IV-96　　街路の横断確率に関する一考察

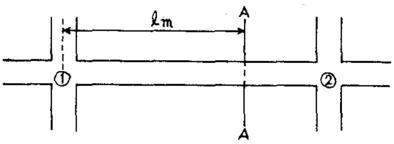
京都大学工学部　正員　米谷栄二
京都大学工学部　正員　○高岸節夫

1. まえがき

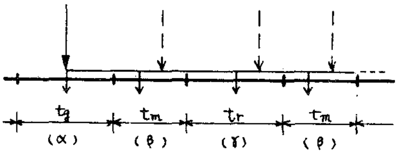
一般に、信号機より下流の交通流は密度の高い部分と低い部分とを交互にくり返して流れている。従って、交通密度の低い部分が周期的にやってくるので、この部分での横断歩行が容易であると、横断しようとする人の待ち時間が長くなることは少ないであろう。このような考えから、さきに我々は上流に信号機のある交差点をもつ街路を流れる交通流に対して、横断待ち時間を考慮した横断確率を考察した[1)]が、本発表はこれを改良したものである。

2. モデル

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、この街路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。[2)] この3相をα, β, γで表わし、各相内で車はポアソン分布に従って流れているものとし、車頭間隔xの確率密度をそれぞれ、$g_\alpha(x)$, $g_\beta(x)$, $g_\gamma(x)$で表わす。また、それぞれの相の長さをt_g, t_m, t_rで表わす。人は図－2に示すように、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が、いずれの相においてもτ以上の車頭間隔があれば直ちに横断を始めるものとする。



図－1　街路モデル



図－2　横断モデル

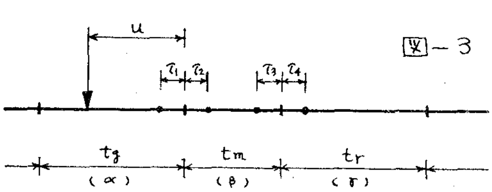
3. 横断待ち時間

ある相に到着した人のその相内での横断待ち時間tの確率密度$\Omega(t)$は一般に次式で表わせる。[2)]

$$\Omega(t) = \delta(t)\cdot\omega_0(0) \;+\; u(t)\cdot\omega(0) \qquad (0 \leqq t < u) \qquad (1)$$

ここに、$\delta(t)$はデルタ関数, $u(t)$は時刻tまで横断できずにtと$(t+dt)$の間に1台の車が通過する確率密度, $\omega_0(0)$は直ちに横断できる確率, $\omega(0)$は横断待ちをしていて1台の車が通過したその直後に横断できる確率である。また、uは到着してからその相の終りまでの時間（図－3参照）である。ところで、本モデルでは交通流は3相から成るとしており、また各相の長さが交差点からの距離によって変化するので、人の到着時刻および横断待ち時間によって、横断歩行が(a) 1つの相内で完了する場合, (b) 2つ以上の相にわたって完了する場合の2つがある。従って、$\omega_0(0)$, $\omega(0)$は表－1で例示するように、各場合で異なって表わされる。なお、表－1はα相に到着があった場合であって、その他の場合も同様に示すことができる。表－1および本文中で用いた記号は図－3で示されるものであるが、説明を省略する。

図－3



表－1　$\omega_0(0)$, $\omega(0)$　（α相に到着があった場合）

t_g	u	t	t_m	$\omega_0(0)$	$\omega(0)$	TYPE
$0 \leqq t_g < \tau$	$0 \leqq u < t_g$	$0 \leqq t < u$		$\int_u^\infty g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{\tau-u}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2$	$\int_{\tau-(u-t)}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2$	b
$\tau \leqq t_g$	$0 \leqq u < \tau$	$0 \leqq t < u$	$0 \leqq t_m < \tau$	$\int_u^\infty g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{\tau-u}^{t_m} g_\beta(\tau_2)d\tau_2$ + $\int_u^\infty g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{t_m}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \int_{\tau-t_m-u}^\infty g_\gamma(\tau_3)d\tau_3$	$\int_{\tau-(u-t)}^{t_m} g_\beta(\tau_2)d\tau_2$ + $\int_{t_m}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \int_{\tau-t_m-(u-t)}^\infty g_\gamma(\tau_3)d\tau_3$	b
$\tau \leqq t_g$	$0 \leqq u < \tau$	$0 \leqq t < u$	$\tau \leqq t_m$	$\int_u^\infty g_\alpha(\tau_1)d\tau_1 \int_{\tau-u}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2$	$\int_{\tau-(u-t)}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2$	b
$\tau \leqq t_g$	$\tau \leqq u < t_g$	$0 \leqq t \leqq u-\tau$		$\int_\tau^\infty g_\alpha(x)dx$	$\int_\tau^\infty g_\alpha(x)dx$	a
$\tau \leqq t_g$	$\tau \leqq u < t_g$	$u-\tau \leqq t < u$	$0 \leqq t_m < \tau$		$\int_{\tau-(u-t)}^{t_m} g_\beta(\tau_2)d\tau_2$ + $\int_{t_m}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \int_{\tau-t_m-(u-t)}^\infty g_\gamma(\tau_3)d\tau_3$	b
$\tau \leqq t_g$	$\tau \leqq u < t_g$	$u-\tau \leqq t < u$	$\tau \leqq t_m$		$\int_{\tau-(u-t)}^\infty g_\beta(\tau_2)d\tau_2$	b

4. 到着した相内で横断を開始できる確率

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は(1)式を使って求められる。α相に到着があった場合に関して、この確率 $P_{\alpha 1}$ は一般に(2)式で表わされる。(3)式は表－1の第1欄の場合についての式である。

$$P_{\alpha 1} = \int_{u_1}^{u_2} (1/t_g)\, du \int_{t_1}^{t_2} \Omega(t)dt \qquad (2)$$

$$P_{\alpha 1} = \int_0^{t_g} (1/t_g)\, \omega_0(0)du \quad + \quad \int_0^{t_g} (1/t_g)\, du \int_{0+}^{u} U(t)\,\omega(0)\, dt \qquad (3)$$

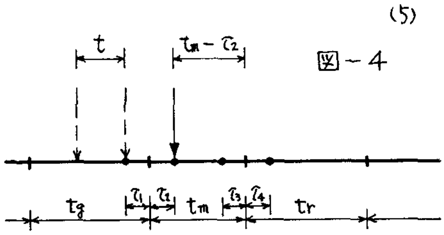
5. 到着した相内で横断を開始できないで次の相内で開始できる確率

前で述べたように、交通の密な部分と疎な部分が交互にくり返されていて、疎な部分での横断歩行が容易であれば、横断待ち時間は確率的に短かいであろう。α相内に到着した人がそのα相内で横断を開始できなくて、次のβ相内ではじめて横断を開始できる確率 $P_{\alpha 2}$ は次式で表わされる。

$$P_{\alpha 2} = (1 - P_{\alpha 1})\, Q_\beta \qquad (4)$$

ここに、Q_β はα相で横断を開始できないでβ相に入り、なお τ_2 時間待った人がβ相内で横断を開始できる確率であって、一般に、下記の式で表わすことができる。（図－4参照）

$$Q_\beta = \int_{x_1}^{x_2} g_\beta(\tau_2)d\tau_2 \int_{t_1}^{t_2} \Omega(t)\, dt \qquad (5)$$



図－4

これは、β相の終りから $(t_m - \tau_2)$ 時間前に新たに人が到着したとして取扱えるからである。この場合にも、$\omega_0(0)$, $\omega(0)$ は前で述べ表－1で例示したように、場合によって異なるものである。たとえば、$0 \leqq t_m < \tau$ の場合、次のようである。

$$\omega_0(0) = \int_{\tau-(t_m-\tau_2)}^{\infty} g_\gamma(\tau_4)d\tau_4 \qquad (6)$$

$$\omega(0) = \int_{\tau-(t_m-\tau_2-t)}^{\infty} g_\gamma(\tau_4)d\tau_4 \qquad (7)$$

6. あとがき

本研究は計算がかなり複雑であるが可能であり、結果は講演にて発表する予定である。ここに示した確率は街路の横断の可能度の判定に応用できると思われる。

参考文献　1）米谷栄二・高岸節夫「横断施設の設置基準に関する考察」昭和44年度関西支部年次学術講演会

2）佐佐木綱　「交通流理論」　技術書院　交通工学シリーズ3