



BOJ
Reports & Research Papers

金融システムレポート別冊シリーズ

Financial System Report - Annex

金融マクロ計量モデル(FMM)の概要と
近年の改良点 <2020 年 3 月版>

日 本 銀 行
金 融 機 構 局
2020 年 3 月

本レポートの内容について、商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行金融機構局までご相談ください。転載・複製を行う場合は、出所を明記してください。

【本レポートに関する照会先】

日本銀行金融機構局金融システム調査課（post.bsd1@boj.or.jp）

（金融システムレポート別冊シリーズについて）

日本銀行は、マクロブルーデンスの視点からわが国金融システムの安定性を評価するとともに、安定確保に向けた課題について関係者とのコミュニケーションを深めることを目的として、『金融システムレポート』を年2回公表している。同レポートは、金融システムの包括的な定点観測である。

『金融システムレポート別冊シリーズ』は、特定のテーマや課題に関する掘り下げた分析、追加的な調査等を不定期に行い、『金融システムレポート』を補完するものである。本別冊では、日本銀行金融機構局の「金融マクロ計量モデル（FMM）」およびそれを用いたマクロ・ストレステストについて、近年の見直しを含めて解説する。

（本別冊の要旨）

日本銀行は、2011年に「金融マクロ計量モデル（FMM: Financial Macro-econometric Model）」を開発した。FMMは、わが国金融機関のストレス耐性を包括的・定量的に分析するマクロ・ストレステストに活用しており、その結果を年2回の「金融システムレポート」で公表している。FMMには、金融システムの安定性を評価するうえで重要な問題意識や、金融面のショックの波及経路を適切にマクロ・ストレステストに取り込む観点から、継続的に改良が加えられている。最近では、FMMを用いたマクロ・ストレステスト結果を、日本銀行の考査・モニタリングにおける個別金融機関との対話や、金融庁と共同で実施する一斉ストレステストにおける比較検証など、新たな分野に活用する試みも行われている。

本稿は、FMMの基本的な枠組みやそれを用いたマクロ・ストレステスト結果の見方を紹介したうえで、モデル面における近年の主な改良や拡張について解説する。具体的には、①非線形性を考慮した貸出関数の改良、②高粒度データを活用した信用コストモデルの精緻化、③金融機関収益の中長期シミュレーションと将来時点のストレステスト、④益出し余力の考慮など有価証券投資面のモデル精緻化、⑤ストレス時の外貨調達コスト上昇効果の取り込み、について、見直しの背景や問題意識も含めて説明する。最後に、FMM利用上の留意点や今後の課題について述べる。

1. はじめに¹

日本銀行は、わが国金融システムの安定性を評価する目的でマクロ・ストレステストを定例的に実施し、その分析結果を年2回の「金融システムレポート(Financial System Report、以下 FSR)」で公表している。具体的には、①仮に、景気的大幅な悪化や資産価格の急落など、標準的な見通しでは予想されないようなマクロ経済のテールリスクが実現した場合を想定し、②金融機関のリスク特性を描写したモデルを用いてストレス時の損失額や自己資本比率を分析することにより、③金融機関が十分な損失吸収力を備えているか、ストレス時においても金融システムが円滑な金融仲介機能を果たせるかについて、マクロプルーデンスの観点から定量的に検証している²。

テールリスクが顕在化するシナリオのもとで金融機関や金融システム全体のストレス耐性を評価するストレステストという手法は、1990年代以降、金融機関のリスク管理に活用されていたが、2000年代後半のグローバルな金融危機を経て、金融機関監督に活用することの有用性が評価されるようになった。例えば、米国(FRB)、英国(BOE)、欧州(EBA/SSM)では、①監督当局がストレスシナリオを策定し、②その共通シナリオのもとで大規模金融機関へのストレステストを一斉に実施し、③当局は、その結果をミクロ・マクロプルーデンス両面からの金融機関監督に役立てている³。この間、日本銀行や ECB、スイス中銀や IMF などはマクロ・ストレステスト用のモデルを開発・活用し、金融システム全体のストレス耐性を検証することに焦点を当てた分析を行っている。こうしたモデルを開発する際には、監督上のストレステストの対象である大規模金融機関だけでなく地域金融機関のデータも加えてカバレッジを高めたり、金融セクターと実体経済の相互作用や金融危機時の保有資産の投売りなど、ショックを増幅させるメカニズムを導入したりすることにより、マクロプルーデンスの観点を採り入れる工夫がなされている⁴。

日本銀行は、2011年に金融セクターと実体経済セクターの2部門からなる「金融マクロ計

¹ 本稿は、金融機構局の三浦弘、伊藤洋二郎、高富康介、長田充弘が中心となって準備した。FMMの開発・改良には多くの日本銀行スタッフが携わっており、とりわけ近年の見直しには、池田周一郎、稲次春彦、片桐満、小島早都子、高橋耕史、玉生揚一郎、永沼早央梨、平田渉、松田太一、山本弘樹らが貢献している。

² 日本銀行のマクロプルーデンス面での基本的な考え方については、例えば日本銀行[2011]を参照。

³ Baudino et al. [2018]は、金融システム全体に対するストレステスト(System-wide stress test)を、①監督上の目的(ミクロプルーデンスか、マクロプルーデンスか)と、②実施主体(金融機関が実施するボトムアップ型か、当局モデルを用いるトップダウン型か)の観点から分類している。本稿では、個別金融機関ではなく金融システム全体の安定性を評価することを主たる目的としているストレステスト全般を「マクロ・ストレステスト」と呼ぶこととする。

⁴ ECBが最近開発したストレステストモデルであるBEASTモデル(Banking Euro Area Stress Test model)は、ユーロ圏内の100近くの金融機関を対象とし、金融セクターと実体経済セクターの相互作用を勘案するなど、本稿で解説する日本銀行モデル(FMM)とかなり似た特徴を有する(Budnik et al. [2019])。また、IMFも、金融セクターと実体経済の相互作用を導入した金融セクター評価プログラム(FSAP)のための新たなストレステストモデル(MASS: Macro-Financial System Simulator)の開発を進めている(Adrian et al. [2020])。

量モデル（Financial Macro-econometric Model、以下 FMM）」を開発し、定例的なマクロ・ストレステストに活用している（石川ほか[2011]）。FMM は、実体経済に負のショックが生じた場合、金融機関の自己資本の毀損がその与信行動に影響を与えることを通じて、マクロの信用供給減少が実体経済に二次的効果をもたらすメカニズムを内包しており、金融セクターと実体経済の相互作用を明示的に取り込んだモデルとして、海外の関係者からも注目されている⁵。FMM には、金融システムの安定性を評価するうえで重要な問題意識や、金融面のショックの波及経路を適切に取り込む観点から、様々な改良が継続的に加えられてきた（図表 1）。なかでも、①個別金融機関の B/S・P/L データを用いて、個別金融機関ごとに異質なリスク特性を考慮できるようにした見直しや（北村ほか[2014]）、②金融機関収益の低下が今後も継続することを想定した中長期シミュレーションと、そのもとでの将来時点のストレステストを実施可能としたモデルの拡張（本稿で解説）は、FMM の活用範囲を大きく広げることにつながった⁶。

図表 1 FMM におけるモデル開発の歴史

	モデル開発の内容
2011年	・金融セクターと実体経済の相互作用を取り込んだモデルとして、FMMを開発
2012～2013年	・個別金融機関のB/S・P/Lデータを用いて、個別金融機関ごとに異質なリスク特性を考慮できるように大きく見直し
2014年	・貸出先企業の利払い能力を考慮した信用コストモデルの精緻化 ・リスクウエイトの変動を考慮した信用リスクアセットモデルの導入
2015～2017年	・非線形性を考慮した貸出関数の改良 ・海外向け貸出にかかる信用コストモデルの導入 ・景気連動性を考慮した大手行の非資金利益モデルの導入
2018～2019年	・ストレス時の外貨調達コスト上昇効果の取り込み ・高粒度データを活用した信用コストモデルの精緻化 ・益出し余力の考慮など有価証券投資面のモデル精緻化 ・金融機関収益の中長期シミュレーションと将来時点のストレステストのため大幅に拡張 ・一国内貸出市場の需給環境を考慮した貸出金利関数の改良 ・近年の債券市場の変化に対応した金利モデルの見直し

また、日本銀行では近年、マクロ・ストレステストの個別金融機関分の結果を、考査・モニタリングにおける金融機関との対話に活用する試みも行っている。さらに 2020 年からは、金融庁と共同で行う共通シナリオに基づく一斉ストレステストにおいて、対象となる大手金融機関が実施したストレステストの結果を比較検証するための当局モデルの一つとして、FMM を活用している。こうしたなか、当局のリスク認識力や金融機関との対話向上を図る観点から、FMM とそれを用いたマクロ・ストレステストの透明性を高めていくことは重要と考

⁵ ストレステストモデルの国際比較については、Dent et al. [2016]、Baudino et al. [2018]、Anderson et al. [2018]を参照。これらのサーベイでは、FMM が、金融セクターと実体経済の相互作用を導入した、特徴あるモデルとして紹介されている。

⁶ このほか、FMM を活用した分析を行った研究論文として、鎌田・倉知[2012]、Kawata et al. [2012]、河田ほか[2013]がある。

えられる⁷。一方で、FMM の活用範囲の拡大に伴って、モデル・アプローチの留意点や限界、今後の課題についても、関係者の正しい理解を得るための情報発信に引き続き努める必要がある。

以上の経緯と問題意識を踏まえ、本稿では、2014 年時点の FMM とマクロ・ストレステストの解説論文（北村ほか[2014]）の内容をベースに、その後、FMM がどのような改良・発展を遂げてきたかを解説する。以下、第 2 節では、FMM の基本的な枠組みとマクロ・ストレステスト結果の見方を紹介する。第 3 節では、近年の主要なモデル見直しについて解説する。第 4 節では、FMM の利用やストレステスト結果の解釈にあたっての留意点と、今後の課題・活用可能性について述べる。なお、巻末の別添では、FMM の全方程式体系を掲載している。

2. FMM とマクロ・ストレステストの基本的な枠組み

マクロ・ストレステストの結果を左右する基本的な要素としては、①ストレスシナリオの性質や厳しさ、②金融機関のリスク特性や財務基盤、③ストレスシナリオが金融機関収益やその経営体力に影響を及ぼす波及経路、の 3 点が挙げられる。したがって、同じストレスシナリオを想定しても、例えば、金融機関が収益力低下を補うためにリスクテイクの度合いを強めている場合は、信用コストや有価証券の損失発生額はより大きくなることが予想される。このため、ストレステストに用いるモデルには、各時点の金融機関のリスク特性が適切に反映されていることに加え、ショックの主要な波及経路が組み込まれていることが求められる。

（1）FMM とマクロ・ストレステストの主要メカニズム

FMM の概要

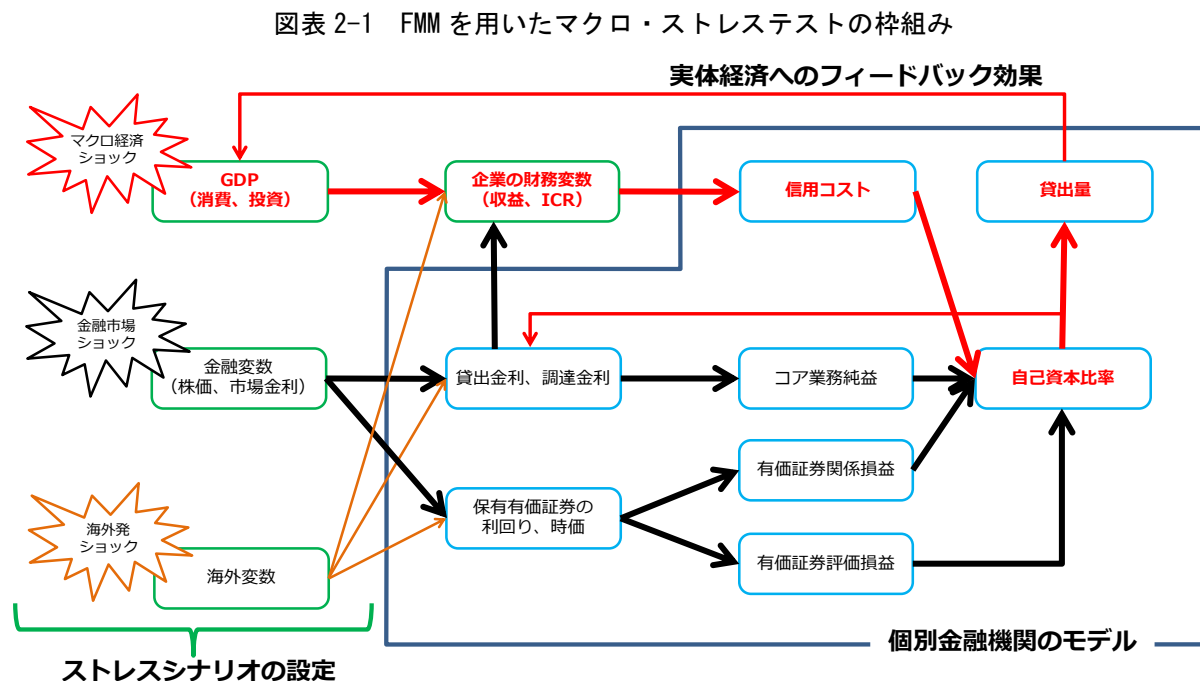
日本銀行がマクロ・ストレステストに用いている FMM は、前述のように、①金融セクターと実体経済セクターの 2 部門からなるマクロ計量モデルであり、両部門間の相互作用を取り込んでいる、②金融セクターについては、個別金融機関の B/S・P/L データを用いており、全体の集計値だけではなく、個別金融機関ごとの結果も得られる、という特徴をもつ。対象は、日本銀行の取引先金融機関（銀行と信用金庫⁸）であり、各金融機関から入手した大量のデータを利用してモデルを推計・構築している結果、約 40,000 の内生変数を持つ、大規模な同

⁷ この点については de Guindos [2019]、FRB [2019a]を参照。一方で、当局モデルの開示に伴い金融機関のリスク管理手法が画一化し、予期しないリスクの発現に対して脆弱となってしまう可能性（mono-culture 問題）にも留意する必要がある（例えば、Bernanke [2013]）。

⁸ 大手行は、みずほ、三菱 UFJ、三井住友、りそな、埼玉りそな、三菱 UFJ 信託、みずほ信託、三井住友信託、新生、あおぞらの 10 行。地域銀行は、地方銀行 64 行と第二地方銀行 39 行。信用金庫は、日本銀行の取引先信用金庫 249 庫（2019 年 9 月末時点）。民間金融機関貸出でみると、全体の 8～9 割をカバーしている。

時方程式体系で表されるモデルとなっている。各変数間の関係（個別の行動方程式）は、過去観察された平均的な金融機関行動に基づいており、パネル推計などを活用し、実証的な当てはまりを重視して決定している⁹。

FMM を用いたマクロ・ストレステストの枠組みは、上記の複雑な相互依存関係を単純化してみると、図表 2-1 のように示される。



- ① まず、マクロ経済・金融市場の変数（GDP や株価、市場金利など）について、仮に、金融危機などテールリスクが実現したとする場合のストレスシナリオを策定する。
- ② 次に、個別金融機関の B/S・P/L データを含む FMM を用いて、ストレスシナリオのもとでの金融機関収益や自己資本比率を、個別金融機関ごとに計測する。
- ③ 最後に、FMM が内包している、金融機関への負のショックの影響が金融仲介活動を通じて実体経済にフィードバックするメカニズムに基づき、最終的な結果が算出される。

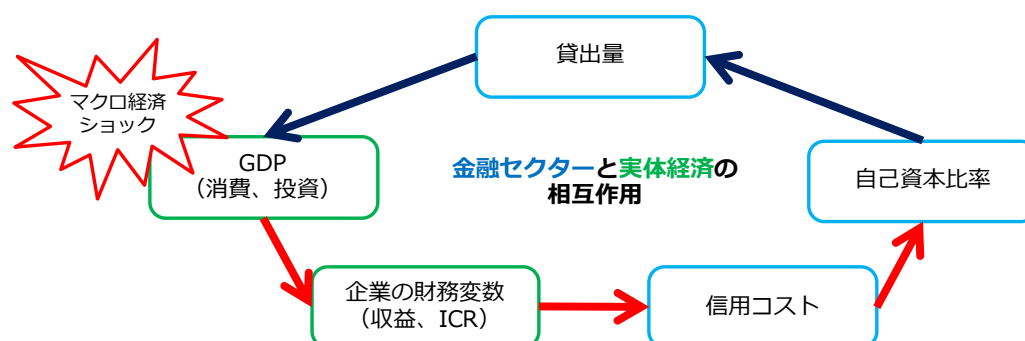
実際には、同時方程式体系を解くことにより、②と③の影響を同時かつ整合的に算出している点に特徴がある。

金融セクターと実体経済の相互作用

このうち、③の金融セクターと実体経済の相互作用について、主要な経路のみを取り出した簡便図で示すと図表 2-2 となる。

⁹ FMM は、経済主体の最適化行動などの理論的基礎付けをもつ構造モデルではないが、金融機関行動について一定の仮定をおきつつ実証面の当てはまりにも配慮したハイブリッド型モデル（semi-structural model）である。

図表 2-2 金融セクターと実体経済の相互作用



詳しく説明すると、①実体経済（GDP 等）に負のショックが生じると、企業の財務状況の悪化を通じて金融機関の信用コストが発生し、当期純利益が減少するほか、利益が赤字となる場合には自己資本比率も低下することとなる。こうした自己資本比率や収益（当期純利益 ROA）の低下が金融機関貸出の減少要因となり、③その貸出量の減少が実体経済セクターにおける家計消費と設備投資の減少要因となるメカニズムが、FMM には組み込まれている。これは、ストレス時における金融機関の与信能力の低下が実体経済に負の影響を及ぼす経路を描写したものである¹⁰。FMM では、こうしたストレス時における金融セクターから実体経済への負のフィードバック効果の大きさを定量的に示すことができる（補論 1）。

（2）マクロ・ストレステスト結果の基本的な見方

以下では、FSR2019 年 10 月号におけるシミュレーションを例にとり、定例のマクロ・ストレステスト結果の基本的な見方について説明する。

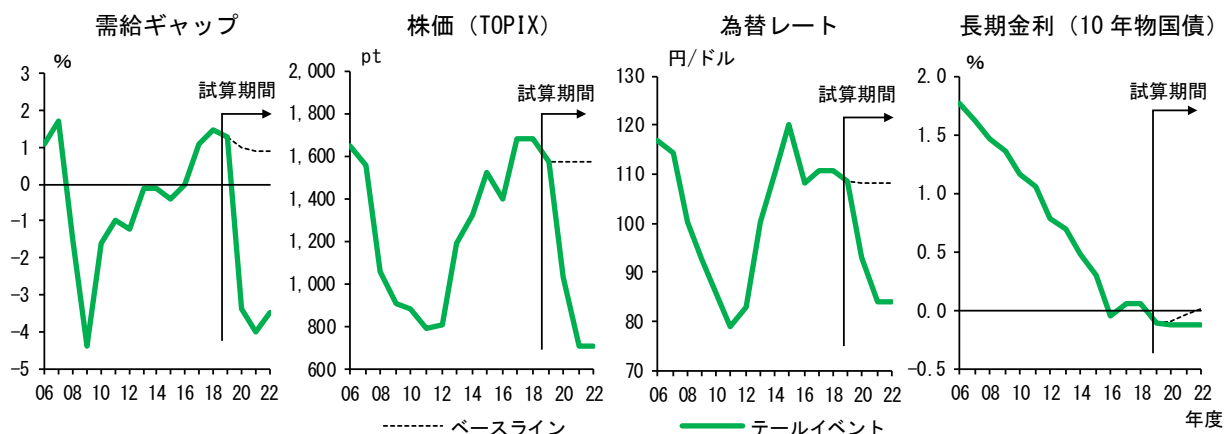
シミュレーションにあたっては、ストレスの発生が想定されない場合の「ベースライン・シナリオ」と、ストレスの発生を想定した場合の「テールイベント・シナリオ」という 2 つのシナリオを設け、両者のシミュレーション結果を比較することによって、ストレスの発生が金融システムに及ぼす影響を定量的に評価している。ストレスの発生とその影響を評価する期間は 3 年間である。

ベースライン・シナリオは、テールイベント・シナリオの結果を評価するための比較基準として、複数の調査機関や市場の平均的な見通しを踏まえて設定している。最近のベースライン・シナリオとしては、「海外経済が総じてみれば緩やかに成長していくもとで、先行きのわが国経済は拡大基調を続ける」ことを想定している（図表 2-3）。具体的には、国内の経済成長率については「ESP フォーキャスト調査」における民間見通しを前提とするほか、国債

¹⁰ このほか、ストレス時の自己資本比率の低下が調達金利を上昇させる経路や、不良債権比率の上昇が貸出金利を上昇させる経路が、負のショックを増幅させるメカニズムとして FMM に組み込まれている。

金利は足もと（2019 年 10 月号では同年 7 月下旬時点）のイールドカーブに織り込まれているフォワードレートに沿って推移し、株価（TOPIX）と為替レートは足もと（同年 7 月の水準）から横ばいと想定している。海外経済については、IMF の World Economic Outlook における経済見通しを前提としている。

図表 2-3 ベースラインとテールイベントにおけるシナリオ（FSR2019 年 10 月号）



（資料）日本銀行、東京証券取引所、財務省

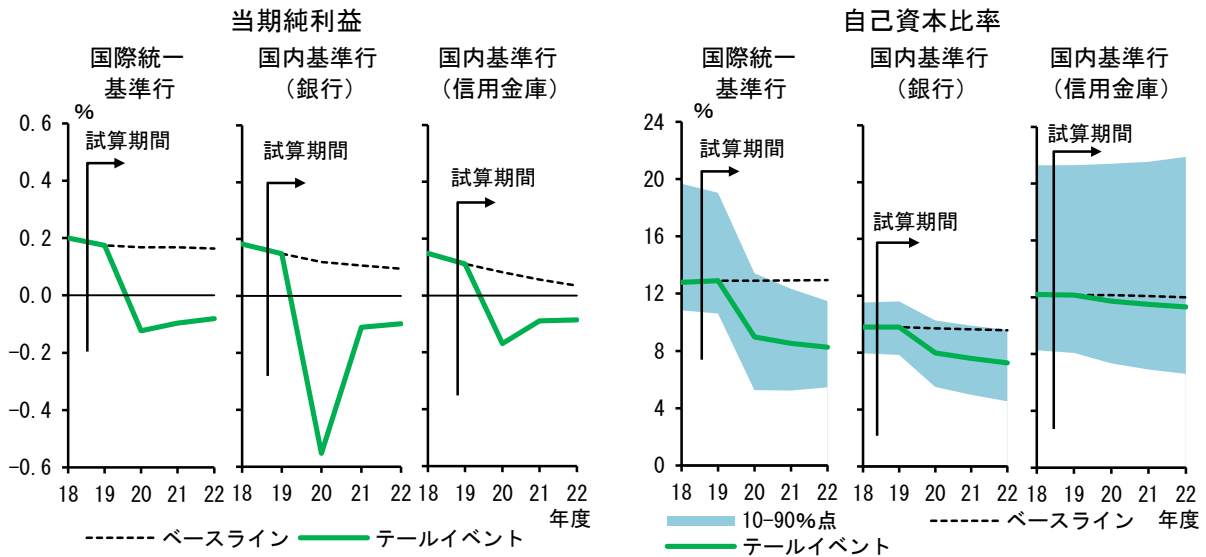
他方、テールイベント・シナリオは、「内外の経済情勢がリーマンショック時並みに悪化する状況」を想定しており、金融市場でリーマンショック時と同程度の株価の下落と円高・ドル安、内外金利の低下が生じるとともに¹¹、海外経済も当時と同様に大幅に減速し、わが国の需給ギャップも、リーマンショック時並みの水準まで悪化すると想定している（図表 2-3）¹²。なお、これらのシナリオは、金融機関のストレス耐性を検証するためのあくまでも仮想的なものであり、先行きの金融経済情勢、資産価格に関する日本銀行の見通しや、その蓋然性の高さを示すものではない（テールイベント・シナリオの設定方法については補論 2 も参照）。

マクロ・ストレステストの主要な結果をまとめたものが図表 2-4 である。図表では、ベースライン・シナリオとテールイベント・シナリオについて、収益と自己資本比率の推移を、国際統一基準行、国内基準行・銀行、国内基準行・信用金庫の 3 業態に分類して示している。収益としては、資産規模の影響を調整した最終利益概念である「当期純利益 ROA」を用いてストレス時損失の大きさを確認している。また、自己資本比率は、規制上の最低所要水準（以下、規制水準）と比較して評価する観点から、国際統一基準行では「普通株式等 Tier1 比率（CET1 比率）」、国内基準行では「コア資本比率」を用いている。

¹¹ ただし、国債金利については、既往ボトムの値を下限として設定しているため、FSR2019 年 10 月号のテールイベント・シナリオにおける低下幅をみると、リーマンショック時よりも、国内、海外ともに小さくなっている。

¹² 需給ギャップは、ストレス発生から 4 四半期かけて悪化する想定としている。なお、図表 2-3 は、金融機関の貸出削減が需給ギャップを下押しする影響（金融セクターから実体経済への負のフィードバック効果）も含んだ値となっている。

図表 2-4 マクロ・ストレステスト結果（FSR2019 年 10 月号）



（注）当期純利益は、対総資産比率。自己資本比率は、国際統一基準行が CET1 比率、国内基準行がコア資本比率。

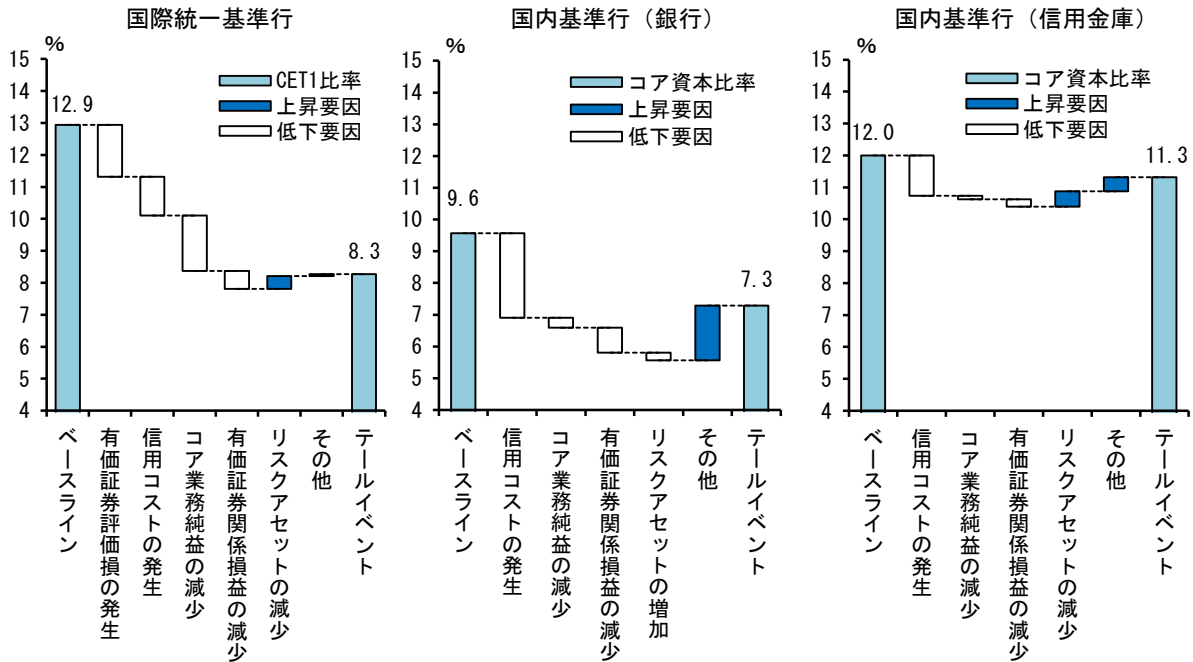
テールイベント・シナリオのもとでのストレステスト結果をみると、当期純利益は、信用コストの発生や貸出利鞘の縮小、有価証券にかかる償却損などから、いずれの業態でも、ストレートが発生した初年度に大きく減少した後、その後も景気が低迷するもとで貸出が伸び悩み、信用コストが増加することなどから 2 年目以降も赤字が続く姿となっている。この結果、自己資本比率は、全ての業態で相応に低下する。もっとも、いずれの業態においても平均的には規制水準を上回る水準を確保することから、わが国の金融システムは、リーマンショックのようなテールイベントの発生を想定したとしても、全体として相応の耐性を備えていると評価できる。

次に、ストレス時の自己資本比率の低下について、要因分解を示したものが図表 2-5 である。ストレス時の自己資本比率はいずれの業態でも大幅に低下しているが、その内訳をみると業態ごとに特徴がある。第一に、自己資本比率の低下幅は、国際統一基準行で最も大きくなる。これは、規制上、有価証券の含み損が自己資本比率に反映されることに加え、海外部門における貸出金の利息収入の円換算値が円高の影響もあって大幅に減少することなどから、コア業務純益が大きく減少するためである。また、国内基準行についてみると、地域銀行の自己資本比率の低下幅は、信用コストの発生や有価証券関係損益の減少を主因に、信用金庫よりも大きくなっている^{13、14}。

¹³ 国内基準行（銀行）の信用コスト率は、信用金庫よりも有意に高くなるが、これには、低採算先貸出比率（次節（2）参照）が地域銀行でより高いことに加え、リーマンショック時における信用コストの実績の違いが FMM の信用コストモデルにおいて業態別に推計している景気感応度の違いに反映されていることも影響している。

¹⁴ 自己資本比率の分母となるリスクアセットは、ストレス時の貸出額がベースライン対比で抑制されることに伴い減少する一方、大手行や地域銀行の内部格付手法採用行では、ストレス時のデフォルト率上昇が信用リスクウ

図表 2-5 自己資本比率の変化の要因分解（FSR2019 年 10 月号）



(注) 1. シミュレーション期間の終期（2022 年度末）における、ベースラインとテールイベント・シナリオ下の自己資本比率の乖離要因を表示。「有価証券評価損の発生」は税効果を勘案したベース。
 2. 国際統一基準行は CET1 比率、国内基準行はコア資本比率。
 3. 「その他」は、税金・配当、CET1 調整項目等の寄与の合計。

3. FMM における近年のモデル見直し

冒頭でも述べた通り、FMM には、金融システムの安定性を評価するうえで重要な問題意識や、金融面のショックの波及経路を適切にマクロ・ストレステストに取り込む観点から、継続的に改良が加えられている（前掲図表 1）。以下では、前回の解説論文（北村ほか[2014]）が執筆された 2014 年以降の主な改良点である、①非線形性を考慮した貸出関数の改良、②高粒度データを活用した信用コストモデルの精緻化、③金融機関収益の中長期シミュレーションと将来時点のストレステスト、④益出し余力の考慮など有価証券投資面のモデル精緻化、⑤ストレス時の外貨調達コスト上昇効果の取り込み、について、見直しの背景や問題意識も含めて説明する。

（1）非線形性を考慮した貸出関数の改良

前節でみたように、ストレス時に金融機関が貸出を削減するメカニズムは、金融セクターから実体経済への負の影響を増幅するチャネルとして、きわめて重要な役割を果たす。その際、金融機関の貸出量と経営体力を表す自己資本との関係は、単純な比例関係にはならない。

エイトの上昇をもたらすことを通じてリスクアセットを増加させる経路もモデル化している。国内基準行（銀行）では、後者の影響が前者を上回ることから、自己資本比率の下押し寄与となっている。

例えば、自己資本が多少減少しても、規制水準対比でみて依然余裕がある先は、貸出を大きく減らさない可能性がある。一方、規制水準または自らが経営安定の目安とする水準に実際の自己資本比率が近づいている先では、資本制約を意識し、貸出を大きく削減する傾向がある。

FMM では、上記のような貸出行動における非線形性を織り込んでいる。具体的には、2014 年当時の見直しの際には既に、金融機関の貸出関数の説明変数に、自己資本比率ギャップ（＝自己資本比率－規制水準）を採用し、自己資本比率が規制水準に近い金融機関ほど貸出供給に消極的になる仕組みを取り込んでいた。その後の見直しでは、自己資本比率が規制水準に近づかなくても、ある閾値¹⁵を下回ったり、収益が赤字に転落したりすると、貸出をより大幅に抑制するという非線形的な関係を追加的にモデルに取り込んだ（図表 3-1-1）¹⁶。

図表 3-1-1 貸出に対する自己資本比率や収益の非線形的な影響

	国内基準行（銀行）		国内基準行（信用金庫）	
	当期純利益ROAがプラスの場合	当期純利益ROAがマイナスの場合	当期純利益ROAがプラスの場合	当期純利益ROAがマイナスの場合
自己資本比率が高い場合	0.91	1.42	—	2.52
自己資本比率が低い場合		2.27	0.90	3.42

（注）国内法人向け貸出変化率の当期純利益 ROA が変化した場合の感応度を、パネルデータを用いて推計した値（ROA の正負や自己資本比率の高低についてのダミー変数を利用）。詳細は、FSR2016 年 10 月号の別冊 BOX2 を参照。

<FMM における貸出関数>

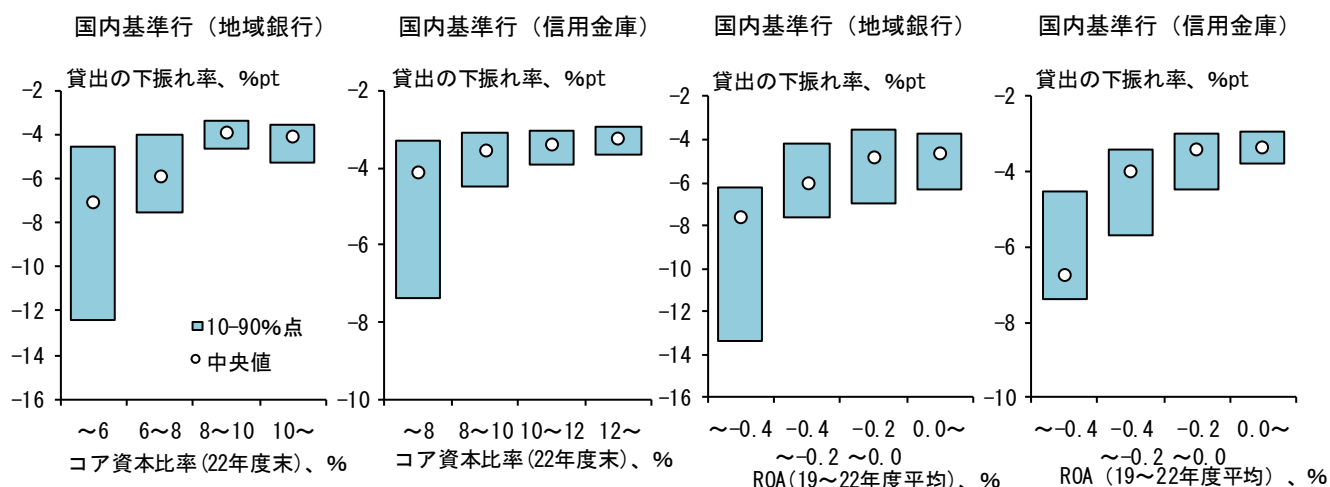
$$\begin{aligned}
 \text{貸出変化率}_i \text{（金融機関 } i \text{）} = & \alpha_1 \times \text{需給ギャップ} + \alpha_2 \times \text{期待成長率（先行き 3 年間）} \\
 & + \alpha_3 \times \text{貸出金利前年差}_i + \alpha_4 \times \text{人口成長率} + \alpha_5 \times \text{地価上昇率} \\
 & + \alpha_6 \times (\text{自己資本比率}_i - \text{規制水準}_i) \times (1 + \gamma_1 \times \text{閾値以下ダミー}_i) \\
 & + \alpha_7 \times \text{当期純利益ROA}_i \times (1 + \gamma_2 \times \text{赤字ダミー}_i) \\
 & + \text{固定効果}_i + \text{定数項}
 \end{aligned}$$

これらの見直しの結果、FMM を用いたマクロ・ストレステストでは、テールイベント発生時に自己資本比率や収益が大きく落ち込む金融機関において、貸出の下振れ幅が大きくなる効果を計測することができる（図表 3-1-2）。

¹⁵ 例えば国内基準行では、経営安定の目安として 8%水準が意識されることが多い。もっとも、個々の金融機関が経営安定の目安とする自己資本比率は、特定の閾値ではなく、そのリスクプロファイルや収益力、地域経済動向などの経営環境によって異なりうることも考えられる（FSR2019 年 10 月号の BOX3 を参照）。

¹⁶ FSR2015 年 10 月号および FSR2016 年 10 月号の別冊では、そうした非線形的な関係がみられるかについて、金融機関のパネルデータ推計によって確認している。

図表 3-1-2 自己資本比率低下や収益減少が金融機関貸出に与える影響



(注) 1. 貸出の下振れ率は、国内法人向け貸出について、ベースライン・シナリオとテールイベント・シナリオの差から算出。
2. FSR2019年10月号のストレステスト結果を用いて作成。

(2) 高粒度データを活用した信用コストモデルの精緻化

FSR2018年10月号、2019年4月号では、近年増加している地域金融機関のミドルリスク企業向け貸出が内包する脆弱性に着目し、債務者ごとの利払い能力の異質性を新たに勘案するかたちでFMMの信用コストモデルを精緻化し、見直し後のモデルを用いたマクロ・ストレステストを行った（その後のストレステストも同見直しを反映したモデルで実施している）。以下では、まず、FMMの信用コストモデルの概要を説明した後、見直しの内容について解説する。

FMMの信用コストモデルの概要

FMMでは、金融機関から入手した債務者区分別の貸出債権額データ（債務者区分間の遷移データ）と債務者区分別の引当率データを組み合わせることで、信用コスト¹⁷を計測している（図表 3-2-1）。すなわち金融機関の信用コストは、貸出債権について、債務者区分のランクダウン（例えば正常先債権の場合、その他要注意先以下への遷移）が生じた場合に発生し、（直接損失が発生する実質破綻・破綻先以外の債権については）該当する引当率を乗じることで損失額が算出される。このモデルは、金融機関実務における信用コストの計算方法と整合的なことから、ストレステスト結果を実務に即して理解しやすいという利点がある。

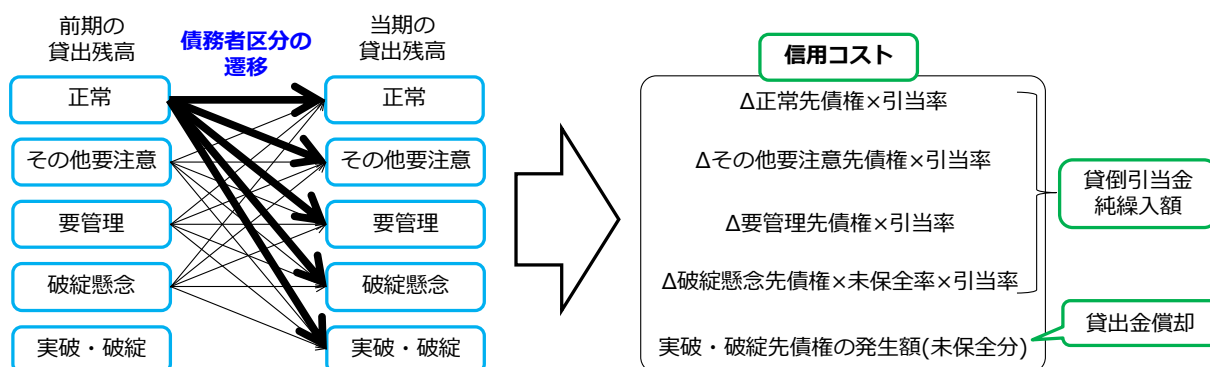
債務者区分間の遷移確率については、直面するマクロ環境や貸出先企業の財務状況（利払い能力を示すインタレスト・カバレッジ・レシオ<ICR>や当座比率¹⁸）の影響を受けると想

¹⁷ 信用コスト＝貸倒引当金純繰入額＋貸出金償却＋売却損等－償却債権取立益。

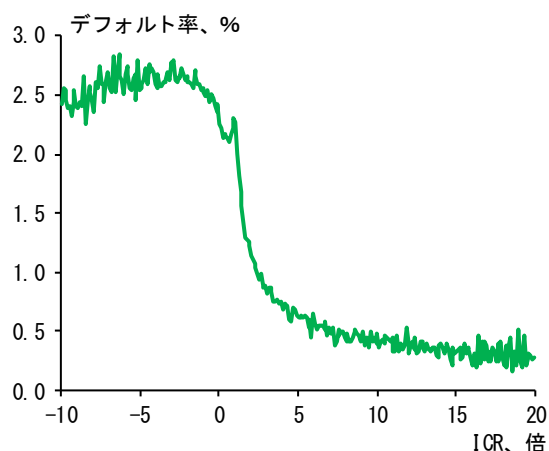
¹⁸ ICRは「営業利益＋受取利息等」／「支払利息」。当座比率は、「現預金や売掛金等の当座資産」／「流動負債」。

定している。一般に、ランクダウン確率ないしデフォルト率は、マクロ環境や企業の財務状況の悪化に対して非線形的に上昇するという関係が観察される（図表 3-2-2）¹⁹。このため、遷移確率のパネル推計にあたっては、下記の定式化のとおり、そうした非線形性を考慮したロジスティック関数モデルを用いている。同定式化中、遷移確率の重要な決定要素の一つとなる ICR は、需給ギャップや貸出金利等の関数としている（詳細は別添「FMM の方程式体系」を参照）。

図表 3-2-1 FMM における信用コストの変動メカニズム



図表 3-2-2 企業の利払い能力（ICR）とデフォルト率の関係



（注）サンプルは、1999年1月から2018年3月の中小企業の決算データ。3か月以上延滞、破綻懸念先以下へのランクダウン、信用保証による代位弁済を、デフォルトと定義。ICRが一定区間の値をとるサンプルについて、デフォルトの有無を判定しデフォルト率を計算。

（資料）CRD、FSR2018年10月号

<FMM における遷移確率関数>

<金融機関*i*の債務者区分*m*の貸出債権が、1期後に債務者区分*n*となっている確率>

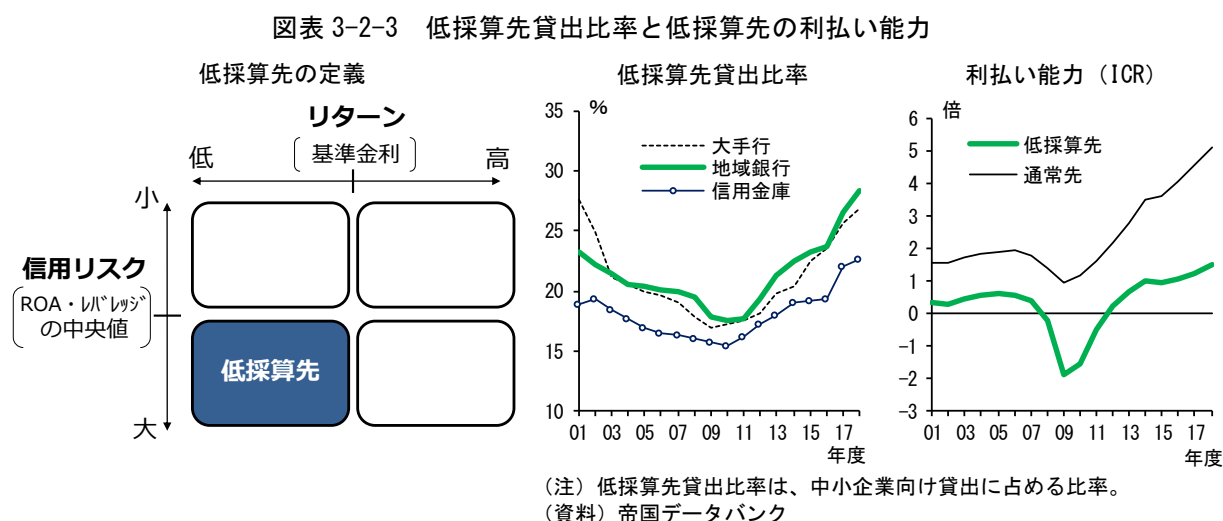
$$\text{遷移確率}_{i}^{m \rightarrow n} = \frac{1}{1 + \exp(\text{定数項} + \text{固定効果}_{i} + \alpha_1^{m \rightarrow n} \times \text{GDP成長率} + \alpha_2^{m \rightarrow n} \times \text{ICR} + \alpha_3^{m \rightarrow n} \times \text{当座比率})}$$

$$\text{ここで、ICR} \equiv \frac{\text{営業利益} + \text{受取利息等}}{\text{支払利息}} = \frac{\text{営業利益等ROA}}{\text{借入金利} \times \text{レバレッジ比率}}$$

¹⁹ 日本銀行金融機構局が企業別の財務データを用いて推計したデフォルト率予測モデルによると、①利払い能力の低下に伴い、デフォルト確率が非線形的に上昇する傾向があること、②レバレッジが高い企業ではその上昇の度合いが顕著に大きくなること、が確認される。詳しくは、FSR 別冊「高粒度データを活用したデフォルト率予測モデルとストレステストへの応用」（2019年3月）を参照。

ミドルリスク企業向け貸出の増加を踏まえたモデルの精緻化

このように FMM では、個別金融機関ごとに、債務者区分の違いを反映してストレス時の影響を把握できる信用コストモデルを構築している。もっとも、近年は、債務者区分が同じ正常先であっても、その中で財務内容が相対的に悪い先（いわゆるミドルリスク企業）に対する貸出が地域金融機関を中心に増加している。金融機関は、低金利環境の長期化や借入需要の趨勢的な減少に直面するなか、高めのリターンや新規の需要を求めてこうした貸出を積極化している面があるとみられるが、実際にはリスクに見合ったリターンが採れていない貸出（低採算先貸出）も増えていると考えられる。FSR では、低採算先貸出を「財務内容が相対的に悪い企業のうち、景気循環を均してみた信用リスク対比で、金融機関が貸出金利を低めに設定している先への貸出」と定義し（図表 3-2-3 左）、それらが中小企業向け貸出全体に占める比率（低採算先貸出比率）を推計している²⁰。その動きをみると、いずれの業態でも近年上昇傾向にあることが確認できる（図表 3-2-3 中央）。



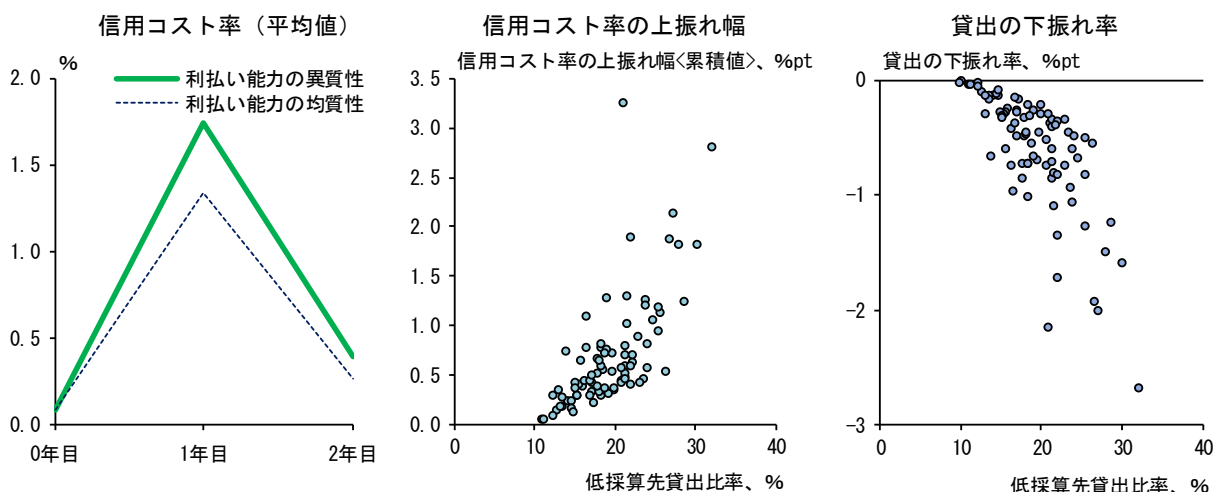
これらの低採算先企業は、金融面のストレス発生時にデフォルトしやすく、したがって低採算先貸出比率の高い金融機関ほど、ストレス時における信用コストの増加幅が大きくなると考えられる。これは、前述したとおり、企業の ICR とデフォルト率との間には密接かつ非線形な関係が観察されるなか（前掲図表 3-2-2）、低採算先企業の ICR は、通常先に比べて一般に水準が低く、景気悪化時の落ち込みも大きいいためである（図表 3-2-3 右）。

こうした点を踏まえ、債務者区分には反映されない借り手企業の属性の違いに伴う貸出の

²⁰ 具体的に、「低採算先」は、中小企業のうち、①営業利益 ROA が企業分布の中央値を下回っているにもかかわらず、借入金利が信用力の高い企業向けの金利（ROA の上位 10%の企業の借入金利）を下回る、②財務レバレッジが企業分布の中央値を上回っているにもかかわらず、借入金利が信用力の高い企業向けの金利（財務レバレッジの下位 50%の企業の借入金利）を下回るという 2 つの基準のうち、どちらかを 2 年連続で満たした企業として定義し、取引金融機関情報を含む企業別の高粒度データを用いて抽出している（中小企業のうち低採算先以外の企業を、「通常先」と呼ぶこととする）。詳しくは、FSR2018 年 4 月号（VI 章）や Kawamoto et al. [2020] を参照。

異質性が描写できるよう、モデルの改良を行った。具体的には、①低採算先と通常先ではマクロ経済の変動に対する ICR の感応度が異なることを踏まえ、両者の ICR を別々に推計したうえで、②金融機関ごとに、低採算先と通常先の ICR を低採算先貸出比率で加重平均した ICR を用いることにより、ミドルリスク企業向け貸出への集中度の違いをモデルに取り込んだ。FSR2018 年 10 月号では、このような粒度の高いデータを用いて、借り手企業の利払い能力の異質性を考慮したマクロ・ストレステストを実施した。その結果をみると、低採算先貸出比率の高い金融機関ほど²¹、ストレス時の信用コスト率の上昇幅が大きくなる傾向があるため、自己資本比率の低下幅が大きくなり、貸出の下振れも相応に大きくなることが確認された（図表 3-2-4）。ここで貸出量の変化については、本節（1）で述べた、非線形性を考慮したモデル見直しが活かされている。また、このことは、低採算先貸出比率が今後も上昇し続ける場合には、将来時点でストレスが発生した場合の信用コストの増加幅が、目先にストレスが発生する場合よりも大きなものとなる可能性を示唆している（後述する本節（3）を参照）。

図表 3-2-4 借り手企業の利払い能力の異質性を考慮したストレステスト（FSR2018 年 10 月号）



（注）FSR2018 年 10 月号における、企業の利払い能力の異質性を考慮した場合と利払い能力の均質性を前提とした場合のストレステスト結果（対象は、低採算先貸出が推計可能な地域銀行（国内基準行））。右図は、国内法人向け貸出の下振れ率。

（3）金融機関収益の中長期シミュレーションと将来時点のストレステスト

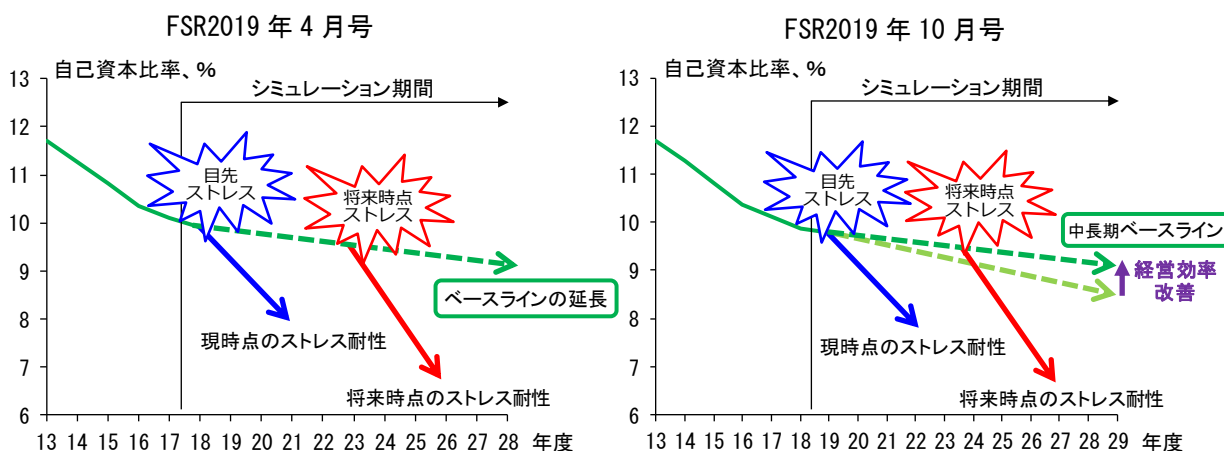
FSR2019 年 4 月号では、FMM の枠組みの大幅な拡張を行い、定例のマクロ・ストレステストに加えて、金融機関収益の中長期シミュレーションとそれを踏まえた将来時点のストレステストを新たに実施した。

²¹ FSR2018 年 10 月号では、地域銀行だけを対象として、個別金融機関ごとに低採算先貸出比率の違いを勘案したシミュレーションを行ったが、FSR2019 年 4 月号で、対象を全業態に拡充したテストを実施するにあたり、データ面の制約から低採算先貸出比率について、個別金融機関の属する業態（大手行、地域銀行、信用金庫）の平均値を用いることとした。

近年、地域金融機関を中心に、金融仲介活動の中核である国内預貸業務の収益性が低下し続けており、その継続的な下押し効果が金融機関の将来の経営体力を低下させることに伴う脆弱性に、警戒が必要な局面となっている²²。収益性低下の背景としては、低金利環境の長期化に加えて、人口減少に伴う成長期待と借入需要の趨勢的な低下という構造要因による面が大きいと考えられる。上述した FMM の拡張・改良は、こうした収益力の低下トレンドが今後も長引くケースを想定し、目先だけでなく将来時点の金融機関のストレス耐性を点検するための枠組みを提示したものである。こうした取り組みは、同じく低金利環境の長期化が金融安定上の大きな 이슈 となりつつある海外でも注目を集めている。

具体的には、通常は先行き 3 年間としているベースラインのシミュレーション期間を 10 年間に延長。そのうえで、リーマンショック時と同程度のテールイベントが、目先に発生するケース（定例のストレステスト）だけでなく、5 年後に発生するケースも想定し、両者の結果を比較することで、金融機関の将来時点の損失吸収力について定量的な検証を試みた（図表 3-3-1）。また、FSR2019 年 10 月号では、そのさらなる改良版として、地域金融機関による経営効率性の改善が、先行きの収益・経営体力の低下を緩和する効果を織り込んだシミュレーションとストレステストを行った。

図表 3-3-1 中長期シミュレーションと将来時点ストレステストの枠組み



中長期シミュレーションにおける各種前提と結果

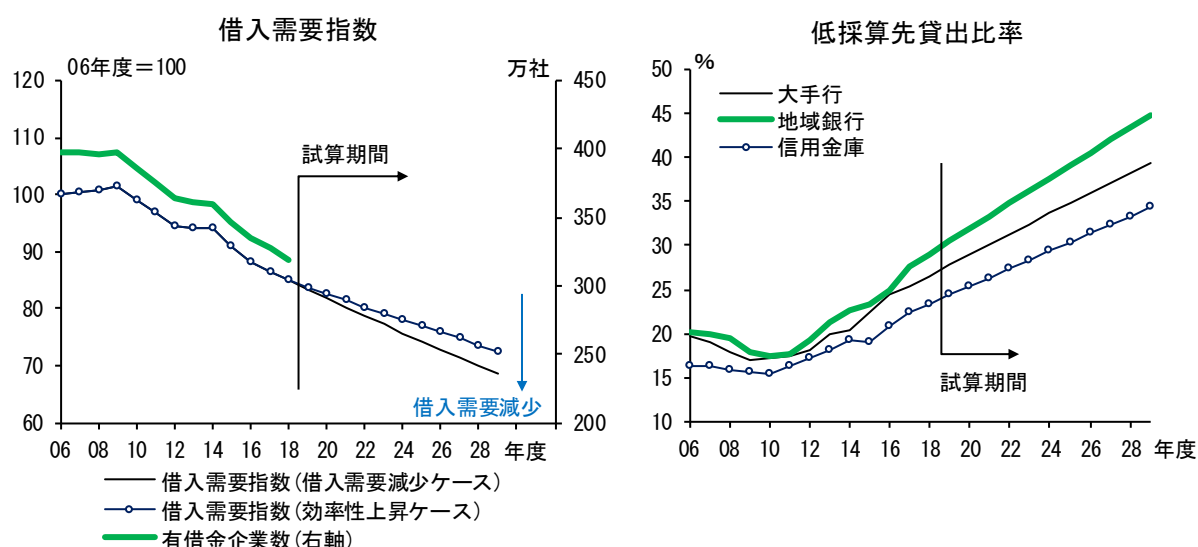
中長期シミュレーションでは、前述のとおりベースライン・シナリオを延長する必要があるほか、テスト結果に大きな影響を与うる中長期的な金融経済構造の変化についても一定の仮定を置く必要が生じるため、モデルの大幅な見直しを必要とした。まず、マクロ的な金融経済情勢に関する前提条件として、例えば、実体経済の活動水準を表す需給ギャップは、先行き 3 年間は定例のベースライン・シナリオどおり推移したあと、その後 7 年間かけて、

²² 金融庁は、2019 年に早期警戒制度を見直し、新たに、地域金融機関の中長期的な収益性をその基準に加えた。

徐々に過熱でも停滞でもない長期的な均衡状態、すなわちゼロに収束すると想定した。国債金利は、定例のベースライン・シナリオと同様に、イールドカーブに織り込まれたフォワードレートに沿って推移すると想定した。株価（TOPIX）と為替レートは、簡便化のため、シミュレーション全期間にわたって横ばいとした。

金融機関の預貸業務収益の構造的な低下要因となってきた、国内貸出市場における需給環境については、これまでと同じペースで企業の借入需要が減少し続ける「借入需要減少ケース」を設定した（図表 3-3-2 左）²³。具体的には、貸出市場の需給環境を表す代理変数として、便宜的に金融機関店舗数当たりの有借金企業数を指数化したもの（借入需要指数）を採用し、同指数が 2010 年以降のトレンドに沿ってシミュレーション期間中も低下を続けると想定した。国内貸出金利の定式化にあたっては、以下のとおり、借入需要指数を説明変数の一つとして取り入れることにより、人口・企業数の減少など長い目でみた構造要因が、貸出需給の継続的な緩和を通じて貸出金利の低下圧力として働くメカニズムをモデル化している。

図表 3-3-2 中長期シミュレーションにおける前提条件（FSR2019 年 10 月号）



（注）1. 借入需要指数は、有借金企業数を金融機関店舗数で割って指数化したもの（店舗内店舗の活用による実質的な店舗数縮小効果を勘案）。効率性上昇ケースの借入需要指数は、経費節減が店舗網スリム化等を伴うことを想定。

2. 低採算貸出比率は、中小企業向け貸出に占める比率。

（資料）総務省、帝国データバンク、日本金融通信社、FSR2019 年 10 月号

<FMM における国内貸出金利関数>

$$\begin{aligned} \text{国内貸出金利}_i \text{（金融機関 } i \text{）} &= \alpha_1 \times \text{国内調達金利}_i + \alpha_2 \times \text{長短金利差（5 年物－3 か月物）} \\ &\quad + \alpha_3 \times \text{借入需要指数}_i + \alpha_4 \times \text{不良債権比率}_i \\ &\quad + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \end{aligned}$$

²³ FSR2019 年 4 月号では、企業の借入需要の減少に歯止めがかかる「借入需要不変ケース」も設定し、2つのケースを比較することにより、構造的な要因が将来の金融安定に及ぼす影響を定量化した。

上記の借入需要指数の低下に伴って、金融機関にとっての従来の貸出市場が縮小する結果、貸出金利が信用リスクに見合わない低採算先への貸出比率（本節（２）を参照）も上昇を続ける前提とした（図表 3-3-2 右）。後述するが、この前提は将来のストレス発生時に信用コスト増加要因として働く。なお、有価証券売却益については、含み益が枯渇する時点まで、過去 3 年間の実績と同額の益出しを続けると想定した（FMM における有価証券投資面の仕組みは、後述する本節（４）を参照）。

FSR2019 年 10 月号で追加的に設定した「効率性上昇ケース」のシミュレーションでは、足もとの業態平均の修正 OHR（経費／コア業務粗利益）を 5%ポイント程度低下させるような経営効率性の改善効果を念頭に²⁴、例えば地域銀行については、①近年と同程度（年率▲1%程度）の経費節減を 10 年間続けることに加え、②10 年後の非資金利益を現状比 1 割程度上積みする、という前提を置いた（図表 3-3-3）²⁵。この想定はあくまで一例にすぎず、金融機関が経営効率性の改善に取り組む際には、多様な選択肢を採ると考えられる。この点に鑑み、図表 3-3-3 では、経費節減幅がより大きい／小さい場合に必要となる非資金利益の増加幅も示している。また、経営効率性の改善には店舗網のスリム化なども含まれると考えられるため、それらが借入需要指数の低下トレンド（貸出需給の緩和度合い）を幾分和らげる効果も勘案した（前掲図表 3-3-2 左）。

図表 3-3-3 経費節減率と非資金利益増加幅の組み合わせ（FSR2019 年 10 月号）

上段：億円、中段・下段：%

	2018年度実績		上段：非資金利益の想定増加幅 中段：同想定増加率（2018年度対比） 下段：非資金利益比率の想定水準		
	コア業務粗利益	非資金利益 ＜非資金利益比率＞	先行きの経費節減率（10年間）		
			▲5%の場合	▲10%の場合	▲15%の場合
地域銀行	41,410	5,103 ＜12.3＞	+1,518 [+29.7] ＜15.4＞	+455 [+8.9] ＜13.3＞	+70 [+1.4] ＜12.5＞
信用金庫	15,947	572 ＜3.6＞	+897 [+156.7] ＜8.7＞	+342 [+59.7] ＜5.6＞	+102 [+17.8] ＜4.2＞

（注）1. 非資金利益比率＝非資金利益／コア業務粗利益。

2. FSR2019 年 10 月号の効率性上昇ケースでは、各地域金融機関の先行き 10 年間の経費節減率を最大▲10%と想定。

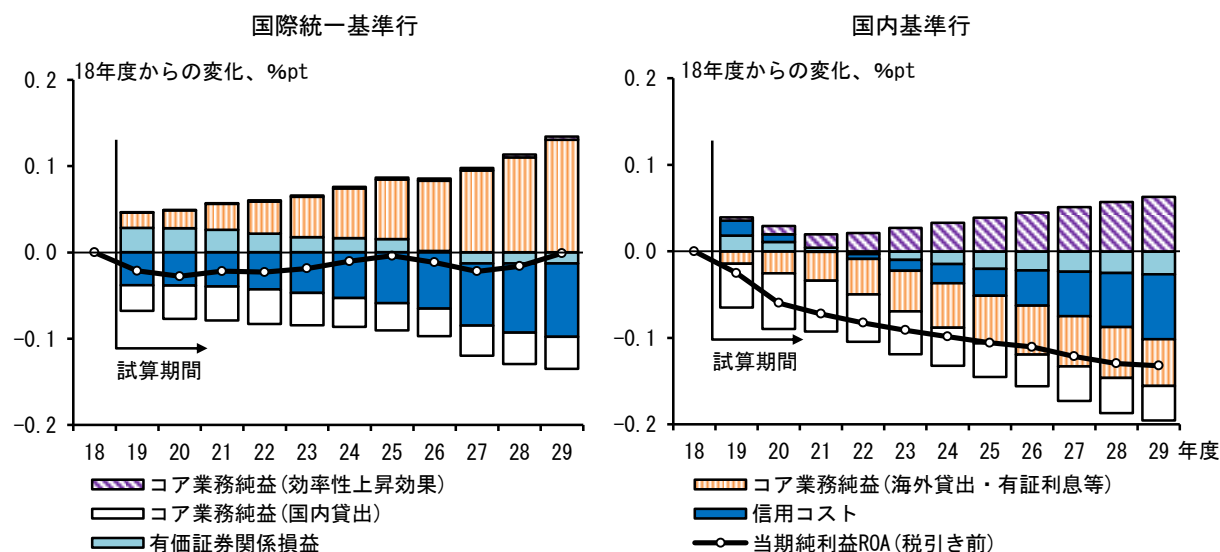
以上のベースライン・シナリオの結果をみると、金融機関の当期純利益は、地域金融機関の多くが含まれる国内基準行を中心に、先行きも趨勢的な低下を続けること、また、経営効率性の改善は、そうした低下圧力を打ち返すには至らないが、相応の収益押し上げに貢献す

²⁴ 個別金融機関の修正 OHR にはばらつきが大きいので、効率性の改善度合いも一様とは想定していない。詳細は FSR2019 年 10 月号（Ⅵ章、BOX4）を参照。

²⁵ 通常の FMM のシミュレーションでは、先行きの経費や地域金融機関の非資金利益（役務取引等利益）は、足もとの実績から横ばいと仮定している（なお、大手行の非資金利益は、株価や為替、需給ギャップの関数としている）。ここでは、それらの先行きパスを外生的に与えることによって、経営効率性の改善シミュレーションを行っている。

ることが分かる（図表 3-3-4）。

図表 3-3-4 中長期シミュレーションにおける当期純利益 ROA（FSR2019 年 10 月号）

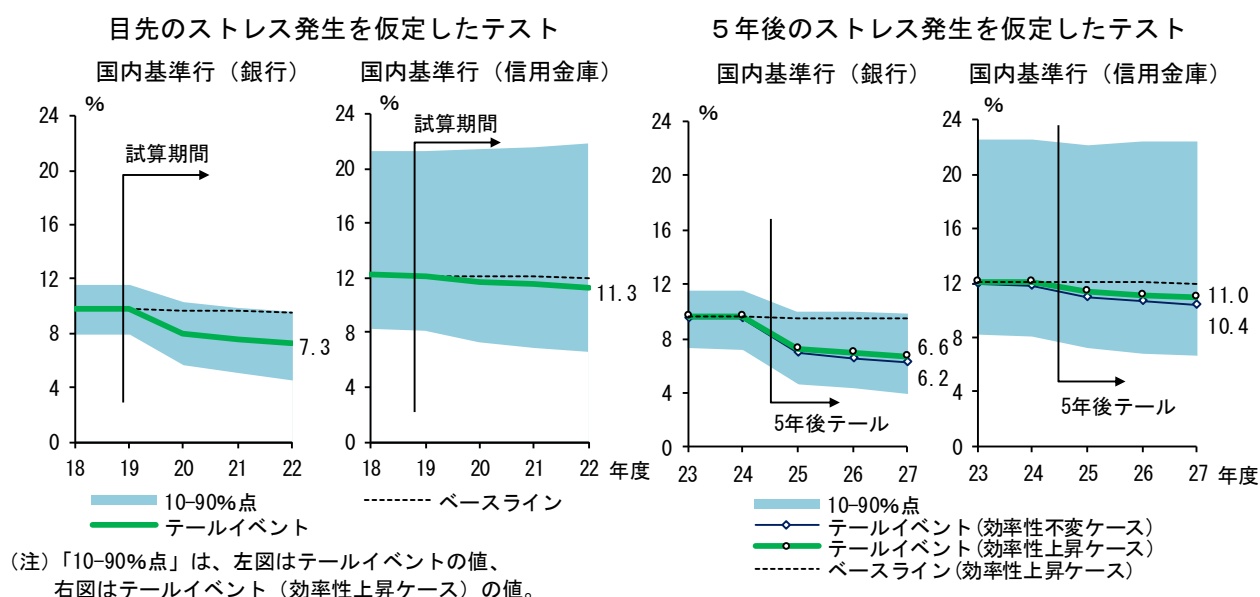


(注)「コア業務純益（効率性上昇効果）」は、効率性上昇ケースで想定した経費節減額と非資金利益増加額の和。
「コア業務純益（国内貸出）」は、国内貸出にかかる資金利益（国内向け貸出残高×国内業務部門貸出利鞘）。
「コア業務純益（海外貸出・有証利息等）」は、国内貸出にかかる資金利益および効率性上昇効果以外のコア業務純益。

将来時点のストレステスト結果

FSR2019 年 10 月号における、5 年後のストレス発生を仮定したテスト結果をみると、目先にストレスが発生する場合と比べ、自己資本比率の水準は国内基準行ではっきりと低くなる（図表 3-3-5）。これには、①収益力低下の累積的な影響により、ベースラインの自己資本比率が低くなっていること、②借入需要の減少に伴う低採算先貸出比率の上昇を背景に、ストレス時の信用コストの増加幅が大きくなること、③有価証券関連で、累次の益出しに伴う含み益のバッファ減少により、減損損失が大きくなること、が影響している。

図表 3-3-5 将来時点ストレステストの結果（FSR2019 年 10 月号）



(注)「10-90%点」は、左図はテールイベントの値、
右図はテールイベント（効率性上昇ケース）の値。

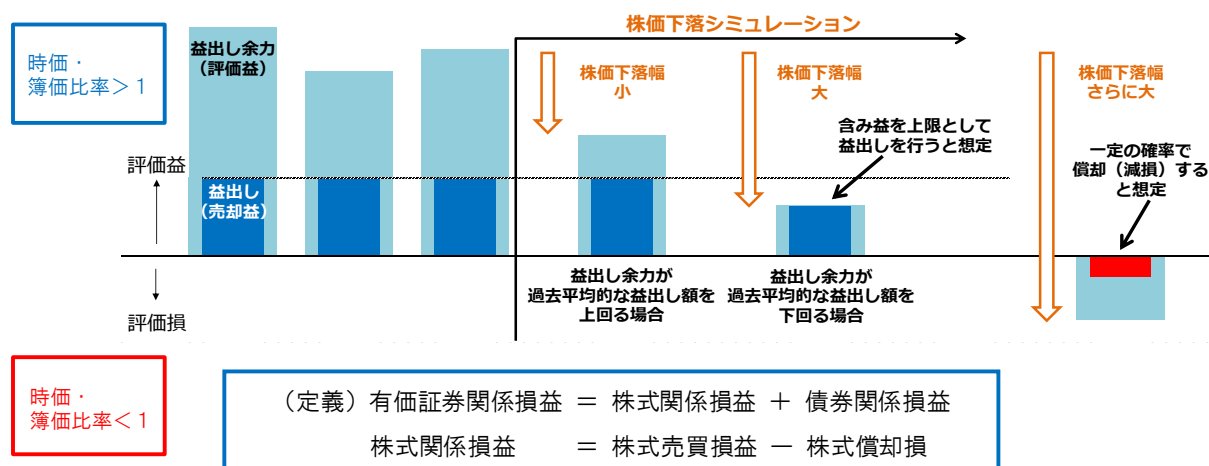
もっとも、「効率性上昇ケース」の自己資本比率は、そうでないケースに比べ、0.5%ポイント程度高くなる。このことは、経営効率性の改善に向けた金融機関の取り組みは、将来のストレス耐性にも有意にプラスの効果があることを示している。

中長期のシミュレーションと将来時点のストレステスト結果については、定例のストレステスト結果以上に幅をもって評価することが不可欠であるが、先行きの金融機関の収益環境の厳しさや、それに対応するための様々な取り組みの重要性について、客観的かつ定量的な議論を行うための材料として有益であると考えられる。

(4) 益出し余力の考慮など有価証券投資面のモデル精緻化

近年のわが国金融機関は、基礎的収益力の低下に直面するなか、有価証券の益出し（保有有価証券の売却による含み益の実現）を積極化させてきたが、それに伴う保有有価証券の簿価の切り上がりから、さらなる益出し余力は低下する傾向にある。ストレス発生時に益出し余力が枯渇する金融機関では、コア業務純益の悪化や信用コストの増加が最終利益や自己資本²⁶の低下に直接影響することになる。従来のFMMでは、各金融機関の先行きの有価証券売却益について、直近の実績値から横ばいと想定していたが、そうした方法では、過去と同じペースで益出しを行うことができない先が増えているという、近年の状況を適切に反映できない。

図表 3-4 有価証券の益出しの上限設定



そこでFSR2018年10月号からは、有価証券売却益について、過去3年平均と同額の益出しを行うことを前提とするが²⁷、各金融機関の含み益を益出し額の上限として設定する見

²⁶ 保有有価証券の評価損益（含み損益）については、自己資本比率規制上の取扱いが国際統一基準行と国内基準行で異なる点に留意。国際統一基準行では評価損益が自己資本比率（CET1比率）に直接反映される一方、国内基準行では評価損益は自己資本比率（コア資本比率）に反映されない。

²⁷ 政策投資保有株式については、含み益が存在しても、取引企業との関係から、これまでと同じペースで売却を進めることができるかどうか不確実であるが、シミュレーション上は売却可能と想定した。また、債券について

直しを行った（図表 3-4）。

その際、株式売却益と債券売却益を別々に計算しており、株式等の含み益が枯渇した場合には、債券の含み益を益出しのために補填できることとした。この見直しにより、本節（3）で説明した中長期シミュレーションでは、累次の益出しに伴って益出し余力の枯渇した金融機関数が増加していくことを、目先より将来時点のストレスの影響が大きくなる一因として捉えることができるようになった。

また、ストレス発生時には、株式の含み損が拡大するほど、減損処理による株式償却損が生じやすいと考えられる。このため、FMM では上記の見直しと同時に、保有有価証券の時価・簿価比率と償却率（償却損／償却前簿価）の関係を過去の観察データに基づいてモデル化し、多額の益出しを行い、有価証券の簿価が上昇している金融機関では含み損の拡大から、ストレス発生時の有価証券関係損失が大きくなるメカニズムを取り入れた。

なお、FMM では、このような金融機関ごとの保有有価証券の評価損益を的確に把握するため、債券については、残存期間別・年限別の保有残高を推計することにより、金利変動が時価に及ぼす影響を仔細に計算している。実際の計算は、FMM のサテライトモデルとして運用している「金利モデル」内で行い、その算出結果を FMM 本体に外生変数として投入している（「金利モデル」の詳細は補論 3 を参照）。また、株式や投資信託等については、株価等の金融市場変数の変化に対する感応度に一定の仮定をおくことにより、その時価変動を算出している。

（5）ストレス時の外貨調達コスト上昇効果の取り込み

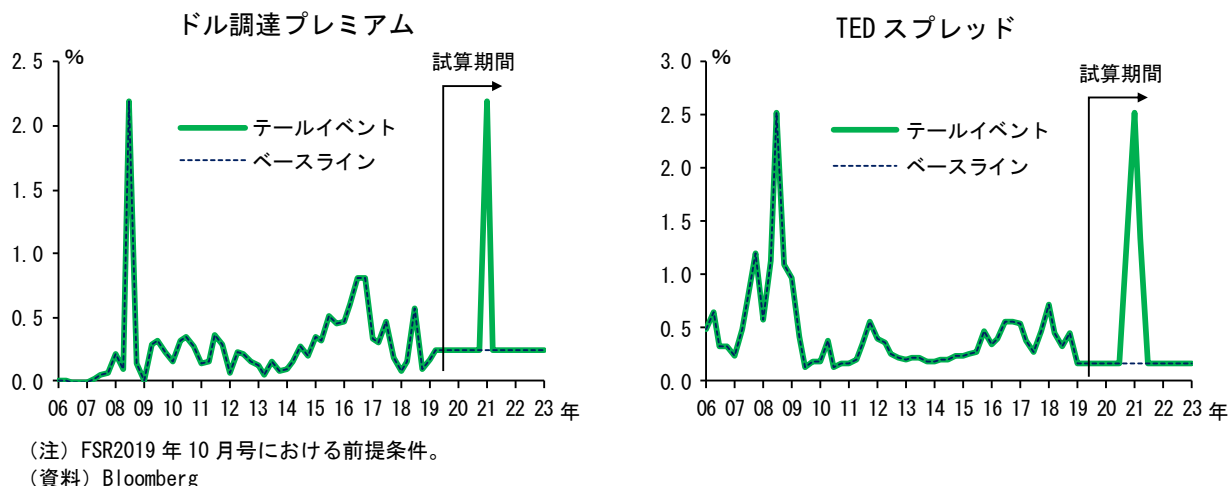
わが国の大手行等は、2000 年代後半のグローバルな金融危機以降、経営体力が低下した米欧金融機関が担っていた信用創造機能を一部代替するとともに、国内業務の収益性低下等を補う観点から、海外向けエクスポージャーを大幅に拡大させている。こうした状況下、本源的な外貨調達手段が限られるわが国金融機関にとって、外貨流動性リスクを管理することの重要性は一段と高まっている。したがって、仮に邦銀の外貨調達環境にストレスが生じた場合の波及経路についても、前述の国内貸出と同様に、マクロ・ストレステストに適切に取り込んでいく必要がある。

その一環として、FSR2018 年 4 月号から、海外部門の調達金利関数において、為替スワップを用いたドル調達コストとドル LIBOR（3 か月物）の差分により定義されるドル調達プレミアムと、ドル LIBOR と米国債金利（3 か月物）の差分により定義される TED スプレッドという 2 種類のプレミアムを導入することにより、ストレス時の邦銀のドル調達コスト上昇

は、単純化のため、国内債と外債の含み益をネットで合算したベースで益出し上限を設定している。

が、海外部門の採算悪化を通じて収益を下押しするメカニズムをFMMに導入した。具体的には、テールイベント・シナリオにおいて、各プレミアムがリーマンショック期と同程度の水準まで上昇すると仮定して、その影響を計測している（図表3-5）。

図表3-5 各種調達プレミアムに関する前提条件



4. FMM 利用上の留意点と今後の課題

以上みてきたように、日本銀行は、金融システムの安定性を評価するうえで重要な問題意識や、金融面のショックの波及経路を適切に取り込む観点から、FMM を継続的に改良しつつ、これを用いた様々なマクロ・ストレステストを実施してきた。一方、それに伴う活用範囲の広がりもあって、FMM やこれを用いたマクロ・ストレステスト結果を活用する際には、その利点だけでなく留意点や限界についても十分に理解しておく必要がある。

第一に、想定するシナリオに関する留意点がある。FSR では、リーマンショックと同程度のストレスを想定したテールイベント・シナリオを軸として、マクロ・ストレステストを行っているが、将来生じ得る金融危機はリーマンショックと全く同じ形態をとるわけではない点には留意する必要がある²⁸。また、当然のことながら、ベースラインおよびテールイベントにおける各種の前提は、金融システムのストレス耐性を検証するために設けられた仮想的な条件であって、先行きの金融経済情勢や資産価格等に関する日本銀行の予測を示すものではない。既にみてきたように、いくつかの変数の先行き想定は、足もとの実績から横ばいとするなど、単純化されている。とくに、前節（3）の中長期シミュレーションや将来時点のストレステストの定量的な結果については、通常のテスト以上に幅をもって解釈しなければなら

²⁸ Alfaro and Drehmann [2009]、Borio et al. [2014]は、金融危機が生じていない平時において、未知の脆弱性を特定し、それを説得的にシナリオに取り込むことは容易ではないと論じ、平時に行うストレステストに過度に依存することに対して警鐘を鳴らしている。

ない。さらに、FMM では、前述した「効率性上昇ケース」のように具体的な追加の想定を置かない限り、先行きの金融機関行動が従来のパターンから変化する可能性は考慮されていない点も、認識しておく必要がある。

第二に、計量モデルの限界である。多くの計量モデル同様、FMM における各種変数間の関係やショックの波及経路のモデル化は、あくまで過去に観察されたデータに基づいている。定式化や推計されたパラメーターには不確実性があるほか、利用データの制約もあって、分析対象とすることが難しい分野が存在する。また、安定的な推計結果を得るためには、ある程度長い期間の時系列データが必要となるが、その分だけ近年の構造変化を取り込めない可能性がある。FMM のように巨大な方程式体系を持つ大型マクロ計量モデルでは、幅広い金融経済変数間の関係を同時決定的に捉えられることが大きな利点である一方、こうした問題の全てに機動的に対処することは難しくなる。さらに、FMM のマクロ・ストレステスト結果を個別金融機関ごとに取り出して用いる場合には、その定量的な結果は十分な幅をもって解釈する必要がある。これは、個別金融機関ごとの B/S、P/L 情報を織り込んで構築されている点が FMM の強みであるとはいえ、各種パラメーターを同一業態で共通のものとして推計している部分も少なくないためである。

こうした限界や課題に対しては、優先順位付けを行いつつ、新たなデータを入手することなどによってモデルを精緻化・拡充していくことが考えられる。一方で、多くの見直しを行えば行うほど、モデルの規模や複雑さが高まり、機動性や解釈可能性に支障が生じることもある程度は避けられないため、両者のバランスを図る必要がある²⁹。また、従来と同様、目的や用途に応じて、FMM のような大型モデルとは別の分析を併用していくことが有益な場合も考えられる。

今後の FMM の活用余地を展望した場合、一つには、足もと開始している共通シナリオに基づく一斉ストレステスト（第 1 節参照）において、FMM の提示するシナリオやそこに内包されるメカニズムをより精緻なものにしていくことが考えられる。一斉ストレステストは欧米主要国において規制・監督上の中核的なツールとして活用する体制が定着してきているが³⁰、

²⁹ FMM の場合、2014 年時点と比較して、内生変数の数は約 2 倍となっている。より多くのデータを取り込み、より現実を正確に描写できるモデルを目指して改良を進めていくうえでは、「モデルリスク（政策判断に影響を及ぼしうるモデルの誤り）」を抑制するための視点が不可欠である（海外当局におけるモデルリスク管理のための施策については、FRB [2019b]や BOE/PRA [2018]、BCBS [2018]を参照）。

³⁰ 例えば米国（FRB）では、ドッド・フランク法に基づき、FRB が設定した共通シナリオに基づき大規模行の資本水準の十分性を定量的かつ一斉に検証するストレステスト（DFAST）や、大規模行の資本計画の妥当性を検証するストレステスト（CCAR）が主要な監督ツールとして活用されている。英国（BOE）では、ストレステストの結果を踏まえて金融機関に対してストレス時損失をカバーできるだけの資本を求めており、個別金融機関ごとの資本バッファ（PRA バッファ）の設定や、マクロのカウンターシクリカル資本バッファ（CCyB）の設定における重要なインプットとして活用されている（BOE [2015, 2016]）。また、欧州（EBA/SSM）でも、ストレス時損失額に相当する資本を求め、そこから最低要求水準や各種バッファを控除した Pillar 2 guidance (P2G)を導入し、第 2 の柱に基づく監督に役立てている（EBA [2018]）。

わが国においても、対象金融機関のリスク特性や経営体力、リスク管理上の課題を特定し、大規模金融機関の健全性や金融システム全体の安定性についての知見や評価を深めていくうえでの有用性は高いと考えられる。こうした観点から、現在、ストレス時に海外向けエクスポージャーから発生する信用コストや有価証券の経済損失をよりきめ細かく把握する手法の開発・改良に取り組んでいる³¹。また、前節で紹介した中長期シミュレーションや将来時点のストレステストについても、地域金融機関の収益力低下が先行きも続く可能性が高いとみられるなかで、想定シナリオに修正を加えつつ、引き続き活用していく余地は相応にある。この間、ストレス時に外貨流動性の枯渇が外貨資産の投売りを誘発した場合の金融機関収益や自己資本比率への影響評価や、仮想的なマクロブルーデンス政策の効果に関するモデル・シミュレーション、欧州の中央銀行を中心に検討が進んでいる気候変動リスクを取り込んだストレステスト、非銀行セクターの脆弱性を含めた評価が可能なストレステストについても、将来の検討課題となり得る。もっとも、このような、これまでの定式化とは基本的な概念が大きく異なる試みについては、モデルの抜本的見直しが必要となるうえ、現時点では関連するデータ面の制約も相応に大きいとみられるため、まずは先行研究や海外の経験に学ぶことが先決であろう。日本銀行としては、海外当局の取り組みも参考にしつつ、わが国の金融システムを巡る環境変化から生まれる新たな問題意識に適切に対応していく観点から、今後も継続して FMM の見直しに取り組んでいく考えである。

³¹ 例えば、海外貸出に係る信用コストモデルについて、①従来はひとまとめにしていた正常先債権を、信用力に応じた幾つかのグループに分けて推計することや、②デフォルト率の説明変数として、国内信用コストモデルで採用している ICR（地域別の集計値）を新たに加えることなどを検討している。こうした見直しにより、レバレッジドローンなど、平時は正常先とされる海外債権の中でも、相対的にリスクの高い先への与信拡大が、ストレス発生時の信用コストに与える影響をきめ細かく捉えることができるようになると考えられる。

参考文献

石川篤史・鎌田康一郎・倉知善行・寺西勇生・那須健太郎[2011]『『金融マクロ計量モデル』の概要』、日本銀行ワーキングペーパー、No.11-J-7、2011年10月

鎌田康一郎・倉知善行[2012]「国債金利の変動が金融・経済に及ぼす影響——金融マクロ計量モデルによる分析——」、RIETI Discussion Paper Series、12-J-021、2012年7月

河田皓史・倉知善行・寺西勇生・中村康治[2013]「マクロプルーデンス政策が経済に与える影響：金融マクロ計量モデルによるシミュレーション」、日本銀行ワーキングペーパー、No.13-J-2、2013年2月

北村富行・小島早都子・高橋宏二郎・竹井郁夫・中村康治[2014]「日本銀行のマクロ・ストレス・テストについて」、日本銀行調査論文、2014年10月

日本銀行[2011]「日本銀行のマクロプルーデンス面での取組み」、2011年10月

Adrian, T., J. Morsink and L. Schumacher [2020] "Stress Testing at the IMF," *Departmental Paper Series*, No.20/04, February 2020

Alfaro, R., and M. Drehmann [2009] "Macro stress tests and crises: what can we learn?" *BIS Quarterly Review*, December 2009

Anderson, R., J. Danielsson, C. Baba, U. S. Das, H. Kang, and M. Segoviano [2018] "Macroprudential Stress Tests and Policies: Searching for Robust and Implementable Frameworks," IMF Working Paper, WP/18/197, September 2018

Bank of England (BOE) [2015] "The Bank of England's Approach to Stress Testing the UK Banking System," October 2015

Bank of England (BOE) [2016] "The Financial Policy Committee's approach to setting the countercyclical capital buffer," A Policy Statement, April 2016

Bank of England Prudential Regulation Authority (BOE/PRA) [2018] "Model risk management principles for stress testing," Supervisory Statement, SS3/18, April 2018

Basel Committee on Banking Supervision (BCBS) [2018] "Stress Testing Principles," October 2018

Baudino, P., R. Goetschmann, J. Henry, K. Taniguchi and W. Zhu [2018] "Stress-testing banks – a comparative analysis," *FSI Insights on policy implementation*, No.12, November 2018

Bernanke, B. [2013] "Stress Testing Banks: What Have We Learned?" Speech at the "Maintaining Financial Stability: Holding a Tiger by the Tail" financial markets conference, April 2013

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) [2019a] "Federal Reserve Board will host public research conference on its stress testing framework in July," Press release, January 2019

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) [2019b] "Dodd-Frank Act Stress Test 2019: Supervisory Stress Test Methodology," Dodd-Frank Act Stress Test Publications, March 2019

Board of Governors of the Federal Reserve System (FRB) [2019c] "Amendments to Policy Statement on the Scenario Design Framework for Stress Testing (12 CFR Part 252)," *Federal*

Register, Volume 84, No.40, February 2019

Borio, C., M. Drehmann and K. Tsatsaronis [2014] "Stress-testing macro stress testing: does it live up to expectations?" *Journal of Financial Stability*, Volume 12, June 2014

Budnik, K., M. B. Mozzanica, I. Dimitrov, J. Groß, I. Hansen, G. di Iasio, M. Kleemann, F. Sanna, A. Sarychev, N. Siñenko and M. Volk [2019], "Macroprudential stress test of the euro area banking system," *ECB Occasional Paper*, No.226, July 2019

de Guindos, L. [2019] "The evolution of stress-testing in Europe," Keynote speech at the annual US-EU Symposium, September 2019

Dent, K., B. Westwood and M. Segoviano [2016] "Stress Testing of Banks: an introduction," *Bank of England Quarterly Bulletin*, 56(3), September 2016

European Banking Authority (EBA) [2018] "Final Report: Guidelines on the revised common procedures and methodologies for the supervisory review and evaluation process (SREP) and supervisory stress testing," EBA/GL/2018/03, July 2018

European Systemic Risk Board (ESRB) [2020] "Macro-financial scenario for the 2020 EU-wide banking sector stress test," ESRB Letter on 2020 EU-wide Stress Test, January 2020

Kawamoto, T., T. Matsuda, K. Takahashi and Y. Tamanyu [2020] "Bank Risk Taking and Financial Stability: Evidence from Japan's Loan Market," Bank of Japan Working Paper Series, No.20-E-1, February 2020

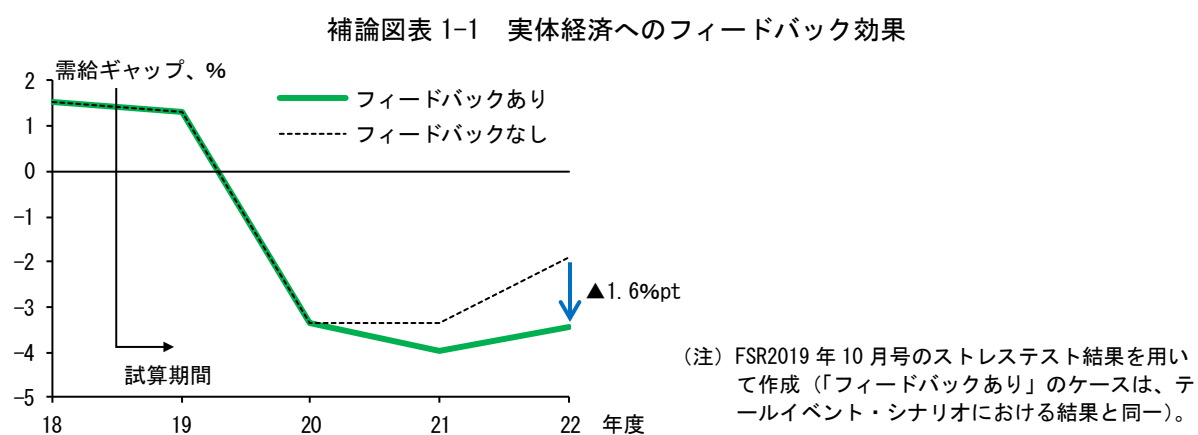
Kawata, H., T. Kitamura, K. Nakamura, Y. Teranishi and S. Tsuchiya [2012] "Effects of the Loss and Correction of a Reference Rate on Japan's Economy and Financial System: Analysis Using the Financial Macro-econometric Model," Bank of Japan Working Paper Series, No.12-E-11, December 2012

Liang, N. [2018] "Well-designed stress test scenarios are important for financial stability," Blog post at the Brookings Institution, February 2018

補論 1. 金融セクターから実体経済への負のフィードバック効果の試算

ここでは、ストレス時に収益や自己資本比率の低下に直面した金融機関が貸出を減らすことが、実体経済をどの程度下押すか、さらにまた、そうした実体経済の下押しが金融機関の経営体力にどの程度追加的な影響をもたらすか、FMM を用いて定量的に試算してみた。

まず、FMM における金融セクターから実体経済への負のフィードバック効果を試算すると、ストレス期間の最終期の需給ギャップでみて▲1.5%ポイント程度の低下と、相応に大きいものとなっている（補論図表 1-1）。具体的には、FSR2019 年 10 月号のテールイベント・シナリオの結果（補論図表 1-1 における「フィードバックあり」のケースに該当）に加えて、各金融機関がストレス時も国内貸出額をベースライン・シナリオから変えない場合（同図表の「フィードバックなし」のケース）のシミュレーションも行い、双方の需給ギャップを比較することによって、実体経済面への負のフィードバック効果を定量化した³²。なお、ECB も、最近開発したストレステストモデル（BEAST、脚注 4 参照）を用いて同様のエクササイズを行っており、グローバル金融市場の混乱によって 3 年後のユーロ圏 GDP がベースライン対比で▲7.8%低下するという厳しいストレスシナリオ下において、金融機関の貸出削減が追加的に GDP を押し下げる効果は、3 年間の累計で▲1.6%ポイントと相応に大きくなるとの結果を報告している（Budnik et al. [2019]）。

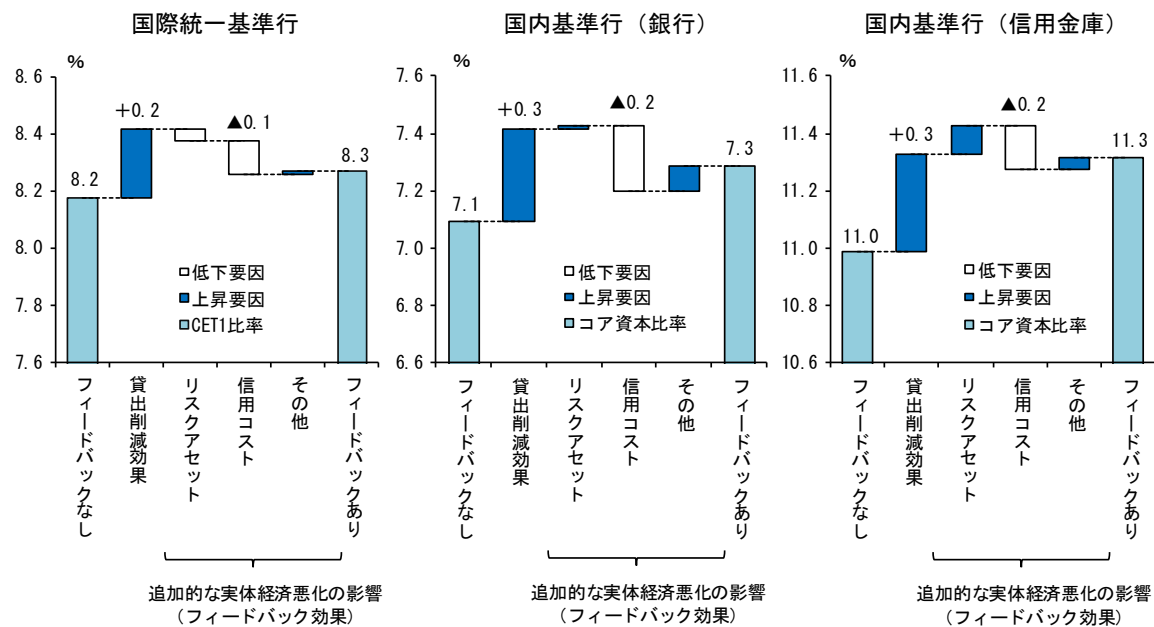


次に、負のフィードバック効果による実体経済の下押しが、さらにまた、金融機関の自己資本比率にもたらす追加的な影響をみたのが補論図表 1-2 である。ストレス発生によっていったん低下した後の金融機関の自己資本比率の変化をみると、貸出削減によるリスクアセットの減少がその押し上げ要因となる一方、実体経済の下押しは、信用コストの二次的な増加

³² 補論図表 1-1 においてフィードバック効果がストレス発生の翌年である 2021 年度から生じているのは、テールイベント・シナリオの厳しさをコントロールするために、ストレス発生から 1 年間の需給ギャップを外生変数として扱っていることによるテクニカルなものである（テールイベント・シナリオの設定方法は補論 2 を参照）。

や与信面のリスクウェイト上昇を通じて押し下げ要因となるため、最終的には両要因が相殺され、自己資本比率への追加的な影響は軽微なものとなっている。

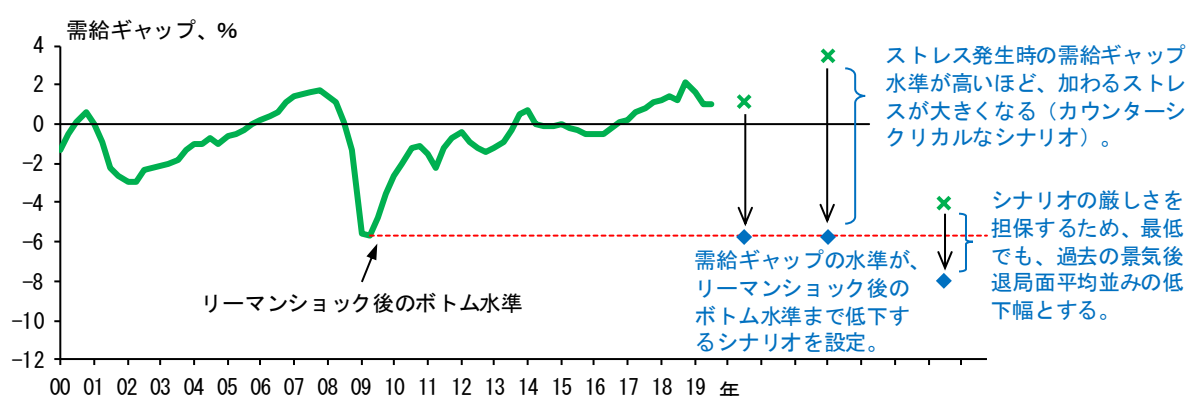
補論図表 1-2 フィードバック効果の自己資本比率への影響



補論 2. テールイベント・シナリオの設定方法（シナリオ・デザイン）

マクロ・ストレステストを有効に行うためには、想定するテールイベント・シナリオが、①十分に厳しいこと（ただし妥当性も重要）、②カウンターシクリカルであること（金融不均衡の蓄積が進むほどストレスを厳しくすべき）、③フォワードルッキングであること（過去起こったストレス事象ではなく、将来起こりうるストレス事象を設定）、などの条件を満たしていることが重要とされている（Liang [2018]など）。本稿で論じたFSRのマクロ・ストレステストにおけるテールイベント・シナリオの設定方法は、①リーマンショック並みの厳しいストレス事象を想定していること、②ストレス時に需給ギャップがリーマンショック当時の水準まで悪化すると想定しているため、足もとの需給ギャップの水準が高いほど（変化幅でみた）ストレスが厳しくなること（補論図表 2）、といった面では、上記の条件に合うものとなっている。欧米主要国のストレステストでのシナリオ設定においても、これらの条件が意識されており、現状のリスク認識に基づくストレスイベントの発生を想定したシナリオを用意したり、過去最も厳しかった景気後退をベンチマークとするなどの工夫が行われている³³。

補論図表 2 テールイベント・シナリオにおけるストレス設定方法＜概念図＞



なお、定例のマクロ・ストレステストでは十分にカバーしきれていない個別のリスクについても、シナリオを柔軟に設定することにより、その時々金融経済環境や金融機関のリスク特性に応じた分析を行うことが可能である。実際に過去のFSRでも、金利上昇シナリオ（2015年4月号）や、アジア経済や不動産市場に焦点を当てたストレスシナリオ（2015年10月号、2017年4月号における「特定イベント・シナリオ」）を想定し、それらのストレステスト結果を公表したことがある。

³³ 例えば、欧州（EBA/ECB）は、ESRB（European Systemic Risk Board）が示したリスク認識に基づいたフォワードルッキングなストーリー（Narrative）を作成したうえで、マクロ経済モデルを用いてそれと整合的なシナリオを設定している（ESRB [2020]）。また、米国（FRB）のストレスシナリオでは、失業率が最低でも10%（戦後景気後退のワースト3の平均値）を下回らないような厳しいものとしている（FRB [2019c]）。また、IMFの金融セクター評価プログラム（FSAP）におけるストレステストでは、現在の金融環境を前提とした場合のテールイベント時の景気悪化度合いを、Growth at Risk という手法を用いて別途計測し、各金融・経済変数がこれと整合的になるようにシナリオを設定している（Adrian et al. [2020]）。

補論 3. 「金利モデル」の概要と近年の見直し

「金利モデル」は、FMM 本体において外生変数として扱っている債券利息や保有債券の評価損益を計算するためのサテライトモデルである。金融機関の保有債券にかかる先行きの利息・評価損益をシミュレーションするためには、各債券の先行きの市場金利および取得時の利回り情報が必要となる³⁴。先行きの市場金利については、足もとのイールドカーブ情報をもとに残存期間別に設定している（第 2 節（2）を参照）。他方、取得時利回りについては、保有債券を「残存期間」および「年限（1 年物、10 年物など）」別に区分して設定している。本来は、さらに取得時点別に区分して利回り情報を得る必要があるが、そこまで細分化されたデータは利用可能でないため、FMM の「金利モデル」では、各債券の発行時点の市場金利（クーポンレート）で代用することとしている。これは、「金融機関が、各債券を発行時に取得し、そのまま保有し続けている」と仮定することに等しい（実際には発行済みの債券を流通市場で取得していることも多い）。また、こうした計算を行うため、金融機関から入手可能なデータを利用しつつ、一定の仮定を置いたうえで、「残存期間別×年限別」の保有比率を推計している³⁵。

「金利モデル」についても、近年の債券市場の状況をよりの確に反映させるための見直しを FSR2019 年 10 月号で行っている。第一に、債券発行残高や金融機関の債券保有残高における年限の変化の反映である。従来は、「年限ごと、每期同額の投資を行う」との仮定を置くことにより、年限別の債券保有シェアを算出していた。もっとも、近年、長期年限の債券発行が増加しているほか、日本銀行による国債の大量購入の影響もあって、上記の単純な仮定と実態との乖離が目立つようになっていた。そこで、①金融機関の残存期間別保有比率に、②市場全体の債券発行残高データ（日銀保有分を控除）を用いて算出した残存期間ごとの年限別債券シェアを掛け合わせ、残存期間別・年限別の債券残高シェアマトリックスを推計する方法を新たに導入した。

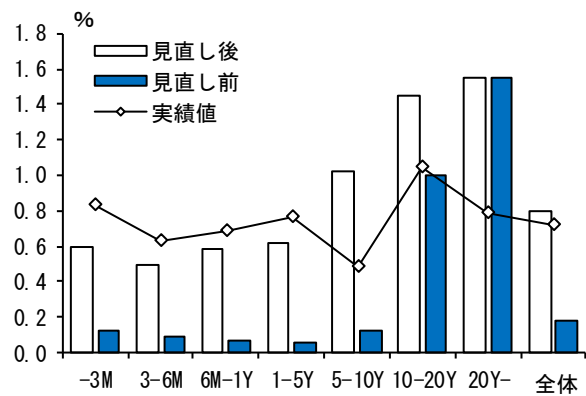
第二に、先行きの債券の再投資方法についての仮定も変更した。従来は、シミュレーション期間中に売却あるいは償還される債券は、同じ年限の債券に再投資されると仮定しており、この結果、年限別の債券シェアは每期不変となっていた。見直し後は、直近四半期の投資シェアを維持しながら再投資するとの仮定を置くことによって、金融機関の足もとの投資スタンスが先行きの年限別債券シェアに反映されるようにした。

³⁴ 債券評価損益は、債券の取得時利回りから計算した簿価（償却原価）と現在の市場金利から計算した時価を比較することにより計算できる。

³⁵ 債券利息収入は、残存期間別・年限別の保有残高と取得時利回りの推計値を用いて算出している。なお、株式や投資信託等からの配当収入については、時価ベースの実質配当利回りに一定の仮定を置いて算出している（ベースライン・シナリオでは実績から横ばい、テールイベント・シナリオではリーマンショック時並みの低下を想定）。

見直し後に計算された残存期間別利回りをみると、従来の推計値よりも実績に近い値となっている（補論図表 3）。

補論図表 3 債券の残存期間別利回り（地域銀行）



（注）2018年3月末時点。
（資料）日本銀行

別添. 金融マクロ計量モデル（FMM）の方程式体系

別添では、FMM の方程式体系の詳細なスペックを掲載する。

数式で使用する添え字一覧

i ～個別の金融機関、 j ～業態（1：大手行、2：地域銀行、3：信用金庫）
 k ～自己資本比率規制区分（1：国際統一基準行、2：国内基準行）、
 m, n ～債務者区分（1：正常先、2：その他要注意先、3：要管理先、
4：破綻懸念先、5：実質破綻・破綻先）、
 c ～海外地域区分、 l ～貸出先区分（後述）

（ A ） 個別金融機関・P/L 項目

A.1 当期純利益

$$\text{当期純利益(税引き後)}_i = \text{当期純利益(税引き前)}_i \times (1 - \text{法人実効税率}_j) \quad (1)$$

$$\text{当期純利益(税引き前)}_i = \text{コア業務純益}_i - \text{信用コスト}_i + \text{有価証券関係損益}_i + \text{特別損益等}_i \quad (2)$$

A.2 コア業務純益

$$\text{コア業務純益}_i = \text{資金利益}_i + \text{非資金利益}_i - \text{経費}_i \quad (3)$$

A.3 資金利益

$$\begin{aligned} \text{資金利益}_i &= \text{貸出残高}_i \times \text{貸出金利}_i + \text{有価証券利息配当金}_i + \text{その他運用収益}_i \\ &\quad - \text{調達残高}_i \times \text{調達金利}_i \end{aligned} \quad (4)$$

（貸出金利）

$$\text{国内貸出金利}_i = \alpha_1 \times \text{国内調達金利}_i + \alpha_2 \times \text{長短金利差} < 5 \text{ 年物} - 3 \text{ か月物} > \quad (5)$$

$$+ \alpha_3 \times \text{借入需要指数}_i + \alpha_4 \times \text{不良債権比率}_i$$

$$+ \text{固定効果}_i + \text{定数項}$$

$$\text{ここで、借入需要指数}_i \equiv \frac{\text{金融機関}i\text{の本店所在県の企業数} \times \text{有借金企業比率}}{\text{金融機関}i\text{の本店所在県の金融機関実質店舗数}}$$

推計始期：1999/1Q

$$\text{海外貸出金利}_i = \alpha_1 \times \text{海外調達金利}_i + \alpha_2 \times \text{米国社債スプレッド} + \alpha_3 \times \text{海外GDP成長率} \quad (6)$$

$$+ \text{固定効果}_i + \text{定数項}$$

推計始期：1999/1Q

(調達金利)

$$\text{国内調達金利}_i = \alpha_1 \times \text{短期金利} < 3 \text{ か月物} > + \alpha_2 \times (\text{自己資本比率}_i - \text{規制水準}_i) + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \quad (7)$$

推計始期：1990/2Q

$$\text{海外調達金利}_i = \alpha_1 \times \text{ドルLIBOR} < \text{米国債 3 か月物金利} + \text{TEDスプレッド} >_i + \alpha_2 \times (\text{自己資本比率}_i - \text{規制水準}_i) \quad (8)$$

$$+ \alpha_3 \times \text{ドル調達プレミアム} + \text{固定効果}_i + \text{定数項}$$

推計始期：1999/1Q

(有価証券利息配当金、その他運用収益)

$$\text{有価証券利息配当金}_i = \text{債券からの利息}_i + \text{債券以外からの利息配当金}_i \quad (9)$$

$$\text{債券からの利息}_i = \text{債券利回り}_i \times \text{債券残高}_i \quad (10)$$

$$\text{債券以外からの利息配当金}_i = \text{実質配当利回り}_i \times \text{有価証券残高(債券以外)}_i \quad (11)$$

$$\text{その他運用収益}_i = \text{その他資産利回り}_i \times \text{その他資産残高}_i \quad (12)$$

$$\text{その他資産利回り} < \text{前期差} >_i = \text{調達金利} < \text{前期差} >_i \quad (13)$$

A.4 非資金利益

$$\text{非資金利益}_i = \text{役務取引等利益}_i + \text{その他非資金利益}_i \quad (14)$$

$$\text{役務取引等利益(大手行)}_i = \alpha_1 \times \text{需給ギャップ} + \alpha_2 \times \text{株価変化率} \quad (15)$$

$$+ \alpha_3 \times \text{ドル円為替レート} + \alpha_4 \times \text{規制緩和トレンド}$$

$$+ \text{固定効果}_i + \text{定数項}$$

推計始期：1993/2Q

A.5 信用コスト

$$\text{信用コスト}_i = \text{信用コスト(国内部門)}_i + \text{信用コスト(国際部門)}_i + \text{その他信用コスト}_i \quad (16)$$

(国内部門)

$$\text{信用コスト(国内部門)}_i = \text{貸倒引当金純繰入額}_i + \text{貸出金償却}_i \quad (17)$$

$$= \Delta \sum_{n=1}^5 \left[\text{債務者区分} n \text{ のエクスポージャー}_i \times \text{債務者区分} n \text{ の引当率}_i \times \text{債務者区分} n \text{ の未保全率} (n = 4, 5 \text{ の場合})_i \right]$$

$$\text{債務者区分} n \text{ のエクスポージャー}_i = \sum_{m=1}^4 \left[\text{債務者区分} m \text{ のエクスポージャー} < 1 \text{ 期前} >_i \times \text{遷移確率}_i^{m \rightarrow n} \right] \times \text{国内向け貸出変化率}_i \quad (18)$$

＜金融機関*i*の債務者区分*m*の貸出債権が、1期後に債務者区分*n*となっている確率＞

$$\text{遷移確率}_i^{m \rightarrow n} = \frac{1}{1 + \exp \left(\text{定数項} + \text{固定効果}_i + \alpha_1^{m \rightarrow n} \times \text{GDP成長率} + \alpha_2^{m \rightarrow n} \times \text{ICR}_j + \alpha_3^{m \rightarrow n} \times \text{当座比率} \right)} \quad (19)$$

— ICR は業態別（(59)式参照）。ストレス時のパラメーターは分位点回帰の結果を利用。
推計始期：2005/2Q

（国際部門）

$$\begin{aligned} \text{信用コスト(国際部門)}_i &= \sum_{c=1}^4 \left(\text{貸倒引当金純繰入額}_{c,i} + \text{貸出金償却}_{c,i} \right) \quad (20) \\ &= \sum_{c=1}^4 \left[\Delta \sum_{n=1}^5 \left[\text{債務者区分}n\text{のエクスポージャー}_{c,i} \right. \right. \\ &\quad \times \text{債務者区分}n\text{の引当率}_{c,i} \\ &\quad \left. \left. \times \text{債務者区分}n\text{の未保全率}(n = 4, 5 \text{ の場合})_{c,i} \right] \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{債務者区分}n\text{のエクスポージャー}_{c,i} &= \sum_{m=1}^4 \left[\text{債務者区分}m\text{のエクスポージャー} < 1 \text{ 期前} >_{c,i} \right. \\ &\quad \left. \times \text{遷移確率}_{c,i}^{m \rightarrow n} \right] \times \text{海外向け貸出変化率}_i \quad (21) \end{aligned}$$

— *c*は海外地域区分。

— 国際統一基準行のうち、データの利用可能な銀行について、上式を用いて国際部門の信用コストおよび信用コスト率を算出。それ以外の国際統一基準行については、同じ信用コスト率を海外向け貸出残高にかけあわせることにより推計している。

A.6 有価証券関係損益

$$\begin{aligned} \text{有価証券関係損益}_i &= \text{株式関係損益}_i + \text{債券関係損益}_i \quad (22) \\ &= \min \left[\text{過去3年間の平均益出し額}, \text{債券評価益}_i + \text{株式関係損益}_i \right] \end{aligned}$$

$$< \text{株式の益出し余力がある場合} (\text{株式評価益}_i \geq 0) > \quad (23)$$

$$\text{株式関係損益}_i = \min \left[\text{過去3年間の平均株式益出し額}_i, \text{株式評価益}_i \right]$$

$$< \text{株式の益出し余力がない場合} (\text{株式評価益}_i < 0) >$$

$$\text{株式関係損益}_i = -\text{株式償却損}_i$$

$$\text{株式償却損}_i = \text{株式償却率}_i \times \text{株式残高(簿価)}_i \quad (24)$$

$$\text{株式償却率}_i = \frac{\alpha_1}{\text{期初の時価簿価比率}_i \times (1 + \text{期中の株価下落率}) + \alpha_2} \quad (25)$$

— パラメーターは非線形最小二乗法による推計値。

推計始期：2006/2Q

(B) 個別金融機関・B/S 項目

B.1 総資産

$$\begin{aligned} \text{総資産}_i &= \text{総負債}_i + \text{純資産}_i \\ &= \text{貸出残高}_i + \text{有価証券残高}_i + \text{その他資産残高}_i \end{aligned} \quad (26)$$

B.2 貸出残高

$$\text{貸出残高}_i = \text{法人向け貸出}_i + \text{個人向け貸出}_i + \text{地公体向け貸出}_i + \text{海外向け貸出}_i \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \text{法人向け貸出} < \text{前年比} >_i &= \alpha_1 \times \text{需給ギャップ} + \alpha_2 \times \text{期待成長率(先行き 3 年間)} \\ &\quad + \alpha_3 \times \text{国内貸出金利} < \text{前年差} >_i \\ &\quad + \alpha_4 \times \text{人口成長率} + \alpha_5 \times \text{地価上昇率} \\ &\quad + \alpha_6 \times \left(\text{自己資本比率}_i - \text{規制水準}_i \right) \times \left(1 + \gamma_1 \times \text{閾値以下ダミー}_i \right) \\ &\quad + \alpha_7 \times \text{当期純利益} ROA_i \times \left(1 + \gamma_2 \times \text{赤字ダミー}_i \right) \\ &\quad + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \end{aligned} \quad (28)$$

推計始期：1990/2Q

$$\begin{aligned} \text{個人向け貸出} < \text{前年比} >_i &= \alpha_1 \times \text{需給ギャップ} + \alpha_2 \times \text{期待成長率(先行き 3 年間)} \\ &\quad + \alpha_3 \times \text{国内貸出金利} < \text{前年差} >_i \\ &\quad + \alpha_4 \times \text{人口成長率} + \alpha_5 \times \text{地価上昇率} \\ &\quad + \alpha_6 \times \left(\text{自己資本比率}_i - \text{規制水準}_i \right) \times \left(1 + \gamma_1 \times \text{閾値以下ダミー}_i \right) \\ &\quad + \alpha_7 \times \text{当期純利益} ROA_i \times \left(1 + \gamma_2 \times \text{赤字ダミー}_i \right) \\ &\quad + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \end{aligned} \quad (29)$$

推計始期：1991/1Q

$$\begin{aligned} \text{海外向け貸出} < \text{前年比} >_i &= \alpha_1 \times \text{ドル円為替レート} < \text{前年比} > \\ &\quad + \alpha_2 \times \text{海外GDPギャップ} \\ &\quad + \alpha_3 \times \left(\text{自己資本比率}_i - \text{規制水準}_i \right) \\ &\quad + \alpha_4 \times \text{邦銀の国際与信シェア} + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \end{aligned} \quad (30)$$

推計始期：1989/1Q

B.3 総負債

$$\text{総負債}_i = \text{調達残高}_i + \text{その他負債残高}_i \quad (31)$$

(調達残高)

$$\text{調達残高}_i = \text{国内部門調達残高}_i + \text{国際部門調達残高}_i \quad (32)$$

$$\text{国内部門調達残高} < \text{前年差} >_i = \text{国内向け貸出残高} < \text{前年差} >_i \quad (33)$$

$$\text{国際部門調達残高} < \text{前年差} >_i = \text{海外向け貸出残高} < \text{前年差} >_i \quad (34)$$

(C) 個別金融機関・自己資本比率

C.1 CET1 資本（普通株式等 Tier1 資本）＜国際統一基準行のみ＞

$$\text{CET1 資本}_i = \text{CET1 資本基礎項目}_i - \text{CET1 資本調整項目}_i \quad (35)$$

$$\text{CET1 資本基礎項目}_i = \text{普通株式及び内部留保等}_i + \text{その他の包括利益累計額}_i \quad (36)$$

$$\begin{aligned} \text{CET1 資本調整項目}_i &= \text{特定項目以外(全額控除)}_i \\ &\quad + \text{特定項目(CET1 資本の 10\%・15\%超過額を控除)}_i \end{aligned} \quad (37)$$

— ここで、資本調整項目は、無形固定資産、繰延税金資産、繰延ヘッジ損益の額など。このうち特定項目に該当する一時差異に係る繰延税金資産などをモデル化している((43)式参照)。

$$\text{普通株式及び内部留保等} < \text{前年差} >_i = \text{当期純利益(税引き後)}_i \quad (38)$$

$$- \max \left[\text{当期純利益(税引き後)}_i \times \min \left[\gamma, \text{過去 3 年間の平均配当性向}_i \right], 0 \right]$$

— 異常値控除のため、 $\gamma = 0.3$ と設定。

$$\text{その他の包括利益累計額}_i = \text{その他有価証券評価差額金}_i + \text{為替換算調整勘定}_i \quad (39)$$

$$+ \text{その他の包括利益累計額(上記以外)}_i$$

$$\text{その他有価証券評価差額金}_i = \text{株式評価差額金}_i + \text{債券評価差額金}_i \quad (40)$$

$$\text{株式評価差額金} < \text{前期差} >_i \quad (41)$$

$$= \left(\text{期中の株式時価変動}_i - \text{株式関係損益}_i \right) \times \left(1 - \text{法人実効税率}_j \right)$$

$$\text{債券評価差額金} < \text{前期差} >_i \quad (42)$$

$$= \left(\text{期中の債券時価変動}_i - \text{債券関係損益}_i \right) \times \left(1 - \text{法人実効税率}_j \right)$$

$$\text{繰延税金資産(一時差異)}_i = -\text{その他有価証券評価差額金}_i \times \frac{\text{法人実効税率}_j}{1 - \text{法人実効税率}_j} \quad (43)$$

$$+ \text{繰延税金資産(一時差異、その他有価証券評価差額金以外)}_i$$

C.2 コア資本＜国内基準行のみ＞

$$\text{コア資本}_i = \text{コア資本基礎項目}_i - \text{コア資本調整項目}_i \quad (44)$$

$$\text{コア資本基礎項目}_i = \text{普通株式及び内部留保等}_i + \text{その他の包括利益累計額の一部}_i \quad (45)$$

$$+ \text{経過措置によるコア資本基礎項目算入額}_i$$

— 普通株式及び内部留保等は、(38)式を参照。その他の包括利益累計額の一部には、その他有価証券評価差額金などが含まれていない。

C.3 リスクアセット

$$\text{リスクアセット}_i = \text{信用リスクアセット}_i + \text{オペレーショナル・リスクアセット}_i + \text{マーケット・リスクアセット}_i \quad (46)$$

<標準的手法採用行>

$$\begin{aligned} \text{信用リスクアセット}_i &= 1 \times \text{株式等}_i + \alpha_2 \times \text{法人向け債権}_i + \alpha_3 \times \text{個人向け債権}_i \\ &\quad + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \end{aligned} \quad (47)$$

<内部格付手法採用行>

$$\begin{aligned} \text{信用リスクアセット}_i &= \beta_1^k \times \text{株式等}_i + \beta_2^k \times \text{信用リスクウェイト係数}_i \times \text{法人向け債権}_i \\ &\quad + \beta_3 \times \text{個人向け債権}_i + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \end{aligned}$$

— ここで、 k は自己資本比率規制区分(1：国際統一基準行、2：国内基準行)。

$$\text{また、信用リスクウェイト係数}_i \equiv \Phi \left(\sqrt{\frac{1}{1-\rho_i}} \times \Phi^{-1}(PD_i) + \sqrt{\frac{\rho_i}{1-\rho_i}} \times \Phi^{-1}(0.999) \right) - PD_i$$

Φ …標準正規分布の累積分布関数、 PD …デフォルト率、 ρ …相関係数（デフォルト率の関数）

推計始期：1989/1Q

$$\text{オペレーショナル・リスクアセット}_i = \alpha_1 \times \text{業務粗利益}_i + \text{固定効果}_i + \text{定数項} \quad (48)$$

推計始期：2007/1Q

C.4 自己資本比率（CET1 比率またはコア資本比率）

$$\text{自己資本比率}_i = \frac{\text{CET1 資本}_i \text{またはコア資本}_i}{\text{リスクアセット}_i} \quad (49)$$

(D) 実体経済セクター

D.1 GDP

$$\begin{aligned} \text{名目GDP} = & \text{名目家計支出} + \text{名目民間設備投資} + \text{名目民間在庫投資} + \text{名目政府支出} \\ & + \text{名目輸出} - \text{名目輸入} \end{aligned} \quad (50)$$

$$\text{実質GDP} = \frac{\text{名目GDP}}{\text{GDPデフレーター}} \times 100 \quad (51)$$

$$\begin{aligned} \text{名目家計支出} < \text{前年比} > = & \alpha_1 \times \text{名目雇用者報酬} < \text{前年比} > + \alpha_2 \times \text{株価} < \text{前年比} > \\ & + \alpha_3 \times \text{個人向け貸出} < \text{前年比} > + \alpha_4 \times \text{国内貸出金利} < \text{前年差} > \end{aligned} \quad (52)$$

推計始期：1984/3Q

$$\begin{aligned} \text{名目民間設備投資} < \text{前年比} > = & \alpha_1 \times \text{企業収益率(マクロ)} < \text{前年差} > \\ & + \alpha_2 \times \text{期待成長率(先行き3年間)} \\ & + \alpha_3 \times \text{法人向け貸出} < \text{前年比} > + \alpha_4 \times \text{国内貸出金利} < \text{前年差} > \end{aligned} \quad (53)$$

推計始期：1984/3Q

$$\begin{aligned} \text{名目輸出} < \text{前年比} > = & \alpha_1 \times \text{海外GDP} < \text{前年比} > + \alpha_2 \times \text{実質実効為替レート} < \text{前年比} > \\ & + \alpha_3 \times \text{名目輸出} < \text{前年比、1期前} > \end{aligned} \quad (54)$$

推計始期：1982/1Q

$$\begin{aligned} \text{名目輸入} < \text{前年比} > = & \alpha_1 \times \text{輸入物価} < \text{前年比} > \\ & + \alpha_2 \times \text{実質実効為替レート} < \text{前年比} > \\ & + \alpha_3 \times \text{名目輸出} < \text{前年比} > + \alpha_4 \times \text{名目輸入} < \text{前年比、1期前} > \end{aligned} \quad (55)$$

推計始期：1981/2Q

$$\begin{aligned} \text{期待成長率(先行き3年間)} = & \alpha_1 \times \text{潜在成長率} + \alpha_2 \times \text{実質GDP} < \text{前年比} > \end{aligned} \quad (56)$$

推計始期：1983/4Q

$$\begin{aligned} \text{名目雇用者報酬} < \text{前年比} > = & \alpha_1 \times \text{名目GDP} < \text{前年比} > + \alpha_2 \times \text{労働分配率} < \text{前年差} > \\ & + \alpha_3 \times \text{消費者物価} < \text{前年比} > \end{aligned} \quad (57)$$

推計始期：1981/2Q

$$\begin{aligned} \text{企業収益率(マクロ)} < \text{前年差} > = & \alpha_1 \times \text{需給ギャップ} < \text{前年差} > \\ & + \alpha_2 \times \text{国内貸出金利} < \text{前年差} > + \alpha_3 \times \text{労働分配率} < \text{前年差} > \end{aligned} \quad (58)$$

推計始期：1984/1Q

D.2 ICR

$$ICR_j = \frac{\text{営業利益}_j + \text{受取利息等}_j}{\text{支払利息}_j} = \frac{\text{営業利益等}ROA_j}{\text{借入金利}_j \times \text{レバレッジ比率}_j} \quad (59)$$

$$\text{営業利益等}ROA_j = \sum_{l=1}^3 w_j^l \times \text{営業利益等}ROA^l \quad (60)$$

$$\text{レバレッジ比率}_j = \sum_{l=1}^3 w_j^l \times \text{レバレッジ比率}^l \quad (61)$$

$$\text{借入金利}_j = \sum_{l=1}^3 w_j^l \times \text{借入金利}^l \quad (62)$$

— ここで、 l は貸出先区分（1：中小企業以外、2：中小企業のうち低採算先以外、3：中小企業のうち低採算先）。 w_j^l は貸出先別の貸出比率で、 $w_j^1 = 1 - \text{中小企業貸出比率}_j$ 、 $w_j^2 = \text{中小企業貸出比率}_j \times (1 - \text{低採算先貸出比率}_j)$ 、 $w_j^3 = 1 - w_j^1 - w_j^2$ 。

$$\text{営業利益等}ROA^l = \alpha_1^l \times \text{需給ギャップ} + \alpha_2^l \times \text{輸入物価} + \alpha_3^l \times \text{ドル円為替レート} + \text{定数項}^l \quad (63)$$

推計始期：1999/2Q

$$\text{レバレッジ比率}^l = \alpha_1^l \times \text{需給ギャップ} < \text{前年差} > + \text{定数項}^l \quad (64)$$

推計始期：2001/2Q

$$\text{借入金利}^l < \text{前期差} > = \text{国内貸出金利} < \text{前期差} > \quad (65)$$

$$\text{当座比率} = \alpha_1 \times \text{需給ギャップ} + \alpha_2 \times \text{企業収益率(マクロ)} + \text{定数項} \quad (66)$$

推計始期：1985/1Q

D.3 その他

$$\text{輸入物価} < \text{前期比} > = \alpha_1 \times \text{ドル円為替レート} < \text{前期比} > + \text{定数項} \quad (67)$$

推計始期：1990/2Q

$$\text{地価} < \text{前年比} > = \alpha_1 \times \text{国内向け貸出} < \text{前年比} > + \alpha_2 \times \text{消費者物価} < \text{前年比} > + \text{定数項} \quad (68)$$

推計始期：1985/3Q

$$\text{米国貸出金利} = \text{米国国債金利(1年物)} + \alpha_1 \times \text{米国GDP} < \text{前年比} > + \text{定数項} \quad (69)$$

推計始期：1999/1Q

$$\text{欧州貸出金利} = \text{ドイツ国債金利(1年物)} + \alpha_1 \times \text{欧州GDP} < \text{前年比} > + \text{定数項} \quad (70)$$

推計始期：2003/1Q