

Financial System Report - Annex

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

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。

(本別冊の要旨)

本稿では、金融機関のストレステストへの応用を念頭に置きつつ、粒度の高いデータを用いた、企業のデフォルト率予測モデルを提示する。本モデルは、①マクロ経済指標と個別企業の財務指標の関係を明示化したサテライト部分と、②個別企業の財務指標からデフォルト率を推計する本体部分から構成される。本体部分では、とりわけ、企業の財務情報を効率的に集約したインタレスト・カバレッジ・レシオ(ICR、企業の債務返済能力を表す)に着目して、推計を行っている。本モデルは、比較的シンプルで直感的にも理解しやすい構造ながら、過去の企業デフォルト事象に対する説明力は総じて高く、金融機関実務での応用可能性の高いモデルと考えられる。本稿では、本モデルの実際の活用例として、景気悪化や金利上昇のシナリオを想定した簡便なマクロ・ストレステストとその結果も示す。

近年、わが国の金融機関が国内のミドルリスク企業向け貸出や海外企業向け貸出を積極化させていることを踏まえると、債務者企業の信用力や貸出債権の質をきめ細かく分析することを通じて、金融機関のストレス耐性を的確に評価する必要性は一層高まっている。日本銀行金融機構局では、高粒度データを一段と活用しつつ、信用リスク評価の精緻化やストレステストの高度化に向けた取り組みを金融機関と連携しつつ進めており、本モデルもそのもとで結実したものである。本稿の分析結果を踏まえつつ、今後もそうした取り組みを、金融機関との緊密な意見・情報交換のもとで続けていく。

1. はじめに

グローバルな金融危機以降、主要国の金融当局が実施するストレステストでは、粒度の高いデータ（個別与信先別、金融商品銘柄別）の活用が進んでいる。その背景には、与信の集計量に大きな変化がなくとも、個別金融機関の資産構成やリスクプロファイルの違いによって、マクロ経済環境の急変などストレステスト時における当該金融機関の耐性は異なり得る、との考え方がある。特に、企業の信用リスクは、財務内容の違いを反映してばらつきが大きいいため、債務者企業の信用力をきめ細かく分析し、貸出債権の質を的確に評価する必要がある。近年、わが国金融機関が、国内のミドルリスク企業向け貸出や、国内企業とリスク特性が異なる海外企業向け貸出を積極化させていることを踏まえると、信用リスク評価において債務者企業の異質性を考慮することの重要性は一層高まっていると言える¹。

こうした認識のもと、日本銀行金融機構局は、金融機関との緊密な連携を通じて、粒度の高い企業別の財務データを用いつつ、信用リスク評価の精緻化やストレステストの高度化に向けた取り組みを進めている。本稿では、そうした取り組みの成果の一環として、高粒度データを活用した、企業のデフォルト率予測モデルを提示する。具体的には、企業の債務返済能力に関する重要な情報を効率的に集約した「インタレスト・カバレッジ・レシオ（ICR）」に着目したデフォルト率予測モデルを新たに構築し、これを企業別の財務指標を格納した大規模データベースである CRD を用いて実際に推計した²。本モデルの構築にあたっては、金融機関のストレステストへの応用可能性を念頭に置いて、比較的シンプルで直感的にも理解しやすい構造を保持しつつ、過去のデフォルト実績に対する説明力が相応に高くなるものを目指した。また、本モデルの実際の活用例として、将来起こり得るマクロ経済環境の悪化（景気悪化、金利上昇）が金融機関の損失吸収力に及ぼし得る影響を検証した、簡便なマクロ・ストレステストとその結果も提示する。

本稿の構成は、以下のとおりである。2章では、推計に用いたデータベースとそこから構築した推計ポートフォリオを概観する。3章では、今回構築した企業デフォルト率の予測モデルの構造について、従来の同種のモデルからの改良点を含めて詳しく説明する。4章では、本モデルを用いたマクロ・ストレステストの実施例を示す。5章では、結論を簡潔に述べるとともに、今後の本モデルの活用可能性について展望する。

¹ 金融機関貸出における近年のリスクテイク行動や、それが信用リスク評価や金融機関のストレス耐性に及ぼす影響については、『金融システムレポート（2018年10月号、V章、VI章）』を参照。

² 同データベースの提供・利用をご快諾いただいた一般社団法人 CRD 協会に感謝する。

2. 推計ポートフォリオの概要

本章では、推計に用いたデータベースの概要と、そこから構築した企業の決算サンプルの特徴点を説明する。企業のデフォルト情報や個社別の財務指標については、一般社団法人 CRD 協会が管理・運営する「中小企業信用リスク情報データベース (CRD)」の法人モデル用データベースを使用する。CRD には、会員として参画している民間・政府系金融機関および信用保証協会の取引先である中小企業の財務データが格納されている³。CRD は、参加金融機関の与信ポートフォリオを統合したデータベースであり、格納された中小企業の決算サンプル数は日本最大となっている。具体的には、1998 年度以降の企業別の決算データが格納されており、2017 年 3 月末時点では、延べ約 240 万社の法人企業、約 1,800 万件の決算サンプルが蓄積されている。本稿では、これらを一定の条件下でフィルタリングし、分析対象とする企業の決算サンプルを抽出したものをを用いて、デフォルト率予測モデルを推計する (以下では、便宜上、これら抽出された企業群を推計ポートフォリオと呼称する)。

具体的には、推計ポートフォリオは、2001 年度から 2016 年度に格納されている中小企業 (延べ約 130 万社) の決算サンプル (延べ約 780 万件) から構成される。ただし、分析上必要な財務指標が欠落している決算サンプルは、推計ポートフォリオから除外している。分析対象となる業種は、農林水産業と公務などを除く全業種である。実際の推計に際しては、業種内のサンプル数を一定程度確保しつつ、デフォルト特性や財務状況に関する業種間の異質性にも対応するため、9 業種 (建設、素材型製造、加工型製造、その他製造、インフラ、卸売、小売、不動産、サービス) に集約している。

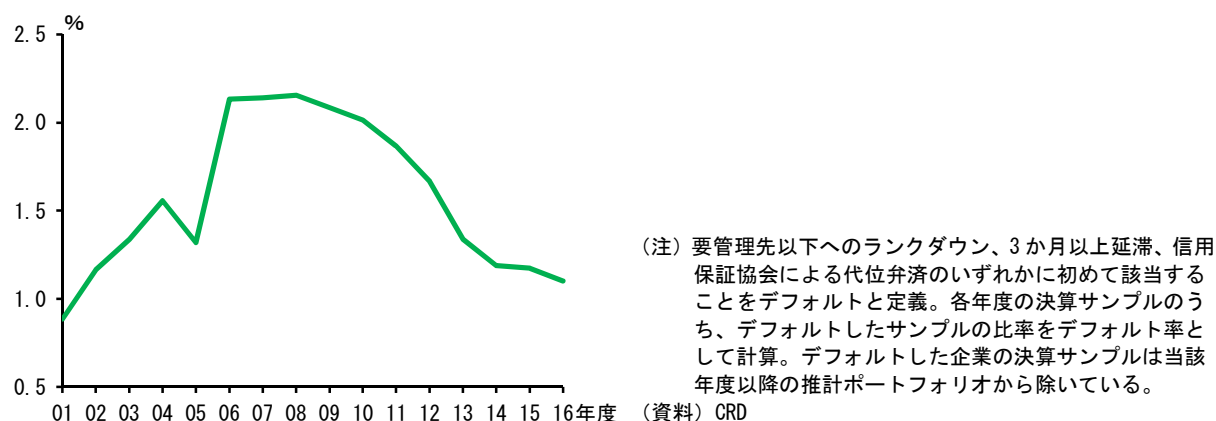
分析対象とした中小企業は、基本的には、『中小企業基本法』と『小規模企業振興基本法』の定義に基づく「中小企業者」から「小企業者」(常時雇用 5 人以下) を除いたものである。分析対象から小企業者を除外したのは、小企業者では、①企業の資産・収益と経営者個人の資産・収益の区別が曖昧になりやすいとの指摘があるほか、②景気悪化や金利上昇といったストレス事象とは必ずしも関係のない理由——例えば、経営者の高齢化や後継者不足——による廃業に向けた動きが財務指標に顕れやすく、データのノイズが大きいため、である。ただし、例外的に不動産業についてのみ、小企業者も分析対象に含めている。これは、不動産業では、①1 社当たりの従業員数の少なさから、小企業者に分類される企業数が他業種対比圧倒的に多く、これを除外してしまうと、同業種のサンプル数が極端に少なくなってしまう、②その一方で、1 社当たりの平均借入金額は他業種対比で大きく、小企業者であっても金融機関の信用コストに与えるインパクトは大きい先が相応に多いと考えられるため、である。

³ 2018 年 4 月時点では、3メガ行を含む大手行 5 行、地域銀行 66 行、信用金庫・信用組合等 40 先、政府系金融機関 3 先からなる計 114 先の金融機関および信用保証協会の取引先データが格納されている。

なお、本稿は中小企業の大規模データベースを用いたが、後述するモデルやその活用手法は、大企業に対しても原理的に適用可能である。

本稿では、企業の「デフォルト」を、①要管理以下へのランクダウン、②3か月以上延滞、③信用保証協会による代位弁済、のいずれかに、「初めて」該当することと定義する。デフォルト率は、各年度の決算サンプルのうち、デフォルトしたサンプルの比率として計算される。原理的には、一旦デフォルトした企業が、その後ランクアップし、再びデフォルトするケースも考えられる。しかし、今回の分析にあたって CRD 協会から提供を受けたデータには、一旦デフォルトした後のランクアップ等に関する情報は含まれていないという情報面の制約があるため、本稿の推計ポートフォリオでは、ある決算期にデフォルトした企業について、それ以降の決算サンプルはすべて除く扱いとした。現実には同一企業が複数回デフォルトするケースは一定程度存在すると考えられるため、本稿の定義するデフォルト率は、金融機関が実際に直面するデフォルト率との対比で、下方バイアスを持っている可能性がある点には留意が必要である⁴。

図表 2-1 デフォルト率の推移



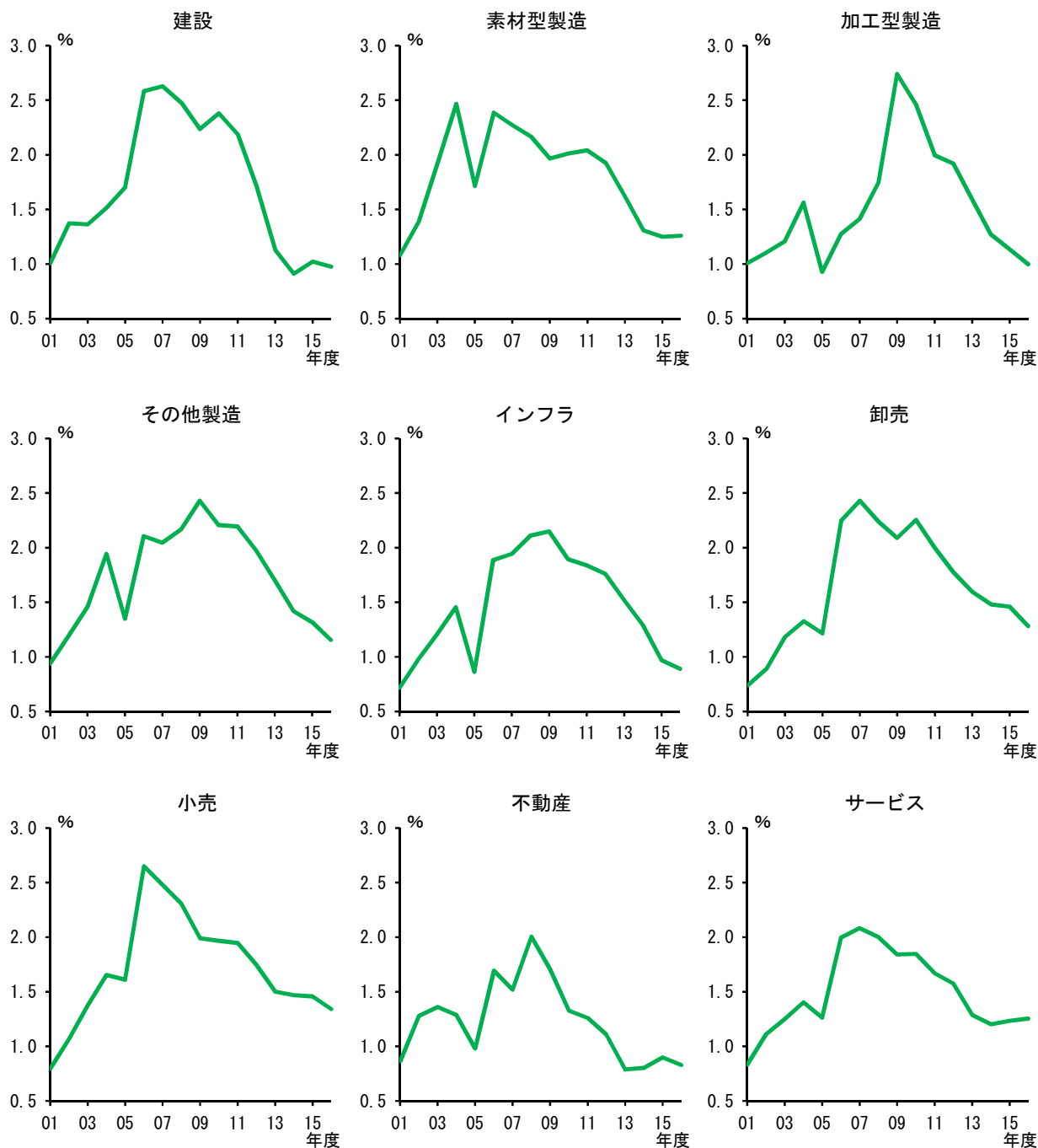
こうして定義されたデフォルト率を全体の平均値で見ると、2000年代後半にかけて上昇し、グローバルな金融危機が発生した2008年度にピークとなっている(図表2-1)⁵。その後、足もとにかけては、2000年代初頭と同程度の低水準まで低下している。業種別にみると、やや長い目で見た変動パターンに大きな違いはないが、加工型製造業や不動産業では、

⁴ もっとも、後述するデフォルト率予測モデルは、同一企業の複数回のデフォルトにも対応できるモデルとなっている。このため、こうした本稿の推計ポートフォリオにかかる留意点は、金融機関が自らのポートフォリオと貸出先企業のデフォルト情報をもとに本モデルを実務面で利用することを制約するものではない。

⁵ この時期以降のデフォルト率については、各種の政策措置、特に所謂「金融円滑化法」等の施行により、貸出条件を変更した債権であっても、一定の条件を満たす場合には、要管理債権としない取り扱いが拡充されるといった措置が、無視できない影響を与えている可能性がある(この点については、『金融システムレポート』2012年4月号を参照)。その分、後述するマクロ・ストレステストでは、(将来のストレス時に同種の施策が再び採用されない限り)結果として生じるデフォルト率の上昇幅を過小評価している可能性がある。

グローバルな金融危機の影響が色濃く表れていたり、素材型製造業や卸売業、小売業では、2000年代半の原油価格上昇に伴う交易条件悪化の影響がみられたりするなど、マクロ的な外部環境に対する感応度には業種間で相応の違いがみられる（図表 2-2）。

図表 2-2 デフォルト率の推移（業種別）



（注）図表 2-1 脚注の方法でデフォルト率を算出。直近は 2016 年度。
（資料）CRD

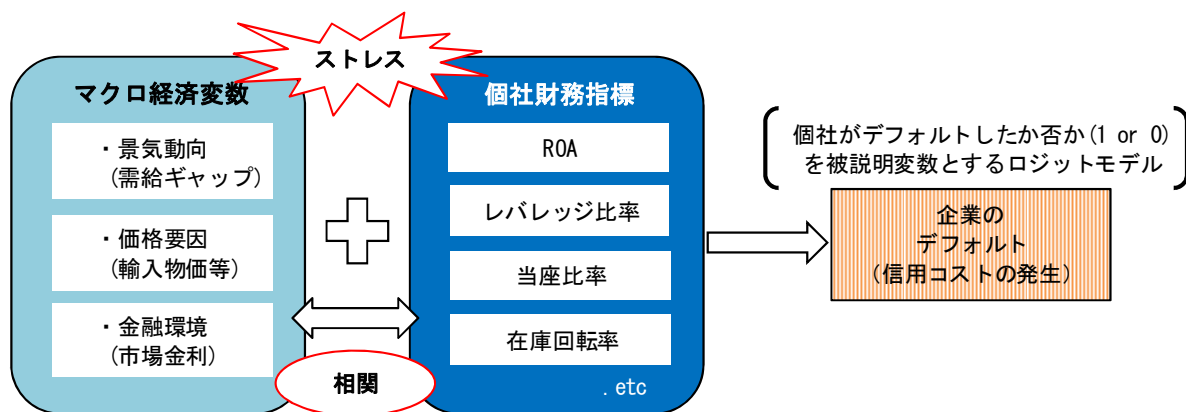
3. デフォルト率予測モデルの概要

本章では、本稿で構築した、マクロ経済変数と個社財務指標からデフォルト率を予測するモデルの概要を説明する。

(1) デフォルト率予測モデルの全体像

企業のデフォルトを分析した実証研究では、デフォルト率を説明する変数として、マクロ経済変数と個社財務指標を同時に取り込む定式化が一般的である。景気や市場金利といった、企業にとって外部環境と言えるマクロ経済変数は、デフォルト率に対し無視できない影響を及ぼす。もっとも、企業のデフォルトは、マクロ経済環境の影響を受けると同時に、個別企業で生じるミクロ的な現象でもあるため、個別企業のソルベンシーや流動性の状況を示す各種の財務指標（ROA やインタレスト・カバレッジ・レシオ<ICR>、レバレッジ比率、流動性比率など）も同時に考慮した方が、デフォルト率の予測力の向上につながる可能性が高い⁶。こうした考え方のもと、企業のデフォルト率を扱った従来の実証分析では、個社がデフォルトしたか否か（1 か 0 かの離散変数で表現）を被説明変数、マクロ経済変数と個社財務指標（の様々な組み合わせ）を説明変数とする、いわゆるロジット・モデルが用いられるのが一般的であった（図表 3-1）。

図表 3-1 先行研究のアプローチ

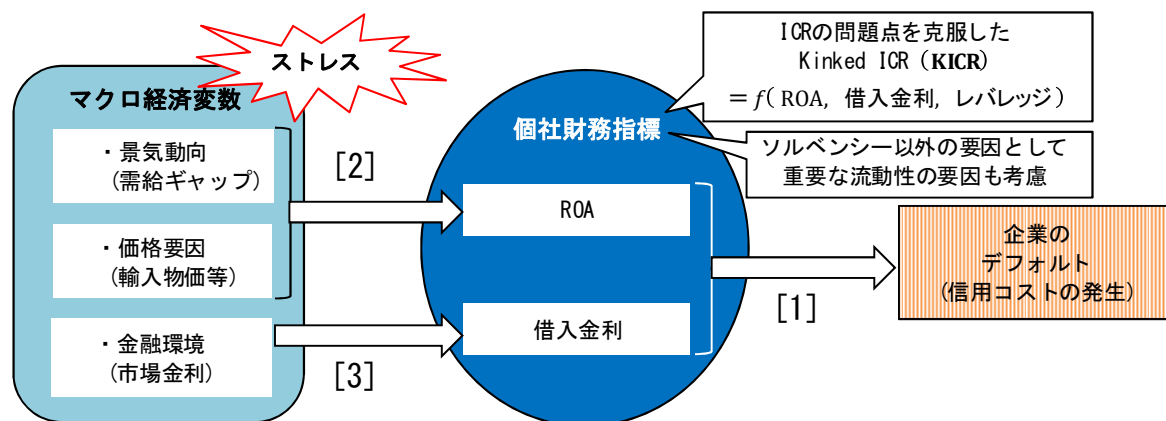


しかし、マクロ経済変数と個社財務指標を同時に説明変数とするロジット・モデルには、次のような問題点がある。第一に、個別企業の財務指標については、長期の時系列データが利用可能でない場合が多い。特に、金融機関の貸出ポートフォリオの大部分を占める中小企業の財務情報については、推計に使用できる時系列データの長さが限られるケースがほとん

⁶ この点については、例えば、次の文献を参照。T. Jacobson, J. Lindé, and K. Roszbach, "Firm Default and Aggregate Fluctuations," *Journal of the European Economic Association*, Vol. 11(4), August 2013.

どである。第二に、企業の業績や活動がマクロ経済環境の影響を受ける——例えば、需給ギャップの悪化は企業の利益率を押し下げる——以上、マクロ経済変数と個社財務指標との間には、相応の共通成分（相関）が存在しうる。この結果、所謂「多重共線性」の問題から、統計的に信頼性の高い推計パラメータを得ることが困難となり、ひいては各変数の影響度を定量的に識別することが難しくなる。第三に、このモデル単体では、マクロ経済変数と個社財務指標の間の因果関係が必ずしも明確でないため、ストレステストで使いにくい、という問題もある。すなわち、信用リスクに関するストレステストにおいては、何らかのマクロ経済環境の変化を起点として、それが個社財務指標へ波及し、最終的にデフォルトにつながることをもって、金融機関の信用コストへの影響を計測する手順が一般的である。しかし、マクロ経済変数と個社財務指標の両方を別個の独立した説明変数として扱う従来モデルでは、前者から後者への波及経路を考慮したシミュレーションを行うことができない。

図表 3-2 モデルの全体像



	3つのモデル	特徴
[1]	デフォルト率と個社財務指標	屈折型インタレスト・カバレッジ・レシオ (Kinked ICR) を構築。企業属性 (レバレッジの高低) による感応度の違いも考慮。
[2]	個社ROAとマクロ経済変数	企業属性 (平均的な利益率の高低) によって、マクロ経済変数に対する感応度が異なることを考慮。
[3]	借入金利と市場金利	金利変動期を含む長期時系列データ (「法人企業統計」) を業種別に使用。

以上の点を踏まえ、本稿では、ストレステストを含む金融機関のリスク管理実務での活用可能性を強く意識して、以下のとおり、2段階、計3つの推計式からなるモデルを構築した (モデルの全体像は図表 3-2)。まず、企業のデフォルト率を予測するメイン・モデルについては、説明変数にマクロ経済変数を含まず、個社の財務指標 (主として ICR) のみを説明変

数とする定式化を採用した（モデル[1]）。デフォルト率を予測するにあたり、こうした簡潔な（parsimonious）定式化を採用したのは、時系列データの長さが比較的限られる中であっても、マクロ経済変数との多重共線性を回避しつつ、個社の ICR に関するクロスセクション（ばらつき）の情報から、統計的にも相応に信頼性の高いパラメータを得るため、である。ICR は、企業の債務返済能力に関する基本的な情報をコンパクトに集約した、直感的にも分かり易い財務指標であり、その定義上デフォルト率とも深く関係している。ただし、ICR をデフォルト率関数の説明変数としてそのまま用いることには技術的な問題があるため、本稿ではその点を克服した屈折型 ICR（KICR）という新指標を用いる（詳細は後述）。

残る 2 つの推計式は、ストレステストへの応用を可能にするためのサテライト・モデルである。このうちの 1 つは、マクロ経済変数と利益率（ROA）の関係を表すモデルである（モデル[2]）。景気動向（需給ギャップ）や価格要因（交易条件ないしは輸入物価等）の変化は、個別企業の利益率に影響を及ぼす。こうした企業の利益率の変化は、メイン・モデルの説明変数である ICR の分子（債務返済原資＜営業利益等＞）の変動を通じて、デフォルト率も変化させる。もう 1 つは、市場金利と借入金利の関係を表すモデルである（モデル[3]）。市場金利の変化は、貸出形態によってラグ構造に多少の違いはあるものの、企業の借入金利にパススルーされる。こうした借入金利の変化は、メイン・モデルの説明変数である ICR の分母（利払い費）の変動を通じて、デフォルト率にも影響を及ぼす。以上のように、2 つのサテライト・モデルは、マクロ経済変数と利益率、市場金利と借入金利の間にある因果関係を明示的にモデル化することにより、景気悪化や金利上昇といったマクロショックの発生を想定したストレステストを可能とする。以下では、順に 3 つのモデルの詳細を説明する。

（2）デフォルト率と個社財務指標の関係

まず、メイン・モデルである、「デフォルト率と個社財務指標の関係」を示すモデル[1]について説明する。一般に、企業のデフォルトを左右する要因は、大別すると、①ソルベンシー（債務返済能力）と②流動性（短期の資金繰り）である。本モデルでは、企業のソルベンシーを表す財務指標としては ICR を、流動性を示す財務指標としては流動資産比率（＝流動資産÷流動負債）を、それぞれ説明変数として用いる⁷。

前者の ICR は、「当期の利益で当期の利払い費をどの程度賄えるか」を測った指標であり、

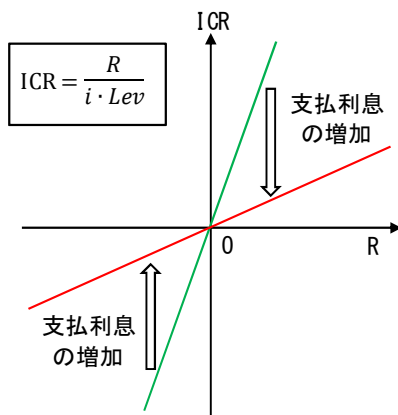
⁷ ここで、流動資産は、現預金、受取手形、売掛金、有価証券、棚卸資産、その他（前渡金や未収金など）の合計である。流動負債は、支払手形、買掛金、短期借入金（期限 1 年以内の借入金＜社債・CP 等を含む＞、当座貸越、証書・手形借入金など）、その他（未払金、前受金、従業員預り金など）の合計である。これらは、企業会計原則に沿った一般的な定義である。

具体的には、以下のとおり、営業利益等を支払利息で割ったものとして定義される^{8,9}。

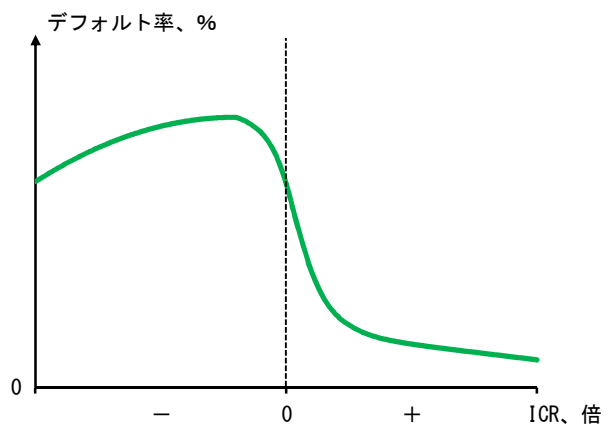
$$ICR = \frac{\text{営業利益} + \text{受取利息等}}{\text{支払利息}} = \frac{(\text{営業利益} + \text{受取利息等}) / \text{総資産}}{(\text{借入金利} \times \text{借入金}) / \text{総資産}} = \frac{\text{営業利益 ROA}}{\text{借入金利} \times \text{レバレッジ比率}}$$

この式が示すとおり、ICR は、企業の債務返済能力を規定する「利益」、「金利」、「レバレッジ」という 3 つの情報を効率的に集約した指標となっており、デフォルト率関数の推計にあたり、サンプル数や多重共線性の問題から説明変数をあまり増やせない状況において、特に有用な変数である。

図表 3-3 ICR の問題点



図表 3-4 ICR とデフォルト率の関係



もっとも、ICR をデフォルト率関数の説明変数として用いるには、次のような技術的な問題がある（図表 3-3）。すなわち、分子の営業利益がプラスの場合には、同指標は確かに「当期の利益で当期の利払い費をどの程度賄えるか」を表しており、分子の営業利益の減少や、分母の借入金利上昇ないしレバレッジ拡大による支払利息の増加は、ともに ICR の悪化（＝プラス幅の縮小）をもたらす。他方、分子の営業利益がマイナスの場合には、分子の営業利益のマイナス幅拡大は ICR の悪化（＝マイナス幅の拡大）をもたらすものの、分母の支払利息の増加は、逆に ICR を改善（＝マイナス幅を縮小）させてしまう。また、やや極端なケースではあるが、分母の支払利息が極めて低い企業を考えると、分子の営業利益が黒字からごくわずかな赤字に転じただけで、当該企業の ICR は大幅なマイナスの値となる¹⁰。このように、ICR には営業利益の符号の変化に伴う問題——営業利益が赤字となると、ICR が本来持

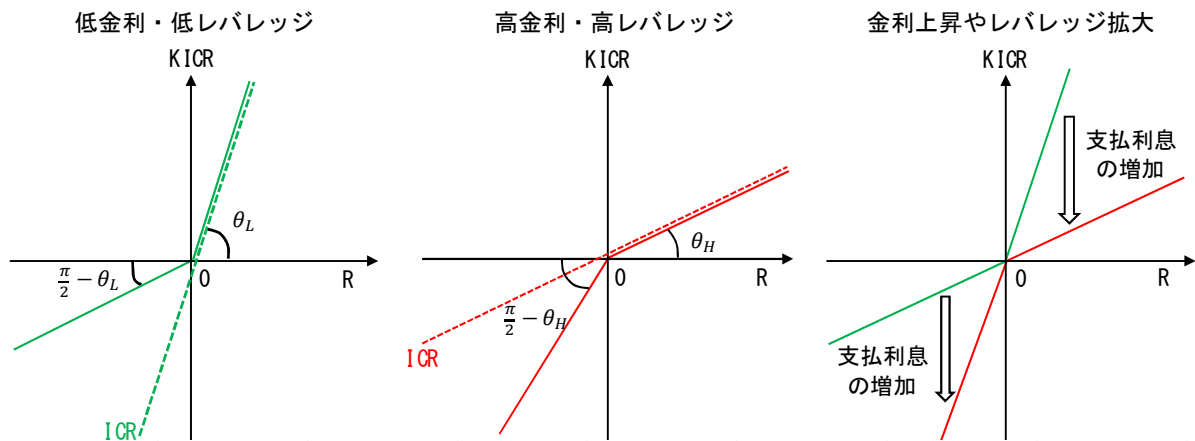
⁸ 以下では、特に断りのない限り、営業利益と受取利息等をあえて区別せず、受取利息等も含めて営業利益と記すことにする。

⁹ ここでは、借入金を総資産で割ったものを、レバレッジ比率と定義する。

¹⁰ 一国全体で見れば、企業部門の営業利益の集計値がマイナスになるとは想定しにくいので、こうした問題は発生しない。

つ経済的な意味合いを失ってしまう——がある。ICR とデフォルト率を単純にプロットしてみると、営業利益がプラスの領域では、ICR の悪化に伴ってデフォルト率は上昇する一方、営業利益がマイナスの領域では、そうした関係が不明確となるが（図表 3-4）¹¹、これも上記の技術的な問題に起因している。

図表 3-5 KICR のイメージ



そこで、本稿では、ICR の利点を活かしながら、上記の問題を克服するため、ICR に一種の変数変換を行うことにした。具体的には、営業利益がプラスの領域では ICR の情報をそのまま活かす一方で、営業利益がマイナスの領域では金利上昇やレバレッジ拡大が、企業の債務返済能力の低下につながるよう、次のような工夫を施した。すなわち、新しく構築した指標は、営業利益がプラスの領域では ICR に等しくなるが、営業利益がマイナスの領域では ICR を構成する 3 つの要素の積（＝営業利益 ROA×借入金利×レバレッジ比率）として定義することにした。この新指標を縦軸、営業利益 ROA を横軸としてグラフに表すと、営業利益 ROA がゼロになるところで屈折する形となる（図表 3-5）。本稿では、新指標のこうした形状に因んで、これを「屈折型インタレスト・カバレッジ・レシオ（Kinked ICR）」、略して「KICR」と呼ぶことにする（KICR の構築方法の詳細については BOX1 を参照）。KICR の定義を改めて記すと、以下のとおり。

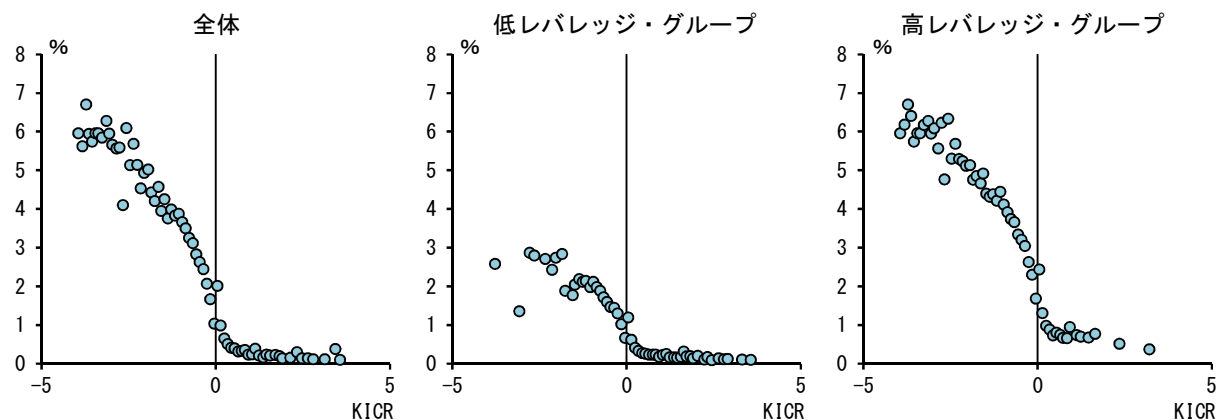
$$\text{KICR} \equiv \begin{cases} \frac{\text{営業利益 ROA}}{\text{借入金利} \times \text{レバレッジ比率}} & (\text{営業利益 ROA} \geq 0 \text{ のとき}) \\ \text{営業利益 ROA} \times \text{借入金利} \times \text{レバレッジ比率} & (\text{営業利益 ROA} < 0 \text{ のとき}) \end{cases}$$

¹¹ この図表は、ICR を一定区間ごとに分け、その区間ごとに含まれる企業の決算サンプルのうち、どの程度がデフォルトしたか（デフォルト率）を計算することで描ける。

このように新たに構築した KICR は、営業利益の符号に拘らず、①営業利益の悪化（＝黒字幅縮小ないし赤字幅拡大）あるいは②金利上昇やレバレッジ拡大により、値が小さくなる（＝債務返済能力が低下する）。このように KICR は、ICR が本来持つ望ましい性質を保持したまま、営業利益が赤字の際に生じる技術的問題点を克服した指標となっている。

実際、KICR とデフォルト率の関係を見ると、ICR の場合と異なり、KICR がマイナスの値をとる領域でも、「KICR の低下がデフォルト率の上昇をもたらす」という、明確な右下がりの関係が確認できる（図表 3-6）。つまり、営業利益の赤字を反映して KICR がマイナスの値となっている企業では、景気悪化に伴う営業利益の赤字幅拡大や、金利上昇に伴う利払い費増加により、デフォルト率が上昇しやすいことが示唆される。さらに、企業を高レバレッジと低レバレッジの 2 グループに分けて、KICR とデフォルト率の関係を見ると、両グループ間では、デフォルト率の水準のみならず、デフォルト率の KICR に対する感応度にも明確な違いがみられる¹²。特に、KICR がマイナスの領域における、デフォルト率の感応度は、高レバレッジ・グループの方が低レバレッジ・グループよりも、大きくなる傾向が窺われる。このことは、債務水準が高くレバレッジ比率の高い企業ほど、営業利益の減少や金利上昇に伴う KICR の悪化が、デフォルト率の上昇につながりやすいことを示している。

図表 3-6 KICR とデフォルト率の関係



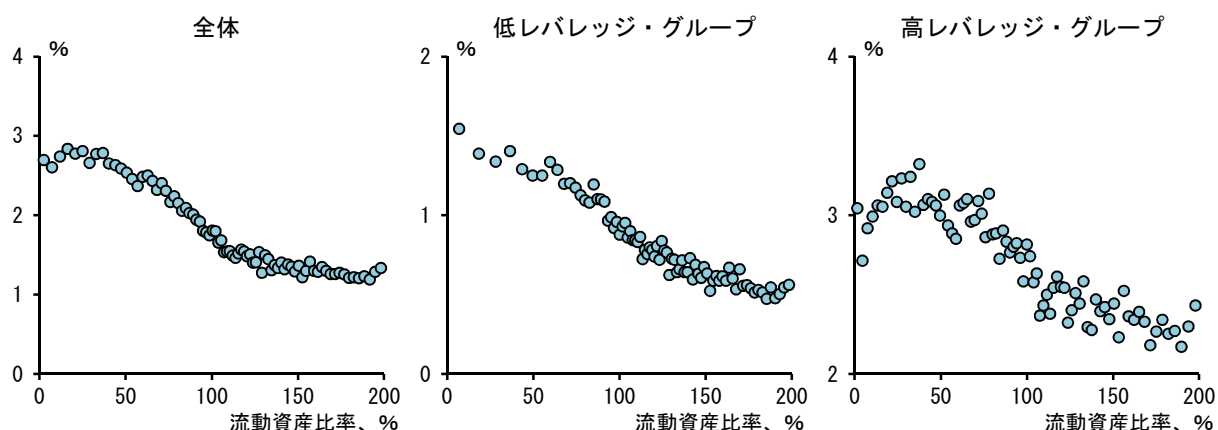
(注) 縦軸はデフォルト率。
(資料) CRD

次に、企業のデフォルトにとってもう一つの重要な要因である流動資産比率とデフォルト率の関係を見ると、ICR と同様に右下がりの関係——流動資産比率が低い企業ほど、デフォルト率が高くなる関係——が観察される（図表 3-7）。この関係についても、レバレッジ比率の高低でグループ別に分けてみると、グループ間で、流動資産比率とデフォルト率の相関度

¹² 高レバレッジ・グループと低レバレッジ・グループを分けるレバレッジ比率の基準値については、全決算サンプル（全産業・全期間ベース）のレバレッジ比率の分布における 50%点を全ての業種に対し適用している（このため、業種別にみると、両グループ間でサンプル数に違いが生ずる）。

合いには明確な違いがみられ、特に低レバレッジ・グループの方が、より強い負の相関が窺われる。このことは、レバレッジ比率の低い企業では、ソルベンシーの悪化よりも、資金繰りの行き詰まりといった流動性悪化の方が、デフォルトの要因になりやすい可能性を示唆していると思われる。一方、高レバレッジ・グループでは、流動資産比率とデフォルト率の間に（一定の相関はみられるものの）さほど強い相関がみられない。これは、高レバレッジ・グループでは、ソルベンシー要因（KICR）がデフォルトを左右する度合いが相対的に強いいため、と考えられる。

図表 3-7 流動資産比率とデフォルト率の関係



(注) 縦軸はデフォルト率。流動資産比率＝流動資産/流動負債×100。
(資料) CRD

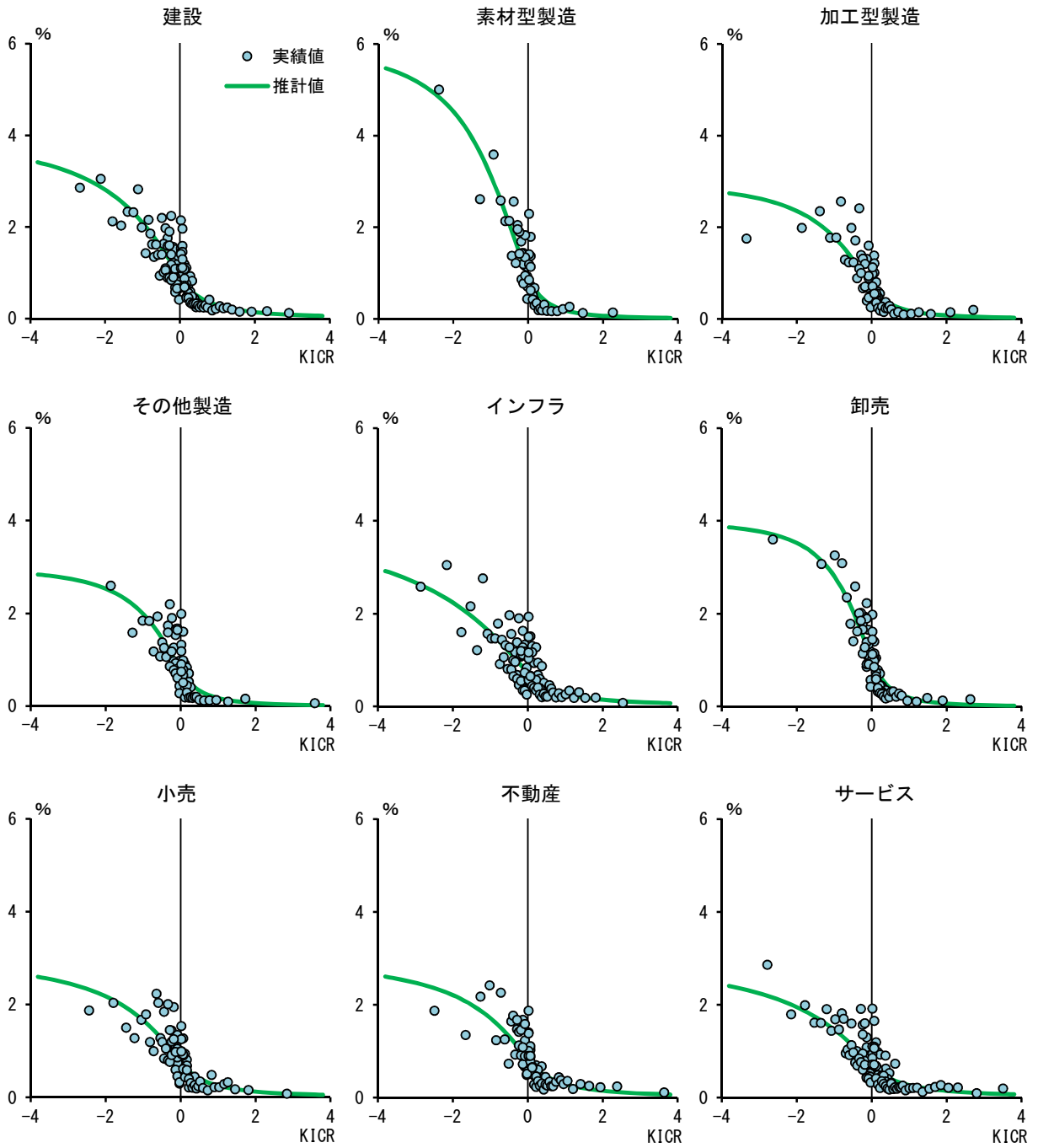
以上の観察結果を踏まえ、本稿では、KICR と流動資産比率を説明変数とした、デフォルト率関数を、業種別かつレバレッジ比率の高低別に、最小二乗法により推計する（推計方法の詳細は BOX2 を参照）。推計結果をみると、モデルの当てはまりは、業種別やレバレッジ比率の高低別に多少の違いがみられるものの、全体として概ね良好で、2000 年代初頭以降の企業のデフォルト実績に対して高い説明力を有している（図表 3-8）¹³。また、いずれの業種でも、高レバレッジ・グループの方が低レバレッジ・グループよりもデフォルト率の KICR に対する感応度が大きくなっており、前述の観察事実とも整合的な推計結果となっている¹⁴。

¹³ なお、デフォルトの定義を変更——「要管理」以下へのランクダウンではなく、「破綻懸念」以下へのランクダウンに変更——して、デフォルト率関数を推計した場合でも、デフォルト率の説明変数に対する感応度や推計式の当てはまりに大きな変化はみられなかった（特に高レバレッジ・グループで変化が小さかった）。その意味で、本稿で推計したデフォルト率予測モデルは、デフォルトの定義の違いに対して、ある程度頑健であると言える。

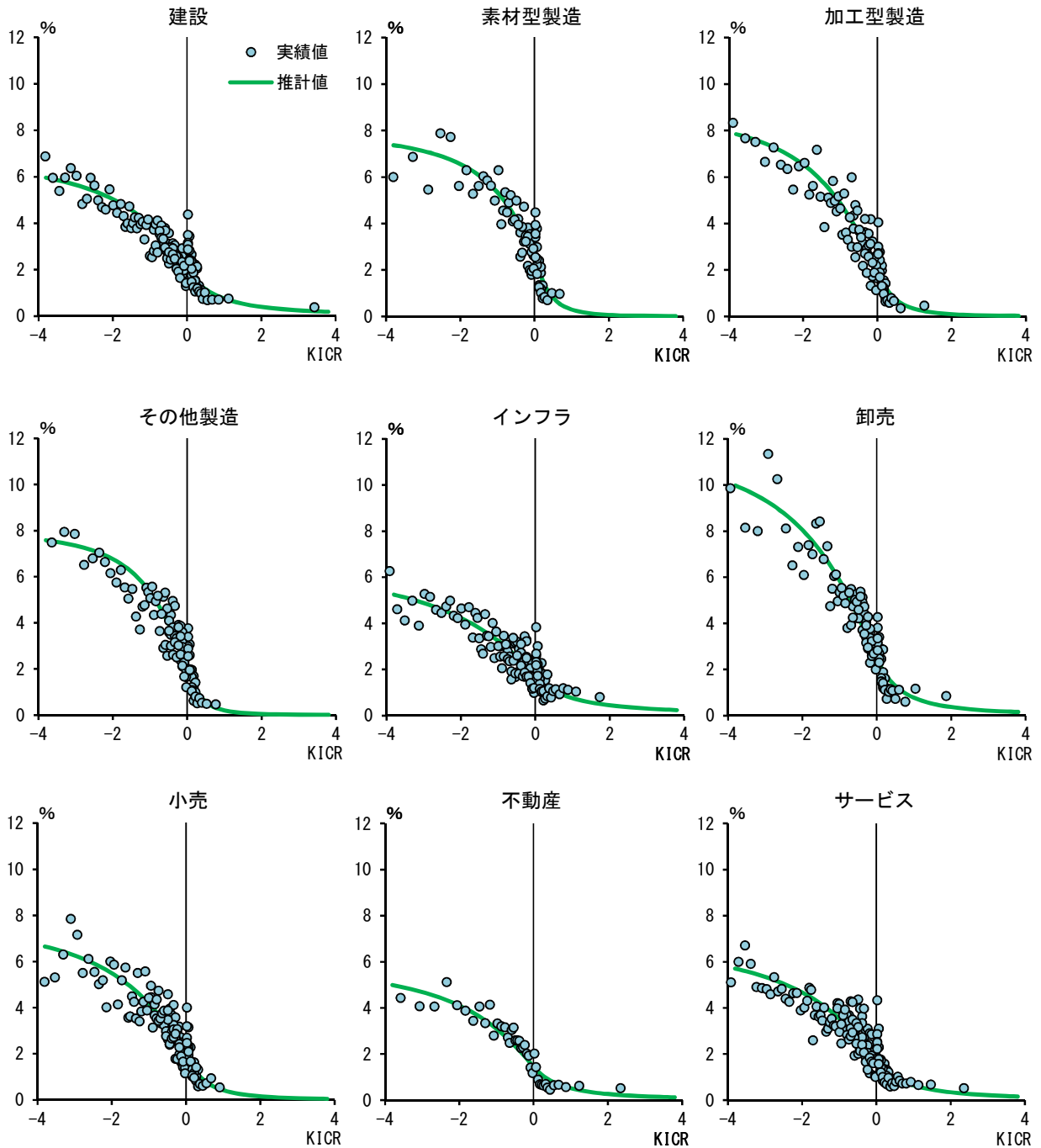
¹⁴ ここでは、2001 年度から 2016 年度の企業別の財務データを用いて推計したが、本モデルの時系列データの長さに対する頑健性をみるため、2007 年度から 2016 年度のデータを用いても、同様の推計を行った。結果をみると、サンプル期間を短くすることにより、統計的な有意性が低下するパラメータも幾つかみられたが、総じてモデルの良好な実証的パフォーマンスは維持されることが確認できた。

図表 3-8 デフォルト率の実績値と推計値

低レバレッジ・グループ



高レバレッジ・グループ



(注) 縦軸はデフォルト率。各グループで流動資産比率が有意となった業種では、流動資産比率を中央値とした場合の推計線を示している。

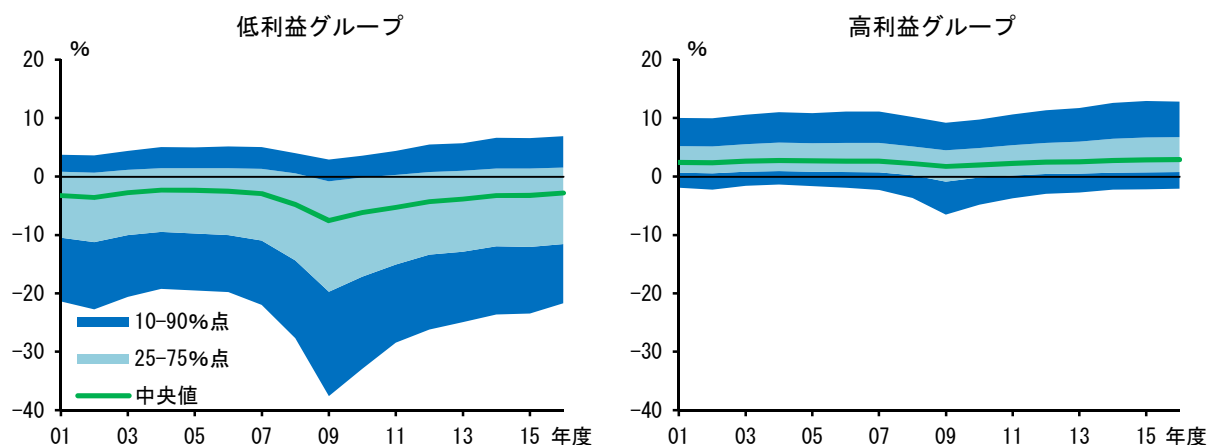
(資料) CRD

(3) 個社 ROA とマクロ経済変数の関係

次に、サテライト・モデルの1つである、「個社 ROA とマクロ経済変数の関係」を示すモデル[2]の推計手法と推計結果について説明する。モデル[2]では、被説明変数として営業利

益 ROA、説明変数として景気動向を示す需給ギャップと価格要因を示す交易条件ないし輸入物価を設定し、業種別にパネル推計を行う¹⁵。ただし、被説明変数である ROA については、企業間で水準に比較的大きなばらつきがあり、かつ景気変動に対する感応度にも相応の違いがあるように窺われる（図表 3-9）。特に、ROA の水準が低い企業では、グローバルな金融危機時の ROA の落ち込みが他の企業と比べ大きくなっている。このように利益率の高い企業と低い企業とでは景気感応度も異なる可能性を踏まえると、ROA 関数の推計に際しては需給ギャップにかかるパラメータの異質性を考慮することが望ましいと考えられる¹⁶。

図表 3-9 営業利益 ROA の推移



(注) 営業利益 ROA = (営業利益 + 受取利息・配当金) / 総資産 × 100。直近は 2016 年度。
(資料) CRD

そこで、本モデルでは、以下のような二段階推計を行うことにした：

- ① 個社の営業利益 ROA の平均的な水準を、固定効果モデルにおける固定効果として推計する¹⁷。そのうえで、業種別に、推計された固定効果の分布の下位 25%点を基準に、企業を 2 つのグループ（低利益グループと高利益グループ）に分ける。
- ② こうして分けられた各業種の 2 つのグループのそれぞれについて、個社の営業利益 ROA から固定効果の推計値を控除した部分を被説明変数として、マクロ経済変動に対する感応度を推計する。

以上の手順で推計された業種別・利益率の高低別の推計結果をみると、いずれのセグメントでも、説明変数のすべてが符号条件を満たすかたちで、統計的に有意となっている（図表

¹⁵ 製造業については、輸出物価と輸入物価の比率として定義した交易条件、不動産業以外の非製造業には輸入物価を用いた。不動産業については、これらの変数の代わりに、商業用不動産価格（前年比）を用いた。

¹⁶ ROA の景気感応度を企業によらず同じであると仮定して推計すると、利益率の高い企業では、推計パラメータが過大に、利益率の低い企業では過小に推計されるバイアスが生じる。こうしたバイアスを持つ推計パラメータをそのまま用いてストレステストを行うと、個社別にみたデフォルト率の上昇幅は歪められることになる。

¹⁷ なお、このパネル推計では、事前に F 検定により固定効果モデルが採用されることを確認している。

3-10)。また、低利益グループの方が高利益グループよりも景気感応度（需給ギャップの係数の絶対値）が大きな値をとっており、前述の観察結果とも整合的である（図表 3-11）。業種別にみると、需給ギャップの係数は、景気感応的とみられる加工型製造業や建設業などで大きめとなっている。

図表 3-10 営業利益 ROA の推計結果（1）

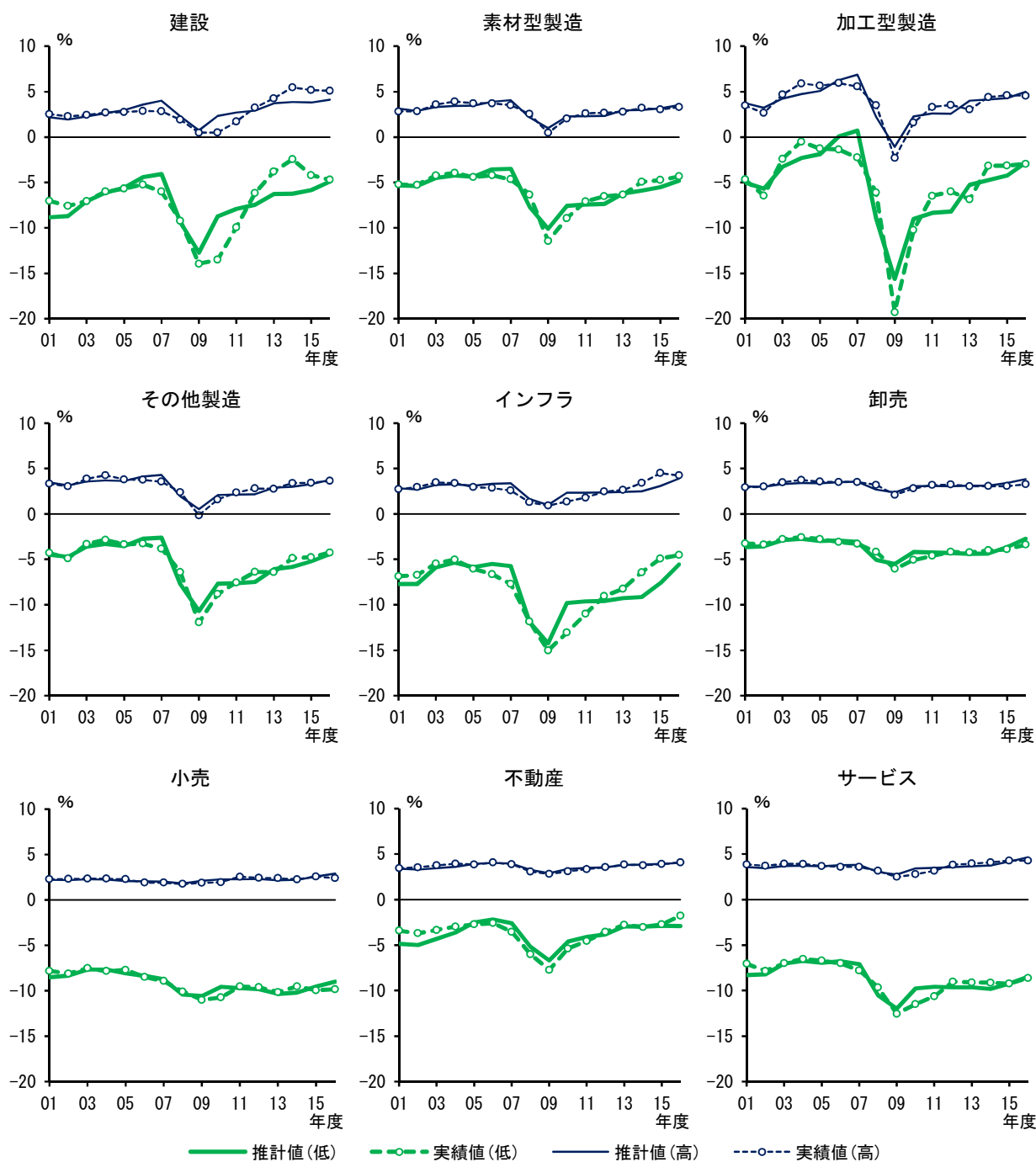
		被説明変数: 営業利益ROA								
		建設	素材型製造	加工型製造	その他製造	インフラ	卸売	小売	不動産	サービス
		低利益グループ								
説明変数	需給ギャップ	1.49 ***	1.05 ***	2.56 ***	1.27 ***	1.70 ***	0.56 ***	0.44 ***	0.45 ***	0.91 ***
	価格要因	-0.07 ***	0.07 ***	0.11 ***	0.08 ***	-0.15 ***	-0.06 ***	-0.07 ***	0.06 ***	-0.08 ***
サンプル数(千)		355	80	117	220	165	220	162	219	402
		高利益グループ								
説明変数	需給ギャップ	0.57 ***	0.53 ***	1.32 ***	0.65 ***	0.57 ***	0.28 ***	0.09 ***	0.12 ***	0.28 ***
	価格要因	-0.00 ***	0.03 ***	0.05 ***	0.04 ***	-0.05 ***	-0.03 ***	-0.02 ***	0.02 ***	-0.03 ***
サンプル数(千)		1,066	240	351	661	495	659	485	656	1,205

(注) 1. ***は1%水準で有意、**は5%水準で有意、*は10%水準で有意。

2. 「価格要因」としては、製造業は交易条件（輸出物価/輸入物価）、不動産業は商業用不動産価格指数（全国）の前年比、それら以外の業種は輸入物価を用いている。ただし、商業用不動産価格指数の2007年度以前は、東京・愛知・大阪の指数を用いて試算している。

(資料) GRD、国土交通省「不動産価格指数」、日本銀行「企業物価指数」

図表 3-11 営業利益 ROA の推計結果 (2)



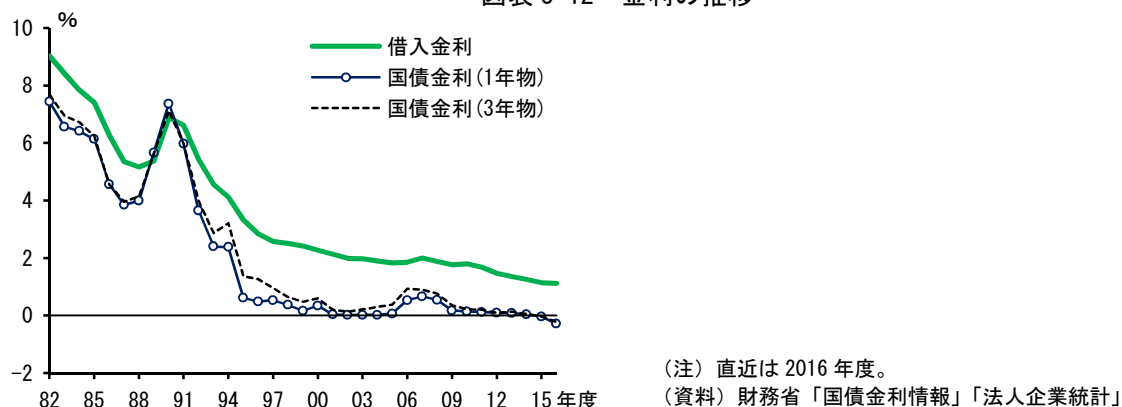
(注)「低」は低利益グループ、「高」は高利益グループを表す。直近は2016年度。
 (資料) CRD

(4) 借入金利と市場金利の関係

最後に、もう一つのサテライト・モデルである、「借入金利と市場金利の関係」を示すモデル[3]の推計方法と推計結果について説明する。わが国では、1990年代後半以降、市場金利が振れを伴いつつもやや長い目で見て低下基調にあるも、貸出金利も低下トレンドをたどってきた(図表 3-12)。このため、利用可能なデータが1998年度以降に限られるCRDが

ら算出した借入金利を用いてしまうと、サンプル期間内に金利上昇局面が十分に含まれず、その結果、市場金利の変動に対する借入金利の感応度（追従率）について、金利上昇局面での予測にも使えるような、統計的に信頼性の高い推計値を得ることが難しくなる¹⁸。こうした事情を踏まえ、本モデルでは、金利モデルについては個社別の推計を断念し、金利上昇局面も含む長期時系列データ（1981～2016年度）が利用可能な『法人企業統計』から業種別の借入金利を算出し、これを用いて、市場金利の変動に対する借入金利の感応度を業種別に推計することとした¹⁹。

図表 3-12 金利の推移



図表 3-13 借入金利の推計結果（1）

		被説明変数: 借入金利								
		建設	素材型製造	加工型製造	その他製造	インフラ	卸売	小売	不動産	サービス
説明変数	国債金利(1年物)	0.51 ***	0.64 ***	0.64 ***	0.61 ***	0.36 **	0.75 ***	0.47 ***	0.40 ***	0.39 ***
	国債金利(1年物)の1期ラグ	0.33 ***	0.44 ***	0.40 ***	0.43 ***	0.42 **	0.39 ***	0.36 ***	0.32 ***	0.14 *
	タームスプレッド(1-3年)	1.08 ***	1.43 ***	1.67 ***	1.36 ***	2.66 ***	1.18 ***	0.79 ***	—	0.88 **
	定数項	1.73 ***	1.23 ***	1.25 ***	1.35 ***	1.93 ***	1.27 ***	1.41 ***	1.69 ***	1.08 ***
サンプル数		35	35	35	35	35	35	35	35	35
Adj. R ²		0.98	0.98	0.98	0.99	0.91	0.99	0.99	0.98	0.93

(注) 1. ***は1%水準で有意、**は5%水準で有意、*は10%水準で有意。表中「—」で示したパラメータは、10%水準で有意とならなかったため、当該変数を除いて推計している。

2. タームスプレッド(1-3年)は国債金利(3年物)と国債金利(1年物)の差。

(資料) 財務省「国債金利情報」「法人企業統計」

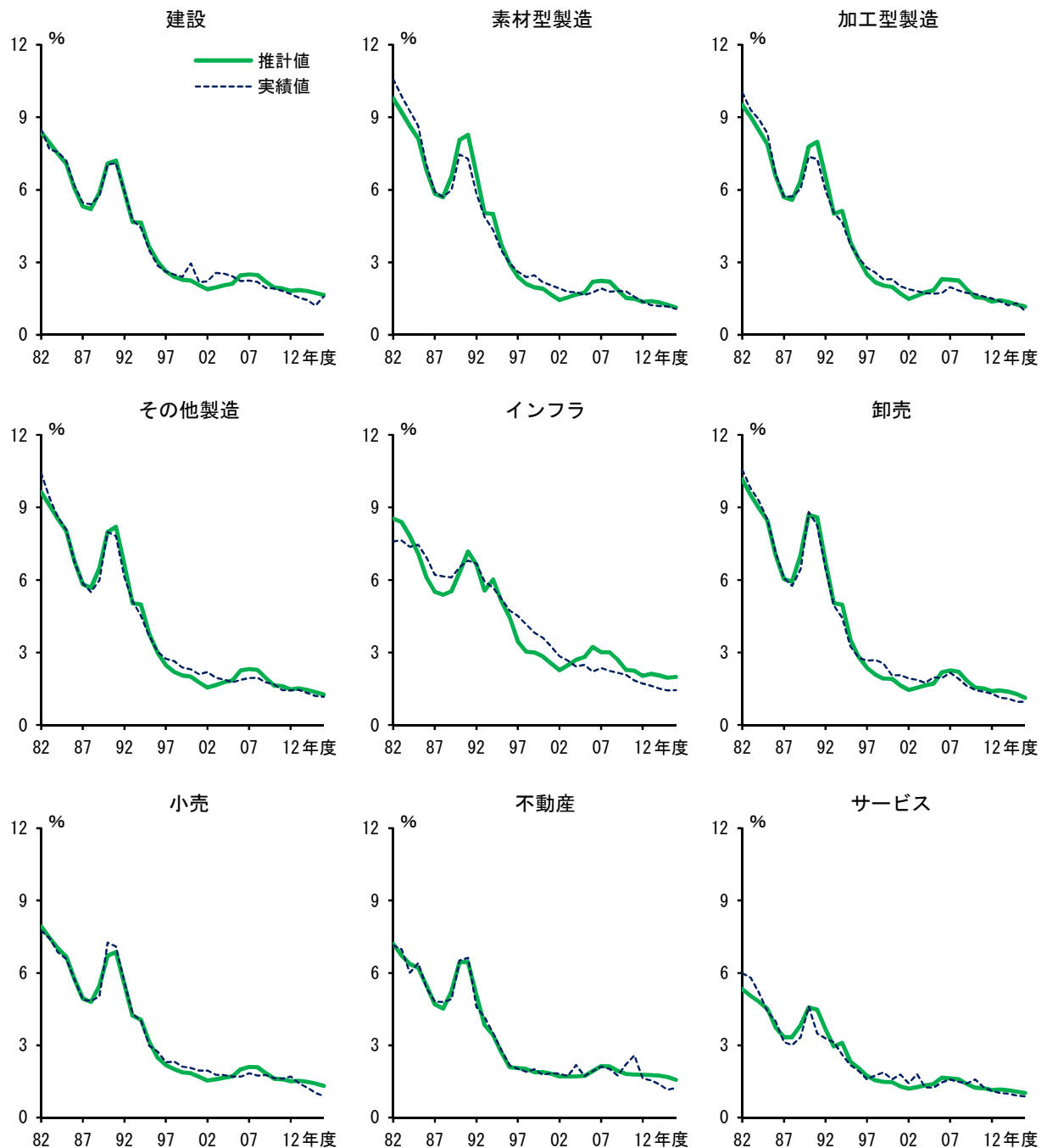
具体的には、『法人企業統計』から計算した借入金利を被説明変数、市場金利を説明変数とするシンプルな定式化により、業種別に市場金利の変動に対する借入金利の感応度を推計し

¹⁸ 例えば、直近では、ゼロ金利制約の存在から、市場金利の変動に対する借入金利の感応度が、金利水準が高かった時期と比べて変化している可能性がある。

¹⁹ 後述の金利上昇シナリオのストレステストでは、企業別の借入金利の変動幅を算出する際、当該企業が属する業種のパラメータを用いることにする。

た。市場金利としては、1年物の国債金利とそのラグ項に加え、固定金利貸出の平均残存期間も考慮して、3年物国債金利と1年物国債金利のタームスプレッドも使用した。推計結果をみると、固定金利貸出の割合や貸出期間の長短差を反映して、市場金利に対する感応度は業種ごとに多少の違いはみられるものの、ほぼ全ての業種で全ての説明変数が符号条件を満たしつつ統計的にも有意となっている（図表 3-13）。また、いずれの業種でも、金利上昇局面も含めモデルの当てはまりは良好である（図表 3-14）。

図表 3-14 借入金利の推計結果（2）



(注) 直近は2016年度。
 (資料) 財務省「法人企業統計」

4. ストレステスト

本章では、前章で推計したデフォルト率予測モデルを用いて、マクロ・ストレステストを実施する。ストレス・シナリオとしては、①景気悪化と②金利上昇の2つのシナリオを想定し、それぞれにおける先行きのデフォルト率の上昇幅（ベースライン・シナリオからの乖離幅）を計測する²⁰。

（1）各シナリオの前提条件

2つのストレス・シナリオにおけるシミュレーション結果を評価する際の基準となるベースライン・シナリオについては、議論を単純化するため、マクロ経済変数は、シミュレーション開始時点の値から先行き3年間横ばいで推移すると想定する。

次に、ストレス・シナリオのうち景気悪化シナリオについては、グローバルな金融危機時並みの需給ギャップの悪化を想定する。具体的には、需給ギャップの水準は、シミュレーション開始時点の水準から翌年度に-7%pt低下したあと、2年間かけて元の水準に回帰する。他方、金利上昇シナリオについては、国債金利の+100bpの平行シフトを想定する。具体的には、1年物と3年物の国債金利が、ともにシミュレーション開始時点の水準から翌年度に+100bp上昇し、その後2年間その値を維持する。

（2）景気悪化シナリオ

景気悪化シナリオのもとでのシミュレーション結果（デフォルト率の上昇幅）は、次のとおりである（図表4-1）。サンプル終期の2016年度のポートフォリオを前提とした場合、全産業平均のデフォルト率は+0.32%pt上昇する。この上昇幅は、グローバルな金融危機後に生じた実際のデフォルト率の上昇幅（+0.39%pt）よりやや小さめである²¹。一方、2007年度時点のポートフォリオを前提としてシミュレーションを行った場合、全産業平均のデフォルト率の上昇幅は+0.40%ptと、2016年度のポートフォリオを前提とした場合よりも大きくなり、金融危機後の実績に近づく。

²⁰ ストレステストでは、個別にデフォルト率の上昇幅が計算されるが、以下では、これらを全産業および業種別に集計した上昇幅を示す。

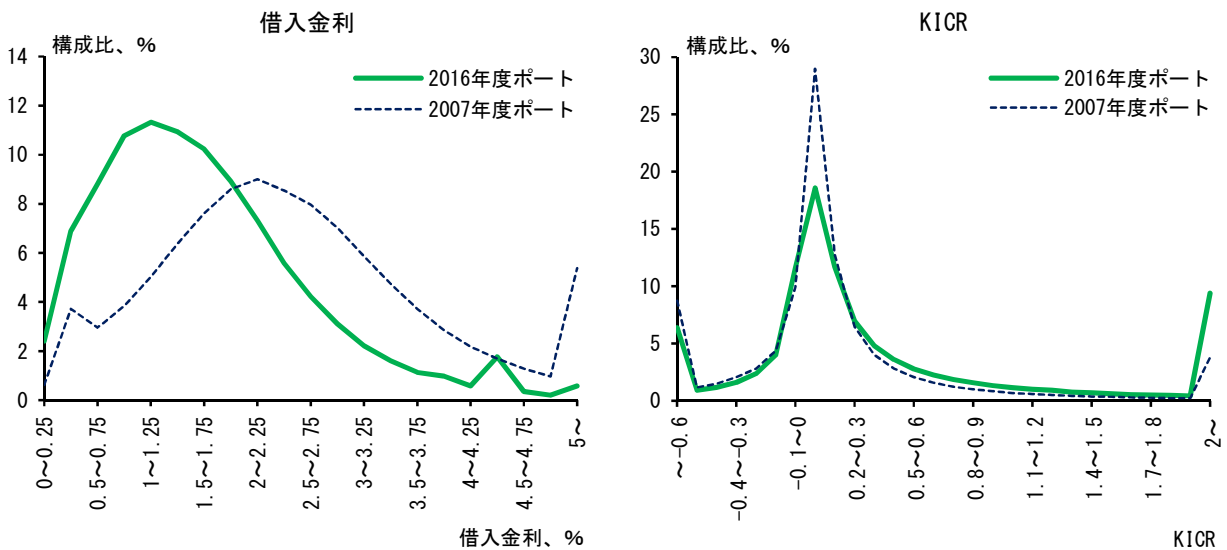
²¹ 2003年度から2007年度までの平均1.70%から、2008年度から2010年度までの平均2.08%への変化幅。

図表 4-1 景気悪化シナリオの結果

	シミュレーション結果		実績値
	2007年度ポート	2016年度ポート	
デフォルト率 (%、全業種平均)	ベースライン: 1.46	ベースライン: 1.21	2003~07年度平均: 1.70
	ストレスシナリオ: 1.86	ストレスシナリオ: 1.53	2008~10年度平均: 2.08
変化幅(%pt)	+0.40	+0.32	+0.39

このように、2007年度に比べて2016年度のポートフォリオを前提とした場合のデフォルト率の上昇幅が小さくなる背景には、この間に企業の借入金利が市場金利の低下等を反映して軒並み低下したことで、企業のKICRの水準（シミュレーション開始時点の発射台）が改善したことの影響が大きい。実際、企業の借入金利の分布をみると、2007年度から2016年度にかけて大きく低下方向へシフトしている（図表4-2）。こうした借入金利の低下に伴い、KICRの分布は、上方の裾野の厚みが増している（KICRがプラスの値をとる企業の割合が高まっている）。デフォルト率のKICRに対する感応度は非線形的であり、特に、KICRがプラスの値となる領域で大きく低下する（図表3-6）。このため、2007年度から2016年度にかけてのKICRの水準改善は、ストレス発生時のデフォルト率の上昇幅を抑制する方向に作用する。

図表 4-2 借入金利とKICRの分布

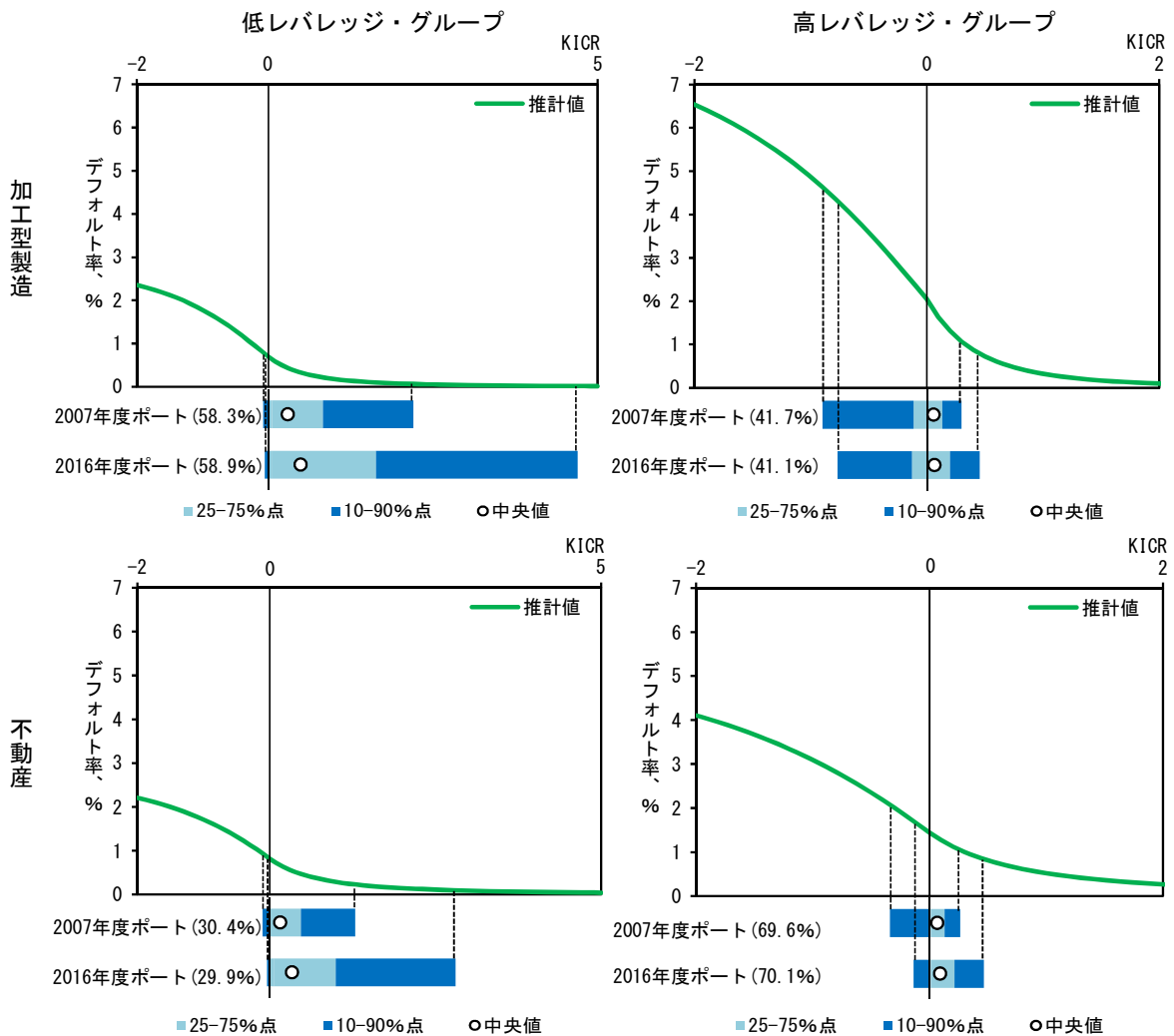


(資料) CRD

図表 4-3 景気悪化シナリオの結果（業種別）

	デフォルト率の変化幅(%pt)		
	2007年度ポート	2016年度ポート	(07年度ポート対比)
建設	+0.44	+0.35	-0.09
素材型製造	+0.60	+0.53	-0.07
加工型製造	+1.21	+0.96	-0.25
その他製造	+0.75	+0.62	-0.13
インフラ	+0.40	+0.32	-0.08
卸売	+0.30	+0.29	-0.01
小売	+0.11	+0.10	-0.01
不動産	+0.10	+0.11	+0.02
サービス	+0.21	+0.19	-0.02

図表 4-4 KICR の分布の変化とデフォルト率



(注) 1. 横棒グラフは、各ポートにおけるKICRの分布。

2. 括弧内の数字は、各業種における低レバレッジ・グループと高レバレッジ・グループの割合。

(資料) CRD

業種別にみると、加工型製造業をはじめとする景気感応度の高い業種で、ポートフォリオの時点を問わず、デフォルト率の上昇幅が相対的に大きくなっている（図表 4-3）²²。これらの業種では、①個社 ROA の景気感応度がそもそも高いことに加え、②デフォルト率の KICR に対する感応度が大きい高レバレッジ・グループにおいて、KICR がマイナスの値をとる企業の割合が相対的に大きい——したがって、KICR の悪化は、非線形的にデフォルト率の上昇につながりやすい——ことが影響している（図表 4-4）。一方、不動産業では、①個社 ROA の景気感応度がそもそも小さい²³、②KICR がマイナスの値をとる企業の割合が相対的に小さいことが、デフォルト率の上昇を抑制している。なお、2007 年度に比べて 2016 年度のポートフォリオを前提としたときのデフォルト率の上昇幅が小さいという結果は、業種間で概ね共通している。

デフォルト率の上昇幅が、2007 年度時点と 2016 年度時点のポートフォリオで異なる背景については、推計ポートフォリオの質の変化という観点から分析することもできる。この点に着目して考察を行うため、以下の 4 つのポートフォリオを前提とした際に計測されるデフォルト率の上昇幅を比較する。

(a) 2007 年度のポートフォリオ（約 50 万社）

(b) 2007 年度から 2016 年度までの継続サンプル企業（約 20 万社）で、かつその財務指標を 2007 年度の値で固定したポートフォリオ

(c) 2007 年度から 2016 年度までの継続サンプル企業（約 20 万社）で、かつその財務指標を 2016 年度の値で固定したポートフォリオ

(d) 2016 年度のポートフォリオ（約 40 万社）

(a)と(b)のデフォルト率の差分は、2007 年度から 2016 年度の間にはポートフォリオから外れた企業による要因（退出サンプル要因）に対応する。次に、(b)と(c)の差分は、2007 年度から 2016 年度の間における継続サンプルの財務内容の変化による要因（継続サンプル要因）に対応する。さらに、(c)と(d)の差分は、2007 年度にポートフォリオに含まれていなかったが、2016 年度までに新たにポートフォリオに参入した企業による要因（新規サンプル要因）に対応する。

各要因の寄与度をみると、3 つの差分のいずれもデフォルト率の上昇幅を押し下げる方向に作用しているものの、いずれの要因も定量的な大きさにさほど変わりはない（図表 4-5）。

²² ここでは、簡単化のため、景気悪化シナリオでは需給ギャップの低下のみを想定しているが、これと同時に商業用不動産価格の大幅な下落も前提とすれば、不動産業のデフォルト率の上昇幅はより大きくなる。

²³ ただし、前脚注で指摘したとおり、不動産業の ROA の景気感応度が低い背景には、景気悪化に伴う不動産価格の下落の可能性を考慮していないことも影響している点には、留意が必要である。

すなわち、それぞれの要因——信用力の相対的に低い企業の退出、継続サンプル企業の信用力上昇、信用力の相対的に高い企業の新規参入——が少しずつポートフォリオのストレス耐性の改善に寄与している。

図表 4-5 景気悪化シナリオの結果の寄与度分解

ポート番号	(a)	(b)	(c)	(d)
サンプル	2007年度の 全サンプル (約50万社)	2007-16年度まで の継続サンプル (約20万社)	2007-16年度まで の継続サンプル (約20万社)	2016年度の 全サンプル (約40万社)
財務内容	2007年度	2007年度	2016年度	2016年度
デフォルト率の 変化幅(%pt)	+0.40	+0.37	+0.35	+0.32
		退出サンプル要因 (b)-(a)	継続サンプル要因 (c)-(b)	新規サンプル要因 (d)-(c)
		-0.04	-0.02	-0.03

こうした要因分解は、今回、個別与信先の高粒度データに基づくデフォルト率予測モデルを構築したことによって、はじめて可能となった手法である。同じアプローチを個別金融機関のケースに適用すれば、当該金融機関における貸出ポートフォリオの質の変化や、それに伴うストレス耐性の変化を具体的に分析できるようになるなど、実務面で幅広い応用が期待できる手法と考えられる。例えば、ミドルリスク企業を中心に信用リスクの高い企業に対し積極的に取引開拓を行ってきた先では、新規サンプル要因がプラス方向に寄与するかたちで、景気悪化時のデフォルト率の上昇幅が近年大きくなっている可能性がある。逆に、過去の景気悪化局面で信用力の低い企業との取引を縮小した先では、退出サンプル要因がマイナス方向に寄与するかたちで、将来の景気悪化時のデフォルト率の上昇幅は抑制される可能性がある。

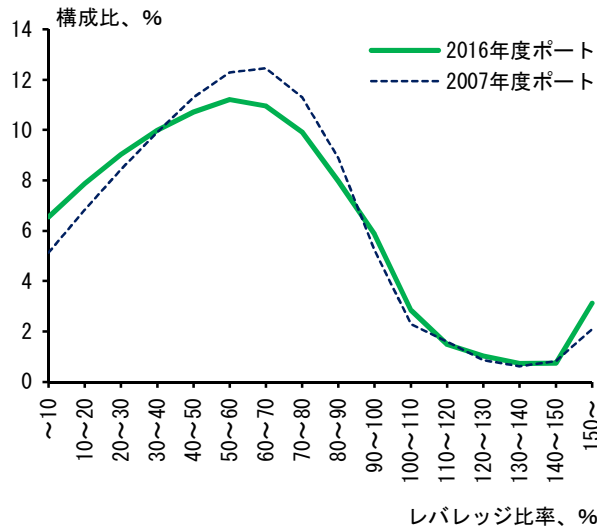
(3) 金利上昇シナリオ

金利上昇シナリオのもとでのシミュレーション結果（デフォルト率の上昇幅）は、次のとおりである（図表 4-6）。デフォルト率の上昇幅は、サンプル終期の 2016 年度のポートフォリオを前提とした場合、+0.18%pt となる一方、2007 年度のポートフォリオを前提とした場合、+0.13%pt となっており、直近時点のポートフォリオの方が若干大きくなっている。これには、レバレッジ比率の極端に高い企業が、2016 年度時点で 2007 年度よりも増えていることが大きく影響している（図表 4-7）。こうした直近時点のポートフォリオの方が、金利上昇ショックに対しやや脆弱になっているとの結果は、どの業種でも共通してみられ、特に金融危機後の低金利環境下で、レバレッジ比率の極端に高い企業の割合が相対的に大きくなった業種（製造業、卸売業、小売業、不動産業）で観察される現象である（図表 4-8）。

図表 4-6 金利上昇シナリオの結果

	シミュレーション結果	
	2007年度ポート	2016年度ポート
デフォルト率 (%、全業種平均)	ベースライン： 1.46	ベースライン： 1.21
	ストレスシナリオ： 1.59	ストレスシナリオ： 1.39
変化幅(%pt)	+0.13	+0.18

図表 4-7 レバレッジ比率の分布



(資料) CRD

図表 4-8 金利上昇シナリオの結果 (業種別)

	デフォルト率の変化幅(%pt)		
	2007年度ポート	2016年度ポート	(07年度ポート対比)
建設	+0.11	+0.14	+0.03
素材型製造	+0.19	+0.27	+0.09
加工型製造	+0.15	+0.22	+0.07
その他製造	+0.18	+0.26	+0.08
インフラ	+0.10	+0.13	+0.03
卸売	+0.17	+0.26	+0.09
小売	+0.16	+0.23	+0.07
不動産	+0.09	+0.15	+0.06
サービス	+0.09	+0.13	+0.04

本稿のモデルは、前述のとおり、KICR とデフォルト率の関係が非線形となっているため、金利上昇がデフォルト率に及ぼす影響は、その時々々の借入金利の水準に依存する。足もとの金利水準は極めて低いため、金利上昇時のデフォルト率の上昇幅も抑制されているが、仮に金利水準が相応に切り上がった後の局面では、金利上昇時のデフォルト率の上昇幅も非線形的に拡大する可能性がある点には留意が必要である。

5. おわりに

本稿では、貸出債権の質の変化を勘案した信用リスクを定量的に評価するため、粒度の高い企業別の財務データを活用した、デフォルト率の予測モデルを構築した。本モデルについて、幅広い金融機関の取引先企業の財務データを格納した大規模データベース（CRD）を用いて推計したところ、実証的なパフォーマンスは概ね良好であり、ストレステスト等にも活用できることを確認した。本稿のストレステストでは、マクロショックとして、景気悪化や金利上昇を想定したが、資源価格や為替レートの変動といったコスト面のショックを想定することも可能である。また、本モデルは業種別に推計しているため、業種特有の特定イベント・シナリオを想定したストレステスト——例えば、不動産価格の大幅下落が不動産業のデフォルト率に及ぼす影響の検証——などにも、比較的容易に活用可能である。さらに、幅広い金融機関から収集した大規模データに基づく本稿の分析結果をベンチマークとして、個別金融機関の貸出ポートフォリオを比較検証することで、当該金融機関のリスクプロファイルやリスク耐性を相対的に評価することもできる。

本稿の分析対象は、高粒度データが入手可能であった国内中小企業に限定したが、本モデルで示したアプローチは、幅広いデータベースに対し有効であると考えられる。例えば、大手行を中心にわが国の金融機関が近年与信を拡充している海外企業の信用リスク評価に対しても、原理的に適用可能である。海外企業については、個社別の財務情報に関するデータベースの整備は緒に就いたばかりの本邦金融機関が多いとみられるが、多様化・複雑化する海外貸出関連のリスクへの対応力を強化する観点からは、海外企業の高粒度データを用いた本モデルの有効性の検証や、そのストレステストへの活用などは、今後の重要な課題であろう。ただし、本稿のモデルを個別金融機関の与信先に適用する際には、当該金融機関における貸出ポートフォリオのリスク特性や分析目的等に応じて、モデルの定式化や取り込む説明変数を適切に選択する必要があることは言うまでもない²⁴。

本稿では、デフォルト率予測モデルの活用事例として、マクロ・ストレステストの実施例を紹介したが、本モデルの有用性は、何もストレステストに限定されるものではない。ストレステスト以外の実務で、本モデルの応用可能性が特に高いとみられるのが、個社別の、フォワードルッキングな引当額の算定における活用である。国際的には、2018年1月に国際会計基準IFRS第9号が発効したほか、米国では2020年に現在予想信用損失（CECL）基準が適用開始予定となるなど、金融経済情勢に関する先行き見通しを踏まえた予想信用損失

²⁴ 例えば、海外企業については、実証的に当てはまりの良いモデルの定式化が国内企業と異なる可能性も考えられる。本稿では、国内中小企業の債務返済能力に大きな影響を及ぼすマクロ経済変数として、需給ギャップや輸入物価を勘案したが、例えば、米国企業が対象であれば社債スプレッド、新興国の企業が対象であれば為替レートや資本フローといった変数も、有力な候補となる可能性がある。

(ECL) 型の引当が導入されつつある。他方、わが国でも、金融検査マニュアルの廃止が予定される中、的確な将来見通しに基づく引当を可能にする枠組みの構築が検討課題となっている。このような内外の環境のもと、金融経済情勢に関する先行き見通しを踏まえて、個社別ないしは企業の属性情報別に、信用損失を予測できるモデルの有用性は、これまで以上に高まっていると言える。

この点、本稿で提示したモデルでは、マクロ経済変数と主要な企業財務指標（レバレッジ比率と流動資産比率）について、先行きの予測パスを設定すれば、個社別にデフォルト率の予測値を計算することができる。このため、ストレス・シナリオで想定するようなテール・イベントに代わって、蓋然性が高いと考えられる（複数の）シナリオを設定し、かつ金融機関の融資方針——例えば、特定産業向けの貸出を年率 X%積み増すなど——を織り込んで先行きのレバレッジ比率を想定すれば、デフォルト時損失率（LGD）を所与として、必要となる引当額を個社別（ないしは企業の属性別）に算出することも可能である²⁵。こうしたシミュレーションから得られる情報は、どの業種またはどの企業への融資を拡大するか、業種別または個社別のリスクリミットをどの程度に設定するかといった、融資戦略の策定にとっても有用であると考えられる。

以上で述べたような、高粒度データを用いたモデルや分析の発展・改良可能性を踏まえ、日本銀行金融機構局は、今後も、金融機関と緊密な意見・情報交換を行いつつ、ストレステストの一段の高度化や ECL 型引当に関する知見の蓄積を図っていく。また、高粒度データの効率的な収集方法や有効な活用方法について、関係者との議論を深めていく方針である。

²⁵ 引当によって対応すべき期待損失（EL）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）の積として計算される。このため、LGD についても、担保価値が景気や資産価格の変動によってどのように変化するかを勘案した予測モデルを構築することが本来望ましい。他方で、融資先の債権回収実績等のデータは一般に入手困難であるため、LGD に関する実証研究は、PD のそれに比べて圧倒的に少ないのが現状である。

BOX 1 屈折型インタレスト・カバレッジ・レシオ (KICR) の構築方法

本稿で考案したKICRは、ICRの分子である営業利益ROAがマイナスの値をとる場合でも、ICRの分母にある借入金利ないしレバレッジ比率の上昇がICRの悪化 (= ICRのマイナス幅の拡大) につながるよう、以下のとおり、通常のICRを変換したものである (図表3-5)。

$$\text{KICR} \equiv \begin{cases} \frac{R}{i \cdot Lev} \equiv R \cdot \tan\theta & \text{for } R \geq 0 \\ R \cdot \tan\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = \frac{R}{\tan\theta} = R \cdot i \cdot Lev & \text{for } R < 0 \end{cases}$$

ここで、 R 、 i 、 Lev は、それぞれ営業利益ROA、借入金利、レバレッジ比率を表す。なお、 θ は、 $\tan\theta = \frac{1}{i \cdot Lev} \Leftrightarrow \theta = \arctan\left(\frac{1}{i \cdot Lev}\right)$ を満たす最小の正の実数である。上式のとおり、KICRを縦軸に、 R を横軸にとった際の傾きは、 $R \geq 0$ のときには、通常のICRと同様、 $\frac{1}{i \cdot Lev}$ となる。一方、 $R < 0$ のときには、傾きを $i \cdot Lev$ に変換している ($R < 0$ の領域では、「入射角 + 屈折角 = 90度」を満たすように、傾きを屈折させている)²⁶。

実際のKICRの作成にあたっては、推計での扱いやすさも考慮して、 $R = 0$ で非連続に屈折することなく、滑らかに連続となるよう、 $R \geq 0$ と $R < 0$ のそれぞれの場合について、KICRを以下の双曲線を満たす変数として定義している (式中の、上付き一は標準偏差で基準化されていることを表す)。

$$\begin{aligned} & \left(\text{KICR} - \frac{\overline{R}}{i \cdot Lev} \right) \left(\text{KICR} - \overline{R \cdot i \cdot Lev} \right) = k \\ \Rightarrow \text{KICR} &= \frac{1}{2} \left[\left(\overline{R \cdot i \cdot Lev} + \frac{\overline{R}}{i \cdot Lev} \right) + \sqrt{\left(\overline{R \cdot i \cdot Lev} - \frac{\overline{R}}{i \cdot Lev} \right)^2 - k} \right] \end{aligned}$$

ここで、 k は0に近い正の定数である²⁷。

²⁶ ただし、 $i \cdot Lev$ は1を下回る小さな値をとることが多く、図表3-5における $R \geq 0$ の場合の傾き ($1/(i \cdot Lev)$) と $R < 0$ の場合の傾き ($i \cdot Lev$) は、それぞれ垂直 (無限大) と水平 (ゼロ) に近付き、ほぼ直角に交差してしまう。言い換えると、 $R \geq 0$ の場合と $R < 0$ の場合で、 R の変化幅に対する KICR の変化幅が極端に異なるため、KICR とデフォルト率との関係を推計しにくくなる。こうした問題点を克服するため、KICR を標準偏差で予め基準化 (指数化) することにより、その変化がマイルドになるよう調整している。

²⁷ $k \rightarrow 0$ の極限を考えると、 $(0 <) i \cdot Lev < 1$ が成立する限り、冒頭にある近似式が得られる。

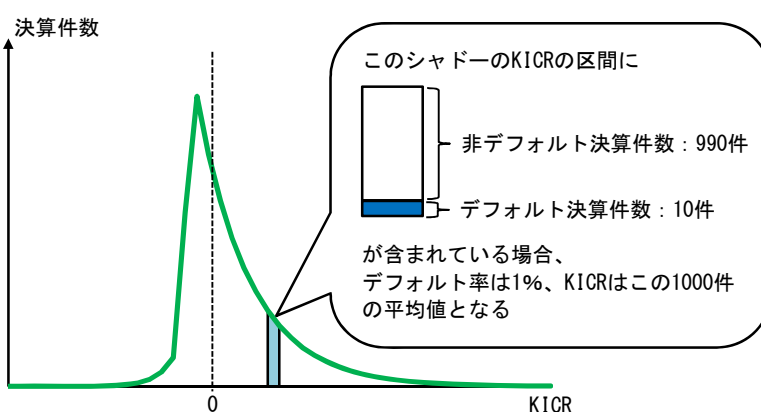
BOX 2 デフォルト率予測モデルの推計

実際に、KICRとデフォルト率の関係を考察する際には、以下のように、KICRをある一定区間ごとに区切り、各区間について、

$$\begin{aligned} \text{KICR} &= \text{当該区間内にある全決算サンプルのKICRの平均値} \\ \text{デフォルト率} &= \frac{\text{上記のKICRの値に対応する区間内のデフォルト決算件数}}{\text{同区間内の全決算件数}} \end{aligned}$$

を計算している（図表B2-1）²⁸。

図表 B2-1 デフォルト率の算出方法



本文で述べたとおり、こうして構築したKICRとデフォルト率の間には密接な負の関係——KICRの低下はデフォルト率の上昇をもたらす——がみられるが、これは非線形な関係となることが多い（図表3-6）。このため、KICRを説明変数とするデフォルト率関数の推計にあたっては、推計が容易となるよう、両変数に対し適当な変数変換を行うことにより、推計式をできるだけ線形に近づけている。具体的には、先行研究も参考にして、以下のとおり、デフォルト率（PD）に対してはロジット変換 $L(PD)$ 、KICRに対してはNeglog変換 $f(KICR)$ を行っている²⁹。

$$L(PD) = \log\left(\frac{PD}{\bar{p} - PD}\right), \quad f(KICR) = \begin{cases} \log(1 + KICR) & \text{for } KICR \geq 0 \\ -\log(1 - KICR) & \text{for } KICR < 0 \end{cases}$$

ここで、 \bar{p} はデフォルト率の実績値の最大値を表す。

そのうえで、 $L(PD)$ と $f(KICR)$ の間に以下の関数形が成立することを仮定して、これを非線

²⁸ なお、KICRの各区間における企業の決算サンプル数を一定程度確保するため、区間の長さを適宜調整している。

²⁹ こうした単調増加性を維持した対数型の変換については、例えば、次の文献を参照。山下智志・三浦翔、「信用リスクモデルの予測精度—AR値と評価指標—」、朝倉書店 ファイナンス・ライブラリー11、2011年。

形最小二乗法により推計している³⁰。

$$L(\text{PD}) = \beta + \frac{1}{2} \left[(\gamma + \delta) \cdot f(\text{KICR}) - \sqrt{(\gamma - \delta)^2 \cdot (f(\text{KICR}))^2 + 4h} \right] + \rho \cdot \log(\text{LIQ})$$

ここで、LIQは、ソルベンシーに加え流動性も考慮するために説明変数に付け加えた流動資産比率である。hは0に近い正の定数、(β, γ, δ, ρ)は推計されるパラメータである。この関数形は、最後の流動性の項(ρ・log(LIQ))を除外したときには、f(KICR) = 0で交わる2つの直線を漸近線とする双曲線となる——γとδは、それぞれKICRがプラスの領域とマイナスの領域における漸近線の傾きに対応する——。しかし、この2つの漸近線の傾きに有意な違いがない——非線形最小二乗法により推計した際に、γ = δが棄却できない——場合には、以下のとおり、L(PD)とf(KICR)の間に線形な関係があると仮定して推計し直している。

$$L(\text{PD}) = \beta + \alpha \cdot f(\text{KICR}) + \rho \cdot \log(\text{LIQ})$$

ここで、(α, β, ρ)は推計されるパラメータである。

推計結果をみると、不動産業の高レバレッジ・グループで、流動資産比率が統計的に有意とならないものの、残りの説明変数のすべてが符号条件を満たしながら統計的に有意となっている(図表B2-2)³¹。すなわち、KICRの低下や流動資産比率の低下によって、企業の債務返済能力が悪化したり、短期負債に対する手元流動性が乏しくなったりすると、デフォルト率が上昇することが確認できる。決定係数は、業種別・レバレッジ比率の高低別に区々であるものの、いずれも0.7~0.9程度の値をとっており、推計値の実績値へのフィットも概ね良好であると言える。

³⁰ 推計されるパラメータの間に非線形の関係がある場合でも、推計値と実績値の間の残差平方和を極小化するようにパラメータを同時推計することができる(非線形最小二乗法)。

³¹ 推計式の非線形性により、説明変数に対するデフォルト率の限界的な感応度(一階の微分)は、推計されるパラメータの値やpの値のほか、説明変数の値自体に非線形的に依存する。したがって、推計されるパラメータの絶対値の大小のみで、デフォルト率の限界的な感応度の大小を判断することはできない。なお、f(KICR)とlog(LIQ)がともにゼロであるとき、デフォルト率の値は近似的に $\bar{p}/(1 + e^{-\beta})$ となる。

図表 B2-2 デフォルト率の推計結果

		被説明変数:デフォルト率のロジット変換値								
		建設	素材型 製造	加工型 製造	その他 製造	インフラ	卸売	小売	不動産	サービス
		低レバレッジ・グループ								
説明 変数	KICR α	-1.90 ***	-2.56 ***	-2.27 ***	-2.50 ***	-1.60 ***	-2.80 ***	/	-1.82 ***	-1.65 ***
	定数項 β	-0.92 ***	-1.42 ***	-0.86 ***	-0.58 ***	-1.17 ***	-0.90 ***	-0.89 ***	-0.94 ***	-0.87 ***
	KICR(+側) γ	/	/	/	/	/	/	-1.90 ***	/	/
	KICR(-側) δ	/	/	/	/	/	/	-1.87 ***	/	/
	流動資産比率 ρ	-0.66 ***	-0.51 ***	-0.55 ***	-0.85 ***	-0.70 ***	-0.50 ***	-0.50 ***	-0.11 **	-0.54 ***
サンプル数		111	59	71	66	101	76	86	83	110
Adj. R ²		0.85	0.83	0.72	0.80	0.81	0.84	0.73	0.68	0.81
		高レバレッジ・グループ								
説明 変数	KICR α	-1.70 ***	/	/	/	-1.42 ***	/	/	-1.75 ***	-1.67 ***
	定数項 β	-0.83 ***	-0.61 ***	-1.08 ***	-0.92 ***	-1.03 ***	-1.27 ***	-1.06 ***	-1.15 ***	-1.06 ***
	KICR(+側) γ	/	-3.69 ***	-2.98 ***	-3.79 ***	/	-1.93 ***	-2.57 ***	/	/
	KICR(-側) δ	/	-2.02 ***	-2.00 ***	-2.50 ***	/	-1.87 ***	-1.73 ***	/	/
	流動資産比率 ρ	-0.28 ***	-0.26 **	-0.33 ***	-0.35 ***	-0.25 ***	-0.20 ***	-0.16 ***	—	-0.27 ***
サンプル数		130	73	95	99	129	109	130	42	157
Adj. R ²		0.84	0.77	0.89	0.87	0.80	0.86	0.80	0.88	0.87

(注) 1. ***は1%水準で有意、**は5%水準で有意、*は10%水準で有意。表中「—」で示したパラメータは、10%水準で有意とならなかったため、当該変数を除いて推計している。

2. KICRはNeglog変換値、流動資産比率は対数変換値。