

交通流改善可能性検討のための

道路ネットワークおよび

ODデータの方

向解析

米山高志

最近、都市における交通渋滞は大きな社会問題となっており、とくに東京では昭和35年頃から問題化してきている。この問題に対し、従来道路施設をふやすとか、交通需要の発生をおさえるといった対応策がとられてきたが、一方において、自動車をうまく誘導することにより現在の交通流を改善できないかということが、最近議論されている。さて、こうした誘導による交通流の改善可能性を検討する場合、道路ネットワークに対して交通流の方向が重要な問題となってくる。したがって、方向性を考慮した道路ネットワークの特性、およびODの特性を定性的あるいは定量的に把握し、それらの関係を検討することが必要になってくる。

道路ネットワーク、およびODがもっている方向性という概念を考える場合、道路率とか、道路総延長とか、発生吸収交通量といった一般的な特性値だけでは不十分である。そこで、誘導による交通流改善可能性を検討する1つの方法として、道路ネットワーク、およびODのもつ方向性という概念をマクロ的にとらえ、それらの相互関係を検討してみた。

1. 交通流改善可能性を把握するための指標に関する一般的考察

自動車を誘導することにより、交通渋滞を軽減することができるかどうかをマクロ的に把握するのに適当と思われる指標について検討する。さきに述べたように、道路率、道路総延長、発生吸収交通量といった特性値は方向性をもたないので、かならずしも適切な指標とはいえない。

したがって、道路の属性値、およびODに方向性を考慮すると、道路ネットワークおよびODが本来もっている方向別の通行の容易さとか交通容量、需要等をあらわすことができ、車の全体的な流れを把握できるようになる。ここで、これから使用する変数を、つぎのように定義する。

θ_i ；リンク i の方向角(真東を基準とし、反時計方向で

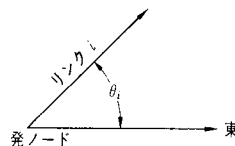


図 1 リンクの方向角

考える)

$\{A(\theta_n)\} = \{i | 10^\circ \cdot (n-1) - 5^\circ \leq \theta_i < 10^\circ \cdot (n-1) + 5^\circ\}$;

$\theta_n (n=1, \dots, 36)$ 方向のリンクの集合

w_i ；リンク i のレーン数

l_i ；リンク i のリンク長

Q_{max} ；車線交通容量(本研究では700台とした)

h ；1レーンの幅員(本研究では3.5mとした)

α ； θ_n 方向の道路には、その方向のODだけが通行しているのではなく、他方向のODも重なりあって通行している。この点を考慮した修正係数(本研究では1.2を用いた)

D ；解析エリアの θ_n 方向平均通過直線距離(解析エリアを円と仮定すれば、 $\frac{\pi}{2} \cdot r$ (r は円の半径)となるので、この値を修正して用いた)

指標 1 θ_n 方向の道路総面積 $S(\theta_n)$

この値は、 $S(\theta_n) = \sum_{i \in \{A(\theta_n)\}} w_i \cdot l_i \cdot h$ で求められる。

つぎに、 $S(\theta_n)$ の意味を考えてみる。各道路での車の走行速度を一定と仮定し、 $S(\theta_n)$ を1台の車が走行時に必要な占有面積で除すと、 θ_n 方向の道路の最大同時存在台数が求まる。また、 $S(\theta_n)$ は、 θ_n 方向の道路を1本の仮想道路と考えた場合の道路面積ともなるが、 $S(\theta_n)$ を仮想道路長および h で除し、 Q_{max} を乗ずると、この道路の交通容量が求まる。したがって、道路ネットワークの θ_n 方向の交通容量 $C(\theta_n)$ は、マクロ的には、(1) 式で推定される。

$$(1) 式 \quad C(\theta_n) = \frac{\sum_{i \in \{A(\theta_n)\}} w_i \cdot l_i}{\alpha \cdot D} \cdot Q_{max}$$

方向別の道路ネットワーク容量についてはいくつか提

案されているが、この $C(\theta_n)$ は θ_n 方向道路を θ_n 方向以外のODも通行することを考慮したものである。

このことから、 $S(\theta_n)$ はネットワークの θ_n 方向の容量に対応していると考えられる。

指標 2 θ_n 方向の道路の総レーン数 $L(\theta_n)$

この値は、 $L(\theta_n) = \sum_{i \in A(\theta_n)} w_i$ で求められる。

このネットワーク特性値 $L(\theta_n)$ の意味を考えるには四角メッシュ構造ネットワークを考えるとわかりやすい。この四角メッシュネットワークでは各リンクの方向角 θ_i は基本的には、 $0 \leq \theta_i < \pi$ の範囲では2種類の方向角 θ_1 、 θ_2 のものしか存在しないが、このネットワークのリンク長およびリンク幅が一定であり、かつ大規模ネットワークと仮定すると、エリアの形状にかかわらず、 $L(\theta_1) = L(\theta_2)$ となることが証明される。この特性は、重要な性質であり、このことから、 $L(\theta_n)$ は θ_n 方向に対するネットワーク密度に対応すると考えられる。もちろん、ネットワークの接続状況等については考慮できないこと、またリンク長が大きく分散するようなエリアについては方向性の比較の意味は少ないことなどについても十分注意する必要がある。

指標 3 θ_n 方向の道路の直線性

いま、対象エリア内で θ_n 方向の道路に注目することとして、この道路に後続する道路が同じ方向角をもっているかどうかを調べることにする。すべての θ_n 方向道路に対して、その後続リンクのうち同じ方向角をもつものがある頻度を θ_n 方向の道路数で除したものを $h(\theta_n)$ とする。この $h(\theta_n)$ は、 θ_n 方向道路の直線性の度合いをあらわす指標と思われ道路ネットワークにおいて、 θ_n 方向への走行しやすさに対応すると考えられる。

指標 4 θ_n 方向の道路の接続形態

ここでは、道路の接続形態よりボトルネック形状地点を判定することのできる一般式について検討する。

まず、ことばの定義をする。あるリンク i の後続リンクに交通容量限度の交通量が流れているとき、あるリンク i に流入しようとする交通量をリンク i の交通需要と定義する。

一般的に、リンクの交通需要と交通容量を比べることにより、このリンクの発ノード地点がボトルネック形状かどうかを見わけることができる。いま θ_n 方向道路のリンク i に注目すれば、このリンク i の交通容量は $X = \theta_{max} \cdot w_i$ で求まる。つぎに、リンク i の交通需要について検討する。一般的に、あるリンクから各後続リンクへの車の流れを考えると、直進方向へは当然多く流れ、直角方向へは少なく、後方向へはほとんど流れない傾向がある。そこで、あるリンクとその後続リンクのなす角度 δ を

変数として、あるリンクの交通量のうち、後続リンクに流れる割合を $y = f(\delta)$ と仮定する。また変数をつぎのように定義する。

A_i ; リンク i の先行リンクの集合

j ; A_i の要素

B_j ; リンク j の後続リンクの集合

k ; B_j の要素

δ_{ij} ; リンク i, j のなす角($0 \leq \delta_{ij} \leq \pi$)

ここで、リンク j よりその各後続リンクに流入する交通量の仮の割合を $f(\delta)$ より求め基準化することによりリンク j より注目リンク i に流入する割合を求めることができる。また、リンク i に流れる交通量はそれぞれの各先行リンクから流れてきたものの和であるから、リンク i の交通需要 Y は一般的には次式のようになる。

$$Y = Q_{max} \cdot \sum_{j \in A_i} w_j \cdot \frac{f(\delta_{ji}) \cdot w_i}{\sum_{k \in B_j} f(\delta_{jk}) \cdot w_k}$$

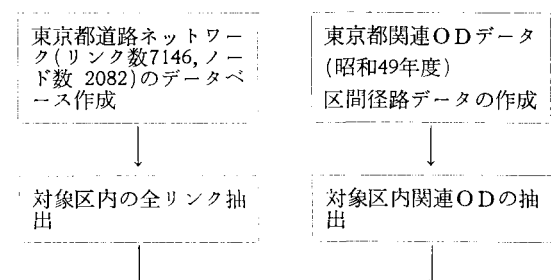
したがって、 $C_\theta = Y - X$ は θ_n 方向から注目リンク i の発ノードの地点をみた場合の、この地点がボトルネック形状かどうかを判定する指標になりうる。

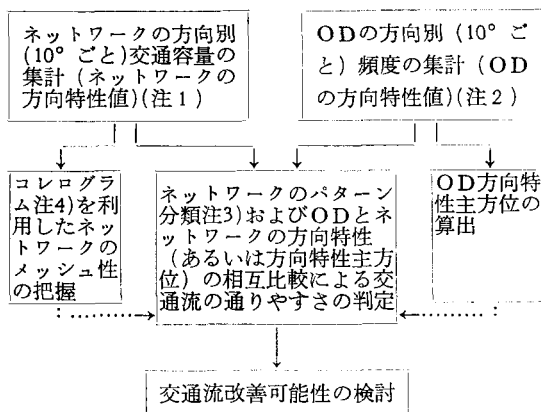
以上のようにどの指標も交通流改善可能性を検討する場合有効なものである。しかし、今回は道路ネットワークの指標として、ODと定量的に対応をとるために $C(\theta_n)$ を用いた。また、実際に交通流改善可能性を検討するに際しては、方向性が重要なポイントになってくる。そこで、この道路ネットワークの特性値およびODを同じ要領で集計した特性値を36方位に同心でプロットした点を結んでできる円グラフを指標として用いた。

2. 解析の概要

この基本的概念は、メッシュ性の強いネットワークに対してODの主方向が傾いている場合、交通流の状況としては、右左折回数が多くなるが、渋滞が起きた場合、この渋滞の解消のための代替路の選定もネットワークのメッシュ性のために容易と考 (次ページ★印につづく)

表 1





注1) ネットワークの指標として、さきに述べてある(1)式より、ネットワークの θ_n ($n=1, \dots, 36$) 方向の交通容量を集計し用いた。

注2) コレログラムについて

データ列 $C(\theta_n)$ と α だけずらしたデータ列 $C(\theta_n - \alpha)$ との相関係数 r_α を以下の式で求めた。

$$r_\alpha = \frac{\sum ((C(\theta_n) - \overline{C(\theta_n)}) \cdot (C(\theta_n - \alpha) - \overline{C(\theta_n - \alpha)}))}{\sqrt{\sum (C(\theta_n) - \overline{C(\theta_n)})^2 \cdot \sum (C(\theta_n - \alpha) - \overline{C(\theta_n - \alpha)})^2}}$$

注3) ODの方向特性値をつぎのようにして求めた。各区の関連ODを発トリップ、着トリップおよび通過トリップごとに重みづけを行ない、発着エリア代表地点の方向角 θ を用いて、道路ネットワークと同じ要領でODの方向特性値の集計を行なった。簡単にいえば、この値は各エリアを $(\theta_n - 5^\circ) \sim (\theta_n + 5^\circ)$ の方向で通過するトリップの数ということもできる。ただし、長距離トリップについては、 θ があまりにも現実とかけ離れるので、区間経路上に中間経由地点を設け、 θ の修正を行なっている。

使用ODについては、代表地点間ODである。この代表地点とは、東京都23区を約200の地区にわけた時の代表交差点である。

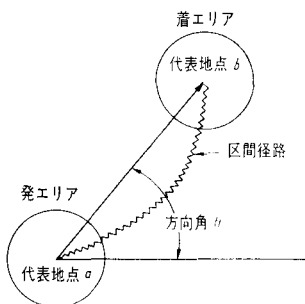


図2 ODの方向角

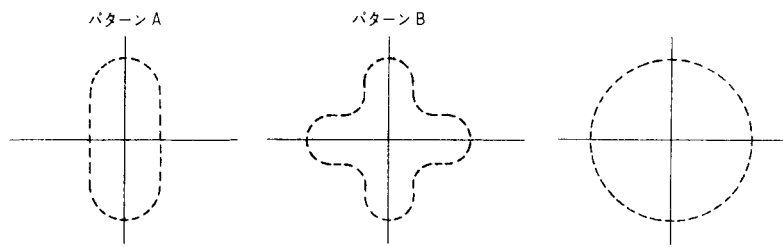


図3 ネットワークの基本パターン

★えられるという発想にもとづくものである。以下ネットワークのメッシュ性およびODの主方向を明らかにすることを最大の目標とし、リンクおよびODの方向角に注目した集計を行なった。(表1)

3. 解析の結果とまとめ

ここでは東京都23区に対して行なわれた検討の中から

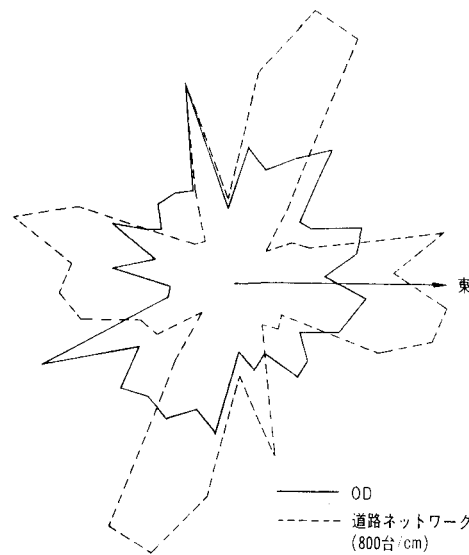


図4 屋のODと道路ネットワークの方向特性図(千代田区)

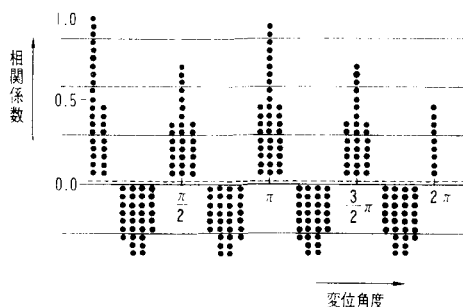


図5 道路ネットワークのコレログラム(千代田区)

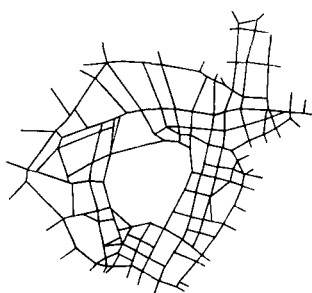


図 6 千代田区の道路ネットワーク

千代田区、江東区および中野区の3区を取り上げて、道路ネットワークおよびODの方向解析の結果を示し、具体的に交通流改善可能性との関係を検討した。

3.1 千代田区の例

図4は、ODの方向別頻度と道路ネットワークの方向別交通容量を、同心で36方位にプロットした点を結んでできる円グラフであり、これらの相互比較により交通流改善可能性を検討することができる。ODについては、トリップが朝(8:00~10:00)、昼(14:00~16:00)、夕(18:00~20:00)の三つの時間帯のうち最大となる昼の時間帯の集計値を用いている。また、このデータは2時間帯のものであるが、1時間に換算して用いている。

図5は、道路ネットワークの周期性を検討するためのコレログラムである。また、図6はノード数115、リンク数388の道路ネットワークである。

さて、これらの図の検討結果について述べる。図4から、OD方向特性値(実線)のトータルがネットワーク方向特性値(破線)のトータルに接近しており、昼の時間帯では交通密度が高い区であることがわかる。また、朝、昼、夕の各時間帯での36方位のOD方向特性値の変動係数(標準偏差/平均値)は、朝0.30、昼0.30、夕0.33と低い値で一定しており、1日をとおしてトリップはランダムな方向に存在しているといえる。このことは千代田区が東京都区部の中心に位置しているためと考えられる。

つぎに、破線(ネットワーク)は4つの方向に凸部を形成しており、この方向にしたがうメッシュ性が強いことになる。なお、メッシュ性の検討については、図5のコレログラムからもしっかりと周期が $\frac{\pi}{2}$ であることがわかり、メッシュ性は強いといえる。

メッシュ性の強い道路ネットワークで、破線(ネットワーク)の凹部に実線(OD)が存在するこのパターンは誘導による効果が期待できる。すなわち、トリップは右左折回数が多くなり、また、メッシュに沿って一直線に

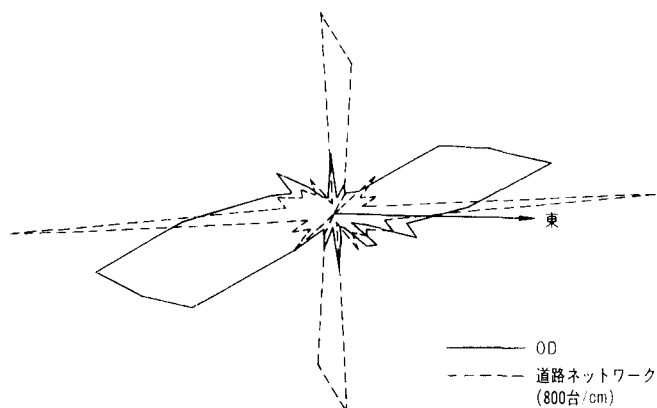


図 7 朝のODと道路ネットワークの方向特性図(江東区)

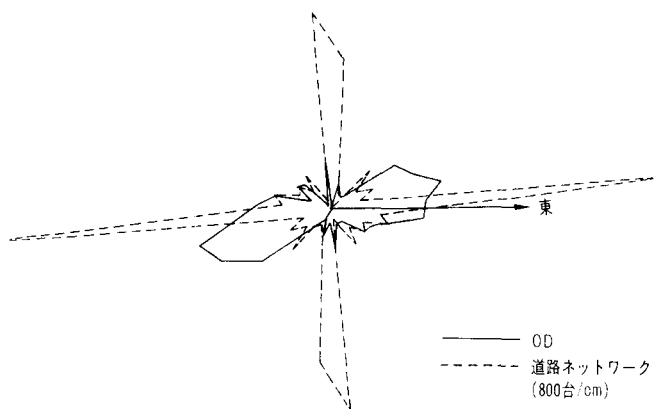


図 8 昼のODと道路ネットワークの方向特性図(江東区)

走行する場合に比べて走行距離が長くなるので、同時存在台数が多くなるが、渋滞を生じた場合、ネットワークは代替路条件の成立しやすい構造になっているので、誘導による交通流改善可能性が大きいと考えられる。

3.2 江東区の例

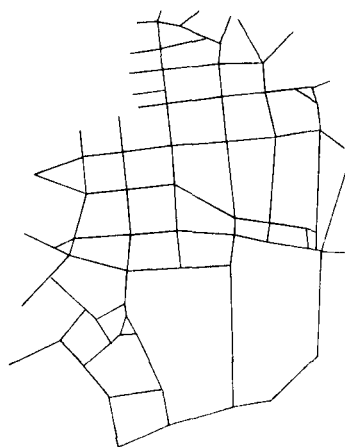


図 9 江東区の道路ネットワーク

図9は、ノード数51、リンク数171の道路ネットワークである。図7、8の実線から、ODは朝も昼も非常に強い二方向性を示していることがわかる。このようなODパターンの地区に対しては、OD主方向の道路をマクロ的には優先系(信号等で)にすると、交通流がスムーズになることが期待される。

道路ネットワークについては図7の破線からわかるように千代田区以上にメッシュ性の強い構造をしており、東西、南北方向の道路で形成されていることがわかる。

破線(ネットワーク)の凹部に実線(OD)の凸部が存在するパターンは、誘導による効果が非常に期待できる。また、ODが非常に強い二方向性を示しているために、交差方向の交通流からの影響を無視できるので、千代田区よりも交通流改善可能性が期待できる区といえる。ただし、昼の交通量は渋滞を生ずるほど多くないので、誘導の必要性は少ないと思われる。

3.3 中野区の例

図12は、ノード数37、リンク数128の道路ネットワークである。図10、11の実線(OD)から、朝と夕の時間帯にかぎって言えばODの主方向が非常にはっきりしていることがわかる。また、朝と夕の主方向を比較すると完全に反転しており、通勤トリップによる影響が大きいと思われる。破線から、道路ネットワークは、千代田区、江東区と同じくメッシュ性が強いことがわかる。

この区は、千代田区、江東区と同じくメッシュ性の強

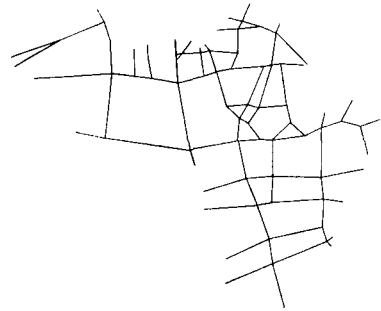


図12 中野区の道路ネットワーク

い道路ネットワークであり、破線(ネットワーク)の凹部に実線(OD)が存在するパターンとなっている。しかしOD主方向の道路がすでに飽和状態に達している点異なる。このため距離的には代替路になりうる経路が多く存在するが、実際には誘導すべき代替路となりうる経路は少ないと推定される。故に迂回による交通流改善可能性は多くは期待できない。

千代田区、江東区他には、墨田区、世田谷区などが誘導による交通流改善可能性が大きい。

ちなみに、全区の道路ネットワーク、およびODの方向特性図を示すと図13のようになる。ただし、ODは昼の時間帯である。東京都区部の周辺の区では、ODが集計上少なめに出ている。

む す び

以上、都内における交通流の改善可能性を検討するにあたり、道路ネットワークとODを方向別に対比させることにより、マクロ的にあるエリアの交通流特性を把握する一手法についての説明を行なった。すなわち、この手法はネットワーク属性とODに関するデータが与えられた場合に、これまでのように配分計算などを計算機によって長時間行なうことなく、交通流パターンとしてODとネットワークの関係から問題のありそうなエリアを大局的にとらえることのできる簡単な方策といえよう。その他この手法の利用方法としては、道路建設、信号パラメータの設定等の際、ネットワークの方向別交通容量を知りたい場合や、ODが本来もっている方向別のマクロ交通需要を知りたい場合などに有効と思われる。

(この研究は通産省大型プロジェクト「自動車総合管制技術」の委託研究の一環として行なわれたものである)

参 考 文 献

- 1) 飯田恭敬 道路網の最大容量の評価法, 土木学会論文報告集第205号1972年9月
(よねやま・たかし トヨタ自動車工業総合企画室)

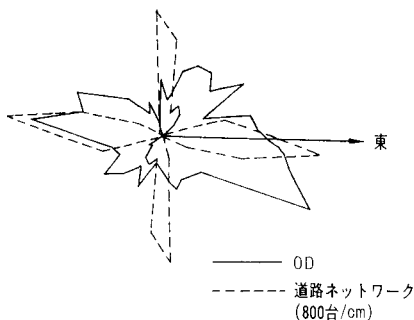


図10 朝のODと道路ネットワークの方向特性図(中野区)

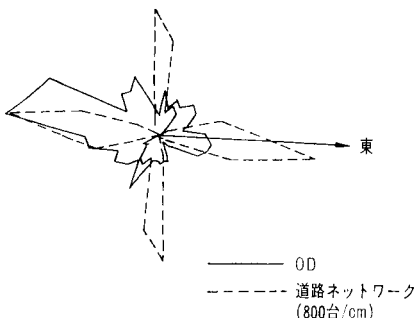


図11 夕のODと道路ネットワークの方向特性図(中野区)

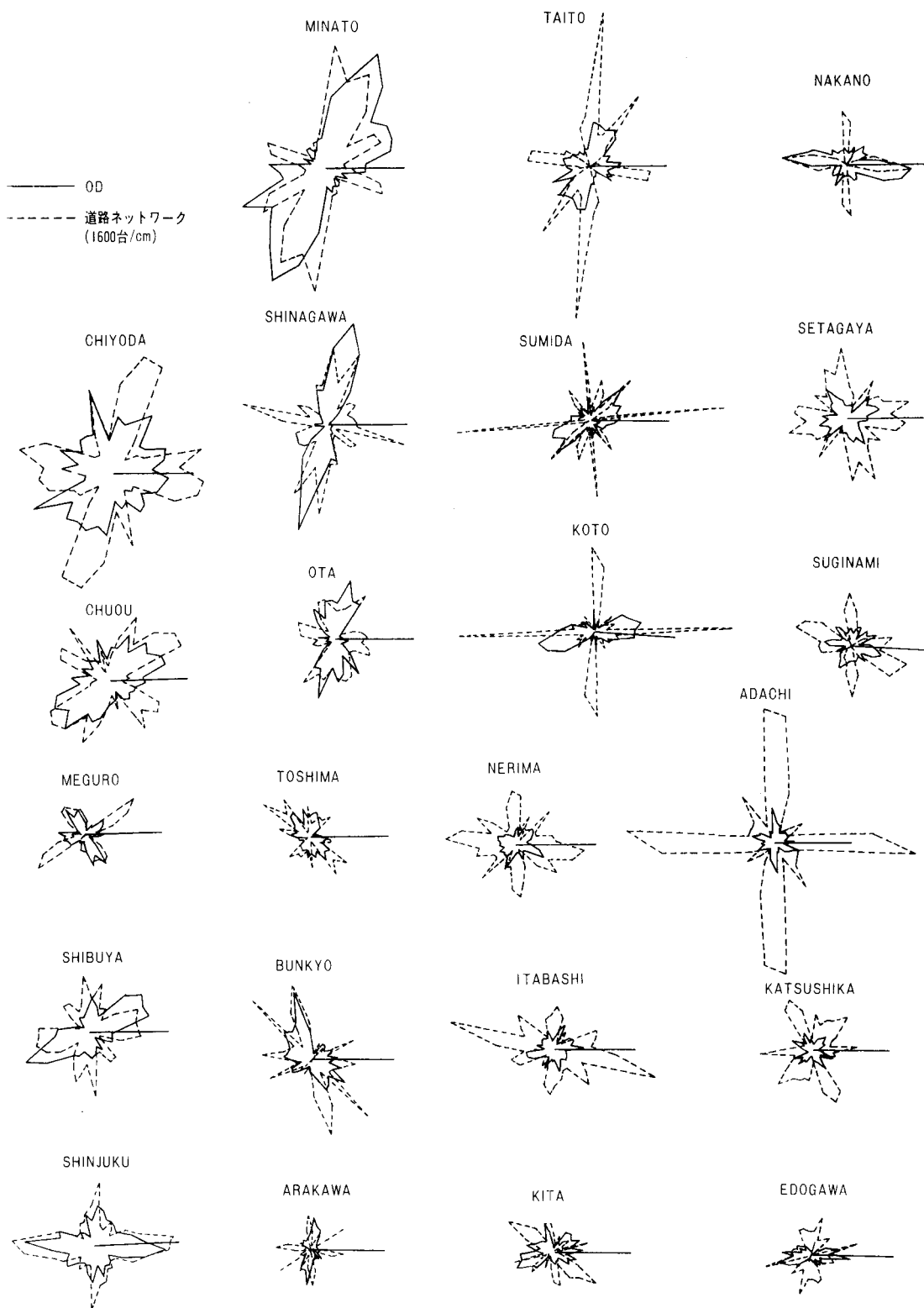


図13 ODおよび道路ネットワーク特性図(東京都全区)