

名古屋工業大学 正員 渡辺新三  
京都大学工学部 正員 ○高岸節夫

## 1. まえがき

通行の優先権をもつ交通流（以下主交通という）に交差する交通流（以下副交通という）は、交差点において待ち行列をつくる。横断歩道において、横断歩道を通る人の流れを主交通、道路の自動車の流れを副交通と考えれば、自動車のつくる待ち行列から、横断歩道の自動車交通におよぼす影響を、待ち行列の理論を使って知ることができよう。そこで、本報告は簡単なモデルを設定して、この面から、横断歩道を立体化する問題について考察するものである。

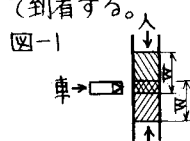
## 2. 待ち行列モデル

設定したモデルはつぎのようである。

(A) 人（主交通）は図-1に示す横断歩道上の区間 $W(m)$ の一端に指数分布に従って到着する。

(B) 車（副交通）は各車線上を指数分布に従って到着する。

(C) 車は人の流れによって指数分布するサービスを受ける。



## 3. サービス時間、平均サービス率について

車は人が区間 $W$ を通行している間は横断歩道を横断できないものとする。横断歩道にランダムに到着して行列に並らばない車が、そこで人の通過を待つ時間の平均は、つぎの式で与えられる。<sup>1)</sup>

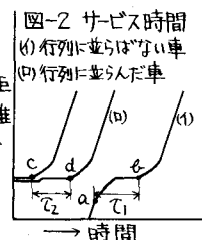
$$\omega = (e^{\lambda T} - 1 - \lambda T) / \lambda \quad (1)$$

ここに、 $\omega$ は平均待ち時間、 $\lambda$ は単位時間あたりの両方向歩行者数、 $T$ は歩行者が区間 $W$ を通行するに要する時間である。1時間あたりの両方向歩行者数を $V_p$ 、歩行速度を $v$ と表わすと、(1)式は、 $\lambda = V_p / 3600$ 、 $T = W / v$ であるから、つぎの(2)式のようになる。

$$\omega = \{3600 (e^{V_p W / 3600 v} - 1) - V_p W / v\} / V_p \quad (2)$$

ここで待時間は、走行してきた車が歩行者の横断を認めて減速を開始してから、つぎに加速を開始するまでの時間（図-2に示す停止時間を含む $a$ 、 $b$ 間の時間 $\tau_1$ ）と考える。

実際には、車は横断歩道の手前で行列をつくるので、行列に並らんだ車は(1)式で計算される値とは別の平均待ち時間をもっているが、我々は行列に並らんだ車も行列の先頭に出たとき、そこで $\omega$ 時間待つものとする。この場合、待ち時間は行列の先頭車が発進した直後から、つぎの車が区間 $W$ に人がいなくなるのを待って出発するまでの時間（図-2に示す $c$ 、 $d$ 間の時間 $\tau_2$ ）と考える。



行列に並らばない車あるいは行列の先頭に出た車の待ちを、これらの車の横断歩行者から受けるサービスと考えることができるので、我々は $\omega$ をこの待ち合わせシステムの平均サービス時間、 $1/\omega$ を平均サービス率 $\mu$ とする。

## 4. 横断歩道における平均待ち行列台数

この待ち行列モデルは、もともと基本的な型式（すなわち単一チャンネル、ポアソン到着、指数型サービス時間の場合）であって、横断歩道の手前で自動車のつくる待ち行列の平均台数 $L$ は、つぎの

式で与えられる。<sup>2)</sup>

$$L = \rho / (1 - \rho) \quad (\text{ただし } \rho = \nu / \mu) \\ = V_b \omega / (3600 - V_b \omega) \quad (3)$$

ここに、 $V_b$ は1車線あたりの自動車交通量(台/時)、 $\nu$ は自動車の平均到着率、 $\mu$ は自動車の受ける平均サービス率、 $\nu = V_b / 3600$ 、 $\mu = 1/\omega$ である。

(2)式から、横断歩道上の区間 $W = 8 \sim 12$  mに対して、両方向横断歩行者数 $V_p$ (人/時)と自動車の平均待ち時間 $\omega$ (秒)との関係を図示すると、図-3のようである。(ただし、歩行速度 $v = 1.2$  m/secの場合) また、(3)式から、1車線あたり自動車交通量 $V_b = 300 \sim 700$  台/時に対して、 $\omega$ と自動車の平均待ち行列台数 $L$ との関係を図示すると、図-4のようである。

## 5. 横断歩道の立体化について

横断歩道の設置基準を合理的に定めるには、自動車、歩行者、および道路の三者について互いの得失を考慮しなければならないが、横断歩道の立体化の場合は、三者全てが便益を得ると考えられるので、この便益と立体横断施設の設置に要する費用との比較が問題となる。しかし、ここでは単に平均待ち行列台数が急に増加する時点と、横断歩道を立体化する必要のある時期として考察する。

図-4から、各自動車交通量に対する曲線 $L$ が、点線 $l$ との交点付近で急に変化していることがわかる。各 $V_b$ について点線 $l$ との交点から $\omega$ を求め、つぎに図-3によって、各 $W$ についてこの $\omega$ に対応する $V_p$ を読みとると、横断歩道を立体化すべき $V_b$ と $V_p$ と $W$ との関係が得られる。これを図に示せば、図-5のようである。図-5から、たとえば $W = 10$  mをとると、両方向横断歩行者数が500人/時で1車線自動車交通量が400台/時あるような横断歩道は立体化する必要がある。

## 6. あとがき

本研究は、主交通(人)および副交通(車)が指数分布に従って流れているとした他に、つぎの主要な2つの仮定に基づいている。

(1) 自動車は横断歩道の前面で、(1)式で表わされる平均待ち時間 $\omega$ をもっている、すなわち、平均 $\omega$ 時間のサービスを受ける。

(2) さらに、このサービス時間の分布は $1/\omega$ をパラメータにもつ指数分布である。

上の(1)、(2)の仮定によって比較的簡単な計算で、本報告に示すような結果を得ることができた。一方、これらの仮定は本研究の適用範囲を制限するものであって、さらに、実証的な研究によって実現象との差異を確かめる必要があるが、ここで示した結果は、一応、立体横断施設の設置に関する一つの目安になるものと思う。

## 参考文献

- 1) 佐佐木綱, 「交通流理論」, 技術書院 ; G.H. Weiss 他, 「Some Problems In Traffic Delay」, Opns. Res. 10 1962
- 2) 本間鶴千代, 「待ち行列の理論」, 理工学社

