

近畿大学 正員 保野健治郎 ○近畿大学 正員 大森豊裕
近畿大学 正員 難波義郎

■ はじめに

健全な住宅市街地化を進めていくためには、住宅市街地を形成していく過程を的確にとらえ、いつどのような環境整備を行うべきかを明らかにしておく必要がある。そのための基礎として本研究は、住宅市街地を形成していく過程を物的な面からとらえ、ビルトアップの速度を定量的にとらえるためのモデル式を得ようとするものである。

従来のビルトアップ速度式(市街化速度式)としては、建設省¹⁾、日本住宅公団の調査²⁾及び前田の研究³⁾等が主なものとしてあげられる。これらは、大都市圏を対象とし、主に公的な機関が行なった宅地供給を目的とした土地区画整理事業施工区域に対するものである。また1団地がビルトアップしていく過程を詳細にとらえたものでなく、ある調査時点における多くの地区のビルトアップ率(市街化率)をもとにロジスティック曲線式にあてはめたものである。本研究では、宅地供給では量的に最も多い民間デベロッパーによる宅地開発地について時系列なデータをもとにロジスティック曲線式及び2種の指数曲線式について比較検討した結果を報告しようとするものである。ここでいうビルトアップとは、開発後の月単位の建築戸数をとっている。

■ ビルトアップ速度式の概要

(1) ロジスティック曲線式 $y = A / \{1 + e^{-AR(t-a)}\}$ ----- (1)

この式は、反応速度式として知られ、例えば反応 $A \rightarrow B$ において生成物Bの量を y 、反応物質Aの初期量を A とすると、反応速度は反応物質の量と反応生成物の量との両者に比例するので R を比例定数として $dy/dt = R y(A-y)$ ----- (2) となる。これを積分し、 $y = A/2$ となる時間を a とする解として式(1)が与えられる。ここで $A=G$, $t=x$, $a=c$, $AR=a$ と置きかえれば $y = G / \{1 + e^{-a(x-c)}\}$ ----- (3) となる。ここに、 y : 建築戸数、 G : ビルトアップの上限値、 x : 経過月数、 a , c : 係数、 e : 自然対数の底

(2) 指数曲線式 I $y = L \{1 - e^{-r(t-a)}\}$ ----- (4)

これは単分子反応式とされ、時間 t での反応生成物Bの量を y 、 $t=0$ でのAの量を L とすると y の増加速度は時刻 t におけるAの量 $(L-y)$ に比例する。すなわち反応速度定数を r とすると $dy/dt = r(L-y)$ ($r>0, y>0$) これを積分し $t=a$ の時 $y=0$ とすれば式(4)が与えられる。ここで $L=G$, $t=x$, $r=a$, $a=c$ と置きかえれば $y = G \{1 - e^{-a(x-c)}\}$ ----- (5) となる。

ここに、 y : 建築戸数、 G : ビルトアップの上限値、 x : 経過月数、 a , c : 係数、 e : 自然対数の底

(3) 指数曲線式 II

ロジスティック曲線式では、反応速度は反応物質の量と反応生成物との両者に比例するとして式(2)を得ている。これを積分し $AR=a$ とすれば $\ln\{y/(A-y)\} = a(t-c)$ ----- (6) と表される。すなわち式(6)の右辺が t の一次式で表されるとしている。しかし今回得られたデータより $\ln\{y/(A-y)\}$ を t に対してプロットすると直線ではなく図-1のように指数曲線に近似してい

るため式(6)の右辺を式(4)の指数曲線式とし、
 $A=G$, $t=x$, $a=d$ と置きかえ
 $\ln\{y/(G-y)\} = L \{1 - e^{-r(x-d)}\}$ ----- (7)
となり、これを整理して式(8)が得られる。

$$y = G / [1 + e^{-L\{1 - e^{-r(x-d)}\}}] \text{ ----- (8)}$$

G : ビルトアップの上限値

x : 経過月数

e : 自然対数の底

L, r, d : 係数

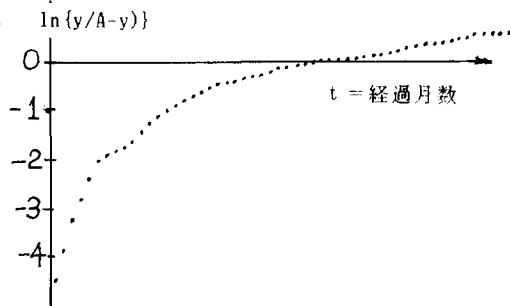


図-1 $\ln\{y/(A-y)\}$ と t の関係 (松ガ丘団地)

■ 係数決定方法について

(1) 定差図法による解法

前記の曲線式はいずれも作図（定差図とよぶ）によって近似的に求める事が出来るがここでは紙面の都合で式(8)の指数曲線式について述べる。式(7)において $\ln\{y/(G-y)\}=Z(x)$ とおけば

$$Z(x)=L\{1-e^{-r(x-d)}\} \quad \text{---(9)} \quad \text{となる。式(9)において } h \text{ を単位変化量とすると、}$$

$$Z(x+h)=L\{1-e^{-r(x+h-d)}\} \quad \text{----(10)} \quad \text{となる。}$$

式(9) $\times e^{-rh}$ --- (11) を求めこれを式(10)より引いて整理すると $Z(x+h) = e^{-rh} \cdot Z(x) + L(1 - e^{-rh})$ ---- (12) となり $Z(x+h)$ と $Z(x)$ の間に直線関係が成立し、その方向係数が e^{-rh} であることがわかる。

また式(12)で $Z(x+h)=Z(x)$ とすると、 $Z(x)=L$ となる。この点は図-2で両者が等しくなる点、すなわち 45° の線と式(12)の直線の交点となる。方向係数は e^{-rh} であるから $e^{-rh} = \tan \theta$ 、 $h=1$ とすれば $r = -\ln \tan \theta$ となり r が定まる。さらに $e^{-rx} = X'$ とおくと式(11)は $Z(x)=L(1 - e^{rd} \cdot X')$ であるから $Z(x)$ と X' が直線関係を示し、その方向係数 $L \cdot e^{rd}$ から $L \cdot e^{rd} = \tan \theta$ とすると $d = \{\ln(\tan \theta / L)\} / r$ となり d が定まる。(図-3)

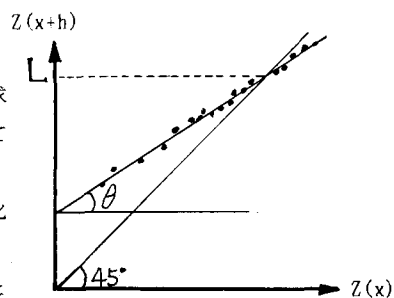


図-2 $Z(x+h)$ と $z(x)$ の関係

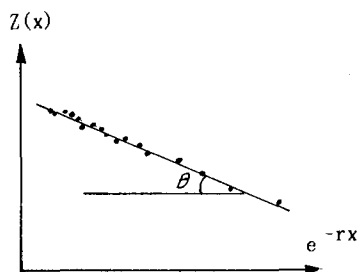


図-3 $Z(x)$ と e^{-rx} の関係

(2) 非線形最小二乗法による解法

ロジスティク曲線式、指数曲線式などの係数決定方法としては、一般に両辺の対数を取り線形として通常の最少二乗法を適用する対数線形法が、その計算が簡単なため好んで用いられている。しかし、非線形パラメーターを有するモデル式において最少二乗法の原理を厳密に適用させるには、非線形法で求めるべきであろう。そのため本研究では定差図法で得られた係数を初期値として準ニュートン法により求めた。

■ 解析結果

以上の方法により人口約23万の地方都市における昭和40年以後に開発された住宅団地7地区を選定し、検討を加えた。また、1団地のビルトアップ速度を考える場合、いわゆる建売住宅が大きな影響を与える可能性があるため個人の建設に限った場合（個人宅地）と建売を含んだすべての建設（全宅地）の両者に区分し、さらにビルトアップの最大値（G）を、その団地の総区画数とする場合とビルトアップがほぼ停滞する時期のビルトアップ率を想定した場合の2種とした。²⁾ その分析のデータは紙面の都合で講演時に報告するものとし、ここでは明かになったいくつかの点についてまとめると次の通りである。

- ・最大値（G）を総区画数とする場合は、全宅地、個人宅地ともにいずれの団地においても、残差二乗和を見ると ロジスティク曲線式 > 指数曲線式Ⅰ > 指数曲線式Ⅱ の順に小さくなる。
- ・最大値（G）を想定したビルトアップ率とする場合では、残差二乗和の小さい方が適合度の高い式と考えると指数曲線Ⅰが適する地区と、指数曲線式Ⅱが適する地区の2種のタイプがあり、過去に提案されていたロジスティク曲線式による市街化速度式に比べ、指数曲線式Ⅰ、Ⅱの方が有利であることがわかった。
- ・指数曲線式Ⅰでは、最大値（G）のとり方は全宅地、個人宅地ともに総区画数とするよりビルトアップ率を想定した場合が良い結果となっている。
- ・指数曲線式Ⅱでは、全宅地に比べ個人宅地の方がより適していること、さらに最大値（G）は、総区画数とする場合に最も実測値と近似することがわかった。

<参考文献> 1) 建設省：“首都圏および近畿圏における宅地需給見通しに関する実態調査” 昭和55年

2) 日本住宅公団：“住宅公団土地区画整理地区内のビルトアップに関する調査” 昭和56年

3) 前田：“区画整理地区における住宅のビルトアップによる市街化形成の問題（その2）”

日本都市計画学会学術研究発表会論文 第16号 昭和56年