

公共交通サービスによる都市間移動の地域格差分析*

An Analysis of Regional Disparity on Mobility Efficiency for Intercity Traffic by Public Transportation Service *

荒谷太郎**・轟朝幸***・金子雄一郎****

By Taro ARATANI**・Tomoyuki TODOROKI***・Yuichiro KANEKO****

1. はじめに

近年のわが国の都市間交通は、規制緩和や技術革新が着実に進んでおり、移動は便利になってきている。都市から都市へ移動をするとき、誰でも考えることは安い値段で早く目的地に着きたいということである。しかしながら、都市間によって運賃や所要時間など交通サービスに違いが生じている。生活レベルと同じように都市間の交通サービスも、ある程度地域格差が小さいことが望ましいと考えられる。そこで本研究では、都市間の公共交通サービスによる移動の容易さを示す指標としてモビリティ指標を提案し、これを用いて地域格差について分析することを目的とする。

2. 都市間モビリティ指標について

本研究では、移動の容易さをモビリティ指標として表す。公共交通を利用して都市間を移動する場合、利用者は交通サービスに対して運賃を支払い、それに見合った距離を移動する。都市間同士で比較した場合、例えば、同じ1Km移動するなら、より安い値段で早く行けたほうがよい(図-1)。

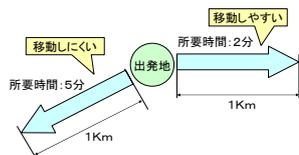


図-1 都市間移動の比較例

つまり単位距離当たりでよい交通サービスを与えられていれば、その都市間は移動がしやすいといえる。これは単純に個人による目的地への移動のしやすさを示したことになる。これを個人のモビリティと定義し、都市間モビリティ指標の基本として考える。

しかし、人口規模が大きく需要規模が大きい都市間で

*キーワード：都市間交通、地域格差、包絡分析法

**学生員、修(工)、日本大学大学院理工学研究科社会交通工学専攻
(千葉県船橋市習志野台7-24-1、TEL&FAX: 047-469-5219)

***正員、博(工)、日本大学理工学部社会交通工学科

****正員、博(工)、日本大学理工学部土木工学科

は、交通整備が行われ、設備増強による速度向上などのサービス向上がなされている。公共交通利用者はこの点がある程度認識していることから、個人のモビリティに人口規模、需要規模をそれぞれ考慮した指標も提案する(図-2)。

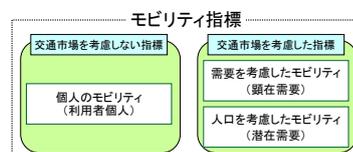


図-2 3つのモビリティ指標の概念図

3. 包絡分析法 (DEA手法) の概要

(1) DEA手法のメリット

本研究では、モビリティ指標を計測する方法としてDEA手法を採用する。一般に、移動を評価する場合、旅行時間や運賃などを合計した一般化交通費用を求める方法がある¹⁾。しかしその方法では、旅行時間や運賃などの単位を揃えるために時間価値を外生的に与える必要がある。一方、DEA手法では、変数間の単位を揃える必要がない。また、アクセシビリティの算出に用いられるようなログサム変数などの抽象的統計モデルを決め、残差とパラメータ係数の分析に基づき推定するという間接的な方法も、DEA手法では回避することができる²⁾。その上、比率尺度によって評価するため、各都市間がどの都市間と移動の容易さが違うのかという地域格差を定量的に評価でき、また条件不利地域への改善案を具体的に提言できる。

(2) DEA手法の概念

DEA手法は、線形計画法によって構築されたフロンティアに基づいて各分析対象の効率性の評価を行う手法である。フロンティア上の分析対象は、最も効率的に生産を行っていることを示し、その効率値は1と定義される。また、DEA手法では、一般に分析対象の活動は資源を投入(以下、入力)し便益を産出(以下、出力)する変換過程とみなす。そのときの「出力/入力」という比率尺度を用いて、効率性の測定を行う。この比率尺度は、よ

り少ない入力により多くの出力を得られれば効率的になる指標である。DEA手法では入力・出力項目数を複数設定しても、比率尺度による効率性の値（以下、D効率値）を算出することが可能な分析手法である。

DEA手法は一般的にCCRモデルとBCCモデルがある。この2つのモデルの違いは、CCRモデルは効率的フロンティアにおいて規模の収穫を一定と仮定したものである。一方BCCモデルは規模の収穫を一定とせず、その生産可能集合は現存する集合の点の凸包と、その凸包の点より大なる入力と小なる出力を持つ点から構成されることになる。このことより、CCRモデルのほうがBCCモデルより厳しい評価ができるため、本研究では、都市間の地域格差が明確に出やすいCCRモデルを用いて分析を行う。表-1にCCRのモデル式を示す。

表-1 CCRのモデル式²⁾

	定義式
目的関数	$\text{Max} \sum_{r=1}^l u_r y_{r0} \quad (1)$
制約式	$\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{i0} = 1$ $\sum_{r=1}^l u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad (2)$ $u_r, v_i \geq \varepsilon$ $i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad r = 1, \dots, l$
(注釈)	x_{ij}, y_{rj} : 各DMU _j の変数 <i>i</i> , <i>r</i> の入・出力量 u_r : 出力変数 <i>r</i> に対する最適ウエイト v_i : 入力変数 <i>i</i> に対する最適ウエイト n : 対象DMU数 ($j=1, \dots, n$) m, l : 入・出力変数の数 ε : 非アルキメデス無限小数

4. 都市間モビリティ指標の計測について

(1) DEA手法による分析条件

本研究では、DEAの分析対象としての事業体（以下、DMU）を個人と設定し、対象とする都市間を東京駅から通勤圏内である関東圏を除く各道府県までの代表駅36都市間とする。これは移動の地域格差を把握するためには、まず首都である東京からの移動に関して分析する必要があると考えたからである。また、モビリティの評価は、表-2に示す入出力項目として設定し分析を行った。ただし本研究では、運行本数・人口は逆数変換を、また出力値に0が入っており逆数変換のできない輸送人員は大小変換を行い、各指標として分析を行った。以下に大小変換の式を示す。ただし、式(3)に100を加えたのは指標を非負にするためである。

$$(\text{輸送人員指標}) = 2\mu - (\text{輸送人員}) + 100 \quad (3)$$

μ : 輸送人員の中央値

モビリティの評価は、移動をする利用者側の立場より、より安い運賃、短い所要時間、多くの運行便数（但し、モデルでは大小を逆転させて評価）で、長い距離を移動できればモビリティが高いということを基本とした。そのため、個人のモビリティは、出力値を都市間距離のみ

とした。需要を考慮したモビリティの場合では、都市間距離に需要規模を考慮させると考え、出力値に鉄道と航空の輸送人員を採用した。人口を考慮したモビリティも同様に考え、道府県の人口を採用した。

各データはJTB時刻表³⁾、全国幹線旅客純流動調査⁴⁾、人口推計データ⁵⁾を用いた。本概要では、代表事例として2005年度の分析結果について示す。

表-2 モビリティの分析の条件

種類	入力項目	出力項目
個人のモビリティ	鉄道運賃(円) 鉄道平均所要時間(時間) 鉄道運行本数(本/日) 航空運賃(円) 航空平均所要時間(時間) 航空運行便数(本/日)	都市間距離(km)
需要を考慮したモビリティ	鉄道運賃(円) 鉄道平均所要時間(時間) 鉄道運行本数(本/日) 航空運賃(円) 航空平均所要時間(時間) 航空運行便数(本/日)	鉄道輸送人員(千人) 航空輸送人員(千人) 都市間距離(km)
人口を考慮したモビリティ	鉄道運賃(円) 鉄道平均所要時間(時間) 鉄道運行本数(本/日) 航空運賃(円) 航空平均所要時間(時間) 航空運行便数(本/日)	人口(千人) 都市間距離(km)

(2) 個人のモビリティの分析結果

図-3は個人のモビリティの分析結果を示したものである。個人のモビリティにおいて最も高いD効率値1を示した都市間は東京-札幌間、大阪間、福岡間など5都市間であった。概ね航空や新幹線の本数が多い都市間が個人のモビリティの高い結果となった。一方、東京-佐賀間が最も高い値を示したのは、東京-福岡間と航空の運賃が同じにも関わらず、東京-佐賀間のほうが都市間の距離が長いからだといえる。また、東京-富山間は個人のモビリティが36都市間の中で最も低いという結果になった。これは都市間距離が近いのに、鉄道での交通サービスが悪いのが影響したものと考えられる。表-3は個人のモビリティの入出力値と効率値（一部抜粋）を示している。東京-金沢間をモビリティが高い都市間である東京-大阪間と同様にするには、例えば鉄道所要時間のみで対応した場合、現状の4時間6分を1時間45分にすればよいことを示している。

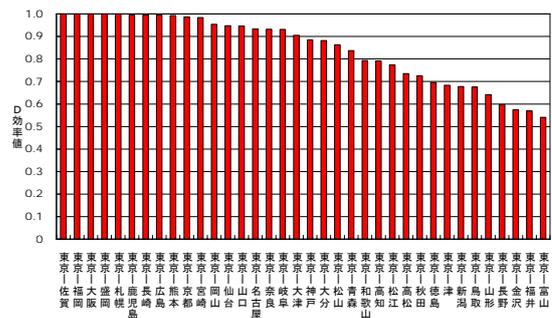


図-3 個人のモビリティのD効率値（2005年）

表-3 個人のモビリティの入出力値と効率値

都市間 (D効率値)	入力項目						出力項目	
	鉄道 運賃 (円)	鉄道平均 所要時間 (時:分)	鉄道 運行本数 (本/日)	航空 運賃 (円)	航空平均 所要時間 (時:分)	航空 運行本数 (本/日)	都市間 距離 (km)	都市間 距離 (km)
東京-大阪 (1.0000)	13.750	2.35	65	19.970	2.39	48	404	404
東京-金沢 (0.5737)	12.710	4.06	13	20.350	2.49	11	298	298
	効率値	7.282	1.45	77	10.777	0.54	140	288

(3) 需要を考慮したモビリティの分析結果

図-4は需要を考慮したモビリティの分析結果を示したものである。最も高いD効率値1を示した都市間は36都市間中30都市間であった。また、最もD効率値が低かった東京-松江間との差は0.0536であった。この結果より、需要実績を考慮したモビリティの場合、地域格差はそれほどないという結果であった。しかし多少ではあるが、需要を考慮したモビリティの低かった6都市間は、ある程度の需要規模にも関わらず交通サービスが悪い都市間であるといえ、運賃の値引きや運行本数の増加などサービスの向上が望まれる都市間といえる。

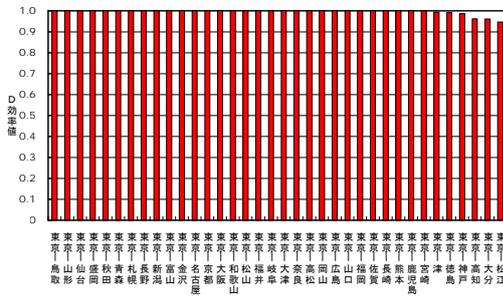


図-4 需要を考慮した場合のD効率値 (2005年)

(4) 人口を考慮したモビリティの分析結果

図-5は人口を考慮したモビリティの分析結果を示したものである。最も高いD効率値1を示した都市間は36都市間中23都市間であった。また、最もD効率値が低かった東京-新潟間との差は0.2479であった。新潟県は人口が多いにも関わらず、公共交通の交通サービスが悪く、人口規模を評価に加えるとモビリティによる地域格差が広がるという結果になった。表-4は人口を考慮した場合の入出力値と効率値を示している(一部抜粋)。例えば、最もD効率値が低かった東京-新潟間を、モビリティが高い都市間である東京-大阪間と同じにするには、鉄道運行本数のみで対応した場合、現状の27本を44本にすればよいことを示している。

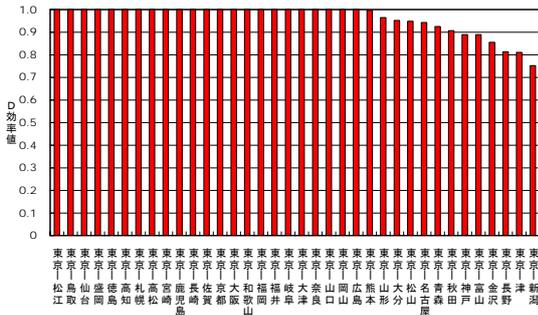


図-5 人口を考慮した場合のD効率値 (2005年)

表-4 人口を考慮した場合の入出力値と効率値

都市間 (D効率値)	入力項目						出力項目	
	鉄道 運賃 (円)	鉄道平均 所要時間 (時:分)	鉄道 運行本数 (本/日)	航空 運賃 (円)	航空平均 所要時間 (時:分)	航空 運行本数 (本/日)	人口 (千人)	都市間 距離 (km)
東京-大阪 (1.0000)	13.750	2.35	65	19.970	2.39	48	8.817	404
東京-新潟 (0.7520)	10.270	2.11	27	44.520	4.14	6	2.431	298
	効率値	7.724	1.39	44	19.463	2.03	8	2.431

5. モビリティの時系列評価

(1) ウィンドー分析法について

CCRモデルによって求められるD効率値の時系列変化を考察するために、本研究ではウィンドー分析法²⁾を用いた。ウィンドー分析法とは、DEA手法を用いた時系列分析法であり、同じDMUでも年度が異なると、効率的であるD効率値1の値が異なってしまう。そこで年度が違うDMUをそれぞれ異なるDMUとして扱い、さらに各年度における効率値の連続性を考慮するためにすべての組み合わせにおいて効率値を求め、その平均値の推移で時系列評価を行うことで分析する手法である。

(2) ウィンドー分析法を使用した分析結果

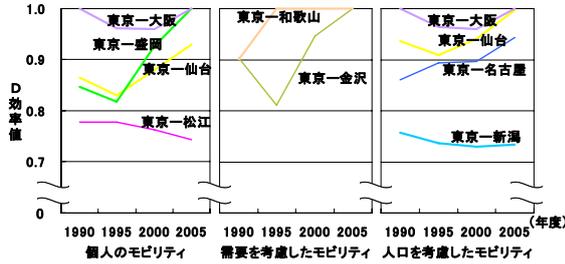
図-6は時系列変化の特徴のある都市間について示したものである。

個人のモビリティでは、東京-大阪間は高いD効率値を示しているが1995年度、2000年度ともにD効率値がいくらか低くなっている。これはのぞみ号の運行開始後、数年間は1時間に1本のダイヤが続き、ひかり号を含めた運行本数が少なくなったのが原因であると考えられる。しかし2005年度になり、のぞみ号中心のダイヤ設定になり運行本数も多くなりD効率値が改善しているのがわかる。また、東京-仙台間、盛岡間は1997年に東北新幹線の275km/h運転が始まり所要時間の短縮がD効率値の上昇につながっている。しかしながら東京-松江間に関してみると、交通サービスの改善が殆ど見られず、他の都市間のD効率値が上がっていくために、相対的にD効率値が低くなり地域格差が広がっている。

需要を考慮したモビリティの場合では、まず東京-金沢間は1997年3月に北越急行線が開業したことにより2000年度以降のD効率値が上昇しているのがわかる。また東京-和歌山間は1994年10月の関西国際空港の開港により1995年度でD効率値が急激に上昇している。これら2つの都市間は交通サービスが良くなったことにより、D効率値が高くなり、地域格差が縮まったといえる。

人口を考慮したモビリティの場合では、東京-大阪間は個人のモビリティ同様にのぞみ号のダイヤの影響により1995年度、2000年度はD効率値が減少している。東京-名古屋間も同様のグラフの形を表しているのだが、愛知県の人口の多さと距離の近さに対して交通サービスが東京-大阪間とほぼ同じであるために、東京-大阪間との地域格差が生じていると考えられる。東京-新潟間は

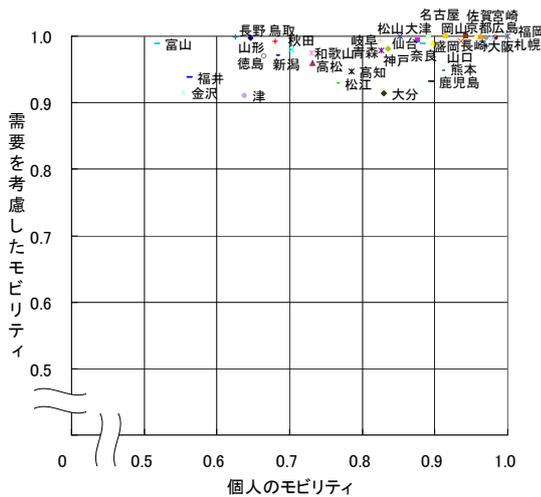
東京－仙台間と同程度の距離であり、新潟県の人口は仙台のある宮城県と同じ程度の人口があるのだが、所要時間や運行本数といった交通サービスに違いがみられ、これが地域格差につながったと考えられる。



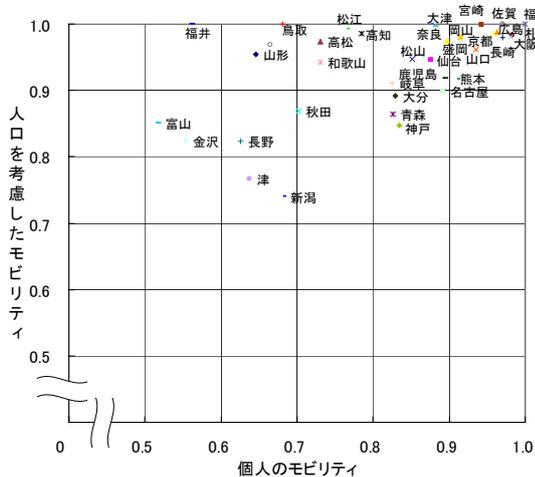
図－6 モビリティの時系列変化

6. 都市間交通の地域格差の分析

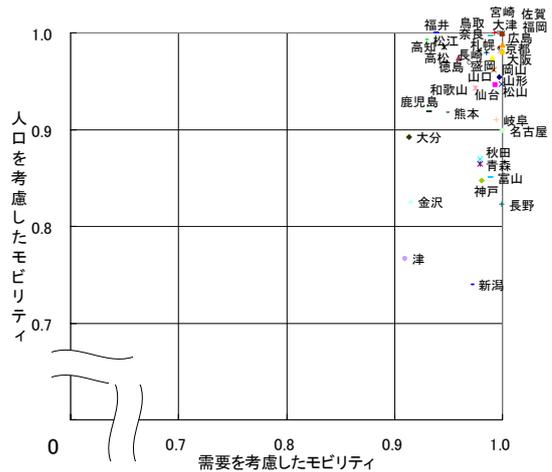
図－7・8・9にウィンドー分析で求めた3つの指標の東京－各都市間のD効率値平均を散布図にしてプロットした。これにより総合的に各都市間の評価を行うこととする。



図－7 個人と需要を考慮したモビリティの関係図



図－8 個人と人口を考慮したモビリティの関係図



図－9 需要と人口を考慮したモビリティの関係図

この3つの図から、東京－新潟間、津間、金沢間などが総合的にモビリティの低い都市間であるといえる。東京－新潟間や津間は人口を考慮したモビリティで地域格差が大きい。この2県は人口が多いにも関わらず、交通サービスが悪いといえる。特に東京－津間では需要を考慮したモビリティも低く、輸送人員が多いにも関わらず、交通サービスが悪いため、これらの都市間では運行本数を増やしたりすることで地域格差が縮まると考えられる。

東京－金沢間も同様に総合的にモビリティが低い都市間といえ、特に個人のモビリティが低い。北陸新幹線が延伸することにより今後地域格差が縮まることが期待できる。

7. おわりに

本研究では、都市間の公共交通サービスによる移動の容易さをモビリティ指標として提案し、都市間移動の地域格差について分析した。これにより、公共交通サービスによる地域格差を定量的に示すことができた。実際に公共交通の交通サービスを良くするといった実現可能性については別の議論も必要とするが、モビリティの地域格差は少なからずあることを示すことができた。

今後の課題としては、割引運賃を考慮した効率性の違いや東京以外の都市間での比較分析を行う必要がある。ゆくゆくは海外諸国の実態を把握し分析を行うことを検討したい。

参考文献

- 1) 例えば木田・青山・中川ら：国際交通の利便性を表す指標としてのEVGCの有効性の検証、土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM) Vol. 60th, Disk 2, 4-339, 2005.
- 2) Abraham Charnesら、刀根薫ら監訳：経営効率評価ハンドブック－包絡分析法の理論と応用－、朝倉書店、2000.
- 3) JTB時刻表1990、1995、2000、2005.
- 4) 国土交通省：全国幹線旅客純流動調査第1回～第4回
- 5) 総務省：人口推計データ、<http://www.stat.go.jp/data/jinsu>