

Contingent Capital を用いた銀行のリスク管理に関する研究

岩熊 淳太* 枇々木 規雄†

概要

世界的な金融危機を経て、銀行は経営悪化時の損失吸収力を高めることが求められている。バーゼルⅢでは自己資本比率の悪化時や規制当局判断による実質破綻時に株式転換や元本の削減が行われる債券である Contingent Capital のみが資本性証券として認められるようになった。Contingent Capital は効率的に経営悪化時の自己資本の充足度を高め、銀行を安定化させるツールとして、その役割に期待が高まっている。中長期的なリスク管理の観点から Contingent Capital が銀行に与える影響を分析する場合、銀行の収益構造やリスク特性を考慮することは重要な問題である。しかし、Contingent Capital は転換条項や元本削減条項が含まれることから様々な要因と複雑に相互依存し、その影響を適切に把握することは非常に困難である。そのため、これまでの先行研究では銀行の収益構造やリスク特性はほとんど考慮されていない。本研究では銀行の持つ様々なリスク特性と収益構造に着目したモデルを構築し、Contingent Capital が銀行の中長期的なリスク管理に与える影響についてモンテカルロ・シミュレーションを用いた分析を行う。分析の結果、Contingent Capital は銀行のテイルリスクの削減に大きく貢献し、本来の目的である損失吸収力の向上につながる可能性が高いことを示した。しかし、必要以上にトリガー水準を高く設定しても、銀行の破綻確率や自己資本の毀損確率は低下せず、それ以上の損失吸収力の向上のためには Contingent Capital の発行量が大きな影響を持つことが分かった。

1 はじめに

世界的な金融危機を経て、銀行をはじめとする金融機関ではより高度なリスク管理の必要性が高まっている。特に、大規模金融機関の破綻は金融システム全体に与える影響が非常に大きいため、公的介入によって破綻を防がざるを得ない“Too Big To Fail”という問題を抱えている。しかし、公的介入の原資は国民(納税者)の資本であり、さらには銀行が救済を前提とした経営活動を行うというモラルハザードへの懸念が問題となる。

バーゼルⅢでは、経営悪化時の損失吸収力の確保を強く意識しており、水準・質ともにより高水準の自己資本の確保を各銀行に求めている。従来、資本性証券として認められていた優先出資証券や劣後債などのハイブリッド証券が危機時に資本としての役割を果たさなかった反省を踏まえ、新しい資本性証券として、普通株等 Tier1 比率(以下 CET1 比率)等の自己資本比率がトリガーを下回ることと判断される「経営悪化」や規制当局による「実質破綻」の判断によって、株式転換または元本の削減によって損失吸収を行う条項がついた債券である Contingent Capital(以下 CC)*¹が導入された(Basel Committee on Banking Supervision(以下 BCBS)[1, 2] 参照)。

CC は有事の際のみ資本に算入されるため、過度に自己資本を積み上げるよりも、効率的に経営悪化時の自

* アセットマネジメント One 株式会社 本稿の内容は慶應義塾大学大学院理工学研究科に所属していたときに行われた研究成果であり、アセットマネジメント One 株式会社としての見解をいかなる意味でも表さない。

† 慶應義塾大学理工学部

¹ Contingent Convertible Bond (CoCo Bond), Contingent Convertible Securities (CoCos) 等とも呼ばれている。

己資本の充足度を高め、銀行を安定化させるツールとして、その役割に期待が高まっている。2009年11月の英国のロイズ・バンキング・グループによるCC発行を初めとして、欧州では既にCCの発行が多く行われ、市場での取引量も急増している(菅野[16]参照)。邦銀においても、2015年3月の三菱UFJフィナンシャル・グループのCC発行に続き、みずほフィナンシャル・グループ、三井住友フィナンシャル・グループも続いてCCを発行している。

CCはFlannery[7]^{*2}によって提案されてから、学術的にも様々な研究が行われてきた。しかし、CCは転換条項や元本削減条項が含まれることによって様々な要因と相互依存関係を持ち、銀行の劣後構造を複雑化させるため、その影響を適切に把握することは非常に困難であり、依然としてその効果や影響は明らかになっていない点も多い。CCはその複雑なオプション性からプライシング手法の開発と、金利の変動要因などのリスク特性の分析が主流である。詳細な銀行のモデル化が必要であることから、銀行のリスク管理への有効性を分析した研究は少ない。

プライシング手法に関しては、CCを社債部分と株式を原資産とするオプション部分に分解するエクイティ・デリバティブ・アプローチ、転換時損失と転換確率を推計し、キャッシュフローを変動リスク分のスプレッドを上乗せしたDFで割引くクレジット・デリバティブ・アプローチ、銀行のB/Sをモデル化し、その変動から株価やCC価値を算出する構造型アプローチの3つのアプローチが主に用いられている(Wilkens[10])。De Spiegeleer and Schoutens[6]はエクイティ・デリバティブ・アプローチとクレジット・デリバティブ・アプローチの2種類のアプローチでCCのプライシングモデルを考案している。エクイティ・デリバティブ・アプローチは株式を原資産とするオプションを利用したプライシングモデルであり、Black-Scholes式(以下、BS式)を用いて解析的に扱えるようなモデルが多い。これらのアプローチでは、CCのオプション部分が持つ(マイナスの)価値の大きさが分かりやすいという利点があるものの、CCにとって重要な発行体の銀行のB/S構造が反映されていないという欠点を持つ。Berg and Kaserer[3]、Chen et al.[4]は構造型アプローチを用いたプライシングを行っている。構造型アプローチは銀行のB/Sをモデル化することでCCを最も直接的に記述したアプローチであり、負債・純資産側は銀行の預金・劣後債・CC・株式等の劣後順のモデル化がされるが、資産側は特定の資産を想定せずに負債側の各項目を資産価値のオプションとして記述される。特に、資産全体の収益率変動が正規分布であることを仮定して、BS式を用いて解析解を得ることが多い^{*3}。構造型アプローチでは、原資産は株式ではなく銀行の資産であることがエクイティ・デリバティブ・アプローチと大きく異なる点である。これらの研究においては、CCを導入することで、銀行が資産のボラティリティを大きくとることに対するリスクテイク・インセンティブなどのモラルハザードが起きやすくなるかという点にも着目している研究が多い。Berg and Kaserer[3]では、CCの株式への転換価格の問題を扱っており、転換価格が高すぎる場合にはCC保有者から既存株主への富の移転が生じるためにモラルハザードの問題が強まることが示されている。Chen et al.[4]はCCの転換トリガーの水準について議論を行っており、デフォルト前に転換が必ず行われるように十分にトリガー水準が高く設定され、転換によってCC保有者が有利になることのないCCは、モラルハザードを防ぐことができるとしている。

次に、CCのリスク管理への有効性に着目した研究では、CCのリスク特性、CCの商品性に関する研究が主に行われている。鎌田[13]は、銀行の負債サイドとして、CC・預金・劣後債・株式を持ち、0期でCC等が発行し、1期目で破綻・転換を判定し、2期目で必ず解散することを想定した簡易なモデルを構築し、劣後債金利

^{*2} 論文の中では、CCをReverse Convertible Debenturesと呼んでいる。

^{*3} 資産価値を原資産としたオプションとしてBS式を用いて解析的にモデル化し、リスク管理分野で応用すると、その資産の感応度(グリークス)を利用したモラルハザードの分析が可能になる。一方、BS式を用いる場合の問題点は資産の収益率を正規分布と仮定することである。これは株価収益率を正規分布と仮定するよりも強い仮定であると考えられる。

との関係や CC の発行額の影響など、CC 金利の性質および決定要因について分析をしている。ここでは、資産サイドの具体的な資産は明示的に扱わず、収益分布が特定の分布に従うことを仮定して、状態価格を用いたプライシングを行っている。分析の結果、CC は商品性や発行条件によっては市場を不安定化する可能性があること、CC の効果は様々な経済環境の変化に敏感に反応することなどを示している。

これまでの CC に関する研究では銀行の B/S をモデル化し、劣後構造のモデル化を行っている構造型アプローチであっても、筆者たちの知る限りではあるが、銀行の資産側の構成や銀行の収益構造について着目している研究は行われていない。しかし、CC が銀行の中長期的なリスク管理に与える影響をより現実的に分析するためには、銀行の資産構成を含めた収益構造の把握や銀行の持つリスク特性の考慮が必須である。

本研究では、岩熊・枇々木 [11] で提案されたりスク管理モデルを利用し、金利リスクや信用リスクの依存構造を考慮した上でリスクファクターをモデル化する。銀行の収益分布に対して具体的にシミュレーションを行い、CC の発行が与える影響をより銀行の実態に即した形で評価する。本研究の主な貢献は以下の通りである。

- 先行研究では考慮されていない銀行の資産側の具体的なモデルを提案し、CC が銀行の中長期的なリスク管理へ与える影響についてより適切に分析を行うことを可能にした。モンテカルロ・シミュレーションを用いた分析の結果、CC は銀行のテイルリスクの削減に大きく貢献し、本来の目的である損失吸収力の向上に有効である可能性があることを示した。
- 必要以上にトリガー水準を高く設定しても、銀行の破綻確率や自己資本の毀損確率は低下せず、それ以上の損失吸収力の向上のためには CC の発行量が大きな影響を持つことが分かった。また、CC の転換後の銀行の経営活動も含めた数値分析を行うことによって、転換が発生する状況では銀行自体の収益力が減少しているため、損失吸収の大きさに直結する CC の発行量が重要であることを示した。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2 章では本研究の分析モデルやシミュレーション方法を説明する。3 章では基本的な数値分析に加えて、CC の発行量、トリガー水準、銀行の収益環境に関して、銀行に与える影響について感度分析を行う。最後に、4 章で結論と今後の課題についてまとめる。

2 モデルの構築

2.1 銀行モデル

本研究では銀行の代表的な資産・負債項目をモデル化し、主なりスクである金利リスク・信用リスク・オペレーショナルリスクに加え、コア預金^{*4}やプリペイメント等の銀行勘定のリスクを考慮した包括的なモデルを構築する。

岩熊・枇々木 [11] は、銀行勘定のリスク管理において、トレーディング勘定のリスク管理に用いられる経済価値アプローチと、銀行勘定の特性を反映した時価変動を考慮した期間収益アプローチである修正期間収益アプローチの比較を行い、銀行勘定の特性を考慮することの重要性を示した。その際に、具体的な仮想銀行の B/S を想定し、コア預金や将来の預貸金の流出入を考慮するなど、銀行の収益構造をモデル化した上で、信用リスクとの依存構造を反映した金利リスク管理モデルを構築した。本研究では岩熊・枇々木 [11] で構築された銀行モデルをもとに、銀行の収益構造のモデル化を行う。

長期的な銀行の経営に最も重要なのは銀行勘定の資産・負債であるため、預金と貸出金などの銀行勘定に重

^{*4} 金融庁監督指針 [15] では、コア預金は「明確な金利改定間隔がなく、預金者の要求によって随時払い出しされる預金のうち、引き出されることなく長期間銀行に滞留する預金」と定義されている。

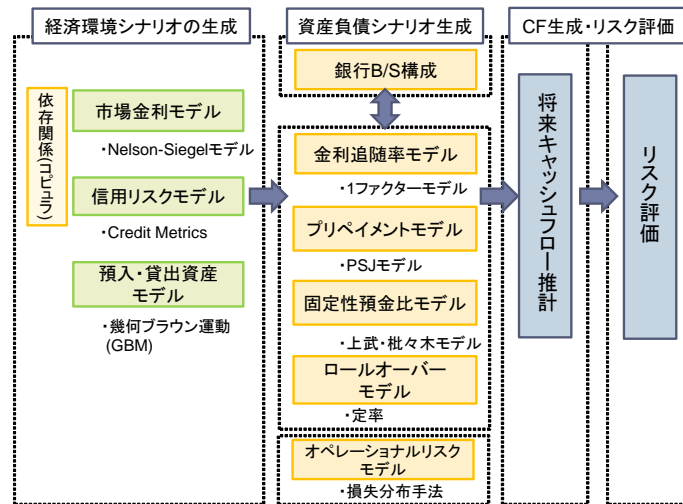


図1 モデル概要

点を置いて銀行の B/S をモデル化する。銀行の資産・負債項目として、資産の部では国債・社債・貸出金（企業向け融資・個人向け住宅ローン）・現金、負債の部では定期預金・普通預金を想定する。なお、国債・社債に関してはトレーディング勘定、それ以外の資産負債は銀行勘定として保有することを想定する^{*5}。外部の経済環境シナリオのもとで、銀行勘定の資産・負債シナリオを生成し、将来キャッシュ・フローの推計およびリスク評価を行う。本研究で用いるモデル構造の概要を図1に示し、各モデルについて簡単に説明する。

経済環境シナリオに関連するリスクとして、金利リスク、信用リスク、預金・貸出残高リスクの3つを考慮する。金利の期間構造の変動は Diebold and Li[5] で提案されている動的な Nelson-Siegel モデル（水準・傾き・曲率の3ファクターモデル）で記述し、与信グループごとの与信先の格付推移は J.P.Morgan[9] の企業価値モデル（Credit MetricsTM）を用いて記述する。コンピュータを用いてこれらのファクター間の依存構造を表現し、金利リスクと信用リスクの依存構造を考慮する^{*6}。

動的な Nelson-Siegel モデルは、 t 時点の τ 時点満期のスポットレート $y_t(\tau)$ を (1) 式で表現する。

$$y_t(\tau) = \beta_{1,t} + \beta_{2,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} \right) + \beta_{3,t} \left(\frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda\tau} - e^{-\lambda\tau} \right) \quad (1)$$

ここで、 β_1 は水準 (level)、 β_2 は傾き (slope)、 β_3 は曲率 (curvature) を表すファクター（パラメータ）であり、 λ は β_3 が最大になる満期を決定するパラメータである^{*7}。Nelson-Siegel モデルのファクターが AR(1) モデルに従うと仮定して金利期間構造を動的に表現する。Credit MetricsTM モデルは企業の格付推移と株式収益率の変動に確定的な関係があり、多変量正規分布に従う各業種の株式収益率が閾値を超えると格付変動が起きると仮定する。閾値は過去の格付推移行列データを用いて決定される。金利リスクと信用リスクの依存構

^{*5} 岩熊・枇々木 [11] では国債・社債を銀行勘定の資産として保有することを想定していたが、本研究では銀行のリスクアセットの計測に市場リスクを含めるため、これらの資産をトレーディング勘定として保有することを想定する。

^{*6} コピュラに関する詳細は戸坂・吉羽 [17] を参照されたい。

^{*7} パラメータ λ の推定にあたっては安定性を保つために、Diebold and Li[5] と同様に β_3 の係数が $\tau = 2.5$ (年) で最大になるように決定し、 λ を固定する ($\lambda = 0.7173$)。

造は正規コピュラ*8を用いて記述し、二つのリスク間の分散効果を考慮することを可能にする。本研究では、Nelson-Siegel モデルの水準、傾き、曲率を表現するファクターの変動が従う AR(1) モデルの誤差項と Credit Metrics™ のリスクファクターである株式収益率を正規コピュラで記述する。

将来の預金残高 DB_t 、貸出残高 LB_t は幾何ブラウン運動 (GBM) に従うと仮定して*9、それぞれ (2), (3) 式の確率微分方程式で表す。

$$dDB_t = \mu^{DB} DB_t dt + \sigma^{DB} DB_t dz_{DB} \quad (2)$$

$$dLB_t = \mu^{LB} LB_t dt + \sigma^{LB} LB_t dz_{LB} \quad (3)$$

$$c_{DB, LB} dt = \text{correl}(dz_{DB}, dz_{LB})$$

μ^{DB} 、 μ^{LB} 、 σ^{DB} 、 σ^{LB} はそれぞれ預金・貸出のドリフト、ボラティリティを表すパラメータであり、 dz_{DB} 、 dz_{LB} はウィーナー過程である。2つのウィーナー過程には相関 $c_{DB, LB}$ を仮定する。ドリフトやボラティリティ、相関関数の各パラメータは過去の預金・貸出残高データから推計する。次に、銀行の資産・負債のキャッシュフローシナリオを生成するためのモデルとオペレーショナルリスクモデルを記述する。将来の流入量が推計された預金の内訳は銀行の大半を占める、流動性預金 (普通預金) LD_t と固定性預金 (定期預金) TD_t の二種類であると仮定する。したがって、預金残高は $DB_t = LD_t + TD_t$ として表される。流動性預金は満期の定めがなくいつでも預金者は自由に引き出すことができるものの、実際には多くの部分が滞留し続けるため、コア預金と呼ばれる。銀行は適切に預金残存部分を見積もることで、国債や貸出資産等の長期保有資産の金利リスクを相殺し、収益拡大のための源泉として利用することが可能になる。そこで、流動性預金の不確実なキャッシュフロー変動は、上武・枇々木モデル [14] を用いて記述する*10。上武・枇々木モデルでは、金利の変動やトレンドによって生じる流動性預金と固定性預金の振り替えを $\rho_t = TD_t/LD_t$ で表現される固定性預金比 ρ_t を用いて (4) 式で表現する。

$$\rho_t = (\alpha_1 \ln r_t - \alpha_2)t + \alpha_3 \ln r_t + \alpha_4 \quad (4)$$

ここで、 $\alpha_i (i = 1, 2, 3, 4)$ は定数、 r_t は時点 t における市場金利であり、本研究では6か月物金利を利用する*11。預金や貸出金利は市場金利に部分的に連動する金利が設定される。この市場金利への連動率を追従率と呼ぶ。本研究では短期プライムレート、定期預金金利、普通預金金利を市場金利による1ファクターモデルによって表現する。 t 時点で資産 X へ適用される金利 r_t^X は、その金利が参照する年限 τ^X の市場金利 $y_t(\tau^X)$ を用いて (5) 式で表現する。

$$r_t^X = a^X + b^X \cdot y_t(\tau^X) + e_t^X \quad (5)$$

なお、 e_t^X は誤差項であり、回帰係数 b^X が追従率に相当する。長期貸出に適用される新長期プライムレート (以下、新長プラ) は短期プライムレートヘスプレッドを上乗せすることで決定する。また、計画期間中に追従率 b^X や切片項 a^X の水準は変化しないと仮定する。

*8 正規コピュラは多変量正規分布と同じ依存構造をもつコピュラであり、以下のように表現される。

$$C_N(u_1, \dots, u_n) = \Phi(\Phi^{-1}(u_1), \dots, \Phi^{-1}(u_n)|\Sigma)$$

ここで、 $u_i \in [0, 1] (i = 1, \dots, n)$ 、 Σ は相関係数行列である。

*9 銀行は預金金利や貸出金利の設定によって残高のコントロールを行うと想定することは可能であるが、その設定金利は他行の設定金利との関係によって生じる顧客の行動を含めたモデル化が必要である。また、貸出金に関しては経済環境による貸出需要も考慮しなくてはならない。したがって、本研究では簡単のため預金と貸出金の新規残高は確率的に変動し、外生的に与えられることを想定する。

*10 上武・枇々木 [14] は4つのモデルを提案しているが、(4)式はその中で最も優れたモデル4を示している。

*11 (4)式では市場金利 r_t は正の値をとることを仮定している。本研究の数値分析で用いたデータ期間には金利が負となる期間は含まれていない。ただし、6か月円 LIBOR(市場金利)は2016年5月以降、しばしばマイナス金利となっており、このような状況を踏まえた分析は今後の課題としたい。

住宅ローンのプリペイメントは時間経過のみの関数モデルである PSJ モデル [19] を用いて簡易的に記述する。PSJ モデルはシーズニング月数を 60 か月、60 か月経過時の期限前償還率を $x\%$ として、経過月数 m か月の年間期限前償還率 CPR_m を (6) 式で表現する。

$$CPR_m(\%) = \min\left(\frac{x}{60} \times m, x\right) \quad (6)$$

簡単のため、住宅ローンの債務者は全て経過月数 $m = 0$ の新規の債務者であると仮定する。

ロールオーバーに関するデータは入手が困難で、標準的なモデルも存在しないため、本研究では一定のロールオーバー率を用いる。

オペレーショナルリスクを評価する手法は三國・枇々木 [21] と同じ損失分布手法を用いて、「頻度」と「損失額」の組み合わせとして損失額分布を推計する。「頻度」の分布はポアソン分布を仮定し、リスク計測期間内に発生するオペレーショナル損失の回数を表す*12。「損失額」の分布は 1 件当たりの損失額を X とすると、閾値 u からの超過金額 $x = X - u$ が一般化パレート分布に従うと仮定し、その分布関数 $GPD(x)$ は (7) 式で与えられる。

$$GPD(x) = -\left(1 + \frac{\xi}{\beta}x\right)^{-\frac{1}{\xi}} \quad (\xi \neq 0) \quad (7)$$

ここで、 ξ, β はそれぞれ形状、尺度パラメータである。モンテカルロ・シミュレーションによって、損失回数と損失額のパスをそれぞれ生成し、その合計から損失分布を得る。一般に、オペレーショナルリスクの「頻度」と「損失額」は金利・信用リスク等とは無相関であると考えられるため、オペレーショナルリスクは金利・信用リスクとの相関構造は考慮しない。

以上のモデルを用いて銀行全体の将来のキャッシュフローを推計し、リスク評価を行う。

2.2 資産・預金価値評価

本節では各資産・預金の価値を算出する方法を述べる。なお、銀行の負債として保有する劣後債、CC と株式価値の評価は相互依存関係を考慮するため後述する別の手法で価値を算出する。各資産・負債の価値は将来キャッシュフロー*13をリスクプレミアムを考慮した割引率で割り引いた値として算出する。 m^X を資産・負債 X の満期、 $CF_t^{X(i)}$ を時点 t に資産 X から生じるキャッシュフローとすると、資産 X のパス i の時点 t における価値 θ_t^X は (8) 式で書くことができる。

$$\theta_t^{X(i)} = \sum_{t'=t+1}^{t+m^X} CF_{t'}^{X(i)} DF_{t,t'}^{X(i)} \quad (8)$$

ここで、 $DF_{t,t'}^{X(i)}$ は資産・負債 X のパス i における時点 t' ($t' > t$) から時点 t までの割引係数であり、 t 時点から t' 時点までのスポットレート $y_t(t')$ を用いて (9) 式のように記述できる。

$$DF_{t,t'}^{X(i)} = \frac{1}{\left(1 + y_t^{(i)}(t') + \delta^{X(i)}\right)^{t'-t}} \quad (9)$$

リスクプレミアム $\delta^{X(i)}$ は各資産・負債のリスクによって決まり、信用リスクを考慮しない国債・預金ではゼロ、信用リスクを持つ社債・貸出に対しては格付けに依存して設定する。次に、預金の価値評価を行う。本研

*12 ポアソン分布の確率密度関数は $f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$ で与えられ、期待値を表すパラメータ λ を平均損失発生件数として推計する。

*13 デフォルト発生時には回収率分のキャッシュフローを加える。

究では普通預金は将来の銀行ポートフォリオの普通預金残高全体の推移 $LD_t^{(i)}$ をモデル化している。普通預金の最大満期を m^{LD} とし、各時点から m^{LD} 時点後に残存する預金はその時点ですべて引き出されると想定する。普通預金金利を $r_t^{LD(i)}$ とすると、普通預金残高全体の価値 $\theta_t^{LD(i)}$ は (10) 式のように記述できる。

$$\theta_t^{LD(i)} = \sum_{t'=t+1}^{t+m^{LD}} LD_{t'-1}^{(i)} r_{t'-1}^{LD} DF_{t,t'}^{LD(i)} + \sum_{t'=t+1}^{t+m^{LD}-1} (LD_{t'-1}^{(i)} - LD_{t'}^{(i)}) DF_{t,t'}^{LD(i)} + LD_{m^{LD}-1}^{(i)} DF_{t,m^{LD}}^{LD(i)} \quad (10)$$

(10) 式の第 1 項は各時点における利息を、第 2 項と第 3 項はそれぞれ、各時点、最大満期時での預金の引出等の流入によるキャッシュフローを表す。数値分析において普通預金の最大満期 m^{LD} は 10 年と設定する。

2.3 Contingent Capital・劣後債・株式の評価

2.3.1 対象とする Contingent Capital の特徴

本研究では、株式転換型の損失吸収を行い、その転換トリガーと転換価格は CET1 比率、発行時点の株価を基準に決定する CC を対象とする。CC から株式への転換時の取得株数は決定されているが、CC 価値は転換時の株価に依存するため、不確実である。本節では、このタイプの CC の特徴を説明する。CC は銀行の CET1 比率が各期末において転換トリガーを上回り続けている間は、債券として扱われ、各期末にクーポンが支払われる。転換トリガーを下回った場合、株式に転換され、以後債券に戻ることはない。CC の株式転換が行われると、損失吸収によって株式価値の上昇要因となる一方、株式数の増加によって希薄化が発生する。また、転換時の株式価値は CC の転換時の価値に影響を与える。劣後債においては CC の発行によって銀行の破綻確率が減少するため、価値が上昇すると考えられる。劣後債の価値変化は劣後債金利の減少につながり、CC の転換発生頻度に影響を与える。このように CC は複雑な相互依存構造を持つ^{*14}。

2.3.2 Contingent Capital・劣後債・株式の価格付け手法

CC は劣後債や株式の価値と相互依存の関係にあるため、これらの価値は同時に決定する必要がある。CC・劣後債・株式はバックワードにスプレッドを上乗せした割引率で将来 CF を割引くアプローチを用いるが、転換やデフォルトを適切に考慮するための修正と、相互依存関係を考慮するために反復計算を利用する。この計算方法を導入する前提として、シミュレーション期間と CC・劣後債の満期を同一に設定する。プライシングの概要を図 2 に示す。

図 2 および以降用いる記号を定義する^{*15}。

- $def_t^{(i)}$: t 時点のパス i でデフォルトが起きる場合に 1、起きない場合に 0 を取るダミー変数
- $conv_t^{(i)}$: t 時点のパス i で転換が起きる場合に 1、起きない場合に 0 を取るダミー変数
- K_c : 転換トリガー
- $A_t^{(i)}$: t 時点のパス i の資産価値の合計
- $D_t^{(i)}$: t 時点のパス i の劣後債を含まない負債価値 (= 預金) の合計
- $SD_t^{(i)}, C_t^{(i)}$: 元本 1 円当たりの t 時点のパス i の劣後債価格、CC 価格

^{*14} トリガー抵触時に株式転換ではなく、CC の元本を全額、または一部削減する元本削減型の CC も存在する。元本削減型の CC は、転換時の価値が決定しており (全額削減の場合はゼロ)、株式の希薄化も生じない等、株式転換型に比べると相互依存構造がやや単純である。元本削減型の CC の性質は劣後債と類似しており、銀行の破綻前に元本の毀損が起きる劣後債と考えることができる。

^{*15} $A_t^{(i)}$ は資産価値の合計、 $D_t^{(i)}$ は負債価値の合計 (劣後債を除く) であるが、3 章の数値分析では、表 1 にある勘定科目からそれぞれ構成される。これらを数式で表現すると変数の設定などが煩雑になるため、その詳細な記述は省略する。

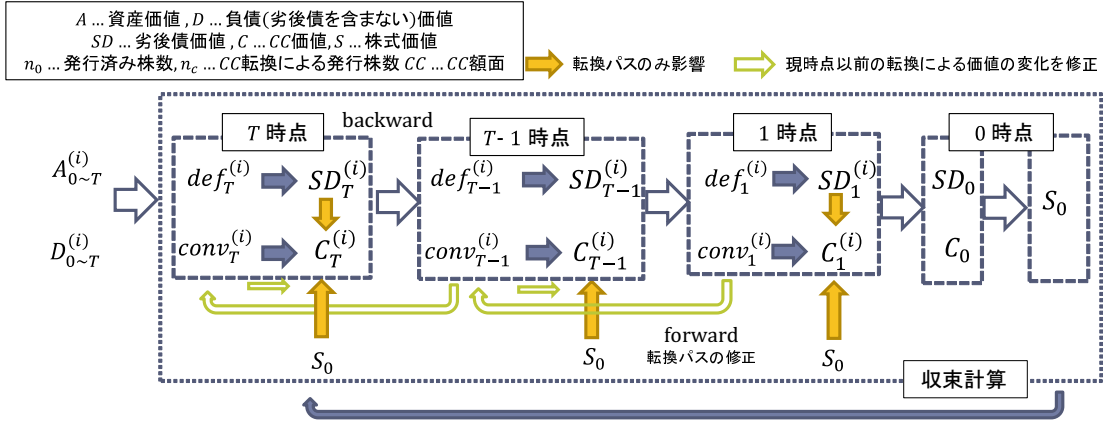


図2 プライシングの概要

n_0 : 初期時点での発行済み株式数

α : CC の転換価格倍率

sd, cc : 劣後債、CC の元本

r^{SD}, r^{CC} : 劣後債、CC の金利

RWA_t : t 時点のリスクアセット

I : シミュレーション・パス数 (煩雑さを避けるために、式の中に (i) が含まれていても、 $(i = 1, \dots, I)$ は省略する)

T : シミュレーション期間、CC・劣後債満期

図2に沿って、簡単にプライシングの方法を説明する。

1. 満期時点 T のデフォルト、転換の判定を行う

劣後債の金利と元本を支払うことができなくなった場合をデフォルトと判定し、CET1 比率がトリガー水準 K_c を下回った場合に転換と判定する。デフォルトの判定時には必ず先に CC は転換をしていることを前提とする。リスクアセットの算出方法は 2.3.3 項で後述する。

$$def_T^{(i)} = \begin{cases} 1 & (E_T^{(i)} \leq 0) \\ 0 & (E_T^{(i)} > 0) \end{cases}, \quad \text{ただし、} E_T^{(i)} = A_T^{(i)} - D_T^{(i)} - sd(1 + r^{SD}) \quad (11)$$

$$conv_T^{(i)} = \begin{cases} 1 & (CET1_T^{(i)} \leq K_c) \\ 0 & (CET1_T^{(i)} > K_c) \end{cases}, \quad \text{ただし、} CET1_T^{(i)} = \frac{A_T^{(i)} - D_T^{(i)} - sd(1 + r^{SD}) - cc(1 + r^{CC})}{RWA_T} \quad (12)$$

$CET1_T^{(i)}$ は満期時点の CET1 比率を表す。ここでは、転換・デフォルトがない場合に満期時点の CC・劣後債価格が 1 であることを利用している。

2. 満期時点の CC・劣後債価格、株式価値などを算出する

CC の転換価格は転換価格倍率 α を用いて αS_0 となるため、CC 元本 1 円当たりの取得株数は $1/(\alpha S_0)$ である。満期時点の劣後債の価格 $SD_T^{(i)}$ 、CC の価格 $C_T^{(i)}$ をそれぞれ (13), (14) 式で算出する。

$$SD_T^{(i)} = \begin{cases} 1 & (def_T^{(i)} = 0) \\ \frac{A_T^{(i)} - D_T^{(i)}}{sd} & (def_T^{(i)} = 1) \end{cases} \quad (13)$$

$$C_T^{(i)} = \begin{cases} 1 & (\text{conv}_T^{(i)} = 0) \\ \frac{A_T^{(i)} - D_T^{(i)} - SD_T^{(i)}}{n_0 + \frac{cc}{\alpha S_0}} \times \frac{1}{\alpha S_0} & (\text{conv}_T^{(i)} = 1 \text{ and } \text{def}_T^{(i)} = 0) \\ 0 & (\text{conv}_T^{(i)} = 1 \text{ and } \text{def}_T^{(i)} = 1) \end{cases} \quad (14)$$

(14) 式の転換時の CC 価値は転換時株価 $\frac{A_T^{(i)} - D_T^{(i)} - SD_T^{(i)}}{n_0 + cc/(\alpha S_0)}$ と取得株数の積で計算される*16。転換発生時に CC 発行時点の株価 S_0 が変数となるが、この時点で S_0 を決定することはできないので、初期値を適当に与えて計算を行う*17。

3. 1 時点ずつバックワードに t 時点 ($1, 2, \dots, T-1$) の転換・デフォルトの判断をするとともに、劣後債と CC の価値を算出する

t 時点の転換・デフォルトはそれぞれ (15), (16) 式で判定される。デフォルトの判定は満期時点と同じように行う。すなわち、満期到来前であっても劣後債の元本と利息分の自己資本を持っていない場合をデフォルトとして判定する。

$$\text{def}_t^{(i)} = \begin{cases} 1 & (E_t^{(i)} \leq 0) \\ 0 & (E_t^{(i)} > 0) \end{cases}, \quad \text{ただし、} E_t^{(i)} = A_t^{(i)} - D_t^{(i)} - sd(1 + r^{SD}) \quad (15)$$

$$\text{conv}_t^{(i)} = \begin{cases} 1 & (\text{CET1}_t^{(i)} \leq K_c) \\ 0 & (\text{CET1}_t^{(i)} > K_c) \end{cases}, \quad (16)$$

$$\text{ただし、} \text{CET1}_t^{(i)} = \frac{A_t^{(i)} - D_t^{(i)} - sd(SD_{t+1}^{(i)} + r^{SD})DF_{t,t+1}^{SD(i)} - cc(C_{t+1}^{(i)} + r_{CC})DF_{t,t+1}^{CC(i)}}{RWA_t}$$

$\text{CET1}_t^{(i)}$ は t 時点の CET1 比率を表す。転換・デフォルトがない場合の CC・劣後債価格は 1 時点先の価値と金利分を割り引いて算出する。

4. $T-1$ 時点から 1 時点まで順に t 時点 ($t = 1, \dots, T-1$) の価格を算出する

$$SD_t^{(i)} = \begin{cases} (SD_{t+1}^{(i)} + r^{SD}) \times DF_{t,t+1}^{SD(i)} & (\text{def}_t^{(i)} = 0) \\ \frac{A_t^{(i)} - D_t^{(i)}}{sd} & (\text{def}_t^{(i)} = 1) \end{cases} \quad (17)$$

$$C_t^{(i)} = \begin{cases} (C_{t+1}^{(i)} + r^{CC}) \times DF_{t,t+1}^{CC(i)} & (\text{conv}_t^{(i)} = 0) \\ \frac{A_t^{(i)} - D_t^{(i)} - SD_t^{(i)}}{n_0 + \frac{cc}{\alpha S_0}} \times \frac{1}{\alpha S_0} & (\text{conv}_t^{(i)} = 1 \text{ and } \text{def}_t^{(i)} = 0) \\ 0 & (\text{conv}_t^{(i)} = 1 \text{ and } \text{def}_t^{(i)} = 1) \end{cases} \quad (18)$$

転換・デフォルトが発生しない場合は、1 期先の価値を割り戻して、 t 時点の価値を算出する。

5. 1 時点から T 時点に向けて転換・デフォルトパスの修正を行う

1 度デフォルトや転換が起きたパスに関しては、それ以降の時点の価値計算の際にも、前時点で発生した転換やデフォルトを考慮することが必要であるため、バックワードに価値を計算していくだけでは不十分である。そこで、1 度デフォルトや転換が起きたパスを 1 時点から T 時点に向けてフォワードに修正を行う。

具体的な手順は以下の通りである。 $t-1$ 時点で転換・デフォルトが発生した場合には、その後の自己資本の状態に関わらず、(19), (20) 式に従って、 t 時点の転換・デフォルトフラグをそれぞれ 1 にする。

$$\text{def}_t^{(i)} = 1 \quad : (\text{def}_{t-1}^{(i)} = 1, \quad t = 2, \dots, T) \quad (19)$$

$$\text{conv}_t^{(i)} = 1 \quad : (\text{conv}_{t-1}^{(i)} = 1, \quad t = 2, \dots, T) \quad (20)$$

*16 $n_0 + cc/(\alpha S_0)$ 株は転換後の発行済み株式数を表す。

*17 実際に計算を行うときには CC、劣後債の価格を 1 とした場合の S_0 を初期値とした。

フラグを変更したパスに関しては (13), (14), (17), (18) 式に従って価値を再計算する。例えば、転換フラグが修正されたパス j の CC 価値 $C_t^{(j)}$ は (18) 式によって再計算されるものの、 $t-1$ 時点の CC 価値 $C_{t-1}^{(j)}$ は既に $conv_t^{(j)} = 1$ であるために、1 時点先の CC 価値 $C_t^{(j)}$ の関数にはなっていない。そのため、修正が行われたパスから再びバックワードに再計算を行う必要はない。デフォルトパスに関しても同様である。

6. 初期時点の劣後債価格、CC 価格、株価を算出する

初期時点の劣後債価格 SD_0 、CC 価格 C_0 は 1 時点の価格をパスごとに割り引いた値の平均をとって算出する。株価は (21) 式で算出される。

$$S_0 = \frac{A_0 - D_0 - SD_0 - C_0}{n_0} \quad (21)$$

この株価 S_0 を用いて、上記 2~6 のプロセスで反復計算を行い最終的な劣後債価値、CC 価値、株価を決定する。

2.3.3 リスクアセットの計測方法

CC のトリガーとして CET1 比率を用いているため、リスクアセット RWA の計測が必要である。リスクアセットの計測手法も三國・枇々木 [21] を参考に算出する。パーゼル III では、海外に営業拠点を持つ銀行向けのリスクアセットは信用リスクアセット CRA_t 、市場リスク相当額 MRA_t 、オペレーショナルリスク相当額 ORA_t を用いて (22) 式で算出される。

$$RWA_t = CRA_t + (MRA_t + ORA_t) \times 12.5 \quad (22)$$

本研究では、簡単のため、リスクアセットは時点間には依存させるものの、パスには依存させずに推計する。各種リスクの計測方法についてそれぞれ説明を行う。

■信用リスクアセット 本研究では、信用リスクアセットの計測では銀行勘定が対象であり、貸出金を対象とする。信用リスクアセットは対象資産のエクスポージャーにリスクウェイトを掛けることで計測されるが、銀行の内部格付けによってウェイトを決定する内部格付手法を採用する。 t 時点の信用リスクアセット CRA_t は種別 j の貸出金 $FL_{t,j}^{(i)}$ とリスクウェイト^{*18} $w_{t,j}^{(i)}$ を用いて、(23) 式で算出される。

$$CRA_t = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J 12.5 \times w_{t,j}^{(i)} \times FL_{t,j}^{(i)} \quad (23)$$

■市場リスク相当額 市場リスクアセットはトレーディング勘定である国債と社債を対象として、計測する。市場リスクは内部モデル手法での計測方法を用いて、10 日間の価格変動を片側 99% VaR によって算出を行う。本研究ではリスクファクターの変動を 1 か月ごとにシミュレーションしているため、10 日の価値変動は 1 か月の変動の 1/3 として算出する。

^{*18} リスクウェイト $w_{t,j}^{(i)}$ はデフォルト時損失 LGD_j 、デフォルト率 $PD_{t,j}^{(i)}$ 、実行満期 M_j 、相関係数 $R_{t,j}^{(i)}$ 、デフォルト率調整係数 $b_{t,j}^{(i)}$ を用いて以下の式で計算される。

$$w_{t,j} = LGD_j \times \left[\Phi \left(\frac{\Phi^{-1}(PD_{t,j}^{(i)}) + \sqrt{R_{t,j}^{(i)}} \Phi^{-1}(0.999)}{\sqrt{1 - R_{t,j}^{(i)}}} \right) - PD_{t,j}^{(i)} \right] \times \frac{1 + (M_j - 2.5)b_{t,j}^{(i)}}{1 - 1.5b_{t,j}^{(i)}}$$

$$R_{t,j}^{(i)} = 0.12 \times \left[\frac{1 - e^{-50PD_{t,j}^{(i)}}}{1 - e^{-50}} \right] + 0.24 \times \left[1 - \frac{1 - e^{-50PD_{t,j}^{(i)}}}{1 - e^{-50}} \right]$$

$$b_{t,j}^{(i)} = (0.11852 - 0.05478 \ln PD_{t,j}^{(i)})^2$$

デフォルト時損失は貸出種別に応じたパラメータ、デフォルト率は格付けに応じたパラメータである。

■オペレーショナルリスク相当額 オペレーショナルリスクはリスク計量モデルを用いた先進的手法を採用し、1年間の保有期間と99.9% VaRによって算出する。本研究では2.1節のモデルから得られた t 時点から半年間の損失分布から得られる99.9% VaR 額 $OpVaR_t(99.9\%)$ を用いて2期間分を合算した損失額を t 時点のオペレーショナルリスク相当額として(24)式のように算出する。

$$ORA_t = OpVaR_{t-1}(99.9\%) + OpVaR_t(99.9\%) \quad (24)$$

3 数値分析

3.1 モデル設定

本研究では、シミュレーション期間を10年、B/Sの変動を認識する1期間を6か月として、モンテカルロ・シミュレーションを行う。また、リスクファクターの変動は1か月ごとにシミュレーションを行う。数値分析の結果、得られた銀行の収益分布は大きく歪んだ左裾の厚い分布をしている。本研究ではこの点を考慮できる下方リスク尺度として、CVaR(条件付バリュアットリスク)を用いる^{*19}。CVaRの信頼水準は99%、シミュレーションパスは10000本とする。

3.1.1 銀行B/Sとその各種項目および適用金利の設定

シミュレーションで用いる銀行のB/Sや各種項目は、国債・社債の保有方法の一部と劣後債とCCを除き、すべて岩熊・枇々木[11]と同じように設定する^{*20}。具体的には2014年9月末時点の全国銀行データ(日本銀行[20])と2013年度のメガバンク3行の有価証券報告書をもとにして、一般的な国内銀行を想定したB/Sを表1のように設定する。国債は5年物・10年物、社債は3年物、企業向け貸出は短期貸出(6ヵ月)、長期貸出(5年)、住宅ローンは10年満期とする。短期貸出以外の初期時点の保有資産は全て、満期までの残存期間を半年ごとに均等に振り分け、様々な残存期間の資産を保有していることを想定する。社債・企業向け貸出金は初期時点の格付によって高格付企業群(格付A)と低格付企業群(格付BB)を想定し、住宅ローンは企業の格付A相当の信用力で期間中に変動しないものと仮定する。

定期預金は6か月満期と1年満期を想定し、流動性預金を含めた預金はコア預金に関する性質の違いから法人と個人の2属性を考慮する。企業向け貸出金は固定・変動金利の両方を扱うが、住宅ローンや定期預金は固定金利とする。定期預金の6か月物と1年物の振り分け比率は6か月物を30%、1年物を70%、貸出金の業種群への振り分けは50%ずつとする。

満期が到来した貸出・預金のロールオーバー率は100%と仮定する。国債、社債に関しても各期で満期が到来した元本と同額の新規国債・社債を購入し、B/S内の資産構成を維持する。また、利息収入等のキャッシュフローは無リスク金利で運用を行う。

次に、各種資産・負債に適用される金利は以下のように設定する。

- 国債：市場金利
- 社債：国債金利 + 信用スプレッド
- 短期貸出：短プラ + 信用スプレッド

^{*19} よく使われる下方リスク尺度としてVaR(バリュアットリスク)があるが、VaRでは信頼水準以上の損失が考慮されず、テイル部分の捕捉が不十分となる可能性があるため、CVaRを用いる。

^{*20} 岩熊・枇々木[11]の「その他負債」項目が劣後債とCCに相当するように変更されている。

表 1 銀行の B/S 設定 (単位 : 兆円)

資産の部		負債の部	
国債 10 年	26.36	定期預金 6 か月 法人	15.00
国債 5 年	105.44	定期預金 6 か月 個人	58.11
社債 3 年 高格付	15.63	定期預金 1 年 法人	35.00
社債 3 年 低格付	15.63	定期預金 1 年 個人	136.58
固定貸出 6 か月 高格付	61.57	普通預金 法人	90.79
固定貸出 6 か月 低格付	61.57	普通預金 個人	216.96
固定貸出 5 年 高格付	20.25	劣後債	63.50
固定貸出 5 年 低格付	20.25	CC	20.00
変動貸出 5 年 高格付	96.00		
変動貸出 5 年 低格付	96.00		
固定住宅ローン 10 年	85.15		
現金	74.01	純資産の部	
		自己資本	42.92
合計	677.86	合計	677.86

※岩熊・枇々木 [11] の「その他負債」項目を劣後債と CC に変更

- 長期貸出 : 新長プラ + 信用スプレッド
- 住宅ローン : 新長プラ + 信用スプレッド

住宅ローンの期限前償還率 (CPR) の長期的水準を 6% と設定する。

3.1.2 信用リスクに関連するパラメータの設定

格付推移行列、信用スプレッド、デフォルト率も岩熊・枇々木 [11] と同じ設定値を用いる。表 2 に年間の格付推移行列、表 3 に金利に上乗せされる信用スプレッドと信用リスクプレミアム、デフォルト確率を示す。格付推移行列とデフォルト確率は格付投資情報センター (以下 R&I) [12] により 2014 年 6 月に公表されている平均格付推移行列 (単年、1978 年コホート～2013 年コホート)、信用スプレッドは QUICK の情報端末から取得できる 2014 年 9 月末のパーレート国債と社債の格付スプレッドをもとに決定されている。

信用スプレッドは変動金利貸出でも貸出時点の格付に応じた信用スプレッドで満期まで固定されると仮定する。ロールオーバー時には新規貸出と同様その時点の格付、市場金利に応じて貸出金利が設定される。

3.1.3 オペレーショナルリスクモデルのパラメータ

ポアソン分布 (頻度分布) および一般化パレート分布 (損失額分布) のパラメータを表 4 に示す。三國・枇々木 [21] と同じパラメータを使用する。その他のパラメータとして 1 期間ごとの営業コストを 3 兆円と想定する。

3.1.4 劣後債・CC の割引スプレッド

本研究では標準的な銀行を想定しており、その劣後債の格付けを A とする。CC に用いるスプレッドは Fitch Rating [8] を参考に設定する。Fitch Rating [8] では全 19 ノッチの格付けの中で、劣後債から gone concern の

表2 格付推移行列の設定

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	サンプル数
AAA	91.0%	9.0%						764
AA	0.8%	93.9%	5.2%	0.1%				3,228
A		1.8%	94.3%	3.7%	0.1%		0.1%	7,503
BBB			3.8%	93.4%	2.7%		0.1%	7,274
BB			0.3%	7.9%	86.6%	2.6%	2.6%	798
B				0.8%	9.9%	77.0%	12.3%	131
CCC						4.5%	95.5%	44

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 6 を転載

表3 信用スプレッド・リスクプレミアム・デフォルト率の設定

格付	信用スプレッド			リスクプレミアム			デフォルト率
	6 か月	3 年	5 年	6 か月	3 年	5 年	
AAA	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0%
AA	0.14%	0.20%	0.28%	0.14%	0.20%	0.28%	0%
A	0.20%	0.28%	0.38%	0.20%	0.28%	0.38%	0.1%
BBB	0.57%	0.70%	0.90%	0.57%	0.70%	0.90%	0.1%
BB	1.00%	1.50%	2.00%	0.97%	1.49%	1.94%	2.5%
B	3.00%	4.00%	5.00%	2.65%	3.52%	4.40%	11.5%
CCC	6.00%	8.00%	10.00%	5.09%	6.77%	8.46%	15.0%

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 7 を転載し、リスクプレミアムを追加

表4 オペレーショナルリスクモデルの設定パラメータ

頻度分布	損失額分布		
期待値 λ	閾値 u	尺度 β	形状 ξ
22.94	1000(万円)	1145(万円)	0.973

CC は 1~2 ノッチ、going concern の CC は 2~5 ノッチ下げた格付けを使用していることから、本研究のノッチ数 (7 ノッチ) を考慮して、劣後債より 1 ノッチ低い BBB を CC の格付けとする。これらの割引スプレッドは期間中の B/S 変動で変化しないと仮定する。また、CC の格付け等はトリガー水準に合わせて変更する必要があると考えられるが、ここでは簡単のため全ての CC で同じ格付けを使用する。

3.2 各種パラメータの推定値

数値分析で利用する、市場金利モデル (Nelson-Siegel モデル)、コピュラ、金利追随率、預かり・貸出資産モデル、固定性預金比モデルに対するパラメータは、岩熊・枇々木 [11] によって推定された値をそのまま利用する^{*21}。これらは 2004 年 10 月から 2014 年 9 月の 10 年間の月次データを用いて推定されている。

^{*21} 詳細な説明は、岩熊・枇々木 [11] の 4.2 節を参照されたい。

3.2.1 市場金利モデルのパラメータ

岩熊・枇々木 [11] は LIBOR 6 か月物、スワップレートの 1 年, 1.5 年, 2~10 年 (1 年刻み), 12 年, 15 年, 20 年の金利データを用いて Nelson-Siegel モデルのパラメータ ((1) 式の $\beta_{k,t} (k = 1, 2, 3)$) を推定している。そして、ラグが大きくなるほど自己相関係数は小さくなっていること、ラグ 1 で偏自己相関係数が最も高くなることが確認できることから、 β の将来変動を (25) 式のように AR(1) モデルで表現した。

$$\beta_{k,t} = c_k + \varphi_k \beta_{k,t-1} + \epsilon_{k,t} \quad (25)$$

$\beta_{k,t}$ の推移から推定した AR(1) パラメータは表 5 の通りである。表 5 の c_k, φ_k は AR(1) モデルのパラメータ、 σ_ϵ は誤差項 $\epsilon_{k,t}$ の標準偏差を示している。

表 5 AR(1) モデルのパラメータの推定値

	c_k	φ_k	σ_ϵ	R^2
β_1	0.069	0.960	0.121	0.911
β_2	-0.062	0.946	0.167	0.893
β_3	-0.238	0.918	0.329	0.871

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 8 を転載

この AR(1) モデルによって $\beta_k (k = 1, 2, 3)$ の将来のシミュレーションパスを生成し、(1) 式によって各時点で任意の年限の市場金利を算出する*22。

3.2.2 コピュラパラメータ

金利期間構造を表現する Nelson-Siegel モデルの各ファクターと Credit Metrics™ モデルで格付変動を表現するファクターである株価収益率の依存構造をコピュラによって記述している。岩熊・枇々木 [11] は簡単のため、企業の大きさが格付と対応すると仮定し、Russell/Nomura 日本株インデックスデータ [18] の Large 指数を高格付の企業群、Small 指数を低格付の企業群と想定して、推定した正規コピュラのパラメータを表 6 に示す。

3.2.3 金利追随率

日本銀行 [20] のデータを用いて、(5) 式に対して回帰分析を行い、推定した市場金利に対する各種の適用金利 (普通預金金利・定期預金金利・短期プライムレート) の追随率を表 7 に示す。

シミュレーションではこれらの回帰パラメータは時間に依存せず一定であると仮定し、市場金利への追随率には誤差項を考慮する。また、長期プライムレートの短期プライムレートに対する上乘せ分は過去 10 年のデータから 0.3% とする。

*22 市場金利や預金金利は金利水準が低く、負の金利が発生する可能性が高いため、パラメータ推定に用いるヒストリカルデータにおける最小の金利を、将来シミュレーションパスの下限值として設定している。マイナス金利下の市場環境においてパラメータを推定する場合には、負の金利が発生することを許容するが、これも今後の課題である。

表6 正規コピュラのパラメータ Σ の推定値

	水準 β_1	傾き β_2	曲率 β_3	株価 (大型)	株価 (小型)
水準 β_1	1				
傾き β_2	-0.86	1			
曲率 β_3	-0.24	-0.07	1		
株価 (大型)	0.43	-0.45	-0.03	1	
株価 (小型)	0.30	-0.34	-0.02	0.91	1

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 9 を転載

表7 金利追随率の推定値

金利	参照年限	切片 a	追随率 b	標準偏差 σ_e	R^2
短プラ	6 か月	1.365%	0.716	0.063%	0.855
定期 6 か月	6 か月	-0.012%	0.445	0.027%	0.924
定期 1 年	1 年	-0.012%	0.589	0.043%	0.895
普通預金	6 か月	-0.017%	0.306	0.023%	0.891

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 10 を転載

3.2.4 預かり・貸出資産モデル、固定性預金比モデルのパラメータ

日本銀行 [20] から得られる法人・個人それぞれ国内銀行の定期預金・普通預金残高データ、法人個人合計の国内銀行の貸出金残高データの値を季節調整して推定した預かり・貸出資産モデルのパラメータを表 8 に示す。預かり資産は法人・個人それぞれモデル化し、貸出金は法人・個人の預金合計の変動率との相関を考慮している。

表8 預かり・貸出資産モデルのパラメータ推定値

	法人預金	個人預金	貸出合計
ドリフト μ	1.68×10^{-3}	2.20×10^{-3}	9.87×10^{-4}
ボラティリティ σ	1.16×10^{-2}	1.67×10^{-3}	3.30×10^{-3}
預金合計と貸出合計の相関係数			0.56

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 11 を転載

上武・枇々木モデルの (4) 式 (固定性預金比モデル) のパラメータ $\alpha_1 \sim \alpha_4$ の推定値を表 9 に示す。法人、個人ともに α_3 の値が負であるため、ある月数が経過するまでは金利上昇に対して固定性預金比が伸びずに、普通預金の残高が増加しやすく、比較的長い実質的満期が測定される。 α_2 の値も法人、個人ともに負であるため明確な預金者の投資行動の転換点は見られない。

表9 上武・枇々木モデルのパラメータ推定値

パラメータ	法人	個人
α_1	1.90×10^{-3} ***	3.75×10^{-3} ***
α_2	-1.34×10^{-3} ***	-2.37×10^{-3} ***
α_3	-2.18×10^{-2} *	-1.17×10^{-1} ***
α_4	4.05×10^{-1} ***	3.78×10^{-1} ***

*...5% 有意、**...1% 有意、***...0.1% 有意

※ 岩熊・枇々木 [11] 表 12 を転載

3.3 数値分析の概要

本研究では、以下の数値分析を行う。

- 分析 (1) 基本分析
基本パラメータを用いて、CC の発行が銀行にどのような影響を与えるのかを分析する。
- 分析 (2) 発行量に関する分析
CC の発行量に応じて、銀行への影響がどのように変化するか分析する。
- 分析 (3) トリガー水準に関する分析
CC のトリガー水準の違いによって銀行への影響がどのように変化するか分析する。
- 分析 (4) 銀行の収益環境に関する分析
将来の預金額と貸出額が減少した場合について、CC の発行が銀行にもたらす影響について調べる。

3.4 分析 (1) 基本分析

本節では推定したパラメータを用いて、CC の発行が銀行に与える影響について分析する。劣後債と CC の満期はシミュレーション期間と同様の 10 年を満期とする。基本ケースの転換トリガーは CC がその他 Tier1 資本に見なされる最低水準である CET1 比率 5.125% に設定する。また、CC を発行しないケースや発行量を変化させる場合、劣後債と CC の保有量の合計が一定となるように劣後債の発行量を調整する。

これらの条件で、10 年間のシミュレーション結果を表 10 に示す。完全導入後のバーゼル III において、銀行は自己資本比率の最低水準として CET1 比率 4.5%、資本保全バッファを含めると CET1 比率 7% の水準を越えることが義務付けられている。そのため破綻確率に加えて、満期時にこの水準を下回る確率を推計する。本研究では、CET1 比率が 4.5%、7% を下回る確率を自己資本の毀損確率と呼ぶことにする。

表 10 からは以下のことが確認できる。10 年間の間に、0.59% の確率 (59 本のシナリオ) で CC の転換が行われた。10 年間のシミュレーション期間において、CC を発行していない劣後債のみでは、0.12% の確率で破綻する可能性があるが、CC の発行によって破綻の発生確率がゼロになっていることやリスクを削減できていることが確認できる。また、収益分布の歪度を確認すると、テイルリスクが大きく、左裾が大きい銀行収益分布の形状がある程度改善していることも合わせて確認できる。この結果、CC は銀行のテイルリスクや破綻の可能性を削減するという基本的な機能を十分に果たす可能性が高いと考えられる。

表 10 基本分析

		劣後債のみ	CC 発行
CC 金利			0.933%
劣後債金利		0.810%	0.809%
転換確率			0.59%
破綻確率		0.12%	0.00%
CET1 比率 4.5% 以下		0.43%	0.11%
CET1 比率 7% 以下		1.10%	0.44%
平均		23.52	23.39
累積収益	99%CVaR	56.05	45.81
(兆円)	歪度	-1.02	-0.92

次に、CC の転換後における銀行の状況についてより詳細に見ていく。CC の転換ケースでは収益環境の悪化等を伴っているケースが多いと考えられる。そこで、転換パスの転換後の半期の平均収益と全体の半期平均収益を表 11 に示す。

表 11 転換パスの半期平均収益

	転換パス	全体
半期平均収益 (兆円)	-1.35	1.17

転換が発生したケースでは、転換後も貸出資産の格付け悪化等を要因に、しばらくの間収益を上げることができない可能性が高い。すなわち、CC は経営悪化時の自己資本を大きく回復させるものの、悪化した収益力の回復は期待できない。自己資本の自立的な回復には銀行自身の収益力の回復が必要であり、その期間の損失も考慮した損失吸収力の大きさを確保すべきである。

3.5 分析 (2) 発行量に関する分析

転換が生じるケースでは銀行そのものの収益力が落ち込んでいるため、自己資本の自立的な回復は通常時よりも困難であることが基本分析で確認された。CC の転換による自己資本の回復度は CC の商品性の他に、発行量が直接的に大きな影響を与える。そこで本節では、劣後債と CC の保有量の合計額を一定にしながら、CC の比率を変動させた場合の影響を調べる。

図 3 の左図に発行量と CC・劣後債の金利や CC の転換確率の関係を示し、右図に発行量と金利コストや破綻確率、自己資本の毀損確率の関係を示す。ここで、金利コストとは劣後債と CC の満期までの実際に支払う利息の現在価値を指す。左図は主に CC の発行量が CC や劣後債に与える影響を示し、右図は銀行に与える影響を示している。

左図からは次のようなことが読み取れる。CC の発行額を増やすほど、単位当たりの CC の損失吸収割合が少なくなるため、CC の金利は低下する。また、劣後債の金利も CC の発行量が多いほど元本が毀損する確率は低下するが、元々破綻確率が非常に小さいため、その影響はわずかである。ただし、CC の発行量の増加は負債の金利コストを上昇させるため、転換確率を上昇させている。

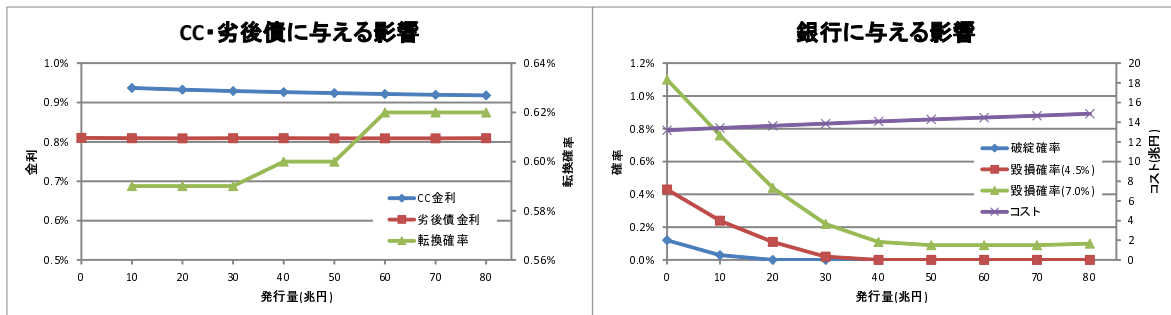


図3 CCの発行量がCCや劣後債、銀行に与える影響

右図を見ると、発行量が増加することで損失吸収力が直接的に増加するため、破綻確率や自己資本の毀損確率は大幅に下落することがわかる。しかし、発行量を増加させると金利コスト負担が大きくなるため、比較的健全性が確保されている CET1 比率の 7% を自己資本比率が下回る確率はある時点から下がらなくなる。自己資本比率の水準を目標通りに維持することとのトレードオフで発行量を決めていくことが重要である。

3.6 分析 (3) トリガー水準に関する分析

トリガー水準の違いが銀行に与える影響について分析する。トリガー水準は、CET1 比率 0% から 12% までを 1% 刻みで変更した場合に CC や劣後債、銀行に与える影響を図 4 に示す*23。

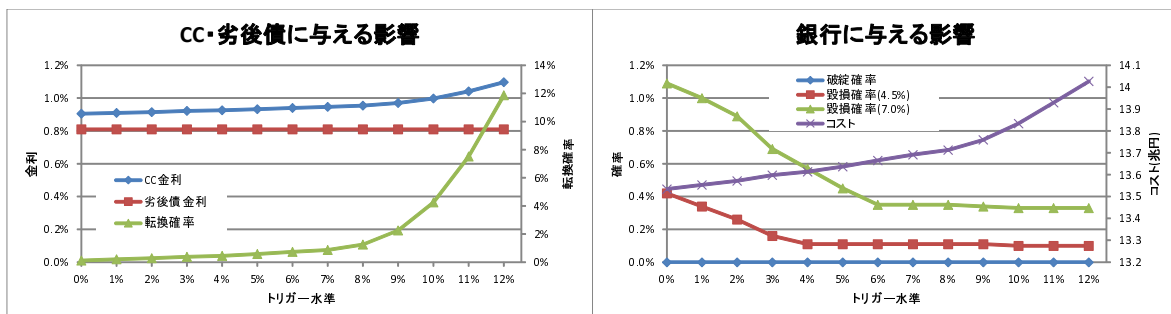


図4 トリガー水準がCCや劣後債、銀行に与える影響

左図を見ると、トリガー水準の上昇に伴って、転換確率と CC の金利が上昇している。CC の転換は劣後債の保有者が損失を被る前に生じているため、劣後債金利は CC のトリガー水準にはほとんど影響を受けない。また、CET1 比率が 4.5%、7% を下回る確率は、その水準以上にトリガー水準を上げてほとんど影響がないので、トリガー水準は最低限銀行が守るべき目標水準 (規制水準等) を上限として設定すべきである。一方、その時点で目標水準を下回る確率が大きい場合、トリガー水準の設定だけではこの問題は解決できず、発行量を増やす等の他の手段を使う必要がある。

*23 トリガー水準が 0% の CC はデフォルトより先に転換が生じると仮定する。

3.7 分析 (4) 銀行の収益環境に関する分析

本研究では具体的に銀行が収益を得る構造を扱っているために、収益環境の変動の影響を分析することができる。銀行においては預金を集め、貸出を行うことが最も中心的な業務になるが、銀行は思い通りに預金や貸出の新規流入が起きないリスクを抱えている。そこで、計画期間での銀行の新規預金・貸出獲得量を変化させた以下の3シナリオの影響を分析する。

- シナリオ1：ヒストリカルデータから推計したドリフトをそのまま利用 (基本シナリオ)
- シナリオ2：預金・貸出流入のドリフトを共にゼロにする
- シナリオ3：預金・貸出のヒストリカルデータから推計したドリフトの符号を反転させる

基本的にはシナリオ1から3になるにつれて、銀行にとって収益の獲得しにくいシナリオとなる。CCを20兆円発行した場合と劣後債のみを発行する場合における、銀行のシナリオごとの平均累積収益を表12に示す。

表12 各シナリオの平均累積収益(兆円)

	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
CC発行	23.39	15.80	9.23
劣後債のみ	23.52	15.92	9.35

一般的に預金はコストの低い調達であり、貸出は銀行の安定的で大きな収益源である。そのため、預金・貸出が減少することは銀行の収益に大きな影響を与えている。

図5にこれら3シナリオの収益環境の変化におけるCCの発行が銀行に与える影響を示す。

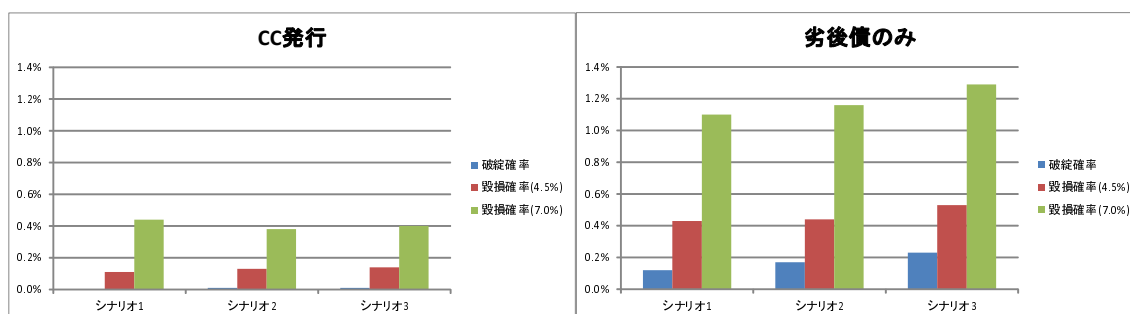


図5 異なる収益環境の下でのCCの発行が銀行に与える影響

CCを発行することによって、全てのケースにおいて、銀行の破綻や自己資本の大幅な毀損確率を低減できることが確認された。CCの発行はテイルリスク削減の視点から、発行後の収益環境の変化の影響を減少させ、安定的な銀行経営を生み出しているといえる。すなわち、CCは有事の際に有効な資本として効率的に機能しており、その適切な利用は過度に自己資本比率を積み増す等の非効率な経営を避ける効果を持つことが示唆される。

4 結論と今後の課題

本研究では、銀行の経営悪化時の損失吸収力を高めるために導入が進みつつある CC について、包括的な銀行モデルを構築し、モンテカルロ・シミュレーションによる様々な感度分析を通して、その有効性や特性を示した。CC は銀行の他の資産・負債・株式との複雑な相互依存構造を持つため、銀行全体を詳細にモデル化することは困難であり、先行研究では CC を含めた銀行の収益構造のモデル化が十分に行われていなかった。しかし、CC が銀行のリスク管理へ与える影響を分析するためには、銀行の収益構造のモデル化は重要である。そこで、本研究では中長期的なリスク管理への利用を前提として、銀行勘定を中心とする銀行の B/S を具体的にモデル化し、金利リスクや信用リスク等の様々なリスクファクターが B/S に与える影響を長期的にシミュレーションするモデルを構築した。銀行の収益構造に重点を置いたシミュレーションモデルの構築と、このモデルを用いた分析によって、これまで十分に分析できていなかった CC の発行による銀行への影響を明らかにしたことが本研究の主な貢献である。分析の結果、CC は預貸金が思うようにコントロールできないような銀行にとって厳しい状態も含めた様々な状況のもとでテイルリスクの削減に大きく貢献し、本来の目的である損失吸収力の向上や銀行の長期的な経営の安定化につながることを示した。しかし、必要以上にトリガー水準を高く設定しても、銀行の破綻確率や自己資本の毀損確率は低下せず、それ以上の損失吸収力の向上のためには CC の発行量が大きな影響を持つことが分かった。

今後の課題としては、CC のプライシングモデルの高度化や CC を含めたリスク管理の最適化等があげられる。本研究では、銀行の収益構造の具体的なシミュレーションを行うことを優先しているため、プライシングに重点を置いている研究よりは簡便なプライシング手法を用いて、様々な条件で CC が銀行のリスク管理に与える影響を分析した。また、CC を含めた場合の銀行の最適資産配分問題や、銀行の状況に合わせて最も良い CC を選択する等の最適化問題への応用を進めることも、銀行のリスク管理の高度化と経営の効率化の観点から必要であると考えられる。さらに、今回の分析で扱うことができなかった、より複雑な転換条項を持つ CC に関して分析を行うことも今後の課題である。

参考文献

- [1] Basel Committee on Banking Supervision (2010), Proposal to ensure the loss absorbency of regulatory capital at the point of non-viability, Consultative Document (<http://www.bis.org/publ/bcbs174.pdf>)
- [2] Basel Committee on Banking Supervision (2011), BaselIII: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems (<http://www.bis.org/publ/bcbs189.pdf>)
- [3] Berg, T. and C. Kaserer (2015), Does contingent capital induce excessive risk-taking?, *Journal of Financial Intermediation*, **24**, 356-385.
- [4] Chen, N., P. Glasserman, B. Nouri and M. Pelger (2013), CoCos, Bail-In, and Tail Risk, Working Paper, Office of Financial Research.
- [5] Diebold, F.X. and C. Li (2006) Forecasting the Term Structure of Government Bond Yields, *Journal of Econometrics*, **130**, 337-364.
- [6] DeSpiegeleer, J. and W. Schoutens (2012), Pricing Contingent Convertibles: A Derivatives Approach, *Journal of Derivatives*, **20**(2), 27-36.
- [7] Flannery, M.J.(2005), No Pain, No Gain: Effecting Market Discipline via Reverse Convertible Debentures.,

In *Capital Adequacy beyond Basel; Banking, Securities and Insurance*, H.S.Scott, ed. Oxford University Press.

- [8] FitchRatings (2014), Assessing and Rating Bank Subordinated and Hybrid Securities Criteria (https://www.fitchratings.co.jp/ja/images/RC_20140131_Assessing%20and%20Rating%20Bank%20Subordinated%20and%20Hybrid%20Securities%20Criteria_EN.pdf)
- [9] J.P.Morgan (1997), Credit MetricsTM-Technical Document, (<http://www.macs.hw.ac.uk/~mcneil/F79CR/CMTD1.pdf>)
- [10] Wilkens, S., CFA and N. Bethke (2014), Contingent Convertible (CoCo) Bonds: A First Empirical Assessment of Selected Pricing Models, *Financial Analysts Journal*, **70**(2), 55-77.
- [11] 岩熊淳太・枇々木規雄 (2015), 「銀行勘定の金利リスク管理モデル-修正期間収益アプローチと経済価値アプローチの比較-」, 金融庁金融研究センター「FSA リサーチレビュー」, 第9号.
- [12] 格付投資情報センター (2014), 「日本企業のデフォルト率・格付推移行列 (1978 年度～2013 年度)」 (https://www.r-i.co.jp/jpn/body/cfp/topics_data_risk_default-ratios/2014/06/topics_data_risk_default-ratios_20140630_852434171_01.pdf)
- [13] 鎌田康一郎 (2010), 「Contingent Capital に関する一考察」日本銀行ワーキングペーパーシリーズ, No.10-J-13
- [14] 上武治紀・枇々木規雄 (2011), 「銀行の流動性預金残高と満期の推定モデル」, 日本金融・証券計量・工学学会編, 『バリユエーション (ジャフィー・ジャーナル「金融工学と市場計量分析」)』, 196-223, 朝倉書店.
- [15] 金融庁 (2015), 「主要行等向けの総合的な監督指針」 (<http://www.fsa.go.jp/common/law/guide/city.pdf>)
- [16] 菅野泰夫 (2012), 「コンティンジェント・キャピタル (CoCos) の課題」, 大和総研 Economic Report
- [17] 戸坂凡展・吉羽要直 (2005), 「コピュラの金融実務での具体的な活用方法の解説」, 日本銀行金融研究所『金融研究』, 第24巻別冊第2号, 115-162.
- [18] 野村証券金融工学研究センター, Russell/Nomura 日本株インデックスデータダウンロードサービス (http://qr.nomura.co.jp/QR/FRCNRI/frnri_download_jn.html)
- [19] 日本証券業協会 (2006), 「PSJ モデルガイドブック」 (<http://www.jsda.or.jp/shiraberu/syoukenka/psj/files/guide.pdf>)
- [20] 日本銀行, 時系列統計データ検索サイト (<http://www.stat-search.boj.or.jp/index.html>)
- [21] 三國伶・枇々木規雄 (2014), 「銀行経営のための統合リスク管理に対する多期間最適化モデル」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2014 年春季研究発表会アブストラクト集, 34-35.