

コンパクトシティ形成のための移転および交通施策の有効性に関するモデル分析

○熊本大学 学生員 相川航平
熊本大学 正会員 溝上章志

1. 序論

増加するエネルギー消費量の問題を解決する政策として、一人当たりのエネルギー消費量が少ない都市形態であるコンパクトシティの実現に向けた取り組みが進められている。本研究では移転及び交通施策がエネルギー消費量に与える影響を評価するため、居住地選択と財の消費行動を考慮した評価モデルを開発し、施策を行った際のコンパクト性の評価を行った。

2. コンパクトシティ形成のための移転施策評価手法

各個人はゾーン*i*における財の消費による効用水準 u_i と固有の効用 τ_i によって居住地を決定するものとし、居住地選択モデルをロジットモデルを用いて以下のように定式化する。

$$P_{ti}^* = P_t * \frac{\exp(u_i + \tau_i)}{\sum_{j \in \text{Zones}} \exp(u_j + \tau_j)}$$

ここで、 P_{ti}^* はゾーン*i*の居住人口、 P_t は総居住人口である。効用水準を算出する財としては、土地の需要による居住地選択を検討するために人口密度を説明変数とした地価関数により費用（地価）が決定する土地 x_{Li} を設定し、交通手段に起因するエネルギー消費量に着目するために手段別交通トリップを設定する。ここで、コンパクトシティに求められる要件として例えば買い物や通院といった私用目的の交通が徒歩圏内に収まる事が挙げられる等、交通トリップは交通目的別の評価も行う必要があることから、買い物・通院・娯楽交通目的（以下私用目的）における自動車(C)トリップ x_{Cii} と徒歩(W)トリップ x_{Wi} ，通勤・通学・業務・帰宅交通目的（以下公用目的）における自動車(C)トリップ x_{C2i} と公共交通機関(M)トリップ x_{Mi} の目的別手段別の4財とする。また、個人は交通と土地以外の消費からも効用を得ているため、その他の財としてニュメレール財を費用とした一般財 x_{Gi} を設定する。本研究ではこれら6財を財と設定し、図1のようなNested構造を採用することで各段階における2財間の代替の弾力性を別個に設定したCES型効用関数を使用して効用水準を算出する。このCES型効用関数を定式化すると、それぞれの段階は以下になる。

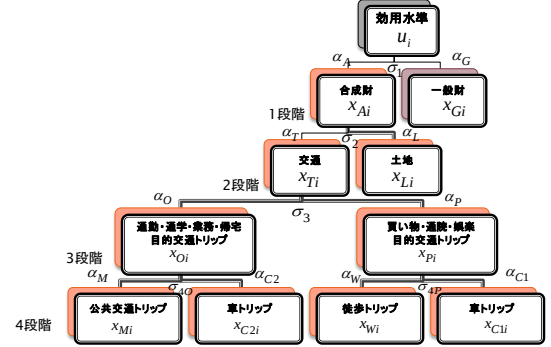


図1 層化CES型効用関数の構造

$$\begin{aligned} u_i(x_{Gi}, x_i) &= \left\{ \alpha_G x_{Gi}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} + \alpha_A x_i^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} \right\}^{\sigma_1/(\sigma_1-1)} \\ x_i(x_{Li}, x_{Ti}) &= \left\{ \alpha_L x_{Li}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} + \alpha_T x_{Ti}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} \right\}^{\sigma_2/(\sigma_2-1)} \\ x_{Ti}(x_{Pi}, x_{Oi}) &= \left\{ \alpha_P x_{Pi}^{(\sigma_3-1)/\sigma_3} + \alpha_O x_{Oi}^{(\sigma_3-1)/\sigma_3} \right\}^{\sigma_3/(\sigma_3-1)} \\ x_{Pi}(x_{Cii}, x_{Wi}) &= \left\{ \alpha_{C1} x_{Cii}^{(\sigma_{4p}-1)/\sigma_{4p}} + \alpha_W x_{Wi}^{(\sigma_{4p}-1)/\sigma_{4p}} \right\}^{\sigma_{4p}/(\sigma_{4p}-1)} \\ x_{Oi}(x_{C2i}, x_{Mi}) &= \left\{ \alpha_{C2} x_{C2i}^{(\sigma_{4o}-1)/\sigma_{4o}} + \alpha_M x_{Mi}^{(\sigma_{4o}-1)/\sigma_{4o}} \right\}^{\sigma_{4o}/(\sigma_{4o}-1)} \end{aligned}$$

このCES型効用関数において消費可能な予算成約条件下での効用最大化問題は以下のように定式化される。

$$\begin{aligned} \max_{\{x_{Gi}, x_{Ai}\}} \quad & u_i = \left\{ \alpha_G x_{Gi}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} + \alpha_A x_i^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} \right\}^{\sigma_1/(\sigma_1-1)} \\ \text{s.t.} \quad & p_{Gi} x_{Gi} + p_{Ai} x_{Ai} \leq I_i \end{aligned}$$

この問題を解くことで効用水準 u_{si} と各財の需要量及び交通機関別トリップ数が得られる。以上より導出された居住人口と一般財の需要量、交通機関別トリップ数を以下の式に代入することにより、都市の総エネルギー消費量 $E = E(x_{Gi}, x_{Li}, x_{Cii}, x_{Wi}, x_{C2i}, x_{Mi})$ を得る。

$$E = \sum_i (e_G x_{Gi} + e_L x_{Li} + e_{C1} t_{Cii} x_{Cii} + e_W t_{Wi} x_{Wi} + e_{C2} t_{C2i} x_{C2i} + e_M t_{Mi} x_{Mi}) \cdot P_t^*$$

ここで、 E_i はゾーン*i*の都市エネルギー消費量(kcal/人・日)、 x_{Gi} は一般財の需要量(円/人・日)、 x_{Li} は土地の需要量(m²/人・日)、 $x_{Cii}, x_{Wi}, x_{C2i}, x_{Mi}$ はそれぞれ自動車と徒歩及び公共交通機関によるトリップ数(trip/人・日)、 $e_G, e_L, e_{C1}, e_W, e_{C2}, e_M$ はそれぞれ一般財、土地、徒歩・自動車・公共交通機関のエネルギー消費原単位(kcal/円, kcal/m², kcal/trip・分)、 $t_{Cii}, t_{Wi}, t_{C2i}, t_{Mi}$ はそれぞれ徒歩と自動車及び公共交通機関によるゾーン*i*からの平均所要時間(分)である。

また都市のコンパクト性を追求する際、個人が満たしている効用水準を低下させることなく、いかに都市全体

のエネルギー消費量を削減させるかが重要である。そこでコンパクト性の評価には、現在の効用水準を維持しながら都市全体のエネルギー消費量を最小化する財の量を求めるモデルであるコンパクト性評価モデルを使用する。効用水準 u_i を制約条件として、都市全体の総エネルギー消費量を最小化するコンパクト性評価モデルは以下になる。

$$\begin{aligned} \max_{\{x_{Gi}, x_{Li}, x_{Cij}, x_{Mij}\}} E &= \sum_i (e_{Gi} x_{Gi} + e_{Li} x_{Li} + e_{Cij} x_{Cij} + e_{Mij} x_{Mij}) \cdot P_i \\ \text{s.t. } u_i(x_{Gi}, x_{Li}, x_{Cij}, x_{Mij}) &= u_i^* \end{aligned}$$

これを解くことにより算出された一般財の需要量、交通機関別トリップ数により、都市の最小総エネルギー消費量を得る。

3. 移転施策の設定

これまでの我々の研究から、居住者を都心部や公共交通の発達した地域及びその周辺に集めることで、エネルギー消費量の削減やコンパクトな都市の実現が達成できることが明らかとなっている。そこで都市がこれらの要件を達成するためには、都心部等のゾーンへの居住者の移転を誘導する施策を設定することが重要である。そこで本研究では、以下の2つの施策を設定し、シナリオ分析を行う。

シナリオ①郊外居住課税：郊外地域ゾーンの地価に定額の税金を課す

シナリオ②移転先補填：誘導対象地域に住む居住者の所得に定額の補助金を補填する。

4. 実証分析

効用水準及び都市エネルギー消費量を算出するにあたり、JICA STRADA を用いた計算を行う。計算のフローを図2に示す。

Step-1: 発ゾーン別交通機関別トリップ数を算出する。

Step-2: 集計ロジットモデルを用いた目的地選択モデルによって、交通機関別 OD 交通量を求める。説明変数は j ゾーンの都心ダミー D_j とゾーン間の一般化費用 G_{Cij} , G_{wij} , G_{C2ij} , G_{Mij} とし、さらに私用目的 OD 交通量の算出の際はスーパーマーケットの数 S_j , 診療所の数 C_j , 病院の数 H_j , 路線商店の数 R_j , 公用目的 OD 交通量の算出の際は従業員人口 Z_{sj} , を追加して設定する。

Step-3: 交通機関別 OD 交通量を自動車は利用者均衡配分、公共交通機関は確率配分でそれぞれのネットワークに配分する。

Step-4: 配分結果より、費用 P_{Cij} , P_{C2ij} , P_{Mij} と効用 u_i を

更新し、居住地選択モデルによりゾーン i の居住人口を更新する。地価関数によって地価 P_{Li} を更新し、再度、交通機関別トリップ数を算出する。これらのステップを交通機関別 OD が収束するまで繰り返す。

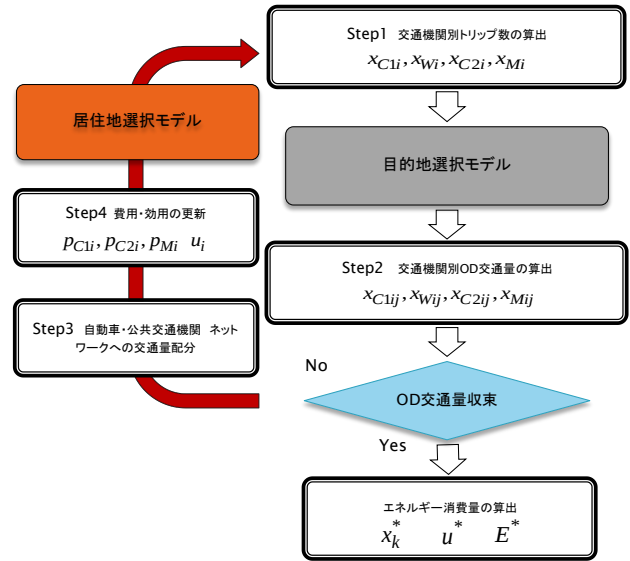


図2 都市エネルギー消費量計算のフロー
また、最小都市エネルギー消費量を算出する計算のフローを図3に示す。

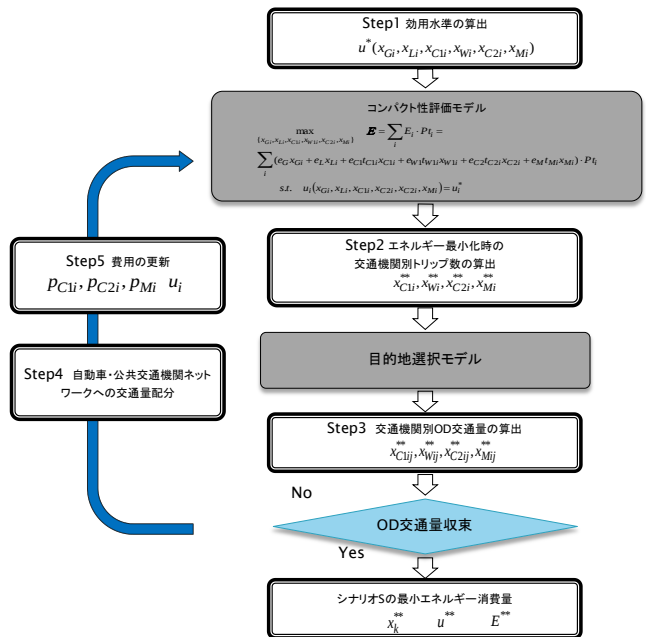


図3 最小都市エネルギー消費量のフロー

居住地選択モデルを使用しないこと意外は、以下のステップは都市エネルギー消費量計算のフローと同じである。実証分析結果は発表時に示す。

5. 結論

本研究で開発したモデルを用いてシナリオ分析を行うことで、どのような施策が都市全体のエネルギー消費量を削減することが可能かを分析することが出来た。