

リアルオプションと戦略

2012 August

No.4


 日本リアルオプション学会
 The Japan Association of Real Options and Strategy

www.realopn.jp

講演 要旨

シンポジウム (2011年11月5日)

これからのリスク管理と戦略

大震災後のエネルギーと環境 —日本の選択と戦略— [茂木 源人] ————— 2

ファイナンス、リスク、そして、金融システム
 —金融危機から学ぶこと— [大村 敬一] ————— 7

地震リスクの定量評価とリスクファイナンス [大野 大地] ————— 12

公開研究会報告

上下水道事業と水ビジネス —水サービスを発展させる官民協働 [玉真 俊彦] ————— 17

Capacity Switching Options under Rivalry and Uncertainty
 [Afzal Siddiqui and Ryuta Takashima] ————— 21

記録／書評・図書紹介／学会ニュース

リアルオプションと戦略

2012 August
No. 4

第4号

目次

巻頭言 リアルオプションの実用化と本学会の使命……………大野 高裕	1
講演要旨: シンポジウム「これからのリスク管理と戦略」(2011年11月5日)より	
大震災後のエネルギーと環境 - 日本の選択と戦略……………茂木 源人	2
ファイナンス、リスク、そして、金融システム—金融危機から学ぶこと— ……………大村 敬一	7
地震リスクの定量評価とリスクファイナンス……………大野 大地	12
公開研究会 報告	
上下水道と水ビジネス—水サービスを発展させる官民協働…………… 玉真 俊彦	17
Capacity Switching Options under Rivalry and Uncertainty ……………A. Siddiqui and R. Takashima	21
記録: JAROS2011 研究発表大会 第6回……………	24
書評	
湊隆幸著「事業の意思決定」……………高嶋 隆太	25
大村敬一著「ファイナンス論」……………鈴木 誠	26
大村敬一・楠美将彦著「ファイナンスの基礎」……………茶野 努	28
木島正明・中岡英隆・芝田隆志著「リアルオプションと投資戦略」……………鈴木 映	30

図書紹介

ニール・ドハーティ著、森平爽一郎・米山高生監訳「統合リスクマネジメント」	吉田 靖 31
---	---------

学会だより

合同研究発表大会 論文募集のご案内

AWRIS2012 (Asian Workshop on Real Investment Strategy and Risk Analysis) + JAROS2012 研究発表大会	33
➤ 日本リアルオプション学会 評議員及び監事	35
➤ 日本リアルオプション学会 会長、副会長、理事および各委員会委員	36
編集後記	37



巻頭言

リアルオプションの実用化と本学会の使命

大野 高裕

(日本リアルオプション学会会長・早稲田大学理工学術院)

リアルオプションという言葉が登場したのは1977年MIT教授のS.C.Myersの造語に端を発すると言われております。そしてリアルオプション研究が盛んになり始めたのは1990年代あたりからですので、すでに誕生してから35年、多くの研究者が取り組み始めてから20年余と、だいぶ歴史的にも年輪を刻みつつあるという印象を受けます。リアルオプションの誕生から本格的に研究が盛んになるまで約15年を費やしているわけですが、リアルオプションが産業界で本当に実用化され、特に経営者の意思決定に本格的に役立つまでには、あとどれ位の年数がかかるのでしょうか？

リアルオプションの源流ともいえる金融工学のルーツはご存知のとおり、マーコビッツのポートフォリオ理論です。これに関する彼の最初の論文はThe Journal of Financeに1952年掲載されています。そして1970年代にはデリバティブをはじめとする金融工学の華々しい研究成果が次々と生み出されました。1980年代にはそうした研究成果が金融商品として金融業界の実務に提供され、実際、社会に役立つ成果を得て現在に至っています。マーコビッツから研究が本格化するまで約15年、そして実業界に活用されるようになるまで、25年から30年ほどかかっています。

この金融工学の歴史経過をリアルオプションに重ね合わせれば、おそらくこれから

5年から10年でリアルオプションは実用化の時代に入るのではないかと予想されます。

しかし、ただ放っておいて自然と実用化の道が開けるわけではありません。

現在のところ、率直に言えばまだまだ産業界で経営者の意思決定に日常的に利用されるには、モデルが抽象的過ぎて、また前提条件も多いために、即座に実用に供されるのはなかなか難しいかと思えます。しかし、これまで人類の歴史上、経営者はずっと個人的な卓抜した才能と経験と勘で経営意思決定を行ってきました。これに歴史的な大転換を与える科学的客観的な経営意思決定を支援する一大ツールがリアルオプションであろうと思っております。それを現実のものとするためには、実用化できるモデルの開発に注力する研究を進めていくことが必要ではないかと考えます。

日本リアルオプション学会は2006年に設立され、今年で7年目に入ります。リアルオプション分野に専門特化した学会というのは世界的にも珍しく先端的であると聞いております。これまで数々の研究論文や研究発表を発信し、大きな学術的貢献を果たしてきました。今後も純粋にアカデミックな側面でも貢献することはもちろんですが、今後はリアルオプションの実用化開発に向けた本格的な取り組みを行うことも本学会の社会的責務の一端ではないかと考えているところです。



シンポジウム：「これからのリスク管理と戦略」（2011年11月5日）より

講演要旨

大震災後のエネルギーと環境 - 日本の選択と戦略 -

茂木 源人

(東京大学大学院工学系研究科)

1. はじめに

わが国でエネルギー問題にこれほど関心が集まったのはおそらくオイルショック以来であろう。当時は原子力に未知の可能性と夢があり、今の我々はその現実を目の当たりにしている。

オイルショックに端を発した脱中東依存の動きは数々の成果と教訓を残した。最大の成果は、1990年代から今世紀の初めにかけて、エネルギーというものを意識することがほとんどなくなっていた、という事実である。今世紀に入り、アメリカの戦争景気とBRICSの台頭などにより世界の石油消費が急激に増大し、その供給能力限界に近づくと、石油が再び戦略物資として世の中に認知されるようになり、一部の地域で資源ナショナリズムが台頭した。

バブル崩壊後も原油価格は10年前の4倍以上の水準で高止まりしている。しかしながら天然ガスに関しては、近年のトルクメニスタンにおける巨大ガス田の発見、カタールにおけるノースフィールドの大規模開発や北米におけるシェールガスの本格的な商業生産の開始により、当面の需給は緩和している。

このようなエネルギー情勢の中、福島原発事故を受け、わが国のエネルギー政策

の抜本的な見直しが迫られている。環境対策やエネルギーセキュリティの切り札だった原子力とどのように向き合っていくのが最大の争点であることは言うまでもない。

2. 国際エネルギー情勢

2010年の世界の一次エネルギー消費量は統計に計上されている分だけでも石油換算で約120億トンに達している。第一次オイルショックが発生した1973年時点では57.2億トンだったので、現在はその約2.1倍のエネルギーを約1.8倍の人口で消費していることになる。エネルギー需要は少なくとも今後20年以上に亘り、人口の増大と共に、それを若干上回るペースでほぼ単調増加することが予想されている。

図1に、米国エネルギー情報局(EIA)によるエネルギー源別の消費予測を示す。

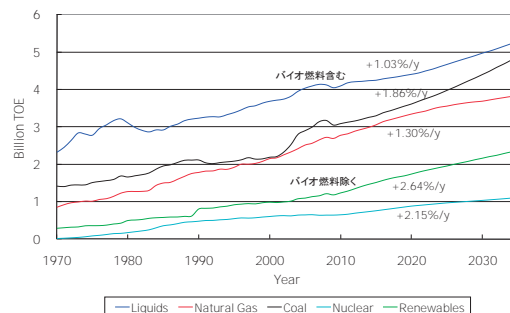


図1 エネルギー源別消費予測



図中の renewables はバイオ燃料を除く再生可能エネルギーを含むが、現状はその大半が水力発電で、太陽光や風力などの再生可能エネルギーは全一次エネルギー消費の1%にも満たない。一方で、現在年間40億トン強ある石油の需要は、今後とも年1%強の割合で増え続けることが予想され、少なくとも当分の間は、石炭、天然ガスと共に最も重要なエネルギー源であり続ける。

石炭に関しては中国の消費が世界全体の48.2%と抜きんでいるが、エネルギーセキュリティの観点から今後とも中国の石炭依存は続くものと考えられる。しかし、中国は近い将来ネットの石炭輸入国になることが予測されており、オーストラリアなどからの輸入に頼らざるを得なくなる。石炭の可採年数（確認埋蔵量/年間生産量）は現状では120年程度あるが、将来的には港湾のキャパシティやロジスティクスがボトルネックとなり、石油や天然ガスと同じような時間軸で生産量が頭打ちになる可能性が指摘されている。

アメリカにおいては、数年前まで天然ガスが不足し、トリニダードトバゴやカタールからのLNGの輸入を計画していたが、タイトガスに代表される非在来型天然ガスの商業生産が可能になったことから、天然ガス供給の将来像が一変することとなった。天然ガスの北米市場の需給が大幅に緩和し、LNGの輸入プロジェクトは軒並み中止になり、逆に原油価格連動の長期契約により高値が続く日本市場にLNGを輸出しようかという勢いになっている。

天然ガスの従来の確認埋蔵量は石油換算で、石油の確認埋蔵量より若干少ない1兆

1,700億バレル相当（約1,700億toe）であったが、アメリカの非在来型天然ガス資源の究極可採量はその1/3程度に達するのではないかと推定されている。つまりアメリカは将来的にはロシアと並ぶ天然ガス大国となることが期待されている。

3. 石油生産キャパシティの将来予測

2004年以降の原油価格の高騰を受けて、石油生産に対する資源制約が、ピークオイルという言葉で語られるようになった。ピークオイルとは、在来型石油資源の年間生産量が資源制約から恒久的に減退を始める転換点を指す。

需要が増大する中で石油生産が資源制約から減退する可能性は、1950年代からすでにKing M. Hubbertにより米国の48州の陸上における在来型油田に関して指摘されていた。彼が提唱した石油の生産量の時系列的な推移を示す曲線はハバートカーブと呼ばれ、ピークオイルの時点を境に左右対称なベル型をした曲線である。アメリカの石油生産に関するハバートの予測が実証されたため、ハバートカーブは一躍資源生産の推移を予測するグラフとして脚光を浴びたが、この形状に関して理論的な根拠は全くない。

そこで当研究室では世界の2大石油データベース会社であるWood Mackenzie社から、既存の油田の生産量及び埋蔵量データの提供を受け、個々の油田からの生産量の推移を、油田の規模とポテンシャルにより分類した生産プロファイルに当てはめ、全て足しあわすことによって、全世界の石油生産キャパシティの推移を推定することを試みた。



油田の新規発見に関しては、各堆積盆地の過去の発見履歴を正則ベータ関数により外挿し極値を求める独自の方法で、それぞれの地域の究極的な油田の規模分布を推定した。これと既発見油田との差分が、その規模や探鉱投資に応じた発見関数により随時発見されるものとし、発見から数年を経て地域と規模に応じた生産プロファイルに従って生産が行われるものと仮定した。

ただし、アメリカに関してはEIAがすでに詳細な生産予測を行っているのでこれを参考にし、また、中東の油田に関しては、政策的に生産量が決定されるため、一般的な商業油田の生産プロファイルが当てはまらないので、EIAが提案している将来生産のシナリオに従うものと仮定した。

このようにして個々の油田の生産量を全て積み上げた在来型石油の生産キャパシティ推移を図2に示す。

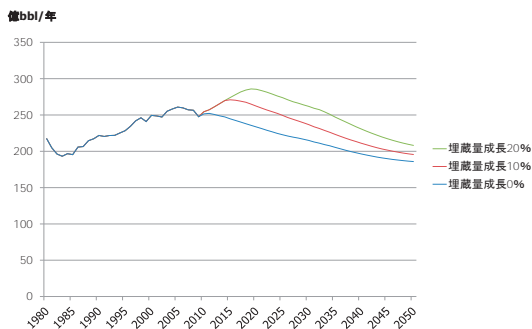


図2 在来型石油の生産キャパシティ推移

油田の開発生産に伴う新たな情報による埋蔵量の追加や、技術進歩による回収率の向上を反映した、通常10%程度あると言われる埋蔵量成長が期待できない場合には、世界の在来型石油生産のピークがすでに2006年に過ぎているという結果である。

これにオイルサンド、超重質油、シェー

ルオイル等の非在来型石油と天然ガスの生産に伴い産出される天然ガス液 (Natural Gas Liquid) の生産予測を加えたものが、図3に示す石油全体の生産キャパシティの推移予測となる。

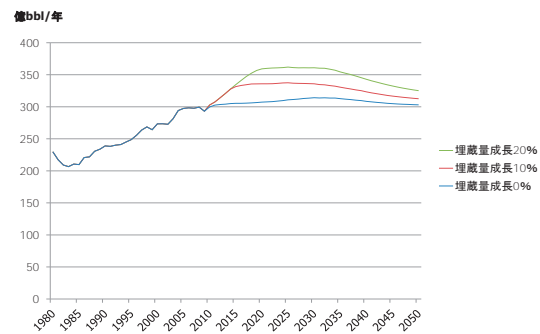


図3 世界の石油生産キャパシティ推移

4. 代替エネルギーの現状

石油の需要のほぼ半分を占める輸送用液体燃料の代替としては、バイオエタノールやバイオディーゼルに代表されるバイオ燃料、天然ガスを Fischer-Tropsch 合成により液化する GTL (Gas to liquid)、石炭を直接あるいはガス化してから GTL と同様のプロセスで液化する CTL (Coal to liquid) などが考えられるが、もっとも生産量の多いバイオエタノールにしても輸送用液体燃料の1.9%を供給しているに過ぎない。しかもブラジルのサトウキビ由来のバイオエタノール以外は、生産に投入されるエネルギーに対し生産されるエネルギーの比率である EPR (energy profit ratio) が1に近いものが多い。液体炭化水素を体内で生成する、オーランチオキトリウムやボトリオコッカスといった最近話題の藻類も、前者は有機物のえさを必要とし、光合成で炭化水素を合成する後者も非常に生産効率が悪く、生産コストがバレル当たり数百ドルに上ると言われて



いる。

一方で液体燃料以外の代替エネルギー候補としては、まず天然ガスや石炭が挙げられるが、いずれも枯渇性資源に変わりではなく暫定的な代替に過ぎない。非在来型石油・天然ガス資源は量的には余裕があるものの、生産には大量のエネルギー投入が必要で、経済性の高い埋蔵量には限界がある。

バイオマス燃料としてはセルロース系のバイオマスに期待がかかるが、セルロースを効率的に分解できる酵素が必要不可欠で、今後のさらなる研究開発が必要である。

残るは原子力と再生可能エネルギーであるが、原子力に関しては国内での増設はほぼ絶望的と言わざるを得ない。中東や、中国などの開発途上国では今後とも積極的な導入が続けられることが確実視されているが、石油の需要が年 1%増え続ける中で、仮に年 2%で石油生産が減退していく際の需給ギャップを埋めるためには、1GW クラスの原子炉を年間 200 基以上増設する必要がある。

同様に、1億 2,000 万トンの石油と等価なエネルギーを再生可能エネルギーで賄おうとすると、例えば、ブラジルのバイオエタノールでは毎年新たに 3,792 万 ha のサトウキビ畑を開墾する必要がある。2,000kW の風車なら、発電効率が 20%としても毎年 42 万 7 千基の増設が必要で、日本列島がほぼ 3 年で風車で埋め尽くされる計算になる。196kWh/m²y の日射量が得られるサンベルトで発電効率 14%の太陽光発電を行えば、必要な太陽電池パネルは、面積で毎年 7,648km²、設備容量で約 1TW_pとなる。

これらの数字一つとっても再生可能エネルギーで石油を代替することが、いかに大

変かが分かる。逆に言えば、現代社会はそれだけ大量の化石燃料に依存しているということである。

5. ポスト福島電源構成

福島第一・第二に加え浜岡を失い、さらに定期点検に入った原子炉の再稼働がなかなか進まない現在、我々は間違いなく電力の供給危機に瀕している。

当たり前のことであるが、必要な電力を確実に供給する。これが地域独占を許された電力会社および責任ある政府に課せられた最も優先順位の高い使命であることを忘れてはいけない。このため点検・修理を終え安全性が確認された原発の速やかな再稼働は必要不可欠である。

2030 年までに 14 基の原発を新・増設するとした現行のエネルギー基本計画は、元々実現性が悲観視されていたが、福島後の現状では国民的な合意を得ることは極めて難しいと言わざるを得ない。となると、われわれに残されている原子力に関する選択肢は、老朽化した原子炉を廃炉にし、安全性が担保された最新型の原子炉により補填する電源構成上の現状維持か、新規補填を認めない原子炉の段階的な廃止（ないしはその中間的な解）である。将来的な電力需要に関しては減少に向かうとの予測もあるが、電力需要が増え続ける中で原子炉を段階的に廃炉にする場合、何らかのエネルギーによりこれを代替する必要があるのは言うまでもない。

原子力の代替としては、大きく分けて天然ガス火力、石炭火力などの化石燃料を使った火力発電と、再生可能エネルギーが考えられている。化石燃料で代替すれば CO₂



排出の増大はもとより、天然ガスや石炭などの国際価格の変動リスクを負い、また、自らの燃料調達が価格上昇圧力になる可能性もある。わが国の原子力発電所の総設備容量は4,884.7万kW。これが、平均稼働率80%で運転されるものとする、期待される年間発電量は3,423.2億kWhとなる。仮にこれを全て発電効率40%の天然ガス火力で代替すると、必要なLNGは年間5,660万トンとなる。これは2010年の世界のLNG流通量2億1,885万トンの1/4強であり、世界全体の天然ガス消費量の約2.4%に相当する量である。また、同等の発電効率の石炭火力で代替する場合に必要な一般炭の量は1億1,590万トンで、2010年の世界の石炭生産量72億7,330万トンの約1.6%となる。また、CO₂排出量は天然ガス火力で代替した場合、年間1億5,530万トン、石炭火力の場合、同じく2億7,730万トン増加し、削減目標の達成に赤信号がともる。

再生可能エネルギーには水力発電や地熱発電なども含まれるが、原子力発電を代替するポテンシャルを考えると太陽光発電と風力発電を想定するのが一般的である。

日本の平均的な日射条件では一般的な太陽光発電の設備稼働率は約12%とされているので、仮に再稼働の見込みがない福島第一・第二を除く原子力発電所の年間期待発電量約2,800億kWhを、すべて太陽光発電で代替するには、新品の太陽電池で268.7GW_p相当の設備容量が必要である。一方で、一般的な原子炉の耐用年数は40年とされているので、今後新規建設がなく、太陽光発電の導入量に応じて老朽化した原子炉から徐々に廃炉にしていくと、ほぼ40年間かけて原子力の代替が完了することにな

る。年々廃炉される原子炉の容量は必ずしも毎年一定とは限らないが、最終的に全ての原子炉が廃棄された後は、年間2,800億kWhの電力を、太陽光発電で持続的に供給できる体制を構築することを考える。

太陽電池の経年劣化を年1%、耐用年数を20年とし、償却期間20年の工場生産されるものとする、当初、毎年813.2MW_pの生産能力を持つ製造工場の新設が必要である。21年目からは製造工場の償却が始まり、製造工場の新設は償却された工場の更新分のみとなるため、20年目からは一定の供給能力(年間16.26GW_p)が維持される。各時点で設置年数の異なる太陽電池が混在しているが、39年目からは実発電量が定常状態になる。このような太陽光発電の導入プロセスを図4に示す。

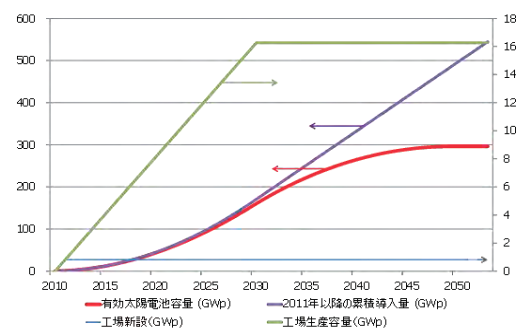


図4 太陽光発電の導入プロセス

このような太陽光発電の導入により発電コストは確実に上昇する。固定買い取り価格の設定にもよるが、導入がかなり進んだ段階では3円/kWh程度の発電原価の上昇が考えられる。これによる消費の減退、産業空洞化の度合いとともに、国内太陽電池パネルメーカーの国際競争力いかに日本経済に対するインパクトが決定する。いずれにしても再生可能エネルギーの大量導入には相当な覚悟が必要なことは間違いない。



シンポジウム：「これからのリスク管理と戦略」（2011年11月5日）より

講演要旨

ファイナンス、リスク、そして、金融システム

— 金融危機から学ぶこと —

大村 敬一

（早稲田大学大学院ファイナンス研究科）

1987年の「暗黒の月曜日」、それに続くS & L金融危機、98年のLTCM危機、2008年リーマンショック、そして、それに続くギリシア危機など、およそ10年おきに金融危機が発生している。どうしてこのように金融危機が頻繁に起こるのかその構造について考える。

1. 金融危機の背景には実物経済の低成長がある

金融危機の基本的な背景には実物経済の成熟化に伴う低成長がある。低成長に陥って、現状のままでは将来の利益が(少なくとも)増加しないような経済では、これまで採択できなかったような実物投資機会、すなわち、リスクが高くて採択されなかったプロジェクト、あるいは、収益性が不十分で採択されなかったプロジェクトの実現可能性を高めることが求められる。そこで、ファイナンスにおける技術革新と市場の効率化が求められ、そのためには規制緩和が不可欠になる。金融技術の開発を促すための規制の緩和とそれによって実現した金融技術の発展が資源配分機能の向上をもたらして、実物経済の低成長性を補完することになる。規制の緩和や金融イノベーションの出現は、単独独立に発生したのではなく、このように経済環境からのニーズと密接に

関連しているのである。

2. 金融イノベーションによる複雑化が金融システムの脆弱性をもたらす

このようなニーズのもとで、金融イノベーションは規制緩和の後押しによって、金融機能の向上を実現すべく金融システムの整備・充実にとって重要な役割を果たすようになる。これによって、金融システムはリスク配分と移転の中央処理機構としての機能を発揮するようになり、その拡充に伴って、金融システムはリスク中央処理機能を果たすために巨大化していく。そこではレバレッジが最大限活用されることになる。そして、その結果、リスクは金融システムのなかに一元的に集中させられて効率的に処理されるようになるが、他方、それだけ、金融システムの破綻リスクの即時性が高まると同時に、進展するグローバル化のなかで同時性も高まっていく。

また、金融イノベーションは、それが浸透していく過程で、金融商品・サービスの複雑化をもたらす。すでに述べたとおり、金融イノベーションが後退のない趨勢であるとするならば、金融商品の複雑化も趨勢ということになる。



3. 複雑化は、複合化(compounding)と密結合(tight coupling)をもたらす

まず、複合化とは、金融イノベーションが既存の金融商品・サービスを原資産とした複合的な条件付請求権(→新たな金融商品・サービス)の創造・拡大する趨勢である。複合的な条件付請求権としてはオプション付証券のようなものを思い浮かべるとよい。

次に、密結合とは、金融イノベーションが生産過程で生じる相互連携関係を強化させる趨勢である。密結合によって、1箇所でのトラブルが金融システム全体の機能を麻痺させることになるので、落石が雪崩に繋がる可能性がある。

複雑化は、さらに、専門分化と間接化という2つの副次的な効果をもたらす。

第1は専門分化である。金融商品サービスの複雑化は、効率性の観点から必然的に業の専門分化を促すので専門分化が生じる。専門分化は乱造とモラルハザードを派生し、それによって、当局の監督能力は低下するので、事実上の規制緩和をもたらす。

第2は間接化である。金融商品サービスの複雑化は最終的富の保有者である家計の市場参加の間接化を促す。これは機関投資家等を経由する資金を拡大させ、資金の移動を効率化する一方で、参加者行動の同質化をもたらすので市場の反応が増幅される傾向が生じる。

金融イノベーションは、金融技術のレントの上昇を通じて金融商品サービスの過剰供給をもたらす傾向をもつが、さらに実物市場での相対的低生産性が揃うとき、金融市場の一方的拡大をもたらす、金融部門へのリスクの集中化が顕在化していくので、リスクマネジメント方法のイノベーション

が促される。そして、リスクマネジメント方法の発達は金融部門での一層のリスクテイクを促し、金融システム部門へのリスクの集中化が生じる。

さらに、複合化と密結合が組み合わさって、金融部門はリスクを集散的に負担するシステムとしての高度化をもたらす、同時に、即時破綻リスクを高める。

今般の度重なる金融危機について、その基本にある問題を整理してみると、この複雑化が重要な役割を果たしたことがわかる。

最近、金融危機の周期が早くなっているのは、金融イノベーションの進展と無関係ではなさそうである。金融イノベーションの活性化を可能にするものとしてコンピュータ通信技術等技術要件があるが、もっと重要なのは、すでに指摘したとおり、実物経済の成熟による低生産性が背景となって、金融市場に関わるそれらのニーズが拡大し、そこにレントが発生しているという点である。

金融イノベーションの発展段階を整理すると、現在は、すでに「リスクの発見段階」から「リスクの創造段階」に到達している。また、金融イノベーションの進展は、同時に、金融商品サービスの複雑化と、金融システムの高度化をもたらす、それは金融システムを脆弱なものとする。

4. 金融イノベーションの罍

最近の危機では、金融イノベーションに関して3つの罍が見られた。第1と第2はリスクマネジメントに関する罍である。リスクのコントロール手段として有効と評価され、注目されているデリバティブとエクイティが、逆にリスクを増大させているこ



とを示す。すなわち、第1は「デリバティブの罨」、第2は「エクイティの罨」である。

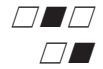
デリバティブは、交換、確定、付保などによってリスクの移転を可能にした画期的イノベーションとして、その利用の広がりによって資源配分を効率化し、裁定取引も一般化し、「リスクをとる」意思決定と「ファイナンス」の意思決定の分離を可能にした。しかし、皮肉なことに、リスクマネジメント方法の向上が過信を助長し、過剰なリスクテイクを招くことになる。理想的に見えたデリバティブによるリスクマネジメントそれ自体に問題が内包されていた。はじめのうちはポジションのヘッジに利用されていたデリバティブは次第にネイキッド(単体)ポジションとレバレッジでの高倍率のギャンブルに変質していく。

また、リスクマネジメントは、モラルハザードを生じさせる傾向がある。一般に、技術革新によって、たとえばデリバティブのような効果的なリスクマネジメント方法が登場すると、リスク中立世界を容易に実現できるので、資源配分が効率化してデットウエイトロスが節約され、社会厚生が高まる。こういうシナリオのもとで、デリバティブは導入された。しかし、いま説明したようなものは教科書で示される静態的な整理にすぎない。より現実的な動態では、デリバティブ市場が整備されるとリスクマネジメント商品の生産(供給)コストが低下し、さらに、供給する側の過信も加わって、リスクマネジメント手段が過剰に供給されるようになる。他方、リスクマネジメントコストの低下によって利用者側でも広がりを見せて、過剰なリスクテイクが広がることになる。

第2の罨はエクイティである。銀行のエクイティは、銀行破綻リスクを抑える緩衝機能を果すものと考えられている。そのような考え方に基づいたものがBIS規制である。銀行のリスク資産(貸出)は、貸出した資金の一部が派生預金として金融体系のなかに戻り、本源的預金の乗数倍の信用を供給して利益が得られるところに味噌がある。この結果、銀行には、預貸スプレッドがあるかぎり、限界までレバレッジを拡大するインセンティブがある。今回のサブプライム危機では、エクイティが安定化装置とはならなかった。銀行にとって、自己資本はまさにレバレッジを最大限にかけるための制約でしかなかった。結局、自己資本規制をかければ、どの銀行も保有自己資本を制約として合理的にその限界ぎりぎりまでリスク資産を増加していた。

第3は「自由化・市場化の罨」である。自由化と市場化は、本来、政府部門の呪縛からの解放を期待させるが、実は、(皮肉なことに)自由化・市場化が進めば進むほど逆に政府部門への依存が強まりその役割が高まっていく。金融危機の頻発化に伴って、政府に対する期待が急速に高まっている。政府対応の選択肢には、公的資金による流動性あるいは資本注入、経営への直接介入、処罰、制度改革などが並行的に行われるが、特に公的資金注入に効果があるのかどうかは、大いに議論のあるところである。

本質的な障害は、政治的意思決定が合理的に行えるかどうかである。たとえば、公的資金注入による場合、注入の対象、方法、規模を決定しなければならないが、その合理的な意思決定のためには、政策目的関数の設定と事態の客観的把握が重要となる。



前者の政策目標に関する一元化は容易ではない。国民との合意は1人1票なので重要性に応じた対応は不公平として受け入れがたく、ばら撒きのやりやすいのに対して、経済的決定は重要性あるいは効果に応じた対策である。こうして、民主的解決と経済的最適解とは基本的に矛盾しやすいことになる。効果的な資金注入は実現が難し

いということになる。

5. 生じなかったはずの危機

金融イノベーションがもたらす罨を指摘したが、それ以外にも金融危機が頻発する共通点がある。今回のサブプライム危機とギリシア危機の2つの金融危機は、これまでなら、生じなかったはずのものであった。

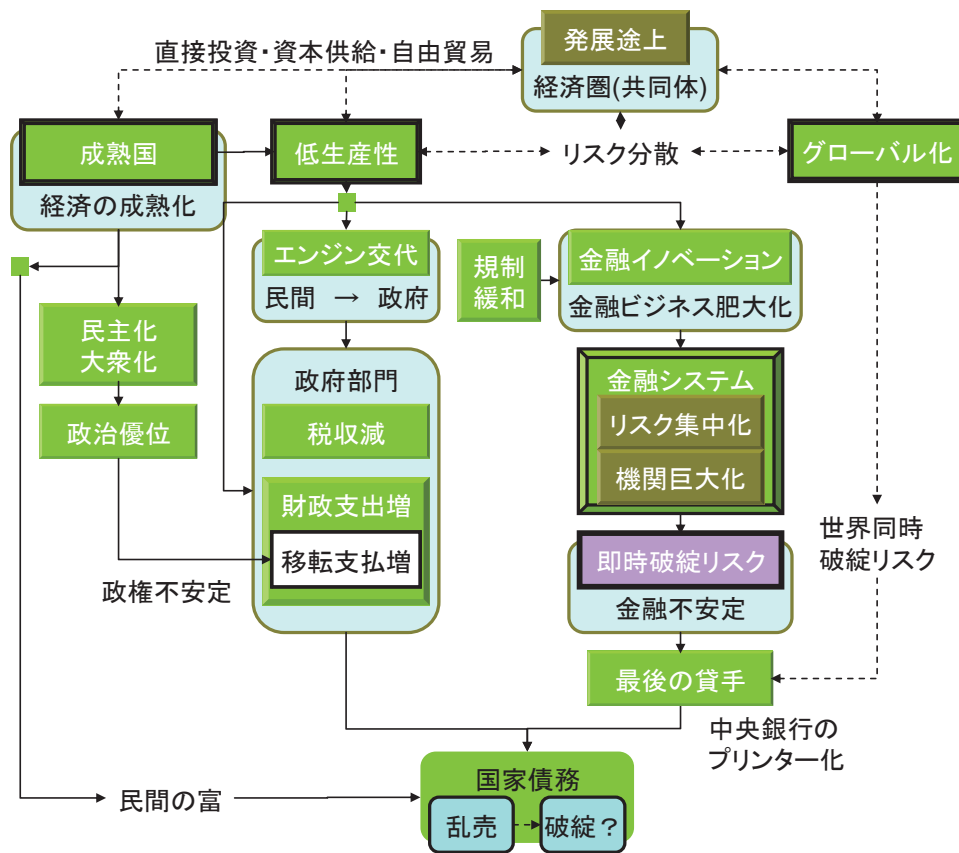


図 1 金融危機の構図

サブプライム危機では、これまでは見向きもされなかったジャンクな住宅ローンまで証券化の対象となった。これは金融技術に対する過信による。なぜ、本来住宅ローンを受けられないような階層にまで負債

が可能になったのだろうか。これにはすでに指摘した実物経済の低成長が背後にある。低成長によって、家計という代表的な黒字主体の余剰資金を代表的な赤字部門である事業法人に移転するという、「金融仲介機関



にとつての定型的な構図」が崩れ始める。事業法人部門で縮小した資金需要は、政府部門によって代わられるようになる。代表的な赤字主体は政府部門となる。それでも、はじめのうちは、政府部門が事業法人に代わって実物投資の実行を担った。たしかに、民間部門に比べて生産性は低下するが、それでも実物生産インフラの拡充には寄与する。

さらに、米国では黒字部門である家計のなかに低所得層という赤字部門の存在を顕在化させ、そこに、借入需要を創造しようとした。いわば「家計部門の二重構造化」である。これは低成長に陥った企業部門の債務需要減少を代替することになる。米国では、サブプライム住宅ローンの登場が、家計部門内にレバレッジ需要を創出した。

社会が成熟すると民主化、大衆化が広が

り、それに伴って政治が経済に比べて相対的に優位になる。こうして成熟国家の政府部門は、必然的に、公共施設等物的非生産的施設と社会福祉支払等移転支払を増加させていき、その結果、税収が増加しないかぎり国家債務は減少しない構図ができ上がる。過去の経済成長によって蓄積された富は、ひとつは政府部門に、もうひとつは低所得層という新たな赤字主体へとファイナンスされることとなった。

また、ギリシア危機では、最近では安全だと思われてきたはずの国家債務の破綻リスクが顕在化した。頻発化する金融危機は国家債務の破綻リスクを高め、さらにグローバル化と同期化の進展によって、国家債務破綻は一国家に留まらず世界中にそのリスクをばら撒くことになった。

論文誌「リアルオプション研究」原稿募集のご案内

日本リアルオプション学会は、査読付論文誌「リアルオプション研究」(英文名称: Journal of Real Options and Strategy)を発行しております。本論文誌は、電子ジャーナル化されて、国内外に広く、公開されております。

<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/realopn>

募集する原稿

リアルオプションおよびこれに関連する経営科学、リスクマネジメント、オプション的資産の価値、投資戦略、ゲームと戦略などについての理論、実証および応用に関する研究のほか、ケーススタディ、あるいは、この分野における教育方法の改善などに関する和文の論文で、新規性または、有用性のあるもの。他学会への二重投稿のない未公開のものに限ります。

投稿原稿は、次の4類型に分けて審査されます。

1. 理論研究
2. 応用研究
3. 研究ノート
4. 招待論文

本論文誌は、これまで、和文論文と英文論文の混載の形をとっておりましたが、2013年から、和文論文のみを掲載いたします。

本学会は、2013年2月に、英文論文誌を刊行いたします。

詳しくは、学会論文募集サイト http://www.realopn.jp/prep_page7.htm をご覧下さい



シンポジウム：「これからのリスク管理と戦略」（2011年11月5日）より

特別研究報告要旨

地震リスクの定量評価とリスクファイナンス

大野 大地

(応用アール・エム・エス株式会社)

1. はじめに

企業が行なう地震リスクマネジメントは一般にリスクコントロールとリスクファイナンスに分けることができるが、本稿では主にリスクファイナンスを議論することにする。

リスクファイナンスを検討する際には、損失額が財務に与えるインパクトを分析し、企業財務への影響が許容できる範囲内に収まるように、最適なリスクファイナンスを選定する必要がある。

このために、地震発生時にどの程度の損失を被るかを地震リスク分析により客観的に定量評価することが重要になる。

本稿ではまず、地震リスクの分析手法と分析結果の活用方法について紹介する。続いてリスクファイナンスについて、これまでに企業が講じた事例や財務インパクト分析およびリスクファイナンス検討例を紹介する。

2. 地震リスクファイナンスの概観

日本においては1998年の損害保険の自由化以降、企業向けの地震保険マーケットが拡大してきた。地震保険以外にもCATボンドや緊急融資契約など様々なリスクファイナンスが実施されている。

保険金の支払額を見ると、米国などに比べ、日本では地震被害を支払保険金でカバ

ーする割合が低い傾向にある。企業によっては地震保険の保険料が過大なコストであると認識している場合があると推測される。また地震保険の保険料率が地震の発生確率に対して適当であるかを判定することが困難であることもその理由の1つであろう。

3. 地震リスク分析の方法

地震リスク分析では、地球物理学、地質学、建築工学を背景とした物理モデルによりリスクを定量化するのが一般的である。その理由は、地震は発生頻度が低く、統計的モデルを構築できるほど十分なデータが蓄積されていないため、自動車保険、火災保険のように大数の法則が成り立たないことが挙げられる。

地震リスクの定量モデルは、対象物に伝わる地震動の大きさを予測するモデルとその地震動が対象物にもたらす被害を予測するモデルから構成される。

3.1. 地震動予測モデル

地震動予測は、『想定地震』、『地震動伝播予測』、『地盤の増幅予測』の3要素のモデルから構成される。

想定地震を、地震調査研究推進本部に倣い、活断層地震、プレート間地震、プレート内地震の3タイプに分類し、日本全国で合計約27,000のシナリオを想定している。それぞれの震源について、震源の位置、地震の規模（マグニチュード）および発生確



率を設定している。

地震動伝播予測では距離減衰式を用いる。この距離減衰式は震源から対象地まで地震動が伝わる際にエネルギーが減衰する特性を定式化したものである。この距離減衰式により震源から対象地までの距離とマグニチュードから対象直下のいわゆる工学的基盤での地震動を計算する。

さらに分析対象地点の地盤状況による地震動の増幅を、地盤データをもとに定義された増幅率を乗じることにより地表での地震動の大きさを計算する。また対象地盤の液状化危険度についても評価に反映する。

3.2. 被害損失予測モデル

対象地点における地震動により分析対象がどの程度の被害を受けるかを、地震動の大きさと損失率の関係を表した脆弱性曲線を用いて被害額として算出する。脆弱性曲線は、構造種別毎に定義される。

地震による損失には建物・構築物の直接的な損失以外に、建物・生産設備の被害により業務が中断して生じる間接的な休業損失がある。休業損失は工場、オフィスといった用途別に定義された復旧率曲線に周辺ライフラインの影響を加味して計算する。

上記により算出された損失予測結果には、被害現象やデータのばらつきに起因する予測誤差が含まれる。これらを予測誤差分布としてリスク評価に取り込むことが重要になる。

4. 分析結果とその活用方法

この分析結果から 27,000 の地震シナリオ毎に、表 1 の「イベントリスト」に示されたような予想損失額と発生確率を算出する。

ある損失額が何%の確率で生じるかを把握するため、想定地震ごとの被害（表 1 参

照）から作成した図 1 に示すリスクカーブを利用する。リスクカーブからは、例えば 0.1%の年確率で 200 億円以上の損失が発生することがわかる。保険の免責額、限度額といった付保条件をこのリスクカーブを使って検討する。

表 1 イベントリスト

順位	震源名	マグニチュード	年発生確率	年超過確率	予想損失額 (億円)	
					平均値	90%分位数
1	相模トラフ(1703年元禄地震)	8.1	0.110%	0.110%	129	229
2	相模トラフ(関東大地震再来)	7.9	0.141%	0.251%	124	222
3	南関東直下(フィリピン海プレート)①	7.3	0.260%	0.510%	102	189
4	関東平野北西縁断層帯主部	8.0	0.195%	0.704%	89	172
5	立川断層帯	7.5	0.181%	0.883%	73	146
6	神縄・国府津-松田断層帯	7.0	0.156%	1.038%	72	145
7	南関東直下(フィリピン海プレート)②	7.2	0.107%	1.143%	67	136
8	南海トラフ(東海～東南海～南海)	8.5	0.014%	1.157%	56	118
9	南海トラフ(東海～東南海)	8.4	0.012%	1.169%	54	114
10	南海トラフ(東海)	8.3	0.155%	1.322%	49	105
.

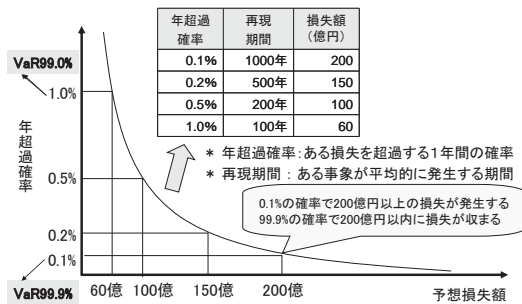


図 2 リスクカーブ

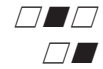
5. リスクファイナンス

5.1. 各種リスクファイナンスの比較

リスクファイナンスは地震による被害の影響を財務的に軽減する手段として行なわれるものであり、その代表的な方法が地震保険である。地震保険は、実損填補のためベイスリスク¹が小さい。その反面、実損査定が必要であり、保険金支払いまでに時間を要し、その間の資金繰りが必要となる。

一方、CAT ボンドや地震デリバティブは支払い条件となる事象（トリガー）を確認できれば実損査定の必要がないため、迅速

¹ 実際の損失額と企業の保険受取額に乖離が生じる可能性



な復旧資金の確保が可能となるが、他方でベイスリスクが生じる可能性がある。

また、緊急融資契約というリスクファイナンスもある。CAT ボンドに比べ組成が容易で、キャッシュ・フローの確保が可能になるが、負債であるため返済の必要があり、またバランスシートの悪化を招く可能性がある。

各種のリスクファイナンスのメリットとデメリットを表2で比較する。企業は自社の目的とそれぞれの効果を十分に把握してリスクファイナンスの方法を選択する必要がある。

表2 各種リスクファイナンスの比較

商品 【主なアレンジャー】	メリット	デメリット
地震保険 【損害保険会社】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 多くの実績 ■ 特別利益算入で損失をカバー ■ 実損填補でベイスリスク小 ※ベイスリスク: 実損失と企業の受取額に乖離が生じる可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 保険金支払までの資金繰りが必要 ■ 大量の新規購入は困難 ■ 地震利益保険購入は一般的に困難 ■ 1年契約の為、毎期契約条件が変わる可能性がある
CATボンド (リスクの証券化) 【証券会社】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 迅速な復旧資金の確保 ■ 特別利益算入で損失をカバー ■ 3~5年の長期契約の為、安定的 ■ マーケットから直接調達 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ベイスリスクあり ■ 組成が複雑、発行コスト割高
地震デリバティブ 【証券会社】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 迅速な復旧資金の確保 ■ 特別利益算入で損失をカバー ■ 3~5年の長期契約の為、安定的 ■ CATボンドに比べ低コスト ■ 再保険市場から調達 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ベイスリスクあり ■ 発行総額はCATボンドより少額になる
緊急融資契約(CDF) 【銀行】	<ul style="list-style-type: none"> ■ 迅速な復旧資金の確保 ■ CATボンドに比べ組成が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 返済義務 ■ 融資資金は負債算入。B/S悪化の恐れ

5.2. リスクファイナンスの事例

リスクファイナンスの事例として2つの場合を検討しよう。

JR 東日本： JR 東日本は2007年、首都圏での直下型地震が財務面に与える影響を更に軽減するために、2億6,000万ドルのCATボンドを発行した。トリガー条件は、東京駅を中心とした半径70kmの内側でマグニチュード7.0以上の地震が発生した場合に支払いが発生するもので、首都直下型地震

や関東大震災再来型地震の想定震源域がこのトリガー領域内に含まれ、それらによる被害をカバーする効果を持つ。

巴川製紙所： 静岡県に主要拠点の集中する巴川製紙所は2004年、東海地震の地震リスクを軽減するために、緊急融資契約を金融機関と結んだ。これにより被災時に40億円の借入を受けることが可能になり、被災に備えて積み増した現預金の圧縮など、財務効率を図ることができた。

5.3. 財務インパクト分析

リスクファイナンスのまとめとして、地震リスクが企業に与える財務的な影響について検討する。

地震発生時の損失額（物的損失、休業損失）が実際の財務にどのような影響を与えるかを考える。

物的損失としては、建物・生産設備の修繕費や復旧費用、棚卸資産の毀損が発生する。貸借対照表では、現預金の減少、固定資産や流動資産が毀損するといった影響を生じ、損益計算書では、特別損失等に影響を生じる。

休業損失としては、操業停止により損失が発生する。貸借対照表では、現預金や剰余金の減少といった影響を生じ、損益計算書では、売上高や利益の減少といった影響が発生する。

これら想定される損失が発生した際に、どのような財務的影響を、どの程度に抑えたいかを検討し、適切なリスクファイナンスの方法とその額を決定する。

ここでは、川崎市に所在する企業を分析対象として、財務へのインパクトを分析してファイナンス検討した例を示す。

地震が発生しない平常時の財務状況を表



3の右下太枠内に示す。売上高 1,200 億円、当期純利益 140 億円、自己資本比率 42%となっている。この企業について、2つの地震シナリオを想定し、地震が発生した場合の財務への影響を評価する。分析の前提として以下を仮定する。

- ・ 物的損失による有形固定資産の除却はなく、すべて修繕を行う
- ・ 修繕費は全額収益的支出として当期に費用計上する
- ・ 建物の再調達価額 400 億円、機械設備の再調達価額 600 億円とする
- ・ 収益・費用の未収・未払および運転資本の増減はないものとする
- ・ 営業利益と支払利息は全て現金収支として計上する
- ・ 税金、調達コストは考慮しない
- ・ 変動費率を 0.5 と設定する

表3 財務インパクト分析例

	平常時	南関東直下 M7.3	関東大地震再来 M7.9		
			なし	保険	保険+融資
物的損失額	0	70	150	150	150
休業損失額	0	120	240	240	240
財物保険 緊急融資				50	50 100
損益計算書					
売上高	1,200	1,080	960	960	960
変動費	600	540	480	480	480
限界利益	600	540	480	480	480
固定費	450	450	450	450	450
営業利益	150	90	30	30	30
支払利息	10	10	10	10	10
経常利益	140	80	20	20	20
特別損益	0	▲70	▲150	▲100	▲100
当期純利益	140	10	▲130	▲80	▲80
貸借対照表から					
現金及び預金	240	110	▲30	20	120
自己資本比率	42%	35%	26%	30%	27%
負債比率	139%	183%	278%	234%	266%
流動比率	123%	90%	55%	68%	93%

はじめに地震リスク分析により、中規模の「南関東直下型地震」と大規模の「関東大震災再来型地震」による損失を算出する。2つの地震シナリオによる損失率は、表4のようになった。

表4 地震シナリオによる損失率

想定する地震シナリオ	物的損失率	休業損失率
南関東直下 M7.3	7%	10%
関東大地震再来 M7.9	15%	20%

地震が発生した際には、物的損失による修繕費が特別損益に、休業損失額が売上高に影響するため、以下の式により計算する。

$$\text{特別損益} = \text{支払保険金} - \text{修繕費}$$

$$\text{売上高} = \text{売上高 (平常時)} - \text{休業損失額}$$

ここで、修繕費 = 再調達価額 × 物的損失率、休業損失額 = 売上高 (平常時) × 休業損失率とする²。

次に2つのシナリオが発生した場合の影響を考える。(2)の関東大震災再来型については移転策も合わせて検討する(表3参照)。

(1) 南関東直下型地震が発生した場合

(1-1) 保険手当等を行っていない場合

- ・ 修繕費は 70 億円 (1,000 億円×7%)、休業損失額は 120 億円 (1,200 億円×10%)
- ・ 売上高は 120 億円減少し、1,080 億円
- ・ 特別損益は修繕費が損失になり、▲70 億円
- ・ 当期純利益は 10 億円になり、平常時に比べ 90%以上の減少となった
- ・ 平常時に比べ現金が 130 億円減少し、自己資本比率は 35%(▲7%)となった

(2) 関東大震災再来型地震が発生した場合

(2-1) 保険手当等を行っていない場合

- ・ 修繕費は 150 億円 (1,000 億円×15%)、休業損失額は 240 億円 (1,200 億円×20%)

² 本稿では説明上、休業損失額を売上高の減少と設定した。なお通常は、営業利益の減少と定義する。



- ・ 売上高は960億円、特別損益は▲150億円
 - ・ 当期純利益は▲130億円になり、赤字となった
 - ・ 現金は▲30億円、自己資本比率は26%まで低下した
- (2-2) 限度額50億円の財物保険を付保した場合
- ・ 修繕費、休業損失額および売上高は(2-1)と同額
 - ・ 特別損益は、支払保険金50億円が特別利益となり、▲100億円に減少
 - ・ 当期純利益は(2-1)のケースに比べ50億円増加し、▲80億円となった
 - ・ 現金は20億円とマイナスが解消され、自己資本比率も(2-1)に比べ4%増加し30%となった
- (2-3) 限度額50億円の財物保険を付保し、100億円の緊急融資契約をした場合
- ・ 修繕費、休業損失額、売上高、特別損益、当期純利益は(2-2)と同額
 - ・ 現金は緊急融資による100億円の借入により120億円となった
 - ・ 自己資本比率は借入により負債が増加した結果、(2-2)に比べ3%減少し27%となった。一方で流動比率は(2-1)に比べ38%増加し、93%となった
 - ・ 月商は100億円であり、リスクファイナンスの実施により、当座の資金として月商相当の現金を確保できた

6. おわりに

企業が抱える地震リスクについて、リスク分析の方法とその結果をリスクファイナンスに活用するための財務インパクト分析の検討例について検討した。

リスクの定量評価を行う立場から考えら

れる今後の課題の1つはリスクの合理的なプライシングである。

例えばCATボンドの保険料率(P)は、現状では3章で紹介したような評価モデルで算出した期待損失率(EL)に基づいて設定するというのが基本的な考え方である。とはいっても現実には図2のグラフからも分かるように一意的に決まっているわけではない。取引時点のマーケット状況の影響も受けるであろうし、対象とするリスクのタイプによっても変わり得る。

こうした状況をファイナンス理論で理論的にプライシングすることで解決できるのではないかと期待している。もちろんCATボンドの原資産が市場で取引されていないことで必要となる不完備市場のフレームワークや投資家の効用関数やリスク回避度を外生的に与えるなど解決すべき課題はある。

物理モデルによるEL(純保険料)と市場価格決定理論モデルによるプライシングを融合させることによって、売り手と買い手の双方にとって納得できる合理的な価格の提示を可能とし、かかる取引が円滑に行なえるような市場の形成に寄与したいと考えている。

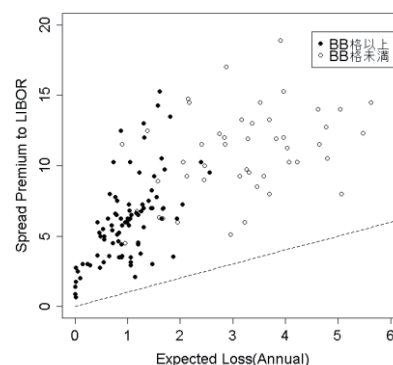


図3 保険料率と期待損失率の関係

(データ取得元：<http://www.lanefinancialllc.com/>)



公開研究会報告

「エネルギー・環境と新ビジネス開拓」研究部会

2011年5月11日、首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス

上下水道事業と水ビジネス—水サービスを発展させる官民協働

玉真 俊彦

(日本上下水道設計(株)経営工学研究所長)

1. 国内の上下水道事業の現状

わが国の水道事業は、自治体による経営を基本としており（民営水道も可能であるが）¹、また下水道事業は自治体による経営のみが可能となっている。

自治体の行財政改革の一環として、上下水道事業の担当部局でも職員定数の削減や定年退職者の不補充が進められており、特に規模の小さい自治体では、厳しい少人数での運営を強いられている。職員の高齢化も進んでおり、例えば水道事業では、全国で約5万人いる担当職員のうち55歳以上は約1/4を占め、50歳以上になると4割を超える。これに伴い、ほとんどの自治体が専門知識や技術力の確保・継承に課題を感じている現状にあり、事業そのものの民営化までは行かないにしても、何らかの形で民間委託に頼らざるを得ない状況に立ち至っている。

上下水道施設の運転管理や保守点検、修繕等の維持管理費は、年間約2.1兆円（水

道が年間約1.2兆円、下水道が年間約0.9兆円）と、世界的に見ても米国に次ぐ第2位の規模である。このうち民間委託されている分（委託料）を見ると、水道と下水道では温度差があり、水道0.2兆円、下水道0.5兆円と、水道の委託割合の方が小さい（図1）。

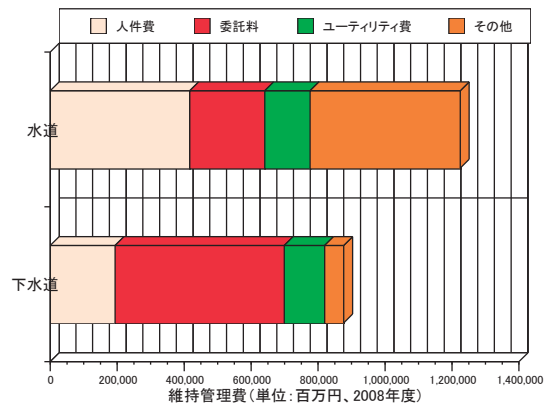


図1 上下水道施設の年間維持管理費

これは、水道と下水道を比べると、水道の方が概して歴史が古く、また「命の水」を供給する公益性の高い事業として、直営を基本に運営されてきたためである。しかし、上記のような職員の減少や高齢化、またコスト削減を追求する動きにより、今後数年～10年程度以内には、特に水道事業において現在よりも大きく民間委託が進んでいる可能性が高い。

¹ 民営水道としては、例えば別荘地でデベロッパーが設置・運営している水道事業がいくつか存在する。また、公営の水道事業が民間に譲渡された事例としては、新潟東港臨海水道企業団において2008年11月に民間譲渡先の募集が行われ、2009年1月に優先交渉権者として明和工業(株)が選定された。事業譲渡は同社に対して2009年12月1日行われている。



2. 注目される下水道バイオマス

下水に含まれる有機分や窒素やリンなどの栄養分は、下水処理の過程でその多くが残渣（下水汚泥）に移行する。このため、下水汚泥にはエネルギーや栄養分が凝縮されており、量・質も安定しているため、その資源価値を引き出すべく、数々の技術開発と実験室・実施規模のプロジェクトが積み重ねられてきた。

また、下水処理の過程では多くの温室効果ガスが発生し、とりわけ下水汚泥の処理方法として広く行われている焼却を行う場合には、CO₂の310倍の温室効果を持つ亜酸化二窒素（N₂O）が大量に発生する。このため、近年では特に、温室効果ガスの排出抑制の観点を加味した技術開発が盛んに行われている。

下水汚泥を含む総称「バイオマス」の処理方法として現在実用化されているものには、処理温度の高低により、図2に示すものがある。

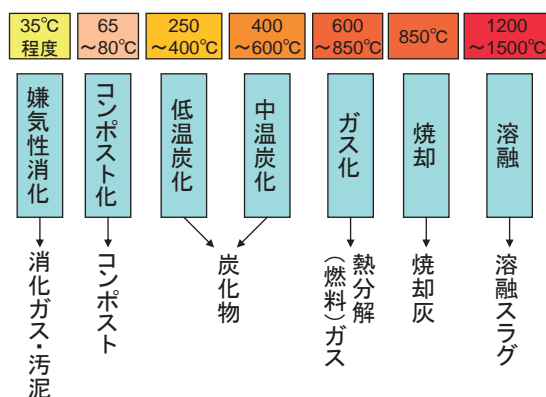


図2 バイオマスの主な処理方法と生成物

バイオマスといってもさまざまであるため、例えば剪定枝をコンポスト化する場合には、破碎などの前処理が必要である。また、処理の温度が高くなるにつれて加温に必要なエネルギーが増加し、システムが複

雑化・高度化することも避けられない反面、バイオマス中の成分の分解または燃焼によって得られる熱エネルギーの有効利用（燃料、発電等）も可能となる。

このことを炭化とガス化の違いについて見ると、両者とも還元雰囲気（酸素が少ない条件）下で「蒸し焼き」にする原理は同じであるが、その温度が異なる。炭化では、低揮発性成分由来の熱分解ガスと炭とができるが、ガス化では、温度を800°C程度に上げることで炭と熱分解ガスとが酸化反応し、さらなる熱分解ガスが生成する。このため、ガス化では汚泥中の可燃分がより多く熱分解ガスに移行することになる。

3. 民間活用による下水汚泥の有効利用

筆者らが行政側のアドバイザーを務めた東京都下水道局の「清瀬水再生センター汚泥ガス化炉事業」は、全国初となる下水汚泥のガス化施設の設計・建設・維持管理を20年間のDBO（Design, Build and Operate）事業で実施するもので、(株)メタウォーターが事業者を選定され、施設は2010年7月に供用を開始した。この事業は、従来の焼却炉で発生する温室効果ガス（特にN₂O）の大幅な削減が目玉の一つになっており、山手線内側の約半分、3,500haの森林が1年間に吸収する量に相当する年間12,500t-CO₂を削減できる見込みである。また、ガス化炉で生成した熱分解ガスは、施設の加温や汚泥乾燥用の熱源として有効利用されるほか、一部は精製後にガスエンジン発電機で発電を行い、施設の使用電力の一部に充当される。

こうした民活導入による下水汚泥の有効利用プロジェクトの最近の例としては、上記のガス化のほか、炭化（東京都、愛知県、



大阪市、広島市、熊本市)、消化ガス発電(横浜市、大阪市、黒部市)、コンポスト化(佐賀市)等があり、大都市を中心に年間3~5件程度が公募されている。これらのうち、最も数の多い炭化のプロジェクトでは、事業を行う特別目的会社(SPC)に東京電力、中部電力、電源開発といった電力会社が出資者として加わっており、製造された炭化物は補助燃料として自社の石炭火力発電所に搬入して石炭と混焼している。下水汚泥由来の炭化物は、石炭と比べると発熱量は1/3程度しかないが、量の比率はわずかであるため、火力発電所でも十分受け入れが可能となっている。

こうした電力会社の参画は、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(2003年4月全部施行、通称RPS法)に基づき、電気事業者に一定割合の新エネルギーの利用が義務づけられたことによる。この法律でいう新エネルギーとは、風力、太陽光、地熱、中小水力のほか、バイオマスやバイオガスによる発電電力を含んでいる。新エネルギー源として風力や水力を利用しやすい地方部の電力会社と違い、都市部の電力会社はこうした自然エネルギーの利用が難しいため、量的・質的に安定した下水汚泥(バイオマス)に着目しているわけである。

また、ガス業界にも同様な動きがある。こちらは「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律」(2009年8月施行)が発端となっている。この法律は、一定規模以上の供給事業者による非化石エネルギー源の利用と化石エネルギーの有効利用の促進を求めるもので、大手

ガス会社にも網がかかった。この法律でいう再生可能エネルギーは、RPS法の新エネルギーと似たようなもので、化石燃料以外の非化石エネルギーのうちエネルギー源として持続的に利用できるもの、すなわち風力、太陽光、地熱、水力、太陽熱、大気その他自然界に存する熱とバイオマスを指す。具体の取り組み例としては、神戸市と神鋼環境ソリューション、大阪ガスの共同事業として、同市の東灘処理場で発生する消化ガスを精製・調質し、都市ガスとして供給する実証事業「下水道バイオガス都市ガス導管注入実証事業」が2009年から実施されている。なお、民間活用による下水道事業では、政府の公的資金の優先的な充当による低利・長期の起債制度が充実しているため、設計・建設・維持管理を一体的に発注する場合でも、民間資金を活用したPFIよりは、資金調達を行政側が行うDBO事業の方がポピュラーとなっている。この傾向は、水道事業でも同じように見られる。

4. 海外水ビジネスへの展開

上記のような施設の維持管理を民間委託する動きや下水汚泥の有効利用プロジェクトなど、国内の上下水道事業における官民協働は着実に活発化しているが、案件の数は期待したほどには増えていない。2001年の水道法改正(水道の技術的管理業務の全部または一部を他の自治体や民間に委託できる『第三者委託』制度の創設)、2003年の地方自治法改正(公の施設の『指定管理者』制度の創設)等の動きを踏まえ、水道民営化の市場拡大を見込んで参入または設立された民間の事業会社も、既に何社かが店をたたんでいる。これまで自治体が上下水道の事業主体であったため、行政の継続性と



果たすべき責任の貫徹という観点からすると急激な変化は起こりにくいのは当然ともいえるが、一方で、地震や台風などの自然災害が多いわが国で、緊急時・非常時対応や不可抗力リスクの一部負担を含めて、施設の運営を全面的に担える民間企業は実際には少ない、という行政側の判断もあるものと思われる。

このように今ひとつ冴えない国内市場から目を海外に転じる水関係企業が増えるのは必然の流れで、2010年7月には、国（関係6省）、自治体（9都県市）、民間企業139社を集めて「海外水インフラ PPP 協議会」の第1回が開催されている。

しかし、日本企業が海外の水ビジネスに展開を図る場合、必ず指摘されるのが「性能は良いが価格が高い」という点である。例えば、シンガポールの政府当局や民間企業へのヒアリング結果では、次のような点が指摘されている²。

- 水ビジネスにおけるポンプやコンプレッサ等の機器は成熟した技術なので、メーカー間の技術的な差もそれほどなく、機械としてのベーシックな性能、信頼性、耐久性が問われる。しかし「耐久性が高く、長く使える方がいい」とは一概にはいえず、機械選定のポイントはイニシャルとランニングのコストになる傾向が強い。
- 民活事業では、運営コストを低くし、利益を出すことが絶対条件となる。少しでもエネルギー消費の少ないプラントにすることは事業者にとってますます重要になっており、高い技術力を持つ日本企業には「プラントの効率化→コストダウン」につながる

技術開発を期待したい。

- 海水淡水化プラントで使っている高圧ポンプには、ドイツのKSB社製が多いが、実際にはKSB社の技術を使った「中国製KSBポンプ」もある。技術レベルを保ちながらコストを安くする努力は、海外メーカーも進めている。

日本の製品を海外に売る際には、「程度の差ではなく次元の差」といえるだけの One & Only の技術を持ち、それを他社に真似させない仕組みや、その技術を使うには開発メーカーから調達しなければならない仕組みを構築する必要がある。また、低コストでロースペックの製品を作ることにかけては、新興国メーカーの方がノウハウを持っている可能性もあるため、R&D（製品開発）の段階から思い切って現地化を行うことも必要となろう。

現地化の推進には企業組織・人材マネジメントの刷新が肝要となる。例えば、国外でのプラント建設を日本企業が受注した場合、現場のマネジメントやエンジニアは日本人が占めることが多く、これは建設現場だけでなく、案件の発掘やクライアントとのネゴなど営業でも同様である。しかしこれではコスト的に引き合わないのは自明の理である。日本人の心の暖かさを生かしつつ、いかに有能な現地人マネージャーを見出し、使いこなす、的確に処遇し、あるいは育てるかが鍵となる。

これまで、日本企業の組織マネジメントは、顔を合わせてきめ細かく調整を繰り返して物事を進めるスタイルを基本としてきたが、現地化を進めれば進めるほど、物理的・民族的な距離を前提とした企業目的の共有、規律、業績の測定評価、給与体系など、細部にわたって会社組織の基礎インフラというべき部分の抜本的な再構築が必要となる。各社固有の技術と合わせて、腕の見せどころとなろう。

² 「アジア諸国における水需要の急拡大に伴う機械産業の事業機会探索調査報告書」（H22.3、日本機械工業連合会、東レ経営研究所）より。シンガポールのセム・コープ社（SembCorp Industries）、ケッペル社（Keppel Seghers Engineering）及び PUB（公益事業庁）へのインタビュー結果。



公開研究会報告

2011年8月18日、首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス

CAPACITY SWITCHING OPTIONS UNDER RIVALRY AND UNCERTAINTY

Afzal Siddiqui

(University College London and Stockholm University)

Ryuta Takashima

(Chiba Institute of Technology)

1. Overview

Deregulated industries, such as those for electric power, often exhibit uncertain market prices, investment decisions by private firms, and competition among firms for market share. Given discretion over investment timing and capacity sizing, the real options approach (Dixit and Pindyck, 1994) has been applied to this sector. For example, Näsäkkälä and Fleten (2005) examine how either a baseload or a peak gas-fired power plant can be selected based on a stochastic spark spread, while Siddiqui and Maribu (2009) consider optimal timing for investment in a baseload system with subsequent decisions to upgrade. By allowing for sequential decisions, the real options approach enables a richer treatment of an investor's problem than the now-or-never net present value (NPV) one.

However, most of these applications ignore the effect of competition and assume monopolistic decision makers. This is, indeed, the canonical real options treatment of investment, and it finds that investors

typically delay entry compared to the now-or-never NPV approach in order to capture the gains from a higher initial output price in the future and lower discounted investment costs even if there is an opportunity cost of forgone revenues in the interim. Subsequent work, e.g., Grenadier (1996) and Huisman and Kort (1999), has introduced a rival firm that competes for market share. In a duopoly, the value of the investment opportunity for any given firm is less than that for a monopoly. Furthermore, in the pre-emptive setting, firms have the incentive to enter sooner than a monopolist as they are liable to lose market share to their rival. Thus, the strategic imperative is to hasten entry, which is contrary to the decision-theoretic incentive to postpone investment.

Including strategic effects, Takashima et al. (2008) address the problem of duopolistic competition in the power sector with operational flexibility. We extend that approach to account for staged investment as capacity is modular. In particular, generators can invest in either a small or a large plant.



The former project offers the subsequent option to upgrade capacity. This problem has been considered (Dixit and Pindyck, 1994) only from the perspective of a monopolist. We first contrast direct and sequential investment strategies for a monopolist in order to extract the value of flexibility. Next, we allow for a symmetric duopoly (Goto et al., 2008) in which each generator can adopt capacity in either a direct or a sequential manner and examine the impact of competition on an investor's value.

2. Methods

We begin by considering a monopolist that can invest in capacity of a given size. Once installed, it will generate output, e.g., electricity, which can be sold into a market at

a stochastic price. The firm has a perpetual option to make the investment at a given lump-sum cost in the first stage, which provides a subsequent option to increase capacity in the second stage with the tradeoff that a higher capacity will lower the price received. We solve this two-stage problem via dynamic programming: first, we obtain the now-or-never NPV of a second-stage project, and, next, we use the now-or-never NPV of a first-stage project with the option to upgrade to find the optimal upgrade threshold price. Finally, we use the value of the investment opportunity when there is no active project to find the optimal investment threshold price (Figure 1). In order to account for competition, we expand the state space (Figure 2).

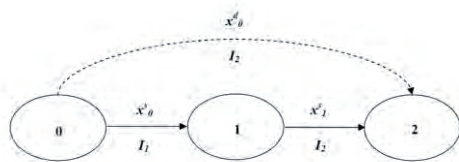


Figure 1. State-Transition Diagram for Monopoly

Now, each firm can invest in a single stage at a time with one of the two firms randomly winning the race out of state (0,0). This is followed by the other firm's first-stage investment and so on until both firms have completed both stages to end up in state (2,2). As in the monopoly case, we contrast this sequential strategy with a direct one in which each firm invests in two stages at a time. The value function in each state now accounts for

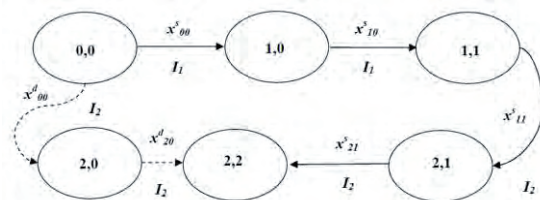


Figure 2. State-Transition Diagram for Duopoly

the future erosion in market share due to the rival's entry.

3. Results

Although we find closed-form solutions for all investment and upgrade thresholds, their relative values depend on parameters. Therefore, we use numerical examples in order to gain insights about the results. First, we find that investment is



launched sooner under the sequential strategy, although both stages are completed sooner with the direct strategy for both the monopoly and the duopoly. All critical thresholds increase with the price volatility. Second, we find that the value of flexibility from the sequential strategy is always positive but decreasing in the price volatility (Figure 3). Intuitively, this is because higher price volatility implies higher future prices, which are better exploited with larger capacity.

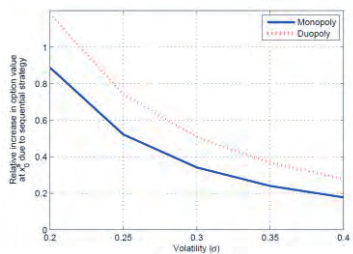


Figure 3. Value of Flexibility

4. Conclusions

We model a two-stage investment game under uncertainty and discretion over timing. Due to the deregulation of electricity industries, it captures salient features of their operation such as a stochastic output price, lumpy and modularised investment, and threat of entry from rivals. Via a dynamic programming approach that integrates game theory, we are able to account for both strategic and decision-theoretic effects using an analytical model. For future work, it would be worthwhile to extend the model to account for asymmetric firms as in Pawlina and Kort (2006).

References

1. Dixit, A.K. and R.S. Pindyck (1994), *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.

Moreover, the value of flexibility is higher in a duopoly as the rival's strategy is another factor to be countered. Third, we show that the effect of competition on the value of a duopolistic firm relative to that of a monopolist diminishes with higher uncertainty (Figure 4). This is because all firms enter later, which postpones the loss of market share. Finally, the loss from rivalry is less in a sequential strategy

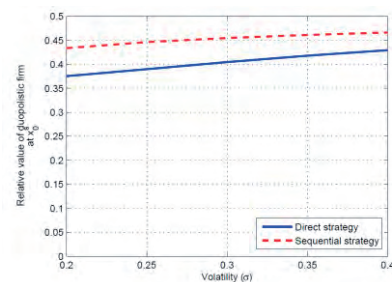


Figure 4. Effect of Competition

2. Goto, M., R. Takashima, M. Tsujimura, and T. Ohno (2008), "Entry and Exit Decisions under Uncertainty in a Symmetric Duopoly," in *12th Annual International Conference on Real Options*, Rio de Janeiro, Brazil.
3. Grenadier, S.R. (1996), "The Strategic Exercise of Options: Development Cascades and Overbuilding in Real Estate Markets," *Journal of Finance* 51: 1653-1679.
4. Huisman, K.J.M. and P.M. Kort (1999), "Effect of Strategic Interactions on the Option Value of Waiting," CentER Discussion Paper 9992, Tilburg University, Tilburg, The Netherlands.
5. Näsäkkälä, E. and S.-E. Fleten (2005), "Flexibility and Technology Choice in Gas Fired Power Plant Investments," *Review of Financial Economics* 14: 371-393.
6. Pawlina, G. and P.M. Kort (2006), "Real Options in an Asymmetric Duopoly: Who Benefits from Your Competitive Disadvantage?," *Journal of Economics and Management Strategy* 15: 1-35.
7. Siddiqui, A.S. and K.M. Maribu (2009), "Investment and Upgrade in Distributed Generation under Uncertainty," *Energy Economics* 31: 25-37.
8. Takashima, R., M. Goto, H. Kimura, and H. Madarame (2008), "Entry into the Electricity Market: Uncertainty, Competition, and Mothballing Options," *Energy Economics* 30: 1809-1830.



記録： JAROS2011 研究発表大会 第6回大会

開催期間：2011年11月5日（土）、6日（日）

場所：青山学院大学相模原キャンパス

協賛：日本感性工学会、日本オペレーションズ・リサーチ学会、日本経営工学会、経営情報学会、
後援：NPO法人日本FP協会

2. 日経NICESトップ10企業の経営価値創造力」中岡英隆

シンポジウム：11月5日（土）

「大震災後のエネルギーと環境 - 日本の選択と戦略」

B会場：査読セッション（座長：安達毅）

午前：－ 特別研究報告 －

1. 「地震リスクの定量評価とリスクファイナンス」、大野 大地 氏
2. 「ファイナンス、保険、保険数理から見た大災害（CAT）リスク」、森平 爽一郎氏

1. 「リアルオプションを考慮した RNPV プロビットモデルに基づく火力発電事業価値評価」廣瀬高史・宮内肇・三澤哲也

2. 「ステンレス特殊鋼寡占市場における設備投資戦略のリアルオプション評価」吉田裕志・李洋・茂木源人

－ 午後 －

A会場：エネルギーI（座長：高嶋隆太）

午後：－ 講演会 －
学会長挨拶、大野 高裕 氏

1. 「大震災後のエネルギーと環境 - 日本の選択と戦略」、茂木 源人 氏
2. 「ファイナンス、リスク、そして金融システム — 金融危機から学ぶこと」、大村 敬一 氏

1. 「リアルオプション分析を用いた日本における太陽光発電投資のシナリオ」青野雄介・安達毅・茂木源人

2. 「太陽電池材料確保における資源供給のリスク評価」渦輪和哉・安達毅

B会場：セキュリティ（座長：竹澤直哉）

11月6日：－ 研究報告会 －

－ 午前 －

A会場：資本構成（座長：伊藤晴祥）

1. 「転換社債発行企業の経営者報酬と資本構成」八木恭子、高嶋隆太
2. “Optimal Cash Holdings with Dynamic Capital Structure” 寺本慧翔, 今井潤一

1. リスク回避係数、事業間の相関、意思決定後の損失を考慮したライセンス評価における一考察～セキュリティビジネスにおける事例研究～」伊藤晴祥・山田憲司

2. The Theory of Security Battle: The Relationship between an Attacker and a Defender”, 後藤允・辰巳憲一

A会場 エネルギーII（座長：辻村元男）

B会場：査読セッション（座長：後藤允）

1. 「低炭素セクター創出のための公的投資戦略評価のモデル」山下大樹・横山隆一・新村隆英・高森寛
2. An Option Evaluation of being Socially Responsible from a Market Perspective” 竹澤直哉

1. Replacement investment timing and capacity sizing”, 内藤優太・高嶋隆太

B会場 災害リスク（座長：今井潤一）

A会場：環境・価値創造（座長：後藤允）

1. エネルギーと環境管理のネットワーク・モデル」高森寛・呉瑛禄・長坂研

1. 「証券化商品を利用したスポーツ選手の怪我のリスクマネジメントに関する一考察～大災害債券（CAT ボンド）と債務担保証券（CDO）の応用～」, 伊藤晴祥・小澤昭彦・山田憲司

2. 首都圏直下型地震（文部科学省〔2006〕を睨んだコールセンターの耐震補強及びホットスタンバイ体制の確立－プットオプション事例」青木克人



【書評】

湊 隆幸 著

技報堂出版

事業の意思決定

高嶋 隆太

(千葉工業大学社会システム科学科)

企業の事業評価や投資決定について、これから学ぼうとするとき、どのような情報、知識を得たら良いのだろうか。まずは、事業評価を行う理由や企業を取り巻く様々な不確実性やリスクについて知る必要がある。事業評価を定量的に行うとき、事業の費用やそれから得られる便益が、金銭的価値に換算可能であることが必要であり、そのときの「価値」とは何かを考えなければならない。また、事業評価手法そのものを知る必要があり、その中で重要な割引率の選定方法についても知る必要がある。さらに、意思決定の柔軟性、すなわちリアルオプションをどのように活用するかは、新しい事業評価の中で重要な因子の一つである。

本書は、そのようなことが非常に分かりやすく網羅された内容となっている。第1章から第3章では、不確実性やリスク、意思決定手法、現在価値など事業評価の基礎事項について言及している。特に、第2章「理論か勘か」では、意思決定手法の理論的側面と実際の状況とのギャップについて分かりやすく説明しており、興味のある内容である。

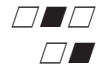
事業評価において、割引率の選定は重要な問題であり、その選定方法の一つとしてCAPMから期待収益率を推定するものがあ

げられる。本書の第4章「機会費用の理論」では、CAPMの理論の説明からベータの推定方法まで分かりやすく説明しており、初学者にはお薦めである。

第5章、第6章では、リアルオプションについて言及している。投資、縮小、撤退オプションなど基本的なリアルオプションの説明のみならず、リアルオプションを実際に使用するためのシミュレーション手法について説明を行っている。

第7章「評価における社会学的視点」は、本書の大きな特徴の一つである。企業の事業評価のみならず、我々の身の回りにあるインフラストラクチャーや科学技術の評価について言及している。科学技術と社会との相互関係、特に、科学技術が社会に及ぼす副次的影響について非常にわかりやすく書かれている。

事業評価や投資決定に関する他の専門書と比較し、本書は数学的表現の箇所が少ないことが特色の一つである。著者である湊先生が、その点について配慮したことを本書のまえがきで述べている。数学的表現を減らし、それらを言葉で表すことは非常に難しいことである。特に、事業評価や投資決定のような分野では、数式によって理解することは少なくない。しかしながら、本



書では、それらをうまく言葉で説明することで、数式を使用せず説明している。そのようなことから、本書は、事業評価についてこれから学ぶ学生が、それらの知識を得ることだけではなく、事業評価を実際に行

っている実務家や経営コンサルタント、政策決定者に対して、不確実性に対応する新しい事業評価フレームワークの道しるべになることを期待している

書評

大村敬一 著

ファイナンス論

(有斐閣、2010年4月)

鈴木 誠

(文教大学情報学部経営情報科)

「ファイナンス」を日本語訳するならば「金融」という語となるが、では、ファイナンスの講義のテキストとして金融論のテキストを利用することが適切かというところも言えない。表題の書はファイナンスを学ぶ者、あるいは講義に利用する教師にとって、このなんとも言葉では表すことのできない微妙な差を埋めてくれる唯一の日本語で書かれた書籍という点で高く評価されるべきテキストである。

わが国でファイナンスという言葉が普及する契機となったのは、2つの要因によると見られる。ひとつは、1990年代初頭に Harry Markowitz, William Sharpe, Merton Miller の3氏がノーベル経済学賞を受賞したこととである。もうひとつは、わが国が80年代後半に株式バブルに乗じて、証券会社はこぞってアメリカ発の金融理論を輸入し、日本版の運用モデルを構築することに躍起となったことである。大和証券は Harry Markowitz、日興証券は William Sharpe、野村証券は Edwin Elton や Martin Gruber、和

光証券(現新光証券)は James Farrell といった具合に指導を仰いだり、顧問契約を結んだりした。こうした企業の努力が実り、市場にインデックスファンドとして新商品が登場したのがまさにこの頃だったのである。つまり、熱狂した株式市場を舞台に「ノーベル賞」と「新商品インデックスファンド」の登場によって「ファイナンス」という新しい言葉がわが国でも日常的に見聞きするようになったわけである。

さらに、世の中の変化に呼応して1992年に法政大学で専門職大学院の先駆けとなるビジネススクールが開講し、社会人教育の受け皿となった。ビジネススクールにおける教育の中で、「ファイナンス」は重要度の高い科目のひとつである。しかしながら、教科書という点で言えば、「ファイナンス」というタイトルの教科書は稀で「金融」と題される教科書が多かった。その背景は、わが国の金融システムが銀行を中心とした相対型取引が中心であり、これこそがわが国の「金融」であったことによる。一方、



「ファイナンス」が焦点を当てている市場型取引が金融取引に占める割合は、相対型金融取引には遠く及ばなかった。

したがって、米国の大学やビジネススクールで利用されてきた標準テキスト、例えば Foundation of Finance(Eugen Fama)、Investments(William Sharpe)、Investment(Zvi Bodie, Alex Kane and Alan Marcus)、Finance(Zvi Bodie and Robert Merton)、Modern Portfolio Theory and Investment Analysis(Edwin Elton and Martin Gruber)など、といえどもファイナンスのテキストとして日本語版が出版される機会はなかなか訪れなかった。ましてや、日本人によって書かれたテキストを望める状況にも無かったのである。

評者は大学で金融を学部学生に教えるにあたり、本書「ファイナンス論」の前作である「現代ファイナンス」を副教材として、ファイナンスの講義では主テキストとして利用してきた。前作の良さは米国のファイナンスのテキストと同様の構成でかつ分かり易く述べられており、初めてファイナンスを学ぶ学生の入門書として適していた。本書はその後継としてタイトルも内容も新装された、待望のテキストといえる。

前作以上に本書は、以下の3点に優れた特徴がある。第一にファイナンス理論発展の歴史を冒頭第一章で取り上げている点である。金融経済の発展とファイナンス理論の構築は決して無縁とは言えないが、ファイナンス理論が Harry Markowitz による平均分散アプローチだけの功績によって一気に開花したわけではない。過去の金融業者や経済学者たちが連綿と積み上げた経験に裏打ちされていることを人物評を含めて論じ

ている。既存のファイナンスのテキストではこのような金融史に一章を割いている例は見られないが、初学者の導入には有効で、ここだけ読んででも有意義である。

第二は図表を多用することにより、視覚的に理解の促進を図っていることである。たとえば、ポートフォリオの選択について、「最小分散かつリターンの最大となるポートフォリオが採択される」という表記が一文でなされる、あるいは、数式で記述される場合、俄かにはイメージしにくい。しかし、期待値とリスクの平面に、実効可能ポートフォリオを線描し、それと投資家の期待効用曲線との接点が最適なポートフォリオとして選択されると示される方が、わかり易い。このように、視覚的に現象を理解し易くする努力が随所に図られている。数式による厳密な理解はさておき、どういうことを理論が示しているのかを読者が容易にイメージとして掴ませることを優先しているのである。数学が多少不得意であってもファイナンスの真髄を理解させる有効な手段であることに間違いはないだろう。

第三として、前作以上にカバーする範囲が拡大されたことである。新たに「第V部新しいファイナンス理論」が追加された。ここでは、マーケットマイクロストラクチャー、行動ファイナンス、リアルオプションの3点が取り上げられている。証券市場ではヘッジファンドに代表される投資家が High Frequency Trading を日常的に行っており、その商い高は年々増加している。現在、証券市場を知る上で、マーケットマイクロストラクチャーを学ぶことは不可欠となっている。リアルオプションは米国のビジネススクールであれば、必ずひとつの講座と



して組み込まれている未上場資産の代表的な価値評価方法である。しかし、わが国のテキストではあまり掲載例がない。本書に取り上げられたことで、評価法が広く認知されることを期待している。

最後に、ひとつ希望を述べるならば、練習問題を是非、加えて欲しい。学生は宿題とされた練習問題を通して理解をさらに深めることができると考えるからである。

書評

大村敬一・楠美将彦 著
ファイナンスの基礎
(金融財政事情研究会、平成24年1月)

茶野 努

(武蔵大学)

本書の書評を書こうとしている、まさにその日に衝撃的なニュースが飛び込んできた。大学生の24%が「平均」の意味を理解できていないというのである。平均がわからなければ、平均分散アプローチは遙か彼方なりである。

大学で教鞭を執り始めて三年が経ち、いつも直面していた問題。それは、最近の学生は受験のためさえ数学を勉強していないということであった。これは、ファイナンスの理論を教えていく上で致命的である。というのも図表を使った直感的な理解に偏りがちで、それ以上のものに昇華させるのが難しいからである。

良い教科書はないものか・・・探してみても、初学者向けの図解を中心とする平易な説明によるもの、一方で、数式が多くていまの文系学生にはハードルが高くて読みこなせないものは数多い。しかしながら、一冊で両方を兼ね備えたものは意外とないという印象であった。

結論から先に言うならば、本書は、その

ような悩みを解消してくれるものになっている。

本書の最大の特徴は、「平易な理解と正確な理解の記述を一冊のなかに詰め込む」ために、「取り扱う範囲を基礎的な内容に限定」し、「平易な文章と図解による説明、数式表現での提示、数値例での説明と演習、そして詳細な数式展開、数学・統計学の概念の補足説明・・・、と説明方法を多様化」している点にある。そのうえで、初学者には3回に分けて読むことを推奨している。すなわち、第一段階は、「文章と図解部分を読んで一応最低限の理解をする」。第二段階は、「数式展開を追って文章内容をきちんと理解できているかを確認する」。最後の第三段階では、定理や公式、証明などにも目を向けながら読み返して、基礎知識を完全にマスターする。したがって、本書は筆者達のいうように「3回読む本」となっているのである。

このような筆者達の試みは上手くいったのであろうか。まず、本書の構成は以下の



通りとなっている。

第1章：確実性下の資産およびプロジェクトの評価

第2章：リスクの選好と回避－期待効用、無差別曲線

第3章：リスクの具体化－確率分布、平均、分散、共分散

第4章：最適なポートフォリオの選択－平均分散アプローチ

第5章：資本資産評価モデル－CAPM

第6章：市場の効率性

第7章：債券（確定利付証券）

第8章：デリバティブの評価1－フォワード

第9章：デリバティブの評価2－オプション

第10章：デリバティブの評価3－ブラックショールズモデルとオプションの利用

第11章：資本構成と企業価値

第12章：MM理論の拡張

このように、基礎的な内容に限定したと
はいうものの、十分に網羅的・包括的で、
それを段階的に自習できるような体系とな
っている。

つぎに本書が教科書としてとくに優れて
いるところは、多色刷りの図表が数多く使
われていて、文章を読みつつ図表を見なが
ら、ファイナンスの基礎知識が直感的に理
解できるようになっている点である。

また、数式の説明のあとには必ず「例」
が載っていて、具体的な計算をすることで
数式の理解が身近なものになるように工夫
されている。抽象的な数式の説明を具体化
することは、理解を助ける上で非常に重要

である。数式にも、その項が何を意味する
のか、矢印で説明が付けてあり、それが理
解のしやすさにつながっている。

さらに、数学や統計の用語が必要最小限
な部分だけ別枠で説明してあるので、「数学
嫌い」にとっては辞書的に使えて便利な構
成となっている。

このように新しい試行は大いなる成功を
収めているといえる。しかし、出版環境が
厳しい折、大部となる教科書は作りづらい。
経済学者は制約条件付きの最適化問題を解
くことに慣れているはずであるが、こと出
版に関しては事情が異なる。やはり紙幅の
制約というのは大きいと感じざるを得ない
点がないわけではなかった。あえて指摘す
るならば、シャープによる資本市場線の導
出（限界代替率の説明）、コンベクシティの
導出、2項モデルによるオプション・プレ
ミアムの計算とリスク中立確率の説明など
については、初学者向けにもう少しページ
を割いた方が良いのではないかと思う部分
もあった。

もっとも、本書の革新性からすれば、こ
れらは欲張りな要求であって、本書の価値
を損なうものではまったくない。むしろ、
類書がない新しい教科書として、今後にお
いて版を重ねていくであろうと期待される
ので、その際に改善をお願いしたいという
趣旨である。

ファイナンス理論の初学者向けという観
点から、本書を評してきた。しかし、すで
にファイナンスを勉強した人にとっても、
いま一度基礎知識を整理するうえで有用で
ある。本書は、いわば「贅肉のない筋肉質
の」教科書といえる。必要最小限の知識が
凝縮して詰め込まれている。さらに学習を



進めるために読むべき原論文が、章末ごとにあげられているのも有益である。

ファイナンスの基礎をこれから学ぼうとする人、基礎をもう一度強固なものにしよ

うと考えている人、幅広いさまざまな読者に読まれることを期待したい。

書評

木島正明・中岡英隆・芝田隆志 著

リアルオプションと投資戦略

(朝倉書店、2008年8月)

鈴木 映

(多摩大学大学院経営情報学研究科)

最近、「〇〇力」というタイトルの本をよく見かける。総称して「力本(ちからぼん)」ともいうらしいが、本書を力本風に言い表せば、「発見力」といえるかもしれない。

いうまでもないが、ビジネスは備品の購入から新しいプラントの建設に至るまで常に選択(意思決定)の連続である。その局面においてどのようなオプションが内包され、不確実な状況下で最適な選択は何かを見つけることが必要である。

例えば、あるLCC(格安航空会社)の場合、運航に直接関係のない机や椅子などの備品はもらい物かアウトレットで購入したそうである。厳しい競争下において本気でコストを削減しようと思えば、こういう選択もありなのである。本書では、「経営とは戦略的オプションに対する不確実性下での意思決定である」と看破しているが、この言葉で思い浮かぶ例はたくさんある。

ただし、最適な意志決定を行うためには非完備市場においてボラティリティや原資産価値を推定するという最も難しいハード

ルがあるのも事実である。そこで本書では、原資産価値の数学的な記述にも紙面を割り、伝統的なモデルに加えてレジーム遷移モデルやゲーム理論との融合など新しい金融工学のフレームワークを取り入れて応用範囲を広げている。段階を追って読み進めていくうちに、リアルオプションと投資戦略はビジネスの「構想力」「構築力」を意味しているのだということに気づかされる。

第1章ではリアルオプション評価の基本概念と基本モデル、インテル、国際スーパーメジャー、公共政策、M&Aなどの戦略デザインが示され、ここを読めば本書の目指すところがほぼイメージできる。2章では1章で示された基本モデルの拡張を紹介、3章では撤退、停止・再開、スイッチングなどの永久オプション、4章ではゲーム論的リアルオプションが論じられている。

5章ではリアルオプションの適用事例として資源開発、医薬品の開発、不動産リース事業の評価を紹介しているが、中でも「資源開発事業の投資戦略」においては、筆者



の実務経験に基づく戦略デザインが詳しく紹介されており、本書の白眉となっている。おそらく多くの読者は資源開発に関わることはないであろうが、段階的にリスクをコントロールしていく手法は、ビジネスを構

築していく上での貴重なヒントになる。

本書は学生や実務家のためのリアルオプションの入門書と位置づけられているが、実は不要な修飾を削り落とした究極のビジネス書としても秀逸な一冊である。

図書紹介

統合リスクマネジメント

(中央経済社, 2012年1月)

吉田 靖

(千葉商科大学・本書訳者)

希ではあるが世界的に繰り返される金融危機、大災害、原子力発電所の事故、あるいは日常的にどこかで発生している各種の損失は、われわれにリスクマネジメントの必要性を痛感させている。しかしながら、ファイナンス理論のCAPM(資本資産価格理論)の前提が成立する世界において、リスクマネジメント¹が企業価値あるいは期待リターンを向上させるかどうかは、必ずしも自明ではない。例えば、十分に分散されたポートフォリオを保有している株主にとって、保有銘柄のある企業が設備の火災保険契約を別の保有銘柄である損害保険会社と結び、火災発生と市場ポートフォリオのリターンが独立のとき、各銘柄のベータ、期待リターン、そして保有するポートフォリオあるいはリバランス後のポートフォリオのリターンの期待値は上昇するであろうか? CAPMの前提を満たす限り、分散投資によって銘柄固有のリスクの価格は0となるので、リスクマネジメントは企業価値に影響しないことになってしまう。

一方、損失の発生後に現実の問題として、

その責任と損失負担との議論が絡み合い、事態をより深刻化させる例も経験してきた。

これらの問題に対し、本書は包括的・統合的なリスクマネジメントの必要性を訴える。第1章における著者の言葉「統合リスクマネジメントの本質は、知的であることだ」が示すごとく、著者がリスクマネジメントに対して貫く姿勢は、経済学的すなわち論理的でインセンティブを重視し、かつ現実の問題解決に応用可能な体系を目指している。この統合リスクマネジメントの普及を目指し、MBAのテキストとして、複雑な数式は使用せずに、多くの数値例により、読者を導いていく方式を採っている。

このような特徴を持つ本書は、ニール A. ドハーティ(Neil A. Doherty)著 *Integrated Risk Management*、McGraw-Hill、2000の全訳である。著者はペンシルバニア大学ウォートン・スクールの保険およびリスクマネジメント担当の教授で、ダウ・ケミカル、シアーズ・ローバック、BP(英国石油)、メルク、シグナ、UPSなどのコンサルタントや英国政府保険社会保障省経済顧問として



も活躍し、最近に限定しても Doherty(2005)、Doherty and Lamm-Tennant(2009)などの論文を数多く発表している。

本書の構成として、まず「第Ⅰ部分析のための基礎」は6章からなり、第Ⅱ部のために必要な基礎知識が述べられ、各章は順に次に示すタイトルとなっている。

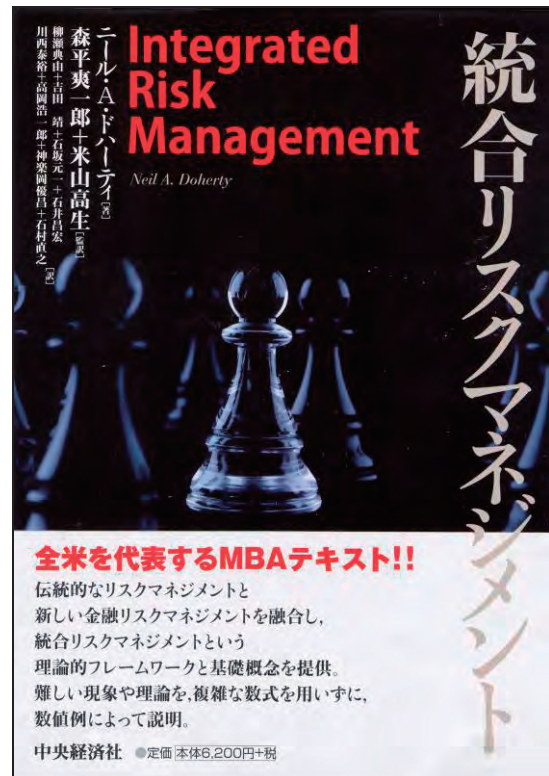
- ・「保険リスクマネジメント」および「金融リスクマネジメント」の収斂、
- ・モラルハザードと逆選択
- ・ポートフォリオ理論とリスクマネジメント
- ・資本市場理論
- ・デリバティブとオプション

「第Ⅱ部 リスクマネジメント戦略」は本書の中心をなし、第7章から第16章までからなる。そのタイトルを次に掲げる。

- ・なぜリスクは企業にとって高くつくのか?
- ・リスクマネジメント戦略:二重性と大域性
- ・損失発生後の投資決定と損失の測定
- ・損失発生後資金調達:調達可能性と機能不全投資
- ・損失発生後資金調達:流動性と債務再交渉
- ・コンティンジェント・ファイナンス
- ・コンティンジェント・レバレッジ戦略とハイブリッド負債
- ・ヘッジと保険
- ・組織形態とリスクマネジメント:有限責任
- ・事例研究:大災害リスクの証券化

これらの章では、税の非線形効果、倒産に伴う直接費用と機会費用、保険に伴う手数料だけでなくモラルハザードから発生するコストなどと資金調達コストとの比較、経営者の報酬体系と株主も含めたインセンティブが議論される。そして、「リスクマネジメント」とは、リスクの削減乃至は原因

を取り除くことのみを意味するのではなく、リスクに対応する能力の向上を含むことを明示し、その例が各章で示されている。本書がわが国においても、リスクマネジメントの標準的なテキストとして定着し、わが国経済に寄与することを願って止まない。



翻訳にあたっては、監訳者・訳者として森平爽一郎（早稲田大学大学院ファイナンス研究科教授）、米山高生（一橋大学大学院商学研究科教授）、訳者として、柳瀬典由（東京経済大学経営学部准教授）、吉田靖（千葉商科大学大学院教授）、石坂元一（福岡大学商学部准教授）、石井昌宏（上智大学経済学部准教授）、川西泰裕、高岡浩一郎（一橋大学大学院商学研究科准教授）、神楽岡優昌（武蔵大学経済学部教授）、石村直之（一橋大学大学院経済学研究科教授）が担当した。その他にも、第一生命・第一生命経済研究



所寄付講義による研究会を支えて下さった
方々の貢献によるところが大である。

ⁱ 本書の趣旨にしたがって、本稿では経済的な損失のみを対象とする。

参考文献

Neil A. Doherty, Risk Management, Risk Capital and

the Cost of Capital, *Journal of Applied Corporate Finance*, 2005, 17(3), pp.119-123.

Neil A. Doherty and Joan Lamm-Tennant, Lessons from the Financial Crisis on Risk and Capital Management: the Case of Insurance Companies, *Journal of Applied Corporate Finance*, 2009, 21(4), pp. 52-60.

合同研究発表大会 論文募集のご案内

AWRIS2012

Asian Workshop on Real Investment Strategy and Risk Analysis

JAROS2012 研究発表大会

National Conference of Japan Association of Real Options and Strategy

日本リアルオプション学会（会長：大野高裕）は、下記の要領で、2012年度研究発表大会とアジアワークショップを並行して開催いたします。広く学会員および協賛機関の方々による研究発表を募集いたします。研究報告セッションは、日本語でのセッションと英語でのセッションに分かれますので、申込み時に、明示してください。

日時：2012年11月3日（土）、4日（日）

場所：早稲田大学 国際会議場

協賛：

- Asian Association of Management Science and Applications (AAMSA)
- 早稲田大学ファイナンス研究センター
- 日本感性工学会
- 日本オペレーションズ・リサーチ学会
- 日本ファイナンス学会

大会趣旨：

昨年は、大震災を経験し、いま、復興と再生をめざし、胎動しようとしているわが国であります。世界に目をむけると、アジア諸国は、これからの世界を牽引する新しい力をもって、躍動しつつあります。この研究大会・ワークショップは、アジア諸

国とのグローバルな連携をもって、新しい事業、投資、起業の戦略を共に開拓することをねらいとします。

セッション区分：

1. シンポジウム：招待講演およびパネルディスカッション
2. ワークショップ（招待研究報告）：英語による招待報告
3. 一般研究報告セッション

研究発表申込要領：

研究報告は、「一般研究報告」あるいは「査読セッション」のいずれかの区分に申し込むかたちで応募してください。

A) 査読セッション申込要領： 申込期間



2012年4月1日～7月14日

(受付終了)

B) 一般研究報告セッション申込要領：申
込期間 2012年5月1日～9月24日
採否通知：10月10日

予稿原稿の提出：申込み時に、論文要
旨(A4版2ページ)あるいは、フルペ
ーパーを提出していただきます。それぞ
れについて、和文用および英文用のテン
プレートを学会ホームページより、ダウ
ンロードしてください。

大会ウェブページ

<http://www.realopn.jp/jaros2012>を
ご覧ください。

研究報告申込みおよび参加申込みは、大会
ホームページから、お願いいたします。

皆様の振るってのご参加をお待ちしております。

ワークショップ(英語による招待研究報告)

このセッションでは、次のような招待講演
者による研究報告が決まっております。

- “Lessons from the Development on Silicon Valley and ICT Cluster Development in Asia,” Shoichi Yamashita, Professor Emeritus, Hiroshima Univ. / Advisory Professor, Fudan Univ., China
- “A risk of the textile & apparel industry in Asia and International promotion of the fast-fashion business,” Masahiko Samukawa, Toray Corporate Business Research, Inc.
- “Sports Finance Post Moneyball”, Nobuya Takezawa, Rikkyo University
- “Market Risk Management based on Value-at-Risk,” Chunhui Xu, Chiba Institute of Technology, President of Asian Association of Management Science and Applications
- “Public pension, Longevity and Interest rate risk,” Tadashi Uratani, Hosei University
- “Competition and the Bad News Principle in a Real Options Framework,” Katsumasa Nishide, Yokohama National University, and Kyoko Yagi, Akita Prefectural University

日本リアルオプション学会 会員募集中！

2006年7月に設立した当学会は、7年目を迎えました。学会の和文論文誌「リアルオプション研究」は、この8月に、Vol.5, No.2を刊行します。また、2013年には、英文論文誌を創刊いたします

学会には、次の研究部会があり、研究活動をしております：

- 「エンタテインメント・ビジネス」研究部会
- 「非完備市場における価格付けとその応用」研究部会
- 「エネルギー・環境と新ビジネス開拓」研究部会

2012年11月3日(土)、4日(日)には、例年の研究発表大会に合わせて、早稲田大学国際会議場において、Asian Workshop on Real Investment Strategy and Risk Analysisを開催いたします。

本学会ウェブサイト：<http://www.realopn.jp>をご覧ください。



日本リアルオプション学会

評議員および監事

産業界および研究機関

荒川 正治
日本電気（株）

大川 雅也
ヤンマー（株）

垣川 達馬
中電エネルギートレーディング（株）

北原 康富
名古屋商科大学

呉 瑛禄
（株）シーエスデー

小林 孝明
（株）野村総合研究所

種市 健
（株）東京電力

服部 徹
（財）電力中央研究所

門田 伸一
Aon Hewitt Japan

余語 将成
（株）東芝 社会インフラシステム社

教育機関

安達 毅
秋田大学

後藤 允
北海道大学大学院

高嶋 隆太
千葉工業大学

竹澤 直哉
南山大学大学院

中岡 英隆
首都大学東京

宮原 孝夫
名古屋市立大学

茂木 源人
東京大学大学院

八木 恭子
秋田県立大学

山口 浩
駒澤大学

吉田 靖
千葉商科大学大学院

監事

池田 修一
（株）構造計画研究所

中岡 英隆
首都大学東京



日本リアルオプション学会

会長・副会長・理事および各委員会

会長

大野 高裕
早稲田大学理工学術院

合同大会 - JAROS2012 研究発表大会および
AWRIS2012 (Asian Workshop on Real
Investment Strategy and Risk Analysis)

副会長

辻村 元男
同志社大学

服部 徹
(財) 電力中央研究所

実行委員会

実行委員長 川口 有一郎
早稲田大学大学院

プログラム委員長 辻村 元男
同志社大学

理事

会計 吉田 靖
千葉商科大学大学院

研究普及 森平 爽一郎
早稲田大学大学院

研究発表大会 川口 有一郎
早稲田大学大学院

法人・広報 田中 豊久
(株)アーク情報システム

論文誌 後藤 允
北海道大学大学院

国際 大谷 毅
信州大学

機関誌 内 誠一郎
MSCI INC.

庶務 高森 寛
早稲田大学

実行委員

安達 毅 秋田大学

大谷 毅 信州大学

後藤 允 北海道大学大学院

佐藤 公俊 早稲田大学

杉山 明 バームズコーポレーション

高嶋 隆太 千葉工業大学

高森 寛 早稲田大学

田中 豊久 (株)アーク情報システム

竹澤 直哉 南山大学大学院

中岡 英隆 首都大学東京

服部 徹 (財) 電力中央研究所

茂木 源人 東京大学

森平爽一郎 早稲田大学大学院

八木 恭子 秋田県立大学

吉田 靖 千葉商科大学

伊勢 美里 事務局、共立印刷(株)

HP・DB 管理委員会幹事

杉山 明
バームズコーポレーション



学会だより

イベントの協賛

本学会は、その研究テーマ・領域の隣接する諸学会の研究発表大会を協賛し、また、私たちの学会の研究発表大会も、協賛をいただいております。以下、ご紹介いたします。

● 第14回 日本感性工学会大会

開催期間：2012年8月30（木）・31（金）・9月1日（土）

会場：東京電機大学 東京千住キャンパス（東京都足立区千住旭町5番）

大会テーマ：「心に響く価値づくり」

大会ページ：<http://www.facebook.com/events/378141075568037/>

● ACMSA2012: Asian Conference of Management Science and Applications

September 7-10, 2012, Jiuzhaigou-Chengdu, Sichuan, China

Organized by: Asian Association of Management Science and Applications

ウェブサイト：<http://www.aamsa.org/>

編集後記

本誌「リアルオプションと戦略」No. 4は、紙媒体で刊行する予定でありましたが、予算的に厳しい面があり、このような電子版として、ウェブサイトからダウンロードしていただく形を取らせていただきます。著者の皆様からの原稿が寄せられてから、刊行にいたるまで、たいへん、時間がかかりましたことをお詫びいたします。インターネット時代が急速に進展しつつあり、会員の皆様への速報的なニュースや記事等は、やはり、デジタル空間で、お伝えするのが最適であるのかな、と感じつつ、編集作業をいたしました。（内、服部、高森）

日本リアルオプション学会機関誌

リアルオプションと戦略 第4号

2012年8月1日 発行

機関誌編集委員会

内誠一郎、服部徹、高森寛

発行所 日本リアルオプション学会

事務局本部

早稲田大学ファイナンス研究センター

〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-4-1 日本橋一丁目ビル 5F

事務業務担当

〒104-0033 東京都中央区新川 2-22-4 新共立ビル 2F

電話: 03-3551-9893 Fax: 03-3553-2047