

投資意思決定会計へのシミュレーション分析の 適用における意義と問題点

篠田 朝也

はじめに

決定論的な分析モデルの問題点

- 1 DCF法による投資意思決定評価モデル
- 2 単純なNPV法の意義と問題点
 - 単純なNPV法の実例
 - 単純なNPV法の意義
 - 単純なNPV法の問題点
- 3 感度分析およびシナリオ分析
 - 感度分析の実例
 - 感度分析の意義
 - 感度分析の問題点
 - シナリオ分析
- 4 決定論的な意思決定分析の問題点
 - 確率論的な分析モデルの適用
 - 1 モンテカルロ・シミュレーション分析とは
 - 2 モンテカルロ・シミュレーション分析の具体的設例の検討
 - 投資意思決定へのシミュレーション分析の適用における意義と問題点
 - 1 モンテカルロ・シミュレーション分析の意義
 - 2 モンテカルロ・シミュレーション分析の問題点

おわりに

補論：モンテカルロ・シミュレーション分析のCVP分析への適用

はじめに

管理会計には、複雑に絡み合う経営上の意思決定にかかわる問題を分析して、経営意思決定に資する情報を提供するという課題が求められている。特に近年のように、企業を取り巻く経営上の環境が複雑化するとともに、不確実なものとなっている状況において、経営にかかわる意思決定を行うことは容易ではなくなってきた。

例えば、管理会計は、設備に関する投資意思決定、あるいは、特定のプロジェクトに関する戦略的な投資意思決定などを支援するような情報を提供する機能を果たしてきている。

このような投資意思決定に有用な情報を提供するために、資本支出予算策定プロセスなどにおいて投資案件の経済計算が行われるが、その具体的な手法として、管理会計の分野では主に決定論的な分析手法が検討されてきた。決定論的な分析手法とは、分析の前提条件として、あらかじめ決め打ちされた数種のパターンが用意され、パターンごとに場合分けをしつつ分析を行うというものである。資本支出予算や個別投資プロジェクトにおける投資意思決定モデルであるDiscount Cash Flowに基づく分析手法（DCF法）や、その発展形態であるDCF法の感度分析やシナリオ分析などが、その典型的な具体例としてあげられる。

ところが、通常のDCF法、あるいは、感度分析やシナリオ分析は、事前に設定される仮定や予測値によって強く規定される決定論的なものであるために、投資案件の将来の不確実性¹⁾を十分に捉えることができない。とくに、これらの分析手法では、複数の変数に将来の不確実性が想定される場合、各変数の変化を同時かつ包括的に把握して分析をすることができないという問題点を有している。

しかし、近年におけるコンピュータ技術の発展に伴い、複雑な数学的・統計学的手法を用いなくとも、「シミュレーション分析」を行うことによって、決定論的な分析手法の問題点を克服することが可能となってきた²⁾。特に、管理会計における決定論的な分析の問題点の多くを、モンテカルロ・シミュレーション

を適用することによって解決することができる。シミュレーション分析とは、変数に確率分布を当てはめた意思決定モデルを構築し、当該モデルを繰り返し試行するという実験を通じて、モデルから発生しうる解の分布を求めて包括的に検討をするというものである。

そこで、本稿においては、管理会計における伝統的な決定論的分析手法の問題点を解決しうる一つの方策として、モンテカルロ・シミュレーション分析に着目して検討を行い、その意義と問題点について明らかにしたい。

本稿では以下のような構成のもとで、これらの検討を進めていく。まず、次の第 2 節において、伝統的な決定論的分析手法をとりあげて、その問題点を明らかにする。第 2 節では、モンテカルロ・シミュレーション分析の内容について検討する。なお、第 2 節および第 3 節での検討に際しては、具体的な設例として、簡潔な投資プロジェクトにかんする意思決定の問題をとりあげる。第 2 節では、第 2 節と第 3 節の検討をふまえて、シミュレーション分析の意義と問題点についてまとめる。最終節（おわりに）では、今後の検討課題を提示したい。

決定論的な分析モデルの問題点

本節では、管理会計において伝統的に検討されてきた決定論的な分析についての外観をまとめて、その問題点を明らかにしたい。ここでは、資本支出予算の策定プロセスなどにおいてなじみの深い分析手法である、DCF法による投資意思決定評価モデルを例にあげながら検討を進めていく。

1 DCF法による投資意思決定評価モデル

管理会計においては、経営上の意思決定に

1) 不確実性の意味については、脚注11を参照されたい。

2) 決定論的な分析手法を克服するために、分析モデルにリスクを織り込むというアイデアはかなり古くからあった。例えば、損益分岐点分析に確率論的分析を導入して初めて体系的に議論したものであるとして、Jaedicke and Robichek [1964] があげられる。ここでは、統計的手法を用いて利益の期待値と標準偏差を計算して、利益の期待値が、目標とする利益額に到達する確率などを求めるという分析手法が提示された。しかし、これらの期待値、標準偏差、確率などを求めるための計算量は膨大なものであるうえに、計算処理を実行可能とするために、統計と確率に関する数学的な仮定を満たすようにさまざまな工夫が必要となる。Ferrara et al. [1972] によって、Jaedicke and Robichek [1964] の計算処理に統計的仮定の問題点があることが指摘されたように、複雑なモデルにおける期待値、標準偏差、確率などを求めるための計算処理は少々厄介なものであるといえる。一方、シミュレーションは、計算によって期待値や標準偏差を求めるのではなく、実験的に計算モデルを繰り返し試行して、その解の分布をアウトプットするものである。近年のコンピュータ技術の発展により、何千回、何万回もの試行を容易にできるようになった現在においては、複雑な数学的・統計学的手法を用いずとも、シミュレーションによって十分に精度の高い情報を得ることができる。

有用な情報を提供するためのさまざまな手法が検討、開発されてきている。例えば、経営者は、多額の投資が必要となる中長期にわたる設備投資にかかわる案件などが、企業の業績に与える影響について関心を持っている。このような規模の大きな設備への投資は一般に資本支出と呼ばれ、資本支出の決定と資金調達に関連する計画を資本支出予算(資本予算)という。また、経営者は、新技術への研究開発投資など個別の投資プロジェクトが生み出す将来の収益についても関心を持っている。

言うまでもなく、このような資本支出予算や個別の投資プロジェクトの問題は、経営上の意思決定において大変重要なものである。いくつかの代替的投資案件を慎重かつ詳細に分析・評価して、そのなかから最も適切なものを選択しなければならぬ。

通常、資本支出予算などの投資案件の分析・評価モデルとしては、貨幣の時間価値を考慮したDCF法が理論的に優れたモデルであるとされている³⁾。本節では、DCF法の概要を概観した後に、その意義と限界について検討をしていきたい。

DCF法による投資分析・評価モデルの一般的な形態には正味現在価値法(Net Present Value method: 以下「NPV法」とする)がある⁴⁾。まず、最も一般的なDCF法であるNPV法の概要についてみていくこととする。

3) 貨幣の時間価値を考慮するDCF法の理論的な正当性については、さしあたり、Brealey *et al.* [2005] chapter5, Horngren *et al.* [2004] chapter11, Kaplan and Atkinson [1998] chapter12, 土井 [2001]などを参照されたい。

4) NPV法のほかに、内部利益率法(Internal Rate of Return method: IRR法)などがある。IRR法については、議論の焦点を絞るために本稿では検討しないが、IRR法をはじめとする各種のDCFモデルの比較・検討については、Brealey *et al.* [2005] chapter5, Ross *et al.* [2004] chapter6, 小林 [1997] 第11章,などを参照されたい。

そのあとに、基本的なNPV法が有する意義と問題点について整理を試みることにする。

NPVは、以下の算式で計算できる。

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} + CF_0$$

ただし、 r は資本コスト、 NCF_t は t 期の正味キャッシュ・フロー、 CF_0 は初期時点での正味キャッシュ・フローである。初期時点において投資にともなうキャッシュ・アウトフローが生じている場合 CF_0 は負となる。

つまり、上式から明らかである通り、NPVとは、将来にわたる正味キャッシュ・フローの現在価値と、初期投資額の合計である。そして、上記のNPVが正となる場合、かかる投資案件の投資を実施するということが経済合理的な選択となる。もし、代替不能な複数のプロジェクトを比較評価する場合には、NPVが最大となるものを選択して投資を実施することとなる。

また、上記の算式から、NPV法において必要となってくる要素は、以下の2点であるということが分かる。

初期時点および将来各期の正味キャッシュ・フローの流列
資本コスト

これらは、企業の各部門が入念に調査をおこない、推計しなければならない値となる。

2 単純なNPV法の意義と問題点

ここからは、単純なNPV法を具体的な設例を用いて検討し、その意義と問題点についての論点整理を行う。

単純なNPV法の具体例

【設例1：単純なNPV法】

A社は、新型の薄型TVである製品Xの開発および市場投入について検討している。A社の各部門(販売部門、製造部門、技術部門、

表1：キャッシュ・フローの予測⁵⁾

単位：億円

投資時点	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
初期投資額	400							
売上高	100	200	400	600	660	660	528	264
売上高成長率		100%	100%	50%	10%	0%	-20%	-50%
変動費	50	100	200	300	330	330	264	132
変動費率	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
固定費	30	30	30	30	30	30	30	30
減価償却費	50	50	50	50	50	50	50	50
税引前利益	-30	20	120	220	250	250	184	52
税率	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
税引後利益	-30	10	60	110	125	125	92	26
営業CF	20	60	110	160	175	175	142	76

資本コスト	12%
-------	-----

財務部門など)は、製品Xの開発および市場投入により生じるキャッシュ・フローの予測を行った。その結果をまとめたものが上記の表1に記載されている。

このような、設例のもとで、NPVを計算すると、下記の通りとなる。

$$NPV = \sum_{t=1}^8 \frac{\text{営業CF}_t}{(1+0.12)^t} - 400 = 128.5564\dots$$

したがって、NPVは、およそ128.6億円という正の値を示すこととなり、この案件は実行に移す価値があるということが分かる。この

5) この【設例1】について簡単に補足すれば下記の通りである。販売部門は、製品Xの初年度の売上高を100億円と見積もっている。さらに、2年目以降の売上高成長率(前年比)は、薄型TVの市場規模、および、製品Xの市場占有率を考慮に入れて、表1において記されている通りに予測している。製造部門は、製品Xの変動費率を50%、固定費を毎年30億円と見積もっている。さらに、資本コストは12%として設定した。また、投資の効果が持続する期間は8年間であると推定され、初期投資は8年間にわたり定額償却(残存価額は0)される。税率は50%であるが、赤字の場合の税負担はないものとしている。このような設定のもとで、営業CF(営業キャッシュ・フロー)は、税引後利益+減価償却費として計算される。

ように、単純なNPV法では、当該投資案件の将来の正味キャッシュ・フローの流列の予測に基づいて、当該投資案件の是非について検討を行うこととなる。

単純なNPV法の意義

NPV法の意義はいくつかあげられるが、まず、第一に、貨幣の時間価値が考慮されており、モデルの経済合理性が高いという点があげられる。上記の設例でいえば、単純に各年において生み出される営業CFを、資本コスト(12%)で割り引くことで、将来にわたるキャッシュ・フローを現在の価値に換算するモデルとなっている。

第二に、定量的な尺度により、当該投資案件のもたらす貨幣価値を明らかにすることができるという点があげられる。上記の【設例1】では、+128.6億円という具体的な定量的数量によって、投資による貨幣価値の発生を把握することができる。

第三に、会計学の視点から重要なことであるが、NPV法は、会計モデルと接近しやすいモデルであるという点があげられる。会計モデルにおいてなじみの深い概念や数値を、NPV法に用いることで投資案件の分析・評価

ができるという点は、会計の観点から非常に重要な利点としてあげることができよう。

第四に、モデルが非常にシンプルであるという点を、単純なNPV法の意義としてあげることができる。言い換えれば、モデルの意味するところがとても分かりやすいということである。企業内においてなじみの深い会計モデルを利用しつつ、投資案件の生み出すキャッシュ・フローの現在価値を推定し、それが正の価値を生み出すのであれば実行すべきであるという考え方は大変明快で分かりやすい。上記の【設例1】であれば、当該投資案件は+128.6億円という正の貨幣価値を生み出すということから、単純なNPVモデルは、投資を実行に移すべきであるというシグナルを経営者に送ることとなる。

このように、単純なNPV法は、経営者が意思決定をする際に、有用で定量的な情報(投資の是非を決定する規準)を提供できるものであるといえる。

単純なNPV法の問題点

しかし、単純なNPV法にも、いくつかの問題点がある。主な問題点として、下記の3点をあげておく。

まず第一に、将来のキャッシュ・フローが、全て予測可能であるという決定論的な前提にたって分析が行われているという点があげられる。将来のキャッシュ・フローを予測することは大変困難な作業である。企業の経営環境および投資案件を取り巻く状況は、常に変化にさらされており、将来のキャッシュ・フローの測定は非常に不確実性が高い。単純なNPV法における将来のキャッシュ・フローが全て予測可能であるという強い仮定は、将来の不確実性をモデルの外に追いやってしまうというデメリットの温床となってしまう。

第二に、割引率である資本コストが、将来にわたり一定であるという決定論的な前提に

たって分析が行われているという点があげられる。企業の経営環境や投資案件を取り巻く状況の不確実性を考慮に入れると、時間の経過に伴い、資本コストの変化が生じることもありうるが、その点について単純なNPV法は考慮に入れていない。また、資本コストそのものの算出方法にもさまざまな方法があり、どのように資本コストを計算すべきであるかについても議論が絶えない⁶⁾。

第三に、NPV法では、将来にわたる投資プロジェクトに関するすべての意思決定が、投資する時点ですべて下されるものとして取り扱われているという点があげられる。しかし実際には、投資案件を取り巻くあらゆる状況は、時間の経過とともに変化していくものである。したがって、将来にわたるプロジェクトに関するすべての意思決定を、現時点で下す必要はない。このような問題点を解決するためには、将来、投資案件を取り巻くあらゆる状況が変化した場合に下されうる意思決定まで含めて、投資案件の価値を計算する必要がある。このような手法として、近年、リアル・オプションが注目されている⁷⁾。

3 感度分析およびシナリオ分析

NPV法にはいくつかの問題があるとはいえ、それが優れた投資分析・評価モデルであるということには変わりない。特に、将来のキャ

6) 資本コストの算定についての問題は非常に大きな論点ではあるが、本稿では、議論の焦点を絞るために、資本コストに関する議論には深く立ち入らず稿を改めて検討することとしたい。なお資本コスト算定の論点については、さしあたり、Brealey *et al.* [2005] chapter9, Kaplan and Atkinson [1998] pp.595-598, 山本 [2003]などを参照されたい。

7) リアル・オプションは非常に大きな論点であるので、本稿では取り扱うことは避けて、別稿にて検討をする。なお、リアル・オプションについては、さしあたり、Mun [2002], 小林 [2003], [2004]などを参照されたい。

表2：キャッシュ・フローの予測⁸⁾

単位：億円

投資時点	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
初期投資額	400							
売上高	100	200	400	600	660	660	528	264
売上高成長率		100%	100%	50%	10%	0%	-20%	-50%
変動費	50	100	200	300	330	330	264	132
変動費率	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
固定費	30	30	30	30	30	30	30	30
減価償却費	50	50	50	50	50	50	50	50
税引前利益	-30	20	120	220	250	250	184	52
税率	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
税引後利益	-30	10	60	110	125	125	92	26
営業CF	20	60	110	160	175	175	142	76

資本コスト	12%
-------	-----

ッシュ・フローを適切に現在の価値へと割引引くという経済合理性の点において、NPV法に理論的な欠陥は見出すことができない。とはいえ、前節において検討したような問題点もある。特に、将来のキャッシュ・フローの流列を正確に予測することは大変困難な作業である。この部分で予測が外れてしまうと、算定されたNPVにも大きな誤差が生じる。誤ったNPVに基づく投資の是非の決定は、投資の失敗につながる可能性が高い。よって、NPV法にはモデルとしての理論的な欠陥はなくとも、実際の実務での適用には十分な配慮が必要となるのである。

このような問題点を可能な限り回避しつつ、企業が実際にNPV法を有効に活用するための方法として、感度分析（sensitivity analysis）と、感度分析の問題点を一部解決するために用いられる感度分析の応用版であるシナリオ分析（scenario analysis）がある。

以下では、前節でも検討した設例をもとにして、感度分析とシナリオ分析の意義と問題点について検討していくこととする。

感度分析の具体例

感度分析とは、NPV法の計算の基礎（前提）

となっている変数が変化した場合に、キャッシュ・フローの正味現在価値がどの程度センシティブに反応するかについて分析を行うものである。特に、各種の計算の基礎となっている変数の値を、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースの3つに分類して分析を行うことが多い。

感度分析の具体的な手法について、下記の設例をもとに検討を行うこととする。

【設例2：NPV法による感度分析】

A社は、新型の薄型TVである製品Xの開発および市場投入について検討している。A社の各部門（販売部門、製造部門、技術部門、財務部門など）は、製品Xの開発および市場投入により生じるキャッシュ・フローの予測を行った。各種の予測された数値の期待値に基づいた結果をまとめたものが上記の表2に記されている。

上記の売上高は、販売部門において以下の通りに予想されている。

- ・製品Xの販売数 = 薄型TVの市場規模 × 製品Xの市場占有率

8) この【設例2】における表2は、【設例1】における表1と同様のものである。

・製品Xの売上高 = 製品Xの販売数 × 製品Xの販売単価

よって、製品Xの売上高は、薄型TVの市場規模、製品Xの市場占有率、製品Xの販売単価の3つの要素の予測値に基づいて計算されている。

なお、製品Xを市場に投入する初年度の売上高は、下記の通りの予測に基づいて計算されている。

薄型TVの市場規模：50万台

製品Xの市場占有率：20%

製品Xの販売単価：10万円

・1年目の売上高（100億円）= 50万台 × 20% × 10万円

表2における売上高成長率は、薄型TVの市場規模の成長率の変化に基づいた予測であり、同社の製品Xの市場占有率は20%のまま変化しないという控えめな仮定に基づいている。

このような設例のもとで、単純なNPV法に基づいてキャッシュ・フローの計算を行うと、【設例1】と同様の結果となる。しかし、感度分析では、各種の数値の仮定を、悲観的なケース、期待値によるケース、楽観的なケースの3つに分類して、さらに計算しなおすことになる。

A：市場規模について

薄型TVの市場の規模については、販売部門が、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースを、以下の表3の通りに予測している。

表3：市場規模の推定値

		年 数								
		1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	
市場規模	悲観値	台数（万台）	50	95	181	253	253	227	159	64
		市場規模成長率		90%	90%	40%	0%	-10%	-30%	-60%
	期待値	台数（万台）	50	100	200	300	330	330	264	132
		市場規模成長率		100%	100%	50%	10%	0%	-20%	-50%
楽観値	台数（万台）	50	105	221	353	423	466	419	251	
	市場規模成長率		110%	110%	60%	20%	10%	-10%	-40%	

B：市場占有率について

製品Xの市場占有率については、販売部門が、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースを、以下の表4の通りに予測している。

表4：市場占有率の推定値

市場占有率	悲観値	期待値	楽観値
		10%	20%

C：販売単価について

製品Xの販売単価については、製造部門および販売部門が、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースを、以下の表5の通りに予測している。

表5：販売単価の推定値

販売単価	悲観値	期待値	楽観値
		8万円	10万円

D：単位あたり変動費率について

製品Xの単位あたり変動費率については、製造部門および技術部門が、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースを、以下の表6の通りに予測している。

表6：単位あたり変動費率の推定値

単位あたり変動費率	悲観値	期待値	楽観値
		65%	50%

E：固定費について

製品Xの固定費については、製造部門および技術部門が、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースを、以下の表7の通りに予測している。

表7：固定費の推定値

固 定 費	悲観値	期待値	楽観値
	40	30	20

F：初期投資について

初期投資額については、製造部門および技術部門が中心となって検討して、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースを、以下の表8の通りに予測している。

表8：初期投資額の推定値

初期投資額	悲観値	期待値	楽観値
	500	400	300

以上のように、AからFの各種の変数を、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースの3つのケースに場合分けすることで、感度分析を行う。AからFの変数のうち1つの変数のみを悲観値、期待値、楽観値のいずれかに変化させたとすうで、他の全ての数値が期待値の通り実現すると仮定して、NPVを計算した結果をまとめたものが下記の表9である。

下記の通り、感度分析を行った結果を見ると、この【設例2】においては、市場占有率がNPVに対して、最もセンシティブに影響を与えることが分かる。

表9：感度分析によるNPVの計算結果⁹⁾

単位：億円

変数	悲観値	期待値	楽観値
A：市場規模	15.9	128.6	274.7
B：市場占有率	-143.5	128.6	385.9
C：販売単価	25.6	128.6	231.5
D：変動費率	-29.8	128.6	282.9
E：固定費	99.3	128.6	157.9
F：初期投資	54.0	128.6	203.1

感度分析の意義

単純なNPV法では、投資の結果から得られるキャッシュ・フローの現在価値を唯一の期待値として把握していた。しかし、NPVを計算するプロセスに影響を及ぼす要因（変数）は複数あり、しかも、それらの要因（変数）は必ずしも予測された期待値として実現するかどうかは分からない。

感度分析においては、NPVを計算するプロセスに影響を及ぼす各変数を、悲観的なケース、期待値によるケース、楽観的なケースの3つに場合分けして、それぞれのケースにおけるNPVを計算する。意思決定者は、感度分析によって、それぞれの変数が実際には期待値から外れた結果となった場合に、NPVがどのような結果を示すのかについて把握できるのである。

例えば、この【設例2】の結果によれば、NPVは市場占有率に最もセンシティブに影響を受けるとことが分かる。（悲観値から楽観値までの変動の幅が最も大きい。）したがって、市場占有率にかんしていえば、期待値からわずかに外れただけでも、NPVの結果が大きく変わってしまう。この点より、製品Xの投資案件を分析・評価するためには、市場占

9) 例えば、市場規模の変数における悲観値の15.9億円というNPVの計算結果は、市場規模の予想が悲観的なケース（本節Aの市場規模成長率の悲観値のケース）となった場合に、他の全ての要素が期待値通りであったとしてNPVを計算した結果である。一方、市場規模の変数における楽観値の274.7億円というNPVの計算結果は、市場規模の予想が楽観的なケース（本節Aの市場規模成長率の楽観値のケース）となった場合に、他の全ての要素が期待値通りであったとしてNPVを計算した結果である。その他の変数に関しても同様に計算を行い、その結果をまとめたものが表9である。なお、期待値の欄は、全ての変数が期待値通りであった場合であるので、いずれも【設例1】の計算結果と同様に128.6億円となっている。

有率の期待値の予測に最も留意する必要があるということが分かる。それは同時に、製品Xの投資案件から正のNPVを獲得するためには、市場占有率を期待値通りに確保するということが最も重要であるということでもある。同様に、この設例のNPVは、変動費率の変化からもセンシティブな影響を受けることが分かる。このように、この設例の投資案件についていえば、市場占有率と変動費について、期待値から外れることがないかどうか事前に十分な検討を行う必要があるということが明らかになるとともに、投資を実行した後も、十分に事後的チェックをする必要があるということが分かるのである。

一方、固定費や初期投資が期待値から少々外れたとしても、NPVがセンシティブな影響を受けるとはいえない。このように、投資案件について分析・評価を行う際に、重視すべき要因(変数)の優先順位も明らかになる。

さらに、市場占有率または変動費率が悲観的なケースとなった場合を除き、その他のいずれの変数が悲観的なケースとなったとしても、製品Xの投資案件からは正のNPVが得られるということが分かる。したがって、市場占有率および変動費について十分な検討が必要ではあるが、この点さえ解決されるようであれば、よほど保守的な経営者でない限り、この投資案件については、実行の方向で検討が進められるであろう。

このように、感度分析は、単純なNPV法により算出された+128.6億円という単一の正のNPV(期待値)のみからでは読み取ることのできない、より具体的なさまざまなケースについて分析することを可能にする。

感度分析の問題点

しかし、感度分析にも問題点はある。問題点を大まかにまとめると、以下の2点にまとめられる。

第一に、感度分析においては、独立の関係にあるとみなされている各要因が、実際には、互いに相関関係を有していることが多いという問題点である。上記の【設例2】でいえば、変動費率が悲観値の場合に算出されている-29.8億円のNPVとは、変動費率に関してのみ悲観的なケースとなり、他の要因はいずれも期待値として実現している場合のNPVである。例えば、部品調達先と製造ラインのある工場が海外の同一の国に存在しており、当該国の物価が上昇してしまった場合などについて考えてみると、変動費のみならず、同時に固定費の上昇も免れられなくなる。また、そのような状況が発生してしまった場合、製品単価についても期待値を維持できなくなるかもしれない。すると、コスト競争力が低下して、市場占有率にも悪影響を及ぼす可能性がある。このように、各要因は、実際には互いに独立の関係ではなく、関連しあっている可能性が高い。しかしながら、感度分析は、一つの要因の変化についてのみ検討を行うものであり、各要因相互の関係について考慮するには限界がある。

第二に、感度分析では、悲観的なケース、期待値のケース、楽観的なケースの3つの単純な場合分けしか行われていないという問題がある。実際には、悲観的なケースから楽観的なケースの間のいずれかの値となって実現するわけだが、その範囲内のどの程度の値となって実現するのか、よく分からないのが実情である。しかも、前述の第一の問題点と合わせて、それぞれの要因が少しずつ期待値から外れた結果となった場合に、最終的なNPVがどのような値になるのかについて感度分析は解答を与えてくれない。

以上のような問題点があるものの、単純なNPV法と比較して、感度分析が与えてくれるより多くの情報は、NPV法によって投資案件を分析する際に大変有用なものであるという

ことは間違いない。

続いて、上記において整理した感度分析の問題点の一部を解決するための手法であるシナリオ分析について検討を進めていきたい。

シナリオ分析

シナリオ分析とは、感度分析の問題点を一部解決するために用いられる感度分析の応用版である。感度分析には、NPVの算出過程に影響を及ぼす各要因（変数）の相互関係を考慮に入れることなく分析を行うという限界があった。もし、各要因（変数）がなんらかのシナリオのもとで合理的に推測可能な相互関係を有しているとするならば、各変数を適切に組み合わせて分析を行うことが合理的である。シナリオ分析では、NPVの算定に影響を及ぼす各変数を、あるシナリオに沿って適切に組み合わせることで、当該シナリオが生じた場合のNPVを算出する。

シナリオ分析の具体的な手法について、下記の設例をもとに検討を行うこととする。

【設例3：NPV法によるシナリオ分析】

シナリオ分析は、あくまで感度分析の応用版であるので、簡単に触れるにとどめたい。ここでの設例は、前述したように部品調達先

と製造ラインのある工場が海外の同一の国に存在している条件の下で、予想に反して投資初年度から、当該国の物価が約20%上昇してしまったというシナリオを想定しよう。

そのようなシナリオが発生した場合、当該シナリオに沿って、当社は次のような各変数間の相互関係を予測した。

- ・変動費率が約60%に上昇し、あわせて固定費も36億円程度に上昇すると予測される。
- ・販売単価は11万円程度に抑えても、コスト競争力の低下により、市場占有率が15%程度まで低下する。

このシナリオが発生した場合の、製品Xへの投資案件のキャッシュ・フローの予測をまとめたものが、下記の表10である。

上記、表10にしたがってNPVを計算すると、下記の通りとなる。

$$NPV = \sum_{t=1}^8 \frac{\text{営業CF}_t}{(1+0.12)^t} - 400 = -71.9591\dots$$

つまり、【設例3】のケースにおいては、負のNPVを生み出すことになり、このシナリオが発生するような場合は、投資を行うべきではないということになる。

感度分析では、単一の変数のみを変化させ

表10：キャッシュ・フローの予測（【設例3】のシナリオ分析のケース） 単位：億円

投資時点	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
初期投資額	400							
売上高	82.5	165	330	495	544.5	544.5	435.6	217.8
売上高成長率		100%	100%	50%	10%	0%	-20%	-50%
変動費	49.5	99	198	297	326.7	326.7	261.4	130.7
変動費率	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
固定費	36	36	36	36	36	36	36	36
減価償却費	50	50	50	50	50	50	50	50
税引前利益	-53	-20	46	112	131.8	131.8	88.24	1.12
税率	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
税引後利益	-53	-20	23	56	65.9	65.9	44.12	0.56
営業CF	-3	30	73	106	115.9	115.9	94.12	50.56

資本コスト	12%
-------	-----

て、変数間の相互関係を独立のものとして分析するという問題点があった。シナリオ分析とは、あるシナリオが発生した場合を想定して、当該シナリオに沿うように各変数間の相互関係も考慮に入れながら変数の値を予測し、NPVを計算するというものであり、この点において、シナリオ分析は感度分析の問題点を解決している。しかし、シナリオ分析は、あくまで想定されているシナリオについてのみしか分析を行っていないので、単独で用いるのではなく、感度分析と合わせて投資案件の分析・評価に用いるべきものである。

4 決定論的な意思決定分析の問題点

ここまで、感度分析とシナリオ分析についてその外観をみてきた。感度分析は、単純なNPV法がもつ問題点を解決するために用いられる分析手法である。シナリオ分析は、感度分析の一部の問題を解決するために用いられる感度分析の変形手法である。ここでは、これら3つの分析手法の共通の問題点について簡単に整理しておく。

これらの3つの手法において共通の問題点は、モデルにインプットされる変数が、本来は不確実性を伴っているものにもかかわらず、既知のものであると仮定されているということである。その意味において、これらの手法

は、いずれも決定論的な分析であるといえる。下記の図1は、決定論的な分析モデルについて図式的に表記したものである。

決定論的な分析モデルにおいて、入力値が既知のものである場合、理論モデルが妥当でありさえすれば問題は生じない。しかし、NPV法による投資意思決定の分析・評価モデルにおいては、将来の不確実性をともなう変数をモデルの入力値としている。そして、これらの不確実性をともなう変数を、ある特定の期待値（もしくは予測値）として確定できたものと仮定して、それをモデルに入力することでNPVを計算している。したがって、入力された本来は不確実な変数に誤差が生じた場合、モデルからアウトプットされるNPVが不正確なものとなるのは、当然の帰結である。ここに、決定論的な分析モデルの欠点がある。また、NPV法による投資意思決定の分析・評価モデルにおいては、すべての変数の期待値（予測値）が単純入力されるのみである。感度分析においてさえ、複数の変数のうち、ただ1つの変数の期待値を別の予測値（これもまた確定できたものと仮定して）と置き換えて単純入力するのみである。したがって、このような決定論的な分析モデルにおいては、複数の不確実性を有している変数の変動のありうる組み合わせについて、包括的に分析・評価することができない。

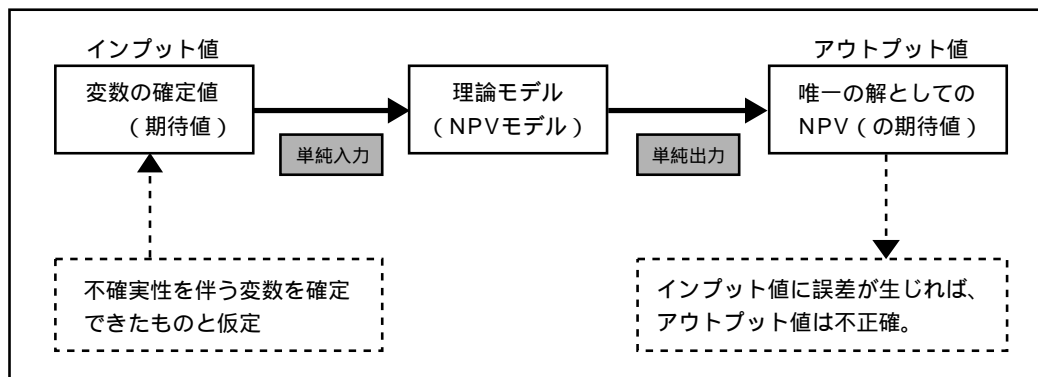


図1：決定論的な分析モデルの図式

不確実性をともなう複数の変数が入力されることによってNPVが算定されるのであれば、複数の変数のありうる無数の組み合わせについても計算プロセスに取り入れて、NPVの算定をするのが最も望ましい手法であろう。かかる計算手法を実現しているのが、モンテカルロ・シミュレーション分析である。次節においては、このモンテカルロ・シミュレーション分析について検討をしていく。

確率論的な分析モデルの適用

1 モンテカルロ・シミュレーション分析とは

感度分析は、あくまで「ある一つの変数の変化」に焦点を絞って、悲観値、期待値、楽観値など、いくつかの場合分けを行なって分析するものであった。シナリオ分析も、想定されるシナリオのもとでの「ある変数の一つの組み合わせ」に焦点を絞って分析を行うものであった。

このような、決定論的な分析モデルの持つ限界の一部を克服する分析手法が、モンテカルロ・シミュレーション分析である¹⁰⁾。モンテカルロ・シミュレーション分析とは、複数の変数を確率分布で表現して、変数のあらゆる組み合わせを包括的に分析するというものである。不確実性を有している変数については確率分布を設定することで、変数の不確実性をモデルに取り込むのである¹¹⁾。確率分布として表現されたすべての変数は、設定されている確率分布からランダムに繰り返しサンプリングされ、そのつど計算モデルに入力される。このような確率分布をモデルに取り込んで実行されるモンテカルロ・シミュレーション

分析は、確率論的な分析モデルであるといえよう。右記の図2は、確率論的な分析モデルについて図式的に表記したものである。

モンテカルロ・シミュレーション分析では、NPVの計算に影響を及ぼす変数を確率分布として設定して、かかるすべての変数の確率分布からランダムにサンプリングされた値がNPVモデルに繰り返し入力されることで、分析対象となる投資案件から獲得できるNPVの全体分布が明らかになる。NPVの全体分布からは、NPVの期待値や、どのくらいの確率で負のNPVとなるか、あるいは、何%の確率でどの程度のNPVを獲得することができるのか等について明らかになる。

モンテカルロ・シミュレーションについて

11) 不確実性とほぼ同様の意味でよく用いられる用語に「リスク」がある。通常、「不確実性」は、将来における知識不足が原因で正確な確率分布を測定できない不確かさという意味で、また、「リスク」は、確率分布について予測できる変動性という意味で使われることが多い(古くはNight [1921], 財務論の分野においてはBeenhakker [1977]などを参照されたい)。しかし、本稿において取り扱われているような投資案件の変数は、単なる変動性としての性格しか持たないもの(上記の意味での「リスク」)ではなく、分析者の観点から見たときに、将来における知識不足が伴う性格のものとなる。とはいえ、分析者は変数についての詳細な調査などを通じて、知識不足をできるだけ補い、変数の不確かさの程度を捉えようと努力することはできる。分析者が、不確実性を定量的な分析手法に取り入れようとするれば、たとえ分析者の主観的な尺度を完全に排除することができないとしても、変数の不確かさの程度を確率分布として捉えるしかない。このような分析者の主観的な確率の概念を持ち込むことにより、近年では「リスク」と「不確実性」についての用語の分類が曖昧なものとなってきており、例えば、リスクマネジメントの分野では、不確かさの概念一般を「リスク」と呼ぶケースなども多い。しかし、本稿では、変数へ導入される確率分布には、あくまで分析者の主観的確率を用いることに注意すべきであるという意味もこめて「不確実性」という用語を使用することとした。

10) モンテカルロ・シミュレーション分析を、設備投資案の分析に適用した研究はHertz [1968]に始まる。

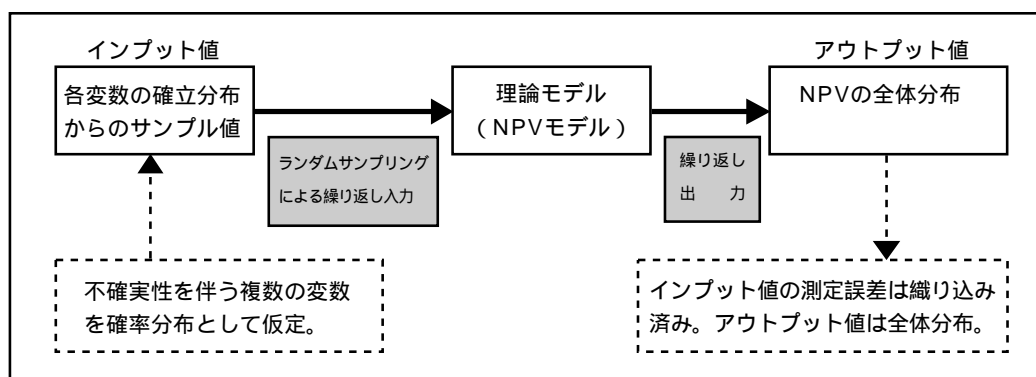


図2：確率論的な分析モデルの図式

は、具体的な設例に基づいて検討することが明快であると思われる。モンテカルロ・シミュレーション分析について、下記の設例をもとに検討を行うこととする。

2 モンテカルロ・シミュレーション分析の具体的設例の検討

モンテカルロ・シミュレーションを実施する手順としては、下記のような手順が必要となる。

投資案件のNPVの算定方法を定式化する。

まずは、投資案件が生み出すキャッシュ・フローの流列を算定するために必要な変数を特定し、キャッシュ・フローの算出プロセスを定式化する必要がある。

主要な変数の確率分布を特定化する。

企業の各部門の入念な調査と分析に基づいて、主要な変数の確率分布の形状を特定する必要がある。モンテカルロ・シミュレーションの前に感度分析を実施して、より重要度の高い変数を特定しておくことが望ましい。

シミュレーションを実行する。

主要な変数の確率分布を特定したら、それらの変数を特定した確率分布からランダムに取り出し、定式化された算定方法によってNPVを計算するという試行を何千回、

何万回と繰り返す。このようなシミュレーションの実行は、近年のコンピュータ技術の発展により、とても容易なものとなっている。

シミュレーション結果を考察する。

シミュレーションの結果から、NPVの確率分布を得ることができるので、そこから得られるNPVの期待値をはじめとする統計情報から、投資案件の実施の是非について検討することになる。

以上の手順を参考にしながら、以下では、設例に基づいてモンテカルロ・シミュレーションによるNPV法について検討する。

【設例4：モンテカルロ・シミュレーションによるNPV法】

まず、以下の表11のように、投資案件から得られるキャッシュ・フローの算定方法を定式化する。なお、表11による投資案件から得られるキャッシュ・フローの算定方法は、【設例2】と同様である。

ここで、主要な変数の確率分布を特定化することが必要となる。まず、【設例2】における感度分析の結果から、最終的なNPVにセンシティブに影響を与えないと思われる固定費と初期投資額については確率分布を特定する変数から除外した。したがって、市場規模成

表11：キャッシュ・フローの予測（モンテカルロ・シミュレーションのための定式化）¹²⁾

変数	単位	投資時点	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目
初期投資額	(億円)	400								
市場規模	(万个)		50	100	200	300	330	330	264	132
市場規模成長率	(%)			100%	100%	50%	10%	0%	-20%	-50%
市場占有率	(%)		20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
販売単価	(万円)		10	10	10	10	10	10	10	10
売上高	(億円)		100	200	400	600	660	660	528	264
変動費	(億円)		50	100	200	300	330	330	264	132
変動費率	(%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
固定費	(億円)		30	30	30	30	30	30	30	30
減価償却費	(億円)		50	50	50	50	50	50	50	50
税引前利益	(億円)		-30	20	120	220	250	250	184	52
税率	(%)		50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
税引後利益	(億円)		-30	10	60	110	125	125	92	26
営業CF			20	60	110	160	175	175	142	76

資本コスト	12%
-------	-----

長率、市場占有率、販売単価、変動費率の4つの変数（上記の表11において網かけされている変数）を特に重要な変数として確率分布を特定化することとした。

- ・市場規模成長率は、各年における期待値からの予測誤差が正規分布に従っているもの

12) モンテカルロ・シミュレーション分析を実行する際の割引率として、どのようなものを使用すべきかについて、明確なルールはない（小林 [2003] 200頁、寺本他 [2003] 288頁）。そこで、あまり適切ではないのであるが、この設例では他の設例との比較も兼ねて、便宜的に割引率として資本コスト（12%）をそのまま利用している。しかし、モンテカルロ・シミュレーションにおいては、投資案件に関連する変数の不確実性を確率分布として設定することで、リスクを将来のキャッシュ・フローの予測に反映している。したがって、本来であれば、通常のNPV法において用いられる資本コストよりも低く設定されるべきである。そうしなければ、NPVが過小評価されてしまう虞がある。各変数の確率分布から、投資案件にかかわるすべてのリスクを将来キャッシュ・フローの予測値に反映できていれば、リスク・フリーレートで割り引けばよい。とはいえ、変数の確率分布が全ての不確実性を吸収するというのも前提としては大変極端なものといえる。

とした。おおよそ95%以上の確率で悲観値と楽観値の間の値（表3参照）を取るように標準偏差を設定した¹³⁾。

- ・市場占有率も、市場規模成長率と同様に、期待値（20%）からの予測誤差が正規分布に従っているものとした。おおよそ、95%以上の確率で、悲観値（10%）と楽観値（30%）の間の値をとるように標準偏差を設定した。
- ・販売単価については、期待値を10万円と予測しているが、悲観値である8万円から楽観値である12万円までの間の単価がほぼ同じ確率で発生すると予測した。したがって、予測誤差が最小値8万円、最大値12万円の

13) 区間 $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$ の範囲に、悲観値と楽観値が含まれるように、市場規模成長率についての正規分布を設定した。正規分布の $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$ の区間内には、全体のおおよそ95.4%が含まれる。なお、正規分布を用いたということは、予測の誤差を免れることはできないが、ほぼ予測通りに期待値が実現する確率が最も高く、期待値から外れる値ほど、その実現確率が低下していくと考えられているということとなる。

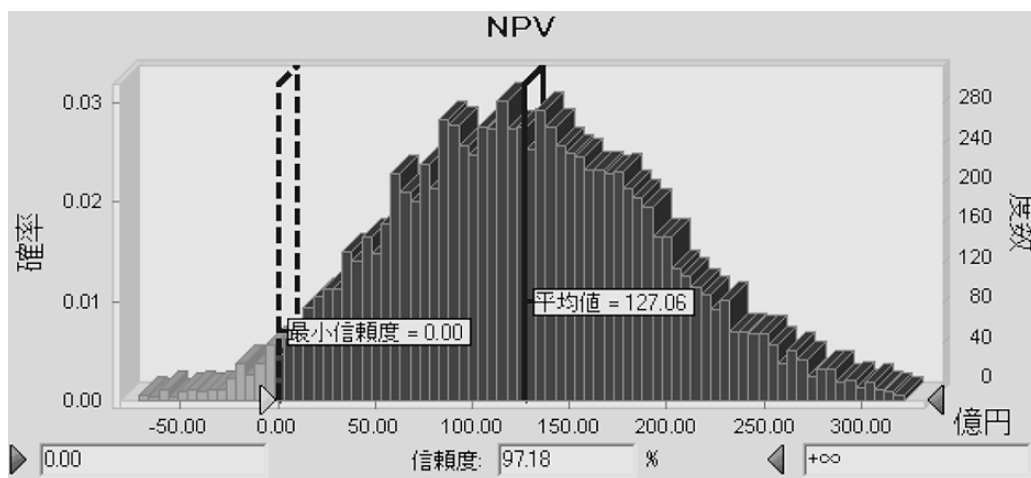


図3：【設例4】のモンテカルロ・シミュレーション実行結果

一様分布に従っているものとした¹⁴⁾。

- ・変動費率についても、悲観値（35%）から楽観値（65%）までの間の比率が、ほぼ同じ確率で発生すると予測した。したがって、予測誤差は、最小値35%、最大値65%の一様分布に従っているものとした。

以上のように変数の確率分布を特定したうえで、10,000回試行のモンテカルロ・シミュレーションを実行した場合の結果は、上記の図3の通りである¹⁵⁾。

上記の図3がNPVの全体分布で、表12が基本的な統計量である。モンテカルロ・シミュレーションから得られた結果の平均値が約127億円ということで、単純なNPV法によって算

表12：【設例4】のモンテカルロ・シミュレーション実行結果の統計量

試行回数	10,000
予測：NPV	
統計量表示	予測値
平均値	127.06
中央値	124.48
標準偏差	70.68
分散	4,996.19
下限	- 105.08
上限	430.76

定された、約128.6億円とさほどの差はない。しかし、単純なNPV法とは異なり、モンテカルロ・シミュレーションからは、NPVの下限が - 105億円、上限が430.8億円というNPVの生起する範囲が分かる。つまり、本投資案件から得られるキャッシュ・フローのNPVには、およそ536億円程度の上下幅があるということになるわけである。

また、図3における信頼度97.18%とは、NPVが最小信頼度=0から最大値(+)の範囲の値となるときに確率のことである。つまり、本投資案件は、97.18%の確率で正のNPVを獲得することができるということ（逆にいえば、2.82%の確率で負のNPVとなると

14) 一様分布を用いるということは、かかる変数について、大まかな上限と下限については把握できるが、実際にその間のどの程度の値となるのかについて、情報を得にくい、あるいは、ほとんど予測がつかないという事実を強調していることになる。

15) なお、このシミュレーションの実行には、Crystal Ball 7（日本語版）を用いた結果である。Crystal Ballを用いたシミュレーション分析については、Evans and Olson [1998] を参照されたい。

いうこと)が分かるのである¹⁶⁾。

したがって、正のNPVを獲得できる投資案件は採用すべきであるというNPV法の原則からすれば、多くの経営者が本投資案件の実施については肯定的な態度を示すこととなろう。

投資意思決定へのシミュレーション分析の適用における意義と問題点

前節では、モンテカルロ・シミュレーションについて、具体的な設例をもとに検討してきた。本節では、モンテカルロ・シミュレーション分析の論点を整理して意義と問題点を指摘したい。

1 モンテカルロ・シミュレーション分析の意義

モンテカルロ・シミュレーション分析が、単純なNPV法や感度分析などと最も大きく異なる点は、あらゆる変数の変化の全ての組み合わせを考慮に入れて、計算試行を繰り返しているという点である。単純なNPV法では、あらかじめ予想されている将来のキャッシュフローの流列の仮定に従って計算がおこなわれる。したがって、その仮定の不確実性をモデルのなかに組み込むことができていない。感度分析では、その点を改善するために、他の条件を全て期待値のままとして、一つの変数を変化させることで仮定を緩め、それが計算結果に与える影響をみた。しかし、モンテカルロ・シミュレーションでは、全ての変数の不確実性を確率分布でとらえ、さらに、全ての変数相互間の全ての組み合わせについて

16) NPVの全体分布が把握できているので、例えば、100億円以上のNPVを獲得できる確率(このケースでは83.05%)等についても簡単に確認することができる。

試行することができる。モンテカルロ・シミュレーションは、単純なNPV法、あるいは、感度分析で克服できなかった制約条件を大きく緩め、変数の不確実性をかなりの程度モデルに取り入れることを可能にしており、この点に大きな意義が認められる。

また、計算結果の面から見ると、モンテカルロ・シミュレーションは、NPVの全体分布を提示できるという利点がある。つまり、投資案件のありとあらゆるケースの結果の分布という包括的情報を提示できるのである。単純なNPV法、あるいは、感度分析などと比較して、次元が異なるほどの情報量が得られるという点はモンテカルロ・シミュレーションの強力な利点といえよう。さらに、モンテカルロ・シミュレーションは、NPVの全体分布を明らかにするので、さまざまな疑問に柔軟に対応して必要な情報を提供することが可能になるであろう。例えば、NPVの全体分布が把握できれば、どれほどの確率で、どの程度のNPVが実現するのかということが分かる。

さらに、モンテカルロ・シミュレーションにおいては、制約の大きな仮定や、複雑で不確実性の高い変数を比較的柔軟にモデルに組み込むことができる。理論的なモデルを実務において適用しようとする時、仮定による制約や、変数の予測誤差が問題となるが、シミュレーションのような確率論的分析モデルでは、これらを柔軟にモデルに組み込むことができる。

そして、モンテカルロ・シミュレーションの計算プロセスや、シミュレーションから得られる結果は、意外なほどに分かりやすく、理解しやすいということも大きな利点であろう。本稿では検討の対象外としているが、例えば、オプション理論から派生しているリアル・オプションなどは価値計算のプロセスが比較的複雑で、理解がなかなか困難である。経営者の判断に資する情報としては、分かり

やすさ、理解のしやすさということも重要である。

最後になるが、近年のコンピュータ技術の発展により、モンテカルロ・シミュレーションは非常に簡単に実施できるという強みもある。例えば、本稿の【設例4】のような10,000回の試行をともなうシミュレーションでも、筆者のPC環境(CPU:Pentium4,2.8G memory:1G)において、わずか3秒で終了する。100,000回の試行でも10秒もかからない。シミュレーションは、いわばコンピュータを用いた試行実験である。非常に簡易に試行実験の実施を可能にするという点には、十分に意義が認められる。

2 モンテカルロ・シミュレーション分析の問題点

しかし、モンテカルロ・シミュレーションにも、いくつかの問題点がある。

まず第一に、モンテカルロ・シミュレーション分析においては、各変数に設定される確率分布の妥当性が問われるという点があげられる。モンテカルロ・シミュレーションでは、不確実性をともなう複数の変数に、適切な確率分布を設定しなければならない。設定される確率分布は、分析者の主観的確率である。ここで、主観的確率分布が、各変数の特性に適合しているものでないと、NPV算定の出発点の段階で大きな歪みが生じてしまう。単純なNPV法などの場合と同様に、モンテカルロ・シミュレーション分析を行う場合でも、変数への確率分布の当てはめなど、仮定の設定の段階では慎重にならなければならない。

第二に、モンテカルロ・シミュレーション分析を実施する際の、資本コストの設定についての問題点である。モンテカルロ・シミュレーションでは、投資案件にかかわる不確実性を、変数の確率分布として捉えることで、

将来キャッシュ・フローの予測に含めている。したがって、理論的には、通常の資本コストより低い割引率を設定しなければならないわけだが、割引率算定の具体的手法について明確なルールはないというのが実情である。少なくとも、もし仮に通常のNPV法で使用する資本コストを、モンテカルロ・シミュレーション分析の割引率として使用した場合には、NPVが過小評価されてしまう虞があるということには留意しておかななければならない。

第三に、モンテカルロ・シミュレーションでは、算定されたNPVの結果を見て、即座に投資意思決定を下せるような明確な判断基準を提示してくれるわけではないということがあげられる。モンテカルロ・シミュレーションでは、NPVの全体分布という包括的な情報を得ることができるが、かかる包括的な情報を読み取る経営者の能力が必要とされるのである。NPVの全体分布は、非常に多様な情報を与えてくれるが、それだけに解釈が難しい。最終的に、NPVの全体分布を解釈して、投資の是非を判断するのは経営者自身である。

第四に、モンテカルロ・シミュレーションにおいても、単純なNPV法と同様に、将来にわたる投資プロジェクトに関するすべての決定が、投資する現時点ですべて下されるものとして取り扱われるという点があげられる。モンテカルロ・シミュレーションでは、投資案件について将来に下されるかもしれないオプションまでは考慮されていない。これらの問題を解決するには、将来における投資案件を取り巻くあらゆる状況が変化した場合に下されることになる意思決定まで含めて投資案件の価値を計算する必要がある。かかる価値計算の手法としては、リアル・オプションがある。

おわりに

本稿では、モンテカルロ・シミュレーション分析に着目して検討を行ってきた。検討の結果、確率論的な分析手法であるモンテカルロ・シミュレーション分析によって、決定論的な分析手法である単純なNPV法や感度分析の問題点を部分的に解決可能であることが明らかになった。同時に、確率論的な分析手法に内在する問題点があるということと、資本コストの問題やリアル・オプションの問題など、モンテカルロ・シミュレーション分析を用いても解決できない問題点が残るということについても明らかになり、本稿における目的はおおむね達成できたと思われる。

しかし、投資意思決定会計の分野における投資分析・評価モデルについて包括的に検討するという筆者の最終的な研究課題からすると、本稿での検討は論点整理を行った序論に過ぎない。本稿での検討を通じて残された課題については、また別の機会に検討する必要がある。なお、残された検討課題としては、大きく三点あげることができる。

まず、資本コストの問題である。DCF法を使用する限りにおいて、資本コストをどのように算定すればよいのかという問題は避けて通れない論点である。この点に関しては、稿を改めて検討していくこととする。

また、経営上のオプションの問題については、単純にモンテカルロ・シミュレーションをNPV法に適用しただけでは解決することができない。これらの問題を検討するために、リアル・オプションによる価値評価モデルについても今後の課題としたい。

最後に、管理会計のさまざまな分野においても、今回検討したモンテカルロ・シミュレーションを用いた分析が適用可能であると思われる。参考までに、本稿の最後に〔補論〕として、CVP分析へのモンテカルロ・シミュ

レーション分析の適用について、簡単な設例をもとに検討している。さまざまな会計分野へのモンテカルロ・シミュレーション分析の適用可能性について検討していくことも、今後の課題である。

[付記：本稿は、文部科学省の科学研究費補助金(若手研究(B)：課題番号：17730274)の助成を得て行われた研究成果の一部である。]

〔補論：モンテカルロ・シミュレーション分析のCVP分析への適用〕

モンテカルロ・シミュレーション分析の管理会計における適用の具体的可能性として、短期利益計画への適用などが考えられる。この補論では、短期利益計画における分析ツールとして、広く一般に採用されている損益分岐点分析(CVP分析)にモンテカルロ・シミュレーションを適用するケースについて、簡単な設例を用いて紹介する。これにより、不確実性の環境のもとで、各変数の不確実性を確率分布として反映させた損益分岐点分析を実行することが可能となる。

【設例5：モンテカルロ・シミュレーション分析のCVP分析への適用】

製品一単位あたりのデータ

・販売単価：1,000円(期待値)

・変動費：600円(期待値)

会計期間に必要とされる固定費

・2,000,000円(期待値)

上記のデータをもとに、損益分岐点販売量(期待値)、および、損益分岐点売上高(期待値)を計算すると、下記の通りとなる。

$$\text{損益分岐点販売量} = \frac{\text{固定費}}{\text{販売単価} - \text{単位あたり変動費}} = 5,000 \text{ (個)}$$

$$\text{損益分岐点売上高} = \text{損益分岐点販売量} \times \text{販売単価} = 5,000,000 \text{ (円)}$$

さらに、企業内の各部門の調査により、下記の情報も入手できている。

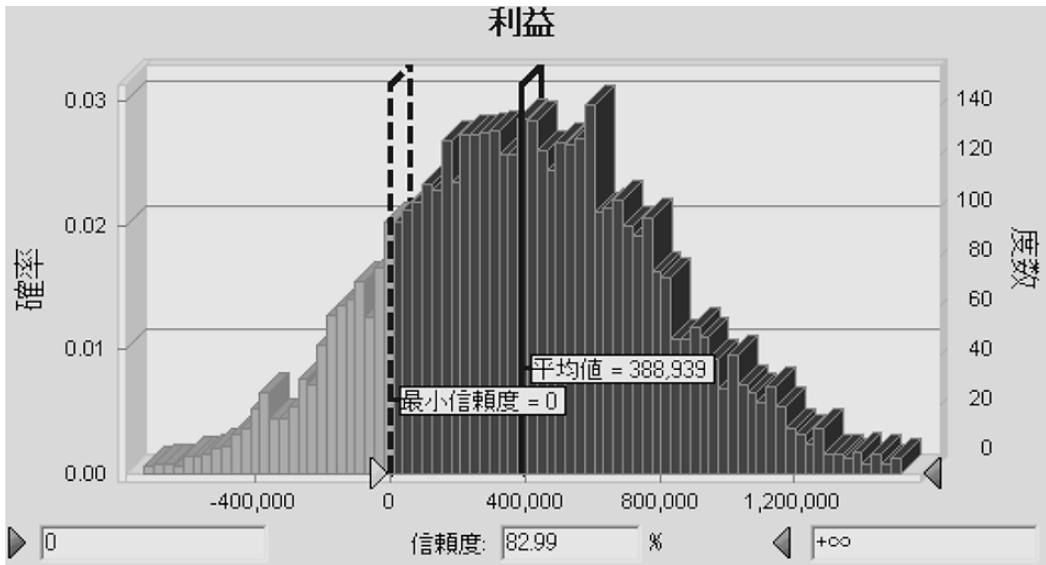


図4：利益の全体分布（損益分岐点を越える確率）

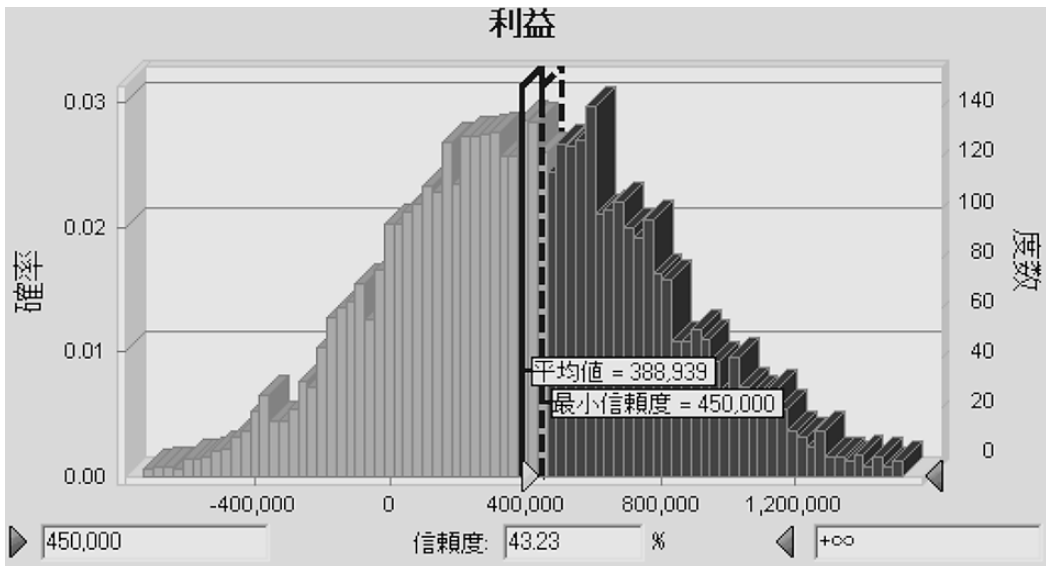


図5：利益の全体分布（目標利益450,000円を超える確率）

- ・販売単価の期待値は1,000円であるが、この期待値から、 ± 50 円の範囲内に収まる確率はおよそ2/3である¹⁷⁾。
- ・固定費の期待値は2,000,000円であるが、この期待値から、 $\pm 50,000$ 円の範囲内に収まる確率がおよそ2/3である。
- ・変動費の期待値は600円であるが、この期待

17) この情報から、販売価格は、販売価格の期待値が1,000円、標準偏差が50円の正規分布に従うものとして取り扱う。なお、正規分布の場合、 $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$ の区間内に、全体の68.26%（およそ2/3）が含まれる。以下、固定費、変動費、販売量についても同様である。

値から±30円の範囲内に収まる確率は、およそ2/3である。

- ・販売部門によれば、過去の売上動向からみて販売量の期待値は6000個と予測される。また、この期待値から±500個前後の誤差の範囲内に収まる確率は、およそ2/3程度であるとされる。
- ・目標利益は450,000円である。

上記の設例で、企業が得られる利益の全体分布を把握したい。5,000回試行のモンテカルロ・シミュレーション分析を実行して得られた利益の全体分布をまとめたものが、前記の図4および図5、利益の全体分布の基本統計量をまとめたものが、下記の表13である。

表13：補論1の設例のモンテカルロ・シミュレーション実行結果の統計量

試行回数	5,000
予測：利益	
統計量表示	予測値
平均値	388,939
中央値	381,402
標準偏差	406,529
下限	- 957,886
上限	2,264,726

上記のモンテカルロ・シミュレーション分析から、損益分岐点を超える確率が82.99%であり（図4参照）、目標利益である450,000円を超える確率が、43.23%である（図5参照）ということが分かる。

CVP分析では、販売価格、変動費率、固定費などの各変数を一定のものとして決定論的に計算しているが、モンテカルロ・シミュレーション分析を適用することで、これらの各変数に不確実性を織り込んだ確率分布として捉え、不確実性の環境下における利益の全体分布と、おおよその期待値を得ることができるのである。

<参考文献>

- Beenhakker, H. L. [1977] *Capital Investment Planning for Management and Engineering* Rotterdam UP.
- Brealey, R. A., S. C. Myers and F. Allen [2005] *Principles of Corporate Finance*, McGraw-Hill.
- Evans, J. R. and D. L. Olson [1998] *Introduction to Simulation and Risk Analysis*, Prentice Hall, Inc. (服部正太監訳 [1999] 『リスク分析・シミュレーション入門』 共立出版。)
- Ferrara, W. L., J. C. Hayya and D. A. Nachman [1972] "Normalcy of Profit in the Jaedicke-Robichek Model," *The Accounting Review*, April, pp.299-307.
- Hertz, D. B. [1964] "Risk Analysis in Capital Investment," *Harvard Business Review*, No.42, pp.95-106.
- Horngren, C. T., G. L. Sundem and W. O. Stratton [2004] *Introduction to Management Accounting* Prentice Hall College Div.
- Jaedicke, R. K. and A. A. Robichek [1964] "Cost-Volume-Profit Analysis under Conditions of Uncertainty," *The Accounting Review*, October, pp.917-926.
- Kaplan, R. S. and A. A. Atkinson [1998] *Advanced Management Accounting*, Prentice Hall.
- Mun, J. [2002] *Real Options Analysis*, John Wiley & Sons Inc. (川口有一郎監訳 [2003] 『実践 リアルオプションのすべて』 ダイヤモンド社。)
- Knight, F. [1921] *Risk, Uncertainty and Profit*, Houghton Mifflin Co. (奥隅栄喜訳 [1959] 『危険・不確実性および利潤』 文雅堂銀行研究社。)
- Ross, A. S., R. W. Westerfield and J. F. Jaffe [2004] *Corporate Finance*, Higher Education.
- 小林啓孝 [1997] 『現代原価計算講義』 中央経済社。
- 小林啓孝 [2002] 『投資意思決定とDCF法の拡張』 『企業会計』 第54巻第4号, 52 - 58頁。
- 小林啓孝 [2003] 『デリバティブとリアル・オプション』 中央経済社。
- 小林啓孝 [2004] 『リアル・オプションの有用性と活用範囲』 『企業会計』 第56巻第6号, 18 - 25頁。
- 寺本義也・山本尚利・山本大輔 [2003] 『最新技術評価法』 日経BP。
- 土井秀生 [2001] 『DCF 企業分析と価値評価』 東洋経済新報社。
- 山本達司 [2003] 『企業組織再編成のための経営手法と資本コスト』 『事業再編支援の管理会計の研究』 (日本会計研究学会スタディ・グループ最終報告書), 50 - 59頁。