IV-18

多車線交通情報に関する2，3の考察

信州大学工学部　正員　奥谷　巌

1．まえがき

本稿では、種々の交通情報のうち交通量と時間オキュパンシーに着目し、その制御における取り扱かい方との関連を考慮しつつ、検知誤差，確率分布，分散等の点を中心に基礎的な考察を加えるものとするが、今回はとくに多車線の問題を取り扱かう。

2．交通量の検知誤差

2車線以上の多車線道路（m車線とする）において、検知器を各車線ごとに配置するとした場合、車が2車線にまたがって検知地点を通過するなどの事態が発生すると、1台の車が0台とカウントされたり、相隣る車線の検知器に同時に検知され、1台の車が2台と検知されたりするという誤差発生の可能性がでてくる。いま、第j番目の車線においてそれぞれの確率をpおよびqとすると、ξ_j台のミスカウントが発生する確率$P^j_{\xi_j}$は

$$P^j_{\xi_j}=\sum_{\lambda=0}^{N_j}\frac{n_j!}{(\xi_j+\lambda)!\,\lambda!\,(n_j-\xi_j-2\lambda)!}\,p^{\xi_j+\lambda}\cdot q^{\lambda}\cdot(1-p-q)^{n_j-\xi_j-2\lambda}\quad\cdots\cdots(1)$$

のように求められる[1]。ここに、n_jは当該車線の通過台数であり、N_jは$(n_j-\xi_j)/2$をこえない最大の整数である。同様にして、ξ_j台のオーバーカウントが生ずる確率$\bar{P}^j_{\xi_j}$も計算される。

このような確率を用いると、一般に第1番目の車線にn_1台，第2番目の車線にn_2台，……，第m番目の車線にn_m台の車が通ったときに、全体でξ台のミスカウントあるいはオーバーカウントが発生する確率$\dot{P}_\xi$は

$$\dot{P}_\xi=\dot{P}^1_{\xi_1}*\dot{P}^2_{\xi_2}*\cdots*\dot{P}^m_{\xi_m}\quad\cdots\cdots\cdots(2)\qquad ただし、\xi=\xi_1+\xi_2+\cdots\cdots+\xi_m$$

のように、各車線に対応する確率のたたみ込み（上式＊印）によって表わされる。ここに、$\dot{P}^j_{\xi_j}$は$P^j_{\xi_j}$および$\bar{P}^j_{\xi_j}$を代表する確率で、ミスカウントの場合はξ_jは負，オーバーカウントの場合はξ_jは正としておく。ここで、全通過台数のr%以上の誤差が発生する確率が、ある定められた値たとえば0.05以下になることを要求するという考え方にたてば、式(2)で与えられる$\dot{P}_\xi$を用いて

$$\sum_{\xi=-\frac{rn}{100}}^{-n}\dot{P}_\xi+\sum_{\xi=\frac{rn}{100}}^{n}\dot{P}_\xi\leqq 0.05\quad\cdots\cdots(3)\qquad ただし，n=n_1+n_2+\cdots+n_m\ ，\ \frac{rn}{100}；正整数と仮定$$

が成立する。したがって、この条件を満足するようなpおよびqを精度としてもつ検知器を用いなければならないということになる。あるいは、逆にある水準以上検知器の精度を上げ得ないとすれば、式(2)で与えられる確率を用いることによって、r%以上の誤差発生確率が計算されるので、そのことを前提としてソフトウェアーを構成しなければならないといえよう。

3．多車線交通量を代表車線の計測交通量から予測する場合の誤差

検知器を節約することから、多車線の交通量を適当に選ばれた代表車線の計測交通量から予測するということはよく行なわれることであるが、かかる場合には必然的に予測交通量と実際の交通量との間に誤差が生じる。ここでは、このような誤差の性質について検討してみる。

まず、代表車線としてはm車線全体のうちからℓ車線を選ぶものとし、それらℓ車線には検知器が各1台ずつ設置されるものとする。また、この場合計測誤差は無視できる程小さいものと考える。さ

て、いま代表s車線全体でt時間にn^s台の車がカウントされたものとすると、残りの$(m-s)$車線全体での予測交通量N^{m-s}は　$N^{m-s}=(m-s)\cdot n^s/s$　となる。便宜上、$(m-s)/s$ は正整数と仮定するが、そうでない場合にはそれに最も近い整数とすればよい。ここで、

$^{s}P_{n^s}(t)$；s車線全体でt時間の間にn^s台到着する確率

$^{m-s}P_{n^{m-s}}(t)$；$(m-s)$車線全体でt時間の間にn^{m-s}台到着する確率

を定義しておく。これらの確率は、各車線ごとの到着確率がポアソン分布あるいは一般化されたポアソン分布としてわかっていれば、それらのたたみ込みによって求められる。さて、このような確率を求めることによって、$(m-s)$車線の予測交通量と実際に到着した交通量との差、すなわち誤差がξ台となる確率P_ξがつぎのように求められる。　$P_\xi=\{^{s}P_{n^s}(t)\}*\{^{m-s}P_{n^{m-s}}(t)\}$ --------(4)

ここに、式(4)の意味は$(n^{m-s}-N^{m-s})$がちょうどξとなるようなn^sおよびn^{m-s}のあらゆる組み合わせについて $\{^{s}P_{n^s}(t)\}\cdot\{^{m-s}P_{n^{m-s}}(t)\}$ を計算し、それらを加え合わせたものである。いま、m車線全体でのt時間交通量の平均値がn台としたとき、そのr%以上の誤差発生確率がある定められた水準、たとえば0.05以下になるようにするためには、式(4)を用いて　$\sum_{\xi=-rn/100}^{-\infty}P_\xi+\sum_{\xi=rn/100}^{\infty}P_\xi\leq 0.05$ -------(5) なる関係が成立する必要があるから、この条件を満足するようにsの値を決めておけばよい。別の考え方として、$\sigma^2=\sum_{\xi=-\infty}^{\infty}\xi^2P_\xi$　で表わされる誤差の分散を一定値以下にするような方法もある。

4．時間オキュパンシーの特性　各車線の計測値を1車線あたりに直した平均値を多車線道路の時間オキュパンシーとする場合について考察する。まず、各車線すべてにT時間にn台の車が到着する場合を考える。そうすると、ここで取り扱う多車線道路の時間オキュパンシーは、各車線のオキュパンシーの確率密度関数が　$f_n(X)=\mu^{\nu n}X^{\nu n}e^{-\mu X}/(\nu n-1)!$ ------(6)　のように表わされる(ただし、νは車体占有時間の分布をガンマー分布としたときのフェーズ、$\mu=T\nu/(\bar{l}/\bar{v})$)ので[2]、その確率分布はこの$m$重たたみ込みによって求められる。ただし、この場合には　$X=\frac{1}{m}\cdot\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n}l_i/v_i$ -----(7) とする必要があり、$\mu=mT\nu/(\bar{l}/\bar{v})$-----(8)　となる。式(6)の$X$の$m$重たたみ込みに対応するモーメント生成関数$M_2(Z)$は、式(6)に対するそれが　$M_1(Z)=\left(\frac{\mu}{\mu-Z}\right)^{\nu n}$----- (9)　であったから[2]、　$M_2(Z)=\{M_1(Z)\}^m=\left(\frac{\mu}{\mu-Z}\right)^{\nu nm}$----- (10)　となる。よって、求める確率密度関数$h(Y)$は、　$h(Y)=\mu^{\nu nm}Y^{\nu nm-1}e^{-\mu Y}/(\nu nm-1)!$ ----- (11)　となる。ただしYはここで問題とする多車線道路のオキュパンシーである。式(11)のような確率密度関数をもつYの平均値を$\bar{O}_t^m$とすると　$\bar{O}_t^m=\frac{dM_2(Z)}{dZ}=\frac{\nu nm}{\mu}=n\cdot(\bar{l}/\bar{v})/T$ -----(12) となり、1車線の場合と一致する。また、分散σ^2は　$\sigma^2=\left\{\frac{d^2M(Z)}{dZ^2}\Big|_{Z=0}\right\}-\left\{\frac{d^2M(Z)}{dZ^2}\Big|_{Z=0}\right\}^2=\nu nm/\mu^2=\frac{1}{m}\cdot\frac{1}{T}\cdot\frac{n}{\nu}\cdot\left(\frac{\bar{l}}{\bar{v}}\right)^2$ ------(13)　となり、1車線の場合の$1/m$に減少していることがわかる。したがって、情報として安定してくるわけであるが、1車線の場合、Tに関する分散の増減傾向から、5〜10分がTとして望ましいことがわかっているので[2]、これと同程度の分散でよいとすれば$5/\sqrt{m}$〜$10/\sqrt{m}$分が多車線の場合の計測時間長となる。なお、νの値がほぼ一定とみなせる範囲で、各車線ごとにnが異なるとした場合には　$M_2(Z)=\{M_1(Z)\}^{\nu n_1}\{M_1(Z)\}^{\nu n_2}\cdots\{M_1(Z)\}^{\nu n_m}=\left(\frac{\mu}{\mu-Z}\right)^{\nu\bar{n}m}$----- (13) となるので(ただし、$n_i$；第$i$番目車線の通過台数、$\bar{n}$；平均通過台数)、上の結果で$n=\bar{n}$とすればよい。

5．むすび　本稿で明らかとなった諸性質を実測データの分析を通して、検討・修正する必要がある。

1) 佐佐木・奥谷：交通量の計測誤差について，第9回日本道路会議論文集，昭和44年10月

2) 奥谷・井上・中浜：時間オキュパンシーの特性について，土木学会関西支部講演概要，昭和46年5月