

通勤交通を考慮した高層ビルの効率的形状

02991470  
 01501020

東京大学  
 東京大学

李明哲  
 伏見正則

LI Mingzhe  
 FUSHIMI Masanori

1 はじめに

東京をはじめとする大都市では高額な地価などの原因により、大量の高層ビルがすでに建てられ、これからも増えていくことが充分予想される。しかし、非常に高いビルにおいて、かなりの部分が居住だけではなく、通路として使われていることが解明され(李, 伏見 [1], 奥平 [2], 田口 [3][4] など), このようなビルへの投資の正当性については理論的に検討する必要があると思われる。

本論文ではこのような背景にともない、ビル内交通を考慮した投資効率係数を定め、通勤交通によるビルの形状及び高さ選択など興味深い議論を行なった。

2 投資効率係数

われわれは下底面積が  $S$ , 上底面積が  $\alpha S$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ), 高さが  $h$  であるようなビルに注目する。ただし,  $x$  は地上から測った各階の高さ,  $V(x)$  は  $x$  における居住面積,  $S(x)$  は  $x$  における建築面積,  $S(x) - V(x)$  は  $x$  における通路面積,  $c_1$  はビルにおける単位体積あたりの建築費用,  $c_2$  はビル所在地における単位面積あたりの土地費用と仮定する。また,  $k_0 = c_2/c_1$  とする。

このとき, ビルへの投資効率係数を

$$k = \frac{c_1 \int_0^h V(x) dx}{c_1 \int_0^h S(x) dx + c_2 S} = \frac{\int_0^h V(x) dx}{\int_0^h S(x) dx + k_0 S}$$

のように定義する。この定義で  $k$  は単位投資費用あたり居住にどのぐらい使われているか, すなわち有効投資の割合, 投資の効率性を反映しているものと考えられる。

次は,  $k_0 S$  が無視できる場合, 通勤交通による  $k$  を考える。ただし, 人は居住部分に体積密度  $\rho$  で連続的に分布し, 出勤時間  $T$  に各人が確率 1 で出勤, このとき快適に移動できる人数は通路単位面積あたり  $c$  と仮定する。また,  $k_1 = \frac{c}{\rho}$  とする。

このとき, 居住面積と通路面積を定める積分方程式

$$c(S(x) - V(x)) = \rho \int_x^h V(\tau) d\tau \quad (0 \leq x \leq h)$$

が成り立ち, ビルの効率性を量るパラメータ  $k$  は

$$k \approx \frac{\int_0^h V(x) dx}{\int_0^h S(x) dx} = \frac{\int_0^h V(x) dx}{\int_0^h \{V(x) + k_1^{-1} \int_x^h V(\tau) d\tau\} dx}$$

$$= \frac{1}{1 + k_1^{-1} \frac{\int_0^h \int_x^h V(\tau) d\tau dx}{\int_0^h V(x) dx}} = \frac{1}{1 + k_1^{-1} \frac{\int_0^h x V(x) dx}{\int_0^h V(x) dx}}$$

となる。これは, ビルの居住部分の重心が低いほどビルの効率性が良いことを示している。

最後に, 李, 伏見 [1] による錐台型ビルにおける通勤に必要な通路面積の導出をもとに  $k$  を計算する。結局,

$$k = \frac{\int_0^h V(x) dx}{\int_0^h S(x) dx + k_0 S} = k_1 (1 - e^{-\frac{h}{k_1}})$$

$$\frac{\{\alpha + \frac{2}{h^2}(k_1 h + k_1^2)(\sqrt{\alpha} - 1)^2 + \frac{2}{h} k_1 (\sqrt{\alpha} - 1)\}}{\frac{1}{3} h (1 + \sqrt{\alpha} + \alpha) + k_0}$$

$$- k_1 \frac{\{\frac{1}{h}(h + 2k_1)(\sqrt{\alpha} - 1)^2 + 2(\sqrt{\alpha} - 1)\}}{\frac{1}{3} h (1 + \sqrt{\alpha} + \alpha) + k_0}$$

となることがわかる。

3 数値計算

図 1, 図 2, 図 3 はそれぞれ  $k_0 = 0, 10, 100$  に関し, いろいろな高さにおけるさまざまなビルへの投資効率率分布を二次元平面図と三次元空間図により表したものである。ただし,  $\rho = \frac{1}{10}$  人/m<sup>3</sup>,  $c = 30$  人/m<sup>2</sup> とし  $k_1 = 300$  とおく。

この計算例から,  $k$  は  $k_0$  が小さいほど高くなり,  $k_0$  が大きいほど低くなるのがわかる。また, ある  $\alpha$  に対し,  $k$  はある  $h_{\alpha}^{\max}$  まではだんだん高くなり,  $h_{\alpha}^{\max}$  からはだんだん低くなるのがわかる。さらに, ある  $h_1, h_2$  が存在し,  $h \leq h_1, h \geq h_2$  の場合, それぞれ  $k$  が一番高くなるのは  $\alpha = 1, 0$  のときである。そして,  $h_1 < h < h_2$  の場合,  $k$  が一番高くなるのは  $\alpha$  が 0 から 1 の間のある値のときである。

以上をまとめると, 投資政策として値段の安い土地, 適当な高さ, その高さに対応させる一定な形状を持つビル ( $h \leq h_1$  の場合は直方型,  $h_1 < h < h_2$  の場合は錐台型,  $h \geq h_2$  の場合は錐体型) を選ぶのが効率的であることを示している。

4 おわりに

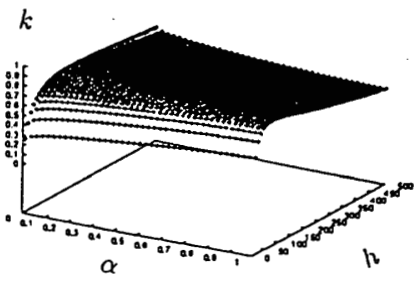
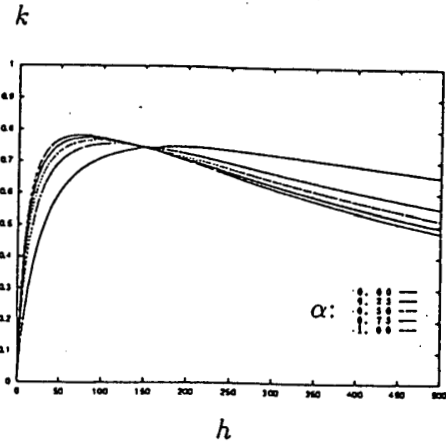
本研究では, ビル内交通における高層ビルへの投資効率係数を定義し, また, 簡単なモデルによる数値例を通

じ、通勤交通を考慮した錐台型高層ビルへの投資の効率性を分析した。

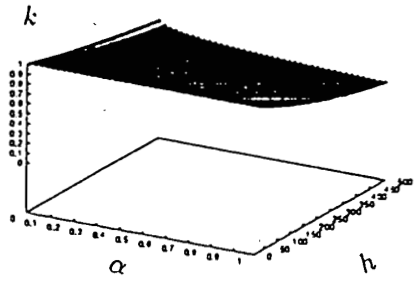
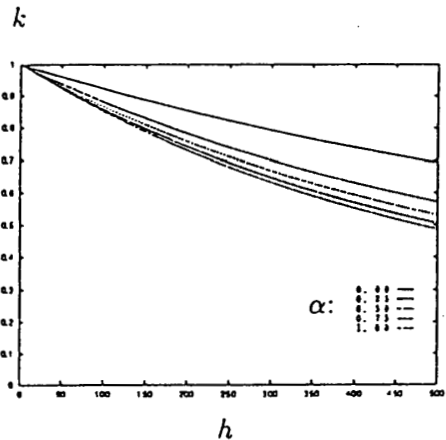
実際のビルにおいて、出勤による交通だけではなく、ビルの住人同士間による内内交通(田口 [3][4])など多種類の交通が発生しており、また、投資としてもいろいろな要素が考えられる。そこで、多方面のビル内交通及び現実的なパラメータによる投資効率係数を考慮した高層ビルへの投資効率分析、実際問題への適用などが今後の課題として残されている。一方、 $h_0^{\max}$  及び  $h_1$ ,  $h_2$  に対する理論的解析にもまだ不明な点があり、今後の課題として残されている。

参考文献

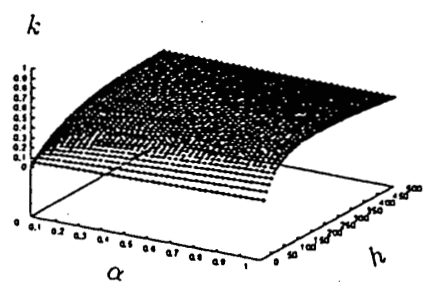
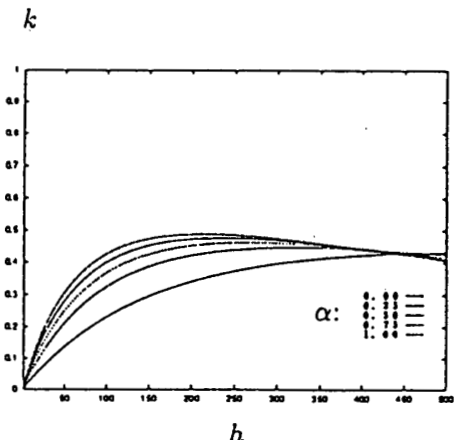
- [1] 李 明哲, 伏見正則: 錐台型ビルにおける通勤用通路面積, 日本 OR 学会秋季大会アブストラクト集, 1995.
- [2] 奥平耕造: 都市工学読本, 彰国社, 1976.
- [3] 田口 東: 大規模超高層ビルにおける内内交通とエレベータ通路, 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, 1994.9, pp.232-241.
- [4] 田口 東: 巨大なビルの内内交通に必要なエレベータの面積, 日本 OR 学会春季大会アブストラクト集, 1993, pp.16-17.



$k_0 = 10$   
図 2



$k_0 = 0$   
図 1



$k_0 = 100$   
図 3