Ⅳ－181　　区間でとらえた交通流の交通量，密度，速度とその関係

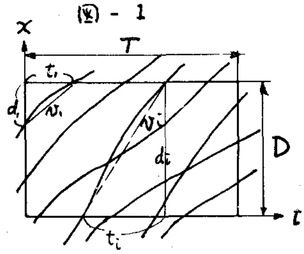
東京工業大学　正員　片倉正彦

自動車交通を交通流としてとらえる時，普通の流体と同様にその基本特性として，流量，密度，流速が考えられる。しかし交通流は普通の流体のような連続体ではなく，離散的な流れであるからこれらの諸量を普通の流体と同じようにはとらえることができない。

従来，交通量（Q）は道路のある１地点を単位時間に通過する車両数，密度（K）はある１瞬間に単位道路区間に存在する車両数と定義されている。そして空間平均速度（V_s）をとれば，これらの諸量の間には一般の流体と同じ関係，$Q = K V_s$ ……① が成立することはWardropによって示されたよく知られた関係である。しかしこの関係式には，各車がお互に独立で等速で走行し，またかなり長い範囲（時間的，空間的）にわたって交通量や密度が一様で定常な流れであるという仮定が含まれている。もし交通流の一様性が仮定されなければ，交通量と密度は共に車両数の分布の平均値を示すものであるから，その平均の範囲が問題となる。従来，速度の分布は考慮しているが，この２者に対しては統計量としての取り扱いに曖昧な点があった。そして交通流の測定方法によって，どちらか一方の定義を少し変え，両者の関係を結びつけている。

区間でとらえた交通流

図－１



Edieはそのような交通流の諸特性値の観測法による相違を明らかにした上で，観測法によって変らぬ統一的な新しい定義をした。それは右図のように，時間－距離空間内にある区間（T, D）を考え，$A = T \times D$とすると，

交通量 ρ =（測定区間の総走行距離）／区間の面積 $= \Sigma d_i / A$ ……②

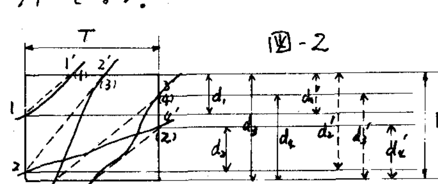
密　度 λ =（測定区間の総走行時間）／区間の面積 $= \Sigma t_i / A$ ……③

流　速 v =（総走行距離）／（総走行時間）$= \Sigma d_i / \Sigma t_i$ ……④

とするものである。この時，①と同じ関係式，$\rho = \lambda v$ ……⑤ が常に成立する。

筆者は，これと同じ関係式を実際現象との関連を考え，次のようにして導いた。図１のような時間－距離区間（T, D）内を，ある車（第 i 車）が走行した時間を t_i，距離を d_i とすると，この平均区間速度は，$v_i = d_i / t_i$ である。ここで車の台数の数え方を，④時間分布を考える場合には，この距離区間Dにわたって存在した車，すなわち $d_i = D$ の車を１台と数え，したがって，全車両数は $N = \Sigma d_i / D = \Sigma d_i / D$，また⑫ 空間分布を考える時には，時間区間Tにわたって走行した車をはじめて１台とし，この時全車両数は $N' = \Sigma t_i / T = \Sigma t_i / T$ となる。

今，交通量は時間分布の，密度は空間分布の車両台数の平均値であるから，それぞれ④および⑫の数え方をして，



交通量　$\rho = N/T = \Sigma d_i / D \times 1/T = \Sigma d_i / T \cdot D = \Sigma d_i / A$

密　度　$\lambda = N'/D = \Sigma t_i / T \times 1/D = \Sigma t_i / T \cdot D = \Sigma t_i / A$

空間平均速度として空間分布の数え方⑫を用いて，

流速　$v_s = 1/N' \Sigma v_i \times t_i / T = T / \Sigma t_i \, \Sigma v_i t_i / T = \Sigma v_i t_i / \Sigma t_i = \dfrac{\Sigma d_i}{\Sigma t_i}$

実線：実際の走行軌跡
破線：仮想流線

実測方法

実際に交通流を観測する場合、全車両の走行軌跡が求められればよいが、その測定は困難である。しかし、交通流の基本特性のみを求める時には各車の真の走行軌跡を知る必要はない。図2に示すように測定区間の境界で順に番号をつけ、同一番号を同一車として、走行時間や走行距離を求めると、追越しがあれば個々の車の走行時間や距離は異なるけれども、図にみる如く追越し車と被追越し車の和では変らない。それゆえ、全車の総和をとれば $\Sigma d_i=\Sigma d_i'$, $\Sigma t_i=\Sigma t_i'$ となり平均値である ρ, λ は正しい値を求めうる。さらに簡単にするため測定区間をDに比べて十分大きいTをとり、大多数の車の走行距離がDになるようにすれば、測定距離区間の両端で各車の通過時刻のみを観測するだけで密度 λ は正しく求められる。交通量は両端部で区間の一部分を走行する車両に対してすべて $\frac{1}{2}D$ だけ走行したものとすると、両端部の断面交通量の平均値として求められ、この測定法との誤差はあまり大きくない。問題は一部区間走行車を識別することであるが、基準とする完走車について、追越し、追越され回数を観測すれば、その車から順に番号をつけてやればよい。ただし観測に欠損がないこと、測定区間内での出入がないことが必要である。

実測とその結果

以上の方法を用いて、首都高速4号線のピーク交通流について観測した。欠損をなくすため16mmカメラを用い、基準車として試験車を走行させた。測定区間距離は、ほぼ500 mの区間をとり、時間区間は、別の観測からピーク時でも有意な傾向変動が現われない単位として、5分間をとった。なおデータ数を多くするため1分間毎の移動平均として解析した。

この結果、図に示したように密度と平均速度の間には強い線型関係があることがわかった。これから得た回帰式を基にして得た交通量と密度の2次式の関係から、交通量が最大となる交通流の臨界値を求めると右表のようになる。

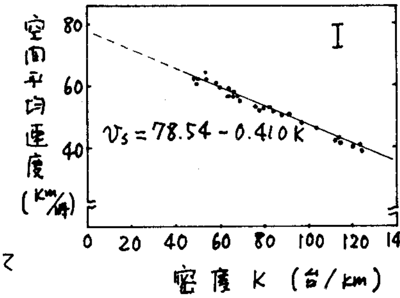
なお、第III区間には小半径の曲線部のため速度が抑えられている傾向があるので、K≧60台/kmの部分についての回帰分析を行なった。

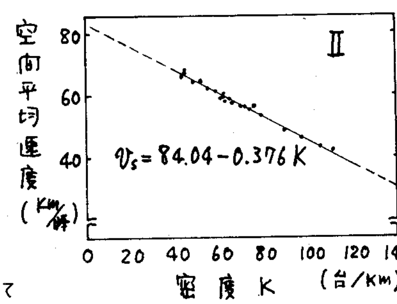
またこの解析の他、連続の式が成立することを使って、交通流の波動理論を検証することができた。

表1 測定区間の道路状況

測定区間	I	II	III
区間距離	525 m	590 m	597 m
最小曲線半径	307.5 m	155.6 m	75.1 m
最急勾配	+0.49 %	+1.77 %	+1.78 %
道路状況	高架	トンネル	高架

図-3 密度と速度の関係





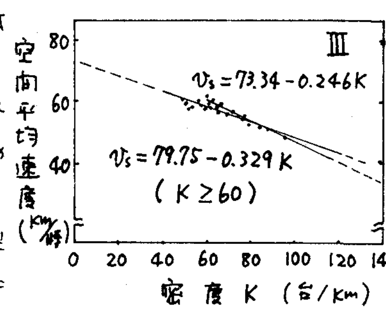


表2 交通流の臨界値 (T=5分)

観測区間	データ数	最大密度 K_j 台/km	密度 K_c 台/km	速度 V_c km/h	交通量 Q_c 台/h
I	29	245.6	122.8	39.4	4824
II	26	223.5	125.4	42.0	4694
III	25	298.3	149.1	36.7	5468·
III′ K>60	18	242.4	121.2	39.9	4831