

# 先進モビリティと交通制御

## Traffic Control for Advanced Mobility

桑原 雅夫\*

Masao KUWAHARA

### 1. はじめに

本稿では、最初に日頃目の当たりになっている交通渋滞のメカニズムと特徴について、簡単に解説を行い、その交通渋滞を緩和・解消するための当センターにおける研究開発について紹介することとする。

### 2. 交通渋滞のメカニズム

道路には単位時間あたりに通すことができる処理量に限界があり、この最大能力を交通容量という。おおそ、1車線1時間当たり2000台くらいの能力である。ところが、道路はどこもかしこも均一の容量を持っているわけではなく、分合流部や交差点などではいくつかの流れがぶつかり合うところなので、容量が低くなりがちである。そのため、そのような容量が低くなった箇所(ボトルネック)に大きな需要がやってくると、容量を上回る需要(超過需要)が渋滞列として累積され、渋滞が発生する。東京都心部の観測によると超過需要は思ったよりも大きくはなく、容量に対してわずかに数%~10数%くらいである<sup>1,2)</sup>。日常目の当たりになっている大渋滞からすると、容量に対して何倍も大きい需要が押し寄せているのではないかという感覚を持ちがちだが、実際はそれほどでもない。

このような錯覚の理由は2つある。1つ目の理由は、超過需要の時間累積である。超過需要は時間とともに累積されるので、わずかな超過需要であっても時間が経過するにつれ累積される車の台数が増えて、大きな渋滞に発展してしまう。2つ目の理由は、道路上に溜めることができる車の台数はそれほど多くないことである。平均的には、1車線当たり1km区間に渋滞列として溜まる台数は、せいぜい40台程度である。したがって、容量1800[台/時/車線]のところ、約10%の超過需要である2000[台/時/車線]がや

ってくるだけで、1時間に200台が道路に累積され、その渋滞の長さは約5kmにもなってしまう。

しかしながら、わずかな超過需要によっても、大きな渋滞が引き起こされてしまうことの裏を返せば、わずかな容量改善や需要調整でも、渋滞は大きく軽減する可能性があるということを示唆しており、Needs OrientedなITSの支援によって、渋滞はかなり軽減できそうだ。



Fig.1 捌け残り台数と典型的な渋滞長

### 3. 時間的にダイナミックな解析

#### 3.1 交通シミュレーション SOUND と AVENUE

前節で述べたように、渋滞現象はネットワークに交通が時々刻々と滞留する現象で、時間的に動的である。従って、その解析ツールも時間的にダイナミックな解析ツールでなければならない。その代表的なものが交通シミュレーションであり、当研究室でも1990年頃からその開発と適用を実施してきた。

SOUNDモデルは、首都圏全域に適用するような広域ネットワークを対象とするシミュレーションモデルである。計算効率を上げるために、車両の移動は車線を持たせずに一列に並んでリンク上を移動する簡略モデルであるが、車線数を考慮したリンク密度を持たせているので、渋滞の延伸は適切に表現できている。

\* 東京大学 生産技術研究所 先進モビリティ連携研究センター(ITSセンター)

一方、AVENUE モデルは、交差点数が数十の中規模ネットワークに適用するモデルで、車線概念を持っており、車線単位の交通運用、交通信号制御など、きめ細かな交通マネジメント政策の評価と設計に貢献している。



Fig.2 交通シミュレーション AVENUE と SOUND

### 3-2 パラメータの自動調整

これらのシミュレーションモデルは、近年様々な実務場面に適用され始めているが、適用上の最大の課題は、モデル内に内在する数多くのパラメータを微調整して、適用地域の交通状況の現況再現性を確保することである。一般にこの作業は、モデルに精通した人間が、試行錯誤的に内在するパラメータを変化させながら、微調整することが多い。そのためには何回ものシミュレーション実行回数と、熟練技術者の労力を要してしまう他、人によってパラメータ値が異なったり、再現能力が異なったりしてしまう。

そこで、現況再現性確保のためのパラメータ調整を自動化する研究を開始している。すなわち、観測されたリンクの交通量と旅行時間に、シミュレーション結果が整合するようにシステムティックに内在パラメータを自動調整するアルゴリズムを構築するものである。このアルゴリズムの特徴は、渋滞ボトルネックを見つけて、その渋滞再現を集中的に行うもので、交通工学の知見を援用しながら、パラメータ調整を行っている。大規模ネットワークであっても、真にボトルネックとなっている箇所数は、それほど多くなく、効率的なアプローチであると考えている。

### 3-3 車から人へ

今後の交通シミュレーションの展開の一つの方向は、移動の主体を車から人にブレークダウンすることである。本研究室では、図3のように道路ネットワークに鉄道やバス路線を追加して、異なる交通機関を総合的に考慮できるシミュレーションモデルへとモデ

ルを発展させている。そのためには、利用者の選択行動として、経路選択だけでなく、交通機関選択、トリップの出発時刻選択もモデルに組み込むことが必要となる。

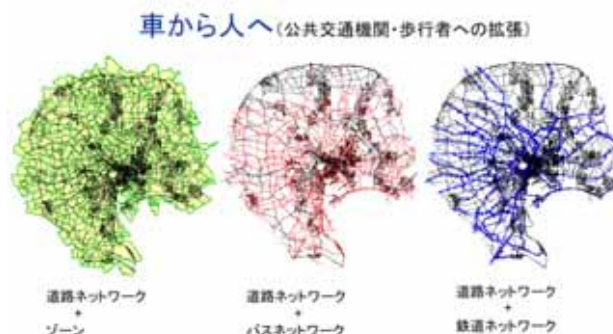


Fig.3 複数交通機関を考慮したシミュレーション

## 4. 交通環境解析

大気汚染、騒音などは、交通状態と密接に関連している。交通シミュレーションによって、時間的にダイナミックな交通状態を評価できるので、その出力を利用して大気環境、道路騒音を評価するシステム構築を行っている。

図4は、交通シミュレーションモデル、3次元都市モデル、大気汚染モデル、道路騒音評価モデルを融合したシステムを表している。生産技術研究所には、都市モデル、大気汚染、音響工学を専門とする研究者がそろっており、学際的な分野を横断したこのようなシステム構築が実現できている。

図5は、その成果の一部であるが、大気汚染環境を図4のフローに従って評価した結果を可視化したものである。

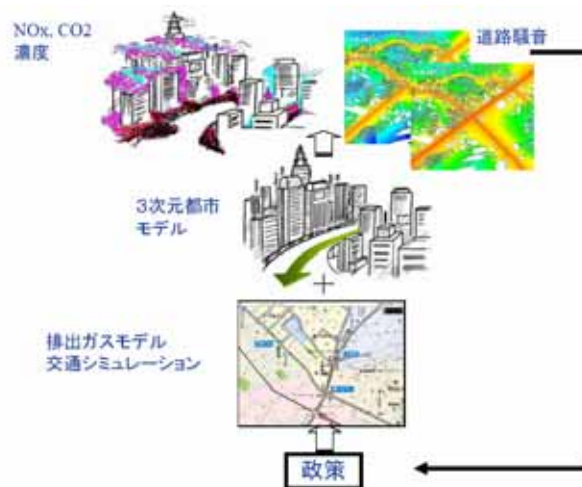


Fig.4 交通環境評価システム

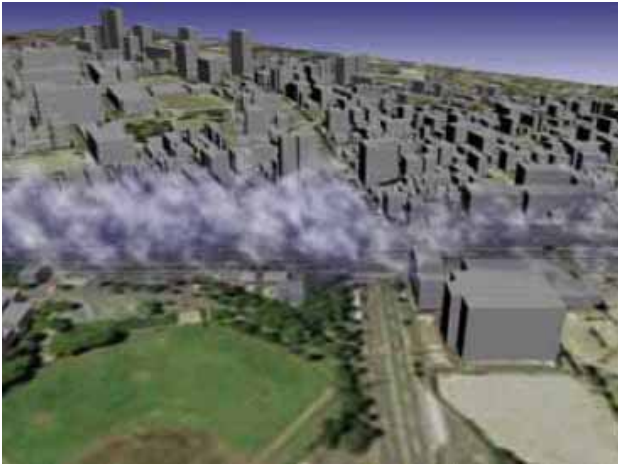


Fig.5 大気汚染環境の可視化の例

### 5. 交通信号制御

一般街路の渋滞のほとんどは、異なる流れが交錯する交差点で発生している。交差点の交通を処理する信号制御は、渋滞削減に重要な役割を演じている。信号制御は、各種センサーから得られる交通状態の情報に基づいて行われるのが一般的であるが、近年ではセンサーの高度化が進み、従来では得られなかった多くの交通情報が取得できるようになってきた。当研究室においても、これら最新のセンサー情報を活用した、信号制御アルゴリズムの提案を行っている。

図6のCARRENは、車両感知器とAVI(自動車読み取り装置)から得られる情報に基づいて、制御を行うアルゴリズムで、制御に必要な各種パラメータの事前設定と更新が自動的に行われること、制御の目的関数である車両の遅れ時間の評価を直接行えるという特色を持つものである。

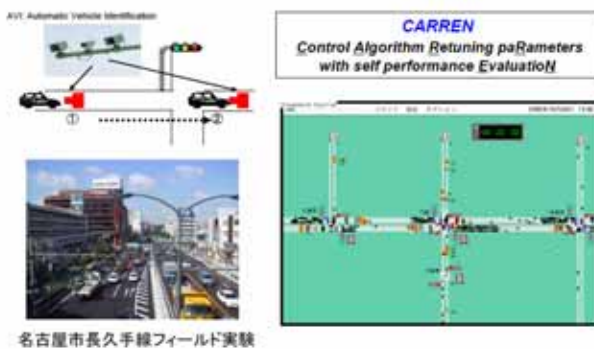


Fig.6 信号制御アルゴリズム CARREN

本アルゴリズムは、警察庁、愛知県警、信号機メーカーとのコンソーシアムによる共同研究の成果であり、

CARREN 以外にも、信号機メーカーが提案したアルゴリズムを同じデータを用いて相互比較したこと、名古屋市の一路線に実際に適用し、フィールド評価を実施したことが特筆すべき点である。

### 6. 駐車管理

一般街路では、異なる方向の交通が交錯する交差点がボトルネックになりやすい。東京都心部の渋滞交差点における調査によると、約7割以上の交差点渋滞は、路上駐車が原因で引き起こされていた<sup>1,2)</sup>。

東京23区では1990年には20万台もあった路上駐車台数が、標章、車止めの導入や各種政策によって年々減りつつあるものの、まだ約13万台以上ある。これだけの車が、特に交差点の周りに停まっていると、交差点の容量を大きく阻害する。路上駐車車両がいるために道路の有効幅員が減ってしまうと、交通容量は30%~40%のオーダーで減少してしまうからである。需要と供給の格差に比べると、路上駐車車両の影響はきわめて大きい<sup>3,4)</sup>。

路上駐車を適切に管理するためには規制の見直しが必要である。交差点周りにように絶対に規制すべきところは厳格に規制して、ある程度駐車させても交通への影響が少ないという「時間」と「場所」については、駐車を認めるといような、柔軟でメリハリのある規制が望まれる<sup>4)</sup>。現在のITSの技術的水準であれば、時間と場所によって規制の表示を変化させることは、問題なくできる。諸外国では、歩道の縁石をペイントで色塗りして規制タイプを区別している例がある。我が国でも、スムーズ21のように交差点周りで線的な表示を導入しつつある。これらをもう少し発展させて、時間と場所でダイナミックに切り替えられる線的な規制表示がITSによって導入できると期待する。

沿道の商業活動などを考えれば、路上に駐車場所は必要であり、場所と時間を選択した上で、上手に路上駐車場所を確保する必要がある。ボトルネックとなりやすい交差点付近は、路上駐車は絶対に排除して最大限の車線数を確保しなければならない。一方、交差点と交差点の間の区間は、100%の時間交通処理が可能なので、理論的には交差点付近よりも少ない車線数で交通処理は可能である。

このような理由から、交差点間の単路部では路肩側の車線を一部駐停車用に解放することが考えられる。図7は、それを模式的に表したものであるが、この方式であ

れば、わざわざ歩道を切り欠いて駐停車場所を確保する必要がない。時間を区切って運用したい場合には、可変のレーンマーキングの設置も考えられよう<sup>5)</sup>。



Fig.7 路上の駐停車場所の確保例

### 7. 動的に変わる道路

交通渋滞は、容量と需要のアンバランスから生じる。需要は、時間、曜日、季節によって変化するのが普通であるが、容量の方はインフラができてしまうとあまり変化の余地がない。需要の変動や不確実性については、これまでは主に交通の運用方策で対応してきたが、運用で対応するには限界があり、そのために渋滞が各地で頻発している。もう一段思い切った容量側の対応策が必要だと考える。

ITS を活用してインフラを動的に変えるのである。変化させると言っても物理的な形状は変えられないので、マーキングによってチャネルリゼーション、車線数、停車帯などを変えることが現実的である（この意味では ITS による動的な自動運用と言った方が適切かもしれない）。諸外国では、すでにこの類のシステムがいくつか実用化されている。図8のように、フランクフルトのアウトバーン A5 では、朝夕のピーク時間帯や工事中には路肩を解放して車線数を増やして渋滞緩和を計っている。また、自発光鋲を用いて分流部の車線構成を自動的に可変にするシステムも実施されている。



Fig.8 ドイツにおける路肩利用の例

このように動的に道路インフラを変化させる試みは各地で開始されており、我が国としてもその不幸にシフトしていく必要がある。ただし、この仕組みをどこに活用するのが適切であるのか、導入した場合の運転者への影響はどのようなものか、維持管理にどの程度の費用が必要かなど、効率性、安全性、維持管理の各方面からの検討が必要であり、この点については、ドライビングシミュレータと交通シミュレーションを統合した複合現実感交通実験システムにおいて、現在研究を進めている。

### 8. 需要の時間分散

各種の需要の調整の中でも、筆者が大いに期待するのは「時間分散」である。すなわち、ピーク時に需要を集中させるのではなく、余裕のある時間帯に需要をまわして平滑化しようとする TDM (Travel Demand Management) 政策だ。首都高速道路湾岸線の朝ピーク渋滞 (最大渋滞長 7km) や関越自動車道の行楽帰りの交通 (最大渋滞長 23km) における時間分散効果の試算では、いずれの場合も 15 分程度の時間調整によって渋滞が解消できるという結果であった<sup>2)</sup>。これらの試算結果は、どんな場所でも当てはまるものではないが、大都市圏であっても需要が容量を超過している時間が、一日中ずっと継続しているわけではないので、超過需要を受け入れる時間帯は十分にあり、時間分散はかなりの潜在能力を持っている。この潜在能力を実地試験する試みを現在進めている。

### 9. おわりに

本稿では、ほんのわずかな需要超過によって大きな渋滞が引き起こされているという交通渋滞のメカニズムと特徴について解説するとともに、渋滞解消に向けた研究開発の現状について概説を行った。

### 参考文献

- [1] 越正毅、赤羽弘和、桑原雅夫：渋滞のメカニズムと対策、生産研究 41、pp.753-760、東京大学生産技術研究所、1989.10.
- [2] 桑原雅夫：東京の交通問題、東京大学工学部交通工学研究会編、技報堂出版、1993.3.
- [3] 駐車による交差点容量の阻害、IATSS 大口レポート
- [4] 桑原雅夫：駐車問題の現状と対策 第 47・48 回交通工学講習会テキスト pp.I-1-I-14 交通工学研究会 1991 年 7、9 月
- [5] 桑原雅夫：渋滞解消のための道路構造上の工夫、道路、Vol.759、pp.12-15、2004