

IV-45

インターチェンジの交通性状に関する二三の考察

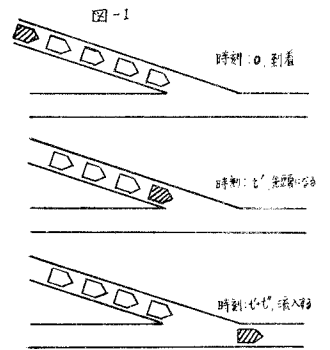
京都大学 正員 工博 米谷 栄二
建設省 正員 工修 會田 正

1. まえがき

インターチェンジの設計でもっとも問題の多いのは、流入ランプターミナルであろう。本文はランプターミナルにおける流入待ちの問題を、待ち合わせ理論およびトラフィックシミュレーションの方法によって解析を試みた結果を報告するものである。

2. 待ち合わせのモデル

ランプのノーズ付近で行列をつくらせて待つてゐる流入車群のうち先に到着した一台の車に着目し、この車が到着した瞬間から、自分が先頭になりさらに本線へ流入できるまでの時間を待ち時間と考える。このうち先頭になつてから流入できるまでの時間を待ち合わせ理論における“サービス時間”に対応させることにする。すなわち図-1において、 t_w が待ち時間、 t_s がサービス時間である。いま、先頭の流入車は本線通過交通中に一定値 T 秒以上の車頭時間が生ずればかならず流入するものとする。そのような時間が生ずるまでの待ち時間がサービス時間となるわけであるが、その確率密度関数を $w(x)$ とすれば、本線の交通が全くランダムであつて車頭時間が平均値 $\frac{1}{\lambda}$ の指数分布に従うとき、 $w(x)$ のラプラス変換形 $\bar{w}(s)$ はつぎの式で表わされる。



$$\bar{w}(s) = \mathcal{L}[w(x)] = \frac{s + \lambda e^{-\lambda T}}{s + \lambda e^{-\lambda(s+T)}} \quad (1)$$

つぎにランプで流入車が平均値 μ をもつランダムに到着するものとする。あるサービス時間 x のありだに到着する流入車の台数が n である確率 K_n は、平均値 μ をもつポアソン分布に従う。 K_n の母関数を $K(z)$ とすれば、これは次式で表わされる。

$$K(z) = \sum K_n z^n = \sum \int_0^\infty \frac{e^{-\mu x} (\mu x)^n}{n!} z^n w(x) dx = \bar{w}[\mu(1-z)] \quad (2)$$

ここで n の平均値を ρ とすれば ρ は (2) 式から求めることができる。すなわち

$$\rho = \left[\frac{\partial}{\partial z} K(z) \right]_{z=1} = \frac{\mu}{\lambda} (e^{-\lambda T} - 1 - \lambda T) \quad (3)$$

待ち合わせ理論から、システムが平衡状態にあるためには、 $\rho < 1$ でなければならぬことが知られてゐる。図-2 は λ に対応する μ の最大値を T の二三の値の組合せについて計算したものである。たとえば、 $T=4$ 秒に対して、 $\lambda=0.3$ のとき $\mu=0.27$ を得るが、これは本線に 4 秒以上の時間が生じたら流入できるとするとき、本線に 1,080 veh/h の交通量がある場合、流入交通量が 960 veh/h 以上になるとランプにおける流入待ち行列車が時間とともに無限に長くなる恐れがあることを示す。これによってランプターミナルの容量を検討することができよう。

図式をもとにして、流入待ちの行列車数と待ち時間の確率分布を求めることができるが、一般に非常に複雑になる。

ここでは Pollaczek-Khintchine の公式を用いて平均待ち行列車数、平均待ち時間を計算する。Pollaczek-Khintchine の公式を、ここで考えているシステムに合うように表わすとつぎのようになる。

$$\text{平均待ち行列車数 } L = \rho + \frac{\mu^2 \text{var}(x) + \rho^2}{2(1-\rho)} \quad (4)$$

$$\text{平均待ち時間 } W_m = \bar{w} + \frac{\mu^2 \text{var}(x) + \rho^2}{2\mu(1-\rho)} \quad (5)$$

ここで ρ は (3) 式で定義されるものであり、 $\bar{w}$ および $\text{var}(x)$ はそれぞれサービス時間の平均値および分散である。これらは (1) 式からつぎのようにして求めることができる。

$$\bar{w} = -\left[\frac{\partial}{\partial s} \bar{w}(s)\right]_{s=0} \quad (6)$$

$$\text{var}(t) = \left[\frac{\partial^2}{\partial s^2} \bar{w}(s)\right]_{s=0} - \bar{w}^2 \quad (7)$$

L および W_m をパラメーターのいくつかの組み合わせについて計算した結果を図-3、4 に示す。

つぎにここで考えているモデルをトウフイックシミュレーションの手法を用いて解析してみる。シミュレ-

ーションの Study-Area は下の図に示すようにノーズ後方の本線およびラング (いづれも 1 車線) を 5m 間隔のブロックに分割し、各車は与えられた速度分布に従って 1 秒間に数ブロックずつ進行する。もし前の車につかえるようになるとは安全間隔を保って追従する。流入車はノーズまで進行してきたときに、本線に十分な間隔があれば、直ちに流入し、なければ停止する。流入の可否は本線車の間隔の大きさ (車頭時隔を考慮する) によって確率的に判定される。

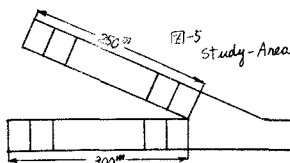


図-6 は流入可能確率を示したものである。このように、シミュレーションを用いると、理論では表わすことが非常に困難な状況 (速度変化、追行性、流入可否の判定など) を容易に再現できる。このモデルを電子計算機 (KDC-1) 上にくんで演算した結果の一例を図-7 に示す。図の破線および実線は (5) 式から計算したもので、それぞれ $T=4$ 秒、3 秒に対するものである。なお詳細は講演の際にのべる。

