

都市の人口規模に着目したコンパクトシティ施策の効果に関する研究*

A Study on the Effect of the Policies for Compact City focusing on Urban Population*

牧野夏樹**・中川大***・松中亮治****・大庭哲治****

By Natsuki MAKINO**・Dai NAKAGAWA***・Ryoji MATSUNAKA****・Tetsuharu OBA****

1. はじめに

モータリゼーションの進展は人々に自由な移動をもたらした。自動車交通は都市交通体系において中心的な役割を担うようになったが、その一方で自動車の普及は市街地の郊外化という都市構造の変化を引き起こした。市街地の低密度な拡散と自動車への依存の高まりは、特に地方都市において、公共交通のサービス低下、中心市街地の衰退、自動車の排気ガスによる環境負荷の増大といった都市問題を引き起こしている。これらの問題への対策として、都市機能の集約により都市を効率化し、自動車に頼らない都市を実現するというコンパクトシティの考え方が注目されており、その実現に向け、人口数万人の小都市から数十万人の地方中心都市まで、大小の都市においてコンパクトシティ施策が検討されている¹⁾。

こうしたなか、コンパクトシティに関する研究も数多く蓄積されている。例えば、都市のコンパクト化が公共交通や環境負荷に及ぼす影響を定量的に分析したものとして、中道ら²⁾の SLIM CITY という都市整備評価システムを用いた研究や、小島ら³⁾の交通環境負荷シミュレーションモデルを用いた研究がある。しかし、いずれにおいても都市構造の変化は前提条件として扱われており、コンパクト化施策が都市構造に及ぼす影響を分析したものではない。このように、都市のコンパクト化の有用性を示した研究は既に見られるものの、コンパクトな都市構造を実現するためのコンパクトシティ施策の効果・影響、さらに、都市の人口規模の違いが施策効果へ及ぼす影響については十分な分析や検証がなされていない。

そこで本研究では、都市の人口規模に着目し、地方都市を対象とした都市構造モデルを構築した上で、都市人口の大小がコンパクトシティ施策の効果に及ぼす影響を、仮想都市を対象とした数値シミュレーションにより定量的に明らかにすることを目的とする。その際、郊外化の進展がコンパクトシティ施策の効果に及ぼす影響を

明らかにするために、施策実施前の都市構造として、郊外への大型店舗立地が無い場合・有る場合の2通りについて施策の効果を計測する。

2. 都市構造モデルの構築

(1) 都市構造モデルの仮定

本研究で構築する都市構造モデルは、地方都市を対象とし、単一中心の都市構造を以下のように仮定する。

- 都市は、同質で特徴のない平野に形成された2次元の閉鎖都市を仮定する。
- 都市は、その中心に円形の中心業務地区(= Central Business District, 以下 CBD と記す)を持ち、都市住民は通勤や買い物にはそこへ向かうものとする。CBD 面積は都市の総人口に比例し、CBD 内に居住することはできないものとする。
- 都市内には自動車と鉄道の2つの交通機関が存在する。図-1に幹線道路と鉄道のネットワークを示す。幹線道路のほかに細街路が稠密に存在するものとし、自動車で CBD に向かう場合には、住居から幹線道路へは細街路を直線的に移動し、幹線道路上は最短経路を移動するものとする。鉄道をを用いて CBD へ向かう際は、駅まで徒歩で向かい、そこから鉄道に乗車するものとする。また、徒歩で直接 CBD へ向かうことも可能である。都市住民は2機関のいずれかを利用して CBD 中心点へ行き、そこから CBD 内の目的地へ向かうものとする。このとき、CBD 中心点から CBD 内の目的地まで

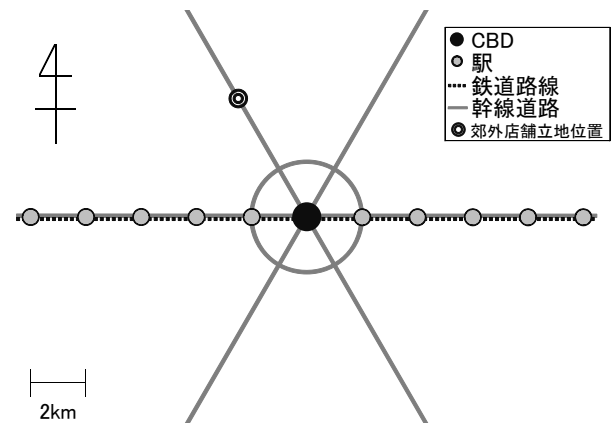


図-1 仮想都市の道路・鉄道ネットワーク

*キーワード：都市計画、人口分布、コンパクトシティ

**学生員、京都大学大学院工学研究科

(京都市西京区京都大学桂 C クラスタ、
TEL075-383-3227、FAX075-383-3227)

***正員、工博、京都大学大学院工学研究科

****正員、工(博)、京都大学大学院工学研究科

の交通費用は考慮しない。

- 住居の占有床面積や容積率、都市住民の賃金は一定とする。
- 都市内の土地は、すべて不在地主によって所有されるものとする。

(2) 家計の行動モデル

本モデルでは、立地主体は家計のみを考える。家計の効用 U は一般財消費量 Z のみで決定されるものとし、各家計は所得制約条件の下、効用最大化行動をとるものとする。

$$U = Z \quad (1)$$

$$s.t. \quad W = Z + R_h(x, y) \cdot H + C(x, y) \quad (2)$$

ただし、 W は各家計が得る賃金、 $R_h(x, y)$ は地点 (x, y) における住宅地代、 H は住宅占有床面積、 $C(x, y)$ は地点 (x, y) から CBD 中心点までの交通費用である。

(3) 自動車交通費用の定式化

自動車交通費用の定式化にあたっては、幹線道路の混雑による影響を考慮する。細街路の混雑は考慮しないものとする。地点 (x, y) から CBD 中心点までの自動車交通費用 $C_C(x, y)$ は以下のように定式化される。

$$C_C(x, y) = f \left\{ P_C \cdot (D_{C1}(x, y) + D_{C2}(x, y)) + w \cdot \left(\frac{D_{C1}(x, y)}{V_{C1}} + T_{C2}(x, y) \right) + F + H \right\} \quad (3)$$

ただし、 f はトリップ頻度、 P_C は単位距離あたりの自動車費用、 $D_{C1}(x, y)$ は地点 (x, y) から幹線道路までの距離、 $D_{C2}(x, y)$ は幹線道路の経路長、 w は時間価値、 V_{C1} は細街路での自動車速度、 $T_{C2}(x, y)$ は幹線道路での所要時間、 F は走行距離に比例しない自動車費用、 H は駐車費用である。

(4) 鉄道交通費用の定式化

鉄道交通費用の定式化にあたり、鉄道の運行間隔は一定で、その半分の時間が駅での待ち時間として発生するものとする。また、鉄道混雑による不効用を考慮し、交通費用に加算する。利用する駅に関しては、CBD までの交通費用が最小となる駅を選択するものとする。

以上を踏まえ、地点 (x, y) から CBD 中心点までの鉄道交通費用 $C_T(x, y)$ は、以下のように定式化される。

$$C_T(x, y) = f \left[P_T + w \left\{ \frac{D_S(x, y)}{V_W} + T_T + T_W + G(x, y) \right\} \right] \quad (4)$$

ただし、 P_T は鉄道運賃、 $D_S(x, y)$ は地点 (x, y) からその地点における利用駅までの距離、 V_W は徒歩速度、 T_T は鉄道所要時間、 T_W は鉄道待ち時間、 $G(x, y)$ は混雑不効用の時間換算値である。鉄道事業者は、車両走行距離によって決まる運行費用を負担するものとし、料金収入から運行費用を差し引いたものを収益とする。

(5) 交通機関選択

交通機関の選択にはロジットモデルを用いる。地点 (x, y) から CBD に向かう際の自動車を利用する際の効用 $V_C(x, y)$ 、鉄道を利用する際の効用 $V_T(x, y)$ を以下のように定義する。

$$V_C(x, y) = \theta_1 \cdot cc(x, y) + \theta_2 \cdot tc(x, y) \quad (5)$$

$$V_T(x, y) = \theta_1 \cdot ct(x, y) + \theta_2 \cdot tt(x, y) + \theta_T \quad (6)$$

ただし、 $cc(x, y)$ は自動車を利用する際の費用、 $tc(x, y)$ は自動車を利用する際の所要時間、 $ct(x, y)$ は鉄道を利用する際の費用、 $tt(x, y)$ は鉄道を利用する際の所要時間、 $\theta_1, \theta_2, \theta_T$ はパラメータである。

(6) 均衡条件

均衡状態においては、以下の条件が満たされる。

① 土地市場条件

各地点の地代は、住宅地代と農業地代のいずれか大きい方とする。なお、このとき都市境界における住宅地代は農業地代と一致することになる。

② 密度制約条件

不在地主は、各地点の住宅地代に応じて供給率 $r_{sup}(x, y)$ を決定し、供給された土地の一部が住宅地として利用され、各地点においては以下のような世帯密度 $D(x, y)$ の条件が満たされる。

$$H \cdot D(x, y) = r_h \cdot r_{sup}(x, y) \cdot K \quad \text{if } R(x, y) > R_a \quad (7)$$

$$D(x, y) = 0 \quad \text{if } R(x, y) = R_a \text{ 又は } \sqrt{x^2 + y^2} \leq r_{CBD}$$

ただし、 r_h は住宅地面積率、 K は容積率、 r_{CBD} は CBD 半径である。

3. シミュレーション分析のデータ設定

2. で構築した都市構造モデルを用い、仮想都市を対象とした数値シミュレーションにより、都市の人口規模を15万人・30万人・45万人と変化させた場合のコンパクトシティ施策の効果を分析する。シミュレーションにあたっては、土地を100m四方のメッシュ単位に分割し、メッシュの中心点ごとに数値計算を行う。シミュレーションに用いる外生変数は、表-1に示すように、各種統計調査などのデータから平均的な値を採用する。また、鉄道の運行頻度に関しては、一般に人口規模の大きい都

市ほど運行頻度は高くなると考えられるため、人口15万人の都市で2本/時、30万人では4本/時、45万人では6本/時とした。

施策実施の前提となる都市構造として、郊外店舗立地が無い場合・有る場合について考える。ここで、都市住民の通勤と買い物の交通需要は半々で、同一の頻度で交通行動を行うものとし、郊外店舗立地がある場合には、通勤はすべてCBDに向かうが、買い物についてはCBDと郊外店舗のいずれかを選択するものとする。郊外店舗は図-1で示した位置に立地し、自動車でのアクセスのみを考える。郊外店舗を利用する場合は、その特性を考え駐車費用はかからないものとする。

4. コンパクトシティ施策の効果分析

(1) 対象とするコンパクトシティ施策

本研究では、以下に示す3つのコンパクトシティ施策について施策効果を計測する。

① 鉄道サービスの向上

鉄道の運行頻度が増大したものとして、時間あたりの運行本数を無施策時の1.5倍とする。

② 中心市街地・駅周辺の容積率規制緩和施策

無施策時に徒歩または鉄道でCBDへ向かう住民が20人/ha以上の地区において、容積率を無施策時の1.25倍とする。

③ パークアンドライド施策 (P & R)

CBDから東側2つ目以遠の駅をP & R駅に設定する。これらの駅へは徒歩だけでなく自動車でも向かうことができるものとする。P & R駐車費用は、CBD駐車費用の半額である200円とする。

また、パッケージ施策として、鉄道サービス向上施策と容積率規制緩和施策を合わせて実施した場合についても分析する。

(2) コンパクトシティ施策の効果検証

人口規模の異なる仮想都市に対して、各コンパクトシティ施策を実施した場合の各指標の変化を示す。まず、P & R利用も含めた鉄道分担率の変化量を図-2に、居住地人口密度の変化量を図-3に、それぞれ郊外店舗立地の無い場合のみ示す。また、1人あたりエネルギー消費量の削減量を図-4、図-5に郊外店舗立地の無い場合と有る場合に分けて示す。

容積率規制緩和施策を実施した際の鉄道分担率の変化量について見ると、人口15万人の場合では0.5%ほど減少していることがわかる。これはCBD周辺の人口の増加により、徒歩で直接CBDに向かう住民が増えたためと考えられる。人口規模が30万人、45万人となった場合には駅周辺の人口も増加し、分担率の変化はプラスに転じ

表-1 外生変数の設定

変数名	設定値
家計の賃金	10,000 円/日
住居占有面積	35 m ² /世帯
世帯当たり人数	1 人/世帯
時間価値	40 円/分
単位距離当たりの自動車費用	20 円/km
距離に比例しない自動車費用	600 円/日
CBD駐車費用	400 円
自動車速度(細街路)	20 km/h
自動車自由流速度(幹線道路)	50 km/h
徒歩速度	4 km/h
鉄道速度	40 km/h
農業地代	10 円/日・m ²
1人あたりCBD面積	6.2 m ² /人

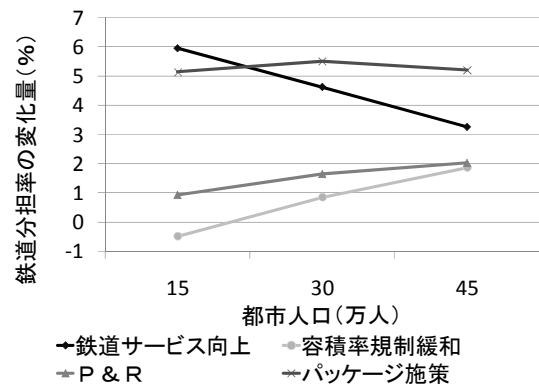


図-2 鉄道分担率の変化量 (郊外店舗無し)

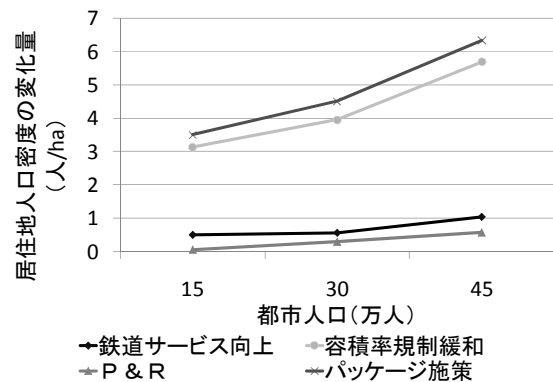


図-3 居住地人口密度の変化量 (郊外店舗無し)

ている。また、居住地人口密度の増大幅は人口15万人の都市で約3.1人/ha、45万人では約5.7人/haと、人口規模が大きくなるにつれ居住地人口密度の増大効果は大きくなっている。容積率規制緩和により自動車から徒歩・鉄道への転換が起こり、また、人口密度の増大によりCBDへ向かう際の平均トリップ長が短くなることで、1人あたりエネルギー消費量の削減量についても大きな効果を示している。この場合も人口規模の大きい都市で特に効果が高い。ただし、無施策時における1人あたりエネルギー消費量が人口規模が小さい都市ほど小さいことから、エネルギー消費の削減率については、人口15万人の都市で最大となる。

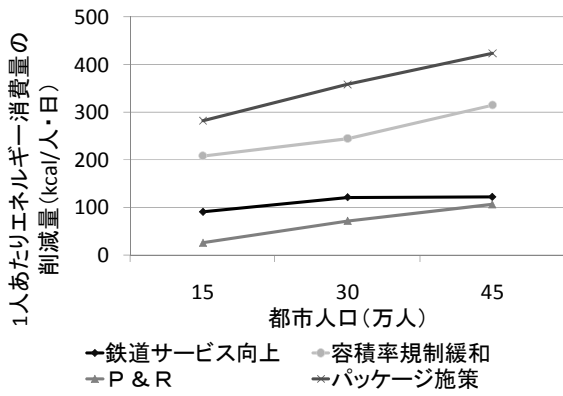


図-4 エネルギー消費削減量（郊外店舗無し）

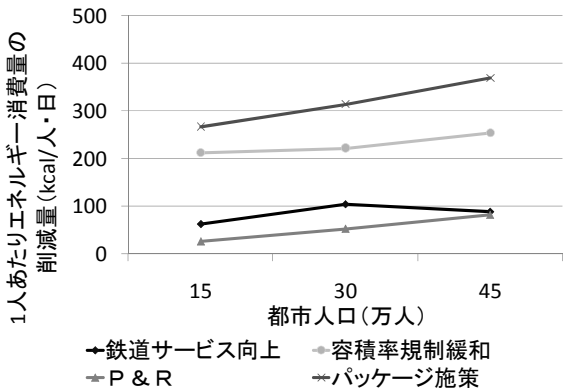


図-5 エネルギー消費削減量（郊外店舗有り）

鉄道サービス向上施策について鉄道分担率の変化量で見ると、人口規模の小さい都市の方が増大幅が大きく、人口15万人では人口45万人の約2倍の分担率向上効果が見られた。一方で、図-4の1人あたりエネルギー消費削減量については人口規模が大きいほど削減幅が大きくなっている。これは、大規模な都市ほど平均トリップ長が長くなり、鉄道分担率の変化は比較的小さいものの、自動車から鉄道へ転換した場合により大きなエネルギー消費の削減効果が得られるためと考えられる。

P&R施策については、人口規模が大きな都市ほどP&R利用増加による鉄道分担率向上効果が大きく、それに伴い1人あたりエネルギー消費の削減効果も増大していることが分かる。また、P&R施策が居住地人口密度に及ぼす影響はごく小さいものの、郊外店舗立地の有る場合には施策実施により人口密度が低下するケースも見られた。

パッケージ施策の効果はいずれの指標についても、鉄道サービス向上施策と容積率規制緩和施策のそれぞれの施策効果の和と概ね一致しているが、鉄道分担率の変化量が人口規模に依らずほぼ一定である点が特徴的といえる。

郊外店舗立地の有無による施策効果への影響は、1人あたりエネルギー消費削減量に顕著に表れており、図-4と図-5を比較すると、ほとんどのケースで施策効

表-2 鉄道事業者収益

郊外店舗無し

人口(万人)	施策なし	鉄道サービス向上	容積率規制緩和	P&R	パッケージ施策
15	-128	-92	-143	-93	-119
30	530	626	550	649	632
45	1,434	1,488	1,565	1,648	1,612

郊外店舗有り

人口(万人)	施策なし	鉄道サービス向上	容積率規制緩和	P&R	パッケージ施策
15	-201	-234	-208	-176	-247
30	76	36	84	162	50
45	546	440	625	695	526

(単位: 万円/日)

果が減少している。郊外店舗が立地し市街地が郊外化すると、自動車分担率が高まり1人あたりエネルギー消費量が増加するだけでなく、施策を実施した場合の効果が表れにくくなることが示されている。また、表-2に示した鉄道事業者収益について見ても、郊外店舗立地が無い場合には、いずれの人口規模でも鉄道サービス向上施策実施により収益は改善しているが、立地の有る場合には施策実施による運行費用の増大分が料金収入の増加分を上回り、収益は悪化している。市街地郊外化により公共交通の成立可能性が低下する状況を示しているといえる。

5. おわりに

本研究では、地方都市を対象とした都市構造モデルを構築し、数値シミュレーションにより都市の人口規模がコンパクトシティ施策の効果に及ぼす影響を定量的に分析した。その結果、各施策の都市人口の違いによる施策効果のあらわれ方の特徴を明らかにした。また、郊外店舗立地の有る場合と無い場合について、施策効果を比較することで、施策実施前の都市構造により施策の効果に明確な差が見られることを明らかにした。

参考文献

- 1) 神谷和彦：都市のマスタープランにおける目標像としてのコンパクトシティと実現方策に関する研究，武蔵工業大学修士論文，2004。
- 2) 中道久美子・谷口守・松中亮治：都市コンパクト化政策に対する簡易な評価システムの実用化に関する研究，日本都市計画学術研究論文集，No. 39-3，pp. 67-72，2004。
- 3) 小島浩・吉田朗・森田哲夫：交通・環境負荷を小さくする都市構造と交通施策に関する研究，日本都市計画学術論文集，No. 38-3，pp. 553-558，2003。