

リアルオプションと戦略

2015 April

Vol. 7 No. 1


 日本リアルオプション学会
The Japan Association of Real Options and Strategy
<http://realopn.jp>

巻頭言

リアルオプションと不確実性 [辻村 元男] _____ 1

活動 2014

公開研究会 講演要旨

英国電力市場改革と原子力発電 [下郡 けい] _____ 2

音声認識で未来を拓く [鈴木 清幸] _____ 8

地熱発電開発の不確実性 [窪田 ひろみ] _____ 13

ビッグデータ時代におけるビジネス向け機械学習 [中台 慎二・森永 聡] _____ 17

大会 JAROS 2014

研究発表大会 講演要旨

金融ネットワークのシステミックリスク分析 [西口 健二] _____ 22

ビジネススクール等における、M&A後の事業戦略策定演習の事例 [小川 康] _____ 27

知財経営とシミュレーション [安彦 元] _____ 33

寄稿

オープンデータ時代の幕開けとその意義 [鳥海 重喜] _____ 38

プロジェクトの総合的評価法 (2) [宮原 孝夫] _____ 45

学会ニュース

2014年11月22日-23日

第7巻 第1号

目次

巻頭言 リアルオプションと不確実性	辻村 元男	1
-------------------	-------	---

公開研究会 講演要旨

英国電力市場改革と原子力発電	下郡 けい	2
音声認識で未来を拓く	鈴木 清幸	8
地熱発電開発の不確実性	窪田 ひろみ	13
ビッグデータ時代におけるビジネス向け機械学習	中台 慎二・森永 聡	17

JAROS2014 研究発表大会 講演要旨

〈シンポジウムより〉

金融ネットワークのシステミックリスク分析	西口 健二	22
----------------------	-------	----

〈チュートリアルセッションより〉

ビジネススクール等における、M&A後の事業戦略策定演習の事例	小川 康	27
知財経営とシミュレーション	安彦 元	33

寄稿

〈リアルオプション周辺での新展開〉

オープンデータ時代の幕開けとその意義	鳥海 重喜	38
--------------------	-------	----

〈研究メモ〉

プロジェクトの総合的評価法(2)	宮原 孝夫	45
------------------	-------	----

〈学会ニュース〉

JAROS2015 研究発表大会へのご案内	7
日本リアルオプション学会 会員募集のご案内	16
学会だより	26
論文募集のご案内	
論文誌「リアルオプション研究」論文募集のご案内	32
Call for Paper: International Journal of Real Options and Strategy	44



巻頭言

リアルオプションと不確実性

辻村 元男

同志社大学 商学部

プロジェクトの意思決定プロセス、あるいは政策の立案プロセスにおいて、リアルオプションは実際にはどれぐらい活用されているのであろうか。カナダのデータⁱであるが、「投資の意思決定においてリアルオプションを活用しているか」との質問に対して、「Yes」と答えた企業は、214社中36社（16.8%）でしかなかった。リアルオプションを活用する理由で最も支持されたのは、「リアルオプションが企業の戦略的なビジョンを形成する助けとなる」ということであつた。一方、使われない理由で最も支持されたのは、「リアルオプションの知識が無いことと専門家がないこと」であつた。

知識が無い、専門家がない、といった問題に対して学会としては、公開研究会において、知識の普及や専門家とのコミュニケーションを図っている。先に紹介したカナダのデータで、私が個人的に興味を持ったのは、活用されない理由の一つとして挙げられている、「非現実的な仮定が必要である」こと、また、使われる理由で下位にしか挙げられなかった、「不確実性を取り扱う分析ツールを提供する」である。

理論モデルを開発する際には、現実の世界を抽象化し、そのメカニズムの本質を捉えることに重点を置く。不確実性の取り扱いに関しては、例えば、将来の事業環境の不確実性を表現するのに、多くの場合、正

規分布を仮定する。理論的には理由があり、正規分布が仮定されているが、必ずしも将来の事業環境が、正規分布に従っているとは言えないかもしれない。たとえ正規分布に従っているとしても、正規分布の形状にいくつかの候補があり、一意に分布の形状を決められないかもしれない。さらには、どのような分布が当てはまるのかさえも分からないかもしれない。

このように、実際のビジネスや政策立案においては、不確実性のある特定の形で表現することが困難であるところに、意思決定の難しさがあるのではないかと思われる。こうした背景の下、世界中の研究者によって、不確実性下における意思決定に関する研究が精力的になされており、研究成果の蓄積が進んできている。得られた成果を、ビジネスあるいは政策立案に応用できるようにすることが、現在の私の関心事である。これは、単に個人的な関心事に留まらず、先述したデータにもあるように、不確実性を上手く取り扱える分析ツールを開発できれば、リアルオプションがより広く使用されるようになるのではないかと、期待するところである。

ⁱ Baker, H. K., S. Dutta, and S. Saadi. Management views on real options in capital budgeting, *Journal of Applied Finance*, 21(1), 18-29, 2010.



〈公開研究会 2014年9月11日、講演要旨、於：電力中央研究所 会議室〉

英国電力市場改革と原子力発電

下郡 けい

一般財団法人日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット 研究員

1. はじめに

世界に先駆けて電力市場の自由化に取り組んだ英国では、原子力発電事業が民営化された 1996 年に計画段階にあった加圧水型原子炉(PWR)の新設計画が白紙撤回されてから、EDF Energy の Hinkley Point C 原子力発電所建設計画が政府から計画承認を受ける 2013 年 3 月まで、具体的な原子力発電所の新規建設計画はなかった。

英国は、1989 年に電気法を制定し、1990 年には発電市場の自由化、1999 年には小売市場の自由化が完了している。自由化された電力市場を背景に、英国はエネルギー政策というよりも競争政策の中でエネルギー安全保障や電源構成をとらえてきた。しかし、2000 年代の環境変化を受けて、“競争”から“支援”をとらえようエネルギー政策へと転換する。2013 年 12 月には、原子力発電を含む低炭素電源導入促進へ向けた FIT-CfD を盛り込んだ「エネルギー法」が成立した。

本稿では、原子力発電の推進には政策的な支援が重要な役割を果たしており、経済性にのみ基づいて電源が選択されるような競争的な市場の下では、原子力発電の新設計画は困難に直面する、という仮説をたて、英国においてこれまで原子力発電がどのように位置付けられ、それがどう変わってきたのかを整理・分析し、日本への示唆を検

討する。

2. 1990 年代の電力市場改革と 2000 年代の環境変化

英国では 1950 年代に原子力発電が導入されて以降、電源構成に占める割合は 20% 程度で一定しており、基幹電源としての役割を果たしてきた。英国にはウラン濃縮プラントや重水濃縮プラントもなかったことから、黒鉛減速炭酸ガス冷却型原子炉(GCR)の開発が行われ、2015 年現在、国内には 1 基の GCR、14 基の AGR、1 基の PWR が稼働中であり、旧式の GCR はほぼ閉鎖して廃止措置に移行しつつある。

英国では、1995 年 9 月に運転を開始した Sizewell B 原子力発電所以降、現在に至るまで英国では新しい原子力発電所の建設が行われていない。1996 年の British Energy(原子力発電事業者)設立と同時に建設計画はすべて白紙撤回された。しかし、既設の原子力発電所のほとんどが 2023 年までに稼働を停止する予定であることから、原子力発電所の新規建設が急務となっている。なぜ British Energy は建設計画を撤回したのだろうか。

まず一般的に、原子力発電投資の課題として、長期間・安定的に電気を売ることが必要となることが挙げられる。初期の建設コストが他電源と比べて非常に大きい原子力発電は、その分減価償却期間も長い。こ



の経済的リスクが原子力発電への大きな投資リスクとなる。また、世論や政治的な圧力、政府による政策の方針転換といった政治的(政策変更)リスク、稼働率の低下や安全性向上のための追加投資といった技術的リスクⁱⁱも挙げられる。

英国では、1990年の発電市場自由化によって「強制プール制度」が導入された。このプール市場取引及び資本費充当支払という市場設計を背景に、原子力発電事業者は小売事業者と長期契約を締結していたため、原子力発電所は確実に資本回収が可能となっていた。しかし、1999年の小売市場全面自由化を前に、小売事業者が長期契約の締結を控える傾向に出たことから、安定的な収益確保の見通しが不透明になり、原子力発電の投資リスクが高まることとなった。また、2001年3月から導入された、より競争的な市場制度である「新電力取引制度(NETA)」の下で、長期契約から市場取引への依存度が高まったため、原子力発電事業者は収益の見通しが不確実になった。さらに、自由化にともない電力会社の格付け引き下げⁱⁱⁱも行われており、これが事業者の資金調達コストを増大させ、新設への投資判断をより困難にしたと考えられる。

これらの理由から British Energy は新設計画を撤回し、それ以降、英国では原子力発電所の新設の可能性や必要性が長く指摘されなくなった。しかし、電力市場の競争活性化により原子力発電投資への逆風が強まった一方で、同時に英国を取り巻く外部環境の変化も進行していたのである。

2000年代の環境の変化として、①積極的な脱炭素目標の策定、②北海油田・ガス田の生産量減少傾向、③電力の安定供給への

不安、という3つが挙げられる。①について、英国政府は2000年に気候変動プログラムで2010年までにCO₂排出量を1990年比20%削減という目標を掲げて以降、2008年には気候変動法を策定し、2050年までに温室効果ガス排出量を1990年比80%削減という目標(法的拘束力あり)を設定した。②について、2000年以降北海油田・ガス田の生産量は一貫した減少傾向を示すようになり、英国のエネルギー自給率が大きく低下することとなる。さらに、2003年末以降の世界的な原油価格高騰により、英国のガス・電力価格は上昇することとなり、安定し且つ適正な価格でのエネルギー供給に対する要請が高まった。③について、今後2020年までにEUの環境規制(NO_x, SO_x規制)に基づく火力発電所の閉鎖や2023年までに Sizewell B を除くすべての原子力発電所の閉鎖が予定されていることから、英国の既設発電所の約20%が閉鎖されることになる。大幅に供給力が低下する一方で、2050年までには輸送部門や熱需要の電化等によって電力需要が1.3~2倍に拡大すると政府は見込んでおり、拡大する需要を満たすには、発電所の新設が不可避という状況になった。

このような環境の変化を受けて、政府の原子力政策に対する態度が変化する。

英国政府は2008年「原子力白書」を公表し、「英国が直面する気候変動問題への対処とエネルギー安全保障の確保という2つの大きな課題に取り組むには、エネルギー企業に対し新規原子力発電所への投資という選択肢を示すことは公共の利益である。」と結論付けた。そのため、政府は、気候変動対策とエネルギー安全保障の確保という長期的な目標を掲げ、2018年頃の新設原子力



発電所の運転開始を目指すことを明記。事業者と協力して高い安全設計基準を設定し、事業者が参加しやすい枠組みを構築、2013年から2014年頃の着工を目指す、とした。

このように、2000年代の環境の変化を受けて英国政府は原子力政策を大きく転換し、原子力発電の新規導入が積極的に検討されるようになった。しかし、原子力発電の経済性を改善させたとする EU-ETS(欧州連合域内排出量取引制度)の炭素価格は、大幅に下落し低い価格で推移している(一時は30ユーロ/CO₂-ton 近くの値をつけたものの現在は7ユーロ/CO₂-ton 近くまで落ち込んでいる)。2011年6月の「国家政策声明」では、前述の脱炭素目標の達成、エネルギー安全保障の確保、供給の多様化を早期達成するには、原子力発電所の新設を2025年までに行わねばならない、と政府は指摘したものの、民間企業が積極的に原子力発電への投資を判断するかどうか難しい状況にあることはいうまでもなかった。その打開策として提案されたのが、原子力発電への固定価格買取制度適用を含む、新たな電力市場改革である。

3. 新たな電力市場改革—低炭素電源への投資リスクを減らす

2013年12月、「エネルギー法」が発効した。この法律は2012年5月22日に公表されて議会へ提出されたもので、現行の電力取引制度の枠組みを維持しながら、発電市場に再生可能エネルギー電源や原子力発電といった低炭素電源の導入を促進するという政府の明確なシグナルが示されている。

同法では、電力市場改革の目的として、再生可能、原子力、石炭(CCS)、ガスと多様な

エネルギー源を利用して電力の安定供給を確保すること、再生可能エネルギー導入目標と温室効果ガス排出削減目標達成のため、低炭素技術への十分な投資を確保すること、適正な電力価格を維持しつつ、必要な投資をもたらすことが挙げられている。今回の電力市場改革の主な施策は、差額精算方式を用いた低炭素発電電力の固定価格買取制度(FIT-CfD: Feed-in Tariff with Contracts for Difference)、発電容量市場の創設、炭素の下限価格の設定、火力発電所へのCO₂排出基準値の設定、が挙げられる。

施策の中でも注目されるのが、FIT-CfDである。風力発電や太陽光発電といった再生可能エネルギー導入促進のため、固定価格買取制度を設ける国は多いが、その適用対象に原子力発電を含めるのは、英国が初めてである。この制度の目的は、低炭素電源への投資を呼び込むことであり、その際に、発電事業者が電力価格の変動に長期的に晒されることを防ぎ、投資リスクを減らし、消費者への負荷を最小にすることを目指している。制度の仕組みについて、図を以下に示す。

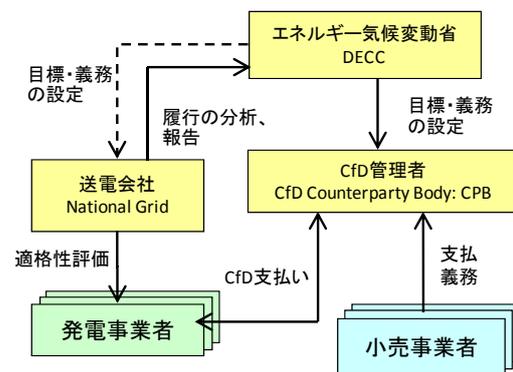


図1 FIT-CfDの仕組み①^{iv}

発電事業者は、政府所有の有限会社である CfD 管理者(CPB)との間で CfD 契約を締



結し、電力の指標価格(reference price)と投資回収に必要な長期的な基準価格(strike price)の差額につき契約量・発電量に応じて、指標価格が基準価格より低い場合は支払いを受け、指標価格が基準価格より高い場合は発電事業者から支払いをするという仕組みである。CfD 支払いに充てられる資金については、Supplier Obligation として英国のすべての小売事業者から販売シェアに応じて徴収される^vことになる。

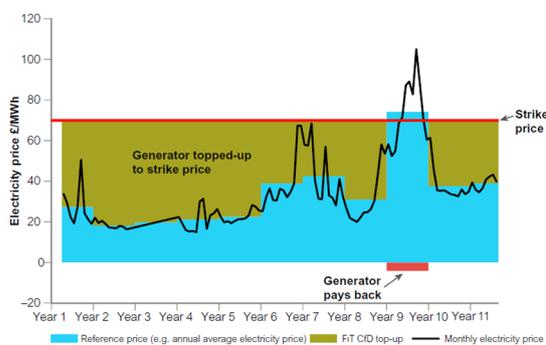


図2 FIT-CfDの仕組み②(ベースロード)^{vi}

FIT-CfDが機能するかについては、2つの大きなハードルがあった。1つは、英国政府と原子力発電事業者である EDF Energy 間の基準価格をめぐる交渉が着地点を見出すことができるかであり、もう1つは FIT-CfD という制度が欧州委員会の承認を得ることができるかであった。

まず、基準価格は、原子力発電事業者が投資判断のために必要な将来の収益を見通すにあたり、非常に大きなポイントなところだ。基準価格は、各技術の建設・運転コストや投資家が直面するリスクを反映して、はじめは政府が決定する。原子力発電の基準価格は、プロジェクトごとに決定されることとなっており、新設計画が最も進んでいる EDF Energy の Hinkley Point C 計画

に関する基準価格の交渉が 2013 年より開始された。当初政府側と事業者側双方の主張の隔たりは大きかったが、2013 年 10 月、両者は合意に達する。基準価格に関する合意内容^{vii}は、EDF Energy の Sizewell C 計画の最終投資決定が得られた場合は 89.5 ポンド/MWh、得られなかった場合は 92.5 ポンド/MWh とされ、契約は発電開始日から 35 年間とされた。参考までに、2015 年 1 月現在の卸売価格はおよそ 40 ポンド/MWh となっている。この合意を受け、EDF Energy は、最初の原子炉を 2023 年までに運転開始し、建設コストは 160 億ポンドと見積もられていると発表された。なお、Hinkley Point C 計画の最終投資決定は、2015 年第 1 四半期頃と見込まれている。

原子力発電所の新規建設費は、昨今の米国や欧州の例をみると増加する傾向にある。米国で建設が進められている Vogtle 原子力発電所の建設費は 2 基(AP1000)で 140 億ドル(約 87 億ポンド)、V.C. Summer 原子力発電所は 2 基(AP1000)で 98 億ドル(約 68 億ポンド)、フィンランドの Olkiluoto 原子力発電所 3 号機は 1 基(EPR)で 85 億ユーロ(約 72 億ポンド)となっており、特に Olkiluoto 原子力発電所の建設費は度重なる計画の遅延に見舞われ、建設コストが当初の予算を大幅に超えている。EDF Energy にとって、今回の基準価格に関する政府との合意は十分満足いくものと考えられるが、今後の実際の制度運用や、建設作業の進捗動向が大きく影響を及ぼすと考えられる。

さらに、この FIT-CfD は、欧州連合(EU)の国家補助規則に抵触する可能性がある指摘され、欧州委員会(EC)がどのような判断を下すのかが注目されていた。EU は基本



原則として、「競争を歪める」行為をEU機能条約(101条, 102条)で禁止しており, 同条約には国家補助に関する規定(106条, 107条)も存在する。欧州委員会競争総局は, 英国政府から提出された新規の国家補助である FIT-CfD について, その内容を審査し, 条約上禁止される国家補助に該当するのか, 該当するとしても例外として認められるか否かを判断することになった。EC は 2013年 12月から審査を開始し, 2014年 1月に意見書(Opening Decision)を公表, 同意見書に対する利害関係者のコメント募集を 2014年 3月から開始した。英国政府や他利害関係者からコメントを受領し, 最終的な委員会決定(Commission Decision)が 2014年 10月に発表された。これは, 英国政府による FIT-CfD(当初案を一部修正, 基準価格の価格や契約期間に変更なし)は EC による国家補助規則に合致するというもので, FIT-CfD が EC の審査をクリアしたことを意味する。これにより, 原子力発電事業者にとって新規建設の投資判断を大きく左右する, 長期間にわたる安定的な収益が確保されることになったのである。

4. おわりに

元来国産資源が豊富な英国ではエネルギー安全保障上の懸念が生じにくく, 適切な競争市場の下では十分にエネルギー安全保障が確保されるという考えが主流になり, 原子力発電も事業が民営化され, 競争市場の中に取り込まれた。しかし, 競争市場の中で, 原子力発電は初期投資が大きく, 長期的且つ安定的な収益を必要とするという特性から魅力的な投資先として選択されず, 新設が行われることがなかった。

では, 原子力発電はなぜ現在の英国で改

めて選択されているのか。先にも触れたとおり, 野心的な脱炭素目標達成へ向けた取り組みの必要性, 国産資源の減少に伴うエネルギー安全保障確保への懸念への対処, 安定供給の確保へ向けた取り組みの必要性が背景にある。これら 3つの観点から, 英国は, 原子力発電を含めた低炭素電源の導入促進へ向けて, 投資リスクを軽減するため FIT-CfD という政策的な支援を行うことを決定したのである。FIT-CfD が機能すれば, 原子力発電所新設における投資リスクに含まれる経済的リスク, 政策変更リスクを低下させることにつながる可能性が高く, 英国において原子力発電の新設が積極的に進むことになるだろう。以上より, 「原子力発電の推進には政策的な支援が重要な役割を果たしており, 経済性にのみ基づいて電源が選択されるような競争的な市場の下では, 原子力発電の新設計画は困難に直面する。」ということは, 明白であるといえよう。

では日本は, 英国のこれまでの電力市場改革, そして現在の電力市場改革と原子力発電の状況から何を学ぶべきか。電力市場の自由化に向けて取り組みを進めている日本での原子力発電を検討する際, 第一に, 小売市場の自由化による需要家の離脱リスクが挙げられる。長期的に安定した収益を必要とする原子力発電にとって, 長期契約による収益の確保は非常に重要である。小売市場の自由化にともない, 小売事業者の顧客が不安定になることで小売事業者との長期契約が結びにくくなることは, 将来の収益見通しが立ちにくくなることになり, 新設への投資判断が困難になることにつながる。これは, British Energy が 1996年に新設計画を白紙撤回した背景である。日本で



は、現在小売市場の全面自由化の議論がなされているが、その場合に、需要家の離脱リスクが原子力発電への新たな投資にあたりまず直面する課題となる。

第二に、気候変動対策、エネルギー安全保障の確保の観点が挙げられる。2000年以降英国で原子力発電が再評価されるようになったのは、気候変動対策やエネルギー安全保障といった競争的な市場とは異なる文脈の中で原子力発電の果たしうる役割があると判断されたからである。日本は資源小国であり、エネルギー自給率を高めるため準国産エネルギーとしてこれまで原子力発電の導入、拡大を進めてきた。将来の電源ミックスを考える際に、発電コストの議論に加えて、日本が原子力発電を導入した際の当初の目的であるエネルギー安全保障や、気候変動対策の一環としての原子力発電の役割についても、議論をする必要があるだろう。

日本における原子力発電の将来をめぐる議論は難しい局面にある。FIT-CfD といった

諸外国の取り組みについてその動向を注視し、日本ではどのような制度が適切なのかな等を冷静に議論することが求められる。

ⁱⁱ 矢島正之；電気事業の規制緩和と原子力発電，電力中央研究所報告，Y96013，（1997）。

ⁱⁱⁱ 海外電力調査会；NETA 導入後の状況を受け格付会社は原子力発電に厳しい評価，海外電力，4月号，（2002）。

^{iv} Department of Energy and Climate Change; Annex A Feed-in Tariff with Contracts for Difference: Operational Framework, (2012).

^v Department of Energy and Climate Change; CfD Supplier Obligation Policy update and response to the call for evidence, (2013).

^{vi} Department of Energy and Climate Change; Planning our electric future: a White Paper for secure, affordable and low-carbon electricity, (2011).

^{vii} EDF Energy; <http://newsroom.edfenergy.com/Carousel/Agreement-reached-on-commercial-terms-for-the-planned-Hinkley-Point-C-nuclear-station-b7.aspx>

Department of Energy and Climate Change; <https://www.gov.uk/government/news/initial-agreement-reached-on-new-nuclear-power-station-at-hinkley>.

JAROS2015 研究発表大会へのご案内

National Conference of Japan Association of Real Options and Strategy

下記の要領で 2015 年度研究発表大会を開催します。

（ご案内の詳細は、学会ホームページをご覧ください：<http://www.realopn.jp/>）

日時：2015 年 10 月 24 日、25 日（土日開催）

場所：国際大学 新潟県南魚沼市国際町 777 番地

セッションの種類:

1. 一般研究報告セッション
2. 査読セッション

このセッションに採択された論文は、論文誌「リアルオプション研究」または、“International Journal of Real Options and Strategy”に掲載されます。

3. シンポジウム 10月24日（土）午後
地域の活性化と発展の戦略に関連しての研究者、識者を、講演者として招きます。
4. その他、チュートリアル・セッション、懇親会等



〈公開研究会 2014年9月29日: 講演要旨 於: 野村総合研究所 会議室〉

音声認識で未来を拓く

鈴木 清幸

アドバンスト・メディア 代表取締役会長兼社長

1. はじめに

私が率いるアドバンスト・メディア社(以下、アドバンスト社)の17年間の取組について、また、その将来性について、お話しさせていただく。私は、イノベーションに基づいた新産業を創ることを16年やってきた。12月で17年目に入る。

2. 実用例の紹介

(1) スマートフォンに内蔵されるアミボイス (AmiVoice)

木村拓哉がCM出演して話題になったホームオートメーション『i TamaHome』の例である。家庭にある電気、オーディオ、シャッターなどの各リモコンの赤外線信号パターンを学習して、それをスマホで音声操作する。

(2) ワールドビジネスサテライトでのアドバンスト社の音声認識技術の紹介

東邦薬品が音声認識を使って薬品の検索をしているところを紹介している。アミボイスだと97-98%の認識率である。アミボイスの導入により、品質を担保して、かつ、人を減らすことができる。

音声認識市場は、日本は100億円、アメリカは3,000億円です。しかし日本もこれから普及していく。

3. 技術の差別化ポイント

当社の革新的な技術を紹介させていただ

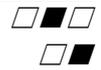
く。1997年(創業前)は、わたしは人工知能を研究をしていた。広中平祐博士の弟子たちが創った人工知能の専門会社で12年間、CTOとしてビジネス化に従事し、それから音声認識の世界に入った。音声認識に人工知能の要素を入れたことがポイント(意味処理の導入)である。

(1) 航空券の予約のウェブアプリケーションの例

音声ブラウザを使うとアミボイスボタンが自動付加され、指入力に加え、声でも出来るようになる。複数の入力単語を文章風のしゃべりで一挙に入力可能であり、意味処理機能により単語の順序を変えてしゃべっても正しく入力できる。また、「日本航空」と「JAL」のように異音同義の処理もできる。グーグルも音声認識を出しているが連続単語認識であり、文章を正しく認識することは難しく(単語の羅列になってしまう)、アミボイスの方がはるかに優れている。

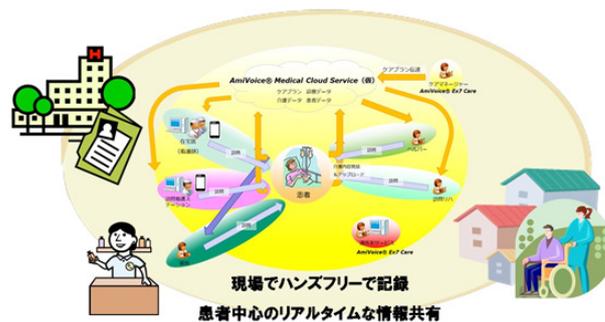
(2) 電子カルテの例

医者が記録を取る時に使う。医者は患者とコミュニケーションを取りながら、カルテを書く。しかしキーボード入力だと、目と手が患者から離れてしまう。これが円滑なコミュニケーションを阻害し、相互不信の原因ともなり得る。しかし、アミボイスを使えば、ハンズフリーで顔を



見ながら記録を取れる。
 この例では、2単語のペアでしゃべる。
 例えば、「形状」→「不定形」。最初の単語で入力位置決めをして（「形状」の認識によりカーソルがその入力位置に移動）、2単語目で、そこに記録すべき言葉を入力する（「不定形」の認識によりその言葉が入力される）。これまで音声認識では方言は認識しにくかったが、アミボイスな

らばイントネーション、アクセント、発話スピードなどのばらつきをうまく処理し方言も認識できる。また、意味処理をするので、「入力終了」という音声は記録されず、コマンドとして処理される。
 イントネーション、アクセント、スピードにおけるバリエーションをアミボイスほどうまく処理できる音声認識は他にはない。



音声インターフェイスをクラウドサービスで!



図 1 つぎつぎにおこるインターネットサービス

4. 開拓した市場

これまでの16年で、医療、議事録、コールセンター分野でのアミボイスの事業化を進めて来た。ここにクラウド事業を加え、ビジネス分野での大成長、即ち、アミボイスの普及を目指している。

- (1) 病院には 4,800 病院に入っている。読影（どくえい：検査で撮影された画像を観察し所見を読みとり診断を下すこと）の専門医は国内 5,500 人しかいない。300 床以上の対象病院 1,600 病院の

うち、1,000 病院に導入済みです。キーボードだと 1 日 100 件の読影に約 3 時間の残業が必要でしたが、いまでは、これまでの倍の所見入力勤務時間内にできるようになりました。

- (2) 議事録は 47 都道府県の内、25 に入っています。アドバンスト社ソフトで文字化して、それを人間がチェック・修正をしています。

医療はオンリーワン、一方、議事録はナンバーワンの世界です。議事録は NEC と競



合していましたが、NECは11年前に、一度撤退し、アドバンスト社ソフトを研究し、1年後に再参入しました。10年競合してシェアはわが社が80%強です。民間では、JAXA、東証などが利用している。

(3) コールセンターでは人が集まって、オペレーターとして活動している。アドバンスト社のソフトにより、オペレーターおよび監視するスーパーバイザーが人間を超えたスーパーマン化する。それにより対応品質を向上させ、かつ、人件費も減らすことができる。

スーパーバイザーの画面上には、オペレーターの会話の記録が文字として表示されるばかりでなく、NGワードやNG表現に色をつけ教えてくれるので、正に、リアルタイムモニタリングができる。また、オペレーターの画面上には、顧客の問い合わせに対応した自身の喋りの中のキーワードに反応して、必要な情報やデータ等が表示され、スムーズで顧客満足度の高い対応ができる。コールセンターは通話録音されている所が多い。普通、録音の中身は見えない。しかし、アドバンスト社のソフトを使えば、会話が文字化され検索が可能になる。見えないものに対して、喋って該当箇所を見つけることができる。現在、導入企業は80社を超えている。

(4) これからは多様なサービスコンテンツが多数生み出され、ICTを通じて人々に提供される時代である。サービスの質は人とコンピュータとのコミュニケーションのレベルに依存する。そのレベルを最大化できるものが音声インタフェースであり、アドバンスト社はそれ

をAmiVoice Cloudや音声ブラウザとして提供している。

AmiVoice Cloudは各社が提供するサービスのインタフェースとして利用するものである。そのためにはモバイルツールキットというソフトにより連携させる。また、音声ブラウザは各社が提供するWebサービスに音声入力機能を簡単に付加できる汎用ブラウザである。

ナビタイムではスマホをカーナビとして使えるようにしたい要請があった。そのためには指ではなく声で操作する必要があった。BGMが流れていても認識できるレベルが条件であり、アドバンスト社が、それをクリアし採用され、技術力の高さが証明された。

他にも、サントリーの営業支援や、第一三協製薬のMR支援などでAmiVoice Cloudが使われている。

5. サービスの時代

(1) クラウド型文字起こしサービス VoXT (Voice teXTing: ボクスト)で「声で書く」時代が始まる。従来、1時間ものの講演の文字起こしにプロで6-8時間かかった。それがボクスト (VoXT) を使えば2-6時間で終わる。ボクストの認識率が80%以上であれば、文字起こしは容易であり、2-4時間で終わる。もっと精度が落ちる場合は、音声認識ではなく、リスピークした方がよいであろう。すなわち、明瞭にしゃべり直した声を音声認識して、「声で書く」ということである。そうすれば4-6時間で済む。リスピークでもプロよりも早く済むので、ビジネスになる。



(2) IOT (Internet of Things) の時代により色々な「モノ」が Internet に繋がり、情報も含めそれらを「声で動かす」時代が始まる。例えば、M2M (マシントゥーマシン) により大量のデータが集まる。これをビッグデータにするためには、意味のある加工を行い、分析する必要がある。大事なものは、M2M によりデータは自動的に溜まるが、それを分析するには、何らかの評価が必要である。評価は人間がやらないといけない。これは H2M (ヒューマントゥーマシーン) であり「声で動かす」世界である。

6. これからの飛躍のために

(1) 2003 年から、世界で初めて音声認識だけで黒字化した企業として脚光を浴びた。ここで株式上場し、時価総額が 1,500 億円にもなった。

しかし、これまでのユーザーは新しい技術の採用に積極的なアーリーアダプターという少数集団であった。売り物を変えて、より大きなマジョリティ集団を獲得しなければ売上は落ちてしまう。売り物を変え、アーリーマジョリティ集団を獲得する企業活動を経て、成長軌道に乗り始めた。これまではソリューションとパッケージ販売の一過性の事業であったが、いよいよストック型のサービスビジネスを入れた。昨年は 20% がストック型サービスでの収入であったが、今年はずっと高くなる。

(2) 大阪にビジネス開発センターを設置して飛躍の準備が整いつつある。買収や事業会社の設置を目指す。従業員は 110 名で、去年の 9 月 30 日に HEMS の世界で存在感のあるグラモを買収した。6 年

前に多言語対応構造開発の成果を確かめるべく、コールセンター向け音声認識ソリューションでのビジネス開拓を目指し、タイに拠点を設置した。5 年かかったが、昨年は黒字化を達成しました。今年是中国進出に向けて香港に会社を設立し、台湾企業と組んで台湾、中国本土へ入りつつある。

7. 経営哲学について

ポジティブスパイラルを描きながら、社会的価値を向上させていく。

当初は、世界最高技術のアミボイスで市場を作ろうとしました。しかしこれは必要条件にすぎない。もっと重要なのは、アミボイスならではの商品やサービスを作ることである。しかしこれでも市場はできなかった。更にもう 1 つ必要なのが音声認識に対する世間の認知と受容という外的要因である。2009 年には音声検索でグーグルが、2011 年にはスティーブ・ジョブスが Siri を世界展開し、世間の認知と受容を勝ち得てくれた。

顧客の獲得が企業の目的であり、パートナーの獲得により顧客獲得、即ち、事業を飛躍させることができる。そのためには内的要因である人の成長が不可欠である。個々人の能力アップが必要である。事業は、多様性を有する故に二兎三兎を追わないといけない。例えば、目先の利益と相反する将来の利益のための投資を同時にしないといけない。このバランスを見極めることがとても重要である。1 人で二兎を追うのは難しいが、複数の人間であればできる。従って、組織が重要である。

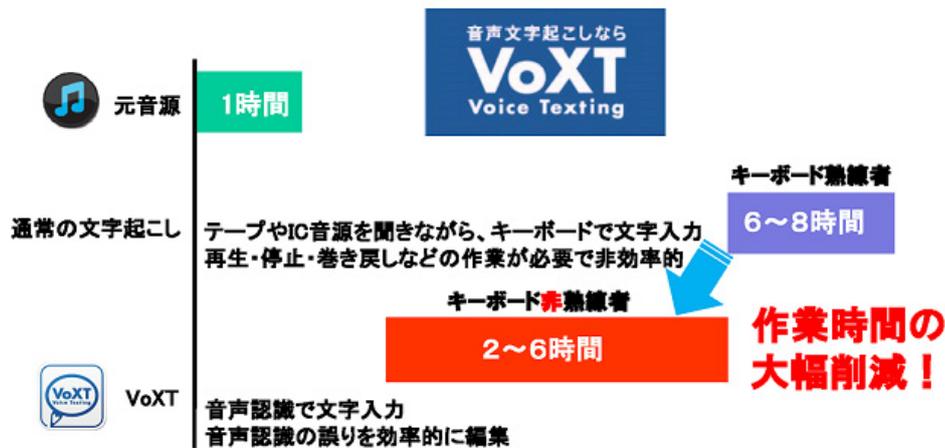


図2 声で各時代

8. 音声認識による雇用の創生

雇用を生み出す： いまや、ペンで紙に書く時代から、コンピュータを経て、いよいよ、『声で書く』時代になりつつある。従前より存在するテープ起しで代表される議事録市場と新たに起こるクラウド市場の融合で、ミニッツ市場ができる。音声認識の精度アップで、人のチェック料金を差引いても利益が出ます。バーチャルで出来るので場所や時間の制約を超えることができる。

「いつでも」「どこでも」「だれでも」ができるということ。： 少数の熟練者が多数の人とコンピュータに代っていくということである（少数の雇用から多数の雇用へ、ワークシェアやテレワークという雇用の内容の変化を伴って）。従来の議事録市場に加え、声で書く市場ができる。これをミニッツ市場といい、10年後は220億円と予想する（今は80億円）。

9. ボクスター事業者の創発モデル

ボクスターとは VoXT サービスを利用し声で稼ぐ人々のことをいう。ボクスターが作る市場がミニッツ市場である。講演、会議、議会、などでの諸々の録音ファイルを、VoXTのWebサイトにアップロードして、(a) 字起こしを自身で行う（セルフ）か、(b) データ編集センター（VDEC）に委託する（フル）、を選んでもらう。セルフでは自身がボクスターになり、フルでは他のボクスターに委託することになる。

ボクスター事業者はボクスターを養成しプロよりも同品質のものを「安価に」「早く」できることで、テープ起こし業者との競争に勝ち、事業拡大ができる。地方から地方へ、議事録からそれ以外へと、仕事が広がっていく。今は自治体、官公庁、弁護士事務所などはプロのテープ起こし業者に頼んでおり、この市場規模は80億円である。これに、潜在需要を掘り起こすことで、10年後に220億円程度となることが見込まれる。



<公開研究会 2014年10月2日: 講演要旨、於: 野村総合研究所 会議室>

地熱発電開発の不確実性

窪田 ひろみ

一般財団法人 電力中央研究所

1. はじめに

地熱発電は、設備利用率が高く(約80%)、ベース電源としての役割を担う。地熱発電用タービンの世界シェアは約70%と、国内企業の技術力は高い。また、発電だけでなく熱水のカスケード利用(農水産業, 暖房, 融雪, 乾燥等)による省エネ・地元産業活性化・観光資源としての貢献, 非常用電源としての有効活用等が期待されている。

しかしながら、現状では、地熱発電の設備容量は約52万kW, 電源構成に占める割合は僅か約0.3%である。地熱資源の約8割が国立・国定公園内に存在するとされ、自然環境保護の観点や、建設コストが高い等の理由から開発困難な地域も多い。地熱発電の固定価格買取制度(FIT)認定設備容量は14,725kW(2014.10時点)であり、太陽光や風力に比べて極めて少ない状況にある。

そこで本稿では、再生可能エネルギーの中でも質の高い電気を供給できる地熱発電について、開発に伴う様々なリスク(不確実性)とその対策の現状と課題を紹介する。

2. 大規模地熱開発に伴うリスク

大規模地熱発電(7,500kW~5万kW程度)は、深度が深く口径の大きい地熱井を掘削し、地下の蒸気を用いる。開発のリードタイムが十数年と長い。近年、国による経済的支援や規制緩和により、開発障壁は改善されつつある。ただし、温泉事業者や自然保護団体、自治体等との調整が進まない地点が複数存在する(図1)。

開発プロセス上の事業リスクを図2に示す。主な開発リスクは掘削の失敗リスクである。大規模の場合、生産井と還元井が複数必要であり、運開後も蒸気が減衰するリスクがあるため、追加井が必要となる。運

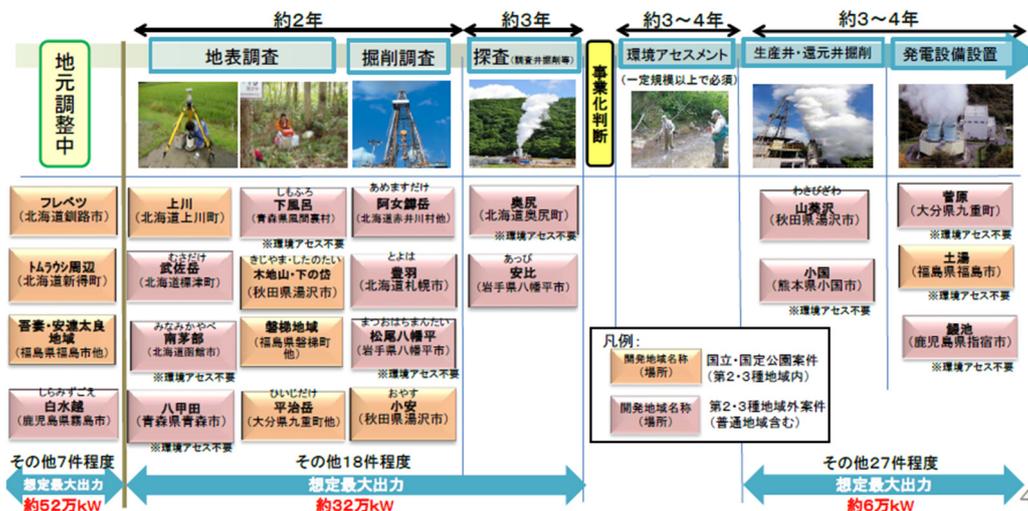
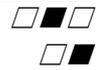


図1. 地熱開発の現状[1]



転段階においては、既に複数の井戸を掘削して地下構造が解明されてくるので失敗リスクはある程度低くなる。しかしながら、地下構造は場所によって異なるため、実際に掘削してみないと正確な蒸気量や熱水還元可能量は予測困難である。

次に、様々な法制度の手続きに伴う遅延リスクがある。例えば、地熱井の掘削許可は温泉法に従うため、温泉審議会を経て都道府県知事の許認可が必要となる。また、国や自治体の補助金制度、および数々の法令（電気事業法、環境影響評価法、自然公園法、森林法など）が関わるため、様々な窓口への申請・承認手続きに多大な時間を要する。

更に、既述の通り地元調整に伴う遅延リスクも大きい要因である。調整期間の予測が困難なためリードタイムを左右しうる。

以上のような様々なリスクが、全て事業性に繋がり、事業コストの増加要因となっている。なお、地熱発電の初期コストの大半を占める掘削費用および発電設備費用は、海外よりも高いことが報告されている[3]。

3. 中小規模地熱発電開発に伴うリスク

一方、中小規模地熱発電（数十～数千kW程度）では、深度が浅く口径の小さい温泉井を用い、蒸気発電や温泉を用いて熱交換するバイナリー発電を行う。バイナリー発電の場合、余剰の温泉や蒸気、浴用としては高温すぎる温泉を発電に用いることが多い。温泉事業者が発電事業者になればFIT収益を享受できるため、全国的に増加中である。ただし、先行研究では、その主な普及障壁は温泉・立地条件にあり、事業性が高い地域が少ないことが示唆されている[4]。

既存の温泉井をそのまま用いる場合は新たな掘削を伴わないが、新規掘削による開発の場合、あるいは還元井が必要となった場合、大規模と同様に掘削の失敗リスクは存在する。また、将来的には減衰や老朽化に伴い新たな掘削の可能性もある。その場合、条例によっては周辺温泉事業者の同意が必要な地域や、温泉保護のため新規掘削が認可されない地域もある。一般的に温泉井は深度が浅く、地熱井よりも簡易な削井方法であるが、発電事業を維持するにはケーシングが十分でない例がみられ、坑壁の崩壊等を防ぐために地熱井と同レベルの措

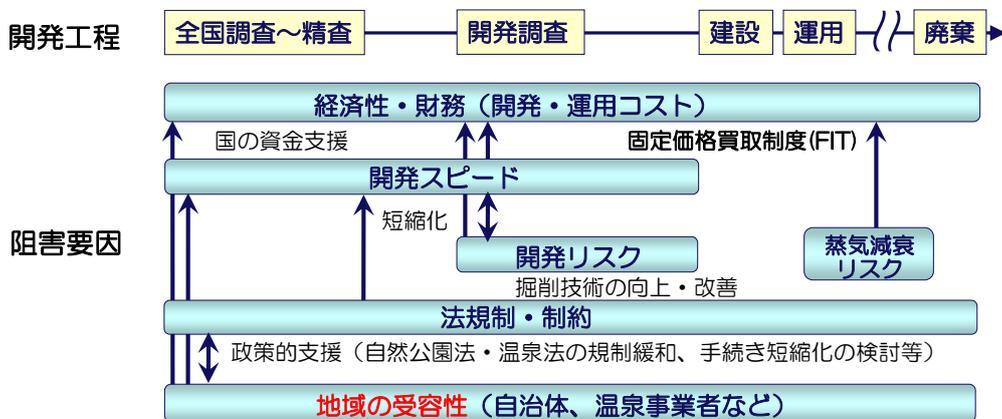


図2. 大規模地熱発電の開発プロセスにおける様々なリスク[2]



置が必要な可能性もある。加えて、温泉や冷却水（地下水）の泉質によってはスケールが多い地域もあり、温泉井だけでなく熱交換器や配管等の設備維持・管理に想定外の手間や費用がかかる例が複数みられる[4,5]。先行開発事例では、これら技術的課題が、運開の遅延や発電効率の低下を招き、事業コストの増加やFIT収益の低下要因となっている地点もある。中小規模の場合、大規模に比べて採算効率が悪いいため、トラブル等による運転停止期間やFIT期間終了後の維持・管理費等、予め様々なケースを想定して事業性を判断する必要がある。

4. リスク対策オプション

リスクマネジメントの分類としては、「回避」「最適化」「移転」「保有」の4種類ある。主なリスク対象は、地熱発電事業、周辺の温泉事業、自然環境影響等である。

まず、地熱発電事業における掘削の失敗リスク対策については、近年、国による地熱資源開発補助金等の支援措置（平成26年度は約200億円）を適用することが可能と

可能となってきた。また、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）による債務保証制度等により[6]、銀行からの資金調達条件に合った地点では開発期間中のリスクも低減されつつある（表1）。その他、落雷リスクなど発電機本体の故障についてはメーカーの保険制度がある。小規模の場合、設置する発電機を1機ではなく設備容量の小さい発電機を複数設置し、1機が万一のトラブルで運転停止した場合にも他の発電機が発電し、継続的なFIT収益が得られるようにリスク分散している地点もある。

中小規模では事業性を向上させるため、発電後の熱水をカスケード利用した農業ハウス等の取り組みも見られる。例えば、大分ベンチャーキャピタルの投資ファンド事業第1号である湯布院フォレストエナジー社では、キクラゲ栽培[7]、国書刊行会グループのセイユウでは、北海道摩周湖温泉にてホウレンソウ栽培[8]を行っている。これら多目的利用による複数事業を実施する際は、その市場の継続性や維持・管理など、長期的な事業性を十分鑑みた事業形態の選択が重要である。

次に、周辺の温泉事業への悪影響を回避あるいは低減する方策として、既設の大規模地熱発電所では予め周辺の温泉モニタリング（温度、成分、湧出量等）により影響を予測・評価している。もしもモニタリング指標に有意な変化が見られた場合には、温泉に影響を及ぼす交絡因子（降雨、地震、周辺の土木工事等）を排除する。その上で、発電との因果関係がある場合には何らかの技術的対策を講じることとなる。一部の温泉事業者等は、万一、地熱発電が原因で温泉に影響があった場合、元の状態に回復で

表1. 連帯保証人を立てない場合の地熱発電に対するJOGMECの債務保証料率表[6]

評価項目	評価基準	増減料率
1. 基準料率		0.4
2. 事業リスク 1) 内部収益率	$8 \leq \text{IRR}$	▲0.2
	$6 \leq \text{IRR} < 8$	0
	$\text{IRR} < 6$	0.2
2) Pay Back Period	期間 < 10年	▲0.1
	$10 \text{年} \leq \text{期間} < 15 \text{年}$	0
	$15 \text{年} \leq \text{期間}$	0.1
3) 債務保証額	50億円以下	0
	50億円超	0.1
事業リスク計*	1) + 2) + 3)	
機構採用料率	1. + 2.	

* 事業リスクの合計値がマイナスの場合でもゼロとする
注記: 連帯保証人を立てる場合は年0.4%

なり、コスト面でのリスク回避がある程度



きないのではないかという懸念が大きい[2]。これに対して、協定等により温泉事業者に対する補償等の記載がなされている地域もある。また、予め万一の際の補償金として積み立てておくような取り組みも、いくつかの地域で検討されつつある。地熱発電に対する受容性は、利害関係者の事情や地域的背景により大きく異なるため、地元関係者とは予めリスク対策オプションについて十分な議論を行い、継続的に情報共有・交換していくことが重要である。

自然環境影響に関しては、環境アセスメントが実施される規模（7,500kW以上）であれば法令に基づき事前調査等が行われるが、中小規模の場合は開発事業者による自主的な配慮が重要となってくる。近年、複数の自治体では、自然環境や景観の保護・調和、乱開発防止等の観点から、指導要綱（大分県別府市、大分県九重町等）や条例（大分県由布市や熊本県南阿蘇村等）を制定し、新たに開発する事業者に対して事業計画書の提出等を求めている。このように開発規模が小さくても周辺住民とのトラブルが起きれば結果的に遅延リスクが生じかねないため、十分な配慮が必要である。

5. おわりに

地熱発電開発には将来予測が困難なリスクが複数存在するため、発電事業だけでなく温泉や自然環境など地域事情を十分鑑みた慎重な開発が必要である。しかしながら、これまで世界では地熱発電開発の実績やノウハウが蓄積され、再生可能エネルギーの中でも今後の普及拡大が大きく期待されている電源である。今後の課題として、更なる事業コストの削減方策、法制度の改善や円滑な地元調整に向けた取り組みが求めら

れるであろう。

国内の地熱発電開発を想定したリアルオプション研究はこれまで学術的な報告がないため、今後研究が進むことを期待したい。

参考文献

- [1] 経産省 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会 新エネルギー小委員会(第7回)資料1. 再生可能エネルギー電源別の課題と推進策について, 2014, http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/pdf/007_01_00.pdf
- [2] 窪田ひろみ, 2012, 地熱発電開発と温泉事業との相互理解と地域共生に向けた方策, 電力中央研究所研究報告 V11033. <http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/detail/V11033.html>
- [3] 有限責任監査法人トーマツ, 2014, 平成25年度地熱発電開発促進に向けた諸外国の普及促進制度等調査業務報告書, <http://geothermal.jogmec.go.jp/data/file/026.pdf>
- [4] 青島矢一・窪田ひろみ, 2014, 温泉熱を利用した小規模地熱発電の事業性, 第23回日本エネルギー学会大会, 8-5-3.
- [5] 窪田ひろみ・青島矢一, 2014, 温泉熱を利用した小規模地熱発電の社会的受容性, 第23回日本エネルギー学会大会, 8-5-4.
- [6] JOGMEC HP <http://geothermal.jogmec.go.jp/activities/support3.html>
- [7] グリーンファイナンス機構 HP <http://greenfinance.jp/progress/progress02.html>
- [8] 国書刊行会 HP <http://www.kokusho.co.jp/news/2013/02/201302191400.html>



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



Japan Association of
Real Options
and Strategy

日本リアルオプション学会 会員募集中!

学会の目的と使命:

不確実な将来の可能性に、新しい価値認識をもたらし、有用な意思決定指針を追求します。投資における価値の評価、事業価値の創出と拡大、リスクへの対応と挑戦、戦略の問題にとりくんでいる研究者、経営実務者、投資家のための交流と研究の学会です

ご入会の申し込み: 学会ホームページ
http://realopn.jp/S2_menu.html
よりお願いします。



<公開研究会 2014年10月27日: 講演要旨、於: 野村総合研究所 会議室>

ビッグデータ時代におけるビジネス向け機械学習

中台 慎二、 森永 聡

日本電気株式会社 情報・ナレッジ研究所

1. はじめに

ビッグデータには、膨大なデータを扱う「システム」としての側面、高度な数理処理を扱う「分析」としての側面、そして、データから生み出される新たな情報を「ビジネス価値」につなげるという側面がある。このビジネスへの活用を担う人材は、データサイエンティストと呼ばれている。

データサイエンティストがビジネスで使う機械学習には、学習された結果の正しさ、すなわち精度だけではなく、学習結果の可読性が重要となる。

NEC 北米研の藤巻が中心に進めている異種混合学習技術[1, 2]は、この要件を備えた機械学習であり、機械学習に関する数々の最難関学会で注目されているだけでなく、既に多くの業種において活用され、その有用性が示されている。

なお、本稿は、ビジネス向けに機械学習を活用するユーザ向けであり、統計・学習理論の精緻さについては、他書にゆずる。

2. ビジネス向け機械学習

2.1. 機械学習の分類

機械学習をタスク（問題設定）の種類および問題の解き方・学習モデルで分類する。

機械学習のタスクは、教師なし／教師付き／強化学習などに分かれ、さらに教師付きは、連続値を推定する回帰問題と離散値を推定する判別問題がある。多くのビジネス問題は、教師付き学習でモデル化される。

これらの問題の解き方、学習モデルには、SVM (Support Vector Machine)などのノンパラメトリックなアプローチや、最尤推定／ベイズ推定などのパラメトリックなアプローチがある。パラメトリックでは、ノンパラメトリックとは異なり、データを生成する分布を仮定する。同じパラメトリックなアプローチでも、近年 DeepLearning として話題のニューラル・ネットワークは、多量なパラメータを用いる。

同じタスクに対して、どの学習を用いるべきかは、用途面からの指標によって異なる。NEC は、ビジネス向け教師付き学習では、第1に説明可能性、第2に精度、第3に分析スピードが重要と設定している。

2.2. 説明可能性

一般的な業務分析では、データサイエンティストが業務部門の課題を聞き、その解決策を分析して報告する。その報告において、学習結果が持つ意味をビジネス的に説明できる必要がある。

SVM や DeepLearning、RandomForest といった多くの「精度は良い機械学習」は、この説明可能性がない(図1)。すなわち、ブラックボックスで良い推定値を出力するが、その理由を解釈することはできない。そのため現在、多くのデータサイエンティストは、精度を犠牲にしても、決定木や回帰分析といったシンプルな学習器を用いている。

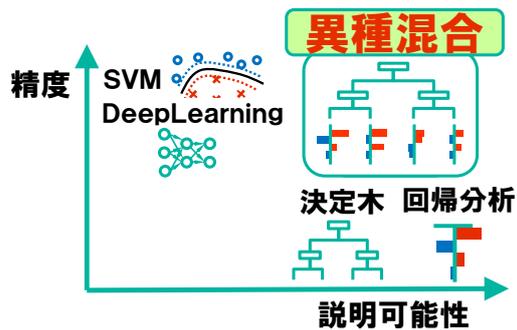


図1 学習器の特徴

2.3. 精度

「自動的にあてる」という教師付き学習の基本機能に関して精度は基本性能であり、重要である。NECの試算では、1%の精度向上が1億円の価値をもたらす例も存在した。

しかしながら、あくまで「説明可能性があるという条件付きでの精度」であり、説明可能性を犠牲にしてはならない。なお、説明可能性が不要な機械学習とは、例えば、顔や指紋などの生体認証である。

2.4. 分析スピード

精度は重要であるため、時に、多くの時間を割いて学習器のチューニングを行うことがある。しかしながら、企業内には分析によって価値向上をもたらす課題が数多くあり、1テーマに多くの時間を割けない。そのため、チューニングをしなくとも高い精度を出す学習器が望まれる。

3. 異種混合の理論

3.1. 説明可能性と精度の両立

説明可能性のある決定木や回帰分析は、それ単体では精度は悪いが、異種混合ではこれを高度に組み合わせることで、説明可能性を保持しつつ、高い精度を出している。すなわち、決定木のように属性の値や範囲によって枝の分岐を行い、その葉において

回帰式が生成される。

従来、回帰問題に対しては重回帰分析、判別問題に対してはロジスティック回帰分析が広く用いられているが、これらは全てのデータに対して、同一のモデルを当てはめようと学習していた。

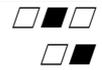
異種混合では、決定木のようにデータを場合分けしつつ、重回帰/ロジスティック回帰モデルを生成する。単純に決定木分析をした後に回帰分析をするのではなく、場合分けとモデル学習を同時に行う。

3.2. 精度と分析スピードの両立

分析スピードを上げるには、精度を上げるためのチューニング作業が不要であることが望まれる。「チューニング作業」には様々な作業があるが、最も時間を費やし、さらに学習理論の根本と関連するのが、「過学習」という問題である。分析作業において、この問題に取り組む試行錯誤によって分析スピードが低下してしまう。

3.2.1. 過学習

2.1で述べたパラメトリックモデルにおいては仮定するモデルがシンプル過ぎると適切に学習できないが、複雑すぎても過学習を起こす。シンプル過ぎるとは、例えば、回帰分析にて真のモデルが $y = x^3 - 6x^2 + 8x$ である際に、 $y = w_2x^2 + w_1x + b$ を仮定した場合である(図2)。この場合、必要な説明変数 x^3 がないので、精度が低いことは自明である。しかしながら、より表現力の高い $y = w_6x^6 + w_5x^5 + \dots + w_1x + b$ といったモデルを使っても精度は出ない。それは、 $w_6 = w_5 = w_4 = 0$ を学習し得るものの、データに過剰にフィットして w_6, w_5, w_4, b が0以外の値を持ってしまうためである。このような問題を解決するため、一般に学



習されるモデルの複雑性に対してペナルティを課す。最尤推定においては、対数尤度に正則化項 $-\lambda R(\mathbf{w})$ を加えて評価する。 λ は正則化の強さであり、 $R(\mathbf{w})$ は、正則化項のノルムに応じて、L2 (Ridge) では $\|\mathbf{w}\|_2^2$ 、L1 (Lasso) では $\|\mathbf{w}\|_1$ 、L0 では $\|\mathbf{w}\|_0$ となる。

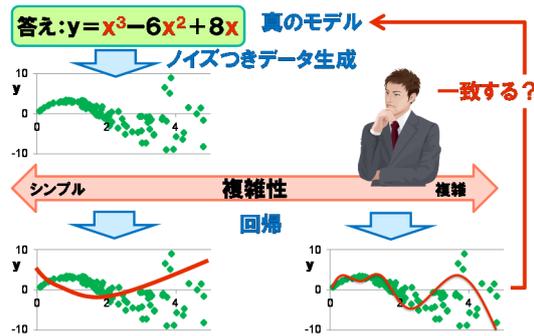


図2. 複雑性に関する回帰の実験

3.2.2. 強さの決まった L0 正則化

前項の正則化のうち、異種混合学習の理論に係る L0 正則化は、学習されるパラメータ \mathbf{w} が非ゼロとなる個数に対してペナルティを課すものである。チューニング作業の観点から重要となるのは、L2 や L1 での正則化の強さ λ が、チューニングパラメータとなり、図3に示すようにベスト精度を出すために交差検定などで探索をする必要がある点にある。

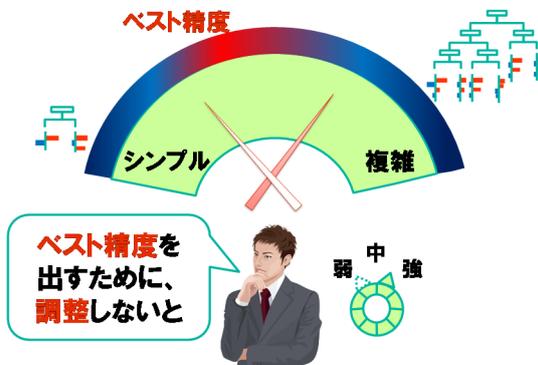


図3. 通常「複雑性のつまみ」で調整しながら、L0 正則化については情

報量基準の理論によって、解析的に適切な強さが導出される。すなわち、AIC では1であり、BIC/MDL ではデータ数を N として $\log N/2$ である。どの強さであると「適切」であるかが、理論的根拠を持って具体的に決まるため、モデルの複雑性を決定するためのチューニングは不要である。なお、「適切」の定義、すなわち、いずれの情報量基準が良いかはメタ基準によって異なる。AIC は、不偏性に優れ、予測時の誤差を最小とすることを重視しており、BIC は一貫性に優れ、真のモデルへの一致を重視する。異種混合学習の理論は、BIC/MDL と同様に一貫性を重視しており、十分なデータが存在した場合に、真のモデルを復元できることを保証する。先の例では、真のモデル $y = x^3 - 6x^2 + 8x$ が復元される。



図4. 「適度な複雑さ」を、自動で決定

しかしながら、BIC/MDL は一貫性の観点で優れながらも、従来、混合モデルに適用することはできなかった。それは特異な問題となり、漸近正規性を利用することができないことによる。しかしながら、異種混合学習では、この課題を克服し、様々な混合モデルに対して、この一貫性のある情報量基準を導出することを実現した[1]。

混合モデルにおいては、データ i に依存するローカル確率変数 z_i と、データ全体



に係るグローバル確率変数 θ を扱うが、ベイズ推定における Variational Bayes (VB) のように、同時分布 $q(\mathbf{z}, \theta)$ を $q(\mathbf{z}, \theta) \doteq q(\mathbf{z})q(\theta)$ として平均場近似するのではなく、Collapsed Variational Bayes (CVB) [3] のように $q(\mathbf{z}, \theta) = q(\theta|\mathbf{z})q(\mathbf{z})$ として扱って周辺分布の変分下限を求め、これに漸近近似を適用する[1]。

なお、パラメトリックモデルのうち、異種混合はパラメータの点を推定する最尤推定に属すが、分布を推定するベイズ推定では Bayesian Nonparametrics が活発に研究されている。代表的な Dirichlet Process では一致性はないが、ロングテール性など異なるメタ基準を重視した拡張がなされている。

3.2.3. 説明変数の組み合わせ

データサイエンティストの業務では、どのような説明変数を用いると良いかは、業務ノウハウに係る重要なポイントである。候補となる説明変数の組を試行錯誤する設計には、膨大な労力を要する。

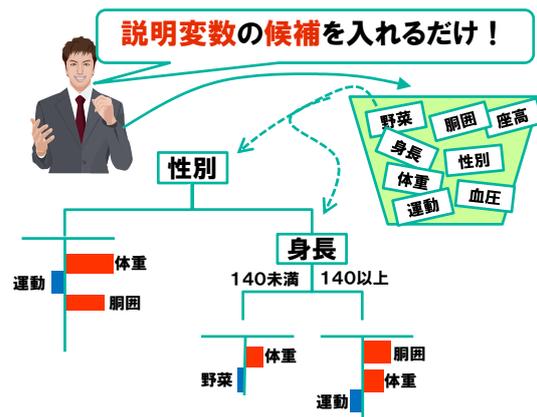


図5. 自動で説明変数を組合せる

例えば、異なる説明変数の組み合わせ毎に最尤推定し、その中から AIC などの情報量基準に従って最も良いモデルを選ぶ手法もあるが、組み合わせ分の学習が必要

となる。異種混合では説明変数の候補を設定するだけで、どの組み合わせが良いかを学習する。

異種混合では、図5に示すように、複数の回帰式を切り分ける属性も、設定した候補から一回の学習の中で、自動で選択される。このように、全てのデータを同一のモデルでモデル化するのではなく、異なる説明変数と複雑さが混じったモデルを持つ。

4. 異種混合の活用事例

各業種での具体的な活用事例を概説する。

4.1. 電力需要予測

電力需要予測では、ビルごとの従業員数や天候、カレンダーなどをもとに電力量を予測する。需要量が増え、需給バランスの崩れが予測されると、自動デマンドレスポンス (ADR) 電力の安定供給を図る。

電力の変動要因は、季節・時間変動が支配的でありながら、カレンダーやビル点検などの要因で、異なるモデルが切り替わる。

4.2. 商品需要予測

コンビニのおにぎりなど、生鮮品は在庫が少ないと機会損失となり、多すぎると廃棄損失が出る。通常、店員は売れ行きを予測しながら発注するが、店頭での販売に追われながらの発注作業は、手間がかかる。

そこで、店舗ごとに売れ行きを予測し、自動発注するソリューションが有用である。この時、ブラックボックスで予測結果が得られるのではなく、店員が理解なモデルが得られるため、自動発注であっても納得感が得られる。

4.3. 適正価格予測

中古品の取引においては、いくらで売れるかの予測が必要である。買い取り時に、予想を誤って高く買い取ると、損切りする



ことになる。売る時も、売値を本来の市場価格より低く設定すると、機会損失となる。

そこで、異種混合学習で、中古品の型番、性能、特徴などから価格を当てる予測を行うことで、属人的な価格付けではなく、安定した価格付けが可能となり、企業収益の安定化につながる。学習される価格付けモデルが、ホワイトボックスとして見えるため、買い取り品に多少の瑕疵や違いがあっても、人が臨機応変に価格修正することも可能である。

4.4. 品質予測

工場などでの生産管理においては、生産品の収率・歩留りが重要な経営指標になる。この指標を高くするには、合格ラインとなる品質以下となる生産物がどのような生産条件、環境、材料の状態であるかを見極め、生産工程のカイゼンを行う必要がある。

そこで、生産条件、環境、材料の状態から品質を予測する学習を行うことで、このカイゼンすべき工程の特定を効率的に行う。モデルがホワイトボックスであるため、どのような条件の際に、どの項目が品質に対して支配的であるかを理解することができ、工程の絞り込みを早期に行うことができる。

4.5. 劣化予測

橋や道路、線路などの社会インフラの劣化によって発生する事故のニュースが後を絶たないが、安全のために劣化点検の頻度を増やし、保守要員を多くするのは、インフラ維持コストの増大となり、企業や個人、社会全体にとって望ましいものではない。そこで、インフラの劣化程度を予測し、点検した方が良いと思われる時期のみ、人が点検することで、コスト増大を招

かずに安全を保つことができる。ここでも、劣化要因についてホワイトボックス化されていることが、点検の観点から望ましい。

5. おわりに

ビジネス向け機械学習のために、可読性、精度、そして分析スピードを重視した異種混合学習と、その活用事例を紹介した。

異種混合学習は、決定木や回帰分析といった、可読性はありながらも精度の低い学習器を、高度に組み合わせたような学習器である。現実のデータは複雑の状況でのデータが混じっているため、このような学習器は、理想状態ではない現実のビジネス問題に適している。

また、データサイエンティストが学習器を使う場合には、精度を高めるチューニングや説明変数の選択に時間を取られるが、統計や機械学習の理論に基づいて、試行錯誤を行わずとも高い精度を実現できる。

本稿では、NEC が取り組む、ビジネス向けの「学習」について紹介したが、実ビジネスにおいて、過去データからの「学習」は、全体の一部でしかない。今後、データの収集から、学習結果をビジネスに反映させていく活用・制御を、包括的にソリューション提供する枠組み作りに取り組んでいく。

参考文献

- [1] Ryohei Fujimaki and Satoshi Morinaga, "Factorized Asymptotic Bayesian Inference for Mixture Modeling," AISTATS12, 2012.
- [2] Riki Eto, Ryohei Fujimaki, Satoshi Morinaga and Hiroshi Tamano, "Fully-Automatic Bayesian Piecewise Sparse Linear Models", AISTATS14, 2014.
- [3] Yee Whye Teh, David Newman and Max Welling, "A Collapsed Variational Bayesian Inference Algorithm for Latent Dirichlet Allocation," NIPS07, 2007.



〈大会シンポジウム2014年11月22日: 講演要旨、於: 東洋大学白山キャンパス〉

金融ネットワークのシステミックリスク分析

西口 健二

日本総合研究所 理事

1. はじめに

本稿では、リーマンショックの前後から強く認識されるようになってきた金融ネットワークのシステミックリスクについて考察する。

まず、筆者自身の経験を通じて、日本の金融機関のリスクについて振り返る。90年代から2000年代初めはバブル後の不良債権の問題に金融機関は悪戦苦闘した。また、複雑化するデリバティブ取引のリスク管理でも邦銀はキャッチアップに苦勞することとなる。そして、2000年代半ばになって、サブプライムや証券化の問題からリーマンショック・金融危機の時代のリスク管理となる。20数年間、リスクのネタは絶えることなく生まれてきたと言える。

特に数年前からの金融や経済を取り巻く事象の特徴は、本日のタイトルともなっている「金融ネットワークのシステミックリスク」の急拡大にあると考えられ、このリスクについて、モデル化を含めて、解説するのが本稿の狙いだ。

ある意味で、個々の金融機関経営とマクロの間のリスクを分析しようという試みでもあり、ようやく少しずつ結果が出てきている状況である。

2. システミックリスクの高まり

金融商品の複雑化と金融システムの多層化のもとで、金融リスクが飛躍的に拡大し

ているが、そのメカニズムとして、まず市場リスクや信用リスクのテールリスクが実現することになる。これはサブプライムや証券化商品で顕在化したように、「分散」の仮説の崩れに起因することが典型であり、その当時の格付機関や規制にも誤算があったところである。

さらに、金融ネットワークのシステミックリスクとでもいふべきものが、その本質として伸長する。これには二つの側面があり、①市場型金融における連鎖リスク、②伝統的金融における実体経済との間でおこる循環（スパイラル）リスク、である。この新たなリスクこそが、金融危機の前後から急激に拡大してきていて、その対応が求められてきているリスクだ。

3. マクロブルーデンスの視点

ここで、システミックリスクに関連して、最近話題になることの多いマクロブルーデンスについて触れる。このマクロブルーデンスは、大変わかりにくい概念であるが、平成25年9月に金融庁より公表された、金融モニタリング基本方針には、「個々の金融機関にとって合理的な行動であっても、多くの金融機関が同様の行動をとることによって、予期せぬ影響を経済全体に及ぼし、それが金融機関経営にも影響を及ぼしうること（金融機関の行動とマクロ経済・市場との相互連関性）」と記され、マクロブルー



デンスの視点が示されている。

こういう視点の重要性を明らかにして理論的な出発点となった論文[5]を紹介する。これまでの投資理論によれば、分散投資をすることにより個別金融機関のリスクは減じることになる。ところが、[5]では、個別金融機関が分散投資をしてリスクを減じても、同じ投資行動を金融機関がとれば、金融システム全体としてリスクが増加することがあることを示した。言い換えれば、個別の金融機関を一律に規制しても金融システム全体のリスクが増えうるということであり、個々の最適の合成が全体最適ではないというディレンマを抱えることになる。

4. システミックリスク把握のモデル化

では、この「金融ネットワークのシステミックリスク」の特徴をどう分析するかであるか、そのひとつのモデル化を、[6][7]に基づき紹介する。ここが、本稿の中心となるところだ。

モデルは、銀行間取引を表すネットワークと、各銀行が保有する投融資のポートフォリオが、それぞれどんな特性を持つときに、この「金融ネットワーク」がどのようなシステミックリスクを持つかを説明することを目的とする。

それぞれをもう少し詳しく説明する。まず、銀行間取引のネットワークだが、これは、銀行（行数は N とする）が平均的に銀行間で資金を取っている行数 κ と、資産額上位5行が銀行間資金取引の総額に占める割合を $R5$ とし、これらを満たす銀行間取引のネットワークをランダムに生成する。

なお、ここでは簡単のため、銀行の自己資本比率 γ と銀行間資金放出額の資産に対する比率 θ は、どの銀行でも同じとする。

次に、銀行が保有する投融資のポートフォリオだが、これは仮定として価値変動が独立な M 個の資産からなり、各銀行の完全均等分散からのずれを表す指標 ε と、銀行間でどの程度多様な投資になっているかの指標 δ とし、これらを満たす投融資のポートフォリオをやはりランダムに生成する。

このような銀行間取引のネットワークと投融資のポートフォリオのそれぞれを1サンプルとして生成させて、その各サンプルで資産価値を変動させる。その結果、ある銀行において自己資本を上回る損失がでると倒産する。これを初期ショックとよぶ。

次に、初期ショックにより倒産した銀行に資金を放出していた銀行はそれが回収できなくなるがここではそれが全額回収できなくなる仮定のもとで、次にその放出元の銀行が倒産することがある。そしてさらに連鎖することがあり、金融システム全体に波及する。こうして最終的に倒産する銀行数の初期ショックでの倒産銀行数に対する比率を一定の信頼水準（ここでは99%）で算定した A がこの金融ネットワークのシステミックリスクを表す指数と考えられる。

そこで、この A が金融ネットワークの違いによりどのような特性を持つかであるが、文献[6]によれば以下の結果が得られる。

- ①銀行間で投融資ポートフォリオが類似すると（ δ が小さくなると）、連鎖倒産リスクが大きくなる。
- ②投融資ポートフォリオが完全均等分散に近いと（ ε が小さくなると）、連鎖倒産リスクが大きくなる傾向がある。
- ③銀行間取引が上位行に集中すると（ $R5$ が大きくなると）、連鎖倒産リスクが大きい。
- ④銀行間取引の関係を持つ銀行の組が増え

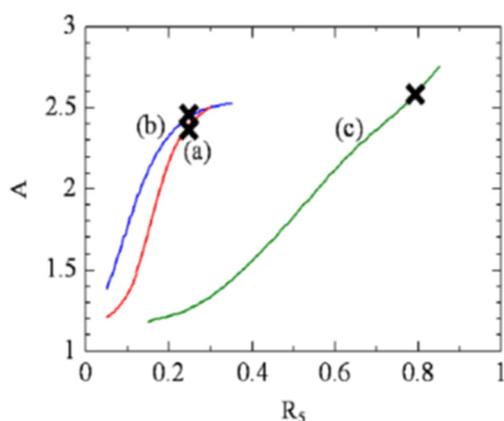


ると (κ が大きくなると)、連鎖倒産リスクが大きい。

また、同文献によると、

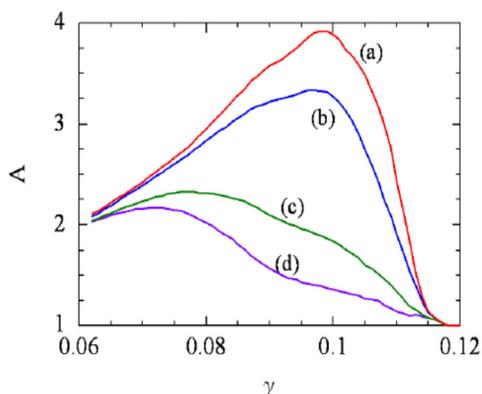
⑤日本・米国・英国の各金融システムは異なるにも拘らず、システミックリスクの指数である A はほぼ同じ 2.3 から 2.7 程度となる (図 1 で (a) が日本、(b) が米国、(c) が英国)。

図 1 (出所: 文献[6])



⑥また、G-SIBS への資本サーチャージが提唱されているが、2.5%程度のサーチャージを資産額上位 25 行程度に行うことが相応の効果をもたらす (図 2 で、 $N=500$ 行中で、資本サーチャージが (a) 全くない、(b) 上位 5 行、(c) 上位 25 行、(d) 上位 50 行)。

図 2 (出所: 文献[6])



5. CDS による信用リスク移転

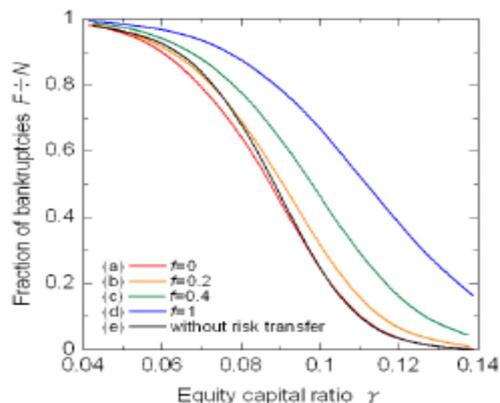
次に、前節のモデルを使つての事例研究として、CDS によるリスク移転が金融システムにもたらす影響と金融システムのリスク指標の導出について解説する。

各金融機関は、自らの信用リスク管理のために CDS (Credit default swaps)等を用いて銀行間取引の信用リスク移転を行うことがあるが、これにより金融システム全体のリスクが軽減されるかを分析する。前節のモデルにおいて、第三の銀行に CDS 契約で定義された倒産や債務不履行といった事象が起こると、プロテクションの販売銀行がプロテクションの購入銀行に損失が賄われるとし、以下を仮定する: (i) すべての銀行間貸出についてプロテクションを購入、(ii) プロテクションの販売銀行は資産額上位 5 銀行、(iii) どの銀行からプロテクションを購入するかはランダム、(iv) リスク移転後の追加の銀行間貸出を実施可 (比率 f)。

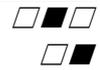
このもとで、文献[7]によれば以下の結論が得られる。

①金融システム全体のリスクは CDS 等を用いて信用リスク移転をしても変わらない (図 3 で (d) と (e) が概ね一致)。

図 3 (出所: 文献[7])



②各銀行によりリスク移転がなされたこと



により計算されるバーゼル規制の自己資本比率、すなわち、リスク調整がなされた指標は金融システムのリスクを表さない。むしろ、リスク調整がされないシンプルなレバレッジ比率の方が金融システムのリスクを表すことがわかる（図4は自己資本比率の換算を表し、図5ではその換算された自己資本比率 γ_s とレバレッジ比率 l のグラフが概ね一致することがわかる）。

図4（出所：文献[7]）

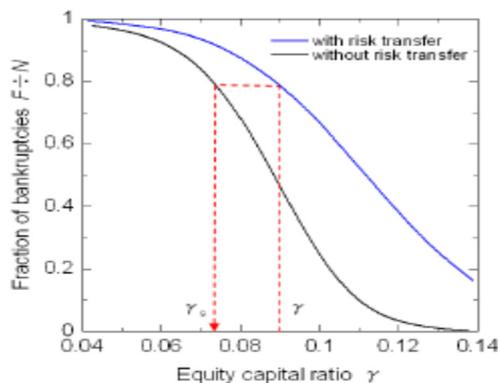
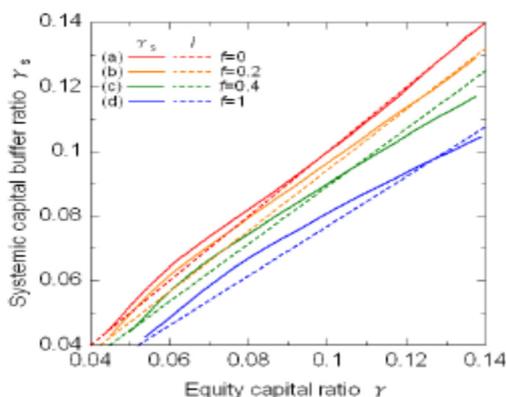


図5（出所：文献[7]）



6. システミックリスク分析の今後

最後にこの枠組みの今後の展開を3点紹介する。

まず1点目は、銀行の大型合併が世界的

に金融危機の後で進んできているが、今後、大規模な合併があると金融ネットワークの構造が大きく変わり、効率性が増す一方、システミックが高まると言われている。

特に、同じ規模となる合併でも、ネットワーク構造の変化の仕方が異なり、システミックリスクの変動は異なる。そこで、どのような合併であればリスクが増すかを適切に評価することが金融機関経営と金融規制監督の両面から重要であり、このモデルの応用が期待される。

また、2点目は、昨今話題になることが多いシャドーバンキングについてだ。これらが金融ネットワークに介在する場合、どの程度システミックリスクに影響を与えるか、というのも大きなテーマとなっており、ここにも本モデルによる分析が望まれる。

具体的には、自己資本が劣化する金融機関がネットワーク内に内在する場合にどの程度、システミックリスクが増大するかを把握しようとする試みであり、金融機関経営や監督の両面から重要である。特に、自己資本が劣化する金融機関の割合が、どの程度にまでなるとシステミックリスクが飛躍的に増加するかを把握することはシステムの効率性と安定のバランスをみるためにも必要性が高く、このモデルを用いた分析が期待される領域だ。

そして3点目は、新興国を含めた金融ネットワークのモデル化だ。先進国間と新興国間では複層ネットワークになっていると考えられ、先進国の投融资先となっている新興国で問題が発現した際に、先進国やさらに世界の金融システムに連鎖するリスクを適切に把握していくことが、グローバルな資金移動が活発となってきた現下に



において、金融機関・監督の双方にとり極めて重要と言える。こういった分析においても本稿で紹介したアプローチが応用可能と考えられ今後の展開が望まれる。

7. 終わりに—システムック VaR に向け—

これまで述べてきたように、現在の金融が抱える課題というには、金融ネットワークのシステムックリスクにかかわることが極めて多い

そこで、本稿の取組のひとつの目標となるのが、「システムックリスクの定点観測」である。各時点の金融ネットワークが一定期間後にどの程度のシステムックリスクを示現させる可能性があるか、ある意味でシステムックリスク VaR とでもいえるものの計測だ。

もう少し詳しく述べると、現時点のネットワークが今後変化して被る連鎖の最大値（“システムックリスク値”）を

- ・一定期間後（1年等）
- ・一定信頼水準（99%等）

で評価するという考えだ、さらに、各金融機関が当該ネットワークの中でどれだけ連鎖に巻き込まれるかを把握して、各金融機関別のシステムックリスク値もこの中で算定しようというものだ。

このような形で、システムックリスクが数値で常時評価可能となれば、金融機関も監督も、金融バブルにしっかり備えることができるようになるわけで、市場リスク、信用リスク、オペレーショナルリスクの次に位置付けられるリスク管理モデルとなるものだ。

もちろんまだ解決すべきことは多い。何よりもそのためには現時点のネットワーク構造や、過去のネットワークの変化につい

ての観測データが必要となる。そのためには、民間の金融機関と各国の金融監督当局が協力して体制を整備していくことが不可欠であり、金融の最重要課題のひとつだ。

ここまでご説明してきたように今やシステムックリスクの把握は夢物語ではなくなっている。そして、世界的にもこの領域は、この1、2年、大いに進展してきており、今後とも大いに進展が予想される。本稿で、その一端がご紹介できていれば幸いである。

【文献】

- [1] 西口健二：「リスク管理を中心とする金融機関の将来展望」、財務省フィナンシャル・レビュー 2010年第3号、通巻101号
- [2] 日本銀行：「金融システムレポート」2011年10月
- [3] 日本総合研究所編：「金融システムの将来像」、金融財政事情研究会、2010年10月
- [4] Adrian & Brunnermeier：「CoVaR」、May 27, 2009
- [5] N.Beale et al：「Individual versus systemic risk and Regulator's Dilemma」 Proceedings of National Academy of Sciences, August 2, 2011
- [6] 前野義晴・西口健二・森永聡・松島宏和：「ANSWER モデルで計測した銀行の連鎖倒産リスク」、証券アナリストジャーナル、2013年6月号
- [7] 前野義晴・西口健二・森永聡・松島宏和：「Impact of credit default swaps on financial contagion」 IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering & Economics, London, 2014年3月

日本リアルオプション学会

The Japan Association for Real Options and Strategy

Japan Association of
Real Options
and Strategy



学会だより

本機関誌は、学会員のための情報誌、コミュニケーションの場として、そして、社会へ向けての情報発信のメディアとして、2015年度からは、年4回刊行の季刊といたします。それとともに、学会主催の公開研究会を、より頻繁に開催し、その講演要旨を掲載します。

本誌の各号は、刊行後、一定期間をおいてから、インターネット上の電子ジャーナルプラットフォーム「J-Stage」に登録することを目指します。これにより、本誌掲載の記事は、Google Scholarなどからも検索ヒットされ、社会に向けて、広く情報発信されます。



＜JAROS 大会チュートリアルセッション、2014年11月23日、於：東洋大学 白山キャンパス＞

ビジネススクール等における、M&A 後の事業戦略策定演習の事例

小川 康

インテグラート株式会社

1. 演習の目的

M&A の成功・失敗の基準は、あいまいになりがちである。そもそも成功が明確に定義されておらず、ディール（取引）の成立・売上獲得だけが目的になっていることも多い。

そのような中でも、買収価格が高すぎる、すなわち「高値掴み」は、M&A 投資の採算性を大きく悪化させる。つまり、M&A 成功の条件の一つとして、当事者が買収価格の妥当性を評価することができ、買収価格が高すぎるときには、高すぎる、と判断できる能力を持たなければならない。

M&A は、単なる有価証券の売買ではなく、買収後に価値を実現する事業戦略を必要とする。本演習では、買収後にどのような事業戦略を実行するかを検討し、その事業戦略に基づくインカムアプローチのバリユエーションを実践する。

具体的には、M&A 案件を題材としたケースに基づき、買収価格に対する感度分析・モンテカルロシミュレーション・What-If 分析等のビジネスシミュレーションを駆使してグループディスカッションを行う。最終的に、グループごとに買収対象事業の価値を決定し、M&A 実行可否に関する意思決定を下す。

グループディスカッションの結果、グループごとに評価額が異なったり、M&A の実行可否についてもグループごとに結論が異なることが多いなど、現実のビジネス環境に近い設定の演習である。なぜ同じ情報を得ているにもかかわらず評価額や実行の可否が異なるのか、人によってリスクの取り方が異なることなどを、演習の最後に議論する。

このような演習の学習目的は、以下の5点である。

- ① 不確実な事業環境下で実現可能な戦略を立案し、買収後に価値を創出するために、そもそもビジネスプランはどうあるべきか、仮説指向計画法（Discovery-Driven Planning）を学ぶ。
- ② 感度分析・モンテカルロシミュレーション・What-If 分析等のビジネスシミュレーションの考え方を学び、実践活用するスキルを習得する。
- ③ 複雑な事業投資案件に関し、ビジネスシミュレーションを駆使して、短時間で自分の考えをまとめあげて説明し、議論・検討を行うスキルを習得する。



- ④ グループ間の結論の違い・論点の違い等から、担当者から意思決定者に対する説明の重要性・意思決定の難しさを経験する。
- ⑤ EBITDA のような相場感を示す指標に惑わされず、買収当事者となる当社が買収後に実際にどのように価値創出が可能であるか、自分の頭で考える経験を積む。
- 本演習は、社会人大学院や企業内研修で既に 10 回以上実施されている。従来型の「答え合わせ」ではなく、正解の無い演習であり、M&A の事業価値評価において、各グループが異なる評価額を決定してくる点が、現実的な学びにつながる、と好評を博している。
- ② 分析・シミュレーション手法及びシミュレーションソフト操作の解説
 (ア) What-If 分析 (目標設定の確認)
 (イ) 感度分析 (変動要因の優先順位付け)
 (ウ) リスク分析 (事業価値のぶれ幅の確認)
- ③ 実践演習
 (ア) 演習用シートの構造 (計算式・データ) の理解
 (イ) 各グループ内で提案チームと承認チームに分かれ、分析・シミュレーションを活用して、ビジネスプランの精査を行う
 (ウ) 承認者と提案者が議論し、意思決定の結果として、最終的な NPV の数値及び提案の可否 (決裁 or 却下) とその理由を発表する

2. 演習の基本構成

【形式】

講義と演習 (PC で Excel とシミュレーションソフト「デシジョンシェア」を使用)

【所要時間】

講義 6 コマ (9 時間) ~ 8 コマ (12 時間)
 または 1 日 (9:00~17:30) 程度

【対象者】

事業投資案件の企画立案・評価を担当する方、または、興味がある方

【受講要件】

ファイナンスで使用する Excel 主要関数の基礎を理解していること、B/S、P/L の構成と分類、DCF 法を理解していること。

【内容】

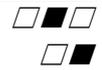
- ① ビジネスシミュレーションの考え方とプロセス：仮説指向計画法 (Discovery-Driven Planning) の学習

3. ビジネスプランニングの理論

仮説指向計画法 (Discovery-Driven Planning) は、ペンシルバニア大学ウォートンスクール教授イアン・マクミランとコロンビアビジネススクール教授リタ・マグラスが、アメリカ企業に約 50 億円以上の損失をもたらした失敗例の研究に基づいて考案した。

ビジネスプランは「仮説」で構成されていると考え、計画立案時の「仮説」を明確にすること、及び、「仮説」を継続的に確認し、外れていく「仮説」に対応してビジネスプランを柔軟に修正する、リアルオプション的方法論である。

マクミラン教授の口癖は、Fail fast, fail cheap である。不確実な事業では、失敗を避けることは難しいが、失敗するならば、



致命的な大きな失敗を避けて、次の一手の余力を必ず残すように、早く安く失敗しよう、という意味である。

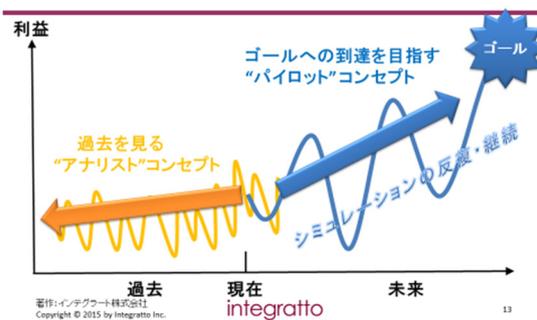
仮説指向計画法は、GE、メルク、デュポンなどの大手企業及び、コンサルティング会社「イノサイト」（ハーバードビジネススクール クレイトン・クリステンセン教授が設立）等が採用している。

本稿筆者の小川は、1999年～2001年の2年間、マクミラン教授の研究センターに勤務し、直接指導を受けた。現在も折に触れてマクミラン教授の助言を受けている。

仮説指向計画法は、図1に示すように、ゴール（目標）をどうやって達成するかを計画し、軌道修正を続けながらゴールへの達成を目指す方法論である。

図1 仮説指向計画法の特徴

過去の延長ではなく、まずゴールを設定し、実行中の仮説の外れに対応してゴールへの到達を目指す方法論



仮説指向計画法では、仮説と知識の割合に注目する。仮説とは、その時点の想定であり、ゴールを達成するために確認・検証されなければならない条件のことである。例えば、あるサービスを、対象とする人口の5%が購入する、というような、計画時点では想定に過ぎないが、ゴールの達成には必要な条件が、仮説である。一方で、知識とは、既に確認されており、計画上問題

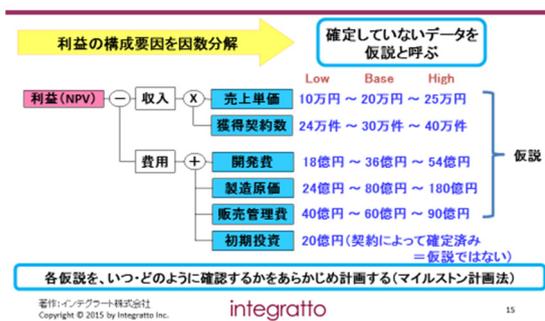
なく活用できる情報である。仮説と知識の割合において、仮説の割合が高いと事業は失敗しやすく、知識の割合が高いと失敗しにくい。従って、仮説が多い不確実な事業では、仮説を知識に変換していく、実験的な活動が不可欠なのである。

図2は、仮説指向計画法の概念を示したものである。まず、ゴールとする売り上げや利益・NPV等の指標を分解し、どのような要因からゴールが成り立っているかを確認し、その要因のうち、不確実な要因を仮説として、どの程度の変動がありうるか、検討する。このプロセスを逆損益計算法と呼んでいる。

仮説は、当初の想定通りにならないことが多いので、実行段階で必ず確認を行う。仮説の外れに応じて、計画を修正し、ゴールの達成を目指す。このプロセスをマイルストーンプランニングと呼んでいる。

図2 仮説指向計画法の概念

仮説指向計画法(Discovery-Driven Planning)の逆損益計算法における利益の因数分解と、仮説の洗い出し



単純化すると、仮説指向計画法は上記2つのプロセスによって仮説の知識化を進め、ゴールの達成可能性を高める方法論である。獲得した知識に基づいて、適切な選択を行う、オプション的発想を持つ計画立案と実行管理の手法である。



4. 演習ケースの設定

AED（自動対外式除細動器）の日本国内市場規模は、2010年の100億円程度から、2017年には270億円程度に成長すると見込まれている。日本国内では、フィリップス、日本光電、Medtronicの3社が競合していたが、2012年3月に旭化成が米国のAED最大手ZOLL社を約1,800億円で買収して、AED市場への本格参入を開始した。ZOLL（旭化成）の本格参入によって、今後日本市場にも大きな波乱が予想される。

このような状況下、当社はMedtronic社から、日本におけるAED事業のM&Aを100億円でオファーされ、実現性に関して検討することになった。Medtronic社の日本におけるAED事業の売却理由は、明かされていない。そこで、Medtronic社の日本におけるAED事業の事業価値を算出することがあなたに命じられた。交渉の結果、買収が成功するかまでは、本演習では問わず、社内的な買収金額の上限額承認までを扱う。

価値創造のためには、売上拡大、または、コスト削減、あるいは、その両方を実現しなければならない。既存の競合から市場を奪うには、現在Medtronic社が得意とする高価格帯ではなく、低価格帯での勝負が必要となるかもしれない。しかし、低価格帯に参入して、採算は取れるのだろうか。また、現在の主力市場である高価格帯にZOLLが参入してきた場合には、十分に防衛ができるのだろうか。あなたは、ビジネスシミュレーションを活用して、自分の考えを説明しなければならない。

図3 演習で配布されるデータの例

integratto

追加情報

- Expert Interviewによって各市場のサイズに関する信頼区間80%の予測値が得られた(Low = 10 percentile, High = 90 percentile)

AED-Japan Market Data	2017		
	BASE	LOW	HIGH
航空機機内向け	220	200	240
医療施設	5,400	4,800	6,000
公共機関	30,000	14,000	50,000
企業内設置	60,000	20,000	100,000
自動販売機	3,000	0	6,000
一般家庭	10,000	1,000	20,000
その他(イベント等)	10,000	4,000	20,000
	118,620	44,000	202,240

(単位: 台)

著作権 © 2015 by Integratto Inc.

51

注) スリーロック社およびインテグラート社作成による架空のケースであり、現実の名称・データとは一切関係ない。

5. 分析・シミュレーションの活用

本演習では、複雑な議論を効率的に進めるため、分析・シミュレーションの活用方法を学ぶ。ソフトウェアは、インテグラート社のデシジョンシェアを使用する。デシジョンシェアは、前述の仮説指向計画法を簡単に活用できるように設計されている。例えば、買収価格をゴールとして設定し、買収価格に影響を与える要因(買収後の販管費削減、売上の伸長見通しなど)を仮説として設定できるようになっている。

このようなゴールと仮説の関係を利用して、デシジョンシェアでは、様々な分析・シミュレーションが可能となっている。

【What-If 分析】

What-If 分析は、今後どのようなストーリーがありうるか、短い時間で多くのストーリーを検討し、その中から現実的な選択を行うことを目的としている。ストーリーとは、仮説値の様々な組み合わせである。

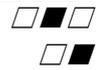


図4では、実現できればよいが無理、と判断されたストーリーを「無理」、現実的と

判断されたストーリーを「現実的」として

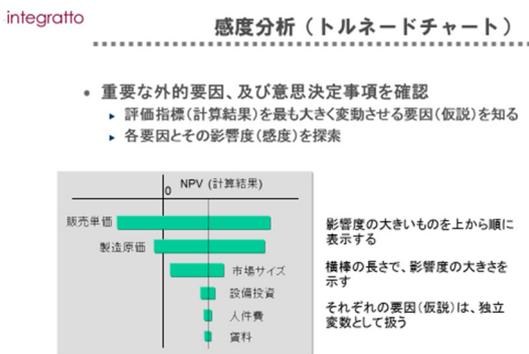
図4 What-If分析

M&A買収事業価値評価シート						
評価対象	M社の日本におけるA事業					
年売上高	2012	2013	2014	2015	2016	
対前年比	2,550,056,850	3,470,205,480	4,390,354,110	5,310,502,740	6,230,651,370	
2018年以降の売上高成長率	0%					
製造原価率	52%	52.0%	51.1%	50.2%	49.4%	48.5%
2017年までの原価低減率目標						
製造原価						
売上総利益(粗利)						
販管費率						
2017年までの販管費低減率目標						
営業利益						
税率						
NOPAT(みなし税引後営業利益)						
売却期間(月数)						
航空機機内向け台数 in 2017						
医療施設 台数 in 2017						
公共機関 台数 in 2017						
企業内設備 台数 in 2017						
自動販売機 台数 in 2017						
一般家庭 台数 in 2017						
IRR計算用	¥-10,000					
割引率						
評価額	¥7,951,903,045 (単位:円)					
買収提示額	¥10,000,000,000					
過不足	¥-2,048,096,955 NO					
IRR	7.20%					

【感度分析】

感度分析は、ゴール（本演習の場合は、買収価格）に対する各仮説の影響度合いを示すものである。仮説が変動した際のゴールへの影響の大きさを横棒の長さで示し、影響が大きい仮説から順番に、上から表示する。

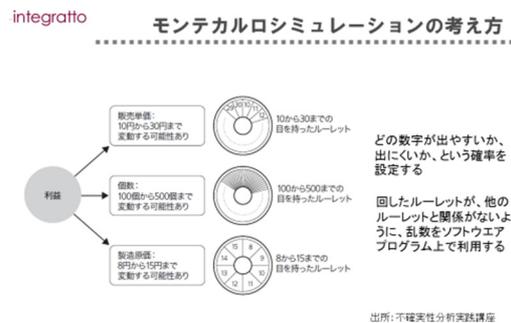
図5 感度分析



【リスク分析】

リスク分析は、モンテカルロシミュレーションによって、ゴールの変動を定量化する。例えば、買収額に見合う事業価値を達成する確率を算出し、事業戦略の妥当性検討に活用する。図6は、モンテカルロシミュレーションの考え方を説明した図である。

図6 モンテカルロシミュレーション





6. 実施結果の例

大手総合商社では以下のように本研修を実施。

- ・参加者 27 名で、まず座学形式でビジネスシミュレーション手法を学習
- ・5 グループに分かれ、さらにその各グループで、2~3 名の提案者チーム・承認者チームに分かれて、ビジネスシミュレーションを活用したディスカッションをまず 2 時間実施
- ・その後、各グループ内で、提案者チームと承認者チームが 1 時間議論し、ビジネスシミュレーションに基づく NPV の評価額と、M&A 実行の可否を決定
- ・同じケースに取り組んでいるにもかかわらず、1 グループは却下、4 グループは決裁（承認）、各グループ算出した NPV は、それぞれ異なっていた

まとめは以下の通り

- ・M&A を成功させるために、当事者として買収後に何を実行していくのか、事業計画を自分の頭で考える（お金の話で終わらせない）
- ・同じ情報であっても、人によって解釈が

異なるのが現実

- ・従って、妥当性を高めるためには、数字の意味に関する説明・質問が欠かせない
- ・論点を絞った効率的な対話のために、感度分析・モンテカルロシミュレーション・What-If 分析等のビジネスシミュレーションが極めて有効

7. 結び

M&A に限らず、事業の価値は、今後実行する事業活動が生み出すものである。従って、どのような事業活動が可能なのかをあらかじめ検討すべきである。しかし、事業環境の認識の差、リスクの取り方の差によって、妥当と考えられる事業戦略が異なってくるのが現実である。

本演習では、正解の無いケース仕立てにすることによって、自分と他の参加者の考え方の違いに気づき、組織としてどのように意思決定を下すか疑似体験が可能である。また、複雑になりがちな議論を、短時間で効率的に進めるために、分析・シミュレーション手法を学ぶ。本演習での経験・学びが、多くの企業の更なる発展の一助となることを願ってやまない。

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。投稿原稿は、次の3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



(講演要旨、大会チュートリアルセッション講演、2014年11月23日)

知財経営とシミュレーション

安彦 元

ミノル国際特許事務所

1. はじめに

技術力で勝る日本が、世界市場では負けていると言われて久しく経つ。エレクトロニクス関連技術は、かつて日本が、基本技術、製品開発、標準化、更には特許に至るまで全てリードしていた。しかし、グローバル市場で大量普及が始まると日本が件並みシェアを落としている。

DVDは、基本技術や製品開発は勿論のこと、国際標準化も全て日本企業が主導していた。必須特許も90%以上は日本が保有していた。しかしながら、大量普及する頃の世界市場のリーダーは、中国、韓国、台湾等になっている。液晶は、日本企業が先駆けて技術開発に取り組み、2005年に米国で登録された知的財産権の87.5%は、日本企業のものであった。しかし、大量普及が始まる頃には、世界市場の競争力が落ち始めている(妹尾堅一郎 2009)。

なぜ日本のエレクトロニクス関連技術が危機に陥ったのか、2013年1月7日の日本経済新聞において、東京大学特任研究員小川紘一氏によれば、特許の数で勝負する従来における日本の特許戦略にもろさがあることを指摘している。従来の日本の技術開発は、いわゆるキャッチアップ型であったため、クロスライセンスや先行特許の囲い込み等のため特許の数を重視する戦略が通用した。しかしながら、日本は既に技術開発面において、自らが他国のキ

ャッチアップする側ではなく、フロントランナーとして新興国の猛烈なキャッチアップを受ける側にシフトしている。つまり、日本を巡るグローバルな産業構造が大きく変化してしまっている。このため、近年では特にエレクトロニクス産業において、特許の数を重視するという今までの常識が通用しなくなってきている。

フロントランナー型へ移行した日本企業は、特に「オープン&クローズ」という事業モデルと知財戦略が重要になる。「オープン&クローズ」モデルは、標準技術を公開して新興国に自由競争を促し、コストを下げるオープン領域と、特許やノウハウ秘匿化を使って徹底的に囲い込むクローズ領域を明確に区別するものである。オープン領域を通じて技術伝播を加速させて、低コストのビジネスインフラを持つ新興国を自社に取り込む。一方、コア領域はクローズ戦略を貫き、特許権を相手方の追従を許さないレベルまで集中し、クロスライセンスを排除し、ライバル企業の参入を徹底阻止する。つまり技術蓄積や新たな技術創出で優位性を持つ先進国企業は、グローバルなビジネスエコシステムの構造と競争ルールを自社が優位になるように作りこむ。そして、新興国企業の活力や市場成長を自社の成長へと取り込む仕組みを完成させる。即ち、これからの知財戦略は、特許の数を追うのではなく、このような仕掛



け作りに注力し、ここぞと思うコア領域には徹底的に質の高い特許を集中させることが必要となる(小川紘一「オープン&クローズ戦略」翔泳社 2014)。

モノ作り(技術開発)は得意な日本企業は、不得意な「構想」、「戦略的思考」、「標準化(グローバルスタンダード)」に特に今後注力しなければならないケースが出てくる。つまり自社のコアコンピタンスを持ち、その分野に経営資源を集中することが有効な知財戦略になる。このような知財戦略を実行する際には、勝てるビジネスモデルを選択して作り上げるプロセス、重点的に特許網を張り巡らせるコア領域を的確に把握するプロセス、更にはこれらの仕組みができていないかを確認するプロセスが必要となる。このため、企業がこれから仕掛けていく知財経営はますます複雑化し難解なものとなる。また企業において知財経営の遂行を担当する担当者は、今まで以上に様々なファクターや予見できない不確実性も考慮しつつ多岐に亘る意思決定をしなければならなくなる。

そこで、本論では、知財経営力の急速なレベルアップを図るためにシミュレーションを新たに導入し、より最適な知財経営上の意思決定を行うためのメソッドについて紹介したい。

2. 知財経営にシミュレーションを導入するコンセプト

一般に「知財経営」と「シミュレーション」は、全く異なる専門領域であり、これら2つの領域を融合させること自体あまり考えられてこなかったのが現状である。つまり、シミュレーションを行うためには

指標の数値化が必要となるが、知財の業務は、先行技術調査、特許明細書の作成や解釈、特許庁の審査、侵害訴訟といった、数値化できないものが多く、そもそもシミュレーションするという発想自体が出にくい環境であることに他ならない。しかしながら、上述した知財経営に求められる環境の変化を鑑みた場合に、シミュレーションだけで全てを解決できないものの、これを積極的に導入することで少なくとも意思決定精度を高める必要があるものと考えられる。

定量的なシミュレーション結果を得ることで以下の更にメリットが期待される。1)自分がこれからマネジメントしようとする知財経営のリスクの全体像を客観的に把握できる(木を見て森を見ず、という状態に陥るのを防止できる。)2)知財コストが絞られていく昨今において、最小の投資で最大の効果を上げる意思決定を、定量的視点で比較することができる。3)意思決定の是非について、部門間で話し合う上で、或いは経営層に説明する上で、説得力のある参考資料にすることができる。

知的財産経営上のリスクには、コントロール可能なリスクと、コントロール不可能なリスクが存在している。ここでコントロール可能なリスクとは、内部経営資源、即ち企業のコアコンピタンス、保有しているノウハウ等である。これに対してコントロール不可能なリスクとは、外部環境因子であり、市場動向、技術のトレンド、特許庁の特許審査結果等である。つまり、この知財経営のシミュレーションを活用することにより、知的財産経営に含む不確実性(リスク)を定量分析し、実際に知財経営



上の意思決定を行う上で、その不確実性をコントロールすることに究極的には目指すこととなる。次節以降では、知財経営にシミュレーションを導入した事例から、そのメリットを検証する。

3. 事例紹介① (モンテカルロDCFを利用した特許戦略シミュレーション)

知的財産は、そのものに価値が生じるのではなく、これがサービスや商品に活用されて、初めてその価値が生じる。知財が活用されるサービスや商品の売れ行きや市場環境、活用のされ方等、様々な要因により価値が大きく変動するという特質がある。評価に必要な情報は多岐に亘り、いかなる評価基準を採用するかはケースバイケースとなる。採用する評価基準の例としては、技術的要因(技術の汎用性、代替技術、技術のライフサイクル等)、経済的要因(事業や製品の競合状況、収益性、今後の伸び率)、法的要因(侵害の立証容易性、権利の存続期間等)等がある。また評価手法としても、インカムアプローチ、マーケットアプローチ、コストアプローチ等がある。本節では、特許を実施した場合に得られるフリーキャッシュフローを推定し、特許の寄与分に基づいて価値を算定するインカムアプローチにモンテカルロ法を組み合わせたモンテカルロDCF法を紹介する。

従来のDCFの手法によれば、最も起こりそうなケースや平均的に起こりそうなケースを1点に亘り見積もる方法や、特定のシナリオ(ベスト、ワースト、最も起こりやすいケース)を想定するシナリオ分析等がメインであるが、主観的、決め打ちの評

価になりがちである。これに対してモンテカルロシミュレーションでは、予測に幅を持たせた手法であり、どのシナリオが、どの程度の確率で起こるのか、予測の範囲に収まる確率はどの程度かを定量的に求めていくものである。即ち、モンテカルロシミュレーションによれば、個々の不確実な要素を確率分布として考え、乱数により起こりうる無数のシナリオを再現することにより、起こりうる範囲と起こりやすさを知ることができる。

以下の事例では、有用な発明を行ったY社が特許を取得し、活用する戦略として大きく分類して戦略A～戦略Cがあるものとしたとき、どの戦略を採用するのが最も効果的かをモンテカルロシミュレーションから求めていく。戦略Aは特許を取得し、これを自社で独占して他社には一切実施させないようにすることで参入障壁を築き、自社のシェアを高めるものである。戦略Bは、取得した特許をあえて他社に次々に実施させ、標準化を勝ち取り市場のパイを大きくする一方で、自社特許を実施した他社からロイヤルティーを払ってもらい、いわゆるオープン戦略である。戦略Cは、特許出願しないことで、特許権利化費用を削減する戦略である。

実際にこのようなシミュレーションモデルを作る上で、R&Dの観点からは、研究開発費用、特許出願の観点からは、権利化費用、特許率、審査結果、取得した権利範囲といったパラメータを入力していく。また市場面からは、予測市場規模、平均市場成長率、市場予測誤差、初年度獲得シェア等を入力する。その他の条件として、割引率、売上原価率、販売費及び一般管理費、



ライセンス料等のパラメータを入力していく。これらのデータからDCF法を利用して実際の事業の正味現在価値（NPV）を算出していくわけだが、これにモンテカルロ法を適用することにより、数千回のシナリオを自動的に作り出してシミュレーションを行う。

以下の図1は、戦略A、B、CについてそれぞれモンテカルロDCFを利用してNPVをシミュレーションした結果を示

している。特許出願しない戦略Cよりも、特許権利化する戦略A、Bの方がNPVの平均値が高くなっていることが分かる。また、戦略A、Bにおけるほぼ0万円を中心とした山は、出願した特許が拒絶されてしまった場合の最悪ケースの確率分布である。戦略Bの方が戦略Aよりも高NPV側に分布していることから、あくまで平均的に見た場合には戦略Bが最も期待収益の高いことが示されている。

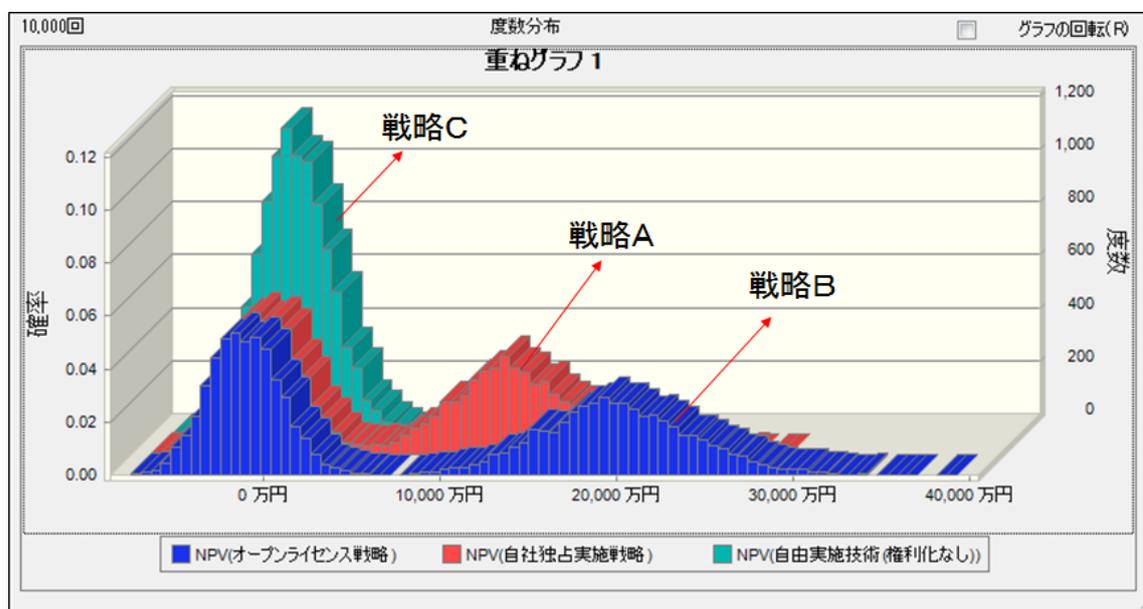


図3 モンテカルロDCFによる各戦略A～CのNPVの確率分布

4. ライバル企業間の特許ポートフォリオの戦力比較シミュレーション

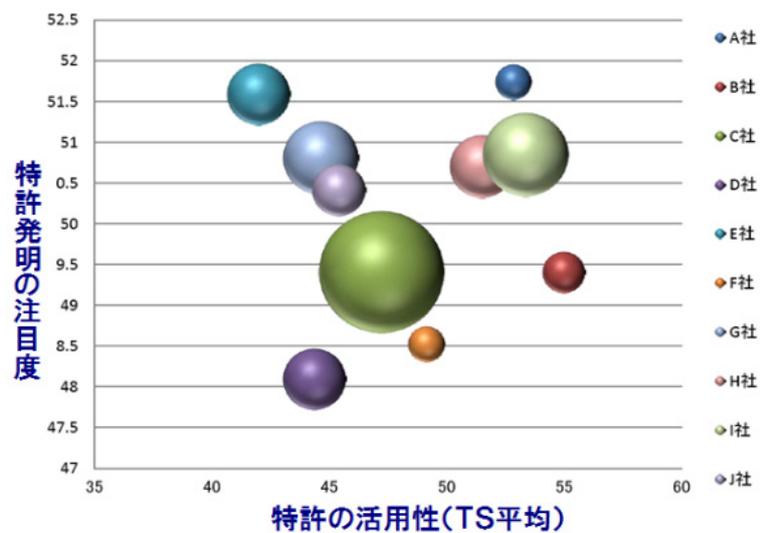
自社とライバル企業がそれぞれ保有する特許群（特許ポートフォリオ）を比較するためには、それぞれの特許ポートフォリオの戦力をより正確に評価する必要がある。かかる場合には、従来の特許ポートフォリオ価値評価にありがちな、評価人による主観に基づく判断を極力排除し、特許権

から抽出される各種定量データのみに基づいた客観性のある評価を行う必要がある。これに加えて事業展開により起こりえるあらゆる可能性を全て加味した評価を行う必要がある。

本事例では、特許発明の注目度の軸と、特許の活用性の軸の2軸に亘り、自社とライバル企業のそれぞれ保有する特許ポートフォリオにつき、定量データに基づいて客観的な評価を行った。特許発明の注目度



は、自社及び他社がその特許をどのくらい注目しているかを示す定量パラメータ（被引用数や情報提供数、存続年数、外国出願国数等）を重み付けして評価している。また特許の活用性は、NRIサイバーパテントが提供する特許の広さ指数(Technology Size :TS)（安彦ほか 2008）に基づ



いて評価している。

図2は、実際にある技術分野における各企業が保有する特許ポートフォリオを特許発明の注目度と、特許の活用性の2軸で比較した結果を示している。ちなみに、バブルの大きさは、その企業の保有する特許ポートフォリオを構成する特許数を示す。

このようにしてまずは自社の特許ポートフォリオの強さをライバル企業との関係において相対的に把握することができる。

次に、上述したモンテカルロシミュレーションを利用し、あらゆる可能性を加味した事業の将来予測を行う。このシミュレーションにおいて図2において把握した特許ポートフォリオの強さを盛り込む。その結果、特許の強さを主観を排してあくまで客観的な観点から盛り込んだ形でシミュレーションを行うことが可能となる。

5. まとめ

一般的にシミュレーションは、あくまで仮定の設定や、入力パラメータにより作られ

図4 特許の活用性と発明の注目度

た仮想的なものであり、得られた結果が全て正しいとは限らないのは当然である。しかし、あえてシミュレーションを行って試行錯誤することで、今まで絶対見えてこなかった不確実性(リスク)が初めて見えてくる場合があります。このような知財経営シミュレーションの研究やその活用が今後進展し、知財経営上の各種意思決定を行う上での一助となり、ひいては日本の知財経営の更なる発展を是非期待したいものである。

参考文献

- ・妹尾堅一郎「技術力で勝る日本が、なぜ事業で負けるのか」ダイヤモンド社 序章 p14 (2009)
- ・安彦 元、田中義敏、中川秀敏、「技術的範囲の広さに対応した特許請求の範囲の数値化方法の提案」日本知財学会誌 Vol. 5 No. 1 pp67-80 (2008)



〈寄稿：リアルオプション周辺での新展開、2015年1月15日〉

オープンデータ時代の幕開けとその意義

鳥海 重喜

中央大学 理工学部 情報工学科

1. はじめに

1. 1 オープンデータとは

近年、「ビッグデータ」という用語が、ビジネスの現場で注目を集めていることをご存知の方も多いただろう。総務省の2012年情報通信白書によれば、ビッグデータは「事業に役立つ知見を導出するためのデータ」とであるとされている（この定義に従うと、「ビッグ」という言葉はなくても良さそうだが、データを事業に役立たせるためには、それなりのデータ量が必要になるということだろう）。このビッグデータの影に隠れてじわじわと浸透しているのが、これから紹介する「オープンデータ」である。オープンデータとは、行政機関等が持つデータを

- (1) 機械判読に適したデータ形式で、
- (2) 二次利用が可能な利用ルールで公開されたデータ

と定義される。その意義・目的は、

- 透明性・信頼性の向上
 - 国民参加・官民協働の推進
 - 経済の活性化・行政の効率化
- である。

従来においても、行政機関等が持つデータを「情報公開」により閲覧することは可能であった。しかし、この情報公開は人に対して行われるものであったため、画像ファイルやPDF形式で公開されていることが

多く、これらのデータをコンピュータプログラムなどによって二次利用するためには、人手による再入力などが必要であった。一方、オープンデータでは、機械判読に適したデータ形式（例えば、XML形式やCSV形式など）で公開されるため、データの再利用が容易になる。すると、行政機関以外の人が政府の政策等に関して十分な分析、判断を行うことが可能になり、行政の透明性が高まると共に、信頼性も向上することが期待できる。さらに、公開されたデータを民間が活用することにより、新しいサービスの創出や官民の協働による公共サービスの提供なども期待することができる。

機械判読に適したデータ形式について、もう少し具体的に考えてみよう。データ形式によっては、特定の機械（コンピュータプログラム）でのみ処理が可能なものもあれば、様々なコンピュータプログラムで処理が可能なものもある。また、複数のデータを同時に扱う場合に、結合させ易いものもあれば、結合しにくいものもある。これらを評価する指標として、「5 Star Open Data」が提案されている。この指標では

- ★ どんなデータ形式でも良いからオープンライセンス（後述）で公開（例：PDF, JPG）
- ★★ プログラムで処理可能なデー



- タ形式で公開 (例: XLS, DOC)
- ★★★ オープンに利用できるデータ形式で公開 (例: CSV, XML)
 - ★★★★ URI を利用してデータを公開
 - ★★★★★ 他へのリンクを入れたデータを公開

の5段階を制定している (星の数が多いほどオープンデータとして望ましい)。このうち、機械判読に適したデータ形式というのは2つ星以上を表しており、様々なコンピュータプログラムで処理が可能というのは3つ星となる。また、4つ星以上では、RDF (Resource Description Framework) と呼ばれる、データとデータとの関係性を記述するフレームワークを利用して、複数のデータを組み合わせる (データを再利用する) ことを想定している。

ところで、民間がビジネスとして公共データを利用したサービスを提供するには、権利関係 (ライセンス) にも十分な配慮が必要となる。すなわち、データの二次利用をデータの所有者 (すなわち、権利者) が予め許諾していることが必要になる。そのため、単に機械判読に適したデータ形式で公開するだけでなく、二次利用が可能なルールを制定しておく必要がある。

著作権のある著作物の配布を許可するライセンス形態の一つである「クリエイティブ・コモンズ・ライセンス」では、表示・非営利・改変禁止・継承の4つの条件を組み合わせたライセンスが定められている。このうち、通常利用されているのは、①表示、②表示+継承、③表示+改変禁止、④表示+非営利、⑤表示+非営利+改変禁止、⑥表示+非営利+継承、の6つである。民間での二次利用を推進するには、前述の①、

②あるいは、全ての権利を放棄したパブリック・ドメインである必要があり、これをオープンライセンスと呼んでいる (実際、後述する DATA.GO.JP で公開されている多くのデータの権利は「①表示」となっている)。

1.2 政府の取り組み

政府におけるオープンデータ関連の戦略を振り返ると、まず2012年7月に高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (IT総合戦略本部) が「電子行政オープンデータ戦略」を決定し、基本的な方向性 (基本原則) として、

- (1) 政府自ら積極的に公共データを公開すること
- (2) 機械判読可能な形式で公開すること
- (3) 営利目的、非営利目的を問わず活用を促進すること
- (4) 取組可能な公共データから速やかに公開等の具体的な取組に着手し、成果を確実に蓄積していくこと

の4項目が示された。

この戦略に基づく具体的な施策を検討するために、2012年12月にIT総合戦略本部の下に「電子行政オープンデータ実務者会議」が設置され、「電子行政オープンデータ推進のためのロードマップ」が成果としてまとめられ、関連して「各府省情報化統括責任者 (CIO) 連絡会議」が「二次利用の促進のための府省のデータ公開に関する基本的考え方 (ガイドライン)」を公表した。

続く2013年6月には、「世界最先端IT国家創造宣言」が閣議決定され、

- (1) 電子行政オープンデータ戦略に基づくロードマップを策定・公表



- (2) 2013年度から公共データの自由な二次利用を認める利用ルールの見直しを行うとともに、機械判読に適した国際標準データ形式での公開を拡大
- (3) 各府省が公開する公共データの横断的検索等を可能とするデータカタログサイトについて2013年度中に試行版を立ち上げ、2014年度から本格運用を実施

が掲げられた(2014年6月に改定)。

同じく2013年6月には、先進8カ国首脳会議(G-8サミット)で以下のオープンデータ5原則

- (1) 原則としてのオープンデータ
- (2) 質と量
- (3) すべての者が利用できる
- (4) 改善したガバナンスのためのデータ公表
- (5) イノベーションのためのデータの公表を含む「オープンデータ憲章」に合意した。

その後、2013年10月にアクションプランが制定され、キー・データセットとして「国の統計、国の地図、国の選挙結果、国の予算」を、ハイバリュー・データセットとして「企業、犯罪と司法、地球観測、教育、エネルギーと環境、財政と契約、地理空間、国際開発、政府の説明責任と民主主義、健康、科学と研究、統計、社会的流動性と福祉、交通とインフラ」を公開することが約束された(現在では多くのデータが公開されている(後述))。

1.3 民間企業の取り組み

一方、オープンデータを利用する側の民間企業の意識はどうだろうか。2013年3月に公表された、一般社団法人日本経済団体

連合会(通称、経団連)の「公共データの産業利用に関する調査結果」によれば、

- 公共データに対する産業界の利用ニーズ、期待は非常に高い
- しかし、利用上の障害が多く、十分に活用されていない
- 利活用推進には、政府オープンデータポリシーの策定等が必要

という結論が得られている。以下では、調査結果をもう少し具体的にみてみよう。

ニーズの高い公共データ

種類別にみると、①地図や地下データ、②交通データ、③防災・保安・安全に関するデータ、へのニーズが高いものの、これらのデータを産業界が十分に活用できていない理由として、①データが非公開、②データの所在・公開の有無が不明、③データ形式が利用しにくい、④更新頻度が少ない、⑤データが複数の機関にまたがって提供されている、ことが挙げられている。

公共データの利用目的

公共データの利用目的としては、①消費者や顧客に対する新サービスの創出、②企業経営の意思決定への活用、③企業の業務の効率化などが挙げられている。

データ提供に関わるニーズ

データ提供に関わるニーズには、①CSVやExcelなど二次利用・加工しやすいデータ形式とし、②最新データが随時参照・利用できる、リアルタイムまたはタイムリーな自動更新、③全ての行政機関のデータを極力シンプルな共通ルールの下で一元的に管理したデータカタログの整備や、ダウン



ロードを一元的に行うことができる窓口の設置、公共データの公開ガイドラインの策定と全ての行政機関への適用等、が挙げられている。

その上で、公共データの一層の産業利用に向けて、「産業界の役割は、自己責任で公共データを利用し、新産業・新事業の創出につなげていくことである。公共データの積極的公開が進むことにより、行政用語に必ずしも詳しくない一般利用者が必要な情報に辿り着けるような民間サービスの発展も期待できる。」と報告書にまとめられている。

以下の章では、既に公開されているオープンデータを活用した事例をいくつか紹介するとともに、オープンデータの入手方法について解説する。

2. 活用事例

2. 1 海外の事例

欧米では日本に先んじてオープンデータの利活用が進んでおり、民間（個人や企業）がサービスを提供している事例が数多く存在している。

Matthew Somerville 氏が提供している "Live London Underground map" は、TfL (Transport for London) API を利用して、ロンドンの地下鉄における電車の位置（および次の駅の到着時刻などの情報）をリアルタイムに地図上に表示してくれる（図1）。もちろん、同様のサービスを鉄道事業者が提供することも可能であるが（例えば、フィンランドの国鉄である VR グループも同様のサービスを提供している）、そのためにはシステムの開発コストや運用コストなどを負担する必要がある。一方、運行データの提供であれば、既存システムで管理して

いるデータであることから、低コストで実現することが可能である。さらに、データを活用したいと考えている有志が開発することから、開発期間の短縮やサービスの多様化も期待することができる。

アメリカ合衆国のシカゴ市で、雪かきが終わった道路を地図上に表示するサービスとして "Clear Streets" がある。このサービスはオープンデータを利用したアプリケーションを開発している市民ボランティアのグループ Open City によって提供されているものである。

"The Climate Corporation" は、国立気象サービスがリアルタイムに提供する気象関連のオープンデータや、農務省が提供する過去 60 年の収穫量データや土壌データなどを活用して、農家向け収入補償保険 "Total Weather Insurance" を開発・提供している。

"MRIS" では、不動産の価格や写真などの情報に加えて、公的機関から入手したその地域の環境や気象などに関する情報を一般消費者やわかりやすく提供している。

2. 2 国内の事例

日本での活用事例は、オープンデータとしてのデータ公開が始まったばかりということもあり、欧米に比べて多くはない（したがって、ビジネスで大きく成功している例はほぼない）。

全国の 6,000 以上の図書館から、リアルタイムの貸し出し状況を横断的に検索するサービスとして「カーリル」がある。カーリルでは、図書館の貸し出しデータに加えて、Amazon 等の書誌データベースも同時に検索できるので、図書館の蔵書にはない本であっても本の情報を閲覧することができ、利便性の高いサービスを実現している。



図 5 Live London Underground map

福井県鯖江市が公開しているオープンデータを活用したスマートフォン向けのアプリに「さばえぶらり」がある。イラストマップや古地図に、観光スポット・公共施設・トイレ等の位置データを加えた地図アプリであり、観光振興や地域活性化が期待されている。

3. オープンデータへのアクセス

3. 1 DATA.GO.JP

1.3 節で述べたように、民間企業によるオープンデータの活用を促進するには、データを一元的に管理したポータルサイトの整備が必要である。そこで、日本政府はデータの横断的検索等の機能を備えたオープンデータの「データカタログサイト」(ポータルサイト)として"DATA.GO.JP"を、2013年12月に試行版として立ち上げた。その後、

2014年10月には本格版の運用が開始された(図2)。DATA.GO.JPは、府省の保有データをオープンデータとして利用できる場として、データの提供側・利用側双方にオープンデータのイメージを分かりやすく示すことを目的としている。また、国際的には、日本政府の一元的なオープンデータのサイトの取組として認知向上を図っている。2015年1月10日現在、国土交通省や経済産業省をはじめとする府省の12,632件のデータセットが登録されているものの、ファイルフォーマットが機械判読に適しているデータ(CSV形式、XLS形式など)は半数以下に止まっている。しかしながら、これまでそれぞれの府省でバラバラに管理されてきたデータを一元的に扱うことができるようになってきている意義は大きい。また、運用開始から比較的短期間で多くのデータが



登録されている背景には、オープンデータの作成・公開にあたっては、すべての準備を完全に整えてから実施するのではなく、比較的オープンデータにしやすいデータから始めるという「スモールスタートの原則」によって取り組まれているという実情もあ

る。

今後も準備が整ったデータから順次公開されていく予定であり、利用者も含めて運用しながら使いやすいサイトにしていくことが期待される。

図 6 DATA.GO.JP

3. 2 地方自治体のカタログサイト

国ではなく地方自治体が管理しているオープンデータのカタログサイトも存在する。例えば、2.2節で取り上げた福井県鯖江市では、「データシティ鯖江」として、トイレや避難所などの施設情報や観光情報などをまとめたサイトを立ち上げている。

静岡県では、都道府県として初の「ふじのくにオープンデータカタログ」を立ち上げ、防災や観光などに関するデータを提供している。

日本のオープンデータ都市一覧によれば、2014年12月1日現在、全国で70以上の自治体でオープンデータを公開しており、そ



の数は年々増加している。ただし、公開されているデータは、自治体によって大きく異なる。人口や公共施設などは多くの自治体で公開されているが、それに加えて、ごみや避難所などの生活に関連するデータや、観光などの地域特有のデータを公開している自治体もある。

4. おわりに

本稿では、近年利用環境が整いつつあるオープンデータに関して、その概要を紹介した。主として、国や自治体などの公的機関がデータを提供する役割を担っているが、民間企業が保有するデータをオープンデータとして公開する動きもある。例えば、2014年9月に東京メトロは創立10周年を記念して、リアルタイムの列車位置、遅延時間などの情報をオープンデータとして公開し、当該データを活用したアプリ開発コンテストを実施した。これは、鉄道事業者として日本初の試みであり、今後鉄道事業者各社に広がっていくことが期待されている。

また、オープンデータを活用した事例を数多く揃えて、カタログサイトなどで併せ

て紹介していくことにより、利用を促進していくことも重要である。

参考文献

- 一般社団法人日本経済団体連合会 (2013) : 「公共データの産業利用に関する調査結果」.
 各府省情報化統括責任者 (CIO) 連絡会議 (2013) : 「二次利用の促進のための府省のデータ公開に関する基本的考え方 (ガイドライン)」.
 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (2012) : 「電子行政オープンデータ戦略」.
 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (2013a) : 「電子行政オープンデータ推進のためのロードマップ」.
 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (2013b) : 「世界最先端 IT 国家創造宣言」.
 総務省 (2012) : 「情報通信白書」.
 電子行政オープンデータ実務者会議 (2013) : 「G8 サミットにおけるオープンデータに関する合意事項の概要について」
 データシティ鯖江 : < <http://data.city.sabae.lg.jp/> > (アクセス日 : 2015年1月10日)
 DATA.GO.JP : < <http://www.data.go.jp/> > (アクセス日 : 2015年1月10日)
 日本のオープンデータ都市一覧 : < <http://linkdata.org/work/rdfls127i> > (アクセス日 : 2015年1月10日)
 5 star Open Data : < <http://5stardata.info/> > (アクセス日 : 2015年1月10日)
 ふじのくにオープンデータカタログ : < <http://open-data.pref.shizuoka.jp/> > (アクセス日 : 2015年1月10日)
 Live London Underground map : < <http://traintimes.org.uk/map/tube/> > (アクセス日 : 2015年1月10日)

CALL FOR PAPER

INTERNATIONAL JOURNAL OF REAL OPTIONS AND STRATEGY

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

The International Journal of Real Options and Strategy (Online ISSN 2186-4667) is a peer-reviewed and open access journal that publishes theoretical and application-oriented articles in areas of real options, strategy and related themes. Please visit the site above.

Papers that appeared in recent Volume 2 issued in December, 2014

Jing-Hui Dong, Yoshio Iihara, "The Optimal Timing of an Announcement for a Merger and Acquisition"



< 研究メモ >

プロジェクトの総合的評価法 (2)

宮原 孝夫

名古屋市立大学名誉教授, 立命館大学客員教授

3. 期待効用理論に基づくプロジェクトの評価法

3.1 効用関数と期待効用

効用関数を $u(x)$ とする。リターン(収益)は不確定であるので、これを確率変数 X で示すことにする。この時に得られるであろう効用は $u(X)$ である。その期待値 $E[u(X)]$ を期待効用と呼び期待効用の大きいものを価値が高いものと判断する。

効用関数としては指数型効用関数 $u(x) = \frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha x})$, $\alpha > 0$ 、対数型効用関数 $u(x) = \log(1 + bx)$, $b > 0$ 、冪(べき)型効用関数 $u(x) = x^\beta$, $0 < \beta < 1$ がよく使われる。¹ $u(x) = x$ のときには $E[u(X)] = E[X]$ であり期待効用は単なる平均と同じになる。

3.2 効用無差別価値

期待効用による価値評価は相対的な評価である。すなわち $E[u(X)] > E[u(Y)]$ ならば X の価値は Y の価値より高いと判断されるが、 $E[u(X)]$ の値が X の価値の値であると主張しているのでもなく、また X の価値と Y の価値との差が $E[u(X)] - E[u(Y)]$ であると主張しているわけでもない。

これに対して、期待効用理論に基づいてリ

¹効用関数 $u(x)$ の定義域は、消費のような場合には $\{x \geq 0\}$ でよいが、リスクのあるリターンを扱う場合には $\{-\infty < x < \infty\}$ で考えたい。以下では、 $u(x)$ の定義域は $\{-\infty < x < \infty\}$ であるものとする。

ターン X の価値を定量的に評価しようとする概念として効用無差別価値がある。

定義 3.1 $u(x)$ を効用関数とし X を確率変数とするととき、

$$E[u(-v + X)] = u(0) (= 0) \quad (3.1)$$

により定まる v を、効用関数 $u(x)$ から定まる X の効用無差別価値と呼び、 $v(X)$ と書く。²

この定義式の意味は、「 X なる不確実なリターンを受け取る権利を得るの $v(X)$ だけ支払ったとき、期待効用は 0 となる」ということであり、この意味で X と $v(X)$ とは釣り合っていることになる。

注意 3.1 効用関数に通常要請される性質を仮定したとき、効用無差別価値による評価と期待効用の値による評価とは定性的には同等になる。すなわち

$$E[u(X)] > E[u(Y)] \Leftrightarrow v(X) > v(Y) \quad (3.2)$$

が成立する。

$u(x) = x$ の場合には $v(X) = E[X]$ となり平均値となるが、一般の効用関数の場合には平均値とは異なる。効用関数 $u(x)$ が上に凸な関数のとき、一般に $v(X) \leq E[X]$ が成立する。実際、Jensen の不等式により

² 似た概念である「確実性等価」は、 $u(c) = E[u(X)]$ なる c として定義される。



$u(-v(X)+E[X]) \geq E[u(-v(X)+X)]$ であり、この右辺の値は $u(0)$ に等しいので、 $u(x)$ の単調性より $-v(X)+E[X] \geq 0$ 、すなわち $v(X) \leq E[X]$ 、が成立する。

注意 3.2 効用無差別価値の上の定義は市場が考慮に入っていない場合である。オプション価格に関連した効用無差別価格の議論については、[1]を見よ。

例 3.1 効用関数として指数型効用関数

$$u_{\alpha}(x) = \frac{1}{\alpha} (1 - e^{-\alpha x}), \quad \alpha > 0 \quad (3.3)$$

を採用した場合に得られる効用無差別価値は次の形である。

$$U^{(\alpha)}(X) = -\frac{1}{\alpha} \log E[e^{-\alpha X}], \quad \alpha > 0 \quad (3.4)$$

3.3 プロジェクトの効用無差別正味現在価値

リスク・プレミアムを考慮に入れた価値評価法を、NPV法の考え方を踏襲しつつ上の効用無差別価格の理論に基づいて導入しよう。

プロジェクトとは、現時点での投資額（初期投資額） I_0 と次期以降の収益（または損益）のキャッシュフロー

$$\mathbf{C} = \{C_1, C_2, \dots, C_T\} \quad (3.5)$$

とからなっているものとする。ここで \mathbf{C} は不確実性のあるキャッシュフロー（すなわち確率過程）である。以下、割引率を $1+r$ として、このキャッシュフローの現在価値および正味現在価値を考察する。

(1) キャッシュフロー \mathbf{C} の古典的現在価値

古典的 NPV 法では平均の現在価値を計算する。したがって、現在価値（PV）と

正味現在価値（NPV）は次式で与えられる。

$$PV(\mathbf{C}) = \sum_{t=1}^T \frac{E[C_t]}{(1+r)^t}, \quad (3.6)$$

$$NPV(\mathbf{C}) = -I_0 + PV(\mathbf{C}). \quad (3.7)$$

(2) キャッシュフロー \mathbf{C} の期待効用理論に基づく現在価値

キャッシュフローがランダムな場合には、その現在価値もランダムなものとする方が自然である。すなわち、古典的 PV 計算式において期待値をとる前のランダムな現在価値に注目し、ランダム現在価値 RPV(C) (random present value) を

$$RPV(\mathbf{C}) = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (3.8)$$

で定義する。ここで、 $RPV(\mathbf{C})$ は確率変数であること、および

$$E[RPV(\mathbf{C})] = PV(\mathbf{C}) \quad (3.9)$$

なる関係を注意しておこう。

定義 3.2 ランダムなキャッシュフロー \mathbf{C} のランダム現在価値 $RPV(\mathbf{C})$ の効用無差別価値を \mathbf{C} の{効用無差別現在価値} (utility indifference present value) と呼び、 $UIPV(\mathbf{C})$ で示すことにする。

$UIPV(\mathbf{C})$ は次の v についての方程式

$$E[u(-v + RPV(\mathbf{C}))] = 0 \quad (3.10)$$

の解である。

さらに、 \mathbf{C} の{効用無差別正味現在価値} (utility indifference net present value) $UINPV(\mathbf{C})$ を次の \hat{v} についての方程式

$$E[u(-\hat{v} - I_0 + RPV(\mathbf{C}))] = 0 \quad (3.11)$$

の解として定義する。

v と \hat{v} についての方程式を比較して



$v = \hat{v} + I_0$ なる関係が分かる。これより

$$UINPV(\mathbf{C}) = -I_0 + UIPV(\mathbf{C}) \quad (3.12)$$

なる関係が出る。あるいはこの式を $UINPV(\mathbf{C})$ の定義式に採用しても同じである。

効用無差別正味現在価値 $UINPV(\mathbf{C})$ の値によりプロジェクトの価値を評価する方法を、効用無差別正味現在価値法と呼ぶことにする。

注意 3.3 ここで、効用関数として $u(x) = x$ を採用した場合には $UINPV(\mathbf{C})$ は古典的な $NPV(\mathbf{C})$ に一致することを注意しておく。

3.4 リアルオプション・アプローチの導入

ここまで、キャッシュフロー \mathbf{C} が一つ与えられたとして、その評価を考えてきた。が、プロジェクトの推進においては種々の戦略（事業の拡大または縮小など）が付随しているのが一般的である。そして、一つの戦略を設定したごとにキャッシュフローが一つ決まる。従って、これら多くの戦略の中で最も望ましい結果を導く戦略が実際に採用されることになる。

これら可能な戦略はオプションと考えられ、プロジェクトの推進は複数あるオプションの中から適切なオプションを選ぶことと考えられる。これをリアルオプション・アプローチと呼ぶことにする。

3.5 確率的最適制御問題としての定式化

前節で述べたオプション付きプロジェクトの選択は、いくつかある採用可能なオプションの中からどのオプションを採用するのが最適か（＝効用無差別正味現在価値（ $UINPV$ ）の最大化）という問題を解くことである。

こうして我々は確率的最適制御問題としての定式化へと導かれる。これは概ね次のように定式化される。

1. 戦略 $\Phi = \{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_T\}$ のクラスを定義する。
2. プロジェクトの初期投資額およびキャッシュフローは戦略に依存するので、それぞれ

$$I_0^\Phi \text{ および } \mathbf{C}^\Phi = \{C_1^\Phi, C_2^\Phi, \dots, C_T^\Phi\} \text{ と表}$$

現することにしよう。それに応じて、対応する効用無差別正味現在価値（ $UINPV$ ）も $UINPV(I_0^\Phi, \mathbf{C}^\Phi)$ と表現する。

3. 次の最適制御問題を解く。

$$\overline{UINPV} = \sup_{\Phi} UINPV(I_0^\Phi, \mathbf{C}^\Phi) \quad (3.13)$$

4. この値 \overline{UINPV} がリアルオプション・アプローチによるプロジェクトの価値である。この値が正であるとき、最適（または最適に近い）オプション付きのプロジェクトは実施対象の候補となる。

注意 3.4 注意 3.1 より、この最適化問題は

$$\sup_{\Phi} E \left[u \left(RNPV(I_0^\Phi, \mathbf{C}^\Phi) \right) \right] \quad (3.14)$$

と同等である

3.6 プロジェクト評価の手順

ここまで述べてきた議論に基づいたプロジェクトの評価手順はつぎのようになる。

(1) 基本となるプロジェクトの確定

価値評価の対象となるプロジェクトの内容を明確にしなくてはならない。そして、初期投資額 I_0 およびキャッシュフロー $\mathbf{C} = \{C_1, C_2, \dots, C_T\}$ を算定する。ここでキャッシュフローは不確実性を伴ってお



り、確率過程（＝時系列）として定式化される。その確率的な性質（分布など）は特定化されているものとする。

(2) 効用関数の確定

期待効用理論を適用するためには、適切な効用関数の一つを採用し確定しておく必要がある。どのようなタイプの効用関数を採用するかは、プロジェクトの実施主体の考え方に依存して決定すべきものであるが、後に示すように、標準的なものとしては指数型効用関数 $u_\alpha(x) = \frac{1}{\alpha}(1 - e^{-\alpha x})$, $\alpha > 0$, を採用し、リスク回避度 α の決め方を工夫するのが妥当な方法の一つと言える。

(3) 基本となるプロジェクトの価値評価

基本プロジェクトの初期投資額、キャッシュフロー、および効用関数が定まれば、前節で述べた期待効用理論に基づいた方法・手順により基本プロジェクトの価値を評価することができる。すなわち次のような項目を実行する。

- 1) ランダム現在価値 $RPV(\mathbf{C})$ を計算する。これは確率変数であり、分布を持っている。
- 2) 効用無差別現在価値 $UIPV(\mathbf{C})$ を計算する。これは、キャッシュフロー $\mathbf{C} = \{C_1, C_2, \dots, C_T\}$ の期待効用理論に基づく現在価値である。
- 3) 次いで、効用無差別正味現在価値 $UINPV(\mathbf{C})$ を計算する。これは、期待効用理論に基づくプロジェクトの正味現在価値である。この値が正であれば実施対象にしてよいプロジェクトであると判断できる。ただし、仮に負であっても、次

項以下の手続きを踏んで実施対象と判断される場合もある。

(4) 適用可能なオプションの検討

基本となるプロジェクトに関して、適用可能なオプション（延期オプション、拡大オプション、など）が存在するかを検討する。存在する場合には、それらのオプションの付いたプロジェクトについて価値評価をすることになる。なおこの時、オプション採用に伴う追加費用とオプション付きプロジェクトのキャッシュフローを算定しておかねばならない。

(5) オプション付きプロジェクトの価値評価

オプション付プロジェクトがいくつか考えられるとき、その各々に対して期待効用理論に基づいた価値評価を行う。すなわち、その各々に対して新たに算定された初期費用と（追加費用も含んだ）キャッシュフローに基づいて効用無差別正味現在価値 $UINPV(I_0^\Phi, \mathbf{C}^\Phi)$ の計算を行う。その上で (3.13) の \overline{UINPV} を計算する。

(6) プロジェクト採用の可否の判断

前項の結果として、最適戦略の効用無差別正味現在価値 \overline{UINPV} が求まり、これを実現する戦略が最適戦略となる。このとき、もし $\overline{UINPV} > 0$ ならこのプロジェクトは最適戦略（または、 \overline{UINPV} に近い値を実現する戦略）を採用することを前提に、実施対象の候補プロジェクトと判断される。もしもこの値が負値であったならば、プロジェクトは実行されないことになる。

3.6 期待効用理論アプローチの問題点と課



題

本節で説明してきた「期待効用理論に基づくプロジェクトの評価法」の適用に当たっては、次のような問題点や検討課題がある。

1) 割引係数の選定：現在価値の計算には割引係数が使われるが、それをどのように決定するかを決める必要がある。

2) 効用関数の選び方：評価の結果は採用した効用関数に依存している。したがって、どのような性質を持った効用関数を採用すべきかの検討が必要である。

3) $UINPV(I_0^{\Phi}, C^{\Phi})$ および \overline{UINPV} の計算法：この計算は確率最適制御理論の手法を使って行われることになろう。(3.5節参照。)

これらの問題については後に必要に応じて検討を加えるが、留意点について簡単に述べておく。

1) の割引係数の問題は本稿に限らず現在

価値を考える場合には常に現れる問題である。一般的には、国債などの安全資産をもとに算出される。

2) の効用関数の選定の問題は、次節(4節)で扱う「価値尺度」の議論とも密接に関係しており、そこで詳しく検討する。

3) の計算法の問題は、キャッシュフローのモデル設定と深く関係しており、動学的な確率最適制御理論との接点をどのように捉えるかという課題になる。(5節以下で議論する予定である。)

参考文献

- [1] Carmona, R. (ed.) (2008), *Indifference Pricing: Theory and Applications*, Princeton Series in Financial Engineering.
- [2] T. Misawa (2010), 'Simplification of Utility Indifference Net Present Value Method', *OIKONOMIKA, Nagoya City University*, Vol.46, No.3, 123-135.
- [3] 宮原 孝夫 (2006), 「期待効用理論に基づくプロジェクトの価値評価法」, *Discussion Papers in Economics, Nagoya City University*, No.446, 1-21.
- [4] Y. Miyahara (2010), 'Risk-Sensitive Value Measure Method for Projects Evaluation,' *Journal of Real Options and Strategy*, Vol.3, No.2, 185-204.

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7巻1号

2015年4月30日発行

(機関誌編集委員会)

委員長：高森寛

委員：森平爽一郎、中岡英隆、伊藤晴祥

発行所 **日本リアルオプション学会**

THE JAPAN ASSOCIATION OF REAL OPTIONS AND STRATEGY

事務局本部：

〒103-0027

東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋1丁目ビル5F

早稲田大学ファイナンス研究センター

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



<http://realopn.jp>

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1丁目ビル5F