

## 一地点の時間交通量の統計的解析

清水 光\*・吉本 賢治\*

### Statistical Analysis of Hourly Traffic Volume at an Observatory

Hikaru SHIMIZU and Kenji YOSHIMOTO

#### ABSTRACT

In recent years, the number of automobiles registered in Japan is still increasing and thereby typical phenomena of a traffic jam of automobiles are now seen everywhere in city streets. In order to suppress a traffic jam, various schemes of traffic control are put in force:

This paper proposes a technique of computation for the estimation of a spot traffic volume which may play an essential role in traffic control. At first a relation between the sample size and the distributions of sample mean and sample variance for the statistics of a spot traffic volume is discussed. In the second, a yearly statistical characteristics of the spot traffic volume is analyzed and, subsequently, monthly, weekly, and daily characteristics are investigated. Based on this analysis, a computation technique for the estimation of a spot traffic volume is proposed. Finally, by the use of hourly traffic volume data which were recorded at an observatory beside the Route 2 national main road in Fukuyama city, the computed estimation error for the proposed technique is examined.

#### 1. まえがき

自動車の保有台数は、経済の発展、国民の生活水準の向上とともに、年々増加してきた。<sup>(1)</sup>それとともに、各地の主要道路で交通渋滞が発生し自動車交通の魅力である快適性に支障をきたしている。交通の円滑さを実現するために種々の交通制御が実施されている。例えば、交差点での待ち時間を最小にする信号制御、通行のルールを規定するものや警告や案内によって運転者に自主的判断を促す可変標識、出発点から目的地に至るまでの経路を指示し、または助ける経路誘導<sup>(2)</sup>などである。これらの交通制御を実施するためには、地点の交通量の時間特性が既知もしくは推定できなければならない。

地点の交通量の解析や推定に関して、交通工学の分野で研究が進められ、交通量の時間特性を示す時間係数、

曜日係数、月係数などについて解析されてきた。<sup>(3)</sup>しかし、これらの解析結果は、交通量の推定問題に関し有効に生かされていなかったように思われる。

ここでは、時間交通量の常時観測地点の時間係数、曜日係数、月係数を統計的に解析し、その結果を時間交通量の推定問題に応用する一方法について考察した。ここに示した地点交通量の統計的解析法の推定問題への応用は、交通工学の分野で最もよく使われているOD調査による方法<sup>(4)</sup>に比べ計算法が簡単であり、要する手間も少なく、時間単位の交通量の推定に適した手法であると思われる。

#### 2. 標本の大きさと標本平均値、分散の分布の関係

データの統計的解析により、平均値や分散を求める時、標本の大きさと、標本平均値、標本分散の分布の関係を

つかんでおく必要がある。ここでは、確率分布が正規分布である確率変数の標本の大きさと標本平均値、標本分散の分布の関係について調べた。母集団平均値が $\mu_x$ 、母集団分散が未知である確率変数 $x$ の標本平均値の標本分布は次式で表わされる。<sup>(5)</sup>ここに、 $\bar{x}$ は標本平均値、

$$P \left[ \frac{tn:\alpha}{\sqrt{N}} > \frac{\bar{x} - \mu_x}{S} > -\infty \right] = 1 - \alpha \quad (1)$$

$S$ は標本標準偏差、 $N$ は標本の大きさ、 $tn:\alpha$ は自由度 $n$ の $t$ 分布の $100\alpha$  百分比点を、それぞれ表わしている。また、母集団平均値と母集団分散が、ともに既知である場合には、

$$P \left[ \frac{Z\alpha}{\sqrt{N}} > \frac{\bar{x} - \mu_x}{\sigma_x} > -\infty \right] = 1 - \alpha \quad (2)$$

と表わされる。ここに、 $\sigma_x$ は標準偏差、 $Z\alpha$ は規格化正規分布の $100\alpha$  百分比点を表わす。なお、 $N \rightarrow \infty$ の時(1)式と(2)式は等しくなる。

つぎに、標本分散と標本の大きさの関係について調べてみる。母集団平均値が $\mu_x$ 、母集団分散が $\sigma_{x^2}$ とともに既知である場合、標本分散の標本分布は、

$$P \left[ \frac{x^2 n:\alpha}{n} > \frac{S^2}{\sigma_{x^2}} > 0 \right] = 1 - \alpha \quad (3)$$

と与えられる。ここに $x^2 n:\alpha$ は自由度 $n$ の $x^2$ 分布の $100\alpha$  百分比点を表わす。(1)、(3)式の関係を左右対称的に図示すると図1、図2の結果が得られる。標本平均値の標本分布は、 $N \rightarrow \infty$ とともに $\bar{x} \rightarrow \mu_x$ となり、標本分散の標本分布は $N \rightarrow \infty$ とともに $S^2 \rightarrow \sigma_{x^2}$ となる<sup>(6)</sup>ことがわかる。計算は、統計計算ライブラリによった。ただし標本分散の標本分布の $N \geq 500$ の計算については、次の<sup>(5)</sup>近似式によった。

$$x^2 n:\alpha \approx n \left[ 1 - \frac{2}{9n} + Z\alpha \sqrt{\frac{2}{9n}} \right]^3 \quad (4)$$

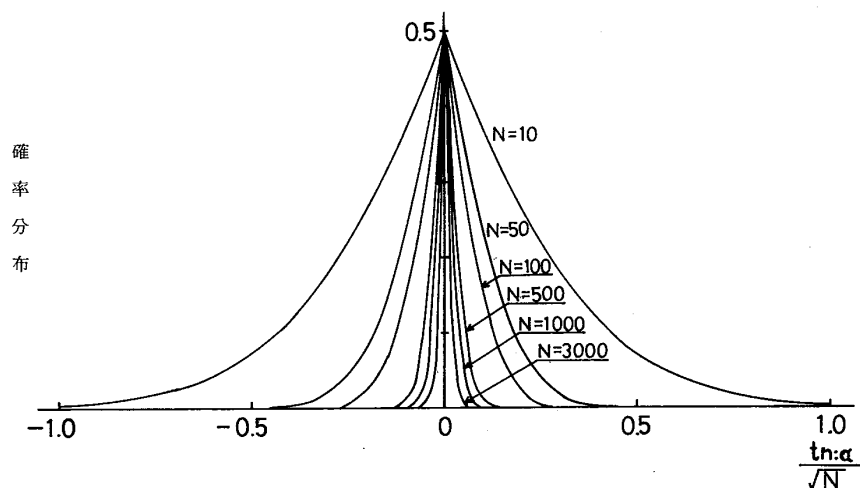


図1

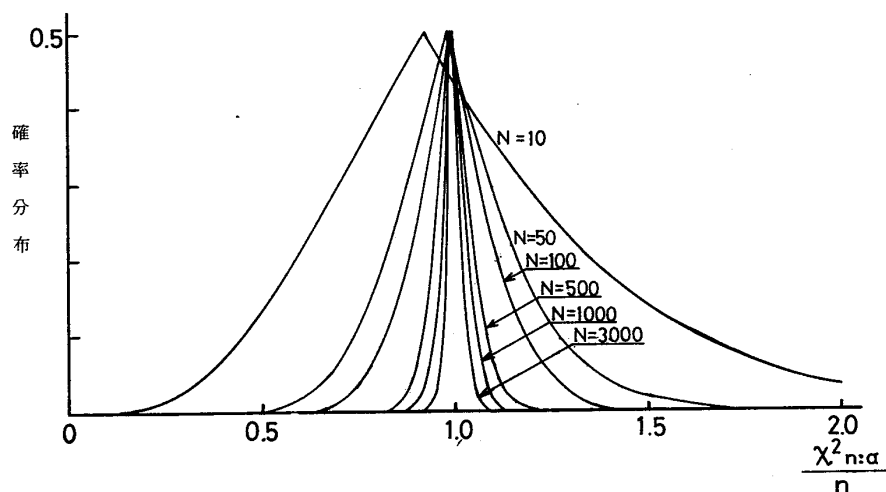


図2

### 3. 地点交通量の時間特性解析と一応用

#### 3. 1 時間特性解析と推定問題への一応用

地点の交通量は、一般に年、月、曜日、時刻等によって変動する。したがって、地点交通量の時間特性を解析するためには、年係数、月係数、曜日係数、時間係数等を明きらかにしておかなければならない。以下にこれらの定義を示す。

##### 年係数

$$C_y(i) = \frac{ADT(i)}{ADT(S)} \quad (5)$$

ここに、 $ADT(S)$ は、基準年度 $S$ の年平均日交通量  $i$ は年度を示す。

##### 月係数

$$C_m(i, j) = \frac{MDT(j)}{ADT(i)} \quad j = 1, 2, \dots, 12 \quad (6)$$

$MDT(j)$ は $j$ 月の月平均日交通量を示す。

##### 曜日係数

$$C_w(h, l) = \frac{DT(l)}{WD T(h)} \quad \begin{matrix} h = 1, 2, \dots \\ l = 1, 2, \dots, 7 \end{matrix} \quad (7)$$

$WD T(h)$ は $h$ 週の週平均日交通量、 $DT(l)$ は $l$ 曜日の日交通量を示す。

##### 時間係数

$$C_t(m, r) = \frac{HT(r)}{DT(m)} \times 100 \quad \begin{matrix} r = 1, 2, \dots, 24 \\ m = 1, 2, \dots \end{matrix} \quad (8)$$

$DT(m)$ は $m$ 日の日交通量、 $HT(r)$ は時刻 $r$ の時間交通量を示す。

つぎに以上の結果を地点の時間交通量を推定する問題へ応用してみる。一つの方法は、観測データの少ない場

合を想定して曜日係数と時間係数を用いて次式より推定する。ここに、 $\hat{HT}(i, l, r)$ は時間交通量の推定量、 $\bar{C}_w(l)$ 、

$$\hat{HT}(i, l, r) = ADT(i) \cdot \bar{C}_w(l) \cdot \bar{C}_t(r) \cdot \frac{1}{100} \quad (9)$$

$\bar{C}_t(r)$ は、それぞれ曜日係数、時間係数の平均値を示す。

一方、観測データの豊富な場合について、次式より任意

$$\hat{HT}(i, j, l, r) = ADT(i) \cdot \bar{C}_m(j) \cdot \bar{C}_w(l) \cdot \bar{C}_t(r) \cdot \frac{1}{100} \quad (10)$$

の時間交通量を推定する。

#### 3. 2 可能交通容量の意義と算定

実際の道路の条件や交通の状態を考慮して算出された交通容量を可能交通容量という。交通調査によると時間交通量と平均速度の間に図3の関係がみられる。

交点Aの交通容量 $C$ を可能交通容量に相当すると考える。したがって、時間交通量が可能交通容量を越えると平均速度は急激に低下し渋滞が発生する。可能交通容量は、次式によって算定される。

$$C = C_b \cdot N_l \cdot R_w \cdot R_c \cdot R_t \cdot R_i \quad (11)$$

ここで上式に使われた各定数の意味と一例として福山市内国道2号線の神島における数値例をまとめると表1のようになる。<sup>(8)</sup>式(11)より可能交通容量を求めると3,449(台/時間)となる。

#### 3. 3 時間交通量の観測

ある地点の交通量を正確に解析するためには、交通量が常時観測されていなければならない。地元の福山市内の国道2号線においても常時観測点を有する。この地点は神島と称され図4に示されるように市街地のやや西方に位置し昭和49年より常時観測されている。観測には、ループ式の車両感知器を有する交通量記録計が使用され、軽三輪以上の自動車の検出が可能である。

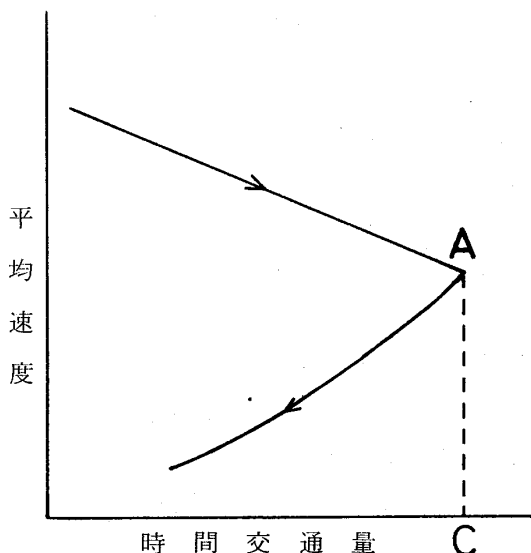


表1 定数の意味と数値例

定数	意 味	数 値
$C_b$	基本交通容量(台/時/車線)	2 5 0 0
$N_l$	車 線 数	2
$R_w$	車線幅員による補正率	0.9 4
$R_c$	側方余裕幅による補正率	0.9 7
$R_t$	大型車の混入による補正率	0.8 9
$R_i$	沿道条件による補正率	0.8 5

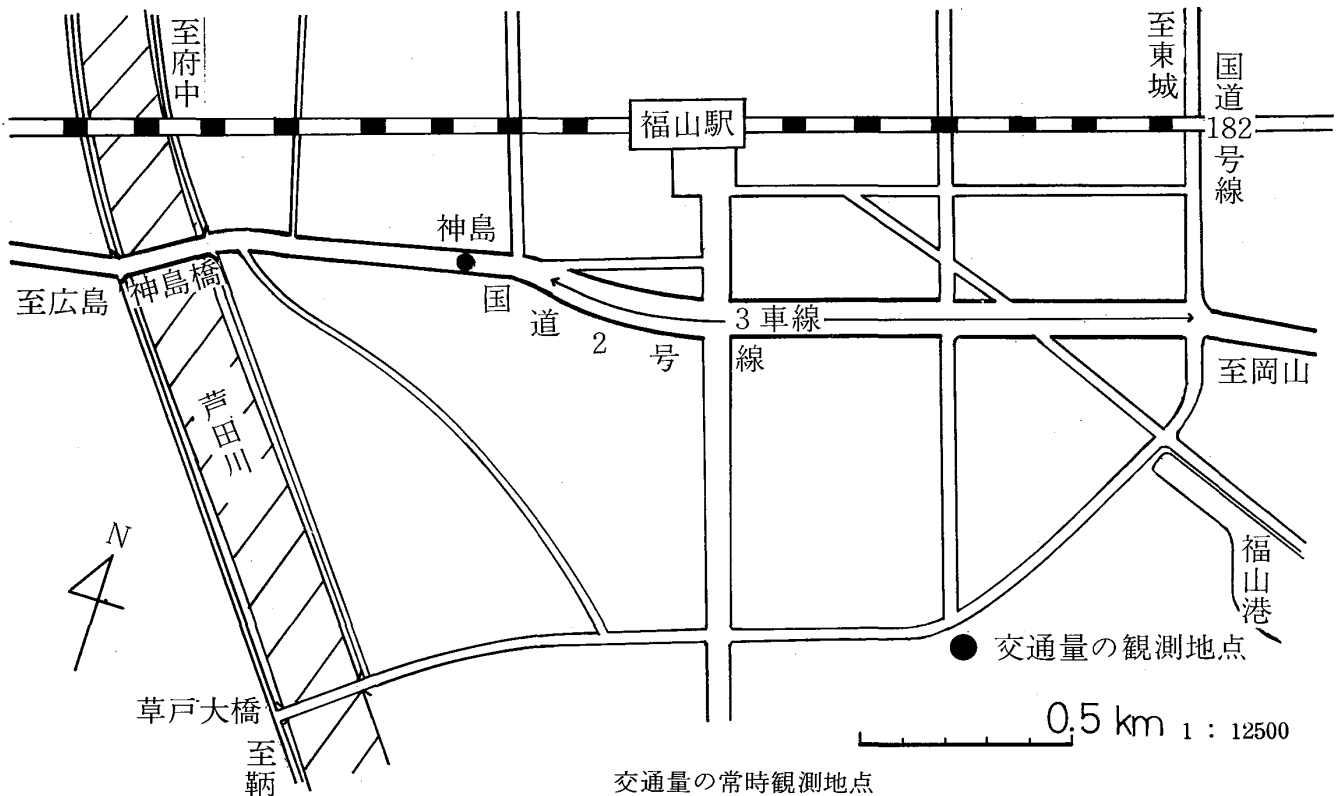


図4

#### 4. 福山市内常時観測地点における計算結果

##### 4. 1 時間特性係数

まず、福山市内国道2号線の時間交通量の常時観測地点の神島における交通量の時間特性を示す係数を詳細に解析した。

##### 年係数

昭和51年度のADTを基準に56年までの年係数を求めると図5の結果が得られた。上りは、長期的には、やや上昇傾向にあると考えられるが、下りは、昭和55年、56年と急激に増加している。なお、昭和51年度のADTは、上り2,0874(台/日)、下り2,0697(台/日)である。

##### 月係数

昭和51年から56年までの観測データを用いて次式より月係数の平均値 $\bar{C}_m(j)$ を求めた。その結果は図6の

$$\bar{C}_m(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_m(i, j) \quad N=6 \quad (12)$$

ようになる。しかし、観測年数が少ないので、この図6の結果がそのまま平均的な月特性を示しているとは言い難い。過去6年間の傾向から言えることは、上りが8月に大きく1月に小さい。下りが8月に大きいということである。

##### 曜日係数

日曜日から土曜日さらに休日の曜日係数の平均値 $\bar{C}_w(l)$ を昭和53年4月から55年8月までの観測データを用いて次式より求めた。

$$\bar{C}_w(l) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N C_w(k, l) \quad (13)$$

その結果は、図7に示されるように、上りは、月曜日から金曜日まではほぼ1.025と一定で、土曜日がやや小さく1.00、休日が0.91、日曜日が最も小さく0.87となる。下りは、月曜日から金曜日まで直線的に増加し、土曜日が1.03と大きく、休日が0.91、日曜日が最も小さく0.86となる。

##### 時間係数

1日の1時間単位の交通量の変動特性を示す時間係数の平均値 $\bar{C}_t(r)$ を次式より求めた。用いた観測データの期間は、昭和53年4月から55年8月までである。まず最初

$$\bar{C}_t(r) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N C_t(m, r) \quad (14)$$

に月曜日から金曜日までの計算結果を示すと図8のようになる。ここで時間係数1.0は、上りが約213(台/時間)下りが約214(台/時間)に相当する。上りは、午前8時から9時の時間に最大値7.81を示し、午後17時から18時の時間に再びピークとなるが、その値は6.73

と最大値の約86%である。これに対し下りは午後17時から18時の時間に最大値7.26を示し、つづいて、18時から19時で7.06となる。大まかに言えば、5時から10時までの時間は上りの交通量が多く、10時から17時までは上り、下りの交通量はほぼ同じで、17時から5時までは下りの交通量が多いと言える。つぎに、図9に示された土曜日の時間係数を月曜日から金曜日までの時間係数と比較してみる。上りは似た傾向を示すが、下りは12時から13時までの時間で落ちこみがなく、8時から15時までほぼ一定な値となる。

日曜日と休日の時間交通量の変動特性が、週日と異なるであろうことは容易に察せられる。日曜日の時間係数を図10に、休日の時間係数を図11に示した。日曜日の時間係数の特徴は、上りが凸型で、10時から18時までの時間は凡そ一定な値を示しているということである。また、下りは16時から17時までの最大値7.74を中心に明確な単峰性を示し、3時から17時までは単調増加、17時から3時まででは単調減少となっている。これに対し、休日の時間係数は、全般的に日曜日と似た傾向を示すが、上り下り共に7時から9時までの値が日曜日に比べて大きい。

#### 4.2 時間交通量の推定

先に求めた交通量の時間特性を示す月係数、曜日係数、時間係数の平均値を用いて(10)式より、福山市内国道2号線の神島の時間交通量を推定した。推定の期間は53年4月から12月までの9ヶ月間とする。ここで、福山市

内国道2号線で使用されているループ式の車両感知器の観測誤差については、平均±10%以内が全国的な基準で、平均±5%以内に収まれば良いものとされている。

ここで、時間交通量の推定誤差を次式で定義しておく。

$$E(i, j, l, r) = \frac{\hat{HT}(i, j, l, r) - HT_0(i, j, l, r)}{HT_0(i, j, l, r)} \times 100 \quad (15)$$

ここに、 $HT_0(i, j, l, r)$ は、車両感知器による時間交通量の観測値を示す。

また、各曜日、各時間の時間交通量の推定誤差の平均値は次式より求める。

$$\bar{E}(l, r) = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^N E_h(i, j, l, r) \quad (16)$$

ここに、添字 $h$ は $l$ 曜日の観測データ数を示す。

まず、月曜日から金曜日までの時間交通量の推定結果を示すと図12のようになり、全般に推定精度が良い。土曜日の推定結果は、図13に示されるように上りは全て±5%以内に推定誤差が収まっているが、下りが早朝の4時から7時にかけて14~17%の推定誤差を示している。つぎに、日曜日の推定結果を図14に示した。上りがほぼ満足できる精度を示しているのに対し、下りは夜間の0~7時の間に10~37%と大きな推定誤差を示している。最後に休日の推定結果を図15に示した。観測データ数の関係から推定期間は53年4月から55年5月までとした。4~7時で、上りが13~30%、下りが17~42%の推定誤差をそれぞれ示している。

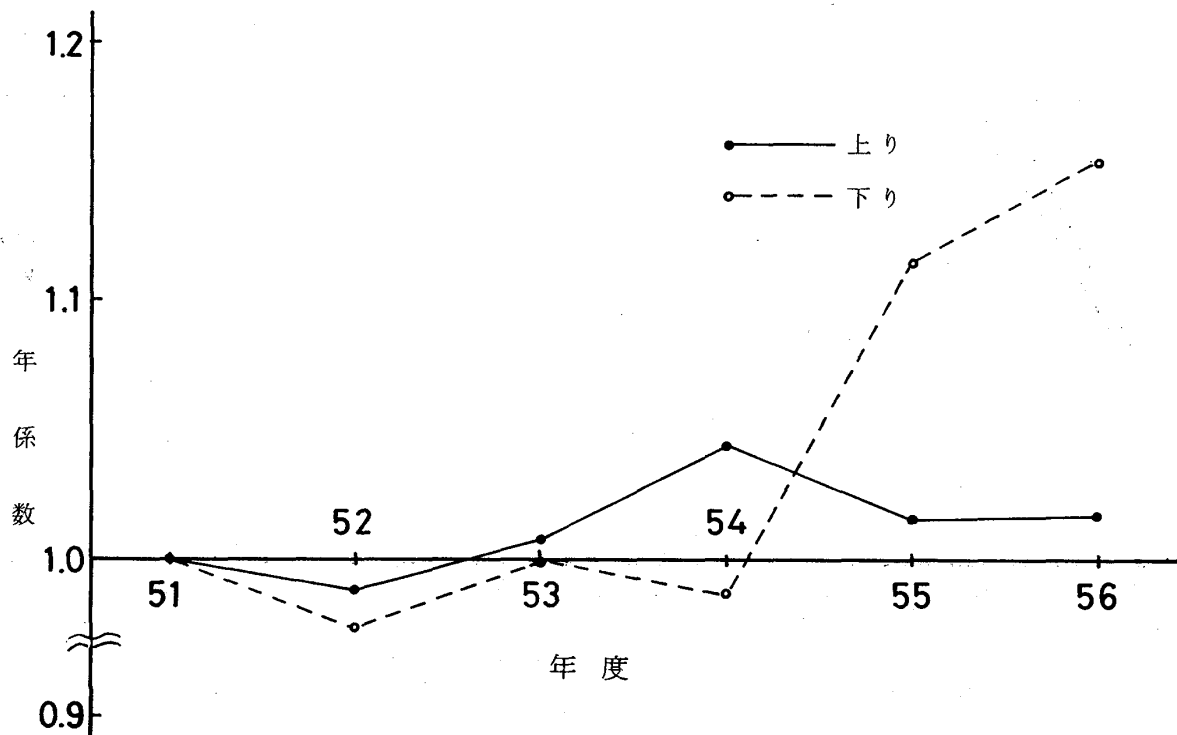


図5

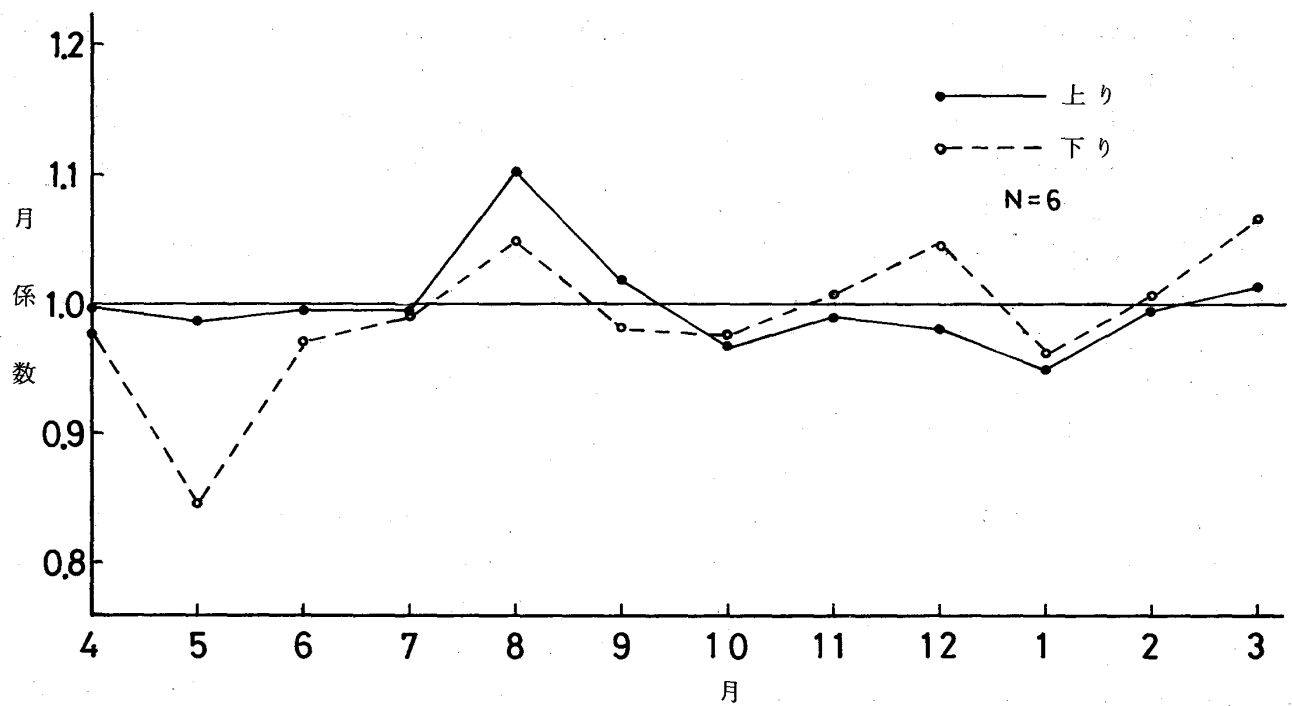


図6

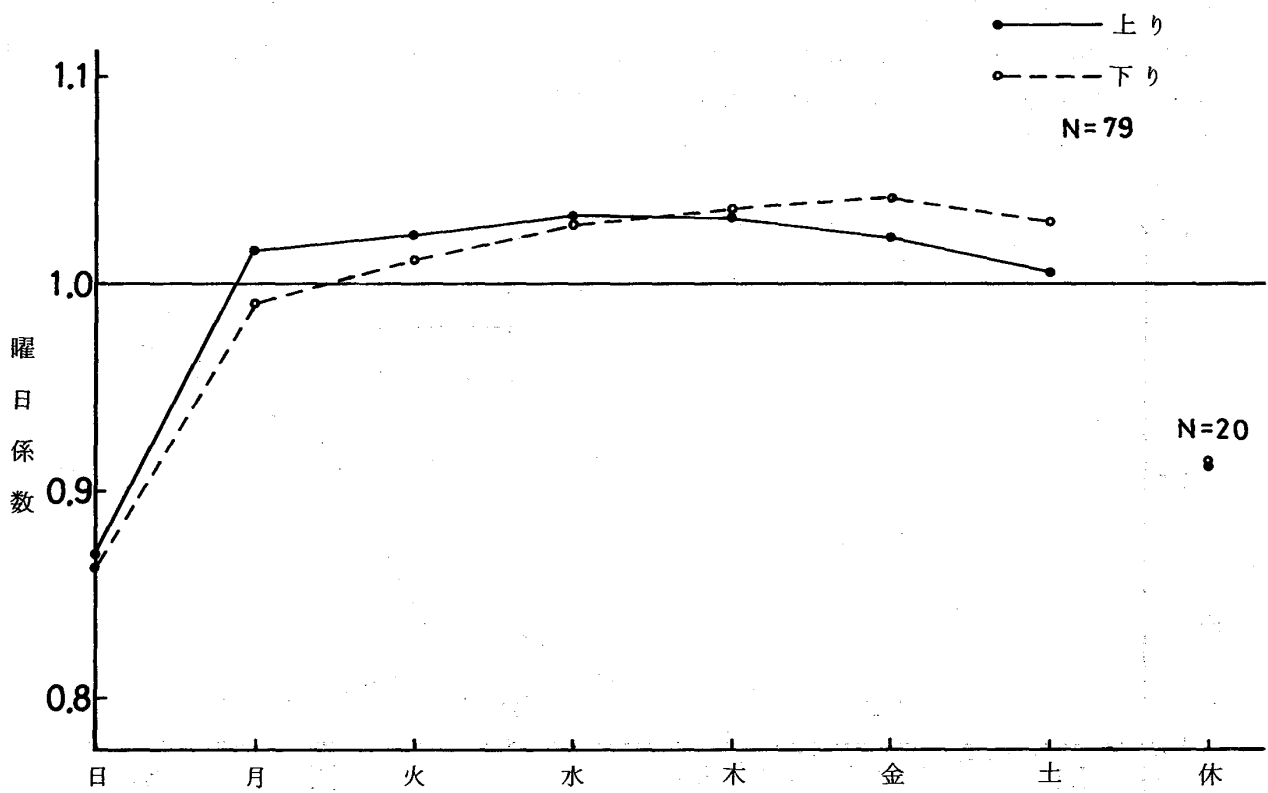


図7

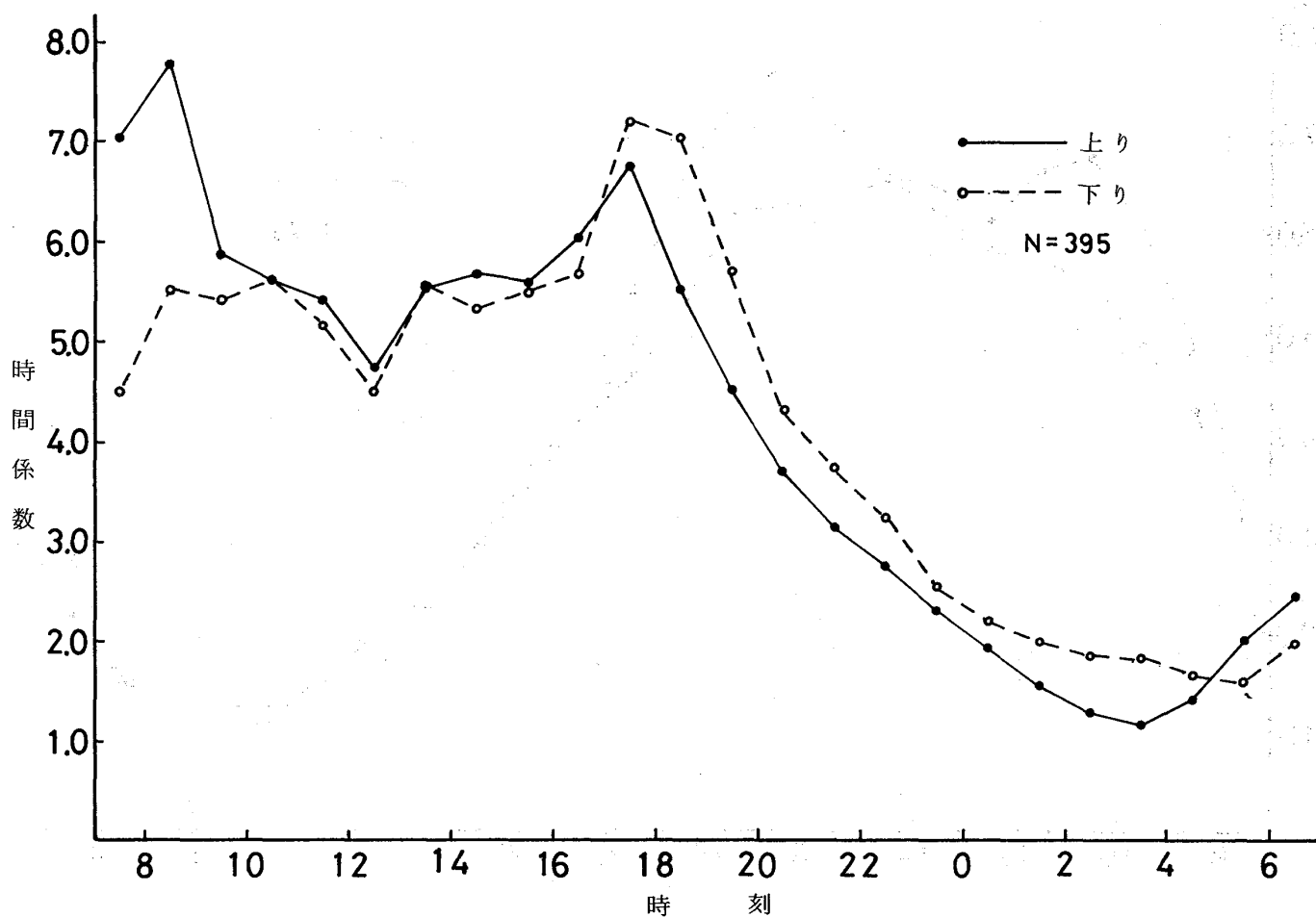


図8

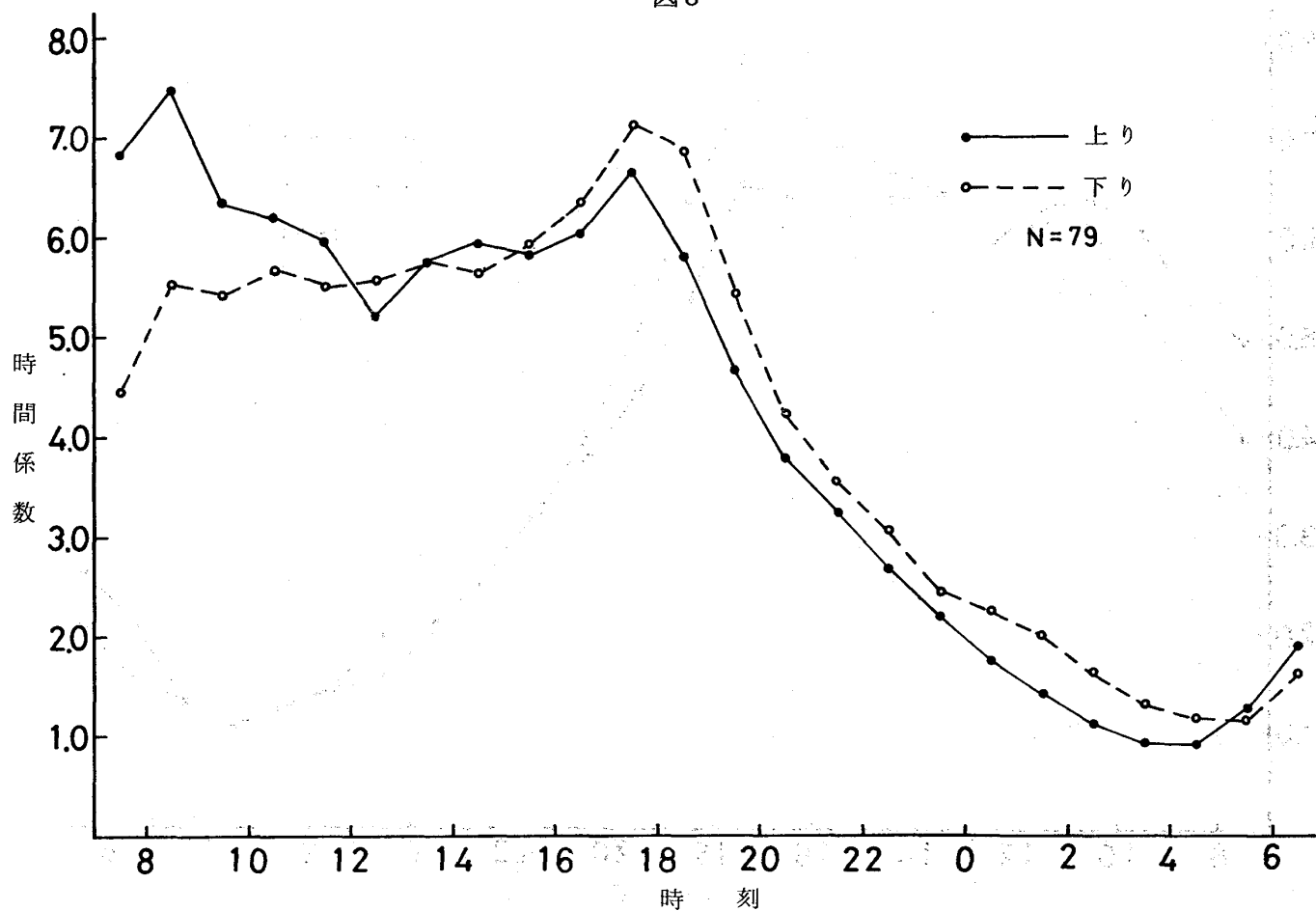
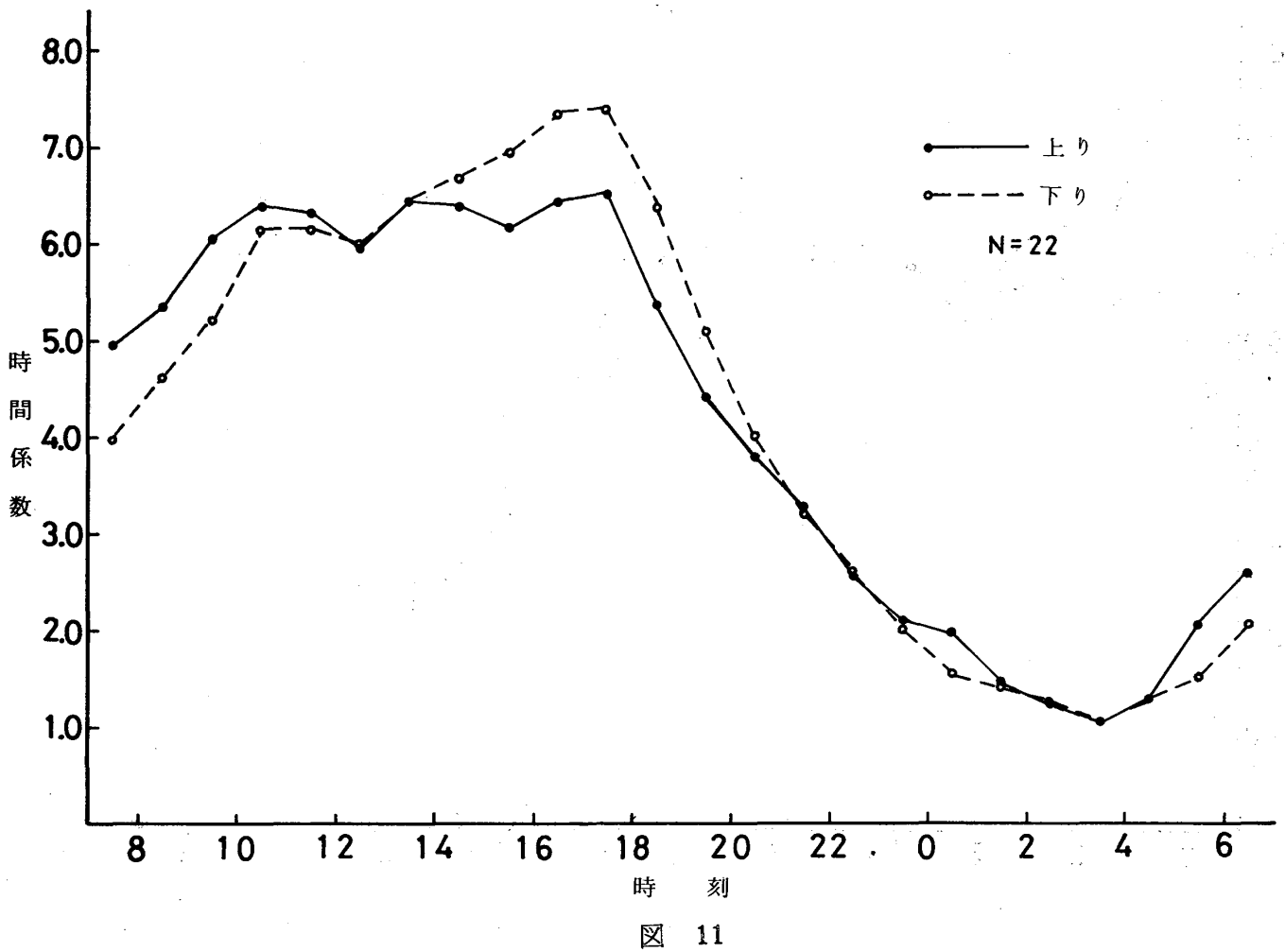
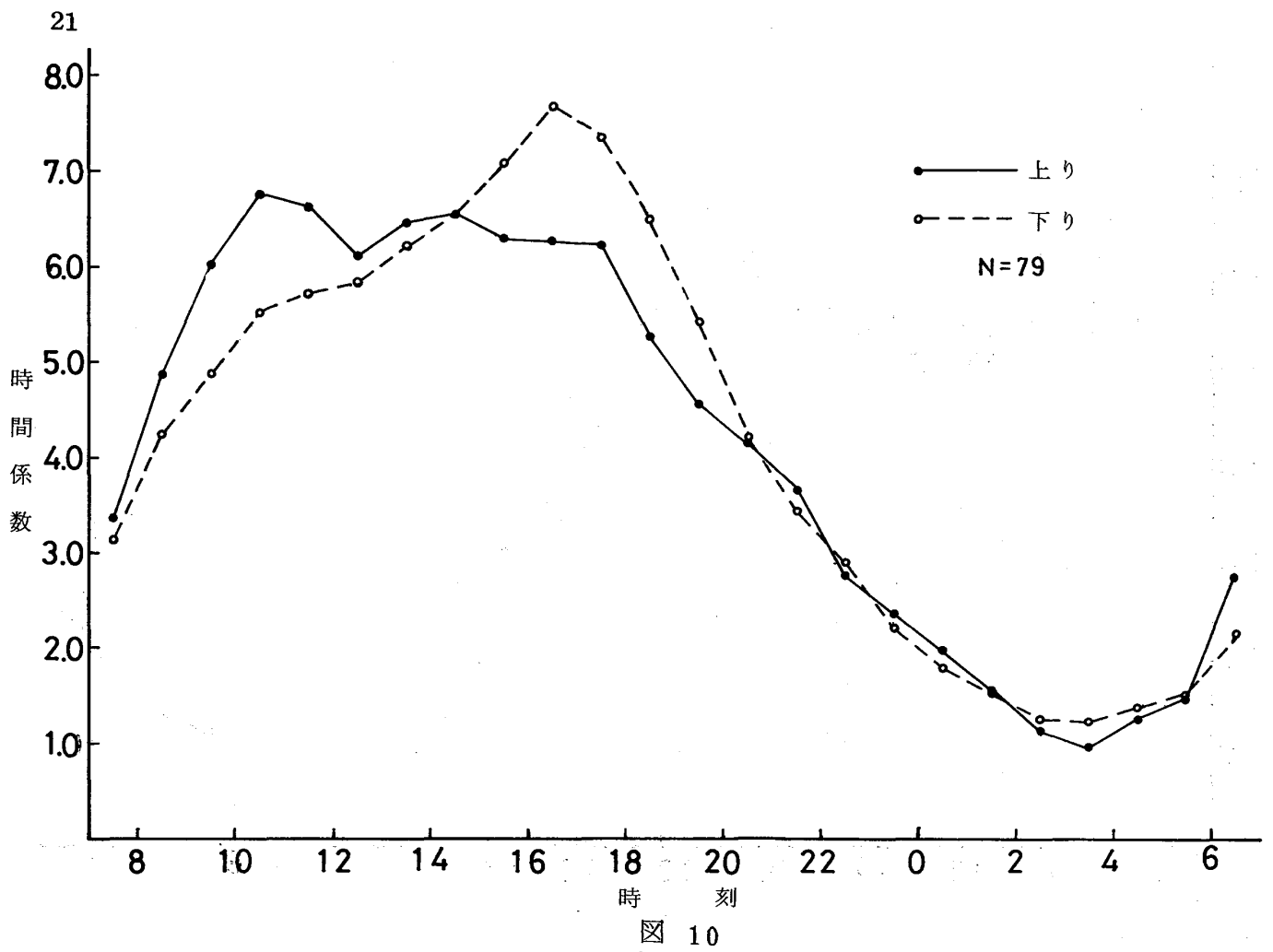


図9





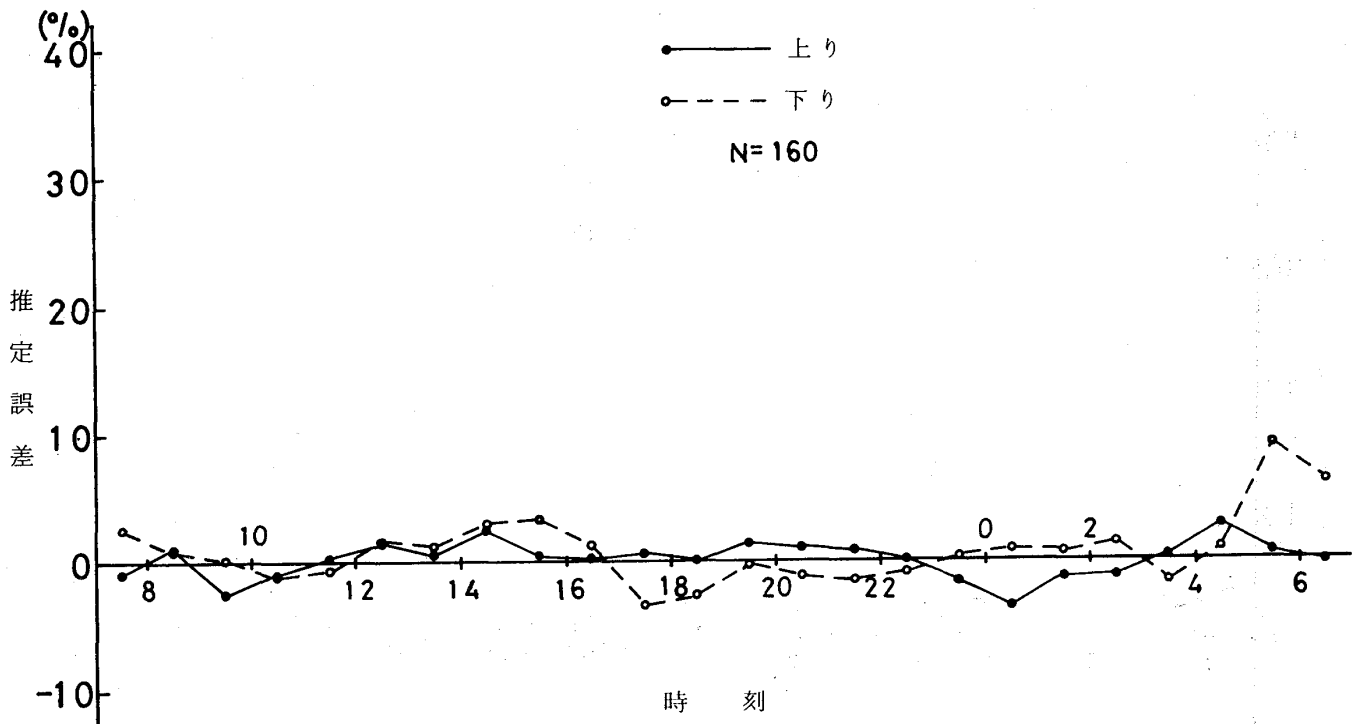


図 12

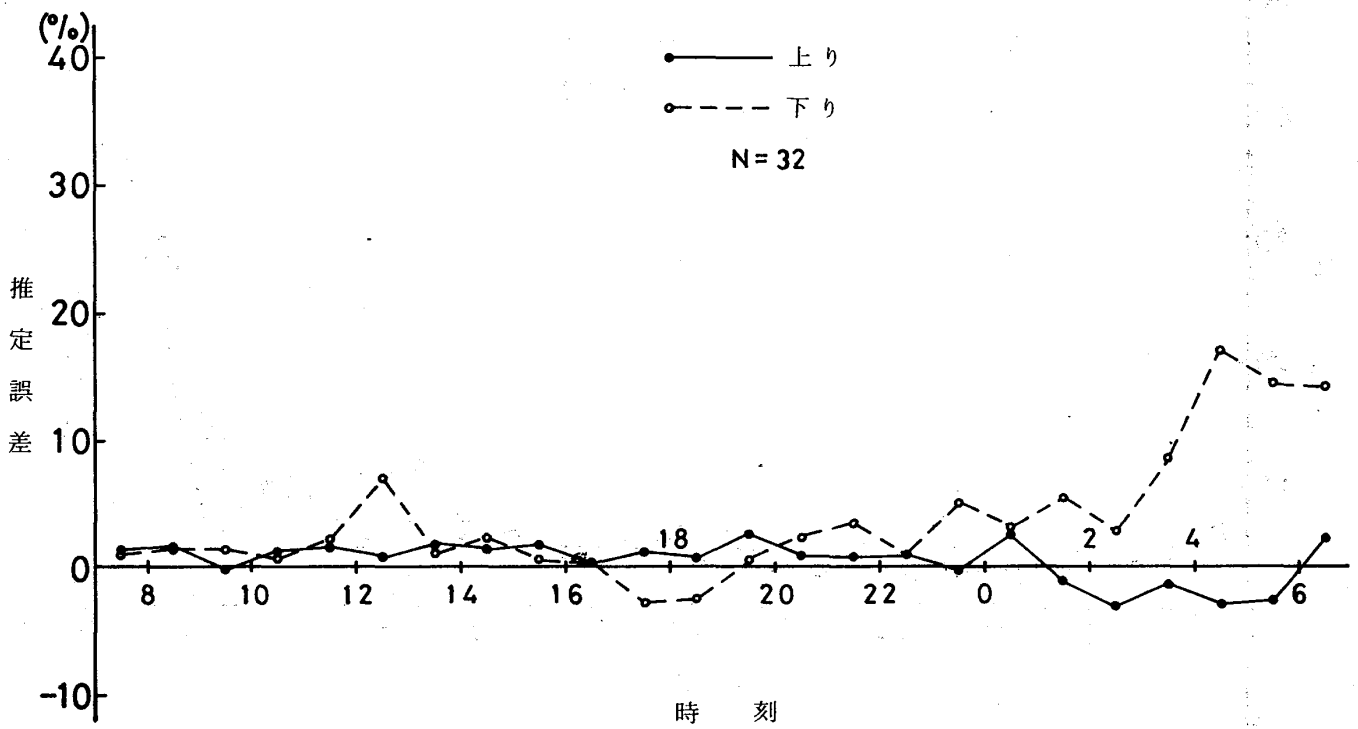


図 13

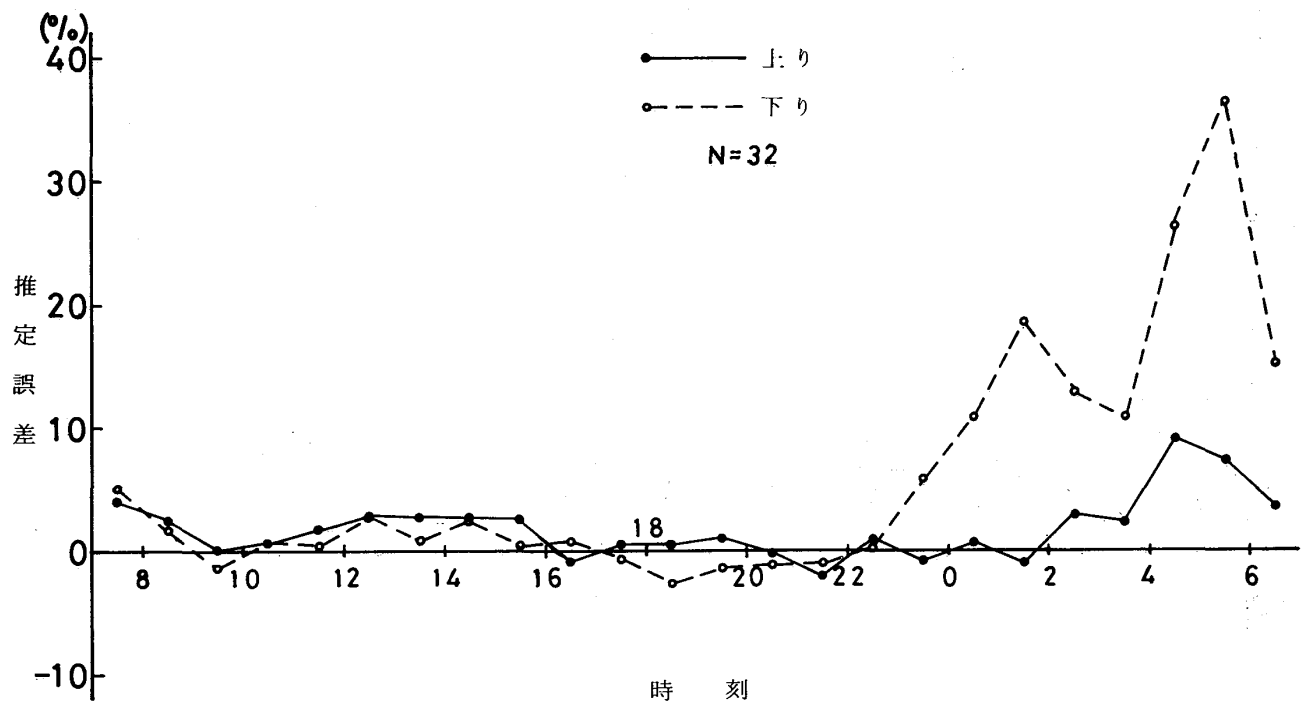


図 14

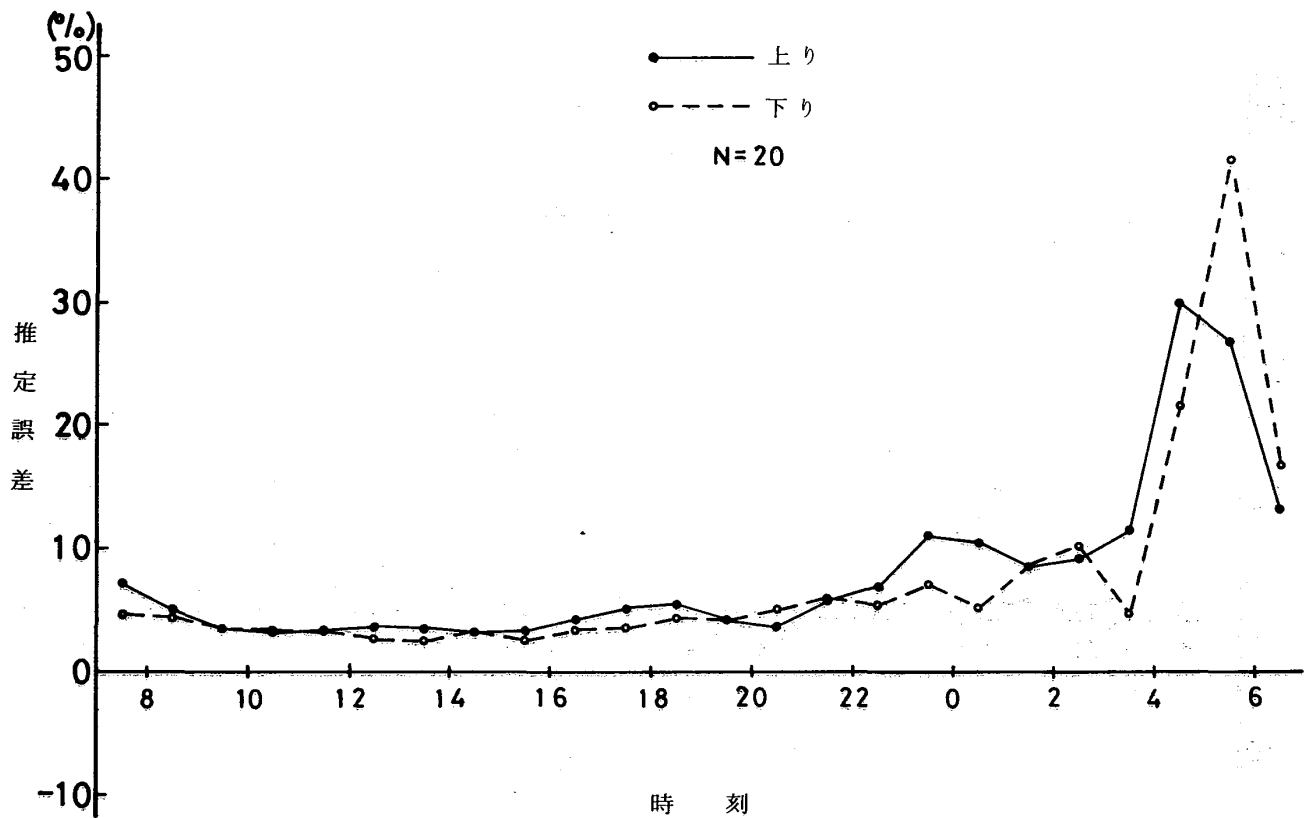


図 15

## 5. むすび

ここでは、道路交通の制御と密接なかかわりを持つ地点交通量の時間特性を統計的に解析し、その結果を時間交通量の推定問題に応用した。また、観測データの統計量の精度を検討するために、標本の大きさと標本平均値、標本分散の分布の関係について調べた。計算結果より以下の4点が明きらかになった。

- ①標本の大きさと標本平均値、標本分散の分布の関係
- ②可能交通容量
- ③曜日係数、時間係数の平均値
- ④時間特性係数を用いた時間交通量の推定法の精度

最後に、交通量の観測データを提供していただいた建設省福山工事事務所の関係者の方々と、助言をいただいた大阪大学基礎工学部有本教授、ならびに、データの統計処理を手伝っていただいた中道哲朗君に御礼申し上げます。なお、計算には福山大学MELCOM-COSM O500を用いた。

## ＜参考文献＞

- (1) 交通統計研究所, "交通統計図説" 昭和56年版, 1982
- (2) 保原光雄, 中原恒雄, "トラフィック制御" コロナ社 1975
- (3) 塙克郎監修, "交通調査マニュアル" 鹿島出版会, 1976
- (4) 小川博三, "交通計画" 朝倉書店, 1966
- (5) 得丸英勝他訳, "ランダムデータの統計的処理" 培風館, 1976
- (6) パナファコム, "統計計算ライブラリ(I)使用説明書" 1981
- (7) 高田弘, "交通容量" 技術書院, 1965
- (8) 三戸孝己, "福山市内国道2号線の一点交通量のデータ解析と一推定法の検討" 福山大学工学部電子電気工学科卒業論文, 1982