

名古屋工業大学 正員 渡辺新三
豊田工業高等専門学校 正員 荻野 弘

1. まえがき 信号交差点群制御の最適化を図る場合の効率の尺度として走行車軸の遅れ、停止回数、旅行時間等がとられているが、これらはいずれも交通損失を車団波という概念で単純矩形波モデル、あるいは拡散矩形波モデル²⁾を利用して求めている。著者らの実測によると車団は時間の経過と共に図1のように変形していくことが確かめられた。そこで信号機制御効率の尺度として遅れや停止回数がとられる程度の交通量、すなわち過飽和でない状態での損失を到着時間確率密度から求める方法を考察してみた。またこれらのモデルを名古屋都心部を対象として損失を最小にするようなオフセットを求めシミュレーションにより比較することを目的とした。

2. 追従関係による車団の表現 走行中の車団は次の3つの仮定が成立するものとする。

- (1) 車団の拡散は追従関係にのみ依存する。
- (2) 車団中の追従車頭時間の分布は車団の構成に無関係に一定とする。
- (3) 到着時間と車頭時間とは互いに独立である。

i) 先頭車の到着時間確率密度

車団の先頭車に関する距離 x での到着時間確率密度を $P(x, t)$ とすると実測^{*}によればほぼ正規分布

$$P(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_t} \exp\left[-\frac{(t - \bar{t}_1)^2}{2\sigma_t^2}\right] \dots (1)$$

とすることができる。ここに

$$\left. \begin{aligned} \bar{t}_1 &= 0.0666x + 4.72 \quad r = 0.999 \\ \sigma_t &= 0.0046x + 1.64 \quad r = 0.961 \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

$0 < x \leq 750^m$ であった。

式(2)によると $t < 0$ の確率も定義されることになるが $\bar{t}_1$ に比べて σ_t は小さいので無視できる。

ii) m 台目までの到着時間確率密度

仮定(2)から車頭時間の平均値 $\bar{t}_m$ と標準偏差 σ_m は一定でその距離との関係は実測^{*}によると

$$\left. \begin{aligned} \bar{t}_m &= 0.000616x + 1.213 \quad r = 0.998 \\ \sigma_m &= 0.000274x + 0.976 \quad r = 0.976 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

$0 < x \leq 750^m$

となった。また仮定(3)より m 台目の

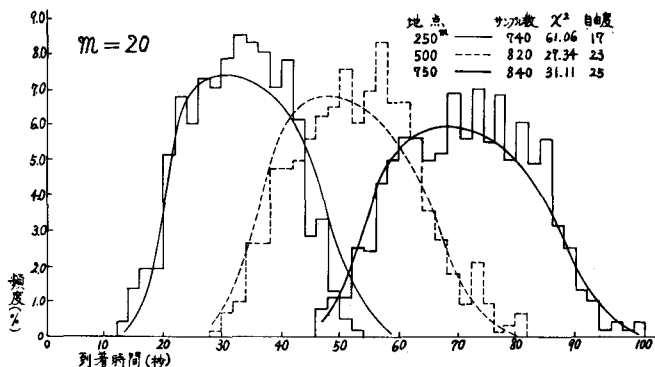
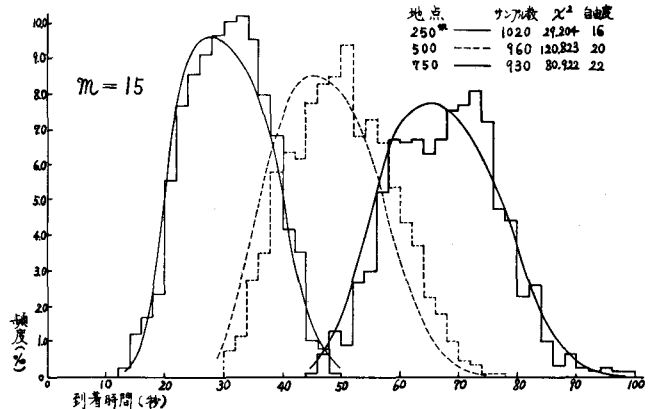


図1 車団の拡がり 曲線は式(4)によるもの

到着時間確率密度 $f(x, t)$ は $m-1$ 台目の到着時間確率密度 $P_{m-1}(x, t)$ と車団中の車頭時間確率密度 $P(x, t)$ とのたにみ込みにより求まる。

iii) m 台目までの到着時間確率密度関数 車群が m 台である場合の距離 x での到着時間確率密度 $P^m(x, t)$ は

$$P^m(x, t) = \{P(x, t) + P_1(x, t) + \dots + P_{m-1}(x, t)\} \sqrt{m}$$

$$\bar{x} = \int_0^\infty x P^m(x, t) dx, \quad \sigma_x^2 = \int_0^\infty x^2 P^m(x, t) dx - \bar{x}^2 \quad \dots (4)$$

となる。車頭時間の分布を平均値、標準偏差が式(3)で与えられる正規分布と仮定して $m=15, 20$ とした場合の理論値は図1の

ようであった。この場合 $\bar{x} < 0$ の確率が存在するという不合理があるが実測値によく合う。

3. 損失関数 車団の距離 x での到着時間確率密度が $P^g(x, t)$ で与えられたとすれば、あるオフセット θ_{ij} がとられた場合の損失を被むる部分は図2に示されているようになる。ここで矩形波モデルの場合の $P^g(x, t)$ は、 $P^g(x, t) = 1/B$ $\bar{x} \leq x \leq \bar{x} + B$, $P^g(x, t) = 0$ $x < \bar{x}$ or $x > \bar{x} + B$ (5)

となる。図2より選れば

$$d_j = \sum_{m=0}^{\infty} \int_{c\theta_{ij} + mc - \frac{r}{2}}^{c\theta_{ij} + mc + \frac{r}{2}} P^g(x, t) dx \quad \dots (6)$$

ここに B : 車団波長(秒)

C : サイクル長(秒)

r : 赤時間(秒)

停止台数は $S_j = \sum_{m=0}^{\infty} \int_{c\theta_{ij} + mc - \frac{r}{2}}^{c\theta_{ij} + mc + \frac{r}{2}} P^g(x, t) dx \quad \dots (7)$

図2 オフセットと損失の関係

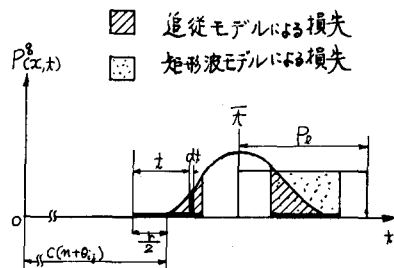


表1 シミュレーションによる結果

路線	評価基準	現行制御	通過等最大	一次最適化	二次最適化	ランダムオフセットによる二次最適化	ランダムオフセットによる二次最適化
桜通	方 向	東行 西行	東行 西行	東行 西行	東行 西行	東行 西行	東行 西行
	平均走行速度 km/h	20.81 19.19	19.98 16.56	32.08 16.81	25.30 27.10	16.80 21.42	17.40 20.00
	平均走行時間の遅延率%	0.422 0.478	0.501 0.526	0.179 0.545	0.259 0.384	0.552 0.421	0.425 0.519
	平均待ち時間の遅延率%	0.386 0.419	0.232 0.235	0.812 0.312	0.406 0.352	0.356 0.361	0.834 0.292
錦通	方 向	東行 西行	東行 西行	東行 西行	東行 西行	東行 西行	東行 西行
	平均走行速度 km/h	30.17 20.30	22.10 24.95	24.30 30.30	18.58 29.00	26.40 25.70	26.60 26.60
	平均走行時間の遅延率%	0.157 0.348	0.348 0.244	0.217 0.296	0.164 0.450	0.183 0.163	0.287 0.300
	平均待ち時間の遅延率%	0.246 0.326	0.205 0.413	0.310 0.325	0.364 0.283	0.364 0.281	0.315 0.400
大津通	方 向	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行
	平均走行速度 km/h	19.62 16.67	20.02 18.90	21.85 5.73	23.40 26.89	24.80 5.51	23.80 14.29
	平均走行時間の遅延率%	0.200 0.389	0.371 0.275	0.186 0.113	0.134 0.186	0.126 0.853	0.161 0.471
	平均待ち時間の遅延率%	0.374 0.466	0.328 0.425	0.380 0.225	0.358 0.358	0.317 0.193	0.382 0.347
久屋大通	方 向	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行
	平均走行速度 km/h	19.04 19.58	21.89 18.00	19.08 14.94	25.10 20.38	15.90 22.39	19.10 18.00
	平均走行時間の遅延率%	0.277 0.293	0.192 0.304	0.325 0.327	0.187 0.223	0.332 0.235	0.342 0.295
	平均待ち時間の遅延率%	0.344 0.266	0.370 0.346	0.412 0.323	0.412 0.400	0.394 0.373	0.434 0.269
糸全体	方 向	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行	北行 南行
	平均走行速度 km/h	19.89 19.89	19.36 21.31	21.31 23.60	23.60 23.60	23.60 23.60	19.20 19.20
	平均走行時間の遅延率%	0.343 0.343	0.376 0.376	0.376 0.376	0.376 0.376	0.376 0.376	0.376 0.376
	平均待ち時間の遅延率%	0.375 0.375	0.316 0.316	0.316 0.316	0.316 0.316	0.316 0.316	0.316 0.316

4. あとがき 損失関数式(5)(6)から名古屋都心部をモデルに ループ損失最小原理によりオフセット群を決定しシミュレーションをおこなった。結果は表1の通りであった。計算には UNIVAC 1108名古屋端末を使用し1ケースあたり20分を要した。式(4)によるものは現在計算中である。

参考文献 ①毛利 幸夫・増田 小野 昭夫 1974年11月国土交通省全国大会講演要録 P53 等
②毛利 幸夫・増田 小野 昭夫 1975年 P57 等
③毛利 幸夫・増田 小野 昭夫 1975年 P55 等