

多重合流を考慮した流入確率の算定方法について

立命館大学理工学部 正員 巻 上 安 爾

1. は じ め に

高速道路の流入ランプの交通容量や幾可構造の検討を行う際、流入確率の算定を行う場合があるが、これまでは合流端ノーズに到着した合流車が、本線上のギャップに流入できるかどうかという確率、すなわち合流車1台の流入確率を求めるに止まっていた。しかしながら阪神高道路のような都市高速道路では交通需要が多く、合流部でも車群が本線上のギャップに合流してしまう、いわゆる多重合流の現象が多く見受けられる。本報告は、この多重合流に着目し、一車合流から多重合流の現象までを含めた総合的な流入確率の算定手法を考え、この理論を実現象に適用するためテレビカメラを用いた交通実態調査を行い、合流現象を解析し、合流可能限界ギャップを求めて、多重合流を含めた流入確率の算定を試みたものである。

2. 調 査 の 概 要 と 解 析 結 果

阪神高速道路守口線上り線の長柄入路の合流部を調査地点とし、これに隣接するビルの屋上からビデオカメラにより走行状況を録画した。調査は午前中のピークをねらい、昭和62年8月4日から連続4日間午前8時35分から11時35分の3時間実施している。ただし渋滞の発生やこのための流入制限の実施等のため解析対象可能な時間帯を増やすため、8月6日の午後1時から3時間にわたって追加録画を行なった。調査箇所を図-1に示す。

録画されたテープは全時間帯にわたって5分間の車線別交通量と走行車線の走行速度の計測を実施した。この結果から平均走行速度が50 km/h以下に落ちている時間帯、流入制限が実施された時間帯、および平均走行速度を低下させるほどではないが、ショックレープの発生している時間帯を除外し、しかも合流地点上流動の走行車線交通量が110分/5分以上の時間帯を抽出して全部で、21の5分間帯を解析対象の時間帯とした。これらの解析対象時間帯に対して、本線走行車線上での車頭時間の計測を行ない頻度分布図を作製するとともに、アーラン分布を理論分布として用いた場合の適合度の検定を実施して最高理論分布を求めた。結果の一例を図-2に示す。

次に解析対象時間帯中の全ての合流車に注目し、その合流挙動を分類するとともに合流した走行車線上のラグタイムとギャップを計測した。合流のタイプとしては、合流車がノーズに到着した時点で本線上の後

表-1 合 流 ギ ャ ッ プ 調 査 集 計 表 (例) 8月14日 9:30~35

一 車 合 流											二 車 合 流											
ギャップ	ラグタイム	見 送 り ギャップ	拘束合流			非拘束	避 走	停 車	形 態	車 種	ギャップ	ラグタイム	見 送 り ギャップ	ランプ ノ ギャップ	拘束合流			非拘束	避 走	停 車	形 態	車 種
			高	等	低										高	等	低					
4.14	4.09					○			B	小	5.01	3.23		1.26				○			B	小
1.77	1.36			○					B	小	5.20	4.21		2.27				○			B	小

MAKIGAMI YASUJI

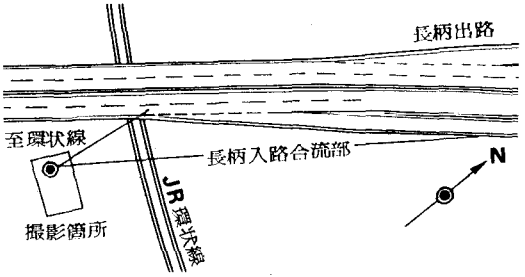


図-1 調 査 箇 所

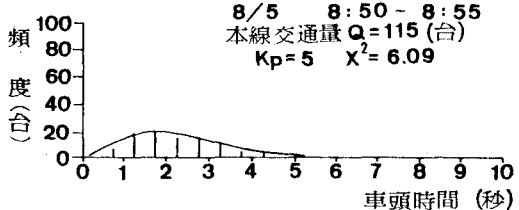


図-2 車 頭 時 間 の 分 布

後車との間のラグタイムすなわち初期ギャップを見逃すことなく、そのまま合流できる場合を形態B、初期ギャップは見送り次のギャップへ流入する場合を形態Aとし、さらに本線車・合流車相互に速度や走行位置に影響を及ぼしあっているかどうかによって拘束・非拘束の状態と分類したうえで、合流した本線上のギャップおよびラグタイムをストップウォッチで計測した。合流ギャップ調査集計表の一例を表-1に、また合流ラグタイムの分布状況を図-3に示す。流入確率算定の基礎となる合流可能限界ギャップおよびラグタイムは、実測分布上で全流車の80%が合流できるギャップおよびラグタイムを限界値と定めた。

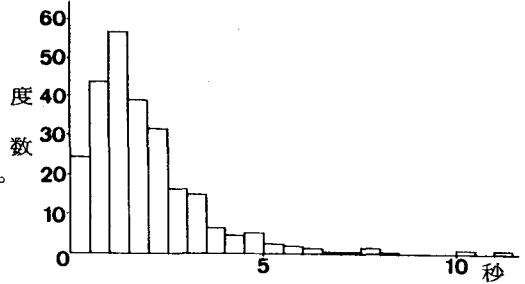


図-3 合流ラグタイムの分布

3. 多重合流を考慮した流入確率

ランプ上の車群先頭車または独立走行車がノーズに到着した時点における本線上の後車ラグを X_i 、ランプ上の先頭車から j 番目の合流車までの車頭時間を Y_j とする。図-4に $J=3$ の場合の状況を示す。 X_i は本線上の車頭時間の分布 $f(x)$ が与えられた場合、その初期分布 $f_i(x)$ に相当するもので、理論分布をアーラン分布にとった場合次式で与えられる。

$$f_i(x) = \frac{1-F(x)}{r} = \frac{1}{r} e^{-\lambda_1 x} \sum_{n=0}^{k_1-1} \frac{(\lambda_1 x)^n}{n!}$$

ただし $F(x)$ は $f(x)$ の累積分布、 r は平均ギャップ、 K_1 および λ_1 はアーラン分布のパラメーターである。一方 Y_j の確率密度関数は Y_1 にアーラン分布を仮定した場合、さらに j 倍づつの車頭時間の分布を考えて、

$$g_j(y) = \frac{\lambda_2}{(j k_2 - 1)!} (\lambda_2 y)^{j k_2 - 1} \cdot e^{-\lambda_2 y}$$

で与えられる。ここに K_2 、 λ_2 はランプ上の車頭時間分布に最適のアーラン分布のパラメーターである。 X_i と Y_j は互に独立であると考えられるので図-4に示す $X-Y=Z$ の確率密度関数 $h_{ij}(z)$ は“たたみ込みの法則”により

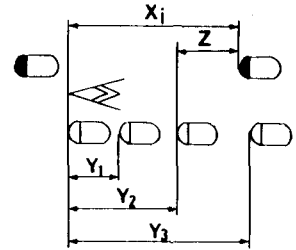


図-4 合流時のギャップとラグ

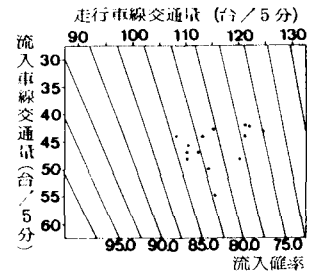


図-5 流入確率

$$h_{ij}(z) = \int_0^{\infty} f_i(z+x) \cdot g_j(x) dx = \frac{\lambda_2^{j k_2} e^{-\lambda_2 z}}{r (j k_2 - 1)!} \int_0^{\infty} \sum_{n=0}^{k_1-1} \frac{(\lambda_1 (z+x))^n}{n!} x^{j k_2 - 1} \cdot e^{-\lambda_1 (z+x)} dx$$

この $h_{ij}(z)$ を用いて多重合流を考慮に入れた総合的な流入確率を本線の走行車線の交通量が90台～130台/5分、ランプからの流入交通量が30台～60台/5分の範囲について求め流入確率のコンター図の形に示したものが図-5である。なお同図においては、解析対象時間帯における3車以上の多重合流は非常に少く信頼のおける解析結果が得られなかったため、2車合流までの現象を考慮に入れたものである。

4. おわりに

本調査地点の入路は上り坂が続き、低速車を先頭にした車群の形成がよく観測され、特に2車合流の発生頻度が高かった。しかし理論値が示す2車合流の発生頻度はかなり低く、ランプ上の車頭時間の分布をみなす必要がある。また図-5の結果も傾向的に無理な面もあり検討を加えていく必要がある。最後に本調査研究を実施するにあたって絶大な御協力を得た阪神高速道路公団の御担当の方々に謝意を表したい。また解析と演算の実行にあたった立命館大学土木工学科の加納康宏君と佐々木孝次君にも謝意を表したい。