

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 Intercity Mobility 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

わが国では新幹線を中心とする鉄道ネットワークが着実に整備されてきた。また、ほとんどの都道府県に空港が整備され、航空ネットワークも充実してきた。それゆえ、全国的に都市間移動の利便性は高い水準にあると考えられる。しかし、地域別にみると新幹線のルートから外れた地域は、新幹線が整備された地域と比較して都市間移動の利便性は劣っている。また、航空輸送でも経営的観点により地方路線から撤退する動きも出てきており、移動の利便性が低下した都市間もある。これは、整備新幹線・空港などの整備計画や運行計画において、費用便益分析や財務分析などといった効率性や採算性を主な評価基準としているためである。このことは、わが国では効率性・採算性が都市間交通整備の唯一の評価基準であるかのような議論も少なくない指摘されている¹⁾。

このような現状に対し、移動の容易さの地域格差は正問題は、政策提言として交通インフラの整備推進のために論じられることはよくある。つまり、地域間や地域に住む個人の公平性の観点から、格差の是正といった事項が主観的に主張されることが多い¹⁾。しかし、データ分析を通じて客観的に示されることは少ない。

そこで本研究では、公共交通サービスによる都市間移動の容易さの違いを移動の地域格差として捉えることとする。そして都市間の公共交通サービスによる移動の容易さを定量的に示す指標として、個人が移動するといった観点からモビリティ指標を提案する。また、現実には需要規模や人口規模によって運行本数などの供給サービスが決まっているのが一般的であり、利用者もそのことをある程度認知していると考えられる。そこで、需要規模を考慮した指標および人口規模を考慮した指標も提案する。これらを用いて、おもに公平性の観点から都市間移動の地域格差について分析することを目的とする。

2. 既往研究と本研究の特徴

都市間交通の既往研究は、金子ら²⁾によって整理されており、データ整理・交通行動分析・評価手法などにおいて多様な課題があると指摘している。本研究では、そのなかの評価手法に関連する交通サービス評価に関する既往研究についてレビューし、さらに交通分野の地域格差に関する既往研究についてもレビューを行う。

交通サービスを評価する際に重要となるのは、価格はもちろんのこと、運行頻度や所要時間も考慮することである。これらのサービスを複合的に評価する手法としては一般化費用を用いている場合が多い。一般化費用を用いた研究としては、北陸新幹線を対象に行っている野村ら³⁾やイギリス国鉄を対象としたWardman⁴⁾の研究が挙げられる。両研究ともに鉄道のみを対象にしており、航空を含めた複数モードを対象としていないという問題点がある。

複数モードの利用可能性を同時に考慮した研究としては、戸元ら⁵⁾の研究がある。ある都市間の交通ネットワークが改善されたときに発生する便益を地域別に示す過程において、非集計選択モデルの効用を用いることにより鉄道と航空の2つのモードを考慮している。また、山口ら⁶⁾は交通一般化費用を求める際に交通機関別のシェアを取り入れ、アクセシビリティ指標を算出している。天野ら⁷⁾や中川ら⁸⁾は、都市間交通における運行頻度を考慮した新たな所要時間指標として、各時刻における目的地までの所要時間を足し合わせた積み上げ所要時間を定義している。菊池ら⁹⁾は、この積み上げ所要時間を用いた複数モードの期待一般化費用(EVGC)の算出を行い、都市間交通の利便性が国土構造に与える影響を経年的に明らかにしている。

しかし、これらの一般化交通費用を求める方法では、旅行時間を貨幣価値に換算するために時間価値を外生的に与える必要がある。時間価値については、Kato¹⁰⁾が、旅行時間が長くなると時間価値が増加する場合と減少する場合の2つの研究が存在していると指摘しており、時間価値を一意に決定できないという問題がある。加えて都市間交通の場合では、時間価値が異なる地域間での扱いが複雑となる。このような問題から、時間価値に頼ら

*キーマーズ：都市間交通、モビリティ、地域格差、包絡分析法(DEA)

**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

ない都市間移動の利便性を評価する方法が必要であると考える。

交通分野における地域格差を扱った研究としては、移動する際の価格差に注目したAndersonら¹⁶⁾やKnappら¹⁷⁾の研究がある。これらはいずれも費用（運賃）のみに着目している。移動の容易さを評価する際には価格だけでは不十分であり、運行頻度や所要時間といった尺度も含めた評価が必要である。栄徳ら¹⁸⁾は個々人の交通サービス水準を客観的に評価する手法を提案し、これにより交通サービス水準の地域間比較を行っている。この研究では都市内を対象として交通手段選択モデルを取り入れることにより複数モードを含めた移動の容易さを評価している。しかしアンケート調査が必要になり、限られた地域内では容易だが、全国の都市間のような広域を対象とした場合は難しいと考えられる。

そこで、本研究では、都市間移動の地域格差を計測するモビリティ指標として、複数交通モードを入力・出力変数として設定でき、また時間価値などを外生的に与えずに評価できるDEA手法（包絡分析法）を採用する。DEA手法は、企業や自治体の相対効率性を評価する分析手法としてCharnels et al.¹¹⁾により開発されたノンパラメトリック手法である。したがって、アクセシビリティ指標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、残差の分析に基づいてパラメータ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¹²⁾。つまり、パラメータ推定には多数のサンプルを必要とするが、DEA手法ではサンプルサイズを問題としないといったメリットがある。その上、対象とするDMU（事業体）間の効率性の違いを比率尺度によって定量的に評価でき、また条件不利DMUへの改善案を具体的に提言できるといった特徴がある。

DEA手法は、開発された経緯から企業や自治体を評価対象にした研究は多数見受けられるが、評価対象はこれらに限らない。例えば、東本ら¹³⁾のバス路線に着目した総合効率性評価では、バス路線を評価対象にしている。小林¹⁴⁾の交通流によるジャンクションの評価では、評価対象を時間帯別の交通量・地点速度としている。また、Graham¹⁵⁾の研究の中では、従業員数、車両定員、路線長、客車走行キロを用いて都市鉄道の運行効率を評価している。しかし、DEA手法を都市間交通に適用している研究、公平性の観点からモビリティを評価している研究は筆者の知る限り存在しない。

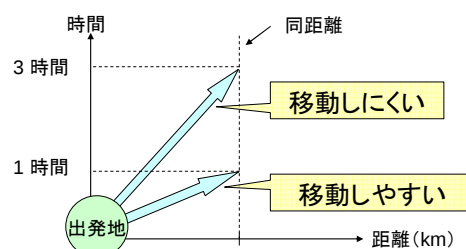
以上より、本研究の特徴として、以下の3点を挙げることができる。

- ・ 鉄道と航空の複数モードを対象^{*1}とした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する点

- ・ DEA手法を用いて、時間価値を外生的に与えずに都市間移動の容易さの違いを評価する点
- ・ 鉄道と航空ネットワークにおけるリンク距離や費用、所要時間、運行頻度などの客観的データのみから都市間移動の容易さを評価する点

3. 都市間モビリティ指標について

本研究では、移動の容易さを表すモビリティ指標を提案する。公共交通を利用して都市間を移動する場合、利用者は希望する距離を提供されている交通サービスによって時間をかけて移動し、その対価として運賃を支払う。つまり、移動の容易さとは、移動距離に対して時間と費用をかけずに効率的に移動できることと定義する。例えば、都市間同士で比較した場合、同距離を移動するならば、より早く移動できたほうが移動の容易な都市間であるといえる（図－1）。運賃に関しても同様である。これは単純に個人が移動する際の目的地への移動の容易さを示したことになる。これを「個人モビリティ」と定義し、都市間モビリティ指標の基本として考える。

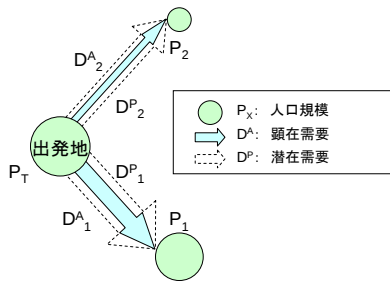


図－1 都市間移動の比較例

次に、前述したように、一般に、需要規模が大きく人口規模が大きい都市間では、交通整備や運行計画が進められ、設備増強による時間短縮や運行頻度の増加などのサービス向上がなされている。そこで、需要規模を考慮したモビリティ指標を提案する。需要には、輸送実績などの顕在化している需要と、供給サービスの不足などにより顕在化していない潜在需要（顕在需要含む）がある。図－2に、本研究で提案する顕在需要と潜在需要の2つの需要を考慮したモビリティ指標の概念図を示した。まず、個人モビリティ指標に顕在化している需要である輸送実績（ D^A ）を考慮した指標を提案する。これにより、現状の交通サービスが需要規模に見合っているのかを評価する。これを「需要考慮モビリティ」指標として定義する。

次に、現状の交通サービスの不便がゆえに顕在化していない需要、つまり潜在需要（ D^P ）が存在している場合もあると考えられる。都市間交通の潜在需要は都市の人口規模で既定されると考えるのが一般的である。そこで、個人モビリティ指標に都市間に存在している潜在需

要として両都市の人口を考慮した指標を提案する。これを「人口考慮モビリティ」指標として定義する。



図ー2 2つの需要を考慮したモビリティ指標の概念図

以上、本研究では「個人モビリティ」「需要考慮モビリティ」「人口考慮モビリティ」の3つの指標を用いて、都市間公共交通の地域間における公平性について、3つの概念から検証することを試みる。

4. DEA手法の概念

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。DEA手法は、線形計画法によって構築された効率的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、より少ない入力で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手法には、主としてCCRモデルとBCCモデルがある。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。本研究では、まず、運賃や所要時間は距離によって概ね比例的に増加するのが一般的であることから、距離に応じて交通サービスが一律に変化する規模の収穫が一定と仮定したCCRモデルを用いて分析する。一方で、運行本数などの交通サービスは需要規模に応じてS字曲線的に変化することも知られており、規模の収穫は一定でない部分もある。そのため、BCCモデルも用いて分析を行い、CCRモデルとBCCモデルの結果を比較することで、都市間交通における規模効率値^{19) 20)}の大きさについても分析する。規模効率値

は、CCRモデルとBCCモデルとのD効率値の乖離度合いをみており、実際の生産構造とモデルで課された仮定が近ければ、乖離は小さく、規模効率値は1に近くなり、規模の収穫一定とみなすことができるものである。CCRのモデル式¹²⁾を式（1）、式（2）に、BCCのモデル式¹²⁾を式（3）、式（4）に示す。

$$\text{Max } \sum_{r=1}^t u_r y_{r0} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to: } & \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{i0} = 1 \\ & \sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \leq 0 \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon \\ & i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad r = 1, \dots, t \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 x_{ij} y_{rj} は各DMU_jの変数 i 、 r の入・出力量、

u_r は出力変数 r に対する最適ウェイト、 v_i は入力変数 i に対する最適ウェイト、 n は対象DMU_j数 ($j = 1, \dots, n$)、 m 、 t は入・出力変数の数、 ε は非アルキメデス無限小数を示す。

$$\text{Max } \sum_{r=1}^t u_r y_{r0} + \sigma \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Subject to: } & \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{i0} = 1 \\ & \sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} + \sigma \leq 0 \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon \\ & i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad r = 1, \dots, t \\ & \sigma: \text{無制約} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 σ は、新しく付け加えられた制約条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ に関する双対変数、 λ は、各事業体の入出力変数をつなげるための変数を示す。

なお、本研究では、DEAの分析対象としての事業体（以下、DMU）を都市間移動する個人と設定して分析を行うこととする。

5. 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、ケーススタディとして、北海道、東北、北陸、関東、中部、関西、中国、四国、九州の9つの各地方の中から、人口が最も多い都道府県（北海道は地域）（道央、宮城、新潟、東京、愛知、大阪、広島、愛媛、福岡）を選んだ。それらを結ぶ36都道府県間の交通サービスを対象^{*2}とした。分析対象年度は第4回全国幹線

旅客純流動調査²¹⁾の調査年度の2005年とした。分析に用いた各データは、交通サービス（運賃、運行本数*³⁾、所要時間）はJTB時刻表²²⁾より、鉄道、航空の各輸送人員は全国幹線旅客純流動調査の代表交通機関別幹線旅客流動量²¹⁾より、各都市の人口は総務省の人口推計データ²³⁾より得た。なお、運賃や所要時間を算出する際の起終点は各都道府県の代表鉄道駅とした。

また、提案した3つのモビリティ指標は、それぞれ表-1に示す入出力項目として設定し分析を行った。入力項目は、3つの指標とも共通とし、移動する利用者側の立場から、都市間移動をする際に利用者に直接影響する鉄道・航空の運賃、所要時間、運行本数とした。ただし航空の所要時間は、空港での搭乗手続きや乗換え時間を考慮するため所要時間に一律40分を加えた。一方、個人モビリティの出力項目は、利用者が移動した結果としての都市間距離（直線距離）のみとした。需要考慮モビリティでは、都市間距離に需要規模を考慮すると考え、出力項目に鉄道と航空のそれぞれの輸送人員を採用した。人口考慮モビリティも同様に考えるが、両都市の人口を扱う際には、重力モデルを参考にし、両都市の人口の積を都市間人口変数と定め出力項目として採用した。

DEA手法で算出される結果は、より少ない入力で多くの出力を得られれば効率的と評価される。そのため、入力項目には少なければ少ない方がよいもの、出力項目には多ければ多いほどよいものを扱う必要がある。これとは逆向きの変数がある場合、モデル入力においては数値を変換する必要がある²⁴⁾。本研究の入力項目では、運行本数は多いほどよい指標である。そのためモデルでは逆数をとることにする。出力項目の輸送人員、人口の変数は、輸送人員や人口が少ない都市間でよい交通サービスが与えられている場合、モビリティが高い（逆に輸送人員や人口が多いにも関わらず、悪い交通サービスの場合はモビリティが低い）と考えられる。そのため、人口変数は逆数変換を施すことにした。輸送人員は、都市間によっては0であり、それらでは分母が0となって逆数変換ができない。そのため、式(5)を用いて大小変換²⁴⁾を行い、輸送人員変数 D^A としてモデル上で扱っている（非負にするため最小の整数値である1を加えている）。

$$D^A = \frac{2\mu - D^A + 1}{2\mu - D^A + 1} \quad (5)$$

ここで、 D^A は輸送人員、 μ は最大値と最小値の平均を示す。

表-1 DEA手法によるモビリティ計測の設定条件

種類	入力項目	出力項目
個人モビリティ	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)
需要考慮モビリティ	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)
人口考慮モビリティ	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)	都市間人口変数(千人 ²⁾) 都市間距離(km)

(2) 個人モビリティの分析結果

個人モビリティは、個人が移動する際の目的地への移動の容易さを単純に示した指標である。本評価では、よい交通サービスで長い距離を移動できる都市間は、評価が高く、その逆は評価が低い都市間となる。

図-3は個人モビリティの分析結果を示したものである。D効率値の全36都市間の平均は、CCRモデルでは0.808、BCCモデルでは0.926であった。まず、CCRモデルによる結果を個別に都市間別に見ると、個人モビリティにおいて最も高いD効率値1となった都市間は福岡-宮城間や東京-大阪間など8都市間であった。概ね航空や鉄道の運行頻度が高い都市間が個人モビリティの高い結果となった。

広島-愛媛間は個人モビリティが36都市間の中で最も低い0.157という結果になった。これは都市間距離が短い、鉄道では岡山を経由する迂回経路となり、航空も乗換えが必要となるためD効率値が低くなったと考えられる。

東京-新潟間は、両都市を結ぶ新幹線が整備されているにも関わらずD効率値が低く36都市間で29番目（D効率値0.656）という結果となった。これは、都市間距離が短いため、航空便が無く、加えて東京-新潟間の新幹線の運行本数が27本/日であり、同程度の都市間距離である大阪-広島間の60本/日と比べて少ないことが効率値を下げた要因として考えられる。

一方、BCCモデルによる結果を見ると、新たに東京-宮城間、東京-愛知間、大阪-愛知間、大阪-道央間、大阪-愛媛間、福岡-広島間、福岡-新潟間、福岡-愛媛間の8都市間のD効率値が1となっている。図-4にはCCRモデルのD効率値とBCCモデルのD効率値の比から求められる規模効率値を示したものである。図-4をみると大阪-愛媛間、福岡-愛媛間、広島-愛媛間において規模効率値が低くなっている。これは瀬戸内海を隔てていることが影響し、規模に対して収穫一定でない可能

性がある。ただし、福岡ー愛媛間や広島ー愛媛間は旅客船を利用する経路も考えられ、旅客船を考慮した場合^{*1}にはCCRモデルでのD効率値が高くなり、規模に対して収穫一定に近づく可能性がある。また、広島ー新潟間や宮城ー愛媛間は、規模効率値が高く、CCRモデル、BCCモデルのD効率値も値が低い。このような都市間では交通サービスそのものが悪く、改善をすべき都市間であると考えられる。

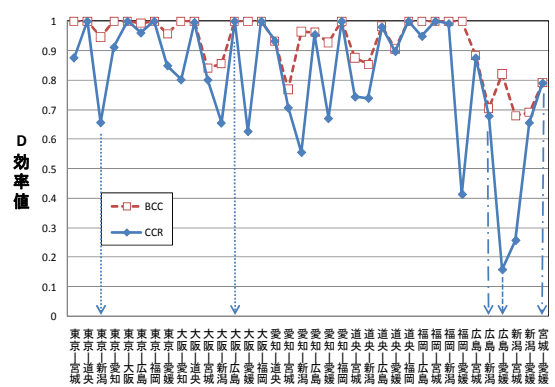
表ー2はCCRモデルより得られた結果の個人モビリティの入力余剰（運行本数は入力不足）を東京ー新潟間を例として示したものである。現状値とは現在の都市間の交通サービスを示しており、効率値はD効率値を1とするためにその項目を個別に改善すべき交通サービス値（入力項目値）を示している。東京ー新潟間の個人モビリティでは、鉄道運行本数において34本／日の入力不足が生じている結果であった。東京ー新潟間と同程度の都市間距離である東京ー宮城間の鉄道運行本数の現状値は34本／日であり、これと比較しても東京ー新潟間の個人モビリティが低いのがわかる。これは東京ー宮城間では、宮城以遠の鉄道需要があるために、新幹線の運行本数が多く設定されている一方、東京ー新潟間では新潟が新幹線の終点であるため、新潟以遠の需要が取り込みにくく、新幹線の運行本数が少ないためと考えられる。これが個人モビリティの差の要因として挙げられる。

以上、個人モビリティ指標を用いて各都市間を比較することにより地域格差の分析を行った。その結果、航空や鉄道の運行頻度が低い都市間において地域格差が存在するという傾向がわかった。

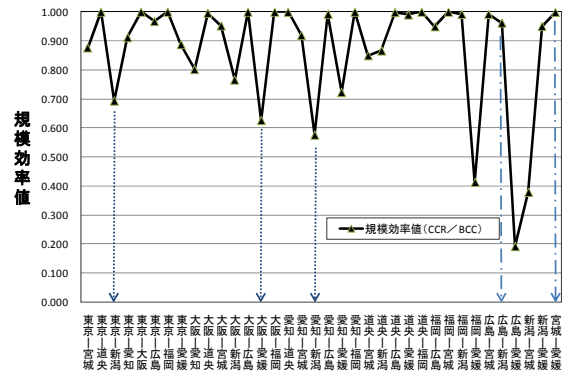
（3）需要考慮モビリティの分析結果

需要考慮モビリティでは、利用者が需要規模による交通サービスの違いを許容していると考え、都市間における移動の容易さをその都市間の輸送実績を考慮して評価する。本評価では、利用者にとって需要規模の小さい都市間をよい交通サービスで移動できた場合は、需要規模の大きい都市間をよい交通サービスで移動できた場合より効用が高いと評価する。

図ー5は需要考慮モビリティの分析結果を示したものである。D効率値の全36都市間の平均は、CCRモデルでは0.961、BCCモデルでは、0.999であった。まずCCRモデルによる結果を見ると、最も高いD効率値1を示した都市間は福岡ー新潟間や東京ー大阪間など36都市間中19都市間であった。福岡ー新潟間は年間航空需要が34千人と少ないにも関わらず、航空の直行便が2本／日あることが効率値を1にした要因として考えられる。道央ー愛媛間は年間航空需要が39千人で福岡ー新潟間以上の規模であるにも関わらず、航空便が1本／日と少ない。このことが道央ー愛媛間のD効率値が低くなった要因として挙



図ー3 個人モビリティのD効率値（2005年）



図ー4 個人モビリティの規模効率値（2005年）

表ー2 東京ー新潟間の入力余剰（入力不足）

	現状値	効率値	差
鉄道運賃 (円)	10,270	6,741	-3,529
鉄道平均 所要時間 (時:分)	2:11	1:26	-0:45
鉄道運行本数 (本/日)	27	61	34
航空運賃 (円)	45,440*	9,243	-36,197
航空平均 所要時間 (時:分)	4:14*	0:55	-3:19
航空運行本数 (本/日)	6*	78	72

*航空の運賃・所要時間・運行本数は乗継ぎ時のものである

げられる。

最もD効率値が低かった新潟ー愛媛間は0.748であった。これを同程度の年間航空需要が存在する宮城ー愛媛間において比較を行うと、新潟ー愛媛間は年間航空需要が9千人存在するところに運行本数が4本／日（乗り継ぎ便）の交通サービスがある一方、宮城ー愛媛間は年間航空需要が6千人存在するところに運行本数が8本／日（乗り継ぎ便）の交通サービスがある。したがって、宮城ー愛媛間の年間航空需要が少ないにも関わらず運行本数が多いことが、新潟ー愛媛間のD効率値を低下させた要因として挙げられる。ただし、この両都市間は、ともに直

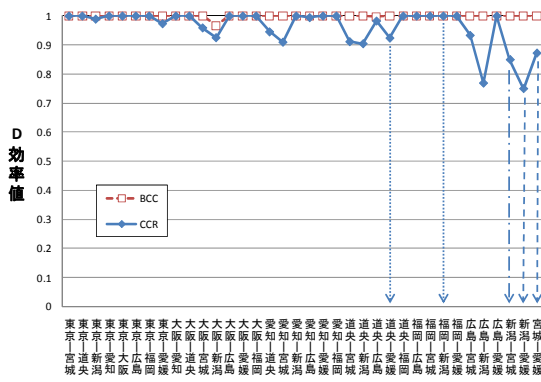
行便はなく大阪経由となるため、大阪－新潟間、大阪－宮城間の交通サービスが大きく影響していると考えられる。

3番目にD効率値が低い新潟－宮城間は、直行する航空便が無く、鉄道においても新幹線で大宮乗換えが発生する。その上この都市間は鉄道の輸送人員が11千人と少なからず需要があることから、需要考慮モビリティが低くなったと考えられる。

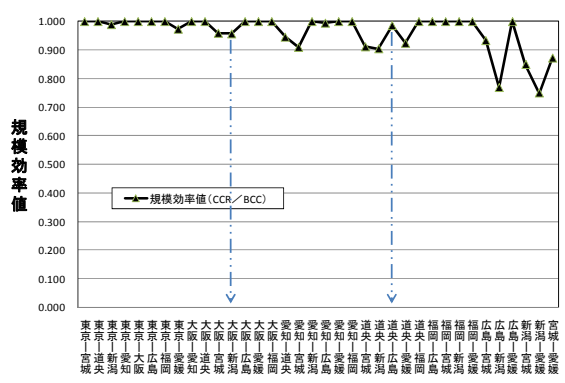
一方、BCCモデルによる結果を見ると、大阪－新潟間、道央－広島間を除く都市間で最も評価の高い1をつけた。BCCモデルを適用した場合、需要考慮モビリティによる都市間の移動格差は概ね小さくなるものの、上記の2都市間が依然として低い値になるという結果であった。図－6には、CCRモデルのD効率値をBCCモデルのD効率値で除した規模効率値を示している。図－6をみるとBCCモデルでは大阪－新潟間、道央－広島間を除いてD効率値が1であったため、CCRモデルにおいてD効率値が低かった都市間において規模効率値が低くなる結果となった。したがって、これらの都市間は、概ね規模に対して収穫一定でない可能性があると考えられる。

表－3はCCRモデルより得られた結果の入力余剰（運行本数は入力不足）を新潟－宮城間を例にとり示したものである。現状値は現在の都市間の交通サービスを示しており、効率値はD効率値を1にするために必要な交通サービス値（入力項目値）を示している。新潟－宮城間のモビリティを高くするには、例えば鉄道運賃のみで対応した場合、現状値の18,570円を15,727円にする必要がある。現状値の18,570円は、大宮を経由するため高額になっている。このような迂回経路の乗り継ぎには、割引策などを講じることにより、地域格差を小さくすることができると考えられる。

以上、交通サービスが需要規模に見合っているのかを考慮して地域格差を評価できる需要考慮モビリティ指標を用いて分析を行った。その結果、地域格差の度合いは個人モビリティよりは小さいものの、需要規模を考慮した場合でも地域格差が存在していることがわかった。



図－5 需要考慮モビリティのD効率値（2005年）



図－6 需要考慮モビリティの規模効率値（2005年）

表－3 新潟－宮城間の入力余剰（入力不足）

	現状値	効率値	差
鉄道運賃 (円)	18,750	15,727	-3,023
鉄道平均 所要時間 (時:分)	3:30	2:57	-0:43
鉄道運行本数 (本/日)	20	24	4
航空運賃 (円)	47,380*	34,826	-12,554
航空平均 所要時間 (時:分)	4:25*	3:44	-0:41
航空運行本数 (本/日)	1*	14	13

*航空の運賃・所要時間・運行本数は乗継ぎ時のものである

（4）人口考慮モビリティの分析結果

人口考慮モビリティの評価では、人口規模に即した交通サービスが提供されている都市間は評価が高く、人口規模に即した交通サービスが提供されておらず潜在需要が存在している都市間は評価が低くなる。

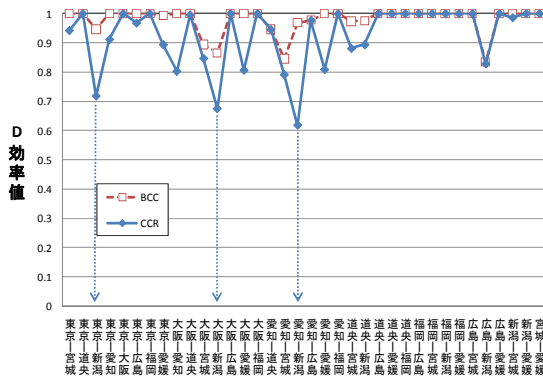
図－7は、人口考慮モビリティの分析結果を示したものである。D効率値の全36都市間の平均は、CCRモデルでは0.925、BCCモデルでは0.978であった。まず、CCRモデルによる結果を見ると、最も高いD効率値1を示した都市間は36都市間中16都市間であった。また、最もD効率値が低かった愛知－新潟間との差は0.382であった。愛知－新潟間を鉄道で移動する場合、東京を経由する迂回経路となっている。加えて2つのJR鉄道会社を乗り継ぐことによる運賃の増加などが要因として挙げられる。また、愛知－新潟間、大阪－新潟間、東京－新潟間とD効率値が低い順に並んでおり、これら3つの都市間には新潟が含まれている。これは新潟県から人口の多い3大都市への都市間移動のモビリティが低いことを示唆しており、これらの都市間には潜在需要があるにも関わらず、適切な交通サービスが提供されていない可能性がある。

一方、BCCモデルによる結果を見ると、新たに東京－宮城間、東京－愛知間、東京－広島間、大阪－愛知間、大阪－道央間、大阪－愛媛間、新潟－愛媛間の7都市間

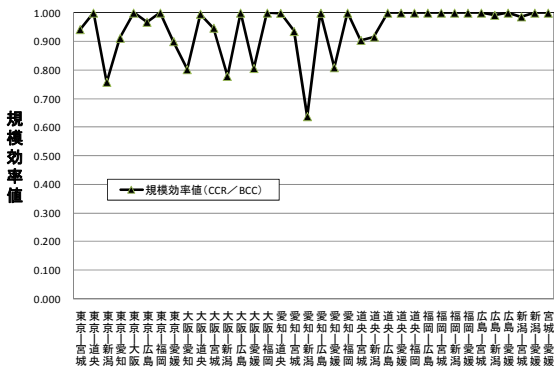
のD効率値が1となっている。図－8にはCCRモデルのD効率値とBCCモデルのD効率値の比をとった規模効率値を示している。図－8をみると人口の少ない都市間より人口の多い都市間において規模効率値が低くなっている傾向がみられる。したがって、人口規模が大きいことが規模に対して収穫一定でない可能性があると考えられる。

表－4はCCRモデルより得られた結果の入力余剰（運行本数は入力不足）を愛知－新潟間を例にとり示したものである。現状値は現在の都市間の交通サービスを示しており、効率値はD効率値を1にするために必要な交通サービス値（入力項目値）を示している。例えば宮城－愛媛間と比較した場合、人口規模が愛知－新潟間と比較して半分以下である。しかし、航空運行本数が愛知－新潟間は現状値6本／日に対し、宮城－愛媛間は大阪経由ではあるが現状値8本／日と多いためである。そのため、愛知－新潟間のモビリティを改善するには、航空運行本数の場合、10本／日の入力不足を解消する必要があることを示している。

以上、都市間に存在している潜在需要を考慮するために、人口を変数として取り込むことにより分析を行った。その結果、個人モビリティと比較して地域格差は少ないものの、両都市の人口がある程度多く、かつ交通サービスが他と比較して劣る都市間において地域格差が存在する傾向があることがわかった。



図－7 人口考慮モビリティのD効率値（2005年）



図－8 人口考慮モビリティの規模効率値（2005年）

表－4 愛知－新潟間の入力余剰（入力不足）

	現状値	効率値	差
鉄道運賃 (円)	19,170	10,231	-8,939
鉄道平均 所要時間 (時:分)	4:10	2:34	-1:36
鉄道運行本数 (本/日)	22	38	16
航空運賃 (円)	23,040	14,233	-12,554
航空平均 所要時間 (時:分)	2:26	1:18	-1:08
航空運行本数 (本/日)	6	16	10

6. 都市間交通の地域格差の分析

これまでの結果のうちCCRモデルの結果を取り上げて、3つの指標を用いて総合的に各都市間モビリティのポジショニングを行い、需要規模の考慮の有無による違いなどを考察する。図－9・10・11に3つの指標の各都市間のD効率値を散布図としてプロットした。

図－9は個人モビリティを横軸に、需要考慮モビリティを縦軸にとったものである。両者のD効率値が1であった都市間は8都市間であった。この図より、需要考慮モビリティには地域格差があまり見られないため図の上方に今回対象にした都市間が集まっている。一方、新潟－愛媛間、広島－新潟間、新潟－宮城間などは、個人モビリティと需要考慮モビリティの両モビリティが低い都市間であった。

図－10は個人モビリティを横軸に、人口考慮モビリティを縦軸にとったものである。両者のD効率値が1であった都市間は8都市間であった。個人モビリティが低い人口考慮モビリティが高い結果であった広島－愛媛間、新潟－宮城間は、他都市と比較すると両都市の人口が少ないため、都市間移動の需要がそれほど期待できない都市間であり、そのため個人モビリティは低く人口考慮モビリティが高くなったと考えられる。

図－11は需要考慮モビリティを横軸に、人口考慮モビリティを縦軸にとったものである。両者のD効率値が1であった都市間は12都市間であった。需要考慮モビリティが低く、人口考慮モビリティが高い新潟－愛媛間は、現状の交通サービスが需要規模にあっていないことを示している。比較的人口は少ないが、これらの都市間にはある程度の需要があり、両都市の交流が活発な都市間であると考えられる。また、需要考慮モビリティが高く、人口考慮モビリティが低い都市間として、愛知－新潟間、大阪－新潟間、東京－新潟間が挙げられる。これらの都市間は需要規模に適した交通サービスが提供されているが、さらに交通サービスを向上させることで、新たな需

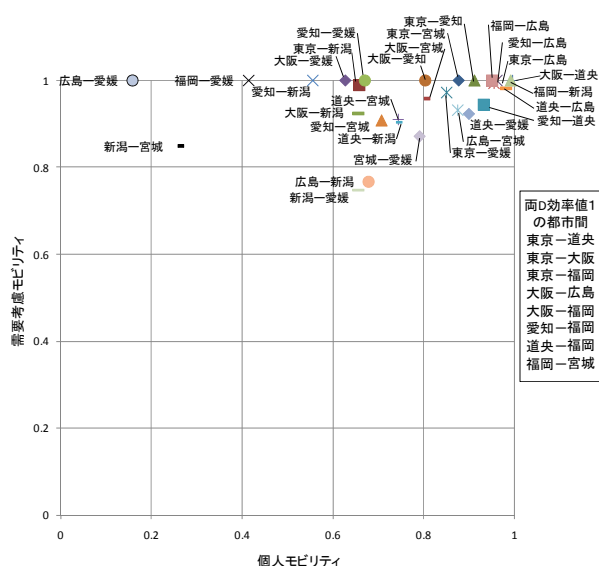


図-9 個人と需要考慮モビリティの関係図

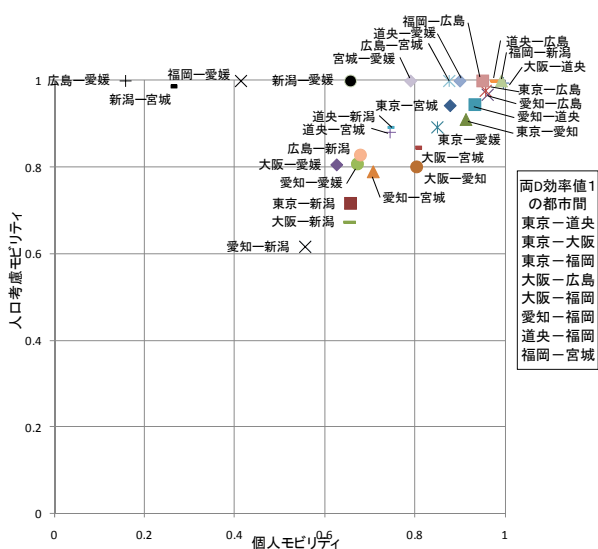


図-10 個人と人口考慮モビリティの関係図

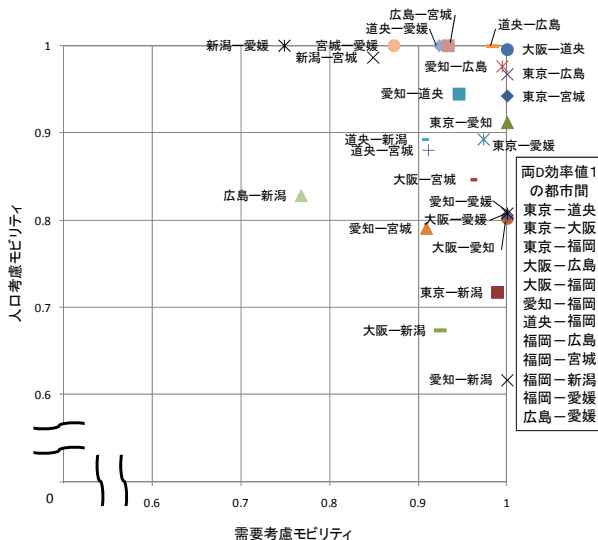


図-11 需要と人口考慮モビリティの関係図

要が生まれる可能性のある都市間であると考えられる。

最後に、3つの図において新潟県を含む都市間の多くが概ねモビリティが低い結果となった。つまり、新潟県からのモビリティは総合的に低く、都市の人口、都市間の需要が多いにも関わらず、交通サービスが劣っているという結果であった。

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表す指標として3つのモビリティ指標を提案した。提案した指標は、DEA手法をベースとすることで、各都市間モビリティの相対的な位置づけを分析できるものである。

その指標を用いて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都市間移動の地域格差を定量的に示すことができた。個人の公平性の観点を基本と考えてはいるものの、都市間の需要規模を考慮して、サービス提供の地域格差も定量的に分析することができた。

提案した指標を用いることにより、地域格差問題を考える上で一つの指標になり得ると考えられる。ただし、実際の公共交通サービスの改善による実現可能性については費用便益分析などの効率性・採算性などの議論もあわせて必要と考えている。

今後の課題としては、交通インフラ整備や規制緩和の影響を把握するため、提案したモビリティ指標を用いて時系列分析を行う必要がある。また、規制緩和の影響をより的確に把握するには、割引運賃を考慮した効率性の違いの比較分析を行う必要がある。さらに対象とする都市間を拡大し、地域格差の所在を明らかにしていきたいと考えている。

補注

* 1 公共交通機関には、他にも高速バスや旅客船が含まれるが、100Km以上でのこれらの分担率は低い(平成19年度旅客地域流動調査より、100Km以上～300Km未満における分担率は、乗合バス 2.06%、旅客船 0.31%)。そのため、今回の分析では、これらのモードを対象外とした。高速バスや旅客船を含めた分析については今後の課題としたい。

* 2 本研究での都市間は、人口の多い都市から少ない都市への移動と対象として考えている。

* 3 運行本数は所要時間最短経路の先着便の数(その便より遅く出発して早く到着するような他の便が無いもの)をJTB時刻表²²⁾よりカウントしている。

参考文献

- 1) 奥村誠、中川大ら：都市間交通の分析と評価の課題、土木計画学研究・講演集Vol.25、CD-ROM、2002.
- 2) 金子雄一郎、加藤浩徳：我が国の都市間交通研究の系譜、土木計画学研究・講演集Vol.31、CD-ROM、2005.
- 3) 野村友哉、青山吉隆ら：EVGCを用いた都市間高速鉄道プロジェクトの便益評価に関する研究、土木計画学研究論文集Vol.18 No.4、Page.627-636、2001.
- 4) Mark Wardman: Forecasting the Impact of Service Quality Changes on the Demand for Inter-urban Rail Travel. Journal of Transport Economics and Policy, Vol.28 No.3, pp.287-306, 1994.
- 5) 栢元淳平、塚井誠人、奥村誠：複数経路を考慮した鉄道・航空ネットワークの評価、土木計画学研究論文集No.20、pp.255-260、2003.
- 6) 山口勝弘、幕亮二：都道府県間アクセシビリティ改善の経済効果、交通学研究2003年研究年報、Page.9-19、2009.
- 7) 天野光三、中川大ら：都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集No.9、Page.69-76、1991.
- 8) 中川大、波床正敏ら：国際交通分析における利便性指標としての積み上げ所要時間に関する研究：土木学会論文集No590/IV-39、Page43-50、1998.
- 9) 菊池隆史、中川大、大庭哲治：フリークエンシーを考慮した都市間交通利便性と地域発展及び国土構造との関係に関する研究、都市計画論文集No43-3、Page.247-252、2008.
- 10) Hironori Kato : Nonlinearity of the Utility Function and the Value of Travel Time Savings: Empirical analysis of interregional travel mode choice of Japan, Proceedings of European Transport Conference 2006, 2006.
- 11) Charnes A., Cooper W.W., Rhodes, E.: Measuring the Efficiency of Decision Making Units. European Journal of Operational Research 2/6, 429-444, 1978.
- 12) Charnes A. ら、刀根薫ら監訳：経営効率評価ハンドブックー包絡分析法の理論と応用ー、朝倉書店、2000.
- 13) 東本康史、岸邦宏、佐藤馨一：包絡分析法を用いたバス路線の総合効率性評価に関する研究、都市計画論文集No.40-3、2005.
- 14) 小林雅彦：DEAを用いた交通流の効率性評価、第26回交通工学研究発表会論文報告集、pp.21-24、2006.
- 15) Graham Daniel J. : Productivity and Efficiency in Urban Railways: Parametric and non-parametric estimates, Transport Research E Policy, Vol.44 No.1 pp.84-99, 1992.
- 16) Anderson W P, GONG G, LAKSHMANAN T R : Geographical Variation in Cost of Air Travel. Analysis of the Domestic Airline Fares Consumer Report, Transport Research Record, No.1788 pp.13-18, 2002.
- 17) Knapp S F, Lago A M : Results of a Parametric Cost Analysis of Differences between Urban and Rural Transportation Services for Transportation -disadvantaged Persons, Transport Research Record, No.934 pp.1-8, 1983.
- 18) 栄徳洋平、溝上章志：QoM指標によるモビリティ水準の地域間比較手法の提案、土木計画学研究・論文集Vol.25 No.1、Page.109-119、2008.
- 19) Coelli, T., T.D.S.P.Rao, and G.E.Battese: An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Kluwer Academic Publishers, 1998.
- 20) 中山徳良：日本の水道事業の効率性分析、多賀出版、2003.
- 21) 国土交通省：全国幹線旅客純流動調査 第1回～第4回
<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/jyunryuudou/index.html>
- 22) JTB時刻表1990、1995、2000、2005.
- 23) 総務省：人口推計データ、
<http://www.stat.go.jp/data/jinsu>
- 24) 刀根薫：経営効率性の測定と改善、日科技連、1993.

公共交通サービスによる都市間移動の地域格差分析*

荒谷太郎**・轟朝幸***・金子雄一郎****

わが国の都市間交通は、新幹線を中心とする鉄道ネットワークに加え、ほとんどの都道府県に空港が整備され、航空ネットワークも充実してきている。しかし、地域別にみると新幹線のルートから外れた地域や、航空の不採算路線の廃止による地方路線からの撤退により、移動の利便性が低下した都市間もある。

そこで本研究では、まず、都市間移動の利便性の違いを地域格差として捉え、地域格差を示す指標について提案した。具体的には、距離を克服するといった移動の本質を利用者個人からみた指標と、それに需要規模や人口規模を考慮した指標を提案した。そしてケーススタディとして、主要都市間の公共交通サービスによる都市間移動の地域格差を定量的に示した。

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

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

In recent years, intercity mobility in Japan has steadily improved as a result of deregulation in the transport sector, improved transportation facilities, technical innovations, and other factors. However, focusing in local intercity mobility, there are becoming low intercity mobility due to the city located off Sinkansen route and withdrawal from less profitable business.

The purpose of this study was to identify regional disparities in terms of intercity mobility by public transportation.

We propose three mobility indices for regional disparity between 36 intercity public transportations. These are individual mobility, in terms of passenger volume and mobility in terms of regional population. For the case study, regional disparities in intercity mobility provided by public transportation services could be quantitatively estimated.
