

# 信号交差点における渋滞改善案の研究

## —南山大学瀬戸キャンパス前交差点—

2005MM006 藤本菜月 2005MM080 高島渉

指導教員：伏見正則

### 1 はじめに

今日の我が国の自動車保有台数は、高度成長の時代から右肩上がりに増加している。我々は一人に一台自動車を保有するようになりつつあり、自動車なしの生活は大変困難な時代といえる。しかし、1998年度以降は道路投資額が5年連続で減少し、限られた予算のなかで効果が最大となる交通インフラ整備を実施しなければならなくなった。道路を次々と建設できない状況では、きめ細かい整備計画の立案や既存インフラを効果的に利用することが重要である。

#### 1.1 研究の目的

信号交差点の効率化は、道路交通網全体の効率性を大きく左右することは言うまでもない。そこで本研究では、改善が必要と思われる南山大学瀬戸キャンパス前の信号交差点を対象とし、信号現示のシステム制御を変更させることで改善案を考える。現時点での問題を把握し、その改善前と改善後の効果評価を行うことを目的とする。

#### 1.2 交通工学研究会

本研究は、交通工学研究会が出版する「平面交差の計画と設計」(参考文献[1])を参考にしている。交通工学研究会は、道路交通に関する社会の要請に応じて交通工学に関する研究を行い、安全で円滑さらに環境にやさしい交通社会の実現をめざしている社会法人の団体である。また、学術的に確実な論拠を持った交通管理・運用を得意としており、調査・研究・実地例の体系的な見直しを重ねている。

### 2 研究方法

#### 2.1 研究方針と対象信号交差点

対象信号交差点は、南山大学瀬戸キャンパス前を選定した。日ごろの生活から感じる、1限目が始まる前の通学時(9:00~10:00)の流入部B(図1)の右折車線と、4限目が終了する帰宅時(17:00~18:00)の流入部Aの交通量と信号現示のデータを収集し調査を行った。次に、このデータをもとに交通工学研究会で定められる飽和交通流率の基本値と、影響を与えるものを補正率で表し、各補正率から飽和交通流率を求め、設計交通量と比較した。詳しい算出方法は、本章3節で紹介する。

#### 2.2 可能交通容量の算出

##### 2.2.1 飽和交通流率

交差点の流入部で待ち車両行列がほぼ一定の比率で流れている状態を飽和交通流と呼ぶ。その流率は流入部を通過し得る最大の流率を示すもので、飽和交通流率と呼ばれる。単位は[台/有効青1時間]である。ここで、有効青時間とは、実青時間から、車の発進損失時間を差し引き、また黄色に食い込んで使われる時間を加えたものである。

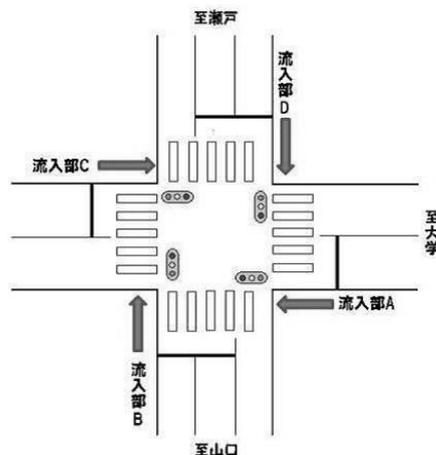


図1 南山大学瀬戸キャンパス前交差点

##### 2.2.2 影響要因

飽和交通流率に影響を及ぼす要因は大きく分けて道路要因、交通要因と周辺要因の3つある。それを表1に示す。

表1 飽和交通流率に影響を及ぼす要因

道路要因	車線幅員 縦断勾配
交差要因	車種構成(大型車, 二輪車等) 右折車 左折車 対向直進車 横断歩行者
周辺要因	地域特性(都市部, 地方部) 駐停車 バス停留所

これらの各影響要因は単独で飽和交通流率に影響を及ぼすのではなく、実際には互いに影響を合っている。例えば、右折車と対向直進車、左折車と横断歩行者は互いに交錯することで挙動が制約されている。従って、これらの要因全体としての影響は、個々の要因をかけた積の値で求める。

本研究では、対象交差点の横断歩行者が少ないことから、横断歩行者による補正は考えない。また、周辺状況より、周辺要因は考慮しない。

##### 2.2.3 各補正率と可能交通容量

次に、計算が必要な、車種構成(大型車)、右折車、左折車についての補正率を考える。[1]

(1) 大型車混入による補正率

$$\alpha_T = \frac{100}{(100 - T) + E_T T}$$

$\alpha_T$  : 大型車混入による補正率

$E_T$  : 大型車の乗用車換算係数 (=1.7)

$T$  : 大型車混入率 [%]

表 2 の補正率は、我が国の実測結果に基づいて直進車線における大型車の乗用車換算係数を 1.7 として、上式により算出したものである。なお、表 2 に示されていない値 (大型車混入率 50% 以上など) は  $E_T=1.7$  として上式により求める。

表 2 大型車混入による補正率

大型車の混入率 (%)	補正率
0	1.00
5	0.97
10	0.93
15	0.90
20	0.88
25	0.85
30	0.83
35	0.80
40	0.78
45	0.76
50	0.74

(2) 右折車に関する補正率

- (a) 右折専用現示がある時の右折専用車線  
右折交通に対する飽和交通流率 (1800pcu/青 1 時間) を車線幅員、縦断勾配、大型車の影響で補正した  $S_{RO}$  を使用する。
- (b) 右折専用現示がない時の右折専用車線  
右折専用車線の交通容量  $C_R$  は以下のように表す。

$$C_R = S_{RO} f \frac{SG - qC}{S - q} \frac{1}{C} + K \frac{3600}{C} \quad [\text{台/時}]$$

$S_{RO}$  : 右折専用車線の補正済み飽和交通流率 [台/青 1 時間]

$S$  : 対向流入部の飽和交通流率 [台/青 1 時間]

$q$  : 対向直進交通量 [台/時]

$C, G$  : サイクル長及び有効青時間 [秒]

$K$  : 交差点に滞留する右折車台数 [台]

$f$  : 対向直進交通量が  $q$  の時、右折できる確率

- (c) 直進、右折混用車線  
まず、直進車換算係数  $E_{RT}$  を考える。この値は直進車線の飽和交通流率の実 1 時間の値を、右

折車線の交通容量で除したものである。右折車線の交通容量は (b) の  $C_R$  を使用する。よって、

$$\begin{aligned} E_{RT} &= \frac{2000 \frac{G}{C}}{C_R} \\ &= \frac{2000 \frac{G}{C}}{1800 f \frac{SG - qC}{S - q} \frac{1}{C} + 3600 \frac{K}{C}} \\ &= \frac{1.1}{f \frac{SG - qC}{G(S - q)} + \frac{2K}{G}} \end{aligned}$$

これより、右折車混入による飽和交通流率の補正率  $\alpha_{RT}$  は次式で  $E_{RT}$  を用いて表すことができる。

$$\alpha_{RT} = \frac{100}{(100 - R) + E_{RT} R}$$

$R$  : 右折車混入率 [%]

$\alpha_{RT}$  : 右折車混入率が  $R$  の時の補正率

(3) 左折車に関する補正率

求める手順は、右折車に関する補正率の手順と同様である。しかし交通容量の表現の仕方が違うので注意する。

- (a) 左折専用現示のある時の左折専用車線  
左折交通に対する飽和交通流率 (1800pcu/青 1 時間) を車線幅員、縦断勾配、大型車の影響で補正したものを使用する。
- (b) 左折専用現示がない時の右折専用車線  
ここでは横断歩行者との交差による補正が必要である。左折専用車線の交通容量  $C_L$  は以下のように表す。

$$C_L = 1800 \frac{(1 - f_P)G_P + (G - G_P)}{C}$$

$C_L$  : 左折専用車線の交通容量 [台/時]

$C, G$  : サイクル長及び有効青時間 [秒]

$G_P$  : 歩行者用青時間 [秒]

$f_P$  : 横断歩行者によって、その青信号時間のうち、左折車の通行が低減する割合

- (c) 直進、左折混用車線直進、左折混用車線の飽和交通流率も、右折の場合と同様に考える。まず、左折車の直進車換算係数  $E_{LT}$  を考える。同様に、

$$\begin{aligned} E_{LT} &= \frac{2000 \frac{G}{C}}{C_L} \\ &= \frac{2000 \frac{G}{C}}{\frac{1800((1 - f_P)G_P + (G - G_P))}{C}} \\ &= \frac{1.1G}{(1 - f_P)G_P + (G - G_P)} \end{aligned}$$

これより、左折車混入による飽和交通流率の補正率  $\alpha_{LT}$  は次式で  $E_{LT}$  を用いて表すことができる。

$$\alpha_{LT} = \frac{100}{(100 - L) + E_{LT} L}$$

$L$  :左折車混入率 [%]

$\alpha_{LT}$  :左折車混入率が  $L$  の時の補正率

以上のような補正率は、横断歩行者との交差を問題とする場合である。横断歩行者が非常に少なく、その影響を無視できる場合には、表 3 に示す値を用いる。表 3 の値は我が国の観測結果から平均的影響度を回帰式で求めたものである。

表 3 左折車混入による補正率

左折車の混入率 (%)	補正率
5	0.99
10	0.97
15	0.96
20	0.94
25	0.93
30	0.91
35	0.90
40	0.88
45	0.87
50	0.85

(1),(2),(3) より、

可能交通容量

$$= \text{飽和交通流率の基本値} \times \text{車線幅員による補正率} \\ \times \text{縦断勾配による補正率} \times \alpha_T \times \alpha_{RT} \times \alpha_{LT}$$

によって算出できる。

### 3 現状分析

#### 3.1 通学時

現状分析の結果、流入部 B の右折車線（以下、対象車線と呼ぶ）において、渋滞が見られ改善が必要とされる。1章で述べた通り通学時の1時間（9:00～10:00）においてデータの収集を行ったが、改善が必要とされるのは通学時の30分（9:15～9:45）であった。本研究においては、通学時の30分を対象時間とするので、飽和交通流率の基本値、また影響要因も30分で考えるとする。サイクル長は70秒、損失時間は14秒、設計交通量は表4の通りである。流入部のアルファベットについては、図1を参照。

対象車線の設計交通量が、可能交通容量より上回る事が分かった。つまり、対象車線の有効青時間3秒では現状の交通容量を満たしておらず、信号現示が変わっても対象車線には車両が滞留し、次のサイクルの交通容量に影響を与え、渋滞の原因となっていることが考えられる。

#### 3.2 帰宅時

次に、帰宅時において現状分析を行う。帰宅時では流入部 A で大学から帰宅する学生の車両で渋滞が見られる。通学時と同様に、帰宅時の30分（17:10～17:40）を研究对象時間とし、飽和交通流率の基本値を30分で考える。

表 4 飽和度計算結果：通学時

流入部	A		B	
	左折, 直進, 右折	左折, 直進	右折	
車線				
車線数	1	1	1	
飽和交通流率の基本値	1000	1000	900	
車線幅員による補正率 $\alpha_w$ (車線幅員) [m]	0.95 2.50	1.0 3.50	1.0 2.75	
縦断勾配による補正率 $\alpha_i$ (縦断勾配) %	1.0 0.0	1.0 0.0	1.0 0.0	
大型車による補正率 $\alpha_T$ (大型車混入率) %	0.91 13	0.88 20	0.95 6	
左折車混入による補正率 $\alpha_{LT}$ (左折車) L%	0.86 48	1.00 0	— —	
右折車混入による補正率 $\alpha_{RT}$ (右折車) R%	0.86 48	— —	— —	
飽和交通流率 $s$	643	880	855	
設計交通量 $q$	23	212	105	
正規化交通量	0.036	0.122	0.061	
有効青時間 (秒)	18	35	3	
可能交通容量	165	868	88	

サイクル長は84秒、損失時間は14秒、設計交通量は表5の通りである。表5より、流入部 A では有効青時間5秒で設計交通量が可能交通容量を下回っているため、改善する必要はないという結果となった。これは、帰宅する学生の混雑時間は局所的なものであり、30分のデータの集計を利用しているため、平均的な値で評価することしかできないためである。また、流入部 D においては、信号現示が変わっても流入部 D 方向に車両が滞留するために先づまりが起り、渋滞となっている。渋滞の原因として、流入部 D 方向に連鎖する信号交差点では、歩行者専用押しボタン式信号によって可能交通容量容量が低下し、設計交通量より下回り、先づまりが起きている。

表 5 飽和度計算結果：帰宅時

流入部	A		D	
	左折, 直進, 右折	左折, 直進	右折	
車線				
車線数	1	1	1	
飽和交通流率の基本値	1000	1000	900	
車線幅員による補正率 $\alpha_w$ (車線幅員) [m]	0.95 2.50	1.0 3.50	1.0 2.75	
縦断勾配による補正率 $\alpha_i$ (縦断勾配) %	1.0 0.0	1.0 0.0	1.0 0.0	
大型車による補正率 $\alpha_r$ (大型車混入率) %	0.98 3	0.96 6	1.00 0	
左折車混入による補正率 $\alpha_{LT}$ (左折車) L%	0.85 56	0.99 5	— —	
右折車混入による補正率 $\alpha_{RT}$ (右折車) R%	0.95 40	— —	— —	
飽和交通流率 $s$	749	950	900	
設計交通量 $q$	104	247	18	
正規化交通量	0.139	0.133	0.020	
有効青時間 (秒)	17	48	5	
可能交通容量	152	1057	54	

## 4 改善案とその効果評価

通学時において対象車線に注目し、渋滞を軽減・解消させるために信号交差点の信号システム制御の最適化を考える。

対象車線の可能交通容量を増加させるため、有効青時間を3秒から1秒ずつ増加させ、設計交通容量105台を満たす最適な有効青時間を調べた。この時、連続する信号交差点への互いの影響を考慮し、対象車線の有効青時間を延長させた分、対象交差点の左折・直進車線の有効青時間を同じ時間だけ減少させることとする。よって、サイクル長70秒は変更させない。

表 6 改善後の飽和度計算結果

流入部	A		B
	左折, 直進, 右折	左折, 直進	右折
車線			
車線数	1	1	1
飽和交通流率の基本値	1000	1000	900
車線幅員による補正率 $\alpha_w$ (車線幅員) [m]	0.95 2.50	1.0 3.50	1.0 2.75
縦断勾配による補正率 $\alpha_i$ (縦断勾配) %	1.0 0.0	1.0 0.0	1.0 0.0
大型車による補正率 $\alpha_r$ (大型車混入率) %	0.91 13	0.88 20	0.95 6
左折車混入による補正率 $\alpha_{LT}$ (左折車) L%	0.86 48	1.00 0	— —
右折車混入による補正率 $\alpha_{RT}$ (右折車) R%	0.86 48	— —	— —
飽和交通流率 $s$	643	880	855
設計交通量 $q$	23	212	105
正規化交通量	0.036	0.122	0.039
有効青時間 (秒)	18	33	5
可能交通容量	165	818	113

有効青時間を現状の3秒から2秒増加させた改善後の効果予測結果が表6である。有効青時間を5秒に設定することで、改善後の可能交通容量は設計交通量を上回り、渋滞の原因をほぼ解消することが予測される。前に述べた通り、流入部Bの左折・直進車線の有効青時間は2秒減少させ33秒と設定する。

対象車線の改善前と改善後の比較を図2に視覚的に表す。

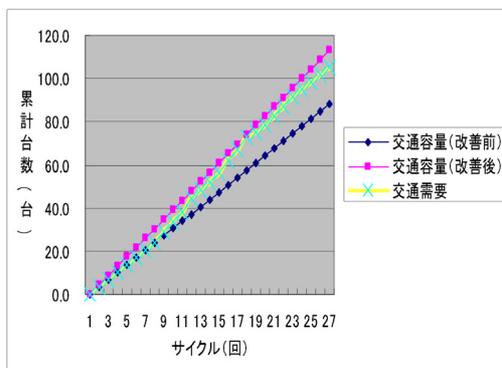


図 2 流入部 B 右折車線の需要と交通容量

## 5 おわりに

### 5.1 まとめ

本研究をまとめると、本キャンパス前の信号交差点を対象とし、信号現示のシステム制御を変更させることで、改善前と改善後の効果評価を行った。

その結果、通学時の一時的な渋滞は信号現示を延長させることで、渋滞を解消することができるかと予測できた。

しかし、帰宅時の渋滞は、本研究の定義においては改善する必要はなかった。これは時間を30分に限定して調査を行ったためである。

以上から分かる通り、交通シミュレーションはその状況にあった細かな改善が必要であることがわかった。

### 5.2 今後の課題

まとめで述べたように、交通は事故や渋滞など状況が目まぐるしく変化する。我々が行ったシミュレーションは過去のデータに基づく交通動態の予測である。しかし、交通シミュレーションにおいて求められるものは、現時点の問題の解消もある。そのため、動的なデータを入力として用いることが望まれる。

また、今回の調査で強く感じたことは、運転する人(若者、お年寄り、障害者など)によって発進の仕方やスピード等の運転の仕方の違いがあり、飽和交通流率に影響を与える要因であることが分かった。しかし、これらの調査研究は十分な研究結果が得られていないため、本研究では影響要因には含めないものとした。

## 参考文献

- [1] 社会法人交通工学研究会：『改訂 平面交差の計画と設計 基礎編 第3版』。丸善株式会社 出版事業部，東京，平成19年。
- [2] 社会法人交通工学研究会：『交通シミュレーション適用のススメ』。丸善株式会社 出版事業部，東京，平成16年。
- [3] 戸崎 肇：『交通論入門—交通権保障と新しい交通政策のあり方』。株式会社 昭和堂，京都，平成17年。
- [4] <http://www.jste.or.jp/>  
：『社団法人 交通工学研究会』
- [5] <http://www.mlit.go.jp/>  
：『国土交通省』
- [6] <http://www.stat.go.jp/>  
：『統計局』
- [7] <http://www.trpt.cst.nihon-u.ac.jp/ROADTRA/research/newresearch-home.html>  
：『道路交通研究室論文概要集』
- [8] <http://www.genv.nagoya-u.ac.jp/ge1/nakamura/research/signal/>  
：『interchange 名古屋大学中村英樹研究室』