

ビジュアライゼーションの手法と応用*

— 地理的情報のCGプレゼンテーション —

A Method for 'Visualization' and its Application

— 'CG Presentation' for geographic data —

小谷 通泰**・吉川 耕司***

By Michiyasu Odani and Koji Yoshikawa

1. はじめに

都市空間について計画をすすめる場合、その多くは地図表現がなされる。この地図上に、交通量や人口など、都市における活動や現象の現況（あるいは予測値のこともある）を示す情報から、施設配置など計画の内容を表すものまで、様々な計画情報を記載して種々の計画の策定や計画案の表現に役立てるわけであるが、今日では、省力性や試行錯誤過程への適用性の高さから、情報の表現手段としてコンピュータ・グラフィックス（以下、CG）を用いる場面が多くなってきた。本稿では、地図表現を主な手段として、様々な計画情報を図化・可視化し、事象・本質の直感的理解を助けるためのプレゼンテーション手法について、その効果や留意点等を整理し、いくつかの事例を紹介することにする。

2. 地理的情報とビジュアライゼーション

さて、こうした計画情報は、人口密度や道路率といった統計量、あるいは交通量や交通密度といった活動量、のように、一般に「目に見えない」情報であり、その可視化手法は、「見えるであろう事物」のCG表現である「ビジュアル・シミュレーション」に対して、「ビジュアライゼーション」手法の一つであると言えることができる。

この定義によれば、いわゆる「ビジネスグラフ」についても、「目に見えない情報」を視覚化するという

意味では、「ビジュアライゼーション」であると言えることができよう。しかし最初にも述べたが、都市計画の様々な局面における数的情報のプレゼンテーション場面を想定してみると、可視化の対象となる情報の多くは、その空間的な位置とは切り離せないものであり、その結果、これらのほとんどが地図表現の助けをかりて図化されているのが現実である。

このようなことから、土木計画分野におけるビジュアライゼーション手法として最も必要度が高いものは、都市の空間における位置情報とそれに付随する属性情報の可視化手法であると言えることができ、本稿でも、こうした「地理的情報」を対象に話を進めることにする。すなわち、地理的な情報であるという枠組みの中で、どのようなプレゼンテーションの方法があるか、また、正確でかつわかりやすく表現するための留意点は何か、といった事柄が対象になる。よって当然、いわゆるGIS（地理情報システム;Geographic Information System）の分野のうち、その表示に関わる部分も議論に含まれよう。GISに関しては、数値化や加工などのいわゆる地理的情報の「処理」手法については、かなりの成果があげられており、その技法については目にする機会も多いが、それらの結果の「表現」の手法については、体系的にまとめられているものは少ないように思われる。

ところで、地理的情報と言った場合、地図上に表示されている実際にある事物（道路や建物）は、上空から地表を見た場合の「見えるであろう情報」ではないか、という議論もある。しかし、ここで用いる地図表現は、「航空写真」的な視覚的な情報を必要としているのではなく、「空間的な位置情報」あるいは「空間の区分を示す情報」として、主題とする計画情報（地

*キーワード: ビジュアライゼーション、CGプレゼンテーション、地理的情報

**正会員 工博 神戸商船大学助教授 輸送情報系
(〒658 神戸市東灘区深江南町5-1-1)

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

図表現された要素の量や質といった属性)を「載せる」ための「背景」あるいは「器」として用いられており、また主題に応じて選択や抽象化がなされている。こうしたことから、ここで考える地理的情報のプレゼンテーションについては「ビジュアライゼーション」手法とみなすことができよう。

3. 地理的情報の分類

地理的情報は、大きく2つの種別に分けることができる。1つは、地図上に記載されている道路・建物や街区、または文字・記号などであり、これは「図形情報」と呼ばれている。一方、道路の幅員や交通量、住居の広さ、街区の人口などの、地図上には記載されていないが、図形情報に付随する固有の情報を「属性情報」と呼んでいる。

(1) 図形情報

図形情報の種類としては、その幾何構造に応じて次のように分類できる。①点構造：1組のX、Y座標によって表される一次元構造である。例えば、道路交差点等はこの構造とみなせる。②線構造：2組のX、Y座標によって表される二次元構造であり、道路リンクがこの構造の代表的なものである。③面構造：いくつかの線分(辺)に囲まれた多角形状で広がりをもつ二次元構造である。この構造には、街区や町丁区、施設形状などがある。なお、メッシュについては、幾何学的には面構造の一種であるが、その形状の単一性、各メッシュどうしの並列性から、メッシュ軸の座標系(原点、軸の方向、メッシュの大きさ)、およびメッシュ座標系でのX、Y座標のみで規定することができる。

各種の施設は、対象とする地図の縮尺と施設の規模との関係、さらに地図情報の利用目的などを考慮して、必要な精度および分解能を決定し、単なる点構造としてとり扱ってよいものと、面構造としてその形状とともにとり扱うべきものとに分類することができる。また、道路網は、道路リンクを線構造、交差点ノードを点構造で表すネットワー

クデータとして扱うのが一般的である。

(2) 属性情報

属性情報は、まず、「①定量的データと定性的データ」に分類できる。さらに前者は比例尺度と間隔尺度をとるものがあり、後者には名義尺度と順序尺度をとるものがある。またこれらのデータは、ある1つの時点のみのデータか、多時点で連続して得られるものかによって、「②1時点データと時系列データ」に、さらに同一要素について単一の変量のみ考える場合と複数の変量を同時に扱う場合により、「③1変量データと多変量データ」に分類できる。

4. ビジュアライゼーションの手法

(1) 属性情報の表現方法

属性データの表現方法について最も留意すべきことは、見えないものをどういう視覚情報として表現するか、すなわち、属性の量あるいは質といった変量を、その特性に応じていかに見える形に変換するか、といったことである。

表現の方法としては、形・記号による表現、離散的な色・模様、または連続的な色変化・濃淡による表現、大きさによる表現が考えられ、点・線・面という図形情報の構造との組み合わせとして、表-1のように分類、整理することができる。また表中には、あわせて各表現方法に対応する主な属性情報の種類を記した。

(2) 画像の表示方法

①平面表示と立体表示 X、Y、Zの3次元で表現されたものを2次元に投影して表示するにはいくつかの

表-1 属性情報の表現方法(文献1)を参考に作成)

表現 構造	形・記号 による表現 (シンボリック表現)	離散的な色・模様 による表現 (ディスクリート表現)		連続的な色変化・ 濃淡による表現	大きさ による表現 (アナログ表現)
点					
線					
面					
対応する 主な 属性情報	・ 定性データ (名義尺度)	・ 定性データ (名義尺度)	・ 定量データ (間隔尺度) ・ 定性データ (順序尺度)		・ 定量データ (比例尺度)

方法があり、平行投影と透視投影が代表的なものである。平行投影は、奥行き Z 座標を無視し、 (X, Y) をそのまま表示するものである。これに対して透視投影は、手前のものは大きく、遠くのものは小さく表示させるもので立体感を得やすい。

②静止画表示と動画表示（アニメーション） 時系列的に変化していく状態を把握しなければならない場合には、コンピュータにより動画（アニメーション）を作成することが有効である。コンピュータアニメーションは、コンピュータで描画した画像のRGB信号をデジタルスキャンコンバータを用いて直接NTSCビデオ信号に変換しVTRでコマ撮りする等の方法で作成できる。

5. ビジュアルイゼーションの効果と留意点

(1) プレゼンテーションの効果

都市空間の計画におけるCGプレゼンテーションでは、今まで述べてきた地理的情報のうち、1つまたは複数の地図要素について視覚化を行って主題表現をすることになる。

CGプレゼンテーション手法を用いることで、計画策定の各フェイズにおいて、以下に示すような効果が期待できる。この場合、その効果としてはまず数値の集合を2次元空間の平面上に表すことで、理解が容易になったり、全体像を把握できることがあげられる。しかし、これは通常の主題図作成にも当てはまることであり、CGを用いる利点は、簡単に表現方法の変更ができることにより複数の計画案の提示が容易になること、また試行錯誤過程にリアルタイムに追従できることによる効果にあるといえる。

①データ入力時 入力結果をそのまま図化表示することにより、特異な値を発見することができ、デバッグに有効である他、データの全体的な傾向を把握することにも役立つ。

②分析過程 モデル作成時においては、キャリブレーション結果を表示しながら、試行錯誤を行うことができる。また、分析過程で得られた中間結果をも示すことにより、分析そのものの信頼性を向上させることができる。

③結果の表示 図化することにより、現状や現象の把握が容易になり理解を助けるとともに、空間的また時系列的なパターンや法則性を見いだすことができる等、新たな発見を促す。

④合意形成・意志決定 これまで述べた、わかりやすさ、短時間での理解の容易さ、全体的な傾向の把握しやすさ、等はそのままプレゼンテーションの効率化につながる。そして、情報や意図の伝達がスムーズに運ぶことにより、合意や動機付けといった情報受容に応じた行動変化の機会が増大し、また影響力も強まる。また、CGのような視覚を用いての表現は、主題の言語化のプロセスが介在しないことから、必ずしも専門知識のない一般市民へも意図の伝達を正確に行うことができる。

(2) プレゼンテーションにおける留意点

プレゼンテーションの意図を適切に伝えるために、何を表現したいかをまず明確にすること、そして、こうした主題性を持った情報を、理解しやすく、かつ正しく表現することが重要であろう。そのためには以下のような留意点があげられる。

① 属性量の大小を表現する場合、線の幅やグラフの高さ等のように1次元的な尺度で表す場合には、それらの長さを比例させればよい。これに対し、円や多角形の大きさで2次的に示す場合には、（直径や一辺の長さではなく）面積を属性量に対応させる方が誤解が少ない。

② よい悪い、増加ー減少等、連続量あるいは順序尺度を持つ定性値は、例えば暖色から寒色といった連続した色変化や濃淡で示す方がわかりやすい。さらに、色の持つ意味と情報の持つ意味の対応にも注意したい。例えば価値判断を含んだ情報については、肯定的な価値は青、否定的な価値（危険地帯など）は赤といったように、色のイメージを対応させて用いることが好ましい。

③ 属性量をカテゴリー分けしてランク表示する場合には、等頻度あるいは等間隔といった基準を、目的に応じて適切に使い分ける必要がある。また指数的な変化を示す変量に関しては、対数尺度を用いる方がよい場合もある。

④ ゾーン区分された場合には、それぞれの領域内は均一であるとの暗黙の仮定が生じている。ゾーン分けの際にはこの点に留意する必要がある。メッシュは面積が一定でありゾーンの大きさの相違が除去できるので、比較に適している他、時系列分析や上記の仮定が成り立たない場合にも適している。

⑤ カラー表現とモノクロ表現は、プレゼンテーショ

ンが行われる状況を考慮して、ふさわしい方法を選択すべきである。例えばディスプレイを使用できるか、カラーのプリンタやコピー機を使用できるか、といった状況の想定を行っておく。カラー出力したものを白黒コピーするとほとんど判別が不可能になることも多く、その場合はカラー表示と濃淡（模様）を併用することが考えられる。

⑥ 1つの主題図に2つ以上の変量を、立体表現等の手法を用いて同時に表現することで、現象の理解が容易になることも多い。ただし、表現する変量が多すぎてもかえって混乱を招くことになる。表示する情報を適切に取捨選択することが望ましく、また必要に応じてデータの集約や加工などの前処理を行うことは、表示をわかりやすくするうえでも望ましい。

6. 研究事例

ここでは、地理的情報のCGプレゼンテーションについて、筆者らが行った研究事例を紹介する。

(1) 電子住宅地図を用いた地理的情報の作成^{2), 3)}

都市空間の計画にかかわるビジュアライゼーションにおける課題の1つとして、元となる地理的情報の入手の困難さ・煩雑さの問題が指摘できる。本研究は、これらの解決策として、市販の電子住宅地図を用いて、特に地区レベルの整備を対象に計画策定のための情報入手の効率化・省力化を図ろうとしたものである。

利用した電子住宅地図は、住宅地図製作会社が

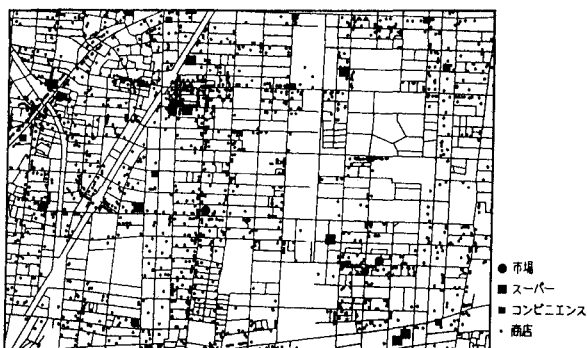
表－2 電子住宅地図からの地理的情報取得の可能性

地区情報		電子住宅地図からのデータ取得
道 路 網	道路ネットワーク	▲ 細街路以外は街区境界から作成可能 その他は道路側線データから作成可能
	道路幅員	○ 道路の両側の線の間隔を測定
	交通規制	△ 一方通行の記号は入力されている
	道路種別	△ 高速・国・県道などの区別は入力済
	交差点信号の有無	△ 記号が入力されている
地 図 土 地 利 用 性	街区形状	○ 細街路以外で入力(行政区などで分断)
	土地区画形状	×
	建物形状	○ 多角形データとして入力
	土地利用種別	▲ 名称からある程度推定可能
	世帯数	▲ 住宅の名称数から集合住宅も推定可能
行政 区 界	事業所数	▲ 事業所の名称数から推定可能
	階数	△ 中高層建物については入力されている
	床面積	▲ 階数と建物面積から推定可能
町 丁 目 界	区界	○
	町丁目界	○

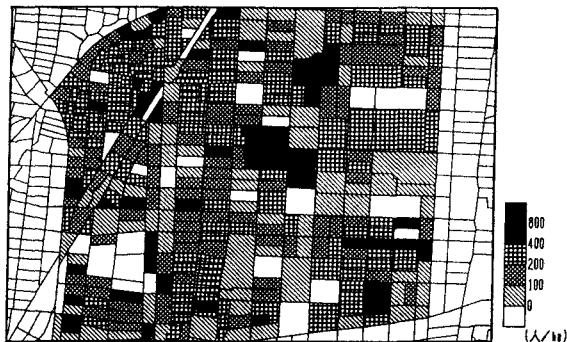
○：そのまま利用可能 ▲：他のデータから推定可能
 ◎：幾何学的処理を必要あり ×：利用可能なデータなし
 △：一部のみ入力済

自社の地図制作のバイプロダクトとして、政令指定都市を中心にCD-ROMを媒体として販売しているものであり、オーダメイドによる作成に比べ、データ収集コストは非常に安価になる。ただあくまで地図としての表示を想定して作られているので、例えば道路中心線が入力されていないことや、紙幅上で重なってしまう要素は位置をずらせて入力されている等、計画支援に用いるには幾らかの加工が必要となる。こうした作業は残るものの、地区分析や整備計画の検討には必要十分な精度を持っていることから、利用のメリットは大きいと考えることができる。

計画策定に有効な地理的情報の、電子住宅地図からの取得の可能性をまとめると表－2のようになる。本研究では、まず、これらの格納データから、重要かつ人手による入力には多大の労力を要する、道路網情報と施設情報を抽出することとし、さらに一次的な加工情報として地区内の人口推計を行った。道路網については電子住宅地図から得られる行政界および道路官民境界線を用いて道路中心線の候補を抽出し、対話的な処理により修正を加えたのち、ネットワーク構造をも



a) 商店系施設の分布表示例



b) 街区別常住人口密度の表示例

図－1 地理的情報の表示例

つ道路網データを生成した。また、施設情報については属性データとして格納されている一軒ごとの世帯主・ビル名称を利用し、別個に分類基準を作成して種別分類も行っている。さらに人口については、国勢調査などの調査区別データを、上述の住宅および事業所の施設数や投影面積を

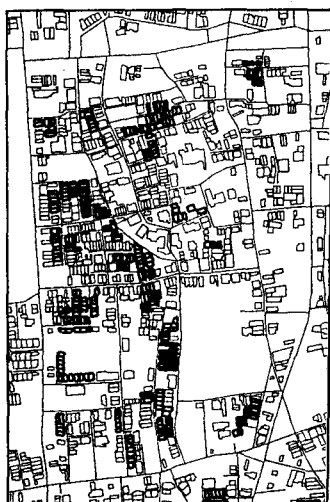


図-4 抽出した共同建替適地の表示例

説明変数として回帰するモデルを作成して街区別・沿道別に算定した。図-1はこれらの情報の表示例である。さらにこれらの情報を加工して、いくつかの計画情報の算定を試みている。図-2は地区の利便性を表すために、最寄りの大規模小売店舗へのアクセス距離を10mメッシュ別に算定したものである。経路距離のように空間的な位置に応じて連続的に変化する量を表現する場合には、このように地区を小メッシュに区切って濃淡表示を行う方法も実用的な計算量にとどめることができるといった面で実際のであろう。図-3は、防災性の評価のために消防車アクセスが不可能な道路区間を示したものの、さらに図-4は、建物規模・隣棟間隔・前面道路幅員を条件として共同建替適地を抽出したものであり、いずれも、細街路形状や宅地形状といった住宅地図ならではの格納データを有効に利用したものといっていよい。こうした詳細なデータは、手入力に要する労力とのバランスを考えると従来はほとんど得ることのできなかった情報であり、電子住宅地図の有効な利用方法の提案例と位置づけることができる。

(2) 都市圏を対象とした道路ネットワークシミュレーションシステム^{4)~6)}

本研究で開発した道路ネットワークシミュレーションシステムは、京阪神都市圏を対象に、当該地域における道路ネットワーク計画やそれに関わる各種道路交通政策の効果を定量的に分析・評価することを目的としている。システム全体は、道路網のもつ階層性を考

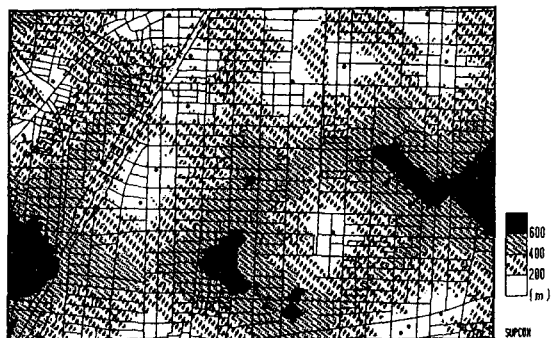


図-2 大規模小売店舗への最短アクセス距離の表示例



図-3 消防車アクセスが不可能な道路区間の表示例

慮して、都市圏および都市という2つのレベルのサブシステムによって構成されている。

本研究では、システムの開発をはじめ運用に至るまで、CGを積極的に活用した。まず開発段階では、入力したゾーン区分図、道路ネットワーク図などの図形情報や、OD交通量などの属性情報の入力データをデバッグするのに有効であった。図-5は、入力したゾーン別のトリップエンド数の表示例である。また、交通量配分モデルのキャリブレーションでは、城内300地点での実測交通量と推定交通量の適合度を、図-6に示すように地図上で地点別に容易に検討することが可能となった。さらにシステムの運用段階においては、CGを用いることによって、分析過程も含めて予測・評価結果を理解しやすい形で提示することが可能となった。システムの具体的な適用例としては以下のものが得られた。

まず、都市圏レベルでの適用例として、京阪神都市圏全域を対象に、当該地域内で計画年次までに開通が予定されている計画道路網の影響評価を試みた。ここ

では、各評価主体の立場から、混雑率、所要時間、N O_x排出量等を評価指標として取り上げ、WithケースとWithoutケース（計画目標年次において、計画道路網が存在する場合と存在しない場合）を比較することとした。図-7は市区町村のゾーン単位に各ケースにおける1トリップ当たりの所要時間の短縮率を図示したものである。

一方、都市レベルでの適用例として、大阪市内を対象に、現況道路網に対してN O_x排出量削減のための自動車交通対策を実施した場合の効果进行分析した。ここでは、自動車交通対策としては自動車交通量の総量規制を想定し、市域内の500mメッシュ単位にN O_x排出量を推定し、各対策の比較・評価を試みた。図-8は、現況におけるメッシュ単位のN O_x排出量の推定値を図示したものである。

7. おわりに

ある特定の地理的情報に対して、そのプレゼンテーションの方法は、通常、多数存在し、どのような方法を採用するかは、先例や各人の勘と経験に頼らざるを得ないのが現状である。そこで、こうしたプレゼンテーションを効率化し、また質的に向上させていくためには、対象とする地理的情報の特性に応じて、一定水準のプレゼンテーションが保証されるような指針を作成することが必要となろう。ただし、こうした指針は、最低限守られるべき原則を示したものであり、プレゼンテーションの独創性、独自性を拘束するものであってはならないし、あくまでも柔軟なものであるべきであろう。今後、多くの事例を収集し、こうした指針を提示できるよう検討を進めていきたい。

<参考文献>

- 1) 山中英生：住宅地区の交通抑制計画に関する方法論的研究、京都大学学位論文、1988
- 2) 吉川耕司：電子住宅地図を用いた地区整備計画のための地理情報システムの構築に関する研究、土木計画学研究・論文集、No.10、1992
- 3) 吉川・天野：電子住宅地図を用いた計画支援システムの開発と地区整備計画への適用、日本都市計画学会学術研究論文集、No.27、1992
- 4) 小谷・白尾・小牟田：広域幹線道路網計画へのコンピュータグラフィックスの応用に関する研究、土木計画学研究・講演集、No.13、1990
- 5) M.ODANI: Application of computer graphics to regional trunk road network planning, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol.19, 1992
- 6) 小谷・小牟田・牧野：都市圏における道路ネットワークシミュレーションシステムの開発、土木学会年次学術講演会概要集、1992
- 7) 小谷通泰：都市・地域計画の分野における電算機支援システムについて、土木計画学研究・講演集、No.6、1984
- 8) 天野・小谷・山中：都市内公共交通システムの計画システムに関する研究、土木学会論文報告集、No.377、1987
- 9) 小谷・新居：車両感知器データを用いた都市内幹線道路網上における交通渋滞分析へのコンピュータアニメーションの応用、土木情報システムシンポジウム論文集、No.18、1993

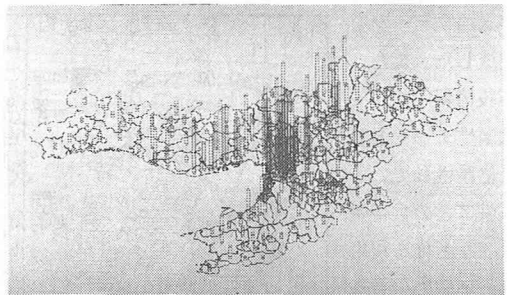


図-5 ゾーン別トリップエンド数

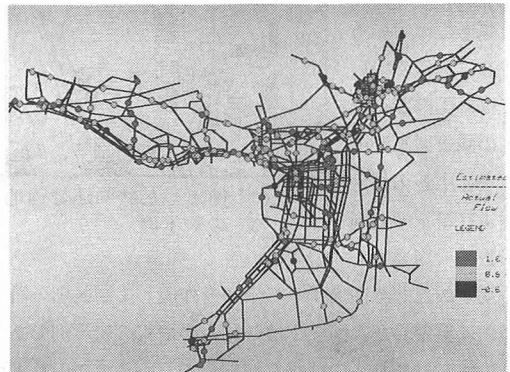


図-6 配分交通量と実測交通量の地点別比較

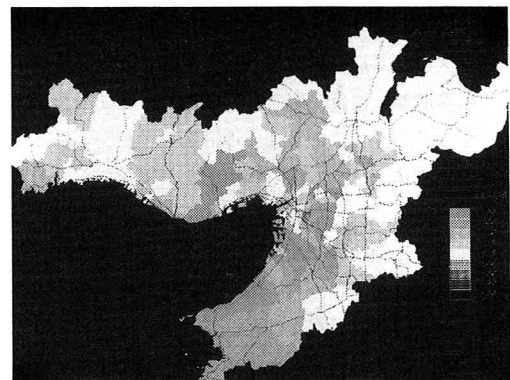


図-7 ゾーン別の1トリップあたり走行所要時間の比較<都市圏レベル> ((Without-With)/Without)

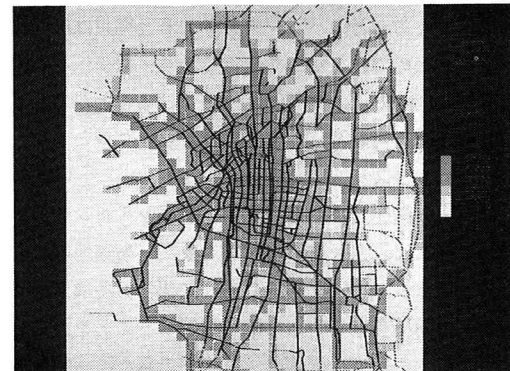


図-8 500mメッシュ別のN O_x排出量<都市レベル>