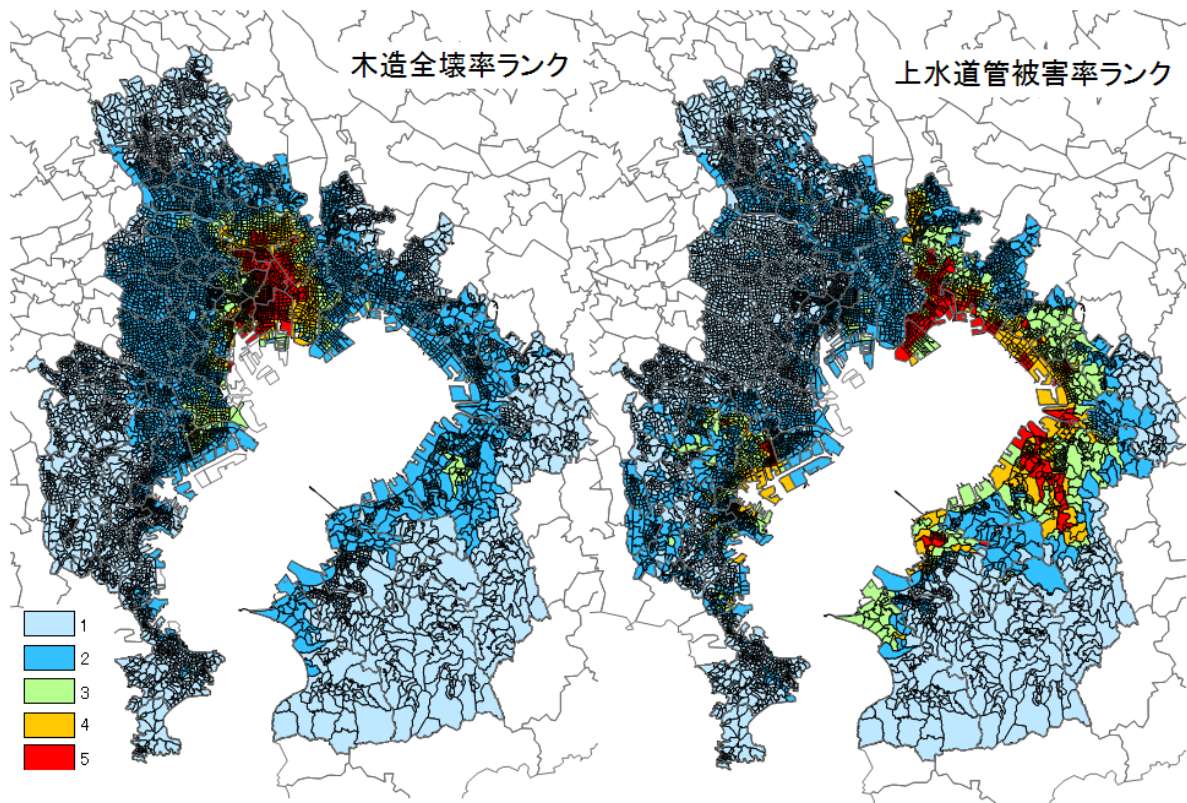


図-9 町丁目別の木造建物全壊率と上水道管被害率のランク別表示

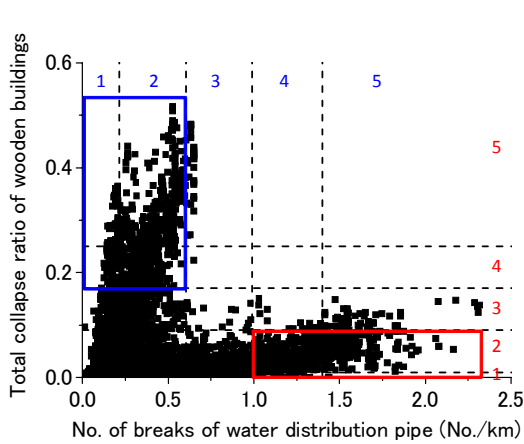
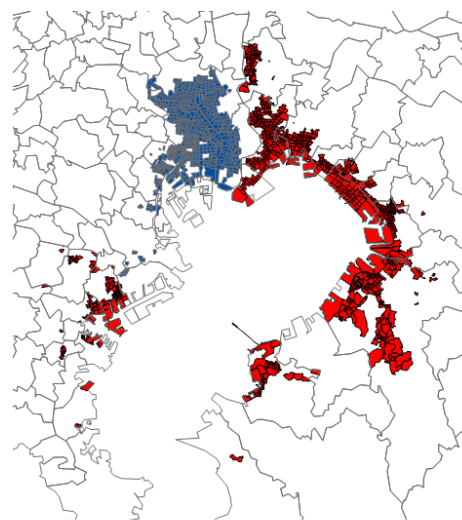


図-10 町丁目別の木造建物全壊率と上水道管被害率の関係

在する。図-11に、これらの地域をGISで表示する。前者の地域に関しては、東京湾北部地震の際に被害を生じない住宅が多いものの、水道が長期にわたり断水する可能性が高いものと考えられる。一方、後者の地域については、水道管の推定被害率は低いため、地震被害の同位置性を考えない単純な復旧期間の見積もりでは、断水期間は短く予測される可能性があるが、実際は木造建物被害が多大な地域であるため、道路閉塞などの影響により復旧作業が想定よりも長期化することが懸念される地域と思われる。



■ 上水道被害ランク1-2, 木造建物被害ランク4-5  
 ■ 上水道被害ランク4-5, 木造建物被害ランク1-2

図-11 上水道被害ランク 1~2かつ木造建物被害ランク 4~5の町丁目と上水道被害ランク 4~5かつ木造建物被害ランク 1~2の町丁目

木造建物と上水道管の被害ランクの和を図-12に示す。両者のランクの和が大きい地域は、木造建物と上水道管の被害がともに大きな地域になるものと考えられ、東京湾北部地震が発生した際には相対的に迅速な緊急対応が望まれる地域であると考えられる。本研究の結果では、

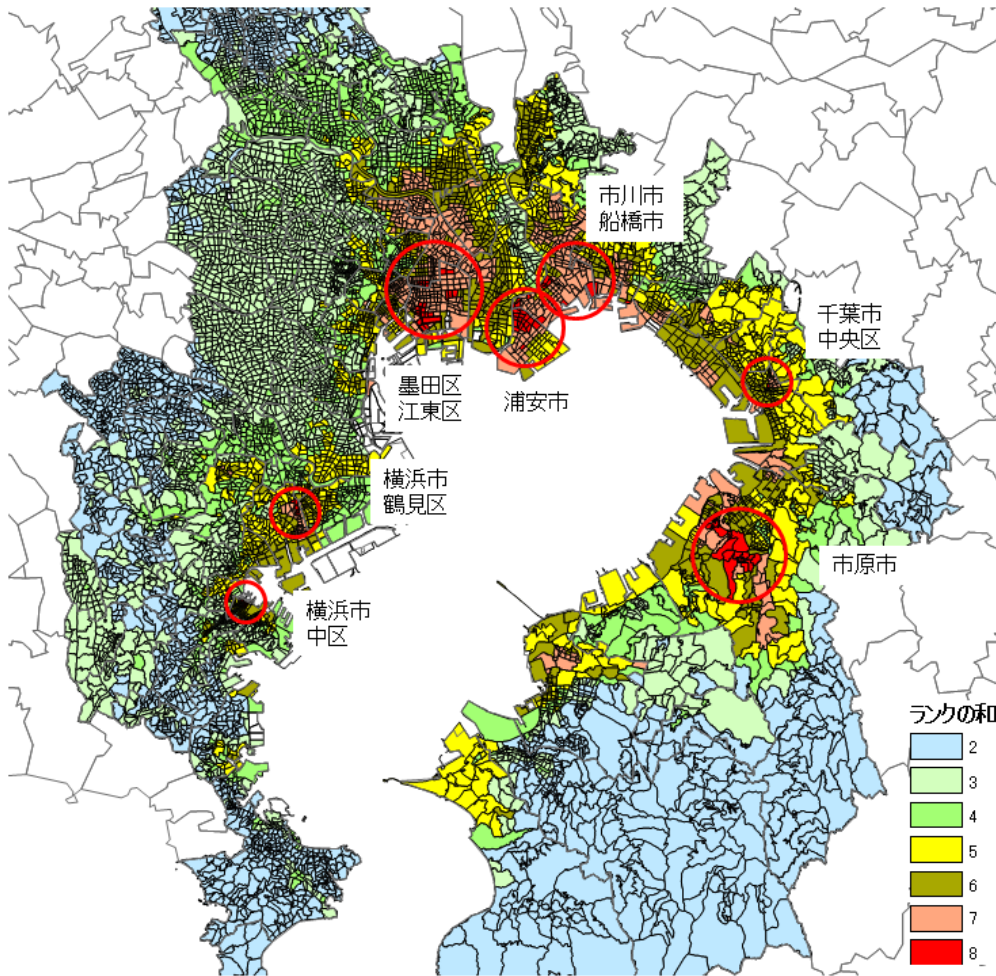


図-12 木造建物全壊率と下水道被害率のランク和

被害ランクの和が9または10となる町丁目はなかった。被害ランクの和が8を示した地域は、神奈川県横浜市中区、鶴見区、東京都墨田区、江東区、千葉県浦安市、市川市、船橋市、千葉市中央区、市原市などの一部の町丁目であり、東京湾沿いの一部地域で地震被害が複合的に作用するものと予測された。今後は、実地震における被害データの分析を行い、被害ランクの和がどの程度の値を示すと実際に復旧作業に支障を与えるのか検討する必要がある。

## 5. 結論

本研究では、東京、神奈川、埼玉、千葉の1都3県について、東京湾北部地震後の木造建物と下水道管の被害予測を統一された手法で行った。使用したデータは各都県の地震被害想定で用いられた基盤データであるが、それぞれの都県が個別に被害予測を行っていたため、データ構造が一致しなかった。そこで、データ区分などを統一し、さらに使用する被害関数も統一することで、県境を

超えて被害量を相対的に評価できるようになった。

木造建物被害については、震度6強以上の揺れが予測されている地域などで全壊棟数が多く予測されることが分かった。下水道管の被害率に関しては、揺れが大きい東京都よりも千葉県の方が大きな被害率を示していた。これには、東京都と千葉県で敷設されている下水道管の管種ごとの割合が異なることが影響していると考えられる。

両者の被害率を平均値と標準偏差を用いてランク分けし、木造建物と下水道管被害の相関性について検討を行った。木造建物の被害程度が小さいものの上水道被害の程度が高い地域が、千葉県の広い範囲と神奈川県の一部に存在した。この地域では、東京湾北部地震後も住宅に住み続けることができる可能性は高いが、長期にわたり断水するため日常生活に支障が生じるものと考えられる。また東京都東部は下水道被害の程度は小さいが、木造住宅の被害が甚大な地域である。通常の地震被害想定で行われるように、被害の同位置性を考えずに単に下水道管の被害率から復旧期間を見積もった場合よりも、実際には道路閉塞等の影響で復旧活動が遅延することが懸念され



る。

木造建物と上水道管の被害ランクの和をとったところ、東京湾側のいくつかの地域で木造建物被災率と上水道管被害率がともに相対的に大きなところがあることが明らかとなった。これらの地域では、とくに迅速な緊急対応がとられることが望まれる。

本研究では、通常地震被害想定のように様々な地震被害を個別に評価するのではなく、地震被害の同位置性に着目して木造建物と上水道管被害が複合して影響を与えそうな地域を評価した。ガス管と水道管について同様な検討を行うことで、差し水が発生しやすい地域を予め把握することができる。また、幅員データを有する詳細な道路データを用いることで、家屋倒壊による道路閉塞について予測することができ、復旧支障のより定量的な評価につながるものと考えられる。

**謝辞:** 東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県から地震被害想定調査で利用したデータを提供頂いた。記して、謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 内閣府：平成 22 年度防災白書，<http://www.bousai.go.jp/hakusho/h22/index.htm>, 2010.
- 2) 中央防災会議・首都直下地震対策専門調査会：首都直下地震対策専門調査会報告，2005
- 3) 東京都：首都直下地震による東京の被害想定，2006.
- 4) 千葉県：千葉県地震被害想定調査報告書，2008.
- 5) 埼玉県：埼玉県地震被害想定調査報告書，2008.
- 6) 神奈川県：神奈川県地震被害想定調査報告書，2009.
- 7) 梶秀樹，塚越功：都市防災学，学芸出版社，2007.
- 8) 内閣府：「首都直下地震の復旧・復興準備推進調査」首都直下地震の復興対策のあり方に関する検討 調査報告書，2009.
- 9) 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. 507/I-30, pp. 231-241, 1995.
- 10) 後藤洋三，鈴木猛康，末富岩雄，小路泰広，鶴田舞，片岡正次郎，鈴木光：重要インフラ間の被害波及軽減のための調査，第 29 回土木学会地震工学研究発表会報告集，pp. 1344-1354, 2007.
- 11) 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.
- 12) 中央防災会議：<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/>, 2005.
- 13) 内閣府：地震防災マップ作成技術資料，2005.
- 14) 総務省：<http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2008/index.htm>, 2008.
- 15) (社)日本水道協会：平成 18 年度水道統計，2008.
- 16) 若松加寿江，松岡昌志，久保純子，長谷川浩一，杉浦正美：日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築，土木学会論文集，No.759/I-67, pp.213-232, 2004.
- 17) 山口直也，山崎文雄：詳細な建物情報を含む被災度調査結果に基づく西宮市の地震動分布の再推定，土木学会論文集，No. 640/I-50, pp.203-214, 2000.
- 18) 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, pp.25-40, 1998.
- 19) 丸山喜久，山崎文雄：近年の地震被害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.
- 20) Karim, K. R. and Yamazaki, F.: Correlation of the JMA Instrumental Seismic Intensity with Strong Motion Parameters, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 31, No. 5, pp. 1191-1212, 2002.
- 21) 能島暢呂：脆弱性指標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.
- 22) 政府統計の総合窓口 (e-Stat)：<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>, 2008.

(2011.11.30受付, 2012.2.20修正, 2012.3.6受理)

## CORRELATION BETWEEN THE DAMAGE RATIOS OF WOODEN HOUSES AND WATER DISTRIBUTION PIPES AFTER THE SCENARIO TOKYO METROPOLITAN EARTHQUAKE

Yoshihisa MARUYAMA and Fumio YAMAZAKI

This study estimated the damage ratios of wooden houses and water distribution pipes in Tokyo, Kanagawa, Saitama, and Chiba prefectures after the scenario Tokyo Metropolitan earthquake. Since the damage ratios were evaluated by common fragility functions, the amount of damage can be compared seamlessly for the areas around Tokyo Metropolis. This study also considers the correlations between the damage ratios of wooden houses and water distribution pipes with respect to the postal address areas (cho-cho-moku) along the Tokyo Bay. The areas associated with higher damage ratios of wooden houses and water pipes were detected and the delay of restoration work is anticipated in these areas.