

交通流シミュレーションシステム

浜嶋 鉦一郎

1. はじめに

市街地再開発事業計画において、新たに発生する交通量が既存の道路交通におよぼす影響を評価するため、再開発ビルの周辺道路を対象範囲として、将来の交通流を検討する。机上の計画で混雑が予想される場合、シミュレーションによる道路状況の確認が望まれる。狭い範囲の交通流を検討するには、個々の車の動きがわかるようなシミュレーションモデルを作成する必要がある。しかし、実際に道路上を走行する車の動きを1秒あるいは0.5秒単位でシミュレートするには、相当大きなシミュレーションモデルとなる。そこで、シミュレーションモデルの作成およびシミュレーション結果の表示をビジュアル化し、作業を容易にすることにした。

ここで、開発した交通流シミュレーションシステムは、離散型の汎用シミュレーション言語 GPSS の使用に対応させて、その前処理および後処理を効率化したものである。前処理は、図形入力によるモデル作成サブシステムを用いて、図形データからシミュレーションの記述を自動作成する機能を持っている。シミュレーション実行の後処理では、ディスプレイに表示した道路平面図上で車の動く様子を動的に表示するサブシステムにより、シミュレーション結果を検証できる。図形入力および図形表示は、現況の縮尺図であり、実際の道路イメージを表わしている。さらに、プレゼンテーション段階では、平面的な表示に加え、透視図による表示も可能である。透視図表示では、建物や車などの表示を線画で表示する方法と、詳細な景観をカラー表示を用いて実際のイメージで表現する方法がある。

本システムは、1988年から10件の実績がある。道路交通流をモデル化する考え方も当初より厳密となり、より現実的に動くシミュレーションに近づいている。これら

のプレゼンテーションでは、ビデオにより説明資料を作成することが多く、シミュレーション結果の可視化技術の向上を図った。本論文では、システムの概要、交通流モデル作成の考え方とその評価およびシミュレーション結果の可視化について述べる。

2. 交通流シミュレーションの目的

数年先の道路状況や新しい駐車場計画において予測される交通量は、1日交通量とか時間当りの交通量、ピーク時交通量等である。交通の専門家は、これらの数値情報により混雑の状況、渋滞の程度等の交通状況を判断し、交通計画の良し悪しを決める。しかし、数値情報だけでは、第三者に具体的な交通状況をわかりやすく説明することは困難であり、素人は理解できない。道路交通におけるシミュレーションの目的は、交通状況の具体的な動きを把握し、信号現示の変更や交通量配分の考え方あるいは駐車場容量の設定の見直しについて検討し、適切な交通計画案を策定することにある。

道路交通以外のシミュレーションには、空港での航空機の離発着、乗客や貨物の空港内の輸送問題、ターミナル内のカウンター前の待ち行列の問題、さらに港湾施設において大型船舶や小型船舶が使用する専用バースの稼働率の検討等がある。これらの交通流の状況が実際にどのようなものかを明確にする必要がある場合には、個々の車、飛行機、船舶、人間の細かな動きを対象とするシミュレーションが必要である。

このようなシミュレーションは、より具体的な現象の解析とそれをわかりやすく表現することが重要である。したがって、複雑なシミュレーションモデルも容易に作成できること、および結果を図形表示する可視化技術が重要である。

3. 本システムの概要

本システムは、汎用大型コンピュータ (IBM3090, IBM3081) の下で稼働するシステムである。使用する

はまじま こういちろう (株)大林組
〒540 大阪市中央区北浜東4-33

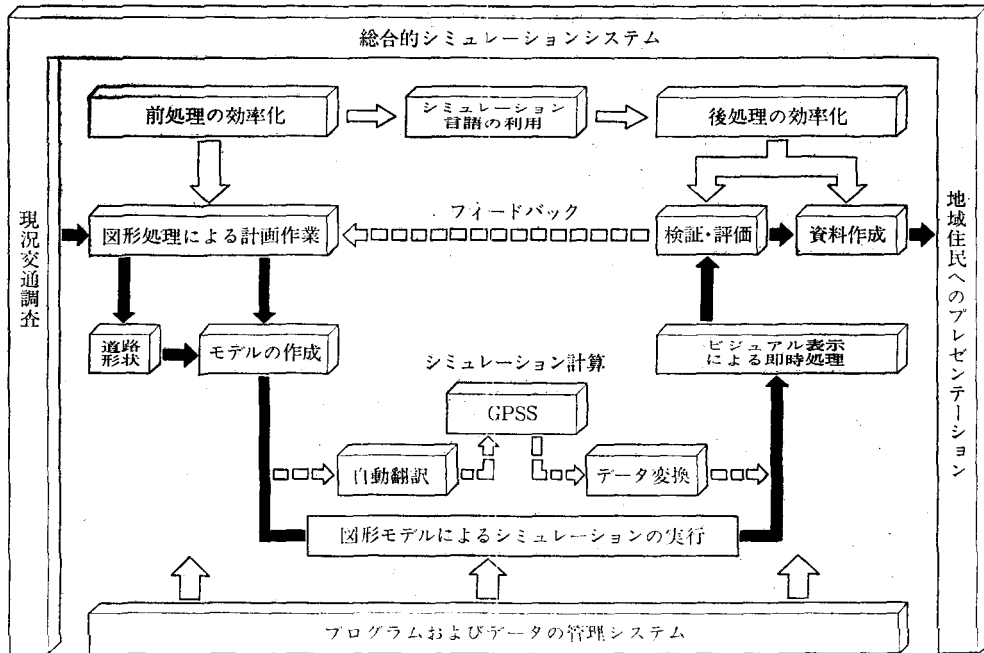


図 1 システム構築の考え方

機器は、カラーグラフィック端末機 IBM5080であり、さらに道路や建物の地図入力用としてディジタイザーも用いる。

3.1 システムの構成

本システムは、図 1 に示されるように、汎用シミュレーション言語 GPSS を使用する。モデルを作成する前処理部分とシミュレーション結果を表示する後処理部分から構成される。

以下に各プログラムを概説する。

(1) 地図入力プログラム

本プログラムは、道路形状や周辺の建物形状をディジタイザーにより入力するプログラムである。

(2) シミュレーションモデル作成プログラム

本プログラムにより、交通流の動線をモデル化する。GPSS を使用をするモデルを作成するため、個々の車の移動位置および複数の車が走行する区間を GPSS の呼称のファシリティとストーリージで定義し、対話処理によりディスプレイ上に、車の走行ルートを作図する。図形表示によるシミュレーションモデルが完成すると、シミュレーションの記述を自動的に生成でき、シミュレーションの計算を行なう。図 2 は、一連の作業過程のグラフィック表示画面を示している。

(3) 統計処理プログラム

シミュレーション結果から、各車輛の滞留時間、滞留時間別車輛台数、滞留台数の時間変動などのグラフを作成する。

(4) シミュレーション結果の表示プログラム

本プログラムは、平面表示と 3 次元表示により車の動きをアニメーションで表示する。

(5) ビデオ入力用再表示プログラム

シミュレーション結果の画像は、ディスプレイに表示した画像のイメージデータを外部ファイル記憶させることができる。再表示プログラムは、イメージデータから表示するため、より高速の表示となる。

これらのプログラムの他に、GPSS および景観表示データの作成プログラムがある。

4. シミュレーションモデルの考え方

車の走行は、走行ルート上にファシリティあるいはストーリージを並べ、単位時間にファシリティからファシリティあるいはストーリージに移動することを連続して定義する。ここで、複雑となるのは、車の右左折や車線の変更時に、車同士が衝突しないように制御する条件の設定である。また、赤信号が青信号に変わったときの発進で、適当な車間距離を保つように後続車の発進の遅れを制御する必要がある。

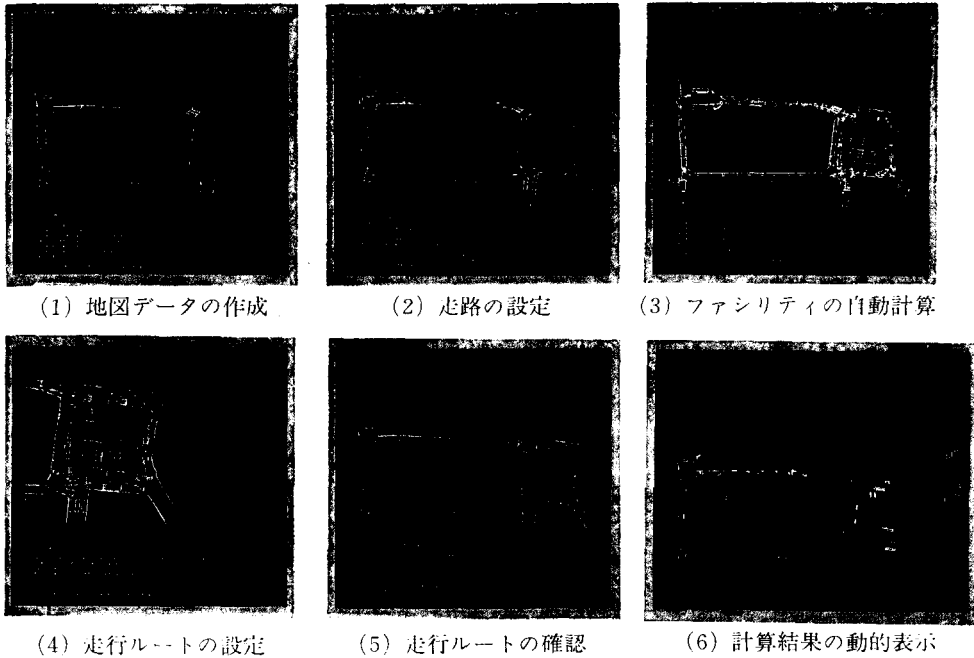


図 2 シミュレーションモデル作成の画面表示

4.1 基本走行モデル

車の移動は、各ファシリティを1秒あるいは0.5秒単位で移動するモデルとする。走行速度によりファシリティの距離間隔と時間の単位を設定する。たとえば、ファシリティ間隔6mを1秒で走行すると、速度は21.6 km/hrとなり、0.5秒では、43.2km/hrとなる。基本的な動きは、前のファシリティに車がいるときは待ちの状態となり、前が空けばそこに入る。車は、単位時間でファシリティを1つずつ移動して走行する。

4.2 走行ルート

車の走行ルートは、比較的多くの車が標準的に走行する動線をいくつかのパターンにモデル化する。このとき

車の種類別に分けることもできる。走行ルートは、発生する方向や行先が多方向存在する場合は、分岐や合流を持つモデルとなり、それらは確率あるいは優先順位の指定により方向を制御できる。

4.3 右折、左折および車線変更

右折、左折時あるいは車線変更時には、対抗車線との交差や合流時の衝突がないように、関連するファシリティ上に車がないことを確認する条件をつける。

4.4 停車と発進

信号機前の車が発進するときは、図3のようなモデルを使用する。

信号機が青の場合、通常の動きのモデルで考えると、車は等速度で走行し、単位時間間隔で①から⑤を経て順番に進む。一方、信号機が赤になると、最初の車は停止線の前の④で止まり、後続の車は順に③、②、①で止まる。この後、信号が赤から青信号になると、④、③、②、①の車が同時刻に⑤、④、③、②に進み、現実的でない。

そこで、前の車が動きだしてから徐々に後の車が動き始めるためには、停止と発進のモデルを用いる。図3において、③から⑧と④から⑦は、同一線上を異なる動きで定義しているが、実際は同じ線上にある。車が青信号で走行している場合は、通常モデルと同様なルートを選択し、③から⑧に動く。停止する場合は、⑧に車が停

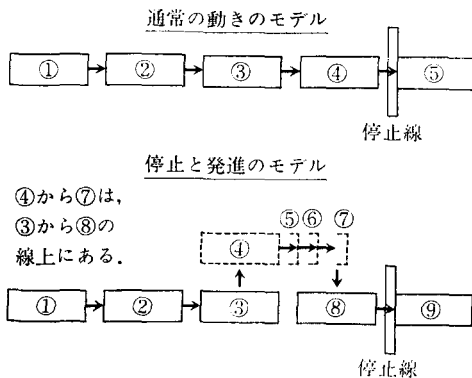


図 3 信号機前の交通流モデル

止すると、後から来た③に止まる車は、シミュレーションモデルの中で分岐し、③から④に進んで止まり、発進時に⑥、⑦、⑧、⑨と進み合流する。ここで、③と④は同じ位置であり、実際には動いて見えない。発進のタイミングは、前の車が⑧で止まっている場合、後の車は④で待っている。前の車が⑧から⑨に進むと、後の車は④から⑧に進んでいく。この動きを②、①などの他の位置にも作成する。

このモデルでは、④から⑧に進むときに、それぞれを単位時間で移動するため、車が加速した状態となること、⑨を通過するときに、前の車との間に3台分の車間距離ができており、加速後の車間距離が実際的となること、さらに発進が後続の車に遅れながら伝わることなどを表現できる。ただし、この動きをすべての位置に適用すると5倍の容量が必要となるため、信号前の適当な数のファシリティだけを制御する。

4.5 シミュレーションの実行

図形入力によりシミュレーションモデルを作成した後、車の発生台数や信号周期を数値入力する。シミュレーションの記述の自動処理は、GPSSのバッチ処理のためのジョブ・コントロール・ランゲージ(JCL)も同様に作成できるので、即座に実行可能である。モデルの規模は、1~3万ステップである。

5. モデルの検証

従来、シミュレーション結果の確認やプレゼンテーションは、数値結果を図面上に手作業で移しながら行っていた。これでは、大規模あるいは複雑なシミュレーションは不可能である。ビジュアル表示はシミュレーション結果の検証が容易となり、モデルの作成や修正を効率化する。

5.1 モデルの精度

本システムの考え方による、交通流モデルの精度について述べる。

交通流シミュレーションは、走行車線により走行ルートが定まっている場合には、比較的容易であるが、駅前広場などで乗用車、バス、タクシーなどが交差する走行ルートは、非常に複雑なモデルとなる。モデルの精度は、シミュレーションモデルの細かさに大きく依存する。モデルの精度を保つため、以下の項目に留意する。

(1) 交通量：シミュレーションの条件として指定した交通量は、停滞がなければその数だけ発生する。発生後、停滞などが生じた場合は、大きな容量を持つスト

リッジを置き、停滞量を観測する。

(2) 走行スピード：このモデルでは、想定した一定のスピードで車は走行する。局部的にはファシリティの通過時間を個々に変更して調整する。信号前の発進時は、多少の加速状況を表わすモデルとするが、停止時は、減速せずに止まる。

(3) 車間距離：車の発生時に一般道路の場合では、平均20m以上の車間距離を保つことと、信号前からの発進時においても、車間距離が20m前後となるように制御している。これにより道路の基本交通容量を越えることはない。

(4) 大型車の混入

バスおよびトラックの大型車は、普通車の2倍の長さを持つ。大型車も普通車と同じファシリティを移動し、後続車と重ならぬように1つ後のファシリティを常に専有するモデルとしている。

5.2 ビジュアルな表現

CGによる表示は、図4および図5で示されるような平面表示と3次元表示がある。これは、線画の出力であるが、アニメーション表示は、カラー表示である。ただし、3次元表示は、道路や敷地などの平面はカラーで表示できるが、建物の外形や車の表示は、線画である。IBM3081の処理速度では、平面表示のとき1秒間に6~10コマの表示が可能であり、高速表示が可能となる。表示のさい、表示速度とコマ落しの機能を選択でき、チェック作業を効率的に行なえる。

平面表示の特長は、全体を一度に見渡せることである。交通流は道路網のそれぞれの交差点、道路、駐車場が相互に関係するため、混雑状況などの問題点の原因を把握するのに優れている。また、透視図表示は、現象そのものの理解が容易であり、現地のイメージを思い浮かべながらシミュレーション結果を評価できる。

6. プレゼンテーション

シミュレーション結果のアニメーション化が進んでいる。第三者に結果を説明するには、シミュレーション結果をよく吟味し、説明すべき現象を簡潔に示す必要があり、対象となる部分をビデオに収録する。

6.1 より詳細な透視図

シミュレーションを初めて見る人が容易に理解できるようにするため、景観表示の技術を用いて、図6のような詳細な透視図の画像を表現した。これは、景観データの作成に余分な労力を要するが、きわめてわかりやす

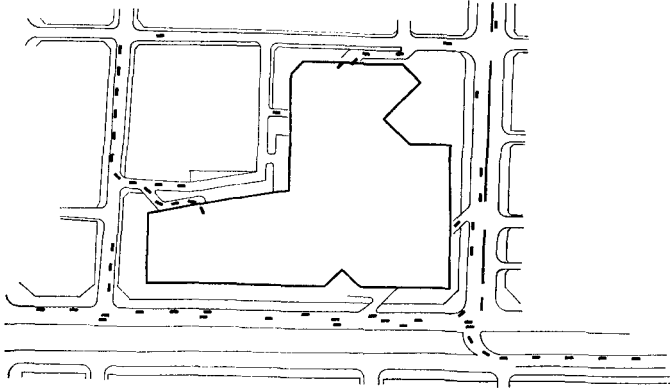
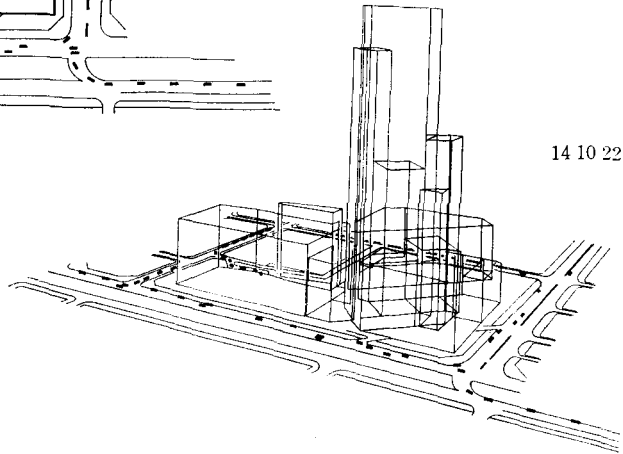


図 4 平面表示

くなる。

8.2 ビデオの制作

プレゼンテーション資料として、ビデオに録画する。ディスプレイ上の平面図および透視図を直接ビデオ装置に録画できる機器を用いて、ビデオの録画を自動化している。



14 10 22

図 5 3次元表示

7. おわりに

交通流のシミュレーションモデルは、単純であるが、個々の車の動きを表わすため膨大な規模になっている。ここでのモデルは交通量、走行スピード、車間距離、大型車の混入など基本的な条件を満足できる。しかし、走行ルートや走行スピードの変化に対しては、融通がきか

ないモデルであり、モデルの修正を要する。今後は、車のスピードの制御を道路前方の混雑状況により行なえるようなモデルが必要であり、SLAM IIの適用を検討している。

また、信号前のモデルのような複雑な部分については、モデルの作成を自動化するなど効率化が必要である。今後とも、より実際のシミュレーションモデルが必要とされる傾向にあり、効率的かつビジュアルなシステムに改善していきたいと考えている。

参 考 文 献

- [1] 浜嶋敏一郎, 森本康博, 山田茂文, 荒巻正宣: 交通流計画の総合的シミュレーションシステム—利用例と可能性—, IBMユーザー・シンポジウム論文集, 1987, 1-27.

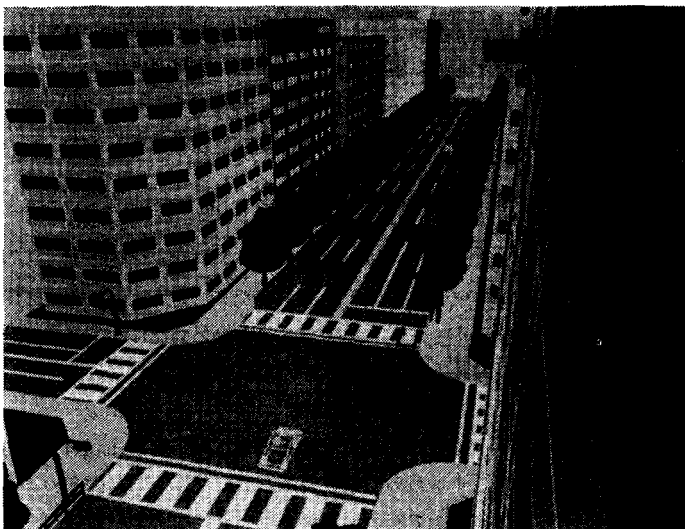


図 6 詳細な透視図表示