Ⅱ－15　　歩行者の横断待ちに関する研究

名古屋工業大学　正　員　　渡辺新三
名古屋工業大学　学生員　○原　　弘

1. まえがき

歩行者が横断歩道のない道路を横断できるまでに待つ時間（横断待ち時間）は横断待ち理論[1)]により理論的に求められているが、これは一方通行道路のような１つの交通流を横断する場合に対して導かれたもので、２つ以上の交通流を横断するときの待ち時間を適切には表わしていない。

本報告は一方通行道路の横断待ち時間に加えて、２方向非分離道路および２方向分離道路の横断待ち時間について理論的に考察してみたものである。

2. 平均横断待ち時間．E(t)

2－1．一方通行道路；　これは１つの交通流を横断する場合であるから　(1)式で与えられる。

$$E(t)=(e^{\lambda T}-1)/\lambda-T \quad {}^{1)} \tag{1}$$

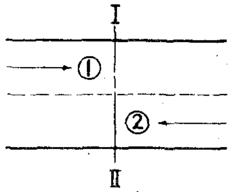
ここに　λは車の平均到着率，Tは道路を横断するに必要な交通間隔である。

2－2．２方向非分離道路[2)]；　この考察にあたってはつぎのように考える。

(1)、図－１の道路を考え、地点Ⅰ－ⅡをⅠよりⅡへ横断するときを考える。

(2)、①交通流，②交通流の車頭時間間隔分布をそれぞれ　$f(x)=\lambda_1 e^{-\lambda_1 x}$　$g(x)=\lambda_2 e^{-\lambda_2 x}$　とする。

(3)、①交通流と時間間隔が　x_1　のとき、これを横断できる確率を　$a_1(x_1)$　とし、道路中央で　②交通流と時間間隔が　x_2のとき、これを横断できる確率を　$a_2(x_2)$　とする。このとき　道路を横断できる確率は　$a_1(x_1)\cdot a_2(x_2)$　で表わせるものとする。



図－１

さて　ρ(t)をｔ時間待って①または②交通流の１台目の車が通過する確率とすれば、これはいずれか一方の交通流の時間間隔がｔで、この交通流を横断できなかったことによるものであり、同時に他方の交通流に対しては時間間隔がｔ以上の場合か、または時間間隔がｔ以下で、かつこの交通流を横断できる場合と考えてよい（②交通流に対しては歩行者が道路中央まで横断したときを想定して、その時刻を基準にしているので①交通流とは基準の時刻が異なっているが、車頭間隔分布は時間に依存しないと考えてよいので、このように考えてよい）。したがって　ρ(t)は(2)式のように表わされる。

$$\rho(t)=f(t)\{1-a_1(t)\}\left\{G(t)+\int_0^t g(x)\cdot a_2(x)\,dx\right\}+g(t)\{1-a_2(t)\}\left\{F(t)+\int_0^t f(x)\cdot a_1(x)\,dx\right\} \tag{2}$$

ここに、$F(t)=\int_t^\infty f(x)\,dx$　，$G(t)=\int_t^\infty g(x)\,dx$　である。

W(t)を待ち時間がｔである確率とすれば、W(t)は(3)式で表わされる。

$$W(t)=\langle a_1\rangle\cdot\langle a_2\rangle\cdot\delta(t)+\int_0^t \rho(x)\cdot W(t-x)\cdot dx \tag{3}$$

ここに、$\langle a_1\rangle=\int_0^\infty f(x)\cdot a_1(x)\,dx$　，$\langle a_2\rangle=\int_0^\infty g(x)\cdot a_2(x)\,dx$　であり、δ(t)はデルタ関数である。

W(t)，ρ(t)のラプラス変換を　$W^*(s)$，$\rho^*(s)$で表わし、(3)式より$W^*(s)$を求めると　(4)式となる。

$$W^*(s)=\langle a_1\rangle\langle a_2\rangle/\{1-\rho^*(s)\} \tag{4}$$

したがって　(4)式の逆変換により、W(t)が求められる。また平均待ち時間E(t)は(5)式により求まる。

$$E(t)=-[\partial W^*(s)/\partial S]_{s=0} \tag{5}$$

ここで $a_1(x)$, $a_2(x)$ の関数型を(6)式のように仮定して，$E(t)$を計算すると(7)式のようである。

$$a_1(x)=\begin{cases}0\ ;\ 0\leqq x<T_1\\ 1\ ;\ T_1\leqq x\end{cases},\quad a_2(x)=\begin{cases}0\ ;\ 0\leqq x<T_2\\ 1\ ;\ T_2\leqq x\end{cases}\quad (\text{ただし}\ T_1\leqq T_2\text{とする}) \tag{6}$$

$$E(t)=e^{\lambda_1T_1+\lambda_2T_2}\left\{\frac{1}{\lambda_1+\lambda_2}+e^{-(\lambda_1+\lambda_2)T_1}\left(\frac{1}{\lambda_2}-\frac{1}{\lambda_1+\lambda_2}\right)\right\}-\left(\frac{1}{\lambda_2}+T_2\right) \tag{7}$$

また $T_1=T_2\ (=T')$ のとき，$E(t)$は(8)式のようである。

$$E(t)=(e^{(\lambda_1+\lambda_2)T'}-1)/(\lambda_1+\lambda_2)-T' \tag{8}$$

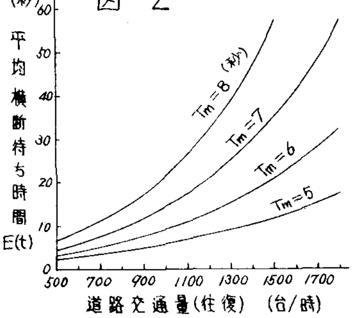
2－3．2方向分離道路；　これは歩行者が道路中央で待避できるので，一方通行道路を1つずつ横断する場合と考えてよい。したがって　$E(t)$は(9)式のようになる。

$$E(t)=(e^{\lambda_1'T_1'}-1)/\lambda_1'-T_1'+(e^{\lambda_2'T_2'}-1)/\lambda_2'-T_2' \tag{9}$$

ここに、λ_1', T_1'およびλ_2', T_2'は道路前半および後半の，それぞれ車の平均到着率，横断に必要な交通間隔である。また　$\lambda_1'=\lambda_2'\ (=\lambda'')$，$T_1'=T_2'\ (=T'')$ のとき，$E(t)$は(10)式のようである。

$$E(t)=2\cdot\{(e^{\lambda''T''}-1)/\lambda''-T''\} \tag{10}$$

図－2



3．横断に必要な交通間隔

前節で求めた平均待ち時間は，いずれも交通流中にある一定の時間間隔以上あれば必ず横断できるとして求めた。いまこの時間間隔を横断所要時間と考えたとき，(1)・(8)・(10) 式により $E(t)$を計算する場合には，一方通行道路では，(11)式の Tを，また2方向道路では，(12)式の T'を使用すればよい（式中の Dは車道幅員を，vは歩行速度を示す）。

$$T=D/v \tag{11}$$

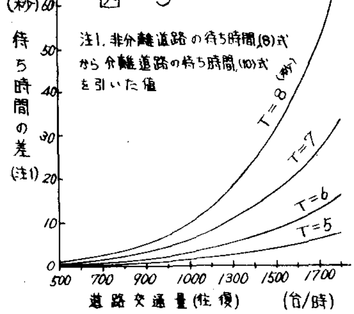
$$T'=(D/2)/v \tag{12}$$

また，(7)式の値は，(13)式の T_mを用いて(8)式で計算した値とさほどの差異はなく、実用的にはこの方法で計算をしてよい。

$$T_m=(\lambda_1T_1+\lambda_2T_2)/(\lambda_1+\lambda_2) \tag{13}$$

以上の考察により，2方向非分離道路の平均待ち時間を図示すると，たとえば図－2のようである。

図－3



4．むすび

以上歩行者の横断待ち時間について2,3考察してみた。この待ち時間と歩行者の許容待ち時間とから，横断歩道設置に対する1つの基準を求めることができ、また，図－3のように非分離道路と分離道路の待ち時間の差を研究することにより，安全島を設置した場合の効果についても考察できる。これらについては，本発表時に発表させていただくこととする。

参考文献；1)　佐佐木綱，「交通流理論」，技術書院；G.H.Weiss 他,「Some Probrems In Traffic Delay」，Opns. Res. 1962　2) D.C.Gazis 他，「The Delay Probrem for Crossing an n Lane Highway」, Vehicular Traffic Science, 1966