

1 . 地区交通計画支援ツールとしての交通シミュレーションモデルの 開発と適用に関する研究

Development and Application of Traffic Simulation Model as a Supporting Tool for Transportation Planning of Local Scale Area

埼玉大学 工学部建設工学科 坂本 邦宏

With the progress of TDM and ITS to cope with issues of automobile traffic, it has been taken serious that change of personal behavior should be considered. Support for transportation planning through traffic simulation, on the other hand, has been increasingly demanded behind the rapid growth of data processing ability. While the use of traffic simulation has increased because it has many advantages, such as that we can deal with individual vehicle actions, not a few subjects to be solved are found in its application; for instance, the method has been used without sufficient study that corresponds to detailed vehicle actions, or without sufficient consideration of concrete plans in using the method as a supporting tool for the transportation planning. Thus, we have established three purposes for this study as follows: 1st. propose and develop the traffic simulation model definitely working as a supporting tool for traffic planning of local scale area. 2nd. consider possible application of traffic simulation model to transportation problems, as caused by close actions of vehicles, through its extended implementation. 3rd. consider possibility of how traffic simulation model can be applied as a supporting tool for transportation planning. To realize these purposes, we developed a new traffic simulation model called "tiss-NET," designed to estimate the traffic planning of local scale area concerned. To increase models required for various transportation planning, we used observations based on real traffic condition, and incorporated them into tiss-NET model. And, for application of traffic simulation as a supporting tool to make decision on settling the transportation planning, we considered the possibilities and subjects through case studies.

1 . 研究の背景と目的

自動車交通を取り巻く TDM や ITS の進展に伴って、個人行動の変化を考慮することが重視されてきている。一方、計算機能力・性能の飛躍的向上を背景として、シミュレーションモデルによる交通計画の支援の必要性や需要が高まっている。しかし、交通シミュレーションモデルの適用においては、局所的（ミクロな）車両挙動への対応を十分に行われないうまま利用されてしまう事や、交通計画プロセスにおける支援ツールとしての具体的な利用については十分な検討がなされていないなど、課題は多い。

以上の様な背景をもとに、本研究の目的を以下に様に設定した。その際、本研究では地区スケールの交通計画を、地区交通計画と位置付けた。

1) 地区交通計画の支援ツールといった明確な目

標を持った交通シミュレーションモデルを提案・構築する。

2) ミクロレベルの車両挙動に起因する交通問題を検討するために、交通シミュレーションモデルの拡張を行い、地区スケールの交通問題における交通シミュレーションの適用の可能性を検討する。

3) 地区交通計画の支援ツールとしてシミュレーションモデルをどの様に適用できるのかといった可能性を検討する。

交通シミュレーションモデルの適用可能性を検討する対象については、幅員が比較的狭い道路で構成されることに起因する我が国に特徴的な自動車交通に関する都市交通問題に着目した。

本研究では、これらの目的を達成するために、まず開発目的を地区交通計画の評価とした新し

い交通シミュレーションモデル tiss-NET の開発を行った。様々な地区交通計画に必要なモデルの拡張は、実際の観測データを用いてモデルの構築を行った上で、tiss-NET への実装を行った。また、計画策定における意思決定の支援ツールとしての交通シミュレーションモデルの適用については、実際のケーススタディーを通してその適用の可能性と課題の検討を行った。

2. 地区交通計画評価ツールとしての交通シミュレーションモデル tiss-NET の開発

本章では、地区交通計画の評価ツールとしての tiss-NET モデルの開発についての概要を論ずる。交通シミュレーションの市場性やその分析の有用性は、市販の交通シミュレーション・ソフトウェアが存在することからも明らかであるが、個々のシミュレーションが持つモデルの特性や能力は開発目的によって設定され、異なった目的の分析には必ずとロジックの異なったモデルが必要とされる。実務上の分析では予めモデルが準備している項目以外の出力が求められることも多く、ライセンス問題やモデル構造などから、本当に必要とされる分析を行うことが難しい場合がある。tiss-NET は、これらの要因を重視した上で、モデルの柔軟性と透明性、システムとしての使用性をコンセプトとして完全独自開発を行った。当初からは想像できないハードウェアの進歩に伴うシステムの拡張、研究対象の拡大に応じたシステムの改良を行うことで、地区交通に特化した交通現象を再現可能な交通シミュレーションモデルとして一応の完成を目指している。

tiss-NET が分析対象とする自動車に関連する交通現象の範囲を定義すると以下の様になる。交通現象の主体となる車両の構成は、一般車（道路構造令上の小型自動車）とバスを含む大型車（道路構造令上の普通自動車を想定）である。対象道路を道路構造令に従った道路区分別に行くと、tiss-NET に実装している車両挙動モデル群の適正な速度範囲である時速 50km が基準となり、適切な範囲は第 3 種の 4・5 級と第 4 種の 3・4 級と

なる。道路の横断面を構成する要素別に適応範囲を検討すると、路肩及び車線幅員は入力データとなる。具体的には、路肩幅員、車線幅員と車両の幅員との関係から、路上駐車車両の回避挙動等を判断するモデルを導入している。また、対向車線へのはみ出し挙動を考慮するために中央分離帯の有無も対象範囲となる。分析対象とする交通現象の範囲を空間的・時間的な単位を用いることで適用範囲を図示すると図 1 の実線が tiss-NET の対象となる。空間的な範囲では、人間から地区及び地域と呼ばれる範囲までが相当する。縦軸は時間的な範囲を表しているが、これはシミュレーションによる動的な結果の解釈のための変動単位を示す。つまり秒単位で見た車両の動き・変動や、道路交通量の分単位の変動を tiss-NET の分析対象とするという意味である。中心となる交通現象は、当然ながら車両が道路を走行することであり、秒単位の交通状態を動的に捉えることが可能となる。さらにこれの動的状態を時間単位で集計分析することで、1 時間当りの交通量や旅行時間の变化といった静的・統計的な捉え方も可能となる。

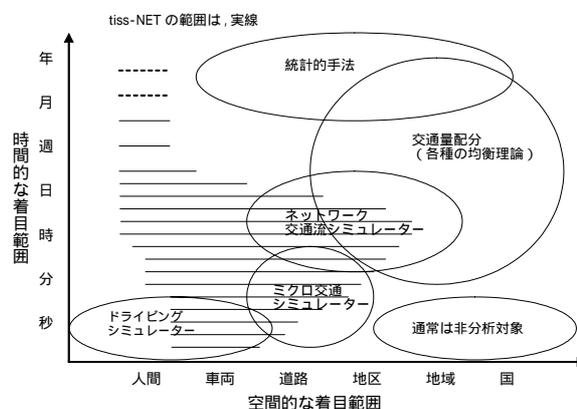


図1 tiss-NET の空間的・時間的な適用範囲の概念

交通現象の詳細分類は「車両」「交通環境」「道路環境」の3つの視点で分類できる。また複雑な交通現象となる「交差点」を独立させるために、交通現象の発生場所については「交差点」「リンク」及び「全般」の3種類に分類する（表1）。交通環境の列で下線の付いている「ITSによる情報提供」及び「動的（感応式）信号制御」は、現在の tiss-NET には十分なモデルが導入されてい

な。動的信号制御の機構自体が交通管理者によってブラックボックス化されており、一般化した上で実際の動的信号制御をモデル化して再現することは難しい。同様に情報に対する人の行動モデルの汎用化は容易ではない。一方、上記の未実装の項目以外は複雑なモデル設定の必要がない。交通環境では「追い越し禁止」等の交通規制を設定すれば十分であり、同様に道路環境についても「幅員 4m」といった観測に基づくデータを作成すればよい。また、車両の列にある「情報提供による経路変更」「ITS による運転支援」および「車線変更・車線選択・車線選択」も下線が引いてある通り、運転者の行動をモデル化したものは導入されておらず、簡易的なモデルを導入している。

表1 交通現象の詳細定義

	車両	交通環境	道路環境
全般	[基本的車両挙動] 車種別の走行性能の相違 自由走行・追従走行・様子見挙動・発進遅れ [車両経路] 走行経路の決定 Uターン・渋滞回避・細街路の回避 情報提供による経路変更 ITSによる運転支援	ITSによる情報提供 (駐車場案内システム等)	車両の発生・消滅 車両の道路外施設での駐車
	信号現示に従った車両挙動 無信号時の車両挙動 右左折待機・横断歩行者の待機 すり抜け・譲り合い	既定信号機制御 動的(感応式)信号制御 非信号交差点	右左折車線 停止線位置 横断歩道
リンク	路上駐車回避・対向車線はみだし 車種別専用レーン 車線変更・車線選択・車線選択 バス停・バスベイにおける車両挙動	最高速度規制 追い越し・追い抜き禁止規制 駐車・停車禁止規制	中央分離帯有無 車線数 車線数の増減 車線幅員 バス停・バスベイ等

tiss-NET に実装されているサブモデル群を図2に示す。車両行動、経路設定、シミュレーション制御、外部リンクモデルの4つのサブシステムと、それらを総合的に管理・進行させるイベント進行サブシステムによって構成されている。なお図中の網掛けのモデルは将来的に導入を検討中のもので現在のシステムには実装されていない。

以上のフレームで作成された tiss-NET の検証については、車両挙動サブシステム群については実観測データからのモデル構造・パラメータの推定をモデル検討時に実施済みである。経路選択サ

ブシステムについては、出発時の最短経路選択(擬似的利用者最適配分)といった理論的整合性のあるモデルを採用している。またシステム全体としては、交通工学研究会の交通シミュレーション委員会・クリアリングハウスでの検証プロセスに参加することで検証作業を実施している。

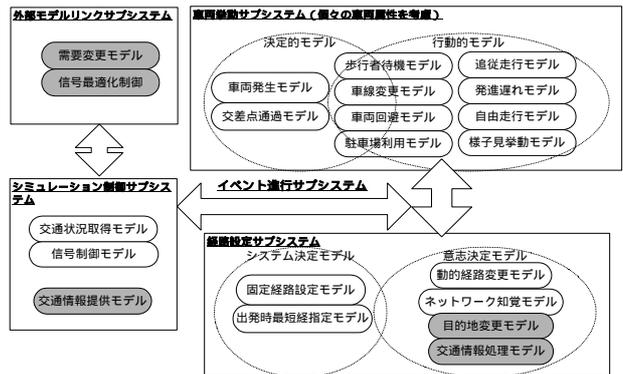


図2 tiss-NET のサブシステム構成

3. 個別的な技術的検討とその適用

本章では、tiss-NET を具体的な交通状況・問題に対応するために技術的な拡張・改良を実施してその適用性を確認し、この改良モデルを用いることで対象の交通問題・施策の評価を行うための支援ツールとしての有効性があるかを確認した。その適用の対象としては、1) 市街地道路の路上駐車対策への適用、2) 駐車場施設へのインパクトアセスメント分析への適用、3) 自動車運転者の経路選択行動への適用の3事例における検討を行った。本概要集ではこの中の「市街地道路の路上駐車対策への適用」に関してのみを概説する。

まず非常に複雑な路上駐車に関する車両挙動について、その行動を類型化した上で実験および観測を実施してモデル化した。本研究では、既に発生している路上駐車車両によって影響を受ける車両(追い越し, すれ違い, 待機)の挙動・判断に関するモデル化を実施した。たとえば、走行車両は前方に路上駐車車両を発見した後、待機するのか進入するのかの判断を行う「待機・進入判断モデル」や、対向車とのすれ違いが発生した場合の挙動(加減速)の決定を行う「追い越し挙動モデル」等によってモデル化された。図3に待

機・進入判断モデルによって算出される待機確率を示すが、残復員と追い越し車の速度によって待機する確率が変化している。

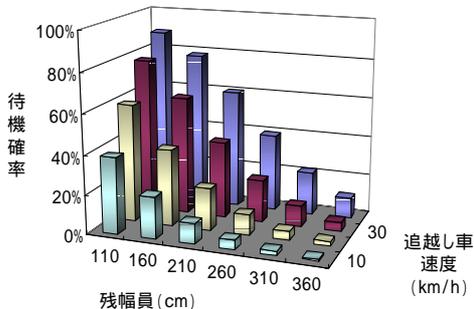


図3 待機・進入判断モデル(待機確率)

これらのモデルの組み込み後、ケース・スタディとして両側に路上駐車が発生し大きく走行性を阻害している実在の道路(図4・5、400m区間)を選定して、仮想的な路上駐車禁止規制の徹底時による定量的効果の予測を実施した。その際、シミュレーション分析に必要なデータ一覧を表2に示す。これらのデータは、シミュレーションの入力値となるだけでなく、現況再現性の確認等にも利用される。現況再現性については、まず乱数シード値の違いによる結果のばらつきについて確認を行った。車両の発生タイミングが微妙に異なることによって区間平均旅行時間は比較的分散が大きい(図6)。これは集計の対象区間が短いことや集計時間が30分と短いことが原因として挙げられる。一方、車両発生点の発生交通量はシード値の違いによる差はほとんどない。以上のことから、乱数シードを3種類用意してその平均値を用いて、交差点方向別交通量による比較を実施し、おおむね良好な結果として現状再現性は得られていると判断した。(図7)



図4 対象区間の写真

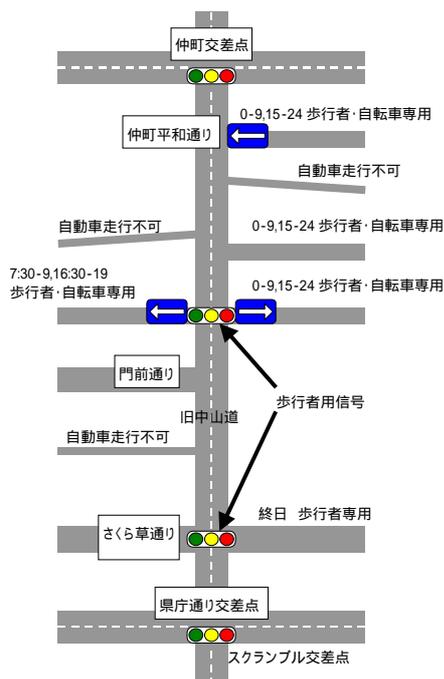


図5 路上駐車に関する分析対象区間

表2 現地調査と獲得データ

調査種類	獲得データ
ナンバープレート調査	地点交通量・OD交通量
路上駐車状況調査	発生・消滅時刻・駐車位置
駐車場利用調査	利用台数・利用時間
信号現示調査	信号サイクル・現示
VTR撮影調査	交通状況

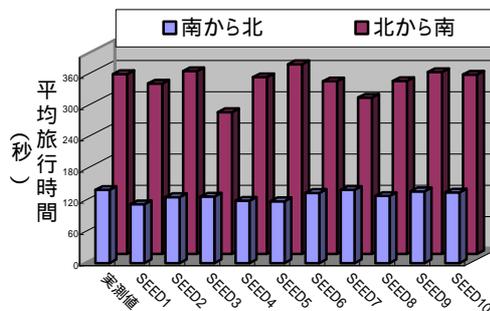


図6 区間平均旅行時間による現況再現性の確認

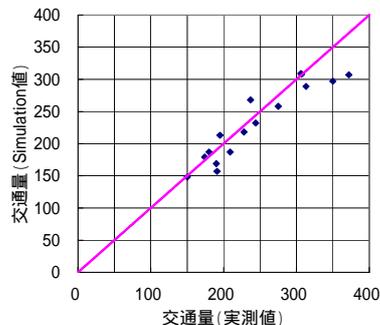


図7 現況再現性の確認(交差点交通量)

本来この区域は、貨物の積み下ろしをのぞいた車両が駐停車禁止となっているが、路上駐車を誘発する路側施設（小売店や銀行など）が多数存在するため短時間路上駐車が多数観測（87台/時）されている。従来から違法な路上駐車による道路容量の低下は激しいといわれてきたが、シミュレーション分析では任意に違法駐車を排除した場合の交通状況の予測が可能になる。ただし用いたOD交通量が調査によって取得された混雑時のものであるために、駐車車両を排除したことによって通過可能交通量が増加しても交差点の通過交通量は一定以上増加しない。対象区間の幅員は840cmと両側に路上駐車が発生しても両方向の通過車両がぎりぎり走行可能な幅員である。

この路線においては北から南の交通状況が特に悪いため、まず仮想的に左側車線のみを駐車禁止規制違反を厳密に抑制した場合の効果予測を行った。自車線の路上駐車がなくなったことにより対象区間の旅行時間は平均35%改善（112.6秒の短縮）し、通過車両台数も44%（15台）増加した。また旅行時間の変化を時系列で見ると、未対策時の大幅なばらつきが消え、平均値が下がると共に平坦化したことがわかる（図8）。全面禁止を徹底した場合は、当然の結果として大幅な改善が見られ、対象区間の旅行時間は平均59%（188.9秒の短縮）改善し、通過車両台数も55%（19台）増加した。時系列的に見た場合も、旅行時間の最大差が3分程度に収まり、その変動も片側禁止よりも平坦化している。

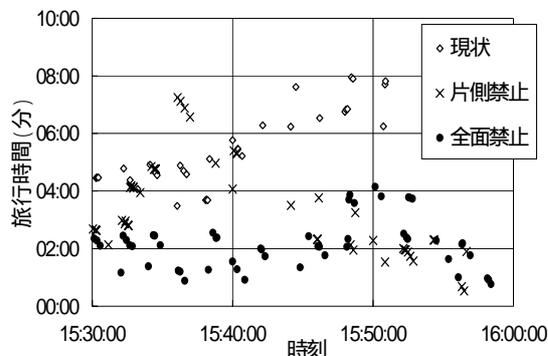


図8 路上駐車抑制策適応時の旅行時間変化予測
本章では自動車運転手による行動的モデルを実

験データから構築し、車両挙動サブシステムを補強することで路上駐車抑止策の効果についても定量的な予測が行えることとなり、路上駐車の影響評価の適用可能性が確認された。従来から利用されている総遅れ時間や区間平均旅行時間と言った静的な評価指標のみならず、時系列の視点を持つことで旅行時間の分散や変動傾向についても理解できる結果を提示可能となり、交通シミュレーションモデルの適用の有効性を確認できた。

4. 支援ツールとしての応用的な適用

本章では、tiss-NETを具体的な交通施策・計画の意思決定の支援ツールとして使うために拡張・改良し、その適用性を確認した。ただし、この検討は、tiss-NETを構成するモデル群の技術的な検討ではなく、tiss-NETモデルを実際の意思決定支援ツールとしての使い方に関する段階の適応、モデル利用の展開的段階と位置づけた。この対象事例としては、1)公共交通支援策への適用、2)面的なTDM施策への適用の2事例における検討を行った。本概要集ではこの中の「公共交通支援策への適用」に関してのみを概説する。

休日に多くの観自客による来訪自動車が集まる鎌倉古都地域を研究対象地域に選定した。JR鎌倉駅を中心とした鎌倉古都地域では、特定の休日においては地域外からの自動車集中により極度の交通混雑が発生し、市民生活にまで大きな影響がでている。そこで、鎌倉では市民を中心とした鎌倉地域交通計画研究会が発足し、TDMを軸とした施策により交通状況を改善させようという試みが行われた。研究会が提案するTDM政策の1つには、鎌倉の地形特性と交通特性を考慮した特殊なバス優先政策「バス追い越し現示」が提案された。バス追い越し現示は、工事箇所における片側交互通行の要領で、断続的な流れにしてその流れを断った時点でバスを追い越しさせる方法であるが、この手法は道路の一方向のみに激しい混雑が生じる場合に有効である。一時的にバス以外の交通を停止させるため、混雑をさらに悪化させてしまうことへの配慮が必要であるが、その

定量的な効果予測の手法が不在な状況であった。対象路線となった県道金沢鎌倉線の休日の現状は、図9・10のナンバープレート(NP)調査のマッチング結果からも分かる様に、中心市街地に向かう上り方向については激しい渋滞が発生するが、下り方向については顕著な渋滞は発生しない。

研究会は住民参加形式で議論が進展するため、交通シミュレーションのアニメーション表示(図11)の説得力は大きく、施策の内容を理解していない委員を含め、未知の施策の導入時のイメージを共有できたことは議論を円滑に進めることができるなど意義が大きいことが確認された。

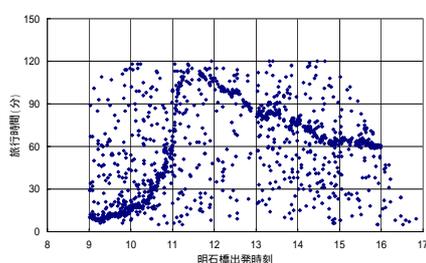


図9 上り方向の状況(NP マッチング結果)

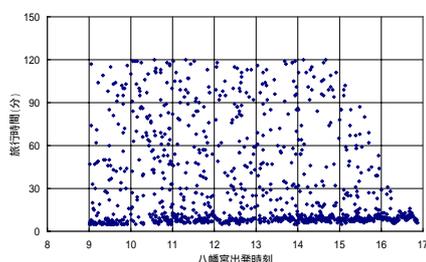


図10 下り方向の状況(NP マッチング結果)

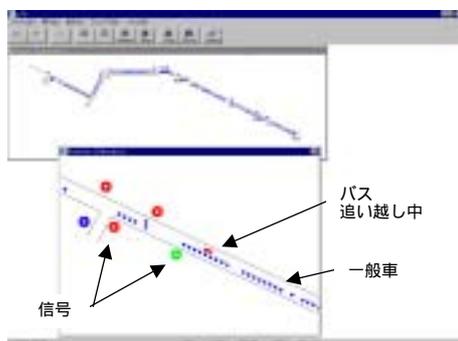


図11 アニメーション表示の例

研究会では、施策の設定条件を変化させた上でバス走行時間の短縮効果と、一般車への悪影響の程度を同時に定量的に示すことで、表3の様な評

価を行ったが、結果的に交通安全面の問題等があり合意形成・計画決定には至らなかった。しかし、特殊な交通施策についてアニメーションによる説明を行うことで市民の理解を促進させ、施策のレベル別の定量的な数値を示すことで、市民がその効果予測を定量的感覚を持って認識できるなど、計画支援ツールとしての有効性を確認した。

表3 バス追い越し現示の適用可能性のまとめ

	混雑なし (9:00-10:00)	混雑あり (12:00-13:00)
バス 上り	旅行時間が微減	大きな時間短縮効果
一般車 上り	× 旅行時間が増加	旅行時間に変化なし
下り	旅行時間が微増(ただし、夕方に混雑発生)	

5. 結論と今後の課題

本研究は、地区交通計画の評価ツールとしての交通シミュレーションモデルを開発し、様々な地区交通問題へのシミュレーションモデルの適用を試みツールとしての有効性を確認した。各事例で得られた知見の詳細は本概要では省略するが、シミュレーションモデルを利用することで動的結果を得ることの優位性が、支援ツールとしては様々なニーズに応じた指標の設定を行える柔軟性を保持することの有効性が確認された。

また、残された課題を列挙すると、運転者の判断と言った心理的要素を含んだ車両挙動モデルの導入、交通シミュレーションモデルにおける実用的な経路選択機構の導入、交通シミュレーションモデルのためのデータ入手方法の簡易化と高度化、多様性を持つ住民のニーズに対応できる意思決定支援ツールとしての交通シミュレーションの利用ルールの作成が挙げられる。

【参考文献】

- 1) 太田勝敏 編:新しい交通まちづくりの思想 コミュニティーからのアプローチ, 鹿島出版会, 1998
- 2) 桑原雅夫, 赤松隆:動的ネットワーク解析 - これまでの知見とこれからの展望 -, 土木学会論文集, No.653/IV-48, pp.3-16, 土木学会 2000
- 3) 赤羽弘和:街路におけるバス優先方策の高度化, 国際交通安全学会誌, 18巻3号, pp.19-27, 1992
- 4) 坂本邦宏, 高橋洋二, 久保田尚:鎌倉古都地域における休日交通問題の現状と意識に関する調査報告, 第33回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.199-204, 1998