

IV-56

交通ネットワークにおける中心度関数を用いたアクセシビリティの計量化

岐阜大学工学部 正員 鈴木崇児
 岐阜大学工学部 正員 宮城俊彦
 ㈱大林組 伊藤克也

1. はじめに

従来、アクセシビリティは、距離、所要時間等を変数として経験的に用いられてきた。本研究では、ネットワークでノードが相対的に中心的な位置を占めるかといった「中心性の度合い」を数値化しようと考え出された中心度関数^{1),2),3)}を用いて、アクセシビリティの概念を再構築することを目的とする。

2. 従来のアクセシビリティの表現⁴⁾

交通ネットワークの構造を前提として、アクセシビリティの測定を行った最も単純な例は、Shinbelによって提案された最短パス操作法である。同じ考え方を無値グラフから有値グラフに対して拡張した方法がブール代数操作法である。この場合の距離は、実距離だけでなく時間、費用、心理的な距離も含んでいる。

これらのアクセシビリティの測定法では、ノードの規模は考慮されていなかった。それは大きな都市ほど集積効果によって人や物を引きつけるといったことである。ノードの規模を考慮した例として、人口ポテンシャル型アクセシビリティを以下に示す。

$$V_i = G \sum_{j \in Z} w_j d_{ij}^{-1} \quad (1)$$

w_j : 都市 i における人口

d_{ij} : 都市 i, j 間の距離 G : 定数

Z : ネットワークに含まれる都市の数

この場合の P_i は人口であるが、もともと都市の規模を表す指標であることから、総生産額、C B D面積などもその対象となる。

ところで、リンクの属性のうち容量は、ネットワークにおいて距離と並ぶ重要な属性であるにもかかわらず、アクセシビリティにおいては必ずしも明示的に扱われてこなかった。しかし、都市間を繋ぐ道路容量が増加すれば、各都市相互の結びつきはより強くなるというアクセシビリティの中で考慮すべき

重要な関連がある。容量の増加に伴って変化するのは混雑緩和によって所要時間が短くなるだけでなく、物流経路の代替可能性や安全性の観点から交通量そのものを誘発する効果も存在する。

本研究が提案する新たな枠組みは距離と容量を独立かつ同時にアクセシビリティの要因として包括的に扱うという試みである。

3. 中心度関数

(1) 空間の変形

従来のアクセシビリティでは、リンクの各属性がノードに及ぼす影響を個々に捉えてきたが、空間の変形という概念を用いることで各属性の変化が個々のノードに及ぼす影響を統一的に捉えることが可能になる。

図1に示すネットワークを例に考える。ノード p からノード s へのネットワーク属性 β が β' に変化したときに、ノード p について定義された中心度の変化量が部分ネットワーク $V(p)$ に含まれる全てのノードの中心度の変化量を上回るかせいぜい等しいとき、 $V(p)$ を対象とするノード p に関する拡大変形といい、 $V(p)$ の中に含まれるノードの中心度の変化量が全て正であるときを単調拡大という。これらの逆の場合をそれぞれ縮小変形、単調縮小という。

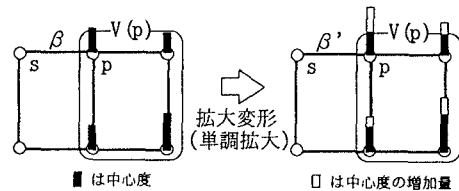


図1 空間の変形

(2) 中心度関数によるアクセシビリティの表現

交通ネットワークの要素としてノードとリンク、その属性として人口と所要時間、容量を考える。このとき単調拡大は人口や容量を増加させた場合、単調縮小は所要時間を減少させた場合に対応しており、ノードの中心らしさを測る関数を $F_c(\beta)$ とすると、

図1の単調拡大の場合に以下の式を満たす F_r を中心度関数と定義する。

$$\Delta_r(\beta) \geq 0$$

$$\Delta_r(\beta) = F_r(\beta') - F_r(\beta) \quad (2)$$

交通ネットワークにおける3つの属性による空間(ネットワーク)の変形を各都市のアクセシビリティとして包括的に捉えることのできる中心度関数の例を以下に示す。

$$F_i = G \sum_{j \in Z} \exp(-t_{ij}) \{1 - \exp(-u_{ij})\} w_j \quad (3)$$

t_{ij} : 都市 i j 間の最短所要時間

u_{ij} : 都市 i j 間の最大容量

紙面の都合上中心度関数の定義に関する詳細な内容は割愛するが、この関数は所要時間に関して非増加凸関数、最大容量に関して非減少凹関数、都市の重みに関しては増加関数であり、中心度関数の性質を満足している。なお、式(1)は式(2)において $u_{ij} \rightarrow \infty$ としたときの特殊ケースとなる。

4. 中心度関数によるアクセシビリティの計測例

事例研究として東海地区の主要国道と高速道路を主とする図2に示す道路ネットワークを対象に東海北陸自動車道が完成前後の東海地区の主要33都市についての中心度関数の変化を計測した。

ノード属性として代表都市を中心とする都市圏の人口を、リンク属性として対象道路の所要時間と容量を用いる。なお中心度関数は式(2)を用いており、 t_{ij} については、ネットワーク上における最早経路探索アルゴリズムを用いて、 u_{ij} は最大フローアルゴリズムで求めている。

計測結果は図2のノード内の数値である。まず全ての都市でアクセシビリティが増加している。これは、東海北陸自動車道の開通が、容量については空間の単調拡大、所要時間については単調縮小という空間の変形をもたらした現象を中心度関数が数値として適切に捉えたと考えてよい。

次に、各都市から高山への所要時間が大幅に短縮された結果アクセシビリティは顕著に向上した。

対象ネットワークの中に高山以北の都市が入っていないため、東海北陸自動車道以南の都市では、本

来あるべき大きな変化が計測されていないが、これらの都市間での考察は十分比較の対象となり得る。

一宮は東海北陸自動車道と名神高速道路との結節点となることからアクセシビリティが大きく向上している。名古屋は人口の集積効果によってかなりのアクセシビリティの向上が考えられたが、それほど大きな向上を示さなかった。これは名古屋のような大きな容量の道路が集まる交通の中枢として機能しているような都市については、多少の容量の変化ではアクセシビリティが向上しないということを示す式(2)の中心度関数の関数形の特徴である容量に関する逓減効果が働いているためである。また、各都市の数値の比較からネットワークの中心から離れれば不便になるほど変化量が小さくなっている様子が伺える。これは所要時間に関する逓減効果が働いているためである。

今回のケーススタディの結果、二つの大きな課題が挙げられる。ひとつはアクセシビリティに変化を与えるネットワークの範囲をどのように特定すべきかということであり、もう一つは所要時間と容量のアクセシビリティへの相対的な影響を決めるパラメータをどうやって設定するかということである。

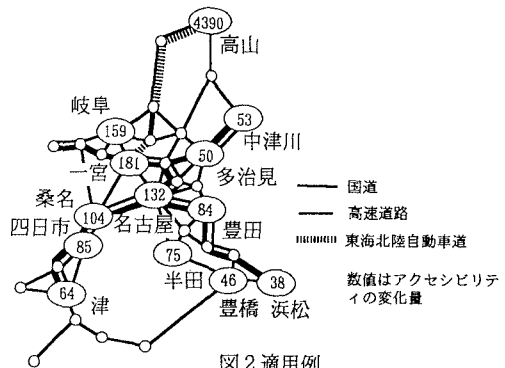


図2 適用例

参考文献

- 1) 平松 閣: 社会ネットワーク、福村出版、PP. 123 ~ 135、1990
- 2) 堀谷洋司、丸山剛司: グラフにおける中心度の関数表示-通信網の評価への応用-、電子通信学会論文誌、'76/7 Vol. J59-A No. 7
- 3) 篠田庄司、仙石正和: 空間の変形とネットワークの点の中心らしさを測る関数の理論、電子通信学会論文誌、'86/1 Vol. J69-A No. 1
- 4) 村山祐司: 交通の基礎モデルについて、季刊MOBILITY、PP. 42 ~ 59、1991冬