

交通量の変動を考慮したスプリット パターンの設定方法

A Method for Establishing Split Patterns of Pretimed Control
in Consideration of Variation in Traffic Volume

鹿田成則*，片倉正彦**，諸星一信***

by Shigenori SHIKATA, Masahiko KATAKURA and Kazunobu MOROBOSHI

In this paper, a method for establishing split patterns of pretimed control is suggested in consideration of variation in traffic volume. Traffic volume data for analysis are collected by detectors at three signalized intersections in Tokyo. The characteristics of variation in traffic volume are investigated on the basis of the data collected for four months. The data of traffic volume are classified into one pattern to seven patterns by using the cluster analysis. The number of the patterns required by pretimed control is estimated by computing delay in each pattern, using the equation proposed in Highway Capacity Manual(1985).

1. はじめに

信号機を単独で制御する地点制御では定周期制御が最も一般的であり、その中で多段定周期制御が通常用いられる。系統制御では、系統区間内のサイクル長はその区間内のキーとなる交差点を基準にして決定され、キー交差点のサイクル長は多段定周期制御と同様の考え方で設定されるため、系統制御においても多段定周期制御は1つの重要な部分を占めている。

多段定周期制御で決定しなければならないのは、1日をどのような時間帯に分割するかそしてそれぞ

れの時間帯に設定するサイクル長とスプリットの値である。サイクル長とスプリットは与えられた設計交通量に基づいて定められるものであるから、これらの値の計算方法を除けば設計交通量の設定の問題に置きかえることができる。

1日をどのような時間帯に分割するかに対しては、交通量の変動を考慮する必要がある。1つの方向の交通に対するある1日の交通量の変動パターンは、異なる日においても同一の変動パターンをとるとはかぎらず、むしろ日によって異なるのが通常である。それゆえある1日の交通量の時間変動に対して最適な時間帯の分割を行っても、その分割が異なる日に対しても常に最適となるとはかぎらない。さらに交差点では異種方向の交通が交差し、それぞれの交通の変動が異なるため、交通量の変動は各方向の交通量の組合わせた形での変動を考慮しなければならない。

以上のことから本研究は、1日の交通量の変動だ

*正会員 工修 東京都立大学助手 工学部
土木工学科

(〒158 東京都世田谷区深沢2-1-1)

**正会員 工博 東京都立大学教授 工学部
土木工学科

***正会員 工修 運輸省

けを扱うのではなく、ある程度長期間の交通量をもとにその交差点の有する変動範囲を特定したうえで、1日の時間帯をどのように分割するかそしてその分割数がいくつあれば良いかを検討することを目的としている。

2. 分析対象のデータ

分析に用いたデータは、交差点の交通量の変動状況にある程度長い期間にわたってとらえるために車両感知器のデータを用いることとし、具体的には昭和60年の1月、3月、5月、7月の4箇月間のデータを用いた。分析対象とした交差点は、東京都内の主要幹線道路である青梅街道の中野坂上、杉山公園および新宿通りの四谷三丁目の3交差点である。これらの交差点はすべて四枝交差点で、各流入部の代表車線に車両感知器が設定されている。

車両感知器から収集した交通量は集計単位時間が15分で、時間帯は5時から23時までの18時間であり、分析に用いたデータ数は1車両感知器あたり8928個である。分析に際しては休日(26日間)と平日(休日以外、98日間)にデータを分けて行っている。

3. 交通量の分布状況

分析対象とした3交差点について交差道路それぞれの15分間交通量と1時間交通量の分布状況を平日について示したのが図-1～図-3である。この交通量はそれぞれの道路で互に対向する流入部のう

ち多い方の交通量の値である。図中には、5時から23時までの時間帯を72個の15分間帯と18個の1時間帯に区切り、各々の15分間帯と1時間帯について日数(平日98日)で平均した交通量を四角で示し、この平均交通量で1日の時系列推移をあわせて示している。

図-1の場合、交差道路それぞれの交通量の組合せに片寄りが見られ、横軸の青梅街道側の交通量に対して交差側の交通量の方が多い場合がかなり見うけられる。平均交通量の時系列推移を見ても図-2、図-3に示す交差点にない変動傾向を示している。図-2の場合、交通量の全体的な分布状況は図-1と類似しているが、平均交通量の推移は非常に異なっている。図-3の場合は交通量の分布状況の傾向と平均交通量の推移の傾向が類似している。図-1～図-3にみられるように、交通量の変動状況は地点特有の傾向を示し、15分間交通量では分布範囲の中で一様に分布していたのが、1時間交通量では分布にまとまりがみられるようになった。

4. 交通量の変動を考慮したスプリットパターンの分類

図-1～図-3に示した交通量は、交差点流入部の代表車線に設置された車両感知器から収集した交通量であるため車線当りの交通量と考えてもよい。ここで交差点流入部の各車線の交通量が等しくかつ飽和交通流率も等しいと仮定すれば、図示した交通量を車線当りの飽和交通流率で除した正規化交通量

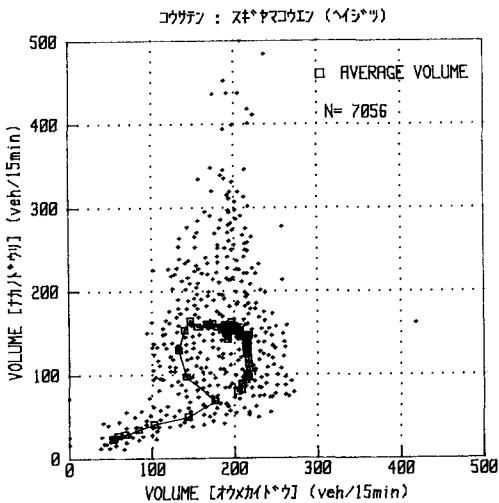
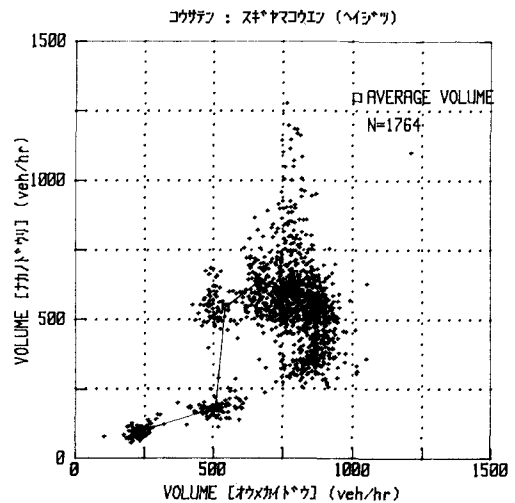


図-1 15分間交通量と1時間交通量の分布状況(杉山公園)



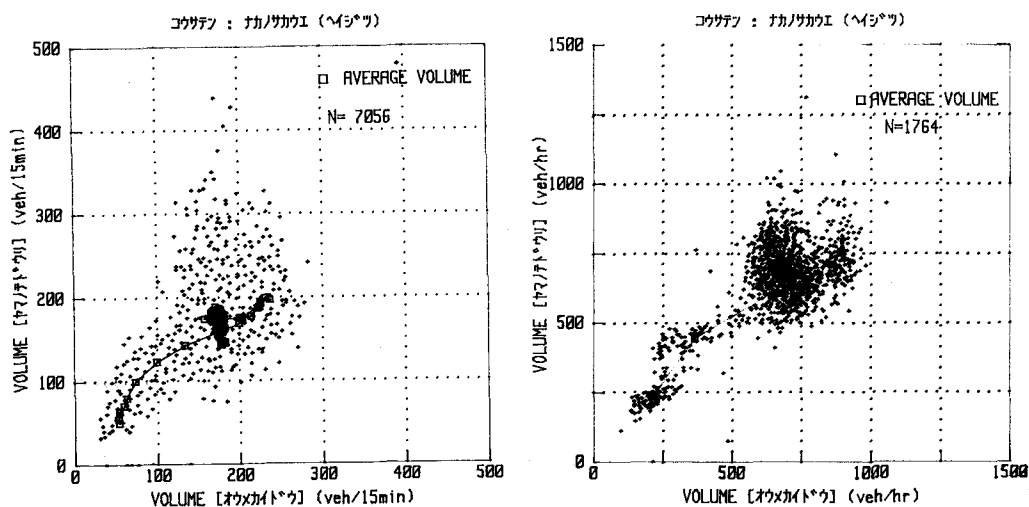


図-2 15分間交通量と1時間交通量の分布状況(中野坂上)

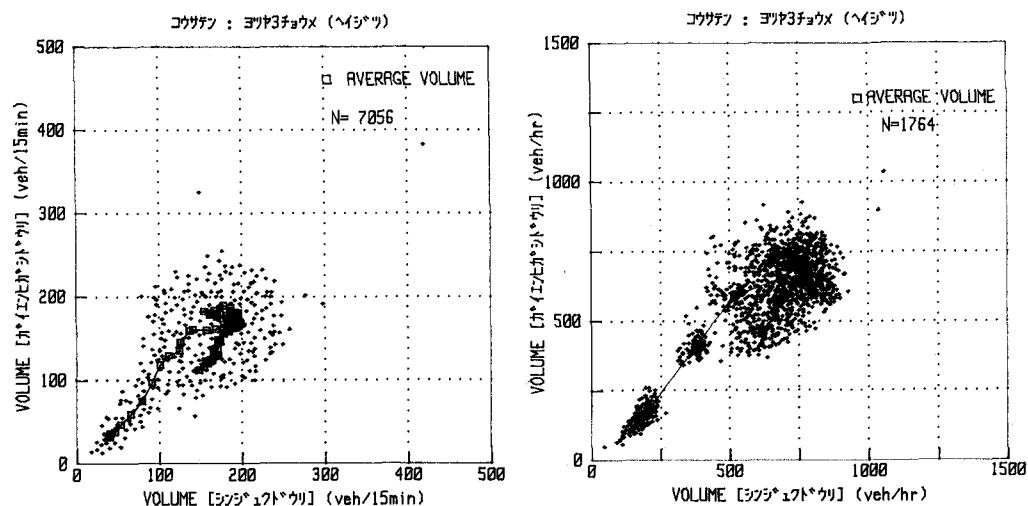


図-3 15分間交通量と1時間交通量の分布状況(四谷三丁目)

は流入部当りの正規化交通量に相当する。さらに交通量の値は互いに対向する流入部のうちの多い方の値であるから、正規化交通量はそのまま現示の飽和度を表している。したがって図-1～図-3に示した交通量の分布状況は上記の仮定のもとで現示の飽和度の分布状況をも示しているものと考えられる。スプリットは、現示の飽和度を両軸にとったとき原点を通る直線の勾配で示することができるから、図-1～図-3の分布はスプリットの変動範囲を表している。

図-1～図-3にみられるように4箇月間で示した場合の交通量の分布にはかなりのばらつきがみ

れた。このように分布している交通量に基づいて1日の時間帯を分割する方法としてクラスター分析を用いることを試みた。クラスター分析に用いたデータは、交差道路それぞれの5時から23時までの各1時間毎の平均交通量とその標準偏差である。すなわち各1時間帯の交通量を平均交通量で代表させ、その時間帯の交通量の変動を標準偏差によって表すこととした。表-1～表-3に平均交通量と標準偏差の値の一覧を示す。ただし、飽和交通流率の値(ここでは1800台/時/車線)を超える交通量のデータがある場合は、車両感知器の異常とみなして除外した。

多段定周期制御においては1日の段数は通常3段、多くても5段程度に設定されて運用されることが多く、ここでは7段すなわちパターン分類の数を7パターンまで分類した。図-4～図-6は分析対象とした3交差点について2パターンから5パターンまで分類した結果を示した。図中には分類された結果としてのパターンの番号を平均交通量の座標位置で示してある。図-4のパターン分類の傾向をみると、最初に5時台、6時台とそれ以外の時間帯の

2パターンに分類され、次いで7時台が分離し、その後5時台、6時台が分離された。3パターンに分離されたとき7時台の時間帯だけが分離されたのは表-1に示されているように標準偏差の値がかなり大きいことによるもので、中でも青梅街道側の標準偏差の値が大きい。図-5、図-6の場合は表-2、表-3に示すように各時間帯の標準偏差の相対的な差が大きくなり、表-1に比べて値そのものも大きくないため、概略各時間帯の平均交通量の位置関係に従って分類されている傾向にある。

表-1 クラスタ分析に用いた

平均交通量と標準偏差（杉山公園）

データ No.	平均交通量（台/時）		標準偏差		備考
	青梅街道	中野通り	青梅街道	中野通り	
1	230.3	95.6	254.8	115.7	5時
2	508.4	182.1	194.1	105.9	6
3	543.2	544.8	314.1	171.1	7
4	682.6	636.3	104.1	171.2	8
5	729.4	603.9	75.4	202.9	9
6	757.7	591.5	85.3	220.8	10
7	758.9	604.5	101.7	195.3	11
8	774.4	593.2	84.9	176.8	12
9	785.5	583.6	88.7	145.2	13
10	783.9	593.9	91.5	135.3	14
11	793.0	594.4	74.4	147.3	15
12	815.1	587.0	65.3	109.4	16
13	853.2	575.0	59.3	68.7	17
14	862.7	564.9	71.5	67.4	18
15	860.6	519.0	71.5	81.5	19
16	867.8	434.8	71.2	79.7	20
17	863.6	378.4	61.7	61.5	21
18	830.2	331.4	76.5	47.5	22

5. 遅れ時間に基づくパターン数の評価

（1）パターン数の評価に用いた遅れ時間式

前記4で得られたパターン分類の結果に基づいて、必要パターン数を評価するためにここでは遅れ時間を用いることとした。

交差点の流入部に到着する交通の遅れ時間を表す理論モデルは、到着交通の理論分布に応じて種々提案されているが、Webster に代表されるようにこれらのモデルは飽和状態に近づくに従って遅れ時間は無限大となる。

米国の1985年版のHighway Capacity Manual（以下H.C.M.）には遅れ時間を算出するための新しいモデル式が提案されている。この特徴は正規化交通量・スプリット比 x が1を超えても遅れ時間が無限大にならないことである。ただし適用するにしても x が1.2までの範囲にとどめ、それを越えるような

表-2 クラスタ分析に用いた

平均交通量と標準偏差（中野坂上）

データ No.	平均交通量（台/時）		標準偏差		備考
	青梅街道	山手通り	青梅街道	山手通り	
1	182.4	215.8	129.5	99.6	5時
2	283.3	399.8	103.0	76.0	6
3	878.3	720.0	56.9	97.0	7
4	874.9	673.6	43.2	49.9	8
5	738.0	672.4	67.5	47.2	9
6	718.0	662.2	51.7	69.6	10
7	676.5	688.9	66.4	56.9	11
8	664.4	719.7	43.5	79.5	12
9	690.5	719.7	42.9	43.6	13
10	693.2	723.7	34.0	57.0	14
11	659.7	699.7	36.8	40.5	15
12	656.8	693.6	26.5	39.9	16
13	650.9	693.5	26.0	37.3	17
14	691.5	694.0	33.3	36.5	18
15	721.9	644.8	28.1	38.9	19
16	677.7	607.0	35.0	32.6	20
17	669.2	595.3	42.6	40.5	21
18	662.6	550.4	41.9	28.4	22

表-3 クラスタ分析に用いた

平均交通量と標準偏差（四谷三丁目）

データ No.	平均交通量（台/時）		標準偏差		備考
	新宿通り	外苑東通り	新宿通り	外苑東通り	
1	136.2	96.8	81.2	51.3	5時
2	187.8	151.2	27.1	40.3	6
3	357.7	386.0	46.9	33.7	7
4	496.7	607.6	69.3	38.5	8
5	686.7	663.4	45.7	53.3	9
6	762.8	743.4	54.6	64.6	10
7	699.6	732.3	65.0	48.4	11
8	637.2	742.0	68.1	49.6	12
9	695.3	756.7	50.7	39.8	13
10	764.1	707.3	42.6	62.9	14
11	738.7	673.3	58.7	50.5	15
12	755.2	660.0	47.2	52.6	16
13	735.1	661.8	47.7	52.6	17
14	759.0	673.3	36.4	37.7	18
15	704.5	616.1	52.6	42.2	19
16	634.3	502.4	48.4	40.3	20
17	636.4	479.0	47.9	34.0	21
18	582.5	436.0	37.0	26.2	22

x の値に対して適用することは推奨していない。このモデル式は以下に示す通りである。

$$d = 0.38C \frac{(1-g)^2}{(1-gx)} + 173 x^2 [(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + (16x/sg)}]$$

ここで、

d : 平均遅れ時間 (秒/台)

C : サイクル長 (秒)

g : 有効青時間/サイクル長

x : 正規化交通量・スプリット比

s : 飽和交通流率 (台/秒)

この H.C.M. の式は、到着交通をランダム到着と仮定しており、この式の第一項は一樣到着としたときの遅れ時間、第二項はランダム到着の仮定から生じる遅れ時間の増加分である。

本研究で用いたデータには正規化交通量・スプリット比 x が 1 に近い状態のものも含まれているため従来のモデル式を用いた場合、1 つでもこのようなデータがあると平均遅れ時間の値が非常に大きく

になってしまう。そのため遅れ時間の評価式として $x \leq 1.2$ までは一応考慮されている H.C.M. の式を用いることとした。

H.C.M. の式により遅れ時間を求めるために必要なサイクル長は最適サイクル長をこの式から導出した研究結果を用いて算出することとした。このサイクル長の計算式は以下に示す通りである³⁾。ただしこの式は信号現示を 2 現示に想定して導かれたものである。

$$C = 5.98 \exp \{2.73 (\lambda_1 + 1.2 \lambda_2)\}$$

ここで、

C : サイクル長

λ_1, λ_2 : 現示の飽和度

スプリットは λ_1, λ_2 によって比例配分した。すなわち、損失時間を L として、

$$g_1 = \frac{C-L}{C} \cdot \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

$$g_2 = \frac{C-L}{C} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2}$$

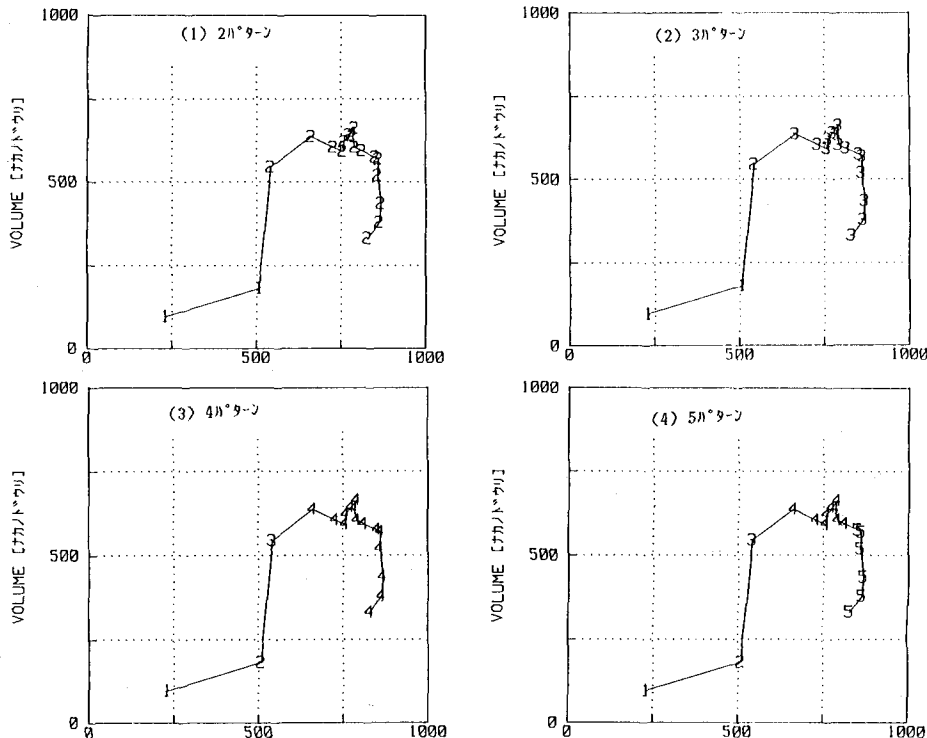


図-4 クラスター分析の結果 (杉山公園)

(2) パターン数と遅れ時間

クラスター分析の結果から得られた分類パターン（7パターン）のそれぞれについて総遅れ時間と1台当りの平均遅れ時間を算出し、それらの値の推移状況によって必要パターン数の評価を行った。

総遅れ時間は、分類されたパターン毎に遅れ時間を計算し、それらを合計することによって算出するため各パターンの設計交通量をまず設定しなければならない。

パターン毎の設計交通量を設定する場合の考え方として、パターンに属する交通量の中で遅れ時間が最少となる交通量の組合せを設計交通量とする、またはパターンに属する交通量の中で設計対象とする交通量の順位や割合を決めて設計交通量を求めるなどが考えられる。

ここでは後者の考え方に基づいてパターンに属する交通量の85パーセンタイルの値をもって設計交通量にあてることとした。このように設計交通量を設定することの利点は、遅れ時間を最少にする交通量を設計交通量とする場合に比べてパターンの遅れ時間を算出する計算量が非常に少なくて済むことであ

る。問題点は、遅れ時間を算出するのに用いたH.C.Mの式は正規化交通量・スプリット比 $x \leq 1.2$ の範囲まで適用できるが、85パーセンタイルを超える交通量に対して x が1.2を超えないという保障は何もないことである。

ここでの設計交通量は、実際には交通量のデータが交差道路それぞれの交通量の組合せからなっているため、これらの交通量を合計した交通量の85パーセンタイル値を設計交通量とした。

1日（18時間帯）全体を1パターンから7パターンまで分類したときの各パターンの総遅れ時間と平均遅れ時間を交差点別に示したのが図-7～図-9である。図-7の場合、4パターンまで分類を増しても総遅れ時間はあまり減少せず、5パターンでかなり減少している。その後6パターン、7パターンに分類していても総遅れ時間はさほどに減少しない。図-8の場合、2パターンから3パターンに移るとき総遅れ時間が減少し、3パターン以後7パターンまで総遅れ時間はほとんど減少していない。図-9の場合、パターン数が増すにしたがい総遅れ時間は漸次減少していく傾向にある。この結果

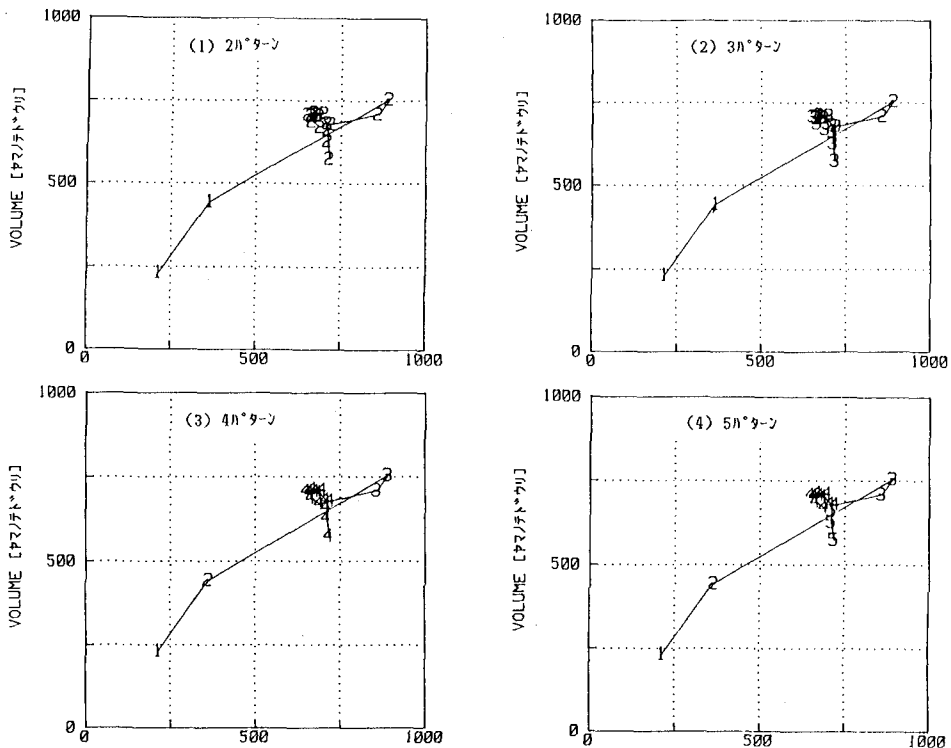


図-5 クラスター分析の結果（中野坂上）

からパターン数として図-7の場合5パターン、図-8の場合3パターン、図-9の場合6パターンを設定すればよいと評価できる。

図-10は、分析対象とした3交差点について1パターンの総遅れ時間を100として各パターンの総遅れ時間の割合を示したものである。パターン数を増加させたとき約4~10%程度の遅れ時間減少の効果が得られるが、総遅れ時間の値でみればかなりの減少効果を表している。パターンの数を増していったときの遅れ時間の減少傾向は交差点それぞれで異なり一定の傾向はみられない。

6. おわりに

多段定周期制御における段数の設定を行う場合には、交差道路それぞれの交通量の変動を同時に考慮しなければならず、このような変動に対応したパターン分割の方法として本研究ではクラスター分析を用いて検討を試みた。クラスター分析はある目的関数の最適解を見出すような手法ではないが、本研究

で行ったパターン分割の方法に用いる場合には実用的にかなり有用な手法であると考えられる。

本研究では遅れ時間の減少傾向の推移状況から必要パターン数の評価を行った。この遅れ時間を算出するのに、本研究では85パーセンタイルの交通量を設計交通量としたが、この設計交通量しだいで遅れ時間は変化するため、設計交通量の設定方法についてはさらに検討を行う必要がある。

本研究で用いた方法の基本的な問題は分析データとして車両感知器のデータを用いたために過飽和時の需要交通量が得られないことである。この問題に対しては過飽和時の波滯長を推定したうえで需要交通量を算出しなければならず、車両感知器を用いた推定方法が現在のところ見出されていないため、今後に残された大きな課題である。

最後に、本研究の実施にあたり分析に用いた車両感知器のデータを提供して頂いた警視庁交通部交通管制課の諸氏に感謝の意を表する次第である。

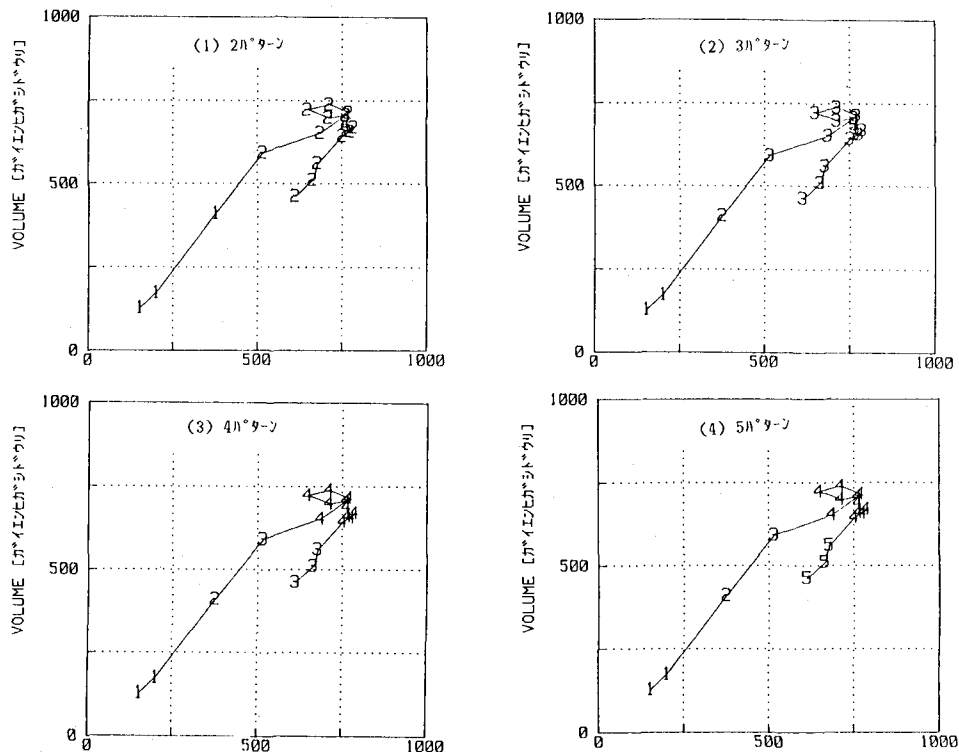


図-6 クラスター分析の結果(四谷三丁目)

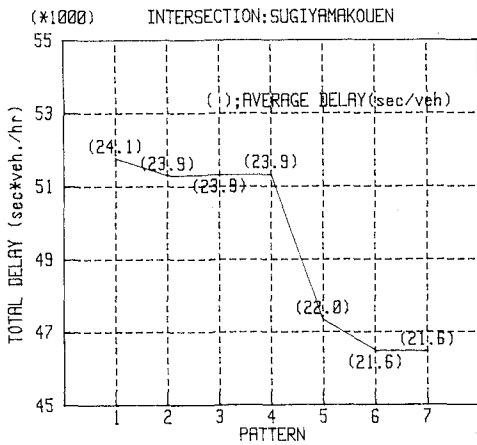


図-7 パターン数と遅れ時間（杉山公園）

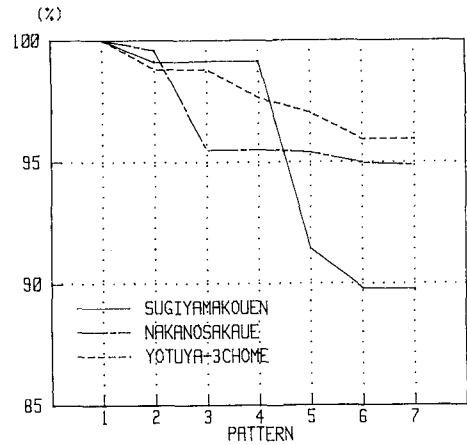


図-10 パターン数による総遅れ時間の減少割合

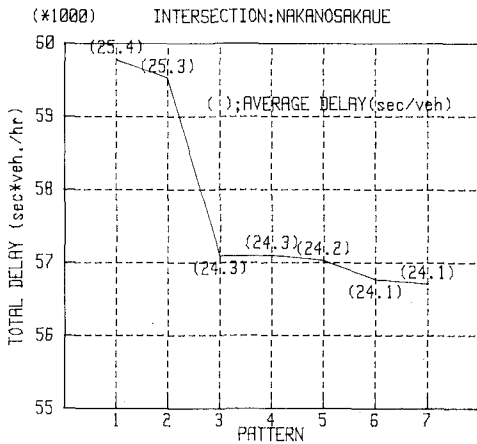


図-8 パターン数と遅れ時間（中野坂上）

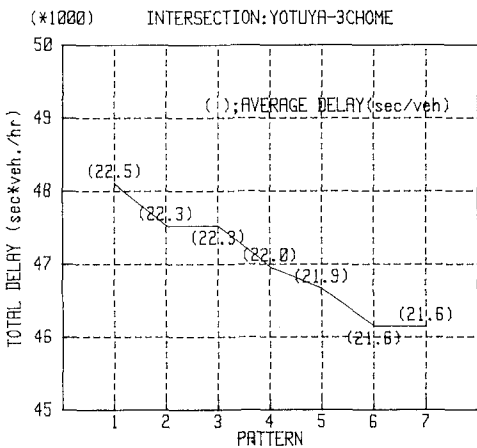


図-9 パターン数と遅れ時間（四谷三丁目）

<参考文献>

- 1) F.V. Webster: Traffic signal settings, Road Research Technical Paper No. 39, 1958, Road Research Laboratory.
- 2) Highway Capacity Manual, Special Report 209, 1985, Transportation Research Board.
- 3) 諸星一信：交通量変動を考慮した定周期信号制御の最適化, 1986, 東京大学修士論文
- 4) 交通工学研究会：交通信号の制御技術, 昭和58年