

IV-210

交通量変動に起因する道路網の所要時間信頼性評価

大阪府立工業高等専門学校 正員 若林 拓史
京都大学工学部 正員 飯田 恭敬

1. はじめに

信頼性の高い道路網は、地震等の自然災害や交通事故、工事等の日常的障害が発生しても、常に安定した交通サービスを提供できる。このため、今後の道路計画や交通の管理・運用計画にとって、信頼性は道路網整備水準あるいは運用基準を表す有用な指標になると考えられる。

道路網の信頼性は大きく分けて2つの方法で定義できる。1つは、連結性の指標であり、もう1つは時間信頼性である。連結信頼性とは、所与の期間中、道路網の任意のノード間において、あるサービスレベル以上での走行移動が保証されるかどうかを表す確率的指標と定義される。この信頼性は代替性の指標であり、ある経路が通行不能となっても、代替経路が確保されて円滑に目的地へ到達できる程度を表している。一般利用者のみならず、緊急自動車の活動等に対する日常的な道路の整備水準や管理運用水準を表す指標となる。時間信頼性とは、所与の時間で目的地へ到達できる確率あるいは、ある確率で到達可能な走行所要時間の上限値(最大許容所要時間)である。この信頼性は、所要時間の安定性を示す指標であり、道路利用者に対し所要時間の正確性と迅速性の情報を提供する。連結信頼性および時間信頼性とも、現在の道路網のサービス水準を評価するための重要な指標である。本研究では、信頼性が交通量の変動に起因すると仮定し、所要時間の信頼性を考察する。その際、リンク間での交通量変動が独立な場合と相関をもつ場合とを想定し、両者の結果を比較する。さらに、ネットワークに一方通行策を導入した場合の信頼性向上効果を考察する。

2. 交通量変動の記述と所要時間変動への変換

本研究では、リンクフローの需要変動が平均 $\bar{v}_a$ 、分散 σ_a^2 の正規分布 $N(\bar{v}_a, \sigma_a^2)$ に従うと仮定する。また、分散が簡単に算出可能であれば有用であるため平均フロー $\bar{v}_a$ で規準化された変動係数を被説明変数とする次のような負の指数型の関係式を用いる¹⁾。

$$COV = \sigma_a / \bar{v}_a = \alpha \cdot \exp\{-(g + \delta) \cdot \beta\} + \gamma \cdots (1)$$

ここに、 COV : 変動係数、 g : 混雑度(交通量 $\bar{v}_a$ /交通容量 C_a)、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$: パラメータである。

次に、交通量の変動を所要時間の変動へと変換する。所要時間は、B.P.R.関数で与えられる。

$$t = t_0 \cdot \{1 + r \cdot (\bar{v}_a / C_a)^k\} \cdots \cdots (2)$$

ここに、 t : 所要時間、 t_0 : 自由走行時所要時間、 r, k : パラメータである。所要時間の確率密度関数は、同じ交通状態での交通量に関する確率と所要時間に関する確率とが等しいという条件から、

$$g(t) = f(x) \frac{dx}{dt} \cdots \cdots (3)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{C^\beta}{\alpha \cdot t_0 \cdot \beta \cdot v^{\beta-1}} \cdots \cdots (4)$$

$f(x)$: リンクフローの確率密度関数、

$g(t)$: 所要時間の確率密度関数

によって得られる。

3. 時間信頼性の評価

本研究では時間信頼性を、「ある確率で到達できる所要時間の最大値」と定義する。本研究では、交通量変動はリンク単位で与えている。信頼性解析では、リンク間での独立性を前提に議論した方が取扱いが容易である。一方、現実の道路網では、交通量変動はリンク間で相関性があるのが一般的である。そこで本研究では、経路上のリンク間の交通量変動に独立性を仮定した場合と、完全な相関性を仮定した場合とを比較する。対象ネットワークは、図-1に示す京都市道路網(1985年時点)である。

(1) リンク間での交通量変動が独立である場合

ODペア ij 間の所要時間は、経路上のリンク所要時間の線形和で表される。リンク間での交通量変動に独立性を仮定でき、かつリンクの所要時間の確率密度関数が正規分布で近似できる場合には、OD間所要時間の確率密度関数も正規分布で近似できる。この方法では、各リンクの所要時間の平均と分散が求められれば、正規分布の線形結合でOD間所要時間の確率密度関数を求められるという大きな計算上の利便性がある。そこで、本研究では、種々のOD

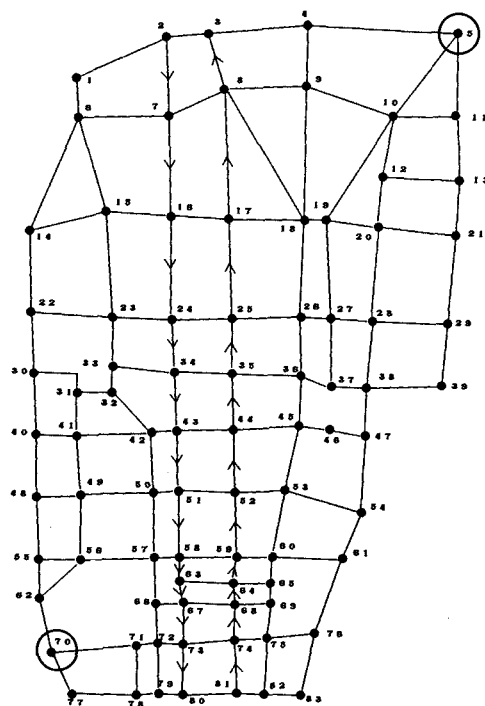


図-1 対象ネットワーク・ODペアと一方通行策の導入

ペアを対象に、最短経路および上位数個の n 番目最短経路を取出し、それぞれのリンクの所要時間の分布を正規確率紙を用いて検討した。その結果、交通量が交通容量を大きく上回らない場合には所要時間の分布は正規分布と近似してよいことがわかり、本計算ケースでは対象とする全リンクに正規分布性を適用できることがわかった。この方法によって、図-1に示すODペアの最短経路に対する所要時間-確率曲線をプロットしたのが、図-2である。

(2) リンク間での交通量変動に完全な相関性がある場合

現実には交通量は、リンク間である程度の相関をもって変動していると考えられる。ここでは、リンク間での交通量変動に完全な相関性がある場合を仮定し、独立性の仮定による結果と比較する。

計算方法は、経路上のリンク毎に、「確率 p で到達できる所要時間の最大値」を離散的に計算し ($p = 0.1, \dots, 0.9$)、 p 毎の線形和でOD間の所要時間-確率曲線を求めた。

(1)の結果と比較すると、独立性の仮定による結果の方が所要時間の分散が小さく算出されている。こ

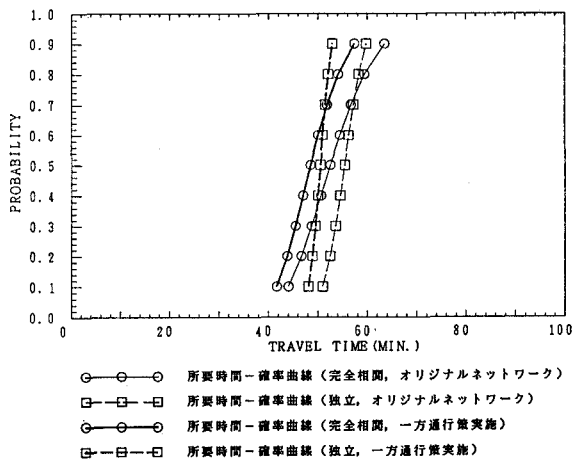


図-2 ノードペア(5,70)の最短経路の所要時間信頼性

れは、正規分布の線形和を計算する際の計算上の特性によるものである。図-1で対象としたノードペアでは、到達確率が0.1の場合には、完全相関を仮定した所要時間は約44分であり、独立性を仮定したときの約51分よりも7分小さな値である。また、到達確率が0.9の場合には、前者は約64分であり、後者の約59分よりも5分大きく算出されている。このように両者の差は、最大約16%である。両者の所要時間が一致するのは確率0.5よりも大きいところであるが、これは、近似計算に起因する誤差であると考えられる。他のODペアおよび n 番目経路に対する誤差もほぼ同様、あるいはそれ以下であった。このように、上記程度の誤差あるいは絶対差であれば、実用上(1)と(2)の差は小さく、独立性を仮定した計算の利便性を追求しても、所要時間の信頼性解析は可能であると考えられる。

4. 一方通行策導入による所要時間信頼性向上効果

本研究で開発した方法は、経路フローの変化にも対応できる方法である。そのため、代替案比較や予測にも利用できる。その一例として、同一道路網に一方通行策を導入した場合を計算してみた(図-2 太線)。このように、本研究で開発した方法では、ネットワークの交通管理運用策による信頼性向上効果が評価でき、将来の交通計画に対して有用な情報を提供できると考えられる。

参考文献：1) 若林拓史・飯田恭敬・井上陽一：交通量変動に着目した道路網のリンク信頼度の推定法，土木学会第45回年次学術講演会概要集第4部，pp.116-117,1990。