

IV-14 道路の安定交通容量について

京都大学工学部 正員 佐佐木 綱

1. 交通動学の基礎式

われわれは一車線上を一方方向に走行する交通流を対象として交通動学の基礎式をえた。

$$x_k(t-T) - x_{k+1}(t-T) = \alpha v_k(t-T) + \beta v_{k+1}(t) + b_0 \quad (1)$$

$$v_k(t-T) - v_{k+1}(t-T) = m_T \dot{v}_k(t-T) + n_T \dot{v}_{k+1}(t) \quad (2)$$

ここに $\alpha = m_T$, $\beta = n_T$ とおいてあり, α , β 及び b_0 はすべて常数, T は反応時間である。 $v_k(t)$ 及び $v_{k+1}(t)$ のラプラス変換を $V_k(s)$ 及び $V_{k+1}(s)$ で表わし, さらに

$$V_{k+1}(s) = V_{k+1}^*(s) + V_{k+1}^{**}(s)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ただし } t < 0 \text{ 及び } t \geq T \text{ に対し } V_{k+1}^*(s) &= 0 \\ t < T \text{ に対し } V_{k+1}^{**}(s) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

と定義するならば, 先頭から $k+1$ 番目の車の速度は

$$V_{k+1}(s) = \frac{1-m_T s}{n_T s + e^{-Ts}} e^{-Ts} V_k(s) + \frac{m_T e^{-Ts}}{n_T s + e^{-Ts}} V_k(0-) + \frac{n_T}{n_T s + e^{-Ts}} V_{k+1}(0-) - \int_0^T V_{k+1}^*(t) e^{-st} dt \quad (4)$$

で与えられる。初期条件として $V_k(0-)$, $V_{k+1}(0-)$ 及び $V_{k+1}^*(t)$ が与えられると, 式(4)によって後続車の運動を知ることが出来る。

2. 追従試験の結果

これまでの追従試験は先行車と追従車の同期装置に問題があったので, 本実験では各車に残跡装置をとりつけ, 共通の電接時計で路面上にタイムパルスを記録するようにした。

表-1 低速度の場合の諸係数値

運転者	α (sec)	β (sec)	T (sec)	m	n	b_0 (m)	$m/n = R$
A	0.0420	0.585	0.50	0.084	1.170	4.85	0.0718
	0.0576	0.519	0.45	0.128	1.154	4.42	0.1109
B	0.0288	0.427	0.40	0.072	1.068	3.95	0.0674
	0.0296	0.482	0.40	0.074	1.204	4.12	0.0615
C	0.0900	0.511	0.50	0.180	1.022	5.07	0.1761
	0.0792	0.592	0.60	0.132	0.986	5.15	0.1339
D	0.0858	0.557	0.55	0.156	1.012	4.80	0.1542
	0.0610	0.592	0.50	0.122	1.184	5.22	0.1030
E	0.0696	0.748	0.60	0.116	1.246	5.40	0.0931
	0.0949	0.746	0.65	0.146	1.148	5.18	0.1272
F	0.0749	0.814	0.70	0.107	1.163	4.62	0.0920
	0.0598	0.848	0.65	0.092	1.305	4.34	0.0705
平均	0.0644	0.618	0.54	0.117*	1.138*	4.76	0.1051

表-2 高速度の場合の諸係数値

運転者	α (sec)	β (sec)	T (sec)	m	n	b_0 (m)	$m/n = R$
A	0.211	0.783	0.75	0.301	1.044	5.02	0.2883
	0.170	0.781	0.75	0.227	1.041	4.83	0.2181
B	0.126	0.772	0.70	0.180	1.103	4.72	0.1632
	0.103	0.806	0.75	0.137	1.074	4.50	0.1276
C	0.183	0.813	0.80	0.229	1.016	5.58	0.2254
	0.122	0.751	0.70	0.174	1.073	5.24	0.1622
D	0.194	0.786	0.65	0.298	1.210	4.70	0.2463
	0.187	0.789	0.60	0.312	1.315	4.31	0.2373
E	0.161	0.810	0.70	0.230	1.158	3.95	0.1986
	0.143	0.780	0.75	0.191	1.040	4.28	0.1837
F	0.114	0.892	0.85	0.134	1.054	4.03	0.1271
	0.075	0.835	0.80	0.094	1.044	3.75	0.0900
平均	0.149	0.800	0.73	0.209	1.098	4.58	0.1890

各追従試験の後, 路面上に記録さ

れた自動車の軌跡とそのタイムパルスを測定することにより, 先行車及び追従車の速度及び車頭間隔を測定した。追従試験は低速度(20~40 km/h)の場合と高速度(40~80 km/h)の場合とにわけし行なった。この追従試験の結果を整理すると表-1及び表-2のとおりである。

3. 交通量の安定限界

交通量が増大し追越しの行われなくなった道路では, 交通量がある程度以上増加してくると運転手がいかに安全運転に努れてもさけることのできない追突事故の発

生ずる可能性が生じてくる。このような交通量の限界を安定限界と呼ぶことにする。道路の計画にあたってはこのような交通量の安定限界以上に交通量を見込む計画を立ててはならない。多くの場合安定限界となる交通量は計画した道路の交通容量より小さいものである。追従しているときの平均車頭間隔は $(n+m)Tv_0 + b_0$ で与えられるから、交通量を N とすれば v_0/N が平均車頭間隔となるので、 $v_0/N > (n+m)Tv_0 + b_0$ でなければならない。しかして、すべての擾乱周波数に対して安定であるためには $(n^2 - m^2)/n > 2$ でなければならない。しかして、いま $m/n = k$ とおくと $(n^2 - m^2)/n = (n+m)(1-k)$ と変形できるので、交通流が不安定にならないためには k を常数と仮定すると、安定交通量は

$$N = 1 / \left[\left(\frac{2}{1-k} \right) T + \frac{b_0}{v_0} \right] \quad (5)$$

で与えられる。いうまでもないが、交通量が式(5)を満足していても部分的に不安定な追従とする場合が非常に多いと考えられるが、道路を計画する段階においては式(5)で与えられる交通量をもってその道路の安定容量と考えるべきであろう。式(5)によって安定な交通容量を求めてみると表-3のとおりである。ただし $b_0 = 5m$, $k = 0.2$ と仮定した。

反応時間は厳密には速度の関数であるが、交通動学の基礎式にこの関係を考慮していれると、数学的に解くことが困難となるので、式(5)の反応時間も速度の関数と考えて安定容量を算出してみる。反応時間と速度との関係はこれまでにわれわれが行った実験においては $T(\text{秒}) = 0.010v(\text{km/h}) + 0.16$ がえられたので、この関係を式(5)に代入して安定容量を計算すると図-1に示されたような曲線群がえられる。高速道路の設計においては $k = 0.333$ を採用しておけば充分安全側であると考えられる。

表-3. 反応時間と安定容量

$T(\text{秒})$ $v(\text{km/h})$	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
40	1550	1220	1010	860	750	660
60	1660	1290	1050	890	770	680
80	1710	1320	1070	910	780	690
100	1750	1340	1090	920	790	690
120	1780	1360	1100	920	800	700

名神高速道路の場合、尾崎-栗東間の交通容量は1方向2車線で1660～1780台/時であると考えられているが、図-1によって与えられる交通容量は1車線851台/時となり、1方向2車線で1702台/時と考慮されるのである。

われわれは街路以外の道路の实用交通容量として、安定容量を用いることとすべきではないかと思う。図-1の $k=0$ の曲線が R. Herman 等の研究結果から算出されるものである。安定容量を考慮することには k の値も考慮にいれるべきであろうと思われる。

図-1. 安定容量

