

渋滞時の走行モード予測方法に関する一考察

大阪市立大学工学部 正員 ○日野 泰雄
大阪市立大学工学部 正員 西村 昂

1. はじめに

自動車排出ガス量推定の基礎として、自動車走行モードの予測は重要な課題であるといえる。そのため、これまで一連の調査研究^{1)~5)}を通じて、走行モード予測方法として信号停止モデルに基づく方法を提案してきた。本稿は、これをさらに実用可能なものとするため、とくに渋滞時の予測方法の改良およびその確立を目指すことを目的とするものである。そのため、従来の調査分析に加え、新たに渋滞時走行調査を実施し、渋滞時の種々の交通特性を分析した上で、それらの実情に対応した走行モード予測方法を検討することとした。

2. 渋滞発生状況と渋滞特性

2.1. 渋滞発生状況

大阪の過去5カ年の渋滞発生状況を図-1に示す。昭和40年以降の急増後の横ばいあるいは微減の傾向がみられる。しかし、これは道路の新設等の一部地域で

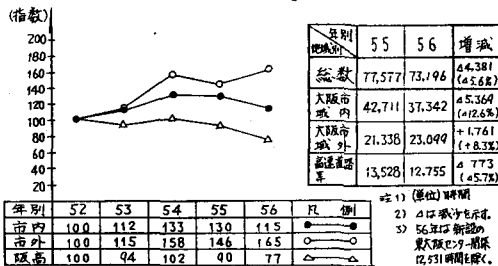


図-1. 渋滞発生状況推移

表-1 地点別路線別渋滞発生状況 (時間)

年	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
52	法内坂 (3553)	梅新東 (3474)	京阪線1 (3250)	京阪線2 (1718)	京阪線3 (1448)	京阪線4 (4046)	京阪線5 (3831)	R 2 (3215)	R 1 (2658)	R 43 (2599)
53	京阪線1 (3601)	梅新東 (3130)	京阪線2 (3041)	京阪線3 (2359)	京阪線4 (2155)	京阪線5 (5698)	京阪線6 (4021)	R 2 (3837)	R 1 (3281)	R 43 (2638)
54	京阪線1 (3876)	梅新東 (3663)	京阪線2 (3152)	京阪線3 (2934)	京阪線4 (2645)	京阪線5 (7988)	京阪線6 (5164)	R 2 (3871)	R 1 (3676)	R 43 (3515)
55	梅新東 (4247)	京阪線1 (4235)	京阪線2 (3384)	京阪線3 (2823)	京阪線4 (2812)	京阪線5 (8283)	京阪線6 (6106)	R 2 (3515)	R 1 (3412)	R 43 (3400)
56	梅新東 (4118)	京阪線1 (3348)	京阪線2 (2821)	京阪線3 (2431)	京阪線4 (2617)	京阪線5 (6485)	京阪線6 (5983)	R 2 (3912)	R 1 (3871)	R 43 (3041)

(注) ① 本年、上位5位までを示す。 ② 阪神線は除外。 ③ 56年京阪線は、阪神線と重複利用により大幅減少した。

表-2 原因別渋滞発生状況 (構成率) (%)

年	自然集中	道路工事	交通事故	故障車両	道路障害	その他
52	76.2	15.4	1.8	0.8	2.0	3.8
53	86.4	9.8	1.1	0.4	0.2	2.1
54	88.8	7.0	1.0	0.3	0.1	2.8
55	89.1	5.0	1.5	0.3	0.3	3.8
56	92.0	4.1	0.9	0.2	0.1	2.7

の減少の影響が大きく、しかも市内周辺部では増加の傾向にある。このことから、今後、飽和状態ともいえる都心部に対して、周辺部での渋滞が問題となることも予想される。反面、表-1の地点別・路線別の発生状況にあるような渋滞の慢性化もみられる。

渋滞原因については種々論じられているが、いずれにしてもボトルネックとなる部分での容量不足によると考えられる(図-2参照)。また、大阪での原因別発生状況は、表-2に示す通りである。

2.2. 渋滞特性

(1) 渋滞発生と時間交通量---渋滞発生時の交通量別に発生頻度をみると図-3のよう

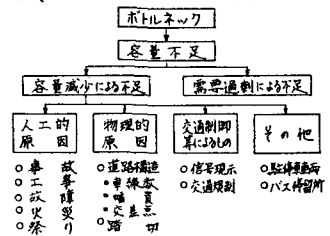


図-2 主な渋滞原因

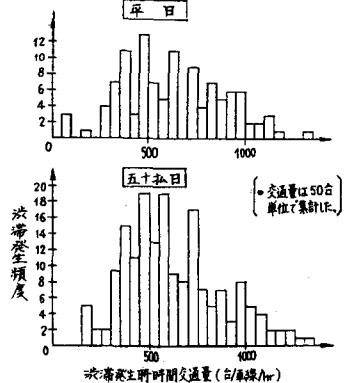


図-3 渋滞発生時時間交通量と渋滞発生頻度

である。又、図-4には交通量の時刻変化と渋滞時間の状況の一例を示すが、これから渋滞の特性を言い表すことは難しく、さらに詳細な分析が必要であろう。

(2) 渋滞時走行特性---前回渋滞時走行調査(S54. 大阪内環状線長交差点)の主な結果を以下に示す。
① Q-V関係は図-5の通りで、データが渋滞域にあることがわかる。又、ここで単位青時間当り1車線当り流出交通量(Q₀)と空間平均速度(V_L)及

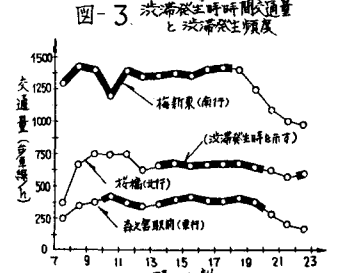


図-4 時間交通量の変化と渋滞発生状況

び平均走行速度(V_R)との関係は式(1)、(2)で表される。

$$V_L = 0.04 Q_0 \quad (R=0.90) \quad (1)$$

$$V_R = 0.36 Q_0^{0.69} \quad (R=0.89) \quad (2)$$

②速度と信号待ち回数(n)との関係は式(3)、(4)の通りである。(但し、 n は100m当りの換算値とする。)

$$V_L = 2.22 e^{-0.95n} \quad (R=0.95) \quad (3)$$

$$V_R = 5.73 e^{-0.61n} \quad (R=0.86) \quad (4)$$

(3)走行パターン---渋滞時走行状態の一例を距離-時間図上に示すと図-6のようであり、ある特定領域に他のモードが混在していることがわかる。さらに、速度ランク別の各モード構成比をみると(表-3)、次のような走行パターンを設定することができ。

- 走行パターン
- 渋滞2モード(A)---加速、減速、定速の割合が著しく低く、これを合わせて「ロロ走行」と考える。
 - 渋滞3モード(B)---(A)に比べ加速、減速が高く、定速はさらに低くなるため、定速を除く3モードと考える。
 - 中間領域4モード(C)---(D)に比べ定速の割合が低いのに、加速、減速の割合が高い、停止の割合もかなり高い。
 - 定常流4モード(D)---自由流の走行状態(平均的には、加速、減速、停止、定速の比が1:1:2:4程度と推定される)

この走行パターンは進行方向、地点等によって異なると考えられるものの、基本的には図-5等からもある程度妥当なものであるといえよう(4.2.(2)参照)。

3. 渋滞時走行調査

3-1. 調査概要

(1)調査地点---渋滞多発地点から表-1などを参考に、四つ橋筋の信濃橋交差点と桜橋交差点間の約1.6km(図-7)を選定した。又、調査は、その性格上いわゆる「五十歩百歩」に実施することとした。

表-3 速度ランク別モード構成 (実測による平均値: 87425)

区間速度 (km/hr)	加速 (sec)	定速 (%)	減速 (sec)	停止 (%)	合計 (sec)
0~5	7.68	5.1	6.43	4.3	8.43
5~15	7.14	10.9	2.44	3.7	8.18
15~30	6.70	41.0	4.14	25.4	3.59
30~	2.30	28.9	4.13	51.8	1.52

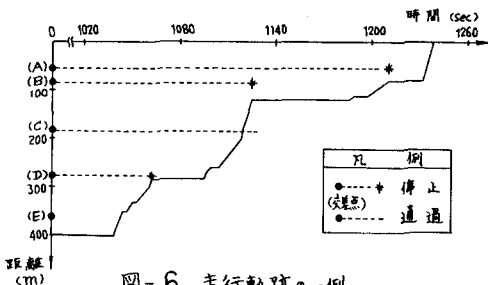


図-6. 走行軌跡の一例

(2)調査内容と方法---本調査は大きく次の2つの調査に分類される(表-4参照)。

- ①定点観測調査; 調査区間中の4つの主要交差点で、交通量をはじめとする基礎データを観測する。
- ②走行調査; タコグラフを搭載した調査車で(定点観測調査に対応するように)調査区間を走行するとともに、テープレコーダに必要事項を随時録音記録する。

3-2. 基礎集計結果

(1)流入交通量---調査区間内の四つ橋筋に注目した交通の流入状況および時刻変動を図-8に示す。

(2)平均速度---走行調査による各区間毎の空間(区間)平均速度および平均走行速度を表-5に示す。

(3)停止台数と行列長, 最大密度等---大型車混入率別にこれらの関係をみると表-6のようである。

3-3. 渋滞時走行特性

(1)渋滞時Q-V

関係---図-5より

渋滞データを抽出し、

Q-V関係をみると

式(5)のようである。

$$V_L = 0.87 + 0.018 Q \quad (R=0.26) \quad (5)$$

式(1)などに比べ、精

度はかなり悪いが、

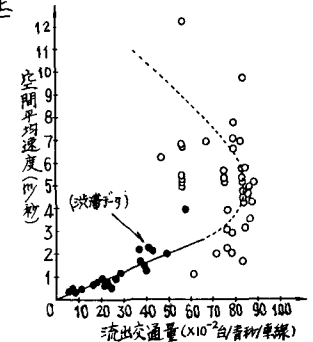


図-5 Q-V関係

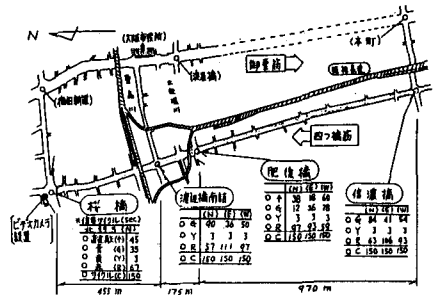


図-7 調査地点概要

表-4 調査内容

調査種別	調査対象	調査項目	調査日時	調査方法・使用機器
定点 (交差点)	信濃橋交差点 肥後橋交差点 渡辺橋南交差点 桜橋交差点	① 信号サイクル ② 流出交通量 (各時間15分間隔) ③ 行列長と停止台数 ④ 大型車混入率	S57. 10. 5, 15, 20 (土曜・日) 8:30~17:00 (各項目は1日4回観測)	* 調査員による ・カウンタ ・ストップウォッチ ・記録紙 ・巻尺
走行調査 (約1.6km)	信濃橋~桜橋	① 走行時間 (区間、区間速度) ② 停止、加速、減速および停止位置 ③ 走行モード構成	同上 土曜 8:30~17:00 日曜 8:30~17:00	* 調査員による ・タコグラフ ・テープレコーダ

これは、調査条件が前回より非常に複雑になっている
(2車線→5~7車線, 調査区間に含まれる信号交差点数 0→
1~8) ため、このような複雑な条件下での交通流を
適確に表現するにはデータが十分でなかったようである。

(2)交通密度----ここでは最大密度という意味で、
停止台数と行列長の関係を渋滞指標を介して試みる。
表-7は、これを渋滞ランク(ここでは、2-2(3)に従っ
て次のような空間速度による分類とする。A; 5km/h
未満, B; 5~10km/h, C-1; 10~15km/h, C-2; 15~25km/h)
と大型車混入率別に求めた回帰式($y=a+bx$)の傾きを
示したものであるが、混入率が小さい程あるいは渋
滞ランクが高い(渋滞がひどい)程、傾きは小さい、
つまり行列長が短くなる傾向がうかがわれる。又、こ
のことは、渋滞ランクが高い程密度は大きく、平均車
頭間隔は小さくなることを示している。

(3)走行パターン---本調査からも2-2(3)で示した
走行パターンとほぼ同様の傾向がみられ、渋滞時には
2モードと3モードのパターンを考慮する必要がある

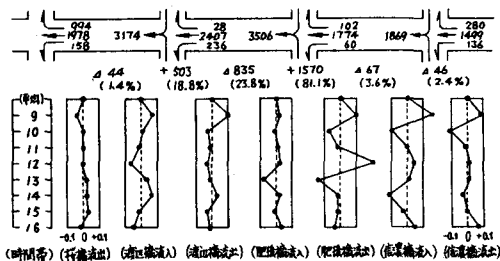


図-8 流入交通量 (3日分平均値: 台/時間)

表-5 区間および走行速度

区間	A (959m)			B (176m)			C (455m)			全通 (4500m)		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
直進	5.4	0.8	2.5 (1.75)	12.6	0.7	4.4 (2.48)	3.8	1.5	2.5 (0.88)	4.8	1.0	2.2 (1.16)
右折	10.6	4.9	7.3 (1.96)	13.5	3.6	6.5 (3.43)	9.9	4.4	6.0 (1.35)	9.0	2.6	4.5 (1.73)
左折	5.8	0.7	2.7 (1.64)	8.0	1.0	3.5 (2.75)	1.7	0.9	1.3 (0.51)	4.5	0.9	1.9 (1.01)
計	10.3	2.7	7.1 (2.62)	11.0	3.9	6.5 (2.44)	7.1	3.7	5.1 (0.98)	8.7	3.3	4.1 (1.65)
右折	2.8	0.9	1.4 (0.60)	1.7	1.1	2.8 (2.15)	4.0	1.5	2.5 (0.72)	3.1	1.1	1.7 (0.61)
左折	1.8	4.8	6.2 (0.95)	12.6	3.3	5.9 (3.47)	10.6	4.5	6.0 (1.33)	7.2	4.8	6.0 (2.72)
計	5.8	0.7	2.7 (1.34)	12.6	0.7	3.5 (3.47)	4.0	0.9	0.8 (0.86)	4.8	0.9	0.9 (0.95)
走行	10.6	2.7	6.8 (2.71)	13.5	3.3	6.5 (2.73)	10.6	3.7	5.1 (1.19)	9.0	2.6	4.5 (1.39)

(注) 正副 A~C は、2.4. 信号機~配電盤~道交点~信号機の各区間を示す。

表-6 行列長と停止台数

大型車混入率 (%)	停止台数 (台)		行列長 (m)		最大密度 (台/m)		平均車頭間隔 (m)	
	平均値	σ	平均値	σ	平均値	σ	平均値	σ
0	9.0	0.14	52.9	24.07	17.2	0.11	6.0	0.07
0~10	12.9	0.20	75.8	24.22	17.3	0.14	5.9	0.08
10~20	10.1	0.18	62.8	27.30	16.1	0.13	6.4	0.09
20~30	8.7	0.33	56.9	25.36	15.3	0.28	6.8	0.21
30~	6.2	0.35	44.5	18.72	13.9	0.32	7.4	0.25
計	9.9	0.18	60.1	24.87	16.7	0.20	6.2	0.09

と考えられる。(図-9参照)

4. 渋滞時走行モード予測

4-1. 従来の予測モデルの概要

(1)基本的要件----渋滞時の走行モード予測モデル
に必要な条件は、次の通りである。

- ①信号交差点での停止率は100%である。
- ②渋滞の程度の高い場合を想定するため、「停止」と「ノロノロ走行」の2モード構成とする。
- ③停止波と発進波曲線は、夫々次の様に表される。

$$\text{発進波: } d = 5.27 t_s - 0.99 \quad (R = 0.9)$$

$$\text{停止波: } d = 4.14 t_p + 7.84 \quad (R = 0.93)$$

(d: 停止線からの距離(m), t_s , t_p : 先頭車が発進又は停止してから時間(秒))

(2)走行モード予測方法----予測手順を以下に示す。

- ①信号サイクル(もしくは赤現示時間)を設定する。
- ②渋滞時走行特性を表す要因(通常単位青時間当り流出交通量)により渋滞の程度を把握し、これによる発進波、停止波を描き、停止領域を設定する。
- ③停止領域の面積、区間長より平均停止時間を算出。
- ④流出交通量より平均走行速度を設定し、これと区間長より平均ノロノロ走行時間を算出する。
- ⑤各モード構成比を算出する。

4-2. 問題点とモデルの改良

(1)従来のモデルの問題点----従来の渋滞時予測モ

表-7 停止台数と行列長の回帰式(傾き)

渋滞 ランク	A	B	C-1	C-2	平均
0%	5.50 (0.97)	5.32 (0.95)	5.94 (0.98)	5.87 (0.98)	5.67
0~10%	5.39 (0.97)	5.75 (0.95)	—	—	5.57
10~20%	6.24 (0.97)	5.98 (0.93)	4.50 (0.98)	7.66 (0.77)	6.10
20%~	6.30 (0.98)	6.25 (0.93)	7.19 (0.98)	—	6.58
平均	5.86	5.83	5.88	6.77	—

(注) () 内は相関係数(但し、回帰式は $y=a+bx$)
。渋滞ランクは、空間速度による。(表-5参照)

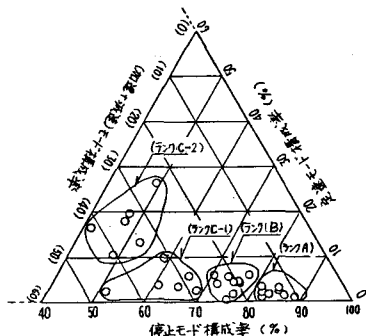


図-9 走行パターン分類(実測値)

デルで問題となる点を列挙すると次の通りである。

①渋滞の程度が考慮されていない。(渋滞ランクの設定が必要である。)

②渋滞時の走行パターンを検討する必要がある。(①のランク設定が可能なら、ランク別の走行パターン及びモデルの適用基準を設定することも可能となる。)

③各モードの平均時間算出方法について検討する必要がある。ここでは、次の3通りの方法を考える。

○停止領域図と平均走行速度による方法(モデル1)

○停止領域図と空間平均速度による方法(モデル2)

○停止領域図と走行領域図による方法(モデル3)

④従来のモデルでは、渋滞ランクが高くなるにつれて走行時間が過大評価される。

(2)モデルの改良----(1)の問題点への対応策を示す

ことによって、モデルの改良を検討することとする。

①渋滞ランクの設定と走行パターン；空間速度による渋滞のランク分類については先に述べたが、ここではこれを実際に測定容易な流出交通量に換算することによって、以下に示すような単位青時間当り1車線当り流出交通量(Q)による基準を設定することとした。

○ランクA ($Q < 30 \times 10^2$, $V_L < 1.4 \text{ m/s}$)；飽和状態に近い交通流で車頭間隔が小さく、加速、減速の区別がでないため、停止とノロノロ走行の2モードと考える。

○ランクB ($30 \times 10^2 \leq Q < 70 \times 10^2$, $1.4 \leq V_L < 2.8 \text{ m/s}$)；車頭間隔が一時的に大きくなるため、加速→減速(定速状態にまで達しない)→停止の3モード構成が適当と考えられる。

○ランクC ($70 \times 10^2 \leq Q < 105 \times 10^2$, $2.8 \leq V_L < 7.0 \text{ m/s}$)；4モード構成ではあるが、停止の割合がまだ高く中間領域といえる。但、調査結果からこれはさらにC-1($2.8 \leq V_L < 4.2$)とC-2($4.2 \leq V_L < 7.0$)に分類するのが妥当と思われる。

○ランクD (70×10^2 未満, $V_L \geq 7.0 \text{ m/s}$)；自由走行領域。

②平均時間算出方法及び補正；従来、モデル1を採用していたが、予測モデルの開発過程では速度にかえて流出交通量を指標としていることから、予測時には速度要因をとり込む必要のないモデル3がより実用的であるといえる。又、走行時間の過大評価については、いわゆる走行領域内での停止が考慮されていないためと考えられる。そこで、今回の調査から走行領域内での停止の割合(Y)を次の様に設定することとした。(但し、サンプル数により前述の分類とは若干異なる。)

指標	ランク	A	B	C-1	C-2	D
Q ($\times 10^2$ 台/箇所/時)		0~50	50~75	75~100	100~75	75~0
V _L (m/sec)		0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~7.0	7.0~
Y _i (%)		29.9	25.8	19.0	7.0	2.7

4.3. モデルの適用結果

以上の諸点を考慮した予測値と実測値との比較を図-10に示す。但し、3モードの場合の加減速モードについては、調査結果から得られた流出交通量別の加減速構成比を用いて2モード予測値から換算することとした。この結果、誤差はいずれもほぼ20%以下で、中でもモデル3は10%以下とかなり良い適合度を示している。又、従来の問題点はこの結果には現われておらず、モデル改良対策は妥当であったといえよう。

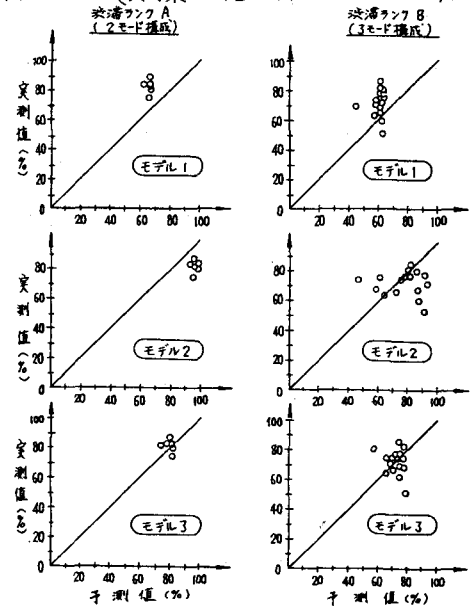


図-10 予測結果(停止モード)

5. あわりに

本稿では、渋滞時交通流の調査・分析から走行モード予測に必要な要因及び走行特性を検討することによって、従来の予測モデルを改良するとともに走行パターン分類等によるモデル適用基準設定のための1つの方向を示した。今後は、本稿でのいくつかの試みを確実なものとし、さらに中間領域に対するモデルあるいはその適用について検討することが必要となろう。

(参考文献)

- 1) 海佐, 西村, 日野「信号停止モデルによる自動車走行モードの予測式について」, 建設学会誌, 34, 1980
- 2) 日野, 西村, 海佐「信号停止モデルによる渋滞時の走行モード予測について」, 同, 35, 1981
- 3) 日野, 西村「信号停止モデルによる自動車走行モードの予測について」, 土木学会論文報告書, 1981
- 4) 日野, 西村「信号停止モデルによる道路の走行モード予測について」, 同, 1982
- 5) 西村, 日野, 海佐「信号停止モデルによる自動車走行モードの予測式について」, 建設学会誌, 34, 1980