

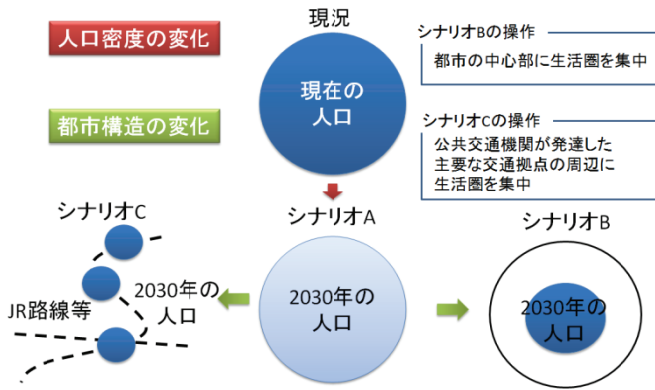
熊本大学 学生員 相川航平  
 熊本大学 正会員 溝上章志  
 熊本大学 正会員 円山琢也

### 1. はじめに

近年、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て取り組みが進められている。しかし、コンパクトシティとはどのような都市構造や交通サービスを持つものかについての検討はなされていない。本研究は熊本都市圏における2030年を想定した都市形態と交通サービスに関する3つの生活圏シナリオを設定し、開発した評価モデルを用いてコンパクト性の評価を行った。

### 2. シナリオの設定について

想定するシナリオは、現在から2030年にかけて生活圏の形態に変更がないシナリオA、都市の中心部に生活圏を集めるシナリオB、公共交通機関の発達した主要な交通拠点及びその周辺に生活圏を集めるシナリオCの3つである。シナリオCの主要な交通拠点及びその周辺は、熊本市都市マスタープランにより提案されている都市構造に整合させて設定する。図1に想定するシナリオの概要図を示す。



圏全域の人口  $P_i$  が1997年からでは2030年の人口へ変動するだけである。

シナリオBでは2030年における人口を市街化区域内へ集約するが、その方法として1)市街化区域内の外側から中心に向けて同心円状に人口密度を高めていく方法と、2)1997年における市街化区域内の各ゾーンの人口比率に比例させて集約する2つの方法を行う。図2に1)で集約した市街化区域内の人口密度を示す。

シナリオCでは交通拠点周辺に生活拠点と生活域を

設定する。生活域のゾーンは交通拠点を囲む形で設定した。図3に設定した交通拠点及びその周辺のゾーンを示した図を示す。ここに人口を集める方法としては、交通拠点及び生活拠点以外に住んでいる人口を交通拠点及び生活拠点と生活域の各ゾーンの人口比率に比例させて配分する。次に生活域に配分した人口は生活域の各ゾーンの人口が等しくなるように再配分するという方法をとる。

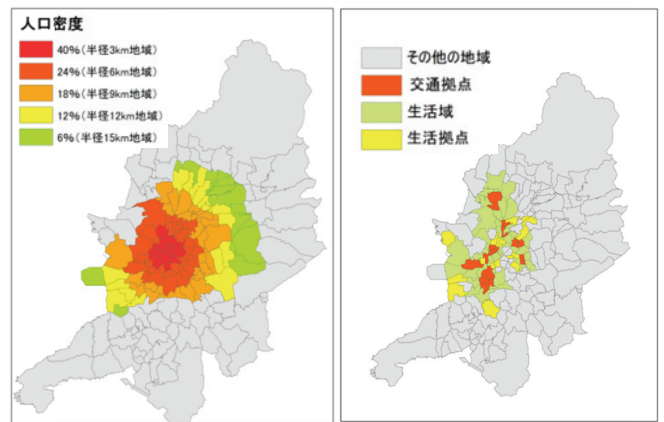


図2 市街化区域の人口密度 図3 交通拠点及びその周辺

### 3. コンパクト性評価手法

各個人は所得制約条件下で効用水準を最大化するように財の消費行動を行っている。都市のコンパクト性を追求する際、各シナリオで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。効用水準の算出には、シナリオSにおいてゾーンiに居住する個人の財を一般財  $x_{s1i}$ 、自動車(C)によるトリップ  $x_{s2Ci}$  と公共交通機関(M)によるトリップ  $x_{s2Mi}$  の3財であると仮定し、図4のようなNested構造を採用して各段階における2財間の代替の弾力性を別個に設定できるようにしたCES型効用関数を使用する。このCES型効用関数を定式化すると、1段階と2段階はそれぞれ以下ようになる。

$$u_{si}(x_{s1i}, x_{s2i}) = \left\{ \alpha_1 x_{s1i}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} + \alpha_2 x_{s2i}^{(\sigma_1-1)/\sigma_1} \right\}^{\sigma_1/(\sigma_1-1)}$$

$$x_{s2i}(x_{s2Ci}, x_{s2Mi}) = \left\{ \alpha_{2C} x_{s2Ci}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} + \alpha_{2M} x_{s2Mi}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} \right\}^{\sigma_2/(\sigma_2-1)}$$

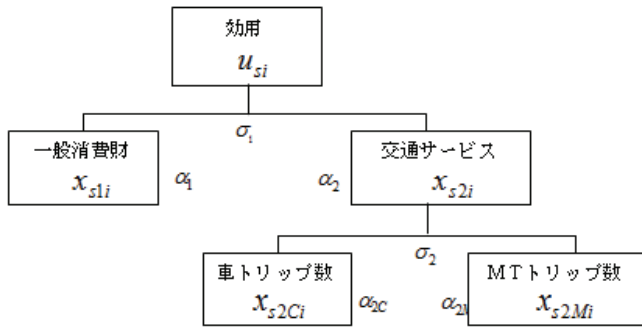


図 4 層化 CES 型効用関数の構造

この CES 型効用関数において 2 段階の交通に消費可能な予算制約条件下での交通サービス水準最大化問題は以下のように定式化される。

$$\begin{aligned} \max_{\{x_{s2Ci}, x_{s2Mi}\}} \quad & x_{s2i} = \left\{ \alpha_{2C} x_{s2Ci}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} + \alpha_{2M} x_{s2Mi}^{(\sigma_2-1)/\sigma_2} \right\}^{\sigma_2 / (\sigma_2-1)} \\ \text{s.t.} \quad & p_{2sCi} x_{s2Ci} + p_{s2Mi} x_{s2Mi} \leq I_{2i} \end{aligned}$$

この問題を解いて得られた効用水準  $u_{si}$  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ようになる。

$$\begin{aligned} \min_{\{x_{s1i}, x_{s2Ci}, x_{s2Mi}\}} \quad & E_s = \sum_i E_{si} \cdot Pt_{si} = \sum_i (e_1 x_{s1i} + e_{s2C} t_{s2Ci} x_{s2Ci} + e_{s2M} t_{s2Mi} x_{s2Mi}) \cdot Pt_{si} \\ \text{s.t.} \quad & u_{si}(x_{s1i}, x_{s2Ci}, x_{s2Mi}) = u_{si}^* \end{aligned}$$

ここで、 $E_{si}$  はシナリオ  $S$  の  $i$  ゾーンの都市エネルギー消費量(kcal/人・日)、 $Pt_{si}$  は  $i$  ゾーンの居住人口(人)、 $x_{s1i}$  は一般財の需要量(円/人・日)、 $x_{s2Ci}, x_{s2Mi}$  はそれぞれ自動車と公共交通機関によるトリップ数(trip/人・日)、 $e_1, e_{s2C}, e_{s2M}$  はそれぞれ一般財、自動車・公共交通機関のエネルギー消費原単位(kcal/円, kcal/trip・分)、 $t_{s2Ci}, t_{s2Mi}$  はそれぞれ自動車と公共交通機関による  $i$  ゾーンからの平均所要時間(分)である。

これを解くことにより導出された消費エネルギー最小時の一般財の需要量、交通機関別のトリップ数の需要関数の解を以下の式に代入することにより、シナリオ  $S$  における効用水準を維持する条件下での都市の総エネルギー消費量の最小値  $E_s^{**} = E(x_{s1i}^{**}, x_{s2Ci}^{**}, x_{s2Mi}^{**})$  を得る。

$$E_s = \sum_i E_{si} \cdot Pt_{si} = \sum_i (e_1 x_{s1i} + e_{s2C} t_{s2Ci} x_{s2Ci} + e_{s2M} t_{s2Mi} x_{s2Mi}) \cdot Pt_{si}$$

#### 4. 実証分析

3.で説明した方法により効用水準、及び最小都市エネルギー消費量を算出するにあたり、交通需要の予測には JICA STRADA を用いた計算を行う。シナリオ毎の計算のフローを図 5 に示す。

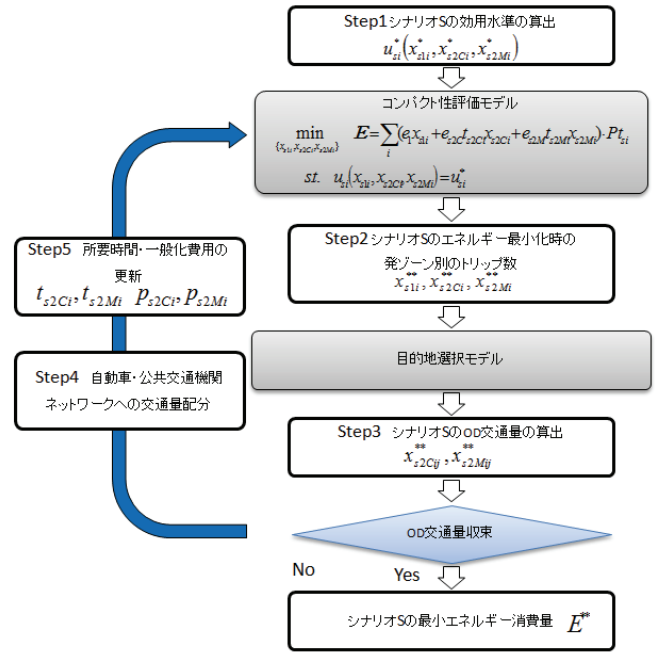


図 5 計算のフロー

Step-1: CES 効用関数より、効用水準を算出する。

Step-2: コンパクト性評価モデルよりエネルギー消費量を最小化する発ゾーン別の交通機関別トリップ数  $x_{s2Ci}, x_{s2Mi}$  と一般財の需要  $x_{s1i}$  を算出する。

Step-3:  $j$  ゾーン of 都心ダミー  $D_j$  と従業人口  $Z_{sj}$ 、ゾーン間の一般化費用  $G_{s2Cij}, G_{s2Mij}$  を説明変数とする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。

Step-4: 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-5: 配分結果より、一般化費用  $G_{2mi}$  と所要時間  $t_{2mi}$  を更新し、再度、エネルギー最小化モデルを解く。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。

結果は発表時に示す。

#### 5. 終わりに

熊本県における将来のシナリオを設定してそれぞれのコンパクト性を評価・比較したことにより、どのような都市構造及び交通サービスにすることで、効用水準を維持した上で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できた。しかし、コンパクト性の評価にあたり、シナリオの設定方法に不十分な面がある等いくつか課題も残るので今後さらなる修正・改善をした研究をしていく必要がある。