

OD 交通量変動の伝達機構の分析とリンク信頼度推定法*

Propagation Mechanism of OD Flow Variation and Effective Method for Estimating Link Reliability

中川真治[†]・若林拓史[†]・飯田恭敬[§]

By Shinji Nakagawa, Hiroshi Wakabayashi and Yasunori Iida

1. はじめに

道路網に対する人々のニーズは高度化しており、人や物資の移動に供するという機能を高度な水準で果たしうべき道路網が必要と考えられる。これからの道路網の整備水準指標としては、道路延長や整備率に代表される従来の量的指標だけでは不十分であり、これらを補完するための道路網の提供する交通サービスの水準を質的に評価する指標が必要である。その中でも、信頼性の高い道路網は安定した交通サービスを利用者に提供することができる。本研究では、道路網の新しい整備水準指標として信頼性を取り上げ、道路網信頼性解析の入力変数として必要なリンク信頼度の簡便かつ有効な推定方法について考える。

道路網信頼性には、代替性の指標である連結信頼性と所要時間の安定性の指標である時間信頼性という2つの考え方がある。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の走行移動が保証される確率的指標と定義される。一方、時間信頼性とは、ある所定の時間内に目的地に到達できる確率、もしくは、ある所定の確率で目的地に到着することのできる走行時間の上限值(最大許容所要時間)と定義することができる¹⁾²⁾。連結信頼性には計算結果と利用者にとってのサービスレベルとの間の関連付け、時間信頼性には標準的な所要時間の設定方法という問題が存在するが、ともに道路網の整備水準を質的に評価できる有用な指標である。本研究では、道路網をネットワークシステムとして捉え、システム工学における信頼性グラフ解析(Reliability

Graph Analysis, RGA)に基づいて道路網の連結信頼性(以下では単に信頼性と記す)について考える³⁾。

RGAに基づく道路網信頼性解析では、①個々のリンク信頼度を推定するというステップと②リンク信頼度からノード間信頼度を推定するというステップという2つのステップが必要である。しかし、道路網のような大規模システムにおける信頼性解析には以下のような問題が存在する。①のステップにおいては、交通状態の観測に要する手間と膨大な観測データの処理という問題、②のステップにおいては、大規模システムのシステム信頼度の計算が困難という問題が存在する。このうち、後者の問題に関して、飯田・若林・吉木⁴⁾は、ノード間信頼度の近似計算法として交点法を提案した。交点法は、交通工学的に意味のあるパス・カットを用いて、ノード間信頼度の高精度の近似値を比較的短時間で求めることができるという利点を有する。そこで、前者のリンク信頼度の有効かつ簡便な推定方法を開発することにより、大規模システムである道路網に適した信頼性解析法を構築することができる。

若林・飯田・井上⁵⁾は、OD交通量を変動させて行った交通量配分シミュレーションの結果からリンク信頼度の推定方法を誘導・提案した。この推定方法の概略は、

- ① 交通量配分によりリンクの平均需要交通量を求める。
- ② リンク需要交通量の変動係数を関数モデルを用いて推定する。
- ③ リンク交通容量に対する非超過確率として定義したリンク信頼度を推定する。

というものであり(詳細は後述)、1回の交通量配分結果を用いてリンク信頼度を推定できるという簡便さに特徴がある。特に②について、上に挙げた論文では、OD交通量の変動が正規分布にしたがうと仮定すると、

* keywords: 信頼性, 代替案比較, 交通量変動

[†] 正会員 工修 信州大学工学部助手 社会開発工学科 (〒380 長野市若里500 Tel.0262-26-4101 Fax 0262-23-4480)

[‡] 正会員 工博 名城大学教授 都市情報学部都市情報学科

[§] 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

リンク需要交通量の変動も正規分布として近似できることを明らかにした上で、リンク需要交通量の変動係数を推定する関数モデルを提案した。この関数モデルには、OD 交通量の変動パターンに依存するパラメータが含まれる。したがって、簡便かつ有効なリンク信頼度推定方法を構築するには、この関数モデルのパラメータを推定する方法を開発することが必要である。そのためには、まず第1に、上に示したリンク信頼度推定方法に存在する未解決の課題を整理し、解決することが必要である。

以上より、本論文は以下のような構成とする。まず、上述のリンク信頼度推定方法について概説するとともに、その実際面への応用に際して生じる課題について整理する。次に、リンク需要交通量の変動係数を推定する関数モデルに含まれるパラメータについて考察する。さらに、これらパラメータの推定方法の開発を念頭に置いて、OD 交通量変動のリンクへの伝達機構を解析的に分析し、OD 交通量変動とリンク需要交通量変動の関係を示すモデルを提案する。以上によって、リンク信頼度推定方法の実際面への応用に関する知見を得るのが本研究の目的である。

2. 交通量変動に起因するリンク信頼度の推定方法

(1) リンク信頼度推定方法

ここでは、配分シミュレーションの結果を用いて構築した上述のリンク信頼度推定法について説明する⁵⁾。このリンク信頼度推定法では、リンク信頼度の定式化にあたり、以下の4つの仮定を設ける。

- i) リンクの信頼性は時間交通量の日変動に起因するものと仮定し、リンク信頼度は“リンクへの需要交通量が当該リンクの交通容量を超えない確率”と定義する。
- ii) リンク需要交通量はOD 交通量の変動にしたがって確率的に変動する。
- iii) OD 交通量の変動は正規分布にしたがう。
- iv) リンク交通容量は与件であり、一定値とする。

ここで、リンク信頼度を推定するために、交通量配分によって得られるリンク需要交通量を用いる理由は以下の通りである。このリンク信頼度推定法では、交通量変動に起因する渋滞・非渋滞がリンク信頼度を規定すると考える。この際、リンクへの交通需要を捉え

る必要があるが、交通量－密度関数の二価性の問題があるので観測交通量から需要交通量を捉えることには問題がある。そこで、需要交通量と観測交通量を区別して考え、交通量配分によって得られるリンク需要交通量に基づいてリンク信頼度を推定する。

リンク需要交通量の変動を分析するための交通量配分シミュレーションでは、OD 交通量 X_{ij} を以下に示す3つの変動パターンにしたがって変動させる。

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

$$\text{無相関型 } X_{ij} = (1 + \varepsilon_{ij}) \cdot T_{ij}$$

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

ここに、 T_{ij} はOD ペア i, j 間の平均OD 交通量である。また、 ε は全OD ペアに共通な変動を表し、 ε_{ij} は各OD ペアに固有の変動を表す、ともに平均0.0の互いに独立に変動する正規乱数である。OD 交通量の変動は、これら3つのパターン各々について、 T_{ij} は基準OD 交通量 $\bar{T}_{ij}^0$ (ネットワークが比較的空いている状態で、最も混雑しているリンクでも混雑度は0.9程度)、その1.2倍、1.4倍と変化させ、それぞれの T_{ij} に対して ε 、 ε_{ij} の標準偏差がともに0.1、0.3の合計6つのケースを設定する。

以上の仮定に基づき、配分シミュレーションの結果を用いた交通量変動分析に基づいて得られたリンク信頼度推定プロセスは以下の通りである。

- ① 平均OD 交通量を用いて交通量配分を行い、リンク需要交通量の平均値 $\bar{v}_a$ を求める。ここに、 a はリンク番号を表す。
- ② 次の関数モデルを用いて、リンク需要交通量の変動係数 COV_a を推定する。
$$COV_a = \alpha \cdot \exp \left\{ -\beta \cdot \left(\frac{\bar{v}_a}{C_a} + \delta \right) \right\} + \gamma \quad (\text{Eq.1})$$
ここに、 C_a はリンク交通容量である。ただし、4つのパラメータ $\alpha \sim \delta$ は、OD 交通量の変動における平均OD 交通量と変動パターンに依存する値である。
- ③ ①及び②で求めたリンク需要交通量の平均値 $\bar{v}_a$ と変動係数 COV_a の積としてリンク需要交通量の標準偏差 σ_a を求める。
- ④ リンク需要交通量の正規分布 $N(\bar{v}_a, \sigma_a^2)$ の確率密度関数 $f_a(v_a)$ を用いて、次式によりリンク交通容量に対する非超過確率としてリンク信頼度 r_a を推

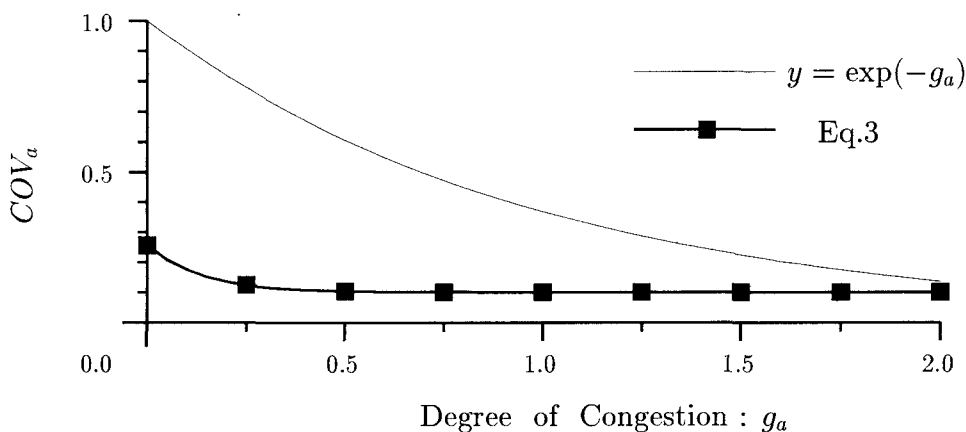


図-1 リンク需要交通量の変動係数モデル

定する。

$$r_a = \int_0^{C_a} f_a(v_a) dv_a \quad (\text{Eq.2})$$

このリンク信頼度推定法を用いると、入手を要する交通量の観測やデータ解析によらず、1回の交通量配分計算に基づいてリンク信頼度を推定することができる。そのため、将来の交通管理運用策の意思決定のための代替案比較のように、入手可能なデータに制約がある場合には特に有効な推定方法と考えられる。

(2) 実際面への応用についての課題

前節で説明したリンク信頼度推定法を実際面に応用するには、検討及び解決を要する課題がいくつか存在する。ここでは、その中で特に重要と思われる課題について整理する。

(a) 交通量変動特性に関する実証的分析

上述したリンク信頼度推定法は、交通量配分シミュレーションの結果に関する交通量変動分析に基づいて誘導された方法である。したがって、Eq.1の実証的立場からの妥当性を検討する必要がある。ただし、前節で述べたように、観測値からリンク信頼度を決定しようとする、交通量の二価性の問題から、渋滞のひどい道路網を対象としての実証的分析はできない。つまり、観測交通量が需要交通量に比較的近いと思われる道路網を対象としてのみ実証的分析が可能である。渋滞のひどい道路網については、観測回数と渋滞回数及び交通容量の多少の超過を許容する交通量配分とから実証的に分析できる。

(b) パラメータの移転可能性の検討とその推定方法

リンク需要交通量の変動係数推定モデル Eq.1には、4つのパラメータ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ が含まれる。前節で述べたように、これらのパラメータを決定するには、OD交通量の変動パターンを明らかにする必要がある。しかしながら、OD交通量の変動パターンを観測するのは、実際には非常に困難であること、仮に、観測可能としても、リンク信頼度推定モデルの簡便性を損なう手間がかかることを考えると、リンク需要交通量の変動係数モデルは簡便で移転可能性の高いものである必要がある。例えば、OD交通量変動が平均値からどの程度の範囲で生じているのかを大体把握すれば、リンク需要交通量の変動係数を推定することができるようなモデルであれば望ましい。

そこで、パラメータ $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ の移転可能性に関する分析が必要である。さらに、これらのパラメータの推定方法について検討する必要がある。特に、リンク信頼度推定法がOD交通量の変動を前提とすることから見て、パラメータの推定方法の構築には、OD交通量変動とリンク需要交通量の変動の関係についての分析が必要と考えられる。

(3) まとめ

本章では、交通量変動に起因するリンク信頼度の推定方法とその課題について述べた。有効で簡便なリンク信頼度推定方法を構築するためには、交通量変動に関する詳細な実証的分析が必要である。しかし、実証的分析の対象を明確にしておく必要がある。そのためには、本章で説明したリンク信頼度推定モデルの課題

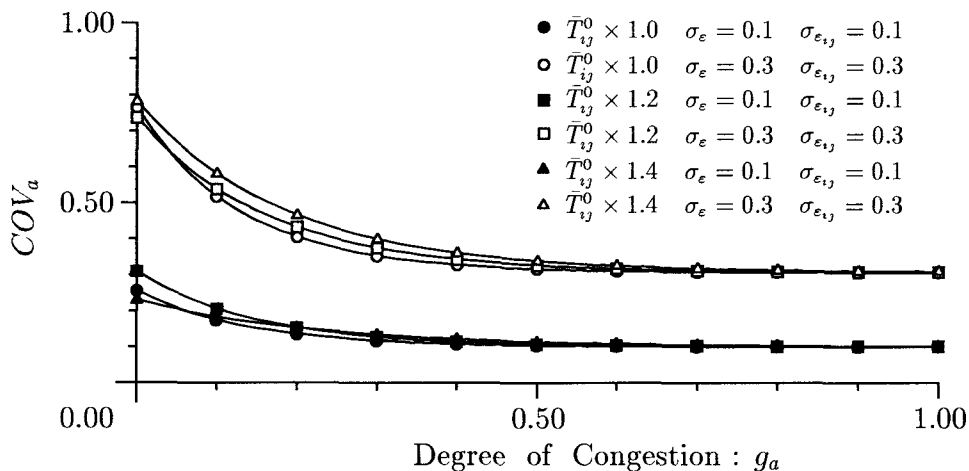


図-2 リンク需要交通量の変動係数推定モデル(相関変動型6 ケース)

に関する検討が必要である。そこで以下では、(b)で述べた課題に注目して、関数モデルEq.1のパラメータの式中での位置付けと移転可能性、及び、OD 交通量変動のリンクへの伝達機構について検討する。さらに、これらの項目に関するの検討結果を踏まえて、リンク需要交通量の変動係数推定モデルのパラメータ推定方法についての提案を行う。

3. リンク需要交通量の変動係数推定モデルのパラメータ

(1) 本モデルのパラメータの位置付けについての考察

Eq.1は次のように変形することができる。

$$\begin{aligned} COV_a &= \alpha \cdot \exp \{-\beta (g_a + \delta)\} + \gamma \\ &= \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot \delta) \cdot (-\beta \cdot g_a) + \gamma \\ &= A \cdot \exp(-B \cdot g_a) + C \end{aligned} \quad (\text{Eq.3})$$

ここに、 g_a : リンク混雑度

ここで、 $A = \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot \delta)$ 、 $B = \beta$ 、 $C = \gamma$ とおく。本節では、Eq.3を用いて、Eq.1におけるパラメータの位置付けについて考察する。

Eq.3(Eq.1) のグラフは図-1に示されるような、 $y = \exp(-x)$ の曲線を拡大・平行移動させて得られる右下がりの曲線である。図-1に示されるように、関数モデルEq.3によるリンク需要交通量の変動係数の推定値は、リンク混雑度が小さい場合には変動係数が混雑度に対して比較的良好に変化するが、リンク混雑度が大き

い場合にはほぼ一定値をとる。Eq.3において、 A と B はリンク混雑度が小さい部分での右下がりの程度を規定するパラメータであり、 C はリンク混雑度が大きい区間でのリンク需要交通量の変動係数の一定値を与えるパラメータである。

このように、リンク需要交通量の変動係数モデルはリンク混雑度の小さい部分と大きい部分に分けて考えることができる。つまり、Eq.3において、リンク混雑度が小さいリンクについては、パラメータ A 、 B 、 C 全部が必要となるが、リンク混雑度の大きいリンクについては、パラメータ C のみが必要となる。

以上から、 C をOD 交通量の変動に伴うリンク需要交通量の基本的な変動レベル、 A と B を需要の少ないリンクに対する変動係数の増幅分と位置付けることができる。

(2) 本モデルの移転可能性の検討

ここでは、2.(2)(b)で述べたモデルEq.3の移転可能性について検討する。具体的には、Eq.3のグラフ形状を比較分析する。

ここでは、2.(1)で述べた3つのOD 交通量変動パターンのうち、全OD ペアに共通な変動と各OD ペアに固有な変動の両者を考慮しており、3パターンの中では最も現実に近いと思われる相関変動型について分析する。

2.(1)で説明した6 ケースに対応するEq.3のグラフは図-2に示す曲線群である。上述したように、各曲線には異なるパラメータ $A \sim C$ の値の組が対応する。図

中で T_{ij}^0 は基準 OD 交通量、 σ_ϵ は ϵ の標準偏差、 $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ は ϵ_{ij} の標準偏差を表す。なお、リンクフローの変動に関して、寺田・西村・日野⁶⁾は、大阪市内における時間帯別交通量の週間変動を分析し、変動係数が 0.1 前後であることを示している。したがって、 σ_ϵ 、 $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ の設定のうち、値が 0.1 のケースは現実的に妥当なケースと考えられる。

図-2 から明らかなように、6 ケースに対応する曲線群は σ_ϵ 、 $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ の値によって 2 つのグループに分かれ、このグループ内ではパラメータをまとめて交換しても大きな差異はないことがわかる。つまり、平均 OD 交通量の大きさは変動係数モデルにおいて相対的に重要ではなく、OD 交通量の変動幅を規定する σ_ϵ 、 $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ が重要といえる。

したがって、OD 交通量変動における OD ペアに固有の標準偏差 $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ と全 OD ペアに共通な標準偏差 σ_ϵ を決定すれば、Eq.3 のパラメータを推定することが可能であるが、現実には $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ や σ_ϵ の値を推定することは不可能である。そのため、パラメータを推定するには、 $\sigma_{\epsilon_{ij}}$ や σ_ϵ の値を必要としない方法を考える必要がある。例えば、Eq.3 はリンクについてのモデルであることを考慮すると、OD 交通量変動とリンク需要交通量の関係を分析してパラメータ推定法に関する知見を得ることが可能ではないかと思われる（これについては後述する）。

パラメータをグループ内でまとめて交換しても大きな差異がないことから、リンク需要交通量の変動係数を推定するモデル Eq.3 は、平均 OD 交通量の相違に関しては十分な移転可能性を有するといえる。ただし、対象道路網の交通特性を十分に把握すること、対象とする変動の時間スケールを明確にすることが重要である。

以上より、リンク需要交通量の変動係数推定モデル Eq.3 の 3 つのパラメータ A～C の推定において、交通需要の大きいリンクについてはパラメータ C のみを推定すればよいと考えられる。また、交通渋滞が慢性化する都市道路網における交通管理運用策の重要性を考えると、OD 交通量の変動パターンを考慮したパラメータ C の推定方法を構築することが重要であると考えられ、次章でこれについて検討する。

4. 変動係数モデルのパラメータ推定方法

本章では、混雑度の高いリンクの変動係数推定に重要な役割をもつパラメータ C の推定方法について考える。

(1) OD 交通量変動のリンクへの伝達機構

ここでは、正規確率変量の線形和も正規変量であるという正規分布の性質⁷⁾ (正規分布の再生性) を用いて、OD 交通量変動のリンクへの伝達機構を定式化する。

まず、定式化に必要な諸変数を定義する。

X_{ij} : OD ペア (i, j) の OD 交通量

$\bar{X}_{ij}$: OD 交通量の平均値

σ_{ij} : OD 交通量の標準偏差

$\sigma_{ij, (ij)'} :$ OD 交通量変動の OD ペア間の共分散

v_a : リンク a の交通量

$v_{a1j} : X_{ij}$ のうちリンク a を通る交通量

$\bar{v}_a : v_a$ の平均値

$\sigma_a : v_a$ の標準偏差

$p_{a1j} :$ OD 交通量 X_{ij} のリンク a の利用率

$COV_{ij} :$ OD 交通量 X_{ij} の変動係数

定式化に際して、以下の仮定を設ける。

仮定 1 リンク利用率 p_{a1j} は一定である。その値は平均 OD 交通量に対する交通量配分によって与えられる。

仮定 2 OD 交通量変動における OD ペア間の相関係数 $\rho_{ij, (ij)'}$ は一定値 ρ である。

仮定 3 OD 交通量変動における変動係数 COV_{ij} は全 OD ペアで同一の値 COV をとる。

OD 交通量が正規確率変量であるならば、正規分布の再生性により、リンク需要交通量もまた正規確率変量である。すると、リンク需要交通量の平均値 $\bar{v}_a$ と分散 σ_a^2 は OD 交通量の平均値 $\bar{X}_{ij}$ 、分散 σ_{ij}^2 、共分散 $\sigma_{ij, (ij)'}$ を用いて次のように表わすことができる。

$$\begin{aligned}\bar{v}_a &= \sum_{ij} p_{a1j} \cdot \bar{X}_{ij} \\ \sigma_a^2 &= \sum_{ij} p_{a1j}^2 \cdot \sigma_{ij}^2 \\ &\quad + \sum_{ij, (ij)'} p_{a1j} p_{a1(ij)'} \rho_{ij, (ij)'} \sigma_{ij} \sigma_{(ij)'} \quad (\text{Eq.5})\end{aligned}$$

ここで、上記の仮定 1 において一定としたリンク利用率 p_{a1j} は、例えば OD 交通量の平均値を用いた交通量配分によって決定することができる。その他の変数は OD 交通量変動の特性値であるので、Eq.4 及び Eq.5 は OD 交通量変動の特性値を明示的に含んだリンク需要交通量の変動を記述する式と見なすことができる。

次に、Eq.4とEq.5を用いてOD交通量変動とリンク需要交通量変動の関係の定式化を試みる。具体的には、OD交通量の変動係数 COV とリンク需要交通量の変動係数 COV_a の関係の誘導を試みる。

リンク需要交通量の変動係数 COV_a は平均値 $\bar{v}_a$ と標準偏差 σ_a を用いて $COV_a = \sigma_a / \bar{v}_a$ と表わせる。この両辺を2乗して得られる $COV_a^2 = \sigma_a^2 / \bar{v}_a^2$ にEq.4とEq.5を代入し、これを上記の3仮定を用いて展開する。

Eq.5において、仮定2と仮定3を用いると、

$$\sigma_a^2 = COV^2 \left\{ \sum_{ij} p_{a_{ij}}^2 \cdot \bar{X}_{ij}^2 + \rho \sum_{ij} \sum_{(ij)'} p_{a_{ij}} \cdot p_{a_{(ij)'}} \cdot \bar{X}_{ij} \cdot \bar{X}_{(ij)'} \right\}$$

と変形することができる。一方、平均についてのEq.4の両辺を2乗すると次式が得られる。

$$\begin{aligned} \bar{v}_a^2 &= \left\{ \sum_{ij} p_{a_{ij}} \cdot \bar{X}_{ij} \right\}^2 \\ &= \sum_{ij} p_{a_{ij}}^2 \cdot \bar{X}_{ij}^2 + \sum_{ij} \sum_{(ij)'} p_{a_{ij}} \cdot p_{a_{(ij)'}} \cdot \bar{X}_{ij} \cdot \bar{X}_{(ij)'} \end{aligned}$$

ここで、 K_1 と K_2 を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} K_1 &= \sum_{ij} p_{a_{ij}}^2 \cdot \bar{X}_{ij}^2 \\ K_2 &= \sum_{ij} \sum_{(ij)'} p_{a_{ij}} \cdot p_{a_{(ij)'}} \cdot \bar{X}_{ij} \cdot \bar{X}_{(ij)'} \end{aligned}$$

すると、 $\bar{v}_a^2$ と σ_a^2 は次のように表わせる。

$$\begin{aligned} \bar{v}_a^2 &= K_1 + K_2 \\ \sigma_a^2 &= COV^2 (K_1 + \rho K_2) \end{aligned}$$

以上より、 COV_a^2 は次のように表わせる。

$$\begin{aligned} COV_a^2 &= \frac{\sigma_a^2}{\bar{v}_a^2} \\ &= COV^2 \frac{K_1 + \rho K_2}{K_1 + K_2} \\ &= COV^2 \left\{ 1 - \frac{K_2}{K_1 + K_2} (1 - \rho) \right\} \end{aligned}$$

したがって、上記の仮定1から仮定3の下では、OD交通量の変動係数 COV とリンク需要交通量の変動係数 COV_a の間に、

$$COV_a = COV \sqrt{1 - \frac{K_2}{K_1 + K_2} (1 - \rho)} \quad (\text{Eq.6})$$

なる関係が成立する。 K_1 、 K_2 は平均OD交通量 $\bar{X}_{ij}$ に対する交通量配分結果を用いて計算可能であるので、平均OD交通量が与えられれば計算可能なネットワークに固有の変数と考えられる。

Eq.6によってOD交通量変動のリンクへの伝達機構を次のように把握することが可能である。

- i) 完全相関型の場合は $\rho = 1$ であるから、Eq.6は $COV_a = COV$ となり、OD交通量の変動がリンクにそのまま伝達される。

- ii) 無相関型の場合は $\rho = 0$ であり、Eq.6は、

$$COV_a = COV \sqrt{\frac{K_1}{K_1 + K_2}}$$

となり、OD交通量変動が $\sqrt{K_1 / (K_1 + K_2)}$ だけ縮小されてリンクへ伝わる。

- iii) 相関変動型の場合は以上2つの中間であり、無相関型ほどではないが、OD交通量変動が縮小されてリンクへ伝わる。

(2) OD交通量の変動を考慮したパラメータ推定方法

前節で示したOD交通量変動のリンクへの伝達機構を表すEq.6はリンク混雑度を考慮していないので、OD交通量の変動パターンが与えられれば、リンク需要交通量の変動係数が決められる。そこで、Eq.3において、パラメータ C は定数項の役割を果たすことを考えて、Eq.6をパラメータ C の推定法として位置付ける。つまり、Eq.3の式をみると、比較的混雑しているリンクについては、リンク需要交通量の変動係数 COV_a はパラメータ C にほぼ一致するので、Eq.6によって COV_a を推定できると考えられる。

5. おわりに

(1) 成果のまとめ

本研究では、有効かつ簡便なリンク信頼度推定方法を構築することを目的として、若林・飯田・井上が提案したリンク信頼度推定方法⁵⁾について、実用上の課題を抽出するとともに、解析的な立場からこれらの課題について検討した。具体的には、リンク混雑度を説明変数として、その需要交通量の変動係数を推定する関数モデルの移転可能性とモデルに含まれるパラメータの位置付けに関する考察を行った。さらに、OD交通量変動のリンクへの伝達機構について分析した。

以上によって得られた成果は以下の通りである。

- 1) リンク需要交通量の変動係数推定モデルEq.3に含まれるパラメータの位置付けを明確にした。つまり、 C をOD交通量変動に伴うリンク需要交通量変動の基本的レベル、 A と B を交通需要の少ないリンクの需要交通量変動の増幅分としてパラ

メータの役割を示した。これより、パラメータ推定方法の構築に関する手がかりが得られたと考えられる。

- 2) リンク需要交通量の変動係数を表わす関数モデル Eq.3は平均 OD 交通量に関しては移転可能性を有することが示された。ただし、OD 交通量がいかなるパターンにしたがって変動しているのかについて検討が必要である。
- 3) 正規分布の再生性を用いて、OD 交通量変動のリンクへの伝達機構を表す関係式 Eq.6を明らかにした。Eq.6により、OD 交通量変動とリンク需要交通量変動の関係を大まかにに捉えることができる。また、関数モデル Eq.3におけるパラメータ C の推定法として位置付けられることを示した。

(2) 今後の課題

以下に本研究における今後に解決すべき課題について述べる。

- 1) リンク需要交通量の変動係数モデル Eq.3の妥当性について検討する必要がある。つまり、このモデル式は交通量配分の結果から COV_0 を推定することができるという利点を有するが、実証的立場からの検討が不十分である。したがって、常時観測データを用いて交通量変動分析を行うなどの方法により、リンク交通量の変動分析を行う必要がある。
- 2) OD 交通量の変動パターンとリンク需要交通量の変動パターンの関係についての詳細な考察が必要である。本研究では、OD 交通量変動の正規分布性を前提として議論を進めたが、異なる分布を前提とした場合にはリンク需要交通量の変動係数と混雑度の関係が今回検討したモデル Eq.3と違うものになる可能性がある。OD 交通量変動に関する観測が困難なことを考えると、OD 交通量変動の分布形に対するリンク需要交通量の変動係数モデルの移転可能性に関する検討が必要といえる。
- 3) リンク需要交通量の変動係数を推定するモデル Eq.3のパラメータ推定方法を開発する必要がある。前の2つの課題の解決が先決であるが、リンク混雑度の小さいリンクでは3つのパラメータを

推定する必要がある。特に、本研究ではパラメータ A と B の推定方法について分析が及ばなかった。比較的空いているリンクでは観測交通量と需要交通量に大きな差はないと考えられるので、交通量観測データの解析によりアプローチが可能と思われる。

以上のように、実証的分析による仮説の検証を必要とするという課題が存在するが、将来の交通計画に関する代替案の比較に用いることのできる簡便で柔軟な道路網信頼性解析モデルを構築することも信頼性を新しい指標として位置付けていく上での重要な課題である。

本研究では、本来は非常に困難な信頼性解析を交通計画の代替案比較にも利用できる方法として確立することを目指して、特に膨大なデータ解析や観測にかかる労力を軽減するリンク信頼度推定法を考察した。方法的には成熟していると考えられる交通量配分から得られるデータを用いて道路網信頼性解析を行う方法を開発することによる利点は大きいものと考えられる。このように、本研究で検討したモデルは簡便性と柔軟性という特徴を有するものであり、今後は、提案したモデルやその前提となる仮説に対する妥当性の検討を行いつつ、モデルの推定方法の構築を行うことにより、より有効で簡便なリンク信頼度推定方法を構築することができると思われる。

参考文献

- [1] 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)，pp.51-54，土木学会，1991。
- [2] 朝倉康夫・柏谷増男・西山晶造：観測リンク交通量を用いた道路網交通流の日変動推定とその信頼性分析への応用，土木学会論文集，No.482/IV-22，pp.17-25，土木学会，1994。
- [3] 若林拓史・飯田恭敬：交通ネットワーク信頼性解析への信頼性グラフ理論適用の考え方，土木計画学研究・講演集，No.10，pp.125-132，土木学会，1987。
- [4] 飯田恭敬・若林拓史・吉木 務：ミニマルバス・カットを用いた道路網信頼度の近似計算法，交通工学，Vol.23，No.4，pp.3-13，交通工学研究会，1988。
- [5] 若林拓史・飯田恭敬・井上陽一：シミュレーションによる道路網の交通量変動分析とリンク信頼度推定法，土木学会論文集，No.458/IV-18，pp.35-44，土木学会，1993。
- [6] 寺田幸紀・西村 昂・日野泰雄：感知器データによる自動車交通の変動特性の分析，平成3年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集 IV-10，土木学会関西支部，1991。
- [7] 亀田弘行・池淵周一・春名 攻：確率・統計解析，新体系土木工学2，pp.52-54，技報堂出版，1981。

OD 交通量変動の伝達機構の分析とリンク信頼度推定法

中川真治・若林拓史・飯田恭敬

道路網の整備水準を質的に評価する新しい指標である信頼性を取り上げ、信頼性解析の入力変数として必要なリンク信頼度の簡便かつ有効な推定方法について考察した。特に、若林・飯田らが開発した、シミュレーションから得た仮説に基づいて構築されたリンク信頼度推定法に関して、その実際面への応用についての課題の整理と解決を試みた。その結果、リンク需要交通量の変動係数モデルが平均 OD 交通量に関する移転可能性を有することが示された。さらに、正規分布の再生性を用いて OD 交通量変動とリンク需要交通量変動の関係を誘導し、これがリンク需要交通量の変動係数モデルのパラメータ推定法となることを示した。

Propagation Mechanism of OD Flow Variation and Effective Method for Estimating Link Reliability

By Shinji Nakagawa, Hiroshi Wakabayashi and Yasunori Iida

Reliability can evaluate traffic condition qualitatively. However, it is difficult to estimate link reliability. The method proposed by Wakabayashi *et al.* is effective, but there are some problems in practical use. In this study, for developing the more effective method, the problems of this method are discussed and the propagation mechanism of OD flow is analyzed. Firstly, transferability of the method by Wakabayashi *et al.* is shown. Secondary, the equation of the relation between OD flow variation and link flow variation is developed. From these analysis, the key to an effective method to estimate link reliability is shown.
