南海トラフ巨大地震発生時の高松市道路ネットワークに対する戦略的事前復旧計画の検討

高橋亨輔¹・磯打千雅子²・白木渡³・岩原廣彦⁴・井面仁志⁵・佐藤英治⁶

¹正会員 香川大学助教 工学部電子・情報工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)
E-mail:k_taka@eng.kagawa-u.ac.jp

²正会員 香川大学特命准教授 地域強靱化研究センター (〒760-0016 香川県高松市幸町 1-1)
E-mail:isouchi@eng.kagawa-u.ac.jp

³フェロー 香川大学特任教授 危機管理先端教育研究センター (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)
E-mail:shiraki@eng.kagawa-u.ac.jp

⁴フェロー 香川大学特命教授 危機管理先端教育研究センター (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)
E-mail:iwahara@eng.kagawa-u.ac.jp

⁵正会員 香川大学教授 工学部電子・情報工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)
E-mail:inomo@eng.kagawa-u.ac.jp

⁶正会員 香川大学大学院 工学研究科信頼性情報システム専攻 (〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)

南海トラフ巨大地震などの大規模広域災害において、被災地域の早期復旧のためには、道路ネットワークの戦略的事前復旧計画の策定が必要である。このためには、国、県、市区町村、ライフライン企業や建設業が、事前合意形成に基づいた復旧計画を策定する必要がある。

本研究では、地域インパクト分析 (DIA) 支援システムを活用して、南海トラフ巨大地震発生時の高松市道路ネットワークの復旧計画を検討する。具体的には、高松市を対象に「南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン (案)」を基礎とする 4 ケースの道路復旧計画を策定し、策定した計画を比較・考察する。さらに、これらの分析事例を通じて DIA 支援システムの有用性を検証する。

Key Words: restoration schedule, district impact analysis, district continuity plan, consensus building, earthquake

1. はじめに

南海トラフ巨大地震などの大規模広域災害において、被災地域の早期復旧には、復旧活動の基盤となる道路ネットワークの早期復旧が必要である。このためには、国、県、市区町村、建設業やライフライン企業などの関係組織が事前に合意形成を図り、合意を得た復旧計画を策定しておく必要がある。

しかし、人命救助、物資搬送やライフライン復旧など復旧目的によって、復旧優先となる道路は異なってくる。行政やライフライン企業など各組織が重要と考える道路は異なる可能性があり、こうした組織間の意見を調整し、発災時に地域組織が効率的に連携して復旧活動にあたるための事前合意形成を図る仕組みやツールが必要となる。

こうした課題に対して、著者らは地域の組織間連携による復旧戦略検討支援ツールとして、地域インパクト分

析 (District Impact Analysis : DIA) 手法を提案¹⁾し、分析環境である DIA 支援システムを開発²⁾してきた。開発したシステムを広く活用するためには、分析に必要なデータの準備や活用方法の提示など、システムの活用事例から得られる知見を示すことも重要である。

そこで、本研究では、DIA 支援システムの分析事例として、南海トラフ巨大地震発生時の高松市道路ネットワークの復旧計画を検討する。具体的には、高松市を対象に「南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン (案)」³⁾ (以下、地域啓開ガイドライン (案) とする) を基礎とする 4 ケースの道路復旧計画を策定し、策定した計画を比較・考察する。さらに、これらの分析事例を通じて DIA 支援システムの有用性を検証する。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2 章では、現在、国、県、市町などが策定している南海トラフ巨大地震発生時の道路復旧計画を整理し、本研究の位置づけ

表-1 南海トラフ巨大地震に対する四国の道路復旧計画一覧

範囲	資料名
四国全域	中央防災会議幹事会：南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画，平成 27 年 3 月（2015） http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankai_oukyu_keikaku_full.pdf
	四国道路啓開等協議会：四国広域道路啓開計画（案）～南海トラフ地震の大規模災害に備えて～，平成 28 年 3 月（2016） http://www.skr.mlit.go.jp/road/dourokeikai/pdf/kaigi-302.pdf
県域	高知県道路啓開計画作成検討協議会：高知県道路啓開計画（暫定版），平成 27 年 2 月（2015） http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/170701/2015022700218.html
	愛媛県土木部：愛媛県道路啓開計画（概要版），平成 26 年 3 月（2014） http://www.pref.ehime.jp/h40900/ehimedourokeikai.html
市町村域	南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン（案）平成 26 年度改訂版，平成 27 年 3 月，（2015） http://www.skr.mlit.go.jp/bosai/bosai/chuikikeikai/pdf/guideline_draft_v2.pdf

を説明する。また、DIA 支援システムの概要を説明する。その現状を踏まえ、3 章では、今回の分析事例とする高松市道路ネットワークや分析条件を説明する。4 章では、DIA 支援システムを用いて、高松市道路ネットワークの復旧計画を策定し、その結果を比較・考察する。

2. 道路復旧計画の現状と地域インパクト分析 (DIA) 支援システムの概要

(1) 南海トラフ巨大地震発生時の道路復旧計画の現状

現在、国や県などが公表している南海トラフ巨大地震に対する四国の道路復旧計画を表-1 に示す。表-1 では、対象地域の範囲別に計画を整理している。

内閣府中央防災会議では、平成 27 年に「南海トラフ地震における具体的な応急活動に関する計画」を策定している。これを受け、四国地方整備局等は、四国道路啓開等協議会を設立し、南海トラフ地震などの大規模災害における道路啓開の優先順位や方策を検討している。平成 28 年には、「四国広域道路啓開計画（案）」を策定し、「四国おうぎ（扇）作戦」という名称で、四国全域の道路復旧方針を示している。

この四国全域の道路復旧方針に関連して、各県域や市町村域を対象とした計画が検討されている。県域を対象とした計画には、「高知県道路啓開計画（暫定版）」や「愛媛県道路啓開計画」がある。さらに、市町村域を対象とした計画には、「南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン（案）」³⁾があり、モデル地区として、徳島県美波町、高知県安芸市、中土佐町、黒潮町、愛媛県愛南町での地域啓開計画の策定例が示されている。

一方、研究では、奥村ら⁴⁾が「四国版くしの歯作戦」（現、「四国おうぎ（扇）作戦」）の実効性を検証しており、同作戦の 7 路線を対象に地すべり地形、深層崩壊

図-1 DIAの考え方

推定頻度を考慮して、道路被害箇所数を試算している。その結果、「四国版くしの歯作戦」で緊急輸送道路に指定されている路線では、道路施設被害が多発することが懸念されるため、四国地方の地質・地形特性を考慮した総合的な緊急輸送手段の構築の必要性を述べている。

また、杉本ら⁵⁾の研究をはじめとして、被災道路に対して、復旧班の適正配分と適正な着工順序を遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm : GA）により決定し、道路の早期復旧計画を策定する研究が多数実施されている。これらの研究では、不確実環境下での頑健性を考慮した計画や、ライフラインなど他要素を考慮した計画など、様々な計画策定手法が提案されてきた。我々は、こうした研究成果を活用し、道路復旧戦略の事前合意形成に適用することを試みている。特に本研究は、数値実験ではなく現実問題に適用し、得られた知見を示すものである。

(2) 地域インパクト分析 (DIA) 支援システムの概要

香川大学危機管理研究センターでは、南海トラフ巨大地震発生時に、香川地域が四国の防災対策、復旧・復興の推進拠点としての役割を果たすことを目的として、香川地域継続協議会を設立し、香川地域継続計画（District Continuity Plan : DCP）の策定を進めている⁶⁾。DIA 支援システムは、DCP 策定者をはじめとした使命や立場が異なる複数の組織間で、復旧手順の事前合意形成を図る支援を目的に開発しているシステムである。著者らの先行研究⁷⁾⁸⁾では、DIA 手法を提案し、その手法を実装した支援システムを開発している。

DIA の考え方は、図-1 に示すように平時と緊急時のそれぞれの面からシステムの活用を想定している。平時には、道路復旧班の位置や被害箇所などの復旧計画策定の種々の分析条件を入力し、復旧シミュレーションを実施し、GA により道路ネットワークの復旧計画を策定する。この復旧計画では、誰がどの被災箇所を担当するかが示

図-2 DIA支援システムを活用した復旧戦略検討の流れ

されており、利用者は、システムにより策定された復旧計画を閲覧しながら、復旧手順を検討する。組織間で合意が得られた場合は、その際の分析条件と復旧計画をデータベースに保存する。緊急時には、現実の被災状況を検索条件として、事前検討・合意済みの復旧計画を検索し、その計画に従い対応行動を開始する。こうした手続きを事前に組み込んでおくことで、緊急時の組織間連携支援を目指している。

3. 復旧戦略検討のための分析条件設定

(1) DIA 支援システムを活用した復旧戦略検討の流れ

DIA 支援システムを活用した道路ネットワーク復旧戦略検討の流れを図-2 に示す。復旧戦略検討を始めるには、まず、① 検討対象の地域を決定し、② 地図上に対象地域の道路ネットワークを作成する。次に、③ 道路復旧班の復旧能力値や道路被害量など復旧計画策定のための分析条件を入力する。分析条件が入力されると、④ DIA 支援システムは、GA を用いて分析条件下における早期復旧計画を策定する。システムの利用者は、⑤ GA により策定された復旧計画を基に、復旧戦略を検討し、⑥ 合意の得られる復旧戦略が決定した場合、その際の分析条件と復旧計画をデータベースに保存する。

DIA 支援システムは、図-2 に示すように Step1 道路ネットワークの作成（検討の流れ②の段階）、Step2 復旧計画策定の分析条件設定（検討の流れ③の段階）、Step3 計画策定と再検討（検討の流れ④の段階）の 3 ステップで使用する。

表-2 分析条件の概要

道路復旧班	道路ネットワークのノード上にバックホウによるがれき除去作業を行う道路復旧班を設定する。復旧班ごとにがれき処理能力[m ³ /時間]を設定する。本研究では、20 班、能力値 214～1007（平均 481、標準偏差 238）を設定する。 1 日の作業時間は 12 時間（作業準備時間 2 時間と作業場所までの距離に応じて算出する移動時間を含む）、移動速度は 15[km/時間]を設定する。
道路被害	道路ネットワークのリンク上に道路を遮断し通行不能となるがれき被害[m]を設定する。本研究では、65 箇所、被害量 560～34328（平均 7424、標準偏差 7444）を設定する。

(2) 検討対象地域と検討内容の決定

2 章(1)で整理したように、道路ネットワーク復旧戦略検討は、対象とする地域範囲によって、様々なものがある。著者らは、既存研究²⁾において、高松市道路ネットワークの道路復旧と物資搬送の復旧計画を DIA 支援システムの適用例として示し、その結果を香川地域検討協議会で報告している。そこで、今回の分析事例の作成にあたり、協議会の構成員である四国地方整備局や香川県に対して、検討対象の地域やシステム活用の要望などをヒアリングした。その結果、以下の意見を得た。

- 国は四国全体の目線で復旧を考えており、「南海トラフ地震における具体的な応急対策活動に関する計画」が基本となる。道路啓開ルートの優先順位や実施体制等は、四国道路啓開等協議会で検討を進めている。
- 四国内のルートは限られているので、道路啓開ルートの優先候補も限られてくる。ただし、国の啓開計画と県や市町の啓開計画がうまくリンクできるかどうかは課題である。
- 市町村を対象としたものでは、平成 27 年 3 月に地域啓開ガイドライン（案）ができ、この地域啓開計画により、国の計画と地域の計画がつながることになる。DIA 支援システムはこのガイドラインの検証ツールとしても使えるのではないかと。

これらの意見を踏まえて、本研究では、市町村域の道路ネットワークを検討対象とすることにした。具体的には、これまでも分析事例を作成している高松市を対象とした。また、考慮する復旧作業について、以前の検討で「DIA 支援システムでは、道路復旧と物資搬送の両方を優先する計画を提示するが、道路復旧のみの事例も知りたい」との要望が得られており、今回は道路復旧のみを対象作業とした。検討の目的は、① 地域啓開ガイドライン（案）に従い啓開ルートの優先道路を設定した場合の影響の検証ととした。また、復旧目的を明確に設定した事例として、② 医療を優先とした場合、③ ライフライン復旧を優先とした場合の影響も検証することとした。

表-3 南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン（案）による道路啓開ルート選定基準と高松市モデルの選定施設
 （優先順位，対象施設，概要は南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン（案）³⁾から引用）

優先順位	対象施設	概要	高松市モデルでの選定施設
第1優先	災害対策本部	関係機関の災害対策本部設置箇所	香川地域継続検討協議会の構成機関・団体（高松市内にある組織18施設）
	広域拠点	県内の広域ブロックの中核的な拠点	サンメッセ香川（広域物資輸送拠点）
	地域拠点	広域拠点における活動を補完する拠点	物資集積地（17拠点）
	病院	地区内の救護活動の拠点施設	高松地区広域救護拠点（12施設）
	港湾・漁港	防災拠点港に位置付けられた港湾・漁港	高松港
	空港	近隣の空港	高松空港
第2優先	活動拠点	支援部隊が最前線において人・機械等を行うために使用する拠点	広域応援にかかる舞台活動拠点候補地（22拠点）
	ヘリポート	ヘリポート	防災ヘリコプター「オリーブⅡ」離着陸場（5箇所），臨時ヘリポート（19箇所）
	二次避難所	一定期間の生活を行うことのできる避難所	指定避難所（155施設）
第3優先	一次避難所	二次避難所までの距離が遠い場所に緊急避難する場所	指定緊急避難場所（39施設），福祉避難所（52施設）
	津波避難ビル	一時避難所と同様，津波が発生し，二次避難所までの距離が遠い場合などに緊急避難する高い建物	津波避難ビル（111施設）
	ライフライン施設	発電所・変電所	四国電力高松変電所，メガソーラー発電所（4施設），バイオマス発電所（2施設），浄水場（5施設），下水処理場（3施設），NIT西日本交換局（8施設），NTTドコモ基地局（16施設）

(3) 分析条件の入力と目的関数の変更

既存研究^{1),2)}は，道路復旧と物資搬送の2つの作業を対象としているが，本研究では，道路復旧のみを対象としている．このため，分析条件は，図-2のStep2に示す①道路復旧班[位置，能力値]と②道路被害量[位置，被害量]の2条件となる．本研究で使用する高松市モデル²⁾は，60ノード，87リンクからなる道路ネットワーク上に65箇所の道路被害があるモデルである．分析条件の詳細は，既存研究²⁾を参照されたく，ここでは概要を表-2に示す．なお，既存研究²⁾では，能力値の低い復旧班が作業未割り当てでも復旧完了していたため，本研究では，高松市モデルの道路復旧班31班のうち，能力値の高い20班を設定する．

また，分析条件を道路復旧作業のみに変更したことにより，GAの目的関数も変更する．既存研究^{1),2)}の目的関数は，道路復旧と物資搬送の2つの作業を考慮できるように，道路復旧率，物資搬送率と復旧日数の3軸からなる累積非復旧率の体積の最小化としている．今回の分析では，道路復旧のみを対象とするため，目的関数は道路復旧率と日数の2軸からなる累積非復旧率の面積の最小化とする．したがって，目的関数は従来研究²⁾などと同様となる．目的関数の式を以下に示す．

$$fitness = \sum_{d=1}^D (1 - road(d)) \quad (1)$$

$$road(d) = \frac{\sum_{i \in R^d} road_i \times w_i}{\sum_{j \in R^0} road_j \times w_j} \quad (2)$$

式(1)において， D は復旧完了日数を表し，評価値は計画終了までの道路復旧率 $road(d)$ の累積非復旧率の合計で表される．式(2)において， d 日目での道路復旧率 $road(d)$ は，全道路の被災量の合計に対する d 日目までに復旧した道路の被災量の割合で表す．ここで， R^0 は被災を受けた道路番号の集合， R^d は d 日目までに開通した道路番号の集合を表し， i 番目の道路の被災量は，被害量 $road_i$ と道路の重要度 w_i の積で表す．これにより，被害量と道路の重要度の両方を考慮した復旧計画を策定する．

(4) 検討ケースの作成

本研究では，策定した道路復旧計画を比較・考察するため，以下に示す啓開優先の異なる4ケースを作成した．各ケースの優先道路の違いは，式(2)に示す道路の重要度 w_i の値を変えることで考慮している．

まず，比較のベースとなるケースとして，すべての道路の重要度 w_i を同一に設定し，道路復旧の優先度を考慮しないケースを作成した．このケースは「検討ケース0：優先度設定なし」とする．次に，比較用のケースとして，地域啓開ガイドライン（案）を基礎とする3ケースを作成する．地域啓開ガイドライン（案）では，道路啓開ルート選定の基本的な考え方として，第1優先から第3優先の選定基準を示している．第1優先の候補となる道路は，緊急輸送ルート等，隣接市町村へのルートや表-3の第1優先として示す地域内の拠点へのアクセスルートを含む道路である．第2優先や第3優先の候補となる道路は，表-3に示したそれぞれの地域内拠点のアク

セスルートを含む道路である。地域啓開ガイドライン(案)のモデル地区の選定例でもこれらの施設の優先道路を示し、優先啓開ルートを選定している。

本研究では、香川県の緊急輸送路に対して、この選定基準に従って優先道路を選定した。高松市モデルで対象とした施設を表-3に示す。これら選定施設の情報は、香川県地域防災計画やインターネット上で入手可能なものである。各施設を地図上にプロットし、対象施設数が多い道路から順に第1優先、第2優先、第3優先とした(図-3参照)。図-3中の太線が第1優先、中太線が第2優先、細線が第3優先を示している。この地域啓開ガイドライン(案)の啓開ルート選定基準に従って優先道路を設定したケースを「検討ケース1:ガイドライン準拠」とする。なお、香川県緊急輸送路では、1次輸送確保路線から3次優先確保路線が決められている。図-3中の青線が1次輸送確保路線、緑線が2次輸送確保路線、橙線が3次輸送確保路線を示している。図-3中に示す通り、両者は必ずしも一致していないことがわかる。

また、復旧目的に応じて道路の優先度を変更したケースとして、「検討ケース2:医療施設優先」と「検討ケース3:ライフライン施設優先」の2ケースを作成した。「検討ケース2:医療施設優先」は、表-3に示すガイドライン準拠の選定施設のうち、第1優先の医療施設のみを第1優先とし、医療施設以外の第1優先のものは第2優先に繰り下げ、また、第2優先と第3優先の施設は第3優先とし、優先道路を設定したケースである(図-4参照)。また、同様に表-3に示すガイドライン準拠の選定施設のうち、第3優先にあるライフライン施設を第1優先とし、第1優先を第2優先、第2優先と第3優先を第3優先としたケースを「検討ケース3:ライフライン施設優先」とする(図-5参照)。

これらの3つのケースでは、式(2)に示す道路の重要度 w_i について、第1優先の道路を重要度5と設定、第2優先の道路を重要度3と設定、第3優先の道路を重要度1に設定する。このような設定をすることで、重要度を高く設定した道路を復旧した際の復旧率が高くなり、優先順位を考慮した計画策定ができると考えられる。本研究では、被害量のばらつきが大きいことや、重要度の違いによる差を明確したいことを踏まえ5段階で設定した。

4. 高松市道路ネットワークにおける検証

(1) 復旧計画策定の概要

本研究では3章で示した分析条件の下で、DIA支援システムを用いて復旧計画を策定する。各ケースにつき計画策定を5回試行し、その中で評価値が最良となったケースを基に議論をする。検討の目的は、3章で述べたよ

図-3 検討ケース1: ガイドライン準拠

図-4 検討ケース2: 医療施設優先

図-5 検討ケース3: ライフライン施設優先

うに① 地域啓開ガイドライン(案)に従い啓開ルートの優先道路を設定した場合の影響の検証、② 医療を優先とした場合、③ ライフライン復旧を優先とした場合

図-6 検討ケース0：優先度設定なし

図-7 検討ケース1：ガイドライン準拠

図-8 検討ケース2：医療施設優先

図-9 検討ケース3：ライフライン施設優先

の影響の検証である。

以下では、4ケースの結果を示し、それらを比較・考察する。そして、高松市道路ネットワークの復旧計画を策定を通じて、DIA支援システムの有用性を検証する。

(2) 結果と考察

「検討ケース0：優先度設定なし」、「検討ケース1：ガイドライン準拠」、「検討ケース2：医療施設優先」と「検討ケース3：ライフライン施設優先」の4ケースの道路復旧計画の結果を図-6から図-9に示す。図-6から図-9では、被災後3日間で復旧する道路を水色、6日目までに復旧する道路を桃色、道路被害なしの道路を黒色で示している。また、4ケースの道路復旧率の推移を図-10に示す。

復旧進捗は、図-10に示すように4ケースのうち、検討ケース0と検討ケース1が最も早く、8日間で完了する。次いで、検討ケース2が早く、9日間で完了する。検討ケース3は最も遅く10日間で完了する。復旧率の

推移は、「検討ケース1：ガイドライン準拠」が最も早い。検討ケース1は、第1優先ルートが高松市中心部に多く、中心部を集中的に復旧することにより、効率的な復旧が図れたためと考えられる。一方、検討ケース3は、ライフライン施設を最優先とする道路復旧であるが、ライフライン施設へのルートが広範囲に分散しているため、全体的に道路復旧の効率が悪くなったと考えられる。これらの結果より、道路復旧率はわずかの違いであるが「検討ケース1：ガイドライン準拠」の道路復旧が最も早くなり、地域啓開ガイドライン（案）に従った道路復旧計画策定の有効性を確認できた。

さらに、本研究では、医療やライフライン復旧を優先した場合の影響について、復旧進捗に応じた利用可能施設数の推移に着目して分析した。この推移は、図-3から図-5に示した選定施設に到達する道路が復旧された場合、その施設が利用可能となったとして、施設数を計上したものである。医療施設数とライフライン施設数の利用可能数の推移を図-11と図-12に示す。

図-11 の医療施設の利用可能数推移に着目すると、「検討ケース1：ガイドライン準拠」は、最も早くすべての施設が利用可能となるが、復旧初期は「検討ケース2：医療施設優先」の計画が利用可能施設数が多いことがわかる。したがって、地域全体の復旧という点では、検討ケース1が早くなるが、医療施設に着目すると、医療施設の早期復旧という目的では、検討ケース2の計画を選択することが考えられる。

一方、図-12 のライフライン施設の推移については、最終的には「検討ケース3：ライフライン優先」が早期復旧可能であることが示されているが、復旧初期では「検討ケース2：医療施設優先」が「検討ケース3：ライフライン優先」よりも早期にライフライン施設に到達可能という結果がでており、医療施設の推移ほど検討ケース3の優位性は確認できなかった。ただし、いずれにおいても、復旧目的を明確にした検討ケース2や検討ケース3の方が、ガイドライン準拠の検討ケース1よりも、復旧初期の段階では、利用可能な施設数では優位となることが確認できる。

地域啓開ガイドライン（案）では、道路啓開ルート選定基準を示しているが、表-3 に示されるように高松市の場合は第1優先とする施設の候補も多い。このため、単純にそれらの施設を選定するだけでは、優先道路の選定が困難であり、第1優先の中でさらに何を優先するかを検討する必要がある。一方、検討ケース2は、医療施設へのルートの復旧が短縮され、医療施設の利用が早期と可能となり、復旧目的を明確にすることの重要性が確認できた。特に、高松市道路ネットワークの場合は、各ケースでそれほど全体の復旧率や復旧日数に変化はないため、復旧目的の明確化が地域全体の早期復旧に効果的に繋がると考えられる。

これらの検討結果を平成27年3月の香川地域継続検討協議会の中で報告したところ、協議会の構成員からは「これまで香川県の緊急輸送路を選定してきたが、検討ケース0と検討ケース1～3を見る限り、これまでの方針は適切であったともいえる」、「高松市以外の分析事例も見てみたい」といった意見をj得ている。

(3) DIA 支援システムの有用性の検証

本研究では、高松市モデルにおいて、地域啓開ガイドライン（案）を基に道路の重要度の違いによる計画策定の影響を比較・考察した。これにより、DIA 支援システムを用いた分析の流れを示すことができ、他の地域での活用可能性を示せたと言える。特に、DIA 支援システムの活用方法として、本研究の分析事例で示したような地域啓開ガイドライン（案）の検証ツールとしての応用可能性を示すことができた。

一方、現状の課題点としては、次の点が挙げられる。

図-10 4ケースの道路復旧率の推移

図-11 利用可能となる医療施設数の推移

図-12 利用可能となるライフライン施設数の推移

本研究の分析事例は、香川地域継続検討協議会の事務局側で分析し、その結果を協議会で報告するという流れで

実施した。しかし、DIA 支援システムの活用方法としては、図-1 や図-2 に示したようにワークショップなどの場において、利用者が DIA 支援システムを対話的操作しながら、合意を得るための復旧計画を策定していくという流れを想定している。GA による計画策定は、評価値は変わらないが、復旧担当班が大きく変わる計画が策定される場合があり、ワークショップで条件を変更しながら分析する際には、GA により策定される解の安定性や前後の議論の流れを反映し対話的に計画を策定していく仕組みの検討が求められる。

5. おわりに

本研究では、DIA 支援システムを活用して、南海トラフ巨大地震発生時の高松市道路ネットワークの復旧戦略を検討した。高松市を対象に地域啓開ガイドライン（案）を基に道路の重要度を変更した 4 ケースの道路復旧計画を策定し、策定した計画を比較・考察した。本研究の結論と今後の課題を以下に示す。

高松市道路ネットワークの分析結果では、地域啓開ガイドライン（案）に準拠した道路復旧計画が、地域全体の早期復旧に繋がることを確認できた。しかし、利用可能施設数の推移に着目すると、復旧目的をより明確にした方が、復旧初期の場合は優位となることも確認できた。これらの分析を通じて、地域啓開ガイドライン（案）の有用性を確認するとともに、復旧目的の明確化による効果を確認した。また、高松市道路ネットワークの分析事例を通じて DIA 支援システムの有用性が確認できた。DIA 支援システムは、本研究で示した分析事例以外にも、条件設定を変更することで様々な分析ができ、他の地域

での活用可能性を提示できたと言える。

今後の課題として、四国内の他の市町村における分析事例の作成や、DIA 支援システムのワークショップでの活用を目指したシステムの改善が挙げられる。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 25289141 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 高橋亨輔, 白木渡, 岩原廣彦, 井面仁志, 磯打千雅子: 地域インパクト分析手法の提案と物流機能復旧アクションプラン作成への適用, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol.70, No.2, pp.I_15-I_22, 2014.
- 2) 高橋亨輔, 白木渡, 岩原廣彦, 井面仁志, 磯打千雅子: 道路ネットワーク復旧戦略検討のための合意形成支援システムの開発, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.71, No.2, pp.I_176-I_187, 2015.
- 3) 四国南海トラフ地震対策戦略会議: 南海トラフ地震対策地域啓開計画策定ガイドライン (案), 2015.
http://www.skr.mlit.go.jp/bosai/bosai/chiikikeikai/pdf/guideline_draft_v2.pdf (最終アクセス 2016.6.30)
- 4) 奥村昌史, 五艘隆志: 四国地方における巨大地震・津波災害時の緊急輸送路手段に関する研究, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol.70, No.4, pp.I_183-I_192, 2014.
- 5) 杉本博之, 片桐章憲, 田村亨, 鹿津麗: GA によるライブライン系被災ネットワークの復旧プロセス支援に関する研究, 構造工学論文集, Vol.43A, pp.517-524, 1997.
- 6) 磯打千雅子, 白木渡, 岩原廣彦, 井面仁志, 高橋亨輔: 大規模災害時における地域の機能支障に対する社会的許容限界と地域継続計画 (DCP) 策定指針, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 土木学会, Vol.69, No2, pp.I_31-I_36, 2013.

(2016.7.8 受付)

STUDYING THE STRATEGIC RESTORATION SCHEDULE FOR TAKAMATSU AREA'S ROAD NETWORKS: THE NANKAI MEGATHRUST EARTHQUAKES' AFTERMATH

Kyosuke TAKAHASHI, Chikako ISOUCHI, Wataru SHIRAKI,
Hirohiko IWAHARA, Hitoshi INOMO and Eiji SATO

An early restoration of road networks in devastated areas is required after large-scale earthquake disasters. Therefore, strategic restoration schedules have to be developed before the disaster occurs. Moreover, disaster prevention organizations such as road administrators and road users have to achieve consensus in cooperation to recover immediately. Our previous research studies have developed the district impact analysis (DIA) support system to support consensus building and decision making among them. The DIA support system can simulate road network restoration and optimize task allocation and scheduling.

This study attempts to develop road network restoration schedules of Shikoku's Takamatsu area after the Nankai megathrust earthquakes. Specifically, four case scenarios of restoration schedules based on the guideline of road obstacles elimination in the Nankai trough earthquake, published by an administrative agency, are developed using the DIA support system. Furthermore, we compare these four case scenarios and discuss strategic restoration schedules in this area. Through practical application examples of the DIA support system, we also discuss this system's usefulness.