

複数経路を考慮した鉄道ネットワークの評価

日本道路公団九州支社 正会員 ○西田 健
 広島大学大学院工学研究科 正会員 奥村 誠
 広島大学大学院工学研究科 正会員 塚井 誠人

1. 背景と目的

従来の鉄道ネットワークの評価は、最短経路のサービス水準のみに基づいていた。本研究では、現実に利用されると考えられる複数の経路のサービス水準を考慮して、現在の需要（地域間旅客流動）の下で鉄道ネットワークを定量的に評価する方法を提案する。

2. 鉄道ネットワークの評価方法

(1) OD間複数評価値の考え方

地域間では、最短時間経路以外の2番目に短い経路も、実際に利用されている。したがって、OD間サービス水準(S_{OD})を複数経路のサービス水準の合成値と考える。利用者の需要を反映するために、本研究ではOD間サービス水準にOD間移動人数(T_{OD})を乗じた値を、OD間複数評価値(H_{OD})とする(1)、(2)。

$$H_{OD} = S_{OD} \times T_{OD} \quad \dots(1)$$

$$S_{OD} = \log \sum_k e^{\alpha V_k} \quad \dots(2)$$

ただし、 k は経路番号、 V_k は k 番目に所要時間の短い経路のサービス水準（実効速度）、 α は利用者のサービス水準に対する評価の大きさを表すパラメータ。

複数経路の探索には、最短経路探索法を拡張した第 k 最短経路探索法を用いる。¹⁾

(2) 経路サービス水準

経路サービス水準として、OD間距離を、日中ランダムに出発する時の平均所要時間で除した(3)式の実効速度(V_k)を用いる。経路距離 d 、経路所要時間 t はリンクの値の和であり、列車の運行頻度(n)は経路上のリンクの中で最小の運行頻度を与える。

$$V_k = \frac{d}{t + \frac{18}{n} \times \frac{1}{2}} \quad \dots(3)$$

3. データと計算条件

- ①1995年と1970年の鉄道ネットワーク(図1)
- ②リンクサービス水準データ(ネットワーク上の各リ

ンクの距離、所要時間、運行頻度)

- ③OD間移動人数データ(1995年の運輸省幹線旅客純流動調査データ、一部を除く県庁所在地間)

OD間の利用経路は、最短時間経路の所要時間の1.5倍を越えた経路まで求める。ただし、この条件に20本以上の経路が該当する場合は、上限を第20番目最短時間経路とする。(2)式の評価関数のパラメータは、 $\alpha=0.001786$ と設定した。

OD間評価値は、移動人数データに対応した都道府県庁ノード間で算出した(三大都市圏内々と都道府県内々、沖縄を除く)。この評価値の総和(全国評価値)および、全国を9つのエリアに分けたエリア別のOD間評価値(エリア間評価値)を求めた。

さらに複数経路を考慮したことによる評価の違いを明らかにするために、比較のため各OD間の最短時間経路のみに基づく評価値(最短評価値)を算出した。



図1 本研究で用いた鉄道ネットワーク

4. 評価結果

全OD間で求めた評価値の総和を図2に示す。

全国の鉄道ネットワークの評価は、1970年から95

年の 25 年間で、複数経路を考慮した場合では約 1.3 倍、最短経路のみの場合では約 1.6 倍に向上した。最短評価値は新幹線の整備などで大幅に向上しているものの、複数経路を考慮した全国評価値では、サービス水準の向上率は小さくなる。

エリア間複数評価値の 70 年、95 年の評価値向上率を求め、複数経路を考慮して算出した結果(表 1)と、最短経路のみで算出した結果(表 2)を以下に示す。

表 1 (複数経路考慮)と表 2 (最短経路のみ)を比較すると次のような考察ができる。

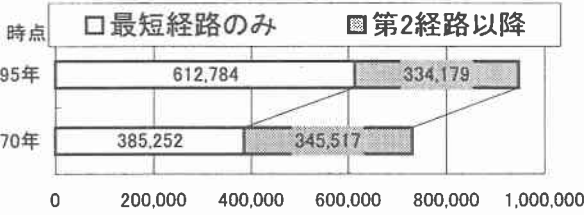


図2 全国評価値

表 1 複数経路を考慮したエリア間サービス水準向上率

	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州
北海道	なし	1.08	1.11	1.16	1.11	1.13	1.20	*0.00	1.23
東北	1.08	1.28	1.32	1.49	1.13	1.25	1.37	1.35	1.40
関東	1.11	1.32	1.66	1.44	1.17	1.15	1.30	1.30	1.42
北陸	1.16	1.49	1.44	1.47	1.37	1.34	1.42	1.28	1.39
中部	1.11	1.13	1.17	1.37	1.01	1.12	1.45	1.43	1.45
近畿	1.13	1.25	1.15	1.34	1.12	1.24	1.68	1.83	1.92
中国	1.20	1.37	1.30	1.42	1.45	1.68	1.70	1.84	1.88
四国	*0.00	1.35	1.30	1.28	1.43	1.83	1.84	1.28	1.96
九州	1.23	1.40	1.42	1.39	1.45	1.92	1.68	1.96	1.59
合計	8.0	11.7	11.9	12.4	11.2	12.7	13.8	12.3	14.2
平均	1.00	1.30	1.32	1.37	1.25	1.41	1.54	1.36	1.58

表 2 最短経路のみで算出したエリア間サービス水準向上率

	北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州
北海道	なし	1.37	1.59	1.76	1.63	1.55	1.62	*0.00	1.76
東北	1.37	2.06	3.08	2.81	2.48	2.15	2.31	2.29	2.38
関東	1.59	3.08	3.67	1.98	1.28	1.30	1.69	1.97	2.11
北陸	1.76	2.81	1.98	1.80	1.37	1.48	1.83	1.91	2.15
中部	1.63	2.48	1.28	1.37	0.89	1.15	1.84	2.29	2.33
近畿	1.55	2.15	1.30	1.48	1.15	1.33	2.25	3.07	2.73
中国	1.62	2.31	1.69	1.83	1.84	2.25	2.12	3.27	2.58
四国	*0.00	2.29	1.97	1.91	2.29	3.07	2.27	1.23	2.78
九州	1.76	2.38	2.11	2.15	2.33	2.73	2.58	2.78	2.01
合計	11.3	20.9	18.7	17.1	15.3	17.0	19.5	18.8	20.8
平均	1.41	2.33	2.08	1.90	1.70	1.89	2.17	2.09	2.31

*注 北海道・四国は移動人数が 0 人のため 0 になった

① 新幹線整備の評価

表 2 の中で評価が大きく向上している箇所(網掛け部)は、東北、上越、山陽新幹線の開通の影響と考えられる。しかし、表 1 では東北新幹線の開通による評

価の向上は小さい。東北では在来線も含めたネットワーク整備が遅れていると考えられる。

② 「巨大海峡プロジェクト」の評価

表 2 の中で北海道、四国の評価は大きく向上しており、青函トンネル、瀬戸大橋の開通によると考えられる。しかし表 1 では、北海道からその他全都道府県への評価はあまり大きく向上していない。これは、北海道ー東北地方のネットワークでは、サービス水準の高い代替路が少ないためであると考えられる。

③ 代替性の評価

北陸は、その他の地方の評価値と異なり、複数経路を考慮した場合(表 1)で評価向上率が高い。複数経路を考慮すると、利用者の多い関東との間で東回り(新潟経由)、西回り(京都経由)の両方の経路がほぼ同程度の所要時間であること、すなわち代替路のサービス水準が高いことが反映されていると考えられる。

④ 評価がほとんど向上しないエリア間

表 1、表 2 とも中部、近畿から全国への評価向上率が低い。これは、70 年の時点で既に東海道新幹線が開通していて高いサービスが提供されていたため、サービス水準の伸びが小さかったことによると考えられる。

表 1 では、北海道や東北を出発地とする長距離のエリア間では評価向上率が低い。長距離では飛行機利用者が多く、鉄道利用者が少ないため、積極的にサービス水準が改善されなかったためと考えられる。

5. 結論

鉄道ネットワークの評価に際して複数経路を考慮して、従来の最短経路のみに基づく評価値との比較を行った。本研究の方法は、実際に利用されると考えられる代替経路も含めたサービス水準の評価が可能であり、より現実的なネットワーク整備効果が把握できる。

今後は、評価関数のパラメータ、および実効速度の定義について検討を行う必要がある。また、評価関数を最大にするように各リンクのサービス水準を定める最適鉄道ネットワーク決定問題への拡張や、航空を加えたネットワークに基づいて交通機関分担の問題を含めた地域間流動を議論する必要がある。

参考文献 1) 加藤直樹,茨城俊秀,三根久:無効グラフの第K最短単純路を求める $O(Kn^2)$ アルゴリズム,電子通信学会論文誌,Vol.J61-A, No.12, 1978, 12