

道路網計画からみた 土地利用と交通流動の整合性*

AN INTEGRATED LANDUSE-TRANSPORTATION ANALYSIS ON TYPICAL ROAD NETWORK FORMS

飯田恭敬** 李 燕***

By Yasunori IIDA, Yan LI

There are three network forms which many real road networks can be included in; the grid network(GN), the radial network(RN), and the network which has the circle lines connecting the areas surrounding the center, say CN. Under a construction budget constraint, which form, if exists, can bear the largest traffic demand, and what link capacity distribution(LCD) and traffic demand distribution(TDD) should be are interesting topics for network planners. Since TDD is greatly influenced by the land use distribution, land use planners are also very much concerned about these topics.

By using the optimal trip matrix model (Iida & Li, 1992) on sample LCDs under a construction budget constraint, this paper has mainly three conclusions. First, no special form can bear larger traffic demand than others. Second, since GN has longer average travel time and CN has less LCDs which can bear the largest traffic demand, RN is the best form from the view of network efficiency. Third, TDDs, or the land use distributions which fit the network are different among the forms. Especially, CN is fit for those the land use is extremely concentrated in the center.

1. はじめに

ある需要関数の下で、すべてのリンクが最も有効に利用される時に交通網全体として受け入れ可能なOD交通量を最大交通量という。同じ建設費用で作られた道路網でも、その形状、リンク容量の構成によって、最大交通量が違って来る。ここで、道路網の形状を道路網パターンと呼び、そのリンク容量の構成を容量構成、単位建設費用あたりの最大交通量を交通効率と呼ぶ。地価高騰、財政不足などの問題とからんでいる交通問題に直面する現在、どのような道路網パターン、どのような容量構成で、そしてどのような土地利用パターン(ODパターン)で最

も高い交通効率が得られるかを知ることは交通計画と土地利用計画の両面に重要な意義をもっている。

本稿では、放射状、環状、格子状の3つの典型的な道路網パターンについて、最大交通量モデルを用いて、まずそれぞれの容量構成と交通効率の関係を明らかにした上で各種の道路網パターンの特徴について比較を行い、そして、土地利用と交通流動の整合の観点から、各々の道路網に適合するOD交通分布について考察をする。

2. 対象道路網の設定

図1に示す3種類の道路網パターンを対象とする。図1-aは格子状道路網パターン、図1-bは放射状道路網パターン、図1-cは環状道路を有する道路網パターン(ここでは環状道路網パターンと呼ぶことにする)を表す。道路網の構成要素については、以下のよう

に定義する。
・リンク 図に示したように、中心ノードと中間ノード、中間ノードと周辺ノードを連結するリンクを

*キーワード: 容量構成, 交通効率, 整合

**正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室 (〒606-01 京都市左京区吉田本町)

***学生会員 理修 京都大学大学院 工学研究科 博士後期課程 (〒606-01 京都市左京区吉田本町)

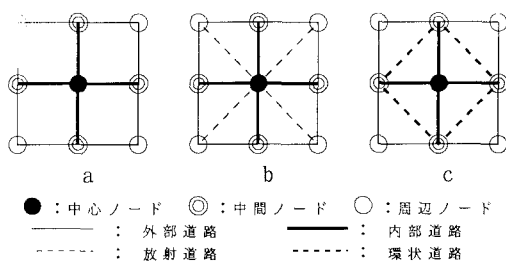


図1 対象道路網パターン

それぞれ内部道路、外部道路と呼び、図1-bにおける中心ノードと周辺ノードを直結するリンクを放射道路、図1-cにおける中間ノード間のリンクを環状道路と呼ぶ。リンクは方向別に設定するが、その容量は、方向とは無関係に道路の種類ごとに一定である。

・ノード 図1に●, ⊙, ○で示したように、3種類のノードがあり、それぞれ中心、中間、周辺ノードと呼ぶ。

・リンク走行時間関数 BPR関数で与えられる。自由走行時間はリンク長に正比例する。

・リンク建設費用 単位容量単位延長当たりの道路建設費用 δ を用いて、 $\delta \times$ リンク容量 $\times$ リンク長と計算されるものとする。簡単のため、 $\delta=1.0$ とする。

・道路網建設費用 リンクの建設費用の和とする。

以上の道路網パターンにおいて、道路網建設費用を G 、内部道路、外部道路、放射道路あるいは環状道路のリンク容量をそれぞれ C_X 、 C_Y 、 C_Z 、リンク長をそれぞれ l_X 、 l_Y 、 l_Z とすると、

$$G=8 l_X C_X+16 l_Y C_Y+8 l_Z C_Z \quad \cdots \cdots (2.1)$$

$$l_X=l_Y=1/\sqrt{2} \quad l_Z=l \quad \cdots \cdots (2.2)$$

なる関係がある（1道路区間は2本の有向リンクからなる）。道路網の容量構成を表すために、内部道路と外部道路のリンク容量の比を η 、すべての放射道路あるいは環状道路に費やされる建設費用の割合を ξ と定義する。すなわち、

$$\eta=C_X/C_Y \quad \cdots \cdots (2.3)$$

$$\xi=8 l_Z C_Z/G \quad \cdots \cdots (2.4)$$

である。式(2.1)～(2.4)から、各種道路の容量と総建設費用 G との間に以下の関係が導かれる。

$$C_X=\frac{(1-\xi)\eta}{8(2+\eta)}G \quad \cdots \cdots (2.5)$$

$$C_Y=\frac{(1-\xi)}{8(2+\eta)}G \quad \cdots \cdots (2.6)$$

$$C_Z=\frac{\xi}{8\sqrt{2}}G \quad \cdots \cdots (2.7)$$

任意の容量構成 $S(\eta, \xi)$ に対して、式(2.5)～(2.7)を用いて、各種道路のリンク容量比も

$$C_X:C_Y:C_Z=\eta:1:\frac{(2+\eta)\xi}{(1-\xi)\sqrt{2}} \quad \cdots \cdots (2.8)$$

によって簡単に計算できる。

式(2.3)(2.4)の定義より、 $\eta \geq 0.0$ 、 $0 \leq \xi \leq 1$ が自明である。 $S(\eta, 0.0)$ は図1-aのような格子状道路網を意味する。 $\xi=1.0$ は放射道路あるいは環状道路だけからなるという極端な道路網である。本研究では、現実性を考えて、容量構成を

$$S(\eta, \xi): \eta=0.4 \sim 2.8, \xi=0.0 \sim 0.45$$

と限定する。ここで、 η と ξ が以上の区間にあるとしたのは、内部道路が外部道路の容量の0.4倍以下、あるいは2.8倍以上、あるいは放射道路（環状道路）の建設費用の和が道路網全体の建設費用の45%以上の道路網は現実には少ないと考えられるからである。

なお、モデル計算にあたっては、表1で示したように、 η は7つ、 ξ は6つの値を取り、その組み合わせについて計算する。格子状パターン（ $\xi=0.0$ ）では、 η によって7サンプルの容量構成がある。環状パターンと放射状パターンでは、 ξ が5通りあるので、それぞれ35サンプルがある。

表1 数値計算に用いる η と ξ の値

η	0.4	0.7	1.0	1.4	2.0	2.4	2.8
ξ	0.0	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	

3. 最大交通量モデル

1) モデルの定式化¹⁾

最大交通量モデルは利用者の交通需要関数を仮定したうえで、計画者が許容するリンクの混雑度のもとで、ネットワークが最も有効に利用される場合に道路網全体が受け入れることが可能な最大トリップ数を求めるモデルである。すべてのリンクにおいて容量までの最大限の交通量を許容した場合の最大交通量は以下のように定式化される。

主問題

$$\text{Max } \sum_i O_i \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

Subject to

$$\sum_i \sum_j O_i h_{ij} p_{ij}^a \leq C_a \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

$$0 \leq O_i \leq O_i^* \quad \dots\dots\dots(3.3)$$

$$i, j=1, 2, \dots, N$$

子問題

$$X_{ij} = f(O_i, D_j, t_{ij}) \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

$$h_{ij} = X_{ij} / \sum_j X_{ij} \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\text{Min } \sum_a \int_0^{v_a} t_a(x) dx \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

Subject to

$$v_a = \sum_k \sum_i \sum_j U_{ij}^k \delta_{akij} \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\sum_k U_{ij}^k = O_i h_{ij} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

$$U_{ij}^k \geq 0 \quad \dots\dots\dots(3.9)$$

ただし,

- O_i : ノード i の発生交通量
- p_{ij}^a : ノード i から j の交通のリンク a の利用率
- h_{ij} : ノード i から j の選択確率
- C_a : リンク a の容量
- O_i^* : ノード i の発生交通量の上限値
- N : ノード数
- X_{ij} : ノード i から j までの交通量
- D_j : ノード j の集中交通量
- t_{ij} : ノード i から j の走行時間
- v_a : リンク a の交通量
- $t_a(x)$: リンク a の走行時間関数
- U_{ij}^k : ODペア ij の k 番目経路の交通量
- δ_{akij} : ODペア ij 間のパス k がリンク a を経由するとき 1, そうでなければ 0

主問題において、式(3.1)は各ノードの発生交通量の和を最大化するという目的関数である。式(3.2)はリンクの交通量がリンク容量を越えてはならないことを表す。 h_{ij} 、 p_{ij}^a の値は子問題によって求められる。式(3.3)はノードの発生交通量の可能範囲の制約条件である。したがって、主問題はリンク容量を十分に利用するような各ノードの発生交通量を求める問題である。本研究では、具体的な土地利用制約がある実際の道路網ではなく、典型的な道路網パターンと最大交通量の一般的な関係について検討するので、発生交通量の上限値 O_i^* を無限大とする。

子問題において、式(3.4)は交通量需要関数であり、ノード i 、 j 間の交通量 X_{ij} はノード i の発生交通量、ノード j の集中交通量および i から j への所要時間によって決められ、その関数の構造(パラメー

タ)が与えられるものとする。この式から主問題に必要とする目的地選択確率 h_{ij} が式(3.5)によって導かれる。式(3.6)～(3.9)は利用者が完全情報の下で、交通費用を最小にするように経路を選択することにより、最終的には、「起終点に存在する可能な経路のうち、利用される経路については所要時間が等しく、利用されないどの経路の所要時間よりも短い」という均衡状態になることを表す。これは、式(3.4)のノード i 、 j 間の所要時間 t_{ij} 、および主問題のリンク利用率 p_{ij}^a を決めるものとなる。

以上の定式において、もし h_{ij} が既知かつ一定であれば、モデルは非線形計画問題のうちの2レベル最適化問題となり、その解法はすでに開発されている²⁾。 h_{ij} が未知の場合にも、このことを用いて、繰り返し計算が考えられる。ネットワーク上の都市活動の発生・変化の一般的な過程を考慮して、最初のイテレーションでは、OD交通量(式(3.4))は目的地までの自由走行時間のみに影響されると仮定して、式(3.5)により目的地選択確率 $h_{ij}^{(0)}$ を求め、2レベル最適問題を解く。そしてその結果から D_j と t_{ij} が計算できるので、式(3.4)(3.5)により目的地選択確率を更新して、もう一度2レベル最適問題を解く。このような計算は $h_{ij}^{(n)}$ が収束するまで続く。

交通需要関数については、本研究では、以下のような重力モデルを仮定する。

$$X_{ij} = c O_i^\alpha D_j^\beta t_{ij}^{-\gamma} \quad \dots\dots\dots(3.4)'$$

ここで、 c は重力モデルの修正係数で、 α 、 β はそれぞれノード i の発生交通量 O_i 、ノード j の集中交通量 D_j が交通需要に与える影響を示すもので、 γ はOD間の交通需要が走行時間 t_{ij} に対する抵抗を表すものである。この関数を用いて目的地選択確率を求める時には(式(3.5))、係数 c と α が約分されるので、 β と γ だけを与えればよい。本研究では、首都圏パーソンOD調査の重力モデルの値³⁾を参考にして、 γ を1.2とする。また、簡単のため、利用者の交通需要が集中ノードの魅力度に関係しないで所要時間のみに依存すると仮定し、式(3.4)'のパラメータ β を0.0とする。こうして、モデルにおける繰り返しによる大量の計算を省略することができる。

2) 整合性について

土地利用から生じられる交通需要と交通施設と最もバランスがとれている望ましい状態を整合状態と

いう⁴⁾。この望ましい状態は評価基準によって判断が違うが、本研究では、道路網の最大利用を基準とした上で、最大交通量が得られるような土地利用パターンをしている時を土地利用と道路網の整合状態と定義する。この時、道路網としては、すべてのリンクが最大限に利用されることが可能であり、土地利用としても、与えられた道路網における最大の交通量を発生させることが可能である。なお、土地利用パターンはODパターンそのものではないが、両者の間には何らかの関係が存在するので、本研究では、土地利用パターンの代わりにODパターンと道路網の整合について考察する。

最大交通量モデルにおいて、操作変数は各ノードの発生交通量であり、しかも目的地選択確率も求められるので、道路網の最大利用を基準とした、所与の道路網から整合する各ノードの発生交通量および集中交通量の組み合わせを求めるという整合問題としても解釈できる。

4. 交通効率による道路網パターンの比較

本節では、放射状道路網パターン、環状道路網パターンのそれぞれの35個の容量構成、格子状道路網パターンの7個の容量構成について、最大交通量モデルを用いて、建設費用が1.0であるときの最大交通量、すなわち交通効率を求める。そして求められた交通効率の概念を用いて、各々の道路網パターンについて交通流動からみれば最も効率の高い、すなわち最大交通量の得られた容量構成を明らかにした上で、道路網パターンの特徴について比較を行う。

1) 交通効率と容量構成

図2-aは容量構成 η による格子状道路網の効率(E)の変化を示している。放射状と環状パターンの場合には η と β の2つの変数で容量構成を表すので、その効率を図2-b, cのように効率の等値線図で表す。印「*」で示したのは効率の最大値が得られた容量構成である。モデル計算は上述のように限られた容量構成に行い、また、計算結果も理論解でなく近似解であるので、必ずしも理論的にその容量構成で最大値が得られるとは言えないが、モデルにおける目的関数の連続性および容量構成の連続性から、理論的な最大値もその容量構成の周辺にあると思われる。道路網パターン間の比較に重点を置き、現実の道路網

計画・土地利用計画に方向性を示すことを目的とする本研究では、容量構成のサンプルで計算した結果を用いて比較するのは差し支えないであろう。

図2-aから分かるように、格子状の場合、最大の

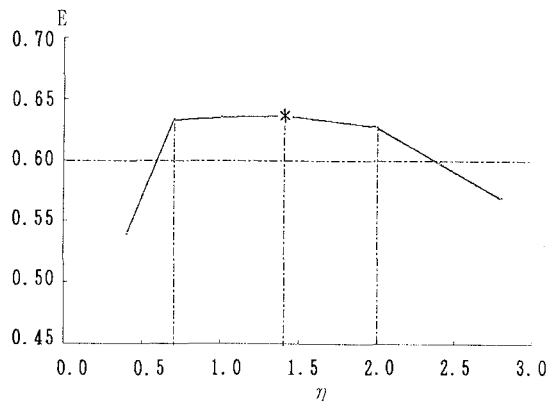


図2-a 格子状道路網の容量構成と効率

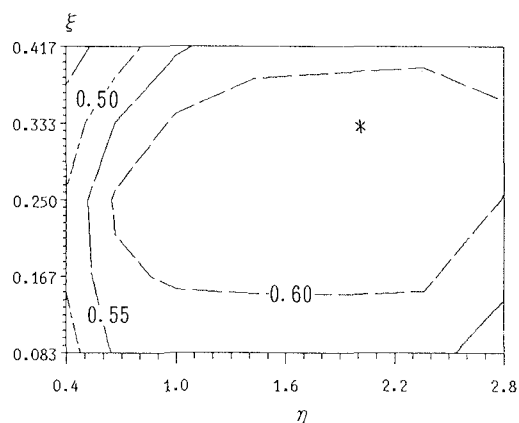


図2-b 放射状道路網の容量構成と効率

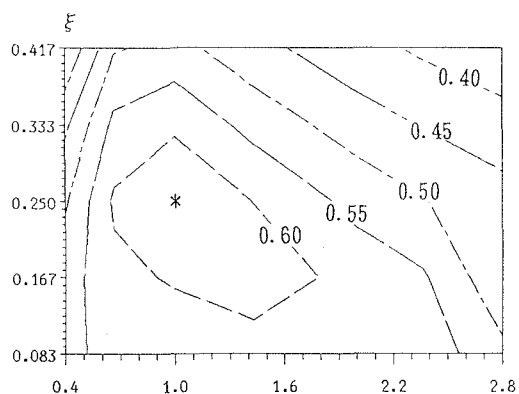


図2-c 環状道路網の容量構成と効率

効率は0.636で、この最大値が得られた容量構成は、 $\eta=1.4$ 付近、つまり内部道路と外部道路の容量比が1.4:1の時である。放射状の場合(図2-b)では、交通効率の最大値は0.651で、 $S(2.0, 0.33)$ の容量構成で得られる。つまり内部道路、外部道路、放射道路のリンク容量比(式(2.8))が2:1:1.41のような容量構成が交通効率から見れば最適である。環状パターン(図2-c)では $S(1.0, 0.25)$ の容量構成、すなわちリンク容量比が1:1:0.71で最大の交通効率0.645が得られる。

2) 道路網パターン間の効率の比較

まず、3種類の道路網パターンの最大効率を見てみると、放射状は0.651、環状は0.645、格子状は0.636であり、ほぼ等しくなっている。つまり、この3種類の道路網では、それぞれに最適な容量構成を取れば、どのパターンでも類似した効率が得られる。したがって、これらの3つの道路網パターンでは、効率が絶対的に優れる道路網パターンがないと言える。

次に、道路網パターンごとに特徴を見る。格子状の場合(図2-a)では、 $\eta=0.7\sim 2.0$ の大きな範囲で効率がほぼ同じであることが特徴である。効率が0.60以上の容量構成の集合を最適範囲と呼ぶことにすると、格子状の最適範囲はサンプルの80%以上を占めている。放射状パターンの場合でも(図2-b)、その面積が大きく、サンプル範囲の80%以上を占めている。一方、環状パターンの最適範囲が小さいことが図2-cから明らかに分かる。したがって、格子状および放射状パターンは最大値が得られた容量構成に限らず、その周囲もかなり高い効率が得られるが、環状パターンは限られた容量構成にしか高い効率が得られない。道路網は最初から遠い将来までの交通需要を考慮することができないので、現実的には需要に応じて道路網容量を増強する場合がしばしばある。また、道路網容量を増強する際、すべてのリンク容量を同時に増強する、すなわちある容量構成を保持するのは困難である。つまり、本研究で定義するところの最適容量構成からはずれることがしばしばある。したがって、容量構成がある程度変化してもより高い効率を保持できるような頑健な道路網が望ましい。以上から、格子状、放射状パターンは相対的に頑健であるが、環状パターンはあまり頑健で

はないと考えられる。

計算結果からみれば、最適容量構成範囲において、どのリンクも容量まで利用されている。つまり、この時、OD間の走行時間は走行距離と正比例する。しかし、道路網の形状から分かるように、近距離交通を除き、放射状と環状はノード間において近道があり、ODペア間の所要時間が格子状パターンより短くなっている。したがって、放射状と環状道路網は道路網全体の平均トリップ所要時間を短縮するように構成されていることが分かる。

ここで、なぜ格子状、放射状は頑健で、環状は頑健でないかを説明する。最大交通量モデルによると、ノードの発生交通量はすべてのノードへの交通需要から成るので、あるリンクの容量が小さくなり、しかも代替のルートがなければ、そのリンクを起終点とするノードから(へ)の交通が阻害され、ほかのノードからの交通発生も不可能になる。したがって、どのリンクもボトルネックになりにくく、しかも代替性の高い道路網が望ましい。建設費用が一定の下で、放射状(環状)パターンは格子状パターンのリンクから $\frac{1}{2}$ 分の容量をとって作られたものと考えられるので、内部道路と外部道路の容量が低くなり、ボトルネックになりやすい。したがって、格子状パターンの平均効率は0.605で、放射状の0.574、環状の0.520より高い数字になっている。放射状と環状はこの点からみれば同様に不利であるが、放射道路は中心から最も遠いノードの交通を直結し、道路網を一体にする機能を果たすだけでなく、代替ルートをも提供している。一方、環状道路は主として中間ノードのアクセシビリティをアップするが、周辺ノードの交通にとっては代替性が依然として低いので、放射状の方が平均効率が高くなっている。

対象道路網に対する数値計算の結果をまとめてみると、以下のことが言える。格子状パターンは高い効率を保証し、頑健であるが、平均所要時間が長いことが欠点である。環状道路網パターンは所要時間がより短い、限られた容量構成にしか高い効率が得られないことが欠点である。この3種類の道路網の中で、放射状道路網パターンは頑健でもあるし、所要時間も短いので、最も有利なパターンである。

以上の結果は道路網の交通効率、容量構成の頑健性および所要時間からみた結果である。道路網は土

地利用から生起される交通需要を満足しなければならないので、次節ではそれぞれの道路にどのようなODパターンが適合するかを比較・考察する。

5. 道路網パターンに整合するODパターン

すでに述べたように、最大交通量モデルは道路網に整合するような発生・集中交通量を求める問題としても解釈できる。本節では、効率が求められた時の発生・集中交通量を96倍拡大して説明する。この時は、建設費用 $G=96$ 時の値と考えればよい。

本研究の対象道路網において、中心、中間、周辺ノードの発生（集中）交通量は中心ノードから中間、周辺ノードへ、表2のように6種類の発生（集中）パターンが考えられる。

表2 交通発生（集中）交通パターン

番号	中心から周辺へ	番号	中心から周辺へ
1	高→中→低	4	中→低→高
2	高→低→中	5	低→高→中
3	中→高→低	6	低→中→高

以下では、表2の発生（集中）パターンを用いてそれぞれの道路網パターンにどのようなODパターンが整合するかをしてみる。なお、図および説明を簡単にするために、中心、中間、周辺ノードの発生集中量をそれぞれ $G1, G2, G3$ で表し、ノードの集中交通量をそれぞれ $A1, A2, A3$ で表し、ノード間の発生、集中交通量の比 $G1 : G2 : G3, A1 : A2 : A3$ はそれぞれ発生比、集中比と呼ぶ。ODパターンはこの2つの比で表すことができる。

図3-aは格子状パターンに整合する発生・集中交通量の容量構成 η による変化である。図において、最適範囲である $\eta=0.7 \sim 2.0$ の区間で、 $G1=A1, G2=A2, G3=A3, G1(A1) > G2(A2) > G3(A3)$ になっている。つまり、格子状道路網はノードの発生・集中交通量が等しく、しかも発生・集中交通量がともに中心から周辺へ通減する高→中→低のODパターン1が望ましいことが読み取れる。この時、発生比と集中比はともに $1.5 : 1.2 : 1$ となっている。

図3-b、3-cはそれぞれ放射状、環状パターンの交通効率の等値線図の上に、整合するODパターンを示したものである。括弧にある数字はOD分布の番号で、（発生交通量分布パターン番号、集中交通

量分布パターン番号）となっている。太線は同じ種類のODパターンと見られる容量構成の境界である。

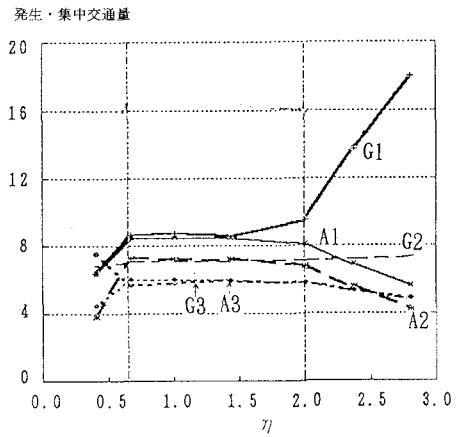


図3 a 格子状道路網に整合するODパターン

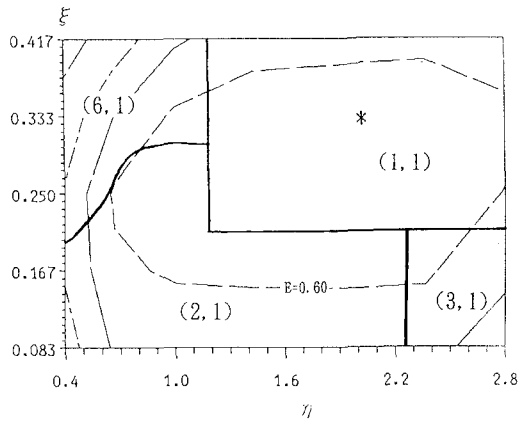


図3 b 放射状道路網に整合するODパターン

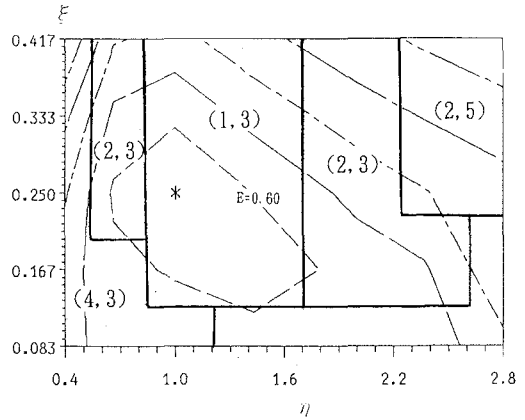


図3 c 環状道路網に整合するODパターン

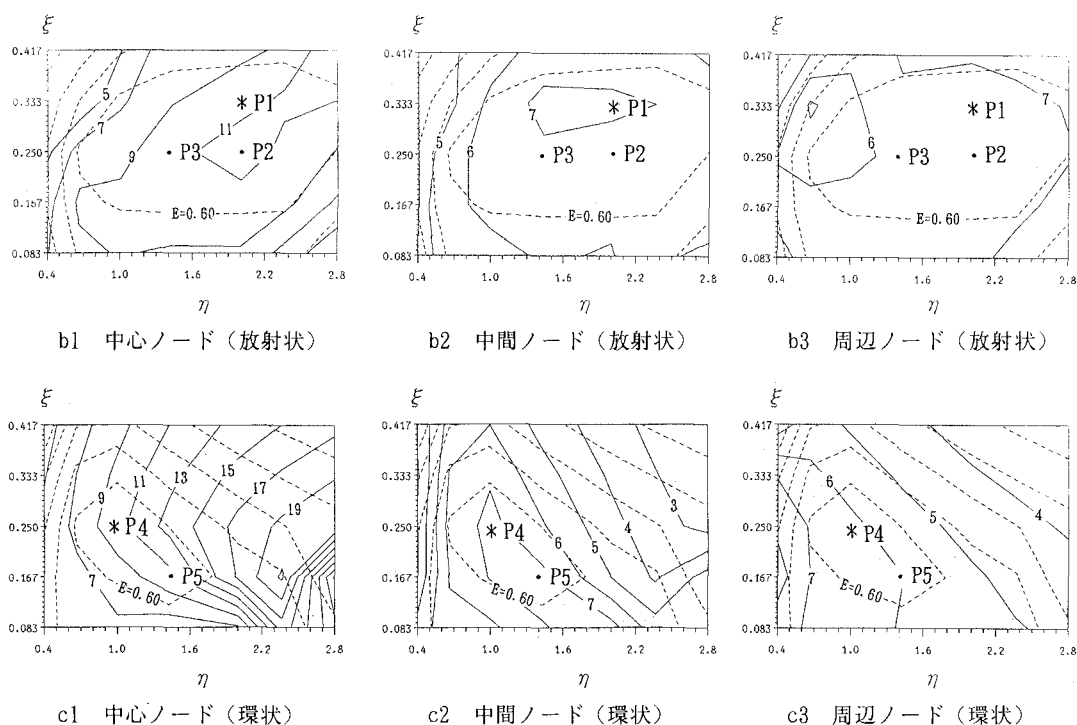


図4 各ノードの発生・集中交通量（注：点線は効率等値線である）

図から分かるように、少数の場合を除き、集中交通分布は容量構成によらず、放射状パターンでは高→中→低のパターンで、環状パターンは中→高→低のパターンである。容量構成による整合するODパターンの変化は主として発生交通分布に見られる。以下では、まず発生ODパターンと集中ODパターンとを分けて分析してから、各々の道路網に整合するODパターンについてまとめる。

1) 発生交通分布

各ノードの発生交通量の容量構成による変化を等値線図で表す（図4-b1, b2, b3, 図4-c1, c2, c3）。最適範囲とも比較してみるために、図に点線で効率の等値線を示している。

放射状の場合（図4-b1, b2, b3），中心ノードの発生交通量G1が中間、周辺ノード（G2, G3）より値も大きく、また、容量構成による変動も大きい。最適範囲におけるG1の値が7～13の大きな範囲に及ぶに対して、G2とG3の差が小さく、それぞれ6～8、6～7である。最適範囲にP1, P2, P3の3つの容量構成の発生比を見てみると（表3），中間、周辺ノードの発

生交通量が非常に接近しており、中心ノードの発生交通量が周囲より同じかより高くなっている。したがって、放射状パターンは全域均等の交通分布あるいは中心ノードの交通発生密度がその他の地域より一段と高い分布が適合する。

表3 最適範囲にある容量構成P1, P2, P3の発生

放射状	P1	P2	P3
	1.9:1.0:1	1.5:1.1:1	1.1:0.9:1
環状	P4	P5	
	1.7:1.2:1	1.7:1.2:1	

環状パターンの最適範囲の各ノードの発生交通量を見てみると（図4-c1, c2, c3），等値線の変化の仕方は放射状パターンと違うが、大きさから見れば、G1=7～13, G2=6～8, G3=5～7となっており、放射状と非常に類似している。最適範囲にあるP4, P5の2つの容量構成の発生比はともに1.7:1.2:1となっている（表3）。したがって、環状パターンの最適範囲での発生比は放射状に比較してより固定的であることが分かる。

2) 集中交通分布

上述のように、少数の場合を除き、集中交通分布は容量構成にかかわらず、放射状パターンには高→中→低のODパターンで、環状パターンには中→高→低のODパターンが適合する。各ノードの集中交通量の等値線図が効率の分布と類似した形を取っているので、以下では、等値線図の変わりに、中心、中間、周辺ノードの集中交通量A1、A2、A3と効率Eの回帰分析の結果（表4）を用いて説明する。

表4 各ノードの集中交通量と効率の関係

	回帰式	相関係数
放射状	A1=18.8+115.1E	0.90
	A2= 0.7+113.0E	0.95
	A3=-6.5+109.0E	0.96
環 状	A1=-34.8+178.2E	0.88
	A2= 17.4+ 99.4E	0.91
	A3= -9.0+106.5E	0.97

この2つの道路網の集中交通量が効率と一定の関係を持っているということから、同じ効率の容量構成であれば、集中比が変化しないことが分かる。

回帰式を用いて、効率Eが最適範囲にある0.60の場合の集中比を見てみると、放射状は格子状の集中比と同じ、1.5:1.2:1であり、環状は中心ノード、中間ノードの集中交通量が等しく、集中比が1.3:1.3:1となっている。

3) ODパターンの特徴

各道路網に適合するようなODパターンの特徴をまとめると、以下のようである。

まず、発生交通分布も集中交通分布も6種類を考えたので、理論的には、OD分布は36種類がある。しかし、以上の分析からみれば、格子状では(1,1)のパターン、放射状では(1,1)と(2,1)、放射状では(1,3)、(2,3)が主である。そのほかにいくつかのODパターンが見られるが、ほとんど効率の低い極端な容量構成にあり、しかも近似計算の誤差によるものと思われる場合もあるので、これらの5つのODパターン以外の29パターンは放射状パターン、環状パターンに適しないODパターンであると言える。

次に、最適範囲において、格子状パターンはこの3つのパターンの中で唯一、ノードの発生と集中交通量が等しいパターンである。発生と集中交通量とともに中心から周囲へ1.5:1.2:1のパターンが適合する。放射状パターンに対して、集中比は格子状と

同じ1.5:1.2:1であるが、発生比からみれば、容量構成によって、その発生比は一極集中の1.9:1.0:1から全域均等の1.1:0.9:1がある。環状パターンは最適範囲において、発生比も集中比もより固定的でそれぞれ一極集中の1.7:1.2:1と中心と中間ノードが均等の1.3:1.3:1である。

しかし、最適範囲以外の中心の発生密度が最も高い容量構成からみれば、放射状の場合では、図4-b1, b2, b3の右上に位置する容量構成S(2.8, 0.42)で、発生比は2.4:1.1:1で、格子状の場合では（図4-c1, c2, c3）、S(2.8, 0.0)において3.9:0.9:1であるのに対して、環状の場合は、図の右下の容量構成S(2.4, 0.17)で、最高の発生比は4.5:0.8:1となり、中心の発生密度は放射状よりも高い数字になっている。したがって、環状パターンは一極集中型の都市に適合するという利点がある。これは放射状の場合では、ほとんどのOD交通が中心ノードを通らなければならないので、中心ノードの発生が阻止されているからである。

6. 終わりに

本研究では、容量構成および最大交通量に基づいた交通効率の概念を用いて、格子状、放射状、環状の3種類の道路網パターンについて、交通効率と容量構成の関係を明らかにした上で、各道路網パターンの最大効率、頑健性などについて比較した。そして、より高い効率を得られる容量構成に整合するODパターンについて考察した。

本研究は抽象化した道路網パターン、および特定の交通需要関数の下で行った。さらに一般的な条件で検討すること、および現実の道路網計画と土地利用計画を結び付けることは今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 飯田・李：重力モデルに基づいた道路網の最大OD交通量に関する考察，土木計画学研究・講演集，No.15(1)，pp.25-32，1992.
- 2) 飯田・朝倉・田中：複数経路を持つ都市高速道路の最適流入制御方法，土木計画学研究・講演集，No.12，pp.305-312，1989.
- 3) 山形・森地：新体系土木工学60・交通工学，p.123，1992.
- 4) 飯田・平本：道路網計画と土地利用パターンの整合に関する考察，土木学会論文報告集，第291号，pp.119-128，1979.