

特集

金融工学

financial engineering

～東工大CRAFTの挑戦～



日本の金融に大きな変革の波が押し寄せている。日本版金融ビッグバンに始まる一連の金融市場の自由化により、日本の金融市場では日本と外国の金融機関が入り乱れた激しい競争が繰り広げられているのだ。この競争に勝ち抜くために、ハイテクを駆使した理系的なアプローチによる金融ビジネスが求められている。このアプローチが「金融工学」だ。

1999年、東工大に日本初の金融工学の研究施設、「理財工学研究センター(CRAFT)」が設立された。金融工学の研究に大きく遅れを取った日本は、その遅れを挽回できるのだろうか。CRAFTの挑戦が始まった。

金融工学とは何か

日本の金融事情

今、日本は戦後もっとも長い不況の中にある。これほど長く経済が低迷した国は、資本主義が発達した国ではないという。これまで経済の根幹をなす「金融」という分野を扱っていたのは、経済学部や商学部の人たちであった。しかし最近の一連の金融機関の破綻を見ると、彼らがやってきた金融ビジネスがどうやら時代に沿わなくなってきたことがうかがえる。では、新たな時代の金融ビジネスとはどうあるべきなのだろうか。ここで登場するのが金融工学である。

金融工学の話をする前にまず、従来の日本の金融制度を見てみよう。1990年代以前の金融制度は高度経済成長期と変わらず、規制によりがんじがらめだった。金融機関は大蔵省の指導のもとで同じ金利、同じサービスをする護送船団方式により絶対に潰れないように守られていた。その結果、金融機関同士の競争は許されず、独創性が發揮できないようにコントロールされていたのである。

これと対照的なのは、昭和20年代後半から30年代前半にかけて生まれた自動車産業である。昭和30年代が過ぎた頃から規制が取り払われた自動車産業は、国際競争を余儀なくされたのだ。その結果30年遅れていると言われていた自動車産業は、20年後には欧米の自動車産業を圧倒し、貿易摩擦を引き起こすまでになる。

1990年代に入って、高度経済成長期の頃のままであった金融制度にメスが入れられる。橋本首相のもとで日本版金融ビッグバンが行われ、金融市場の自由化と国際化が徐々に始まったのである。しかし銀行は、従来の金融ビジネスを急激に変えることはできなかった。今まで保護のもとに置かれていたのが突然国際競争の中に放り出されたのだから無理もないだろう。逆に外資系金融機関から見れば好機到来であった。世界最高額といわれる日本の個人金融資産1200兆円が、目の前に差し出されたようなものだからだ。熾烈な競争社会を勝ち抜いてきた欧米の金融機関は、その圧倒的な金融技術を持って日本の市場に続々と参入して

きている。国の根幹である金融が、他国の企業に左右されるのはよいこととはいえない。だが実際、多くの金融機関が10年から20年は先を行くといわれている欧米の金融技術を求めて、外資系企業と提携に踏み切っている。その求める技術こそが金融工学なのだ。

では、従来の金融ビジネスと、金融工学を用いた金融ビジネスではどう違うのだろうか。その違いを見ていこう。

従来型の金融は経験則に基づいていた。融資するかどうかを最終的に決めるのは人間であった。過去のデータをもとに判断を下すのだが、データの他にさまざまな前提に縛られていたのだ。例えば大企業は潰れない、土地の値段は下がらないというようなものである。このような前提に基づいて行われてきたビジネスは非合理的である。中小企業というだけで正当に評価されることは少なく、お金が返済されない可能性を減らす工夫もできなかったからだ。最近の金融機関の破綻を見てても、従来型は時代にそぐわなくなってきたと言えるだろう。

それでは金融工学を用いた方はどうなのだろうか。従来型と大きく異なる点は、今まで経験則で処理されてきた部分を理論的根拠に基づいて処理していることである。過去のデータや将来お金が返ってこない可能性 - リスク - を数値化することでコンピュータ処理が可能となり、客観的な判断が可能になるのだ。結果としてリスクの軽減ができるようになり、優良な企業にはお金が回るので、効率よく投資ができるようになる。

金融工学がこれほどまでに重要な技術であるにも関わらず、近年まで日本の金融機関や大学では

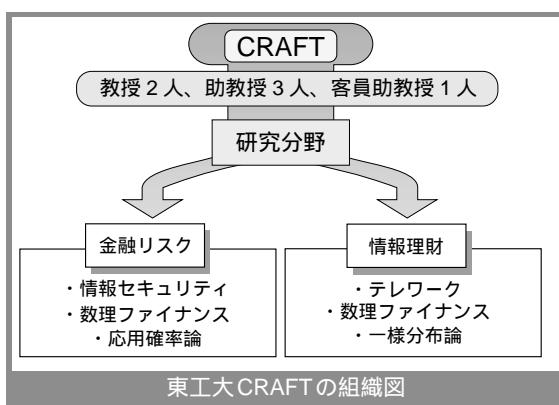


今野 浩 教授

研究されなかった。しかしこの危機的状況の中でようやくその重要性が認められてきたのである。

東工大CRAFTの設立

日本の金融工学のリーダー的存在である今野浩教授は、1980年代から金融工学の必要性を説いてきた。だがバブル期に提案した金融における工学的な研究をする、理財工学科を設立する構想はほとんど誰にも相手にされなかつた。ところがその後、1996年になって突然チャンスが訪れた。東工大に社会理工学研究科が設立されたのだ。ここでこの研究科の長を務めることになった今野先生は、新組織を世間にアピールするための具体案作りを学長から命じられたのである。そこで今野先生は再び理財工学科構想を考えたのだ。しかしすでに国立大学は少子化のため学部を縮小する方向に向かっていたので、1997年の春「理財工学科」から「理財工学研究センター」構想として具体案を提出した。翌1998年になり、木村・内藤両学長が学内外に働きかけて下さったおかげでこのプランが急浮上した。このとき日本の金融は極めて悲惨な状態になっていたことは先程述べた通りである。こうした危機的状況の中で、東工大も金融における工学的アプローチの必要性を感じてきたのだ。1998年4月になり文部省との交渉が始まった。学長、事務局そしてOBが一体となった支援体制と金融ビッグバンに後押しされる形で、度重なる交渉の結果、日本初の金融工学を研究する大学の施設「理財工学研究センター」、通称「CRAFT」は設立されたのである。





次世代型金融システムを構築する

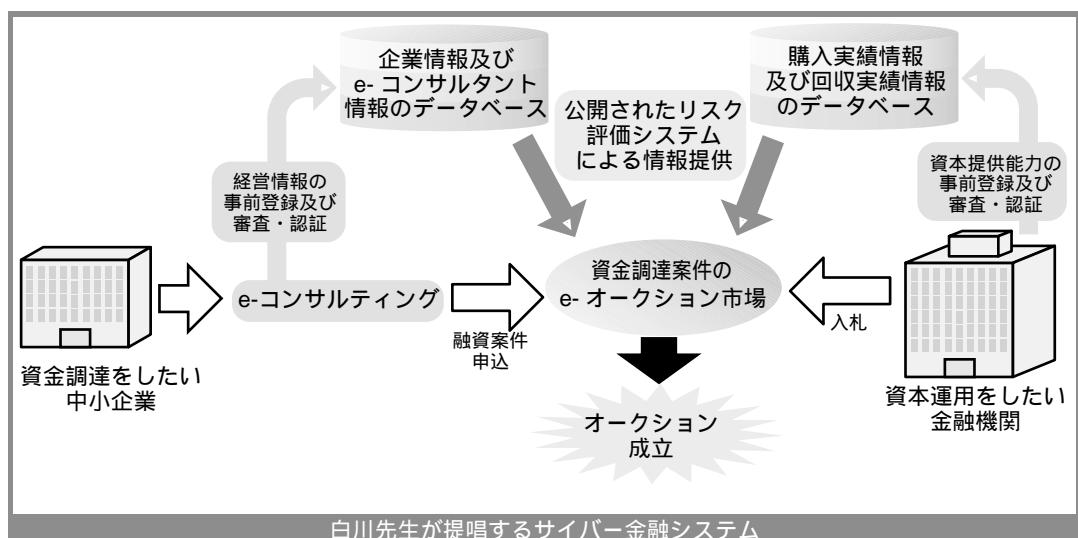
最近国立大学に作られた新しい研究所や研究室は、10年を一区切りとして作られているという。成果を出さなければ10年後には廃止というわけである。CRAFTもそのような前提で作られている。そこでCRAFTは金融工学の本質であるデータの利用価値を最大化するという視点から、6人という少人数ではあるが3つの産官学共同プロジェクトを重点的に推進している。

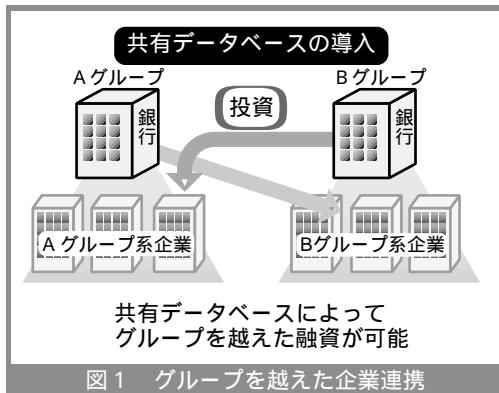
現在その中で本格化しつつあるプロジェクトがある。それが白川浩助教授が携わる「サイバー金融システム」と呼ばれる、中小企業のための次世代型金融システムの研究だ。これは通産省の外郭団体である財団法人情報処理振興協会(IPA)の研究費補助のもとで、銀行・証券会社・メーカー・コンサルティング会社などでグループを作る。そして、ベンチャー企業をはじめとする中小企業が、インターネット上で資金調達ができる仕組みを作ろうとするものだ。実験段階とはいえ、従来の日本には存在しなかった中小企業を対象とした直接金融市場の先駆けとなる野心的な研究プロジェクトである。「東工大は半導体やバイオなどの分野で大きな貢献がある。このプロジェクトが成功すれば金融にも大きな貢献をすることになる」とCRAFT所長の今野先生はおっしゃっている。

サイバー金融システムとは

サイバー金融システムの仕組みを見ていこう。このシステムの特徴は、中小企業と金融機関の間に、インターネット上に作られるオークション市場を置くところである。ここでお金を借りたい企業側と、お金を運用したい金融機関側が出会うことになる。インターネット上には企業の過去の取引情報などをもとに、数理工学を用いた手法により計算された最低入札金利、倒産確率などの情報が公開される。これを融資判断材料として金融機関は貸出金利を提示し、オークションが行われるのだ。そして、入札された様々な資金提供条件をもとにして、コンピュータが借り手側である企業にもっとも有利な組み合わせを計算し、資金調達したい企業に提示するのである。借り手である企業側だけでなく、貸し手である金融機関側も競争するという意味で、透明度の高い中小企業向けの資金調達システムなのだ。

このシステムの構成要素の中でもっと重要なのが、下図の左上にある企業情報データベースだ。これが従来の日本の経済システムを変えるものになるのである。従来は、銀行を中心とした企業グループ内だけで互いに企業情報を共有してい





た。このようなグループ内の情報共有では、銀行に企業情報が集中してしまう傾向がある。そのため中小企業が正当な評価を受けられず、十分な資金を得ることができないなど、不利益を被るという欠点がある。

白川先生が目指しているのは、こうした企業グループ内で共有されていた情報を、公共財として社会システム全体で共有することである。すなわち客観的な企業評価のため、企業活動の効率性を表す情報を集積した大規模共有データベースを作ろうというのだ（図1）。

では、共有データベースを作るとどのような利点があるのだろうか。まず企業評価が公開されることになり、企業グループにとらわれない企業連携が期待できる。優良企業には金融機関の投資が集まることになり、有利な条件で融資を受けることになるだろう。逆に、不良企業には投資がされなくなる。こうして優良企業は育成され、不良企業は淘汰されていく。また、このデータベースを利用すれば、資本を効率的に利用している優良企業を効率的に発掘することもできる。結局、経済全体で資本が効率的に活用されるので、企業の生産性は著しく向上するのである。

この共有データベースのもとになるデータとして白川先生が着目しているのが、企業間のさまざまな取引データである。企業評価には、企業の資本利用効率を測定できる正確な情報が必要であり、ごまかしのきかない取引データに利用価値がある。企業を比較するためには、データの規格が統一されなければ意味がない。しかし現状ではデータの統一はとれていない。その解決方法として白川先生は、異なる会計システムを使っていても標準化されたインターフェースを用いることで、取引データをデータベースへ簡単に集積できるようにしている（図2）。その結果、より多くの信頼できるデータが集まることになり、企業評価の精度が増すことになる。こうして企業評価を行うための基礎を構築するのだ。

この基礎ができてもデータベースが完成というわけではない。企業取引情報だけでは経済全体の資本利用効率を継続的に向上できるだけの情報が得られないからだ。そこで考えられているのが、データベースに金融機関の融資実績データを加えて多角的な情報源を構築することである。多角的に蓄積されたデータは精度の良い融資判断のための貴重な情報資源となるのだ。

データベースと金融工学

ここまで話から共有データベースを作ることがどうして金融工学になるのかと思う人もいるだろう。白川先生は「『金融』とは『貨幣（資本）』をどのように活用するか」という方法論である」と言う。では経済に対する貨幣の役割とは何だろうか。私達が生活していく中で必要なものやサービスは貨幣を仲介にして、分業により作られている。貨幣の役割とは「分業を可能にする技術的決策」なのだ。

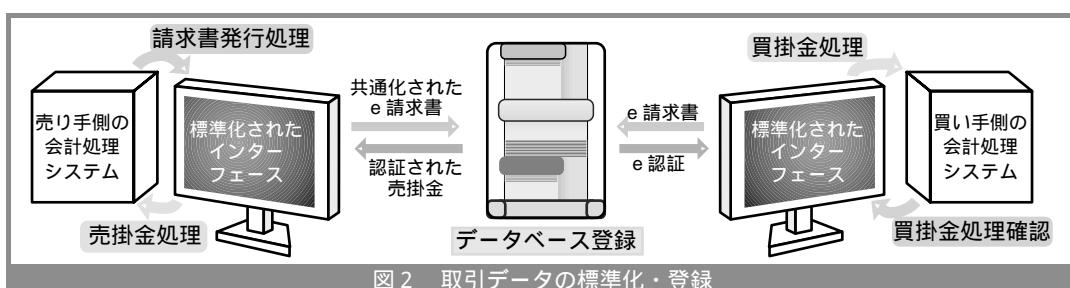


図2 取引データの標準化・登録

金融工学とは経済の中で貨幣をいかにフェアに交換するか、その技術的解決策を研究する学問と言える。共有データベースを作ることで、従来より効率的な分業を引き出し、その結果として経済が成長する。だから企業情報データベースを作ることは金融工学そのものなのだ。このような産業の視点から見た金融工学は、日本の産業に大きく貢献してきた東工大独自のものと言える。「こうした東工大的金融工学があることを皆に知って欲しい」と白川先生はおっしゃっている。

金融工学を用いたサイバー金融システムは従来のシステムとは多くの点で異なるため、プロジェクトの実用化には解決しなければならない数多くの課題がある。まず経済活動の本来の主役である中小企業が、自社評価のためのデータベース作りに協力してくれるかという問題である。中小企業は自分の仕事に関心が向いており、自社の客観的な情報を未知の取引相手に公開することに対する関心が薄いというのが現実のようだ。したがって共有データベースを作ることが、なぜ正当な企業評価と新たな企業間取引の構築につながるのか、説明していく必要がある。さらにこのシステムが実現すると、銀行は今までの安定した地位を失い、お互いに競争をしなければならなくなる。このような日本の金融システムの再構築に対して、保守的な銀行は必ずしも前向きとは言えない。こうした困難な課題を抱えつつも、共有データベース構築のための広範囲な情報インターフェース標準化が、来年の4月をめどに開始される予定のことだ。

システムのもたらすもの

白川先生が研究しているおっしゃるサイバー金融システムは日本の金融システムを一変させることになるだろう。分業経済の最適化を意識して構築されているサイバー金融システムは、従来の金融システムとは異なる方法論で中小企業を活かすための金融システムを作ろうとしている。この意味では一種の金融改革と言えるだろう。

それでは、このシステムは企業のためだけの金融改革なのだろうか。そうではない。このシステムを消費者の視点から見てみよう。今まで消費者は資金の少なさから中小企業に直接融資すること



白川 浩 助教授

ができなかった。ところがサイバー金融システムでは、金融機関の投資が債券化されることで小口に分割されるため、消費者も入札できるようになる（図3）。重要な点は、消費者がこの債券を共有データベースをもとに出される企業評価を見ながら、自分で選んで購入できることである。今までお金を預けることがほとんどであった消費者が、新たな投資の機会を得ることで経済の中心に躍り出ることが可能になるのだ。これは消費者のニーズが直接経済を動かすことにつながり、消費者の地位向上になる。こうした意味でも金融改革と言えるのだ。

但し、消費者の地位向上には責任が伴う。このことは預金者である私達には不安が残るものだ。わざわざ自分の身を危険にさらす必要があるのか、と。従来の金融システムが崩れていると最初に述べた。国の根幹が揺らいでいる今、日本は一つの転換期を迎えておりといえよう。責任が生じる代わりに自己判断ができる。それは将来の日本のあるべき姿を示しているのではないだろうか。

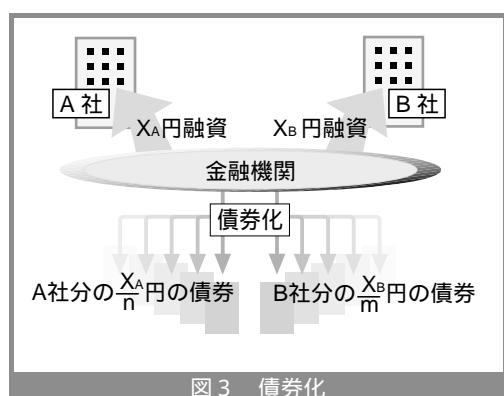


図3 債券化



これからの日本とCRAFT

欧米に追いつくのは難しくない

日本の金融工学は、欧米に比べて20年は遅れていると言われていた。しかし、日本は工学の分野で世界でも最高のレベルに位置するような技術を、既に幾つか開発している。今野先生は次のようにおっしゃっている。「金融の技術の面、つまり金融工学の分野については、日本はあと2,3年で欧米に追いつくことはできるだろう。そして自分に有利な部分を武器にして、欧米に劣らない効率的な金融技術を作ることは可能である」

日本と欧米の差が縮まってきたのは欧米で好景気が続いたことによる。欧米ではこの10年間、その前に比べて技術の進歩があまり見られないのだ。好景気のときには企業の収益は上がっているので、それほど細かい計算をしなくとも投資に失敗することはない。そのため技術の進歩は減速してしまうのだ。欧米の金融機関は今、日本へ続々と進出してきている。彼らの技術に勝るとも劣らない独自の技術が育っていることは大変頼もしいことである。

ただ、残念なことは今の日本にはその技術をサポートする体制が整っていないことだ。20年は遅れていたといわれていたためか、それとも金融技術の善し悪しを判断する能力が無いためか、日本では欧米の技術なら優れていると思ってしまう人が多い。その技術の全てが日本の技術よりも優れているとは限らないのにである。日本の金融を守るためにも早急に日本の技術をサポートするシステム及び教育が望まれている。

日本の優れている点

技術以外にも優れている点はある。企業の運営という点で、日本の金融機関にはある新しい技術

システムを始めたら、そのシステムが組織として位置づけられるという体制がある。つまりシステムを作った人がいなくなても、システムを動かすための知識は受け継がれて残り、動き続けるのだ。欧米ではシステム作成者がいなくなると、システムを動かす知識がなくなってしまい、止まってしまう。企業の安定性という点では、日本の方が優れているのだ。

それだけではない。日本の銀行は、最近は不祥事が多いため、それでも米国などに比べて不祥事は少ない。銀行の業務における管理が進んでいるからだ。欧米ではミスが出たときのことは考えているが、ミスがあって当たり前、どうにかすればよいというふうに考える。それに比べて、ミスが少ない日本の銀行は業務上のことに関しては欧米よりずっと信頼できる。

CRAFTの目指す金融工学

こうした優れた点を本格的にサポートする体制が確立されれば、勝つことはできなくても負けないようにすることは可能だという。この「防衛的金融工学」という考え方とは、一昔前に米国のヘッジファンドにより引き起こされた東南アジアの株価大暴落による不況を見れば、その重要性がわかる。技術を持った欧米の金融機関の中には、その国の産業を育てるためではなく、自らの利益のためだけに参入しているところもあるのだ。だから日本市場に進出してくる外資系金融機関は、必ずしも日本の産業を支えるという発想を持っているわけではない。

CRAFTが目指す金融工学とは、国民のための金融技術を、技術者精神(CRAFTSMANSHIP)のもとで開発することである。そしてこれがこのセンターが担っている役割なのである。

参考図書

参考ホームページ

今野浩 「金融工学の挑戦」中公新書,2000

理財工学研究センター

<http://www.craft.titech.ac.jp/>

Appendix

1: 効率の良い投資とは - ポートフォリオ理論

投資をするときの基本原則として分散投資というものがある。この原則を投資例で見てみよう。

まず、A、B、C社の3つの投資先を考える。

A社は自動車会社で、円高が進むと収益が下がるが円安のときは収益が上がると予想される。B社は旅行代理店で、円高が進むと旅行客は増えて黒字となることが予想される。C社は出版社で、円高や円安の影響はあまり受けない。ここで今後の為替レートは3分の1の確率で円高、変化無し、円安になるものと仮定する。以上の過程を数値化し、整理したものが下の表である。

投資先	円高	変化無し	円安	平均	標準偏差
A	-4	10	21	9	10.2
B	9	7	5	7	1.6
C	6	7	8	7	0.8

表1

この表を見るとC社の収益性が安定していることからC社に投資するのが良いように思われる。ここでA社に20%、B社に80%ずつ分散投資をしてみよう。この組み合わせをDとする。円安のときを例に取るとこのときのDの収益率は

$$0.2 \times (-4) + 0.8 \times 9 = 6.4\%$$

となる。

以下同様の計算をしてまとめると、下の表2の様になる。この表を見るとDは為替レートの変動によらずCより収益率が高くなっている、さらに収益率のばらつきも少なく安定していることがわかる。このように性質の異なるものに分散投資することで良い結果が得られる可能性があるのだ。これをリスク分散の原理という。またこの投資比率の組み合わせをポートフォリオという。そしてこのリスク分散の原理のもとで融資を行う銀行の

ポートフォリオを考えて、もっとも貸出金利が低くなるようにすることがe-オークション市場で行われるのだ。

* * * *

この標準偏差を用いた平均・分散モデルを考案したのは経済学者のハリー・マーコビッツ氏である。それは1952年のことであった。彼がその功績によりノーベル経済学賞を受賞したのは、1990年である。なぜ彼は40年近くも待たなくてはならなかつたのだろうか。その理由はこの平均・分散モデルが実用化できるほど簡単に解けなかったところにある。

このモデルを解くということはポートフォリオの収益率の平均値を固定して、その分散を最小化する問題に帰着される。収益率の分散とは、収益率とその平均値の差の2乗の平均である。上の例のように2つの投資先でこのモデルを解くには結局、3項からなる2次方程式を解けばよい。投資先が3つになったらどうなるか。6項からなる2次方程式を解くことになる。

平均・分散モデルを解くのは投資のリスクを最小化するためである。このモデルでは投資先が多いほどリスクを減らせることがわかっている。東証一部上場企業は約1300社ある。この1300社に平均・分散モデルを当てはめてポートフォリオを組もうとすると、およそ169万個の項からなる2次方程式を解かなければならないのだ。これは単純に解くことは難しく、様々な工夫が必要となる。マーコビッツは計算機と計算技術の発達を待つ必要があったのだ。

投資先	ポートフォリオ	円高	変化無し	円安	平均	標準偏差
C	1.0 C	6	7	8	7	0.82
D	0.2 A + 0.8 B	6.4	7.6	8.2	7.4	0.75

表2



2：企業情報データベースの仕組み

共有データベースの情報をもとにどのようにして貸し出し最低金利を求めるのだろうか。その概要を見てみよう。

まず、企業の資金面から見た経営状態に、

$$\text{集合 } K = \{0, 1, 2, \dots, k\}$$

から格付けを与える。このとき数値が大きいほど経営状態がよいことを表し、0は倒産を表すとする。そしてこのような格付け状態の1単位期間ごとの状態遷移、並びに倒産する確率をもとにリスク分析を行い、最低貸出金利を決めるのだ。

ある企業の時点 t における格付け状態を X_t 、1 単位時間で格付け状態 i から j へ推移する確率を q_{ij} とする。すると状態0は倒産状態を表すので

$$q_{0j} = \begin{cases} 0 & (j \in \{1, \dots, k\}) \\ 1 & (j = 0) \end{cases}$$

となる。

また n 単位時間後の状態遷移確率を $q_{ij}^{(n)}$ とすると

$$q_{ij}^{(n)} = \sum_{l_1 \in K} \sum_{l_2 \in K} \dots \sum_{l_{n-1} \in K} q_{il_1} q_{l_1 l_2} \dots q_{l_{n-1} j}$$

となる。

今、倒産リスクのない貸し付けに対する1単位時間当たりの金利を r 、格付け状態 i に対する融資期間 n における金利を $\phi_i^{(n)}$ とし、この貸し付け金利は倒産時点までは支払われると仮定する。ま

金融工学というとヘッジファンドなどの投資に関する事を思い浮かべる人が多いのではないだろうか。そのようなイメージを持ってCRAFTを取り組んだときは、正直に言って驚いてしまった。確かに資産運用の研究をしている。しかし、詐欺的な取引から身を守るためにという目的があり、金儲けのための学問などと一部の人から言われているような姿は全く見られないのだ。むしろそこには国民のための金融技術を作ろうという技術者精神(CRAFTSMANSHIP)が流れているのを感じた。金融工学を使って、経済を活性化させようという取り組みはこの精神をまさに体現している。

た、倒産時間 t での貸し付け元本及び金利の回収率を η (定数) とする。(一般には η は確率変数だがここでは全ての倒産に対し一定とする) このとき、時点0で格付け状態 $X_0 = i$ から出発したもとの n 単位時間の融資1円に対する現在価値の期待値 $E(L_i^{(n)})$ は

$$E(L_i^{(n)}) = \sum_{1 \leq t \leq n} \frac{\phi_i^{(n)} (1 - q_{i0}^{(t)})}{(1+r)^t} + \sum_{1 \leq t \leq n} \frac{\eta (1 + \phi_i^{(n)})}{(1+r)^t} (q_{i0}^{(t)} - q_{i0}^{(t-1)}) + \frac{1 - q_{i0}^{(n)}}{(1+r)^n}$$

となる。第1項は、時間 t のときに企業が倒産しないで得られる金利の期待値、第2項は、時間 t のときに企業が倒産して回収できる元本と金利の期待値、第3項は、時間 n に返済される元本の期待値をそれぞれ表している。さらにリスク回避度を考慮に加えるため、 q_{ij} を

$$\hat{q}_{ij} = \begin{cases} \exp\{-\lambda\} q_{ij} & (j \in \{1, \dots, k\}) \\ 1 - \exp\{-\lambda\} + \exp\{-\lambda\} q_{i0} & (j = 0) \end{cases}$$

と置き換える。これは λ の数が大きくなると $j=0$ つまり倒産するという観測が強くなることを表し、 λ がリスク回避度となっている。そして、 $E(L_i^{(n)})$ と n 単位時間倒産リスクのない貸し付けを行う融資、すなわち現在価値1の融資と同じ価値になるように $\phi_i^{(n)}$ を決めればよいので $E(L_i^{(n)}) = 1$ とおいて $\phi_i^{(n)}$ について解けば最低貸出金利が出る。

東工大には金融工学を研究する下地があったということを知っている人は少ないだろう。国立大学の中で、実は東工大だけが経営工学科という企業財務や会計についての研究・教育をする学科を有していたのである。理工系の大学ということもあり、数理工学が欠かせない金融工学をやるにはまさにうってつけだったと言えよう。

プロジェクトをやり遂げてもそれで終わりではない。やりたいこと、やるべきことはまだまだたくさんあるという。CRAFTの挑戦は始まったばかりである。

(岡田 康孝)