

IV-377

中国の鉄道ネットワークにおける省会都市間の連結性について

九州大学 正会員 厲 国権

九州大学 李 強

九州大学 正会員 角 知憲

1. はじめに

中国は広い国土をもつが、資源の分布が偏っている。資源の大量かつ長距離の輸送のためには、鉄道が基幹システムとなる。鉄道ネットワークにおける連結性は結節点(都市)間の相互的な結びつきに関するものであり、鉄道網の評価に関する重大かつ基礎的な問題といえる。中国では鉄道の建設が精力的に進められており、その連結性が時期によって変化する。そこで、本稿では、中国の鉄道ネットワークの整備状況を評価するために、29個省会都市(省政府所在地)の連結性に関する時期的な変化を考察しようとするものである。

2. 鉄道ネットワークの構成および連結性行列

本稿では、1949年、1975年と1995年に中国の鉄道網の状況に基づき、29個の省会都市を結節点として鉄道ネットワークを構成する。ここで、省会都市は必ずしも主要な鉄道駅を持つてはいない。また、その結節点には、鉄道のつながる周辺の都市も含めて代表させる。従って、鉄道ネットワークの結節点としての省会都市は、周辺を代表する結節点である。

また、ネットワークの結節点間に直接的あるいは間接的な通達路がある。連結性行列Cは、各要素の値 D_{ij} を結節点iから結節点jまでの最短経路における枝の数とするものである。 $D_{ij}=1$ の場合、結節点i、jに直接的な経路があり、 D_{ij} の値が大きいほど結節点i、jを繋ぐパスが長く、その間の連結性が悪くなる。中国の鉄道ネットワークは、建設の進行に従って前述した三つの時期の鉄道ネットワークに対するそれぞれの連結性行列が作成できる。1949年の鉄道ネットワークには13個の孤立的な結節点があり、即ち、それらは鉄道で他の都市との結びがなかった。そして、その連結性を形式的に表すために、その連結性行列における孤立の結節点に対する要素に伝意の大きな数値を与えて、結節点の連結性の悪さを意味する。

3. 連結性に関する指標

(1) ネットワークの連結性について

一般に、ネットワークの連結性は、表1に示すような β 、 S 、 α 、 γ で表わせる。本稿では、中国の29個省会都市が同じ鉄道ネットワークに置かれる。そして、サブネットワーク数 $G=1$ 、結節点数 $N=29$ 、

枝の数 $V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{29} \{d(v_i) | D_{ij}=1, j \subseteq N\}$ ($d(v_i)$: 各結節点と直接に繋がる枝の数)となる。鉄道ネットワークの

連結性に関する指標を計算できる。

表1. ネットワーク連結性についての指標

指標	式	意味
β	$\beta = V/N$	$0 \leq \beta \leq 3$, 各結節点に繋がる平均枝の数
S	$S = V - N + G$	ネットワークにおける閉路数
α	$\alpha = S/S_{\max}$	$S_{\max} = 2N - 5G$, $0 \leq \alpha \leq 1$, ネットワークにおける閉路性指数
γ	$\gamma = V/V_{\max}$	$V_{\max} = 3N - 2G$, $0 \leq \gamma \leq 1$, ネットワークにおける枝の密集性指数

(2) 結節点間の連結性について

結節点間の連結性についての指標が、ある結節点と他のすべての結節点との間の最短経路における枝の数の平均値 L 及びその変化率 P と連結性の評価指数 R である。 L は結節点iから他の $N-1$ 個結節点までの最短経路における枝の数の総和と $N-1$ の比率で、次のように定義できる。

$$L_i = \sum_{j=1}^{29} D_{ij} / (N-1), \quad j \neq i$$

また、 P はある t_1 時点からある t_2 時点までの L の変化

状態を表すもので、 $P_{t_1 \rightarrow t_2} = \frac{L_{t_2} - L_{t_1}}{L_{t_1}} * 100\%$ のように計算

できる。結節点に対する連結性の評価指数 R はネットワークの連結性行列 C により重み付け行列 T から求められる。即ち、まず、次のように T を計算し、

$$T = \sum_{i=1}^n s^i C^i = [D_{ij}]_{i,j=1,29}$$

ここに、 n はネットワークの直径であり、 s は行列の重み付け係数で、Robert.O.Hanhamなどの研究により、 $s=0.4_0$ 。

そして、各時期の諸結節点に対する連結性の評価指数 R は次式で計算できる。

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^{29} D_{ij} - \min(\sum_{j=1}^{29} D_{ij} | k=1,29)}{\max(\sum_{j=1}^{29} D_{ij} | k=1,29) - \min(\sum_{j=1}^{29} D_{ij} | k=1,29)}$$

また、各都市通達性の変化を考察するため、三つの時期における R が標準化され、中国の鉄道ネットワークでの各都市の相対通達指数 R' が求まる。

4. 連結性についての計算および考察

(1) 鉄道ネットワークの連結性の変化特性

表2は、1949年、1975年と1995年の時点に対する中国の鉄道ネットワークの連結性を計算した結果である。その結果から、29個の省会都市を結節点とする中国鉄道ネットワークの連結性が1949年から改善された様子がわかる。1949年には、16個の省会都市しか結ばれず、総運営キロが2.18万Kmであったが、鉄道網が東北と華東地区に集中し、閉路数は6個しか

キーワード：鉄道網、連結性、評価指数

〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1

TEL&FAX: (092)642-3274

く、各結節点につながった平均枝数が 0.72 で、 α 指数、 γ 指数も非常にひくかった。1975 年までに、鉄道の総運営キロが 4.60 万 Km に達し、その輸送量が 1949 年と比べると 4~6 倍増加した。鉄道ネットワークが西北や西南などの内陸と辺境地区へ延び、29 個の省が鉄道で結ばれた。 α 指数と γ 指数がまだ低かった。それは、鉄道網の密集性や閉路性の改善がまだ不足していたからである。その後、80 年代から 1995 年まで大規模な鉄道建設が行なれ、総運営キロが 6.0 万余り Km に延び、その貨客輸送量も 1975 年より 1.5~2 倍に増加した。この段階では、表 2 に示すように鉄道ネットワークの連結性が大いに改善され、密集性や閉路性そのものが 0.9 以上であり、完全なネットワークに近づいた。

表 2. 中国鉄道ネットワークの連結性の変化

指標	1949 年	1975 年	1995 年
β 指数	0.72	1.89	2.66
閉路数 S	6.0	27.0	49.0
α 指数	0.11	0.51	0.92
γ 指数	0.26	0.68	0.95

(2) 各省会都市間の連結性の変化特性

図 1 は、各省会都市が他の省会都市との鉄道の連結性の変化状態、即ち、ある省会都市から他のすべての省会都市までの鉄道最短経路における平均枝数 L の変化率 P を示すものである。図中の黒丸は 1949 年-1975 年の P を、矩形は 1975 年-1995 年の P を表す。1949 年-1975 年の間に、大部の省会都市の P が 50% 以上となつて、特に 1949 年時点で鉄道で結ばれなかった西北と西南地区の都市（西安、太原、蘭州、西寧、銀川、烏市、成都、重慶など）の変化率が大きく、概ね 60% 以上である。ほかには、ネットワークの中心に位置する鄭州、武漢、長沙もその連結性が大きく変化している。80 年代からネットワークの密度が増加し、1995 年まで建設された 2553Km の(北)京~九(龍)鉄道線が華北、華東、華南地区の九省市結んで、南京、杭州、合肥、南昌市などの連結性が大きく改善された。

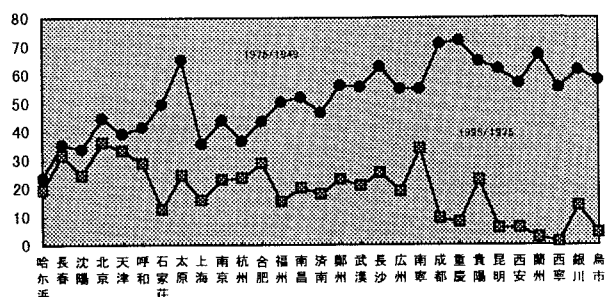


図 1. 鉄道ネットワークの内各省会都市の平均枝数の変化率

連結性の相対評価指数は、同じ時期の鉄道ネットワ

ークの中にある省会都市と他の省会都市との間における連結性や利便性を表す重要な指標であり、 R' が小さいほど対応する都市の連結性や利便性が高くなる。表 3 は、前述した 3 つの時期に対する R' の計算した結果である。1949 年から 1995 まで中国の各省会都市の鉄道連結性が大いに改善されたことが R' の減少からわかる。特に、北京、鄭州、武漢などの都市が他の都市と比べて、その鉄道連結性や利便性の良好なことが表せる。これはそれらの都市が鉄道網の中心に位置するからである。また、鉄道建設の進展により、西北、西南地区の中心都市である西安、太原、蘭州、成都、重慶など都市も比較的に良さの鉄道連結性が良い。しかし、鉄道網の周辺に位置する都市である哈尔滨、福州、上海、西寧、烏市、広州などは都市と直接的に繋がる鉄道経路に限界があり、それらの都市の鉄道連結性の変化が大きくない。また、全体から見れば、各都市間の最短経路における平均枝数が 1949 年の 6.54 から 1995 年の 2.47 に減少し、省会都市間の鉄道利便性が大きく改善されたといえる。

表 3. 各省会都市の相対的な連結性の変化特性

市名	1949	1975	1995	市名	1949	1975	1995
哈尔滨	0.6517	0.4382	0.3034	鄭州	0.5112	0.0787	0.0000
長春	0.6517	0.3315	0.1461	武漢	0.5899	0.118	0.0393
沈陽	0.5787	0.2978	0.1629	長沙	1	0.2078	0.0899
北京	0.5618	0.1966	0.0337	広州	1	0.309	0.2022
天津	0.5225	0.2191	0.0618	南寧	1	0.309	0.118
呼和	0.6404	0.2697	0.118	成都	1	0.1067	0.073
石家荘	0.5393	0.1461	0.0955	重慶	1	0.0955	0.0674
太原	1	0.1798	0.073	貴陽	1	0.1854	0.0843
上海	0.5787	0.2809	0.1966	昆明	1	0.2191	0.191
南京	0.5225	0.1798	0.0787	西安	0.5899	0.1067	0.0843
杭州	0.6461	0.3146	0.1798	蘭州	1	0.1573	0.1461
合肥	0.5393	0.191	0.0618	西寧	1	0.3034	0.2978
福州	1	0.3652	0.2697	銀川	1	0.2247	0.1573
南昌	0.7247	0.2135	0.118	烏市	1	0.2697	0.2472
濟南	0.5	0.1461	0.073	各経路の平均枝数	6.54	3.06	2.47

5. まとめ

中国の省会都市間の鉄道状況により鉄道ネットワークや省会都市間の連結性が 1949 年から大きく改善され、その鉄道建設の成果が見られる。本稿では、中国の鉄道網の変化を検討したが、社会経済の変化と鉄道連結性の関係や使用した重みづけ係数の妥当性などについての研究も必要であり、今後の課題になる。

参考文献

- 1) 中国鉄道交通地図集、中国鉄道出版社、1993
- 2) 馬国権、運輸システム分析原理与方法、北方交通大学、1990
- 3) Robert O. Hanham, Hong Yih Chang, Scalar Variation and Nodal Accessibility in the Chinese Railroad Network, Professional Geographer 31(4), 1979.