

### 3.5.4 交通インフラ網等の復旧を基点とした広域連携による復旧効率化に関する検討

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

ライフラインの被災による被害波及と復旧過程を記述・解析するモデルを構築することは、都市機能の防護戦略の策定、安全で迅速な機能回復過程の実現、地域防災力の向上を図るために重要である。このためには「広域連携」、「復旧調整」、「自律分散」という相互補完的な対策軸における被害軽減戦略を提案し、社会的インパクトを最小化することが必要である。

本研究では、ライフライン被害波及構造モデル、自立分散型拠点の配置モデル、広域連携・復旧調整モデルを構築し、これらをベストミックスした復旧戦略を示す。

##### (b) 平成22年度業務目的

###### 1) 広域連携・復旧効率化モデルの修正・再検討

平成20年度に開発し、平成21年度に修正した、「広域連携・復旧効率化モデル」の修正・再検討を更に実施し、最終目標としている広域連携復旧ガイドラインの策定に資するモデルにブラッシュアップする。

###### 2) 広域連携・復旧効率化案の具体化

道路交通インフラ網の中でも広域連携に直結し、インターシティ間の道路交通を担う一般国道クラスの道路網を対象に絞り、緊急交通路並びに緊急輸送路としての機能支障が電力、ガス、上水、下水、通信等の各種ライフラインの復旧遅延に与える影響を明らかにし、その具体的な影響の低減を目指した広域連携・復旧効率化案を提案する。なお、道路網を数百ノード・リンクのネットワークとしてモデル化し、大規模な数値実験を新たに行うため、新たにPCワークステーションを購入する。

併せて、2010年9月1日から9月3日までの土木学会全国大会（北海道大学開催）のライフライン地震防災セッション、2010年11月5日の地域安全学会（静岡開催）の地震防災セッション、及び、2010年12月9日の土木学会「第2回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム」（東京開催）における情報収集により、広域連携・復旧効率化モデルの拡張に結びつけ、広域連携・復旧効率化案の拡充を行なう。

##### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
筑波大学大学院システム情報工学研究科	准教授	庄司学	

#### (2) 平成22年度の成果

##### (a) 業務の要約

###### 1) 広域連携・復旧効率化モデルの修正・再検討

平成20年度に開発し、平成21年度に修正した、「広域連携・復旧効率化モデル」を空間情報と接続し、各ライフラインの応急復旧過程における復旧人員及び復旧資材のや

り通りの効率化を検討可能なレベルにまで修正・再検討した。具体的には、震災後の応急復旧の効率化をはかる上で極めて重要となる空間情報として道路交通インフラをとりあげ、道路交通インフラ網の中でも広域連携に直結し、インターシティ間の道路交通を担う一般国道クラスの道路網を対象に絞り、緊急交通路並びに緊急輸送路の空間情報を緊急道路ネットワークとしてモデル化し、「広域連携・復旧効率化モデル」に接続し、1つの包含したモデルにまで拡張した（(b) 業務の成果の1）で報告）。

## 2) 広域連携・復旧効率化案の具体化

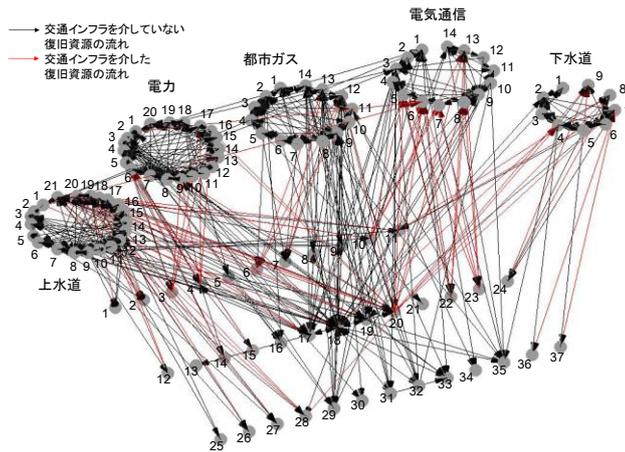
このように修正・再検討された「広域連携・復旧効率化モデル」に基づき、緊急道路ネットワークの地震時における機能支障が電力、ガス、上水、下水等の各種ライフラインの復旧遅延に与える影響を明らかにした。具体的には、震災後の緊急道路ネットワークの経路選択が広域応援を担う事業所等からの復旧人員の参集効率とその遅延時間に大きな影響を及ぼすことを明らかにし、それらが効率化する緊急道路ネットワークの経路選択の具体案（広域連携・復旧効率化案）をライフラインごとに提案した（(b) 業務の成果の2）で報告）。なお、対象とする緊急道路ネットワークを数百ノード・リンクのネットワークとしてモデル化し、大規模な数値実験を行うため、新たにPCワークステーションを購入した。

### (b) 業務の成果

#### 1) 広域連携・復旧効率化モデルの修正・再検討

##### a) 応急復旧活動と道路交通インフラとの関係

ライフラインの応急復旧活動におけるシステム間の相互関連構造において、復旧人員及び復旧資材のやりとりは主として道路交通インフラを介して行われる。そこで、道路交通インフラと関係したやりとりを抽出し、図1に示す。代表的なやりとりとしては、ライフライン事業者とグループ会社、燃料会社、工事会社等との間の復旧人員及び復旧資材の授受に関するものである。



1	電力	本店長	5	電気通信	所外班	8	下水道	水再生センター
2	電力	情報班	6	電気通信	市内・専用・電力班	9	下水道	建設事務所
3	電力	広報班	7	電気通信	建築班	1	その他	水道協会
4	電力	復旧班	8	電気通信	お客様・マスマニエラ班	2	その他	水道協定都市
5	電力	給電班	9	電気通信	総務班	3	その他	電力グループ会社
6	電力	資材班	10	電気通信	広報班	4	その他	他電力会社
7	電力	厚生班	11	電気通信	情報統括班	5	その他	電力系統利用協議会
8	電力	総務班	12	電気通信	故障受付班	6	その他	日本ガス協会
9	電力	支店	13	電気通信	マスマニエラ班	7	その他	ガスグループ会社
10	電力	原子力発電所	14	電気通信	総務班	8	その他	東京都港湾局
11	電力	火力事業所	1	上水道	本店長	9	その他	東京都建設局
12	電力	種設所	2	上水道	副本部長	10	その他	輸送事業者
13	電力	火力発電所	3	上水道	本部会議	11	その他	燃料会社
14	電力	変電所	4	上水道	応急対策会議	12	その他	水道材料会社
15	電力	制御所	5	上水道	初動要員	13	その他	厚生労働省
16	電力	役所	6	上水道	情報班	14	その他	近地域電力技術協議会
17	電力	営業所	7	上水道	総務班	15	その他	中央電力協議会
18	電力	中央給電指令所	8	上水道	職員救護班	16	その他	経済産業省
19	電力	基幹給電指令所	9	上水道	調査班	17	その他	警視庁
20	電力	店所給電指令所	10	上水道	応急給水班	18	その他	東京都災害対策本部
1	都市ガス	広報班	11	上水道	浄水施設復旧班	19	その他	区市町村災害対策本部
2	都市ガス	総務班	12	上水道	配水施設復旧班	20	その他	自衛隊
3	都市ガス	人事班	13	上水道	大規模施設復旧班	21	その他	金融機関
4	都市ガス	経理班	14	上水道	水運用センター	22	その他	通信グループ会社
5	都市ガス	資材班	15	上水道	水質センター	23	その他	通信工事業社
6	都市ガス	管材班	16	上水道	水道特別作業隊	24	その他	下水道工事業社
7	都市ガス	お客様保安班、リベング企画班	17	上水道	水源管理事務所	25	その他	河川管理者
8	都市ガス	導管班	18	上水道	建設事務所	26	その他	東京建設業協会
9	都市ガス	防災・供給班(事務局)	19	上水道	支所	27	その他	水道工事業社
10	都市ガス	エネルギー生産統括班	20	上水道	営業所	28	その他	ボランティア
11	都市ガス	IT統括班	21	上水道	浄水管理事務所	29	その他	東京消防庁
12	都市ガス	支社	1	下水道	局長	30	その他	気象庁
13	都市ガス	運営事業部	2	下水道	事務局	31	その他	国土保安庁
14	都市ガス	工場	3	下水道	下水道局本部会議	32	その他	国土交通省
1	電気通信	本社	4	下水道	支援部門	33	その他	内閣府
2	電気通信	ネットワーク運営センター	5	下水道	管理部門	34	その他	総務省
3	電気通信	情報統括班	6	下水道	建設部門	35	その他	報道機関
4	電気通信	支店	7	下水道	管理事務所	36	その他	下水道協定都市
						37	その他	下水道協会

図1 各ライフラインの応急復旧活動と道路交通インフラの関係

### b) 緊急道路ネットワーク情報の広域連携・復旧効率化モデルへの接続

地震等の災害発生直後は、物資等の緊急輸送を確保するために、各自治体で緊急交通路及び輸送路が指定されており、ライフライン復旧活動に関する広域応援の際にはこれらの路線が使用される。そこで、対象地域1都8県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、山梨県、神奈川県、静岡県）の地域防災計画等<sup>1)~15)</sup>に記載されている緊急交通路又は輸送路を緊急道路ネットワークとして定義し、表1及び図2に示すように分析対象とした。

この緊急道路ネットワークをノードとリンクからなるネットワークとしてモデル化する。ここで道路データは国土数値情報<sup>16)</sup>をベースとしており、ノードとは緊急道路ネットワークの端点及び緊急道路ネットワーク間の交点の内、交差点やIC等、路線変更が可能な箇所及び後述する道路交通センサスの調査区間の節点とした。また、リンクとはノード間の道路のことを指す(図3)。なお、本研究では、ノードにおける右左折条件やリンクの車線数は考慮していない。以上の手順に基づき設定した緊急道路ネットワークのノード数は2072、リンク数は2552である。本研究では、このリンクを緊急道路ネットワークの最小単位とみなし、以降で定義する道路交通支障に関する指標はこのリンク単位で算出する。

表 1 本研究で対象とする緊急道路ネットワーク

都県	各自自治体における 地域防災計画上の呼称	路線数 (地域防災計画)	路線数 (本研究)	延長距離 (地域防災計画)	延長距離 (本研究)
茨城県	第1次緊急輸送道路	110路線	66路線	記載なし	1,463.6km
栃木県	1次緊急輸送道路	34路線	34路線	753.3km	753.7km
群馬県	第1次緊急輸送道路指定路線	38路線	38路線	725.1km	747.4km
埼玉県	第1次特定緊急輸送道路	27路線	26路線	892.7km	863.0km
千葉県	緊急輸送道路1次路線	43路線	43路線	1,335.0km	1342.4km
東京都	緊急交通路	37路線+高速道	37路線+高速道	記載なし	737.4km
神奈川県	緊急交通路指定想定路	54路線	54路線	記載なし	1,227.2km
山梨県	第1次緊急輸送道路	20路線	18路線	654.3km	622.1km
静岡県	1次緊急輸送路	78路線	57路線	1,110.0km	1,083.1km

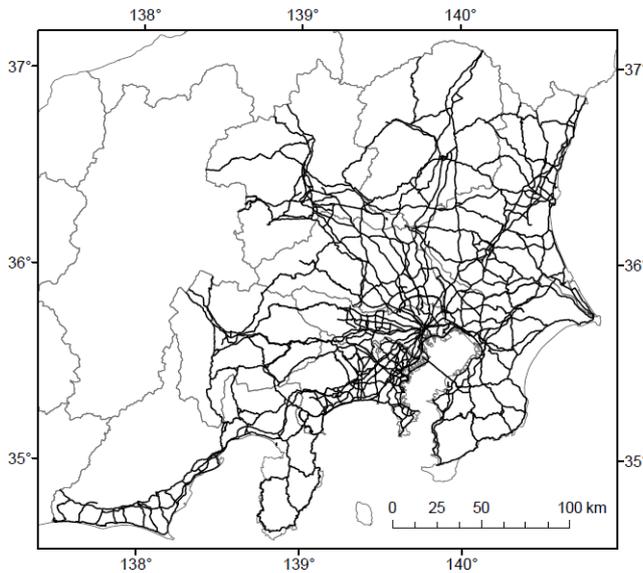


図 2 緊急道路ネットワーク

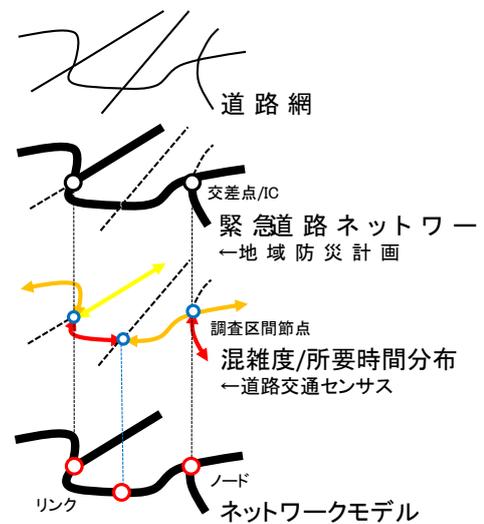


図 3 緊急道路ネットワークのモデル化

次に、緊急道路ネットワークの発災後の機能を評価する際には、物理的被害に伴う道路機能の低下及び渋滞等に伴う通行支障（交通支障と定義）を考慮する必要がある。以下では、物理的被害に伴う道路機能の低下を測る指標として震度に曝露された道路延長距離（震度曝露距離  $d_{SI}$ ）及び液状化危険度に曝された道路延長距離（PL 値曝露距離  $d_{PL}$ ）を、道路渋滞の可能性を測る指標として混雑度重み付距離  $d_C$  を、そして所要時間を測る目安として混雑時平均所要時間  $t_C$  をそれぞれ用いる。4つの指標の定義を以下に示す。

・震度曝露距離  $d_{SI}$

各リンク  $i$  の中で震度階  $j$  に該当する道路延長  $l_{i,j}$  を算出し、震度階  $j$  における計測震度の代表値  $SI_j$  で重みづけした上で次式のように積算する。代表値  $SI_j$  は、震度 4 の場合は 3.95、震度 5 弱の場合は 4.7、震度 5 強の場合は 5.2、震度 6 弱の場合は 5.7、震度 6 強の場合は 6.2 とした。なお、図 4 において震度データが未入手の地域に関しては一律で震度 4 と仮定している。

$$d_{SI,i} = \sum SI_j \cdot l_{i,j} \quad (1)$$

・ PL 値曝露距離  $d_{PL}$

各リンク  $i$  の中で PL 値ランク  $j$  に該当する道路延長  $l_{i,j}$  を算出し、PL 値ランク  $j$  における PL 値の代表値  $PL_j$  で重みづけした上で次式のように積算する。代表値  $PL_j$  は、PL=0 の場合は 1、 $0 < PL \leq 5$  の場合は 2.5、 $5 < PL \leq 15$  の場合は 10.5、 $PL > 15$  の場合は 15 とした。なお、図 5 において PL 値データが未入手の地域に関しては一律で PL=0 であると仮定している。

$$d_{PL,i} = \sum PL_j \cdot l_{i,j} \quad (2)$$

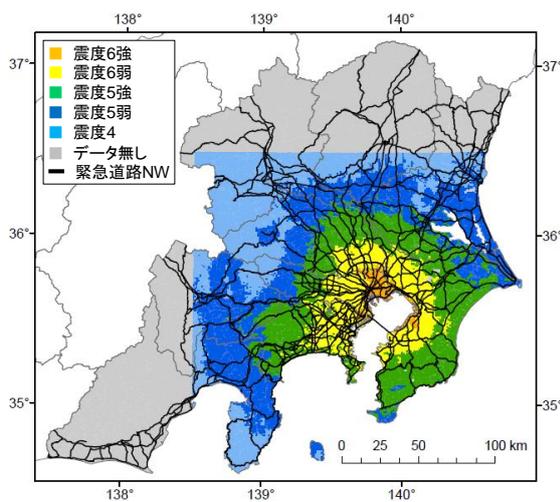


図 4 計測震度分布

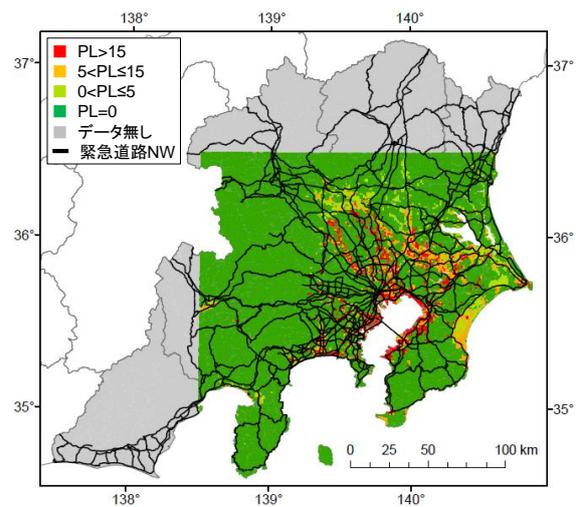


図 5 PL 値分布

・ 混雑度重み付距離  $d_C$

道路交通支障における通行支障を測る指標としては国土交通省の実施する道路交通センサス（平成 17 年度実施）の「平日混雑度」<sup>17）、18）</sup>を用いた。混雑度と道路交通状況の関係を表 2 に示す。道路交通センサスのデータは、交通量や道路条件に著しい変化のない区間を目安として路線を調査区間に分割し、それぞれの区間に対して 1 つの観測地点を設けてデータの収集を行っている。ここでは、文献 17）、18）に記載されている各調査区間における観測地点の住所及び調査区間長から独自に調査区間を仮定した上で、図 6 のようにラインデータへ変換した。なお、災害発生後における道路交通状況は時間の経過とともに変化するが、直後においてはこれらの値は平均的には図 6 に示す状態であると仮定した。以上の条件のもと、リンク  $i$  ごとに混雑度  $C_i$  及び区間長  $l_i$  を求め、次式により混雑度重み付距離  $d_{C,i}$  を定義した。

$$d_{C,i} = C_i \cdot l_i \quad (3)$$

表 2 混雑度と道路交通状況の関係

混雑度	交通状況の推定
1.0未満	昼間12時間を通して道路が混雑することなく、円滑に走行できる。渋滞やそれに伴う極端な遅れはほとんどない。
1.0～1.25	昼間12時間のうち道路が混雑する可能性のある時間帯が1～2時間ある。何時間も混雑が連続するという可能性は非常に小さい。
1.25～1.75	ピーク時間はもとより、ピーク時間を中心として混雑する時間帯が加速的に増加する可能性の高い状態。ピーク時のみの混雑から日中の連続的混雑への過渡状態と考えられる。
1.75以上	慢性的混雑状態を呈する。

・混雑時平均所要時間  $t_c$

所要時間を測る指標としては前述した道路交通センサスの「混雑時平均旅行速度」を用いた。混雑時平均旅行速度とは、各路線のピーク時間帯における混雑方向への実走行により所要時間を算出し、走行距離を所要時間で除したものである。このデータも前述の混雑度と同様ラインデータであるため、上記の手順でラインデータへ変換した（図 7）。以上の条件のもと、リンク  $i$  ごとに混雑時平均旅行速度  $v_i$  及び区間長  $l_i$  を求め、次式により混雑時平均所要時間  $t_{c,i}$  を定義した。

$$t_{c,i} = l_i / v_i \quad (4)$$

以上の4つの指標を広域連携・復旧効率化の観点から図 8 に示す3つの方法で評価する。

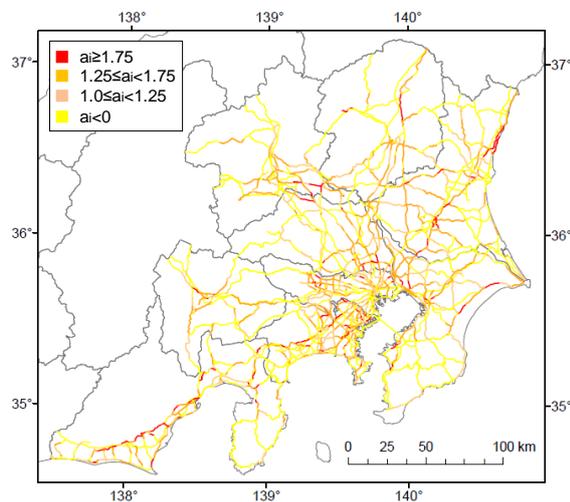


図 6 混雑度分布

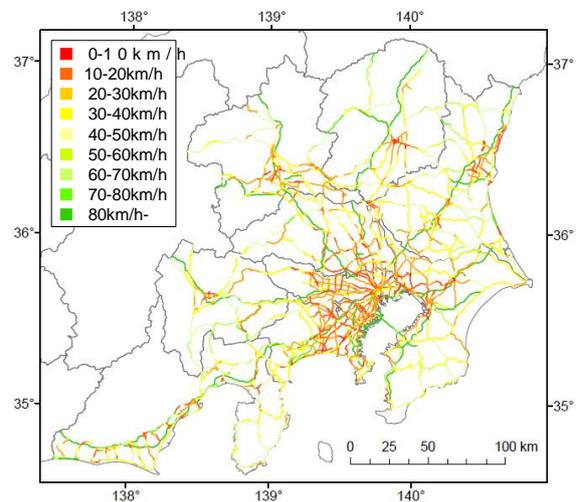
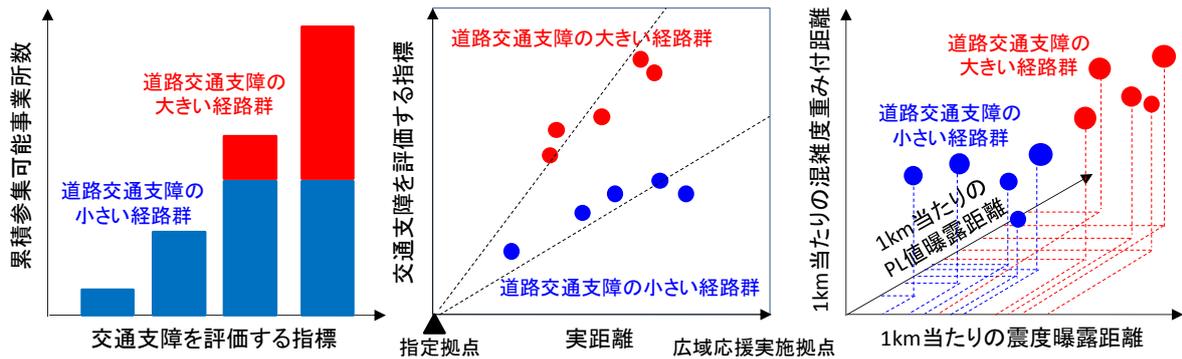


図 7 混雑時平均旅行速度分布



(a) 交通支障を評価する指標と参集可能事業所数の関係 (b) 実距離と交通支障を評価する指標の関係 (c) 交通支障を評価する指標間との関係

図 8 交通支障を評価する指標の読み方

・交通支障を評価する指標と参集可能事業者数の関係

交通支障を評価する指標の値が特定の範囲内である事業所数の累積値（以下、累積参集可能事業所数）を評価することで、任意の条件下での復旧資源数（事業所数）を推定することができる(図 8(a))。

・実距離と交通支障を評価する指標の関係

各広域応援実施事業者の移動経路に対し、指定拠点からの実距離と交通支障を評価する各指標の値をプロットすることで経路毎の特徴を評価する(図 8(b))。この場合、プロットの傾きが小さければ比較的交通支障が小さいことを、傾きが大きければ交通支障が大きいことを表す。

・交通支障を評価する各指標間の関係

各広域応援実施事業者の移動経路に対し、交通支障を評価する各指標の値を実距離で除し 1km 当たりの値とすることで各指標間の関係の評価する(図 8(c))。この時、図中のプロットの大きさは各経路の実距離を反映している。また、混雑度重み付距離と混雑時平均所要時間はいずれも交通量を反映しているためほぼ同様の傾向を示す。そのため以降では、震度曝露距離、PL 値曝露距離及び混雑時平均所要時間の 3 つの指標間の関係を検討した。

以上、地震時における緊急道路ネットワークの交通支障を評価する指標の枠組み形成を含め、図 9 に示すように広域連携・復旧効率化モデルに緊急道路ネットワークの空間情報を接続し、1 つの包含したモデルを構築した。

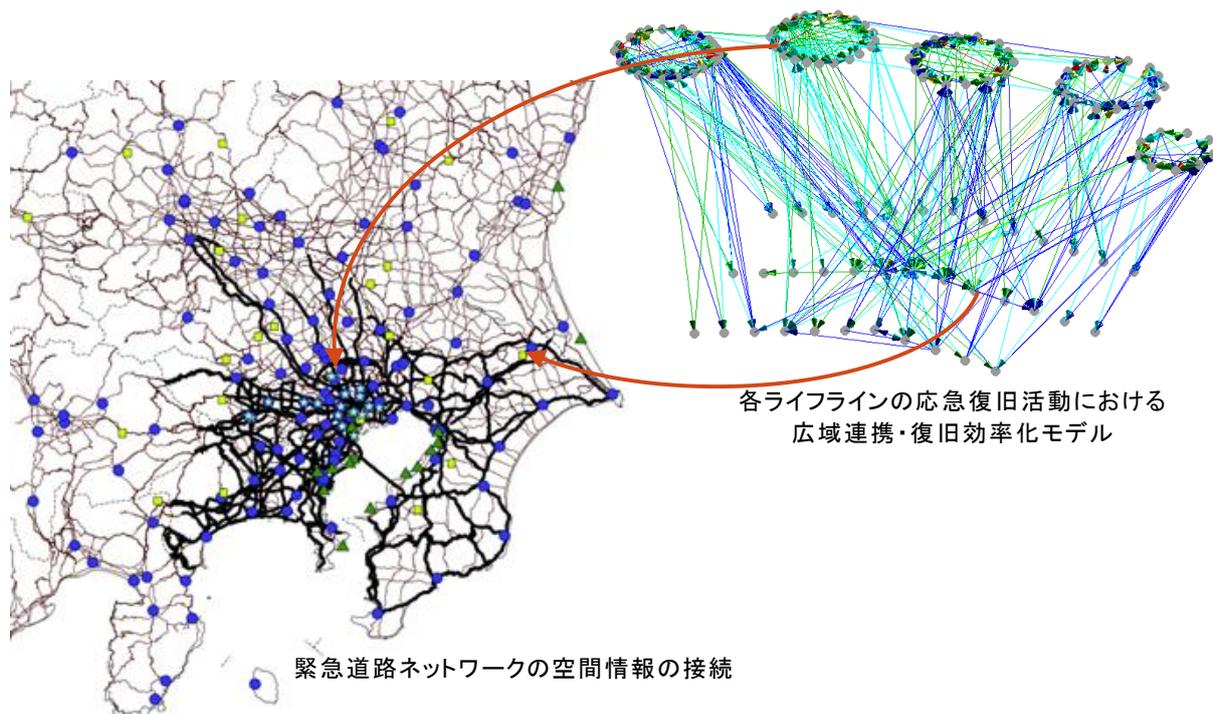


図9 広域連携・復旧効率化モデルの拡張

## 2) 広域連携・復旧効率化案の提案

### a) 解析ケースおよび解析方法

広域応援実施拠点から指定拠点までの経路を選択する際には、実距離に加え、前節で定義した4つの指標を各リンクの移動コストとし、広域応援実施拠点から指定拠点までの移動コストの総和が最小となる最短経路を探索する。

まず、実距離を移動コストとしたケース（Case1）では移動距離の総和が最小となる経路が選択される。次に震度曝露距離を移動コストとしたケース（Case2）及びPL値曝露距離を移動コストとしたケース（Case3）ではそれぞれ地震動又は液状化による物理的被害の可能性が最も低い経路が選択される。これらは震後の移動経路として想定しており、地震ハザードの高い地域を迂回するような経路となる。さらに混雑時重み付距離を移動コストとしたケース（Case4）及び混雑時平均所要時間を移動コストとしたケース（Case5）では、混雑の可能性が比較的低い経路及び所要時間が最短となる経路がそれぞれ選択される。混雑の程度や時間の観点は、通常目的地までの移動経路を選択する際に考慮するものであり、これらは平常時に選択される移動経路として想定している。以上、各ケースで想定される経路の特徴を表3にまとめる。

表 3 緊急道路ネットワークの選択経路の特徴

Case	移動コスト	選択される経路の特徴
1	実距離	実距離が最短となる経路
2	震度曝露距離	災害時に想定される経路： 地震動による道路の物理的被害の可能性が最小となる経路
3	PL値曝露距離	災害時に想定される経路： 液状化による道路の物理的被害の可能性が最小となる経路
4	混雑度重み付距離	平常時に想定される経路： 混雑の可能性が最小となる経路
5	混雑時平均所要時間	平常時に想定される経路： 所要時間が最短となる経路

最短経路の探索アルゴリズムとしては、Dijkstra 法、Bellman-Ford 法、Warshall-Floyd 法等の手法があるが、本研究では Dijkstra 法を用いた。その適用方法を図 10 に示す。ここで、移動コスト行列  $C$  は前述の各ケースに対して用意した。

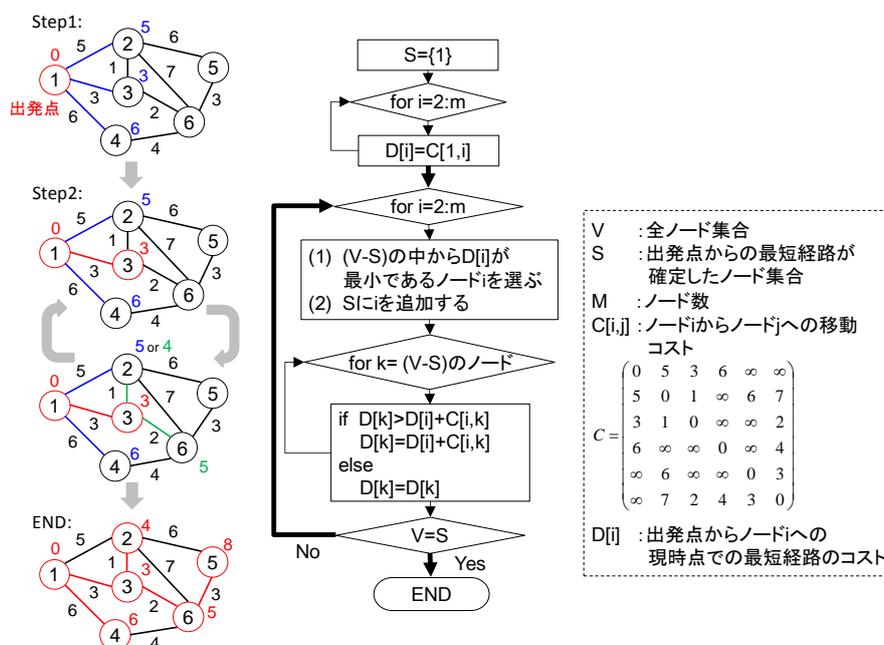


図 10 緊急道路ネットワークの経路選択に対する Dijkstra 法の適用

### b) 交通支障が広域連携・復旧効率に与える影響

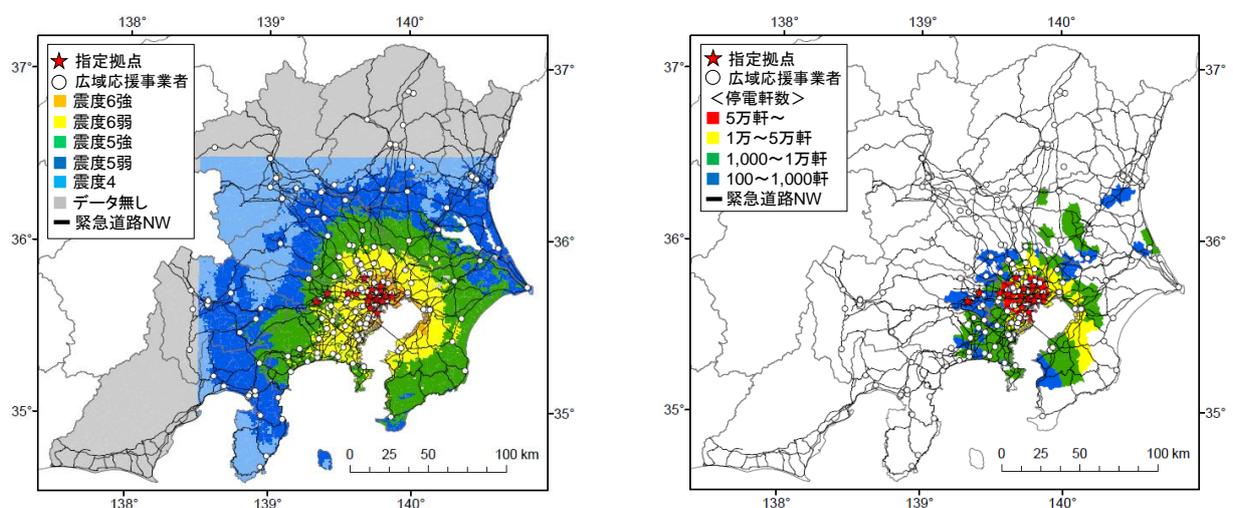
以下、各ライフラインの応急復旧活動に際して、緊急道路ネットワークの交通支障が広域連携・復旧効率化に与える影響について検討する。なお、上述の各ケースに対して選択された、各ライフラインの広域応援実施事業者から指定拠点までの最短経路を広域応援・復旧効率化の具体案として解釈する。ここでは、紙面の都合から、特に電力の応急復旧活動の場合を例に示す。

#### ・電力

東京電力の施設の中で、東京都地域防災計画<sup>19)</sup>において緊急輸送ネットワークの指定拠

点として選定されている施設は、本・支店、資材置場等の計 18 箇所ある。また、広域応援に関わる主体としては、支店、支社、営業所及び、東京電力の資料<sup>20)</sup>より、特に設備の建設・保守に関わるグループ会社を対象とした。

次に広域応援が実施可能であると推定される事業者を抽出する。ここでは、東京電力の防災業務計画<sup>21)</sup>の記述(『供給区域内で震度 6 弱以上の地震が発生した場合は、本店並びに当該地震が発生した店所及び第一線機関等は自動的に第 3 非常体制に入り、速やかに本(支)部を設置する』)より、管轄地域の最大震度が震度 5 強以下の場合において応援の実施が可能であると推定し、中央防災会議による東京湾北部地震 M7.3 の計測震度分布及び停電被害の推定結果<sup>22)</sup>と併せて広域応援実施事業者を選定した。以上の手順を図 11 及び表 4 に示す。その結果、計 66 の事業所から広域応援が可能であると判断した。



(a) 東京湾北部地震 M7.3 時の計測震度分布

(b) 東京湾北部地震 M7.3 時の停電軒数の分布

図 11 指定拠点及び広域応援事業者の分布（電力）

表 4 広域応援実施事業者の選定（電力）

分類	対象地域内 事業者数	A. 震度 (震度5強以下)	B. 機能支障 (停電無発生)	広域応援実施 可能事業者数(A ∧ B)
支店	10	4	4	4
支社	45	14	14	12
営業所	60	23	26	22
グループ会社	115	28	28	28
計	230	69	72	66

次に、抽出した広域応援実施事業者の所在地から最寄りの指定拠点への移動経路及びその交通支障を表 3 に示した 5 つのケースについて考察する。各ケースで選択される最短経路を図 12 に、実距離及び交通支障を表す各指標と参集可能事業所数の関係を図 13 に、実距離と交通支障を表す各指標の関係を図 14 に、各指標を実距離で除し、1km 当たりの各指標値で比較したものを図 15 にそれぞれ示す。その際には、所在地から広域応援実施事業者を栃木方面、群馬方面、山梨方面、静岡方面の大きく 4 つに分類し、考察を行った。

まず、図 12 より選択経路の傾向を見ると、Case1 及び Case2 では応援先となる指定拠点により選択される緊急道路ネットワークの経路にばらつきがあるが、Case3 から Case5 にかけては指定拠点の所在地に関わらず、選択される経路に偏りが生じていることが分かる。これは、広域応援実施事業者が位置する各地域において、液状化の危険性が比較的高い経路や交通量の多い経路が存在することを示している。

復旧人員の参集速度が速く最も効率的な地域は山梨方面であり、反対に最も効率の悪い地域は静岡方面であった。また、経路ごとの特徴を見ると、震度曝露及び混雑度の程度に関しては静岡方面が、液状化の観点からは静岡方面及び栃木方面がやや危険であると言える。また混雑度の面からは群馬方面及び栃木方面が非効率である。

なお、電力以外の各ライフラインの応急復旧活動に際して、緊急道路ネットワークの効率的な経路選択についてまとめると以下の通りとなる。これらの他のライフラインに対して、表 4、及び、図 11 から図 15 相当のものは作成している。

- ・都市ガス

復旧人員の参集速度が速く最も効率的な地域は群馬方面であり、反対に最も効率の悪い地域は静岡方面であった。また、経路ごとの特徴を見ると、震度曝露及び混雑度の程度に関しては方面間での差はほとんどないが、液状化の観点からは栃木方面及び静岡方面がやや危険であると言える。

- ・通信

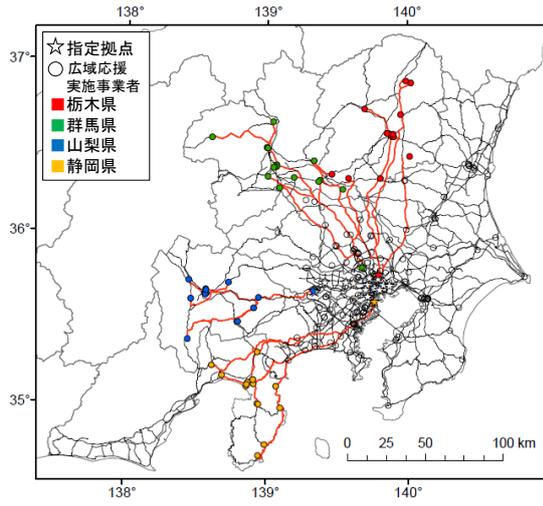
電力と同様に、復旧人員の参集速度が速く最も効率的な地域は山梨方面であり、反対に最も効率の悪い地域は静岡方面であった。また、経路ごとの特徴を見ると、震度曝露の程度に関しては方面間での差はほとんどないが、液状化の観点からは栃木方面及び静岡方面がやや危険であると言える。また混雑度の面からは栃木方面が非効率的である。

- ・上水道

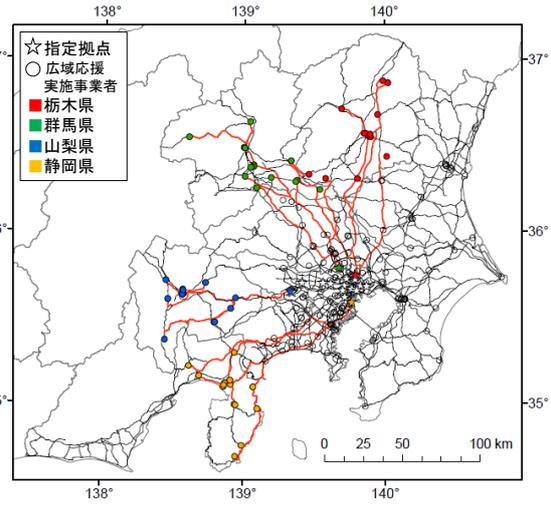
電力および電話通信と同様に、復旧人員の参集速度が速く最も効率的な地域は山梨方面であり、反対に最も効率の悪い地域は静岡方面であった。また、経路ごとの特徴を見ると、震度曝露の程度及び液状化に関しては茨城方面が、混雑度の面からは栃木方面が非効率的である。

- ・下水道

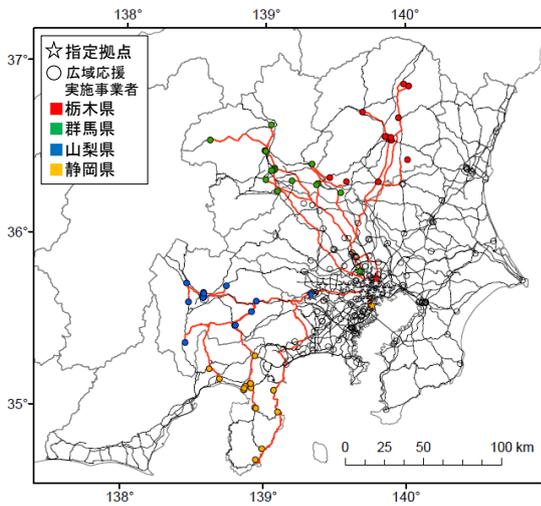
復旧人員の参集速度が速く最も効率的な地域は山梨方面であり、反対に効率の悪い地域は千葉方面であった。また、経路ごとの特徴を見ると、震度曝露及び液状化の程度に関しては千葉方面が、混雑度の面からは茨城方面及び栃木方面が非効率的である。



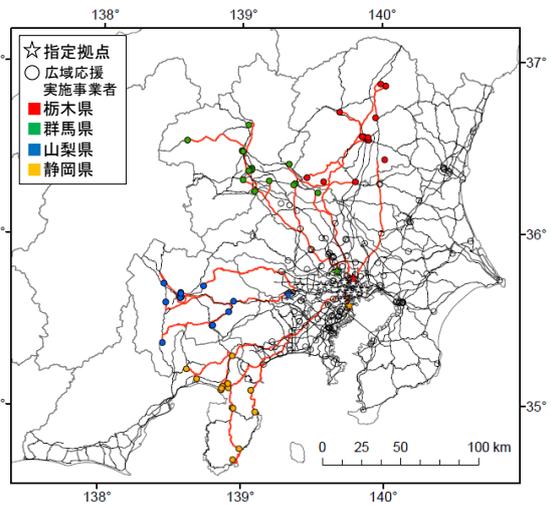
(a) Case 1



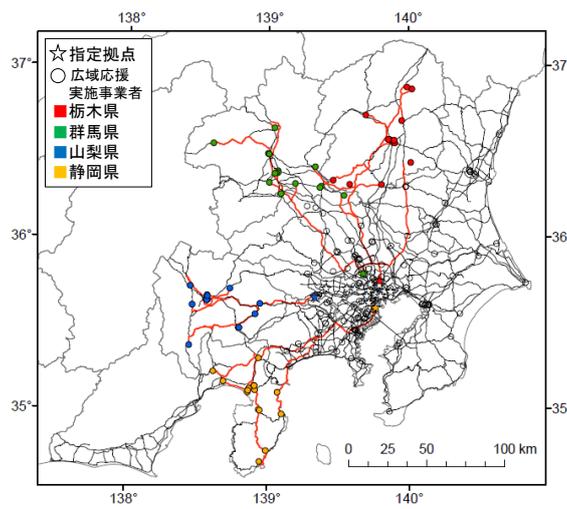
(b) Case 2



(c) Case 3



(d) Case 4



(e) Case 5

図 12 各ケースにおいて選択された経路（電力）

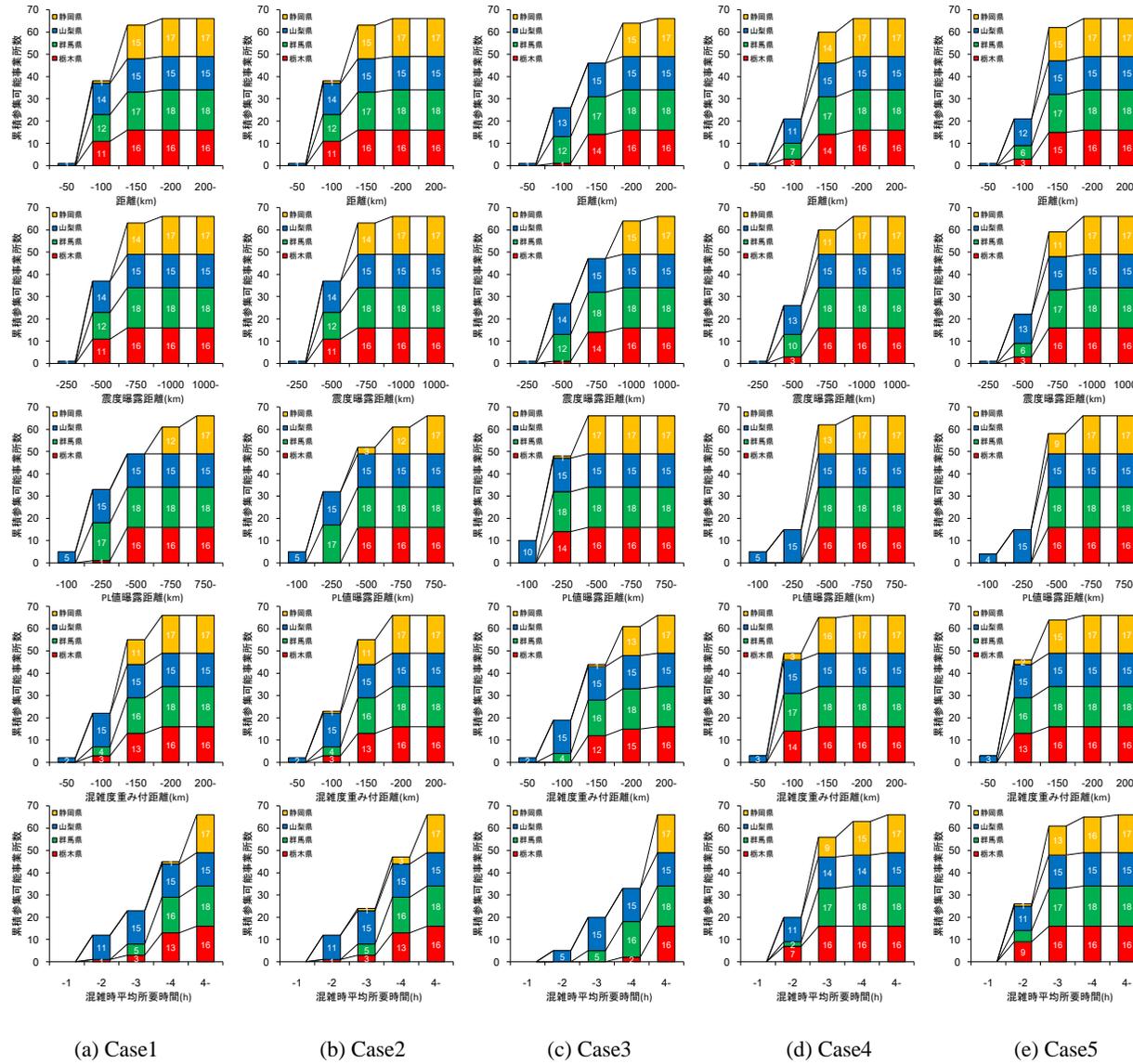


図 13 実距離及び交通支障を表す指標と参集可能事業所数の関係 (電力)

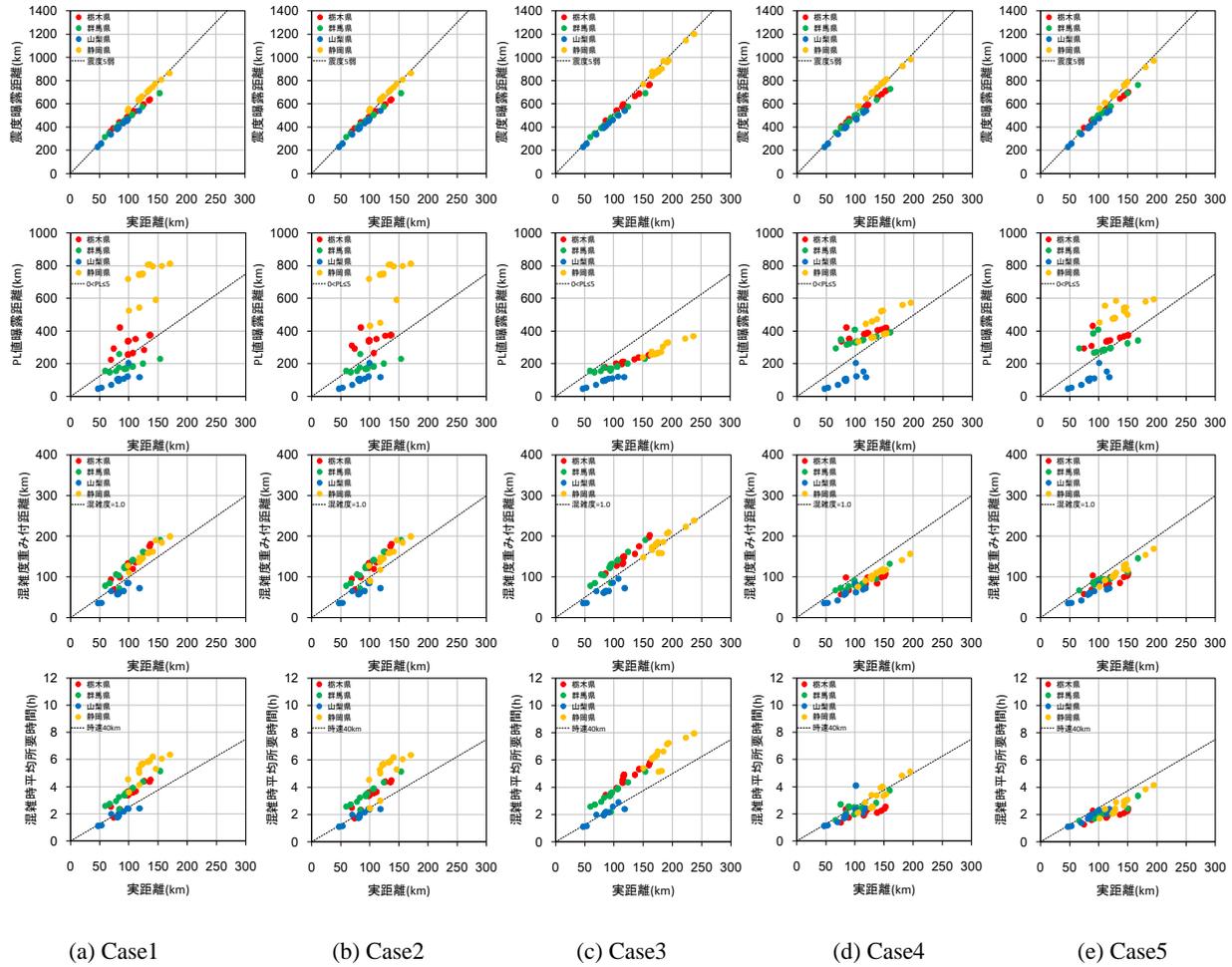


図 14 実距離と交通支障を表す指標との関係 (電力)

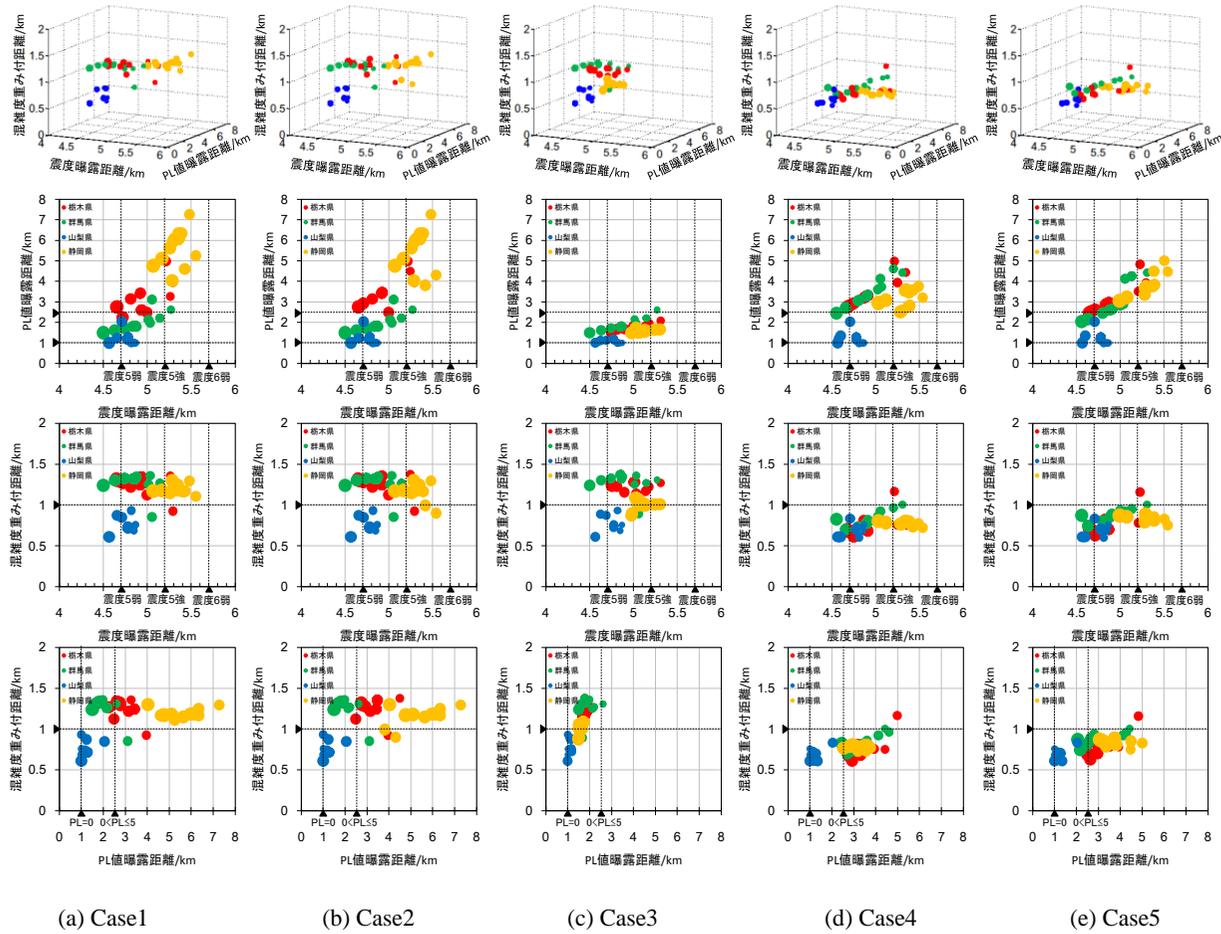


図 15 交通支障を表す指標間の関係 (電力)

### (c) 結論ならびに今後の課題

平成20年度に開発し、平成21年度に修正した、「広域連携・復旧効率化モデル」を空間情報と接続し、各ライフラインの応急復旧過程における復旧人員及び復旧資材のやりとりの効率化を検討可能なレベルにまで修正・再検討した。具体的には、震災後の応急復旧の効率化をはかる上で極めて重要となる空間情報として道路交通インフラをとりあげ、道路交通インフラ網の中でも広域連携に直結し、インターシティ間の道路交通を担う一般国道クラスの道路網を対象に絞り、緊急交通路並びに緊急輸送路の空間情報を緊急道路ネットワークとしてモデル化し、「広域連携・復旧効率化モデル」に接続し、1つの包含したモデルにまで拡張した。

さらに、修正・再検討された「広域連携・復旧効率化モデル」に基づき、緊急道路ネットワークの地震時における機能支障が電力、ガス、上水、下水等の各種ライフラインの復旧遅延に与える影響を明らかにした。具体的には、震災後の緊急道路ネットワークの経路選択が広域応援を担う事業所等からの復旧人員の参集効率とその遅延時間に大きな影響を及ぼすことを明らかにし、それらが効率的となる緊急道路ネットワークの経路選択の具体案（広域連携・復旧効率化案）をライフラインごとに提案した。

平成23年度に向けた課題としては、得られた広域連携・復旧効率化案を修正・再検討した上で、各ライフラインの応急復旧活動において、緊急道路ネットワークの交通支障の観点から広域連携・復旧効率化に係わるガイドライン案を作成する。成果の還元方法としては、本ガイドライン案をサブプロジェクト3全体で開発を進めているマッシュアップシステムに情報提供することで達成する。

### (d) 引用文献

- 1) 茨城県防災会議：茨城県地域防災計画震災対策計画編，平成21年2月
- 2) 茨城県防災会議：茨城県地域防災計画資料編，平成21年2月
- 3) 栃木県：栃木県地域防災計画震災編，平成17年3月
- 4) 群馬県防災会議：群馬県地域防災計画震災対策編，平成21年6月
- 5) 群馬県防災会議：群馬県地域防災計画資料編，平成19年11月
- 6) 埼玉県防災会議：埼玉県地域防災計画震災対策編，平成21年1月
- 7) 埼玉県 HP：埼玉県緊急輸送道路網図，平成19年3月改訂，  
<http://www.pref.saitama.lg.jp/uploaded/attachment/398986.pdf>
- 8) 千葉県：千葉県地域防災計画震災編，平成19年3月  
[http://www.pref.chiba.lg.jp/bousai/keikaku/chiikibousai/documents/c\\_sinsaizenbun.pdf](http://www.pref.chiba.lg.jp/bousai/keikaku/chiikibousai/documents/c_sinsaizenbun.pdf)
- 9) 警視庁 HP：震災時の交通規制，  
<http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/kamae/sinsai2.htm>
- 10) 山梨県防災会議：山梨県地域防災計画，平成20年12月  
<http://www.pref.yamanashi.jp/shobo/76895065930.html>
- 11) 神奈川県：神奈川県地域防災計画－地震災害対策計画－，平成17年3月  
<http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/saigai/bosaikeikaku.htm>
- 12) 神奈川県：神奈川県地域防災計画－マニュアル・資料－，平成21年12月

- <http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/saigai/bosaikeikaku.htm>
- 13) 神奈川県警察 HP：緊急交通路指定想定路(54 路線),  
<http://www.police.pref.kanagawa.jp/mes/mesf3046.htm>
- 14) 静岡県：静岡県地域防災計画地震対策編，平成 21 年 8 月  
<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/seisaku/keikaku.htm>
- 15) 静岡県内の緊急輸送道路図，  
[http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/daikibo\\_saigai/pdf/01.pdf](http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/daikibo_saigai/pdf/01.pdf)
- 16) 国土交通省国土計画局：国土数値情報ダウンロードサービス，  
<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 17) 国土交通省関東地方整備局：平成 17 年度道路交通センサス，  
[http://www.ktr.mlit.go.jp/kyoku/road/ir/census\\_h17/index.htm](http://www.ktr.mlit.go.jp/kyoku/road/ir/census_h17/index.htm)
- 18) 静岡県土木部道路企画室：平成 17 年度道路交通センサス報告書一般交通量調査，  
<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-210/sen.html>
- 19) 東京都防災会議：東京都地域防災計画震災編，平成 19 年修正，  
<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/tmg/plan-sinsai.html>
- 20) 東京電力株式会社：平成 22 年度数表で見る東京電力，2010.7，  
<http://www.tepco.co.jp/corporateinfo/company/annai/shiryou/report/suuhyou/index-j.html>
- 21) 東京電力株式会社：防災業務計画，平成 18 年 7 月修正，  
<http://www.tepco.co.jp/cc/pressroom/bousai.pdf>
- 22) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：第 15 回資料，資料 2，被害想定結果について，<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/15/shiryou2.pdf>

#### (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
ライフラインシステムの地震時応急復旧活動における広域応援の効率性（口頭）	豊田安由美、庄司学	第2回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム	2010.12	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
首都圏に位置する電力・都市ガス・通信システムの地震時応急復旧活動に関する広域応援	豊田安由美、庄司学	土木学会論文集A1（構造・地震工学） [特]地震工学論文集，Vol.66，No.1，	2010.12	国内

と道路交通支障の関係		pp.317-327		
ライフラインシステムの地震時応急復旧活動における広域応援と交通支障の検討	豊田安由美、庄司学	第13回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.1736-1743	2010.11	国内

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果 (記事タイトル)	対応者氏名	報道・掲載機関 (新聞名・TV名)	発表時期	国際・国内の別
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23年度業務計画案**

平成23年度には、緊急道路ネットワークの地震時における交通支障による各種ライフライン（電力、都市ガス、上下水道、及び電話等）の復旧遅延の影響を最小化するための広域連携・復旧効率化案を修正・再検討する。これらを踏まえ、広域連携・復旧効率化案に基づくガイドラインを作成し、その内容をサブプロジェクト3全体で開発を進めているマッシュアップシステムに提供する。

**(a) 広域連携・復旧効率化方策の修正・再検討**

緊急道路ネットワークの震災時機能支障による各種ライフラインの復旧遅延の影響を最小化するための広域連携・復旧効率化に係わる具体案をガイドライン掲載に向けて修正・再検討する。その際には、緊急道路ネットワークの空間情報を数百から数千のノードとリンクから成る大規模なネットワークとしてモデル化するとともに、各種ライフラインの応急復旧過程を同様な規模のネットワークとしてモデル化した上で、それらを統合・拡張したモデルに基づいて最適化数値計算を行う。当該計算には、本事業で整備する高速演算可能なPCワークステーションを用いる。

**(b) 広域連携・復旧効率化案に基づくガイドライン作成**

上記 a. の具体案を踏まえ、広域連携・復旧効率化の観点からみて、首都圏の社会・経済機能に与えるマイナスのインパクトを最小化・最適化する広域連携復旧方策のガイ

ドライン案を作成する。なお、本ガイドライン案をサブプロジェクト3全体で開発を進めているマッシュアップシステムに情報提供する。

**(c)学会への参加発表**

ICASP11 (11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering、平成23年8月、スイス) 及び地域安全学会等の国内学会に参加発表し、道路交通インフラ網の震災時機能支障による各種ライフラインの復旧遅延に与える影響評価方法に係わる最新の研究情報の収集をはかり、上記 a の具体案を修正・再検討する際の研究情報としてフィードバックさせる。