

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○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リ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、車両規制等の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. 従来の研究と本研究の特徴

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（任意ノード間で、あるサービスレベル以上での走行移動が保証される確率）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、本研究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。

3. ODパフォーマンス関数の利用

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、当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定義される。

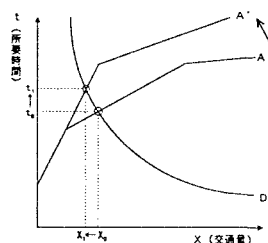


図-2 ODパフォーマンス関数のシフト

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

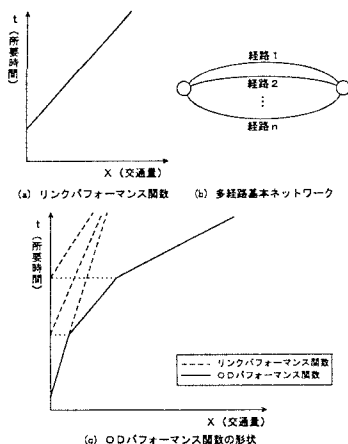


図-1 ODパフォーマンス関数の利用

なる(図-2 からは、リン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。

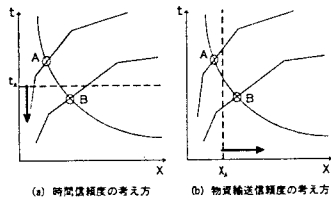


図-3 ODパフォーマンス関数による信頼度の定義

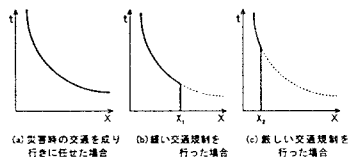


図-4 災害時交通需要関数のモデル化

4. 信頼度解析法と規制効果

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_0)以内に目的地に到着できる確率 ($t \leq t_0$ となる確率)を表す指標である。なお、今回の計算例には示していないが、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_0)以上の交通流が再現される確率 ($X \geq X_0$ 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。

また、同時に災害時の交通需要関数をモデル化することにより、本手法は交通規制時の効果をあらかじめ求めることが可能である。災害時の需要関数は、成り行きに任せた場合、平常時と似たような形状(主にグラビティモデル)で描くことができるが、交通規制を行った場合は、その形状も異なったものとなる。例えば、図-4 のように(a)災害時の交通を

成り行きに任せた場合、(b)緩い交通規制を行った場合、(c)厳しい交通規制を行った場合の3種類について、各時間信頼度を求めれば、その比較によって交通規制効果を知ることができる。(ただし図-4 において X_1, X_2 は規制交通量であり $X_1 > X_2$ とする。)

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、近畿地方の6府県の都市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、8種類のODペアを対象に、主要経路と2〜3本の代替経路を用いた幹線道路網を使用した。また、ルートの破壊確率は全て30%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、大阪〜神戸間のような交通需要の多いODペアほど、交通規制による大きな信頼度向上効果が期待できることがわかる。

表-1 時間信頼度の算出例(近畿6府県)

対象とするODペア	規制の程度		
	規制なし	緩い規制	厳しい規制
京都〜大阪	63.7%	70.0%	84.7%
大阪〜神戸	54.9%	78.4%	95.4%
大阪〜奈良	63.7%	70.0%	91.0%
京都〜大津	63.7%	70.0%	84.7%
大阪〜和歌山	49.0%	70.0%	91.0%
京都〜奈良	49.0%	70.0%	91.0%
京都〜神戸	70.0%	70.0%	70.0%
奈良〜和歌山	70.0%	70.0%	70.0%

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、本手法においては、破壊確率等の各種条件を変化させれば、リンクの補強・増設などの事前対策の効果を算出することも可能であり、各対策の必要経費等の条件から、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〉 若林拓史・飯田恭敬：交通管理運用策による道路システムの信頼性向上効果，土木計画学研究・講演集，No.14(2)，pp51〜54，1991.11