

武蔵工大 正 川瀬 潔

武蔵工大 正 岩崎 征人

1. はじめに

都市内高速道路の利用状態は主として道路の幾何構造および交通条件によって異なってくる。従来、道路の利用状態を定量的に表現する場合には主として日-夜、 D_0-K などの関係から、着目した道路区間における最大Flowやその時の速度などを用いて述べられてきた。これらの指標は道路施設自体の能力を評価する要素としては妥当なものであるといえるものである。

しかしながら、道路利用者の側から見ると、能力一杯に運用されている道路施設よりもむしろ能力に余裕をもって運用されている施設の方がより好ましいものであるといえる。

本論文では道路交通流を巨視的に把握し、交通流のもつ力学的性質を利用して道路交通流の定量的な制御指標について考察を加えたものである。

2. 交通流のモデル化

中断されない交通流を決定論的に扱う場合の一つの方法として、流体力学との類似性から交通流を一次元の連続流体として考察してゆく方法がある。

Drawによればこのような場合の交通流の速度と密度の関係は次に示すように一般化して表わすことができるとしている。

$$v = v_f \left\{ 1 - \left(\frac{k}{k_j} \right)^{\frac{n+1}{2}} \right\} \quad (1)$$

$$k = k_j \left(1 - \frac{v}{v_f} \right)^{\frac{2}{n+1}} \quad (2)$$

ここで

 v : 交通流の速度 v_f : 交通流の自由速度 k : 密 度 k_j : Jam 密 度 $n > -1$

中断されない交通流を道路の微小区間でとらえ、交通流のもつエネルギーを運動エネルギー(KE)、潜在エネルギー(PE)および損失エネルギー(E)とに分け、エネルギー保存の法則を適用する。

(i) 運動エネルギー : 交通流の運動エネルギーは密度 k 、速度 v を用いて表のように表わす。

$$KE = A k v^2 \quad (3)$$

ここで

 A : 道路条件によって決定される定数

(ii) 潜在エネルギー : 潜在エネルギーは交通流の不満の定量化であり、次のように定義する。

$$PE = B k (v_f - v)^2 \quad (4)$$

ここで

 B : 道路条件によって決定される定数

(iii) 損失エネルギー : 交通流と道路の幾何構造との間の摩擦によって生じるエネルギーであり、このエネルギーは着目した車の外部へ散逸する損失量として把握されるものである。

よって、交通流のもつ全エネルギー E は次の式(5)のように表わすことができる。

$$E = KE + PE + E = AKU^2 + BK(U_f - U)^2 + E \quad (5)$$

次に、実際の交通流の状態を勘案して上式を解くと、

(i) 運動エネルギー KE が最大となるときの速度および密度は(1)、(2)および(3)より、

$$U_m = (n+1)/(n+2) \cdot U_f \quad (6)$$

$$K_m = (n+2)^{-\frac{2}{n+1}} \cdot K_f \quad (7)$$

を得る。

(ii) 運動エネルギーが0 (すなわち $U=0, K=K_f$) では E も0となり、全エネルギーは PE となる。

$$E_{U=0, K=K_f} = AK_f \cdot 0^2 + BK_f(U_f - 0)^2 + E_{U=0, K=K_f} = BK_f U_f^2 = PE_{max}$$

(iii) E は KE および PE が最大となる状態では無視できる程小さくなるものとすれば、

$$PE_{max} = KE_{max}$$

よって

$$BK_f U_f^2 = A \left(\frac{n+1}{n+2} \right)^2 \left(\frac{1}{n+2} \right)^{\frac{2}{n+1}} K_f U_f^2$$

これから、

$$B = \left(\frac{n+1}{n+2} \right)^2 \left(\frac{1}{n+2} \right)^{\frac{2}{n+1}} \cdot A$$

よって上の(5)式は次のように書き直すことができる。

$$E = AKU^2 + \left(\frac{n+1}{n+2} \right)^2 \left(\frac{1}{n+2} \right)^{\frac{2}{n+1}} AK(U_f - U)^2 + E \quad (8)$$

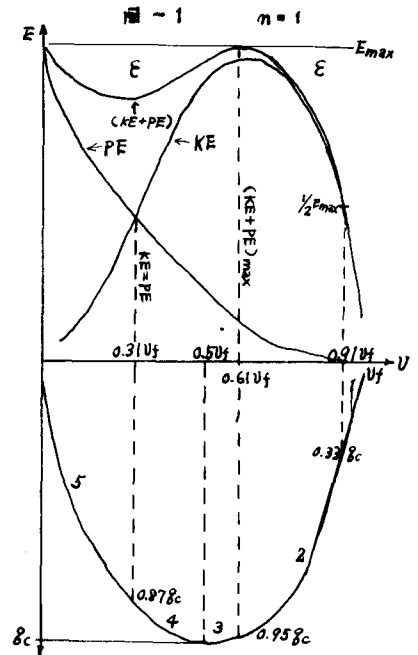
3. 制御の基準の提案

式(8)に示した交通流のそれぞれのエネルギーの関係を示したものが図-1である。

本論文では、交通流のもつ運動エネルギーおよび潜在エネルギー(利用者の不満)に着目し、道路施設の交通流を捌く能力と利用者の不満との関係を考慮して次の表-1に示すようないくつかの基準を提案した。

表-1

基準	上限値	下限値	交通流の状態
1	$U = U_f$ $\delta = 0$	$U = 0.91U_f$ $\delta = 0.33\delta_c$	ほとんどの運転者は目的の希望する速度で走行できる。都市内高速度道路では車両の分散時のみに実現する状態であろう。
2	$U = 0.91U_f$ $\delta = 0.33\delta_c$	$U = 0.61U_f$ $\delta = 0.95\delta_c$	安定した交通流領域である。TPRでは交通流のエネルギーは最大となり、この値が制限の目標値となるべきであろう。
3	$U = 0.61U_f$ $\delta = 0.95\delta_c$	$U = 0.5U_f$ $\delta = \delta_c$	不安定な交通流領域となる。運動エネルギーは潜在エネルギーよりも小さい。下限では交通容量とする。
4	$U = 0.5U_f$ $\delta = \delta_c$	$U = 0.31U_f$ $\delta = 0.87\delta_c$	不安定な交通流領域である。TPRでは KE と PE が等しくなる。制御のための最低基準として設定されるべき速度を与える。
5	$U = 0.31U_f$ $\delta = 0.87\delta_c$	$U = 0$ $\delta = 0$	潜在エネルギーは運動エネルギーよりも常に大きくなり、利用者の不満は増大する。制御ではこのような状態が出現しないようにすべきである。



4. おわりに

本論文は中断した交通流を巨視的にとらえ、交通流のもつエネルギーを用いて交通流制御のための一つの基準指標と提案したものである。今後は実際の道路区間についてのデータを解析し、具体的に解析を進めてゆく必要がある。