

交通の面制御に関する一考察 (盛岡市中央通り大通りについて)

細川 巖 *立花 徹美 湯田 恒弥

1. はじめに

現在、盛岡市の大通りと中央通りの交通信号は独立に系統化されている。ここではそれぞれの系統化において Through Band を最大にするように Offset を求めた。大通りは一方通行なので優先方式を、中央通りでは平等方式を採用した。中央通りでは方向別交通量比を考慮した場合とかオフセットの安定性についても計算してみた。さらに両者を結ぶ区間の Through Band 幅についても考慮し、それら幅の和が最大になるようなオフセットを決定した。また面制御させようとする区間において右・左折車とか交通量等を実際に採用してみて遅れを計算し、Through Band 幅の和が最大になる Offset の場合と、現在のとを比較してみた。

2. 理論 (1)

2-1. 優先方式; 同一路線上にある信号機群について、一方向のみの Through Band 幅を最大にしたいとき、 S_i 信号機によえるべき Offset は

$$S_i = \sum_{j=1}^i \frac{d_{j-1,j}}{V_{j-1,j} \cdot T} + \frac{r_0 - r_i}{2} \dots \dots (1)$$

ただし、 T ; サイクル時間 (各信号機に共通), S_i ; 信号機 S_0 に対する S_i の Offset, 各信号機とも赤時間の中央をとりて Offset の基準とし、 T に対する比率で示す。 $d_{j-1,j}$; S_{j-1} 信号機よりの S_j 信号機までの距離
 $V_{j-1,j}$; $S_{j-1} \sim S_j$ 信号機間の計画速度, r_i ; サイクル時間に対する S_i 信号機の赤時間比。

(1) 式で計算された Offset S_i は信号機の位置によっては、1 以上の値をとることがあり得るから あらためて Offset S_i を次のように定義する。

$$S_i = S_i - [S_i] \dots \dots (2) \quad [X] \text{ は } X \text{ の整数部を示す Gauss の記号}$$

なお その他 必要な記号を一括して次のように規定しておく。

g_i ; サイクル時間 T に対する S_i 信号機の青時間比,

W_u, W_d ; 上・下方向の Through Band 幅 (T に対する時間比)

Q_u, Q_d ; 上・下方向の交通量

2-2. 平等方式; Offset を設定するのに上下両方向、同時に考慮するとすれば、次の三つの問題が考えられる。

1) 両方向の交通量に関係なく $(W_u + W_d)$ を最大にする。

- 2) $W_u = W_d$ という条件下に最大の W を求める。
 3) $(W_d/W_u) = (Q_d/Q_u)$ という条件下に W_u, W_d を夫々最大にする。
 ここでは、まず2) の場合の問題を考察し、ついで3) への展開を試みる。

a). Through Band の幅; S_i, W_u, W_d は、いずれもサイクル時間 T に対する比率として考えるので、いま $S_1 \sim S_n$ の各信号機の位置をすべて S_0 を基準とした次の量に変換して考える。

$$\xi_i = \sum_{j=1}^i \frac{d_{j-1,j}}{V_{j-1,j} \cdot T} - \left[\sum_{j=1}^i \frac{d_{j-1,j}}{V_{j-1,j} \cdot T} \right] \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$(0 \leq \xi_i < 1)$

S_0, S_i 信号機の二つについて考えれば、図1, 2 のような時間-距離線図において、傾斜45度の直線として各車の動きを示すことができる。

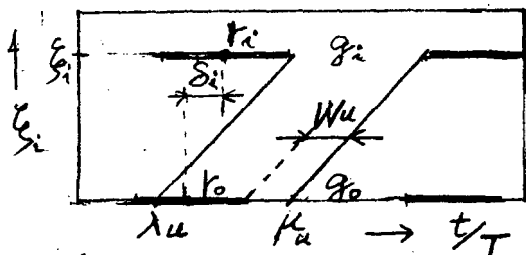


図1 Through Band (上り方向)

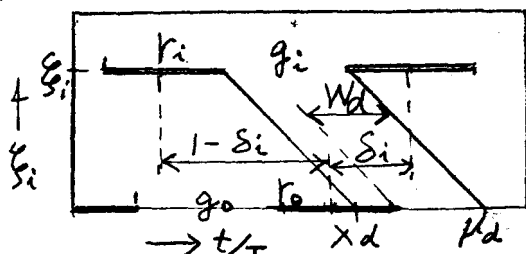


図2 Through Band (下り方向)

図3はこれらの中で $\frac{r_0 + r_i}{2} \geq \frac{1}{2}$ の条件を与えた場合、各種の ξ_i に関して S_i と W の相互変化状態を示したものである。これによれば $W_u = W_d$ なる関係を満足する S_i の値は通常二つあり、そのうち大きい Band 幅を与えるものは、 ξ_i の範囲に応じて 0 または $1/2$ のどちらかである。

これらの関係は、 r_0, r_i に他の条件を規定した場合についても、同じように計算することができる。

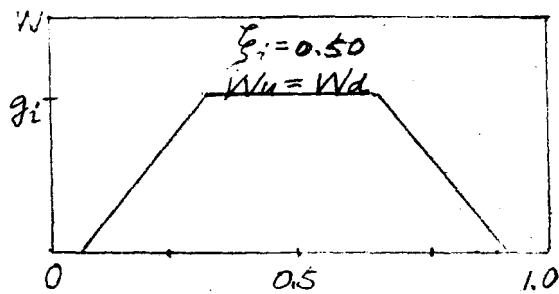
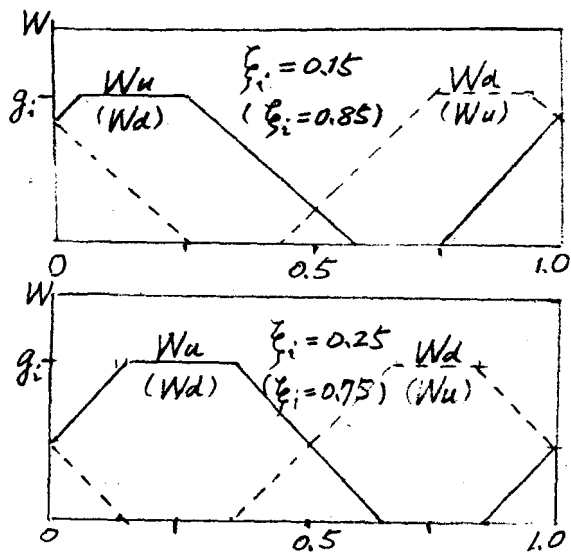


図3 ξ_i, δ_i, W の関係

b) Normal Offset ; S_0 と S_i 信号機の一組について考察した結果、前記の例から次のような性質が明らかになった。

(1) $W_u = W_d$ なる条件を満足する Through Band は、 $\xi_i = 0$, 及び $\xi_i = 1/2$ で最大となり、その値は $g_i (r_i \geq r_0)$ または $g_0 (r_i < r_0)$ に等しい。

(2). この条件下で Through Band を最大にする Offset は、 S_i 信号機に関して次のように与えられる。

$$\delta_i = \begin{cases} 0 & 0 \leq \xi_i < 1/4, & 3/4 \leq \xi_i < 1 \\ 1/2 & 1/4 \leq \xi_i < 3/4 \end{cases} \dots (4)$$

これを以後 Normal Offset と呼び δ_{Ni} で示す。これらの関係は、 $S_1 \sim S_m$ 信号機の中のひとつと S_0 信号機とのすべての組に対して成立するものであるから、これによって、この信号機群に与える Offset について一つの解を求めることが可能となる。すなわち全信号機に関する Through Band を制約する信号機は通常その中の2個だけであるから、 $S_1 \sim S_m$ 信号機にすべての Normal Offset を与えた場合、Band の前端と後端を制約する2個の信号機を見出せばよい。このため S_0 信号機も $\delta_{N0} = 0$, $\xi_0 = 0$ として考慮に入れ、すべての信号機について次のような最大最小値を与えるものを決定する。

$$\max \{ \alpha_i + r_i/2 - \xi_i \} \dots (5) \quad \text{但し } \alpha_i = \begin{cases} \delta_{Ni} & \xi_i \leq 3/4 \\ 1 + \delta_{Ni} & \xi_i > 3/4 \end{cases}$$

$$\min \{ 1 + \alpha_i - r_i/2 - \xi_i \} \dots (6)$$

式(5)を満足する信号機が W_u の前端と W_d の後端を、式(6)で与えられるものが W_u の後端と W_d の前端を規定する。

この二つの信号機を S_a 及び S_b とすると、 W は式(5),(6)の差として与えられる。

$$W_u = W_d = 1 - \frac{r_a + r_b}{2} + (\xi_a - \alpha_a) - (\xi_b - \alpha_b) \dots (7)$$

として計算できる。

c) 最適 Offset ; ある信号機群に対し、 W_u, W_d の関係について与えられた条件で Through Band を最大にする Offset を最適 Offset と呼ぶことにすると、前述の Normal Offset はそのまま最適 Offset となる場合もあるが、必ずしも常にそれが最適 Offset であるとは限らない。

そこでいま、Normal Offset の逆転ということを考えてみる。逆転とは次のように Offset を変えることを意味する。

$$\delta_{Ni} = 0 \rightarrow 1/2, \quad \delta_{Ni} = 1/2 \rightarrow 0$$

たとえば図4のように Normal Offset が与えられた場合、 f_0 の両端を通る軌跡(点線)を考へ、これによつてできる Band の前(後)端と r_i の後(前)端との間隔を x_i または y_i とし、 x_i, y_i の符号は Band を狭めるものを正、逆に広めるものを負とする。

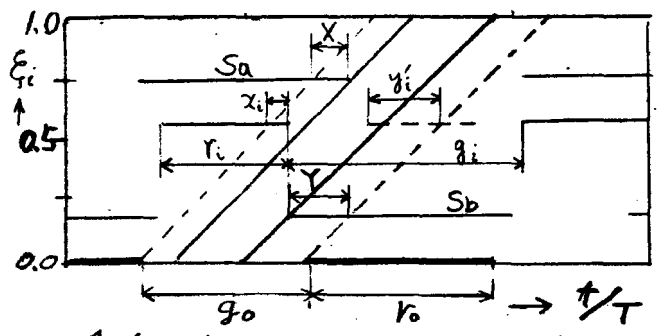


図4. Normal Offset の逆転

この場合 Normal Offset の性質より明らかなおり、次の関係がある。
 $y_i \geq x_i$ ($1/4 > \xi_i \geq 0, \delta_{Ni} = -0$), $x_i > y_i$ ($1/2 > \xi_i \geq 1/4, \delta_{Ni} = 1/2$)
 $y_i \geq x_i$ ($3/4 > \xi_i \geq 1/2, \delta_{Ni} = 1/2$), $x_i > y_i$ ($1 > \xi_i \geq 3/4, \delta_{Ni} = 0$)
 ----- (8)

従つてこれぞこの信号機について ξ_i の値に応じて x_i, y_i のうち大きい方を次のように求めてみる。

$$\left. \begin{aligned} y_i &= \{(r_i - r_0) / 2\} + \xi_i & (1/4 > \xi_i \geq 0) \\ x_i &= \{(r_i - r_0) / 2\} - \xi_i + 1/2 & (1/2 > \xi_i \geq 1/4) \\ y_i &= \{(r_i - r_0) / 2\} + \xi_i - 1/2 & (3/4 > \xi_i \geq 1/2) \\ x_i &= \{(r_i - r_0) / 2\} - \xi_i + 1 & (1 > \xi_i \geq 3/4) \end{aligned} \right\} \text{----- (9)}$$

ここでいま

$$X_N = \max_i \{x_i\} \text{----- (10)}$$

$$Y_N = \max_i \{y_i\} \text{----- (11)}$$

とすれば X_N, Y_N は前述の S_a, S_b に対応し、Normal Offset に応ずる Through Band は次のように表わすこともできる。

$$W = f_0 - (X_N + Y_N) \text{----- (12)}$$

ここでつぎに Offset の逆転を考へ、逆転によつて x_i, y_i が x'_i, y'_i に変わったものとするれば、これらの間には次の関係がある。

$$x_i + y'_i = 1/2 + (r_i - r_0)$$

$$\text{または } y_i + x'_i = 1/2 + (r_i - r_0) \text{----- (13)}$$

従つて Normal Offset に応ずる x または y が計算されると、これによつて Offset を逆転した場合の y' または x' が計算される。

前述の各性質を利用して最適 Offset を求めるには、各信号機について Normal Offset に応ずる x_i または y_i を式(9)より求めると同時に、Offset を逆転した場合の y' または x' を式(13)によつて計算し、

これらのすべての組み合わせの中から次式で示されるような最小値をとる組を決定すればよい。

$$\min \{X+Y\} = \min \{ \max(z_1, z'_1) + \max(y_1, y'_1) \} \dots (14)$$

従って そのとき得られる Through Band は次式で表わされる。

$$W = g_0 - (X+Y) \dots (15)$$

d) 方向別交通量比を考慮する場合

これまでの解析では $W_u = W_d$ なることを前提として最大の Through Band を求めたが、もし両方向の交通量に差異があり、一定の比率を示すような場合には、この比率に応じた Band 幅を与えるような Offset を設定することができよう。

すなわち、上り方向の Band の前端を制約する信号機 S_a は、同時に下り方向の Band の後端を制約しており、 τ_a をシフトして W_u を増加することは、同じ時間だけ W_d を減少することになる。

最適 Offset として前述の方法で求められた Through Band を、 $W_u = W_d = W$ としたとき、

$$\left. \begin{aligned} W'_u &= \frac{2WQ_u}{Q_u + Q_d} & (W'_u \leq g_m) \\ W'_d &= \frac{2WQ_d}{Q_u + Q_d} & (W'_d \leq g_m) \end{aligned} \right\} \dots (16)$$

ただし g_m は全信号機の中の最小青時間 (サイクル時間に対する比率) 従って $Q_u > Q_d$ の場合は上り Through Band の後端を $W'_u - W$ だけシフトし、 $Q_u < Q_d$ の場合は下り Through Band の後端を $W'_d - W$ だけシフトしてそれぞれ Band 幅を拡大すればよい。

そこで、Band 幅を拡大する場合、Offset をシフトすべき信号機およびこれらの移動量 Δ は次のようにして与えられる。

まず最適 Offset に応ずる x または y を求める。次に $x(y)$ をとる信号機についてはその場合の $y(x)$ の値を次の関係より計算する。

$$x_i + y_i = g_0 - g_i \dots (17)$$

これらすべての x, y についてあらためて

$$X' = \max \{x_i\}, \quad Y' = \max \{y_i\} \dots (18)$$

とすれば

$W_u' > W_d'$ の場合には

$$\Delta_i = \begin{cases} (W_u' - W) - (Y' - y_i) & W_u' - W > Y' - y_i \\ 0 & W_u' - W \leq Y' - y_i \end{cases} \dots (19)$$

また $W_u' < W_d'$ の場合には

$$\Delta_i = \begin{cases} (W_d' - W) - (X' - x_i) & W_d' - W > X' - x_i \\ 0 & W_d' - W \leq X' - x_i \end{cases} \dots (20)$$

となる。

e) サイクル時間と速度変動の影響

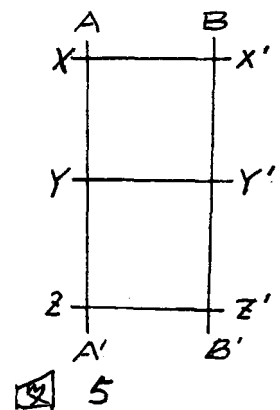
各信号機間の交通流の速度 V_{ij} およびサイクル時間 T を一定値に定めると、これに於ける最適 Offset は前述のようにして求められる。しかし交通流の速度は、交通量その他の交通条件の変動によってたえず変化するものであり、サイクル時間もまた交差交通の量に応じて変更した方が妥当な場合が多い。

ところがこれらの変化は当然最適 Offset 及び Through Band に影響を与えるもので、 V, T の特定の値に対していかに大きな Band 幅が与えられていても、わずかな条件変化によって急激に減少するような Band であれば、實際上、その Offset は不適当なものといわねばならない。

これに対して Offset をあまり頻繁に変更するという事は技術上も困難であろうし、また交通混乱の因ともなりかねない。そこで特定の Offset で一定値以上の Band 幅を保つことを考えた場合、 V, T の変動に関する許容範囲の大小（以下これを Offset の安定性と呼ぶ）が問題となる。

f) 横方向の Through Band 幅

図5に示すような区間での Through Band 幅を求めようとするとき、 $A-A', B-B'$ は独立に制御されているものとするれば、横方向 ($X-X', Y-Y', Z-Z'$) の Through Band 幅は、横方向の一個所の Offset がわかれば、他の区間の Offset も容易に求まるので、Through Band 幅も求められる。



2-3 遅れの計算⁽²⁾

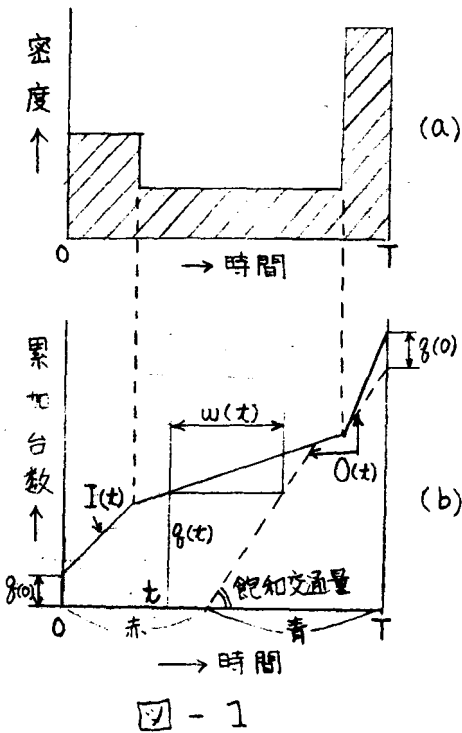


図-1

ある信号による遅れは、その信号に到着する交通の密度波形、Offset, Split, およびその進入路の飽和交通量から決まる。

図-1(a)に示すような密度パタンの交通がある信号に到着するとき、到着する交通と発進する交通の累加台数は、それぞれ、図-1(b)に示される $I(t)$ および $O(t)$ のようになる。時刻 t における待ち台数は、

$$q(t) = I(t) - O(t) \dots\dots (21)$$

で表わされ、時刻 t に到着する車の待ち時間は、図-1(b)において $w(t)$ で示される。1 サイクル当り総遅れは、

$$D = \int_0^T (I(t) - O(t)) dt \dots\dots (22)$$

として計算することができる。一般にある信号における遅れは、その信号に到着する

交通がその時までに来てきたすべての信号および流出入交通、その他の要素の歴史をたどらなければ定まらない。ここでは、次のような方法によって各信号への到着交通密度波形を計算する。

- i) 系の外から系に到着する交通は、一様流またはある任意の波形によって与える。系の端末信号と系外の最も近い信号との間隔が非常に大きい場合には、密度波形の平均化作用により一様流として与えることが許されるであろうし、その系と同じサイクル長で制御される隣接系との系統制御を考慮する場合には隣接系からの流出交通密度波形から決まるので、ある波形として与えることができるであろう。

- ii) ある信号を通過することによる密度波形の変化は、図-1に示されたとおりの考え方に従って計算される。そのため、各信号機の各フェーズのスプリット、飽和交通量、オフセットなどが、

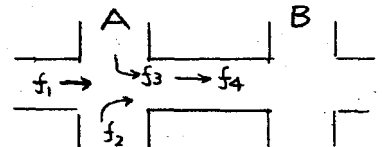


図-2 相異なるフェーズでさばかれる交通が同一方向へ向かう時

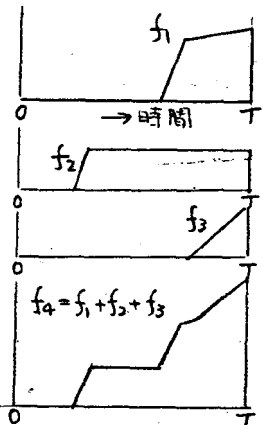


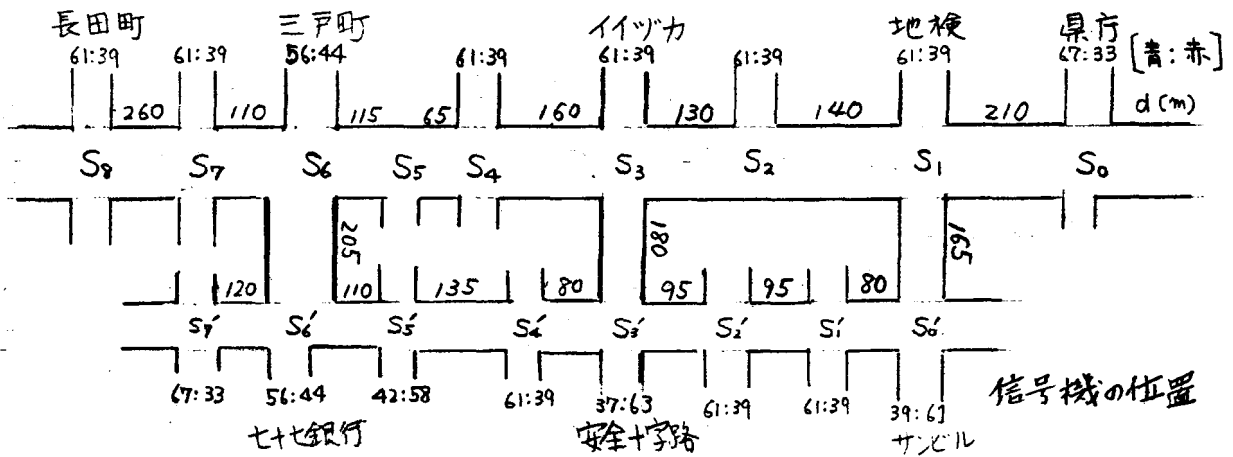
図-3 相異なるフェーズでさばかれる発進交通和

与えられている必要がある。

iii) 一つの流入路への到着交通が2つの異なるフェーズでさげられる場合には、それぞれのフェーズでさげられる交通の到着密度波形は互いにすべて等しく、合計交通の波形と同じであると仮定して与えられた比率で分配される。

iv) 図-2に示されるような、ある信号において相異なるフェーズでさげられる交通が同一方向に向かう場合には図-3に示されるように取り扱われる。すなわち図-2における $f_4 = f_1 + f_2 + f_3$ は図-3のように、それぞれの密度波形の和として計算される。

3. 結果



信号機	距離 $d(m)$	速度 $V(km/h)$	$\frac{d}{VT}$	ξ_i	r_i	$\frac{r_0 - r_i}{2}$	δ_i
S'_0	0	40	0	0	0.61	0	0
S'_1	80	40	0.080	0.080	0.39	0.110	0.190
S'_2	95	40	0.095	0.175	0.39	0.110	0.285
S'_3	95	40	0.095	0.270	0.63	-0.010	0.260
S'_4	80	40	0.080	0.350	0.39	0.110	0.460
S'_5	135	40	0.135	0.485	0.58	0.015	0.500
S'_6	110	40	0.110	0.595	0.44	0.085	0.680
S'_7	120	40	0.120	0.715	0.33	0.140	0.855

表-1 大通りの優先Offset

信号機	x_i	$X_i - x_i$	Δ_i	最適 Offset	修正 Offset
S_0	(0)	0.390	0	0	0
S_1	0.320	0.070	0.023	$\frac{1}{2}$	0.523
S_2	0.180	0.210	0	$\frac{1}{2}$	0.500
S_3	0.050	0.340	0	$\frac{1}{2}$	0.500
S_4	0.390	0	0.093	0	0.093
S_5	0.325	0.065	0.028	0	0.028
S_6	0.235	0.155	0	0	0
S_7	0.100	0.290	0	0	0
S_8	0.340	0.050	0.043	$\frac{1}{2}$	0.543

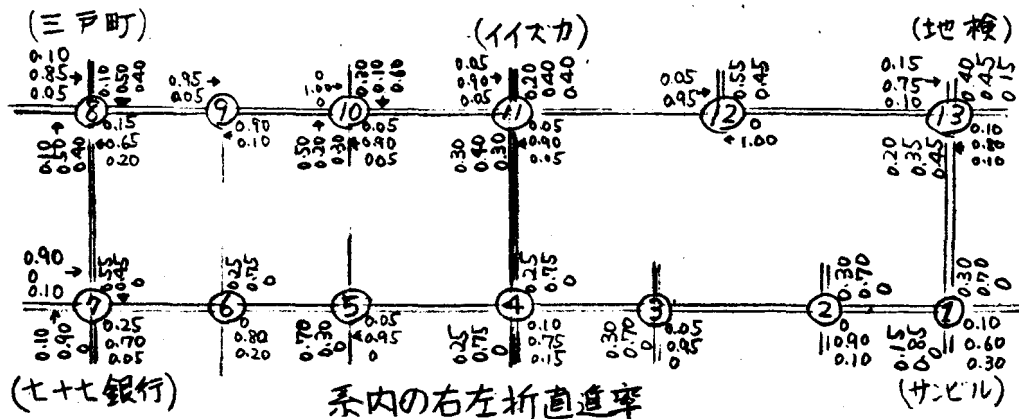
表-2 Δ_i の計算例 ($W_0:W_1=1:2$)

表-3 Normal Offset と最適 Offset

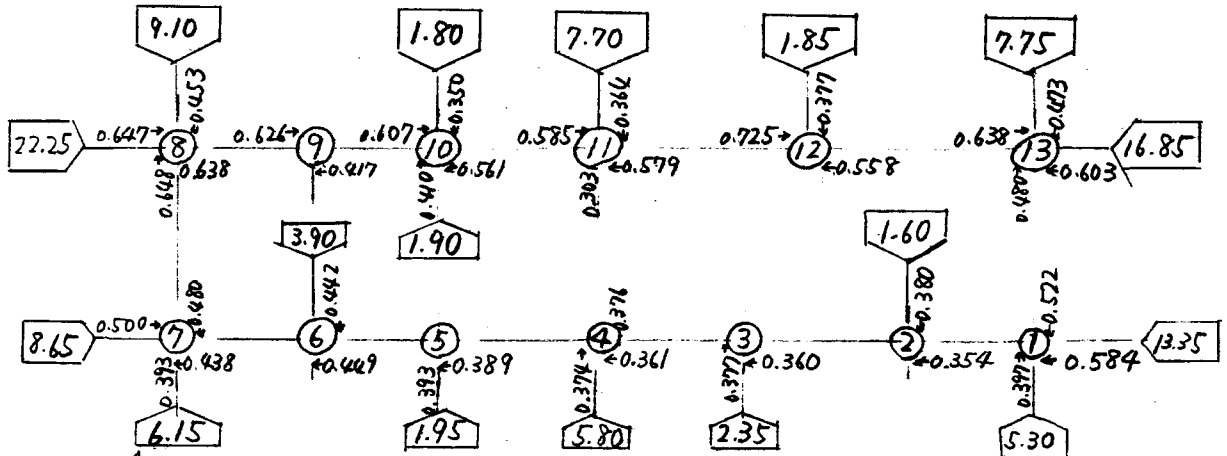
信号数	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
	距離 d(m)	速度 V(km/h)	$\frac{d}{VT}$	ξ_i	γ_i	$\frac{\gamma_i - \gamma_0}{2}$	δ_{max}	γ	α	修正 α, γ	最適 Offset	信号機	γ	α	γ	α	$\alpha + \gamma$	修正 α, γ
S ₀	0	40	0	0	0.33	0	0	0	(0.500)	γ	0	S ₀	0	0.500	0	0.390	0.390	γ
S ₁	210	40	0.210	0.210	0.39	0.030	0	0.240	(0.320)	α	1/2	S ₄	0.170	0.390	0.170	0.340	0.510	α
S ₂	140	40	0.140	0.350	0.39	0.030	1/2	(0.380)	0.180	α	1/2	S ₈	0.220	0.340	0.220	0.325	0.545	α
S ₃	130	40	0.130	0.480	0.39	0.030	1/2	(0.510)	0.050	α	1/2	S ₅	0.235	0.325	0.235	0.320	0.555	α
S ₄	160	40	0.160	0.640	0.39	0.030	1/2	0.170	(0.390)	α	0	S ₁	0.240	0.320	0.240	0.235	0.475	α
S ₅	65	40	0.065	0.705	0.39	0.030	1/2	0.235	(0.325)	α	0	S ₆	0.375	0.235	0.375	0.180	0.555	α
S ₆	115	40	0.115	0.820	0.44	0.055	0	(0.375)	0.235	α	0	S ₂	0.380	0.180	0.380	0.100	0.480	α
S ₇	110	40	0.110	0.930	0.39	0.030	0	(0.460)	0.100	α	0	S ₇	0.460	0.100	0.460	0.050	0.510	α
S ₈	260	40	0.260	0.190	0.39	0.030	0	0.220	(0.340)	α	1/2	S ₃	0.510	0.050	0.510	0	0.510	α

Offset の安定性

S ₁	$\gamma = 0.21\beta + 0.0278$	$\alpha = 0.5278 - 0.21\beta$	$0.90 \leq \beta < 1.10$
S ₂	$\alpha = 0.5278 - 0.35\beta$	$\gamma = 0.35\beta - 0.0278$	$0.90 \leq \beta < 1.10$
S ₃	$\alpha = 0.5278 - 0.48\beta$	$\gamma = 0.48\beta - 0.0278$	$0.90 \leq \beta < 1.0417$
	$\gamma = 0.48\beta - 0.4722$	$\alpha = 1.0278 - 0.48\beta$	$1.0417 \leq \beta < 1.10$
S ₄	$\gamma = 0.64\beta - 0.4722$	$\alpha = 1.0278 - 0.64\beta$	$0.90 \leq \beta < 1.10$
S ₅	$\gamma = 0.705\beta - 0.4722$	$\alpha = 1.0278 - 0.705\beta$	$0.90 \leq \beta < 1.0638$
	$\alpha = 1.0278 - 0.705\beta$	$\gamma = 0.705\beta - 1.0278$	$1.0638 \leq \beta < 1.10$
S ₆	$\gamma = 0.82\beta - 0.4444$	$\alpha = 1.0556 - 0.82\beta$	$0.90 \leq \beta < 0.9146$
	$\alpha = 1.0556 - 0.82\beta$	$\gamma = 0.82\beta - 0.4444$	$0.9146 \leq \beta < 1.10$
S ₇	$\alpha = 1.0278 - 0.93\beta$	$\gamma = 0.93\beta - 0.4722$	$0.90 \leq \beta < 1.0753$
	$\gamma = 0.93\beta - 0.9722$	$\alpha = 1.5278 - 0.93\beta$	$1.0753 \leq \beta < 1.10$
S ₈	$\gamma = 1.19\beta - 0.9722$	$\alpha = 1.5278 - 1.19\beta$	$0.90 \leq \beta < 1.0504$
	$\alpha = 1.5278 - 1.19\beta$	$\gamma = 1.19\beta - 0.9722$	$1.0504 \leq \beta < 1.10$



系内の飽和交通量と1サイクル中に流入する平均台数



◇ 現行

表-4

総待ち時間 3861.4 (台・秒/1サイクル)

0/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	.	4.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	197.2
2	.	.	13.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	152.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	8.6	.	.	.	.	78.6	.	.	.
5	82.2	.	.	.	.	.	.	.
6	128.2	.	.	.	.	.	.
7	420.8	.	.	.	.	.
8	225.7	.	285.0	.	.	.	.
9	79.3	.	39.6	.	.	.
10	98.7	.	537.6	.	.
11	.	.	.	167.3	.	.	.	.	.	434.3	.	192.3	.
12	69.4	.	273.7
13	250.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	122.4	.

◇ S1とS0の幹線方向のOffsetが零のとき 総待ち時間 4114.8 (台・秒/1サイクル)

0/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	.	18.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	33.7
2	.	.	16.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	.	.	.	218.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	14.2	.	.	.	.	257.4	.	.	.
5	117.6	.	.	.	.	.	.	.
6	75.7	.	.	.	.	.	.
7	422.1	.	.	.	.	.
8	213.0	.	313.7	.	.	.	.
9	102.2	.	39.6	.	.	.
10	90.1	.	838.6	.	.
11	.	.	93.9	.	.	.	.	.	.	336.7	.	155.2	.
12	78.1	.	241.0
13	313.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	124.2	.

◇ 計算方法

各信号機的位置, 現示時間の比率, および各信号機間の計画速度 (40 km/h), サイクル時間 (90 sec) を求め, 次の手順により計算する。

i) 与えられた諸元にもとづいて, 表-3の(1)~(6)欄をそれぞれ計算記入し, この g_i の値に應ずる S_{mi} を求める。

ii) 式(9)によって x または y を計算すると同時に式(13)によって, これに対応する y または x を求める。

表-3では x, y を()をつけて示している。

iii) (14)欄で x を大きさの順に並べ, これに対応する y は, (13)欄に記入する。

iv) まず, x の最大値をもつ信号機(この場合 S_0)のみが y の方をとる。他の信号機は, すべて x の方をとるようなOffsetを考える。この場合 $Y=0, X=0.390$ として与えられ, $X+Y=0.390$ である。

v) 次に S_4 信号機もまた y をとるものとすれば, $Y=0.170, X=0.340, X+Y=0.510$ となる。この手順を最後まで繰り返して(15)~(17)欄を完成する。

vi) $X+Y$ の中で最小なるものを選び(この場合は0.390)これは y 上にある信号機は, すべて y , その他は x をとるものとする。

vii) この x, y を(10)欄に移し, (8), (9)欄の内容と比較し, 変わっているものはNormal Offsetを逆転し, 不変のものはそのまま採用する。

(11)欄は最終的に採用すべきOffsetで, この場合Through Bandはつぎのように与えられる。

$$W_u = W_d = g_0 - \min \{ X + Y \}$$

また, このときBandの前後端を制約する信号機は S_3, S_4 である。

4 考察

1) 現在, 中央通りは次の三つのパターンで制御されている。

・ 7:30~9:00 $T=100$ sec (バス優先レーンが設けられる時間)

・ 9:00~20:00 $T=90$ sec

・ 20:00~7:30 $T=80$ sec

ここで問題にしたのは, $T=90$ secの場合である。そこで現行のThrough Band幅と最適Offsetのときのそれと比較してみると

後者の方がいく分、ないことがわかる。また現行のものは下り方向（長田所→桑名）の Through Band 幅が上り方向の 2 倍以上になっている。これでは上り、下りの交通量がたいたい同じような場合、好ましいとは言えない。

県庁前の信号機を若干シフトさせることにより、いく分 Through Band 幅を改善することができることもわかる。

2) 最適 Offset で求めた Through Band 幅は、 β が 0.90 ~ 1.10 の間では常に Band 幅が 0.20 以上でまず最適していると言えるであろう。 β が 0.90 ~ 1.10 と言うことは、 $V=40 \text{ km/h}$ とすると 81.8 ~ 100.0 sec まで T が変化するし $T=90 \text{ sec}$ とおくと V が 36.4 ~ 44.4 km/h まで変化する。0.9 ~ 1.1 の区間では $\beta=1.0$ で求めた最適 Offset が、そのまま最適 Offset になっているので問題ないが、これ以外の区間では必ず最適 Offset になるとは言えない。もし、そうならないなら、その時の最適 Offset を求める。

このようにして任意の区間についての最適 Offset をすべて求める。

もし、サイクル T を一定にしておけば、 β は V の関数となる。従って、 V を知れば、その時の最適 Offset は容易に求まる。実用化するには、端末装置で車の速度を自動的に計り、そのデータをもとに適した Offset を指示してやるシステムが必要となるであろう。この様にすれば、 V の広範囲にわたって Through Band 幅を大きく保つことができると思う。

3) 遅れの計算では、現行のと Through Band 幅の和（横方向）が大きい所のものを比較してみたら後者の方が総待ち時間が大きくなった。このことから Through Band 幅の和が大きいから待ち時間が少ないとは必ずしも言えないことがわかる。横方向のみについて考えてみると、待ち時間の和は前者も後者もほとんど変わらない。ところが 1 ↔ 13, 4 ↔ 11 区間では、値がかなり変動している。これをくわしく見てみると Through Band 幅が大きいほど待ち時間が少ないこともわかる。もし実用化するとすれば横方向の交通状況より最も混雑している方向の Through Band 幅を大きくすればよいと思われる。

4) 遅れの計算をより現実に近づける為には次の様な点についてさらに考慮する必要がある。速度分布による密度の平均化作用について、信号機間の流出入について、系外から入ってくる密度波形について。

参考文献 (1) 高田 弘, 栗本 譲 土木学会論文集 第 124 号 (昭.40.12)
(2) 越 正毅 土木学会論文集 第 147 号 (昭.42.11)