

電算機による地区内道路の混合交通流動の実態解析

京都大学工学部 正員 天野光三

京都大学工学部 正員 小谷通泰

1. はじめに

筆者たちは、地区内道路上の歩行者・自転車・自動車の混合した流動をメモーションカメラにより観測し、その実態解析を行なっていこうか。本報では、主としてこれら作業を進めて行く上で、電算機をいかに活用したかについて報告したい。

本研究のように、8mmフィルムなどに記録した観測結果を分析しようとする際には、映写した画像をもとにマニュアルな作業だけで行なう分析には限界があり、分析範囲を広げたりには、観測結果をデジタル化し、後に電算機による演算処理が可能となるようにしておこうが有効である。一方こうした映像による観測結果を電算機を用いてデジタル化する試みは、奥谷たかがカメラやレーダーにより観測した船舶の航行軌跡に関して既に実施している。そこで本研究でも同様な方法により、フィルムに記録した車や歩行者の行動軌跡を、道路上での(北、南)座標値にデジタル変換することにした。¹⁾²⁾また、デジタル変換されたデータは、電算機による種々の演算処理が可能であることはもとより、グラフィック・ディスプレイ装置を活用すればその画面上に行動軌跡として再現図示することも可能であり、歩行者や車の混合した流動の特性を視覚的に検討することができる。

2. 調査の実施方法および観測結果の電算機による処理

本調査では、道路を見下ろす位置における沿道建物の屋上に8mmカメラを据え、0.6秒おきに1コマごとに車や歩行者の行動軌跡を撮影し記録した。なお、フィルムの解像力や撮影場所等の制約により、観測対象区間は約30mが限度であった。

一方8mmフィルムに収められた観測結果をデジタル変換して記録する項目としては、基本的には次の二項目、①交通主体の属性(歩行者の場合は年齢・性別、自転車・自動車の場合は車種等)、②交通主体ごとの道路上での各時刻における位置をとりあげる。たとえば歩行者が道路上で図-1に示すような行動軌跡を描いた場合、図-2のよう記録する。

次に撮影された8mm画像からどのように方法で、上述のデータを取り出し記録するかについて、具体的な手順を述べる。

(1) 行動軌跡の作図

図-3に示すように、撮影したフィルムを透過式スクリーンに1コマずつ映写し、スクリーンの裏側にトレーシングペーパーをかぶせて、これに各交通主体の位置をプロットし行動軌跡を作図する。

(2) 座標読み取り装置による行動軌跡のデジタル化

(1)で作成した行動軌跡図を図-4に示すように座標読み取り装置の版上に置き、その下方には交通主体の属性を示すコードなどを入力するための数表を考える。そして、グラフペンで、①まず標本番号・属性番号・時刻などを対応する数表の数字を指し、②次に各時刻にかけて了主体の道路上の位置の座標、③最後に一つの主体の軌跡を終える時点での数表中にあらわす区切記号CRを指す。各標本ごとに①～③の手順を繰り返し行ない読み取ったデータはすべて磁気テープに格納する。

(3) 行動軌跡の道路上への座標値への変換

[方法1] あるひじめ道路上に一定間隔でつけておいた目印をもとに、座標変換用

図-1 道路上での行動軌跡

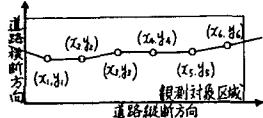


図-2 行動軌跡の記録

X _t	Y _t	X _{t+1}	Y _{t+1}	---
道路上での各時刻における位置				
001	22,0001,0006			
標本番号	属性番号	測定期間	出走時刻	
性別(0:男)	年齢(0:幼少)	時間(0:午前)	時間(1:午後)	
車種(0:自転車)	車種(1:自動車)	車種(2:歩行者)	車種(3:その他)	

図-3 行動軌跡の作図

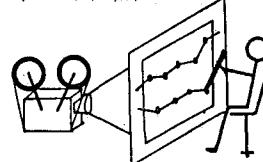


図-4 座標読み取り装置

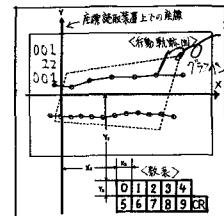
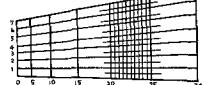


図-5 座標変換用メニュー



メッシュ(図-5)を作成し、電算機に記憶させた。各メッシュを用いて、(2)で読み取った座標値を実際の道路上での座標値に変換する。

[方法2] 写真撮影による平面の投影関係は次式で示され、これを利用して座標変換を行おう。(注1) $X, Y \sim$ 実際の道路上の座標 $x, y \sim$ フル画面上の座標

$$X = \frac{a_1x + b_1y + c_1}{a_3x + b_3y + c} \quad y = \frac{a_2x + b_2y + c_2}{a_3x + b_3y + 1} \quad \dots \text{(式-1)}$$

3. グラフィック・ディスプレイ装置の活用

本研究では、グラフィック・ディスプレイ装置(以後G-Dと略す)の画面上に道路区間の平面図を写し、各道路区間にて歩行者・自転車・車の位置を毎々刻々表示することにす。又、観測された混合交通流動を再現し、分析することを試みた。また、本研究へようヒ大量のデータを処理する場合、2.で述べたデータ加工時に生じる誤りは避けられないが、二つ目で述べたようにG-D画面上に再現された流動を調べる方が誤りをより容易に察見することができる利点もある。

図-6(a)(b)(c)は、デジタル変換したデータを用いて、G-D画面上に交通流動を再現した際の表示例を示している。これは、車が3人連続の歩行者を追い越して行く場合の連続した位置を示している。また、同一の場面は、プロッターを用いれば、図-7に示すよう行動軌跡図として図化が可能である。これにすれば、車は歩行者へ接近するにつれて速度を低下させ、一方歩行者は路側に寄って車の通過を待つて歩きはじめている様子が観察できる。又、こうしたG-D画面上の表示は16mmカメラを用いた一コマ撮影により記録でき、これによるとリアルタイムで歩行者や車の混合した流動をアニメーション化して再現することが可能である。

4. 混合交通流動の実態解析の方法

以下では観測データを用いた解析方法の一例について述べるが、観測を行なった道路の条件は次の通りである。道路幅員は7m、観測区間は約30mで、一方通行、車の20km/h以下の速度制限、駐停車禁止の交通規制が実施されている。また路側には車道外側線が引かれている。

4-1. 道路上にかけた交通主体の通行位置

ある一定の観測時間内に出現した主体の行動軌跡を、主体ごとにプロッターで図化したもののが図-8(a)(b)(c)であり、また道路の横断面を5mの幅の通行帯に分割して、主体別に通過する通行帯を集計して棒グラフで表示したのが図-9(a)(b)(c)である。又が図-9は、図-8の5m・15m・25mの各断面における通行帯分布と対応している。又12、観測対象の道路区間の一端には2台の駐車車両が存在している。

これらの図によれば、歩行者・自転車・自動車が混在して通行している場合、各主体の通行位置は、道路中央が自動車、そしてその外側が自転車・歩行者の順となり、ということわかる。又に、歩行者の約8割以上が車道外側線の外側を通行し、車はすべて側線内を通行している。また、駐車車両の存在により、道路への有効幅員が狭められている区間だけ、通行帯の幅も狭くなっている状況がわかる。

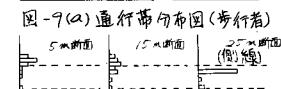
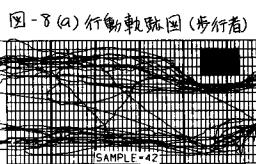
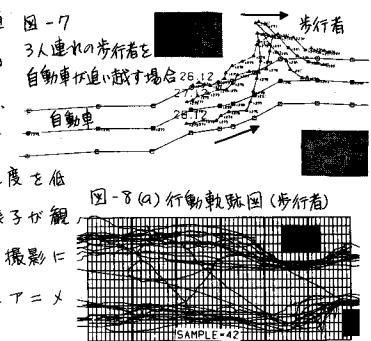
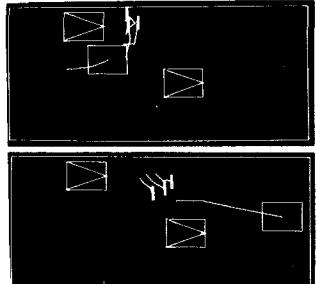
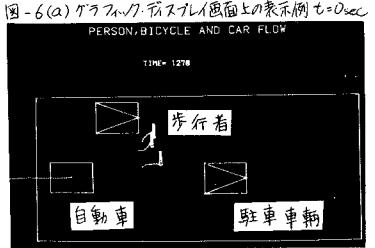


図-8(b) 通行帯分布図(自動車)

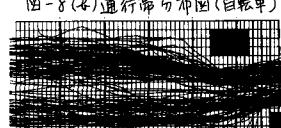


図-8(c) 通行帯分布図(自転車)

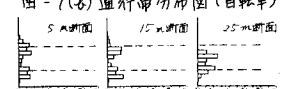


図-9(a) 通行帯分布図(歩行者)



図-9(b) 通行帯分布図(自転車)

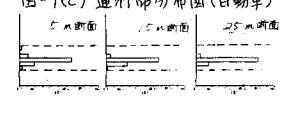


図-9(c) 通行帯分布図(自動車)

4-2. 道路上の障害物と行動軌跡

ここでは路上の駐車車両を障害物と考え、この障害物と行動軌跡との関係について一例を示す。

(1)歩行者・自転車の行動軌跡

図-10には、駐車車両により生じた路側の間隔と歩行者・自転車の行動軌跡との関係を示している。なお、ケース1では路側に生じた間隔は1.2m、ケース2では1.7mである。このような二つのケースを一例として取りあげたが、図に示されているように、歩行者・自転車の障害物に対する回避行動には明確な差違が見られ、自転車が通行に必要とする幅が歩行者のそれに比べて大きいことがわかる。

(2)自動車の行動軌跡

駐車車両の位置と車の行動軌跡との関係を図-11(a)に示す。本図に示すように、ケース1とケース2を比較した場合、ケース1では駐車車両の間を直線的に走行できるのに対し、ケース2ではハンドルを操作して蛇行(せいけい)なければならぬ。また図-11(b)に示す二つの速度分布を見ると、ケース2はケース1に比べて速度が全般的に低くなっている。平均速度で約10km/時へ差がある。特にケース1では、平均速度が33.5km/時ではなくすべての車が制限速度を越えて走行しており、通常の速度制限だけでは車の速度を抑えることがあまり期待できず、ケース2のように路上に配置した障害物によって、物理的に高い速度を出せないようになる工夫も必要ではないかと思われる。

4-3. 追い越し・すれ違い行動

図-12(a)には、車の歩行者に対する追い越しや自転車に対するすれ違い行動を図示しているが、本研究ではこうした追い越し・すれ違いなどの行動を詳細に解析するため、図-(a)に示した行動軌跡を図-(b),(c),(d)の三つの図に分離して表示した。図-(b)は時間経過とともに道路縦断方向の位置変化、また図-(c),(d)は時間経過とともに横断方向の位置変化および速度変化をそれぞれ示している。これら3つの図を利用すれば、まず図-(b)より主体相互が最も接近した時刻が読み取れ、これとともに図-(c)から主体間の最近距離、図-(d)からは接近による速度低下の状況が観察できる。

一方、このようなグラフ群の分析への応用例として、歩行者と走行車両との近接距離分布を調べた。図-13では、追い越し・すれ違いのそれぞれについて頻度分布を示している。これより、全般的に追い越しよりすれ違いの方が近接距離が大きい傾向がみえた。

また、図-14では、自動車の前方で横断する歩行者がいる場合の行動軌跡を図示する。

図-12(b)道路縦断方向の位置変化 図-12(c)道路横断方向の位置変化 図-12(d)速度変化

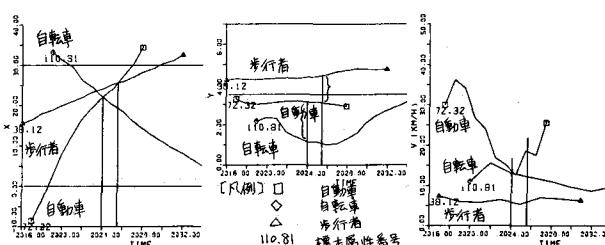


図-12(a) 行動軌跡図

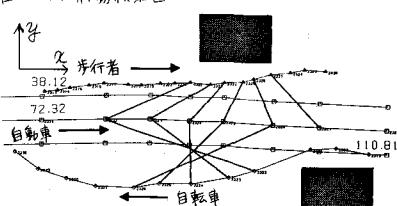
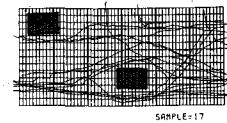
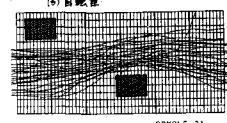


図-10 駐車車両と歩行者・自転車の軌跡
Case 1 (a)歩行者 (1.2m)

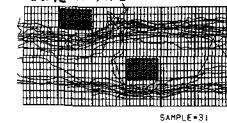


SAMPLE-17



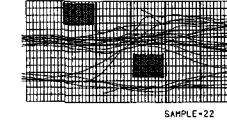
SAMPLE-31

Case 2 (a)歩行者 (1.7m)



SAMPLE-31

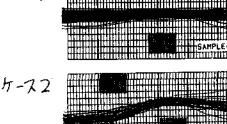
(b)自転車



SAMPLE-22

図-10(b) 駐車車両と自転車の軌跡

ケース1



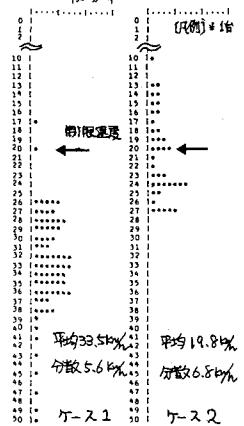
SAMPLE-75

ケース2



SAMPLE-41

(b)速度分布



CASE 1歩行者 CASE 2歩行者 CASE 1自転車 CASE 2自転車

している。そして、図-15では、その際の車の速度変化を図示して、図-13 直接距離分布(歩行者と自動車の場合)

3. これらの図によれば、約25km/hの速度で走行していた車は、横断しようとする歩行者を見つけ、約20m手前より速度を低下させており。一方、歩行者は急ぎ足で道路を横断している様子が観察できる。

4-4. メッシュ区分された道路平面の利用頻度

観測対象区間の道路平面をメッシュ(方向1m, Y方向0.5m)に分割し、歩行者・自転車・自動車が移動する際に各メッシュを占有する回数を求めた。ただし自動車についてはその幅員も考慮して算定した。ここでは、これらの計算結果を利用して、各メッシュが歩行者・自動車・自転車にいかに重複して利用されているかについて調べた。

図-15(a)は、まず歩行者の占有回数と自転車の占有回数の積を名メッシュについて求め、次にその積の最大値と最小値を10等分して各メッシュごとにランク分けして図示したものである。図-15(b)(c)(d)は、

歩行者と自動車の積、自転車と自動車の積、歩行者と自転車の和と自動車との積を、

それを用いて図-15と同様の方法で図示したものである。なお図-15の道路区間には、

道路の一端に2台の駐車車両が存在している。

図-15に示すように、駐車車両のない区間では、歩行者と自動車が同一のメッシュを重複して利用することは少く、空間的に分離されているが、自転車と自動車、自転車と歩行者との間では、重複利用が多くみられる。一方、駐車車両の近くでは、著しく三者の空間的重複が生じ、それだけ危険さも増すものと考えられる。

5. おわりに

本報では、地区内道路の混合交通流動の実態解析に関して、

メモリーショニカメラによる観測結果のデジタル化や、解析作

業における電算機の活用方法について述べてきた。一方ここで

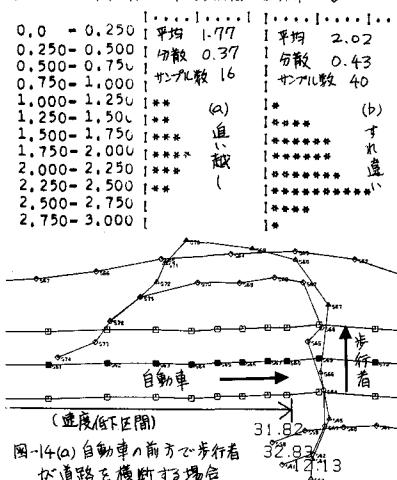
開発した作業方法は、現況の道路での実態解析に活用するだけ

にとどめず、さらに道路構造の改良による交通流動への影響の

調査へも応用して行きたいと考えている。最後に本研究を進める

うにあつたは、学部学生の村上哲雄氏(現大阪市土木技術協会)

の協力を得たことを感謝する。



(a) 自動車の前方で歩行者が道路を横断する場合

(b) 自動車の速度変化

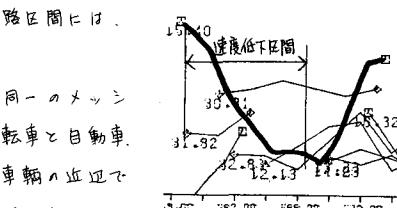


図-15 各メッシュにおける交通相互作用の占有回数の積
(a)歩行者と自転車 (b)歩行者と自動車 (c)自転車と自動車 (d)自動車と歩行者

図-15 各メッシュにおける交通相互作用の占有回数の積

(a)歩行者と自転車 (b)歩行者と自動車 (c)自転車と自動車 (d)自動車と歩行者

(注1) 式1によれば対応関係を決定するのに必要な未知数は8個ですか。それがいに平面上にある4点(いづれの3点も一直線上にない)の座標の対応関係が指定されると上式の形のものが8個得られ、それらを解けば求められます。

[参考文献]

- 奥山:「海上交通分野への電子計算機の応用」電算利用に関するシンポジウム 1977年11月
- 奥山・早藤他:「海上航行船舶拳動に関する研究」(第1報~第3報) 港湾技術研究所報告 1976年~1978年
- 高岸節夫:「すれちがい、追い越し(か)みた2方向2車線自転車道の通行帯幅員に関する実験的考察」交通工学 Vol.12 No.6 1977年
- 天野・小谷・村上 「地区内道路上における交通実態の調査とその解析について」 第34回土木学会全国大会講演概要集 1979年10月
- 天野・小谷 「地区内道路上における混合交通流動の実態解析について」 第13回日本道路会議論文集 1979年10月