

リスク管理モデルに関する研究会報告書

平成 11 年 7 月

は じ め に

銀行において信用リスクの計量化（測定）及び制御等に用いられている信用リスク管理モデルは、ここ数年の間に、内外の先進的な銀行を中心として、理論的にも実務的にも大きな発展を遂げてきており、信用リスク管理モデルが銀行経営において果たす役割は次第に重要性を増しつつある。これは最新の統計手法や情報処理技術を取り入れたものであるが、従来から行っている与信審査や期中管理の手法の高度化であり、銀行業務の中核としての高い重要性を有する。

これを背景として、バーゼル銀行監督委員会においては、ここ数年来、信用リスク管理モデルが銀行経営上用いられる場合のモデルを反映した自己資本比率規制の在り方について、専門的・技術的観点から調査・討議が重ねられてきている。我が国も、バーゼル委員会の一員として、討議への主体的参画はもとより、更に積極的な貢献を行うことが期待されているところである。

一方、会計制度の分野では、時価会計に向けた議論や制度導入が国際的規模で急速に進められてきており、我が国においても、2000年4月から金融商品の時価会計制度が導入される。その中で、一部の債権の貸倒見積高の算定や債権自体の公正価値の算定に当たって、信用リスク管理モデルの存在が前提とされている。信用リスク管理モデルを巡る問題を検討する際には、このような時価会計の流れをも念頭に置いておく必要がある。

このような状況の下で、信用リスク管理モデルと自己資本比率規制との関係については、自己資本比率規制の基本的考え方を顧みつつ、民間サイドにおける理論・実務の進展の状況を整理した上で、議論を進めることが必要である。今後、この問題を内外で検討していくに当たっては、この双方を整合的に捉えた上で、少なくとも、基礎的な事実や考え方について、民間部門、行政当局の両サイドにおいて共通認識が得られていることが不可欠の前提となる。

以上のような観点から、当リスク管理モデルに関する研究会においては、本年4月9日の発足以来、計8回にわたり、我が国銀行を含む民間実務家・学識経験者から最新の理論・技術や実務についてのヒヤリングを行うとともに、銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するために必要となると思われる理論的・技術的な論点について討議・検討を進めてきた。ここにこれまでの検討状況を報告書の形でとりまとめ公表することとした。

本報告書は、今後、この問題を検討していくに当たっての理論的な整理であり、また、我が国のバーゼル委員会に対する積極的な貢献に資するためのものでもあるので、このような性格を踏まえ、関係各方面から幅広く建設的な意見が寄せられることを期待したい。

平成11年7月

リスク管理モデルに関する研究会 事務局

「リスク管理モデルに関する研究会」委員名簿

- | | |
|---------|----------------------|
| 今 野 浩 | 東京工業大学大学院社会理工学研究科教授 |
| 枇々木 規 雄 | 慶應義塾大学工学部専任講師 |
| 廣 本 敏 郎 | 一橋大学商学部教授 |
| 森 平 爽一郎 | 慶應義塾大学総合政策学部教授 |
| 山 田 辰 己 | 中央監査法人公認会計士 |
| 吉 野 直 行 | 慶應義塾大学経済学部教授、金融監督庁顧問 |

(敬称略 50音順)

(注) 上記委員のほか、オブザーバーとして、大蔵省、日本銀行及び民間銀行から実務者が参加。

なお、研究会の事務局は、金融監督庁長官官房企画課及び財団法人金融情報システムセンター（FISC）が共同でつとめた。

目 次

	頁
I 信用リスク管理モデルの構成.....	1
1 基本的な構成.....	1
2 個別与信の信用リスク.....	1
(1) 信用力評価.....	1
イ クレジットイベント.....	1
ロ 信用リスクの定量化.....	2
ハ 与信額の把握.....	2
ニ デフォルト率の推定.....	3
倒産確率モデル.....	3
信用格付け.....	3
ホ 回収率.....	4
(2) データ.....	5
3 ポートフォリオ・ベースの信用リスク.....	5
II 自己資本比率規制についての基本的考え方.....	7
1 自己資本比率規制の意義.....	7
2 自己資本比率の要件.....	7
3 自己資本比率規制の副作用.....	7
III 自己資本比率規制と信用リスク管理モデルとの関係.....	9
1 信用リスク管理モデルの意義.....	9
(1) 銀行経営における活用.....	9
イ 全体のリスクと信用リスク.....	9
ロ 信用リスク管理モデルの機能.....	9
リスクの測定.....	9
リスクの制御.....	9
銀行経営への活用.....	9
(2) 規制への反映の適否.....	10
イ 内部モデルと自己資本比率規制.....	10
ロ 外生的な設定とモデルに基づく設定.....	10
リスク・アセット.....	10
所要自己資本.....	11

八	行政上の視点	11
2	規制への反映のための要件	11
イ	当局の検証の視点	11
	ディスクロージャー	12
	客観性等の確保	12
	銀行経営の健全性への寄与	12
(i)	リスクの測定	12
(ii)	リスクの制御	12
(iii)	銀行経営への活用	13
ロ	当局による検証の方法	13
IV	信用リスク管理モデルを反映した自己資本比率規制の課題	14
1	自己資本比率のディスクロージャー	14
2	リスクアセットの算定	15
3	所要自己資本	16
	付属文書1：信用リスク管理モデルの具体的論点	18
1	個別与信の信用リスク	18
(1)	信用力評価	18
イ	銀行経営における活用	18
	リスクの測定	18
	リスクの制御	20
ロ	規制への反映のための要件	21
	ディスクロージャー	21
	客観性等の確保	21
	銀行経営の健全性への寄与	22
(i)	リスクの測定	22
(ii)	リスクの制御	23
(2)	データ	23
イ	銀行経営における活用	23
	データの蓄積	23
	データの入力	25
ロ	規制への反映のための要件	25
	ディスクロージャー	25
	客観性等の確保	26

銀行経営の健全性への寄与	26
(i) データの蓄積	26
(ii) データの入力	27
2 ポートフォリオ・ベースの信用リスクと所要自己資本	28
イ 銀行経営における活用	28
リスクの測定	28
リスクの制御	29
銀行経営への活用	30
ロ 規制への反映のための要件	31
ディスクロージャー	31
客観性等の確保	31
銀行経営の健全性への寄与	32
(i) リスクの測定	32
(ii) リスクの制御	33
(iii) 銀行経営への活用	34
付属文書 2：信用リスク管理モデルの理論的分析（補論）	35
1 基本的な構成	35
2 個別与信の信用リスク	36
(1) クレジットイベント	36
(2) 信用リスクの定量化	37
イ デフォルト・モード方式の場合	37
ロ 格付変動方式の場合	37
ハ 相関	37
ニ DCCF 法	37
ホ RNV 法	38
(3) デフォルト率、格付遷移確率	38
イ 格付けデータを用いるアプローチ	38
デフォルト・モード方式の場合	39
格付変動方式の場合	40
ロ 財務データを用いるアプローチ	42
判別分析	42
回帰分析	43
(i) 線形確率モデル	43

(ii) ロジットモデル	44
(iii) プロビットモデル.....	44
(iv) その他	45
Cox の比例ハザードモデル.....	45
ハ オプション・モデルを用いるアプローチ	45
ニ マクロファクターを用いるアプローチ	47
ホ 二進木モデル.....	48
ヘ ニューラル・コンピューティング.....	48
ト 数理計画法.....	50
チ 比較.....	50
(4) 回収率.....	51
3 ポートフォリオ・ベースの信用リスク	52
(1) 分散・集中の定量化.....	52
(2) 損失額の分布（確率密度関数）の見積り.....	53
イ 解析法.....	53
ロ シミュレーション法.....	53
(3) 相関関係の推定方法.....	54
イ 相関.....	54
ロ 企業資産価値モデル.....	54
4 ポートフォリオ・ベースのリスクに関する指標.....	56
(1) VaR 指標以外のリスク指標.....	56
(2) 信用ポートフォリオに係るリスク指標	56
5 邦銀における信用リスク管理モデルの実務的進展.....	57
(1) 邦銀における信用格付けの実施状況.....	57
(2) 邦銀における信用リスク管理モデルの比較.....	59

I 信用リスク管理モデルの構成

1 基本的な構成

信用リスク管理モデルの基本的な構成は、データの蓄積、信用力評価及び信用V a R (Value at Risk) の算出の各過程からなる。具体的には、まず、債務者ごと、貸出案件ごとに過去の与信データ等の蓄積(データベースの構築)を行い、次に、蓄積されたデータに基づき、債務者・貸出案件別に信用格付け等の信用力評価を行い、さらに、これらを前提として、ポートフォリオ全体の損失額の確率分布(期待損失及び分散)等を求め、一定の信頼区間の下での信用V a Rを算出するという構成である。

以上を前提とすれば、信用リスク管理モデルの構成については、その機能面に着目し、先ず、これを個別与信(個別債権のみならず、同種類の債権群・債務者群を含む。)の信用リスクに係るものとポートフォリオ・ベースの信用リスクに係るものとに分け、さらに、前者を信用力評価に係るものとそれらに必要なデータに係るものとに分けて整理することができる。

2 個別与信の信用リスク

(1) 信用力評価

イ クレジットイベント

信用リスクとは、信用供与先の財務状況の悪化等のクレジットイベント(信用事由)に起因して、資産(オフバランス資産を含む。)の価値が減少ないし消失し、銀行が損失を被るリスクをいう¹。信用リスクの顕在化のとらえ方については、クレジットイベントを債務者のデフォルトととらえ、それが生じた場合にのみ信用損失が発生すると定義するデフォルト・モード方式と、クレジットイベントを債務者の格付の変更に伴う信用力の変化ととらえ、格付の変更を債権価格の変動の代理変数と考える格付変動方式とがある。この二つの方式は、信用リスク量の評価基準として簿価評価を用いるか、時価評価を用いる(Mark-to-Market (MTM) 方式)かという問題とも密接に関連する。

なお、デフォルトについての統一的な定義はなく、法的倒産に限らず、広く債務者区分の劣化を意味するものとして、それぞれの信用リスク管理モデル上定義されている。

¹ 金融監督庁・金融検査マニュアル(信用リスク検査用マニュアル)参照。

ロ 信用リスクの定量化

信用リスクは、与信価値、与信先・債権の信用度及び回収価値を把握することを通じて定量化される。

デフォルト・モード方式の場合には、デフォルトにより発生する損失額は、以下の式で算出される。

$$[\text{期待損失額}] = [\text{与信額 (エクスポージャー)}] \times [\text{デフォルト率}] \times [1 - \text{回収率}]$$

また、格付推移方式は、格付けによる信用度の変化を把握するものであり、デフォルト率を含む概念として、格付遷移確率（現時点の格付けを基準に将来（1年後等）において格付けの変動する確率）が算定される。

以上から、信用力評価モデル（信用リスク管理モデルの構成から、信用VaRの算出などポートフォリオ・ベースの信用リスクに係る部分を除いたものをいう。）のファクターとしては、与信額、デフォルト率又は格付遷移確率並びに回収率の三つが基本となる。

信用リスクについては、与信額、デフォルト率及び回収率の不確実性が大きく、かつ、相関をもっている。この不確実性は、各資産や各債務者について存在しているため、特定のファクターを確定的と仮定したり、ファクター間の独立を仮定する等の対応が行われている。

ポートフォリオ・ベースの信用リスクは、個別与信の信用リスクを基に測定されることとなる。その際、ポートフォリオ・ベースの不確実性は、分散投資効果により、個別与信の不確実性の総和よりも小さくなる。

以上のような定量化については、基礎となるデータの観測される時期や信用力評価モデルに組み込まれる変数及び演算方法（計量化エンジン）により、計測結果は異なり得る。

ハ 与信額の把握

与信額の把握については、簿価の場合は自明であるが、MTM方式による場合は多様であり、将来のキャッシュフローに基づく公正価値の把握方法として、将来のキャッシュフローを評価時点の金利体系に基づく割引率で現在価値に割り引く方法や、キャッシュフロー又は割引率の設定にリスクを考慮する方法などがある。

また、与信額の範囲については、具体的なモデルごとに、キャッシュフローの考慮の有無、コミットメントライン、オプション等のエクスポージャーの計算方法等の差異がある。

二 デフォルト率の推定²

デフォルト率は、倒産確率モデルや信用格付けにより推定される。

倒産確率モデル

倒産確率モデルは、財務諸表データ、市場価格等を用いて、判別分析、回帰分析等の手法により個別企業のデフォルト率を推定するものである。

まず、判別分析は、財務諸表データ等から、例えば負債比率のような説明変数を選択し、倒産企業と非倒産企業について、負債比率の分布（正規分布、等分散性を仮定。）を得て、それに基づき倒産、非倒産を判別するものである。複数の説明変数を選択し、ウェイト付けした多変量判別関数は、後述する内部格付けモデルとしても用いられる。

また、回帰分析を用いる方法は、例えば、負債比率から倒産・非倒産（例えば倒産を1、非倒産を0とする。）を線形モデル等により推定し、特定企業の負債比率からその倒産確率を得るものである。線形モデルを用いる一般的な回帰分析の他、非線形モデルを利用する分析として、ロジスティック曲線を用いるロジット分析、累積標準正規分布曲線を用いるプロビット分析等がある。こうした場合にも多変量化が可能である。

さらに、将来の企業資産価値が負債額を下回ることをデフォルトと定義した上で、オプション・モデルを用いて、企業資産価値とそのボラティリティとから一定期間経過後の資産価値変動の分布を推定し、それが負債額を下回る確率をデフォルト確率とする方法もある。なお、あるモデルでは、この手法を基礎としつつ、株価情報から将来資産価値の分布の期待値と負債額との差額（デフォルト距離）を計測し、それをデータベース化することにより大・中企業のデフォルト率を推定している。

その他、倒産予測を行う方法として、ニューラル・コンピューティング、二進木（バイナリー・ツリー）、数理計画法など様々な手法がある。

これらの分析手法については、いずれも特定の前提条件に基づいているものであり、その結果は各手法の特徴を反映したものとなる。

信用格付け

信用格付けは、債務者ベース（個別債務者又は債務者群の格付け）で行われるほか、債権ベース（プロジェクト・ファイナンス等の案件格付け）でも行われている。

² デフォルト率の推定は、過去のデータに基づいて行うため、例えば、新規企業やベンチャービジネスなどの場合には、必要なデータが得られないなど、困難なことが多い。また、個人や中小企業向け融資についても、管理対象件数が膨大であるため、推定に当たっては、思い切った簡略化が行われることが多い。

債務者等の格付けの区分は、格付けの対象とされないもの（例えば、個人・消費者向けローンなどが対象とされない場合がある。）を除き、企業価値ないし信用リスク度に応じた数段階の区分（5～18段階程度）に分類され、一定以下の格付けとなることがデフォルトと定義されることが多い。

資産自己査定における債務者区分との関係では、下位の格付けを破綻先、実質破綻先、破綻懸念先、要注意先と一致させるとともに、正常先には数段階の格付けが付与されている例がみられる。後者については、外部格付会社の格付け区分等も参考にして設定される例がある。

このように、信用格付けは債務者区分及び引当金計上方法とも関連するが、デフォルトを保守的に定義し、要注意先の一部に相当する格付け区分への遷移も含まれるとした場合には、一般貸倒引当金計上の対象債権もモデル上はデフォルト先と扱われる。

信用格付けを行う前提となる個別債務者又は債務者群ごとの企業価値ないし信用リスクの把握は、主観的なスコアリング又は内部格付けモデルにより行われる。主観的なスコアリングでは、安全性、収益性、規模、流動性、成長性等の観点から、主として定性的な情報を基に、主観的な計数化・ウェイト付けにより算出されたスコアをベースとして、格付けが決定される。他方、内部格付けモデルは、主として定量的な情報（説明変数）を基に、判別関数等の統計的手法により、格付けが決定される。一般的には、定性データが主体の主観的なスコアリングと定量データが主体の内部格付けモデルとを組み合わせ、格付けシステムが構築されている。

信用格付けを行う際には、債務者の財務データ、外部信用情報会社のデータのほか、行内で独自に収集されたデータが用いられる。

信用格付けの実施者としては、融資担当者が起案し、審査担当部等において決裁される例が多いと考えられるが、小規模貸出先のように支店長専決とされる場合がある。

信用格付けの検証は、客観性を確保し、担当者の恣意性を排除するため、与信監査部等により、事由に応じて定期・不定期に行われる。

信用格付けの改訂は、決算後の経過期間等を目安とした定期的な見直しのほか、延滞等取引先の信用状態に重大な影響を与える事態が発生した場合に行われる臨時的な見直しを通じて実施される。

ホ 回収率

回収率の設定は、データが十分でない等の理由から、担保の種類に応じ、不動産価

値の変動状況、抵当権順位等を加味した定数値とされたり、ベータ分布等特定の確率分布を仮定してその変動を織り込むなどにより行われている。

(2) データ

必要となるデータは、上記のようなクレジットイベント等のとらえ方（デフォルト・モード方式か MTM 方式か）、デフォルト率の推定方法、与信額の把握方法などに応じて異なる。

また、データのソースとしては、債務者、行内、外部信用情報会社等がある。

倒産確率モデル、内部格付けモデルを含め、信用力評価モデルにより確率計算を行う際には、結果の精度を確保するため、十分な標本量や、業務内容からみて特定の地域や業種に偏らないことなどが求められる。また、データの時系列の面では、統計の内容に質的な継続性がある範囲内で十分に長いことが求められる。このため、データの収集・蓄積に工夫が凝らされている。

データの種類としては、実務上、中小企業貸出先が多くデータの入手可能性に制約があることから、市場データを用いない方法が主軸である。また、財務面の定量情報を補完するものとして定性情報が用いられることも多い。

加えて、モデルの高度化の程度に応じて必要データが増える場合が多いため、実務的には、採り得るデータの限界からモデルを選定するというアプローチになるという側面もある。

3 ポートフォリオ・ベースの信用リスク

ポートフォリオ・ベースの信用リスクの測定に当たっては、以上により測定された個別与信の信用リスクをベースとして、信用力相関を考慮に入れ、ポートフォリオ全体について、過去一定期間（観測期間）の変動に係るデータを基に、一定の保有期間経過後の損失額の分布（確率密度関数）が見積もられる。さらに、それを基礎として一定の確率（信頼区間）の下で生じ得る最大損失額が算出される。以上により算出された信用 VaR に基づき、予期されない損失（unexpected loss）、すなわち、最大損失額から貸倒引当金によりカバーされる期待損失額（expected loss）を控除したものが、経済的自己資本額（エコノミック・キャピタル）に対応するとされる部分である³。

³ 信用 VaR の算出結果に基づき、期待損失額までは引当処理されていることを前提として、（最大損失額・期待損失額）が経済的自己資本額に対応するという考え方が一般的である。なお、前出金融検査マニュアルにおいては、償却・引当に関し、「合理的で適切な内部モデルにより信用リスクの計量化を行っている場合には、貸倒引当金の総額は、信用リスクの計量化等により導き出されたポートフォリオ全体の予想貸倒損失額を十分に充たす必要がある。」とされている。

損失額の分布（確率密度関数）の見積りの方法としては、個別与信の損失額の分布に正規分布等を仮定することにより、期待損失（平均損失）を求め損失の分散を解析的に算出する方法と、特定の分布を仮定しないモンテカルロ・シミュレーション法とがある。後者は、ファクター間の相関を見込んだ多変量正規乱数等を発生させ、これにより生成された各シナリオごとにポートフォリオの価値の毀損額を計算して損失額の分布を求めるものである。

損失額の分布（確率密度関数）の見積りについていずれの方法による場合にも、信用力相関を考慮することは可能である。また、信用力相関が考慮される局面としては、ポートフォリオ・ベースの信用リスクの測定だけでなく、個別与信の信用リスクの測定も考えられる。

それぞれの見積り方法は、経営上の判断への利用形態や計算負荷等を勘案して選択される。

II 自己資本比率規制についての基本的考え方

以上のような信用リスク管理モデルが銀行経営上用いられる場合に、モデルを反映した自己資本比率規制の在り方を検討するに当たっては、それに先立ち、自己資本比率規制についての基本的考え方を改めて整理しておく必要がある。

1 自己資本比率規制の意義

自己資本比率とは、銀行の保有する資産等に照らし自己資本の充実の状況が適切であるかどうかにより銀行の経営の健全性を判断するための基準として用いられるものである（銀行法第14条の2）。自己資本比率については、銀行が自己の経営の健全性のディスクロージャーを行う際の統一指標としての役割を果たしている。

また、早期是正措置においては、比率で示される自己資本充実の程度に照らして銀行の経営が不健全であると判断される場合には、銀行法第26条等の規定に基づく業務改善命令等が発出されることとなる。

早期是正措置は、このような自己資本比率のディスクロージャーによる市場規律と監督上の措置を統合的に働かせる意味において、今後とも銀行の財務状況の早期是正を促すための手段の中心に位置付けられる。

2 自己資本比率の要件

自己資本比率は、以上のような位置付けを有するため、その開示結果について、預金者や投資家等が銀行間で横断的に比較を行うことが可能となるものであることが必要である。

また、自己資本比率に基づき行政上の措置が発動されること、銀行間の平等性確保が図られる必要があることに鑑みれば、自己資本比率には一定の客観性と一律性が必要である。

ただし、銀行業務の運営については、自己責任原則に基づき銀行の自主的な努力が尊重されるべきことから、自己資本比率規制の内容は、個々の銀行がその経営実態に応じて独自性を発揮することが阻害されないように定められることが重要である。

3 自己資本比率規制の副作用

銀行に対する規制に当たっては、その副作用の極小化を図ることが必要である。自己資本比率規制におけるリスクウェイトが一律であることは、銀行の保有自己資本が規制上の所要自己資本を僅かに上回っているような場合や、自律的なリスク管理態勢が確立

していないような場合に、個別の信用供与に一律の資本コストが賦課されることにより、リスクとリターンに関する経済合理性に基づいた資金運用を歪めるという副作用をもたらす。また、信用供与の配分についても、相対的な高格付先に与信が集中するなど、大口信用供与をもたらしやすいという問題もある。

一方、ポートフォリオ全体についても、副作用が生ずる可能性がある。銀行の所要自己資本は、予期されない損失に対するバッファーとしての意義と、株主に利益を配分する際の分母としての意義がある。前者は、信用リスクなどが顕在化した際に、直ちに銀行の破綻につながらないための十分なバッファーである必要がある。一方、後者は、一定の収益を所与とすればROE（資本収益率）の指標が投資家等を満足させるに足るだけのものにとどまる必要がある。この両者から求められる自己資本の水準は事前的に必ずしも一致するものではないが、自己資本比率規制は、専らリスクに対するバッファーとしての役割に着目する結果、副作用が生じ得ることとなる。

具体的な副作用の一つとして、銀行のいわゆる貸し渋りが指摘されることがあるが、その背景には、個別の信用供与におけるリスクの測定とプライシングの硬直性に加えて、以上の問題があるものと考えられる。

なお、自己資本比率規制に関しては、リスク・アセットを圧縮するための優良貸出債権の流動化や、自己資本比率引き上げのための規制回避（レギュラトリー・アービトラージ）等により空洞化が進んでいるという指摘もある。

（参考）バーゼル委員会の議論の着眼点⁴

バーゼル委員会においては、新たな自己資本充実度の枠組みを導入する方向で現行規制の見直しに向けた検討が進められており、その枠組みは、最低所要自己資本のほか、監督上の検証及び市場規律からなる三本の柱（three pillars）で構成されている。このうち第2の柱である監督上の検証は、銀行の自己資本のポジションがその全体的なリスク・プロファイルや戦略と整合的であることを確保し、その自己資本が十分にリスクに対する緩衝を提供しない場合に早期の介入を可能とすることである。また、第3の柱である市場規律については、自己資本の水準、リスク・エクスポージャー及び自己資本充実度に関する情報開示が、意味のある水準の市場規律を達成する上で重要であるとされている。

⁴ バーゼル委員会「新たな自己資本充実度の枠組みに関する市中協議ペーパー」（1999年6月公表）参照。

III 自己資本比率規制と信用リスク管理モデルとの関係

1 信用リスク管理モデルの意義

(1) 銀行経営における活用

イ 全体のリスクと信用リスク

銀行が抱える全体のリスクには、マーケットリスクやオペレーショナルリスク等が含まれるが、信用リスクが最も重要なものであると考えられる。自己資本比率規制に関するバーゼル合意のフレームワークにおいても、信用リスクとの関連でみた自己資本の評価が大きなウェイトを占めている。とりわけ、国際的に活動する銀行の場合には、為替リスクはマーケットリスクにより把握されているものの、外国の債務者を対象としても通用する客観的な尺度に基づき信用リスク管理が行われることが、国際競争力の観点からも重要である。

本研究会においては、以上に加え、近時の民間実務の進展等にも鑑み、信用リスク管理モデルを検討対象とした。

ロ 信用リスク管理モデルの機能

信用リスク管理モデルの機能は、与信取引から発生する損失額を測定し、それを一定範囲に制御するほか、その算定結果を銀行経営に活用することにある。これを区分すれば以下のとおりである。

リスクの測定

信用リスクの測定に当たっては、個別与信ごとにデフォルト率や回収率等を推定し、その相関を考慮した後、ポートフォリオに係る全体としての信用リスクについて、損失額の確率分布（経験分布）を求め、期待損失（平均損失）と損失の分散ないし損失のパーセント点などの統計量として把握する。

リスクの制御

信用リスクの制御に当たっては、信用リスクの測定結果に基づき、個別債権の適正なプライシング、適正なポートフォリオ構造の構築に向けた取引方針の設定、個別債権の与信判断、リスクの分散を図るための与信額上限の設定などが行われる。また、既存のポートフォリオを所与として、その信用リスク構造を修正するため、債権流動化やクレジットデリバティブ等の手段が用いられる。

銀行経営への活用

信用リスク管理モデルは、信用リスクの測定結果に基づき、リスクベースの自己資本の適正準備とその配分（個別事業部門を支えるために資本の額を名目上・形式

上計算すること)などを行う手掛かりとしても用いられる。

また、銀行経営の在り方としては、発生した損失を事後的・受動的に処理するだけでなく、将来の損失を可能な限り見込んだ上で、事前的・能動的にこれを制御していくことが望ましいことは当然である。信用リスク管理モデルはこうした経営を行うための有力なツールとなる。

なお、財務会計との関係についても、的確な信用リスク管理モデルの算出結果を用いることにより、合理的な償却・引当につながる効果をもつこととなる。このことは、自己資本額の的確な開示に資するものでもある。

(2) 規制への反映の適否

イ 内部モデルと自己資本比率規制

現行の自己資本比率規制における内部モデルの位置づけをみれば、マーケットリスクの測定・制御を内部モデルを用いて行っている場合には、その算出結果を規制に反映させることが認められているが、信用リスクについては、現在、リスク・アセット方式のみが認められているため、信用リスクに関する内部モデルを反映した規制とすることが適当か否かが検討課題となる。

ロ 外生的な設定とモデルに基づく設定

リスク・アセット

一律のリスクウェイトの設定については、前述のように、リスクとリターンに関する経済合理性に基づいた資金運用を歪めるという副作用がある。信用リスクを反映したウェイトとすることは、この副作用を緩和するための方法である。ただし、リスクウェイトの設定方法が一律的なものとなることによって、例えば、特定の現象によって市場全体が一方向的に反応するといったことのないように留意する必要がある。

この点について、リスクウェイトが外生的に設定される場合には、現実の取引実態に合致している保証はなく、その乖離があるときは市場に対する人為的な介入となる。また、リスクウェイトの外生的設定は、資産間の相関や分散投資効果を考慮することができないため、リスクの測定に偏りをもたらす。

これに対し、モデルによる場合には、銀行の信用供与との相互関係のもとでリスクが測定されるため実態に近いリスクウェイトとなるほか、資産間の相関等を考慮に入れることができる。

以上から、可能であれば、取引実態に対応して設定される信用格付け等の信用力

評価によることを許容する方がより経済合理性に合致する。

また、銀行の固有の機能は、的確な情報生産に基づき信用供与を行うことにより、預金者に対して元本返済を約すことであることからみれば、的確な信用力評価を自ら行うことは銀行として極めて重要であると考えられる。

所要自己資本

所要自己資本の額をリスク・アセットの一定割合として算出する場合には、その割合が現状の銀行の信用リスクに対応したものであるかどうかについて、常に見直しが必要である。また、その割合が固定される中でROEの向上が進められる場合には、レギュラトリー・アービトラージを通じ、銀行の資金運用における実質的な信用リスクを増大させることにつながる。

したがって、可能であれば、信用VaRに基づく設定の選択を許容する方がより経済合理性に合致する。

八 行政上の視点

以上から、可能であれば、自己資本比率規制において、信用リスク管理モデルによる対応を許容する方がより経済合理性に合致し、銀行の情報生産機能に適合するものと考えられる。また、銀行監督上は、元来、問題発生後、事後的に破綻処理を行うよりも、破綻を事前的に予防することが望ましい。信用リスク管理モデルを用いることにより、銀行の財務の健全性確保が事前的・能動的に行われる効果があるのであれば、これを反映した規制とすることが望ましい。

一方で、信用リスク管理モデルによる対応を許容する場合には、監督当局サイドとしても、そのための体制整備に大きなコストがかかることにも留意する必要がある。

信用リスク管理モデルの反映の適否については、以上の両面を踏まえて、検討していくべきものとなる。

なお、信用リスク管理モデルの構築・運用は、銀行における相当のコスト負担を伴うものである。このため、銀行が、自らの経営判断として、自己資本比率規制において許容可能な範囲にある信用リスク管理モデルを使用せず、標準的アプローチを選択することは妨げられるものではないことにも留意する必要がある。

2 規制への反映のための要件

イ 当局の検証の視点

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための基本的な要件を検討する

ことが必要である。その際、要件の内容は、上記 で述べた自己資本比率規制の位置付けに沿っていることが必要である。

そのための検証の視点は以下のとおりである。

ディスクロージャー

まず、ディスクロージャーによる市場規律を有効に働かせるという観点からは、信用リスク管理モデルの算出結果を利用して計算された自己資本比率が財務諸表とともに開示された場合に、投資家等からみて銀行間で比較可能であることが必要である。このような計数の比較可能性を確保する観点からは、会計制度との整合性や、監査による正確性の担保が必要となる。

客観性等の確保

以上の点は、比率の客観性確保の観点からも必要であり、さらに、銀行間の平等性確保が求められることから、信用リスク管理モデルの算出プロセスや現実への適合性について一定のベンチマークが必要となる。その際、信用リスク管理モデルの構成は、当該銀行の業務等に応じて様々であることから、特定の事項ごとに一律の基準とするのではなく、相互補完的に事項を併せてみていくことが必要となる。

銀行経営の健全性への寄与

前述のように、銀行の財務の健全性確保は、損失の事後的・受動的処理よりも、事前予防的、能動的に行われることが望ましく、また、銀行監督上も、事後的に破綻処理をするよりも、破綻を事前に予防することが望ましい。こうした観点に基づき信用リスク管理モデルを反映した規制とする場合には、銀行経営に信用リスク管理モデルが活用され、そのことが、それを利用しない場合に比べて、銀行経営の健全性の確保に十分に寄与しているかどうか重要である。

この場合、銀行監督の役割は、自己責任原則に基づく銀行経営の健全性確保を補完するものであることから、銀行の的確な内部管理を促すとともに、銀行における体制整備やプロセスをチェックすることに重点を置くこととなる。

具体的には以下のとおりである。

(i) リスクの測定

信用リスクの測定については、信用リスク管理モデルの構成が的確であり、これに沿った運用が行われているなど、リスク計測の的確性向上に寄与しているか否かを確認することが考えられる。

(ii) リスクの制御

信用リスクの制御については、信用リスク管理モデルの算出結果が、例えば、個別債権のプライシング、取引方針の設定、個別債権の与信判断、与信額上限の

設定、債権流動化、クレジットデリバティブの利用等を行うための基礎的な経営情報とされているなど、結果として、経営の健全性確保に寄与しているか否かを確認することが考えられる。

(iii) 銀行経営への活用

このほか、信用リスク管理モデルの算出結果が的確な自己資本の適正準備とその配分や、合理的な償却・引当に寄与しているか否かを確認することが考えられる。

また、信用リスク管理モデルを経営上用いることが、例えば、顧客との間のトラブルの原因になるなど、却って弊害をもたらしていないかどうかを確認することが考えられる。

なお、信用リスク管理モデルの規制への反映を許容する場合には、モデルを利用する環境等に基本的な差異があり得る外国の銀行や、標準的アプローチを選択した銀行との間における、制度としての権衡にも留意する必要がある。

□ 当局による検証の方法

以上の視点から検証を行うに当たり、当局が行う検証の対象としては、まず、リスクの測定の正確性について、信用リスク管理モデルとして構成上の問題がないかというプロセスの点と、結果としてうまく実態を反映しているかという点の二つがある。プロセスのチェックについては、概念上正確であるかどうかを判断するための具体的なチェックポイントを作成し個々に確認していくことが考えられる。実態の反映に関しては、例えば、バックテストやストレステスト等の結果を確認することなどが考えられる。また、リスクの制御や銀行経営への活用については、銀行の実務上実施されているかどうかについて、具体的なチェックポイントを作成して個々に確認していくことが考えられる。

以上のような点の確認については、銀行の実務の現況を確認し、総合的に突き合わせてみる必要がある場合が多いことから、検証の方法としては、オフサイトのモニタリングに加え、オンサイトの検査を通じて確認され得ることとされていることが必要となる。

IV 信用リスク管理モデルを反映した自己資本比率規制の課題

以上の考え方に立ち、銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件のうち、具体的かつ個別のチェック・ポイントについては付属文書1に後述するとおりであるが、その中で特に念頭に置くべき点は以下のとおりである。

1 自己資本比率のディスクロージャー

信用リスク管理モデルを自己資本比率規制の中に位置付ける場合には、モデルの算出結果に基づき算定された自己資本比率そのものだけの開示で足りるかどうか問題となる。すなわち、算定結果としての自己資本比率のみならず、信用リスク管理モデルによる計量化過程や算出方法も含めて開示されるべきではないかという論点である。

この点に関しては、信用リスク管理モデルによる自己資本比率算出の適正性は、開示の正確性担保のための監査や、規制目的のための行政によるチェックにより確保されるべきものである。しかし、監査・検査の限界を踏まえ、さらに透明性を確保して市場からの信認を得るといった観点や、各銀行が自己の財務内容を積極的にアピールする観点からは、計量化過程や算出方法についても基本的に開示を行うべきとすることが考えられる。このことは、測定される信用リスクが、基礎となるデータの観測される時期や信用力評価モデルに組み込まれる変数及び演算方法（計量化エンジン）により異なり得ることに対応するものである。なお、マーケットリスクについては既に一定の開示がなされていることにも留意する必要がある。

ただし、マーケットリスクについては、バックテストが有力な検証となること、共通に理解された計量化の手法が確立されていることから、比較的少ない情報で有効な開示が可能であるのに対し、信用リスクについては、モデルや算出過程などについて有効な開示を行うためには、相当量の情報が必要になる等の問題が存在している。したがって、リスク管理体制の開示⁵の一環としてどのような内容がボトムラインとなるかを十分に詰めていく必要がある。

いずれにせよ、信用リスク管理モデルに対応する監査や行政のチェックの在り方については、将来に向けて、実務的な検討が進められていくことが望ましい。

⁵ 業務及び財産の状況に関する説明書類(いわゆるディスクロージャー誌)の記載事項の一つとして、「リスク管理体制」が掲げられている(銀行法施行規則第19条の2第1項第4号イ)。

(参考) 金融商品の会計基準と償却・引当等

2000年4月からわが国の金融商品の会計処理に時価評価を導入する新たな会計基準が導入されるが、その中において償却・引当方法についても見直しが行われている。具体的には、貸倒見積高(貸倒引当金)の算定に当たり、債務者の財政状態及び経営成績等に応じて、債権を一般債権、貸倒懸念債権及び破産更生債権等に区分するとともに、その区分に応じて、過去の貸倒実績率、担保の処分見込額及び保証による回収見込額等を勘案して、貸倒見積高を算定することとされた。その際、貸倒懸念債権に対する貸倒見積高の算定に当たっては、将来の受取キャッシュフローを合理的に見積り、これを当初の約定利子率で割引いた金額と帳簿価額の差額を貸倒見積高とする方法も導入された⁶。このようなキャッシュフローに着目した貸倒見積高の算定という考え方は、既にFASB(米国財務会計基準審議会)やIASB(国際会計基準委員会)においても採用されている。

一方、新たな動きとして、IASBやFASBの金融商品に係る会計基準プロジェクトにおいて、公正価値の算定に当たって期待キャッシュフローを一定の割引率で現在価値に割り引く手法の導入及びその精緻化が検討されつつある。そこでは、銀行が信用リスクを管理するための適切なモデルを整備していることを前提に、そのシステムにおける信用格付けに基づき期待キャッシュフローや割引率を算定し、もって貸出金の公正価値を算出しようとしている。

このように、財務会計において進展しているキャッシュフローに基づく公正価値を時価の一つに含めようとする考え方では、一定の信頼性を持つ信用リスク管理モデルの存在が不可欠となりつつあり、当局における措置の在り方の検討においては、このような流れとの整合性を図ることを念頭に置いておく必要がある。

2 リスクアセットの算定⁷

リスクアセットの算定については、信用リスク管理モデルの構成とその運用の両面にわたって、実態に応じたきめ細かいチェックが必要である。そのほか、信用リスク管理モデルが各銀行の創意工夫に基づき様々であることを考えれば、とりわけバックテストを通じてモデルのパフォーマンスをチェックすることが重要である。

バックテストの対象については、個別与信ごとのバックテストであれば、有効な手段であると考えられる。これは、十分な標本量があり、統計的整理になじみや

⁶ 企業会計審議会「金融商品に係る会計基準の設定に関する意見書」(平成11年1月22日)参照。

⁷ 前出パーゼル委員会・市中協議ペーパーでは、一部の先進的な銀行に対し、内部格付に基づくアプローチを自己資本賦課額を決定するベースとすることが提案されている。

すいことに加え、仮にバックテストのパフォーマンスが悪い場合であっても、個別与信ごとの測定誤差が相互にオフセットすることも見込まれるため、直ちに致命的な問題となるわけではないからである。

さらに、リスクアセットの算定に関しては、信用力相関や大口集中効果の測定のバックテストの扱いが論点となる。これには、個別与信ごとのバックテストと異なり、標本量が少なく、統計的整理になじみにくい等の問題がある。そこで、連鎖倒産や大口倒産が生じる場合を想定し、一種のストレステストを組み込むことが考えられる。このストレステストは、バックテストに代わるものであることから、その結果を規制内容にフィードバックさせることが考えられる。

このような信用力相関や大口集中効果を具体的なリスクアセットの算定方式にどのように織り込むかという点については、例えば、相関関係を考慮した一定のリスク量を算出して付加（アド・オン）する方法や、逆に、あらかじめ付加したリスク量を与信分散の程度に応じて減少（ヘア・カット）させる方法など、標準的アプローチとのバランスにより取扱いを決めていくことが考えられる。

なお、回収率については、既述のとおり、担保の種類に応じた定数値とされたり、特定の確率分布を仮定してその変動を織り込むなどとされているだけで、景気循環による変動が考慮されていない例が多い。しかし、我が国における過去の担保価値の大幅な変動に鑑みれば、景気に関連する何らかの変動を考慮することが考えられる。また、信用リスク管理モデルそのものにインフレ率等の経済状態に関する情報を組み入れることで対応も考えられる。バブル経済の発生と崩壊を省みれば、規制上も、こうした何らかの工夫が行われていることを要件とすることが考えられる。

3 所要自己資本

信用V a Rによるポートフォリオ・ベースの信用リスクの測定や、それに基づく信用リスクの制御・自己資本の配分への利用については、そのプロセスも含めて的確に行われているかという観点から、実態に応じたきめ細かいチェックが必要である。

実態の反映の確認については、信用V a Rに基づき規制上の所要自己資本を設定することは、銀行監督当局としてどの程度の銀行の破綻を容認できるかという問題となる。この点は、預金保険制度などのセーフティネットの状況にもよるが、破綻の発生を極力抑えようとする場合には、信頼区間として少しでも大きな値を設定せざるを得ないこととなる。このような基本的な関係を踏まえて、信用V a Rに基づき規制上の所要自己資本を設定することの問題点を整理すれば、以下のとおりである。

まず、V a Rの概念上、信頼区間を超える確率で発生する損失額がどうであるかは問

われなため、発生する損失額が自己資本額を超え銀行が破綻する可能性がどの程度あるかは明らかではない。また、信頼区間を超える部分で大きいポジションをとるようなリスク・プロファイルをつくることを促進しかねないという副作用も考えられる。このような信用VaRの問題に対処するため、発生する損失額が自己資本額を超える確率やを超える部分の損失額を推定するという手法を取り入れることも考えられる⁸。

次に、信用VaRについては、銀行の破綻のサンプル数が少なく、リスク測定の的確性を判断するための十分長い期間が必要であるため、バックテストが容易に行えないという問題がある。

第3に、計算負荷や有効数字といった技術的な問題もある。例えば、モンテカルロ・シミュレーション法により、99.97%点を求める場合を考えると、シミュレーションの回数を現在の1万回程度から大幅に引き上げることが考えられるが、そのための計算負荷は膨大なものとなる。これに対して、格付遷移確率等のデータ精度がたかだか3ケタ(多くは2ケタ)であるとすれば、有効数字の観点からそこまでの精密な計算を行うことは余り意味がないとも考えられる。

信用VaRに基づく規制上の所要自己資本の設定については、以上のような問題点と前述のような経済合理性の双方を踏まえて検討していくことが必要である。

以上のような問題を念頭に置きつつも、現時点の試行的な考え方として、信用VaRに一定の計数を掛けたものを規制上の所要自己資本額とすることも考えられるが、当面の対応としては、信頼区間として特定の割合を定めず、むしろ、信用VaRの算出結果とその際の信頼区間、自己資本額と信用VaRとの比率、発生する損失額が自己資本額を超える確率などを開示することが考えられる。

⁸ この点に関しては、最近、「VaR値以下の期待値 (expected loss below VaR)」という概念が提案されている。例えば、(1) Uryasev, S. and Rockafellar, R. T., "Optimization of Conditional Value-at-Risk", Research Report #99-4 (June 23, 1999), Dept. of Industrial and Systems Engineering, University of Florida, (2) Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. and Heath D., "Thinking Coherently", Risk 10 (1997) 68-71, (3) Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. and Heath D., "Coherent Measures of Risk", Working Paper, Institut de Recherche Mathématique Avancée, Université Louis Pasteur et C.N.R.S, 1998, (4) Bucay, N. and Rosen, D., "Credit Risk of an International Bond Portfolio: a Case Study", ALGO Research Quarterly 2 (1999) 9-29 など。

付属文書 1：信用リスク管理モデルの具体的論点

1 個別与信の信用リスク

(1) 信用力評価

イ 銀行経営における活用

リスクの測定

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- 信用リスクの顕在化のとらえ方については、債務者のデフォルトが生じた場合にのみ信用損失が発生すると定義するデフォルト・モード方式と、格付けの変更を債権価格の変動の代理変数と考える格付変動方式とがある。この二つの方式は、信用リスク量の評価基準として簿価評価を用いるか、時価評価を用いる（MTM方式）かという問題とも密接に関連する。
- デフォルトについての統一的な定義はなく、法的倒産に限らず、広く債務者区分の劣化を意味するものとして、それぞれの信用リスク管理モデル上定義されている。格付け区分のうち、一定以下の格付けとなることがデフォルトと定義されることが多い。
- 信用力評価モデルのファクターとしては、与信額、デフォルト率又は格付遷移確率並びに回収率の三つが基本となる。
- 信用リスクについては、与信額、デフォルト率及び回収率の不確実性が大きく、かつ、相関をもっている。この不確実性は、各資産や各債務者について存在しているため、特定のファクターを確定的と仮定したり、ファクター間の独立を仮定する等の対応が行われている。
- 回収率の設定は、データが十分でない等の理由から、担保の種類に応じ、不動産価値の変動状況、抵当権順位等を加味した定数値とされたり、ベータ分布等特定の確率分布を仮定してその変動を織り込むなどにより行われている。
- 資産自己査定における債務者区分との関係では、下位の格付けを破綻先、実質破綻先、破綻懸念先、要注意先と一致させるとともに、正常先には数段階の格付けが付与されている例がみられる。後者については、外部格付会社の格付け区分等も参考にして設定される例がある。
- 債務者等の格付けの区分は、格付けの対象とされないもの（例えば、個人・消費者向けローンなどが対象とされない場合がある。）を除き、企業価値ないし信用リスク度に応じた数段階の区分（5～18段階程度）に分類される。

- 信用格付けは債務者区分及び引当金計上方法とも関連するが、デフォルトを保守的に定義し、要注意先の一部に相当する格付け区分への遷移も含まれるとした場合には、一般貸倒引当金計上の対象債権もモデル上はデフォルト先と扱われる。
- 信用格付けの実施者としては、融資担当者が起案し、審査担当部等において決裁される例が多いと考えられるが、小規模貸出先のように支店長専決とされる場合がある。
- 信用格付けの検証は、客観性を確保し、担当者の恣意性を排除するため、与信監査部等により、事由に応じて定期・不定期に行われる。
- 信用格付けの改訂は、決算後の経過期間等を目安とした定期的な見直しのほか、延滞等取引先の信用状態に重大な影響を与える事態が発生した場合に行われる臨時的な見直しも実施される。
- 信用格付けの的確性については、実際のデフォルト率との比較により検証されることが多い。
- ある銀行においては、信用格付けのための格付けモデルについて、国内事業法人用を対象とし、二群判別モデルを用いた判別力の測定（倒産・非倒産及びデフォルト・非デフォルトの判別）を行っている。
- あるモデル・ベンダーの信用リスク管理モデルにおいては、ロールオーバーを明示的に考慮している。すなわち、銀行与信の中にサイト1年以内の手形貸付等の短期与信でロールオーバーされるものが相当数含まれることから、個別取引件別ごとに、例えば、資金用途や取引先親密度等に応じてロールオーバーをさせるか否かのフラグを立て、多期間での信用リスク量を計測する。本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。
- デフォルトの定義が、自己査定による債務者区分や、会計上の貸倒引当金計上方法との間で食い違いが生じている場合には、論理的な整合性が確保されていても、部内的な説明が難しくなるため、この点をどう整理するかが課題である。
- 信用力評価モデルについては、マクロ経済の動向や、必要に応じて地域経済の動向も考慮に入れた構成とすることが望ましい。
- 例えば、信用金庫や信用組合などの場合に、定量情報が少ない信用供与先への運用が多いことを踏まえて、どのような対応を考える必要があるかが問題となる。
- 定性データが主体の主観的なスコアリングを用いる信用格付けについては、

客観性の確保と恣意性の排除が課題である。

リスクの制御

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- ある銀行においては、信用力評価モデルの算出結果については、自己査定（信用格付けを基準に実施）与信決裁権限（信用格付けごとに決裁可能金額を規定）債権管理（信用格付けにより自動的に要管理先を選定・解除）担保評価サイクル（低格付先ほど短い）保全基準ガイドライン（信用格付けごとに保全取得率の基準を設定）与信上限（信用格付けごとに1社与信上限、グループ与信上限を規定）などの個別与信管理に用いられている。
- ある銀行においては、期待損失、予期されない損失、経費を反映させた採算基準を設け、これをクリアした場合は取引方針ベクトルを上向きとし、未達の場合は取引方針ベクトルを下向きとするなど、融資の取上方針やプライシングと密接に結びつけている。

本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。

- 信用力評価の結果を融資の取り上げ方針やプライシングに利用する際には、内部格付けモデルが経営陣にとってブラックボックス化するのを防ぐとともに、数値の意義についての十分な理解の下に融資先への説明が行われるよう、組織内リテラシーの確保が課題となっている。
- 信用リスクの制御手段として、事後的な商業貸出の流動化は難しい面があることから、オリジネーション段階における対応が中心とならざるを得ない。
- 信用リスク管理モデルの与信プライシングへの反映については、経費、資金コスト（ALMコストを含む。）信用スプレッド（期待デフォルト・ロス見合いのコスト）キャピタルチャージ（信用リスクアセット見合いのコスト）真の超過利益をベースとすることが望ましい。
- 信用リスク管理モデルの与信プライシングへの反映については、ALM、与信ポートフォリオ運営、営業部門といった各部門の計画が、実績との対比において検証可能となるよう、資金コスト、信用スプレッド、キャピタルチャージ、営業部門の付加価値（営業部門の経費及び利益）などの構成要素に分解して管理されることが望ましい。

□ 規制への反映のための要件

ディスクロージャー

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件の候補として、会計制度との整合性、監査による正確性の担保による比較可能性の確保の観点から、以下のものが考えられる。

- 信用力評価が自己査定に基づく債務者区分や償却・引当と整合的に行われるなど、財務会計やディスクロージャーと整合的な体系となっていること⁹。
- 格付けシステムの概要とともに、システムが自己査定に基づく債務者区分や償却・引当と整合的である旨が開示されること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- デフォルトを保守的に定義し、要注意先の一部に相当する格付け区分への遷移も含まれるとした場合には、一般貸倒引当金計上の対象債権もモデル上はデフォルト先と扱われる。経済的実態を踏まえ、デフォルトの定義と債務者区分・引当計上方法との間の整合性を検討する必要がある。

客観性等の確保

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件の候補として、客観性、銀行間の平等性の確保の観点から、以下のものが考えられる。

- 信用力評価における個別与信のリスク測定プロセスや現実への適合性についての一定のベンチマークに基づいていること。
- 上記の要件が満たされていることについて適正な監査を経ていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- 信用力評価における個別与信のリスク測定プロセスや現実への適合性についての一定のベンチマークが一律的なものとなることによって、例えば、特定の現象によって市場全体が一方向的に反応するといったことのないよう、ボトムラインとして認められる程度について、検討が必要である。

⁹ 前出金融検査マニュアル・信用リスク検査用マニュアルにおいては、『「信用格付」とは、債務者の信用リスクの程度に応じた格付をいい、信用リスク管理のために不可欠のものであるとともに、正確な自己査定及び適正な償却・引当の基礎となるものである。また、信用格付は、債務者区分と整合的でなければならない。』とされている。

銀行経営の健全性への寄与

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するためには、信用リスク管理モデルが活用され、そのことが、それを利用しない場合に比べて、銀行経営の健全性確保に十分に寄与していることが必要である。その際の要件の候補として、以下のものが考えられる。

(i) リスクの測定

- 信用力評価モデルのファクターについて、デフォルト・モード方式であるか、MTM方式であるかを問わず、少なくとも、与信金額、デフォルト率(格付遷移確率)、回収率、債務者関連の四項目を概念的に含む包括的な構成となっており、全体として欠落のない構成となっていること。
- 信用力評価モデルのファクターについて、ファクター間(例えば、デフォルト率(格付遷移確率)と回収率など)の整合性や、ファクター(例えば、デフォルト率(格付遷移確率))と基礎データ間の整合性が図られていること。
- デフォルトの定義が信用力評価モデルの構成・ファクターや内部管理と整合的であること。
- 信用力評価モデルのファクター等に係る推定方法や仮定に合理性、整合性、的確性があること。
- 信用力評価モデルのファクターのうち、回収率の変動が考慮に入れられていること又は低下し得ることが保守的に見込まれていること。
- 信用格付けについて、独立した審査を行う体制をとるなど、客観性の確保、恣意性の排除のための体制がとられていること。
- 信用格付けについて、一定の事由が生じた場合に所要の見直し・改訂が行われることとなっていること。
- 信用リスク管理モデルの構成とその運用の両面にわたって、実態に応じたきめ細かいチェックが当局により行われること。
- バックテストを通じてモデルのパフォーマンスが良好であることが当局により確認されること。バックテストの対象については、個別与信ごとのバックテストであれば、有効な手段となる。
- 実質的なロールオーバー等が信用リスク管理モデルの算出過程において明示的に考慮される仕組みがとられているなど、銀行取引の実態に応じた信用リスクの測定・制御のために必要な体制・プロセスがとられていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- 回収率の変動の考慮の仕方として、どのようなものまで容認するかが今後の課題である。この点については、例えば、景気に関連する何らかの変動を考慮することや、信用リスク管理モデルそのものにインフレ率等の経済状態に関する情報を組み入れることでの対応が必要かが問題となる。
- 信用リスク管理モデルの算出過程においてロールオーバーが明示的に考慮される仕組みがとられていることが必要とされる場合でも、ロールオーバーの期間として、例えば1年とすべきか3年とすべきかは、国等の差異により債務者の行動などにも差異があることから、それらに応じたものとなるよう検討する必要がある。

(ii) リスクの制御

- 信用力評価の結果が融資の取上方針やプライシングにおける基礎資料として用いられていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- リスクウェイトの設定方法が一律的なものとなることにより、例えば、特定の現象によって市場全体が一方向的に反応するといったことにならないよう、検討を行うことが必要である。

(2) データ

イ 銀行経営における活用

データの蓄積

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- ある銀行においては、格付け履歴（与信案件登録・決裁システムに登録され、格付け履歴データベースに名寄せした格付け履歴を保有。）地域属性（海外店の場合に所在国及びリスク国を各1ヶ国）業種属性（国内は4業種、海外はS I Cに基づく1業種）企業グループ情報（関連会社属性として中核企業のインデックスと中核企業との関係）保全（担保システムに評価額データと詳細な権利明細データを保有。住所データはあるが用途地域情報はない。）等のデータを保有している。
- 多数の銀行が参加して構築しているある共同データベースにおいては、参加各行における信用リスク管理モデルへの活用の観点から、偏りのない十分なサンプル数の確保、銀行の取引層に合致したデータの蓄積、自行データと

参加行全体のデータとを比較することによる地域の特性の客観的な把握などを目的として、参加行共同による運営が行われている。

- 信用格付けの与信先データについて、取引種類、規模、業種、地域等に偏りがあるなど、社外情報の併用が効果的な場合もあることから、格付に利用可能な内部・外部の情報を組み合わせて利用している。
- 上記の共同データベースのシステムは、各行のサーバにおいて個別行データを蓄積する「ローカル」と、個別行データを集積し、全体として蓄積・管理する「センター」とで構成される。共同データベース「ローカル」では、各取引先ごとの履歴データを保持し、格付の遷移やデフォルト実績などに関するデータを蓄積していく。一方、共同データベース「センター」は、各行の「ローカル」に蓄積されるデータの一部が年一回送付され、これを蓄積することにより、個別行データでは得られないサンプルに基づいた、より広範囲な履歴データを参加各行に還元するものである。その際、個別行データの匿名性確保や名寄せ処理、時系列データにおけるサンプル数の目減りを回避するための仕組み等について、工夫が施されている。

本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。

- 信用力評価モデルにより信用リスクを的確に測定するのに十分なデータベースを構築するためには、その必要性に対する経営陣の高い認識が必要である。
- 上記の共同データベースにおいては、将来的には、共通のデータと尺度に基づくリスク評価を拠り所として、地域集中リスクを互いに分散しあうための債権売買スキームを共同で構築していくことによって、リスクの分散にも資することを視野に入れている。
- 信用分析に用いられるヒストリカル・データに係るインフラを構築することが必要とされる場合には、インフラ整備の必要性と、債務者のプライバシー確保（銀行の守秘義務）や不公正取引等の問題との間の調整をどのように図るべきかが問題となる。
- 連結規制が行われる場合の連結子会社が保有するデータに係る連結子会社の守秘義務についての調整をどのように図るべきかが問題となる。
- データベースの構築に当たっては、統計パッケージ、ネットワーク、リレーショナルなデータベース化、外部のデータベースとのリンク等により、銀行の業務に活用しやすいことが望ましい。

データの入力

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- データの種類として、実務上、中小企業貸出先が多くデータの入手可能性に制約があることから、市場データを用いない方法が主軸である。また、財務面の定量情報を補完するものとして定性情報が用いられることも多い。
- データの信用力評価モデルへの入力については、フロント・オフィス等において、モデルの構築時に意図された構成と方法に沿って実施が図られている。
- 格付遷移行列において論理的な整合性を確保するために実績値を修正する場合や、累積デフォルト率に基づいたモデルを用いる場合などにデフォルト実績のサンプルが少ないことによる不整合をデータ上で補整することがある。

本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。

- データのインフラ整備については、民間信用情報提供機能の強化から国営によるデータ管理まで様々な対応・方法が考えられるが、いずれにしても顧客情報の守秘義務等の問題も踏まえて充実させることが今後の課題である。
- デフォルト発生等の過去の観測に基づいて相関や損失の分散を算出する場合には、景気循環の上昇・下降局面を含むデータを使用することが今後の課題である。
- デフォルト率の推定は、既存のデータに基づいて行うため、例えば、新規企業やベンチャービジネスなどの場合には、必要なデータが得られないなど、困難なことが多い。こうした場合の信用供与の在り方と信用リスク管理モデルの関係についてどう考えるかが問題である。
- 上記のようなデータの修正・補整については、修正の大きさに応じて、修正の内容・趣旨の記録、修正の判断をする権限の管理等について内部ルールが設けられることが望ましい。

□ 規制への反映のための要件

ディスクロージャー

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件の候補として、会計制度との整合性、監査による正確性の担保による比較可能性の確保の観点から、以下のものが考えられる。

- 蓄積されているデータがベンチマークに基づいていることについて、監査で確認されていること。

客観性等の確保

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件の候補として、客観性、銀行間の平等性の確保の観点から、以下のものが考えられる。

- 蓄積されるデータについては、確率計算を行う際、結果の精度を確保するため、十分な標本量、業務内容からみて特定の地域や業種に偏らないこと。
 - データの時系列の面では、統計の内容に質的な継続性がある範囲内で十分に長いこと。
 - 以上のほか、正確性、適時性、信用力評価の基準の一貫性などに基づくこと。
 - 上記 の要件が満たされていることについて適正な監査を経ていること。
- 以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。
- データの時系列の面では、統計の内容に質的な継続性がある範囲内で十分に長いことが必要である一方、その標本が示す情報の量や、標本の母集団である経済構造の変化という問題もあることから、これらを踏まえ、どのようなデータ構成とすべきかについての検討が必要である。

銀行経営の健全性への寄与

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するためには、信用リスク管理モデルが活用され、そのことが、それを利用しない場合に比べて、銀行経営の健全性確保に十分に寄与していることが必要である。その際の実要件の候補として、以下のものが考えられる。

(i) データの蓄積

- モデルの構成に沿ったデータの収集・蓄積体制が十分にとられていること。
- データベースの構築のための体制が十分にとられていること。
- データの収集・蓄積について、自行が弱い領域については外部情報を補完的に利用することとなっているなど、合理的かつ的確な方法によっていること。
- 的確なデータ管理態勢がとられていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- ヒストリカル・データに係るインフラ整備の必要性と、銀行の守秘義務や不公正取引等の問題との間の調整について実務上工夫がなされる際に、どのような方策が必要かを検討する必要がある。
- 連結規制が行われる場合の連結子会社が保有するデータに係る連結子会社の守秘義務の調整について実務上工夫がなされる際に、どのような方策が必要かを検討する必要がある。
- 連結子会社についても統合的なリスク管理を行うほか、一律のリスクウェイトにより一括して処理する方法なども検討する必要がある。

(ii) データの入力

- データの信用力評価モデルへの入力体制やプロセスに齟齬や遺漏がないとともに、改ざん等の余地がないこと。
- 定性情報については、財務面の定量情報を補完するものとして用いられていること。
- モデルの構成に沿ったデータの蓄積・入力体制が十分にとられていること。
- データの信用力評価モデルへの入力については、フロント・オフィス等において、モデルの構築時に意図された構成と方法に沿って実施が図られていること。
- データの信用力評価モデルへの入力に関し、債務者の実態に即して入力される体制がとられていること。
- データの信用力評価モデルへの入力に関し、データを入力する者に対し、基礎データとモデルとの関係について理解を図るための体制がとられていること。
- データの信用力評価モデルへの入力に関し、既存データ以外に債務者に係る重要なデータがある場合に、それも加味して入力が行われる体制がとられていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- データの時系列の面での理論的検討を踏まえた上で、信用力評価モデルへの入力に関し、規制としてどの程度の時系列データを求めるべきかを検討する必要がある。

2 ポートフォリオ・ベースの信用リスクと所要自己資本

イ 銀行経営における活用

リスクの測定

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- ポートフォリオ・ベースの信用リスクは、個別与信の信用リスクを基に測定されることとなる。その際、ポートフォリオ・ベースの不確実性は、分散投資効果により、個別与信の不確実性の総和よりも小さくなる。
- ある銀行の信用リスク管理モデルにおいては、貸出金額、倒産確率、保全変動、貸倒相関のデータから損失額の確率分布を求めるに当たり、確率分布と特性関数が1対1対応していることを利用し、まず特性関数を求めて、それをフーリエ逆変換することにより確率分布を求めている。信用力相関の考慮については、複数の債務者に共通な経済全般にわたる要因と当該債務者の独自要因の双方によりデフォルトになると仮定し、フーリエ変換により損失額の条件付確率分布を求めることにより行われる。この手法により、比較的少ない計算負荷で、かつ、特定の分布を推定せずに確率分布が算出され、特定大口与信や小口与信分散の効果が確率分布として表示される。
- ある銀行の信用リスク管理モデルにおいては、格付変動方式の下で、業種間の相関と業種と個社間の相関を織り込むことで、連鎖倒産・与信の集中リスクを捕捉している。
- あるモデル・ベンダーの信用リスク管理モデルにおいては、関連企業の連鎖倒産を考慮し、他業種に事業展開する仮想企業グループを設定し、グループ内の企業がその企業独自の業種ウェイト、独自性ウェイト以外に、グループとの親密度に応じたウェイトをもつものと仮定して、株価等をウェイト決定に用いて信用力を推定している。
- ある銀行では、モンテカルロ・シミュレーション法により信用VaRを算出しているが、経営上の活用にあたっては、シミュレーション結果からテールの長さを予測し、それが標準偏差の何倍かを把握して、これをベースに解析モデルで出てきた標準偏差に固定した倍数をかけることにより、説明資料としている。
- ある銀行では、大口企業グループの信用力が大幅に悪化した場合や、リスクの集中している先からリスクに比して採算が良好とみられる先へ与信をシフトした場合など、様々な前提条件のデータを作成して、モンテカルロ・シミュレーションによりシナリオ分析が行われている。

- ある銀行においては、消費者向けローンを無格付、無相関とし、ローン商品ごとに、過去の倒産率と貸倒額を基にシナリオを発生させ、モンテカルロ・シミュレーションにより損失額の分布を算出している。

本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。

- 債務者相関については、ヒストリカルデータによる統計的に有意な推定は難しい面があるものの、信用リスク量に与える影響は非常に大きいため、信用リスク管理モデルにおいて債務者相関を考慮する際の手法について検討する必要がある。
- モンテカルロ・シミュレーション法により信用VaRを算出する場合には、計算のつど算定結果が異なり、前月比較等の内容分析が十分にできないこととなるが、こうした統計処理の特性について経営陣の理解を得ることが課題である。
- ある銀行では、バックテストの結果、平均的な損失についてのモデルの精度は極めて安定的であるが、99%の損失額といった特異な部分については、モデルの精度を説明する程に十分な実績データを有していないため、その点が今後の課題となっている。
- ある銀行では、信頼水準の外に広がるテール（例えば、99.9%の損失額）の把握、対策についてのストレステストについては、これからの課題となっている。
- ストレステストに当たっては、個別のファクターが変動した場合に全体が大きく変動するかどうかには留意することが特に必要である。
- 消費者向けローンなどに係るデフォルト率の推定に当たり、管理対象件数が膨大であるため、思い切った簡略化が行われている場合には、十分保守的であることが必要である。

リスクの制御

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- ある銀行の信用リスク管理モデルにおいては、ポートフォリオ・ベースの信用リスクの測定結果を個別与信の信用リスクの制御に活用するための工夫として、「信用リスクデルタ」という手法が用いられている。これは、同じ格付けの企業への貸出に対する標準的なリスク量を算定するもので、銀行全体のポートフォリオから支店、個別案件に至るまで適用可能な共通の尺度とな

る。モンテカルロ・シミュレーション法により信用VaRを算出するため、与信のたびにシミュレーションを行うことが不可能であることに対応し、あるセグメントに対する貸出の増加がポートフォリオ全体のリスク量に与える限界的変化を、信用リスクデルタとして、セグメント別に線形近似するための工夫を行っている。なお、これにより算定された格付け別のデルタの合計とポートフォリオ全体のリスクとは一致するように調整されている。

- ある銀行の信用リスク管理モデルにおいては、ポートフォリオ全体の損失額をその期待値部分と期待値の周りの分散として把握し、確率変数であるその分散のとり最大値（与信集中効果）を一定の信頼度（標準偏差の一定倍）の下で推定し、与信分散を進めるために与信集中効果を推定するための工夫が行われている。また、デフォルト率の確率的変動もモデル化し、変動の期待値の分散のとり最大値（デフォルト率変動効果）を一定の信頼度の下で推定し、業種集中、地域集中を制御するためにデフォルト率変動効果を推定するための工夫が行われている。
- ある銀行では、モンテカルロ・シミュレーション法により信用VaRを算出しているが、個別与信に係る限界的なリスク（個々の取引先のポートフォリオに対するリスク・コントリビューション）には、別途、解析モデルを用い、標準偏差に一定の倍数を掛けたものを、その取引が使用する経済的自己資本として扱っている。

本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。

- 債権流動化やクレジットデリバティブが信用リスクの制御の主要手段となるためには、そのための市場の厚みや流動性が前提として必要である。
- モンテカルロ・シミュレーション法により信用VaRを算出する場合に、その算出過程の計数を用いて個別与信に係る限界的なリスクを測定する上では、計算負荷が大きいために、どのような頻度で行うかが問題である。

銀行経営への活用

本研究会での議論によれば、実務上、以下のような取扱いが行われている。

- ある銀行においては、信用リスク管理モデルにより得られた信用リスク（銀行全体・部門別・支店別・顧客別）に、計量化されたマーケットリスク及び政策投資株に係る株価リスクを統合してリスク調整後の統合ROEを算出している。
- ある銀行においては、信用リスク管理モデルの算出結果等に基づき、与信

額、期待損失、経済的自己資本額、RAROC（リスク調整後資本収益率）、EVA（経済的付加価値）等を、リスク統括委員会、経営会議等、経営陣へ定期報告するなど経営管理に活用している。

- ある銀行においては、信用リスク管理モデルの算出結果を経済的自己資本の配分に用い、各カンパニーが予算・業務計画に基づいて必要額を予算請求する際、使用可能な経済的自己資本額の上限枠と位置付けている。

本研究会での議論によれば、以下のような意見があった。

- 信用リスク管理モデルは、銀行経営に十分活用されることが必要である。その分野としては、本部から支店に到るまでの各組織、リスク管理から人事評価に到るまでの各業務とする必要がある。

□ 規制への反映のための要件

ディスクロージャー

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件の候補として、会計制度との整合性、監査による正確性の担保による比較可能性の確保の観点から、以下のものが考えられる。

なお、信用VaRに基づく規制上の所要自己資本の設定を行わない場合における当面の対応としては、信頼区間として特定の割合を定めず、むしろ、信用VaRの算出結果とその際の信頼区間、自己資本額と信用VaRとの比率、発生する損失額が自己資本額を超える確率などを開示するということも考えられる。

- リスクアセットの算定に際し信用力相関が考慮されていることが監査により確認されていること。
- 自行の信用VaRを算出するプロセスにおける信頼区間、保有期間、観測期間等の各パラメータの設定値が開示されること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- 開示内容として、モデルの算出結果に基づき算定された自己資本比率のみならず、信用リスク管理モデルによる計量化過程や算出方法についても開示を行うものとする場合に、どのような内容がボトムラインとなるかを検討する必要がある。

客観性等の確保

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規

制において反映させることとする場合に、それを許容するための要件の候補として、客観性、銀行間の平等性の確保の観点から、以下のものが考えられる。

- リスクアセットの算定に際し信用力相関が考慮されることにより、分散・集中効果についての一定のベンチマークに基づいていること。
- ポートフォリオ・ベースの信用VaRを算出するプロセスにおいて、信頼区間、保有期間、観測期間等の各パラメータについて、当局が設定する値以上に設定していること。
- 上記の要件が満たされていることについて適正な監査を経ていること。
以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。
- 上記の信頼区間等の値の設定値については、マーケットリスクと信用リスクとの特性の相違（信用リスク以外のリスクと比較した相対的な規模の大きさ、タイム・ホライズンの長さ、ファット・テールの大きさ、近年の景気動向等）を十分踏まえて合理的な設定が行われる必要がある。

銀行経営の健全性への寄与

銀行が自らの経営判断において用いる信用リスク管理モデルを自己資本比率規制において反映させることとする場合に、それを許容するためには、信用リスク管理モデルが活用され、そのことが、それを利用しない場合に比べて、銀行経営の健全性確保に十分に寄与していることが必要である。その際の実要件の候補として、以下のものが考えられる。

(i) リスクの測定

- 小口与信への分散や特定大口与信への集中等が信用力相関の結果として信用リスク管理モデルの算出結果に反映されたり、貸出先企業間の親子会社関係・関連会社関係のグループ企業に係る情報等が信用リスク管理モデルの算出過程において明示的に考慮される仕組みがとられているなど、ポートフォリオの特徴に応じた信用リスクの測定・制御のために必要な体制・プロセスがとられていること。
- リスクアセットの算定に関して信用力相関や大口集中効果を測定するため、連鎖倒産や大口倒産が生じる場合を想定したストレステストが組み込まれること。
- 信用リスク管理モデルの測定値と実際の信用損失額を事後的に比較するバックテストが定期的実施される体制がとられていること。
- ポートフォリオ全体について厳格なストレステストが定期的実施され、

その結果がリスクの制御に反映される体制がとられていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- 信用力相関や大口集中効果を具体的なリスクアセットの算定方式にどのように織り込むかが検討課題である。この点については、例えば、相関関係を考慮した一定のリスク量を算出して付加（アド・オン）する方法や、逆に、あらかじめ付加したリスク量と与信分散の程度に応じて減少（ヘア・カット）させる方法など、標準的アプローチとのバランスにより取扱いを決めていくことが考えられる。
- 信用力相関や大口集中効果の測定のためのストレステストは、バック TESTINGに代わるものであることから、その結果を規制内容にどのようにフィードバックさせるかが検討課題である。
- 発生する損失額が自己資本額を超える確率や超える部分の損失額を推定するという手法を取り入れることにより、信用 VaR の問題に対処することを検討する必要がある。
- 信用 VaR の値が具体的な算出方法により異なってくるため、これにどのように客観性を持たせるかが検討課題である。

(ii) リスクの制御

- 信用リスクの制御に関し、例えば、リスク管理システムの設計・運営に責任を負う、与信部門から独立したリスク管理部署（与信監査部門を兼ねるものを含む。）が存在するなど、必要なリスク管理体制が整備されていること。
- ポートフォリオ・ベースの信用リスクの測定過程での計数を用いて、例えば、追加的与信に係る限界的リスクを計測するなど、与信額上限の設定の基礎資料として利用されていること。
- ポートフォリオ・ベースの信用リスクの測定過程での計数を用いて、例えば、既存のポートフォリオを所与として、その信用リスク構造を修正するため、債権流動化、クレジットデリバティブの利用等を行うための基礎的な経営情報とされていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

- 信用リスク管理モデルを活用して、債権流動化やクレジットデリバティブによってどの程度分散の効果を見込んでいけばよいかを検討することが必要である。

(iii) 銀行経営への活用

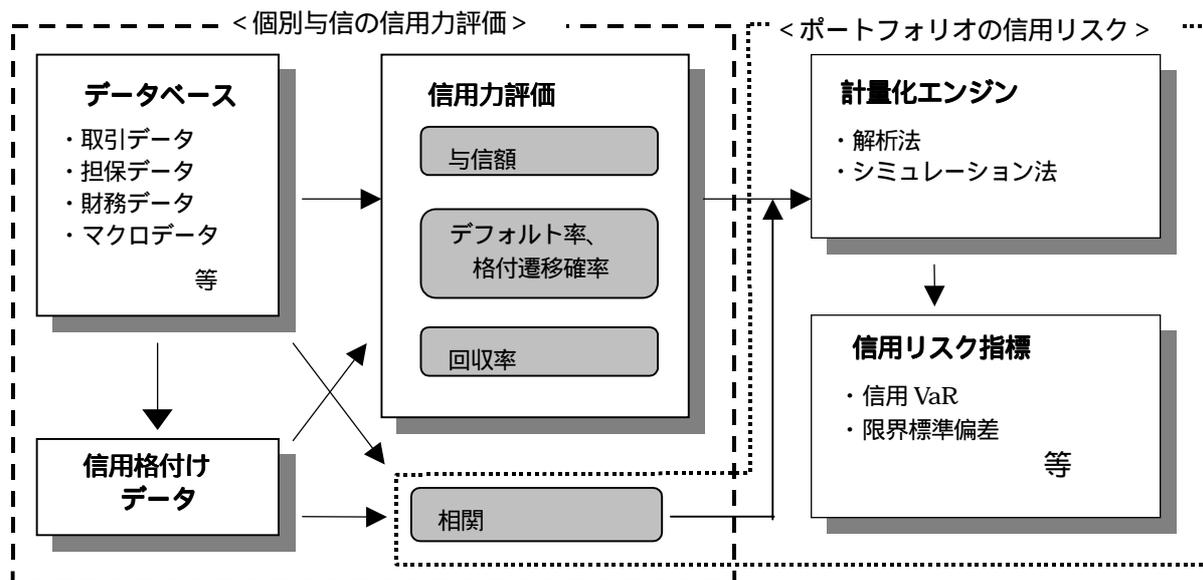
- 信用リスク管理モデルが経済的自己資本の配分など、経営管理上も広く利用されること。
- 信用リスク管理モデルを経営上用いることが、例えば、顧客との間のトラブルの原因になるなど、却って弊害をもたらしていないこと。
- 信用リスク管理モデルの算出結果に基づき、経済的自己資本の水準について、適正準備が行われていること。

以上に関し、今後、以下の点を検討する必要がある。

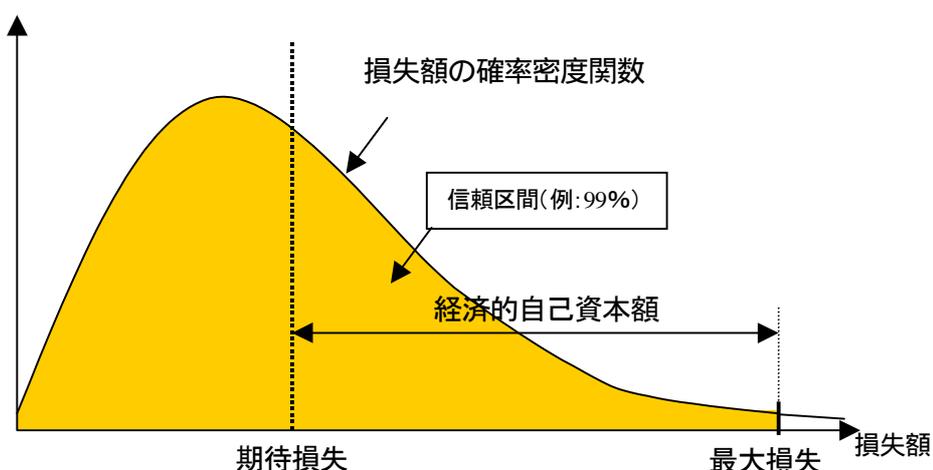
- 信用リスク管理モデルが銀行経営に活用されているとするために、モデルの特性に関する経営陣の理解・判断として求められる程度について検討する必要がある。

1 基本的な構成

信用リスク管理モデルの基本的構成は、一般的には図1のとおりである。自行データベース及び債務者の信用格付けから信用リスク計量に必要なパラメータ（ファクター）を計算し、それをもとに計量化エンジンによって図2のようなポートフォリオの損失額の確率密度関数（PDF：Probability Density Function of Losses）が算出される。このPDFをもとに信用VaR等の信用リスク指標が算出される。



（図1）信用リスク管理モデルの基本的な構成図



（図2）損失額の確率密度関数

¹⁰ 本論は、報告書本体（特に「1 信用リスク管理モデルの構成」）の理論的側面を中心に補足的な説明を行うものである。

ポートフォリオの損失額を \tilde{L} 、その確率密度関数を $f(x)$ とおくと、最大損失額、期待損失額及び予期されない損失額の一般的な定義式は、以下のように記述される。

$$\bullet \text{最大損失額 (} X \text{) } \quad \Pr\{\tilde{L} \leq X\} = \int_{-\infty}^X f(x)dx = \alpha \quad (1)$$

$\Pr\{\}$: 括弧内の条件を満たす確率、 α : 信頼区間

$$\bullet \text{期待損失額 (Expected Losses) } \quad E[\tilde{L}] = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x)dx \quad (2)$$

$E[\cdot]$: 括弧内の期待値

$$\bullet \text{予期されない損失額 (Unexpected Losses) } \quad X - E[\tilde{L}] \quad (3)$$

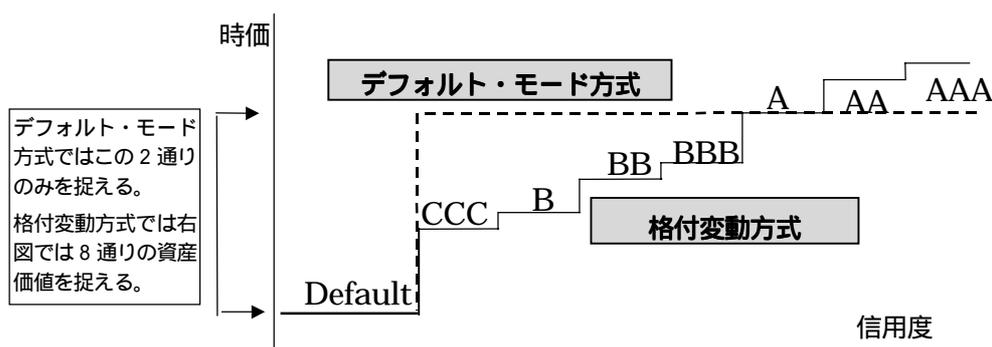
予期されない損失額は、信用リスクに対する経済的自己資本額 (Economic Capital) に対応するものである。

このようにして計量化された信用リスクをもとに、例えばRAROC (リスク調整後資本収益率)¹¹等の概念を用いたキャピタルアロケーション、リスクリミット設定、プライシングへの活用等、銀行の信用リスク管理に活用されている¹²。

2 個別与信の信用リスク

(1) クレジットイベント

クレジットイベントを捉える際のデフォルト・モード方式と格付変動方式を図示すれば、図3のとおりである。



(図3) クレジットイベントの捉え方

¹¹ RAROC (Risk-Adjusted Return on Capital) は、バンカース・トラストによって70年代後半に導入されたもので、資本配分に係る経営指標として用いられている。

¹² 信用リスク管理への活用方法について包括的に述べた著書として、西田[1995]、関野[1996]、安田・大久保[1998]、マッテン[1998]等を参照。

(2) 信用リスクの定量化

イ デフォルト・モード方式の場合

資産 i が将来のある時点においてデフォルトする確率を \tilde{P}_i 、資産 i の与信額を \tilde{E}_i 、デフォルトした場合の回収率を \tilde{R}_i とすると、資産 i の損失額 \tilde{L}_i は以下で表される。

$$\tilde{L}_i = \tilde{E}_i \cdot \tilde{P}_i \cdot (1 - \tilde{R}_i) \quad (4)$$

与信額 \tilde{E}_i 、デフォルト確率 \tilde{P}_i 、回収率 \tilde{R}_i はそれぞれ不確実性を持つ確率変数であり、損失額 \tilde{L}_i も確率変数となる。

ポートフォリオ全体の損失額 \tilde{L} は、それぞれの資産間の相関を考慮し、各資産 i のそれぞれの損失額 \tilde{L}_i を合計することで得られる。

ロ 格付変動方式の場合

資産 i が将来のある時点において格付け j に遷移する確率（格付遷移確率）を \tilde{P}_{ji} 、格付け j に遷移した場合の資産 i の与信額を \tilde{E}_{ji} 、格付け j に遷移した場合の回収率を \tilde{R}_{ji} とすると、資産 i の損失額は以下で表される。

$$\tilde{L}_i = \sum_j \tilde{E}_{ji} \cdot \tilde{P}_{ji} \cdot (1 - \tilde{R}_{ji}) \quad (5)$$

ポートフォリオ全体の損失額 \tilde{L} （確率変数）は、それぞれの資産間の相関を考慮し、各資産 i のそれぞれの損失額 \tilde{L}_i を合計することで得られる。

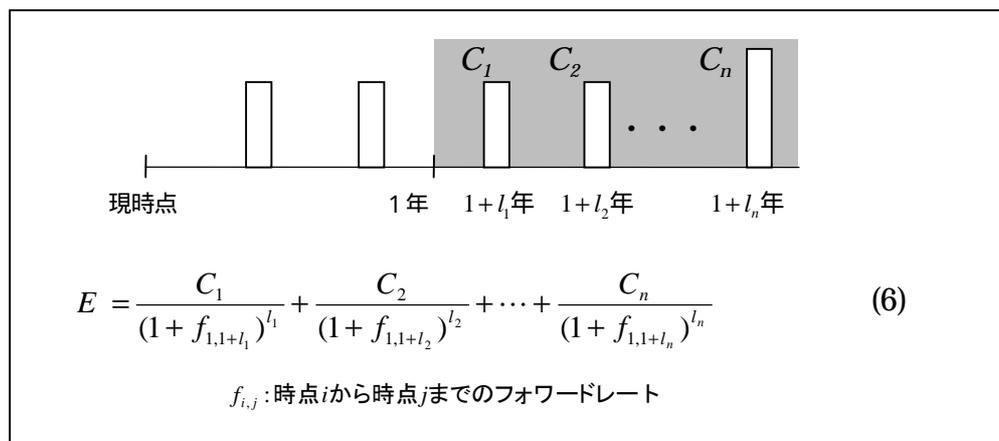
八 相関

デフォルト・モード方式の場合においても格付変動方式の場合においても、個々の資産 i における与信額 \tilde{E}_i （ \tilde{E}_{ji} ）、デフォルト確率 \tilde{P}_i もしくは格付遷移確率 \tilde{P}_{ji} 、回収率 \tilde{R}_i （ \tilde{R}_{ji} ）、それぞれのファクター間に相関が存在する。また、各リスクファクターにおいて資産間の相関も存在する。このように複数の不確実性をもつファクターがそれぞれ相関をもつ場合に、モデルの構築上（解析解の導出、シミュレーションの時間制約等）、各債務者のリスクファクター \tilde{E}_i 、 \tilde{R}_i 、 \tilde{P}_i の相関を 0 とする、債務者間のあるリスクファクターの相関を 0 とする（例：回収率の債務者間相関を 0 とする）等の仮定が置かれる。

二 DCCF 法

DCCF（Discount Contractual Cash Flow）法とは、将来のキャッシュフローを現在価値に割り引いて時価を算出する方法である。割引率に何をを用いるかは様々であるが、例えば Credit MetricsTM においては、残存キャッシュフローを格付け別イールド

カーブ（現在の格付け別イールドカーブから算出される1年後のフォワードレートカーブ）で割り引くことによって与信額 E を算出する（図4）。



（図4）CreditMetrics™ における与信額の算出

ホ RNV 法

時価を算出する方法として、派生証券の価格付け理論において用いられる RNV（Risk Neutral Valuation）法（危険中立化法）を用いる方法もある。RNV 法を適用するためには、派生証券と原証券が市場で活発に取引されており、無リスクポートフォリオをこの二つの資産の間で構築することが可能であるという前提を必要とする。そのため、主に市場性のある資産（債券、スワップ等）あるいは信用リスクデリバティブズの評価に用いられる¹³。もし、無リスクポートフォリオを形成することが困難である場合には、投資家のリスク選好をあらわすパラメータがモデルの中にあらわれてくるため、モデルの実用性に問題が生じる。

(3) デフォルト率、格付遷移確率

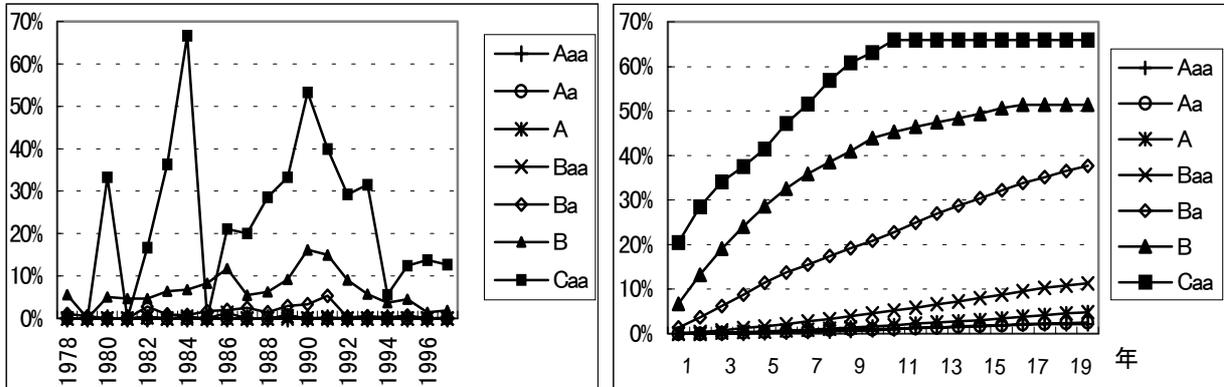
イ 格付けデータを用いるアプローチ

格付けデータを用いるアプローチとは、将来のデフォルト率および格付遷移確率を、格付けデータを用いて推定する手法であり、行内格付けデータまたは外部格付け会社の公表する格付けデータ（デフォルト・データ）を様々な角度から統計分析（トラック調査等）するものである。

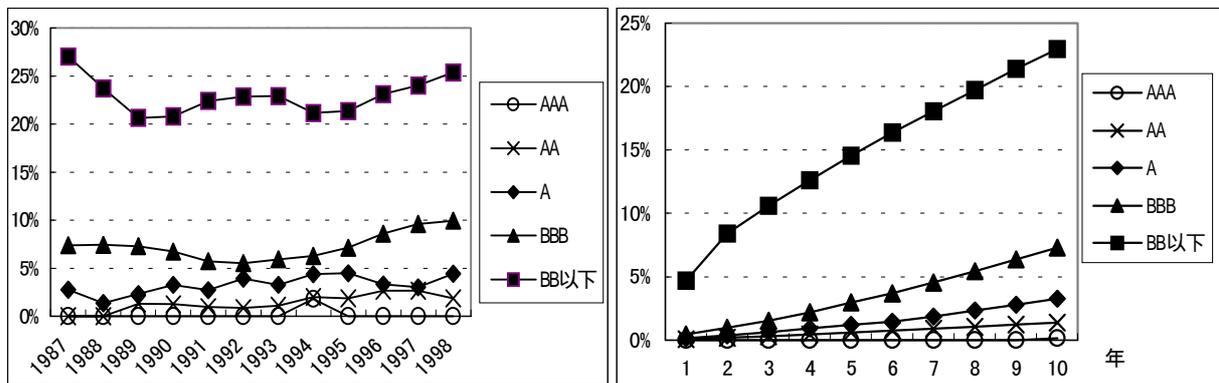
¹³ Longstaff and Schwartz[1995]、Jarrow and Turnbull[1992]、Duffie and Singleton[1994]等を参照。日本での実証研究例としては、小田・村永[1996]、鈴木[1996] [1997]、Kijima and Komoribayashi[1998]、家田[1999]、家田・吉羽[1999]等がある。

デフォルト・モード方式の場合

デフォルト・モード方式の場合には、格付け別デフォルト率や格付遷移行列からデフォルト率を推定することとなる。外部格付け会社から発表されている格付け別のデフォルト率や累積デフォルト率の実績値の例を図5、図6に示す。



(図5) 格付け別年間デフォルト率、累積デフォルト率の例 (Moody's の場合)¹⁴



(図6) 格付け別10年後信用リスク比率、累積信用リスク比率の例

(R&I (日本格付投資情報センター) の場合)¹⁵

累積デフォルト率や限界デフォルト率を用いることで、デフォルトの期間構造を織り込んだ定量化が可能となる。

また、ハザードモデルを用いて、デフォルトの期間構造を数理モデル化するアプローチもある。

ハザードモデル (Hazard Model) とは、時点 t にデフォルトしていなかった企業が次の瞬間にデフォルトする確率 (ハザード率、限界デフォルト率) をもとにデフォルトを記述するモデルであり、主に生存時間解析 (医学、信頼性工学) の分野で活用されてきた手法である。ハザード率 $h(t)$ は、デフォルトの時点を τ とすると次

¹⁴ 「利払いしないし元本返済の不履行もしくは遅延」をデフォルトと定義。

¹⁵ 日本における公開企業の倒産例が僅少なため、倒産・経営破綻、債務超過、3期連続経常損益赤字、3期連続経常収支赤字となる比率を「信用リスク比率」として定義している (ただし、は0.5件としてカウント)。

式のように条件付確率密度として定義される。

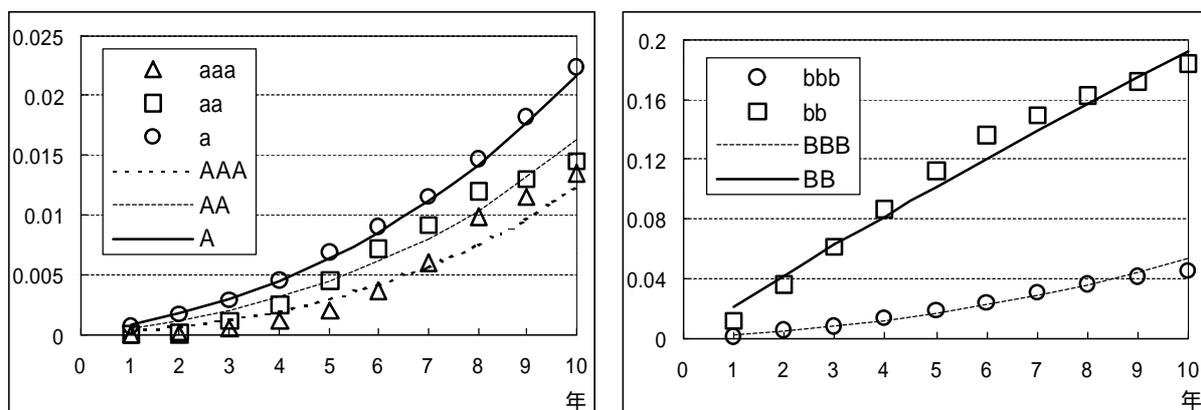
$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr\{t \leq t < t + \Delta t | t \geq t\}}{\Delta t}, t > 0 \quad (7)$$

ある邦銀では、ハザード率にワイブル分布（Weibull distribution）を仮定したハザードモデルを用いてモデル構築を行っている。格付け別のハザード率を $h_i(t)$ とし、次式のようなモデル化を行っている。

$$h_i(t) = m_i \cdot h_i^{m_i} \cdot (t + l_i)^{m_i-1} \quad (8)$$

ここで、 m_i は形状を表すパラメータで、 $m_i = 1$ の時に $h(t)$ は一定、 $m_i > 1$ の時に $h(t)$ は増加関数、 $m_i < 1$ の時に $h(t)$ は減少関数となる。 l_i はロケーションパラメータと呼ばれ、時間変換の役割を果たす。また、 h_i は強さを表すパラメータで、ゼロ時点のハザード率の大きさに対応する。

式（8）のパラメータを推計することでハザード率 $h_i(t)$ がモデル化され、また、累積デフォルト率¹⁶がモデル化される。このモデルにより推計された累積デフォルト率を図 7 に示す。



（図 7）累積デフォルト率のモデルによる推計値及び実績値¹⁷

格付変動方式の場合

格付変動方式の場合には、格付けの変更を債権価格の変動の代理変数と考えるため、デフォルト確率を含む概念として格付遷移確率の推定が必要となる。外部格付け会社から発表されている格付遷移確率の実績値の例を表 1、表 2 に示す。

¹⁶ 累積デフォルト率は、 $1 - \exp \int_0^t (-h_i(s)) ds$ で計算される。

¹⁷ 小文字（aaa, …）は実績値、大文字（AAA, …）は推計値を表している。このグラフは、当該銀行がハザードモデルの実証のために外部格付けを利用して作成したものであり、実際のモデルに入力されているものとは異なる。

(表1) 年間格付遷移確率行列 (S&P: 1997年3月現在)

		1年後の格付け (%)							
		AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	Default
現在の格付け	AAA	90.81	8.33	0.68	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00
	AA	0.70	90.65	7.79	0.64	0.06	0.14	0.02	0.00
	A	0.09	2.27	91.05	5.52	0.74	0.26	0.01	0.06
	BBB	0.02	0.33	5.95	86.93	5.30	1.17	0.12	0.18
	BB	0.03	0.14	0.67	7.73	80.53	8.84	1.00	1.06
	B	0.00	0.11	0.24	0.43	6.48	83.46	4.07	5.20
	CCC	0.22	0.00	0.22	1.30	2.38	11.24	64.86	19.79

(出典) J.P.Morgan[1997]

(表2) 10年間格付遷移確率行列 (R&I: 1999年5月現在)¹⁸

		10年後の格付け (%)									
		AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	CC	C	消滅等
現在の格付け	AAA	62.28	25.05	6.06	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	6.39
	AA	11.02	65.38	14.48	1.15	0.22	0.00	0.00	0.00	0.32	7.43
	A	1.32	27.19	46.93	5.00	0.82	0.10	0.00	0.00	0.35	18.29
	BBB	0.00	2.54	30.03	27.82	1.80	0.09	0.00	0.00	0.09	37.63
	BB	0.00	0.29	15.75	22.82	3.88	0.52	0.00	0.00	0.00	56.74
	B	0.00	0.00	15.67	3.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.08
	CCC	0.00	0.00	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.40
CC	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	

(出典) R&I[1999]

格付遷移確率行列に期間構造を持たせる際に、吸収マルコフ連鎖モデルを用いるアプローチがある。マルコフ連鎖とは、将来時点の状態の確率分布が現時点の状態のみに依存して決まる離散的な状態空間をもつ確率過程のことをいい、吸収とは状態の中に一度到達したら抜け出せない状態があることをいう。

企業の離散的な格付けの状態空間を $N = \{1, 2, \dots, K, K+1\}$ とし、状態 $K+1$ を吸収状態とする。状態 1 が最高の格付け、状態 2 がその次の格付け、状態 K が最低の格付け、状態 $K+1$ がデフォルトに対応する。このとき状態空間 N 上の確率過程を $\{X(t); t=0, 1, 2, \dots\}$ 、格付けが状態 i から状態 j に遷移する確率を $q_{i,j} = \Pr\{X(t+1) = j | X(t) = i\}$ とおくと、格付遷移確率行列は以下のように表される。

$$Q = \begin{pmatrix} q_{1,1} & q_{1,2} & \cdots & q_{1,K+1} \\ q_{2,1} & q_{2,2} & \cdots & q_{2,K+1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ q_{K,1} & q_{K,2} & \cdots & q_{K,K+1} \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$t=k$ から $t=l$ までの格付遷移確率行列を $Q_{k,l}$ と表すと、 $t=0$ から $t=n$ までの格付遷移確率行列は、

¹⁸ 「C格」が倒産事象を表す。「消滅等」とは、格付け推移を追跡している会社について格付けしていた債券が全て償還された場合、または合併に伴い会社自身が消滅した場合を指す。

$$Q_{0,n} = Q_{0,1}Q_{1,2} \cdots Q_{n-1,n} \quad (10)$$

で算出され、格付遷移の期間構造を記述することができる¹⁹。

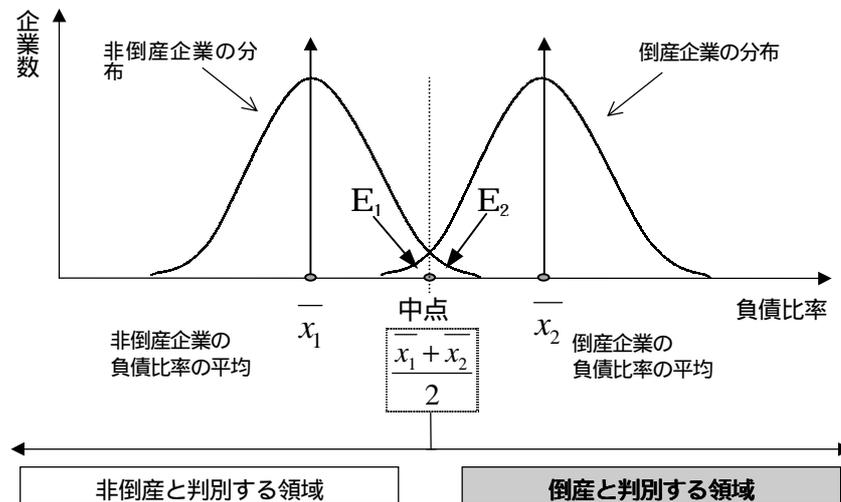
□ 財務データを用いるアプローチ

公表されている財務データを利用して個別企業の倒産確率を予測しようという研究は古くから行われている。技術的には、判別分析、線形回帰分析、非線形回帰分析（ロジット分析、プロビット分析等）、ハザードモデルといった手法を用いて倒産確率を算出する。

判別分析

判別分析とはあるデータ集合を複数の群に分けるための手法である。

1 変量による倒産・非倒産の判別を考える²⁰。いま、今後ある期間（例えば1年後）の倒産・非倒産企業を判別するための説明変数として、財務諸表における負債比率を例として考える。これらの分布が正規分布しその分散が等しい²¹と仮定すると、倒産・非倒産を「判別」する点は、この2つの分布の平均値 \bar{x}_1, \bar{x}_2 の中点とすることが合理的な決定方法となる（図8）。なぜなら、その点で倒産企業を非倒産企業と誤る誤判別確率（ E_1 ）非倒産企業を倒産企業と誤る誤判別確率（ E_2 ）が等しくなり、その合計が最小になるからである（ E_1 を type エラー、 E_2 を type エラーという）。



（図8）一変量判別分析

¹⁹ リスク中立確率のもとで評価する場合は、観測格付遷移確率行列 Q ではなくリスク中立確率に変換した行列 \tilde{Q} を用いる。Jarrow, Lando and Turnbull[1997]を参照。

²⁰ 基本的な考え方は Beaver[1968a][1968b][1966]に遡る。

²¹ 2つのグループの分散が異なる場合にはマハラノビスの距離判別が用いられる。

倒産・非倒産を判別するためのリスクファクターが複数ある場合には、複数のファクターの線形結合（加重平均）をもって同様な分布を描き判定する多変量判別分析（MDA：Multivariate Discriminant Analysis）が用いられる²²。ウェイトは、分布の平均値の差を大きく、また、それぞれの分布の分散を小さくするように決定される。

回帰分析

母集団における t 期の倒産確率 π_t は、 t 期の k 個のリスクファクター（要因、指標、説明変数）によって、以下のような式で説明できると仮定する。

$$\pi_t = \psi \left(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt} \right) \quad (11)$$

ここで、 $\psi(\cdot)$ は単調増加関数である。この倒産確率を推計するにあたり、データとして利用可能なのは、過去の倒産、非倒産の例である。この場合、倒産企業を1、非倒産企業を0として、これから倒産確率 π_t の推定値を得る。この関数 $\psi(\cdot)$ をどのように想定し、同時にパラメータ β_j をどう推定するかが問題となる。 $\psi(\cdot)$ に線形関数を仮定したモデルとして線形確率モデル、また、非線形の関数を仮定したモデルとしてプロビットモデル、ロジットモデル等²³がある。

(i) 線形確率モデル

線形確率モデル（LPM：Linear Probability Model）では、リスクファクターの線形和で倒産確率を表す。

まず、従属変数 y_t として、倒産企業は1、非倒産企業は0とした線形回帰モデルを考える。

$$y_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt} + \tilde{u}_t \quad (12)$$

ここで、両辺の期待値をとると、 $E[y_t] = \pi \cdot 1 + (1 - \pi) \cdot 0 = \pi$ であるので、以下のような倒産確率推定式が得られる。

$$\pi_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt} + \tilde{u}_t \quad (13)$$

各係数 β の推定については、一般化最小2乗法が用いられる。これは、通常の

²² Altman[1968]、後藤[1989]等をはじめとして多数の論文がある。

²³ 森平[1994]、Boyes[1989]、Jonson and Melicher[1994]等を参照。

最小2乗法によって推定すると、誤差項 \tilde{u}_i に不均一分散が生じているために、一
致性と不偏性は保たれるものの効率性が保証されない等の問題が生じるためであ
る。

線形確率モデルにおいては、推定倒産確率が0と1との区間に入る保証がない
等の問題点がある²⁴。これに対して、推定倒産確率を0と1の間に収めることが
可能なものに、以下のロジットモデル、プロビットモデル等がある。

(ii) ロジットモデル

ロジットモデル (Logit Model) では、加重平均したリスクファクターをさら
にロジット変換したもので倒産確率を表す。

$$\pi_t = \frac{1}{1 + \exp\left(-\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt}\right)\right)} \quad (14)$$

π_t と $1 - \pi_t$ との比の対数をとることにより、倒産確率に対する「対数オッズ」
は、次式のように表される。

$$\ln\left(\frac{\pi_t}{1 - \pi_t}\right) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt} \quad (15)$$

この「対数オッズ」はパラメータに対し線形となっているので、一般化最小2
乗法を用いて係数を推計することができる。

(iii) プロビットモデル

プロビットモデル (Probit Model) では、倒産確率とリスクファクターの線形
結合との間の関係を、累積標準正規密度関数 $\Phi(\cdot)$ によって表現する。

$$\pi_t = \Phi\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt}\right) \quad (16)$$

$$\text{ただし } \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-x^2/2) dx$$

$\Phi^{-1}(\cdot)$ をその逆関数とすると、

$$\Phi^{-1}(\pi_t) = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_{jt} \quad (17)$$

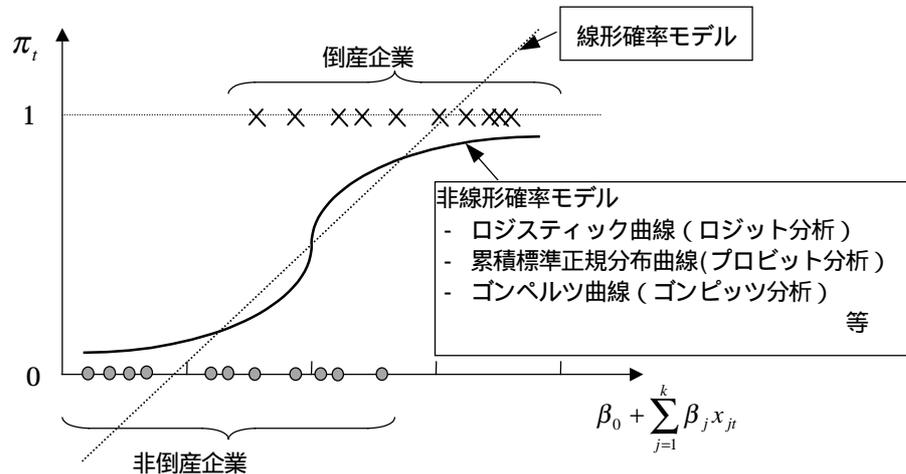
となり、右辺全体はパラメータに対し線形となる。従って一般化最小2乗法を用

²⁴ 線形確率モデルの問題点についてはMaddala[1983]第2章を参照。

いて係数を推計することができる。

(iv) その他

その他、対数線形 (loglinear) 、ゴンペルツ曲線を用いたゴンピッツ (Gompit) 分析等が提唱されている²⁵。



(図9) 回帰分析 (線形確率モデル、非線形確率モデル)

Cox の比例ハザードモデル

ハザードモデルにおいて、特にハザード関数を、

$$h(t, \mathbf{x}) = h_0(t) \cdot \exp\{\beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_m x_m\} \quad (18)$$

と仮定したモデルを Cox の比例ハザードモデルと呼ぶ²⁶。ここで、 x_k はこの企業について観測される k 番目の共変量 (説明変数)、 β_k は各説明変数に対する重み (重要性) を表すパラメータで、全ての企業に共通の値である。また、 $h_0(t)$ はベースライン・ハザード関数と呼ばれ、時間 t にのみ依存する部分であり、ワイブル分布等によりモデル化されることが多い。

八 オプション・モデルを用いるアプローチ

企業のバランスシートにおいて、将来の企業資産価値が負債額を下回る (自己資本額が負となる) ことをデフォルトと定義し、企業資産価値を原資産価格、負債額を権利行使価格とするヨーロピアン・コールオプションとみなして価格付けを行う。この

²⁵ これらの変換の具体的な形状については、Aldrich and Nelson[1984]、Maddala[1983]等を参照。

²⁶ 例えば Looney,Wansley,Lane[1989]、Lane,Looney,Wansley [1986]では、銀行の倒産確率の期間構造推定に Cox の比例ハザードモデルを適用している。

ようなオプションモデルを用いたアプローチの基本的なアイデアは Merton[1974]に基づく。

t 期の企業資産価値 A_t ($t=0, \dots, T$) が次のような確率過程に従うとする。

$$dA_t = \mu_A A_t dt + \sigma_A A_t dz_t \quad (19)$$

ここで、 μ_A は資産の期待成長率、 σ_A は資産成長率のボラティリティ、 dz_t は増分ウィナー過程である。

現時点の資産価値を A_0 、 T 期における負債価値を D_T 、リスクフリーレートを r_f とおくと、現在の自己資本 E_0 は、ブラック＝ショールズ・モデルを用いて以下のよう表される²⁷。

$$E_0 = A_0 \cdot \Phi(d_1) - D_T \cdot \exp\{-r_f T\} \cdot \Phi(d_2)$$

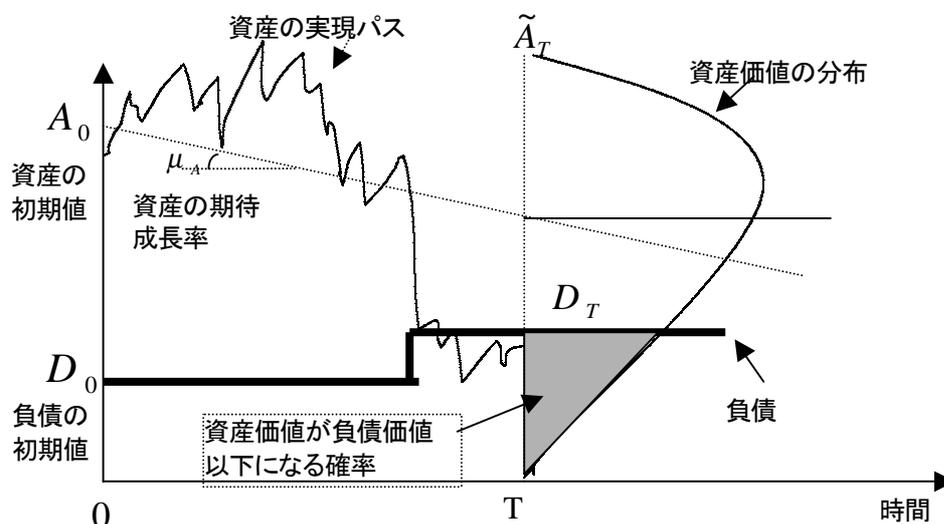
$$d_1 = \frac{[\ln(A_0 / D_T) + (\mu_A + \sigma_A^2 / 2)T]}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad (20)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{T}$$

このとき、デフォルト率は

$$P\{A_T \leq D_T | A_0\} = 1 - \Phi(d_2) \quad (21)$$

で与えられる。



(図 10) オプションモデルを用いたアプローチ

²⁷ ブラック＝ショールズ・モデル、Merton モデルを導出するためには、原証券と派生証券とからなるポートフォリオのリスクがゼロになるようにポートフォリオを組むことができ、従って、そのリターンがリスクフリーレートに等しいという仮定を置く必要がある。通常の株式と株式オプションとの間ではこの議論は成立するが、この場合は、原証券が企業資産、派生証券が株式となり、通常、企業資産には市場性がないため、ブラック＝ショールズモデルを導くことができない。そのため、モデル中に資産の成長率の期待値が現れざるを得ない。また、現在価値に割り引くときの割引率も無リスクレートでなく、信用リスクを調整した割引率とする必要性があり得る。これらの議論に関しては、森平・斎藤[1999]を参照。

この方法では、企業価値 A_t やその成長率のボラティリティ σ_A が必要となるが、そのパラメータを直接推定することは難しく、株式価格やそのボラティリティ²⁸等のデータから推定する方法が用いられる。したがって、こうした方法を適用するためには、デフォルト率を推定する企業の株価に関するデータが必要になってくる。しかし、企業が上場されていない場合や上場されていても流動性が十分でない場合²⁹（例えば中小企業、店頭市場銘柄等）もあることから、それにも適応するようにモデルの拡張がなされている³⁰。

以上の議論は、株式を企業資産に対するコールオプションとみなして倒産確率を求めるものであるが、負債（債券）保有者が企業に対してプットオプションを保有していると考えても、同様の分析が可能である。また、こうした分析において、倒産確率を求めるのではなく、信用リスクのある企業の債券を保有している投資家が要求するリスクフリーレートを上回る信用リスクスプレッドを求め、それをもって信用リスク尺度とする考え方もある³¹。

二 マクロファクターを用いるアプローチ

マクロファクターを用いるアプローチは、倒産確率をそれに影響を与えるマクロ経済要因で説明しようとするアプローチであり、信用リスク管理において、株式や債券のマルチファクターモデルと同様の役割を果たすものである³²。もし、マクロ経済全体あるいは特定の産業等に関して倒産率のデータが入手できる場合には、式（11）の従属変数が実際に観察される倒産率データとなるため、マクロ経済あるいは特定産業の特性をあらわすマクロ経済ファクターを用いて、線形あるいは非線形回帰モデルにより倒産確率を推定することができる³³。また、そのモデルをベースとして、倒産率を説明するマクロファクターの値が一単位増加した時の倒産率に与える影響を推定することも容易になり、信用 VaR を計算することが可能になる。マクロファクターとしては、GNP の変化率、株価指数、失業率等が用いられる。

²⁸ ヒストリカルボラティリティ、インプライドボラティリティをそのまま用いる方法、また CAPM、APT、GARCH 等を用いて推計したものをを用いる方法等がある。

²⁹ 流動性・市場性の低い資産のマルチンゲール尺度については、Longstaff [1995a] [1995b]を参照。

³⁰ Kealhofer[1993]等を参照。

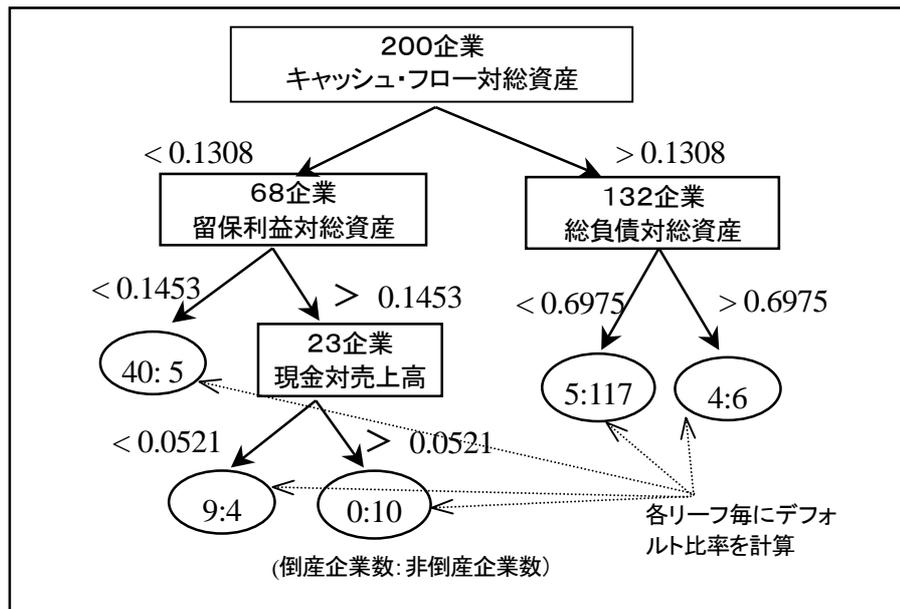
³¹ Merton[1974]は本来こうしたアプローチを説明し、倒産確率の推定が可能であることは示していない。

³² マクロファクターによる倒産確率の推定については、Altman[1984][1983]、Nelson[1970]、Platt and Platt[1994]、Johnsson and Fridson[1996]、太田[1994]等を参照。また、その信用リスク管理モデルへの適用は、McKinsey 社の Credit Portfolio View に具体化されている。モデルの詳細については、Wilson[1997a][1997b]を参照。

³³ こうした方法に基づく倒産確率推定の計量経済学的方法と推定結果については、森平[1996]を参照。

ホ 二進木モデル

二進木モデルとは、全体の集合を財務変数等の変数によって類似のグループに分類していく方法である。図 11 にその例を示す。200 企業が、キャッシュ・フロー対総資産比率をはじめとする変数の値によって分類され、最終的に丸で囲まれたグループ(リーフと呼ばれる)に分類される。そして、倒産実績からリーフ毎のデフォルト率を計算しておく。計量化を行う際には、企業の属性により分類されたリーフのデフォルト率をもって、その企業のデフォルト率とされる。

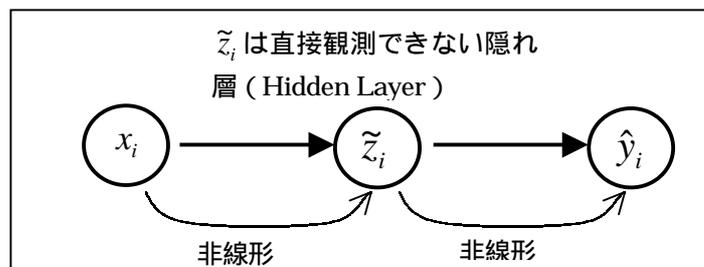


(図 11) 二進木による倒産予測の例

ヘ ニューラル・コンピューティング³⁴

ニューラル・コンピューティング (Neural Computing : NC) とは、線形モデル・非線形モデルを多数階層に繰り返すことによって、倒産・非倒産企業を判別するものである。

1 入力、1 隠れ層、1 出力の簡単なモデル例を考える (図 12)。



(図 12) NC の簡単な例

³⁴ Altman, Marco and Varetto[1994]等を参照。

例えば、 $\tilde{z}_i = \frac{1}{1 + \exp(-(\alpha + \beta x_i))}$ 、 $\hat{y}_i = \frac{1}{1 + \exp(-(a + b\tilde{z}_i))}$ とすると、 \hat{y}_i は、以下の式で表

される。

$$\hat{y}_i = \frac{1}{1 + \exp \left[- \left\{ a + b \left(\frac{1}{1 + \exp(-(\alpha + \beta x_i))} \right) \right\} \right]} \quad (22)$$

NC の目的は、計算値 \hat{y}_i と実績変数 t_i (倒産 = 1、非倒産 = 0 となるインディケータ・ファンクション) との誤差³⁵が最小となるようにパラメータ (α, β, a, b) を試行錯誤によって推定することである。以下に計算方法の考え方を示す。

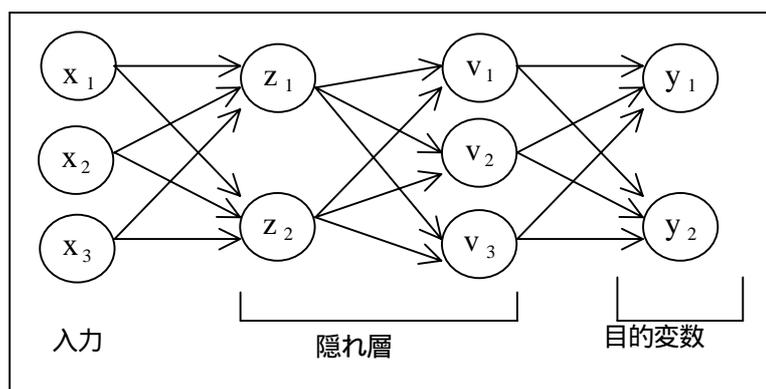
(Step1) ウェイト (α, β, a, b) の初期値を乱数によって決定する。

(Step2) 説明変数 x_i と実績値 t_i を全てのサンプル (倒産企業・非倒産企業) についてモデルに与える。

(Step3) 目的 (出力) 変数の計算値 \hat{y}_i を式 (22) を用いて計算し、実績値 t_i との差を計算する。

(Step4) もし計算値 \hat{y}_i が一定値であれば、終了する。そうでなければ、特定のアルゴリズム³⁶を用いてウェイト (α, β, a, b) を改定する。

実際には、図 13 に示すように多くの入力 (説明) 変数、隠れ層、出力 (目的) 変数が用いられる。



(図 13) NC の構成例

NC による倒産・非倒産企業の判別は、非線形の関数をいくつも組み合わせる (畳み込む) ことによって説明力をあげていると考えられる。

³⁵ この誤差の定義の仕方も多くの考え方がある。

³⁶ ウェイトを改定するアルゴリズムには、非常に多くの方法が考えられている。

ト 数理計画法³⁷

線形計画法 (Linear Programming : LP)、非線形計画法 (NLP) 等の数理計画法を用いる倒産予測モデルは、線形判別分析モデルのように、正規性、等分散性等を仮定することなく、倒産企業と非倒産企業を判別できるという利点を持つ。

いま倒産、非倒産企業の予測にあたって、負債比率と自己資本利益率 (ROE) の2つの変数を用いることを考える。判別にあたって、この2つの変数の加重平均値が、あらかじめ決められた任意の基準値 c より大きければ非倒産企業とし、そうでない時は倒産企業と分類することとする。これを数式で表すと、 i 番目の非倒産企業について、

$$\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} \geq c \quad (23)$$

となる。ここで、 β_1 と β_2 は i 番目の企業の負債比率 x_{1i} と ROE x_{2i} に対するウェイトを表す。他方、倒産企業について、加重平均した評点があらかじめ決めた基準値 c より小さくなければならない。

$$\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} \leq c \quad (24)$$

ウェイト β_1 、 β_2 は、非倒産企業については式 (23)、倒産企業については式 (24) の不等式がなるべくよく成立するように、即ち、 i 番目の企業の加重平均得点が基準値 c から、非倒産企業に関してはなるべく上回り、倒産企業に関してはなるべく下回るように決めればよい。この偏差 d_i とウェイト β_1 、 β_2 は、次の LP 問題を解くことによって得られる (ただし β_1 、 β_2 、 d_i の符号は未定)。

$$\text{Maximize} \Rightarrow \sum_{i=1}^{N_2} d_i \quad (25)$$

Subject to

$$\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} = c + d_i \quad \text{非倒産企業に属する企業} (i = 1, \dots, N_1)$$

$$\beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} = c - d_i \quad \text{倒産企業に属する企業} (i = N_1 + 1, \dots, N_2)$$

新しい企業の倒産・非倒産予測は、 x_1 、 x_2 にその企業の値を代入し、結果が c より大きいかわいかに判断される。また、 d_i がその時のリスク量の推定値となる。

以上で示したものは、数理計画法の中でも LP という最も簡単な方法によって定式化したものであるが、これ以外に種々の拡張が試みられている。

チ 比較

以上に述べた、デフォルト率、格付遷移確率推定モデルの比較を表 3 に示す。

³⁷ Gupta, Ramesh and Prabir [1990]等を参照。

(表3) デフォルト率、格付遷移確率推定モデルの比較

	メリット	デメリット
格付けデータを用いるアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> ・株価等市場データのない中堅・中小企業を含めた格付け付与先全ての企業で信用リスク分析が可能 ・銀行内部の審査プロセスと平仄を取ることが容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・格付けの信頼性に依存 ・データのサンプル数の問題 ・過去データによる将来の予測性の問題
財務データを用いるアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> ・上場企業や大企業でなくてもほぼ全ての企業で財務諸表データが利用可能であるため、中小企業や非上場企業の信用リスク分析が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・財務データの入手頻度、信頼性に依存
判別分析	<ul style="list-style-type: none"> ・計算が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・正規性、分散共分散行列が倒産、非倒産企業で等しいと仮定
回帰分析	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産確率やその信頼限界を直接推定可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・特に非線形回帰モデルを用いる場合、対象企業数が増加すると計算量が指数関数的に増大
Coxの比例ハザードモデル	<ul style="list-style-type: none"> ・限界倒産確率を直接推定し、従って累積倒産確率を推定することが可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・計算はやや複雑であり、特別なソフトウェアが必要
オプション・モデルを用いるアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> ・市場データ(株価とそのボラティリティ)からリアルタイムに倒産確率を推定可能 ・株価を用いるため、投資家の将来の予想を織り込んだ倒産確率の推定が可能 (Forward Lookingアプローチ) 	<ul style="list-style-type: none"> ・株価データが必要なため、本来上場企業に限定 ・企業価値と株式価値、あるいは負債価値との関係を明確にする特定のモデルが必要 ・株式あるいは債券市場がその企業の信用リスク度を明確に織り込んでいない場合は倒産確率推定精度は極めて悪化するため、上の財務データアプローチとの併用が必要
マクロファクターを用いるアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産率に影響を与えるマクロ、あるいは産業ファクターの影響度を知ることが可能 ・債券や株式のマルチファクターモデルと同様なため、市場リスク管理モデルとの統合が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産「率」データの入手可能性がモデルの成否を決定 ・倒産「確率」が倒産「率」に等しいという保証なし ・個別企業の倒産率の推定は不可能
二進木モデル	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産を規定する要因の確率分布を特定化(たとえば正規分布)あるいは等分散性を仮定する必要なし ・予測力は他の方法に比べて高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・予測力を高めるためには枝(ノード)の数が増加 ・精度を上げるために大量のデータが必要
ニューラル・コンピュータリング	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産とそれを規定するファクターとの間の明確な関係を必要としない ・単に結果あるいは出力である、倒産、非倒産の事実とそれに影響を与えるであろう入力(説明)要因データを用意すればよい ・モデル定式化のコストが低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・データマイニング・アプローチであるため、過去の異常値に対してもモデルを過剰にフィットさせようとする傾向があり、将来に適合するかどうかは不明 ・計算時間は企業数が増加するにつれて飛躍的に増加 ・層(layers)をいくつにするか、あるいは層やノード間を結ぶ線形・非線形関数をあらかじめ決める必要があるが、統一的指針なし ・監査可能性の問題
数理計画法	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産を規定する要因の確率分布を特定化(たとえば正規分布)あるいは等分散性を仮定する必要なし ・特に線形計画モデルの場合、企業数が増加しても計算が容易 ・信用リスクの「制御モデル」との統合が容易 	<ul style="list-style-type: none"> ・倒産確率の推定はモデルからの正解率に基づく ・どのような要因が倒産予測に効いているかを判定する基準が統計的な分析方法に比べて不明確 ・線形計画モデルでは、変数間の相関を明示的に考慮しないため、予測力が落ちる(相関を考慮すると非線形計画法を用いることとなるため、計算量が増大)

(4) 回収率

既述のとおり、信用リスクの定量化における回収率の統計的な推計については、データ制約等の実務上の問題があり、実証研究例もごく限られている。社債における回収率の実証例を表4に示す。

(表4) 弁済順位別の回収率の平均及び分散

弁済順位別	平均	標準偏差
Senior Secured	53.80%	26.86%
Senior Unsecured	51.13%	25.45%
Senior Subordinated	38.52%	23.81%
Subordinated	32.74%	20.18%
Junior Subordinated	17.09%	10.90%

(出典) Carty and Lieberman[1996]

3 ポートフォリオ・ベースの信用リスク

(1) 分散・集中の定量化

金額 X を信用度の等しい(デフォルト確率 P) N 社の企業に対して、均等額 X/N に分けて与信したと仮定する。各企業 i ($i=1,2,\dots,N$) の1年後の信用状態を表す確率変数を \tilde{H}_i とすると、次のように定義される。

$$\tilde{H}_i = \begin{cases} 1 & \dots \text{デフォルトした場合 (確率 } P) \\ 0 & \dots \text{デフォルトしない場合 (確率 } 1-P) \end{cases} \quad (26)$$

1年間に発生する損失額 \tilde{L} は、 \tilde{H}_i を用いて次のように表される。

$$\tilde{L} = \sum_{i=1}^N \frac{X}{N} (1-R) \cdot \tilde{H}_i \quad (27)$$

ここで、 R は回収率で、各社で等しいと仮定する。各企業のデフォルトが独立に発生すると仮定すると、 \tilde{L} の期待値と分散は次のように表される。

$$E[\tilde{L}] = X \cdot (1-R) \cdot P \quad (28)$$

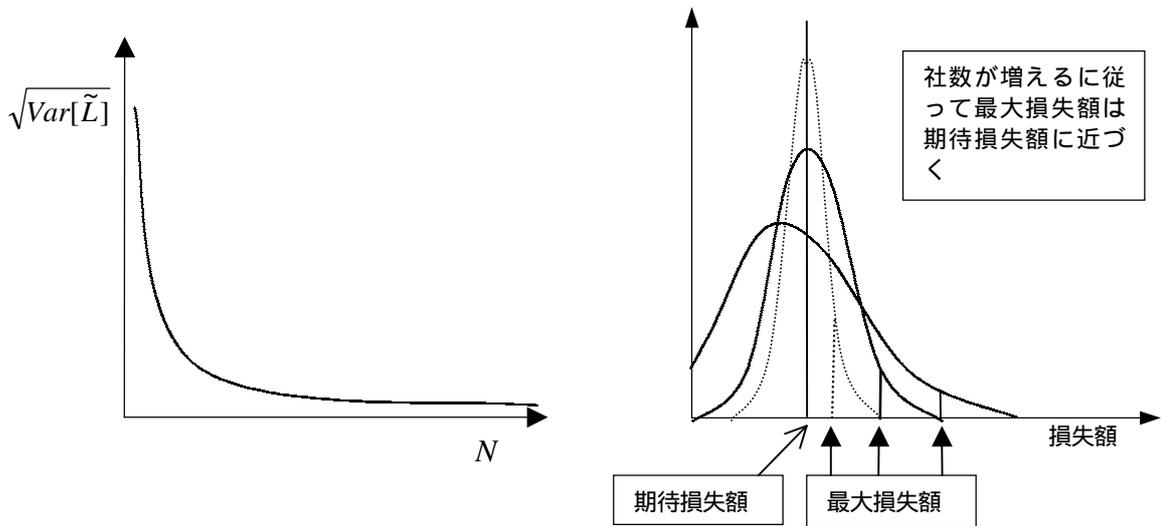
$$\text{Var}[\tilde{L}] = \frac{1}{N} X^2 \cdot (1-R)^2 \cdot P \cdot (1-P) \rightarrow 0 \quad (N \rightarrow \infty)$$

この場合、ポートフォリオの損失額の標準偏差は、 $1/\sqrt{N}$ のオーダーで減少していく(図14a)³⁸。

(図14b)は、与信総額を一定に保ちながら社数を増やしていった時の損失額分布の形状の変化を示したものであるが、デフォルトによる期待損失額に変化がなくとも、最大損失額は低下している様子が分かる。

以上のように、集中化リスク(分散投資効果)を把握することは、重要な意義を有する。

³⁸ 以上については、池森[1999]を参照。



(図 14a) 与信の分散投資効果

(図 14b) 分散投資による損失額分布の変化

(2) 損失額の分布（確率密度関数）の見積り

イ 解析法

損失額の分布を解析的に求めるアプローチで、分散共分散法、確率母関数・ハザード率等をモデル化する方法、さらに特性関数から逆フーリエ変換により分布関数を推定する方法等がある。

ロ シミュレーション法

解析法によらずに損失額の分布を求める場合に、モンテカルロ・シミュレーション法等のシミュレーション法が用いられる。

例えば、CreditMetrics™におけるシミュレーションの大まかな手順は以下のとおりである³⁹。

シナリオ生成：

- ・ポートフォリオ中の債務者に係る資産収益率の閾値を設定する。
- ・正規分布に従う資産収益率のシナリオを生成する。
- ・資産収益率のシナリオを信用格付シナリオにマッピングする。

ポートフォリオの価格評価：個々のシナリオごとに、ポートフォリオを再評価し、新しい信用格付を反映させる。その結果、ポートフォリオの多数の将来価値が算定される。

結果の集計：以上による価値のシナリオ生成により、ポートフォリオ価値の分布が推定される。

³⁹ J.P. Morgan & Co.[1997]を参照。

(3) 相関関係の推定方法

イ 相関

債務者間の相関を求める方法としては、外部格付けや行内格付けのヒストリカルデータから算出する方法、株価や債券価格といった市場価格のヒストリカルデータから算出する方法等がある。

ロ 企業資産価値モデル

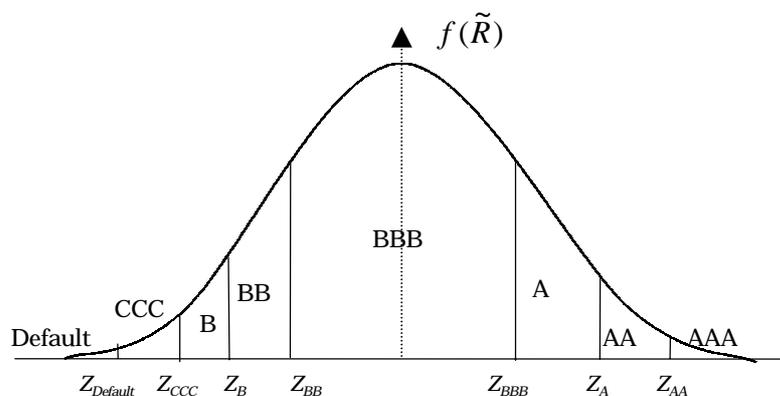
企業資産価値モデルによるアプローチは、離散的な企業の将来の格付けを企業価値という連続変数に置き換えることによって、相関を考慮した格付遷移の結合遷移確率を容易に算出できるようにしたものである。

Merton モデルを拡張した企業資産価値モデルは、企業価値の収益率 $\tilde{R} (= d\tilde{A}_t / A_t)$ に正規性を仮定した上で、これと与えられた格付遷移確率とが整合性を保つように、 \tilde{R} の確率密度関数 $f(\tilde{R})$ に閾値 Z_i を設定する (図 15 参照)。

$$\Pr\{X \leq i\} = \Pr\{\tilde{R} \leq Z_i\} = \Phi\left(\frac{Z_i - \mu}{\sigma}\right) \quad (29)$$

$\Pr\{X \leq i\}$: 将来の格付け X が i 以下になる確率

Z_i : 格付け i 以下となる閾値



(図 15) 企業価値の収益率の確率分布と格付遷移のモデル化

したがって、以上のように閾値が決定されれば、企業価値 A_t の変動によって、信用格付けの変化を記述することができる。もし、企業価値 A_t が直接測定できない場合は、式 (29) に代えて格付け予測の計量モデルを直接用いることも一つの考え方であろう⁴⁰。

⁴⁰ 格付け予測モデルの一例については、中山・森平[1998]を参照。

ある邦銀では、企業資産価値モデルを用いて、業種間の相関と業種・個社間の相関を織り込んだ計量化を行っている。

企業*i*の格付推移変数を A_i とし、その企業価値変動が業種の変動によって説明できるとし、以下の回帰モデルを用いる。

$$dA_i = a_i + b_{1i} X_1 + b_{2i} X_2 + \dots + b_{ni} X_n + \varepsilon_i \quad (30)$$

X_j : 業種*j*に共通な変動要因

a_i : 企業*i*の成長度

b_{ji} : 業種*j*の変動要因に対する企業*i*の感応度

ε_i : 企業*i*固有の変動

$$\text{ただし、業種寄与率} = \sqrt{\frac{\text{Var}(\sum_j b_{ji} X_j)}{\text{Var}(dA_i)}}$$

$$\text{業種比率} = b_{1i} : b_{2i} : \dots$$

で定義され、係数は業種寄与率及び業種比率により決定される。

扱いやすくするため、 dA_i を平均0、分散1の標準正規分布となるように係数を調整し($dA_i \sim N(0,1)$) また、1企業1業種と仮定する(企業*i*の業種を $G(i)$ とする)。

このとき、 dA_i は、以下のように定義される。

$$dA_i = r_i \cdot X_{G(i)} + \sqrt{1-r_i^2} \cdot \varepsilon_i \quad (31)$$

ただし、

$X_{G(i)}$: 企業*i*が属する業種に共通するファクター $\sim N(0,1)$

ε_i : 企業*i*固有のファクター $\sim N(0,1)$

r_i : 企業*i*の業種 $G(i)$ に対する業種寄与率

$\rho_{\varepsilon_i \varepsilon_j} = 0 (i \neq j) \quad 1 (i = j)$ (異なる企業変数間の相関は0)

$\rho_{\varepsilon_i X_{G(j)}} = 0$ (企業変数と業種変数間の相関は0)

$\rho_{X_{G(i)} X_{G(j)}}$: 業種 $G(i)$ と業種 $G(j)$ の相関係数

$\rho_{dA_i dA_j} = r_i \cdot r_j \cdot \rho_{G(i)G(j)}$

業種間相関行列を固有値分解することで、乱数を発生させる。その上で、モンテカルロ・シミュレーションを行うことにより、ポートフォリオの連鎖倒産・与信の集中リスクを織り込んだ計量化が行われる。

4 ポートフォリオ・ベースのリスクに関する指標

(1) VaR 指標以外のリスク指標⁴¹

ポートフォリオ・ベースのリスク（市場リスク及び非市場リスク）に関する指標について、市場の完全性を仮定しない場合には、VaR 指標に代わる指標が必要ではないかという議論が近時行われている。例えば、coherent なリスク指標であるためには、ポートフォリオのリスク指標 $\rho(\cdot)$ が以下の 4 つの条件を満たすことが必要であるとするとともに、VaR 指標は*1 の条件を満たさないとされる。

$$\begin{aligned} *1 \quad & \rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y) && \text{[sub-additivity]} \\ *2 \quad & \rho(t \cdot X) = t \cdot \rho(X) && \text{[homogeneity]} \\ *3 \quad & \rho(X) \geq \rho(Y), \text{ if } X \leq Y && \text{[monotonicity]} \\ *4 \quad & \rho(X + r \cdot n) = \rho(X) - n && \text{[risk-free condition]} \end{aligned} \tag{32}$$

そこで、VaR 指標に代えて、新しいリスク指標が提案されている。具体的には、「VaR を超える期待損失 (expected loss exceeding VaR)」、即ち、「 α の確率で超えることのない価値を $-VaR$ とした場合に、 $-VaR$ を超える損失が発生する期待値」であり、Conditional VaR (CVaR)、Mean Excess Loss、Mean Shortfall、Tail VaR とも呼ばれる。

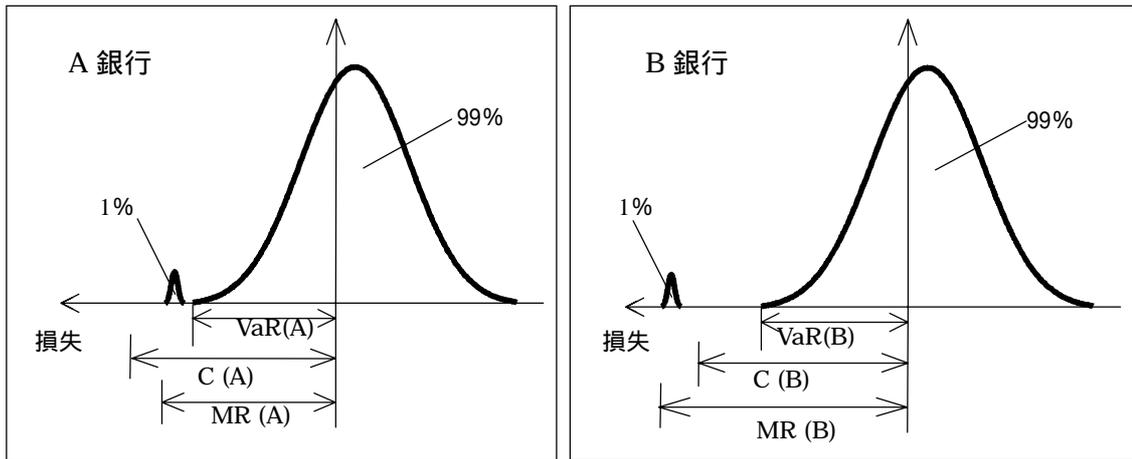
(2) 信用ポートフォリオに係るリスク指標⁴²

信用ポートフォリオに係るリスク指標として信用 VaR を用い、これに基づいて銀行の規制上の所要自己資本を設定する場合には、以上のような問題が更に増幅されることとなる。例えば、図 16 で明らかなように、A 銀行と B 銀行のそれぞれの損失額の分布を比較すると、99%VaR 値 $VaR(\cdot)$ 、限界損失額 $MR(\cdot)$ 、自己資本額 $C(\cdot)$ について以下の関係が成り立ち得ることとなる。

$$\begin{aligned} C(A) = C(B) \text{ かつ } VaR(A) = VaR(B) \\ C(A) > MR(A) \text{ , } C(B) < MR(B) \end{aligned} \tag{33}$$

⁴¹ 脚注 8 に掲載の論文を参照。

⁴² 枇々木[1999]参照。

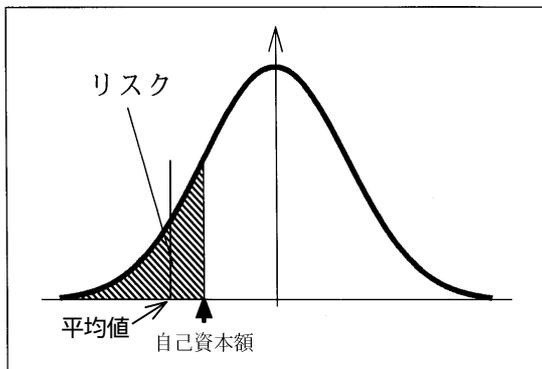


(図 16) A 銀行、B 銀行における損失額の分布

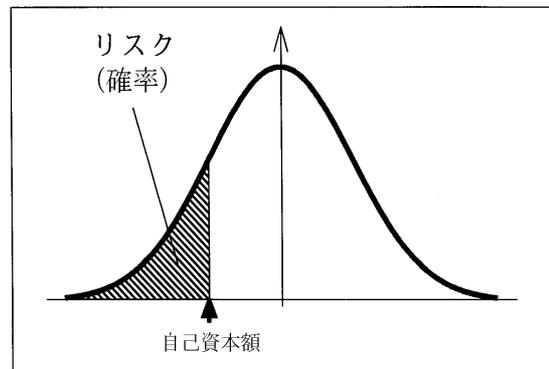
そこで、信用リスクを計測するための指標として、例えば、自己資本額を超える部分の損失額の期待値：ESC (Expected Shortfall below Capital) や、損失額が自己資本額を超える確率：SPC(Shortfall Probability below Capital)等が考えられる。ESC は、上記の VaR を超える期待損失に対応するものである。

$$ESC = E[\max(\text{損失額} - \text{自己資本額}, 0)] \quad (34)$$

$$SPC = \Pr\{\text{損失額} - \text{自己資本額} > 0\} \quad (35)$$



(図 17a) ESC



(図 17b) SPC

5 邦銀における信用リスク管理モデルの実務的進展

(1) 邦銀における信用格付けの実施状況

邦銀における信用格付けの実施状況を調査（1998年3月末時点）したものととして FISC[1998b]があり、その結果（表5）を見ると、実務レベルでも相当進展していることが伺われる。

また、邦銀における信用格付けの定義例を表6に、債務者毎の格付けをベースに保証・担保状況や資金用途を加味した案件格付けのモデル例（邦銀）を図18に示す。

(表5) 邦銀における信用格付けの実施状況⁴³

調査項目	都銀・長信銀等・信託	地銀・第二地銀協加盟行
債務者格付けの実施状況	実施済みは100%	実施済みは約70%、2年以内に実施予定まで含めると100%
全与信先に対する債務者格付けの実施割合	与信先数ベース、与信金額ベースとも90%以上が多数	与信先数ベースで50%未満が多数、与信金額ベースで75%以上が多数
利用している格付けの種類	内部格付けのみが70%以上、内部格付けと外部格付けの併用を入れると100%	内部格付けのみが80%以上、内部格付けと外部格付けの併用を入れると100%
格付けの段階数	10段階以上が90%以上(10段階が約50%と多い)	8段階以上と7段階以下がほぼ50%ずつ(5段階が約30%、10段階が約20%と多い)
定量要因の指標数	10項目以内が30%以下、10~20項目が50%以上	10項目以内が約50%、10~20項目が約40%
財務諸表データの補正・修正	地域・業種に基づく補正・修正、個社ごとの補正・修正とも、約80%が実施	地域・業種に基づく補正・修正は40%以上が実施、個社ごとの補正・修正は70%以上が実施
定性要因の加味・比重	加味しているのは80%以上、定性要因3割以下が60%以上	加味しているのは80%以上、定性要因3割以下が60%
取引方針の加味	加味しているのは10%以下	加味しているのは50%以上
格付けの見直し頻度	6ヶ月が5%、1年まで含めると100%	6ヶ月が10%以下、1年まで含めると約100%
格付けの最終決定部署	審査部(二次付与)が50%、審査部から独立した部署が20%以上	審査部(二次付与)が80%以上、審査部から独立した部署が10%以下
案件格付けの実施	約30%が実施	約20%が実施

(表6) 邦銀における信用格付けの定義例

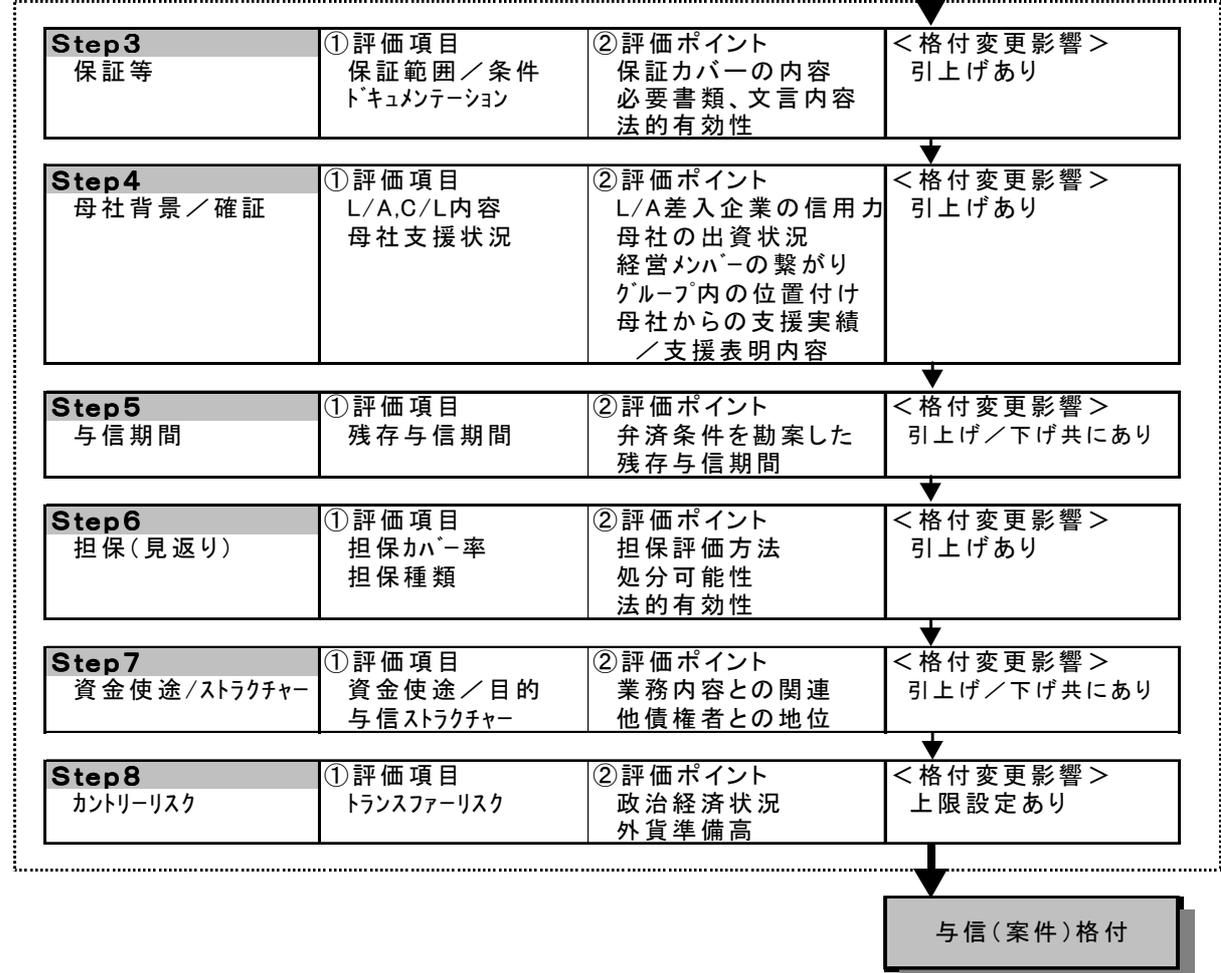
格付	リスクの程度	定義	自己査定 の債務者区分	
1	実質リスク無	債務履行の確実性は極めて高い水準にある。	正常先	
2	リスク僅少	債務履行の確実性は高い水準にある。		
3	リスク少	債務履行の確実性は十分である。		
4	平均水準比 良 好	債務履行の確実性は認められるが、将来環境が大きく変化した場合、その影響を受ける可能性がある。		
				a
				b
5	平均水準	債務履行の可能性は当面問題ないが、将来環境が変化した場合、その影響を受ける可能性が強い。		
			a	
			b	
6	許容可能 レベル	債務履行の可能性は当面問題ないが、将来安全であるとは言えない。		
			a	
			b	
7	平均水準比低位	債務履行は現在問題ないが、財務内容が相対的に低位にある。	要注意先	
8	予防的 管理段階	貸出条件・履行状況に問題、業況低調ないしは不安定等、今後の管理に注意を要する。		
				A
9	重 管理段階	今後、経営破綻に陥る可能性が大きいと認められる。	破綻懸念先	
10		要 段階	深刻な経営難の状態にあり、実質的に経営破綻に陥っている。	実質破綻先
				経営破綻に陥っている。

⁴³ 調査対象は、都市銀行(9)・長期信用銀行(3)・信託銀行(7)の全行、地方銀行(53行;82.8%)、第二地方銀行協会加盟行(41行;66.1%)のほか、信用金庫等の金融機関(計349)

【債務者格付】



【与信（案件）格付のフォーミュラ】



（図 18）邦銀における案件格付けのモデル例 （出典）FISC[1998a]

(2) 邦銀における信用リスク管理モデルの比較

邦銀においては、バブル経済の崩壊の経験に基づき、各行がリスク管理の重要性について再認識した上で、その強化のために十分な資源を投入する観点から、主要行だけでなく、相当数の地方銀行も含めて、信用リスク管理モデルの導入が行われている。その数例と外国の主要なモデルとの比較を表7に示す。

邦銀の信用リスク管理モデルの特徴を概括すれば、次のとおりである。

【幅広い顧客ベース】

主要行の与信ポートフォリオは、大企業への大口融資だけでなく、多数の中堅中小企業（数万社～10万社程度）及び個人を含む極めて分散化されたポートフォリオとなっている。この

ため、財務データ及び主観的判断に基づく行内格付けを中心としたアプローチがとられるとともに、部分的集中リスクと分散されたポートフォリオのリスクを正しく把握するため、計量手法に工夫がなされている。計量手法としては、主にモンテカルロ・シミュレーション・ベースのモデルが採用され、全体ポートフォリオと部分ポートフォリオのリスクを統合ベースと区分ベースで把握し経営上のレビューへの活用が行われている。また、解析法による場合にも、こうした複雑なポートフォリオの損失分布を正しく把握するため、例えば、特性関数から逆フーリエ変換により分布関数を推定する等の方法がとられている。

【債権の長期保有】

本邦においては、基本的にメインバンク制がとられており、また、長期的取引関係に基づく収益メリットを追求する観点から、信用リスク管理モデルにおいても、短期与信をロールオーバーにより1年に延長し（基本的な契約期間）、更に、満期までのリスクについて計量化する等の工夫がなされている。その結果、信用リスク管理モデルのタイプとして、格付遷移確率に基づく多期間モデルが一般的であり、また、リスク指標が時価ベースと簿価ベースの両建てで算出されることも多い。

【分散化されたポートフォリオ】

中堅・中小企業等の分散化されたポートフォリオのリスク算定に当たっては、相関が大きなインパクトをもつため、信用リスク管理モデルにおいては、リスク特性を考慮し、業種、地域等のセクター間の相関のほか、グループ企業に係る親子会社関係や関連会社関係の情報も相関に織り込んで計量化が行われている。特に、これらの相関をシミュレーションにより求め、それによりデフォルト・シミュレーションを行う等の方法がとられている。

【回収効果】

邦銀の低格付先への融資は、担保付が大部分である。こうした特性から、信用リスク管理モデルにおいては、過去の担保回収における実績を様々な角度から検証し、計画期間での担保価値の低下リスクを織り込むという極めて保守的な方法により回収率が設定されている。一般に、担保設定には融資契約により銀行に強い裁量があり、契約更改時に格付低下等の信用事由がみられる場合に追加担保を要求することを考慮すれば、契約期間におけるダウンサイド・リスクを考慮した回収率設定は、十分に保守的に行われていると考えられる。

以上のように、邦銀における信用リスク管理モデルは、邦銀の経営戦略や歴史的背景に基づく邦銀固有の与信特性等を考慮・反映したものとなっており、その結果として、インベストメント・バンク等を主に念頭に置いている外国のモデルの方向とは必ずしも一致していないが、我が国の実務の実態や経済情勢により適合的なモデルが開発・導入されている。

(表7) 邦銀における信用リスク管理モデル(主要行の例)と概要比較

	A 邦銀	B 邦銀	C 邦銀	D 邦銀	(参考)	
					CreditMetrics TM	CreditRisk ^{+TM}
クレジットイベントの定義 デフォルトによる損失 格付変化による損失	格付変動方式 考慮する 考慮する	デフォルト方式 考慮する 考慮しない	デフォルト方式 考慮する 考慮しない	デフォルト方式 考慮する 考慮しない	格付変動方式 考慮する 考慮する	デフォルト方式 考慮する 考慮しない
算出するリスク量	損失額 (簿価ベース)	損失額 (簿価ベース)	損失額 (簿価ベース)	損失額 (簿価ベース)	資産価値の変動額 (時価ベース)	損失額 (時価ベース)
エクスポージャーの変動	デリバティブについて 考慮	考慮する	考慮しない	考慮しない	考慮しない	考慮しない
デフォルト率	確率変数 (経験分布)	確率変数 (対数正規分布)	確定的	確率変数 (対数正規分布)	確定的	確率変数 (ガンマ分布)
リスク評価期間	満期迄を1年単位で把握 (最長5年)	1年以内のデフォルト を把握	半年・1年を選択可	1年・満期迄を選択可能	1年以内のデフォルト を把握(多期間化可能)	1年以内のデフォルト を把握(多期間化可能)
回収率	確定的	確定的	担保による回収率は確 率変数(対数正規分布)	確定的	確率変数 (ベータ分布)	確定的
デフォルトの相関の考慮	考慮する (業種間相関・業種と個 社間の相関を考慮)	考慮する (与信集中効果をリス クとして加算)	考慮する (主成分ファクターへ の感応度を導入)	考慮する (業種間、業種内個社相 関、グループ系列を考 慮)	考慮する	セクターに分ければ把握 可能
景気変動による影響	考慮する	考慮しない	考慮する	景気変動のシナリオ分 析機能あり	考慮しない	考慮しない
計算手法	モンテカルロ法 (企業資産価値モデル)	解析法 (デフォルトハザード 率にワイブル分布を仮 定)	解析法 (フーリエ変換法)	モンテカルロ法と解析 法の組み合わせ	モンテカルロ法 (企業資産価値モデル)	解析法 (デフォルト率の発生頻 度にポアソン分布を仮 定)

(出典) CreditMetricsTM、CreditRisk^{+TM}についてはFISC[1998]表35を一部加工。

(参考文献)

- 家田明[1999]「社債流通価格にインプライされている期待デフォルト確率の信用リスク・プライシング・モデルによる推定」,日本銀行金融研究所,IMES DISCUSSION PAPER SERIES,1999年
- 家田明・吉羽要直[1999]「社債流通価格にインプライされている期待デフォルト確率の信用リスク・プライシング・モデルによる推定(2)」,日本銀行金融研究所,IMES DISCUSSION PAPER SERIES,1999年
- 池森俊文[1999]「信用リスク管理をめぐって」,大蔵省財政金融研究所,フィナンシャル・レビュー第51号,1999年6月
- 池森俊文[1997]「信用リスクを計測する方法について」,金融工房 Vol.3 No.1,1997年1月
- 王京穂[1997]「信用リスク - その数量化とプライシング」,MPTフォーラム講演論文,1997年9月
- 太田三郎[1996]『企業倒産の研究』,同文館,1996年
- 太田三郎[1994]「経済環境の変化と企業倒産」,国府台経済研究,6(2),257-285,1996年
- 小田信之・村永淳[1996]「信用リスク管理の定量化手法について」,日本銀行金融研究所,金融研究,1996年11月
- 小田信之[1996]「信用リスクを反映した金融商品のプライシング」,日本銀行金融研究所,IMES DISCUSSION PAPER SERIES,1997年
- 木島正明編著[1998]『金融リスクの定量化(下) クレジット・リスク』,金融財政事情研究会,1998年
- 木島正明[1994]『ファイナンス工学入門第II部 派生証券の価格付け理論』,日科技連,1994年
- クリス マッテン著,金融フロンティアズ訳[1998]『21世紀の銀行経営』,金融財政事情研究会,きんざい 1998年
- 後藤実男[1989]『企業倒産分析と会計情報』,千倉書房,1989年
- 今野浩[1995]『理財工学 平均・分散モデルとその拡張』,日科技連,1995年
- さくら銀行「さくら銀行のROE マネジメント」,さくら銀行ホームページ
- 島義夫[1997]『信用リスク,格付,債券投資入門』シグマベイスキャピタル,1997年
- ジョン B カウエット・エドワード I アルトマン・ポール ナラヤナン共著,高橋秀夫監修[1999]『クレジット・リスク・マネジメント』,シグマベイスキャピタル,1999年
- 鈴木茂央[1997]「デフォルト率推定誤差を考慮した社債ポートフォリオの信用リスク評価問題」,日興証券投資工学研究所,投資工学,1997年秋季号
- 鈴木茂央[1996]「信用リスクと社債評価」,証券アナリスト・ジャーナル,1996年7月
- 関野勝弘[1997]「金融リスク計量化の一考察」,Private Communication,1997年6月
- 関野勝弘[1996]『信用リスク管理への挑戦』,金融財政事情研究会,1996年
- 関野勝弘・杉本浩一[1994]『リスクマネジメント』,金融財政事情研究会,1994年
- 豊澤泰寿[1997]「複数の資産で構成されるポートフォリオのクレジットリスクの定量化のフレームワーク」,証券アナリストジャーナル,1997年10月
- 中林歩・佐々木正信[1998]「信用リスク定量化モデルと邦銀への適用」,富士通総研,FRI 研究レポート No.24,1998年
- 中山めぐみ・森平爽一郎[1998]「格付け選択確率の推定と信用リスク量」,JAFEE 大会 1998年夏
- 西田真二[1995]『ALM手法の新展開』,日本経済新聞社,1995年
- 日本格付投資情報センター「R&Iの信用リスク比率および格付推移行列について」,日本格付投資情報センター・ホームページ
- 枇々木規雄[1999]「信用リスク管理に Value at Risk は使えるのか?」,Mimeo,1999年
- FISC[1998a]『統合的リスク管理研究会 第2部報告書』,1998年
- FISC[1998b]「リスク管理に関するアンケート調査結果報告」,機関誌 No.206,1998年10月
- FISC[1996]『統合的リスク管理勉強会報告書』,1996年
- 室町幸雄・浅原大介[1997]「信用リスクの定量化とその応用」,信用リスク管理セミナー(日本 IBM)公演資料,1997年

- 森平爽一郎[1998]「倒産確率の推定と信用リスク管理：展望」,リスク管理と金融・証券投資戦略 (ジャフイー・ジャーナル 1998),東洋経済新報社
- 森平爽一郎[1997]「倒産確率推定のオプション・アプローチ」,証券アナリストジャーナル,1997年10月
- 森平爽一郎[1996]「倒産確率推定のファクターモデルと融資配分」,MTEC ジャーナル,No9,1996年
- 森平爽一郎「格付け予測の計量モデル」
- 森平爽一郎[1994]「倒産確率の推定と信用リスク管理モデル」,Mimeo,1994年
- 森平爽一郎・斎藤啓幸[1999]「倒産確率推定のオプション・アプローチ」,森平爽一郎編著『ファイナンシャル・リスクマネジメント』,朝倉書店,1999年
- 森平爽一郎・高橋秀夫[1996]「信用リスク管理の展望」,日本銀行金融研究所,金融研究,1996年11月
- 安田隆二・大久保豊[1998]『信用リスク・マネジメント革命』,金融財政事情研究会,1998年
- Aldrich, J. H. and A. D. Nelson [1984], "Linear Probability, Logit, and Probit Models." SAGE University Papers, No.45, SAGE Publications
- Altman, Edward I. [1984], "Corporate Financial Distress." John Wiley and Sons, 1984
- Altman, Edward I. [1983], "Why Business Fail." The Journal of Business Strategy, 3, 1983, 15-21
- Altman, Edward I. [1968], "Financial Ratios, Discriminate Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy." Journal of Finance, v23(4), 589-609
- Altman, Edward I., Giancarlo Marco and Franco Varetto [1994] "Corporate Distress Diagnosis: Comparisons Using Linear Discriminant Analysis And Neural Networks (The Italian Experience)." Journal of Banking and Finance, 1994, v18(3), 505-529.
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. and Heath, D. [1998], "Coherent Measures of Risk." Working Paper, Institut de Recherche Mathématique Avancée, Université Louis Pasteur et C.N.R.S, 1998
- Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. and Heath, D. [1997], "Thinking Coherently." Risk 10, 1997, 68-71
- Beaver, William H. [1968a], "Alternative Accounting Measures As Predictors of Failure." Accounting Review, 1968, 43(1), 113-122
- Beaver, William H. [1968b], "Market Prices, Financial Ratios, and The Prediction of Failure." Journal of Accounting Research, 1968, 6(2), 179-192
- Beaver, William H. [1966], "Financial Ratios As Predictors of Failure." Journal of Accounting Research, 1966, 4 (Supp), 71-111
- Boys, W. J., D. L. Hoffman and S. A. Low [1989], "An Econometric Analysis of the Bank Credit Scoring Problem." Journal of Econometrics, July, 1989, 3-14
- Bucay, N. and Rosen, D. [1999], "Credit Risk of an International Bond Portfolio: a Case Study." ALGO Research Quarterly 2, 1999, 9-29
- Carty, Lea V., and D., Lieberman [1996], "Corporate Bond Defaults and Default Rates 1938-1995." Moody's Investors Service, Global Credit Research, Jan-1996
- Credit Suisse Financial Products [1997], "CreditRisk⁺"
- Duffie, Darrell and Kenneth J. Singleton [1994], "Econometric Modeling of Term Structures of Defaultable Bonds." Working Paper, Graduate School of Business, Stanford University, 1994
- Fischer Black and Myron Scholes [1973], "The pricing of options and corporate liabilities." Journal of Political Economy, 1973, 637-654
- Gupta, Y. P., Ramesh P. R. and Prabir K. B. [1990], "Linear Goal Programming as an Alternative to Multivariate Discriminant Analysis: A Note." Journal of Business Finance & Accounting, 1990, v17(4), 593-598
- Jarrow, Robert A., David Lando and Stuart M. Turnbull [1997], "A Markov Model for the Term Structure of Credit Risk Spreads." Review of Financial Studies 10 (2), 1997, 481-523

- Jarrow, Robert A. and Stuart M. Turnbull [1995], "Pricing Options on Financial Securities Subject to Credit Risk." *Journal of Finance* 50 (1), 1995, 53-86
- Jerome S. Fons [1997] 「デフォルト率を利用した信用リスクの期間構造モデルの構築」『証券アナリストジャーナル 1995年4月』, 日本証券アナリスト協会
- Johnson, H. and R. Stulz [1987], "The Pricing of Options with Default Risk." *Journal of Finance* 42 (2), 1987, 267-80
- Johnson, T. and R. W. Melicher [1994], "Predicting Corporate Bankruptcy and Financial Distress: Information Value Added by Multinomial Logit Models." *Journal of Economics and Business*, 46, 1994, 269-286
- Johnsson J. G., and M S.Fridson [1996], "Forecasting Default Rates on High-Yield Bonds." *Journal of Fixed income*, June, 1996, 69-77
- J.P. Morgan & Co. [1997], "CreditMetrics™ Technical Document." April 1997
- Kealhofer S. [1993], "Portfolio Management of Default Risk." working paper of KMV corporation, 1993
- Kijima, M. and K. Komoribayashi [1998], "A Markov Chain Model for Valuing Credit Risk Derivatives." *Journal of Derivatives*, Fall 1998, 97-108
- K. Nishiguchi, H. Kawai, and T. Sasaki [1998], "Capital Allocation and Bank Management Based on the Quantification of Credit Risk" *Federal Reserve Bank of New York : Economic Policy Review* , Vol4 No3, Oct.1998
- Lane, W. R., S. W. Looney and J. W. Wansley. [1986], "An Application of The Cox Proportional Hazards Model To Bank Failure." *Journal of Banking and Finance*, v10(4), 1986, 511-532
- Longstaff, F. and E. Schwartz [1995], "A Simple Approach to Valuing Risky Fixed and Floating Rate Debt." *Journal of Finance* 50 (3), 1995, 789-819
- Longstaff, F.A. [1995a], "How Mach Can Marketability Affect Security Values?" *Journal of Finance* 50 (5), 1995, 1767-1774
- Longstaff, F.A. [1995b], "Option Pricing and The Martingale Restriction." *Review of Financial Studies*, v8(4,winter), 1995, 1091-1124
- Looney, S. W., J. W. Wansley and W. R. Lane [1989], "An Examination of Missclassification with Bank Failure Prediction Models." *Journal of Economics and Business*, 41(4), 1989, 327-436
- Maddala G.S. [1983], "Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics." Cambridge University Press, 1983
- Merton, Robert C. [1974], "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates." *Journal of Finance* 29, 1974, 449-70
- Moody's Investors Service著, 日本興業銀行金融調査部訳.[1994], "グローバル格付分析." 社団法人金融財政事情研究会, 第1版, 1994
- Nelson Richard N. [1970], "Management Versus Economic Conditions as Contributors to the Recent increase in Bank Failures in Risk." *A Domestic Views*, Kluwer, 125-148
- Platt H.D. and Platt M.B. [1994], "Business cycle effects on state corporate failure rates." *Journal of Economics and Business*, 1994, 113-127
- Uryasev, S. and Rockafellar, R. T. [1999], "Optimization of Conditional Value-at-Risk", *Research Report #99-4* (June 23, 1999), Dept. of Industrial and Systems Engineering, University of Florida
- Wilson. T., [1997a] "Portfolio Credit Risk (1)." *Risk*, September, 1997
- Wilson. T., [1997b] "Portfolio Credit Risk (2)." *Risk*, October, 1997

本報告書に対するご意見等については、財団法人金融情報システムセンター（FISC）の下記連絡先までお寄せください。

リスク管理モデルに関する研究会 事務局

■ 金融監督庁長官官房企画課

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-1-1

TEL 03(3506)6000 (代)

URL <http://www.fsa.go.jp>

■ 財団法人金融情報システムセンター総務部企画課

〒104-0042 東京都中央区入船 2-1-1 住友入船ビル 4F

TEL 03(5542)6050 (代)

e-mail creditrisk@fisc.or.jp

URL <http://www.fisc.or.jp>