

京阪神都市圏における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

京都大学大学院工学研究科 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
 兵庫県 正会員 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し、モビリティ効率性と都市特性との関連分析を行う。また、モビリティ効率改善の施策の効果分析を行い、モビリティ水準の維持制約下における交通による環境負荷低減の可能性を明らかにする。

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ると考え、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トリップに対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消費最小化時の機関分担が算定できる。

キーワード：都市交通、モビリティ、エネルギー消費削減

連絡先：〒606-8351 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻都市地域計画研究室 TEL075-753-5139

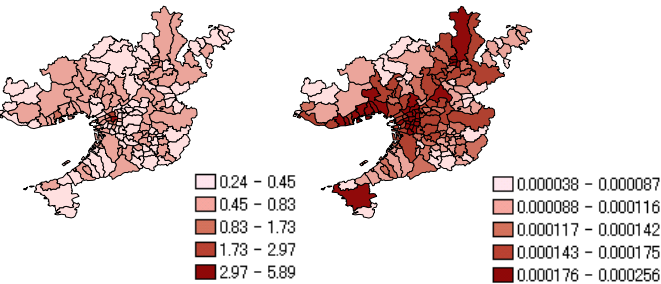


図 1 モビリティ水準とモビリティ効率性指標 (2000 年)

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 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。

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ける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連分析を行った結果、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。

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 2 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。

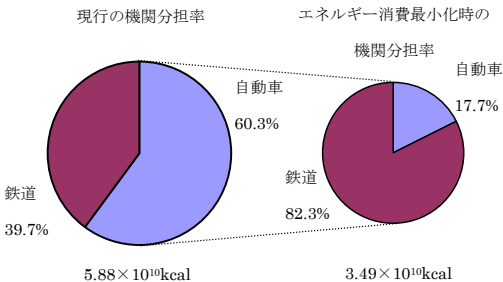


図 2 現行及びエネルギー消費最小化時の
機関分担率とエネルギー消費量 (2000 年)

5. 京阪神都市圏におけるモビリティ効率改善施策の効果分析

実際にモビリティ効率改善の施策を行った際の影響を把握するために、モビリティ効率改善施策の効果分析

表 1 モビリティ効率改善施策効果分析の結果

	シナリオ1 現況再現	シナリオ2 環境税(1.52円/L)	シナリオ3 環境税(1.53円/L)+ 鉄道運賃値下げ
平均モビリティ水準	0.391 (±0)	0.391 (ほぼ±0)	0.395 (+0.04)
平均モビリティ効率性指標 ($\times 10^{-5}$)	8.006 (±0)	8.012 (+0.06)	8.094 (+0.88)
環境税収入 (百万円/年)	0	3,152	3,152
CO2排出量削減便益 (百万円/年)	±0 (基準)	285	285
利用者便益の変分 (百万円/年)	±0 (基準)	-2,529	32,225
有料道路料金の変分 (百万円/年)	±0 (基準)	-199	-199
鉄道会社料金収入の変分 (百万円/年)	±0 (基準)	±0	-19,326

を行った。シナリオは、(シナリオ 1) 現況再現、(シナリオ 2) 環境税導入、(シナリオ 3) 環境税導入+鉄道運賃値下げ、の 3 つについて分析を行った。なお、本章において行った分析については、交通状況の変化によるエネルギー消費原単位の変化を考慮した。

まず、シナリオ 1 により現況再現性の検証を行った結果、ゾーン毎のゾーン発トリップ数の相関係数は自動車トリップ：0.736、鉄道トリップ：0.602 となり、一定の再現性を得た。表 1 にモビリティ効率改善施策の効果分析の結果を示す。施策を実施した両シナリオとも、交通の側面からは正の社会的便益を十分生じる可能性があることが分かる。モビリティ効率改善の効果はシナリオ 3 で大きくなり、特に郊外部での改善効果が大きいことが分かった。

6. 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が、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、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。

さらにモビリティ改善の施策効果分析を行ったところ、環境税試案の環境税を導入した場合、モビリティ水準はほぼ変化せず、施策の効果はわずかなものとなった。しかし、環境税に加えて、鉄道運賃の値下げを行った場合では、モビリティ水準も上昇し、モビリティ効率もある程度改善されることが分かった。