

3.5.3 ライフライン被害波及モデルと解析法の開発

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

ライフラインの相互連関を考慮して、被害波及と復旧過程を記述・解析するモデルを構築する。具体的には、時間スケールで「物理的被害波及」「機能的被害波及」「復旧支障」の順で相互連関をとらえ、各事象の特性に適応したスケール（マクロ、ミクロ、ネットワーク構造）で、ライフライン被害波及モデルとその解析法を構築する。これにより相互連関を考慮した定性的～準定量的～定量的な被害・復旧シミュレーションが可能となることから、最適な被害軽減戦略を策定する。

(b) 平成21年度業務目的

ライフライン同時被害発生状況下での相互連関の定量的分析を目標とし、システム間の被害波及と復旧過程を概略的に捉えた解析モデルのプロトタイプを用いて、異種ライフラインの近距離圏内での被害発生（物理的相互連関）から、システム相互の被害波及（機能的相互連関）、復旧過程におけるシステム間の復旧支障（復旧時相互連関）に関する試行的なシミュレーションを行う。

具体的には、ライフラインの敷設状況のメッシュデータに、首都直下地震の予測震度分布を重ね合わせ、被害をメッシュごとに評価するとともに、同時被害発生の確率予測モデルを適用して、近接被害発生を評価する。また、ネットワーク間の相互依存性とともバックアップ設備等の防御対策の効果を検討した解析モデルを用いて、システム間被害波及のシミュレーションを行う。

また、アメリカ・サンフランシスコで開催される TCLEE2009(ライフライン地震工学専門委員会議)での発表および情報収集により、被害波及モデルの基本構造の構築や、支配パラメータの同定を行う。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
国立大学法人岐阜大学工学部	教授	能島暢呂	
国立大学法人岐阜大学 流域圏科学研究センター	助教	久世益充	

(2) 平成21年度の成果

(a) 業務の要約

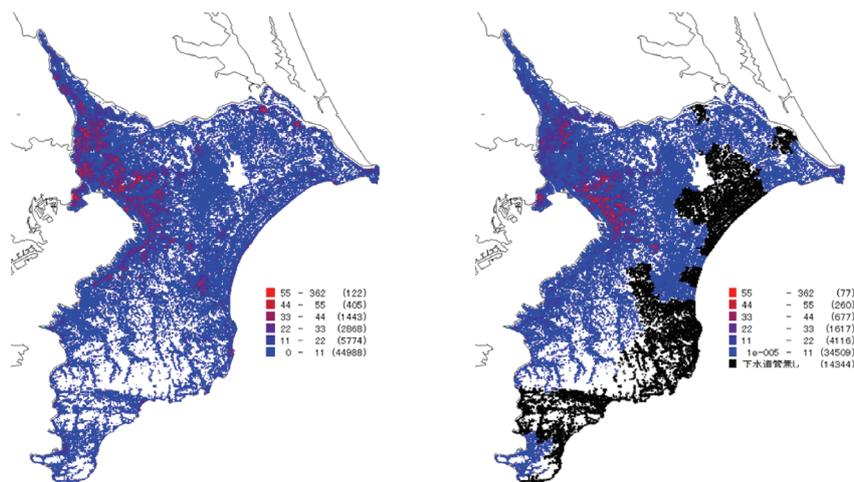
- ① ライフライン同時被害発生状況下におけるライフライン系の相互連関を定量的に分析することを目標として、異種ライフラインの近距離圏内での被害発生（物理的相互連関）から、システム相互の被害波及（機能的相互連関）、復旧過程におけるシステム間の復旧支障（復旧時相互連関）に関する試行的なシミュレーションを行った。
- ② 千葉県を対象として、ライフライン施設の敷設状況をメッシュ化したデータに首都直下地震の予測震度分布を重ね合わせ、個別のシステム被害をメッシュごとに評価した。

- ③千葉県を対象として、同時被害発生に関する確率予測モデルを適用し、物理的被害波及と復旧支障の双方の原因となる近接被害発生について定量的に評価した。
- ④システム間の相互依存性の影響を反映した兵庫県南部地震の被災事例に基づく地震被害予測モデルを改良して、首都圏を対象としてライフラインの機能的被害と復旧過程の試行的なシミュレーションを行った。
- ⑤米国オークランド市で開催された専門家会議TCLEE2009への出席については、新型インフルエンザの流行の影響で取りやめ、CD-ROM、データ等の購入と参加者への直接連絡により本来目的としていた情報を得た。また2009年9月の国際会議ICOSSAR2009等の会議での研究発表の際に、研究を補足する資料収集を行い、当初の目的を果たした。

(b) 業務の成果

1) 千葉県における上水道および下水道の施設被害（業務の要約①②）

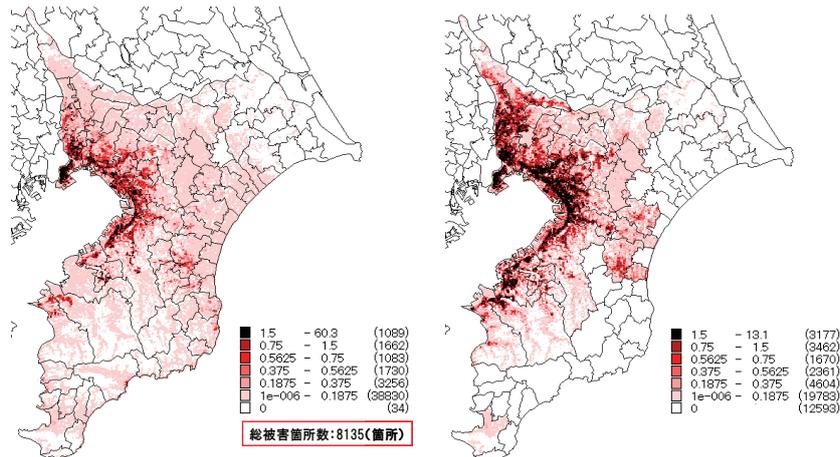
ライフライン施設の地震時同時被害発生の定量的評価を目的として行った、上水道と下水道の施設被害評価について示す。昨年度と同様に、千葉県被害想定（平成 19 年度）¹⁾による東京湾北部地震（マグニチュード 7.3）を想定地震とした被害想定結果を試行的シミュレーションの基本データとした。上水道配水管と下水道管路の施設密度分布を図 1 に示す（これは後述の二次元モデルで用いるパラメータ ρ に相当する）。東京湾北部地震の推定震度分布と液状化危険度 P_L 値分布¹⁾に基づいて得られた、上水道配水管の被害箇所数および下水道被害スパン数の分布を図 2 に示す。ここで下水道の被害スパン数とは、被害延長距離[km]で表される下水道被害を、上水道と横並びで比較評価するため、「1 スパン = 被害延長 25m」なる換算を行って得られたものである。なお、上水道の配水管延長（千葉県全域）は約 23,600km で被害箇所の総数は約 8,135 箇所と推定されている。一方、下水道の管路延長（千葉県全域）は約 14,400km で総被害延長は 428.8km と推定されており、これは上記の換算により 17,152 スパンに相当する。



(a) 上水道配水管

(b) 下水道管路

図 1 千葉県内の上水道配水管と下水道管路の施設密度分布



(a) 上水道配水管の被害箇所数（箇所） (b) 下水道管路の被害スパン数（スパン）

図2 東京湾北部地震による上下水道の被害箇所数（スパン長 25m）の分布

2) 同時被害発生に関する確率予測モデルの拡張とその適用事例（業務の要約①③）

昨年度は、面的広がりを持つ2つのライフラインシステムを単純化して、一次元に伸長した線上構造物としてモデル化し、同時被害に関する確率論的考察を行った²⁾。被害は各システムの全長で一様・独立・ランダムに発生すると仮定し、システム1とシステム2の被害率（単位長さ当たりの平均被害箇所数）をそれぞれ v_1, v_2 で表すと、微小長さ l 以内の近傍における同時被害発生率は $v_1 v_2 l$ となり、全長 L における両システムの同時被害の平均発生数は $v_1 v_2 L$ で表され、同時被害発生数はこれをパラメータとするポアソン分布に従う。さらに、全長 L が長さ l の N 個のセグメントに分割されたシステムにおいて、各セグメントにおける両システムの同時被害発生確率は、次式で表される。

$$p_s = (1 - e^{-v_1 l})(1 - e^{-v_2 l}) \quad (1)$$

同時被害が発生しているセグメント数の平均値は、 $\mu_{N_s} = N \cdot p_s = \frac{L}{l} p_s$ で与えられる。

本研究では、上記の一次元モデルを、対象地域内でライフラインの管路施設が面的に一様に分布する場合を想定した二次元モデルに拡張し、適用性の向上を図った^{3)・4)}。まず単一のシステムについて考え、対象地域内の施設密度（単位面積あたりの管路延長）を ρ [km/km²]で表す。任意の位置から半径 x 内における管路延長は $\pi x^2 \rho$ [km]となる。管路上に発生する被害が一様かつランダムとして、その被害率を v [箇所/km]で表すと、半径 x 内の平均被害箇所数は $\pi x^2 \rho v$ [箇所]で表わされ、被害箇所数 k はこれをパラメータとするポアソン分布に従う。任意の地点から被害箇所への最短距離 x の確率分布確率分布関数は次式のレイリー分布となる。

$$F(x) = 1 - e^{-\pi x^2 \rho v} \quad (2)$$

次に、面積 A [km²]の共通領域において一様な広がりを持つシステム1とシステム2における被害間の最近接距離を考える。両システムにおける施設密度を ρ_1 および ρ_2 [km/km²]で表し、主要な解析条件は一次元モデルと同じとする。被害発生をランダムとしているので、システム1（あるいはシステム2）の任意の被害箇所から、システム2（ある

いはシステム 1) の被害箇所への最近接距離の確率分布は、システム 2 (あるいはシステム 1) における式(2)に一致する。

図 3 (a)に示すように、微小長さ r 以内に同時被害が発生する単位面積当たりの発生率は、これまでの考察から、近似的に $\pi r^2 v_1 v_2 \rho_1 \rho_2$ となる。従って、面積 A 内の平均被害箇所数は $\pi r^2 v_1 v_2 \rho_1 \rho_2 A$ [箇所]で表わされる。また、被害箇所数 k はこれをパラメータとするポアソン分布に従う。

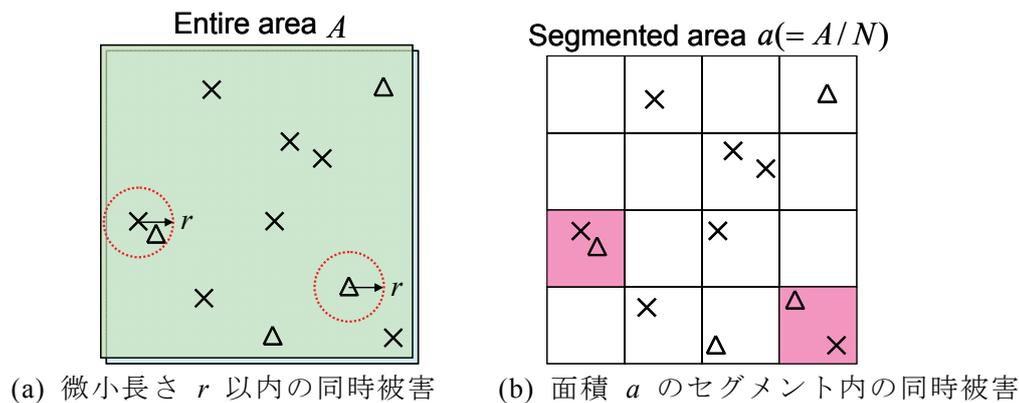


図 3 2次元モデルの概念図

次に、図 3 (b)に示すように、全体の面積 A [km²] が面積 a [km²] の N 個 ($a=A/N$) のセグメントに分割された場合を考える。面積 a のセグメント内における平均被害箇所数はそれぞれ $v_1 \rho_1 a$ および $v_2 \rho_2 a$ となるから、同時被害発生確率は次式で表わされる。

$$p_s = (1 - e^{-v_1 \rho_1 a})(1 - e^{-v_2 \rho_2 a}) \quad (3)$$

N 個のセグメント全体のうち同時被害が発生しているセグメント数 N_s は確率分布の、 p_s をパラメータとする二項分布に従う。同時被害が発生しているセグメント数の平均値は、次式で与えられる。

$$\mu_{N_s} = N \cdot p_s = \frac{A}{a} p_s \quad (4)$$

二次元モデルによる同時被害箇所数の評価にあたっては、式(3)(4)をメッシュごとに適用し、メッシュごとの評価値を総和することで全域での総数を求める。セグメント領域については、 $a=l^2$ として定め、セグメント長 l の一次元モデルである式(1)を適用した結果との比較を行うこととする。セグメント長 l の値については、10m、25m、50m、100m の 4 通りに変化させた。なお、一次元モデルにおける延長距離 L については、上水道と下水道で異なるため、メッシュごとに敷設延長の短い方のシステムの値を用いた。

図 4 に、二次元モデルによって求められた同時被害発生数の分布を示す。同時被害は上下水道の被害が集中すると推定されている東京湾沿岸部に多く発生する傾向にある。各セグメント長 l における同時被害発生数の総数は、それぞれ 26 箇所、160 箇所、584 箇所、1688 箇所となった。一方、一次元モデルによって求められた同時被害発生数は、それぞれ 115、282、539、988 箇所となり、二次元モデル/一次元モデルの比はそれぞれ、0.23、0.57、1.1、1.7 となった。このようにセグメント長 l を大きくとるにつれて二次元モデル

における同時被害発生数が多く評価されるのは、二次元モデルでは 2 乗のオーダー ($a=l^2$) で施設量が増加し、「同時被害」と定義される事象の発生の可能性が増すことによるものである（理論的には、指数分布とレイリー分布の確率分布特性の相違により説明される）。

この相違は両モデルの優劣に起因するものではなく、管路の敷設状況や同時被害が及ぼす影響範囲などにより、適用すべきモデルが異なると解釈するのが正しいと考えられる。図 5 に、セグメント内の施設の広がり比較的「疎」なケースと、施設の広がり比較的「密」なケースを示す。前者では一次元モデルが、後者では二次元モデルが妥当であることはいうまでもない。ネットワークデータが使用できる場合には、施設密度の粗密で両モデルを使い分ける基準を、シミュレーション等により設定することも可能と考えられる。

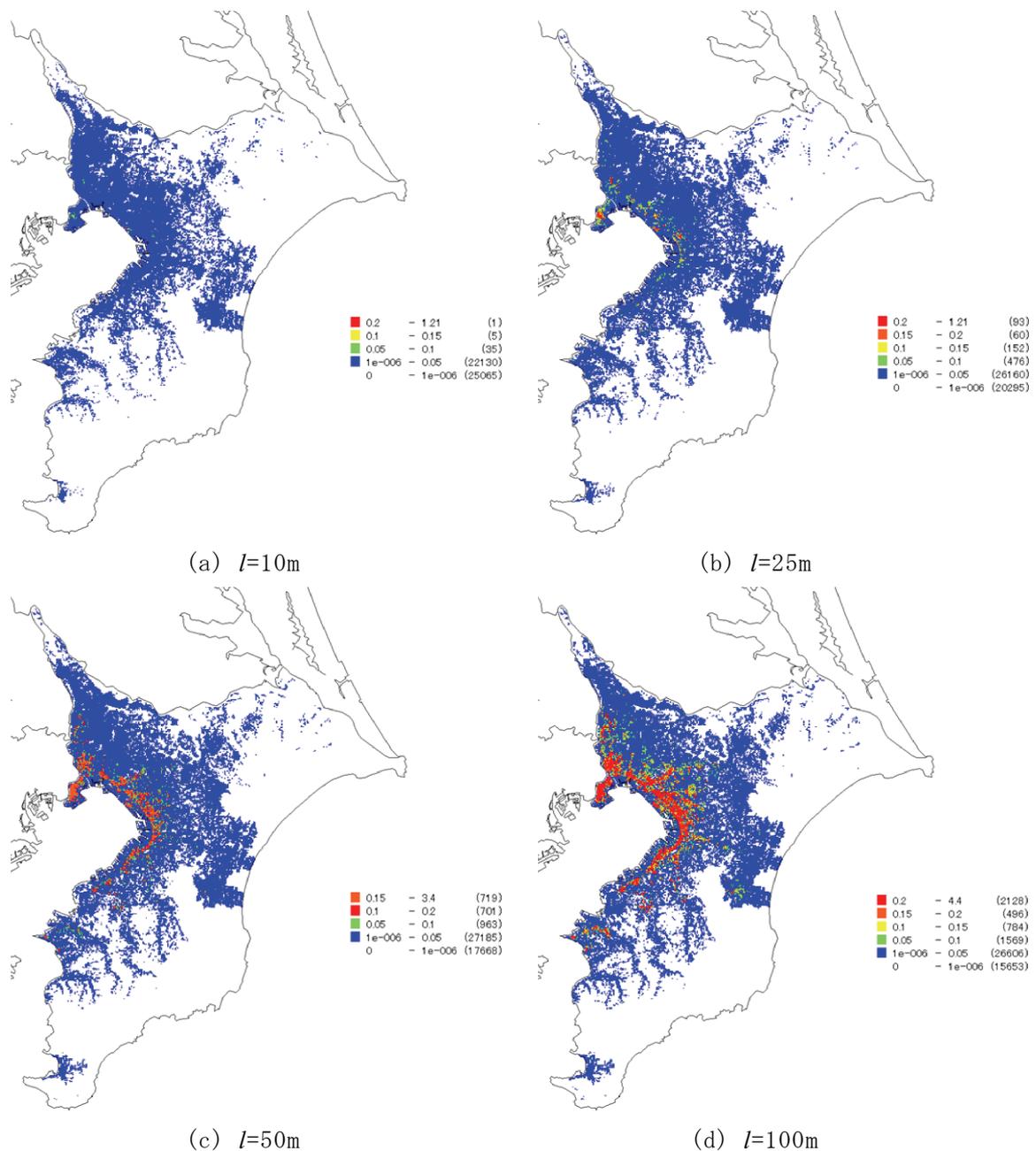
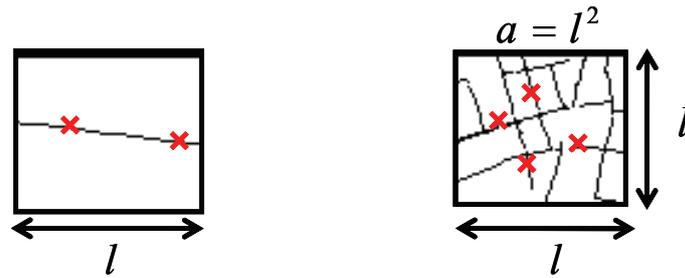


図 4 上下水道管の同時被害発生数の分布



(a) 一次元モデルが妥当な例 (b) 二次元モデルが妥当な例

図5 一次元モデルと二次元モデルの適用性を示す概念図

3) ライフラインの機能的被害と復旧過程のシミュレーション（業務の要約①④）

ライフライン被害の影響波及を適切に評価するためには、地震直後の機能的被害の分布およびその後の復旧過程を時空間的に把握することが重要である。しかしながら内閣府が公表している被害想定結果^{5)・6)}では、供給系ライフラインの初期被害分布と全域での復旧曲線は示されているものの、時空間的な復旧過程は予測されていない。そもそも復旧過程は復旧戦略（復旧作業をどのように進めるか）に大きく依存するものであるが、平均的な復旧の様子を概略する目的では、物理的被害量、復旧資源、復旧効率に基づいて、復旧曲線という時間曲線を推定するのが通常の方法である。

一方、能島らは、様々なライフライン相互連関が生じた1995年兵庫県南部地震の被災事例に基づいて、着目地点における震度 I をパラメータとして、当該地点における供給系ライフラインの地震時機能を、次に示す二段階で評価するモデルを提案した⁷⁾。

第一段階：ライフライン機能の停止確率 $p(I)$

第二段階：震度 I で機能停止という条件下での停止期間 t の非超過確率 $F(t|I)$

このモデルは、実被害に基づくものである故に、異種ライフラインの近距離圏内での被害発生（物理的相互連関）、システム相互の被害波及（機能的相互連関）、復旧過程におけるシステム間の復旧支障（復旧時相互連関）などの影響が、震度の間接的な影響としてすべて織り込まれた形となっているのが特徴である。

第一段階の「ライフライン機能の停止確率 $p(I)$ 」については、震度分布と電気・水道・都市ガス機能停止の有無の関係を統計分析し、機能的脆弱性曲線としてモデル化された。第二段階の「機能停止という条件下での停止期間 t の非超過確率 $F(t|I)$ 」については、震度分布と電気・水道・都市ガス機能停止期間の分布を統計分析し、停止した場合の復旧曲線としてモデル化された。これらを組み合わせることによって、震度 I で地震後経過期間 t における供給率曲線 $D(t|I)$ が得られる。

$$D(t|I) = \{1 - p(I)\} + p(I)F(t|I) \quad (5)$$

上式の第一項は地震直後に低下した供給率を意味し、第二項はその後の回復率に相当する。

ところで、兵庫県南部地震から15年が経過し、ライフライン施設の耐震性やネットワークの形態の面で様々な改善がなされてきた。東京湾北部地震における首都圏のライフライン被害を予測するにあたって、兵庫県南部地震に基づくこのモデルをそのまま適用することは適切ではない。このため本研究では、内閣府による東京湾北部地震の被害想定で示

された供給系ライフラインの復旧曲線⁵⁾に整合するように、初期被害および機能停止期間を表すパラメータを調整してモデルを改良し、システム間の相互依存性の影響を考慮したライフラインの機能的被害と復旧過程のシミュレーションを行う。

まず、首都圏の人口分布（図6）および震度分布（図7）を用いて、各地域 k において震度 I の揺れを受ける人口 $PEX_k(I)$ として算出する。いま、 r_k を地域 k におけるライフライン機能の普及率とすると、当該地域においてサービスが受けられる人口の復旧曲線 $S_k(t)$ は、式(5)の震度ごとの供給率曲線 $D(t|I)$ を、震度曝露人口 $PEX_k(I)$ で重み付けして、全ての震度に対して集計することにより、次式で求められる。

$$S_k(t) = \sum_I r_k PEX_k(I) D(t|I) \quad (6)$$

これを対象とする地域全域について総計すると、地震後のある時間断面 t において対象地域全域でサービスが受けられる人口の復旧曲線 $S(t)$ が得られる⁸⁾。

$$S(t) = \sum_k S_k \quad (7)$$

平常時の供給人口から式(7)の復旧曲線 $S(t)$ を引くことにより、被災人口（供給を受けられない人口）の解消過程が求められる。この曲線が内閣府による結果を再現するように、パラメータを試行錯誤により調整した。

改良前後のモデルによる供給率曲線 $D(t|I)$ を、計測震度4.5から7.0まで0.5刻みで示したものをそれぞれ図8と図9に示す。改良前後のモデルを適用して得られた停電・断水・ガス停止の被災人口の解消過程をそれぞれ図10と図11に示す。内閣府による結果⁵⁾と比較してみると、細部を除くと比較的良く整合していることがわかる。

a) 電力システム

上水道やガスと比較すると低震度で停電が発生する一方、系統切り替えと配電線の応急復旧によって早期に復旧が完了するのが特徴である。改良前モデルでは、図10(a)に示すように、地震直後の被災人口は2400万人に達している。しかし内閣府⁵⁾による被害想定では、地震直後の停電はかなり限定的であり500万人程度となっているかわりに、復旧のペースが遅い。これは停電の発生要因として、建物倒壊や火災に伴うケーブル破断・焼損が主要因となっているためである⁶⁾。図11(a)に示す改良モデルではこの傾向を反映し、地震直後に広域停電に相当する部分がなく、被災人口は約3割までに減少している。内閣府被害想定における停電解消は地震から6日後と設定されているが、これは兵庫県南部地震の実績に合わせて設定されたものであるため、モデル改良による変化はない。

b) 上水道システム

改良前モデルでは図10(b)に示すように、地震直後の被災人口は約1600万人に達し、約2ヶ月で復旧している。内閣府の被害想定⁵⁾では、地震から4日後までに人口集中地域において制水弁閉止とバックアップルートの確保による断水解消が行われることを想定しており、被災人口は急速に減少している⁶⁾。復旧日数については、兵庫県南部地震の実績が42日であったところ、利用者の困窮度合いを考慮して30日と設定されている⁶⁾。図(b)に示すよう改良モデルでは地震直後の初期被害が約7割まで減少し、復旧期間もやや短縮化されて1.5ヶ月程度となっている。復旧曲線の関数をガンマ分布としているため、復旧過程の中盤において内閣府の被害推定をかなり上回る結果となっているものの、序盤と終

盤の整合が良いことから、これを改良モデルとした。

c) 都市ガスシステム

兵庫県南部地震では、復旧ブロックの形成に時間を要したこと、復旧の条件が整わず復旧に着手できなかった地域が多かったことから、復旧の立ち上がりが上水道と比べて遅れをとった。図10(c)に示す改良前モデルでは、地震直後の被災人口は1300万人程度であり、電気・水道より被災規模は小さくなっているが、復旧に2ヶ月以上を要している。内閣府の被害想定⁵⁾では、震度6強以上で全戸停止としている⁶⁾。復旧日数については、作業効率を考慮して、兵庫県南部地震の実績が85日だったところ、55日と設定されている⁶⁾。図11(c)に示すように、改良モデルでは、地震直後の初期被害が約2割まで減少している。その後しばらく復旧が停滞する部分が解消しており、順調にガス復旧が進む予測結果となっている。

図12～14は、地震直後の停止発生率とその後の供給率をメッシュごとに図示したものである。震度に基づく確率論的予測モデルで予測には不確定性を考慮しているため、地震直後の停止発生率は内閣府の被害想定⁵⁾には整合しない。しかしながら、これまで困難であった復旧過程の時空間的予測を行うことができるようになり、今後進めるべきライフライン被害影響波及の定量的評価につながる成果を得た。

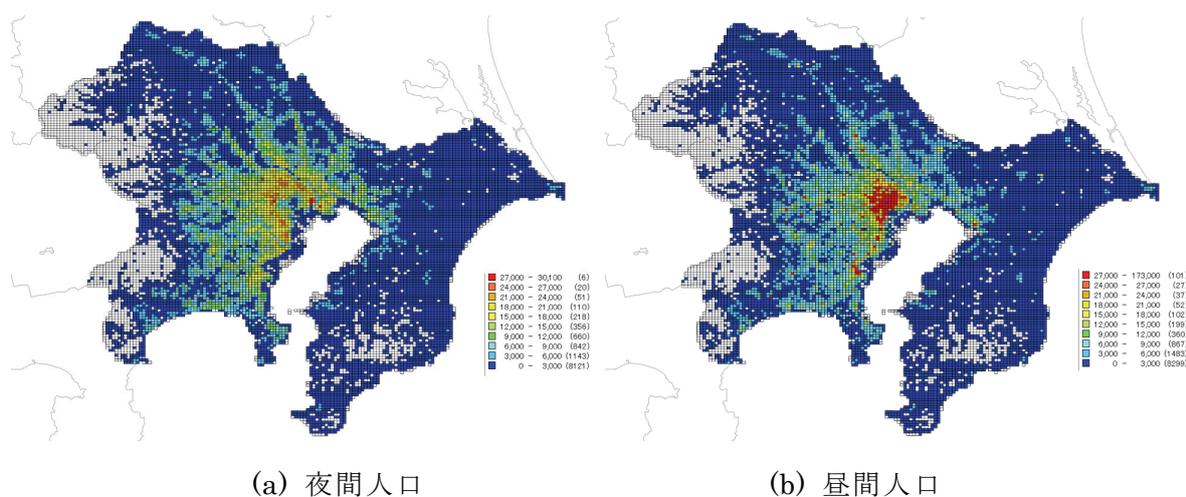


図6 首都圏の人口分布

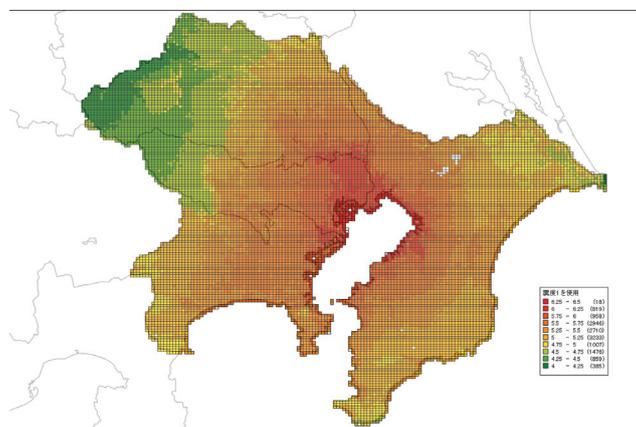
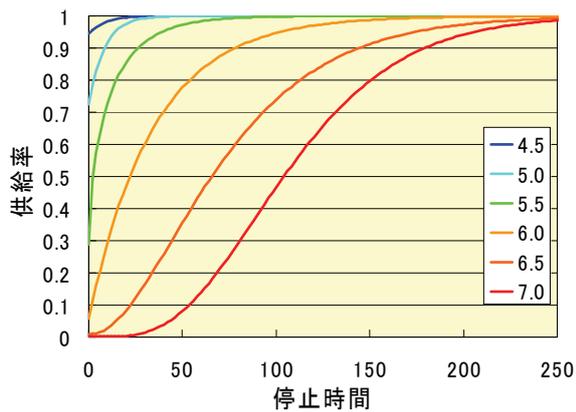
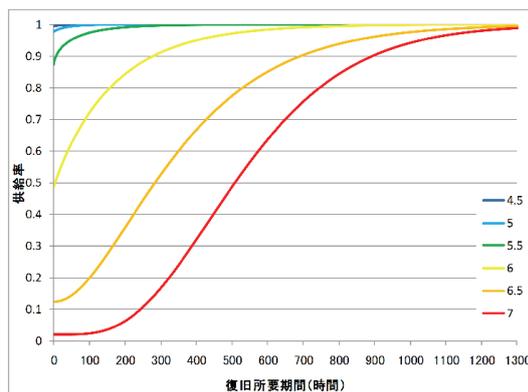


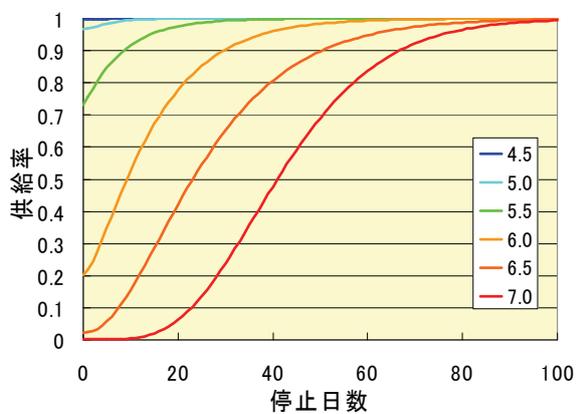
図7 東京湾北部地震による首都圏の震度分布



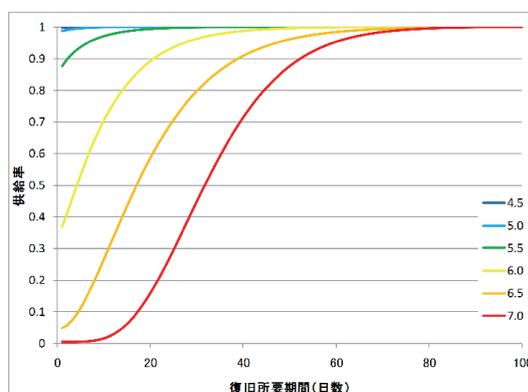
(a) 電気



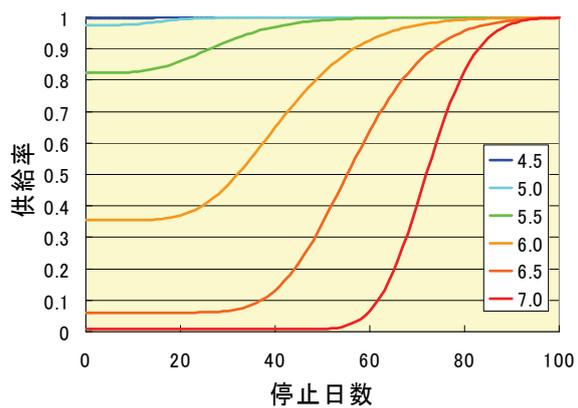
(a) 電気



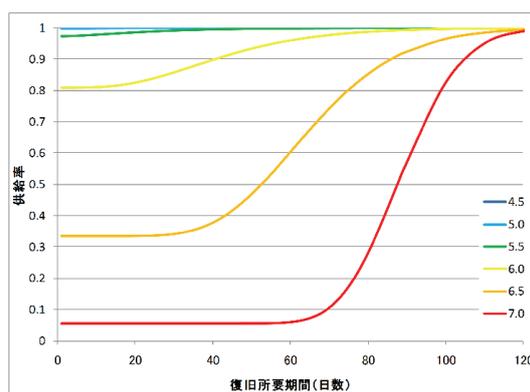
(b) 水道



(b) 水道



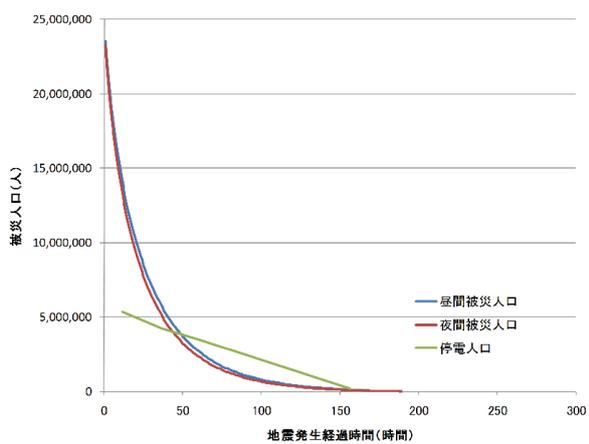
(c) 都市ガス



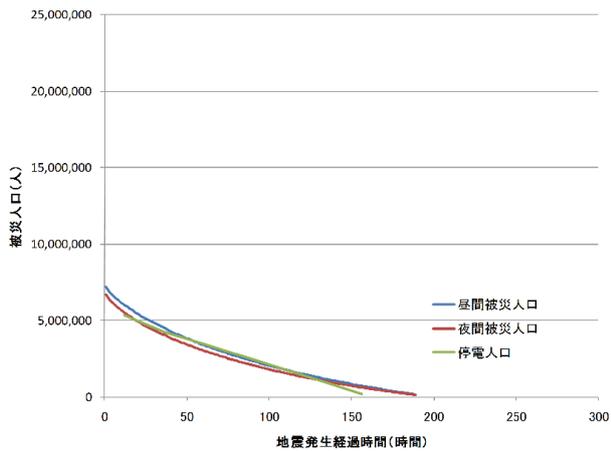
(c) 都市ガス

図8 供給率曲線 (改良前モデル)

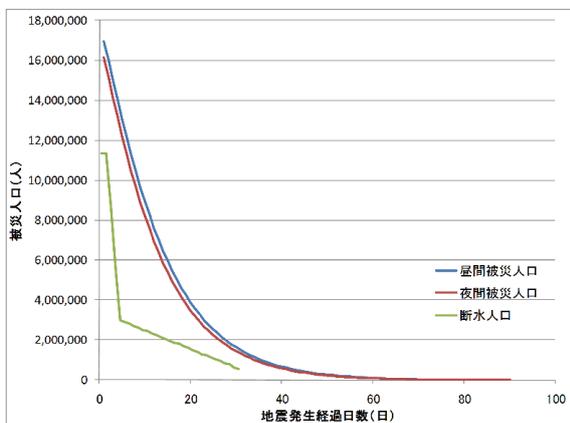
図9 供給率曲線 (改良モデル)



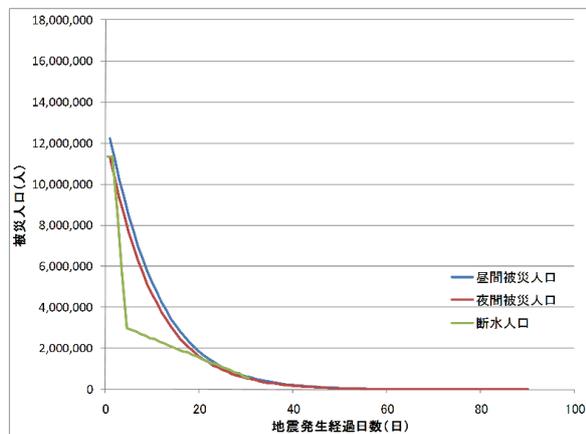
(a) 電気



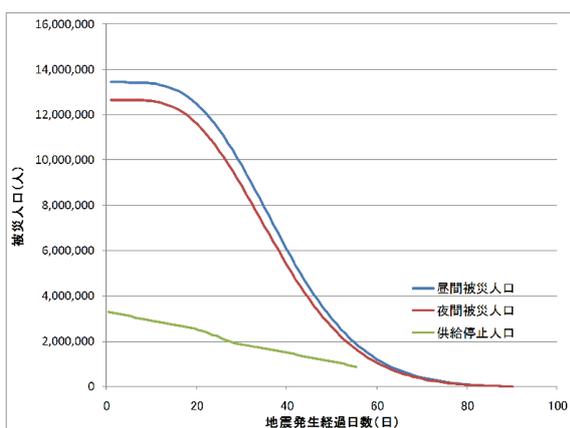
(a) 電気



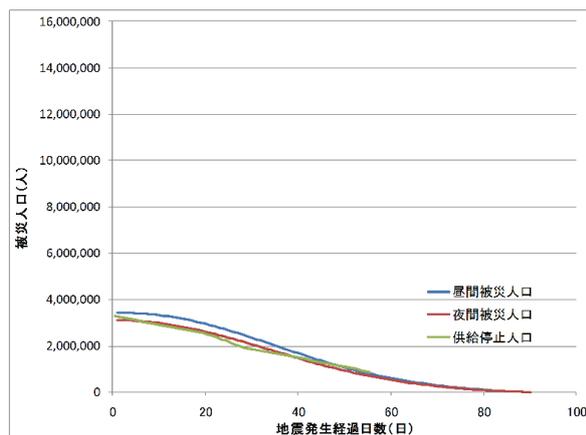
(b) 水道



(b) 水道



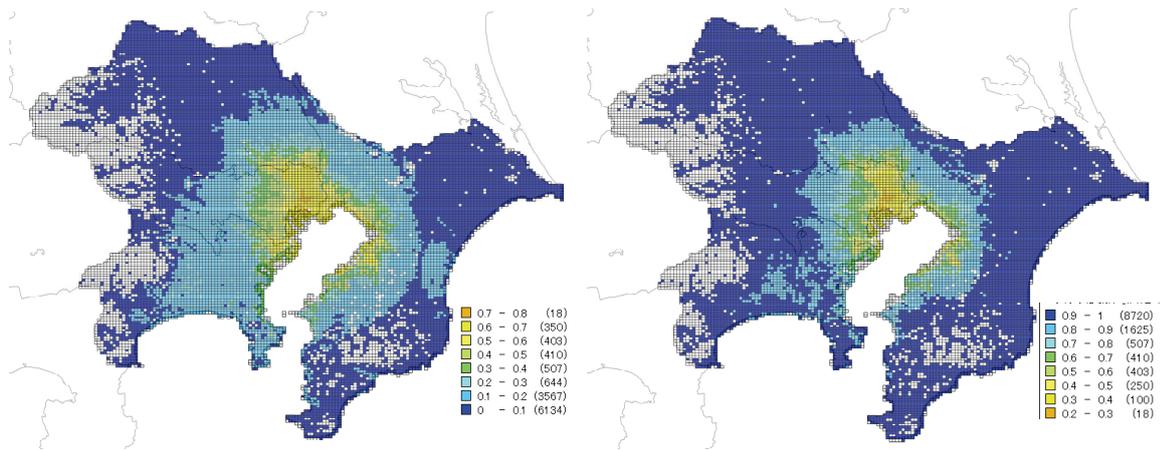
(c) 都市ガス



(c) 都市ガス

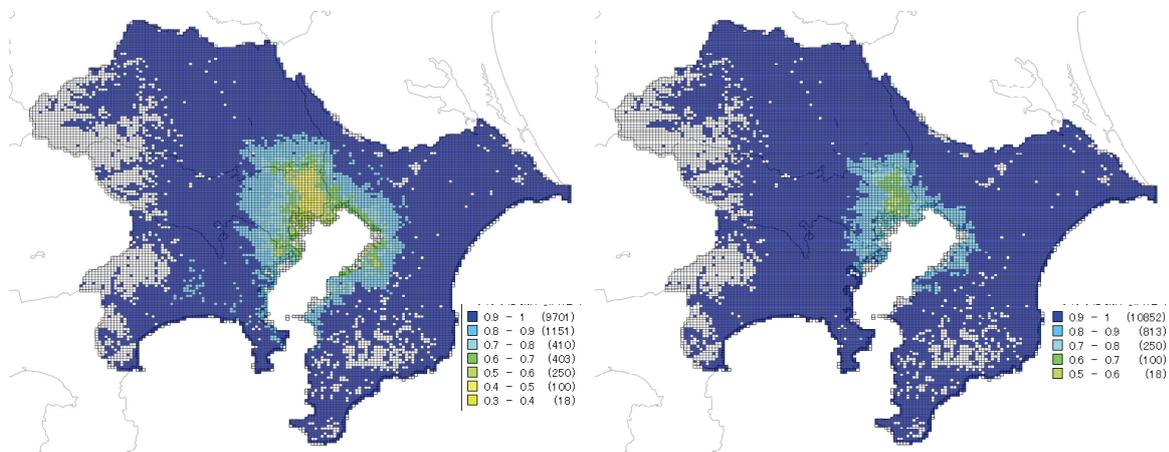
図10 被災人口の解消過程 (改良前)

図11 被災人口の解消過程 (改良後)



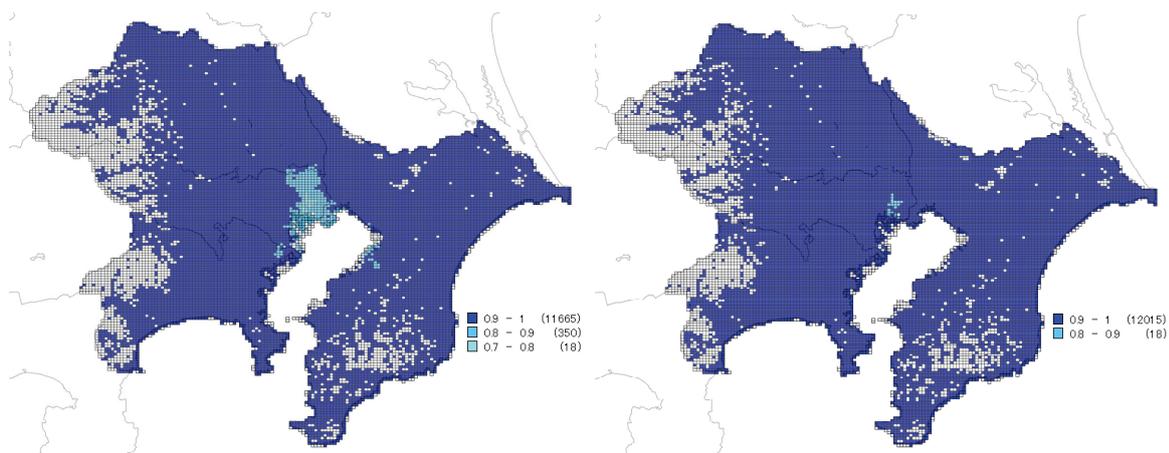
(a) 地震直後の停止率

(b) 1日後



(c) 3日後

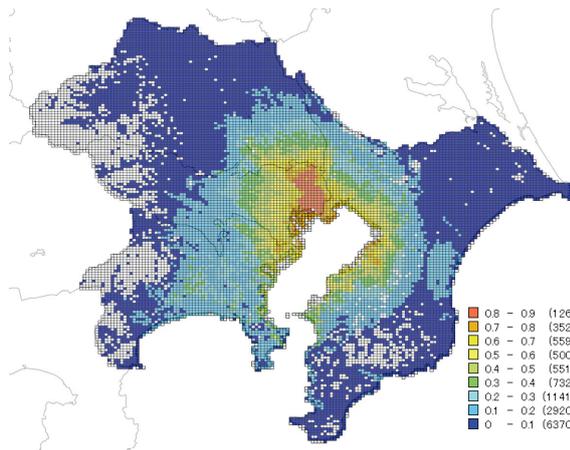
(d) 1週間後



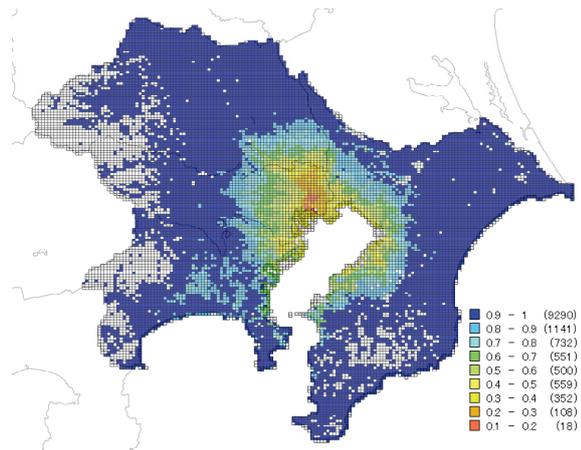
(e) 2週間後

(f) 3週間後

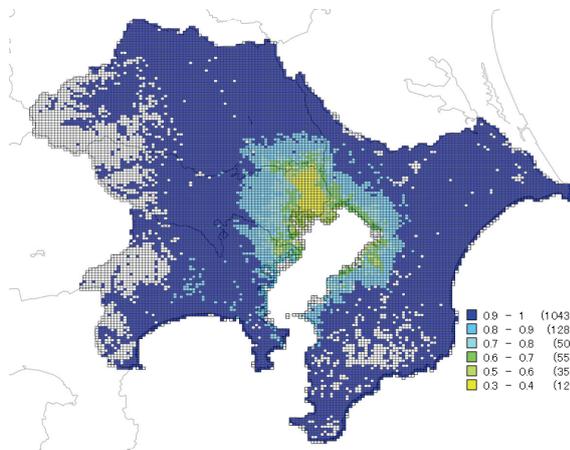
図 1 2 地震直後の停電発生率とその後の電力供給率（改良モデル）



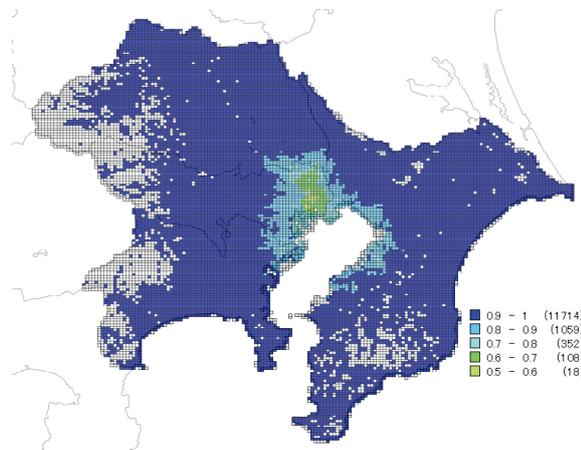
(a) 地震直後の停止率



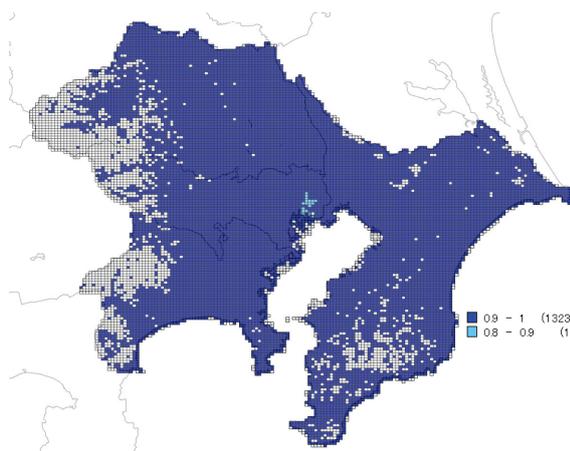
(b) 3日後



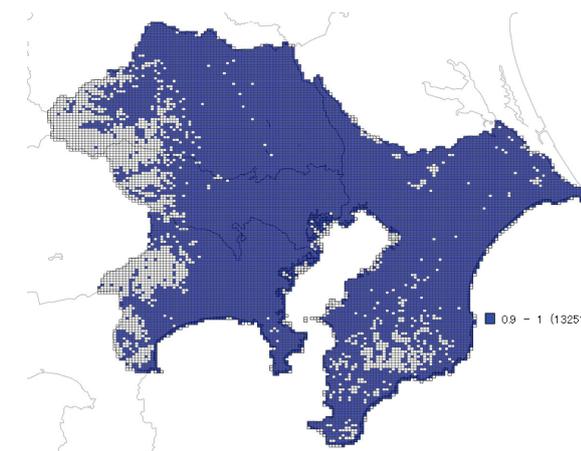
(c) 1週間後



(d) 2週間後

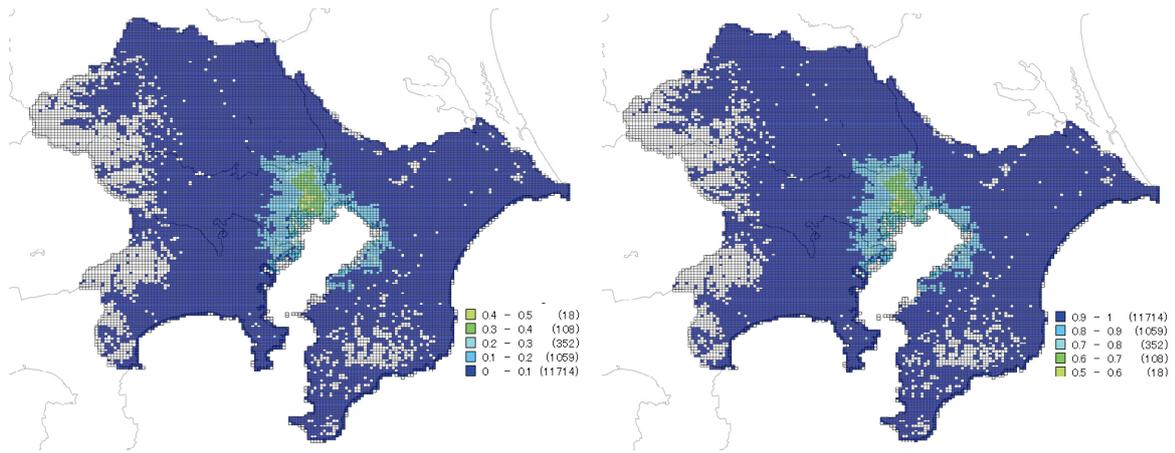


(e) 1ヶ月後



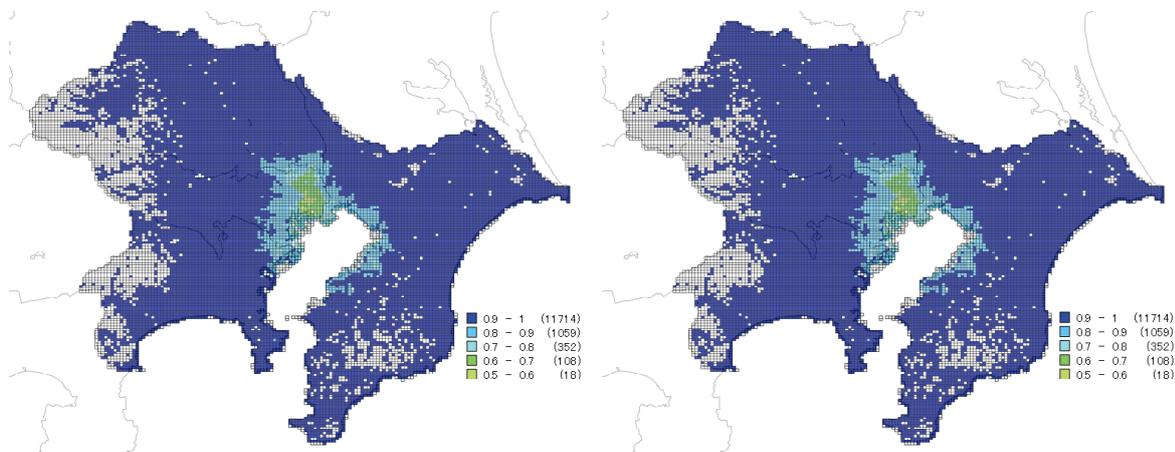
(f) 1.5ヶ月後

図1.3 地震直後の断水発生率とその後の水道供給率（改良モデル）



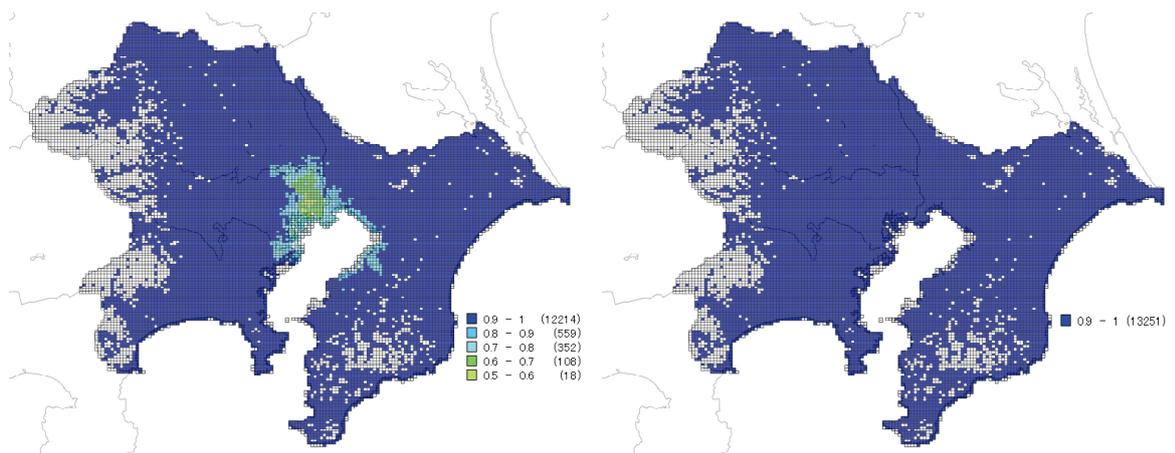
(a) 地震直後の停止率

(b) 3日後



(c) 1週間後

(d) 2週間後



(e) 1ヶ月後

(f) 2.5ヶ月後

図 1 4 地震直後の都市ガス停止発生率とその後の都市ガス供給率（改良モデル）

(c) 結論ならびに今後の課題

本年度においては、まずライフラインの地震時相互連関のうち、「物理的相互連関」および「復旧時相互連関」の原因となる異種ライフラインの近距離圏内での同時被害発生について検討した。昨年度は問題を単純化する目的で、ライフラインシステムを一次元に伸長したモデル化を行ったため、ネットワークの面的広がり効果を考慮することができなかった。そこで本年度は、昨年度の一次元モデルを拡張した二次元モデルを構築した。千葉県の上水道・下水道システムを対象として、各施設の敷設状況と予測震度分布に基づいて個別のシステム被害を評価した後、二次元モデルを適用して同時被害発生の可能性を定量的に評価した。実際のライフラインネットワークは、その広がり一次元な場合と二次元的な場合があるため、両モデルの併用によって、実際のネットワーク状況に合わせたモデル選択ができるようになり、モデルの適用性を向上させることができた。

さらに、ユーザー側の「機能的相互連関」に関連して、兵庫県南部地震の被災事例に基づいて構築されたライフライン地震時機能予測モデルをもとにして、内閣府による東京湾北部地震のライフライン復旧予測と整合するようにモデルを改良して、首都圏を対象としてライフラインの機能的被害と復旧過程のシミュレーションを行った。従来の復旧予測モデルは、物理的被害量、復旧資源、復旧効率に基づいて、一定の復旧戦略を仮定して復旧曲線を予測するものであったため、必然的に、時間軸上の予測モデルとならざるを得なかった。本研究では、震度を説明変数としたモデルを採用することで、これまで困難であった復旧過程の時空間的予測を実現することができた。

兵庫県南部地震の被災事例に基づく改良前モデルは、物理的被害波及、機能的被害波及、復旧支障など、様々なライフライン相互連関の効果が反映されたモデルであった。内閣府の被害想定⁵⁾ではライフライン相互連関の効果は考慮されていないと考えられる。このため改良モデルでは、被害想定に整合させることはできたものの、相互連関の効果が希薄になっている可能性もある。また地震後の初期被害分布については、本年度の改良モデルでは、内閣府の被害想定との整合は取れていない。モデル改良については、今後のさらなる検討が必要である。

(d) 引用文献

- 1) 千葉県総務部消防地震防災課：千葉県の地震被害想定調査結果について、2008.4.
http://www.pref.chiba.lg.jp/syozoku/a_bousai/jishin/higaisouteikekka.html#1
- 2) 能島暢呂：隣接ライフラインの地震時同時被害に関する確率論的評価モデル、地域安全学会論文集 No.11、pp.183-192、2009.11。
- 3) 安藤騰志・能島暢呂：ライフライン系の地震時同時被害に関する確率論的考察、土木学会中部支部平成21年度研究発表会講演概要集、I-36、pp.71-72、2010.3。
- 4) Nojima, N.: Earthquake Damage Assessment of Multiple Lifelines for System Interaction Analysis, Proc. of the 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7th CUEE) and the 5th International Conference on Earthquake Engineering (5th ICEE), Tokyo, pp.609-616, March 2010.
- 5) 内閣府（防災担当）：被害想定結果について（資料2）、中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会（第12回）」、2004.11。

- 6) 内閣府（防災担当）：首都直下地震に係る被害想定手法について、中央防災会議「首都直下地震対策専門調査会（第12回）」、2004.11.
- 7) 能島暢呂・杉戸真太・鈴木康夫・石川裕・奥村俊彦：震度情報に基づく供給系ライフラインの地震時機能リスクの二段階評価モデル、土木学会論文集 No.724/I-62、pp.225-238、2003.1.
- 8) 能島暢呂・杉戸真太・鈴木康夫・佐藤寛泰：被災事例に基づく供給系ライフラインの地震時機能停止と復旧過程の予測 — 想定東海・東南海地震を対象として —、地域安全学会梗概集、No.13、2003.11、pp.101-104.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
ライフライン系の地震時同時被害に関する確率論的考察、講演概要集	安藤騰志・能島暢呂	金沢工業大学（土木学会中部支部平成21年度研究発表会）	2010年3月	国内

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所（雑誌等名）	発表時期	国際・国内の別
隣接ライフラインの地震時同時被害に関する確率論的評価モデル	能島暢呂	地域安全学会論文集 No.11	2009年11月	国内

マスコミ等における報道・掲載

なし

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 22 年度業務計画案

ライフラインの被害波及と復旧過程の分析モデルを用いて、ライフライン同時被害発生 の状況下における相互連関の影響を定量的に分析する。東京湾北部地震を対象として、首都圏のライフライン敷設状況と予測震度分布を重ね合わせ、複数ライフライン機能の初期被害および復旧過程の時系列的展開をシナリオ化する。これに基づいて、ライフラインに複合的に依存する社会経済活動への影響を評価するとともに、バックアップ等の対策効果に関するシミュレーションを行う。

人々の日常生活や社会経済活動は、ライフラインに複合的に依存しており、活動項目のライフラインシステムへの依存度はそれぞれ異なる。このため、各活動項目の低下度合いは、ライフラインの停止パターンによって規定される。すなわち、ユーザー側においてもライフライン相互連関が存在しているといえる。本年度、東京湾北部地震を想定地震として、3 種類の供給系ライフライン（電気・水道・都市ガス）について、それぞれの地震後の機能的被害の初期状態と、その後の時空間的復旧過程を予測した。平成 22 年度においては、これらを組み合わせて総合的にライフライン停止状態とその影響を評価する。

まず、3 種類のライフラインが、それぞれ供給状態にあるか ($\delta=1$)、停止状態にあるか ($\delta=0$) を表す 2 値変数 δ が構成する停止パターンは、 $2^3=8$ パターン通り存在する。その状態確率の時間推移を、「震度レベルごとの停止パターン出現確率」として評価する。次に、各活動項目が停止パターン別にどの程度の活動水準を維持しうるかを表す「停止パターン別機能充足度」を導入する。首都圏における震度分布を考慮してこれらを組み合わせて、首都圏全域における地震後の様々な活動項目の機能充足度の推移を捉える。

以上により、ライフライン停止の社会的インパクトや首都機能の事業継続性を評価する上で重要な指標として機能充足度を提案し、首都直下地震対策の対策効果のシミュレーションを行うことにより、対策推進の基礎資料とすることを目標とする。