

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

AN APPLICATION OF COMPUTER ANIMATION TO TRAFFIC FLOW ANALYSIS
BASED ON DATA FROM ROADSIDE DETECTORS

神戸商船大学 小谷 通泰 ○神戸商船大学大学院 新居 雄高
Michiyasu Odani and Yutaka Nii, Kobe University of Mercantile Marine

【抄録】本論文は都市内幹線道路網上での交通渋滞分析にコンピュータアニメーションを応用することを目的としている。使用するデータは大阪市域内に設置された1053の車両感知器により観測されたデータで、これには交通量、平均速度、時間オキュパンシーの3変数が含まれる。これら3変数により表現される道路網上の交通状況の時間的・空間的变化のみでなく、これらを用いて推定される地点間最短経路および所要時間の変動についてもコンピュータアニメーションによる視覚化を試みている。

【Abstract】 This paper aims to describe a method of applying computer animation to traffic flow analysis on a trunk road network in an urban area based on data collected by 1053 of roadside detectors installed within the area. The data consists of such indices as traffic volume of vehicles, average speed and time-occupancy which is observed every 5 minutes throughout a day. Changes during a day not only in these three indices, but also in shortest travel paths and times estimated on the data is visualized on the road network in a form of computer animation for dynamic analysis.

【キーワード】 幹線道路網、交通渋滞、コンピュータアニメーション、最短経路、視覚化、車両感知器

【Keywords】 trunk road network, traffic congestion, computer animation, shortest path, visualization, vehicle detector

1. はじめに

多くの都市圏では、交通信号の制御などの道路交通管制を行うことを目的として車両感知器により広域的に交通データの収集が行われている。ここでのデータ収集は、多数の地点において同時に、そして終日にわたって連続的に行われているため、データ自体の観測精度については一定の限界があるものの、都市域全体において道路ネットワーク上の交通流特性を把握するには適しているといえる。

そこで筆者らは、従来からこの車両感知器による

観測データを用いて、都市内幹線道路網上の交通渋滞分析を試みてきた。^{1)・2)・3)}

このような交通渋滞分析を行う際には、渋滞の発生状況、また最短の旅行時間や走行経路の時々刻々の変動を、対象とする幹線道路網上で視覚的に把握できるようにすることがきわめて有効である。そこで本論文は、交通渋滞分析におけるコンピュータアニメーションの応用方法について述べるとともに、その有効性を検討することを目的としている。

具体的には、ケーススタディエリアである大阪市

域を対象に、以下に示す分析においてコンピュータアニメーションの活用を図った。

まず交通量や時間オキュパンシー、速度などの観測データと交通渋滞状況との関連を明らかにした上で、これらのデータに基づき道路ネットワーク上で交通渋滞の時間的・場所的発生状況を把握することを試みた。そしてさらに道路区間別の滞在時間から、渋滞の発生にともなう地点間の最短の旅行時間や走行経路の時間帯による変動を明らかにし、ルートガイダンス等の情報提供システムの有効性を検討した。

2. 使用データの概要とデータ処理の方法

(1) 車両感知器データと道路ネットワークデータ

本研究では、ケーススタディエリアとして大阪市域を選んだ。当該市域はおよそ220平方kmの面積をもち、1日あたりの自動車総走行台キロは2020万km・台/日(昭和63年現在)と推定されている。

使用した車両感知器のデータは、大阪市内の交通状況の異なる4日間、すなわち1991年9月4日(水)、5日(木、“五十払い”)、7日(土)、8日(日)の各日に、終日にわたって観測されたデータである。ここで“五十払い”とは、月の内で五と十のつく日に決済を行うという、当該地域特有の商習慣である。この五十払い日には、通常の平日よりは業務交通が増加し交通渋滞が著しくなることが知られている。

なおこれらの観測データは、交通量情報日報ファイルとして5分単位で以下の項目にまとめられている。

- ①交通量：地点の感知範囲を通過した車両累積台数
- ②速度：交通量・占有時間・平均車長から算出した速度
- ③時間オキュパンシー：
0.05秒ごと(5分間で6000回)に発射されるパルスが通過車両により遮断される回数

また、分析に使用した車両感知器設置点は大阪市内の1053箇所である。

図-1は、対象市域内の幹線道路ネットワークを示したものである。このネットワークデータはノー

ド数1484、リンク数2116からなっており、ネットワークの各リンクごとに、車線数、距離を与えた。なお、ここでは車両感知器の設置されていない一部の道路区間や都市間高速道路網については、表示から除外している。



図-1 大阪市内の道路ネットワーク

(2) データの処理方法

車両感知器による観測データの処理手順を示したのが、図-2である。この図に示すように、全体の処理の流れは、①データの入力、②ネットワーク情報、対応情報の参照、③処理、④処理結果の出力、の4つの部分に分かれている。

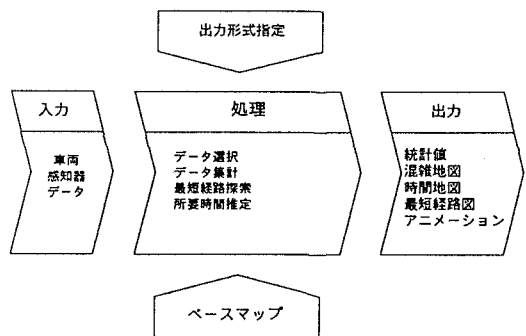


図-2 観測データの処理手順

①で車両感知器データを入力することにより、②の市域内道路網データ、対応データファイル(車両の感知地点と道路網地図上の地点との対応)を用い

て、③でデータの集計解析や、表示のための処理が行われる。この結果、④で処理結果が集計値、静止画、動画（アニメーション）として出力される。

出力の一形式として用いたコンピュータアニメーションは、コンピュータ・グラフィックスで作られるアニメーションで、位置、形、色などが少しずつ異なる静止画を高速に切り換えて「動き」を表現するものである。コンピュータアニメーションの利点としては、高品質画像が比較的容易に得られること、時間軸を含む四次元空間を表現できることなどが挙げられる。

本研究で特にこのアニメーションの応用を図ったのは、以下の理由による。まず、使用する車両感知器による観測データが時系列データであり、またそこから推定される旅行時間や最短経路も時刻別に計算される。すでに述べたように観測データは5分単位に得られるので、もし仮に終日にわたって分析するものとするれば288時点について一つ一つ結果を検討して行かなければならず、その作業量は膨大なものとなる。また、個々の時刻ごとの状況よりも、本研究の目的に照らしあわせれば、時々刻々変動する交通渋滞や旅行時間、最短経路の推移を分析することがきわめて重要となる。こうしたことから、コンピュータアニメーションを用いて各時刻ごとの画像を連続的な画像として再構成することにより、混雑状況などの時間的推移を実感的に再現できると考えた。

本研究で用いたアニメーション作成のための機器構成を、図-3に示す。ワークステーションにより作成した画像をデジタルスキャンコンバータを用いてNTSCビデオ信号に変換し、業務用VTRにコマ撮り収録することにより高解像度のアニメーションが作成できる。コンピュータアニメーションは、1/30秒（1フレーム）の画像を表示・記録するのに数十秒から数分あるいはそれ以上の時間を要し、作成過程において多大な時間を要するという欠点がある。そこで本研究では、各交通指標をデータベースから取り出し、時間帯毎の交通状況を示す画像を表示し、これを記録するまでをすべてプログラムにより処理できるようにし、アニメーションを効率的に作成できるようにした。

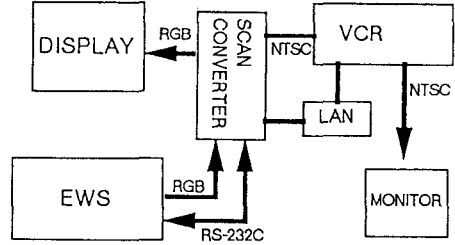


図-3 アニメーション作成に用いた機器構成

3. 交通特性諸指標の集計分析

ここでは、まず観測曜日別に、交通量、速度、時間オキュパンシーの各交通特性指標の時間変化を示す。そして、時間オキュパンシーと交通量の関係から、交通流の自由流領域から渋滞流領域への遷移状況を考察する。⁴⁾ただし、ここでは各指標ごとに5分単位に得られたデータを、全対象路線について平均した値を用いた。

(1) 交通量

図-4より交通量については、平日、五十払い日、土曜日とも、ほぼ台形状をしており、昼間時の12時に交通量は、やや低くなっている。日曜日は、他

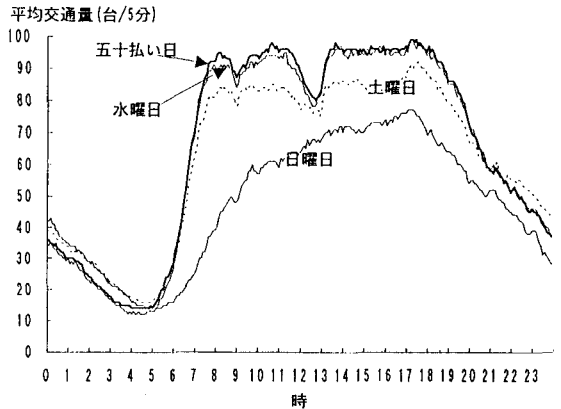


図-4 交通量の曜日別・時間別変化の曜日と比較すると交通量は少なく、平日に比べて、午前中の交通量の増加率がやや緩やかである。

(2) 走行速度

図-5に示す速度の変化を見てみると、図-5の交通量とはほぼ正反対の傾向を示している。すなわち交通量が少ない時間帯ほど速度は速くなり、交通

の流れがよいことがわかる。また交通量の少ない夜間では、平均速度は45～50km/hであり、これに比して、平日の混雑時には25～30km/hにまで低下している。さらに五十払いは、平日に比してやや走行速度は低くなっている。

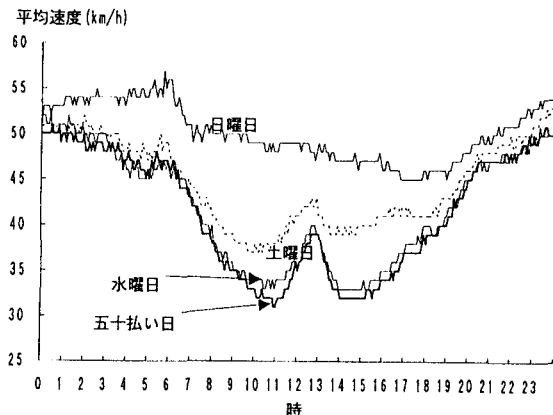


図-5 走行速度の曜日別・時間別変化

(3) 時間オキュパンシー

図-6に示すように時間オキュパンシーは、午前中と午後3時頃の2回ピークがあり、特に午後に大きくなる傾向がみられる。また、五十払いは交通量がそれほど増えないにもかかわらず、時間オキュ

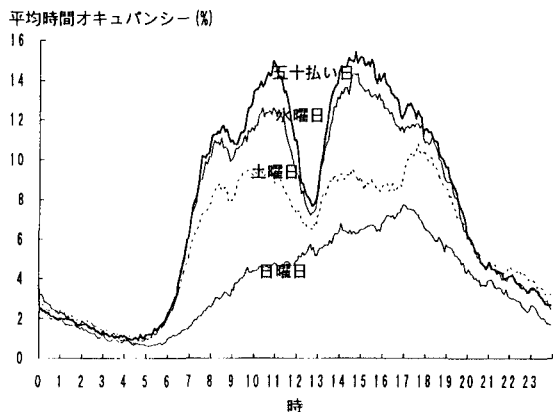


図-6 時間オキュパンシーの曜日別・時間別変化
パンシーは平日に比べて著しく大きくなるのがわかる。

(4) 時間オキュパンシーと交通量の関係

図-7は、時間オキュパンシーと交通量の関係を見るため、縦軸に1車線当りの交通量、横軸に時間オキュパンシーを取って図に示したものである。

図に示すように、時間オキュパンシーの増加に伴い交通量も増加するが、時間オキュパンシーの値が10%付近で、交通量は最大となり、その後は減少する傾向が見られる。これは、オキュパンシー10%付近が交通流の渋滞領域への遷移点を示しているものといえる。

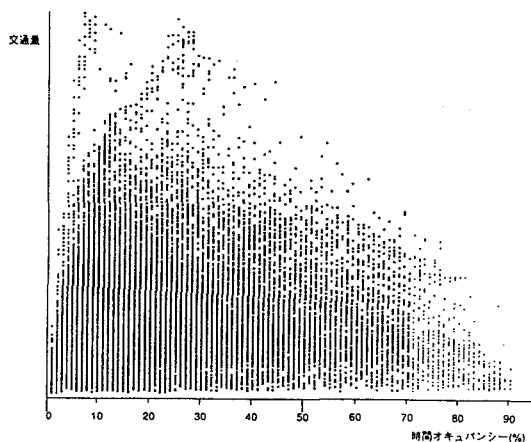


図-7 時間オキュパンシーと交通量の関係

4. コンピュータアニメーションを用いた

交通渋滞分析

(1) 交通渋滞の発生状況の分析

交通渋滞の発生状況を道路ネットワーク上で把握するために、混雑の著しい五十払日を対象に、上述の3つの交通特性指標の中から時間オキュパンシーと交通量の変化をアニメーションとして再現した。この際、5分間の交通流動状況を示す画像を1/3秒に短縮して記録し、24時間を96秒で再現するアニメーションを作成した。図-8 a) から c) は、時間オキュパンシーと交通量の変化を示すアニメーションにおける3時点(8:00、14:00、19:00)を示したものである。

ここで、交通量は各リンク上に描かれたポリゴンの幅で示しており、幅が大きいほど交通量が高いことを意味している。また交通量を示すポリゴンにつけた色の濃淡は時間オキュパンシーの値で、色が濃いほど値が大きいことを示す。3. (4) で分析したように、時間オキュパンシー10%前後が渋滞領域への遷移点と考え、時間オキュパンシー10～20%を10段階の濃度に分けて表示した。

作成したアニメーションから、交通渋滞の発生状況について以下のことがわかった。

午前7時頃までは、オキュバンシーが10%を超える混雑区間は見られないが、7時を過ぎた頃から周辺域で混雑が見られるようになった。図-8 a)は8時の状況を示すものであるが、この時間帯は図-7からも明らかなように大阪市内中心部での交通量が急激に増大しはじめる時間帯にあたり、中心部でも混雑が所々で見られ、また、中心部への流入区間でも混雑が見られる。特に市内南部から中心地区への幹線道路はすべて混雑していることがわかる。

朝のピーク時を越え、午前9時頃から11時頃にかけて市内中心部での混雑が著しくなる。12時台は、昼食時のためやや混雑区間が減少するが、午後1時を越えると再び各所で混雑が見られる。

図-8 b)は14時の状況を示すものであるが、この時間帯は、1日のピーク時に当たり、オキュバンシー、交通量ともに大きな値を示している。特に、都心部の幹線道路上でその傾向が顕著である。

図-8 c)は19時の状況を示すものであるが、都心部の歓楽街を中心に中央部と北部で混雑区間が集中して見られる他は、全体的に分散していることがわかる。この後、21時頃まで混雑区間は縮小しつつも継続してみられる。

(2) 旅行時間および最短経路の変動分析

都市域内での混雑の発生にともなう旅行時間および最短経路の変化を、アニメーション化することにより分析した。

観測された平均速度で道路区間長を除することにより、区間毎の平均滞在時間を求めることができる。ネットワーク上での任意の地点間の最短経路およびその際の所要時間は、この平均滞在時間をもとに最短経路探索を行なうことによって得られる。なおここでの推定所要時間は、交差点での右左折待ち時間などが考慮されていないため当該日時の現実の所要時間とは異なるが、概ね比例関係にあるものと考えられる。また、最短経路探索はDijkstra法により行った。

まず、市内中心部と対象地域内各地点相互の所要時間を時間帯別に求め、等時間地図を作成し、混雑地域の時間帯による変動をアニメーション化した。図-9 a)からc)は作成したアニメーションから

3時点を取り出したものである。図-9 a)は、8時における都心(御堂筋と中央大通りの交差点)からの流出方向について、所要時間をメッシュごとに色わけして示した。なお、ここでメッシュは、メッシュ内に含まれるノード(複数ある場合は、メッシュ中心に近いノード)を終点とした場合の所要時間を示している。また、図-9 b)、c)は、それぞれ14時、19時における都心からの流出方向の所要時間を同様にメッシュごとに示したものである。ここには示されていないが、本研究では流入方向についても所要時間を求め視覚化を試みている。これらにより以下のことがわかる。

OD交通量は1日中変化するため図中の等時間域の形状は常に変化し続ける。たとえば午後の時間帯には、地理的距離が同じであっても、東部への時間距離は西部への時間距離に比べてかなり大きくなっていることがわかる。一方、同じ時間帯の流出方向と流入方向の等時間域も異なった形状を示す。特に朝のラッシュ時における都心部への流入所要時間は、同流出時間に比べて長くなっている。

次に、道路網上の任意の2地点間の最短経路の変化をアニメーション化した。この際あわせて、混雑した道路区間を含むエリアをメッシュとして表示した。図-10 a) - c)は、それぞれ8時、14時、19時に市内中心部から異なる4方向へ流出する際の最短時間経路をアニメーションから取り出したものである。また、10 d)は推定最短経路として選択された頻度をリンクの幅で示したものである。

これらによると、南部への流出経路のように多少の混雑がみられてもそれを迂回する代替経路が無い場合は、終日にわたりほとんど経路は変化しないことがわかる。これに対して、北東、南東方向など混雑の著しい方面では時間帯毎の最短経路は大きく変動し、混雑域を大きく迂回する最短経路が示された。このように、時間帯によって所要時間や最短経路が頻繁に変動していることがわかる。

近年、旅行時間の提供やルートガイダンスシステムなどのリアルタイムで詳細な交通情報を一般のドライバーに提供するシステムが提案され、これを実用化するための技術的問題も解決されつつある。

ここで得られた成果より、例えば、大阪市内南東部などのように最短所要時間・経路が時間帯によ

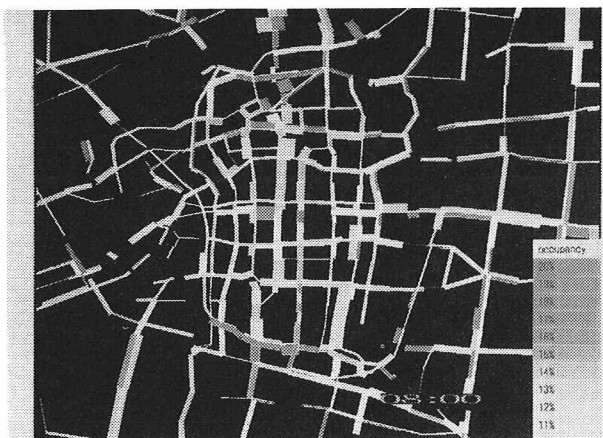


図-8 交通渋滞の発生状況 a) 08:00

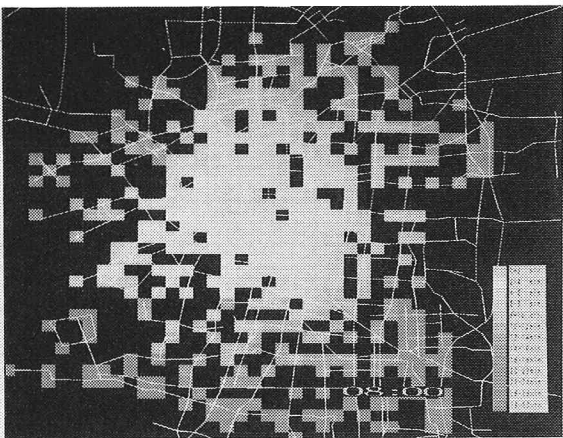
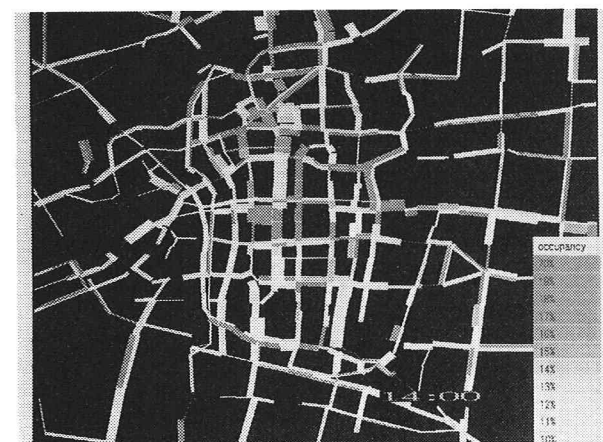
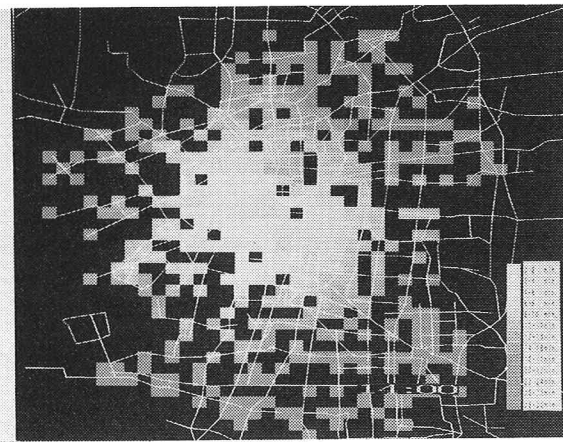


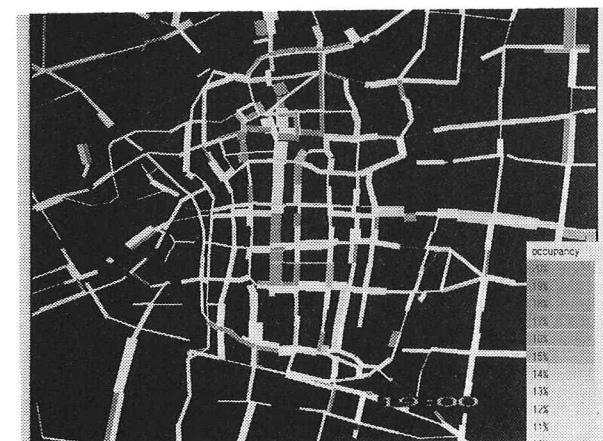
図-9 都心部から市内各地点への所要時間 a) 08:00



b) 14:00



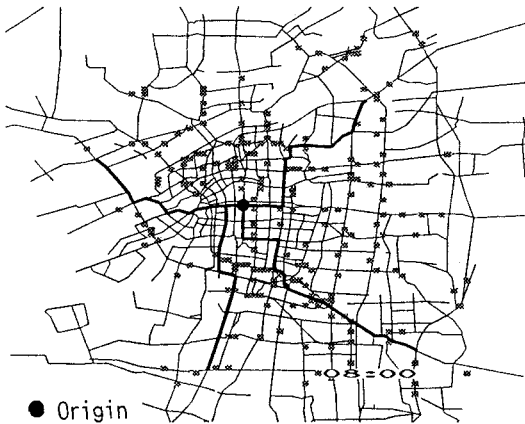
b) 14:00



c) 19:00



c) 19:00



a) 08:00

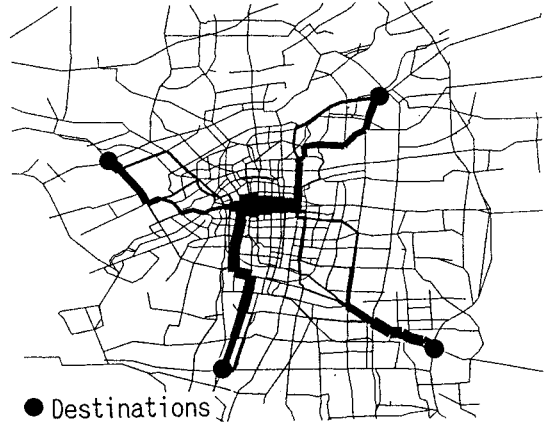
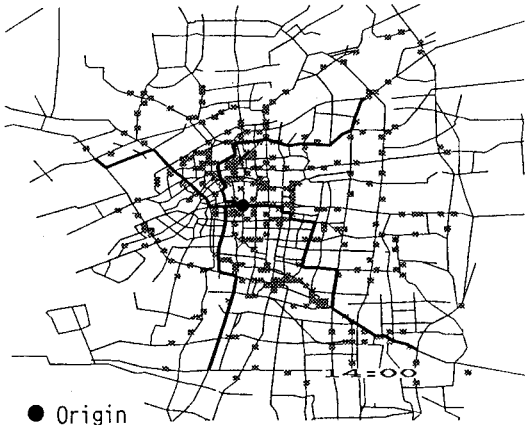


図-10 d) 都心部から周辺4地点への
推定最短路頻度



b) 14:00

て頻繁に変動する地域では、これらの交通情報提供システムを導入することによって交通混雑が緩和される可能性があると考えられる。

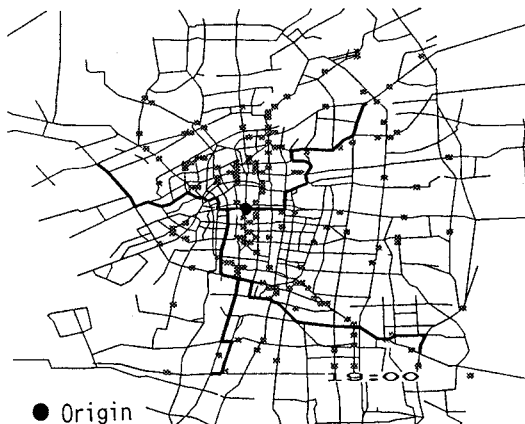
5. おわりに

本研究では、都市内幹線道路網を対象として、車両感知器の観測データを用いた交通渋滞の分析に、コンピュータアニメーションを応用することを試みた。この結果、以下に示す成果を得ることができた。

1) 車両感知器による観測データを、観測時刻に従って道路網上にコンピュータアニメーションとして再現することは、次の点で有用であった。

まず感知器データ（交通量・時間オキュパンシー・平均速度）は、1指標あたり1日分で約5メガバイト（288時間断面、1023箇所）とデータ量は膨大であるが、これらのデータをアニメーション化して示せば、短時間で効率的にデータの全体を概観することができる。さらに、道路網図上で個々の時間断面ごとの表示を分析しただけでは空間的な指標値の分布パターンしか理解できないが、アニメーション化することによって、空間的な分布パターンと時間的な推移パターンとを組み合わせることで把握することができる。

2) アニメーションを用いた渋滞分析によって以下の知見が得られた。すなわち、時間オキュパンシーと交通量の関係から交通流の渋滞流域への遷移点



c) 19:00

網目は時間オキュパンシー10%以上の地点を示す

図-10 都心部から周辺4地点への最短経路

を明らかにすることによって、渋滞が都市域内でいつどのように発生し解消して行ったかを把握できるようになった。そして、渋滞の発生により旅行時間が変動する様子を明らかにするとともに、またこうした渋滞を避けるように、時刻ごとに最短経路が描き出されることが示された。このように、渋滞の発生による旅行時間や最短経路が、時々刻々変化していくということは、ルートガイダンスなどによる交通情報の提供によって渋滞を緩和させる可能性が示されたといえよう。

3) アニメーションによる視覚化は、分析者だけでなく一般市民にも、交通渋滞の発生状況、旅行時間や経路の変動を実感的に把握させることができる。この結果、ルートガイダンスシステムの導入など、様々な渋滞緩和策の実施に対する一般ドライバーの理解を高めるのに役立てることができよう。

一方、アニメーション応用上の課題としては以下の点があげられる。

1) アニメーションを作成するためには各時間断面毎の静止画像を作成し、それらを1コマずつVTR等に撮影しなければならないため、費用と労力を必要とする。

2) 膨大なデータが短時間に凝縮されることによって、全体的な傾向や直感的なパターンの把握は容易になったものの、提示される情報が過多であると、受け手に混乱をひき起こす危険がある。

3) 時間オキュパンシーにせよ、所要時間にせよ、表示すべき指標の量を、形の大小で表現するのか、または色彩や色相の差として表現するのかによって、観察者によって異なった印象を与えかねない。こうした、情報の表現技法についての検討が重要である。

最後に本研究を遂行するにあたっては、大阪府警本部交通部交通管制課の協力を得た。感謝の意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 小谷・新居：都市内幹線道路における渋滞分析、土木学会関西支部年次学術講演会講演集、1992
- 2) 小谷・新居：車両感知器データによる都市内幹線道路の渋滞分析、大阪交通科学研究会学術研究発表会講演論文集、1992
- 3) 小谷・新居：都市内幹線道路網上における交通流動の動画化、土木学会関西支部年次学術講演会講演集、1993
- 4) 佐佐木・飯田：交通工学、pp.27～pp.38、国民科学社、1992