

名古屋大学教授 正員 毛利正光
 名古屋大学 学生員 ○ 本多義明
 中日本コンサルタント 正員 遠藤賢三

まえがき

本研究は単一路線系統化に関する理論とその応用について考察したものである。理論的考察としては系統路線におけるサイクル整合の決定を *through band width* を最大にするという観点から述べている。(1)

また実例としては、名古屋市内の西都環状線に関する最適 *offset* を電子計算機 HITAC 5020 で計算した。その結果、自動発車式系統信号を用いるための6種類の *offset* が決定された。

1. 1/2整数サイクル整合

図-1, 図-2に示す時間-距離図において各符号は次の量を表すものとする。

- S_i : i 番目の信号
- b (b): より(下り)の *through band width* (ワイド)
- θ_{ij} : S_i と S_j の *offset* ただし $0 \leq \theta_{ij} \leq 1$ (ワイド)
- r_i : i 番目信号の赤時間 (ワイド)
- $t_{ij}(T_{ij})$: 信号 S_i から S_j までの走行時間 (ワイド)
- f (r): *through band* の前端(後端)

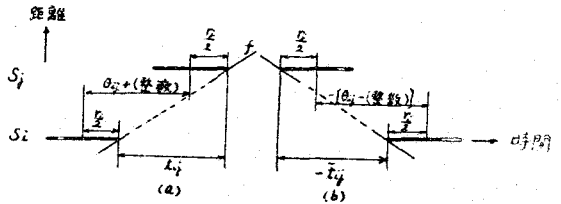


図-1 時間-距離図

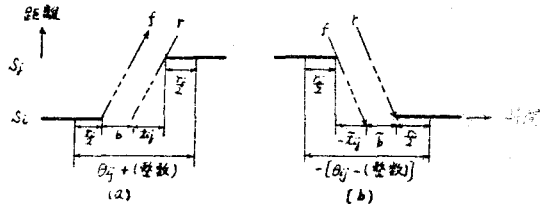


図-2 時間-距離図

図-1 (a) から

$$\frac{1}{2}r_i + L_{ij} = \frac{1}{2}r_j + \theta_{ij} + (\text{整数})$$

図-1 (b) から

$$\frac{1}{2}r_i - \bar{L}_{ij} = \frac{1}{2}r_j - \theta_{ij} + (\text{整数})$$

ゆえに $\theta_{ij} = \frac{1}{2}(t_{ij} + \bar{t}_{ij}) + \frac{1}{2}(\text{整数}) \dots\dots\dots (1)$

ここで $0 \leq \theta_{ij} \leq 1$ を考え、 $\delta_{ij} = 0, \frac{1}{2}$ を用いると式(1)はつぎのように表わされる。

$$\theta_{ij} = \text{man} \left[\frac{1}{2}(t_{ij} + \bar{t}_{ij}) + \delta_{ij} \right] \dots\dots\dots (2) \quad \text{ただし } \text{man } Z = \text{man} \text{ 整数 } Z$$

式(2)によって表わされる *phasing* を 1/2 整数サイクル整合または交互 *offset* 方式という。

次に図-1 と状態の異なる図-2 の場合について考えると、図-2 (a) から

$$\frac{1}{2}r_i + b + L_{ij} + \frac{1}{2}r_j = \theta_{ij} + (\text{整数}) \dots\dots\dots (3)$$

図-2 (b)から $\frac{1}{2}Y_1 + \overline{b} - \overline{x}_j + \frac{1}{2}Y_2 = -\theta_{ij} + (\text{整数}) \text{----- (4)}$

式(3)(4)において $\overline{b} = b$ とならぬ両方向の *band width* を等しくすれば、

$$\theta_{ij} = \frac{1}{2}(x_{ij} + \overline{x}_j) + \frac{1}{2}(\text{整数})$$

上式は式(2)と同じものである。以上の考察により、 $b = \overline{b}$ とならぬ平等 *through band width* の仮定によれば、*offset* は式(2)に π と $\frac{1}{2}$ 整数サイクル整合で設定されることがわかる。

3. 最大平等 *through band* のためのサイクル整合

前節の議論により、最大平等 *through band* のためのサイクル整合を定めるためには、 $\frac{1}{2}$ 整数サイクル整合の場合に適合すればよいことがわかった。

図-2(a)は赤時間が上り *band* の前端に接する場合であるが、原点を S_i の赤時間の右端にとると、 S_j の赤時間の右側に接する *band* は次の時間に S_i を通過しているはずである。

$$\max [\theta_{ij} + (\frac{Y_1}{2}) - (\frac{Y_2}{2}) - x_{ij}]$$

信号 S_i の赤時間の右側にこの *band* が接すれば無駄な時間がなくなるわけであるから、上の値を0にすればよい。このとき U_{ij} なる値を考え $U_{ij} = 1$ となるようにすると、

$$U_{ij} = 1 - \max [-\theta_{ij} - (\frac{Y_1}{2}) + (\frac{Y_2}{2}) + x_{ij}]$$

上式に式(3)を代入し δ_{ij} を用いると、

$$U_{ij}(\delta_{ij}) = 1 - \max [\frac{1}{2}(Y_1 - Y_2) + \frac{1}{2}(x_{ij} - \overline{x}_j) - \delta_{ij}]$$

S_j の赤時間の左側に接する *band* は $U_{ij} - Y_1$ に S_i を通過しているから、最良の δ_{ij} は次のように求むされる。

$$\max [U_{ij}(0) - U_{ij}, U_{ij}(\frac{1}{2}) - Y_1]$$

ゆえにこの目の信号を標準高としたときの *band width* は、

$$b_i = \min_j \max_{\delta=0, \frac{1}{2}} [U_{ij}(\delta) - Y_1]$$

それゆえ、最大平等 *band width* は基準信号を変化させることにより、

$$B = \max_i \min_j \max_{\delta=0, \frac{1}{2}} [U_{ij}(\delta) - Y_1]$$

また B を最大にする δ を C とし、 $\delta_{c1}, \delta_{c2}, \dots, \delta_{cn}$ をそれぞれの交差点に対する δ とする。式(2)に δ_{ij} を代入すれば *offset* $\theta_{c1}, \theta_{c2}, \dots, \theta_{cn}$ は計算される。

4. 実例

理論の適用として、名古屋市内の西部環状線の180所の信号交差点について *offset* を計算した。信号系統化の解析に必要な要素としては信号サイクル長、split、系統速度の3要素がある。交通調査の結果これらの値は次のごとく決められた。 (1) 信号サイクル長 60秒〜120秒

(2) split (表-1参照)

(3) 系統速度 これは *floating method*⁽²⁾ によって推定した。

表-1 Split と交差点の位置

交差点名	大平通4	松葉公園	田女子	玉田通	豊原南	豊原北	権現通	太内通	駒沢3丁目
split(%)	0.30	0.40	0.32	0.40	0.30	0.30	0.40	0.56	0.30
距離(m)	0	590	1175	1575	2270	2575	3285	3730	4015
交差点名	駒沢2丁目	駒沢2丁目	駒沢本通	学生	学生南	学生北	上見	廣生通	西消防署前
split(%)	0.30	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30	0.60	0.30	0.50
距離(m)	4225	4380	4825	5315	5485	5635	6010	6520	7225

5. モデル計算

信号系統化のモデル計算のためにサイクル長は70秒に、系統速度は40%に固定する。また表-1に各交差点のsplitと基準点からの距離が示されている。

- (1) $VT = \text{系統速度} \times \text{サイクル長}$ を計算する。
 - (2) y_1, y_2, \dots, y_n を計算する。 $y_1 = 0, \quad y_i = y_{i-1} - \frac{1}{2}(r_i - r_{i-1}) + \frac{1}{VT}(X_i - X_{i-1})$
 - (3) u_{ij} を計算する。 $u_{ij}(d=0.5) = 1 - \max(y_j - y_i - d)$
 - (4) 最大平等 through band width は $B = \max_{i,j} \min_{i,j} \max_{d=0.5} (u_{ij}(d) - r_j)$ このときの i を C とする。
 - (5) 最適 offset を計算する。式(2)において $b = \bar{b}$ で $\bar{x}_{ij} + \bar{x}_{ji} = 0$ となるから、最適 offset は $\theta_j = \delta_{ij}$
- 計算結果は表-2に示す。

表-2 最適 offset

VT (m)	VT (秒)	offset	大平通4丁目	→	西消防署前
1000.0	3600		0	0	0
1111.1	4000		0	0	0
1333.3	4800		0	0	0

6. 最適 offset の選定

交通量および速度の変化に応じてそのフビサイクル長と offset を指定するために、サイクル長は60秒から120秒まで5秒間隔でセリ、系統速度は30%から60%まで2%ごとにとった。計算された through band width と VT の関係を図示すれば図-3のようになる。

図-3に関して最適 offset を選ぶとき、その選択条件として、系統速度40%~50%、サイクル長90秒~100秒の範囲を考えれば、最適 offset として表-2の3種類の offset を選ぶことができる。これらによれば、 $VT = 970m$ ~ $1400m$ の間で through band width を20%以上にすることが出来る。

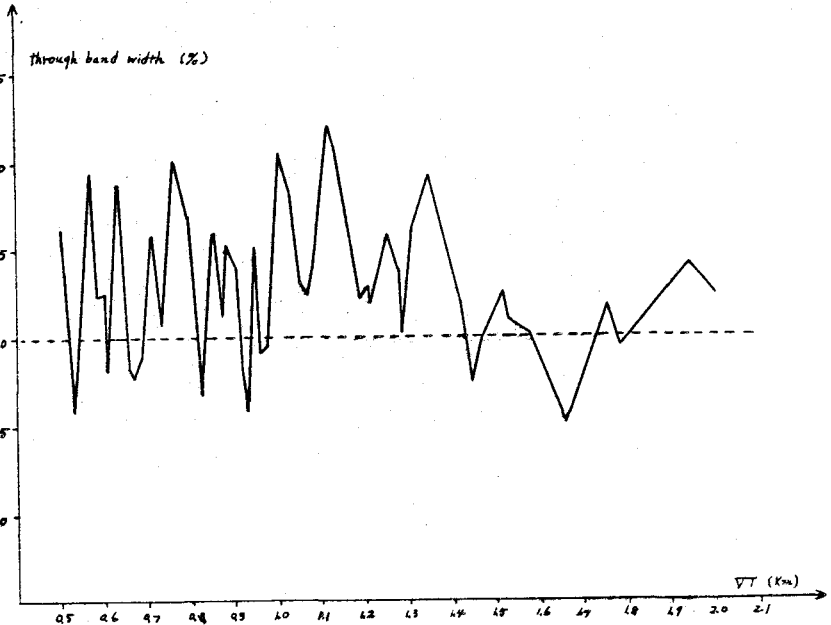


図-3 through band width と VT の関係

交差点名	大平通 四丁目	松葉公園前 四丁目	五月通	黄金南	黄金北	権現通	木間通	則武三丁目	則武二丁目	則武一丁目	則武本通	栄生三差路	栄生南	栄生北	上叟	産生通	西浜砂子町	
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0.70	0.41	0.25	0.67	0.44	0.35	0.30	0.70	0.70	0.47	0.67	0.69	0.24	0.54	0.23	0.56	0.37	0.68
2	39	60	44	36	15	54	49	39	39	16	36	38	43	24	42	25	56	17
3	63	33	68	60	39	28	23	63	63	39	40	62	67	47	63	59	36	61
4	13	34	18	60	26	28	23	13	13	40	60	12	17	47	16	49	30	11
5	44	65	49	54	70	59	54	44	44	21	41	43	48	28	47	30	61	42
6	55	26	60	53	31	70	65	55	55	32	52	54	59	39	68	41	22	42
7	50	21	55	47	26	15	60	59	59	36	56	58	13	43	12	45	26	57
8	44	15	-1	41	20	9	-5	44	44	21	41	43	-2	28	-3	30	11	42
9	70	41	25	67	46	35	21	70	70	47	67	69	24	54	23	56	37	68
10	43	66	48	40	69	58	44	43	43	70	40	42	47	27	46	29	60	41
11	23	44	28	70	49	38	24	23	23	50	70	22	27	57	26	59	40	21
12	13	32	16	58	47	26	12	11	11	38	58	60	15	45	14	47	28	59
13	66	37	21	63	42	31	67	66	66	43	63	65	70	50	69	51	33	64
14	36	57	41	33	62	51	37	36	36	53	33	35	40	70	39	22	53	34
15	67	38	25	64	43	22	68	67	67	44	54	66	21	51	70	53	34	65
16	4	25	9	1	30	19	5	4	4	33	1	3	9	32	7	40	21	2
17	53	24	58	50	29	68	54	53	30	50	52	57	37	56	39	70	51	51
18	2	14	7	49	28	17	3	2	2	29	49	1	6	36	5	38	19	50
b	2	14	-1	1	15	9	-5	2	2	16	1	1	-2	24	-3	22	11	2
	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	0	0	$\frac{1}{2}$	0	0

表-3 through hand width & offset B=24%

おとがき

西部環状線に設置する自動感应式信号では6種類のoffsetが準備される。すなわち、平等offset 3種類、優先offset 2種類、同時offset 1種類である。これら6種類のoffsetを考慮すれば、交通量の变化に対してかなりの順応性を發揮できるものと思われるが、さらにより、下りの車団波長の相違を考えた不平等offsetをヒリスればそれ以上の順応性が期待できる。これについてはつぎの機会に発表する予定である。

参考文献

- 1) J.T. Morgan et al : Synchronizing traffic signals for maximum bandwidth ; JORSA, No.6, (1964)
- 2) Wardrop & Charlesworth ; A Method of Estimating Speed and Flow of Traffic from a Moving Vehicle ; Journal. Institution of Civil Engineering. PART 3, pp158~171 (1964)