

交通流の変動に関する一考察

北大工学部 正員 加来 照俊
北大大学院 学生員 ○吉田 由久

1. ま え が き

交通流は、加速、減速を伴い追従、追越し等の諸現象を呈しながら、さまざまな変動をくりかえして流れているものと思われる。

着者らは、郊外部における、平坦部、曲線部、勾配部について、交通量、密度、速度、車頭間隔等の解析を行ってきた。又、勾配部を中間に含んだ道路について観測し、流体モデルを作成し勾配区間が道路全体の中でどのような影響を与えているかということを探査研究してきた。今回は、これに引きつづき、直線平坦部及び曲線部、勾配部を含んだ一般道路の長区間を対象として実際の交通流を観測し、この測定データをマクロ的に、車群、追越し、相関関数とスペクトルの面から解析を行った。

2. 観 測 の 概 要

(i) 観測場所と時期

観測は、(1)一般国道12号線(幌向～上幌向間)、(2)一般国道5号線(朝里～張唯峠間)で、(1)については昭和48年10月19日(金)、(2)については昭和48年10月23日(火)でいずれも、午後1:00～午後3:30の2時間半について行なった。

(ii) 観測の方法

12号線、5号線とも約1km間隔に6カ所、全長約5kmにわたり、ストップウォッチを使用し、1分間交通量ならびに地点を通過するすべての車両のプレートナンバーの下二桁を読みとり、車頭時間4秒以下を基準とし車群分けを行い、追越し、観測区間への流入入する車両を知るようにした。一般国道12号線については岩見沢方向、一般国道5号線については、お幌方向について行った。

(iii) 車種区分

車種の区分は、プレートナンバーから観測によって判定した。観測にあたって次の6種類に分類した。①乗用車(P) ②載荷状態の大型トラック(TL)

③無載荷状態の大型トラック(T) ④載荷状態の大型トラック(TL) ⑤無載荷状態の小型トラック(ST) ⑥バス(B)

なお、乗用車にはライトバンも含み大型特殊自動車はTLとし、

観測場所の概略を図1に示す。解析において流入、流出の車は観測地点2ヶ所以上通過したものを対象とした。なお、

交通量、大型車混入率は、それぞれ、12号線においては480台/h/片側、17%前後、5号線においては370台/h/片側、20%前後であった。

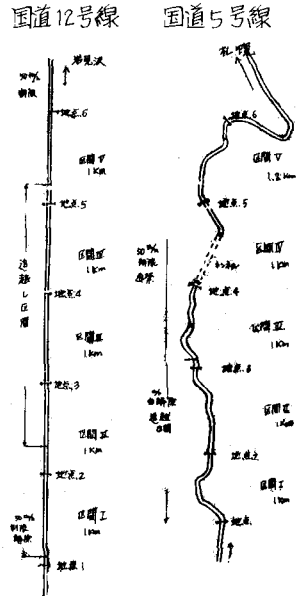


図1 観測地点概略図

3. 車 群

前車に追従して同一車線上を走る車の列を車群と呼ぶ。これを図示すると図2のようになる。

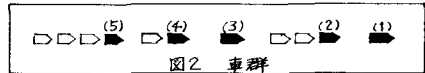


図2で(1)～(5)の車は自己の希望速度で自由に走行している先頭車(Leader)であり、その他の車は追従車(Follower)である。この場合、追従車の構成比率は、車群比 r として、(1)式のように表わされる。

$$r = 1 - \frac{Q_L}{Q} = \frac{Q_F}{Q} \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 r : 車群比 Q_L : Leaderの台数

Q : 全台数 Q_F : Followerの台数

車群の概念は交通の分布や混雑の指標としてはかなり有用である。平均車群台数 N (台/車群)は、

車群比 r との間には次のような関係がある。 $\bar{N}-1$ は平均追従台数であり、 $(1-r) \cdot Q$ が車群数であるから、 $(\bar{N}-1) \cdot (1-r) \cdot Q = Qr = r \cdot Q$

$$\therefore \bar{N}-1 = r / (1-r)$$

よって $\bar{N} = 1 / (1-r)$ (2)

(2)式によって、平均車群台数を定義する事が出来る。図3は、地点毎の車群比と平均車群台数を示したものである。この図から、車群比と平均車群台数は、同様な関係を示していることがわかる。12号線と5号線の差は交通量の違いによると思われる。車群比と平均車群台数は、追越区間で減少し、追越禁止区間に入り再び増加する変動を示している。図4は各地点での5分間交通量と平均車群台数の関係を示したものである。車群の形成をみるために地点1を形成されている車群台数を1とし、その車群の増減を表わしたものが、図5である。図5は、12号線、5号線とも3台で流入した車群は全区間通して増加する傾向にある。5号線においては、4〜7台の車群はやはり増加する傾向にあるが、8〜10台の車群は、その車群から分離する傾向が強く、車群台数は減少することを示している。12号線については、10台以上については、やはり減少する傾向があり、5〜10台の車群はその車群から離れるものもあると同時に、その車群に加入するものもあり、平均的には同数の台数で走行しているものと思われる。以上、図3、図4、図5より5号線のボトルネックとなる部分は、地点4と6で、地点4は連続した曲線部と上り勾配の頂上であることとトンネルの入口であること、又地点6は曲線部と下り勾配が重なった所であり、走行上のネックは、このような所で生じていると思われる。12号線では、地点3でネックが現われているが、これから追越禁止区間の場所、長さの選定には十分考慮する必要があると思われる。

車群(2台以上)の先頭車の比率を表1に示す。

地点	12号線				5号線			
	T	TL	ST	STL	T	TL	ST	STL
1	11.3	21.0	9.1	12.4	7.7	7.7	25.6	7.0
2	9.8	24.5	7.8	17.2	12.9	13.8	18.2	10.5
3	9.8	18.3	9.8	12.2	11.9	21.1	18.6	12.4
4	8.9	19.0	15.1	11.2	13.3	32.7	10.7	12.7
5	11.2	19.8	12.8	8.6	8.3	30.2	15.6	11.5
6	15.3	20.2	14.2	9.3	12.1	35.0	14.3	12.9

表1

単位 (%)

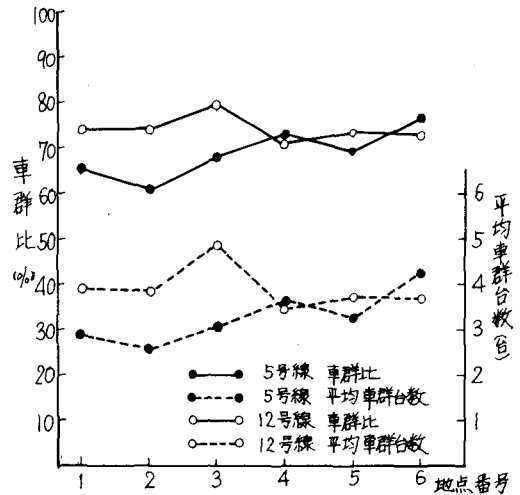


図3 地点毎の車群比と平均車群台数

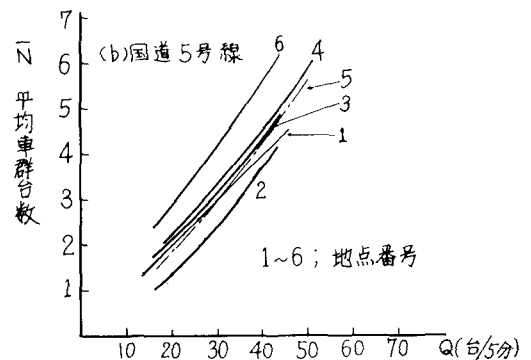
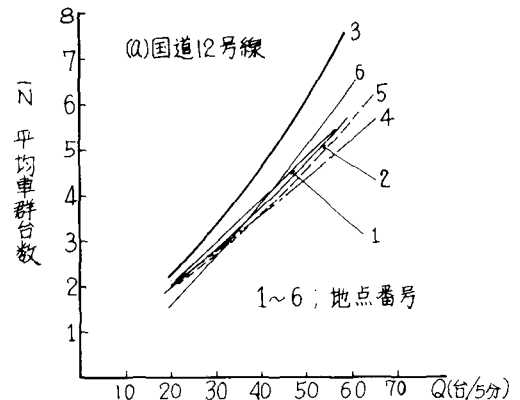


図4 地点毎の平均車群台数

4. 追越し

追越し区間における車種別の1台あたりの追越し回数を図6に示す。

5号線については、各車種とも区間上での増大が目立つが、特にTL、STLの被追越し率の増大が著し

い。勾配部、曲線部へ所では、大型車、小型車類という区別以外に、載荷トラックの影響をはっきりと認めることが出来る。また、無載荷トラックについてはそれほど影響がないように思われる。追越し率は、乗用車ととも無載荷小型トラック注目する必要がある。12号線については、5号線と違い載荷状態による差異は認められず、トラック類であるということ追越しが行なわれているように思われる。

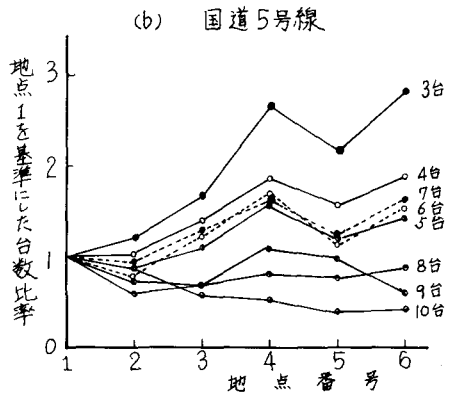
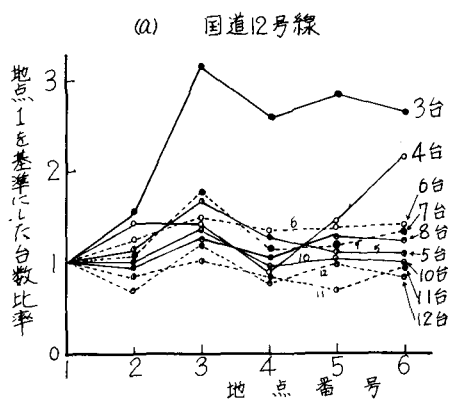


図5 車群の変化

5. 相関関数とスペクトル

道路上で交通流を観測していると、その地点を通過する車の台数というものには規則性のないものであると同時に、ある種の規則性をもって到着してくる様に見えることがある。このような不規則変動量を時系列にとり、その一見不規則に見える現象のどのような特徴があるのかをみるために、相関関数とスペクトルを利用した。

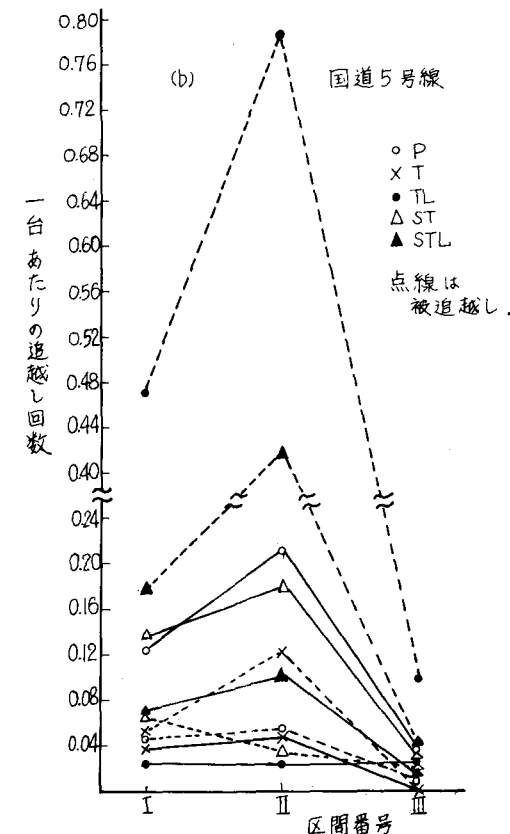
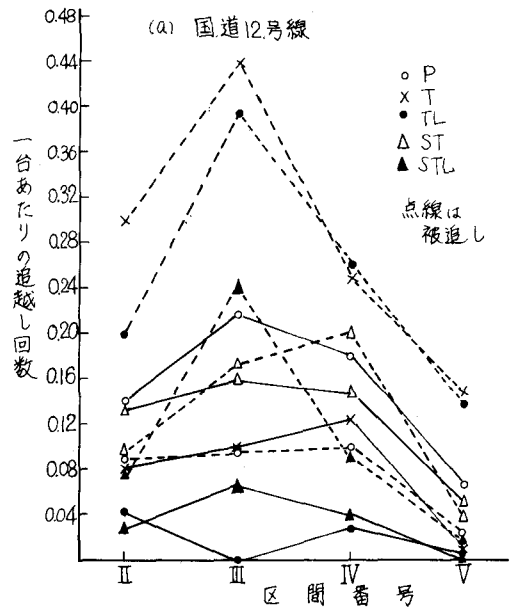
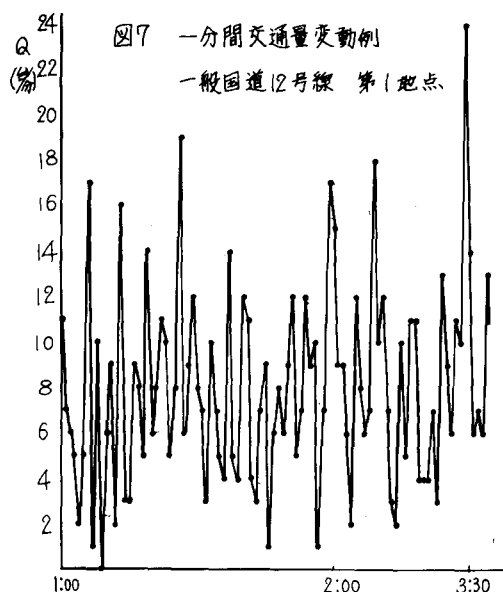


図6 区間毎の追越し

現在までK. John C. Lodge Freeway や首都高速道路Kにおいて、平均速度、速度、交通量から自由走行状態から渋滞時に至るまで交通流の変動K3~6分の周期性が見られることが求められている。

そこで交通量の少ない北海道の地方部道路Kにおいて、そのような周期性があるかどうか、また各地点の変動がどの程度までどのくらい長く互にK関連しているかを求めた。観測における交通量の時間的変動の記録の例を図7K示した。



今この変動はランダム定常状態であると仮定する。観測地点Kにおけるデータから、その自己相関関数、相互相関関数、パワースペクトル密度関数を、(3)、(4)、(5)、(6)、式Kによって求める。

$$R_{ii}(\tau) = \frac{R'_{ii}(\tau)}{R'_{ii}(0)} = \frac{(1/(N-\tau)) \sum_{j=1}^{N-\tau} U_i(j) U_i(j+\tau)}{(1/N) \sum_{j=1}^N U_i^2(j)} \quad \dots\dots(3)$$

$$(\tau = 0, 1, 2, \dots, m)$$

$$U_i(j) = U_i(j) - (1/N) \sum_{j=1}^N U_i(j) \quad \dots\dots(4)$$

$$R_{ij}(\tau) = \frac{1}{N-\tau} \sum_{k=1}^{N-\tau} U_i(k) U_j(k+\tau) \{R'_{ii}(0) R'_{jj}(0)\}^{-1/2} \quad \dots\dots(5)$$

$$(\tau = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm m)$$

$$G_{ii}(K) = 2 \{R'_{ii}(0) + 2 \sum_{\tau=1}^{m-1} (1 - \frac{\tau}{m}) R'_{ii}(\tau) \cos(\frac{\pi K \tau}{m})\} \quad \dots\dots(6)$$

$$(K = 0, 1, 2, \dots, m)$$

$R'_{ii}(\tau)$; 自己相関関数 $R'_{ii}(\tau)$; 自己相関係数
 $R_{ij}(\tau)$; 相互相関係数 N ; 読み取り総数
 τ ; 1分単位の遅れ時間 m ; 移動中の最大値
 $G_{ii}(K)$; パワースペクトル密度関数

$U_i(j)$; 地点i, 時間jKにおける観測値

K; wave number f ; 周波数(Hz/分)

K, f, mの間には $f = K/2m$ なる関係がある。

図8と図9は以上の方法Kより求めた自己相関係数及びスペクトル密度関数の例である。図8のコログラムをみると交通量の変動Kは若干の周期性が認められる。しかし、コログラムから直ちに卓越周期を判別することは困難である。そこで卓越周期を見出すためK、図9K示したスペクトルを利用する。この図からは、3~6分の周期性を認めることが出来る。

また、5号線K地点1~4Kにおいて明らかな周期性が認められないものや白色雑音Kものがみられる。これは交通量の少ないことKによって制限されるデータ読み取り間隔、また原系列K定常性、データ長さ、あるいは地形KによるものKは、推測K域を出ない。

観測地点間の相互相関係数K例を図10K示す。

観測地点間の距離と相互相関係数が最大となる時間遅れ^{*}との関係を表2K示す。

表 2

国道12号線					国道5号線				
距離(km)	[*] τ(分)	$(R_{ij}(\tau))_{max}$	V(%)		距離(km)	[*] τ(分)	$(R_{ij}(\tau))_{max}$	V(%)	
S ₁₂ =1	1	0.640	60		S ₁₂ =1	1	0.618	60	
S ₁₃ =2	2	0.658	60		S ₁₃ =2	3	0.352	40	
S ₁₄ =3	3	0.564	60		S ₁₄ =3	4	0.234	45	
S ₁₅ =4	3	0.442	80		S ₁₅ =4	6	0.206	40	
S ₁₆ =5	5	0.400	60		S ₁₆ =5	2			
S ₂₃ =1	1	0.591	60		S ₂₃ =1	1	0.577	60	
S ₂₄ =2	2	0.489	60		S ₂₄ =2	3	0.335	40	
S ₂₅ =3	2	0.327	90		S ₂₅ =3	4	0.199	45	
S ₂₆ =4	4	0.320	60		S ₂₆ =4	2			
S ₃₄ =1	1	0.863	60		S ₃₄ =1	2	0.560	30	
S ₃₅ =2	1	0.613	120		S ₃₅ =2	3	0.409	40	
S ₃₆ =3	2	0.442	90		S ₃₆ =3	5	0.313	38+	
S ₄₅ =1	0	0.688			S ₄₅ =1	1	0.552	60	
S ₄₆ =2	1	0.469	120		S ₄₆ =2	3	0.703	44	
S ₅₆ =1	1	0.555	60		S ₅₆ =1	2	0.502	36	

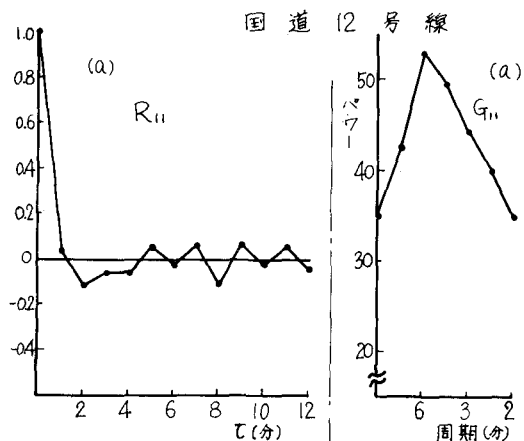


図8 自己相関係数

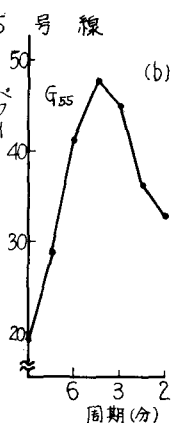


図9 パワースペクトル

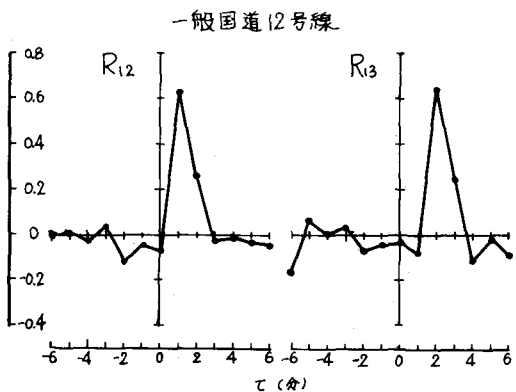


図10 相互相関係数

表2の*は同時相関、△と△は相関がきわめて低い所であるので空欄とした。

また、これを図示したものが図11である。直線は最小自乗法で処理したものである。この直線の傾きは

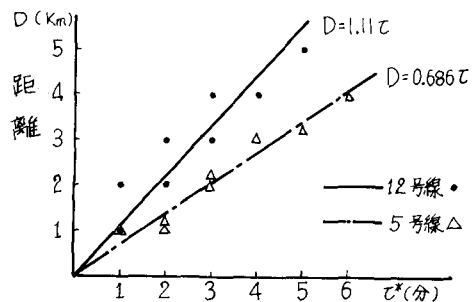


図11 τ^* と地点間距離の関係

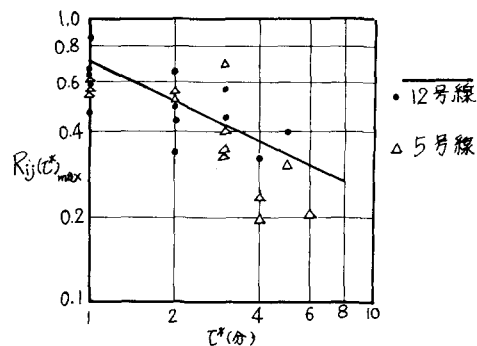


図12 相互相関係数とその遅れ時間との関係

全区間の平均速度を示す。12号線については、約67 km/h、5号線については、約41 km/hである。表2から5号線において、地点3～4と地点5～6の間の平均速度は遅くネックとなっていることがわかる。また12号線の場合、地点間の变化に従い序々相関は低くなるが、交通量の変動状態が同様の型で、時間遅れを伴いながら現われていると思われる。他方、5号線については、地点1～6、2～6ではほとんど相関がなく、地点1、2での交通量の変動状態と地点6のそれは、異なったものになっていて、その変動状態を与えるネックとなる部分がこれらの地点の間に存在することを示していると思われる。

図12は、横軸に相互相関の値が最大となる遅れ時間ととり、縦軸にその遅れ時間に対応する相互相関の最大値をとったものである。

この図からも、12号線の場合、相互相関の最大値は単に時間だけの関数としてみられるが、5号線の場合道路条件(勾配、曲線等)のため、ばらつきが多くそのような結論づけは出来ないように思われる。

6. あとがき

以上、交通流の変動に関する解析を行ったが、車群、相関関数、スペクトルを用いて、交通流の変動状態をうまく説明できないと思われる。

ネックを含む道路の交通変動は、その前後で異なる変動を呈している。今後、冬期間の変動の様子やより長区間における変動の様子を説明すると同時に、都市部街路交通流の変動との比較をしていきたいと思う。

参考文献

- 1) 「交通容量」 高田 弘 技術書院
- 2) 「The Spectral Analysis of Speed Fluctuations on a Freeway」
TENNY LAM, RICHARD ROTHERY
Transportation Science Aug. 1970
- 3) 「交通流の小时間変動について」
片倉正彦、鍋島泰雄、岩崎征人、清田健一
土木学会第25回年次学術講演会概要集