

# 証券化商品とサブプライムローン問題

室町 幸雄

2007年頃から顕在化したアメリカの住宅バブルの崩壊に始まるサブプライムローン問題とそれに続く世界金融危機において、金融機関の損失額を飛躍的に増大させるとともに、アメリカから世界中の金融機関へ損失を拡散させる役割を果たしたのが、近年市場規模を急拡大させてきた証券化商品である。本稿では、証券化商品の仕組みと商品特性を単純な例を用いて説明し、価格付けモデルを紹介する。さらにヘッジ手法やリスク計測にも触れ、証券化商品や評価モデルなどに内在する問題点をまとめる。

キーワード：サブプライムローン問題、証券化商品、価格付けモデル

## 1. はじめに

サブプライムローン問題が顕在化する前の数年間、アメリカは巨大な住宅バブルの中にいた。住宅価格は急上昇を続けたので、ローンを組んで住宅を購入した人は、返済途中で住宅を転売すればローンを確実に返済できて、さらに手元に資金が残った。住宅ローンは実行されるとすぐに住宅金融公庫や投資銀行に買い上げられ、証券化されて世界中の投資家に販売される一方、その購入代金は再び住宅ローンとして融資されるという形で資金が循環していた。融資も過熱し、破綻直前には No Income, No Job and Asset の人向けの NINJA ローンまで現われた。ところが、バブルがピークを過ぎて住宅価格の上昇が鈍化し、やがて下落し始めると、ローン返済に窮した債務者が住宅を転売しようにも、これまでのような高値では売れなくなり、返済の延滞や住宅の差し押さえが多発するようになった。この現象が特に顕著に見られたのが、やや信用力の低い人向けの融資の多いサブプライムローンであった。

これだけならアメリカ国内の経済現象に過ぎないかもしれないが、住宅ローンの証券化商品 (RMBS, 後述) や RMBS の再証券化商品 (CDO, 後述) が世界中の投資家に購入されていたことが問題を大きくした。住宅ローン延滞率の予期せぬ上昇の結果、RMBS や CDO にはデフォルト (債務不履行) が発生し、投資家に損失を与えた。それを見た他の投資家は、自分の

保有する証券化商品にサブプライムローンが組み込まれているのではないかと不安になり、売却を急いだため、証券化商品の市場価格が下落した。それがさらに多くの金融機関に損失を発生させた結果、どの金融機関が取引相手として安全なのか認識できない状況を生み、ついには証券化商品全体に買い手がつかなくなって市場価格が急落し、さらに多くの投資家が損失を被ることになった。証券化商品を大量に保有していた金融機関や、証券化商品の利払いを保証していた金融保証会社や保険会社は軒並み格下げされて経営危機に陥り、リーマンブラザーズや AIG など一部の巨大金融機関が経営破綻して、金融業界は再編を余儀なくされた。

このように、今回の金融危機で被害が世界中に感染する過程において証券化商品が重要な役割を果たした。本稿ではその証券化商品に焦点を当て、商品の構造や仕組み、価格付けやリスク管理について簡単に説明し、証券化商品および評価モデルに内在する問題点をまとめる。

## 2. 証券化と証券化商品

銀行などの金融機関は、投資家や一般の人々から資金を調達し、証券やプロジェクトに投資したり、企業や個人に貸付けて運用している。金融機関にとってこれらの証券や貸付は資産であり、それを保有することで将来にキャッシュフローを獲得する。もしも保有資産を他の投資家に売却すれば、将来キャッシュフローの獲得権を失う代わりに、現時点でキャッシュが入り、他の有益な投資を実行できる。資産の売却においては証券化、すなわち、ある特定の資産自体およびそれから生じる利益を受ける権利を証券の形にする手法がよく使われる。保有資産の流動性が高ければ (買

手がすぐに見つかる状況ならば) 証券化など不要であるが、貸付・手形・不動産などの流動性は低いので、流動性を高める仕組みとして証券化が用いられる。

原資産提供者にとっての資産、例えば住宅ローン・オートローン・カードローン・リース債権などの小口多数債権や売掛債権、受取手形、不動産などを裏付けとして組成される証券化商品を ABS (資産担保証券) という。ABS は裏付資産 (証券化商品のキャッシュフローのもとになる資産) の種類により分類される。裏付資産の集合体 (アセットプールまたはプール) が住宅ローン債権のときは RMBS (モーゲージ担保証券)、商業用不動産のときは CMBS (商業用不動産担保証券)、社債のときは CBO、貸出債権のときは CLO といい、特に裏付資産の債務の種類を区別しないときは CDO (債務担保証券) という。近年ではアセットプールが多様化し、ABS や他の CDO をプールに組み込んだものもあり、それらは広義の CDO と呼ばれる。CDO をアセットプールとするものは CDO of CDO とか CDO<sup>2</sup> と呼ばれ、さらに CDO<sup>2</sup> をアセットプールとする CDO<sup>3</sup> もある。

証券化市場の規模は近年拡大してきたが、アメリカでは住宅ローンの約 6 割が RMBS として証券化された。また、2000 年以降に急発達したクレジットデリバティブ、特に CDS (クレジットデフォルトスワップ) も証券化市場の拡大に拍車をかけた。CDS とは、定期的に保証料を支払うかわりに、ある事前に定められた債務にクレジットイベント (破産や支払不履行など) が発生したとき、あらかじめ定められた損失相当額を受け取るという取引で、定型化された信用保証といった金融商品である。保証料をプレミアムまたはスプレッドといい、信用リスク (債務者のデフォルトに起因する予期せぬ損失) が大きいほど高く設定される。CDS は保有資産の信用リスクヘッジを目的に購入されることが多いが、CDS の売りと国債を組み合わせれば、その銘柄の社債に似たキャッシュフローを合成できる。そこで、CDS ポートフォリオの売りと国債購入を組み合わせると社債ポートフォリオに似たプールをつくれれば、それを裏付けに CDO を発行することもできる。このような CDO を合成 CDO といい、社債や小口債権などの現物資産をアセットプールとする CDO をキャッシュ型 CDO という。合成 CDO の登場により CDO 組成の自由度は飛躍的に高まり、大量の CDO が発行されることになった。

証券化商品では、投資家に受け入れられやすくする

ために発行時に格付けを取得する。格付けとは債務者の債務履行能力の高低を示す記号であり、格付機関による格付けはアルファベットと数字または+-符号の組み合わせ (AAA, AA+, A1, BB- など) で表現される。

### 3. 証券化商品のキャッシュフローと元本の償還・毀損

証券化商品の仕組みは種類によって異なるが、ここではキャッシュ型 CDO の仕組みを図 1 に示す。CDO の発行体は資金を必要とする金融機関自身ではなく、SPV (特別目的体) である。金融機関が保有していた (または市場から調達した) 社債・ローンは SPV に譲渡され、もしも金融機関が倒産しても債務履行請求が及ばないように倒産隔離される。裏付資産から発生するキャッシュフローは一定期間 (例えば 3 カ月) ごとにまとめられ、CDO の元利払いの原資となる。また、スワップ・カウンターパーティは、裏付資産から生じる乱雑なキャッシュフローを CDO の元利金に整える役目を果たしている。

アセットプールにはさまざまなリスクが内在するが、最も顕著なものは信用リスクと期限前償還リスクである。例えば、もしも多くの裏付資産がデフォルトすると、元利払いに必要なキャッシュフローが集まらず、証券化商品がデフォルトに陥る。そこで通常はリスクを低減するために信用補完を行う。最も直接的な方法は元利払いに第三者による保証を付けることで、外部信用補完と呼ばれる。一方、証券化で特徴的な手法は、新証券を幾つかに分割することにより優先劣後構造を持たせる内部信用補完である。後者が採られることも多く、分割されてできた各証券をトランシェという。

例えば、新証券を四つに分割する場合を考える。優先度の高いトランシェから順にシニア、シニアメザニン、ジュニアメザニン、エクイティと呼び、利払いは

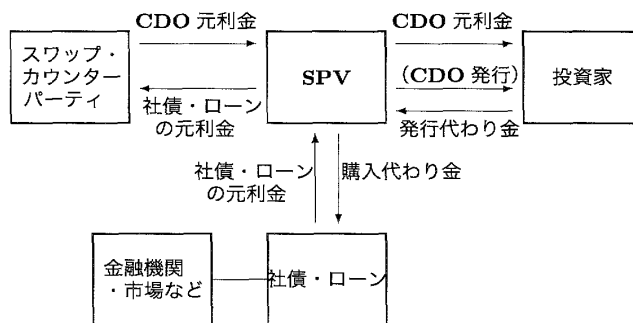


図 1 キャッシュ型 CDO の仕組み 出所：室町[2]

3カ月ごとで、次回は2009年9月末にそれぞれ1億円、総額4億円を予定しているとする。ところが、9月末までにアセットプールから得られたキャッシュが3億5,000万円であったとすると、ジュニアメザニン以上には1億円支払うが、エクイティには5,000万円しか払わない。元本償還も同様で、トランシェの初期元本が一律100億円としても、満期時点で280億円しか残らなければ、シニアとシニアメザニンは全額償還されるが、ジュニアメザニンには80億円しか償還されず、エクイティには1円も払わない。裏付資産が住宅ローンならば、返済金に含まれる元本返済分は優先順位の高いシニアから順に償還に充てていく。繰上返済がある場合も同様である。このように、優先度の高いトランシェから順に支払いをしていくことをウォーターフォールという。注意しておくが、本節では説明のためキャッシュフローを極端に簡略化しており、実際にははるかに複雑で個別性が強い。これが標準モデルの構築を妨げる理由の一つになっている。

図2に、各トランシェが引き受ける損失と償還を示す。アセットプールの損失が下から積み上がっていくと、損失発生当初はエクイティだけが損失を被り、損失額相当分だけ元本が毀損するが、エクイティが全額毀損した後はジュニアメザニンの元本が毀損し始める。あるトランシェの元本が毀損し始めるときのアセットプールの損失率をアタッチメントポイント、元本が全額毀損するときの損失率をデタッチメントポイントという。もしも満期償還時点におけるアセットプールの総損失額が図2の水準であったとすると、エクイティは全額毀損しているので償還はなく、ジュニアメザニンはおよそ60%の償還で、シニアメザニンとシニアは全額償還される。もしも図2が償還前のある利払日における損失額の水準とすると、各トランシェの利払額は残存元本に利率と利払日間隔を掛けた額となる。もちろん優先度が低いほどリスクが高いため利率は上昇する。

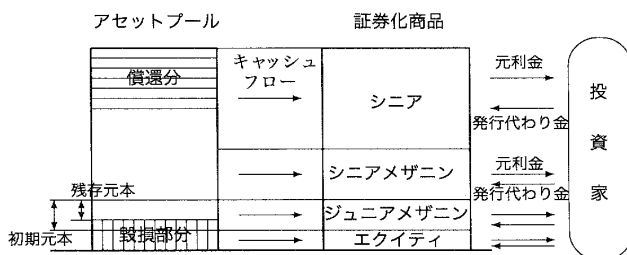


図2 証券化商品における元本の毀損と償還のしくみ  
出所：室町[2]を改訂

このような優先劣後構造を持たせることで、リスク・リターン特性の異なるさまざまな新証券を造ることができる。信用力のそれほど高くない資産のアセットプールからでも、シニアのような信用力の高い新証券を造り出して投資家に高値で売ることができるが、同時に、極端にハイリスクなエクイティも生まれる。この手法は決して無から有を生む魔術、クズ鉄を金に変える錬金術などではない。強いて言えば、等価交換を原則とする錬金術である。澄みきった良いものができた分だけ、どこかに深く澱みが溜まる。

#### 4. 価格付けモデル

RMBSの価格付けには、将来キャッシュフローの生成モデルとキャッシュフローを現在価値に割り引く金利モデルが必要である。将来キャッシュフローの生成で重要なのはデフォルトと期限前償還の発生率モデルであるが、これには統計的モデル、オプション理論の応用モデル、市場価格から逆算するモデルがある。統計的モデルには比例ハザードモデルという有名なモデルがあるが、証券会社や業界がベンチマークとして提供するシンプルなモデル(PSJモデルなど)も存在する。一方、大手投資家はそれぞれの独自モデルも使用しているが、経過期間・季節性・金利水準などの影響を勘案して市場動向を適切に表現するモデルの構築は難しいようである。そのため、ここではRMBSには深入りせず、より標準化の進んだ合成CDOの市場標準モデルについて説明する。

CDOの価格付けにはデリバティブの評価で使われるリスク中立法が用いられる。この理論によると、リスク中立確率 $\tilde{P}$ のもとにおける将来キャッシュフローの割引現在価値の期待値が当該資産の無裁定価格である[1]。この手法の解説は本稿のテーマではないので結論のみ述べると、CDOのトランシェの価格は任意の時刻におけるアセットプールの総損失額の分布がわかれば算出できて、そのためには全裏付資産のデフォルト時刻の同時分布関数を構築すればよい。このデフォルト時刻の同時分布の算出に使われる標準モデルが1ファクター・ガウシアンコピュラモデル(1F-GCM)である[2]。

$n$ 個の資産を考える。1F-GCMでは、資産 $j, j=1, \dots, n$ のデフォルト時刻 $\tau_j$ を

$$\tau_j = F_j^{-1}(\Phi(X_j)), X_j = \rho_j V + \sqrt{1 - \rho_j^2} \varepsilon_j, \quad j=1, \dots, n \quad (1)$$

で与える。ここで、 $\rho_j$ は $[-1, 1]$ の定数、 $V$ と $\varepsilon_j, j$

$=1, \dots, n$  は標準正規分布に従う互いに独立な確率変数、 $\Phi(\cdot)$  は標準正規分布の分布関数、 $F_j(\cdot)$  は  $\tau_j$  の分布関数 (累積デフォルト確率) で、 $F_j^{-1}$  は存在すると仮定する。(1)の意味は以下の二点である。

1. 「資産  $j$  が時刻  $T > 0$  までにデフォルトしている」という事象を  $\{\tau_j \leq T\}$  ではなく、標準正規分布に従う確率変数  $X_j$  を導入して  $\{X_j \leq \Phi^{-1}(F_j(T))\}$  で表現する。
2. 確率変数  $X_j, j=1, \dots, n$  を 1 ファクターモデルで表現する。

導出は省略するが、 $\varepsilon_j, j=1, \dots, n$  の独立性より、このモデルは「実現値  $V=v$  が与えられたとき各資産のデフォルトが独立に発生する」条件付独立モデル [2] になり、そのときの条件付デフォルト確率は

$$p_j(t; v) = \Phi\left[\frac{\Phi^{-1}(F_j(t)) - \rho_j v}{\sqrt{1 - \rho_j^2}}\right],$$

デフォルト時刻の条件付同時分布関数は

$$P\{\tau_1 \leq t_1, \dots, \tau_n \leq t_n | V=v\} = \prod_{i=1}^n p_i(t_i; v), \quad (2)$$

(無条件) 同時分布関数は

$$P\{\tau_1 \leq t_1, \dots, \tau_n \leq t_n\} = \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{i=1}^n p_i(t_i; v) \phi(v) dv \quad (3)$$

で与えられる。ここで、 $\phi(\cdot)$  は標準正規分布の密度関数である。この同時分布関数は  $n$  変量標準正規分布の同時分布関数  $\Phi_{n, \mathbf{R}}$  (相関行列  $\mathbf{R}$ ) を用いて

$$P\{\tau_1 \leq t_1, \dots, \tau_n \leq t_n\} = \Phi_{n, \mathbf{R}}(\Phi^{-1}(F_1(t_1)), \dots, \Phi^{-1}(F_n(t_n))) \quad (4)$$

とも表現できる。(4)の右辺はガウシアンコピュラと呼ばれる関数で、これがモデルの名称の由来である。損失額分布の計算に関しては、条件付独立性を活用した高速計算法が幾つか提案されている。

上記から、1 F-GCM のデフォルト確率は  $V$  に応じて変動する確率変数で、 $\rho_j$  が  $V$  への依存性の強さを示すこと、そして全資産のデフォルト確率は  $V$  を通して同時に変動し、 $\rho_j$  が同符号の資産では同じ方向に変動 (同時に上昇または低下) し、異符号のときは逆になることがわかる。つまり、このモデルでは景気などの変動による同時的なデフォルト確率の変動が考慮されている。

1 F-GCM を使用する場合、 $F_j(t), j=1, \dots, n$ 、割引関数の期間構造、各裏付資産のデフォルト時損失額は既知とする。残る未知パラメータは  $\rho_j$  であるが、 $V$  はモデル中で設定された潜在変数なので、観測データからの推定は難しい。実務では株価の相関係数で

代替することもあるが、このモデルの主たる用途は、流動性の高い CDO の市場価格を本モデルで再現する  $\rho_j$  の値を逆算し、その値を参考に流動性の低い CDO を評価するというものである。ただし、全資産の  $\rho_j$  は等しい ( $\rho$  で表す) と仮定し、推定された  $\rho^2$  をインプライド・コリレーションと呼ぶ。この使い方はオプション市場における Black-Scholes の価格式と同様であり、1 F-GCM は CDO 市場における Black-Scholes 式の役割を果たしている。

図 3 は、トランチド・インデックスという流動性の高い CDO の市場価格から逆算したインプライド・コリレーションで、横軸は各トランシェのデタッチメントポイント、縦軸がインプライド・コリレーションである。これは金融危機発生前の例であるが、一般に、コリレーションは一度低下してから再上昇する傾向を持ち、コリレーション・スマイル (またはスキュー) と呼ばれている。

## 5. リスクヘッジとリスク計測

ここでも合成 CDO を例に説明する。合成 CDO の代表的なヘッジ手法はデルタヘッジである。これは通常のデリバティブのデルタヘッジ (原資産価格の変化に対するヘッジ) の拡張で、裏付資産である CDS のプレミアムの変化による CDO の価格変化を相殺するポートフォリオ (デルタニュートラル・ポジション) を構築するという手法である。このポジションは、当該トランシェの価格の CDS プレミアムに対する感応度 (偏微分係数) をモデルから数値的に算出することにより得られる。デルタヘッジの指標には、全 CDS のプレミアムの一様な変化 (例えば 1 bp 上昇) に対するトランシェ価格の変化をみる指標と、個別 CDS のプレミアム変化に対する指標があり、CDS インデックスなどのバスケットでヘッジするか個別 CDS でヘッジするかにより使い分ける。他にもリスク指標は

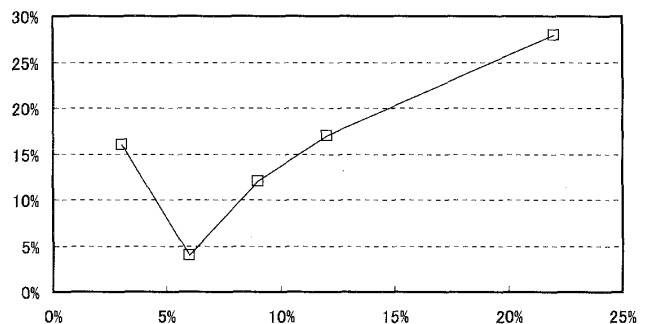


図 3 コリレーション・スマイル 出所: 室町 [2]

幾つもあり、デルタニュートラル・ポジションにおけるさらなるヘッジとして二次の偏微分係数ガンマが重視されることもあるが、CDOに特徴的なのはコリレーションに対する感応度を用いたヘッジであろう。

これらのリスクヘッジでは、通常のデリバティブのようにキャッシュフローを複製するヘッジポートフォリオを構成するのではなく、価格がCDSプレミアムの変化に感応しないポジションを構築しているに過ぎない。そのため、裏付資産がデフォルトしたときの損失は完全にはヘッジできない。

金融機関のリスク規制で有名なバーゼルII（新BIS規制）では、資産の格付けに応じて与えられたリスクウェイトを保有量に掛けた値をリスクアセットと呼び、その合計値をポートフォリオ全体のリスクの大きさの目安とするが、この原則は証券化商品にも適用されている。新BIS規制では、金融機関が複数のリスクアセット算出法の中から一つを選択する方式をとっており、分散投資効果を反映させるため裏付資産の実質的な個数が多いほどリスクウェイトを低下させる手法もあれば、1F-GCMにもとづいて導出された数式を使ってリスクウェイトを算出する方法もある。

## 6. 商品および評価モデルの問題点

最後に、今回の金融危機で顕在化した証券化商品やモデルに内在する問題点について触れる。

商品については既に多くの問題が指摘されている。住宅ローンについては、緩和され過ぎた融資基準と住宅価格上昇を前提とした返済条件、融資前審査および融資後のモニタリングの不足・欠如といったモラルハザード、また、それを生む土壌となった証券化による過剰な需要、手数料収入で利益を得るブローカーの存在などで、その結果、いつの間にか債務者のリスク監視役が不在になっていた。

証券化商品に対しては、第一に商品に関する情報の不透明性が挙げられる。目論見書には裏付資産やキャッシュフローに関する情報が一通り掲載されているが、それを読みこなしてその内容を反映させたりリスク分析を行うことは非常に難しい。特に、再証券化されたCDOでは裏付資産であるCDOやRMBSの裏付資産の情報まで辿るのは難しい。これが投資家に疑心暗鬼を生み、市場価格の暴落を招いた一因でもある。自分ではリスクを判断できないため、多くの投資家は単純でわかりやすい格付機関の格付けを頼りに運用判断してきたが、格付機関にとっても今回ほどの事態は想定

外で、結果的には証券化商品の急激な格下げを何度も繰り返して、自らの判断を修正してきた。投資家からみれば、格付機関に頼ったものの頼りにならなかったことになる。

ところで、証券化商品の謳い文句は高格付・高利回り（社債と同じ格付けなのに利回りが高い）であったが、合理的な市場ではこの解釈はそもそも間違いである。証券化商品が高利回りなのはそれだけリスクが高いと評価されたからであり、キャッシュフローからわかるように証券化商品と社債のリスクは異質なので、社債と同じ基準で判断しているはずがない。多くの投資家がこのミスリーディングにいち早く気づき、自ら評価する姿勢を持てば状況はここまで悪化しなかったかもしれない。

また、証券化商品の裏付けはポートフォリオなので、分散投資効果（一つの資産に全額投資するよりも、複数の多様な資産に少額ずつ投資するほうがリスクが低下すること）を期待できる合理的な金融商品であるが、実際にリスクを分散できていたのだろうか。分散投資の基本は相関の低いリスクを組み合わせることだが、たとえ地域性を考慮しても米国内の住宅ローンを裏付けとするRMBSでそれができたとは思えない。合成CDOについても同様である。合成CDOの裏付資産はCDSだが、流動性の高いCDSは欧米でも高々数100銘柄であろう。一方、1つのCDOには100以上のCDSが使われるので、CDOを複数抱えていれば裏付資産には相当の重複が生じる。また、ローンの延滞やデフォルトの発生件数は景気に連動するので、いくら組み合わせても景気変動リスクは消去できない。証券化商品におけるリスク分散は期待するほど有効に働いていなかったはずである。

証券化市場の流動性の薄さも問題である。流通市場がそれほど発達しなかったことに加えて、市場流動性の枯渇リスクを回避する仕組みがなかったことも損失を拡大させた一因であろう。

評価モデルに関していえば、そもそも1F-GCMでは合成CDOの市場価格を統一的に説明できないことが知られており（スマイルの存在）、さらに $\rho=1$ に設定しても最優先トランシェの価格を説明できるとは限らなかった。つまり、1F-GCMはデフォルト確率の変動を考慮してはいるものの、残念ながら平穩時向けのモデルであり、巨大損失の発生確率（多くの資産が一斉にデフォルトする確率）を市場よりも過小評価するモデルであった。さらに、再証券化したCDO of

CDOの評価はプロでも困難とされ、標準的な評価モデルなど存在しなかったが、それはRMBSやその再証券化CDOでも同様であった。多くの研究者が適切な評価モデルの構築に挑んできたが、残念ながら金融危機勃発に間に合わなかったのである。また、リスクヘッジにしても、プレミアムの変動に対してヘッジをかけていただけで、デフォルトが発生した場合まで考慮していたとはいえなかった。

信頼できる評価モデルを確立しないまま金融機関が大量の取引を続けていたことには驚く人が多いかもしれないが、この分野ではそれほど急速に商品開発技術が進展したのである。このような状況を生んだ原因と

しては、ウォール街流の短期的実績重視の報酬体系、売手・買手双方のリスクに対する認識の甘さなどが挙げられる。個人的には、金融工学技術に携わる者の一人として、事前にリスクの大きさを提示できなかったことは残念に感じており、今後の技術の向上に少しでも貢献できればと思っている。

#### 参考文献

- [1] 木島正明,『期間構造モデルと金利デリバティブ』,朝倉書店,1999.
- [2] 室町幸雄,『信用リスク計測とCDOの価格付け』,朝倉書店,2007.