

新潟県中越沖地震における ライフライン被害の空間相関性

君島 康太¹・丸山 喜久²・山崎 文雄³

¹千葉大学大学院生 工学研究科建築・都市科学専攻 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail: k.kimishima@graduate.chiba-u.jp

²千葉大学大学院助教 工学研究科建築・都市科学専攻 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail: ymaruyam@tu.chiba-u.ac.jp

³千葉大学大学院教授 工学研究科建築・都市科学専攻 (〒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、首都直下地震を対象としたライフライン施設の復旧シミュレーションや、各種提案されている埋設管被害予測式の高度化のための基礎資料の構築を目的とし、2007年新潟県中越沖地震におけるライフライン被害がどのような条件下で発生しているかを整理し、ライフライン被害の空間相関性を把握した。具体的には、地震被害、管路、地形の各種データを収集し、地理情報システム(GIS)で統合を行い、微地形、標高、地盤切盛り高さの各条件ごとにライフラインの被害率の算出を行った。また、被害箇所空間的相互位置関係を明らかにするために、各種地震被害間の最近接距離の分析を行った。

Key Words : earthquake damage, lifeline system, GIS, damage ratio, spatial distribution

1. はじめに

地震調査研究推進本部によると、首都圏でマグニチュード 6.7~7.2 の地震が今後 30 年以内に発生する確率は、約 70%とされている¹⁾。また、中央防災会議によると、東京湾北部地震が発生した場合、直接被害、間接被害を合わせ約 112 兆円の経済被害になると推定されている²⁾。ライフライン被害に関しては、経済損失額は約 11.4 兆円、ライフライン施設被害による供給支障は電力約 160 万件、通信約 110 万回線、ガス約 120 万件、断水人口約 1100 万人に上る²⁾。これらの数字から、首都直下地震が発生した際のライフライン被害が重大であることが想像される。

首都圏には、ライフラインをはじめとする重要な社会インフラが集中している。そのため、首都直下地震が発生した際は、とくにライフラインは各システムがそれぞれ密接に関わっているため³⁾、被害の連鎖的波及により都市機能が長期間マヒしてしまうことが考えられる。これらの被害軽減のために、都市機能の防御戦略、早期復旧計画を立てることが有用であると考えられ、その一環として、各地で首都直下地震に対する被害想定が行われている。例えば千葉県では、想定地震を東京湾北部地震とした場合、約 147 万世帯で断水し、下水道被害は 6 万世帯

に影響を及ぼし、都市ガスは約 37 万戸で供給停止となることが想定されている⁴⁾。

地震被害想定で用いられる被害予測式は、主に兵庫県南部地震の被害データをもとに構築されている⁵⁾⁷⁾。地震発生当時は地震計の数も少なく、地震動強さと被害率の対応をとることが困難な場合も見られる。兵庫県南部地震以降、地震計の数が大幅に増加したことや、利用可能な空間基盤データの整備が進んできた状況をふまえると、近年の地震被害のデータを整理、分析することで、被害予測手法の高度化が期待できる。

そこで本研究では、首都直下地震を対象としたライフライン施設の復旧シミュレーション、また、配水管、ガス管被害予測式の見直しに向けた基礎資料の構築を目的とし、新潟県柏崎市と刈羽村を対象地域として、2007年新潟県中越沖地震によるライフライン被害の空間相関性の分析を行う。

2. 各種被害データの統合GIS化

地理情報システム (GIS) は、地震時のライフライン被害の分析に用いられることが多く⁸⁾⁹⁾、本研究でも、ライフライン被害の空間相関性の分析を行うにあたってGISを使用した。

表-1 新潟県中越沖地震における各種被害データ

被害	属性
配水管	562箇所
ガス低圧管	3733箇所
ガス中圧管	26箇所
下水道	1185区間 被害延長65.1km
液状化	56箇所
倒壊家屋	210棟

表-2 柏崎市におけるライフライン管路データ

管路延長 km	属性
配水管	852.6 管路区分, 材質, 口径, 継手種別, 埋設年度, 竣工図番号, 浅層埋設管フラグ
ガス低圧管	653.2 運用圧力, 材質, 口径, 継手種別, 埋設年度, 竣工図番号, 浅層埋設管フラグ
ガス中圧管	135.3 運用圧力, 材質, 口径, 継手種別, 埋設年度, 竣工図番号, 浅層埋設管フラグ

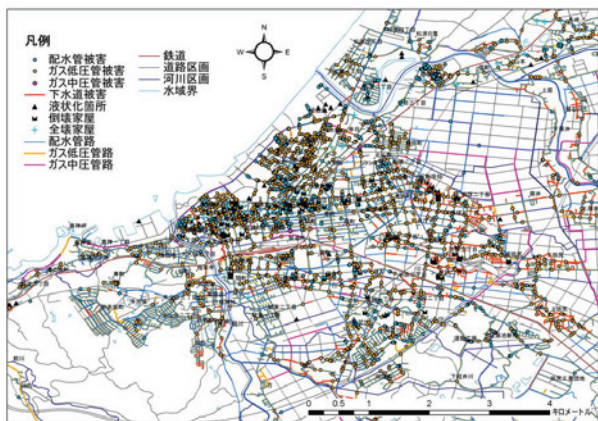


図-1 柏崎市における各種データの統合 GIS

配水管, ガス低圧管, ガス中圧管, 下水道, 倒壊家屋, 液状化の被害データ及び, 配水管, ガス低圧管, ガス中圧管の管路データの統合GIS化を行った。使用した被害データ, 管路データの諸元を表-1, 表-2に示す。配水管被害件数は, 厚生労働省や(社)日本水道協会の報告書^{10), 11)}, ガス低圧管被害件数は経済産業省の報告書¹²⁾とほぼ同数である。なお, ガス低圧管被害には供給管, 内管の被害も含んでいる。各種データの統合GIS化には, 基本ソフトにESRI社のArcGIS ver.9.2, 基本地図に国土地理院が発行する数値地図25000¹³⁾を使用した。測地系は, ガス中圧管被害データが日本測地系であったため, 世界測地系へ変換し, 世界測地系で統一した。また, 本研究ではGIS上での単位をメートル法で表すために, 使用したデータに投影座標系の平面直角座標8系を定義した。各種データの統合GIS化したものを図-1に示す。

本研究で使用した配水管, ガス低圧管の被害データ, 配水管, ガス低圧管, ガス中圧管の管路データは, 柏崎市ガス水道局が敷設状況を取りまとめたものを, ガス中圧管, 下水道の被害データは社団法人日本ガス協会が取りまとめたものを使用した。なお, 対象地域を柏崎市と刈羽村としているが, 柏崎市の旧高柳町地域は, 被害データが無かったため対象地域から除外した。

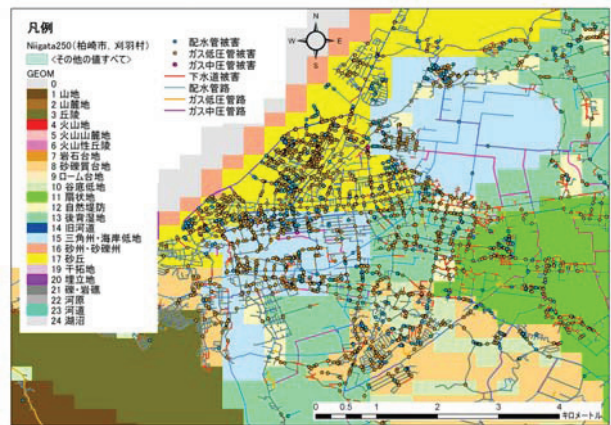


図-2 柏崎市における微地形区分とライフライン被害分布

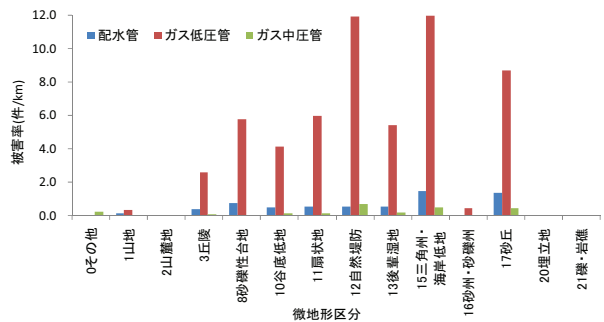


図-3 微地形区分ごとの配水管, ガス低圧管, ガス中圧管の被害率

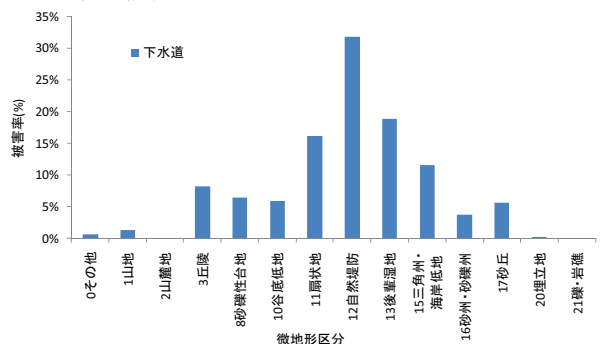


図-4 微地形区分ごとの下水道の被害率

3. 地震被害の空間相関性

(1) 地形・地盤条件とライフライン被害分布

ライフライン被害がどのような条件下で発生しているか分析するために, 統合GISに各種条件データを重ね合わせ, 空間検索機能を用いて条件別に各ライフラインの被害率を算出した。配水管, ガス低圧管, ガス中圧管の被害率(件/km)は, 厚生労働省や(社)日本水道協会の報告書^{10), 11)}と対応させ被害件数(件)/管路延長(km)で算出し, 下水道の被害率(%)は国土交通省の下水道被害想定検討委員会資料¹⁴⁾と対応させ被害区長(km)/管路延長(km)で算出した。ただし, 下水道は管路データは入手できていないため, 下水道管路総延長(710km)と配水管路データを用いて, 管路長を推定した。推定方法は, 下水道総延長と配水管路総延長の比を, 条件ごとの配水管路長に

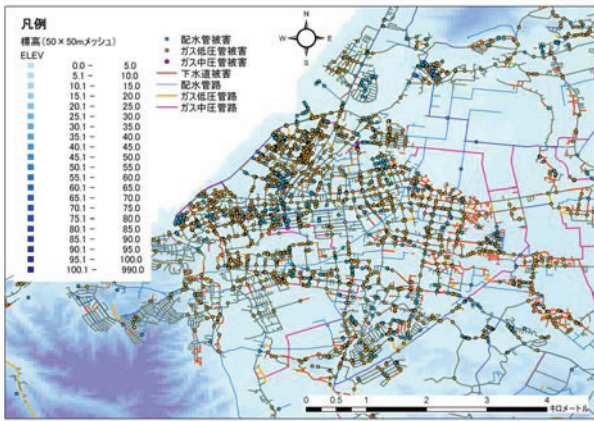


図-5 柏崎市における標高とライフライン被害分布

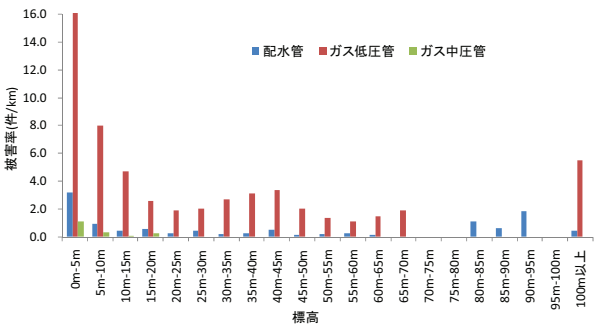


図-6 標高5m区分ごとの配水管，ガス低圧管，ガス中圧管の被害率

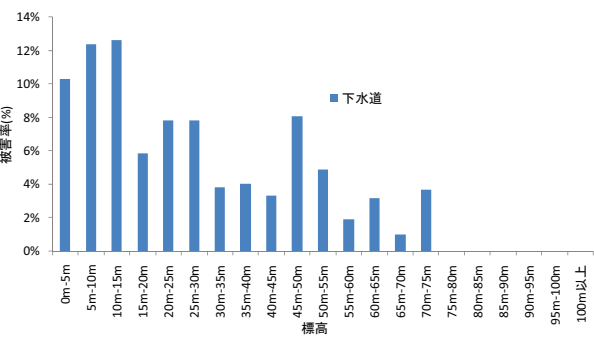


図-7 標高5m区分ごとの下水道の被害率

乗じて，条件ごとの下水道長を算出した。

a) 微地形区分とライフライン被害分布

統合GISに微地形区分を重ね合わせたものを図-2に示す。微地形区分は，若松らが構築した日本の地形・地盤デジタルマップ¹⁵⁾を用いた。本来ならば，測地系を世界測地系にする際に，微地形区分を見直す必要があるが，ここでは表示の際の座標系のみを変換した。地形・地盤条件は250mメッシュで構成されており，25に分類されている。本研究で対象としている柏崎市，刈羽村には，山地，山麓地，丘陵，砂礫質台地，谷底低地，扇状地，自然堤防，後背湿地，三角州・海岸低地，砂州・砂礫州，砂丘，埋立地，礫・岩礁，その他の14分類が分布している。算出した微地形区分ごとの配水管，ガス低圧管，ガス中圧管の被害率を図-3，下水道の被害率を図-4に示す。

配水管被害率は三角州・海岸低地が1.48件/kmで最も高く，砂丘が次に高い値の1.35件/kmを示した。

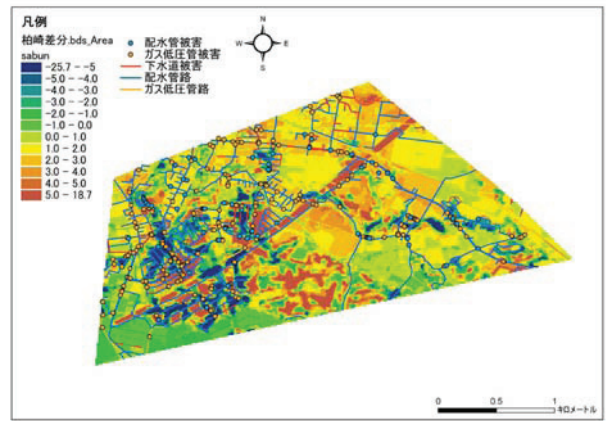


図-8 地盤切盛高さ条件とライフライン被害分布

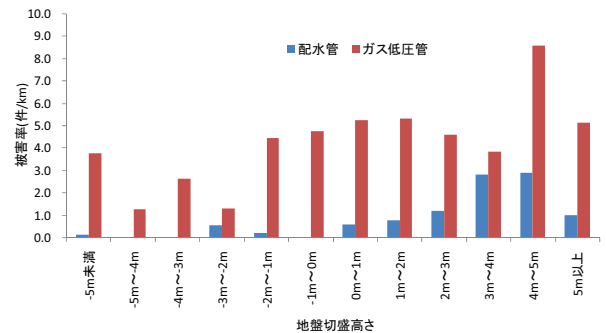


図-9 地盤切盛高さ 1m 区分ごとの配水管，ガス低圧管の被害率

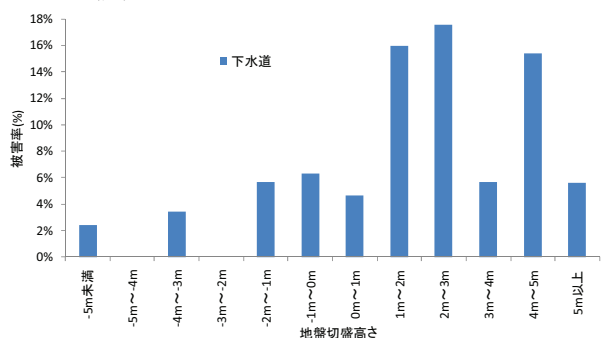


図-10 地盤切盛高さ 1m 区分ごとの下水道の被害率

ガス低圧管被害率は三角州・海岸低地が11.93件/kmで最も高く，自然堤防11.92件/km，砂丘8.67件/kmの順で高い値が続いた。配水管，ガス低圧管ともに，三角州・海岸低地で被害率が高く，概して脆弱といわれている微地形区分において被害率が高いことがわかった。ガス中圧管被害率は自然堤防が0.65件/kmで最も高く，三角州・海岸低地0.47件/km，砂丘0.43件/kmと高い値が続いた。下水道被害率は自然堤防が32%で最も高く，三角州・海岸低地が次に高い値の19%を示した。下水道，ガス中圧管は，自然堤防での被害率が高くまた，配水管，ガス低圧管同様，三角州・海岸低地での被害率も高いことがわかった。

b) 標高とライフライン被害分布

統合GISに標高条件を重ね合わせたものを図-5に示す。標高データには，国土院が発行する数値地図50mメッシュ(標高)¹⁶⁾を用いた。算出した標高5m区分ごとの配水管，ガス低圧管，ガス中圧管の

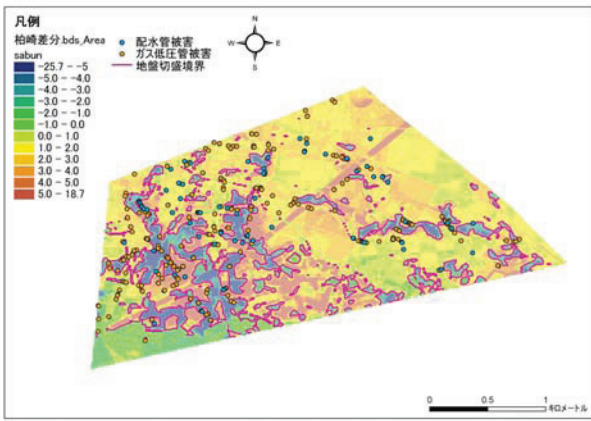


図-11 地盤切盛境界と配水管, ガス低圧管被害

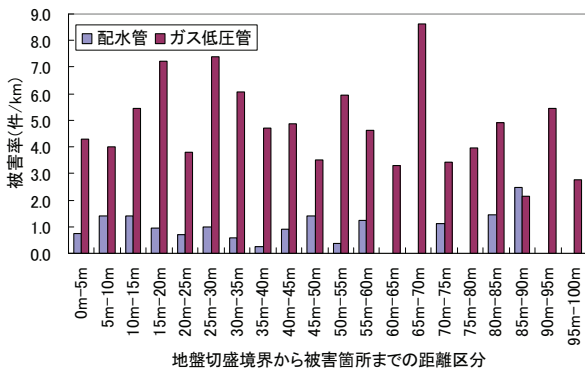


図-12 地盤切盛境界からの配水管, ガス低圧管被害率

被害率を図-6, 下水道の被害率を図-7に示す。

配水管被害率は3.13件/km, ガス低圧管被害率は16.07件/km, ガス中圧管被害率は1.08件/kmと, 標高0m-5mで最も高い値を示した。下水道被害率は10m-15mで13%と最も高いが, 5m-10mで12%, 0m-5mで10%と標高が15m以下の地域で高い値を示している。配水管, ガス低圧管, ガス中圧管は標高が低い位置で被害率が高くなり被害分布が近い傾向が見られたが, 配水管では標高85m-90m, 75m-80mと標高が高い位置でも被害率が高くなるがあった。下水道も標高が低い位置で被害率が高いが, 標高15m以上の区分でも5%前後の被害率があることがわかった。

c) 地盤切盛高さと同ライフライン被害分布

統合GISに地盤切盛高さを重ね合わせたものを図-8に示す。地盤切盛高さは, 国土地理院から提供を受けた柏崎改変地形データを用いた。これは空中写真を用いた写真測量によって作成された標高モデル (DEM) から取得されたデータである。米軍が昭和30, 40年代に撮影した空中写真を用いれば旧地形のDEMが作成されるので, 現地形と旧地形のDEMの差を取れば, 盛土, 切土などの人口改変状況が把握できる。柏崎市の改変地形データは10mメッシュで構成されており, メッシュごとに, 盛土高さ, 切土高さが与えられている。また, 許容誤差は±1.5mとされている¹⁷⁾。柏崎改変地形データは, 柏崎市緑町, 寿町, 新赤坂町, 米山台2,3丁目, 三島町を

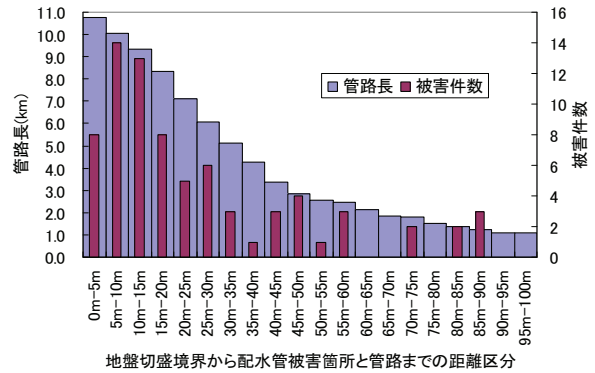


図-13 地盤切盛境界からの配水管被害件数と管路長

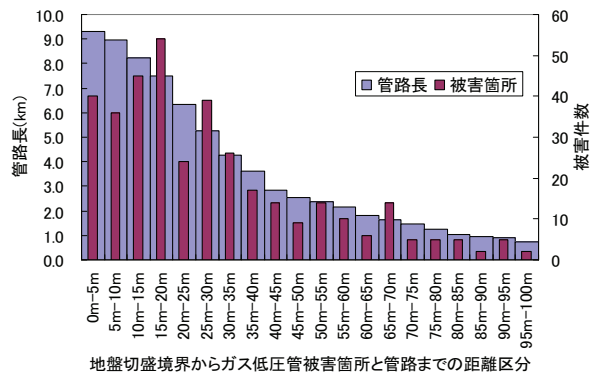


図-14 地盤切盛境界からのガス低圧被害件数と管路長

覆う範囲と, 半田1,2丁目, 茨目2丁目, 希望が丘, 朝日が丘, 向陽町, 下軽井川, 佐藤池新田を覆う範囲のみに対し作成されている。図-8は後者の範囲を示したものである。そのため, ここでは対象地域を柏崎改変地形データと重なる範囲としている。なお, 対象地域内でのガス中圧管被害は1件のため, ここではガス中圧管を分析の対象としていない。

地盤切盛高さ1m区分ごとの配水管, ガス低圧管の被害率を図-9, 下水道の被害率を図-10に示す。切土部分でも, 特にガス低圧管ではある程度大きな被害率も見られているが, 配水管被害率は盛土高さ4m-5mが2.91件/kmで最も高く, 3m-4mでの2.85件/kmが次に高い値であり, ガス低圧管被害率は盛土高さ4m-5mが8.57件/kmで最も高いことがわかった。また, 下水道被害率は盛土高さ2m-3mの18%が最も高く, 1m-2mでの16%, 4m-5mでの15%と高い値を示している。ここで対象とした全ての埋設管が, 盛土部分で被害率が高いことがわかった。盛土部分で被害率が高い原因は, 一般に, 盛土部分は原地盤や切土より軟らかく揺れやすいためであると考えられる。

また, 相対的に地盤の硬さが異なると, 地震時の震動特性が異なるものと推測される。震動特性が異なれば, 切土と盛土の境界周辺で埋設管被害が多く発生すると考えられる。図-11に, 図-8から読み取った切土と盛土の境界とガス低圧管および配水管被害位置を示す。切土と盛土の境界は, 切土高, 盛土高が0mの地点を境界として読み取った。なお, 高

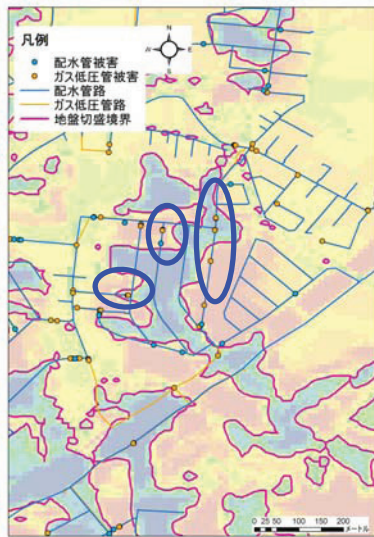


図-15 切土・盛土地形を貫く配水管，ガス低圧管被害

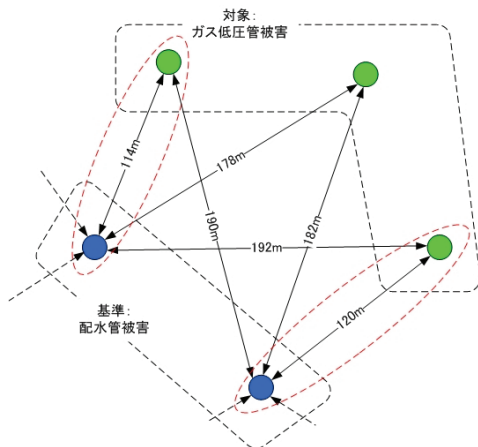


図-16 被害間の最近接距離の概念図

速道路盛土については検討から除外している。地盤切盛境界からの最短距離5m区分ごとの配水管，ガス低圧管被害率を図-12に，地盤切盛境界からの最短距離5m区分ごとの配水管被害件数と管路長を図-13に，地盤切盛境界からの最短距離5m区分ごとのガス低圧管被害件数と管路長を図-14に示す。図-12より，配水管，ガス低圧管とも，境界から近い区間で被害率が高いといった傾向が見ることが出来ず，また，図-13，14より，埋設管路長が5km以上と比較的長い30mまでの区分だけを見ても，特徴を見ることが出来なかった。そのため，現段階では，切盛境界からの距離と被害率に特段の関係性は認められなかった。しかし，図-11の一部を詳細に見ると，切土地形，盛土地形を貫く配水管，ガス低圧管に被害が生じている（図-15）ので，今後常時微動観測などで震動特性の把握を行うなど，詳細な検討が必要である。

(2) 地震被害の空間的相互位置関係

被害箇所間の空間的相互位置関係¹⁸⁾を明らかにするために，各種被害間の最近接距離の分析を行った。図-16のように，基準となる被害を決め，基準被害の各発生箇所から対象とする各種被害の発生箇所間

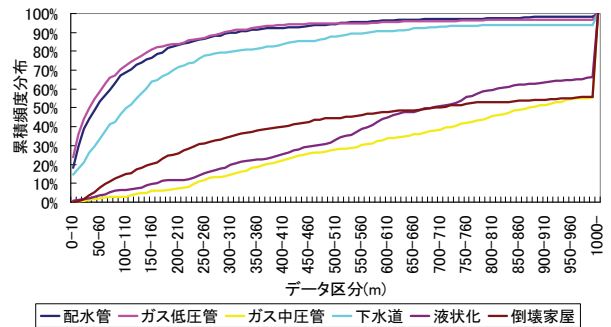


図-17 配水管被害から各種被害間の最近接距離の累積頻度分布

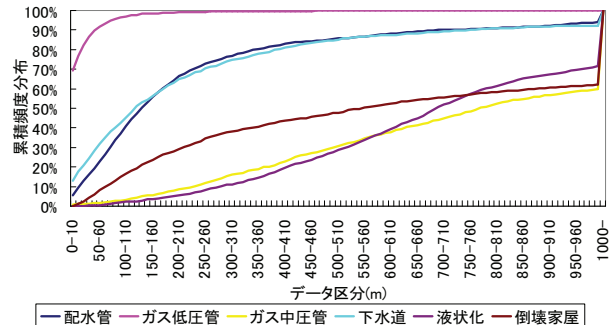


図-18 ガス低圧管被害から各種被害間の最近接距離の累積頻度分布

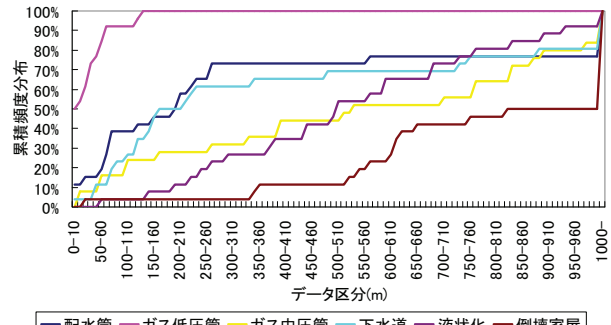


図-19 ガス中圧管被害から各種被害間の最近接距離の累積頻度分布

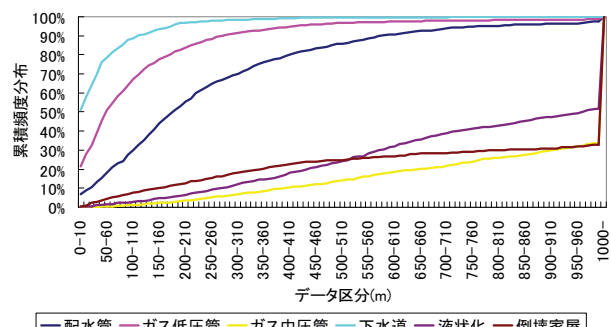


図-20 下水道被害から各種被害間の最近接距離の累積頻度分布

の全ての距離測定を行い，その距離の中で最も短い距離を最近接距離とした。なお，本研究では，被害箇所間の空間的位置の関係性を空間相関性とし，基準被害と対象被害が同一の場合は自己相関性とした。ここでは，扱う被害を配水管，ガス低圧管，ガス中圧管，下水道に加え，液状化，倒壊家屋とした。

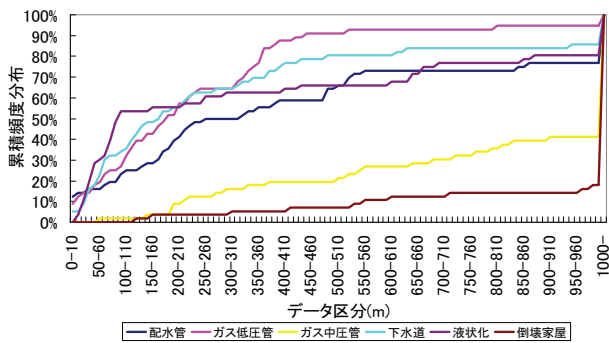


図-21 液状化箇所から各種被害間の最近接距離の累積頻度分布

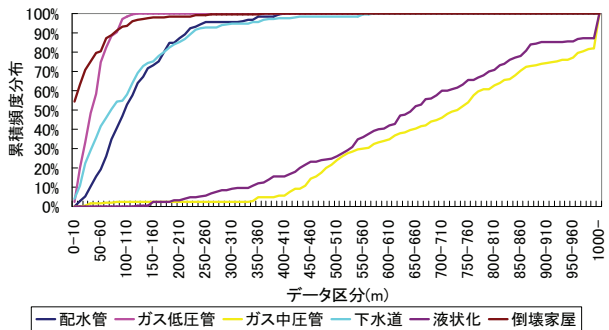


図-22 倒壊家屋から各種被害間の最近接距離の累積頻度分布

表-3 各被害箇所から半径 50m(上段)と 250m(下段)以内に被害が発生している割合(%)

基準	対象	配水管	ガス低圧管	ガス中圧管	下水道	液状化	倒壊家屋
配水管	上段	49.4	54.8	1.4	29.7	3.0	5.3
	下段	86.3	86.5	10.9	76.2	14.2	30.6
ガス低圧管	上段	19.3	89.9	1.4	28.3	0.5	6.1
	下段	71.8	99.2	11.1	69.1	7.7	33.2
ガス中圧管	上段	15.4	76.9	8.0	11.5	0.0	3.8
	下段	65.4	100.0	28.0	61.5	19.2	3.8
下水道	上段	15.4	45.2	0.3	76.0	1.2	3.6
	下段	63.0	87.8	4.8	97.7	8.6	14.9
液状化	上段	16.1	17.9	0.0	17.9	28.6	0.0
	下段	48.2	64.3	12.5	62.5	57.1	3.6
倒壊家屋	上段	15.7	58.6	1.4	35.7	0.0	79.4
	下段	94.3	100.0	2.4	92.4	5.2	99.0

※下段による分類
 100-90% 90-80% 80-70% 70-60% 60-50% 50%-

ArcGIS上で、ポイント同士の距離、ポイント、ライン間の距離は測定することが可能であるが、ラインデータ同士の距離は測定することが出来ない。そのため、下水道被害同士の最近接距離を測定する場合のみ、下水道被害を1mピッチでポイントデータへ変換し、近似的に最近接距離を測定した。なお、同下水道被害間で最近接距離をダブルカウントしないように、発生させたポイントデータのIDでデータ管理を行っている。基準被害を配水管、ガス低圧管、ガス中圧管、下水道、液状化、倒壊家屋に設定し、基準被害ごとに各対象被害までの最近接距離を10m区分で累積頻度分布を描いたものを、図-17~図-22に示す。さらに、これらをまとめたものを表-3に示す。

表-3の上段は各被害箇所から半径 50m 以内、下段は半径 250m 以内に被害が発生している割合である。半径 50m 及び 250m は、ライフライン施設の復旧シミュレーションを行う際によく用いられるメッ

シュサイズに対応させたものである。

ライフライン被害の自己相関性を分析した結果、ガス低圧管は、図-17より、累積頻度分布が他の被害と比べて、突出して短い区分で立ち上がっており、表-3の結果を見ると、被害箇所の 99.2%で半径 250m 以内に別のガス低圧管被害が発生している。そのため、ガス低圧管は、被害発生箇所の自己相関性が非常に高いと考えられる。また、下水道、配水管はガス低圧管ほどではないが、図-18,20の累積頻度分布が短い区分で立ち上がり始めており、被害箇所の 97.7%、86.3%で半径 250m 以内に別の被害が発生している。下水道、配水管も被害発生箇所の自己相関性が高いと考えられる。

ライフライン被害間の空間相関性を分析した結果、図-17~図-20を見ると、対象被害をガス中圧管にしたものを除き、ライフライン被害間の空間相関性は高いと考えられる。表-3より、詳しく見ると、全てのガス中圧管被害箇所から半径 250m 以内にガス低圧管被害が発生していることがわかった。ガス中圧管が被害を受ける場所では、ガス中圧管に比べ耐震性が劣るガス低圧管も同時に被害を受けたことがわかった。下水道被害箇所の 87.8%が、配水管被害箇所の 86.3%が半径 250m 以内にガス低圧管被害が発生しており、被害発生箇所の空間相関性が高いと考えられる。また、配水管被害箇所の 76.2%で半径 250m 以内に下水道被害が、ガス低圧管被害箇所の 71.8%で半径 250m 以内に配水管被害が発生しており、これらの被害間でも被害発生箇所の空間相関性が高いと考えられる。とくに柏崎市では、ガス水道局がガスと水道の両方を管理しており、両方の管路がごく接近して埋設されている場合が多い。このため、管路被害を同時に受ける可能性が、他の事業者に比べて高かったことが推察される。

液状化箇所では管路被害が多くなるとされているが、図-21、表-3より、液状化とライフライン被害が他の被害間と比べ、空間相関性が低かった。柏崎市では、水道管やガス管の被害が最も甚大だった松波などの地域において、液状化などにより地盤変状が激しいため、管を残置して被害箇所の特定を行っていない。そのため、多数の被害箇所がデータに記録されていないことが、液状化とライフライン被害の空間相関性が低かった原因だと考えられる。

倒壊家屋とライフライン被害間の空間相関性を分析した結果、図-22より、ガス低圧管を筆頭に、配水管、下水道の累積頻度分布が短い区分で立ち上がっていることがわかる。表-3より、詳しく見ると、倒壊家屋の 100.0%、94.3%、92.4%で半径 250m 以内にガス低圧管、配水管、下水道被害が発生したことがわかった。これらのことから、地震により倒壊した家屋では、ほぼ同一箇所でライフライン被害も発生していることがわかった。もっともこれに関しては、ともに地震動の大きさに比例して被害が大きくなると考えられるため、地震動の大きかった箇所を表わすに過ぎないとの解釈もできる。一方で、ガス中圧管は、他のライフライン被害と比べ、倒壊家

屋との空間相関性が低かった。これは、倒壊家屋からガス中圧管路までの最短距離の平均が 272.4m と、倒壊家屋周辺にガス中圧管路が配管されていなかったためだと考えられる。また、本地震によるガス中圧管の被害は、溶接不良や長柱座屈などが主な原因で¹²⁾、強震動による建物倒壊とはメカニズムが異なるため、発生場所も近接していないことが考えられる。

4. まとめ

本研究では 2007 年新潟県中越沖地震におけるライフライン被害の空間相関性の分析を行った。

ライフライン被害の発生条件を整理した結果、配水管は、微地形区分条件下では三角州・海岸低地、標高条件下では 0m-5m、地盤切盛高さ条件下では 4m-5m の盛土で被害率が高いことがわかった。同様に、ガス低圧管は、三角州・海岸低地、標高 0m-5m、4m-5m の盛土で、ガス中圧管は、自然堤防、標高 0m-5m で、下水道は、自然堤防、標高 10m-15m、2m-3m の盛土で被害率が高いことがわかった。

地盤切盛境界と被害率については、明瞭な関係性は見られなかった。相対的な地盤条件の違いによる影響を詳細に評価するには至らず、今後、常時微動観測により地盤の振動特性を把握し、再度詳細な検討を行うことも考えている。

各種ライフライン被害間の空間的相互位置関係では、ガス低圧管、下水道、配水管は被害発生箇所の自己相関性が高いことがわかった。また、ガス中圧管、下水道、配水管とガス低圧管で被害発生箇所の空間相関性が高いことがわかった。さらに、倒壊家屋と配水管、下水道、ガス低圧管間で被害発生箇所の空間相関性が高いことがわかった。

今後、ライフライン施設の復旧シミュレーションの基礎資料として活用する。また、地震被害想定などで用いられる埋設管被害予測式の高度化のための検討材料として使用する。微地形区分、管種、管径などについて、クロス集計、多変量解析などを行い、より詳細な被害要因の分析を行う。

謝辞：本研究で使用した配水管、ガス低圧管の被害データ、配水管、ガス低圧管、ガス中圧管の管路データは、柏崎市ガス水道局が敷設状況を取りまとめたものを使用した。ガス中圧管、下水道の被害データは社団法人日本ガス協会、倒壊家屋データは国土地理院、液状化データは株式会社パスコから提供を受けた。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部，地震に関する評価，長期評価：http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02.htm
- 2) 中央防災会議，首都直下地震対策専門調査会：<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/index.html>
- 3) 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.
- 4) 千葉県：平成19年度 千葉県地震被害想定調査報告書，2007.
- 5) 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.
- 6) 高田至郎，藤原正弘，宮島昌克，鈴木康博，依田幹雄，戸島敏雄：直下型地震災害特性に基づく管路被害予測手法の研究，水道協会雑誌，Vol. 70，No. 3，pp. 21-37，2001.
- 7) 三津谷維基，坂上貴士，細川直行：兵庫県南部地震の被害実績に基づく低圧ガス導管網の被害予測，第12回日本地震工学シンポジウム論文集，pp. 1250-1253，2006.
- 8) 山本明弘，久保哲也，野田茂：1995年兵庫県南部地震による配水管の被害分析，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1325-1328，1997.
- 9) 小川安雄，清水謙司，山本浩司，富倉暢宏：兵庫県南部地震ガス導管被害の要因分析GISシステムの構築，第24回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1301-1304，1997.
- 10) 厚生労働省健康局水道課：新潟県中越地震水道被害調査報告書，<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/topics/niiyata/index.html>
- 11) (社)日本水道協会：平成19年(2007年)新潟県中越沖地震水道施設被害等調査報告書，http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/houkokusyo_08.html
- 12) 経済産業省：新潟県中越沖地震における都市ガス事業・施設に関する検討会報告書，<http://www.meti.go.jp/committee/materials/g80317cj.html>
- 13) 国土地理院：数値地図25000(空間データ基盤)新潟，CD-ROM，2007.
- 14) 国土交通省：大規模地震による下水道被害想定検討委員会資料，2005.
- 15) 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.
- 16) 国土地理院：数値地図50mメッシュ(標高)日本-II，CD-ROM，2001.
- 17) 国土交通省国土技術政策総合研究所，国土地理院：国土交通省総合技術開発プロジェクト「高度な画像処理による減災を目指した国土の監視技術」(平成19年度～21年度)，<http://gensai.gsi.go.jp/committee/theme2jiban.html>
- 18) 審浩年，山崎文雄，杉本寛子：兵庫県南部地震における芦屋市の水道管被害の相関分析，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，pp. 3211-3216，1998.

(原稿受理 2009年6月28日)

SPATIAL DISTRIBUTION OF EARTHQUAKE DAMAGES FOLLOWING THE 2007 NIIGATA-KEN CHUETSU-OKI EARTHQUAKE

Kota KIMISHIMA, Yoshihisa MARUYAMA and Fumio YAMAZAKI

It is important to establish a proper recovery plan of lifeline systems against the scenario Tokyo Metropolitan earthquake. To achieve this objective, the characteristics of spatial distribution of earthquake-induced damages to lifeline systems should be evaluated properly. This study investigates the damage distribution characteristics after the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki earthquake. The results of this study suggest that the damaged sections of gas pipes are often found near those of water distribution pipes. Hence, the interactions among the functional losses of lifeline systems should be taken into consideration in the restoration process after coming urban earthquakes in Japan.