

東京大学工学部土木工学科 学生員 後藤貞二
 東京大学工学部土木工学科 正 員 島崎敏一
 九州大学工学部土木工学科 正 員 角 知憲

1. 研究の目的

本研究は、鉄道駅への主要なアクセス手段のひとつである自転車の効用を、人間の主観的・心理的な認識をも含めて総合的に評価しようとするものである。自転車の歩行に対する転換率については、もし交通に対する消費時間だけで比較すれば、両者の速度差から考えて明らかに全距離帯で自転車が有利である。ところが実際には、ある距離までは歩行者が自転車利用者よりも多い。これは自転車利用に関するマイナスの効用（非効用）によるものと考えられる。本研究では、自転車の非効用に数量的な表現を与え、その距離による変化を考察する。なお本研究は、到着指定時刻を有し規則的かつ日常的な交通行動を行う通勤者および高校生の集団を対象とした。

2. 転換率の理論値の算出

出発時刻から到着指定時刻（この場合はアクセス対象の鉄道駅への到着を問題とする。）までの時間、すなわち実質消費時間によって歩行と自転車を比較して求まる自転車の転換率と転換率の理論値と呼ぶことにし、これを以下に示す方法で求める。速度 v 、距離 l 、所要時間 t_n の関係は、 $v = l / t_n$ であるから、速度の確率密度関数（P.D.F.） $g_v(v)$ と所要時間のP.D.F. $\phi_n(t_n | l)$ の関係は次式で示される。

$$\phi_n(t_n | l) = (l / t_n^2) \cdot g_v(l / t_n) \quad (1)$$

実質消費時間の推定には、遅刻確率を尺度とする一般化出発時刻 α のP.D.F. $f(\alpha)$ を用いる方法がある。（文献1を参照） $H(t_n | l)$ を $\phi_n(t_n | l)$ の累積分布関数とし、到着指定時刻を0、出発時刻を t_s ($t_s < 0$) とすると、 α および $f(\alpha)$ は次式(2)～(4)で示される。

$$\alpha = 1 - H(-t_s | l) \quad (2)$$

$$f(\alpha) = A f_1(\alpha) + B f_2(\alpha) \quad (3)$$

$$f_i(\alpha) = (1 / \sqrt{2\pi} \sigma_i \alpha) \cdot \exp \{ -(\ln \alpha - \mu_i)^2 / 2\sigma_i^2 \} \quad (i = 1 \text{ or } 2) \quad (4)$$

ここで、 $A = B = 0.5$, $\mu_1 = -4.0174$, $\sigma_1 = 1.0108$, $\mu_2 = -8.0652$, $\sigma_2 = 1.9680$ である。 $f(\alpha)$ を用いて、出発時刻のP.D.F. $\phi_s(t_s | l)$ を表現すると次式のようにになる。

$$\phi_s(t_s | l) = f(\alpha) \cdot \frac{d\alpha}{dt_s} = f[1 - H(-t_s | l)] \cdot \phi_n(-t_s | l) \quad (5)$$

東大土木工学科交通研究室の従来の研究によると、歩行速度は平均 1.407 m/sec 、標準偏差 0.299 m/sec の対数正規分布、自転車速度は平均 4.155 m/sec 、標準偏差 0.801 m/sec の対数正規分布に近似しうるとされている。よって、歩行および自転車の速度分布から上記の方法でそれぞれの出発時刻のP.D.F. $\phi_{sw}(t_s | l)$, $\phi_{sb}(t_s | l)$ を求めると、転換率の理論値 P_0 はサーストンの比較判断の法則より、

$$P_0 = \int_{-\infty}^{\infty} \{ \phi_{sw}(\tau | l) \int_{\tau}^{\infty} \phi_{sb}(t | l) dt \} d\tau \quad (6)$$

となる。距離 l を変化させて P_0 を求めたところ、いかなる距離においても、 $P_0 = 100\%$ となった。これは歩行と自転車の速度差が歴然としているためであろう。

3. 転換率の実測値

転換率の実測値と、東大都市工学科

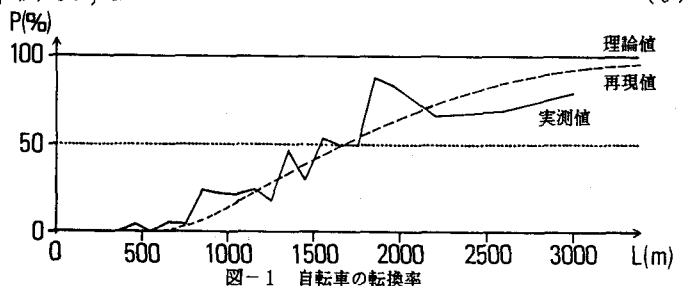


図-1 自転車の転換率

の新谷・太田研究室が三鷹市・調布市において行った調査資料に基づいて、通勤者および高校生を対象に求めると図-1の折れ線で示すようになる。距離1500mでほぼ50%に達していることがわかる。

4. 自転車の非効用

購入費用、操作の手間、事故の危険性、坂道・風雨などの影響、その他さまざまな要因からなる自転車の非効用を次のようにして定量化する。2. で求めた自転車の出発時刻分布 $\phi_{sb}(t_s | l)$ を早い時刻側に時間 R だけ平行移動させたものは $\phi_{sb}(t_s + R | l)$ となるから、移動後の自転車の選択確率 P'_0 は次式で示される。

$$P'_0 = \int_{-\infty}^{\infty} \{ \phi_{sw}(t | l) \int_{-\infty}^{\infty} \phi_{sb}(t + R | l) dt \} dt \tag{7}$$

この P'_0 が、転換率の実測値 P に対して $P = P'_0$ となるときの時間移動量 R を自転車の非効用とする。(図-2参照)早い時刻に出発するということはいていの人間にとって心理的に苦痛を伴うものであるといえることから、この時間移動量 R は自転車の非効用を表現するものであると言える。距離 l を変化させて非効用 R を求めると、図-3の実線で示すようになる。ここで R と $\log_{10} l$ の関係を図-4に示す。 R と $\log_{10} l$ の標本相関係数は0.944と高く、最小2乗法により直線で近似すると次式のようになる。

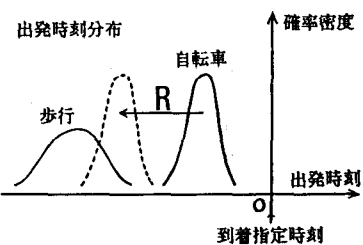


図-2 非効用算出の概念図

$$R = 1169.4 \log_{10} l - 2609.3 \tag{8}$$

ここに、 R (sec), l (m)である。式(8)で示される曲線を図-3の破線で示す。

一方、式(7)による P'_0 が50%となるときの R と $R_{0.5}$ で表すと、 $R_{0.5}$ は計算の結果、次式で示される。

$$R_{0.5} = 0.6952 l \tag{9}$$

ここに、 $R_{0.5}$ (sec), l (m)である。 $R_{0.5}$ を図-3の点線で示す。

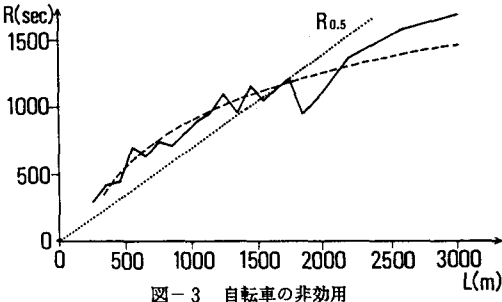


図-3 自転車の非効用

$R_{0.5}$ が距離に比例して増加するのに対し、非効用 R は距離に関して単調増加するものの、増加の程度は距離とともに弱まることがわかる。このことは、距離の増加とともに消費時間や肉体的な消費エネルギーなどの点で歩行に対して自転車の長所がより発揮されることを示しており、転換率の実測値の距離に伴う増加を説明するものであると思われる。

なお、式(8)を用いて転換率を再現すると、図-1の破線のようになり再現性は良好である。

5. 結論と今後の課題

本研究では、自転車の非効用 R を距離 l の関数として、 $R = a \log l + b$ ($a > 0$) という形で定式化した。 R の単位は「時間」であり、非効用が時間価値で数量化された。今後、非効用の内容である個々の要因の定量的な分析ができれば、転換率の理論値と実測値の差の細分が可能であり、要因の変化に伴う転換率の変化を予測することができるものと思われる。

非効用の内容の分析、さらに非効用の地域性の検討などは今後の課題である。

参考文献

1. 松本嘉司・角知憲・田辺俊郎「一般化出発時刻に基づく交通の実質消費時間の推定」
土木学会論文報告集第337号