

第IV部門

モビリティ水準を考慮した都市交通エネルギー効率に関する研究

京都大学工学部	学生員	○土井	俊祐
京都大学大学院工学研究科	フェロー	青山	吉隆
京都大学大学院工学研究科	正会員	中川	大
京都大学大学院工学研究科	正会員	柄谷	友香
京都大学大学院工学研究科	学生員	近成	純

1. 研究の背景と目的

近年、各所で持続可能な交通に関する議論が盛んに行われており、そうした議論の中で、現在の交通の状況は決して持続可能なものではないことが指摘され、エネルギー消費や環境負荷を削減する方策が模索されている。しかしそうした議論の中では、モビリティの維持を定量的に考慮しているものは見受けられない。

そこで、本研究においては、人々の移動度合いを表す指標として、モビリティ水準を定量的に定義し、モビリティ水準を維持した上で交通エネルギー消費最小化を実現できる機関分担を明らかにする。また、これらの理論を京阪神都市圏に適用し、モビリティ水準及びモビリティ効率性指標を算定する。さらに、モビリティ効率性指標と都市特性との関連分析を行うことで、どのような都市構造が交通エネルギー効率に優れているかを明らかにする。これらの結果を踏まえながら、モーダルシフトによって、モビリティ水準を維持しながら、どの程度のエネルギー消費削減が可能であるかを明らかにする。

2. モビリティ水準の定義とその定量化

人の移動度合いを表現する指標として、モビリティ水準を定義する。本研究では、モビリティ水準が交通機関別のトリップ数で構成されたと考え、式1のようなコブ・ダグラス型の関数で表現する。

$$M_i = \prod_n x_{im}^{\hat{\alpha}_m} \quad (1)$$

ただし、 M_i ：ゾーンiのモビリティ水準、 x_{im} ：交通機関mを用いたトリップ数(トリップ/人・日)、 $\hat{\alpha}_m$ ：交通機関mを用いたトリップに対するパラメータ

($\sum_m \hat{\alpha}_m = 1$ を満たす非負の実数)、 m ：交通機関を表

す添え字、である。

モビリティ水準の定量化は以下の交通一般化費用最小化問題により行う。

$$\min TGC_i = \sum_m GC_{im} \cdot x_{im} \quad (2)$$

$$\text{s.t. } M_i = M_{i0}$$

ただし、 TGC_i ：ゾーンiの個人が1日に要する交通一般化費用(円/人・日)、 GC_{im} ：交通機関mを用いた際の一般化費用(円/トリップ)である。式2より、モビリティ水準を構成するパラメータを算定し、モビリティ水準の定量化を行う。

また、モビリティ効率性指標を式3のように算定する。モビリティ効率性指標はその値が小さいほど効率性は悪く、大きいほど効率性が良いことを示す。

$$EOM_i = M_i / E_i \quad (3)$$

ただし、 E_i ：交通エネルギー消費量(kcal/人・日)とし、 E_i については式4より算定する。

$$E_i = \sum_m e_m \cdot d_{im} \cdot x_{im} \quad (4)$$

ただし、 e_m ：交通機関mのエネルギー消費原単位(kcal/人・km)、 d_{im} ：交通機関mを用いた際の平均トリップ距離(人・km/トリップ)である。

3. モビリティ水準の維持とエネルギー消費削減可能性

モビリティ水準維持の制約下での交通エネルギー消費削減の可能性を検証するために、式5の交通エネルギー消費最小問題を考える。

$$\min E_i = \sum_m e_m \cdot d_{im} \cdot x_{im} \quad (5)$$

$$\text{s.t. } M_i = M_{i0}$$

式5より、モビリティ水準維持のもとで交通エネルギー

ギー消費最小化時の機関分担が算定できる。

4. 京阪神都市圏におけるモビリティ水準とモビリティ効率性指標

京阪神都市圏を対象に以上の理論を適用し、モビリティ水準及びモビリティ効率性指標の算定を行った。

図1及び図2にモビリティ水準及びモビリティ効率性指標の算定結果（2000年）を示す。

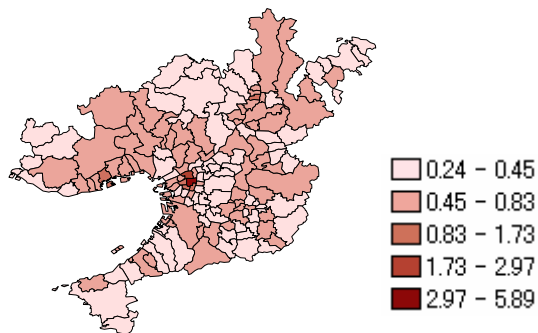


図1 モビリティ水準（2000年）

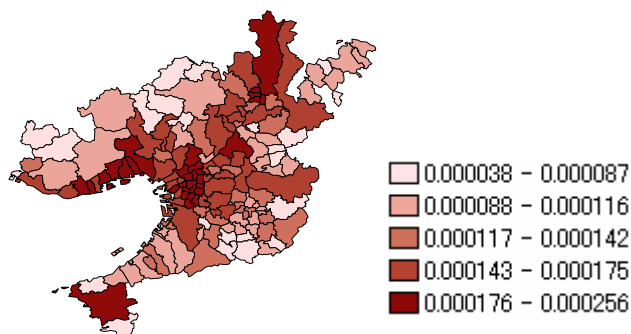


図2 モビリティ効率性指標（2000年）

モータリゼーションが進行した結果、都心部を除けばモビリティ水準の値は地域によってそれほど差はない。しかし、その反面、都心部と郊外部においての交通エネルギー効率の較差が大きいものであることが分かる。次に、モビリティ効率性指標と都市特性との関係を図3に示す。この結果より、人口密集度や鉄道利便性が高い地域においてモビリティ効率が良いことが明らかになった。なお、鉄道利便性を表す指標として用いた鉄道による人口カバー率とは、鉄道を用いた際に一般化費用が一定金額内で到達可能なゾーンの人口を足し合わせ、京阪神の総人口で除したものをゾーン毎に算出したものである。

また、交通エネルギー消費最小化問題により、モビリティ水準を維持するという制約下において、どの程度エネルギー消費量を削減できるかという検証を行った。その結果、図4に示すように、多くの自動車トリップを鉄道トリップに転換させることで、モ

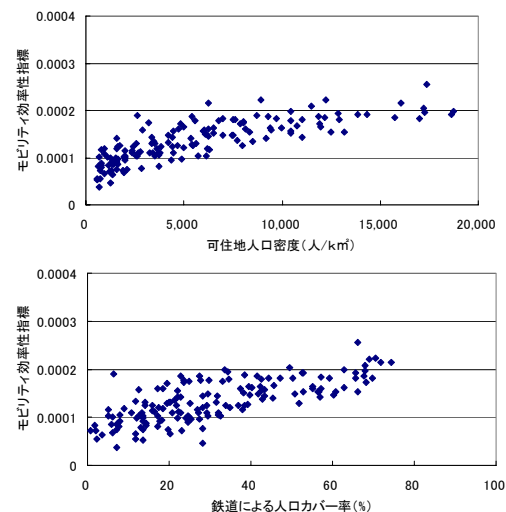


図3 モビリティ効率性指標と都市特性（2000年）

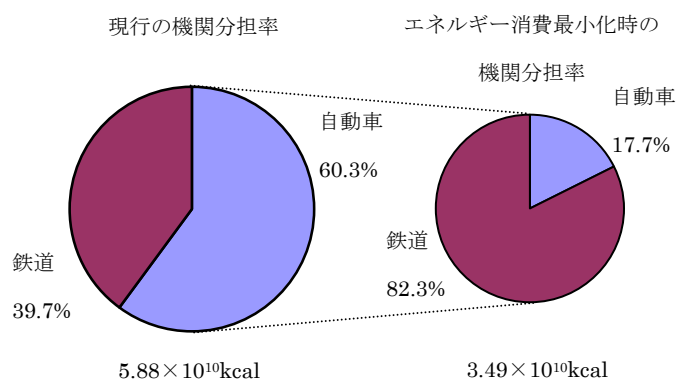


図4 現行及びエネルギー消費最小化時の機関分担率とエネルギー消費量（2000年）

ビリティ水準を維持しながら、相当量の交通エネルギー消費削減が可能であることが明らかになった。

5. 結論

京阪神都市圏を対象としてモビリティ水準及びモビリティ効率性指標の定量化を行った結果、郊外部においても一定のモビリティが獲得されていることが確認された。しかし、交通エネルギー効率の観点から見ると、都心部と郊外部では大きな較差があることが分かった。また、モビリティ効率性指標と都市特性の関連分析の結果、交通におけるエネルギー効率に優れた都市は、高密度かつ公共交通の利便性が高い地域であることが明らかになった。

さらに、現行のモビリティ水準を維持しながら交通エネルギー消費量を最小化する機関分担率を算定した結果、大幅なモーダルシフトを行うことにより、交通エネルギー消費量を大きく削減できる可能性があることが分かった。