

ヘッジ取引におけるデリバティブ 信用評価調整の影響についての考察

かわかみ たかし
川上高志

要 旨

本研究では、デリバティブの信用評価調整がヘッジ取引の有効性に及ぼす影響について、シミュレーションにより定量的な分析を行う。数値検証の結果、安定的な市場環境では、信用評価調整がヘッジの有効性に及ぼす影響は限定的であり、基本的にはヘッジ取引を妨げる要因とはならないが、信用リスクが顕在化するストレス期では、ヘッジの有効性が低下しやすい状況となり、とりわけ、自己とカウンターパーティとの相対的な信用力の格差がヘッジの有効性に影響を与える要因となることが示された。さらに、本研究の分析結果を踏まえて、信用評価調整がヘッジの有効性に与える影響を低減するために、金融実務で採用されている信用評価調整の削減方法を確認したうえで、それを会計上反映させることの可否について言及する。

キーワード： ヘッジ会計、IFRS、デリバティブ取引、信用評価調整、ヘッジ非有効性

.....
本稿の作成に当たっては、福井義高氏（青山学院大学教授）、日本銀行の山下裕司氏および金融研究所スタッフから有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。ただし、本稿に示されている意見は、筆者個人に属し、日本銀行の公式見解を示すものではない。また、ありうべき誤りはすべて筆者個人に属する。

川上高志 日本銀行金融研究所
(現三菱 UFJ 信託銀行、E-mail: takashi_kawakami@tr.mufg.jp)

1. はじめに

金融危機を契機に、店頭デリバティブの取引慣行、その評価や管理手法に関して根本的な見直しが行われた。例えば、デリバティブの評価においては、担保拠出を前提とするプラクティスの定着、有担保取引に対する翌日物金利スワップ（Overnight Index Swap: OIS）デイスカウントの適用、各種評価調整などが挙げられる。このうち、デリバティブの評価調整は、信用リスクをはじめとして、資金調達コスト、当初証拠金の拠出に付随するコストをデリバティブ価格に反映する目的で調整を施すことである。その中でも信用評価調整は、カウンターパーティおよび自己の信用リスクをデリバティブ評価に反映させることであり、債権や貸出金に対する貸倒引当金に類似する性質を持つ。先般の金融危機時には、カウンターパーティの信用リスクの悪化に伴い多額の損失を被った金融機関もあり、その後の一連の改革で資本規制や会計制度での取扱いが整備されるなど、信用評価調整はデリバティブ評価において重要な要因として認識されてきている。

金融危機後における会計制度の国際的な動向をみると、信用評価調整をデリバティブ評価に反映させることになったため、デリバティブを駆使するヘッジ会計も少なからず信用評価調整の影響を受けることとなった。具体的には、国際財務報告基準（International Financial Reporting Standards: IFRS）第13号「公正価値測定」では、デリバティブの公正価値に自己とカウンターパーティの信用リスクを加味し、信用評価調整を反映させることを要求している¹。ヘッジ対象とヘッジ手段の損益を同一の会計期間に認識させるヘッジ会計では、ヘッジ手段としてデリバティブを指定することが多いため、デリバティブの公正価値を介して信用評価調整がヘッジ取引の有効性に影響を及ぼす。この点、IFRS第9号「金融商品」では、ヘッジ会計を適用するに当たり、信用リスクの影響がヘッジ対象とヘッジ手段の経済的関係から生じる価値の変動に著しく優越してはならない旨の要件が課されているため（par. 6.4.1）、大幅な信用評価調整の計上はヘッジ取引の有効性を損ないかねない。その一方で、IFRSは「原則主義」を掲げている中、「ヘッジ関係に著しく影響を及ぼすほどの信用リスク」の水準が明確にされておらず、企業が個々のヘッジ取引の特性を勘案して判断することが求められる²。また先行研究では、ヘッジ会計にお

.....
1 IFRS第13号では、従来のIFRSにおいて報告企業自身の信用リスクに言及していなかったとしたうえで（par. BC92）、「負債の公正価値は企業自身の信用リスクを含むことを明確化することにした」（par. BC93）としている。

2 IFRSの1つの特徴である原則主義（プリンシパル・ベース）では、会計処理の方法に関する原理原則のみが示され、解釈指針のほかには詳細な規定や数値基準は基本的に明記されず、具体的な会計処理の採用は企業側の判断に依存するところが多い。これに対し、日本基準や米国基準は細則主義（ルール・ベース）的な性格を持つと指摘されることが多く、規則や基準書、解釈指針などにより、

ける信用評価調整の影響について詳細に分析されていないのが現状である。そこで本研究では、典型的なヘッジ取引を取り上げ、市場環境やヘッジ取引の当事者の信用力に応じた複数のシナリオを設定し、信用評価調整がヘッジの有効性にどの程度影響を及ぼすのか定量的な分析を行う。そのうえで結果を検証し、ヘッジの有効性を向上させるために取り得る手段を考察する。

本稿の構成は、以下のとおりである。まず2節では、金融危機以後のデリバティブ取引に関連する新たな取引慣行や評価方法に触れ、とりわけ本研究の論点であるデリバティブ評価の信用評価調整について概観する。次に3節では、IFRSにおけるヘッジ会計の概要を確認し、ヘッジ手段であるデリバティブの信用評価調整がヘッジの有効性に与える影響について検討する。続いて4節では、幾つかの典型的なヘッジ取引を対象として、シミュレーションによる数値検証を基に信用評価調整とヘッジの有効性の関係について分析する。続いて5節では、数値検証の結果を踏まえて、ヘッジの非有効性を低減させる手法を提示し、6節において本論文の総括を行う。

2. 金融危機後のデリバティブ取引を取り巻く環境

(1) デリバティブ取引に係る規制・会計制度と評価方法の変化

2007年の米国におけるサブプライム・ローン問題を発端に、大手金融機関が危機に陥り、米国の金融市場での混乱が世界的な金融危機へと発展した。その後、一般の金融危機を教訓として、金融システムの安定性・健全性を確保するため、金融規制、および会計制度の各方面でさまざまな改革が進められてきた。具体的に、バーゼル銀行監督委員会（Basel Committee on Banking Supervision: BCBS）は、国際的に業務を展開する銀行を対象に自己資本比率規制の厳格化に加えて、流動性比率やレバレッジ比率の新たな指標の導入により流動性リスクの把握や財務レバレッジを抑制する仕組みを取り入れたほか（BCBS [2013, 2014a]）、カウンターパーティ・リスク管理を強化する措置を導入した（BCBS [2010, 2014b, 2015]）。米国においては、システミック・リスクを防止する措置、ヘッジファンドや格付機関、証券市場への規制、消費者や投資家の保護など包括的な金融制度改革を行うドッド＝フランク法が成立した³。その内のひとつである店頭デリバティブ市場の改革では、店頭

.....
会計基準を適用するさまざまな場面でのルールや基準値などを詳細な規定として提示する。

3 欧州でも、欧州インフラ規則（European Market Infrastructure Regulation）において、清算集中に関する規定、非清算集中取引に対するリスク抑制、取引情報蓄積機関への報告を定め、店頭デリバティブ規制の強化が図られた。

デリバティブの標準化を促し中央清算機関での清算を義務付けるとともに、中央清算機関で清算されない店頭デリバティブに対しては証拠金の差入りを義務付けし、市場参加者と監督当局にとっての透明性を高めるために取引所あるいはスワップ執行ファシリティでの取引執行や取引情報蓄積機関への取引報告が義務付けられることとなった（磯部 [2012]）。

会計制度の改革では、一連の金融規制の強化と歩調を合わせ、国際会計基準審議会（International Accounting Standards Board）を中心に、国際的な会計基準の統一を行うべく作業が進められている⁴。金融商品関連の会計基準に関して、グローバル・ベースで金融商品の時価会計化を図るため、金融商品に関する包括的な会計基準を定める IFRS 第 9 号、および公正価値の測定および開示にかかわる第 13 号が規定された⁵。具体的に、IFRS 第 9 号では「金融資産及び金融負債の分類及び測定」、「減損の方法」、および「ヘッジ会計」に係る会計基準が新たに公表された。本研究の考察対象となるヘッジ会計に関して、従前の国際会計基準（International Accounting Standards: IAS）第 39 号「金融商品：認識及び測定」は形式基準などの多い「細則主義」的なものと考えられる中、実務においてヘッジ会計の適用が困難なケースが少なからずみられたこともあり、利用者にとってより使いやすく、企業のリスク管理の実態を適切に財務諸表に反映できる観点から基準が大幅に改訂された。また IFRS 第 13 号では、金融商品の時価が財務諸表に適切に開示されるように、新たな基準を示した。例えば、公正価値に関して、資産を売却する時の受取価格、および負債を移転する時の支払価格と定義するなど、公正価値を市場価格といった「出口価格」で測定するものとしている（par. 9）。また、企業が公正価値の測定に用いた評価技法やインプットについて財務諸表利用者の理解に資するよう、開示の充実が図られている（par. 93）。

先般の金融危機は、金融規制や会計制度改革の契機となっただけでなく、店頭デリバティブ取引の市場慣行にも大きな影響を与えた。ここでは、店頭デリバティブの評価や管理にとりわけ大きな影響をもたらしたと考えられるもの、具体的には、①担保拋出を前提とするプラクティスの定着、②有担保取引に対する OIS ディスカウントの適用、③信用リスクやファンディング・コストに関連するデリバティブの評価調整について言及する。

まず①について、金融危機以降、取引相手のデフォルトによるリスクを回避、削

.....
4 金融危機以前の 2004 年から、金融商品会計基準の複雑性の低減、および簡素化を図る検討が進められており、2008 年 3 月にディスカッション・ペーパー「金融商品の複雑性の低減（IASB [2008]）が公表された。その後、金融危機が表面化し、金融商品会計基準の複雑性低減と金融危機への対応の 2 つの側面を踏まえて、会計基準の開発が行われている（山田 [2013]）。吉田 [2016] は、金融商品会計の複雑性低減と金融危機の再発防止の観点から、IFRS 第 9 号の開発、制定の経緯を詳しく考察している。

5 IFRS 第 9 号は、2014 年 7 月に改訂（マクロ・ヘッジの規定は除く）され、その適用日は 2018 年 1 月 1 日以降開始する事業年度とされる。

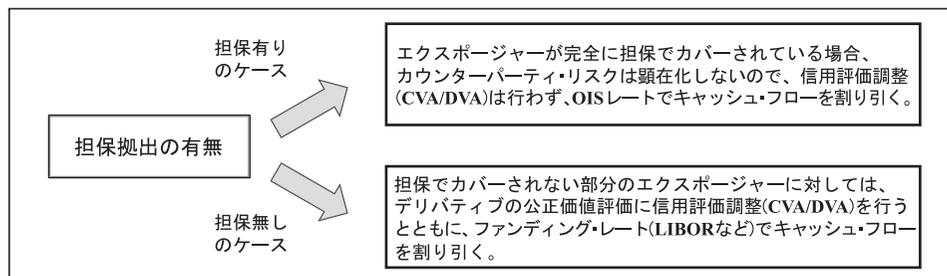
減するため、基本的に標準化されたデリバティブに対しては担保の差入れを前提とする中央清算機関での決済が義務付けられている。それ以外の店頭デリバティブ取引に関しても、現状においては大規模な金融機関などに限定されるものの、マージン規制の対象とされ、原則として担保拋出が求められるようになった。中央清算機関で清算されるか否かにかかわらず、デリバティブ取引は原則的に有担保取引を前提とする方向へシフトしている⁶。

次に②に関して、金融危機以前では、デリバティブ評価に用いる割引レートには、通常ロンドン銀行間取引金利（London Interbank Offered Rate: LIBOR）が使用されていた。銀行の信用リスクが顕在化していない状況では、LIBOR をリスク・フリー・レートとして評価することが特に問題となることはなかった。もっとも、金融危機により銀行の信用リスクが増大し、LIBOR-OIS スプレッドが拡大すると、LIBOR よりも OIS レートのほうがリスク・フリー・レートとして適切であると認識される状況に至った。また、デリバティブ評価時の将来キャッシュ・フローについては、理論上、資金調達に用いた担保に基づく割引レートの適用が整合的であるため、有担保取引の一般化に伴い、現金で担保を受け取った場合には OIS レートを割引レートとしてデリバティブ評価する流れになっている。他方、無担保取引では、担保調達した資金に応じたファンディング・レートを適用するが、現状においては、従前と同様に LIBOR による評価が市場での慣例のようである（Solum Financial Partners [2014]）。

また③については、デリバティブ評価における複数の種類の評価調整が認知されてきている。デリバティブ取引のカウンターパーティ、または自己の信用リスクをデリバティブ評価に反映させることを信用評価調整といい、カウンターパーティの信用リスクに応じた評価額の調整は CVA（Credit Valuation Adjustment）、自己の信用リスクに応じた評価額の調整は DVA（Debt Valuation Adjustment）と呼ばれる。CVA/DVA は、デリバティブに対する貸倒引当金に類似する性質を持ち、デリバティブのエクスポージャーに倒産確率や回収率などを勘案して計算され、信用評価調整前のデリバティブ価値に対して加減する調整項である。また、資金調達に伴うファンディング・コストをデリバティブ評価に反映させる評価調整を FVA（Funding Valuation Adjustment）という。FVA が発生する典型的な状況として、金融機関がデリバティブのエンドユーザーと無担保取引を行うと同時に、ヘッジ取引として同じ内容の反対取引を中央清算機関や他の金融機関と有担保取引で実施するケースが想定される。このような取引では、無担保取引のエンドユーザーとのデリバティブには LIBOR を適用する一方、有担保取引で実施した中央清算機関などとのデリバティブには OIS レートを適用するため、LIBOR-OIS スプレッドをエク

6 日本では、2016年9月から一部の金融機関に対してマージン規制が導入される。その後、マージン規制の適用対象は、2020年9月までに段階的に拡大される予定である。

図1 担保抛出の有無に応じたデリバティブ評価



ポージャーに乗じた部分を FVA として評価調整を行うことになる。これらのほかに、欧米の先進的な金融機関の中には、規制資本の保有に伴うコストをデリバティブ評価に反映するための評価調整である KVA (Capital Valuation Adjustment) や、当初証拠金に対するコストを付加するための評価調整である MVA (Margin Valuation Adjustment) などデリバティブ評価に反映させるケースもみられる。

上記①～③は、デリバティブの評価において密接な関係を有している (図1)。カウンターパーティと自己の双方から担保が抛出され、エクスポージャーが完全にカバーされている状況では、両者の信用リスクは顕在化しないため、デリバティブ評価時に CVA/DVA による評価調整は行わず、かつ、抛担保が現金の場合には割引レートとして OIS レートを適用する。一方、無担保取引では、担保でカバーされていない部分のエクスポージャーに対して、CVA/DVA を認識しデリバティブの評価調整を行い、LIBOR などのファンディング・レートで割引く (Whittall [2010])。また、金融機関が顧客と無担保取引を行う一方で、ヘッジを行うために中央清算機関や他の金融機関と有担保で反対取引を実行する場合には、反対取引に係るデリバティブを OIS レートで評価したうえで、抛担保や当初証拠金に対するファンディング・コストを反映するよう FVA や MVA による評価調整を行うこともある。

(2) 信用評価調整 (CVA/DVA) の算定方法

以下では、本研究の定量分析で重要なファクターとなる信用評価調整 (CVA/DVA) の算定方法について確認する。前述のとおり、CVA はデリバティブ評価の際のカウンターパーティの信用リスクに対する評価調整であり、カウンターパーティがデフォルトした時に受ける期待損失の現在価値とみなされ、一般の債権や貸出金に対する貸倒引当金に類似する性質を有する。CVA はカウンターパーティの信用力の低下につれて増加し、デリバティブの価値を引き下げる方向に働く。一方、DVA は自己のデフォルト時に発生する期待損失の現在価値に該当し、自己の信用力の低下

に伴って増大、自己の正味の負債を減少させる結果、デリバティブの価値を引き上げることとなる。

一般的に、CVAのみを認識することを片方向CVA (Unilateral CVA)、CVAとDVAの両方を認識することを双方向CVA (Bilateral CVA) という⁷。本研究では、IFRSが想定する双方向CVAによる信用評価調整を前提とする。ここで双方向CVAは、カウンターパーティと自己のデフォルトは独立的に発生し、市場リスクと、自己およびカウンターパーティの信用リスクの相関を考慮しないという条件のもとでは、(1)式のかたちで書ける (Gregory [2015])⁸。

$$BCVA = - \sum_{j=1}^n EPE(t_j) \cdot LGD_C \cdot PD_C(t_{j-1}, t_j) - \sum_{j=1}^n ENE(t_j) \cdot LGD_I \cdot PD_I(t_{j-1}, t_j). \quad (1)$$

ただし、 $EPE(t)$ と $ENE(t)$ は、それぞれ時点 t におけるデリバティブ価値のディスカウント調整後の正の期待エクスポージャー (正值)、負の期待エクスポージャー (負値) であり、 $PD_C(s, t)$ と $PD_I(s, t)$ はそれぞれカウンターパーティと自己の期間 $[s, t]$ における倒産確率、 LGD_C と LGD_I はカウンターパーティと自己のデフォルト時の損失率である。

(1)式の第1項がCVAに相当する部分であり、第2項がDVAに相当する部分である。DVAはカウンターパーティ側からみたCVAであり、同じ評価方法とインプット・パラメータを用いて、自己のDVAをXと評価すると、カウンターパーティのCVAは-Xと評価され、両者には対称的な関係がみられる。片方向CVAでは、自己とカウンターパーティがそれぞれ異なるCVAを計上するので両者の価格は基本的に一致しないが、双方向CVAではCVAとDVAの対称性により両者の価格の一致は得られやすい。例えば、自己とカウンターパーティの信用力に格差がある場合の取引においても、信用力の低いほうが相手方に対して信用評価調整に相当する金額を支払うことで、取引価格の合意が円滑に行われる。

(1)式によると、CVA/DVAは、①期待エクスポージャー、②自己またはカウンターパーティの倒産確率、および③デフォルト時の損失率から構成される。このうち①の期待エクスポージャーは、将来時点で評価したデリバティブの割引現在価値の分布を基に計算され、CVAは正のエクスポージャーに対する期待値、DVAは負のエクスポージャーに対する期待値に基づいて算定される。期待エクスポージャー

7 双方向CVAには、条件付き双方向CVAと無条件双方向CVAの2種類の計算アプローチが存在する (安達 [2015])。

8 市場リスクと、自己およびカウンターパーティの信用リスクの相関を考慮するには、(1)式の期待エクスポージャーが自己またはカウンターパーティの信用リスクに対する条件付期待値となるように修正する必要がある。この場合、自己やカウンターパーティの信用リスクが高い状態でエクスポージャーが拡大するような望ましくない依存性をもたらす誤方向リスク (Wrong-Way Risk) を捕捉することができる。一般的に、誤方向リスクを正確に評価することは難しく、問題が複雑化してしまうため、本研究のモデルには誤方向リスクは取り入れないこととする。

は、デリバティブの原資産であるスポット・レートやフォワード・レート、それらのボラティリティなど多数のマーケット・ファクターに依存して変動し、時間に対して非斉次的であるため、単純にこれらの平均値をとるのではなく、正確な分布を考慮して積分する必要がある（Gregory [2015]）。期待エクスポージャーの計算には、カウンターパーティ・リスクに対する資本賦課の計算に用いられるカレント・エクスポージャー法や、「カウンターパーティー信用リスクエクスポージャーの計測に係る標準的手法」のような簡便的なパラメトリックな手法があるが、より精緻な期待エクスポージャーを算定するためにはモンテカルロ・シミュレーションが不可欠である⁹。モンテカルロ・シミュレーションによる計算は、計算処理の複雑化や計算負荷の増大などの欠点はあるものの、より複雑な金融取引やネットィングといった、簡便的な手法では捕捉できない複雑な要因を加味した期待エクスポージャーの計算を実行できる。

②の倒産確率に関しては、市場で観測されるクレジット・スプレッドからリスク中立確率測度下での倒産確率を推計し、クレジット・カーブを構築することが一般的な方法である。最も信頼性があるのはカウンターパーティを直接参照する CDS であるが、流動性のある CDS が流通していない場合の他の選択肢として、カウンターパーティの債券スプレッドや類似性を有する企業を参照する CDS を代用することがある。数多くの多種多様なカウンターパーティを有する金融機関では、利用可能なデータに制約がある状況の中、流動性の高いシングル・ネーム CDS や CDS インデックスを利用して、格付けや地域、産業セクターごとに構築したクレジット・カーブをカウンターパーティの特徴に基づいてマッピングする方法を採用している先もある（Green [2015]）。

CVA/DVA の計算のフレームワークとして、実確率測度に基づくアプローチとリスク中立確率測度に基づくアプローチに大別される。前者は、潜在するリスクに対する合理的な分布と将来の実現可能性が見込まれるシナリオが求められるリスク管理を目的として CVA/DVA を算出する場合に採用されるアプローチであり、モデル・パラメータはヒストリカル・データを用いて推定される。一方、後者のリスク中立確率測度に基づくアプローチは、無裁定理論を前提としたプライシングを行う場合に採用される方法であり、直近の市場データによりモデル・パラメータを推定する。当初、CVA/DVA の計算に実確率測度が使用されることも多くみられたが、最近では、資本規制や会計制度の要請によりリスク中立測度の使用が一般的になっている（Ernst & Young [2012]）。例えば IFRS 第 13 号は、「出口価格」を会計上の公正価値としており、モデル・パラメータの評価には市場で観測可能なインプット・

9 これらのアプローチでは、カレント・ポジティブ・エクスポージャーと将来のポテンシャル・フューチャー・エクスポージャーの不確実性を表すアドオン要素により将来のエクスポージャーを近似する。

データを適用することを明示している。本研究の数値検証でも、ヘッジ手段としてのデリバティブの評価価値を求める際、その信用評価調整である CVA/DVA はリスク中立確率測度下で計算を行う¹⁰。

3. ヘッジ会計におけるデリバティブ取引の取扱い

(1) IFRS におけるヘッジ会計

本節では、4 節以降で行う数値検証の前提となる、IFRS におけるヘッジ会計およびヘッジ取引の仕組みについて確認する。ヘッジ取引とは、固有の取引や経済事象（ヘッジ対象）から発生する特定のリスクを低減するために、それらと反対方向の変動をもたらす金融商品（ヘッジ手段）などを用いる取引を指す。ヘッジ対象は、主として金利や為替などのマーケット要因の変動に伴って価格変動する資産・負債が該当し、ヘッジ手段は、これらのマーケット要因の変動をもたらす損失リスクを相殺するデリバティブなどの金融商品が該当する¹¹。

ここで、原則的な会計基準に従うと、ヘッジ手段に頻繁に用いられるデリバティブは会計期間ごとに時価評価され、評価差額が期間損益として処理される一方、ヘッジ対象の評価は、当該資産・負債に適用される会計上の評価基準により区々となるため、必ずしも両者の損益が同一の会計期間に認識されるとは限らない。こうした中、「人為的」な会計処理を適用することで、ヘッジ対象に発生した損益とヘッジ手段に発生した損益を同一の会計期間に認識し、期間損益のブレを回避し、ヘッジ取引の実態を財務諸表上に表現することがヘッジ会計の目的である。この点、表 1 のとおり、IFRS 第 9 号では、「公正価値ヘッジ」、および「キャッシュ・フロー・ヘッジ」を定めている（par. 6.5）¹²。このうち、公正価値ヘッジは、「認識済みの資産・負債または未認識の確定約定の公正価値の変動のうち、特定のリスクに

10 後述のように、本研究の数値計算では、期待エクスポージャーの計算には市場データを適用しているものの、自己とカウンターパーティの倒産確率に関してヒストリカル・データにより計算される格付推移データを使用しているため、実確率測度からリスク中立確率測度の倒産確率に調整している。なお、リスク中立確率測度下の倒産確率は、デフォルトに対するリスク・プレミアムが加算されている分、実確率測度下の倒産確率よりも高い水準になる傾向がみられる。

11 具体的に IFRS 第 9 号では、ヘッジ対象には財務諸表に計上済みの金融商品、および非金融商品のほか、財務諸表上に計上されていない確定約定や将来的に発生する見込みが非常に高い予定取引も対象として指定できる（par. B6.3.3、B6.3.5）。一方、ヘッジ手段は金融商品のみが適格とされ、原則としてデリバティブが用いられるが、債券や借入金などの現金の動きを伴うデリバティブ以外の金融商品の使用も認められている（par. B6.2.1、B6.2.2）。

12 このほか IFRS 第 9 号では「在外営業活動体に対する純投資のヘッジ」を定めている。

表1 公正価値ヘッジとキャッシュ・フロー・ヘッジの会計処理

	公正価値ヘッジ	キャッシュ・フロー・ヘッジ
ヘッジ手段	公正価値で評価し、その変動額は当期の純損益として認識する。特定のリスクに起因する変動額部分は、有効なヘッジ部分としてヘッジ対象の帳簿修正額とし、それ以外は非有効部分に相当する。	ヘッジが有効な部分 公正価値の変動額は、その他の包括利益に認識。ヘッジ対象に関連する損益が認識された時点で損益認識する。 ヘッジが有効でない部分 公正価値の変動額は、その期の純損益に認識する。
ヘッジ対象	会計上認識済みの資産・負債である場合 ヘッジ対象リスクに起因するヘッジ対象の公正価値の変動額を損益として認識し、ヘッジ対象の帳簿額を修正。	原則処理に従い、特段の調整は不要。

起因し、純損益に影響する可能性があるものに対する「エクスポージャー」をヘッジするものである。例えば、変動受けの金利スワップ（ヘッジ手段）を利用して固定利付債（ヘッジ対象）の金利リスクをヘッジすることが該当する。公正価値ヘッジの会計処理では、デリバティブ（ヘッジ手段）は原則的な会計処理同様、公正価値で評価し、評価差額は純損益などに認識する。一方、ヘッジ対象については、ヘッジされたリスクに起因する公正価値の変動額を純損益などとして認識し、ヘッジ対象の帳簿額の修正を行うこととなる。なお、公正価値ヘッジにおいては、ヘッジ対象とヘッジ手段の公正価値の変動はいずれも当期の損益に計上されるため、「ヘッジの非有効部分」（後述）は当期損益に計上されることになる。

他方、キャッシュ・フロー・ヘッジは、「認識済みの資産・負債または可能性の非常に高い予定取引に係る特定のリスクに起因し、かつ、純損益に影響する可能性があるキャッシュ・フローの変動性に対するエクスポージャーのヘッジ」である。例えば、変動利付債の金利リスクを固定受けの金利スワップでヘッジするような、変動金利を固定金利に変えるための取引が該当する。具体的な会計処理として、ヘッジ対象は原則的な処理を行うが、ヘッジ手段はヘッジが有効な部分と有効ではない部分に区別して処理する。すなわち、ヘッジが有効と認められる部分は、その公正価値の変動額を「その他の包括利益」に計上し、ヘッジ対象の関連する損益が認識された時点で純損益に振り替えるのに対して、ヘッジが有効と認められない部分は当期損益として処理される。

ここでIFRS第9号では、ヘッジ会計適用の条件として、ヘッジ関係が下記に示す「有効性」（ヘッジ対象の公正価値またはキャッシュ・フローの変動をヘッジ手段のそれらが相殺する程度）の要件を満たすことを挙げている（par. B6.4.1）¹³。

13 このほかIFRS第9号では、①ヘッジ手段およびヘッジ対象が基準の要請に照らして適格であること、②ヘッジ開始時点においてヘッジ関係、ヘッジの実行に関する企業のリスク管理目的およびリスク管理戦略の公式な指定と文書化を行っていること、を条件として挙げている。

- ①ヘッジ対象とヘッジ手段の間に経済的関係が存在する
- ②信用リスクの影響が、経済的関係から生じる価値の変動に著しく優越するものではない
- ③ヘッジ関係のヘッジ比率が、企業の実際のヘッジ対象およびヘッジ手段の数量に基づくものである

このうち②は、自己およびカウンターパーティの信用評価調整を念頭においたものであり、ヘッジ対象とヘッジ手段の経済的関係を損ねるほど信用評価調整の影響が大きい場合には、有効性の要件が満たされないことを意味する。すなわち、定性的または定量的な手法によりヘッジの有効性を判定し、ヘッジ手段の変動額のうち、対応するヘッジ対象の変動額を相殺しない部分はヘッジの非有効部分として認識することが求められる。また、ヘッジ取引の開始時だけでなく、継続的な検証が求められている。

1節で述べたとおり、ヘッジの非有効部分は当期損益として処理される（具体的な数値例を補論1に記載）ため、ヘッジ手段の変動額に占める非有効部分の割合が増えると、期間損益の変動性も大きくなり、意図していた効果が達成されないこととなる。さらには、何らかの原因により非有効部分が支配的となれば、ヘッジの有効性の要件を充足できなくなり、ヘッジ会計自体を適用できなくなる可能性すら考えられる。

(2) 信用評価調整のヘッジの非有効部分に対する影響

1節で述べたとおり IFRS では、デリバティブの公正価値の測定時には信用評価調整（CVA/DVA）を勘案することが前提となる。このため、ヘッジ手段のデリバティブについては、金利や為替などのマーケット・ファクターの変動による価値の増減に加え、信用評価調整の増減によりヘッジの非有効部分が増減し、期間損益の変動性が拡大し得る。企業はこうしたヘッジの非有効部分をヘッジ・コストとして負担することになるが、同コストを適切に管理するためには、信用評価調整が有効性の判定に与える影響を適切に理解することが必要となる。もっとも、IFRS ではヘッジの有効性の要件のひとつとして、「信用リスクの影響が、経済的関係から生じる価値の変動に著しく優越するものではない」としているものの、その判断は財務諸表の作成者側に委ねられており、具体的な判断基準や事例などは提示されていない。また先行研究では、デリバティブのプライシングやリスク管理における信用評価調整の研究が多く行われているものの、ヘッジ会計の枠組みの中で、信用評価調整がヘッジ手段であるデリバティブの価格変動を介してヘッジ効果に与える影響を考察した研究はほとんどみられない。

そこで4節では、幾つかのヘッジ取引を想定して、現実のデータに基づくシナリオのもとで金融工学の手法を用いたシミュレーションを行い、信用評価調整がヘッジの有効性にどの程度影響を与えるのかを定量的に分析する。

4. 数値検証

(1) 前提条件

本節では、典型的なヘッジ取引を対象として、デリバティブに対する信用評価調整がどの程度ヘッジの有効性に影響を与えるのかを定量的に分析する^{14,15}。具体的には、シミュレーションに基づき、ヘッジ対象とヘッジ手段の理論価格およびCVA/DVAを算出し、ヘッジ対象とヘッジ手段の期間損益の変動額に占めるCVA/DVAの割合を把握することで、ヘッジの非有効性を定量的に測定する。

表2は、数値検証に用いるヘッジ取引の内容である。ヘッジの対象となるリスクにはさまざまな種類があるが、以下では金利と為替、およびコモディティの変動リスクを対象とする。表3は、モデル・パラメータのキャリブレーションに用いるデータについて、市場環境と自己・カウンターパーティの信用リスクの状態に関するシナリオの組み合わせを示したものである。「平常時」として2015年12月末、「ストレス時」としてリーマン・ブラザーズの破綻直後の2008年9月末を選定し、その時点における市場データを使用する。自己とカウンターパーティの信用リスクは、ムーディーズの信用格付けに基づき、相対的に信用力が高い投資適格以上のA格と信用力が低い投資適格以下のB格を想定し、両者の信用力がともに高いケー

14 通常、金融機関はオープン・ポートフォリオを用いた動的なリスク管理活動を行うものの、①現時点において対応するIFRSが開発途中である中、②本稿は信用評価調整の影響を明確にすることが主な目的であり、単純なヘッジ関係を取り上げて分析することが望ましいと考えられるため、ポートフォリオ内の資産・負債の追加や入替えないクロズド・ポートフォリオを対象とする「一般ヘッジ会計」を前提に分析を行う。

15 本節では、信用評価調整が顕在化する無担保でのデリバティブ取引を想定する。昨今では、金融機関同士や中央清算機関を通じたデリバティブ取引では有担保取引に移行しつつある（富安 [2014]）ものの、事業会社間の取引や、事業会社に対して金融機関が中央清算機関へ仲介業務を行うクライアント・クリアリングでは必ずしも担保の拋出が求められていないなど、日本では有担保取引が必ずしも十分に浸透している状況にはないものと考えられる。また、中央清算機関で清算されない店頭デリバティブ取引に対してはマージン規制対象として担保拋出が義務付けられるものの、当該規制は段階的に導入が進められる方針であり、すべての取引で有担保取引が一般化するまでには相応の時間を要すると思われる。こうした現状にかんがみると、市場慣行や関連する諸規制が市場参加者に浸透するまでは、事業会社を中心に一定の割合で無担保のデリバティブ取引も存続することが予想され、無担保のデリバティブ取引を前提としたヘッジ取引における信用評価調整の影響を分析することには一定の意義があるものと考えられる。

表2 ヘッジ対象とヘッジ手段

	対象リスク	ヘッジ対象	ヘッジ手段
取引1	金利リスク	変動利付債	金利スワップ（固定支払い）
取引2	金利リスク	固定利付債	金利スワップ（固定受け）
取引3	金利リスク	変動利付債	キャップ
取引4	為替リスク	外貨建予定売上	為替先渡取引
取引5	為替リスク	外貨建変動利付債	通貨スワップ（ドル/円）
取引6	為替リスク	外貨建固定利付債	通貨スワップ（ドル/円）
取引7	コモディティ・リスク	原油の価格	原油の先渡取引
取引8	コモディティ・リスク	銅の価格	銅の先渡取引
取引9	コモディティ・リスク	小麦の価格	小麦の先渡取引

表3 シナリオの設定

	市場環境	自己・カウンターパーティの格付け	
		自己	カウンターパーティ
シナリオ1	平常時	A格	A格
シナリオ2	平常時	A格	B格
シナリオ3	平常時	B格	A格
シナリオ4	平常時	B格	B格
シナリオ5	ストレス時	A格	A格
シナリオ6	ストレス時	A格	B格
シナリオ7	ストレス時	B格	A格
シナリオ8	ストレス時	B格	B格

ス、一方が高く他方が低いケース、両者ともに低いケースの計4通りそれぞれに対して、平常時、およびストレス時の計8つのシナリオを設定する。

定量分析では、金利や為替レートなど原資産は特定の確率過程に基づいて挙動を示すことを前提とし、ヘッジ対象やヘッジ手段である金融商品の割引現在価値をシミュレーション法により計算する（表4）¹⁶。具体的には、金利取引（取引1～3）は、金利の1ファクター・モデルとし、金利のダイナミクスにはハル＝ホワイト・モデル（Hull and White [1990]）を適用する。金利のモデル・パラメータは、円のキャップおよびフロアのデータを用いてキャリブレーションする。為替取引（取引4～6）については、為替レート、自国金利、および外国金利の3ファクター・モデルを想定し、為替レートはブラック＝ショールズ・モデル（Black and Scholes [1973]）における対数正規モデル、自国金利と外国金利はハル＝ホワイト・モデルに従うものとする。為替レートのパラメータにはドル/円の為替フォワード、自国金利と外国金利のパラメータにはそれぞれ円とドルのキャップおよびフロアにより推定

16 Cesari *et al.* [2009] は、金利や為替などのさまざまなデリバティブ取引に対するエクスポージャーやポテンシャル・フューチャー・エクスポージャーの挙動を数値例により提示している。

表4 モデルとキャリブレーション・データ

	モデル	キャリブレーション・データ
取引1	金利：ハル＝ホワイト・モデル	金利：円キャップおよびフロア
取引2		
取引3		
取引4	為替レート：ブラック＝ショールズ・モデル	為替：ドル／円 為替フォワード
取引5	自国金利：ハル＝ホワイト・モデル	自国金利：円キャップおよびフロア
取引6	外国金利：ハル＝ホワイト・モデル	自国金利：ドルキャップおよびフロア
取引7	コモディティ：ブラック＝ショールズ・モデル	原油：WTI
		金利：円キャップおよびフロア
取引8	コンビニエンス・イールド：バシチェック・モデル	銅：COMEX
		金利：円キャップおよびフロア
取引9	金利：ハル＝ホワイト・モデル	小麦：SRWW
		金利：円キャップおよびフロア

する。コモディティ取引（取引7～9）では、コモディティの原資産はブラック＝ショールズ・モデル、コンビニエンス・イールドはバシチェック・モデル（Vasicek [1977]）、金利はハル＝ホワイト・モデルに従う3ファクター・モデルとする。コモディティのパラメータ推定は、原油取引にはWTI（West Texas Intermediate）、銅取引にはCOMEX（Commodity Exchange）、小麦取引にはSRWW（Soft Red Winter Wheat）の各インデックスに対する先物取引のデータを用いる。いずれの取引もシミュレーションの試行回数は10万回とし、各取引のデリバティブの現時点、および将来時点における割引現在価値を求めるとともに、同時に算出される期待エクスポージャーに対して自己とカウンターパーティの倒産確率と回収率を適用し、CVA/DVAを計算する。ここで倒産確率はムーディーズが公表する推移行列データを基に格付推移モデルを適用して算出する。なお、本節で用いた数理モデルの詳細については、補論2を参照されたい。

(2) 検証結果

ヘッジ取引の有効性は、ヘッジ対象の損益変動に対し、それとは反対方向に動くヘッジ手段の損益変動によって相殺される部分として算定する。具体的には、一定の会計期間（四半期、または半期）ごとにヘッジ対象とヘッジ手段の割引現在価値を算出、前期と当期の割引現在価値の差額を比較し、ヘッジ対象の期間変動額に対してヘッジ手段の期間変動額が不足する額（アンダー・ヘッジ）、または超過する額（オーバー・ヘッジ）をヘッジの非有効部分とする。ヘッジ手段であるデリバティブにはカウンターパーティと自己の信用評価調整であるCVA/DVAを反映させた評

価値が測定されるため、CVA/DVA の水準に応じてヘッジの有効性が左右される。

ここで、ヘッジ取引の有効性を測定するため、(2) 式のような「ヘッジ非有効性」の指標を定義する。ヘッジ非有効性は、ヘッジ対象の全期間に亘る変動額の総和に対する、同期間におけるヘッジ対象とヘッジ手段の期間変動額の差分の総額の比率を意味する¹⁷。このヘッジ非有効性は、ヘッジ対象とヘッジ手段の期間変動額の累積的な差額が拡大（ヘッジの有効性が低下）するほど増加することとなる。

$$\text{ヘッジ非有効性} = \left| \frac{\sum_{i=1}^N (PVC_{instr}(t_i) - PVC_{item}(t_i))}{\sum_{i=1}^N PVC_{item}(t_i)} \right|. \quad (2)$$

ただし、 $PVC_{item}(t)$ および $PVC_{instr}(t)$ は、それぞれヘッジ対象とヘッジ手段の時点 t における割引現在価値の期間変動額であり N は評価時点の回数を表す。また、ヘッジ非有効性が負値の場合には正值に変換する。

3 節 (2) で述べたとおり現行の IFRS では、どの程度の水準で重大なヘッジ非有効性が発生するののかという判断基準は示されていない。この点、従前の IAS 第 39 号では、定量的なヘッジの有効性判断基準として、ヘッジ対象とヘッジ手段の時価変動額の割合が 80~125% の範囲内であれば有効とされていた。また、同水準の数値基準が米国基準や日本基準でも用いられていることを考慮すると、(2) 式のヘッジ非有効性が 20~30% 程度を大きく超過した場合、実務上、ヘッジの有効性が損なわれるものとして扱われる可能性があると考えられる¹⁸。

以下では、表 2 に示した各取引について、シナリオごとのヘッジ非有効性を算出し、市場環境やヘッジ手段の商品特性によってヘッジの有効性にどのような影響が生じるのかを考察する。

イ. 金利商品をヘッジ対象とするヘッジ取引

金利商品の取引 1 は、ヘッジ対象を円建ての変動利付債とし、ヘッジ手段が固定支払いの金利スワップ（ペイヤーズ・スワップ）とするものであり、発行した債券の変動金利の支払いを金利スワップにより固定するヘッジ取引である。表 5 に示すように、自己は満期 5 年の元本金額 1 億円の変動利付債を発行し、半年ごとに LIBOR + α (α は固定スプレッド) の変動金利を支払う。金利の変動リスクに対するヘッジとして、同じく満期 5 年、想定元本 1 億円金利スワップを任意のカウン

17 日本基準におけるヘッジの有効性の評価では、ヘッジ対象とヘッジ手段の相場変動、またはキャッシュ・フロー変動の累計額を比較する比率分析や、ヘッジ対象とヘッジ手段の価格変動に対して回帰分析などの統計的手法により評価する方法が用いられている（日本公認会計士協会 [2006]）。本研究の数値検証では、ヘッジ対象とヘッジ手段の過不足を基礎にヘッジの有効性を判定するという観点からヘッジ非有効性を定義しているものの、ヘッジ対象とヘッジ手段の累積的な変動額を比較するという点で比率分析による考え方に類似している。

18 現行の米国基準や日本基準でも、定量的なヘッジ有効性判断基準として、ヘッジ対象とヘッジ手段の時価変動額の割合が 80~125% であればヘッジは有効であるとしている。

表5 想定する金利取引（取引1～3）の明細

取引1

ヘッジ対象：変動利付債

	平常時	ストレス時
元本額	1億円	1億円
満期	5年	5年
利払間隔	6ヵ月	6ヵ月
利率 変動部分	円 LIBOR	円 LIBOR
利率 固定部分	0.30%	0.50%

ヘッジ手段：金利スワップ（変動受け、固定支払い）

	平常時	ストレス時
想定元本	1億円	1億円
満期	5年	5年
利払間隔	6ヵ月	6ヵ月
変動金利ベース部分	円 LIBOR	円 LIBOR
変動金利スプレッド	0.00%	0.00%
固定金利	0.38%	1.52%

取引2

ヘッジ対象：固定利付債

	平常時	ストレス時
元本額	1億円	1億円
満期	5年	5年
利払間隔	6ヵ月	6ヵ月
固定利率	0.40%	2.00%

ヘッジ手段：金利スワップ（固定受け、変動支払い）

	平常時	ストレス時
想定元本	1億円	1億円
満期	5年	5年
利払間隔	6ヵ月	6ヵ月
変動金利ベース部分	円 LIBOR	円 LIBOR
変動金利スプレッド	0.51%	1.45%
固定金利	0.40%	2.00%

取引3

ヘッジ対象：変動利付債

	平常時	ストレス時
元本額	1億円	1億円
満期	5年	5年
利払間隔	6ヵ月	6ヵ月
利率 変動部分	円 LIBOR	円 LIBOR
利率 固定部分	0.08%	0.00%

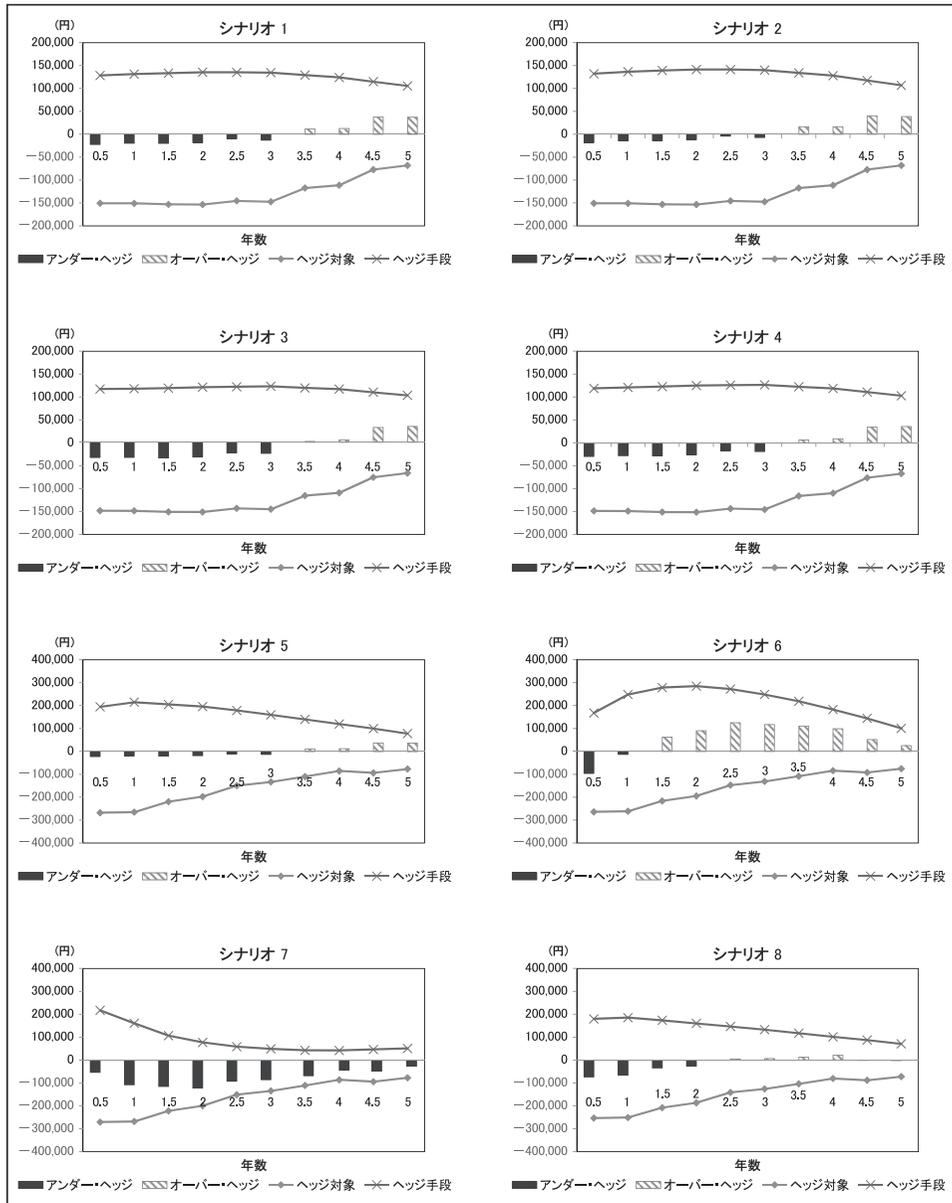
ヘッジ手段：キャップ

	平常時	ストレス時
想定元本	1億円	1億円
満期	5年	5年
利払間隔	6ヵ月	6ヵ月
キャップレート	0.40%	1.90%

ターパーティと契約する。当該金利スワップは、半年ごとに LIBOR + β (β は固定スプレッド) の変動金利を支払う一方で固定金利を受ける。

図2は、取引1の各シナリオに関して、会計期間（6ヵ月）ごとのヘッジ対象とヘッジ手段の期間損益の変動額の推移と、ヘッジの過不足の状況を表している。基本的には、ヘッジ対象の損益変動額とヘッジ手段の損益変動額は、互いに対称的に推移するものの完全には相殺し合っておらず、一定の非有効部分が発生することがわかる。例えば、シナリオ1では CVA/DVA は僅少でありヘッジ取引に及ぼす影響は軽微であるものの、変動利付債と金利スワップの商品特性や評価モデルの相違に起因したヘッジ取引の非有効部分が発生する。このようなヘッジ非有効性は、ヘッジ対象とヘッジ手段のキャッシュ・フローが完全に相殺し合う状況であっても、評価モデルで算定した公正価値ベースでヘッジ有効性を判定すると、必然的に一定水準のヘッジの過不足が生じる。ヘッジ対象とヘッジ手段の評価モデルがより複

図2 取引1におけるヘッジ過不足の状況



雑になるほど、両者の評価価値は乖離し、ヘッジの過不足が発生する傾向が強くなる。

市場環境が平常時（シナリオ 1～4）である際には、自己とカウンターパーティの信用リスクの水準にかかわらず CVA/DVA の影響は限定的である。一方、ストレス

表 6 金利取引のヘッジ非有効性の結果

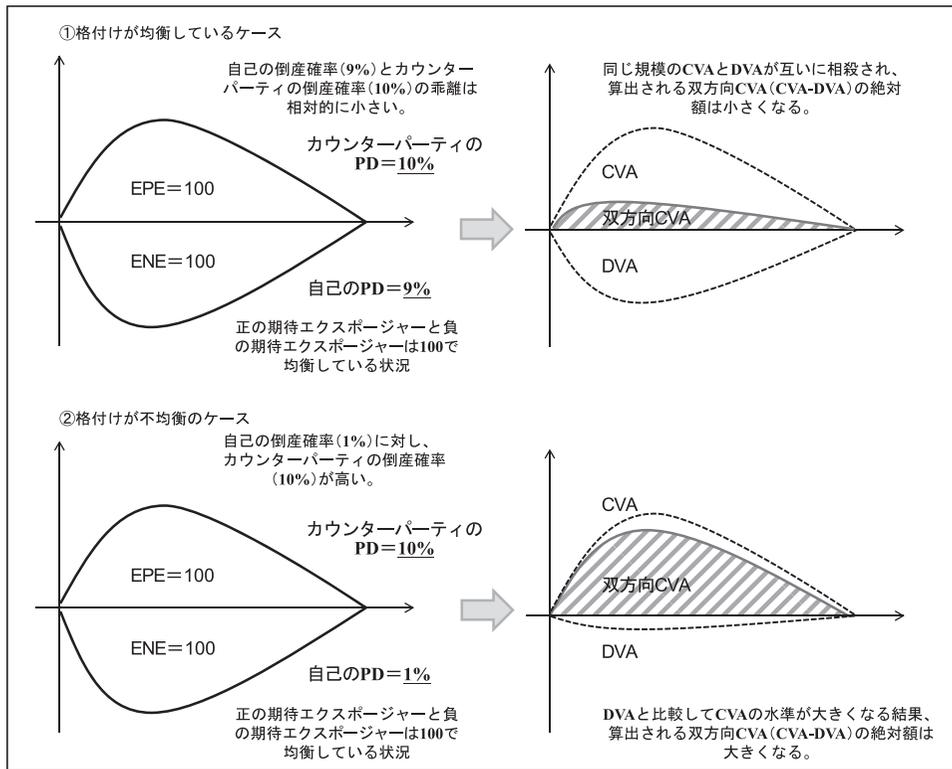
	(%)							
	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5	シナリオ 6	シナリオ 7	シナリオ 8
取引 1	0.20	3.35	8.43	4.88	0.27	36.64	47.31	10.41
取引 2	0.04	4.03	8.89	4.9	0.37	16.31	29.32	12.65
取引 3	3.4	2.51	3.4	2.51	3.97	45.07	3.97	45.07

期（シナリオ 5～8）では、CVA/DVA が増大し、ヘッジ手段であるデリバティブの期間損益の変動を増幅させることが原因でヘッジの有効性が低下する。特に、自己とカウンターパーティの信用力に格差があるシナリオ 6 と 7 をみると、シナリオ 6 ではヘッジ手段の期間損益の変動額が相対的に増大することでオーバー・ヘッジとなる一方、シナリオ 7 ではヘッジ手段の期間損益の変動額の低下によりアンダー・ヘッジとなる傾向がみられる。

次に、表 6 に金利取引（取引 1～3）に関するヘッジ非有効性の結果を示す。ヘッジ非有効性は、4 節で述べたとおり、ヘッジ対象の期間損益の変動額の総和に対する、ヘッジ対象とヘッジ手段の期間変動額の差額の総和の比率であり、数値が高いほど有効性が低下する。取引 1 に関して、平常時（シナリオ 1～4）におけるヘッジ非有効性は 10% 未満と比較的低い水準にある。一方でストレス期（シナリオ 5～8）をみると、自己とカウンターパーティの信用力が均衡するシナリオ 5 と 8 では、ヘッジ非有効性は低い水準に留まるが、自己とカウンターパーティの信用力が不均等となるシナリオ 6 と 7 では、ヘッジ非有効性がそれぞれ 36.6%、47.3% となり、ヘッジの有効性が大幅に低下する。これは、双方向 CVA のもとでは、自己とカウンターパーティの信用力に格差があると、CVA と DVA が互いに相殺し切れず、デリバティブ（金利スワップ）の価値を変動させることが寄与している。一方で、金利スワップの期待エクスポージャーが正負で対称的な形状を示し、自己とカウンターパーティの信用力が均衡する場合には、カウンターパーティの倒産確率を基に算出される CVA と自己の倒産確率を基に算出される DVA が互いに相殺し合うことで、双方向 CVA の水準が抑えられ、金利スワップの評価価値への影響は限定的となる¹⁹。シナリオ 8 のように、たとえ自己とカウンターパーティの信用力が低く、CVA と DVA の絶対額が大きい場合でも、相殺し合うことで双方向 CVA は金利スワップの価値を大きく増減させるほどの水準にはならず、ヘッジの有効性の悪化は抑えられる（図 3 ①）。反対に、自己とカウンターパーティの格付けが異なるシナリオ 6 と 7 では、CVA と DVA の水準が乖離し双方向 CVA の絶対額が増大すると、金利スワップの評価価値の大幅な増減によりヘッジの有効性が低下する（図 3 ②）。このように、双方向 CVA を前提としたヘッジ取引では、自己とカ

19 自己とカウンターパーティに適用される回収率も同じ水準とする。

図3 信用力の格差による双方向CVAへの影響（概念図）

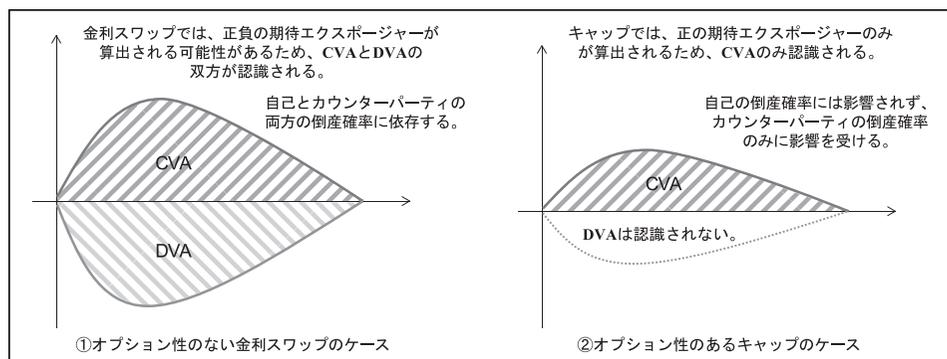


ウンターパーティの信用格付けの相対的な関係がヘッジ有効性の重要な決定要因となる。

取引2は、円建ての固定利付債をヘッジ対象とし、ヘッジ手段には、固定受けの金利スワップ（レシーバーズ・スワップ）を用いて、固定利付債の公正価値の変動を低減する目的で行われるものである。取引2では、自己は、満期5年、元本金額1億円の固定利付債を発行すると同時に、満期5年、想定元本1億円の固定受けの金利スワップを任意のカウンターパーティと契約する。固定利付債と金利スワップの利払間隔は半年ごととする。固定受けの金利スワップ契約を結ぶことで、固定利付債の固定利払いを $\text{LIBOR} + \alpha$ (α は固定スプレッド) の変動金利の支払いに変換することができる。取引2のヘッジ非有効性に関しても、取引1と同様の傾向がみられ、平常時ではヘッジ非有効性の発生は10%未満と比較的軽微であるが、ストレス時においてヘッジ非有効性は最大30%程度まで上昇しヘッジの非有効性が顕在化する。ただし、ストレス期でも自己とカウンターパーティの信用力が高いシナリオ5では、ヘッジ非有効性は1%未満と僅少となる（表6）。

取引3は、ヘッジ対象である変動利付債に対し、ヘッジ手段にキャップ取引を用

図4 オプション性の有無による CVA/DVA の認識の相違



いて、一定水準以上の変動金利を固定する²⁰。自己は、満期5年の元本金額1億円の変動利付債を発行し、半年ごとにLIBOR+ α (α は固定スプレッド)の変動金利を支払うことを想定している。金利の上昇に伴う変動金利の支払額の増大をヘッジすることを目的として、キャップ・レートを K (K は定数)とするキャップ取引を任意のカウンターパーティと契約する。取引3におけるヘッジ非有効性は、取引1、2同様、平常時ではいずれのシナリオでも4%未満と低い水準にある。一方で、ストレス期のヘッジ非有効性に関しては、取引1、2とは異なる結果が確認できる。すなわち、カウンターパーティの信用リスクが高いシナリオ6と8では、取引1、2と同様、ヘッジ非有効性が高い水準となるが、自己の信用リスクが高いシナリオ7では、ヘッジ非有効性は低い水準にとどまる(表6)。この理由として、オプション性のない金利スワップでは、エクスポージャーが正負の双方の値をとり、CVA、DVAともに認識され得るため、ヘッジ非有効性は自己とカウンターパーティの両者の信用リスクに依存する(図4①)。一方で、オプション性のあるキャップ取引では、ペイオフ構造からエクスポージャーが常に正值となるため、DVAがゼロとなり認識されず、ヘッジ非有効性は自己の信用力の状態には依存しない(図4②)。このように、ペイオフの構造といったデリバティブ取引の商品特性によって、CVA/DVAの形状に相違がみられ、ヘッジ取引の有効性に影響し得ることには留意が必要である。

ロ. 為替商品をヘッジ対象とするヘッジ取引

取引4~6は、為替に係るヘッジ取引を想定している(表7)。取引4は、2年後の発生見込みの高い100万ドルの予定売上をヘッジ対象とし、その期間の為替レ-

20 IFRS第9号では、キャップのようなオプション取引をヘッジ手段に用いる際、ヘッジ対象の損益と直接関連性を有するオプションの本源的価値のみをヘッジ会計に反映させて、オプションの時間的価値はヘッジ会計から除外することも認めている(par. B6.2.4)。取引3でも、キャップの時間的価値は除外し本源的価値のみをヘッジ手段の価値としている。

表7 為替取引（取引4～6）の明細

取引4

ヘッジ対象：外貨建予定売上

	平常時	ストレス時
予定売上額	100 万ドル	100 万ドル
売上までの期間	2 年	2 年

ヘッジ手段：為替先渡

	平常時	ストレス時
想定元本	100 万ドル	100 万ドル
満期	2 年	2 年
先渡価格（円／ドル）	118.43	101.43

取引5

ヘッジ対象：外貨建変動利付債

	平常時	ストレス時
元本額	100 万ドル	100 万ドル
満期	5 年	5 年
利払間隔	6 ヶ月	6 ヶ月
利率 変動部分	ドル LIBOR	ドル LIBOR
利率 固定部分	0.00%	0.00%

ヘッジ手段：通貨スワップ

	平常時	ストレス時
元本額	100 万ドル	100 万ドル
満期	5 年	5 年
利払間隔	6 ヶ月	6 ヶ月
受取利息 ベース部分	ドル LIBOR	ドル LIBOR
受取利息 スプレッド(ドル)	0.00%	0.00%
支払利息 ベース部分(円)	円 LIBOR	円 LIBOR
支払利息 スプレッド(円)	0.17%	0.49%

取引6

ヘッジ対象：外貨建固定利付債

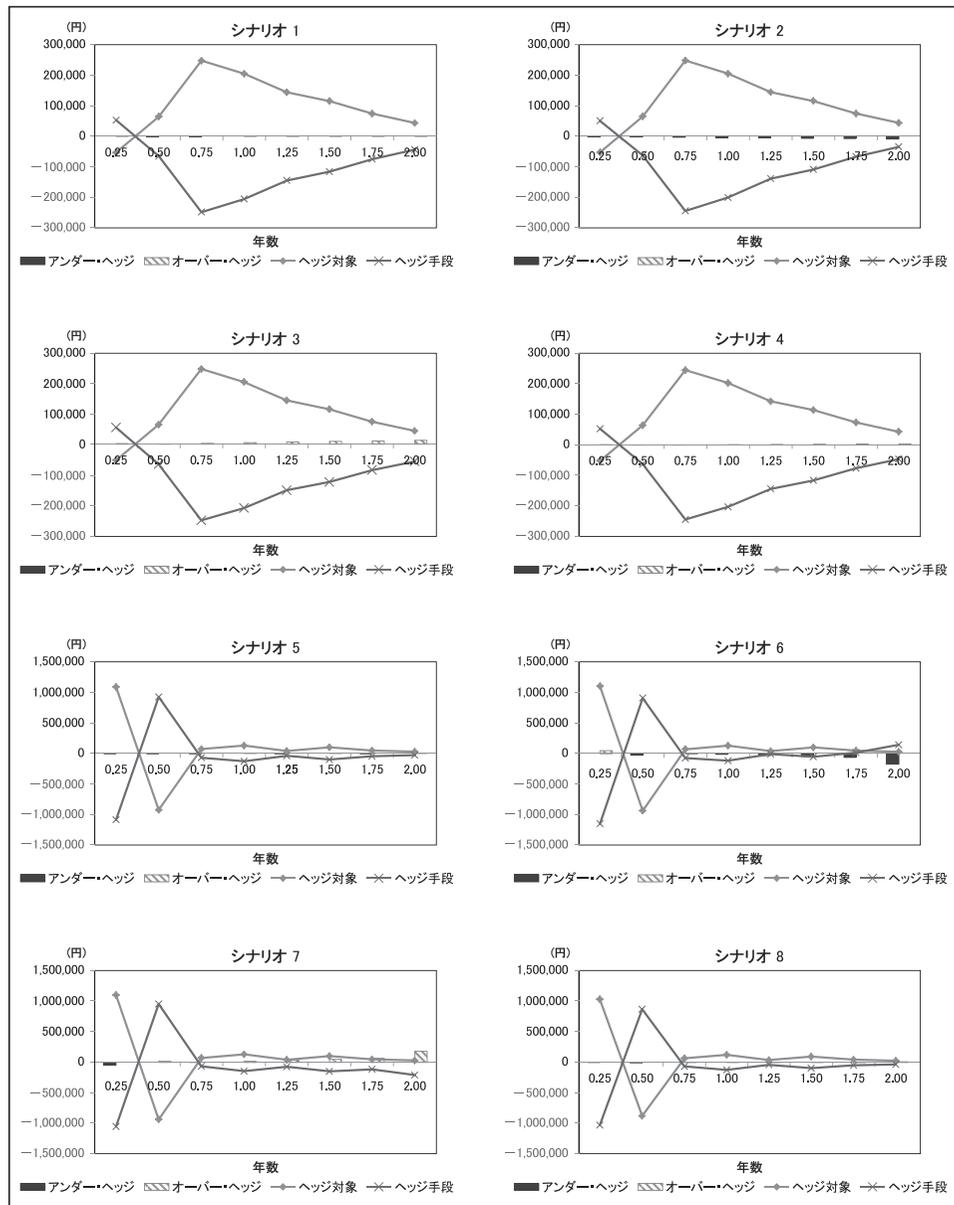
	平常時	ストレス時
元本額	100 万ドル	100 万ドル
満期	5 年	5 年
利払間隔	6 ヶ月	6 ヶ月
固定利率(ドル)	0.35%	0.50%

ヘッジ手段：通貨スワップ

	平常時	ストレス時
元本額	100 万ドル	100 万ドル
満期	5 年	5 年
利払間隔	6 ヶ月	6 ヶ月
固定利率(ドル)	0.35%	0.50%
固定利率(円)	0.25%	2.35%

トの変動リスクを回避するためにヘッジ手段として満期2年の為替の先渡契約（ドル／円）を任意のカウンターパーティと結ぶ。当該ヘッジ取引により2年後決済のキャッシュ・フローを先渡契約により固定する。次に、取引5と6は自己が発行する米ドル建債券をヘッジ対象とし、為替リスクに晒される利息の支払い（米ドル建て）を円建ての利息支払いに変換するために、任意のカウンターパーティと通貨スワップを契約する。取引5のヘッジ対象は満期5年、元本額100万ドルの外貨建変動利付債であり、半年ごとにドルLIBOR+ α （ α は固定スプレッド）の変動金利を支払う。ヘッジ手段の通貨スワップでは、ドルLIBOR+ α を受け取るとともに、円建ての変動金利円LIBOR+ β （ β は固定スプレッド）を支払う。一方、取引6のヘッジ対象は満期5年、元本額100万ドルの外貨建固定利付債とし、半年ごとに米ドル建ての固定金利 c （ c は定数）を支払う。ヘッジ手段の通貨スワップは、半年ごとに米ドル建ての固定金利 c と本邦建ての固定金利 d （ d は定数）を交換する。なお、取引4のヘッジの対象リスクは為替リスクのみであるが、取引5と6は金利変動に伴う債券価格や変動利息の変化も含まれるため、ヘッジの対象である為替リス

図5 取引4におけるヘッジ過不足の状況



クに加えて、金利リスク（ヘッジの対象外）にも直面している。

図5は、取引4におけるヘッジ対象およびヘッジ手段の期間損益の変動額の推移とヘッジの過不足の状況を表し、金利のヘッジ取引（取引1）と比較して、ヘッジ対象とヘッジ手段の期間損益の変動額の推移はより対称的な動きを示している。こ

表 8 為替取引のヘッジ非有効性の結果

	(%)							
	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5	シナリオ 6	シナリオ 7	シナリオ 8
取引 4	0.02	4.89	6.18	1.27	0.01	52.1	53.13	1.04
取引 5	0.15	16.33	1.63	14.55	0.41	44.56	18.81	26.54
取引 6	0.2	13.97	1.4	12.37	1.22	35.78	4.54	30.02

これは、評価モデルにおいてヘッジ対象の予定売上とヘッジ手段の為替取引のペイオフ構造に正負の対称性がみられ、その結果、算出される両者の評価価値も完全に対称的な動きを示すためである。

為替取引のヘッジ非有効性の結果をみると（表 8）、外貨建売上予定をヘッジ対象とする取引 4 は、平常時には 10%未満と比較的低い水準となる。またストレス期には、自己とカウンターパーティの信用力に格差がある場合で 50%強と大幅に上昇する（シナリオ 6、7）一方、自己とカウンターパーティの信用リスクが同水準にある場合では 1%程度と低い水準に収まる（シナリオ 5、8）。これは、それぞれ算出される CVA と DVA の水準自体は高くなるものの、為替先渡はオプション性を持たず、期待エクスポージャーの構造に正負対称性がある中、自己とカウンターパーティの信用リスクが同水準であるために CVA と DVA が互いに相殺されることで、双方向 CVA が僅少となり、ヘッジ取引に及ぼす影響は限定的になったためである。一方で、自己とカウンターパーティの信用リスクに格差のあるシナリオ 6 と 7 では、CVA または DVA の片方が高い水準となり、双方向 CVA の絶対額が大きくなるため、ヘッジの有効性を著しく悪化させている。

米ドル建債券をヘッジ対象とする取引 5 と 6 では、平常時のヘッジ非有効性が 10%を超過し、取引 4 の結果と比較してやや高い水準になっている。両取引では、為替の変動リスクだけでなく自国金利と外国金利の変動リスクも加わり、ヘッジ取引自体が複雑な構造となっているため、ヘッジの有効性も低下しやすいことが考えられる。また、他の取引同様、ストレス時にヘッジ非有効性が上昇する傾向がみられるものの、カウンターパーティの信用リスクが高いシナリオ 6 や 8 において、ヘッジ非有効性が上昇している。これは、当該モデルの設定においては、金利リスクと為替リスクの双方の影響もあって、期待エクスポージャーが正值の側に偏り、DVA よりも CVA が大きく算出される傾向にあるため、カウンターパーティの信用力の悪化に特に影響を受けやすいことが要因と思われる。

ハ. コモディティ商品をヘッジ対象とするヘッジ取引

取引 7～9 は、コモディティに係るヘッジ取引である（表 9）。基本的に、これらの取引はヘッジ対象を現物とし、ヘッジ手段はその先渡契約であり、同様の性質を持つため、取引 7（原油）についてのみ言及する。取引 7 では、自己が現時点で固

表 9 コモディティ取引（取引 7～9）の明細

取引 7

ヘッジ対象：原油現物

	平常時	ストレス時
取引量	100 万	100 万
満期	3 年	3 年
仕入価格	36.21 ドル	94.49 ドル

ヘッジ手段：原油先渡

	平常時	ストレス時
取引量	100 万	100 万
満期	3 年	3 年
先渡価格	36.21 ドル	94.49 ドル

取引 8

ヘッジ対象：銅現物

	平常時	ストレス時
取引量	10 万	10 万
満期	3 年	3 年
仕入価格	208.24 ドル	271.35 ドル

ヘッジ手段：銅先渡

	平常時	ストレス時
取引量	10 万	10 万
満期	3 年	3 年
先渡価格	208.24 ドル	271.35 ドル

取引 9

ヘッジ対象：小麦現物

	平常時	ストレス時
取引量	10 万	10 万
満期	3 年	3 年
仕入価格	461.94 ドル	661.94 ドル

ヘッジ手段：小麦先渡

	平常時	ストレス時
取引量	10 万	10 万
満期	3 年	3 年
先渡価格	461.94 ドル	661.94 ドル

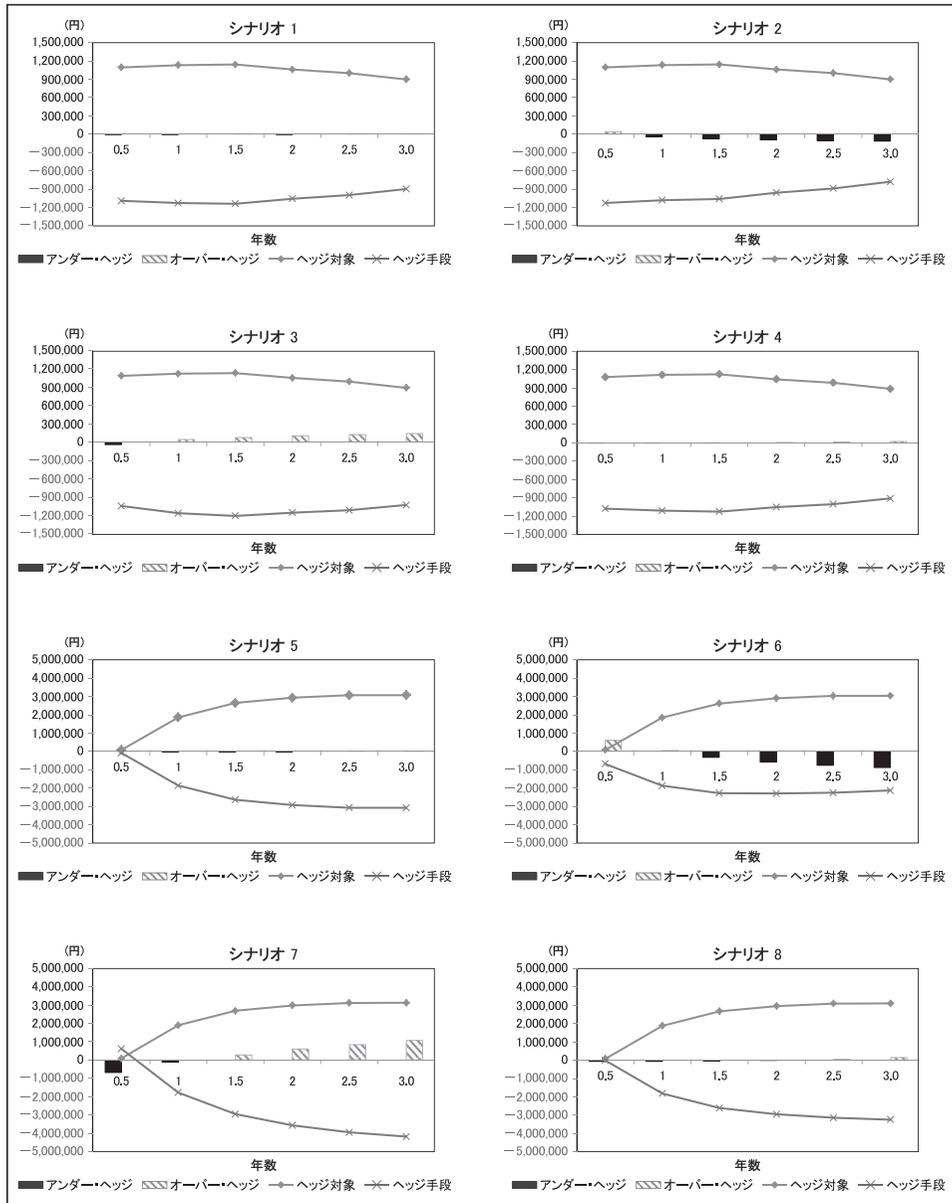
定価格にて原油を仕入れる契約を結び、3年後にスポット価格で100万単位売却することを高い確率で予定している。この間における原油の価格変動リスクをヘッジするために、満期3年の原油先渡契約を、原油売却量と同じ取引量（100万単位）、任意のカウンターパーティと締結する。

取引7のヘッジ対象とヘッジ手段の期間損益の変動額の推移とヘッジの過不足の状況を見ると（図6）、自己に対してカウンターパーティの信用リスクが高いシナリオ2や6では概してアンダー・ヘッジである一方、自己の信用リスクが高いシナリオ3や7ではオーバー・ヘッジとなっている。また、両者の信用力が均衡しているシナリオ1、4、5および8ではヘッジの過不足は僅少であり、ヘッジの有効性が高いことがわかる。

ヘッジ非有効性をみると（表10）、金利や為替に係るヘッジ取引対比、ストレス時（シナリオ5～8）における悪化の度合いが、原油で最大14%程度と低い水準に収まっている。この理由としては、コモディティ価格のボラティリティが大きい傾向にある中、コモディティの期間損益の変動額対比CVA/DVAの水準が相対的に小さくなる結果、ヘッジの有効性を妨げる効果が緩和されたことが考えられる²¹。ま

21 また、モデルの性質および設定条件では、CVA/DVAを勘案しない場合のヘッジ手段の期間損益に対して、CVA/DVA勘案後のヘッジ手段の期間損益は上方、または下方に平行的にシフトする傾向を示

図6 取引7におけるヘッジ過不足の状況



た、同様に先渡契約をヘッジ手段とする取引4と比較しても、ヘッジ非有効性は低

した。このため、CVA/DVA 勘案前後でヘッジ手段の期間損益の変動額に大きな変化はなく、ヘッジ対象とヘッジ手段の期間損益の適合性が損なわれなかった結果、ヘッジ非有効性への影響が限定的になったことも原因のひとつと考えられる。

表 10 コモディティ取引のヘッジ非有効性の結果

(%)

	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5	シナリオ 6	シナリオ 7	シナリオ 8
取引 7	0.01	6.5	7.07	0.56	0.02	14.28	14.29	0.03
取引 8	0.02	3.44	4.98	1.52	0.01	11.41	12.93	1.5
取引 9	0.02	3.89	5.24	1.33	0.03	23.58	17.79	5.76

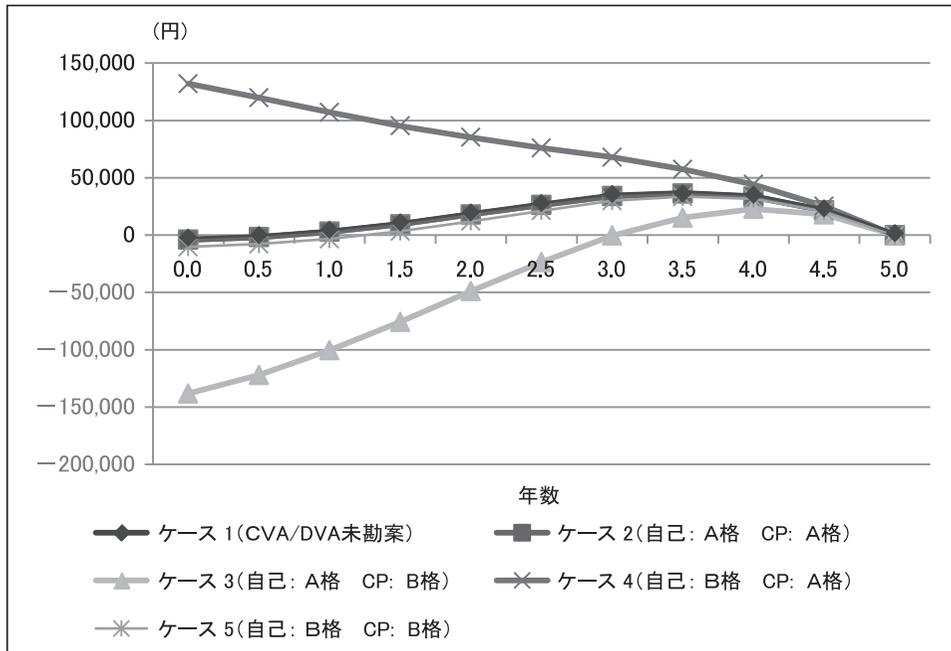
い水準となっている。最近では投機対象としてのコモディティの金融商品化が進んでいる（池尾・大野 [2014]）が、コモディティ価格は、需給関係のほか、地政学リスクや供給ショックなどの個別要因により左右されるところが大きい。

ここで取り上げたコモディティ価格もリーマン・ショックによる大幅な価格変動がみられたが、金融市場の混乱の影響を直接的に受けた金利や為替とはやや異なる挙動を示していた。具体的には、金利や為替レートはリーマン・ブラザーズの破綻直後の 2008 年 9 月末時点（数値検証のストレス期における評価基準日）で大きく下落しており、その影響がモデル・パラメータの水準に反映されている一方で、原油に関しては、原油先物価格である WTI は 2008 年 9 月末よりも若干遅れて急落し、2009 年半ば以降に上昇基調に転じるような挙動を示したため、リーマン・ショックによる市況悪化の状態が十分に捕捉できていない可能性がある。このため、相対的に早い段階でリーマン・ショックの影響を受けた金利や為替対比、コモディティのヘッジ非有効性は低い水準に留まったと考えられる。

(3) 小括

以下では、上記の数値検証の結果に基づいて得られたインプリケーションを提示する。まず全体的な傾向として、市場が安定的な環境下では、自己とカウンターパーティの信用力の状態にかかわらず、信用評価調整である CVA/DVA がヘッジの有効性を大きく妨げる状況はみられなかった。すなわち、平常時の市場環境におけるヘッジ非有効性は高くとも 10% 前後の水準であり、4 節 (2) で示した 1 つの目安（概ね 20~30%）も下回っているなど、信用評価調整がヘッジ取引の有効性を妨げるほどの影響はないと考えられる。その一方でストレス時においては、信用評価調整の影響を注意深く考慮する必要がある。金利や為替など、デリバティブ原資産のボラティリティ上昇に伴うエクスポージャーの拡大や、自己とカウンターパーティの倒産確率の上昇などとあいまって、信用評価調整の水準が大幅に増加し、ヘッジの有効性を低下させる。特に、双方向 CVA の前提のもと、自己とカウンターパーティの信用リスクに顕著な格差がある場合には、CVA または DVA の大きさが非対称となり、デリバティブ価値に占める信用評価調整額の割合が増加し、ヘッジの有

図7 信用力に応じた信用評価調整後のデリバティブ評価価値の比較



効性が著しく悪化する。

ここで、自己とカウンターパーティの信用力格差の影響を検証するために、現時点および将来に亘る信用評価調整後のデリバティブ評価価値（平常時〈2015年12月末〉における金利スワップに関する自己とカウンターパーティの格付けに応じた信用評価調整後のデリバティブ評価価値）を確認する（図7）²²。信用評価調整を勘案しない場合（ケース1）と比べて、自己とカウンターパーティの信用リスクが同水準である場合（ケース2、5）には、デリバティブ評価価値にはほとんど相違がみられない。一方で、自己の格付けが劣る場合（ケース3）では下方向に大幅にシフトし、自己の格付けが上回る場合（ケース4）では、上方向に大きく乖離している。このように、自己とカウンターパーティの信用力の格差は双方向CVAの水準に大きく影響し、ヘッジ手段となるデリバティブの評価価値を増減させる要因となる。したがって、ヘッジ対象とヘッジ手段の損益を上手く適合させ効果的なヘッジ取引を行うためには、自己とカウンターパーティとの相対的な信用力の格差を考慮することが必要となってくる。

また、ヘッジ取引の有効性には、ヘッジ手段として用いるデリバティブの商品特性も影響を及ぼすことが確認された。具体的には、4節(2)の検証において、金利スワッ

.....
22 取引の明細条件は、数値検証で用いた取引1と同じ条件である。

プや先渡取引といったオプション性を持たないデリバティブと、キャップのようなオプション性を持つデリバティブとでは、エクスポージャーの形状の違いなどによりヘッジの有効性に異なる影響を及ぼすことが示された。同じ変動利付債の金利リスクをヘッジする場合でも、ヘッジ手段に金利スワップを用いるケースとキャップを用いるケースとで信用評価調整額が異なり、ヘッジの有効性にも相違が生じる可能性がある。したがって、同一のリスクを標的とする複数のヘッジ手段が存在する場合においても、ヘッジ手段の商品特性によって得られる効果が異なってくる。

最後に、ヘッジ対象やヘッジ手段の評価モデルの複雑性に起因して、ヘッジ非有効性が生じる可能性について言及する。IFRS 第9号では、キャッシュ・フロー・ヘッジ、公正価値ヘッジにかかわらず、ヘッジの非有効部分については、ヘッジ対象とヘッジ手段の評価価値に基づき、それぞれの変動額を比較することにより判定することを求めている²³。例えば、キャッシュ・フロー・ヘッジとして、企業が変動利付債（ヘッジ対象）を発行するとともに金利変動リスクをヘッジすべく、固定支払いの金利スワップをヘッジ手段として用いたとする。この場合、変動利付債に係る変動利払いを $LIBOR + \alpha$ (α は固定スプレッド) とすると、金利スワップにおいて同額の変動金利 $LIBOR + \alpha$ を受け取り、固定金利を支払えば、当該債券の償還まで変動金利の受払いは互いに相殺され、キャッシュ・フローの適合という観点からは完全なヘッジを達成できる。もっとも、ヘッジの有効性判定では、ヘッジ対象とヘッジ手段のキャッシュ・フローの変動可能性を単純に比較するだけでは不十分であり、評価モデルに基づき現在価値ベースで比較することが求められる。このケースでは、LIBOR という同一の市場金利を変動リスクとして共有しているが、変動利付債（ヘッジ対象）と金利スワップ（ヘッジ手段）の評価モデルは通常異なることから、現在価値ベースで両者の損益を比較すると、少なからず一定の差異が発生し得る²⁴。こうした差異は評価モデルが複雑になるにつれ増大し、両者の適合は困難になってくる。例えば、本節(2)で挙げた取引において、ヘッジ対象を為替やコモディティの現物とし、ヘッジ手段として先渡取引を用いるケースでは、用いる評価モデルは比較的単純であるため、両者の期間損益の現在価値は上手く適合する。これに対して、変動利付債や固定利付債をヘッジ対象とし、金利スワップや通貨スワップをヘッジ手段に用いるようなケースでは、評価モデルの複雑性から両者の期間損益の現在価値を適合させることはより難しくなる。このように、リスク管理上ヘッジ対象とヘッジ手段のキャッシュ・フローが完全に相殺されていたとしても、会計上のヘッジの有効性判定を評価価値により行う際には、評価価値に差異が

23 IFRS 第9号では、ヘッジ手段とヘッジ対象の報告日における評価に基づく価値変動の比較により、ヘッジの有効部分を測定することを Valuation モデルと呼んでいる (par. BC6.288)。ヘッジ非有効部分の測定においては、ヘッジ対象の評価価値変動を計算する方法の選択肢として、後述する仮想デリバティブの使用が認められている。

24 当該差異は、ヘッジ対象とヘッジ手段の信用リスクや流動性リスクの相違などが要因となる。

生じることでヘッジの有効性が低下する状況も考えられ、その傾向は評価モデルの複雑性の度合いが増すほど強くなる。

5. ヘッジ非有効性を低減させる手法に関する考察

本節では、4節の数値検証の結果を踏まえ、デリバティブの信用評価調整が原因で発生するヘッジ非有効性を低減させるための手段として、一般的に金融実務で採用されている信用リスク削減方法を確認するとともに、信用評価調整をヘッジ会計に反映する際に生じる問題点などについて言及する。

いうまでもなく、ヘッジ非有効性を回避する最も効果的な手段はデリバティブ取引を有担保とすることである。自己とカウンターパーティの双方が担保を抛出し合えば両者の信用リスクは削減されるほか、完全担保の場合には信用評価調整の影響を完全に排除できる。また、中央清算機関とデリバティブ取引を行うことも考えられる。中央清算機関に当初証拠金を担保として提供することが求められるため自己の倒産リスクによる利益（DVAの計上）を回避できるほか、原則としてカウンターパーティ・リスクがゼロとなる結果、信用評価調整によるヘッジ取引への影響を回避できる²⁵。この点、金融機関同士のデリバティブ取引では有担保取引が主流になってきているものの、事業会社が取引を行う際には、担保管理などの実務上の負荷の問題から、必ずしも担保授受を前提とした取引が行われているわけではない。そこで以下では、金融商品を利用して信用評価調整の影響を抑え、ヘッジ非有効性を低減させる方法を確認する。

なお、信用評価調整の扱いについては、実際に行われているリスク管理とヘッジ会計の間に、必ずしも整合的とはいえない面がある点を指摘しておきたい。すなわち、信用評価調整のリスク管理に関しては、従前より欧米の大手金融機関では、全社的な観点から信用評価調整のリスク管理を担うCVAデスクを設立し、専属的にカウンターパーティ・リスクの評価やヘッジの業務を執行する動きがみられる（Gregory [2015]）²⁶。CVAデスクでは、後述するようにCVA/DVAの変動に応じて、常時CDSなどの金融商品を駆使した動的なヘッジが行われる。他方、現行

25 有担保取引や中央清算機関の利用により信用評価調整の影響を完全に回避できたとしても、ファンディング・コスト評価調整であるFVAや当初証拠金の評価調整であるMVAなどを認識計上することとなれば、新たなヘッジの有効性を妨げる要因となる。現行の会計制度上、FVAの認識計上は義務付けられていないものの、これをデリバティブの評価調整に反映させた場合、期待エクスポージャーやファンディング・レートの変化によりデリバティブ評価価値も変動し、信用評価調整と同様にヘッジ取引の有効性を阻害する要因となる。とりわけ、金融危機時にみられたように、LIBORとOISレートの乖離が拡大するような市場環境では企業のファンディング・コストの上昇に伴い、FVAが増大することも考えられる。

26 最近では、一部のCVAデスクは、カウンターパーティ・リスク管理に加え、資金調達、担保管理、賦

のIFRSでは、こうしたヘッジを反映するための具体的な会計処理が規定されていない。具体的には、IFRS第9号では、ヘッジ対象とヘッジ手段は原則として1対1の関係を前提としているものの、複数のデリバティブの組み合わせ(par. B6.2.5)、または適格なヘッジ対象と複数のデリバティブから構成した合計エクスポージャーをヘッジ対象とすることも容認されている(par. B6.3.4)²⁷。同会計処理を、CDSを用いた信用評価調整のリスク管理に適用すると仮定すれば、ヘッジ対象(変動利付債など)とその価格変動をヘッジするヘッジ手段(デリバティブ)で合計エクスポージャーを構成し(第1段階のヘッジ関係)、ヘッジ対象としたうえで、合計エクスポージャーに含まれる信用評価調整をヘッジするCDSをヘッジ手段とする(第2段階のヘッジ関係)ことで、信用評価調整のヘッジを会計上も実現することができるように思われる。もっとも現行のIFRSでは、合計エクスポージャーに内包されるリスクは、本来のヘッジ対象(変動利付債など)に由来するリスクを前提としているため、本来のヘッジ手段(デリバティブ)に内在するCVA/DVAをヘッジの標的として指定できるか否かについては、必ずしも明らかではない²⁸。また、一般的にヘッジ取引開始後にはCVA/DVAが増減し得るが、この場合、リスク管理上はそれらの変動に応じて信用評価調整のヘッジを担うヘッジ手段(CDS)を調整してヘッジ比率の再調整を行うことになる²⁹。この点に関してもIFRSでは、ヘッジ比率の再調整に係る規定は存在するものの、複数のデリバティブから構成されるヘッジ手段の内部での再調整を想定しておらず、ヘッジ会計上、この再調整が容認されるかが問題となる。このように現状のIFRSでは、複数の金融商品を用いた信用評価調整のヘッジの扱いについて具体的な規定がないため、基本的にこのようなヘッジの実態を会計上反映することは認められないと考えられる。この点、信用評価調

課資本の削減などのより広範囲な管理を行うxVAデスクとして機能している。

- 27 複数のデリバティブを組み合わせたヘッジ手段の例として、売建オプションと買建オプションの組み合わせであるカラー取引が挙げられる(par. B6.2.6)。カラー取引をヘッジ手段とする事例では、ヘッジ指定時に売建オプションと買建オプションが純売建てになっていないことが条件とされる。信用評価調整を織り込んだヘッジ会計を適用するには、ヘッジ対象の価値変動と信用評価調整のヘッジを目的として複数のデリバティブから構成されるヘッジ手段に対して満たすべき適格要件を新たに明確にしなければならない。
- 28 例えば、ドル建変動利付債の金利リスクと為替リスクをヘッジするため、ドル建変動利付債と金利通貨スワップ(ドル固定金利受け・円変動金利払い)から構成した合計エクスポージャーをヘッジ対象とし、円金利スワップ(変動受け・固定支払い)をヘッジ手段とする取引を想定すると、ヘッジの標的となる金利リスク、為替リスクとも本来のヘッジ対象(ドル建変動利付債)に内在するリスクであるため、IFRSの想定を満たすこととなる。
- 29 ヘッジ対象とヘッジ手段の相殺効果が、現行設定しているヘッジ比率と異なるヘッジ比率付近で変動している場合や、現行設定しているヘッジ比率から乖離する傾向にある場合には、ヘッジ比率を変更することで調整を行う。このように、ヘッジ有効性の要求に従ったヘッジ比率を維持する目的で、既存のヘッジ関係におけるヘッジ対象、またはヘッジ手段のヘッジ指定された量に調整を加えることをリバランスという(par. B6.5.7)。リバランスは、企業側が任意に実行できるものではなく、一定の要件を満たせば強制的にリバランスが求められる。

整は特定の商品に限定されるものではなく、あらゆるヘッジ取引に関係するものであるため、その影響は大きいと考えられる。さらに、金融機関では CDS などの金融商品を駆使して信用評価調整（CVA）の管理を行うのが一般的である中、ヘッジ会計の目的が企業のリスク管理の実態を財務諸表上に反映させることであれば、こうした観点から会計基準を検討し直す余地があることも指摘されよう³⁰。

ここで、CVA/DVA は、複数の市場リスクや信用リスクを内包した複雑な構造を有している。CVA を構成する要因として、①カウンターパーティの信用スプレッド、②デリバティブの期待エクスポージャー、③信用スプレッドと期待エクスポージャーの相関に大別できる。このうち、②の期待エクスポージャーのヘッジには、原資産である金利、為替のスポット・レートやフォワード・レート、ボラティリティなどの市場リスク・ファクターと関連する金融商品を駆使してヘッジすることが可能である。一方で、①の信用スプレッドに関して、欧米の金融機関などでは、一般的には前述の CDS をはじめとするクレジット・デリバティブがヘッジ手段として利用されている（Keenan [2009]）。ただし、すべての企業に対して直接参照する CDS が利用可能であるわけではなく、利用が不可能である場合には、カウンターパーティと類似する企業を参照とする CDS（プロキシ・ヘッジ）や、複数の個別 CDS を基に構成されたインデックス CDS が代替される。もっとも、類似企業を参照する CDS がカウンターパーティの信用リスクの状況を正しく反映しているとは限らないほか、インデックス CDS についても景気変動に起因するシステムティックな信用リスクはヘッジできたとしても、個別要因に起因するリスクまではヘッジすることが困難であると考えられる。このため、カウンターパーティを直接参照する CDS が存在しない場合には、完全な CVA のヘッジは難しいといえる³¹。一方で、自己の信用リスクに関連する DVA のヘッジについては、自己を参照する CDS の売買による直接的なヘッジは禁止されている。したがって、DVA をヘッジするためには、プロキシ・ヘッジやインデックス CDS によるヘッジが現実的な手段となる。なお、自己の発行済みの社債を買い戻すことにより自身の信用リスクを削減することもできるが、自社の社債の機動的な売買は実務上困難が伴うため、必ずしも効果的なヘッジ方法とはいえない。また、③の信用スプレッドと期待エクスポージャーの相関は、いわゆる誤方向リスクに関与する部分であり、特定のデリバティブにとって重要なファクターとなり得るが、相関部分に対するヘッジは実際には困難を伴う。

このように、CVA/DVA は市場リスクや信用リスクといった多数のリスク・ファクターが関与する中、完全にヘッジすることは難しいほか、関連するすべてのファ

30 IFRS 第9号では、ヘッジ会計の目的として、「財務諸表において、企業のリスク管理活動の影響を表現すること」（par. 6.1.1）を挙げている。

31 カウンターパーティのシングル・ネーム CDS があつたとしても、市場での流動性が乏しいと有効的なヘッジは困難になる。

クターのヘッジには相応の負担を要するため、どの要素をヘッジの標的とするべきについての判断が必要となる。また、担保拋出や中央清算機関の利用により信用評価調整の影響を緩和する場合においても、より複雑でヘッジが困難な流動性リスクに起因する FVA や MVA の増加につながり、新たなヘッジ非有効性の源泉となり得る。さらに会計上の論点として、現行の IFRS では、欧米の金融機関などでリスク管理上一般的となっている信用評価調整のヘッジの実態を開示するための会計上の取扱いが確立されていないことが指摘できる。

6. おわりに

デリバティブの信用評価調整は、デリバティブ取引のプライシングやリスク管理のほか、会計制度や資本規制といったさまざまな方面で重要なファクターとして定着してきている。本研究では、ヘッジ会計における信用評価調整の影響に着目し、デリバティブの信用評価調整がヘッジ取引の有効性にどの程度影響を及ぼすのかについてシミュレーションによる数値検証を行った。

数値検証の結果、比較的安定している市場環境下では、信用評価調整がヘッジの有効性の程度に及ぼす影響は限定的であり、ヘッジ取引を阻害するほどの要因とはならないものの、信用リスクが顕在化するストレス期では、取引条件によってはヘッジの有効性が大幅に低下することが確認された。これまで、ヘッジ取引における信用評価調整に焦点を当てた先行研究がほとんどみられない状況において、信用評価調整がヘッジの有効性に及ぼす具体的な影響度合いを明示的に示したことが本研究における貢献のひとつである。さらに数値検証の分析結果から、カウンターパーティとの相対的な信用力の格差や、オプション性の有無といったデリバティブの商品特性など、ヘッジの有効性に影響する要因を提示し、ヘッジ取引の開始段階でこれらの要因を分析することの重要性を示した。加えて、信用評価調整によるヘッジ非有効性を低減させる方法として、市場慣行に定着しつつある有担保取引や中央清算機関を介したデリバティブ取引、CDS といった金融商品を用いたヘッジ取引が一定程度有効と考えられる点も確認した。他方、ヘッジ非有効性の要因として信用評価調整の影響が緩和されても、FVA などのファンディング評価調整の影響が増す可能性があるほか、リスク管理上の信用評価調整をヘッジ関係に織り込むためには、現行の会計制度上に課題がある点などを指摘した。

最後に、本研究の課題を幾つか述べる。1 つは、本研究ではヘッジ対象とヘッジ手段が 1 対 1 で対応する個別ヘッジを前提に数値検証を実施した。もっとも、金融機関の実務においては多数の資産と負債から構成されるポートフォリオ・ベースで管理するため、個別ヘッジよりもポートフォリオ・ベースでヘッジを行う「マク

ロ・ヘッジ」が重要となってくる。現在、IFRSにおけるマクロ・ヘッジの扱いは議論の最中である中、マクロ・ヘッジを前提としたヘッジ有効性の分析を行うことには大いに意義があるだろう。また本研究では、会計制度上で明記されている信用評価調整を対象を絞って考察したが、仮にFVAやMVAといったその他のデリバティブ評価調整の会計上の認識が定着することとなれば、これらの影響を分析する必要がある。現段階では、これらの評価調整が会計上の公正価値としてどの範囲まで反映されるかは不透明であるが、市場において有担保取引や中央清算機関の利用が一般的になれば、CVA/DVA以外の評価調整の重要性が増してくると予想されることから、FVAやMVAといった評価調整を含めた、体系的な研究が必要となってくる可能性もあるだろう。

参考文献

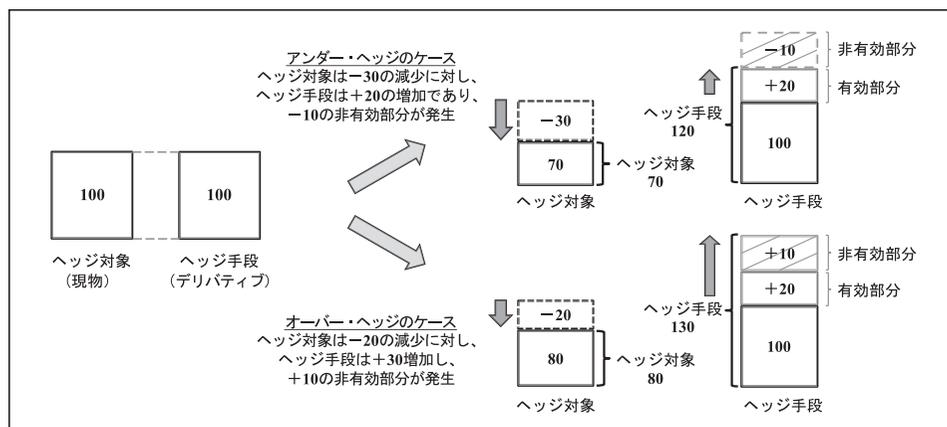
- 安達哲也、「金融危機後の OTC デリバティブ価値評価～公正価値測定にかかる諸問題を中心に～」、金融研究所ディスカッション・ペーパー No. 2015-J-13、日本銀行金融研究所、2015 年
- 池尾和人・大野早苗、『コモディティ市場と投資戦略：金融市場化の検証』、勁草書房、2014 年
- 磯部昌吾、「米国の OTC デリバティブ規制改革—改革の全体像と課題—」、『野村資本市場クォーターリー』 Vol. 15-3、野村資本市場研究所、2012 年、132～147 頁
- 木島正明、『期間構造モデルと金利デリバティブ』、朝倉書店、1999 年
- ・田中敬一、『資産の価格付と測度変換』、朝倉書店、2007 年
- 楠岡成雄・青沼公明・中川秀敏、『クレジット・リスク・モデル：評価モデルの実用化とクレジット・デリバティブへの応用』、金融財政事情研究会、2001 年
- 富安弘毅、『カウンターパーティリスクマネジメント：金融危機で激変したデリバティブ取引環境への対応 第 2 版』、金融財政事情研究会、2014 年
- 日本公認会計士協会、『金融商品会計に関する実務指針』、日本公認会計士協会、2006 年
- 室町幸雄、『信用リスク計測と CDO の価格付』、朝倉書店、2007 年
- 山田辰巳、『IFRS の背景—金融商品—』、税務経理協会、2013 年
- 湯前祥二・鈴木輝好、『モンテカルロ法の金融工学への応用』、朝倉書店、2000 年
- 吉田康英、『IFRS9「金融商品」の構図：IAS39 置換プロジェクトの評価』、同文館出版、2016 年
- Basel Committee on Banking Supervision, “Basel III: Counterparty Credit Risk—Frequently Asked Questions,” Bank for International Settlements, 2010.
- , “Basel III: The Liquidity Coverage Ratio and Liquidity Risk Monitoring Tools,” Bank for International Settlements, 2013.
- , “Basel III: Leverage Ratio Framework and Disclosure Requirements,” Bank for International Settlements, 2014a.
- , “Basel III: The Standardized Approach for Measuring Counterparty Credit Risk Exposure,” Bank for International Settlements, 2014b.
- , “Review of the Credit Valuation Adjustment Risk Framework,” Bank for International Settlements, 2015.
- Bielecki, Tomasz, and Marek Rutkowski, *Credit Risk: Modeling, Valuation and Hedging*, Springer, 2002.
- Black, Fischer, and Myron Scholes, “The Pricing of Options and Corporate Liabilities,” *Journal of Political Economy*, 81(3), 1973, pp. 637–654.
- Cesari, Giovanni, John Aquilina, Niels Charpillon, Zlatko Filipovic, Gordon Lee, and Ion

- Manda, *Modelling, Pricing, and Hedging Counterparty Credit Exposure*, Springer, 2009.
- Ernst & Young, “Reflecting Credit and Funding Adjustments in Fair Value: Insight into Practices: A Survey,” Ernst & Young, 2012.
- Glasserman, Paul, *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*, Springer, 2003.
- Green, Andrew, *XVA: Credit, Funding and Capital Valuation Adjustments*, Wiley, 2015.
- Gregory, Jon, *The xVA Challenge: Counterparty Credit Risk, Funding, Collateral and Capital 3rd Edition*, Wiley, 2015.
- Hull, John, and Alan White, “Pricing Interest-Rate-Derivative Securities,” *The Review of Financial Studies*, 3(4), 1990, pp. 573–592.
- International Accounting Standards Board, “Reducing Complexity in Reporting Financial Instruments,” Discussion Paper, International Accounting Standards Board, 2008.
- Jarrow, A. Robert, David Lando, and Stuart M. Turnbull, “A Markov Model for the Term Structure of Credit Risk Spreads,” *The Review of Financial Studies*, 10(2), 1997, pp. 481–523.
- J.P. Morgan, “Introduction to CreditMetrics™,” J.P. Morgan, 1997.
- Keenan, Julian, “Spotlight on Exposure,” *Risk*, 22(10), 2009, pp. 48–51.
- Schwartz, Eduardo S., “The Stochastic Behavior of Commodity Prices: Implications for Valuation and Hedging,” *The Journal of Finance*, 52(3), 1997, pp. 923–973.
- Solum Financial Partners, “Funding Valuation Adjustment Solum Survey December 2014,” Solum Financial Partners, 2014.
- Vasicek, Oldrich, “An Equilibrium Characterisation of the Term Structure,” *Journal of Financial Economics*, 5(2), 1977, pp. 177–188.
- Whittall, Christopher, “Dealing with Funding,” *Risk*, 23(7), 2010, pp. 19–22.

補論 1. ヘッジの有効性判定の数値例

以下では、図 A-1 の簡単な事例に基づいて、キャッシュ・フロー・ヘッジを前提にヘッジの有効部分と非有効部分の認識と会計処理について確認する。ヘッジ取引開始時には、ヘッジ対象とヘッジ手段の価値はそれぞれ 100 単位で均衡している状態を想定する。基本的に、ヘッジ対象とヘッジ手段の価値は互いに相殺するように反対方向に動き、完全なヘッジ取引では、例えば、ヘッジ対象の価値が 10 単位減少すれば、ヘッジ手段の価値は 10 単位増加すると見込まれる。通常は市場環境や契約条件のほか、信用リスクや流動性リスクの影響を受けて、完全なヘッジ関係が成立するとは限らず、少なからずヘッジ非有効部分が発生する。具体的に、ヘッジ手段の変動額がヘッジ対象の変動額を下回るケースを例にとると、ヘッジ対象の価値が前期の 100 単位から今期は 70 単位に減少し、ヘッジ手段の価値が 100 単位から 120 単位に増加したとする。この場合、ヘッジ対象の変動額が 30 単位の減少であるのに、ヘッジ手段の価値が 20 単位の増加しかないので、20 単位の部分だけが有効部分として「その他の包括利益」に繰り延べられるが、相殺されずに残った 10 単位の部分は非有効部分として当期の損益として認識される。これとは反対に、ヘッジ対象の価値が前期の 100 単位から今期には 80 単位に減少し、ヘッジ手段の価値が 100 単位から 130 単位に増加したとする。この状況では、ヘッジ対象の価値が 20 単位減少するのに対し、ヘッジ手段の価値が 30 単位増加するので、20 単位の部分のみがヘッジ有効部分とされ、それを超過する 10 単位の部分は、ヘッジ非有効部分として損益処理される。

図 A-1 ヘッジの有効部分と非有効部分（キャッシュ・フロー・ヘッジのケース）



補論 2. 数理モデルの説明

(1) 取引別のモデルの概要

ここでは、本論で用いた数理モデルの概要について述べる。具体的には、金利、為替、コモディティなどの市場リスク・ファクターの不確実性を前提に、これらのファクターの確率的挙動をシミュレートし、その結果に基づいてヘッジ対象やヘッジ手段の評価価値を算出する。なお、モンテカルロ・シミュレーションを金融工学に応用した数値計算に関しては、Glasserman [2003] や、湯前・鈴木 [2000] が詳しい。

イ. 金利商品

金利取引では、1ファクター・モデルであるハル＝ホワイト・モデルに基づき、それぞれの金融商品进行评估する。まず、ハル＝ホワイト・モデルの短期金利は、(A-1) 式の確率微分方程式に従う。

$$dr(t) = (\theta(t) - \alpha \cdot r(t))dt + \sigma_r dW_r(t). \quad (\text{A-1})$$

ただし、平均回帰水準 $\theta(t)$ は時間に依存するパラメータであり、平均回帰速度 α およびボラティリティ σ_r は定数、 $W_r(t)$ は標準ブラウン運動に従う。また、時点 t から時点 T に係るフォワード・レートは $F(t, T)$ と定義する。モデルのパラメータに関して、平均回帰速度 α およびボラティリティ σ_r が推定されれば、初期時点のイールド・カーブの情報から平均回帰水準 $\theta(t)$ が求まる。

$$\theta(t) = \frac{\partial}{\partial t} F(0, t) + \alpha F(0, t) + \frac{\sigma_r^2}{2\alpha} (1 - e^{-2\alpha t}). \quad (\text{A-2})$$

(A-1) 式のスポット・レートを用いると、フォワード・レート $F(t, T)$ は、(A-3) 式のように求まる。

$$\begin{aligned} F(t, T) &= -\frac{1}{T-t} \cdot \log A(t, T) + \frac{1}{T-t} \cdot B(t, T) \cdot r(t), \\ \ln A(t, T) &= \log \left(\frac{P(0, T)}{P(0, t)} \right) + B(t, T) \cdot F(0, t) - \frac{\sigma_r^2}{4\alpha^3} (e^{-\alpha T} - e^{-\alpha t})^2 (e^{2\alpha t} - 1), \\ B(t, T) &= \frac{1 - e^{-\alpha(T-t)}}{\alpha}. \end{aligned} \quad (\text{A-3})$$

なお、 $P(t, T)$ は、満期 T の時点 t における割引債の価格である。さらに、フォワード・レートに基づいて、時点 t を基準とする T 年後のディスカウント・ファクター

$D(t, T)$ が算出される。

$$D(t, T) = \text{Exp}(-F(t, T) \cdot (T - t)). \quad (\text{A-4})$$

変動利付債の評価価値 $Bond^{flo}$ は、ディスカウント・ファクターを用いて、

$$Bond^{flo} = \sum_{i=n}^{N-1} (LIBOR(t_i, t_{i+1}) + spread) \cdot G \cdot \delta_i \cdot D(t, t_i) + G \cdot D(t, t_N), \quad (\text{A-5})$$

と表される。 G は変動利付債の元本金額、 δ_i は期間 $[t_i, t_{i+1}]$ の年数、 $LIBOR(t_i, t_{i+1})$ は期間 $[t_i, t_{i+1}]$ における LIBOR、 $spread$ は LIBOR に加算されるスプレッド部分、 N は満期までの利払回数を表す。同様に、固定利付債の評価価値 $Bond^{fix}$ は、

$$Bond^{fix} = cpn \cdot \sum_{i=n}^N G \cdot \delta_i \cdot D(t, t_i) + G \cdot D(t, t_N), \quad (\text{A-6})$$

となる。 cpn は固定利付債に対する固定利率である。

金利デリバティブである金利スワップに関して、ペイヤーズ・スワップおよびシーバーズ・スワップの評価価値は、それぞれ (A-7) 式と (A-8) 式のように計算される。

$$Swap^{payer}(t) = (D(t, t_n) - D(t, t_N)) - C \cdot \sum_{i=n}^{N-1} \delta_i \cdot D(t, t_{i+1}), \quad (\text{A-7})$$

$$Swap^{receiver}(t) = C \cdot \sum_{i=n}^{N-1} \delta_i \cdot D(t, t_{i+1}) - (D(t, t_n) - D(t, t_N)). \quad (\text{A-8})$$

ただし、 C は金利スワップの固定レート、 t_n は金利スワップの開始時点、 t_N は金利スワップの終了時点である。

IFRS では、ヘッジ手段であるデリバティブの公正価値評価において、デリバティブの時間的価値は考慮せず、本源的価値のみを評価対象とすることが認められている。これに従い、本論のキャップを用いたヘッジ取引に係る数値例では、ヘッジ手段としてのキャップの評価価値の算定においては、(A-9) 式のとおり、本源的価値のみを評価する。

$$Cap(t) = \sum_{i=n}^{N-1} \text{Max}[LIBOR(t_i, t_{i+1}) - K, 0] \cdot \delta_i \cdot D(t, t_i). \quad (\text{A-9})$$

なお、 K はキャップ・レート、 t_n はキャップ取引の開始時点、 t_N はキャップ取引の終了時点である。

一方、金利モデル・パラメータのキャリブレーションでは、キャップとフロアを使用するが、時間的価値を含めたハル＝ホワイト・モデルにおけるキャップとフロ

アの解析解はそれぞれ (A-10) 式と (A-11) 式のように表されることが知られている。

$$Cap(t) = \sum_{i=n}^N \left[D(t, t_i) \cdot N(-d_i + \sigma_i^{HW}) - (1 + K \cdot \delta_i) \cdot D(t, t_{i+1}) \cdot N(-d_i) \right], \quad (A-10)$$

$$Floor(t) = \sum_{i=n}^N \left[-D(t, t_i) \cdot N(d_i - \sigma_i^{HW}) + (1 + K \cdot \delta_i) \cdot D(t, t_{i+1}) \cdot N(d_i) \right],$$

$$(\sigma_i^{HW})^2 = \frac{\sigma_r^2}{2\alpha^3} (1 - e^{-2\alpha(t_i-t)})(1 - e^{-\alpha(t_{i+1}-t_i)})^2,$$

$$d_i = \frac{\ln \frac{(1+K \cdot \delta_i) \cdot D(t, t_{i+1})}{D(t, t_i)} + \frac{(\sigma_i^{HW})^2}{2}}{\sigma_i^{HW}}. \quad (A-11)$$

ロ. 為替商品

為替商品の検証では、為替レート、国内金利、および外国金利による 3 ファクター・モデルを用いる。具体的には、為替レート $FX(t)$ に対しては幾何ブラウン運動、国内金利 $r_d(t)$ 、および外国金利 $r_f(t)$ に対してはハル＝ホワイト・モデルを想定する。

$$\frac{dFX(t)}{FX(t)} = (r_d(t) - r_f(t))dt + \sigma_{FX}dW_{FX}(t), \quad (A-12)$$

$$dr_d(t) = (\theta_d(t) - \alpha_d \cdot r_d(t))dt + \sigma_d dW_d(t), \quad (A-13)$$

$$dr_f(t) = (\theta_f(t) - \alpha_f \cdot r_f(t))dt + \sigma_f dW_f(t). \quad (A-14)$$

$\theta_d(t)$ と $\theta_f(t)$ は国内金利と外国金利に対する平均回帰水準のパラメータ、 α_d と α_f は国内金利と外国金利の平均回帰速度のパラメータ、 σ_{FX} 、 σ_d 、および σ_f は為替レート、国内金利、および外国金利のボラティリティである。また、 $W_{FX}(t)$ 、 $W_d(t)$ および $W_f(t)$ は標準ブラウン運動とし、それぞれ $\langle dW_{FX}(t), dW_d(t) \rangle = \rho_{FX,d}dt$ 、 $\langle dW_{FX}(t), dW_f(t) \rangle = \rho_{FX,f}dt$ 、 $\langle dW_d(t), dW_f(t) \rangle = \rho_{d,f}dt$ のように相関関係を有するものとする ($\rho_{FX,d}$ 、 $\rho_{FX,f}$ 、 $\rho_{d,f}$ はいずれも定数)。(A-14) 式の外国金利は外国通貨におけるリスク中立確率測度下でのダイナミクスであるため、測度変換³²を施すと本国通貨におけるリスク中立確率測度下でのダイナミクスは、(A-15) 式ようになる。

$$dr_f(t) = (\theta_f(t) - \alpha_f \cdot r_f(t) - \rho_{FX,f} \cdot \sigma_{FX} \cdot \sigma_f)dt + \sigma_f dW_f(t). \quad (A-15)$$

外貨建変動利付債と外貨建固定利付債の評価価値は、それぞれ (A-16) 式と (A-17) 式のように書ける。

.....
32 確率測度の変換によるデリバティブ評価の理論に関しては、木島 [1999]、および木島・田中 [2007] などを参照されたい。

$$Bond^{FXflo}(t) = FX(t) \cdot \left(\sum_{i=n}^{N-1} (LIBOR_f(t_i, t_{i+1}) + spread) \cdot G_f \cdot \delta_i \cdot D_f(t, t_i) + G_f \cdot D_f(t, t_N) \right), \quad (A-16)$$

$$Bond^{FXfix}(t) = FX(t) \cdot \left(cpn \cdot \sum_{i=n}^{N-1} G_f \cdot \delta_i \cdot D_f(t, t_i) + G_f \cdot D_f(t, t_N) \right). \quad (A-17)$$

ただし、 $D_f(t, T)$ は外貨通貨のディスカウント・ファクター、 $LIBOR_f(t_i, t_{i+1})$ は期間 $[t_i, t_{i+1}]$ における外国通貨の LIBOR、 G_f は外国通貨建ての債券元本である。

為替商品のデリバティブに関して、先渡為替の評価価値 $Forward_{FX}(t)$ は、先渡価格 $F_T(t)$ に対して、

$$\begin{aligned} Forward_{FX}(t) &= E_t[(FX(t, T) - F_T(t)) \cdot D_d(t, T) \cdot G_f] \\ &= D_d(t, T) \cdot G_f \cdot E_t[FX(t, T) - F_T(t)], \end{aligned} \quad (A-18)$$

と書ける。 $E_t[\cdot]$ は、 t 時点におけるリスク中立確率測度下での期待値を表す。また、通貨スワップの評価価値は、

$$\begin{aligned} CCS_{n,T}(t) &= FX(t) \cdot \left(\sum_{i=n}^N (LIBOR_f(t_i, t_{i+1}) + spread_f) \cdot G_f \cdot \delta_i \cdot D_f(t, t_i) + G_f \cdot D_f(t, t_N) \right) \\ &\quad - \left(\sum_{i=n}^N (LIBOR_d(t_i, t_{i+1}) + spread_d) \cdot G_d \cdot \delta_i \cdot D_d(t, t_i) + G_d \cdot D_d(t, t_N) \right), \end{aligned} \quad (A-19)$$

となる。なお、 $D_d(t, T)$ は本国通貨のディスカウント・ファクター、 $LIBOR_d(t_i, t_{i+1})$ は期間 $[t_i, t_{i+1}]$ における本国通貨の LIBOR、 G_d は本国通貨建ての想定元本である。

ハ. コモディティ商品

コモディティ取引に関しては、Schwartz [1997] の 3 ファクター・モデルを用いる。すなわち、コモディティ価格 $S(t)$ は (A-20) 式の幾何ブラウン運動、金利レート $r(t)$ は (A-1) 式 of the Hull-White モデル、コンビニエンス・イールド $\delta(t)$ は (A-21) 式のバシチェック・モデルに従うものとする。

$$\frac{dS(t)}{S(t)} = (r(t) - \delta(t))dt + \sigma_S dW_S(t), \quad (A-20)$$

$$d\delta(t) = \kappa \cdot (\alpha_\delta - \delta(t))dt + \sigma_\delta dW_\delta(t), \quad (A-21)$$

σ_S と σ_δ は、コモディティ価格とコンビニエンス・イールドに対するボラティリティ、 κ と α_δ はコンビニエンス・イールドの平均回帰速度、および平均回帰水

準であり、いずれも時間に依存しない定数である。また、 $W_S(t)$ と $W_\delta(t)$ は標準ブラウン運動であり、それぞれ $\langle dW_S(t), dW_r(t) \rangle = \rho_{S,r} dt$ 、 $\langle dW_S(t), dW_\delta(t) \rangle = \rho_{S,\delta} dt$ 、 $\langle dW_r(t), dW_\delta(t) \rangle = \rho_{r,\delta} dt$ のように相関関係を有するものとする。 $\rho_{S,r}$ 、 $\rho_{S,\delta}$ 、 $\rho_{r,\delta}$ はいずれも時間に依存しない定数である。

コモディティの予定売却に関して、時点 T にコモディティ価格 $S(T)$ で U 単位を購入し、売却先に価格 Y で売却するものとする、将来のコモディティの予定売買による期待損益は、

$$Sale_{Comm}(t) = E_t[(Y - S(T)) \cdot D(t, T) \cdot U], \quad (A-22)$$

と表される。

コモディティの先渡取引の評価価値は、先渡為替と同様に先渡価格 $F_T(t)$ に対して、(A-23) 式のかたちで書ける。

$$Forward_{Comm}(t) = E_t[(S(T) - F_T(t)) \cdot D(t, T) \cdot U]. \quad (A-23)$$

(2) 信用リスク・モデル

本研究の数値検証では、自己とカウンターパーティの倒産確率は、J.P. Morgan [1997] が提案した CreditMetricsTM の方法を用いてシミュレートする。CreditMetricsTM は、信用リスク・モデルのひとつである構造モデルを基礎とし、斉時的なマルコフ性を持つ格付推移行列を用いて格付けの変化を表現する。なお、下記は 1 変数のケースにて説明を行うが、相関を有する 2 つ以上の多変数のケースにおいても拡張できる（詳細は、室町 [2007] を参照されたい）。

時刻を t とし、任意のリスク・ホライズンを T とする。格付けを上位のものから $i = 1, 2, \dots, K-1, K$ と表し、上位の格付けほど信用力が高く、 K はデフォルト状態と定める。格付け K は、一度その格付けに陥れば、それ以降は他の格付けに推移しない吸収状態である。

時刻 t における格付けを $R(t)$ 、時刻 t で格付け i である状態から時刻 T に格付け j になる条件付確率を

$$p_{i,j} = Prob\{R(T) = j \mid R(t) = i\}, \quad (A-24)$$

とする。このとき、 $p_{i,j}$ を (i, j) を成分とする K 次正方行列 $\mathbf{P} = (p_{i,j})_{1 \leq i, j \leq K}$ が格付推移確率行列である。また、 $p_{i,j}$ は格付け i と j のみの関数であり、時間に依存しないマルコフ性を有する。

次に、時刻 t における企業価値 $V(t)$ は、

$$\frac{dV(t)}{V(t)} = \mu dt + \sigma dW(t), \quad (\text{A-25})$$

の幾何ブラウン運動に従うものとする。 μ は定数、 σ は正値の定数、 $W(t)$ は標準ブラウン運動である。さらに、企業価値の対数収益率 $X = \ln(V(T)/V(t))$ は、

$$X = \left(\mu - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) \cdot (T - t) + \sigma \cdot W(T - t), \quad (\text{A-26})$$

と表され、正規分布 $N(v, \eta^2)$ に従う。ただし、 $v = (\mu - \sigma^2/2) \cdot (T - t)$ 、 $\eta = \sigma \cdot \sqrt{T - t}$ である。

格付け i の格付け j に推移する際の閾値を定数 $Z_{i,j}$ で表すと、時刻 t において格付け i にある状態から格付け $j = 1, 2, \dots, K - 1, K$ になる確率は、(A-27) 式のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{Prob}\{R(T) = K | R(t) = i\} &= \text{Prob}\{X < Z_{i,K}\} = \text{Prob}\{\tilde{X} < \tilde{Z}_{i,K}\} = \Phi(\tilde{Z}_{i,K}), \\ \text{Prob}\{R(T) = K - 1 | R(t) = i\} &= \text{Prob}\{Z_{i,K} < X \leq Z_{i,K-1}\} \\ &= \text{Prob}\{\tilde{Z}_{i,K} < \tilde{X} \leq \tilde{Z}_{i,K-1}\} = \Phi(\tilde{Z}_{i,K-1}) - \Phi(\tilde{Z}_{i,K}), \\ &\vdots, \\ \text{Prob}\{R(T) = 2 | R(t) = i\} &= \text{Prob}\{Z_{i,3} < X \leq Z_{i,2}\} = \text{Prob}\{\tilde{Z}_{i,3} < \tilde{X} \leq \tilde{Z}_{i,2}\} \\ &= \Phi(\tilde{Z}_{i,2}) - \Phi(\tilde{Z}_{i,3}), \\ \text{Prob}\{R(T) = 1 | R(t) = i\} &= \text{Prob}\{Z_{i,2} \leq X\} = \text{Prob}\{\tilde{Z}_{i,2} \leq \tilde{X}\} = 1 - \Phi(\tilde{Z}_{i,2}). \end{aligned} \quad (\text{A-27})$$

ただし、 $\tilde{X} \equiv (X - v)/\eta$ 、 $\tilde{Z}_{i,j} \equiv (Z_{i,j} - v)/\eta$ とし、 $\Phi(\cdot)$ は標準正規分布の分布関数である。

なお、実際の計算では、格付推移行列および倒産確率のデータを所与とし、下記の手順により倒産確率を求める。

- 【手順 1】 時刻 t における格付け i に対して、(A-27) 式に従い、格付推移確率と倒産確率を与えて、信用力の低い格付け $j = K$ から信用力の高い格付けの閾値を逐次求める。
- 【手順 2】 正規乱数を発生させ、企業価値の対数収益率 \tilde{X} を計算する。
- 【手順 3】 企業価値の対数収益率がどの格付けに対応する閾値の範囲に属するかを判定し、一定期間後の格付けと倒産確率を決定する。手順 1 と 2 で求めた企業価値の対数収益率と閾値から、 $\tilde{Z}_{i,j-1} < \tilde{X} \leq \tilde{Z}_{i,j}$ であれば、格付け j に属する。
- 【手順 4】 手順 3 で定まった格付けを起点として、所定のリスク・ホライズンに至るまで手順 1～3 を繰り返す。

また、ムーディーズが公表する確率推移行列のデータは、ヒストリカル・データに基づいて算出されるものであり、当該データにより評価される債券などは実確率測度下での評価値である。これに対して、デリバティブのプライシングにおいては、リスク中立確率測度下で直近の市場データを用いて評価するのが一般的である。本研究の数値計算では、リスク中立確率測度を用いて各種デリバティブを評価しているため、CVA/DVA の算出に適用する確率推移行列に関してもリスク中立確率測度下での数値を用いるのが整合的である。ここでは、Jarrow, Lando, and Turnbull [1997] のモデルに従い、確率推移行列に対して実確率測度からリスク中立確率測度へのプレミアム調整を行う。実確率測度における確率推移行列を (A-28) 式で表す。

$$Q(t, t+1) = \begin{pmatrix} q_{1,1}(t, t+1) & q_{1,2}(t, t+1) & \dots & q_{1,K-1}(t, t+1) \\ q_{2,1}(t, t+1) & q_{2,2}(t, t+1) & \dots & q_{2,K-1}(t, t+1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{K-1,1}(t, t+1) & q_{K-1,2}(t, t+1) & \dots & q_{K-1,K-1}(t, t+1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (\text{A-28})$$

これに対して、リスク中立確率測度における確率推移行列を

$$\bar{Q}(t, t+1) = \begin{pmatrix} \bar{q}_{1,1}(t, t+1) & \bar{q}_{1,2}(t, t+1) & \dots & \bar{q}_{1,K-1}(t, t+1) \\ \bar{q}_{2,1}(t, t+1) & \bar{q}_{2,2}(t, t+1) & \dots & \bar{q}_{2,K-1}(t, t+1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{q}_{K-1,1}(t, t+1) & \bar{q}_{K-1,2}(t, t+1) & \dots & \bar{q}_{K-1,K-1}(t, t+1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (\text{A-29})$$

とする。ここで、現時点の格付けの状態のみに依存し、時間の確定的な関数であるリスク調整ファクター $\pi_i(t)$ を用いると、実確率測度の推移確率 $q_{i,j}(t, t+1)$ とリスク中立確率測度の推移確率 $\bar{q}_{i,j}(t, t+1)$ の関係は (A-30) 式となる。

$$\bar{q}_{i,j}(t, t+1) = \begin{cases} \pi_i(t) \cdot q_{i,j}(t, t+1), & i \neq j \\ 1 - \pi_i(t) \cdot (1 - q_{i,i}(t, t+1)), & i = j. \end{cases} \quad (\text{A-30})$$

なお、推移確率の非負性より $\pi_i(t) > 0$ であるから、リスク調整ファクターの満たすべき条件として、

$$0 < \pi_i(t) < \frac{1}{1 - q_{i,i}(t, t+1)}, \quad i = 1, 2, \dots, K-1 \quad (\text{A-31})$$

が成り立つ必要がある。格付推移モデルの詳細については、Bielecki and Rutkowski [2002] や楠岡・青沼・中川 [2001] などを参照されたい。

