〔論文〕

段階的建設オプションを考慮した市街地再開発事業の
リアルオプションの評価手法Cash-flow Evaluation Method for Urban Redevelopment Project
Including Real Option of Multiple Staged ConstructionsDaisuke TERASHIMA : Graduate school of Science and Technology,
Kobe University

寺嶋 大輔*

Yasuo TOMITA : Graduate school of Science and Technology, Kobe University 富田 安夫**

In Japan, land price would not be expected to rise rapidly as before. Therefore, the value of urban redevelopment projects would depend on cash-flow of income gain more than capital gain. The value of income gain would be so sensitive to uncertainty such as floor rent and vacancy rate etc. In addition, recent researches indicate that flexibility of decision making on projects, which is called real option, should be considered in project evaluation. Kariya (2001) and Kawaguchi (2002) developed evaluation methods for real estate projects including uncertainty and real option. Kariya (2001) developed standard method considering uncertainties of floor rent and vacancy rate on building usage stage, and Kawaguchi (2002) expanded it to evaluate various uncertainties on from project planning stage to building usage stage. In this study, we expand those methods of Kariya (2001) and Kawaguchi (2002) as to evaluate urban redevelopment project including real option of multiple staged constructions which can be found in real world. Then the calculation method is presented using Dynamic Discount Cash Flow Method. Finally in application the usefulness and feature of the method are proved.

keywords : Project Evaluation, Real Option, Multiple Staged Constructions, Dynamic Discount Cash Flow Method

プロジェクト評価, リアルオプション, 多段階建設, 動的割引キャッシュフロー法

1. はじめに

わが国における市街地再開発事業の評価にあたっては、今後、大きな地価の値上がりによるキャピタルゲインを期待できないことから、その収益性は家賃・地代収入などのインカムゲインが大きな割合を占めるものと思われる。しかし、このインカムゲインには、不確実性が含まれてきており、

この不確実性の精緻な評価が求められる。

また、このような事業の不確実性への対応として、事業計画・建設・運営段階における柔軟な意思決定がなされるようになってきている。この柔軟性が有する価値（リアルオプション価値¹⁾）の評価を怠ることは、事業価値を大きく過小評価することにもなりかねない。

このような背景から、刈屋 (2001)²⁾や川口

寺嶋大輔* (てらしま だすけ) 正会員・神戸大学大学院自然科学研究科地球環境科学専攻
富田安夫** (とみた やすお) 正会員・神戸大学大学院自然科学研究科助教授

(2002)³⁾は、不確実性および柔軟性を考慮した事業評価手法として、金融工学分野において用いられている動的割引キャッシュフロー法 (Dynamic Discount Cash Flow, 以下DDCF法) を活用したモデルを提案している。刈屋は、事業の運営段階のみに着目し、家賃および空室リスクを考慮した事業評価モデルを開発し、売却オプションを考慮した事業評価への拡張も行っている。また、川口は、刈屋のモデルを拡張して、計画・建設・運営段階のすべてを考慮したモデルを提案するとともに、この中で建物の開発タイミングオプションと工期短縮オプション、売却オプションについての評価も行っている。これらのモデルは、さまざまな不確実性を含む複雑な問題に対しても適用可能であり、有用性が極めて高いと考えられる。しかし、建設段階において、建物が同時に建設されることを前提にしており、段階的建設についてのオプションについては考慮していないことから、拡張の余地が残されている。現実の事業を考えると、需要変動への対応や、投資財源の制約などのために、しばしば、段階的な建設もなされており、このような柔軟性のもつ事業価値の評価も重要であると考えられる。

そこで、本研究では、刈屋および川口のモデルを、複数の建物を段階的に建設するオプション(段階的建設オプション)を含む事業評価モデルへと拡張している。

なお、本研究で対象とする市街地再開発事業の用途は、住宅用途に限定している。これは、複合用途を扱う場合には用途間の相互作用効果をもモデル化することが必要となりモデルが複雑化するためである。

以下では、まず、第2節において、刈屋および川口のモデルを紹介し、このモデルを段階的建設オプションを考慮したモデルへと拡張する。第3節ではモデルの計算方法を示し、第4節では適用例を通してモデルの有効性を検討する。

2. リアルオプションアプローチによる市街地再開発事業の事業評価モデル

(1)動的割引キャッシュフロー法 (DDCF法) の考え方

本研究のモデルは、刈屋および川口のモデルと同様、DDCF法を用いており、この考え方を以下に示す。刈屋⁴⁾によれば、DDCF法とは、複数期間のキャッシュフローに含まれる不確実性の要因を抽出し、これらの要因を確率モデルとして表現した後、モンテカルロシミュレーションによって、キャッシュフローの確率変動過程をシミュレートして、各バスの現在価値を計算することによって、事業の収益還元価値の確率分布を求める方法である。この方法の特徴は、複数の確率モデルによって合成された複雑な確率過程の場合にも適用可能であり、極めて柔軟性が高いことである。

本研究では、建物のキャッシュフローに含まれる不確実性として、家賃変動リスクと空室リスクを仮定する。また、意思決定の柔軟性 (リアル・オプション) として、段階的建設オプションを扱っている。

以下では、まず、(2)においてオプションのない場合の事業価値評価モデルを紹介し、これを踏まえて、(3)ではオプションのある場合のモデルを提案する。

(2)オプションのない場合

本節では、オプションのない場合の事業価値評価モデルとして刈屋のモデルを紹介する。以下では、まず、事業収益から建設費用を差し引いたものとして事業価値を定式化し、次に、家賃および空室に関わる不確実性を含む事業収益を、最後に、各不確実性要因の確率モデルを定式化する。

①事業価値の定式化

事業価値は、図1に示すように建物の事業収益から建設費用を差し引いた値として定義する。事

業収益は建設規模に比例するものと仮定する。一方、建設費は、建設規模に対して通増的な費用関数を仮定する。以上のように仮定すると、事業価値が最大となる建設規模が決定することになる。このような関係を、事業収益に含まれる不確実性を考慮して定式化したものが(1)式である。なお、(1.c)式はCES型の生産関数の逆関数である。また、第 m 建物の事業価値($Q_m(ns_m)$)が負の場合には第 m 建物は建設されないものと仮定している。

図1 事業収益、建設費、事業価値の関係

$$\bar{F} = E \left[\sum_m e^{-r \cdot ns_m} Q_m(ns_m) \right] \quad (1.a)$$

where

$$Q_m(ns_m) = \max_{h_m} [h_m \cdot p_m(ns_m) - C(h_m)] \quad (1.b)$$

$$C(h_m) = C_y \cdot \left(\frac{h_m^{-\eta} - \alpha^{-\eta}}{1 - \alpha} \right)^{\frac{1}{\eta}} \quad (1.c)$$

ただし $Q_m(ns_m) \leq 0$ のとき $h_m = 0$, $C(h_m) = 0$

ここで、 $\bar{F}$: 事業価値 (現在価値), m : 建物番号, r : 安全資産収益率 (年利), ns_m : 第 m 建物の開発タイミング, $Q_m(ns_m)$: 第 m 建物の事業価値 (ns_m 時点価値), h_m : 建物規模 (戸数), $p_m(ns_m)$: 第 m 建物の一戸あたり事業収益 (ns_m 時点価値), $C(h_m)$: 建設費 (ns_m 時点価格), C_y : 建設資材価格 (ns_m 時点価格), α, η : パラメータ ($\alpha = [0, 1]$)

②不確実性を含む事業収益の定式化

(1)式における事業収益 ($p_m(ns_m)$) には、不確実性として、a) 家賃, b) 入居者の滞在期間, c) 空室期間, の3つの要因が含まれているものと仮定し、事業価値を(2)式のように定式化する。(2.a)式において、[] 内の第1項は空室期間中の入居者探索費用であり、第2項は入居期間中の賃貸収入を意味している。

なお、(2)式は一戸あたりの事業価値を表しており、事業全体としては、これに建物規模 (戸数) を乗じる必要がある。また、(2)式中の変数の説明においては、ある入居者の入居から退去までを、便宜上、1つの「世代」と呼んでいる。

$$p_m(ns_m) = \sum_{i=1}^{I^*} \left[-s \sum_{j=1}^{J_i^m} D_m(T_{i-1}^m + j) + Z_m(i) \sum_{k=1}^{K_i^m} D_m(T_{i-1}^m + J_i^m + k) \right] - bT_{I^*} \quad (2.a)$$

$$\text{where } T_{i-1}^m = \sum_{j=1}^{i-1} (J_j^m + K_j^m) \quad (2.b)$$

ここで、 i : 入居者の代数, I^* : 計算期間内に1戸に入居する入居者数, $Z_m(i)$: 第 i 代入居者の家賃, b : 1期間あたり維持管理費用, s : 空室期間中の探索費用, J_i^m : 第 $i-1$ 代入居者退去後、第 i 代入居者が入居するまでの空室期間, K_i^m : 第 i 代入居者の入居期間, T_{i-1}^m : 第 m 建物完成後、第 $i-1$ 代入居者の退去までの期間, $D_m(\cdot)$: ns_m 時点価値を求めるための割引因子, j : 空室期間 J_i^m のうちの j カ月目, k : 入居期間 K_i^m のうちの k カ月目

(2)式中の家賃 $Z_m(i)$: は、契約時点における市場賃料とし決定し、契約期間中は一定であるものと仮定する。このことを示したものが(3)式である。なお、市場賃料については、③a) で説明する市場賃料の確率モデルによって与える。

$$Z_m(i) = X(ns_m + nc_m + T_{i-1}^m + J_i^m + 1) \quad (3)$$

ここで、 $X(t)$: t 時点における市場賃料, nc_m : 第 m 建物の工期, $ns_m + nc_m + T_{i-1}^m + J_i^m + 1$: 現在時点 (0時点) から数えた第 i 代入居者の入居時点

③不確実性要因のモデル化

上述の3つの不確実性要因、a) 市場賃料(家賃)、b) 入居者の滞在期間、c) 空室期間、の確率モデルは以下のとおりである。

a) 市場賃料 (家賃)

本研究では、土地賃貸料及び床賃貸料を合わせたものを市場賃料として定義し、需要量および供給量が、社会経済的要因等によって確率的に変動する結果として、市場賃料が確率変動するものと考えている。本研究ではこのような市場賃料の時間的変化のプロセスとして、(4)式に示す対数離散時間拡散モデル(対数DDモデル)²⁾を仮定する。ただし、この賃料モデルには、当該市街地整備がもたらす賃料市場への影響や開発による外部性については含まれていないため、このような影響が顕著な場合には、都市経済学における既存モデルを用いて、別途、予測することが必要となるが、本研究では、これらの影響要因については対象外とする。

$$X(t) = X(t-1) \exp(\mu_{t-1} \Delta t + \sigma_{t-1} \sqrt{\Delta t} \varepsilon_t) \quad (4)$$

ここで、 $X(t)$: t 時点における市場賃料 μ_{t-1} : ドリフト(金利)、 σ_{t-1} : ボラティリティ、 ε_t : 標準正規分布

上式中のボラティリティ σ_{t-1} は、一定とする($\sigma_{t-1} = \sigma$)。また、ドリフトは過去の賃料変化に応じて変化するものと考え、次式に示す指数平滑モデルを用いて推計する。

$$\mu_{t-1} = \phi \{ \log(X(t-1)/X(t-2)) \} + (1-\phi) \mu_{t-2} \quad (5)$$

上式中の ϕ はドリフトに対する過去2期間の賃料変化の寄与度を示し、 ϕ が大きいほどドリフトの変動が大きくなる(ただし、 $\phi = [0,1]$)。

b) 入居者の滞在期間

本研究では、契約期間満期以前での退出(契約解除)はないものと仮定し、契約期間満期において入居者が退出するか、もしくは、契約更新を行って入居し続けるかの選択確率を次式のロジット式によって与える。この式では、退出確率(PD_i^m)の説明変数として、過去の空室期間($\sum_{j=1}^i J_j^m$)、建物

の築年数(T_i^m)、契約更新後の家賃の現在の家賃からの値上げ幅($Z_m(i+1) - Z_m(i)$)を用いている。

$$PD_i^m = \frac{\exp \left(\beta_0 \sum_{j=1}^i J_j^m + \beta_1 T_i^m + \beta_2 (Z_m(i+1) - Z_m(i)) \right)}{1 + \exp \left(\beta_0 \sum_{j=1}^i J_j^m + \beta_1 T_i^m + \beta_2 (Z_m(i+1) - Z_m(i)) \right)} \quad (6)$$

ここで、 PD_i^m : 第 m 建物、第 i 代入居者が契約期間満期で退出する確率、 $\beta_0, \beta_1, \beta_2$: パラメータ

c) 空室期間

空室期間とは、入居者が退出した後、次の入居者が入居するまでの期間である。次の入居者を見つけるまでに平均 τ カ月要するものと仮定し、空室期間が j カ月である確率を、次式に示す負の二項分布によって与える。

$$PV(J_i^m = j) = {}_{j+\tau-1}C_j (1-q_i^m)^{\tau} (q_i^m)^j \quad (7)$$

ここで $PV(J_i^m = j)$: 第 m 建物、第 i 代目入居者を見つけるまでの空室期間が j カ月である確率、 q_i^m : 1 カ月間で第 m 建物、第 i 代目入居者の入居者が見つかる確率

なお、上式中の変数 q_i^m は、過去の空室期間($\sum_{j=1}^i J_j^m$)、建物の築年数(T_{i-1}^m)、市場賃料($X(\cdot)$)を説明変数とする次式のロジット式によって与える。

$$q_i^m = \frac{\exp \left(\gamma_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j^m + \gamma_1 (T_{i-1}^m) + \gamma_2 X(ns_m + nc_m + T_{i-1}^m + 1) \right)}{1 + \exp \left(\gamma_0 \sum_{j=1}^{i-1} J_j^m + \gamma_1 (T_{i-1}^m) + \gamma_2 X(ns_m + nc_m + T_{i-1}^m + 1) \right)} \quad (8)$$

ここで、 $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2$: パラメータ

(3) オプションのある場合

①前提条件及び考え方

段階的開発オプションは、複数の区画に段階的に開発するオプションのことである。このオプションが有効となる状況としては、①大量の住宅供給が賃料および空室率に及ぼす影響が不確実な場合、②大量の住宅供給が建設資材価格に及ぼす影響が不確実な場合、③不確実性下において不可逆な意思決定を一度に行うことが大きなリスクを

伴う場合、などであるが、①、②については、当該開発のみならず、当該開発を取り巻く市場のモデル化が必要となるため、本研究の対象外とし、③に限定して段階建設オプションの価値を求める。

段階建設にあたっては、インフラ整備などの都合のため、それぞれの区画に無秩序に建設されることは稀であり、開発順序を事前に仮定することが可能である。このように、建物間の開発タイミングに関連性がある場合、段階的開発オプションは、各建物の開発タイミングオプションの複合オプションとなる。複合オプションを持つ事業価値の定式化にあたっては、動的計画法の考え方（後退法）に基づいて、時間的に最後の建物から順に、後退的に事業価値を定式化していくことが必要である。以下では、この考え方に基いて事業価値を定式化する。

②定式化

今、 M 個の区画があり、そこに開発順序が設定されている場合を考える。最後に建設される第 M 番目の建物（第 M 建物）の事業価値は、開発タイミングオプションの行使可能範囲の中で実現可能な事業価値の期待値の最大値である。これを定式化すると、(9)式のようになる。

$$F_M(ns_{M-1}) = \max_{ns_{M-1} \leq ns_M \leq ns^I} E^* \left[\frac{Q_M(ns_M)}{e^{r \cdot (ns_M - ns_{M-1})}} \right] \quad (9)$$

ここで、 $F_M(t)$ ：第 M 建物の t 時点以降における事業価値の最大値の期待値（ t 時点価値）、 $E^*[\cdot]$ ：リスク中立確率による期待値、 ns_M ：第 M 建物の開発タイミング、 ns_{M-1} ：第 $M-1$ 建物の開発タイミング（(10)式）の中で求められる値）、 ns^I ：最も遅い開発タイミング（外生値）、 $Q_M(ns_M)$ ：開発タイミングが ns_M である場合の第 M 建物全体の事業価値（(1.b)式参照）

次に、 $M-1$ 番目以降の建物の事業価値の和 F_{M-1} は、 $M-1$ 番目の建物の事業価値 $Q_{M-1}(ns_{M-1})$ と、 M 番目以降（この段階では M 番目のみ）の建物の事業価値 F_M の合計であり、これを第 $M-1$ 番目建物の建設可能な期間内で、その期待値を最大化したも

のが次式である。

$$F_{M-1}(ns_{M-2}) = \max_{ns_{M-2} \leq ns_{M-1} \leq ns^I} E^* \left[\frac{Q_{M-1}(ns_{M-1}) + F_M(ns_{M-1})}{e^{r \cdot (ns_{M-1} - ns_{M-2})}} \right] \quad (10)$$

このようにして計算された F_m は、第 m 建物以降のすべての建物の事業価値の総和の期待値の最大値を表すことになる。

以上のような手続きを、第 M 番目の建物から第1番目の建物まで遡って繰り返すことによって、すべての建物の段階的建設オプションを含む事業価値 F は次式として与えられる。

$$F = F_1(0) = \max_{0 \leq ns_1 \leq ns^I} E^* \left[\frac{Q_1(ns_1) + F_2(ns_1)}{e^{r \cdot ns_1}} \right] \quad (11)$$

3. 計算方法

(1)オプションのない場合

オプションのない場合の事業価値は、DDCF法によって、その期待値および確率分布を求めることができる。

(2)オプションのある場合

2. (3)の定式化に従えば、段階的建設オプションを考慮した事業価値は、動的計画法の考え方にしたがって後退的に計算する必要がある。しかし、DDCF法によってモンテカルロ・シミュレーションを用いる場合には、前進的に計算を行わざるを得ない。

このような問題を回避する方法として、いくつかの方法^{5,6)}が提案されているが、本研究では、Longstaff and Schwartz⁷⁾の最小二乗法による方法を用いる。この方法は、 t 時点において、オプションを行使しなかった場合の待機価値（ $(e^{-r\Delta t} F_m(t+1))$ ）すなわち、 $t+1$ 時点以降における事業価値の最大値の期待値、を求めるための推計式を、事前のモンテカルロシミュレーションによる推計結果を用いて求めておく手法である。待機価値は、当該時点における市場賃料（ $X(t)$ ）が高いほど、将来において高い事業価値が得られ

る可能性も高く待機価値は高くなることから、待機価値と市場賃料の関係式を各時点ごとに最小二乗法によって推計する。(なお、待機価値は、1戸あたりの待機価値を表していること、また、1戸あたりの待機価値(および事業収益)は建設規模によらず一定であると仮定していることから、建設規模の関数とはならない。)

実際のシミュレーションにおいては、この推計式より求められる待機価値($(e^{-r\Delta t} F_m(t+1))$)と、第 m 建物を建設するというオプションの行使価値($(Q_m(t)+F_m+1(t))$)とを比較して、行使価値が上回る場合には、オプションを行使するものとする。

4. 適用例

(1)前提条件の設定

本節では、仮想事例に基づいて、モデルの有効性の検討を行う。この事例では、2段階の段階建設を仮定する。オプションがある場合には建設規模の上限を100戸(10階建て、各階10戸)とした。計算期間としては40年間とし、開発タイミングオプションは最初の5年間に以内に行使されるものとした。計算の時間間隔は1カ月である。なお、モデルのパラメータの詳細を表1に示す。

オプション価値の計算にあたっては、通常、リスク中立確率を用いる必要があるが、本モデルのような複数の確率モデルを組み合わせた複雑な確率プロセスの場合には、リスク中立確率を解析的に求めることが困難である。そこで、事象確率をそのまま用いている。事象確率を用いた場合の収益還元価値の平均値は、オプション価値の期待値を正確には示していないが、この点に留意して用いるならば、得られた平均値や確率分布自体が、リスク管理にあたっての貴重な情報を示している⁸⁾。

(2)ケース設定

本節では、段階的建設オプションの効果を捉えるため、以下の3つのケースを設定する。

ケース1：オプションが存在せず計画が確定的である場合

ケース2：開発タイミングオプションの行使機会が1回の場合(全建物を同時に建設する場合)

ケース3：開発タイミングオプションの行使機会が2回の場合(段階的に建設する場合)

このうち、ケース3が、本研究で提案したモデルに該当する。

表1 前提条件およびモデルパラメータの設定

	変数	値もしくは内容
市場条件	計算期間	40年
	時間間隔(Δt)	1ヶ月
	安全資産利子率(r)	6%
	初期市場賃料($\tilde{X}(0)$)	12万円/月
	初期ドリフト(μ_0)	0.0
	ボラティリティ(σ)	0.3
	指数平滑モデル(ϕ)	0.1
画場条件 オプ シ ョ ン の 各 建 物 の 計 画	建物数(M)	2
	各建物の予定開発タイミング(ns_m)	両建物とも 1ヶ月目
	工事期間(nc_m)	両建物とも 3年
	各建物の建設規模(h_m)	100戸
条 件 建 物 の 行 使 オ プ シ ョ ン の 範 囲	開発タイミング オプションの 行使可能期間(ns^i)	初期時点から5年
	各建物の建設規模上 限 (h_{max})	両建物とも100戸
関 契 約 約 等 条 件	入居者の契約期間	2年
	途中での契約解除	考慮しない
	1戸あたり 維持管理費用(b)	1.5万円/月
	入居者探索費用(c)	1.5万円/月
パ ラ メ ー タ	建設資材価格(C_y)	200万円/単位
	生産関数パラメータ (α, η)	$\alpha=0.30, \eta=0.0001$
	退出確率パラメータ (β)	$\beta_0=0.0001,$ $\beta_1=\beta_2=0.001$
	空室期間確率パラメータ (τ, γ)	$\tau=3$ ヶ月, $\gamma_0=0.07$ $\gamma_1=0.05, \gamma_2=0.015$

(3)分析結果

①待機価値の推定精度の検証

Longstaff and Schwartz⁷⁾ の最小二乗法による待機価値の推定精度について検証した。本研究では、次式を用いて行使時点の市場賃料 ($X(t)$) と待機価値 ($e^{-r\Delta t} F_m(t+1)$) との関係を推定した。

$$e^{-r\Delta t} F_m(t+1) = \delta \log X(t) + \varphi \quad (12)$$

ここで、 δ , φ : パラメータ

表2は、第1番目の建物に関する推定結果を示したものである。いずれの推定結果も、決定係数およびt値ともに良好である。また、図2は推定結果を図化したものである。これより、1) 市場賃料が高いほど待機価値が高いこと、2) 建設タイミングが遅くなるにつれて待機価値は低くなる傾向があること、が読み取れる。

②ケース別の事業価値の試算結果

表3および図3は、各ケース間での事業価値の期待値や分布特性を示したものである。

事業計画の変更ができないケース1の場合、事業価値の期待値は約20億円であるのに対し、オプションが存在する場合、計画変更に伴う事業価値増大が見込まれ、ケース2では約2.3億円、ケース3では約5.7億円の収益増加を示している。

また、段階的に建設するケース3では、同時に

表2 待機価値の推定式 (第1建物)

ns_1	推定式 (t 値)	R^2
10	$e^{-r\Delta t} F_1(11) = 6365 \log X(10) - 12144.8$ (12.9) (-8.7)	0.90
20	$e^{-r\Delta t} F_1(21) = 5899 \log X(20) - 11350.5$ (18.5) (-12.3)	0.94
30	$e^{-r\Delta t} F_1(31) = 5362 \log X(30) - 10043$ (20.4) (-13.1)	0.95
40	$e^{-r\Delta t} F_1(41) = 5253 \log X(40) - 9785.4$ (17.5) (-11.0)	0.91
50	$e^{-r\Delta t} F_1(51) = 5248 \log X(50) - 9766.7$ (12.4) (-7.6)	0.81

(備考) ns_1 : 第1建物の建設タイミング(ヶ月目)

$e^{-r\Delta t} F_1(\cdot)$: 待機価値, $X(\cdot)$: 市場賃料

図2 建設タイミング別の待機価値の推定値
(第1建物)

表3 オプションの有無による事業価値の比較

	計画が 確定 (ケース1)	同時に 建設 (ケース2)	段階的に 建設 (ケース3)
平均値 (億円)	20.71	23.04	26.39
標準偏差 (億円)	62.44	61.13	60.68
最小値 (億円)	-28.52	0	0
最大値 (億円)	1149.0	1633	1019
下位 25% 点	-12.38	0.11	0.14
上位 25% 点	29.47	22.39	26.53

図3 オプションの有無による事業価値の分布

建設するケース2に比べ、収益の標準偏差はやや小さくなる。これは、オプションがある場合には、

賃料が低下する場合には、建設規模を小さくすることによって、賃料水準に応じた最適な建設規模に修正が可能であり、このことによって下方リスクが削減されるためである。

5. おわりに

本研究では、刈屋および川口のモデルを拡張して、段階的建設オプションを考慮した市街地再開発事業の評価手法を開発し、適用例を通じてモデルの有効性について明らかにした。刈屋、川口および本研究のモデルのように、DDCF法を用いたモデルは、複数の確率モデルが組み合わさった複雑な確率過程に対しても適用可能であり、極めて実用的な側面をもっているが、以下のような課題も残されている。

- 1) 各不確実性要因の確率モデルについては、実際の現象を踏まえた上での精緻化が必要である。
- 2) 本研究ではリスク中立確率を用いていないが、リスク中立確率の設定方法の検討や、リスク中立確率を用いないことが事業価値の精度に及ぼす影響の検討が必要である。
- 3) 本研究では、Longstaff and Schwartzのモデルを用いて、オプションの待機価値を推計しているが、このモデルを用いたことによる事

業価値の推計精度の低下の影響についての検討が必要である。

【参考文献】

- 1) Dixit, A. K. and Pindyck, R. S.: Investment under Uncertainty, Princeton University Press, 1994 (川口有一郎ほか訳: 投資決定理論とリアルオプション, エコノミスト社, 2001)
- 2) 刈屋武昭: 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会学会発表講演会, 2001
- 3) 川口有一郎: 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学会発表講演会, 2002
- 4) 刈屋武昭: 不動産金融工学とは何か, 東洋経済新報社, p157, 2003
- 5) 湯前祥二・鈴木輝好: モンテカルロ法の金融工学への応用, 朝倉書店, 2000
- 6) 諸星穂積: アメリカンオプションの数値解法について, 第2回OR学会金融工学研究部会, 2002
- 7) Longstaff, F. and Schwartz, E.: Valuing American Option by Simulation: A Simple Least-Square Approach, Review of Financial Studies, Vol.14(1), pp113-147, 2001
- 8) 刈屋武昭: 不動産金融工学とは何か, 東洋経済新報社, p62, 2003