

IV-23

累積頻度分布曲線を基礎とした各種指標値の意味について

専修大学北海道短期大学 正員 榎谷 有 三
 北海道開発コンサルタント 正員 浦田 康 滋
 室蘭工業大学工学部 正員 田村 亨
 室蘭工業大学工学部 正員 斎藤 和 夫

1. まえがき

累積機会に基づくアクセシビリティの概念を基礎とした累積頻度分布曲線は、ある時間以内に到達可能な活動の機会（人口規模、就業機会数、経済活動など）の和（累積頻度あるいは比率）を求めることによって容易に作成することができるとともに、計量的な指標としての累積機会指標をも算定することができる。著者等は、これらの概念を基に道路網整備に伴う利便性の変化を視覚的に把握することができる累積頻度分布曲線の作成のみならず、さらに計量的に評価することができる近接性指標の算定手法についても考察を試みてきた。その結果、市町村間の連絡強化あるいは交流の円滑化、さらに道路利用者からみた道路網全体および各都市の利便性の変化等を視覚的に、また計量的に把握することができた。

これら累積機会指標および近接性指標に対する累積頻度分布曲線は、時間距離の短い所に到達可能な多くの機会あるいは都市があるときには、すなわち利便性あるいは近接性が優れているときには曲線が全体的に左にシフトして指標の値も大きな値を取る。したがって、ある時間距離に対するこれら指標値の大小によって各都市のアクセシビリティあるいは近接性の相違等を計量的に容易に把握することはできる。しかしながら、ある時間距離に対して算定された指標値が具体的にどのような意味をもっているかまでについては十分考察されていない。道路網の整備等に伴って各都市の利便性がどの程度増大したか種々比較検討するすうえでも近接性指標の意味づけは必要である。また、累積頻度分布曲線の作成手法は生活活動としての外出活動等がどの程度の空間的

広がりのなかで活動を行っているか、あるいは各町村を発生・集中している自動車 OD 交通ほどの程度の時間距離以内の市町村と結びつきをもっているかなどを視覚的、計量的に考察するうえでも有用である。そこで、本研究では累積機会指標算定の概念を基礎に、後者の自動車の交通流動指標の算定手法および算定された指標値についても種々考察を試みる。

2. 累積頻度分布曲線に基づいた累積機会指標

累積頻度分布曲線に基づいた累積機会指標の概念図が図-1である。図-1の横軸は、アクセシビリティを求める都市 i から他のゾーン j への当該都市間の距離（時間距離）を、縦軸は都市 i の総機会のうちある距離以内に到達可能な機会の累積比率を表わしている。そうすると、対象とする都市 i の累積頻度分布曲線は、都市 i と他の都市 j 間の時間距離によって都市 j を並び変えるとともに、並び変えられた都市 j 間への機会の累積比率を求めてプロットすることによって作成できる。

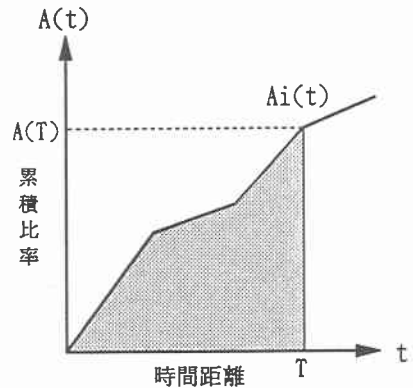


図-1 累積機会指標の概念図

Meaning of Several Measures based on Cumulative Distribution Curves

by Yuzo MASUYA, Koji URATA, Tohru TAMURA and Kazuo SAITO

また、アクセシビリティとしての累積機会指標は、図-1に示す累積頻度分布曲線、横軸の時間軸およびある設定された時間距離 (T) の縦軸で囲まれた面積として求めることができる。したがって、累積頻度分布曲線を $A_i(t)$ とすると都市 i の累積機会指標 K_i は式 (1) で算定できる。また、式 (1) を部分積分すると式 (2) になることから指標 K_i を式 (2) で算定することも可能である。

$$K_i = \int_0^T A_i(t) dt \quad (1)$$

$$K_i = A(T) \cdot (T - t_T) \quad (2)$$

ここで、 t_T : 時間距離 T 以内のすべての機会の平均時間

累積機会指標 K_i は式 (2) に示すように、ある設定された時間距離 T に対する機会の累積比率 $A(T)$ に時間距離 T から平均時間 t_T を引いた値を掛けることによって求められる。したがって、都市 i のアクセシビリティが良い時には、時間距離 T に対する $A(t)$ は大きな値を取るとともに、平均時間 t_T は小さな値を取る。また、図-1に示されている時間距離 T と頻度分布曲線によって囲まれる面積は大きくなることから累積機会指標の値も大きな値をとる。この値は 0 から T の範囲を取ることが式 (2) から理解できるが、算定された値が具体的にどのような意味をもっているかについては十分考察されない。さらに、曲線 $A_i(t)$ を定式化することは一般に困難であることから、実際には台形公式を通して指標値の算定を行っている。

そこで、本研究では図-2に示されている累積頻度分布図を基に算定される指標値の意味づけについて考察を行う。いま、都市 i から時間距離 T 以内に到達可能な都市が 3 つのときの各都市 j への時間距離および機会比率等を図-2および表-1に示す。累積機会指標を頻度分布図および時間距離 T で囲まれた面積値とすると、一般的な台形公式においては表-1に示される時間軸に対する値として求められる。すなわち、累積比率に前後の都市の時間距離の差を掛け合わせることで算定できる。この算定手法を通して累積機会指標を算定できるが、ここでは図-2および表-1に示されているように時間

表-1 累積機会指標としての面積値

時間距離	機会比率	累積比率	時間軸を基準とした面積値	時間距離 T を基準とした面積値
0	0	0	0	0
t_1	a_1	$A(t_1)=a_1$	0	0
t_2	a_2	$A(t_2)=a_1+a_2$	$A(t_1) \cdot (t_2 - t_1)$	$a_1 \cdot (T - t_1)$
t_3	a_3	$A(t_3)=a_1+a_2+a_3$	$A(t_2) \cdot (t_3 - t_2)$	$a_2 \cdot (T - t_2)$
T	0	$A(T)=a_1+a_2+a_3$	$A(t_3) \cdot (T - t_3)$	$a_3 \cdot (T - t_3)$

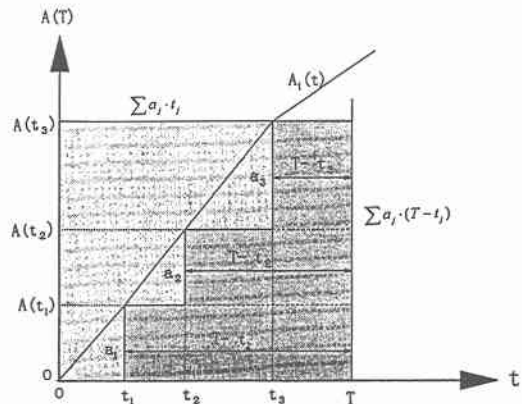


図-2 累積頻度分布図による指標算定概念図

距離 T を基準とした面積値の算定を試みた。すなわち、時間距離 T から各都市 j への時間距離 t_j を引いた値に当該都市の機会比率 a_j を掛け合わせて算定する方法である。そうすると、都市 i の累積機会指標値は式 (3) にて示すように各都市の面積値の和として算定することができる。この式を基に指標値の意味を考えると、都市 i の累積機会指標 K_i は「都市 i から時間距離 T 以内に到達可能な都市 j が時間距離 T の都市に到達するに要する延べ時間」と定義することができる。

$$K_i = \sum_{j \in J_i^T} a_j \cdot (T - t_j) \quad (3)$$

ここで、 J_i^T : 都市 i から時間距離 T 以内の都市の集合

また、式 (3) を展開すると式 (4) となることから、図-2の頻度分布図の左部分の面積値は式 (4) の第 2 項に等しい。すなわち、分布図の左部分は「都市 i から時間距離 T 以内に到達可能な都市 j への延べ時間」となる。

さらに、 $t_T = \sum_{j \in J_i^T} a_j \cdot t_j / A(t)$ となることから、

$$\begin{aligned}
 K_i &= T \cdot \sum_{j \in I_T^i} a_j - \sum_{j \in I_T^i} a_j \cdot t_{ij} \\
 &= T \cdot A(T) - \sum_{j \in I_T^i} a_j \cdot t_{ij}
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

式(4)は式(5)となり、累積頻度分布曲線を基に部分積分して求められた式(2)と同様の式を導くことができた。ここで、 t_T は式(2)と同様に時間距離T以内に到達可能な都市の平均時間である。

$$K_i = A(t) \cdot (T - t_T) \quad (5)$$

累積機会指標は、図-1及び表-1が示すように時間軸を基準として算定することもできるが、時間距離Tを基準としたときには式(3)に示されている定義を行うことができる。その結果、土地利用パターンの変化に伴う機会比率の変化、あるいは道路網の整備等による時間距離の短縮が各都市の累積機会指標に及ぼす影響等を計量的に容易に把握することが可能となる。

3. 近接性指標について

近接性指標は、道路網整備に伴う都市間の時間距離の短縮程度、あるいは対象地域全体および各都市の移動可能性、交流可能性の増大程度等を計量的に把握するために考察された指標である。この指標は、2.で述べた累積機会指標と同様にアクセシビリティ概念を基礎にしたもので、時間距離行列に対する累積頻度分布曲線を作成することによって容易に算定することができる。累積頻度分布図の横軸は図-2と同様に時間距離(対象とする都市間の時間距離を小大順に並び変える)を、また縦軸の累積機会はある時間距離以内に到達可能な都市数の累積比率をそれぞれ求めることによって作成することができる。機会比率としての a_j はすべて等しい($=1/n-1$, n :対象都市数)ことから、累積比率は都市iからある時間距離T以内に到達可能な都市数 n_T^i に $(n-1)$ を掛けることによって容易に求めることができる。そうすると、近接性指標は基本的には累積機会指標と同様に式(3)等で算定できる。そして、近接性指標値は「都市iから時間距離T以内に到達可能な都市jが時間距離Tの都市に到達するために必要な時間距離の和」と定義することができる。また、図-2の累積頻度分布図の左部分に相当する値は、「都市

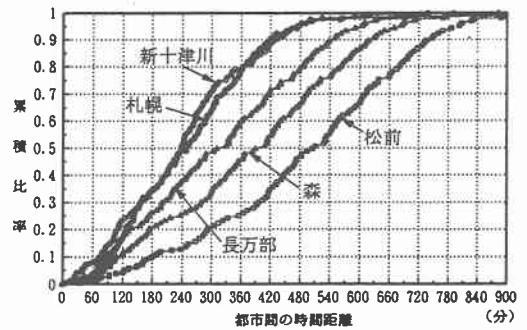


図-3 近接性指標に対する累積頻度分布曲線

i から時間距離T以内に到達可能な都市への時間距離の和」となる。

図-3の累積頻度分布曲線は、1970年の北海道の幹線道路網を対象に作成した時間距離行列を基に、212市町村に対して計算した結果の一部である。ここでは近接性指標値最大をとる新十津川町(1248分)から札幌(1246)、さらに道南地域の長万部町(1153)、森町(1089)および松前町(980)を図示したものである。括弧内の値は、時間距離1400分に対する近接性指標値である。また、各市町村の他の市町村への平均時間距離 t_{ij} はそれぞれ152分(新十津川町)、154(札幌)、247(長万部町)、311(森町)および420(松前町)である。これらの各市町村に対する値及び累積頻度分布図の作成を通して地理的位置によって利便性も大きく異なってくるのが計量的に、また視覚的に容易に理解できよう。

4. 交通流動指標について

交通流動指標は、各都市を発生・集中している自動車OD交通がどの程度の時間距離以内の都市と結び付きをもっているか、またその交通量はどの程度であるか等について計量的に、視覚的に分析するために考察された指標である。この指標は交通流動としての自動車OD交通量と交通抵抗としての時間距離を同時に考慮しようとするものである。このような時間的・空間的広がりを計測する方法のひとつとして累積頻度分布曲線の作成が考えられている。曲線は、対象とする都市iと他の都市j間のOD交通量の相対比率 p_{ij} (ゾーンiを発生・集中している交通量に対する比率)を当該都市間の時間距離 t_{ij} によって並び変えたとともに、並び変えられた都市

j までの累積比率を求めることによって作成できる。その結果、作成される累積頻度分布図は、図-2 と同様となることから指標値の算定等も累積機会指標と基本的に同じ議論ができる。しかしながら、交通流動指標の場合は、アクセシビリティ概念を基礎とする累積機会指標および近接性指標などとは異なり、自動車交通の動きとしての流動パターンを表わすことから算定される値も実際の概念に近い値が望ましい。すなわち、時間距離の短い周辺の都市と多くの結び付きをもって都市の指標値は小さく、逆に時間距離の長い都市との交流が多い都市においては値が大きくなるような交通流動指標の算定である。

そこで、本研究では2.での議論を踏まえて都市 i の交通流動指標 TF_i を式(6)から展開できる式(7)にて算定する。すなわち、図-2の累積頻度分布図の左部分に相当する面積値とするもので、そうすると、都市 i の交通流動指標は「都市 i から時間距離 T 以内に到達可能な都市への延べ流動時間」と定義することができる。ここで、 $p(T)$ は時間距離 T に対する累積比率である。

$$TF_i = p(T) \cdot T - \sum_{j \in I'} p_{ij} \cdot (T - t_{ij}) \quad (6)$$

$$TF_i = \sum_{j \in I'} p_{ij} \cdot t_{ij} \quad (7)$$

図-4の累積頻度分布曲線は、北海道212市町村の自動車OD交通がどの程度の時間距離を克服しながら他の市町村と結びつきをもって行動しているかを把握するために作成した累積頻度分布曲線の一部である。ここでは、時間距離180分(3時間)に対する交通流動指標を算定したが、図-4には最小値をとる釧路町(12.4分)から最大値をとる根室(100.6)およびこれらの値の間をとる地方中核・中心都市を取り上げた。各都市の値はそれぞれ、室蘭(27.5)、函館(34.0)、北見(37.9)および札幌(50.1)である。また、時間距離180分に対する累積比率はそれぞれ0.9979(釧路町)、0.9847(室蘭)、0.9486(函館)、0.9150(北見)、0.9595(札幌)、0.8915(根室)である。このように、累積頻度分布曲線に

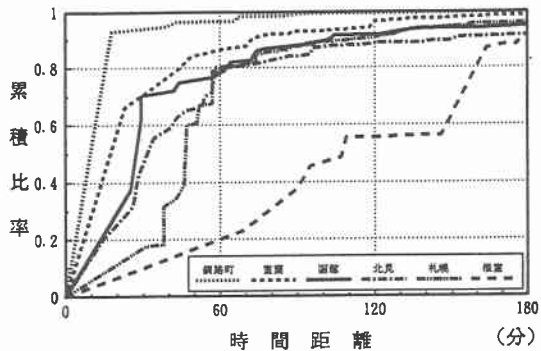


図-4 交通流動指標に対する累積頻度分布曲線

よる視覚的把握はもとより、交通流動指標値を通して各市町村の交通流動パターンの違いが計量的にも把握することができよう。

累積頻度分布曲線の場合には、ある時間距離に対する累積比率、あるいはある累積比率に対する時間距離等の値を通して計量的に把握することができる。しかしながら、時間距離180分に対する各都市の累積比率(根室以外多くの都市が同じような値である)の例のように、これらの値から必ずしも把握できない自動車交通の全体的な流動状況を交通流動指標を通して分析することができる。

5. あとがき

以上、本研究は累積頻度分布曲線を基礎に算定することができるアクセシビリティ指標としての累積機会指標値の意味について考察した。そして、これら考察された定義を基に著者が従来から提案してきた近接性指標および交通流動指標それぞれの指標値の意味づけについても考察を試みた。今後は、これらの各指標値の定義を十分踏まえて既往研究の分析を深めていく。また、地下鉄等の高速交通機関の整備が通勤交通の流動パターンに及ぼす影響などについても考察を進めていく。

参考文献

- 1) J Black, M Conroy: Accessibility measures and the social evaluation of urban structure, Environment and Planning A, volume 9, 1977
- 2) 榎谷・浦田・田村・斎藤: 北海道の高規格幹線道路網を対象とした時間距離行列の視覚化, 高速道路と自動車, 第40巻6号, 1997
- 3) 荒井・岡本・神谷・川口: 都市の空間と時間, 古今書院, 1996
- 4) 榎谷・浦田・浅水・田村・斎藤: 北海道における自動車交通流動について, 土木計画学・講演集, No. 20, 1997