

三菱総合研究所 正員 ○西宮 良一  
 東京大学 正員 越 正毅  
 横浜国立大学 正員 大蔵 泉

1. はじめに 道路における自動車交通流のモデル化には大きく分けて2通りのアプローチがある。1つは交通量 $Q$ 、密度 $K$ 、速度 $V$ などのマクロな量の間の関係を調べる方法であり、もう一つは個々の車の追従挙動を調べるミクロな方法である。そしてこの2つの方法による結果は一致するはずである。従来の交通流理論においては、図1に示したように、 $Q$ と $K$ の関係には単一の式で表わされる曲線があてはめられ、また追従挙動についてモーフォの追従方程式で記述できるとされてきた。しかし本研究においては、首都高速道路における観測結果の解析により、このような考え方の成り立たないことを実証した。

2. 交通流の特性 図2は車両感知器のデータによる $Q$ - $K$ 相関図であるが、これを見て分かるように従来考えられてきた $Q$ - $K$ 相関図とはかなり異なる。交通流は自由流と拘束流という2つの異なる流れから構成されており、単一の相関式を全領域にわたって適用することはできない。そして拘束流においては粗部と密部が交互にあらわれて粗密波が発生している。また自由流においては車群内のみ追従走行をしているので、全車追従という

仮定のもとに単一の追従方程式を適用することには無理がある。図3は粗密波の発生状況を同一路線上の感知器データを並べることにより表現したものであり、粗密波は図の最下流にあるボトルネックから発生して、車の進行方向とは逆に上流

に向かって伝播して行く。この図における濃淡は運動エネルギー  $E = KV^2$  の値をあらわしており、濃い部分が高速の粗部、薄い部分が低速の密部である。この粗密波は車線間で伝播が同期しており、最も相関が高い地点で $E$ の相関係数が0.93になっている。この同期の原因は航空

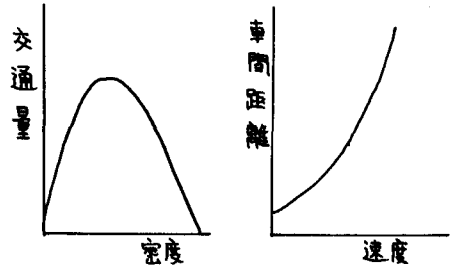


図1 従来交通流理論

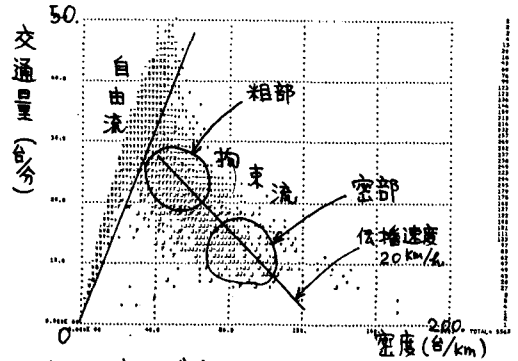


図2 車両感知器による $Q$ - $K$ 相関図

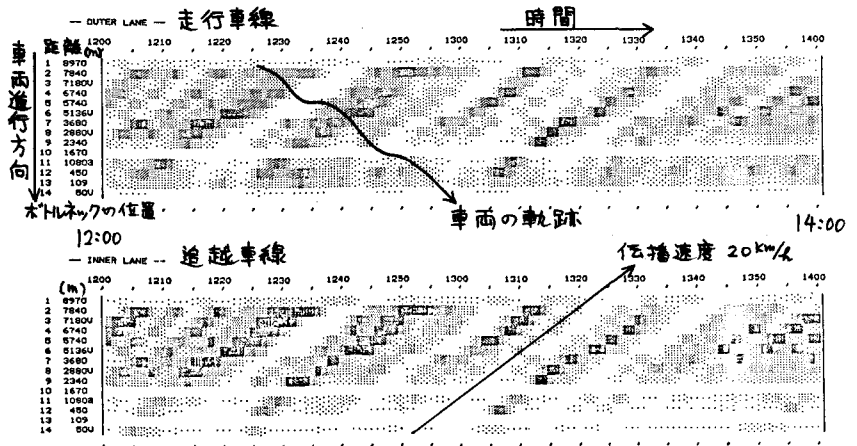


図3 粗密波の発生状況(1号線上り)

写真による解析により車線変更であることがわかった。伝播速度は約  $20 \text{ km/h}$  であり、これは図2から求められる値(直線の傾きの逆数)と一致している。

さらに粗密波をよく見ると下流では濃淡があまりはっきりしないが上流に向かうにつれて明確になっている。この点について調べる目的で地点ごとの速度変動図を並べたものが図4である。この図から分かることは下流のボトルネック付近では速度があまり変動せず周期性もあまりないが、上流に進むにつれて振幅が大きくなり、3~4分の周期を持つようになる。

図4はこの点に関して運動エネルギー変動のワースペクトルをとって見たもので、上流側の地点は下流側の地点よりも長周期の部分のパワーが増え、短周期の部分のパワーが減っている。

交通量が変化するときには、粗部の継続時間や速度振幅はあまり変化なく、混んでいる状態の方が密部の継続時間が長いために周期が長くなるという結果がでている。

3. 追従特性 次にマイクロなアプローチとして行なわれた車両追従走行実験の結果を整理したのが図6であり、走行状態は、自由流、拘束流、そしてこれらの間の過渡状態の3つに識別される。

4. 粗密波発生モデル さて本研究では以上の結果をもとに次のような仮説をたてた。追従走行車にとっては図7のように

2つのS-V曲線がある。密部は拘束流側曲線の低速部にあり、車間距離に余裕があるために外乱に対して安定である。ここで前方の流れが良くなると車は自由流に近づく。自由流においては車群内の追従走行をしているので、追従車の車間距離は平均的にみた車間距離より図のように小さくなる。さて自由流においては車間距離に余裕がなく不安定であるため、外乱を受けると速度が大きく低下し拘束流に戻る。そしてこの繰り返しのより粗密波が周期的に発生するのである。図7の右の図は左の図の曲線をQ-Rの関係に直したものであり、粗密波は矢印のような位置で発生する。従来のいわゆるQ-R曲線はこのように平均的に実現する部分を、データが少ないうえに結んで一つの曲線としてしまったものである。

5. 結論 交通量と密度などのマクロな量の間の関係、あるいは速度と車間距離というマイクロな量の間の関係は、従来考えられてきたような単一の式で表わされるものではなく、自由流と拘束流という全く異なった2つの流れが存在し、粗密波はその2つの不連続な状態の間でのやりとりとして発生しているのである。

(参考文献) 桑田起義ほか: 高密度交通流における追従特性, 第31回土木学会年次講演会概要集, 1976

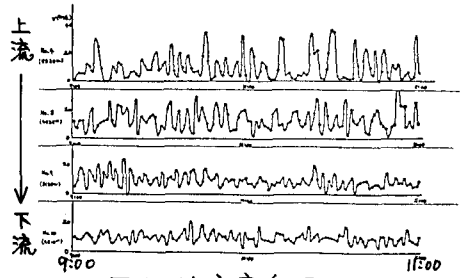


図4 速度変動図

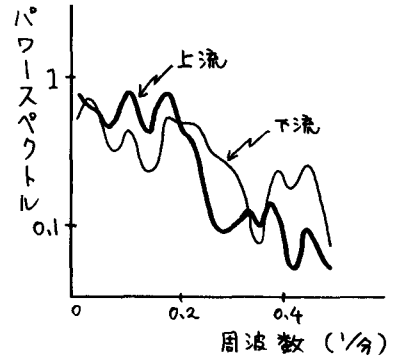


図5 運動エネルギー変動のワースペクトル

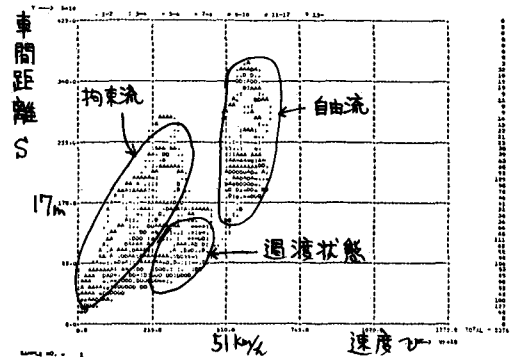


図6 追従実験による S-V 相関図

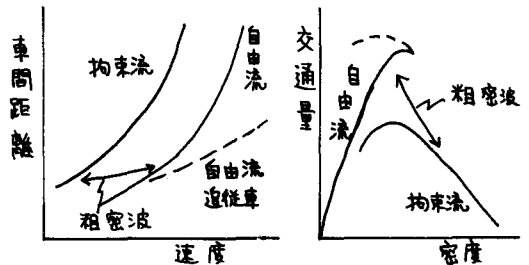


図7 2つの S-V 曲線