

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の試み

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、事業採算性の評価である。これは建設された建物のキャッシュフローに基づいて評価する。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・経営段階を含めた、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構築する。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考ええる。

(2) 前提条件

本研究では、議論の単純化のため、ある敷地における2棟の建物完成後の運営段階のキャッシュフローに

ついでのみ考える。モデルの定式化にあたり、以下の仮定を置く。①全ての建物の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すことはないものとする。

(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、第一の建物の建設時期を第 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タイプの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。

$$F_1(N_0) = \max_{0 \leq h_1 \leq h} \max_{N_0 \leq n_{m-1}^s \leq N_s} e^{-rN_0} E^* \left\{ \frac{\max\{h_1 \cdot P(n_1^s) - C_b(h_1), 0\}}{e^{-rN_s}} \right\} \quad (1)$$

また、第 m の建物は、第 $m-1$ の建物建設以降に建てる考えると、(1)式と同様に、

$$F_m(n_{m-1}^s) = \max_{0 \leq h_m \leq h} \max_{n_{m-1}^s \leq n_m^s \leq N_s} e^{-rn_{m-1}^s} E^* \left\{ \frac{\max\{h_m \cdot P(n_m^s) - C_b(h_m), 0\}}{e^{-rN_s}} \right\} \quad (2)$$

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、 Q^* はオプション価値を求めるために必要である裁定機会の排除のために、賃料の確率測度 Q を適当に変換し、マルチンゲール性を持たせた確率測度。 $P(n_{sm})$ ： 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

上式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

キーワード 地域・都市計画、プロジェクト評価、不確実性

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学工学部建設学科 Phone 078-803-6014

をモデル化する必要があり、以下ではこれを定式化している。

（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在する確率が最も高く、滞在期間が短くなるにつれ、指数関数的に確率が逓減することを表したものである。

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

$$P_{m,n}(K_i^{m,n} = B) = 1 - \sum_{k=2}^A q(T_{i-1}^{m,n})^{A+1-k} \quad (5)$$

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、 $T_{i-1}^{m,n}$ ：第 m 建物の第 n 室の第 $i-1$ 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）

上式中の $q(\cdot)$ の定式化については、例えば、以下のよう表すことができる。

$$q(T_{i-1}^{m,n}) = \frac{\exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j^{m,n} + c_1 T_{i-1}^{m,n} + c_2 (\tilde{X}(T_{i-1}^{m,n} + A) - \tilde{X}(T_{i-1}^{m,n} + 1))\right)}{1 + \exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j^{m,n} + c_1 T_{i-1}^{m,n} + c_2 (\tilde{X}(T_{i-1}^{m,n} + A) - \tilde{X}(T_{i-1}^{m,n} + 1))\right)} \quad (6)$$

ここで、 b_0, c_1, c_2 ：パラメータ、 $J_i^{m,n}$ ：第 m 建物の第 n 室の第 i 代テナント退出後の空室期間

$\sum_{j=1}^{i-1} J_j^{m,n}$ 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、 $T_{i-1}^{m,n}$ は築年数を、 $\tilde{X}(T_{i-1}^{m,n} + A) - \tilde{X}(T_{i-1}^{m,n} + 1)$ 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を与えられた場合に、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逓減することを、負の二項分布によって表したものである。

る。

$$P_{m,n}(J_j^{m,n} = j) = \binom{j+\alpha-1}{j} \left(1 - \frac{p_i^{m,n}}{S_n}\right)^\alpha \left(\frac{p_i^{m,n}}{S_n}\right)^j \quad (7)$$

$$p_i^{m,n} \equiv \frac{\exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j^{m,n} + b_1 \tilde{X}(n-1)\right)}{1 + \exp\left(b_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j^{m,n} + b_1 \tilde{X}(n-1)\right)} \quad (8)$$

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、 $J_i^{m,n}$ ：第 m 建物の第 n 室の第 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

4. 計算方法

その他の式は刈屋(2001)に準拠するものとする。この問題は行使時点以降の賃料プロセスおよびテナントの滞在期間、空室期間の確率変動によって、収益が決まるオプションである。このオプション価値を解析的に求めるのは難しいため、モンテカルロシミュレーションを用いた数値解法によって、これを求める。本研究ではアメリカンオプションの数値解法の1つである、Least-Square Approach を用いる。この方法は、オプション行使可能期間中のある時点の価格と、オプションを行使せず、次の期以降に持ち越したときの、持ち越しの価値との関係式をあらかじめ求めておくことで、モンテカルロシミュレーションにおいて、賃料を与えたときに、オプションを行使するかどうかの判断を行うことが可能となる。

5. 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。計算結果については発表時に説明する。

【参考文献】

- 1) 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 —、第1回日本不動産金融工学会発表講演会、2001
- 2) 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会発表講演会、2002