

神戸大学大学院 学生員○寺嶋大輔

神戸大学工学部 正会員 富田安夫

神戸大学大学院 学生員 宮本泰宏

1. はじめに

市街地再開発事業や密集市街地における共同建替事業などを評価する場合、都市計画的な指標や周辺への波及などといった様々な指標が存在するが、その中でも重要となるのは、建物のキャッシュフローに基づいた事業採算性の評価である。キャッシュフロー評価においては、将来のリスクを考慮することが重要であり、1つの建物を建設する場合のキャッシュフロー評価に関しては、金融工学的な手法を用いた研究が行われつつある。例えば、刈屋¹⁾は商業用不動産のキャッシュフロー評価において、地代プロセスやテナントの滞在期間や空室期間が確率変動することを前提とした定式化を行った。更に川口²⁾は建物の開発タイミングを考慮した複合オプションとして、不動産開発の計画・建設・経営の一連のプロセスのキャッシュフローを定式化した。しかしながら、面的開発を行う場合、開発区域内に複数の建物が計画され、また、それらが段階的に、かつ計画変更の柔軟性を持って整備されることもしばしば行われている。そのため、これらの事業を評価する場合は、複数の建物群の段階的な整備とそれに伴う計画の柔軟性を評価する必要がある。そこで、本研究では、将来のリスクを考慮した複数の建物を建設する場合のキャッシュフロー評価を試みる。

2. モデル

(1) 考え方

本研究では、ある敷地に建設しようとする複数の建物に関し、ある一定期間の間にテナントから得られる賃料に基づいたキャッシュフローを求めるモデルを定式化する。本モデルでは、事業主体は、市場賃料、テナント滞在期間、テナント探索期間といった不確実な要素の下で、建物の規模と建設時期の最適化を行うものとする。

(2) 前提条件

本研究では、便宜上、計画中の建物は2棟のみと仮定し、これらの建物の段階的建設について考える。モデルの定式化にあたり、以下の仮定を置く。①建築面積は与件とする。②テナントあたりの広さを与件とする。③テナントとの契約において、敷金、礼金、保証金および契約更新手数料は考慮しない。④空室期間中は入居者の探索を行うものとし、探索費用を考慮する。⑤分析時間単位を1ヶ月とし、離散的に扱う。⑥賃料は市場賃料とする。ただし自らの開発行為が市場賃料に影響を及ぼさないものとする。

(3) 定式化

(a) キャッシュフローの現在価値を最大化する建物規模と建設時期の定式化

事業主体は、第一の建物を建設時期を第 N_0 期から第 N_s 期までの間で選択できるものとする、建設時期オプションはアメリカンオプションとして捉えることができ、建設時期と規模を考慮したオプション価値は、以下の式で表される。

$$F_1(N_0) = \max_{0 \leq h_1 \leq h} \max_{N_0 \leq n_{s1} \leq N_s} e^{-rN_0} E^* \left\{ \max \{ h_1 \cdot P(n_{s1}) - C_b(h_1), 0 \} / e^{-rN_s} \right\} \quad (1)$$

また、第二の建物は、第一の建物建設以降に建てるものと考え、(1)式と同様に、

$$F_2(n_{s1}) = \max_{0 \leq h_2 \leq h} \max_{n_{s1} \leq n_{s2} \leq N_s} e^{-rn_{s1}} E^* \left\{ \max \{ h_2 \cdot P(n_{s2}) - C_b(h_2), 0 \} / e^{-rN_s} \right\} \quad (2)$$

ここで、 F_m ：第 m 建物のキャッシュフローの現在価値、 h_m ：第 m 建物の建物規模（室数）、 h' ：建物規模の上限、 n_{sm} ：第 m 建物の建設時期、 N_s ：最遅建設時期、 $E^*\{\}$ ：確率測度 Q^* の下での0時点の期待値オペレータ（ただし、 Q^* はオプション価値を求めるために必要となる確率測度 Q のリスク中立確率測度である。）、 $P(n_{sm})$ ： n_{sm} 時点で建設を行った場合の1室あたりキャッシュフローの現在価値、 $C_b(h_m)$ ：建設費、 r ：安全資産利子率

上定中のキャッシュフローの現在価値 ($P(n_{sm})$) を計算するにあたっては、賃料の時間的変化のプロセス、テナントの滞在期間、テナントの探索期間の不確実性をモデル化する必要があり、以下ではこれらを定式化している。

(b) 不確実性要因の定式化

①市場賃料

賃料の時間的変化のプロセスとして、ここでは対数 DD モデルを仮定する。

$$\tilde{X}(n) = \tilde{X}(n-1) \exp(\mu_{n-1}h + \sigma_{n-1}\sqrt{h}\varepsilon_n) \quad (3)$$

ここで、 $\tilde{X}(n)$: n 時点での市場賃料、 μ_{n-1} : ドリフト項、 σ_{n-1} : ボラティリティ項、 h : 時間間隔 (年)、 ε_n : 標準正規分布

②テナント滞在期間

滞在期間の確率分布の定式化にあたっては、刈屋¹⁾と同様に次式を用いる。この式は、契約期間満期まで滞する確率が最も高く、滞在期間短くなるにつれ、指数関数的に確率が通減することを表したものである。

$$P_{m,n}(K_i = k) = q(T_{i-1})^{A+I-k}, \quad P_{m,n}(K_i = B) = 1 - \sum_{k=2}^A q(T_{i-1})^{A+I-k} \quad (4)$$

ここで、 $P_{m,n}(K_i = k)$: 第 m 建物の第 n 室の第 i 代テナントの滞在期間が k である確率、 T_{i-1} : 第 $i-1$ 代テナントの退出後の空室期間終了時点、 B : 契約延長、 $q(\cdot)$: 滞在期間確率の基準 (契約期間 A ヶ月で契約を解除する確率)

上式中における $q(\cdot)$ の定式化については、例えば、以下のように表すことができる。

$$q(T_{i-1}) \equiv \exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j + c_1 T_{i-1} + c_2 (\tilde{X}(T_{i-1} + A) - \tilde{X}(T_{i-1} + 1))\right) \left/ \left[1 + \exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j + c_1 T_{i-1} + c_2 (\tilde{X}(T_{i-1} + A) - \tilde{X}(T_{i-1} + 1))\right) \right] \right. \quad (5)$$

ここで、 b_0, c_1, c_2 : パラメータ、 J_i : 第 i 代テナント退出後の空室期間

上式中の $\sum_{j=1}^{i-1} J_j$ はこれまでの空室期間の総和を意味しており、空室期間が長いほど、契約解除の確率が高くなることを表している。また、 T_{i-1} は築年数を、 $\tilde{X}(T_{i-1} + A) - \tilde{X}(T_{i-1} + 1)$ は現在の契約賃料と契約更新時点での市場賃料の差をそれぞれ表している。

③テナント探索期間

テナントの探索期間とは、テナント退出後、次のテナント入居までの期間である。テナント探索期間の確率分布は次式を用いる。この式は、探索期間の最頻値が与えられた場合に、それよりも探索期間が短くなる、もしくは長くなるに従って、探索期間の出現確率は通減することを、負の二項分布によって表したものであり、この分布は、探索期間中の空室総数、賃料、空室期間、過去の空室期間などの要因に依存している。

$$P_{m,n}(J_i = j) = \binom{j+\alpha-1}{j} \left(1 - \frac{p_i}{S_n}\right)^\alpha \left(\frac{p_i}{S_n}\right)^j, \quad p_i \equiv \exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j + b_1 \tilde{X}(n-1)\right) \left/ \left[1 + \exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j + b_1 \tilde{X}(n-1)\right) \right] \right. \quad (6)$$

ここで、 $P_{m,n}(J_i = j)$: 第 m 建物の第 n 室の第 i 代テナント退出後、空室期間が j である確率、 α : 探索期間として最も多く起こりうる期間、 S_n : 第 n 期目における空室数、 J_i : 第 i 代テナント退出後の空室期間、 $\tilde{X}(n-1)$: 第 $n-1$ 期における市場賃料、 p_i : テナント候補者が当該物件への入居を検討する確率の

4. おわりに

本研究では、段階的な開発を考慮した市街地再開発事業のキャッシュフロー評価モデルの定式化を試みた。このモデルはモンテカルロシミュレーションによって分析される。計算結果については発表時に説明する。

【参考文献】

- 刈屋：不動産収益還元価値評価モデルと賃料キャッシュフローのリスク分析法 ― 商業用不動産リアルオプション価値評価法一、第1回日本不動産金融工学学会発表講演会、2001
- 川口：不動産開発事業評価のためのダイナミック DCF 法とリアルオプション評価モデル、第2回日本不動産金融工学学会発表講演会、2002