

電算機を利用した車の走行特性の解析について

京都大学工学部 正会員 小谷 通泰
京都大学大学院 学生員 逢郷 裕之
京都大学大学院 学生員 〇山中 英生

1 はじめに 筆者らは 交通流動の8mmシネカメラによる観測とその画像データのデジタル化処理、および電算機を用いた解析手法を概に開発し、細街路における歩行者や自転車などの混合交通流動の分析に適用してきた¹⁾。本稿では、従来から開発してきた手法に加えて、新たに主として車の走行特性を分析することを目的に、次の2つの解析手法を開発したので報告する。第一は、交通流動状況をコンピューターグラフィックスを利用して、透視図や平面図として視覚化再現する手法(流動状況の視覚化システム)であり、第二は、自動車の走行速度変化より走行挙動を推測するための手法である。以下では、開発した手法について、その概要を説明するとともに、筆者らが行った実験の観測結果にこれらの手法を適用した例について述べる。

2. 解析に使用した実験データ

1) 実験内容 歩行者優先道路の基礎的な設計情報を得ることを目的に、次のような実験を実施した。ここで言う歩行者優先道路とは、車の走行速度を抑制するために、車道の幅員を狭め、かつ車道に屈曲部を設ける等の工夫をほどこした道路を指している。実験は歩行者優先道路の設計案を数種作成し、自動車、自転車、歩行者の模倣的な混合流動を発生させて行った。写真-1は実験風景を示している。道路の設計案としては、図-1に示す障害物の配置間隔(縦断方向L、横断方向W、直線部の長さL₀)を変化させるとともに、自動車の車道区分を表わす白線テープ上のコンクリート円柱の有無により、8種類設定した。また実験結果は8mmシネカメラにより全て撮影記録した。

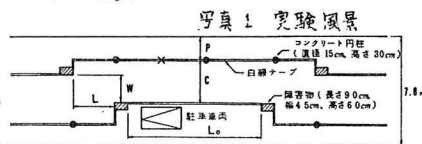
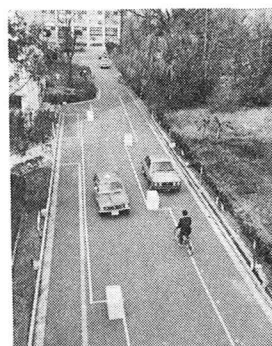


図-1 道路設計案 配置図

表1 行動軌跡データ(主体的)の例

主体識別番号(通し番号)	主体の出現したコマ数(通し番号)	主体の出現したコマ数(通し番号)	主体の出現したコマ数(通し番号)
101	11	4000	4020
(-3.27 2.16)	(0.81 6.48)	(5.60 5.31)	(10.44 4.34)
(15.67 3.65)	(20.62 3.69)	(25.10 4.32)	(29.91 5.93)
(34.05 7.18)	(39.15 7.89)	(44.88 8.43)	(50.35 8.12)
(55.32 6.68)	(59.88 4.85)	(64.61 3.74)	(69.66 2.79)

2) 実験結果のデジタル化処理 交通流動を記録したフィルムの画像データから、各行動主体の位置をコマずつスクリーン上でプロットして行動軌跡図を作成する。軌跡図は座標読み取り装置によって(X, Y)座標値に変換し、さらに写真の投影関係を用いて、実際の道路上での(X, Y)座標値に変換する。最終的には、表-1に示す行動軌跡データが得られる。(参考文献1参照)

3. 流動状況の視覚化システム

1) 目的 流動状況を視覚的な情報としてとらえるために、実際の走行時の様子とコンピューターグラフィックスに用いて視覚化することを試みた。このシステムは、後述の走行挙動の推測手法とあわせて、走行挙動の要因を多次元な図形情報を用いて行なうことや、また道路上での見通しの変化をシーケンシャルに分析することを目的としている。

2) 構成³⁾ このシステムの構成は図-2のようになっている。基本となる 実験結果の行動軌跡データは、先の表-1に示したデータを表-2に示すように時刻(コマ数-1/60秒に相当)ごとに集計して形をとり、実験を行なった8種の道路設計案ごとにファイルされ、ディスクバック上に存在している。

検索プログラムはこのファイルから任意の流動状況を抽出することが可能のように考えられている。状況の指定は、①道路設計案の種類 ②時間帯 ③流動状況の種類(例えば、自動車と2人づれ歩行の対向など) ④行動主体の識別番号 等を必要に応じて入力することにより、行なう。

こうして、流動状況をも三次元データとして表現すれば、後は種々の変換法により、二次元画像として視覚化することは容易である。図化プログラムは図-3のように三次元データ空間内にピラミッド型の三次元ウィンドウを想定し、この中にはいる線画をスクリーン上に透視変換して図化する。この際、ピラミッド型のウィンドウ内に入りきらない線分については、線分の切り詰め(クリッピング)を行なっている。この三次元ウィンドウの設定のしおによって、例えば、各行動主体からの視野を想定した透視図や、さらに鳥瞰図等も作成できる。また、ウィンドウ処理を行なわずに、平面図・断面図等も必要に応じて容易に作成できる。これらの図形出力は、TSS端末としてのストレージ型グラフィックディスプレイ、プリンタプロッタ、XYプロッタ等へ出力でき、さらには16mmフィルム等に記録することによってアニメーション化も可能である。

③使用例 図4～8は、自動車と自転車が対向して接近している場合の、ある時刻における状況を図示したものである。なお、路側上には駐車車両が存在している。図-4は自動車中の運転手が見た前方の視野を図示しており、図-5は自転車上の人間から見た前方の視野を図示したものである。また図-6には流動状況を鳥瞰図として図示している。さらに図-7、図-8はそれぞれ 平面図、断面図を示している。

①目的 車の時間経過に伴う速度や加速度の変化は、車の走行挙動を解析する上で有用情報となる。しかしながら上述のような方法得られずに行動軌跡データを用いて、こうした速度や加速度の変化図を描いた場合、主としてデジタル変換時の座標の読み取り誤差のため、必ずしもなめらかに変化する曲線としては得られることは少ない。このため、詳細な走行挙動分析は困難となる場合が多い。そこでここでは、まずデジタルデータをもとにして描かれた



時間経過に伴う速度の変化図をスプライン関数を用いて近似的に平滑化し、また平滑化した速度変化図とともに加速度の変化図を求める。これにより、7車の走行挙動を推測することを試みた。

2) 方法²⁾ スプラインとは、全区間を1つの多項式だけによりて補間するのではなく、区間を分割し、その各小区間ごとに補間するための区分的な多項式である。計算に際しては、京都大学大型計算機センターのライブラリープログラムを利用した。このプログラムは、3次のスプライン関数による最小二乗近似を行なうもので、節点(分割した小区間の継ぎ目)においては、1次微分まで連続である。なお近似する際には、節点を定め、区間を適当に分割する必要がある。この節点の数、位置の決め方により近似の結果、精度が異なってくる。

3) 使用例 同一のデータに対して、節点の決め方を変えて近似を行なった例を図-9に示す。中間に設けた節点の数は、ケース1で2個、ケース2で4個、ケース3で7個である。近似の精度の判定基準として残差の2乗和を求めてみると、ケース1(16.2) ケース2(12.9) ケース3(9.9)となる。つまり節点の数が多いほどデータを忠実に近似しているわけであるが、節点の設定数が多いと、前述のデジタル変換の際の誤差まで含んでしまい、

図-10に示すように加速度の変化が複雑になる。したがって、節点の設定については、次の5で述べるような交通流動状況との対比が必要になる。

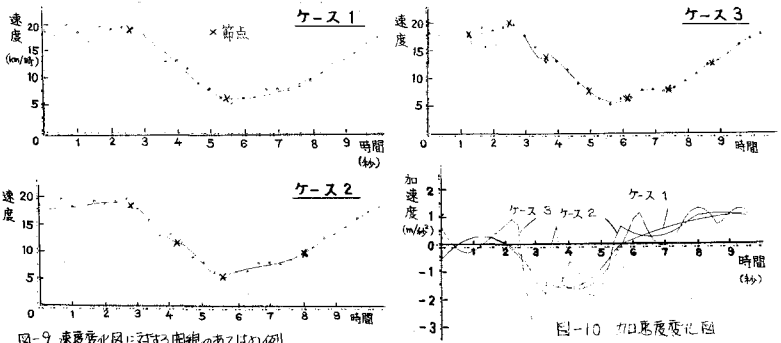


図-9 速度変化図に対する節点のあてはめ例

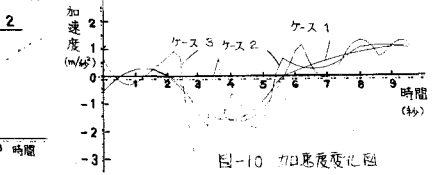


図-10 加速度変化図

5. 速度・加速度変化図を用いた車の走行挙動の解析

4で述べたように、節点の決め方を種々変更しそれに対応する速度・加速度の変化図を求めるとともに、流動状況の視覚化システムにより流動状況を再現し、変化図・流動状況両者の対比を行なうことにより、車の走行挙動を推測することを試みた。そこで実験データにより、幅員5.8mの歩行者優先道路の設計案において、自動車が歩行者を追い越し、かつ自動車とすれ違、た状況を一例として取りあげ分析を行なった。この結果次のようなことも妥当と考えらる走行挙動が推測できた。図-11,12は時間経過に伴う速度-加速度の変化図、図-13 A~Fはそのときの流動状況を車から見た透視図、平面図として示したものである。

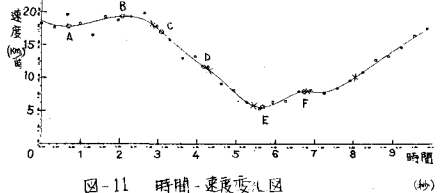


図-11 時間-速度変化図

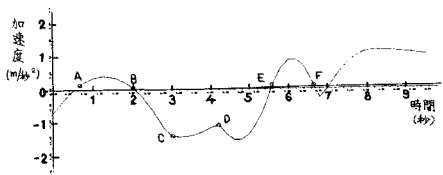


図-12 時間-加速度変化図

これらの図に示すように、自動車の運転者は少し加速して(A)、速度20km/hで屈曲部に接近した後、屈曲部の入口、おそらくハンドルを切りはじめる直前に減速している。(B) そして、屈曲部を約17

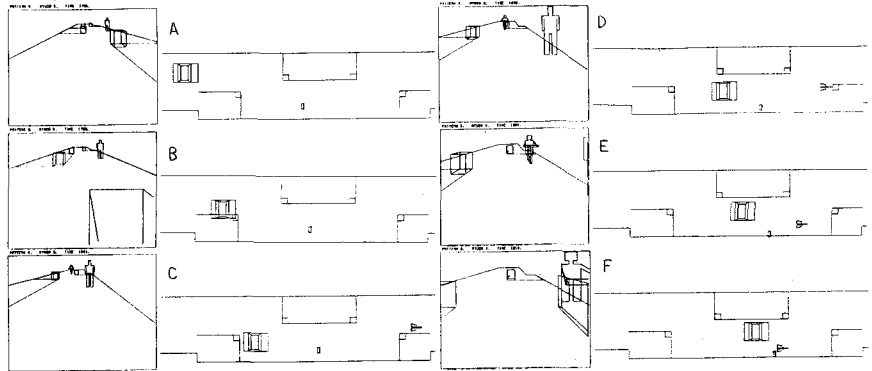


図-13 各地点における透視図・平面図

6%で通過した後、減速とゆるめ(C)、歩行者に接近するに伴い、歩行者の手前約 10mでさらに減速と強めている(D)。そして速度を約6%まで落とした後、加速を始め(E)2番目の屈曲部の手前、自転車とすれ違い直前に再び減速した上で(F)、約8%の速度で歩行者の追い越し、自転車とすれ違いを行なっている。その後加速しながら、屈曲部に入っているものと考えられる。

6. 透視図を用いた道路の見通しの分析

図-14に示すような道路設計案上において、図中に示す位置で駐車車両の処理をする際に、駐車車両の存在により、道路左方より進行してくる車からの見通しがどのように変化するかを視覚化システムを用いて分析した。

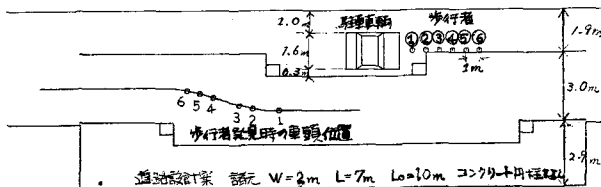


図-14 分析を行なった道路設計案

今、図-14で、左から進行してくる車から見、駐車車両のかげとなる①～④の位置に歩行者(身長120cmの子供)が立ち止まっている状況を想定する。この①～④の各場合について、車を左方から1mごとに代表的な軌跡に沿って進め、各地点での車から見た視野の透視図を描くことによって、最初に歩行者を確認できる位置を求めた。図-15、図-16は、歩行者(図中の①の位置にいる)が駐車車両にかくれて確認できない場面、および歩行者が見えはじめた場面とそれぞれを示している。また図-14は、歩行者が①～④にいた各場合について、車から歩行者が見えはじめた時の車頭位置を軌跡上に示したものである。さらに表-4はそのときの車の車頭と歩行者との距離を示している。

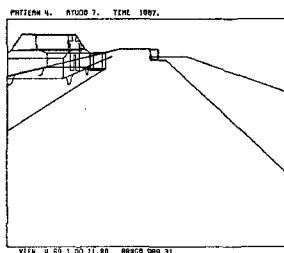


図-15 歩行者の確認時の透視図

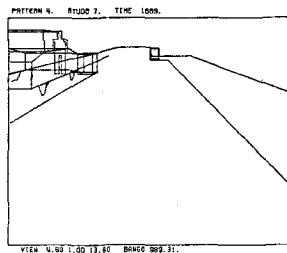


図-16 歩行者確認時の透視図

表-4 歩行者発見時における、車と歩行者の距離

歩行者の位置 駐車車両の後方	歩行者と走行 車両との距離
1	1 m
2	2 m
3	3 m
4	4 m
5	5 m
6	6 m

表-5 安全速度の算定
速度(m/s)で走行中の車が停止に
要する距離 = 停止距離
 $S = Vt + \frac{V^2}{2a}$
元項: 安全距離 t: 反応時間
元項: 制動距離 (歩行者約4.5s)
a: 制動加速度
ここで、 $a = 0.5 \text{ m/s}^2$
いま、飛び出し発見し、ブレーキを
踏むまでの反応時間として1秒とす
ると、10mで停止できる速度は
上式より、
 $V = 5.76 \text{ m/s} = 20.7 \text{ km/h}$
となる。

この結果から、特に歩行者が①にいる場合、車はわずか10m手前になるまで歩行者に気付かないことがわかる。そこで①の位置にいる歩行者が車の進行に気付かないまま、

駐車車両のかげから飛び出した場合を想定して、その安全性を検討してみた。まず、歩行者の手前で停止できる車の速度を表-5にしたがって概算した。これによれば、車が20%以下で走行する必要があることがわかる。今回実験を行なった歩行者優先道路の設計の意図として、車道の屈曲によって車の速度を抑制することと考えており、安全性を確保するためには、屈曲によって20%以下に速度を抑制する効果をもたせるか、もしくは、駐車車両の後方1～2mのところで歩行者が飛び出せないような工夫をする必要があると考えられる。

7. おわりに

本稿では混合交通流動実験の解析のために、従来から開発してきた種々の解析手法に加えて新たに、① 流動状況の透視図等による視覚化システム ② 速度変化図による走行挙動の推測を開発し、すれ違い、追い越し時における車の走行挙動の分析や、駐車車両のある場合のドライバーから見た道路の見通しの分析などに適用した。今後はこれまで開発してきた種々の手法を体系化し、交通流動のフィルムデータによる総合的な解析システムの構成をはかっている。

参考文献

- 1) 天野・小谷 「電算機による近畿圏道路の混合交通流動の実験解析」 第4回電算機利用に関するシンポジウム 1977年11月
- 2) 「利用の手引き ライブラリー 編」 京都市立大学計算機センター 1977年12月
- 3) 奥山 「新潟における空間設計手法の開発」 第3回電算機利用に関するシンポジウム 1978年11月
- 4) 米谷 他 「交通工学」 国民科学社 (1977) pp. 27-29