

16. 都市構造の変化が交通エネルギー消費量に与える影響分析

Analysis of effects to transport energy consumption by changing urban-structure

杉田 浩*・岩崎 敦**・谷下 雅義***・鹿島 茂****

Hiroshi SUGITA*, Atsushi IWASAKI**, Masayoshi TANISHITA***, Shigeru KASHIMA****

ABSTRACT ; Transport energy consumption has expanded rapidly resulted from changing in urban structure and increasing in car ownership, which had been effected with complex from policies such as land use regulation and transportation facilities consolidation as well as changing social condition such as population/economic growth. This paper attempts to reveal those reciprocal relations by some statistical models constructed from comparing 1975 to 1992 data of Utsunomiya Urban Area person trip survey. The models basically consist of four sub-models : relationship between workplaces and residence places, relationship between residence places and car ownership, relationship between car ownership and travel behavior, relationship between travel behavior and energy consumption.

KEYWORD ; greenhouse policy, urban-structure, car ownership

1. はじめに

人口の成長や経済成長等による社会・経済状況の変化は市街地の広域化をもたらし、自動車保有台数を増加させた。これに対応し道路をはじめ各種交通施設の整備、土地利用の誘導・規制が行われてきたが、必ずしも総合的に行われなかったため、日本の地方都市の大半は自動車交通主体の都市として形成された。これにより、自動車交通は増加し、交通エネルギー消費量も急激に増加した。有限な資源を有効に活用するといった点からも、交通エネルギー消費量を抜本的に抑制する必要性は高く、そのために、長期的な視点に立った総合的な土地利用・交通政策を行うことが重要となる。本研究は都市構造と交通行動、交通消費エネルギー量の関連性を明確にし、どのような政策が交通エネルギー消費量削減といった観点から有効であるか検討したものである。モデル的に宇都宮都市圏を対象に次の三つの内容について明らかにした。

- ①都市の発展にともない、土地利用と交通行動、交通エネルギー消費量、交通費用がどのように変化してきたか、交通エネルギー量、交通費用変化の要因は何かを明らかにした。
- ②土地利用政策、交通政策の効果を明確に計測できる土地利用と交通行動の相互関係を取り込んだマクロモデルを構築した。
- ③構築したマクロモデルを用いて、都市構造の変化による交通エネルギー消費量削減の可能性を検討した。

2. 対象地域、使用データ

都市の広域化が交通行動、交通消費エネルギー量に与える影響を捉えることを目的とするため、宇都宮市だけでなく周辺市町村を含めた宇都宮都市圏を対象地域とした。

また、データは宇都宮都市圏で実施されたパーソントリップ調査データ(1975 年,1992 年)を用いた。調査対象地域の概要と分析対象となるゾーン数を表 2. 1 に示す。

表 2. 1 調査対象範囲の概要とゾーン数

	1975年	1992年
	宇都宮第1回PT調査	宇都宮第1回PT調査
対象市町村数	4市8町1村	4市6町
人口	589,453	759,067
世帯数	189,576	253,811
抽出率	5.0%	8.2%
大ゾーン	11ゾーン	10ゾーン
中ゾーン	28ゾーン	19ゾーン
小ゾーン	55ゾーン	84ゾーン

*中央大学大学院(博士課程) Chuo University,**住宅都市整備公団 Housing and Urban Development Corporation, ***中央大学 理工学部 Chuo University, ****中央大学 理工学部 Chuo University

3. 土地利用と交通行動の時系列変化

3. 1 土地利用の時系列変化

<居住地と従業地の時系列変化>

1992 年では、1972 年と比較して、人口、従業人口とも、中心部で低下する一方、4～12 km の地域で増加している。(図 3. 1)

3. 2 自動車保有の時系列変化

<自動車保有率の時系列変化>

中心から離れるに従って自動車保有率は上昇する傾向にあるが、1992 年では 1975 年に比較して地域による差が縮小している。(図 3. 2)

3. 3 交通行動の時系列変化

(A) トリップ数の距離帯別時系列変化

自動車の保有・非保有者別の 1 人当たり平均トリップ数をみると、保有者の方が非保有者よりトリップ数は多い。また、中心から離れるに従ってトリップ数が若干減少する傾向にある。これは市街地の広域化による人々のライフスタイルの変化を反映しているものと思われる。(図 3. 3)

(B) 交通機関別トリップ長の時系列変化

平均トリップ長は、保有・非保有者とも全ての交通機関でほとんど変化していない。自動車と徒歩について、距離帯別トリップ数分布をみると 1975 年には自動車の最多距離帯は 5～10 km 帯であったが、1992 年には 0～5 km に変化している。一方、徒歩の最多距離帯は 0～5 km で変化がないが、その割合は減少しており、近距離トリップの自動車化という現象がみられる。また、鉄道とバスには目立った変化はない。(図 3. 4)

(図 3. 4)

(C) 交通機関分担率の時系列変化

どの距離帯でも自動車が増加しており、特に近距離帯では徒歩・バスからの転換が目立ち、バスの利用がかなり減少している。(図 3. 5)

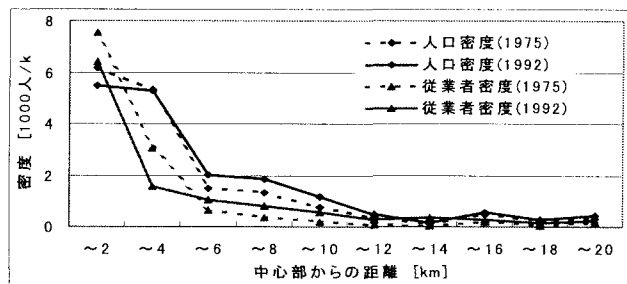


図 3. 1 人口密度、従業者密度の時系列変化

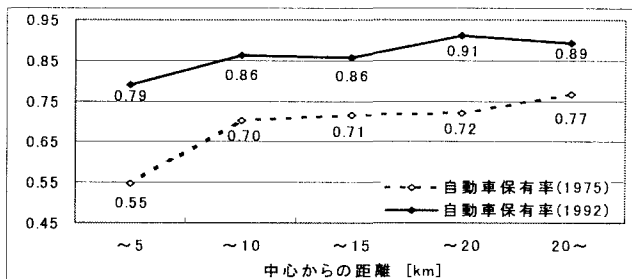


図 3. 2 自動車保有率の時系列変化

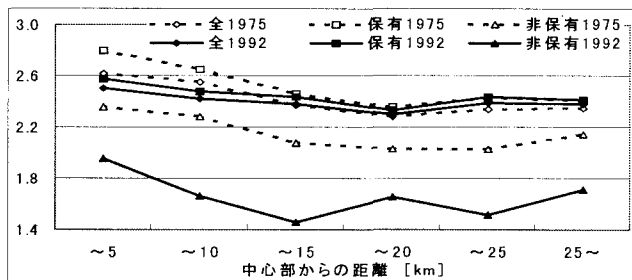


図 3. 3 トリップ数の時系列変化

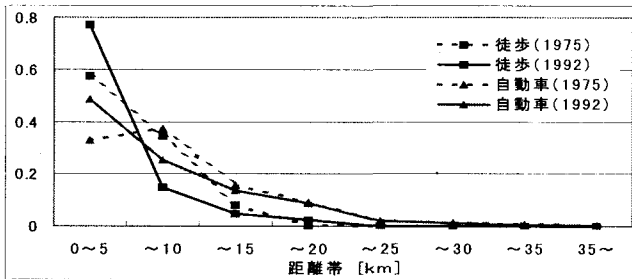


図 3. 4 自動車と徒歩の距離帯別分布

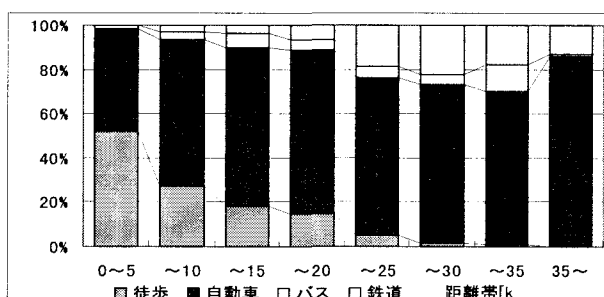
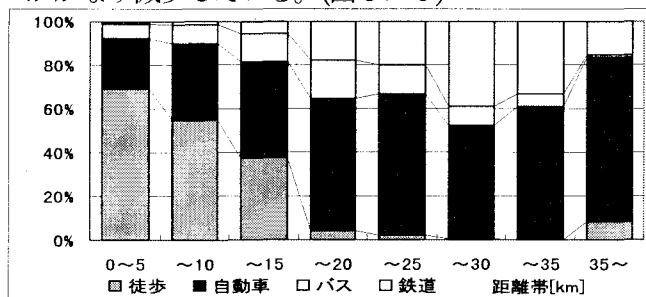


図 3. 5 距離帯別機関分担率 (左: 1975、右: 1992)

(D) 自動車利用速度の時系列変化

1975 年、1992 年を比べると中心から 15km の地域まではほとんど変化がないが、20km 以上の地域では速度が向上している。このことから、速度低下による交通エネルギー消費原単位の悪化はないと考えられる。(図 3. 6)

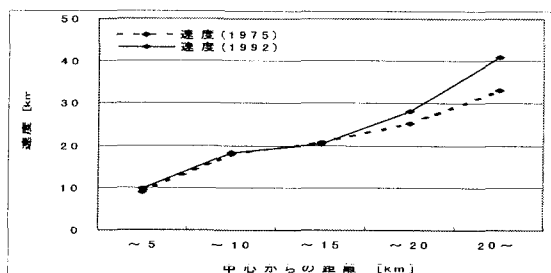


図 3. 6 自動車速度の時系列変化

3. 4 交通エネルギー消費量・交通費用の時系列変化

(A) 推計方法

(1) 交通エネルギー消費量

交通エネルギー消費量は各交通機関のエネルギー消費原単位に平均移動距離を乗じて求めた。また、自動車のエネルギー消費原単位は速度と燃料消費量の推定式を用い算定した。鉄道のエネルギー消費原単位は地域での算出が困難なため速度によらず一定と仮定し、全国の平均値を用いた。

(2) 交通費用

交通に要する費用は走行費用（鉄道・バス料金、自動車燃料費）に所要時間を金額に換算した時間費用を加え算定した。

(B) 推計結果と考察

図 3. 7 に一人 1 日当たりの交通エネルギー消費量の変化、図 3. 8 に一人 1 日当たり交通費用の変化を示す。この図から以下のことがわかる。

(1) 交通エネルギー消費量

- 交通エネルギー消費量のほとんどが自動車によるものである。
- 交通エネルギー消費量の伸びは 1.85 倍で、これは所得の伸び率 2.61 倍より低い。
- 交通エネルギー消費量は交通機関分担率、速度（エネルギー消費原単位）、トリップ長、トリップ数で決まるが、1975 年から 1992 年の間にトリップ数、トリップ長、速度にあまり変化はみられないので、交通エネルギー消費の増加は、自動車分担率の上昇、すなわち、保有率の上昇による短距離帯での自動車利便性の向上が原因と考えられる。

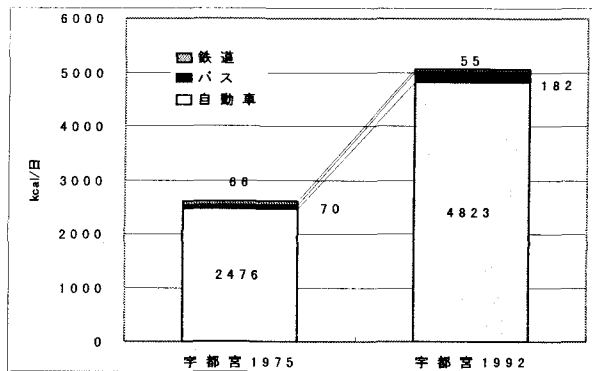


図 3. 7 一人 1 日当たりの交通エネルギー消費量の変化

(2) 交通費用

- 交通エネルギー消費量と同様に自動車かなりの部分を占める。
- 交通費用の伸び率は 2.07 倍で、所得の伸び 2.61 倍より低い。

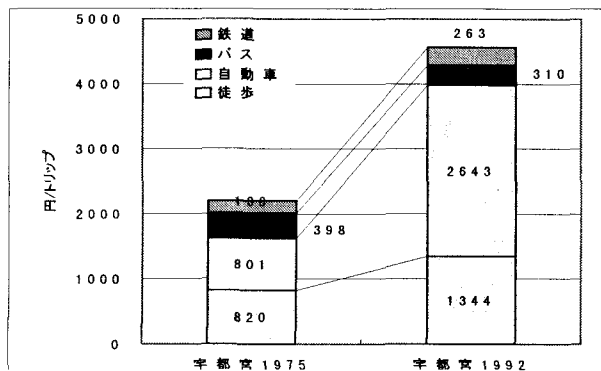


図 3. 8 1 トリップ当たりの交通費用の変化

4. 土地利用と交通行動のモデル化

4. 1 モデルの全体構成

土地利用と交通行動の相互作用が表せるように各種選択構造を仮定し、図 4. 1 に示すモデルの全体構成を構築した。モデルは立地場所選択（居住立地モデル、床面積モデル）、自動車保有選択（自動車保有確率モデル）、交通行動（保有・非保有別トリップ発生モデル、保有・非保有別自由目的トリップ分布モデル）、交通機関選択行動（機関分担モデル、交通機関別速度モデル）から構成される。

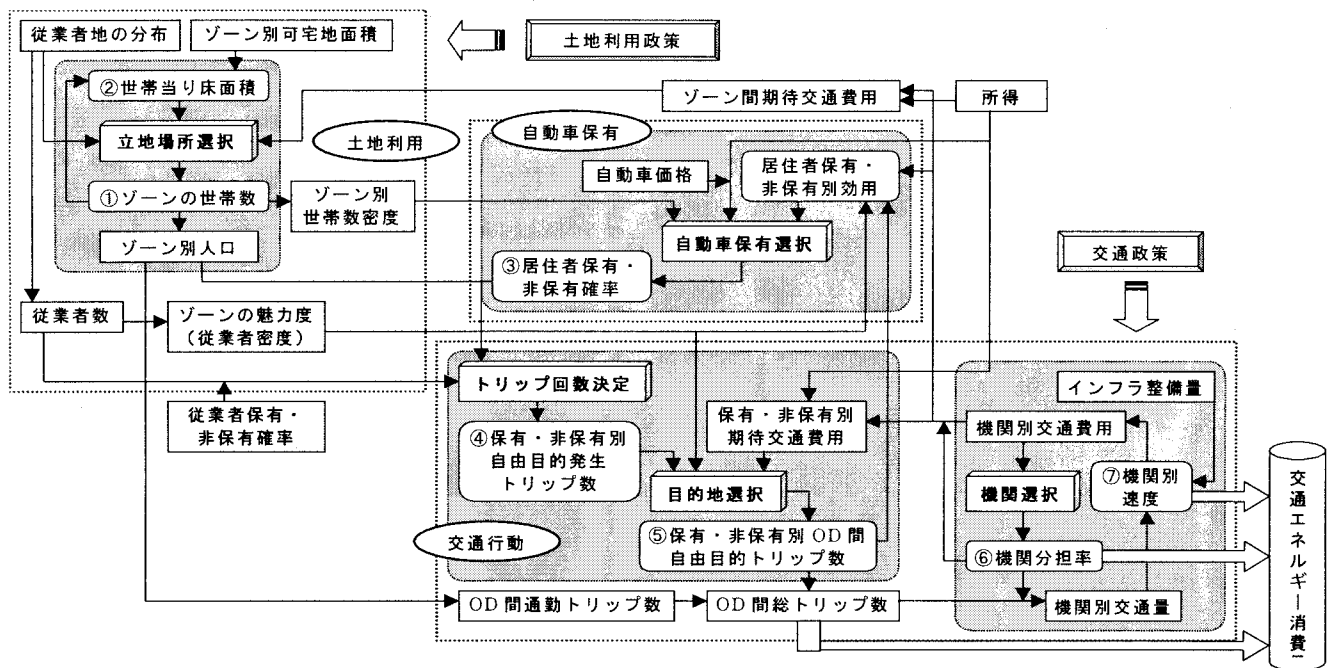


図4. 1 モデルの全体構造

4. 2 立地場所選択のモデル化

(A) 居住地立地モデル

与えられた従業地分布から居住地を求めるモデルである。居住地ゾーンにおける居住可能数（居住可能面積/平均床面積）、所得に対する交通費用等を変数とし構築されている。

(B) 床面積モデル

居住世帯の密度が高まれば平均床面積は小さくなると考え、世帯密度を説明変数として構築されている。

4. 3 自動車保有選択のモデル化

<自動車保有確率モデル>

居住ゾーンの自動車保有確率を求めるモデルである。ロジスティックモデルを用い、保有効用、土地利用要因、所得制約を変数とした。保有効用は保有した時と保有しなかった時の目的地の違いや移動利便性により決定される。土地利用要因は世帯密度を、所得制約は新車販売価格に対する世帯所得とした。

4. 4 交通行動のモデル化

(A) 保有・非保有別トリップ発生モデル

トリップ発生モデルはゾーン人口、従業人口、自動車保有確率を変数として構築されている。

(B) 保有・非保有別自由目的トリップ分布モデル

自由目的トリップ分布モデルは着ゾーンの魅力度(従業者密度)と交通費用を変数として構築されている。

4. 5 交通機関選択行動のモデル化

(A) 機関分担モデル

鉄道、バス、自動車、徒歩（自転車を含む）の4手段を対象とし、集計ロジットモデルを用いバイナリーチェイス方式により算定した。分担モデルは徒歩分担率モデル、自動車分担率モデル、鉄道分担率モデルからなる。徒歩分担率モデルは徒歩一般化費用、自動車分担率モデルは自動車とマストラの一般化費用の比率、鉄道分担率モデルは鉄道とバスの一般化費用の比率を説明変数とした。

(B) 機関別速度モデル

速度モデルは自動車とバスのゾーン毎の速度を算定するモデルである。

(1) 自動車速度モデル

自動車の速度は自動車交通量とゾーン内の道路延長を説明変数として算定した。

(2) バス速度モデル

バスの速度は自動車の速度と相関が高いため自動車の速度を説明変数として算定した。

4. 6 パラメーター推定、モデルの精度

(A) パラメータの推定

パラメータの推定は宇都宮都市圏第1回、第2回 PT 調査それぞれのデータによるもの、第1回、第2回のプーリングデータによるもの3パターンで行った。推定結果は紙面の関係上省略する。

(B) モデルの精度

実績値に対する推計値の比率（ゾーン別）により、各モデルの適合度をチェックした。一部適合度の悪いモデル、ゾーンもあるものの概ね良好な結果が得られた。

5. 交通エネルギー消費量を削減する都市構造の検討

「道路インフラ整備方針を変更した場合」と「土地利用政策を変更した場合」交通エネルギー消費量がどの程度削減されるか、構築したマクロモデルを用いて検討した。

5. 1 道路インフラ整備方針の変更による削減効果

(A) 設定ケース

交通インフラ整備政策としては、都市内では道路に関するものと鉄道に関するものが考えられるが、本研究においては道路整備のみを変更したケース（2ケース）について計測した。（表5. 1）

(B) 検討結果と考察

1992 年（現状）と道路1、道路2についてトリップ長、自動車速度、自動車分担率、交通エネルギー消費量について比較した。（表5. 2、図5. 1）これらより以下のことがわかる。

- 道路1のケースではトリップ長、自動車速度、自動車分担率は現状とあまり変化がなく、交通エネルギー消費量も現状の1.004倍と変化はない。
- 道路2のケースではトリップ長、自動車分担率が上昇し、交通エネルギー消費量に対しては増加要因となっているが、速度が上昇したことにより、少しではあるが交通エネルギー消費量は減少している。
- 道路の整備量を2倍にしても大きな変化はなく、道路整備政策のみによるエネルギー消費量の改善効果は小さいと考えられる。

表5. 1 設定した道路整備政策

ケース	政策
道路1	1975年～1992年間の道路整備量を全て都心で行う
道路2	1975年～1992年間の道路整備量の2倍の整備を行う

<設定したケースの道路整備量> (km)			
	都心部	郊外部	合計
道路1	888	945	1,833
道路2	913	1,256	2,169
1975年	552	945	1,497
1992年	733	1,100	1,833

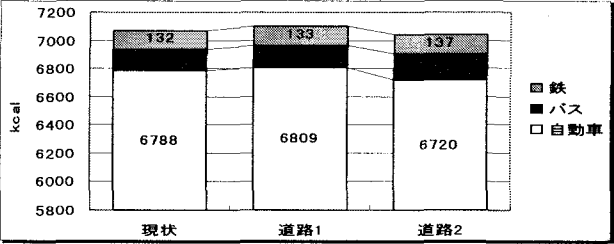


図5. 1 交通エネルギー消費量の変化（道路）

表5. 2 トリップ長、自動車速度、自動車分担率

	トリップ長	自動車速度	自動車分担率
現状	8.50	18.80	47.20
ケース1	8.53	18.60	47.30
ケース2	8.57	20.20	47.90

5. 2土地利用政策の変更による削減効果

(A) 設定ケース

土地利用政策として、土地利用規制、ニュータウン開発、市街地開発などがあるが、本研究では従業地（事業所）の分布を変更した場合（2ケース）の交通エネルギー消費に与える効果を計測した。

(B) 検討結果と考察

1992年（現状）と土地1、土地2のケースについてトリップ長、自動車速度、自動車分担率、交通エネルギー消費量について比較した。（表5. 3、図5. 2）これらより以下のことがわかる。

○土地1、土地2のケースともトリップ長は減少、自動車速度は向上、自動車分担率は低下し交通エネルギー消費量は減少している。特に、土地2のケースでは1992年（現状）に比較して7%近くも少なくなる。

○交通エネルギー消費量を削減するためには、交通インフラ整備政策より土地利用政策が有効である。

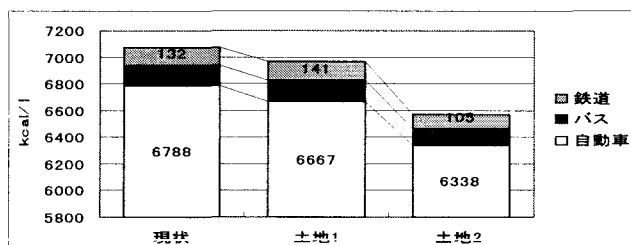


図5. 2交通エネルギー消費量の変化（土地利用）

表5. 2 設定した土地利用政策

ケース	政策
土地1	1975年～1992年間の従業者の増加分を1975年と同じ分布になるように割り振る
土地2	1975年～1992年間の従業者の増加分を全て都心に割り振る

<設定したケースの従業者数>

	都心部	郊外部	合計
土地1	252	157	409
土地2	305	105	409
1975年	168	105	409
1992年	243	166	272

表5. 3トリップ長、自動車速度、自動車分担率

	トリップ長	自動車速度	自動車分担率
現状	8.50	18.80	47.20
ケース1	8.40	18.10	46.80
ケース2	8.07	20.10	46.10

6. おわりに

宇都宮都市圏を対象に、2時点間における土地利用と交通行動の変化を示し、交通エネルギー消費量、交通費用の推計を行った。その結果、トリップ数、トリップ長、自動車速度はあまり変化なく、自動車の保有率が上昇し、自動車分担率が上昇していることがわかった。つまり、交通エネルギー消費量の増加は自動車分担率の上昇の影響が大きいことが分かった。更に、宇都宮都市圏を対象に従業地と居住地の関係、居住地と自動車保有の関係、自動車保有と交通行動の関係、交通行動と交通エネルギー消費量の関係からなるマクロモデルを作成した。このモデルを用いて、交通インフラ整備政策の変更、土地利用政策の変更が、交通エネルギー消費量に与える影響を計測した。その結果、道路整備量を変更してもあまり効果がなく、従業地の分布を都心に集中させるといった土地利用政策が有効であることが分かった。

本研究を深めるために、今後、更に次の点について検討する必要がある。

- ・都市規模の違う他の都市でも同様なことがいえるかどうか検討する必要がある。
- ・本研究では、交通エネルギー消費量を用い評価を行っているが、都市の維持費用、公共交通の収支といった視点からの評価についても検討する必要がある。
- ・本研究で作成したモデルは、必ずしも適合度は良くなく、今後、改善する必要がある。

【参考文献】

- 高嶋裕治：東京都市圏における交通行動の地域特性分析と都市構造の評価に関する研究 中央大学修士論文,1998
加藤博和：都市交通システムの地域環境負荷に関するライフステージ評価手法 名古屋大学博士論文,1997
森本章倫他：東京都市圏におけるPTデータを用いた輸送エネルギー推計と都市構造に関する研究 土木計画学研究論文集 no13,1996
森本章倫他：都市構造からみた輸送エネルギー削減施策の効果推計に関する研究 日本都市計画学会研究論文集,1998