

都市交通のモーダル・シフト政策に伴うCO₂排出量削減効果の推計*

Estimation of reduction effect of CO₂ emission by modal shift policy in urban transport

林 良嗣**、加藤 博和***、木本 仁****、菅原 敏文****

Yoshitsugu HAYASHI**, Hirokazu KATO***, Jin KIMOTO****, Toshifumi SUGAWARA****

1. はじめに

モータリゼーションの進展による自動車からの排出ガス量増大は、NO_x等による沿道環境悪化を引き起こすとともに、温室効果物質であるCO₂の増加においても無視できない要因である。特に発展途上国においては、今後経済発展と都市への人口集中によって、急速にモータリゼーションが進むことにより、上記の問題が将来深刻化してくることが予想される。

自動車交通に伴うCO₂排出量を削減するには、1) 輸送効率向上、燃費改善などによるCO₂排出原単位（単位輸送量あたり排出量）の削減、2) CO₂排出原単位の少ない機関へのモーダル・シフト、3) 職住近接、通信への代替などによる交通量の削減が考えられる。中でもモーダル・シフトは、各機関の利用者の経済的負担をどの程度にするかや、各交通機関をどれだけ整備するかといった交通政策とも関係する問題である。そこで本研究では、都市交通政策を環境面から評価するために、都市単位での旅客交通に伴うCO₂排出量を推計する簡便なマクロモデルを構築する。更にこのモデルを用いて、モーダル・シフト政策のうち、1) 自動車燃料税/環境税の増課、2) 鉄道の整備を行った場合のCO₂排出量削減効果を評価する。

2. CO₂排出量推計モデルの構築

(1) モデル構築の前提条件

* キーワード：環境計画、地球環境問題、交通計画評価

** 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部地圏環境工学専攻
(〒464-01 名古屋千種区不老町)

Tel 052-789-2772 Fax 052-789-3837

*** 学生会員 工修 名古屋大学地圏環境工学専攻

**** 学生会員 名古屋大学地圏環境工学専攻

本章では、都市内旅客交通に伴う1人1年あたりCO₂排出量を簡便に推計するモデルを構築する。都市の交通エネルギー消費量および環境負荷発生量を推計する既往のモデルは、大きく以下の2種類に分けられる。

- a) マクロモデル：国、地域、都市を1つの単位とし、その代表となる指標の関係をモデル化するもの（例えば森田・松岡・有村¹⁾）
- b) ミクロモデル：対象地域内の立地分布を考慮し、各路線区間の交通量を推計して総和をとるもの（例えば林・加藤・望月²⁾）

このうち a) は非属地的政策（都市全体の交通機関整備水準、燃料税の賦課など）を分析するのに適するのに対し、b) は属地的政策（ネットワークの追加整備、有料道路の料金設定など）の分析に適する。本研究では、分析する政策やデータの入手可能性などを考慮し、マクロモデルを採用している。すなわち、都市を1つのまとまりとしてとらえ、都市構造や都市内交通ネットワークの違いは考慮しない。

外国の都市に関するマクロ指標を得ることは、入手可能性の問題や、データのフォーマットが各々異なること、都市範囲の定義がまちまちであることなど制約が大きい。本研究では以上の点に留意し、1980年における世界主要32都市（ヨーロッパ・北アメリカ・アジア・オーストラリア）の集計データ³⁾を用いて、マクロモデルを構築している。

(2) モデルの構成

本モデルは、(a) 自動車分担率モデル、(b) 交通エネルギー消費量モデル、(c) 炭素排出量・CO₂排出量推計式の3つよりなる。モデルの全体構成を図1に示す。

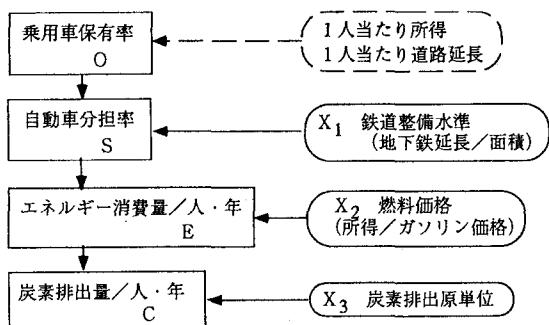


図1 モデルの構成

本モデルの構成や各式の説明変数の決定に際しては、林ら⁴⁾が示した都市交通によるエネルギー消費/環境負荷発生メカニズムを参考にした。

モデル構築に際しては、乗用車保有率を推定するモデルも作成した。その結果、所得水準と道路整備水準が統計的に有意な説明変数であり、燃料価格や鉄道整備水準は有意でないことを確認した。しかし、推定されたモデルには生態学的相関の影響が出ており、予測には不適格と判断したため、ここでは乗用車保有率は所与とする。

(3) モデルの推定

(a) 自動車分担率モデル

自動車分担率は、1) 乗用車保有率<自動車の効用水準>、2) 地下鉄延長/面積<鉄道の効用水準>で説明できると考える。鉄道整備水準として地下鉄延長を用いるのは、都市内交通機関として整備され、運転間隔や走行速度もそろっており、鉄道のサービス・レベルを表す指標として妥当であると考えられるためである。

モデルはロジット形を仮定し、次のように推定した。

(以下、式において括弧内は係数のt値を表す。)

$$S = \frac{100}{1 + \exp(2.69 - 0.00837O + 0.128X_1)}$$

(4.6) (11.2) (-1.86)

$R=0.93$
 S : 自動車分担率 (%)
 O : 乗用車保有率 (台/千人)
 X_1 : 鉄道密度 (地下鉄延長/面積 : m/ha)

(b) 交通エネルギー消費量モデル

1人あたり交通エネルギー消費量は、1) 自動車分担率、2) 燃料価格<自動車利用コスト指標>によって説明できると考えた。ここでは、自動車利用コスト指標として燃料価格のみを採用しており、駐車コスト、有料道路通行料等に関しては、データ入手が困難なため考えていない。また、燃料価格は各都市の1人あたり平均所得で規準化した値を用いている。

線形重回帰分析によるモデル推定の結果は次式ようになった。

$$E = 276.15S + 119.42X_2$$

(4.4) (6.7)

$$R=0.95$$

E : エネルギー消費量/人・年 (MJ/人・年)

S : 自動車分担率 (%)

X_2 : 燃料価格を1人あたり所得で基準化したもの
 (所得/ガソリン価格 : (US\$/人) / (US¢/l))

本来、エネルギー消費量は、まず交通量を表す指標 (例えば総走行台キロ) を推計し、これに燃費を乗じて推計するのが合理的である。しかし、都市全体の交通量データには入手可能性や信頼性に多くの問題があるため、本モデルではエネルギー消費量を直接自動車分担率から求め、交通量を経由しないモデル構成をとっている。ただし、都市構造によって大きく影響を受ける平均トリップ長 (1トリップあたり距離 : 総走行台キロを総トリップ数で除した値) の差を考慮できないという欠点がある。

また自動車の燃費は、走行パターン、車齢等により大きく変化するものであり、交通エネルギー消費量を決定する重要なファクターであるが、マクロには把握しにくいいため本研究では考慮していない。

(c) 炭素排出量・CO₂排出量推計式

自動車燃料はガソリン、軽油等の種類があるため、各燃料別に消費量を求め、それに燃料別の炭素排出原単位 (単位燃料消費量あたり炭素排出量) を乗じて炭素排出量を推計するべきであるが、燃料別の原単位の差は小さい⁵⁾ため、本モデルでは燃料を石油の1種類にまとめて扱うことにする。石油1kgは発熱量44.1MJに相当し、また石油1kgの燃焼により炭素0.86kg (CO₂換算3.17kg<1.63m³>) が発生するた

め、次式が成立する。

$$C = 19.5E$$

C : 1人あたり炭素排出量 (g/人・年)

E : エネルギー消費量/人・年 (MJ/人・年)

3. モデルを用いた政策の効果分析

前章で構築したモデルを使用し、1980年の東京都を例にとり、政策（燃料税の増課、鉄道整備）の1人1年あたり炭素排出量（交通部門）に対する感度分析を行う。

(1) 燃料税の増課

日本も含めて多くの国では、自動車燃料に対しては燃料税が課せられており、日本の場合、税抜きガソリン価格に対する燃料税率はほぼ100%に達している。ここでは、燃料税を更に増課した場合（新たに環境税を導入する場合も同様）を考える。

図2は、増課税率（税抜きの燃料価格に対する）と、増課したことによる1人あたり炭素排出量の変化の関係を示したものである。例えば増課税率を10%（これは現在のスウェーデンの環境税率に相当する）としたとき、1人あたり炭素排出量は増課前に比べて3%減少することが分かる。またこの場合、東京都の税収増は230億円程度が見込まれる。

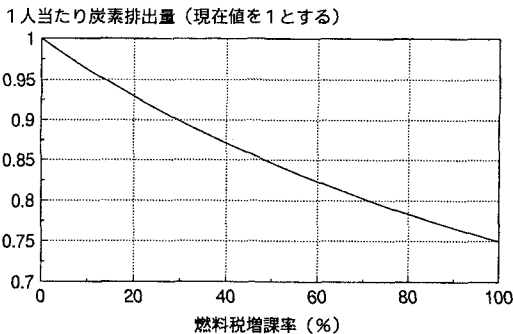


図2 燃料税増課の効果

(2) 鉄道整備

次に、東京都を対象として鉄道整備（地下鉄新線建設）の、1人あたり炭素排出量に対する感度分析を行った。結果を図3に示す。

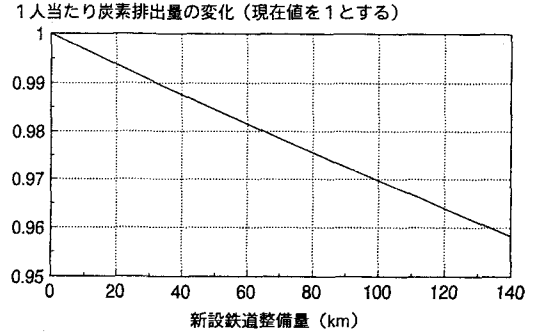


図3 鉄道整備の効果

これによると、1人あたり炭素排出量を、1)の増課税率10%の場合と同じく3%減少させるためには、新たに80kmの地下鉄建設が必要になる。1km当たり建設費を295億円（半蔵門線 1987年の場合⁶⁾）とすると、2.36兆円の資金が必要になる。

(3) 燃料税と鉄道整備の効果の比較

(1)、(2)の結果より、燃料税増課に比べて鉄道整備では、1年単位で同一の排出量削減効果を得るためには約100倍のコストがかかることが分かった。しかし、燃料税の効果は課税年のみに発生するのに対し、鉄道整備の効果は整備後継続して発生することを考慮する必要がある。すなわち、燃料税と鉄道整備の各政策によるCO₂排出量削減は、鉄道整備効果が約100年間持続することによって、ほぼ同一の費用対効果を持つといえる。

4. おわりに

(1) 本研究の成果

本研究の成果を以下に述べる。

a) 都市旅客交通に伴う1人あたりCO₂排出量を、都市のマクロ指標から推計するモデルを構築した。

このモデルは、データの少ない発展途上国への適用が容易である。

b) モデルを用いて、燃料税増課と鉄道整備によるCO₂排出量の削減効果を定量的に評価し、非常に長い期間を考えると、前者と後者は同レベルの費用対効果があることが分かった。

c) 現在日本で行われている高税率（100%程度）の

燃料課税は、CO₂削減に大きな効果を持つことが明らかになった。一方、現在ヨーロッパで実施されている環境税の税率レベル（10%程度）では、削減効果は数%程度にとどまることが分かった。

（２）本研究の課題

課題としては、以下のことが挙げられる。

- a) 本研究のモデルは乗用車保有率を与件としているが、実際には所得水準、都市構造や道路・鉄道整備水準等によって差異が生じる。特に都市構造と乗用車保有水準との間には相乗作用があると考えられる。これらを考慮したモデルの精緻化を行う必要がある。
- b) 本研究で用いたデータは1980年の1時点データであるため、長期的な政策の分析への適用は困難である。発展途上国大都市の政策分析を念頭に置く場合には、データ制約の問題はあるが、できる限り時系列データを用いてモデル改善を行っておく必要がある。
- c) 日本においては、自動車利用者は既に多くの税負担をしており、燃料税／炭素税の増課により更に負担を強いることの妥当性についての考察が必要である。また、受益者負担論や環境汚染の原因者負担原則（Polluter Pays Principle）等に照らした、環境に配慮した自動車関連税体系や、その用途について、検討を加えることが必要である。本研究では燃料税収を鉄道整備財源に充当することの妥当性についても検討しているが本紙面では割愛し、別個にて発表する予定である。

最後に、本研究は文部省科学研究費重点領域研究「人間－地球系」（代表：安井至・東京大学教授）の研究補助金による成果の一部分であることを付記し、謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 森田、松岡、有村：都市構造及び都市配置と地球温暖化、季刊環境研究 No.86、1992.6、pp.51-65.
- 2) 林、加藤、望月：都市の道路網整備が大気環境に及ぼす効果の分析システム、環境システム研究 Vol.21、1993.8、pp.289-299.
- 3) Newman and Kenworthy: Cities and Automob

e Dependence: An International Sourcebook, Aldershot, U.K.: Gower, 1989.

- 4) 林、富田、土井、スパラット、加藤：都市交通によるエネルギー消費およびその環境負荷への影響に関する比較、土木計画学研究・講演集 No.15(1)、1992.11、pp.939-944.

- 5) 科学技術庁科学技術政策研究所：アジアのエネルギー利用と地球環境、1992、pp.156-161.

- 6) 土木学会：交通整備制度 仕組と課題、1991、pp.47-49.