

# 活動機会の多様性に着目した アクセシビリティ指標に関する研究

公共システム研究室 田中凜

## 1. はじめに

近年、人口減少などによる消費不況により、過疎地域を中心に商業施設の撤退、公共交通サービスの縮小・廃止などが相次いでいる。このため、活動機会を確保するための政策・事業を講じることが、社会的な要請となっている。

上記の背景のもとでは、サービス供給施設の廃止やサービス供給時間の短縮などが行われており、これは、活動に関する時間・空間面で住民が享受できる機会が小さくなることを意味する。これが過度になれば、住民の利用離れが加速し、サービスの持続が不可能になる。このため、サービスが提供する活動機会の多様性を時間・空間的な観点で定量的に把握できれば、どの程度の機会を保障するのが妥当かといった検討が可能になるなど、政策・事業の立案や運営に有用である。

そこで本研究では、過去の研究で蓄積されているアクセシビリティをベースとし、活動時間と活動場所の多様性という二つの観点で活動機会を評価する指標を開発する。

## 2. 基本的な考え方

本研究では、目的地の多様性という観点での活動機会については累積機会に基づく指標を適用し、活動時間の多様性という観点での活動機会については現行の指標を改良することで新たな指標を開発する。

## 3. アクセシビリティ指標の開発

### 3.1 目的地の多様性に着目した指標

任意の地区を  $i$ 、目的地を  $j$  とする。地区  $i$  から目的地  $j$  までの一般化費用を  $c_{ij}$  で表す。目的地  $j$  の魅力を  $m_j$  で表す。すると、地区  $i$  の目的地に関するアクセシビリティ  $A_i$  は次式で表される。

$$A_i = \sum_j A_{ij} = \sum_j m_j e^{-\alpha c_{ij}} \quad (1)$$

### 3.2 活動時間の多様性に着目した指標

任意の地区  $i$  が希望する活動開始、終了時刻を  $u_i=(u_{i1}, u_{i2})$  で表す。一方、地区  $i$  から目的地  $j$  へ外出する場合に実行可能な活動時間  $k$  における開始、終了時刻を  $z_{ik}=(z_{ijk1}, z_{ijk2})$  で表す。希望する活動時間  $u_i$  と実行可能な活動時間  $z_{ik}$  の乖離を  $|z_{ijk}-u_i|$  で表す。

すると、指数形の減衰項を仮定すると、地区  $i$  から目的地  $j$  への外出に関して実行可能なすべての活動時間に対する活動機会  $B_{ij}(u_i)$  は次式で表される。

$$B_{ij}(u_i) = \sum_k e^{-\lambda |z_{ijk}-u_i|} \quad (2)$$

希望する活動時間が  $u$  である確率（もしくは相対度数） $p_{ij}(u)$  を導入すると、地区  $i$  から目的地  $j$  へ外出する際の活動機会  $B_{ij}$  は次式で表される。

$$B_{ij} = \sum_u p_{ij}(u) B_{ij}(u) \quad (2)$$

### 3.2.1 類似性に関する補正

地区に、実行可能な活動時間が(10:00,11:01)、(9:59,11:00)のように二つあったとしても、これらは1, 2分の違いしかないため「10:00頃から11:00頃まで」という活動時間が一つあると認識されるのが現実的である。このため、活動機会  $B_{ij}$  は、類似性の観点で補正する必要が生じる。

仮に、 $z_{ij1}$  から見れば（以下、「 $z_{ij1}$  を pivot とすれば」と表現する） $z_{ij2}$  はほぼ違いのない活動時間であるとする。このとき、それらの類似度を0から1（数値が大きいほど類似している）で評価すると、ほぼ1である。これは、類似性関数を  $\phi$  と表すと、 $\phi(z_{ij1}, z_{ij2})=1$  と表すことができる。同様に  $z_{ij2}$  を pivot とした場合の  $z_{ij1}$  についても  $\phi(z_{ij2}, z_{ij1})=1$  である。このように  $\phi$  は対称的である。一方、 $z_{ij1}$  と  $z_{ij2}$  が完全に同じであれば  $\phi(z_{ij1}, z_{ij2})=1$ 、十分に違えば  $\phi(z_{ij1}, z_{ij2})=0$  であることから、 $z_{ij1}$  と  $z_{ij2}$  の差を  $\|z_{ij1}-z_{ij2}\|$  で表すと、 $\phi$  は  $\|z_{ij1}-z_{ij2}\|$  に関して単調減少である。すると、 $z_{ij}$  を pivot とした場合、活動機会  $B_{ij}(u_i)$  は次式の  $B_{ij}(u_i; z_{ijk})$  のように補正される。

$$B_{ij}(u_i; z_{ijk}) = B_{ij}(z_{ijk} | u) + \sum_{r \neq j} \bar{\phi}(z_{ijk}, z_{ijr}) B_{ij}(z_{ijr} | u_i) \quad (3)$$

ここに、 $\bar{\phi}=1-\phi$  である。 $z_{ij1}, z_{ij2}, \dots$  のうち特定の時間を pivot とする理由がないため、 $B_{ij}(u; z_{ijk})$  の  $z_{ijk}$  に関する平均値により pivot に依存しない活動機会  $B_{ij}(u_i)$  を求める。 $\#(z_{ij})$  は  $z_{ij}$  の要素の数である。

$$B_{ij}(u_i) = \frac{\sum_k B_{ij}(u_i; z_{ijk})}{\#(z_{ij})} \quad (4)$$

すると、希望する活動時間  $u$  が一定でない場合の活動機会  $B_{ij}$  は以下のようなものである。

$$B_{ij} = \sum_u p_{ij}(u) B_{ij}(u) \quad (5)$$

### 3.3 アクセシビリティ指標の統合

目的地の多様性と活動時間の多様性はそれぞれ(1), (5)式で評価することができる。しかしながら、これら個々の式では双方の多様性を総合的に評価することができない。すなわち、目的地ごとに実行可能な活動時間は異なりうる、もしくは、活動時間ごとに到達可能な目的地は異なりうるが、これらの事情を反映したアクセシビリティは算出できない。ただし、本研究で着目しているアクセシビリティは、目的地についてはそこまでの距離の減衰を、活動時間については時間の乖離に基づく減衰を導入して値を算出しているため、これらの減衰を統合することで、双方の多様性を同時に考慮することが可能である。本研究では指数型の減衰としていることから、二つの減衰項を乗じることで、統合が可能である。以上より、地区*i*についてのアクセシビリティの統合値 $C_i$ は次式で表される。

$$C_i = \sum_j A_{ij} B_{ij} \quad (6)$$

## 4. 事例分析

島根県安来市を16の地区に分割したうえで、以上に構築した手法を適用し、目的地ならびに時間に関するアクセシビリティを算出することで、地区ごとの特性を明らかにする。

### 4.1 パラメータの推計

本研究で用いる減衰パラメータは、生存時間モデルにおける「時間」、実質的な活動機会の消滅を着目する「事象」と見立て、生存時間モデルを用いてパラメータを推計することができる。

目的地に関するアクセシビリティに関しては、個人*i*が居住する地区から目的地*j*までの距離を $l_{ij}$ 、目的地*j*の魅力 $m_j$ 、パラメータを $\alpha(>0)$ とすると生存関数は以下のようなになる。

$$S(l_{ij}) = m_j e^{-\alpha l_{ij}} \quad (7)$$

上式は次式のように変形できる。

$$S(l_{ij}) = m_j e^{-\alpha l_{ij}} = e^{-\alpha l_{ij} + \ln(m_j)} = e^{-\alpha v_{ij}} \quad (8)$$

$$v_{ij} = l_{ij} - \frac{\ln(m_j)}{\alpha} \quad (9)$$

実質的な活動の機会が消滅する $v_{ij}$ を観測することはできないが、どの目的地に自身が外出しているかは、個人が認識しており、アンケート調査などで容易に把握できる。すなわち、自身が行っている目的地は実質的な活動機会は消滅していない目的地であり、これらの目的地の中で最も $v_{ij}$ が大きな目的地を特定し、それを個人のデータ

として、次式の尤度を最大にするパラメータを求めることで、減衰パラメータを推計できる。

$$L = \prod_i \alpha e^{-\alpha \max_j \{v_{ij}\}} \quad (10)$$

上述の、(9)式には未知の値であるパラメータ $\alpha$ も含まれているため、最も $v_{ij}$ が大きな目的地を特定することは不可能であるが、上式はいずれにせよパラメータ $\alpha$ に関して尤度 $L$ の最大値を求めることになる。このため、事前に $v_{ij}$ の最大値を求めることはできないが、上式を最大化することで、事後的に $v_{ij}$ の最大値を求めることはできる。

時間に関するアクセシビリティ推計のための、個人*i*の許容できる最大の待ち時間 $t_i$ に関する生存関数は以下のように表される。

$$S(t_i) = e^{-\beta t_i} \quad (11)$$

ここに、 $\beta(>0)$ はパラメータである。個人*i*が許容できる最大の待ち時間のデータ $(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots)$ が与えられていると、以下の尤度関数を定式化することでパラメータを求めることができる。

$$L = \sum_i \beta e^{-\beta t_i} \quad (12)$$

### 4.2 計算結果および考察

アクセシビリティの算出結果を表1に示す。市街地が広がる安来地区とその周辺で特にアクセシビリティが高く、山間部に位置する南部の地区ほどアクセシビリティが低いという結果が得られた。これは、安来市の施設立地や交通事情に即しており、妥当な結果であると考えられる。

これらの結果から、統合値のみならず、その高低が目的地の多様性に起因するのか、活動時間の多様性に起因するのかが明らかになり、それに応じてどのような対策を講じたらよいのかを具体的に検討することが可能となる。

表1 地区別のアクセシビリティ

地区	統合 アクセシビリティ	目的地に関する アクセシビリティ	時間に関する アクセシビリティ
荒島地区	1.054	2.637	3.271
赤江地区	0.949	2.730	2.382
島田地区	0.963	2.390	3.433
飯梨地区	0.262	2.324	1.210
能義地区	1.186	2.419	3.629
宇賀荘地区	2.825	2.522	6.943
安田地区	0.006	2.251	0.020
大塚・吉田地区	0.503	1.907	1.553
母里地区	0.263	2.176	0.969
山佐地区	0.087	1.585	0.475
布部地区	0.146	1.591	0.816
井尻地区	0.248	2.045	0.969
比田地区	0.094	1.227	0.664
赤屋地区	0.198	1.635	0.969
安来地区	3.597	2.834	7.147
広瀬地区	11.395	2.236	50.176