コンピュータ・グラフィックスシステムの交通計画への応用例について

京都大学工学部　正員　天野　光三
京都大学工学部　正員〇小谷　通泰
岐阜県庁　正員　山本　馨

1、はじめに　CAD（Computer Aided Design）の考え方のもとに、計画の分野への電算機利用の試みが最近盛んに行なわれている。これらはいずれも、対話型の電算機を利用したマン・マシンシステムの構成を目的としている。このようなシステムでは、人間と電算機との間の情報交換が重要であり、コンピュータ・グラフィックスの果たす役割は大きい。筆者らも従来より、このような観点から交通計画の分野へのコンピュータ・グラフィックスの応用について検討してきており、本稿は、現在までに得られた成果について、具体的に次の2例を取りあげて報告するものである。まず第一の応用例は、シミュレーションモデルを用いた、幹線街路上における自動車交通流動を解析するためのシステムの開発である。そして今一つは、地区交通計画を対象に計画プロセスの全般にわたって計画作業を支援するシステムの開発である。なお、これらのシステムはいずれも、京都大学大型計算機センター内のグラフィックスシステムを利用して開発した。

2、シミュレーションモデルによる街路交通流動の解析システム

街路交通流動のシミュレーションモデルとして、既にいくつかのモデルが提案されているが、銭谷もバスレーンの設置効果の測定を目的とした一つのモデルを提案している。筆者らは、このモデルを基礎として、グラフィック・ディスプレイ装置を利用した、街路交通流動の解析システムの開発を試みた。以下では開発したシステムのもつ特徴や構成、およびシステムの操作例について述べる。

2－1　システムの特徴

開発したシステムは次のような特徴をもっている。　①複雑な論理関係をもつ大規模なシミュレーションモデルでは、電算機の中でシミュレーションがどのように実施されているかを、数値のみを追って調べることは困難であるが、グラフィック・ディスプレイ装置を用いればその実施過程を交通流動として画面上に再現できるので容易にこれを検討できる。このようにシミュレーションの実施過程を明示することによって、システム利用者のモデルに対する理解を助けることができる。　②シミュレーションモデルを用いた従来の解析では、結果として得られた統計量のみを問題にすることが多かった。これに対して本システムでは数値として得られたそれら結果を、ディスプレイ画面上に再現された交通流動から実感として把握することもできる。③解析に際しては、繰り返しモデルを起動させる必要があるが、対話形式による解析を採用しているので、解析作業の効率化をはかることができる。

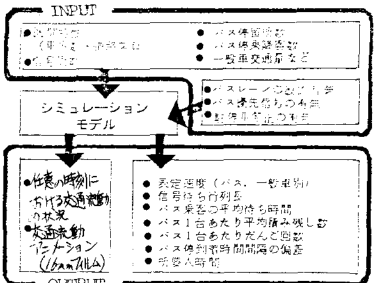


図-1　システムの全体構成

2－2　システムの構成

図－1は解析システムの全体構成を示したものである。使用したシミュレーションモデルでは、単位時間ごとにバスおよび一般車の一台ごとの街路区間上での位置と速度を記憶し、それぞれの車の位置にもとづいて車一台ごとに、前後の車の位置、速度から加速・減速・停止発進、進路変更などの行動を決定することにより、実際の交通流を再現している。[1] またモデルの対象街路は長さ1km程度、片側2ないし3

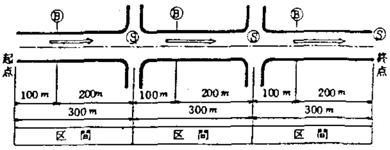
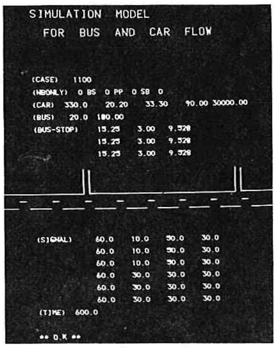


図-2 対象街路の一例

凡例　Ⓑ バス停　Ⓢ 信号

車線をもつ幹線街路の片方向のみとしており、その一例を図－2に示す。さらに、モデルの主要なインプット、アウトプットは図－3に示す通りである。なお、必要に応じて、バスレーンやバス優先信号の設置、駐停車禁止などの交通規制等に関する条件をモデルに付加することが可能である。



図－3 入力データの表示例

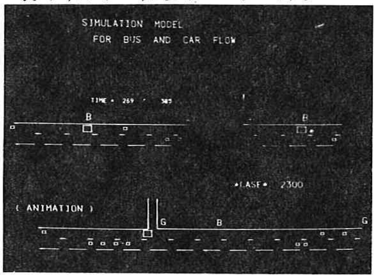
2－3 システムの操作例

必要なデータの入力や変更、およびバス優先策の実施等の条件の入力は、ディスプレイ装置の画面を通じて、ライトペンやキーボードを用いて行なわれる。図－3は、この際の画面の表示例を示したものである。

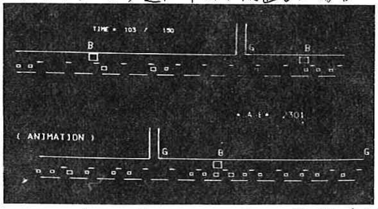
ディスプレイ装置を介して、シミュレーションの実行を指示すれば、その結果は磁気テープないしはディスク上に記憶される。これをもとに必要に応じて、任意の時間帯について、ディスプレイ装置の画面上に街路を平面図として写し、その街路区間上でのバス・一般車の動きと信号の状態を時々刻々表示することができる。また一コマ撮影により、画面上の表示を記録すれば、リアルタイムで流動を再現することができる。

図－4は、対象街路（画面では2段に分けて表示）において、バスレーンを設置した場合としない場合のそれぞれについてディスプレイ画面上の表示例を示したものである。なお画面中のBはバス停留所を示し、交差点での信号の青また赤の表示はGまたRで示されている。このようにして再現された交通流動から、図－5に示すように信号交差点での車の停滞状況や、バスのダンゴ運転の生起状況などが観察できる。しかしながら、これらの場面一つ一つは必ずしも平均的な状況を示したものではないので、解析へ活用する際にはこの点に留意する必要がある。

a. バスレーンを設置していない場合

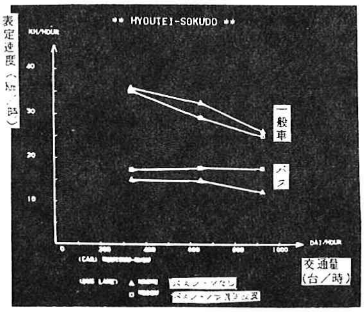


b バスレーンを歩道側車線に設置した場合

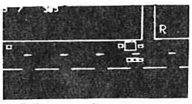


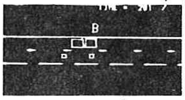
図－4 交通流動の表示例（交通量 車 640台/時 バス 60台/時）

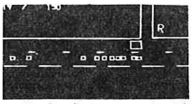
最後に、一定時間シミュレーションを実行した後に得られる、バスや一般車の表定速度などの交通流動の特性値は、図－6に示すようにディスプレイ画面上のグラフに記入して分析することが可能である。



図－6 バスレーン設置の有無による表定速度の比較


〈バスレーン無し〉

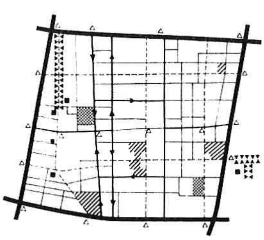

図－5b バスのダンゴ運転生起状況（交通量車 640台/時 バス 90台/時）


〈歩道側車線にバスレーン設置〉（交通量 車 640台/時 バス 90台/時）

図－5a 信号交差点での車の停滞状況

3. 地区交通計画のための支援システムの開発

地区交通計画を対象に、電算機により計画作業を支援するシステムの開発を試みたものである。なお、対象とする地区交通計画の具体的な内容は、たとえば図－7に示すような幹線街路に囲まれた地区内における、交通環境の改善を目的とした、種々の交通規制案や道路網改良案などの策定を含むものとする。以下では、開発したシステムの特徴および構成、そしてシステムの操作例について順に述べる。



図－7 計画対象地区の一例

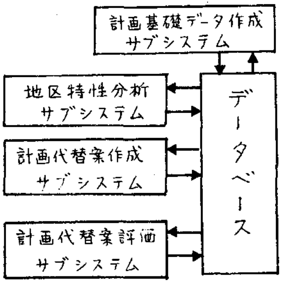
3－1 システムの特徴

開発したシステムは次のような特徴をもっている。　①計画作業過程で必要な種々の応用プログラムがライブラリー化されている。各プログラムはモデュール

化されているため、機能の拡張や修正が容易である。　②データベースの構築により、種々の計画情報を総合的に管理、運用できる。またこれによって、プログラム間の連結のたびに、そのつど入力データと出力データの整合性をとるといった労力を解消できる。　③各種グラフィック装置の活用により、計画情報の視覚化が可能である。　④対話型のシステムであるので思考の連続性を保つことができるとともに、計画プロセスにおけるフィードバックが容易である。　⑤電算機に対する専門知識がない計画者であっても、日常語に近い言語を用いることによってシステムを容易に操作できる。

3－2　システムの構成

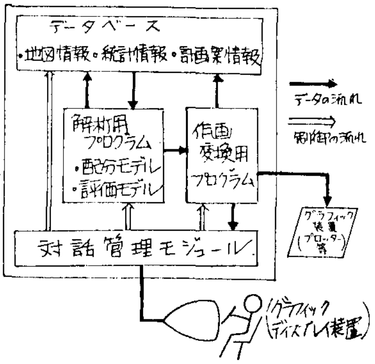
図－8は支援システムの全体構成を示したものである。図に示すように、システム全体は、データベースと、計画の主要なプロセスをそれぞれ支援する4つのサブシステム群から構成されている。そして各サブシステムは後に図－9で示すように、グラフィック・ディスプレイ装置を中心とした対話型のシステムとして設計されている。システムの構成要素中データベースには、計画に必要な情報が基礎データ作成サブシステムによりデータ化され、貯えられる。一方残りの3つのサブシステム間では、データベースを通じてこれら基礎データとともに、各サブシステムでの作業結果も共有できるようにすることによって、サブシステム相互の有機的かつ効率的な連結を可能としている。



図－8　支援システムの全体構成

次にサブシステムの構成について、4つのサブシステム中既に開発を終えている代替案評価サブシステムを取りあげて説明する。なお評価サブシステムにおける計画作業は次のようなものである。まず、計画代替案を与件として、地区内の歩行者や自動車の交通流動を推計する。そして得られた推計結果をもとに、評価指標に対して評価値を算定し代替案の比較検討を行なうというものである。この結果に応じては代替案作成サブシステムへフィードバックが行なわれる。

図－9は上述のような評価サブシステムの構成を図示したものである。図中のデータベースには地図情報、統計情報、計画案情報が貯えられている。地図情報は、道路ネットワークを主構造として地理的対象物を、点（道路交差点）、線（道路リンク）、面（街区）の各要素にわけ[6)]、それら要素と要素間の関係として表現される。また統計情報、計画案情報などは点、線、面の各要素の属性として示される。一方計画者はディスプレイ装置を介して電算機と対話しながら計画作業をすすめる。この際電算機への命令や指示は日常語に近い言語（コマンド語）を用いて行なうことができる。



図－9　サブシステムの構成

なお本サブシステムではこのコマンドはメニューという形でディスプレイ画面上に表示され、それらをライトペンで選択することにより入力される。入力されたコマンドは、電算機側の対話管理モジュールによって解釈され実行される。たとえばデータベースからのデータの引き出しやそれらの処理、またデータを用いた解析用プログラムによる分析が実行され、これら処理や分析結果はデータベースに貯えられる。さらに得られた分析結果も含めてデータ内容は、作画変換のためのプログラムにより適切な形で図表化され、ディスプレイ画面上に表示される。これら図表は必要に応じて、プロッターなど他のグラフィック装置によっても表示される。計画者は得られた図表を検討し、必要であれば再びデータの処理や分析を実行する。

3－3　システムの操作例

評価サブシステムでは、表－1に示されるようなツリー構造をもつメニュー体系を定義した。以下では、図－7に示した一地区へ評価サブシステ

* DATA NO SOUSA
  - **DATA NO HYOUJI
  - **DATA NO HENKOU
  - **RETURN
* HAIBUN
  - **HAIBUN NO JIKKOU
  - **KEKKA NO HYOUJI
  - **RETURN
* HYOUKA
  - **HYOUKACHI NO SANTEI
  - **DAITAIAN NO HIKAKU
  - **RETURN
* SYSTEM END

（*の数で階層を区別して表示　但し**以下のメニューは省略）

表－1　メニュー体系

ムを適用し、その際得られたディスプレイ画面上の表示例を用いて、各メニューによるシステムの操作例を説明する。

(1)データ操作メニュー———データの表示や変更を行なうためのメニューである。たとえば図-10は、計画対象地区の道路網を幅員別に、点線、破線、実線により区別して表示した例である。また道路網の変更は、直接ディスプレイ画面を通じて修正箇所をライトペンで指示して行なう。

(2)配分メニュー———目的別・手段別に分布交通量が与えられたとき、道路ネットワーク上への交通量配分の実行、および結果の表示を行なうためのメニューである。配分は最短経路(または最小時間経路)配分モデルによって行なわれる。配分結果は、図-11に示すように道路リンクごとに図示される。

(3)評価メニュー———用意されている評価指標の中から必要な指標を選択し、評価値を算定して結果を図表にして示すとともに、それら指標を用いて代替案相互の比較検討を行なうためのメニューである。図-12, 13はいずれも評価指標の算定結果を図示したものであり、それぞれ対象地区内のバス利用圏の広がり、および小学校への登校者を対象とした歩行者優先道路の利用率を示している。図-13では、メッシュ単位に算定された利用率を、対象地区の地図上にドットプリンターによって濃淡図として表示している。さらに複数の代替案相互を比較するために、図-14に示すように評価値の分布状況を図示することができる。

(4)システム終了メニュー———システムの利用の終了を指示するメニューである。

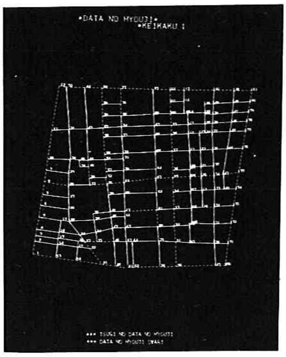


図-10 道路網の表示

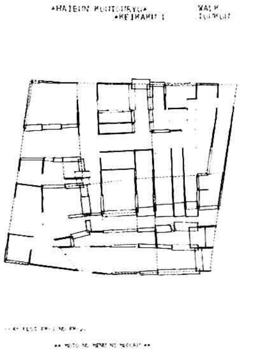


図-11 交通量の配分結果の表示

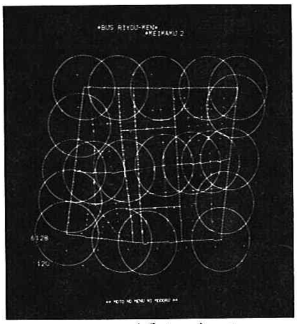


図-12 バス利用圏(バス停より半径200m円内)

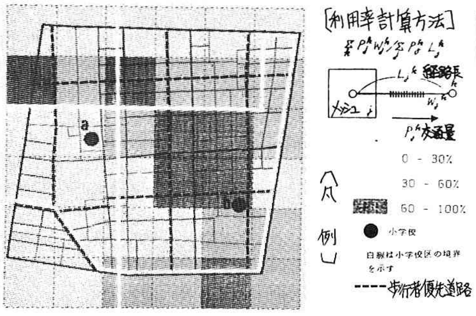


図-13 歩行者優先道路の利用率(小学校への登校)

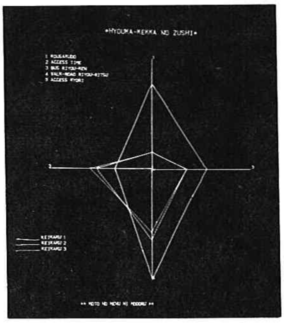


図-14 評価値の分布状況の表示

4. おわりに

以上、交通計画の分野におけるコンピュータ・グラフィックスの応用例について、筆者らが開発してきた2つのシステムを取り上げて説明してきた。今後の課題として、まず街路交通流動の解析システムについては、道路の単路部の交通流動を表現する現モデルに加えて、交差点部のミクロな交通流動を表現するモデルを新たに開発して行きたい。また地区交通計画のための支援システムについては、残されたサブシステムの開発やサブシステム自体の機能のレベルアップを行なうとともに、多次元情報の表現を可能とするカラーグラフィックスの活用などについて検討して行きたい。最後に、街路交通流動シミュレーションモデルの使用を快諾して頂いた摂南大学銭谷善信講師、ならびにプログラム作成にあたって協力を得た大学院生逢郷裕之氏に誠意を表する次第である。

〈参考文献〉 1)銭谷善信;バスレーン設置効果に関するシミュレーションモデルと評価手法の研究、京都大学学位論文 昭和52年4月
2)岡崎甚幸;建築空間における群集歩行のシミュレーション,京大大型電算機センター広報,VoL 12,No1 1979年
3)奥山・藤原;輸送ネットワークの評価シミュレーションの開発,第33回土木学会年次学術講演会概要集, 昭和53年10月
4)大林・松家・宇野;土木計画・設計のための支援システム,第4回電算機利用に関するシンポジウム講演概要,昭和54年11月
5)内藤義暉;コンピュータ・エイデッド・プランニングシステム,シミュレーション技術(Ⅱ),コロナ社,P 96 ~ 106
6)岩松・佐竹;多角形分割法による都市情報システムの提案,第3回電算機利用に関するシンポジウム講演概要 昭和53年11月