

道路ネットワークにおける信頼性を用いた連結性向上による便益評価手法の開発 及び金沢市道路ネットワークへの適用

金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 学生員 ○ 土倉 悟
金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 正会員 中山晶一郎
金沢大学 理工研究域環境デザイン学系 フェロー 高山 純一

1. はじめに

道路ネットワークのサービスの評価において、道路ネットワークの信頼性についての評価の重要性が高まっている。しかし、信頼性の概念は様々なものがあり、それらをまとめて評価することはこれまであまり実施されてこなかった。本研究では道路の信頼性として代表的な時間信頼性と連結信頼性を取り上げる。そして、それら時間信頼性と連結信頼性を統合した期待総旅行コストを定義し、時間信頼性と連結信頼性の統合評価方法を提案する。この2つの信頼性を評価することができる確率的な均衡配分を用いて、道路ネットワークのリンク追加による便益向上を評価する方法を構築する。さらに、金沢市道路ネットワークに適用することで構築した統合評価法や配分モデルの利用可能性などを考察する。

2. 道路ネットワークの信頼性

道路交通の信頼性とは、道路交通サービスを安定的に提供する能力のことである。本研究では、道路交通の信頼性として時間信頼性と連結信頼性の2つを統合して評価するモデルを形成していく。

(1) 時間信頼性

時間信頼性とは、所定の時間以内に目的地に到着できるかを評価するものである。本研究では、時間信頼性の指標として多くの人にとって分かりやすい経路旅行時間の95%タイル値を用いることとする。

経路旅行時間はリンク旅行時間の和であるが、各リンクの旅行時間や交通量には相関があるため、その経路を構成する全てのリンクの旅行時間の同時確率密度関数が分からないと計算ができない。そこで、近似的に経路旅行時間の95%タイル値を計算する方法として以下の3つの仮定を置く。

a) 正規分布 1

経路旅行時間が通常の正規分布に従うとした場合

b) 正規分布 2

経路旅行時間関数を交通量の平均値($E[\mathbf{x}]$) 周りに 1

次のテイラー展開したものが正規分布に従うとした場合

c) 対数正規分布

経路旅行時間が対数正規分布に従うとした場合

(2) 連結信頼性

連結信頼性とは、リンク機能障害が確率的に発生するとしたとき、リンク障害の影響を受けずに目的地に到着できる確率を評価するものである。

本研究では、平常時における道路ネットワークの連結信頼性を評価する。平常時においても交通事故、道路工事等により各リンクにはそれぞれ独自の信頼度を定義できると考えられる。そこで、各リンクの信頼度を連結確率と定義し、各リンクの連結確率により OD 間の連結確率を算出する。具体的にいうと、均衡配分で列挙された経路を対象にミニマル・パス法の概念を用いてモンテカルロ法により OD 間連結確率を算出する。

3. 信頼性指標を取り入れた便益算定式

本研究では、時間信頼性と連結信頼性を統合したコスト算定式を定義して、それを基に環状道路整備による便益の向上を算定する。

連結信頼性の便益評価をするためには、総旅行コストにおいてトリップが行えないことを表すコストを定義する必要がある。基本的な考え方は以下の式の通りである。

$$\sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q^{rs} [\pi^{rs} \lambda^{rs} + \kappa(1 - \pi^{rs})] \quad (1)$$

ここで、 q^{rs} : OD ペア rs 間の交通需要 (の平均値)、 π^{rs} : OD ペア rs 間が連結されている確率、 λ^{rs} : OD ペア rs 間が連結されている場合のコスト、 κ : トリップキャンセルコストである。

OD ペア rs 間が連結されている場合はトリップを行うのか取り止めるのかの両方を選択できる。その場合の便益指標としてのログサム変数、つまり最小コスト

の期待値は $-\ln[e^{-\theta\lambda^{rs}} + e^{-\theta\kappa}]/\theta$ として与えられる．よって式(1)にログサム変数を代入すると

$$-\frac{1}{\theta} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q^{rs} \pi^{rs} \ln[e^{-\theta\lambda^{rs}} + e^{-\theta\kappa}] + \kappa \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q^{rs} (1 - \pi^{rs}) \quad (2)$$

が得られる．トリップを行う場合のコストは

$$\lambda^{rs} = -\frac{1}{\theta} \ln \left[\sum_{k \in K_{rs}} e^{-\theta c_{95,k}^{rs}} \right] \quad (3)$$

として与えることができる．ただし， $c_{95,k}^{rs}$ ：OD ペア rs の経路 k の旅行時間の 95%タイル値である．

以上をまとめると，信頼性向上便益算定のための総コストは以下の式となる．

$$-\frac{1}{\theta} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q^{rs} \pi^{rs} \ln \left[\exp \left(\frac{\theta}{\theta} \ln \left[\sum_{k \in K_{rs}} e^{-\theta c_{95,k}^{rs}} \right] \right) + \exp(-\theta\kappa) \right] + \kappa \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q^{rs} (1 - \pi^{rs}) \quad (4)$$

4. 金沢市道路ネットワークへの適用

前章で述べた信頼性統合評価法により金沢市道路ネットワークの山側環状道路建設の便益向上を算出する．交通量データは平成 7 年度第 3 回金沢都市圏 PT 調査より得られる朝 7 時台のものをを用いる．各リンクの連結確率を 0.98, 各 OD のトリップキャンセルコスト κ をその OD の最小経路旅行時間 $\times 3$ と設定する．

金沢市道路ネットワークにおける山側環状道路整備による便益算出結果を表-2, 図-4 に示す．結果は平均値を用いた通常の方法では山側環状道路整備により総旅行コストが約 400 (万円) の減少, 95%タイル値では約 518 (万円) の減少となった．なお, これは平日の朝 7:00~8:00 の 1 時間分での便益である．

5. まとめ

本研究では, 道路の信頼性として代表的な時間信頼性と連結信頼性を取り上げ, それら時間信頼性と連結信頼性を含めた期待総旅行コストを定義し, 時間信頼性と連結信頼性の 2 つの信頼性を統合した道路整備等の便益評価方法を提案した．また, 信頼性を評価することができる確率的な均衡配分から得られた経路旅行時間の 95%タイル値などを用いて, 道路ネットワークのリンク追加による便益向上を評価する方法を構築した．そして, 金沢市道路ネットワークでの山

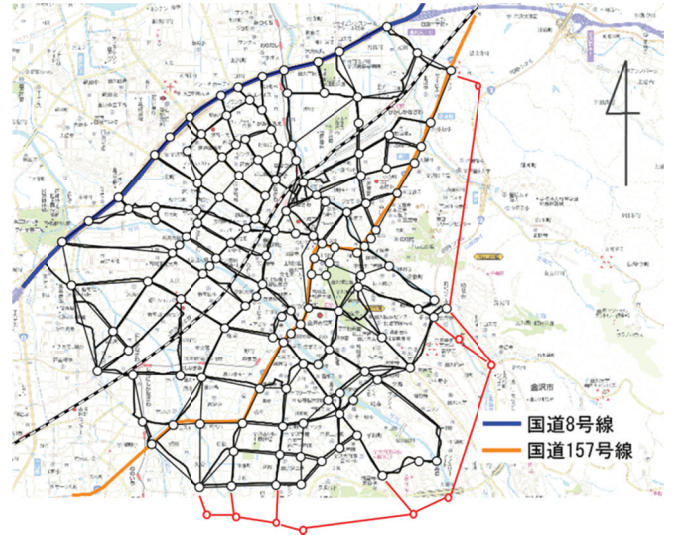


図-1 対象とする金沢市道路ネットワーク

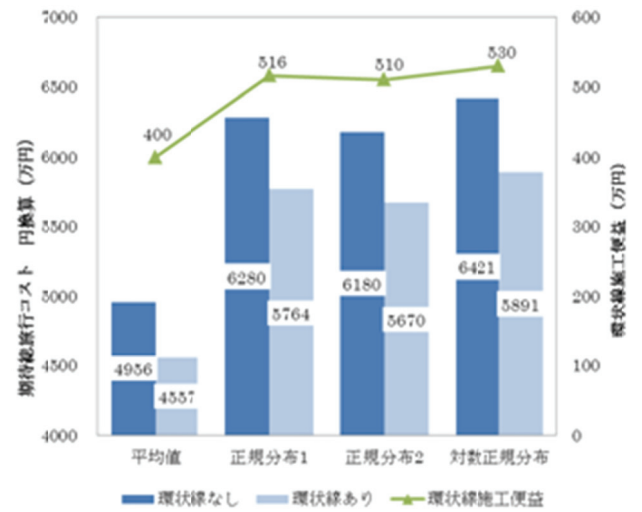


図-2 金沢市道路ネットワーク便益計算(万円)

側環状道路の整備によって発生する便益の算出を時間信頼性と連結信頼性を含めて行った．

今後の課題としては, より精密に便益を評価するための様々な推定が必要である．ネットワークのリンクの途絶確率の推定方法の確立, 金沢市道路ネットワークでのトリップキャンセルコストの推定, 時間信頼性として何%タイル値が適切であるのかの決定などである．

参考文献

- 1) 中山晶一郎：道路の時間信頼性に関する研究レビュー，土木学会論文集 D3(土木計画学)，Vol.67, No.1, pp.95-114, 2011.
- 2) 今村悠太，中山晶一郎，高山純一：旅行時間のパーセンタイル値に基づく利用者均衡配分モデルによる信頼性評価法とその金沢市道路ネットワークへの適用，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 67, No. 5, pp. I_625-I_634, 2011.12.