

# リアルオプション分析による I T 投資の最適化に関する研究

千葉工業大学 大学院社会システム科学研究科 マネジメント工学専攻 博士課程 高木 浩之  
千葉工業大学 社会システム科学部 金融・経営リスク科学科 高嶋 隆太  
千葉工業大学 大学院 社会システム科学研究科 マネジメント工学専攻 森 雅俊

## A Study on Optimization for Information Technology Investments using Real Options Analysis

Chiba Institute of Technology,  
Hiroyuki Takagi, Ryuta Takashima, Masatoshi Mori,

要旨： グローバル規模の不況期に臨む企業にあっては、投資や経費の削減は避けてとおることができない経営手段となっている。I T投資も削減の優先順位が高くなるケースが多く、クラウド・コンピューティングなどのアウトソースの有効な活用などに注目が集まる傾向にある。一方で、I T投資をインフラ型投資、業務効率型投資、戦略型投資の3つのカテゴリーに分けた場合、今日のI T投資は戦略型投資が多く、企業活動での戦略面や社会的貢献面でも重要な位置付けとなってきている。また、I T投資評価は、構想・企画時、実行計画承認時、開発完了後の3段階に分けて実施される場合が多く、トータルでの投資評価や、I T投資時期についての判断基準が明確になっていないケースも多い。企業に経営のディスクローズとアカウンタビリティ（説明責任）が求められる中、経営者やI T部門への、I T投資評価と時期の明確化は重要な課題となってきている。

本稿では、こうした背景を踏まえI T投資評価と投資時期の最適化を目指し、明確な説明ができるI T投資の意思決定支援の方法についてリアルオプション分析を用いた提案を行う。

キーワード： I T投資、最適投資基準、リアルオプション、E R Pシステム、意思決定支援

### 1. はじめに

グローバル規模の不況期であろうと好況期であろうと本来、企業経営者は「健全な企業価値の創造」<sup>[1]</sup>を継続的に追及すべきであり、そのために何をしているかを明確にする必要がある。そして、企業価値創造の仕組みや内容をディスクローズし、投資家や社内外の関係者に対する理解が求められている。企業活動の一部であるI T投資においても同様で、I T部門関係者、特にI T統轄責任者（C I O）は「I T価値の創造」を目指し、その内容をディスクローズし、アカウンタビリティを果たすことが、時代の要請となっている。価値創造には、当然、価値評価が必須であり、I T投資にはI T投資価値評価が求められる。そのアカウンタビリティには投資のタイミングを含めることも当然必要となってくる。換言すれば、経営者もI T責任者もI T投資プロジェクトが、プロジェクトファイナンスが可能なくらいの根拠を明確にすることが課題となっている。

本稿では、不確実性の高い時代にあってI T投資の最適化をリアルオプション分析を用いたシステム導入の検証を行う。一例としてインフラ型投資、業務効率型投資、戦略型投資の3つの要素を持つE R P（Enterprise Resource Planning）システムに絞り、実際のプロジェクトモデルでの検証を行い、I T投資評価による意思決定

支援の方法としての有用性について提案する。

## 2. 既存のIT投資評価法について

IT投資評価の明確な方法論<sup>[2]</sup>は、確立されている訳ではなく、多様な投資評価の手法があり、単純に用いるには限界もあるが、正味現在価値（NPV：Net Present Value）法のような確定的な評価手法が多く用いられてきた。これは経営手法として、NPV法が使われていることから、企業経営の一部であるIT投資にも活用することは、一貫性と整合性の観点から適切であるとの判断による。また、2000年前後のITバブルの崩壊から2008年下期の世界同時不況までに企業に導入が進んだ評価方法である割引キャッシュフロー（DCF：Discounted Cash Flow）法は、従来のNPV法による財務分析に加え、将来のキャッシュフローを考慮した手法であり、IT投資にも正確にまた柔軟に評価が可能になった。

このDCF法は、将来のキャッシュの入りのフローの現在価値から、投資であるキャッシュの出のフローの現在価値を差し引いた正味の金額で、投資の採算性を示す指標で、投資判断の最も一般的な基準となっている。端的に言えばDCFをベースに「回収額－投資額」を算出したもので、そのIT投資で得られる正味の価値のことである。NPVが、大きければ大きいほど経済価値が大きく、NPVが、負であれば採算が得られないことを示す。すなわち、投資回収期間（T年）中に発生する将来のキャッシュフローを合理的な仮定のもとに平均的に算出し、現時点を0とした場合、それを現在価値に割り引いてプロジェクト価値V(0)を評価する。その価値とIT投資コストの現在価値C(0)との差である「 $NPV(0) = V(0) - C(0)$ 」が正であれば、投資が進められることを意味する。

## 3. 既存の評価法の課題と研究目的

ERPシステム導入などの大きなIT投資プロジェクト事業には、大きな不確実性を伴うが、これまでのプロジェクト評価法では、プロジェクト最中の外的リスクにあまり注目することはなかった。そしてIT投資後のプロジェクト価値が正のときや、期待値以上である場合に、IT投資を行う意思決定が行われた。

このようなNPV法に基づく意思決定法は、IT投資プロジェクトを直ちにスタートするべきか、諦めるかの意思決定法であり、延期後にスタートするなど不確実性に関して意思決定者の与えられている選択肢（オプション）を評価の対象に入れていない。このため、タイミングをも考慮した意思決定の方法は、IT投資の最適化を明確にするためにも課題であると言える。

リアルオプション理論<sup>[3]</sup>は、不確実性のある将来の柔軟性を持つプロジェクトや資産を評価できるものである。本評価手法が生まれたことによって、投資案件に柔軟性や不確実を加味することが可能となり、NPV法、DCF法での評価による機会損失を被る可能性を回避できるようになった。つまり、リアルオプションによって好状況のときのみ投資を行い、それ以外は投資の実行を遅らせるといった意思決定の柔軟性を価値化することが可能となっていることから、ITプロジェクトでも、その価値を最大にするように、最適な投資決定のタイミングを求めることが可能となり、より意思決定支援に優れた方法になり得るものと考えられる。

例えば、世界的な同時不況によって企業収益が激減した場合、プロジェクト価値も変動するであろう。従ってその価値変動のシナリオによって、IT投資時点( $t$ )を将来に伸ばすことで回収期間（T年）に対しての $NPV(t)$ を大きくすることも可能になると予想できる。このような場合、意思決定者のオプションをプロジェクト価値がIT投資行使価値以上になったときの最初時点で行使すると定式化すれば、とみてそれを現在時点で評価することが可能となり、新たな意思決定方法となる。こうした仮説を基に、インフラ型投資、業務効率型投資、戦略型投資の3つの要素を持つERP評価を、問題としている突然の外的変動要因による変動因子（営業利益）などの不確実性を加味し、IT投資後のパフォーマンスが明確な企業を抽出してモデル化、もしくはシナリオ化した。

それらをリアルオプション理論により不確実性を表す変数の関数として定式化し、意思決定支援方法としての検証を試みる。

#### 4. 提案モデル

##### 4. 1. モデルの前提条件

本節では、本研究のモデルの仮定や前提条件について言及する。ITシステムを運用している企業は、毎期  $X_t$  のキャッシュフロー（利益）を生み出している。現行のシステムにおいて、キャッシュフローの期待増加率は  $\mu_1$  であるとする。さらに、企業は、投資コスト  $I$  をかけて、システムの拡張や効率化を図ることにより、期待増加率  $\mu_2 (> \mu_1)$  のキャッシュフローを生み出す。本研究では、簡単のため、投資に係わる時間は0、プロジェクト期間は、無限を前提とする。また、上述のとおり、IT投資プロジェクトにおいて、様々な不確実性が考えられるが、本研究では、それらの不確実性が、プロジェクトから得られるキャッシュフロー  $X_t$ （運用費を含む）に、集約しているものと仮定し、 $X_t$  が不確実性であるとして、以下のような幾何ブラウン運動<sup>[3]</sup>（図1参照）に従うと仮定する：

$$dX_t = \mu_i X_t dt + \sigma X_t dW_t, \quad X_0 = x, \quad (1)$$

ここで、 $\mu_i (i=1,2)$  はキャッシュフローの期待増加率、 $\sigma$  は不確実性の指標であるボラティリティ、 $W_t$  は標準ブラウン運動である。

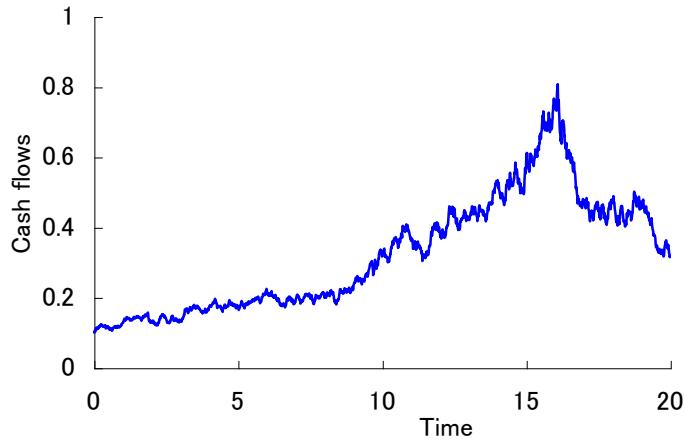


図1. 幾何ブラウン運動のサンプルパス

##### 4. 2. NPV法

NPV法は、確定的であるという仮定に基づき、将来に得られるキャッシュフローを現在価値に割り引いた価値から投資コストを差し引いたものを評価指標として、それが正の値になれば投資を行い、負の値になれば投資を行わない、などの意思決定に用いられる。NPV法による評価では、将来のキャッシュフローは確定的であると設定するため、(1)式において  $\sigma = 0$  とすることで不確実性の項が無くなり、状態変数  $X_t$  は以下のように表される：

$$X_t = x e^{\mu_i t} \quad (2)$$

NPV法による投資決定は、現行のシステムの価値と、拡張した後のシステムの価値から投資コストを差し引いた価値とを比較し、後者が大きいときは、現時点で直ちに投資を行い、前者が大きければ投資を行わないと判断するものである。それゆえ、投資の価値  $V_{npv}(x)$  は、

$$V_{npv}(x) = \max \left( \int_0^{\infty} e^{-\rho t} x e^{\mu_1 t} dt, \int_0^{\infty} e^{-\rho t} x e^{\mu_2 t} dt - I \right) , \quad \rho > \mu_i (i=1,2) \quad (3)$$

$$= \max \left( \frac{x}{\rho - \mu_1}, \frac{x}{\rho - \mu_2} - I \right)$$

となる。ここで、 $\rho$  は割引率である。 (3) 式より、NPV法による投資決定判断のキャッシュフローの水準  $X_{npv}$

は、

$$X_{npv} = \frac{(\rho - \mu_1)(\rho - \mu_2)}{\mu_2 - \mu_1} I \quad (4)$$

となる。投資決定を行う時点での  $X_t$  の水準が、 $X_{npv}$  以上であれば、直ちに投資を実行し、 $X_{npv}$  より小さい場合は、投資を行わず、現行のシステムのままであると判断する。

#### 4. 3. 最適投資タイミング：リアルオプションモデル

本節では、キャッシュフローの不確実性を考慮し、(2)式のとおり幾何ブラウン動に従うと仮定し、IT投資プロジェクトの評価モデルについて、定式化を行う。現時点において、企業は、現行のシステムを持っており、投資コストを支払うことにより、システムの拡張・効率化を図り、新規のシステムを持つものとする。このときのIT投資プロジェクトの価値  $F(x)$  は、

$$F(x) = \sup_{\tau} E \left[ \int_0^{\tau} e^{-\rho t} X_t(\mu_1) dt - e^{-\rho \tau} I + \int_{\tau}^{\infty} e^{-\rho t} X_t(\mu_2) dt \right] \quad (5)$$

となる。ここで、 $\tau$  は投資時刻を表している。投資後の新規システムの期待現在価値は、

$$V_a(x) = E \left[ \int_0^{\infty} e^{-\rho t} X_t(\mu_2) dt - I \right] \quad (6)$$

$$= \int_0^{\infty} e^{-\rho t} x e^{\mu_2 t} dt - I$$

$$= \frac{x}{\rho - \mu_2} - I$$

である。投資前のプロジェクト価値が満たす微分方程式は、Bellman方程式より、

$$\frac{1}{2} \sigma x^2 F''(x) + \mu_1 x F'(x) - \rho F(x) + x = 0 \quad (7)$$

となる。境界条件は以下のとおりである：

$$\begin{cases} F(0) = 0 \\ F(X^*) = V_a(X^*) \\ F'(X^*) = V_a'(X^*) \end{cases} \quad (8)$$

第一の条件式は、 $X$  の水準が 0 に近づけば、プロジェクト価値は 0 になることを表している。 $X^*$  は最適なタイミングを表している。第二と第三の条件式は、投資前後の価値が同値となるvalue-matching条件<sup>[3]</sup>と、最適に投資を行うことを保証するsmooth-pasting条件<sup>[3]</sup>を表している。これらの境界条件の下、常微分方程式(7) 式を解くと、 $F(x) = \frac{x}{\rho - \mu_1} - \left( \frac{X^*}{\rho - \mu_1} - \frac{X^*}{\rho - \mu_2} + I \right) \left( \frac{x}{X^*} \right)^{\beta_1}$  (9)

となる。ここで、 $\beta_1$  は  $\frac{1}{2} \sigma^2 \beta(\beta - 1) + \mu_1 \beta - \rho = 0$  の正の根、すなわち、

$$\beta_1 = \frac{1}{2} - \frac{\mu_1}{\sigma^2} + \sqrt{\left(\frac{\mu_1}{\sigma^2} - \frac{1}{2}\right)^2 + \frac{2\rho}{\sigma^2}} > 1 \quad (10)$$

である。投資の閾値  $X^*$  は、

$$X^* = \frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} \frac{(\rho - \mu_1)(\rho - \mu_2)}{\mu^2 - \mu^1} I \quad (11)$$

となる。NPV法による投資の閾値  $X_{npv}$  と比較すると、 $\frac{\beta_1}{\beta_1 - 1} > 1$  であることから、 $X_{npv} < X^*$  となること

がわかる。すなわち、NPV法による判断と比較して、リアルオプションによる評価は、不確実性の増大により、投資の決定をより遅らせることが分かる。ただし、不確実性が0のときは、 $X_{npv} = X^*$  となる。

#### 4. 4. 最適投資タイミング・費用同時決定モデル

前節では、IT投資プロジェクトにおける最適な投資のタイミングを求めるモデルを提案した。このモデルにおいては、システムの拡張に伴う投資コストと、投資後の拡張システムから得られるキャッシュフローの期待増加率は、独立に設定するものとした。しかしながら、現実のIT投資プロジェクトにおいては、投資コストが大きいほど、高い期待増加率が期待される。そこで、本節では、期待増加率は、投資コストに依存するものと仮定し、投資のタイミングとコストを同時に決定するモデルを構築する。

IT投資コストが小さいときは、投資コストの増加とともに期待増加率は線形に増すが、IT投資コストが大きくなるにつれて、期待増加率の程度は徐々に弱まる。すなわち、IT投資後の拡張システムから得られるキャッシュフローの期待増加率  $\mu_2$  と、投資コスト  $I$  に以下のような関係があると仮定する。

$$\mu_2 = b\sqrt{I} \quad (12)$$

ここで  $b$  は、投資コストから期待増加率への単位変換パラメータである。このとき、IT投資プロジェクトの価値  $F(x)$  は、

$$F(x) = \sup_{\gamma, I} E \left[ \int_0^\gamma e^{-\rho t} X_t(\mu_1) dt - e^{-\rho \gamma} I + \int_\gamma^\infty e^{-\rho t} X_t(\mu_2) dt \right] \quad (13)$$

である。最適な投資コスト  $I^*$  は、投資後のシステムの価値から得られる。すなわち、

$$I^* = \arg \max_{I>0} \frac{x}{\rho - b\sqrt{I}} - I \quad (14)$$

から、 $I^*$  が満たす方程式、

$$\frac{bx}{2\sqrt{I}(\rho - b\sqrt{I})^2} - 1 = 0 \quad (15)$$

が得られる。投資の閾値  $X^*$  が満たすvalue-matching条件、smooth-pasting 条件から、

$$aX^{*\beta_1} + \frac{X^*}{\rho - \mu_1} = \frac{X^*}{\rho - b\sqrt{I}} - I \quad (16)$$

$$\beta_1 aX^{*\beta_1-1} + \frac{1}{\rho - \mu_1} = \frac{1}{\rho - b\sqrt{I}} \quad (17)$$

が得られる。ここで、 $a$  は未知定数である。(15)式、(16)式、(17)式を同時に数値的に解くことによって、 $a, X^*, I^*$  が得られ、最適なIT投資のタイミングと投資額が求められる。

## 5. 結果の検証と考察

前節では、IT投資の最適化決定モデルの提案にあたり、投資タイミングとコストの同時決定モデルとして(15)式、(16)式、(17)式を提案した。本節では、これらのモデルの検証を行うとともに、投資のタイミングやプロジェクト価値に対する不確実性の影響について分析する。本分析で用いた基本パラメータは、次のとおりである：割引率  $\rho = 0.05$ 、キャッシュフローの期待増加率  $\mu_1 = 0, \mu_2 = 0.01$  である。ただし、投資のタイミングとコストの同時決定モデルにおいては、最適な投資コストが決定されるとともに、投資後の拡張システムから得られるキャッシュフローの期待増加率  $\mu_2$  も内生的に決定される。

### 5. 1. 投資タイミング決定モデル

本節では、4.4節で示した、最適な投資のタイミングを決定するモデルを用いて、実際のIT企業データを基に不確実性や投資コストについてNPV法との比較分析を行う。

現在のキャッシュフローを3.0億円/年とすると、現時点におけるプロジェクトの価値は、期待NPVの場合、60億円となる。一方で、投資コスト用が20億円のとき、投資オプションの価値を考慮したときは、62.42億円となり、この場合、システム拡張投資を行うより、延期することが適切であることを示している（図2）。また、図2に示されているように、キャッシュフローが、 $X^* = 7.45$ 億円/年のときは、投資を行うことが適切であることを示している。

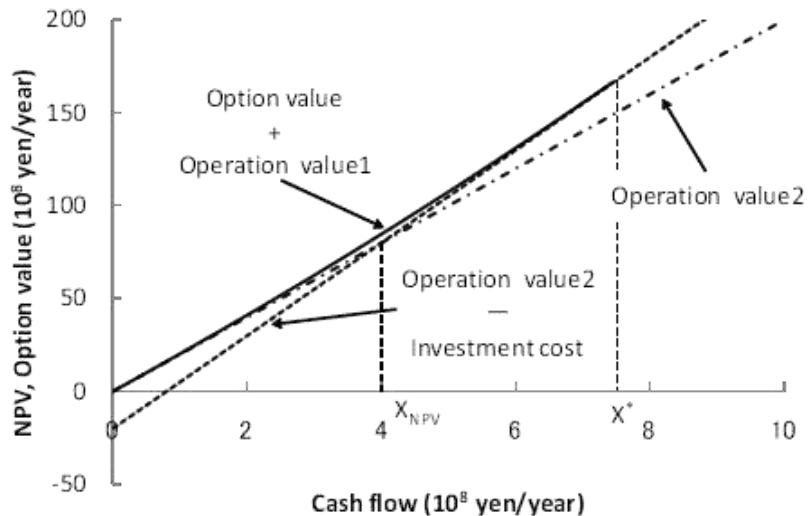


図2. 基本ケースのNPVとオプション価値 ( $\sigma = 0.2, I = 20$ 億円)

一般的なリアルオプションのフレームワークによると、不確実性の度合いが大きくなるに従い、投資を延期することの価値が増加する。すなわち、投資機会のオプション価値は増加し、それに伴い、オプションを実行することの費用（機会費用）も増加することから、投資をより延期することが正当化される。例えば、不確実性の程度を表すボラティリティが、0.2から0.4に増加したとき、投資の閾値は、7.45億円/年から13.19億円/年へと上昇する（図3）。

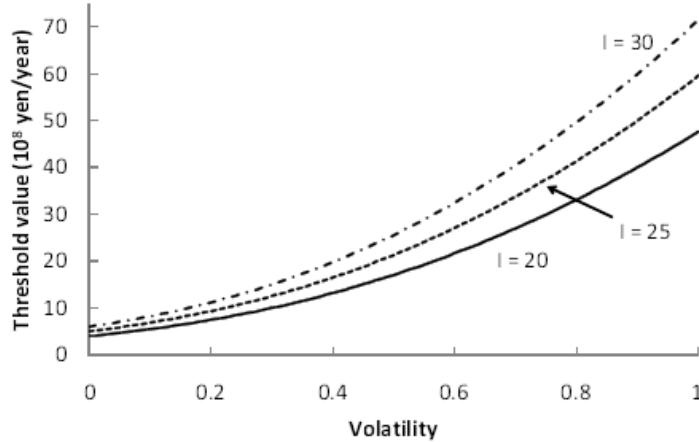


図3. 閾値に対する不確実性の影響

IT投資プロジェクトに関する費用が、どのように投資の閾値に影響を及ぼすかについて分析を行った。図3に示されているように、投資コストが20億円から25億円、30億円と増加するに従い、投資の閾値が上昇していることがわかる。投資コストが増加することで、システム拡張投資を行う可能性が減少することを表している。また、投資コスト上昇に伴う投資実行可能性の低下の程度は、不確実性が大きくなるに従い、より増えていることがわかる。例えば、ボラティリティが0.2のとき、20億円から30億円の増加で、7.45億円/年から11.18億円と3.73億円の増加に対して、ボラティリティが0.4のとき、その差は、13.19億円から19.78億円と6.59億円の増加となり、システムを拡張する可能性がより減少していることがわかる。すなわち、システムの拡張の投資決定に関して、将来の不確実性が大きいほど投資コストの影響は大きくなることを示唆している。

さらに、投資の閾値と同様に、投資プロジェクト価値も、不確実性に大きく影響する。現時点でのキャッシュフローの水準を3.0億円/年としたときの投資プロジェクトの価値に対して、不確実性の影響を示したもののが図4である。ボラティリティが大きくなるに従い、投資プロジェクトの価値が大きくなることがわかる。これは、ボラティリティが大きいときは、投資の延期が選択され、より高いキャッシュフローの水準で投資を実行する可能性が増すからである。

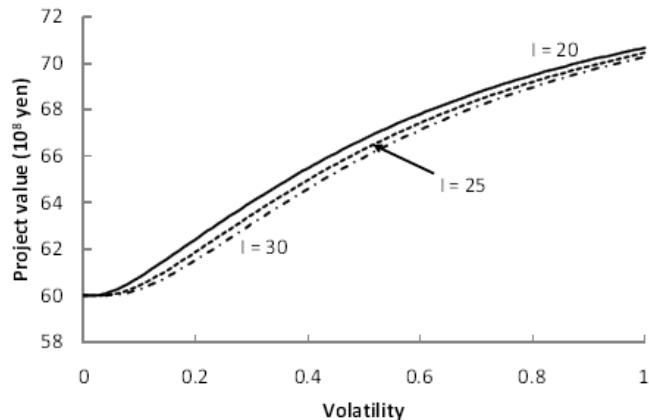


図4. プロジェクト価値に対する不確実性の影響

プロジェクト価値に対する投資コストの影響についても分析を行った。図4に示されているように、投資コストが20億円から25億円、30億円と増加するに従い、投資プロジェクトの価値が減少していることがわかる。ボラティリティが小さいところでは、オプション価値が小さいため、投資コストの大小は、プロジェクト価値に影響

しないことが分かる。また、ボラティリティが大きいところでも、同様に投資コストの影響が小さいことが分かる。これは、ボラティリティが大きいときは、上述のとおり、高いキャッシュフローの水準で投資を実行するで、その後のプロジェクト価値が大きくなり、投資コストの影響が小さいことを表している。

## 5. 2. 投資のタイミング・コスト同時決定モデル

本節では、4. 4節で示した、投資のタイミングとコストを同時に決定するモデルを用いて、不確実性について分析する。ERPシステムのような大規模なIT投資案件においては、投資額の変動幅が大きくなるケースもあり、導入方法においても、ビックバーン方式での導入<sup>[4]</sup>と段階導入でも変動幅に違いが生じることが考えられる。

図5は、投資の閾値に対する不確実性の影響を示したものである。投資タイミングのみを決定するモデルと同様に、ボラティリティが大きくなるにしたがい、投資の閾値が増加していることが分かる。また、(12)式におけるパラメータ  $b$  についての分析を行った。 $b$  が大きくなるにしたがい、投資の閾値が低下していることが分かる。これは、 $b$  が大きいほど、投資コストが、キャッシュフローの期待増加率に大きく反映されるために、投資を実施することで、より期待増加率が上昇し、投資を行う可能性が増加することを意味している。これは、ビックバーン方式での導入の方が、リスクが高くなる一方で、成功した際の投資コストが抑えられキャッシュフローの期待増加が望める場合に合致している。

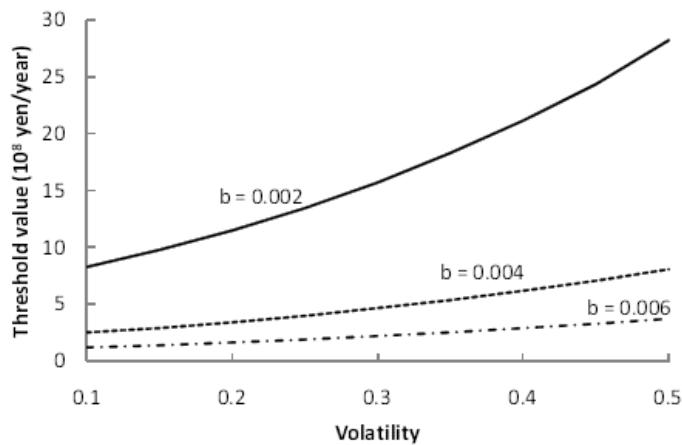


図5. 閾値に対する不確実性の影響（投資の最適タイミングとコストの同時決定モデル）

また、最適な投資コストに対する不確実性の影響について分析を行った（図6）。不確実性が大きくなるにしたがい、最適な投資コストが増加していることが分かる。これは、不確実性が大きいときは、高いキャッシュフローの水準で、拡張システムのプロジェクトが始まるところから、高いコストをかけて、期待増加率をより上昇させることを意味している。 $b$  が大きいほど、少しのコストで期待増加率が上昇するため、最適なコストが  $b$  の上昇とともに減少していることが分かる。

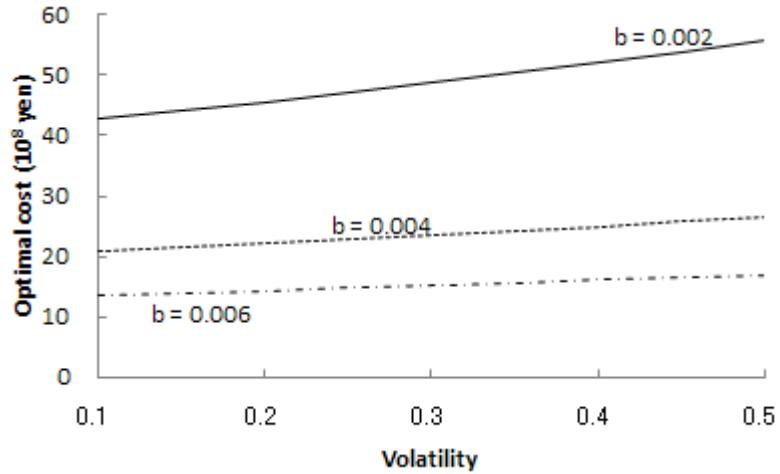


図6. 投資コストに対する不確実性の影響（投資の最適タイミングとコストの同時決定モデル）

## 6. おわりに

本論文では、IT投資の最適化を追及し、IT投資のタイミングとコストの同時決定モデルの提案を行った。管理会計的な視点でBSC (Balanced Scorecard)<sup>[5]</sup>などを絡め、ITの投資評価をされても企業収益を図る経営陣やその経営を付託している株主にとって、IT投資意義について理解が容易でないケースが多くなってきて いる流れの中、投資が企業収益を追求するROIの明確化に一石を投じることができた。また、企業においての取締役会が、株主総会に次ぐ、通常の最高意思決定機関となっているが、立法府の二院制、司法府の三審制のよ うな体制をとつてないので、IT投資が役員会で時期尚早なでの理由で却下された場合、再度の附議にかけるためには、時間と手間が掛かるケースが多く、企業にとってチャンスを逸するケースもあった。こうしたチャンスロスを減らすためにも、コーポレートガバナンスやITガバナンスの必要性が叫ばれる今日、聖域化されたIT部門とさせたり、なつてしまわぬようにするためにも、IT投資タイミングとコストの同時決定最適化モデルの本提案は有用である。IT投資の最適化と意思決定支援として、実企業でも有用であり、同様の規模のIT投資にも活用できるモデルである。本研究では、IT投資後の拡張システムから得られるキャッシュフローの期待増加率 $\mu$ と、投資コスト $I$ に単位変換パラメータ $b$ として、よく用いられる仮定を採用したが、今後はIT投資に基づくパラメータの設定をすることを課題として引き続き研究に取り組みたい。また、近年のクラウドコンピューティングなど高まるアウトソーシングへの投資についても、特にアウトソーシングについては、HaaS (Hardware as a Service), PaaS (Platform as a Service), SaaS (Software as a Service) 等の分類においても更なる具現化したモデル化し、より実企業で活用し易いものにする取り組みをしたいと考える。

## 《参考文献》

- [1] マッキンゼー・アンド・カンパニー：「企業価値評価 上」, (ISBN4-478-4782-0)
- [2] (社)日本情報システム・ユーザー協会, IT投資価値評価に関する調査研究(経済産業省委託調査), 2007
- [3] Avinash K. Dixit and Robert S. Pindyck, Investment under Uncertainty, 1994, Princeton UniversityPress
- [4] 吉川博之 (著) :「ITによる業務改革への挑戦」, (ISBN4-7693-6139-4)
- [5] 加藤敦 (著) :「リアル・オプションとITビジネス」, (ISBN4-87315-187-2)
- [6] マーサ・アムラム/ナリン・クラティラカ (著) :「リアル・オプション」, (ISBN4-492-60105-8)
- [7] 川口有一郎 (著) :「リアル・オプションの思考と技術」, (ISBN4-478-21039-X)
- [8] 浅田孝幸 (代表編集) :「戦略的プランニング・コントロール」, (ISBN4-502-21703-4)
- [9] キース・ヴァン・デル・ハイデン (著) :「シナリオ・プランニング」, (ISBN4-478-49025-2)
- [10] 小宮一慶 (著) :「キャッシュフロー経営」, (ISBN4-492-08958-6)
- [11] ERP研究推進フォーラム・情報サービスグループ/日経BPコンサルティング(著) :『2006「ERP市場の最新動向」企業アプリケーション・システムの導入状況に関する調査』
- [12] 渡辺茂 (著) :「企業価値評価」, (ISBN978-4-532-31053-0)
- [13] E. S. Schwartz, C. Zozaya-Gorostiza, Management Science, 2003, Investment under uncertainty in information technology: acquisition and development project
- [14] Glen B. Alleman, In Extreme Programming and Agile Methods: XP/Agile Universe 2002, pp. 70- 88, Agile Project Management Methods for ERP: How to Apply Agile Processes to Complex COTS Projects and Live to Tell About it
- [15] Michel Benaroch, Journal of Management Information Systems (May 28, 2002), Managing Information Technology Investment Risk: A Real Options Perspective
- [16] Luis H.R. Alvarez, Rune Stenbacka, Journal of Mathematical Economics 35 (2001), Adoption of uncertain multi-stage technology projects: a real options approach projects
- [17] Martin A. Ekström and Hans C. Björnsson, 2003. CIFE(Center for Integrated Facility Engineering), STANFORD UNIVERSITY. Evaluating IT Investments in Construction
- [18] Daniel Svavarsson , Proceedings of the Tenth Americas Conference on Information Systems, New York, New York, August 2004. Evaluation of Strategic IT Platform Investments
- [19] Michel Benaroch, Robert J. Kauffman, Appears in Information Systems Research, Vol. 10, No. 1, 1999, A case for using real options pricing analysis to evaluate information

## 【著者紹介】

高木 浩之 TAKAGI Hiroyuki

千葉工業大学 大学院社会システム科学研究科 マネジメント工学専攻 博士課程 在学中.

外資系 I T企業, 監査法人系コンサルティングファームなどでのコンサルタントを経て, 東証一部上場企業の経営企画室で実務経験後, M. S. Research L. P. のパートナーを務める.

<主な著書・論文>

実践 J-SOX対応 内部統制システム構築入門(最新版)翔泳社, Nom de plume :瀬能 雄右輔, (2007. 05)

A study of the IT project management using EVM & Real Options, (2009. 3. )

<所属学会>

ビジネスモデル学会 , 日本ファイナンス学会 , 日本生産管理学会 , 経営情報学会

高嶋 隆太 TAKASHIMA Ryuta

2005年東京大学大学院工学系研究科博士課程中退. 博士 (工学) .

現在, 千葉工業大学 社会システム科学部 金融・経営リスク科学科 助教,

電力中央研究所 社会経済研究所 協力研究員.

<主な著書・論文>

Investment Timing, Capacity Sizing, and Technology Choice of Power Plants (with Siddiqui and Nakada)

(Handbook of NetworksPower Systems: Optimization, Modeling, Simulation and Economic Aspects 2010)

Government Guarantees and Risk Sharing in Public-Private Partnerships (with Takamori and Yagi) (Review of Financial Economics 2010)

Evaluating Replacement Project of Nuclear Power Plants under Uncertainty (with Naito, Kimura and Madarame) (Energy Policy 2010)

<所属学会>

INFORMS , 日本OR学会 , 日本ファイナンス学会 , 日本リアルオプション学会 , 日本原子力学会

森 雅俊 MORI Masatoshi

千葉工業大学 社会システム科学部 金融・経営リスク科学科

大学院 社会システム科学研究科 マネジメント工学専攻 教授 工学博士 (東京大学)

<主な著書 >

実践 J-SOX対応 内部統制システム構築入門(最新版)翔泳社, 2007/05

ビジネスモデル設計のためのUML活用;毎日コミュニケーション(株) , 2006/03

ビジネス方法特許ハンドブック;フジ・テクノシステム(株) , 2002/10

<所属学会>

ビジネスモデル学会 , 経営情報学会 , 日本経営工学会 , 日本生産管理学会