

# 道路ネットワークの機能水準の計量指標化に関する研究

岡田 憲夫・田中 成尚\*<sup>1</sup>

社会開発システム工学科・\*<sup>1</sup>海洋土木工学科

(1986年9月1日受理)

## Measuring Performance Levels of Highway Networks

by

Norio OKADA and Naruhisa TANAKA\*<sup>1</sup>

Department of Social Systems Engineering

\*<sup>1</sup>Department of Ocean Civil Engineering

(Received September 1, 1986)

By use of sociometric indices from game theory, the paper presents three mathematical models for measuring performance levels of highway networks.

The first model, called "status index with respect to section" or SIS, is intended to indicate explicitly the performance level of a particular section (link) between two major crossings (nodes), relative to the aggregate performance levels of the entire network, of which the section is a part.

The second model, called "status index with respect to route" or SIR, aims to indicate explicitly the performance level of a particular route, relative to the aggregate performance levels of the entire network, in which the route is a chain of particular sections.

The third one, called "status index with respect to distance" or SID, explicitly indicates the importance of a particular section, relative to the entire network, measured in terms of the increment in the shortest distance for a given OD pair when the section is removed.

With a case study performed for the highway network in the eastern part of Tottori prefecture, it is shown that the proposed models will appropriately serve the intended purposes when applied in practice.

Key words : Highway network, Graph theory, Performance criteria

## 1. はじめに

我が国における昨今の道路整備はめざましく、道路延長や幅員、舗装率などでみるかぎり、各地域の道路の整備水準は年々著しく向上している。一方、このような整備が進行する中で道路はその性格上、ますますネットワーク化の度を強めており、個々の路線や道路区間の機能評価はもはやそれ自体のみで分離的に行うことは不合理かつ不可能になってきている。すなわち今後の道路整備のあり方を検討するに当たっては、たとえ検討の対象が一路線や一区間であっても、それが連結する各種の道路をふくめた有機的結合体としての見方、つまりネットワークシステムにまで拡大した視点から、その構成要素としての当該路線または道路区間の機能評価を行う必要がある。一般に、道路には広域幹線的役割をになうものから各居住地区単位のフィーダー道路的役割をになうものまで各種のレベルのものがあり、それらが何段階かに分岐・結合して地域の道路網を構成しているが、これらを上述のような視点から機能評価することは地域の道路計画を策定する上できわめて時宜を得た課題でもある。

しかしながら現実にはこのような視点から道路網やそれを構成する路線や道路区間をとらえ、その機能や性能を評価する方法はほとんど開発されていないのが現状である。確かに、交通流の整備化という視点から道路ネットワークの性能評価を行った研究は数多くあるが、これらにはネットワーク全体における各要素（路線や道路区間）の相対的な機能水準の評価という視点が欠けているし、何よりも道路整備水準を測る指標として用いるには不適切である。

以上のような問題認識をふまえて本研究では道路(網)の機能評価を行うための新しい整備水準指標（数理モデル）を開発する。<sup>1) 2) 3)</sup> ついでこれらを鳥取県の道路網に適用し、どのような機能評価が可能になるか明らかにする。

## 2. モデル化

本研究では上述した観点からネットワーク特性を明示的に記述しうるような道路網の機能水準の計量指標化を試みる。その際、道路ネットワークを構成する各道路区間または路線を一つの線分としてみた場合の機能特性（線的機能特性）ならびにこれらの道路の有機的な接合構

造（位相構造）の2つの特性に着目し、ついでこれらの特性を併せ考慮した場合の各道路の整備度の計量化の方法について説明する。なおここで線的機能特性とは当該道路（リンク）の単なる延長距離、幅員、車線数などの物理的容量のみならず、その周辺の地域経済活性化や当該道路の利用レベル、依存度などもふくめたものと考えている。

### (1) 区間地位指数

#### a) 基本モデル

対象圏域内における区間道路の相対的評価を行う指数として「区間地位指数」を定義する。ここで定義した「地位指数」はもともとグラフ理論を応用して社会関係を測定する「ソシオメトリ」の研究分野で考案されたものであるが、本研究ではこれを援用・拡張する。<sup>4)</sup> 以下図1の道路網を対象にしてその算定方法を具体的に説明する。

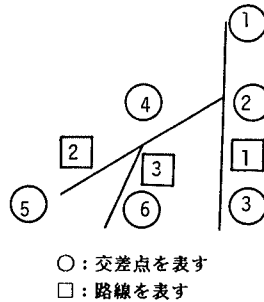


図1 道路網図

1. 交差点をノードに、また交差点間の各道路をリンクとみなすことによって対象道路ネットワークを図2のように有向グラフで表す。

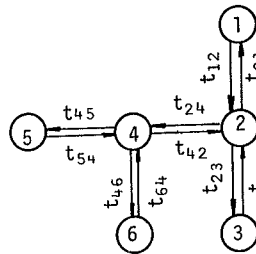


図2 有向グラフ

2. 起点としてのノードを行に、着点としてのノードを列にとった行列を考える。いまノード  $i$  と  $j$  が隣接していればこの行列の  $(i, j)$  要素に区間道路の「標準化線の機能特性値」 $t_{ij}$  ( $t_{ij}$  の値は各道路区間の線の機能特性値をその最大値で割って標準化したもので、1以下0以上の値をとる。) を、そうでない場合は0を入れる。これは一種の隣接構造を表す行列 (incident matrix) であり、接続の有無のみならず、その強度を  $t_{ij}$  なる重みで代表させていると解釈できる。図2の有向グラフの場合これは次式で表される。

$$X_c = \begin{pmatrix} 0 & t_{12} & 0 & 0 & 0 \\ t_{21} & 0 & t_{23} & t_{24} & 0 \\ 0 & t_{32} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & t_{42} & 0 & 0 & t_{45} \\ 0 & 0 & 0 & t_{54} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & t_{64} & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

3. この行列  $X_c$  を用いて、各道路区間がそれぞれ2次的に (一つのノードを介して) 接続、3次的に (2つのノードを介して) 接続、...、 $k$  次的に ( $k$  個のノードを介して) 接続している程度 (接続の有無とその結びつきの度合) を計量化することを考える。すなわち、行列  $X_c$  の1乗、2乗、...、 $k$  乗にその相対的重要度を表す係数を乗じてその和を考えることにより、行列  $V$  が式(2)のように定義される。

$$V = a_c X_c + a_c^2 X_c^2 + \dots + a_c^k X_c^k \quad (2)$$

上式において  $X_c^k$  の  $(i, j)$  要素の値はノード  $i$  から  $j$  へ  $k$  段階で到達する冗長でない (同じ交差点を2度以上通らない) 経路の特性値を表すもので、 $k$  個の区間の特性値の積で表される。また  $i$  から  $j$  へ  $k$  段階で到達する冗長でない経路が複数あるときは、各経路の特性値の合計となるような性質を有する。また係数  $a_c, a_c^2, \dots, a_c^k$  は対応する行列  $X_c, X_c^2, \dots, X_c^k$  のベキ数に応じて影響が  $a_c$  (一定) の割合で減じていくと考えている。 $a_c$  の値の設定の仕方は色々考えられるが、ここでは各ノードに接するリンク数の最大値の逆数とする。

4. 次式によってノード (交差点) の相対的重要度を算定する。すなわち

$$C_i = \sum_{j=1}^N v_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (3)$$

ここで  $w_i$  はノード  $i$  の相対的重要度、 $v_{ij}$  は行列  $V$  の  $(i, j)$  要素、 $N$  はノード数である。

5. ノード  $i$  と  $j$  の間のリンク  $(i, j)$  の区間地位指数 (status index with respect to section, SIS) はノード  $i$  と  $j$  の相対的重要度の平均値とする。すなわち

$$SIS_L = (c_i + c_j) / 2 \quad (L=1, 2, \dots, M) \quad (4)$$

ここで  $M$  はリンク数である。

上で定義した  $SIS_L$  は道路区間  $(i, j)$  の対象道路ネットワークにおける相対的重要度を表すもので、接続性のよいリンクほど、また区間道路の線の機能特性値の値が大きいほど高く評価されるという性質を有する。

b) モデルの補正

上で示したモデルの一つの欠点は対象ネットワークの境界に位置するノードの区間地位指数が過小評価される傾向があるということである。そこで圏域外の交差点に直接接続している圏域外の交差点をダミーとして設けてこのダミーの交差点と圏域内の交差点の間の区間道路の標準化線の機能特性値に  $\Delta_c$  なる補正量を与えることによって補正を行うことにする。この補正量を図3を参考にして具体的に説明しよう。

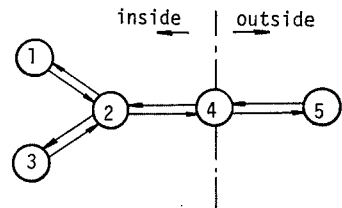


図3 境界部の道路網の有向グラフ

図3においてリンク4-5に  $\Delta_c$  なる補正量を与えることによって増加する交差点1, 2, 3, 4の相対的重要度の増加量はそれぞれ  $t_{12} t_{24} \Delta_c a_c^3$ ,  $t_{24} \Delta_c a_c^2$ ,  $t_{32} t_{24} \Delta_c a_c^3$ ,  $\Delta_c a_c$  となる。またリンク1-2, 2-3, 2-4の区間地位指数の増加量は、それぞれ  $t_{24} a_c^2 (1 + t_{12} a_c) \Delta_c$ ,  $t_{24} a_c^2 (1 + t_{32} a_c) \Delta_c$ ,  $a_c (1 + t_{24} a_c) \Delta_c$  となる。 $t_{ij}$  と  $a_c$  の値はともに1より小さい値であるから、ダミーノードに到達する最短経路の段階が少ないほど  $\Delta_c$  による影響は大きくなるのがわかる。補正量  $\Delta_c$  の考え方については色々考えられるがその一例については4.ケース・スタディで述べる。

(2) 路線地位指数

a) 基本モデル

(1) の区間地位指数はネットワーク状に分岐結合した道路網を構成する個々の道路区間の評価には適しているが、道路区間から構成される各路線(ルート)の相対的な重要度を対象道路ネットワークとの係わりから評価するには必ずしも適切ではない。そこでこのような評価法により有用な指標を提案する。以下、図1の道路網を参考にして説明する。

1. 路線をノードとみなし、路線間のつながりをリンクに対応させることにより道路網ネットワークを有向グラフで表す。図1より図4が得られる。

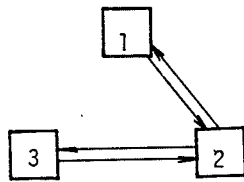


図4 有向グラフ

2. この有向グラフより隣接行列Bと、路線1の基準化線の機能特性値 $k_1$  (各路線の線の機能特性値を最大の線の機能特性値で除し、1以下の値としたもの) を対角要素に持つ重み行列Cを作り、次式によって行列 $X_r$ を算定する。

図4の場合 $X_r$ は次のようになる。

$$X_r = B \times C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & k_1 \\ 0 & 0 & k_2 \\ k_1 & k_2 & 0 \end{pmatrix} \quad (5)$$

3. 区間地位指数の算定方法の3の場合と同様な考え方により行列Uを次式によって算定する。

$$U = C + a_1 X_r + a_2 X_r^2 + \dots + a_k X_r^k \quad (6)$$

4. 上記の行列Uより路線1の地位指数、すなわち路線地位指数 (status index with respect to route, SIR) を次式によって求める。

$$SIR_i = \sum_{j=1}^N u_{i,j} \quad (i=1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

ここでNはノード数(路線数)、 $u_{i,j}$ は行列Uの(i,j)要素である。

上述の方法によって求められる路線地位指数は当該路線の特性値とそれに接続する路線の特性値の大きさ及び接続性に依存し、この値が高い路線ほど対象圏域内においてそれだけ重要であると言える。

b) モデルの補正

この指数は圏域内の接続のみを考慮して評価するものであるが、この拡張として圏域外との接続をも考慮して評価するようには、先の区間地位指数のモデル化の補正法のところでも言及した考え方にすれば簡単に示される。以下このことを図5の道路網図を参考にして説明する。

図5の道路網を有向グラフとして表したものが図6であり、ノード5は圏域外の都市あるいは路線を代表させたダミーノードである。このノードの線の機能特性値として $\Delta_r$ を与えると、路線1, 2, 3, 4の増加は、それぞれ $a_r \Delta_r$ ,  $(k_1 a_r^2 + k_3 k_1 a_r^3 + k_3 k_4 k_1 a_r^4) \Delta_r$ ,  $(k_1 a_r^2 + k_2 k_1 a_r^3 + k_4 k_1 a_r^3) \Delta_r$ ,  $(k_1 a_r^2 + k_3 k_1 a_r^3 + k_3 k_2 k_1 a_r^4) \Delta_r$ となる。これより、ダミーノードに直接接続しているノードのみでなく間接的に接続しているノードにも影響があることがわかる。さらに $a_r$ ,  $k_i$ の値は1以下の値であるから影響の大きさはダミーのノードから到達できる最短経路の距離(最短経路を構成するリンク数)が大きいほど小さくなる傾向がある。

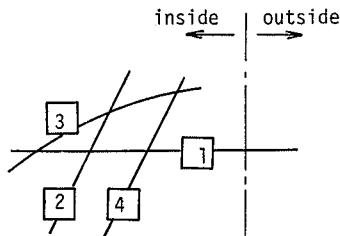


図5 道路網図

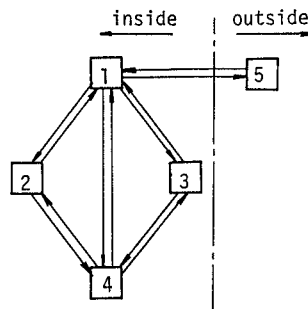


図6 有向グラフ

(3) 距離地位指数

各区間道路が道路ネットワーク全体に占める相対的重要度を、各ODに対する最短ルート構成上の重要度と関連づけて計量化する方法について説明する。このような観点から、以下では、任意のリンク(区間道路)が通行不能となった場合における全てのノード(交差点)から他の全てのノードへ到達する最短距離と、それが正常であった場合の同様な最短距離を比較し、前者を後者で除した比を1から引いた値(当該リンクkが通行不能になったために生じるOD(i,j)の最短ルートの増分)のすべてのODペア(i,j)に関する総和をそのリンクのネットワーク全体に占める相対的重要度、すなわち距離地位指数(status index with respect to distance, SID)と定義する。これを定式化すれば次のようになる。

$$SID_k = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (1 - MD_{i,j} / \overline{MD}_{i,j}) \quad (8)$$

(i ≠ j, k = 1, 2, …, M)

ここで $SID_k$ はリンクkの距離地位指数、 $MD_{i,j}$ は全リンクが通行可能な場合のネットワークにおけるノードiからjへの最短距離、 $\overline{MD}_{i,j}$ はリンクkが通行不能になった場合の同一ODに対する最短距離(ただし到達不可能な場合は $MD_{i,j} = \infty$ とする)、Nは対象ネットワークのノード数、Mは対象ネットワークのリンク数である。

式(8)によって定義される $SID_k$ の値が高い場合、リンクkはネットワークにおける相対的重要度が高いことを示し、低い場合は相対的重要度が低いことを示している。特にこの値が0のときは、そのリンクが通れなくなっても(いかなるODに対しても)距離的増分がまったくないことを表している。また式(8)の( )の中が1をとるときはそのODに対する(最短)経路が存在しないことを意味しており、このときの $SID_k$ は $N \times (N - 1)$ なる値をとる。なお定義よりネットワークの各リンクが等しくある倍数だけ拡大(あるいは縮小)されても、 $SID_k$ の評価値は不変であることが示されるが、これを相似なネットワークに関する同値性と呼ぶ。

### 3. 距離地位指数の基本特性に関するモデル分析

上で定義した距離地位指数がどのような特性をもっているかを解明する目的で、以下に示すネットワーク・パターンを対象にしてモデル分析を行う。その際、図7～図11に示すネットワーク・パターンを比較する。図7～図11において( )の数字はそのリンクの距離を示

している。また図中、各リンクごとに表示されたもう一つの数値は距離地位指数の値を示したものである。また各ネットワーク・パターンの全体的な整備水準の比較を行うために次式によって求められる代表値を計算し図中に示してある。

$$TSID = \sum_{k=1}^M SID_k, \quad ASID = TSID / M$$

なお各ODに対する最短経路の算定にはミニマム・スパンニング・ツリー法を用いた。<sup>5)</sup>各ケースの計算結果を比較することにより、概ね次のような結論を得た。

(a) 端末ノード(いわゆるデッド・エンド)がある場合で、しかもその端末が2本以上のリンクに接続していないときには、そのリンクは高く評価される傾向がある。これはそのようなリンクに対して代替リンクが存在しないためである。(図7、図8参照)

(b) 隣接するノード間にリンクが2つ以上ある場合そのリンクの値は低く評価される。これは相互のリンクが代替ルートとなりうるためである。上で述べたことより距離地位指数は「代替不能度」(いわば「ルート構成上のかけがえのなさ」)を表す特性があるといえる。(図8参照)

(c) 距離の短いリンクは高く評価される傾向がある。これは短いリンクほど距離的にみてそれに匹敵しうる代替リンクが少なくなるためである。もしこの距離を「時間距離」で表すならば、バイパスとしての道路リンクはそれだけ評価が高くなるのがわかる。(図10、図11参照)

(d) 図9のような田の字型(格子状)のネットワークにおいては、各リンクの距離が等しければ距離地位指数は全て同値であることがわかる。これは正方形の格子を構成する任意のリンクが通行不能となったとき、その代替ルートは常に残りの3辺より構成されるためである。

(e) 図10に示すような十字型の放射道路に2つの環状道路ループが菱形に結合しているような道路網を考える。この場合、十字型放射道路を構成する各道路リンクは内側から外側に向かうほど距離地位指数が高くなっていく。これは内側の放射道路リンクが使えなくなったときに、これと比して距離の長い外側の環状ループのリンクを代りに利用しなければならなくなるためである。また菱形環状道路を構成する各辺の道路リンクは、それと斜めに結合する十字型放射道路の内側のリンクと比して距離地位指数は低くなっている。これは(c)で述べた

ように距離が短いリンクの方が距離地位指数が高くなるという性質に起因している。図11は外側の環状道路の各リンクの制限速度を2倍にし、通過時間（時間距離）を半分にしたものである。これより外側の環状道路リンクの距離地位指数の値が図16の結果と比べて高くなっていることがわかる。また各リンクのSIDの平均値ASIDの値も先の図と比べて下がっており、各リンクの「ルート構成上のかげがえのなさ」が全体的に低下していることがわかる。

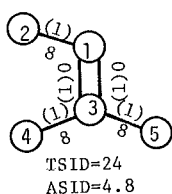
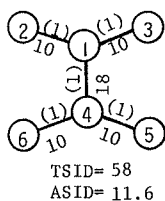


図7 パターン1 図8 パターン2

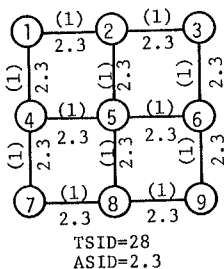


図9 パターン3

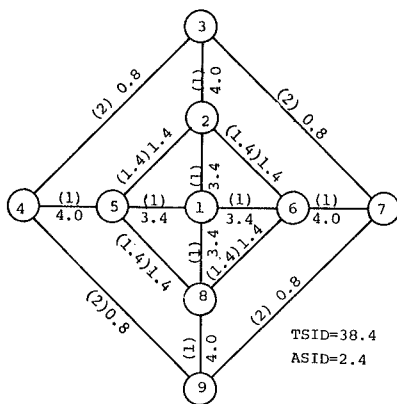


図10 パターン4

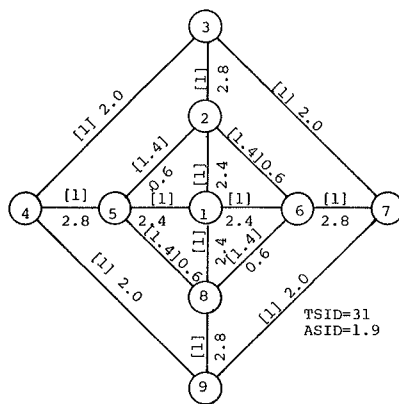


図11 パターン5

4. ケース・スタディ

ケース・スタディとして鳥取県東部地域の道路網を取り上げる。なお区間地位指数および路線地位指数の線的機能特性値としては、幅員、交通量、沿線人口、沿線生産施設の製造品出荷額を取り上げ、これらの値によって求まる地位指数をそれぞれH, K, P, Sという記号で表す。

(1) 対象地域の概況

図12は東部圏域の国道、県道路線網の概要を示している。

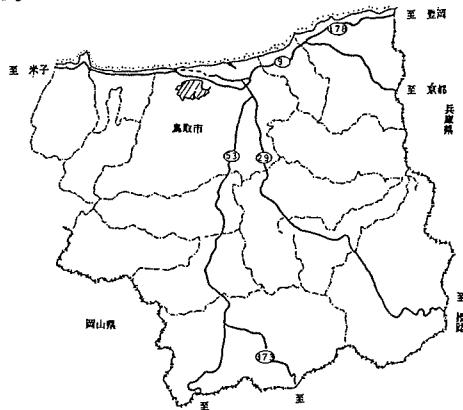


図12 鳥取東部地域の概況

本圏域には海岸部（北端）に位置する鳥取市を中心として、東西ルート（国道9号、173号）および南北ルート（国道29号、53号、373号）などの幹線ルートが延びており、これを補完したり、これより分岐する形で他の地域幹線ルートが整備されている。

## (2) 区間地位指数 (SIS) の適用

図13は式(4)で計算された区間地位指数H(幅員)を4ランクに分けて示したものである。各線の太さは以下のランクに対応している。

—————	ランク4 (最大)
—————	ランク3
-----	ランク2
-----	ランク1 (最小)

本図よりこの圏域の幅員を特性値に設定した位相構造は鳥取市街部を中心にしてランクが下がっていく構造をなしていることがわかる。この傾向は国道9号、29号、53号についても例外ではないが、市街部の外では他の道路と比して境界部に近づくと値が減少していくことがわかる。そこで上述した区間地位指数の補正にならって補正を行った区間地位指数H(幅員)を図14に示す。ただし、ここでは補正量 $\Delta$ の値をダミーリンクに接続するリンクの幅員で代表させている。この図より境界付近のリンクが約1ランク上がる形で補正が行われていることが確認できる。

次に、図15は各道路リンクの幅員をそのまま指数化（最大値と最小値の間を4等分してランク化）したものである。これより国道などの幹線は市街部かその郊外かを問わず高い値を示していることがわかる。これと先の図14との結果を比較すると、幅員を線の機能特性値とした区間地位指数のほうが、ネットワークの接続性の高い地区（特に市街部）とそうでない地区との機能水準の差をも明示的に評価できるという点で優れていることがわかる。この他に交通量(K)、沿線人口(P)および沿線生産施設の製造品出荷額(S)を取り上げたが、ほぼ同様の結果を得た。ミクロにみるとその差は各道路リンクの線の機能特性を代表させる特性値の地域分布に関係しており、市街部とその外部との地域アクティビティの違いをより明示的に表すPやKの方がそれだけ市街部とその外部との水準の差を強く浮きだたせる傾向があるといえる。

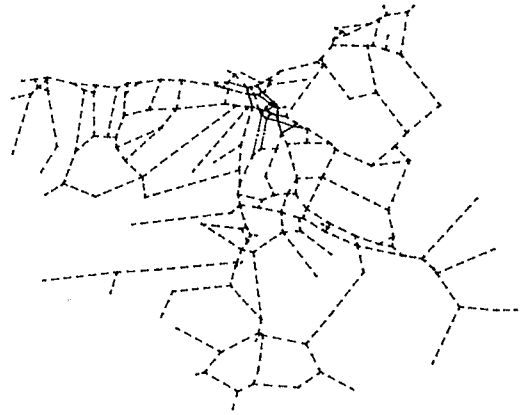


図13 区間地位指数(幅員)

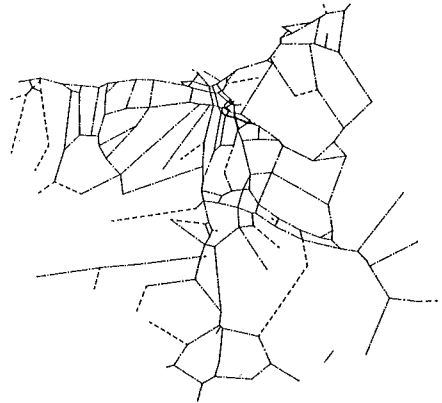


図14 区間地位指数(幅員)補正を行う

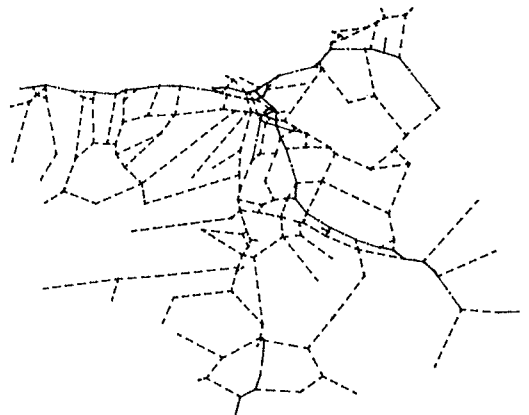


図15 幅員(区間道路)

## (3) 路線地位指数の適用

図16は式(7)で計算された路線地位指数H(幅員)を指標化したものである。この図より国道9号線、23号線、53号線が最も高く評価され、次いでこれらの路線に接続する延長距離の長い路線、さらに、それらに接続する路線の順に評価されていることがわかる。次に図17は各路線の幅員をそのまま指数化したものである。これと幅員を線的機能特性値とした路線地位指数の結果(図16)とを比較してみよう。図17の結果では図16で高く評価された国道9号線、29号線、53号線の評価値が相対的に低下し、他の路線の評価値とそれほど変わらなくなっていることがわかる。これより区間地位指数H(幅員)を用いると単なる各路線個別の幅員のみでの評価ではなく、接続性の高い路線とそうでない路線の機能水準の差を、明示的に評価できるということがわかる。次に、線的機能特性値として交通量を用いて計算した路線地位指数K(交通量)の結果について考える。この場合も、路線地位指数H(幅員)とほぼ同様の結果が得られた、つまり国道9号線、29号線、ならびに53号線や、これに接続する延長距離の長い路線はそれ自体幅員も広くまた交通量が多いことに加えて、これらに接続する他の路線が多いことが相まって上の様な結果が得られたものと考えられる。

次に、図18は路線地位指数P(沿線人口)の計算結果を示したものである。(ここで線的機能特性値として表した沿線人口は路線の通過する市町村の人口の合計とした。)これより、国道9号線、29号線、ならびに53号線の3つの路線と、市中心部から東西に延びる路線が最も高く評価されていることがわかる。また路線地位指数S(沿線生産施設の製造品出荷額)もこれと同様な結果が得られた。これは結果概ね、上述のH(幅員)やK(交通量)にもとづいて計算した路線地位指数の結果と傾向は類似している。すなわち、沿線の地域活性度という視点からみた場合、これらの路線はそれ自体でも高いが、これに加えて、それが地域活性度のかかなり高い他の路線と直接・間接に接続している度合いが高いことが明示的に評価されたものと考えられる。

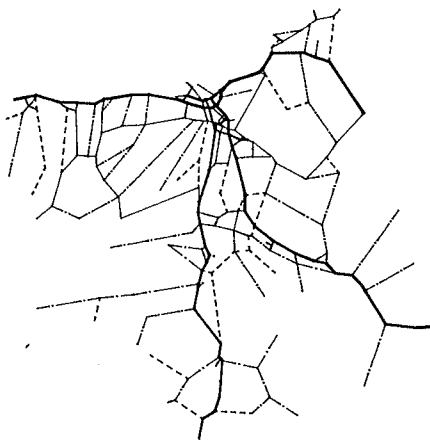


図16 路線地位指数(幅員)



図17 幅員(路線単位)

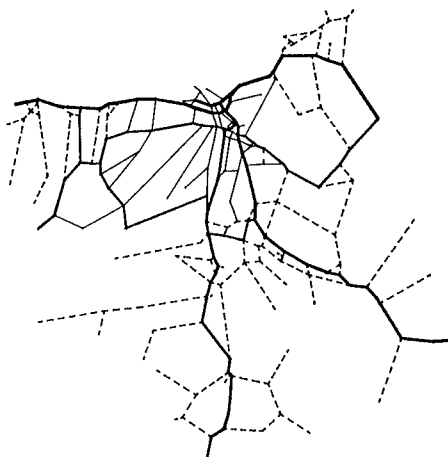


図18 路線地位指数(沿線人口)



## (4) 距離地位指数の適用

図19は鳥取市街部を対象にして、距離地位指数を求めた結果を表している。図中、線の太さが距離地位指数に対応している。これより、端末のノードを有するリンクがかなり高く評価されていること、距離の短いリンクが比較的高く評価されていること、など距離地位指数の基本特性とし、(c)の基本モデルの分析のところで説明したことに当然ながら合致している。

特に興味深いのは市の中心部において、高く評価されているリンクと、そうでないリンクの差がはっきりしている点である。これは市街部の街路の中にもODの最短ルート構成上不可欠であるリンクとそうでないリンクが存在していることに起因している。これより本指標は特に「ルート構成上のかけがえのなさ」という視点からみた場合の機能評価を明示的に行う上で有効な指標となることがわかる。

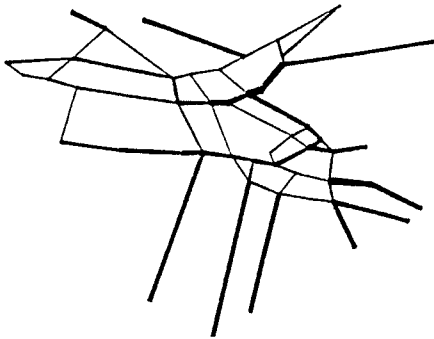


図19 距離地位指数(鳥取市街部)

## 5. むすび

以上、本研究では道路(網)の整備水準を評価するための新しい指標として、区間地位指数、路線地位指数ならびに距離地位指数の3つを提案するとともに、その基本的特性を明らかにした。すなわち、これらの指標はいずれも道路の路線や区間の機能水準を、それ自体が有している線の機能特性と、その有機的な接合構造(位相構造)の機能特性を複合的にとらえた視点から評価するという目的で開発されたものであるが、これらのモデルはいずれもこの目的に合致した基本的特性を有していることが示された。またこれらのモデルをケース・スタディ

域(鳥取県)の道路網に適用し、その有効性を実証した。

従って、本研究で提案した3つの評価モデルを適宜活用することにより、ネットワークとしてみた地域道路網の整備水準の現状評価と今後の改善・拡張のあり方の検討に役立てることができるものと考えられる。特に提案したこれらのモデルはいずれもその計算がきわめて簡単であるので、現実の道路行政や計画に導入することは用意であると判断される。もちろん、実用化に当っては、必要に応じてさらに簡便化を図ることも必要であろうしまた入力値としての線の機能特性値の設定の仕方や各種の線の機能特性値を用いた場合の評価結果の総合化の方法、ならびに対象地域の境界の外にある道路網の影響を加味するための補正の方法等、今後検討すべき問題も多い。付して今後の課題としたい。

## 参考文献

- 1) 岡田憲夫・田中成尚, ネットワーク機能からみた道路施設整備度の計量指標化に関する研究, 第37土木学会中国四国支部研究発表会講演集, 昭和60年
- 2) 岡田憲夫・田中成尚, 道路ネットワークの整備水準の計量指標化に関する研究, 第40回土木学会年次講演会講演集, 昭和60年
- 3) 岡田憲夫・田中成尚, 道路ネットワーク整備水準の指標化に関する研究, 第41回土木学会年次講演会講演集, 昭和60年
- 4) 池田央, 調査と測定, pp231-237, 新曜社, 昭和56年
- 5) 吉川和広, 土木計画学演習, pp146-148, 森北出版 昭和60年
- 6) 高木貞二, 心理学における数量化の研究, 東京大学出版会, 昭和30年
- 7) 田中熊次郎, ソシオメトリーの理論と方法, 明治図書, 昭和42年
- 8) Procter, C.H. and Looms, C.P., Analysis of Sociometric Data. In Jahoda, M, Deutsch, M. and Cook, S.W. (Eds) Research Methods in Social Relations, Part2. Dryden 1951
- 9) Katz, L. A new status index derived from

sociometric analysis. *Psychometrika*, 18,  
39-43. 1953

- 10) Festinger, L. The analysis of sociograms  
using matrix algebra. *Human Relations*, 2,  
153-158. 1949
- 11) Luce, R.D. and Perry, A.D. A method of  
matrix analysis of group structure.  
*Psychometrika*, 14, 95-116. 1949