



FSA Institute

Discussion Paper Series

信用リスクのマクロストレステストの研究 —ボトムアップ・アプローチを中心に—

菅野 正泰

**DP 2013-7
2013 年 7 月**

金融庁金融研究センター
Financial Research Center (FSA Institute)
Financial Services Agency
Government of Japan

金融庁金融研究センターが刊行している論文等はホームページからダウンロードできます。

<http://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>

本ディスカッションペーパーの内容や意見は、全て執筆者の個人的見解であり、金融庁あるいは金融研究センターの公式見解を示すものではありません。

信用リスクのマクロストレステストの研究 —ボトムアップ・アプローチを中心に—

菅野 正泰*

概 要

本稿は、信用リスクのボトムアップ・アプローチ型マクロストレステストを研究する。第 1 部では、わが国に対して IMF が実施した金融セクター評価プログラム（FSAP）の他、アメリカの CCAR、欧州銀行監督機構（EBA）実施のテスト等、主要諸外国・地域におけるテストの実施例を調査した上で、テスト実施に伴う課題を整理し、監督当局が当該テストを今後実施する際のテストのあり方について政策提言を行う。調査の結果、参加銀行がテストに使用する信用ポートフォリオリスク計量モデルには、マクロ経済変数がリスクファクターとして導入されていない場合が多いため、テスト実施に際して、マクロストレスのインパクトが通常業務にはない手続で反映されたり、通常使用する計量モデルとはロジックが全く異なる別のモデルで計量され、計量される信用リスク量に一貫性がない点が課題として挙げられる。第 2 部では、この課題を踏まえ、監督当局から提示されるマクロストレスシナリオを、参加銀行が信用ポートフォリオリスク計量モデルで使用するリスクパラメーターに変換するための汎用的なベンチマークモデルを提案する。モデルの説明変数として、「個社の財務変数」「マクロ経済変数」「業種変数」の 3 種類のパネルデータを考慮し、多重積分を含む尤度関数の最尤推定により、自行の信用ポートフォリオに影響のあるマクロ経済変数を選択するアプローチである。

キーワード：マクロストレステスト、ボトムアップ・アプローチ、当局ストレステスト、ベンチマークモデル

JEL: E32, E37, G21, G28, G32

* 神奈川大学経営学部准教授・京都大学博士（経済学）（金融庁金融研究センター特別研究員）

本稿の執筆に当たっては、金融庁監督局諏訪亮一課長補佐、北野淳史課長補佐に有益な御意見をいただいた。なお、本稿は、筆者の個人的な見解であり、金融庁および金融研究センターの公式見解ではない。また、本研究に当たり、ムーディーズ・アナリティックス・ジャパン株式会社より、本研究の用途で EDF データを提供頂いた。心より感謝したい。

目次

第1部

1. はじめに (第1部)	- 2 -
2. ストレステストのアプローチ	- 3 -
2.1 トップダウン・アプローチ	- 5 -
2.2 ボトムアップ・アプローチ	- 13 -
3. わが国における FSAP ストレステスト	- 14 -
3.1 ストレステストの枠組み	- 15 -
3.2 シナリオとテストの仮定	- 16 -
3.3 テスト実施結果	- 19 -
4. 主要諸外国・地域のボトムアップ・アプローチ	- 20 -
4.1 アメリカ	- 20 -
4.1.1 CCAR の概要	- 20 -
4.1.2 マクロ経済シナリオ	- 22 -
4.1.3 BHCs 資本計画の要因評価 (FRB によるレビュー)	- 29 -
4.1.4 CCAR2013 の実施結果	- 31 -
4.2 EU 地域	- 32 -
4.2.1 欧州銀行監督機構 (EBA) 実施のストレステストの概要	- 32 -
4.2.2 マクロ経済シナリオ	- 35 -
4.2.3 テスト実施方法	- 38 -
4.2.4 テスト実施結果	- 39 -
4.3 イギリス	- 41 -
4.3.1 リバース・ストレステスト	- 42 -
4.3.2 FSAP ボトムアップ・ソルベンシー・ストレステスト	- 46 -
4.4 デンマーク	- 48 -
4.4.1 マクロ経済シナリオ	- 49 -
4.4.2 テスト実施結果	- 49 -
5. ストレステスト実施に伴う課題	- 52 -
5.1 ストレステストにおける信用リスクモデルの取り扱い	- 54 -
5.2 モデルが不整合となるリスク	- 56 -
5.3 信用リスク変数の選択	- 57 -
6. 結論 (第1部)	- 58 -

第2部

1. はじめに (第2部)	- 64 -
2. 先行研究	- 64 -
3. デフォルトリスク・モデル	- 65 -
4. データ	- 68 -
5. リスクファクターの推定手順と結果	- 74 -
5.1 リスクファクターの推定手順	- 74 -
5.2 リスクファクターの推定結果	- 80 -
5.3 格付分布	- 82 -
5.4 AR 値	- 84 -
5.5 デフォルト確率の予測	- 87 -
6. 結論 (第2部)	- 87 -

第1部 既存プラクティスの調査と政策提言

1. はじめに（第1部）

グローバル金融危機後、金融機関の内部リスク管理、および監督当局の金融システム安定化・健全性維持の有力な手段として、ストレステストが注目されてきており、今日まで監督当局あるいは金融機関が主体となって様々なテストが実践されてきている。証券化商品や信用デリバティブなどの複雑な商品の登場によって、金融機関が、以前にもまして、実体経済と金融資本市場との相互関連性の中で活動する環境になってきており、従来の平時のリスク管理手法のみでは不十分であることが先の危機で露呈した。

しかしながら、ストレステストの方法論とその実施において、いまだ十分な検討・実施が行われていない課題がいくつか残されている。ストレステストには、いくつかのアプローチがあるが、例えば、ストレス賦課を正確に反映するリスク計量手法・モデルが、十分に議論・成熟していない点が挙げられる。この点は、往々にしてシナリオの妥当性の議論あるいはストレステストの持つ統計的な検証の難しさに隠れて、実務界・学界ともオープンな議論がされてこなかった点であろうと考えられる。

そこで、本稿では、金融庁監督局との議論の上、マクロ経済変数および金融資本市場変数の影響を考慮したマクロストレステストにフォーカスして研究を進めることとした。特に、金融当局がストレスシナリオを設定し、テスト参加銀行が保有するエクスポージャーに対してシナリオ・インパクトの評価を行うボトムアップ・アプローチは、金融安定化の重要な手段であり、その手法について深化する意義が大きいと考えられる。欧米では、アメリカの CCAR (The Comprehensive Capital Analysis and Review: 包括的資本分析およびレビュー) や欧州銀行監督機構 (EBA) 実施のストレステストなどが定期的あるいは不定期に実施されているが、わが国においても、今後の定期的なテスト実施に向けた手法の向上が課題であると考えられる。

本稿は2部構成とするが、第1部では、最初に、ストレステストのアプローチを整理する。次に、近年、国内外で実施されてきたマクロストレステストの実践例をサーベイし、計測手法・モデル上の課題を明らかにする。まず、国際機関あるいは監督当局が実施するストレステストとして著名なものとして、IMF が各国の監督当局と協力して実施する金融セクター評価プログラム (Financial Sector Assessment Program; FSAP) が挙げられるが、わが国の実施例について調査の上、検討を行う。また、アメリカ、EU 地域他、主要な諸外国・地域におけるマクロストレステストの実施例を調査し、各国・地域の概要を整理・検討する。そして、調査結果に加え、著者のこれまでの研究および実務上の経験を踏まえ、ストレステスト実施に伴う課題を整理し、金融システム安定化のための一施策として、監督当局がストレステストを実施する際の政策提言を行う。

2. ストレステストのアプローチ

信用リスクのストレステストは、一般に 3 段階からなる。(i)あるホライズン（リスク計測期間）に対して、予め設定したストレスシナリオを所与としたマクロ経済変数の予測、(ii)銀行の信用リスクパラメーター（典型的にはデフォルト確率（PD）とデフォルト時損失率（LGD））に対する、ストレス賦課したマクロ経済変数のインパクトの推定、および(iii)これら信用リスクパラメーターを使用して銀行の損益（健全性）に対するストレスシナリオのインパクトの評価である（図 2.1 参照）。

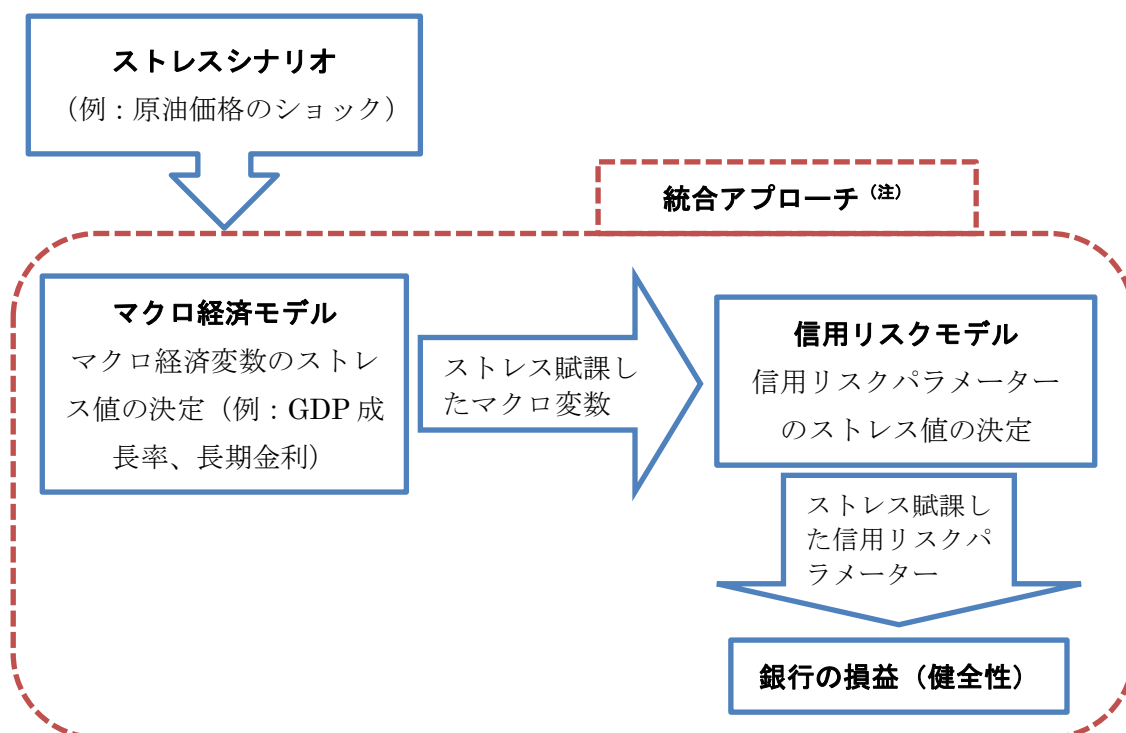


図 2.1：信用リスクのストレステストの典型例

（注）このアプローチに対して、マクロ経済モデルと信用リスクモデルを別々の要素として扱うアプローチをモジュラー・アプローチという。

(i)と(ii)の段階の実施には一般には 2 つの異なるモデル化が含まれる。第一に、あるホライズンに対して、予め設定したストレスシナリオを所与としたマクロ経済変数の予測に関しては、マクロ経済モデルが典型的に使用される。一般に、1 つ以上のマクロ経済変数に対するストレスショックがモデルに取り込まれ、モデル式によりショックの結果としてホライズンに対してマクロ経済変数が、どのように変動するかを決定する。第二に、モデル化の要素は、そのホライズンに対して、銀行の信用リスクパラメーターに対する幾つかのストレス賦課したマクロ経済変数のインパクトを推定する必要がある。信用リスクモデル¹は、

¹ 一般に、PD 推定、LGD 推定等の信用パラメーター推定モデルと信用ポートフォリオリスク計量モデル

銀行の信用リスクパラメーターをマクロ経済変数とリンクする方程式を一つ以上保有することを前提とする。²マクロ経済モデルから導出したストレス賦課したマクロ経済変数は、信用リスクパラメーターのストレス値を得るためにこのモデルに投入される。最終的に信用リスクパラメーターのストレス値は、銀行のポートフォリオの損益に反映され、健全性へのインパクトを推定するのに供される。初期段階のストレステストは、インパクトを表す指標として期待損失（EL）を推定するものがほとんどであったが、近年はポートフォリオ全体の損失分布、すなわち信用 VaR 等のテイルリスク（そのバッファーとしての経済資本）を推定する方向に変化してきている点に留意したい。

さて、マクロストレステストは、ストレステストの中で、マクロ経済に甚大な影響を及ぼすマクロイベントの中で、グローバル金融危機や欧州債務危機などマクロ経済事象のシナリオを出発点として、ポートフォリオに対するシナリオのインパクトを分析する方法である。マクロストレステストには、トップダウン・アプローチとボトムアップ・アプローチがある。

トップダウン・アプローチは、民間銀行のバランスシート上のエクスポージャーに基づいて、金融当局（監督当局、中央銀行）が金融システムに対するショックのインパクトを「マクロ経済モデル」と「金融モデル」を使用して評価するアプローチである。

これに対して、ボトムアップ・アプローチは、金融当局が、あるストレスシナリオを設定し、テストに参加する銀行は、そのストレスシナリオに対する信用リスクパラメーターを推定し、自己のポジションあるいはエクスポージャーに対するシナリオのインパクトを評価し、最終的には、金融当局は、ストレスシナリオのシステミックなインパクトを評価するために参加銀行の評価結果を合算するアプローチである。時には、金融当局が参加銀行にマクロ経済変数のストレス値と信用リスクパラメーターのストレス値を一緒に提供する場合でも、参加銀行が自己のポジションあるいはエクスポージャーに対するシナリオのインパクトを評価する段階を実施する場合には、ボトムアップ・アプローチといわれる。

マクロ経済モデルは、典型的には、詳細な金融セクターの変数や信用リスク関連の変数を含まず、上述の二つのモデル化要素が、ストレステストのフレームワークでは、2つの別々の要素として考慮される。このアプローチを「モジュラー・アプローチ」といい、信用リスクモデルは「サテライトモデル」（補助的モデル）と言われる場合がある。これに対して、信用リスクパラメーター（信用リスク変数）³とマクロ経済変数との関係式が、マクロ経済モデルに統合ないしは同時推定される場合、このアプローチは「統合アプローチ」といわれる（図 2.1 の点線部分を参照）。

に分類される。ここでは、前者の信用パラメーター推定モデルを指す。

² ただし、わが国の銀行が保有する信用リスクモデルには、その機能が備わっていない場合が多い。

³ 信用リスクパラメーターは、デフォルト確率（PD）、デフォルト時損失率（LGD）、デフォルト時エクスポージャー（EAD）、相関係数行列などを指す。他方、信用リスク変数とは、信用リスクパラメーターの元となる変数を表す。例えば、信用リスクパラメーターの PD に対応する信用リスク変数には、デフォルトデータから計算されるデフォルト率、不良債権比率、あるいは貸倒引当率などが挙げられる。

2.1 トップダウン・アプローチ

金融当局（監督当局、中央銀行）は、各種のモデル・手法を利用して、マクロ経済のストレスシナリオの作成を行う。モデル・手法は、大別すると 3 種類に分類することができる。各モデル・手法とそれぞれの採用例を表 2.1 に示す。

マクロ経済モデルは、仮定したストレス下におけるマクロ経済指標の水準を評価するために使用され、シミュレーションにより、GDP、金利、為替レート等、金融・経済変数のある範囲の数値を出力するものである。このモデルを使用する場合、ストレスシナリオに応じて予測値が整合性のとれたものとなる。ただし、線形のモデルの場合、ストレス時に非線形のマクロ経済変数間の関係を捕捉することができない。なお、金融セクター評価プログラム（Financial Sector Assessment program: FSAP）⁴対応上、欧州の主要金融当局は、金融政策のために開発した国内マクロ経済モデルを使用した⁴が、残念ながら、このモデルでは、国際的な影響までは把握することができない。

表 2.1：マクロ経済のストレスシナリオの作成方法

方法	採用例
マクロ経済モデル	ドイツ連邦銀行、フランス銀行委員会・フランス銀行、イタリア銀行（4 半期モデル）、ノルウェー銀行
ベクトル値自己回帰手法 (VAR、GVAR、VEC)	イングランド銀行（GVAR）、欧州中央銀行（GVAR）、スペイン銀行（VAR(1)）、オランダ銀行（VAR(2)）、スウェーデン国立銀行（VEC）
通常の統計手法	オーストリア国立銀行（SRM: Systemic Risk Monitor）

当局が、十分に開発されたマクロ経済モデルを使用することができない場合、あるいは、整合性のとれたショックを柔軟に生成することができない場合、次の可能性として、ベクトル値自己回帰手法が挙げられる。例としては、ベクトル値自己回帰（VAR: Vector Autoregressive）モデル、あるいは多変量誤差修正（VEC: Vector Error Correction）モデルが挙げられる。これらのモデルでは、マクロ経済変数の集合が初期のショックに同時に影響を受け、ベクトル過程は、この変数集合に対するストレスシナリオのインパクトを予測するのに使用される。ここで、VAR モデルは、一般に m 個の変数を含み、1 期前から p 期前までの各変数の過去データの加重和と当期の攪乱項から成り立っている。なお、この形式のモデルを p 次の VAR モデルと呼び、VAR(p)と表す。

また、VAR モデルの拡張モデルとして、国内変数と外国変数が同時に相互作用するグローバル・ベクトル値自己回帰モデル（GVAR: Global Vector Auto Regressive Model）がある。

⁴ 1999 年 5 月に IMF と世界銀行が開始した加盟国の金融システムに関する包括的なプログラムである。金融危機防止に資するため、IMF と世界銀行が、それぞれが責任を有する中心分野において基準設定機関としての役割を果たし、11 の異なる分野における国際的に認められた基準と規範に関して、加盟国における遵守状況を評価し、必要に応じて改革の実施をサポートする。

GVAR モデルは、各国間の相互依存性を調べるための多国間のフレームワークであり、一般には、複数国の経済をそれぞれの国の VAR モデルでモデル化して構築される。

既に述べた 2 つ以外のモデル・手法として、オーストリア国立銀行が開発したシステムック・リスク・モニター (SRM: Systemic Risk Monitor) がある。このモデルでは、銀行のシナリオ評価のために、信用リスクと市場リスクのモデルと金融システムのネットワークモデルを統合した (図 2.2 参照)。

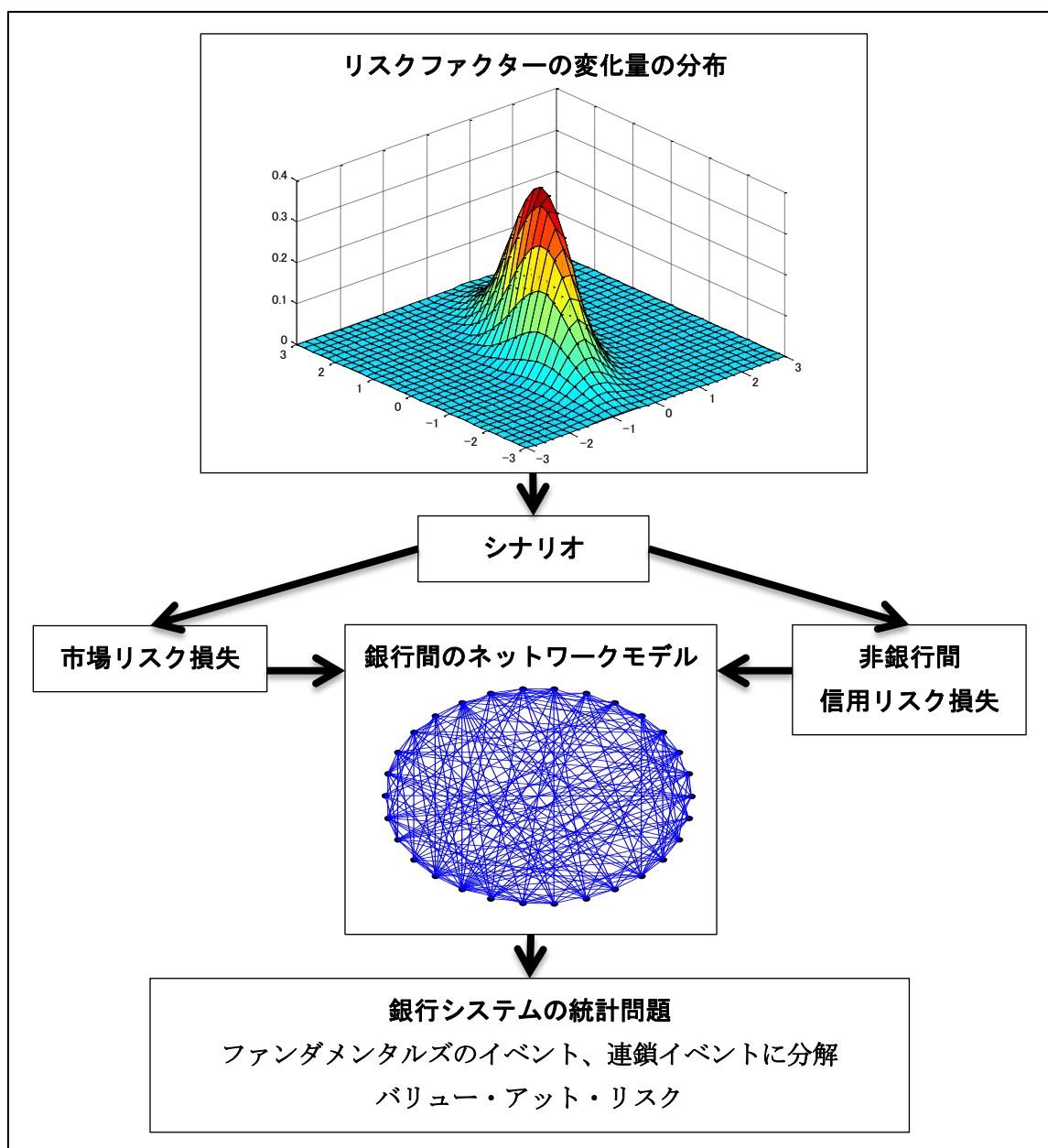


図 2.2 : システミック・リスク・モニターの基本概念図
(資料) Boss 他 (2006) pp.85. Chart 1 を再作成。

まず、金融システムにおけるポートフォリオの損益分布を分析するために、リスクファクターの変化量の分布を特定する。図 2.2 の上部のイメージ図は、多変量リスクファクター分布をイメージしたものである。ここで、リスクファクターとは、ローンポートフォリオの質に影響を与えるマクロ経済変数の他、株価指数、金利、および為替レートのようなポートフォリオ価値を決定するような市場価格を指す。

そして、リスクファクターの周辺分布と依存構造を別々に取扱い、周辺分布については、統計的検定によって、アウト・オブ・サンプルデータを使って、各リスクファクターの変化の密度関数として最もよく適合するようなものを選択し、今度は選択した周辺分布に群別 t -コピュラ⁵をフィッティングさせてモデル化するものである。

その他の欧州主要国の金融当局による信用リスクのマクロストレス手法についても、その概要を表 2.2 に示すので参照されたい。

⁵ 通常の d 次元 t -コピュラは、

$$C_{\nu, P}^t(u) = t_{\nu, P}(t_{\nu}^{-1}(u_1), \dots, t_{\nu}^{-1}(u_n))$$

の形をとる。ここで、 t_{ν} は自由度 ν の 1 変量標準 t 分布関数で、 t_{ν}^{-1} はその逆関数である。また、 $t_{\nu, P}$ は自由度 ν 、相関行列 P の d 変量 t 分布 $t_d(\nu, 0, P)$ に従うベクトル X の同時分布関数である。

群別 t -コピュラでは、周辺分布関数 $u_1 = F_1(X_1), \dots, u_n = F_n(X_n)$ が 1 変量 t 分布に従うものの、異なる自由度パラメーター $\nu_1, \dots, \nu_n$ を持つ。なお、詳細は、Oesterreichische Nationalbank (2006) の 2.2.3 節を参照されたい。

表 2.2：欧州の金融当局による信用リスクのマクロストレス手法

当局	信用リスクモデル		データ／推定方法	マクロ経済モデル	ストレス手法	インパクト指標
	従属変数	独立変数				
イングランド銀行	合算デフォルト率のロジット変換	・ GDP 成長率 ・ 短期金利 ・ 株価収益率	4 半期データ（各種標本データ）に線形最小自乗回帰	マクロ経済シナリオは、2 カ国 GVAR（英国、米国）モデルにより生成。6 カ国の変数と 1 つの外国変数を含む。	条件付／非条件付の GVAR シミュレーション、過去の景気後退、パラメーターの急変	ストレス賦課した資産分布
欧州中央銀行	ユーロ地域企業の EDF ⁶ （予想デフォルト率）	・ ユーロ地域の実質 GDP ・ CPI インフレ率 ・ 実質株価 ・ 実質ユーロ／米ドル為替レート ・ 短期金利	・ EDF の中央値の回帰モデル（合算モデル 1 個、業種モデル 8 個） ・ 4 半期データ ・ 1992－2005 年	マクロ経済シナリオは 7 変数（6 つの国・地域の変数、各国・地域固有の外国変数ベクトル）と 33 カ国を含む GVAR モデルによって生成される。元々ユーロ圏の 11 カ国のうち 8 カ国は同じグループにまとめられ、残り 25 カ国は VEC モデルで個別にモデル化されている。	GVAR モデルのマクロ変数の 1 つに対して 5 標準偏差分のショックを掛け、それに対するインパルス応答関数を求める。	ストレス賦課した信用損失分布
ドイツ連邦銀行	貸倒引当率のロジット変換	・ ラグ付従属変数 ・ 信用成長率 ・ 実質 GDP 成長率 ・ 短期金利の変化率	・ 2 つの同時方程式 ・ 1993 年からのパネルデータで動的パネル推定	マクロ経済変数の予測のために使用されているドイツ連邦銀行で開発されたマクロ経済モデル	外生変数に対する当初のショックを所与として、マクロ経済変数のストレス値が信用リスクモデルの入力値である変数のショック後価値を予測するために使用される。	貸倒引当金
フランス銀行委員会とフランス銀行	格付推移確率のロジット変換	・ GDP ・ 短期金利 ・ 長期金利	推移行列とマクロ経済変数に基づくロジット／プロビット推定	フランス銀行がマクロ経済予測のために開発したマスコット(Mascotte)マクロ経済モデル	マクロ経済モデルからの出力値（ストレス GDP、短期金利、長期金利）を信用リスクモデルに入力する。	（信用リスクモデルによって）ストレス賦課した信用リスク・アセットと（仲介収入モデルによって）ストレス賦課した自己資本によるストレス賦課のソルベンシー比率

⁶ Moody's Analytics 社（前 Moody's KMV 社）が商用で提供するフォワードルッキングな予想デフォルト率をいう。

当局	信用リスクモデル		データ／推定方法	マクロ経済モデル	ストレス手法	インパクト指標
	従属変数	独立変数				
オーストリア 国立銀行	業種別デフォルト率のロジット変換の一次差分	以下の業種別変数 ・実質 GDP ・業種別生産量 ・失業率 ・設備投資 ・ユーロの原油(ブレント) ・実質短期金利 ・実質 5 年金利 ・全ての変数(失業率を除く)は 4 つの 4 半期に対する移動平均対数変化率として計算。	・観測された業種別デフォルト率のロジット変換の一次差分の最尤推定 ・7 業種(全 11 業種あり)に対して独立して推定 ・1969-2007 年間の 4 半期データ	① システミック・リスク・モニター： 4 つのグループ(マクロ経済変数、金利、為替、株価指数)に関する t-グループ・コピュラによるマクロ経済ファクターと市場リスクファクターの同時分布のモデル化	① システミック・リスク・モニター： リスクファクター(マクロ経済変数と市場リスクファクター)は、パーセント点を増やし、ストレス値に設定する。	・ストレス賦課の自己資本比率と予想損失額 ・システミック・リスク・モニターで、信用リスクモデルは統合され、損失分布は CreditRisk+の修正版を使って推定する。
				② FSAP2007 関連： 当初のショックを所与として、マクロ経済変数を予測するために、オーストリア国立銀行で開発した国内モデルと NiGEM(全英経済研究所)世界モデル	② FSAP2007 関連： マクロ経済モデルの予測結果は、予測結果は、信用リスクモデルの入力値として使用される。	
スペイン 銀行	デフォルト率のプロビット変換	・実質 GDP 成長率の 4 半期変化 ・3 カ月実質金利変化率 ・タームスプレッド ⁷ ・6 業種の変数 ・2 つの潜在ファクター	・企業に対する 10 業種の方程式 ・1984 年 Q4-2006 年 Q4 間の家計に対する 2 つの方程式	マクロ経済変数と潜在ファクターに対する VAR(1)推定	GDP と金利変数に対する人工のショック(3 標準偏差)がイノベーションのベクトルに導入されている。	ストレス賦課した信用損失分布

⁷ ターム物レートとオーバーナイト・コールレートとの差を指す。

当局	信用リスクモデル		データ／推定方法	マクロ経済モデル	ストレス手法	インパクト指標
	従属変数	独立変数				
イタリ ア銀行	・企業のデフォルト率 ・生産ギャップ ・インフレ率 ・実質為替レート		・1990－2005 年 ・4 半期データ ・VAR(1)モデルの推定	・イタリア銀行の 4 半期マクロ経済モデル ・ユーロ地域および（あるいは）世界経済に影響を与えるショックについては、ユーロシステム⁸の予測に使用するサテライトモデルあるいは IMF モデルを適用。	マクロ経済モデルの出力値（ストレス賦課の出力ギャップと金利）が信用リスク VAR モデルの入力値となる。	ストレス賦課したデフォルト率と予想損失額
	業種別デフォルト率（8 業種）のロジット変換	・GDP 成長率 ・株価指数 ・競争力指標 ・金利 ・業種に依存した 2 つの信用伝播に関する潜在ファクター	・1990－2006 年 ・4 半期データ ・外見無相関回帰（SUR）推定	イタリア銀行の 4 半期マクロ経済モデル（開発中）	ストレス賦課したマクロ経済変数によるマクロモデルの出力値が業種別信用リスクモデルの入力値（開発中）となる。	ストレス賦課した信用損失分布（開発中）

⁸ まず、EU 地域では、欧州中央銀行 (ECB: European Central Bank) および EU 加盟 27 カ国全ての中央銀行によって、欧州中央銀行制度 (ESCB: European System of Central Banks) が構成されている。しかし、EU27 カ国のうち 11 カ国（デンマーク、スウェーデン、イギリス、ブルガリア、チェコ、エストニア、ハンガリー、ラトビア、リトアニア、ポーランド、ルーマニア）は、ユーロを導入していないことから、EU 全体の中央銀行制度のうちユーロ圏の中央銀行制度について、ユーロシステム (Eurosystem) という用語が用いられており、ECB およびユーロを導入した 16 カ国の中央銀行によって構成されている。

当局	信用リスクモデル		データ／推定方法	マクロ経済モデル	ストレス手法	インパクト指標
	従属変数	独立変数				
オランダ銀行	デフォルト率のロジット変換	・実質 GDP ・タームスプレッド	・2 同時方程式系 ・1990－2004 年の年次データ ・パネル推定	① オランダ銀行開発の国内マクロ経済モデルと NiGEM（全英経済研究所）世界モデル。これらは外生変数に対する当初のショックを所与としたマクロ経済変数の予測に使用される。 ② 信用リスク方程式に含まれるマクロ経済変数に対する VAR (2)モデル	第 1 のタイプのストレス：マクロ経済モデルの出力値として得られる基本シナリオからのマクロ変数の乖離が信用リスクモデルの入力値となる。	第 1 のタイプのストレス：ストレス PD と予想損失額
	貸倒引当率のロジット変換	・実質 GDP 成長率 ・長期金利 ・デフォルト率のロジット変換			第 2 のタイプのストレス：マクロ経済モデルによって予測されたマクロ変数のストレス賦課後の価値が信用リスクのマクロ経済変数モデル AR(2)あるいは VAR(2)の推定に使用される。	第 2 のタイプのストレス：ストレス賦課した信用損失分布をストレス VAR(2)モデルで使用するマクロ変数をシミュレーションして求める。
	信用成長率	・ラグ付従属変数 ・実質 GDP 成長率 ・短期金利の変化率				
スウェーデン国立銀行	・スウェーデン上場企業の EDF ・国内産業生産指数 ・国内消費者物価指数 ・名目国内金利 3 カ月物		・1997 年－2006 年間の月次データ ・VEC モデルの推定	政策シミュレーションに使用される DSGE ⁹ モデルが予測を行い、VEC モデルに含まれる 3 つのマクロ変数に対するストレスシナリオを生成する。	VEC モデルが DSGE モデルに基づくアドホックなストレスシナリオに関するモデルを条件として、ストレス EDF を予測するために使用される。	・条件付 (ストレス) EDF ・条件付 (ストレス) EDF は信用損失分布の入力値として使用される。
ノルウェー銀行	・貸倒率 ・RWD=PD×負債金額 ・倒産確率 (PD)	・ラグ付リスク加重負債 ・住宅価格 ・年齢、規模、企業収益を表す会計変数、流動性、金融体力	ノルウェー銀行の会計情報データベースで 1990～1996 年間の全企業 (約 40 万社) を使って推定された個々の倒産確率を予測するロジットモデル	シナリオはノルウェー銀行のマクロ経済モデルを使用して作成した。このモデルによる予測は基本シナリオとして使用された。	マクロ経済モデルからのマクロ変数の変化は会計変数の変化に変換され、ストレス PD が得られる。	予想損失額

⁹ 動学的確率的一般均衡 (Dynamic Stochastic General Equilibrium) モデルを指す。

<金融庁金融研究センター ディスカッションペーパー DP2013-7 (2013 年 7 月) >

当局	信用リスクモデル		データ／推定方法	マクロ経済モデル	ストレス手法	インパクト指標
	従属変数	独立変数				
ス イ ス 国 立 銀 行	貸倒引当率のロジ ット変換	・ GDP 成長率 ・ 失業率 ・ 3 カ月物金利の水準 ・ 社債スプレッド ・ 銀行の制御変数	・ 1987－2004 年間のデータ ・ 静的および動的パネル推定	該当なし。	・ マクロ経済変数はストレスシナリオで仮定した数値に置き換えられる。 ・ それら変数のうち 1 つに与える当初のショックを所与として、残りの変数の変化がヒストリカルな相関を通じて決定される。	貸倒引当金

(資料) 各国・地域の中央銀行発行の金融安定化レポート等を基に要約。

2.2 ボトムアップ・アプローチ

ボトムアップ・ストレステストは、一般には、中央銀行あるいは監督当局が設定したストレスシナリオに対して、テストに参加する銀行が自己の金融ポジション・エクスポージャーに対するシナリオのインパクトを、銀行内部で開発したモデルを使用して行うテストである。トップダウン・ストレステストとの重要な違いは、銀行が使用するモデルは、その銀行固有のものであるという点である。

したがって、たとえ 2 つの銀行が同じ貸借対照表と損益計算書を持っていたとしても、同じストレスシナリオのインパクトは異なるものになる。このため、ストレステストの結果を銀行間で比較することは難しい。他方、ボトムアップテストの利点として、個々の銀行の全エクスポージャーを使って、非常に詳細な情報を利用することが可能な点が挙げられる。すなわち、個々の銀行がマクロ経済の悪化や市況からどのように影響を受けるか詳細に分析することが可能である。

また、各行が信用ポートフォリオのリスク計量で使用する内部モデルには、一般にリスクファクターとしてのマクロ経済変数が使用されておらず、デフォルト確率（PD）、デフォルト時損失率（LGD）、デフォルト時エクスポージャー（EAD）、あるいは格付推移行列などのリスクパラメーターを直接入力するモデルが一般的である。このため、通常業務で使用する信用 VaR などのリスク量を計量化するモデルとは異なるモデルで、ストレステストを実施する場合が見られる。この場合、モデルの一貫性がないため、ストレスシナリオに対するリスク量の増嵩を注意して原因を考慮しなければならない。

次章以降で説明する金融セクター評価プログラム（FSAP）で行われるストレステストにおいても、トップダウン・ストレステストと併せて、ボトムアップ・ストレステストを実施するケースが見られる。どのようなテスト実施体制をとるにしても、監督上の視点として、ストレスシナリオのリスクパラメーターおよびリスク量への変換過程を注意して検証することが肝要である。

リバース・ストレステスト

通常のストレステストでは、シナリオは過去の経験に基づくもの（ヒストリカル・シナリオ）、あるいは将来発生が予想されるイベントに関する専門家の知見に基づいて選択されるもの（仮想シナリオ）があり、その目的は金融機関の生存可能性を評価することである。これに対して、リバース・ストレステスト（reverse stress test）は、金融機関が生存とデフォルトの境界を踏み越えるシナリオを正確に発見することを目的とする。

このテストでは、信用格付の低下、各種ファンディング市場の閉鎖、オペレーショナルリスクにかかるイベントの発生、大規模なカウンターパーティの破綻などに関して、業務計画が実行できない原因となるストレス状況を特定し、そうしたストレスイベントが具体化するシナリオの確率を評価する。

学術研究上、ボトムアップ・アプローチによるリバース・ストレステストを研究したものと

して、Skoglund and Chen (2009)、Grundke (2011)、あるいは Grundke (2012)などが挙げられる。例えば、Skoglund and Chen (2009)では、CreditMetrics モデルのフレームワークを考慮し、企業の資産価値リターンが、互いに独立で標準正規分布に従う 3 つの確率変数、すなわち、システムティック・リスクファクター、金利リスクファクター、および企業固有のリスクファクターに従うようなモデルを想定し、システムティック・リスクファクターと金利リスクファクターの実現値の組み合わせを 1 つのシナリオとして、発生確率が最大となるシナリオを導出した。この論文で考慮したシステムティック・リスクファクター、すなわちマクロ経済ファクターは 2 変数のみであるが、実務で使用するには、少なくとも 10 変数程度で最大化できることが前提であり、こうした変数の数に対しても、最適化問題において大域的最適解を求めることができるような研究が今後必要となろう。

3. わが国における FSAP ストレステスト

金融セクター評価プログラム（Financial Sector Assessment Program: FSAP）は、FSAP 実施チーム（ミッション）により実施される金融セクターの安定性、健全性を評価するプログラムである。一般に、FSAP には国際通貨基金（IMF）、世界銀行の職員がそれぞれ 5～6 人参加し、他の国の金融監督当局、中央銀行、あるいは国際標準設定機関等¹⁰の職員が 5～6 人 IMF のエキスパートとして加わる。

最近のわが国における FSAP は、IMF によって金融当局（金融庁および日本銀行）との協力の下、2012 年に実施された。このプログラムでは、トップダウン・アプローチとボトムアップ・アプローチの何れのタイプのストレステストも実施された¹¹。トップダウン・ストレステストは、日本銀行が金融システム・レポートで使用しているフレームワークで実施¹²し、また、ボトムアップ・ストレステストは、横断的評価によりテーマ別リスク評価をメガバンクおよび主要な保険会社に対して実施された。

FSAP ストレステストは、システミックなインパクトのある裾リスクを評価する目的で実施され、日本銀行の金融システム・レポートや、監督目的で個別金融機関に適用するテストより

¹⁰ 金融セクター関係の国際標準設定機関等により、国際基準、標準には既に注釈書、説明書等が用意されており、評価作業はこれら文書に照らして実施状況が評価される。通常、次の 5 つの基準がカバーされる。

- ・ BIS（バーゼル委員会）の銀行監督基準
- ・ IMF の金融政策および金融監督の透明性向上のための国際基準
- ・ IOSCO の証券取引規制等に関する国際基準
- ・ IAIS の保険業務監督基準
- ・ CPSS の決済制度に関する国際標準

銀行に対しては、上記の中で BIS、IMF、および CPSS の基準あるいは標準がカバーされる。

¹¹ FSAP では、その他にスピルオーバー・チャネルの評価が行われ、チャネルの 1 つであるカウンターパーティリスクについては、IMF により、Moody's Analytics 社の EDF を用いて、29 の「グローバルにシステム上重要な金融機関」（G-SIFIs）の EDF 間の相関を利用したネットワーク分析が行われた。この手法は、ある国のバンキングシステムの破綻をシミュレーションし、他国に対して、その破綻のスピルオーバー効果を追跡するものである。詳細は、Espinosa-Vega and Solé (2010)を参照されたい。

¹² 簡単な概要は、日本銀行（2012）にも紹介されている。

も包括的である。銀行セクターに対するトップダウン・ストレステストに関しては、計算は全て日本銀行が行い、また、ボトムアップ・ストレステストに関しては、FSAP チームと合意した仮定とパラメーターに基づいて、参加銀行および保険会社を実施した。表 3.1 には、各テストの参加機関の他、使用モデルとテストの設定期間を併せて示しておく。なお、表 3.1 中のボトムアップ・ストレステストに参加した 3 メガバンクグループの預金取扱機関における総資産シェアは 41%であり、ボトムアップ・ストレステストにおけるリスクの対象範囲は、国内事業法人、国内住宅ローン、海外ローンに起因する信用リスクと株式・債券の評価損益（市場リスク）である。

表 3.1 : 参加者リスト

	銀 行		(参考) 保険会社	
			生命保険会社	損害保険会社
テ ス ト の 種 類	ボトムアップ・ス トレステスト	トップダウン・ス トレステスト	ボトムアップ・ストレステスト	
参 加 機 関	みずほFG、MU FG、SMFG	全主要行 11 行と地 方銀行 100 行 (第 1 地銀 63 行、第 2 地 銀 37 行)	明治安田生命、第 一生命、住友生命、 日本生命	東京海上日動火災、 損害保険ジャパン、 日本興亜損害保険、 三井住友海上火災 保険、あいおいニッ セイ同和損害保険
使 用 モ デル	銀行の内部モデル	日本銀行の内部モ デル (FSR のモデ ルをベース)	生保各社の内部モ デル	損保各社の内部モ デル
テ ス ト の 設 定 期間	2 年間 (2013 年 3 月から 2014 年)	5 年間 (2013 年 3 月から 2017 年 3 月)、一部シナリオ については 2 年間	2 年間	

3.1 ストレステストの枠組み

2012 年の FSAP では、FSAP 実施チームは、ボトムアップ・ストレステストおよびトップダウン・ストレステストに対して、わが国固有の重要なマクロ金融リスクを捕捉するマクロシナリオを 3 つ設定し、銀行セクターおよび保険セクターに適用した。加えて、各セクター固有の追加のテストを実施した。

ただし、重要な制約が幾つかあり、銀行セクターのボトムアップ・ストレステストに関係のある点を抜粋して挙げると、まず、FSAP チームは、他国の FSAP 実施と同様、監督当局が保有するデータに直接アクセスしておらず、ボトムアップ・ストレステストの結果は、合算ベ-

スでのみ IMF に報告されているに過ぎない。また、大口与信による集中リスクや中小企業に対する様々な支援策を調整したインパクトに言及していない。また、ゆうちょ銀行や農林中央金庫などの特定の大規模な金融機関をテストの対象に含めていない。

3.2 シナリオとテストの仮定

設定したシナリオは、基本シナリオ（ベースライン）1 本とストレスシナリオ 4 本である。基本シナリオは、2011 年 9 月現在の World Economic Outlook の予測に基づくものであり、また、ストレスシナリオは、以下の(a)から(c)の通り設定された（図 3.1 参照）。

- (a) グローバルな W 型景気後退シナリオ（図 3.1 の Double dip mild と Double dip severe の 2 本の線に対応）

中国において相当程度の景気後退（GDP の一標準偏差の穏やかなショックと二標準偏差の厳しめのショックの 2 種類）とともに、ヨーロッパにおいてソブリンリスクを引き金とした急激なグローバルな景気後退、アメリカにおける経済成長の悪化が起きる。

- (b) デフレ圧力を伴う景気後退の長期化シナリオ（図 3.1 の Protracted growth の線に対応）

このシナリオを誘発要因には、円高の長期化、グローバルな景気後退の長期化、国内の主要な財政構造改革の遅れが含まれる。

- (c) 市場利回りの急騰を伴う W 型景気後退の長期化シナリオ（図 3.1 の Global double dip mild + 100bps market yield surge の線に対応）

GDP に対するショックが、1980 年から 2010 年までのデータを使って計算した一標準偏差から二標準偏差に達する、グローバルの穏やかな W 型景気後退＋国内市場利回りが 100 ベーシスポイントだけ急騰するシナリオである。

それぞれのシナリオに対するマクロ経済上の仮定は、日本銀行の 5 変数マクロ VAR モデルと IMF の DSGE(Dynamic Stochastic General Equilibrium)モデルを相互参照して、エキスパートジャッジを加味して作成された。また、テスト参加銀行は上記(a)および(c)の「W 型景気後退シナリオ」に対してのみ、欧州主要国の国別国債損失を計算するように要求された（表 3.2 参照）。

なお、銀行のトップダウン・ストレステストでは、別途、市場利回りのショックの感応度テストも実施した。また、保険会社固有のショックとしては、生命保険の死亡率のバラつきを拡大するような伝染病の発生や損害保険会社の再保険の失敗を含めてシミュレーションした。

GDP のショックは FSAP の実施方法に合わせており、当局が平時に考慮するよりも厳しいものである。金利ショックは、ヒストリカルな裾イベントと平仄をとり、これまで国債市場で観測された制約を受けたボラティリティのために小さい。市場利回りのショックは、わが国金融機関が内部リスク管理目的で考慮している範囲内に収まっていると考えられる。

表 3.2 : ボトムアップ・ストレステストの参加銀行に提示された変数リスト

資産所在地	変 数
日本	実質および名目 GDP 成長率、TOPIX、10 年国債、短期金利、社債スプレッド (A 格)、失業率
アメリカ	実質および名目 GDP 成長率、DJIA、10 年米国債利回り、短期金利、社債スプレッド (A 格)、円ドル名目為替レート
欧州	実質および名目 GDP 成長率、DAX、10 年ドイツ国債利回り、短期金利、格付スプレッド (A 格)、円／ユーロ名目為替レート、2 年・5 年・10 年国債利回り (イギリス、フランス、ベルギー、イタリア、スペイン、ポルトガル、アイルランド)、ギリシャ国債のヘアカット (債務元本の減免)
その他	中国の実質および名目 GDP 成長率、日本と中国を除くアジアの実質および名目 GDP 成長率

(資料) IMF (2012b), pp.14, Table 3.

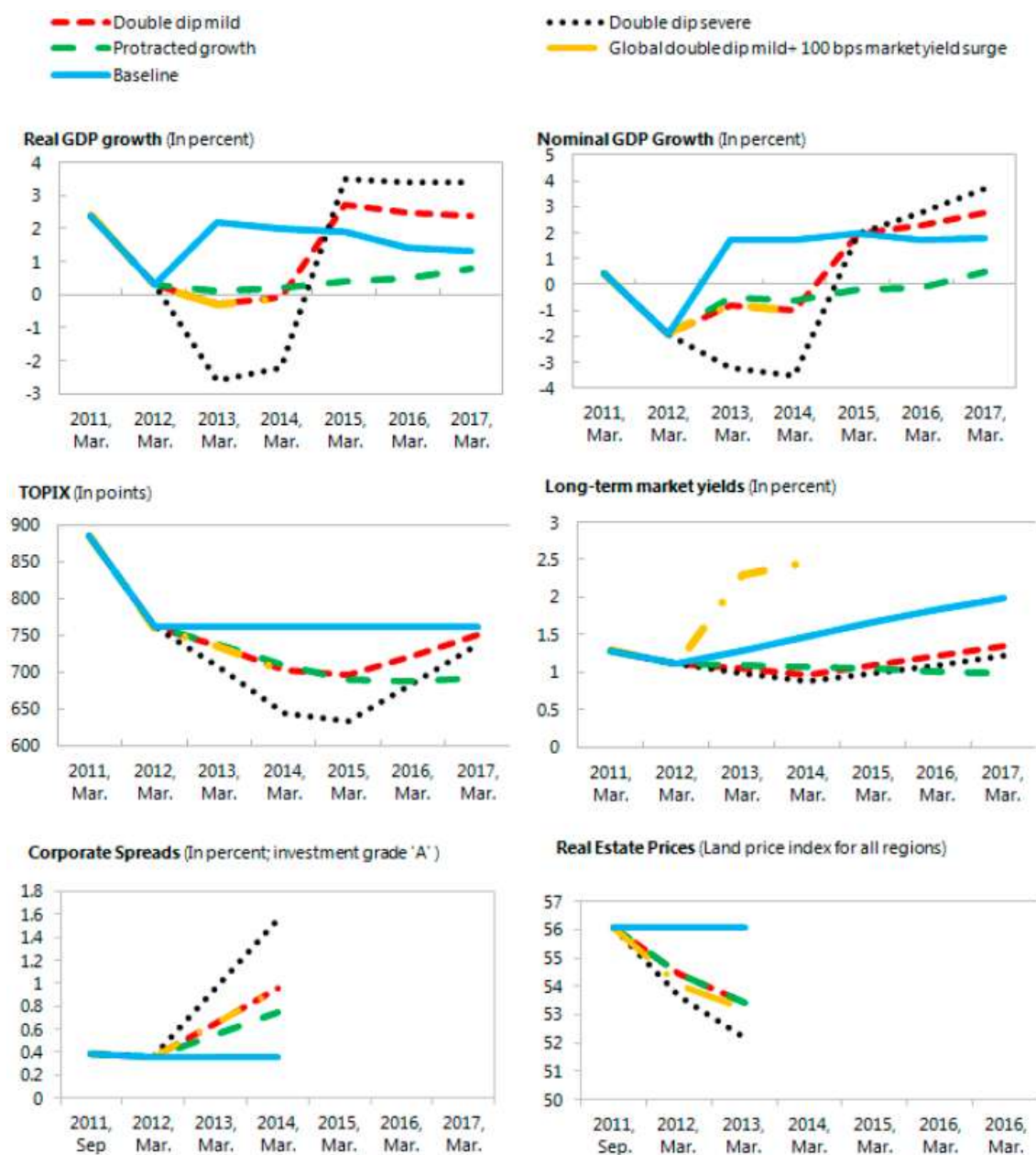


図 3.1：日本の主要なマクロ経済変数のシナリオ

(注 1) 左上から、右上、左中という方向に、実質 GDP 成長率、名目 GDP 成長率、TOPIX、10 年国債利回り、社債スプレッド (A 格)、および不動産価格を表す。

(注 2) Double dip mild: 中国における相当程度の景気後退シナリオ (GDP の一標準偏差の穏やかなショック)、Double dip severe: 中国における相当程度の景気後退シナリオ (GDP の二標準偏差の厳しめのショック)、Protracted growth: デフレ圧力を伴う景気後退の長期化シナリオ、および Global double dip+100bps market yield surge: 市場利回りが 100 ベーシスポイントの急騰を伴う W 型景気後退の長期化シナリオ、を表す。

(資料) IMF (2012a), pp.50, Figure 8.

3.3 テスト実施結果

ストレステストの結果、わが国の銀行および保険会社は、FSAP テストで考慮した一定範囲のストレス賦課したマクロファイナンス・シナリオに耐える能力を有していると考えられると報告されている。すなわち、テストにより、主要行については、バーゼルⅢにおける、より高い資本要件を達成する能力を有していることが判明した。また、保険会社については、全保険会社とも 3 つのストレスシナリオの下で、規制要件よりも高いソルベン・シーマージンを維持していると報告している。わが国へのグローバルからのスピルオーバー効果は、欧州で現在よりも景気後退が深まったとしても、管理可能であるとしている。

国債市場のエクスポージャーは、金融システムの中心的なリスクの 1 つである。ストレステストにより、100 ベーシスポイントの市場利回りショックを伴うマクロ経済ストレスシナリオは、管理可能なインパクトを及ぼすに留まるが、このシナリオのエクスポージャーは、注意深いモニタリングやコンティンジェンシー・プランが必要であることがわかる。事実、市場利回りのショックは、潜在的に公共部門と金融セクターおよび実体経済間のフィードバック効果の引き金になる要素が潜在的にある。ただし、フィードバック効果は予測が難しく、ストレステストで計測したものよりも厳しく、広範なインパクトを有する可能性がある。

また、FSAP により中小地方銀行は最も脆弱なセグメントを構成していることがわかる。その理由は、信用リスクのエクスポージャーが大きいにも関わらず、それに比べて資本が比較的小さい点が挙げられる。こうした銀行は、自己のリスクプロファイルに照らして、より高い資本バッファーを保有する必要性が力説された。参考までに、わが国における広義の銀行部門の構成を図 3.2 に示す。

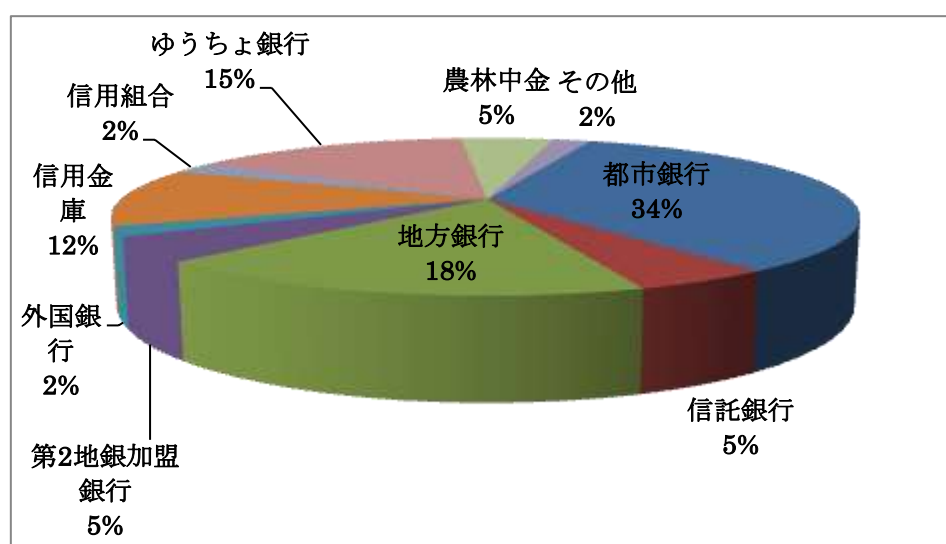


図 3.2： わが国における広義の銀行部門の構成
（2011 年 3 月末現在のセクター別資産割合）

4. 主要諸外国・地域のボトムアップ・アプローチ

この章では、主要な諸外国・地域で実施されているマクロストレステストのボトムアップ・アプローチについてサーベイする。

4.1 アメリカ

アメリカの CCAR（The Comprehensive Capital Analysis and Review: 包括的資本分析およびレビュー）について概説する。

4.1.1 CCAR の概要

連邦準備制度（以下、FRB）は、2011 年初めに最初の CCAR を実施した。2011 年 11 月には、「資本計画ルール」（capital plans rule）を採用したが、このルールに従い、連結総資産 500 億ドル以上¹³のアメリカを本拠とする上位の銀行持株会社（BHCs）に、FRB は毎年資本計画を提出するように求めている。直近では、2012 年 11 月に CCAR2013 の実施の指図を行い、2013 年 1 月 7 日に 18 の BHCs（リストは表 4.1 参照）から資本計画を受領した。更に、CCAR に含まれていないが、資本計画ルールの下で毎年資本計画の提出が義務付けられている総資産 500 億ドル以上の 11 の BHCs も 2013 年の CapPR（資本計画レビュー）に参加した¹⁴。

CCAR の目的は、大規模かつ複雑な銀行持株会社が、資金繰りを確保する手段を維持する上で十分な自己資本を保有すること、信用仲介機能を持続的に提供すること、債権者やデリバティブ取引等のカウンターパーティとの債務履行を果たすこと、また、ストレス下の経済環境であっても業務を継続できることを検証することである。

CCAR の手続きとして、まず、大規模かつ複雑な銀行持株会社が、自社の資本計画を立案し、資本十分性の評価を行うことに始まる（「資本分析」に相当）。資本計画の策定においては、FRB から提示されたストレスシナリオ等と自社で策定したストレスシナリオ等を使用して、各社の内部モデルを使用して損失を算定し、それに対応した資本計画を立て、FRB に提出する。次に、FRB は提出を受けた資本計画を基に、BHCs の資本十分性に関する監督上の評価を実施する（「レビュー」に相当）。各 BHC の資本計画を評価する際は、ストレスシナリオ下での収益、費用、自己資本比率を別途評価する。

ここで、CCAR の手続きをバーゼル規制第 2 の柱に照らしてみると、前半の資本分析は、BHCs が自己資本充実度を自ら評価するプロセス（Internal Capital Adequacy Assessment Process: ICAAP）に相当し、後半のレビューは、監督当局が BHCs の評価内容を検証するプロセス（Supervisory Review Process: SREP）に対応するが、本稿では、BHCs が監督当局で

¹³ 資産規模は、規制報告書（FR Y-9C）で報告される過去 4 四半期の数値から計算される。

¹⁴ CapPR 2013 に参加した BHCs は次の通りである。BBVA USA Bancshares Inc.、BMO Financial Corp.、Citizens Financial Group Inc.、Comerica Inc.、Discover Financial Services、HSBC North America Holdings Inc.、Huntington Bancshares Inc.、M&T Bank Corporation、Northern Trust Corporation、UnionBanCal Corporation、および Zions Bancorporation である。これらの BHCs は CapPR 2012 にも参加した。

ある FRB から提示されたストレスシナリオを使用し、CCAR でストレステストを実施していることから、ボトムアップ・アプローチの事例¹⁵として解説するものである。ただし、各 BHCs が使用した内部モデル等の情報は、ほとんど対外的に公表されない。

表 4.1 : CCAR2013 に参加した 18 の銀行持株会社(BHCs)

NO	会社名
1	Ally Financial Inc.
2	American Express Company
3	Bank of America Corporation
4	The Bank of New York Mellon Corporation
5	BB&T Corporation
6	Capital One Financial Corporation
7	Citigroup Inc.
8	Fifth Third Bancorp
9	The Goldman Sachs Group, Inc.
10	JPMorgan Chase & Co.
11	Keycorp
12	Morgan Stanley
13	The PNC Financial Services Group, Inc.
14	Regions Financial Corporation
15	State Street Corporation
16	SunTrust Banks, Inc.
17	U.S. Bancorp
18	Wells Fargo & Company.

後半の CCAR のレビューは、上席銀行監督者、金融アナリスト、会計および法律の専門家、エコノミスト、リスク管理のスペシャリスト、金融リスクモデルの開発者、規制資本のアナリスト、18 の BHCs を担当するオンサイトの検査官を含む FRB のスタッフが実施した。

こうした多面的かつ専門的なアプローチは、CCAR の実施において毎回適用されてきたが、これにより、FRB が各社の資本計画を多面評価することが可能となる。FRB はまた、過年同様 2013 年もまた、BHCs の連邦銀行規制当局—OCC と FDIC と共同で評価を実施した。毎年実施する CCAR プログラムは、各 BHC が、自社が直面するリスクと比較して規模や資本構成を評価するのに使用するストレステストのプロセスを、監督当局がよりよく理解する一助となる。この包括的な資本計画レビューの結果はまた、当該 BHCs に対する監督上の戦略を立案す

¹⁵ 他方、後半の CCAR のレビューで FRB が実施したストレステストは、トップダウン・アプローチの事例と考えることもできる。

る上での情報として役に立つ。

4.1.2 マクロ経済シナリオ

CCAR に参加した BHCs は、ドット・フランク法と FRB の実施ルールで要求されている 3 つの監督上のシナリオ、すなわち、「監督上の基本シナリオ」「監督上のストレスシナリオ」および「監督上の厳しいストレスシナリオ」に基づく会社実施のストレステストの結果を、自社の資本分析と資本計画に包含することを要求された。BHCs はまた、会社内部で作成したストレスシナリオを少なくとも 1 種類と会社内部の基本シナリオを使用するように求められた。

シナリオの設定期間は、何れのシナリオに対しても 2012 年第 4 四半期から 2015 年第 4 四半期の 9 四半期である。3 つのシナリオは 26 変数に対して定義され、国内経済および国際経済を記述するマクロ経済変数は表 4.2 の通りである。

表 4.2：シナリオで考慮される 26 のマクロ経済変数

シナリオの対象	変数	項目
国内経済	経済活動および価格の6つの尺度	・ 実質GDP成長率 ・ 名目GDP成長率 ・ 失業率（対16歳以上の労働力人口） ・ 実質可処分個人所得 ・ 名目可処分個人所得 ・ 消費者物価指数（CPI）
	資産価格あるいは金融環境の4つの合算尺度	・ 住宅価格指数 ・ 商業用不動産価格 ・ 株価 ・ 米株式市場ボラティリティ（VIX）
	金利の4つの尺度	・ 3ヵ月T-bill金利 ・ 10年米国債利回り ・ 10年BBB格社債利回り ・ 30年住宅ローン金利（優良住宅向け固定金利型標準ローン）
国際経済 （ユーロ地域（注1）、イギリス、新興アジア（注2）、日本）	3つの変数	・ 実質GDPの年換算変化率 ・ CPIの年換算変化率 ・ 米ドル／外国通貨の為替レート

（注 1） 17 の EU 加盟国を指す。

（注 2） 中国、インド、香港、および台湾の名目 GDP の加重合計を指す。

更に、FRB は、各 BHCs がボトムアップ・ストレステストを実施するために、これら 26 変数のクロスセクションの 2001 年第 1 四半期から 2015 年第 4 四半期までのヒストリカルな期間を含む時系列データとして、「パネルデータ」を EXCEL ファイルによって BHCs に提供している。したがって、主要なマクロ経済変数の時系列推移を観察するため、国内経済 14 変数のうち 12 変数について、図 4.1 から図 4.12 に図示する。

図 4.1 から図 4.12 を見ると、必ずしも基本シナリオ、ストレスシナリオ、厳しいストレスシナリオという順序が保たれていないことに気づく。実質 GDP 成長率の厳しいストレスシナリオでは、2013 年第 1 四半期に他のシナリオより大きく落ち込んだものの、反転の勢いが大きく、2014 年第 4 四半期には一番高い水準になると予想している。CPI インフレ率、3 ヶ月米国債利回り、および 10 年米国債利回りに関しては、ストレスシナリオ、基本シナリオ、厳しいストレスシナリオの順番となっている。また、BBB 格社債利回りおよび住宅ローン金利に関しては、厳しいストレスシナリオで一旦、利回りあるいは金利が反転するも、途中で低下に転じ、2015 年第 3 四半期の段階では、3 つのシナリオの中で一番低い利回り（金利）水準に落ち着くと予想している。

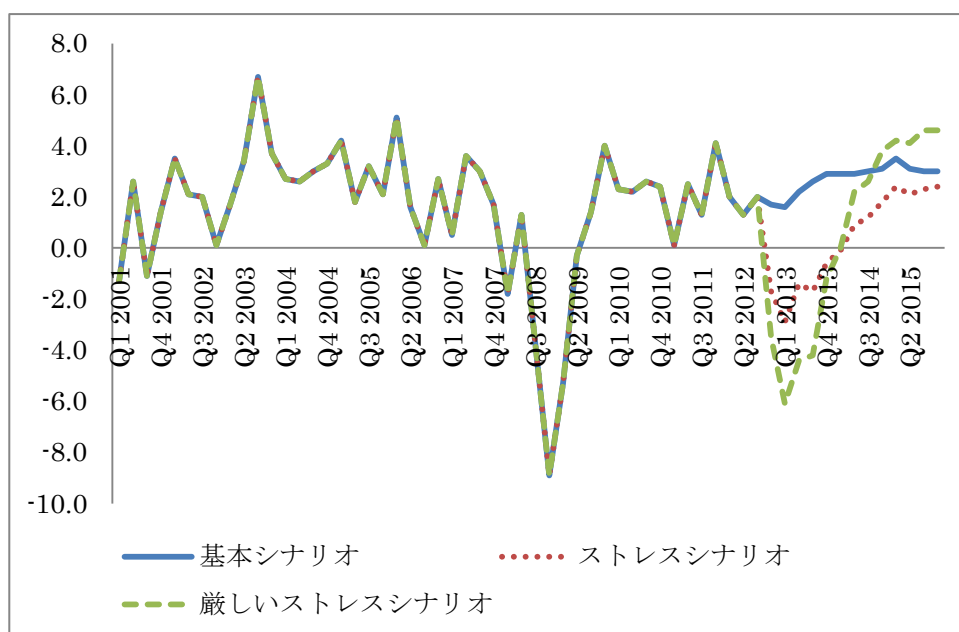


図 4.1：実質 GDP 成長率

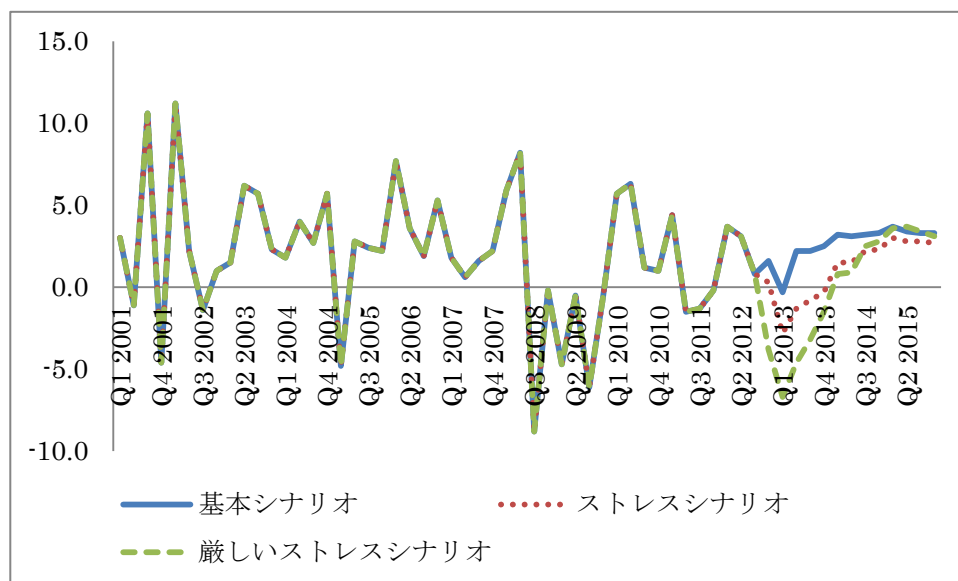


図 4.2：実質可処分個人所得

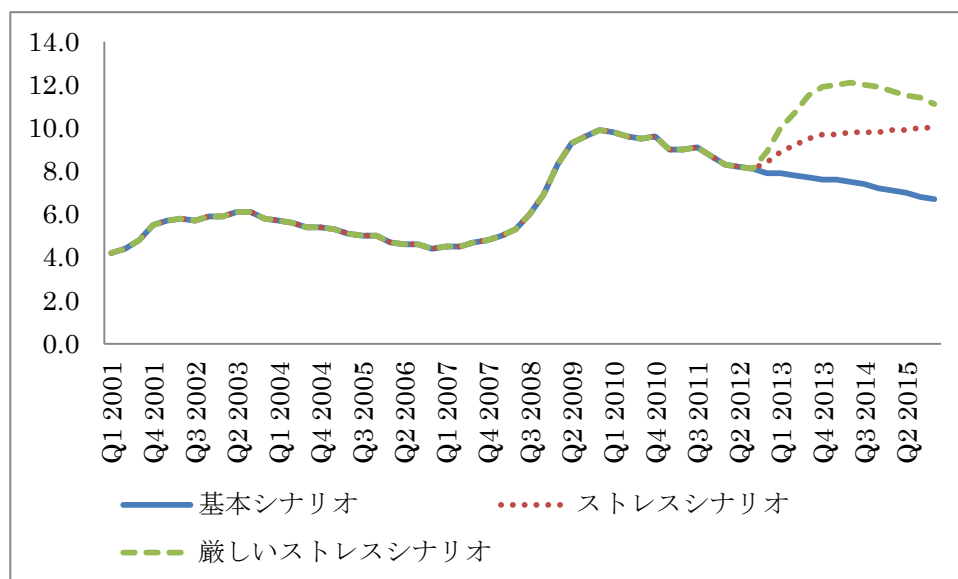


図 4.3：失業率

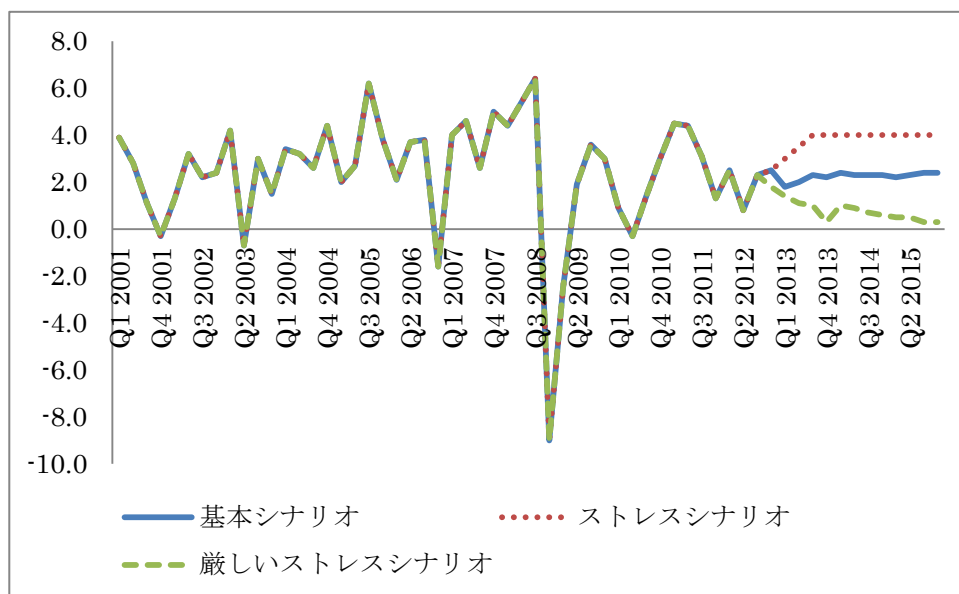


図 4.4 : CPI インフレ率

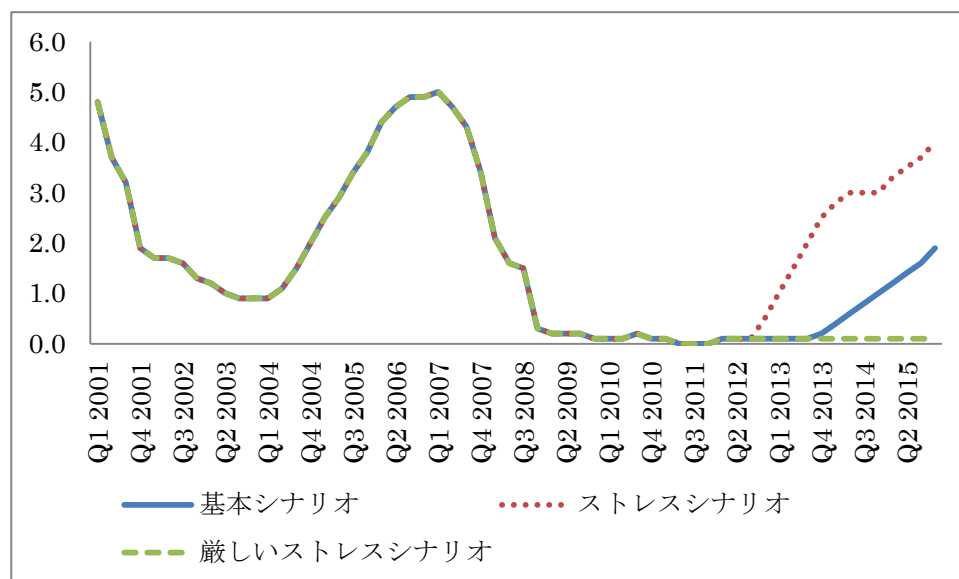


図 4.5 : 3 ヶ月米国債利回り

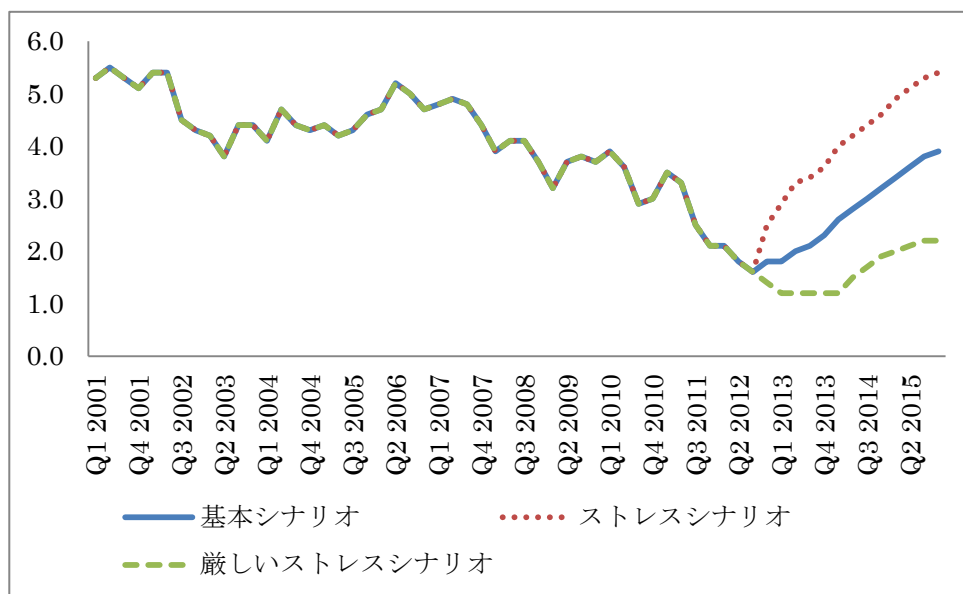


図 4.6 : 10 年米国債利回り

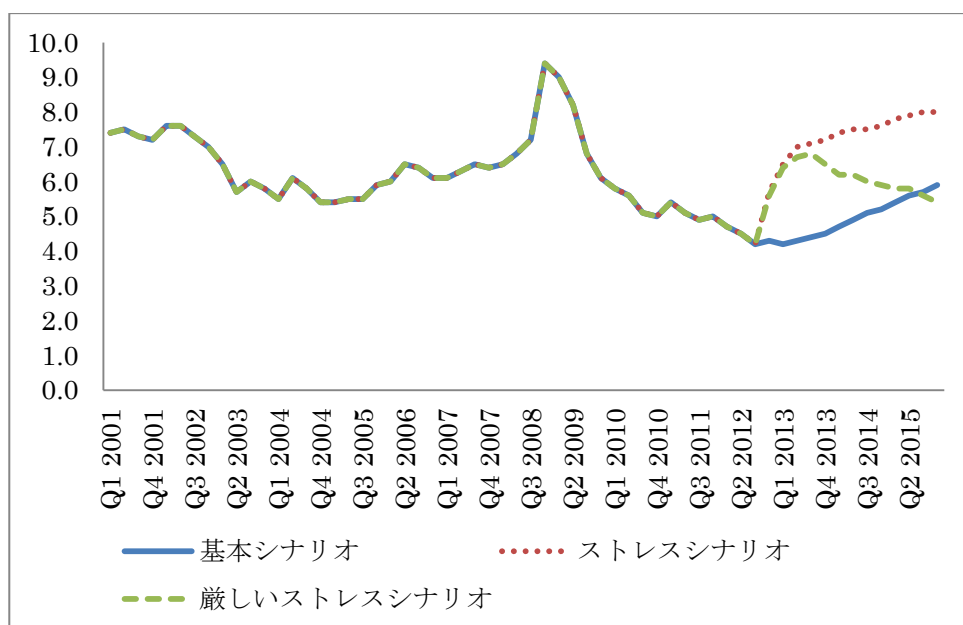


図 4.7 : BBB 格社債利回り

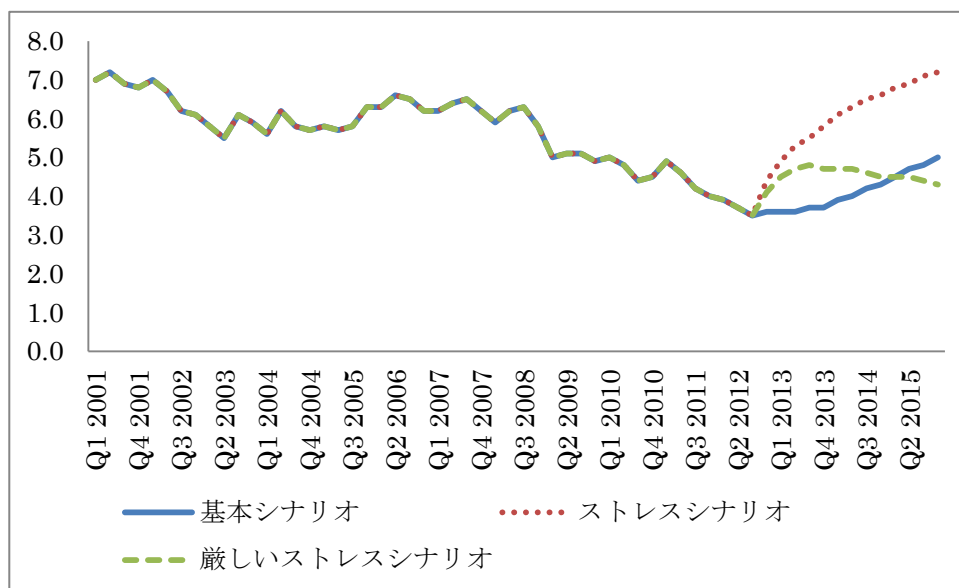


図 4.8 : 住宅ローン金利

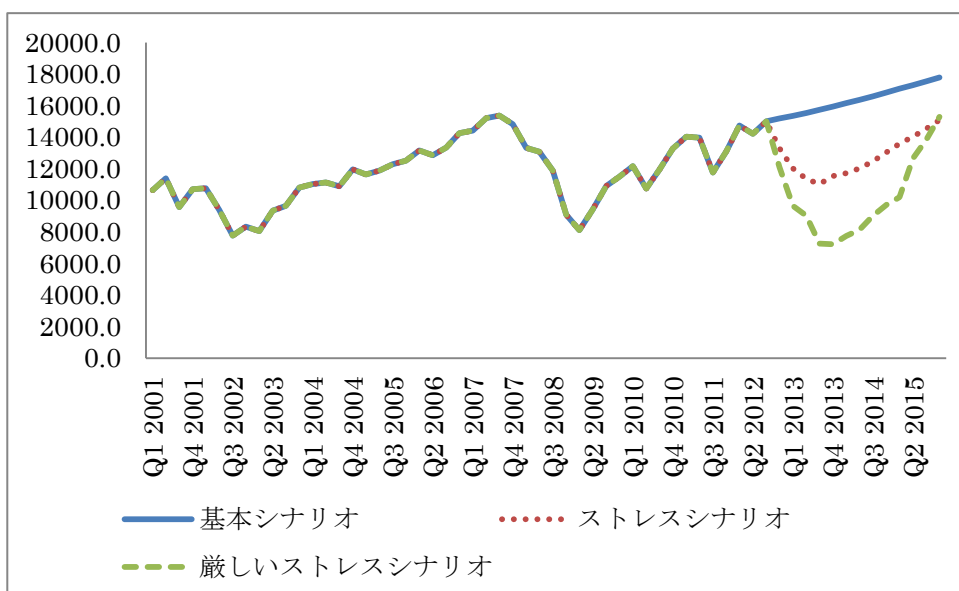


図 4.9 : ダウ・ジョーンズ工業株価平均

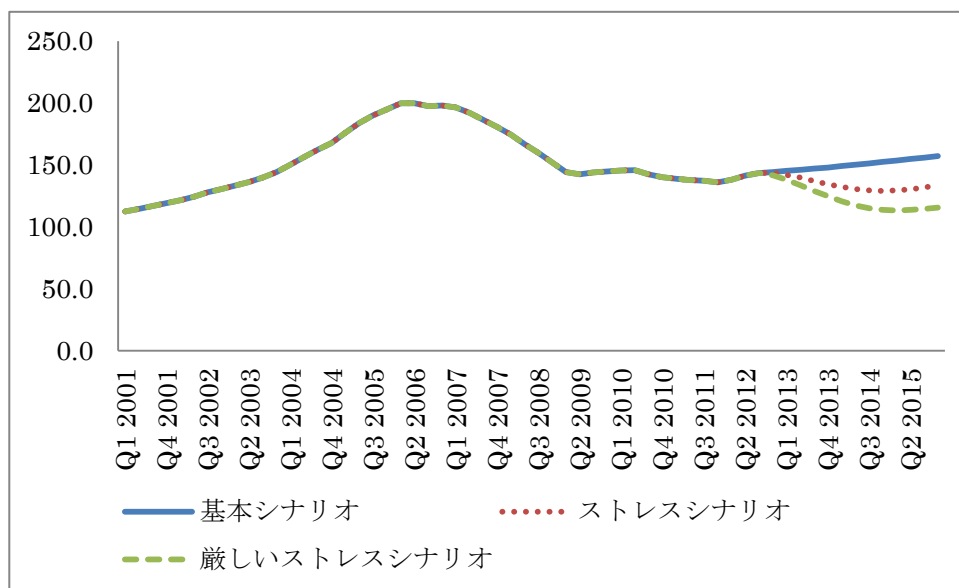


図 4.10：住宅価格指数

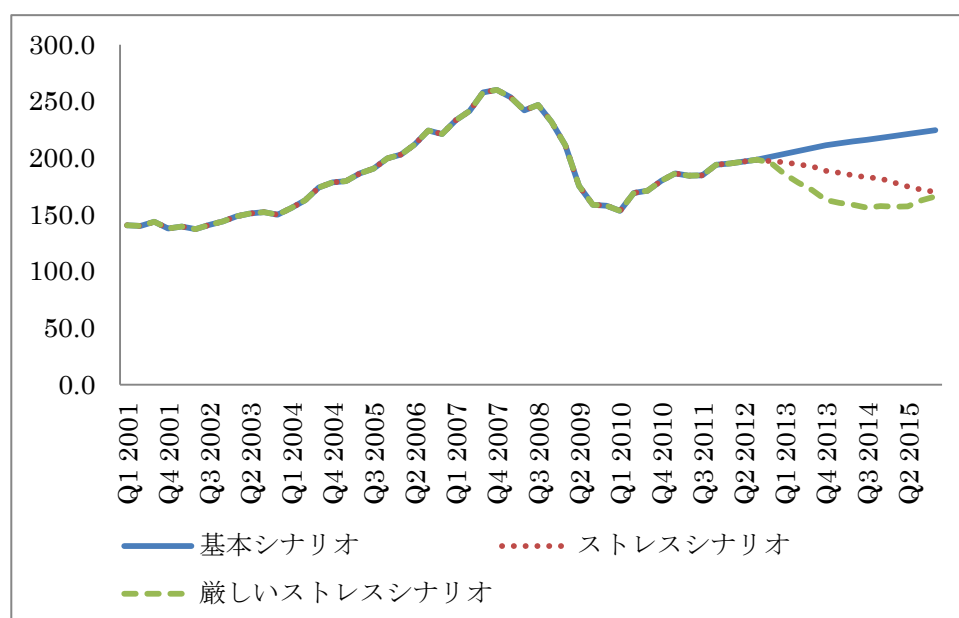


図 4.11：商業用不動産価格指数

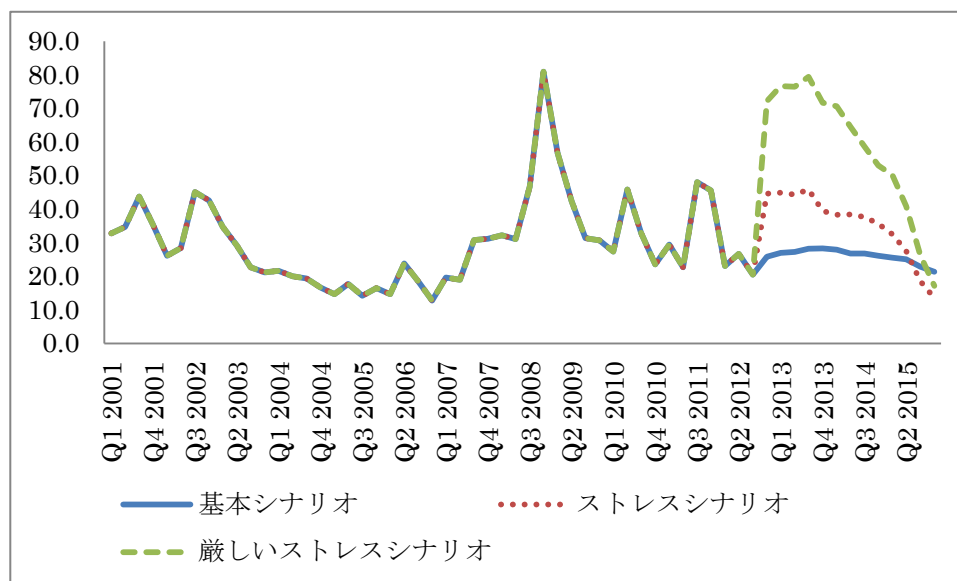


図 4.12：米株式市場ボラティリティ (VIX)

4.1.3 BHCs 資本計画の要因評価 (FRB によるレビュー)

定量要因の評価

CCAR において、各 BHC は資本計画で最低規制要件を上回る自己資本比率と、ストレス下の経済金融環境で 5%以上のコア Tier1 比率を維持することを証明することが求められている (表 4.3 参照)。

表 4.3：最低規制資本比率およびコア Tier1 比率

比 率	最低要件
コア Tier1 比率	5%
中核的レバレッジ比率	3% (注) あるいは 4%
中核的リスクベース資本比率	4%
全リスクベース資本比率	8%

(注) 監督格付が 1 あるいは FRB のマーケットリスク・ルールの規制を受ける BHC のみ 3% が適用される。Ally Financial Inc.、American Express Company、Capital One Financial Corporation の 3 社はマーケットリスクルールの適用を受けていないが、それ以外の BHCs は当該ルールの適用を受けているので 3%である。

FRB が行う要因評価は、BHCs が実施したストレス賦課による資本分析に基づく。BHCs の資本計画では、当該 BHC のリスクプロファイルの予想される変化、経営戦略、あるいは計画期間に対する企業構造に加えて、四半期毎の配当支払、普通株の買戻し、転換社債の株式への転換、および発行を含めたあらゆる資本行動を特定することが要求されている。基本シナリ

オの下での正味収入の 30%以上の配当支払のある計画は、特に綿密に精査される。

CCAR のストレス賦課資本分析は、各社の現在の資本耐力と経済金融環境の潜在的変化に対する資本行動の想定経路を測るものである。現実には、ストレス下では、BHCs は株式の配分を減らし、特に株式の買戻しを期待しているものの、CCAR の目標としては、たとえ経済が悪化し、BHC が資本配分を続けるとしても、BHC の健全性を厳格に評価することである。

ここで、CCAR の資本分析では、FRB が DFAST（ドット・フランク法に基づくストレステスト）¹⁶として実施した監督上のストレステストと同じ収益および損失に関する推定値に基づいて、ストレス賦課後の資本ポジションの予測が行われる。しかしながら、この分析は、FRB の DFAST ルールで課される資本行動の仮定よりもむしろ、各 BHC の資本計画で記述した計画資本行動を盛り込んでいる。過年同様、CCAR2013 では、FRB はバーゼルⅢ資本要件（案）に適合するための各 BHC の計画を評価することを行った。FRB の分析は、18 の BHCs 全てが首尾よくバーゼルⅢの要件に適合するよう提案するものである。

監督当局の実施するストレステストは、2013 年 3 月 7 日付 DFAST の方法論の概要に記載の通り、18 の BHCs が提供した入力データと FRB が開発もしくは選択したモデルを使い、FRB が開発した仮定の厳しいマクロ経済・金融市場シナリオに基づいて、9 四半期の計画期間における収益と損失を予測するテストである。この厳しいマクロシナリオの特徴は、アメリカ、欧州、日本で深刻な景気後退があり、資産価格の減少、リスクプレミアムの増加、新興アジアにおける著しい景気後退である。FRB はまた、大規模なトレーディング、プライベート・エクイティ、デリバティブや金融取引からのカウンターパーティ・エクスポージャーを保有する 6 つの BHCs¹⁷に別途、グローバルのマーケットショックを与えた。

他方、各 BHC 自身が行うストレステスト分析では、BHC は会社自身が開発した基本シナリオとストレスシナリオ同様に、監督当局による 3 つのシナリオのそれぞれで経験する可能性のある正味収入に対する、あらゆる潜在損失やその他のインパクトを網羅した。

FRB は最低資本比率を満たさない BHC の資本計画は拒否することができる。ここで、BHC の内部ストレステストの結果と FRB の CCAR のストレス賦課による資本分析の何れも、FRB が資本計画に賛成あるいは反対の決定を行う上で重要な部分である。FRB は数社の BHCs に対して、反対しない条件として、当該 BHCs は CCAR2013 で特定された資本計画および資本計画プロセスの弱点を修正することを要求する場合がある。

定性要因の評価

定性評価は CCAR レビューの重要な要素である。ある BHC が仮に所要自己資本比率を満た

¹⁶ グローバル金融危機を受けて、ドット・フランク法が成立し、大規模 BHCs、および FSOC（金融安定監視委員会）が指定したノンバンクの金融会社全社に対して、FRB が毎年ストレステストを実施し、ストレス下の経済環境が原因で発生した損失を吸収するのに十分な資本を保有しているかどうか評価することが求められている。また、当該 BHCs および金融会社は、FRB から提示されるシナリオを使用して、ボトムアップ・アプローチのストレステストを実施することを求められている。その他の詳細は、FRB (2013b)を参照されたい。

¹⁷ Bank of America Corporation, Citigroup Inc., The Goldman Sachs Group, Inc., JPMorgan Chase & Co., Morgan Stanley、および Wells Fargo & Company の 6 社を指す。

したとしても、FRB は当該 BHC の資本計画に他の理由で反対することもありうる。FRB の資本計画ルールの記事の通り、この理由としては以下のようなものがある。

- ・ BHC の資本計画は、リスク管理プロセスを支えるリスク計測・管理実務の他、コーポレートガバナンスやプロセス周りの統制を含めて、資本十分性評価プロセスが十分に頑健なものになっていない。
- ・ BHC の資本計画の仮定や分析が不適切である。
- ・ BHC の資本十分性プロセスあるいは提案の資本配分が、危険あるいは不健全なプラクティスを構成している。あるいは、任意の法律、規制、取締役会の命令、指令、あるいは FRB が課した任意の条件や文書による合意に違反している。
- ・ 未処理の重要な監督上の問題が残されている。

FRB の資本計画の定量評価は、各 BHC が自社で内部的に設計したストレスシナリオを使用した内部ストレステストを含めて、BHC の内部資本十分性プロセスの頑健性に焦点を当てている。特に注目すべきは、BHC のストレスシナリオの開発と実装周りのプロセスに向けられており、これは、プロセスが頑健で企業固有の脆弱性やリスクを補足し、シナリオの損失、収入、および資本予測へ変換することが、概念と実装の両方で健全であることを評価する。より広範な資本計画プロセスが明確なガバナンスを有し、よく統制された方法で実施されているかどうかという評価もまたある。

ある BHC が業績の低下を示した場合、あるいは、悪化見込みにより BHC 固有のリスクが相当程度増加した場合、FRB は当該 BHC に対して、将来、資本計画の再提出を求めることができる。資本計画ルールに詳述されていることであるが、BHC のリスクプロファイル、財務状態、あるいは企業構成に有意な変化（業務戦略の重大な変更や重要なリスクエクスポージャーを含む）があった場合、あるいは見込まれる場合は、当該 BHC は資本計画を更新し、再提出しなければならない。更には、FRB は BHC に、いくつかの理由で資本計画の修正と再提出を求めるかもしれない。この理由として、BHC が開発したストレスシナリオが、当該 BHC の業務モデルやポートフォリオに適合していない場合、あるいは BHC のリスクプロファイルや財務状態へ重大なインパクトが生じるような金融市場やマクロ経済の見通しに変化が生じ、更新したシナリオを使用する必要性が生じた場合が含まれる。

18 の BHCs は全て、資本計画および内部の資本評価プロセスの詳細な評価を受けるが、これには、計画やプロセスを強化する必要のある領域のフィードバックが含まれる。このフィードバックは、CCAR2013 の資本計画の主要な要素を構成する。この評価はまた、FRB の監督上の期待の基礎となるものである。

4.1.4 CCAR2013 の実施結果

FRB は、18 の BHCs の各資本計画に対して「反対」ないしは「反対事項なし」の意思表示を行った。「条件付で反対事項なし」となったのは、The Goldman Sachs Group, Inc.および

JPMorgan Chase & Co.の 2 社、反対は Ally Financial Inc.および BB&T Corporation の 2 社であり、それ以外の 14 社は反対事項なしとなった。

しなしながら、定量評価あるいは定性評価あるいはその何れも適切であっても、FRB は資本計画に反対する可能性がある。FRB が特定の BHC の資本計画に反対するとき、FRB が当該 BHC の資本配分に反対しないということを文書で通知しない限り、当該 BHC は、いかなる資本配分も実施する必要がない。

2013 年の資本計画に含まれる 9 四半期の計画期間は、2014 年の終わりまで延長されるが、BHC の計画資本行動に対する FRB の承認は毎年実施され、2013 年の第 2 四半期に始まり、2014 年の第 1 四半期に終わる 4 四半期のみに適用される。FRB は、各 BHC の長期の資本管理戦略をより良く理解し、計画期間全体に対するストレス賦課による資本水準を評価するために、9 四半期の計画期間の残りに対する計画資本行動を評価する。

4.2 EU 地域

欧州銀行監督機構（EBA: European Banking Authority）¹⁸が 2011 年に EU 全域で実施したストレステストの概要について解説する。このテストの目的は、EU 地域 21 か国の銀行 90 行（表 4.4 参照。EU の銀行資産全体の 60%以上をカバーする）を標本として、蓋然性のあるストレスシナリオに対する強靱性を評価することにある。シナリオは、GDP、失業率、住宅価格のような主要なマクロ経済変数の基本予測からの悪化に対して銀行を評価するために用いる。ここでいう悪化とは、例えば、GDP が基本シナリオから 4%下落することを指す。シナリオには、トレーディング勘定に含まれるソブリン・エクスポージャーおよび銀行エクスポージャーにヘアカットを適用した場合のソブリンの圧力や、バンキング勘定にエクスポージャーに対する引当金の増加がある場合を含む。ストレステストの方法は、2011 年 3 月 18 日に EBA から公表されたが、バランスシートに静的な仮定を課し、ショックに対して反応行動をとることを銀行に許容しなかった。銀行の強靱性は、最高品質の資本であるコア Tier1（リスク資産の 5%に設定）で定義されるベンチマークに照らして評価された。

4.2.1 欧州銀行監督機構（EBA）実施のストレステストの概要

2011 年、EBA は EU 加盟各国当局との調整により、3 月から 6 月の間で EU 地域におけるストレステストを実施した。このテストでは、実施結果は各国当局のチェックを経た後、全て EBA に集められた。集計した結果は、品質調整を受け、ピアレビューにより各国当局および関連の銀行と更にやり取りが実施され、最終的な結果は、2011 年 6 月の最終公表前に EBA の監督当局会議でレビューが行われた。

2011 年の EBA ストレステストの目的は、仮想のストレス経済下における信用リスクと市場

¹⁸ 2011 年 1 月 1 日設立。EU 地域の金融システム安定化を確保することを付託された監督当局で、従来の欧州の銀行監督当局で構成される欧州銀行監督委員会（CEBS: Committee of European Banking Supervisors）を発展させた組織である。欧州システミックリスク委員会（ESRB）と協力して、市場のストレス変化に対する金融機関の強靱性を評価するためのストレステストを EU 全域で実施することを目的としている。

リスクを評価することであった。トレーディング勘定とバンキング勘定の資産は、銀行グループ（あるいは金融コングロマリットの銀行部門）の連結の最高レベルでストレスを受けることと設定された。バランスシートの予測や損益計算書、規制上の合算値（リスク資産や自己資本）は、CRD¹⁹²⁰で定義された銀行グループの集計ともいうことができる。保険業務の除外は、バランスシートと損益計算書の収益と費用の両方で行われた。また、ソブリンリスクのエクスポージャーに特に焦点をあて、ストレスはトレーディング勘定に適用されるソブリンショックを導入した。このストレステストのシナリオは、EBA と各国当局が協力して、EU 委員会と ESRB および ECB が、それぞれ開発したマクロ経済のストレスシナリオである。このシナリオは、2011 年—2012 年間をカバーするものである。

表 4.4：2011 年 EBA ストレステスト実施対象行

国 名	銀 行 名	必要追加資本額 (単位：百万€)
オーストリア	Erste Bank Group	
	Raiffeisen Bank International	
	Oesterreichische Volksbanken	160
ベルギー	Dexia	
	KBC Bank	
キプロス	Marfin Popular Bank	
	Bank of Cyprus	
ドイツ	Deutsche Bank	
	Commerz bank	
	Landesbank Baden-Württemberg	
	DZ Bank	
	Bayerische Landesbank	
	NORD/LB	
	Hypo Real Estate Holding	
	WestLB	
	HSN Nordbank	
	Landesbank Berlin	
	DekaBank	
	WGZ Bank	
デンマーク	Danske Bank	
	Jyske Bank	
	Sydbank	
	Nykredit	
スペイン	Banco Santander	
	BBVA	
	BFA-BANKIA	
	CAJA DE A. Y P. DE BARCELONA	
	EFFIBANK	
	BANCO POPULAR ESPAÑOL	
	BANCO DE SABADELL	
	Caixa d'Estalvis de Catalunya, Tarragona i Manresa	75
	Caja de Ahorros de Vigo, Ourense y Pontevedra	

¹⁹ EC 指令 2009/111/EC によって修正された 2006/48/EC および 2006/49/EC を指す。

²⁰ 銀行の従業員の確定拠出年金が考慮される。

国 名	銀 行 名	必要追加資本額 (単位：百万€)
	Grupo BMN	
	Bankinter	
	Caja España de Inversiones、Caja de Ahorros y Monte de Piedad	
	Grupo Banca Cívica	
	Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja	
	Monte de Piedad y Caja de Ahorros de Ronda, Cádiz, Almería, Málaga, Antequera y Jaen	
	Banco Pastor	317
	Grupo BBK	
	Caixa d'Estalvis Unio de Caixes de Manlleu, Sabadell I Terrassa	85
	Kutxa - Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Gipuzkoa y San Sebastián	
	GRUPO CAJA3	140
	BANCA MARCH	
	Caja de Ahorros de Vitoria y Alava	
	Caja de Ahorros y Monte de Piedad Ontinyent	
	Colonya - Caixa d'Estalvis de Pollensa	
	Caja de Ahorros del Mediterraneo	947
フィンランド	OP-Pohjola Group	
フ ラ ン ス	BNP PARIBAS	
	Credit Agricole	
	Groupe BPCE	
	Soc Gen	
イ ギ リ ス	Royal Bank of Scotland Group	
	HSBC Holdings	
	Barclays	
	Lloyds Banking Group	
ギ リ シ ャ	EFG Eurobank Ergasias	58
	National Bank of Greece	
	Alpha Bank	
	Piraeus Bank	
	ATEbank	713
	TT Hellenic Postbank	
ハンガリー	OTP Bank	
アイルランド	Allied Irish Banks	
	Bank of Ireland	
	Irish Life & Permanent	
イ タ リ ア	Intesa Sanpaolo	
	UniCredit	
	Banca Monte dei Paschi di Siena	
	Banco Popolare	
	Unione di Banche Italiane	
ルクセンブルク	BCEE - Banque et Caisse d'Epargne de l'Etat	
マ ル タ	Bank of Valletta	
オ ラ ン ダ	ING Bank	
	Rabobank	
	ABN AMRO Group	
	SNS Bank	
ノルウェー	DnB NOR Bank	
ポーランド	PKO Bank Polski	
ポルトガル	Caixa Geral de Depósitos	

国 名	銀 行 名	必要追加資本額 (単位：百万€)
	Banco Comercial Português	
	Espírito Santo Financial Group	
	Banco BPI	
スウェーデン	Nordea Bank	
	SEB - Skandinaviska Enskilda Banken	
	Svenska Handelsbanken	
	Swedbank	
スロベニア	NLB - Nova Ljubljanska Banka	
合 計		2,495

(資料) EBA (2011b)

4.2.2 マクロ経済シナリオ

EBA 実施のストレステストでは、マクロ経済シナリオとして、基本シナリオとストレスシナリオを考慮した。

まず、基本シナリオは、主に 2010 年秋の欧州委員会の予測に基づく。為替レート、コモデティ価格および市場金利の仮定は、欧州委員会が採用する方法と一致している。

ユーロ地域の短期金利は、2011 年と 2012 年には、1.5%と 1.8%まで漸次増加すると予想した。長期金利は、金融資産のリスクプライシングにおけるグローバルな増加を反映して、漸次わずかな増加として、2010 年に 2.5%、2011 年に 2.7%、そして 2012 年に 2.9%になると仮定した。

為替レートの仮定として、米ドルは対ユーロで 2010 年の 1.33 から 2011 年と 2012 年に 1.39 に減少すると予想した。EU 地域の連続した経済回復を予測し、GDP は 2010-2011 年に約 1.7%だけ、2012 年に約 2%だけ（ユーロ地域ではそれぞれ 1.5%と 1.8%）成長すると予測した。

労働市場の条件は、予測期間に対して、ゆっくりと向上すると予想した。失業率は、2012 年に約 9%に下落すると予測し、公共部門の赤字は 2011 年に GDP の 5%まで、2012 年に約 4.25%まで次第に減少すると予測した。

なおテストは、2010 年末の連結値を基礎に実施され、シナリオは、2010 年-2012 年間に適用された。

次に、EU および加盟国に対するストレスシナリオとして、GDP 成長率、HICP²¹インフレ率、失業率の 3 変数について表 4.5 に示す（他の短期金利、長期金利、為替レートなどは省略）。これらの数値は、秋の EC 予測によるベースラインを使用した年平均の数値²²である。また、2011 年の数値を横軸に、2012 年の数値を縦軸にとった散布図をそれぞれの変数について作成し、回帰式を計算したものが、図 4.13 から図 4.15 である。各図を見ると、GDP 成長率と HICP インフレ率については、決定係数が 0.2 台と 2011 年と 2012 年の相関は高くないが、失業率については、決定係数が約 0.98 と、極めて 2 つの年の数値の相関が高い設定となっていることがわかる。

²¹ HICP は、欧州連合統計局がユーロ加盟国の消費物価指数をまとめた数値を指す。

²² アイルランドを除いた全 EU 加盟国に対して、ストレスシナリオは、秋の 2010EC 予測からの偏差によって表現される。例えば、ストレスシナリオに対する偏差は、PCARII ベースラインに関連している。

表 4.5 : EU および加盟国に対するストレスシナリオ

	GDP 成長率		HICP インフレ率		失業率	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
ベルギー	0	-0.2	1.2	-0.2	9	9.8
ブルガリア	1.1	1.5	3.1	2.9	9.2	8.9
チェコ	-0.3	1.5	1.7	0.1	7.8	8.4
デンマーク	0.4	-0.3	1.6	1.5	7.2	8.3
ドイツ	-0.9	0.5	1.4	1	6.8	6.9
エストニア	1.8	-0.9	2.8	1.7	15.4	15
アイルランド	-1.6	0.3	0.1	0.6	14.9	15.8
ギリシャ	-4	-1.2	2.2	-0.1	15.2	16.3
スペイン	-1.1	-1.1	0.9	-0.2	21.3	22.4
フランス	0.4	0.2	1.3	0.9	9.6	9.8
イタリア	-0.1	-1	1.3	0.8	8.6	9.2
キプロス	-0.6	0.6	2.9	1.7	6.9	7.1
ラトビア	1.6	0.5	0.6	0.9	18.3	18.8
リトアニア	0.8	-1.4	2	2.1	17.3	17.2
ルクセンブルク	0.2	0.8	1.4	1.3	5.6	5.7
ハンガリー	1.9	1.2	3.1	2.6	11.1	10.9
マルタ	-3.1	0.5	0.7	1.6	7.4	8.8
オランダ	-0.7	-0.8	0.5	0.1	4.9	5.9
オーストリア	-0.7	-0.6	1.4	1.1	4.5	4.8
ポーランド	3	2.5	2.6	2.3	9.4	9.8
ポルトガル	-3	-2.7	1.2	-0.3	11.6	13
ルーマニア	0	2.1	4.1	0.6	7.5	7.4
スロベニア	0.8	1	1.6	1.9	7.7	7.7
スロバキア	0.3	1.2	2	0.5	14.4	14.3
フィンランド	-0.5	0.6	0.6	-1.3	8.3	8.1
スウェーデン	0.4	-1.2	0.2	-0.9	8.8	10.1
イギリス	-0.7	0.9	1.9	-0.8	9	10.6
ユーロエリア	-0.5	-0.2	1.3	0.6	10.3	10.8
非ユーロエリア	2	2.6	1.9	0	9	10.1
EU	-0.4	0	1.5	0.5	10	10.5

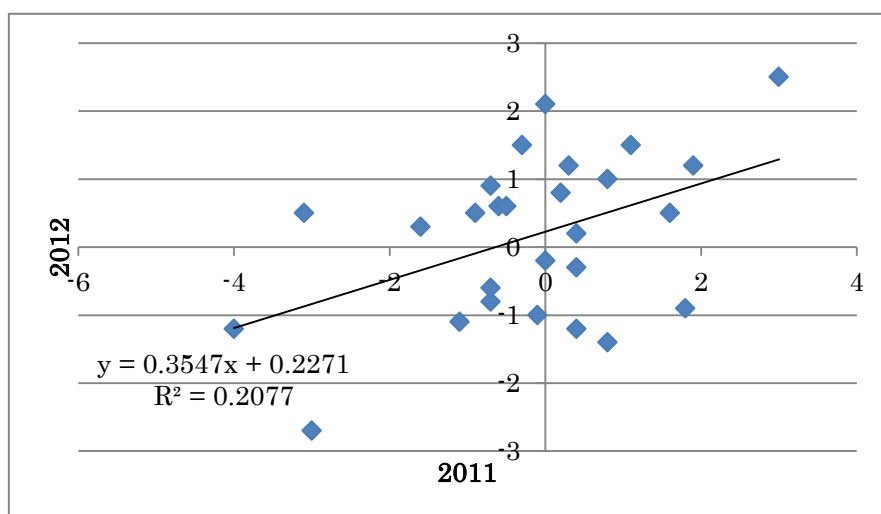


図 4.13 : GDP 成長率の散布図

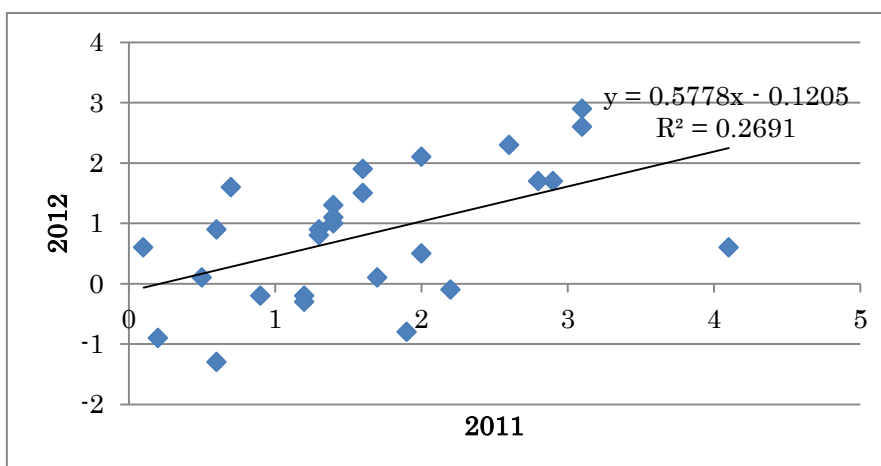


図 4.14 : HICP インフレ率の散布図

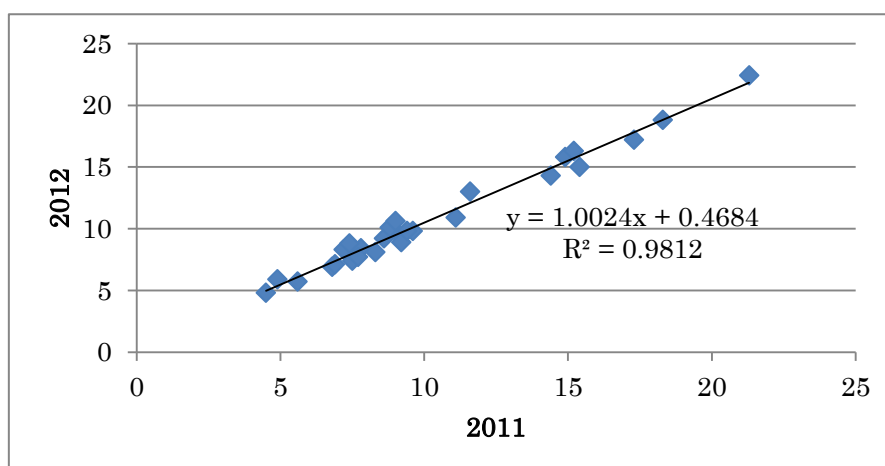


図 4.15 : 失業率の散布図

4.2.3 テスト実施方法

内部格付手法採用行のポートフォリオ

内部格付手法採用行は、マクロ経済変数、資産価格、および金融変数（デフォルト率、損失）間の関連を推定するために、統計的手法とシミュレーション技術を使って、GDP、失業率、金利、およびバランスシート上の資産価格を含めて、シナリオの重要なマクロ経済変数の効果を推定した。また、マクロ経済変数のインパクトは、収入、費用、損失（デフォルト確率（PD）およびデフォルト時損失率（LGD）の PIT 格付アプローチ推定時点に分解される）、および資本要件（規制上の PD と景気後退 LGD に分解される）の予測に変換した。

損害

損益目的では、損害はデフォルト資産と非デフォルト資産の両方で計算された。損害の計算のための主なインプットは、信用リスク削減後の EAD に適用されるストレス期間の PIT 格付アプローチの PD と LGD である。

信用リスク資産

2011 年－2012 年間の信用リスク資産の予測は、毎年のデフォルトおよび損害フローの推定値、そしてストレス後の新たな規制パラメーター（新たな規制上の PDs と景気後退 LGDs）を反映したものである。EAD については、デフォルト資産による減少分を除いて、予測期間中、一定と仮定した。2011 年と 2012 年末における信用所要資本の推定は、規制上の PDs と LGDs の変化を反映し、エクスポージャーは高リスク格の資産クラスに推移すると仮定した。内部格付手法のポートフォリオを構成するリスク資産は、2010 年 12 月の内部格付ポートフォリオのリスク資産に等しい最低フロアの制約を受けると仮定した。

テストの実施は、ECB が国別・業種別に計算したベンチマークのパラメーターに基づいて行われ、大規模で複雑な金融機関は、自身の内部モデルとリスクパラメーターを使用した。なお、新たにデフォルトした資産の損害は、LGD の最良推定値に等しいとした。景気後退 LGD と LGD の最良推定値との間の差は、リスク資産として計算される。また、古いデフォルト資産に関する超過・不足は、テストの予測期間中の損害に応じて変わると仮定した。

標準的手法採用行のポートフォリオ

標準的手法採用行のポートフォリオに対しては、リスク資産は格付推移を適切なものと仮定して、シナリオに基づいて計算した。しかしながら、標準的手法のポートフォリオのリスク資産は、2010 年 12 月時点で標準的手法のポートフォリオに対するリスク資産と等しい下限をいかなる場合も守る必要がある。この下限の唯一の例外は、法的に拘束力があり、事前合意したリストラ計画である。更に内部格付手法モデルからのロールはタイムホライズンで仮定していない。結局、金融機関は各シナリオに対して、各期末の損害額やデフォルト資産額を推定する必要がある。

税引後損益の資本算入、および（あるいは）満期までの過去 5 年にわたり、Tier2 の適格性が次第に減少するおかげで、資本の変化が予想された。資本額のその他潜在的な変化は、実施テンプレートの資本(capital)のワークシートで詳細に説明するべきでことである。

証券化商品の取り扱い

CRD 要件（例として、重要なリスク移転が挙げられる）の対象となっている証券化エクスポージャー（証券化取引における流動性補完と同様、伝統的な商品・シンセティック商品、再証券化商品）は全て、テスト範囲に含まれた。所要資本の計算のために、証券化エクスポージャーには特別なアプローチが適用され、金融機関は各期間の終わりに、各ポートフォリオに対して、損害額を推定することになった。

公正価値ポートフォリオの取り扱い

「売却可能金融資産」(available for sale: AFS) と「公正価値で評価し、評価額の変動を損益計上する金融資産」(designated at fair value through profit and loss: FVTPL)の両方からなるポートフォリオ²³に割り当てられる株式資産の公正価値は、トレーディング勘定の資産に適用される関連ショックによって変化すると予想した。特に、こうしたポジションは、トレーディング勘定のポジションと同じヘアカットを適用することにした。それ以外の資産は満期保有として取り扱うこととした。

資本

資本は、税引き後の損益の資本組み入れ、および（あるいは）満期までの過去 5 年間にわたる Tier2 としての適格性を持つ資本の増減によって変化すると予想した。資本額において、その他の潜在的な変化は、テスト実施テンプレートの資本ワークシートで銀行が詳述することとした。

4.2.4 テスト実施結果

2010 年末の情報のみに基づくと、20 の銀行がテストの予測期間 2 年にわたり、5%コア Tier1 という閾値以下に低下し、不足分の合計は 268 億ユーロになることがわかった。しかしながら、EBA は、参加銀行に対して、2011 年当初の 4 か月間（4 月末まで）に、この結果を考慮することを許容した。このため、参加銀行は、ストレステストの実施に先立ち、資本を増強するインセンティブを与えられ、2011 年 1 月から 4 月間に正味約 500 億ユーロの資本を調達した。

この結果、EBA のストレステストの実施により、8 行が 2 年のタイムホライズンの間に 5%コア Tier1 の閾値以下に低下し、全体で 25 億ユーロの狭義のコア Tier1 が不足することが判明した（表 4.4 参照）。加えて、16 行が 5%から 6%のコア Tier1 になった。EBA は各国監督当局

²³ わが国の会計基準における金融商品分類と比較すると、AFS は「その他有価証券」、FVTPL は「売買目的有価証券」に対応すると考えられる。

に対して、コア Tier1 比率がストレスシナリオの下で 5%以下に低下する銀行に即座に資本不足を解消するように推奨した。特に監督当局は、少なくとも 5%の水準に資本を蓄積する計画を 2011 年 10 月 15 日までに提出するように該当する銀行に要請した。この計画は、市況や所要の手続きが整えば、柔軟な対応も可能であるが、2011 年末までには完全実施しなければならないとするものであった。しかしながら、EBA としては、現在の市場環境では、資金繰り流動性の問題があることに気づいており、各国監督当局は期限を延長し、バッファーを増やし、コンテンジェンシー・プランを開発する手順をとった。

そこで、EBA は、各国監督当局に対して、ストレスシナリオ下でコア Tier1 比率が 5%を超えているが、それに近い数字であり、また、ストレス下のソブリン・エクスポージャーをかなりの額保有している銀行全てに対して、資本増強のために、配当制限、デレバレッジ（負債圧縮）、新株発行、あるいは低品質の資本をコア Tier1 に変換、などの手段を追加的にとるように要求した。3 ヶ月以内に（2011 年 10 月 15 日までに）3 行が資本増強を実施する必要があり、9 カ月以内に（2012 年 4 月 15 日までに）完全実施する必要があった。

また、各国当局は、2011 年 10 月 31 日までに EBA に懸案の銀行がとる対策を詳細に要約することが求められ、EBA は銀行と各国監督当局が実施した行動を 2011 年 8 月から 12 月の間にレビューし、実施状況について 2012 年 2 月から 6 月の間にレポートを発行することになった。

標本銀行 90 行は、近年、資本水準の増強を図り、テストを実施した。その結果、平均コア Tier1 比率は 2010 年末で 8.9%という結果になった。その 95%に相当する約 1 兆ユーロは普通株であった。合計すると、コア Tier1 の額は、普通株 1,030 億ユーロを含めた政府支援による約 1,600 億ユーロを含めたものであり、残りは政府や他の公共機関が出資したその他の資本からなる。2010 年末には、約 500 億ユーロが 2010 年から内部留保の形で、コア Tier1 に追加された（図 4.16 参照）。

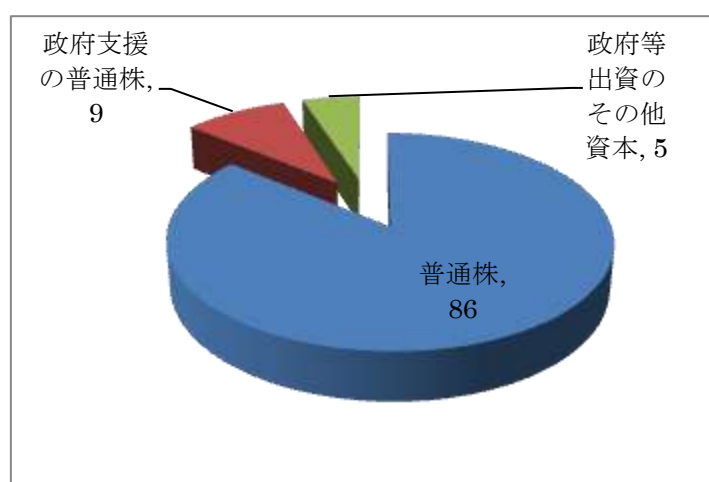


図 4.16 : 2010 年末のコア Tier1 における政府支援の割合 (%)
(資料) EBA (2011b)

コア Tier1 とリスク資産（コア Tier1 比率の分母に相当）の変動は、シミュレーションの元となる仮定やテスト方法と同様に、ストレスシナリオがバランスシートと健全性要件に与える影響を特定するものである。

図 4.17 は、90 行に対するコア Tier1 比率とリスク資産の変化を表す。この結果は、2010 年 12 月から 2011 年 4 月の間に、EU 全域でのストレステスト実施の事前準備として、銀行が発行した株式の太宗を反映している。リスク資産は、ストレスシナリオでは 2010 年比で約 14%上昇した。この結果は、静的なバランスシートの仮定に照らしてみると非常に重要であり、想定資産の成長がゼロであることになる。リスク資産の増加は、特にバンキング勘定の証券化エクスポージャーの他に、内部格付手法による信用エクスポージャー、特にデフォルト資産のリスクウェイトの変化によってほとんど完全に決まったといっても良い。

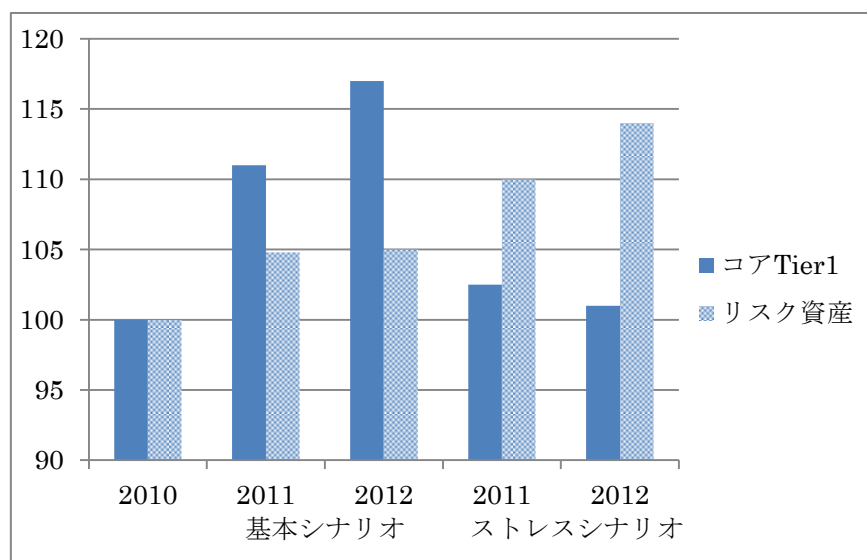


図 4.17：コア Tier1 とリスク資産の変化（2010 年＝100）

（資料）EBA (2011b)

4.3 イギリス

イギリスでは、金融サービス機構（以下、UK FSA）が、ストレス時における資本と流動性の確保のために、ボトムアップ型のストレステストとして、金融機関に幾つかのストレステストを要求している。ICAAP (Internal Capital Adequacy Assessment Process)²⁴あるいは ICAS (Internal Capital Assessment) 目的のためのストレステスト、リバーズ・ストレステスト、金融システム全体のストレステスト、それ例外のストレステストである。テスト要件は包括的であり、金融機関が頑健なストレステストのインフラを整備すれば、広範囲のストレステストを効率的に実施することが容易となるとしている。

ボトムアップ型のストレステストとしては、リバーズ・ストレステストと第 2 の柱の資本計

²⁴ 菅野（2010）の第 4 章第 2 節にコンパクトな説明がある。

画が要求されている。リバース・ストレステストの分析結果は、第 2 の柱で要求される資本計画のストレスシナリオの内容と強度を評価するのに有効であると考えられている。

4.3.1 リバース・ストレステスト

リバース・ストレステストは、金融機関独自の方法で実施するボトムアップ型であるが、イギリスでは、このテストの実施方針を規定した金融機関はごく少数であり、2010 年 10 月現在まで実施した金融機関はほとんどなかったことから、UK FSA から、リバース・ストレステストの実施方法の概略が示された（UK FSA (2010)他）。ここで、実施を義務付けている対象は、

- (a) 全ての銀行
- (b) ビルディング・ソサエティ（住宅金融組合）
- (c) 保険会社グループ
- (d) イギリス所在の連結グループ
- (e) 欧州経済領域以外に所在する子会社グループ²⁵

である。

このテストの目的は、信用格付の低下、各種ファンディング市場の閉鎖、オペレーショナルリスクにかかるイベントの発生、大規模なカウンターパーティの破綻などに関して、業務計画が実行できない原因となるストレス状況を特定し、そうしたストレスイベントが具体化するシナリオの確率を評価することであるが、このテストの実施方法は金融機関によって異なるものであり、正しい方法は 1 つに限らない。

ここで、シナリオ生成を要約すると、図 4.18 のようになる。たいていの金融機関は一般的なマクロ経済シナリオを考慮するに過ぎず、オペレーショナルリスク、評判リスク、流動性リスクを考慮しなかった。また、自身の業務内容に照らしてシナリオ評価しない金融機関も存在した。リバース・ストレステストの確率を評価した金融機関はほとんどなかった。

結論として、自身の業務とリスクドライバーに照らしてシナリオを考慮するべきであり、金融機関はある種のシナリオ確率を評価する必要があることになる。

²⁵ イギリスにおける健全性規制のためのルールを収録したガイドブック BIPRU (Prudential sourcebook for Banks, Building Societies and Investment Firms)の 8.3.1 R で規定される子会社グループを指す。

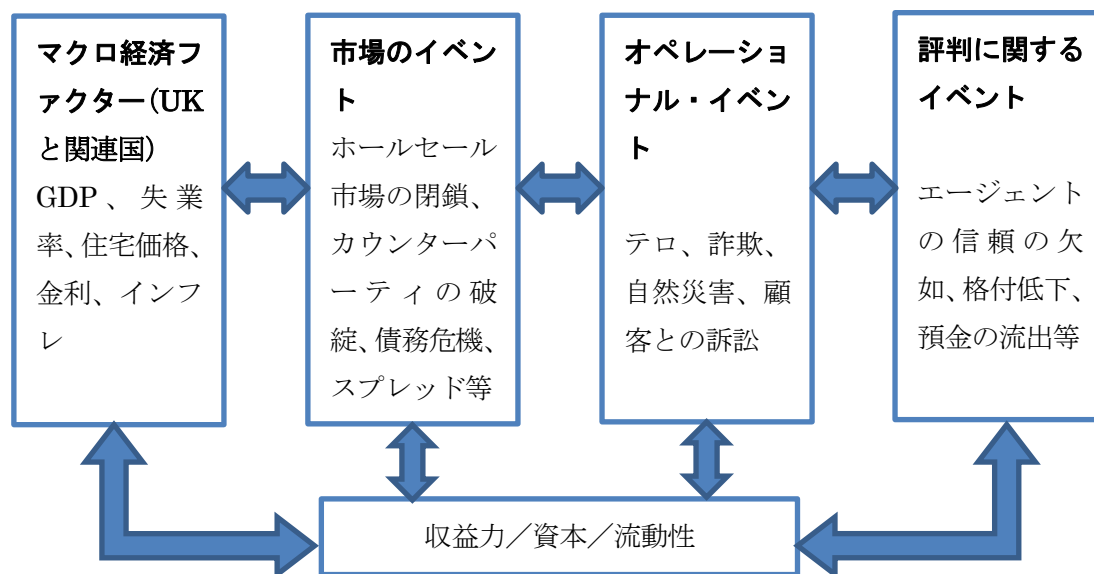


図 4.18 : シナリオ反応

テスト計画で考慮しなければならない事項として、以下の 4 項目が挙げられる。

- (a) 資本と業務計画
- (b) 戦略的な意思決定
- (c) コンティンジェンシー・プラン
- (d) 金融機関のリスク選好の開発

また、テストのアウトプットに関して考慮すべき事項として、以下の例が挙げられる。

- (e) 予算レビューの追加
- (f) 流動性計画
- (g) ICAAP の承認手続
- (h) 極度にリスクの高い状況を特定
- (i) 銀行の脆弱性の理解
- (j) 業務モデルが実行不可能な場合の金融機関が実現することが可能なトリガーを決定
- (k) 戦略的な意思決定の通知
- (l) 復旧計画の通知
- (m) 通常のスストレステストがどれだけ当たっているか見るためにそのテストと比較すること
- (n) その他

また、テストのアウトプットの活用方法として、以下が考えられる。

- (o) リスク選好・リスクリミットのインプット
- (p) リバース・スストレステストのシナリオが十分可能性があると考えられる場合に、経営

層がとるべき行動を特定

- ・ リスクの削減
- ・ 不可能ならば、業務戦略の変更

次に、リバース・ストレステストの枠組み例として、図 4.19 に示されるものが考えられる。

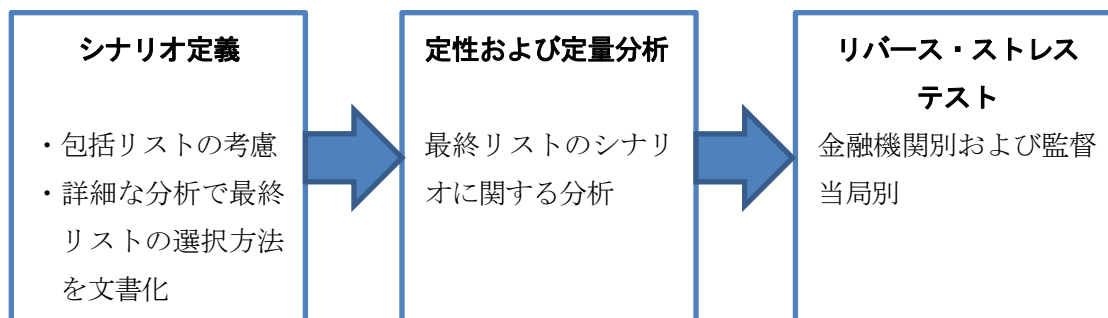


図 4.19：リバース・ストレステストの枠組み例

(資料) Gill 他(2010)

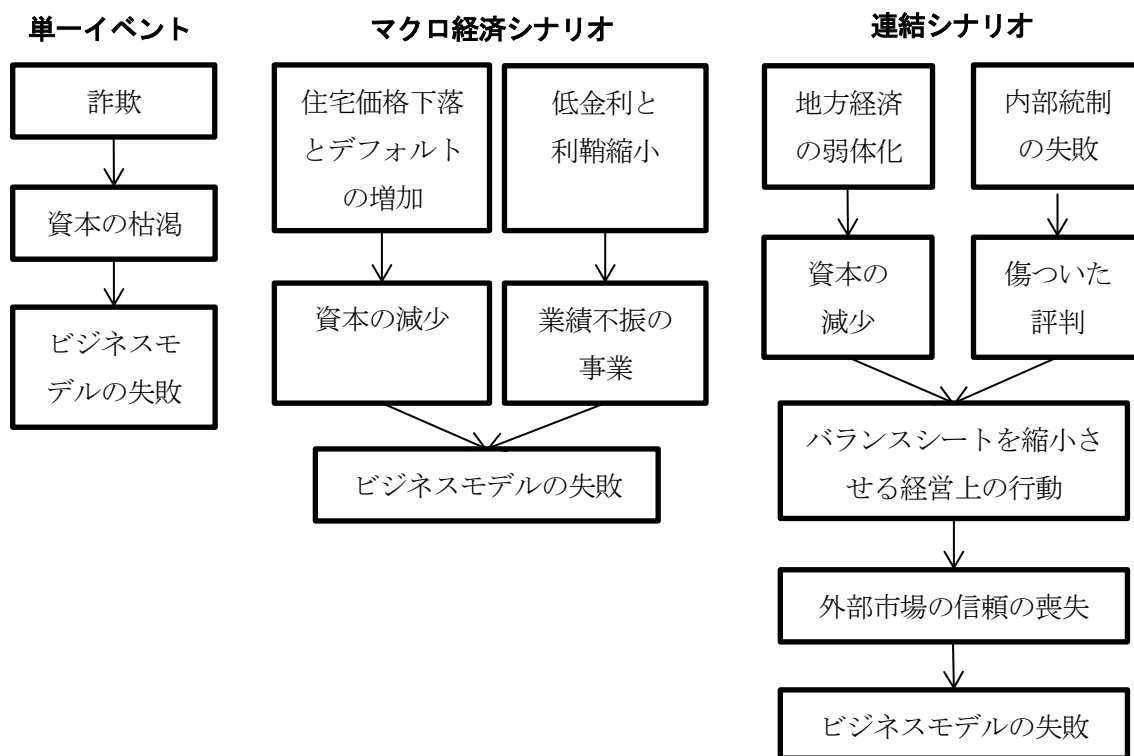


図 4.20：シナリオ定義

(資料) Gill 他(2010)

ここで、シナリオ定義の事例として、図 4.20 の例が挙げる。左の例は、詐欺行為という単一の

イベントが発生することにより、金融機関の資本が枯渇し、ビジネスモデルが失敗するという単純な例である。真ん中の例は、住宅市場価格が下落し、金融機関の債務者のデフォルトが増加し、その結果、資本が減少する。同時に、低金利環境で利鞘が縮小し、当該金融機関の融資事業が業績不振に陥り、この 2 つの要因により、ビジネスモデルが失敗するという例である。右の例は、地方経済の弱体化による金融機関の資本の減少というマクロ経済シナリオと、内部統制の失敗により金融機関の評判が悪化するという金融機関内部のシナリオの組み合わせにより、結果として、当該金融機関のバランスシートが縮小、そして外部市場の信頼は喪失し、ビジネスモデルは失敗に終わるという例である。

次に、ケーススタディとして、次のシナリオを想定する。

シナリオ例：

- ・金融機関は、特定の業種に集中して貸出債権を急速に増やす。
- ・金融機関は、貸出債権を増やすために、大口の資金繰りを増やす。

このとき、実際のイベントの流れは、図 4.21 のようなものが考えられる。

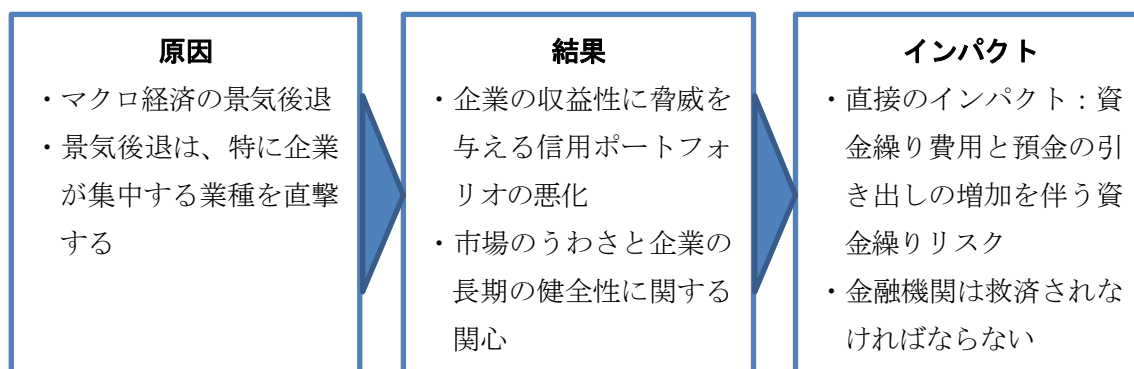


図 4.21：イベント例

(資料) Gill 他(2010)

また、リバーズ・ストレステストのシナリオで考慮する事例として、以下の事項が挙げられる。

- (a) シナリオがビジネスモデルの失敗をどのように定義するか。
- (b) ビジネスモデルの失敗は経営者の行動に従うべきである。
- (c) シナリオは転換点を特定するか。
- (d) シナリオは金融機関にどのように関連しているか。

また、リバーズ・ストレステストの金融機関および監督当局による活用事例としては、金融機関に対しては、戦略的な資本計画、リスク管理の向上、あるいはコンティンジェンシー・プランなどが挙げられる。また、監督当局による活用事例としては、金融機関とのディスカッション

ョン、業種全体の問題を評価などが挙げられるが、一方で資本要件の設定に使用しないこととしている。

4.3.2 FSAP ボトムアップ・ソルベンシー・ストレステスト

2011年に実施されたIMFによるFSAPストレステストの一環として、ボトムアップ・ストレステストが実施された。このFSAPストレステストでは、銀行の健全性（ソルベンシー）の評価のために、IMFによるボトムアップ・ストレステストの他に、イングランド銀行によるトップダウン・ストレステストとIMFによるトップダウン・ストレステストの3種類のテストが実施された。また、流動性評価のために、UK FSAによるトップダウン・ストレステストが実施され、合計4種類のストレステストが実施された。

このボトムアップ・ストレステストに参加したのは、イギリス最大手の銀行7行である。そのうち5行はイギリスに拠点を置く最大手銀行グループであり、HSBC、バークレイズ銀行、RBS、ロイズバンキンググループ、およびスタンダード・チャータード銀行である。残りは、リテール業務を相当程度実施する最大の外国銀行子会社サンタンデールUKと住宅金融組合最大手のネイションワイドである。このストレステストは、イギリス内の銀行業務だけを対象にした。ここで、このボトムアップテストの設定および推定上の重要な仮定について解説する。

マクロ経済シナリオ

まず、マクロ経済シナリオについては、IMFのWorld Economic Outlook（WEO）における実質GDP成長率の基本予測からのブレに基づき、実質GDP成長率（対前年比）、短期金利（3ヵ月LIBOR）、長期金利（10年国債金利）、失業率、およびインフレ率（CPI）に関して、3つのストレステストシナリオ（穏やかなW型景気後退、厳しめのW型景気後退、および、ゆっくりした成長）を考慮した（図4.22参照）。

また、クロスボーダー効果を全てのマクロシナリオで考慮し、ショックの種類、そのショックが関連国に影響を与える程度を調整する必要があった。そこで、World Economic Outlookに基づくGDP成長率（WEOベースライン）を、マクロ経済予測や、外国および金融セクターにおける業績と参加銀行をマクロ金融上リンクする際に影響を与える全ての国に適用した。ただし、多数の国のストレステストシナリオに利用できるマクロ経済モデルがない場合は、IMFの成長予測モデル（GPM）によるシミュレーションベースの推定値を個々の国の予測に対する指針として使用した。

GPMは成長率、インフレ率および金利によって、イギリス以外の地域に対する仮定のEUショックのスピルオーバーをシミュレーションするものである。加えて、ユーロ地域とアメリカにおける短期および長期金利の一樣な変化を参加銀行に与えた。今度は、銀行は金利ショックを名目GDPの変化量にスケール化することが必要であった。

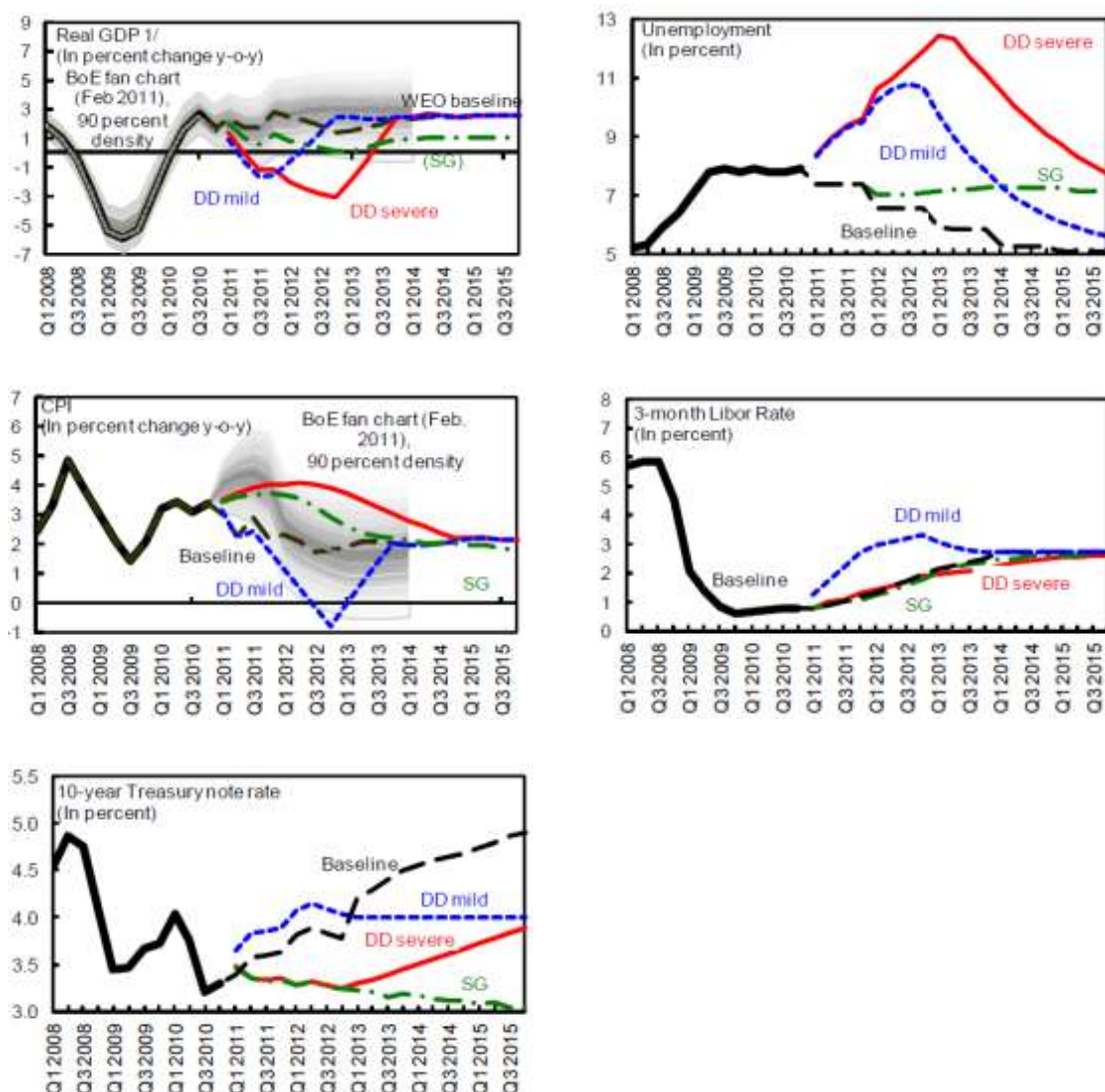


図 4.22 : イギリス FSAP ストレステストにおけるマクロ経済シナリオ

(注) 各図中の Baseline: ベースラインシナリオ、DD mild: 穏やかな W 型景気後退シナリオ、DD severe: 厳しめの W 型景気後退シナリオ、および SG: ゆっくりした成長シナリオ。
2011 年第 1 四半期以降が予測シナリオで、それより前は実績値（太線）である。

(出典) IMF (2011)

サテライトモデル

このテストでは、サテライトモデル（補助的モデル）を予測期間における銀行の業績とマクロ金融の関係を特定するのに使用することになった。銀行は信用損失や各種利益要素を決定する必要があるが、サテライトモデルかエキスパートジャッジ（専門家による判断）を利用する必要があった。仮にエキスパートジャッジを利用した場合であっても、サテライトモデルの結果とよく調整することが求められた。サテライトモデルは、最低過去 5 年間をカバーし、GDP

成長率、金利、その他のマクロ経済変数をカバーし、また、レバレッジ、融資率、資金繰りギャップなどの参加銀行固有の変数もカバーする必要があった。

次に、このテストに適用した各種仮定について説明する。

バランスシートの成長

銀行のバランスシートは一定と仮定し、名目 GDP 成長率と共に成長すると仮定した。この一定のバランスシートは、2 つの両極端である「静的バランスシート」と「動的バランスシート」の中間²⁶である。

ストレス賦課した銀行はデレバレッジや他の手段により資産成長を減ずるものと仮定した。実証分析により、予測期間に適用される最低所要 Tier1 比率（例：2011 年は 4.0%）プラス 2.5% の閾値に到達すると、信用成長は減速し始めると仮定した。銀行はこの閾値以下になった場合、信用成長は資本の不足量(%)の 2 倍低下すると仮定した。例えば、Tier1 比率が最低所要 Tier1 比率より 1%低下した場合、信用成長は 2%だけ低下するというものである。この調整は、潜在的にデレバレッジが予想される年に行わなければならない。

リスク計測

銀行は、以下の点に関して、既存の報告基準によく従う必要がある。

- ・ PD や LGD は TTC（Through The Cycle）と仮定するが、PIT（Point In Time）のリスクパラメーターに基づくテストを実施する適当な方法を見つけないといけない。
- ・ マクロ変数に銀行融資のフィードバック効果は仮定しない。
- ・ リスク資産を減らすポートフォリオ配分に変化はない。
- ・ 企業の融資基準と信用残高の変化は、過去の景気変動サイクルで経験した信用成長と一致しなければならない。

4.4 デンマーク

2009 年に実施したデンマーク国立銀行主導のボトムアップ・ストレステストについて解説する。このストレステストは、デンマークの大手 6 銀行との協力によって実施されたものであり、実施の流れとして、最初にデンマーク国立銀行がシナリオを定義し、それを受け、6 銀行はストレステストの計算を行い、デンマーク国立銀行は計算結果を集計し、実施結果を公表した。なお、参加銀行は、運転資本 500 億クローネ以上の大手銀行 Danske Bank、FIH Erhvervsbank、Jyske Bank、Nordea Bank Danmark、Nykredit Bank、および Sydbank の 6 行である。

²⁶ UK FSA が実施するストレステストでは、動的バランスシートが使用されるが、他方、EBA のストレステストでは、事前に合意した点以外は、静的バランスシートが使用される。

4.4.1 マクロ経済シナリオ

基本シナリオは、2009 年の秋に実現したものであり、2009 年 9 月からのデンマーク国立銀行の予測である。基本シナリオと 2 種類のストレスシナリオを分析した。1 つのシナリオは、デンマーク経済に負のショックを与えるものであり、もう一つはデンマークと国際経済に同時にショックを与えるものである（表 4.6 参照）このシナリオはデンマーク金融監督局との協力の下作成されたものである。

4.4.2 テスト実施結果

銀行収益

銀行の経常収益は評価損に対する最初のバッファとなる。経常利益が高いと、銀行は資本ベースに分解する前に、より多くの評価損に耐えることが可能となる。銀行の経常利益の指定は、ある程度は予算に基づくが、実際には、予想経常利益は基本シナリオと 2 つのストレスシナリオとでは、わずかに異なる。シナリオにより、経常利益で大きな差異が生じるのは、銀行救済パッケージ²⁷が、どれほど寄与するかという仮定にある。基本シナリオでは、保証料で支払われる 150 億クローネに追加して、100 億クローネが支払われると仮定した。2 つのストレスシナリオでは、経常利益が基本シナリオの場合よりも 2 つのストレスシナリオで低くなるように、パッケージの寄与が最大レベル（350 億クローネ）に達すると仮定した。

銀行が経常収益で吸収できる評価損はシナリオによって異なる。図 4.20 はグループレベルでのローンと保証に関連した償却・税引前の銀行収益であるが、この差は、銀行が通常長期の償却期間において、どれだけ頑健であるかという観点で重要である。

銀行の償却

銀行は将来大規模な償却を行うことが予想された。しなしながら、償却の規模は 3 つのシナリオとも明確にはならなかった。銀行の予想償却率は、基本シナリオではかなり変化した（図 4.21 参照）。最大値と最小値とでは 2 倍ほどの開きがあった。シナリオ 1 では、予想償却率の合計は、基本シナリオよりも平均して約 100 ベーシスポイント高いものであった。他方、シナリオ 2 では、約 130 ベーシスポイント高かった。銀行の予想償却率のスプレッドは、基本シナリオと比べた場合よりも、2 つのストレスシナリオ間の方が小さかった。

銀行の財務結果

基本シナリオでは、参加銀行は、利益に関して 2009 年および 2010 年にプラスではあるものの、ゼロ近辺になると予想し、他方、2011 年には大きな回復が見られると予想した（図 4.23 参照）。この原因は、2010 年の償却が高水準であるが、2011 年には、償却の減少が見込まれるとの予想を反映したものである。

²⁷ デンマークにおける銀行救済策第 2 弾で 2009 年から実施された。デンマークの銀行とモーゲージバンクは、満期 3 年までの政府保証が個別についたローンを融資できることになった。その後、2010 年 10 月には、銀行救済パッケージ 3 が、2011 年 10 月には、銀行救済パッケージ 4 が制定された。

表 4.6：デンマーク経済に対するストレスシナリオ

FY	マクロ経済変数	基本シナリオ	ストレスシナリオ 1	ストレスシナリオ 2
2009	GDP 成長率（対前年比、%）	-3.2	-3.6	-3.7
	失業率（%）	3.5	3.7	3.7
	平均債券利回り（%、p.a.）	3.8	3.8	3.7
	住宅価格（%、対前年比）	-14.1	-16.3	-16.1
2010	GDP 成長率（対前年比、%）	0.9	-1.2	-2.0
	失業率（%）	5.7	6.7	7.2
	平均債券利回り（%、p.a.）	4.1	4.1	3.0
	住宅価格（%、対前年比）	-0.3	-11.4	-8.3
2011	GDP 成長率（対前年比、%）	1.7	0.5	-0.3
	失業率（%）	6.2	8.2	9.5
	平均債券利回り（%、p.a.）	4.7	4.7	2.6
	住宅価格（%、対前年比）	1.9	-8.0	-3.5

（資料）Danmarks Nationalbank (2009)

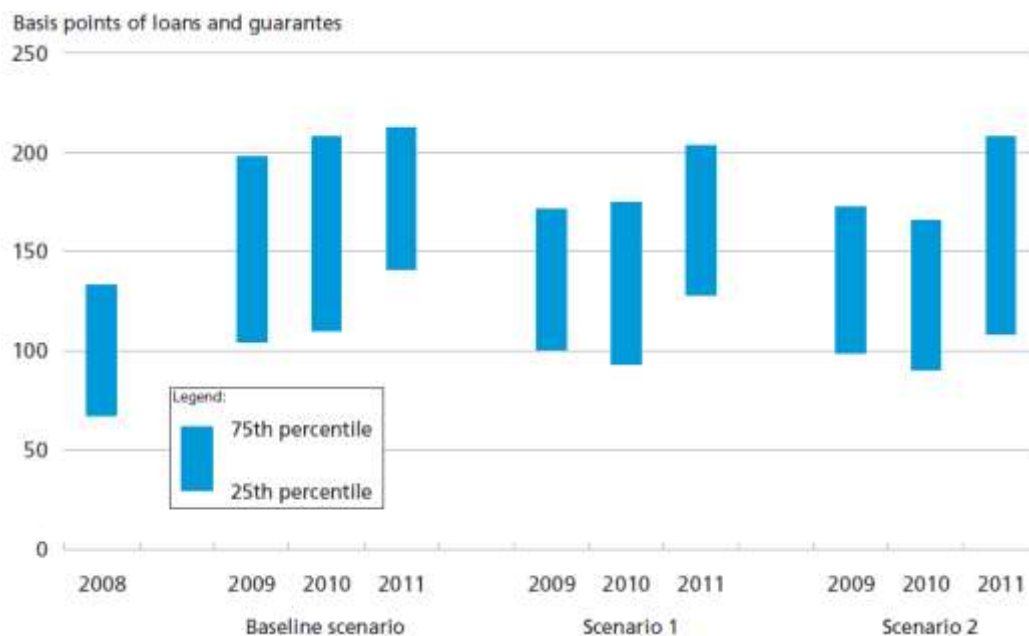


図 4.23：償却・税引前収益

（注）のれん代の償却があれば、償却・税引前利益に含まれる。

（出典）Danmarks Nationalbank (2009)

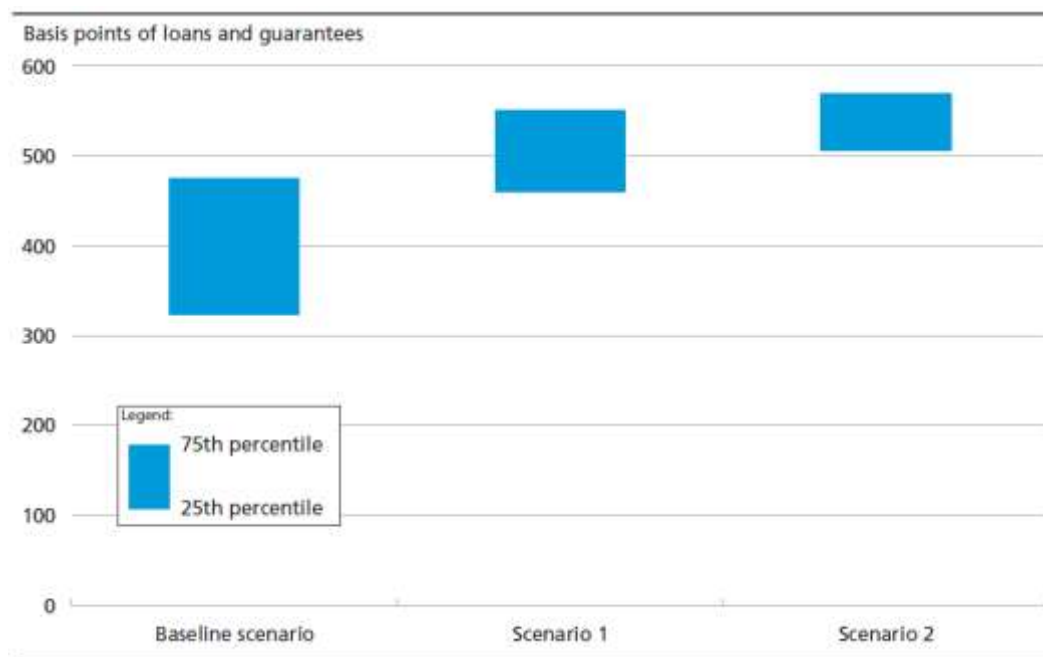


図 4.24 : 2009 年—2011 年間の償却合計

(出典) Danmarks Nationalbank (2009)

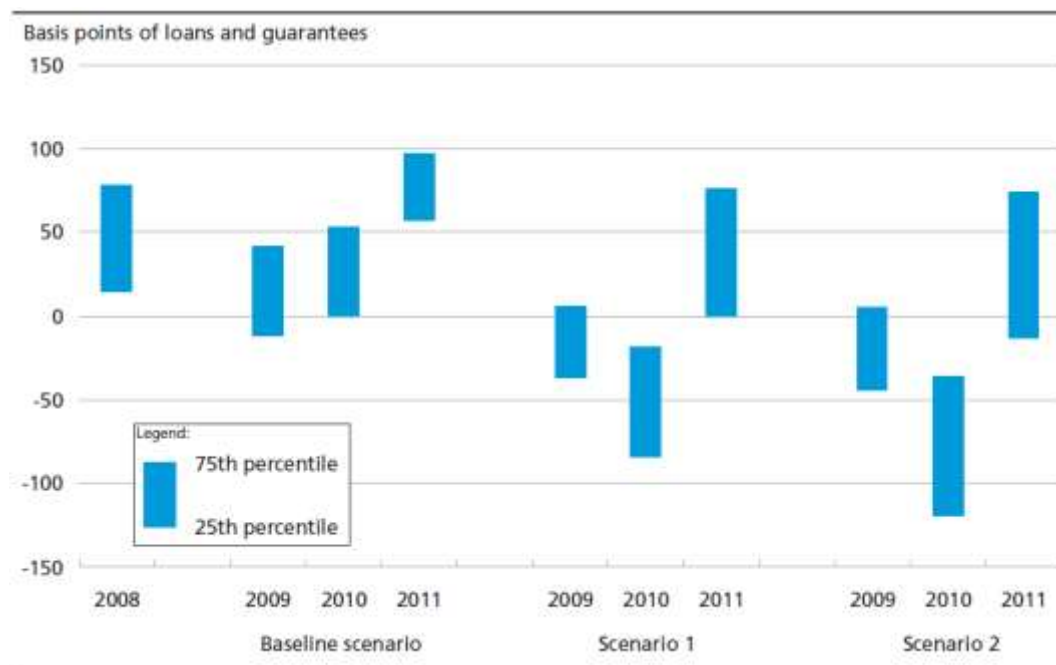


図 4.25 : 税引前利益

(出典) Danmarks Nationalbank (2009)

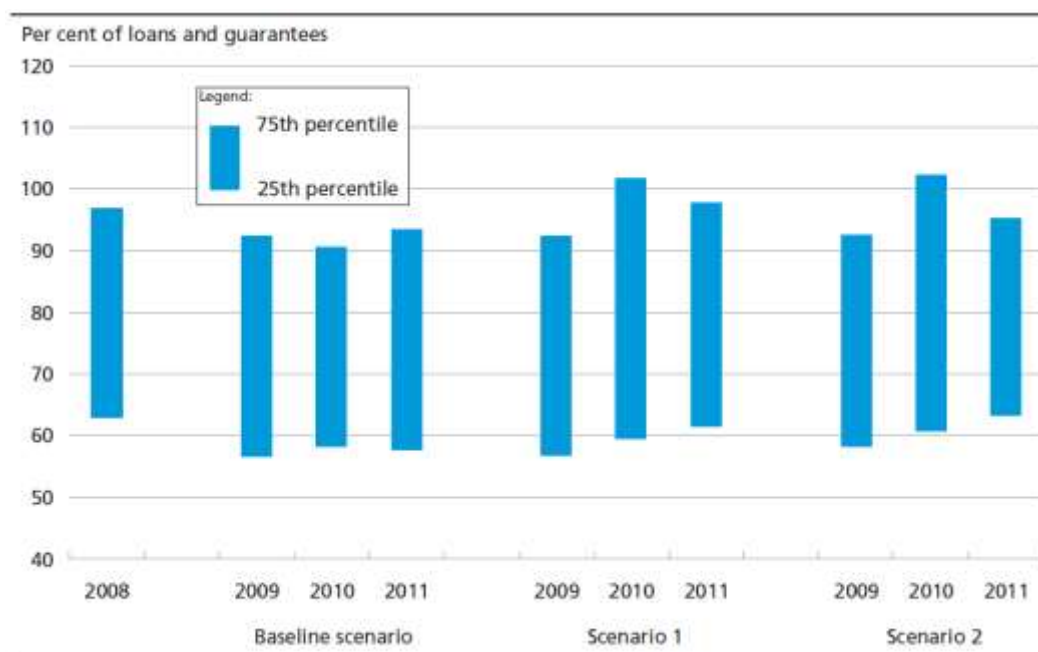


図 4.26：貸出額・保証額対比のリスク資産額として計算される平均リスクウェイト
(出典) Danmarks Nationalbank (2009)

2つのストレスシナリオでは、2009年の利益はゼロ近辺になると予想しているが、低下傾向である。2010年は、何れのストレスシナリオでもかなりマイナスと予想したが、他方、2011年にはプラスに転じると予想した。これは、償却が一般に2つのシナリオで2009年から2010年まで増加と予想した結果である。2011年に利益がかなり増加すると予想したのは、銀行共済パッケージへの拠出が終わると予想したためである。

銀行の資本

3つのシナリオとも、たいていの参加銀行は、2011年末のリスク資産の貸出額に対する比率は、2008年末と同じ水準になると予想した(図4.26参照)。ただし、2009年—2011年間のリスクウェイトの変化に関する参加銀行の予想の平均は、かなり異なるものであった。基本シナリオでは、リスクウェイトの予想は、銀行によって低下、不変あるいは増加であったが、2つのストレスシナリオでは、参加銀行は一般に2009年から2010年までリスク資産が増加し、自己資本比率は悪化すると予想した。これに対して、2010年から2011年は、大きな変化はないと予想した。

5. ストレステスト実施に伴う課題

国内外の現状を踏まえ、わが国におけるボトムアップ・アプローチによるマクロストレステ

ストの課題とその改善策を検討したい。

信用リスクモデルは、実際には、2 種類のモデルから構成されている。1 つは信用リスクパラメーター推定モデルであり、デフォルト確率（PD）やデフォルト時損失率（LGD）の推定のために、それぞれモデルが存在する。銀行が使用する PD 推定モデルは種々あるが、例えば、銀行内部のデフォルトデータから推定する場合、主に企業固有の財務変数を基にモデル構築が行われている。

もう 1 つは信用ポートフォリオリスク計量モデルであり、信用リスク量を VaR などのリスク尺度によって計量化するモデルである。ここで、銀行が通常のリスク管理業務で使用する信用 VaR モデルなどの信用ポートフォリオリスク計量モデルは、ファクターモデルが多く、抽象化したリスクファクターが導入されている場合があるものの、残念なことに、GDP 成長率など実際のマクロ経済変数がリスクファクターとして導入されていないケースが多い²⁸。そのため、ストレステストを実施する場合、マクロストレスのインパクトが、通常業務にはない手続で反映されたり、あるいは、通常使用する計量モデルとはロジックが全く異なる別のモデルで計量されるため、計量される信用リスク量に一貫性がない点が課題として挙げられる（図 5.1 参照）。

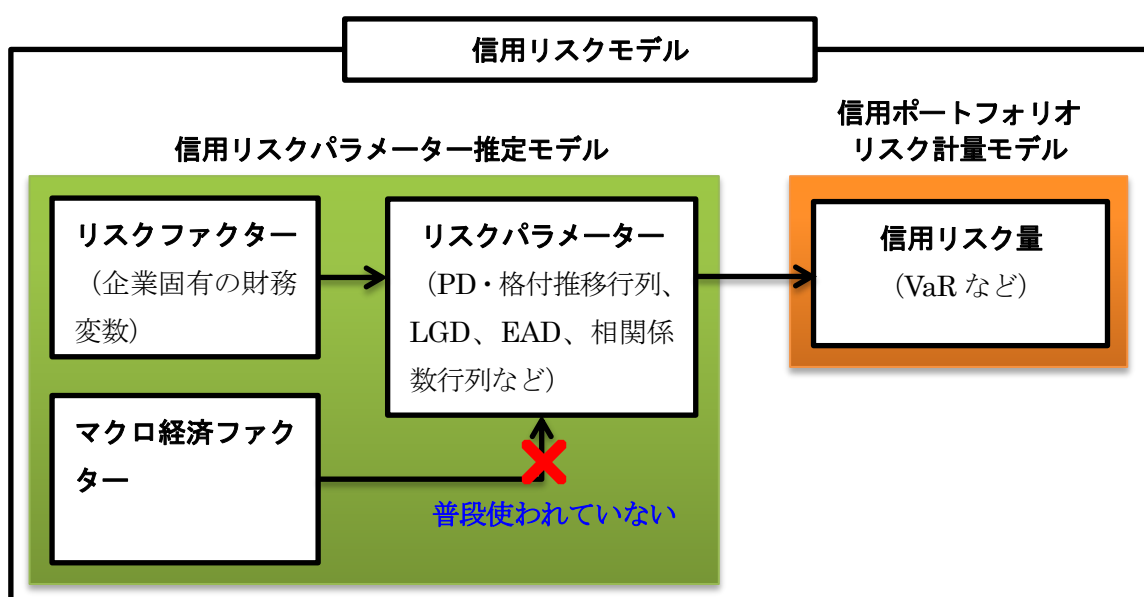


図 5.1：信用リスク計量化の概念図

²⁸ 信用ポートフォリオリスク計量モデルの代表的なモデルアプローチで、わが国の主要行の多くが内部モデルに導入している企業価値変動モデルでは、システムティック・リスクファクターと企業固有のリスクファクターにより、企業の資産価値収益率がモデル化される。システムティック・リスクファクターは、マクロ経済変数を包括する変数であるものの、実際には、モデル化の都合により、業種と国（海外の場合）でカテゴリー化した株価指数収益率のみで、GDP 成長率などのマクロ経済変数が導入されていない場合が多く見られる。なお、企業価値変動モデルのモデル化については、菅野（2011）の第 4 章が詳しい。

例えば、ストレスシナリオ上、実質 GDP 成長率が 3%下落したとしても、マクロ経済変数と PD との関係がモデル化されていない場合、実際には、その格付カテゴリーあるいは業種などの PD が 5%下落するとしても、PD が 2%下落するとアドホックにストレスシナリオを設定すると、PD のレベルで 3%の乖離が生じてしまうのである。1 つの対応策としては、ストレス賦課されたマクロ経済変数を最終的に信用ポートフォリオリスク計量モデルに直接投入する方法が必要となる。

以下では、上記の課題に関連して議論する。

5.1 ストレステストにおける信用リスクモデルの取り扱い

マクロ経済ファクター（変数）を信用リスクパラメーター（PD、LGD）に変換する機能を備えた信用リスクモデル（信用リスクのパラメーター推定と信用ポートフォリオリスク計量の両機能を備えたモデル）について議論する。ここで、2 章で説明した「モジュラー・アプローチ」と「統合アプローチ」の選択について考える。前者は、ストレス賦課した信用リスク量の点推定を行うものであるが、後者は損失分布の裾に焦点を当て、ストレス賦課した信用リスク変数の分布全体を求める方法である。ここで、信用リスク変数とは、破綻率、貸倒引当金、不良債権額など、信用リスクパラメーターの算出根拠になる変数を表す。2 つのアプローチの二者選択問題は、モデル式では捕捉できない関係が、信用リスク分布を生成すれば、どの程度まで捕捉できるのかという点にある。

1 つ以上のマクロショックをマクロ経済シナリオに加え、金利のマクロ経済変数に関するストレス賦課したパスを生成する。このストレス値は、今度は信用リスクモデルに投入され、信用リスクパラメーターのストレス値を生成する。ここで、実務上および学術研究上、この生成に幾つかの方法が提案されている。その 1 つは「決定論的アプローチ」であり、もう 1 つは「確率論的アプローチ」である。これらアプローチの選択は、ストレス賦課した信用リスク変数の実現値の点推定か、変数の潜在的な実現値の分布の推定かという違いに基づくものである。

そこで、2 つのアプローチ間の差について考える。GDP 成長率と長期金利という 2 つのマクロ経済変数の変動を決定する単純なマクロ経済モデルを使用して、ストレステストのプロセス実施を考える。例を単純化するために、元のモデル式は次の通りと仮定する。

$$\begin{aligned} GDP &= f_{GDP}(GDP, i, \varepsilon_{GDP}) \\ i &= f_i(GDP, i, \varepsilon_i) \\ C &= f_C(GDP, i, \eta) \end{aligned}$$

ここで、 GDP : GDP 成長率、 i : 長期金利、 C : 信用リスク変数（例：破綻率、貸倒引当金、不良債権額など）である。また、 $\underline{GDP}$ と $\underline{i}$ は、それぞれマクロ経済変数 GDP と i のラグ値を表す。 ε_{GDP} および ε_i は、それぞれ GDP と i に対する回帰を推定する場合の誤差項を表す。 η は信用リスク変数 C に対する回帰式推定における誤差項を表す。

この単純なモデルでは、GDP 成長率は自身のラグ値と長期金利の現在値を説明変数としてモ

デル化される。同様に、長期金利は、自身のラグ値と GDP 成長率の現在値を説明変数としてモデル化される。そして、信用リスクモデルによって、信用リスク変数は、GDP 成長率と長期金利の現在値を説明変数としてモデル化される。各回帰式における誤差項は、説明変数では説明されない従属変数の値の変動を表す。最終的には、誤差項の分布の仮定（例：正規分布）が必要となる。

確定論的アプローチの場合、各誤差項 ε_{GDP} および ε_i のストレス賦課した実現値が仮定した分布から生成され、その実現値は GDP 成長率の予測値 GDP^1 と長期金利の予測値 i^1 を推定するためにマクロ経済モデルの推定式で使用される。今度は、これらの数値が信用リスク変数の推定式に投入され、信用リスク変数のストレス値の推定値 C^1 を得る。こうして、ストレス賦課した信用リスク変数の単一の推定値が信用リスク推定式で適合する値として得られる。ここで、マクロ経済変数はシミュレーションした値で評価され、また、誤差項 η はゼロに設定される（図 5.2 参照）。

他方、確率論的アプローチの場合、基本的に決定論的アプローチを何度も繰り返し、信用リスク変数の分布を生成する。信用リスク分布は幾つかの方法で得ることが可能であるが、その 1 つの方法として、マクロ経済モデルで単一の値を推定するのではなく、1 万回とか 10 万回繰り返し推定する方法が挙げられる。例えば、各誤差項 ($\varepsilon_{GDP}^k, \varepsilon_i^k, k=1, 2, \dots, 10000$) のストレス賦課した実現値が仮定した分布から生成され、その実現値は GDP 成長率および長期金利の予測値 ($GDP^k, i^k, k=1, 2, \dots, 10000$) を推定するためにマクロ経済モデルの推定式で使用される。それに基づき、1 万回の信用リスク変数の予測値 ($C^k, k=1, 2, \dots, 10000$) で生成される分布は、期待信用損失分布を得る目的で使うことが可能であり、この分布の裾の値の観測値に焦点を当てることも可能である。しかしながら、信用損失分布をこうした方法で生成する際は、マクロ経済モデルの誤差項 ε_{GDP} および ε_i と信用リスクモデルの誤差項 η 間の潜在的な相関は無視される点に留意したい。

確率論的アプローチの別の方法として、マクロ経済モデルの 1 組のショック ($\varepsilon_{GDP}^1, \varepsilon_i^1$) のみに基づいて生成した GDP 成長率および長期金利のストレス賦課した予測値 (GDP^1, i^1) を、信用リスクモデルに投入する方法が挙げられる。マクロ経済のストレス賦課した予測値 (GDP^1, i^1) を所与として、 η を毎回生成すると、信用リスク変数のストレス賦課した値になる。マクロ経済モデルの誤差項 ($\varepsilon_{GDP}, \varepsilon_i$) と信用リスクモデルの誤差項 (η) との潜在的な相関は、信用リスク分布を生成する際に考慮されていない。

この 2 つのアプローチを融合すると、信用リスク変数の値を多数発生させる際に、マクロ経済モデルの誤差項 ($\varepsilon_{GDP}, \varepsilon_i$) と信用リスクモデルの誤差項 (η) を同時に発生させることが考えられる。原理的に、統合アプローチは、これら値を生成するマクロ経済モデルの誤差項や信用リスクモデルの誤差項を推定する際、これら相関を考慮できるアプローチであるが、モジュラー・アプローチでは、マクロ経済モデルと信用リスクモデルは、ストレステストのフレームワークでは別々の要素として取り扱われ、既存の信用リスクモデルで相関を考慮する重要性は、まだほとんど研究されていない領域であるといえる。

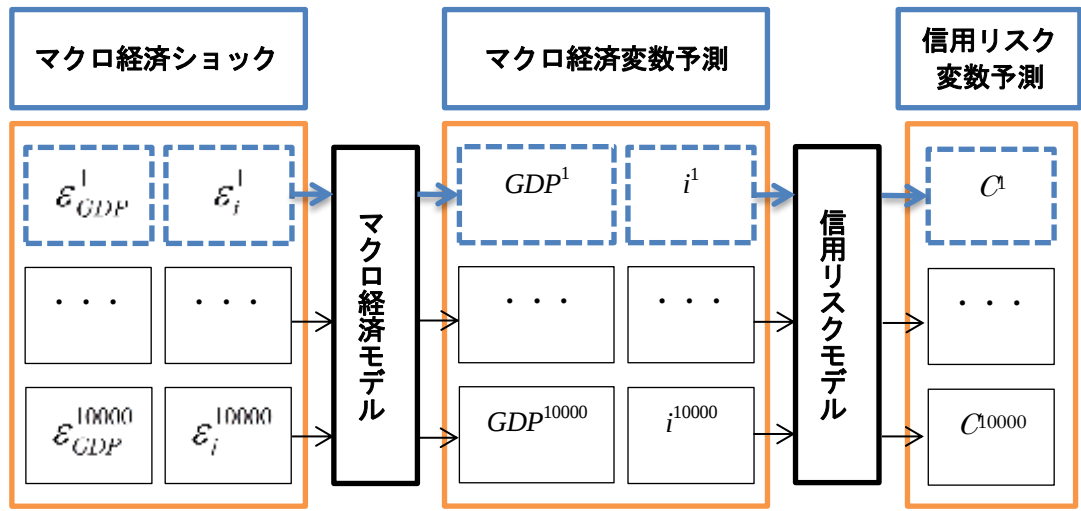


図 5.2：決定論的アプローチと確率論的アプローチ

5.2 モデルが不整合となるリスク

信用リスクモデルの内部的な不整合の可能性について潜在的原因を検討する。これは、同じ変数もしくは関連した変数がマクロ経済モデルと信用リスクモデルで使用されることに起因するモデルリスクともいえる。簡単な例で説明すると、表 5.1 の左側は、前述のモデルの方程式を再掲したものであり、2つのマクロ経済式（GDP 成長率と長期金利）と1つの信用リスク方程式（マクロ経済変数を使って信用リスク変数を説明する）からなる。

表 5.1：モデルの不整合の可能性

	単純なモデル	フィードバックモデル
マクロ経済モデル	$GDP = f_{GDP}(\underline{GDP}, i, \varepsilon_{GDP})$ $i = f_i(GDP, \underline{i}, \varepsilon_i)$	$GDP = f_{GDP}(\underline{GDP}, i, \varepsilon_{GDP})$ $i = f_i(GDP, \underline{i}, \varepsilon_i)$
信用リスクモデル	$C = f_C(GDP, i, \eta)$	$C = f_C(GDP, i, \eta)$ $GDP = f_{GDP}(\underline{GDP}, i, \underline{C}, \varepsilon_{GDP})$ $i = f_i(GDP, \underline{i}, \underline{C}, \varepsilon_i)$

他方、信用リスク変数のストレス値を生成する用途で用いられる参加銀行のモデル（信用リスクパラメーター推定モデル）では、表 5.1 の右側のように、信用リスク変数から GDP 成長率や長期金利に対するフィードバック効果を捕捉するような追加の 2 本の方程式が含まれている場合を想定すると、信用リスクモデルに含まれる追加的なマクロ経済方程式が当局の使用するマクロ経済モデルの方程式と異なるかもしれない。その結果、当局のマクロ経済モデルから示

唆される数値と異なるマクロ経済変数の予測ストレス賦課値が使用される可能性がある。ただし、この点を考慮するには、参加銀行の実施担当者が、当局の使用するマクロ経済モデルを理解することが前提となるため、事前にテスト実施方法を協議しておくことが望ましい。

潜在的にモデルの不整合が生じる別の例として、マクロ経済モデルが信用リスク変数を持つ方程式を含む場合に生じる。これは、経済全体の企業のデフォルト率のように合算値で計測されるマクロ経済変数の場合に特に生じやすい。他方、実務で使用される信用リスク方程式は、業種別等の一段狭い区分で合算される傾向があるものの、それでもなお、異なる説明変数を含んでいる可能性がある。このように、2 つの別々の信用リスク方程式がある場合、潜在的なモデルの不整合を生じる可能性がある。

モデルの不整合が生じるリスクは、統合アプローチでは、原理的にモデルの構築が内部的に一貫しているので可能性は少ないものの、他方、モジュラー・アプローチでは生じやすい。ただし、現実的には、統合アプローチは、単純さを求めるあまり、現実的なモデル化や直観的な説明力を犠牲にして成り立つアプローチである点は否定できない点は留意が必要である。これに対して、モジュラー・アプローチは、信用リスク以外に、市場リスク、流動性リスク、ソブリニリスクなどの銀行が保有する様々なリスクや銀行間市場の感染、資産の投げ売り、流動性チャネルなどの金融セクターにおけるリスクの伝播といった重要な特徴を捕捉する拡張性を有している。

また、異なるモジュールでモデルの運用を行えば、異なるパラメーターの頑健性のチェックを省力化できるかもしれないし、潜在的には異なるパラメーターや仮定に対応したテスト結果を与えることになる。モデルの不整合のリスクは、モデルに含まれるモジュールの数と共に増加し、特に外生的な方程式でリンクされている場合には、そうである。

5.3 信用リスク変数の選択

ストレステストの結果は、テストに使用する信用リスク変数の影響を少なからず受けるが、異なる信用リスク変数に対してテスト結果が頑健であることが望ましい。そこで、信用リスクの計量に使用する信用リスク変数の選択について検討する。

信用リスク計量化には、デフォルト確率（PD）、デフォルト時損失率（LGD）、およびデフォルト時エクスポージャー（EAD）の他、相関係数行列を信用リスクパラメーターとして使用する。バーゼル規制の枠組みでは、期待損失（EL）は、 $EL=PD \times LGD \times EAD$ と表すことができ、期待損失の推定は、信用ポートフォリオの信用価値の悪化あるいはデフォルトに関する最良推定（PD あるいは LGD の増加）に基づく。

しかしながら、選択する変数の種類によって、ストレステストの結果の頑健性が異なる。例えば、貸倒引当率など会計情報から算定される信用リスク変数を使用すれば、データとしての堅確性は総じて高いものの、債務者の信用リスク情報がデータに反映される頻度が追いつかない。他方、株価情報や CDS スプレッドなどの市場情報を基にモデルで算定される信用リスク変数は、フォワードルッキングなリスク尺度であるが、典型的には将来の 1 年のホライズンに対

するデフォルト確率を反映するに過ぎない。このため、異なる信用リスク変数に対して、ストレステストの結果が大きく異なる（頑健である）という保証がない。このリスクパラメーター推定上の課題は、ボトムアップ・ストレステストを実施する上では、参加銀行の裁量となるので、よく検討する必要がある。

ただし、わが国の銀行の場合、信用リスクパラメーターの推定では、基本的にバーゼル規制に準拠したモデルを使用しているため、事業法人向け債権に関しては、信用リスク変数は、全債務者数に対するデフォルト債務者数の比率としてのデフォルト率が基本である。ここで、実務上使用される信用リスク変数は、主に PD を捕捉することを目的としているが、LGD を捕捉する変数もある。また、銀行の会計データに基づく変数とデフォルトデータやモデルベースの尺度は区別される。これら変数の主な特徴は表 5.2 の通りである。

表 5.2：信用リスク変数の主な特徴

元データ	変 数	定 義	リスクパラメーター	欠 点
銀行の会計データ	不良債権比率	貸出残高に対する不良債権の比率	PD	償却と関連して不良債権の定義が潜在的に不存在
	貸倒引当率	貸出残高に対する貸倒引当金の比率	PD、LGD	償却と関連して、会計ルールと銀行の引当方針に依存
デフォルトデータ	デフォルト率	全債務者数に対するデフォルトした債務者数の比率	PD	公的に利用不可能
	破綻率	全企業数に対する破綻申請した企業の比率	PD	企業にしか適用できない（個人は適用不可）
モデルベースの尺度	マーケットベースの尺度	市場情報（例：株価、CDS）から推定される将来の 1 年のホライズンに対するデフォルト確率	PD	上場会社のみ利用可能
	銀行の内部推定による PDs	銀行の内部モデルに基づく将来の 1 年のホライズンに対するデフォルト確率	PD	公的に利用不可能

6. 結論（第 1 部）

2 章では、マクロストレステストのアプローチを類型化して整理した。ボトムアップ・アプローチでは、テスト参加銀行にシナリオ作成の負荷はないものの、銀行内部で開発したモデル

を使用して実施することが前提であり、銀行のリスク管理技術に大きく依存する部分であるといえる。

3 章および 4 章では、わが国において IMF が実施した FSAP ストレステストの他、アメリカ、EU 地域、イギリス、デンマークといった主要な諸外国・地域におけるマクロストレステストの実施例をサーベイした。ここで、各当局が提示したマクロ経済シナリオについて言及しておく。多くの場合、ストレス賦課されていない段階の基本シナリオ、およびストレスシナリオとして、ストレスシナリオと一段厳しいシナリオが提示されており、アメリカの CCAR : 3 シナリオ、EBA 実施のテスト : 2 シナリオ、およびデンマーク : 3 シナリオである。また、シナリオ設定期間は、アメリカの CCAR : 9 四半期間（2 年 3 ヶ月）、EBA 実施のテスト : 2 年、およびデンマーク : 3 年である。そして、注目したいのが、当局によるシナリオデータの提供方法である。アメリカの CCAR では、EXCEL ファイル形式で、ヒストリカルな期間 : 11 年 + 3 四半期を含む 15 年分のパネルデータが FRB より提供されている。これに対して、EBA 実施のテストでは、シナリオ設定期間の 2 年分しか情報が与えられていない。確かにヒストリカルな期間のマクロ経済変数データは、参加銀行が調べればわかるものであるが、他方、参加銀行がストレスシナリオを内部リスク計量モデルのリスクパラメーターに変換する上では、一般に必要とされるデータであるので、予め提示しておくことは合理的である。

5 章では、ストレステスト実施に伴う課題を整理した。参加銀行にシナリオ作成の負担がないとはいえ、銀行が通常のリスク管理業務で使用する信用リスクパラメーター推定モデルや信用ポートフォリオリスク計量モデルは、マクロ経済変数がリスクファクターとして導入されていないケースが多く、ストレステストを実施する場合、マクロストレスのインパクトが、通常業務にはない手続で反映されたり、あるいは、通常使用する計量モデルとはロジックが全く異なる別のモデルで計量されるため、計量される信用リスク量に一貫性がない点を課題として指摘した。この点については、第 2 部で、アメリカの CCAR 同様にマクロ経済変数のパネルデータを所与として、ストレスシナリオを銀行の内部モデルのリスクパラメーターに変換するためのベンチマークモデルの研究について記述する。5 章では、その他、ストレステストにおける信用リスクモデルの取り扱う上でのアプローチについて単純な例を引用し説明した。また、モデルが不整合となるリスクや信用リスク変数の選択上の課題について考察した。

最後に、ボトムアップ・アプローチの場合、個別銀行のテスト手法・技術に大きく依存する面があるので、当局と参加銀行とのコミュニケーションを通して、手法・技術の高度化を図っていく必要があり、本稿が今後の当局ストレステストの構築の一助になれば幸いである。

第 I 部の参考文献

菅野正泰（2009）『信用リスク評価の実務』中央経済社

菅野正泰 (2010) 『入門金融リスク資本と統合リスク管理』 金融財政事情研究会

菅野正泰 (2011) 『リスクマネジメント』 ミネルヴァ書房

日本銀行 (2012) 「日本銀行のマクロストレステスト：信用リスクテストと金利リスクテストの解説」

Alessandria, P., P. Gai, S. Kapadia, N. Mora, and C. Puh (2009), “Towards a Framework for Quantifying Systemic Stability,” *International Journal of Central Banking*, September 2009.

Andersen, H., T. O. Berge, E. Bernhardsen, K.-G. Lindquist, and B. H. Vatne (2008), “A Suite-of-Models Approach to Stress-Testing Financial Stability,” *Staff Memo*, No. 2, Norges Bank.

Asberg, P., and H. Shahnazarian. (2008), “Macroeconomic Impact on Expected Default Frequency,” *Sveriges Riksbank, Working Paper*, No. 219.

Bank of Japan (2007), “The Framework for Macro Stress-Testing of Credit Risk: Incorporating Transition in Borrower Classifications,” *Financial System Report*.

Basel Committee on Banking Supervision (2005), “International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework.”

Basel Committee on Banking Supervision (2006), “Studies on Credit Risk Concentration,” *BCBS Working Paper*, No. 15.

Basel Committee on Banking Supervision (2008), “Liquidity Risk: Management and Supervisory Challenges.”

Blaschke, W., M. T. Jones, G. Majnoni, and M. S. Martinez Peria (2001), “Stress Testing of Financial Systems: An Overview of Issues, Methodologies, and FSAP Experiences,” *IMF Working Paper*, No. 88.

Bonti, G., M. Kalkbrener, C. Lotz, and G. Stahl. (2006), “Credit Risk Concentrations under Stress,” *Journal of Credit Risk*, 2(3), pp.115–36.

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) (2012a), “Comprehensive Capital Analysis and Review 2012: Methodology for Stress Scenario Projections.”

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) (2012b), “2013 Supervisory Scenarios for Annual Stress Tests Required under the Dodd-Frank Act Stress Testing Rules and the Capital Plan Rule.”

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) (2013a), “Dodd-Frank Act Stress Test 2013: Supervisory Stress test Methodology and Results.”

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) (2013b), “Comprehensive Capital Analysis and Review 2013: Assessment Framework and Results March 2013.”

Boss, M. 2002. “A Macroeconomic Credit Risk Model for Stress Testing the Austrian Credit Portfolio,” *Financial Stability Report (Oesterreichische Nationalbank)*, 4, pp.64–82.

Boss, M., T. Breuer, H. Elsinger, G. Krenn, A. Lehar, C. Puh, and M. Summer (2006), “Systemic Risk Monitor: A Model for Systemic Risk Analysis and Stress Testing of Banking Systems,” *Internal*

- Technical Document, Oesterreichische Nationalbank.*
- Burrows, O., L. David, and J. McKeown (2012), “RAMSI: a Top-down Stress-Testing Model,” *Financial Stability Paper*, No. 17.
- Castren, O., S. D’ees, and F. Zaher (2008), “Global Macro-financial Shocks and Expected Default Frequencies in the Euro Area,” *ECB Working Paper*, No. 875.
- Castren, O., T. Fitzpatrick, and M. Sydow (2008), “Assessing Portfolio Credit Risk Changes in a Sample of EU Large and Complex Banking Groups in Reaction to Macroeconomic Shocks,” *Mimeo*.
- Chan-Lau, J. A. (2006), “Fundamentals-Based Estimation of Default Probabilities: A Survey,” *IMF Working Paper*, No. 149.
- Čihák, M. (2007), “Introduction to Applied Stress Testing,” *IMF Working Paper*, No. 59.
- Coletti, D., R. Lalonde, M. Misina, D. Muir, P. St-Amant, and D. Tessier (2008), “Bank of Canada Participation in the 2007 FSAP Macro Stress-Testing Exercise,” *Bank of Canada Financial System Review*, pp.51–59.
- Commission Bancaire (2007), “The French Approach of Stress-Testing Credit Risk: The Methodology,” Internal Document, Direction de la Surveillance Generale du Systeme Bancaire.
- Danmarks Nationalbank (2009), Stress Tests 2nd Half.
- Deutsche Bundesbank (2006), “Stress Test Experiences,” *Internal Document*.
- Drehmann, M. 2008. “Stress Tests: Objectives, Challenges and Modelling Choices,” *Economic Review (Sveriges Riksbank)*, 2, pp.60–92.
- EBA (2011a), Overview of the EBA 2011 Banking EU-wide Stress Test.
- EBA (2011b), 2011 EU-Wide Stress Test Aggregate Report.
- Eklund, T., K. Larsen, and E. Bernhardsen (2001), “Model for Analyzing Credit Risk in the Enterprise Sector,” *Economic Bulletin (Norges Bank)*, 3, pp.99–106.
- Espinosa-Vega, M. and Solé, J. (2010), “Cross-Border Financial Surveillance: A Network Perspective,” *IMF Working Paper*, No. 10/105.
- Ferrari, S., P. V. Roy, C. Vespro, “Stress Testing Credit Risk: Modelling Issues,” *Financial Stability Review 2011 (National Bank of Belgium)*, pp.105-120.
- Financial Services Authority (2009), “Stress and Scenario Testing – Feedback on CP08/24 and final rules.”
- Financial Stability Forum (2008), “Report on Enhancing Market and Institutional Resilience, Follow-up on Implementation.”
- Fiori, R., A. Foglia, and S. Iannotti (2008), “Beyond Macroeconomic Risk: The Role of Contagion in Corporate Default Correlation,” *Mimeo*.
- Gill, M., M. Nieto, J. Carroll, and J. McKerchar (2010), “Reverse Stress-Testing BANKS - Surgery 2.”
- Grundke, P. (2011), “Reverse Stress Tests with Bottom-up Approaches,” *The Journal of Risk Model Validation*, Volume 5/Number 1, pp.71–90.

- Grundke, P. (2012), “Further Recipes for Quantitative Reverse Stress Testing,” *The Journal of Risk Model Validation*, Volume 6/Number 2, pp.81–102.
- Haben, P., S. Singh, and J. McKerchar (2010), “Reverse Stress-Testing Banks - Surgery 1.”
- Hagen, J., A. Lung, K. B. Nordal, and E. Steffensen (2005), “The IMF’s Stress Testing of the Norwegian Financial Sector,” *Economic Bulletin (Norges Bank)*, 4, pp.202–11.
- Haldane, A., S. Hall, and S. Pezzini (2007), “A New Approach to Assessing Risks to Financial Stability,” *Bank of England Financial Stability Working Paper*, No. 2.
- Hamerle, A., A. Dartsch, R. Jobst, and K. Plank (2011), “Integrating Macroeconomic Risk Factors into Credit Portfolio Models,” *The Journal of Risk Model Validation*, 5(2), pp.3–24.
- International Monetary Fund and the World Bank (2003), “Analytical Tools of the FSAP.”
- International Monetary Fund (2011), “United Kingdom: Stress Testing the Banking Sector Technical Note,” *IMF Country Report*, No. 11/227.
- International Monetary Fund (2012a), “Japan: Financial Sector Stability Assessment Update,” *Country Report*, No. 12/210.
- International Monetary Fund (2012b), “Japan: Financial Sector Assessment Program—Technical Note on Financial System Spillovers—An Analysis of Potential Channels,” *Country Report*, No. 12/263.
- Jimenez, G., and J. Mencia (2007), “Modelling the Distribution of Credit Losses with Observable and Latent Factors,” *Banco de Espana Working Paper*, No. 0709.
- Jones, M. T., P. Hilbers, and G. Slack (2004), “Stress Testing Financial Systems: What to Do When the Governor Calls,” *IMF Working Paper*, No. 127.
- Laviola, S., J. Marcucci, and M. Quagliariello (2006), “Stress Testing Credit Risk: Experience from the Italian FSAP,” *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review*, LIX (238).
- Lehmann, H., and M. Manz (2006), “The Exposure of Swiss Banks to Macroeconomic Shocks — An Empirical Investigation,” *Swiss National Bank Working Paper*, No. 4.
- Marcucci, J., and M. Quagliariello (2008), “Is Bank Portfolio Riskiness Procyclical? Evidence from Italy using a Vector Autoregression,” *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 18 (1), pp.46–63.
- Misina, M., and D. Tessier (2008), “Non-linearities, Model Uncertainty, and Macro Stress Testing,” *Bank of Canada Working Paper*, No. 30.
- Oesterreichische Nationalbank (2006), “Risk Assessment and Stress Testing for the Austrian Banking System,” *Model Documentation*.
- Pesaran, M. H., T. Schuermann, B.-J. Treutler, and S. M. Weiner (2006), “Macroeconomic Dynamics and Credit Risk: A Global Perspective,” *Journal of Money, Credit, and Banking*, 38 (5), pp.1211–61.
- Segoviano, M (2006), “Conditional Probability of Default Methodology,” *London School of Economics Financial Market Group Discussion Paper*, No. 558.
- Skoglund, J. and W. Chen (2009), “Risk contributions, Information and Reverse Stress Testing,” *The*

Journal of Risk Model Validation, Volume 3/Number 2, pp.61–77.

Sorge, M., and K. Virolainen (2006), “A Comparative Analysis of Macro Stress-Testing with Application to Finland,” *Journal of Financial Stability*, 2 (2), pp.113–51.

Sveriges Riksbank (2006), “Using External Information to Measure Credit Risk.” *Financial Stability Report*, 1, pp.75–88.

Swinburne, M. (2007), “The IMF’s Experience with Macro Stress-Testing.” Presentation at the European Central Bank High Level Conference on Simulating Financial Instability, Frankfurt, July, pp.12–13.

UK FSA (2010), Reverse Stress - Testing BANKS - Surgery 2.

van den End, J. W., M. Hoeberichts, and M. Tabbæ (2006), “Modelling Scenario Analysis and Macro Stress-Testing,” *De Nederlandsche Bank Working Paper*, No. 119.

第 2 部 ストレスシナリオを内部リスク計量モデルのリスクパラメ

ーターに変換するためのベンチマークモデルの研究

1. はじめに（第 2 部）

第 1 部で述べたわが国におけるボトムアップ・アプローチによるマクロストレステストの課題を踏まえ、第 2 部では、監督当局から提示されるマクロ経済変数セットとしてのマクロストレスシナリオを、銀行が自社の内部信用ポートフォリオリスク計量モデルのリスクパラメーターに変換するためのベンチマークモデルについて研究する。

第 1 部で既述したように、金融機関がボトムアップ型のマクロストレステストを実施する場合、リスクファクターであるマクロ経済変数とリスクパラメーターとの関係を定式化した信用リスクパラメーター推定モデルを保有していないとき、あるいは、通常のリスク管理業務で使用する信用リスクモデルにリスクファクターをリスクパラメーターに変換する機能が具備されていないとき、マクロ経済変数を信用リスクモデルに統合するアプローチが必要となる。

なお、ベンチマークモデルとは、監督当局から提示されるマクロ経済変数セットのデータ全体を使い、個々の金融機関が通常使用している信用スコアあるいは財務指標のデータセットと併せて、モデルの仮定をなるべく置かない方法で、リスクファクターとしてのマクロ経済ファクターをリスクパラメーターに変換する汎用的なモデルを指す。

2. 先行研究

この分野の先行研究に言及する。まず、信用リスクをマクロ経済変数と関連付ける研究の多くは、マクロ経済効果や信用格付別のデフォルト率を説明する変数にマクロ経済変数を導入するアプローチであり、Duffie 他 (2007, 2009)、Koopman 他 (2005, 2009, 2011)、Kanno (2012) など数多くみられる。これに対して、金融機関の信用リスクモデルにマクロ経済変数を統合したモデルの事例として、Hamerle and Rosch (2006) と、それを発展させた Hamerle 他 (2011) のアプローチを挙げることができる。

Hamerle and Rosch (2006) は、最尤推定法により、3 つの商用のポートフォリオリスク計量モデル（CreditMetrics、CreditRisk+ および CreditPortfolioView）のパラメーターを銀行が推定する方法を示している。考慮するリスクファクターは、債務者固有のリスクファクターとマクロ経済ファクターおよび業種固有のリスクファクターの 3 種類である。ここで、債務者固有のリスクファクターは個社の財務指標ではなく、ドイツ・ブンデスバンクが提供した信用スコアで代替している。このスコアは、業種毎に線形判別分析によって推定したものであり、4 つの財務指標から構成される。また、マクロ経済ファクターとして、2 つの業種（製造業、商業）に対

して、それぞれ 1 つの個別の変数を使用しており、製造業に対しては IFO 企業景況感指数²⁹、商業に対しては負債金利を使用している。また、業種固有のリスクファクターについては、潜在変数として定式化しているため、具体的なデータは使用されていない。最尤推定法を行う場合、尤度関数は業種固有のリスクファクターの条件付尤度関数を定義し、その後、このファクターに関して $[-\infty, \infty]$ の区間で積分することで無条件の尤度関数を導出している。

Hamerle 他 (2011)のアプローチは、Hamerle and Rösch (2006)を発展させ、マクロ経済ファクターおよび業種固有のリスクファクターとも、マルチファクターにしている。彼らを使用したデータはムーディーズ社の社債デフォルト・データベースであり、1982 年第 3 四半期から 2008 年第 4 四半期までの 4 半期毎の北米の社債発行体の格付およびデフォルト情報が含まれている。企業固有のリスクファクターとして、ムーディーズ社の個社別信用格付の 1 変数のみ定義しており、また、業種として、資本財、消費財、および小売・流通の 3 業種を考慮している。他方、マクロ経済データとして、GDP、失業率、長短金利、鉱工業生産率、不良債権償却率、株式の市場リターン、消費者物価指数がデータベースに含まれるが、最終的にマクロ経済ファクターとして選択したものは、失業率、ダウ・ジョーンズ工業株式平均（小売り・流通業種のみ）、および鉱工業生産率（資本財業種のみ）の 3 種類のみである。彼らの論文も、Hamerle and Rösch (2006)同様に最尤推定法によりパラメーター推定を行っているが、業種ファクターがマルチファクターで、かつ業種間の相関を考慮し一般化しているため、無条件の尤度関数が多重積分³⁰になっている。したがって、Hamerle and Rösch (2006)以上に尤度関数が複雑な形になっており、数値計算上の負荷が大きい。

次章では、Hamerle 他 (2011)のアプローチを拡張して、わが国の上場企業のデフォルトを考慮したマクロ経済ファクターと業種リスクファクターを含む信用リスクモデルを構築し、デフォルト確率 (PD) にインプライされるマクロ経済ファクターと業種リスクファクターをリスクパラメーターに変換する（同時推定する）アプローチについて研究する。

3. デフォルトリスク・モデル

以下では、マクロファクター・アプローチにより、個社のデフォルトリスクを説明するモデルを構築する。

まず、信用リスクの構造モデルアプローチに従い、企業 i の期間 t における資産収益率を $R_{i,t}$ ($i=1, \dots, N_t, t=1, \dots, T$) とおく。ここで、 N_t は期間 t の期初に存在する企業の集合を表す。このとき、資産収益率 $R_{i,t}$ を次式で定式化する。

$$R_{i,t} = \beta' \mathbf{x}_{i,t-1} + \gamma' \mathbf{z}_{t-1} + s_{i,t} \quad (3.1)$$

²⁹ IFO 研究所が旧西ドイツ約 7000 社の役員等を対象に調査・集計を行ったものである。1991 年を基準 100 とした指数で翌月下旬に発表され、生産・在庫・受注・価格・雇用の項目に分かれ、鉱工業生産との関連が高く、発表も早いことから、ドイツの経済指標の中で最も注目されている。

³⁰ このタイプのモデルの推定方法の解説として、例えば、Greene (2008)の第 17 章が参考になる。

ここで、 $\mathbf{x}_{i,t} = (x_{i,t,0} \ x_{i,t,1} \cdots x_{i,t,n})'$ は企業 i 固有の期間 t におけるベクトルサイズ n のリスクファクター・ベクトルで、平均 $\mathbf{0}$ の正規分布に従い、個社の財務指標など観測可能な変数が該当する。 $\mathbf{z}_t$ は期間 t における正規分布に従うマクロ経済ファクター・ベクトルで、GDP 成長率、失業率などのマクロ経済変数のセットである。 $\mathbf{x}_{i,t}$ と $\mathbf{z}_t$ には、 $R_{i,t}$ に比べて 1 期間のタイムラグを設定する。また、 $\boldsymbol{\beta}$ と $\boldsymbol{\gamma}$ は、それぞれ企業固有のリスクファクターとマクロ経済ファクターに対応した係数ベクトルである。ここで、 $\boldsymbol{\beta} = (\beta_0 \ \beta_1 \cdots \beta_n)'$ とすると、 β_0 は定数項で $x_{i,t,0} = 1$ に対応する。また、 $s_{i,t}$ は企業 i の属する業種 j ($j=1, \dots, J$) のリスクファクターであり、次式で表す。

$$s_{i,t} = \boldsymbol{\rho}_i' \mathbf{f}_t + \sqrt{1 - \boldsymbol{\rho}_i' \boldsymbol{\rho}_i} \varepsilon_{i,t} \quad (3.2)$$

ここで、 $\mathbf{f}_t = (f_{1,t}, \dots, f_{J,t})$ は J 種類の業種リスクファクター・ベクトルを指し、ポートフォリオに含まれる企業の業種によって決まる変数ベクトルで、各成分 $f_{j,t}$ ($j=1, \dots, J$) は、それぞれ標準正規分布に従う。 $\boldsymbol{\rho}_i = (\sqrt{\rho_{i,1}}, \dots, \sqrt{\rho_{i,J}})$ は、 $f_{j,t}$ ($j=1, \dots, J$) に対する感応度を表す $\rho_j \in [0,1]$ をファクター・ローディングとする係数ベクトルであり、

$$\rho_{i,j} = \begin{cases} \rho_j; & i \in j \\ 0; & \text{それ以外} \end{cases}$$

である。 $\varepsilon_{i,t}$ は企業 i 固有のリスクファクターで、標準正規分布に従う。また、 $f_{j,t}$ ($j=1, \dots, J$) と $\varepsilon_{i,t}$ は、任意の時点 t に関して独立で、 $\varepsilon_{i,t}$ はクロスセクション方向および時系列方向に対して独立である。これに対して、 $\mathbf{f}_t = (f_{1,t}, \dots, f_{J,t})$ は時系列方向に独立であるが、クロスセクション方向に相関構造を有する。すなわち、ベクトル $\mathbf{f}_t$ の相関係数行列を、

$$\text{Corr}(\mathbf{f}_t) := \boldsymbol{\Omega} = \begin{bmatrix} \omega_{1,1} & \omega_{1,2} & \cdots & \omega_{1,J} \\ \omega_{2,1} & \omega_{2,2} & \cdots & \omega_{2,J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{J,1} & \omega_{J,2} & \cdots & \omega_{J,J} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

とおく。この結果、2 社の固有リスクファクターとマクロ経済ファクターの値を所与とすると、2 社 a および b の資産収益率は、次式のような相関構造を有する。

$$\text{Corr}(R_{a,t}, R_{b,t}) = \begin{cases} \rho_j & ; j = k \\ \sqrt{\rho_a \rho_b} \omega_{u,v}; & j \neq k \end{cases} \quad (3.4)$$

次に、構造モデルアプローチでは、企業の資産収益率 $R_{i,t}$ がデフォルト閾値を下回った時にデフォルトが発生すると考える。ここで、信用事由の考え方として、デフォルトモード方式を採用すると、資産収益率 $R_{i,t}$ は期待値 $\mathbf{0}$ のリスクファクターの線形結合で定式化すると仮定しているので、資産収益率 $R_{i,t}$ が $\mathbf{0}$ を下回った時にデフォルトが発生すると考えることができる。これをデフォルト指標関数により表すと、

$$\mathbf{1}_{i,t} = \begin{cases} 1; & R_{i,t} < 0 \\ 0; & \text{それ以外} \end{cases} \quad (3.5)$$

となる。このとき、企業固有のリスクファクター、マクロ経済リスクファクター、および業種リスクファクター・ベクトル $\mathbf{f}_t$ の数値がデータとして与えられている場合、企業 i の条件付デフォルト確率は次式のようになる。

$$\begin{aligned} p_{i,t}(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t) &:= P(R_{i,t} < 0 | \mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t) = E[\mathbf{1}_{i,t} | \mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t] \\ &= P\left(\varepsilon_{i,t} < -\frac{\beta' \mathbf{x}_{i,t-1} + \gamma' \mathbf{z}_{t-1} + \rho' \mathbf{f}_t}{\sqrt{1 - \rho' \rho_i}}\right) \\ &= \Phi\left(-\frac{\beta' \mathbf{x}_{i,t-1} + \gamma' \mathbf{z}_{t-1} + \rho' \mathbf{f}_t}{\sqrt{1 - \rho' \rho_i}}\right) \end{aligned} \quad (3.6)$$

ここで、 $\Phi(\cdot)$ は標準正規累積分布関数である。

期間 t に対する企業 i のデフォルトの有無をデフォルト指標関数 $d_{i,t} = \mathbf{1}_{i,t}$ で表す。ポートフォリオ内の企業のデフォルトは条件付独立で発生すると仮定すると、業種リスクファクター・ベクトル $\mathbf{f}_t$ を所与とするポートフォリオ全体の条件付デフォルト確率は次式となる。

$$p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t) := \prod_{i=1}^{N_t} p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t)^{d_{i,t}} (1 - p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t))^{1-d_{i,t}} \quad (3.7)$$

したがって、期間 t に対する条件付尤度関数は次式のようになる。

$$\begin{aligned} p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}) \\ := \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{i=1}^{N_t} p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t)^{d_{i,t}} (1 - p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t))^{1-d_{i,t}} \phi(f_{1,t}, \dots, f_{J,t}) df_{1,t} \cdots df_{J,t} \end{aligned} \quad (3.8)$$

(3.8)式は条件付デフォルト確率を構成するパラメーター関数である。パネルデータであるので、時系列方向に T 期間の観測値が得られるとすると、対数尤度関数を各期間の対数尤度の和として、次式のように表すことにする。

$$l = \sum_{t=1}^T \ln \left(\int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{i=1}^{N_t} p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t)^{d_{i,t}} (1 - p_t(\mathbf{x}_{i,t-1}, \mathbf{z}_{t-1}, \mathbf{f}_t))^{1-d_{i,t}} \phi(\mathbf{f}_t; \mathbf{0}, \mathbf{\Omega}) df_{1,t} \cdots df_{J,t} \right) \quad (3.9)$$

ここで、 $\phi(\mathbf{f}_t; \mathbf{0}, \mathbf{\Omega})$ は平均ベクトル $\mathbf{0}$ 、相関係数行列が(3.3)式の $\mathbf{\Omega}$ を有する J 変量の標準正規密度関数である。(3.9)式に含まれる多重積分は、実務上は適応ガウス求積法³¹などの数値積分により計算することができるが、次数の増加に伴い多大な計算時間を要する。また、数値的に最適化する方法として、ニュートン・ラフソン法などの手法が挙げられるが、この手法自体は

³¹ 例えば、Pinheiro and Bates (1995)や Sophia and Anders (2006)が参考になる。

多くの統計ソフトウェアに実装されている。

4. データ

本研究の分析対象は、わが国の上場企業である。分析に使用するデータはパネルデータで、クロスセクション方向と時系列方向の両方の要素を持つデータである。データの種類としては、個社別の財務データ、デフォルトデータ、マクロ経済データである。

まず、財務データについては、Hamerle 他 (2011)等の先行研究では、企業固有のリスクファクターとして格付スコアのような個社の信用リスクを代表する指標を使用しているものの、本研究では、格付スコアを推定する元となる財務指標をマクロ経済変数と同時推定する方法を採用する。財務データは、EOL の上場企業財務データベースから入手した。このデータベースには、連結決算ベースで 2012 年 3 月末現在約 35 百社の上場企業が存在し、2001 年 4 月から 2012 年 3 月までの 11 年間に本決算を迎えた延べ社数は 34,474 社である。この間にデフォルトしなければ、その企業は毎年 1 社、延べで 11 社とカウントされ、途中でデフォルトした場合、デフォルト直前の本決算データが存在する年度までを 1 社とカウントすることにする。この中から建設業、卸売業、および不動産業の 3 業種を切り出して分析する。

また、2001 年 4 月から 2012 年 3 月までの 11 年間にデフォルトした上場企業数は 142 社である。なお、データ処理上は、デフォルト時点を法的手続の申請時点ではなく、デフォルト直前の決算期と認識して処理し、最後の決算期のみデフォルト・フラグを立てる。したがって、11 年間の延べ社数 34,474 社には、デフォルト直前の決算期を 1 社とカウントして含めていることに注意したい。例えば、3 月末決算の企業が 2005 年 8 月にデフォルトした場合、直前の 2005 年 3 月期の決算分まで 4 期のデータが含まれているため、延べ社数は 4 社ということになる。

表 4.1 に分析に切り出した 3 業種（建設業、卸売業、不動産業）の 11 年間の延べ企業数とその間にデフォルトが観測された企業数を示す。なお、業種別のデフォルト率については、後掲の表 4.3 を参照されたい。

表 4.1：業種別延べ企業数とデフォルト企業数

業種	延べ企業数	デフォルト企業数
建設業	1,889	23
卸売業	3,423	9
不動産業	1,010	23
合計	6,322	55

入手したデータ項目は、自己資本（百万円）、EBITDA（百万円）、使用総資本事業利益率（ROA）（%）、売上高営業利益率（%）、売上高経常利益率（%）、売上債権回転期間（月）、流動比率（%）、当座比率（%）、固定長期適合率（%）、自己資本比率（%）、インタレスト・カバレッジ

ジ・レシオ（倍）、営業キャッシュフロー比率（キャッシュフローマージン）（％）、営業キャッシュフロー対流動負債比率（％）の 13 項目である。ただし、金額ベースの指標である自己資本および EBITDA は自然対数変換を行った。これらの財務項目は、一般に金融機関が内部の信用スコアリングモデルを構築する際の主要な項目を成しており、規模指標、安全性指標、および収益性指標の 3 タイプの何れかに該当する指標を選択した。

また、業種リスクファクターに対応する業種分類として、東証 33 業種（証券コード協議会による業種分類）を 10 分類に集約した業種分類を想定する（表 4.2 参照）。ここでの集約は、株式会社東京商工リサーチが日本標準産業分類に準拠して集約している 10 分類を採用する。なお、東証業種区分が非公表の企業に関しては、金融庁（EDINET）の業種分類を参考に業種分類を行った。

表 4.3 および図 4.1 は 11 年間の業種別実績デフォルト率の推移を示したものであるが、11 年間の全業種平均デフォルト率は 0.51% で、リーマンショック後の不動産業と建設業のデフォルト率が、それぞれ 10.3% と 6.1% と他の業種と比較して極めて高いことが見て取ることができる。したがって、本研究での分析対象業種として、建設業と不動産業に加え、卸売業の 3 業種を選択する。

ここで、Moody's Analytics 社のフォワードルッキングな期間 1 年の個社別予想デフォルト率（EDF）を用いて、年度別・業種別に個社の EDF を平均したものを図 4.2 に示す。例えば、2008 年の EDF は、2008 年 4 月末から 2009 年 3 月末までの各月末時点をリスクホライズンのエンドとするデフォルト確率の単純平均である。図 4.1 では、実績デフォルト率のピークは、2007 年度に見られるが、これに対して、EDF のピークはリーマンショック後の 2009 年度に見られる点に留意が必要である。EDF の予測は、リーマンショックの経験を踏まえたものであるため、実績値と予測値の間にずれが生じたと考えられる。

また、予想デフォルト率 EDF と実績デフォルト率との差を図 4.3 に示す。図 4.3 を見ると、2008 年度から 2010 年度にかけて、不動産業および建設業の予測値（EDF）と実績値との乖離が極めて大きいことがわかる。2008 年度は、9 月にリーマンショックが発生したことにより、EDF の予測を上回るデフォルト実績が発生し、逆に、2009 年度は、リーマンショックの影響が反映された株価や財務変数の数値をベースとして EDF が計算されているため、厳しめの予測がなされたことになる。

他方、参考までに「わが国の全企業」の業種別デフォルト率の推移を 2003 年 4 月から 2012 年 3 月までの 9 年間にわたり計算³²したものが図 4.4 である。全企業で見ると、この 9 年間のデフォルト率は 2% 以内に収まっており、不動産業、建設業が特段高い数値を示しているわけでもないことがわかる。如何に建設業や不動産業の上場企業がリーマンショックに影響を受けたかがわかる。

³² 企業数は、総務省事業所・企業統計調査による。また、デフォルト数は、東京商工リサーチ HP に掲載されている全国・負債総額 1 千万円以上の倒産統計による。

表 4.2：業種分類

東証 33 業種		本稿の業種分類	
1	水産・農林業	1	農・林・漁・鉱業
2	鉱業		
3	建設業	2	建設業
4	食料品	3	製造業
5	繊維製品		
6	パルプ・紙		
7	化学		
8	医薬品		
9	石油・石炭製品		
10	ゴム製品		
11	ガラス・土石製品		
12	鉄鋼		
13	非鉄金属		
14	金属製品		
15	機械		
16	電気機器		
17	輸送用機器		
18	精密機器		
19	その他製品		
20	電気・ガス業	10	サービス業他
21	陸運業	8	運輸業
22	海運業		
23	空運業		
24	倉庫・運輸関連		
25	情報・通信業	9	情報通信業
26	卸売業	4	卸売業
27	小売業	5	小売業
28	銀行業	6	金融・保険業
29	証券、商品先物取引業		
30	保険業		
31	その他金融業		
32	不動産業	7	不動産業
33	サービス業	10	サービス業他

表 4.3：年度別・業種別デフォルト率

業種／年度	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
農・林・漁・鉱業	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
建設業	1.71%	1.05%	1.08%	1.09%	0.00%	0.54%	6.15%	1.16%	0.00%	0.00%	0.00%
製造業	0.57%	0.35%	0.28%	0.14%	0.07%	0.14%	0.14%	0.07%	0.14%	0.07%	0.07%
卸売業	0.38%	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.60%	0.61%	0.62%	0.00%	0.00%	0.00%
小売業	0.50%	1.25%	0.41%	0.00%	0.00%	0.36%	0.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
金融・保険業	0.61%	0.58%	0.00%	0.00%	0.00%	0.55%	0.00%	1.14%	0.59%	0.60%	0.00%
不動産業	3.64%	1.49%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.34%	6.25%	0.99%	0.00%	1.01%
運輸業	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.79%	0.00%	0.00%	0.00%
情報通信業	0.00%	0.00%	0.50%	0.00%	0.39%	0.00%	0.33%	0.68%	0.70%	0.37%	0.38%
サービス業他	0.00%	0.43%	0.41%	0.00%	0.00%	0.66%	0.63%	0.64%	0.33%	0.00%	0.00%

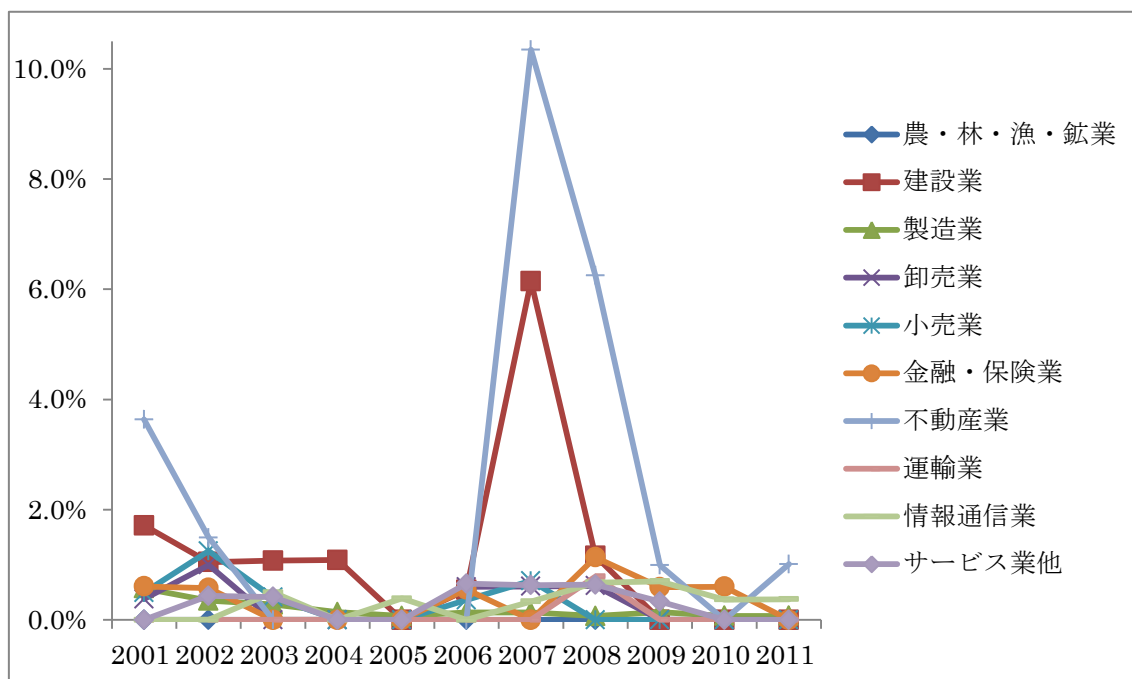


図 4.1：上場企業の業種別実績デフォルト率の推移（2001 年 4 月～2012 年 3 月）

（注）横軸は決算年度をとっているため、デフォルトした企業のデフォルト時点と最後の決算時点とは、最大 1 年ずれることに注意したい。

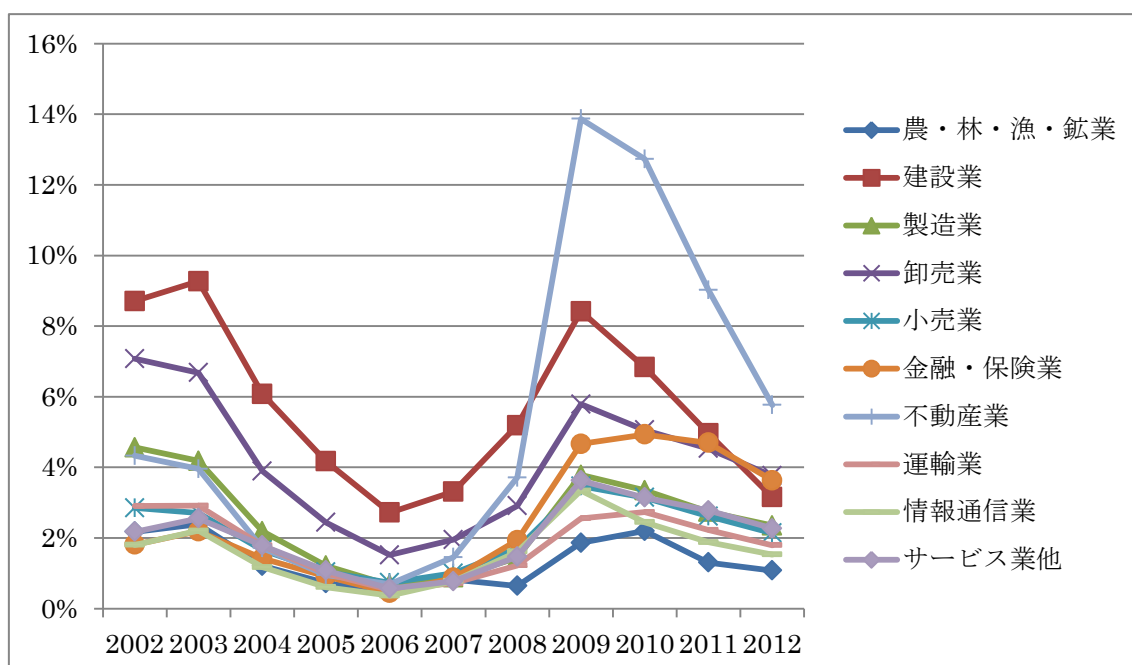


図 4.2：上場企業の業種別年間平均予想デフォルト率（EDF）の推移

（2001 年 4 月～2012 年 3 月）

（注）横軸は年度を示し、例えば、2002 は 2002 年度末、すなわち 2003 年 3 月時点を表す。

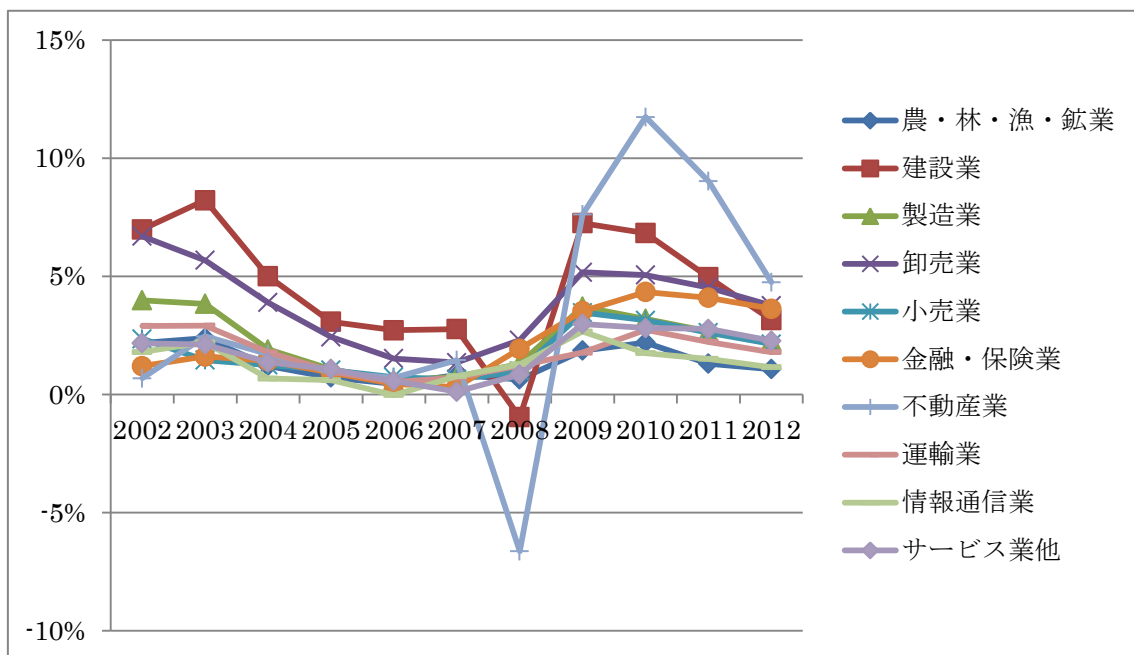


図 4.3：上場企業の業種別年間平均予想デフォルト率（EDF）—実績デフォルト率の推移
(2001 年 4 月～2012 年 3 月)

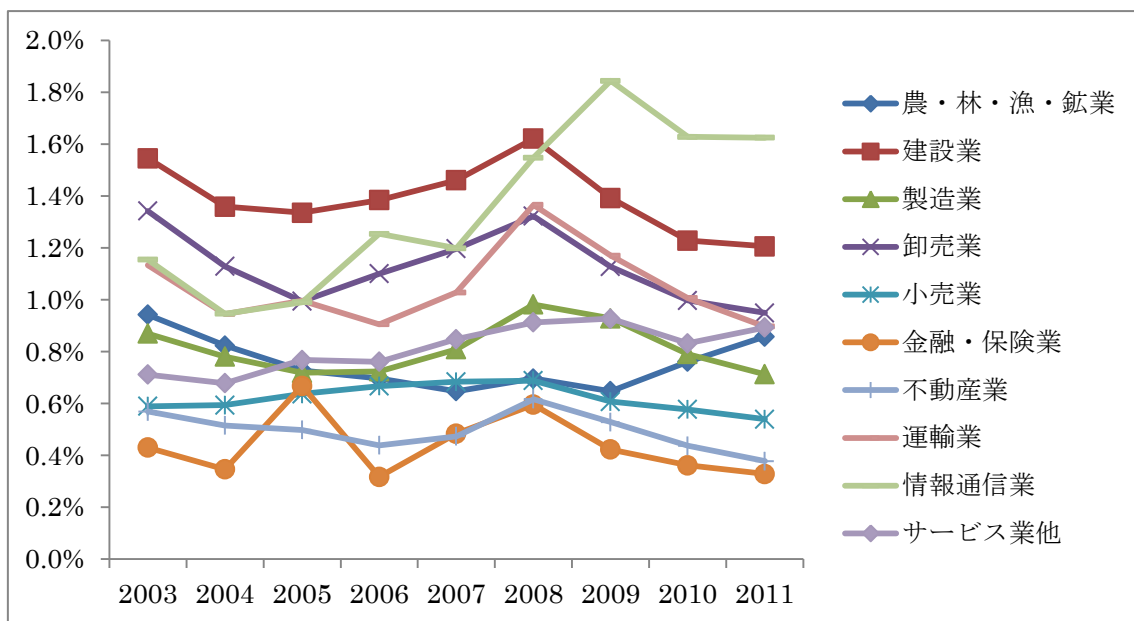


図 4.4：わが国全企業の業種別デフォルト率の推移
(2003 年 4 月～2012 年 3 月)

次に、マクロ経済データについては、日経 Astra Manager のデータベースを使用した。採取したデータに含まれる項目は、実質 GDP 成長率、CPI、完全失業率、景気動向指数、コールレート無条件オーバーナイト物、10 年物国債利回り、長期国債 10 年物応募者利回り、

および民間最終消費支出である。最後の民間最終消費支出は、GDP 消費項目の 1 つで、一般に個人消費とも言われている。

なお、欠損値については、特定年度の一部の財務項目が欠損している場合、他の項目が揃っていても、その企業の特定年度の財務データのみ除外することとした。

5. リスクファクターの推定手順と結果

5.1 リスクファクターの推定手順

3 章の式(3.1)でマクロ経済ファクター・ベクトルを含むモデルを「モデルⅠ」とし、その対比として、マクロ経済ファクター・ベクトルを含まないモデルを「モデルⅡ」とする。ここで、モデルⅠはポイント・イン・タイム (Point In Time) の特性が有するが、モデルⅡはスルー・ザ・サイクル (Through The Cycle) の特性を有する。モデルⅠのリスクファクターについては、係数の符号および有意性に基づいて選択する。また、モデルⅡの財務指標については、モデルⅠで選択された組み合わせを最大集合とし、その中から係数の符号および有意性の確認を行い、絞り込みを行う。

各リスクファクターの候補項目に一般に期待される符号を表 5.1 に掲載する。まず、企業固有のリスクファクターの符号について見る。固定長期適合比率以外は、その財務指標が増加すると、企業は健全性が高まるので、デフォルトの可能性は低下するということで、符号はマイナス (－) である。固定長期適合比率については、固定長期適合比率 (%) = 固定資産 / (自己資本 + 固定負債) の計算式で表される通り、この指標が 100%以上となった場合、固定資産の維持調達が流動負債にも依存していることを示すことから、資金繰りが厳しい状態と考えられるため、符号はプラス (+) である。

ここで、符号に関して、参考までに白田 (2008)の日本企業³³に対する財務指標分析に触れておく。その中で、表 5.1 に取り上げた財務指標の一部についても分析を行っており、流動比率、固定長期適合率、売上債権回転期間、営業キャッシュフロー比率などの財務指標は、経済環境の変化に影響を受けることがほとんどない指標としての有意性を認めているが、例えば、流動比率は高い方が、資金流動性が高いと判断されることや、固定長期適合率は低い方が資金配分に無理なく安全性が高いという傾向は理論としては正しいが、実際は理論通りの傾向を示さないと指摘している。つまり、財務指標の全てが線形的に悪化あるいは良好へと変化するのではなく、中には非線形で企業の財務内容に影響を与える指標が多数存在すると指摘している。したがって、推定においては、表 5.1 の符号は一つの目安として取り扱うものとする。

³³ 企業の範囲が明示されていないが、(株) 帝国データバンクの保有するデータベースを利用しているものと考えられる。期間は 1992 年から 2000 年で、データ数は、倒産企業については、各年 110 件から 260 件、継続企業については、約 10 万社の中から抽出した各年 130 件から 850 件である。抽出方法は不明である。

表 5.1：リスクファクター候補項目の符号一覧

	リスクファクター	符号
企業固有の リスクファ クター (財務指標)	自己資本対数変換	—
	EBITDA 対数変換	—
	使用総資本事業利益率 (ROA)	—
	売上高営業利益率	—
	売上高経常利益率	—
	売上債権回転期間	—
	流動比率	—
	当座比率	—
	固定長期適合比率	+
	自己資本比率	—
	インタレスト・カバレッジ・レシオ	—
	営業キャッシュフロー比率 (キャッシュフロー・マージン)	—
	営業キャッシュフロー流動性比率	—
マクロ経済 ファクター	実質 GDP 成長率 (季節調整済、前期比、年率換算%)	+/-
	CPI 総合 (除く 生鮮食品) 成長率 (前年同月比%)	+/-
	完全失業率 (季節調整済、前年同月比%)	+/-
	コールレート無条件 O/N 物直近値 (%)	+/-
	10 年物国債利回り直近値 (%)	+/-
	10 年物国債利回りーコールレート無条件 O/N 物 (%)	+/-
	長期国債 10 年物応募者利回り直近値 (%)	+/-
	TOPIX (東証第 1 部) 直近値 (前月比)	+/-
	民間最終消費支出 (実質) 成長率 (季節調整済、前期比、年率換算%)	+/-
業種リスク ファクター	建設業ファクター	+/-
	卸売業ファクター	+/-
	不動産業ファクター	+/-

次に、マクロ経済ファクターの符号について見る。ここで、各マクロ経済ファクターの時系列推移は、図 5.1 から図 5.8 の通りである。完全失業率の増加は企業のデフォルトの増加に繋がり、他方、実質 GDP 成長率や民間最終消費支出 (実質) 成長率の増加はデフォルトの減少につながるとも一見考えられるが、パネルデータを使用する場合、そうした関係が必ずしも固定的に維持されるわけではないので、マクロ経済ファクター全ての符号について、プラスでもマイナスでも可とする。なお、民間最終消費支出は GDP の消費項目の 1 つで、一般的に「個人消費」とも呼ばれるが、民間最終消費支出の中には、食料品代な

ど、生活するために必要な支出が含まれているため、民間住宅投資などの他の需要項目と比べて変動が必ずしも激しくないという特徴があり、実質 GDP 成長率と民間最終消費支出（実質）成長率の符号が必ずしも一致するわけではない（図 5.1 と図 5.8 を参照）。

最後に、業種ファクターについては、業種ファクターが増加すると、反対にデフォルトが減少するため、符号はマイナスと一般に考えられるが、業種内の全ての企業について 該当すると言い切れないので、符号の制約としては、マイナスであってもプラスであっても構わないとする。

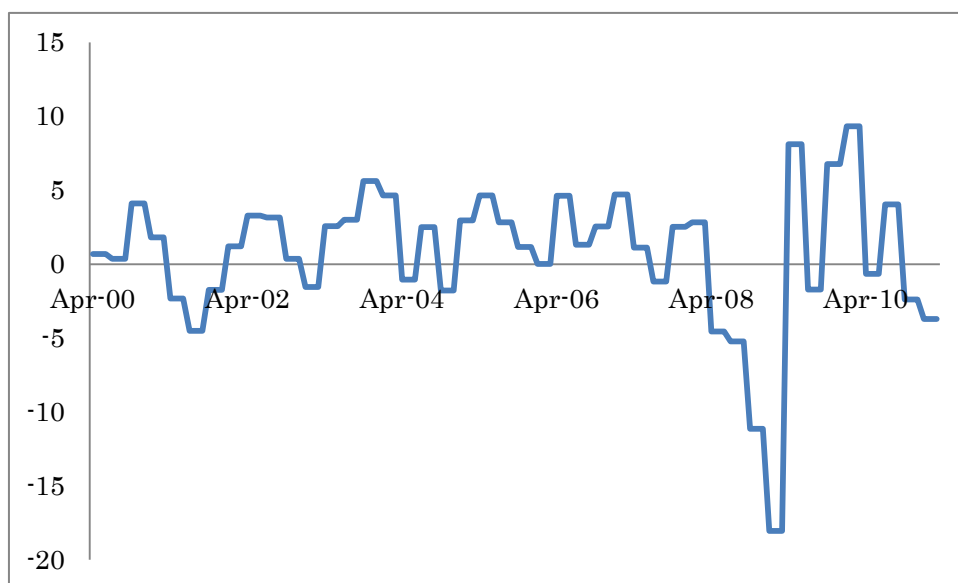


図 5.1 : 実質 GDP 成長率 (%)

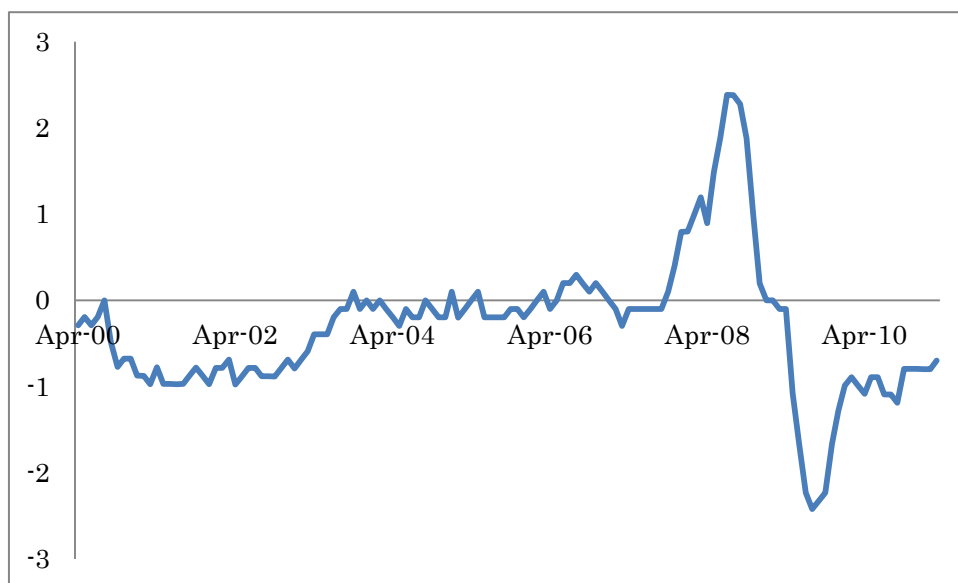


図 5.2 : CPI 総合（除く 生鮮食品）成長率 (%)

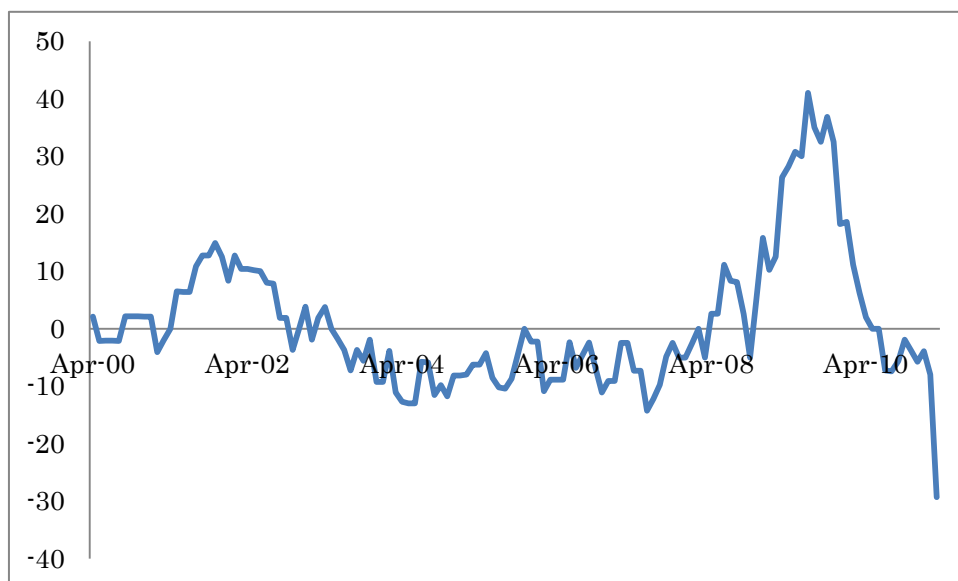


図 5.3 : 完全失業率 (%)

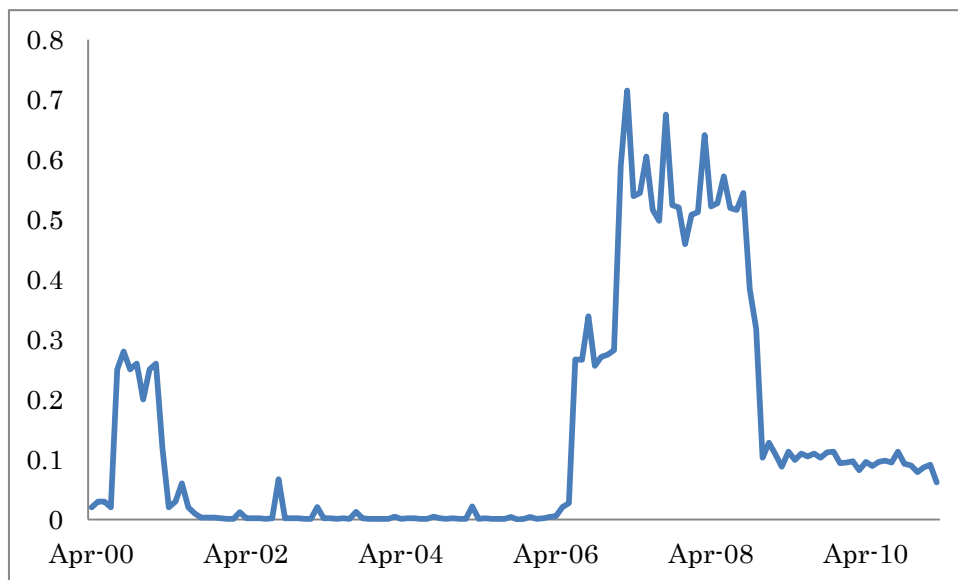


図 5.4 : コールレート無条件 O/N 物 (%)

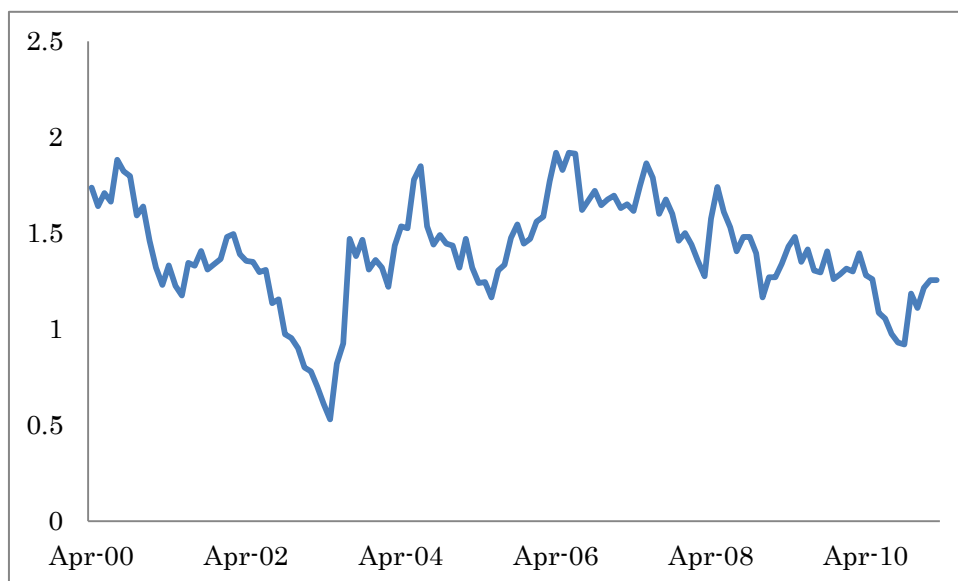


図 5.5 : 10 年物国債利回り (%)

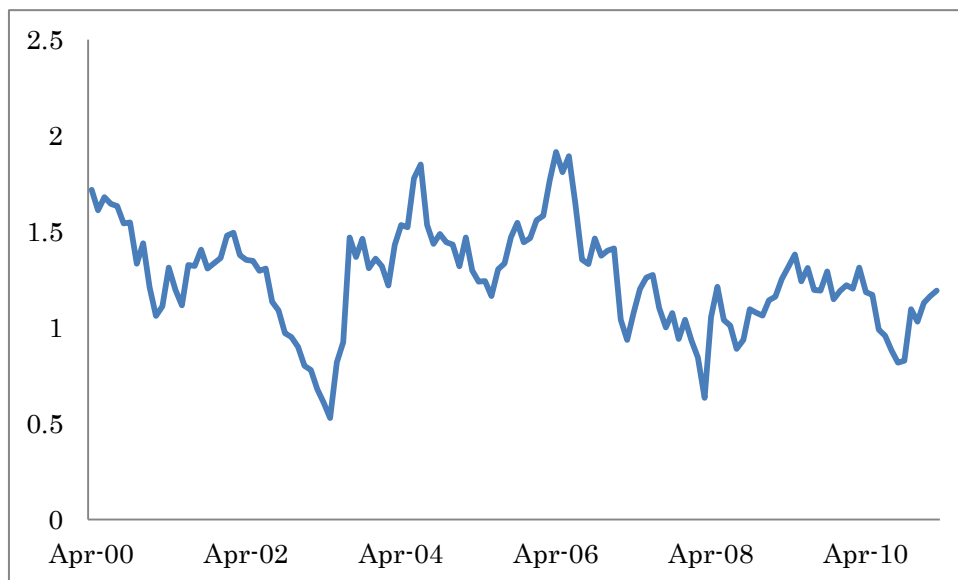


図 5.6 : 長短金利スプレッド (10 年物国債利回りーコールレート無条件 O/N 物) (%)

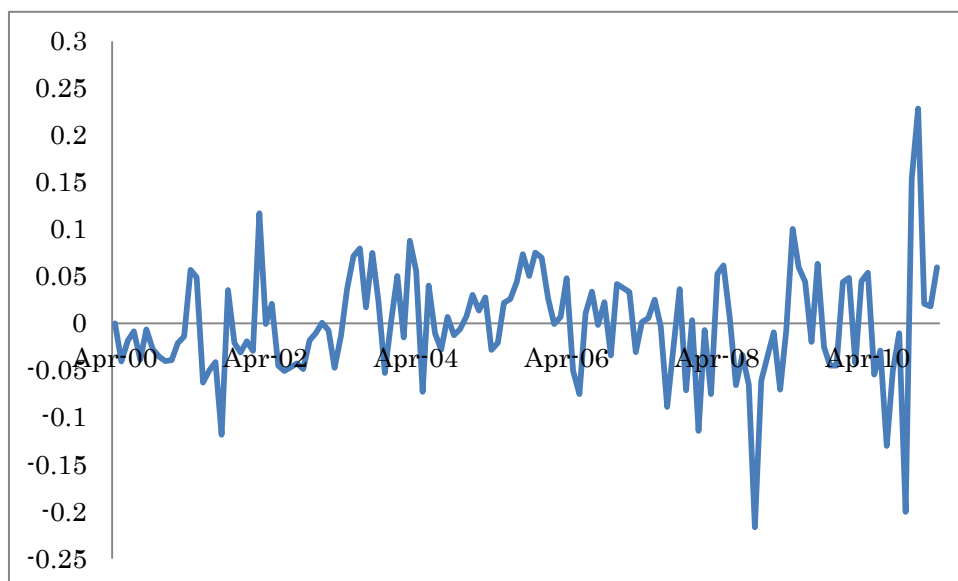


図 5.7 : TOPIX リターン

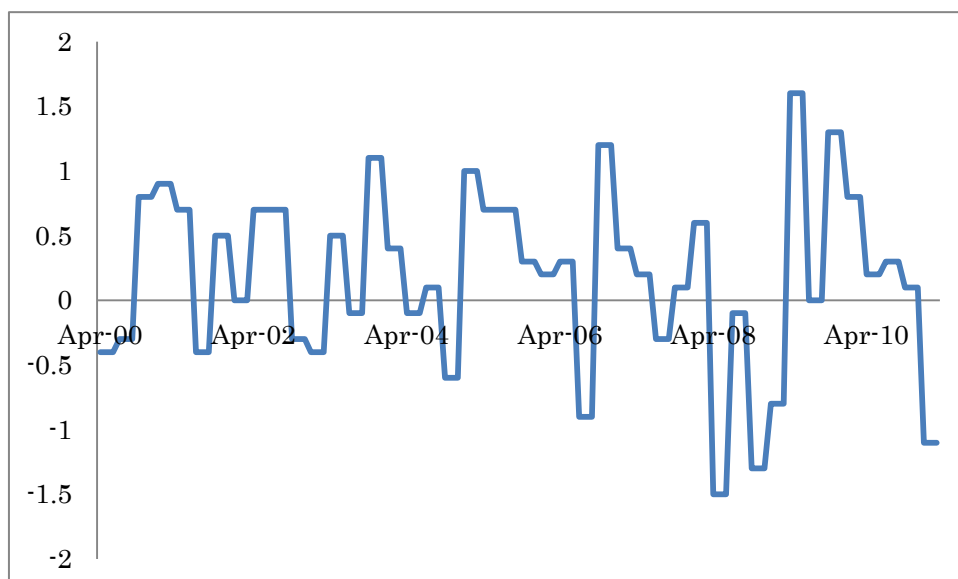


図 5.8 : 民間最終消費支出（実質）成長率（%）

5.2 リスクファクターの推定結果

3 章のモデルⅠにおいて、切片 $\beta_0 = 0$ として、企業固有のリスクファクター（財務指標）およびマクロ経済ファクターに関するパラメーターを推定した結果を表 5.2 に示す。推定に当たっては、P 値が 5%より大きい項目を候補から外し、全ての項目の P 値が 5%よりも小さくなるまで除外・投入を繰り返し行った結果、P 値は 5%より小さくなり、ほぼ全ての選択されたリスクファクターに対して 0 となった（卸売業リスクファクターのみ 0.003）。すなわち、5%の有意水準で、全ての変数に対して係数がゼロという帰無仮説を棄却することができた。

モデルⅠで選択された項目は、財務指標では、自己資本対数変換、EBITDA 対数変換、当座比率、および固定長期適合比率の 4 指標であり、EBITDA 対数変換以外は、全て安全性指標である。また、マクロ経済ファクターでは、実質 GDP 成長率（季節調整済、前期比、年率換算%）、民間最終消費支出実質成長率（季節調整済、前期比、年率換算%）、CPI 総合（除く 生鮮食品）成長率（前年同月比%）、コールレート無条件 O/N 物（月末）直近値、10 年物国債利回り（月末）直近値の 5 指標であり、実質 GDP 成長率を始め、ストレスシナリオで代表的な指標が選択された。また、各業種ファクターについては、3 業種とも選択されている。

業種ファクター間の相関係数に関しては、5%有意水準で全ての係数が有意となった。建設業ファクターと卸売業ファクター間、および卸売業ファクターと不動産業ファクター間の相関係数は負となったが、建設業ファクターと不動産業ファクター間の相関係数は正となった。建設業と不動産業は密接な関係があるのに対して、両業種と卸売業とは正の相関係数がないという直観と一致した結果である。

今度は、モデルⅡのパラメーターとして、企業固有のリスクファクター（財務指標）を、モデルⅠ同様に切片 $\beta_0 = 0$ として推定した結果を表 5.3 に示す。推定の結果、P 値は全ての項目で 0 となった。業種ファクター間の相関係数に関しては、5%有意水準で全ての係数が有意となった。今度は何れのペア間の相関係数も負となったが、モデルⅠと異なり、ペア間の相関は-0.00827084、-0.07497711、および-0.04195972 と、いずれのペアもモデルⅠと比べて 1 桁ほど小さいものであり、マクロ経済ファクターを考慮しないモデルでは、業種リスクファクター間の相関が小さくなった。

ここで、モデルⅡに対するモデルⅠの有意性の検定として尤度比検定³⁴を実施したところ、尤度比検定統計量（自由度 5）は 590.83、P 値は 0.0000 という結果になり、5%あるいは 1%有意水準で、モデルⅠのモデルⅡに対する有意性が言える。

³⁴ 例えば、丹後・山岡・高木（2002），pp. 193-195 が参考になる。

表 5.2 : モデル I に対するリスクファクター推定値

変数	推定値	標準誤差	z	P>z (#)	95%信頼区間 [下限, 上限]	
自己資本対数変換	-0.0899	0.007818	-11.5	0	-0.10522	-0.07458
EBITDA 対数変換	-0.05697	0.005132	-11.1	0	-0.06703	-0.04691
当座比率	-0.01851	0.001698	-10.9	0	-0.02184	-0.01518
固定長期適合比率	0.00223	0.000202	11.02	0	0.001833	0.002626
実質 GDP 成長率	-0.08944	0.0143	-6.25	0	-0.11746	-0.06141
民間最終消費支出実質	0.637955	0.112734	5.66	0	0.416999	0.85891
CPI 総合 (除く生鮮食品)	-0.70363	0.063672	-11.05	0	-0.82843	-0.57884
コールレート無条件 O/N 物	3.822948	0.311326	12.28	0	3.21276	4.433135
10 年物国債利回り	1.331874	0.21299	6.25	0	0.914422	1.749326
建設業ファクター	-4.35412	0.355099	-12.26	0	-5.0501	-3.65814
卸売業ファクター	-7.08171	2.401567	-2.95	0.003	-11.7887	-2.37473
不動産業ファクター	-4.66459	0.350804	-13.3	0	-5.35216	-3.97703
$\omega_{1,2}$ (建設業×卸売業)	-0.44398*	(参考) 対数尤度=6647.7219				
$\omega_{1,3}$ (建設業×不動産業)	0.33913*					
$\omega_{2,3}$ (卸売業×不動産業)	-0.45443*					

(#)P 値を指す。*: 有意水準 5%で有意。

表 5.3 : モデル II に対するリスクファクター推定値

変数	推定値	標準誤差	z	P>z (#)	95%信頼区間 [下限, 上限]	
自己資本対数変換	-0.03827	0.003989	-9.59	0	-0.04608	-0.03045
EBITDA 対数変換	-0.03100	0.00491	-6.31	0	-0.04063	-0.02138
当座比率	-0.01515	0.001939	-7.81	0	-0.01896	-0.01135
固定長期適合比率	0.001096	0.000112	9.8	0	0.000877	0.001316
建設業ファクター	-0.93876	0.097995	-9.58	0	-1.13083	-0.74669
卸売業ファクター	-1.46123	0.12294	-11.89	0	-1.70219	-1.22027
不動産業ファクター	-1.27693	0.061353	-20.81	0	-1.39718	-1.15668
$\omega_{1,2}$ (建設業×卸売業)	-0.00827*	(参考) 対数尤度=6352.3071				
$\omega_{1,3}$ (建設業×不動産業)	-0.07498*					
$\omega_{2,3}$ (建設業×卸売業)	-0.04196*					

(#)P 値を指す。*: 有意水準 5%で有意。

5.3 格付分布

モデルⅠとモデルⅡに対して、2001 年から 2011 年までの業種別延べ企業数の格付分布を求めたものが、それぞれ図 5.9、図 5.10 である。両図を比較すると、建設業および不動産業については、大きな分布の変化は見られないが、卸売業については、モデルⅡで 2 格のウェイトが 1 格に 50%弱シフトしているため、全体的に格付分布が良い方向にシフトしたことがわかる。

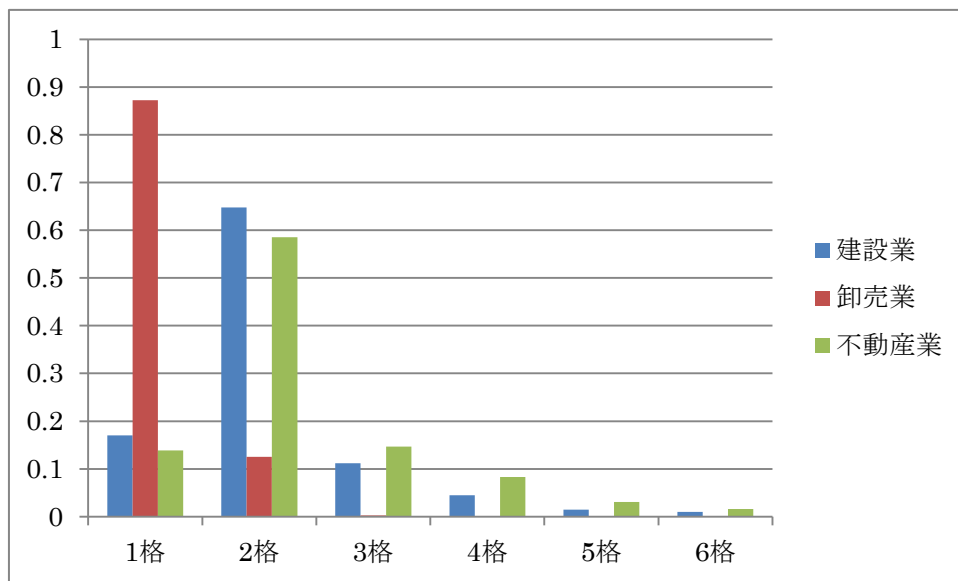


図 5.9：業種別格付分布
(モデルⅠ：マクロ経済ファクターを含む)

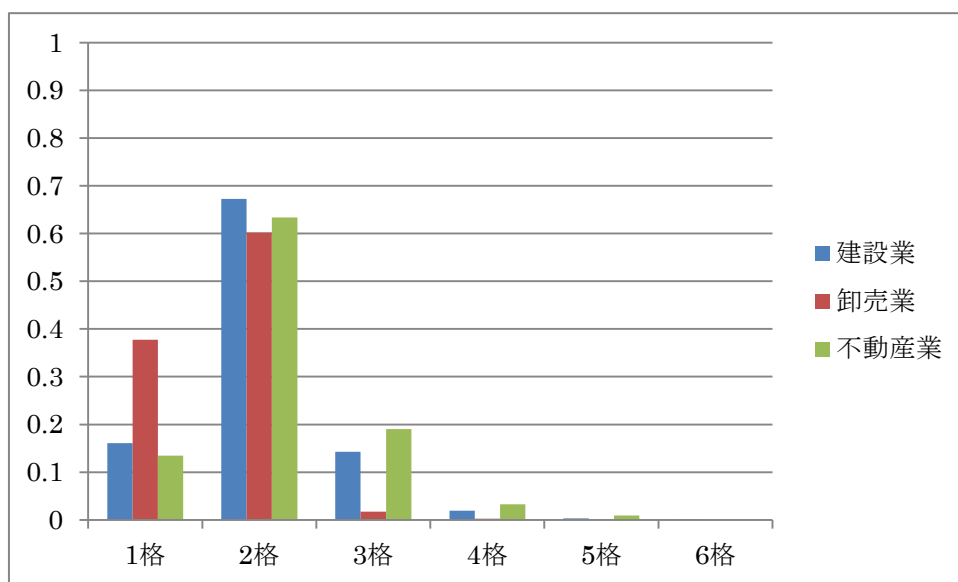


図 5.10：業種別格付分布
(モデルⅡ：マクロ経済ファクターを含まない)

今度は、継続企業群とデフォルト企業群のそれぞれについて格付分布を比較すると（図 5.11 および図 5.12 参照）、継続企業群については、モデルⅠの方がモデルⅡよりも良い格付に企業が多く分布し、反対にデフォルト企業群については、モデルⅡの方がモデルⅠよりも悪い格付に企業が多く分布し、マクロ経済ファクターを含むモデルⅠの方が、継続企業群とデフォルト企業群を、より明確に峻別している。

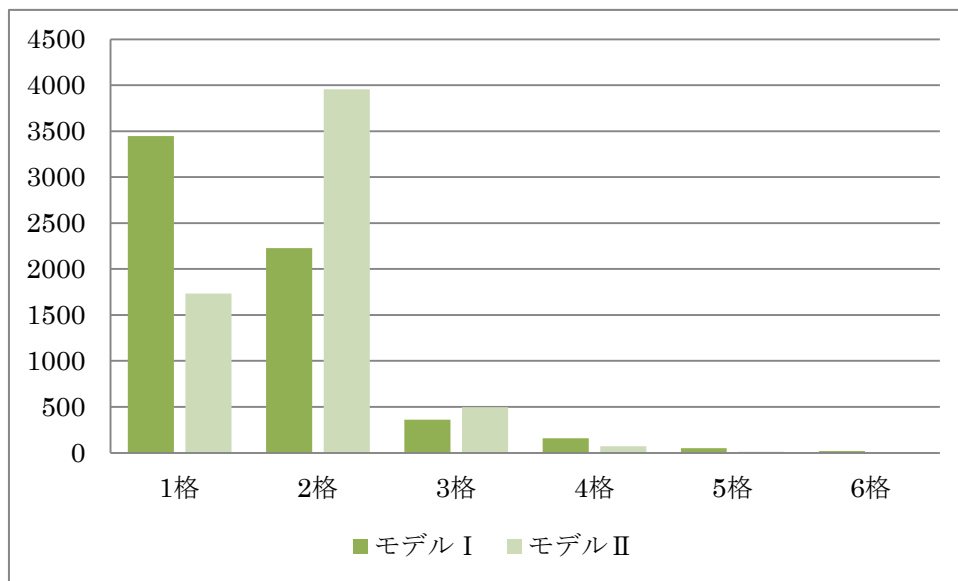


図 5.11：継続企業群の格付分布の比較

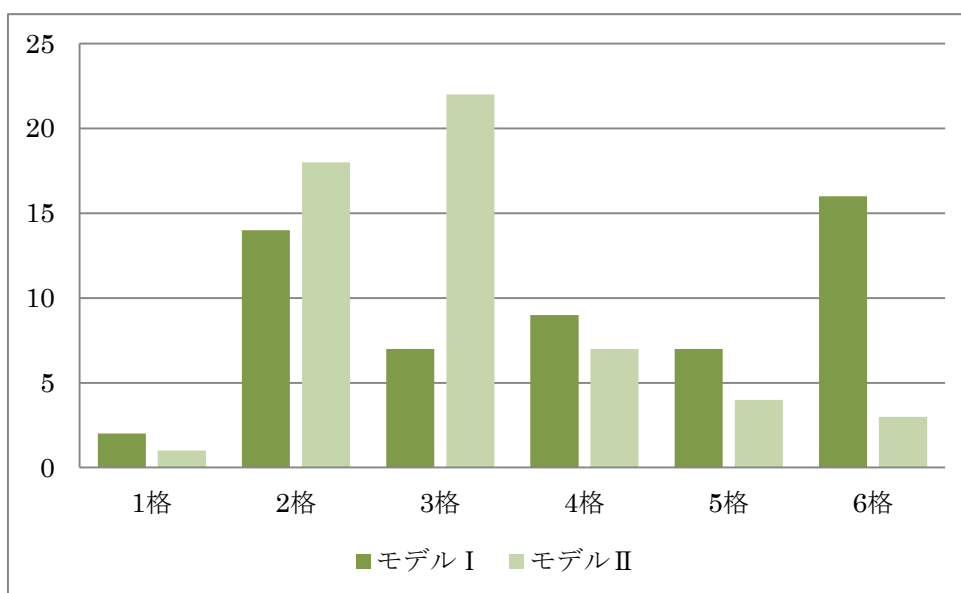


図 5.12：デフォルト企業群の格付分布の比較

5.4 AR 値

モデルⅠとモデルⅡの信用格付モデルとしての予測精度について検討する。ある企業のデフォルト確率を $p(\%)$ とすると、信用スコア CS は次式で定義される。

$$CS = 100(1 - p) \quad (\text{点}) \quad (5.1)$$

ここで、信用スコア CS は、デフォルト確率が高いほど低くなり、100 点満点である。

今度は、この信用スコアに応じて格付を設定する。信用スコアの閾値の設定には種々の方法が考えられるが、ここでは、表 5.4 のように最上格と最低格以外の信用スコアの範囲は 10 点の設定（2 格のみ 9 点）とする³⁵。なお、1 格の範囲がそれ以外の範囲と比べて極めて狭いのは、大半の企業は非デフォルト企業であり、デフォルト確率が 1% 以下であることによる。

表 5.4：信用格付と信用スコアの対応関係

信用格付	信用スコアの範囲
1 格	99 点以上 100 点以下
2 格	90 点以上 99 点未満
3 格	80 点以上 90 点未満
4 格	70 点以上 80 点未満
5 格	60 点以上 70 点未満
6 格	0 点以上 60 点未満

この信用格付に基づいて格付別の全企業数とデフォルト数を計算すると、表 5.5 のようになる。

表 5.5：信用格付別の企業数とデフォルト企業数

信用格付	格付別の全企業数	デフォルト企業数	デフォルト率
1 格	3,448	2	0.06%
2 格	2,243	14	0.62%
3 格	368	7	1.90%
4 格	169	9	5.33%
5 格	59	7	3.50%
6 格	35	16	45.71%
合計	6,322	55	

表 5.5 の計数に基づいて AR 値を計算する。ここで、AR 値とはデフォルトの予測力を表す指標であり、次式で定義される。

³⁵ この他に幾つか信用スコアの閾値の設定を試みたが、最終的に計算される AR 値のモデルⅠとモデルⅡの大小関係が逆転することはなかったので、表 5.1 の設定とした。

$$AR = \frac{A_R}{A_p} \quad (5.2)$$

ここで、 A_R は CAP (Cumulative Accuracy Ratio) 曲線と全く予測力のない「ランダムなモデル」の CAP 曲線で囲まれる面積を表す。CAP 曲線とは、図の横軸に信用格付の低い方から x 件の分析対象ポートフォリオに含まれる全企業数 N に占める割合 x/N をとり、縦軸に信用格付の低い方から数えて x 件のうちデフォルトした企業数 N_x の全デフォルト企業数 N_D に占める割合 N_x / N_D をプロットした曲線である。

また、 A_p は、

$$A_p = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{N_D}{N} \right) \quad (5.3)$$

で表される³⁶。

さて、式(5.2)、(5.3)により、表 5.2 の計数に基づいてモデル別の AR 値を計算すると、表 5.3 が得られる。また、図 5.4 と図 5.5 はモデル別の CAP 曲線を描いたものであるが、図中の線について、曲線は各モデルの CAP 曲線、直線はランダムなモデルの CAP 直線を表す。

表 5.6：モデル別 AR 値

	モデルⅠ	モデルⅡ
AR 値	78.1%	65.7%

表 5.6 を見ると、マクロ経済ファクターを含むモデルⅠの方が、マクロ経済ファクターを含まないモデルⅡよりも 12%以上 AR 値が高く、デフォルト判別力が高いといえる。図 5.13 と図 5.14 の CAP 曲線を比べると、デフォルト判別力が高いモデルほど (AR 値が大きいモデルほど)、CAP 曲線が早い段階で立ち上がっている (y 軸および「y 軸の値が 100%の x 軸に平行な直線」からなる折れ線に接近している) のがわかる。

³⁶ AR 値の詳細な導出手続については、菅野 (2010)が詳しい。

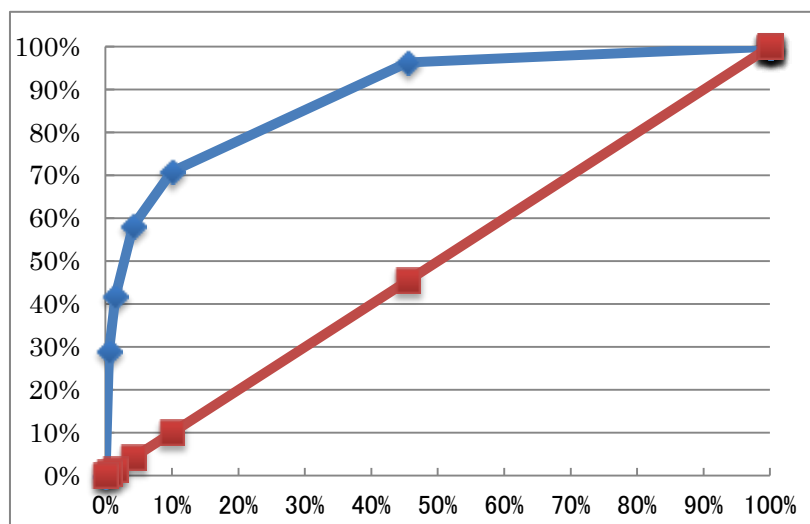


図 5.13 : CAP 曲線

(モデルⅠ：マクロ経済ファクターを含む)

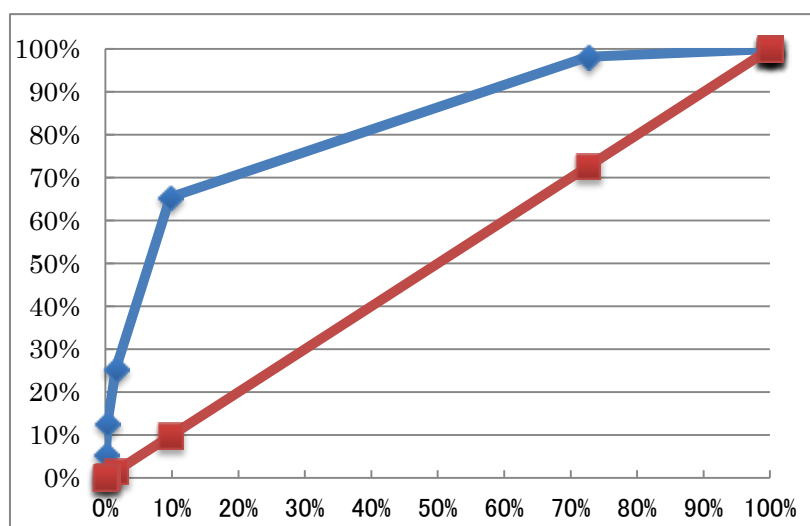


図 5.14 : CAP 曲線

(モデルⅡ：マクロ経済ファクターを含まない)

5.5 デフォルト確率の予測

ストレスシナリオの設定期間は、一般に現時点から 3 年程度の期間であるため、現時点から 1 年後、2 年後、3 年後といったリスクホライズンに対する信用損失予測が必要となる。これに対して、金融機関が保有する内部信用ポートフォリオリスク計量モデルで考慮されるリスクホライズンは一般に 1 年であり、もし、金融機関が使用する内部リスク計量モデルが多期間への拡張性を有する場合は、そのモデルによって各リスクホライズンに対する信用損失予測を行うことができる。ただし、内部リスク計量モデルのリスクパラメーターとしてのデフォルト率は、現時点までの実績値のみで済むとは限らず、将来期間のデフォルト確率の予測値が必要となる場合がある。

そこで、現時点までのヒストリカルデータの保有期間 T に対応する企業 i 固有のリスクファクター・ベクトル、マクロ経済ファクター・ベクトル、および業種リスクファクター・ベクトルの各係数の推定値を表すベクトルをそれぞれ、 $\hat{\beta}$ 、 $\hat{\gamma}$ 、および $\hat{\rho}_i$ とする。このとき、期間 T に対応する企業 i 固有のリスクファクター・ベクトルの実績値 $\mathbf{x}_{i,T}$ 、マクロ経済ファクター・ベクトルの実績値 $\mathbf{z}_T$ 、および業種リスクファクター・ベクトルの実績値 $\mathbf{f}_T$ を所与として、期間 $T+1$ に対応する条件付デフォルト確率は、次式で与えられる。

$$\hat{p}_{i,T+1}(\mathbf{x}_{i,T}, \mathbf{z}_T, \mathbf{f}_{T+1}) = \Phi \left(-\frac{\hat{\beta}'\mathbf{x}_{i,T} + \hat{\gamma}'\mathbf{z}_T + \hat{\rho}_i'\mathbf{f}_{T+1}}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_i'\hat{\rho}_i}} \right) \quad (5.4)$$

次に、期間 $T+h, h=2, 3, \dots$ に対応する企業 i 固有のリスクファクター・ベクトルの予測値を $\hat{\mathbf{x}}_{i,T+h}$ 、マクロ経済ファクター・ベクトルの予測値を $\hat{\mathbf{z}}_{T+h}$ 、および業種リスクファクター・ベクトルの予測値 $\hat{\mathbf{f}}_{T+h}$ をとする。ここで、 $\hat{\mathbf{z}}_{T+h}$ はストレスシナリオとして与えられる。 $\hat{\mathbf{x}}_{i,T+h}$ と $\hat{\mathbf{f}}_{T+h}$ は金融機関内部の適切な方法で推定する必要があるが、ストレスシナリオの設定期間 $h=1, 2, 3, \dots$ において、一定と仮定することも考えられる。また、各リスクファクター・ベクトルの係数の推定値を表すベクトル $\hat{\beta}$ 、 $\hat{\gamma}$ 、および $\hat{\rho}_i$ は期間 $T+h$ で不変と仮定する。

このとき、期間 $T+h$ に対応する条件付デフォルト確率は、次式で与えられる。

$$\hat{p}_{i,T+h}(\hat{\mathbf{x}}_{i,T+h-1}, \hat{\mathbf{z}}_{T+h-1}, \hat{\mathbf{f}}_{T+h}) = \Phi \left(-\frac{\hat{\beta}'\hat{\mathbf{x}}_{i,T+h-1} + \hat{\gamma}'\hat{\mathbf{z}}_{T+h-1} + \hat{\rho}_i'\hat{\mathbf{f}}_{T+h}}{\sqrt{1 - \hat{\rho}_i'\hat{\rho}_i}} \right) \quad (5.5)$$

上記の式(5.4)および(5.5)に従って、ストレスシナリオの設定期間 $h=1, 2, 3, \dots$ に対応したデフォルト確率の予測を行う。

6. 結論（第 2 部）

本研究では、ボトムアップ型のマクロストレステストを実施する場合、リスクファクターであるマクロ経済変数とリスクパラメーターとの関係を定式化した信用リスクパラメー

ター推定モデルを保有していないとき、あるいは、通常のリスク管理業務で使用する信用リスクモデルにリスクファクターをリスクパラメーターに変換する機能が具備されていない時に必要となる、マクロ経済変数を信用リスクモデルに統合するアプローチのベンチマークを、わが国上場企業のデータセットを利用して提示した。

アメリカの CCAR では、当局（FRB）より提示されるシナリオデータとして、将来の予測期間のみでなく、ヒストリカルな期間を含むマクロ経済変数のパネルデータが提示されているが、今後、当局ストレステストの実施を考慮した場合、テスト参加金融機関は提示された一部のデータだけを使用するのではなく、本研究で行ったようなパネルデータ全ての情報を使用するような推定方法を採用する方が適当な場合があることが考えられる。

推定上の視点では、本研究では、企業固有のリスクファクターを信用スコアではなく、個々の財務指標を使用した。金融機関においては、内部信用スコアリングモデルで算出した信用スコアを使用することで、パラメーター推定（最尤推定）上の計算負荷は幾分軽減されることが考えられる。また、提示したモデルのデフォルト予測力の視点では、AR 値により、マクロ経済ファクターを考慮したモデルの方がモデル構築時（インサンプル）のデフォルト予測力が向上することが実証された。

最後に、本研究ではパネルデータを使用し、統計学上有意なリスクファクターを選択したが、選択されたリスクファクター集合に当局から提示されたパラメーターが全て含まれていない場合、自社の内部モデルで有意でないパラメーターであっても、モデルに設定せざるを得ない可能性が出てくるので、テスト実施に際しては、当局とテスト参加金融機関との十分なコミュニケーションが必要であることは言うまでもない。

第Ⅱ部の参考文献

- 菅野正泰（2009）『信用リスク評価の実務』中央経済社
- 菅野正泰（2010）『入門金融リスク資本と統合リスク管理』金融財政事情研究会
- 菅野正泰（2011）『リスクマネジメント』ミネルヴァ書房
- 白田佳子（2008）『倒産予知モデルによる格付けの実務』中央経済社
- 丹後俊郎・山岡和枝・高木晴良（2002）『ロジスティック回帰分析』朝倉書店
- Duffie, D., A. Eckner, G. Horel and L. Saita (2009), “Frailty correlated default,” *Journal of Finance*, 64, pp.2089–2123.
- Duffie, D., L. Saita and K. Wang (2007), “Multi-Period Corporate Default Prediction with Stochastic Covariates,” *Journal of Financial Economics*, 83, pp.635–665.
- Greene, W.H. (2008), *Econometrics Analysis*, Pearson Education, Upper Saddle River, NJ.
- Hamerle, A., D. Rösch (2006), “Parameterizing Credit Risk Models,” *The Journal of Credit Risk*,

2(4), pp.101–122.

Hamerle, A., A. Dartsch, R. Jobst, and K. Plank (2011), “Integrating Macroeconomic Risk Factors into Credit Portfolio Models,” *The Journal of Risk Model Validation*, 5(2), pp.3–24.

Kanno, M. (2012), “Default Forecasting Considering Correlation Between Business and Credit Cycles,” *Journal of Applied Finance and Banking*, 2(5), pp.275–305.

Koopman, S. J., R. Kraussl, A. Lucas and A. Monteiro (2009), “Credit Cycles and Macro Fundamentals,” *Journal of Empirical Finance*, 16, pp.42–54.

Koopman, S. J., A. Lucas and P. Klaassen (2005), “Empirical Credit Cycles and Capital Buffer Formation,” *Journal of Banking and Finance*, 29(12), pp.3159–3179.

Koopman, S. J., A. Lucas and B. Schwaab (2011), “Modeling Frailty-Correlated Defaults Using Many Macroeconomic Covariates,” *Journal of Econometrics*, 162(2), pp.312–325.

Pinheiro, J.C. and D.M. Bates (1995), “Approximations to the Loglikelihood Function in the Nonlinear Mixed Effects model,” *University of Wisconsin Working Paper*.

Sophia R.-H. and S. Anders (2006), “Multilevel modelling of complex survey data,” *Journal of the Royal Statistical Society: Series A*, 169, Part 4, pp. 805–827.



金融庁金融研究センター

〒100-8967 東京都千代田区霞ヶ関 3-2-1
中央合同庁舎 7 号館 金融庁 15 階

TEL: 03-3506-6000 (内線 3293)

FAX: 03-3506-6716

URL: <http://www.fsa.go.jp/frtc/index.html>