

土地利用規制，交通施設整備が都市構造に与えた影響に関する分析 - 仙台都市圏を例に - *
An Analysis on the Impact of Land Use Regulations and Transport Infrastructure Development
on Urban Forms : A Case Study for SENDAI Metropolitan Area

杉田浩**，谷下雅義***，鹿島茂****

By Hiroshi SUGITA**，Masayoshi TANISHITA***，Shigeru KASHIMA****

1. はじめに

戦後，日本では，経済・産業政策により産業構造の変化を伴いつつ経済は成長してきた。経済成長は都市の人口を増加させ，都市的エリアを拡大させるとともに，自動車保有台数を増加させた。これに対して道路・軌道系交通施設といった各種交通施設の整備や昭和43年に改訂された新都市計画法に基づき土地利用の誘導・規制が行われてきたが，モータリゼーションの勢いに勝てず，大半の地方都市では低密度な市街地が拡大し，公共交通の成立しにくい，自動車依存型の都市が形成された。この結果，郊外部を中心に自動車交通を増加させ，道路混雑，環境・エネルギー，交通事故など各種問題を発生させてきた。このような問題を発生させる大きな要因の一つである低密度市街地の形成は土地利用規制・誘導策や交通施設整備策により左右されたと考えられる。そこで，本研究では仙台都市圏を例に，土地利用規制策，交通施設整備策が都市構造にどのような影響を与え，人々の居住分布や交通行動をどう変化させ，その結果，交通エネルギー消費量や人々が移動にかかる交通費用にどのような影響を与えたか，PT調査データ等を用いた実態分析と土地利用・交通モデルを用いたシミュレーション(事後評価)分析により明らかにする。

2. 分析対象地域・使用データ

仙台都市圏(仙台市をはじめ5市14町1村から構成)を分析対象地域とした。分析には1982年，1992年実施された仙台都市圏PT調査データを用いた。

* キーワーズ 都市計画，土地利用

** 正員 工博 財団法人計量計画研究所
(新宿区市ヶ谷本村町2-9 TEL 03-3268-9939)

*** 正員 工博 中央大学理工学部

**** 正員 工博 中央大学理工学部
(文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1810)

3. 低密度市街地の拡大の実態

(1) 都市圏への人口集中

仙台都市圏の人口は1995年国勢調査に基づく1,493千人であり，1970年971千人に比較し，1.54倍増加している。仙台都市圏の母都市である仙台市の人口も1970年599千人が，1995年971千人と1.62倍増加した。なお，この間の全国人口の伸び率は1.21倍であるので，これを上回る伸び率で都市圏の人口は増加したこととなる。(表.1)

表.1 仙台都市圏の人口の推移

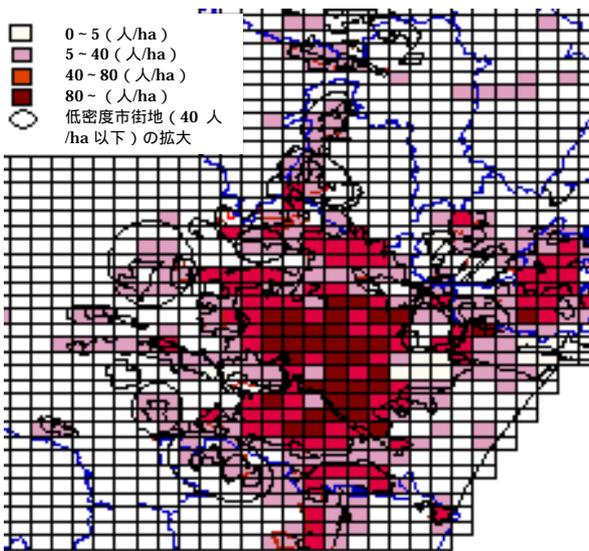
	(千人,%)		
	1970年	1995年	伸び率
仙台都市圏	971	1,493	1.54
仙台市	599	971	1.62
都市圏に対する仙台市の人口比率	61.7	65.0	

(2) 市街化区域の設定と拡大

仙台市を中心に5市4町1村から構成される仙塩広域都市計画区域では，1968年の都市計画法の改正を受け，1970年にはじめて市街化区域と市街化調整区域の線引きが行われ，19,705haが市街化区域として設定された。その後，1977年，1984年，1991年，1997年と4回の線引き見直しが行われ，1997年には市街化区域面積は26,306ha(33.5%増)に拡大している。

(3) 人口分布の変化

図.1は1995年の人口密度分布を国勢調査のメッシュデータ(1kmメッシュ)に基づいてランク分けし，示したものである。1970年以降編入した，仙台北部，北西部，西南部の人口密度は5~40人/haと低く，低密度市街地が拡大している。表.2は1970年当初から市街化区域に設定されていたエリアとその後，編入されたエリアに区分し，人口密度の変化をみたものである。当初，市街化区域に設定されたエリアの人口密度は31.3人/ha(1975年)から38.6人/ha(1995年)と増加しているが，1970年以降編入したエリアの人口密度は11.6人/haと低く，市街化区域全体としてみる



図．1 人口密度分布(1995年)(仙台広域都市計画区域)

と 26.6 人/ha と 1970 年当初の市街化区域の人口密度 31.3 人/ha に比較し低下している。

表．2 市街化区域の人口密度の変化 (人/ha)

	1975年	1995年
市街化区域(当初:1970年)	31.3	38.6
市街化区域(1997年)		26.6
市街化区域編入区域		11.6

4. 自動車保有, 交通行動特性の変化

(1) 居住地による自動車保有特性の差とその変化

自動車を保有している世帯の割合は 1992 年には 74.5% であり, 1982 年に比較し 10.9 ポイント増加している。世帯に 2 台以上自動車を保有する世帯も 26.0% と 4 世帯に 1 世帯の割合となっている。居住地別にみると, 都心, 都心周辺居住者に比較し, 郊外, その他地域居住者は世帯保有率は高く, 郊外の世帯保有率は 80.4% (1992 年) に達している。(表 3)

表．3 居住地別世帯自動車保有率とその変化(%)

		都心	都心周辺	郊外	その他	都市圏
1982年	0台	57.4	51.4	30.1	27.7	36.3
	1台	35.8	44.2	60.3	57.7	54.1
	2台以上	6.8	4.4	9.6	14.7	9.5
1992年	0台	55.0	42.8	19.6	16.2	25.5
	1台	37.9	47.3	54.5	41.6	48.5
	2台以上	7.1	9.9	25.9	42.2	26.0

(2) 居住地による交通行動特性の差とその変化

居住場所により, 交通行動特性が異なるのは平均トリップ長と交通機関分担率(自動車利用率)であり, 平均トリップ長は都心 3.08km, 都心周辺 3.67km, 郊外 6.64km, その他地域 7.86km と都心から離れるほど長くなっている。自動車分担率も同様な傾向を示し,

表．4 居住地別行動特性指標の差とその変化

		(トリップ/人, km/トリップ, %)				
		都心	都心周辺	郊外	その他	都市圏
平均トリップ数	1982年	2.37	2.48	2.28	1.95	2.21
	1992年	2.37	2.52	2.39	2.11	2.32
平均トリップ長	1982年	2.09	2.99	6.21	7.52	5.67
	1992年	3.08	3.67	6.64	7.86	6.30
自動車分担率	1982年	23.0	23.6	32.0	33.5	30.0
	1992年	23.5	31.4	43.9	50.4	42.8

郊外に行くほど大きくなる。また, どのエリアでも平均トリップ長, 自動車利用率とも 1982 年から 1992 年の間に増加している。(表 4)

5. 1 人あたり交通エネルギー消費量, 交通費用

1992 年において, 1 人あたり交通エネルギー消費量を推計すると都市圏平均で 5,140kcal/人・日となる。居住場所により異なり, 平均トリップ長, 自動車利用率の小さい都心は 2,470kcal/人・日と小さく, 郊外, その他地域は 5,753kcal/人・日, 5,485kcal/人・日と大きい。1 人あたり交通費用は都市圏平均で 2,577 円/人・日であるが, 都心は郊外に比較し, その値は小さい。また, 1 人あたり交通エネルギー消費量, 交通費用は都市圏のどのエリアに居住しているかにかかわらず, 1982 年から 1992 年の 10 年間に増加している。

表 5 1 人あたり交通エネルギー消費量, 交通費用

		(kcal/人・日, 円/人・日)				
		都心	都心周辺	郊外	その他	都市圏
1人あたり交通エネルギー消費量	1982年	1,689	2,446	4,447	3,762	3,668
	1992年	2,470	3,497	5,753	5,485	5,140
1人あたり交通費用	1982年	1,515	1,953	2,258	1,913	2,049
	1992年	2,067	2,470	2,772	2,421	2,577

< 交通エネルギー消費量推計式 >

$$\text{オートバイ: } E_{ij}^m = \frac{h_1}{n} \times d_{ij}^m, \text{ 自動車: } E_{ij}^c = \frac{\varepsilon^c(v^c_{ij}) \times h_1}{n^c} \times d_{ij}^c$$

$$\text{バス: } E_{ij}^B = \frac{\varepsilon^B(v^B_{ij}) \times h_2}{n^B} \times d_{ij}^B, \text{ 鉄道: } E_{ij}^R = G \times d_{ij}^R$$

< 交通費用推計式 >

$$\text{徒歩: } C_{ij}^w = \alpha \times t_{ij}^w, \text{ オートバイ: } C_{ij}^m = \frac{d_{ij} \times \beta}{\delta} + \alpha \times t_{ij}^m$$

$$\text{自動車: } C_{ij}^c = \frac{\varepsilon^c(v^c_{ij}) \times \beta}{n^c} \times d_{ij}^c + \alpha \times t_{ij}^c$$

$$\text{バス: } C_{ij}^B = F_{ij}^B + \alpha \times t_{ij}^B, \text{ 鉄道: } C_{ij}^R = F_{ij}^R + \alpha \times t_{ij}^R$$

E : 交通エネルギー消費量 (kcal/人・日)

C : 交通費用 (円/人・日)

d : 平均移動距離(km/人・日), v : 平均移動速度 (km/h)

t : 平均移動時間(分), $\varepsilon(v)$ 燃料消費量 (cc/km)

δ : バイクの燃費 (円/km)

G : 鉄道のエネルギー消費原単位(kcal/人キロ)

h : 発熱量(1: ガソリン 8,400kcal/l 2: 軽油 9,200kcal/l)

n : 平均乗車人数(人), F : 料金 (円),

α : 時間評価値 (円/分), β : ガソリン単価 (円/l)

w : 徒歩 m : オートバイ c : 自動車 B : バス R : 鉄道

6. 土地利用規制，交通施設整備の事後評価

(1) 評価方法

実際とられた施策と異なった施策がとられた場合，都市構造，交通行動の変化をとおり，1人あたり交通エネルギー消費量・交通費用がどのように変化したか，土地利用・交通モデルを用い明らかにする。

(2) 土地利用・交通モデル

(a) モデルの全体構成

土地利用モデルは活動主体の立地を，交通モデルは世帯の車保有構造，交通行動（発生・集中，分布，交通機関分担），交通需要と交通施設量との関係から自動車の移動速度等を決定する。土地利用モデルと交通モデルは産業，世帯の空間分布，一般化交通費用を通じ相互に連動しており，均衡状態に達するまでフィードバック計算を行う静的モデルである。

(b) 土地利用モデル

土地利用モデルは，産業と世帯の立地場所を立地主体別に決定する。産業は自立立地産業，業務地指向型産業，商業地指向型産業の3立地主体タイプに，世帯は8世帯タイプ（表6）に区分され，ゾーン別従業者数，世帯数，人口が算出される。自立立地産業（製造業，公務等）の空間分布は外生的に与えられる。業務地指向型産業（建設，電気・ガス・水道等）は，自立立地産業の空間分布により，その立地場所を決定する。商業地指向型産業（小売，サービス等）は買物トリップを立地魅力度とし，この大きさにより立地の大きさが決定される。従業者の立地場所決定後，従業地までの平均一般化交通費用と市街化区域面積，人口密度からなる居住地魅力度により，世帯の立地場所が決定される。市街化区域面積は宅地の有無，人口密度は市街地の利便性を表現する代理変数として導入した。

（図2）

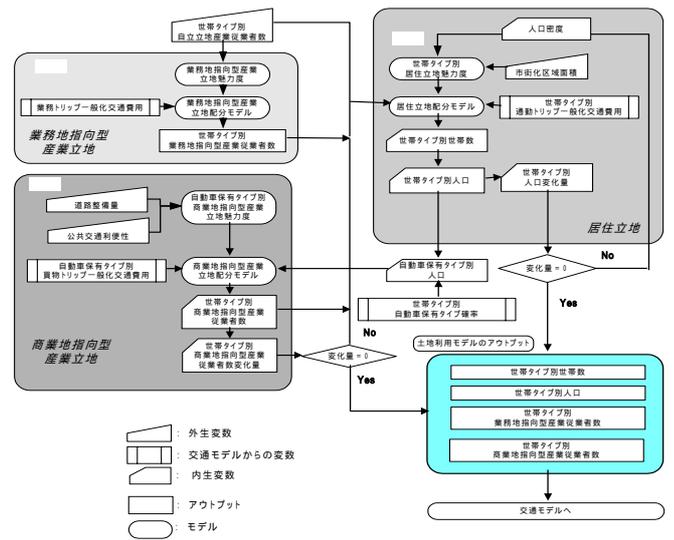


図2 土地利用モデルの全体構成

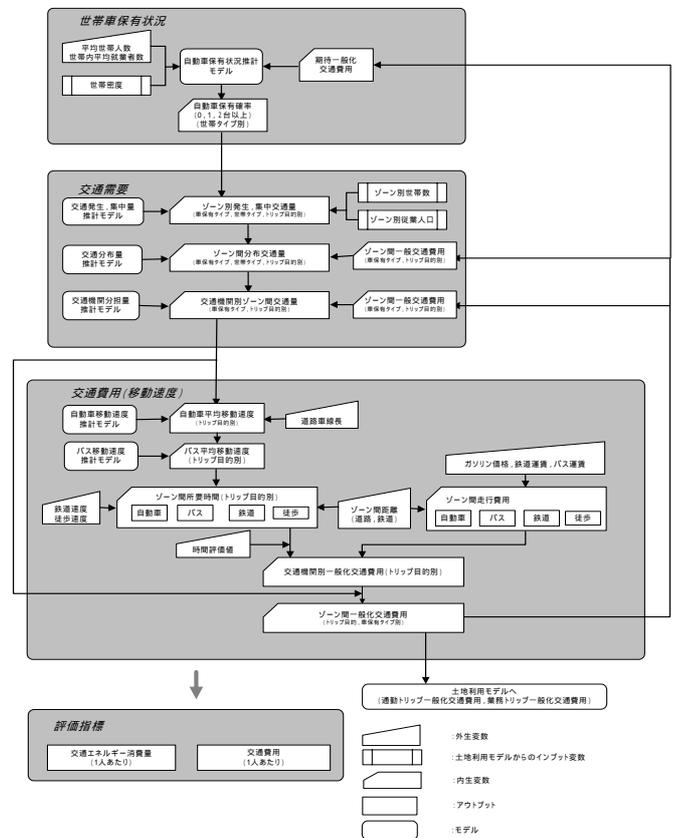


図3 交通モデルの全体構成

表6 世帯タイプの分類

世帯タイプ			
1	単身就業世帯	5	夫婦と高齢者を含む就業世帯
2	夫婦のみの就業世帯	6	その他の就業世帯
3	夫婦と子供からなる就業世帯	7	高齢者のみの世帯
4	夫婦と子供とその他の世帯員からなる就業世帯	8	非就業世帯

(c) 交通モデル

交通モデルは世帯自動車保有，交通需要（発生・集中，分布，分担），交通費用（ゾーン間一般化交通費用）を算出する3つのサブモデルから構成され，自動車の保有状況，交通需要量は世帯タイプ別に算出される。

世帯の自動車保有（0台，1台，2台以上）は自動車保有世帯確率モデル，自動車複数保有世帯確率モデルにより推計される。自動車保有世帯確率モデルは，世帯密度（世帯数/面積），期待一般化交通費用を説明変数とする。自動車複数保有世帯確率モデルは自動車保有世帯を1台保有世帯と複数保有世帯に分けるモデルであり，平均世帯人数，世帯内平均就業人数を説明変数とする。交通需要量は発生・集中，分布，分担のステップを踏み，ゾーン別人口，従業人口やゾーン間一般化

交通費用を説明変数とし推計される。交通費用の算出は自動車平均旅行速度算出モデル、バス平均旅行速度算出モデルなどを用いて行われる。算出された交通費用（ゾーン間トリップ目的別交通機関別一般化交通費用）は、自動車保有世帯確率、分布交通量、分担交通量推計モデルにフィードバックされるほか、土地利用モデルの居住立地モデル、商業地指向産業立地モデルへもフィードバックされる。（図．3）

（3）シミュレーション

（a）シミュレーションケース

土地利用規制策、交通整備施策の事後評価のため、次のようなシミュレーションケースを設定した。

<市街化区域が拡大しなかった場合>

ケース1：市街化区域は1970年から1997年の間に実際6,601ha、33.5%拡大したが、市街化区域が当初設定のまま拡大しなかったとしたら。

ケース2：ケース1の前提に加え、整備の進捗が遅れている都心周辺の道路整備が行われたとしたら。

<地下鉄整備が行われなかった場合>

地下鉄整備により、南北に都市軸が形成され、コンパクトな都市形成が行われたと考えられる。もし、地下鉄が整備されず公共交通はバスのみだったとしたら。

ケース0：実績ケース（比較のためのケース）

（b）シミュレーション結果

世帯分布

ケース1の場合、郊外世帯は6.4%減少し、都心、都心周住世帯は20.4%、13.6%増加する。都心周辺道路を合わせ整備するケース2では、ケース1に比較し、郊外世帯は更に減少し、都心周辺世帯が増加する。

地下鉄整備を実施しないケース3では、都心、都心周辺の世帯は6.2%、6.3%減少し、郊外やその他地域世帯が2.0%、5.2%増加し、都市の郊外化が実績より進むこととなる。（表．7）

表．7 世帯分布の変化（千世帯，%）

ケース	都心	都心周辺	郊外	その他
0	11.3	159.1	203.0	128.3
1	13.6 (20.4)	180.7 (13.6)	190.0 (-6.4)	117.4 (-8.5)
2	13.5 (19.5)	182.5 (14.7)	188.8 (-7.0)	116.8 (-9.0)
3	10.6 (-6.2)	149.1 (-6.3)	207.0 (2.0)	135.0 (5.2)

注) ()内はケース0に対する変化率

1人あたり交通エネルギー消費量、交通費用

ケース1では、1人あたり交通エネルギー消費量は4.0%、交通費用は0.9%減少する。ケース2では、さらに減少率は大きくなり、それぞれ4.7%、2.1%減少する。一方、地下鉄が整備されないケース3では、1

人あたり交通エネルギー消費量は10.2%、1人あたり交通費用も4.1%増加する。（表．8）

表．8 1人あたり交通エネルギー消費量、交通費用

ケース	1人あたり交通エネルギー消費量		1人あたり交通費用	
	(kcal/人・日)	(円/人・日)	(kcal/人・日)	(円/人・日)
0	4,600	-	2,566	-
1	4,415	(-4.0)	2,542	(-0.9)
2	4,382	(-4.7)	2,513	(-2.1)
3	5,071	(10.2)	2,672	(4.1)

7.まとめ

仙台市を中心とする仙塩広域都市計画区域では、人口増加による宅地需要に対応して、市街化区域は当初設定時（1970年）より約34%拡大し、郊外の新たな編入区域を中心に低密度市街地が拡大形成された。郊外エリアは都心、都心周辺エリアに比較して人口密度が低いため、居住者の交通行動特性も都心、都心周辺居住者と比べ、トリップ長が長い、自動車利用率が高いといった特徴を持つ。このため、1人あたり交通エネルギー消費量、交通費用も都心、都心周辺居住者に比較し大きい。また、郊外居住者の増加、都市圏全体として、自動車保有世帯比率の増加により、1人あたり交通消費エネルギー量、交通費用は1982年から1992年の10年間に増加している。都市構造の変化を通して、これら指標に土地利用規制、交通施設整備策がどのような影響を与えたか、土地利用・交通モデルによりシミュレーション分析した結果、市街化区域が拡大しなかったとしたら、1人あたり交通エネルギー消費量を4.0%、交通費用を0.9%の減少させ、これにあわせ都心周辺の道路整備を行うと減少率は更に大きくなる試算された。また、地下鉄整備が行われなかった場合、都心、都心周辺居住者が減少し、郊外やその他地域の居住世帯が増加し、1人あたり交通エネルギー消費量、交通費用はそれぞれ10.2%、4.1%増加すると試算された。

今回の分析は、仙台都市圏を対象に行ったが、他の都市圏においても同様な分析を行い、その共通性、異質性を明らかにする必要がある。また、土地利用・交通モデルについてもパラメータの時間的安定性等を含め更に精緻かしていく必要がある。

【参考文献】

- 1) 杉田浩，木野達朗，谷下雅義，鹿島茂：低密度市街地の拡大が交通エネルギー消費量に与える影響に関する研究，第8回地球環境シンポジウム講演論文集，pp187-pp192，2000
- 2) 杉田浩：日本の土地利用政策，交通政策が都市構造に与えた影響に関する基礎的研究，中央大学博士論文，2002