

混合交通を考慮した道路の交通特性を示す常数 (路線常数) について*

正員 米 谷 栄 二**
正員 毛 利 正 光***

ON THE CONSTANT (LINE CONSTANT) INDICATING THE TRAFFIC CHARACTERS OF ROAD UNDER CONSIDERATING MIXED TRAFFIC

By Dr. Eng., Eiji Kometani, C.E. Member and Masamitsu Mōri, C.E. Member

Synopsis : Most of Our Roads become of mixed traffic consisting of high, low and slow speed vehicles and the traffic capacities are usually governed with the slow speed vehicles. So, we suppose an ideal road without any traffic resistances when high speed vehicle overtakes low speed one, then we can calculate the frequencies of overtakings occurred on the mixed traffic road. But numbers of overtaking to be done on real road are far less than that of the ideal road being originated to the traffic volumes on the opposite lane, probabilities of overtaking owing to the speed differences and effects for overtaking due to physical properties of the road.

Now, we here propose a new constant saying Line. Constant indicating the value of overtaking character of route, and show one of methods of computing this constant by means of observation of speeds, traffic volumes and numbers of overtaking to be done by driving an experimental vehicle and then describe the comprehensive significations and some applications of this constant.

要 旨 わが国道路の現況から云つて大多数は高速車と低速車との混合交通であつて、その交通容量は低速車の影響に支配されることが多い。いまここに高速車が低速車を追越す際になんらの抵抗もない理想的な道路を想定し、この道路を走行する車輛の速度分布と車種混合度から起りうべき追越の頻度を算出することができる。しかし実際の道路上では対向車線上の交通量あるいは速度差に起因する追越の確率と路線の物理的性状が追越に与える制約により、追越の遂行される回数は遙かに低い。しかしてこの路線性状が追越に与える特性を示す値として路線常数なる定数を提案し、試験車を走らせて、実際に行われる追越頻度と交通量、速度を観測して、この常数を求める方法を示し、あわせてこの常数のもつ意義と応用について述べたものである。

1. **まえがき** わが国道路の現況から云つて大多数の道路は高速車と低速車あるいは緩速車との混合交通であつて、その交通容量は低速車類に影響されることが多い。しかし同じ交通流であつても高・低速車線が完全に分離されている場合は、均一流れの交通流を仮定して交通容量を算出するための理論式や実験式が従来多く発表されているが、^{2),3)} 2車線混合交通の場合には高速車が低速車を追越すためには、その追越を完了する間、対向車線上に車がないことが必要である。しかして短時間中に道路上のある地点を通過する車の台数は、ポアソン分布によく適合する⁴⁾ から、かかる分布に従つて進行してくる車輛群について、追越を完了する間対向車線が空いている確率は容易に求められる。これから一般に対向交通流が追越に与える影響を示す式を誘導し、自己車線上の交通流の速度分布および路線性状が追越におよぼす確率関数を提案し、これらの諸因子が理想的車線を想定した場合に起りうる追越回数に与える影響と、実際に道路上で行われる追越回数とから、この常数を決める方法を提示したものである。

2. 理想的道路における交通流の分布と追越の頻度

ここに云う理想的道路とは、仮想的な一方交通の2車線道路で、その内1車線は追越のみに使用されいま1つの車線上に考えている混合交通が走行している状態を考えている。従つてこの道路における追越現象は対向車線上の交通物にはなんら影響されることなく必要に応じて確率1をもつて遂行されることになる。このような理想的状态における車種の混合率と追越の頻度について考えてみる。

*本研究の一部は第2回日本道路会議(昭.28.10)および第4回日本道路会議(昭.32.10)において発表した。

** 工学博士, 京都大学教授 工学部土木教室, *** 大阪市立大学講師, 理工学部土木教室

いまこの車線上の交通量を a 台/時とし、その内速度 v_1, v_2, \dots, v_r なるものの台数をそれぞれ a_1, a_2, \dots, a_r とすると

$$a = \sum_{i=1}^r a_i = a_1 + a_2 + \dots + a_r \quad \dots\dots\dots (1)$$

また速度 v_i なるものの混合率を $f_i = a_i/a$ とすれば

$$\sum_{i=1}^r f_i = f_1 + f_2 + \dots + f_r = 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

いま速度 v_i なるものについて考えると、それらの車の平均時間間隔は $1/a_i$ であり、この時間内に走行する距離は v_i/a_i である。したがってこの速度に属する車の密度——すなわち道路延長単位長さ当りの車の台数は次式で表わされる。これを交通密度 k_i とかくことにすると

$$k_i = a_i/v_i \quad [\text{台/時}] \quad \dots\dots\dots (3)$$

したがって全体の交通密度は次のように表わすことができる。

$$K = \sum_{i=1}^r k_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

いま速度 v_1, v_2, \dots, v_r の車の頻度をその交通密度の割合で表わして

$$p_i = k_i/K \quad (i=1, 2, \dots, r) \quad \dots\dots\dots (5)$$

とおき集中度とよぶことにする。この場合の平均速度 \bar{v}_p は

$$\bar{v}_p = \sum_{i=1}^r p_i v_i = \sum_{i=1}^r k_i v_i / K = \sum_{i=1}^r a_i / K = a / K \quad \dots\dots\dots (6)$$

また普通に用いられる混合率 f_i を用いて表わした平均速度を \bar{v}_f とすると

$$\bar{v}_f = \sum_{i=1}^r f_i v_i = \sum_{i=1}^r a_i v_i / a \quad \dots\dots\dots (7)$$

すなわちこの場合には式 (6) のような簡単な関係は成立しないことになる。

いま $v_1 < v_2 < \dots < v_r$ であるとしてこれらの速度分布中の v_i に属する1台の車について考えると、この車の v_j なる速度の交通車輛に対する相対速度は $v_j - v_i$ ($j > i$) であり、 v_j なる車の交通密度は k_j で、これらの車の平均距離は $1/k_j$ であるから、これらの車は速度 v_i の車を $1/(v_j - v_i)k_j$ なる時間間隔ごとに通過することになる。ゆえにこの v_i の車の追越される頻度は $\sum_{j=i+1}^r k_j(v_j - v_i)$ 、 Σ は v_i より大きい速度全部について行う。すなわち速度 v_i なる1台の車が単位時間当り経験する追越の頻度である。しかし v_i なる車は単位長さ当り k_i の車がある。そのおのおのが上記の割合で追越されることになるから

$$\text{全追越回数} = k_i \sum_{j=i+1}^r k_j(v_j - v_i)$$

ゆえに $i=1, 2, \dots, r-1$ について加えれば単位時間、単位長さ当りの全追越回数 N_0 は

$$N_0 = \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r k_i k_j (v_j - v_i) \quad [\text{回/km/hr}] \quad \dots\dots\dots (8_1)$$

上式に式 (5) の関係を代入すると

$$N_0 = K^2 \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r p_i p_j (v_j - v_i) \quad \dots\dots\dots (8_2)$$

これを混合率 f_i で表わせば

$$N_0 = a^2 \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r f_i f_j \left(\frac{1}{v_i} - \frac{1}{v_j} \right) \quad \dots\dots\dots (8_3)$$

これらの式 (8) によつて理想的道路における交通の混合状態に対して追越回数を計算することができる。

一例として表-1に示すような3種類の速度分布からなる場合について計算してみると

$$N_0 = 1680 \text{回/km/hr} (= 28 \text{回/km/min})$$

すなわちこれが理想的状態の場合の追越頻度であるが、実際には追越に対する路線の制約、対向車線上の車の影響、あるいは速度差に起因する追越可能確率の大小により追越できる回数は少ない。

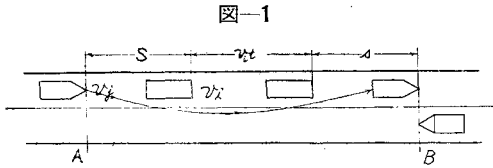
表-1

車 種	速 度 v_i	交 通 量 a_i	混 合 率 f_i	交 通 密 度 k_i	集 中 率 p_i
高 速 車	km/時 60	台/時 120	% 30	台/km 2	% 13
低 速 車	30	160	40	$5\frac{1}{3}$	35
緩 速 車	15	120	30	8	52
計	—	$a=400$	100	$k=15\frac{1}{3}$	100

3. 追越に対する対向交通量の影響

(1) 追越に必要な時間について

図-1 に示すような路線において、A 地点で前方の低速車を追越の態勢になつた高速車が B 地点で追越を完了するまでの必要な時間を t とすれば



$$t = \frac{S + s}{v_j - v_i} \dots\dots\dots (9)$$

ただし v_j : 高速車の速度 (km/hr)

v_i : 低速車の速度 (km/hr)

S : 高速車が低速車に後続して安全に走行する

ための車頭間隔 (m)

s : 追越を完了したときの高速車と低速車との車頭間隔(m) — (v_j に応じた安全視距として制動停止距離または避走距離の半分をとればよい)⁸⁾

S の値としては多くの研究者により発表されている計算式あるいは実験値^{2),3)} を用いて算出すればよく、わが国では藤井真透博士(1930)⁵⁾、星埜和博士(1948)⁶⁾、近藤謙三郎氏(1950)⁷⁾ らの研究がある。

しかして高速車が低速車を安全に追越するためには、この t 時間対向車線上に反対方向の車がこないことが必要である。すなわち AB 間において対向車線上に車がないことが必要となる。このことはA点について考えると少なくとも $2t$ 時間車のこないことを必要とすることになる。いまかかる追越を許す場合の対向車線上の車の通過台数を b 台/時とすると、 $2t$ 時間中の通過台数は平均値として次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} m &= 2tb = b\tau \\ \text{ただし } \tau &= 2t \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

(2) 対向交通量が追越におよぼす影響

一般に短時間中に道路上のある地点を通過する車の台数はポアソン分布によく適合する⁴⁾から、上記のごとき混合交通の τ 時間の平均通過台数を m 台と考えると、この車の通過台数を確率変数 X として、 $P(X=k)$ となる確率は次式で与えられる。

$$P(k, m) = \frac{e^{-m} m^k}{k!} \quad [k=0, 1, 2, \dots\dots\dots] \dots\dots\dots (11)$$

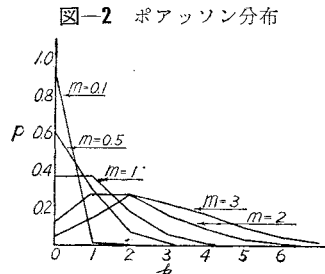


図-2 ポアソン分布

種々の m の値に於ける $P(X=k)$ の分布の変化の様子は 図-2 に示すごとくである。

式 (11), (10) から追越が必要となつたとき対向車線が空いている確率 q_0 (追越のできる確率) は

$$q_0 = P(0) = e^{-b\tau} \dots\dots\dots (12)$$

つぎに追越のできない場合には、高速車は低速車の後に従つて走るわけであるが、 $n\tau$ 時間 (n は任意の正の整数とし、勿論 $n\tau < 1$ の場合を考える) 後続して走っている間に追越できる確率を $q_{n\tau}$ とし、この場合追越できる状態になつたとき追越をあきらめる車のないものと仮定すると、 b

は τ 時間中に通過する台数に比して極めて大なる数であると考えられるから次の関係が成立する。

$$\begin{aligned} n=0 \text{ のとき} & \quad q_0 = P(0) \\ n=1 \text{ " } & \quad q_{\tau} = q_0 + \{P(1) + P(2) + \dots\dots\dots + P(b)\}P(0) = q_0 + \{1 - P(0)\}P(0) \\ n=2 \text{ " } & \quad q_{2\tau} = q_{\tau} + \{P(1) + P(2) \dots\dots P(b)\}^2 P(0) = q_{\tau} + \{1 - P(0)\}^2 P(0) \\ & \quad \vdots \\ n=n \text{ " } & \quad q_{n\tau} = q_{(n-1)\tau} + \{P(1) + P(2) \dots\dots P(b)\}^n P(0) = q_{(n-1)\tau} + \{1 - P(0)\}^n P(0) \end{aligned}$$

上式を全部加えると両辺の同一の項は互に消去されて

$$q_{n\tau} = (1 + C + C^2 + \dots\dots\dots + C^n)P(0)$$

ただし $C = 1 - P(0) < 1$

$$\begin{aligned} \therefore q_{n\tau} &= \frac{1 - C^{n+1}}{1 - C} \cdot P(0) = 1 - C^{n+1} \\ \therefore q_{n\tau} &= 1 - (1 - e^{-b\tau})^{n+1} \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

すなわち式 (13) が、 b 台/時の対向交通量のある場合高速車が低速車に任意の $n\tau$ 時間後続する場合追越のできる確率を与える式である。

4. 速度および路線性状が追越におよぼす影響

一般に追越が行われる機会は、お互の車の速度差と路線の物理的特性に関係することになる。しかしてその確率は速度差 $(v_j - v_i)$ が小さいときは小さく $(v_j - v_i)$ が大きくなるにつれて大となるような関数でなければならない。したがつていま次のような確率関数を考えると

$$q_{v_i v_j} = e^{-\frac{1}{(\mu_{ji} - 1)\phi}} \left. \begin{array}{l} \text{ただし } \mu_{ji} = v_j/v_i \geq 1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

式(14)は上の条件を満足する。すなわち

- i) $\mu_{ji} = 1$ ならば $q_{v_i v_j} = 0$
- ii) $\mu_{ji} = \infty$ " $q_{v_i v_j} = 1$

しかして i) の場合は $v_j = v_i$ のときであるから $\tau \rightarrow \infty$ となり追越現象は全く行われなくなる。すなわちこれは従来多くの研究者により考察されている等速等間隔の場合となるから、このときの交通容量は容易に求められる^{2), 3), 5), 6), 7)}。

次に指数中の ϕ は追越の際路線の物理的性状が与える影響を表わす数値であつて、追越時の運転の難易を示すことになる。すなわちこの値は路線の幅員^{12), 13), 23)}, 路肩の幅員^{15), 23)}, 路側障害物の位置・大きさ^{16), 19)}, 曲線半径¹⁷⁾, 勾配¹⁴⁾, 安全視距^{17), 23)}, 交差点の位置や数^{2), 9)}, 路面の良否^{19), 3)}などに関係してくることになる。しかしてこれらの諸因子から直接的にその値を求めることもある程度可能であるが、相当複雑困難な問題となつてくる。いまこの ϕ のことを道路の路線常数と呼ぶことにする。この常数は厳密には追越の行われるときの速度にも関係する関数であるとも考えられるが、実用的速度の範囲では路線の物理的特性のみに関係する常数であると考えておく、しかして種々なる ϕ の値に対して μ_{ji} と $q_{v_i v_j}$ の関係を計算すると 図-3 に示すごとくなる。

5. 理想的道路における追越の頻度と実際に行われる頻度との関係

式(14)は速度 v_j なる1台の車が v_i なる1台の車を追越す確率であるから、単位時間、単位距離について理想的道路において行われる追越の回数が N_a であるとき、実際に行われる追越回数 N_a' は N_a と式(14)の積をすべての i, j について加えればよいことになるから式(8)を参照して

$$N_a' = \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r k_i k_j (v_j - v_i) e^{-\frac{1}{(\mu_{ji} - 1)\phi}}$$

これに対向交通量の影響を考えると実際に起るべき追越の回数 N_a は

$$N_a = N_a' \cdot q_n \tau$$

$$\therefore N_a = \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r k_i k_j (v_j - v_i) e^{-\frac{1}{(\mu_{ji} - 1)\phi}} \cdot \{1 - (1 - e^{-b\tau})^{n+1}\} \dots\dots\dots (15)$$

この式が、交通量、速度分布、対向交通量および路線特性が与えられたとき、そこに実際に行われる追越回数を与える基礎式である。しかして式中 ϕ 以外の値は直接に実測から算出し得る値であるから逆にわれわれは実測を行うことにより ϕ の値を決めることができることになる。

6. 実測に基づく実用計算法

追越に必要な時間 t は式(9)により計算される。この場合 S および s の値は従来発表されている多くの研究者の算式を利用して求められるが、1954年4, 5月に国道1号線滋賀県草津一瀬田間(幅員7.5mの2車線, 舗装幅員6.0m)で行つた実験値を示すと 図-4 のごとくで、高低速車の速度差には無関係にはほぼ一定であるとい

図-3 追越可能確率

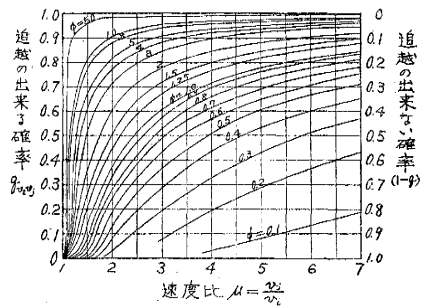


図-4 追越時間実測値

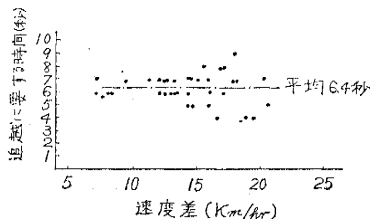
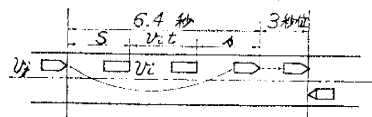


図-5

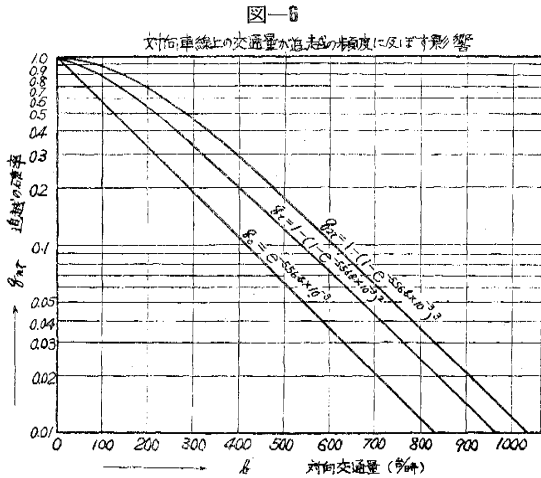


てよく、実際上の速度の範囲で実測値の平均値は 6.4 秒であつた。しかして実際上の問題として追越が終つた瞬間に同時に対向車線上に車がくることは不可能であるからその余裕を見込む必要がある。この値は実測の経験からすると 3 秒程度である（図-5 参照）。従つて t の値としては、これらの実測値から考えて 10 秒程度と考えればよいことになる。従つて $\tau = 2t = 20$ 秒 $= 5.56 \times 10^{-3}$ 時間として考えると式 (13) から

$$q_0 = e^{-5.56 \mu \times 10^{-3}}$$

一般に $q_{n\tau} = 1 - (1 - e^{-5.56 \mu \times 10^{-3}})^{n+1}$ (16)

上式から対向交通量の影響を $n=0, 1, 2$, の場合について計算した値を図示すると 図-6 のようになる。



従つて式 (15) について計算する場合に実用的範囲では $q_{n\tau}$ の値は 図-6 から求められ、 $q_{01}v_j$ の値は 図-3 から求められる。次に N_a の計算をする場合には自動車のみを対象としたとき追越の行われる速度差 ($v_j - v_i$) は普通 10 km/hr 程度以上であるから、走行車輛の速度は 5 km/hr 程度の精度で実測すればよく、簡易計算を行うとすれば 10 km/hr ごとの速度グループの段階に分けて計算すれば極めて容易に計算されることになる。

また実用速度の範囲で $n=0$ すなわちただちに追越できる場合のみについて考えると式 (15) は

$$N_a = \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=i+1}^r k_i k_j (v_j - v_i) e^{-5.56 \mu \times 10^{-3}} \times e^{-\frac{1}{(\mu_{ji}-1)\phi}} \dots (17)$$

この式から ϕ の値が求められることになる。

7. 路線常数の實驗的算定法

1 台の試験車を走らせることにより常数 ϕ の値を求める方法について述べると、例えば 図-7 に示すような道路延長 L km の距離にある 2 地点間に速度 v_j km/hr の試験車を T 時間の間に n 回走らせ、A 車線で観測した追越回数を N_a' 回、B 車線では N_b' 回であつたとし、この際同時に A, B 車線について観測した交通台数が A 台および B 台であると、それぞれの交通量は $a = A/T$ 台/時、 $b = B/T$ 台/時で、また試験車の交通密度は



$$k_j = n / T v_j \text{ [台/km]} \dots (18)$$

また単位時間、単位距離についての追越回数は

$$\left. \begin{aligned} & \text{A車線については} \\ & N_a = N_a' / TL \text{ [回/km/hr]} \\ & \text{B車線については} \\ & N_b = N_b' / TL \text{ ["]} \end{aligned} \right\} \dots (19)$$

次に同時に行われた速度観測の結果、 v_i なる速度グループに属する車が、それぞれの車線について A_i, B_i 台であつたとすれば、各速度グループに属する交通密度は

$$\left. \begin{aligned} & \text{A車線では} \quad k_i = A_i / T v_i \text{ [台/km]} \\ & \text{B車線では} \quad k_i = B_i / T v_i \text{ ["]} \end{aligned} \right\} \dots (20)$$

($i=1, 2, \dots, j-1$)

これらの値を用いて ϕ の値は容易に算定される。例えば式 (17) によれば

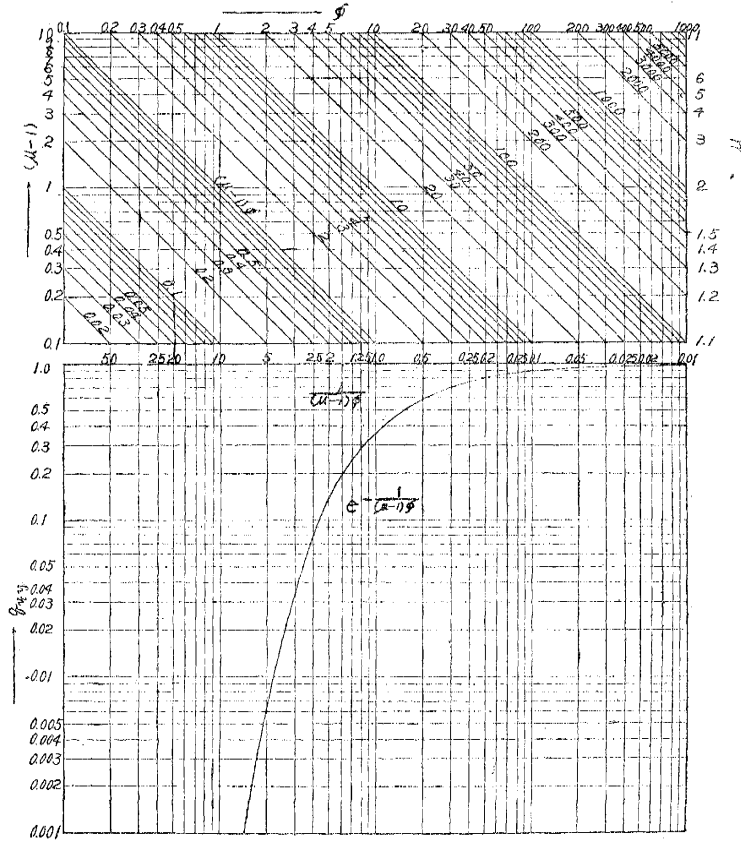
$$\left. \begin{aligned} N_a &= \sum_{i=1}^{j-1} \frac{A_i}{T v_i} \cdot \frac{n}{T v_j} (v_j - v_i) e^{-5.56 \mu \times 10^{-3}} \times e^{-\frac{1}{(\mu_{ji}-1)\phi_a}} \\ N_b &= \sum_{i=1}^{j-1} \frac{B_i}{T v_i} \cdot \frac{n}{T v_j} (v_j - v_i) e^{-5.56 \mu \times 10^{-3}} \times e^{-\frac{1}{(\mu_{ji}-1)\phi_b}} \end{aligned} \right\} \dots (21)$$

〔ただし ϕ_a, ϕ_b は往路および復路の場合の値を示す〕

以上の方法によつて計算を行う場合まず実測値から $\exp -1/(\mu_{ji}-1)\phi$ すなわち $q_{01}v_j$ の値が算出され、これら ϕ の値を求めることになる。これはすでに述べたように 図-3 から求められるが、より便利に正確に求める方法として 図-8 に示すような計算図表を作成しているからこれを用ひすればよい。この図表作成の理論^{(24), (25), (26)}は省略して、いまその使い方のみについて述べると、まず実測値から $q_{01}v_j$ の値を算出し、その値を 図-8 の下半

分に示す曲線上に求める。この点から垂直に上り上半の図との交点に到るとこれから斜めの線に沿って左上方向に上る、これらの斜線は指数中の $(\mu-1)\phi$ の値を示す線であるから、この斜線上で所要の速度比 μ_{ji} の点から垂直に上方に上ると最上部に示す ϕ の値が求むる値である。

図-8 路線常数計算図表



8. 路線常数の持つ意義とその応用

すでに述べたごとく ϕ の値はその路線が追越に対して示す物理的特性を示す値であつて、一般に幾何学的平面形状および物理的性状に関係する値で、これらの各種因子から直接的に導びくこともある程度可能であるが、相当複雑困難な問題となる。従つて前述のごとき理想的道路を仮定して実測によりその値を求める方法を示した。

図-9



次にいま 図-9 に示すような路線において、AB 間では $\phi=1.0$ 、BC 間では $\phi=0.5$ なる道路上の交通流を考え、いま $v_j=60$ km/hr, $v_i=30$ km/hr すなわち $\mu_{ji}=2$ であるとき、AB 間の追越の確率は式 (14) から $q v_i v_j = e^{-1}$ である。従つて BC 間でも同一確率を有するように速度規制を行うものとすれば $e^{-1/(\mu_{ji}-1)\phi} = e^{-1}$ $\therefore \mu_{ji}=3$ であればよいことになる。これはまた 図-3 から容易に見出すことができる。ゆえにその 1 例として $v_j=45$ km/hr, $v_i=15$ km/hr とすれば ABC 間は追越に対して同一特性を持った路線とすることができる。

つぎに道路を走行する車輛にとつては、路線のどの部分でも同一条件で走れることが望ましいから全路線同一の ϕ の値を持つような構造であることが好ましく、できればこの値ができる限り大なる値で一貫したものであるのが最良の路線であることになる。この ϕ の値は上に述べた方法によつて定めることができるから ϕ の値の小なる路線ではその原因となつている要素を調査し、これを改良あるいは除去するにすれば、交通流に対して極めて特性のよい路線とすることができることになる。しかしてその最も理想的な形態は ϕ の値が無限に大きな場合で、これはすなわち各速度グループに応じた専用の路線を持った多車線一方交通路に分離した形態で、われわれの道路の将来の希望的な形態としては、かような理想的交通路線へと進歩改良していくことであると云うことができる。

また各路線の現況における ϕ 値を測定して、交通適度を表示することにすれば、交通管理規制上極めて有効に

利用することもでき、また各路線の交通流に対する適合度を ϕ の値の大小によつて等級づけることにすれば、道路を使用するものにとつて實際的に有効に活用されることもできるなど多くの応用面が考えられる。

9. むすび

以上述べたごとく道路の交通特性を示す新しい常数を提案して、その算定実測の方法について述べたが、この常数 ϕ は従来数多くの研究者により研究され今日なお最終的に解明されていない道路の物理的要素からなる各種因子を融合統一する値であつて、全国的に各種道路網についてその値が算定されれば、道路交通の進歩発展の上に極めて有効に利用しようものと思う。この ϕ のことをここに道路の路線常数と云う名称と呼ぶことにしたが、道路交通に対する特性を果す常数として広く応用されれば誠に有効であろうと考える。いまここに一試案について述べたが、道路交通の管理統制、道路工学の発達進歩のための一礎石ともなればはなはだ幸であると思う。今後引き続きこれが実用化について研究を進めて行きたい。

最後に本研究には昭和 32 年度文部省科学研究費の補助を受けたことを記して深謝の意を表するとともに、計算・作図にあたり非常なる協力を示された大阪市大技術員川西 勲君に対して心からの謝意を表する次第である。

参考文献その他

- 1) 米谷栄二・毛利正光：混合交通を考慮した道路の交通容量算定について、第 2 回日本道路会議論文集(昭 29.5), pp. 449~452
- 2) 例へば Bureau of Public Roads, U.S. Depart. of Commerce: Highway Capacity Manual, 1950, p. 3 Table 1
- 3) B.G. Manton: The Road and the Vehicle, 1953, London Edward Arnold & Co. pp. 34~48 No. 4, pp. 13~21
- 4) 毛利正光：交通流の分布に関する統計学的考察, 都市計画学会誌, 第 5 巻 第 4 号, 通巻第 18 号, 1956, No. 4, pp. 13~21
- 5) 藤井真透：路面構造の運輸経済に及ぼす影響並びに之に基く道路設計の基本に関する研究(第四), 土木試験所報告第 19 号(1930, 11)
- 6) 星 和：自動車道路の輸送力に就て, 道路 1948, 1, pp. 8~12
- 7) 近藤謙三郎：道路交通能力論, 道路 1950, 6, pp. 160~163; 1950, 7, pp. 213~219
- 8) 渡辺修自：道路構造令について, 道路 1953, 7, (昭 28.7. (p. 275 の視点の項参照)
- 9) 米谷栄二・毛利正光：街路の交通容量について, 第 1 回日本道路会議論文集(昭 28.3) pp. 331~333
- 10) 米谷栄二・佐々木 綱：二車線道路の追い越し確率と自由走行時間について, 土木学会誌(昭 29.11) pp. 601~605
- 11) J.G. Wardrop: Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research, Road Paper No. 36, Proc. of the Inst. of Civil Engrs. Part II June, 1952
- 12) 2) の p. 53 Table 6 参照
- 13) O. K. Normann: Progress in Study of Motor-Vehicle Passing Practices, Public Roads, Feb. 1940, Vol. 20, No. 20, pp. 221~227 & 237
- 14) E.W.W. Richards: American Practice in the Design of Major Highways, Roads & Road Construction, Oct, 1954, pp. 313~316, June 1955, pp. 179~182
- 15) A. Taragin: Effect of Shoulders on Speed and Lateral Placement of Motor Vehicles, Proc. H.R.B. 1953, pp. 371~382
- 16) H.W. Case, S.F. Hulbert, G.E. Mount & R. Brenner: Effect of a Roadside Structure on Lateral Placement of Motor Vehicles, Proc. H.R.B. 1953, pp. 364~370
- 17) A. Taragin: Driver Performance on Horizontal Curves, Public Roads, 1954 June, Vol. 28, No. 2, pp. 27~39
- 18) K.A. Stonex: Relation between Automobile and Highway, Proc. H.R.B. 1954, pp. 91~103
- 19) 井上静三：道路良好度順位に関する基本的要素について, 第 2 回日本道路会議論文集(1954), pp. 68~70
- 20) 島田八郎：路面の縦横滑り摩擦抵抗に及ぼす路面種別と其の性状との影響に就て(第 1 報), 土木試験所報告第 40 号, 昭 12. 12 pp. 83~138
- 21) O.K. Normann: Braking Distances of Vehicles from High Speed and Tests of Friction Coefficients, Public Roads, Vol. 27, No. 8, June 1953
- 22) R.J. Smeed: Road User Behaviour in Relation to Road Conditions, Traffic Engineering, June 1955, pp. 361~365
- 23) Highway Research Board Committee Activity Committee on Highway Capacity: Effect of Trucks on Intersection Capacity, H.R.B. of the National Academy of Science, National Research Council 2101 constitution, Washington, D.C., Circular 307, Jan. 1956.
- 24) 宮本逸治：計算図表の理論と作り方, 文修堂, 昭 19.9. 発行
- 25) 柴田直光：ノモグラム, 修教社, 昭 27.10. 発行
- 26) 本間 仁, 内田茂男：計算図表・図式計算法, コロナ社応用数学講座第 6 巻, 昭 31.10. 発行