

京都大学工学部 学生員 ○近成 純

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 松中亮治

1. はじめに

京都議定書の採択以降、CO₂排出量削減が大きな問題となっている。しかし、我が国における運輸部門からのCO₂排出量は、近年の自動車依存型の都市形成に伴い、増加の一途をたどっている¹⁾。その中で、「自動車利用に依存することのない都市とは、どのような特性を有するのか」といった議論が活発になされている²⁾。しかしながら、一方で現代の都市が活発な人や物の動き、すなわち高度なモビリティ水準のもとで成立していることは明白である。本研究では、この都市のモビリティ水準に着目し、現行の機関別交通量から都市のモビリティ水準を定量化する。さらに、モビリティ水準の維持を考慮した上で都市の環境負荷度を計測する。

2. モビリティ水準と等モビリティ水準曲線の定義

本研究では、モビリティ水準の維持を考慮するためにモビリティ水準が等しい点を繋いだ曲線、すなわち等モビリティ水準曲線を定義する。

ここではまず、モビリティの定義および本研究におけるモビリティ水準の定義について説明する。モビリティとは、「人や物の移動可能性、移動する能力を表すもの」と定義される。この定義を踏まえて、本研究では、都市のモビリティ水準を「都市に起点もしくは終点を持つトリップの人・km」を用いて表現する。

そして、都市の等モビリティ水準曲線を、それぞれの都市において顕在化している各交通機関の機関別交通量 x_i (人・km) によって、式1のように表現した。

$$M(x_i) = \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} \quad \dots (式1)$$

x_i : 交通機関 i の機関別交通量 (人・km)

α_i : パラメータ ($\alpha_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$)

都市の等モビリティ水準曲線を式1のように、コブ・ダグラス型の関数で表現したのは、等モビリティ水準曲線が以下の2つの条件を満たすためである。

① 線形関数で表現不可

② 形状は原点に対して凸

上記の①は交通機関選択可能性から、②はモビリティ水準が単調性および限界代替率逓減の法則を満足することから、それぞれ説明が可能である。

3. モビリティ水準最大化問題および

交通エネルギー消費最小化問題

本研究では、モビリティ水準最大化問題と交通エネルギー消費最小化問題の2つの問題を解くことにより、都市のモビリティ水準の維持を考慮した上で各都市の環境負荷度を計測する。

まず、モビリティ水準最大化問題を解くことによって、現行の機関別交通量から現行のモビリティ水準を算定する。式2に自動車、鉄道、バスの3交通機関を考慮した場合のモビリティ水準最大化問題を示す。

$$\max \quad M = x_c^\alpha \cdot x_t^\beta \cdot x_b^\gamma \quad \dots (式2)$$

$$s.t. \quad I = p_c x_c + p_t x_t + p_b x_b$$

x_c, x_t, x_b : 自動車、鉄道、バスの機関別交通量 (人・km)

p_c, p_t, p_b : 自動車、鉄道、バスの人・kmあたりトリップ一般化費用 (円/人・km)

I : 交通行動に用いられる一般化費用 (円)

次に、交通エネルギー最小化問題を解くことによって、現行のモビリティ水準を維持するという条件のもとで交通エネルギー消費を最小化する機関別交通量を算定する。モビリティ水準最大化問題の場合と同様に、3交通機関を考慮した場合における交通エネルギー消費最小化問題を式3に示す。

$$\begin{aligned} \min \quad & E = e_c x_c + e_t x_t + e_b x_b \\ \text{s.t.} \quad & M = M_0 \end{aligned} \quad \dots (\text{式} 3)$$

E : 交通エネルギー消費量 (kcal)

e_c, e_t, e_b : 自動車、鉄道、バスの人・km あたりエネルギー消費量 (kcal/人・km)

M_0 : 都市の現行のモビリティ水準

本研究では、ここで算定される最小化された交通エネルギー消費量 $E_{\min}$ と現行の交通エネルギー消費量 E_0 との較差である $\Delta E = |E_{\min} - E_0|$ を、都市の人口で除した「都市人口あたりの交通エネルギー消費較差」によって、都市のモビリティ水準維持を考慮した上での環境負荷度を表すことにする。

4. 実際の都市における算定の結果

以上の理論を実際の都市に適用することを考える。本研究では、京阪神都市圏パーソントリップ調査の対象都市について環境負荷度を計測した。

まず、モビリティ水準最大化問題から、現行のモビリティ水準を算定した。図1に1970年から2000年までの30年にわたる1人あたりのモビリティ水準の変化割合を示す。

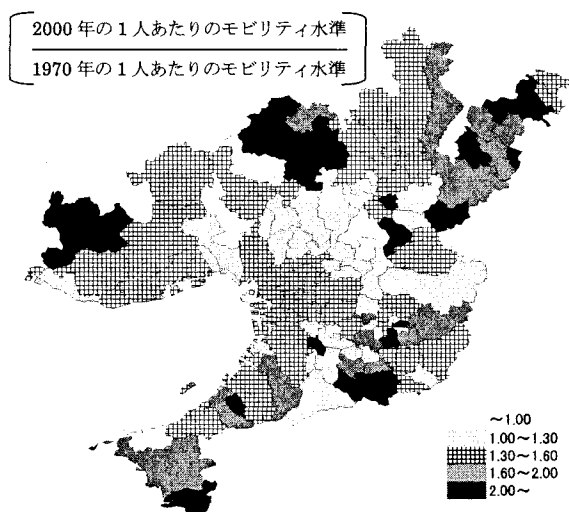


図1 1人あたりのモビリティ水準の変化割合(1970-2000)

1970年から2000年までの30年間で、多くの都市において1人あたりのモビリティ水準が上昇していることがわかる。また、大阪から地理的に離れた都市において、1人あたりのモビリティ水準の上昇がより顕著にみられる。

次に、1970年および2000年における都市のモビリティ水準の維持を考慮した環境負荷度を計測した。その結果を図2および図3に示す。

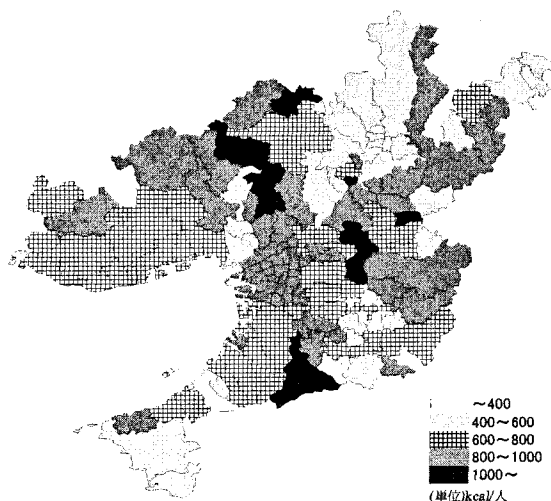


図2 モビリティ水準の維持を考慮した環境負荷度(1970)

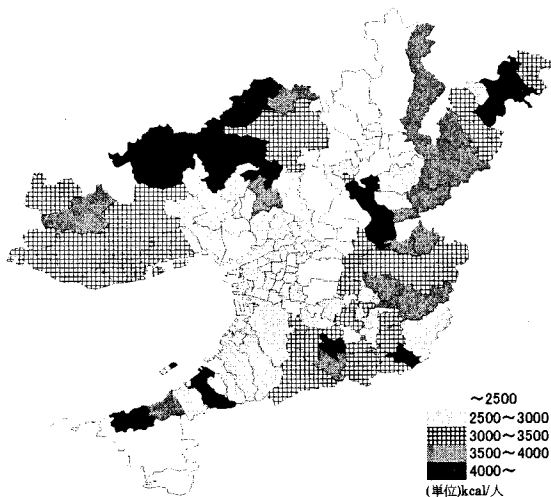


図3 モビリティ水準の維持を考慮した環境負荷度(2000)

図2、図3に示すように、30年間でモビリティ水準が上昇するとともに、環境負荷度も大幅に増加してきたことがわかる。また、その地理的格差も拡大しており、大阪から地理的に離れた都市において環境負荷度が特に増大していることがわかる。

5. まとめ

本研究では、各都市のモビリティ水準ならびにモビリティ水準の維持を考慮した環境負荷度を計測した。その結果、京阪神都市圏においては大阪から地理的に離れた都市において特にモビリティ水準および環境負荷度の増加割合が大きいことがわかった。

【参考文献】

- 1) 環境省, 平成14年版環境白書, 2002.
- 2) 例えば, 谷口 守, 村上威臣, 森田哲夫: 個人行動データを用いた都市特性と自動車利用量の関連分析, 日本都市計画学会学術研究論文集 No.34, pp.967-972, 1999. など