

都市内最適機能配置モデルを用いた コンパクトシティ施策の有効性の検討

磯野 昂士¹・奥村 誠²

¹学生会員 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 S-502)
isono@dc.tohoku.ac.jp

²正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1 S-502)
mokmr@m.tohoku.ac.jp

人口減少社会を迎え、これまでの都市サービスの維持が難しくなっている。多くの都市では持続可能性の向上のため、都市機能を少数の地区に集約させるコンパクトシティ施策が採用されている。しかし、コンパクトシティ施策はどのような都市でも有効なのか、という点は明らかになっておらず、また都市機能の集約先として中心市街地がふさわしい場所なのかも明確ではない。これらを明らかにしないままコンパクトシティ施策を行うことは、特定の世代に負担が偏ったり、特定の費用が極端に大きくなったりするという問題を生じさせる危険性がある。そこで本研究では、多時点における社会的総余剰を最大化する都市機能配置を求める数理計画モデルを作成し、コンパクトシティ施策が有効性を持つ条件と、都心部が都市機能の集約先に選ばれる条件を明らかにする。

Key Words: depopulation, sustainability, urban service, optimal location

1. はじめに

人口が増加してきた時代には、利用者が増え、新しく成り立つ都市サービスが増えてきたが、人口減少社会を迎え、これまでの都市サービスの維持が難しくなっている。そこで、人口減少社会において、これまでの都市サービスを維持するために、都市機能を必要最小限の地区に集約するコンパクトシティ施策が有効であると考えられている。ここで、コンパクトシティ施策とは、都市機能を必要最小限の地区に集約する施策を意味するものとして用いる。

都市機能の配置やコンパクトシティに関する既存研究では、まずコンパクトシティ施策により交通環境負荷を小さくする研究や、コンパクトシティ施策が都市の運営費用を抑えることを示す研究、都市のコンパクト化による住民の生活利便性悪化のリスクに着目した研究などがある。中道・村尾・義浦・谷口ら(2011)¹⁾は、コンパクトシティ施策による交通環境負荷の削減効果を明らかにした。そして、自家用車利用を削減する意識啓発を断続的に行い、住民が自家用車利用の削減努力をすることで、交通環境負荷を小さくできることを示した。YIN・溝上ら

(2011)²⁾は、現在の効用水準を維持した上でエネルギー消費量を最小化した場合の最適な財の消費パターンと実績消費パターンを比較することで、都市のコンパクト性を評価するモデルを提案している。根市・土屋・室町ら(2004)³⁾は、上下水道などの都市の運営費用のコンパクトシティ施策による削減効果と震災リスクの変化を検討し、コンパクトシティ施策により都市の運営費用を抑えられ、震災リスクは高まることを示した。安立・鈴木・谷口ら(2012)⁴⁾は、コンパクトシティ形成過程において都市サービスの撤退に伴い居住者の生活が一時的に不便になるリスクに着目し、アンケート調査などからリスクの認知と実態を明らかにした。

しかし、いずれの研究でも、人口配分をあらかじめ少数の地区に集約することを前提としており、コンパクトシティ施策がどのような都市でも妥当であるのか、は明らかになっていない。また、都市機能の集約先についても、確固とした根拠も示されないまま中心市街地が選ばれて分析されている。

青野・長尾・戸川・加藤・佐野ら(2011)⁵⁾は、都市の持続可能性を確保するためにコンパクト化を進める際の都市的利用中止(撤退)地区および再集結地区を、QOL指標最大化および市街地維持費用最小

化を規範として選定する方法論を提案し、遺伝的アルゴリズムを用いて都市形態の最適化を行った。具体的には新潟県旧上越市について、市街地維持費用最小化、QOL 最大化、および QOL と市街地維持費用の双方を同時に最適化する 3 つの場合の撤退・再集結プロセスを示した。しかし、住民の居住場所を最適化しているものの、サービス施設は同じ地区に自動的に配置され、住民が他の地区に通って施設を利用する可能性は考慮していない。また、最低限の利用者数を確保しなければ施設サービスを維持できないという制約も考慮していない。

さらに、以上のいずれの研究でも、コンパクトシティ施策が、長期的に考えてどの世代にとっても最適状況を生み出すのか、ということも明らかになっておらず、都市の集約によって特定の世代に負担が偏ってしまう危険性もある。

2. 最適化モデルの設定

本モデルでは、都市内の人口が地区に居住することによって得られる効用から各種の費用を差し引いた社会的余剰を目的関数とし、これを最大化する都市機能の配置を考える。さらに、時間を経るにつれて都市機能の配置がどのように変化するかを確かめるため、一定期間（以下では 25 年ごと）に分割した多時点の社会的余剰を考え、これを最大化する都市機能の多時点の配置を計算する。ここで、都市機能の配置とは、住居・施設・公共交通の配置と、人々の居住・転居・活動を意味している。

都市機能の配置を考える上で、まず都市を複数の地区に分割して捉える。各地区内には病院や学校などの施設が種類ごとに最大一つ設置でき、地区間を移動できるようにバスなどの公共交通を設定できるとする。各地区内に存在する住居の量が、その地区に居住できる人口の上限を与える。住民は、ある頻度で施設に通い活動を行うが、もし住居と施設的位置が異なれば、公共交通あるいは自家用車によって地区間の移動を行うものとする。一時期の間はこれらの施設・公共交通・住居と居住・活動の場所は固定されるが、次の時期に移る際に、住民は次の年齢階層に移動するとともに、人口は出生・死亡・転居により変化する。住居は次の築年数階層へ移動するとともに、建設による新設が起こりうる。施設・公共交通にもそれぞれ新設・維持・廃止がありうるとする。

(1) 変数の定義

まず、時期を $\tau \in T$ 、年齢階層を $e \in E$ 、地区を $i, j \in Z$ 、活動の種類を $a \in A$ 、公共交通の路線番号を $l \in L$ 、交通手段を $m \in M = \{1: 自家用車, 2: 公共交通\}$ 、築年数階層を $f \in F$ でそれぞれ表し、これらの集合の要素数を $n(F)$ など表す。

内生変数として、 τ 期の年齢階層 e 別の地区人口を $p_{i,e}(\tau)$ 、 τ 期末の年齢階層 e 別転居人口を $x_{ij,e}(\tau)$ 、 τ 期の活動別施設の有無を $y_{j,a}(\tau) = \{0, 1\}$ 、 τ 期の公共交通 l の有無を $w_l(\tau) = \{0, 1\}$ 、 τ 期末の施設建設の有無を $\hat{y}_{j,a}(\tau)$ 、公共交通の施設建設の有無を $\hat{w}_l(\tau)$ と表し、 τ 期に交通手段を用い地区間を移動して施設で活動を行う年齢階層別人数を $r_{ij,e,a,m}(\tau)$ と表す。 τ 期の各地区の築年数階層別住居ストックを $q_{i,f}(\tau)$ と表わし、これは新たに建設する $h_i(\tau)$ によってのみ増加すると仮定する。

外生変数として、地区と年齢階層ごとの効用を $V_{i,e}$ 、施設の種別固定費用を $U_{a,fix}$ 、施設の種別単位変動費用を $U_{a,var}$ 、地区間自家用車移動一般化費用を $T_{car,ij}$ 、公共交通の路線別固定費用を $S_{l,fix}$ 、公共交通の路線別単位変動費用を $S_{l,var}$ 、公共交通の利用路線別一般化費用を T_{tra} 、公共交通利用経路と路線の対応を $\delta_{ij,l}$ 、地区間転居費用を C_{ij} 、住居単位建設費を H_{house} 、施設建設費を H_{ins} 、公共交通建設費を H_{tra} と表す。

(2) 目的関数

本モデルでは居住により発生する効用から各種の費用を差し引いた社会的余剰を目的関数として用いる。以下、効用と費用を構成する項目ごとに定式化してゆく。このとき各項目はできる限り年齢階層別に定義する。

まず、 τ 期における居住により年齢階層 e が得る効用を式 (1) のように表す。

$$V_e(\tau) = \sum_{i \in Z} V_{i,e} \cdot p_{i,e}(\tau) \quad (1)$$

ある地区 i に住むことで年齢階層 e の個人が得る効用 $V_{i,e}$ は、年齢階層 e によって異なるが、時期によっては変化しないとしている。これにより、例えば、子育て世代は自然の豊かな郊外を指向し、高齢者は都心を好むという仮定を表現する。

次に、施設の固定費用 $U_{a,fix}$ 、施設の単位変動費用 $U_{a,var}$ を用いて、年齢階層 e が支払うべき施設運営費を式 (2) のように表す。

$$U_e(\tau) = \sum_{j \in Z} \sum_{a \in A} \left(\frac{U_{a,fix}}{n(E)} \cdot y_{j,a}(\tau) + U_{a,var} \sum_{i \in Z} \sum_{m \in M} r_{ij,e,a,m}(\tau) \right) \quad (2)$$

式 (2) の右辺第一項は施設の有無により発生する固定費用で全年齢階層 $n(E)$ で等分に負担すると仮定する。右辺第二項は施設の利用者数により変化する変動費用を表している。

次に移動費を式 (3) のように表す。なお、交通手段 $m \in M$ のうち、 $m=1$ が自家用車、 $m=2$ が公共交通を表している。

$$W_e(\tau) = \sum_{a \in A} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i \in Z} \sum_{j \in Z} r_{ij,e,a,m=1}(\tau) T_{car,ij} \\ + \sum_{i \in L} \left(\frac{S_{i,fix}}{n(E)} w_i(\tau) + (S_{i,var} + T_{tra}) \sum_{j \in Z} \sum_{m \in M} r_{ij,e,a,m=2}(\tau) \delta_{ij,1} \right) \end{array} \right\} \quad (3)$$

式 (3) の右辺第一項は自家用車の利用者の支払う一般化費用を表している。第二項は公共交通サービスの設定により発生する固定費用であり、全年齢階層で等分に負担することと仮定する。第三項は公共交通の延べ利用者数に比例して発生する変動費用と、公共交通の利用者が支払う一般化費用を表している。

次に時期をまたぐ変化をもたらす費用について考える。まず、転居にかかる費用を式 (4) のように表す。

$$C_e(\tau) = \sum_{i \in Z} \sum_{j \in Z} C_{ij} \cdot x_{ij,e}(\tau) \quad (4)$$

地区 i から地区 j へ個人が転居する際の費用 C_{ij} は、転居する距離によって異なるが、時期や年齢階層には依存しないと仮定している。そして、次に住居、活動施設および公共交通施設の建設費を式 (5) のように表す。

$$H(\tau) = \sum_{i \in Z} H_{house} \cdot h_i(\tau) + \sum_{j \in Z} \sum_{a \in A} H_{ims} \cdot \hat{y}_{j,a}(\tau) + \sum_{i \in L} H_{trans} \cdot \hat{w}_i(\tau) \quad (5)$$

式 (5) の右辺第一項は住居の建設費を、第二項は施設の建設費を、第三項は公共交通施設の建設費をそれぞれ表している。

本研究の目的関数は、以上で定式化した各項目を加えた社会的余剰である。この時、各世代に発生する項目については、世代ごとに異なる重み $\beta_g(\tau, e)$ を付加する。さらに、時期をまたぐ変化に対応する建設費には別の重み β_h を付加して、式 (6) のように定式化する。以下では、これらの重み $\beta_g(\tau, e)$ と β_e を変化させながら、最適化を行うこととする。

$$\min_{p,x,y,w,r,h} \sum_{e \in E} \{ \sum \beta_g(\tau, e) (V_e(\tau) - U_e(\tau) - W_e(\tau) - C_e(\tau)) + \beta_h H(\tau) \} \quad (6)$$

(3) 制約条件

目的関数の最大化において、以下のような制約条件を考える。

(a) 人口についての制約条件

本モデルでは、同じ地区 i にとどまる場合でも地区 i から地区 i への転居 $x_{ii,e}(\tau)$ として表現する。このため、この τ 期末の転居人数は、従前の居住地区 i の人口に比例する生存者数と一致する。この関係を、年齢階層 e ごとの域内生残率 D_e を用いて、式 (7) で表す。

$$\sum_{j \in Z} x_{ij,e}(\tau) - D_e \cdot p_{i,e} = 0 \quad (7)$$

$$\forall i \in Z, \tau \in T, e \in E$$

式 (7) の左辺第一項は第 τ 期末に従前の居住地区 i から転居する人数、第二項は第 τ 期の人口のうち死亡・転居せずに生残する人口である。ある時期の期末に死亡あるいは転出をしない域内生残率は年齢階層のみによって異なり、時期や地区によっては差がないとして外生的に与えている。

ある時期の期末の転居人数と次の時期の期首の人口の保存則を式 (8) で表す。

$$p_{i,e+1}(\tau+1) - \sum_{j \in Z} x_{ij,e}(\tau) = 0 \quad (8)$$

$$\forall i, j \in Z, \tau \in \{\tau \in T, \tau \neq 0\}, e \in \{e \in E, e \neq n(E)\}$$

本研究では年齢階層を時期に合わせて 25 年ごとに定義し、0~24 歳、25~49 歳、50~74 歳をそれぞれ年齢階層 $e = \{1, 2, 3\}$ で表す。75 歳以上の人口は考えない。さらに、年齢階層 2 のみが年齢階層 1 を出産すると考える。したがって、地区 i の年齢階層 1 の期首人口 $p_{i,e=1}(\tau)$ は、同地区同時期の年齢階層 2 の人口 $p_{i,e=2}(\tau)$ に出生率 B を乗じて、式 (9) のように計算する。

$$p_{i,e=1}(\tau) = p_{i,e=2}(\tau) \cdot B \quad (9)$$

$$\forall i \in Z, \tau \in T$$

なお、初期の人口配分 $p_{i,e}(\tau=0)$ は外生的に与える。

(b) 活動と施設・公共交通についての制約条件

まず、住民の活動回数についての制約を式 (10) で表す。

$$\sum_{j \in Z} \sum_{m \in M} r_{ij,e,a,m}(\tau) - p_{i,e}(\tau) \cdot F_{a,e} = 0 \quad (10)$$

$$\forall i \in Z, a \in A, e \in E, \tau \in T$$

式 (10) は住民が年齢階層 e と活動の種類 a に応じた頻度 $F_{a,e}$ で必ず活動を行うことを表している。また、住民は活動 a を行う際、それに対応する施設に通わなければならない。この施設が居住地区 i と同地区にある場合 ($y_{i,a}=1$) にはその施設を用いることになるが、居住地区に活動 a のための施設がない場合 ($y_{i,a}=0$) には、何らかの交通手段 m を用いて、活動 a のための施設がある他の地区 j に移動しなければな

表-2.1 施設の配置の有無と建設回数の関係

	$y_{j,a}(\tau) = 0$	$y_{j,a}(\tau) = 1$
$y_{j,a}(\tau+1) = 0$	$\bar{y}_{j,a}(\tau) = 0$	$\bar{y}_{j,a}(\tau) = 0$
$y_{j,a}(\tau+1) = 1$	$\bar{y}_{j,a}(\tau) = 0$	$\bar{y}_{j,a}(\tau) = 1$

らない。したがって、地区 j に存在する活動 a のための施設の延べ利用者数は、同地区 j の住民の利用と、いずれかの交通手段 m を用いて移動してきた他地区 $i \neq j$ の住民の利用から計算される。この施設の利用者数はその施設の最小運営規模及び最大容量の間に収まる必要がある。これを式 (11) で表す。

$$N_{ins,a} \cdot y_{j,a}(\tau) \leq \sum_{i \in Z} \sum_{e \in E} \sum_{m \in M} r_{ij,e,a,m}(\tau) \leq M_{ins,a} \cdot y_{j,a}(\tau) \quad (11)$$

$$\forall i \in Z, a \in A, \tau \in T$$

公共交通の利用者についても最小の運営規模と最大容量に収まる必要がある。これは式 (12) のように定式化できる。

$$N_{tra} \cdot w_l(\tau) \leq \sum_{i \in Z} \sum_{e \in E} r_{ij,e,a,m=2}(\tau) \cdot \delta_{ij,l} \leq M_{tra} \cdot w_l(\tau) \quad (12)$$

$$\forall j \in Z, a \in A, \tau \in T, l \in L$$

$\delta_{ij,l} = \{0,1\}$ は、公共交通路線 l が地区 i から地区 j への経路上に存在するか否かを表す外生変数である。ここで交通機関の選択について、交通健全者率 ϕ_e を考える。本モデルでは、各年齢階層 e には、 $1 - \phi_e$ の比率で自ら自家用車を運転できない交通弱者が存在しているとする。つまり、第 τ 期における地区 i の年齢階層 e の住民 $p_{i,e}(\tau)$ のうち、 $(1 - \phi_e) \cdot p_{i,e}(\tau)$ の住民は自家用車を運転できず、移動の際には公共交通を利用する必要がある。 $\phi_e p_{i,e}(\tau)$ の住民は移動の際に自家用車と公共交通の双方から選択することができる。この自家用車を選択できる人数についての制約を式 (13) に表す。

$$\sum_{j \in Z} r_{ij,e,a,m=1}(\tau) - p_{i,e}(\tau) \cdot F_{a,e} \cdot \phi_e \leq 0 \quad (13)$$

$$\forall i \in Z, e \in E, a \in A, \tau \in T$$

式 (13) の左辺第一項は、地区 i に居住し自家用車を利用していずれかの場所で活動を行う年齢階層 e の活動回数、第二項は地区 i に居住する年齢階層 e の住民が自家用車を利用して活動を行える回数である。

(c) 建設についての制約条件

まず、住居ストックと世帯数の関係を式 (14) で表す。

$$\sum_{e \in E} p_{i,e}(\tau) \cdot \eta_e - \sum_{f \in F} q_{i,f}(\tau) \leq 0 \quad (14)$$

$$\forall i \in Z, \tau \in T$$

式 (14) の左辺第一項は、地区 i 内の世帯数を表し、年齢階層ごとの人口に世帯主である確率 η_e を乗じて

求める。第二項は地区 i 内の住居ストックを表しており、地区 i 内の住居ストックは世帯数より必ず多いか等しいことを表している。

次に、築年数階層ごとの住居ストックの変化に関して次の二式を考える。

$$q_{i,f+1}(\tau) = q_{i,f}(\tau) \quad (15)$$

$$\forall i \in Z, f = \{1, 2, \dots, n(F) - 1\}, \tau \in T$$

$$q_{i,f=1}(\tau) = h_i(\tau) \quad (16)$$

$$\forall i \in Z, \tau \in T$$

住居ストックは、時期が進むごとに次の築年数階層へと移ることを式 (15) で表し、また新築を表す $f=1$ の築年数階層の住居ストックは同時期首の建設量によって求まる、ということをも式 (16) によって表している。初期の住居ストックは外生的に設定する。次に、活動のための施設の建設の有無を式 (17) によって求める。

$$y_{j,a}(\tau+1) - y_{j,a}(\tau) - \hat{y}_{j,a}(\tau) \leq 0 \quad (17)$$

$$\forall i \in Z, a \in A, \tau \in \{\tau \in T, \tau \neq n(T)\}$$

式 (17) では、ある時期において存在しなかった施設が次の時期において新たに配置された場合は、施設の建設があったと考え、この建設回数 $\hat{y}_{j,a}(\tau)$ を、時点間における施設・公共交通配置の有無 $y_{j,a}(\tau)$ の差異を用いて求めている。施設・公共交通それぞれの建設回数 $\hat{y}_{j,a}(\tau)$ に応じて建設費が発生することを式 (5) のように建設費の部分目的 $H(\tau)$ に表現しており、最適化を行うことでこの建設回数 $\hat{y}_{j,a}(\tau)$ は結果的に、0 あるいは 1 の値を取るようになる。この関係を、表 -2.1 にまとめる。

公共交通についても同様に、施設の建設回数を式 (18) を用いて求める。

$$w_l(\tau+1) - w_l(\tau) - \hat{w}_l(\tau) \leq 0 \quad (18)$$

$$\forall l \in L, \tau = \{\tau \in T, \tau \neq n(T)\}$$

3. 外生変数の設定

第 2 章において定式化した最適化モデルを解いて、最適な都市機能配置を求める。その際、都市をいくつかの地区の集まりとして考え、その地区の中には都心部と郊外部がどちらも含まれていることが望まれる。本研究では、最適化を行った際に特定の地区に都市機能を集中させる解が得られるのか、集中させる場合にはどこに集中させるのか、ということを確認することを目的とするため、都市全体の機能が最大限集中する場合にはそれが一つの地区に収

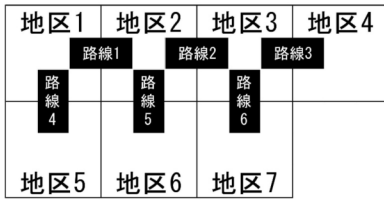


図-3.1 仮想都市の地区と公共交通路線の設定

表-3.2 初期住居ストック配分

築年数階層	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6	地区7
1	100	100	200	100	100	500	500
2	1100	800	800	600	600	200	100
3	500	400	300	100	300	100	0

(単位:戸)

表-3.4 年齢階層ごとの世帯主確率

	年齢階層 1	年齢階層 2	年齢階層 3
世帯主確率 η_e	0.1	0.5	0.5

表-3.6 転居費用

	地区 1	地区 2	地区 3	地区 4	地区 5	地区 6	地区 7
地区 1	0	202,500	193,000	203,500	204,000	204,500	205,000
地区 2	202,500	0	202,500	203,000	203,500	204,000	204,500
地区 3	203,000	202,500	0	202,500	203,000	203,500	204,000
地区 4	203,500	203,000	202,500	0	202,500	203,000	203,500
地区 5	204,000	203,500	203,000	202,500	0	202,500	203,000
地区 6	204,500	204,000	203,500	203,000	202,500	0	202,500
地区 7	205,000	204,500	204,000	203,500	203,000	202,500	0

(単位:円/回)

まる程度に広さを設定するのが適切であると考え、このため本研究では、図-3.1のように地区集合 $Z=\{1,2,3,4,5,6,7\}$ とし、地区1が都心、地区7が郊外であるとする。地区間を移動できるよう公共交通を配置し、公共交通路線集合 $L=\{1,2,3,4,5,6\}$ と設定する。

(1) 時間スケールの定義

本研究では、現在世代から将来世代まで考慮するが、現在世代の得る純効用と将来世代の得る純効用を表現できればよいので、前述のように1時期は25年とし、時期集合 $T=\{0,1,2,3,4\}$ 、年齢階層集合 $E=\{1:0歳\sim 24歳, 2:25歳\sim 49歳, 3:50歳\sim 74歳\}$ とした。

(2) 初期の人口配分・住居ストック配分の設定

初期の人口配分および住居ストック配分について考える。これは、現在を表す第1期に、どの地区にどの年齢階層の住民が多いか、どの築年数階層の住居ストックが多いか、ということを決めることを意味する。本研究では、近年に郊外の開発があり新しい住居ストックが郊外に存在して若年者が多く、旧来の都心には古い住居ストックが多く高齢化が進んでいる、という多くの地方都市における状況を初期

表-3.1 人口の初期配分

年齢階層	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6	地区7
1	800	800	600	300	600	800	200
2	1000	700	500	1000	800	300	300
3	1000	900	600	200	600	400	200

(単位:人)

表-3.3 生残率・出生率・交通弱者率

年齢階層	人口減少			人口一定			人口増		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
交通健全者率	0.3	0.9	0.1	0.3	0.9	0.1	0.3	0.9	0.1
生残率	0.8	0.8	0	1	1	0	1	1	0
出生率		0.71			1			1.2	

表-3.5 居住地区と年齢階層ごとの居住により得られる効用

年齢階層	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6	地区7
1	406000	405000	400000	405000	406000	407000	408000
2	255000	250000	505000	506000	257000	508000	509000
3	500000	505000	256000	257000	508000	259000	260000

(単位:円/25年)

状態にして都市機能の最適配置を求める。初期(第0期)の人口配分と住居ストック配分を表-3.1, 表-3.2のように設定した。

また、式(19)のように、第0期においては施設・公共交通は全ての地区に存在すると仮定した。

$$w_l(\tau=0)=1, y_{j,a}(\tau=0)=1 \quad (19)$$

$$\forall l \in L, j \in Z, a \in A$$

(3) 生残率・出生率・交通弱者率・世帯主確率の設定

将来世代の人口や、将来の交通弱者数を決定するため、生残率・出生率・交通弱者率の値を設定する必要がある。本研究では、自家用車を自ら運転できる若年者も加齢とともに交通弱者になっていくと仮定し、生残率・出生率・交通弱者率を表-3.3のように設定した。

次に、人口から世帯数を計算するための世帯主確率を表-3.4のように設定した。これは、平成24年岩手県保健福祉年報(人口動態編)¹¹⁾を用いて、地方都市における年齢階層ごとの人口と世帯数から、実状に合うように設定した。

(4) 居住の効用と転居費用の設定

効用について設定する。ある地区 i に住むことで年齢階層 e の個人が得る効用 $V_{i,e}$ は、年齢階層 e によって異なるが、時期によっては変化しない。本研究では、子育て世代は自然の豊かな郊外を指向し、高齢者は都心部を好むとして、効用 $V_{i,e}$ を表-3.5のように設定した。

次に、時期をまたぐ変化である転居が与える費用

表-3.7 活動の頻度

	活動 1	活動 2	活動 3
年齢階層 1	17.8	3.3	3.3
年齢階層 2	3.3	17.8	3.3
年齢階層 3	3.3	3.3	17.8

(単位:回/月)

表-3.8 最大容量および最小運営規模

	活動 1	活動 2	活動 3	公共交通
最大容量	82192	82192	82192	50000
最小運営規模	822	822	822	213

(単位:回/月)

表-3.9 固定費用および単位変動費用

	単位	施設 1	施設 2	施設 3	公共交通
固定費用	円/年	6,000,000	6,000,000	6,000,000	1,440,000
単位変動費用	円/回	800	800	800	80

表-3.11 住居・施設・公共交通の建設費

	住居	施設 1	施設 2	施設 3	公共交通
建設費	60,000,000	30,000,000	30,000,000	30,000,000	400,000
単位	円/戸	円/回	円/回	円/回	円/回

表-3.10 自家用車の一般化費用

	地区 1	地区 2	地区 3	地区 4	地区 5	地区 6	地区 7
地区 1	0	10	12	14	10	11	13
地区 2	10	0	10	12	11	10	11
地区 3	12	10	0	10	13	11	10
地区 4	14	12	10	0	15	13	11
地区 5	10	11	13	15	0	10	12
地区 6	11	10	11	13	10	0	10
地区 7	13	11	10	11	12	10	0

(単位:円/回)

表-3.12 世代ごとの重み

	第 1 期	第 2 期	第 3 期	第 4 期
年齢階層 1	β_f^2	β_f^3	β_f^4	β_f^5
年齢階層 2	β_f	β_f^2	β_f^3	β_f^4
年齢階層 3	1	β_f	β_f^2	β_f^3

について設定する。転居費は、転居することで距離に関わらず発生する費用と、距離に応じて発生する費用に分けることができるが、後者の費用は前者の費用と比べれば大きな差はないと考え、表-3.6 のように転居費用を設定した。

なお、混合整数線形計画問題を解く際に、都市機能配置のパターンが違って同じ社会的余剰の値を取るために最適解が複数存在するという問題を回避するため、効用 $V_{i,e}$ および転居費用 C_{ij} の値は少しずつ異なる値を設定している。

(5) 活動に関する外生変数の設定

活動には、通院や通学・通勤といったものが考えられる。実際には、活動は何種類も存在し、また同じ活動でも利用する施設によってサービスの質に差があることも考えられるが、本研究では、今までの人口規模なら提供できていたサービスを人口減少下でも維持できる最適な都市機能配置を考えることを目的としているため、サービスの質やそれによる効用は重視せず、サービスの利用者数を捉えることに重点を置く。このように考え、活動としては 3 種類を考え、年齢階層別の活動の頻度を表-3.7 のように、施設の最大容量・最小運営規模を表-3.8 のように設定した。公共交通は一日に 7 便運行している路線バスを想定し、一人/便を最小運営規模として設定し、最大容量は運行頻度を 4 倍に上げた時に全便満員となる利用者数を想定した。

次に、施設・公共交通サービスを提供することの費用を表-3.9 のように設定した。施設・公共交通は、いずれも固定費用の大きいコスト構造を仮定しており、サービスを提供する数を少なくすることのメリットが働くように、実際の学校や病院・路線バスの建設、運営費用の実態を参考に設定した。

次に、活動を行うために移動する際の自家用車による移動費用を表-3.10 のように設定した。なお、公共交通の一般化費用 T_{trans} はどの路線も 125 円/回としている。

(6) 建設に関する外生変数の設定

建設費を表-3.11 のように設定した。施設・公共交通の建設費とは、それまでサービスが提供されていなかった場所で新しくサービスを提供するための費用であり、例えば主な居住地が時間を経るにつれて変化し、利便性を考えて施設を移設する場合に必要な費用を意味する。

(7) 目的関数の重みの設定

最も古い世代である第 1 期年齢階層 3 の住民を基準に、次の世代に一定の割合 β_f を式 (20) のように積算してゆくとする。この関係を表-3.12 にまとめる。

$$\beta_e(e, \tau) = \beta_f^{\tau - e + 2} \tag{20}$$

4. 最適化モデルの計算結果と考察

本章では、これまで定式化した最適化モデルを用いて、最適な都市機能配置の分析を行う。将来にわたり人口が減少する状況を前提として、都市機能配置に影響すると考えられる将来世代の重み β_f 、建設費の重み β_h を変化させ、最適な都市構造の変化を確かめる。

表-4.1 人口減少下の人口配分と施設配置の結果

建設の 重み	将来世代 の重み	時期	地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6	地区7
100	0.4	第1期	39.3	0	15.6	0	16.7	21.0	0.2
		第2期	30.4	3.0	9.0	0	0	15.0	0.8
		第3期	33.0	0	0	0	0	0	0
		第4期	18.7	0	0	0	0	0	0
	0.8	第1期	24.0	4.8	44.5	0	0	19.3	0.2
		第2期	0	0	40.3	0	0	11.0	6.8
		第3期	0	0	33.0	0	0	0	0
		第4期	0	0	18.7	0	0	0	0
	1	第1期	18.6	18.2	0	0	0	20.7	35.4
		第2期	0	0.6	0	0	0	10.3	47.1
		第3期	0	0	0	0	0	0	33.0
		第4期	0	0	0	0	0	0	18.7
1	0.4	第1期	27.6	38.6	0	0	16.7	9.6	0.2
		第2期	0	30.4	9.0	0	0	15.0	3.8
		第3期	0	33.0	0	0	0	0	0
		第4期	0	18.7	0	0	0	0	0
	0.8	第1期	18.4	18.0	0.2	0	0	38.4	17.8
		第2期	0	0	0.8	0	0	46.4	10.9
		第3期	0	0	0	0	0	33.0	0
		第4期	0	0	0	0	0	18.7	0
	1	第1期	22.9	0.1	0	0	14.0	38.4	17.5
		第2期	0.5	0	0	0	0	46.4	11.1
		第3期	0	0	0	0	0	33.0	0
		第4期	0	0	0	0	0	18.7	0
0.01	0.4	第1期	72.8	20.1	0	0	0	0	0
		第2期	58.1	0	0	0	0	0	0
		第3期	33.0	0	0	0	0	0	0
		第4期	18.7	0	0	0	0	0	0
	0.8	第1期	34.4	0	0	0	0	58.5	0
		第2期	0	0	0	0	0	58.1	0
		第3期	0	0	0	0	0	33.0	0
		第4期	0	0	0	0	0	18.7	0
	1	第1期	34.4	0	0	0	0	58.5	0
		第2期	0	0	0	0	0	58.1	0
		第3期	0	0	0	0	0	33.0	0
		第4期	0	0	0	0	0	18.7	0

(単位:百人, 外枠は住居の建設地区を, 網掛けは施設配置地区を表す)

$\beta_f=1$ の3パターンを計算し, 現在世代の重みが大きい場合から将来世代にも同じ重みを与える場合までを表現する. また, 建設費用にかかる重み β_h は $\beta_h=0.01, \beta_h=1, \beta_h=100$ の3パターンを計算する.

(1) 人口配分の変化

まず, 人口減少下での, 将来世代の重み β_f , 建設費の重み β_h を変化させた場合の各期の人口配分とこの時の施設配置を表-4.1に示す.

これらよりわかることは, 時期が進むにつれて, 人口が居住する地区数も, 施設が配置される地区数も, とともに一貫して減少していることである. $\beta_h=100, \beta_f=0.4$ の2ケースでは, 第1期において居住がなかった地区に新たに居住が発生するという例が見られる. しかしこの場合でも, 表-4.2に見られるように, これらの地区での住居の建設は発生しておらず, 既存住居ストックに自動車を自ら運転できる世代のみが居住して隣接地の施設に通って活動している.

これは, 人口が減少するため, 施設のある地区に早い時点で集約させるのに十分な住居を建設しても, 次の時期には余ってしまうために, このような既存住居活用が有利になるためであると考えられる. いずれにせよ, 地区の集約を図り, 居住地区や施設の数減らしてゆくという傾向が共通にみられ

表-4.2 人口減少下の住居の建設量

		地区1	地区2	地区3	地区4	地区5	地区6	地区7	
β_f = 0.4	第1期	583	0	0	0	0	0	0	
	第2期	767	0	0	0	0	0	0	
	第3期	0	0	0	0	0	0	0	
	第4期	0	0	0	0	0	0	0	
	β_h = 100	第1期	0	0	583	0	0	0	0
		第2期	0	0	767	0	0	0	0
		第3期	0	0	0	0	0	0	0
		第4期	0	0	0	0	0	0	0
	β_f = 1	第1期	0	0	0	0	0	0	583
		第2期	0	0	0	0	0	0	767
		第3期	0	0	0	0	0	0	0
		第4期	0	0	0	0	0	0	0
β_f = 0.4	第1期	0	583	0	0	0	0	0	
	第2期	0	767	0	0	0	0	0	
	第3期	0	0	0	0	0	0	0	
	第4期	0	0	0	0	0	0	0	
β_h = 1	第1期	0	0	0	0	0	0	583	
	第2期	0	0	0	0	0	0	767	
	第3期	0	0	0	0	0	0	0	
	第4期	0	0	0	0	0	0	0	
β_f = 0.4	第1期	1509	104	0	0	0	0	0	
	第2期	767	0	0	0	0	0	0	
	第3期	0	0	0	0	0	0	0	
	第4期	0	0	0	0	0	0	0	
β_h = 0.01	第1期	520	0	0	0	0	0	1293	
	第2期	0	0	0	0	0	0	767	
	第3期	0	0	0	0	0	0	0	
	第4期	0	0	0	0	0	0	0	
β_f = 1	第1期	520	0	0	0	0	0	1293	
	第2期	0	0	0	0	0	0	767	
	第3期	0	0	0	0	0	0	0	
	第4期	0	0	0	0	0	0	0	

(単位:戸)

る.

人口減少下においては, 将来世代の重み β_f および建設費の重み β_h を変化させても, 第2期あるいは第3期には居住が一か所に集中する. この原因として, 施設を集約することの有利さが考えられる. 人口減少下では, 一人当たりの負担する施設固定費用が大きくなり, 住民一人ひとりの転居や移動を抑えることよりも施設数を少なくすることの方が費用最小化の面で効果的になる. 結果として, 将来世代の重み β_f ・建設費の重み β_h をどのように変化させても, 表-4.3に示すように施設は徐々に数を減らし, 第3期には一か所に集約される. これに合わせて, 移動費の削減を図るために, 住民の居住地も施設と同じ地区に集約されることになる.

以上の結果から, 人口減少下において, 都市機能を必要最低限の地区に集中させるというコンパクトシティ施策は妥当な方向性であると考えられる.

(2) 都市機能の集約先

居住が集約される場所は, 将来世代の重み β_f の値により異なる. 表-4.1より, 現在世代の重みが大き

表-4.3 人口減少下の施設配置

活動の種類		地区 1		地区 2		地区 3		地区 4		地区 5		地区 6		地区 7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
β_f = 0.4	第 1 期	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	第 2 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 3 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	第 4 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
β_h = 100 = 0.8	第 1 期	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	第 2 期	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
β_f = 1	第 1 期	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 2 期	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 3 期	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
β_f = 0.4	第 1 期	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 2 期	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 3 期	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 4 期	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
β_h = 1 = 0.8	第 1 期	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 2 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
β_f = 1	第 1 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 2 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
β_f = 0.4	第 1 期	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	第 2 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	第 3 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	第 4 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
β_h = 0.01 = 0.8	第 1 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	第 2 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
β_f = 1	第 1 期	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 2 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

い $\beta_f=0.4$ の場合には、地区 1 や地区 2 などの都心部に居住が集約されるが、将来世代にも同じ重みを与える $\beta_f=1$ の場合では地区 6 や地区 7 の郊外に居住が集約される。これは、現在世代に重みを置いた場合、特に重みの大きく人数も多い第 1 期の高齢者を、効用の大きい地区 1 などの都心部に居住させるために住居を都心部に新たに建設することによる。そのうえで、この地区 1 の新しい住居を生かすとともに施設運営費や移動費・建設費を抑えるために、最終的に地区 1 にのみ施設が残るようになる。他方、将来世代の余剰を同様に考慮した場合には、第 1 期において比較的新しい住居ストックが多く存在する地区 6 や地区 7 が都市機能の集約先として選ばれる。

このように、都市機能の集約先となる地区は必ずしも従来の都心部とは限らず、現在世代を重視すれば現在世代の得る効用を大きくする地区が選ばれ、将来世代までを同様に考慮した場合には将来にわたり住居ストックが活用できる地区が選ばれることがわかる。表-4.3 より、建設の重みが小さい $\beta_h=100$ の場合、一部の種類の施設のみが整備され、施設 1 と施設 2 のみ存在する地区や、施設 3 のみ存在する地区が生じる時期がある。これらを細かく見ると、

表-4.4 人口減少下での各年齢人口配置 $p_{i,e}(\tau)$ (建設の重み $\beta_h=100$ の場合)

年齢階層		地区 1		地区 2		地区 3		地区 4		地区 5		地区 6		地区 7		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\beta_f = 0.4$	第 1 期	1	2	6	0	0	0	2	2	0	0	0	0	1	1	2
	第 2 期	1	1	6	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	2	2
	第 3 期	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	第 4 期	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\beta_f = 0.8$	第 1 期	0	0	5	0	0	0	1	4	5	2	1	0	1	1	0
	第 2 期	1	1	0	0	0	0	1	2	3	4	1	1	0	1	1
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0
$\beta_f = 1$	第 1 期	0	0	4	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	2	3
	第 2 期	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	第 3 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	第 4 期	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2

(0:0 人 1:1~499 人 2:500~999 人 3:1000~1499 人 4:1500~2000 人 5:2001~2500 人 6:2501~3000 人)

その地区に居住する人口が一部の年齢階層に限られており、居住しない年齢階層が主に使う施設の設置の必要性がないケースと、その地区には居住する人口が少なく、独自に施設を設置・運用する費用を支払うよりも他の地区へ移動した方が費用を安くできるケースとが存在する。表-4.1 に示した建設の重み $\beta_h=100$ の場合の人口配分を、年齢階層ごとに分けて表-4.3 に示す。

例えば、将来世代の重み $\beta_f=0.4$ の場合、地区 7 では年齢階層 2 までの住民のみが居住しており、第 1 期で年齢階層 2 であった地区 7 の住民は第 2 期期首に地区 1 へ転居している。これは、人口減少に伴い施設数を減らすことが有利に働き、年齢階層 3 の住民が転居する先として効用の大きい地区 1 を選ぶため、施設も地区 1 に集約される、というメカニズムによるものである。ただし、建設の重みが $\beta_h=100$ と大きく、新規の住居の建設を抑えるようになるため、年齢階層 1 や年齢階層 2 の住民は地区 6 や地区 7 といった住居ストックの残っている地区に居住し続ける。そのため施設 1 や施設 2 が地区 6 や地区 7 に存続することになる。

一方、建設の重み $\beta_h=1, 0.01$ の場合には、表-4.3 で確認できるように、施設が置かれる場合には必ず全種類の施設が同時におかれ、一部の種類のみ施設が配置される地区は存在しない。

このように、都市機能を集約させる過程では、一部の年齢階層の住民に特化した地区が生じることがあり、そのような地区では時期をまたぐごとに、住民の転居あるいは施設の新設が必要になる。

5. 本研究のまとめと今後の課題

人口減少下においてコンパクトシティ施策が持続可能性の向上に役立つと一般に考えられているが、コンパクトシティ施策はどのような都市でも有効なのか、都市機能の集約先として従来の都心部を選択することが本当に望ましいのか、という点が明確にされてこなかった。本研究はこれらの点を明らかにするため、多時点の社会的総余剰を最大化する都市機能の配置を求める数理計画モデルを作成した。

まず建設の重みと将来世代の重みを変化させた場合に、社会的総余剰を最大化する都市機能配置がどのように変化するのかを確認した。その結果、全ての重みのパターンにおいて、最終的に都市機能を少数の地区に集約する解が得られた。これより人口減少下においては、コンパクトシティ施策は妥当なものであると結論できる。また、都市機能の集約先は、現在世代に重みを置くと都心部が選ばれ、将来世代にも同じ重みを置くと郊外部が選ばれることがわかった。さらに、都市機能を集約していく過程において、一部の年齢階層の住民に特化した地区が生じる時期がありうるということがわかった。

本研究のモデルでは、交通弱者人口を交通弱者率を用いて地区人口から計算したが、その結果地区に住民が居住する限りにおいて交通弱者が必ず存在することになる。つまり、住民の居住する地区には必ず施設が存在するか、あるいは施設の存在する他の地区への公共交通が整備される必要がある。このため施設が存在せず他地区への公共交通も整備されていない地区に、自家用車を自ら運転できる住民のみが居住する可能性は考慮できていない。また、公共交通の存在しうる路線は限られており、新たなルートでの公共交通を整備することはない。さらに、本モデルでは施設や公共交通の老朽化を考えていないため、施設の老朽化と建て替えに伴う移転の可能性は表現できていない。

本研究の計算結果は多数の外生変数の仮定によるものであり、適用させる外生変数は実際の都市によって異なる。したがって、本研究は、都市構造とその利点欠点の構造を踏まえて、地域住民と自治体との意見を取り入れながら都市計画を策定していくことが有効だと考える。

前後の自動車利用変化とそれによる CO2 排出量削減のための意識啓発を考慮した都市コンパクト化施策の検討、土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 3, pp. 300-310, 2011.

- 2) YIN Yanhong, 溝上 章志: 効用水準とエネルギー消費量に影響を与える都市構造と交通特性に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5 pp. I_271-I_281, 2011.
- 3) 根市 政明, 土屋 貴佳, 室町 泰徳: 都市のコンパクト化による都市施設マネジメント費用の変化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 24, pp. 217-222, 2004.
- 4) 安立 光陽, 鈴木 勉, 谷口 守: コンパクトシティ形成過程における都市構造リスクに関する予見, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 2 pp. 70-83, 2012.
- 5) 青野隆仁, 長尾征洋, 戸川卓哉, 加藤博和, 佐野充: QOL 指標を用いた撤退、再集結地区選定への遺伝的アルゴリズムの適用 -旧上越市を対象として-, 土木計画学研究, 講演集, Vol. 43, CD-ROM(284), 2011.
- 6) 相川 航平, 溝上 章志, YIN Yanhong: 消費エネルギー削減の視点から見たコンパクトな都市圏の構造とその効果, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 2 pp. 90-100, 2015.
- 7) 鈴木 一将, 森本 章倫: 集約型都市実現に向けた土地誘導策の体系化の検討, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5, I_315-I_320, 2011.
- 8) 国土交通省: 国土形成計画 (全国計画) (参照 2016-2-5) <http://www.mlit.go.jp/common/001100233.pdf>
- 9) Gurobi Optimizer Reference Manual (参照 2015-12-28) <http://www.gurobi.com/documentation/6.0/refman/>
- 10) 近畿運輸局: 地域公共交通の確保・維持・改善 (参照 2015-11-19) <http://www.tb.mlit.go.jp/kinki/kansai/program/>
- 11) 岩手県: 平成 24 年保健福祉年報 (人口動態編) (参照 2015-11-19) <http://www.pref.iwate.jp/hokenfukushi/toukei/019832.html/>
- 12) 宮城県: 仙台市統計書 平成 25 年版 (参照 2015-11-19) <http://www.city.sendai.jp/kikaku/seisaku/toukei/toukeisyo/h25/top.html/>
- 13) 岩手県交通: 路線バスのご案内 (参照 2015-11-19) <http://www.iwatekenkotsu.co.jp/rosen.html>

(2016. 4. 22 受付)

参考文献

- 1) 中道 久美子, 村尾 俊道, 義浦 慶子, 谷口 守: 転居

APPLICABILITY ANALYSIS OF COMPACT CITY CONCEPT USING AN OPTIMAL LOCATION MODEL OF URBAN FUNCTIONS

Koshi ISONO, Makoto OKUMURA

With the increasing trend of population in a city, urban functions expand gradually. However, Japan is facing a decreasing trend of the population. Therefore, the survivability of urban functions become difficult due to the decreasing trend of the population. Many cities have adopted “Compact City Concept (CCC)” to tackle this difficulty. According to CCC, few urban functions will be developed in certain locations to improve the sustainability of the city. However, it is unclear whether the CCC is applicable to all cities in Japan and whether the former city center is always be the target of concentrations of urban functions. Adopting a CCC without proper analysis may cause inefficient or unfair effects on a particular group of people, such as generation-group. In this paper, we formulate an optimal location model to find the location of urban functions which maximizes social surplus. The results from our model reveal the answer of the above questions about the CCC.