

交通シミュレーションのための狭幅員道路のモデル化

Modeling of Narrow Road for Traffic Simulation

森津 秀夫*

Hideo Moritsu

交通シミュレーションの適用拡大に伴い、交通シミュレータの機能を高めることが必要になった。そのひとつである狭幅員道路における交通現象をモデル化する問題を取り上げる。まず狭幅員道路に特有の交通現象について述べ、安全のために減速を必要とする対向車両との擦れ違いに関して加速度の計算手順を示した。次に待避を要する擦れ違いに関して車両に通行権を付与する方法を提案し、交互通行区間への進入処理の手順を示した。

キーワード：交通シミュレーション、狭幅員道路、擦れ違い

I. はじめに

交通シミュレーションの有用性は広く認識されるようになり、適用事例が増加した。それに伴い、交通シミュレーションの適用対象も拡大された¹⁾。単路部から交差点、道路網と対象範囲は広がり、交通ネットワークシミュレーションが一般的となった。さらに対象とする交通ネットワークも多様になってきた。その結果、従来の交通シミュレーションモデルでは機能が不十分であるため、無理を重ねた強引な適用を行っている事例も見られるようになった。交通シミュレーションに対する需要が拡大すれば、新たな需要に交通シミュレータを対応させることが必要である。

交通シミュレーションの新たな適用対象の例として狭幅員道路を含むネットワークがある。すなわち幅員が狭く、双方向の車両が互いに干渉することなく走行できないような道路のシミュレーションである。一般には道路は円滑な走行が可能ないように整備されるため、計画された道路網に狭幅員道路が含まれることは少ない。また対象地域に狭幅員道路が存在していても、その道路における交通は関心の対象ではない場合がほとんどであり、狭幅員道路の交通シミュレーションを実施する必要性は比較的 low だったと考えられる。しかし、大規模な道路整備が困難になると、既存道路に大きな改良を加えることなく交通課題に対処することが求められるようになり、その結果として狭幅員道路を含めて交通シミュレーションを実施する必要性が高まってきたといえる。そこで、ここでは狭幅員道路を対象に交通シミュレーションを適用する際の問題につ

*流通科学大学情報学部、〒651-2188 神戸市西区学園西町 3-1

いて考察する。すなわち、新たに考慮しなければならない狭幅員道路に特有の交通現象を明らかにし、それを交通シミュレーションで再現するために必要なモデル化の検討を行う。

交通シミュレーションは実際の交通現象をコンピュータ内部で再現するものである。したがって、実際の交通現象が生起するメカニズムをシミュレーションが可能な形式のモデルで表現しなければならない。これは狭幅員道路におけるシミュレーションに関しても同様である。狭幅員道路において特徴的な交通現象をモデル化して既存の交通シミュレーションモデルに組み込むことにより、狭幅員道路における交通シミュレーションが可能となる。

ここでは交通シミュレーションを行うことを前提に、狭幅員道路における交通現象をどのようにモデル化すればよいかを考察する。以下、II. では狭幅員道路に特有の交通現象について述べる。III. では減速を必要とする対向車両との擦れ違いのモデル化、IV. では待避を要する擦れ違いのモデル化を示す。

II. 狭幅員道路における交通現象

道路の車道部は車道、路肩などで構成されるが、自動車の通行に供される部分が車道である(図1参照)。道路構造令においては種級区分の低い道路を除いて車線の考え方が用いられている²⁾。この場合、車線は自動車が通行し得る幅員が与えられる。したがって、車線を走行する車両は専用走行路が与えられていると考えることができる。単路部では追い越しをしない限り、他の車線を走行する車両と干渉することなく走行が可能になる。交通シミュレーションにおいては、この状態を再現することを基本としているのである。

車線として車両の専用走行路が確保できない車道部幅員の場合、そこを走行する車両は道路を利用する他の車両等の影響を受けることになる。道路の構造により異なるが、影響を受ける相手は他の自動車であったり、自転車であったり、歩行者であったりする。このような道路における交通流を再現しようとするれば、走行に影響を与える交通現象を含めたシミュレーションが必要になる。ここでは、このような狭幅員道路における交通現象に関して考察する。

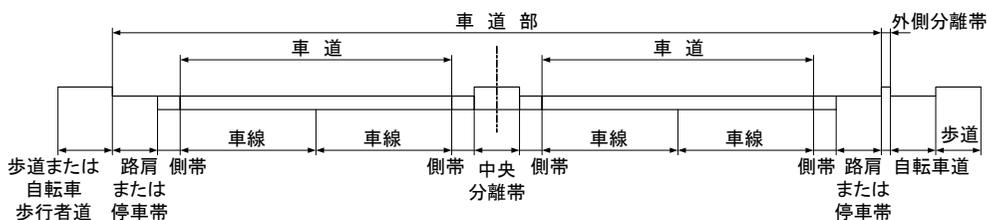


図1 道路の横断面構成

狭幅員道路に特有の交通現象として、次に示すものがあげられる。

- ①減速を要する対向車との擦れ違い
- ②待避を要する対向車との擦れ違い
- ③駐停車車両の回避
- ④減速を伴う歩行者・二輪車の追い抜き

①は、幅員が狭いために速度を落とさなければ対向車と安全に擦れ違うことができない場合である。擦れ違う車両双方の車種の組み合わせによっては減速の必要がなかったり、安全と判断される擦れ違い速度が違ったりする。②は減速では不十分であり、擦れ違うことができない道路の場合である。擦れ違うことのできない道路区間は交互通行となり、幅員に余裕のある箇所では一方が停車、待避し、他方は減速して通過することになる。この場合も双方の車種の組み合わせによって待避の有無や速度が異なることがある。

③は、路上に駐停車した車両が走行路にはみ出すため、回避動作が必要になる場合である。広幅員の多車線道路であっても停車帯がなく、路肩が狭い場合にはこれに該当する。回避のためには同方向の隣接車線あるいは対向車線の交通流のギャップを探さなければならない。減速や停車が必要になることもある。

同様に④は歩行者や二輪車を避ける場合である。歩道が設けられていない道路、歩道を自転車が走行できない箇所が該当するが、対象がバイクであればほとんどの一般道路で生じることになる。単に減速するだけで追い抜けることもあれば、駐停車車両の回避と同じように隣接車線へはみ出さざるを得ない場合もある。回避対象が移動する物体であることが駐停車車両との違いである。

最近では拡張されつつあるが、交通シミュレーションは四輪車だけを対象とし、歩行者、自転車やバイク等の挙動を扱わないことが多かった。四輪車の場合、上記の④は再現対象とならない。また駐停車車両の影響を評価することはとくに都市中心部における交通問題を検討する際に重要であるが、必ずしも狭幅員道路に限定される現象ではない。そこで、ここでは減速あるいは待避を要する対向車との擦れ違いに関して考察を行うものとする。

Ⅲ. 減速擦れ違いのモデル化

個々の車両の走行挙動を再現しようとする交通シミュレーションモデルでは、追従走行を基本とする車両走行モデルが用いられている。すなわち、先行車が存在しないか影響を受けないために十分な距離以上に離れているときには自由走行を行い、そうでなければ先行車との安全な距離を保つように追従走行とするものである。同一方向に走行する先行車との関係が走行条件を規定するだけでは対向車との擦れ違いを扱うことは不可能であり、何らかの拡張が必要である。そこで、この基礎的な車両走行モデルには手を加える必要がないものとし、減速を要する擦れ違

いを再現する場合にはどのような拡張を行えばよいかを考えることにする。

減速を要するものの完全に停車することなく対向車と擦れ違えることができる道路は、2車線道路で路肩や停車帯が不十分であり、さらに車線幅員も狭いものと考えられる。側方余裕が十分でないため、通常よりは速度を落とさなければ安全に擦れ違えることができない状態である。対向車が存在しない場合、各車両は通常自由走行あるいは追従走行が可能である。これに対し対向車が現れた場合、通常走行挙動に加えて対向車と擦れ違うために次に示す行動をとることになる。

- ①対向車を発見する。
- ②対向車と擦れ違う際に安全な速度になるように減速する。
- ③すれ違った後は、通常自由走行あるいは追従走行に戻る。

現実の道路上で対向車を視認するのは容易なことであるが、交通シミュレーションにおいては簡単ではない。最近の交通シミュレーションモデルはオブジェクト指向の考えに基づいて構築されている。それ自身もオブジェクトである車両は走行する道路区間を表すオブジェクトに管理され、対向車線の車両は別のオブジェクトに属することになる。対向車を見つけ、その間の距離を求めるにはオブジェクト間での情報交換などの操作が必要になる。

②の減速過程が車両走行モデルを拡張する際の要点となる。拡張部分の計算手順を詳しく示すと、次のようになる。

- (1) 擦れ違い地点をその時刻における対向車の位置との中点とする。
- (2) 減速距離、すなわち擦れ違い地点までの距離を求める。(1)で擦れ違い地点を中間地点としているため、減速距離は対向車との距離の1/2となる。
- (3) 擦れ違い地点で安全擦れ違い速度になるように一定減速度で速度を落とすものとし、必要な減速度を求める。

自由走行あるいは追従走行を行うための加速度を計算する部分を含めて示すと、計算手順は図2のようなになる。対向車との擦れ違い地点を双方の車両速度、加速度からより正確に予測することは可能である。しかしシミュレーションでは、たとえば0.1秒というような短いスキャ

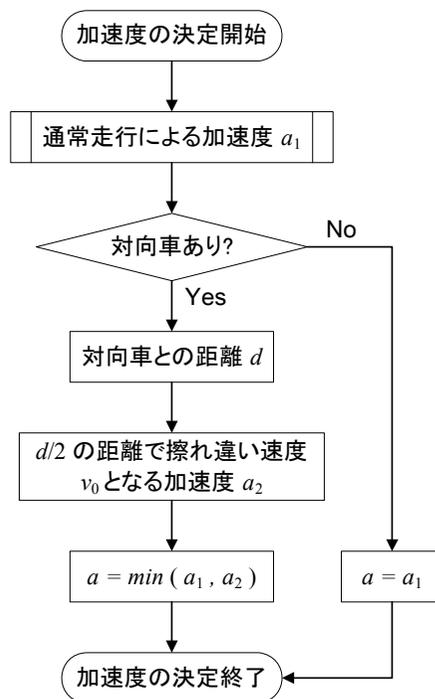


図2 減速擦れ違いのための加速度計算手順

ン間隔ごとにシステムの状態が更新され、その度に同じ計算過程が繰り返される。擦れ違い地点に関する予測誤差は、次の更新計算で補正されることになる。したがって必ずしも綿密な予測計算は必要ではなく、擦れ違い地点は中間地点であるとする仮定を用いても大きな誤差は生じないと考えられる。

対向車との擦れ違いのために計算された加速度と通常走行すなわち自由走行あるいは追従走行のために計算された加速度を比較し、より小さな加速度を採用する。これは先行車による条件と対向車による条件のうち、より厳しい条件、速度を抑えるべき条件により車両の加速度を決めることを表している。減速する場合には加速度は負の値であり、採択されやすくなる。

IV. 待避擦れ違いのモデル化

擦れ違いに待避を要するのは道路幅員が極めて狭く、双方向の車両を同時に通行させることができない場合、すなわち1車線道路の場合である。ある路線すべてが完全な1車線道路であれば、一方通行にせざるを得ない。それを双方向の通行に供することができるのは、図3に例を示すように適当な間隔で車両の擦れ違いが可能である箇所が存在するからである。また図4の例のように、一部に交互通行区間が存在する2車線道路でも待避を要する擦れ違いが必要となる。交互通行区間の長短が異なるが、この両者に本質的な違いはないと考えられる。



図3 1車線道路の例



図4 交互通行区間を持つ2車線道路の

交互通行区間へは両方向から同時に車両が進入することはできない。運転者が進入の可否を合理的に判断し、行動することによって混乱を生じることのない交通が実現しているのである。この判断は明示的な規則や暗黙の合意に従って行われる。しかしシミュレーションを行おうとすれば、車両の挙動を明確に定義しなければならない。そこで、交互通行区間における車両の走行を以下のようにとらえることにする。

- 交互通行区間に対向車が存在する場合、交互通行区間の手前に停車する。
- 交互通行区間に対向車が存在しない場合、先に到着したか到着予定である車両が進入するものとする。
- 交互通行区間を先行車が走行中、あるいは進入予定としている場合には、2つのケースが考えられる。対向車の有無にかかわらず後続車は追従走行を続けて交互通行区間に進入可能と

するケースと、厳密に到着順に交互通行区間に進入するとするケースである。いずれが現実
に適合するかは地域や道路、運転者の特性に左右されると考えられる。また、これらが確率
的に適用されると考えることもできる。

- ・待避した車両は交互通行区間を走行する対向車が通過すれば発進する。

道路の両方向が交互通行区間の通行に関して同格ではなく優先・非優先の区別があるならば、
次のように考えることができる。

- ・非優先側の車両は交互通行区間を通過し終わるまでに対向車が到着しなければ進入可能であ
る。優先側の車両は交互通行区間を走行している対向車が存在しない限り進入可能であるが、
非優先側車両が待避するため結果的には交互通行を意識する必要がない。

交通シミュレーションにおいて交互通行区間への進入の可否を表現するには、通行権を得た車
両だけがこの区間に進入するようにモデル化すればよい。すでに交差点における信号機をはじめ、
右左折や横断歩道、踏切の表現にも同様に通行権の考え方が用いられおり、それを適用すること
になる。工事による片側交互通行を実施する際に信号機や手旗が用いられているのは実際の通行
権付与のわかりやすい例であるが、それ以外の交互通行区間に関しても通行権を与える方法が適
用できる。

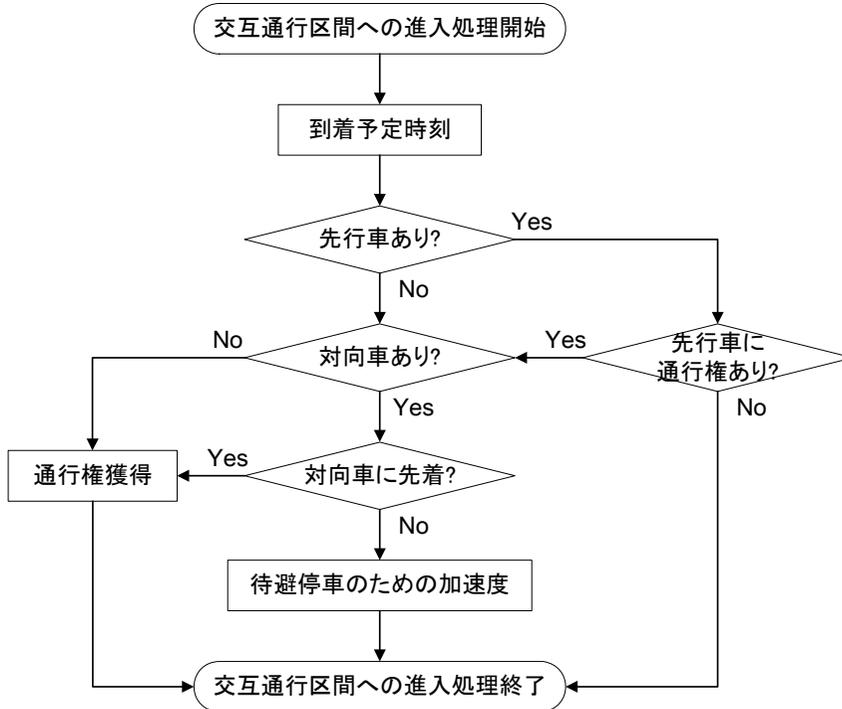


図5 交互通行区間への進入処理

交互通行区間をとくに対象とした機能を持たない場合、仮想的な信号機を設けることによってこれを表現することが考えられる。感应式の信号機によって交互通行区間に接近した車両に通行権を割り振るものである。交通シミュレータにおける信号制御方式および関連する機能の設定の自由度が高ければ、かなりの再現性を得ることができるかもしれない。しかし、一方ではこのような取り扱いが不可能なシミュレータもあろう。きめ細かい設定を可能とし、現象の再現性を高めるためには、待避擦れ違いのモデルをあらためて検討する意義があると考えられる。

交通シミュレーションに際する交互通行区間への車両の進入処理の手順は次のようになる。ただし、両方向に優先・非優先の区別はなく、交互通行区間への到着順に進入する最も基本的なケースについて示す（図5参照）。

- (1) 交互通行区間への到着予定時刻を計算する。すでに到着して交互通行区間の手前で待避している場合はその到着時刻を記録する。
- (2) 先行車があれば(3)へ、先行車がないかすでに先行車が交互通行区間を通過し終えている場合は(4)へ進む。
- (3) 先行車に通行権が付与されていれば(4)へ進む。そうでなければ先行車は待避のために停車するので追従走行を続けければ、当該車両も停車することになる。したがって新たに加速度を計算する必要はなく、進入処理を終了する。
- (4) 交互通行区間あるいはその後方に対向車があれば(5)へ進む。対向車がなければ(6)へ進む。
- (5) 当該車両が対向車よりも先に交互通行区間へ到着したか到着予定であれば(6)へ進む。そうでなければ(7)へ進む。
- (6) 当該車両は交互通行区間の通行権を獲得したことになり、進入処理を終了する。
- (7) 通行権が得られないため交互通行区間の手前に停車する。そのための加速度を計算し、進入処理を終了する。

この交互通行区間への進入処理もシミュレーションのスキャン間隔ごとの更新時に実行される。その際に注意が必要なのは、先着するとして通行権が付与された車両よりも先に到着予定の対向車が生じることである。より後のシミュレーション時刻において初めて交互通行区間へ進入予定とされた車両の方が、以前のシミュレーション時刻に通行権を付与された対向車よりも先に到着することが起こり得るといことである。シミュレーションモデルの構築やネットワークデータの設定に起因する場合もあれば、双方の車両の速度差が大きいことも原因となる。この場合には通行権を割り当て直すことが基本であるが、いずれの車両を優先させるかは実際の交通現象に即したものにすることが大切である。

道路ネットワークを表現する方法は交通シミュレーションモデルによって異なる³⁾。交互通行区間を表す場合にもいろいろな方法が考えられる。通常は一方通行である車線を表すオブジェクトでネットワークを構成している場合、交互通行区間だけは双方向の通行が可能なオブジェクト

とすることがひとつの方法である。この場合は、交互通行区間は他の道路区間とは異なる特殊な取り扱いが必要となるが、通行権を付与する機能はこのオブジェクトが備えればよい。交互通行区間も他の道路区間と同様に一方通行のオブジェクトで表すものとする場合は、両方向のオブジェクトを仮想的に重ねることになる。そして、これらを走行しようとする車両を調整し、通行権を付与する機能をどこかに持たせることが必要である。これらは具体的な交通シミュレーションモデルに適する形式で導入を図ることになる。

V. おわりに

交通シミュレーションモデルにおいては車両が専用の走行路を与えられ、単路部では他車線や反対方向を走行する車両には影響されないことを基本としていた。交通シミュレーションの適用範囲を拡大していくとき、幅員の狭い道路をも対象として交通の流れを再現しなければならない。1車線道路のような場合には反対方向から来る車両と相互に影響を与えあう交通流となり、従来の交通シミュレーションモデルを拡張する必要があった。そこで、ここでは交通シミュレーションへの適用を前提として狭幅員道路における交通現象をどのようにモデル化すればよいかを考察した。まず狭幅員道路に特有の交通現象について述べ、減速を必要とする対向車両との擦れ違いのモデル化と待避を要する擦れ違いのモデル化を示した。

減速擦れ違いに関しては、対向車と安全に擦れ違うための速度を考慮した加速度の計算手順を示した。待避擦れ違いに関しては車両に通行権を付与する方法を提案し、交互通行区間への進入処理の手順を示した。減速擦れ違いと待避擦れ違いのいずれを適用すべきかに関しては、主として対象箇所の道路幅員によって判断することになる。だが、同じ箇所でも車種や個々の運転者によって減速と待避が分かれることも考えられる。この場合には両者を併用して選択適用することが必要であり、それを可能とするモデルにしなければならない。

ここでは減速擦れ違いモデルと待避擦れ違いモデルの考え方を示したにとどまっている。これらは交通シミュレーションモデルに組み込み、想定したとおりに交通現象が再現されるかを検証することが必要である。さらに、観測された実際の交通現象の再現性を検証することも必要である。その結果によっては、ここで提案したモデルを修正しなければならないことがあるかもしれないが、これらは今後の課題である。

参考文献

- 1) 交通工学研究会：『交通シミュレーション適用のススメ』（交通工学研究会，2004）。
- 2) 日本道路協会：『道路構造令の解説と運用』（日本道路協会，2004）。
- 3) 森津秀夫：「交通シミュレーションのためのネットワークモデル」、『流通科学大学論集－経済・経営情報編－』14，No.3（2006），43-56。