

京都大学工学部 正員 明神 証
 大阪市 正員 〇多田英司

1. はじめに

著者らはY型合流部における交通流のモデル化に関する研究^(1,2)をもとにして、これをより一般的にいわれる側方型の合流モデルへと拡張することについて考察を加えてきた。Y型合流部は、現実にもその数も少ない上にその交通挙動の観測例がほとんどみあたらず、モデルの検証が困難であると考えたからである。側方型合流部として、ここでは暗に都市高速道路における本線同志の合流を想定しているが、これは現実にもこの種の合流部とそこにおける交通観測結果がいくつか報告されており、モデルの実証的検討も可能になると考えている。なお、側方型合流部はいわゆるランプ合流部と構造上類似の点があるが、ランプからの交通流の特性は側方本線からの交通流の特性と必ずしも同じでないように思われるので、現時点では側方型モデルをさらにランプ合流部にまで拡張することは考えていない。

2. モデルの構成

Y型合流部におけるモデル化は圧縮性流体の考え方によつて、流れの中に2種類の力が作用すると想定して、連続の式と運動方程式とから合流部における速度と密度の関係を導いたものである。2種類の力とは圧力とせん断力とであつて、前者は圧縮性流体力学的アプローチを行なう上に、その交通工学的意味づけが不明であるにもかかわらずかなり便宜的に導入したものであり、後者は車線を移行する交通量(右上図ではこれは $q_{12}(x,t)$ で表わされている)によつて生じると仮想した力であつて、合流部の特殊性を示す量であると考えている。

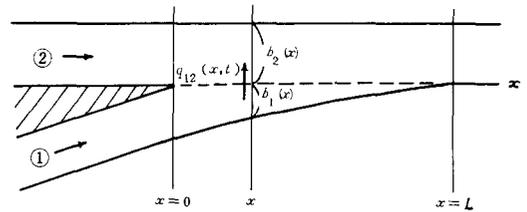


図-1 側方型合流部

図-1に示す側方型合流部においては、車線①、②の密度の如何にかかわらず、常に①から②への合流がある。すなわち、図-1において $q_{12}(x,t) \geq 0$ でなければならぬ。本文では $q_{12}(x,t)$ に対して、つぎの2つの形を仮定することとする。(1⁽¹⁾, 1⁽²⁾は定数)

$$q_{12}(x,t) = f(x) \cdot \rho_1(x,t), \quad f(x) = \gamma^{(1)}(x/L) \dots\dots (1), \quad f(x) = \gamma^{(2)}(x/L)^{1/2} \dots\dots (2)$$

すなわち、位置xにおける合流交通量はその先の側方車線の密度に比例するが、これを位置xだけの関数によつて調整することを意図する形である。式(1), (2)は便宜的な仮定でありなお実証的に吟味する必要がある。

せん断力については、上述のようにこれは基本的に q_{12} によつて生じると仮想しているもので、 q_{12} を含んでいることが必要であり、また車線②の速度が大きければ合流にともなう②の減速(すなわち力)が大きいと考へて次式を仮定することとする。(δは定数)

$$\tau(x,t) = \delta q_{12}(x,t) u_2(x,t) \{1 - u_1(x,t)/u_2(x,t)\}^2 \dots\dots (3)$$

右辺1⁽²⁾の項は u_1 と u_2 との相対速度も考慮に入れるべくかつ $\tau > 0$ (上流向きを正)とするためのものである。この形では $q_{12} > 0$ であっても $u_1 = u_2$ ならばその断面で力 τ がゼロとなるので、その妥当性に疑問が残されている。 u_1 に反比例するような形が直感的により妥当ではないかと思われるがその検討は後の課題とする。

圧力についてはY型合流部と同様に

$$p_i(x,t) = \alpha p_2(x,t) \quad i = 1, 2 \dots\dots (4)$$

としておく。

以下、定常流について考える。式(1), (3), (4)および連続の式、運動方程式からつぎのような速度、密度の関係式がえられる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dk_1}{dx} &= \frac{k_1}{b_1} \left[-\frac{db_1}{dx} + \frac{\lambda^{(1)}(x/L) \{ \delta(U_2 - U_1)^2 + U_1 U_2 \}}{U_2(1-U_1^2)} \right], \quad \frac{dk_2}{dx} = \frac{k_2}{b_2} \left[\frac{db_2}{dx} - \frac{\lambda^{(1)}(x/L) \{ \delta(U_2 - U_1)^2 + U_2^2 \}}{U_2(1-U_2^2)} \right] \\ \frac{dU_1}{dx} &= -\frac{\lambda^{(1)}(x/L) \{ \delta U_1(U_2 - U_1)^2 + U_2 \}}{b_1 U_2(1-U_1^2)}, \quad \frac{dU_2}{dx} = \frac{\lambda^{(1)}(x/L) (k_1/k_2) \{ \delta(U_2 - U_1)^2 + 1 \}}{b_2(1-U_2^2)} \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

ただし、 $U_1 = u_1/\sqrt{\alpha}$, $U_2 = u_2/\sqrt{\alpha}$, $\lambda^{(1)} = \gamma^{(1)}/\sqrt{\alpha}$ 。

式(1)のかわりに式(2)をもちいる場合は、式(5)の右辺分子に含まれている (x/L) が $(x/L)^{1/2}$ となるだけである。式(5)は、合流部の上流端における初期値 $k_{2i}(0)$, $U_{2i}(0)$ $i=1, 2$ および定数 $\lambda^{(1)}$, δ を与えて数値計算によって解くこととなる。 $b_{2i}(x)$ は巾員を示してあり合流部の平面形状から与えられる。なお、 $U_{2i}(0)$ は $k_{2i}(0)$ の関数であるので、実際に必要な初期値は $k_{2i}(0)$ だけである。

3. 計算結果ならびに考察

式(5)において、巾員関数として $b_1(x) = b_1(0)(1-x/L)$, $b_2(x) = b_2(0)$, ただし $b_1(0) = b_2(0) = 7.0 \text{ m}$, $\lambda^{(1)} = 0.5$, $\delta = 0.01$ とし、 $k_{2i}(0)$ としして径の値を与えた場合の計算結果の一例を図-2に示す。図-2は初期密度 $k_{2i}(0) = 20$ 台/km/車線に対する種種の $k_{1i}(0)$ を与えた場合の各断面における密度を示している。ところで、式(5)において $U_1(U_2) \rightarrow 1$ のとき $|dk_1/dx|$ ($|dk_2/dx|$) $\rightarrow \infty$ となり、このような境域からさらに下流にむかっての計算は不可能となる。 $|dk_2/dx| \rightarrow \infty$ の交通工学的解釈は現段階では明らかでないが、もしこれを一つの容量とみなすことができるとすれば、数値計算結果は、この容量が初期値 $k_{2i}(0)$ の組み合わせによって異なることを示した。この点については講演時にのべたい。

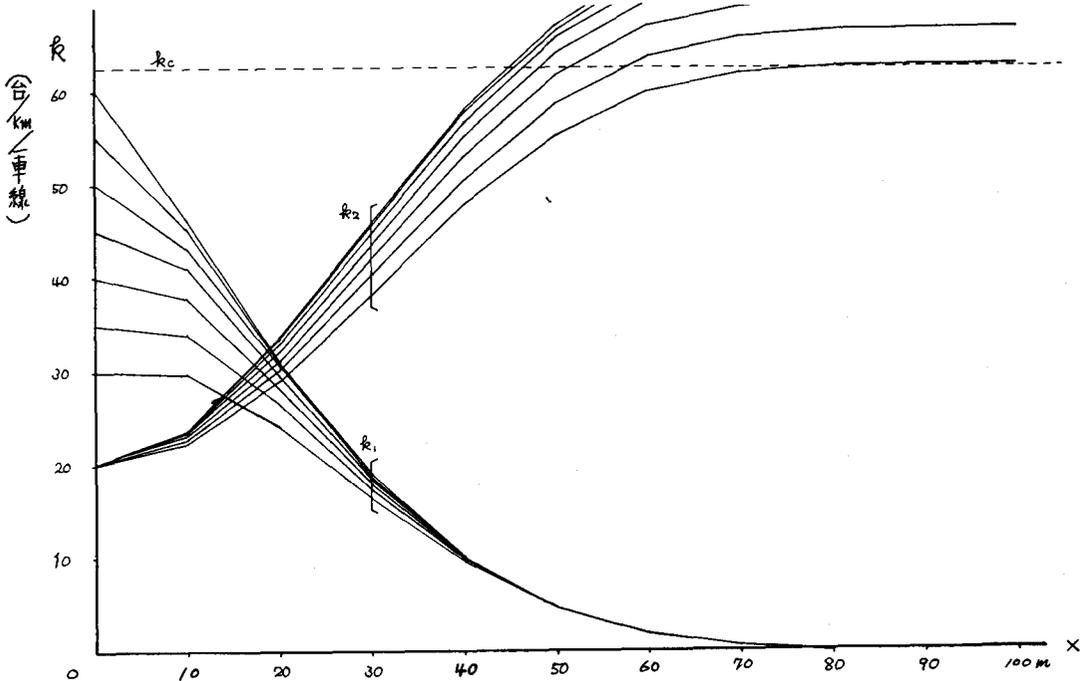


図-2 式(5)による計算結果の一例

参考文献 1) 明神 証; 高速道路合流部の交通流モデル, 才28回年次講演会概要集才4部, 48年10月, 2) 明神 証; 高速道路合流部の交通流モデル(2), 昭和49年度関西支部講演概要, 49年5月, 3) 明神 証; Y型合流部の交通流モデル, 交通工学 Vol. 10, No. 2, 1975, pp. 3~10.