

パフォーマンス関数を用いたリダンダンシーモデルと  
災害対策の評価

京都大学大学院工学研究科 学生会員 寺田 健児  
京都大学大学院工学研究科 正会員 青山 吉隆

1. はじめに

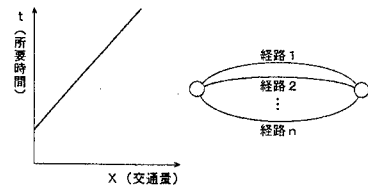
1995年1月の阪神大震災において、物資輸送の大部分を担っていた幹線道路ネットワークは、各地で寸断され麻痺状態となり、大きな混乱を招いた。このような経験から、現在、交通網計画においてリダンダンシー(冗長性)を確保することの意義や必要性が強調され始めている。しかし、簡便でなおかつ実用的なりダンダンシーの評価法については、客観的なものが定着していないのが現状である。そこで、本研究は、リダンダンシーを評価するための指標を明確に定義し、リンクの補強・増設による事前対策効果も含めたネットワークの評価手法を構築することを目的とする。

2. リダンダンシー解析におけるODパフォーマンス関数の利用

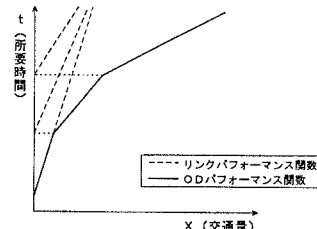
従来、道路網のリダンダンシーを評価する方法としては、「連結信頼度」の概念が多く用いられてきた。しかし、災害時においては、ある時間までに輸送すべき物資が存在するため、時間制約条件等を考慮に入れる必要があるものと思われる。本研究では、このため「時間信頼度」の概念(特定のノード間において、所与の時間内に目的地に到着できる確率)を利用し、さらにこの概念に、ODパフォーマンス関数の手法を組み込むことを提案する。このことにより、本手法は交通量配分および物資輸送のための諸条件を考慮に入れた上で、道路網のリダンダンシーを簡便に評価できるという特徴を持っている。

本来、パフォーマンス関数とは、図-1aのように、1本の道路についての交通量と所要時間との関係を表す関数である。しかし、図-1bのように、OD間に何本かの経路が存在する場合は、全てのリンクのパフォーマンス関数を重ね合わせることで、OD間を流れる全交通量と、OD間の所要時間との関係を表すことができる(図-1c)。すなわち、ODパフォーマンス関数とは、等時間原則配分によるワードロップ均衡時の全交通量と所要時間を1つの関数で表したものとして定義される。

また、ODパフォーマンス関数は、ネットワーク内のリンクが破壊されるとその形状が変化する、という性質を持っている。図-2において、Aで示した線は、3本の経路をもったOD間のODパフォーマンス関数を表しているが、ここである1本のリンクが災害時に破壊されると、関数は残りの2本のリンクの組み合わせとなり、図のA'の位置にシフトすることになる。なお、ODパフォーマンス関数は、所要時間と需要交通量の関係を表す交通需要関数と併用することによって、所要時間と交通量の需給均衡値を求めることのできる関数である。したがって、道路網上のリンクの破壊によって、ODパフォーマンス関数はシフトし、需給均衡値も移動することになる(図-2からは、リン



(a) リンクパフォーマンス関数 (b) 多経路基本ネットワーク



(c) ODパフォーマンス関数の形状

図-1 ODパフォーマンス関数の利用

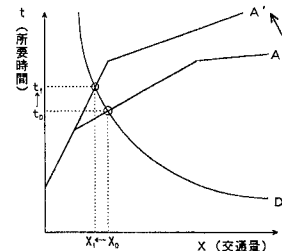


図-2 ODパフォーマンス関数のシフト

キーワード: リダンダンシー, パフォーマンス関数, 幹線道路ネットワーク

〒606-01 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5137 FAX 075-753-5759

ク破壊時に所要時間が上昇し、交通量が減少することが読みとれる)。この性質を用いれば、災害時における道路網への影響を簡便に求めることが可能となる。

3. ODパフォーマンス関数を用いた信頼度解析法

ODパフォーマンス関数は、OD間の各リンクが災害時に破壊される確率を与えれば、その形状も確率的に変化する。そこで、時間制約条件を設けた場合は、図-3aのようにその条件を満たしている範囲に需給均衡値が含まれる確率として、「時間信頼度」が定義される。すなわち、「時間信頼度」は基準となる時間( $t_A$ )以内に目的地に到着できる確率( $t \leq t_A$ となる確率)を表す指標である。また、同様に、物資輸送車両などの必要交通量を条件として設けた場合は、基準となる輸送量( $X_A$ )以上の交通流が再現される確率( $X \geq X_A$ となる確率)として、「物資輸送信頼度」なる指標を定義することも可能である(図-3b)。ただし図-3では、どちらの図も需給均衡点Bがそれぞれの基準を満たしていることを表している。

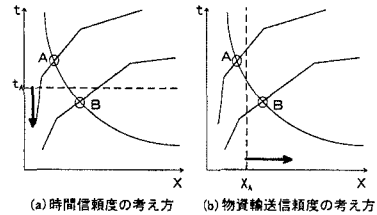


図-3 ODパフォーマンス関数による信頼度の定義

4. 災害時を考慮に入れた事前対策効果の評価法

筆者ら<sup>1)</sup>はすでに、交通量の上限值を設定することによって交通規制時の需要関数のモデル化を行い、(事後対策マニュアルをあらかじめ作成した場合の)交通規制による信頼度向上効果を算出する方法を提示した。このように本手法では、計算上必要なさまざまな条件を変化させることにより、災害時対策による信頼度の向上効果を解析することができる。特に、パフォーマンス関数などの条件を変化させた上で再計算を行えば、道路ネットワーク上のリンクを補強・増設したときの効果が算出可能となる。例えば、強度補強の場合は補強したリンクの破壊確率を低下(壊れにくく)させて、拡幅補強の場合はそのリンクパフォーマンス関数の形状を(容量が大きくなるように)変化させることにより、補強後の信頼度が算出される。また、増設後の信頼度は、増設リンクを含む新たなネットワークとして、ODパフォーマンス関数の再構成を行えばよい。

5. 単純なネットワークを用いた計算例

本研究では、以上の手法を用いて、大阪～神戸間の道路網を対象に信頼度の計算を行った。なお、ネットワークの形状としては、簡単のため、主要経路と3本の代替経路を用いた幹線道路網を使用した。また、ルートへの破壊確率は全て30%(強度補強を行ったリンクのみ10%)とし、時間信頼度基準は平常時の所要時間以内としている。計算上のその他の仮定は紙面では省略するが、表-1に示すような計算結果を得ることができた。ここでは、リンクの補強・増設といった事前対策によって、大きな信頼度向上効果が期待できることがわかる。

表-1 各信頼度と補強・増設効果の算出例

補強・増設の有無	時間信頼度	物資輸送信頼度
現状(補強なし)	54.9%	93.5%
リンク①補強	70.6%	97.8%
リンク②補強	60.8%	96.0%
リンク③補強	60.8%	96.0%
リンク④補強	60.8%	96.0%
全リンクを補強	87.5%	99.7%
リンク⑤を増設	78.8%	98.1%

(注) リンク① … 主要経路(高速道路)  
 リンク②～④ … 代替経路(国道等)  
 リンク⑤ … 新規(架空)の高速道路

6. 最後に

本研究の成果としては、ODパフォーマンス関数を用いて「信頼度」の定義を行ったこと、また、これにより、物資輸送における制限時間・必要車両数を考慮に入れた上で、幹線道路網の簡便な評価を可能にしたこと、さらに交通規制による事後対策効果の評価法に加えて、リンクの補強・増設等の事前対策の効果をあらかじめ算出するための手法を確立したことが挙げられる。なお、ここで挙げた各対策には、必要経費等の条件から難しいと思われるものも含まれているが、このような条件から、本手法の理論を災害時対策のコスト最適化問題へと発展させることが、今後の課題として考えられる。

<参考文献> 1) 寺田健児・青山吉隆: パフォーマンス関数を用いた都市間幹線道路網のリダンダンシーの評価法, 平成9年度関西支部年次学術講演会, 1997.5