

建物階数を考慮した床生産関数の推計

紀伊 雅敦¹・玉置 哲也²・梶谷 義雄³・鈴木 達也⁴

¹正会員 香川大学教授 創造工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町221-20)

E-mail: kii.masanobu@kagawa-u.ac.jp.

²正会員 香川大学講師 創造工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町221-20)

E-mail: tamaki.tetsuya@kagawa-u.ac.jp

³正会員 香川大学教授 創造工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町221-20)

E-mail: kajitani.yoshio@kagawa-u.ac.jp

⁴非会員 香川大学助教 創造工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町221-20)

E-mail: suzuki.tatsuya@kagawa-u.ac.jp

建築物の生産性は都市の密度や形状、及び住環境に大きく影響する。低い生産性は住宅価格を高め、一人当たり居住面積は小さくなる。その際、交通費用が安ければ、地価の低い郊外に市街地は拡大する。一方、建物の高層化のコストが低ければ、利便性の高い都心や近郊に集合住宅が建設され都市はコンパクトになりうる。一部の都市経済モデルでは、都市システムにおいて建物市場を考慮しており、都市政策が市街地密度に及ぼす影響を分析可能としているが、そこでは建築床の生産性、特に高層化に伴うコスト増加の考察は不十分である。また、建築コストの実証研究では、文献により想定するモデルが異なり、建物階数が建設費に与える影響は必ずしも明確ではない。

本研究では、都市経済モデルでの活用を念頭に、日本の建築物着工統計に基づき、建物階数を考慮した床生産関数を推計し、高層化が建設費に与える影響を分析した。その結果、床面積当たりの建設単価は高層化するほど高くなることが推計され、その結果を既往研究と比較し考察した。

Key Words : *productivity of building, building construction statistics, urban economic model*

1. 序論

都市社会への移行は全世界で進展しており、それは温室効果ガスの排出と気候変動緩和策に著しい影響を及ぼすとされている¹⁾。都市密度は交通エネルギー消費と密接な関連があることが指摘されており²⁾、コンパクトな都市開発は自動車走行距離と交通エネルギー消費を低下させると試算されている³⁾。このため、国内外で、都市の密度を高め、コンパクトな市街地を誘導する様々な政策が取り組まれている⁴⁾。

その際、建築物の生産性は都市の密度や形状、および住環境に多大な影響をもたらす。建築物の生産性が低ければ住宅価格が高くなり、一人当たりの居住面積は小さくなるであろう。このとき、交通費用が安ければ、地価の低い郊外に市街地は拡大する。一方、建物の高層化のコストが低ければ、利便性の高い都心や近郊に集合住宅が建設され、コストが高い場合と比較して都市はコンパクトになると期待される。一部の都市経済モデルでは、都市システムにおいて開発者という主体を導入して建物

市場を考慮しており、都市政策が市街地密度に及ぼす影響を分析可能としている。ただし、そこでは建築床の生産性、特に高層化に伴うコスト増加の考察は十分ではない⁵⁾⁻⁷⁾。一方、建築コストに関する実証研究^{8),9)}では、文献により想定するモデルが異なっており、建物階数が建設費に与える影響は必ずしも明確ではない。

本研究では、都市経済モデルでの活用を念頭に、日本の建築物着工統計に基づき、建物の階数を考慮した床生産関数を推計し、高層化が建設費に与える影響を分析することが目的である。2章では既往研究をレビューし、3章では本研究で用いる建築物着工統計データを説明する。4章では床生産関数とその推計方法を示し、5章では推計結果を示した上で、6章で既往研究の推計結果と比較する。7章はまとめである。

2. 既往研究

いくつかの都市経済モデルでは建物市場を考慮してお

り、その中で建物床の生産を考慮している。ただし、その生産性は必ずしも明確に定義されているわけではない。UrbanSim¹⁰⁾はマイクロシミュレーションの枠組みを用いており、ある地区の建築床の供給量は確率的に変化することを仮定しており、その供給コストや生産性は考慮されていない。AnasによるRELU⁹⁾では開発事業者は、離散的に与えられた建物タイプから、期待効用を最大化するよう開発する行動を想定している。ここで、建物タイプ別のコストはデータから与えるモデルとなっており、開発密度や建物階数とコストの関係は言及されていない。堤ら⁷⁾は土地とそれ以外の資材を投入し床を生産するモデルをコブダグラス型関数で表し、2005年の東京都市圏を対象にそのパラメータを推計している。その結果、土地及びその他資材の投入に対する床生産量の増加率が逓減する関数が推計されている。この推計には、建物床面積として固定資産課税台帳、土地面積として市街化区域面積、資材投入量として建築物着工統計が用いられている。これらは集計的なデータであり、資材投入量は単年度に投入されたフローと考えられるのに対して、建物床面積と土地面積が新たに追加された建物とそれに用いられた土地を表しているのか、あるいはストック全体を表しているのか不明である。

Ding⁹⁾は単位土地面積当たりの床生産関数を、土地以外の資本を投入要素とするCES関数で表し、そのパラメータを中国北京のデータを用いて推計している。また、Chauら⁸⁾は、香港における54棟の住宅建設データを用い、建物階数、建築面積、および建物の質を入力変数として総建設費用を推計する統計モデルを推計している。ここで、建築面積は敷地面積ではなく、建物のFootprintである。また、入力変数をBox-Cox変換し、その非線形性を考慮している。その結果、建築面積は費用を線形に増加させるのに対して、建物階数は費用を指数的に増加させる関数が推計されている。

以上のように、既往研究では想定する関数が様々であり、建物の階数が建築床の生産性に与える影響は異なっている。以下では、都市経済モデルでの活用を念頭に、簡易的な床生産関数を想定し、そのパラメータを日本の建築物着工統計に基づき推計する。

3. 建築物着工統計

建築物着工統計は建築基準法第15条第1項の届出制度に基づく悉皆的な統計である¹¹⁾。この統計では、建築場所、建築物の用途、構造、工事費予定額、階数、敷地面積などが調査されており、各種項目で集計された統計表が公表されている。ただし、この届出制度は10m²以下の建築物は対象とされておらず、また、工事費はあくまで

予定額であり実施額ではないことに留意が必要である。

本研究では、この統計データに基づき床生産関数の推計を試みる。当該統計の第4表では地域別、用途別、地上階数別、構造別の新築建物数、床面積、敷地面積が

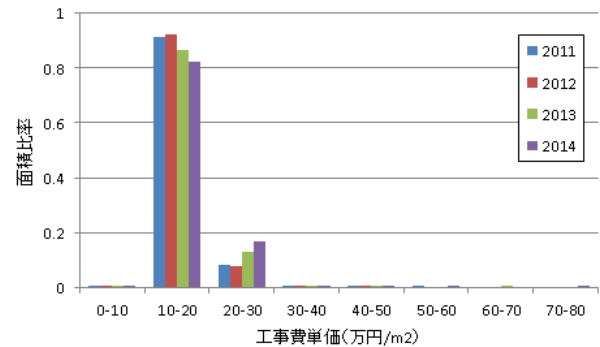


図-1 工事費単価の分布

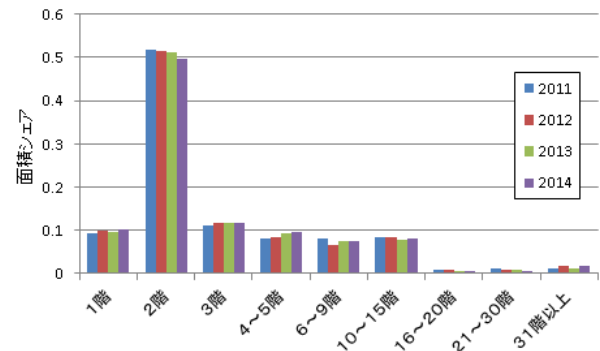


図-2 建物階数の分布

与えられている。また、第6表では地域別、構造別の建物数、床面積、工事費予定額が、第7表では地域別、用途別の同項目が与えられている。なお、第4表の地域として都道府県、県別市部、政令市の区が与えられており、それらは第6、7表でも区分されている。また、これらの表は2011年～2014年の年次について提供されており、2010年以前は着工戸数のみ公開されている。そのため、以降の分析は2011年～2014年のデータを用いて行う。

図-1は1平方メートル当たりの工事費予定額の分布を示している。ただし、分布の高さは床面積の比率で与えている。これより、建設単価は多くが10～20万円/m²であることがわかる。ただし、2012年以降10～20万円/m²の比率が減少し、20～30万円/m²の比率が増加している。また、平均値も、2012年には16.8万円/m²だったものが、2013年には17.4万円/m²、2014年には18.6万円/m²と推移している。

一方、図-2は建物階数の分布を面積比率で示している。これを見ると、2階建てがやや減少し、4～5階建てが増加傾向にあるが、それほど大きく変化していないことがわかる。平均値を見ると、2011年は4.37階、2012年は4.36階、2013年は4.28階、2014年は4.37階とほぼ同程度の階数

となっている。このため、高層化が建設単価の上昇に寄与しているとは考えにくい。

建築物の工事費は、構造や用途、建物の質などにより異なるが、近年の工事費の上昇は資材価格の上昇や技能者の不足、建設需給の逼迫等を反映していると考えられている。

このように、工事費は建物階数とは異なる要因で変化しているが、本稿では物価調整せずに各年の生産関数を推計する。なお、建築物着工統計では、階数別の工事費は集計されておらず、単一の集計表から、建物階数を考慮した床生産関数を推計することはできない。このため、次章では第6、7表の工事費予定額の周辺分布から、生産関数を推計する方法を示す。

4. 生産関数の推計方法

ここでは、土地とその他の資本を投入して床が生産されると仮定する。ここで、投入される土地面積を G 、その他資本投入量を K として、生産される床面積 A は次式で表されると仮定する。

$$A = \gamma_0 \left(\frac{K}{G} \right)^{\gamma_1} G \quad (1)$$

ただし、 γ_0 、 γ_1 はパラメータである。ここで、 K/G は単位土地面積当たりの資本投入量である。なお、土地面積 G は建築面積であり、敷地面積ではないとする。ここで、全てのフロアの床面積は等しいと仮定すると、建物階数 H は次式で表される。

$$H = \frac{A}{G} = \gamma_0 \left(\frac{K}{G} \right)^{\gamma_1} \quad (2)$$

ここで、建築面積を固定すると、 $\gamma_1 < 1$ ならば、資本投入量に対する建物階数の増加率は逓減することになる。すなわち、高層化するほど床面積当たりのコストが高くなる。一方、 $\gamma_1 = 1$ ならば、資本投入量と建物階数は比例し、床面積当たりのコストは階数によらず等しくなる。なお、 $G = AH$ であるから、 K は次式で表される。

$$K = A \cdot \gamma_0^{-\frac{1}{\gamma_1}} \cdot H^{\frac{1-\gamma_1}{\gamma_1}} \quad (3)$$

第4表の階数は「1階、2階、3階、4～5階、6～9階、10～15階、16～20階、21～30階、31階以上」の階級で集計されている。上記モデルに当てはめるためには各階級の代表値を設定する必要がある。ここではまず30階以下のデータについては各階級の中央値を階数の代表値として設定した。その上で、地域別用途別の床面積を階数で割ったものを建築面積とし、それを敷地面積で除することにより建坪率を求める。この方法で求められる21～30階

の建坪率を31階以上の建物にも適用し、これを敷地面積に乗ずることで当該階級の建築面積を求めた。建築面積で床面積を除することにより平均階数を求め、これを31階以上の階級の代表値と設定した。その結果、31階以上の建物の階数は2011年は36階、2012年は32階、2013年は38階、2014年は34階と推計された。以後、各階級の階数は用途、地域、構造によらず同一であると仮定する。

第6表、第7表では、床面積と工事費予定額が与えられているが、前述の通りそれらは階数については分割されていない。ここでは、クラスを表す添え字として、地域を k 、階数を h 、用途を l 、構造を s で表す。すると、式(3)はこれらの添え字を用いて次式で表される。

$$\begin{aligned} K_{hks} &= \gamma_0^{-\frac{1}{\gamma_1}} \cdot A_{hks} \cdot H_{hks}^{\frac{1-\gamma_1}{\gamma_1}} \\ &= \alpha_0 \cdot A_{hks} \cdot H_{hks}^{\alpha_1} \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、

$$\alpha_0 = \gamma_0^{-\frac{1}{\gamma_1}}, \quad \alpha_1 = \frac{1-\gamma_1}{\gamma_1} \quad (5)$$

である。いま、第4表では集計項目が階数で細分化されており、秘匿処理等により、その床面積を第6表、第7表の項目で集計しても必ずしも一致しない。そこで、工事費総額ではなく、建設単価に基づきモデルパラメータを推計する。上の式の記法を用いると、地域別、構造別の建設単価 c_{ks} および地域別、用途別の建設単価 c_{kl} はそれぞれ次式で与えられる。

$$c_{ks} = \frac{\sum_{h \in H, l \in L} K_{hks}}{\sum_{h \in H, l \in L} A_{hks}} \quad (6)$$

$$c_{kl} = \frac{\sum_{h \in H, s \in S} K_{hks}}{\sum_{h \in H, s \in S} A_{hks}} \quad (7)$$

第6表、第7表のデータより求められる地域別、構造別の建設単価を c_{6ks} 、地域別、用途別の建設単価を c_{7kl} と表記し、誤差分布に正規分布を仮定すると、モデルの対数尤度関数は次式で与えられる。

$$LL = - \left\{ \sum_{k \in \Omega, s \in S} (c_{6ks} - c_{6ks})^2 + \sum_{k \in \Omega, l \in L} (c_{7kl} - c_{7kl})^2 \right\} / \sigma^2 \quad (8)$$

この対数尤度関数を最大化する α_0 、 α_1 を求める。ただし、 σ^2 はモデルの推計誤差の分散であり、構造別、用途別で同一であると仮定している。また、その値は、パラメータの最尤推定値における誤差分散として事後的に与える。このとき、パラメータの分散は、最尤推定値における尤度関数のヘシアン Θ を用いて次式で表される。

$$\sigma^2 = \text{diag}(\Theta^{-1}) \quad (9)$$

ただし、 diag は行列の対角成分を表す。

5. パラメータ推計結果

工事費予定額をその他資本の投入量と仮定し、式(8)を用い、式(4)のパラメータ α_0 , α_1 を推計した結果を表-1

ある地域のある用途に関する平均建設単価と平均階数を示している。ここで、前述の通り階数に対する建設単価は統計として与えられていないが、地域別、用途別、構造別の平均階数を求め、それと工事費データを集計区分

表-1 パラメータ推計結果

	2011		2012		2013		2014	
	α_0	α_1	α_0	α_1	α_0	α_1	α_0	α_1
Parameters	13.4	0.221	13.9	0.191	14.0	0.223	14.9	0.231
Std.dev	0.111	0.006	0.112	0.006	0.117	0.006	0.117	0.006
t-value	120	36	125	31	120	36	127	39
γ	γ_0	γ_1	γ_0	γ_1	γ_0	γ_1	γ_0	γ_1
	0.119	0.819	0.110	0.839	0.116	0.818	0.112	0.812
Std.error	5.5		5.5		5.8		5.9	
R ²	0.160		0.123		0.165		0.186	

に示す。これより、パラメータはいずれも符号条件を満

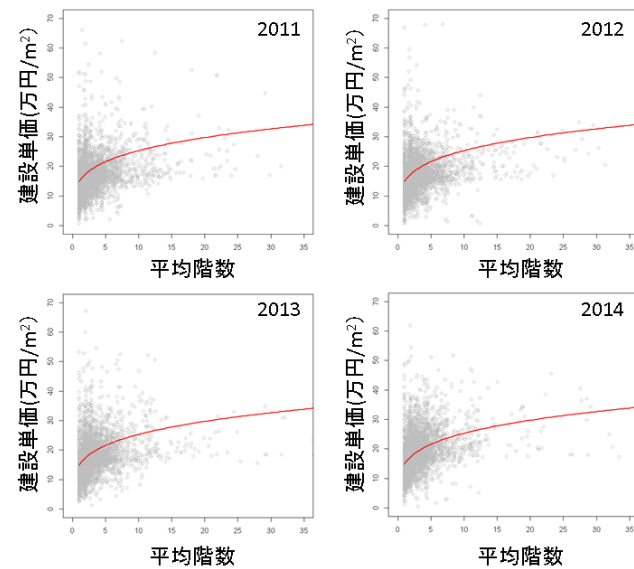


図-3 平均階数に対する建設単価 (用途別集計)

たし、有意であることがわかる。また、表中には式(5)を用いて算定される γ も示している。ここで、式(5)の γ_1 を α_1 について解くと γ_1 は α_1 に関して単調減少である。 α_1 が0のとき γ_1 は1であり、 α_1 は片側1%水準で有意であることから、 γ_1 も有意に1より小さいと言える。すなわち、式(1)より、土地以外の資本投入に対する床生産量は遞減することが推計された。なお、 α_1 の99%信頼区間に対応する γ_1 の範囲は、0.80~0.85である。誤差の標準偏差は5.5~5.9万円/m²であり、また、モデルによる建設費単価の推計値と、データから求められる建設単価の重相関係数は0.123~0.186である。

図-3は用途別集計に基づく平均階数に対する建設単価を示しており、灰色の点は統計値、実線はモデルによる推計値である。なお、この図では、データの一つの点は、

毎に対応づけたものを図では示している。すなわち、個別の建物についての階数と建設単価を示しているわけではなく、区分毎の平均値であることに留意が必要である。

これより、データの建設単価は相当程度ばらついてはいるが、平均階数が高くなるに従い建設単価が高まる傾向を読み取ることができ、モデルもそれを反映していることがわかる。建設単価は建物の質や用途によっても大きく異なると考えられるが、本研究の推計したモデルはその平均を与えるものとなっている。

6. 建設費推計モデルの比較

2章で述べたように、既往研究では建設費の推計に様々な関数を用いられている。本章では、それらのモデルと本研究で推計したモデルと比較することで、それぞれの特徴を明らかにする。ここでは、建物階数に対する建設単価について、Chau et al.⁹⁾、Ding⁹⁾、堤ら⁷⁾のモデルと本モデルを比較する。

まず、Chau et al.のモデルでは建設単価 K/A は次式で表される。

$$\frac{K}{A} = \frac{G^{\beta_2 H + \beta_3 - 1}}{H} \exp(\beta_0 + \beta_1 H + \beta_4 PRI) \quad (10)$$

ただし、 PRI は建築物の質を表す代理変数であり、民間住宅で1、公共住宅で0の値を取る変数である。また、 $\beta_0 \sim \beta_4$ はパラメータである。パラメータは、香港における54件の住宅開発データを用いて推計されており、建物階数の平均値は33階、標準偏差は10階、最小階数は6階、最大階数は61階である。これより、 $\beta_0 = -4.150$, $\beta_1 = 0.100$, $\beta_2 = -0.009$, $\beta_3 = 1.195$, $\beta_4 = 0.290$ と推計されている。

Dingのモデルでは建設単価を次式で与えている。

$$\frac{K}{A} = \frac{1}{H} \left[\frac{1}{\delta} \left\{ (H/\gamma)^{-\rho} - (1-\delta) \right\} \right]^{\frac{1}{\rho}} \quad (11)$$

ここで、 δ , γ , ρ はパラメータであり、2000年から2002年までの北京における116件の住宅データを用いて推計されている。 ρ は全ての年で共通で1と設定しており、 δ , γ はそれぞれ0.9999857-0.99999982, 0.000056-0.000088と推計されている。これらの値は年による違いの幅を示している。これらパラメータの推計結果について、符号条件の有意性は満たしているとされているが、 δ はほぼ1に近い値となっている。論文中のパラメータのt値から推計される標準偏差を用いると、有意水準1%で $\delta=1$ とする帰無仮説が棄却されないことから、後の比較では δ が1のケースについても評価する。

堤らのモデルでは建設単価は次式で与えられる。

$$\frac{K}{A} = \alpha_0 G^{\frac{1-\alpha_1-\alpha_2}{\alpha_2}} H^{\frac{1-\alpha_2}{\alpha_2}} \quad (12)$$

ここで、 α_0 , α_1 , α_2 はパラメータであり、2005年の関東地方南部の市区町村を基礎とした197ゾーンの集計データを用いて推計されている。住宅用途では、 $\alpha_1=6.3 \times 10^2$, $\alpha_2=4.5 \times 10^{-1}$ であり、業務用では $\alpha_1=4.2 \times 10^2$, $\alpha_2=2.3 \times 10^{-1}$ と推計されている。

また、本研究のモデルでは式(3)より、建設単価は次式で与えられる。

$$\frac{K}{A} = \gamma_0 \frac{1}{n} \cdot H^{\frac{1-\gamma_1}{n}} \quad (13)$$

以上のモデルにおいて、Chau et al.と堤らでは入力変数として建物階数と建築面積が含まれているが、Dingおよび本モデルでは階数のみを変数である。これらのモデルを比較するが、貨幣単位やデータ取得年が異なるため、推計結果の絶対値による単純比較は適切ではない。また堤らのモデルでは全てのパラメータ値が示されていないため、建設単価の絶対値を求めることができない。このため、以下ではそれぞれのモデルにおいて1階建ての建物の建設単価で基準化した場合の建設単価を比較する。まず、Chau et al.のモデルによる階数と建設単価の関係を図-4に示す。ここでは、 $PRI=1$ のケースを評価した。これより、このモデルでは15階程度までは、建物階数が高まるほど単価が減少している様子がわかる。ただし、例えば、建築面積が150m²の場合は19階で単価が最小となり、それ以上の階数になると、単価が上昇する。すなわち、より広い階数の範囲では、費用関数は建設単価が最小値を持つU字型の形状となる。この関数では階数を表す変数が指数関数の中に入っており、総建設コストは階数に対して指数的に増加することになる。一方、面積は階数に関して線形で増加するため、直感的には階数の増加に対して建設単価は逡増すると思われる。しかし、式(10)の指数関数内部の $\beta + \beta H + \beta PRI$ は階数が38階までは

負であり、低い階数では建設費の変化率は比較的小さくなっている。従って、この条件の下では階数が増加すると建設単価は低くなると推計される。なお、このモデルでは建築面積が大きいほど単価の減少率が大きくなっている。

次に、Dingのモデルにおける階数と建設単価の関係を図-5に示す。これを見ると、与えられたパラメータの下では、9階から11階前後で建設単価が急上昇した後、あ

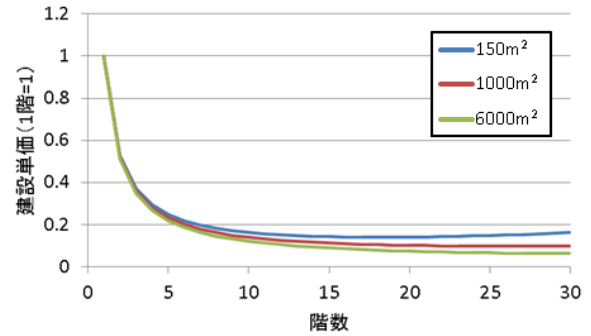


図-4 階数と建設単価 (Chau et al.のモデル)

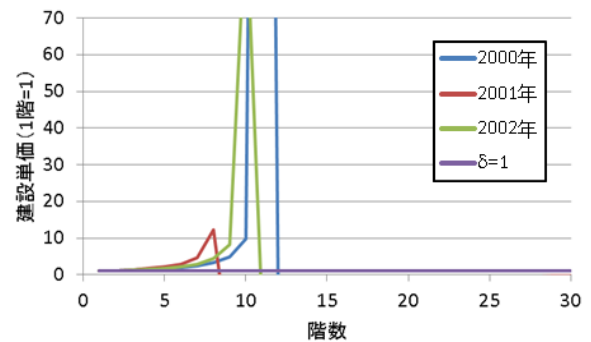


図-5 階数と建設単価 (Ding のモデル)

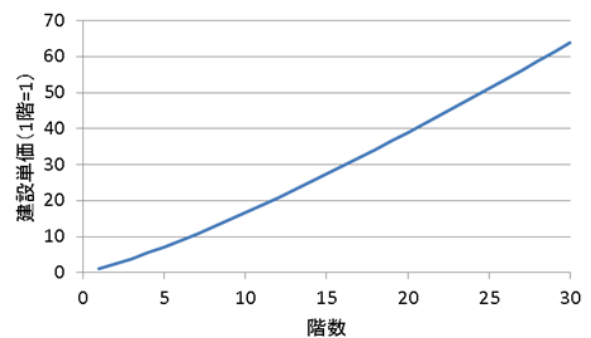


図-6 階数と建設単価 (堤らのモデル)

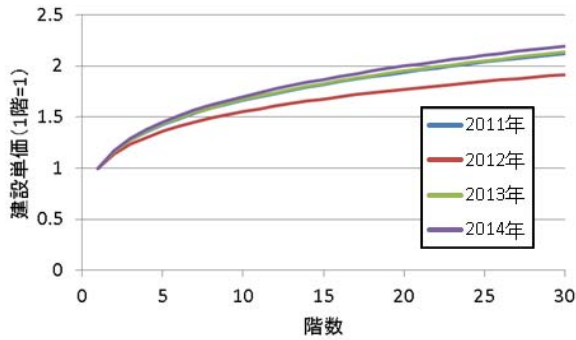


図-7 階数と建設単価（本モデル）

る閾値を超えると負の値を取ると推計されている。パラメータを見ると、 $1-\delta$ は非常に小さい正数を取り、また、 $\rho=1$ であることから、建物階数が $\gamma(1-\delta)$ を超えると建設単価の符号が正から負に変化する。一方、 $\delta=1$ の場合には、 K/A は階数 H によらず $1/\gamma$ の定数となる。すなわち、このモデルは δ の微小な値の違いにより建設単価の推計結果が大幅に変わる不安定なモデルと言える。

堤らのモデルにおいて、住宅用途のパラメータを用いた場合の建設単価の評価結果を図-6に示す。このモデルでは入力変数として建築面積が用いられているが、同一の建築面積の1階建ての建物で単価を基準化すると、建築面積の項がキャンセルされるため、結果としてここでの評価結果は建築面積の影響を受けない。図より、このモデルでは階数の増加に対して建設単価が増加していることがわかる。ただし、その増加率は非常に高く、例えば30階建ての建物では建設単価は1階建ての64倍となっている。なお、業務用では増加率は更に高く、30階建てでは1階の単価の8.8万倍と算定される。

図-7は本モデルによる建設単価の評価結果を示す。これは図-3の各年の推計結果をまとめたものであり、階数が増加するに従い、建設単価も増加している。ただし、その増加率は堤らのモデルと比較すると大幅に低く、30階建てで、1階建ての2倍程度となっている。

以上のように、想定するモデルおよび推計方法により、建物階数に対する建設費用関数は大きく異なることがわかる。ここで、Chau et al.のモデルのみが建設単価が階数に対して低下する領域があり、ある階数を超えると単価が上昇する形状となっている。Chau et al.は総コストを推計する自由度の高いモデルを用いており、データへのフィッティングは良いものの、建設単価で見ると他のモデルとは逆の傾向を示している。Chau et al.の研究では個々の住宅建設事業のデータを用いていることから、建物階数と建設単価に負の相関があるのか確認することが必要であろう。

Dingが用いたCES関数は経済モデルで用いられる一般的な生産関数であり、堤らや本研究の想定するコブダグ

ラス型関数を含むクラスとなっている。ただし、一般に弾力性を表すパラメータ ρ の推計はしばしば困難であり、Dingの研究でも建物階数と土地地代の内生性から操作変数法を用いて土地とその他資本の代替弾力性 σ を0.46と推計している。ただし、論文では既往研究を参照した上で、これを丸めて0.5としている。なお $\rho=(1-\sigma)/\sigma$ であり、 $\sigma=0.5$ で $\rho=1$ である。図-5で見たように、パラメータの微妙な違いが費用関数の形状に大きく影響するため、パラメータの変動などについて、より詳細な分析が必要であろう。

堤らのモデルと本研究のモデルはいずれもコブダグラス型を想定している。前者は土地投入量を変数として扱う一方、本研究では土地投入量を与件としている。このため、式(12)と(13)を比較すると α と γ が対応する。 α の推計値は住宅用途で0.45、業務用途で0.23であるのに対し、本研究の γ は0.812~0.839である。式(1)に示したように、このパラメータは土地以外の資本の効率性を表すため、その値が低いと土地以外の資本投入量に対する床面積生産量の低減率が高くなり、従って、建物階数が増加するに従って、単位床面積当たりの建設コストの増加率が高まることになる。

堤らのモデルでは建物床面積データは固定資産税台帳に基づく市区町村単位の集計データを用いているが、一方で、資材投入量として建築物着工統計を用いている。固定資産税台帳は建物床のストック量を与えるのに対し、建築物着工統計に基づく資材投入量はある年の1年間の投入量を与えていると考えられる。このため、本研究と関数型は同様だが、本研究が想定するモデルとは、建設コストの考え方が異なっている可能性がある。

本研究では、建築物着工統計に基づき床面積と土地以外の資本投入量を与えており、各年の投入量と生産量に基づく推計となっている。このため、建築物の生産関数を求めるためのデータは整合的といえる。

7. 結論

経済モデルにより都市空間を分析する上で建築物の生産関数は非常に重要な要素であるにもかかわらず、高層化が生産性に及ぼす影響については従来十分な注意が払われてこなかった。本研究では、都市経済モデルでの活用を念頭に、日本の建築物着工統計に基づき、建物階数を考慮した床生産関数を推計し、高層化が建設費に与える影響を分析した。その結果、高層化は床面積当たりの建設コストを増加させるが、その増加率は階数に対して逡減すると推計された。この傾向は既往研究の建設コスト関数には見られない新たな知見である。

なお、現在、建築物着工統計の個票データを用いた分

析を進めており、発表時には結果を報告する予定である。

謝辞：本研究は科研費(16KK0013)，およびSATREPS (JPMJSA1704)の成果の一部である。研究費の支援に対し記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Seto, K. C., Dhakal, S., Bigio, A., Blanco, H., Delgado, G. C., Dewar, D., Huang, L., Inaba, A., Kansal, A., Lwasa, S., McMahon, J. E., Müller, D. B., Murakami, J., Nagendra, H. and Ramaswami, A.: Human Settlements, Infrastructure and Spatial Planning, In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T. and Minx, J. C. (Eds.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923-1000, 2014.
- 2) Kenworthy J.R. and Laube, F.B.: Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 33, pp. 691–723, 1999.
- 3) Rodier C.J.: A Review of the International Modeling Literature: Transit, Land Use, and Auto Pricing Strategies to Reduce Vehicle Miles Traveled and Greenhouse Gas Emissions. Institute of Transportation Studies, University of California, Davis, Davis, California, 2009.
- 4) 谷口守・肥後洋平・落合淳太：都市計画マスタープランに見る低炭素化のためのコンパクトシティ政策の現状、*環境システム研究*, Vol.40, pp.395-402, 2012.
- 5) Waddell, P.: UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation and environmental planning, *Journal of the American Planning Association*, Vol. 68, pp. 297-314, 2002.
- 6) Anas A. and Liu Y.: A regional economy, land use, and transportation model (RELU-TRAN): Formulation, algorithm, design and testing, *Journal of Regional Science*, Vol. 47, pp. 415-455, 2007.
- 7) 堤盛人・宮城卓也・山崎清：建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性，*土木学会論文集 D3 (土木計画学)*，Vol.68, No.4, pp. 333-343, 2012.
- 8) Chau, K.W., Wong, S.K., Yau, Y. and Yeung, A.K.C.: Determining Optimal Building Height, *Urban Studies*, Vol.44, No.3, pp. 591-607, 2007.
- 9) Ding, C.: Building height restrictions, land development and economic costs, *Land use policy*, Vol. 30, pp. 485-495, 2013.
- 10) Waddell, P., Boming, A., Noth, M., Freier, N., Becke, M. and Ulfarsson, G.: Microsimulation of Urban Development and Location Choices: Design and Implementation of UrbanSim, *Networks and Spatial Economics*, Vol. 3, pp. 43–67, 2003.
- 11) 岩松準：建築着工統計による工事費単価分析への期待，総研リポート特別号『建築着工統計』工事費予定額の分析，建設物価調査会総合研究所，pp.3-5, 2009.

(2021.2.18 受付)

ESTIMATION OF FLOOR PRODUCTION FUNCTION FOR URBAN ECONOMIC MODELS CONSIDERING BUILDING STORIES

Masanobu KII, Tetsuya TAMAKI, Yoshio KAJITANI, Tatsuya SUZUKI

Productivity of building construction substantially affects urban structure and quality of residential environment. However, the method of building productivity estimation, especially for the impact of building stories on cost increment, is not sufficiently clarified. An aim of this study is to analyze the impact of building height on floor productivity, consistent with urban economic models, using data of building construction statistics in Japan. As a result, the construction cost per floor area is found to increase as building gets higher, while the increase rate of the cost decreases. Our estimation is based on aggregate data for distribution of construction cost over many construction projects. Disaggregate data of individual construction projects is needed to capture the impact of height on the cost more directly for further analysis.