

◆平成 30 年度 第 6 回（通算第 73 回）蔵前ゼミ 印象記◆

日時：2018 年 11 月 9 日（金）

場所：すずかけ台 J234 講義室

金融の世界におけるものづくり

中島 誠一（1990 経営）

（株）三菱 UFJ フィナンシャル・グループ 市場エンジニアリング部クオンツ開発室長

（株）三菱 UFJ 銀行 市場企画部 市場業務開発室クオンツ開発グループ次長

直線や規則性のある曲線は数式で表すことができる。中学校で習った $y = ax$ ，高校で習った $y = \sin \theta$ ， $y = \log(x)$ などを思い出すと納得できる。しかし，ブラウン運動や株価の変動などランダムな動き（複雑怪奇な軌跡）までもが数式を用いて解析できるとは，にわかには信じ難かった。しかもその数式（確率微分方程式）なしには，もはや現代社会はなり立たないと言われると，まさかという思いとともに，何とかそれを理解したいという誘惑にかられた。かくして 2 ヶ月近くを費やして，金融工学の基礎となっているウォールストリート数学の入門書・中級書に挑んだのだが，いまだ五里霧中で，中島さんの話を正確に読者の皆さんに伝えることができない。そこで今回は，数学的な話は脇に置いて，確率微分方程式を操（あやつ）りながら金融界で仕事をしている人たち（クオンツ quant）がどのようにして生まれ，どのような考えで，どのような仕事をしているのかを，中島さんの経験をもとに紹介したい。

中島さんの略歴

金融工学を駆使して新しい社会基盤を 創造してみたいと思い銀行へ

中島さんがテニスに夢中になりながらも，進学先を決めようとしていた高校生の頃（1980 年代前半）は，大きな技術革新を伝えるニュースが飛び交っていた。一つはバイオテクノロジー分野で産声を上げた“遺伝子工学”で，もう一つは“金融ビッグバン”だ。後者に関しては，米国（1975）や英国（1986）で証券市場改革が行われ，債券や株式を使って資金調達する金融制度が自由化されるとともに，コンピュータや IT の進歩が金融取引や市場の拡大，さらには高度な金融技術の開発を後押しし始めてい

た（日本での金融ビッグバンは，中島さんが銀行に勤め始めた 1990 年代）。

新しいものを作ることに魅力を感じていた中島さんは“バイオテクノロジー”と“経営工学”が学べる本学の第 3 類に入学し，最終的にはビジネスに数理を応用することに強い興味を持ち「経営工学科」を選択した。高校の時はテニス部だったが，大学では少し軽めのテニスサークルにし，その分勉学に軸足を移した。ファイナンスの授業では，ポートフォリオ理論（注 1），ブラックマンデー（注 2）に関する解説，デリバティブ（注 3）のオプション価格を計算するブラック・ショールズ式（Black-Scholes equation，偏微分方程式）（図 1）などの「数理テクノロジー」に接し，面白そうだなと感じた。

Black Scholes Merton equation
European call

Get Pay

$$V_0^C = S_0 \times \Phi(d_1) - Ke^{-rT} \times \Phi(d_2)$$
$$d_1 = \frac{\log(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$
$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

図 1. オプションの価格付けの基礎となっているブラック・ショールズ・マートンの方程式。この式では，市場から入手できるデータ（株価 S_0 ，行使価格 K ，期間 T ，変動率 σ ，金利 r ）を用いて，ヨーロピアンタイプ・オプション（満期日にのみ行使可能なオプション）の価格 V_0^C を計算できる； $\Phi(d)$ は標準正規確率変数の正規分布； $\log$ は自然対数 $\ln$ 。1973 年に米国のブラック（Fischer Black, 1938～1995）とショールズ（Myron Scholes, 1941～）が共同で発表し，マートン（Robert C. Merton, 1944～）によって証明された。この業績に対し，1997 年にノーベル経済学賞が授与されたが，ブラックは残念ながらその 2 年前に咽喉がん（throat cancer）で亡くなっており，受賞者はショールズとマートンのみ。

時流も中島さんの気持ちを後押しした。就職に際し業界研究をする中で、欧米の先端金融ビジネス(注4)では技術職の人たちが金融の世界で今までになかった金融商品・サービスを開発することにより新しい社会基盤を創造しつつあることを知った中島さんは、そういった新しいビジネスが日本でも広がると直感するとともに、自分自身もそのような仕事に関わりたいたいと思うようになり、三和銀行(2度の合併を経て現在は三菱UFJ銀行)に勤めることにした。中島さんが卒業してから9年後の平成11年(1999)に、本学にも「理財工学研究センター」(注5)が設置された。

銀行での主なキャリア

銀行で希望していた仕事につくまで

1990年、三和銀行に入って最初に配属されたのは名古屋の栄町支店の融資課だった。通常の業務をこなしながら、毎日、業務日誌に金融工学とそれを担うクオンツ(注6)の必要性を綴(つづ)り続けた。念願かなって、2年後に本社のデリバティブ班で仕事をするようになった(最終頁, 表1)。中島さんのキャリアを辿(たど)るには、デリバティブの理解が欠かせないので、ここで、具体例を参照しながら少し詳しい説明を試みたい。

デリバティブは私たちの生活から過度の不安を除くために生まれた

私たちは種々の保険をかけて生活の安定を図っている。似たような状況を金融の世界で考えると分かり易いだろう。本学の図書館は1977年以来「理工学系外国雑誌センター館」に指定されている関係もあって、年間1億円以上の外国雑誌を購入している。為替レートを参考にして4月に1.2億円の予算を組んだとしよう。年度末近くの支払いの時には為替レートは変化している。特に世界経済に不安要素があるときは激しく乱高下する。120円/1ドルで100万ドル(支払額 $\frac{¥120,000,000}{\$120} = \$1,000,000$)の支払予定だったものが、円安が進んで1年後に130円/1ドルにな

ると100万ドルの支払いをするためには1.3億円(支払額 $\frac{¥130,000,000}{\$130} = \$1,000,000$)必要となり、1000万円近い赤字になる。もちろん逆の場合もあるが、千万円単位での変動は予算規模の小さな図書館にとっては大変だ。そこで考えられるのが、(実際には国立大学法人の本学では実行されていないが)、銀行を介して為替予約をし、1年後に1ドル当たり120円でドルを買う約束を、銀行との間で交わしておけば将来の為替変動リスクを避けることができる。これが先物取引だ(図2)。

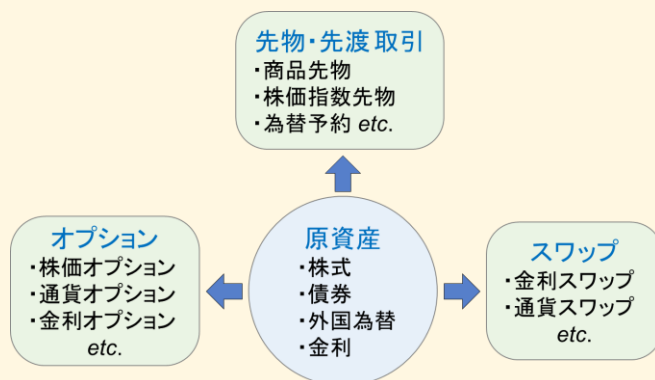


図2. デリバティブの種類。上記は単純なデリバティブ(plain-vanilla derivatives)であるが、デリバティブとデリバティブを組み合わせたものや、ある条件を満たすと権利が消滅するオプション取引など複雑な金融商品(exotic derivatives)も開発されている。

しかし人間は損得に敏感だ。1年後に100円/1ドルになっていたとすると、先物取引をしたがために、1億円(支払額 $\frac{¥100,000,000}{\$100} = \$1,000,000$)で済んだところを約束通り銀行に1.2億円払うわけだから、2000万円も損した気分になる。得することもある訳だから長い目で見ましようと言われても、なかなか腹の虫は治まらない。そこで考え出されたのが次に紹介するオプションというデリバティブだ(図2)。

オプションの場合は、上の例でいえば1年後に、1ドル当たり120円でドルを買う権利を売買の対象とする。実際に¥120/\$1で買うか否かはその時の為替レートを見て決めればいいので、大損をすることは

無くなるゆえ魅力的だ。レートが ¥130/\$1 になっていれば権利を行使して損失を防ぎ、¥100/\$1 になっていれば権利を放棄し、一般市場からドルを調達すればかなりの得になる。しかし、これでは銀行にしてみれば、どちらに転んでも損するだけなので、ビジネスが成り立たない。そこで、顧客のリスクを軽減する（専門的にはリスクヘッジ [risk hedge] という）見返りとして、それ相応の代金を支払ってもらうことになる。先物取引の場合は必ず約束価格で売買しなければならないが、オプションの場合は買い手が不利な場合は権利を放棄できるメリットがある。

ここで、銀行がリスクを引き受ける代わりに、いくらのオプション料を顧客から貰うかの値付けが難しい。高すぎれば誰も利用しないし、安過ぎれば銀行が損する。この値付け（option pricing）を可能にしたのが前述の Black-Scholes-Merton の公式で（図 1）、クオンツと言われる人たちは、この式を基に様々な工夫を凝らすことにより適切な価格を算出している。

デリバティブには、上述の（1）先物取引と（2）オプションの他に、もう一つ（3）スワップがある（図 2）。言葉どおり、「金利（固定 vs 変動）や通貨を交換する」のがスワップで分かり易い。金利の場合を見てみよう：銀行から固定金利でお金を借りている A 社と変動金利で借りている B 社があり、A 社は今後しばらく 金利は 上昇すると思っており、B 社は逆に下がると分析しているとしよう。この場合、お互いに約束して金利を交換することにすれば、両者の望みはかなえられる。あとは一定期間ごとにお互いに受け取った利息を交換すればいいことになる。通貨の交換：IBM はスイス銀行からスイスフラン（SFr）を安く借りることができた。世界銀行も SFr の調達をしたかったが実績がなく、高金利でしか借りられなかった。一方、ドルの世界ならば、世界銀行が IBM よりも安く借りられたので、それぞれ得意な分野でお金を調達し交換することにしたのがデリバティブのスワップ取引の始まりだそうだ（1981）。

未来のリスクを回避（ヘッジ）^{かいひ}（注 7）するために考案され発展してきたデリバティブは、今や「デリバティブの理解なしに金融は語れない」といわれるまでになっている。中島さんが専門とするデリバティブは、企業の財務を安定させ、かつ銀行業務の幅を広げるために不可欠な手法となっている。その中心で活躍しているのがクオンツだとすると、金融業界も私たちが想像している以上に理系人材を必要としていることになる。デリバティブ取引の対象が天候・地震・イベント（会社の合併）にまで広がりつつあり、近いうちに「情報」を対象にしたデリバティブを開発したいという話に驚いた人も多いだろう。デリバティブ商品の中には数 100 億円の利益を出すものもあるそうだ。

天候や地震までカバーするとなると、「デリバティブ」と「掛け捨て保険」の違いが分かりにくくなりそうだが、大きな違いは次の点だ：デリバティブの場合は、降雪量や震度等があらかじめ決められていた数値を超えれば、被害の有無にかかわらず、即お金がもらえるのに対し、損害保険の場合は被害が出て初めてお金が支給される。しかも、被害の程度の見積もりなどを経るので時間がかかる。

金融市場でのものづくりとは

本ゼミでは、上記デリバティブの解説に続いて、数理的な解析法を含め、以下のことが かなり詳しく説明された。数学から縁遠くなってしまう私には定量的な説明が難しいので、詳細は中島さんたちの著書^{（注 8）}を参照頂きたい：[1] デリバティブ評価モデル（二項モデル & 連続型モデル）、[2] デリバティブの評価モデルのキャリブレーション、[3] デリバティブ価格の主な計算手法、[4] 新たなデリバティブ取引の開発例。そして、金融市場でのものづくりにおいて、クオンツ人材が活躍できる仕事を分かり易くまとめたスライドが示されたので引用しておく（図 3）。

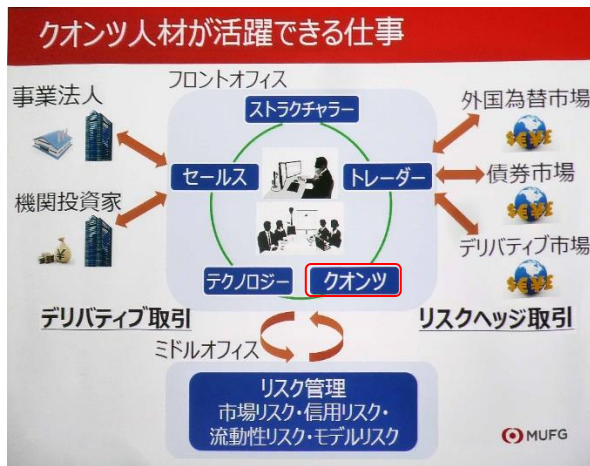


図 3. 金融業界におけるクオンツ人材の位置付け。デリバティブ=金融派生商品、リスクヘッジ=リスク回避。世界的には日々何百万件の取引がなされているが、それを支えているのは、中島さんたちが開発設計している種々のリスク量を瞬時に計算するシステムだ(為替が 1 円動いたらどれだけ時価が変わるか、金利が 1 ベーシス(basis=0.01%)動いたらどうなるかという何千というファクターを計算する)。その計算結果を参考に、トレーダーが取引している。

米国の大学院で腕を磨き、引き続き米国の子会社でクレジット デリバティブ開発に従事

中島さんたちクオンツは、デリバティブ商品のモデルを作って、それをコンピュータシステムに実装するところまでを担当している。三和銀行に入行して 5 年(デリバティブ班に属して 3 年)が経過し、一通りの仕事ができるようになったところで、中島さんは米国ペンシルバニア州ピッツバーグにある Carnegie Mellon 大学の金融工学修士課程で学ぶ機会を得た(1996)。苦労話を聞こうと思って「英語で、しかも最先端の講義を受けるのはさぞ大変だったでしょう」と水を向けた時の答えは意外だった。数学は東工大生としては並のことで、決して数学科的に数学が好きだったわけではなく、英語も自分で勉強しただけで平均よりは少しできた程度だったそうだが、「技術系のコースだったので、数学やコンピュータの授業が多く、高度な語学力を要求されるようなややこしい議論の講義は少なかった。英語のディベート力が多少欠けていても、ビジネス スクールのようなトレーニング・

コースとは違い、普通に勉強すればついていけた」そう。

Carnegie Mellon 大学の修士課程を修了すると、中島さんは引き続き米国に留まり、出向の形でニューヨークにある金融会社(Sanwa Financial Products)で 4 年弱働くことになった。この会社は三和銀行の子会社でデリバティブを専門に扱っていた。子会社といっても日本人は 1 割以下で、外資系企業のような雰囲気だったそうだ。

後に金融界を席捲することになる クレジット デリバティブ(CDS, credit default swap) の先頭集団で活躍

子会社の経営は苦しかった。デリバティブ取引で得た収益の多くを親会社に保証料として上納しなければならなかったからだ。「子会社が倒産しても、その負債は親会社が責任をもって返済するので心配ありません」という信用保証がないと資本金の弱い子会社はデリバティブ商品を売ることができない。当時は、適正な信用保証料を算出するよい方法がなかったので、高すぎると思っても、保守的な算式を採用せざるを得なかった。

中島さんは、クオンツとして新しいデリバティブ商品(クレジット デリバティブ, "credit derivative" or "credit default swap", CDS)のためのモデルを作る仕事を任された。従来のデリバティブは株価や為替などの市場リスク(図 5A)を対象とするのに対し、クレジット デリバティブは企業の倒産などの信用リスク(図 5B)を対象に取引する。信用リスク商品となると、論文など参考になるものは非常に少なかったので、一から作り上げなければならなかったが、遣り甲斐のある仕事だった。目に見える成果【**デリバティブを参照先とする CDS**】^(注 9)が出るようになったところで、副社長に呼ばれた。問題の保証料(経営圧迫の元凶)の見直しを頼まれたのだ。

保証内容は、“子会社が倒産した場合に、その債務を親会社の三和銀行が肩代わりする”というもので、倒産時の債務の見積もりが厄介なのだ。なぜ

ならば、子会社は多くの会社と契約して種々のデリバティブを運用している；取引先の規模や資本金も様々な上に、通貨も多種類に及ぶ。これらのファクターを考慮して、将来子会社が万が一倒産したとしたら、その時点で子会社が抱えているだろう全デリバティブ取引の時価総額（為替変動等により確率的に変動する）を正確に見積もる必要があるからだ。

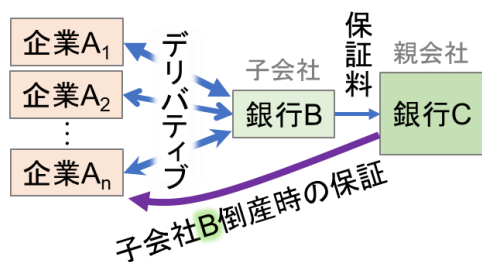


図 4. 親会社と子会社の関係。保証料は、中島さんたちが開発した“デリバティブを参照先とするクレジット デリバティブ CDS”（注 9 の図 5B）の計算式を応用して見積もることができる。

倒産時に全デリバティブの時価がどうなっているかを中島さんは上記“デリバティブを参照先とする CDS”方式に習って計算することに成功した。それをもとに親会社と交渉して、保証金の大幅減額を実現し、子会社の経営危機脱出に大きく貢献した。

CDS の歴史と中島さんの先進性

そればかりではない、金融工学の歴史をたどってみると、中島さん達の仕事がいかに先駆的だったかが分かる。デリバティブの手法は、先ず (1) 株価や為替などの変動によって被（こうむ）る多大な損失（市場リスク）を回避するために導入され、その後、(2) 企業や国の債務不履行（信用リスク）に備え、債務の保証を内容とするクレジット デリバティブ（CDS）までもが開発されるに至っている。

CDS が開発されるきっかけになったのは、20 年ほど前の原油タンカー事故だった。アラスカ産の原油をカリフォルニアに運ぼうとしていたエクソンのタンカー（Exxon Valdez 号）がアラスカ州の

Prince William 湾で座礁して、大量の原油が流出し大きな環境問題を引き起こした（1989.3.24）。エクソン社は、この事故処理に 5,000 億円（\$5 billion）もの費用が必要となり、投資銀行である JP モルガン（J.P. Morgan）に支援を求めた。JP モルガンにとっては、エクソンは古くからの顧客で何とか力になりたいところだが、融資額が尋常でない。困り果てていたところに、スワップ・デリバティブ・チームの若手（Blythe Masters）^{（注 10）} が新しいアイデアを思いついた（1994）。それが注 9 の図 5A で示したクレジット デリバティブ CDS で、実際にそのモデルの詳細をつめたり、リスクの引き受け先を見つけたりと、調印に至るまでにはしばらく時間がかかったようだが、最終的には次のような関係でまとまった：企業 A（**EXXON** エクソン社）⇔ 銀行 B（**J.P.Morgan** JP モルガン）⇔ 銀行 C（**European Bank for Reconstruction and Development** 欧州復興開発銀行 EBRD）。

ローンを対象とする CDS（図 5A）が産声を上げ、注目され始めていた頃、中島さんはデリバティブを専門とする子会社で デリバティブを対象とする新しい CDS（注 9 の図 5B）の開発に取り組み、時流の最先端で事業を展開することに貢献した。何も参考になるものがない状況で、悪戦苦闘しながら一から新しい金融商品を作り上げた この時の先進的な経験は現在の活動の基礎にもなっているそうだ。

海外勤務を通じて感じたこと

ここで前半の中島さんからのメッセージをまとめておこう。日本の企業と比較した場合、米国の企業には次のような特徴があり、それらが新たなサービスの実現に向けたスピーディーな意思決定を可能にしているようだ。(1) プロフェッショナル重視：専門能力が高く、任された仕事では期待に応える成果を出すプロフェッショナル人材を尊重、(2) 多様性の尊重：人材は人種・年齢・性別にとらわれず、“適材適所”で配置し、多様な経験やバックグラウンドを持つ人たちからなるチームを編成、(3) 目標の共有：顧客へのより良いサービスの提供を実現するために、各組織よりは全体の利益

追求を優先、(4) 本質的な議論：形式ではなく実態（何が真のリスクか）を重視した分析と意見交換。筋論と正義感を振りかざして、どうでもいいことにこだわり話が進まないという状況を作ってはいけない。

金融危機から得た教訓

金融危機

1996年に連邦準備制度理事会 FRB が CDS の仕組み（即ち、信用リスクの転売によって、CDS を“バーゼル規制”^{（注11）}の対象外にすること）を承認すると、CDS は金融界の寵児（ちょうじ）となり、2000年代に入ると CDS 市場は指数関数的に伸びた。ついには過熱し過ぎて、臨界点を超えメルトダウン（金融崩壊）を引き起こしてしまった。2008年9月15日のリーマンショック（64兆5,000億円の負債を抱えて倒産）やその直後の公的資金投入による AIG（多国籍の保険会社）の救済は、日本でも連日トップニュースになった。この出来事は、米国の金融関係者のモラル問題にも発展し、納税者の怒りを買った。AIG がお詫びをしないことに対して業を煮やした上院議員が「…日本人ならば、土下座して即辞任するか、自裁するだろうに…」とラジオのインタビューでまくし立てた（反響の大きさに驚き、翌日「私が言いたかったのは、AIG の幹部に毒薬をあおれ〔死をもってつぐなえ〕という意味ではなく、病を治す薬を飲め—責任を認めて納税者が納得できるように謝れ—という趣旨だったのだ」と表現を訂正した）のに対し、AIG 側は「感情論が出てくるのは非常に遺憾だ」とのコメントを出した【確かに、会社が破産しなかったのだから社内規則に従って幹部社員 400 人に対し、総額 162 億円のボーナスを支給するのは—その内の 73 人は 1 億円以上だったとしても—当然で、しかもボーナスの総額は救済資金の 0.1%ゆえ、目くじらを立てるなという主張にも一理ある】。しかし、“空気が読めない AIG” と思った人が圧倒的に多かったようだ。

金融危機の原因

サブプライムローン：サブプライムローンは、本来なら融資対象にならない低所得者層にも、米国

では住宅は値上がりし続けるとの仮定の下に、最初の 3 年間は低金利で融資し、その後は金利が高くなるが、それ以上に住宅価格が値上がりしているので問題なく返済できるとの前提で組まれたローンだ。住宅が値下がりすれば、融資の回収ができず銀行が経営難に陥る。実際、住宅バブルは長く続かず、徐々に焦げ付きが発生し、米国の景気を牽引（けんいん）していた住宅バブルは 2007 年に崩壊した。その影響で経営難に陥いる金融機関が続出したが、それらの CDS を引き受けていたのが AIG で（図 6）、これが破綻したらダムの決壊のように、全世界の金融機関に致命的な打撃を与える恐れがあった。影響があまりにも大き過ぎて潰（つぶ）せなかったのだ。米経済に対する不安からドル安・円高（ $\frac{\text{¥}}{\text{\$}}$ 110→80）が進行し、日本の輸出産業も苦境に追い込まれた。

高度な金融工学：さらにサブプライムローン問題を複雑にしたのは、天才クオンツ達が開発した投資手法（証券化商品 CDO とシンセティック CDO）だった。それらの説明が本ゼミの第 2 のポイント（図 7）だったが、私の理解が追い付かず、的確な紹介をすることができない。素人向けの非常に分かり易い解説^{（注12）}が Web 上に公開されているのでお勧めだ。それを読んでから、図 7 の説明に目を通してもらえれば幸いだ。

中島さんが専門とする CDS 市場では、現在、個別企業等を対象にする CDS だけでなく、数 10 社程度の CDS 保証料を平均した CDS 指数やそのデリバティブ、さらに CDS を束ねて証券化したシンセティック CDS（合成債務担保証券）などが作られ、活発な取引がなされているようだ。リーマンショックとその後の世界的な金融危機では、CDS 取引の不透明さが糾弾されたが、現在は危機を深く反省して規制・監督体制が強化され、10 年前と比べると金融体制はかなり安全になっているそうだ。

中島さんが挙げた「クオンツの視点で見た国際金融危機の教訓」を注 13 に引用して置く。ビジネスの観点からは、「顧客のケアよりも、収益を上げること

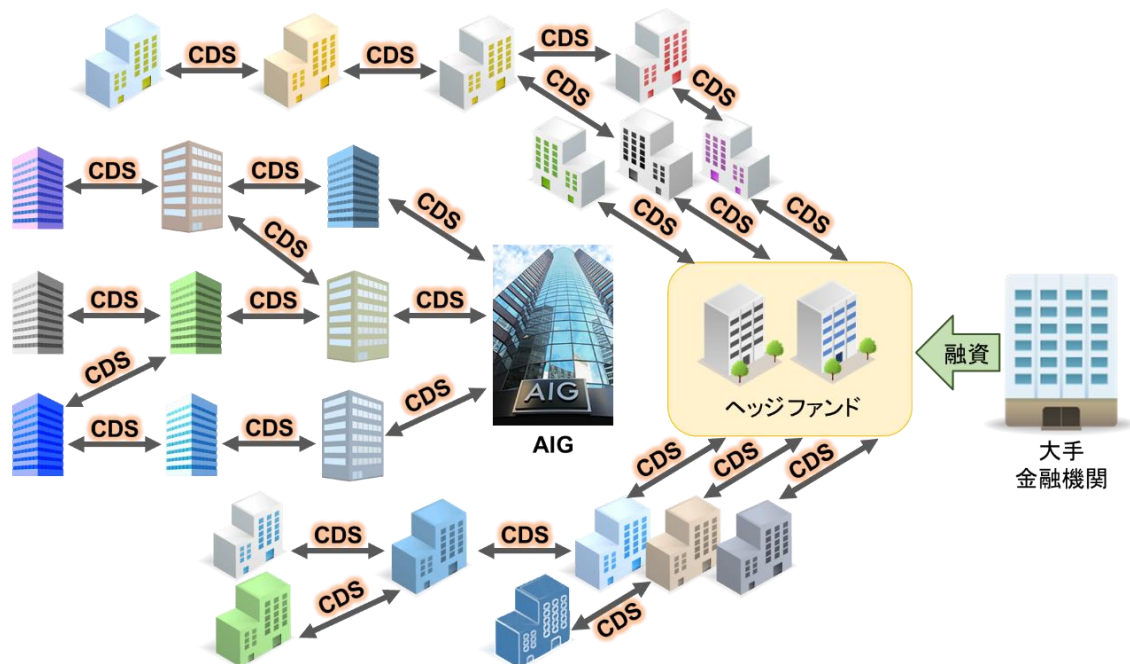


図 6. AIG をなぜ公的資金で救わなければならなかったか？ AIG (American International Group, Inc.) は多国籍の保険会社で、金融危機の時はサブプライムローンで組まれたファンドの CDS を 4400 億ドル (約 46 兆円) も抱え込んでおり、倒産となると CDS で繋がった企業の連鎖倒産が多くの国で起こり、世界経済がマヒする恐れが強かったからだ。//「日本の経営者になって、頭を下げ謝罪して辞任するか、もしくは自裁するかを選んで欲しい。そうすれば私の気持ちは、少しは晴れる」

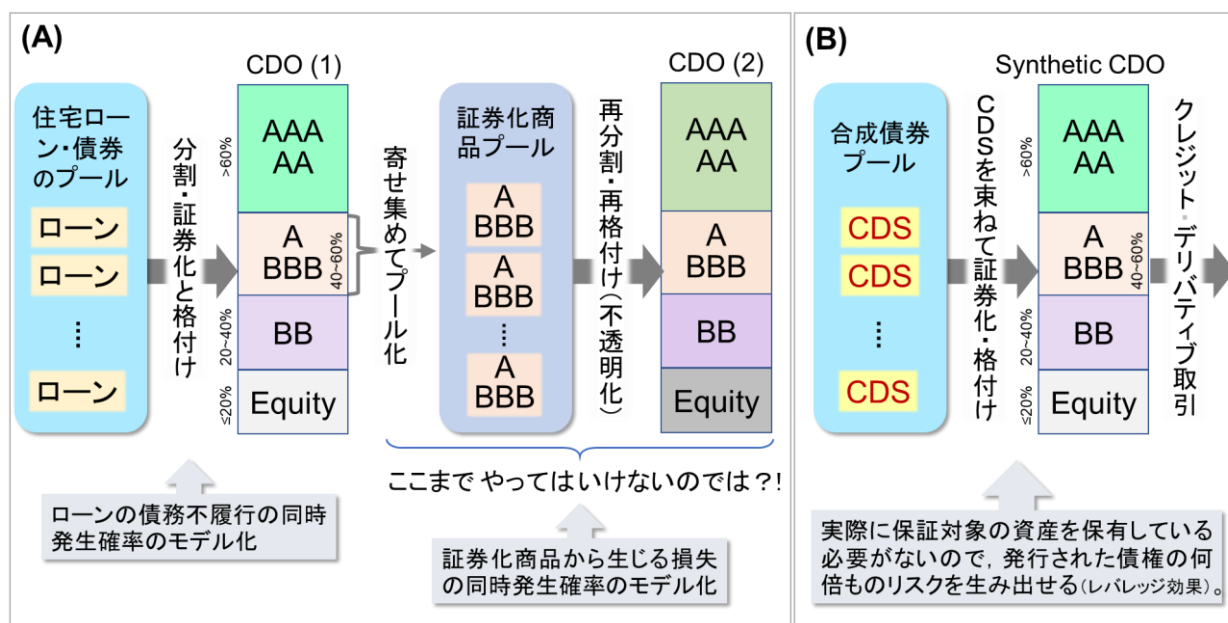


図 7. (A) 債務担保証券とも呼ばれる CDO は、格付けの異なる多様な担保資産をプールし、それらの債務不履行の同時発生確率を数理モデルによって推定した上で、格付け (AAA, AA, A, BBB, BB...) の異なる複数の証券に組み替えて発行される。「ここまでなら OK だった」と中島さんは振り返ったが、ウォールストリートのクオンツ達は一線を越えてしまった。自分たちが作り出した証券化商品のうちランクが中程度の A~BBB のものをプールし、仕分けし直して (AAA, AA, ... と化粧直しして)、売り出してしまったのだ。(B) 通常のローンや社債などの資産のほかに、デリバティブ (CDS etc.) などを組み込んだ債務担保証券は、シンセティック (合成) CDO (synthetic collateralized debt obligation) と呼ばれ、利回りが良いことで知られている。

利払いや元本償還は格付けの高い順に行われるが、格付けが低くなるほど利回りは大きくなるので野心的な投資家のニーズに合わせることも可能だ。複数の担保資産を混ぜて 1 組にすることで、リスクを分散できると考えられている。米国のサブプライムローン問題では、債務担保証券に多くのサブプライムローンが担保として含まれていたにもかかわらず、それらが AAA の高格付けを得ていたために、住宅バブルの崩壊とともに相次いで債務不履行に陥った。

を重視する銀行のビジネスモデル」及び「利益を上げれば、巨額のボーナスが貰える仕組み」の変革が必要だと指摘されているが、これらの点に関しては、“喉元過ぎれば熱さを忘れる”になっていないか心配だ。

クオンツとしてのキャリアを振り返って

金融市場での価格は古くからランダムに変動することが知られており（表 1 の 1900 年）、金融工学では、そのランダム過程を数理的に解析するために開発された確率微分方程式を応用して、デリバティブ（金融派生商品）の値付けなどが盛んに行われてきていることを中島さんから学んだ。最近では、モデルが極めて複雑になり、数学科卒には太刀打ちできない面もあるそうだが、細部は専門家に任せて、全体としてのパフォーマンス（仕事の進行）が最高になるようにするのが、マネージャーである中島さんの仕事だそうだ。

金融業界では、重要な取引をまとめなければならぬときは体力で仕事をする部門（身を削って仕事をする世界）とクオンツのように知恵を使う世界が入り混じっているそうだ。どの世界に身を置くにしても、大学で学んだことが直接生かされる場面は少ないので、基本さえ出来ていれば、あとはモチベーション（意欲）勝負のようだ。マネージャーとしての中島さんいわく「大学や大学院でとことんやってきた人は、別のことをやらせてもできる」。

クオンツとしてのこれまでの中島さんのキャリアを振り返った結びのスライドを引用しておこう。今回の話で、「金融分野でもエンジニア人材が大いに活躍できることを少しでも知ってもらえたならば嬉しい」とのことだった。

クオンツの仕事の面白さ

- ・数多くの新商品や新ビジネスの提供に貢献
- ・プロフェッショナルとして、金融技術のフロンティアを追求
- ・ダイナミックな金融市場の中で、数学や情報

技術を活用

- ・銀行の健全性を担保する重要なゲートキーパーとしての使命

クオンツの仕事の難しさや苦勞

- ・モデルの限界の存在とリスクの予見の難しさ（永遠の課題）
- ・クオンツ人材の育成やマネジメント（数学だけでは不足、ビジネス感覚も）

クオンツの将来

- ・デリバティブ取引の重要性は不変（金融商品開発やリスク管理の高度化）
- ・機械学習・AI・ビッグデータ解析などの最先端テクノロジーの取り込み

パネル ディスカッション

今回のテーマ「**社会や企業に求められるエンジニア人材**」に関する議論を通して、専門分野で実績を上げるだけではなく、中堅となる頃にはマネージャーとしての能力も身につけていることが望ましいだろうこと、それには専門外の仕事や勉強を厭（いと）わず、かつ異分野の人たちをうまく取り込むことに加え、人種や考え方が異なる多様な人たちの信頼も得られるようなエンジニアに成長したいと受講者の多くは思ったに違いない。

(注1) ポートフォリオ理論 (Modern portfolio theory, MPT) | 金融資産への投資比率 (ポートフォリオ*) を決定する理論で、複数の商品に投資を行い、リスクを分散させた方が長期的にはよいという銘柄分散投資の重要性を指摘)。*金融・投資用語としてのポートフォリオ: 投資家が保有している金融商品の一覧 (株式ならばその銘柄まで)。その分散の仕方からその投資家のリスクの取り方が分かる。教育用語としてのポートフォリオ: 教育における個人評価ツール (生徒・学生たちが学習過程で残したレポートや試験用紙、活動の様子を記録した動画や写真などをファイルとしてまとめたもの)。デザイン業界でのポートフォリオ: 実績や力量を評価してもらうための作品集。

(注2) ブラック マンデー (Black Monday) | 1987.10.19 (月曜日) にニューヨーク証券取引所で起きた暴

落が引き金となった世界的な株価の大暴落。米国の双子の赤字（財政収支と貿易収支の赤字）やドル安に歯止めをかけるためのルーブル合意の破綻などの不安要素から投資家が株の投げ売りに走り、それを受けて当時普及し始めていた自動売買プログラムが売り注文を加速し、負の連鎖に陥った。

(注3) デリバティブ (Derivative) | 化学系の人ならば、特定の化合物の誘導体を思い浮かべるだろう。金融界のデリバティブ (図2) はリスク回避のために考案された金融派生商品をさす。先物取引・オプション取引・スワップ取引などが含まれる。

(注4) フィデリティの投資信託, シティバンクのグローバル商業銀行, JP モルガンのグローバル投資銀行など。

(注5) 理財工学研究センターは 2016 年に名称変更され、現在は「理財科学研究センター」となっている。詳細は以下の本を参照のこと: 今野 浩, 「すべて僕に任せてください—東工大モーレツ天才助教授の悲劇」, 新潮社, 2009。主人公の白川浩は金融工学の分野で世界をリードすると期待されていたが、2002 年に 42 歳にして早世。

(注6) クオন্ツ (Quant) | 定量的な仕事をする人 (quantitative analyst → quant) という意味の業界用語。1980 年代のアメリカで, NASA のロケット・サイエンティストが, 宇宙開発費の削減等により 多数 失業した。そんな科学者の受け皿となったのがニューヨークのウォール街の大手証券会社や金融会社で, 金融分野に物理・数学・確率論などの手法が持ち込まれ, 金融工学が飛躍的に進展することになった。近年ではクオন্ツは高度な数学的手法や数値モデルを用いて, 市場動向や企業業績の分析・予測, デリバティブ取引やリスクマネジメントなどを行っており, 投資銀行の収益を生み出す上で欠くことができない存在となっている。

(注7) デリバティブのヘッジ効果とレバレッジ効果 | デリバティブにはリスクを避ける効果に加え, 少ない資金で大きな投資効果が期待できるという特徴がある。わずかなオプション料を払いさえすれば, その何倍もの取引ができるので, 本来のヘッジ(リスク回避) 目的でなく, 投資目的でデリバティブを利用する企業も現れる。手持ち資金が少なくても荒稼ぎができるからだ。しかし, High risk-high return は例外で, 確率的には High risk-minus return が普通であることを肝に銘じておかないと莫大な損失を出し続けることになる。テコ (lever, leverage) を使うと大きなものを小さな

力で動かすことができることになぞらえて, 後者をレバレッジ効果という。

(注8) 三菱東京 UFJ 銀行市場企画部/金融市場部, 「デリバティブ取引のすべて—変貌する市場への対応」, きんざい, 2014。

(注9) デリバティブを参照先とする CDS (図 5B) | デリバティブ自身からでる損失の保証をするクレジットデリバティブ (CDS, credit default swap)。企業 A と銀行 B がスワップ取引をしているとしよう。不幸にして企業 A が倒産した場合に, 銀行 B はスワップから発生する損失を被ることになる。この損失を回避するために, 銀行 B が大手銀行 C にプレミアムを支払っておくことにより損失を肩代わりしてもらう。

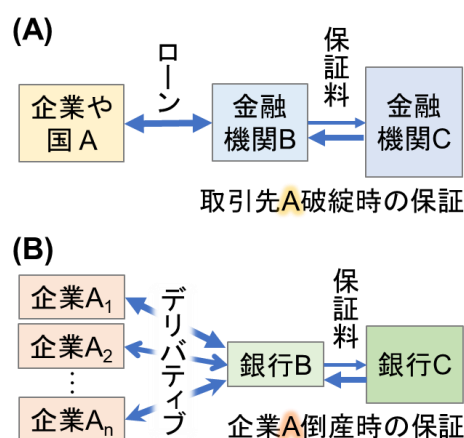


図 5. 一般的な CDS (A) とデリバティブを参照先とする CDS (B) の概念図。

(注10) Blythe Masters (1969~) | ブライス マスターズは, 英国ケンブリッジ大学の名門 Trinity College 在学中から JP モルガンのインターンシップに参加し, 1991 年の卒業と同時に JP モルガンに勤務。1994 年から 1995 年にかけて最初の CDS (credit default swap) 取引をまとめ, CDS の生みの親となった (26 歳)。28 歳で Managing Director (常務取締役) に就任。これは, 伝統ある JP モルガンでは異例のことだ。その後の CDS 市場の急速な拡大とともに, 彼女は金融街のスター (Wall Street Star) となった。CDS が制御不能に陥りつつあった 2006 年には, クレジットデリバティブ部門からコモディティ部門 (原油・ガス・貴金属・穀物・非鉄金属などの原材料を扱う) に異動した。従って, 2007 年の住宅バブルの崩壊及び 2008 年のリーマンショックとそれに続く世界金融危機の時は CDS の現場を離れていたが, 危機の主因は CDS だったために, 英国の新聞ガーディアン (The Guardian) には, "destroyer of worlds"と酷評された。コモディティ部門も原油・金属・食料・エネ

ルギー等の買占め & 売り惜しみによる価格操作が疑われ、規制当局の監視が強化される中で、JP モルガンはコモディティ現物事業の売却を迫られ、Ms. Masters も辞職を余儀なくされた（2014）。2015 年からはビットコイン業界に身を転じている。

(注 11) バーゼル規制 | 銀行として備えておくべき損失額をあらかじめ見積もり、それを上回る自己資本を持つことを要求している。具体的には、自己資本比率（ $= \frac{\text{銀行の自己資本}}{\text{リスクの大きさ}}$ ）が国際的に活動する銀行の場合は、8% 以上であることが必要。

(注 12) GOAonline 編集部、「リーマンショックを基礎の基礎からわかりやすく」、未来を創生する金融マガジン，2017.06.03 版。 <https://goa-online.net/archives/742>。

(注 13) クオントの視点で見た国際金融危機の教訓：

デリバティブ評価理論の原点への回帰

- ・複製ポートフォリオ戦略の存在
- ・数学的な正しさ + 実務的観点での実行可能性

リスクガバナンス・自己規律の重要性

- ・ベストプラクティスの追求やフォワードルッキングなリスク把握
- ・自己目的化しないリスク管理

金融技術や IT 技術の適切な活用

- ・金融技術への過信の排除
- ・技術者としての謙虚さと誠実さ

表 1. 金融工学の夜明けと中島さんの略歴

夜明 け前	1827	ブラウン運動の発見	R. Brown が花粉の中に含まれる微粒子(花粉自体ではない)の不規則な運動を顕微鏡で観察
	1900	株価変動とブラウン運動の共通性	L. Bachelier がパリ証券取引所の株価変動を解析
	1905	ブラウン運動の理論的解析(拡散方程式)	A. Einstein がブラウン運動を説明する理論を発表し、原子の存在を立証
	1923	ブラウン運動の厳密な数学モデル(確率過程)	Norbert Wiener
	1931	拡散方程式(Kolmogorov), 確率過程(Lévy)	コルモゴロフと P. Lévy の理論
	1944	確率微分方程式の完成(伊藤積分 & 伊藤の公式)	伊藤清(第1回ガウス賞, 2006; 文化勲章, 2008)
	1973	Black-Scholes-Merton の方程式(金融工学の基礎)	Scholes は、「ノーベル経済学賞が貰えたのは伊藤*のお陰」とコメント
1990	東京工業大学 工学部 経営工学科 卒業	金融工学の基本概念に触れる	
	三和銀行 栄町支店 融資課	融資業務の傍ら日誌で金融工学志望をアピール	
1992	三和銀行 資金為替部デリバティブ班	企画・リスク管理	
1993		新規デリバティブ商品の開発	
1996	米国カーネギーメロン大学 Tepper School of Business Computational Finance 修士課程入学	計量ファイナンスを専攻(数学やコンピュータの授業も) 【参考】Carnegie Mellon University のモットー: "My heart is in the work"	
1997	同上 修了	金融工学の最先端を習得	
	NYC デリバティブ専門子会社出向	親会社に払う保証料減額に貢献〔倒産時に抱えている全デリバティブを親会社に肩代わりして貰うと仮定した場合の全 Credit default swap(CDS, デリバティブの1種)の計算式を考案〕	
2001	三和銀行 市場営業部 市場開発室	研究開発ライン	
2002	三和銀行と東海銀行が合併 → UFJ 銀行	合併	
2006	UFJ 銀行と東京三菱銀行が合併し → 三菱東京 UFJ 銀行(現:三菱 UFJ 銀行)	合併	
2007	三菱 UFJ 証券 研究開発部 研究開発課		
2010	三菱 UFJ 銀行 市場企画部 市場業務開発室クオオンツ開発グループ	クオオンツ達をまとめるマネージャー	

* 伊藤さん (1915~2008) は金融工学には全く興味を示さず、貯金も「定期預金」はややこしいと言って、「普通預金」しかしなかったそうだ。

(東京工業大学 博物館 資史料館部門 特命教授 広瀬茂久)