

## 地震時の被災道路復旧優先度に関する研究

○ 熊本大学 学生員 田村 亮  
熊本大学 正会員 溝上章志

### 1. 序論

近年、日本では阪神淡路大震災や東日本大震災をはじめとする大地震が発生している。今後も南海トラフ地震や首都直下型地震など大規模な災害が予測されており、それらの被害を最小限に抑えるための対策が必要である。

巨大地震の発生時には、多くの道路で通行止めが発生し、交通環境に大きな影響を与えるだけでなく被災地域の人々の経済活動にも重大な影響を及ぼす。特に自動車分担率が高い地方圏では自動車での移動は不可欠であり、経済活動に及ぼす影響も大きいと考えられる。

しかし、大規模災害の場合、通行止めが多く財政的にも全ての道路を直ちに復旧することは困難である。また、道路被害はどこで発生するか事前に予測するのは困難であり、通行止め道路の組み合わせによって交通環境への影響の大きさは変動する。そのため、本研究では経済的被害を最小限に抑えるために様々な道路閉鎖パターンを想定した上で、交通環境の改善に大きな影響のあるリンクを決定し、その優先度を決定することを目的とする。

### 2. 道路閉鎖パターン作成

#### (1) 対象ネットワーク

対象とするネットワークは熊本県熊本市の交通ネットワークとし、図-1のようにモデル化する。このネットワークは熊本市の道路網をノード数825、リンク数1181で構成されるネットワークでモデル化したものである。今回の研究では自動車交通以外の鉄道や路面電車などの公共交通機関については考慮せず、道路ネットワークと自動車交通のみを考慮する。また、地震による通行止めの原因には、道路の亀裂や橋梁の段差、土砂崩れなどがあるが、それらを区分してモデルに反映させるためには一括した情報が不足している為、ここでは通行止めの原因は全て道路の被害によるものとする。

#### (2) 閉鎖パターンの作成方法

地震時の交通施設の被害箇所数を求めるために、本研究では内閣府の南海トラフ巨大地震の被害想定で採用されている被害箇所数の推定手法を用いる。

推定手法の手順を図-2に示す。この手法では、予測された地震の震度分布と対象地域の道路延長デー

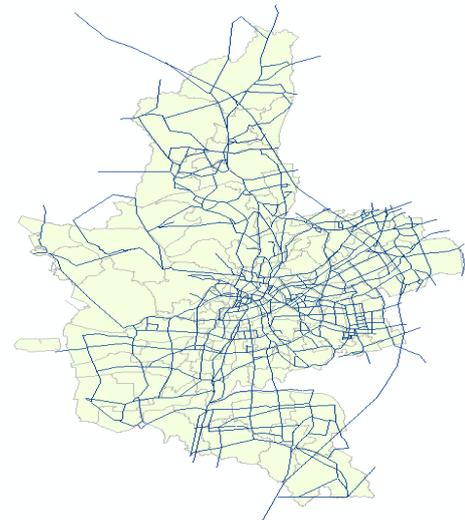


図-1 道路ネットワーク

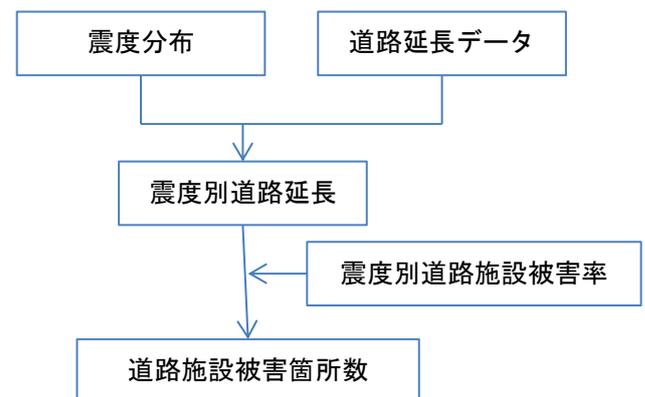


図-2 道路被害箇所数の予測手順

タを用いて、震度別道路延長を求める。その後、表-1に示す東日本大震災における道路の被害率より設定された震度別道路施設被害率を震度別道路延長にかけ合わせることによって、道路施設被害箇所数を算出する。そして、同じ震度の地域内では被害箇所はランダムに発生、分布するものとし、道路閉鎖のパターンを一組の乱数によって求める。ここで地震の震度分布については、本研究では熊本市が想定している3タイプの地震（立田山断層地震、布田川・日奈久断層帯、どこにでも起こりうる直下型地震）により発生する予測震度分布（図-3参照）を用いる。同じ震度分布内での、道路閉鎖のパターンを1,000パターン発生させる。

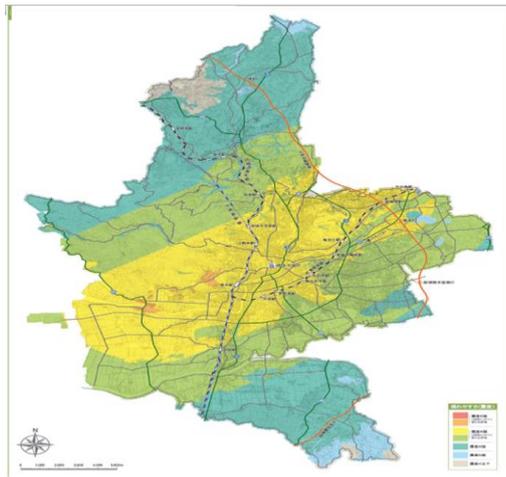


図-3 震度分布予測 (立田山断層地震)

表-1 震度別道路施設被害率

震度	原単位 (箇所/km)
震度 4 以下	—
震度 5 弱	0.016
震度 5 強	0.049
震度 6 弱	0.071
震度 6 強	0.076
震度 7	0.21

### 3. リンクの事前対策・復旧優先度指標

#### (1) 復旧シミュレーション

実際の道路網の復旧作業においては、複数の被災道路リンクを同時に復旧されることが想定される。しかし復旧道路リンクの組み合わせは膨大な数となるため、そのすべてを検討することは困難である。本研究では各復旧段階での復旧リンク数を1として復旧シミュレーションを行う。復旧順序は各復旧段階において復旧した際の移動距離減少による便益が最も大きい通行止めリンクから復旧する。通行止めリンクを復旧してもそれ以上便益が得られなくなった時点で復旧を終了させる。これを発生させた1,000パターンでの道路閉鎖パターンに対して行う。全てのゾーン間の移動は最短経路を通過して移動するものと仮定し、リンクの復旧前後の最短経路の差を移動距離減少分とする。到達不能になったノードに関しては通常時の最短経路の2倍の移動距離になっているとした。ノードが孤立する状況を生み出さないように配慮することで、全ノードを対象とした平均移動時間を計算できるようにしておき、閉鎖されたリンクを通らないと到達できないようなノードを含めたリンクの復旧優先順序の選定を可能としつつ、到達不可能なノードを早期に復旧することを優先させた

復旧順序を算出する。

#### (2) リンクの復旧優先度指標

ここで、1,000パターンのうち  $k$  番目の道路閉鎖パターンにおいて、あるリンクを復旧した際に得られる便益を  $D_i^k$  とする。これは、リンク復旧の際のゾーン間の移動の為の所要時間と移動距離の短縮を貨幣評価したものであり、次式で算出する。

$$D_i^k = \left( \alpha \cdot \frac{1}{v_i} + \beta_i \right) \cdot \sum_{o,d} (q_{iod} \cdot l_{iod}^k)$$

ここで、 $\alpha$  は時間価値原単位、 $\beta_i$  はリンク  $i$  の走行費用原単位、 $v_i$  はリンク  $i$  を走行する車の平均速度、 $q_{iod}$  はリンク  $i$  を通ってゾーン  $o$  からゾーン  $d$  へ行く交通量、 $l_{iod}^k$  : 道路閉鎖パターン  $k$  のときにリンク  $i$  が復旧した場合のゾーン  $o$  からゾーン  $d$  への移動距離減少分である。

リンクの復旧優先度を定めるために、各リンクの優先度を測る為の指標を設定する。ここでは、以下の便益に基づく指標  $B_i$ 、復旧順序に基づく指標  $O_i$  の2つの指標を設定した。 $B_i$  はあるリンク  $i$  が復旧した際の便益の累積を便益に基づく指標である。この指標は、リンクを復旧した際に得られる便益と地震時に通行止めになる確率がともに高いリンクほど大きな値となる指標であり、地震の事前対策の際に優先して対策すべきリンクの位置を特定することができ、次式とする。

$$B_i = \sum_{k=1} D_i^k$$

$O_i$  は、各パターンの復旧順位に対して指数関数的な重みを与え、その累積を評価する指標である。復旧した順序が早いほど高く評価される指標であり、地震直後に早期に復旧すべきリンクを特定することができ、次式とする。

$$O_i = \sum_{k=1} b_i^k \cdot e^{-o_i^k}$$

ここで、 $b_i^k$  は  $k$  番目のパターンにおいて、リンク  $i$  が復旧した場合には1、復旧しなかった場合には0をとる変数、 $o_i^k$  は、 $k$  番目のパターンにおいてリンク  $i$  が復旧した順序である。

これらの指標を用いて、対象地域のネットワークの震前対策と地震後の復旧の優先度の高いリンクの分析を行う。結果は発表時に示す。

#### 4. おわりに

今回紹介した道路の通行止め確率の決定方法は、通行止めが全て道路の被害によるものであると仮定したが、実際は橋梁の損傷や、土砂崩れなど、原因は様々であり、それぞれについて確率を設定すべきである。その為、これらの点についてはこれからの課題とする。