

名古屋工業大学 正員 渡辺 新三

〃 学生員 小野 弘

〃 沢 彰男

1. まえがき 単路での車群特性に関しては種々研究がなされているが、都市内街路での車群特性は信号機の制御パラメータ(サイクル長, スプリット, オフセット等)により大きく変化しその機構は複雑になり、いまだ十分究明されていない。大都市ではもちろん、中都市においても広域交通制御の必要性が迫られている現状において、制御パラメータと制御効果との関係を的確に把握することが都市内交通混雑解消のためには必要不可欠である。それゆえ信号の青現示開始以後の車群の到着時間分布と求め、交差点間距離とサイクル長, スプリット, オフセット等の制御パラメータが与えられた場合の停止回数、停止時間(遅れ)を求める方法を考えた。

2. 有効青時間とさばり量との関係 停止線から 0.0m, 187.85m, 466.05m の各地点への到着時間(青現示開始から)と地点速度の関係は図1の通りであり、0.0m 地点では到着時間と速度の関係は

$$v = 1.249\sqrt{x} + 1.608 \quad \dots (1) \quad x: \text{到着時間}$$

となった。187.85m, 466.05m については到着時間と速度との相関関係はあまり良くない。いま平均車長を l m (5.70m) とすると危台目の位置は停止線より $l(l-1)$ m 後方となる。ここで式(1)が任意の位置の自動車について成立するものと仮定すると危台目の車が停止線に到着するまでの時間 T は

$$l(l-1) = \int_0^T (1.249\sqrt{x} + 1.608) dx \quad \dots (2)$$

を解くことにより求まる。ここに x : 発進遅れ(表1)

図2に l と T の関係を図示した。図2より与えられた青時間に対する渋滞時のさばり量が求まる。

3. 到着時間分布 図1より交差点から離れるにしたがい地点速度と到着時間との相関は弱くなるということが判ったので我々は到着時間のみについて実測を行なった。結果は図3のようであった。図の曲線は平均値 $\bar{x}$, 標準偏差 σ の正規分布を表わしている。実測の結果から平均値と分散はそれぞれ

$$\begin{aligned} \bar{x} &= 0.0791X + 14.62 & 0 < X \leq 750 \text{ m} \\ \sigma &= 1.53 \times 10^{-2} X^2 - 8.14 \times 10^{-3} X + 11.070 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} X: \text{停止線からの距離} \\ (3) \end{array} \right\}$$

となり X m 離れた地点の到着時間確率密度は(3)式の $\bar{x}$ より

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad \dots (4) \quad \text{となる。}$$

但しこの場合はサイクル長 85秒, 青時間 35秒, 平均直進交通

表1 発進遅れ (知立方面道(右左折車))

方向	左折車		直進車		右折車	
	左折車	直進車	直進車	右折車	右折車	直進車
1	2.0	2	2	2.5	2	1.8
2	1.2	1	1.2	1.2	2	2.5
3	1.8	2	2	2.2	1	1.2
4	2.4	2	2.2	2.2	2	2.5
5	2.0	1	2.2	2.2	2	2.2
6	2.2	2	2	1.2	1	2.2
7	2.2	2	2	1	2	2
8	2.2	2	2	2	2	2
計	5	11.2	2.2	2.2	2.2	2.2
平均	2.24	1.73	2.24	2.2	1.78	

小車車の平均 2.4秒

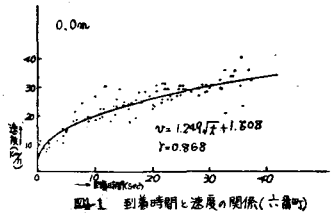


図1-1 到着時間と速度の関係(左側)

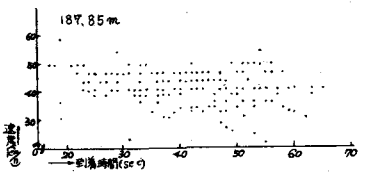


図1-2

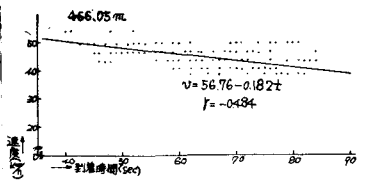


図1-3

量 19.5 号/8.5 秒 の時の到着時間確率密度である。

4. 到着時間分布の理論的考察

平均直道交通量が与えられた場合の到着時間確率密度を求めてみる。いま車群の中の車頭時間の確率密度を $P_n(t_n)$ 、サイクル長 c 秒あたりの交通量が $\bar{q}$ 台で与えられた場合、車群が $\bar{q}$ 台となる確率が $P_q(q)$ で与えられ、先頭車の到着時間確率密度 $P_1(t)$ が与えられたとすると、 T と t_n が独立と考えられるから $P_n(T+t_n) = \int_0^\infty P_1(u-v) P_q(v) dv \dots (5)$ ここに $u-v=T$, $v=t_n$ で与えられる。

一般に $\bar{q}$ 台目の到着時間確率密度は順次

$$P_n(T+t_n) = \int_0^\infty P_{n-1}(u-v) P_q(v) dv \dots (6)$$

で与えられる。ここに $u-v=T$ $v=t_n$

また $\bar{q}$ 台までの到着時間の和の確率密度は

$$P(T_{1,2,\dots,\bar{q}}) = \{P_1(T_{1,2,\dots,\bar{q}}) + P_2(T_{1,2,\dots,\bar{q}}) + \dots + P_{\bar{q}}(T_{1,2,\dots,\bar{q}})\} / \bar{q} \dots (7)$$

となる。よって平均交通量 ($\bar{q}/c$) の時の到着確率密度は

$$P(T_{1,2,\dots,\bar{q}}) = \sum_{n=1}^{\infty} P(T_{1,2,\dots,\bar{q}}) \times P_q(n) \dots (8)$$

となる。

5. 制御効果 普通信号制御を行なう場合、制御パラメータの変更は 20 分間 ~ 10 分間位で行なっている。このような短い時間帯では右左折率や交通量はほぼ定常的と考えられるのでサイクル長を一定と仮定することは妥当である。いま継続的にオフセット (i と $i+1$ 信号機との赤中へ間の時間的ズレ) $i\theta_{i+1}$ で T 時間制御された場合は $i+1$ 信号機で被る遅れはシーケンズ n では

$$i+1 D_n = \sum_{n=1}^{\infty} \int_{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}}^{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}+T} (i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}-x) P_{(T_{1,2,\dots,\bar{q}})}(x) dx \dots (9)$$

である。1 サイクルあたりの交通量がほぼ一定であれば (9) 式は

$$i+1 D_n = \left[\frac{T}{c} \right] \int_{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}}^{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}+T} P_{(T_{1,2,\dots,\bar{q}})}(x) dx \dots (10)$$

よって総遅れと停止台数はそれぞれ次式で与えられる。

$$i+1 D_T = \left[\frac{T}{c} \right] \sum_{n=1}^{\infty} \int_{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}}^{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}+T} P_{(T_{1,2,\dots,\bar{q}})}(x) dx \dots (11)$$

$$i+1 S_T = \left[\frac{T}{c} \right] \sum_{n=1}^{\infty} \int_{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}}^{i\theta_{i+1}-nc+\frac{c}{2}+T} P_{(T_{1,2,\dots,\bar{q}})}(x) dx \dots (12)$$

ここに $i+1 D_n$: i 信号機から $i\theta_{i+1}$ 台流出した場合の n 車状態の遅れの和

c : サイクル長 (秒) r : 赤時間 ($i+1$ 信号機)

6. 考察 図2で経験的な値より低くなっているのは発進遅れ α が $\bar{q}$ に無関係に一定と仮定したが実際には $\bar{q}$ が大きくなるにつれて α は減少し、反応時間に近くなると考えられるから曲線は $\alpha=0$ と $\alpha=1.84$ の中間位と仮定し (8) については今回は $P_n(t_n)$, $P(T)$ の関数形を明らかにすることができなかったので具体的な関数として表わすことができなかったが図3より正規分布に近づくことが判った。制御効果については信号制御パラメータが与えられると損失が式 (10) ~ (12) により求まるので逆に遅れ、停止回数、待行列長等を最小にするオフセットやスプリットを求めることが可能となる。

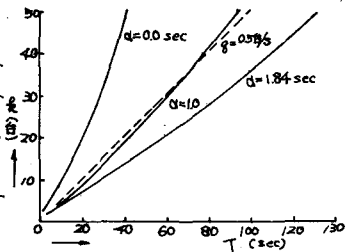


図2 青時間とさばけ量の関係 (1車線あたり)

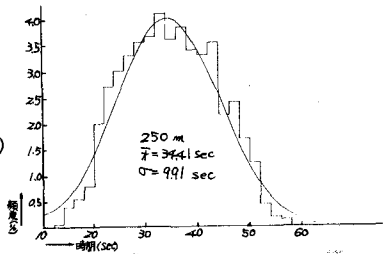


図3-1 到着時間分布 (11車線通)

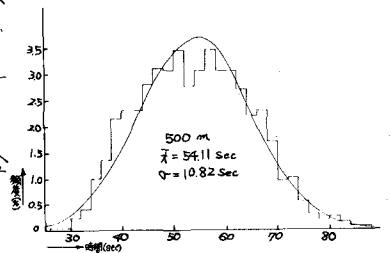


図3-2

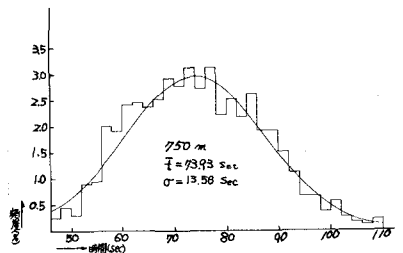


図3-3