Ⅰ．内部格付制度と信用リスク計量化

2014年10月

日本銀行金融機構局
金融高度化センター

目　次

１．信用リスクとは

２．信用リスク管理の高度化

３．内部格付制度の整備

４．内部格付制度の検証

５．信用リスクの計量化

1．信用リスクとは

定義（金融検査マニュアル）

信用リスクとは、
　信用供与先の財務状況の悪化等により、
　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て損失を蒙るリスク
である。

信用リスク（概念図）

債務者の信用状態
（債務履行能力）

資産価値の変動

格付

クレジットスコア

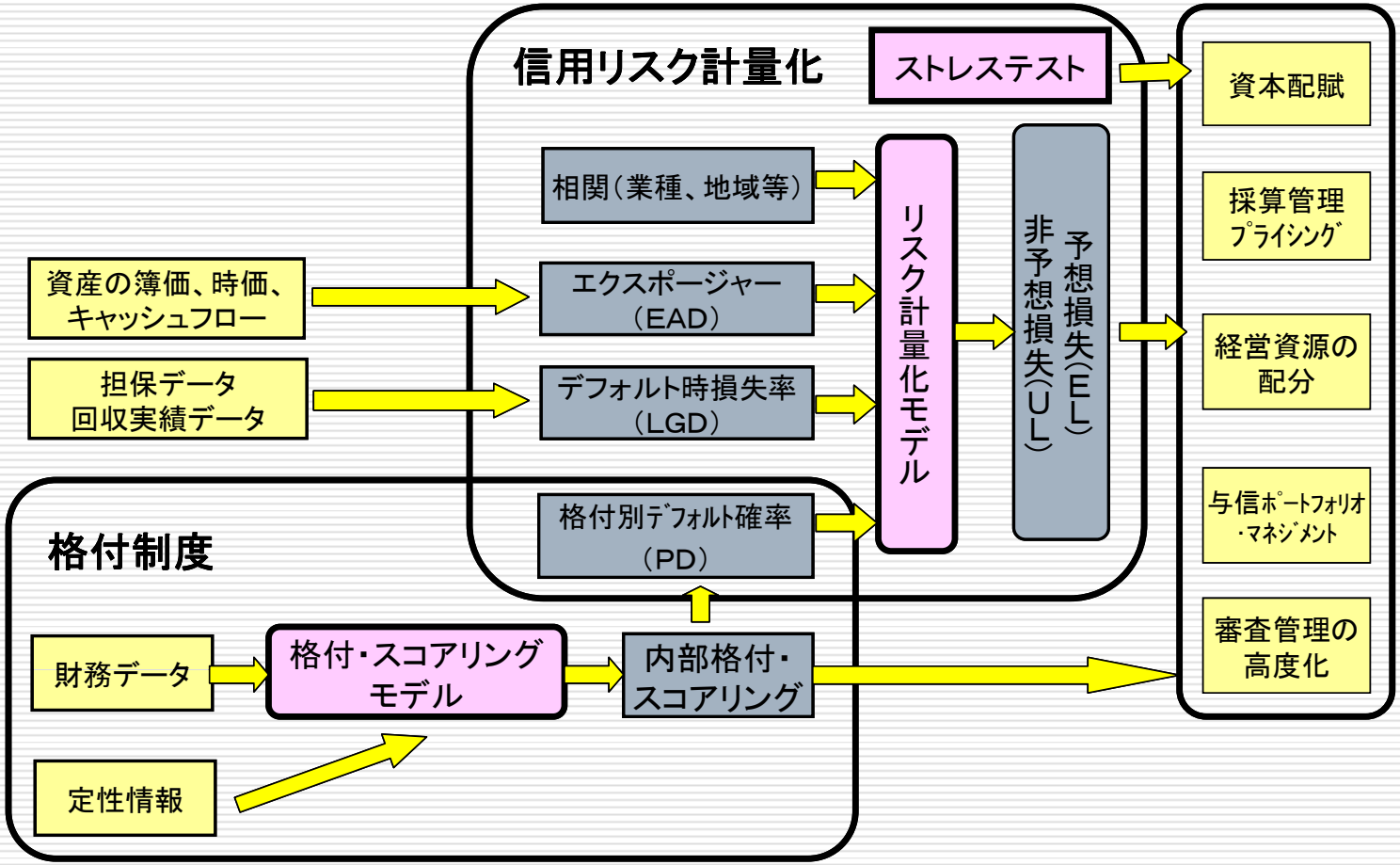
デフォルト確率

悪化

資産価値の
減少・消滅

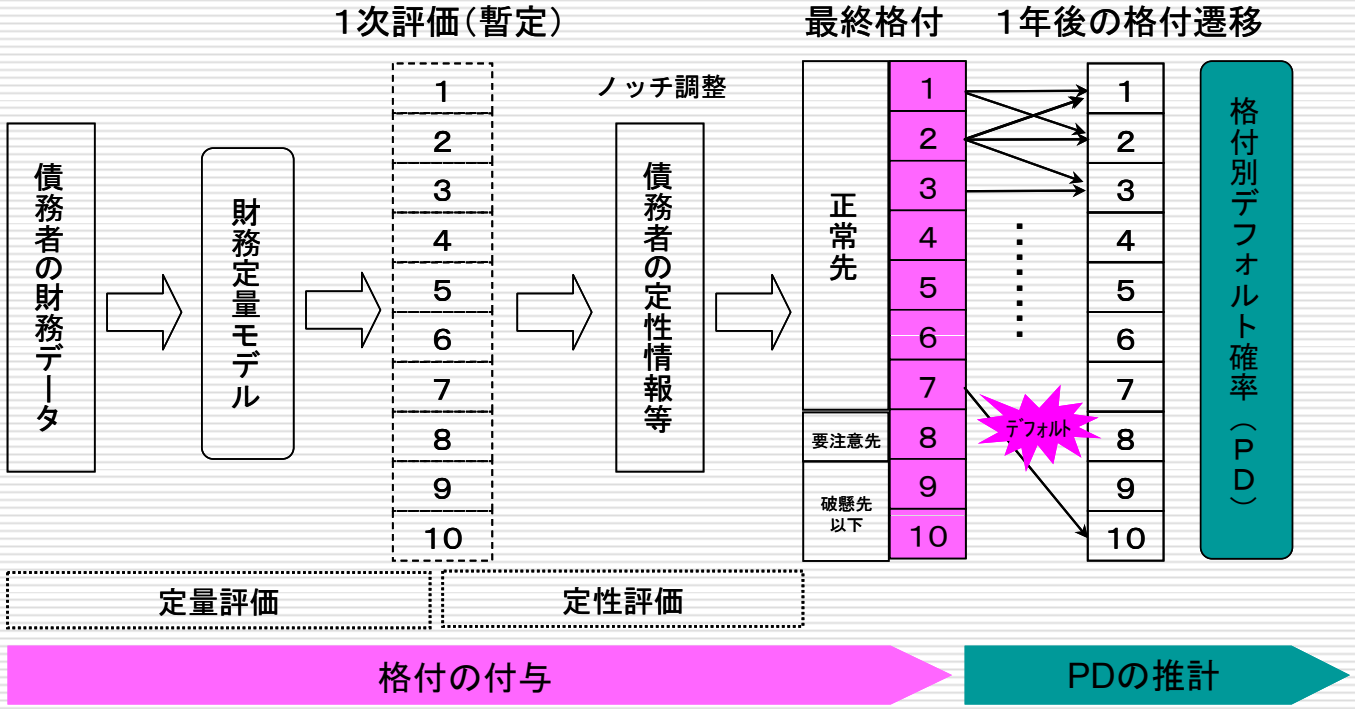
デフォルト
・法的破綻
・債務不履行
・市場価値の下落等

2. 信用リスク管理の高度化



内部格付制度

- 与信ポートフォリオをリスク特性が類似した債務者（or案件）毎にグルーピングすること。



信用リスクの要素

- デフォルト確率（PD: Probability of Default）

  ・債務者が将来の一定期間においてデフォルトする可能性。
  ・一般に、債務者格付の格付区分毎に推計。

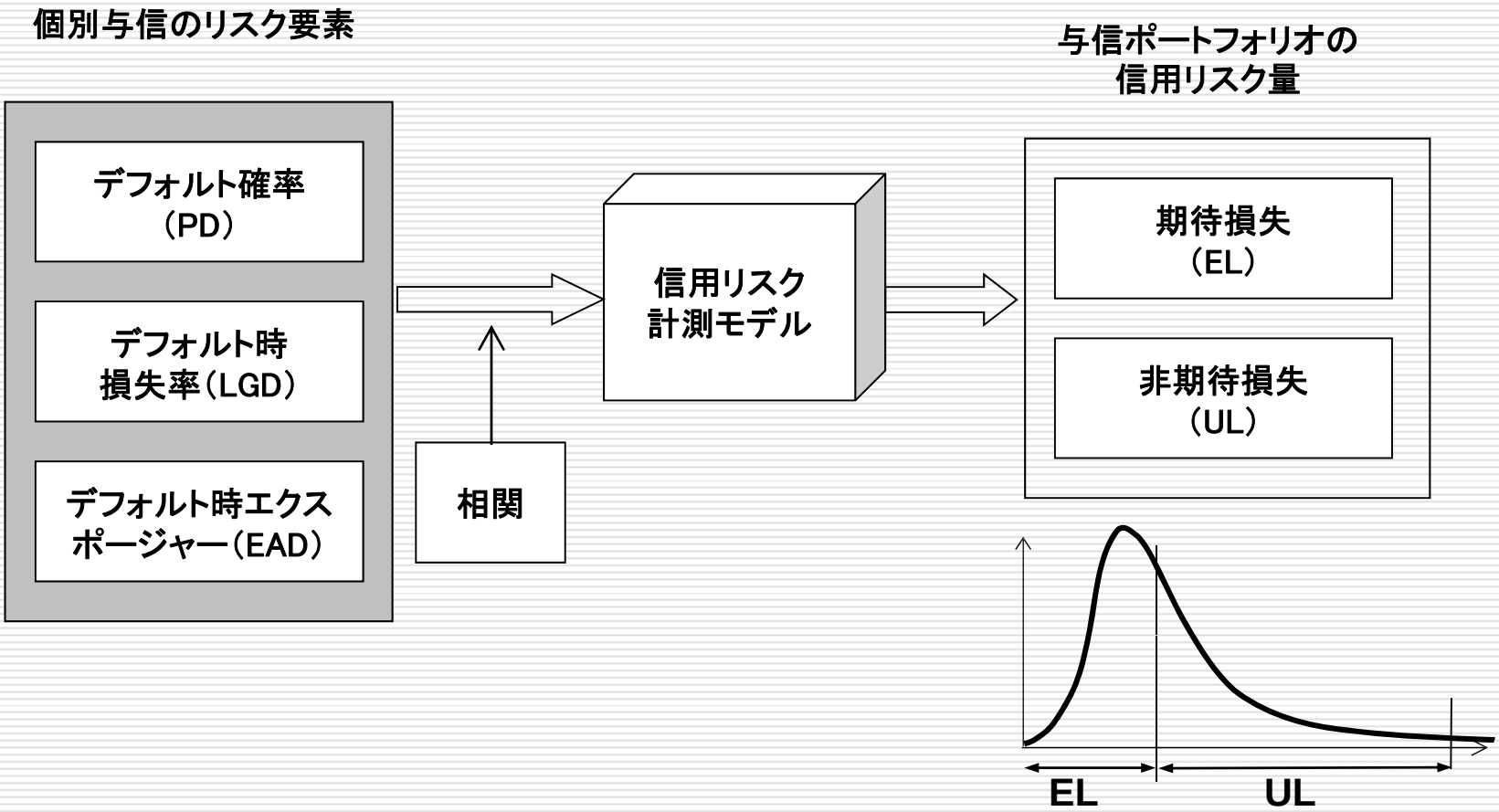
- デフォルト時損失率（LGD: Loss Given Default）

  ・デフォルトした時点での損失見込額の割合（LGD＝１－回収率）
  ・保全の有無、担保の種類、担保カバー率、債務者特性等により分類して推計。

- デフォルト時エクスポージャー（EAD: Exposure at Default）

  ・デフォルトした時点での与信額。

信用リスクの計量化


個別与信のリスク要素
デフォルト確率
（PD）
デフォルト時
損失率（LGD）
デフォルト時エクス
ポージャー（EAD）
相関
信用リスク
計測モデル
与信ポートフォリオの
信用リスク量
期待損失
（EL）
非期待損失
（UL）
EL
UL

３．内部格付制度の整備

（１）制度設計
　― 目的の明確化、格付区分数、格付対象

（２）データの整備
　― 収集・入力基準、セントラル入力体制、データ・クレンジング

（３）財務定量モデル
　― 財務指標の選択、実態財務の反映、実務上の留意点

（４）定性要因の反映
　― 定性要因の反映、実務上の留意点

（５）内部格付の設定
　― 信用スコアの閾値の設定、ノッチ調整

（６）その他の問題
　― 大企業LDP、個人事業主、住宅ローン

（1）制度設計：　目的の明確化

- 内部格付制度を構築する「目的」によって、格付対象、格付区分数など制度設計の考え方も異なり得る。
- 経営への活用を意識しつつ、その「目的」を明確にすることが重要。

（例）

- 自己査定（債務者区分）判定の「ベンチマーク」の提供
- 与信先に対する「信用度の序列性」付与
- 貸出金利の設定
- 取引方針、限度額の設定等への活用
- 企業再生支援の強化
- 審査、信用リスク管理に関する共通の「コミュニケーション・ツール」としての活用

制度設計： 格付区分数

- 個々の債務者を、信用度に応じて分類（ランク付け）するという意味では、自己査定上の「債務者区分」（5区分）が最もシンプルな体系。
  - 内部格付制度を構築する目的に照らし、これで十分といえるかどうかがポイント
- たとえば、信用度に応じた「貸出金利の設定」や「取引方針の決定」への活用を展望するのであれば、正常先（あるいは要注意先）について複数の区分を設定する。
- 「企業再生支援」の強化への活用を展望するのであれば、信用度のより低いゾーン（正常先下位、要注意先）の格付区分や定義を細分化する。

制度設計： 格付対象

- 金融機関の与信ポートフォリオは、リスクプロファイルが異なる様々な与信から構成されている。
- 内部格付の目的や信用度を判定する財務情報、定性情報等の入手可能性を勘案して格付対象を選定する。また、必要に応じ、複数の格付制度の構築を検討する。

（例）

・大企業	→	内部格付モデル①
・中堅・中小企業	→	内部格付モデル②（講義の主対象）
・住宅ローン	→	プール区分モデル①
・個人ローン	→	プール区分モデル②
・個人事業主	→	内部格付モデル③ or プール区分モデル③

（2）データの整備

- 正確な決算データの収集、入力が基本。
  - 決算データの収集基準の明確化
  - 決算データの入力基準の明確化
  - セントラル入力態勢の構築
  - 異常値、欠損値のチェック
  - データ・クレンジング

（3）財務定量モデル

- 財務定量モデルとは、企業の財務情報等を利用して「信用度」を信用スコアやデフォルト確率等の形で推定するモデル。
  - 経験モデル
    企業の財務指標、定性項目等に、経験に基づく信用スコアを配点し、合計スコアによって信用度を判定するモデル
  - 統計モデル
    企業の財務指標、定性項目等を使って、企業のデフォルトを統計的に最もよく説明する関係式を導くモデル

デフォルト確率　$PD = f(Z)$

信用スコア　$Z = w_0 + w_1X_1 + w_2X_2 + \cdots + w_NX_N$

X_i ：財務指標、定性項目等

（参考）財務定量モデルの例

- 経験モデル
  企業の財務指標、定性項目に、経験に基づく信用スコアを配点し、合計スコアによって信用度を判定するモデル

- 統計モデル
  企業の財務指標、定性項目等を使って、企業のデフォルトを統計的に最もよく説明できる関係式を導くモデル
  - 判別モデル
  - 線形回帰モデル

  → 前提に問題があり、利用する金融機関は少ない

  - ロジスティック回帰モデル
  - 順序ロジスティック回帰モデル

  → 中堅・中小企業：格付モデル

  - ハザードモデル

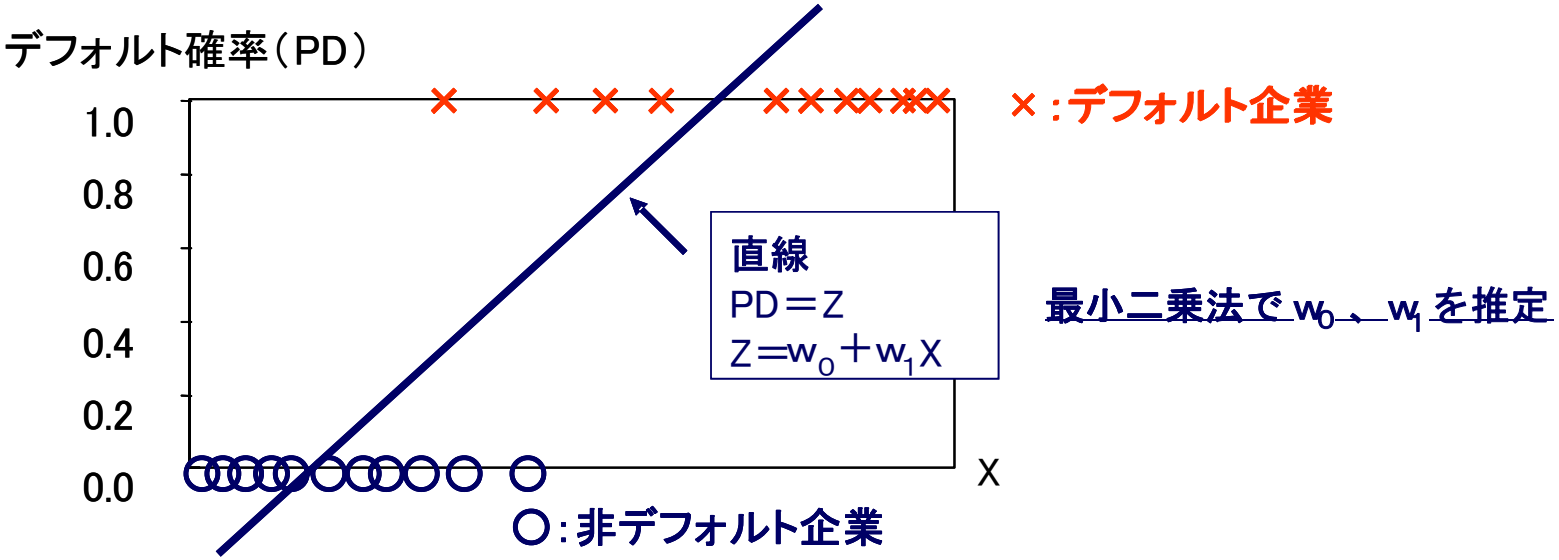
  → 住宅ローン：プール区分モデル

- 構造モデル
  株価変動を資産価値の変動と捉え、資産価値が負債を下回る確率を求めるモデル。

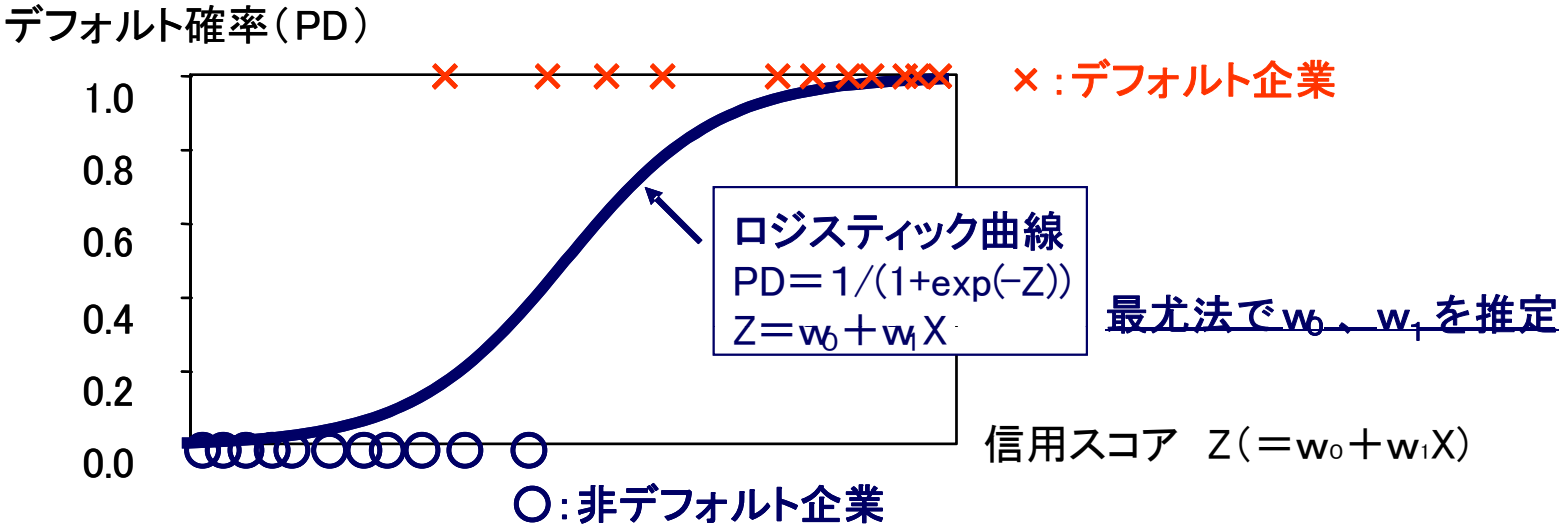
- 誘導モデル
  社債スプレッドに反映される信用リスク（デフォルト確率）を社債価格の変動から誘導するモデル。

→ 大企業：格付モデル

（参考）線形回帰モデルとロジスティック回帰モデル



最小二乗法で w_0、w_1 を推定



最尤法で w_0、w_1 を推定

（注）デフォルト、非デフォルトの2状態から、3状態（格付）以上の確率を求めるモデル（順序ロジスティック回帰モデル）への拡張が可能。

留意点

- 近年、「統計モデル」への移行を図る金融機関が増加している。
- しかし、「統計モデル」の構築に は、高度な統計的スキルが必要となるうえ、債務者データ数およびデフォルト・データ数が相応に確保されないと、精度を欠き、安定的な運用が難しい。
- したがって、格付構築の目的によっては、必ずしも「統計モデル」に移行する必要はなく、「経験モデル」のスコアとデフォルト確率の関係みて、配点ウェイト（w_j）をファイン・チューニングするのも選択肢の1つとなり得る。

財務指標の選択

- 企業のデフォルト事象と関連の高い財務指標を定量モデルに使用することが基本。
- 具体的には、デフォルトした企業、デフォルトしていない企業の財務データを用いて、企業のデフォルト事象の説明力の高い財務指標を見つけ出す。

財務指標	規模	自己資本額、純資産額　等
	安全性	自己資本比率、流動比率、経常収支比率、有利子負債償還年数、インタレスト・カバレッジ・レシオ　等
	収益性	総資本経常利益率、売上高営業利益率　等
	成長性	増収率、増益率　等

実務上の留意点

- 重要な点は、モデルの考え方と、取引先の審査・与信判断の着眼点が概ね一致しており、信用リスクの評価基準が組織内で共有され、リスクコミュニケーションに活用されること。
- したがって、指標選択においては、統計的な説明力の高さにこだわるよりも、伝統的に審査、与信判断で利用してきた指標を重視するのが良い。
  - 最終的な指標選択において、実務的な観点からの「エキスパート・ジャッジ」を入れるのが一般的。
- 外部ベンダーにモデル構築を依頼する場合、指標選択の根拠や指標の説明力（デフォルト率との関係）が確認可能であることが望ましい。
  - モデルをブラックボックス化させないことが重要。

（参考）指標選択の手順（統計モデルの場合）

- デフォルト率との関係が明確で、データの入手・計測が容易な財務指標を候補としてリストアップする。
- 統計的にみて、説明力の高い指標を絞り込み、適切な組合せを選択する。
  - 各指標の説明力の高さ、符号条件の一致、線形性の確認
  - 指標間の相関（多重共線性）が小さいことの確認
- データを換えても、モデルの説明力が低下しないか確認する。
  - 取引先データ（インサンプル）では説明力が高くても、非取引先データ（アウト・オブ・サンプル）では説明力が低くなることもある。
  - こうしたオーバー・フィッティングを回避するには、アウト・オブ・サンプルを使ったモデルの「頑健性」（ロバストネス）検証が必要。

実態財務の反映

- ①「実態財務」ベースに指標を計算し直して、財務定量モデルで格付を付与する方法と、②表面財務ベースの財務定量モデルに一部の「実態財務」指標を付加したり、「実態財務」にもとづくノッチ調整を行う方法などがある。

  （実態財務の反映例）

  ・不良資産、減価償却不足　⇒　資本から控除する

  ・代表者（役員）からの借入　⇒　自己資本とみなす

  ・固定化した短期借入金　⇒　長期借入金とみなす　など

- 統一的な「実態財務」の修正基準を示し、すべての格付対象に適用して、評価の恣意性を排除する必要がある。

実務上の留意点

- 実態財務が常にベストの選択とは限らない。
- 実態財務を選択する場合は、統一的な「実態財務」の修正基準を示し、すべての格付対象に　適用して、評価の恣意性を排除する必要がある。
  - それができないのであれば、格付は客観性を失う。
  - 実態財務の指標を「純資産」などに限定するのが現実的。

（4）定性要因の反映

- 「定性要因」を「指標」化して、信用スコアを説明する指標として追加したり、「ノッチ調整」に利用するのも一般的。
- 定性的な情報の評価にあたっては、客観性や統一性を確保するため、具体的な「評価基準」を定める必要がある。

定性要因	業種の特性	成長性、市況変動の大きさ、参入障壁　等
	企業の特性	営業基盤、技術力、創業赤字、業績悪化（好転）の一時性、資金繰りの状況、親会社の支援　等

実務上の留意点

- 定性要因の反映にあたっては、
  ①定性項目の評価配点の抑制
  ②ランクアップの上限（2ランクアップまで等）
  など、運営面で、一定の制約を設ける先が多い。
- また、継続的に
  ③評価結果とデフォルトとの関係の事後的な検証
  を行って、定性要因として引き続き考慮すべきか否か
  を検討する必要。

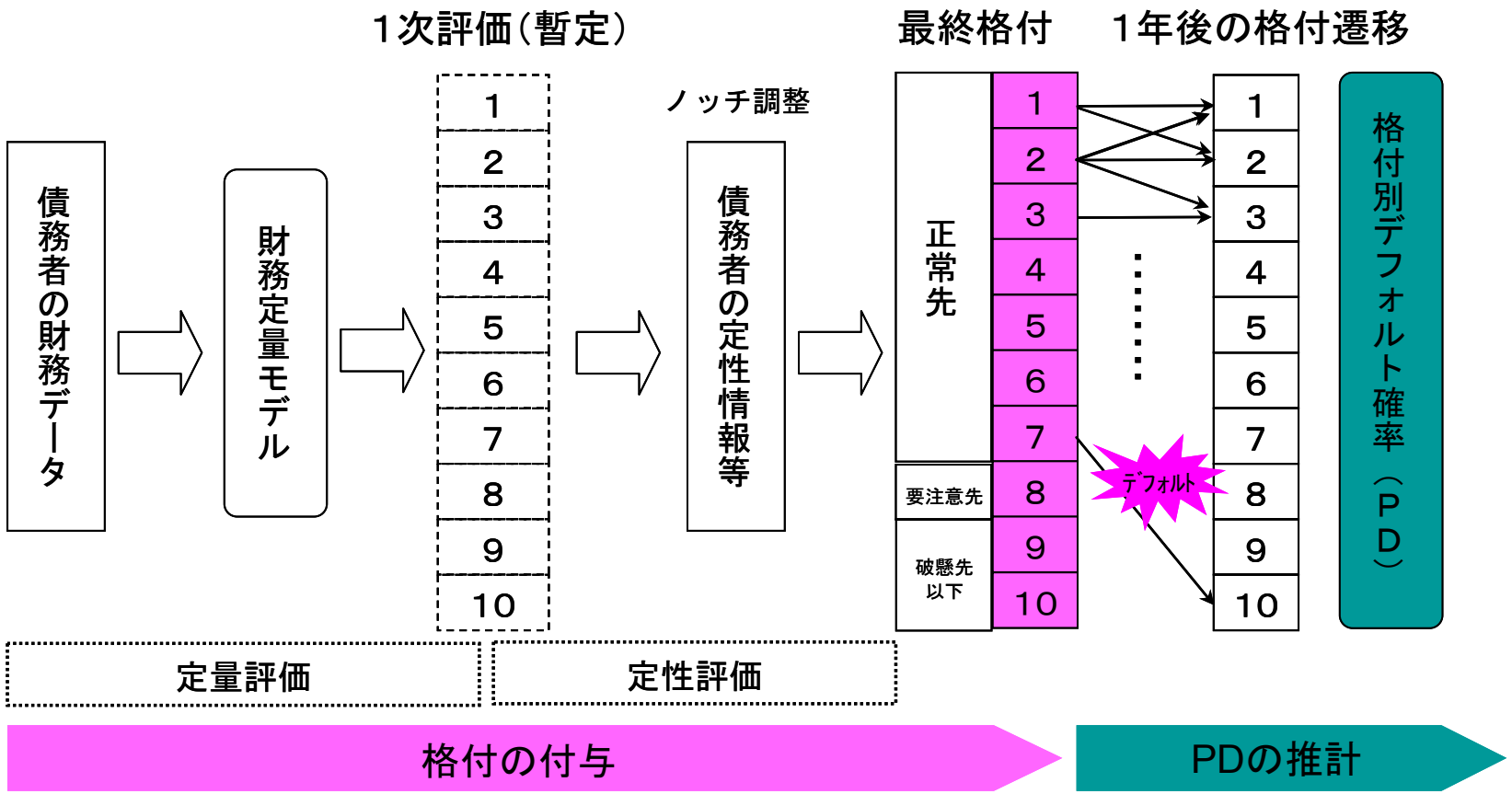
外部モデルの活用

- 世の中には、外部モデルとして、実態財務、定性情報を反映せず、表面財務のみの統計モデルが存在する。
- こうした外部モデルは、大量の取引先データにもとづいて統計的に作成されている点でメリットが大きい。
- 大量データにもとづく外部モデルに実態財務の指標を追加したり、定性情報のノッチ調整を反映させて、内部モデルを策定する方法もある。

（5）内部格付の設定

- 定量モデルの信用スコアに「閾値（しきいち）」を設け、暫定的に格付区分を設定。
  - 「順序ロジスティック回帰モデル」では、指標の係数（w_i）と同時に「閾値」もパラメータとして推定される。
  - 「目検」により「閾値」を設定する場合は、
    ①格付間のデフォルト確率（PD）に差異が認められるか、
    ②格付毎の債務者数に偏りや集中がみられないか、
    ③ベンチマークとなる債務者の格付区分に違和感がないか
    などを検証する。
- 実態財務や定性要因にもとづくノッチ調整を経て、最終的に格付け区分を決定。

内部格付の設定プロセス



(6)その他の問題： LDP(Low Default Portfolio)

- デフォルトがほとんど起きない大企業(Low Default Portfolio)の格付付与、PDの設定の際に、内部格付を格付機関公表の外部格付にマッピングすることがある。

	格付	実績PD
正常先	1	0.000%
	2	0.000%
	3	0.000%
	4	0.788%
	5	1.200%
	6	2.100%
要注意先	7	3.500%
要管理先	8	－
破綻懸念先	9	－
実破・破綻先	10	－

外部格付	公表PD
1	0.030%
2	0.120%
3	0.325%

格付	実績PD
1	0.030%
2	0.120%
3	0.325%
4	0.788%
5	1.200%
6	2.100%
7	3.500%
8	－
9	－
10	－

（6）その他の問題：　個人事業主

- 確定申告データによる、PL項目主体の評価となる個人事業主の格付、PDをどうするか。

① BS項目のデータ取得・蓄積を図るとともにBS項目の採択を最小限（現預金、借入金など）にして、決算データと確定申告データの双方で稼働する財務定量モデルを利用する。

② PL項目と定性項目による財務定量モデルを新たに構築する。このとき、決算データにもとづく事業法人の格付にマッピングしてPDを統一的に把握することも検討する。

③ 多数のデータがある場合は、債務者属性等によるモデルを構築して「プール区分」する。

- モデル構築にあたっては、正確なデータ収集（BS・PL項目）も課題となる。

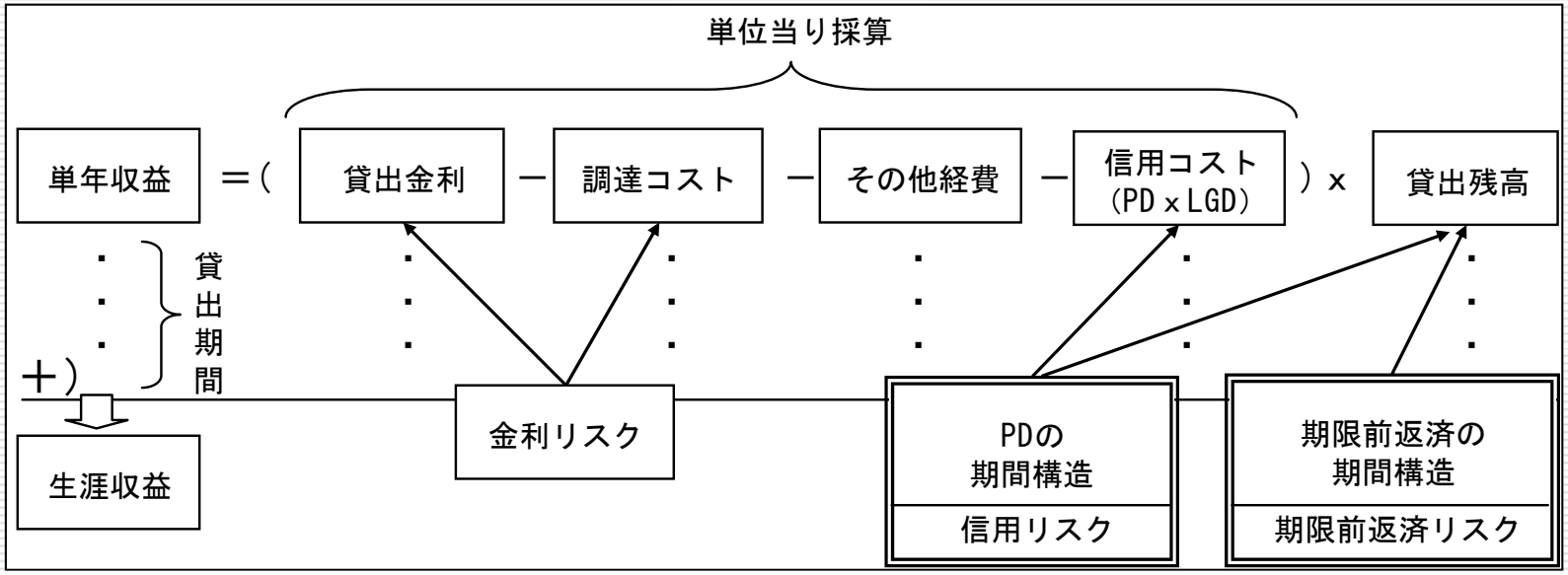
(6)その他の問題:　住宅ローン

- PDを説明し得る債務者属性、取引条件等をスコア化し、同じ信用度を持つ債務者をプール分けする。

債務者属性	年齢(借入時、完済時)、収入、職業、勤続年数、勤務先従業員数、勤務先資本金、転職経験の有無、配偶者の有無、扶養する子供の数　等
取引条件等	融資期間、自己資金の割合、ボーナス時返済の有無、給与振込の有無、年収借入総額倍率　等

住宅ローンの「生涯収益」の把握・管理

◆ 住宅ローンは、経過年数に応じてデフォルト確率（PD）が変化するほか、期限前償還も生じるため、それらの期間構造を把握して、「生涯収益」シミュレーションを行うことが求められる。



経過年別のデフォルト率、期限前償還率

- 住宅ローンの「生涯収益」シミュレーションを行うには、経過年別にみたデフォルト確率、期限前償還率に関する基礎データの収集・分析が必要となる。

区分	経過年別デフォルト確率										
	1年	2年	3年	4年	5年	・・・	10年	・・・	20年	・・・	30年
A											
B											
C											
D											
E											
F											

区分	経過年別期限前償還率										
	1年	2年	3年	4年	5年	・・・	10年	・・・	20年	・・・	30年
A											
B											
C											
D											
E											
F											

住宅ローンの途上管理

◆ 住宅ローンの途上管理としては、これまでは延滞の有無をデータベース化する程度であったが、直近一定期間の預金・決済関連情報を活用する金融機関が増えている。

（例）

・直近一定期間の預金残高（最低残高、平均残高）

・決済口座の残高不足（公共料金、カード代金等）

４．内部格付制度の検証

（１）定期的な検証の必要性

（２）格付遷移による検証

（３）デフォルト判別力の検証

　　－CAP曲線、AR値、K-S値、ダイバージェンス

（４）推定PDの水準の検証

（1）定期的な検証の必要性

- 内部格付制度は、一旦、構築すれば、そのまま永続的に使用できるものではない。時間の経過とともに、取引先データが変化するため、内部格付制度は劣化する可能性がある。
- 定期的な検証を行い、内部格付制度の劣化状況を確認して、必要に応じて再構築を検討する必要がある。

① 格付遷移に異常な動きがないか

② デフォルト判別能力が低下していないか

③ 推定PDの精度が低下していないか

④ ベンチマークとなる企業の格付が営業・審査部門の実感に合わなくなっていないか

（2）格付遷移による検証

格付1から他の格付への
遷移率の順序性を確認

他の格付から格付7への
遷移率の順序性を確認

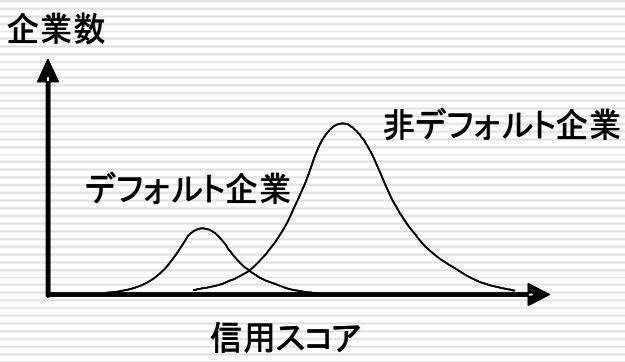
期 末 格 付

期初格付

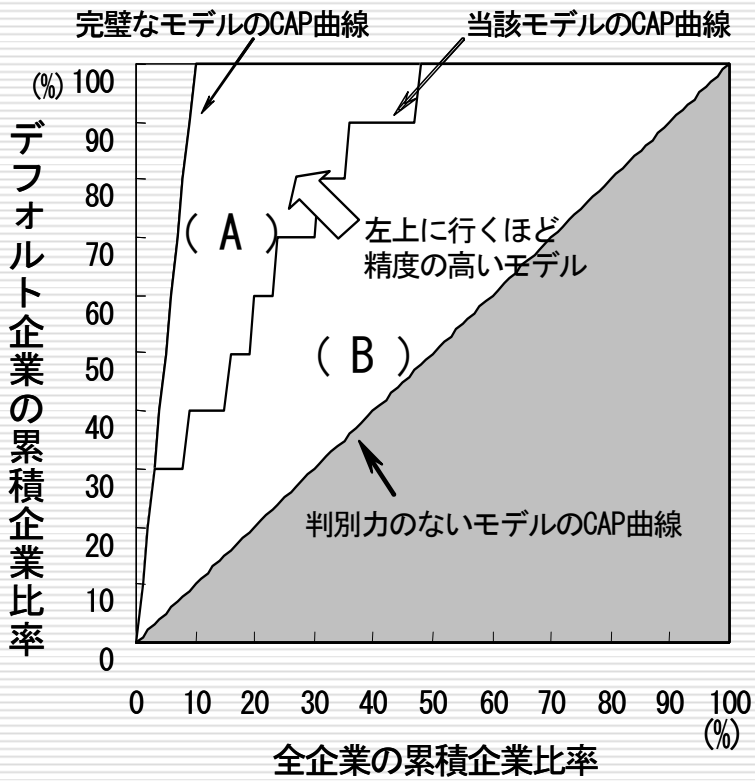
	1	2	3	4	5	6	7	8	ﾃﾞﾌｫﾙﾄ
1	83.1	12.8	2.1	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.0
2	4.7	75.4	15.1	3.3	0.7	0.3	0.2	0.2	0.1
3	0.2	11.9	66.5	13.9	4.2	1.5	1.0	0.8	0.0
4	0.0	1.4	13.3	63.1	13.1	4.4	2.5	1.9	0.3
5	0.0	0.4	4.4	24.5	44.0	15.7	6.0	4.5	0.5
6	0.0	0.1	1.5	7.5	20.4	43.9	16.0	9.5	1.1
7	0.0	0.0	0.5	2.8	6.8	18.9	47.8	20.0	3.2
8	0.0	0.0	0.4	1.6	2.1	2.6	3.8	74.7	14.8

デフォルト率の
順序性を確認

（3）デフォルト判別力の検証： CAP曲線、AR値



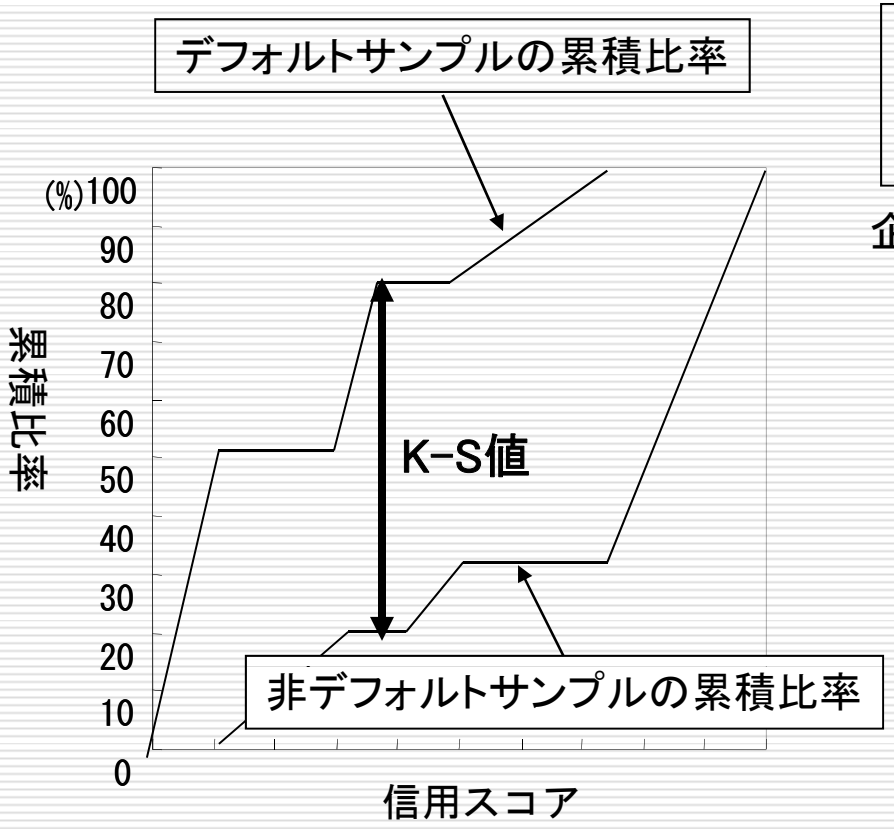
CAP(Cumulative Accuracy Profiles)曲線



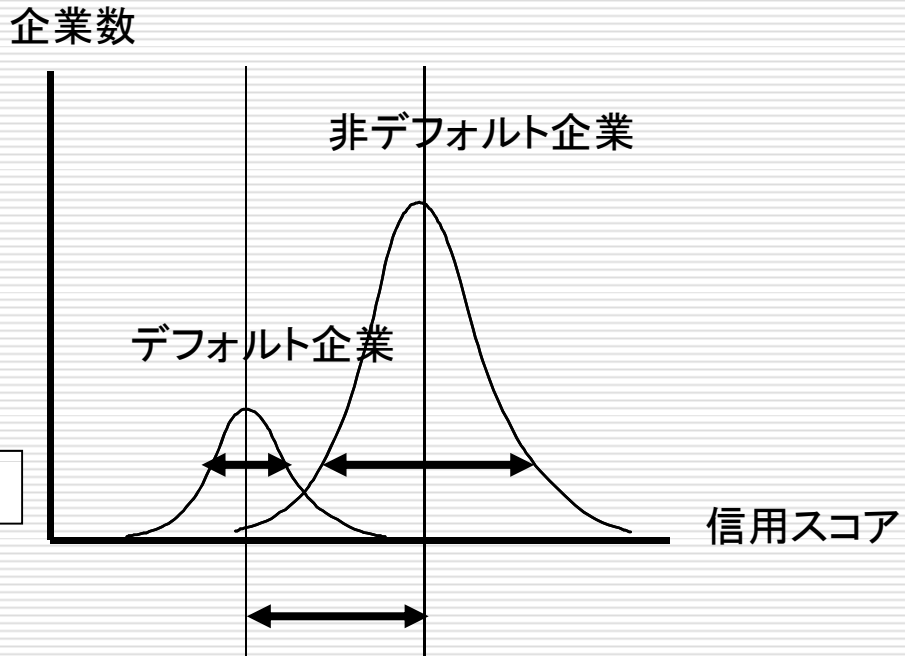
AR（Accuracy Ratio）値

$$= \frac{\text{面積(B)}}{\text{面積(A)＋(B)}}$$

K-S（Kolmogorov-Smirnov）値、ダイバージェンス



$$\text{ダイバージェンス} = \frac{(\text{両クラス間の平均の格差})^2}{\text{各クラスの分散の合計}}$$



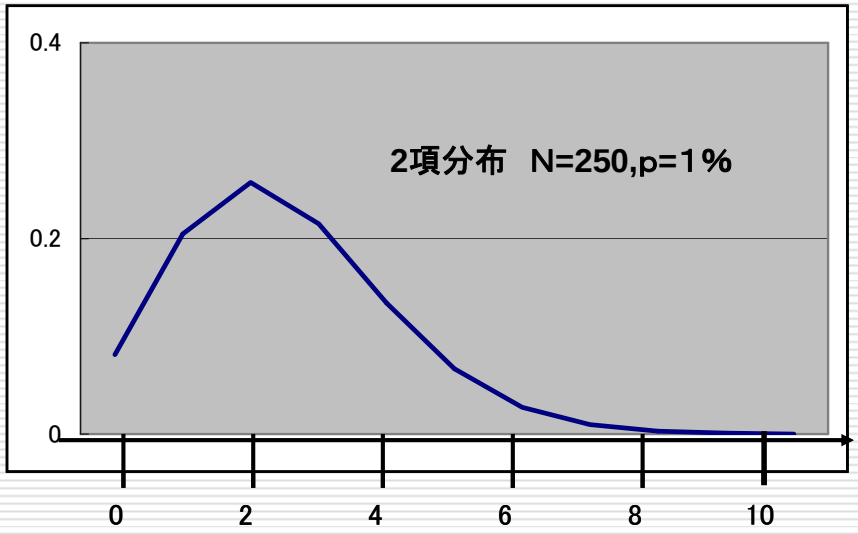
（4）推定PDの水準の検証

- 推定PDが想定する以上に、デフォルトが発生件数が増加していないかを検定する（２項検定）。

確率　$f(K) = {}_{250}C_K\,(0.01)^K\,(0.99)^{250-K}$

推定PD　　p＝ 1.00 %

債務者数　N＝250



K：デフォルト件数

デフォルト件数（K回）	確率	累積確率	デフォルト件数（K回以上）
0	8.11%	100.00%	0回以上
1	20.47%	91.89%	1回以上
2	25.74%	71.42%	2回以上
3	21.49%	45.68%	3回以上
4	13.41%	24.19%	4回以上
5	6.66%	10.78%	5回以上
6	2.75%	4.12%	6回以上
7	0.97%	1.37%	7回以上
8	0.30%	0.40%	8回以上
9	0.08%	0.11%	9回以上
10	0.02%	0.03%	10回以上
11	0.00%	0.01%	11回以上
12	0.00%	0.00%	12回以上
13	0.00%	0.00%	13回以上
14	0.00%	0.00%	14回以上
15	0.00%	0.00%	15回以上

有意水準５％

５．信用リスクの計量化

（１）信用リスク計量化の考え方

（２）信用リスク計量化モデル

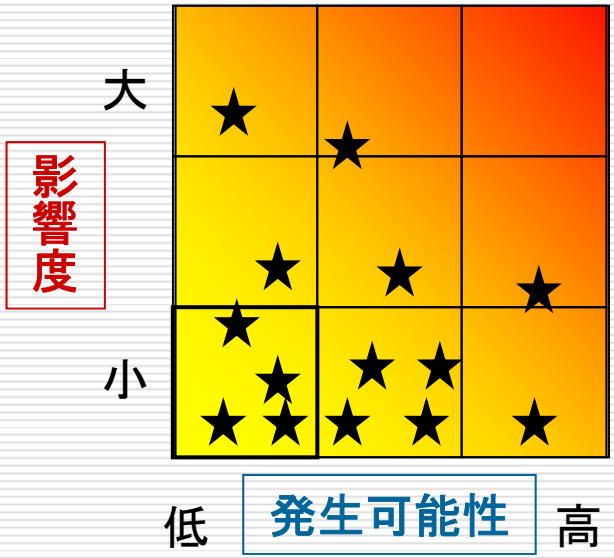
　　－　１ファクター・モデル、マルチファクター・モデル

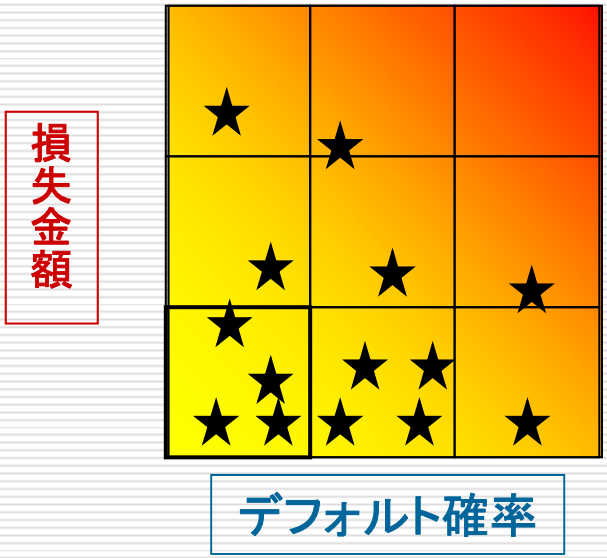
（３）パラメータの推定と検証

（４）ストレステスト

（1）信用リスクの計量化の考え方

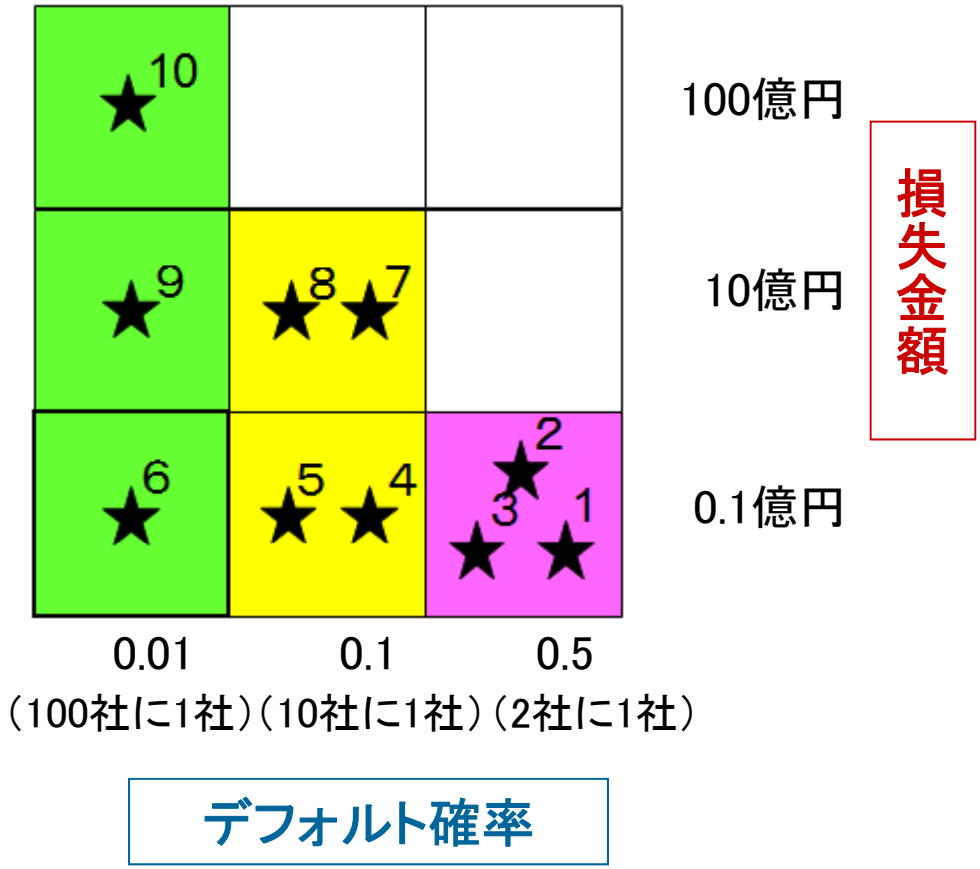
- リスクは「発生可能性」と「影響度」で測定・評価する。
- 信用リスクは、「デフォルト確率」とデフォルト時に発生する「損失金額」で計量化することが可能。



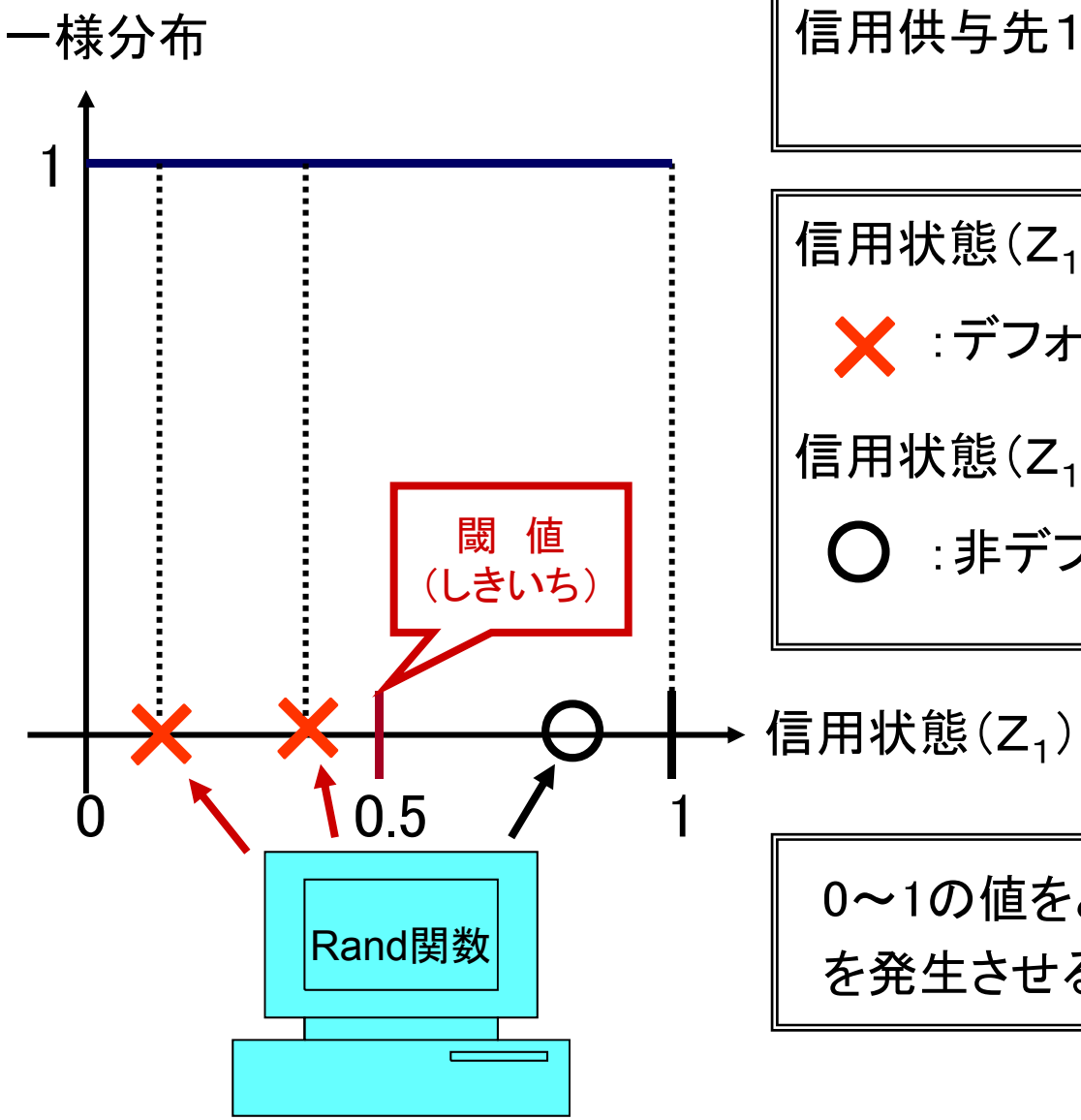


（例）信用ポートフォリオの想定

債務者	格付	ﾃﾞﾌｫﾙﾄ確率	損失金額
1	C	0.5	0.1
2	C	0.5	0.1
3	C	0.5	0.1
4	B	0.1	0.1
5	B	0.1	0.1
6	A	0.01	0.1
7	B	0.1	10
8	B	0.1	10
9	A	0.01	10
10	A	0.01	100



（例）簡単な信用リスク計量モデル



信用供与先1 ﾃﾞﾌｫﾙﾄ確率　0.5
損失金額　0.1億円

信用状態（Z_1）が 0.5 以下のとき

✕ ：デフォルト　損失 0.1億円

信用状態（Z_1）が 0.5 超のとき

○ ：非デフォルト 損失　なし

0～1の値をとる一様乱数（Z_1）を発生させる。

：デフォルト（損失）が発生した箇所

供与先	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
損失	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	10	10	10	100
確率	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.01	0.1	0.1	0.01	0.01

試行	乱数1	乱数2	乱数3	乱数4	乱数5	乱数6	乱数7	乱数8	乱数9	乱数10
1	0.245	0.059	0.004	0.110	0.364	0.431	0.778	0.785	0.598	0.487
2	0.548	0.387	0.884	0.398	0.977	0.587	0.334	0.724	0.172	0.383
3	0.291	0.257	0.202	0.384	0.248	0.166	0.200	0.944	0.351	0.862
4	0.768	0.380	0.934	0.075	0.587	0.495	0.808	0.101	0.721	0.605
5	0.250	0.267	0.955	0.140	0.957	0.505	0.744	0.716	0.113	0.097
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

試行	損失1	損失2	損失3	損失4	損失5	損失6	損失7	損失8	損失9	損失10	損失計
1	0.100	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300
2	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.100
3	0.100	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.300
4	0.000	0.100	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200
5	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

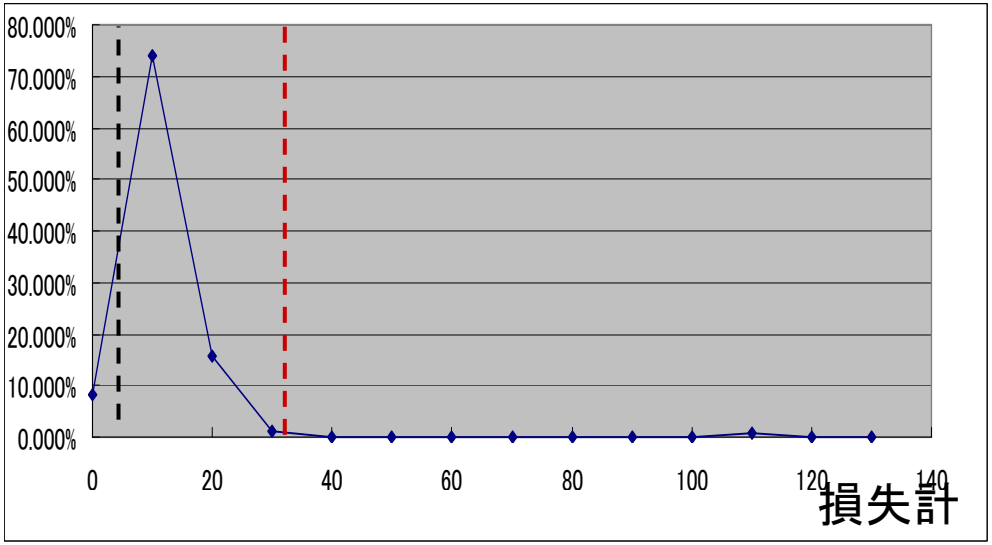
シミュレーション結果（試行回数：1万回）

	損失計	確率	累計
	0	7.740%	7.740%
～	10	73.470%	81.210%
～	20	16.650%	97.860%
～	30	1.120%	98.980%
～	40	0.020%	99.000%
～	50	0.000%	99.000%
～	60	0.000%	99.000%
～	70	0.000%	99.000%
～	80	0.000%	99.000%
～	90	0.000%	99.000%
～	100	0.080%	99.080%
～	110	0.780%	99.860%
～	120	0.130%	99.990%
～	130	0.010%	100.000%
	130超	0.000%	100.000%

平均値	
理論値	3.3
試行値	3.3

	パーセント点
90.00%	10.2
95.00%	10.3
99.00%	30.6
99.50%	100.2
99.90%	110.1
99.95%	110.3

確率分布



（2）信用リスク計量化モデル
―マートン型の1ファクター・モデル

感応度　共通要因　固有要因

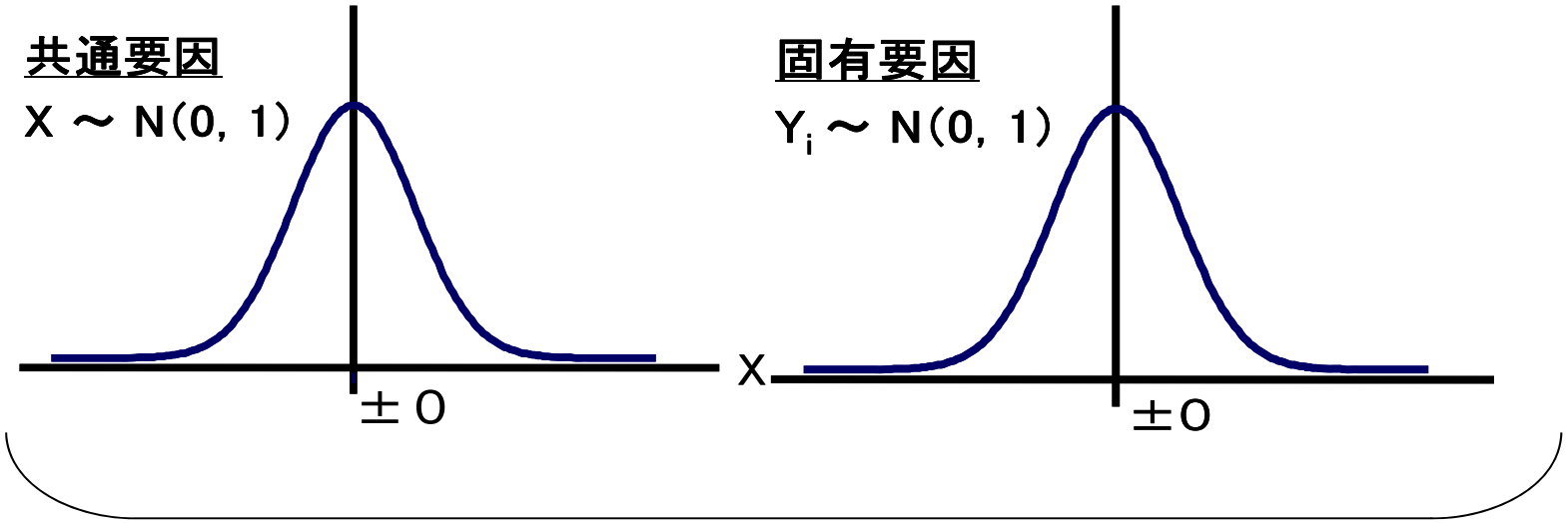
個別債務者（ｉ）の信用状態　$Z_i = a_i X + \sqrt{1-a_i^2}\, Y_i$

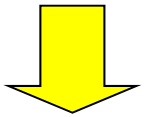
- X、Y_iは互いに独立な**標準正規分布**にしたがうと仮定する。

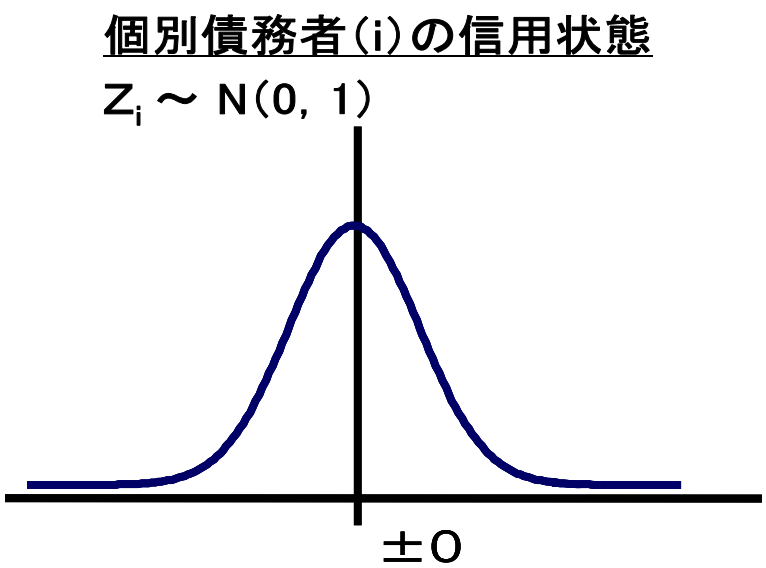
⇒ Z_i も**標準正規分布**にしたがう。

- Z_i の X に対する感応度を a_i と仮定する。

（注）1ファクターというのは共通要因が1個という意味。複数の共通要因の存在を仮定する場合は、マルチ・ファクターモデルと呼ばれる。



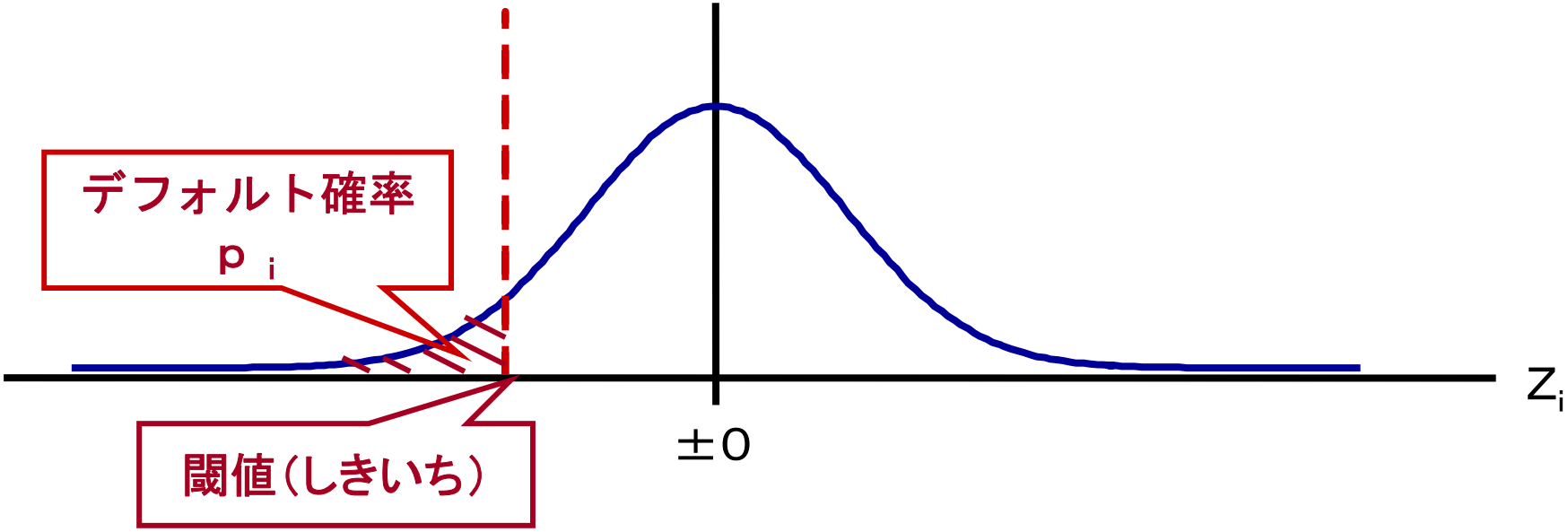




$$Z_i = a_i X + \sqrt{1 - a_i^2}\, Y_i$$

個別債務者の信用状態

Z_i～ N（0，1） 標準正規分布にしたがう。



個別債務者の信用状態（標準正規乱数 Z_i）が
閾値を下回った場合、この債務者はデフォルトすると
考える。

	X	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10
a	—	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
金額	—	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	10	10	10	100
確率	—	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.01	0.1	0.1	0.01	0.01
閾値	—	0.000	0.000	0.000	−1.282	−1.282	−2.326	−1.282	−1.282	−2.326	−2.326

試行	乱数X	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10
1	−0.106	−0.683	1.890	−0.346	0.657	−0.720	−0.345	−0.727	−1.231	−0.835	−1.047
2	−1.419	0.386	−0.979	0.230	−0.788	0.343	−1.836	0.224	−0.052	0.825	−0.371
3	0.010	0.914	2.001	−0.830	−0.535	1.671	−0.460	−1.478	−0.571	0.728	0.965
4	0.939	0.508	0.694	−1.041	0.616	1.850	1.173	−0.562	0.091	0.328	1.136
5	−1.018	−0.557	−1.208	−1.710	0.648	0.214	1.134	0.041	−0.149	−1.929	−0.460
6	−1.889	−0.821	−1.786	−0.169	0.012	−0.383	−1.385	−2.541	−0.944	−0.358	−1.779
7	−1.611	0.545	−0.264	0.164	−2.471	−0.806	0.271	−1.459	−1.920	0.703	−0.364
8	1.349	−1.542	1.111	1.053	2.497	1.164	−0.119	−0.675	0.297	0.563	0.443
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

試行		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	損失計
1		0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.200
2		0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.100
3		0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	10.100
4		0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.100
5		0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.300
6		0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	10.300
7		0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	10.0	10.0	0.0	0.0	20.200
8		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.100
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

◯ :デフォルト(損失)が発生した箇所

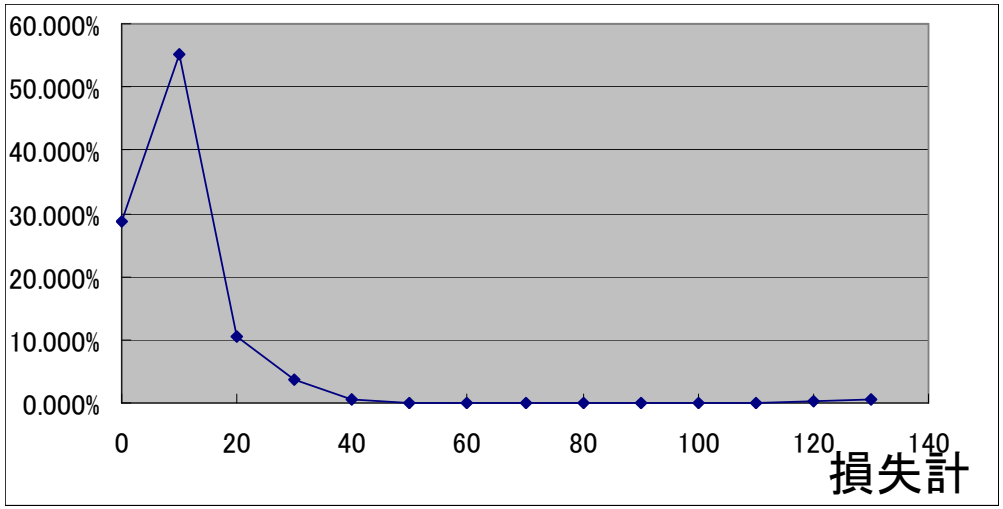
シミュレーション結果（試行回数：1万回）

	損失計	確率	累計
	0	28.850%	28.850%
～	10	55.300%	84.150%
～	20	10.650%	94.800%
～	30	3.620%	98.420%
～	40	0.430%	98.850%
～	50	0.000%	98.850%
～	60	0.000%	98.850%
～	70	0.000%	98.850%
～	80	0.000%	98.850%
～	90	0.000%	98.850%
～	100	0.000%	98.850%
～	110	0.120%	98.970%
～	120	0.300%	99.270%
～	130	0.510%	99.780%
	130超	0.220%	100.000%

	損失計
平均値	3.4

	パーセント点
90.00%	10.3
95.00%	20.2
99.00%	110.3
99.50%	120.5
99.90%	130.5
99.95%	130.6

確率分布



感応度の影響

- 共通要因の変動する「感応度」（ a_i ）が大きくなると、個別債務者の信用状態は、共通要因の変動の影響をより大きく受ける。
- 同時デフォルトによって多額の損失が発生するケースやいずれもデフォルトせず、損失が生じないケースが増えるため、信頼水準が同一でも信用VaRの値が大きくなる傾向がある。

マルチ・ファクター・モデル（業種別）

- 個別債務者の信用状態に影響を与える「業種別要因」の存在を仮定。

個別債務者（i）の信用状態

$$Z_i = a_i X_{s(i)} + \sqrt{1 - a_i^2}\, Y_i$$

$X_{s(i)}$ ： 債務者（i）の属する業種（S（i））の要因

一般化マルチ・ファクターモデル

- 個別債務者の信用状態に影響を与える「複数の共通要因」の存在を仮定。

個別債務者(i)の信用状態

$$Z_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \cdots + a_{iN}X_N + \sqrt{1-(a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \cdots + a_{iN}^2)}\,Y_i$$

$X_1 \sim X_N$: 共通要因の例

(1)マクロ経済 (景気、金利、為替等)

(2)業種

(3)地域

（3）パラメータの推定と検証

デフォルト確率　PD	・格付別のPD実績値を利用することが多い。 ・内部格付モデルにもとづくPD推計値、外部格付の公表PDを利用することもある。	P.55参照
デフォルト時エクスポージャー　EAD	・直近時点の残高とすることが多い。 ・中長期の視点からは増加の可能性を考慮すべき。	
デフォルト時損失率 LGD	・１－保全率　と置くことが多い。 ・保全率＝回収率とは限らないため、より適切な推計が課題。	
感応度　a	・観察可能な代理変数（株価等）を用いて推計する。たとえば、東証TOPIXと個別株価の変動の相関係数を計測する。 ・セクター（業種・地域）内の同質性を仮定して、セクター（業種・地域）別のデフォルト相関行列を推定する。この相関行列を直交分解して感応度を導出する。	P.56・57参照

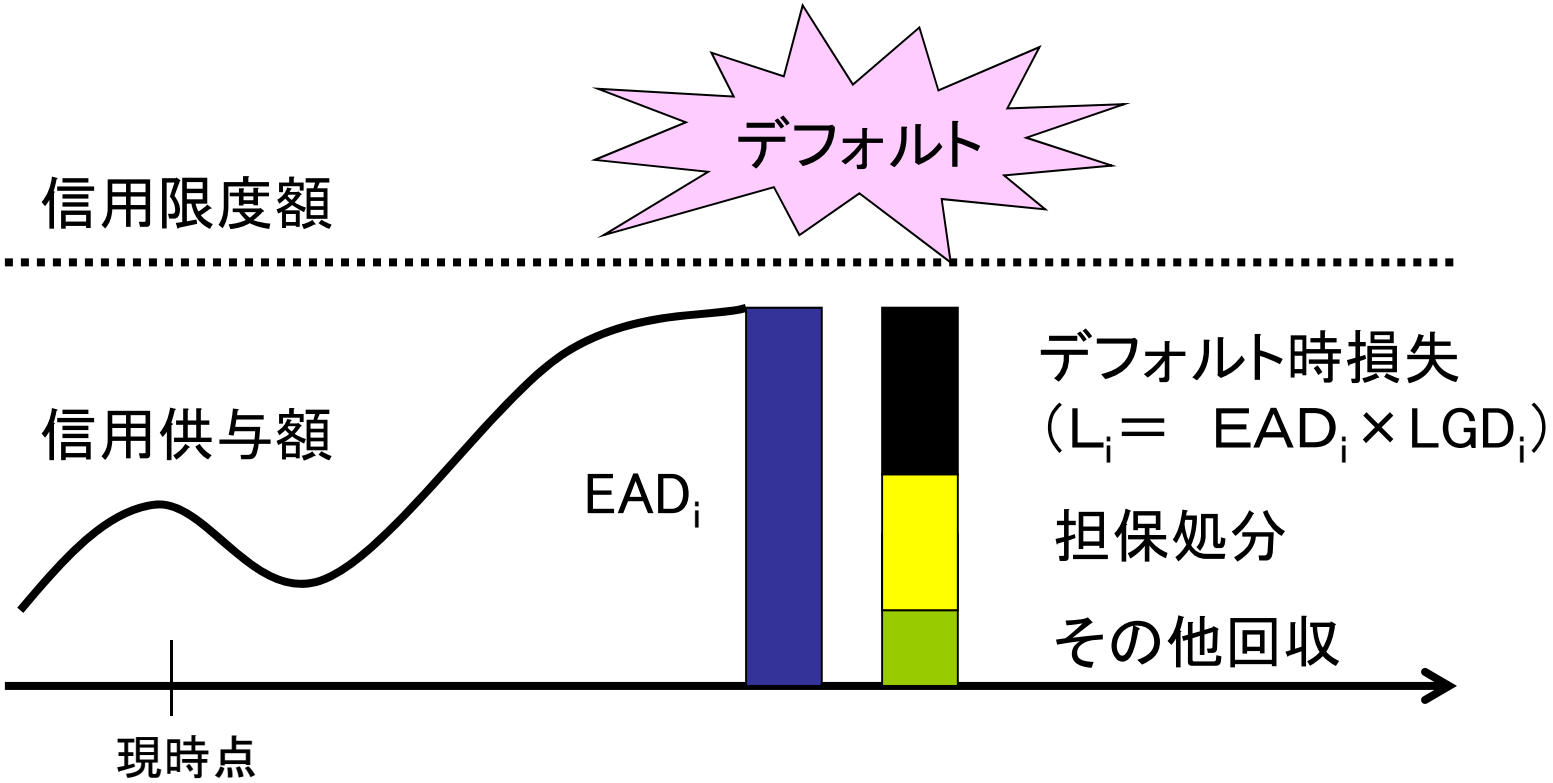
※　上記のうちLGD、感応度については、実務的に確立した推計、検証方法があるとは言い難いのが実情。

デフォルト時損失

$L_i = EAD_i \times LGD_i$

EAD_i: デフォルト時エクスポージャー（Exposure at Default）

LGD_i: デフォルト時損失率（Loss Given Default）



デフォルト相関　$a_i a_j$

債務者（ｉ）の信用状態

$$Z_i = a_i X + \sqrt{1 - a_i^2}\, Y_i$$

債務者（ｊ）の信用状態

$$Z_j = a_j X + \sqrt{1 - a_j^2}\, Y_j$$

業種別のデフォルト相関から感応度の導出例

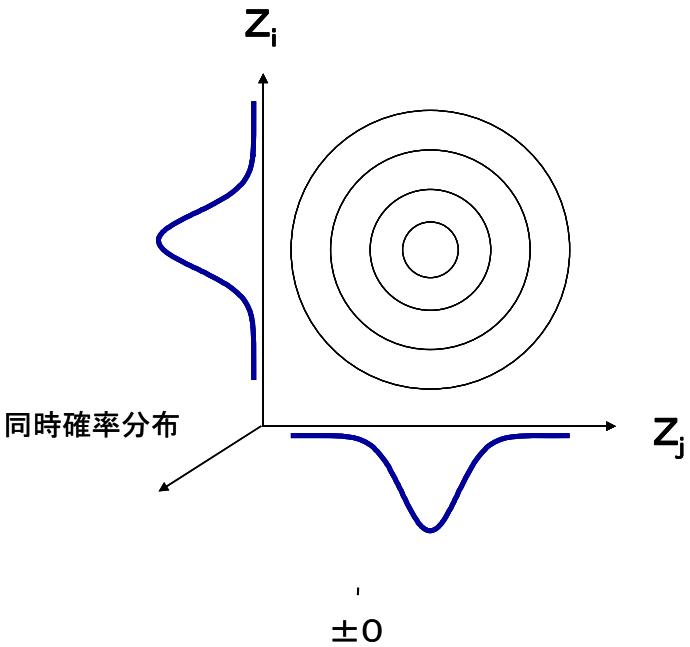
	業種1	業種2	・・・	業種n
業種1	$a_1 a_1$	$a_1 a_2$	・・・	$a_1 a_n$
業種2	$a_2 a_1$	$a_2 a_2$	・・・	$a_2 a_n$
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮
業種n	$a_n a_1$	$a_n a_2$	・・・	$a_n a_n$

	感応度
業種1	a_1
業種2	a_2
⋮	⋮
業種n	a_n

信用状態の変動に相関がないケース

債務者（ｉ）の信用状態　Z_i ～N（0，1）

債務者（ｊ）の信用状態　Z_j ～N（0，1）



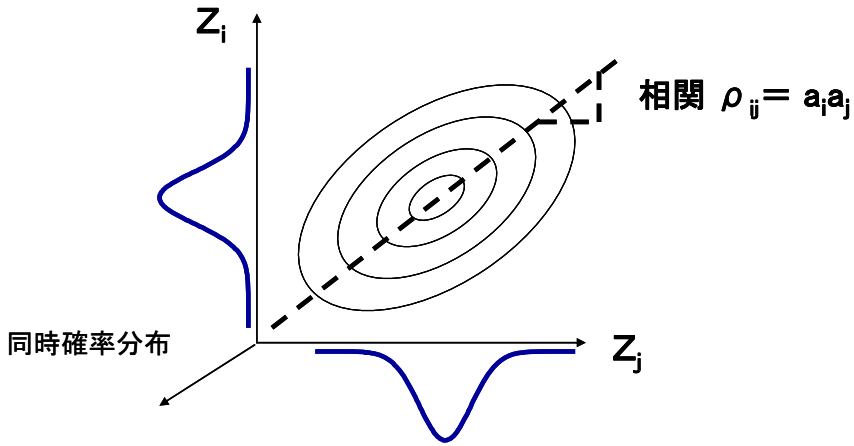
信用状態の変動に相関があるケース

債務者（ｉ）の信用状態

$$Z_i = a_i X + \sqrt{1-a_i^2}\, Y_i \quad \sim N(0,\ 1)$$

債務者（ｊ）の信用状態

$$Z_j = a_j X + \sqrt{1-a_j^2}\, Y_j \quad \sim N(0,\ 1)$$



留意点①

- 現状、規模の大小を問わず、殆どの金融機関が内部格付制度を構築している。高度なスコアリングモデルを導入して、格付別のデフォルト確率を推定する金融機関も増加している。
- しかし、格付の頑健性やデフォルト確率の精度は、①採用するスコアリングモデルのほか、②利用可能なデータ数（債務者数、デフォルト債務者数）に依存する。
- とくに、データ数（債務者数、デフォルト債務者数）が不足すると、格付が不安定化したり、デフォルト確率の精度が低下する傾向が強い。
- 中小規模の金融機関の場合、あるいは、大規模金融機関であっても業種別の格付を導入する場合などでは、データ数が不十分となる可能性がある。

  ⇒ 大量データにもとづく安定的な外部格付と比較対照したり、マッピングを行うなどの工夫を要する。

留意点②

- 近年、与信ポートフォリオのリスク把握、経営への活用を図るため、中小規模の金融機関でも信用VaRの計測に取り組む先が増加している。
- 信用VaRの信頼性は、内部格付やリスク要素の推定値の安定性に左右される。
- 利用可能なデータ数が少ない中小金融機関では、内部格付やデフォルト確率（PD）の推定値の安定性を確保するのは難しい。
- その他のリスク要素（LGD、相関等）についても、必ずしも実務的に推計・検証方法が確立しているとは言い難いのが実情。

⇒　信用VaRの値を過信せず、ストレステストと多様なシナリオ分析を行って、与信ポートフォリオの有する信用リスクを十分に把握・分析する必要がある。

（4）ストレステスト

- 信用リスクに関して、VaRの計測・検証の実務に限界がある以上、様々な観点からストレステストを実施することが求められ得る。
- とくに、与信集中リスクが顕在化したときの金融機関経営に与える影響は大きいうえ、与信ポートフォリオの残高・構成を短期的にコントロールするのは難しく、自己資本の充実を図るにのにも相応の期間を要する。
- 平時から様々なストレステストを行って、中長期の視点でみて与信集中リスクが顕在化する可能性がないかを検討したり、融資限度額（クレジット・リミット）は与信集中を回避する観点で有効に機能し得るかを検証することが重要である。

- 本資料に関する照会先

日本銀行金融機構局金融高度化センター
企画役　碓井茂樹　CIA,CCSA,CFSA
Tel　03(3277)1886　E-mail shigeki.usui@boj.or.jp

- 本資料の内容について、商用目的での転載・複製を行う場合は予め日本銀行金融機構局金融高度化センター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。
- 本資料に掲載されている情報の正確性については万全を期しておりますが、日本銀行は、利用者が本資料の情報を用いて行う一切の行為について、何ら責任を負うものではありません。