

交通量変動に起因する広域道路網の信頼性評価

Reliability Measures of Regional Road Network Dueing to Daily Variance of Traffic Flow

朝倉 康夫*, 柏谷 増男**, 熊本 仲夫***

By Yasuo ASAKURA, Masuo KASHIWADANI, Nakao KUMAMOTO

This paper considers two types of reliability measures of regional road network depending on the daily variance of traffic flow. The one measure represents the probability of connections between each OD pair on the concerned network. The other shows the degree of accuracy of OD travel time. Assuming the stochastic variation of OD demand, the Incremental Assignment method is employed in order to simulate the link traffic variance, which derives both the probability of link connection and the P.D.F. of travel time. Reliability measures are examined for actual large scale road networks in Shikoku Area. The results verify that the proposed method is available in the application to the road network evaluation.

1. はじめに

都市・地域システムにおける道路網の役割が多様化するにつれて、その整備水準を表す指標も物理的なものに加えて、質的なものが重視されるようになってきた。最近、道路網の質的整備水準を「信頼性指標」により計測・評価することを狙いとした研究が数多く発表されているが、その背景には、道路網がライフラインとしての性格を強く持つようになり、ネットワークが正常に機能することが都市・地域システムの成立にとって必要不可欠な条件となりつつあることがあげられる。(たとえば、岡田¹⁾)

道路網の信頼性を指標化する場合、次の2つの視点を設定する必要がある。ひとつはノード間あるいはネットワーク全体の連結性という意味での信頼性であり、自然災害・事故など異常時・非常時における信頼性評価の場合がこれにあたる。従来の研究のうち、小林²⁾、榎谷³⁾は震災時の、深井ら⁴⁾、岡田

ら⁵⁾はそれぞれ異常気象時および降雪時の信頼性評価に関するものである。森津⁶⁾は交通網の最適化の視点から災害時の信頼性を論じている。これらの研究では、災害レベルとリンクの通過可能確率との関係づけ、災害時の交通需要および交通流の予測・解析手法に問題が残されている。

一方、平常時には、空港への到達、緊急な高度医療、ビジネス活動などの際に、所定の時間内に到達できるかという迅速性・正確性が重視される。この場合、ネットワークが連結していることを前提にした時間信頼性が評価の対象となる。もちろん平常時においても、円滑な走行移動が確保できなくなる状態をネットワークが非連結な状態とみなし、連結性から信頼性を評価することも考えられる。従来の研究のうち、Hall⁷⁾、加藤ら⁸⁾、松本ら⁹⁾は所要時間の確率分布にもとづき安全余裕時間、実質消費時間の推定を行っており、岡田・内山¹⁰⁾は渋滞に遭遇しない確率を実証的に計算している。飯田・若林¹¹⁾は、平常時においてリンク信頼度が与えられたという条件の下で、ネットワークの信頼度計算法を提案している。これらの研究においても、所要時間の確率分布の推定方法、リンク信頼度の設定方法などに解決

* 正会員 工博 愛媛大学講師 工学部土木工学科

** 正会員 工博 愛媛大学教授 工学部土木工学科

*** 学生員 愛媛大学大学院 土木工学専攻

(〒790 松山市文京町3)

すべき問題が残されており、実用的規模のネットワークを対象にした検討は必ずしも十分とはいえない状況にある。

本研究のねらいは、大規模ネットワークを対象にした平常時の道路網信頼性の指標化と実用的計算法の提案にある。とくに、交通量配分手法を援用することにより、ネットワーク交通流の変動をシミュレートし、交通量の確率的変動に起因する道路網信頼性について考察するものである。具体的な研究の目的は以下の3点である。

- ①道路網を構成するリンク交通量の日変動について実証的分析を行い、交通量配分シミュレーションの現況再現性を調べること。
- ②リンク交通量の確率的変動にもとづいて、リンク通過可能確率および所要時間の確率分布を求め、ネットワーク連結性および時間信頼性を指標化すること。
- ③四国地域の広域道路網を対象に、提案した指標を計算し、その実用性を検討すること。

以下では、2. で交通量変動に関する実証分析の結果を示し、3. で連結性および時間信頼性指標の考え方と計算法を説明する。4. では適用計算の結果を示し、5. で今後の課題を取りまとめる。

2. リンク交通量の日変動に関する

シミュレーションモデル

道路交通量は、季節、曜日、時間、天候などの諸要因によって変動しているが、その変動特性は道路の機能・性格により異なっている。所要時間の不確実性は、このような交通量の変動に応じた所要時間の変動によるものであるし、著しい混雑が発生した場合にはネットワークの機能が全くマヒするような事態も生じる。2. では、まず、建設省の交通量常時観測調査（以下常観調査と略す）データを用いて交通量の日変動の大きさを調べる。つぎに、道路網を構成する全リンクの交通量変動を推定するために、交通量配分手法を用いたシミュレーションを行い、その現況再現性を調べる。

(1) 交通量常時観測調査データの分析

交通工学ハンドブック¹²⁾によれば、常観調査データから計算された日交通量の変動係数（標準偏差／年平均日交通量）は、以下のような値である。都市内や都市周辺道路では 0.07 ～ 0.15、地方部幹線道路では 0.06 ～ 0.12、地域幹線道路では 0.10 ～

0.20、観光道路では 0.20 ～ 0.30 となっており、都市部より地方部、幹線性の強いものより弱い道路ほど、日交通量の変動が大きい。

高速道路インターチェンジ流入交通量の変動特性を調べた飯田・高山¹³⁾の研究によれば、①流出入交通量変動の地点間相関が高いこと、②変動はほぼ正規分布に従うこと、③平均値 μ と分散 σ^2 の間に $\sigma^2 = \alpha \mu^\beta$ という指数関係が成立すること、などが明らかになっている。

これらの研究・報告を踏まえて、建設省四国地方建設局管内の昭和60年度一年間の常観調査データを集計したところ、基本観測地点（27箇所）の変動係数は 0.05から 0.17 の範囲にあり、平均 0.082 であった。観測地点のほとんどが主要幹線あるいは地域幹線に設置されているため、変動係数の値はそれほど大きくない。また、年平均日交通量(AADT)の大小により重みづけした観測データ全体の変動係数(NCV, Network Coefficient of Variation¹⁴⁾)

$$NCV = \left[\frac{\sum_a V_a \cdot CV_a^2}{\sum_a V_a} \right]^{0.5} \quad \dots\dots\dots (1)$$

V_a : 調査区間 a のAADT

CV_a : 調査区間 a の変動係数

の値は、 $NCV = 0.080$ である。図1および図2は、それぞれ、年平均日交通量(AADT)および混雑率と変動係数の関係を示したものである。これらの図から、交通量が多く混雑率の大きい道路区間ほど、変動係数の値が小さくなる傾向にあることがわかる。

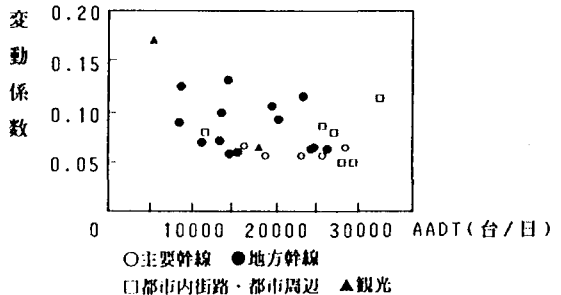


図 1 年平均日交通量と変動係数

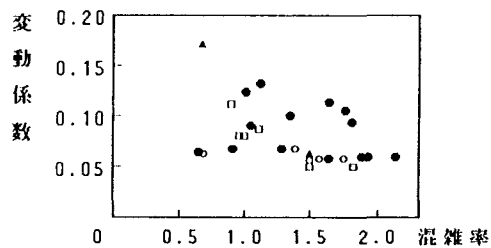


図 2 混雑率と変動係数

(2) 交通量配分シミュレーション

a) 計算方法

交通量の日変動データが得られる基本観測地点数は限られており、常観データのみから広域道路網全体の交通量変動を知ることはできない。そこで本研究では、配分シミュレーションによりリンク交通量の変動を仮想的に作成するものとした。その手順は以下の通りである。

step.1 繰り返し回数 $n=1$ とおく。

step.2 観測OD交通量を平均値として、そのまわりで確率的に変動するOD交通量

$$Z_{ij}^{(n)} = X_{ij} (1.0 + \varepsilon) \cdots \cdots (2)$$

を作成する。ここに、

X_{ij} : ODペア i, j 間の観測OD交通量

$Z_{ij}^{(n)}$: 作成されたOD交通量

ε : 平均 0, 分散 σ^2 の正規分布に従う正規乱数

である。

step.3 作成したOD交通量をネットワークへ等時間配分し、リンク交通量 $\{V_a^{(n)} : a \text{ はリンク番号}\}$ を求め、記憶する。

step.4 必要な繰り返し回数 (N) になれば step. 5 へ。そうでなければ $n=n+1$ において step. 2 へ。

step.5 リンク交通量の平均 (AV_a)、標準偏差 (SD_a) および変動係数 (CV_a) を計算する。

$$AV_a = \sum_{n=1}^N V_a^{(n)} / N \cdots \cdots (3)$$

$$SD_a = \left\{ \sum_{n=1}^N (V_a^{(n)} - AV_a)^2 / N \right\}^{0.5} \cdots \cdots (4)$$

$$CV_a = SD_a / AV_a \cdots \cdots (5)$$

ここに示した計算手順では、OD交通量の確率の変動に応じてリンク交通量の変動が生じると考えている。確率的に変動するOD交通量の作成(step.2)においては、OD交通量の変動係数がOD交通量の大小にかかわらず一定であることを仮定している。変動項の作成に関しては、①すべてのODペアに共通の正規乱数 ε を用いる ②各ODごとに独立な ε を用いる の2通りが考えられる。①では、OD交通量の確率変動において各ODが完全に相関している状態を想定しており、各OD交通量は一様に変動する。このとき、ネットワークに負荷される総トリップ数も ε の正負に応じて増減する。②では、OD

間の相関が全くない状態を想定しており、各OD交通量は相互に独立に変化する。その結果、交通量の増減が打ち消しあつて、ネットワークに負荷される総トリップ数はほぼ一定となる。現実のODの変動は、①と②の間にあるものと考えられるが、以下では①と②をそれぞれ別個に計算するものとする。

b) 交通量配分

変動シミュレーションに先立ち、作成したネットワークデータの吟味と交通量の平均値についての検討を行うために、交通量配分を行った。計算用ネットワークは、四国地域の昭和60年時点の道路網から、道路交通センサスの調査対象区間を中心に抽出したリンクから構成されている。リンク数は1660本(往復計)、ノード数は540個で、そのうちセントロイド数は258個である。

リンク走行時間関数は、交通量の増加に対して単調に増加するBPR型の関数(式6)とした。

$$t_a(V_a) = t_{a0} \{1.0 + r (V_a / C_a)^k\} \cdots \cdots (6)$$

t_a : リンク a の走行時間 (min.)

t_{a0} : 自由走行速度によるリンク走行時間 (min.)

V_a : リンク交通量 (台/24h)

C_a : リンク容量 (台/24h)

k, r : パラメータ

リンクの自由走行速度および容量は、沿道状況、車線数、高速・平面によるリンク区分に応じて設定した。また、交通量配分の計算結果が実測値を再現するよう、パラメータ k, r の値を調整し、最終的に $r=1.0, k=3.0$ とした。

分割配分(分割数10で等分割)により、現況道路網に観測OD交通量(昭和60年道路交通センサス)を負荷した。表1より、交通量配分の再現性は、交通量に関して全体にやや過大評価になっているものの、おおむね良好であることがわかる。ネットワーク走行速度の低い区間に比較して、速度の高い区間の再現性が悪いため、走行速度に関して実測値と計算値の相関は低く、逆に走行時間に関する相関は良いという結果になっている。なお、実測値に比較し

表 1 交通量配分結果(リンク単位の指標値)

	実測平均	計算平均	相関係数
交通量 (台/24h)	12,208	13,859	0.768
走行速度 (km/h)	34.5	31.7	0.348
走行時間 (min.)	11.1	12.5	0.920

て走行時間の計算値はやや大きい、その結果、後述の時間信頼性計算において、計算結果は安全側に推計されることになる。

c) 交通量変動シミュレーション

OD 交通量の変動係数に相当する σ の値を先験的に与えることは困難であるため、従来の研究（たとえば、高山¹⁵⁾）を参考に $\sigma=0.1, 0.25, 0.5$ の3通りの値を設定した。

図3は、繰り返し回数 (N) によるネットワーク全体の変動係数指標 NCV の変化を表している。いずれの場合も10回程度の繰り返し回数で、NCV の値がほぼ安定することがわかる。OD を一様に変動させる場合と、独立に変化させる場合を比較すると、前者では σ の値に比べて NCV がやや大きく、後者では小さくなっている。OD を独立に変動させると、

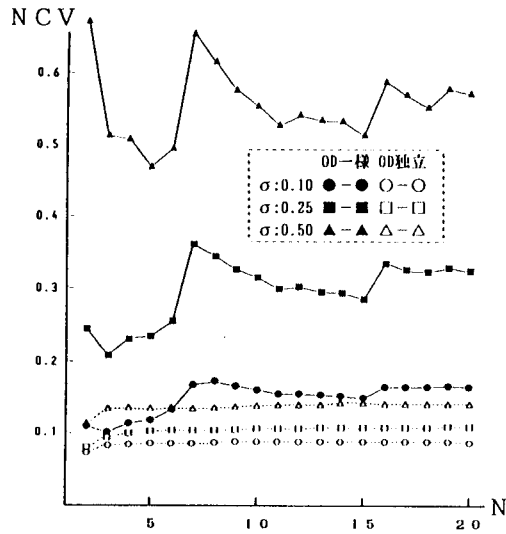


図 3 繰り返し回数 (N) による NCV の変化

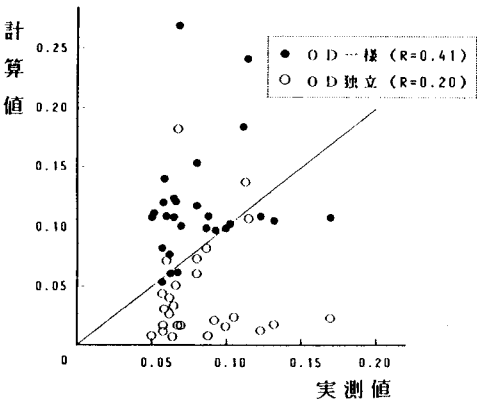


図 4 変動係数の実測値と計算値の比較

各 OD 交通量の変動が相互に打ち消しあい、リンク交通量の変動が小さくなることを示している。

図4は、常観調査地点について、変動係数の実測値と計算値 ($\sigma=0.1$ の場合) の関係を示したものである。実測値と計算値の相関係数 (異常値を除く) は、必ずしも高いとは言えない。OD を一様に変化させた場合は、実測値に比較して計算値がやや過大になる傾向があるものの、実測値との対応関係を認めることができる。さらに、 $\sigma=0.1$ として OD を一様に変動させたときのリンク交通量の平均値と変動係数の関係を調べたところ、交通量の多いリンクほど変動係数は小さく、逆に交通量の少ないリンクの変動係数は大きいことがわかった。これは、実測データの示す傾向と同じである。

これらの結果から、提案した配分シミュレーションによるリンク交通量変動の再現性は、おおむね良好であると考えられる。外生的に与える OD 交通量の変動係数 σ の値の設定に関しては検討の余地が多いが、実測値との整合性を考慮して、数値計算に関する以下の分析では $\sigma=0.1$ を中心に考察を進めるものとする。

3. 連結性および時間信頼性指標の考え方と計算法
(1) 連結性指標

交通量の日変動が既知であることを前提に、ネットワークの任意の2地点間の連結性からみた信頼性を以下の手順により指標化する。

まず、道路網を構成する個々の道路区間の連結性の指標として、リンクの混雑水準 (日交通量/日容量) が所与の判定基準以下である確率 (リンク通過可能確率と呼ぶ) を考える。これは、リンク通行の際、あるレベル以上に厳しい混雑に遭遇しない確率ということもでき、従来の研究¹¹⁾におけるリンク信頼度 (リンクにおいて円滑な走行が保証される確率) に準じた概念である。判定基準は、道路網計画におけるサービス水準の考え方と同様に任意に設定することができる。より厳しい判定基準 (たとえば0.5) を設けると、通過可能確率の値は小さくなる。交通量の変動が観測あるいはシミュレーションにより既知であれば、リンク a の通過可能確率 r_a は、以下のように計算することができる。

$$r_a = \frac{[\text{混雑水準} \leq \text{判定基準}] \text{ なる場合の数}}{\text{観測日数あるいはシミュレーション試行回数}}$$

r_a が与えられると、ネットワークの任意の2地

点間(ODペア間)において、ある水準以上の混雑に遭遇することなくトリップが可能である確率を求めることができる。これはODペア間に利用可能な経路が存在する確率であり、連結性からみた信頼性指標と考えることができる。その計算法には、モンテカルロシミュレーションなど、大規模ネットワークシステムの信頼性計算のためにシステム信頼性工学の分野で開発された各種の方法が適用可能である。

ここでは、最も簡便な方法として、一部のミニマルパスによる計算法を示す。この計算法では利用可能経路の与え方が計算結果に影響を及ぼすため、合理的な経路の選択が重要であるとされている。¹¹⁾ 本研究では、実際のネットワークにおいて利用されやすい経路を抽出するために、分割等時間配分による交通量配分を別途行い、分割の各繰返しごとにOD間の時間最短経路を記憶し、それを利用可能経路の集合とするものとした。¹⁶⁾ このように経路を抽出すれば、交通工学的に非現実的な経路がミニマルパスとして選択される可能性は低くなるものと考えられる。経路の具体的な記憶方法は、インシデンス行列 $\Delta = \{\delta_{akij}\}$ を用いるものとした。ここに、
 $\delta_{akij} = 1$: ODペア ij 間の第 k 番目経路がリンク a を含むとき
 0 : それ以外の場合

である。

ODペア ij 間の信頼性 R_{ij} は、経路が並列構造をなすものとして、式7より計算できる。

$$R_{ij} = \prod_{k \in K_{ij}} \prod_{a \in L_{ijk}} r_a = \prod_{k \in K_{ij}} r_{ijk} \\ = 1 - \prod_{k \in K_{ij}} (1 - r_{ijk}) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここに、

r_{ijk} : ODペア ij 間の第 k 番目経路の信頼性

L_{ijk} : ODペア ij 間の第 k 番目経路に含まれるリンクの集合

K_{ij} : ODペア ij 間の利用経路の集合

である。 L_{ijk} と K_{ij} は、いずれもインシデンス行列から求めることができる。

(2) 時間信頼性指標

ネットワークの連結性からみた信頼性は良好であっても、トリップに要する時間の変動幅が大きいため所要時間の正確性が低く、時間信頼性は低い場合がある。以下では、所要時間が確率的に変動し、その変動の大部分が交通量の変動により説明できる

ものと仮定して、時間信頼性の指標化を行う。

そのためにはまず、ODペア間の所要時間が従う確率密度関数を作成する必要がある。観測あるいはシミュレーションにより、ネットワークを構成する全リンクの交通量変動が与えられたとき、ODペア ij 間の所要時間 t_{ij} の期待値と分散の推定値を次のようにして求める。2. で述べた交通量変動シミュレーションの各試行ごとに、交通量配分が終了した段階で、OD間の時間最短経路に沿って所要時間 $t_{ij}^{(n)}$ ($n=1, 2, \dots, N$) を記憶しておく。 $t^{(n)} = \{t_{ij}^{(n)}\}$ を1組の標本とみなして、各ODペアごとに平均値と不偏分散を計算し、それを母数の推定値とする。時間の連達性は平均値に、正確性は分散に反映されることになる。OD間所要時間の従う確率分布を正規分布と仮定すれば、これらの推定量から確率密度関数を規定することができる。

OD間所要時間の確率密度関数 $\phi_{ij}(t)$ が与えられると、時間信頼性として次の2つの評価指標を考えることができる。

① 設定した所要時間 T (目標時間) 以内でトリップできる確率

$$P_{ij}(T) = \text{Prob}(t_{ij} \leq T) = \Phi_{ij}(T) \\ \Phi_{ij}(T) : \text{正規分布の分布関数}$$

② 設定した確率 P (目標到着確率) 以上でトリップできる所要時間

$$T_{ij}(P) = \Phi_{ij}^{-1}(P) \\ \Phi_{ij}^{-1}(P) : \text{分布関数の逆関数}$$

$T_{ij}(P)$ は確率的所要時間と呼ぶべき指標である。たとえば、確率 80% で 20 分 とは、10 回のトリップのうち 8 回は 20 分以内でトリップできることを意味する。

時間の分散の大きさが信頼性に影響するのは、目標時間 T や目標到着確率 P が大きいときである。たとえば、平均 $\mu_a < \mu_b$ 、分散 $\sigma_a^2 > \sigma_b^2$ なる2つのODペアの所要時間分布関数 $\Phi_a(T)$ 、 $\Phi_b(T)$ を考える。 $\Phi_a(T^*) = \Phi_b(T^*)$ なる T^* に対して、 $T < T^*$ の場合は $\Phi_a(T) > \Phi_b(T)$ であり、平均値の小さいODペア a のほうが信頼できる。しかし、 $T > T^*$ の場合は $\Phi_a(T) < \Phi_b(T)$ となり、分散の小さいODペア b のほうが信頼できることになる。

ODペア間の時間信頼性指標を空間的に拡張することにより、ある特定の都市・施設を中心とした時間圏を確率的にとらえることができる。具体的には、

ある所要時間以内での到達可能確率や、ある確率に対する到着時間を求め、その等高線を描くことなどである。従来の時間距離圏は期待値のみを表すものであったが、所要時間の確率変動を考慮した指標を用いることで、正確性を加味した時間評価が可能になるものと考えられる。

4. 四国地域道路網を対象とした数値計算結果

四国地域の主要幹線からなる現況道路網（2. で用いたもの）と、計画路線が整備された時点での将来道路網を対象に、3. で提案した指標の数値計算を行った。将来道路網は、昭和63年時点で整備計画路線に指定されている四国縦貫・横断自動車道を中心に、国道バイパスなどを現況道路網に加えたものであり、ネットワーク規模はノード数 692 個、リンク数 2226 本である。交通量の変動シミュレーションは2. で述べた方法によるものとした。なお、将来網に対しても現況観測値のまわりで確率変動するOD交通量を負荷し、道路網の差異を比較するものとした。

(1) 連結性指標

ネットワークの2地点間の連結性指標の値は、4 県の県庁所在都市間について算出した。リンク通過可能確率を求める際の判定基準 (V_a/C_a) は、本来 1.0 とすべきであるが、計算の結果、判定基準を 1.0 とした場合はほとんどのOD間で信頼性がきわめて低くなった。その理由は、利用経路が混雑率 1.0 以上の区間を1区間でも含んでおればその経路の信頼性は 0.0 となり、OD間の複数経路のいずれもが少なくとも1区間の通過困難区間（混雑率 ≥ 1.0 ）を持てば、OD間の連結性は 0.0 となるからである。そこで、判定基準を 1.0 から 0.1 刻みに 2.0 まで変化させ、それぞれの基準に対し連結性を計算した。

a) σ の大小による比較

現況道路網を対象に、OD一様に变化させた場合について、 σ の大小と連結性指標の関係を調べた。図5は徳島-高知間を対象にその関係を示したものである。判定基準を緩めると混雑が厳しくても通過可能と判定する場合が多くなるから、リンク通過可能確率の値が大きくなり、結果的にOD間の連結性指標は 1.0 に近づく。 σ を大きくすれば、交通量の変動幅が大きくなり、同じ判定基準に対する信頼性は相対的に低くなる。この傾向は、他のODペアでも

ほぼ同様であった。

b) OD交通量の変動が一様・独立の場合の比較

OD交通量の変動を一様に与えるか、各OD独立に与えるかによる連結性指標の違いを比較した。図6は、 $\sigma=0.1$ の場合について、高松-松山を例にその結果を示したものである。この図から、ODを一様に变化させるほうが判定基準の緩和にともなう信頼性の変化が緩やかであることがわかる。ODを一様に变化させるほうが独立に变化させるよりも、リンク交通量の変動幅が大きいため、判定基準の違いによるリンク通過可能確率の差が小さいからである。

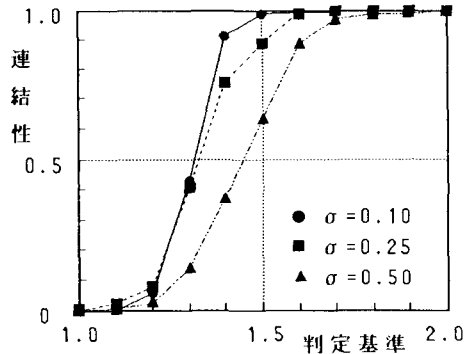


図5 σ の大小による連結性比較

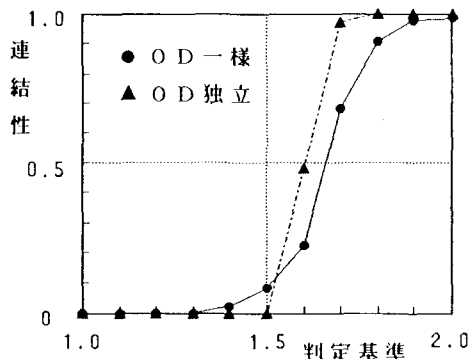


図6 OD変動一様・独立の比較

c) 都市間及び現況・将来比較

$\sigma=0.1$ とし、ODの変動を一様にした場合について、現況および将来道路網を対象に各都市間の連結性を計算した結果をまとめたものが図7である。全般に現況網の連結性は低く、判定基準 1.5 でも連結性が 0.5 を越えないODペアが半数以上である。現況網と比べると将来網の信頼性は向上し、判定基準 1.2 でほとんどのOD間信頼性が 0.5 以上となるものの、判定基準1.0 では、すべてのODの信頼性が 0.5 に届かない。

将来、高速道路や国道バイパスが整備されるOD

ペア間では、信頼性の向上がみられる。たとえば、松山を起終点とするODは、現況網の信頼性はかなり低いが、将来網では他のODペアと同じ水準になる。高速道路が未整備の徳島-高松間の信頼性は、将来においても、現況からそれほど改善されないという結果になっている。

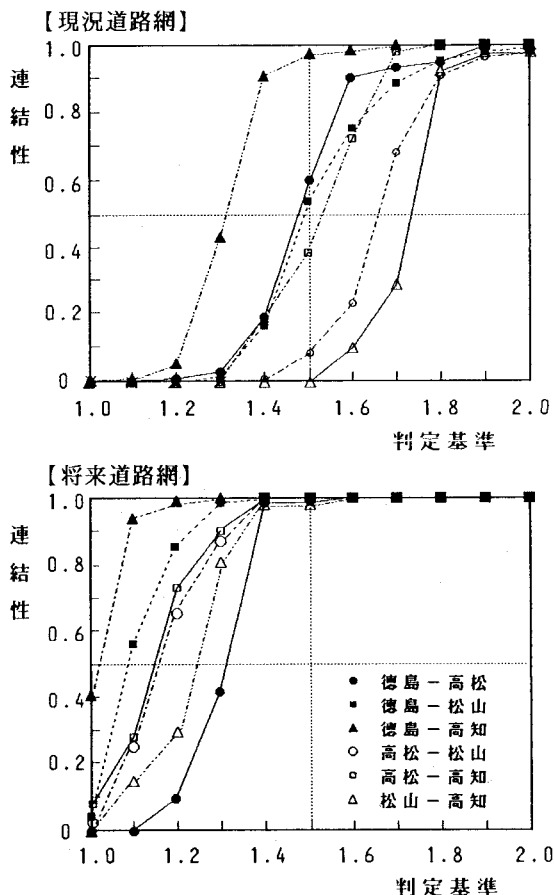


図 7 都市間の連結性指標値の比較

(2) 時間信頼性

ODペア間所要時間の期待値は、ODの変動方法や変動係数 σ の大きさによらず、各ODごとにほぼ一定であった。所要時間の変動係数を見ると、OD一様変動の場合は σ の値とほぼ等しい値であるが、OD独立変動の場合は、交通量の変動幅自体が小さいため、時間の変動もかなり小さく、やや現実的でない値となった。そこで以下では、 $\sigma = 0.1$ 、OD一様変動の場合についてのみ、結果を示すことにする。

a) 到着可能確率の等高線

図8は、現況および将来ネットワークを対象に、

松山を起点とし所要時間2時間以内で到着できる確率の等高線を描いたものである。現況網に比較して、将来網では確率圏が広がり、とくに高速道路網に沿って確率圏が拡大していることが示されている。

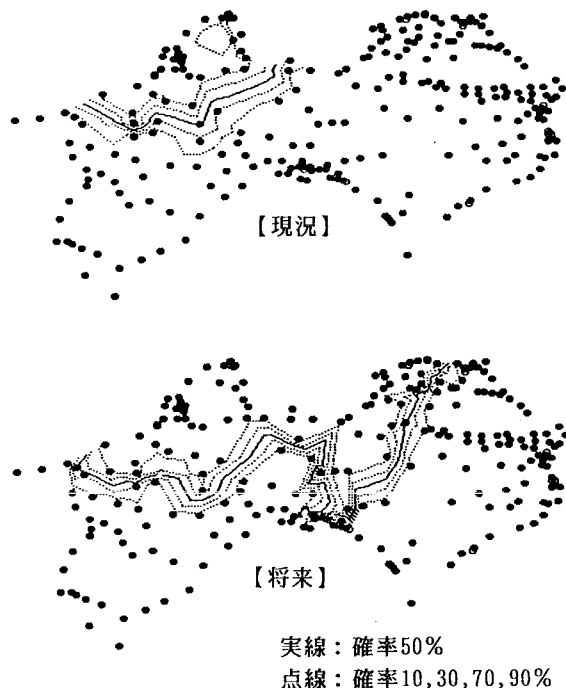


図 8 松山市を起点とする2時間の確率圏

b) 所要時間の等高線

図9は、高松を起点に80%以上の確率で到達できる所要時間の等高線(等時間線)を描いたものである。確率圏と同様に、現況と比較して将来の時間圏も高速道路に沿って拡大していることがわかる。

5. 今後の課題

実際規模の道路網における数値計算の結果、本研究で提案した連結性/時間信頼性指標は、交通量の変動を考慮した道路網の質的整備水準を比較・検討する上で、有効な評価指標となる可能性を持つことが示されたと考える。なお、信頼性指標に影響する要因のうち σ の値やOD変動が一様か独立かという条件の選択は、シミュレーション結果が実際の交通量変動をより再現するように設定すべきである。また、リンク通過可能確率を規定する判定基準(V_a/C_a)は、道路網の計画・運用者が保証しようとするサービス水準に基づいて決められるべきであろう。

今後の研究を進める上で残された課題は、次のようにまとめることができる。

- ①平常時の連結性評価においては、交通量変動以外にも、交通事故や維持管理のための工事などの要因を考慮して通過可能確率を求める必要がある。また、都市（ノード）を起点とするトリーの連結性を指標化すれば、時間信頼性の空間的な評価と同様に、連結性の都市間比較が可能となるため、その簡便な計算法の開発が必要である。
- ②時間信頼性評価に関してより詳細に検討するためには、交通量の時間変動を考慮する必要がある。また、提案した時間信頼性指標は利用者からみた評価と関係づけられていないため、道路網利用者が所要時間の確率変動をどのように評価しているかについての交通行動論的な検討が必要である。

本研究を進めるにあたり、建設省四国地方建設局からは常観調査、道路交通センサスデータの提供を受けた。また、四国における高速道路の整備効果促進研究会（道路公団）のメンバーの方々には貴重なご意見を戴いた。愛媛大学工学部黒田亀利、松下正蔵の両兄には、データ作成の面で協力いただいた。ここに記して感謝の意を表します。

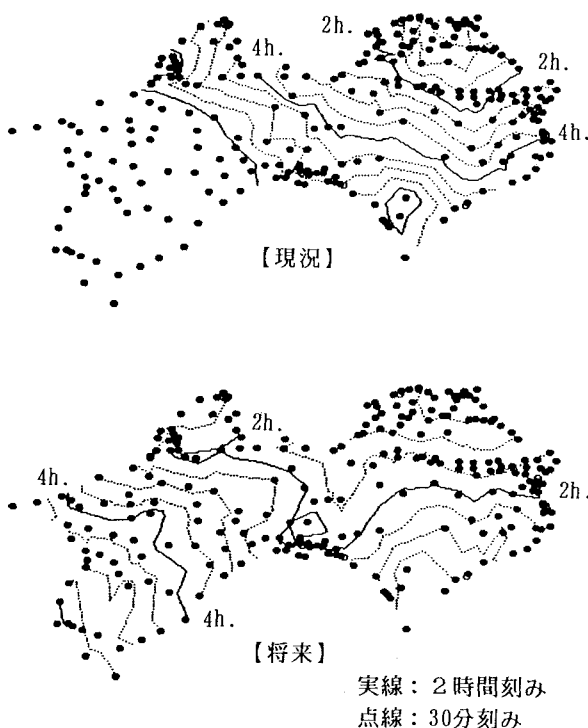


図 9 高松市を中心とする確率80%の時間圏

参考文献

- 1) 岡田憲夫：道路の整備度指標の諸問題と性能評価法の開発，高速道路と自動車，Vol.30, No.3, pp.17-25, 1987
- 2) 小林正美：道路交通網の地震時信頼度解析に関する研究，都市計画別冊，No.16, pp.205-210, 1981
- 3) 榎谷有三：震災時における道路網の機能性能の評価法，交通工学，Vol.19, No.5, pp.3-17, 1984
- 4) 深井・建部・林：異常気象時における道路網の信頼性評価方法について，第41回JSCE年次学術講演会概要IV, pp.13-14, 1986
- 5) 岡田・後藤・田中：降雪期における道路ネットワークシステムの信頼性評価法に関する研究，第41回JSCE年次学術講演会概要IV, pp.15-16, 1986
- 6) 森津秀夫：最適交通網構成手法に関する基礎的研究，京都大学学位論文，pp.133-147, 1984
- 7) Hall, R.W. : Travel Outcome and Performance: The Effect of Uncertainty on Accessibility, Transpn. Res., Vol.17B, pp.275-290, 1983
- 8) 加藤・門田・浜田：道路の信頼性評価の簡便法，土木計画学研究・論文集，No.4, pp.181-188, 1986
- 9) 松本・角・田辺：一般化出発時刻に基づく交通の実質消費時間の推定，土木学会論文報告集，第337号 pp.177-183, 1983
- 10) 岡田・内山：道路ネットワーク機能の信頼特性に関する基礎的分析，第37回JSCE中国四国支部講演概要，1985
- 11) 飯田・若林：ブール代数を用いた道路網ノード間信頼度の上・下限値の効率の算出法，土木学会論文集，No.395/IV-9, pp.75-84, 1988
- 12) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック（第4章）技報堂出版，pp.131-142, 1984
- 13) 飯田・高山：高速道路における交通量変動特性の統計分析，高速道路と自動車，Vol.24, No.12, pp.22-32, 1981
- 14) Rose, G., Koppelman, F.S. and Daskin, M.S. : Analysis of Effects of Parameter Estimation Error on Transportation Network Equilibrium Models, Proc. 10th Inter. Sympo. Transpn. & Traffic Theory, pp.41-49, 1987
- 15) 高山純一：リンクフロー観測値に基づいた道路網交通需要分析モデルに関する方法論的研究，京都大学学位論文，1988
- 16) 柏谷・朝倉・熊本：連結性と正確性からみた四国地域道路網の信頼性評価，第44回JSCE年次学術講演会概要IV, 1989