

## 信号交差点における右折車線長と右折専用現示との関連

出口近士\* 沼田實\*\* 平間宏\*\*\*

本研究はシミュレーションによる解析により、右折車が車線を越えて滞留する確率、ならびに遅れ時間を評価指標として、右折車の処理に必要な右折車線長と右折専用現示時間について検討したものである。解析結果から、右折車線の設置のみで対処可能な交通条件下における、片側1車線交通の所要右折車線長の算定式を回帰分析により求めた。また、右折専用現示との併用が必要となる交通条件下の多車線交通についても、両者の相互依存関係を検討するとともに、これらの設計のための基礎的指標を求めたものである。

### Relation between Length of Right-Turn Lane and Signal Phasing at Signalized Intersection

Chikashi DEGUCHI\* Minoru NUMATA\*\* Hiroshi HEIMA\*\*\*

The effects of right-turn lane and right-turn phasing on delay time and the probability that queue exceeds the end of the lane are investigated by a simulation approach. From simulation results, regression equations for the length of right-turn lane are derived under the traffic conditions that only installation of right-turn lane is required on one-lane road in one direction. In addition, fundamental guides for the design of right-turn phasing and lane length are obtained in consideration of their interdependence during periods of heavy traffic flow on multilane road.

#### 1. はじめに

信号交差点における交通容量の低下や、追突・接触事故等の原因の一つである右折車の滞留に対して、右折車線ならびに右折専用現示の設置<sup>1)</sup>等の制御方式の改良がその対策の一環として、鋭意進められてきている。従来<sup>2)</sup>の右折車線長は、主として右折車交通量および信号サイクル長のみを考慮して決定されており<sup>2)</sup>、一方右折専用現示の設置の目安としては、事故統計、交通量および右折遅れによるもの等<sup>3)</sup>があげられているものの、現示時間については明確にされていないのが現状である。

右折車線の設置は当然長い程望ましいが、対向車線幅の縮小や、車線拡幅のための用地の確保といった道路構造の空間的条件や経済的条件による制約を受けることも少なくない。一方、右折専用現示の設置は右折交通にとって安全性の観点からも望ましい

ものの、現示数の増加による直進車交通の容量低下といった問題を生じさせる。このため、右折専用現示および右折車線長は、これらの関係を十分考慮した上で、有機的に決定することが重要となる。

本報告はシミュレーション・モデルによる解析により、右折車が右折車線を越えて滞留する確率、いわゆる右折車停滞確率<sup>4)</sup>に着目し、これと遅れ時間とを基準として、右折車ならびに対向直進車交通量、信号サイクル長、青現示スプリット比を与件とした場合の所要右折車線長、およびこれと右折専用現示時間との相互依存関係を求めたものである。

#### 2. シミュレーション・モデル

##### 2-1 右折車滞留の影響要因

右折車が交差点に到着すると運転車は前方停止車の有無、信号現示および対向直進車の車頭時間や横断歩行者の有無等を確認する。そしてこれらの条件のうち1つでも満足されない場合には、右折車は停止を余儀なくされ、更には設置された右折車線を越えて滞留することも起こる。この右折車滞留に影響を及ぼす要因は、大別すると交通要因、道路要因および信号制御要因等が考えられる。これらのうち今回の解析で考慮した要因を Fig.1に示す<sup>5)</sup>。

##### 2-2 モデルの概要

\*九州大学 助手 交通工学、地域計画  
Traffic Engineering, Regional Planning  
Research Associate, Kyushu University

\*\*九州大学 教授 交通工学、地域計画  
Traffic Engineering, Regional Planning  
Professor, Kyushu University

\*\*\*佐藤工業(株)  
Engineer, Satoh Kogyo Co., Ltd.  
原稿受理 昭和60年5月24日

シミュレーション・モデルとしては、以下の前提の下に、モンテカルロ法による巨視的モデル<sup>6)</sup>を作成した。

- (1) 交差点への車の到着はポアソン分布に従う。
- (2) 対向直進車は小型車のみとし、右折車は大型車と小型車の混合交通とする。
- (3) 車の停止・発進挙動では速度は考慮せず、待ち時間が経過した後、スキャン単位時間内にその動作を終了する。
- (4) 先頭車の右折は、対向直進車の車頭時間に対するギャップ利用確率と、これと乱数との比較により確率的に判断する。追従車は対向直進車の車頭時間と右折所要時間との比較で判断する。また、信号現示の変り目にさばける右折台数は3台とする。
- (5) 右折車線長および右折専用現示の評価指標は、平均遅れ時間ならびに停滞確率とする。

またモデルは Fig.2および Fig.3に示すように、次の5つのセクターで構成した。

1) 対向直進車セクター

各車線別に到着車を発生させ、信号現示に従い、停止・発進挙動を行う。この際、青現示開始に伴う発進時の車頭時間は、先頭車に4.3(sec)、第2車に3.0(sec)、第3車に2.5(sec)、それ以降の車に対して2.0(sec)を与えた。なお、交通量の車線配分は外生的に与えるものとする。

2) 右折車セクター

右折車の到着・停止、ならびに対向直進車ギャップの利用可否判断による右折挙動を行い、次の4つのルーチンで構成した。

- (i) 右折車到着ルーチン
- (ii) 右折車線進入ルーチン

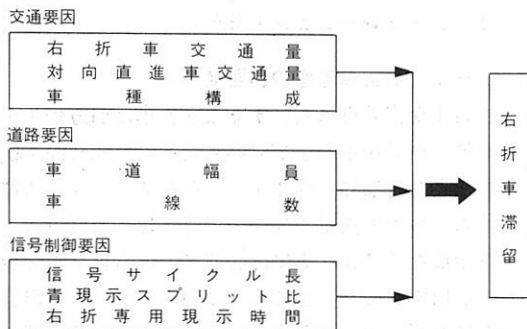


Fig. 1 右折車滞留の影響要因  
Factors effect on queue of right-turn vehicles

右折車線流入部での同方向直進車との錯綜および進入の可否を判断する。

(iii) 交差点への進入ルーチン

青現示において、交差点内の右折車線への進入を行う。

(iv) 右折車可能台数の算定ルーチン

対向直進車ギャップの利用可否判断を行い、右

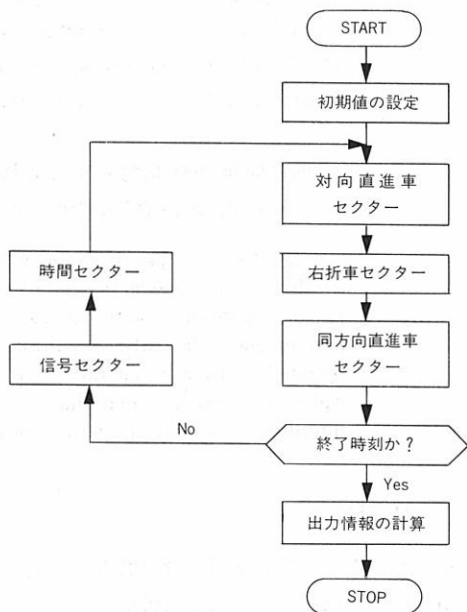


Fig. 2 シミュレーション・モデルの概略フロー  
Principal flow in simulation model

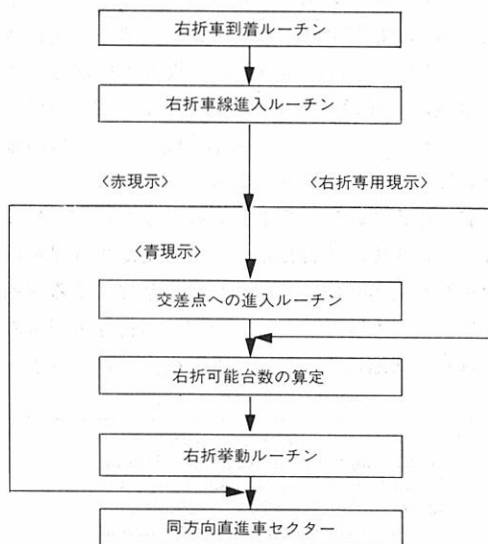


Fig. 3 右折車セクターの概略フロー  
Principal flow in right-turn sector

折可能台数を算定する。

(v) 右折挙動ルーチン

右折、およびこれに伴う前進を行う。

3) 同方向直進車セクター

信号現示ならびに右折滞留車の有無を認識し、右折車と同じ方向の直進車の停止・発進挙動を行う。

4) 信号セクター

信号現示(赤・青・右折専用)を認識する。

5) 時間セクター

時間経過を認識する。

2-3 モデルに用いた諸変量

2-3-1 交通流の到着分布

到着分布としてポアソン分布を考えているため、モデルでの車の到着は次式で示す車頭時間を認識することによって判断させた。

$$t = t_0 - (\bar{t} - t_0) \cdot \ln(1 - RN) \quad (1)$$

ここに、 $t$  : 車頭時間 (sec)

$t_0$  : 限界車頭時間 (=0.5sec)

$\bar{t}$  : 平均車頭時間 (sec)

RN : 0 ~ 1 の一様乱数

2-3-2 右折所要時間およびギャップ利用確率

シミュレーション・モデルに用いる諸変量について、ビデオ・カメラによる交差点交通調査を行った。Fig.4は、対向車道の幅員と右折所要時間との関係を示したものである。この図より、概ね車道幅員と右折所要時間は比例関係にあることがわかる。大型車と小型車との右折所要時間の差異は約1 (sec) 程度となったものの、右折車が対向直進車の間をぬって渡るギャップ利用の車線間および車種間での差異は、交通調査結果の統計的検定からは認められなかった。また、右折流出部における右折所要時間の順位による差異も同様に認められなかった。そこで、本解析では右折車の対向直進車のギャップ利用確率として、Fig.5に示した回帰曲線を用いることとした。

一方、シミュレーションの単位時間は0.1(sec)とし、実施時間は5時間とした。なお、交差点の規模は3種2級とし、停止車頭間隔は小型車および大型車に対して、それぞれ6および12 (m) とした<sup>7)</sup>。

2-4 モデルの検証

本モデルの検証は、直進車および右折車の平均遅れ時間と、各現示開始時の右折車の滞留確率について行った。このうち、直進車の平均遅れ時間については、Websterの半実験式<sup>8)</sup>と比較した。信号サイクル長;  $C=150$  (sec) および青現示スプリット比;

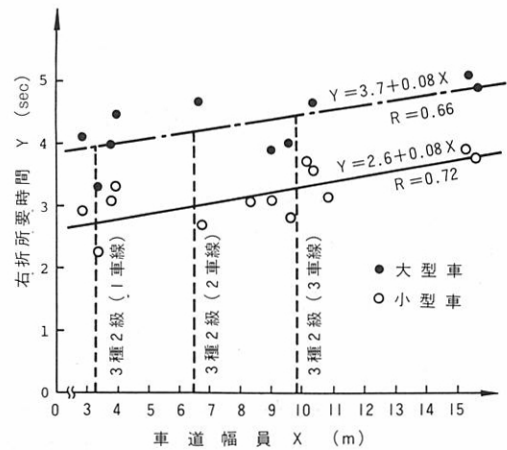


Fig. 4 右折所要時間と対向車道の幅員との関係  
Relation between width of roadway and right-turning time

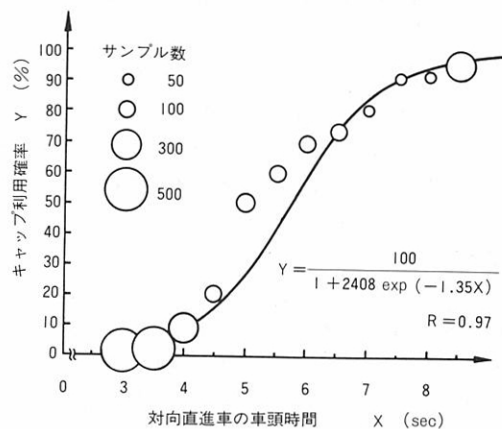


Fig. 5 右折車のギャップ利用確率  
Probability of gap acceptance

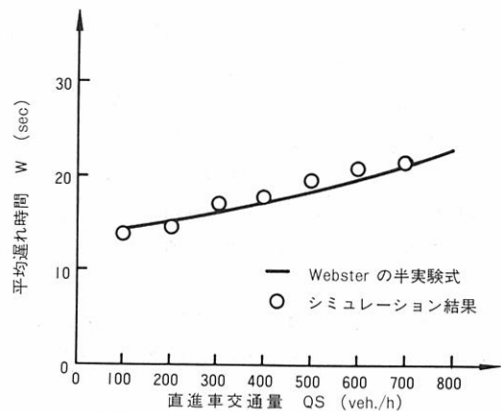


Fig. 6 直進車の平均遅れ時間の比較  
Comparison of simulation results with values calculated from Webster's experimental equation (Average delay time of straight vehicles)

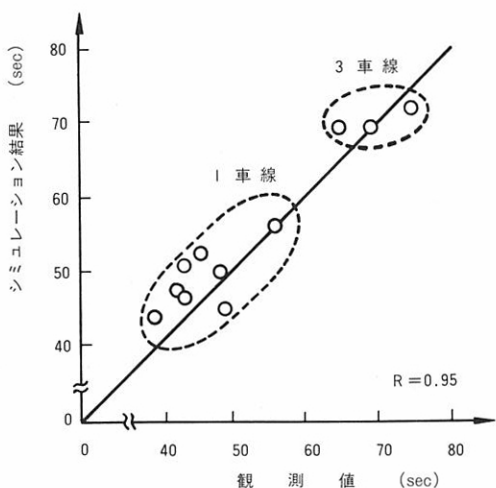


Fig. 7 右折車の平均遅れ時間の比較  
Comparison of simulation results with observed values (Average delay time of right-turn vehicles)

G/C=0.6の場合の、両者の比較を Fig.6に示す。この図より、両者の値はほぼ一致していることがわかる。また、右折車の平均遅れ時間、および青現示開始時における右折車の滞留確率の、観測値とシミュレーション結果との比較をそれぞれ Fig.7、Fig.8に示す。

これらの図より、右折車の平均遅れ時間の差異は最大8 (sec) 程度、滞留確率は最大6 (%) 程度であり、シミュレーション結果と観測値とは概ね良好な一致を示しており、モデルの妥当性が認められた。

### 3. 解析および考察

#### 3-1 交差点交通状況の分類

右折車滞留に影響を及ぼす要因は、前述のように種々の要因が考えられる。本解析では、右折車滞留の制御の観点から、交差点の交通状況を以下に示す3つのタイプに分類するとともに、タイプ1およびタイプ2における所要右折車線長、ならびにこれと右折専用現示との関係について解析を行った<sup>9)</sup>。

- 1) 右折車線の設置のみで対処できる状況。(タイプ1)
- 2) 青現示時間内には右折可能なギャップがほとんどなくなるため、右折専用現示の設置が必要となる状況。(タイプ2)
- 3) 交通量が多いため、右折車線の多車線化や交差点交通容量の増加等の対策を講じなければならない状況。(タイプ3)

#### 3-2 所要右折車線長の算定式 (片側1車線)

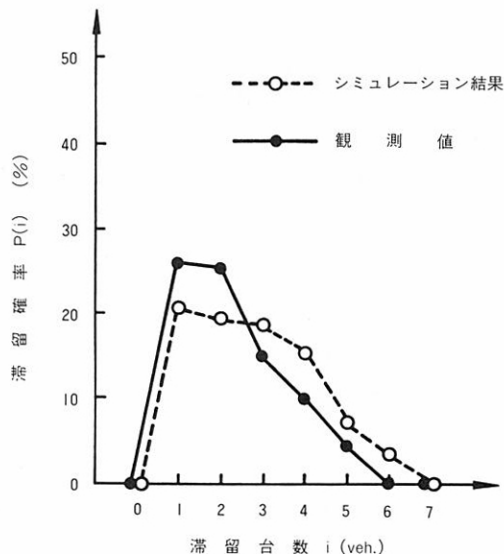


Fig. 8 青現示開始時における右折車の滞留確率の比較  
Comparison of simulation results with observed values (Probability that right-turn vehicles form queue at the start of green phase)

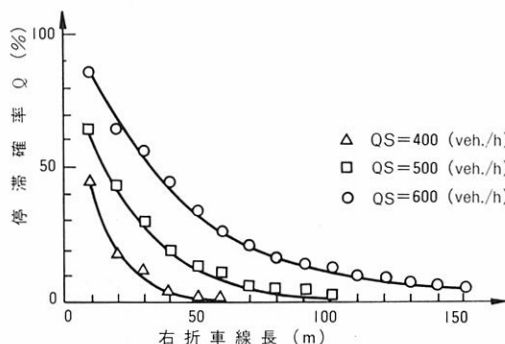


Fig. 9 右折車線長と停滞確率  
Probability that queue exceeds the length of right-turn lane

前述のように、停滞確率とは右折車が設置された右折車線長を越えて滞留する確率である。ここでは、前述の右折車滞留の影響要因を変化させてシミュレーションを実施することにより、停滞確率と所要右折車線長との関係を検討するとともに、片側1車線の前述タイプ1において、右折車交通量、対向直進車交通量、および信号現示が与えられた場合の所要右折車線長の算定式を求めた。

Fig.9はサイクル長；C=150(sec)、青現示スプリット比；G/C=0.5、右折車交通量；QR=200(veh./h)、対向直進車交通量；QS=400~600(veh./h)の

場合の、各右折車線長と右折車停滞確率との関係を示したものである。これより右折車停滞確率は右折車線長に対して最初は急激に減少し、ついで10~15(%)程度から緩やかに減少している。このことは、停滞確率を0(%)近くまで減少させることは後続車の安全性の確保、ならびに同方向直進車との錯綜等の回避のために望ましいものの、そのためには長い右折車線長が必要となることを意味している。

一方、右折車の滞留のために必要な車線長は次式が提唱されており、わが国では係数1.5が採用されている<sup>10)、11)</sup>。

$$l_s = (1.5 \sim 2.0) N \cdot S \quad (2)$$

ここに、 $l_s$  : 滞留のために必要な長さ (m)

N : 1 サイクル当りの右折車の平均到着台数 (veh.)

S : 平均停止車頭間隔 (m)

上式は、右折車滞留の影響要因として1サイクル当りの到着台数のみが取り上げられ、対向車交通量および青現示スプリット比は考慮されていない。このため、右折車線長とこれら要因との関連については不明である。そこで、各要因を変化させたシミュレーション結果から、停滞確率0(%) (以下、基準1と呼ぶ)、および10(%) (以下、基準2と呼ぶ)の場合の所要右折車線長について、次式による回帰分析を行うことにより、右折車滞留への各要因の影響

度を検討した。求められた偏回帰係数、標準偏回帰係数および重相関係数を Table 1 に示す。なお、この表の ( ) 内の数値は標準偏回帰係数を示している。

$$l'_s = \exp (a_0 + a_1 C + a_2 QS + a_3 QR + a_4 G/C + a_5 r) \quad (3)$$

ここに、 $l'_s$  : 所要右折車線長 (m)

C : サイクル長 (sec)

QS : 対向直進車交通量 (veh./h)

QR : 右折車交通量 (veh./h)

G/C : 青現示スプリット比

r : 大型車混入率 (%)

Table 1 より、各要因の標準偏回帰係数の大きさは、いずれの基準においても右折車交通量のものが他の要因に比べ相対的に大きく、この要因が右折車滞留への第1要因であることがわかる。また、青現示スプリット比ならびに対向直進車交通量の値も比較的大きく、右折車交通量と同様に重要な要因であると考えられる。一方、サイクル長のそれは相対的に小さな値となっている。この理由としては、回帰式を求める際に、前述のタイプ1の交差点状況を想定したため、対向直進車交通量が飽和状態に達せず、青現示時間に右折可能な機会が存在したことによるものと考えられる。

Fig.10は、信号サイクル長; C=150(sec)、青現示スプリット比; G/C=0.5、ならびに対向直進車交

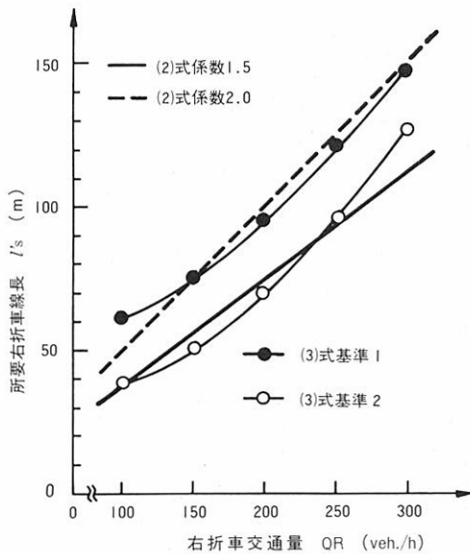


Fig.10 所要右折車線長の比較  
Lengths of right-turn lane  
calculated from equations (2) and (3)

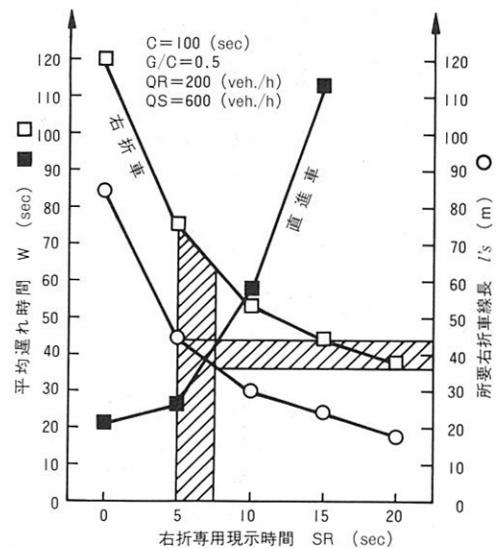


Fig.11 右折専用現示の設置効果  
Effects of right-turn phasing on lane length

Table 1 回帰式の偏回帰係数および重相関係数  
Partial regression coefficients and multiple correlation coefficients

停滞確率 Q(%)	偏回帰係数および標準偏回帰係数						重相関係数 R
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	
0	3.219	0.004 (0.13)	0.002 (0.54)	0.004 (0.80)	-2.972 (-0.68)	0.014 (0.44)	0.88
10	2.518	0.006 (0.15)	0.003 (0.64)	0.006 (1.00)	-4.470 (-0.85)	0.015 (0.39)	0.88

通量を飽和交通流量(veh./hour of green)にG/Cを乗じた値の80(%)とした場合の、両式による右折車線長を比較したものである。図より、係数1.5の場合の(2)式の値は(3)式の基準2の値に、係数2.0のそれは基準1の時の値と対応していることがわかる。

以上の解析により、(3)式における基準1と基準2は、前者が安全性の確保のための右折車線長を表しているのに対し、後者は経済性を考慮したものといえる。また、その他の要因が与件の場合には、(3)式より右折車交通の制御に必要な青現示スプリット比を求めることができる。もし、この青現示スプリット比や所要右折車線長が何等かの理由で確保できない場合には、右折専用現示設置等の

対策が必要となる。

3-3 右折専用現示と所要右折車線長

ここでは前述タイプ2の交差点における、右折専用現示時間と所要右折車線長との関連について解析した。

Fig.11は、解析結果の一例である。この図からわかるように、右折専用現示を設置すれば、右折車の平均遅れ時間ならびに所要右折車線長を減少させることができる。しかしながら、右折専用現示時間を増加させると、直進交通の飽和度を増し、遅れ時間が増加するといったトレード・オフの関係があるため、これを考慮した上で適切な右折専用現示を設置する必要がある。

そこで次の事項を考慮し、両者の関係を求めた。

- 1) 右折車線長の許容停滞確率を基準2以下とする。
- 2) 右折車ならびに対向直進車の平均遅れ時間が、1サイクルを超えない範囲で交通量に比例して配分されるように、右折専用現示時間を与える。

前出 Fig.11の斜線部分は、右折専用現示時間および所要右折車線長決定の一例である。この場合、5~8(sec)程度の右折専用現示を設置することにより、対向直進車交通の平均遅れ時間は5~20(sec)程度増加するものの、右折車の平均遅れ時間は約

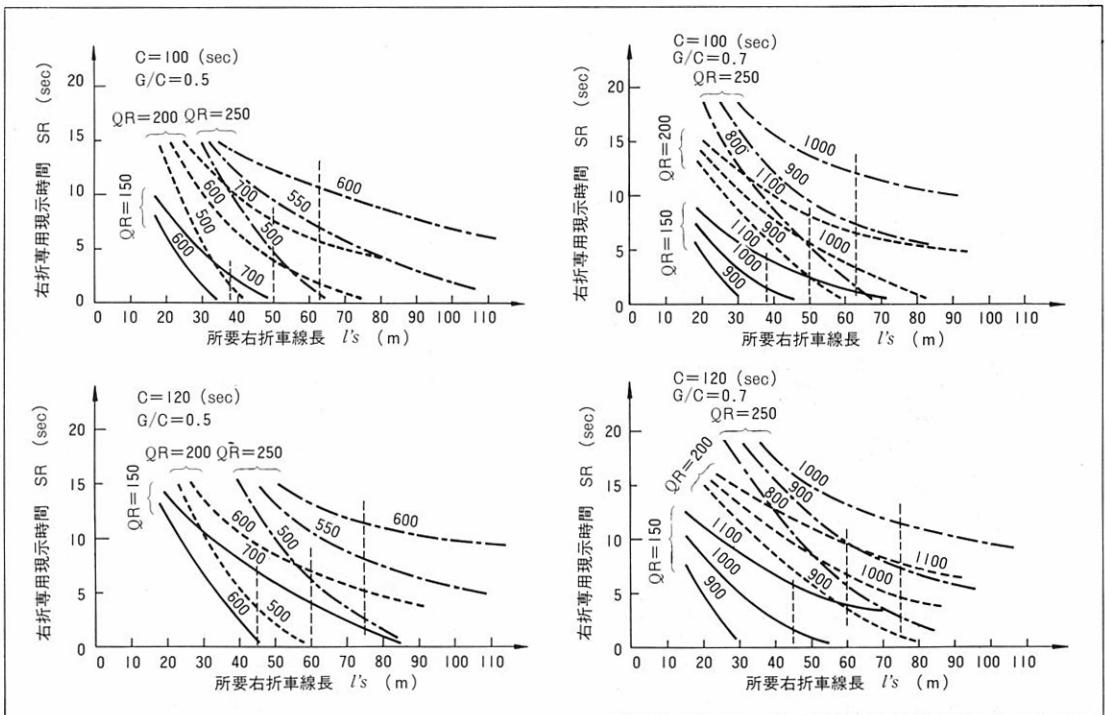


Fig.A1 右折車線長と右折専用現示時間との関係 (片側1車線)  
Relation between length of right-turn lane and time of right-turn phase (One-lane road)

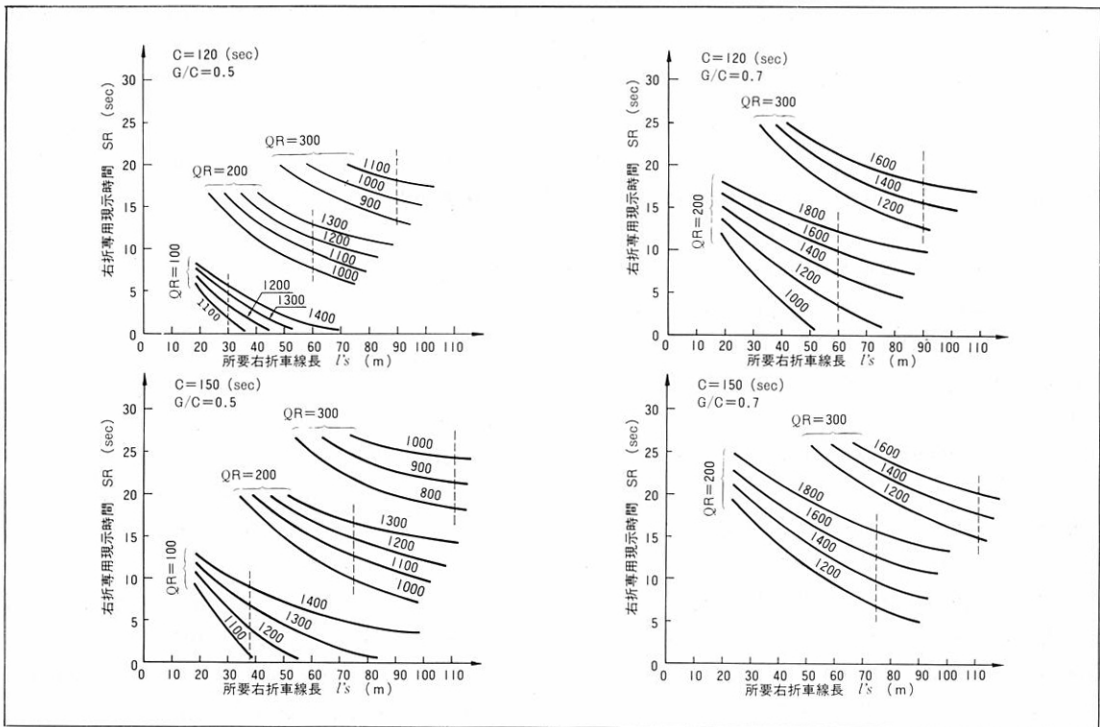


Fig.A2 右折車線長と右折専用現示時間との関係 (片側2車線)  
Relation between length of right-turn lane and time of right-turn phase (Two-lane road)

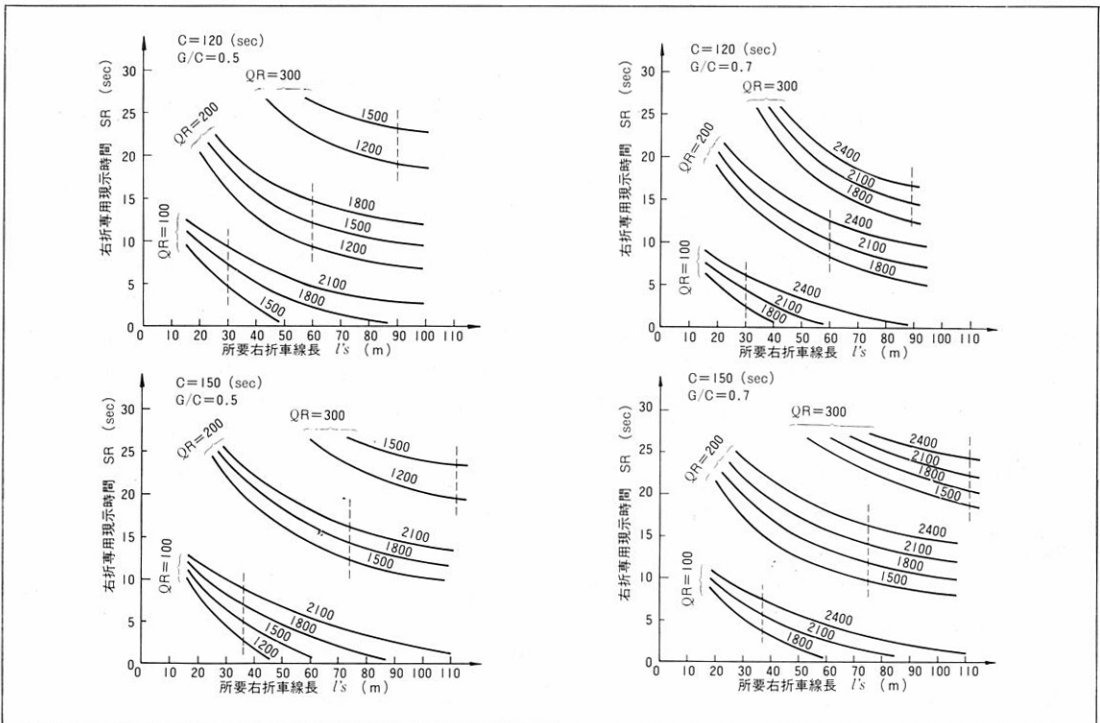


Fig.A3 右折車線長と右折専用現示時間との関係 (片側3車線)  
Relation between length of right-turn lane and time of right-turn phase (Three-lane road)

50 (sec) 程度、右折車線長も約40 (m) 程度の短縮が可能となる。

以上の方法により得られた、両者の関係を付図の Fig.A1~Fig.A3に示した。なお、多車線における対向直進車の交通量は均等に配分した。また図中の縦方向の破線は、前出(2)式の右折車線長を示している。

これらの図より、片側1車線で右折車交通量が比較的少ない場合には、従来の車線長で対処できるものの、交通量が多くなると5~10 (sec) 程度の右折専用現示の設置が必要となる。また、多車線交通で右折車交通量が200 (veh./h) 以上の場合は、10~25 (sec) 程度の右折専用現示との併用が必要である。

なお、大型車混入率の所要右折車線長への影響については、シミュレーション結果より、大型車混入率  $r$ ; 10~40 (%) に対し、乗用車換算係数1.7~2.4に相当する結果が得られており<sup>12)</sup>、付図に示した本解析結果を利用する場合、これらの値で右折車交通量を修正すればよいと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究は、シミュレーション・モデルによる解析により、信号交差点における所要右折車線長、およびこれと右折専用現示との関係について検討したものである。本報告の結果を要約すれば、以下のようになる。

(1) シミュレーションによる平均遅れ時間ならびに停滞確率は、1車線および多車線とも観測値とほぼ一致しており、モデルの妥当性が得られた。

(2) 対向直進車交通量および青現示スプリット比を新たに要因として加えるとともに、片側1車線の所要右折車線長の算定式を求めた。この際、右折車線長の算定基準1 (停滞確率0%) および基準2 (停滞確率10%) は、従来の算定式の係数2.0および1.5の場合に相当し、タイプ1の交差点の場合、右折車線長はこれら基準により求められる範囲内であることが望ましい。

(3) 右折専用現示が必要となるタイプ2の場合、右折専用現示時間と所要右折車線長との相互依存関係を明示した。これらは交差点設計の際の基礎的指標になるものと考えられ、この際、前述のトレード・

オフの関係から、右折専用現示時間は安全性を考慮した上で、できるだけ短くし、右折車線の延長、もしくは車線数の増加といった対策を講ずることが望まれる。

最後に、本研究の一部は昭和59年度国際交通安全学会研究助成金によって行ったものである。また研究の遂行にあたっては、当時九州大学学生、矢野竜也君 (現在、(株)間組) および井田悦男君 (現在、島根県) の協力を得た。記して深謝の意を表すものである。

#### 参考文献

- 1) Messer, C. J. and Fambro, D. B. : Effects of Signal Phasing and Length of Left-Turn Bay on Capacity, Transportation Research Record 644, pp.95-101, 1977.
- 2) A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets. AASHO, 1973.
- 3) Agent, K. R. and Deen, R. C. : Warrants for Left-Turn Signal Phasing, Transportation Research Record 737, pp.1-10, 1979.
- 4) 渡辺：信号交差点の交通容量に関する基礎的考察、土木学会論文報告集第79号, pp.35-44, 1962.
- 5) 出口, 沼田, 今石：信号交差点における右折車線長について—シミュレーションによる方法—, 九大工学集報, 第54巻第6号, pp.641-645, 1981.12.
- 6) シミュレーション技術研究会編：シミュレーション技術 (I), コロナ社, pp.87-95, 1975.11.
- 7) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用, pp.51, 1983.2.
- 8) Webster, E. V. : Traffic Signal Settings, Great Britain D.S.I.R. Road Research Laboratory Tech. Paper No.39, 1958.
- 9) 出口, 沼田, 平間, 矢野：信号交差点における右折車線長について (II) —右折専用現示との関連—, 九大工学集報, 第56巻第5号, pp.605-609, 1983.10.
- 10) 交通工学研究会編：平面交差の計画と設計, pp. 107-113, 1977.11.
- 11) 前出7) : pp.326-328.
- 12) 前出9) : pp.608.