Ⅳ－43　交通量変動に着目した道路網のリンク信頼度の推定法

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
ＪＲ東海　正員　井上陽一

１．はじめに

道路網信頼性解析では，リンク信頼度からノード間信頼度を知ることと同様に，リンク信頼度をリンクや交通の特性からいかに知るかが重要となる．本研究では，リンク信頼度を，リンクへの需要がリンクの交通容量を超えない確率と定義し，交通流の確率変動を仮定してリンク信頼度を推定する方法を提案する．具体的には，リンクフローの需要変動の平均値と分散からリンク信頼度を推定するモデル構造とする．そのため，本研究の前半部分では，ＯＤフローを確率的に変動させ，交通量配分を繰り返すことによってリンク需要フローの変動パターンを知る．この変動パターンより，リンク信頼度は推定可能であるが，①シミュレーションによる計算量が膨大となる，②実際の道路網においては，常時観測地点以外はリンクのフロー変動のみならずフロー値を捕捉することすら困難である，③将来予測では交通需要の平均値を知ることはできてもその変動まで知ることは困難である，等の問題点がある．そこで，本研究の後半部分では，リンクフローの需要の平均値から分散を推定するモデルを構築する．そして，リンク需要フローの平均値と推定された分散から，リンク信頼度を計算する．シミュレーションから直接観測されたリンク信頼度と比較し，モデルを検証する．

２．交通量変動記述のためのシミュレーションとリンクフローの正規分布性

リンク信頼度は，定常状態である数時間の時間帯を単位として捉える．そのため，交通量配分はこれに整合させて行う必要がある．ところが，時間帯毎の日変動データの入手は一部を除いて困難であることから，配分シミュレーションにより交通量の変動を人工的に作成した．基本となるＯＤ交通量T_{ij}を作成し，正規乱数εおよびε_{ij}（平均０，分散σ^2）から確率的に変動するＯＤ交通量X_{ij}を発生させる．交通量変動パターンは次の３種類である．

① 完全相関型　$X_{ij}=(1+\varepsilon)T_{ij}$

② 完全無相関型　$X_{ij}=(1+\varepsilon_{ij})T_{ij}$

③ 相関変動型　$X_{ij}=(1+\varepsilon)(1+\varepsilon_{ij})T_{ij}$

ここに，①と②は両極端な変動パターンであるといえる．現実は，①と②の中間に位置すると考えられる．③では，各ＯＤ交通量は，総交通量の変動に依存するが，その変動はＯＤペアによって異なることを表現している．交通は社会的活動の派生的現象であることから，この変動パターンは比較的現実を表していると考えられる．以上の３パターンにより，変動パターンの仮定によってネットワーク上にどのような交通状態が現出するかの一般的傾向を分析できる．ＯＤ交通量の各変動パターン，総交通量，分散σ^2を変化させ，各ケース毎に交通量配分を多数回行い，計算された諸交通指標を記録する．

リンク上での需要フローV_aの変動に対し，正規化$g=V_a/C_a$（C_a:交通容量）を行って混雑度gの確率密度関数$f(g)$を得ると，リンク信頼度r_aは，

$$r_a = \int_0^1 f(g)dg \qquad (1)$$

として得られる．リンクフロー変動に正規分布を仮定すると，種々の変動パラメータに対し図-1のようなリンク信頼度が得られる．

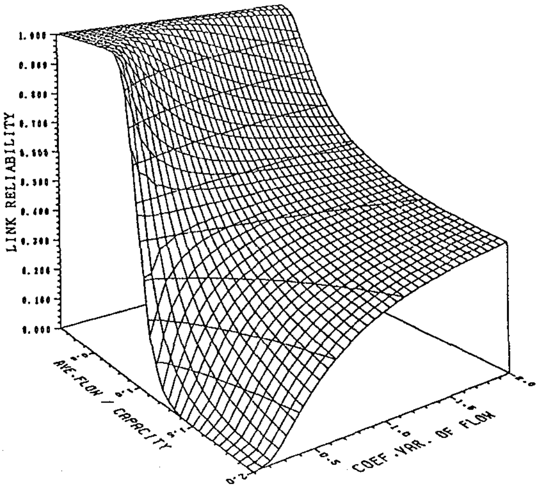

図-1　リンクフロー変動に正規分布を仮定した場合のリンク信頼度

交通挙動が，Flow Independentである場合には，リンクフローの分布形は解析的に特定できる．しかし，Flow Dependentの場合にはＯＤフロー変動に正規分布を仮定してもリンクフローが正規分布となるかどうかは明らかでない．そこで，χ^2検定によりその正規分布性を検討した(結果は省略)．

３．リンクフローの分散の推定モデル

前節で示したように，リンクフローの正規分布性が仮定できるならば，リンクフローの平均と分散より，リンクのフロー分布関数を特定でき，リンク信頼度は式(1)で求めることができる．さらに，先述の理由により，リンクフローの分散を簡単な方法で計算できれば非常に有効であると考えられる．

本研究では，リンクの混雑度がフロー変動に与える影響を明示的に考慮するため，平均フロー$\overline{V_a}$で規準化された変動係数（$\sigma_a/\overline{V_a}$）を被説明変数とする次のような負の指数型の関係式を提案する．

$$\mathrm{COV} = \alpha \cdot \exp\{-(g+\delta)\cdot\beta\} + \gamma \qquad (2)$$

ここに，$\alpha,\beta,\gamma,\delta$はパラメータであり，$g$は混雑度，COVは変動係数である．このモデルにより変動係数が求まれば，それに平均を乗じてフローの分散を求めることができる．パラメータ推定を，２．と同様にＯＤ交通量の各変動パターン，総交通量，分散σ^2を変化させて行い，モデルとシミュレーションからそれぞれ得られる変動係数と分散の比較および，パラメータの安定性を分析した．

以下に述べるように，この分析により，ＯＤフロー変動のパターンの違いがリンクフローの変動係数の特性に及ぼす影響がわかる．

①のパターンでは，変動係数の値は混雑度の大小にかかわらずほぼ一定となる．この理由は，総交通量の変動とともにすべてのＯＤフローが同時に増減するため，リンクフローの変動はFlow Independentに近いものとなり，そのため，各リンクフローの変動の様子は似通ったものとなって変動係数がほぼ一定値となるものと推測される．そのかわり，これに平均交通量を乗じて得られる分散は，ほとんど交通量に依存する値となるので分散の相関係数はきわめて1.0に近くなり，見かけの精度はきわめてよくなる．

②では，各ＯＤフローの変動の影響がリンク上で打ち消し合うと考えられ，リンクフロー値はほぼ一定となる．このため，同じ総交通量のもとでも変動係数は，①に比べて小さくなることがわかった．またこの場合には，混雑度と変動係数間に明らかな逆相関関係がみられ，「混雑しているリンクのフローは容量によって抑えられ，自由に変化できない」という一般的に知られている事実と一致する．

③では，総交通量の変動がリンク上での変動にも現れるため変動係数の大きさは①に近い．混雑度と変動係数間に逆相関関係がみられる点では②に近い．

分散の推定に関する相関係数は，②では0.88程度，①と③では1.0に近く，平均フローから分散を求める本モデルは有効であるといえる．

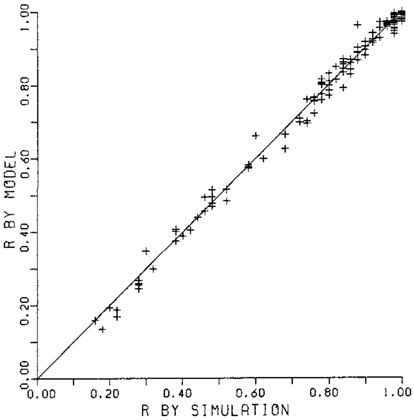

図-2　モデルとシミュレーションから得られるリンク信頼度の相関図（相関変動型，$\sigma^2=0.1$，相関係数＝0.997）

４．交通量変動によるリンク信頼度推定モデル

次に，リンクフローの需要の平均値と，これより推定された分散とからリンク信頼度を求める．このモデルの精度を検討するため，シミュレーションから直接得られるリンク信頼度(リンクａで$g\leqq 1$であった回数／試行回数)との比較を行った．相関係数は0.941～0.998と良好であった．相関図を図-2に示す．

５．まとめ

実際の道路網を対象とした信頼性解析や将来の交通計画では，交通量変動の捕捉が困難であるので，交通量配分から得られる平均的需要交通量と交通容量からリンク信頼度を推定できるモデル構造は有用である．本モデルと，リンク信頼度からノード間信頼度を推定する信頼性解析法とを結合させることにより，交通フローを明示的に考慮した道路網信頼性解析法を構築でき，交通制御や規制等の道路網管理運用策の検討に利用可能となる．