

土地利用の誘導と規制からみた交通環境負荷の低減に関する研究*

A Study on transportation environmental load by considering land use regulation*

吉田真紀**, 森本章倫***, 古池弘隆****

By Maki YOSHITA**, Akinori MORIMOTO***, Hiroataka KOIKE****

1. はじめに

(1) 背景・目的

近年、環境問題への関心が高まる理由として、交通渋滞やそれによる沿道の環境悪化という深刻な問題が身近に生じていることが挙げられる。これはモータリゼーションの進展による影響もさながら、自動車社会を誘発する都市構造にも原因があると思われる。例えば、我が国における全国画一的な用途地域は、規制の緩い地域に土地開発が進むと、交通環境的に効率の悪い都市構造を誘発することが考えられる。

そこで本研究では、交通環境負荷の少ない都市を目指し、長期的および広域的視野から都市を捉え、交通施策に応じた土地利用の誘導と規制を考慮した施策を示す。具体的には、交通結節点には効果的な土地利用誘導を、その他の地域には開発を抑え込むような規制をかけ、環境的側面から評価を行うことを目的とする。

これまでの研究では、交通施策に加えて人口密度や都市構造の諸要素が環境負荷に与える影響を実証しているもの¹⁾や、土地利用形態が交通に与える影響及びCO₂排出量の関係を算出しているもの²⁾が挙げられる。しかし、土地利用の規制誘導と交通施策を共に考慮して、交通環境負荷を推計しているものはほとんど見られない。

(2) 研究対象項目の設定

本研究では対象地域を宇都宮都市圏(4市6町)、目的は全目的とし、4段階推定法による需要予測を行う。

*Key Words: 土地利用規制, 交通エネルギー, 施策評価, 交通と土地利用

** (株)ライテック 社会調査・計画室

(東京都新宿区市谷本村町 2-7,

TEL:03-3268-2511, FAX:03-3268-7181)

*** 正員, 工博, 宇都宮大学工学部建設学科

**** フェロー, Ph.D., 宇都宮大学工学部建設学科

(栃木県宇都宮市陽東 7-1-2,

TEL:028-689-6221, FAX:028-689-6230)

土地利用の誘導と規制を考慮するために、宇都宮市(44計基ゾーン)は床指標で推計を行う。使用したデータは、1992年宇都宮都市圏PT調査であり、評価対象年次を宇都宮マスタープラン(以下、MP)と同じ2010年とする。また、評価指標は、交通機関の中で最もエネルギー原単位が高い自動車に着目し、その混雑度、エネルギー消費量、CO₂排出量とする。

交通と土地利用シナリオの設定にあたっては、都市圏の問題とされている低密度な市街地や慢性的な交通渋滞への対応策を考慮する。また、平成12年6月には「都市計画法及び建築基準法の一部を改正する法律」(以下、改正法)が制定された³⁾。これにより、土地利用に関しては、地域の実状に合わせた規制と誘導を行えるようになった。そこで、この改正法の一部を適用し、各交通施策に見合う土地利用の誘導と規制を都市圏全体で考慮し、シナリオ作成を行う。

さらに、土地利用規制の概念は、規制をかける地域において、t年からt+1年の現状推移による床面積の伸び率を抑えることとする。つまり、規制後の床面積は、各ゾーンにおける目標開発量を示すことになる。具体的な規制床面積の算出方法を以下に示す。

$$F_{i(t+1)}^k = f_{i(t)}^k \cdot \left\{ \left(\frac{f_{i(t+1)}^k}{f_{i(t)}^k} - 1 \right) \cdot (1 - Reg/100) + 1 \right\}$$

(F: 土地利用規制後の床面積, f: 現状推移の床面積,)
(k: k用途床, i: ゾーン番号, t: 年, Reg: 規制力)

2. 交通需要予測モデル

(1) 発生・集中交通量の推計

発生・集中量の推計は回帰モデル法を用いて、宇都宮市(市内)とそれ以外(市外)でそれぞれ異なる2つのモデルを構築する。

【発生量】市内: $G_i = a_0 + \sum ak \cdot Fk_i$ (R=0.975)

市外: $G_i = a_0 + Pn_i$ (R=0.641)

【集中量】市内: $A_i = a_0 + \sum ak \cdot Fk_i$ (R=0.973)

市外: $A_i = a_0 + P3w_i$ ($R = 0.607$)
 $(i: \text{ゾーン番号}, a_0: \text{パラメータ}, ak: k \text{用途パラメータ}, Fk: k \text{用途床面積}, Pn: \text{夜間人口}, P3w: 3 \text{次従業人口})$

(2) 分布交通量の推計

分布交通量の推計は、土地利用が交通発生・集中に与える影響を考慮することができる重力モデルを用いて推計する。また、発生交通量と集中交通量で始終点制約をかけて収束計算を行う。

$$X_{ij} = k \frac{G_i^\alpha \cdot A_j^\beta}{t_{ij}^\gamma} \quad (R = 0.791)$$

$(X_{ij}: i, j \text{ゾーン間分布交通量}, t_{ij}: i, j \text{ゾーン間所要時間}, k, \alpha, \beta, \gamma: \text{パラメータ})$

(3) 交通機関分担率の推計

交通機関分担率の推計には、交通機関の効用差を考えた集計ロジットモデル・バイナリ・チョイス型を用いる。ここで、宇都宮市内の自動車分担率 (R_c) の推計式を示す。(R=0.762)

$$P_c = 1 / (1 + \exp(-4.048 + 0.988 \cdot \ln(D_{ij}) - 0.117 \cdot Ed_i - 0.090 \cdot Ed_j - 0.649 \cdot \ln(Pa_i) - 0.674 \cdot \ln(Pa_j) + 1.957 \cdot H_i + 2.474 \cdot H_j + 0.950 \cdot C_i + 0.820 \cdot C_j + 0.018 \cdot T_{ij}))$$

$$R_c = P_c \times P_t$$

$(i: \text{発ゾーン}, j: \text{着ゾーン}, D: \text{ゾーン間距離}, Ed: \text{駅からの距離}, Pa: \text{駐車台数}, H: \text{住宅密度}, C: \text{商業密度}, T: \text{自動車ゾーン間平均時間}, P: \text{選択率}, R: \text{分担率}, c: \text{自動車}, t: \text{交通機関})$

(4) 配分交通量の推計

配分交通量の推計にあたり、宇都宮都市圏において集計ネットワークを作成する。また推計方法として、モデル構築の容易性から、需要固定型の多経路配分モデルである Dial モデルを用いており、その際には、Dijkstra 法で最短経路探索を行った。なお、Dial モデル中の経路選択の推計プロセスにおいて、交通容量を考慮したリンクのウエイトの計算を行っている。

$$w(e_{ij}) = a(e_{ij}) \cdot \sum_l w_{ij} \cdot c(e_{ij}) / \sum_l c(e_{ij})$$

$(w(e_{ij}): i, j \text{間のリンク} e \text{のウエイト}, a: \text{リンク利用可能性}, c: \text{交通容量})$

(5) エネルギー消費量とCO₂排出量の算出

エネルギー消費量は、エネルギー原単位に自動車トリップと自動車 OD 平均時間及び自動車平均速度を乗じることで算出する。また、CO₂排出量はエネルギー消費量にCO₂排出係数を乗じることで算出する。ここで、エネルギー原単位及びCO₂排出係数は、宇都宮市の推計を行った川島⁴⁾の値を用いることとする。

$$qc_{ij} = 763.1 \cdot T_{cij} \cdot T_{aveij} \cdot S_{ave}$$

$$coc_{ij} = qc_{ij} \cdot DC$$

$(qc_{ij}: \text{エネルギー消費量}, T_{cij}: \text{自動車トリップ}, T_{aveij}: \text{自動車平均時間}, S_{ave}: \text{自動車平均速度}, coc_{ij}: \text{CO}_2 \text{排出量}, DC: \text{CO}_2 \text{排出係数})$

3. シナリオの設定と交通負荷の算出

(1) 現状推移(シナリオ0)

本研究では、交通と土地利用(誘導と規制)を考慮した3つのシナリオを作成し、その効果を2010年における現状推移の推計値と比較する。

まず、現状推移の推計は、1992年の各種人口と床面積の重回帰分析の後、宇都宮都市圏交通総合都市交通計画協議会で推計されている将来(2010年)の各種人口をもとに、宇都宮市各ゾーンの床面積の推計を行う。その結果(図-1)、住宅床面積の伸びが他の床面積に比べ高くなった。交通需要予測では、この4種類の床面積と学校床面積(2010年まで変化なし)を使用する。

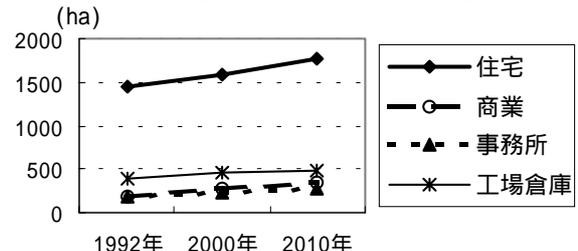


図-1 将来宇都宮市各種床面積推計

シミュレーションの結果(表-1)、年々交通負荷は高まり、エネルギーにおいては、2010年には1992年の1.25倍になる事がわかる。また、集計ネットワーク上の混雑度とゾーン別のエネルギー消費量の伸び率(図-2)をみると、鬼怒川左岸の開発が相当見込まれているため、市の東側の伸び率が高い。

表-1 現状推移(シナリオ0)結果

	1992年	2000年	2010年
平均混雑度	1.424	1.582	1.786
エネルギー(百万kcal)	5,583	6,185	6,965
CO ₂ (t)	1,547	1,713	1,929

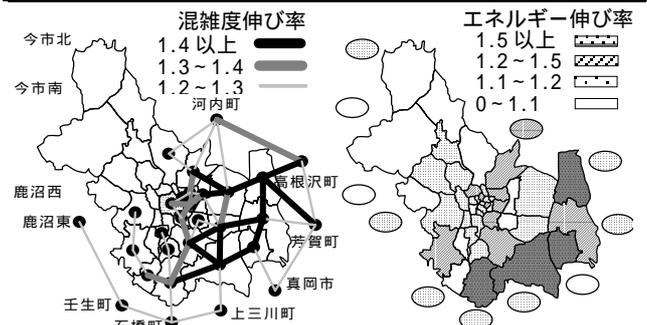


図-2 S0の混雑度(左)とエネルギー伸び率(右)(2010/1992)

(2) 都心活性化施策(シナリオ1)

都心活性化施策は宇都宮 MP でも掲げられており,ここでは JR 宇都宮駅を中心に,商業床面積を増加させることで施策の効果を検討する. 関連制度としては改正法中の「特例容積率適用区域制度」が挙げられる. これは,都市機能が集積する既成市街地の商業地域内の高度利用を促進するために新設された制度である. 現状推移では都心・内環状ゾーンの広範囲にわたり商業床が拡大化している. その外延化を防ぐために,内環状ゾーンに規制をかけ,その分を都心ゾーンに誘導を行う. なお,規制誘導は1章2節で示した規制力 *Reg* で表現し,この値を変化させて推計を行う(表-2).

表-2 都心活性化施策(シナリオ1)

	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4
規制力 <i>Reg</i>	12.5%	25%	37.5%	50%

推計結果(表-3)から,現状推移よりも交通負荷が小さく,さらに規制力が強いほどその減少度は大きい.

また,規制力 50%時における混雑度とエネルギー伸び率を示す(図-3). 都心を中心に交通負荷が小さくなり,広域的にエネルギー減少をしている. 都市圏全体では,現状推移よりも約9,400万 kcal も減少し,これは宇都宮市の1日1人当たりの平均交通消費エネルギー-7,928kcal で除すと,約11,900人分のエネルギー削減効果があるといえる.

表-3 都心活性化施策(シナリオ1)結果

	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4
平均混雑度	1.776	1.771	1.767	1.762
エネルギー-(百万 kcal)	6,923	6,906	6,889	6,871
CO ₂ (t)	1,918	1,913	1,908	1,903

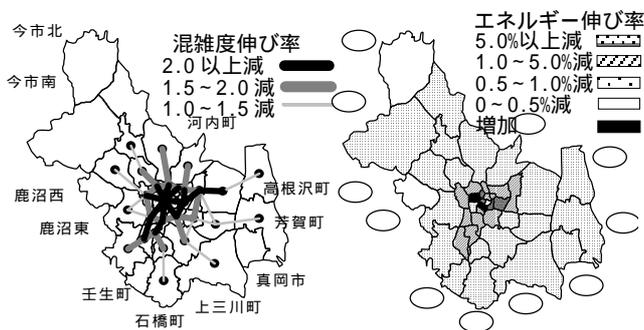


図-3 S1-4の混雑度とエネルギー伸び率

(3) 新交通導入によるTOD施策(シナリオ2)

宇都宮市の交通渋滞を緩和する施策の一つとして LRT (JR 宇都宮駅東口~清原工業団地:全長7.9km)の導入を考える. さらに,その利用度を高めるために,駅周辺の高密な土地開発を試みた TOD 施策を取り入れ

る. ただし,テクノポリスセンターとして相当の開発を見込んでいる清原工業団地と,市街化区域は充分な開発が行われると想定し,市街化調整区域の3駅周辺に TOD 施策を導入することとする(図-4).

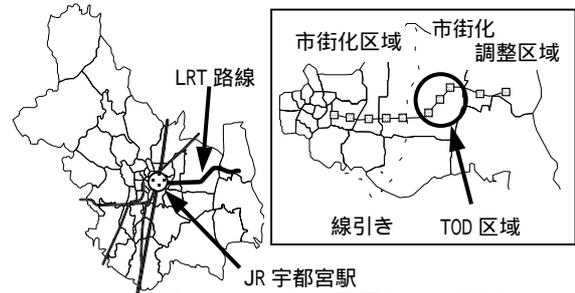


図-4 LRT 路線配置と TOD 区域

具体的に,TOD 区域には LRT 駅を中心に約 1/4 マイルの範囲で住宅と商業床の誘導を行う. なお,その増加量は他地域に土地利用規制をかけることで算出するが,この規制場所を異なる範囲で設定し,その規制効果を評価する. また,土地利用誘導を行わない LRT 導入のみの施策を比較する(表-4). シナリオ2における改正法の位置付けは,用途地域が定められていない市街化調整区域において,土地利用の状況に応じ,特定行政庁が容積率等の指定を行うことで,良好な環境確保を行うという制度が適用できる.

表-4 新交通導入による TOD 施策(シナリオ2)

	交通	誘導	規制場所	規制力
S2-1	LRT	なし	なし	なし
S2-2	LRT	TOD	LRT 導入ゾーン以外	住:3.3% 商:5.6%
S2-3	LRT	TOD	宇都宮市郊外ゾーン	

表-5より,現状推移の値と比較すると,全体的に交通負荷の削減効果が得られており,最も効果が大いなのは,規制を郊外ゾーンにかけた S2-3であった. これより,トリップ長が大きい地域に重点的に規制をかけた方が効果的であることがわかる.

表-5 LRT・TOD 施策(シナリオ2)結果

	S2-1	S2-2	S2-3
エネルギー-(百万 kcal)	6,932	6,942	6,912
CO ₂ (t)	1,920	1,923	1,915

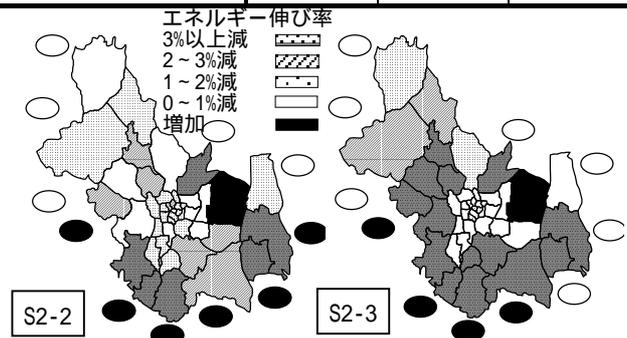


図-5 シナリオ2のエネルギー伸び率

(4) 郊外都市の土地利用誘導施策(シナリオ3)

現在, 有料道路である日光宇都宮道路が無料化に向けて動き出しており, さらにこの道路から直接宇都宮市の環状線につながる宇都宮北道路が整備されている。これにより, 郊外都市の交通の便は良くなり, 土地利用規制がかけられていないI.C周辺は, 大幅な土地開発が見込まれる。今回の改正法では, 用途規制がない地域に関して「準都市計画区域」を適用させ, 土地利用規制を定めることができるとある。従って, 郊外に局地的に土地利用誘導を行い, それ以外の地域においては規制をかけることで無秩序な開発を抑えることとする。具体的なシナリオ構成を表-6に示す。

表-6 郊外都市の土地利用誘導施策(シナリオ3)

	交通施策	誘導	規制	規制力
S3-1	道路整備	なし	なし	なし
S3-2	道路整備	I.C周辺	その他地域	1.3%
S3-3	道路整備	I.C周辺	その他地域	2.5%

現状推移の結果と比べると, 道路新設のみ(S3-1)ではほぼ変わらない結果となったが, 他の地域に規制を強めるほど効果が高い(表-7)。

表-7 郊外都市の土地利用誘導施策(シナリオ3)結果

規制力	S3-1	S3-2	S3-3
平均混雑度	1.787	1.784	1.780
I.C [*] (百万 kcal)	6,964	6,961	6,953
CO ₂ (t)	1,929	1,928	1,926

また図-6より, 土地利用誘導を行った周辺道路は, 混雑悪化を示すが, 今市市と鹿沼市を結ぶ道路は交通負荷が減少する。さらに, 相対的に宇都宮市東側一体が大きく減少することがわかった。

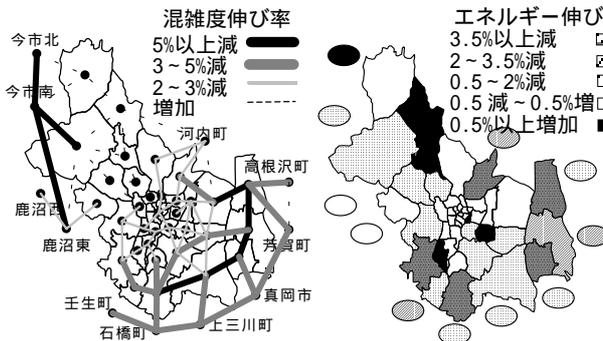


図-6 S3-3の混雑度・エネルギー伸び率

(5) 規制力から見たシナリオ間評価

以上より, 3つのシナリオ全てにおいて, 現状推移をした場合よりも交通負荷量が少ないことがわかった。そこで, シナリオ間の評価を行うために, 現状推移に対する各シナリオのエネルギー消費量の削減率(図-

7棒グラフ)と, 規制床面積量(図-7折れ線グラフ)を示す。まず, エネルギーの削減率は, 都心活性化施策(S1)が最も効果が高いことがわかる。また, 土地利用規制を行わず, LRTの導入のみでも, 現状推移より交通負荷は小さくなる(S2-1)。しかし, 都心活性化施策は他のシナリオに比べ規制量が小さいにもかかわらず, その効果は大きいため, 最も土地利用規制の効果が表れているといえる。さらに, このことから宇都宮市の都心部は, 都市全体に与える交通行動を大きく変えるポテンシャルが大きいといえる。

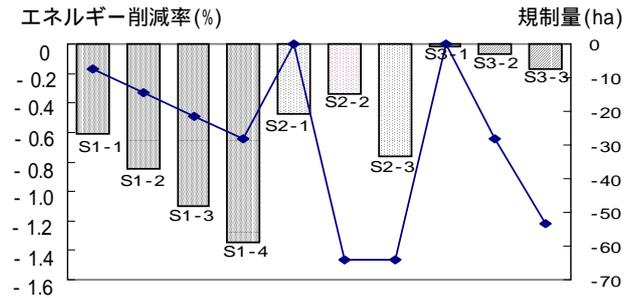


図-7 全シナリオのエネルギー伸び率と規制量

4. おわりに

本研究において, 交通施策に応じた土地利用施策を検討した結果, 環境負荷削減の効果が最もよく表れたのは, 都心活性化施策となった。

本研究の課題としては, 都市MPの目標像をあらゆる視点で捉え, さらなるシナリオ作成及び評価を行うことである。また, 土地利用規制はかける場所によって大きく効果に差が出てくるため, 十分な検討が必要である。また, 本研究の交通負荷を算出するモデルにおいて, 対象地域全域での土地利用データを揃え, さらに均衡配分などを行うことで, モデルの精度を向上する必要があると思われる。さらに, 今後の交通環境負荷の少ない都市構造を目指すにあたり, 具体的な土地利用の誘導と規制については, 積極的な住民参加のもと十分な協議が必要である。

【参考文献】

- 1) 森本章倫・古池弘隆:「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」, 第33回日本都市計画学会学術研究論文集, No.33, pp.181-186, 1998
- 2) 黒田勝彦・竹林幹雄・藤本秀男・田中洋史:「CO₂排出量を考慮した土地利用モデル」, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp.547-540, 1999
- 3) 建設省都市局都市計画課:「都市計画法及び建築基準法の一部を改正する法律について」, 都市計画226第49巻/第3号, pp.77-80, 2000
- 4) 川島智彦・古池弘隆・森本章倫:「都市特性からみた輸送エネルギー原単位の推計に関する研究」, 第17回交通工学研究発表会論文報告集, pp.149-152, 1997