

立命館大学理工学部 正会員 春名 攻
(株)建設技術研究所 正会員 宮原 尊洋
立命館大学大学院 学生員 ○駒井 亜紀

1. はじめに

都市構造は、都市の骨格を形成する交流軸や環境軸、市街地等を構成する土地利用ゾーン、都市機能の拠点等によって都市の内部構造を表現している。つまり、都市における各種都市機能の空間的な構成及び関連関係を物理的な都市・地域空間へ写像したかたちで示しているといえる。こういった都市構造は、都市空間の利用形態をととして都市における社会・経済活動を規制・誘導することとなり、都市の社会・経済状態に大きく影響している。したがって将来の都市構造の構築に関して計画的に検討することの重要性は高いと考える。

しかし、従来の都市整備構想段階における将来都市構造に関して、計画論的に検討されることは少なく、たとえ検討されたとしても概念的、イメージ的な検討を主としたヒューリスティックな手法によってなされてきた。このために、社会・経済状態を、都市が目指す将来像へと導くことができる都市構造、つまり合目的な将来都市構造を設計することに対する困難性は、社会・経済システムの複雑化、多様化の進展につれ増しており、これに対応するための検討ツールへの要求は高いと考える。

本研究では、以上のような観点から都市整備構想段階における将来都市構造設計を効果的、効率的に行うための数理計画モデルを構築し、滋賀県大津市を対象に実証的な検討を加えることとした。

2. 本研究における都市構造設計の考え方

本研究では、都市構造を前述のように各種都市機能の空間的な構成及び関連関係として捉えている。

つまり、都市構造を構成する要素である都市

核や各都市機能拠点を、各ゾーンや地区における各種都市機能の集積や構成によって認識した。また、都市の骨格を形成する交流軸等は、ゾーン間の交通量等によって具現化される都市核や各都市機能拠点間の関連関係として認識した。

都市構造の設計を、この様な認識のもとで、各種都市機能の都市内の各ゾーン（或いは地区）への配分の問題として捉え、配分された都市機能を利用することによって達成される各種都市活動や、これに伴う交易・交流、都市活動間の影響関係等について勘案しながら都市が目指す将来像が実現されるような都市機能の配分案を求めるというものである。つまり、計画目標を最も効果的、効率的に達成できるように都市機能の空間的な配分を検討することであると以下に示すように、本研究では考えている。

したがって、都市機能間の空間的な構成、相互関係によって変化する都市状態について検討しうるように、都市構造設計モデルを構築していくこととした。

3. 都市構造設計モデルの構築

以下においては、上述のような観点のもとでの都市構造設計モデルを、都市発展目標を合目的に追求していくことができるように数理計画モデルとして構築していくこととする。

まず、都市がめざす将来像は、計画の対象となる都市が異なれば必然的に異なる。都市構造設計モデルにおける目的関数の設定に関しても上と同様のことがいえる。本研究では、産業の活性化によって活力ある都市を形成することをめざして都市構造を設計していく問題を設定して、研究を進めていくことにした。

産業による都市の活性化という目標を考えるとき、都市における2次産業機能や3次産業機

Mamoru HARUNA, Takahiro MIYAHARA, Aki KOMAI

能の集積を効果的に図ることが必要である。すなわち、本研究ではこれらの機能に関わる都市活動の規模、すなわち、2次産業における生産または出荷、3次産業における商品やサービスの消費を、種々の制約のもとで最大化することによって達成されたと考えたのである。

以上のような考え方にもとづいて、都市構造設計モデルにおける、目的関数を以下のように考えた。すなわち、都市機能導入による都市全域の3次産業における販売額の増加額 S_s と、2次産業における製品出荷額の増加額 S_m の和の最大化とすることと設定した。すなわち、

$$\text{Maximize } S_s + S_m \quad (1)$$

上式における目的関数値は、以下のような産業活動を表す構造式により算出されるものとした。

まず、3次産業は、都市内居住者を対象とした日常生活に必要な商品、或いはサービスを提供するという機能的側面と、都市外居住者を対象とした商品やサービスの供給という機能的側面をもちあわせていると考えた。

したがって、ゾーンにおける3次産業販売額は、都市内のゾーン j からの来客数 G_{ij} と都市外からの来客数 G_{ci} 、及び来訪客1人あたりの消費額 M_1 、 M_2 の積の和によって決定されるかたちに定式化した。ただし、 S_{s0} は機能導入前の都市全域での3次産業における販売額をあらわしている。すなわち、

$$S_s = M_1 \sum_i \sum_j G_{ij} + M_2 \sum_i G_{ci} - S_{s0} \quad (2)$$

さらに、 G_{ij} 、 G_{ci} は、ゾーン i における3次産業機能の集積量 X_{si} 、ゾーン i 、 j 間の時間距離 dt_{ij} 、ゾーン i から都心地区までの距離、ゾーン j の居住者数 P_j 、ゾーン i から最寄りの主要駅を有するゾーンまでの時間距離 dt_{si} 、ゾーン i の3次産業機能集積の特化の度合い SS_i による都市内における競争性を考慮したかたちのグラビティ型集客モデルによって求められる。すなわち、

$$G_{ij} = P_j (\beta_j X_{sj})^{\alpha_i} \exp(\alpha_2 dt_{ij}) \exp(\alpha_3 dc_i) \exp(\alpha_4 SS_i) \\ (\sum_j (\beta_j X_{sj})^{\alpha_i} \exp(\alpha_2 dt_{ij}) \exp(\alpha_3 dc_j) \exp(\alpha_4 SS_j))^{-1} \\ \text{for all } i, j \in I$$

$$G_{ci} = (\beta_i X_{si})^{\alpha_s} \exp(\alpha_6 dt_{si}) \exp(\alpha_7 dc_i) \exp(\alpha_8 SS_i) \\ (\sum_j (\beta_j X_{sj})^{\alpha_s} \exp(\alpha_6 dt_{sj}) \exp(\alpha_7 dc_j) \exp(\alpha_8 SS_j))^{-1} \\ \text{for all } i \in I$$

ここで、 α_n はパラメータ、 β_i はゾーン i の土地利用の高度化を示すパラメータを表している。

また、ゾーン i における人口 P_i は、ゾーン i における居住機能量 X_{li} によって原単位的に決定されるものとしている。

$$P_i = \gamma_i X_{li}$$

ここで、 γ_i はゾーン i における単位居住機能量当たりの人口を表す。

今日の2次産業は、生産システムの効率化が飛躍的に向上し、労働集約型の産業から資本集約型或いは知識集約型の産業へと変化している。

このことから、ゾーン i における2次産業の出荷額は2次産業機能の集積量 X_{mi} 、最寄りのインターチェンジまでの時間距離 dt_{ICI} 、2次産業機能集積の特化の程度 MS_i によって決定される構造に定式化した。ただし、 S_{m0} は機能導入前の都市全域での2次産業における製品出荷額をあらわす。すなわち、

$$S_m = \sum_i (X_{mi})^{\alpha_9} \exp(\alpha_{10} dt_{ICI}) \exp(\alpha_{11} MS_i) - S_{m0}$$

$$X_{si} = x_{si} + x_{s0i}, X_{li} = x_{li} + x_{l0i}, X_{mi} = x_{mi} + x_{m0i} \\ \text{for all } i \in I$$

ただし、 x_{si} はゾーン i へ導入される3次産業機能量、 x_{s0i} はゾーン i の既存3次産業機能量、 x_{li} はゾーン i へ導入される居住機能量、 x_{l0i} はゾーン i の既存居住機能量、 x_{mi} はゾーン i

へ導入される2次産業機能量、 x_{m0i} はゾーン*i*の既存2次産業機能量を示す。

制約条件としては、各ゾーンにおける導入可能機能量、都市全体での各機能の導入目標量が存在すると考えた。

$$X_{i\max} \geq x_{si} + x_{mi} + x_{li} \quad \text{for all } i \in I$$

$$Z_s = \sum_i x_{si}, Z_l = \sum_i x_{li}, Z_m = \sum_i x_{mi}$$

$$x_{si} \geq 0, x_{li} \geq 0, x_{mi} \geq 0, \quad \text{for all } i \in I$$

ここで、 $X_{i\max}$ はゾーン*i*の導入可能機能量、 Z_s は都市全体での3次産業機能の導入目標量、 Z_m は都市全体での2次産業機能の導入目標量、 Z_l は都市全体での居住機能の導入目標量。

さらに、公共は都市機能導入による居住環境への負荷 V_i を維持しようとすると考え、これに関する制約を設定する。

$$V_i \leq V_{\max} \quad \text{for all } i \in I$$

$$V_i = \sum_j ((X_{sj})^{\alpha_{12}} \exp(\alpha_{13} d_{ij}) + (X_{mj})^{\alpha_{14}} \exp(\alpha_{15} d_{ij}))$$

for all $i \in I$

ここで、 $V_{\max}$ は居住環境に対する許容負荷量。

なお、ここに定式化した問題の解法に関しては、試行探索法の1つであるコンプレックス法による近似解法を適用して解を導出している。

4. 都市構造設計モデルの適用結果に関する考察

ここでは、産業機能の集積によって活力ある都市の形成をめざす滋賀県大津市を対象として都市構造設計モデルを適用することとする。

対象地のゾーン分割に関しては第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査における小ゾーン分割に準じ、図1のように大津市を16地区に分割したものをを用いる。

まず、適用に際してのパラメータについては、平成5年度大津市統計書、大津市学区カルテ、第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査によ

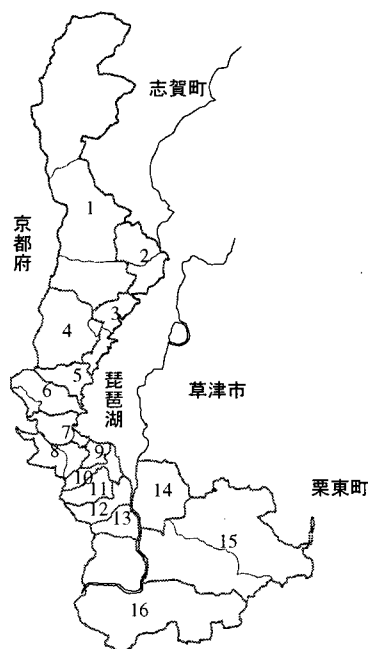


図1 対象地分

るデータを用いて特定化した。(ここでは、紙面の都合上パラメータについての掲載は割愛することとする。)

つぎに、各都市機能の導入目標量は大津市における人口の増加傾向等から勘案して表1に示すように設定した。

表1 各都市機能の導入目標量

	将来フレーム
3次産業機能	78ha
居住機能	280ha
2次産業機能	34ha

さらに、各地区への導入可能機能量に関しては、都市機能が新たに導入される場合には農地或いは山林等を整備することによって導入され则认为、農地面積と山林面積の和を機能導入可能量として設定しているが、風致地区への指定やその他の規制によって開発が規制されている農地や山林等を有する地区に関しては、これを差し引いた面積を導入可能機能量としている。

また、各ゾーンの土地利用の高度化を示すパラメータに関しては、現状の利用状況によって設定している。表2に各地区に設定した導入可能機能量及び土地利用の高度化を表すパラメー

タ β_i を示した。

本研究では、モデル適用に関して β_i を①現状のままで機能導入を行うパターン、②浜天津、逢坂、膳所からなる大津市中心地域のみを土地利用の高度化をはかりながら機能導入を行うパターン（当該地区の β_i を 1.5 倍に設定）、③中心地域に加えて、大津市の副核的地区である堅田、瀬田の土地利用の高度化をはかりながら機能導入を行うパターン（該当地区の β_i を 1.2 倍に設定）について適用計算を行い、結果に関して考察を加えた。

適用計算をおこなった 3 パターンのケースについて、その目的関数値及び 3 次産業機能単位あたりの販売額を図 2 に示した。

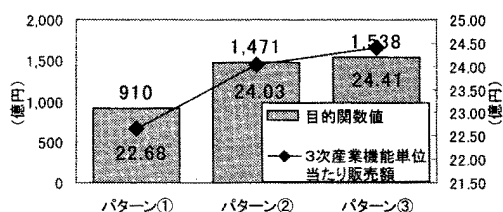


図2 各パターンの目的関数値の比較

図 2 より、大津市は、中心地域へ一極集中的に高度化した機能導入を行うよりも、中心地域と 2 つの副核地区へ多核的な都市構造を構成するように機能導入をはかることが有効であるという構造設計（結果）が得られている。さらに、一単位当りの効率性という面でも多核的都市構造が優れているという結果となった。また、パターン 3 における適用結果を表 3 に示した。

居住機能に関しては、現状では、瀬田を除いては、ある特定の地区に集中しているという傾向は殆ど見られなかった。モデルの適用結果からは、大津市北部の伊香立と南部の南郷に居住機能拠点が形成され人口の重心が南北にシフトしていくことになる結果となった。また、工業機能の配分結果は、居住機能の配分の結果と同様の傾向を示しており、南北にその拠点が移行することになる結果となった。これとは逆に、商業機能については、伊香立や堅田、雄琴を中心とした大津市北部、唐崎、皇子が丘、膳所、

逢坂といった、大津市中心部とその周辺地区、さらに瀬田といった大津市の都市核的地域への集積傾向が強まる結果となった。

表2 各地区への導入可能機能

No.	地 区 名	ha	β_i
1	伊 香 立	6,000	0.600
2	堅 田	300	1.058
3	雄 琴	530	0.795
4	坂 本	200	0.935
5	唐 崎	1,000	1.315
6	皇 子 が 丘	250	0.914
7	浜 大 津	50	1.347
8	逢 坂	250	1.176
9	膳 所	600	1.264
10	中 庄	20	1.190
11	秋 葉 台	200	1.114
12	石 山 山	300	1.118
13	石 山 寺	400	1.261
14	瀬 田	400	1.100
15	上 田 上	1,000	0.759
16	南 郷	4,000	0.729

表3 パターン3における適用結果

	3次産業機能	2次産業機能	居住機能
1	5.20	7.80	99.38
2	5.99	1.05	20.83
3	4.86	0.71	9.45
4	5.60	1.55	10.93
5	4.43	0.70	9.04
6	5.86	1.60	10.56
7	1.68	0.00	9.31
8	5.76	1.56	10.81
9	4.20	0.63	9.51
10	5.55	1.81	1.16
11	2.45	0.69	9.02
12	3.76	1.54	5.49
13	2.99	0.49	9.73
14	3.55	1.50	10.87
15	2.26	0.37	9.87
16	3.31	8.17	30.12

(単位: ha)

5. おわりに

本研究では、将来都市構造の設計を効果的、効率的に行うための都市構造設計モデル構築に関して検討し、滋賀県大津市を対象に適用計算を行って計画検討ツールとしての有効性を示した。しかし、本モデルは、まだ都市を断片的に捉えたに過ぎず、都市構造に関してより総合的に検討が可能となるように改善する必要がある。改善の方向性としては、より細分化した都市機能及び機能間の関連関係を捉えるためのモデル拡張と、都市活動と深く関わっている地価や交通混雑を明示的に取り扱うためのモデルの動学化が必要であると考ええる。