活動時間の多様性を考慮したアクセシビリティ指標に関する考察

鳥取大学大学院　学生会員　○牧　修平
鳥取大学工学部　正会員　谷本圭志
鳥取大学工学部　正会員　喜多秀行

1．はじめに

地方都市や過疎地域では自家用車の利用者が現在も増加している．その一方で，公共交通の利用者数は減少の一途をたどっている．利用者数は少ないものの，自家用車を保有していない，もしくは，運転できない人々が利用者であり，彼らの生活の足を確保するために公共交通の担う役割は依然として重要である．

公共交通計画を策定する場合，どの地区にどれだけの活動の機会が提供されているのかが重要な情報の一つである，特に，公共交通サービスはダイヤや目的地が固定されていることから，住民の時間と空間を制約する．従来，活動の機会を評価する指標としてアクセシビリティが開発されてきた[1]．しかし，公共交通サービスが人々に課す時空間的な制約を明示的にとらえた指標は存在しない．そこで，本研究では，所与の制約のもとで，住民が実行可能な活動パターンの多様性を活動の機会として評価するアクセシビリティ指標を検討する．

2．指標の構築

図1は，住民が一日に2つの活動を実行する場合の任意の活動パターンである．総移動時間を $M = m_{01} + m_{12} + m_{20}$，公共交通の待ち時間を $w = w_1 + w_2$，実行する活動の数を n とする．外出の前後に自宅に滞在する時間を $y = y_S + y_E$ とすると，次式が成り立つ．

$$x_1 + x_2 = T - M - w - y \tag{1}$$

$T - M - w - y$ をαとおく．x_1 は$[0, \alpha]$の任意の時間をとりうる．x_1 が決まれば x_2 も一意的に決まるため，活動のパターンの多様性は x_1 のとりうる範囲として与えられる．すると，活動の数が2のときのアクセシビリティ指標 $\theta_2(y)$ は次式で表わされる．

$$\theta_2(y) = \int_0^{\alpha} 1 dx_1 = \alpha \tag{2}$$

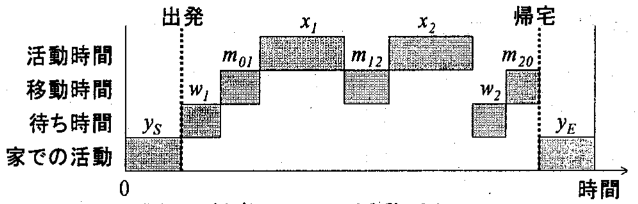

図1　任意の一日の活動パターン

同様に，活動の数が n 個のとき，(1)式は次式に改められる．

$$\sum_{k=1}^{n} x_k = T - M - w - y = \alpha \tag{3}$$

上と同様の議論により，活動数が n 個のときの指標 $\theta_n(y)$ は以下の積分により表される．

$$\theta_n(y) = \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha - x_1} \cdots \int_0^{\alpha - x_1 - \cdots - x_{n-1}} dx_1 dx_2 \cdots dx_n = \frac{\alpha^{n-1}}{(n-1)!} \tag{4}$$

外出時間や待ち時間が長い活動パターンは，体力的な制約から実質的に選択されない．そこで，外出時間と待ち時間に応じた活動パターンの実質性を減衰項で表す．それぞれの減衰関数を $f(x)$，$g(w)$ とし，次式のように与える．なお，$x = \Sigma x_i$ である．

$$f(x) = e^{-\beta(x+M)} \tag{5}$$

$$g(w) = e^{-\gamma w} \tag{6}$$

ここに，βとγはパラメータである．自宅での活動は疲れないため，減衰はないものとする．式(4)～(6)より，減衰項を導入した指標として次式が得られる．

$$\begin{aligned}\theta_n(y) &= e^{-\beta(M+\alpha)-\gamma w} \frac{\alpha^{n-1}}{(n-1)!} \\ &= e^{-\beta(T-w-y)-\gamma w} \frac{(T-M-w-y)^{n-1}}{(n-1)!}\end{aligned} \tag{7}$$

y は$[0, T - M - w]$の任意の時間をとりうるため，以上と同様の議論により，指標は次式のように定式化できる．

$$\theta_n = \int_0^{T-M-w} e^{-\beta(T-w-y)-\gamma w} \frac{(T-M-w-y)^{n-1}}{(n-1)!} dy$$

$$= e^{-\beta M-\gamma w} \frac{\Gamma(n)-\Gamma(n,\beta(T-M-w))}{\beta^n \Gamma(n)}$$

$$= \frac{1}{\beta^n} e^{-\beta(T-w)-\gamma w} \left\{ e^{\beta(T-M-w)} - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\beta^k (T-M-w)^k}{k!} \right\} \quad (8)$$

ここに，Γは次式に示すガンマ関数である．なお，Γ(n)はΓ(n, 0)である．

$$\Gamma(n,a) = \int_a^{\infty} t^{n-1} e^{-t} dt \quad (9)$$

3．指標の簡略化

$z = \beta(T-M-w)$とおくと，式(8)より次式を得る．

$$\theta_n = \frac{e^{-\beta M-\gamma w}}{\beta^n} \left\{ 1 - e^{-z} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{z^k}{k!} \right\} \quad (10)$$

マクローリン展開を用いると，次式を得る．

$$e^{-z} = 1 - z + \frac{z^2}{2!} - \frac{z^3}{3!} + \cdots \quad (11)$$

よって，式(10)の右辺の{}内の第 2 項は次式のように表すことができる．

$$e^{-z} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{z^k}{k!} = \left(1 - z + \frac{z^2}{2!} - \frac{z^3}{3!} + \cdots\right)\left(1 + z + \frac{z^2}{2!} + \frac{z^3}{3!} \cdots + \frac{z^{n-1}}{(n-1)!}\right) \quad (12)$$

上式を近似すると，次式が得られる．

$$e^{-z} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{z^k}{k!} \fallingdotseq 1 - \frac{z^n}{n!} \quad (13)$$

よって，式(10), (13)より指標は次式のように簡略化できる．

$$\theta_n = e^{-\beta M-\gamma w} \frac{(T-M-w)^n}{n!} \quad (14)$$

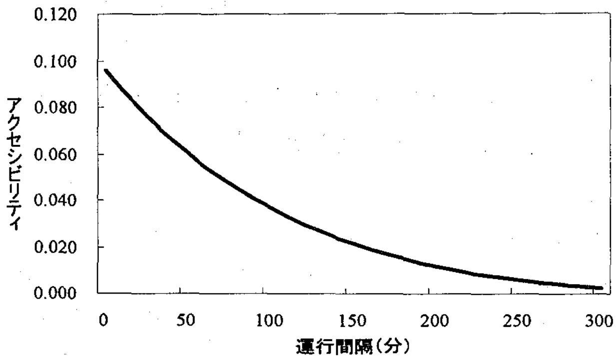

図 2　運行間隔に対するアクセシビリティ値

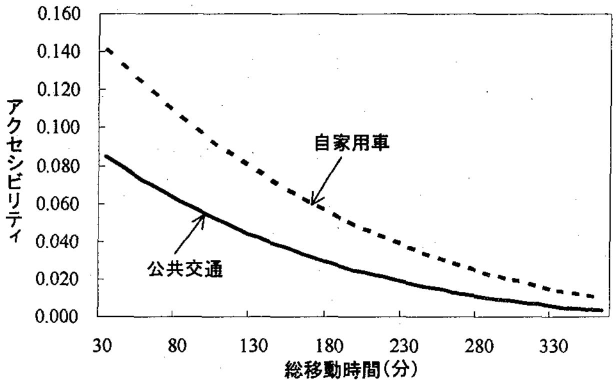

図 3　総移動時間に対するアクセシビリティ値

4．数値例

次式に示す数値を代入した際のアクセシビリティ指標の数値例を示す．

$$\beta=0.188,\ \gamma=1.814,\ M=96(\text{分}),\ n=3 \quad (15)$$

wを 0 から 300(分)の間で変化させると図 2 のような曲線を得る．次いで，w=60(分)とし，Mを 0 から 360(分)の間で変化させると，公共交通，自家用車についてそれぞれ図 3 のような曲線を得る．ただし，自家用車とは待ち時間が 0 であることを意味する．

5．おわりに

今後は，この指標を用いた公共交通計画を検討したい．

【参考文献】

1) 例えば，Geurs, K. T. and Bert van Wee, Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Strategies: Review and Research Directions, Journal of Transport Geography 12, pp.127-140, 2004.