

コーポレート管理分野における OR 手法の活用

辺見 和晃

本稿では、企業における事業評価や投資評価、リスク管理、ポートフォリオ管理などといったコーポレート管理分野における OR 手法活用の実情を紹介する。90 年代後半から大幅に変化を遂げているコーポレート管理の現状に触れ、その中での二つの具体的な OR 手法の活用例「研究開発ポートフォリオの最適化」および「モンテカルロ・シミュレーションによる事業評価」について解説を行うとともに、そこでの数理的手法の役割についても述べる。

キーワード：コーポレート管理、整数計画法、DCF 法、モンテカルロ・シミュレーション

1. はじめに

幸いなことに、大学4年生の一年間 OR を学ぶ機会を得られ、本誌を読まれている方々からすれば基本中の基本で浅いものではあるが OR について習得することができた。ただ当時あまり勉学に積極的ではなく、習得した知識のレベルの低さを自認していたこともあり、自分の知識では社会に出てから大して役に立たないであろうというのが正直なところであった。しかし、その後すぐに現在所属している構造計画研究所へ入り、10 年余、様々な業務を経験してきたところ、思いのほか OR に関連した業務を行っていた。ざっと列举すると、コンジョイント分析を用いた調査・コンサルティング業務、エージェント・ベース・シミュレーションを行うシミュレータの企画・開発（当時 ABS、現 KK-MAS および Artisoc）、米国 Decisioneering 社開発のモンテカルロ・シミュレーション・ソフトウェア（Crystal Ball）の日本語化および販売担当、リアルオプション分析に関する研究およびツールの日本語化・販売、などである。現在は、一般事業会社の経営企画部門やポートフォリオ管理部門、研究開発管理部門などを対象としたコーポレート機能の管理に関わるコンサルティングやツール開発等の支援業務に従事している。

このように挙げると大学時代の「学んだ OR」がいかに使えそうだが、実際にはどちらかというと「結果的に使っていた OR」である。例えば、エージェント・ベースのシミュレータを開発しているときには「OR」という意識は全くなかったのだが、後に OR 学

会の事例研究賞を頂くと聞いて初めて、“そういわれてみれば、これも OR か”と気づかされた。またリアルオプション分析についても、業務を始めた頃には金融工学かコーポレートファイナンス分野であるとばかり思っていたが、ふと大会発表テーマの“リアルオプション”の文字を見たとき、“これも OR なのか”と、またしても OR に関わっていたことに驚いた。これらは比較的新しい分野であり、私が大学卒業後に注目されはじめた手法であるので、学部レベルではまず学ぶことはなかったと思うが、日々その内容を充実する OR の懐の深さはただ感心するところである。

さて、先に述べたように、現在はコーポレート機能の管理に関わる分野（コーポレート管理分野）の業務を行っている。具体的には、企業における事業評価や投資評価、リスク管理、ポートフォリオ管理などであるが、本稿ではこれに関連する「使った OR」の紹介と、「学んだ OR」との関連やギャップについて述べたい。次節ではコーポレート管理分野を取り巻く環境について整理し、続く節にて「研究開発ポートフォリオの最適化」と「モンテカルロ・シミュレーションによるリスク分析」の二つの例を取り上げる。OR の典型的な対象とは異なり、モデル化できない曖昧な要素を多分に含む分野の話ではあるが、皆様の参考になれば幸いである。

2. コーポレート管理分野と OR

1990 年代のバブル崩壊や国際競争の激化などを背景として、90 年代後半から現在まで、日本の多くの先端的企業においては経営手法の改善に取り組んできた。「失われた 10 年」とも呼ばれる時期ではあるが、欧米流のガバナンスやコーポレートファイナンス手法を日本流にそしゃくしながら、いわゆる株主価値を意

へんみ かずあき
（株）構造計画研究所
〒164-0011 中野区中央 4-5-3

識した経営へと変化してきたのである。

従来の日本企業はボトムアップ型の事業展開が主であり、各事業部門が個々に事業を拡大していくことで、全社の売上や利益を伸ばしてきた。これは、株式の持合やメインバンク制の上で、経済全体が拡大基調であってこそうまく機能していた。しかし、今日の競争の時代では個々の事業の定常的な右肩上がりには期待できず、また銀行や投資家がしがらみなく各々の利得に基づき柔軟な意思決定を行うようになっており、これらを繋ぐ“経営”の役割が増してきた。「選択と集中」という言葉が流行したように、企業全体として債権者と株主の期待に応じたりリスク管理とリターンの追及を行う、トップダウン型の経営判断が重要となってきたのである。そして同時に経営における意思決定の透明性が求められており、依然として経験や勘を働かせるアートな部分も多いが、難しいながらも客観的、定量的な視点での意思決定やその説明を試みている。こうした中で、モデル・アプローチやシミュレーションといったOR手法の利用が同分野に広がりつつある。

ところでORが活かされている分野としては、何らかのタスクに対するオペレーションの改善であるような事例が多い。そこでは問題が明確であり、関連する様々なパラメータも測定データとして取得することができる。一方、コーポレート管理分野においては、多くの場合主観性を含む予測に基づくものが前提であり、人や組織を主な対象としているため、モデル化が困難な部分も大きい。基本的には企業戦略を立てるための情報の一部であるため、経営陣の理解が得られ、モデル外の要素も含めた総合的な判断が行えるものが求められる。これは、例えば在庫のオペレーションや物流のオペレーションを改善する際に、出来るだけ現実を模したモデルを採用し数理的な専門家が取り組む、といった状況とは対照的である。より高度なモデルや手法が、必ずしもより良い解決ではないということである。以下、二つの節では、コーポレート管理分野におけるOR手法を利用した例とともに、こうした現場に適応した導入が行われていることを述べたい。

3. 研究開発ポートフォリオの最適化

3.1 概要

大多数の企業において研究開発プロジェクトは将来の収益の源泉である。企業の規模が大きくなれば、研究開発の規模や数が大きくなり、その成否を伴う管理は複雑さを増し、また企業全体へのインパクトも大き

くなる。このような多くの研究開発プロジェクトを持つ企業において、それを束ねて、取捨選択や将来見通しなどを管理する枠組みを研究開発のポートフォリオ管理と呼んでいる。

各プロジェクトは画一的ではなく、コストや期待収益など定量化できるものだけでなく、企業戦略との整合性や他プロジェクトへの影響など定性的な側面も大きい。従来は、研究開発予算枠の中で主に経営陣の主観的判断で意思決定がなされてきた。今日においては、加えて、定量的な評価と合理的な選択手法による説明も求められている。ここにOR手法が利用される。

ここでは、研究開発のマネジメントについて製薬会社を例にとり、研究開発ポートフォリオの最適化についてのアプローチを紹介する。

3.2 製薬会社における研究開発

製薬会社の研究開発は、通常の製造業の研究開発と比べ、やや特殊な側面を持っている。一般的な研究開発テーマは、個々に独自性が強く、それらをまとめて管理することは困難である場合が多い。製薬会社の研究開発テーマにももちろん個別要素はあるが、臨床試験や国による承認を得るといった上市（製品発売をいう）までの開発プロセスは統一されており、その開発成果を用いたビジネスモデル、すなわち医薬品の販売手法も各社ほぼ同一である。また開発段階で公開される情報があるので、他社の動向もある程度知ることができるし、研究開発途中のテーマを他社と取引を行うことによって、自社のポートフォリオを柔軟に変更することが可能である。

近年の傾向としては、合併による規模の拡大によって研究開発力のアップや効率化を図ったり、初期段階における研究はベンチャー企業に行わせて、ある程度“もの”になった段階で（当然それなりの高値で）取得したり（することによって初期段階の研究開発リスクを結果的にベンチャー・キャピタルなどへ転嫁する）、といったことが頻繁に行われている。また、研究開発投資と将来収益、つまりは企業価値の結びつきが高いため、研究開発の投資額を対外的にコミットしている企業もある。どのような研究開発テーマをどの時期にどの程度持っているかということで、将来の収益がある程度決まってくるので、自社の研究開発ポートフォリオの管理は益々重要になってきている。

現在多くの企業が注力するほぼ共通の取り組みとしては、可視化と予算配分の最適化であろう。国内企業

においても研究開発のテーマ数が3桁に上るところもあり、経営陣がその状況を把握するための数値データの可視化は必要不可欠である。また、製品となるかもしれない多数の候補から、限られた研究開発予算枠の中で、最も適切なテーマ群を選択することが求められている。最終的には、製品属性や戦略整合性、経営陣の思い、など定性的・主観的な要素も加味された意思決定がなされることになるが、その前段として定量的な予測に基づいた最適化の考え方も導入されている。以下はその最も典型的な例である。

3.3 モデル化と最適選択へのアプローチ

通常、研究開発テーマについては、それぞれ今後の研究開発費用や成功確率、上市した場合の収益などが想定されており、これら定量情報を基に最適な研究開発テーマの組合せ、すなわち研究開発ポートフォリオを検討することとなる。

検討にあたって勘案する評価指標は各社若干異なるが、ここでは典型的なものとしては、研究開発テーマから生み出される想定キャッシュフローの現在価値(NPV、次節に詳細)に成功確率を掛け合わせた期待現在価値を考える。この期待現在価値の総和が最大となる組合せを見つけたい。

一方、年度の研究開発予算枠は限られており、これが制約条件となる。各研究開発テーマは毎年研究開発費用が発生するので、検討対象となるテーマが多い場合には、いずれかのテーマを断念もしくは延期することになる。逆に予算枠に達しないような場合は“玉不足”の可能性があり、将来の収益の低下を抑えるためには他社からの導入を検討する必要があるだろう。このような様々な想定をふまえた、考えるすべてのテーマおよび実施シナリオが選択肢となる。

以上について、将来キャッシュフローの期待現在価値(npv)と年度の研究開発費用(rd)を用いて数式で表すと以下ようになる。

$$NPV = \sum_{i=1}^n npv_i \cdot x_i \rightarrow \text{最大}$$

条件

$$RD = \sum_{i=1}^n rd_i \cdot x_i \leq \text{予算} \quad x_i = \begin{cases} 0 & \text{非選択} \\ 1 & \text{選択} \end{cases}$$

研究開発費用の合計は予算枠を超えないという制約のもと、期待現在価値を最大化するテーマ選択組合せを求めるものである。このように表記すると、これはいわゆるナップサック問題であり、整数計画法により組合せの最適化を行うことができる。数理的には最も

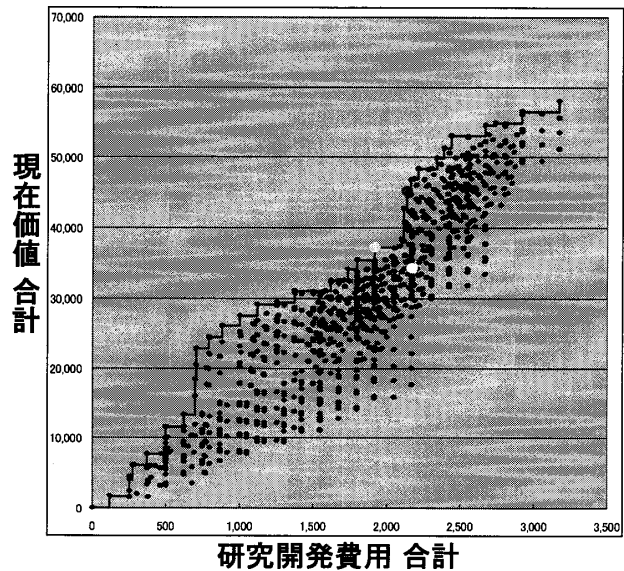


図1 10テーマの全件探索の例

スマートなアプローチである。モデルの複雑性は別として、このような方法を行っている企業もあると思われる。

しかし現実には、同じモデルで表現したとしても、異なるアプローチが好まれる場合もある。

例えば、全件探索である。極めて地道な手法であるが、テーマ選択の組合せ問題であるので、理論的には $2^{(テーマ数)}$ の検討で最適選択を導きだすことができる(図1)。

このアプローチの最も大きなメリットは、“分かりやすい”ということである。“整数計画法”などという経営陣の多くはブラックボックスと考えてしまう。全件探索ならば、自ら手を動かすことは無いにしろ何を行っているかが明確であり、「意思決定のための情報」としては、より信用の高い情報である。逆にデメリットは、指数的に増える計算量である。テーマ数が数十程度になると計算量が膨大になるので、比較的規模の大きい企業においてすべての研究開発テーマに対する最適化を行うのは難しい。ただ現実的には、全体のテーマ数が多くとも、そもそもある程度の数は実施が確定できるので、全件探索を行う前に検討の対象となるようなテーマ数を絞ることで、運用上の対応は可能である。

さらに簡易なアプローチでも良いと考える企業もある。ナップサック問題の場合、“きっちり詰り込む”ことが難しいために何らかのアルゴリズムが必要になるのだが、例えば研究開発費の予算枠といった類のものは、厳密にその数値でなければいけないというケー

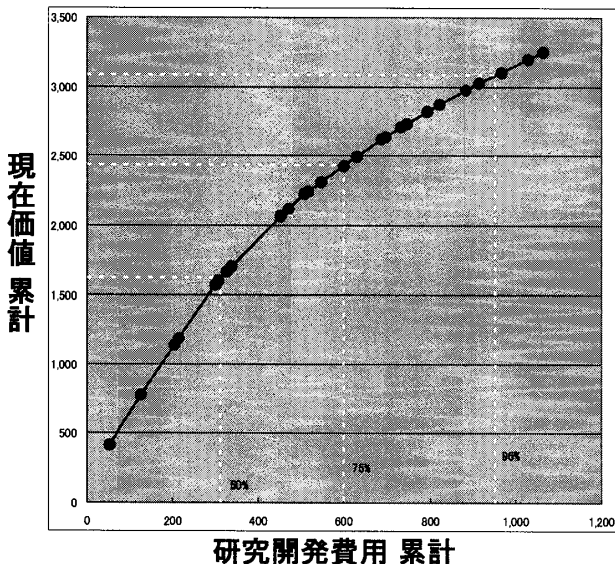


図2 効率順ソートの例

スは稀である。むしろ、状況に応じて多少の増減は容認しうることが多い。このような場合には、整数計画法の利用のような特定の制約条件下の最適解を求めることは大きな意味を持たない。むしろ、定量的には図2のように研究開発費用とそこから得られる期待現在価値を効率順にソートし、非効率なものを浮き彫りにするにとどめ、その後、定性的な要素も含めて一つずつ吟味しながら、予算と近くなるような選択を探る方が、より良い意思決定への近道かもしれない。

3.4 まとめ

ここで見てきた問題は、例えばORの実務的研究テーマとするならば、より現実に近いと思われるモデルへ、いくらかでも複雑にできる。例えば各試験執行の前倒しや延期などの要素を入れたり、複数年にわたる最適化を行ったりすることができる。しかし前述のように現場の「意思決定のための情報」として捉えたとき、必ずしも複雑で高度なアプローチが有益であるとは限らない。先の例においても、数理的なスマートな解法はあるが、その他のアプローチも状況によっては十分意味を持っている。高度なOR手法を適用できる場面でも敢えて使わない、ということもあり得るのである。

当たり前のことではあるが、我々が顧客に対してサービスを行う際には、高度な手法よりも、いかなる方法が顧客に対してもっとも意味があるものなのか、ということを経営に銘じながら日々提案活動を行っている。

4. モンテカルロ・シミュレーションによる事業評価

4.1 モンテカルロ DCF 法

次に紹介するのはモンテカルロ・シミュレーションの応用である。モンテカルロ・シミュレーションは元々科学技術計算に用いられた手法であるが、その後ビジネスの分野では、主に金融分野でのリスク計算に応用されてきた。さらに近年、米国では90年代半ばから、国内においては2000年あたりから、事業投資評価や企業評価におけるリスク分析に用いられるようになってきた。事業投資評価や企業評価に用いられるスタンダード手法としてはDCF (Discounted Cash Flow, 割引キャッシュフロー) 法があるが、これにモンテカルロ・シミュレーションを適用するのである。

DCF法とは、将来キャッシュフロー、つまり想定している事業のお金の出入りを予測し、それを発生時期に応じた時間的価値を割り引いて評価を行うものである。投資判断基準としては、下式のような割引キャッシュフロー (CF_t) の和であるNPV (Net Present Value, 正味現在価値) が用いられる。

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{1+r} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \frac{CF_4}{(1+r)^4} \dots \quad r: \text{割引率}$$

この式に、キャッシュフローの将来予測値および割引率(資本コスト等)を代入することにより、NPVの値が求まり、これが0以上であれば合理的な投資であり、0以下であれば妥当ではない投資ということになる。

DCF法は既に広く用いられている手法であるが、いくつか問題もある。その一つが不確実性である。キャッシュフローの将来予測値は、売上予測やコスト予測などから導かれるが、そこには多くの不確実な要因(リスク要因)がある。販売数が予想通りいかない場合もあるだろうし、経費が思いのほかかかる場合もある。またその逆に予想よりも儲かる場合もあるだろう。通常のDCF法では、これらを何らかの一点の予測値で表現していることになるが、より現実的な評価のためにはリスク要因の予測値に相応の幅を持たせた方がよい。この幅を確率分布で表現し、モンテカルロ・シミュレーションを用いて投資判断基準であるNPVの分布を得る方法が、モンテカルロDCF法である。

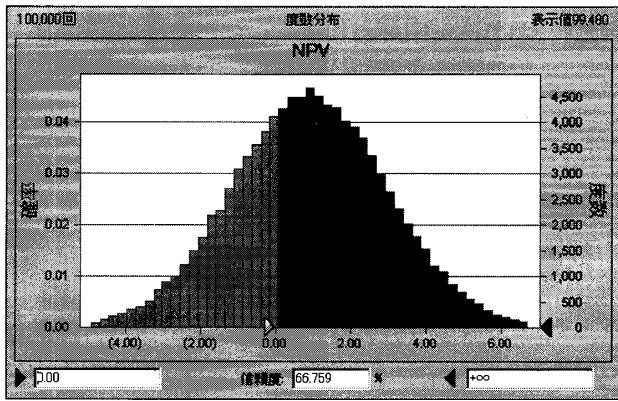


図3 NPV 分布シミュレーション例

4.2 評価例

例えば、初年度の投資が10億円程度かかり、その投資によって一年後12億円程度の収入が得られるとしよう。ただし両者とも正規分布で考えられるバラツキがあり、投資額の標準偏差は1億円、収入の標準偏差は3億円であると想定されている。割引率を5%とすると、この事業のNPVは以下のように計算できる。

$$\text{NPV 平均} : -10 + 12/1.1 = 0.91 \text{ 億円}$$

$$\text{NPV 標準偏差} : (1^2 + (3/1.1)^2)^{0.5} = 2.08 \text{ 億円}$$

図3は、同様の計算を10万回のモンテカルロ・シミュレーションを用いて計算した結果である。

このような分布から様々なリスクに関する情報を得ることができる。例えば図にも表れているように、この事業のNPVは平均的には0以上となるが、約1/3の確率で0を下回る。これは投資基準に満たない投資失敗リスクの確率を示しているのである。

さて、このような非常に簡単なモデルであれば、前出式のように数学的に分布を求めることができるが、多くの場合、リスク要因は多岐にわたり、仮定される確率分布の種類も様々で計算式も複雑になるので、数学的に計算するのは困難である。実務的には、若干の計算誤差は生じるものの、汎用性の高いモンテカルロ・シミュレーションが極めて有効な手段である。

もう一つ悩ましい例をあげてみたい。実際の事業投資検討においては、一つのプランでの検討だけでなく、いくつかの戦略案を比較検討することが多い。通常のDCF法の場合、各プランのNPVを算出し、最もNPVの高い戦略を選択すべきとなる。一方、モンテカルロDCF法の場合、加えてリスクについても定量的に議論することができる。

今3つの戦略案があり、それぞれモンテカルロDCF法でシミュレーションを行い、図4のような

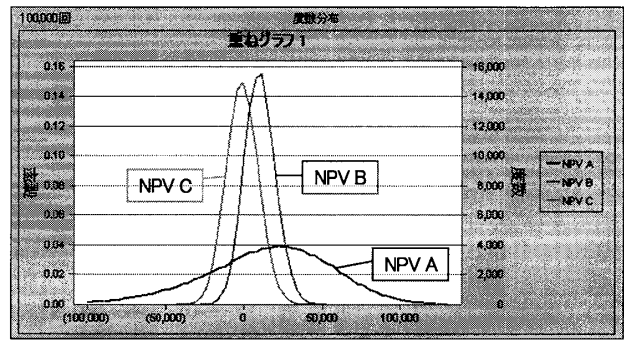


図4 戦略案の比較例

NPV分布を得たとしよう。この場合どの戦略がベストであろうか。

戦略AのNPV (NPV A) は分布の裾野が広く、やや右に偏っているのでリスクとリターンが高いことを示している。戦略BとCのNPV (NPV B, NPV C) は分布が狭く、リスクとリターンが低い戦略である。ここでははっきりいえるのは、戦略Bと戦略Cを比べると、分布形状は変わらず戦略Bの分布が全体的に右にあるので、両者リスクは変わらないが、戦略Bのリターンが高く、戦略Cよりも戦略Bを選択すべき、ということである。

しかし、残りの戦略Aと戦略Bについては一概にどちらが良いとはいえない。平均的なリターンは戦略Aの方が高いので、この投資が小さく多くの投資事業の一つに過ぎないのであれば、大数の法則もあり、戦略Aを選択することが妥当であろう。逆に、この企業にとって財務状態に直結するような大きな規模の事業であれば、リスクの低い戦略Bを選択することになる。

このように、以前は事業投資のリスクについては定性的に語られることが多かったのだが、確率分布およびモンテカルロ・シミュレーションを用いることにより、定量的な検討を行うことができるようになった。定性的な議論において認識の違いによる水掛け論になるような場合にも、NPVの分布の結果はもとより、さらにその結果を生み出した各予測値やリスク要因の確率分布の仮定への議論へと深めていくことで、より良い意思決定へと繋がるのである。

4.3 最適な意思決定と手法普及の背景

さて、以上の手法は、手法としては極めてプリミティブなものであるし、モンテカルロ・シミュレーションの応用手法としてはご存知の方も多いと思うが、ここであえて紹介した理由は二つある。ひとつは、先

のポートフォリオ最適化問題と同様に、「問題を解く」ところまでは行っていないこと、もうひとつは、この手法の導入背景は手法とは関係ないところにある、というところである。

前項の後半の評価例では、意思決定という点においては、解答を出していない。各戦略のリスクとリターンを確率的な分布として導出はできた、ではどれが良いのかという点については、人間に委ねている。もしOR的に意思決定への解答まで考えるならば、適当な目的関数を考えて、それが最適となるような戦略を選択するという方法、例えば、起こりえるNPVのとり得る範囲を網羅する効用関数を考え、期待効用NPVを算出する、という方法もある。また実務的には、リスクの大きい戦略に対しては最悪のケース（例えば、分布の下方1%のケース=1%バリュアットリスクなど）に備える必要資本分の資本コストを差し引く、という枠組みを用いている企業もある。こうした試みも興味深い。一方、モデル・アプローチへは組み入れにくい定性的な要素も大きい。モデル外のことも考えなければならない。全社業績への影響や該当事業に割かれる人的リソース、また全社戦略との整合性や市場の雰囲気なども含め、多くの付加的な観点から最終的な結論を導くことになる。いかにモデルを複雑にしても、やはりアートな側面がある限り、モデル式から得られる解は、意思決定への正解ではなく、あくまでも参考として利用される情報なのである。

もう一点、この応用で興味深い点としては、手法の普及時期である。モンテカルロ・シミュレーションもDCF評価も既に数十年前より存在していたにもかかわらず、モンテカルロDCFが日本で普及を始めたのは、明らかに90年代後半から、特に2000年以降である。これは以下のような理由が重なったものであると考える。

- ・コーポレート管理の変化（定量的表現の増加）
- ・リスクへの注目（経営改革における重要な要素）
- ・PCの普及（一人一台）
- ・表計算ソフトウェアの普及
- ・PCの高速化（モンテカルロ法に耐えうる速度）
- ・実用に耐えうるソフトウェアの実現

ニーズと実現手段がマッチした結果である。前項の例はMicrosoft ExcelとCrystal Ballを用いてシミュレーションを行ったが、プログラミングなどが必要であれば、いくらニーズがあっても日常の業務フローの中ではまず採用されない。逆にソフトウェアがあった

としても、ニーズが低ければ普及しない（実際、Crystal Ballは90年代初頭から販売を行っているが、2000年あたりまで、エネルギー業界などごく一部の業界での利用や、研究用途程度に留まっていた）。物流シミュレーションのような、明確な問題定義とその解決による効果が明白であれば、ある程度の負担をもってでも取り組まれるが、専門家でない従業員の業務フローの中でOR手法が取り入れられるためには、様々な環境が整って初めて用いられる。若干余談になるが、同じ分野でリアルオプションという手法があり、現時点でも取り入れられれば有効な手法の一つであると思う。しかし、強いニーズや実現手段といった環境が不十分であるため、残念ながら、いまだ普及とは言えない状況にある。

5. おわりに

近年、企業内の現場のオペレーションだけでなく、より経営に近いコーポレート管理の分野にまでOR手法が使われるようになってきている。ただ経営に近ければ近いほど、モデル化・数式化しにくい情報が多く、あくまでも主役は人間の判断であり、数理的な手法から得られる情報はその参考である。また、典型的なORの諸問題ではほぼ客観的な想定による分析が可能であるが、本稿で取り上げたような問題については主観的な想定を排除することはできない。そうした意味で全体を通してややネガティブに感じる論調になったかもしれないが、決して数理的な手法に否定的なわけではない。合理性・透明性の求められる経営、複雑化する競争、またコンピュータのさらなる広がり、など様々な要因から、コーポレート管理分野でのORの活用は今後益々増していくと考えている。

そこで必要となってくるのはアプローチの選択である。ORの専門家が最も高度な手法を駆使して解決を図ることは必ずしもベストではない。どんなに情報を集めても、数理モデルで表現できるのは、問題の一部に過ぎない。重要なのは、簡易なものから高度な手法まで、企業にとって“最も良い意思決定”を引き出すためのアプローチを選択することである。

個人的な見解ではあるが、実務家を目指して大学でORを学ぶのであれば、より広い範囲の分野や手法について広く浅く学ばれるのが良いように思う。実務では、あらゆるところにORの適用の可能性がばらまかれており、いつどのような知識が役に立つかわからない。学生時代にすべての手法を深く知ることは不可能

であるので、ほとんどの場合、実務での必要性に駆られた際、再度勉強しなおすことになるだろう。現在どのような手法があって、どんなことに使えそうか、ということを知っていれば、様々な場面でOR的思考によるアプローチの選択肢を広げることができる。これは“最も良い意思決定”への一歩である。その後具体的な検討において技術的な困難にぶつかった場合、その時にはぜひOR研究者の方々のお力添えを頂ければ幸いである。

参考文献

- [1] 小林啓孝, 小松原宰明, 山田方敏, 加藤芳男, 辺見和晃, 『リスク・リターンの経営手法』, 中央経済社, 2006.
- [2] 西田俊夫, 田畑吉雄, 『現代OR入門』, 現代数学社, 1995.
- [3] 橋詰匠, 早稲田大学経営リスク研究会『ビジネスリスク分析入門』, 早稲田大学出版部, 2005.
- [4] 宮原孝夫, 『期待効用理論に基づくプロジェクトの価値評価法』, 日本リアルオプション学会 2006年研究発表大会予稿集, 2006.