

環境マネジメントの経済性分析

東京23区オフィスビルにおける環境認証取得有無と新規賃料の関係
ヘドニック・アプローチ および 傾向スコア をもちいた分析

2015.7.16
環境不動産普及促進検討委員会

ザイマックス不動産総合研究所 吉田 淳 大西 順一郎



アウトライン

1. 分析の背景・目的
2. 利用するデータの概要
3. 分析する上での課題
4. 課題を解決するための分析手法および結果
5. 分析のまとめ

アウトライン

1. 分析の背景・目的
2. 利用するデータの概要
3. 分析する上での課題
4. 課題を解決するための分析手法および結果
5. 分析のまとめ

【問題意識】不動産における環境マネジメントの重要性

- ・環境に対する世界的な問題意識の高まりをうけ我が国の不動産業界でも制度の整備が進む：

例：省エネ法の改正、省エネ補助金、省エネ投資促進税制、環境認証制度、耐震・環境不動産形成促進事業、グリーンリースなど

- ・環境マネジメントの重要性：

- ・「…環境性能が高く良好なマネジメントがなされている環境価値の高い不動産が適正に認識・評価される市場やサステナブルな不動産ストックの形成を図る…」（環境不動産普及促進検討委員会設置要綱 第2条より）
- ・ハード面だけでなく、エネルギーのモニタリング、適切な管理計画や中長期修繕計画の立案運用などソフト面も含めマネジメントして不動産価値を高める「環境マネジメント」が重要

- ・環境マネジメントの重要性が広く認識されているとは言いたい：

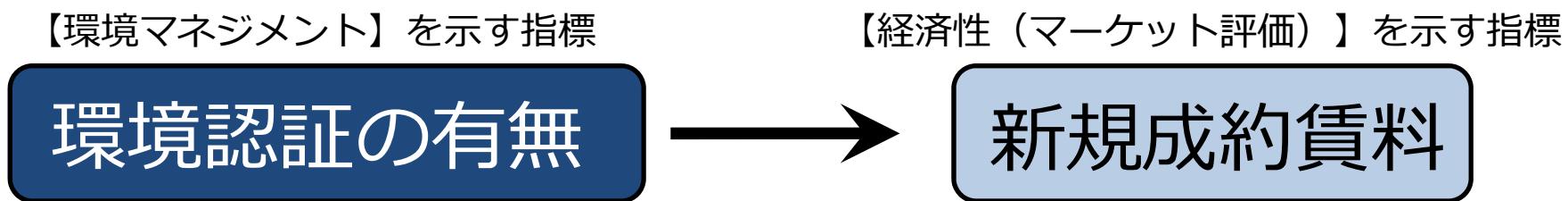
- ・不動産を供給する投資家・デベロッパー・所有者が積極的になりきれていない
- ・環境マネジメントの経済性が明らかになることで停滞状況を打破するきっかけに



本分析における問題設定

- ・環境マネジメントの経済性を考える上での難しさ：
 - ・「環境マネジメント」「経済性」には、様々な定義・視点がある
 - ・定量的に示すために必要な詳細データを大量に集めることが難しい
- ・本分析では問題を以下のように設定：

「環境マネジメントの状態を端的に表す【環境認証の有無】は、
経済性（＝マーケットでの評価）を端的に表す【新規成約賃料】にプラスの影響を与えるか？」



- ・この問題を解くために必要なもの：
 - ① 「環境認証の有無」と「新規成約賃料」が対になった大量の分析用データ
→「2.利用するデータの概要」で説明
 - ② データの特徴に適した分析手法の選択
→「3.分析する上での課題」「4.課題を解決するための分析手法および結果」で説明

アウトライン

1. 分析の背景・目的
2. 利用するデータの概要
3. 分析する上での課題
4. 課題を解決するための分析手法および結果
5. 分析のまとめ

【経済性】と【環境】 2種類のデータを用意

A. 【経済性】オフィスビルの新規成約賃料データ（東京23区）

→ザイマックス独自の新規成約賃料データベースを使用：

- ・立地、規模、築年、成約時点、建物性能などに関する属性データが付与
- ・延床300坪以上のオフィスビル → 約5,300棟 約33,000件の成約事例

B. 【環境】環境認証制度の取得状況データ（東京23区）

→以下の環境認証の取得状況をホームページ等から調査：

- ・CASBEE(77棟)
- ・CASBEE不動産(36棟)
- ・DBJ Green Building認証(90棟)
- ・SMBCサステイナブルビルディング評価(8棟)

※2014年11月時点の調査

※複数の認証を取得しているケースもある

※賃貸用だけでなく自社用も含む

【補足】調査対象とした環境認証制度

・調査対象とした条件 :

- ①物件単位で取得（成約賃料データとマッチングするため）
- ②省エネルギー性能だけでなく快適性などを含めた総合的な環境性能を評価
- ③第三者評価による格付け
→CASBEE、CASBEE不動産、DBJ Green Building認証、SMBCサステイナブルビルディング評価を調査対象とする

	総合的な環境性能の評価	省エネルギーに特化した評価
建物自体の性能を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ CASBEE（新築・既存・改修）※1 ・ CASBEE不動産 ※2 ・ DBJ Green Building認証 ※3 ・ SMBCサステイナブルビルディング評価 ※4 ・ LEED ・ BREEAM 	<ul style="list-style-type: none"> ・ BELS ・ ENERGY STAR
所有・運用する企業等を評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ GRESB 	

※1 建築環境総合性能評価システム (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)

国土交通省が主導して開発された日本における建築物の総合的環境性能評価システム

※2 CASBEEが不動産市場で活用されるよう項目を絞った評価システム

※3 日本政策投資銀行による環境認証システム

※4 三井住友銀行による環境認証システム

2種類のデータのマッチング結果（分析用データ）

- 「A.新規成約賃料データ」と「B.環境認証データ」を、2013年1月～2014年12月の期間に絞ってマッチングし、分析用データ（下図赤枠部分）を抽出

① 東京23区に所在する延床面積300坪以上のビル

※分析対象

② ①のうち、成約時期が2013年1月～2014年12月の賃料サンプルが得られるビル2,689棟（6,758件の成約事例）

③ ②のうち、対象とした環境認証をどれかひとつでも取得しているビル97棟（361件の成約事例）

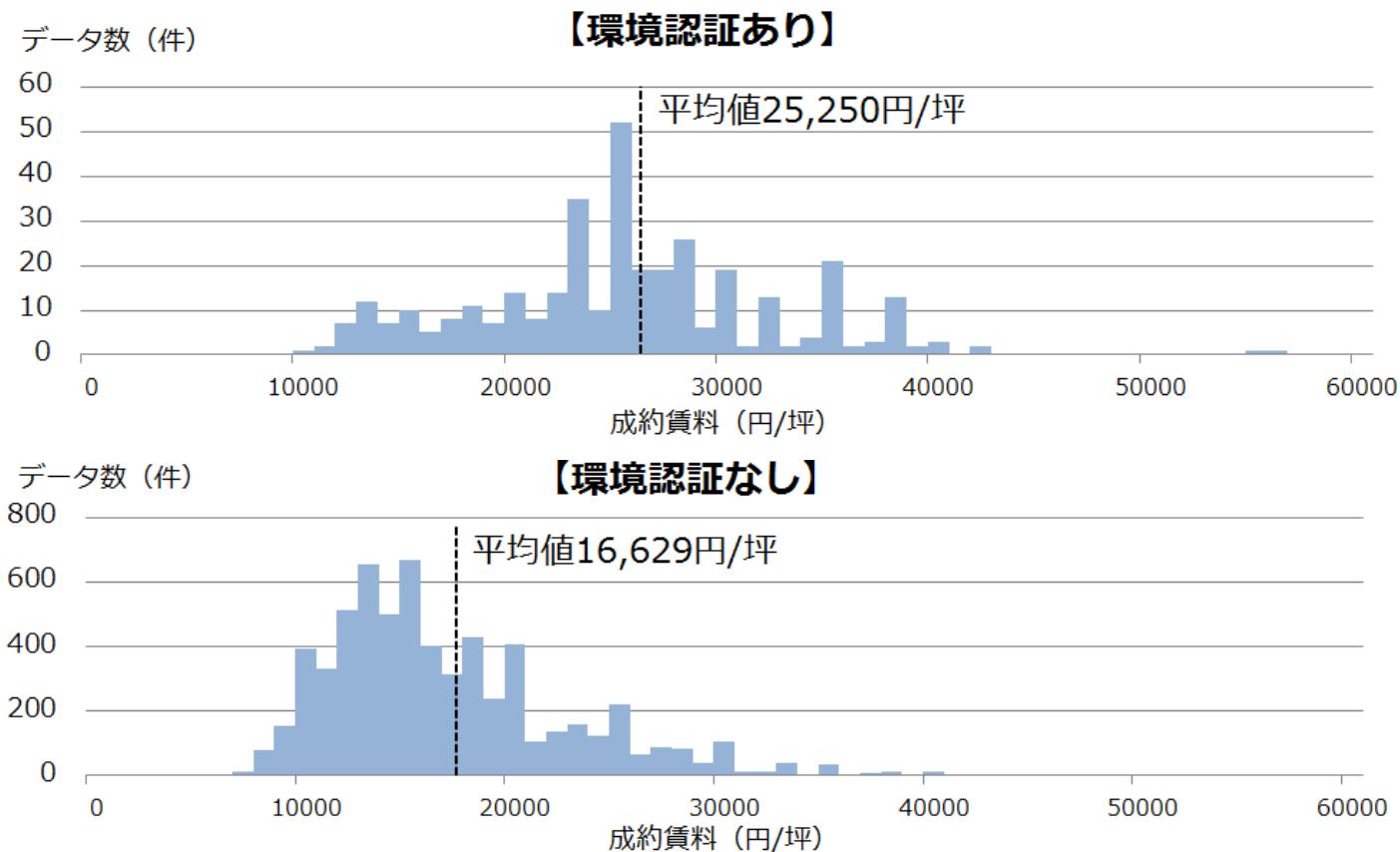
分析用データの要約統計量（抜粋）

- サンプルにおける平均：延床面積5725.82坪、築年数23.73年

	変数名	単位	観測数	平均値	標準偏差	最大値	最小値	備考
被説明変数	新規成約賃料単価	円/坪	6758	17090.011	6155.441	55040.000	6100.000	フリーレント・レントホリ デー期間等は考慮しない
説明変数	延床面積	坪	6758	5725.820	11326.855	114783.000	300.250	建物全体の延床面積
	物件の地上階数	階	6758	11.690	7.698	60.000	3.000	建物全体の地上階数
	基準階面積	坪	6758	236.024	240.522	2975.000	30.210	標準的レイアウトの賃貸オ フィス1フロアの面積
	最寄駅からの徒歩分数	分	6758	3.358	2.313	15.000	0.000	徒歩による移動分數
	築年数	年	6758	23.730	11.826	59.910	0.000	成約時点での築年数
	OAフロアダミー	(0,1)	6758	0.685	0.465	1.000	0.000	
	個別空調ダミー	(0,1)	6758	0.800	0.400	1.000	0.000	
	機械警備ダミー	(0,1)	6758	0.833	0.373	1.000	0.000	
	リニューアルダミー	(0,1)	6758	0.131	0.337	1.000	0.000	
	環境認証ダミー	(0,1)	6758	0.053	0.225	1.000	0.000	CASBEE,CASBEE不動 産,SMBC,DBJのうち、いず れか一つでも取得していれ ば1、一つも取得していな ければ0

環境認証の有無による成約賃料の差

- 新規成約賃料の平均値を比較すると、
【環境認証あり】の方が【なし】より8,621円/坪 (+51.84%) 高い結果となった。
→この結果をもって、環境認証の有無が新規成約賃料に影響を与えるといえるだろうか？



アウトライン

1. 分析の背景・目的
2. 利用するデータの概要
3. 分析する上での課題
4. 課題を解決するための分析手法および結果
5. 分析のまとめ

環境マネジメントの経済性分析にあたり注意すべきこと

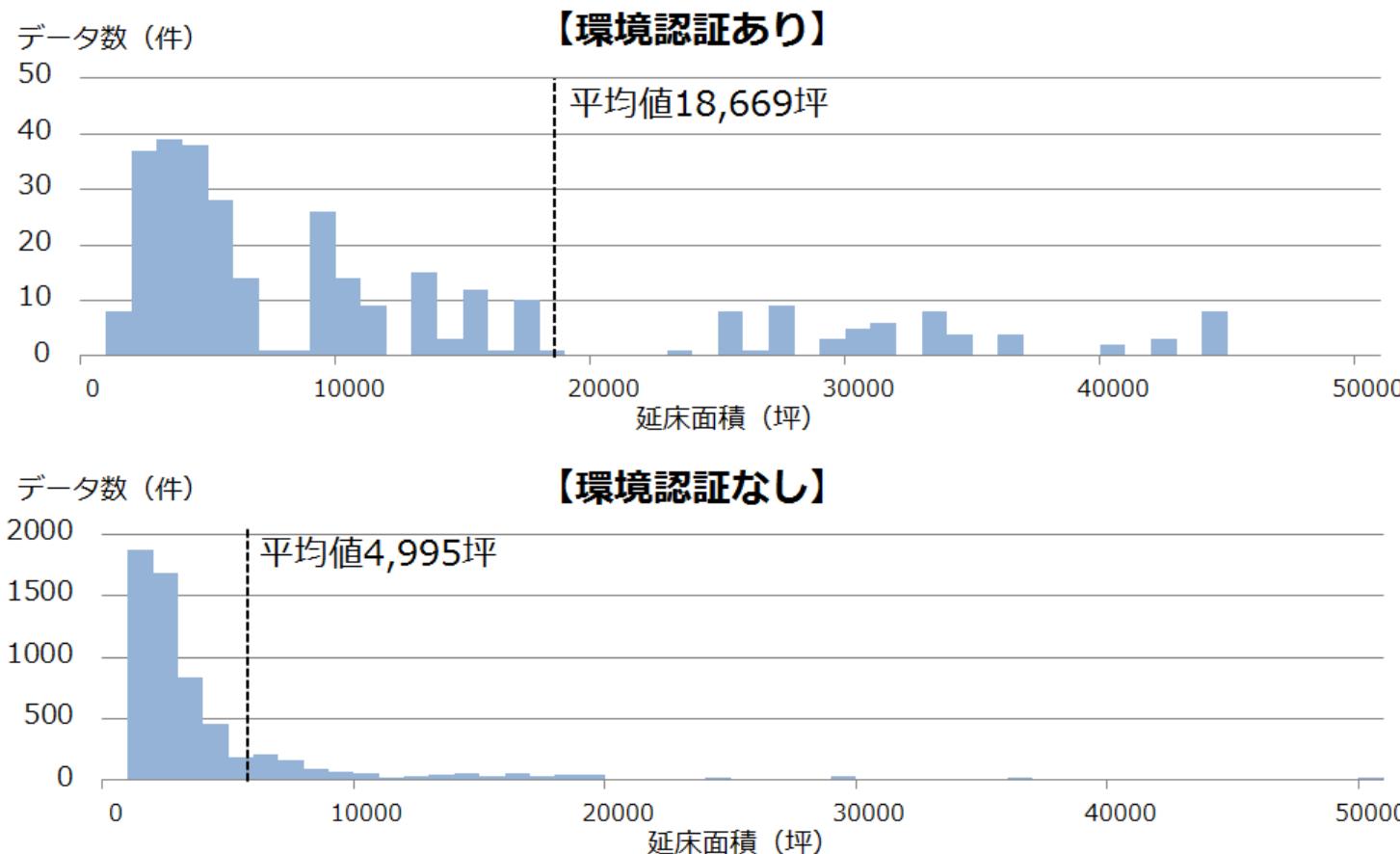
- 新規成約賃料は、立地・規模・新しさなどからも影響をうけている
- 環境認証の有無により立地・規模・新しさに違いがある場合、新規成約賃料の差が環境認証に起因するものなのか、他の要因から影響をうけたのか読み解くことが難しい
→環境マネジメントの経済性を分析する際には、立地・規模・新しさなどが新規成約賃料へ与える影響を考慮する必要がある

※分析用データの2変数間相関係数：

	新規賃料	都心3区ダミー	最寄駅からの徒歩分数	地上階数	延床面積	基準階面積	OAフロアダミー	個別空調ダミー	機械警備ダミー	築年数	環境認証ダミー
新規賃料	1.000										
都心3区ダミー	0.233	1.000									
最寄駅からの徒歩分数	-0.233	-0.118	1.000								
地上階数	0.526	0.061	-0.099	1.000							
延床面積	0.494	0.016	-0.072	0.848	1.000						
基準階面積	0.382	-0.052	0.019	0.532	0.758	1.000					
OAフロアダミー	0.242	0.050	0.014	0.222	0.199	0.228	1.000				
個別空調ダミー	-0.052	0.044	0.013	-0.228	-0.207	-0.254	0.033	1.000			
機械警備ダミー	0.006	-0.045	0.018	0.019	0.010	-0.021	0.126	0.158	1.000		
築年数	-0.388	0.030	-0.028	-0.262	-0.201	-0.156	-0.318	-0.118	-0.164	1.000	
環境認証ダミー	0.315	0.049	-0.038	0.262	0.271	0.225	0.139	0.007	0.025	-0.300	1.000

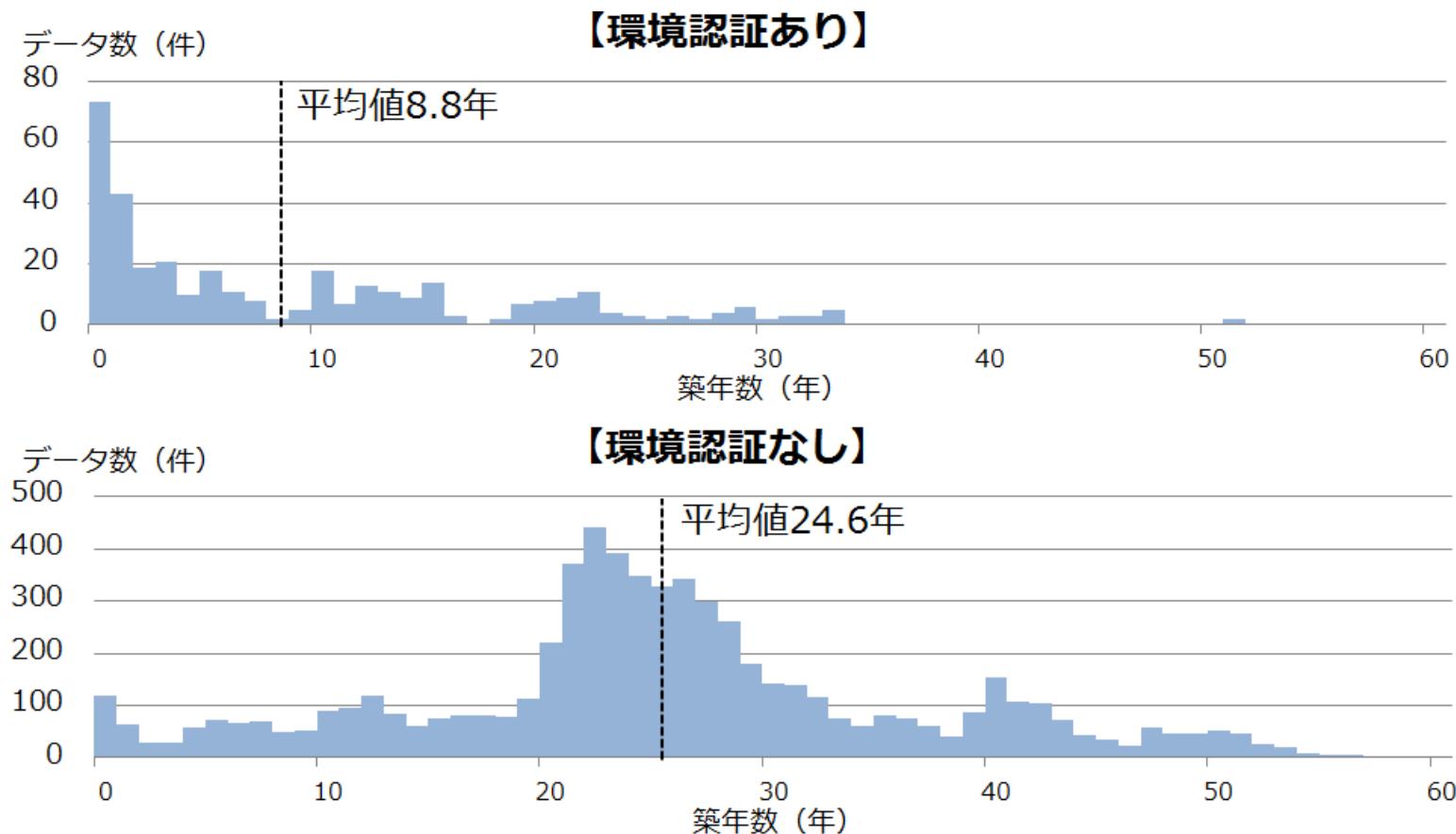
環境認証の有無による「延床面積」の違い

- 分析用データでは、【環境認証あり】の方が【なし】より延床面積が大きい傾向
→規模が新規成約賃料に与える影響を考慮する必要がある



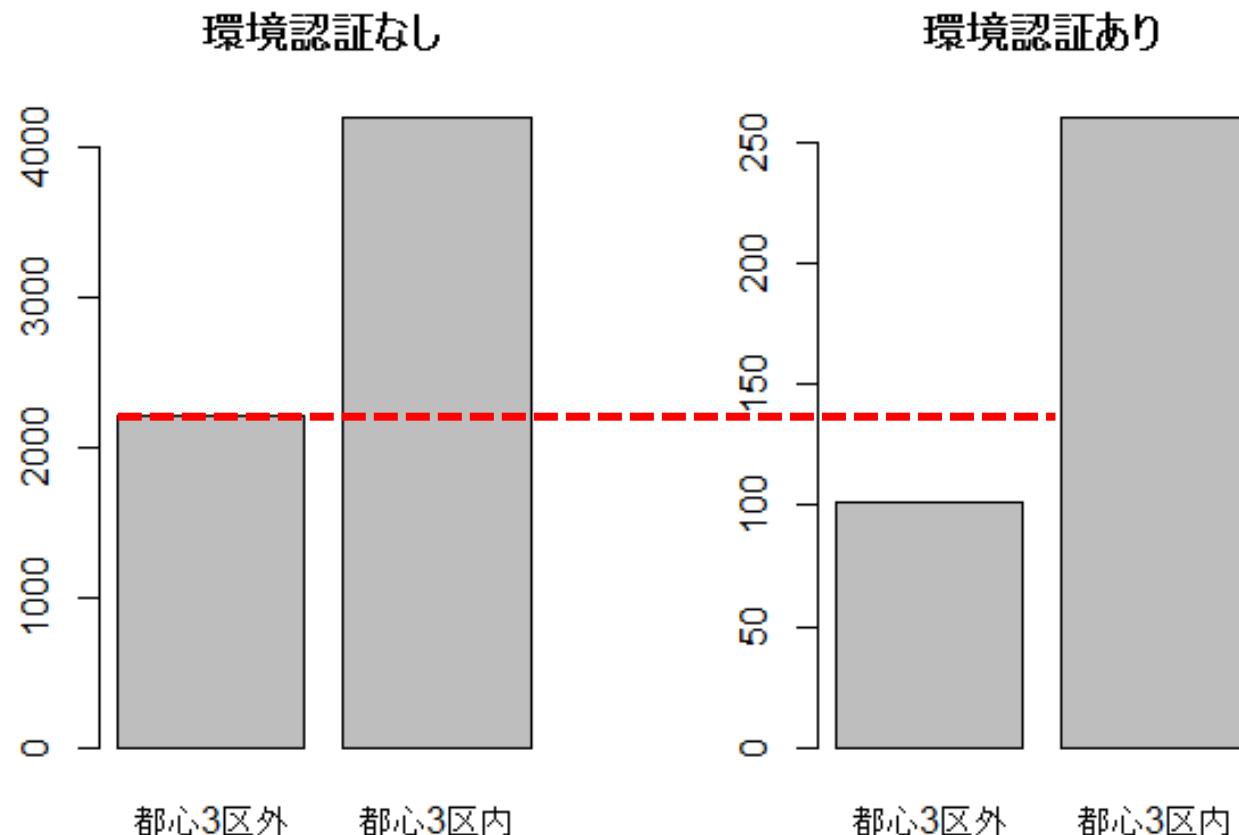
環境認証の有無による「築年数」の違い

- 分析用データでは、【環境認証あり】の方が【なし】より築年数が新しい傾向
→新しさが新規成約賃料に与える影響を考慮する必要がある



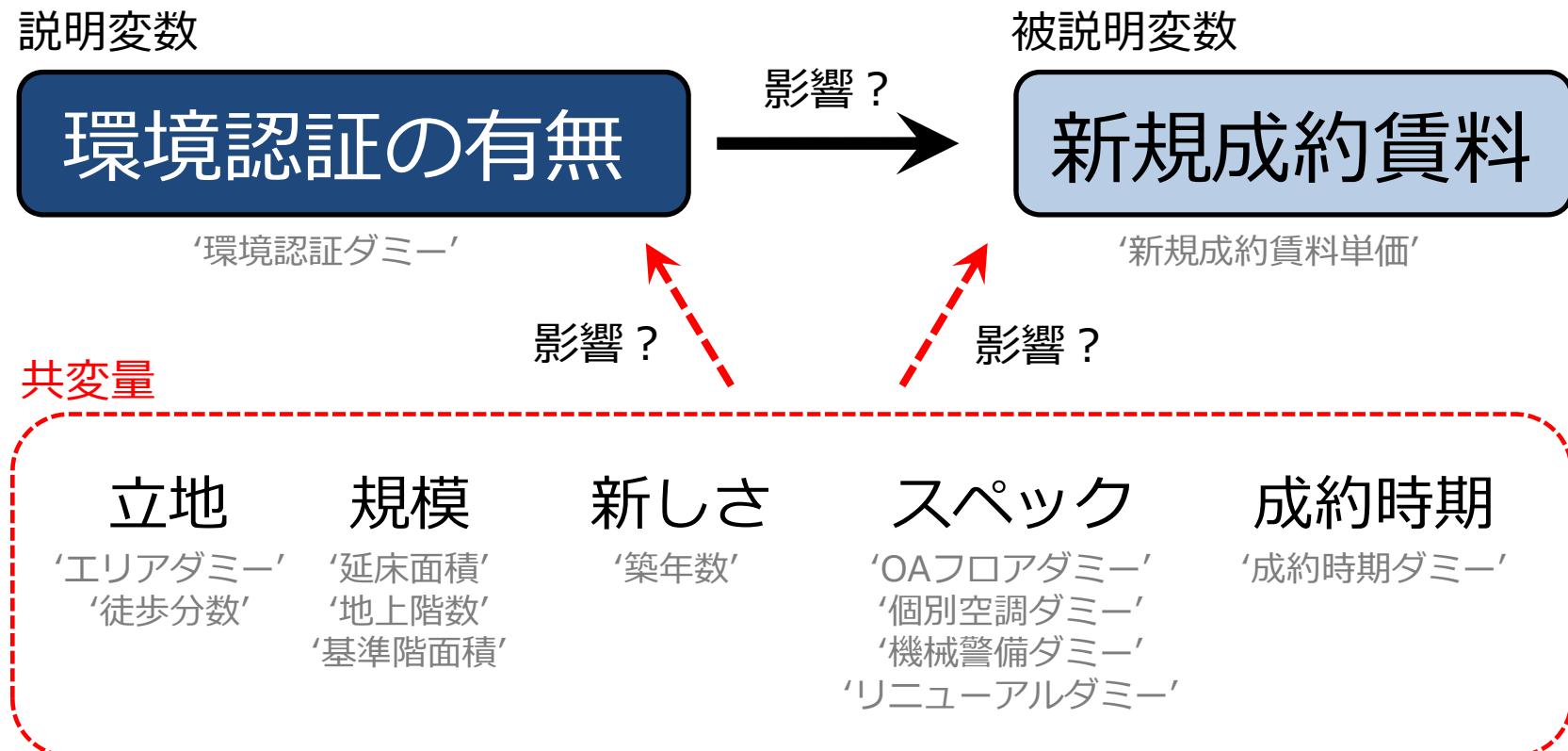
環境認証の有無による「立地」の違い

- 分析用データでは、【環境認証あり】の方が【なし】より都心3区外の割合が小さい傾向
→立地が新規成約賃料に与える影響を考慮する必要がある



「共変量」の影響を取り除くことが必要

- 環境認証の有無による新規成約賃料への影響を測定するには、単純な平均値の比較ではなく、規模、新しさ、立地、成約時期など新規成約賃料に影響を与える他の変数 = 「共変量」の影響を取り除く必要がある



アウトライン

1. 分析の背景・目的
2. 利用するデータの概要
3. 分析する上での課題
4. 課題を解決するための分析手法および結果
5. 分析のまとめ

ヘドニック・アプローチ：属性と価格の対応関係明確に

・ヘドニック・アプローチとは：

ある商品の価格を、さまざまな性能や機能の価値の集合体（属性の束）とみなし、統計学における回帰分析のテクニックを利用して商品価格を推定する方法
→属性と価格との対応関係を明確化し、定量的に分析する

<ヘドニック・アプローチの活用例>

- ・消費者物価指数：パソコン、テレビ、デジカメなど機能や性能で価格が変わる一部商品の物価指数
- ・騒音・振動の社会的費用の計測：騒音レベル、振動レベル、幅員、容積率などと地価との関係
- ・容積率規制改定による効果計測：容積率、従業者密度、アクセシビリティなどと地価との関係
- ・不動産価格指数（住宅）：物件の立地や特性による影響を除去した時系列的な価格変化

・ポイント：立地、規模、新しさ、設備・性能が全く同一の不動産は存在しない

→様々な属性が集まって賃料を形成している

・ヘドニック・アプローチの利点：

立地、規模、新しさ、設備などが新規成約賃料に与える影響を取り除いたうえで、環境認証の有無が賃料に与える影響を計測することができる

新規成約賃料を説明する回帰モデルから係数を推定する

・手順①：回帰モデルを作る

新規成約賃料をオフィスビルの規模、新しさ、性能・設備、立地、成約時期で説明するモデル

$$\begin{aligned}
 \log(\text{新規成約賃料}) = & \beta_0 + \beta_1 \log(\text{延床面積}) + \beta_2(\text{地上階数}) + \beta_3 \log(\text{基準階面積}) && \cdots \text{規模} \\
 & + \beta_4(\text{築年数}) + \beta_5(\text{リニューアルダミー}) && \cdots \text{新しさ} \\
 & + \beta_6(\text{OAフロアダミー}) + \beta_7(\text{個別空調ダミー}) && \cdots \text{性能・設備} \\
 & + \beta_8(\text{機械警備ダミー}) + \beta_9(\text{環境認証ダミー}) \\
 & + \beta_{10}(\text{徒歩分数}) + \sum_j \beta_{11j}(\text{エリアダミー}<\text{59エリア}>)_j && \cdots \text{立地} \\
 & + \sum_k \beta_{12k}(\text{成約時期ダミー}<\text{8四半期}>)_k && \cdots \text{成約時期} \\
 & + \mu && \cdots \text{誤差}
 \end{aligned}$$

・手順②：係数を推定する

モデルで推定した賃料（推定値）と実データの賃料（実測値）の誤差 μ が最小になるような係数 ($\beta_0 \sim \beta_{12}$) を推定する<最小二乗法による推定>

・環境認証ダミーの係数 β_9 が、環境認証の有無による新規成約賃料への影響を示す

被説明変数（成約賃料）に自然対数値を用いているため、説明変数の係数はそれぞれ説明変数が 1 単位増加したときに成約賃料が何パーセント変化するかを示す

環境認証ダミーの係数推定値は+0.044(統計的に有意)

- 環境認証ダミーの係数推定値は+0.044 (t値3.816 95%信頼区間+0.021～+0.067)
- 係数推定値の標準誤差は小さく、統計的に有意
- 規模、新しさ、立地、成約時期、他の性能・設備などの影響を考慮した上でも、
【環境認証あり】の方が【なし】に比べ、4.4%程度成約賃料が高い

		係数推定値	標準誤差	t値	有意確率	95%信頼区間下限	95%信頼区間上限
規模	(切片) β_0 定数項	9.196	0.029	317.335	0.000	9.139	9.253
	β_1 延床面積（対数）	0.107	0.009	11.965	0.000	0.090	0.125
	β_2 地上階数	0.003	0.001	4.356	0.000	0.002	0.004
	β_3 基準階面積（対数）	0.003	0.010	0.265	0.791	-0.017	0.023
新しさ	β_4 築年数	-0.009	0.000	-35.296	0.000	-0.009	-0.008
	β_5 リニューアルダミー	0.033	0.008	4.219	0.000	0.018	0.049
性能・設備	β_6 OAフロアダミー	0.004	0.006	0.702	0.482	-0.007	0.016
	β_7 個別空調ダミー	0.005	0.007	0.766	0.444	-0.008	0.018
	β_8 機械警備ダミー	-0.012	0.007	-1.766	0.078	-0.025	0.001
	β_9 環境認証ダミー	0.044	0.012	3.818	0.000	0.021	0.067
立地	β_{10} 徒歩分数	-0.024	0.001	-20.941	0.000	-0.026	-0.022
	β_{11_1} 内幸町・霞が関・永田町ダミー	0.129	0.024	5.273	0.000	0.081	0.177

成約時期	β_{11_58} その他 東京23区ダミー	-0.415	0.017	-24.655	0.000	-0.448	-0.382
	β_{12_1} 2013年第2四半期ダミー	-0.064	0.011	-5.789	0.000	-0.086	-0.043

	β_{12_7} 2014年第4四半期ダミー	0.008	0.009	0.836	0.403	-0.010	0.025

※自由度調整済み決定係数:0.677 ※エリアダミーの係数推定値 (β_{11})、タイムダミーの係数推定値 (β_{12})については紙面の都合上割愛

【追加分析】傾向スコアをもちいた分析

- さらなる課題：大規模でも小規模でも、新しくて古くても、均等に賃料は4.4%プラスなのか
→似たような物件だけ集めて（層別化）比較すればよいが、物件の属性を示すデータは多種に及ぶため、どの変数を選択して層別化するかが問題となる
- 解決するための分析手法：「傾向スコア」により層別し、層ごとにヘドニック回帰

【手順①】共変量を説明変数、環境認証の有無を被説明変数としたモデル（プロビット回帰）を作る

$$\begin{aligned} \text{環境認証の有無(0or1)} = & \Phi(\gamma_0 + \gamma_1 \log(\text{延床面積}) + \gamma_2(\text{地上階数}) + \gamma_3 \log(\text{基準階面積}) + \gamma_4(\text{築年数}) + \gamma_5(\text{リニューアルダミー}) \\ & + \gamma_6(\text{OAフロアダミー}) + \gamma_7(\text{個別空調ダミー}) + \gamma_8(\text{機械警備ダミー}) + \gamma_9(\text{徒歩分数}) \\ & + \sum_j \gamma_{10j}(\text{エリアダミー}<\text{59エリア}>)_j + \sum_k \gamma_{11k}(\text{成約時期ダミー}<\text{8四半期}>)_k + \mu) \end{aligned}$$

※Φは標準正規分布関数

【手順②】手順①で作ったモデルに各サンプルの共変量を代入し、各サンプルが【環境認証あり】に割り当てられる確率 = 傾向スコアを予測する

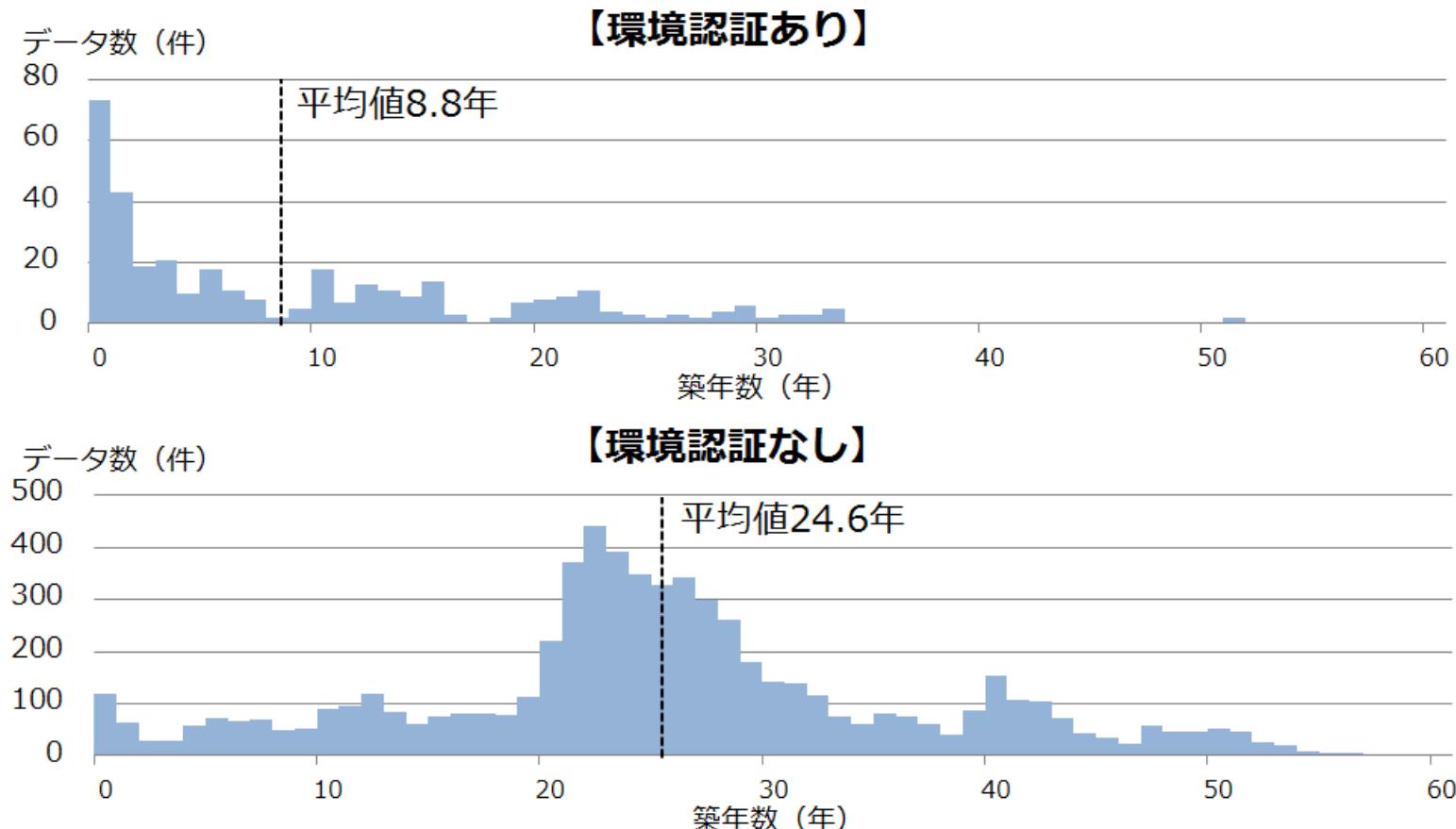
→多数の共変量を1次元に縮約することで、各サンプルを特徴づける「1つの変数」にまとめることができる

【手順③】傾向スコアの大きさにより、全サンプルを複数の層（一般的に5層がよく用いられる）に層別することで、立地・規模・新しさ・設備・成約時期などデータの性質が似たようなグループに分割

【手順④】各層ごとにヘドニック・アプローチによる分析を行い、環境認証の有無による新規成約賃料への影響を測定する

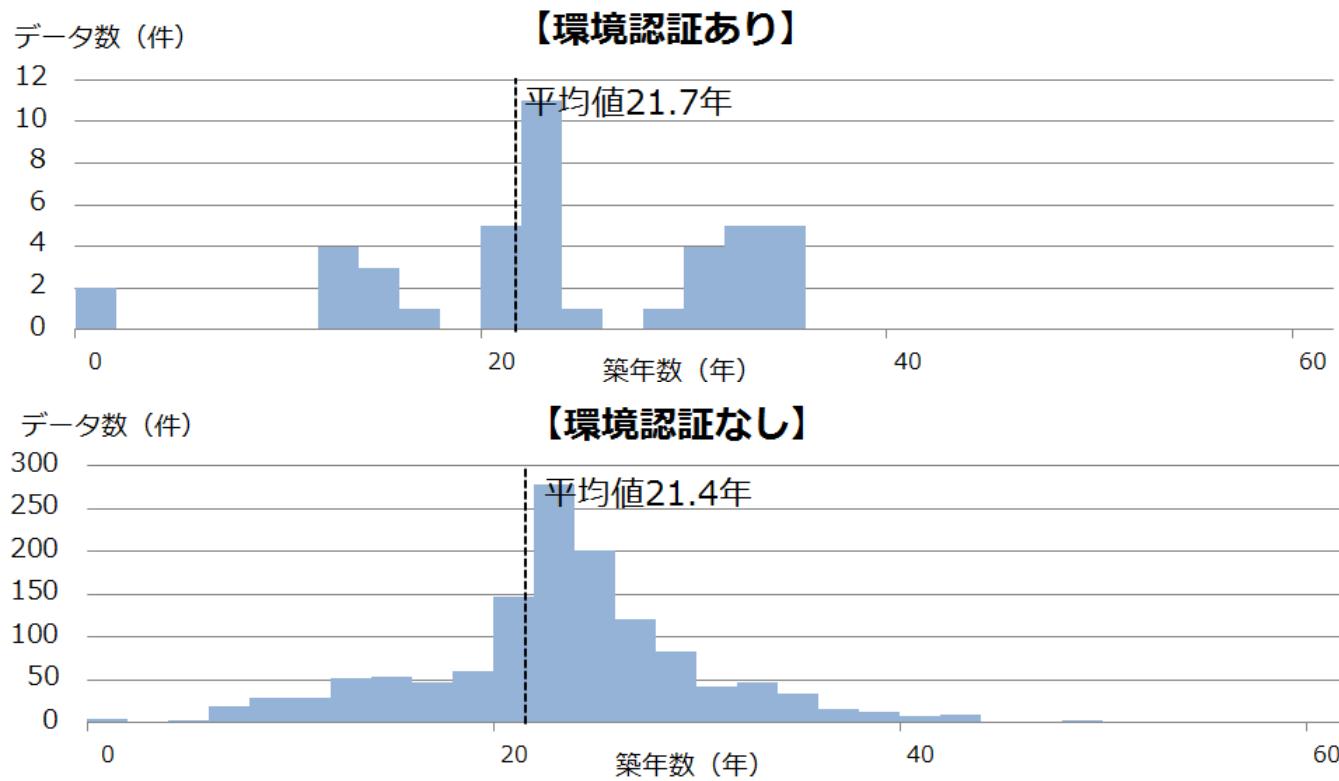
傾向スコアでの層別による共変量調整（調整前）

- 全サンプルで築年数の平均値を比較すると、【環境認証あり】と【なし】の差は15.8年



傾向スコアでの層別による共変量調整（調整後）

- ・傾向スコアで5層に層別化した後の第4層（※）における築年数の分布を比較すると、
【環境認証あり】と【なし】の差は0.3年とほぼなくなっており、この層において共変量が調整
されていることがわかる
- ※…傾向スコアをそのまま並べたときに下から数えて60%から80%の間のサンプルのグループ



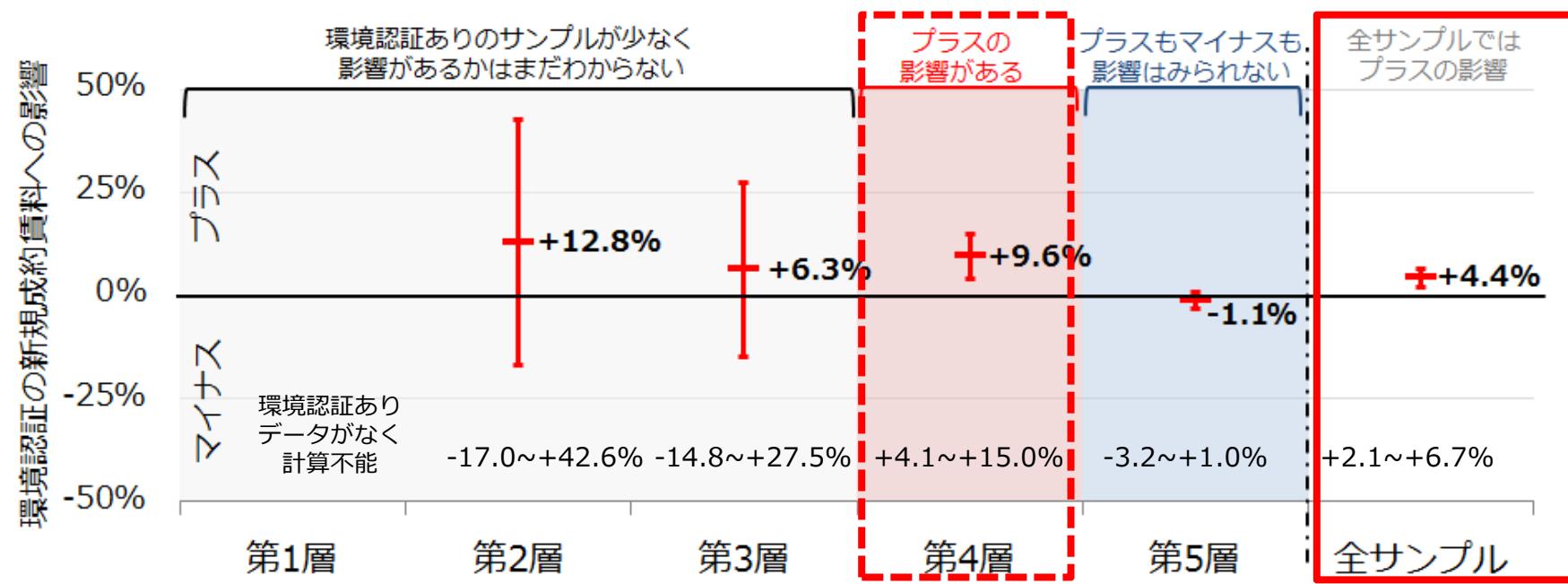
傾向スコアでの層別による共変量調整の結果

- 全サンプルを傾向スコアで5層に層別化する前後の代表的な共変量（延床面積、築年数、都心5区ダミー）の平均値を比較
 - 大規模で築浅の物件が多い第5層は、立地は調整されたものの、規模と新しさで共変量に違いが残った
 - 中規模の物件が多い第4層は、共変量がよく調整され、【環境認証あり】と【なし】のデータの性質がよく似たグループとなっている
 - 小規模で築古の物件が多い第1層から3層は、【環境認証あり】のサンプルが少ないこともあり共変量に違いが残った

グループ番号		第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	全サンプル
傾向スコアの範囲		下位0-20% 0~2.05E-08	20-40% 2.05E-08~0.002	40-60% 0.002~0.010	60-80% 0.010~0.064	80-100% 0.064~1	0-100% 0~1
サンプル数	環境認証あり	0	2	3	42	314	361
	なし	1352	1349	1349	1309	1038	6397
延床面積（坪）の平均	環境認証あり	-	3,829	1,326	5,273	20,722	18,670
	なし	2,942	2,672	3,074	4,852	13,368	4,995
築年数（年）の平均	環境認証あり	-	50.7	27.9	21.7	6.6	8.8
	なし	25.3	35.5	26.7	21.4	10.7	24.6
都心5区の割合	環境認証あり	-	100%	33%	86%	86%	86%
	なし	43%	89%	84%	83%	85%	76%

層ごとのヘドニック・アプローチによる分析結果

- 前ページでグループ分けした層ごとに、新規成約賃料を環境認証ダミーと共に変量で説明するモデル（p20と同じモデル）を作り、層ごとの環境認証ダミーの係数推定値を計算
 - 大規模で築浅の物件が多い第5層は -1.1%（95%信頼区間-3.2~+1.0%）と明確な影響はみられなかった
 - 中規模の物件が多い第4層は +9.6%（95%信頼区間+4.1~+15.0%）と有意にプラス
 - 小規模で築古の物件が多い第1層から3層は 環境認証ありのサンプルが少ないとともあり、誤差が大きく有意な結果が得られなかった



アウトライン

1. 分析の背景・目的
2. 利用するデータの概要
3. 分析する上での課題
4. 課題を解決するための分析手法および結果
5. 分析のまとめ

環境マネジメントの経済性分析の結果のまとめと考察

・環境認証の有無による新規成約賃料への影響：

規模、新しさ、立地、成約時期、他の性能・設備などの影響を考慮した上でも、環境認証を持っていることは、新規成約賃料に対して約4.4%プラスの影響を与える

この結果は統計的に有意である（95%信頼区間：+2.1～+6.7%）

・物件の特徴による影響の度合いの違い：

サンプルを似たような特徴をもつグループに層別化して分析したところ、層によって影響の度合いが異なる：

・大規模で築浅の物件が多い層：

環境認証の有無による新規成約賃料への影響は、明確には確認されなかった。規模や新しさ、グレードなどすでにテナントにとって魅力を感じる要素を備えており、環境認証が加わることによる更なる賃料のプラスには結びつきにくいなどの背景があるためと考えられる

・中規模の物件が多い層：

影響の度合いは、4～15%程度のプラスで有意な結果となった。規模や新しさ、性能など「標準的な物件」においては、環境認証をもつこと（環境マネジメントへの取り組み）が経済性に表れやすい傾向がある

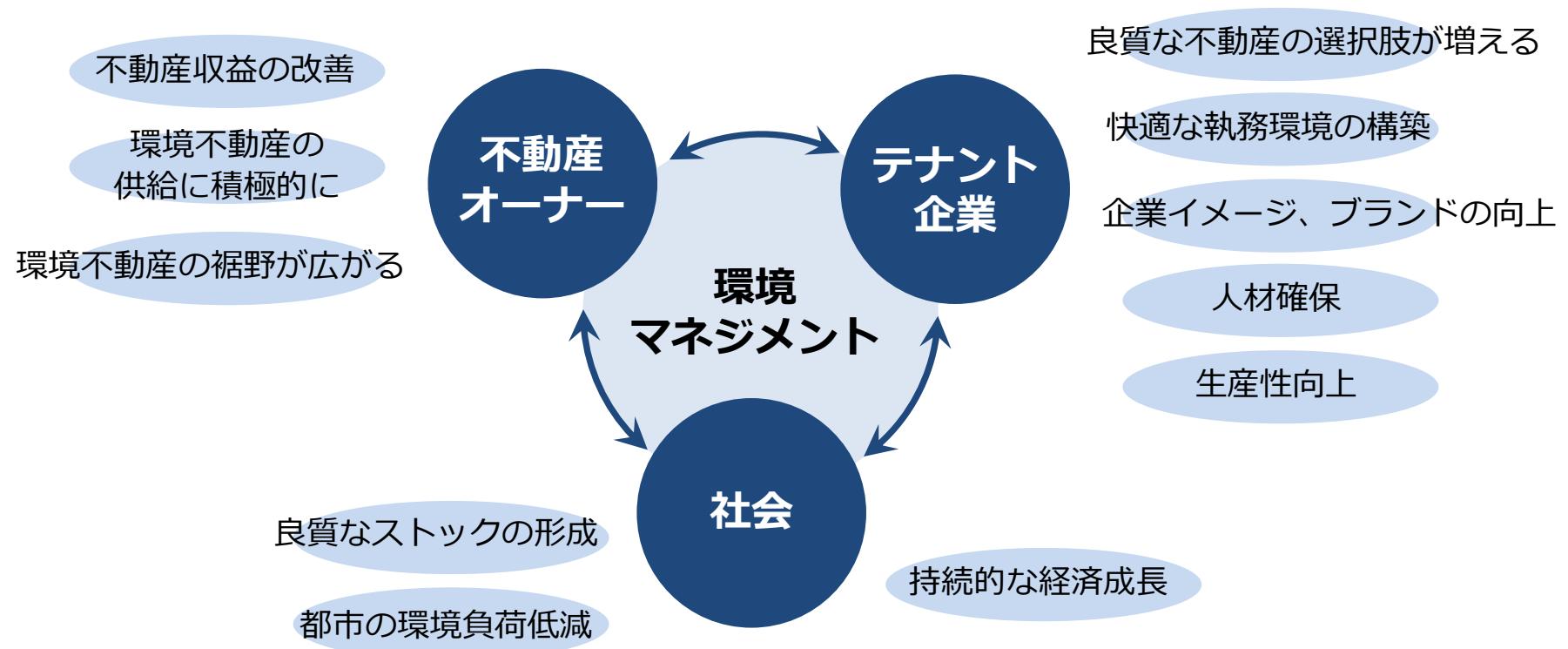
・小規模で築古の物件が多い層：

環境認証を持つサンプルが少ないこともあり、影響の度合いは誤差が大きく明確には分からない。

プラスの影響があるのか、この層の利用者にとって魅力と感じにくく影響がないかは、環境認証の今後の普及状況により判明するものと考えられる

環境マネジメントの経済性が明らかになることで

- ・環境マネジメントの普及を通じて、不動産をとりまくステークホルダーである、不動産オーナー、テナント企業、社会それぞれにメリットがもたらされ、よいスパイラルが促進される



用語解説

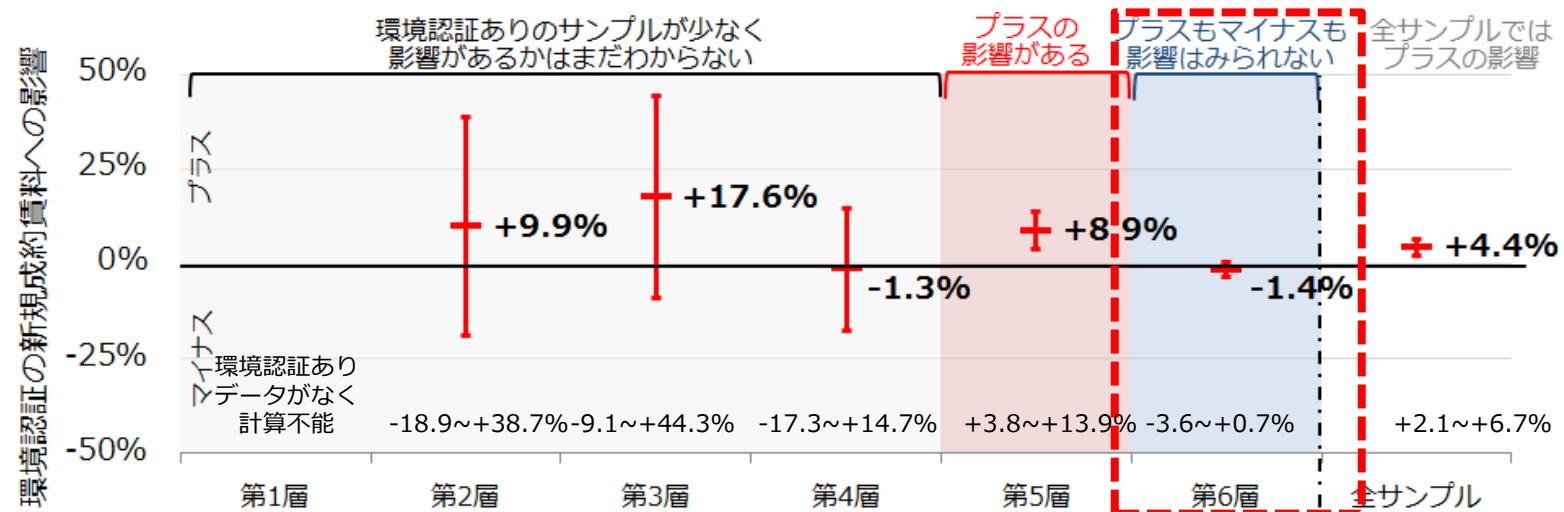
係数推定値	モデルの係数の推定値。説明変数の値が1単位増加した場合、成約賃料に対して「係数推定値×100(%)」の影響を与える。符号がプラスの場合は、被説明変数にプラスの影響を与えていると推定される。
有意確率	「係数推定値=0」を帰無仮説とするt検定の結果、帰無仮説が採択される確率。一般的に、5%未満であれば統計的に有意である（係数推定値が統計的に有意にゼロとは異なる）と判断される。
t値	係数推定値/標準誤差として計算される検定統計量。絶対値でおおよそ2以上であれば、有意確率5%の水準で帰無仮説が棄却される。
係数推定値の95%信頼区間	95%信頼区間の下限値～上限値の間にゼロが含まれないことは、有意確率5%の水準で統計的に有意である（係数推定値が統計的に有意にゼロとは異なる）と同義である。

6層に分割した場合

・傾向スコアでの層別化による共変量の調整：

グループ番号	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	全サンプル
傾向スコアの範囲	下位0-16.7% 0~2.95E-10	16.7-33.3% 2.95E-10~0.001	33.3-50% 0.001~0.005	50-66.7% 0.005~0.018	66.7-83.3% 0.0018~0.087	83.3-100% 0.087~1	0-100% 0~1
サンプル数	環境認証あり	0	2	2	5	51	301
	なし	1127	1124	1124	1121	1075	826
延床面積（坪）	環境認証あり	-	3,829	1,253	6,622	5,174	21,371
	なし	2,299	3,446	2,628	3,447	5,992	14,808
築年数（年）	環境認証あり	-	50.7	29.0	26.9	19.8	6.2
	なし	26.8	33.6	29.5	24.8	19.2	9.4
都心5区の割合	環境認証あり	-	100%	50%	80%	82%	86%
	なし	46%	77%	86%	82%	85%	85%

・層ごとのヘドニック・アプローチによる分析結果：



参考文献

- ・国土交通省土地・水資源局土地市場課(2011);
環境価値を重視した不動産形成に向けた情報整備の検討について概要版
- ・吉田淳(2015); 平成27年度不動産証券化協会認定マスター養成講座テキスト102
第IV部第4章「ビルの改修と環境不動産」, 不動産証券化協会
- ・吉田淳(2015) ; CREマネジメントハンドブック2015 「CREのサステナビリティマネジメント」 ,
公益社団法人日本ファシリティマネジメント協会
- ・肥田野登(1997); 環境と社会資本の経済評価 ヘドニック・アプローチの理論の実際,勁草書房
- ・清水千弘(2004); 不動産市場分析,住宅新報社
- ・清水千弘, 唐渡広志(2007); 不動産市場の計量経済分析 第2章ヘドニック・アプローチ,朝倉書店
- ・星野崇宏, 岡田謙介(2006); 傾向スコアを用いた共変量調整による因果効果の推定と臨床医学・疫学・
薬学・公衆衛生分野での応用について
- ・川村康人(2015); グリーンビルの供給は市場メカニズムにより達成可能か,三井住友トラスト基礎研究所



内容に関するご質問・データ利用のご希望などありましたら、以下までお問い合わせください。

株式会社ザイマックス不動産総合研究所
Info-rei@xymax.co.jp