

信州大学工学部 学生員 伊藤 一寿

信州大学工学部 正員 奥谷 巖

1. はじめに

都市の街路網の複雑化、街路区間内交通量の増加等が進み、交通の流れが順調でなくなりつつある現在においては、交通信号等による交通の制御システムは、単独で制御されるのではなく、系統だてて制御されている。この制御のために発生する交通の損失は見逃すことはできないものであり、それらの損失を最少にするように制御のシステムを計画しなければならぬ。本研究においては、街路区間内において交通信号により発生する交通車群の遅れ時間を交通損失と考え、平均遅れを分散を考慮して求め、その特性を検討する。

2. 遅れ時間算定の理論式

遅れ時間算定式は、多くの研究者によって求められているが、ここでは R.E. Allsop (英) による「各車群内において到着率は一定としたときの周期的に到着する車群に対する遅れ時間」を基本的な考えとした。つまり、車群の到着率は一定であり、行列が生じている間の発進率も一定であると仮定し、車群の先頭車到着時間、車群の到着率、車群の時間長さを変数としている。彼の方法は3変数のうち2変数を固定しているが、本研究ではこれらの3変数の分散を同時に考慮して平均遅れを求める。車群のパターンを単一矩形波、疎密2矩形波、階段状波の3種類とし(図-1)、車群の先頭車到着時間及び時間長さの関係により、それぞれいくつかのケースを考え遅れ時間算定の理論式を導いた。なお、対象とする交差点は過飽和でなく、車群の到着率は交差点流入部の飽和交通流量を越えないという仮定を用いた。

対象街路区間の下流側交差点の流入部において、信号の赤時間開始時刻を時間の原点とし、赤期間(0, r)と青期間(r, r+g)からなる1信号周期(0, r)について考える。(ただし $C = r + g$)

車群先頭車は時刻 X ($0 \leq X < C$) に到着し、車群は到着率 $f(t)$ で期間 P ($0 < P \leq C$) 到着が続くとする。また、停止線を横切る飽和交通流量を S ($g(t) < S$) とし、発進率 $g(t)$ を赤期間は0、青期間は S と仮定する。

時刻 t における車群の到着総台数を $Q(t)$ とすると、 $X+P \leq C$ のとき $Q(t) = \int_0^t f(x) dx$ また、 $X+P > C$ のとき $Q(t) = Q(C) + Q(t-C)$ となる。1周期の総遅れ D は、次の式で表わせる。

$$D = \int_0^C \{Q(t) - (t-r)g(t)\} dt \quad \text{----- (1)}$$

ただし、 Z は行列長が消散する時刻で、 $Q(Z) - (Z-r)g(Z) = 0$ ----- (2) を解いて得られる。

$Q(t)$ は、 $X+P$ と C との大小関係より上記のいずれかを用いる。以下、図-1の3種類の車群パターンについて遅れ式を求めてみる。

図-1(a)のような車群パターンの場合、到着率は $f(t) = 0$ ($0 \leq t < X, X+P < t < C$)、 $f(t) = f$ ($X \leq t \leq X+P$) となり、式(1)を計算して、 $D = S^2(r-X)^2/2(S-f) - S(r-X)^2/2$ ---- (3) となる。図-1(b)のような g_1, g_2 という2つの到着率をもつ車群パターンの場合、 $D = \{(g_1 - g_2)^2 X^2 - 2(g_1 - g_2) f S X + g_1 f S^2\} / 2(S - g_1) + (g_1 - g_2) X^2 / 2$ ---- (4)

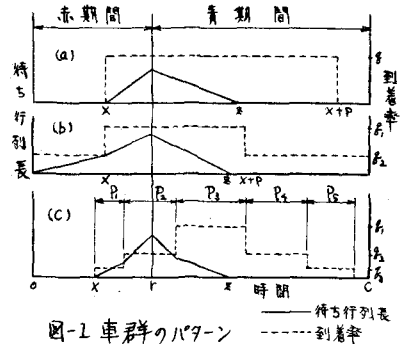


図-1 車群のパターン

となる。図-1(c)のような g_1, g_2, g_3 という3つの到着率をもつ車群パターンの場合には、

$$D = \{ \{ g_1 P_1 + g_2 P_2 - g_1(x + P_1 + P_2) \}^2 + g_1 s^2 \} / 2(s - g_1) + s^2 \{ g_1 P_1 + g_2 P_2 - g_1(x + P_1 + P_2) \} / (s - g_1) + g_1(x + P_1 + P_2)^2 / 2 + (g_2 P_1^2 + 2g_2 P_1 P_2 + g_2 P_2^2) / 2 - (g_2 P_1 + g_2 P_2)(x + P_1 + P_2) \} / (s - g_1) + g_2(x + P_1 + P_2)^2 / 2 \quad (5)$$

次に、式(1)により得られたDの期待値を分散を考慮して、平均遅れ式を導く。式(3)の期待値は、

$$E[D] = s^2(r - E[X])^2 / 2(s - E[g]) - s(r - E[X])^2 / 2 + s^2 r^2 \text{VAR}[g] / 2(s - E[g])^3 - s^2 r \text{COV}(X, 1/(s - g)) - s^2 r E[X] \text{VAR}[g] / (s - E[g])^3 + s^2 \text{COV}(X^2, 1/(s - g)) / 2 + s^2 \text{VAR}[X] / 2(s - E[g]) + s^2 \text{VAR}[g] \{ \text{VAR}[X] + (E[X])^2 \} / 2(s - E[g])^3 - s \text{VAR}[X] / 2 \quad (6)$$

となる。紙面の都合上式(4)及び式(5)の期待値は省略する。以上のようにして、諸変数の分散を用いて平均遅れ式が求まる。

3. 観測方法と解析

観測方法の手段としてメモモーションカメラを用いて実際の街路区間内の交通の流れを調査した。1秒につき2コマ手動で撮ることとし、1回の撮影で30分ほど交通の流れを撮影した。観測交差点において、遅れによる車の待ち行列長が撮影範囲に入るよう撮影地点はビルの屋上とした。しかし、道路に近いビルからでは、撮影範囲に待ち行列長が入らない場合があった。以上の条件を満足する観測地点は、長野市にはあまりなく、名古屋市において観測を実施した。本来交通量が一定となる時間帯に観測するのが望ましいが、時間的制約があったので、事前に調査することなしに観測をした。

観測地点は名古屋市内の4街路区間(区間1, 2, 3, 4)を対象にし実施した。区間1, 2, 4は信号周期が145秒, 150秒, 150秒であったが、区間3は150秒と145秒が半々ぐらいとすの途中の値があり周期は平均をとって147.5秒とした。それぞれの区間長及び車線数は、区間1は310mで5車線、区間2は125mで5車線、区間3は120mで3車線、区間4は92mで4車線であった。なお、区間3, 4は、路側に車が駐車してあったので、実際通行している車線数はそれぞれ1つ少ないと思われる。フィルムの読取りによって、車群のパターンの決定、遅れ時間の算定

表-1 計算結果 (単位: 台・秒)

を行なった。車群のパターンに関するデータを整理し、各々のケースについて計算した結果が表-1である。なお、階段状波の区間1, 2については、当日発表する。

区間	実測	単一矩形波	階段2矩形波	階段状波
1	1614.91	2390.41	727.84	
2	307.67	22.89	451.24	
3	230.91	295.59	241.90	150.43
4	163.55	0.0	144.80	73.23

計算結果において、疎密2矩形波とした場合が実測の遅れ時間の値に近いが、多少違う値をとるものがある。単一矩形波とした場合は、多いか少ないかわからずにかたよっている。階段状波の場合、現時点では実測の40~60%程度の値となっている。

4. 考察

総体的にデータが不足ぎみであるので、上記の結果を一般的なものとするのは問題があるかもしれない。また、各変数をフィルムから読取る際の読取り誤差の影響がどの程度のものか検討の必要性がある。今後は、車群のパターンに白形波などを取り入れ、最も適した遅れの平均式を導く必要がある。

参考文献

R. E. Allsop: 交通信号における車群に対する遅れの分析

中川功・奥谷巖: 諸変数の分散を考慮した街路区間内交通損失 昭和53年土木学会中部支部大会