

技術経営方法論のシステム化

— 技術評価法の視点から —

山本 尚利*

小川 康**

Systemization of Technology Evaluation as one of MOT (Management of Technology) Methodologies

Abstract

This article discusses about the systemization of MOT (Management of Technology) methodologies and focuses on the technology evaluation system as one of several MOT methodologies.

The technology evaluation system discussed here is the application of computer simulation system. It is expected to be utilized by CTO, Chief Technology Officer at technology-oriented companies for strategic decision-making on R&D (Research & Development) project investment and other technology investment.

要約

本論文では、技術経営論の体系に、いくつかの技術経営方法論があることを示し、そのひとつである技術評価法のシステム化について論じている。この技術評価システムは、技術志向企業の R&D (Research & Development) プロジェクト投資やその他の技術投資の際、その企業の CTO (Chief Technology Officer) によって、戦略意思決定に利用されることが期待される。

* 早稲田大学大学院アジア太平洋研究科 専門職大学院 MOT 専修 教授

** 日本インテグレート(株) エグゼクティブ・コンサルタント

はじめに

技術経営の専門分野ではいくつかの方法論 (メソドロジー) が開発されている。具体的には、技術経営ベンチマーキング法、シナリオ・プランニングを応用した未来製品コンセプト開発法、戦略意思決定のためのデンジョン・アナリシス、新事業の事業性評価法、R&D プロジェクトの技術評価法、技術ナレッジマネジメントなどである。近年、これらの技術経営方法論への IT (情報化技術) の応用により、事業価値評価や技術評価のコンピュータ・シミュレーション、あるいは IT を応用する技術ナレッジマネジメントなどの研究が進んでいる。そこで、本論文では、技術経営方法論のうちでもっとも IT 化の確立している技術の事業性評価法を中心に、技術経営方法論のシステム化について論じる。

1. 技術経営における方法論とは

技術経営プロセスと技術経営方法論の関係を図1に示す。

図1 技術経営プロセスと方法論の関係

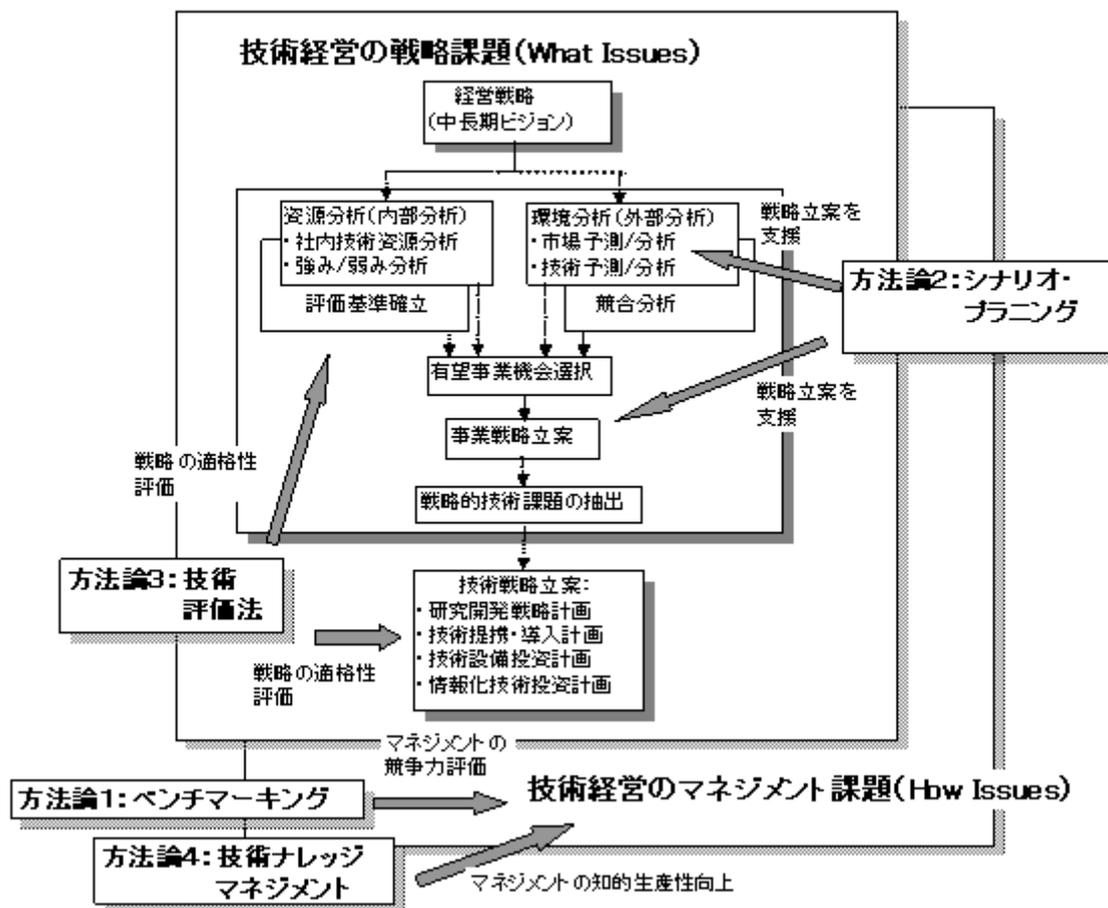


図1に示すとおり、企業におけるプラクティカルな技術経営（実践）の経営課題は①戦略課題と②マネジメント課題に大別できる。まず戦略課題は、技術戦略の立案と実行によって解決される。技術経営論の観点から、①戦略課題は、どのような技術課題に戦略的に取り組むべきかという What Issues を意味する。一方、②マネジメント課題は、いかに技術経営組織をマネジメントすれば、効率よく技術戦略を立案・実行できるかという How Issues を意味する。なお、ここで言うマネジメント課題とは、経営者主体のトップマネジメント課題と、テクニカルセンターや生産現場などのオペレーショナルなマネジメント課題を含む広義のマネジメント課題とする。ちなみに、図1に示す技術経営コンセプトでは、コーポレートレベルの戦略課題を扱う経営者のトップダウン・マネジメントが比較的に重視される。なお、日本企業における伝統的な技術経営では、テクニカルセンターや生産現場のオペレーショナル・マネジメント課題（TQM：総合品質マネジメント含む）が比較的に重視されてきた。なお技術経営プロセスは、

What Issues と How Issues の両方をバランスよく実行しない限り成立しない。

図1では、(1) 技術経営ベンチマーキング、(2) シナリオ・プランニング、(3) 技術評価法 (デジジョンアナリシス含む) および (4) 技術ナレッジマネジメントの4つを主要な技術経営方法論とみなしている。

まず(1) 技術経営ベンチマーキングは、技術経営のマネジメント課題へのソリューションを与える。まず競合他社との比較、競争市場における自社のポジショニングを行う。そして自社の技術経営の競争力を確保し、強化するために、マネジメントの改善と課題対策を行う。(2) シナリオ・プランニングは、文字通り、技術戦略の立案を支援する。(3) 技術評価法は技術戦略で選択された戦略的技術課題に対する事業性評価法である。(4) 技術ナレッジマネジメント (TKM: Technology Knowledge Management) は、戦略的技術課題への取り組みに対して、その知的生産性の向上に寄与する。

上記の4つの基本的な技術経営方法論が確立できれば、技術経営の戦略課題およびマネジメント (トップマネジメントとオペレーショナル・マネジメントを含む) 課題がバランスよく解決される。

上記の4つの技術経営方法論において、IT化を実行しやすいのは、(3) の技術評価法である。なお、技術経営論における技術評価法とは、評価対象技術のアカデミックな価値評価法ではなく、評価対象技術の事業性評価法を意味する。以下に、その技術の事業性評価法に関するシステム化について論じる。

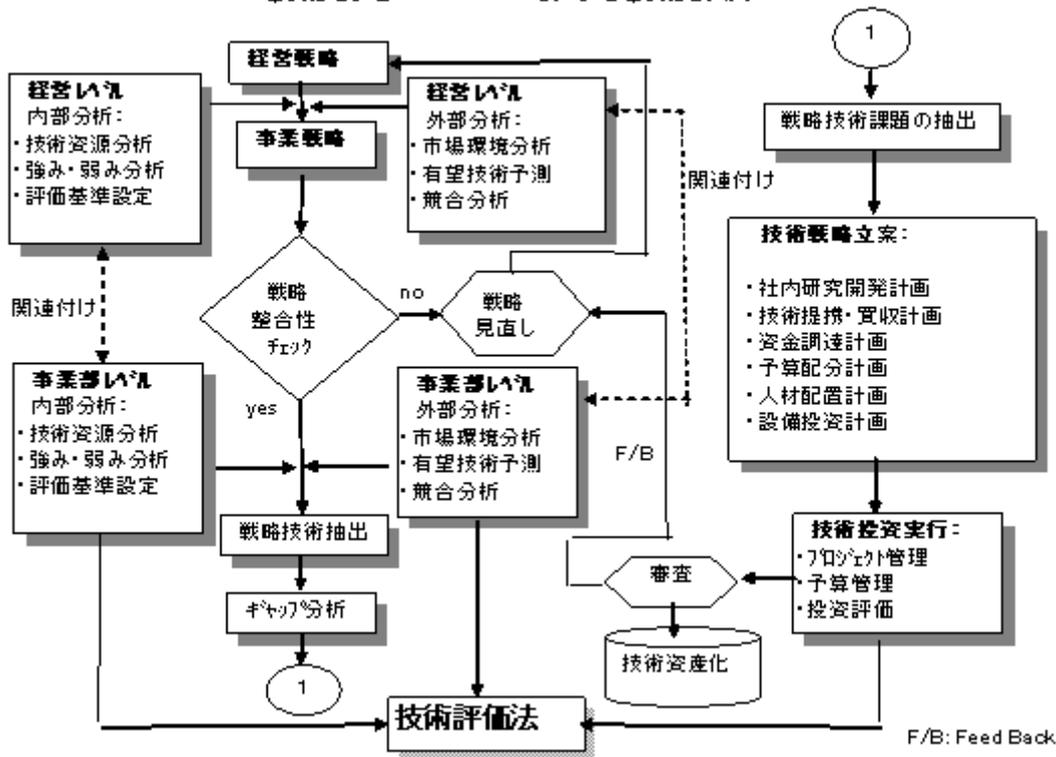
2. 技術経営方法論としての技術評価法

企業にとって戦略技術とは、事業性の高い重要技術を意味する。戦略技術は、図2の技術戦略プロセスに示すように、事業戦略から導き出される。同図に示すとおり、技術評価法(技術の事業性評価法)は技術戦略プロセスに実行に不可欠である。

技術経営方法論としての技術評価法は、技術経営実践プロセスの各局面で必要となる。すなわち、事業戦略から戦略技術を抽出する際、戦略技術に対する R&D 投資の意思決定を行う際、そして、技術開発プロジェクトの事業価値を評価する際などに随時、必要となる。

事業環境の変化が速く、企業の未来が不確実となっている現在、技術経営上、精度の高い技術評価法が求められている。IT の応用による技術評価のシステム化は、そのソリューションのひとつとして位置づけられる。

図2 技術戦略プロセスにおける技術評価



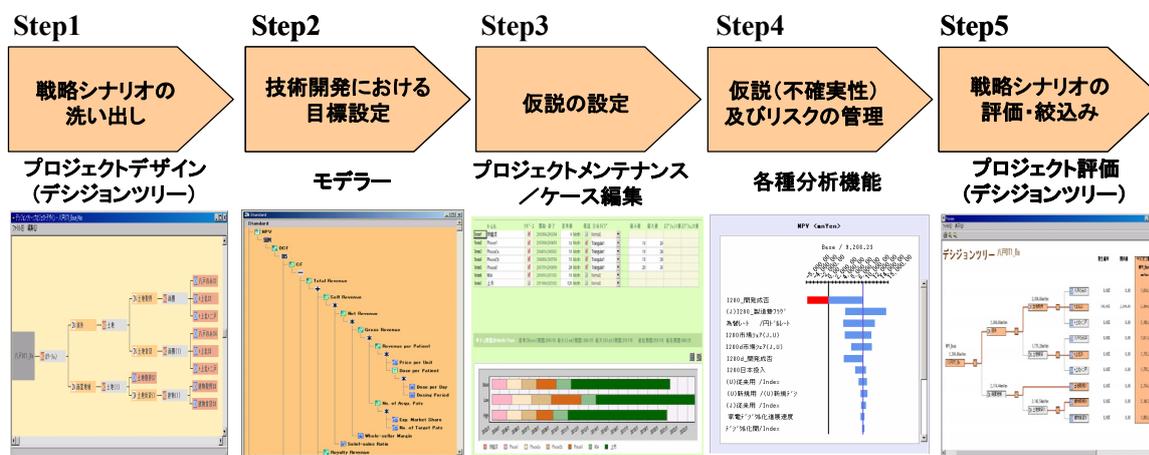
3. 技術評価法のシステム化について

SRI インターナショナル (スタンフォード大学からスピノフした国際シンクタンク) は1960年代より、シナリオ・プランニングやデシジョン・アナリシスなど、技術経営における技術評価法の基本理論を開発してきた。なお著者、山本尚利は、1986年から2003年まで、上記 SRI インターナショナル(以下 SRI)の東アジア本部の技術経営コンサルタントであった。1981年、SRI からスピノフしたベンチャー、SDG(Strategic Decision Group) (<http://www.sdg.com/home.nsf/sdg/home#>) はデシジョン・アナリシスを活用する技術経営コンサルティング企業であり、戦略意思決定のための技術評価法のシステム化に世界最初に挑戦した。

さて、SDG と業務提携している日本インテグラト(株)(<http://www.integratto.co.jp/>)は、近年、SDG の技術評価システムをさらに進化させることに成功している。図3に日本インテグラトの開発した先進的技術評価システムのプロセスを示す。

なお、本プロセスは、日本インテグラトの協力によって、早稲田大学大学院アジア太平洋研究科の専門職大学院 MOT 専修における山本尚利の担当する科目『グローバル・テクノロジーマネジメント』の講義内容の一部に取り入れている。

図3 技術評価システムのプロセス



出所：日本インテグラート (<http://www.integratto.co.jp/>) 資料 (以下同)

4. 技術評価システムの適用

筆者らが上記のMOT専修の講義に使用している事例を通じて、技術評価システムについて論じる。

(1) 事例研究：DVD事業

図4には技術評価システムの適用事例としてDVD(Digital Versatile Disc)の新事業の概要について示す。

図4

技術評価システムの適用事例：

- プラスチック製品製造 A社
- 年間売上高約1,500億円、当期利益約60億円
- 次世代DVDディスクの開発・製造への新規参入を検討
- 合成樹脂表面処理技術と張り合わせ技術に強みを持つ
- 他社よりも高品質のディスクを低コストで提供できる可能性があると考え、製品技術開発と製造技術開発に対する投資計画を立てる。

この開発投資計画における意思決定のポイント

- 新事業の収益性は？
 - いくら儲かる見込みなのか？研究開発・設備投資はいつ回収できるのか？
- 市場動向への対応は準備できているだろうか？
 - 新製品は現在発売されているDVDレコーダー(DVD-multi方式)対応の製品であるため、DVD-multi方式の市場動向に大きく影響を受ける。DVD-multi方式はこのまま拡大すると見て開発に踏み切って良いのだろうか？拡大しなかった場合どうするのか？
- 開発期間の不確実性を管理できるか？
 - 開発には約2年、最短では約1年だが、約3年を要する可能性もある。競合に先行すれば、トップシェアを確保できる可能性が高い。逆に開発に手間取ると、競合が先に参入し、わずかなマーケットシェアにとどまる可能性がある。
- 狙い通りの高品質を達成できるか？
- 狙い通りの低コストを達成できるか？
- DVDディスクの価格下落にどう対応するか... ..

本事例は、DVD ディスクの製造技術を開発したプラスチック製品メーカーA社の技術経営者が、自社のDVD製造技術をベースにDVD事業に参入する際の技術投資の事業性評価を行う事例である。

競争優位の技術を有する製造業は、自社の強みを活かして、常に新技術の開発を行っている。研究開発者あるいは技術開発者がどれほど優れた新技術の開発に成功したとしても、その技術の応用製品の市場有望性、技術競争性、価格競争性、品質信頼性などがクリアされなければ、その新事業化に成功することはできない。

そこで、新技術の事業性評価は、技術要素のみならず、非技術要素を含み、さまざまな要素を考慮する必要がある。

(2) 利用できる技術評価システムのソフトウェア

上記、日本インテグレートは、製造業のために、新技術の事業性評価ソフトウェア、RadMap/Project(技術開発プロジェクト評価システム：ラドマップ)を2001年に開発した。ラドマップは、上記SDGの技術評価システムをさらに進化させたITシステムであるとみなせる。

図5にラドマップのメイン・ウィンドウ画面を示す。

図5 技術開発プロジェクト評価システムのメイン・ウィンドウ



ラドマップは端的に言えば、スタンフォード大学およびSRIにて開発されたデシジョン・アナリシスをコンピュータ・シミュレーションで実行できるようにした技術評価ツールである。

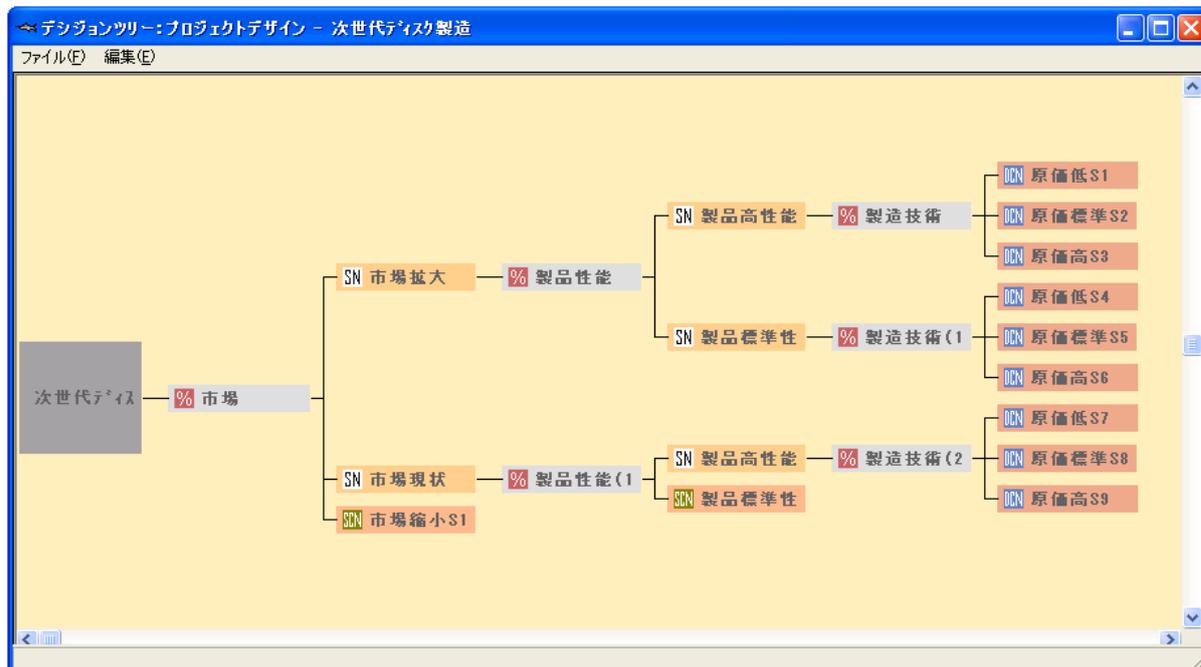
また、ラドマップは、デシジョン・アナリシスの開発と並行して同じく、SRIにて開発されたシナリオ・プランニング手法を応用してシミュレーションを行うことができる。

手計算ベースでシナリオ・プランニングを実施する場合は、3とか4のシナリオ作成しかできないが、ラドマップではモンテカルロ・シミュレーション手法を活用して多数のシナリオを作成することが可能となる。そのおかげで、技術投資の経済的費用対効果を計算するためのキャッシュフロー計算値 (ROI: Return on Investment) を統計分布で表現することができる。

(3) デシジョンツリーのモデル化

図6にはDVD事業の投資意思決定のためのデシジョンツリーの基本モデルを示す。

図6 デシジョンツリー・モデリング：DVD事業の事例



本モデルでは、SRIのシナリオ・プランニング手法を応用して、ベストシナリオ（市場拡大）、中庸シナリオ（市場現状）、および、ワーストシナリオ（市場縮小）の3シナリオが選択肢となっている。図6ではA社がDVD事業展開にて獲得できる市場を決定する因子をツリー化して示している。ちなみに本事例ではS1からS9まで9ケースのシミュレーションが必要となる。

このデシジョンツリーでは、リアルオプション理論の考え方を応用している。ツリーの最初の分岐を見ると、ワーストシナリオ（市場縮小）の際に、製品開発を中止することになっている。また、中庸シナリオ（市場現状）の場合に、製品の性能が標準（他社と同等水準）の場合にも量産に入らずに開発を中止することとしている。製品開発または製造技術開発まで実施することを前提とせず、ある条件で開発を中止するオプションを選択できるようにしているため、撤退オプション（リアルオプションの一種）を持っていることとなり、事業価値を高める（損失を小さく抑える）ことが可能となっている。

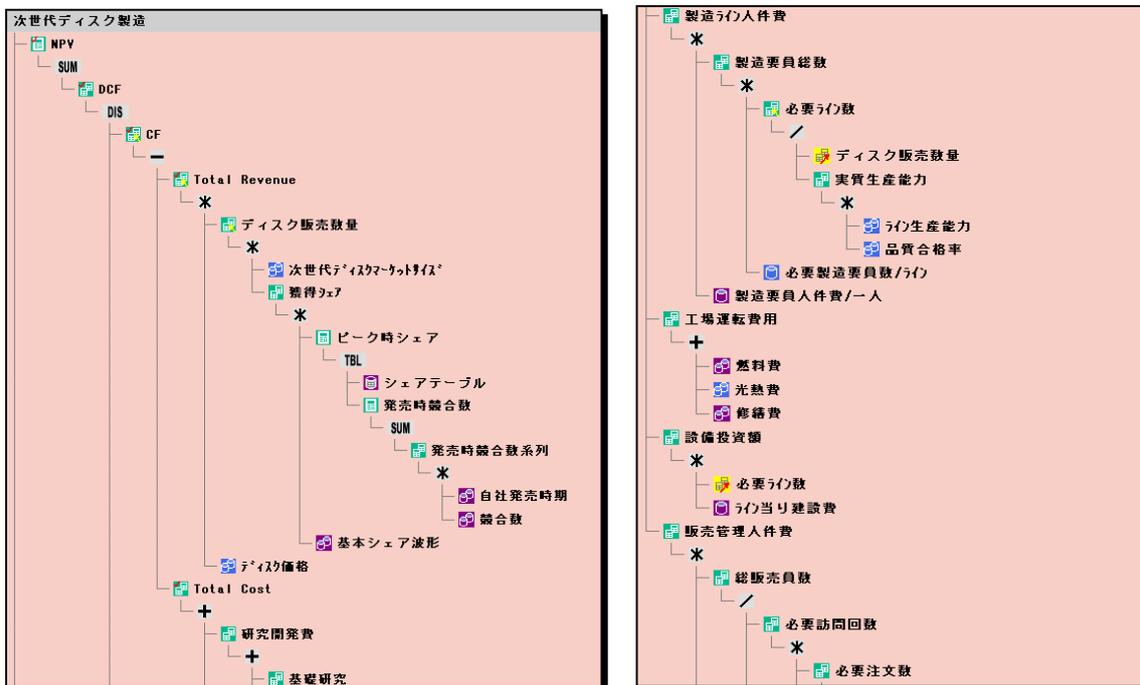
また、ラドマップでは、このデシジョンツリーをサーバーに保存し、意思決定関係者の間で共有することができる。デシジョンツリーが共有されるようになると、ある技術がもたらすシナリオの全体像が、より入念に検討され、理解されることになる。逆に、デシジョンツリーを示さずに全体像を捉えないまま恣意的に絞り込まれたシナリオだけを検討していると、大きな事業機会を逸失することにもなりかねない。これは、技術経営の目的である「技術投資の費用対効果の最大化」を達成するため、大変重要なことである。

図7は、モデラーとよばれる画面で、DCF (Discount Cash Flow) 計算シミュレーションを実行するためのツリーダイアグラムである。

このモデラーは、一般的な表計算ツールの問題点を解決するために、上記の日本インテグレートが独自に開発したオリジナルのツールである。一般的表計算ツールは、非常に柔軟性が高い一方で、計算式が視覚化されていないため計算構造を理解しにくい側面がある。そのため、一般的表計算ツールを使用して技術の事業性を評価すると、計算ロジックがブラックボックス化してしまいがちである。計算ロジックがブラックボックス化すると、事業性評価における恣意性を指摘される一因となるため、看過できない問題となる。このような問題を回避するため、計算ロジックの視覚化を目的としてモデラーが開発された。計算ロジックの視覚化による効果として、アカウントビリティ(説明責任)の向上にとどまらず、評価ノウハウの改善・蓄積、計算ロジックを理解することによるデータ収集作業の分業・効率化などが挙げられる。

モデラーの作成によって、シナリオ毎のインプットデータの組み合わせを変化させて DVD 事業の X 年後の現在価値 NPV (Net Present Value) のコンピュータ・シミュレーションおよび NPV 分布のグラフ化が可能となる。

図表7 DCF 投資計算のためのモデラー (ツリーダイアグラム)



(4) 新技術の事業価値の経済性計算と分析

図8は、キャッシュフロー計算などの経済性計算のシミュレーション画面である。

なおシミュレーションに関して、ラドマップには What-If 分析機能が設けられている。この機能によ

って、意思決定関係者は、意思決定会議において、パソコン上にてリアルタイムにシミュレーションすることが可能である。

図8 キャッシュフロー計算

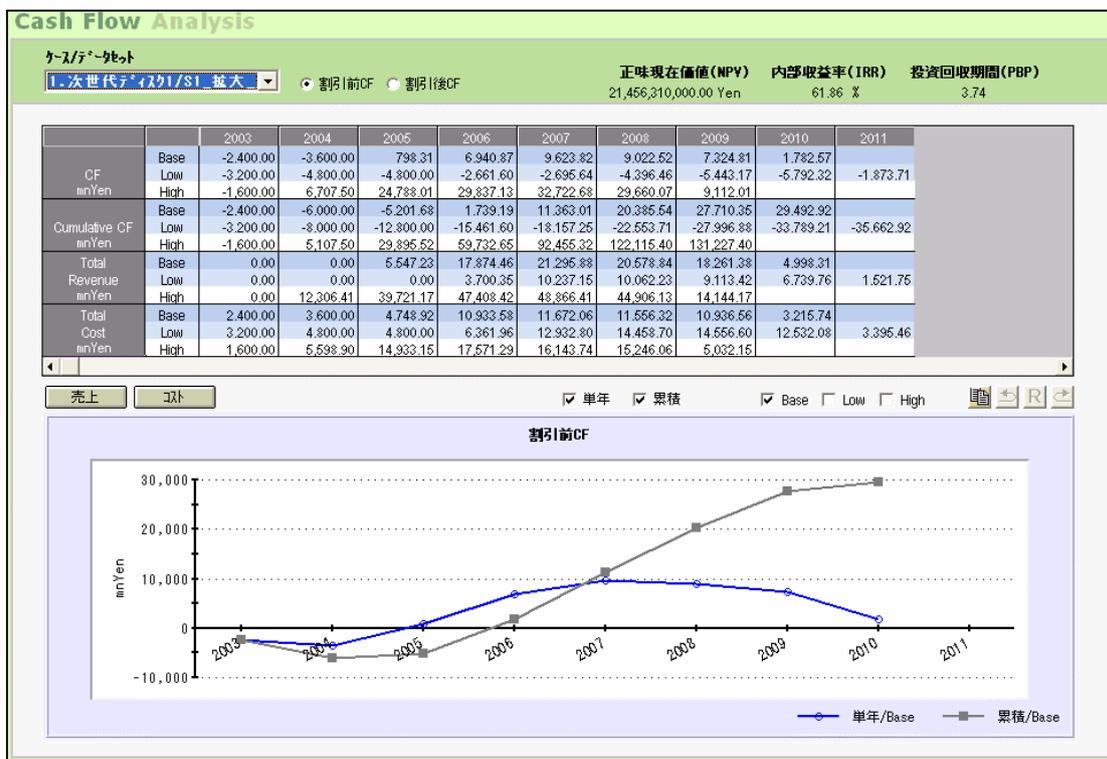
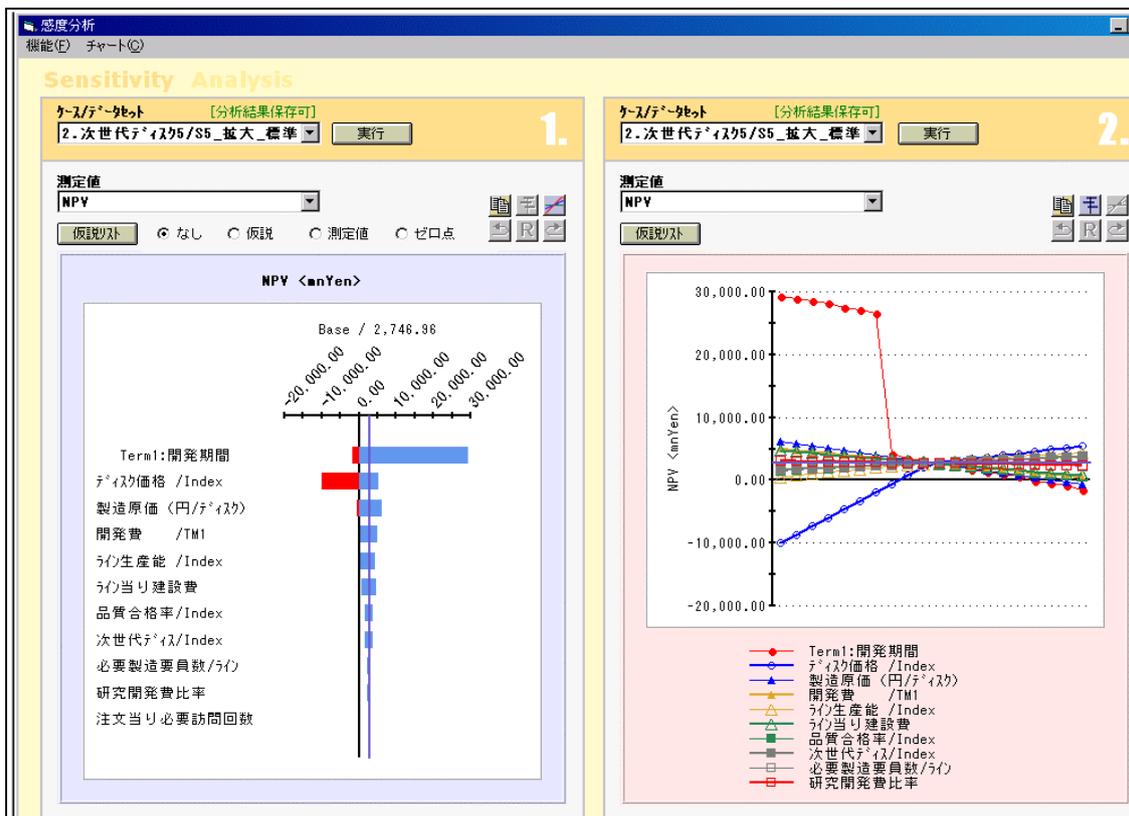


図9には、シナリオ毎に入力データを変動させた感度分析の事例を示す。

図9 感度分析結果の事例



感度分析とは DCF 計算のシミュレーションで、どの因子が DCF 計算の結果である NPV への感度が高いかを分析する手法である。感度分析の基本理論は、上記の SDG が開発した。また、図9の右側のグラフは、縦軸に NPV をとり、横軸は各因子が最小値から最大値までそれぞれ変化した場合の NPV の変化を表示している。従って横軸には単位はない。

NPV 計算の入力データセットの基準組み合わせを設定し、そのデータセットのうち、開発期間とか、DVD 販売価格とか、製造原価などのデータを一項目ごとに変動させて、各ケースの NPV を求める。本図では、11 項目を取り上げ、1 項目について、それぞれ 20 通りに入力データを変動させてシミュレーション計算が行われている。

その結果、開発期間がもっとも NPV への感度が高いことがわかる。次が DVD 販売価格、製造原価の順となる。このシミュレーション結果からこの技術開発プロジェクトにはどのようなマネジメントが求められるかが判明する。本事例では、開発スピードがもっとも重要であると結論づけられる。さらにこの分析結果を見ると、開発費を最大限支出した場合でも、NPV はかろうじてマイナスにならないことが読み取れる。従って、開発スピードを重視するため、開発費の支出をあらかじめ最大限に見積もってお

くことが可能となる。

図10は、DCF計算結果を確率分布表示した事例を示している。

図10 シナリオ別のDCF計算結果(NPV)の確率分布事例

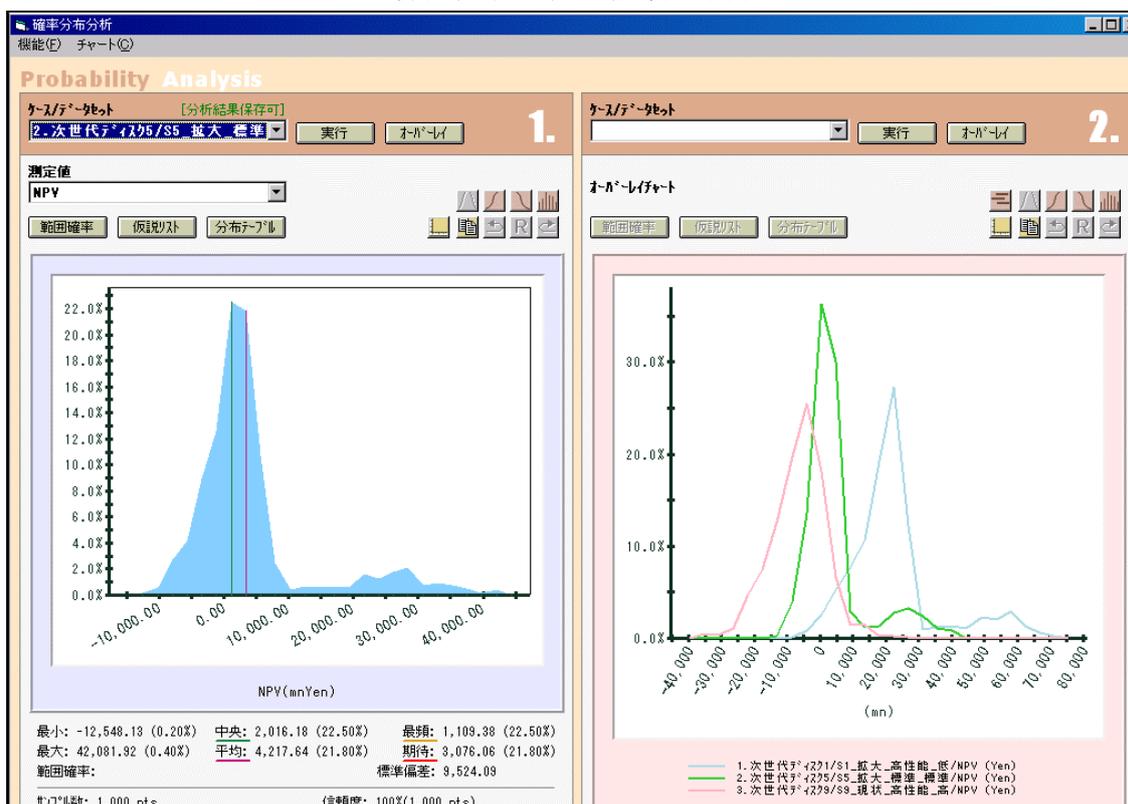


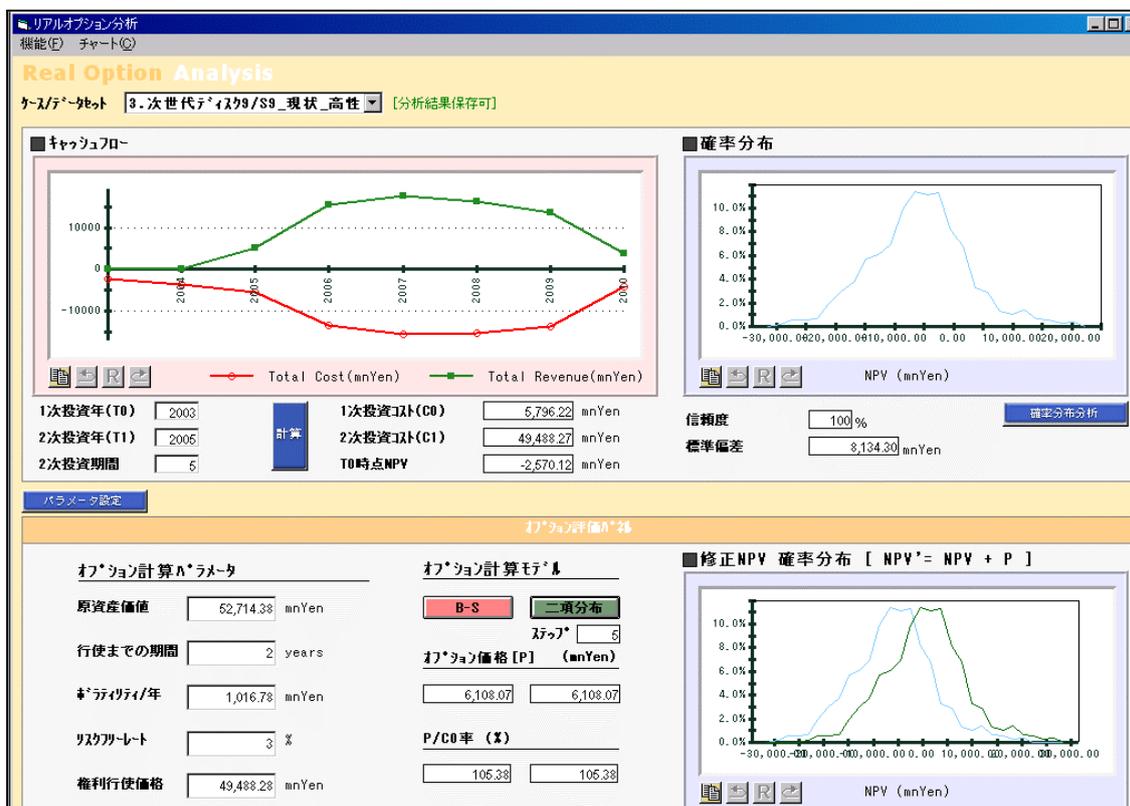
図10に示される確率分布図はモンテカルロ・シミュレーションによって求められる。

尚、本図の左側の確率分布は、図6におけるシナリオS5のケースを示している。また右側の確率分布は、もっとも楽観的なS1シナリオと中庸のS5シナリオともっとも悲観的なS9シナリオを重ねて示している。それぞれの確率分布の期待値はS1からS5、S9の順に小さくなっている。確率分布表示を行うことによって、図6に示されるS1からS9までの各シナリオのNPVの分散度合い(ボラティリティ)が判明する。

(5) リアルオプション分析

ラドマップは統計確率論を含んでいるので、技術開発プロジェクト評価のリアルオプション分析が可能である。図11にリアルオプション分析事例を示す。

図11 リアルオプション分析事例



リアルオプション評価法では、1次投資の結果をみて、2次投資に移行するかどうかの意思決定が行われる。オプション価値は事業付加価値に相当する。ラドマップでは B-S (ブラック＝ショールズ) 式と二項分布式の両方が計算できる。オプション価値を計算するためには、原資産価値 (不確実な市場価値) とボラティリティ (統計的分散) のデータが必要となる。権利行使までの期間を設定すれば、原資産価値とボラティリティは、ラドマップのキャッシュフロー計算とその確率分布計算機能を使用すれば容易に求まる。

権利行使価格はオプションを行使した時点での投資コスト (2次投資コスト) に相当する。

図11は図6のデシジョンツリーにおける S3 シナリオのケースに対するリアルオプション分析結果を示している。

一般的に、DCF 計算によって求められた NPV に上記のオプション価値を上乗せした修正 NPV がリアルオプション評価結果に該当する。すなわち、リアルオプション評価法においては、伝統的 DCF 評価では採択されないようなハイリスクの技術開発プロジェクトが採択されるケースが生じる。

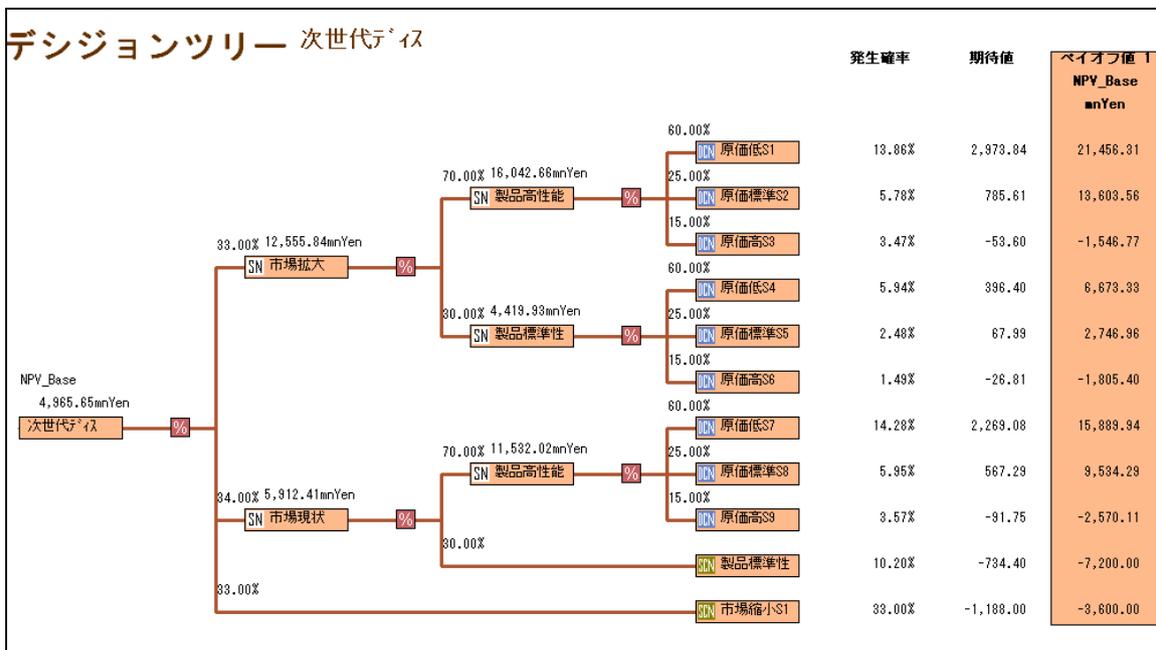
実際の技術評価の現場あるいは事業価値評価の現場では、DCF 計算でプロジェクト評価を行っておけ

ばシビアサイドの評価となるので、DCF 評価のみで十分であるといわれている。また、企業現場では、意思決定者がリアルオプション評価法を理解していないため、評価法として採用されないことがある。ボラティリティが高いほどオプション価値が高い、というオプションの理論は、決めたことをひたすら実行するメンタリティの企業幹部や意思決定者からは容易に理解されないのである。しかしながら、DCF 評価では採択されないが、簡単に捨てがたい独創的な技術開発プロジェクトにはリアルオプション評価が適しているといえる。

(6) デシジョンツリーの作成

図12に図6で作成した 이슈ーツリー・モデルのシミュレーション結果の事例を示す。

図12 デシジョンツリーの計算結果事例



シナリオ毎の発生確率と NPV（ペイオフ値に相当）から事業価値の期待値を求め、あらかじめデザインした 이슈ーツリー・モデルに従い、最終的に総合的事业価値が求まる。

本事例の場合、次世代デバイス、DVD の事業価値の期待値はプラス 49 億 6565 万円である。結果はプラス価値であるから、本事業は採択されることになる。

以上に論じた技術評価システムは、技術志向企業の R&D プロジェクト投資やその他の技術投資の際、その企業の CTO（Chief Technology Officer）によって、戦略意思決定に利用されることが期待される。

参考文献：

- 山本尚利・廣瀬修監修（1991）『テクノロジーマネジメント』日本能率協会マネジメントセンター
- 山本尚利・アーサー・チェイト監修（1992）『中長期技術戦略プランニング・ガイド』日本能率協会マネジメントセンター
- 山本尚利（1993）『技術投資評価法』日本能率協会マネジメントセンター
- 寺本義也・山本尚利・山本大輔（2003）『最新 技術評価法』日経BP社
- 山本尚利・寺本義也監修（2003）『MOT アドバンスト：技術戦略』日本能率協会マネジメントセンター
- Matheson, J.E., Howard, R.A. et al. (1977) "Readings in Decision Analysis" *SRI International*
- Frankel, Ernst G. (1999) "Management of Technological Change" *Kluwer Academic Publishers*
- 籠屋邦夫（1994）『戦略意思決定法』ダイヤモンド社
- 小川康・宮本明美（2004）『技術の事業性評価における不確実性のマネジメント』月刊テクノロジーマネジメント、2004年6月号：pp.64-71
- 小川康、宮本明美（2004）「ポートフォリオ・マネジメントによる研究開発ポートフォリオの最適化」月刊テクノロジーマネジメント、2004年7月号：pp.78-85
- 小川康（2005）「研究者・技術者のためのファイナンス基礎講座」月刊テクノロジーマネジメント、2005年12月号：pp.64-76