

都市空間のトレンド型推移モデルに関する実証的研究

A Predictive model of Trend type on the Urban Space as Floor-area Ratio

森本章倫*・中川義英**

By Akinori MORIMOTO, Yoshihide NAKAGAWA

The purpose of this paper is to catch a future urban structure metrically by predicting the transition of floor area ratio. This paper is constituted with four steps; 1) spatial aggregation problem, 2) to create a new model of trend type, 3) to compare new model with other trend type model, 4) prediction of future land use by using mesh map.

Finally, this study shows that proposed model is more effective to predict of transition of floor area ratio. And the result of analysis is that transition pattern of urban space is caught as uniform motion.

1. はじめに

都市が成長・発展する際にキャパシティとしての増大が挙げられるが、それは平面的な拡大と立体的な高度化がある。近年、建築技術の発展により建築物の高層化が可能になり、縦型都市が見られるようになってきた。ここでは、都市空間の立体的な変動に着目し、空間推移の過程を時系列的に分析し、簡便な予測モデルを提案することを目的とする。

地区推移の予測を扱った研究は、大別して各地区や要因の相互関連から地区推移を述べているもの（構造型モデル）と、時系列分析から地区単独に推移を示しているもの（トレンド型モデル）の2つに分けられる。前者としては、親和力による増分床面

積を求めた伊藤ら¹⁾(1972)の研究や、青山ら²⁾(1978)によるゾーン別用途別床面積の予測がある。その後、中村ら³⁾(1981)による地価を取り込み土地利用の競合関係を表現できるモデルや、坂本⁴⁾(1984)による費用・敷地条件を加味した推移予測等、今まで多くの研究がなされている。これに対して、後者としてはマルコフ連鎖を用いた確率過程モデル⁵⁾(1960)があり、簡略なモデルとしては大島ら⁶⁾(1986)の地区推移モデルや太田ら⁷⁾(1989)の加速度を加味したモデルがある。

本来、空間推移を予測するモデルは因果連鎖を考慮できる構造型モデルを用いるのが望ましいが、このモデルは概して操作が複雑で、各種変動要因に影響を受けるため予測精度が低くなる場合がある。一方、トレンド型モデルは社会的な安定性を前提としており、急激な将来変動は予測できないが、単純な計算で将来値を求められるという簡便性がある。このモデルは従来から人口予測モデルとして開発され

* 正会員 工修 早稲田大学助手 理工学部土木工学科 (〒169 新宿区大久保3-4-1)

** 正会員 工博 早稲田大学教授 理工学部土木工学科 (〒169 新宿区大久保3-4-1)

てきたが、土地利用推移においては多時点の時系列データの入手難から実証的な研究はきわめて少ない。しかし、近年に至って東京都のポイントサンプリングデータ等、数時点のデータが得られるようになり、千歳⁸⁾(1983)をはじめ、これを利用した研究がみられるようになってきた。

本論文では、土地利用推移の時間的連続性に着目し、その変動曲線を明らかにするためトレンド型モデルを用いて、空間変動の実証的な研究を行う。

具体的には、空間の変動パターンを時間的推移のみからみた場合に、その変動はどういう経験則によるのかといった疑問に対して、時系列的に各地区の変動を検討することで、推移に慣性力があることを立証していく。また、従来のトレンド型モデルは過去の趨勢に完全に依存したものであったが、ここでは将来的な社会変動をある程度考慮できるモデルを提案する。

2. 空間の集計問題

本研究ではポイントサンプリングのメッシュデータを活用することを前提としている。そこで、空間の推移を予測する前に、面的な地区データを一点で表すことの代表性の問題とデータ分布に中心を与える際の問題について考察する。

(1) 空間の代表性

各建物の領域を m_1 とすると、ある一定の地区の領域 M は、

$$M = m_1 + m_2 + \dots \quad (1)$$

重心または、領域中心 R を

$$MR = m_1 r_1 + m_2 r_2 + \dots \quad (2)$$

によって定義し、ある力 F を考えると

$$m_1 \ddot{r}_1 + m_2 \ddot{r}_2 + \dots = F_1 + F_2 + \dots \quad (3)$$

より上式は

$$M \frac{d^2 R}{dt^2} = F_1 + F_2 + \dots = \sum_i F_i \quad (4)$$

これは、領域 M の重心(位置 R)が $\sum F_i$ という力を受けて運動することを示している。つまり、領域の重心は、その領域全体と外力の全てが集中した一つの質点のように運動するといえる。このように実際にはある広さを持った地区の運動も、重心の運動に着目すれば表現できる。

(2) 空間の重心

次に領域の重心位置 R について考えてみる。

$$R = \frac{m_1 r_1 + m_2 r_2 + \dots}{M} \quad (5)$$

ここで、各領域 m が M に比べて限りなく微小の領域であると仮定する。この場合領域 m が、連続分布して領域 M を形成すると考えられるので、

$$MR = \int \int \rho(r) r dr \quad (6)$$

$\rho(r)$ は、領域の密度を示し、 r は位置を示す。ここでは、 M の次元が $[L]^2$ であるため $\rho(r)$ は無次元である。

$$\therefore \text{領域 } m = \rho(r) dr \quad (7)$$

dr は、微小領域全体を示す。

つまり、 $\rho(r)$ は領域の取り方を規定する関数であり容積率をネット容積率で扱う場合には、宅地率を示し、グロス容積率の場合は $\rho(r) = 1$ と同様として設定できる。また領域 M は

$$M = \int \int \rho(r) dr \quad (8)$$

よって位置 R は、

$$R = \frac{\int \int \rho(r) r dr}{\int \int \rho(r) dr} \quad (9)$$

ここで、領域 M を正方メッシュにとった場合を考えてみる。メッシュの左下頂点を原点とする2次元座標を与えると、位置 R は $R = (X, Y)$ と成分表示される。(6)式より

$$MX = \int_0^a \int_0^a x dx dy = \frac{1}{2} a^3 \quad (10)$$

$$MY = \int_0^a \int_0^a y dx dy = \frac{1}{2} a^3 \quad (11)$$

また領域 M は、(8)式より

$$M = \int_0^a \int_0^a dx dy = a^2 \quad (12)$$

故に位置 R は、 $R = (\frac{1}{2}a, \frac{1}{2}a)$

これは、正方メッシュの面積中心を示している。また、位置 R は $\rho(r)$ が定数を示す場合、領域 M の形態によらず、常に面積中心を示すこととなる。

以上のように、領域 M が微小領域 m にたいして十分マクロ的であると、 m の大きさの大小による影響が無視できるほど小さくなり、結果的に重心位置 R は面積中心等しくなるといえる。

では、領域 M はどの程度の大きさを持てば、上記のようなことが言えるのか、次に領域 M と微小領域 m と相対比較を行う。微小領域 m とは、ここでは

「建築更新を行う最小単位」を示しており、一敷地面積と深い関係性を持っている。

昭和61年度の東京の土地利用現況調査によると東京都区部の平均敷地面積 m は、205.5 m^2 であり、1メッシュあたりの面積 M は250000 m^2 である。これを比較すると概ね1:1200で、 $m \ll M$ と考えても差し支えないと考えられる。

また、東京都区部の建物棟数密度は、グロスで28.7棟/haである。500mメッシュ中には $28.7 \times 25 = 717.5$ 棟あることになる。つまり、 m の数が多くなると、それぞれの位置ベクトルが打ち消しあい、重心位置が面積中心と等しくなってくる。

以上のことより、概ね重心位置を500mメッシュの面積中心として差し支えないと思われる。ただし、明確な妥当性をもたせるためには、統計的な検定を行う必要がある。

3. トレンド型推移モデルの構築

(1) 推移の概念

一定領域内の容積率の変化過程は本来不連続的で、それは領域内の建物の更新に依存している。厳密に推移曲線を描くとすれば、建物の新築や建て替えが起こる度にジャンプアップを起こす段階的な曲線となる。しかし、ある数時点に調査地点を設けて、変動を観測すると、その変動パターンは簡略化され、観測点間を長期間にとるほど一定的な曲線が現れてくる。また、領域に関しても大きくとるほど建築更新の総数が増大し、局地的な影響を受けにくくなり、定常的な曲線になると思われる。

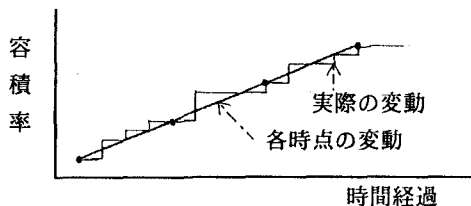


図1 容積率変動の概念

本研究では観測時点は約5年おきに、領域としては25haを設定して、その中のグロス容積率の変動パターンを検討していく。ここでの着眼点は推移の要因分析ではなく、都市がもっている成長力のパターンを時間的な観点から実証的に把握することである。

まず、容積率変動に関して次の仮説を設定する。

「外力が加わらなければ、都市空間は等速隆起運動を続ける。」

ただし、ここで述べる外力とは大規模開発等の開発インパクトや法規制等の制御力を示す。

この仮説を設定することは、外力がない場合は容積率と時間の関係は t_0 と t_1 時点の傾きによって決まり、その後の変動は線形となると考えることである。また、公園のように t_0 と t_1 時点で変化がない場合（傾き $\alpha = 0$ ）は、その後もその地区は変動せず公園としてあり続けることになる。

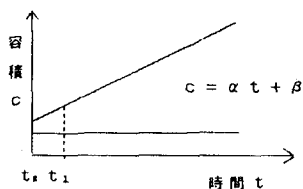


図2 制約条件がない場合の容積率変動

以下5章において、この仮説が正しいか、各推移モデルの有用性を調べることで、立証していく。

(2) 力学モデルの構築

「ある領域 M に力 F が加わると、容積率は推移加速度 α をもつ」と考えると、これはニュートンの第二法則（ $F = M\alpha$ ）で表現される。

つまり、これは力が加えられない場合は、静止の状態にあるか一様な直線運動をすることを示しており、上記の仮説を想定するものである。ここでは、このニュートン力学的な考えを用いて新たに地区推移モデルを構築する。（以下力学モデルと呼称）

まず、運動方程式として記述すると、

$$M \frac{d^2c}{dt^2} = \Sigma F + MG \quad (13)$$

物理学では F は外力、 G は重力場を示すが、ここではそれぞれ開発インパクトと制御力と解釈する。

また、容積率の増分量 dc を表現する関数を考えると、これは慣性力による項と外的インパクトによる項に分けて考えられる。

$$dc = \frac{dc}{dt} t + \frac{1}{2} \frac{d^2c}{dt^2} t^2 = Vt + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad (14)$$

第一項は通常の等速運動を示し、第二項が外力の影響を示す。

a) 開発インパクト F の設定

開発インパクト F としては、種々の指標が考えられ

るがここでは、以下の4つの大規模開発を用いた。

- ①市街地再開発事業、②区画整理事業、③公団住宅、④超高層建築物

開発量としては、事業による開発の総床面積Dを用いた。これは、加速度 α に正の影響を与える。

また、開発時点（施工完了）から予測時点までの時間 ΔT は、増加すると開発インパクトの影響力が弱まるためFに対して負の相関を待っている。

$$F = \frac{D/25ha \cdot 100 \cdot M}{\Delta T^2} \quad (15)$$

ただし、 ΔT は連続量ではない。現在から未来を予測する際に加速度 α は、開発時点毎に逐次変動するはずであるが、その状態を観測できるのは、 t_{n-2} 、 t_{n-1} 、 t_n 、 t_{n+1} と限られた時点であるため、開発自身もその時点にまとめる必要がある。（ $t_n \sim t_{n+1}$ までの加速度に変化がないとして、一つの α で将来を予測するため）つまり $t_n \sim t_{n+1}$ に行われた開発 D_n は全て t_n 時点において行われたと仮定し、力Fとして α を増大させたと考える。

よって(15)式は次のようになる。

$$F = \sum_i \frac{D_i / 2500}{(t_{n+1} - t_i)^2} \cdot M \quad (16)$$

t_i ：開発された時点より一つ前の観測時点

ここで、Mは予測を行う領域（地域）規模を示す。本研究では、500mメッシュデータを用いるため

$$M = (500m)^2 = 250000 (m^2)$$

b) 制御力Gの設定

加速度 α に対する制御力としては次のようなものが考えられる。

- ┌ 法的な規制力（法定容積率等）
- ├ 空地不足
- ├ 建物更新直後の再更新の不要性
- ├ 権利調整
- └ 経済的不利益

本研究では、このうち法的な規制力として法定容積率を取り上げモデルへ組み込む。基本的には、法定容積率 C_{max} に対する充足度 $C(t_n)/C_{max}$ の上昇が制御力Gに正に働き、容積率 C_{max} の推移曲線は法定容積率を漸近線として収束していく。

まず、容積率の予測の式は、

$$C(t_{n+1}) = C(t_n) + V(t_n) \cdot (t_{n+1} - t_n) + \frac{1}{2} \alpha(t_n) \cdot (t_{n+1} - t_n)^2 \quad (17)$$

また、加速度は

$$\alpha(t_n) = \frac{F}{M} - G \quad (18)$$

(17)、(18)式より制御力Gを求めると、

$$G = \frac{F}{M} - \frac{2}{(t_{n+1} - t_n)^2} \{C(t_{n+1}) - C(t_n) + V(t_n)(t_{n+1} - t_n)\} \quad (19)$$

ここで、制御力Gの性質をみるために、 t_n 時点で法定容積率 C_{max} を迎えたと仮定すると、

$C(t_n) = C_{max}$ のとき、 $C(t_{n+1}) = C_{max}$ となる。

これを、(19)式に代入すると、

$$G = \frac{F}{M} + \frac{2 V(t_n)}{t_{n+1} - t_n} \quad (20)$$

これより、次のような性質がわかる。

①予測期間が長くなると、制御力は落ちる。

②推移速度が大きくなると、制御力は上がる。

これらの性質に加えて、本来制御力は充足度 $C(t_n)/C_{max}$ に比例して、容積の増分を抑える働きを持つ。

以上より制御力Gは次のように設定される。

$$G = \frac{2 V(t_n)}{t_{n+1} - t_n} * \left[\frac{C(t_n)}{C_{max}} \right]^n \quad (21)$$

ただし、開発インパクトFは、メッシュによって変動するため、定式化が複雑となる。そこで、ここでは $F=0$ として構造を同定した。

ここで、(21)式を $\alpha = -G$ として(17)式に代入すると

$$C(t_{n+1}) = C(t_n) + (1 - \left[\frac{C(t_n)}{C_{max}} \right]^n) * V(t_n) * (t_{n+1} - t_n) \quad (22)$$

これは、容積率の等速直線運動に対して、増加可能分 $(1 - (C/C_{max})^n)$ に対応して、その推移速度を調節していることを示す。本研究では、 $(C/C_{max})^n$ のnにいろいろな値を代入して実測値との相関を調べた。その結果 $n=2$ が最も相関が良かった。

C) 力学モデルの構築

以上のことより、開発インパクトF((16)式)と制御力G((21)式)を加速度 α ((18)式)に代入し、それを基本式((17)式)に当てはめると、 t_{n+1} 年の容積率は、以下のように求められる。

$$C(t_{n+1}) = C(t_n) + (1 - \left[\frac{C(t_n)}{C_{max}} \right]^n) * V(t_n) * (t_{n+1} - t_n) + 1/2 * (t_{n+1} - t_n)^2 * k \sum \frac{D_i / 2500}{(t_{n+1} - t_i)^2} \quad (23)$$

となる。ただし、kは定数で、実測値との相関から求める。各地区で検討した結果、本研究では $k=2$ とする

4. 研究対象地域と地区の圏域

本研究は東京23区を研究対象として、500mメッシュを原単位とした9*9メッシュ（4.5Km四方）の地区を図3に示す10カ所に設定した。

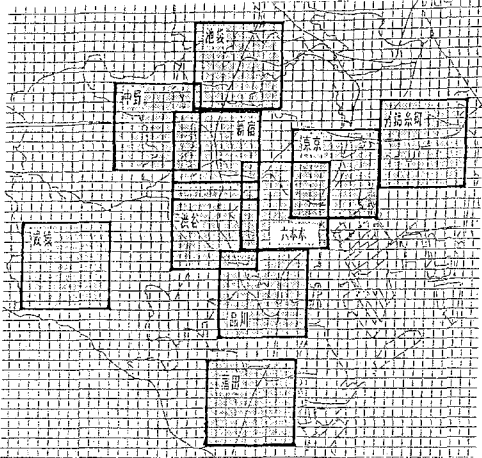


図3 研究対象地区

また、本研究の容積率（グロス）の基礎データとして、昭和44年、52年、56年、61年の4時点の500mメッシュのデータを用いた。昭和44年は、「東京都市街地再開発調査」、「首都地域土地利用調査」を、昭和52年は、「防災都市構造実態調査」を昭和56年、61年は、「土地利用現況調査」のデータを用いた。

5. 推移モデルの比較検討

土地利用推移を予測する際、そのトレンド型の予測モデルとしては線形モデルと非線形モデルが考えられ、前者としては線形成長モデル、後者としては加速度モデルや成長率一定モデル（ロジスティック曲線）が一般的である。また、非線形モデルの一例として3章で構築した力学モデルを挙げた。予測に関しては地区ごとに3時点のデータ（昭和44年、52年、56年）から、昭和61年の容積率を予測し、実測値との相関を調べている。（表1～表5）

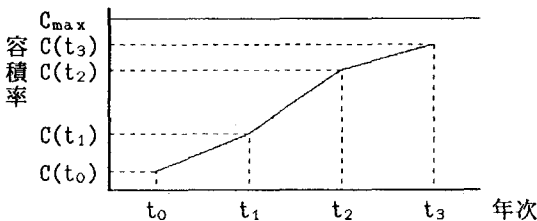


図4 各モデル式の説明参考図

次に、本研究で用いる5つのパターンの推移モデルについて、その特徴を記し、相対的な比較を行う。

(1) 短期の線形成長モデル

線形成長モデルは一定の成長速度を持っているところに特徴がある。この場合の短期とは $t_1 \sim t_2$ の容積率変動を用いて予測することを示す。予測式は、

$$C(t_3) = C(t_2) + \frac{C(t_2) - C(t_1)}{t_2 - t_1} * (t_3 - t_2)$$

となる。このモデルで将来予測すると、 $t_1 \sim t_2$ に行われた建設行為がそのまま将来にわたって繰り返されることを示している。しかし、現状の都市空間の変動を見ると種々の要因から、容積率は段階的な変化を示すことが多い。そのため、推移速度の基準となる時間を短くとると、傾向変動よりも時期変動に左右される可能性が高く、将来値に誤差が多く含まれるようになる。また、予測期間（ここでは $t_2 \sim t_3$ ）が長くなると、その分誤差も増えるといえる。

表1 各地区の予測値と実測値の相関

地区	新宿	渋谷	六本木	品川	成城
相関	0.92	0.93	0.83	0.82	0.76
地区	池袋	東京	錦糸町	中野	蒲田
相関	0.85	0.84	0.81	0.76	0.81

相関の平均=0.83

(2) 長期の線形成長モデル

上記のモデルと基本的には同じ構造を持つが、推移速度の基準となる期間を長くとる（ここでは $t_0 \sim t_2$ ）点に特徴を持つ。予測式は、

$$C(t_3) = C(t_2) + \frac{C(t_2) - C(t_0)}{t_2 - t_0} * (t_3 - t_2)$$

となり、 $t_0 \sim t_2$ の平均変動が推移速度を決定し、将来予測に用いられることを示す。このモデルは短期のモデルと比べて、推移速度を測定する期間が長いいため、特異な開発による一時期の急激な容積率変化の影響を受けることが少なく、その地区の平常的な傾向変動を表現しやすいと云える。ただし、地区内の開発が加速度的に活発化している場合は、予測容積率は実際より過小評価される危険性を含んでいる。

表2 各地区の予測値と実測値の相関

地区	新宿	渋谷	六本木	品川	成城
相関	0.96	0.97	0.90	0.91	0.97
地区	池袋	東京	錦糸町	中野	蒲田
相関	0.94	0.95	0.92	0.87	0.88

相関の平均=0.93

(3) 加速度モデル

加速度モデルとは、非線形モデルの一つに分類され2次曲線モデルと同様の構造を持っている。

ここでの予測式は、以下の式で表される。

$$C(t_3)=C(t_2)+V(t_2)*(t_3-t_2) + \frac{1}{2} * \frac{V(t_2)-V(t_1)}{t_2-t_1} *(t_3-t_2)^2$$

このモデルは各時点に於ける推移速度の変化が考慮されているため、線形成長モデルでは表現できない傾向変動自身の動きを表すことができる。つまり、ある要因で地区ポテンシャルを今まで以上に上げ、開発行為も徐々に活発化している地区に対して、その将来の容積を予測しようとした場合に有用になってくる。ただし、加速度はあくまでも過去（この場合t₂時点）の加速度が将来にわたって変化しないと仮定しているため、上昇傾向の地区はますます増加し、下降傾向の地区は推移の減少が見られる。これは、現時点（t₂時点）直前に大規模開発等が行われれば、その影響は倍増して予測値にかかってくることを示す。

表3 各地区の予測値と実測値の相関

地区	新宿	渋谷	六本木	品川	成城
相関	0.85	0.85	0.70	0.67	0.59
地区	池袋	東京	錦糸町	中野	蒲田
相関	0.75	0.62	0.61	0.61	0.67

相関の平均=0.69

（4） ロジスティック曲線

ロジスティック曲線は非線形モデルの中でも成長率モデルと云われるものであり、最初は急に立ち上がり、次第に伸びが停止して一定値（ここでは法定容積率）に近づく単調増加の曲線となる。

このモデルは前記の3つのモデルと異なり、t₀、t₁、t₂時点の3データを回帰することによって、モデル内の係数a、bを同定し、予測式を決定する。そのため、曲線は必ずしも実測データを通るとは限らず、曲線の設定に関しては常に相関係数という精度の問題がつきまとう。また、モデル自身が単調増加を前提としているため、仮に容積率が減少している地区があると、その地区の予測は不可能となる。予測に関しては欠点も多いが、実際の容積率推移は概ねこのロジスティック型に従うことは、経験上わかっている。これは、容積率推移に関して法的な上限値（法定容積率）が常に存在し、これを上回る推移は原則的にできないからである。この点を考慮すると、

このモデルは特に上限値に近づいた推移を示すのに有用であると思われる。

表4 各地区の予測値と実測値の相関

地区	新宿	渋谷	六本木	品川	成城
相関	0.94	0.91	0.84	0.79	0.74
地区	池袋	東京	錦糸町	中野	蒲田
相関	0.87	0.89	0.77	0.80	0.80

相関の平均=0.83

（5） 力学モデル

このモデルは基本的には非線形モデルの中の成長モデルに属する。これは成長率がその時々の変因に応じて変化し、将来値に対して予測値を近づけるように加速度を操作することが可能なモデルである。

モデルの構造としては長期の線形成長モデルに加速度αの概念を加えたものとなっている。ただし、実測の推移変化をαとしている加速度モデルとは違い、力学的な考えからαを設定している。

$$\alpha=\Sigma F/M-G$$

ΣF/Mは開発インパクトを示しGは法定容積による抑制力を示している。このモデルの特徴としては、上記のモデルでは考慮できない大規模開発による影響を加味したところにある。上記4つのモデルは、t₂時点の推移状況をt₃時点まで変化がないと仮定している為、t₂からt₃にかけての影響分はモデル内に導入することができない。しかし、大規模再開発等は概ね5年程度のスパン内では建設予定の床面積を計画段階で知ることができる。そこで、この力学モデルにおいて計画段階の事業をモデル内に組み込むことで、より精度の高い予測が可能となる。また、ロジスティック曲線の利点を鑑み、法定容積率が推移に与える影響を加速度内にマイナス要因として組み込むことで、法的に不可能な増分を抑えている。

表5 各地区の予測値と実測値の相関

地区	新宿	渋谷	六本木	品川	成城
相関	0.98	0.97	0.95	0.92	0.97
地区	池袋	東京	錦糸町	中野	蒲田
相関	0.94	0.96	0.92	0.97	0.89

相関の平均=0.95

（6） 各モデルの比較検討

表1～5から相関の平均をもとに、各モデルを相互に比較すると次のようなことがわかる。

①短期線形成長モデル(R=0.83)と加速度モデル(R=0.69)を比較すると、推移を線形と仮定した方が相関がよい。

②短期($R=0.83$)と長期($R=0.93$)の線形成長モデルを比較すると、推移速度の基底を長期にとった方が相関がよい。

③短期の線形成長モデル($R=0.83$)とロジスティック曲線($R=0.83$)を比較すると、相関の平均は同じであるが、地区別にみると東京、新宿、池袋といった都心部でロジスティック曲線の方が高くなっている。

④長期の線形成長モデル($R=0.93$)と力学モデル($R=0.95$)は双方とも推移速度の基底を長期にとっているため、同様な高い相関を示しているが、外力を考慮できる力学モデルの方が若干相関が高くなっている。

つまり、地区には長期的に安定しているある一定の成長速度があり、それは慣性的に等速で推移しようとしている。これは3章で「都市空間は等速推移する」と仮定したことを裏付けるものである。

また、法的容積率の影響を制御力として考慮でき、開発インパクトを算入できる力学モデルは5つのモデルの中で、全ての地区において最大の相関係数を持ち、平均相関係数は0.95と高く、実用に耐え得ると考えられる。

6. 地区特性からみたモデルの特性

ここでは、地区特性別にみた各モデルの有用性について考える。再開発事業としては概ね2通りのタイプがある。一つは立体型の再開発であり、土地利用を高層化し土地の有効活用を図ろうとしているものである。この種の開発として代表的なものに市街地再開発事業が挙げられる。また、土地の高度利用の典型として超高層建築の建設がある。一方、2つめの開発としては、土地区画整理事業に代表される面的な開発がある。この2つのタイプの開発に加えて、公団住宅の建設とJR駅数を地区特性として、各推移モデルの有用性を検証すると概ね次のことが云える。(表6参照)

・立体型の開発が行われた地域は、床面積が急激に増大し、その影響は地区の容積率を自然推移以上に上昇させる。このような地区の容積を予測する際は、開発インパクトを表現できるような力学モデルを用いることが望ましい。(例：新宿地区、六本木地区)

・区画整理が行われた地区は、床面積自身はそれ程飛躍的な伸びを見せず、自然推移内の変動に収まっている。また、公団住宅の建設は、住環境の充実の

ため住宅建設と同時に公共スペースの算出も余儀なくされるため地区レベルで見た場合、グロス容積率はそれ程高い伸びを見せていない。このような地区の予測は、力学モデルでみても長期型の線形成長モデルでみてもその有用性はほとんど変わらない。

(例：池袋地区、錦糸町地区)

・また、土地特性を示す指標をして駅(JR)の存在をとりあげてみた。駅が多く存在する地区と云うのは、業務地区であることが多く、土地自身のポテンシャルも高いと云える。このような地区は、土地需要が高いため建築物の更新も多くみられ、変動も激しい。そのため、推移予測は力学モデルが適当である。(例：東京地区、品川地区)

以上挙げた地区特性について、相対的に他の地区と比較して特別な特徴がない地区(例えば、成城地区・蒲田地区・渋谷地区)に関しては、基本的に自然推移を示すとみられ、長期型の推移速度を用いている力学モデルと長期の線形成長モデルが有用となる。また、中野地区に関しては推移予測の最も良いモデルは力学モデルとなったが、特にこの地区は他と比べて特出する再開発は行われていない。これは、力学モデル内の抑制力Gの項が利いてきたともとれるし、他の要因によってこのような結果を生じたと考えられ、今後その原因説明が課題となる。

表6 相関が最大のモデルと地区内の各事業数

地区	再開	超高	区整	公住	駅数	モデル
新宿	3	5	2	0	8	力学
池袋	2	3	5	2	5	力長
渋谷	0	1	1	0	3	力長
東京	1	2	0	1	10	力学
六本木	1	7	0	0	4	力学
錦糸町	0	0	2	12	3	力長
品川	0	0	0	3	6	力学
中野	0	0	2	1	3	力学
成城	0	0	0	2	0	力長
蒲田	0	0	0	3	2	力学

※力学：力学 $\bar{r}^*$

力長：力学 $\bar{r}^*$ と長期の線形成長 $\bar{r}^*$ の双方

7. 都市空間の変動とモデルの適用

ここでは、実際に10対象地区のうち新宿を一例としてとりあげる。図5に昭和44年、52年、56年、61年、平成3年の新宿の容積率の推移をSAS(Statistical Analysis System)のグラフィックオプションであるSAS/GRAPHを用いて示す。ただし、平成3年の容積率は力学モデルを用いて予測している。

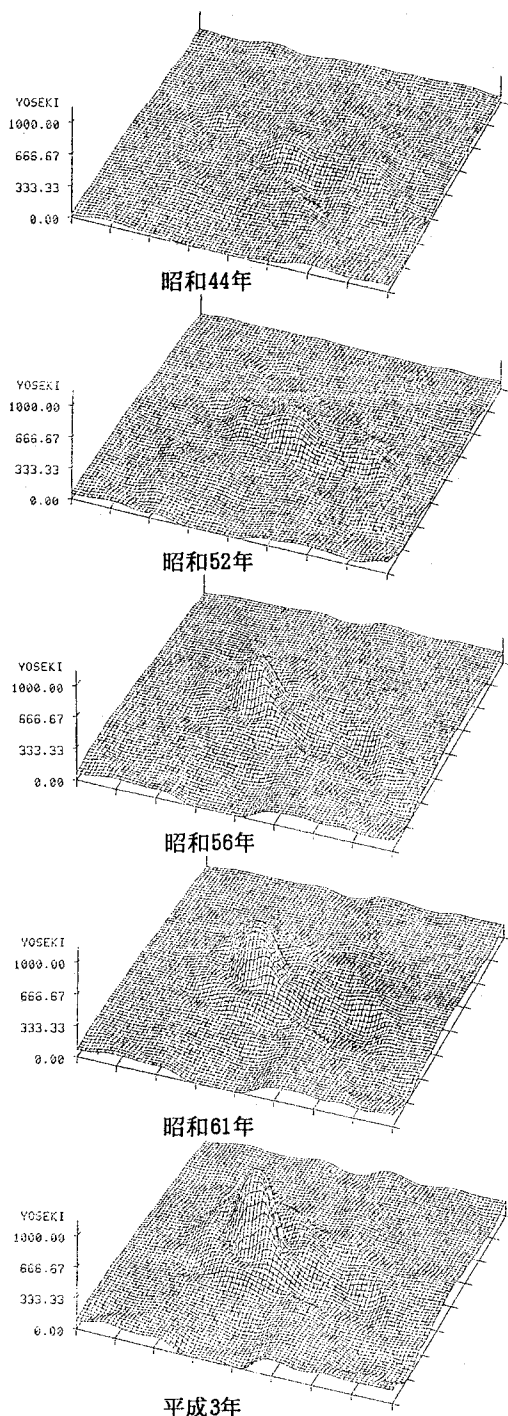


図5 新宿地区の容積率変化 (SAS/GRAPH)

図5を見ると、昭和44年には駅周辺だけ隆起がみられ西口はほとんど高くない。52年を見ると、ほぼ新宿駅周辺を中心として楕円上の起伏がうかがえ、

東西のバランスもとれている。しかし56年から、新宿西口超高層ビル街の影響で一極集中型の様相を呈してきた。平成3年では西口の一極化がさらに進み、分布の山も急角度をもってそびえている。

8. まとめ

都市内の地区推移は本来、経済要因や土地需要、空地率に影響を受け、宅地所有者や立替動向と密接な関連がある。このように複雑に要因が絡み合っているため、一元的にその推移を予測することは極めて難しい問題である。しかし、都市を計画する上で地区の将来動向を予測することは重要なことであり、目標設定型の都市計画を行う上では不可欠なことと思われる。そこで、本研究では本来複雑に絡み合った推移をできるだけ、簡潔なモデルで表現し、マクロ的な把握に耐え得るように検討を行った。

以下に本研究で得られた知見を示す。

- ・単純な長期型の線形成長モデルの予測精度が高いことから、推移曲線は概して等速推移を起こすことがわかる。つまり、地区の容積推移には「慣性力」が存在すると考えられる。
- ・本研究で構築した力学モデルは、成長率がある時々の要因に応じて変化し、将来値に対して予測値を近づけるように加速度を操作することが可能なモデルである。そのため、急激な変化が予想される地域への適用が有用となる。

<参考文献>

- 1)伊藤英樹, 梅沢忠雄, 鈴木崇英; 密集市街地における空間利用分布の変動過程シミュレーション, 都市計画別冊, No7, PP151-156, 1972
- 2)青山吉隆, 藤沢一仁, 峰和実; 都市におけるゾーン別用途別床面積の予測モデル, 都市計画, No104, PP76-81, 1978
- 3)中村英夫, 林良嗣, 宮本和明; 都市近郊地域の土地利用モデル, 土木学会論文報告集, No309, PP103-112, 1981
- 4)坂本一郎; 既成市街地の土地利用推移に関する基礎的研究, 学位論文, 1984
- 5)Howard, R.A.: Dynamic Programming and Markov Processes, MIT Press, 1960
- 6)大島伸生, 中川義英, 松村茂; 土地利用に着目した地区推移過程を把握する手法の開発, 土木計画学研究講演集, No. 8, PP405-410, 1986
- 7)太田正孝, 中川義英, 森本章郎; 東京中心部における建物床面積の予測モデルに関する研究, 土木計画学研究講演集, No. 12, PP651-658, 1989
- 8)千歳寿一; 多地域計量モデルによる東京都区部の土地利用の分析について, 地理学評論58-10, PP674-684, 1983