

中心市街地の空間配分を考慮した公共交通利便性が都市構造に及ぼす影響に関する研究

The Effect of the Convenience of Public Transport on Urban Structure Considering Space Allocation in the Central District

大庭 哲治*・松中 亮治*・中川 大*・尹 鍾進*・牧野 夏樹**
Tetsuharu Oba*, Ryoji Matsunaka*, Dai Nakagawa*, Jong Jin Yoon* and Natsuki Makino**

In recent years, various urban problems have appeared due to the development of motorization, and as a result the idea of compact city is receiving greater exposure. In discussing compact cities, it is necessary to consider the convenience of public transport and space allocation for stores and parking lots in the central district. In this study, we construct an urban model about transportation and location of housing and commerce considering the space allocation for stores and parking lots in the central district. Additionally we aim to clarify quantitatively the effect of the convenience of public transport, the construction of parking lots and the scale of suburban store on the urban structure and the commercial activity by numeral simulation.

Keywords: space allocation, public transport, urban structure, compact city, urban model
空間配分, 公共交通, 都市構造, コンパクトシティ, 都市モデル

1. はじめに

1960年代以降のモータリゼーションの進展による都市郊外化は、特に地方都市において、中心市街地の商業の衰退、公共交通のサービス低下、環境負荷の増大といった様々な問題を引き起こしている。これらの問題の解決策として、集約型の都市構造を目指すコンパクトシティの考え方が注目されているが、コンパクトな都市構造を実現する上では、公共交通の活用が重要な役割を担うものとされている¹⁾。また、コンパクトシティの目的の1つとして、中心市街地の商業活性化が挙げられるが、その中心市街地においては、広大な駐車場を有する郊外店舗への対抗策として、駐車場整備が積極的に行われてきた。確かに、モータリゼーションの進展した都市においては、駐車場整備により自動車でのアクセス性を高めることは集客力向上のための一方策として考えられる。しかしながら、過度な駐車場整備は必ずしも商業の活性化をもたらすわけではなく、中心市街地の貴重な都市空間の多くを駐車場という低密度・非効率な用途に配分することとなり、店舗用地の集積が低下し、商業地の魅力低下、さらなる衰退につながる可能性もある。さらに、中心市街地は地価が高く、敷地の制約も大きいいため、駐車場整備には限界があり、自動車でのアクセス性で郊外店舗を上回することは難しい。その一方で、公共交通の利便性に関しては中心市街地が優位であり、中心市街地の商業活性化には公共交通の活用が重要であると考えられる。このように、都市構造のコンパクト化を考える上では、公共交通の利便性と、中心市街地における店舗・駐車場の空間配分について考慮する必要があると考えられる。

こうしたなか、公共交通と都市構造の関係に関する研究も数多く蓄積されている。例えば、都市構造と交通エネルギーの関係に着目したものとして、森本ら²⁾や小島ら³⁾の研究が挙げられる。これらの研究では、交通環境負荷などの観点から都市構造や交通施策の評価を行っているが、都市

構造の変化はシミュレーションの前提条件として与えられており、公共交通が都市構造に及ぼす影響については考慮していない。公共交通が都市構造に及ぼす影響を分析したものとしては、土地利用・交通モデルを用いた武藤ら⁴⁾や杉田ら⁵⁾の研究が挙げられるが、これらの研究では鉄道路線の新規開業が都市構造に及ぼす影響について分析しているものの、運行頻度など利便性の高さについては考慮していない。公共交通の利便性を考慮したものとして、牧野ら⁶⁾⁷⁾の研究が挙げられるが、家計の立地行動のみを分析対象としており、都市コンパクト化の大きな目的の一つである中心市街地の商業活性化については言及していない。

このように、都市コンパクト化など都市構造の変化が交通に及ぼす影響や、公共交通の新規開業が都市構造に及ぼす影響に関する研究は多く見られるが、公共交通の利便性が都市構造に及ぼす影響について分析した研究は少なく、また、中心市街地における店舗・駐車場の空間配分を考慮してはいない。

そこで本研究では、中心市街地の商業地と郊外大型店舗の競合関係と、中心市街地の商業活性化を論じる上で重要と考えられる中心市街地における店舗・駐車場の空間配分を考慮した、交通と住居・商業立地に関する都市モデルを構築し、数値シミュレーションにより公共交通の利便性や郊外大型店舗の規模が都市構造や都市の商業活動に及ぼす影響について定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 中心市街地の空間配分を考慮した都市モデルの構築

(1) 仮想都市の設定

本研究で構築する都市モデルでは、中心市街地の商業地と郊外大型店舗の競合関係や、中心市街地における店舗・駐車場の空間配分を考慮し、人口分布や中心商業地の売場面積・来客数などの指標をアウトプットとする。分析対象

* 正会員 京都大学大学院工学研究科 (Kyoto University)

** 正会員 静岡市役所 (City of Shizuoka)

は、単一中心的な仮想都市とし、都市住民は買物には都市中心もしくは郊外店舗へ向かうものとする。これにより、中心市街地の商業地と郊外大型店舗の競合関係を、より明らかなものとし、公共交通の利便性や郊外大型店舗の規模が都市構造や都市の商業活動に及ぼす影響を明確にすることができる。

分析対象の都市においては、次のような仮定をおく。

- ・ 都市は、人口の流入のない閉鎖都市である。
- ・ わが国において 30 万人程度の人口を有する中規模の地方都市を想定した上で、図-1 に示すように、都市の中心には半径 800m の円形の中心業務地区（以下、CBD と記す）が、郊外部には無料駐車場を有する複数の大型店舗（以下、郊外店舗と記す）が存在する。
- ・ 都市内の土地はすべて土地供給者によって所有され、開発者は土地供給者から土地を借り受け、建物床を立地主体へ供給する。立地主体として都市住民により構成される家計と、CBD 内の商業立地者を考慮し、家計は都市全域に、商業立地者は CBD 内のみにそれぞれ立地する。商業立地者は、利潤最大化問題の中で、郊外立地も考えられるが、本研究では商業立地者として既存商店街を想定し、CBD 内の空間配分に着目するため、CBD 内立地のみを対象とし、CBD 内の商業地（以下、中心商業地と記す）を、店舗用地および商業駐車場用地として利用する。
- ・ 都市内には、図-1 に示すような幹線道路・鉄道ネットワークが存在する。

(2) 都市住民の交通行動の設定

都市住民は交通手段を自動車・徒歩・鉄道から選択する。ここで、自動車については、すべての都市住民が保有し、利用可能であるとする。

都市内には幹線道路の他に生活道路が稠密に存在し、自動車で移動する場合には、生活道路を利用して幹線道路へ向かい、そこから幹線道路上を移動するか、生活道路のみを用いて直線的に移動するかについて、一般化費用の小さい方を選択する。なお、幹線道路においては自動車混雑を考慮し、以下の BPR 関数に基づいて、リンクごとに交通量に応じた自動車速度を決定する。

$$T = T_0 \cdot \left\{ 1 + \eta_1 \cdot \left(\frac{q}{c} \right)^{\eta_2} \right\} \quad (1)$$

ただし、 T は単位旅行時間、 T_0 は単位自由旅行時間、 q は日交通量、 c は日交通容量、 η_1, η_2 はパラメータである。また、生活道路における自動車速度は一定とする。

次に、徒歩で移動する場合には、出発地から目的地まで、最短距離を直線的に移動する。その際の移動速度は一定とし、所要時間の費用換算分のみを一般化費用とする。

そして、鉄道の場合には、出発地の最寄駅までは徒歩で移動し、そこから鉄道に乗り乗る。このとき、鉄道の運行

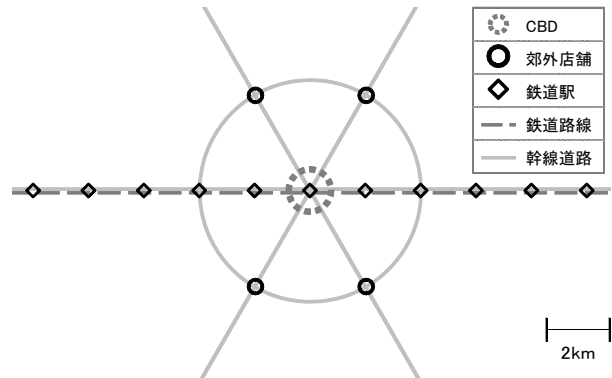


図-1 CBD・郊外店舗の位置と幹線道路・鉄道ネットワークの設定

間隔は一定とし、その半分の時間が駅での待ち時間として発生する。また、都市住民の通勤交通時、あるいは後述するシナリオ分析での運行頻度の削減・向上により、車両混雑が発生する可能性があるため、車両混雑による不効用についても考慮する。混雑不効用の時間換算値を、『鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005』⁸⁾に記載された混雑不効用関数に基づいて算出し、所要時間に加算する。

都市住民の交通行動として、通勤および買物を考慮し、それぞれのトリップ頻度として一定値を与える。通勤・買物の目的地・交通手段選択について、まず通勤交通の目的地に関しては、人口のうち一定割合 p_{CBD} はCBDへ向かい、残りは人口分布に応じて市街地全域へ向かう。このとき、CBD外の地点 k を通勤目的地として選択する確率は、地点 k の人口に比例するものとする。これらは、以下の式で表される。

$$pw_{CBD} = p_{CBD} \quad (2)$$

$$pw_k = (1 - p_{CBD}) \cdot \frac{pop_k}{pop_u - pop_{CBD}} \quad (3)$$

$$if \sqrt{x_k^2 + y_k^2} > r_{CBD}$$

ただし、 pw_k は地点 k を通勤目的地として選択する確率、 pop_k は地点 k の人口、 pop_u は市街地人口、 pop_{CBD} はCBD内人口、 x_k, y_k は地点 k の x, y 座標、 r_{CBD} はCBD半径である。なお、本研究において、市街地とは人口密度 5 人/ha 以上の地域を指す。次いで、通勤交通の利用手段選択には、自動車と鉄道・徒歩の選択を上位階層とする、以下に示すネスティッドロジットモデルを採用し、各手段の交通費用・所要時間に基づき、選択割合が決定される。

$$\text{自動車: } V_{C,w} = \theta_1 \cdot cost_C + \theta_2 \cdot time_C \quad (4)$$

$$\text{鉄道: } V_{T,w} = \theta_1 \cdot cost_T + \theta_2 \cdot time_T + \theta_{T,w} \quad (5)$$

$$\text{徒歩: } V_{W,w} = \theta_2 \cdot time_W + \theta_{W,w} \quad (6)$$

ただし、 $V_{C,w}, V_{T,w}, V_{W,w}$ は、通勤交通において、自動車・鉄道・徒歩を選択する場合の効用関数、 $\theta_1, \theta_2, \theta_{T,w}, \theta_{W,w}$ は

パラメータである。

買物交通については、中心商業地と郊外店舗の目的地選択を上位階層、自動車と鉄道・徒歩の選択を中位階層とする、以下に示すネステッドロジットモデルにより目的地および利用手段選択を行う。このとき、各交通手段の効用関数は、交通費用・所要時間の他に、目的商業地の売場面積と商業駐車場の混雑率に応じて決定される。

自動車 (CBD) :

$$V_{C,s1} = \theta_1 \cdot cost_C + \theta_2 \cdot time_C + \theta_3 \cdot S_{cf} + \theta_4 \cdot J_1 + \theta_{CBD} \quad (7)$$

鉄道 (CBD) :

$$V_{T,s1} = \theta_1 \cdot cost_T + \theta_2 \cdot time_T + \theta_3 \cdot S_{cf} + \theta_{T,s} + \theta_{CBD} \quad (8)$$

徒歩 (CBD) :

$$V_{W,s1} = \theta_2 \cdot time_w + \theta_3 \cdot S_{cf} + \theta_{W,s} + \theta_{CBD} \quad (9)$$

自動車 (郊外店舗) :

$$V_{C,s2} = \theta_1 \cdot cost_C + \theta_2 \cdot time_C + \theta_3 \cdot F + \theta_4 \cdot J_2 \quad (10)$$

鉄道 (郊外店舗) :

$$V_{T,s2} = \theta_1 \cdot cost_T + \theta_2 \cdot time_T + \theta_3 \cdot F + \theta_{T,s} \quad (11)$$

徒歩 (郊外店舗) :

$$V_{W,s2} = \theta_2 \cdot time_w + \theta_3 \cdot F + \theta_{W,s} \quad (12)$$

ただし、 $V_{C,s1}, V_{T,s1}, V_{W,s1}$ は、自動車・鉄道・徒歩により、CBDへ買物に向かう場合の効用関数、 $V_{C,s2}, V_{T,s2}, V_{W,s2}$ は、自動車・鉄道・徒歩により、郊外店舗へ買物に向かう場合の効用関数である。また、 S_{cf} は中心商業地の売場面積、 J_1, J_2 はそれぞれ中心商業地と郊外店舗の駐車場混雑率、 $\theta_3, \theta_4, \theta_{T,s}, \theta_{W,s}, \theta_{CBD}$ はパラメータである。

通勤・買物の目的地・交通手段選択の結果から、以下のように各地点における平均交通費用と平均交通一般化費用が求められる。このとき、すべての都市住民が自動車を保有するものとしているため、交通手段の選択結果にかかわらず自動車維持費用が発生する。

$$C_k = C_F + \sum_i P_{k,i} \cdot (P_{C,k,i} \cdot cost_{C,k,i} + P_{T,k,i} \cdot cost_{T,k,i} + P_{W,k,i} \cdot cost_{W,k,i}) \quad (13)$$

$$GC_k = C_F + \sum_i P_{k,i} \cdot (P_{C,k,i} \cdot GC_{C,k,i} + P_{T,k,i} \cdot GC_{T,k,i} + P_{W,k,i} \cdot GC_{W,k,i}) \quad (14)$$

ただし、 C_k は地点 k における平均交通費用、 C_F は自動車維持費用、 $P_{k,i}$ は地点 k における目的地 i の選択割合、 $P_{C,k,i}, P_{T,k,i}, P_{W,k,i}$ は地点 k から目的地 i へ向かう場合の自動車・鉄道・徒歩の選択割合、 $cost_{C,k,i}, cost_{T,k,i}, cost_{W,k,i}$ は自動車・鉄道・徒歩で地点 k から目的地 i へ向かう場合の交通費用、 GC_k は平均交通一般化費用、 $GC_{C,k,i}, GC_{T,k,i}, GC_{W,k,i}$ は自動車・鉄道・徒歩で地点 k から目的地 i へ向かう場合の交通一般化費用である。

(3) 家計の行動の定式化

各家計は制約条件の下、効用最大化行動をとり、地点 k における家計の行動は以下のように定式化される。

$$U_{h,k} = V_{h,k} + \varepsilon_{h,k} \rightarrow \max \quad (15)$$

$$V_{h,k} = Z_{h,k}^{\psi_1} \cdot A_k^{\psi_2} \cdot \left(\frac{1}{C_k} \right)^{\psi_3} \quad (16)$$

$$\text{s.t. } W = Z_{h,k} + R_{h,k} \cdot A_k + C_k \quad (17)$$

ただし、 $U_{h,k}$ は家計の効用、 $V_{h,k}$ は家計の効用の確定項、 $\varepsilon_{h,k}$ は家計の効用の誤差項、 $Z_{h,k}$ は家計の一般財消費量、 A_k は単位占有床面積、 W は家計の所得、 $R_{h,k}$ は床面積あたり家賃、 ψ_1, ψ_2, ψ_3 はパラメータである。ここで、式(15)の誤差項にガンベル分布を仮定すると、家計の立地選択確率は以下のロジットモデルで表される。

$$PL_k = \frac{\exp(\sigma V_{h,k})}{\sum_i \exp(\sigma V_{h,i})} \quad (18)$$

ただし、 PL_k は家計が地点 k に立地する確率、 σ はパラメータである。この PL_k と都市の総人口から、各地点の人口が決定する。

また、最大化問題を解くことにより、以下のように単位占有床面積が、床面積あたり家賃の関数として得られる。

$$A_k = \frac{\psi_2 \cdot W}{(\psi_1 + \psi_2 - \psi_3) \cdot R_{h,k}} \quad (19)$$

これと各地点の人口から、各地点における家計の床面積需要量が得られる。

(4) 商業立地者の行動の定式化

商業立地者は利潤最大化行動をとり、その利潤は商業による利潤と商業駐車場による利潤から成る。なお、本研究においては中心商業地のすべての店舗・商業駐車場を集計し、1つの商業立地者がその立地を行うものとする。

商業立地者は店舗床面積のうち一定割合を売場面積として利用し、商業売上については、売場面積の規模による収獲増の効果を考慮した以下の売上関数に従うものとする。

$$Sales_c = \alpha_1 \cdot n \cdot S_{cf}^{\alpha_2} \quad (20)$$

ただし、 $Sales_c$ は中心商業地の商業売上、 n は中心商業地の日來客数、 S_{cf} は中心商業地の売場面積、 α_1, α_2 はパラメータである。

商業に関する費用については、売上原価・人件費・店舗賃料から成り、以下のように表される。

$$Cost_c = cp \cdot Sale_c + ws \cdot N + R_c \cdot S_f \quad (21)$$

ただし、 $Cost_c$ は商業に関する費用、 cp は売上原価率、 ws は従業員 1 人あたり人件費、 N は中心商業地の従業員数、 R_c は床面積あたり店舗賃料、 S_f は店舗床面積である。

商業駐車場については、自動車での来客数に駐車料金を乗じた値を売上とし、駐車場賃料を費用とする。なお、商業駐車場床面積に応じて駐車場容量が求められ、中心商業地に自動車で訪れる来客数の制約となる。

そして、商業立地者の利潤最大化問題を数値的に解くことにより、中心商業地における店舗床面積需要量および商業駐車場需要量が求められる。

(5) 開発者の行動の定式化

開発者は土地と資材をもとに建物床を生産し、住宅地開発者は家計に住宅床を、商業地開発者は商業立地者に店舗床をそれぞれ供給する。地点 k において、開発者 l は以下のような利潤と生産関数のもと、利潤最大化行動をとる。

$$\pi_{l,k} = R_{l,k} F_{l,k} - p_{l,k} K_{l,k} - RL_{l,k} L_{l,k} \rightarrow \max \quad (22)$$

$$\text{s.t. } F_{l,k} = K_{l,k}^{a_l} \cdot L_{l,k}^{1-a_l} \quad (23)$$

ただし、 $\pi_{l,k}$ は開発者の利潤、 $R_{l,k}$ は床面積あたり賃料、 $F_{l,k}$ は建物床供給量、 $p_{l,k}$ は資材価格、 $K_{l,k}$ は資材投入量、 $RL_{l,k}$ は地代、 $L_{l,k}$ は土地投入量、 a_l はパラメータである。この最大化問題を解くことにより、以下のように各地点の最適容積率 ($I_{l,k}^*$) および付け値地代が、床面積あたり賃料の関数として求められる。

$$I_{l,k}^* = \left(\frac{a_l \cdot R_{l,k}}{p_{l,k}} \right)^{\frac{1}{1-a_l}} \quad (24)$$

$$RL_{l,k} = R_{l,k}^{\frac{1}{1-a_l}} \cdot p_{l,k}^{\frac{-a_l}{1-a_l}} \cdot \left(\frac{a_l}{a_l(1-a_l)} - a_l \frac{1}{1-a_l} \right) \quad (25)$$

また、商業駐車場は平面駐車場であるとし、土地面積と床面積は同一となる。床面積あたり商業駐車場賃料については、商業地代に駐車場建設費等に相当する一定額を加えた値とする。

(6) 土地供給者の行動の定式化

土地供給者は各地点の地代に応じて土地の供給面積を決定し、地点 k における土地供給者の行動は、大橋・青山⁹⁾ のモデルをもとにして以下のように定式化される。

$$S_k = L_{0k} \cdot \left\{ 1 - \frac{\kappa}{RL_k} \right\} \quad (26)$$

ただし、 S_k は土地供給面積、 L_{0k} は供給可能土地面積、 RL_k は平均地代、 κ はパラメータである。なお、CBD 外においては家計のみが立地するため、平均地代は住宅地代

に一致する。

(7) CBD における家計・商業立地者の立地競争の定式化

CBD 内においては、家計と商業立地者の 2 主体が立地することにより競争が発生する。住宅地開発者・商業地開発者への土地供給面積は、供給される土地に対する付け値競争により決定する。このときの CBD 平均地代と各開発者の付け値地代との関係は、尹¹⁰⁾ のモデルを利用し、以下のように表される。

$$RL_{l,CBD} = \delta_{l1} \cdot RL_{CBD}^{\delta_{l2}} \cdot \left(\frac{S_{l,CBD}}{L_{0,CBD}} \right)^{\delta_{l3}} \quad (27)$$

ただし、 $RL_{l,CBD}$ は CBD 内における開発者 l の地代、 RL_{CBD} は CBD 平均地代、 $S_{l,CBD}$ は CBD 内における開発者 l への土地供給面積、 $L_{0,CBD}$ は CBD 内における住宅又は商業への供給可能土地面積、 $\delta_{l1}, \delta_{l2}, \delta_{l3}$ は開発者 l についてのパラメータである。

(8) 均衡条件と計算の流れ

均衡状態においては、各地点において建物床市場・土地市場での需給が一致する。市街地面積・人口密度、交通手段分担率、鉄道事業者利潤、中心商業地売上面積、来客数、商業立地者利潤、郊外店舗利潤といったアウトプットの算出にあたっては、図-2 に示すように、都市モデルを構成する交通モデルと立地選択モデルの計算を、以下のように CBD 内における各開発者の地代が均衡するまで繰り返すことで、収束判定する。

$$\left| 1 - \frac{RL_{l,CBD}^{n+1}}{RL_{l,CBD}^n} \right| \leq \varepsilon \quad (28)$$

ただし、 ε はパラメータである。

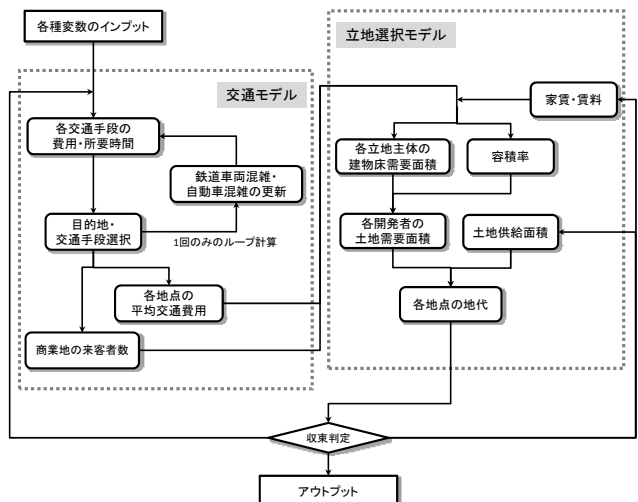


図-2 計算の流れ

3. 基本条件における数値シミュレーション分析

数値シミュレーションの実行にあたっては、土地を 400m 四方のメッシュ単位に分割した上で、メッシュの中心点ごとに数値計算を行う。分析の対象都市は中規模の地方都市を想定し、都市人口は 30 万人とする。表-1 に示す数値シミュレーションの外生変数の設定値には、各種統計調査などから算出した人口 30 万人規模の地方都市における平均的な値を採用し、また、実データから算出する事が困難で

表-1 外生変数の設定値

変数名	単位	設定値
トリップ頻度(通勤)	トリップ/人・日	0.80
トリップ頻度(買物)	トリップ/人・日	0.41
時間価値	円/分	38.33
単位自由旅行時間	分/km	1.48
幹線道路日交通容量	台/日	36,960
リンクコスト関数 パラメータ	η_1	-
	η_2	-
距離あたり自動車費用	円/km	14.0
駐車費用(通勤)	円/日	449
駐車費用(買物)	円/日	200
生活道路での自動車速度	km/時間	15
時間あたり列車運行本数	本/時間	2.35
距離あたり鉄道運賃	円/km	30
鉄道速度	km/時間	40
徒歩速度	km/時間	4
CBD通勤割合	%	18.9
自動車維持費用	円/日	1,093
家計の所得	円/人・日	5,887
家計の効用パラメータ	ψ_1	-
	ψ_2	-
	ψ_3	-
家計の立地選択パラメータ	σ	-
商業売上パラメータ	α_1	-
	α_2	-
売上原価率	%	72.28
従業員1人あたり人件費	円/人・日	8,711.4
郊外店舗売場面積	m ²	50,000
建物資材価格(住宅)	-	32.16
建物資材価格(店舗)	-	68.95
開発者パラメータ(住宅)	a_h	-
開発者パラメータ(店舗)	a_s	-
駐車場建設費等	円/m ² ・日	2.74
土地供給モデルパラメータ	κ	-
住宅地面積割合	%	41.5
競合モデルパラメータ (家計)	δ_{h1}	-
	δ_{h2}	-
	δ_{h3}	-
競合モデルパラメータ (商業)	δ_{s1}	-
	δ_{s2}	-
	δ_{s3}	-
収束判定パラメータ	ε	-

ある、家計の効用パラメータ、家計の立地選択確率パラメータ、交通手段の効用パラメータについては、パラメータ数が多いため、3 段階のキャリブレーションにより値を設定した。具体的には、第1段階として、家計の効用パラメータと家計の立地選択確率パラメータを対象に、値を少しずつ変化させる。それぞれの変数の組み合わせのうち、計算結果として得られる都市中心点からの距離帯ごとの人口と、人口 25~35 万人の地方都市の平均値との残差平方和が最も小さい値を選択する。次いで、第2段階として、 $\theta_3, \theta_4, \theta_{CBD}$ に係る交通手段の効用パラメータを対象に、値を少しずつ変化させる。それぞれの変数の組み合わせのうち、計算結果として得られる中心商業地の売場面積、中心商業地の来客数、都市中心からの距離帯ごとの人口について、同様に残差平方和が最も小さい値を選択する。最後に、第3段階として、残りの交通手段の効用パラメータを対象に、値を少しずつ変化させる。それぞれの変数の組み合わせのうち、計算結果として得られる通勤トリップおよび買物トリップの自動車・鉄道・徒歩の交通手段分担率について、実都市の数値を目標値とした誤差率を算出し、この誤差率の二乗和が最小となるものを選択する。以上で述べた手順を、変数値が収束するまで繰り返して最終的に設定値を得た。以下、これを基本条件と記す。

基本条件における数値シミュレーションのアウトプットを表-2 に示す。鉄道の分担率は 4.19%であり、このとき鉄道事業者は 32.8 万円/日の赤字となっている。また、中心商業地の売場面積は 10.66ha で 22,449 人/日の来客がみられ、一方で郊外店舗の来客数は 39,470 人/日となっている。

このときの各メッシュの人口密度を図-3 に示す。全体的な傾向として、都市中心部では人口密度が高く、中心から離れるほど低くなっている。また、中心からの距離が同じであっても、郊外店舗付近の利便性の高い地域では、人口密度がやや高くなる傾向が見られる。次に、図-4 に各メッシュの平均交通一般化費用を示す。CBD と郊外店舗の周辺で値が小さく、交通利便性の高さがうかがえる。また、幹線道路に近いほど値が低くなる傾向が見られ、幹線道路沿線地域の自動車交通利便性が高いことがわかる。

表-2 基本条件におけるアウトプット

項目名	単位	アウトプット
市街地		
面積	ha	15,840
人口密度	人/ha	15.40
交通手段分担率		
自動車	%	81.32
鉄道	%	4.19
徒歩	%	14.49
鉄道事業者利潤	万円/日	-32.8
中心商業地売場面積	ha	10.66
来客数		
中心商業地	人/日	22,449
郊外店舗	人/日	39,470
商業立地者利潤	万円/日	270.5

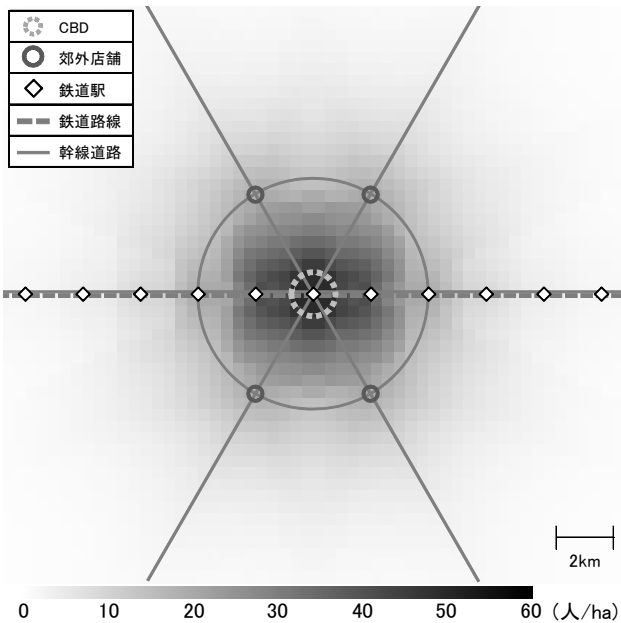


図-3 各メッシュの人口密度

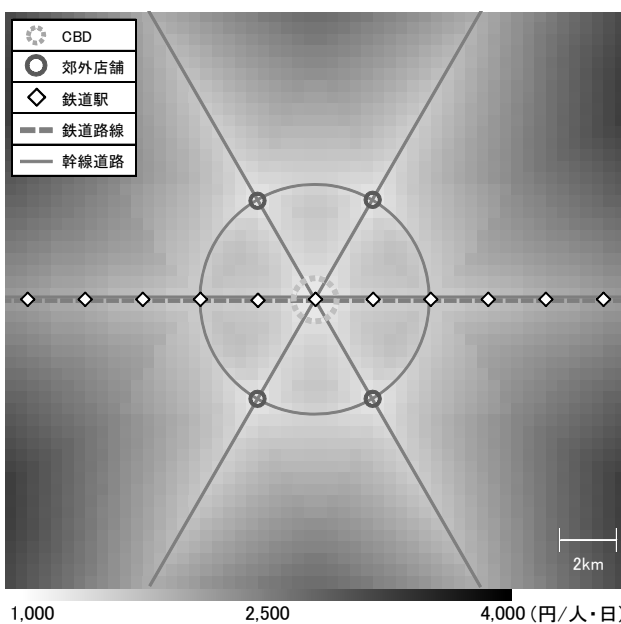


図-4 各メッシュの平均交通一般化費用

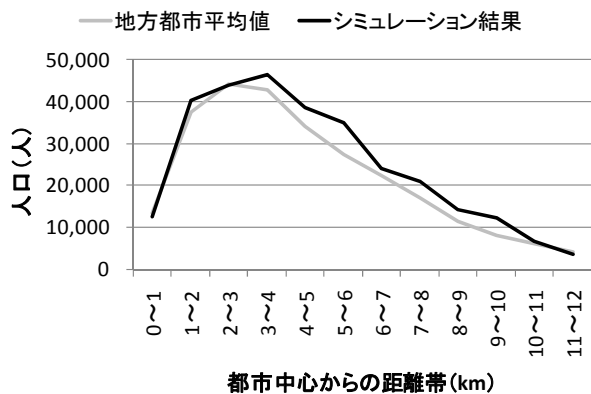


図-5 再現性の確認 (人口分布)

次に、基本条件におけるアウトプットについて、実際の地方都市における平均的な値と比較することで、シミュレーションの再現性を確認する。まず、図-5 に示すように、都市中心からの距離帯ごとの人口について、人口 30 万人規模の地方都市の平均値とシミュレーション結果を比較すると、両者の相関係数は0.99 と良好な結果が得られた。次に、通勤および買物トリップについての交通手段分担率について、平成 17 年全国都市交通特性調査に基づく地方都市圏の値とシミュレーション結果を比較して表-3 に示す。こちらについても概ね実都市の値と一致しており、現実 に即したアウトプットが得られている。

4. シナリオ分析の概要

本研究では、数値シミュレーションによるシナリオ分析を行うことで、公共交通の利便性や郊外店舗の規模が、都市構造や都市の商業活動に及ぼす影響について分析する。表-4 に示すような商業地に関するシナリオおよび交通に関するシナリオを分析対象とし、両者の組み合わせによりシナリオを設定する。以下では、シナリオの設定を表-4 に示した記号を用いて表し、例えば商業地に関するシナリオの記号が C0、交通に関するシナリオの記号が T2 であれば、「シナリオ C0-T2」のように記すこととする。

5. 基本商業地条件におけるシナリオ分析

ここでは、基本商業地条件 (C0) における各交通シナリオでの分析結果について述べる。

(1) 鉄道運行頻度削減・向上

基本商業地条件において鉄道運行頻度を削減・向上させた場合 (シナリオ C0-T1) のアウトプットのうち、市街地の面積および人口密度を図-6 に、中心商業地の売場面積および来客数を図-7 に、基本交通条件での結果を基準とした各主体の利潤の変化を図-8 にそれぞれ示す。鉄道運行頻度を向上させた場合、鉄道沿線地域に人口が集中することで、図-6 に示す市街地面積の縮小、人口密度の増加

表-3 再現性の確認 (交通手段分担率)

交通手段	地方都市圏	シミュレーション結果
自動車	83.53%	81.32%
鉄道	5.32%	4.19%
徒歩	11.15%	14.49%

表-4 分析シナリオの設定

商業地に関するシナリオ		
シナリオ名		設定内容
C0	基本商業地条件	郊外店舗の売場面積を基本条件における設定値 (50,000㎡) とする
C1	郊外店舗売場面積拡大	郊外店舗の売場面積を基本商業地条件の 1.25 倍とする
交通に関するシナリオ		
シナリオ名		設定内容
T0	基本交通条件	交通に関する設定を基本条件と同一とする
T1	鉄道運行頻度削減・向上	鉄道運行頻度を基本交通条件の 0.5 倍、0.75 倍、1.25 倍、1.5 倍とする
T2	商業立地者による鉄道運行費用の負担	商業立地者が鉄道運行費用を 50 万円/日、100 万円/日、150 万円/日、200 万円/日 負担し、鉄道運行頻度を向上させる

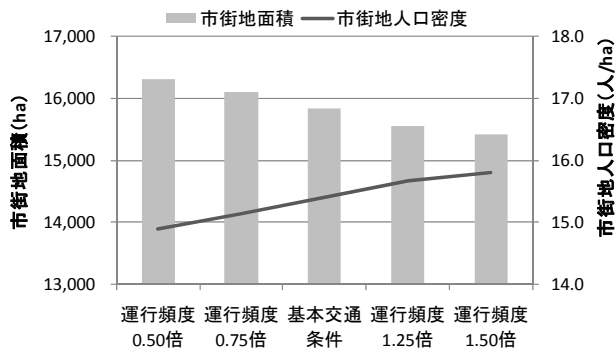


図-6 市街地の面積・人口密度
(シナリオ C0-T1)

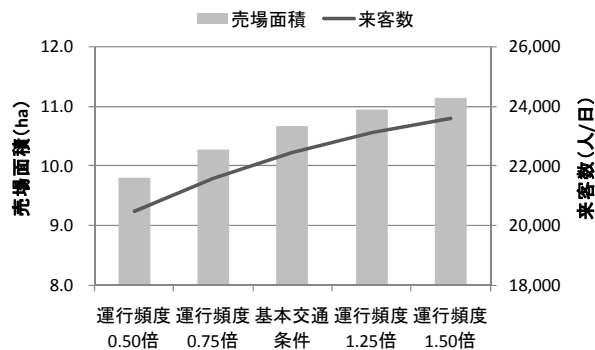


図-7 中心商業地の売場面積・来客数
(シナリオ C0-T1)

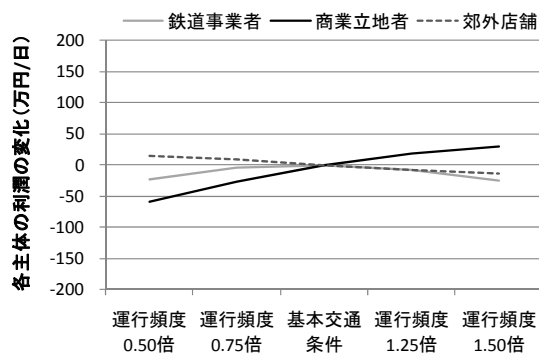


図-8 各主体の利潤の変化
(シナリオ C0-T1)

といった都市コンパクト化の効果がみられ、また、図-7に示すように中心商業地の売場面積拡大、来客数増加といった中心商業地活性化の効果が得られる。そして各主体の利潤については、図-8に示すように商業立地者の利潤は増加し、郊外店舗の利潤は減少している。なおこのとき、商業立地者と郊外店舗の利潤の合計額には増加がみられる。

運賃・利用者数を考慮した料金収入と運行本数・車両数・営業距離を考慮した運行費用との差で表される鉄道事業者の利潤については、基本交通条件において最大値を示しており、鉄道事業者単独で考えると現状の運行頻度が最適であることがわかる。また、一般に採算性の悪い鉄道路線においては、運行費用を抑えて収益を確保するために減便が

なされることが多いが、本研究のシミュレーション結果は、運行頻度を低下させたとしても鉄道事業者の利潤は必ずしも増加しないことを示している。

(2) 商業立地者による鉄道運行費用の負担

商業立地者が鉄道運行費用を負担して運行頻度を高めた場合（シナリオ C0-T2）のアウトプットのうち、各主体の利潤の変化を図-9に示す。鉄道事業者については、商業立地者による運行費用負担分に加え、運行頻度向上により利用者が増加し、料金収入が増加することで、利潤は増加しており、基本交通条件では32.8万円/日の赤字であったが、負担額50万円/日では9.3万円/日の黒字に転じている。一方で商業立地者については、鉄道利便性向上により商業売上は増加するものの、鉄道運行費用負担分を賄い、利潤を増加させるには至らず、負担額を高めるほど利潤は減少している。ただし、図-9に示すように、鉄道事業者と商業立地者の利潤の合計額は、基本交通条件の場合と比較すると、負担額50万円/日のとき+11.4万円/日、負担額100万円/日のとき+2.5万円/日と正の値を示しており、鉄道事業者と商業立地者が適切に連携し、鉄道運行頻度を高めることで、両者とも便益を増加させる可能性があることを示唆している。

6. 郊外店舗売場面積拡大時におけるシナリオ分析

ここでは、郊外店舗の売場面積を拡大させた場合（C1）の分析結果について述べる。このとき、交通に関するシナリオについては、基本交通条件（T0）および鉄道運行頻度削減・向上シナリオ（T1）のみを対象とする。

(1) 基本交通条件

郊外店舗の売場面積を拡大させた場合の基本交通条件（シナリオ C1-T0）におけるアウトプットについて基本商業地条件と比較すると、郊外店舗の売場面積拡大により、市街地面積は256ha拡大し、人口密度は0.23人/ha減少するなど、都市郊外化の進展がみられる。さらに、鉄道分担率が0.17%低下することで鉄道事業者の利潤は6.5万円/日減少し、また、中心商業地の売場面積および来客数がそれぞれ-1.56ha、-3,550人/日と変化し、商業立地者の利潤には

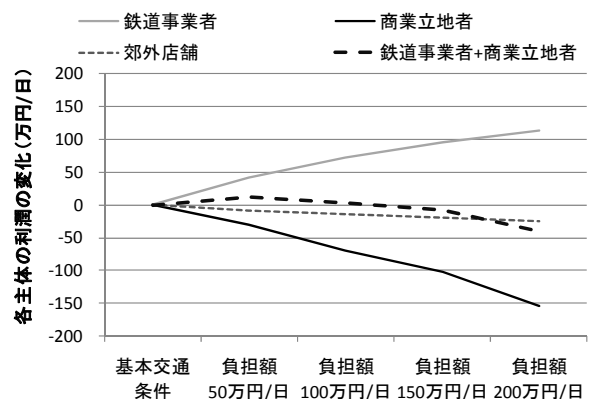


図-9 各主体の利潤の変化
(シナリオ C0-T2)

114.5 万円/日の減少がみられるなど、都市郊外化の弊害といわれる公共交通や中心商業地の衰退が確認され、郊外店舗立地規制の有効性が示唆される結果を示している。

(2) 鉄道運行頻度削減・向上

次に、鉄道運行頻度を变化させた場合（シナリオ C1-T1）のアウトプットのうち、市街地の面積および人口密度を図-10 に示す。運行頻度 0.50 倍から 1.50 倍にかけての指標の変化は、郊外店舗の売場面積拡大によって、市街地面積は 704ha (4.32%) 縮小し、市街地人口密度は 0.76ha (5.10%) 増加している。この結果は、市街地面積が 896ha (5.49%) 縮小し、市街地人口密度が 0.92 人/ha (6.15%) 増加した図-6 に示す基本商業地条件の結果と比較して、公共交通の利便性向上による都市コンパクト化の効果が小さくなっていることがわかる。

7. 結論

本研究では、中心商業地と郊外店舗の競合関係および中心商業地における店舗・駐車場の空間配分を考慮した、交通と住居・商業立地に関する都市モデルを構築した。そして、仮想都市を対象とした数値シミュレーションにより、公共交通の利便性や郊外大型店舗の規模が都市構造や都市の商業活動に及ぼす影響について定量的に分析した。

その結果として、まず、鉄道運行頻度の向上が都市構造のコンパクト化および中心商業地の活性化につながり、運行頻度を削減したとしても鉄道事業者の利潤は必ずしも増加しない可能性があることを明らかにした。次に、商業立地者が運行費用を負担して鉄道運行頻度を高めた場合には、商業立地者自身の利潤を増加させるには至らなかったものの、鉄道事業者と商業立地者の利潤の合計が増加するケースもみられ、鉄道事業者と商業立地者が適切に連携し、鉄道運行頻度を高めることで、両者とも便益を増加させる可能性があることを示した。そして、郊外店舗の売場面積を拡大した場合には、都市郊外化の進展や、それに伴う公共交通や中心商業地の衰退が確認され、また、鉄道運行頻度を高めた場合の都市コンパクト化の効果が小さくなるなど、郊外店舗立地規制の有効性を示唆する結果が得られた。

最後に、本研究では、シナリオによる影響の違いをより顕著に捉えるため、単一中心的な仮想の閉鎖都市をモデル

として採用したことで、鉄道に結び付けるフィーダー交通の役割、郊外店舗の商圈範囲や中心商業地との競合関係など、十分に考慮できていない点も少なくない。本研究の実態への適用にあたり、モデルの設定条件を緩和して、これらの点を考慮して検討していくことが今後の課題として挙げられる。

参考文献

- 1) たとえば、北村隆一・土井 勉・秋山孝正・山本俊行・大矢正樹(2004),「鉄道でまちづくり 豊かな公共領域がつくる賑わい」, pp.94-95, 学芸出版社
- 2) 森本章倫・古池弘隆(1998),「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」, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.33, pp.181-186
- 3) 小島 浩・吉田 朗・森田哲夫(2003),「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」, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.38-3, pp.553-558
- 4) 武藤真一・上田孝行・高木朗義・富田貴弘(2000),「応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究」, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.257-266
- 5) 杉田 浩・谷下雅義・鹿島 茂(2002),「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ー仙台都市圏を例にー」, 土木計画学研究・講演集, Vol.26, CD-ROM
- 6) 牧野夏樹・中川 大・松中亮治・大庭哲治(2009),「コンパクトシティ施策が都市構造・交通環境負荷に及ぼす影響に関するシミュレーション分析」, 日本都市計画学会学術研究論文集, No.44-3, pp.739-744
- 7) 牧野夏樹・中川 大・松中亮治・大庭哲治(2010),「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」, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, pp.345-353
- 8) 国土交通省鉄道局(2005),「鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 2005」, pp.31-32, 運輸政策研究機構
- 9) 大橋健一・青山吉隆(1988),「土地政策からみた地域の開発効果の計量化に関する研究」, 土木計画学研究・講演集, No.11, pp.391-397
- 10) 尹 鍾進・青山吉隆・中川 大・松中亮治(2000),「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築」, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.247-256

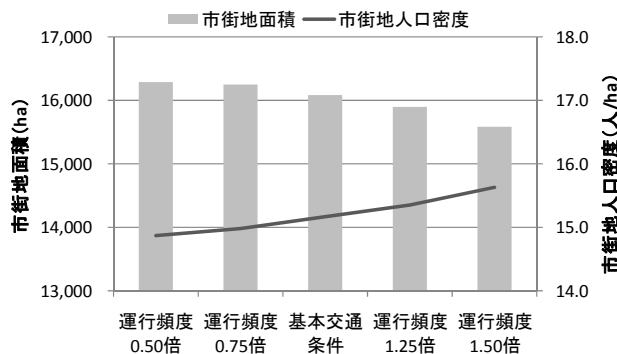


図-10 市街地の面積・人口密度
(シナリオ C1-T1)

(2011 年 7 月 28 日 受付)