

# リアルオプション —金融工学とのつながり—

今井 潤一

本稿では、コーポレートファイナンスで用いられる重要な概念であるリアルオプションの考え方を、特に金融工学の観点を意識して概観する。リアルオプション分析には、金融工学の主要テーマの一つであるオプション価格評価が密接に関わっているが、同時に金融オプションとの間に重要な相違点もある。本稿では、仮想のケースの中でリアルオプションの重要性とその基本的な計算方法を紹介したのち、リアルオプションの広義の定義、金融オプションとの類似点と相違点、リアルオプションの適用対象、標準的な定量評価手法の説明などを行う。

キーワード：リアルオプション、不確実性、柔軟性、コーポレートファイナンス

## 1. はじめに

本稿では、コーポレートファイナンスの中でも金融工学と特に深い関わりのある、リアルオプション分析 (Real Option Analysis) と呼ばれる重要な概念を取り上げる。この名前は、元々資本予算の問題を考えるうえで、実物投資プロジェクトを実行していく中で、経営者もつ柔軟な意思決定に対して付けられた名称である。従来この分野では、正味現在価値 (Net Present Value, 以下 NPV) 法による評価が正しいとされてきた。しかし、NPV 法では、将来に発生するキャッシュフローに関する不確実性をその期待値で置き換えて計算するため、本質的には複数のシナリオを考えることが難しい。このような理由から、実物市場での柔軟な意思決定方法であるリアルオプションの重要性が指摘されるようになった。現在では、コーポレートファイナンスだけではなく、金融工学や経営戦略、会計、といった経営管理の幅広い分野で用いられている重要な概念となっている。本稿では、オペレーションズ・リサーチ、特に金融工学のほかの分野との関連を意識しながら、リアルオプションの基礎概念と今後の展開について紹介する。

## 2. ケーススタディ

株式会社 United William (以下 UW 社) の創業者で、経営者でもある William 氏は、現在有望な新規投

資プロジェクトを検討している。社内で行ったマーケティング調査および社内リソースの検討を行った結果、規模の異なる二つのプロジェクト案のうち、いずれか一方を実行することが可能であることが明らかとなった。UW 社が Project A を実行する場合には、図 1 で表されるようなキャッシュフローが予想されている。

Project A では初期時点(図中の node(0,0))で 500 万円の初期投資を行う必要がある。1 期間後には事業環境の変化に関して二つの可能性がある。第一に UW 社の事業環境が好転する場合(図の node(1,0)), 時点 1 (1 期間後) に UW 社には 800 万円のキャッシュが入る。一方、事業環境が悪化する場合 (node(1,1)), UW 社には 100 万円のキャッシュが手に入る。また、プロジェクト最終時点の 2 期間後には 3 通りの可能性があり、node(2,0), node(2,1), node(2,2) において、それぞれ、資産売却なども含めて合計 3,000 万円、1,700 万円、1,200 万円が入手できる。一方、Project B のキャッシュフローは、図 2 のように表される。Project B と

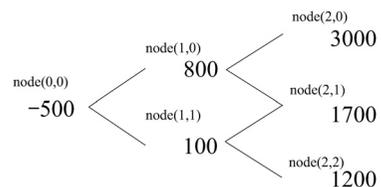


図 1 Project A のキャッシュフロー

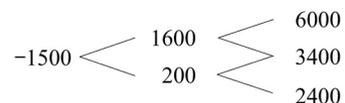


図 2 Project B のキャッシュフロー

いまい じゅんいち  
慶應義塾大学大学院理工学研究科  
〒 223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1  
Statistics and Actuarial Science, University of Waterloo  
200 University Ave. W., Waterloo, ON N2L 3G1, Canada  
jimai@ae.keio.ac.jp, jimai@uwaterloo.ca

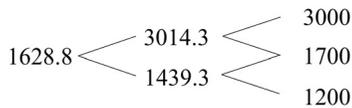


図3 Project A の NPV

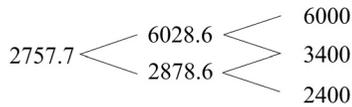


図4 Project B の NPV

Project A の主な違いはその事業規模である。Project B の初期投資額は Project A の 3 倍、将来発生するキャッシュフローは 2 倍である。マーケティングリサーチの結果から、A、B いずれのプロジェクトにおいても、各期間において、UW 社の事業環境の推移確率は 60% で好転、40% で悪化することを前提に分析される。さらに、分析に用いる割引率は、UW 社のリスクプレミアムや資金調達能力も踏まえて、1 期間当たり 12% で計算することが社内会議で了承された。

二つのプロジェクトのいずれか一方を選ぶために、UW 社はまず Hagey 氏に命じて、それぞれの正味現在価値を導出させた。図 3、図 4 は各時点各ノードの価値をバックワードに計算した結果を表したものである。たとえば、Project A の node(1,0) のプロジェクト価値を  $V_A(1,0)$  と書くと

$$V_A(1,0) = 800 + (0.6 \cdot 3000 + 0.4 \cdot 1700) / 1.12 \approx 3014.3$$

と計算できる。単に NPV の計算をするだけであれば、あえてバックワードに計算する必要はなく、直接計算することもできる。それぞれのプロジェクトの正味現在価値  $V_A(0,0)$ 、 $V_B(0,0)$  は次のように計算できる。

$$\begin{aligned} V_A(0,0) &= -500 \\ &+ \frac{0.6 \cdot 800 + 0.4 \cdot 100}{1.12} \\ &+ \frac{0.6^2 \cdot 3000 + 2 \cdot 0.6 \cdot 0.4 \cdot 1700 + 0.4^2 \cdot 1200}{1.12^2} \\ &\approx 1628.8, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_B(0,0) &= -1500 \\ &+ \frac{0.6 \cdot 1600 + 0.4 \cdot 200}{1.12} \\ &+ \frac{0.6^2 \cdot 6000 + 2 \cdot 0.6 \cdot 0.4 \cdot 3400 + 0.4^2 \cdot 2400}{1.12^2} \\ &\approx 2757.7. \end{aligned}$$

二つのプロジェクトの価値はいずれも正の値をとるこ

とから、それぞれを単独に評価した場合には、いずれも実行すべきプロジェクトといえる。ただし、二つのプロジェクト案は排反であるので、NPV 法を基準に投資プロジェクトの評価を行った場合、UW 社は、より大きいプロジェクト価値をもつ Project B を選択するのがよいと結論づけられる。

NPV によるプロジェクトの評価を行っている最中、William 氏は、NPV 基準に重要な欠陥があることに気づいた。UW 社は今後の事業環境の変化によって、途中で規模を拡大したり縮小したりする能力があるが、NPV 基準による評価では、UW 社のもつこの適応能力が正しく評価されていないのである。そこで、リアルオプション分析に詳しい部下の Needles 氏に依頼して、プロジェクトを途中で変更できるリアルオプションの価値を含めた事業価値を導出させた。まず UW 社が Project A から開始し、事業変化に応じて規模を拡張し Project B に移行できる柔軟性を考える。これは拡張オプションと呼ばれる典型的なリアルオプションの一つとみなすことができる。さらに、UW 社には、Project B を実行中に、規模を縮小して Project A に移行する柔軟性ももっている。これは縮小オプションと呼ばれるリアルオプションである。当然、プロジェクトの規模を変更する場合には追加のコスト（スイッチングコスト）が必要となる。UW 社のケースでは、規模を拡張するための追加費用が  $I_{AB} = 1,050$  万円、逆に規模を縮小するときの費用が  $I_{BA} = 250$  万円である。UW 社のケースのように、いくつかのステージ間を複数回移動できるようなタイプのリアルオプションは、一般にスイッチングオプションと呼ばれ、多くのリアルオプションはスイッチングオプションの特殊例として解釈することができる（[1] を参照）。

図 5、図 6 は、スイッチングオプションを含むプロジェクトの価値を計算するプロセスをまとめたものである。各ノードには数字が 2 段に書かれているが、上段はその時点でスイッチしないと仮定した場合のプロジェクトの価値、下段はその時点でスイッチすると仮定した場合の価値が表記されている。太字は、上段の価値と下段の価値の大きいほうを意味している。たとえば、図 5 の node(1,0) は、時点 1 に環境が好転した場合において、意思決定前に Project A に参入している状況を意味する。上段の値は、時点 1 において引き続き Project A にとどまる決定をした場合の価値を表しており、具体的には、

$$800 + \frac{0.6 \cdot 4950 + 0.4 \cdot 2350}{1.12} \approx 4291.1, \quad (1)$$

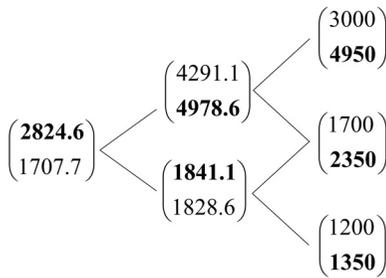


図5 Project A のリアルオプション

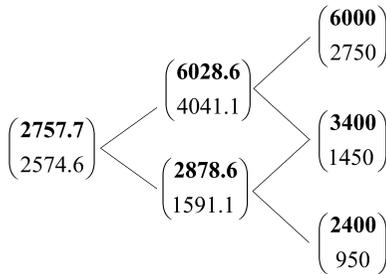


図6 Project B のリアルオプション

という計算をしている。下段は、このときにスイッチングコスト  $I_{AB} = 1,050$  万円を支払って、Project B に移動する決定をしたと仮定した場合の、プロジェクト価値を意味し、

$$-I_{AB} + 1600 + \frac{0.6 \cdot 6000 + 0.4 \cdot 3400}{1.12} \approx 4978.6, \quad (2)$$

という計算がなされている。同様に、図6は意思決定前にProject Bを実行していることを前提に計算されたものである。

図5、図6のnode(0,0)の太字の値は、最適なリアルオプション行使を行ったときのプロジェクト価値を表している。スイッチングオプションを含む投資プロジェクトの価値は、図5の2,824.6万円であることがわかる。また、投資プロジェクトの価値が最大になるのは、Project Aからスタートし、(1)時点1で事業環境が好転した場合にProject Bにスイッチした場合か、あるいは(2)時点1で事業環境が悪化したのち、時点2において、事業環境の変化にかかわらずProject Bにスイッチした場合であることがわかる。注目すべきは、最初からProject Bを採用する場合の初期コスト1,500万円よりも、最初にProject Aを採用し、その後Project Bにスイッチするときの総コストが1,550万円とより大きいにもかかわらず、スイッチしたほうがよい場合があるということである。先のNPVの価値が2,757.7万円であることから、この差額66.9万円は

リアルオプションが生み出す価値と解釈することが可能である。

### 3. リアルオプションの本質

前節のケースで見たように、リアルオプションとは、実物投資の世界において不確実な環境の下での経営者の柔軟性を意味している。たとえば、典型的なリアルオプションの一つである延期オプションは、投資プロジェクトの開始時点を現時点に限るのではなく、延長する権利をもつと考えることで、事業価値を増大させる可能性があることを示唆している。延期オプションは、最初に行使価格として初期投資費用を払うことで、プロジェクト価値を得られる権利を取得すると考えると、金融のアメリカン・コールオプションと類似の性質をもっている。逆に、状況に応じて計画途中で投資プロジェクトから撤退する権利を意味する撤退オプションは、金融のアメリカン・プットオプションと類似の性質をもっている。そのほかにも典型的なリアルオプションには、一時停止・再開オプション、交換オプション、成長オプション、学習オプションなどさまざまな名前が付けられている。ただし、リアルオプションの本質は、よく知られた名前のオプションを探すことではない。

#### 3.1 リアルオプションのキーファクター

リアルオプション分析は、以下の二つのキーファクターで解釈できる。第一のキーファクターは、不確実性(リスク)である。ここで不確実性とは、企業や経営者が完全には制御できない不確実な要因を指す。天然資源の価格や為替レート、天候などがその例である。そのほかリアルオプションの世界では、研究開発の成功可能性や製品需要なども不確実性として認識される。

金融工学においては、リスクの認識は当然のものとされている。ポートフォリオ理論やオプション評価理論では、株価の変動を確率分布、あるいは確率過程とみなして分析を開始する。一方、企業実務における定量評価においては、不確実性を必ずしも当然のものとはしていない。NPVを代表とする割引キャッシュフロー(Discounted Cash Flow, 以下DCF)法では、不確実な将来のキャッシュフローをその期待値で置き換えて計算を行うケースが多い。また、不確実性を回避するためには最適な予測システムを作るべきだという前提で議論が行われることも多い。一方、リアルオプション分析では、予測が期待値から外れることを前提として分析を行う。したがって、真に不確実性がない事業にはリアルオプション分析は必要がない。

もう一つの重要なキーファクターが経営の柔軟性 (Managerial Flexibility) である。経営者は、将来の不確実性の変化に対応して自らの投資プロジェクトの活動を変更する権利をもっている。たとえば、事業環境の変化に応じてプロジェクトの開始を延期したり、途中で拡張、縮小したり、一時停止・再開したりすることができる。実物投資に関わるこのような柔軟性の行使は権利であって義務ではないため、リアルオプションと呼ぶことができるのである。

### 3.2 リアルオプション広義の定義

最初に述べたように、リアルオプションという言葉は、元々投資プロジェクトに含まれる柔軟性を意味する用語として導入された。リアルオプションは、投資プロジェクトにおいて、将来に期待されるキャッシュフローの現在価値だけでなく、リスクに臨機応変に対応するマネジメントの能力を評価すべきであるという示唆を含んでいるように思われる。そして現在では、リアルオプションのもつ重要性により、より広い文脈で利用されることも多い。

まず、市場で取引されている金融商品以外にも、ビジネス上の契約に含まれる条件付き請求権もリアルオプションとして認識されることが多い。MW Petroleum の買収のケースでは、買い手と売り手が将来の石油価格の変化に応じて支払金額を変更できる柔軟性を契約に盛り込んでいる [2]。また、2002 年にウォルマートが西友の買収時に交わした契約には、ウォルマートが西友に対する出資比率を段階的に引き上げるオプションが含まれていたことが報告されている [3]。その他、保険契約に含まれるオプション契約や、従業員や経営者に対する報酬としてのストックオプションもこの範疇に含められる。

マネジメントや経営戦略のキーワードとして、リアルオプションという言葉が利用されることもある [4-6]。ここでは、その思考法の重要性が強調されている。たとえば、メルクの CFO ジュディ・ルーウェンはインタビューで次のように答えている ([7] からの引用)。

「数学的アプローチやモデルの使用、高等数学の利用といったことを CEO やその他の経営幹部たちはおそれていません。彼らは我々の作ったモデルを経営の偉大なる英知を完璧に無視し事業の意思決定プロセスを機械的に進めるブラックボックスの類だとは思っていません。彼らはモデルの可能性と限界の両方を理解しています。」

さらには、リアルオプションを、金融オプション以外

の非金融資源に対する価値評価の一般的手法として捉える考え方もある [8, 9]。

### 3.3 リアルオプションと金融オプション

リアルオプションをより正確に理解するために、金融市場で取引される金融オプションとの類似点と相違点を認識することは重要である。リアルオプションと金融オプションの本質的な類似点は、オプションの保有者が権利を保持しており、義務ではないところにある。いずれのオプションも不確実性下でのみ保有する意味をもち、リアルオプションの最適な実行のタイミングは、アメリカンオプションの最適な行使のタイミングに対応している。

一方、相違点の第一は、リアルオプションの場合にはオプションの認識それ自体が、非常に重要な分析プロセスであることである。金融オプションと違い、リアルオプションは書類にオプションの名前が明記されているわけではない<sup>1</sup>。経営者は、自社の投資プロジェクトにどのようなリアルオプションが含まれているかを認識する必要がある。たとえば、本稿のケースにおいても William 氏がスイッチングオプションに気づかなければ、UW 社のプロジェクト価値は低く評価されてしまう。延期オプションや拡張オプション、縮小オプションなどは多くの投資プロジェクトに含まれているリアルオプションであるが、その他にもさまざまなプロジェクト固有のリアルオプションが密かに存在している可能性がある。経営者は、それを見つけ出すことでプロジェクトの経済価値を増大させることができる。経営戦略の議論をするときにリアルオプション思考の重要性が説かれるのはこのような理由による。さらに、リアルオプションを創造するという考え方もできる。たとえば、工場をライン生産方式からセル生産方式に変更するということは、多品種少量生産、すなわち製品需要の不確実性に対して異なる製品を最小のコストで変更できるスイッチングオプションを創造するための戦略投資と考えられるのである。

相違点の第二は、リアルオプションの場合には、原資産を特定する作業が必要なことである。一般に、企業はさまざまなリスクにさらされており、その中でどのリスクがリアルオプションに最も影響を与えているのかを見極めることは容易ではない。これは、契約書に原資産が明記されている金融オプションとは大きく異なる。同時に、リアルオプションのリスクの源泉となっている要素が、売上高や研究開発といった、市場

<sup>1</sup> 契約に含まれるリアルオプションは除く。

もなく観測もできないような要因であることが多いのもリアルオプションの特徴といえる。

第三の相違点は、リアルオプションが実物投資に関連しているため、リードタイムや建設時間といった物理的な時間のずれを考慮する必要がある場合が多いことである。たとえば、金融のアメリカンオプションは、所有者が行使を決定してから実際にその処理が行われるまでの時間差は非常に小さい。一方、工場建設に関する延期オプションを考えてみると、経営者が工場建設の意思決定を行ってから、実際に建設された工場で生産が開始されるまでには長い時間が必要であろう。正しいオプション価値を定量評価する場合にはこの時間を無視することは危険である。

第四に、金融オプションと異なり、経営者がもつリアルオプションは独占排他的権利でないことが多い。たとえば、東京の六本木に土地をもつ不動産開発事業会社 X が、今後の需要を見据えて新ホテルの建築を検討しているとす。もし、新たにホテルを建てることができるのがこの事業者のみであれば、経営者は延期オプションの価値を考慮したうえで、需要の動きを見極め、最適なタイミングで建設開始を決定すればよい。だが、実際に新ホテルの建設オプションをもつアベロッパーはその 1 社だけとは限らない。仮に、赤坂に土地をもつ業者 Z が同じような新ホテルの建設を検討しているとすると、X 社と Z 社は互いに相手の建設のタイミングを考慮したうえで、自社の建設のタイミングを検討する必要がある。このような、外生的な不確実性だけでなく競合他社の動向も踏まえて、最適な投資タイミングを考える問題は、不動産業のみならず、新技術への投資、新製品の販売など、リアルオプション分析のさまざまな場面で見られる。このような状況は、リアルオプション分析とゲーム理論による分析との融合研究 (RoGath) として知られており、活発に研究が行われている [1, 8, 10, 11]。

先のケースの例を再び考えよう。Needles 氏による計算 (1), (2) では、生産規模の拡張や縮小に必要な時間は無視されていた。すなわち、ある時点で拡張の決定をするとその決定は直ちに発生するキャッシュフローに反映できるものとして計算がされていた。一方、次の図 7, 8 では、プロジェクトの変更の決定がなされてからそれがキャッシュフローに反映されるまでに 1 期間必要であると想定した場合の計算結果を表している。先と同じく、Project A (図 7) の node(1,0) での計算式は、上段は

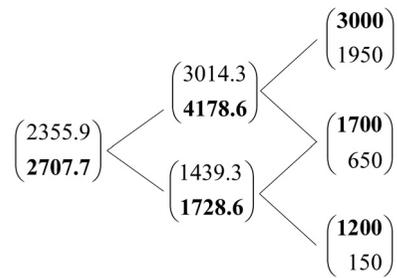


図 7 Project A のリアルオプション

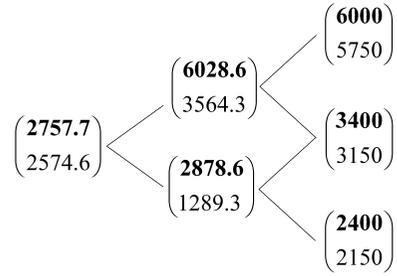


図 8 Project B のリアルオプション

$$800 + \frac{0.6 \cdot 3000 + 0.4 \cdot 1700}{1.12} \approx 3014.3, \quad (3)$$

下段の計算式は、

$$-I_{AB} + 800 + \frac{0.6 \cdot 6000 + 0.4 \cdot 3400}{1.12} \approx 4178.6, \quad (4)$$

となる。(1), (2) と (3), (4) を比較することで、意思決定のタイミングとキャッシュフロー発生時のタイミングがずれていることが理解できる。結果、時点 0 でのプロジェクト価値は、2,757.7 万円となり Project B の NPV 価値と等しくなる。つまり、この想定においては、リアルオプションの価値は 0 である。

### 3.4 リアルオプションが適用できるビジネス分野

リアルオプションのキーファクターを理解すれば、現実のビジネスや産業でどの分野が重要であるかが理解できる。第一に不確実性の高い分野、たとえばベンチャー、創薬、生命科学やバイオテクノロジーといった分野が挙げられる。新薬の開発のような極めて不確実性の高い研究開発プロジェクトの評価は、複数のステージをもつ複合オプションや学習オプションの考え方が利用できる。

第二は、柔軟性の高い、あるいは汎用性の高いプロジェクトである。素材産業、インフラストラクチャー、サプライチェーンマネジメント、モジュールといったキーワードが挙げられよう。

第三の分野は、巨額の初期投資が必要な産業である。

これはリアルオプションの中でも延期オプション、あるいはタイミングオプションと深く関連している。巨大かつ不可逆的 (irreversible) な投資が必要な産業では、必然的に投資のタイミングが投資プロジェクトに決定的な影響を与えるからである。電力、通信、天然資源開発、不動産開発、M&A、新工場建設などが第三の категорияに属するであろう。

最後に、従来の方法では経済価値評価が難しかった分野でのリアルオプションによるアプローチが期待されている。柔軟な生産システムやジャストインタイムのようなリードタイムを短縮できる生産システムが重要であることは理解されていたが、それがどのくらい経済的価値をもつかについて評価することは困難であった。さらには、情報技術への投資や知財評価、新技術の経済価値評価などの問題にも適用が望まれている。

#### 4. リアルオプションによる定量評価

リアルオプションの考え方は、従来の手法での過小評価を防ぐというのが最初に挙げられた視点であった。ただし、適切な定量評価ができなければ、これまでの手法に取って代わることはできないし、場合によっては逆効果でさえある。したがって、リアルオプション分析において定量化の考え方の理解は極めて重要である。

##### 4.1 定量評価の手法

第一の方法は、ブラック・ショールズの公式に代表されるような、すでに価格が導出されるものを直接使うやり方である。これは、実務に近い分野で実際にリアルオプションの大雑把な価値を把握したい場合には適した方法である。たとえば、ストックオプションは、経営者や従業員に付与されてから数年間はベスティング期間と呼ばれる権利行使ができない期間を設けているが、その後は、権利保有者が好きなタイミングで行使することができる。その意味では、ストックオプションはヨーロピアン・コールオプションとアメリカン・コールオプションの中間の性質をもっている複雑なオプションであり、簡単な公式は存在しない。ところが、実際の会計基準の適用指針においては、(驚くべきことに) ヨーロピアン・コールオプションを評価するブラック・ショールズ式が言及されている。もちろん、特定の投資プロジェクトがもつリアルオプションが、ブラック・ショールズ公式の前提条件をすべて満たしているケースは稀であると思われるので、より精度の高い価値評価を考える場合には、もう少し柔軟な方法を使う必要がある。

第二の方法は、2項モデル、3項モデルに代表される

格子モデルの利用である。この方法はリアルオプション分析では非常にポピュラーな方法である。格子モデルは直感的に理解がしやすいだけでなく、計算技術としても比較的汎用性が高い。格子モデルは、ブラウン運動や幾何ブラウン運動のような金融工学で標準的に用いられるモデルから、複雑なジャンプを含むモデル、あるいは複数の原資産のモデル化にも利用することができる。また、リアルオプションは、通常、最適な行使のタイミングを導出しなければならないアメリカンスタイルであるが、格子モデルを利用すると、容易にそのタイミングを導出することができることも利点の一つである。

実務的には、サンプルパスを多数発生させることで原資産の動きをシミュレーションするモンテカルロ法も用いられることが多い。現在では、アメリカンオプションの価値評価をモンテカルロ法を用いて行うことも可能である。(詳しくは、本特集の「連続時間モデルによるオプション価格付けとヘッジ」(pp. 351-358)を参照。)

一方、学術研究では、リアルオプションの価値が従う偏微分方程式を導出して、解析解を求めるというアプローチが非常に有力である。原資産の価格過程として連続時間モデルを想定し、伊藤の公式を利用することでいわゆるベルマン方程式を導出することができる。プロジェクト期間が無限であると想定できる場合には、プロジェクトの価値は常微分方程式の解として表現できる。そこで、二つの境界条件 Value Matching と Smooth Pasting を用いて最適停止時 (リアルオプションの最適な行使のタイミング) の問題の最適解を導出するというアプローチが頻繁に利用されている。より詳細な説明は、[12]を参照するとよい。

より一般的には、リアルオプション分析に有用な手法として、マルコフ意思決定問題 (Markov Decision Problem)、確率最適制御 (Stochastic Optimal Control) や動的計画法 (Dynamic Programming) が挙げられる。また、リアルオプションの最適な行使境界を求めるために、自由境界問題 (Free Boundary Problem) としての定式化も有効である。ここで挙げた手法は、特にリアルオプションに限らず、広く金融工学に関連する問題の手法として用いられている。

#### 5. 最後に

本稿の最後に、リアルオプション研究の今後の課題について言及したい。現在では、三つの異なるレベルでの研究課題が挙げられている。第一は、実務に近い

レベルでの課題で、リアルオプションに関する実証研究やケーススタディといった、より現実に近い領域での研究である。もちろん、これまでも不動産や株価に含まれるリアルオプション価値の評価、鉱山の休止再開のデータを使ったリアルオプション価値の推定研究、インターネット産業、バイオ産業における成長オプションの実証分析などが行われてきているが、リアルオプションの重要性と比較するとこの領域での研究はまだ不十分であるといえる。特に、ケーススタディに関しては、リアルオプションの考え方による事前の評価と、リアルオプションの事後的な評価の間の溝を埋める研究が望まれている。

第二は、リアルオプション分析に関わるより本質的な問題を、精緻な理論モデルを用いて分析する方向である。先にゲーム理論を使って不確実性と競争状況を分析する研究を紹介したが、そのほかにもリスクではなく曖昧さ (ambiguity) を想定したもとのリアルオプション分析や、行動ファイナンスとの関連などの研究が現在活発に行われ始めている。

第三は、理論と実務をつなぐ極めて重要なテーマである。それは、正しいリスク尺度や適切な確率測度の選択に関する研究である。リアルオプション価値評価を金融オプション評価理論の観点から見た場合、原資産の市場性の有無は避けて通れない問題であろう。標準的なオプション評価理論では、本特集の「デリバティブ理論入門」, 「資産価格付けの基本定理」でも述べられているとおり、リスク中立確率測度を用いてオプションの価値の導出が行われる。リアルオプションの場合にも、金利や為替レート、エネルギー価格に代表されるような、原資産の市場性が高い場合には、リスク中立確率を用いた評価に説得力がある。ただし、原資産の市場性が低くなる、あるいはそもそも原資産が観測できないような場合には、無裁定条件が成立するとは考えにくい。そのため、リスク中立確率を用いた評価の妥当

性に疑問が出てくる。その場合には、市場の部分均衡理論を利用した評価や、保険理論を用いた評価の可能性などが議論されているが、この点に関して理論家・実務家がともに納得する結論は今のところ見つからないように思われる。この点に関しては、リアルオプション固有の問題ではなく、金融工学、数理ファイナンス、保険数理の世界で議論が活発になされているのが現状といえる。今後、理論モデルやその具体的な適用手法のさらなる発展が望まれる。

## 参考文献

- [1] 今井潤一, 『リアル・オプション—投資プロジェクト評価の工学的アプローチ—』, 中央経済社, 2004.
- [2] DIAMOND ハーバードビジネスレビュー編集部訳, 『金融工学のマネジメント (ハーバード・ビジネス・レビュー・ブックス)』, ダイアモンド社, 2001.
- [3] 高森寛, 伊藤晴祥, “西友とウォルマートの包括的業務提携に見る企業再生の戦略—提携戦略のリアルオプション価値について—”, 青山マネジメントレビュー, 7, pp. 63–72, 2005.
- [4] ピーター・トゥッファノ (田川秀明訳), “金融工学を経営戦略に応用する方法”, ダイアモンド・ハーバードビジネス, 6/7月号, pp. 133–149, 1999.
- [5] ティモシー・A・ルーマン (田川秀明訳), “リアルオプションを戦略評価に活かす法”, ダイアモンド・ハーバードビジネス, 1月号, pp. 114–128, 1999.
- [6] マーサ・アムラム, ナリン・クラティラカ (石原雅行, 吉田二郎, 中村康治, 脇保修司訳), 『リアル・オプション—経営戦略の新しいアプローチ—』, 東洋経済新報社, 2001.
- [7] ナンシー・ニコラス (鈴木一功訳), “研究開発への積極投資をリードする財務工学”, ダイアモンド・ハーバードビジネス, 5月号, pp. 27–41, 1994.
- [8] 木島正明, 芝田隆志, 中岡英隆, 『リアルオプションと投資戦略』, 朝倉書店, 2008.
- [9] 津田博史, 中妻照雄, 山田雄二編, 『非流動性資産の価格付けとリアルオプション (ジャフィー・ジャーナル: 金融工学と市場計量分析)』, 朝倉書店, 2008.
- [10] H. T. J. Smit and L. Trigeorgis, *Strategic Investment: Real Options and Games*, Princeton University Press, 2004.
- [11] 日本リアルオプション学会編, 『リアルオプションと経営戦略』, シグマベイズキャピタル, 2006.
- [12] A. K. Dixit and R. S. Pindyck, *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, 1994.