

# 実際の道路で発生する交通渋滞問題の現状と課題

## —交通工学のシミュレーションをめぐって—

東洋大学工学部 環境建設学科 尾崎晴男

実際の道路で発生する交通渋滞について、現状と課題を紹介する。交通工学の見地から、交通流シミュレーションと交通データ計測の概要をまず述べ、渋滞問題へのシミュレーションの適用例を紹介する。最後に交通流研究の今後の課題を述べる。

### 1. 交通工学の交通流シミュレーション

交通工学で交通流シミュレーションを適用する場合、その手法は、交通流現象を再現する目的に大きく依存している。すなわち、何を評価するために、何を再現し何を捨象するか、の判断が大きく効いている。いくつかの判断要素を挙げてみる。

#### 1) 目的と評価の指標

交通流シミュレーションの目的は、ほとんどの場合が、円滑性の現状評価、交通運用計画の代替案の事前・事後評価、のいずれかといって良いであろう。そのため、旅行時間(遅れ時間)と待ち行列長を主な評価指標とする場合が多い。

#### 2) モデリング

シミュレーションにおける車両の取り扱い、はおおよそ3通りある。それらは、各車両を個別に取り扱うマイクロ型、複数車両をまとめて取り扱うマクロ型、マイクロとマクロを共用するハイブリッド型、である。

車両移動の表現方法として代表的な方法には、車両の動きを加減速まで詳細に取り扱うもの、車両の動きは通常(平均)走行時のみを取り扱い、加減速を無視するもの、チェックポイントの車両の通過時刻を取り扱うもの、の3通りがある。

#### 3) 外的条件

車両の走行にあたっては、何らかの外的条件が付されるのが現実である。交通制御の有無によって、車両の自立した挙動のみである場合と、車両が交通運用による制御を受ける場合、がある。

通行路構成の車両移動への影響を評価するケースもある。通行路の構成として、単路部のみを扱うもの、単独交差点、あるいは複数交差点を含む道路網を扱うもの、合流部、分流部、織り込み部を扱うもの、に大きく分けられよう。また車線数の多寡も考慮すべき場合も多い。

#### 4) その他

車種の区別を付けることが必要な場合や、車両の移動にあたって、発進地(Origin)と到着地(Destination)が重要な意味を持つ分析もある。

### 2. 交通流観測との関わり

交通流シミュレーションの手法は、これを検証する際のデータ取得方法と密接にリンクしている。次に、実際に行われている交通流の観測方法をまとめてみよう。

#### 1) 交通流の外部からの観測

道路のひとつの断面において通過する車両を観測する、断面観測が基本である。単位時間当たりの通過交通量、連続して通過する車両の通過時刻差である車頭時間が計測できる。この際、車線ごとに計測し、車種の分類をすることが通例である。

複数の断面で同時に観測を実施すれば、交通流の空間的な特性が把握できる。距離が既知の2断面で同一の車両の通過時刻を計測すれば、その差として求められる旅行時間から走行速度を知ることができる。同一車両の認識は、近距離を人間の目視で行う場合は比較的容易であるが、断面の距離が長い場合などにはプレートナンバーのマッチングを用いている。なお、2断面間の区間内の車両の存在台数をあらわした指標が、交通流の基本関係に登場する存在密度である。しかし存在密度を直接計測する事例はごく少数である。

実際の現場では、人手による計測が依然として多い。自動計測の方法としては、埋設ループコイルのインダクタンス変化や、超音波など電磁波を照射し、反射波の変化によって、車体の通過・存在を識別するセンサーが現在多く利用されている。これらのセンサーを進行方向に5m程度離して2台設置すれば、同一の車両を感知した時刻差から地点速度も算出することができる。また、2つのセンサーで同時に感知したか否かで、車長5mを境にした大型車と小型車の判別にも利用されている。

高所から撮影したビデオ映像も交通流観測に利用される。最近では、交通流のビデオ映像を画像処理して車両の存在を識別するイメージセンサーも開発されている。輝度変化の大きい背景条件や、車両の重なりなど、まだ改善を要する項目も多いが、一部では実用化されている。また、映像上の車両位置の時間的・空間的变化を人手や画像処理で計測し、速度や加速度までを計測した事例もある。ただし、画面上の車両像の大きさ、撮影位置などの条件から、計測精度面の問題もある。

プレートナンバーの特定にも、画像処理機器が利用されている。数kmにわたる区間の旅行時間や経路の観測に有効であるが、高価な機器の設置場所の制約上、人の目視で実施することも、研究レベルでは多い。

## 2) 交通流の内部からの観測

交通流の状態を車上から観測する方法である。特定地点間の旅行時間調査や渋滞列の長さの観測など、自動観測機器では手薄な地点のデータを得るために、高速道路の管理者である道路公団等で定常的に実施されている。

また、車両の詳細な走行特性を把握するために、計測機器を搭載した実験車両を利用した事例がある。追従特性の把握に利用された例<sup>1)</sup>では、車両の走行速度、加速度、前車との車間距離、ハンドルやペダルの運転操作などが観測項目である。

最近では、ドライビングシミュレータによって、運転者特性などを中心にVRを利用する方法も開発されつつあり、今後実用化される可能性がある。

## 3. 渋滞問題とシミュレーションの事例

隘路、あるいはボトルネックと呼ばれる地点がある。周囲よりも交通容量が小さい地点のことで、ここを先頭とした渋滞問題が生じやすい。

ここでは、渋滞問題に対してシミュレーションの適用で問題解決に取り組んだ事例として、筆者が多少なりとも関わった3件を、簡単に紹介する。

### 1) サグの追従挙動<sup>1)</sup>

交通工学においてその原因が解明されていない隘路として、「サグ」という縦断勾配の変化が「峠」とは逆のすりばち状の構造の地点がある。また長大トンネルにも渋滞の常襲箇所が多く、わが国の都市間高速道路の代表的な隘路となっている。

サグには、1)渋滞が発生しやすい、2)渋滞継続の先頭となりやすい、というふた

つの特徴がある。2)の特徴とは、何らかの要因による渋滞発生後、サグが渋滞の先頭として長時間残ることである。例えば、交通事故の発生による渋滞が生じた場合、事故処理の終了後に近隣のサグに渋滞の先頭が移動して継続する現象をいう。

渋滞事例の観察の結果、サグを隘路とする渋滞は、運転者の行動に関わるらしい事実がわかってきた。そこで、縦断勾配が緩やかに増加するサグの道路構造変化を視認できず、平坦路と誤認した場合、勾配増加を補償する加速ペダル調節の遅れが、隘路となる理由ではないか？との仮説を筆者は立てている。

そこでまず、平坦部における運転者の自然な追従走行挙動のモデル化を試みている。追従車の加速度を既述するモデルとし、過去提案されてきた追従理論の成果などを参考に、相対速度に反応する項、希望車間距離を達成しようとする項、前方車の挙動に対応する項、の3項の和として追従車の加速度を記述する追従走行モデルを作成した。そして、首都高速道路、試験走路、中央高速道路における追従挙動の実測データを基に、モデルパラメータを推定している。

次に、縦断勾配の変化を視認できない場合の加速ペダルの踏み込み遅れの表現は、数秒前の走行位置の勾配まで運転者は対応できる、との仮定でモデル化している。

以上、視認が困難なサグにおける運転行動の2種類のモデルを、シミュレーションに適用したところ、サグ地点に渋滞の先頭が停留する現象を再現することができた。今後は、サグのほか、長大トンネルの渋滞現象が開始する時点のメカニズムの解明と、人間の実際の運転行動からの実証作業が残っている。

## 2) 織り込み挙動<sup>2)</sup>

都市内の高速道路の隘路としては、複数の路線の接合部である、合・分流部、織り込み部がある。このうち織り込み部は、合流部と分流部が近接しており、走行方向の車両挙動のみならず、車線変更などの横方向の挙動を含めた2次元の挙動が関わってくる箇所である。

これらのうち、とくに織り込み部は現実の例が少なく、その交通容量は、供用後に交通容量を観測して確かめるほか、すべがなかった。そこで運転者の自然な縦と横の走行挙動をモデル化し、シミュレーションで交通容量を推定しようとしたのが、この研究の目的である。車線変更行動のモデル化では、その車の速度と、変更先の車線の車両群の速度、車頭時間、位置関係などを基に数秒後の状況を予測し、最も安全に車線変更を実行できる加速度を採用する形式となっている。

モデルは首都高速道路の2カ所の織り込み区間を対象に、交通容量の再現性をチェックして検証を行っている。

## 3) 交差点道路網<sup>3)</sup>

都市内の街路網交通流は、多数の信号機などの交通運用手段で管理されており、これらの運用方法の巧拙が、交通状況に大きな影響を与える。また、運転者の経路選択行動も代替できる経路が多いため、交通情報の提供などの効果が極めて高いものと想像できる。さらに、新たな交通需要を招きうる大規模施設やイベントなどがどの程度の影響を及ぼすものか、事前に予測しておく必要がある。

このような、運用手法、情報提供、交通需要などの工夫・変化といった、街路網交通流へのインパクトを評価する目的で、シミュレーションは有力な武器となる。AVENUEと呼んでいるシミュレータもその一つである。

AVENUEでは、シミュレータの要素の表現に、ミクロとマクロの両方を併用したハイブリッドブロック密度法を採用している。道路をいくつかのブロック区間に分け、ブロックごとに複数台をまとめて移動させている。一方、車種による移動の違いや、ODの違いなどを、個別車両の情報としてミクロに管理し、移動に反映をさせている。なお、評価指標が旅行時間や渋滞長であるため、車両個々の詳細な加速度の変

化などは考慮していない。

これまで、豊田市や金沢市などの交通データを基にシミュレータの検証作業を行ってきた。大規模な街路網の交通データは入手が非常に困難であるが、現在も検証作業を継続し、シミュレータ再現性の一層の向上に努めている。

#### 4. 交通工学の見地からの課題

交通工学が取り組むべき課題はまだまだ山積している。以下にはシミュレーションの適用を念頭に置いて、その例をいくつか挙げてみよう。

##### 1) 交通流現象

高速道路の交通流に関しては、道路構造(線形、車線数等)・個別の運転者行動(認知、操作)・交通流の3者関係の一層の解明が必要である。高速走行する車両群の縦断・平面線形に応じた速度や、車線選択・変更の行動、車種ごとの挙動の相違、あるいは同じ車種であっても運転者ごとの挙動の相違とこれの車両交通流への影響など、未解明のものは多い。また、渋滞流における粗密波のメカニズムの解明とこれのモデル化も課題のひとつである。

一方、街路網の交通流に関しては、信号制御などの交通制御手法の開発と評価、一般の走行車両以外の要素、たとえば駐車、バスなどの公共交通、歩行者等の影響評価とモデル化などが急務のテーマであると考えられる。

##### 2) 人間の交通行動

情報・通信技術を活用したインテリジェント交通システム(ITS: Intelligent Transport Systems)が現実のものとなっている。目的地までの渋滞情報や経路別の所要時間などが常時情報板や車載システムに提供されるようになった。経路選択行動をはじめ、運転行動への影響が大きいはずである。しかし人間の交通行動そのものはよくわかっておらず、モデル化も試行錯誤の段階である。

この問題は、交通行動の結果として顕れる上記の交通流現象とも密接に関連する問題である。今後は街路の交通流においてだけでなく、ネットワーク化が進む高速道路網においても早晚顕れてくる課題である。

##### 3) シミュレータ開発の共同化

1996年11月開催の土木学会土木計画学研究発表会(11月2~4日、於室蘭工業大学)で「交通ネットワークシミュレーションの共通プラットフォーム」をテーマにスペシャルセッションが開催された。これは全国のさまざまな交通工学の研究者が個別に実施しているシミュレーション、特にネットワークを対象とするシミュレーション研究を活性化するにはどうすべきかをテーマとしたものであった。

今回のセッションは、シミュレーションの目的は様々ながら、類似した困難を抱えた研究者の報告会と評価せざるを得ないが、特にシミュレーションによる結果と実現象との検証面が不足している現状が共通認識となったようである。

#### 参考文献

- 1) 尾崎晴男：車両の追従挙動とサグの隘路現象，東京大学学位論文，1994。
- 2) 中村英樹：織り込み区間の交通容量に関する研究，東京大学学位論文，1991。
- 3) 堀口良太：交通運用評価のための街路網交通シミュレーションモデルの開発，東京大学学位論文，1996。

(おどきはるお, ozaki@krc.eng.toyo.ac.jp)