

名古屋工業大学 正員 渡辺新三

日本道路公団 〃 〇 原 弘

1. まえがき； 歩行者の道路横断施設は歩行者の道路横断を容易にし、車の円滑な流れを確保するために設けられるが、このためには横断歩行者の数、車両交通量、道路幅員等の道路状況に応じて適切な横断施設が設置されねばならない。本報告は、歩行者が道路を横断する際に生ずる待合せ現象を表すモデルから歩行者および車の待ち時間を求め、おもに、この面から横断施設の設置基準について考察してみたものである。

2. 待ち時間の算定； (2-1)、歩行者は横断施設がない道路を横断する場合には、車の間隙を縫って横断すると考えられる。この場合、横断できるまでに待つ平均待ち時間、 $\bar{w}$ (秒)は、

$$\bar{w} = (e^{\beta_1 T} - 1) / \beta_1 - T \quad (1)$$

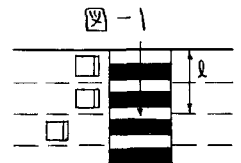
ここに、 β_1 =車両交通量(台/秒)で、交通流はポアソン分布とする。 T =歩行者が道路を安全に横断するために必要な車との最小間隔(秒)で、 W を車道幅員(m)、 V を歩行速度(m/秒)、 n を道路交通流の数(同方向車線まで1つの交通流とみなし、方向が異なる交通流は2つに数える)、 t を安全のために見込む余裕時間とすると、 $T = W / (n \cdot V) + t$ で表わされる。

(2-2)、横断歩道においては歩行者と車とが互いに待合せの現象が見られる。この現象をつぎのようなモデルで表わす。²⁾ ①、車および歩行者は横断歩道へ到着率 β_1, β_2 でランダムに到着する。

②、1台の車が横断歩道を支障する時間(占有時間)は α_1 である(α_1 以上の車頭間隔がなければ歩行者は横断開始できない)。また、歩行者の横断所要時間は α_2 である。一方が横断歩道を占有している時他方はその占有時間が終るまで横断歩道手前で待合せをする。③、停止行列を形成している車が動き出すときの車頭間隔は β_1 である。以上のモデルを解析すると、横断歩道における車および歩行者の平均待合せ時間、 $\bar{w}_1, \bar{w}_2$ はそれぞれ式(2)、式(3)のように表わされる。

$$\bar{w}_1 = \beta_1^2 / 2\beta_1(1-\beta_1) + \delta_1 e^{\alpha_2 \beta_2} (e^{\alpha_2 \beta_2} - \alpha_2 \beta_2 - 1) / \beta_2^2 (\beta_1 + \epsilon_1 \delta_2 + \epsilon_2 \delta_1) \quad (2)$$

$$\bar{w}_2 = A / 2\beta_1 \beta_2 (1-\beta_1)^2 (\beta_1 + \epsilon_1 \delta_2 + \epsilon_2 \delta_1) \quad (3)$$



ここに、 $\beta_1 = \beta_1 \beta_1, \delta_1 = \beta_1 + \beta_2 - \beta_1 M_1, \delta_2 = \beta_1 + \beta_2 - \beta_2 M_2$

$$\epsilon_1 = [e^{(\alpha_1 - \beta_1) \beta_1} - 1] / \beta_1, \quad \epsilon_2 = (e^{\alpha_2 \beta_2} - 1) / \beta_2$$

$$\beta = M_1 + M_2 - M_1 M_2$$

$$M_1 = (\beta_1 + \beta_2) / \left\{ \beta_1 + e^{(\alpha_1 - \beta_1)(\beta_1 + \beta_2)} \frac{\beta_2 - \beta_1(\omega - 1) e^{\alpha_2(\beta_1 + \beta_2 - \beta_1 \omega)}}{1 + (\omega - 1) e^{-\alpha_2 \beta_1 \omega}} \right\}$$

$$M_2 = (\beta_1 + \beta_2) / [\beta_2 + \beta_1 e^{\alpha_2(\beta_1 + \beta_2)}], \quad \omega = e^{-\beta_1(\beta_1 + \beta_2 - \beta_1 \omega)} \quad (\text{小さい方の実根})$$

$$A = 2\delta_1 \beta_1^2 (1-\beta_1) \beta_1 (1+\epsilon_2 \beta_2) (\epsilon_2 - \alpha_2) + 2\delta_2 \beta_2 (1-\beta_1)^2 + (1+\epsilon_1 \beta_1) (\epsilon_1 - \alpha_1 + \beta_1)$$

$$+ \beta_2 \beta_1 (\beta_1 + \delta_1 \epsilon_2 + \delta_2 \epsilon_1) (\beta_1 + 2\beta_1 \epsilon_1 - 2\beta_1 \epsilon_1 \beta_1)$$

我々の調査では、本モデルは図-1における区間 l (2車線)で成立し、パラメータの値は、 $\alpha_1=4$ 秒、 $\alpha_2=5$ 秒(歩行者交通量300人/時以下のとき、200人/時増すごとに2秒増加)、 $\beta_1=1$ 秒を採用するのがよいと考えられる。式(1)における $\bar{w}$ の値($V=1.3$ m/秒、 $t=2.5$ 秒を用いて算出)、および式(2)、(3)における $\bar{w}_1, \bar{w}_2$ の値を例示すると図-2のようである。

3. 横断歩道； 上記の結果から横断歩道設置前後の歩行者と車の待ち時間について調べてみると、横断歩道設置により歩行者の待ち時間は減少し、幅員が広いほどその割合が大きい(図-2参照)しかし、車両交通量が少いところでは車の待ち時間($\bar{w}_1$)が歩行者の待ち時間($\bar{w}$)より大きく、また、この場合横断歩道がなくても歩行者の待ち時間は小さいので横断歩道の設置は得策ではない。

また、横断歩道においては、歩行者および車の待ち時間は両者の数の増大とともに大きくなるが、この待ち時間がある限度を越える場合には、他の横断施設を設置する必要がある。(2-2)の結果から、横断歩道においては次式で表わされる時間損失を受けていると考えられる。すなわち1時間あたりの時間損失をS(分)で表わすと、

$$S = 60 \cdot (p \cdot 81 \bar{w}_1 + 82 \bar{w}_2) \quad (4)$$

ここに p = 車の歩行者に対する時間価値の比、

Sの限界値およびpの値を道路の状況等に応じて決定すれば、適切な施策が得られると考えられる。ここでSの限界値を60分として $p=1, 2, 3$ の場合について式(4)を例示すると図-3のようである。

4. 歩行者専用信号機； ここでは、歩行者専用信号機の容量について考察し、立体横断歩道が必要となる時期について述べる。

信号周期を $T = g + r$ (g, r はそれぞれ車の青時間、赤時間の長さ)、車1台が信号機を通過する時間を θ (一定) とすると 1 周期間の通過可能台数は $N = g/\theta$ 台である。つぎに、停止信号が現示されて行列を作っている車が、進行信号が現示されてはじめて行列を解消するまでに、行列に加わった車が k 台以下である確率 C_k は、次式のように表わされる。

$$C_0 = p_0, \quad C_k = p_0 + \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^j \{ p_i B(j, i) \} \quad (k=1, 2, 3, \dots) \quad (5)$$

ここに、 $p_i = (g_1 r)^i e^{g_1 r / l!}$, $B(j, i) = (i/j) e^{-j\rho} (j\rho)^{j-i} / (j-i)! \quad (j=i, i+1, \dots)$ $\rho = g_1/\theta$

行列に加わった車 k 台が、 N 台より大きくなると行列に加わった車のうちで、進行信号時間内に信号機を通過できない車 ($k-N$ 台) が生ずる。このような場合には信号機により交通を処理できないと考えられるので立体横断歩道によらねばならない。この限界の交通量は、たとえば $C_k \geq 0.95$ と置いて式(5)を解くことにより得られる。

5. むすび； 上記の考察により横断施設の設置基準について1つの指針が得られるが、さらにつぎのような事項について研究する必要がある。

- (1) 式(1), (2), (3)におけるパラメータ
- (2) 式(4)における p および S の限界値、

本研究は昭和43年度文部省科学研究費の補助を受けたものの一部である。

参考文献 1) 「交通流理論」、佐佐木 綱、技術書院

"Some Problems in traffic delay", G.H. Weiss, and A.A. Maradudin, Operations Res. 10, 1962

2) "Problems in the interference of two queues", J.C. Tanner, Biometrika 40, 1953

図-2. (2方向非分離道路)

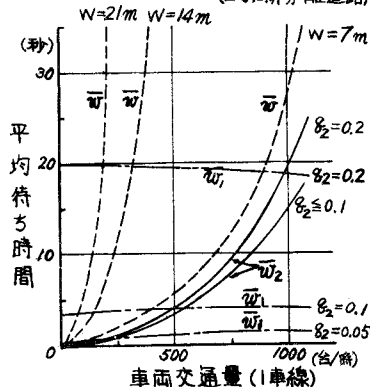


図-3 (2方向非分離)

