

ガリン・ローリーモデルの 動学化による土地利用分析

岡山大学工学部 正 員 井上 博司

岡山大学工学部 学生員 ○有路 稔

備安藤建設

井上 裕嗣

1. はじめに

現在、実用的な都市構造モデルとしてよく知られ広く適用されているものにガリン・ローリーモデルがあるが、これは静学的な均衡モデルであるため、都市がある状態からどのように発展・成長していくかの予測が不可能であり、またその都市の過去の成長過程も無視している。都市の将来の変化・成長を予測するためには、その都市が過去どのように発展してきたかを考慮した動学的なモデルが必要であり、本研究ではこのような認識をふまえて、都市活動の動態をガリン・ローリーモデルを原型とした動学化モデルによって表現する試みを行い、そのモデルの適合性の検証、将来予測への可能性について述べる。

2. 動学化モデル

図1にモデルの全体構成を示す。本モデルは居住立地サブモデル、小売買物サブモデル、サービス立地サブモデル、および均衡差分方程式サブモデルの4つのサブモデルから構成されており、ガリン・ローリーモデルの立地序列に従って各土地利用活動分布を段階的に求めるものである。

(1) 居住立地サブモデル

$$T_{ij}(t) = A_j(t) E_j(t) H_i(t) C_i(t)^{-\alpha} \exp(-\beta_1 X_{ij})$$

$$\text{ただし、} A_j(t) = 1 / \sum_i H_i(t) C_i(t)^{-\alpha} \exp(-\beta_1 X_{ij})$$

ここに、 $T_{ij}(t)$ は t 時点においてゾーン i で従業しゾーン j に居住する人数、 $E_j(t)$ は t 時点におけるゾーン j の全従業者数、 $H_i(t)$ は t 時点におけるゾーン i の住宅数、 $C_i(t)$ は t 時点におけるゾーン i の地価、 X_{ij} はゾーン i 、 j 間の所要時間、 α 、 β_1 はパラメーターである。

$$P_i(t) = \tau \sum_j T_{ij}(t)$$

ここに、 $P_i(t)$ は t 時点におけるゾーン i の人口、 τ は就業者1人が扶養しうる人数(扶養率)である。

(2) 小売買物サブモデル

$$N_i(t) = D(t) P_i(t)$$

ここに、 $N_i(t)$ は t 時点におけるゾーン i の年間消費支出額、 $D(t)$ は1人当たり年間平均消費支出額で外生的に与えられるものとする。

$$S'_{ij}(t) = B_i(t) N_i(t) F_j(t) \exp(-\beta_2 X_{ij}), \text{ただし、} B_i(t) = 1 / \sum_j F_j(t) \exp(-\beta_2 X_{ij})$$

ここに、 $S'_{ij}(t)$ は t 時点におけるゾーン i から j への年間消費支出額、 $F_j(t)$ は t 時点におけるゾーン j の小売床面積、 β_2 はパラメーターである。よってゾーン j の年間商品販売額 $S_j(t)$ は次式のようになる。

$$S_j(t) = \sum_i S'_{ij}(t)$$

(3) サービス立地サブモデル

ある時点のサービス業従業者数はその1時点前の人口に依存するという仮定を設けると、 t 時点にゾーン i に居住し $(t+1)$ 時点のゾーン j のサービス施設を利用する人数 $S^*_{ij}(t+1)$ は、次式で仮定される。

$$S^*_{ij}(t+1) = B'_i(t+1) P_i(t) F_j(t+1) \exp(-\beta_2 X_{ij})$$

$$\text{ただし、} B'_i(t+1) = 1 / \sum_j F_j(t+1) \exp(-\beta_2 X_{ij})$$

このとき、 $(t+1)$ 時点におけるゾーン j のサービス業従業者数 $E^S_j(t+1)$ は、 δ を利用者1人が必要とする

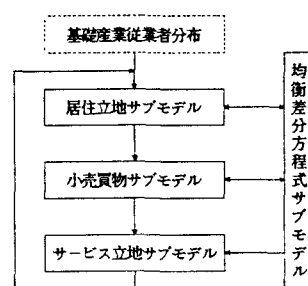


図1. モデルの基本構成

サービス業従業者数（雇用率）とすると、次式で与えられる。

$$E_{sj}(t+1) = \delta \sum_j S_{ij}^*(t+1)$$

(t+1)時点の全従業者数 $E_j(t+1)$ は、基礎産業従業者数を $E_{bj}(t+1)$ とすると次式のようにになる。

$$E_j(t+1) = E_{bj}(t+1) + E_{sj}(t+1)$$

(4) 均衡差分方程式サブモデル

①住宅均衡差分方程式

成人となった人は誰でも新しく住宅を持つことができると仮定して、各ゾーンの住宅数の変化量は成人人口から住宅数を引いた値に依存するものとする。つまり均衡条件を $wP_i(t) = H_i(t)$ とすると、住宅数の変化量は次式のように仮定される。ただし、 σ は反応率パラメーター、 w は成人率である。

$$H_i(t+1) - H_i(t) = \sigma [wP_i(t) - H_i(t)] H_i(t)$$

②地価均衡差分方程式

地価は住宅・商業集積度の増大とともに高くなると考えられる。したがって地価の変化量は、その土地の持つ魅力を表わす社会的・経済的な実体地価と客観的に評価された地価とのずれに依存するものと仮定される。つまり均衡条件を $uP_i(t) + vS_i(t) = C_i(t)$ とすると、地価の変化量は次式のように仮定される。ただし、 λ は反応率パラメーター、 u 、 v は土地魅力パラメーターである。

$$C_i(t+1) - C_i(t) = \lambda [\{uP_i(t) + vS_i(t)\} - C_i(t)] C_i(t)$$

③小売床面積均衡差分方程式

各ゾーンの小売床面積の変化量は、そのゾーンにおける現在の利益性に依存するものと仮定される。したがって均衡条件を総収入＝総費用、つまり $S_j(t) = kF_j(t)$ とすると、小売床面積の変化量は次式のように仮定される。ただし、 ε は反応率パラメーター、 k は単位床面積に必要な維持費用である。

$$F_j(t+1) - F_j(t) = \varepsilon [S_j(t) - kF_j(t)] F_j(t)$$

3. 岡山市への適用

本モデルを岡山市に適用するにあたって、岡山市を32ゾーンに分割した。各入力データは昭和50年を初期値とし、サービス業として小売・卸売業を選びそれ以外は基礎産業とした。

(1) パラメーターの推定

パラメーター α 、 β_1 、 β_2 はキャリブレーションにより求め、扶養率 r 、雇用率 δ 、成人率 w は統計量より求めた。ただし扶養率は都心部と郊外部で較差が大きいので分けた。

表1. パラメーターの推定結果

$\alpha = 0.125$	$\beta_1 = 0.011$	$\beta_2 = 0.057$
r (都心部) $= 1.793$	r (郊外部) $= 2.593$	
$\delta = 0.146$	$w = 0.694$	

また均衡差分方程式のパラメーターは回帰分析によって求めた。これらの推定結果を表1、表2に示す。

表2. パラメーターの推定結果

$H_i(t+1) - H_i(t) = 0.00000447 [0.634 P_i(t) - H_i(t)] H_i(t)$ (13.528)	$C_i(t+1) - C_i(t) = 0.0000238 [0.079 P_i(t) + 0.0000494 S_i(t)] - C_i(t) C_i(t)$ (6.053) (7.218) (6.635)	$F_j(t+1) - F_j(t) = 0.0000000859 [S_j(t) - 312.38 F_j(t)] F_j(t)$ (2.677) (2.193)
$<R=0.8583$	$<R=0.9113$	$<R=0.9920$
$F=86.694$	$F=153.69$	$F=603.23$

(2) 計算結果および実績値との比較

予測値と実績値との比較結果を表3

() 内はt値 Rは相関係数 FはF値

に示す。各土地利用活動ともおおむね良好な結果が得られており、少なくとも短期的には本モデルによって各活動の空間分布を予測することが可能であると言えよう。

4. おわりに

本研究では、土地利用活動の動態をガリン・ローリーモデルを原型とした動学化モデルによって表現する試みを行ったが、まだ基本的な点で改良する必要がある。例えば閉じた地域の制約をはずすこと、土地利用規制を明示的に組み入れることなどである。これらについては今後の課題としたい。

表3. 予測値と実績値との比較

	S.56年 人口	S.60年 人口	S.53年 小売・卸売従業者数	S.56年 小売・卸売従業者数
相関係数	0.9578	0.9248	0.9817	0.9592
	S.60年 住宅数	S.58年 地価	S.54年 年間商品販売額	
相関係数	0.9267	0.9930	0.9167	