特集 不動産ビッグデータと不動産テック【論説】

成約賃料の分散比最大化に基づくオフィスビルのグレード分類手法

A GRADING METHOD FOR OFFICE BUILDINGS BASED ON THE MAXIMIZATION OF VARIANCE RATIO OF CONTRACTED RENTS

Atsushi TAKIZAWA : Osaka City University

Naoki KATOH : Kwansei Gakuin University

瀧澤 重志*

加藤 直樹**

1. はじめに

本論説では、2016年10月に日本建築学会計画系論文集に掲載された論文¹⁾について、着想に至った経緯、技術的な部分の解説、本特集のトピックであるビッグデータとの関連などについて述べる。なお本論文については、共同研究を行った企業による解説²⁾もあるので、興味をもたれた読者は、そちらも参照してほしい。筆者らは、もともと是不動産学が専門ではなく、それぞれ建築情報学(瀧澤)、数理工学や離散アルゴリズム(加藤)が専門である。加藤の個人的なつながりがきっかけで、オフィスビルのプロパティ・マネジメント会社(株)ザイマックスと共同で、ここ10年ほど同企業が保有する様々なデータを、いろいろなアプローチで分析してきた。これらの研究の多くが、業務を通じて実務家が素朴な疑問として抱いたり、不動産データの分析で一般的に扱われるテーマとは異なる問題について、統計や数理工学的な観点から、裏付けや説明を与えたりする研究が多かった。本研究もその一つであり、「オフィスビルのグレードはどのように決まっているか?」という疑問から始まった。

2. オフィスビルのグレード

オフィスビルのグレードは、いくつかの不動産情報を扱う企業から公表されている。少し古い情報になるが、表1に論文執筆時点での各社のグレードとその設定基準を示す。各社それぞれ基準が異なっているが、比較的共通して取り上げられている項目として、対象エリア、延床面積、基準階床面積、築年数がある。一方、建物高さ、竣工年、設備に関する要素は、それらを加味している会社もあればそうでない会社もある。加えてグレードの数も様々ではなく、2分類から4分類のところまである。これらの基準は面積なら広いほうがよいとか、築年数は浅いほうがよいといったような、値と評価の間に単調性がみられる。このように、オフィスビルのグレード分類基準は各社各様であり、どのビルがAグレードでどのビルがBグレードなのかの判断は、分類基準を作った企業の考え方や価値の置き方に依存する部分が大きいに思われる。しかしこれでは、1章の最後で示した疑問に答えたことにならない。

そもそも、このようなグレードは何のために用いられているのだろうか。オフィスビルは、立地、規模、建築・設備内容、賃料などが多様で、それらの市場を平均値だけで推し量ることは難しいた

瀧澤 重志* (たきざわ あつし) 大阪市立大学大学院工学研究科准教授

加藤 直樹** (かとう なおき) 関西学院大学理工学部情報科学科教授

表1 企業によるオフィスビルのグレード分類基準の例^{3)～7)}

	企業1	企業2	企業3	企業4	企業5
グレード	A	A	A B	A B	A A- B
対象エリア	都心5区主要 オフィス街 および周辺 区オフィスビ ル集積地域	---	東京都心5区 ---	東京都心5区 東京都心5区	主要5区 東京23区内 東京23区内
延床面積	10000坪以上	---	30000㎡以上 15000㎡以上	30000㎡以上 5000㎡以上	10000坪以上 7000坪以上 2000坪以上
貸付総面積	---	---	---	---	6500坪以上 4500坪以上 ---
基準階面積	300坪以上	380坪以上	---	1000㎡以上 300㎡以上	500坪以上 250坪以上 200坪以上
築年	15年以内	10年以内	15年未満 25年未満	---	11年未満 --- ---
建物高さ	---	---	---	20階以上 8階以上	---
竣工年	---	---	---	1990年以降 1982年以降	---
新耐震基準	---	---	---	---	---
設備	天井高2.7m以 上、個別空調、 高い耐震、高 い環境性能	---	---	---	---

め、オフィスビルの市場を各グレードで分割し、各セグメントにおける賃料や空室率の統計値を出している。このセグメント分けにグレードが用いられている。したがって賃料や空室率が各セグメント内で大きくばらつかないようなグレード分けが、暗に期待されていると考えられる。

一般に不動産は「近・新・大」の基準でその価値が測られると言われている。経験的に賃料はこれらのグレードと比較的相関関係が高いと考えられる。一方グレードが高いビルでも、空室がなかなか埋まらないといったことはよくあるので、空室率でグレードを評価するのは難しいと思われる。したがって本研究では、賃料によってグレードの分類基準を評価するアプローチをとっている。すなわち、Aグレードのビル群は、Bグレードのビル群よりも、平均して賃料がより高いと強く主張できるようなグレード分類の基準が、より望ましいと考えるのである。

3. グレード分類評価としての賃料の分散比

統計学では、二つの群（本研究では各グレードの物件集合）の平均値が有意に異なるかを検定するのにt検定が、三つ以上の群の場合は分散分析が用いられるが、分散分析は二つの群でも成立するため、論文では一般性のある分散分析で説明し

ている。

F値は式(1)で示すように、群間分散と群内分散と呼ばれる値の比である。

$$F = \frac{\text{群間分散}}{\text{群内分散}} \quad (1)$$

図1は例として2群（本研究でのグレードに相当）AとBに分割された各物件の賃料分布を示したものである。群間分散は、全体の平均値（ μ ）に対する各群の平均値（ μ_A 、 μ_B ）の分散を示し、それらの値が大きいほど各群の賃料が離れていることを示す。一方、群内分散は、各群の賃料の平均値に対する当該群に属する物件の賃料（ $r_1 \sim$

図1 グレードABの賃料分布の例

r_{12}) の分散であり、その値が小さいほど各群の賃料がまとまっていることを示す。したがって、F値が大きいほど同じ群内の物件の賃料がまとまりやすいのと同時に、異なる群間の平均賃料の差が大きいことになり、各群の賃料の分離の程度を評価する指標として使うことができる。

厳密にいうと、分散分析を使用して検定を行うには、観測値に正規性が仮定できることが必要である。しかし本研究は検定を行うわけではなく、あくまでも各群の賃料の分離の程度を示す指標として分散比を使うだけなので、正規性は仮定しない。

いま、群（グレード）の集合を $K = \{A, B\}$ 、全体の物件集合を I 、各グレードの物件集合をそれぞれ I_A, I_B 、物件 $i \in I$ の賃料を r_i と表す。この時、式(1)のF値は次式で数学的に定義される。ここで、 $SSG(A, B)$ はグレードABの群間偏差平方和、 $SSE(A, B)$ は群内偏差平方和、 $|I|$ は集合の要素数とする。式(1)から式(2)の導出の詳細は論文¹⁾を参照してほしい。

$$F(A, B) = \frac{(|I| - 2) \frac{SSG(A, B)}{SSE(A, B)}}{(|I| - 2) \frac{|I_A|(\mu - \mu_A)^2 + |I_B|(\mu - \mu_B)^2}{\sum_{i \in I_A} (r_i - \mu_A)^2 + \sum_{i \in I_B} (r_i - \mu_B)^2}} \quad (2)$$

4. グレード分類問題

前章で各グレードの賃料の分離の程度の良さを分散比の大きさを評価することを説明したので、次は具体的に分散比を最大化するグレードのしきい値を探索する方法について説明する。

表1に示した企業のグレード基準と同様に、ビルの構造属性や立地属性等の属性についてしきい値を定め、それらのしきい値を全て満たすオフィスビルを上位のAグレード、それらを一つでも満たさないものを下位のBグレードとする。ここで定式化を簡単にするため、延床面積のようにその属性値が大きいほどグレードが高いとする。したがって、築年数や最寄駅までの時間等その値が小

さい程グレードが高いと考えられる属性は、事前に元の値に -1 をかけておく。

物件の各属性の集合を J 、物件 i の属性 $j \in J$ の値を a_{ij} 、 T_j を属性 j に関するしきい値の値とする。式(2)で示した分散比を最大化する問題は、式(3)の最大化問題 P として定義できる。1行目は分散比を最大化する目的関数であり、2行目以降は先に述べた制約条件が記述されている。

P : maximize $F(A, B)$

subject to

C1: 物件 i が A グレードならば、そのすべての属性の a_{ij} が T_j 以上を満たす。 (3)

C2: 物件 i が B グレードならば、 T_j 未満となる a_{ij} が少なくとも一つは存在する。

x_i を物件 i が A グレードに該当するとき 1、B グレードに該当するとき 0 をとる 0-1 変数とする。問題 P の C1 の制約条件は、十分に大きな定数 M_1 を導入することにより、式(4)で表すことができる。

$$T_j \leq a_{ij} + M_1(1 - x_i) \text{ for } i \in I, j \in J \quad (4)$$

問題 P は x_i などが整数変数なので、整数計画問題と呼ばれる問題に属する。式(4)のように、ある条件を満たす場合に限って成立する制約などを、十分大きな数を使って表現する整数計画問題の表現方法を big-M 法と呼ぶ。式(4)の制約は、物件 i が A グレードであれば $x_i = 1$ なので、 $T_j \leq a_{ij}$ という制約となって、しきい値が属性値を制約する。一方、 i が B グレードであれば $x_i = 0$ であり、 M_1 が十分大きいので式(4)は実質的に $T_j \leq M_1$ となって a_{ij} の値が関係なくなるので、C1 の意図どおり、 i が A グレードの時にだけ選択的に制約条件が働く。

C2 の制約も同様に十分に大きな値 M_2 を導入することにより、式(5)で表現できる。ここで z_{ij} を、物件 i の各属性 $j \in J$ の値 a_{ij} に関して、 $a_{ij} \geq T_j$ を満たすとき 1、 $a_{ij} < T_j$ であるとき 0 をとる 0-1 変数とする。

$$\sum_{j \in J} z_{ij} \leq (|J| - 1) + M_2 x_i, \quad \text{for } i \in I \quad (5)$$

さらに、前述した z_{ij} の制約を表現するために、追加の制約C3, C4を導入する。

C3: $z_{ij} = 1$ ならば $a_{ij} \geq T_j$ である。

C4: $z_{ij} = 0$ ならば $a_{ij} < T_j$ である。

これらの制約も十分に大きな値 M_3 , M_4 と小さな値 $s(>0)$ を導入することで、C1, C2同様に数学的に表現できる。

以上から式(3)を数学的に定式化すると式(6)となる。

$$\begin{aligned} P: & \text{maximize } F(A, B) \\ & \text{subject to} \\ & T_j \leq a_{ij} + M_1(1 - x_i), \quad \text{for } i \in I, j \in J \\ & \sum_{j \in J} z_{ij} \leq (|J| - 1) + M_2 x_i, \quad \text{for } i \in I \\ & T_j \leq a_{ij} + M_3(1 - z_{ij}), \quad \text{for } i \in I, j \in J \\ & a_{ij} + s \leq T_j + M_4 z_{ij}, \quad \text{for } i \in I, j \in J \\ & x_i \in \{0, 1\}, \quad \text{for } i \in I \\ & z_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \text{for } i \in I, j \in J \\ & T_j \geq 0, \quad \text{for } j \in J \end{aligned} \quad (6)$$

5. 解法

問題 P の目的関数は、式(2)で示したように分数の形となっている。このような問題は分数計画問題と呼ばれ、一般に解くことが難しい。しかし以下のように λ をパラメータとする問題 $P(\lambda)$ に変換すると、解を求めることができるようになる。すなわち、問題 $P(\lambda)$ の最適値を $P^*(\lambda)$, $P^*(\lambda) = 0$ となる λ を λ_0 とすると、問題 P の最適解は問題 $P(\lambda_0)$ の最適解に一致することが知られている⁸⁾。

$$\begin{aligned} P(\lambda): & \text{maximize} \\ & (|I| - 2)SSG(A, B) - \lambda \cdot SSE(A, B) \\ & \text{subject to} \\ & \text{問題 } P \text{ の制約条件} \end{aligned} \quad (7)$$

式(7)の目的関数を、論文¹⁾に記述した方法で式変形を行って単純化すると、最終的に式(8)になる。ここで c は、Aグレードの物件数を表す正の整数のパラメータとする。したがって、 c の値を一つずつ変えながら問題 P' を繰り返し解いた際に、それらの最大値をとるしきい値が、問題 P の解となる。

$$\begin{aligned} P': & \text{maximize } \sum_{i \in I} x_i r_i \\ & \text{subject to} \\ & \text{問題 } P \text{ の制約条件} \\ & \sum_{i \in I} x_i = c \end{aligned} \quad (8)$$

6. 検証の設定

検証のために使用したデータは、東京都23区内に立地する延べ床面積が300坪以上のオフィスビルの、2013年と2014年の基本的な属性の物件データと、精度が保証された成約賃料の各ビルの平均値のデータである。各年のビルの棟数はそれぞれ1422棟、1079棟である。

物件データには、ビルの様々な属性に関する情報が存在するが、本研究では表2に示す属性項目を用いて分析を進めた。得られるしきい値の有効数字が大きいと、基準のわかりやすさが損なわれるので、表2に示すように、各属性の最小単位を設定した。さらに、全部で8つの属性なので、 $2^8 - 1 = 255$ 通りの使用する属性の組み合わせが考えられる。パラメトリック問題 P' を解くことを考えると、すべての組み合わせを試すには、(本研

表2 使用した属性データと最小単位

属性	最小単位
主要五区	あり/なし
最寄駅乗降客数	1000 人
最寄駅徒歩時間	1 分
築年数	1 年
階数	1 階
延床面積	100 坪
基準階床面積	10 坪
天井高さ	50mm

究が卒論時期に行われたこともあり、) 時間がかかってしまう。そこで今回は表1の企業分類を参考に、11通りの属性の組み合わせを試した。最適化のソルバーは、代表的な商用ソルバーの一つであるCPLEX 12.6.2を用いた。

はじめに各年のデータ全体に対して問題P'を解き、最適値が得られるcにおいて、物件集合を2分類する。近年は3分類が標準的であるので、分類された集合のうち、上位グレードのデータのみでさらに分類を行って3分類とし、上位から順にA, B, Cグレードとし、グレードを分類する境界を|で表す。

7. 結果

論文¹⁾では検証のために様々な分析を行っているが、ここでは主要な結果だけを示す。11種類の属性の組み合わせについて解を得た後、しきい値の一般性を評価する為に、そのしきい値を最適化で使った以外の年度データで検証した。その中で分散比が最大となった際の基準を最適グレード分類基準とし、それを表3に、その基準での各グレードの物件数を表4に示す。5種類の属性が選ばれており、企業分類とは値が異なっている。A|Bの分類基準は、強いて言えば企業1の基準にやや近い。図2は、2013年のデータに対して、この結果と表1の企業の分類基準による各グレードの成約賃料の分布を示す。IQR(Q1~Q3の中央値

表3 最適グレード分類基準

分類	主要5区	築年数	延床面積	基準階面積	天井高さ
A C	1	18	1300	90	2650
A B	1	14	8000	520	2800

表4 最適グレード分類基準による物件数

年度	分散比	各グレードの物件数		
		A	B	C
2013	356.9	24	144	1254
2014	355.7	19	136	924

周辺の半数の物件が入る高密度領域)が、提案手法では重なっていないのに対して、2分類の企業1, 2を除いた企業分類では重なっている。

検証の結果、提案手法はグレード間の賃料がより分離するように、物件を分類できていることがわかった。

8. まとめ

本論説では、オフィスビルのグレード分類を統計的な基準に基づき定量的に行う手法と、それを東京23区内のオフィスビル1000~1400棟/年程度のデータを用いて検証をした研究事例について紹介した。

現在の東京23区内において、延床面積が300坪超のオフィスビルの数は8395棟と推計されており⁹⁾、今回はその1/8程度のデータを用いて検証を行った。全棟であれ棟数ベースでみれば、一般

図2 最適グレード分類基準 (左) と企業分類での2013年のデータによる賃料分布

にビッグデータと呼ばれる規模のデータと比較すれば少ない。しかし、本提案手法は複雑な最適化問題を解く必要があり、CPUや汎用ソルバーの性能向上により、ようやく現実的な時間で問題を解くことができるようになってきた。正確に見積もったわけでないが、8000棟超のオフィスビルにおいて、8コア程度のCPUを備えたPCを使ってすべての変数の組みあわせを試した場合、計算が完了するのに1～数日必要だと思われる。しかし本問題はリアルタイム性は不要なので、実用上あまり問題はない。

一方、本研究では考慮できなかった、高い耐震性能や環境性能といった、基準が曖昧だがオフィスビルを特徴づける重要なデータは潜在的にはたくさんありうる。関連して、今回は評価に2年分のデータしか使っていないが、分類基準は毎年変えるような類のものではなく、数年間は一定の基準を使うであろう。そのためには基準の安定性をより厳密に評価することが必要で、それには同一ビルの長期間のデータが必要になる。オフィスビルのデータは管理会社が保有していることが多いが、管理契約が切れてしまうと、社内でのデータの蓄積も途絶えてしまう。当該分野のビッグデータの利活用を考えると、企業を超えたデータ共有の仕組みが必要ではないかと、研究者としては思う。

ビッグデータの時代と言われているが、不動産（それに建築）分野では、使えるデータの種類や時間方向も含んだ網羅性が、まだまだ不足していると感じる。こうした多様なデータを、できるだけコストをかけずに網羅的に集め、速やかに分析に使えるようにする仕組みづくりが、新たな分析手法の開発と合わせて、当該分野におけるデータ分析の有用性や説得力を増すために必要であろう。

謝辞

データ提供に加え、研究の発端や多くのアドバイスを頂

いた、(株) ザイマックス不動産研究所の皆様に感謝いたします。また本研究の主な部分は、研究当時京都大学工学部4年生の池上純代さんの卒業として実施されたものです。

参考文献

- 1) 瀧澤重志, 池上純代, 加藤直樹: 成約賃料の分散比最大化に基づくオフィスビルのグレード分類手法に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 81(728), pp.2259-2268, 2016.10.
- 2) 中山善夫, 山方俊彦: 第6回オフィスビルのクラス分けに関する考察～京都大学加藤研究室との共同研究から: Practical Study & Research, ARES不動産証券化ジャーナル, Vol.27, pp.37-44, 2015.10.
- 3) CBRE: CBREオフィス空室率・平均賃料速報(2014年7月期), 2014, http://www.cbre.co.jp/JP/aboutus/mediacentre/mediaarchives/PressRelease/CBREPressRelease140807_JP.pdf(2015.8.30確認)
- 4) 三幸エステート株式会社: Aクラスビル成約ベース賃料, RENTDATA2014オフィスレントデータ, 2014.
- 5) Savills: プリーフィング オフィス市場2014年第1四半期, 2014, <http://pdf.savills.asia/asia-pacific-research/japan-research/japan-office/jp-office-ql-2014-j.pdf>(2015.8.30確認)
- 6) Cushman & Wakefield: グレードAオフィスへの需要は健全—2014年第三四半期オフィス・レポート, 2014, <http://www.cushmanwakefield.jp/ja-jp/news/2014/10/tokyo-office-3q2014/>(2015.8.30確認)
- 7) Jones Lang Lasalle: 東京Bグレードオフィス 注目すべき投資セクター, 2013.8, http://www.joneslanglasalle.co.jp/japan/ja-jp/Documents/Tokyo%20B%20Grade/JLL_TokyoBGrade_Aug2013_J.pdf(2015.8.30確認)
- 8) T. Ibaraki: Solving mathematical programming problems with fractional objective functions, Generalized Concavity in Optimization and Economics, pp.441-472, 1981.
- 9) ザイマックス総研: 【東京23区】オフィス新規供給量2017・オフィスピラミッド2017, https://soken.xymax.co.jp/2016/12/26/1612-office_new_supply_stock_pyramid_tokyo_2017/ (2017.4.28確認)