横断施設の設置基準に関する考察

京都大学工学部　正員　　米谷栄二
京都大学工学部　正員　○高岸節夫

1、まえがき

街路の交通流は種々の障害によって乱されているのが普通である。従って、街路における横断問題の確率的な考察にはかなりの困難がある。ここでは、両端に信号機のある交差点をもつ街路について、そこを流れる交差点の信号の影響を受けた交通流に対する横断確率を考察するが、これによって、街路の横断施設を合理的に設置する基準をさぐろうとするものである。

2、街路の任意地点の交通流とその横断

図-1に示すような街路上の任意地点で観測される交通は、街路Aに対する信号が青のときに進入した車のみからなるものと、信号が赤のときに進入した車のみからなるものと、さらに車の速度差のために、その両者の重なったものとの3相の交通組成から成り立っていると考えられる。[1)]
すなわち、街路上の任意地点での交通流は図-2に示すように、$\alpha, \beta, \gamma, \beta$ の各相のくり返しとして観測されるであろう。横断歩行者はα, β, γ のいずれかの相に到着し、いずれかの相で横断するわけである。

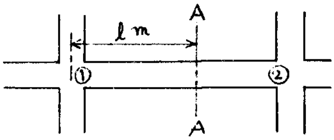


図-1　街路モデル

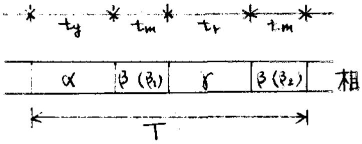


図-2　任意地点の交通組成

3、ある相内で横断できる確率

さて、図-1に示す交差点①よりℓ m離れた地点Aにおいて、車は各相内でポアソン分布に従って流れているものとし、車頭間隔xの確率密度関数およびその平均値を、それぞれ、次で表わせるものとする。

α相：$g_\alpha(x)$、$\lambda_\alpha = a_1 T / (g + c\ell)$，$\beta$相：$g_\beta(x)$、$\lambda_\beta = a_1 T / (g + c\ell) + a_2 T / (r + c\ell)$，
γ相：$g_\gamma(x)$、$\lambda_\gamma = a_2 T / (r + c\ell)$

ここに、a_1：青時間進入交通量(台/秒)，a_2：赤時間進入交通量(台/秒)，T：信号周期(秒)，g：青信号時間(秒)，r：赤信号時間(秒)，$c = 1/v - 1/V$，v：低速車の速度(m/秒)，V：高速車の速度(m/秒)である。また各相の長さは次のように表わせる。[1)]

α相：$t_g = g - c\ell$　，β相：$t_m = c\ell$　，γ相：$t_r = r - c\ell$　$(t_g + 2t_m + t_r = g + r = T)$

いま、道路の片側一方向の車の流れのみについて、この流れのある相に到着した人がその相内で横断できる確率について、α相を例にして説明する。（図-3参照）
α相に到着した人がそのα相で横断できる場合の横断待ち時間tの確率密度関数を$\Omega_\alpha(t)$で表わすと、この確率$P_{\alpha 1}$は次式で示すことができる。

$$P_{\alpha 1} = \int_0^{t_g} (1/t_g)\, du \int_0^u \Omega_\alpha(t)\, dt$$

ここに、uは歩行者が到着してからα相の終りまでの時間である。$\Omega(t)$は単相の場合次の(a)式で示されるものである。[1)] (a)式、(b)式の説明は省略する。

$$\Omega(t) = \delta(t)\int_0^{\infty} g_0(x)\,\alpha(x)\,dx + u(t)\int_0^{\infty} g(x)\,\alpha(x)\,dx \qquad (a)$$

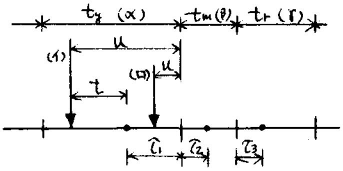
$$u(t) = g_0(t)\{1-\alpha(t)\} + \int_0^{t} u(t-x)\,g(x)\{1-\alpha(x)\}\,dx \qquad (b)$$

この場合、ある時刻を境にして相が変化することを考慮しなければならない。すなわち、(a)式の右辺第1項の $\int_0^{\infty} g_0(x)dx$、同じく第2項の $\int_0^{\infty} g(x)\alpha(x)dx$ は変形されて、それぞれ、次式(c)の右辺第1[]、同じく第2[]になる。ここに $\alpha(x)$ は車頭間隔 x で横断できる確率であるが、ここでは、これを階段型関数とし、すべての人は車頭間隔 x が τ 以上であれば横断するものとする。

$$\begin{aligned}\Omega_\alpha(t) = \delta(t)\Big[& \int_0^{t_g} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{\tau_1}^{t_g}(1/t_g)\,du \int_\tau^{u} g_\alpha(x)\,dx + \int_\tau^{t_g}(1/t_g)\,du \int_u^{t_g} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \\ & + \Big\{\delta_1(t_m)\int_{\tau-t_m}^{\tau}(1/t_g)\,du + \delta_2(t_m)\int_0^{\tau}(1/t_g)\,du\Big\}\int_u^{t_g} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{\tau-u}^{t_m} g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \\ & + \int_0^{\tau}(1/t_g)\,du \int_u^{t_g} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{t_m}^{\infty} g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \int_{\tau-t_m-u}^{t_r} g_\gamma(\tau_3)d\tau_3 + \Delta(0)\Big] \\ + u(t)\Big[& \int_\tau^{t_g} g_\alpha(x)\,dx + \Big\{\delta_1(t_m)\int_{\tau-t_m}^{\tau} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 + \delta_2(t_m)\int_0^{\tau} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1\Big\}\int_{\tau-\tau_1}^{t_m} g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \\ & + \int_0^{\tau} g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{t_m}^{\infty} g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \int_{\tau-t_m-\tau_1}^{t_r} g_\gamma(\tau_3)d\tau_3 + \Delta(0)\Big] \qquad (c)\end{aligned}$$

ここに、$t_m \geqq \tau$: $\delta_1(t_m)=0$　$\delta_2(t_m)=1$ ，$t_m < \tau$: $\delta_1(t_m)=1$　$\delta_2(t_m)=0$ である。

(c)式右辺第1[]の第1項は、α相の最後の車が通過するまでに人が到着する場合（図−3の(イ)）を、同じく第2項、第3項、第4項は、α相の最後の車が通過した後に人が到着する場合（図−3の(ロ)）を示している。この第3項および第4項は u の間に横断できなかったものの、その後β相以後で車の到着がないために τ 以上の間隔が生じる場合を考慮したものである。



図−3　$\Omega_\alpha(t)$ の説明図

(c)式右辺第2[]の第2項および第3項は、α相の最後の車が通過してからα相の終りまでの時間 τ_1 が τ より小さい場合で、その後β以後で車の到着がないために τ 以上の間隔が生じる場合を考慮したものである。

4. 少なくとも1信号周期待つうちに横断できる確率

相αに到着した人が少なくとも1信号周期待つうちに横断できる確率を P_α で、相β1、相γ、相β2の各相に到着した人のそれを、それぞれ、$P_{\beta1}$, P_γ, $P_{\beta2}$ で表わすと、この確率 P は次式で示すことができる。

$$P = p_\alpha P_\alpha + p_\beta(P_{\beta1} + P_{\beta2}) + p_\gamma P_\gamma$$

ここに、p_α, p_β, p_γ は、それぞれ、相α，相β，相γに歩行者が到着する確率である。

$$p_\alpha = (g - cL)/T,\quad p_\beta = cL/T,\quad p_\gamma = (r - cL)/T \qquad (p_\alpha + 2p_\beta + p_\gamma = 1)$$

さて、相αに到着した人がその相αのなかで横断できる確率は $P_{\alpha1}$ であった。相αで横断できずに次の相β1で横断できる確率を $P_{\alpha2}$、相β1でも横断できずにその次の相γで横断できる確率を $P_{\alpha3}$、相γでも横断できずにさらに次の相β2で横断できる確率を $P_{\alpha4}$ とすると、P_α は次のように示すことができる。$P_{\beta1}$, $P_{\beta2}$, P_γ についても同じことがいえる。

$$P_\alpha = P_{\alpha1} + P_{\alpha2} + P_{\alpha3} + P_{\alpha4}$$

たとえば、$P_{\alpha2} = (1 - P_{\alpha1})\int_0^{t_m}\Omega_\beta(t)\,dt$ で示せるが、以下詳しくは講演にて発表する。

参考文献　1) 米谷栄二・佐佐木綱「街路横断確率による横断管理について」第3回日本道路会議
佐佐木綱「交通流理論」技術書院　交通工学3