

IV-92 都市整備構想段階における効率的・効果的な都市構造設計のための数学モデルに関する研究

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

本研究では、都市の各種都市機能の空間的構成及び関連関係を「現実の物理的都市・地域空間への写像」したものを都市構造として捉えて議論を進めることとした。また、このような都市構造は、都市空間の利用形態を通して都市における社会・経済活動を規制・誘導するので、都市の社会・経済状態に大きく影響すると考え、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た。そして、以下のような「目標都市像実現を目的とした都市構造設計のための数学モデル構築」に関する研究を行った。

即ち、本研究では上述のような認識のもとで、都市構造の設計の問題を、各種都市機能の都市内の各ゾーン(単位地区)への配分問題として捉えた。そして、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、さらには、都市活動間の影響関係、等々について勘案しながら、都市が目指す将来像が確実に実現されるような都市機能の配分案を求めるための数学モデルの構築に関する検討を行ったものである。

2. 都市構造設計モデルの構築

産業による都市の活性化という目標を考える時、都市における2次、及び3次産業機能の集積を効果的に図ることは効果的な方法である場合が多い。そして、これらの機能に関わる都市活動の規模、即ち、2次産業における生産または出荷および3次産業における商品やサービスの消費を、種々の制約下で最大化することによって達成される可能性は大きく、都市構造設計のための有効な方法になり得ると考えた。

以上のような考えにもとづき、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。

即ち、都市機能導入によるの都市全域の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 S を最大化とすることと設定した。即ち、

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

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型により算出されるものとする。即ち、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・サービスを供給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・サービスの供給という機能的側面を持つ。従って、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形に定式化した。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表している。即ち、

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

更に、 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 dts_i 、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私たちのグラビティ型集客モデルとして定式化した。即ち、

$$G_{ij} = P_j (\beta_i X_{si})^{\alpha_1} \exp(\alpha_2 dt_{ij}) \exp(\alpha_3 dc_i) \exp(\alpha_4 SS_i) \\ \left(\sum_j (\beta_j X_{sj})^{\alpha_1} \exp(\alpha_2 dt_{ij}) \exp(\alpha_3 dc_j) \exp(\alpha_4 SS_j) \right)^{-1} \\ \text{for all } i, j \in I$$

キーワード：都市基盤、都市構造設計、計画情報

連絡先：* 〒525-0058 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL/FAX (077) 561-2736

**〒540-0008 東京都中央区日本橋小伝馬町 4-2 第23 中央ビル TEL(03)3668-0451(代)

$$G_{ci} = (\beta_i X_{si})^{\alpha_5} \exp(\alpha_6 dt_{sj}) \exp(\alpha_7 d_{ci}) \exp(\alpha_8 SS_i) \\ \left(\sum_j (\beta_j X_{sj})^{\alpha_5} \exp(\alpha_6 dt_{sj}) \exp(\alpha_7 d_{cj}) \exp(\alpha_8 SS_j) \right)^{-1} \\ \text{for all } i \in I$$

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。

また、現在、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・知識集約型の産業へと変化していることから、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として定式化した。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である。即ち、

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

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

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。また、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。

更に、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。

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

$$V_i = \sum_j ((X_{sj})^{\alpha_{12}} \exp(\alpha_{13} d_{ij}) + (X_{mj})^{\alpha_{14}} \exp(\alpha_{15} d_{ij})) \\ \text{for all } i \in I$$

ここで、 $V_{\max}$ は居住環境に対する許容負荷量を表す。なお、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を適用して最適解を導出した。

3. 都市構造設計モデルの適用

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した。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設定した。また、各地区の導入可能機能量に関しては、新規導入の場合は農地・山林等の整備により導入されると考え、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た。さらに、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た。なお、紙面の都合上モデル適用結果については発表時に示すこととする。

4. おわりに

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すことができたが、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。

参考文献 1) 春名 攻：都市環境の創造 現代の地域課題と地域創造 3、1993、法律文化社