

高速道路の本線合流部での交通流特性について

立命館大学 学生員 〇外山 正人

立命館大学 正員 巻上 安爾

1 はじめに

本報告は、高速道路の合流部での交通流、とくに衝撃波の発生、車線変更による密度変動を含む交通流を、圧縮流体連続式でアナロジーするための基礎資料および計算方針について述べたものである。合流交通流のアナロジーとしては、他に確率モデル（推移確率を用いたマルコフモデル）、ギャップアクセプタンスを利用したモデルが考えられる。これらのうち、ギャップモデルは、主に本線-ランプ合流シミュレーションに用いられており、前述のような交通流現象のシミュレーションに用いるには無理がある。マルコフモデルは、交通流が定常状態下であれば、推移確率を推定することによって各断面交通量を計算でき、ある程度まで合流交通流をシミュレーションできる。しかし、衝撃波の発生、密度変動の影響を考慮した時、十分に対応しきれないであろう。

解析に用いた資料は、大阪阪神高速道路、環状線-守口線合流部において、16ミリメートルフィルムカメラで撮映されたものを用いた。¹⁾

2 圧縮流体連続式および解析方針について

対象とする本線合流部は図-1のような、3車線と2車線の合流部である。想定する連続式は次のとおりであり、各レーンについて適用する。

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_i(x, t) + \frac{\partial}{\partial x} \rho_i(x, t) = d_i(\rho_i, x, t) \quad \{i=1, 2, 3, 4\} \text{----} \textcircled{1}$$

ここに

$\rho_i(x, t)$: 車線*i*の地点*x*, 時間*t*における交通密度(台/km)

$\rho_i(x, t)$: 車線*i*の地点*x*, 時間*t*における交通量(台/時)

$d_i(\rho_i, x, t)$: 車線*i*の単位距離, 単位時間当りの隣接車線
(*i*-1), (*i*+1)からの車線変更交通量

つぎに、速度と密度の関係は、速度は密度のみの関数で表わされるとし、次のような線形関係が成り立つとする。

$$v_i(\rho_i(x, t)) = \frac{v_f}{\rho_{\max}} (\rho_{\max} - \rho_i(x, t)) \text{----} \textcircled{2}$$

ここに

v_f : 車線*i*の自由走行速度 $\rho_{\max}$: 車線*i*の最大交通密度

②より①は、次のような密度だけの連続式となる

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_i(x, t) + \frac{v_f}{\rho_{\max}} \{ \rho_{\max} - 2\rho_i(x, t) \} \frac{\partial}{\partial x} \rho_i(x, t) = d_i(\rho_i, x, t) \text{----} \textcircled{3}$$

ここで、伝播速度の符号に相当する $\{ \rho_{\max} - 2\rho_i(x, t) \}$ が負のときは、上流側へ衝撃波が伝わることになる。実際に計算するときは、 $\rho_i(x, t)$ を近似する連立差分方程式を用いることも考えられるが、その場合、この1ステップの演算時間は数秒単位であり、このために、基礎資料を秒単位で見つめる必要も生じてくる。

○観測時間 13:10~13:40

交 通 量 台/時					
3800	台/時	3450	台/時		
1460	1400	940	1860	1590	

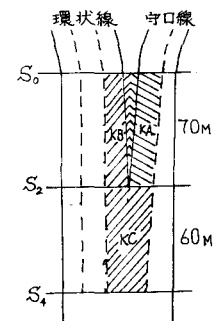


図-1 合流部の構造

Masakito Toyama, Yasuji Makigami

3 連続式に必要な諸現象について

まず、合流部で問題となるのは、合流車線(図-1斜線部分)と他の車線が構造的に、かつ交通の現象においても大いに異なることである。他の車線においては、実測交通量の範囲では合流によって生ずる速度変化、密度変化はあまり見受けられず、ほぼ定常状態で流れていると思われる。しかし、合流車線では、速度低下による衝撃波の発生、密度変化が頻繁に生じている。そこで、合流車線について、これらの現象を調べてみた。

3-1 衝撃波の発生について

合流車線の衝撃波の発生状況を調べるために、30秒間の平均速度を求めたのが図-2である。また、このときの密度との関係を調べるために、上流A、Bの30秒間平均密度 K_A 、 K_B を求め、その相乗平均をあわせて図示している。

図から示されるように、 K_A 、 K_B の相乗

平均密度と衝撃波の発生との間には、かなり明瞭な関係があることがわかる。すなわち、相乗平均密度が30%を越えると、速度が急激に低下し、衝撃波が発生していることである。このときの合流車線の密度は60%以上となり、合流車線の K_2 を150前後とすれば、③より密度 K_0 が K_2 の $\frac{1}{2}$ 以上となれば、上流側へ衝撃波が伝播するという仮定をほぼ満足している。

3-2 車線変更関数の推定

一般に、車線変更はその密度差によるものと考えられているが、定常状態下ではその傾向は、はっきりとは表われず、この場合は、ODパターンに従ったある一定な推移確率を用いれば十分であろう。しかし、衝撃波が発生するような状態、すなわち高密度な状態では、車線変更は密度差による関数で表われると思われる。(図-3) 実測値から理論式を求めると、車線変更関数は次のようになる。

$$P_{AB} = 2.21 \times 10^{-3} (K_A - K_B)^2 \text{ ---- ④}$$

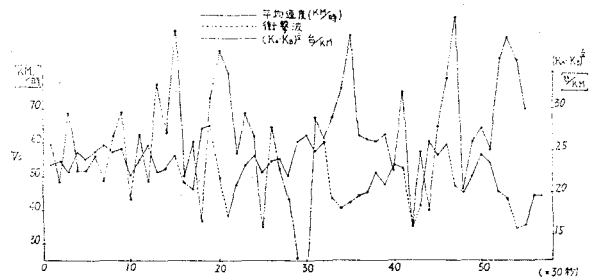


図-2 相乗平均密度と平均速度との関係

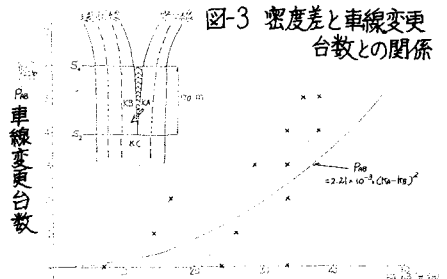


図-3 密度差と車線変更台数との関係

4 おわりに

以上のような条件を用いて、③の差分方程式を逐次計算を行なうわけであるが、1ステップの演算時間が非常に小さいため、誤差の影響を検討する必要がある。また、他の合流部の実測データを取り、基礎データの比較をすることも必要であろう。実測については、今年度中に行なう予定である。

最後に、データの使用を快諾していただいた阪神高速道路公団と調査に協力していただいた関係諸氏に深く感謝の意を表す。

文献 1) 高速道路の本線合流部における交通実態調査について(才34回年次学術講演会)