

IV-14 信号交差点容量に影響を及ぼす要因の定量的評価に関する考察

北海道開発局函館開発建設部 正員 阿部 幸康

1. はじめに

道路は交差点によって結ばれ面的な広がりを持ち、道路網として機能し地域社会の発展に寄与するものであるから、安全で円滑な道路交通を確保するために交差点の果たす役割は極めて重要である。

交差点は2種以上の互いに交差する交通流が同一平面を利用するので、これらをさばく能力としての交通容量を算定することが道路の計画・設計を考える基礎となる。この交通容量は、交差点流入部で交通需要が十分ある場合に通過し得る最大交通量として求められる飽和交通流率に基づいて、定められる信号制御の方法に応じて算定されるものであるが、この値は道路条件や交通条件・信号の現示方式によってかなり変動するものである。

既存の交差点を改良した場合の交通容量がどのくらいになるかということは、その道路の幾何構造、交通条件の各要因の補正率を用いて算出できる。一方、道路を区間としてとらえ交通状況を評価する場合、区間の交通容量が必要となる。一般的な道路区間の交通容量の問題は、区間内で隘路となる信号交差点の問題と考えられるから、容量低下がどの要因によるものなのかを把握することが重要な課題となる。

本文は信号交差点容量に影響を及ぼす道路、交通条件などの要因の定量化を図るため、実験計画法的アプローチを試みたものでつぎのような点に特色がある。

(1) 従来の調査研究で明らかにされた個々の影響要因が、現実的な範囲で変化したときの交通容量に与える影響度を寄与率で知ることができ、しかもこれら要因の効果も把握できる。

(2) 交通容量の線形近似式を、それぞれの要因の持つ寄与率をベースに定めることができるので、区間の道路、交通条件などが不明の場合でも交通容量を算出でき、その推計誤差の大きさも評価できる。

1), 2)

2. 信号交差点容量の影響要因

表-1

飽和交通流率に影響を及ぼす要因

信号交差点の交通容量は飽和交通流率を基礎として、信号現示方式に応じて算定する。表-1に飽和交通流率に影響を及ぼす要因を示すが、これら要因全体としての影響は、個々の要因の影響を掛け合わせた積の形で表わされる。道路及び交通要因についての補正値の大部分は明らかにされているが、周辺要因についてはこの種の調査研究が少なく一般的な値が示されていないので、本文でも周辺要因の影響は考えない。

飽和交通流率の補正は車線ごとにその道路、交通条件の各要因の補正率を、飽和交通流率の基本値 S_B に連乗する。

$$S_A = S_B \times \alpha_w \times \alpha_G \times \alpha_T \times \alpha_{RT} \times \alpha_{LT} \quad (1)$$

ここで、

S_A : 実際の車線の飽和交通流率 (台/青1時間) S_B : 飽和交通流率の基本値 (Pcu/青1時間)

$\alpha_w, \alpha_G, \alpha_T, \alpha_{RT}, \alpha_{LT}$: それぞれ車線幅員、勾配、大型車混入、右折車混入、左折車混入の補正率
この補正された飽和交通流率に青時間比を乗じて交通容量が算出される。

$$Q_c = S_A \times G/C \quad (2)$$

ここで、

Q_c : 1車線当りの交通容量 (台/h) G/C : 青時間比

道路要因	流入部幅員 (車線幅員) 縦断勾配 交差点形状 (交差角、視認性)
交通要因	車種構成 (大型車、二輪車等) 右折車 左折車 対向直進車 横断歩道者
周辺要因	地域特性 (都市部・地方部) 駐停車 バス停留所

3. 実験計画法による信号交差点容量の分析^{3),4),5)}

一般に実験計画法とは解決しようとする問題に対してどの方法を適要するのが最適か、また、どういう条件で行うべきかを定めることである。これに対し本文でいう実験計画法とは、目的変数について、物理的、または統計的構造模型式がある場合に、説明する要因の入力条件によって目的変数の出力がどのようになり、その変動がどの要因によるものなのかを明らかにしようとするものである。

なお、本文で用いる信号交差点容量は文献1に準じ2方向2車線道路の値である。また、道路の勾配の影響は考えないものとし、右左折専用車線は設けない道路構造であるが、車線幅員が6.1m以上で8.5m未満の場合は十分な右折車線相当幅がないが、ある程度の余裕があるので、容量も右折車線のない場合とある場合の中間にあると考え幅員によって補間して求めることにした。

(1) 要因の範囲の設定と直交表の採用

容量に影響を与える要因の分析を行うためにはまず、影響要因とその範囲を設定する必要がある。ここでは表-2に示す要因を取りあげ、各要因の範囲は以下の考え方で決めた。

i) A因子(青時間比、 G/C)：文献1によると国道の青時間比は0.48から0.57とある。一般に国道は主交通を流す場合がほとんどなので0.48は若干小さい値と思われる。そこで青時間比の最低を0.50として、この値を基準に0.55、0.60とした。

ii) B因子(サイクル長、 C)：信号交差点のサービス水準はサイクル長が70秒以下が1、70～100秒が2、100秒以上が3と定義されている。そこでサービス水準3の100秒を基準に80秒、60秒とした。

iii) C因子(対向車、 q)：対向直進交通量が1000台/h以上では右折車が青時間表示の間に通過できない。そこで上限値を800台/hと決め、600台/h、400台/hとした。

iv) D因子(右折さげ台数、 K)：現示の変わり目(全赤中)にさげける右折車台数は小交差点で2台となっており、2車線道路は小交差点とみなせるので2台を平均に前後1台の範囲とした。

v) E因子(右折車混入率、 P_R)およびG因子(左折車混入率、 P_L)：標準的な十字交差点では10%程度と考えられることから、このような範囲に設定した。

vi) F因子(左折低減率、 f_p)：横断歩行者による低減率は歩行者の多い場合0.50、少ない場合0.15程度となっていることから、このように設定した。

vii) H因子(幅員、 W)：道路構造規格3種1級から3種3級までを考慮したことによる。

viii) I因子(大型車混入率、 T)：一般に10～30%と考えらるので上限を30%としこのように設けた。

さて、これらの要因をすべての水準について組合わせると $3^9=19,683$ とおりとなり、膨大な計算量になる。このような場合、直交表を利用すれば各要因の交通容量に与える影響度を少ない計算回数で効率よく求めることができる。直交表は、多次元空間において直交の特性を有している表であり、この表を用いると技術的に明らかに存在しないと思われる2要因の交互作用や3次や4次の高次の交互作用に関する情報を犠牲にして、計算回数を減らすことが可能となる。本文のような分析では交互作用の存在を考えないので、 L_{18} 、 L_{36} といった直交表を利用する。 L_{18} は要因の個数が8個まで、 L_{36} は13個まで利用できるが、本文ではとりあげた要因が9個なので L_{36} を採用した。

(2) 分散分析による影響要因の評価

まず、とりあげた要因を L_{36} 直交表に割りつけ交通容量を計算する。表-3のNo1の値はAからIの水準がすべて1水準、すなわち青時間比0.50、サイクル長60秒、対向車400台/h、右折さげ台数1台、右折車混入率5%、左折低減率0.1、左折車混入率5%、幅員6.0m、大型車混入率20%の容量である。同様に36とおりの組合せを計算する。

記号	要 因	水準1	水準2	水準3
A	青時間比	0.50	0.55	0.60
B	サイクル長(秒)	60	80	100
C	対向車(台/h)	400	600	800
D	右折さげ台数(台)	1	2	3
E	右折車混入率(%)	5	10	15
F	左折低減率	0.1	0.3	0.5
G	左折車混入率(%)	5	10	15
H	幅 員(m)	6.0	6.5	7.0
I	大型車混入率(%)	20	25	30

次に各要因の効果をj知るために分散分析を行う。(表-4)

表-3 L₃₆への割付けと計算値

この表から容量の変動に影響を与える要因の重要度を次に示す寄与率によって判断する。

$$\rho_A = \frac{A \text{ 因子の純変動}}{\text{全 変 動}} = \frac{S - \phi_A \cdot V_e}{S_T} \quad (3)$$

ここで、

ρ_A : A 因子の寄与率 S_A : A 因子の変動 ϕ_A : A 因子の自由度 V_e : 誤差の分散 S : 全変動

直交表を利用した実験などでは分散分析表中の誤差項の寄与率が重要な意味をもつ。それは、誤差変動の中にはくり返し誤差や、無視された要因の変動等が含まれており、その実験にとりあげた要因が妥当かどうかといった判断の参考になるからである。しかし、本文のような分析では誤差項に偶然性といった意味はなく、36とおりの容量を線形結合で近似しようとする場合の誤差を表わす。(実験計画法では、説明する要因間に加法的性があることを前提にしている。)

さて、表-4の分散分析表を調べると、青時間比の寄与率が51.0%と最も高く、次いで対向車の17.9%でこれら2つの要因で全変動の約7割が説明されていることがわかる。

他の要因の寄与率を比べると、左折低減率と右折車混入率がそれぞれ8.9%と7.8%で若干高い値を示しているが、幅員、左折車混入率、大型車混入率、右折さげ台数の各要因では2.9%~1.5%の低い値を示している。

図-1は青時間比と対向車の各水準の値と平均交通容量の関係を示したもので、この図の値は表-3から求められる。

列 No.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	10	11	12	13	交通容量 (100 台/h)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16.53
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	15.38
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	14.85
4	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1	14.12
5	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	15.16
6	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	18.22
7	1	1	2	3	1	2	3	3	1	2	2	3	1	15.31
8	2	2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	1	1	13.27
9	3	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	1	17.28
10	1	1	3	2	1	3	2	3	2	1	3	2	1	13.94
11	2	2	1	3	2	1	3	1	3	2	1	3	1	16.45
12	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	2	1	1	16.83
13	1	2	3	1	3	2	1	3	3	2	1	2	2	12.44
14	2	3	1	2	1	3	2	1	1	3	2	3	2	16.74
15	3	1	2	3	2	1	3	2	2	1	3	1	2	17.71
16	1	2	3	2	1	1	3	2	3	3	2	1	2	13.48
17	2	3	1	3	2	2	1	3	1	1	3	2	2	17.80
18	3	1	2	1	3	3	2	1	2	2	1	3	1	15.19
19	1	2	1	3	3	3	1	2	2	1	2	3	2	14.58
20	2	3	2	1	1	1	2	3	3	2	3	1	2	16.33
21	3	1	3	2	2	2	1	3	1	3	1	2	2	16.22
22	1	2	2	3	3	1	2	1	1	3	3	2	2	14.15
23	2	3	3	1	1	2	3	2	2	1	1	3	2	14.53
24	3	1	1	2	2	3	1	3	3	2	2	1	2	18.00
25	1	3	2	1	2	3	3	1	3	1	2	2	3	11.76
26	2	1	3	2	3	1	1	2	1	2	3	3	3	14.66
27	3	2	1	3	1	2	2	3	2	3	1	1	3	18.44
28	1	3	2	2	2	1	1	3	2	3	1	3	3	15.09
29	2	1	3	3	3	2	2	1	3	1	2	1	3	13.53
30	3	2	1	1	1	3	3	2	1	2	3	2	3	16.89
31	1	3	3	3	2	3	2	2	1	2	1	1	3	12.41
32	2	1	1	1	3	1	3	3	2	3	2	2	3	17.06
33	3	2	2	2	1	2	1	1	3	1	3	3	3	18.09
34	1	3	1	2	3	2	3	1	2	2	3	1	3	13.80
35	2	1	2	3	1	3	1	2	3	3	1	2	3	15.94
36	3	2	3	1	2	2	1	2	3	1	1	2	3	17.70

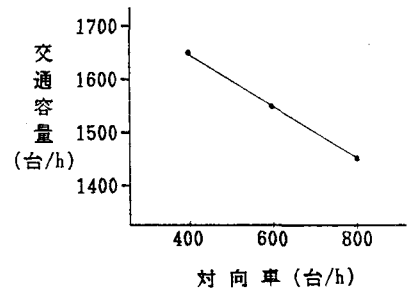
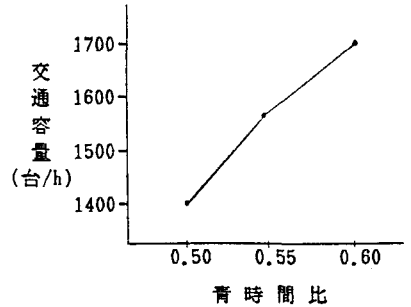


図-1 各要因の平均交通容量

表-4 分散分析表

記号	要因の説明	偏差平方和S	自由度φ	分散V	分散比F ₀	ブーリング	寄与率ρ(%)
A	青時間比	59.6	2	29.8	149.0		51.0
B	サイクル長	0.3	2	0.2	1.0		-
C	対向車	21.0	2	10.5	52.5	Se'=42	17.9
D	右折さげ台数	2.1	2	1.1	5.5	φe'=19	1.5
E	右折車混入率	9.3	2	4.7	23.5	Ve'=0.2	7.8
F	左折低減率	10.6	2	5.3	26.5		8.9
G	左折車混入率	3.1	2	1.6	8.0		2.3
H	幅員	3.8	2	1.9	9.5		2.9
I	大型車混入率	2.8	2	1.4	7.0		2.2
e	誤差項	3.9	17	0.2			5.5
計	総変動	116.4	35	-	-		100.0

※5%有意

※※1%有意

F(2, 17, 0.05)=3.59

F(2, 17, 0.01)=6.11

例えば青時間比 (A) の水準 1 (0.50) の平均値は表-3 の A 列の 1 に相当する交通容量の平均である。直交表を利用して得られる平均値、A の要因の水準 1 と水準 2 の平均、 A_1 と A_2 の値は他の因子の条件をいろいろ変えた下での値を求めることになる。したがって水準 1 と水準 2 による影響が他の因子の条件が異なっても一貫して効果をもつもののみが、大きな効果のあるものとして推定されるから、条件が多少変わってもその効果、とくに水準の優劣の順序が変わらない要因に重点がおかれ要因効果の信頼性が評価されるのである。青時間比が 0.50 と 0.60 では 1397 台/h と 1712 台/h で 315 台/h の差があり、対向車が 400 台/h と 800 台/h では 1648 台/h と 1460 台/h で 188 台/h の差がある。

(3) 直交多項式による交通容量の線形近似式について

表-4 の分散分析の結果、B 因子 (サイクル長) 以外の要因は有意であることがわかった。このことは、交通容量が A, C, D, E, F, G, H, I の 1 次式で表現できるということで、これらの 1 次係数は直交多項式により推計できる。回数係数の推計方法は他書に譲るとして、得られた結果を式 (4) に示す。

$$Q_c = 1555 + 3150(A - 0.55) - 0.468(C - 600) + 28.1(D - 2) - 12.4(E - 10) - 331.6(F - 0.3) - 6.872(G - 10) + 68.09(H - 6.5) - 6.779(I - 25) \quad (4)$$

この式の寄与率は 94.5%、標準誤差が 49 台/h である。

また、寄与率の高い A (青時間比) と C (対向車) の要因を用いた場合、式 (5) のようになり寄与率は 68.9%、標準誤差が 105 台/h である。

$$Q_c = 1555 + 3150(A - 0.55) - 0.468(C - 600) \quad (5)$$

直交多項式のもつ利点は式 (4) や式 (5) のように説明変数を自由に選択できることで、道路、交通条件などの要因が全て与えられてなくても交通容量が算出でき、説明変数の寄与率をベースに推計誤差も評価できるので、実用的なモデルと考えられる。なお、モデルの標準誤差は式 (6) で算出できる。

$$Se = \sqrt{(1 - R^2) \cdot S_{yy} / (n - p - 1)} \quad (6)$$

Se : 標準誤差 R^2 : 寄与率 S_{yy} : 全変動 n : データ数 P : 説明変数の個数

4. おわりに

本文は 2 車線道路の信号交差点容量に影響を及ぼす要因についての定量的評価を実験計画法を用いて行い、直交多項式により交通容量の線形近似式を推計したものである。

交差点改良に伴う交通容量の変化は断面の交通容量として道路、交通条件などの要因の補正を用いて求めることができる。一方、路線として道路を評価し隘路となる交差点の容量を限られた情報で求めなければならない場合、すなわちマクロ的な容量の把握には本文で提案したモデルが実用的である。

交通容量に限らず、工学上問題となる事象はさまざまな要因の影響を受けることが多い。その場合、一定の条件下でその問題を考えることは弾力性に乏しい説得力の気薄な結果になる危険性が高い。一方、本文で試みた実験計画法的アプローチは影響要因が変化することを考慮している点で信頼性の高い情報を提供してくれるから、今後、土木設計や計画を考える際にも応用していきたい。

参考文献

- 1) 日本道路協会 : 道路の交通容量、丸善、昭和 59 年 9 月
- 2) 交通工学研究会 : 平面交差の計画と設計-基礎編- 昭和 59 年 7 月
- 3) 田口玄二 : 第 3 版実験計画法上、丸善、昭和 51 年 12 月
- 4) 佐藤馨一、五十嵐日出夫 : 空港アクセスにおける交通機関別分担モデルの推定、土木学会論文報告集 第 274 号 1978 年 6 月
- 5) 阿部幸康、荻野治雄 : 北海道における信号交差点のある 2 車線道路の旅行速度、交通工学、Vol 21 No 5 1986