



狭幅員道路交通流中の自転車走行特性のシミュレーション解析

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-11-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高岸, 節夫, 吉田, 義隆 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00008029

狭幅員道路交通流中の自転車走行特性 のシミュレーション解析

A Simulation Analysis on Running Characteristics of Bicycle in Mixed Traffic Flow

高岸 節夫* ・ 吉田 義隆*
Setsuo TAKAGISHI* ・ Yoshitaka YOSHIDA*

(昭和57年4月15日受理)

あ ら ま し

狭幅員道路は自転車走行にも危険性の高いものが多く、遅れている自転車道等の整備を促進するには、この点を十分に説明する資料を用意する必要がある。

本研究は、混合交通流が狭幅員道路の一般的特性であることから、理論や実態観測による解析方法をとらずにシミュレーションによって、自転車走行の危険性を評価しうる走行特性を出力する方法をとっている。本論においては、開発したシミュレーションモデルの概要を2章で、自動車交通量(100～350台/h)と歩行者交通量(100～500人/h)の組合せをパラメータとして得た自動車に追従される現象、路側走行現象、歩行者との衝突を避ける停止現象、等に関する走行特性を3章で示している。

狭幅員道路のモデル、各種交通の走行・挙動のモデルはかなり単純化してあり、試行数も十分な量とはいえないなどの弱点はあるが、自転車走行の危険性の評価を可能とする数種の走行特性を基本的には示し得たと考える。

1. ま え が き

わが国の街路には、幅員が狭小であっても各種交通量がそれぞれかなりの量に達しているものが多くあり、狭い道路空間を自動車、自転車、歩行者が混合し共用している例は決して少ない。最近では路面標示により路側帯を設置して、歩行者あるいは自転車の通行部分と車道とを区画する方向にあるが、車両でもある自転車は車道と路側帯(歩行者用を除く)の両方を走行できるため、また歩行者も車道にはみ出ることも多く、狭幅員道路の交通流は路側帯のある道路においても混合しているのが一般的である。

自転車交通量の増加に伴って、自転車の安全利用を促進すべく自転車道の整備が推進されているが、各種交通の混合度の高い狭幅員道路は、本来高い優先性をもつものである。ところが、狭小な幅員、交通流の混合という特性は整備の実施を困難にするものであって、高い優先性にもかかわらず自転車道の整備例は数少く、自転車利用者にとっては道路環境が改善されてきているという実感の少ないのが現状となっている。

一般に、既成街路では、道路および交通の状況から、道路改築、交通規制、この両者の併用

*土木工学科 (Department of Civil Engineering)

のいずれかの整備手法によって、適する種類の自転車道が設置される¹⁾が、歩道はもとより、路側帯も狭いものしかとれないような道路では道路改築手法単独では無理であり、交通規制の援用が必須となる。例えば、2方向通行を1方向化すること、1方向通行である場合には通行禁止とすること、等によって自転車道（広義）の整備を可能なものとしてすることができる。しかしながら、新たな交通規制の実施は地元住民のコンセンサスを必要とし、またその影響を吸収してくれる他の道路の存在することが条件となるなど、ここにも難点が存在する。

本研究は、自転車道設置の必要性が高いにもかかわらず、また基本的な整備手法が確立されているにもかかわらず、その整備推進の遅れている狭幅員道路を対象に、自転車道整備推進のkeyの一つとみなされる交通規制の実施に根拠を与える基礎的資料を提出しようとするねらいをもつものである。困難な諸点があるとしても、交通規制の導入こそが自転車の走行環境を改善しうるものと筆者らは考えている。

さて、本研究では、主にシミュレーションの手法によって狭幅員道路の混合交通流中を走行する自転車の走行特性を解析した結果を示すが、自転車走行の危険性を自動車および歩行者の交通量に関連して分析し評価することを直接的目的とする。したがって4章において、自転車交通の立場から自動車、自転車、歩行者の共存限界についても若干の考察を行う。

シミュレーションは複雑な交通現象の特性を把握するのに有効な手段であり、記憶容量の大きな電子計算機を用いればかなり忠実に交通現象をシミュレートすることができ、実態に近い特性を把握することができる。しかし、本研究においては、モデルを新たに開発する必要のあること、ねらいとする自転車走行の危険性評価が可能であれば実態と相似する自転車走行特性を出力できればよいこと、を主たる理由として、マイコンによる、自動車、自転車、歩行者の挙動を単純化して与えたシミュレーションを実施している。この概要は2章に示している。

自転車走行の危険性は自動車、歩行者との交通干渉によって生じると考えられる。そこで、自動車に追従されて走行した時間、回数、路側帯を走行した時間、回数、路側帯で歩行者の存在によって停止した時間、回数、等を出力することにより、これ等を自転車走行の特性を示す指標としてとりあげ、3章ではこれ等のシミュレーション結果を整理して示す。

なお、道路モデルは次章で示すもの1種類を扱っただけであり、多種のシミュレーションを大型電子計算機により遂行していくことが今後の課題となっている。

使用したマイコンはソードM223である。

2. シミュレーションの概要

(1) 道路モデル

2方向通行。路側に1m程度の歩行および自転車走行空間（路側帯）をもつ。低速度規制（30km/h）、はみ出し禁止規制あり。駐停車車両なし。交通信号機なし。

(2) 自転車の走行モデル

1台の自転車を50km走行させる。原則として車道走行。路側に進路変更できるのは、後方から自動車が D_{bc} の距離に接近し、路側の歩行者との間に S_{bp} 以上の距離があるときだけ。路側から車道へは自動車との間に S_{bc} 以上の距離が必要。 S_{bp} 、 S_{bc} には5秒間の走行距離が含まれる。これは自転車の非現実的な進路変更を抑制するためである。路側に入った自転車は S_{bc} が得られ次第車道にもどる（少くとも5秒経過してから）。

車道にもどれず歩行者との安全距離が D_{bp} になると5秒間停止する。停止後は歩行者との間に S_{bp} が得られるときは自動車との間に S_{bc} が得られるまで路側走行し、 S_{bp} が得ら

れないときは引き続き停止する。

速度は15km/h。加減速による速度変化はなしとする。

(3) 自動車の発生および走行モデル

一様乱数を発生させて、指数分布に従う車頭間隔を決定する。乱数は5つおきに採択。自転車を追い抜く時点、または自転車に追従の時点で次の車を発生させる。

先行する車道上の自転車との距離が安全間隔 D_{bc} に達すれば自転車に追従し、速度は瞬時にして15km/h。次の車と先行追従車との距離が安全間隔 D_{cc} に達すると複数追従とする。自転車が路側に入れば、1秒遅れで、つぎつぎに元の速度に瞬時にしてもどる。

速度は30km/h。加減速による速度変化はなしとする。

(4) 歩行者の発生および歩行モデル

2方向通行。自動車と同様に指数分布間隔を与える。自転車とすれちがう時点で次の歩行者を発生。自動車はもちろん、自転車にも何ら妨害されることなく歩行する。

速度は5 km/h。

(5) 自動車交通量、歩行者交通量、および実施したシミュレーションのケース数

自動車交通量は100台/h～350台/h、50台きざみ。歩行者交通量は両方向とも同量とし、合計量で100人/h～500人/h、100人きざみ。

両交通量の組み合わせ数30のケースについてシミュレーションを実施した。

(6) 主な出力

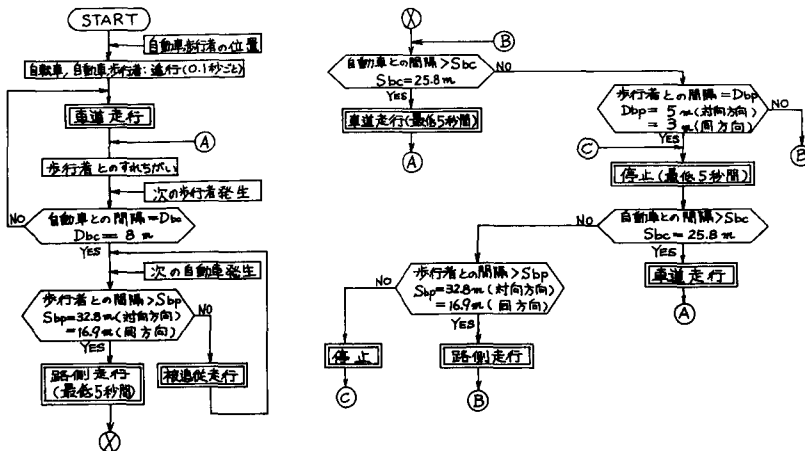
現象が生起するたびに、自転車が自動車に追従されて走行した時間（被追従時間）、追従台数、路側走行時間、路側で停止した時間（停止時間）を出力。

また、自転車が500m走行するごとに、その間の被追従時間とその回数、追従自動車台数、路側走行時間とその回数、停止時間とその回数を出力。

(7) その他

自転車走行の最初の500mは非定常状態と考えると、この間の出力は採取していない。したがって自転車を50.5km走行させている。また、発生させた自動車および歩行者間隔の指数分布性については、廣岡が満足できるデータを示している²⁾ なお、一様乱数を5つおきに採択したのは、大阪電気通信大学・石柘正士教授の助言による。

(8) フローチャートおよび定数



図—1 自転車走行モデルの流れ図

自転車走行モデルを流れ図で示すと図一1のようである。

Dbp, Dbc, Dcc は筆者らの判断により決定した。

Sbp, Sbc は以下の計算式で定まる (単位はメートル)。

$$S_{bp} = \begin{cases} 5(v_b + v_p) / 3.6 + D_{bp} & \text{(自転車と歩行者が対向の場合)} \\ 5(v_b - v_p) / 3.6 + D_{bp} & \text{(自転車と歩行者が同方向の場合)} \end{cases}$$

$$S_{bc} = 5(v_c - v_b) / 3.6 + D_{bc}$$

ここに、 v_b , v_p , v_c はそれぞれ、自転車、歩行者、自動車の時速である。

3. 自転車走行特性

本章でとりあげる自転車走行特性は表一1に掲げる特性指標に関するものである。

自転車1台を50km走行させたが、出力された特性値を、まず、50km走行における集計値を100m走行あたりに換算して示す(3.1)、これは50km走行値を500で除して得られるものであり、単位区間(100m)走行時の平均的特性を知ることができる。

つぎに、500m走行ごとの、回数に関する集計値(標本数は100である)を統計処理して、500m走行時の被追従走行回数等の分布を示す(3.2)。これにより、単位区間(500m)走行時の諸現象の発生状況を確認することができる。

三番目に、個々の被追従走行時間の分布、および1回の被追従あたりの追従自動車台数の分布を示す(3.3)。これより各特性値の大きさの分布を知ることができる。

3.1 単位区間(100m)あたりの平均的走行特性

100mあたりの各特性値を、3種類の自動車交通量(Q_c)、5種類の歩行者交通量(Q_p)に関して示すと表一1のとおりである。

$Q_c=300$, $Q_p=500$ において、停止時間は1.2秒にすぎないが、車道を自動車に追従されず

表一1 単位区間(100m)あたりの平均的走行特性

特性指標 \ Q_p	Q_c 100					Q_c 200					Q_c 300				
	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
所要時間(秒)	24.0	24.0	24.1	24.1	24.2	24.1	24.2	24.3	24.5	24.6	24.3	24.5	24.7	25.0	25.2
停止時間(秒)	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.3	0.5	0.7	1.0	1.2
走行時間(秒)	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
車道単独走行時間(秒)	22.0	21.1	20.3	19.4	18.4	20.2	18.8	17.6	16.0	13.5	18.8	17.2	15.8	14.0	11.9
被追従走行時間(秒)	0.6	1.3	2.2	3.1	4.4	0.9	2.3	3.8	5.7	8.6	1.2	2.9	4.8	6.8	9.3
路側走行時間(秒)	1.4	1.6	1.5	1.5	1.2	2.9	2.9	2.6	2.3	1.9	4.0	3.9	3.4	3.2	2.8
被追従走行回数	0.12	0.20	0.21	0.24	0.21	0.20	0.33	0.35	0.36	0.31	0.25	0.43	0.44	0.46	0.41
路側走行回数	0.26	0.29	0.28	0.29	0.23	0.53	0.52	0.46	0.41	0.34	0.67	0.66	0.56	0.52	0.45
停止回数	0.00	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.05	0.10	0.11	0.05	0.10	0.14	0.20	0.24
追従自動車台数	0.13	0.24	0.25	0.30	0.26	0.24	0.42	0.48	0.57	0.57	0.32	0.60	0.67	0.87	0.90

注) Q_c :自動車交通量(1方向)(台/時)

Q_p :歩行者交通量(2方向)(人/時)

に単独走行できるのは区間のおよそ半分となっている。また、被追従走行回数の最大は0.46，路側走行回数の最大は0.67であり，表-1に示す範囲では平均的にはどちらも1回に達しない。

3種類の走行時間による総走行時間（24秒）の構成内容を見ると図-2の（a）～（f）のようになる。路側走行時間の変化は少く，被追従走行時間（斜線部）は Q_c の大きいものほど， Q_p の増加に伴う変化が大きくなっている。

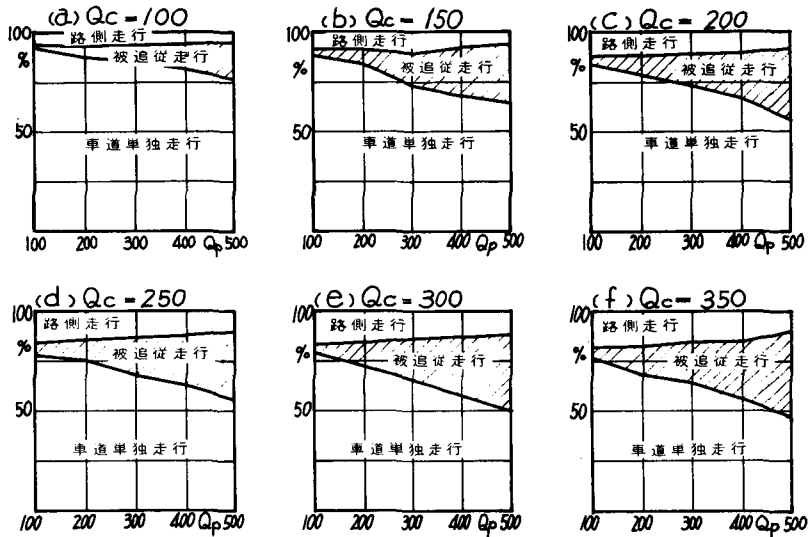


図-2 総走行時間構成の変化

3.2 単位区間(500m)における，回数に関する特性値の分布

500 m 区間における被追従走行の発生回数の分布を， $Q_c=100, 200, 300, Q_p=100, 300, 500$ に関して，図-3に示す。視察的にポアソン発生しているとみることができる。

路側走行回数，停止回数は，それぞれ表-2，表-3に示すものが得られた。

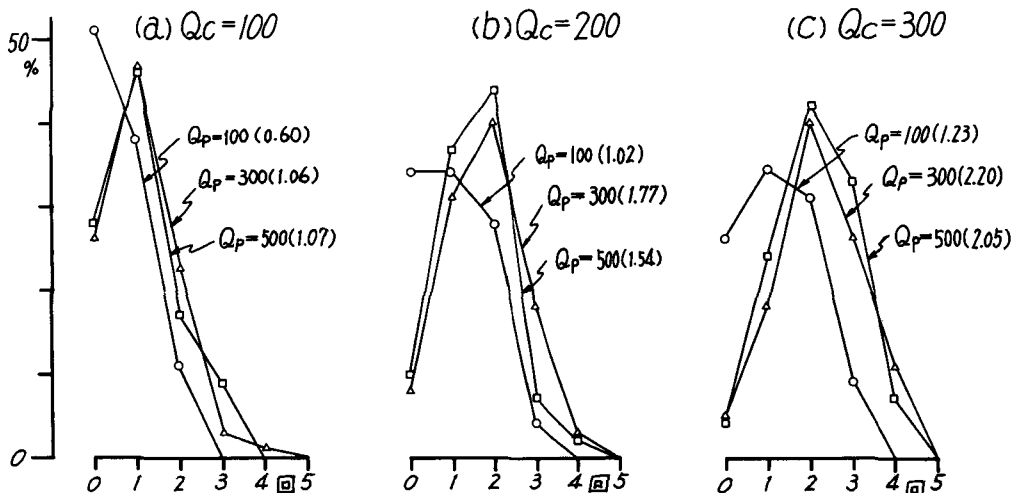


図-3 被追従走行回数分布(カッコ内は平均値)

表一 2 路側走行回数 の 分布

路側 走行回数	Qc		1 0 0					2 0 0					3 0 0				
	Qp		100	200	300	400	500	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
0			20	14	14	14	28	2	0	3	3	9	0	0	1	1	3
1			44	41	43	46	37	18	15	15	22	32	5	3	8	17	13
2			25	31	34	25	26	26	35	39	43	44	17	25	28	25	50
3			8	12	8	13	9	31	29	34	30	13	35	30	40	37	26
4			3	2	1	1		16	17	8	2	1	27	25	19	20	7
5						1		6	4	1		1	14	16	2		1
6								1					2	1	2		

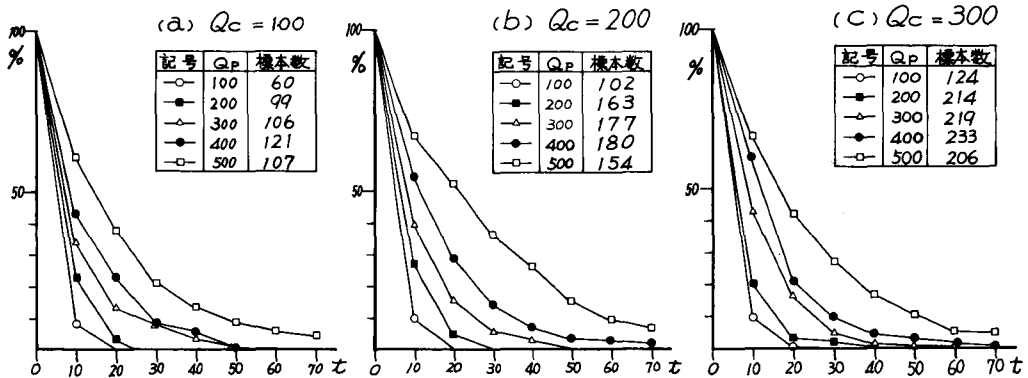
表一 3 停止回数 の 分布

停止回数	Qc		1 0 0					2 0 0					3 0 0				
	Qp		100	200	300	400	500	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
0			99	93	92	91	84	90	83	79	63	55	78	62	63	33	33
1			1	7	7	8	13	8	15	15	26	36	18	31	18	49	33
2					1	1	3	1	1	6	10	8	3	4	10	9	20
3								1	1		1	1	1	3	4	5	9
4															3	3	3
5															2	0	2
6																1	

3. 3 時間に関する走行特性値の分布

被追従走行時間について、階級を5秒として度数分布を調べ、t秒を超える超過比率を求めた。これを図一4（図では10秒間隔で描いてある）、および表一4（平均被追従走行時間を含む）に示す。図から指数分布に従うものであると推察される。また、本特性値は自動車交通量に無関係なものであるが、図一4、表一4に示されたシミュレーション結果は、一応これを満足しているものとみなしてよいであろう。

追従自動車台数の分布を表一5に示す。



図一 4 t秒をこえる被追従時間の分布

表一４ t 秒をこえる被追従時間の分布

t	100					200					300				
	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
10	8.3	23.2	34.0	42.9	60.7	9.8	25.2	39.0	54.5	67.0	9.7	20.6	43.0	59.7	66.5
20	0	3.0	13.2	23.1	37.3	0	5.0	15.2	29.0	52.1	0.8	3.8	17.0	21.5	42.2
30		0	7.5	8.3	20.4		0	5.6	14.0	35.9	0	2.4	4.7	10.3	27.6
40			2.8	5.8	12.9			2.8	7.4	26.2		0.5	1.0	4.7	17.0
50			0.9	0.8	8.2			0	3.6	15.2		0	1.0	3.4	10.7
平均(秒)	5.0	6.7	10.4	12.9	20.8	4.8	7.3	11.0	16.0	28.0	5.0	7.1	11.3	14.8	23.1

表一５ 追従自動車台数の分布

追従台数	100					200					300				
	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500	100	200	300	400	500
1	57	82	90	101	87	88	128	129	116	86	95	154	139	106	88
2	3	15	11	14	16	12	15	37	42	35	22	43	55	79	55
3		2	5	5	3	2	10	8	13	18	7	10	19	29	35
4				1	1			3	3	5		7	5	11	14
5									4	7			0	7	4
6									0	1			0	1	6
7台以上									2	2			1		4

4. 本研究の応用

本研究のねらいは、前述のように、狭幅員道路における混合交通流中を走行する自転者の危険性を評価できるようにし、自転車道、そして自転車道路網の整備を行う際にその基準と根拠を与えることができるような資料を提出しようとするところにある。

自転車が自動車に追従される現象、走行進路を変更しようとする現象、歩行者との干渉現象には、自動車による追突事故、接触事故、また弱者の立場にある歩行者との衝突や接触事故が潜在すると考えられる。本研究のシミュレーション解析によって出力した自転車走行特性値のうち、被追従走行時間および回数、路側走行回数、停止回数は、より直接的に事故の危険性の潜在量を示すものとして、今後さらに分析を進めていけば利用できることが多いものとなる。路側走行時間、自動車追従台数、停止時間も、参考になる資料となろう。

5. あとがき

シミュレーションモデルを開発するのに適していると考え、開発および実行をマイコンにより行ったが、単純なモデルにもかかわらず予想外の時間を費した。このため出力された特性値を十分に解析できずに、むしろ基礎的データの整理にとどまった内容となった。しかしながら、シミュレーションは的確に遂行されていると判断され、モデルも有用な資料を得ることのできるものであることがわかった。今後は本校情報処理センターの電子計算機を用いて、本研究の

進展を図るつもりである。

自転車走行の危険性評価は、最近における自転車事故の顕在化をみると、自転車道等の整備基準作成のためならずとも意義のある作業である。混合交通流中においては老人や子供の自転車利用はとくに危険性が高いが、本研究モデルへの組み込みは無理としても、別な角度からの研究の必要性は大きいと考えている。

最後に、マイコンの使用にあたって、本校土木工学科宮脇幸治郎助教授、電気工学科黒田芳郎技師から助言と御鞭撻をいただいたことを記し、深謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 高岸節夫, 「既成市街地における自転車道の形成手法について」, 大阪府立工業高専研究紀要第15巻, 昭和56年9月。
 - 2) 廣岡隆, 「狭幅員道路における自転車走行の危険性に関する一評価」, 大阪府立工業高専卒業研究(土木工学科), 56—10, 昭和57年1月。
- 佐佐木綱, 「交通流理論」, 技術書院, 昭和40年4月。