

[レフリー論文 研究ノート]

# 高成長事業の価値評価モデル —様々なリスクを織り込んだ価値評価法について—

下川 智 広

An Evaluation Model for High-Growth Project :  
Valuing Project Including Various Risks

SHIMOKAWA, Tomohiro

本稿は、高成長事業に特徴的な様々なリスクを織り込んだ事業価値評価モデルの設定を試みるものである。特に、将来の不確実性が高く、その推定に恣意性や曖昧性等のノイズが入り込む余地の大きい高成長事業の価値を推定するために、成長率が幾何ブラウン運動するとの仮定を適用し、さらに、新規参入企業の台頭やイノベーションにより減退する速度など、高成長事業特有のリスクを、平均回帰過程や平均回帰係数などのパラメータを織り込み、理論モデルを構築している。また、時間が進行するにつれて将来キャッシュフローの状態を様々な変化させる法人税や繰越欠損金の影響を加味した連続時間モデルを用いて経路依存的な過程も考慮し、リスクのある将来キャッシュフローに対応させる割引率として、リスクの市場価格で調整したりリスク中立確率法を検討している。市場全体で調整されたリスクの市場価格が推計されれば、将来キャッシュフロー推定モデルに基づくキャッシュ残高をリスクフリーレートで割引くことが許容されることを指摘する。本稿価値評価モデルは、不確実性が高く事業価値評価の推定が困難であった高成長事業の価値評価においてより良い推定値を見出そうとする、理論モデルを中心とした考察である。

キーワード：平均回帰過程 (mean-reverting process), 平均回帰係数 (mean-reversion coefficient), デフォルトリスク (default risk), リスク中立確率 (risk neutral probability), リスクの市場価格 (market price of risk)

## 1. はじめに

事業<sup>1)</sup>に対する投資の意思決定により、現時点の投資額と将来キャッシュフロー流れのタイミングを分離することが可能となる。投資の意思決定において時間が重要視されるのは、何より現在と将来との間の選択に直面している場合である。しかし同時に、未来のことは本質的に不確実であり、将来についての何らかの支払等の取り決めを伴う選択は必然的にリスクを伴う。このように、時間は不確実性を内包<sup>2)</sup>しているため、時間とリスクに関して、投資とキャッシュフローの流れの非同時化を行うという作業は、一見するほど単純なものではない。

事業に対する投資に際して重要となるリスクの問題を議論するにあたっては、「自然の状態」という概念を導入するのが有効である。ある「自然の状態」とは、意思決定に関わってくるすべての問題を考慮した、将来の状況についての起こり得るシナリオであり、その「状態」が将来発生したときの経済状況の記述である。「現在と将来」のような2期間だけの経済では、将来起こる可能性のあるすべての事態、すなわち「自然の状態」を網羅的な状態変数のリストとして完全に表現することができるならば、これは市場が完備性を満たしていることを意味する。

しかし、完備市場の条件<sup>3)</sup>は常に厳しいも

のである。なぜならば、特定の経済主体に関係する将来の記述である「自然の状態」が、ほとんど無限の複雑さを持ち、純粋に事業に固有な状況をも含むからである。確かに、固有の事情に関連する出来事は、市場全体にとってはさほど重要な意味を持たない。にもかかわらず、固有の事情に大きく将来のキャッシュフロー状態が変化する場合、当該投資に対してリスクの把握は大きな関心となり固有リスクでの状態をも考慮に入れたものでなければならない。

ファイナンス理論における実践上の最も重要な問題は、「リスクのあるキャッシュフローをいかに評価するか」であり、本稿の目的もまた、この問題に対する理論整合的で実務へ適用可能な方法論を示すことにある。

## 2. リスクの分類

株式や債券などの市場での取引が容易になるよう証券化された金融資産と、本稿が対象としている事業などの必ずしも市場で取引が活発でない資産とでは認識・測定し管理すべきリスクの枠組みが異なっている。金融資産についてみると、株式などの価値は不特定多数が参加する市場において需給バランスを反映し変動する。金融資産において考慮すべきリスクは市場リスクであると言える。また市場リスクは取引銘柄全体にかかわる全体リスクと個々の銘柄にのみあてはまる個別リスクから構成されている。これに対して事業資産は基本的には事業価値、すなわち、将来のキャッシュフローを源泉とするので、全体として市場取引の対象となっている訳ではない。

山本・刈屋（2001）は、事業の不確実性について市場リスク、技術（イノベーション）リスク、競争リスクに区分している。市場リスクは事業価値を部分的に形づくる市場性商品の価格変動に関する不確実性であり、技術リスクは、開発の成功とその効果<sup>4)</sup>に関する不確実性を考慮しなければならない。さらに、競争リスクとして競争相手の戦略的行動<sup>5)</sup>についての不

確実性も事業価値に大きな影響を与える要素である。ここで、市場リスクは多くの事業にあてはまる一般リスクであり、技術・競争リスクは個々の事業毎に異なる個別リスクである。例えば原油や為替などの変動は多くの企業や事業にとってのリスク源泉であるが、技術・競争の水準は企業や事業により異なるため個別に対応すべきものである。

しかし、事業評価のモデル化において、これら個別リスクのパラメータ<sup>6)</sup>に関して恣意性、曖昧性を排除することが難しい側面がある。その中で、どう理論的にパラメータを定めるか、また理解しやすい評価法をどう選択するかがポイントとなる。

このようなリスクのもとで、事業評価のプロセスで重要な事業の将来キャッシュフローを算定しなければならない。将来キャッシュフローは主要な変数の予測の結果に基づいて推定するが、これらの主要な変数は不確実であり、常に変動し、時間経過が将来になればなるほどその変動は大きくなる。有限責任監査法人トーマツによって 2003 年より発表されている、日本国内の TMT（Technology, Media & Telecommunications）業界の過去 3 年間の売上高成長率からなる成長企業上位 50 社のランキング「日本テクノロジー Fast50」によると、2008 年時点で 6 年目を迎えるが、受賞した企業のうち、6 年間毎年受賞した企業は存在せず、5 回受賞している企業は 2 社<sup>7)</sup>と報告されている。これは TMT 業界のような高成長分野での市場競争と淘汰、さらに技術（イノベーション）による成長の不確実性の大きさを表しているといえる。

よって、この変数は単一の値によって表されるのではなく、事業の成否の分散や変動が不確実な変数にどの程度のリスクがあるのかを客観的に示す必要がある。その潜在的な結果については、確率分布として特徴づけられる。そのため、これらの変数はキャッシュフローの推定値に変動をもたらす。このように、リスクとは将

来の状態発生が不確実である場合を想定するので、確率的表現による定量化が基本となる。

以上のように、リスクが高い事業の場合には、市場リスクのみならず、市場で取引されにくく分散化しにくいリスクに依存することにより、将来キャッシュフローの分布の程度が相対的に大きい事業と定義する。

### 3. モデルの設定

#### 3.1 モデルの概要

本稿では、事業価値算定のプロセスを、キャッシュフローの設定と割引率の設定という2つの要素に分けて展開する。前者は第3節で、後者は第4節で述べることにする。

まず、リスクの高い事業の期待キャッシュフローを推定するために、Schwartz and Moon (2000)、および、同 (2001) のフレームワークを適用して、特に売上高の変動リスクを連続的な時間経過に伴い変動することを明示したモデルを設定する。これに、簡略化された原価構造モデルを記述し、税金支払いを加味したキャッシュフローの経路依存的なパスを織り込み、繰越欠損金の影響を記述した後のキャッシュ残高の分布を考慮するモデルを記述する。

#### 3.2 売上高モデル

将来の売上高の予測は完全でなく変動を伴うものである。Dechow et al. (1998) や Barth et al. (2001) などの先行研究において考察されている売上高成長率がランダム・ウォークに従うと仮定する理論モデルを適用し、売上高に影響を与える変数の将来の値は単一の値によって表されるのではなく、その潜在的な結果についての確率分布として特徴づけられる必要性がある。結果として分散や変動が不確実な変数にどの程度のリスクがあるのかを示す測度をとる。これらの主要な変数は常に変動している。遠い将来になればなるほどその変動は大きくなる。そのため、これらの変数の変動は、事業価値の推定値に変動をもたらす。

ここで対象となる売上高成長率の変動モデルをランダムな時間変動を記述する確率微分方程式<sup>8)</sup>として記述する。

$$\frac{dR_t}{R_t} = \mu_t dt + \sigma_t dz_1 \quad \dots(1)$$

$R_t$ :  $t$  期の1期間あたり売上高

$\mu_t$ :  $t$  期の売上高期待成長率

$\sigma_t$ :  $t$  期の売上高成長率のボラティリティ

$dz_1$ : ブラウン運動

上記 (1) 式  $R_t$  は  $t$  期における売上高を表し、売上高期待成長率は  $\mu_t$  とする。これはドリフトレートと呼ばれ、その値は確率的に変動する。ここで、 $\mu_t$  の意味することは、不確実性によりリスクが高い事業の売上高を予測するにあたり、ある一定の売上高期待成長率を設定するよりは、 $\mu_t$  を確率的に変動させるほうが事業の不確実性を適切に表現するものである。さらに、(1) 式の第2項は、売上高期待成長率のボラティリティとして  $\delta_t$  と表す。ここで  $dz_1$  はウィーナー過程の増分であり、ランダム項となる。

このように、売上高成長率 ( $dR_t/R_t$ ) は、現時点での売上高成長率は既知であるが、将来の売上高成長率は時間とともに経路依存的であり、実際の売上高成長率のパラメータ情報は、時間の経過とともに蓄積されていくものの、将来の売上高成長率は常に不確実な状態のままであることを表現している。

#### 3.3 売上高期待成長率の過程

前項の (1) 式で、売上高成長率は確率的に変動することを表現した。次に、(1) 式の幾何ブラウン運動のパラメータに、不確実性を表現する各リスク要因を考慮したパラメータを組み込み、モデルを拡張する。

$$d\mu_t = \kappa_1 (\bar{\mu} - \mu_t) dt + \eta_t dz_2 \quad \dots(2)$$

$$d\eta_t = -\kappa_2 \eta_t dt \quad \dots(3)$$

$\bar{\mu}$ : 期待成長率の長期平均

$\eta_t$ : ブラウン運動

$\kappa_1$ : 売上高成長率の平均回帰速度

(2) 式では、売上高期待成長率  $\mu_t$  が平均回帰過程<sup>9)</sup>に従い、売上高期待成長率の予想外の変動  $\eta_t$  は時間とともにゼロへ収束すると仮定する。この平均回帰過程の導入の理由は、事業価値が競争によって侵食される場合の考え方である。当該事業の市場が不特定多数により参加可能な場合、競争の発生により超過利潤はほとんど侵食されてしまう可能性がある。市場の構造に寡占が認められる場合には、ゲーム理論を援用するなどして理論的に事業価値の侵食の程度を推定し価値評価に考慮<sup>10)</sup>可能である。逆に、事業価値に算入できる最も典型的なケースは独占産業の場合である。経済的税制や独占的技術などにより参入障壁が極めて高い場合、当該事業は競争リスクに侵食されずに超過利潤を保持することが可能である。これに対し競争相手が多数の場合には超過利潤はほとんど侵食されるので、価値に算入することは難しくなる。

さらに、観測的事実<sup>11)</sup>として、事業が高い成長率を長い期間維持できることは難しく、新製品などの導入直後などは新鮮さもあって売上高成長率がかなり高い場合でも、一定期間を経ると、徐々に一定の売上高成長率に収束する場合が多いことを表現する。時間の経過とともに売上高成長率は、その事業が属する産業全体の成長率に漸減していき、長期的にはインフレ率に収束していくという観点からも理解することができる。

次に、(1) 式第2項のランダム項の過程について検討する。

$$d\sigma_t = \kappa_1 (\bar{\sigma} - \sigma_t) dt \quad \dots(4)$$

$\bar{\sigma}$ : ボラティリティの長期平均

売上高期待成長率  $\mu$  が仮に分かったとして

も、なお、売上高成長率 ( $dR_t/R_t$ ) には不確実性がある ( $\sigma > 0$ )。売上高期待成長率のボラティリティ  $\sigma_t$  は、(4) 式のように長期平均ボラティリティの値である  $\bar{\sigma}$  に収束すると仮定する。これは、事業が成熟期に入り収益基盤が安定して、売上高の将来見通しが安定的になる。ここで係数  $\kappa_1$  は、成熟企業(可能な限り同種・同規模)のボラティリティから算定することが可能である。

### 3.4 売上高期待成長率の速度

(2) 式にある平均回帰過程の係数である売上高成長率の平均回帰速度  $\kappa_1$  は、上記の平均回帰過程で、安定した売上高成長率に回帰するまでの期間を表す係数であるが、この平均回帰速度を適用することは、ライフサイクルモデルによって説明できる。ここでの速度  $\kappa_1$  は、成熟期への推定到達経過を意味する。近年、短縮する製品の寿命、あるいは、技術の革新に関して、それらの重要性や発生頻度は、商品のライフサイクルの中で変化する。その典型的なパターンとして、Abernathy (1978) によって示された技術進化のパターン<sup>12)</sup>はよく知られたモデルである。イノベーションの速い変化によりライフサイクルの各段階は、すべての製品に当てはまるわけではなく、導入後すぐに衰退してしまうこともありうる。最近では、消費者ニーズの移り変わりの速さとイノベーションの影響によるライフサイクルの短期化が著しいことから、この速度のパラメータである速度  $\kappa_1$  のモデルへの取り込みは大きな意味を持つのである。よって、この速度の設定については、各種経営学分野での実証研究<sup>13)</sup>に基づき客観的なパラメータ設定が必要となる。

### 3.5 原価モデルの概要

営業費用は、モデルの簡略化のために「売上原価」と「その他費用(販売費及び一般管理費)」から構成され、「売上原価」は、全額変動費(売上高比例部分)であり、原価率は  $\alpha$  で

あるとする。「その他費用」は、変動費と固定費に分解され、変動費率は $\beta$ とする。また $F$ は固定費とする。

$$\begin{aligned} Cost_t &= COGS_t + OtherExpense_t \\ &= \alpha R_t + (\beta R_t + F) \\ &= (\alpha + \beta) R_t + F \end{aligned} \quad \dots(5)$$

$Cost_t$ : 総コスト

$COGS_t$ : 売上原価

$OtherExpense_t$ : その他費用

$\alpha$ : 売上高変動原価比率

$\beta$ : 売上高変動その他費用比率

ここで、 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $F$  は予測期間中一定と考える。

### 3.6 原価モデルの拡張

原価モデルについて、予見できない将来の競合他社の登場、マーケットシェアの変動や新技術の開発などのリスクを考慮し、コスト構造が確率的に変動することを明示的に取り入れる。すなわち、売上高モデル同様、幾何ブラウン運動を導入した原価モデルで記述する。

$$Cost_t = \gamma_t R_t + F \quad \dots(6)$$

$$d\gamma_t = \kappa_2 (\bar{\gamma} - \gamma_t) dt + \phi_t dz_3 \quad \dots(7)$$

$$d\phi_t = \kappa_2 (\bar{\phi} - \phi_t) dt \quad \dots(8)$$

$\gamma_t$ :  $t$ 期の売上高変動費比率

$\bar{\gamma}$ : 変動費比率の長期平均

$\kappa_2$ : 変動費比率の平均回帰調整速度

$\bar{\gamma}$ : 変動費比率の長期平均

$\phi_t$ :  $t$ 期の変動費比率のボラティリティ

$\bar{\phi}$ : 変動費比率のボラティリティの長期平均

### 3.7 法人税と繰越欠損金に関する過程

これまで検討した売上高モデルと原価モデルを記述したが、これにより営業利益を算定することができる。単純化のため、その他の損益項目がないと仮定すると、税引き後営業利益 ( $Y$ )

は以下の通り算定される。

$$Y_t = R_t - Cost_t - Tax_t \quad \dots(9)$$

$Y_t$ :  $t$ 期の税引後営業利益

法人税等  $Tax_t$  は、課税所得がゼロより大きい場合にのみ課税される。また、課税所得がゼロ以下の場合には、法人税等はゼロである。この状態に依存した状況を (10) 式のように表現する。

$$Tax_t = \begin{cases} (R_t - Cost_t - L_t) \times \text{実効税率} \\ 0 \end{cases} \quad \dots(10)$$

$$dL_t = \text{MAX}[-(R_t - Cost_t) dt, 0] \quad (L_t \neq 0 \text{ の場合}) \quad \dots(11)$$

$$dL_t = -(R_t - Cost_t) dt \quad (L_t = 0 \text{ の場合}) \quad \dots(12)$$

$dL_t$ :  $t$ 期の繰越欠損金の増加 (減少額)

$L_t$ :  $t$ 期の繰越欠損金額

次に、課税所得を算定するために、税引き前営業利益と  $t$ 期の繰越欠損金 ( $L_t$ ) を加味する<sup>14)</sup>。モデルが連続時間であるため、経路依存的な繰越欠損金 (Loss Carry Forward) の取り扱いについてモデルに記述する必要がある。繰越欠損金は、過去からの累積損益から決定され、(11) 並びに (12) 式のように、繰越欠損金の有無によって税額も決定されるような状態に依存する状況を考慮している。

### 3.8 キャッシュフローの計算と残高分布

事業のキャッシュ残高  $X(t)$  に関して、売上高の予測期間中フリーキャッシュフローは、全額内部留保され配当は実施されない。さらに、内部留保されたキャッシュは、安全資産に投資され、每期リスクフリーレート相当の利回りを確保すると仮定する。

$$dX_t = (Y_t + rX_t) dt \quad \dots(13)$$

$dX_t$ :  $t$ 期のキャッシュ残高の増加額 (減少額)

以上で、連続時間モデルによるキャッシュフローの各期の増減額と、キャッシュ残高が経路依存的にシミュレーション<sup>15)</sup>可能となる。

最後に、事業はデフォルトする可能性があり、キャッシュ残高  $X_t$  がマイナスになった場合、その時点で当該事業は「デフォルト」すると仮定する。デフォルト以降は、税引後営業利益  $Y_t$  の水準とは無関係に  $X_t = 0$  となる。

## 4. 割引率の設定について

### 4.1 リスクのあるキャッシュフローの割引方法

事業価値評価に際して最も議論の分かれる問題の1つは、割引率の設定であり、これにより、事業のリスク水準を推定することである。リスクのあるキャッシュフローの価値評価プロセス、すなわち、リスクを調整した現在価値を計算する方法は、他のすべての方法に勝り、普遍的に受け入れられた割引方法が存在しないことから、この問題は難しい。

評価のプロセスは、まず、加法的にそれぞれの時点でのキャッシュフロー全体の価値の合計<sup>16)</sup>となる。ここで、将来のある時点における不確実なキャッシュフローは  $\widetilde{CF}_t$  という波線をつけた表記でその期待値  $E(\widetilde{CF}_t)$  と、将来キャッシュフローの期待値を無リスク利率 ( $r_t^f$ ) で割り引いた価値  $E(\widetilde{CF}_t)/(1+r_t^f)^t$  がベンチマークとなる。しかし、この割引評価値は、リスクが問題ではない場合、すなわちリスク中立的であると仮定できる場合を除き、一般的にリスクあるキャッシュフローの整合性ある解答にはなり得ない。リスクを考慮する必要がある一般的なケース、すなわちリスクを引き受ける行動が報われる必要のある典型的な状況では、割引計算の式に何らかの修正を施さなければならない。以下、時点  $t$  にて、確実なキャッシュフローは  $CF_t$  で表し、 $\widetilde{CF}_t$  という波線をつけた表記は、第  $t$  期における、不確実性を伴うかもしれないキャッシュフローであり、確率変数であることを表すことにする。

リスクのあるキャッシュフローの価値評価プ

ロセスとして最も一般的な方法は、(14) 式のように、無リスク利率よりも高い、すなわち、無リスク利率に一定のリスクプレミアム ( $\pi$ ) を上乗せしたレートで割り引く方法である。

$$\frac{E(\widetilde{CF}_t)}{(1+r_t^f+\pi)^t} \quad \dots(14)$$

この方法の論理は理解しやすいものである。ある割引率で割り引いた将来の期待キャッシュフローの現在価値と等しくなるように資産の価格を決めるということは、現在価値価格を所与とするならば、資産の期待リターンはその割引率と一致するはずである。そのような割引率とは、評価の対象である資産からのキャッシュフローと、同様の発生時期や同様のリスクのキャッシュフローをペイオフとする、他の金融資産に関して市場が同質に推計した予想収益率である。この価格評価方法においては、その資産は同じリスク・クラスに対応する十分競争的な収益率を支払うように価格付けされる。このアプローチでは、適切なリスクプレミアムの計算が最も重要な問題である。

次に、(14) 式と同様の考え方に基づくもう1つの方法として、無リスク利率での割引が可能になるようにキャッシュフロー自体を修正するものである。

$$\frac{E(\widetilde{CF}_t) - \Pi_t}{(1+r_t^f)^t} \quad \dots(15)$$

一般的に、(15) 式は、リスクないしはプレミアムを反映する ( $\Pi_t$ ) の分だけ、将来のキャッシュフローを減額する方法である。

また、将来キャッシュフローの期待値を無リスク利率で割り引くことができるように、期待値計算の前提となる確率分布に修正を施す方法があり。これが連続時間モデルでのリスク調整方法としては有益である<sup>17)</sup>。

$$\frac{\widetilde{E}(\widetilde{CF}_t)}{(1+r_t^f)^t} \quad \dots(16)$$

(16) 式の期待値オペレーター ( $\widetilde{E}$ ) は、予想キャッシュフローの計算の際に、修正された確率分布をもとに計算された期待値を用いることを表している。

最後に、将来のキャッシュフロー  $\widetilde{CF}_\tau$  を状態ごとの要素に分解する方法が考えられる。潜在的な自然の状態の1つ ( $\theta_\tau$ ) が実現したときに生じる支払いを、 $CF(\theta_\tau)$  で表すものとする。もし特定の自然の状態  $\theta_\tau$  が実現した場合にのみ支払われる明日の1単位の現在の価格が  $q(\theta_\tau)$  であることが分かれば、 $\widetilde{CF}_\tau$  の適切な現在価値が次のように計算できることは明らかであろう。

$$\sum_{\theta_\tau \in \theta} q(\theta_\tau) CF(\theta_\tau) \quad \dots(17)$$

この合計は、起こり得るすべての自然の状態 ( $\theta_\tau$ ) について計算される。

以上で紹介した、4つの評価方法を分類すると、リスクプレミアム計算 (14) 式と (15) 式、修正された確率分布の計算 (16) 式、および状態ごとの将来の価格付け (17) 式となり、これらはそれぞれの方法についての理論があって初めて、実体を伴ったものになる。また、(14) 式と (15) 式の評価方法は均衡アプローチモデル、さらに、(16) 式と (17) 式は裁定アプローチモデル<sup>18)</sup> に基づいている。

#### 4.2 均衡アプローチによるリスクのあるキャッシュフローの評価

まず、CAPMでキャッシュフローを評価することを考える。CAPMは、将来の期待キャッシュフローを現在価値に割り引く際に用いるべき割引率、あるいは、同じことであるが、適用すべきリスクプレミアムに関して、明確な結論を提示するものである。対象となる事業のリターンを定義してしまえば、CAPMとの関係は直ちに明白になる。

$$1 + E(\tilde{r}_j) = E\left(\frac{\widetilde{CF}_{j, \tau+1}}{p_{j, \tau}}\right) = \frac{E(\widetilde{CF}_{j, \tau+1})}{p_{j, \tau}}$$

そして、CAPMより

$$E(\tilde{r}_j) = r_f + \beta_j(E(\widetilde{r}_M) - r_f)$$

$$1 + E(\tilde{r}_j) = 1 + r_f + \beta_j(E(\widetilde{r}_M) - r_f)$$

$$\frac{E(\widetilde{CF}_{j, \tau+1})}{p_{j, \tau}} = 1 + r_f + \beta_j(E(\widetilde{r}_M) - r_f)$$

したがって、以下の結論が得られる。

$$p_{j, \tau} = \frac{E(\widetilde{CF}_{j, \tau+1})}{1 + r_f + \beta_j(E(\widetilde{r}_M) - r_f)} \quad \dots(18)$$

つまり、(18) 式によれば、事業はそのリスク・クラス ( $\beta_j$ ) に対応するリスク調整済み割引率で割り引いた、将来の期待キャッシュフローの現在価値で価格付けされることを意味している。

次に、価格評価問題に対してはもう1つの方法である確実性等価による方法が存在する。その方法とは、価格評価式の分子である期待キャッシュフローの合計を変更し、それによって無リスク利率により割り引くことを可能にする方法である。このアプローチの考え方は単純である。すなわち、将来のキャッシュフローの各要素を確実性等価の額に置き換えてしまえば、無リスク利率によって割り引くことが可能になるというものである。しかし、ここでは市場の評価による確実性等価の額を必要としている。結局このアプローチでも先ほどのより一般的なアプローチと、まったく同じ問題点を検討することになる。つまり、均衡アプローチによるCAPMモデルは、期待キャッシュフローからその確実性等価を得るために、どれだけリスクプレミアムを差し引くべきかを明らかにすることが求められている。CAPMはこの問題を解くにあたっても役に立つ。キャッシュフローを市場の確実性等価に変換することは、CAPMの式を事業の期待リターンに適用するという分

かりやすい方法で実行することができる。

$$\begin{aligned} E\left(\frac{\widetilde{CF}_{j, \tau+1}}{\hat{p}_{j, \tau}} - 1\right) &= 1 + r_f + \beta_j (E(\widetilde{r}_M) - r_f) \\ &= r_f + \frac{\text{cov}\left(\frac{E(\widetilde{CF}_{j, \tau+1})}{\hat{p}_{j, \tau}} - 1, \widetilde{r}_M\right)}{\sigma_M^2} (E(\widetilde{r}_M) - r_f) \end{aligned}$$

すなわち

$$\begin{aligned} E\left(\frac{\widetilde{CF}_{j, \tau+1}}{\hat{p}_{j, \tau}} - 1\right) &= r_f + \frac{1}{\hat{p}_{j, \tau}} \text{cov}(\widetilde{CF}_{j, \tau+1}, \widetilde{r}_M) \\ &\quad \left[ \frac{E(\widetilde{r}_M) - r_f}{\sigma_M^2} \right] \end{aligned}$$

これを  $\hat{p}_{j, \tau}$  について解くと

$$\hat{p}_{j, \tau} = \frac{E(\widetilde{CF}_{j, \tau+1}) - \hat{p}_{j, \tau} \beta_j (E(\widetilde{r}_M) - r_f)}{1 + r_f} \quad \dots (19)$$

(19) 式は、CAPM を用いた適切な方法で期待キャッシュフローを変換する、つまりリスクプレミアムを差し引くことで、無リスク利子率で割り引くことを可能にするものである。すなわち、CAPM の関係式を使えば均衡における確実性等価を定義することができるのである。

しかし、CAPM 理論によるリスクのあるキャッシュフローに関するこの手続きに必要な情報に注意が必要である。評価する対象が短期で市場取引されないキャッシュフローである場合、 $\beta_j$  や  $\text{cov}(\widetilde{CF}_{j, \tau+1}, \widetilde{r}_M)$  の推定は容易とは言い難い。特に、成長が見込まれる新規事業のような過去のデータが存在しない場合は、それを利用することができない。ここで通常の対応策は、同じリスク・クラスに属すると見なすことができるような、市場で取引されている資産を見つけることである。そして、推定されたその代替的資産の  $\beta_j$  を近似値として、先の価格評価の公式を当てはめるのである。

以上のように、CAPM 理論を用いた均衡アプローチモデルでは、リターン決定要因を理解し、その性質を特定するということが圧倒的

に複雑な問題であり、それはまた避けられないこととなる。市場で取引されないような、リスクの大きな事業に対する価値評価を達成するために、我々はCAPM理論に数多く設定された単純化の仮定<sup>19)</sup>を次第に緩めていく必要がある。

#### 4.3 裁定アプローチモデルによるリスクのあるキャッシュフローの評価

均衡アプローチモデルの枠組みでは、各主体についての仮定を設けていた。特に、制約条件付きの最大化問題を特定するために、いくつかの合理性の仮定から前提となっていた。また、市場についても仮定を設けており、典型的には検討対象のすべての市場において供給と需要が一致しているものと仮定され議論を進めてきた。

しかし、リスク中立確率法は、現在価値の計算において、評価対象であるキャッシュフローが持つリスクの性質を考慮して割引率を調整すること、さらに、期待キャッシュフローを確実性等価に変換することではなく、単に将来キャッシュフローの期待値の基礎になる「確率」を修正するという手法である。そしてその作業は、無リスク利子率により割り引くことが正当化されるように行われる。したがってこの理論は、事業価値評価の問題を、新しいリスク中立確率の集合によって資産の期待キャッシュフローを計算し、無リスク利子率で割り引くことが許容されるような問題へと、転換する方法だといえる。

ここで重要なことは、リスク中立確率法は、選好に依存しない純粋な裁定理論に基づいて構築されているという点である。すなわち、この理論には、CAPM理論による均衡アプローチモデルを限定的なものにして選好や期待、保有量についての構造的な前提は存在しない。この意味で、通常置かれている経済的構造を仮定せずに、事業の評価を進めることができるのである。



そこで、リスク中立確率法の方法論のもとで、すべての資産を無リスク利率で割引かれた期待ペイオフで価格付けできるリスク中立確率という確率分布を構築する。より厳密な表現をすれば、そのもとですべての事業が無リスク利率を得ると期待されるように、「測度変換」を行う。そのような測度を見つけ出すことができる鍵は、金融市場に裁定機会が存在しないことにある。

## 5. 事業価値の評価方法

### 5.1 事業評価の概要

ここまでの議論で、リスクのあるキャッシュフローをモデル化し、リスクを調整する様々なアプローチを説明してきた。ここでそれらを用いて事業価値の評価を行っていくことにする。繰り返しになるが、理論的なアプローチの違いから普遍的に受け入れられた方法が存在しないことから、以下では、リスク調整割引率による方法とリスク中立確率法による方法の2つについて説明する。ここで、予測期間の満期のキャッシュ残高  $X(t)$  に、ターミナルバリューを加えた価値が、将来時点の事業価値  $V_T$  を(20)式と定義する。

$$V_T = X_T + TV \dots (20)$$

### 5.2 均衡アプローチモデル：リスク調整割引率による方法

現時点の事業価値を計算するためには、TVの期待値を、リスクプレミアムを反映した割引率 ( $v$ ) で割引く必要がある。ここで割引率 ( $v$ ) をどのように決定するかは議論となる。まず、類似企業の事業価値の期待収益率を採用する方法が想定される。しかし、成長期にある企業の類似企業を探すのが難しい場合もある。

$$\begin{aligned} V_0 &= \exp\{-vT\} E[V_T] \\ &= \exp\{-vT\} E[X_T + TV] \end{aligned} \dots (21)$$

具体的な事業価値の計算には、割引率 ( $v$ )

に、加重平均資本コスト (WACC) を利用することが考えられる。これを離散化すると、以下の通り書き換えられる。

$$V_0 = \sum_{t=1}^T \frac{E[Y_t]}{(1+WACC_t)^t} + \frac{TV}{(1+WACC_T)^T} \dots (22)$$

なお、WACCの決定については、予測期間前半には売上高成長率にかかるリスクの高い状況を反映して高水準に設定し、予測期間後半には、業界の平均へ回帰するように設定する方法が客観的で実務への適用として現実的と考えられる。

### 5.3 裁定アプローチモデル：リスク中立確率法における方法

$V_T$ の「リスク中立確率測度における期待値」をリスクフリーレート ( $r$ ) で割引くことによっても、現時点の事業価値を計算することができる。

$$V_0 = \exp\{-rT\} E^Q[V_T] \dots (23)$$

ただし、リスク中立確率測度による期待値を計算するには、状態変数 (売上高成長率・売上高期待成長率) の「リスク調整後」の確率過程を導入する必要がある。リスク調整後の売上高成長率の過程を記述するには、売上高成長率の過程である(1)式の実確率測度から、リスク中立確率測度へ変換する必要がある。

$$\frac{dR_t}{R_t} = (\mu_t - \lambda_t \sigma_t) dt + \sigma_t dz_2 \dots (24)$$

$$\lambda_1 = \rho_{RM} \frac{\mu_M - r}{\sigma_M} \dots (25)$$

リスク中立確率測度への変換は、裁定アプローチより、代替的なポートフォリオの価値は互いに等しくなければならないという理論を根拠に収益率も等しくなり、市場全体では、裁定機会がなくなるようにプレミアムが決定される。リスクがある事業の評価では、このプレミアムで期待収益率を調整することになる。上述

したように、リスク・クラスが同じ場合には、すべての証券の単位リスクあたり超過収益率は等しくなければならない。このため、(25)式における単位リスクあたり超過収益率はリスクの市場価格と呼ばれる。

(25)式の $\lambda_1$ は売上高成長率に係る「リスクの市場価格」である。 $\rho_{RM}$ はマーケットポートフォリオの収益率と売上高収益率の相関係数、 $\mu_M$ はマーケットポートフォリオの期待収益率、 $\sigma_M$ はマーケットポートフォリオの標準偏差を示す。

リスクの市場価格は、(24)式のように $\lambda_t$ がランダム項 $dz_t$ に対して定まる値である。しかし、リスクの市場価格が観測されるデータからいつでも計算できるかは難しい問題である。市場によってはリスクの市場価格を決める手立てがなく、推測せざるを得ない場合も存在する。

さらに、リスク調整後の売上高期待成長率の過程について検討する。売上高期待成長率の過程である(2)式の実確率測度から、リスク中立確率測度へ変換する。

$$d\mu_t = \kappa \left( \bar{\mu} - \mu_t - \frac{\lambda_2 \eta_t}{\kappa} \right) dt + \eta_t dz_t \quad \dots(26)$$

$$\lambda_2 = \rho_{RM} \frac{\mu_M - r}{\sigma_M} \quad \dots(27)$$

(27)式の $\lambda_2$ は売上高期待成長率に係る「リスクの市場価格」である。 $\rho_{RM}$ はマーケットポートフォリオの収益率と売上高期待収益率の相関係数である。マーケットポートフォリオの集合の市場価格から抽出されたリスク中立測度を使って、市場に関連したリスクの価格が推計されれば、キャッシュフロー流れの期待リターンを任意のキャッシュフローまたは事業価値で推定することが可能になる。

以上のように、リスクのある事業の評価を行う際には、リスク調整が重要であることを述べてきた。そこでは、リスク調整は期待収益率を修正することで行われることを確認した。リスクプレミアムは超過収益率であり、期待収益率

からリスクプレミアム分を減じることでリスク調整を行った。つまり、事業の収益率からリスクプレミアム $\lambda$ を引いた新しいリスク調整された収益率とすればよいのである。リスク調整は期待収益率を調整するが、調整後の売上モデルはもはや現実の売上の変動を表現しなくなることを認識しなければならない。なぜならば、現実の売上の変動は実確率測度の(1)式そのものだからである。さらに、マーケットポートフォリオの収益率と、売上高成長率との相関がゼロの場合には、「リスクの市場価格」はゼロとなり、実確率測度でも、リスク中立確率測度でも確率過程に変化はないことは重要である。

## 6. まとめ

本稿は、不確実性によりリスクの高い事業の評価方法として、期待キャッシュフローの算定を幾何ブラウン運動として記述し、それにイノベーションや競争リスクの代理変数として、調整速度や平均回帰過程などの複数のパラメータ<sup>20)</sup>、さらに、デフォルトリスクも織り込んだモデルを設定した。これは高成長事業に特徴的な様々なリスクを統合するためであった。

さらに、本稿では、事業などの金融資産のように一定の期間で1回限りの意思決定を行うのではなく、時間が進行するにつれてリスクがキャッシュフローの状態を様々に変化させることを表現するために、連続時間モデルを用いて分析してきた。連続時間モデルでは時間の経過とともに不確実性が解消されていくことを仮定していたが、現実にはパラメータに関する情報が入手可能になった時点で解消されるものである。情報によって不確実性が解消されることにより事業価値が変化するのである。

さらに、適用すべき割引率として、リスク調整割引率とリスク中立確率を検討した。リスク調整割引率は、均衡理論に基づいたアプローチとして、各主体についての仮定を設けており、すべての市場において供給と需要が一致しているものと仮定され議論を進めてきた。よ

って、リスクプレミアムを調整する方法や、確実性等価を計算する方法が適用できるのは、市場で十分にリスクが分散可能な場合にのみリスク調整済割引率が適用できることを示した。

また、リスク中立確率は、均衡理論に基づいたアプローチを限定的なものにしていた選好や期待、保有量についての構造的な前提を必要とせず、事業価値評価の問題を、代替的資産<sup>21)</sup>の集合としての市場価格から抽出されたリスク中立測度を使用して評価することができる。ここでは、リスクの市場価格が推計されれば、任意のキャッシュフロー系列を推定することが可能になり、無リスク利率で割り引くことが許容されるものであることを示した。最後に、本稿モデルの利点と課題をまとめると以下のとおりである。

#### 利点

1. 売上高成長率の過程を通じて成長企業が成熟化する過程を表現できる。
2. 「期待値」推定も困難な不確実性の高い状況を明示的にモデル化できる。
3. 経路依存的なプロセス（法人税の繰越欠損金、倒産等）を導入できる。
4. リスク中立確率法の採用によりリスク調整済割引率（ $\nu$ ）を決定する必要はなくなる。
5. モデルの拡張が容易である。

#### 課題

1. 多くのパラメータの推計が必要である。
2. シナリオ分析と比較すると仮定やモデルの構造を理解するのが難しい。

### 7. 今後の課題

本稿は、リスクのあるキャッシュフローの評価に焦点を絞ってきた。しかし、資本市場を重視する本稿の視点は、評価の対象であるキャッシュフロー系列を事業がどのように生み出し、管理しているかを巡る多くの問題には焦点をあてていない。具体的には、投資決定、資金調達、配当支払、およびリスク管理などとなる。例え

ば、事業の資本構成に占める負債比率を高めるという意思決定は、他方で株式へのキャッシュフロー系列のリスクを高めるので、株式の均衡リターン標準偏差を大きくする可能性がある。投資に関する意思決定を行う場合には、事業価値の評価が最も本質的問題であるの言うまでもない。その意味で、「資金調達」という名前でひとくくりされる問題の多くは、本稿の主題と密接に結びついているのである。

さらに、不確実性にはリスクだけでなく、多くの場合「情報の非対称性」が係わっている。情報の非対称性とは、関係する複数の経済主体の持つ情報が異なり、ある者が他の者よりも豊富な情報を持っている状況を指す。さらに、「モラル・ハザード」に考慮する必要性もある。この点における困難さは、本稿でもそうであるが、資本市場の参加者について情報の同質性を明示的に仮定している。これとは対照的に、コーポレート・ファイナンスにおける理論モデルは情報の非対称性に基づいて構築されることが多く、それがもたらす様々な問題を分析することは本稿では考慮していない。

最後に、本稿モデルによる価値評価法には、未だ推定上のノイズ（誤差）が含まれる傾向が強いと考えられる。よって、理論モデルの実証的な検証が不可欠であり、経験的証拠を蓄積することにより、これらの課題をどのようにモデルに織り込んでいくかは今後の更なる課題としたい。

#### 注

- 1) 事業とは、将来のキャッシュフロー（それが金利、配当、あるいは資産の売却代金のいずれであれ）を獲得するための、資産や契約などの権利の集合を意味する。
- 2) このように、いかなる投資においても、「時間」と「リスク」を分けて考えることはできない。このため「リスク」は「時間」と共に、投資において考慮しなければならないキーワードになる。
- 3) 将来のすべての時点と状態に対応する条件付き請求権が存在するならば、完備性を満たすために

- 必要な市場の数は大幅に少なくなるが、条件付き請求権を含む市場が、条件付き財の完備な集合を取引できる市場と完全に同等であるためには、起こり得る世界の状態 1 つ 1 つに依存する将来の価値についての完全な知識を、各経済主体が持っていることが条件となる。市場の完備性については Arrow (1964) に詳しい。
- 4) 技術者や開発者への適切なインセンティブによって技術リスクが低減する可能性もある。
  - 5) 競争リスクは、「ゲーム理論」に基づいて分析される。この領域で、依頼人＝代理人、情報の非対称性や情報レントの分析が展開されている。
  - 6) 金融資産の場合、原資産、権利行使価格などが約定されており、資産価値に影響を与えるパラメータの中で曖昧性が残るのはボラティリティのみである。ところが事業資産の場合、個別リスクに関連するパラメータを想定する必要がある。
  - 7) 有限責任監査法人トーマツ「日本テクノロジー Fast50」に関しては、以下の URL を参照されたい。[http://www.tohatsu.com/view/ja\\_JP/jp/industries/tmt/fast50/index.htm](http://www.tohatsu.com/view/ja_JP/jp/industries/tmt/fast50/index.htm)
  - 8) 株価変動への確率微分方程式の適用は Luenberger (1997) に詳しい。
  - 9) 平均回帰過程の効果を理論的に理解する必要性がある。Hassett and Metcalf (1995) は、平均回帰は長期の分散を減少させる「分散効果」、さらに、平均回帰の結果として生じる分散低下により、キャッシュフロー水準が極大・極小いずれのレベルにも到達する可能性が下がり、投資の意思決定の極値に到達する可能性を減少させる「価格効果」の 2 つの効果があると述べている。
  - 10) 今井・渡辺 (2007) では、競争関係があり相互依存的な状況で、企業の最適反応をモデルにゲーム理論とリアルオプション理論を組み合わせた研究を紹介している。
  - 11) 2000 年当初の IT 産業の勃興と衰退が典型的である。
  - 12) 商品ライフサイクルの初期段階には、商品技術が流動的であり、様々な技術革新が起こる競争が最も激しい段階である。次に、様々な技術的なアプローチの中から、1 つの技術方式が生き残り、その商品にとっての中心的な技術方式として認められる。この技術方式が、ドミナント・デザインと呼ばれる。具体的には、商品を構成する主要な要素技術やモジュールと、それらを組み合わせる構造や設計思想である製品アーキテクチャが決定されることである。ドミナント・デザインが決定されると、商品技術のイノベーションは、革新的なものから改善的なもの変わってくる。その後、技術が発展し、商品の技術や機能として顧客ニーズを完全に満足させることができる段階になると、商品の技術発展のスピードが遅くなる。結果的に、商品技術に関するイノベーションの頻度は低下する。次に、企業間競争は、商品技術ではなく製造におけるコストや品質が焦点となる。その後、製造における革新・改善活動は限界を迎える。最終的には、商品は成熟化し、ライフサイクルの末期を迎える。
  - 13) イノベーション普及に関する速度の遷移については Damodaran (1999)、小川 (2007) に詳しい。
  - 14) 通常の評価実務では、減価償却費に係る節税効果を考慮するが、ここでは単純化のために無視している。
  - 15) これらモデルは、単純なモデルであり、実務的には表計算ソフトに実装可能なものである。
  - 16) ここでは簡易的に 1 期間の離散モデルで示している。
  - 17) デリバティブ評価で実務的にも用いられるように非常に評価実務では有益な方法である。
  - 18) マーチンゲールアプローチとも呼ばれる。
  - 19) 期待リターン確率分布の完全な記述ではなく、過去の観察値に等しい確率を付与すること。モデルは静学的であり、言い換えれば、1 期間のリターンだけを評価し分析している。さらに、この限定された期間がすべての投資家に等しく当てはまると仮定されていること。すべての投資家は同じ情報を共有しているという同質的な期待を仮定している。しかし、我々はこの仮定が実際には成立し得ないことを知っている。例えば同じ株式について異なる証券アナリストが、大幅に異なる内容のレポートを作成しているというのは良く聞く話である。
  - 20) パラメータ推定は伊藤の定理とテラー展開を用いて算定しなければならない。
  - 21) 市場が完備性を有している場合であるが、ここで完備性を有していない場合は、さらに「エッシャー変換」などの測度変換を行う必要がある。木島・中岡 (2007) を参照されたい。

## 参考文献

- Abernathy, W.J. (1978) *The Productivity Dilemma*, The Johns Hopkins University Press.
- Arrow, K.J. (1964) "The Role of Securities in the Allocation of Risk" *Review of Economic Studies*, Vol.31, pp.91-96.
- Barth, M.E., D.P. Cram, and K.K. Nelson (2001)

- “Accruals and the Prediction of Future Cash Flows,” *The Accounting Reviews*, 76, pp.27-58.
- Brealey, R. A. and Myers, S.C. (2000) *Principles of Corporate Finance 6<sup>th</sup>*, McGraw-Hill. (藤井真理子・国枝繁樹監訳『コーポレートファイナンス』第6版, 日経BP社)
- Campbell, J. Y., A. W. Lo, and A.C. MacKinlay (1997) *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton Press.
- Christensen, C.M. (1997) *The Innovator's Dilemma*, Harvard Business School Press.
- Cox, J.C. and Ross, S.A. and Rubinstein, M. (1979) “Option pricing: A simplified approach.” *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, pp.229-263.
- Damodaran, A. (1999) *Applied Corporate Finance : A user's Manual*, John Wiley & Sons.
- Dechow, P.M. (1994) “Accounting Earnings and Cash Flows as Measures of Firm Performance: The Role of Accounting Accruals,” *Journal of Accounting and Economics*, 18, pp.3-42
- Dechow, P.M., S.P. Kothari, and R.L. Watts (1998) “The Relation between Earnings and Cash Flows,” *Journal of Accounting and Economics*, 25, pp.133-168.
- Dubrow, G. (1959) *Theory of Value: An Axiomatic Analysis of Economic Equilibrium*, John Wiley & Sons.
- Duffie, D. (1996) *Dynamic Asset Pricing: Second Edition*, Princeton University Press.
- Hassett, K.A. and G.E. Metcalf (1995) “Investment under alternative return assumptions: comparing random walks and mean reversion,” *Journal of Economics Dynamics and Control*, Vol.19, pp.46-60.
- Luenberger, D. G. (1997) *Investment Science*, Oxford University Press. (今野 浩・枇々木規雄・鈴木賢一訳 (2002) 『金融工学入門』日本経済新聞社)
- Merton, R.C. (1973) “An intertemporal Capital Asset Pricing Model”, *Econometrica*, Vol.41-5, pp.867-887.
- Schwartz, E.S. and Moon, M. (2000) “Rational pricing of Internet companies”, *Financial Analysts Journal*, Vol.56, pp.62-75.
- Schwartz, E.S. and Moon, M. (2001) “Rational pricing of Internet companies Revised”, *The Financial Review*, Vol.36, pp.7-25.
- 今井潤一・渡辺隆裕 (2007) 「競争状況下でのリアルオプションと柔軟性の罫」『現代ファイナンス』Vol.22, pp.75-95.
- 小川絃一 (2007) 「製品アーキテクチャのダイナミズムを前提にした日本型イノベーション・システムの再構築—新・日本型経営としてのビジネス・モデル・イノベーション (その1) —」東京大学 COE ものづくり経営研究センター MMRC Discussion Paper, No.184.
- 亀川雅人 (2009) 『ファイナンシャル・マネジメント 企業価値評価の意味と限界』学文社.
- 木島正明・柴田隆志・中岡秀隆 (2008) 『リアルオプションと投資戦略 (シリーズ金融工学の新潮流4)』朝倉書店.
- 榊原茂樹・砂川伸幸編著 (2009) 『価値向上のための投資意思決定』中央経済社.
- 諸井勝之助 (1997) 『経営財務講義 (第2版)』東京大学出版会.
- 山本大輔著・刈屋武昭監修 (2001) 『入門リアルオプション: 新しい企業価値評価の技術』東洋経済新報社.
- 有限責任監査法人トーマツ 「2008 日本テクノロジー Fast50 Report」.  
[http://www.tohatsu.com/assets/Dcom-Japan/Local%20Assets/Documents/industry/jp\\_i\\_tmt\\_fast\\_2008\\_JP\\_Fast50\\_Report\\_J\\_final\\_010709.pdf](http://www.tohatsu.com/assets/Dcom-Japan/Local%20Assets/Documents/industry/jp_i_tmt_fast_2008_JP_Fast50_Report_J_final_010709.pdf)  
 (2010年11月20日閲覧)