

博士（経営学）学位論文

商業用不動産の定量的評価手法  
およびリスク管理手法の研究

2014年3月

神崎 清志

首都大学東京 社会科学部

# 論文要旨

本論文は、オフィスなどの収益物件である商業用不動産を対象とした、評価方法ならびにリスク管理方法についての研究論文である。

第1部は、商業用不動産の評価についての研究である。不動産の評価では、不動産鑑定評価が制度的に定められており、世界的に広く利用されている。しかし、この鑑定評価には評価額が市場価格から乖離するという「不動産鑑定評価バイアス」の問題が指摘されている。

このような状況を踏まえ、不動産の市場価格を正確に推定するモデル「キャップレートモデル」が提案されている。このモデルでは、不動産評価法の直接還元法を用い、市場取引のデータから将来のキャッシュフローの還元率であるキャップレートを物件の属性および取引時点で回帰分析し、キャップレートの市場値を推定する。このモデルを日本の不動産投資信託(J-REIT)のデータに適用し、実証分析を行った。その結果、キャップレートは各属性に対し定性的に期待された傾向を示し、モデルが有効に働いていることが示された。

さらに、得られた推定キャップレートにより物件の売買価格を推定すると、ヘドニック法といった一般的な手法より、精度が良いことが実証分析により示された。これにより、今まで難しかった市場価格の推定を、キャップレートの推定を通して行う体系が示された。

加えて、実際に支払われている賃料、純営業収益(NOI)や純利益(NCF)といった各種キャッシュフローの分析により、属性ごとの感応度特性や時間変動といった特徴を把握することが可能となる体系が示された。これにより、キャップレートモデルとあわせてキャッシュフローの推定モデルも整備され、より精緻な評価モデルの構築が可能となった。

第2部は、商業用不動産のリスク管理についての研究である。不動産のリスク管理は、市場特性が特異であるため、他の金融資産では一般的な手法が適用できない。そのため、不動産のリスク管理手法ではスタンダードなモデルというものが存在していない。

本論文では、不動産市場の変動特性を分析し、その特徴を捉えたリスク管理モデルの提案が行われている。まず、不動産市場の変動特性として、

強いトレンド性と周期性があることが示された。さらに、評価に用いられるキャッシュフローとキャップレートという2つのパラメータのうち、より価格変動に影響を与えるパラメータは、キャップレートであることが定量的に示された。これらの分析により、市場の変動特性と変動を与えるパラメータが明らかとなった。

この結果を踏まえ、本論文ではキャップレートに周期的な変動を与えるモデル「ダイナミック・キャップレートモデル」が提案された。従来では、資産価格の変動に拡散過程を適用した例があったが、本来の変動特性を表現していないため、現実的なリスク量が算出できなかった。ダイナミック・キャップレートモデルを用いると、実際の資産価格変動により近い資産価格変動をシミュレーション上で再現することが可能になり、保有するリスク量を正確に計測することが可能になる。

# 目次

第1章	研究の背景	1
1.1	本研究の位置づけ	1
1.1.1	研究対象	1
1.1.2	商業用不動産市場	2
1.2	不動産鑑定法	3
1.2.1	原価法	3
1.2.2	取引事例比較法	4
1.2.3	収益還元法	4
1.3	市場価格推定法	5
1.3.1	キャップレートモデル	5
1.3.2	ヘドニック法	6
1.3.3	Fisher-Geltner-Webb モデル	7
1.3.4	リピートセールス法	7
1.4	資産評価に関する先行研究	8
1.4.1	収益還元法の先行研究	8
1.4.2	市場価格評価法の先行研究	11
1.5	資産評価における問題点	12
1.5.1	市場価格の把握の難しさ	12
1.5.2	鑑定評価バイアス	12
1.5.3	収益還元法における問題点	13
1.6	不動産のリスク管理手法の体系	13
1.6.1	APT によるリスク管理	13
1.6.2	収益還元法によるリスク管理	14
1.6.3	資産価格変動によるリスク管理	14
1.6.4	ローンのリスク管理	15
1.7	リスク管理に関する先行研究	15
1.7.1	APT によるリスク管理	15
1.7.2	不動産のダイナミクス	16
1.8	不動産リスク管理における問題点	17
1.8.1	リスク管理の難しさの原因	17
1.8.2	ローン市場の問題点	18

1.9	本論文の主張	19
1.10	本論文の構成	19
<b>第 I 部 商業用不動産の評価</b>		<b>20</b>
<b>第 2 章 キャップレートモデル</b>		<b>21</b>
2.1	キャップレートモデル	21
2.1.1	キャップレートの定義	21
2.1.2	説明変数	22
2.1.3	説明変数のグルーピング	23
2.1.4	キャップレートモデルの定式化	24
2.1.5	不動産価格の推定	24
2.1.6	拡張モデル	25
2.2	実証分析	26
2.2.1	データの設定	26
2.2.2	NCF の設定	27
2.2.3	参照モデル 1	28
2.2.4	参照モデル 2	28
2.3	結果	29
2.3.1	回帰結果 (オフィス)	29
2.3.2	価格推定結果 (オフィス)	29
2.3.3	回帰・価格推定結果 (共同住宅)	32
2.3.4	拡張モデル結果 (オフィス)	33
2.4	結果考察	33
2.4.1	回帰係数 (取引時点)	33
2.4.2	回帰係数 (延床面積)	35
2.4.3	不等分散性 (エリア)	36
2.4.4	不等分散性 (取引時点)	37
2.5	キャップレートの対数変換の適合性検証	38
2.5.1	検証方法	38
2.5.2	検証結果	38
2.6	まとめ	39
<b>第 3 章 実際のキャッシュフローの推定</b>		<b>40</b>
3.1	キャッシュフローの種別	40
3.1.1	賃料	40
3.1.2	収益	41
3.2	キャッシュフロー推定モデル	42

3.2.1	賃料回帰分析モデル	42
3.2.2	NOI 回帰分析モデル	43
3.2.3	資本的支出回帰分析モデル	43
3.3	データ	44
3.4	賃料回帰分析の結果	45
3.4.1	回帰係数	45
3.4.2	カテゴリー内感応度	45
3.4.3	誤差項	48
3.4.4	不等分散性	48
3.5	他のキャッシュフローにおける回帰分析の結果	48
3.6	時系列分析	49
3.7	資本的支出の回帰分析の結果	51
3.8	まとめ	52
<b>第 II 部</b>	<b>商業用不動産のリスク管理</b>	<b>53</b>
<b>第 4 章</b>	<b>不動産市場のダイナミクスと変動要因</b>	<b>54</b>
4.1	不動産市場のダイナミクス	54
4.2	不動産市場の変動要因	55
4.3	変動ドライバーの分析方法	56
4.3.1	価格の期待値	56
4.3.2	分析方法	56
4.4	結果	57
4.5	まとめ	58
<b>第 5 章</b>	<b>収益還元法にもとづくリスク管理手法</b>	<b>59</b>
5.1	リスク管理手法の種別	59
5.2	ダイナミック DCF 法	59
5.2.1	モデルの概要	60
5.2.2	シミュレーションの例	62
5.2.3	DDCF 法の特徴	62
5.3	ダイナミック・キャプレートモデル	64
5.3.1	AR モデル	66
5.3.2	サイクルモデル	69
5.3.3	周期変動サイクルモデル	70
5.4	まとめ	71

第 6 章	まとめと今後の課題	73
6.1	成果 . . . . .	73
6.2	本研究の応用 . . . . .	74
6.3	今後の課題 . . . . .	74
6.4	最後に . . . . .	75
参考文献		76

# 第1章 研究の背景

本論文では、商業用不動産についての評価、およびリスク管理手法に関する諸問題の研究を行う。商業用不動産については、市場規模も大きく、参加者も多い。学術的な研究対象としても多岐にわたるため、第1章において、現在行われている手法を概観し、先行研究、問題点など本研究の背景を整理する。

第1章の構成は、まず1.1節にて本研究の対象範囲を明確にする。つぎに、1.2節において、商業用不動産のさまざまな評価手法を紹介し評価の体系を示す。1.3節では、不動産の市場価格の推定手法を示す。1.4節にて、不動産評価法の先行研究を示し、1.5節で現在の評価体系に存在する問題点を指摘する。

評価に続いて、リスク管理についてまとめる。1.6節では、不動産のリスク管理の体系を示す。1.7節では、不動産のリスク管理についての先行研究をまとめる。1.8節は、不動産のリスク管理にまつわる問題点を指摘する。1.9節にて本論文の主張をまとめ、最後に1.10節にて本論文の構成を示す。

## 1.1 本研究の位置づけ

### 1.1.1 研究対象

本研究の対象とする資産は、商業用不動産である。商業用不動産とは、主に企業が収益獲得のために保有する不動産である。個人が居住用に購入する居住用不動産や、自社使用ビルや工場など事業用不動産は含まれない。

商業用不動産の中でも分析対象となる資産は、オフィスビルや共同住宅ビルなど、比較的規模が大きく、商業的に投資対象となるレベル (investment grade) の不動産である。実証分析の際には、日本市場の不動産を取扱い、データは主に日本の不動産投資信託 (以下「J-REIT」) から収集した。なお、本文中では特記する場合を除き、「不動産」という場合は「商業用不動産」を指す。

商業用不動産の学術的な研究分野は、法律や規制、都市計画などさまざまな側面が存在する。本研究では、対象を不動産の「資産評価法」および



「資産価格変動に対するリスク管理」とする。データに基づいた金融工学的なアプローチを採用し、実証分析には定量的な方法を用いる。

### 1.1.2 商業用不動産市場

#### 市場規模

商業用不動産の市場規模は、米国では 6.7 兆ドル<sup>1</sup>であり、米国の全上場株式時価総額の 15.6 兆ドル（2011 年末時点）<sup>2</sup>と比較すると、およそ 40%の規模となりその大きさを確認できる。日本においても、商業用不動産の市場規模はおよそ 2.7 兆ドルであり、世界でも米国に次いで第 2 位にある。狭小な国土でありながら全世界の商業用不動産において約 10% の占有率を誇り、東京証券取引所の株式時価総額<sup>3</sup>と比肩するほどの大きさである。

#### 日本の不動産市場の歴史

日本の商業用不動産市場の歴史は、大きく分けて 1980 年代に起きた異常な地価の上昇、いわゆる不動産バブルの前と後に分けられる。不動産バブル期前までは、高度経済成長を背景に基本的に地価が一方的に上昇する市場であった。不動産バブル期には、一般の事業会社でもキャピタルゲインを狙い不動産売買に参加したり、あるいは保有期間 1 日というような超短期売買があったり、異常な状態が見られた。

不動産バブル期後は、バブル期前に起きた資産上昇分を約 10 年間にわたり戻すという長期下落市場になる。その後 2000 年代に入り景気の回復もあり、不動産市場はようやく下落から脱する。このころ、外資系の投資家が不良債権の処分担保資産などを狙って、大挙して日本市場に流入して来た。彼らは、実践的な収益還元法（後述）を用いて、収益に見合う適切な取引価格水準の市場を形成していった。これにより、日本の不動産市場も従来の土地は上昇し続けるという「土地神話」から脱却し、景気とともに価格が循環する欧米的な市場に転換していった。

リスク管理の視点でこの時代を見てみると、バブル期の中では、不動産取引は投機的な色彩が強く、世の中の強気の雰囲気と相俟って、市況の後退局面を想定しにくく、リスク管理が育ちにくい環境にあった。逆に、バブル経済崩壊の過程では、資産価格の下落に伴う目の前の問題への対処が主な仕事になり、この場面でもリスク管理はないがしろにされる傾向が続い

<sup>1</sup> *A Bird's Eye View of Global Real Estate Markets:2012*, Prudential Real Estate Investors による。

<sup>2</sup> 世界銀行ホームページによる。

<sup>3</sup> 2012 年 8 月末時点にて、およそ 258 兆円である。

た。このように、日本には不動産のリスク管理は育ちにくい環境が長らく続いた。

## J-REIT の誕生

2001年5月に日本では初めて J-REIT が上場し、不動産の取引市場が拡大した。同時に、不動産取引の情報開示に大きく進展が見られた。従来、日本の不動産の取引慣習として、一部の不動産会社のみ知りうる情報として取引の情報を秘匿する傾向があった。これが、資産内容をほぼすべて開示する J-REIT の登場により、多くの取引や収益の情報が公開された。J-REIT 各社の開示姿勢には特筆すべきものがあり、世界的に見ても情報の統一性や完備性は優れている。本研究では、主にこの J-REIT が公開している情報を用いて検証を行った。

## 1.2 不動産鑑定法

不動産の評価は、大きく分けて不動産鑑定評価手法による方法と、市場価格評価法に分類される。世界的に不動産鑑定評価の制度があり、日本でも国家資格として不動産鑑定士の認定制度が定められ、鑑定評価は実務上も多用される。本節では不動産鑑定法について述べ、次節で市場価格推定法について説明する。

不動産鑑定には、3つの方法の併用が定められている<sup>4</sup>。第1はコストを積み上げ価格とする原価法、第2は類似の取引から価格を類推する取引事例比較法、第3は収益還元法である。

### 1.2.1 原価法

原価法は評価時点における対象不動産の再調達原価（新規に土地を購入し、同等の建物を建築したときにかかる費用）を求め、減価分を考慮し対象不動産の資産価格を求める手法である。減価の要因は、経年などにより生じる老朽化および偶発的な損傷などの物理的要因、不動産の機能的陳腐化（設備の旧式化、建物と敷地との不適合）などの機能的要因、不動産の経済的不適合（近隣地域の衰退などによる環境との不適合）などの経済的要因が挙げられる。

ただし、一般に商品の価格は、原価ではなく市場取引によって決まるという経済原則からも、原価法による不動産価格は一定の目安にはなりうるが、「市場価格」と定めることは難しいといえる。

<sup>4</sup>平成19年改訂 不動産鑑定評価基準「第7章 鑑定評価の方法」による。

### 1.2.2 取引事例比較法

取引事例比較法は、実際に取引のあった事例と対象不動産に対し、属性の違いを考慮し、事情補正および時点補正を加え、市場価格を割り出す方法である。この方法は、実際の市場取引を参照するという点では、原価法より市場価格に近いと言えるが、市場に存在する多数の取引事例から評価に都合の良い事例を取り上げることができるという、いわゆる「チェリーピッキング」の問題が存在する。

### 1.2.3 収益還元法

収益還元法は鑑定評価法の中でも中心的な役割を果たす。収益還元法はさらにディスカウント・キャッシュフロー法（以下「DCF法」）と次項の直接還元法の2通りに分けられる。

#### ディスカウント・キャッシュフロー法

DCF法は将来の一定期間（5年から10年程度）の収益の流列 $\{CF_1, CF_2, \dots, CF_T\}$ を還元率 $r_1$ で還元して和をとり、さらに終点 $T$ にて想定される復帰価格 $V_T$ を還元率 $r_2$ にて還元して加え、評価額とする手法である。評価式は次式である。

$$V = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+r_1)^t} + \frac{V_T}{(1+r_2)^T} \quad (1.1)$$

DCF法は、各期のキャッシュフローを自由に設定できるため、鑑定評価など個別の物件において、詳細にキャッシュフローを分析し評価するときに用いられる。

ただし、将来の想定売却価格に相当する復帰価格の項は、次項に示す直接還元法と同様に $CF_T/r_2$ により求められる。DCF法ではこの復帰価格の価額が大きいため、次の直接還元法との差異が明確ではなくなってしまう。

#### 直接還元法

直接還元法は、将来のキャッシュフロー $CF$ を一定とし、すべてのキャッシュフローを同一の還元率 $r$ で還元して価格を求める。すなわち、

$$V = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{CF}{(1+r)^t} = \frac{CF}{r} \quad (1.2)$$

により求める。直接還元法は、キャッシュフローとキャップレートが求められれば資産価格が求まるという、単純な式ではあるが強力な評価法である。多数の物件を同時に評価する場合などに適した方法であり、DCF法と並んで、実際の評価および取引の場面で広く用いられている。

### 1.3 市場価格推定法

実務上もっとも広く用いられる市場価格推定法は、収益還元法である。収益還元法は鑑定評価法の一つであるが、不動産の市場価格を導出する手法としても用いられるため、ここでは鑑定評価法とは別に再度取り上げる。

不動産の市場価格を収益還元法を用いて求めるには、将来の想定キャッシュフローと還元率の2つのパラメータに市場値を適用すればよい。ここでは、市場の還元率を推定し評価に用いるキャップレートモデルを解説する。

#### 1.3.1 キャップレートモデル

##### キャップレート

収益還元法に用いられる還元率は、英語では *Capitalization Rate* であり、略して *Cap Rate* とよばれる。以下では「キャップレート」と表記する。

収益還元法は金融資産の評価に用いられる現在価値法に類似するが、現在価値法では将来キャッシュフローを割引率で割引く。一方キャップレートは、将来キャッシュフローの変動リスク分を含んだ期待収益率であり、割引率とはこの点が異なる。

キャップレートは、ある不動産取引が成立すると投資家の間では取引価格と共にキャップレートが流布するほど、一般的なパラメータとなっている。このようにキャップレートは広く使われるパラメータであるが、実際に属性が異なる個別物件のキャップレートを得ることは容易ではない。通常の不動産評価におけるキャップレートは、物件の属性や時点などを考慮し鑑定士や投資家などの評価者が与える。このとき、評価者は類似取引のキャップレートや公表されているアンケートによる水準<sup>5</sup>などを参考にキャップレートを与えるが、主観的な指標であるため恣意性は残り、鑑定評価にはバイアスが発生してしまうという問題が起きる。

---

<sup>5</sup>日本では、日本不動産研究所の投資家調査が広く使われている。

## キャップレートモデル

神崎 (2012)<sup>4)</sup> が示したキャップレートモデルは、還元率を推定し直接還元法により市場価格を推定する手法である。これは、市場の取引事例からキャップレートを定量的に推定し、評価に用いる。市場の取引価格を基に算出しているため、バイアスがない。具体的なキャップレートの推定方法は、キャップレート  $R$  の対数  $y$  に対し以下の多変量線形回帰モデルを当てはめる。

$$y_i = \log(R_i) = \beta_1 x_1^i + \beta_2 x_2^i + \cdots + \epsilon_i \quad (1.3)$$

$y_i$  :  $i$  番目のキャップレートの自然対数

$x_k^i$  :  $k$  番目の説明変数 (不動産属性および取引条件)

$\beta_k$  :  $k$  番目の説明変数に対する係数

$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$  : 誤差項。

次項に述べるヘドニック法は価格を属性にて回帰分析するが、キャップレートモデルは属性による回帰分析をキャップレートに適用したところに特徴がある。キャップレートモデルは第 2 章にて詳述する。

### 1.3.2 ヘドニック法

ヘドニック法は、資産をその属性の集合体と捉え、各属性の価値の集合として資産の価値を得る方法である。この手法は属性が付随する資産であれば適用可能であるため、様々な資産の評価法として活用される。不動産の評価に適用すると、不動産を属性 (所在地、不動産用途、築年、延床面積など) の集合体として捉え、この集合体が不動産価値を与えるということになる。定量的な分析に適用しやすいため、学術的には広く用いられている。ヘドニック法は、価格 (または価格の対数値) を物件属性の関数 (主に線形関数) として次のようにあらわされる。

$$\log(V_i) = f(P_{1,i}, P_{2,i}, \cdots) + \epsilon_i \quad (1.4)$$

ヘドニック法による評価には、回帰計算の説明変数に用いる関数形についてさまざまな議論がある。この関数形は経済の理論からは導き出されず、フィッティングのよさや回帰係数の重要性から決められる。そのため、フィッティングの精度を上げようとするに関数形が特殊なものになる傾向があることから、学術的な研究が多い一方で、実務的な利用は広がっていない。

### 1.3.3 Fisher-Geltner-Webb モデル

Fisher, Geltner and Webb(1994)<sup>48)</sup> では、価格インデックスを作成する際に、単位面積当たりの資産額を、物件属性により説明するモデルを提示している。Fisher et al.(1994) が不動産価格のインデックスを作成する際に用いた回帰分析手法は、

$$\begin{aligned} \log \left( \left( \frac{V}{SF} \right)_i \right) = & \beta_1(\text{office}_i) + \beta_2(\text{retail}_i) + \beta_3(\text{func}_i) \\ & + \beta_4(\text{locate}_i) + \beta_5(\text{persinc}_i) + \beta_6(\text{cpop}_i) \\ & + \beta_7(\text{nisf}_i) + \beta_8(\text{cisf}_i) + \beta_9(\text{yr}_i^{1982}) \\ & + \beta_{10}(\text{yr}_i^{1983}) + \beta_{11}(\text{yr}_i^{1984}) + \beta_{12}(\text{yr}_i^{1985}) \\ & + \beta_{13}(\text{yr}_i^{1986}) + \beta_{14}(\text{yr}_i^{1987}) + \beta_{15}(\text{yr}_i^{1988}) \\ & + \beta_{16}(\text{yr}_i^{1989}) + \beta_{17}(\text{yr}_i^{1990}) + \beta_{18}(\text{yr}_i^{1991}) \\ & + \beta_{19}(\text{yr}_i^{1992}) + \epsilon_i \end{aligned} \quad (1.5)$$

である。 $V$  は取引価格、 $SF$  は物件の延床面積、 $\beta(\ )$  はダミー関数、 $\text{office}$  と  $\text{retail}$  はそれぞれオフィスと商業施設のダミー変数、 $\text{func}$  は物件の機能性、 $\text{locate}$  は物件の都心部内での所在地の質 (1 から 10)、 $\text{persinc}$  は物件の周辺地域の平均収入、 $\text{cpop}$  は物件の周辺地域の人口変化、 $\text{nisf}$  は物件の 1 スクエアフィートあたりの平均賃料、 $\text{cisf}$  は物件の 1 スクエアフィートあたりの平均修繕費、 $\text{yr}^{yyyy}$  は西暦  $yyyy$  年のダミー変数、 $\epsilon$  は誤差項で  $N(0, \sigma^2)$  である。

物件の規模が大きくなれば、賃料収入の総額が大きくなり、不動産価格は高くなる関係 (以下「規模の効果」) にある。Fisher-Geltner-Webb モデルは単位面積あたりの不動産価格を用いることにより、規模の効果を回避している。そのため、このモデルを用いると、物件間の割高・割安が判別しやすくなるという特徴がある。

### 1.3.4 リピートセールス法

リピートセールス法は資産評価法ではないが、インデックスの作成方法として広く用いられているためここで紹介する。これは、まず同一物件の異時点の取引価格を比較し変動率を求める。つぎに、同様の変動率を多数の取引データから集計しインデックスとして算出する。この方法の特徴は、同一物件の変動率を用いることにより属性の違いを吸収することができることである。米国のケースシラー指数や東京証券取引所が公表する住宅価格指数など広く用いられている。

物件属性の変化がないため市場の動きを適切に表現できる点では優れているが、逆に属性から価格を算出することはできない。さらに、サンプル数が多い居住用不動産のような資産ではインデックスの算出が可能であるが、商業用不動産のように同一物件の売買があまり観察されない市場では、適用することが難しいという欠点がある。

## 1.4 資産評価に関する先行研究

### 1.4.1 収益還元法の先行研究

収益還元法では、資本市場 (Capital Market) と賃貸市場 (Space Market) とが相互に関係しながら、評価は行われる。資本市場の市況をあらわすパラメータはキャップレートであり、賃貸市場の市況を表すパラメータは賃料をはじめとするキャッシュフローである。

#### キャップレート

キャップレート初期の研究は、不動産鑑定の実務的な要請から行われた。Ellwood(1959)<sup>45)</sup> がキャップレートをキャッシュフロー / 不動産価格として初めて定義し、Ellwood Formula として不動産鑑定評価用にキャップレート  $R$  の導出式を提示している。次式が Ellwood Formula である。

$$R = \frac{Y - M(Y + PSFF - R_m) - \Delta_o SFF}{(1 + \Delta_I J)} \quad (1.6)$$

ここで  $Y$  は不動産のエクイティに対する収益率、 $M$  はローン額の物件価格に対する割合 (Loan to Value)、 $P$  は保有期間にローンを返済した割合、 $SFF$  は資本の平均化ファクター<sup>6)</sup>、 $R_m$  は負債の還元率、 $\Delta_o$  は保有期間の物件価格の変化、 $\Delta_I$  は保有期間の収入の変化、 $J$  は収入の平均化ファクターである。

その後、Akerson(1970)<sup>11)</sup> は Ellwood Formula をやや簡便にした Akerson Format として導出式を提示し、実用性を高めた。Akerson Format は Ellwood Formula の定義を用いて、次式のように表される。

$$R = MR_m + (1 - M)Y - MPSFF \quad (1.7)$$

Ellwood Formula や Akerson Format はいずれも、求めることが難しいパラメータを用いており、実用には不向きであった。

<sup>6)</sup>平均化ファクターとは保有期間における対象の変化率を、一定の年間変化率に変換する係数である。

近年になり、Evans(1990)<sup>46)</sup> は米国市場において株価収益率の逆数とキャプレートとの伝達式を導き出し、およそ1 四半期遅れでキャプレートが追隨することを定式化している。Ambrose and Nourse(1993)<sup>12)</sup> は、キャプレートを加重平均資本コストと同様にして求め、キャプレートの構造解析を行った。Jud and Winkler(1995)<sup>61)</sup> は、超過キャプレートが資本市場の債券スプレッドにより説明されるというモデルを構築し、資本市場に対する遅延が不動産市場には存在することを実証した。An and Deng(2009)<sup>13)</sup> はキャプレートを複数期間の収益率と賃料成長率と関連付け、カルマン・フィルタを用い、時間的にダイナミックなキャプレートモデルを構築した。

このように、それまでの先行研究ではキャプレートを他の市場のパラメータを利用してもとめるなど、間接的に導出する例が多かった。近年になって、観察データから直接的にキャプレートの導出を行った研究が広がりを見せており、Ching(2004)<sup>35)</sup> や清水(2010)<sup>8)</sup> はキャプレートの決定要因を実証的に検証している。

## キャッシュフロー

一方の賃貸市場の市況を表すパラメータとして、賃料、純営業収益、純収益とさまざまな指標が存在する。以下では集合的に「キャッシュフロー」とよぶ。キャプレートに比較しキャッシュフローは実際に観察することが容易なため、多数の先行研究が存在する。

賃料の分析には大きく分けて、マクロ経済的なアプローチとミクロ経済的なアプローチが存在する。マクロ経済的アプローチは、地理的な情報による分析や他の経済指標との関連を分析手法が含まれる。一方で、ミクロ経済的アプローチは、属性や空室率に焦点をあてる手法である。

マクロ経済的なアプローチでは、Colwell and Sirmans(1978)<sup>38)</sup> や Colwell and Munneke(1997)<sup>37)</sup> が、都市の中心部からの距離により、土地値がどの程度影響するかを検証した。Brennan et al.(1984)<sup>23)</sup> は、シカゴ地区のオフィスデータからオフィス賃料の決定要因を分析した。Archer and Smith(1994)<sup>15)</sup> は郊外が成長している都市の中心部におけるオフィスの有効性を賃料から分析し、一都市におけるダウンタウンの物件が依然として投資対象として有効という結果を導き出した。Shilton and Stanley(1999)<sup>73)</sup> は Fortune500 の企業が大都市に集中しており、技術革新が都市中心部から離れることによるコスト削減が可能であることを示唆した。Bollinger et al.(1998)<sup>21)</sup> は、賃金の場所による差、移動費用の差、周辺サービスや就労者の集中度合が賃料に影響を与えることを見出した。さらに、通信技術の進歩により、対面による経済性が否定されないことも同時に示した。



一方、ミクロ経済的研究は次のように挙げられる。Hough and Kratz(1983)<sup>60)</sup> はシカゴ市のダウントウンの賃料を調べ、良質の建築構造を持つ新しい物件では賃料にプレミアムが発生していることを見出した。Vandell and Lane(1989)<sup>79)</sup> は、賃料や空室率が物件のデザインによる部分と、それ以外の部分により説明されるかを分析し、デザインによる影響が大きいことを導き出した。Doiron et al.(1992)<sup>44)</sup> は、賃貸可能エリアとアトリウムのトレードオフの関係を調べ、建築コストが低下するとアトリウムが拡大し、賃料が上昇するとアトリウムの広さが減少することを見出した。Glascock et al.(1990)<sup>56)</sup> は、広範なタイプのオフィスについて、賃料が属性や市場環境によりどのような影響を受けるかを分析した。Frew and Jud(1988)<sup>49)</sup> は空室率の賃料への影響を調べ、空室率が賃料決定の重要な要因になっていることを見出した。Wheaton and Torto(1988)<sup>80)</sup> は、オフィスの空室率と賃料を調べ、超過空室率 1%に対し、賃料が 2%下落することを見出した。Sivitanides(1997)<sup>75)</sup> は、今までの空室率修正過程を進展させ、時間的に変動する空室率に向かって修正がなされることを明らかにした。Mills(1992)<sup>65)</sup> は、初年度の募集賃料から賃料の現在価値を導出し、その賃料の現在価値は 15 にもおよぶ物件属性と所在地によって決定されることを見出した。

以上の先行研究では賃料に募集賃料を用いた分析がほとんどであった。募集賃料はテナント募集時の賃料であり、その時点で実際に物件が稼ぎ出している賃料（以下「実際の賃料」）とは差異が存在する。収益還元法に用いられる収益は実際の賃料に基づいた収益を用いるため、実際の賃料の研究も重要である。

近時は、この実際の賃料に対する研究が見られるようになった。An et al.(2012)<sup>14)</sup> は、米国不動産投資受託者協会のデータをパネル分析し、賃料インデックスを作成している。このとき、賃料は実際の賃料を用いて分析した。

賃料以外のキャッシュフローとして、純営業収益<sup>7</sup>（Net Operating Income. 以下「NOI」）に対する分析も数多く行われてきた。例えば、Deng et al.(2003)<sup>40)</sup> は、都市ごとの NOI インデックスをクラスタリングの分析手法を用いて作成した。

収益還元法にて評価をする際、キャッシュフローとして近時では純利益<sup>8</sup>（Net Cash Flow. 以下「NCF」）が用いられる。この、NCF に対する研究は少ないが、NOI を NCF に変換する際の資本的支出の推定モデルはいく

<sup>7</sup> 金利支払前減価償却前純営業収益を指す。収入から、経費（管理費、固定資産税など）のみを控除して求める。減価償却費のような支出を伴わない費用、支払利息のような金融費用、資本的支出は収入から控除しない。

<sup>8</sup> NOI から資本的支出を控除したネットの現金収入を指す。資本的支出の水準が物件ごとに異なるため、近時の評価では以前利用が多かった NOI ではなく、NCF が使われる。

つか提示されている。例えば、Derby(1997)<sup>41)</sup>は、物件の保有期間が5年と10年の場合を想定し、オフィスビルにて、1都市内の地域や築年数別の資本的支出を分析し、NOIに対する比率としては大きいと結論付けている。Fisher(2000)<sup>47)</sup>は、キャップレートのトレンドを算出する際、資本的支出をNOIに対する比率として算出し、平均値が25%から30%のレンジにあることを見出した。

#### 1.4.2 市場価格評価法の先行研究

##### ヘドニック法

ヘドニック法は、古くから用いられる不動産評価法である。Haas(1922)<sup>58)</sup>が農場の価格推定にヘドニック法を用いており、最も古く不動産への適用した例として挙げられる。ヘドニック法の基礎的な研究には、Lancaster(1966)<sup>64)</sup>による研究がある。彼は効用を与える属性に価値が存在するとし、その価値を推定することにミクロ経済的な基礎を与えた。Rosen(1974)<sup>68)</sup>も属性が効用より価格に影響を与えるとし、非線形ヘドニック法の基礎を与えた。その後は、複数の属性の集合体である不動産にも応用され、長年にわたり利用された。Sirman et al.(2005)<sup>74)</sup>は、それまでに行われたおよそ125の住宅に対するヘドニック法の研究を調べ、住宅価格に影響のある8カテゴリー約360の説明変数をあげ、有効な変数の抽出を行っている。

##### その他の市場価格評価法

その他にも不動産の市場価格評価モデルは、多数存在する。Geltner(1993)<sup>53)</sup>は、鑑定評価ベースの不動産インデックスを市場価格のインデックスに変換するモデル(後出の(1.8)式)を提案している。Webb et al.(1992)<sup>81)</sup>は不動産取引価格の分散は不動産鑑定価格の分散に比較し大きいことを導く際に、属性による不動産価格の回帰分析を行った。

神崎(2012)<sup>4)</sup>は、市場取引から求められるキャップレートを属性により回帰分析することにより、キャップレートの推定モデルを提示した。そして、直接還元法にこの推定キャップレートを適用し、市場価格を推定した場合、他の評価法より精度が高いことを示した。

##### リピートセールス法

現在では広く用いられるようになったリピートセールス法は、Bailey et al.(1963)<sup>16)</sup>により、回帰分析を用いた手法が初めて導入された。その後、Case and Shiller(1987)<sup>28)</sup>は一般最小2乗法の手法を用いて改善し、現在

居住用不動産インデックスの作成手法の中でスタンダードなモデルとして広く使われるようになった。ただし、唐沢(2012)<sup>2)</sup>が指摘したように、リピートセールス法は属性の違いによる影響を受けにくいインデックス作成法であるが、経年劣化による影響(集計バイアス)が存在する。

## 不動産鑑定バイアスの研究

鑑定評価と市場価格の2者間には差異(バイアス)が存在する(1.5.2節参照のこと)。このバイアスの研究は、米国を中心に多数おこなわれ、Quan and Quigley(1991)<sup>67)</sup>、Hendershott and Keim(1992)<sup>59)</sup>、Geltner(1993)<sup>53)</sup>の研究が挙げられる。日本ではデータの制限が強かったことから、不動産鑑定バイアスに関する研究は少なかったが、近年になり清水(2010)<sup>8)</sup>が鑑定誤差問題、平滑化問題、依頼人干渉問題が存在することを示した。

## 1.5 資産評価における問題点

### 1.5.1 市場価格の把握の難しさ

不動産市場に存在する問題点は、市場価格の把握が難しいことが第1に挙げられる。株式市場に匹敵する規模を持つ商業用不動産市場であるが、証券取引所のような集合的に取引が行われる機関が存在しない。そのため、すべての取引は相対になり、価格を含めた取引条件は秘匿することが可能である。米国ではほとんどの州で不動産取引価格の開示が法的に定められているが、日本には取引情報を開示させる法制度がない。そのため、情報の閉鎖性は現在でも高い。

このように不動産市場では、市場価格は非常に把握しにくく、分析を行う上でも市場価格データの入手というのが非常に重要な要素となる。

### 1.5.2 鑑定評価バイアス

前項のように市場価格が得にくい状況のため、不動産評価額が資産の価格とみなされる場合が多い。その中でも不動産鑑定評価は、売買や融資の実行時の公的なエビデンスや、不動産投資信託などのファンドの定期的な評価に広く用いられている。

一方で、不動産鑑定価格には市場からのバイアスが存在することが、国内外で指摘されている。このバイアスには、市場価格に鑑定価格が時間的に後追いするという遅延バイアスや、市場価格よりも鑑定価格の変動幅が小さくなるという平準化バイアスがある。このように、広く使われている不動産鑑定評価額が市場価格と乖離するという問題が存在する。

### 1.5.3 収益還元法における問題点

市場にて売買する投資家は、さまざまな手法を使って市場価格を見つけに行く。不動産の市場価格は市場の期待収益と市場のキャップレートを適用すれば求められるが、この2パラメータの市場値を求めることは容易ではない。

評価に用いる収益は実際に物件から得られている収益を用いるが、個別の物件には個別の事情が存在するため、適正な収益を得るためには市場全体から推定した値を用いて、水準を確認する必要がある。

もう一方のキャップレートは、日本市場では指標が公開されている<sup>9</sup>が、体系的な分析は行われていなかった。特に、取引時点や物件属性といったパラメータがどの程度キャップレートに影響を与えるかについては評価者に委ねられ、恣意的な適用も可能であるという問題が存在した。

本論文では収益還元法に存在するこれらの問題を回避するため、第2章にてキャップレートの市場価格推定法を提示し、第3章にて、市場のキャッシュフロー値を推定する方法を示す。これにより、精度の高い市場価格推定が可能になる。

## 1.6 不動産のリスク管理手法の体系

不動産のリスクは、税制や規制の変更に伴うリスクや、地震や火災などの災害リスクなど多方面にわたる。本論文では、投資家にとっての第1のリスクである資産価格の変動について取り上げ、従来からある不動産のリスク管理手法を整理する。

不動産のリスク管理手法は多数存在するが、バリュー・アット・リスクのような他の金融資産では広く利用される典型的な手法が存在していない。そのため、ここでは多数あるリスク管理手法中で主要と思われる方法を紹介する。

第1は、APT(Arbitrage Pricing Theory : 裁定価格理論)を不動産投資の期待収益に適用する手法である。第2は、収益還元法を用いて資産価格の変動をその要素に分解し分析する手法である。第3は、資産価格の変動を直接モデル化する手法である。

### 1.6.1 APTによるリスク管理

1980年代までには学術的にも研究され、実務への応用も試みられた。APTを適用するためには、裁定機会が存在しないこと、完全市場である

<sup>9</sup>日本不動産研究所の年2回行われる投資家調査がもっとも参照されている。

ことなどを前提とする。ところが、資産を保有する投資家が、例えば一部提供されている不動産デリバティブにより、最適取引が可能かといえ、保有資産とヘッジ資産の違いが残るため、現在においても非常に難しい。あるいは、不動産取引について情報が偏在していたり、取引には時間も費用もかかるため完全市場とは言いがたい。そのため、APTの前提が成り立たず、近時APTを用いたポートフォリオ管理は見られなくなった。

### 1.6.2 収益還元法によるリスク管理

第2は収益還元法によるリスク管理である。資産価格の変動要因をキャッシュフローとキャップレートに分解し、それぞれの変動にリスクを見出す分析手法である。本論文では、不動産評価において収益還元法のうち直接還元法を用いた評価法を示すが、リスク管理についても同様に直接還元法による体系を構築していく。

資産価格の変動において、Geltner and Mei(1995)<sup>54)</sup>は、キャッシュフローとキャップレートのうち、キャップレートが主なドライバーであることを示した。本論文の4.2節において、神崎(2013)<sup>5)</sup>による2変数の寄与度計測方法を示し、Geltner and Mei(1995)が示した結論を定量的に検証する。

キャッシュフローに変動を与える手法には、ダイナミック・ディスカウント・キャッシュフロー法がある。これは5.2節にて詳細に取り上げる。キャップレートに変動を与える手法には、ダイナミック・キャップレートモデルがある。5.3節にて詳細に取り上げる。これにより、キャッシュフローとキャップレートの2パラメータによるリスク管理の特徴を比較する。

### 1.6.3 資産価格変動によるリスク管理

第3の手法は、資産価格の変動そのものをリスクの主要因と見做し、リスク管理を行う方法である。資産価格変動モデルは多数存在するので、ここでは、代表的な2研究を紹介する。

Childs et al.(1996)<sup>34)</sup>は商業用不動産担保証券<sup>10)</sup>(以下「CMBS」)の評価手法で、資産価格変動に拡散過程を仮定したモデルである。4.1節で述べるが、不動産は周期的な変動をするため、時間経過とともに変動はするが、価格は一定の範囲内の変動に留まる。それに対し、平均回帰性を持たない拡散過程を前提にすると、時間経過とともに分散は大きくなり続ける。そのため、拡散過程のモデルにより評価された資産変動リスクは過大となる可能性が高く、リスク管理モデルとしては不適切である。

<sup>10)</sup>Commercial Mortgage Backed Securities. 略してCMBSといわれる。商業用不動産のローンをまとめて裏付資産とした証券化商品のこと。

Dierker et al.(2005)<sup>42)</sup> は、資産変動を平均回帰型の拡散過程により表現した。平均回帰型のモデルでは、資産価格が期待値から時間と共に離散することを回避できるが、不動産価格のトレンド性が表現できない。例えば、価格が回帰する平均値と等しいときには、平均回帰の成分が効かなくなり、上方へも下方へも動きうることになる。そのため、価格がその時点までに保ってきたトレンドとは無関係になり、実際の価格変動の特徴を表さないことになる。不動産のダイナミクスを記述するモデルとしてはやはり不適切となる。

#### 1.6.4 ローンのリスク管理

商業用不動産はほとんどの場合、買入れ資金の半分以上をローンにより賄っている。そのため、商業用不動産向けローン市場は巨大な市場であり、ローンのレンダーにとってはローンのデフォルトリスクが、最も大きなリスクのひとつである。

ローンのリスク管理手法は、大きくヒストリカル手法と構造化手法に分かれる。ヒストリカル手法は主に格付け機関がローンの格付けを付与する際、企業の信用格付けを付与する方法と同様の方法を採用している。4.1節で述べるが、不動産資産は定常な動きをしないため、市場の状態（例えば、市況が過熱した時や後退した時など）によりリスクが大きく異なるため、不適切なモデルとなる。

もう一方の構造化手法は、資産価格の変動にモデルを与え、リスクを表現する方法である。この方法を用いると、市況の状態がモデルに反映されるため、例えば市況がよい時に発行したローンというように、市況の状態が表現できるようになる。将来の変動を適切に表現すれば適切なリスクを計測できるため、適切なモデルである。本論文では、ローンリスクを構造化手法により算出するという方法を取る。

### 1.7 リスク管理に関する先行研究

#### 1.7.1 APTによるリスク管理

第1の手法は、Ross(1976)<sup>70)</sup> が示したAPTを用いた手法である。これは、リスク管理の側面よりポートフォリオのリスク・リターン計測に多く利用される。

初期には単一インデックスによる CAPM (Capital Asset Pricing Model: 資本資産価格モデル) アプローチが用いられていたが、Brueggeman et al.(1984)<sup>24)</sup> が指摘したように、リスク・リターンの分析手法としては十分ではなかった。その後、Titman and Warga(1986)<sup>78)</sup> は、株式市場の情報やマクロ指標など複数のインデックスを用いて、不動産ポートフォリオの収益率を研究する方が優れていると指摘した。

不動産の収益率の分析における APT アプローチは、Gehr(1978)<sup>51)</sup> により提唱され、Roll and Ross(1980)<sup>71)</sup> によって発展した。これらの手法は、不動産の収益率に対し因子分析を行い共通因子を見出すという分析であった。一方、マクロ経済的な変数を用いる手法を Chen et al.(1986)<sup>33)</sup> が提唱した。Chan et al.(1990)<sup>31)</sup> はこの手法を REIT 株式に適用した。Chen et al.(1997)<sup>32)</sup> は、因子分析による手法とマクロ経済的手法を REIT 株式のリターンに適用し、有効性を比較することを行っている。

### 1.7.2 不動産のダイナミクス

#### 価格変動ドライバー

Geltner and Mei(1995)<sup>54)</sup> は、キャップレートが主な変動ドライバーであることを示した。彼らは、不動産の市場価格の収益率を鑑定価格の収益率から、

$$g_t = (g_t^* - 0.6g_{t-1}^*)/0.4 \quad (1.8)$$

の近似式により得ている。ここで、 $g_t$  は市場価格の収益率、 $g_t^*$  は鑑定価格の収益率である。これは係数の固定された単一の式であり、時点による係数の変化や市場の違いなど細かな条件が反映されていないという問題があった。

神崎 (2013)<sup>5)</sup> は、実際のキャッシュフローとキャップレートを市場データから推定し、価格変動の寄与は約 85% がキャップレートであることを定量的に示した。

#### ダイナミクスの記述

不動産価格のダイナミクスを直接的に記述する手法は、リスク管理よりも CMBS のような証券化商品の評価に用いられる手法である。資産価格の変動を記述しているためリスク管理への応用も可能であるので、ここに先行研究を記述しておく。

Titman and Torous(1989)<sup>77)</sup> は、資産価格の変動を拡散過程にて記述し、CMBS 評価モデルを構築した。Childs et al.(1996)<sup>34)</sup> は、CMBS 評価時に複数の資産価格の変動を拡散過程にて同時に記述し、CMBS の評

価を行った。Dierker et al.(2005)<sup>42)</sup> は CMBS の債務消滅条件のオプション性を評価するため、資産価格の変動を平均回帰つきの拡散過程にて記述した。このように、資産価格の変動を記述する際には、拡散過程を仮定する場合が多い。

## 1.8 不動産リスク管理における問題点

不動産市場は規模が大きく、投資市場においてもオールタナティブ商品の一つとしての地位が確立されている。例えば、米国の年金市場をみると投資資産のなかで一定の割合を占めている<sup>11)</sup>。あるいは、日本のローン市場において、不動産向け貸し付けは銀行貸付のおよそ 15%<sup>12)</sup>を占めている。

このように不動産は大きな市場を形成し、資産やローンを保有する機関はリスク管理の必要がある一方で、他の金融資産に比較し一般的なリスク管理の手法が確立されていない。投融資を行う各機関では独自のリスク管理手法を導入しているが、利用可能なデータが少なかったという歴史的背景もあり、その手法は多種多様を極める。

### 1.8.1 リスク管理の難しさの原因

不動産のリスク管理を難しくしている理由は主に 2 点あると思われる。1 点目の理由は、不動産の資産価格およびその変動率が非定常プロセス<sup>13)</sup>であるため、将来の価格の期待値でさえ定まった算出方法がない。例えば、ノンリコースローンでは、デフォルトイベントが主に満期時点に起きるため、満期時点の想定資産価格  $S_m$  の関数としてリスク量を算出することが適切となる。リスク中立化法を適用すると  $S_m = e^{r(T-t)} S_0$  ( $r$ : 金利、 $T$ : 満期時点) といったように設定することができる。しかし、非定常な不動産市場ではリスク中立化法が適用できず、このような単純な式では表現できない。そのため、 $S_m = f(S_0, T, t)$  というように関数を使った設定になる。この関数  $f$  の設定方法に独自性が出てしまい、広く使われるスタンダードなモデルができなくなってしまう。

さらに、この非定常性のため資産価格の確率分布を(対数)正規分布で表現できないため、分散共分散法やバリュアットリスクといった金融商品のリスク管理ツールが利用できないか、あるいは前提条件が成立しない

<sup>11)</sup> 例えば、カリフォルニア州職員退職年金基金では、2013 年 1 月時点において運用資産の約 8% を不動産に割り当てている。

<sup>12)</sup> 個人向け住宅ローンは除く。

<sup>13)</sup> 不動産市場には周期が変動する性質があり、期待値自体が将来時点ごとに一定ではないため定常状態ではない。



状況で無理に利用した場合には精度が非常に低くなる。そのため、一般的なリスク管理手法の適用が困難になる。

2点目の理由は、誤ったパラメータでリスクを表現している場合が多いことである。収益還元法では、リスクを表現するパラメータがキャッシュフローとキャップレートの2つが存在する。多くの場合、情報取得が容易なキャッシュフローが資産価格変動リスクを表現するパラメータとして選択されている。詳細は4.2節にて示すが、不動産価格変動の主なドライバーはキャップレートである。そのため、リスクを表現するパラメータはキャップレートを選択する必要があり、キャッシュフロー変動モデルではリスク量を過小に見誤る危険性が高い。

### 1.8.2 ローン市場の問題点

ここで、リスク管理の現状を把握するために、不動産ノンリコースローン<sup>14</sup>のリスク管理手法の例を簡単に紹介する。不動産ノンリコースローンを利用する不動産では物件ごとに損益管理がされるため、バランスシートが存在する。その資産額と負債額をそれぞれ  $S$ 、 $D$  とした時、両者の比率  $LtV$  (Loan to Value) がリスク指標となるが、この  $LtV$  を用いてリスクを推計する方法を取り上げる。 $LtV$  は  $LtV = D/S$  と計算され、負債額が資産額に対し大きくなると  $LtV$  が大きくなるため、リスク量を測るパラメータとして利用される場合が多い。資産額  $S$  の基準時点をローン設定時にすると、ローン設定時の市況の高低によって  $S$  が変化し、同じ  $LtV$  水準（例えば、 $LtV = 70\%$ ）でも大きく意味合いが異なってしまう。

例えば、ヒストリカルにノンリコースローンのリスクを計測する場合、条件付きのリスク量として計測する必要がある。具体的には、市場がヒストリカルに見て90%の高位にある状況（以上が条件に相当する）で設定したローンを  $LtV$  別に集計した上で、デフォルト率を計測する必要がある。すなわち、ノンリコースローンのデフォルト状況を、「市況 ×  $LtV$ 」のマトリクス状に区分けし観察することになる。ノンリコースローンのようなデフォルトイベントが稀な市場では、ほぼ不可能となってしまう。市場でよくみられる例は、市況の条件を外し市況に関係なく単に  $LtV$  の条件だけでデフォルト観察を行う例であるが、重要な条件パラメータを除いてしまっているため、精度が非常に低くなる。このように、ヒストリカルな手法は問題が大きい。

<sup>14</sup>返済の原資を対象の財産（責任財産）に限定した貸付方法のこと。商業用不動産では広く用いられる貸付の方法である。

## 1.9 本論文の主張

ここまで、不動産の評価およびリスク管理に関する事項をまとめた。ここでは、本論文の主張をまとめる。

- 1) 不動産の正確な価格は、鑑定価格ではなく市場価格を把握することが適切である。そのために、市場の取引価格をもとに実証分析を行う必要がある。(第2章)
- 2) 不動産の評価を行う際に、キャップレートの市場値の推定を行うと、他の手法より精度の高い評価を行うことができる。(第2章)
- 3) 不動産の評価を行う際に用いるキャッシュフローは、実際の賃料をもとにした収益であり、募集賃料など新規賃料をもとにした収益は適さない。(第3章)
- 4) 不動産の資産価格の変動ドライバーは、キャッシュフローではなくキャップレートである。(第4章)
- 5) 不動産のリスク管理を行うには、キャップレートに変動を与えることが適切である。(第4章)
- 6) キャップレートの変動は、不動産市場の特徴であるトレンド性・周期性を取り入れたモデルが適切であり、拡散過程のモデルは適さない。(第5章)

## 1.10 本論文の構成

第I部は、不動産評価にかかわる問題を取り上げ、より定量的に評価が行える体系を提案する。第2章では、神崎(2012)<sup>4)</sup>によるキャップレートの定量的な推定法を紹介し、実証検証の結果を示す。この手法を用いると、他の手法より精度よく市場価格を推定できることを実証的に示す。第3章では、神崎(2013)<sup>5)</sup>により示された不動産の各種キャッシュフローを定量的に推定する方法を提案し、実証検証の結果を示す。

第II部では、リスク管理について記述する。まず、第4章において不動産市場が持つダイナミクスの特徴について述べ、不動産価格のトレンド性・周期性を指摘する。つぎに、神崎(2013)<sup>5)</sup>にて示された不動産価格の変動ドライバーの分析を行う。第5章にて、収益還元法を用いたリスク管理の紹介を行い、キャッシュフローに変動性を与えたダイナミック・ディスカウント・キャッシュフロー法と、キャップレートに変動性を与えたダイナミック・キャップレートモデルを紹介する。

最後に、第6章にてまとめを行う。

## 第I部

# 商業用不動産の評価

## 第2章 キャップレートモデル

直接還元法は将来の期待キャッシュフローをキャップレートで割ることにより、不動産価格が簡便に算出される。この時与えられるキャップレートは評価において重要なパラメータである一方で、その定量的な構造解析は、近年になりようやく進み始めたところである。このキャップレートの構造が解明されると、不動産鑑定での恣意的な評価の回避や不動産属性毎の影響度の違いが明らかになるなど、不動産評価上の利便性が高まる。キャップレートは物件が得ているキャッシュフローに対し資本市場がどの程度評価するかという、物件の割高・割安を表す利便性の高いパラメータである。そのため、不動産投資家等が評価にキャップレートを積極的に用いているのである。

本章では、取引に用いられるキャップレート（以下「市場キャップレート」）の構造を、不動産の属性により推定し、価格評価に用いる方法を提案する。

そして、実際のデータを用いて分析を行った結果を報告する。実証検証に用いる不動産価格のデータは、市場価格を対象とするため、不動産鑑定額を用いず、J-REIT 市場における実際の取引価格に限定した。これにより、不動産鑑定評価に内在する様々なバイアスを回避することができる。さらに、この評価方法では、評価対象物件の将来期待キャッシュフローを設定すれば、直接還元法により評価額が精度よく求められることを、ヘドニック法などの評価方法と比較することにより示す。

さらに、不動産市場の特徴である景気の循環的な構造の解析を行うことにより、不動産市場のダイナミクスの分析などへの応用を探る。

### 2.1 キャップレートモデル

#### 2.1.1 キャップレートの定義

Ellwood(1970)<sup>45)</sup>によるとキャップレートの定義は

$$R = \frac{NOI_1}{V} \quad (2.1)$$

である。ここで、 $R$  はキャップレート、 $NOI_1$  は純営業収益 (NOI) の1期先予想値、 $V$  は資産価値である。(2.1) 式では、キャッシュフローとして

NOIを採用しているが、本研究では純利益(NCF)を採用する。NCFは、NOIから損益項目には入らない大規模修繕などの費用を示す資本的支出を控除した値である。すなわち、

$$NCF = NOI - CapEx \quad (2.2)$$

である。ここで  $CapEx$  は年間の資本的支出の期待値である。NCF は実際に不動産の所有者が得る収益により近いキャッシュフローであり、実際の取引において直接還元法を適用する際には NOI より NCF が多く用いられる。ここでは、モデルの実務面での使いやすさも考慮し、キャッシュフローとして NCF を採用した。本研究におけるキャップレートの定義は Fisher(2000)<sup>47)</sup> の定義に従い

$$R = \frac{NCF}{V} \quad (2.3)$$

とする。したがって、資産価格は

$$V = \frac{NCF}{R} \quad (2.4)$$

により求められる。次に、このキャップレート  $R$  に、所在地やビル規模および取引時点など物件と取引に付随する属性による構造が観察されるかを検証する。一般的なヘドニック法は資産額に対する属性の寄与度を示すが、このモデルでは (1.3) 式に示した解析手法により、キャップレートに対して同様に属性の寄与度が現れるかを検証している。

### 2.1.2 説明変数

ここではキャップレートの推計モデルの構築方法を述べる。不動産の価格およびキャップレートに影響を与える属性は多数に上るが、主に影響を与える属性は経験的に以下と考えられる。

- (1) 取引時点 ( $yr$ )
- (2) エリア：主に行政区 ( $area$ )
- (3) エリアグレード<sup>1</sup> ( $area\ grade$ )
- (4) ビル規模：延床面積 ( $floor$ )

<sup>1</sup>エリアグレードは、エリア内の更に細分化された場所の賃料水準を、基本的に最高値から最低値まで段階に分け数量化したものである。オフィスの場合は、0.5ポイントから5ポイントまで0.5ポイント刻み、住宅の場合は1ポイントから20ポイントまで1ポイント刻みに設定してある。

- (5) 築年：取引時点のビルの築年数 (*age*)
- (6) 駅距離：最寄り駅からの距離 (*dist*)
- (7) 建物権利：建物を完全所有しているか否か (*building*)
- (8) 土地権利：土地を完全所有しているか否か (*land*)

以上の変数をキャププレートモデルの説明変数として用いる。

この変数のうち、一般的ではないパラメータとしてエリアグレードがあるので解説する。物件の所在するエリアは行政区（例えば、東京都千代田区）を採用しており、物件を特定するエリアとしては、かなり広範囲になる。そこで、エリア内のより細かな場所の質を定量的に示すパラメータとしてエリアグレードを作成した。大きいほど質が高く、キャププレートは小さいことが期待される。このような説明変数は、不動産の分析ではしばしば使われる。例えば、Fisher et al.(1994)<sup>48)</sup>では、(1.5) 式の説明変数の1つとしてとして、物件の都心部内での所在地の質を表す10分位の変数として *locate* を用いている。場所を指し示す変数としては、エリアと共に非常に重要な変数である。

不動産用途（オフィス、共同住宅）は、すべての変数に影響を与えられと思われるため説明変数には入れず、別々のモデルを構築した。上記8変数以外の属性も有効な説明変数として考えられるので、拡張モデルとして後述する。

### 2.1.3 説明変数のグルーピング

説明変数はすべてダミー変数に変換し用いた。説明変数(1)の取引時点は、例えば2005年上期というように半年ごとにグルーピングを行った。説明変数(4)、(5)、(6)については、数量変数ではあるが、数値の階層によってグルーピングを行いダミー変数として回帰式の説明変数に用いる。ダミー変数を用いたのは、1つの説明変数に対する非線形性が表現しやすいためである。ダミー変数のグルーピングを行う際、各階層の取り方は各説明変数の説明力により決まる。

## 2.1.4 キャップレートモデルの定式化

上記の説明変数を用いた、キャップレートモデルの定式化は次のとおりになる。

$$y_i = \log(R_i) = \log\left(\frac{NCF_i}{V_i}\right) = \sum_{k \in P_1} \beta_k^T D_{k,i} + const + \epsilon_i \quad (2.5)$$

$$\beta_k = \begin{bmatrix} \beta_{g_k^1} \\ \vdots \\ \beta_{g_k^n} \end{bmatrix}, D_{k,i} = \begin{bmatrix} 1_{\{k_i \in g_k^1\}} \\ \vdots \\ 1_{\{k_i \in g_k^n\}} \end{bmatrix}$$

$k_i$  : 属性  $k$  の  $i$  番目データにおける値

$g_k^j$  : 属性  $k$  の  $j$  番目のグループ (2.6)

$const$  : 定数項 (サンプルの平均値に設定する。)

$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$  : 誤差項。

ただし、 $P_1$  は前記の説明変数の集合である。 $\beta_k$  と  $D_{k,i}$  はそれぞれ属性  $k$  におけるスコアベクトルとダミー変数ベクトル、 $T$  はベクトルの転置である。 $1_{\{\cdot\}}$  は定義関数である。 $NCF_i$  は取引  $i$  が起きる時点から 1 年遡った期間までの期間の NCF であり、詳細は 2.2.2 節にて解説する。

## 2.1.5 不動産価格の推定

(2.5) 式の回帰を実行することにより回帰係数を求める。誤差項を取り除くことにより対数キャップレートの推定値  $y_i$  を求めることができる。次に推定値の指数を取ることによりキャップレートに変換するが、回帰により得た推定値の分散が被説明変数の分散に比べ低下した分、平均値が小さくなる。次式によりその平均値の調整<sup>2</sup>を行う。

$$\tilde{R}_i = \exp(\tilde{y}_i + \Delta\sigma^2/2) \quad (2.7)$$

$\tilde{R}$  : 取引  $i$  のキャップレート推定値

$\tilde{y}$  : 回帰による取引  $i$  の対数キャップレート推定値

$\Delta\sigma^2$  : 回帰による分散減少幅

したがって、不動産価格の推定値  $V^{est}$  は次式により求められる。

$$V_i^{est} = \frac{NCF_i}{\tilde{R}_i} \quad (2.8)$$

<sup>2</sup> $x \sim N(\mu, \sigma^2)$  のとき、 $E[e^x] = e^{\mu + \sigma^2/2}$  となることを利用した。

## 2.1.6 拡張モデル

キャプレートモデルに対し、さらに有効な情報が得られる可能性と説明力の向上の可能性を検証するため、3つの拡張モデルを検証する。取引は売手側の提示価格（オファーサイド）と買い手側の提示価格（ビッドサイド）、あるいはその間の価格で行われる。したがって、(2.5)式において誤差項の標準偏差はオファー・ビッド幅と見做すことができる。市場の取引が活発であれば、オファー・ビッド幅が縮小するように、誤差項は市場の活性度を表す情報として有効である。しかし、(2.5)式の誤差項はすべてのパラメータに対し単一の分散を持つため、十分な情報を表現していない可能性がある。もし、あるパラメータをいくつかのグループに分割した時に、グループごとに誤差項の分散の違いが表現されると、グループごとのオファー・ビッド幅を認識することが可能になり、(2.5)式では表現できなかった有効な情報が得られることになる。

近時広く使われるようになった不等分散モデルは、回帰実行時にあるパラメータに対し、グループごとに異なった分散を誤差項に与えることができるモデルである。拡張モデル1,2では、この不等分散モデルを、市場の違いを端的に表現するパラメータであるエリアと取引時点について適用し、グループごとに分散の違いが存在し、かつ結果が定性的な要請と整合的であるかを検証する。

次に、説明力の向上の可能性について検証するため、拡張モデル3を適用する。(2.5)式の説明変数はすべて定量的な変数である。一方で不動産には定量的には測ることが難しい定性的な変数も多数存在する。拡張モデル3では、この定性的な変数が、(2.5)式の説明力を上げることができるかを検証する。

### 拡張モデル1 不等分散モデル（エリア別）

エリアのパラメータに対し不等分散モデルを適用する<sup>3</sup>。定式化は次のようになる。

$$y_i = PRM_i + \epsilon_{area_j} + \epsilon_i \quad (2.9)$$

$\epsilon_{area_j} \sim N(0, \sigma_{area_j}^2)$  : エリアグループ  $j$  の誤差項

$area_j$  : 物件  $i$  が属するエリアグループ

ここで  $PRM_i$  は (2.5) 式の説明変数と同一とする。(2.9) 式にて不等分散が観測されれば、エリアごとの誤差分散が示されることになる。定性的には、都心部になるほど流動性が高まり、誤差項の分散が小さくなることが期待される。

<sup>3</sup> 「S-PLUS による混合効果解析」<sup>66)</sup> 第5章を参照した。



## 拡張モデル2 不等分散モデル（取引時点別）

取引時点のパラメータに対し不等分散モデルを適用する。定式化は次のようになる。

$$y_i = PRM_i + \epsilon_{yr_j} + \epsilon_i \quad (2.10)$$

$\epsilon_{yr_j} \sim N(0, \sigma_{yr_j}^2)$ ：取引時点グループ  $j$  の誤差項

$yr_j$ ：物件  $i$  が属する取引時点グループ

(2.10) 式にて不等分散が観測されれば、取引時点ごとの誤差分散の違いが示されることになる。定性的には、景気の過熱期ほど流動性が高まり誤差項の分散が小さくなり、逆に景気の後退期ほど誤差項の分散が大きくなることが期待される。

## 拡張モデル3 定性的属性モデル

(2.5) 式に用いた説明変数以外にも、不動産の属性は多数あり、説明力を持つ変数も存在する可能性がある。特に、(2.5) 式には用いなかった定性的属性を与えた場合、説明力が向上する可能性がある。これを確認するため、説明変数に加える定性的属性を加えたモデルを拡張モデル3とする。

追加する説明変数は(1)階層構造(1フロアの面積など)、(2)テナント属性(テナント数、信用力など)、(3)画地条件、(4)ビル希少性、(5)リニューアル実施、(6)街路条件、(7)最寄駅の利便性(鉄道の通過路線数など)である。各定性的属性に対しポイント付けを行い<sup>4</sup>、このポイントをも説明変数に加えることにより説明力が向上するかを検証する。定式化は次のようになる。

$$y_i = PRM_i + \sum_{k \in P_2} \beta_k^T D_{k,i} + \epsilon_i \quad (2.11)$$

ただし、 $P_2$  は上記の7属性の集合である。説明変数を加えたことにより説明力の向上が期待される。

## 2.2 実証分析

### 2.2.1 データの設定

本研究が対象とする不動産は商業用不動産であり、J-REITの取引のうち下記エリアに含まれる取引とする。

<sup>4</sup>定性的属性の説明変数は、客観性を保つため属性毎に基準を設け不動産鑑定士によるポイント付けを行った。それでも主観的判断によるポイントの振れが入る可能性はあるが、説明力の有無を検証するには有効と判断した。

### オフィスのエリア<sup>5</sup>

首都圏：千代田区、港区 1、港区 2、中央区、渋谷区、新宿区、東京副都心、東京郊外。

地方都市：大阪市、名古屋市、政令指定都市。

### 共同住宅のエリア<sup>6</sup>

首都圏：千代田区、港区、中央区、渋谷区、新宿区、城東地区、城西地区、東京郊外。

地方都市：大阪市、名古屋市、福岡市、札幌市。

期間は 2001 年 5 月から 2011 年 4 月までであり、データ数はオフィスでは 652 件、共同住宅では 1038 件である。

ここで、サンプリングバイアスの可能性について述べる。J-REIT 各社は資本的に結び付きの強い関連会社（多くは親会社）を持つことが多く、その関連会社から優遇された価格にて物件を買い入れている可能性は否定できない。ただし、J-REIT 各社はいわゆるコア投資<sup>7</sup>として不動産投資を行っており、売買価格も公表するため、価格が J-REIT 以外の市場価格から大きく乖離する可能性は低いと思われる。

## 2.2.2 NCF の設定

キャップレート算出に用いる NCF は、入手可能なデータのうち最も客観性の高いと判断されるデータを採用した。以下に、採用した NCF の算出工程の概要を述べる。なお、NCF の計測期間は、短期間（例えば 3 ヶ月）だと変動が大きくなる可能性があるため、1 年間とした。NCF の作成は、次の様な順位付けを持って行った。

まず、対象物件の取引前 1 年間の実際の NCF が取得可能な場合はこれを用いた。ただし、実際の NCF には資本的支出が含まれている。資本的支出は、計測期間中の大規模修繕の有無などにより、大きく振れる可能性がある。その為、資本的支出には、対象物件のエンジニアリングレポートに記載される長期間（実際は 10 年から 15 年間の例が多い）に渡る予想値の年間平均値（以下「ER 平均資本的支出」）を採用した。したがって、実

<sup>5</sup>港区は東側と西側でオフィスエリアとしての違いが大きいため、地理的におよそ東西に割り東側を港区 1 とした。港区 2 には、港区のおよそ西側半分と渋谷区の港区寄りのおよそ半分の地域が含まれる。新宿区には、渋谷区の新宿区寄りのおよそ半分が含まれる。東京副都心は、品川、池袋など東京都区部副都心エリアである。東京郊外は、横浜地区、さいたま市など東京周辺の主要都市である。

<sup>6</sup>城東地区と城西地区は東京都の中心 5 区のエリアを除いた東京 23 区のうち、それぞれ東側と西側のエリアである。

<sup>7</sup>キャピタルゲインよりインカムゲインに重きをおく投資手法のこと。

際の NCF に実際に支出された資本的支出を加え戻し、ER 平均資本的支出を差し引くことにより、採用する NCF とした。

次に、実際の NCF が入手不可能な場合、各投資法人発表の見込み NOI から ER 平均資本的支出を差し引き、採用する NCF とした。さらに、投資法人発表の NOI も入手不可能な場合は、不動産鑑定書記載の NOI から ER 平均資本的支出を差し引き、採用する NCF とした。

実務の不動産の評価ではキャッシュフローの値を求める際、稼働率が低い場合、稼働率が 100%（もしくは 100%に近い値）であることを仮定してキャッシュフローの修正を行う場合が見受けられる。本分析では前記のように NCF を算出した後は、稼働率が低い場合でも稼働率の修正は行わなかった。これは、修正による恣意性の混入を避けるためである。テナントの一斉退去や修繕時の不稼働などにより著しく稼働率が低い場合でも修正は行わず、このような場合にはサンプル自体をデータから排除した。

### 2.2.3 参照モデル 1

キャップレートモデルに対し、精度比較のため 2 つの参照モデルを用意する。参照モデル 1 は 1.3.3 節にて示した Fisher-Geltner-Webb モデルと類似のモデルである。説明変数にはキャップレートモデルの説明変数に、賃料の代替変数を加えた。参照モデル 1 は次式にて設定した。

$$\log\left(\frac{V_i}{SF_i}\right) = \sum_{k \in P_3} \beta_k^T D_{k,i} + \epsilon_i \quad (2.12)$$

$SF$  : 物件の床面積 (Square-Feet)

$$P_3 = \{P_1, rent\}$$

$rent$  は、 $rent = NOI / (\text{床面積})$  であり、Fisher et al.(1994) における賃料の代替変数としている。

### 2.2.4 参照モデル 2

参照モデル 2 は一般的なヘドニック法であり、不動産取引価格の自然対数を被説明変数に用いる。

$$\log(V_i) = \sum_{k \in P_4} \beta_k^T D_{k,i} + \epsilon_i \quad (2.13)$$

$$P_4 = \{P_1, floor2\}$$

$floor2$  は当該物件の床面積である。説明変数は、延床面積の代わりに当該物件の床面積を用いた以外は、キャップレートモデルと同一である。

## 2.3 結果

### 2.3.1 回帰結果（オフィス）

(2.5) 式の回帰を行った結果を表 2.1 に示す。

表 2.1 回帰結果（オフィス）

$R^2$	0.582	S.E. 0.125
$Adj.R^2$	0.539	N 652
カテゴリ	係数格差	p 値
取引時点	55.9%	< 0.001
エリア	27.4%	< 0.001
AG	26.5%	< 0.001
延床面積	19.2%	< 0.001
築年	4.9%	0.004
駅距離	3.8%	0.004
建物所有権	2.2%	0.385
土地所有権	0.4%	0.864
定数項	-	< 0.001

ここで、係数格差とは各カテゴリの係数の最大値の指数値と最小値の指数値の比である。この数値が大きいほどそのカテゴリの説明力が高いことを示している。p 値はカテゴリに対する p 値を示した<sup>8</sup>。全ての説明変数の回帰係数は、表 2.3 に示す。

このキャプレートを求める回帰自体の説明力は高くはないが、説明変数の p 値は建物所有権、土地所有権を除いて小さく、説明変数として有効性が高いことが示されている。

### 2.3.2 価格推定結果（オフィス）

各モデルの価格推定精度を比較するには、最終的な推定不動産価格と実際の取引価格との誤差により判断する。各モデルにつき、全サンプルを用いてパラメータ推計および価格検証を行うインサンプル法（以下「IS 法」）と、サンプルの 90%のデータをパラメータ推計に使い、残り 10%のデータにて価格検証を行うアウトオブサンプル法（以下「OS 法」）の 2 つの方法を行った。なお、OS 法の場合、パラメータ推計に用いるデータの選択をランダムに行うが、これを各モデル 10 回行い、価格推定誤差平均は 10 回の中央値を採用した。

<sup>8</sup>各説明変数に対する p 値も通常の回帰同様求められるが、個別の説明変数の p 値よりの属性が優位であるかを示すカテゴリの p 値の方が有効と判断したためである。算出方法は、青木 (2005)<sup>1)</sup> を参照した。

表 2.2 にキャップレートモデルおよび参照モデル 1,2 の推定誤差を示す。

表 2.2 モデル別価格推定誤差および標準誤差 (オフィス)

モデル	IS 法/OS 法	価格推定誤差平均	標準誤差
キャップレート モデル	IS 法	9.43%	0.49%
	OS 法	10.5%	1.04%
参照 モデル 1	IS 法	16.0%	1.10%
	OS 法	16.7%	1.93%
参照 モデル 2	IS 法	30.0%	2.45%
	OS 法	37.2%	6.14%

参照モデル 1,2 は占有床面積が不明な 10 件除き、サンプル数 642 件にて実行した。

価格推定誤差平均  $Err$  は (2.14) 式により算出した。

$$Err = E \left[ abs \left( \frac{V_i^{est} - V_i}{V_i} \right) \right] \quad (2.14)$$

$V_i^{est}$  : 取引 i の推定取引価格

$V_i$  : 取引 i の実取引価格

標準誤差は、サンプル数を  $N$  としたとき (標準偏差)/ $\sqrt{N}$  とした。

さらに、推定精度を確認するため、各モデルの IS 法による取引価格対推定価格のグラフを図 2.1 に示す。これによると、キャップレートモデルにより、価格が 3 モデルのうち最も正確に推定されている様子が確認できる<sup>9</sup>。

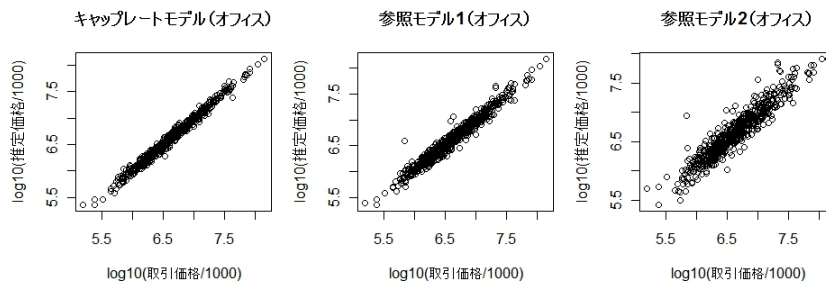


図 2.1 3 モデルの IS 法による推定精度検証

<sup>9</sup>OS 法でも同様の検証を行い、同様の結果を得た。分かり易さのためサンプル数の多い IS 法を図示した

表 2.3 キャブプレート回帰係数 (オフィス)

$R^2$	0.582	S.E.	0.125
$Adj.R^2$	0.539	N	652
カテゴリ	範囲	スコア	p 値
取引時点	2001 年上期	0.209	-
	2001 年下期	0.199	0.809
	2002 年上期	0.149	0.231
	2002 年下期	0.196	0.798
	2003 年上期	0.149	0.394
	2003 年下期	0.152	0.200
	2004 年上期	0.134	0.099
	2004 年下期	0.075	0.006
	2005 年上期	0.019	<0.001
	2005 年下期	-0.017	<0.001
	2006 年上期	-0.038	<0.001
	2006 年下期	-0.036	<0.001
	2007 年上期	-0.149	<0.001
	2007 年下期	-0.235	<0.001
	2008 年上期	-0.184	<0.001
	2008 年下期	-0.177	<0.001
	2009 年上期	-0.004	<0.001
	2009 年下期	0.080	0.012
	2010 年上期	0.036	0.001
	2010 年下期	0.086	0.018
	2011 年上期	0.014	<0.001
エリア	千代田区	-0.129	-
	中央区	-0.074	0.017
	港区 1	-0.026	<0.001
	港区 2	-0.078	0.059
	新宿区	-0.030	<0.001
	東京副都心	0.097	<0.001
	東京郊外	0.041	<0.001
	大阪市	0.077	<0.001
	名古屋市	0.047	<0.001
	政令指定都市	0.113	<0.001
	エリア グレード	0.5	0.140
	1	0.083	0.454
	1.5	0.103	0.593
エリア グレード	2	0.064	0.269
	2.5	0.051	0.210
	3	0.013	0.070
	3.5	-0.048	0.008
	4	-0.060	0.005
	4.5	-0.067	0.005
	5	-0.074	0.003
	5.5	-0.095	0.002
	7	-0.085	0.147
	築年	~2	-0.019
	2~11.2	-0.019	0.995
	11.2~14.5	0.006	0.247
	14.5~17.8	0.002	0.316
	17.8~25	0.006	0.233
	25~	0.029	0.054
	~2,050	0.090	-
延床面積 (m <sup>2</sup> )	2,050~3,068	0.053	0.125
	3,068~4,122	0.021	0.004
	4,122~5,470	0.021	0.004
	5,470~7,000	-0.021	<0.001
	7,000~8,644	-0.005	<0.001
	8,644~10,892	-0.032	<0.001
駅距離 (m)	10,892~20,843	-0.010	<0.001
	20,843~47,107	-0.030	<0.001
	47,107~	-0.086	<0.001
	~100	-0.013	-
	100~200	-0.007	0.767
建物 所有権	200~300	0.024	0.024
	300~450	0.006	0.254
	450~	-0.012	0.987
土地 所有権	完全所有権	-0.005	0.428
	非完全所有権	0.017	-
定数項	完全所有権	-0.001	0.875
	非完全所有権	0.003	-
		1.676	<0.001

\*エリアグレードは補外したため、  
一部は基準 (0.5 から 5) から外れている

### 2.3.3 回帰・価格推定結果（共同住宅）

共同住宅に対してもオフィスと同様の結果を得た。結果を表 2.4 に、回帰係数を表 2.6 に記す。さらに、共同住宅に対し、価格推定誤差を計測した。結果は表 2.5 に記す。結果を見ると、オフィスよりもさらに精度よく価格が求められている。IS 法と OS 法の差が小さく、モデルが正確に機能していることも確認できる。

表 2.4 回帰結果（共同住宅）

$R^2$	0.574	S.E. 0.171
$Adj.R^2$	0.547	N 1038
カテゴリ	係数格差	p 値
取引時点	39.8%	< 0.001
エリア	26.5%	< 0.001
AG	63.7%	< 0.001
延床面積	2.1%	0.02
築年	3.5%	< 0.001
駅距離	1.5%	0.071
建物所有権	5.1%	0.069
土地所有権	5.4%	0.045
定数項	-	< 0.001

表 2.5 価格推定誤差および標準誤差（共同住宅）

モデル	IS 法/OS 法	価格推定誤差平均	標準誤差
キャップレート モデル	IS 法	7.41%	0.312%
	OS 法	7.85%	0.624%

### 2.3.4 拡張モデル結果（オフィス）

拡張モデルの AIC と anova<sup>10</sup> の p 値を表 2.7 に示す。

AIC 基準では拡張モデル 1 が選択され、キャップレートモデルに比べ不動産価格推定の精度向上が見込まれる。この拡張モデル 1 についての価格推定誤差平均を算出すると、9.45%（キャップレートモデルでは 9.43%）となった。したがって、キャップレートモデルと比較しほとんど精度の向上は見られず、モデルの優位性が小さいことがわかる。拡張モデル 3 においても、期待された説明力の向上は AIC 基準では見られず、ここで用いた定性的属性の説明変数は説明力向上には寄与しないことが確認できる。

## 2.4 結果考察

オフィスおよび共同住宅での回帰の結果、および価格推定の結果を考察する。特に重要と思われる結果を以下に挙げる。ここでキャップレートは不動産評価式 (2.8) 式において分母に位置するため、回帰係数が小さいほど不動産価格では割高に評価されていることに注意する。

### 2.4.1 回帰係数（取引時点）

オフィスの回帰結果である表 2.1 によると、取引時点、エリア、エリアグレードは、p 値が小さく非常に高い説明力を持っていることを示している。ここでは、3 説明変数のうち取引時点の回帰係数について考察する。

図 2.2 は、オフィスの取引時点の回帰係数の図である。2007 年までの景気上昇過程でキャップレートが低下し、2008 年以降の金融危機により市況が急速に悪化するのに伴い上昇し、さらに 2011 年では悪化の過程から脱しつつある様子が明確に示されている。これは取引時点の係数が経済状況と整合性が高く、モデルが有効に働いていることを示している。

<sup>10</sup>キャップレートモデルの回帰と各モデルの説明力を有意性帰無仮説として、anova により検証する際の p 値である。anova は R の nlme ライブラリを用いた。



表 2.6 キャブプレート回帰係数（共同住宅）

$R^2$	0.574	S.E.	0.171				
$Adj.R^2$	0.547	N	1038				
カテゴリ	範囲	スコア	p 値	カテゴリ	範囲	スコア	p 値
取引時点	2001 年下期	0.084	-	エリア グレード	4	0.042	<0.001
	2002 年下期	0.058	0.820		5	0.046	<0.001
	2003 年上期	0.049	0.807		6	0.044	<0.001
	2003 年下期	0.167	0.442		7	0.015	<0.001
	2004 年上期	0.097	0.903		8	0.050	<0.001
	2004 年下期	0.051	0.741		9	-0.008	<0.001
	2005 年上期	-0.012	0.350		10	0.028	<0.001
	2005 年下期	-0.003	0.391		11	-0.007	<0.001
	2006 年上期	-0.037	0.231		12	-0.004	<0.001
	2006 年下期	-0.031	0.257		13	-0.005	<0.001
	2007 年上期	-0.062	0.150		14	-0.025	<0.001
	2007 年下期	-0.077	0.114		15	-0.010	<0.001
	2008 年上期	-0.061	0.157		16	-0.050	<0.001
	2008 年下期	-0.009	0.371		17	-0.036	<0.001
2009 年上期	0.131	0.667	18	-0.040	<0.001		
2009 年下期	0.258	0.094	19	-0.060	<0.001		
2010 年上期	0.187	0.318	20	-0.052	<0.001		
2010 年下期	0.166	0.432					
2011 年上期	0.090	0.957					
エリア	千代田区	-0.086	-	築年 (年)	~ 0.4	-0.010	-
	中央区	-0.069	0.470		0.4 ~ 1.1	0.001	0.287
	港区	-0.055	0.180		1.1 ~ 2.4	-0.008	0.868
	新宿区	-0.008	0.001		2.4 ~ 9.1	-0.007	0.760
	渋谷区	-0.016	0.006	9.1 ~	0.024	0.004	
	城西地区	-0.064	0.323	延床面積 (m <sup>2</sup> )	~ 1,213	0.005	-
	城東地区	-0.042	0.075		1,213 ~ 1,708	0.010	0.578
	東京郊外	-0.012	0.016		1,708 ~ 2,370	0.001	0.687
	大阪市	0.087	<0.001		2,370 ~ 3,888	-0.009	0.190
	名古屋市	0.116	<0.001		3,888 ~	-0.007	0.287
政令指定都市	0.149	<0.001					
エリア グレード	-2	0.433	-	駅距離 (m)	~ 300	-0.005	-
	-1	0.101	0.001		300 ~ 400	-0.001	0.715
	0	0.113	0.002		400 ~ 650	-0.002	0.773
	1	0.082	0.001	650 ~	0.010	0.117	
	2	0.069	<0.001	建物 所有権	完全所有権	0.004	0.088
	3	0.052	<0.001		非完全所有権	-0.046	-
			土地 所有権	完全所有権	-0.005	0.060	
				非完全所有権	0.048	-	
			定数		1.684	<0.001	

\*エリアグレードは補外したため、一部は基準(1 から 20) から外れている

表 2.7 拡張モデルの説明力

モデル	df	AIC	p 値
キャプレートモデル	62	-388	-
拡張モデル 1	71	-408	< 0.000
拡張モデル 2	72	-395	0.003
拡張モデル 3	104	-178	-

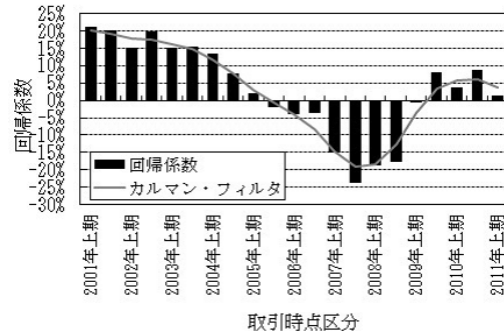


図 2.2 取引年に対する回帰係数（オフィス）

表 2.6 に示すように共同住宅についても、オフィスと同様に有効な回帰係数が得られた。取引年についての、回帰係数を図 2.3 に記す。

図 2.3 をみると、2007 年までの景気上昇、2009 年以降の景気下降の局面がよく現れ、景気の動向と整合的な回帰係数が得られている様子がわかる。

#### 2.4.2 回帰係数（延床面積）

次に、表 2.1 によると延床面積、築年、駅距離は、p 値が 1%水準より大きく下回るため、これらの説明変数も説明力は高い。ここで重要なことは、それぞれの回帰係数が定性的な要請と整合的かということである。このうち、延床面積を例にとると、延床面積が大きいほど大規模ビルということになり、キャプレートは低下することは定性的に知られている。図 2.4 は延床面積の区分に対する回帰結果であるが、延床面積が大きくなるほど係数は小さくなっている。これは定性的な要請と整合的であり、モデルが有効に働いていることを示す。図 2.4 では、延床面積の中間部分においてやや係数の不整合が起きているが、実務上は図 2.4 の近似曲線のようにスムージングを行って用いるのが良いであろう。さらに、延床面積と回

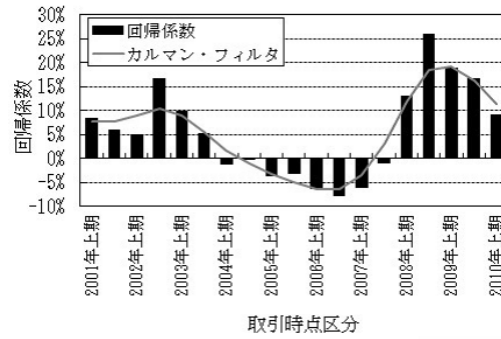


図 2.3 取引年に対する回帰係数（共同住宅）

回帰係数の間には非線形の関係があることも重要である。キャプレートモデルは、このような非線形性を表現しやすいところにも特徴がある。

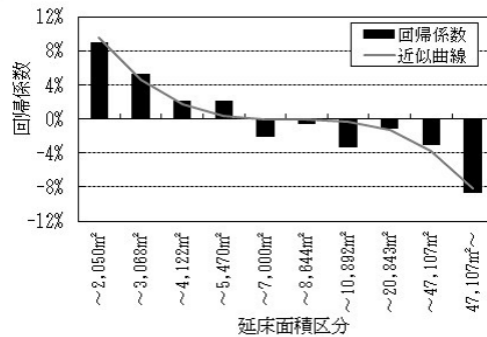


図 2.4 延床面積に対する回帰係数（オフィス）

他の説明変数（エリア、エリアグレード、築年など）も、オフィスおよび共同住宅の2つの独立した市場において、定性的な要請と整合的であり（表 2.3、表 2.6 参照）かつ傾向が安定的である。このことから、(2.5) 式によって得られる回帰係数は、市場の傾向を的確に捕えていた有効な情報であることが推論される。

#### 2.4.3 不等分散性（エリア）

エリアによる不等分散性の有無を (2.9) 式により検証を行った結果、エリア別の誤差に違いが現れた。それぞれのエリアの標準偏差（(2.9) 式の個別誤差  $\epsilon_i$  の寄与分を含む）を示すと図 2.5 になる。図 2.5 を見ると、東京中心部（特に千代田区、港区、中央区の都心3区）や大阪市といった都

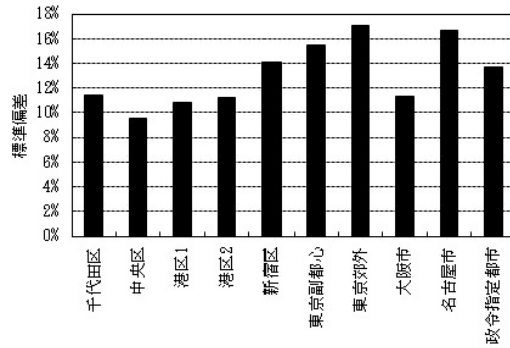


図 2.5 エリアによる不等分散性（オフィス）

心部ほど標準偏差が小さく、東京周辺部や地方部ほど標準偏差が大きくなっている様子が示されている。オファー・ビッド幅は、競争的な市場あるいは流動性の高い市場では小さくなる傾向がある。標準偏差の小さな東京中心部ほど、より多くの参加者が注目している競争的市場であることが推論され、実務的な感覚と整合的である。

#### 2.4.4 不等分散性（取引時点）

時間による不等分散性の有無を (2.10) 式により検証を行った結果、取引時点別の誤差に違いが現れた。それぞれの取引時点の標準偏差 ( (2.10) 式の個別誤差  $\epsilon_i$  の寄与分を含む ) を示すと、図 2.6 になる。2009 年にはオ

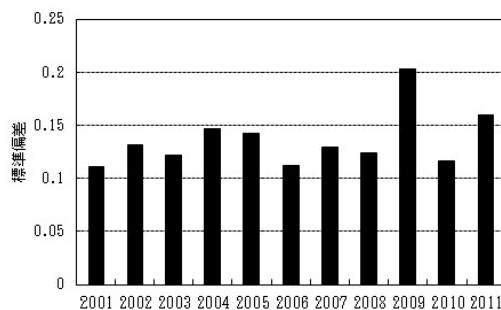


図 2.6 時間による不等分散性（オフィス）

ファー・ビッド幅が拡大している様子が示され、景気の後退が顕著であった同期間は流動性が急速に低下したことが推論される。しかし、前項の工

リア別不等分散性ほど明確に表れていなく、不等分散性は説明変数により表現力に違いがあることがわかる。

## 2.5 キャププレート対数変換の適合性検証

### 2.5.1 検証方法

キャププレートモデルでは当初の (2.5) 式よりキャププレートの対数を被説明変数に充てているが、対数をとることの根拠が示されていない。定性的な説明としては、ある説明変数  $x$  が与える影響はキャププレートに対して比率として反映される、即ち、 $dR/R = dx$  としてあらわされる方が、差として表される ( $dR = dx$ ) より、当てはまりが良くなるためである。これを実証するために、(古典的) Box-Cox 変換により、被説明変数の乗数に対し尤度がどの程度影響を受けるかを検証する。

被説明変数  $y$  に次の変換を考える。

$$y^{(\lambda)} = \begin{cases} (y^\lambda - 1)/\lambda & (\lambda \neq 0) \\ \log(y) & (\lambda = 0) \end{cases} \quad (2.15)$$

つぎに、 $y^{(\lambda)}$  に対して、(2.5) 式の説明変数を適用した時の対数尤度  $L$  は、Spitzer (1982)<sup>76)</sup> によると次式により求められる。

$$\begin{aligned} L = \log(L^*) = & -\frac{N}{2} \log(2\pi\sigma^2) \\ & -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \left( y_i^{(\lambda)} - \left( \sum_{k \in P_1} \beta_k^T D_{k,i} + const \right) \right)^2 \\ & + (\lambda - 1) \sum_{i=1}^N \log(y_i) \end{aligned} \quad (2.16)$$

ここで  $N$  はサンプル数、 $\sigma$  は誤差の標準偏差である。 $\lambda$  に対する最適化の煩雑さを避けるため、 $\lambda$  に対するグリッドサーチを行い、対数尤度の変化を見ることにより、最適な  $\lambda$  の抽出を行う。

### 2.5.2 検証結果

図 2.7 が Box-Cox 変換のラムダ変数に対する、対数尤度のグリッドサーチ結果である。図中の点が検証を行ったポイントである。およそ  $\lambda = 0$  において対数尤度が最大となるため、対象変数に対し自然対数を取ることが、回帰において残差項を正規分布に近くなるという結果が得られた。すなわち、キャププレートに対し対数を取ることが適切であることが示された。

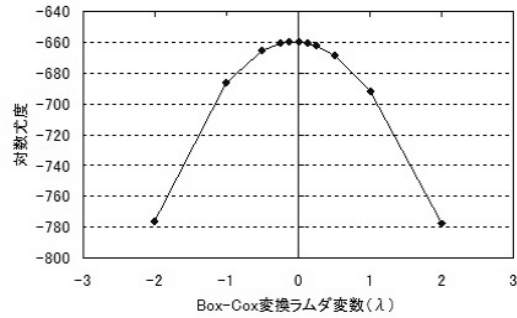


図 2.7 Box-Cox 変換の結果

## 2.6 まとめ

第2章の内容をまとめる。まず、キャップレートの構造を分析する手法を提示した。これは、取引キャップレートに対し属性で回帰分析をする方法である。この手法を J-REIT の公表データに適用し、実証検証を行った。結果は、築年数や延床面積などの属性変数に対し、定性的に期待される傾向を回帰係数が示した。

この推定結果を用いて取引価格の推定を行ったところ、ヘドニック法など他の手法よりも精度が高い推定値が得られた。

日本の商業用不動産の評価は、データの制限から実証研究が不足してきた。このような中で、このキャップレートモデルはキャップレートの構造を定量的に分析する手法を示すものであり、これまで不動産鑑定評価に頼らざるを得なかったキャップレート分析に、実証的な裏付けを与えるといえる。

## 第3章 実際のキャッシュフローの推定

第2章では、キャップレートモデルによる資産評価の方法を提示した。キャップレートモデルでは、キャッシュフローとして個別物件の実際のNCFを用いた。しかし、個別物件のキャッシュフローには個別の事情があり、市場全体から推定される期待値とは必ずしも一致しない。もし、キャッシュフローの期待値が推定されれば、個別物件の市場に対する収益性の強さを計測できるなど、利用用途が広がる。

第3章では、商業用不動産における各種の実際のキャッシュフローの推定手法を提示し、J-REIT市場のデータにより実証分析を行う。キャッシュフローは、賃料のほかNOIについても分析する。さらに、資本的支出を推定するモデルを構築し、NCFも導出する。その結果得られた回帰係数は、定性的に期待される結果と整合的であり、モデルが機能していることが示された。

### 3.1 キャッシュフローの種別

キャッシュフローには様々な種類があるが、大きく分けて賃料と収益の2種類が存在する。

#### 3.1.1 賃料

第1のキャッシュフローである賃料は、さらに新規賃料と実際の賃料の2通りに分類される。

##### 新規賃料

賃料の第1は新規入居者に対する募集賃料 (asking rent)、新規入居者が契約する名目の契約賃料 (contract rent)、およびフリーレント<sup>1</sup>などを

<sup>1</sup>賃料を払わずに入居していること。以前はテナントの入居当初だけ適用されていたフリーレントが、近時は名目上の賃料を下げないために恒常的に適用される場合がみられるようになった。

考慮した実効賃料 (effective rent) である。この3者の賃料は、Webb and Fisher(1996)<sup>82)</sup> が詳細に論じているように、それぞれに水準や変動のタイミングに違いが存在する。しかし、つぎに述べる実際の賃料との間との差異の方が大きい<sup>2)</sup>ため、この3者の賃料を総称して新規賃料ということにする。

### 実際の賃料

第2の賃料は、実際に物件が稼げ出している賃料収入から計算される「実際の賃料」である。実際の賃料は、不動産鑑定評価における「実際実質賃料」に相当し、英語では *actual rent* という。本論文では、この実際の賃料に基づき実際に得られている他のキャッシュフローも同様に、「実際の」をつけてよぶことにする。

テナントの入れ替えや契約更新に伴い、賃料は変更される。その際一度に全テナントの賃料が変わるのではなく、入れ替わったテナントの賃料だけ新規賃料のうち実効賃料が適用されるため、実際の賃料は実効賃料の時間平均として求められる。そのため、新規賃料と実際の賃料とでは差異が生じる。

収益還元法に用いられるキャッシュフローは、この実際のキャッシュフローを基に計算される<sup>3)</sup>。そのため、実際のキャッシュフローを推定することができると、市場の期待値や属性に対する感応度が求められるとともに、個別物件の賃料水準を市場の期待値と比較することにより優位性を計測したり、未完成物件の収益が推定できるなど、利便性が高まる。

### 3.1.2 収益

キャッシュフローの第2は収益である。収益には主に純営業収益 (NOI) と純利益 (NCF) が存在する。NCFは、NOIから資本的支出を控除したキャッシュフローである。NOIなどの実際の収益はインカムリターンインデックス<sup>4)</sup>により確認できる。しかし、インデックスは単一の時系列情報であるため、物件の属性(場所、規模、築年数など)が、賃料にどの程度の影響を与えるかは不明であるといった問題も存在する。このように、キャッシュフローの水準を体系的に把握することは有益である。

<sup>2)</sup>試算ではオフィス市場にて募集賃料と実際の賃料では、新規募集賃料が18ヶ月先行することが観測された。

<sup>3)</sup>実際には、稼働率などを考慮し一部修正を行う。

<sup>4)</sup>例えば、ARES Japan Property Indexにて、インカムリターンインデックスが取得可能である。



## 3.2 キャッシュフロー推定モデル

個別物件のキャッシュフローデータでは個別性があるため、それだけでは市場全体の動きはわからない。多数の物件の市場データを分析することにより、市場全体の時間的な動きを捉えることができ、重要な情報が得られる。

もう一つの重要な点は、不動産は物件ごとに属性が異なるということである。例えば、ある2物件のオフィスビルが存在したとき、それぞれの延床面積が2000m<sup>2</sup>と20000m<sup>2</sup>の2物件では、他の条件が同じでも賃料が異なることが想定される。このため、賃料の水準を算出する際に物件の属性を明示的に変数として扱わないと、バイアスが発生することになる。

本節においては、実際の賃料を時点や属性により回帰分析し推定するモデルを提案する。さらに、NOIおよび資本的支出を推定するモデルも同時に提案する。

### 3.2.1 賃料回帰分析モデル

実際の賃料は、対象物件全体の賃料収入を稼働している賃貸面積にて割った値、すなわち空室部分は含まない値と定義する。この実際の賃料 (*Rent*) を属性によって回帰分析する。

$$Rent_i = \sum_{k \in P_5} \beta_k^T D_{k,i} + const + \epsilon_i \quad (3.1)$$

$Rent_i$  : 単位面積の実際の年間賃料の  $i$  番目データ<sup>5</sup>

$P_5 = \{yr, area, area\ grade, floor, age, dist\}$

$$\beta_k = \begin{bmatrix} \beta_{g_k^1} \\ \vdots \\ \beta_{g_k^n} \end{bmatrix}, D_{k,i} = \begin{bmatrix} 1_{\{k_i \in g_k^1\}} \\ \vdots \\ 1_{\{k_i \in g_k^n\}} \end{bmatrix}$$

$k_i$  : 属性  $k$  の  $i$  番目データにおける値

$g_k^j$  : 属性  $k$  の  $j$  番目のグループ

$const$  : 定数項 ( サンプルの平均値に設定する。 )

$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$  : 誤差項。

$\beta_k$  と  $D_{k,i}$  は、それぞれ属性  $k$  におけるスコアベクトルとダミー変数ベクトルである。説明変数は実務者の視点にて選ばれた6変数である。(2.5)式に含まれているため、詳細は説明変数の解説である2.1.2節を参照され

<sup>5</sup>同一物件から決算期ごとにデータが得られるが、それぞれを1データとしている。以降の式でも同様である。

たい。6変数以外にも定性的変数も含めて検証は行ったが、有効性が高い変数はこの6変数であった。

(2.5)式に用いた説明変数から、建物所有権と土地所有権を説明変数から外した。これは、建物や土地の所有権は物件の購入時には関係するものの、テナントにとっては無関係な条件であり、賃料には影響がないと判断されるためである<sup>6</sup>。

### 3.2.2 NOI回帰分析モデル

賃料は収入の単価としての情報であるが、収益の情報としてのNOIに対しモデル化を行う。Deng et al.(2003)<sup>40</sup>はNOIのインデックスを作成するために $\log(NOI_{s+t}/NOI_s)$ 、(s,tは時点)に対し属性を説明変数として回帰分析を行っている。しかし、NOIは収益であるため当然に0以下を取りうる。本論文のデータセットではオフィスのNOIの中で約0.4%が負である。したがって、NOIの対数や収益率を取ると、特異値ではないデータに対し特異値の扱いをせざるを得なくなる。本論文で提案するNOI推定モデルは、賃料回帰分析モデルと同様である。まず、NOIを次のように定義する。

$$NOI = (Income - Cost)/S \quad (3.2)$$

*Income* : 年間収入総額

*Cost* : 年間コスト総額

*S* : 賃貸可能面積 (m<sup>2</sup>)

実際の賃料は契約している部分の賃料単価を測るため対象面積を稼働部分としたが、NOIは物件全体の評価を行うことを目的とするため空室部分を含めたすべての賃貸可能面積を対象としていることに注意されたい。NOIに対する回帰分析モデルは次式である。

$$NOI_i = \sum_{k \in P_5} \beta_k^T D_{k,i} + const + \epsilon_i \quad (3.3)$$

回帰分析式の説明変数は、(3.1)式と同様である。

### 3.2.3 資本的支出回帰分析モデル

以前は収益還元法を用いる際のキャッシュフローとしてNOIが採用されることがあった。しかし、NCFが実際に物件から得られる収益に最も

<sup>6</sup>説明変数に土地と建物の所有権を説明変数に入れ回帰分析を行ったが、両変数の有効性は低かった。

近いキャッシュフローであるため、近時の評価ではNCFが用いられることが多い。本論文では、不動産評価にNCFを用いる。NCFの定義は次のようになる。

$$NCF = NOI - CapEx \quad (3.4)$$

$CapEx$  は資本的支出を指し、大規模修繕など、資産の価値を高め、または耐久性を向上させる支出に該当する。これは毎期かかる維持管理費用や損害の原状回復にあてられる修繕費とは区別される。資本的支出は不規則的であり、年ごとに大きく振れる性質を有する。資本的支出は、一般に物件が古くなると修繕の必要が出てくるため、大きくなる傾向がある。そのため、資本的支出に対し築年数を説明変数にして、次式のように回帰分析を行う<sup>7</sup>。

$$CapEx_i = \beta_1 D_i^{age_1} + \dots + \beta_n D_i^{age_n} + const + \epsilon_i \quad (3.5)$$

ここで  $CapEx_i$  は  $i$  番目データの単位面積当たりの年間資本的支出である。ある物件の資本的支出の期待値は、評価時点以後当該物件が支払う資本的支出の平均値に設定する。これは、(3.5)式によって得られた回帰係数を、将来にわたり期待値を取ることにより得られる。すなわち、

$$CapEx^{est} = E[\beta_t | t \in lifetime] + const \quad (3.6)$$

ここで  $lifetime$  は想定される物件の現在時点から撤去されるまでの期間である。

### 3.3 データ

データは実際の J-REIT 市場から収集した。各投資法人が開示する情報のうち、賃料収入や費用などのキャッシュフロー情報、および物件に付随する属性情報を用いた。

NCFに関する開示情報量は NOI に比して少なかったため、初めに NOI の分析を行い、次に資本的支出の推定を行い NOI から差し引くことにより NCF の推定値とした。データ期間は 2001 年 12 月から 2012 年 2 月までである。物件の用途はオフィスおよび共同住宅を選択した。共同住宅は数十から数百戸の賃貸住宅の集合ビルである。

その他の用途（商業施設、ホテル、倉庫、ショッピングセンターなど）はサンプル数が少ないため採用しなかった。採用したオフィスおよび共同住宅に対しキャッシュフローの分析を独立して行った。これは、説明変数に対する感応度が用途によって異なるためである。サンプル数は表 3.1 である。

<sup>7</sup>説明変数は物件の築年数のダミー変数とした。他の属性変数による分析も行ったが、説明力が低かったため採用しなかった。

表 3.1 用途別サンプル数

	賃料	NOI	NCF
オフィス	5,576	6,312	2,953
共同住宅	10,237	10,673	3,613

ここでサンプリングバイアスの可能性について述べる。J-REIT の各投資法人は資本的に関連する企業との不動産取引が多い傾向があり、稼働率が高い物件や収益性が良好な物件が関連会社から投資法人に優先的に組み入れられる場合がある。したがって、分析を行った J-REIT 市場は不動産市場全体を反映していない可能性があり、分析結果もバイアスがかかっている可能性が存在する。

ただし、ここで紹介した分析方法は J-REIT 以外にも適用可能な一般的な手法であるため、広範なユニバースのデータが入手できれば同様の分析は適用可能である。

### 3.4 賃料回帰分析の結果

#### 3.4.1 回帰係数

オフィスと共同住宅に対する回帰分析の結果を表 3.2 と表 3.3 にそれぞれ示す。

表 3.2 では、各説明変数の係数がカテゴリスコアとして示されている。ここで、p 値は各カテゴリスコアに対する p 値である。各説明変数であるカテゴリに対する p 値も計算できるが、すべてのカテゴリの p 値は 0.001 未満であった。6 種類のカテゴリごとの説明力が重要であると考えため、カテゴリの p 値の方を重視する。

表 3.2 の説明変数の係数は定性的に期待される傾向を示している。例えば、築年数に対する係数を見ると、築年数が小さい新築物件ほど大きく、築年数が大きい古い物件ほど小さくなる傾向が見られる。他の係数も定性的に期待される傾向とおおよそ合致している。したがって、この回帰分析モデルは統計的にも定性的にも有効性が高いモデルであると判断される。標準誤差はおおよそ 23% (=S.E./定数) である。

#### 3.4.2 カテゴリ内感応度

回帰分析においても一つ重要な結果は、カテゴリ内の係数の差異の大きさである。例えば、賃料の中で最大の延床面積の係数 (1,076 円) と最

表 3.2 賃料回帰係数 ( オフィス )

$R^2$	0.548	S.E.	1,455	
$Adj.R^2$	0.543	N	5576	
カテゴリ	範囲	スコア	p 値	
決算期	2001 下期	13	-	
	2002 上期	542	0.803	
	2002 下期	138	0.948	
	2003 上期	-19	0.767	
	2003 下期	-132	0.456	
	2004 上期	-346	0.465	
	2004 下期	-337	0.313	
	2005 上期	-469	0.535	
	2005 下期	-282	0.579	
	2006 上期	-250	0.595	
	2006 下期	-238	0.784	
	2007 上期	-116	0.899	
	2007 下期	73	0.623	
	2008 上期	244	0.449	
	2008 下期	370	0.337	
	エリア	千代田区	1,110	<0.001
港区 1		588	-	
港区 2		2,249	<0.001	
中央区		546	0.661	
新宿区		269	0.002	
東京副都心		-798	<0.001	
東京郊外		-709	<0.001	
大阪市		-1,779	<0.001	
名古屋市		-1,149	<0.001	
政令指定都市		-1,898	<0.001	
エリア グレード		0.5	117	-
		1	-795	<0.001
		1.5	-654	0.001
		2	-332	0.055
		2.5	-633	0.002
		3	-72	0.412
	3.5	-189	0.200	
	4	327	0.375	
	4.5	1,014	<0.001	
	5	1,136	<0.001	
築年 ( 年 )	5.5	514	0.133	
	~ 5.9	543	-	
	5.9 ~ 13.8	351	0.013	
	13.8 ~ 17.2	-156	<0.001	
	17.2 ~ 20.4	-173	<0.001	
延床面積 ( $m^2$ )	20.4 ~ 27.6	-228	<0.001	
	27.6 ~	-151	<0.001	
	~ 2,452	-1,008	-	
	2,452 ~ 3,514	-967	0.651	
	3,514 ~ 4,795	-396	<0.001	
	4,795 ~ 6,176	152	<0.001	
	6,176 ~ 7,637	-43	<0.001	
	7,637 ~ 9,370	95	<0.001	
	9,370 ~ 11,627	365	<0.001	
	11,627 ~ 20,180	102	<0.001	
駅距離 (m)	20,180 ~ 38,901	476	<0.001	
	38,901 ~	1,076	<0.001	
	~ 80	854	-	
	80 ~ 160	-49	<0.001	
	160 ~ 240	252	<0.001	
	240 ~ 320	-176	<0.001	
	320 ~ 400	-212	<0.001	
	400 ~ 480	-279	<0.001	
480 ~	-1,128	<0.001		
定数		6,282	<0.001	

\*すべてのカテゴリ p 値は 0.001 未満である。

\*エリアグレードは補外したため、  
一部は基準 (0.5 から 5) から外れている

表 3.3 賃料回帰係数 (共同住宅)

$R^2$	0.702	S.E.	549	カテゴリ	範囲	スコア	p 値	
$Adj.R^2$	0.701	N	10,237	カテゴリ	範囲	スコア	p 値	
決算期	2004 下期	53	-	エリア グレード	5	-189	<0.001	
	2005 上期	-6	0.493		6	-150	<0.001	
	2005 下期	-97	0.056		7	-103	<0.001	
	2006 上期	12	0.579		8	-99	<0.001	
	2006 下期	3	0.489		9	-67	<0.001	
	2007 上期	108	0.433		10	8	<0.001	
	2007 下期	48	0.943		11	96	<0.001	
	2008 上期	62	0.892		12	75	<0.001	
	2008 下期	66	0.854		13	17	<0.001	
	2009 上期	14	0.580		14	37	<0.001	
	2009 下期	-76	0.065		15	66	<0.001	
	2010 上期	-78	0.064		16	64	<0.001	
	2010 下期	-79	0.063		17	110	<0.001	
	2011 上期	-26	0.265		18	419	<0.001	
2011 下期	-36	0.207	19		466	<0.001		
2012 上期	36	0.825	20		476	<0.001		
エリア	千代田区	540	0.137		築年 (年)	~ 1.9	262	-
	港区	596	-			1.9 ~ 3.8	324.91381	0.004
	中央区	267	<0.001			3.8 ~ 5.7	194	0.002
	渋谷区	674	0.010			5.7 ~ 8.8	-38	<0.001
	新宿区	350	<0.001	8.8 ~ 19.0		-385	<0.001	
	城西地区	353	<0.001	19.0 ~	-490	<0.001		
	城東地区	121	<0.001	延床面積 (m <sup>2</sup> )	~ 919	79	-	
	東京郊外	72	<0.001		919 ~ 1,201	37	0.088	
	大阪市	-867	<0.001		1,201 ~ 1,947	16	0.002	
	名古屋市	-1,195	<0.001		1,947 ~ 3,849	-31	<0.001	
政令指定都市	-1,374	<0.001	3,849 ~ 6,118		54	0.316		
エリア グレード	-2	-968	-	6,118 ~	-129	<0.001	駅距離 (m)	
	-1	-667	<0.001	~ 160	213	<0.001		
	0	-284	<0.001	160 ~ 240	-3	-		
	1	-281	<0.001	240 ~ 400	23	<0.001		
	2	-328	<0.001	400 ~ 640	-20	<0.001		
	3	-384	<0.001	640 ~ 880	-84	<0.001		
	4	-194	<0.001	880 ~	-291	<0.001		
定数						2,708	<0.001	

\*すべてのカテゴリの p 値は 0.001 未満であった

\*エリアグレードは補外したため、一部は基準 (1 から 20) から外れている

小の延床面積オフィススペースの係数 (-1,008 円) の差は、2,084 円 (/m<sup>2</sup>/年) である。平均値に対する比率は約 33% (=2,084/6,282) ある。このように各カテゴリ内の最大値と最小値の差の平均値に対する比率 (以下カテゴリ内感応度) が大きい程、影響力のある変数になり実務上利用価値があることになる。

### 3.4.3 誤差項

回帰分析の結果で誤差項から重要な情報が得ることができる。

例えば、誤差項には説明変数では説明できない部分 (例えば、ブランド価値) の情報が残っているため、各物件の誤差を分位点にて計測することにより、説明変数では表れて来ない賃料の競争力を測ることができる。

あるいは、誤差項の歪度や尖度の情報が得られる。回帰分析結果の誤差項の尖度を測ると、オフィスと共同住宅でそれぞれ 8.40 と 8.89 であり、正規分布に比較し尖鋭かつテールの厚い分布であることがわかる。

その他の利用方法として、誤差項の分布の裾を用いると、例えば賃料の信頼区間 99% における水準を計測することが可能となり、賃料の変動リスク量の計測に用いることができる。

### 3.4.4 不等分散性

さらに不等分散性の検証により、追加的な情報が得られるかを確認した。

$$Rent_i = \sum_{k \in P_5} \beta_k^T D_{k,i} + const + \epsilon_{area_j} + \epsilon_i \quad (3.7)$$

$\epsilon_{area_j} \sim N(0, \sigma_{area_j}^2)$ : エリアグループ  $j$  の誤差項

$area_j$ :  $i$  番目データが属するエリアグループ

算出は最尤法を用いて行った。結果は、エリアに対して不等分散性が確認された。各エリアの標準偏差の定数に対する比率 ( $= \sigma_{area}/const$ ) は、オフィスで 15.2% から 31.8% まで、住宅で 14.6% から 32.4% まで幅が観察された。物件の賃料に物件属性を考慮した平均値、および得られたエリア別標準偏差を適用すると、物件の収益性を示す標準化指数として、有効な情報が得られる。

## 3.5 他のキャッシュフローにおける回帰分析の結果

オフィスおよび共同住宅の賃料および NOI に対する回帰分析の結果、およびカテゴリ内感応度を表 3.4 に示す。表 3.4 にてオフィスの賃料に対

する結果のうち、エリアを見るとカテゴリ内感応度は66%あり、エリアグレードのカテゴリ内感応度約30%とあわせると、所在地の情報だけで約100%もの差異がつきうることになる。

他には、共同住宅の賃料を見てみると、決算時点のカテゴリ内感応度はオフィスの賃料に比較し半分以下であり、共同住宅の賃料水準のほうが安定的であることがわかる。これも定性的な要請と合致する。

表 3.4 キャッシュフロー別回帰結果

用途 CF 種別	オフィス		共同住宅	
	賃料	NOI	賃料	NOI
$R^2$	54.8 %	48.9 %	70.2 %	67.8 %
$Adj.R^2$	54.3 %	48.4 %	70.1 %	67.6 %
S.E.	1,455	1,379	549	580
N	5,576	6,312	10,237	10,673
カテゴリ内感応度				
決算時点	16.1 %	18.7 %	7.6 %	8.6 %
エリア	66.0 %	76.7 %	75.6 %	76.2 %
エリアグレード	30.8 %	40.5 %	53.3 %	53.9 %
築年	12.3 %	24.0 %	30.1 %	30.5 %
延床面積	33.2 %	29.0 %	7.7 %	7.2 %
駅距離	31.5 %	31.5 %	18.6 %	19.5 %
定数	6,282	4,291	2,708	2,681

すべてのカテゴリの p 値は 0.001 未満である。

### 3.6 時系列分析

キャッシュフロー水準の時間的な変動は、賃料の変動幅を捕らえ、あるいは将来の変化の方向性などを示すため、重要な情報である。時間を表す説明変数は半年ごとにグルーピングされたダミー変数であるが、元のデータでは取引日付の情報があり、説明変数になった段階で情報が省略されている。ここでは NOI の時間的な変動を詳細に捉えるため、次のような加工を行う。



### 第1段階

(3.3) 式の結果のうち、時間の項と誤差項を各物件の NOI のデータに次式のように戻す。

$$\begin{aligned} NOI_i^{std} &= \beta_{time}^T D_{time,i} + k^{std} + const + \epsilon_i & (3.8) \\ k_{std} &= \sum_{k \in P'_5} \beta_k^{std} \\ P'_5 &= \{area, area\ grade, floor, age, dist\} \end{aligned}$$

この時、標準的な属性を持つビル（以下「標準ビル」<sup>8</sup>）を仮想し、各物件の属性を標準ビルの属性に変換する。(3.8) 式において、 $k_{std}$  がこの変換の役割を果たす。 $k_{std}$  は、時間成分を除いた各属性における、標準ビルの回帰係数 ( $\beta_k^{std}$ ) の和である。これにより  $NOI_i^{std}$  は、標準ビルの属性を持ち、時間成分と誤差項の情報を持つ NOI となる。

### 第2段階

次に得られた  $NOI_i^{std}$  を月次にて単純平均を取る。

$$NOI_t^{std} = E[NOI_i^{std} | t_i = t] \quad (3.9)$$

ここで、 $t$  は月次とする。

### 第3段階

得られた月次平均 NOI ( $NOI_t^{std}$ ) に対しカルマンフィルタを適用し、NOI の月次のトレンド線 ( $NOI_t^{filter}$ ) を算出する。得られた結果が図 3.1 であり、図中の点が  $NOI_t^{std}$  であり、実線が  $NOI_t^{filter}$  である。

図 3.1 は重要な情報を示している。まず、トレンド線が景気の浮沈に伴って変動し、同時にラグを含んでいる。この現象を確かめるため、景気指標である日銀短観の不動産セクターの業況判断指数<sup>9</sup>（以下「日銀短観」）と比較をする。日銀短観は、2003年3月にボトムを、2007年6月にピークを付けている。図 3.1 の NOI トレンド線は 2005年2月にボトムをつけ、2009年1月にピークをつけているため、NOI トレンド線は 1年半から 2年程度の時間的な遅れを持ちながら、景気に追随をしている。

<sup>8</sup> オフィスの標準ビルは千代田区に所在し、エリアグレードは 3、延床面積は 10,000m<sup>2</sup>、築年数 5 年、最寄駅からの距離 200m とした。共同住宅の標準ビルは、城西地区に所在し、エリアグレードは 12、延床面積は 1,500m<sup>2</sup>、築年数は 1 年、最寄駅からの距離は 600m とした。

<sup>9</sup> 日本銀行の発表する全国企業短期経済観測調査のうち、不動産業の全規模の業況判断指数を採用している。

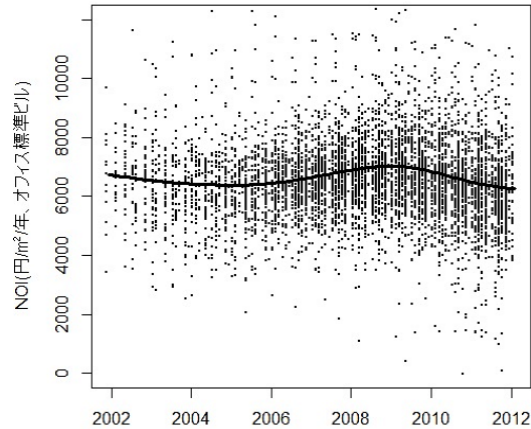


図 3.1 オフィス標準ビルの NOI とトレンド線

### 3.7 資本的支出の回帰分析の結果

資本的支出は NOI を NCF に変換する最後のパラメータとなる。(3.5) 式の資本的支出を推定する回帰分析を行った。結果は表 3.5 および表 3.6 に示した。決定係数 (表中の  $R^2$ ) は非常に低い。これは資本的支出の値は多くは 0 もしくは非常に小さい値であり、まれに大きな値が存在するというデータ特性があるためである。ただし、p 値は十分小さく説明力があることを示している。

#### 資本的支出の計算結果

表 3.5 オフィス

$R^2$	0.028	S.E. 12,923
$Adj.R^2$	0.026	N 2,958
築年の範囲 (年)	スコア	p 値
0 ~ 1	-4,458	-
1 ~ 5	-4,732	0.9507
5 ~ 10	-3,923	0.9030
10 ~ 15	-1,435	0.4870
15 ~ 20	155	0.2869
20 ~ 25	2,718	0.0987
25 ~ 30	1,582	0.1711
30 +	1,837	0.1524
定数	5,693	0.7747

カテゴリスコアの p 値は 0.001 未満

表 3.6 共同住宅

$R^2$	0.044	S.E. 6,812
$Adj.R^2$	0.042	N 3,536
築年の範囲 (年)	スコア	p 値
0 ~ 1	988	-
1 ~ 5	-837	0.0446
5 ~ 10	-1,224	0.0156
10 ~ 15	3	0.3056
15 ~ 20	2,134	0.2183
20 ~ 25	2,887	0.0509
25 ~ 30	566	0.8258
30 +	1,208	0.9049
定数	1,977	0.0008

カテゴリスコアの p 値は 0.001 未満

結果の係数は現実的な数字を表している。すなわち、物件が古くなるにつれて、資本的支出は大きくなり、25年あたりで最大になる。これは、築後25年あたりで大規模な改修が行われるため、資本的支出が大きくなることを示している。

共同住宅に関しては、築後1年以内に資本的支出がやや大きくなり、初期改修が行われる傾向が見られるが、オフィスではこの傾向は小さい。

他の興味深い点は、オフィスの資本的支出は共同住宅の資本的支出に比較し2倍以上の大きさであることである。表3.4で示したように、オフィスの賃料が共同住宅の賃料より高いが、資本的支出のコストも同時に大きいことを示している。

### 3.8 まとめ

第3章においては、実際の各種キャッシュフロー（賃料、NOI、NCF）を推定するモデルの提示と、実証検証を行った。その結果、回帰係数は定性的に期待された傾向を示し、統計量も信頼性が高いことを示したことから、モデルは正しく機能していることがわかる。

さらに、時系列分析を行い、実際のNOIが景気の浮沈と共に変動することを示し、市場に対するラグも定性的に期待されたように観察された。

この研究は、賃料の中でも研究の多かった新規賃料ではなく、実際の賃料についての分析を行う方法を示した。フリーレントなど複雑化する賃料の構造に惑わされない評価が可能になり、時系列変動や誤差分散など重要な情報も得られるため、モデルの有効性は高いと思われる。

## 第II部

# 商業用不動産のリスク管理

## 第4章 不動産市場のダイナミクスと変動要因

### 4.1 不動産市場のダイナミクス

不動産市場のダイナミクスにはトレンド性が強いという特徴がある。Case and Shiller(1989<sup>29</sup>), 1990<sup>30</sup>) は、米国の居住用不動産市場の分析でトレンド性が非常に強く、価格の年次変化は翌年も同じ方向に続く傾向があると指摘している。

このトレンド性の分析を行った結果を図 4.1 に示す。これは日本の不動産市場のインデックスである市街地価格指数<sup>1</sup>の対数収益率のコレログラム、すなわち自己相関係数を表したグラフである。期間は2000年3月か

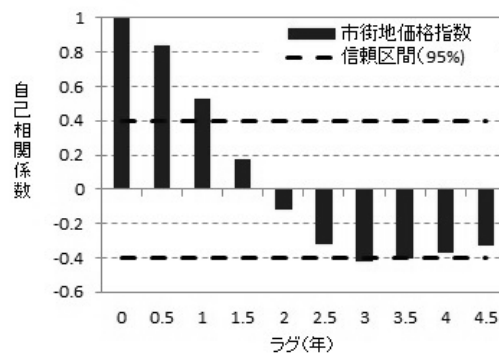


図 4.1 不動産市場のコレログラム

ら2012年3月まで、半年毎の25サンプルを使用した。

図 4.1 より、非常に重要な示唆が2つ挙げられる。第1はトレンド成分の強さである。1年までの自己相関係数は、有意に正の相関を持っていることを示している。すなわち、収益率は1年程度は同一の方向を持つことになり、トレンド性が強いことを示している。

第2の示唆は周期性である。図 4.1 は3年から4年にかけて逆相関が有意であることを示す。すなわち、1周期は6年から8年であることを示し

<sup>1</sup>日本不動産研究所が公表する市街地価格指数のうち、商業地(6大都市)を採用した。

ている。不動産市場の周期性に関する研究は多い。例えば Barras<sup>17)</sup> は、英国をはじめ世界各国の不動産市場を長期間にわたり調べ、供給数、空室率、賃料など不動産の様々な指標に周期性があることを指摘している。Baum(2009)<sup>18)</sup> は不動産の周期が 8 年から 9 年であることを示している。図 4.1 の結果は、国は違うが Baum(2009) の結果を支持するものであり、不動産市場の周期性が日本市場にも存在していることを示している。

不動産市場を捉えるとき、この 2 点は欠かすことができない特徴である。この特徴は統計的な視点からも、重要である。すなわち、トレンド性が強いということは、不動産市場の期待値が時間とともに変化するため、定常性を満たさない。変動方向も変化するため一定の変化率を除いて、定常化させることができない。さらに、周期が季節変動のように一定ではないため、固定的な周期変動分を除いて定常化することもできない。すなわち、不動産市場は強い非定常過程である。後述するリスク管理モデルにおいてもこの非定常性の特徴を捉えることが必要である。

さらに、およそ不動産の指数は景気に対し遅行するという特徴を持つ。図 4.2 は日本銀行の全国企業短期経済観測調査（不動産業業況指数 全規模、以下では「日銀短観」）と市街地価格指数（商業地六大都市）の 2 変数を、カルマンフィルタによりスムージングをかけた結果である。これを見ると、市街地価格指数が日銀短観に対し遅行している様子がわかる。遅行度合は約 1 年であるが、不動産市場に存在する様々な指数についても同程度以上に遅行する傾向がある。

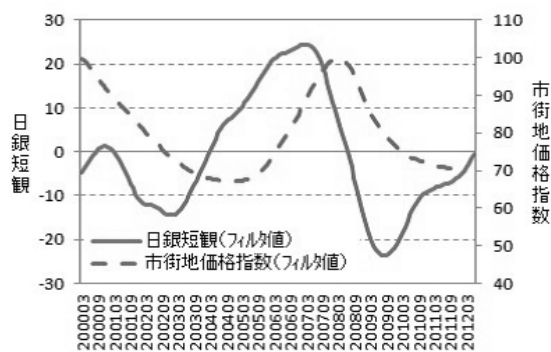


図 4.2 景気指標に対するラグ

## 4.2 不動産市場の変動要因

第 2 章で示したキャプレートモデルによる推定キャプレートと第 3 章で示した NCF 推定モデルを組み合わせるにより、市場ベースで

の不動産価格の期待値の推移が計測可能になる。さらに、2つのパラメータの変動から、不動産価格変動に対するそれぞれの寄与度が計測可能になる。Geltner and Mei(1995)<sup>54)</sup> はキャプレートが、評価における主な価格変動のドライバーであることを示したが、同様の現象を観察することができた。さらに、Geltner and Mei(1995)はこの現象をシミュレーションによる図示に留まったが、ここでは市場の直接的な情報により、寄与度を定量的に求めた。その結果、複数の市場で価格変動の85%以上はキャプレートの変動によって説明されることがわかった。

### 4.3 変動ドライバーの分析方法

#### 4.3.1 価格の期待値

(2.8) 式において NCF は各物件の実際の NCF が用いられた。(2.8) 式の両辺の期待値を取ると次式が得られる。

$$E[V_i^{est}] = \frac{E[NCF_i]}{\tilde{R}_i} \quad (4.1)$$

このとき、 $\tilde{R}_i$  は物件  $i$  が想定されたときに定数となり確率変数ではなくなることに注意する。(4.1) 式の意味するところは、物件  $i$  の想定時点の NCF の期待値が求められれば、 $\tilde{R}_i$  を用いて物件  $i$  の価格の期待値が求められるということである。

NCF の推定値が第3章の(3.3)～(3.6)の各式により求められる。一方、キャプレートの推定値は第2章の(2.7)式から求められる。したがって、(4.1)式を用いて、市場価格の期待値が求められる。

#### 4.3.2 分析方法

NCF とキャプレートの2変数は時間とともに変動し、それに伴い市場価格が変動する。(4.1)式において物件  $i$  に標準ビル(P.50 脚注8 参照)の属性を与え、 $E[V_i^{est}]$ 、 $E[NCF_i]$ 、 $\tilde{R}_i$  をそれぞれ  $Price_t$ 、 $CF_t$ 、 $r_t$  と時間変数として記すと、(4.1)式は次式のように簡便に書き直される。

$$Price_t = \frac{CF_t}{r_t} \quad (4.2)$$

(4.2) 式を微分することにより次式が得られる。

$$\frac{dPrice_t}{Price_t} = \frac{dCF_t}{CF_t} - \frac{dr_t}{r_t} \quad (4.3)$$

(4.3) 式は、価格の変化率がキャッシュフローの変化率とキャップレートの変化率に分解されることを示す。ただし、(4.3) 式は (4.2) 式を用いて価格を導出しているため、(4.3) 式単独では追加的な情報は得られない。そのため、(4.3) 式を分解し、左辺を被説明変数に、右辺の 2 項を説明変数にして、時間軸に沿って回帰分析を行う。

$$\frac{dPrice_t}{Price_t} = k_1 \frac{dCF_t}{CF_t} + k_2 \frac{dr_t}{r_t} + \epsilon_t \quad (4.4)$$

結果は、等式の両辺に対して回帰分析しているため決定係数は 1、 $k_1$  と  $k_2$  はそれぞれ + 1 と - 1、 $\epsilon_t$  は 0 である。ここで、Borcard (2002)<sup>22)</sup> が示した決定係数の分解を行い、それぞれの項に対する寄与度を測る。

$$R^2 = \sum_{j=1}^k a_j' r_{yx_j} \quad (4.5)$$

$k$  は説明変数の数、 $a_j'$  は  $j$  番目の説明変数の標準化回帰分析における係数、 $r_{yx}$  は  $y$  と  $x$  間のピアソンの相関係数である。(4.5) 式を、(4.4) 式に適用し、寄与度の分析を行った。

#### 4.4 結果

図 4.3 は、変動させるパラメータの違いによる価格変動の差異を示したものである。図中の実線はキャッシュフローとキャップレートの双方を時間的に変動させた期待価格である。図中破線が 2 本あるが、「cf fix, r var」はキャッシュフローに平均値にて固定しキャップレートを変動させた価格であり、「cf var, r fix」はキャッシュフローを変動させキャップレートを平均値に固定した価格である。「cf fix, r var」の線がより市場価格の線に近く、キャップレートが価格変動の主なドライバーとする Geltner and Mei(1995) の結果と整合的である。表 4.1 に (4.5) 式による寄与度の分解の結果を示す。これによると、オフィスおよび共同住宅において、キャップレートの期待価格変動への寄与度は 85% を超えている。期待値におい

表 4.1 価格変動に対する各変数の寄与度

	オフィス	共同住宅
キャッシュフローの変動寄与分	14.0 %	14.5 %
キャップレートの変動寄与分	86.0 %	85.5 %

て、不動産価格の変動ドライバーは、おおよそキャップレートであると結



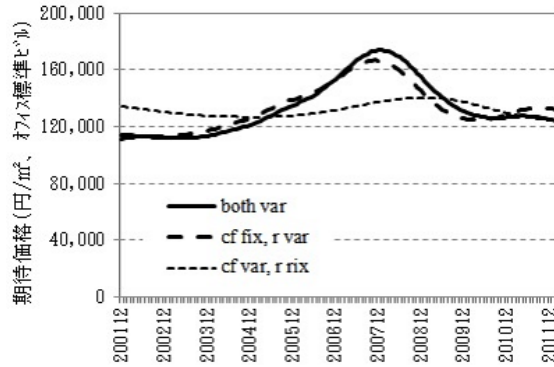


図 4.3 変数別変動の価格への影響（オフィス）

論付けることができる。ただし、(4.1) 式において示したように、この結論は期待価格における変動の寄与度を計測したものであり、個別の物件について適用可能な結論とは違うので注意する必要がある。

この結果は非常に重要である。不動産投資家は、資産価格の変動のタイミングを、キャッシュフローよりも市場ベースのキャップレートの動向を注視して判断する必要があることを示している。一方で、市場ベースのキャップレートは公表されているものがきわめて少ない。そのため、第2章にて示した、市場キャップレートを導出することの重要性があらためて認識される。

#### 4.5 まとめ

第4章の結果をまとめる。まず、不動産市場の変動の特徴であるトレンド性と周期性を確認した。これによると、日本の不動産市場は6年から8年の周期を持って変動していることが分かった。

さらに、第2章と第3章の結果を用いて、不動産価格の変動ドライバーの寄与度分析を行った。この結果、不動産市場の価格変動は期待値においておよそ85%以上が、キャップレートによることが示された。これは非常に重要な結果であり、リスク管理の方向性、すなわちキャッシュフロー変動よりもキャップレートの変動にて管理を行うことが重要であることを示唆する。第5章にて提案するリスク管理の根拠でもある。

# 第5章 収益還元法にもとづくリスク 管理手法

## 5.1 リスク管理手法の種別

不動産のリスク管理にはスタンダードな手法というものが存在していない。これは、市場の特徴で述べたような市場の強い非正常性や、長い取引時間（株式の取引にかかる時間は秒単位なのに対し、不動産取引は月単位である）により、金融資産の評価に課される仮定が基本的に適用できない<sup>1</sup>ことが理由である。他の金融資産のリスク管理において一般的な手法（分散共分散法、バリューアットリスクなど）が、そのまま不動産資産に対して適用可能とはならないため、不動産のリスク管理は特殊性の高いものになる傾向がある。

一般的な手法がない中でも、近年提唱されているリスク管理に用いられる2つのリスク量計測法を以下に紹介する。不動産評価法の1つである収益還元法を考えたとき、評価にはキャッシュフローとキャップレートの2つのパラメータがある。それぞれに変動リスクがあるため、キャッシュフローの変動リスクとキャップレートの変動リスクが不動産リスクの源泉となる。そして、それぞれのリスクファクターに焦点をあてたリスク量計測手法が存在する。

第1は5.2節で紹介するキャッシュフローの変動リスクが不動産のリスクの源泉とするダイナミックDCF法である。第2は5.3節で紹介するキャップレートが変動するとしたダイナミック・キャップレートモデルである。

## 5.2 ダイナミックDCF法

ダイナミックDCF法（以下「DDCF法」）は、「不動産などの将来の不確実なキャッシュフローに基づく価値評価は、キャッシュフローの生成プロセスが確率的であるので、その現在価値としての値も確率的となる。そ

<sup>1</sup>例えば、Black and Cox(1976)<sup>20)</sup>によると、条件付き請求権の評価時の仮定として、(a) 市場に影響を与えずいくらでも売買可能、(b) 安全資産の存在、(c) ショートポジションが利用可能、(d) 連続時間で取引可能、(e) 税金、取引コストなどのコストが不要、(f) 資産は資産価格の2乗に比例する分散にて拡散する、を定めている。しかし、不動産市場では(b)以外いずれも不適合である。

れゆえ、DDCF 値としての不動産価値は、確率分布として定式化される」(刈屋ら<sup>3)</sup>)と表現されるように、キャッシュフローの不確実性が不動産のリスク因子とする手法である。DDCF 法の中においてもいくつかの手法があるが、ここでは刈屋ら<sup>3)</sup>を参考にして、手法を概観し特徴を述べることにする<sup>2)</sup>。

### 5.2.1 モデルの概要

ある物件の時刻  $T$  における単位面積当たり単位時間当たりの市場賃料を  $X(T)$  とする。ここでは属性の違いによる賃料の差異は  $X$  に織り込まれているものとする。

次に、テナントが順次入れ替わるものとし、現在入居しているテナントを 1 代目とし、以降順番に 2 代目、3 代目と番号をふる。 $i$  代目テナントが入居している期間を  $K_i$ 、 $i$  代目テナントが退去し次の  $i+1$  代目のテナントが入居するまでの期間を  $J_i$  とする。したがって、 $i$  代目テナントが入居する時点  $T_i$  は、

$$T_i = \sum_{j=1}^{i-1} (K_j + J_j) \quad (5.1)$$

と表される。以後、時間は 1 ヶ月単位とし、 $T+1$  は時刻  $T$  の 1 ヶ月後とする。ここで、さらに 2 つの変数を導入する。 $M_i$  および  $\tilde{J}_i$  は、それぞれ  $i$  代目のテナントが入居した後退去を告げるまでの期間、および退去を告げられた後テナントを探索している期間である。この 4 つの変数  $K_i$  と  $M_i$ 、 $J_i$  と  $\tilde{J}_i$  の間の関係はテナントの契約期間は 24 ヶ月とし、退去の通知は 6 ヶ月前とすると、それぞれ

$$K_i = \min(M_i + 6, 24) \quad (5.2)$$

$$J_i = \max(\tilde{J}_i - 6, 0) \quad (5.3)$$

のようになる。整理のため 4 変数の関係を図示すると図 5.1 のようになる。

前払いを想定した時、 $i$  代目テナントが支払った賃料の現在価値の合計は次式により表される。

$$CF_i = (X_i - b_i(T_i)) \text{Ann}(T_i, T_i + K_i - 1) \quad (5.4)$$

ただし、 $b_i(T)$  は時刻  $T$  における  $i$  代目テナントのコスト (修繕費、税金など) を表し、アニュイティを  $\text{Ann}(T_i, T_i + K_i - 1)$ 、 $D(T)$  を時刻  $T$  か

<sup>2)</sup>簡素化のため原論文と定式化がやや異なる。

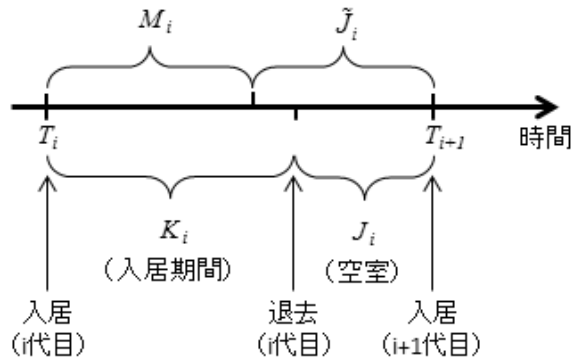


図 5.1  $i$  代目テナントの変数関係図

ら現在までのディスカウントファクターとしたときに、

$$Ann(T_i, T_i + K_i - 1) = \sum_{k=0}^{K_i-1} D(T_i + k)$$

と定義される。 $i$  代目テナントが退去し  $i+1$  代目のテナントが入居するまでの期間は空室となり、テナントを探すためのコストがかかる。そのコストを  $CST_i$  とすると、

$$CST_i = c_i(T_i + K_i) Ann(T_i + K_i, T_i + K_i + J_i - 1) \quad (5.5)$$

となる。 $c_i$  は当該物件の月あたり探索コストである。以上のセットアップから、当物件から得られるキャッシュフローの現在価値の合計  $V$  は、(5.4) 式と (5.5) 式を用いて

$$V = \sum_{i=1}^{\infty} [CF_i - CST_i] \quad (5.6)$$

により与えられる。

以上までに、確率変数として、 $X$ 、 $M$ 、 $\tilde{J}$  が与えられている。この各確率変数に確率分布を与える。まず、賃料  $X$  の確率プロセスの記述は

$$X(T) = X(T-1) \exp(\mu_{T-1} + \sigma\sqrt{1/12}\epsilon) \quad (5.7)$$

$\sigma$  は年間のボラティリティ、 $\epsilon \sim N(0, 1)$  である。 $\mu$  は

$$\mu_{T-1} = \phi \log\{X(T-1)/X(T-2)\} + (1-\phi)\mu_{T-2}$$

とする。次に、テナントは入居後 6ヶ月間は退去できないものとし、入居期間  $K$  は 7ヶ月から 24ヶ月まで取りうるとする ( $M = 1, \dots, 18$ )。退去

せずに継続する場合を想定し、 $M = 19$  が継続入居を表すとする。入居後時間とともに退去する確率が高まるとして、

$$P(M_i = m) = q^{19-m} \quad (m = 1, \dots, 18), \quad (0 < q < 1) \quad (5.8)$$

$$P(M_i = 19) = 1 - \sum_{m=1}^{18} P(M_i = m) = \frac{1 - 2q + q^{19}}{1 - q} \simeq \frac{1 - 2q}{1 - q}$$

のように設定する。

空室時間  $J$  の確率モデルであるが、(5.3) 式を用い  $\tilde{J}_i$  に対し確率分布を与える。 $\tilde{J}_i$  に対し負の 2 項分布<sup>3</sup> を想定し、

$$P(\tilde{J}_i = j) = (1 - p)^\alpha \binom{j + \alpha - 1}{j} p^j, \quad (j = 0, 1, \dots) \quad (5.9)$$

を設定する。ここで

$$\eta = E[\tilde{J}] = \frac{\alpha p}{1 - p}$$

$$\omega = Var[\tilde{J}] = \frac{\alpha p}{(1 - p)^2}$$

となるため平均値、分散値を与えて空室時間に対しシミュレーションを行う。以上が DDCF 法のセットアップであるが、推定もしくは設定するパラメータは  $\phi$ 、 $q$ 、 $\sigma$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $\eta$ 、 $\omega$  である。

### 5.2.2 シミュレーションの例

以上の定式化をもとに、シミュレーションを実行してみる。パラメータの設定は金利=3% (一定)、 $\phi = 0.5$ 、 $q = 0.25$ 、 $\sigma = 2\%$ /年、 $b = 0.1$ 、 $\eta = 3$ 、 $\omega = 6$  である。探索コスト  $c$  の設定は  $c_i(T_i + K_i) = 0.1X(T_i)$  とした。年限は 50 年間、サンプルパスの本数は 1 万本とした (図 5.2 参照)。

図 5.3 に現在価値のヒストグラムを示す。これによる分布を用いて様々なリスク量を算出することが可能になる。

### 5.2.3 DDCF 法の特徴

DDCF 法は将来キャッシュフローを現在価値に割り引くという、経済モデルとしては非常に受け入れやすいモデルである。以下に、DDCF 法の特徴を列挙する。

<sup>3</sup>ベルヌーイ試行において、不成功の事象回数をモデル化するとき用いる。

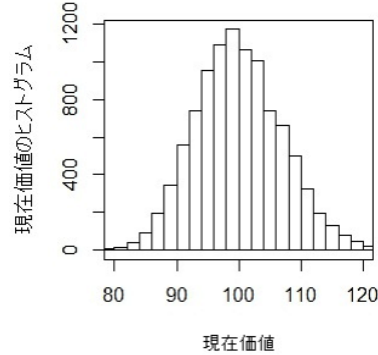
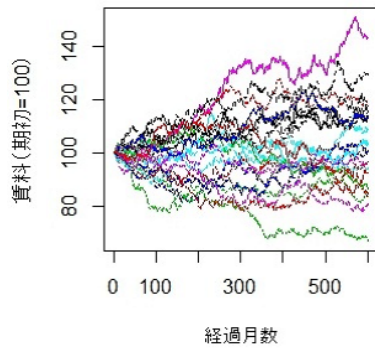


図 5.2 賃料のサンプルパスの一部      図 5.3 現在価値のヒストグラム

- DDCF 法は将来キャッシュフローの現在価値を確率変数とし、現在の状態を表現している。この確率変数の期待値をとることにより現在価値の期待値を求めたり、あるいは条件付き期待値をとることによりリスク量を求めたりすることができる。すなわち、一度モデルをセットアップすると、図 5.3 のような現在価値の分布が得られるため、これを用いて様々なリスク量の計算が容易に行える。例えば、不動産ノンリコースローンにおいて、不動産価値を  $X$ 、負債の額を  $Debt$  として構造モデルを用いると、デフォルトを起こす確率  $P_{def}$  は、

$$P_{def} = E[1_{\{X < Debt\}}] \quad (5.10)$$

$1_{\{ \}} : 定義関数$

により算出できる。ローンの条件の違いにより、このデフォルト確率に高低が現れるため、リスク指標として利用することが可能である。

- 不動産価格の変動が定常的なダイナミクスを前提にしているため、不動産市場の特徴を適切に表現できていない。前述したとおり不動産市場にはトレンド性・周期性という他の金融資産には見られない特徴がある。いずれの時点においても収益率の期待値一定、分散一定という定常性を置いた (5.7) 式は、非定常性を示す賃料のシミュレーションとして適切ではない。実際、図 5.2 にて示されるように賃料は発散しようとはしない。図 5.4 は東京中央 5 区のオフィスの平均賃料推移<sup>4</sup>である。いずれのエリアにおいても、賃料推移はトレンド性・周期性を保ちながら推移する様子が確認できる。
- パラメータの中に観測できないものが多く、モデルのセットアップが非常に難しい。例えば、リスクパラメータの 1 つである賃料は定式化

<sup>4</sup>三鬼商事 HP より取得。 <http://www.e-miki.com/market/office.html>

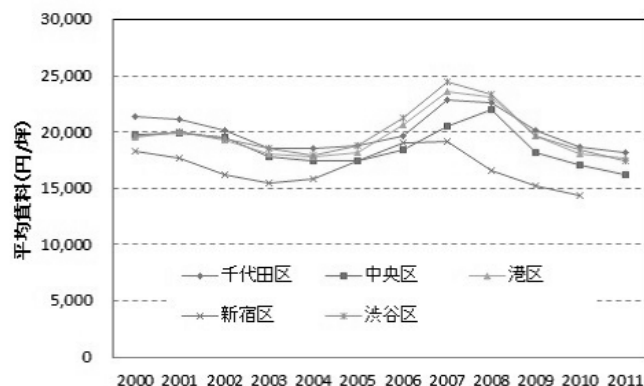


図 5.4 賃料の推移

の意味合いから、実際に契約し、支払いを行っている実際の賃料とすべきであるが、この実際の賃料は個別契約情報のため開示しているところはほとんど存在せず、入手が非常に困難である。(下記注1参照。)

- 4) DDCF法ではキャッシュフローを市場金利で割り引くため、キャッシュフローが同一であれば現在価値は一致する。一方、収益還元法のDCF法では、還元率は実際の物件の属性を考慮するため異なったものになるので、DDCF法で求めた現在価値はDCF法で求めた評価価格と乖離が生じてしまう。

注1 (賃料の代替変数) DDCF法に用いる賃料は意味合い的に実効賃料であるが、実効賃料はデータとして入手することが非常に難しい。この代替変数として新規募集賃料を利用することは可能であろう。新規募集賃料は、不動産仲介会社が定期的に公表している場合があり比較的入手がしやすい。先行研究においても賃料の研究はこの新規募集賃料の事例が多い。ただし、新規募集賃料は実際の賃料とは乖離があることを認識しておく必要がある。特に、最近は見かけの募集賃料を下げないようにするため、入居当初のフリーレント(賃料を支払わないで入居すること)に加え、期中のフリーレント(例えば、年間10ヶ月分だけ賃料を支払う)の利用が広がり、新規募集賃料と実際に支払われている賃料との乖離が大きくなっている。

### 5.3 ダイナミック・キャプレートモデル

収益還元法のもう1つのリスクパラメータであるキャプレートの変動に焦点をあてたリスク量計測モデルである、ダイナミック・キャプレー

トモデルについて紹介する。DDCF 法は、収益還元法のキャッシュフロー側に価格リスクの源泉を求め、割引率を変動させずに固定している。ところが、直接還元法を用いた際には、キャッシュフローの変動よりキャップレートの変動の方が、リスクの要因としての寄与度は大きい。不動産ではキャッシュフローとキャップレートでは、キャッシュフロー（主に賃料）の方が情報の入手がしやすかったという歴史的な背景もあり、キャッシュフローをリスク要因にしていた場合が多かった。

ところが 4.2 節にて示したように、キャップレートの変動に価格変動リスクの源泉があることを示した。この指摘は非常に重要であり、リスク管理の主要な論点を 180 度反転させるというインパクトがある。ちなみに、5.2.2 節の DDCF 法のシミュレーションでは金利を 3% に固定して変動を考慮していないが、これを 4% に変更すると現在価値は 16.5% 大幅に下落する。金利の 1% 上昇は十分可能性があることで、図 5.3 の分布と比べても相当大きな影響がある。すなわち、不動産のリスク管理では割引率の変動リスクも考慮する必要があることがわかる。

本節では、キャップレートの変動に焦点をあてた不動産評価方法であるダイナミック・キャップレートモデルを紹介する。この方法では、還元率であるキャップレートの変動が資産変動を生むと仮定する。従来は実際の不動産取引のデータの入手が難しかったため、市場キャップレートの変動を実測することは難しかった。ここでは、第 2 章にて示した方法に従い、キャップレートモデルにて市場キャップレートを算出した。さらに、ダイナミック・キャップレートモデルの応用として、将来価格変動の予測やリスク量計測への適用について述べる。

4.1 節で述べたように、不動産市場には非常に強いトレンド性が存在する。そのため、将来変動を記述する際に、現在の情報だけではそもそも将来時点の期待値が合致しないので、トレンドの上昇（下降）のスピードを計測し、時間変動分を現在の値に加算することにより将来時点の期待値を合わせることになる。ただしこの方法は、短期間では問題ないが長期になると、上昇（下降）を続けるという仮定のため、いずれは適切なレンジを逸脱してしまう。そのため、不動産価格の記述を行う場合、トレンド性に加えて周期性も考慮する必要がある。

まず、キャップレートの運動の特徴を分析してみる。(2.5) 式から時間成分、定数項と誤差項だけ取り出し、次式のように  $y_i$  を推定し、(2.7) 式を用いてキャップレートを推定する。

$$y_i^c = \beta_{time}^T D_{time,i} + const + \epsilon_i \quad (5.11)$$

$$r_i^c = \exp(y_i^c + \Delta\sigma^2/2)$$

オフィスの個別取引キャップレートを推定したプロットが図 5.5 である。図



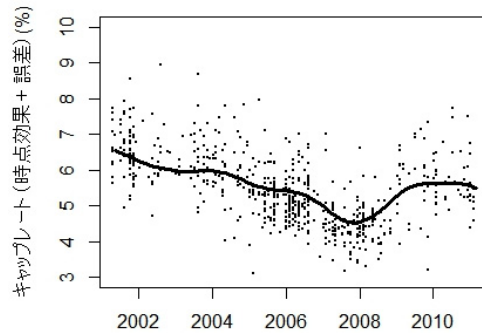


図 5.5 キャップレート（オフィス）のプロットおよび中心線

中の実線はカルマンフィルタにより求めた中心線<sup>5</sup>であり、時間の関数として表した中心線を平均キャップレート  $r_t^c$  とよぶ。この平均キャップレートには、トレンド性および周期性という不動産価格変動の特徴が明確に表れている。

不動産価格の運動を記述する方法は自由であるため、さまざまな方法が利用できる。ここでは、図 5.5 における平均キャップレートの運動を記述する方法を 3 通り紹介し、実際に将来予想を行った結果を示す。

### 5.3.1 AR モデル

ここではキャップレートに対して AR モデルを適用する。先行事例では、例えば An and Deng(2009)<sup>13)</sup> のように、他の資産との連関が強いので VAR モデルを用いて表現する研究が見られるが、ここでは単一変数を用いて表現する。

平均キャップレート  $r_t^c$  の既知のデータに対し、次の AR モデルを適用しパラメータを推定する。

$$r_t^c = \sum_{k=1}^{N_{ar}} \phi_k r_{t-k}^c + \sigma \epsilon_t \quad (t < t_0) \quad (5.12)$$

$N_{ar}$  は AR 有効ラグ、 $\phi_k (|\phi_k| < 1)$  は係数、 $\sigma$  は誤差項の変動率、 $\epsilon_t$  は誤差項 ( $N(0, 1)$ )、 $t_0$  は現在時点である。つぎに、推定したパラメータを用

<sup>5</sup>時間の関数として表したが、その他の属性変数（エリア、築年、他）は平均値が与えられる。そのため、中心線はサンプル全体のキャップレートの平均線と考えられる。

い平均キャップレートの将来シミュレーションを回帰的に行う。このとき、外部から乱数項を与えることにより変動性を持たせる。

$$r_{t,i}^c = \sum_{k=1}^{N_{ar}} \phi_k r_{t-k,i}^c + \sigma \epsilon_{1,i} \quad (t > t_0) \quad (5.13)$$

$i$  はシミュレーションのサンプルパス番号、 $r_{t,i}^c$  は  $i$  番目のサンプルパスの  $t$  時点における平均キャップレートのシミュレーション値、 $\epsilon_{1,i}$  はウィナープロセスである。 $\phi_k, \sigma, N_{ar}$  は (5.12) 式の推定結果を用いる。

図 5.6 は平均キャップレートの将来変動を AR モデル<sup>6</sup>にて予想したもので、2008 年 12 月までの情報をもとに、その先 3 年間の平均キャップレートの将来変動を AR モデルにより 50 回シミュレーションした結果である。このように AR モデルにより平均キャップレートの将来予想が可能であ

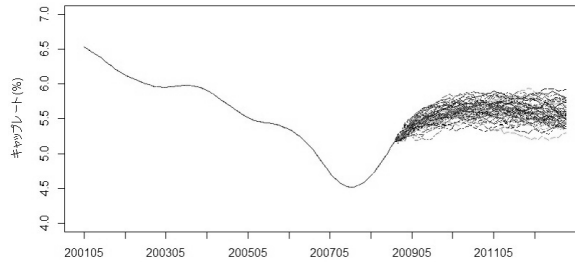


図 5.6 キャップレート将来予想 (AR モデル)

るが、AR モデルの予想値は実績値の平均に急速に近づくという性質があるので利用時には注意されたい。将来予想を行ったことにより、キャップレートの確率密度の算出が可能になるため、不動産資産の変動リスクが計算可能である。例えば、信頼区間  $\alpha (0 < \alpha < 1)$  のバリュアットリスクの計算手順を次に示す。

#### リスク量算出手順

##### 1) 個別キャップレートのシミュレーション

平均キャップレートのシミュレーションは (5.13) 式の AR モデルを用いて行うが、これは属性がサンプルの平均となる物件のキャップレートに対するシミュレーションである。不動産の価格を算出する際には、属性のある個別の物件 (例えば、有楽町所在の延床面積 1 万  $m^2$ 、築 20

<sup>6</sup> ACF により信頼区間 95% のラグを求めた結果、24 期 (24ヶ月) の有効性が認められたため、ここでは AR に用いるラグは 24 期とした。

年のオフィスビルなど)が対象になるため、平均キャップレートのシミュレーション値に、(2.5)式における個別物件の属性によるキャップレート変化分を与え、さらに(2.5)式における個別の分散の効果を加えた

$$r_{t,i} = r_{t,i}^c \exp \left( \sum_{k \in P_4} \beta_k^T D_k + \sigma_y \epsilon_{2,i} + \Delta \sigma^2 / 2 \right) \quad (5.14)$$

である。 $P_4$ は $P_1$ から時間成分の $y_r$ を除いた説明変数であり、時間成分および定数項は $r_{t,i}^c$ に含まれている。 $\epsilon_{2,i}$ はウィナープロセス<sup>7</sup>、 $\sigma_y$ は(2.5)式の標準偏差(実測値)、 $\Delta \sigma^2$ は(2.5)式における分散調整項である。これにより、個別物件のキャップレートのシミュレーション値 $r_{t,i}$ が得られる。

## 2) 確率密度関数の算出

計算された $r_{t,i}$ に対し、経験分布関数 $F$ を作成する。

$$F_{cap}(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1_{\{r_{t,i} < k\}} \quad (5.15)$$

$N$ はシミュレーションのサンプルパス数である。

## 3) リスク量の算出

分布関数 $F$ を用いて、目的のリスク指標を算出する。例えば、信頼区間 $\alpha$ のバリュアットリスクは次式で与えられる。

$$\begin{aligned} VaR_\alpha &= NCF / cap_\alpha \\ cap_\alpha &= \inf\{k : F_{cap}(k) > \alpha\} \end{aligned}$$

また、ある将来時刻 $t$ におけるローンのデフォルト確率 $P_{def}$ は次式で与えられる。

$$P_{def} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1_{\{(NCF/r_{t,i}) < Debt\}} \quad (5.16)$$

以上のリスク計測手法は時点 $t (> t_0)$ に応じたリスク量が計算されることになる。例えば、満期が半年と5年のローン(満期以外の条件は同一)を考えたとき、それぞれの満期時点で $r_{t,i}$ の分散が異なるため、(5.16)式による2ローンのデフォルト確率は異なる値になる。これは、DDCF法では得られなかった結果であり、ARモデルは実用に向く有効なモデルであると言える。

<sup>7</sup>(2.5)式の誤差項に相当する。また、複数資産を対象にシミュレーションを行う場合は、この誤差項に相関を考慮した乱数を用いる。

一方で、問題点も存在する。AR モデルは定常モデルであり、一定の予測期間の後には急速に期待値一定、分散一定になる。図 5.6 に示された予想期間（3 年間）の後には、キャップレートの期待値は一定となり周期性が失われてしまう。このため CMBS（商業用不動産担保証券）など複数のローン満期を内包した商品や、継続的に売買を行う不動産ファンドといった長期にわたる動態的な市場変動を考慮する必要がある場合、AR モデルでは十分に表現ができていないことになる。このような場合、次に示すような周期構造を取り込めるモデルを導入する必要があるが出てくる。

### 5.3.2 サイクルモデル

サイクルモデルは、将来のキャップレートの期待値の周期的な変動を考慮したモデルである。平均キャップレート  $r^c$  に対し、変動を記述すると次のようになる<sup>8</sup>。

$$\begin{aligned} r_t^c &= \delta r_{t-1}^c - r_{t-2}^c + \sigma \epsilon_t \\ \epsilon &\sim N(0, 1) \end{aligned} \quad (5.17)$$

ただし、 $\delta$  は 2 に近く 2 より小さい実数であり、周期  $T$  と次式により関連付けられる。

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{2-\delta}} \quad (5.18)$$

$\delta$ 、 $\sigma$  は実際の市場から観測する。シミュレーションは

$$r_{t,i}^c = \delta r_{t-1,i}^c - r_{t-2,i}^c + \sigma \epsilon_{1,i} \quad (t > t_0) \quad (5.19)$$

になり、AR モデルより実際の市場に近い運動を記述できる。図 5.7 は、 $\delta = 1.994$ （周期は 6.78 年）、 $\sigma = 0.0045$ （/月）に設定した時のシミュレーション結果である。AR モデルの図 5.6 と比較すると違いが明確にわかる。AR モデルでは将来予想の期待値がサンプルの平均値に急速に収束し、トレンド性・周期的がなくなる。一方、サイクルモデルでは将来予測の期待値（分布の中心）が変動していることが図から確認できる。

リスク量を計算するには、リスク量算出手順の (5.14) 式の  $r_{t,i}^c$  を、サイクルモデルの (5.19) 式によって求めた  $r_{t,i}^c$  に変更すればよい。

<sup>8</sup> 単振動の運動方程式は  $\frac{d^2 r_t}{dt^2} = -\omega^2 r_t$  であり、周期は  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  となる。この方程式を離散化し、誤差項を加えることにより (5.17) 式が得られる。このとき、 $\omega$  と  $\delta$  の関係は、 $\omega = \sqrt{2-\delta}$  となる。

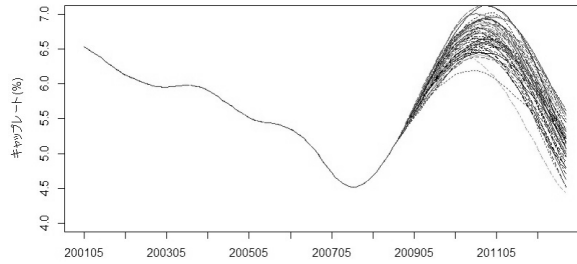


図 5.7 サイクルモデルシミュレーション

### 5.3.3 周期変動サイクルモデル

サイクルモデルは市場の周期性が表現できる一方で、 $\delta$  が一定のため周期が固定される。市場では周期性が確認できるが、周期は常に変動するため、一定ということはない。そのため、サイクルモデルでは市場を正確に表現できているところまでは到達していない。ここで紹介するモデルは、サイクルモデルの周期自体に変動を持たせる周期変動サイクルモデルである。これは、不動産の周期性を可能な限り忠実にモデル内に擬製し、リスク計測に適用するというモデルであり、市場の動きの表現力は非常に高い。

このモデルでは、(5.17) 式の  $\delta$  に確率分布を持たせることにより、周期をダイナミックに変動させ平均キャップレートの分布を与える。

$$r_t^c = \delta_t r_{t-1}^c - r_{t-2}^c + \sigma \epsilon_t \quad (5.20)$$

$$\delta_t = \begin{cases} \delta_{t-1} & x > k \\ \beta & x \leq k \end{cases}$$

$$\beta \sim (A - B) \text{Beta}(\alpha_1, \alpha_2) + B$$

$$x \sim U(0, 1)$$

決定する必要のあるパラメータは、 $A$ 、 $B$ 、 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $k$  である。これらのパラメータは、ヒストリカルに得られるデータから決定されるが、不動産の周期は 6 から 8 年と観測期間に比べ長いため、十分な期間のデータが得られない場合がある。したがって、定性的な判断もあわせて用いる。 $\delta$  に持たせる確率分布は、正規分布ではなく分布の非対称性を表すことができるベータ分布が適している。すなわち、 $\delta_t \sim (A - B) \text{Beta}(\alpha_1, \alpha_2) + B$ 、( $A$ 、 $B$  は上下限) と設定する。ただし、シミュレーション上は、 $\delta$  は何時でも変化するわけではなく、一様分布の確率変数  $x$  を用いて確率的に変化する場合が現れるようにし、例えば半周期に 1 度の割合で変化するというように、 $k$  にて変化する頻度を制御する。

シミュレーションは

$$r_{t,i}^c = \delta_t r_{t-1,i}^c - r_{t-2,i}^c + \sigma \epsilon_{1,i} \quad (t > t_0) \quad (5.21)$$

により行う。モデルのパラメータのうち、周期を決めるパラメータ ( $\alpha, \beta, A, B$ ) はデータにより求め<sup>9</sup>、 $\alpha_1 = 3$ 、 $\alpha_2 = 1$ 、 $A = 1.998$  (周期 11.7 年)、 $B = 1.96$  (周期 2.34 年)、 $k = 0.9$  とおいたときのシミュレーション結果を図 5.8 に示す。図 5.8 を見ると、将来予想線の周期はサンプルパスご

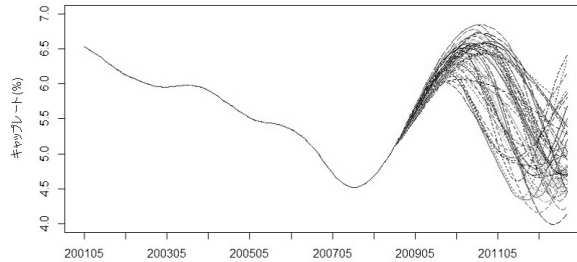


図 5.8 キャップレート将来予想 (周期変動サイクルモデル)

とに異なっており、サイクルモデルの図 5.7 より実際のキャップレートの動きを反映できていると考えられる。さらに、パラメータの設定により、キャップレートの遠い将来時点の分布において、期待値、下落幅、上昇幅などを自由に調整することができるので、モデルとしても利用しやすいと考えられる。

リスク量を計算するには、リスク量算出手順の (5.14) 式の  $r_{t,i}^c$  を、周期変動サイクルモデルの (5.20) 式によって求めた  $r_{t,i}^c$  に変更すればよい。

## 5.4 まとめ

第 5 章では、不動産市場の変動特性とリスク管理への応用について説明した。不動産市場の特性はトレンド性・周期性が強いことであり、これらは他の金融資産には見られない特徴である。不動産資産にて投融资活動を行う際には、この特徴を捉えて判断を行うことが非常に重要である。特異な特徴を持つ一方、不動産市場はその特徴を捉えさえすれば市場の動き自

<sup>9</sup>入手可能なキャップレートの実績値は 10 年程度しかないため、周期の分布を求めるには十分ではない。そこで、図 4.2 でも用いた日銀短観を代替変数として周期を測る。データ期間は 1976 年 6 月から約 35 年間である。日銀短観の値をカルマンフィルタによりノイズを除去し、ピークとボトムにて半分の周期と認識し、1 周期の平均を求めた。これによると、観測されたピークおよびボトムは 10 回あり、周期は平均 6.76 年、周期の標準偏差は 2.72 年である。

体は他の金融資産よりも緩やかなので、リスク管理も容易になると考えられる。

また、不動産リスク管理モデルとして必要とされる2点のポイントを指摘した。第1はキャップレートの変動に注目することである。従来、把握の容易なキャッシュフロー側に価格変動リスクの源泉を求めたモデルが多かったが、このようなモデルではキャップレートの変動が与えるより大きなリスクを見逃してしまう。しかも、キャッシュフローとキャップレートでは、景気に対する反応はキャップレートの方が早い。したがって、キャッシュフローだけに注目していると、リスクの大きさだけでなく、市場変動のタイミングにおいても大きく見誤るかもしれないというモデルリスクが存在する。

第2のポイントは、市場の変動特性を捉えたリスク管理モデルにする必要があることである。特に周期性は既存のリスク管理モデルでは考慮されていないが、モデルに取り込む必要がある重要な特性である。例えば、市場変動のトレンド性だけを捉えたモデルを用いると、市場が下落に転じる局面では損失防衛の対処が遅れてしまい、いわゆる、プロシクリカリティ（景気循環増幅効果）に陥ってしまう。これに対する最良の方法は、本章にて紹介したサイクルモデルのように、市場変動を素直に捉える仕組みを取り込んだリスク管理モデルの構築であることを強調しておきたい。

また、本章で紹介した周期変動サイクルモデルは、不動産と同様の変動特性を持つ資産であれば適用可能である。トレンド性があり、変動レンジが一定に限られているような資産に適用すると、リスク量は現実に近い値が得られる可能性がある。ただしその際には、運動特性を見極め、周期がある場合でもレジームスイッチングなど他のモデルを適用するより、周期変動サイクルモデルを適用する方が優れていることを確かめる必要がある。

## 第6章 まとめと今後の課題

### 6.1 成果

本研究は、商業用不動産の評価方法、およびリスク管理方法について研究を行った。成果を以下に記す。

#### 1) キャップレートモデルの提示および実証検証

市場キャップレートを推定する手法を提示した。これは、市場取引にて観察されたキャップレートに対し、不動産属性により回帰分析を行う手法であり、ヘドニック法を価格ではなくキャップレートに対して適用したものである。

実証分析では、回帰係数が定性的に期待された傾向を示し、統計量も信頼性が高いことを示したことから、モデルは機能していることが示された。

更に、推定キャップレートを実際の取引に適用したところ、ヘドニック法を含む他の不動産価格推定手法より精度が高かったことが示された。

#### 2) 実際のキャッシュフロー評価モデルの提示および実証検証

不動産物件が実際に稼ぎ出しているキャッシュフローを推定する手法を提示した。キャッシュフローには、賃料、NOI、および資本的支出の推定を通じて行ったNCFが含まれる。

実証分析では、回帰係数が定性的に期待された傾向を示し、統計量も信頼性が高いことを示したことから、モデルは機能していることが示された。

特に、時系列分析においては、実際の賃料は景気に対し大幅に遅行しながら追従することが観察された。

#### 3) 不動産市場の変動特性の検証

不動産市場の変動特性の分析を行い、日本の不動産市場において、トレンド性・周期性が観察された。周期性は、6年から8年の周期であることが分かった。

#### 4) 資産価格変動ドライバーの分析手法の提示および実証検証。



期待値において不動産価格の変動ドライバーを求める分析手法の提示を行った。実証分析では、推定キャップレートおよび推定キャッシュフローから、オフィス市場および共同住宅市場において、キャップレートの要因が85%以上であることが導かれ、不動産市場のドライバーは主に「キャップレート」であることが示された。

#### 5) ダイナミック・キャップレートモデルの提示。

主なリスクの要因であるキャップレートに対し、変動を与えるモデルを提示した。このモデルは、不動産市場にトレンド性・周期性があることを捉えたモデルであり、かつ周期を任意に設定できるような柔軟性のある設計を特徴としている。シミュレーションを行った結果、キャップレートは過去の変動実績から、スムーズに将来の変動の予想値へ移行できることから、従来のリスク管理モデルより実用的なモデルであることが示された。

## 6.2 本研究の応用

本研究の応用可能な範囲は広いと思われる。

第1に投資への応用である。不動産は国内外を問わず投資の中でのアロケーションが小さすぎるといわれている (Bernstein and Fabozzi(1998)<sup>19)</sup>)。これにはさまざまな要因があるろうが、適切にリスクの計量化ができなかったことが要因として挙げられる。不動産市場のようなトレンド性のある市場では、リスクは債券や株式のように単純に市場価格の変動の標準偏差を取れば出てくるわけではないため、難しくなる。本研究にて示したリスク管理手法を用いれば、トレンド性・周期性を前提としているため実効的なリスク計量化が可能になり、投資家への納得感のあるリスク指標が示せるであろう。

さらに、不動産ローン市場への応用も考えられる。各ローンレンダーは不動産市場のトレンド性や周期性といった変動特性を意識した状態であるが、リスク管理モデルへの適用はほとんど見られない状況である。この状態では、市場のプロシクリカリティーを助長することになり、市場下落時の損失も大きくなる。本研究で示したモデルはこのような状況を回避するヒントを与えることができる。

## 6.3 今後の課題

本研究の今後の課題は、5.3節にて提案した周期変動サイクルモデルの実証分析を行うことである。評価やリスク管理において、従来のDDCF

法や資産価格変動に拡散過程を仮定したモデルより、周期変動サイクルモデルを用いた場合に違いがあることを明確にし、優位性を示す必要がある。

モデルの優位性が示せたら、次に CMBS の評価に適用することである。CMBS 市場は 2000 年代中頃には大量に発行されたが、2014 年現在市場は縮小したままである。これは、発行当時の格付け機関による格付けが機能しなかったことや、価格付けが不適切であったことが原因である。そこで、周期変動サイクルモデルを資産変動に適用し、CMBS の評価モデルを構築する。これにより、資産変動がより現実に近いモデルによる CMBS の評価が可能となり、より精緻に CMBS の価格付けやリスク計量化が行えるようになる。CMBS 評価においては大きな進展となるであろう。

## 6.4 最後に

日本の不動産市場は取引に関する情報の開示が進まず、長らく定量的な分析ができなかった。J-REIT の登場により、本研究のような定量的な分析は近年急速に行われるようになったが、国際的な投資家を呼び込むため、米国のようにすべての不動産取引情報の開示が待たれるところである。そうすれば、情報の増大によりさらに定量分析が進展し、公正な取引市場の活性化や投資家の拡大などが得られると期待される。

最後に、本研究が資産評価およびリスク管理の進展に資することを願う。

## 謝辞

本研究を行うにあたり丁寧なご指導を頂きました首都大学東京 木島正明教授、室町幸雄教授、そしてご支援頂いた方々に感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 青木繁伸 (2005), 『数量化 類はダミー変数を用いた重回帰分析である』, <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/LaTeX/sreg-qt1.pdf>
- 2) 唐沢広志、清水千弘、中川雅之、原野啓, 『リピートセールス価格指数における集計バイアス』, 日本経済研究センター, 2012年2月, [http://www.jcer.or.jp/academic\\_journal/jer/detail4286.html](http://www.jcer.or.jp/academic_journal/jer/detail4286.html)
- 3) 刈屋武昭、大原英範、本河知明 『不動産収益還元 DDCF 価値分布の特性』, [http://www.kier.kyoto-u.ac.jp/~kariya/papers/TK\\_papers\\_jp048.pdf](http://www.kier.kyoto-u.ac.jp/~kariya/papers/TK_papers_jp048.pdf)
- 4) 神崎清志 (2012), 『キャプレートを用いた商業用不動産評価』 資産評価政策学, No.26, pp.57-68.
- 5) 神崎清志 (2013), 『商業用不動産の実際のキャッシュフロー計測手法およびその不動産価格変動ドライバー計測への応用』 日本不動産学会誌, No.27, Vol.1, pp.104-113.
- 6) 木島正明 (1994), 『ファイナンス工学入門 第 部 ランダムウォークとブラウン運動』, 日科技連.
- 7) 北川源四郎 (1993), 『FORTRAN 77 時系列解析プログラミング』, 岩波書店.
- 8) 清水千弘 (2010), 『不動産鑑定評価の歪み：証券化不動産鑑定評価の課題』 資産評価政策学, No.21, pp.1-8.
- 9) 津田博史 (1994), 『株式の統計学』, 朝倉書店.
- 10) 室町幸雄編著 (近刊), 『リスク計測モデルの新展開 (シリーズ<金融工学の新潮流> 2)』, 朝倉書店, 第7章.
- 11) Akerson, C. B. (1970), "Ellwood Without Algebra", *The Appraisal Journal*, Vol.38, July, pp.327.

- 12) Ambrose, B. W. and H. O. Nourse. (1993), "Factors Influencing Capitalization Rate", *The Journal of Real Estate Research*, Vol.8, No.2, pp.221-237.
- 13) An, X. and Y. Deng. (2009), "A Structural Model for Capitalization Rate", A Research Report to Real Estate Research Institute.  
[http://www.reri.org/research/article\\_pdf/wp166.pdf](http://www.reri.org/research/article_pdf/wp166.pdf)
- 14) An, X., Y. Deng, J. D. Fisher and M. Hu. (2012), "Commercial Real Estate Rental Index: An Dynamic Panel Data Model Estimation", Working Paper, *SSRN*, <http://ssrn.com/abstract=2205058>.
- 15) Archer, W. and M. Smith. (1994), "Office Buildings and the Role of Downtown in the Polycentric City", *Real Estate Issues*, Vol.19, No.1, April, pp.1-6.
- 16) Bailey, M., R. Muth and H. Nourse. (1963), "A Regression Method for Real Estate Price Index Construction", *Journal of the American Statistical Association*, Vol.58, Issue 304, pp.933-942.
- 17) Barras, R. (2009), *Building Cycles: Growth & Instability*, Wiley-Blackwell.
- 18) Baum, A. (2009), *Commercial Real Estate Investment, 2nd Edition*, EG Books.
- 19) Bernstein, P. and F. Fabozzi. (1998), *Streetwise: The Best of the Journal of Portfolio Management*, Princeton, Part 4, Firstenberg, P., Ross, S. and Zisler, R., "Real Estate: The Whole Story", pp.189-200.
- 20) Black, F. and J. Cox. (1976), "Valuing Corporate Securities: Some Effects of Bond Indenture Provisions", *The Journal of Finance*, Vol.XXXI, No.2, pp.351-367.
- 21) Bollinger, C., K. Ihlanfeldt and D. Bowes. (1998), "Spatial Variation in Office Rents within the Atlanta Region", *Urban Studies*, Vol.35, No.7, pp.1097-1118.
- 22) Borcard, D. (2002), "Partial r2, contribution and fraction [a]",  
<http://biol09.biol.umontreal.ca/borcardd/partialr2.pdf>

- 23) Brennan, T., R. Cannaday and P. Colwell. (1984), "Office Rent in the Chicago CBD", *Real Estate Economics*, Vol.12, Issue 3, Sep., pp.243-260.
- 24) Brueggeman, W., A. Chen and T. Thibodeau. (1984), "Real Estate Investment Funds: Performance and Portfolio Considerations", *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association*, 12(3), pp.333-354.
- 25) Campbell, J. and J. Mei. (1993), "Where Do Betas Come From? Asset Price Dynamics and the Sources of Systematic Risk", *Review of Financial Studies* 6, pp.567-592.
- 26) Campbell, J. and R. Shiller. (1988) "The Dividend-Price Ratio and Expectations of Future Dividends and Discount Factors", *The Review of Financial Studies*, Vol.1, Issue 3, Autumn, pp.195-228.
- 27) Case, B. and J. Quigley. (1991), "The Dynamics of Real Estate Prices" *The Review of Economics and Statistics*, Vol.73, No.1, Feb., pp.50-58.
- 28) Case, K. and R. Shiller. (1987), "Prices of Single Family Homes Since 1970: New Indexes for Four Cities", *New England Economic Review*, Sep./Oct., pp.45-56.
- 29) Case, K. and R. Shiller. (1989), "The Efficiency of the Market for Single-Family Homes", *The American Economic Review*, Vol.79(1), pp.125-137.
- 30) Case, K. and R. Shiller. (1990), "Forecasting Prices and Excess Returns in the Housing Market", *Real Estate Economics*, Vol.18(3), pp.253-273.
- 31) Chen, N., R. Roll and S. Ross. (1986), "Economic Forces and the Stock Market", *The Journal of Business*, Vol.59, No.3, pp.383-403.
- 32) Chen, S., C. Hsieh and B. Jordan. (1997), "Real Estate and the Arbitrage Pricing Theory: Macrovariables vs. Derived Factors", *Real Estate Economics*, Vol.25, No.3, pp.505-523.
- 33) Chan, K., P. Hendershott and A. Sanders. (1990), "Risk and Return on Real Estate: Evidence from Equity REITs", *Real Estate Economics*, Vol.18, No.4, pp.431-452.

- 34) Childs, P., S. Ott and T. Riddiough. (1996), "The Pricing of Multiclass Commercial Mortgage-Backed Securities", *Journal of Financial and Quantitative Analysis* Vol.31, No.4, Dec., pp.581-603.
- 35) Ching, L. C. (2004), "Factors Affecting Capitalization Rates In Hong Kong" The University of Hong Kong.  
<http://hub.hku.hk/handle/10722/48850>
- 36) Clayton, J., D. M. Geltner and S. Hamilton. (2001), "Smoothing in Commercial Property Valuations: Evidence from Individual Appraisals", *Real Estate Economics*, 29 (3), pp.337-360.
- 37) Colwella, P. and H. Munnekeb. (1997), *Journal of Urban Economics*, Vol.41, Issue 3, May, pp.321-336.
- 38) Colwell, P. and C. Sirmans. (1978), "Area, Time, Centrality and the Value of Urban Land Land Economics", Vol.54, No.4, Nov., pp.514-519
- 39) Crosby, L. and P. McAllister. (2009), "Means, Motive and Opportunity? Disentangling Client Influence on Performance Measurement Appraisals", Working Papers in Real Estate & Planning, University of Reading.  
<http://centaur.reading.ac.uk/19807/1/0909.pdf>
- 40) Deng, Y., J. D. Fisher, A. B. Sanders and B. Smith. (2003), "Estimation of NOI Growth, Volatility and Clustering by MSA." RERI working paper.
- 41) Derby, G. (1997), "Base Building Capital Expenditures in the Office Sector: Historical Incidence and Implications for Forecasting", Massachusetts Institute of Technology, Department of Architecture.  
<http://hdl.handle.net/1721.1/65707>
- 42) Dierker, M., D. Quan and W. Torous. (2005), "Valuing the De-feasance Option in Securitized Commercial Mortgages" *Real Estate Economics*, Vol.3 3, No.4, pp.663-680.
- 43) Dokko, Y., R. H. Edelstein, A. J. Lacayo and D. C. Lee. (2001), "A Global Perspective on Real Estate Cycles", Kluwer Academic Publishers, Chapter 4.

- 44) Doiron, J., J. Shilling and C. Sirmans. (1992), "Do Market Rents Reflect the Value of Special Building Features? The Case of Office Atriums" *Journal of Real Estate Research*, Vol.7, No.2, pp.147-156.
- 45) Ellwood, L. W. (1959), "Tables for Real Estate Appraising and Financing", Ballinger Publishing Co.
- 46) Evans, R. D. (1990), "A Transfer Function Analysis of Real Estate Capitalization Rate", *The Journal of Real Estate Research*, Vol.5, No.3, pp.371-379.
- 47) Fisher, J. D. (2000), "Trends in Capitalization Rates from the NCREIF Database: Twenty Years of Sold Properties", *Real Estate Finance*, Spring 2000, pp.35-40.
- 48) Fisher, J. D., D. M. Geltner and R. B. Webb. (1994), "Value Indices of Commercial Real Estate: A Comparison of Index Construction Methods", *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 9: pp.137-164.
- 49) Frew, J. and D. Jud. (1988), "The Vacancy Rate and Rent Levels in the Commercial Office Market", *Journal of Real Estate Research*, Vol.3(1), pp.1-8.
- 50) Garfield, E. B., MAI, MRICS and M. T. VanEck. (2009), "Cap Rate Calculations", *Commercial Investment Real Estate*, Sep.Oct., pp.36-38.
- 51) Gehr, A. (1978), "Some Tests of the Arbitrage Pricing Theory", *Journal of the Midwest Finance Association*, 7, pp.91-105.
- 52) Geltner, D. M. (1989), "Bias in Appraisal-Based Returns", *Real Estate Economics*, Vol.17, No.3, pp.338-352.
- 53) Geltner, D. M. (1993), "Estimating Market Values from Appraised Values without Assuming an Efficient Market", *Journal of Real Estate Research*, Vol.8(3), pp325-345.
- 54) Geltner, D. M. and J. Mei. (1995), "The Present Value Model with Time-Varying Discount Rates: Implications for Commercial Property Valuation and Investment Decisions.", *Journal of Real Estate Finance & Economics*, 11(2): pp.119-136.

- 55) Geltner, D. M., N. Miller, J. Clayton and P. Eichholtz. (2007), *“Commercial Real Estate Analysis & Investment, Second Edition.”* Thomson South-Western.
- 56) Glascock, J., S. Jahanian and C. Sirmans. (1990), “An Analysis of Office Market Rents: Some Empirical Evidence”, *Real Estate Economics* Vol.18, Issue 1, March, pp.105-119
- 57) Hamilton, J. D. (1994), *“Time Series Analysis”*, Princeton University Press.
- 58) Haas, G. C. (1922), “Sales Prices as a Basis for Farm Land Appraisal”, Technical Bulletin 9, St. Paul: The University of Minnesota Agricultural Experiment Station.
- 59) Hendershott, P. and E. Kane. (1992), “Office Market Values During the Past Decade: How Distorted Have Appraisals Been?” NBER Working Paper, No.4128.
- 60) Hough, D. and C. Kratz. (1983), “Can “Good” Architecture Meet the Market Test?” *Journal of Urban Economics*, Vol.14, Issue 1, July, pp.40-54.
- 61) Jud, G. D. and D. T. Winkler.(1995), “The Capitalization Rate of Commercial Properties and Market Returns”, *The Journal of Real Estate Research*, Vol.10, No.5, pp.509-518.
- 62) Kim, M. and R. C. Hill. (1993), “The Box-Cox Transformation-of-Variables in Regression”, *Empirical Economics*, Vol.18, No.2, pp.307-319.
- 63) Kanzaki, K. (2013), “Actual Cash Flow Estimation of Commercial Real Estate and its Application to Identify the Value Change Driver”, *Asia Real Estate Society*, 2013 International Conference Paper.
- 64) Lancaster, K. J. (1966), “A New Approach to Consumer Theory”, *Journal of Political Economy*, Vol.74, No.2 (Apr., 1966), pp.132-157.
- 65) Mills, E. (1992), “Office Rent Determinants In the Cliicago Area”, *Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association* Vol.20, No.1, pp.273-287.



- 66) Pinheiro, C. and M. Bates. 緒方宏泰 監訳 (2010), 『S-PLUS による混合効果モデル解析』, Springer.
- 67) Quan, D. and M. Quigley. (1991), “Price Formation and the Appraisal Function in Real Estate Markets”, *Journal of Real Estate Markets and Economics*, Vol.4, pp.127-146.
- 68) Rosen, K. (1981), “Toward a Model of the Office Building Sector”, *Real Estate Economics*, Vol 12, 3, September, pp.261-269.
- 69) Rosen, S. (1974), “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition”, *The Journal of Political Economy*, Vol.82, No.1, Jan.-Feb., pp.34-55.
- 70) Ross, A. (1976), “The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing”, *Journal of Economics Theory*, 13(3), pp.341-360.
- 71) Roll, R. and S. Ross. (1980), “An Empirical Investigation of the Arbitrage Pricing Theory”, *Journal of Finance*, 35(5), pp.1073-1103.
- 72) Shiller, R. (1981), “Do Stock Prices Move Too Much to Be Justified by Subsequent Changes in Dividends?” *American Economic Review*, Vol.71(3), pp.421-436.
- 73) Shilton, L. and C. Stanley. (1999), “Spatial Patterns of Headquarters”, *Journal of Real Estate Research*, Vol.17, No.3, pp.341-364.
- 74) Sirmans, S., D. Macpherson and E. Zietz. (2005), “The Composition of Hedonic Pricing Models”, *Journal of Real Estate Literature*, Vol. 13, No. 1, pp.5-43.
- 75) Sivitanides, P. (1997), “The Rent Adjustment Process and the Structural Vacancy Rate in the Commercial Real Estate Market”, *Journal of Real Estate Research* Vol.13, No.2, pp.195-210.
- 76) Spitzer, J. J. (1982), “A Primer on Box-Cox Estimation”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.64, No.2 (May), pp.307-313.
- 77) Titman, S. and W. Torous. (1989), “Valuing Commercial Mortgages: An Empirical Investigation of the Contingent-Claims Approach to Pricing Risky Debt”, *The Journal of Finance*, Vol.XLIV, No.2, June, pp.345-373.

- 78) Titman, S. and A. Warga. (1986), "Risk and the Performance of Real Estate Investment Trusts: A Multiple Index Approach", *Real Estate Economics*, Vol.14, No.3, pp.414-431.
- 79) Vandell, K. and J. Lane. (1989), "The Economics of Architecture and Urban Design: Some Preliminary Findings", *Real Estate Economics* Vol.17, Issue 2, June, pp.235-260.
- 80) Wheaton, W. and R. Torto. (1988), "Vacancy Rates and the Future of Office Rents", *Real Estate Economics*, Vol.16, Issue 4, Dec., pp.430-436.
- 81) Webb, B., M. Miles and D. Guilkey. (1992), "Transactions-Driven Commercial Real Estate Returns; The Panacea to Asset Allocation Models?" *Real Estate Economics*, 20, pp.325-357.
- 82) Webb, B. and J. D. Fisher. (1996), "Development of an Effective Rent(Lease) Index for the Chicago CBD" *Journal of Urban Economics*, Vol.39, No.1, pp.1-19.