
リスク計測手法と内部監査

目次

1. リスク計測手法

(1) リスクの定義

(2) リスクマネジメント

(3) リスクの計量化

(4) VaR (バリュー・アット・リスク)

2. 内部監査のポイント

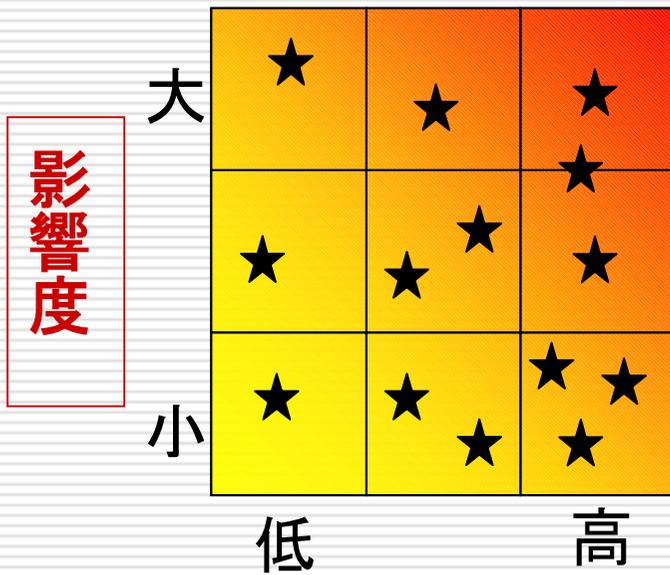
1. リスク計測手法

(1) リスクの定義

- ◆ 組織の目標・目的の達成に(マイナスの)影響を与える事象の発生可能性
- ◆ 影響の大きさと発生の可能性に基づいて測定される

リスク・マップ

固有リスク



発生可能性

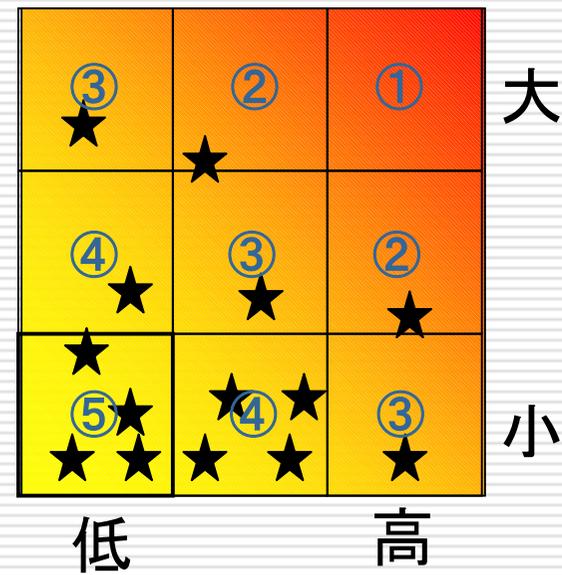
コントロール



統制リスク/
脆弱性

★ リスク事象

残余リスク



発生可能性

影響度

固有リスク

- ◆ コントロール等が全く整備されていないと仮定した場合に存在するリスク

残余リスク

- ◆ 不利な事象の影響と発生の可能性を軽減する措置(コントロール等)を講じた後にさらに残るリスク

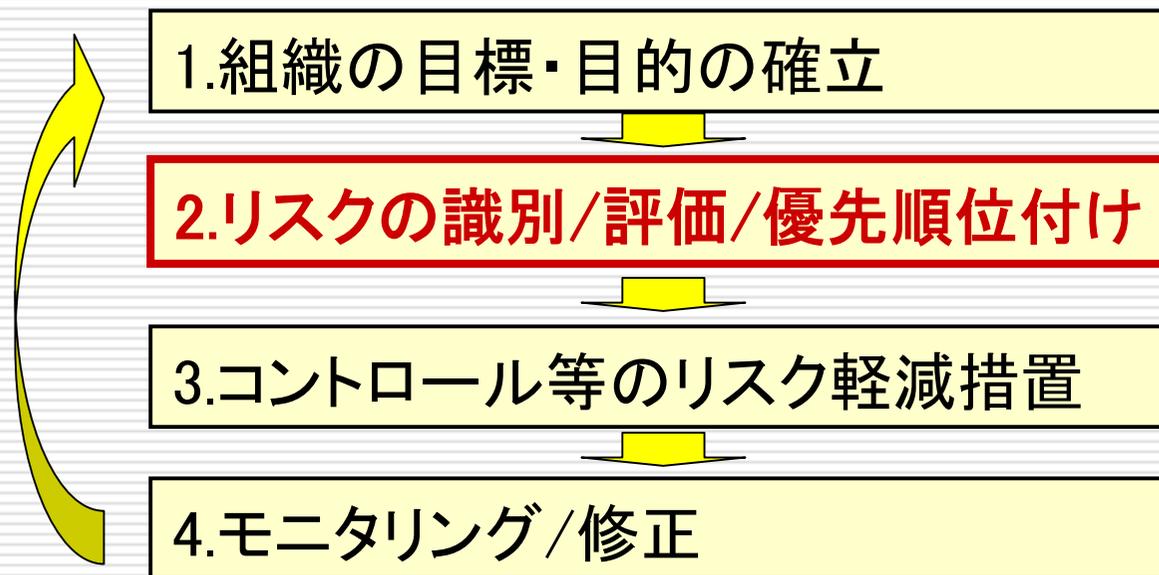
統制リスク/脆弱性

- ◆ 機能しないコントロール手続きに依存するリスク

統制リスク	小さい	大きい
脆弱性	低い	高い
コントロール	強い (有効である)	弱い (有効でない)

(2) リスクマネジメント

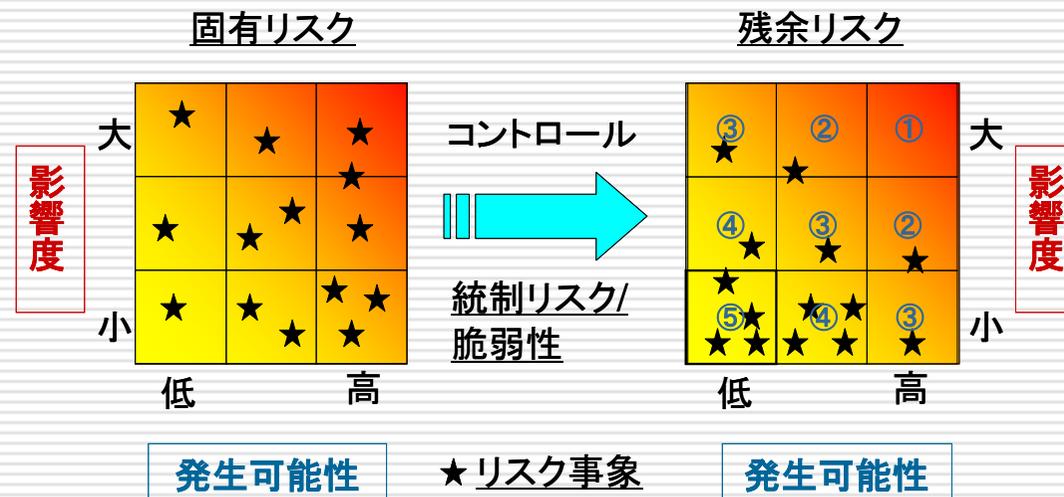
- ◆ 組織の目標・目的の達成に関して合理的保証を提供するため、発生する可能性のある事象や状況を識別、評価、管理するプロセス



リスク評価の様々な手法

① リスクマップ方式

- ◆ 残余リスクでみて、右上の領域(影響度が大きく、発生可能性が高い)の方が、より重要度が高いと評価するのが一般的。
- ◆ 固有リスクでみて、影響度が大きい方が、より重要度が高いと評価することもある。
- ◆ 統制リスク/脆弱性が高い方が、より重要度が高いと評価することもある。



② リスク評点化方式

- ◆ 「影響度」、「発生可能性」、「コントロールの有効性」を評点化し、乗じることによって、残余リスクを評点化する。
- ◆ 「残余リスク」の評点に「閾値」を設けて、重要度を評価するのが一般的。
- ◆ 固有リスクの「影響度」や「コントロールの有効性」の評点に「閾値」を設けて、重要度を評価することもある。

(例)

リスク内容	固有リスク		コントロール	残余リスク
	影響度 (評点A)	発生可能性 (評点B)	有効性 (評点C)	評価 (評点A×B×C)
XXXXX	○点	△点	◇点	○×△×◇点
XXXXX	●点	▲点	◆点	●×▲×◆点
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

③ リスク計量化方式

- ◆ 残余リスクの「影響度」を金額ベースに換算し、それぞれの「発生可能性」の想定(〇年に1回)を置く。
- ◆ 「影響度」が一定金額を超えたり、「発生可能性」が一定頻度を超えるとき、重要度が高いと評価する。

(例)

リスク内容	影響度			発生頻度	統制上の改善点
	直接費用	間接費用	その他		
XXXXX	○円	○円		〇年に1回	×××××
XXXXX	△円	△円	顧客の信用を毀損	△年に1回	×××××
XXXXX	◇円	◇円		◇年に1回	×××××
XXXXX	●円	●円	顧客の信用を毀損	●年に1回	×××××
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

共通点、相違点

(共通点)

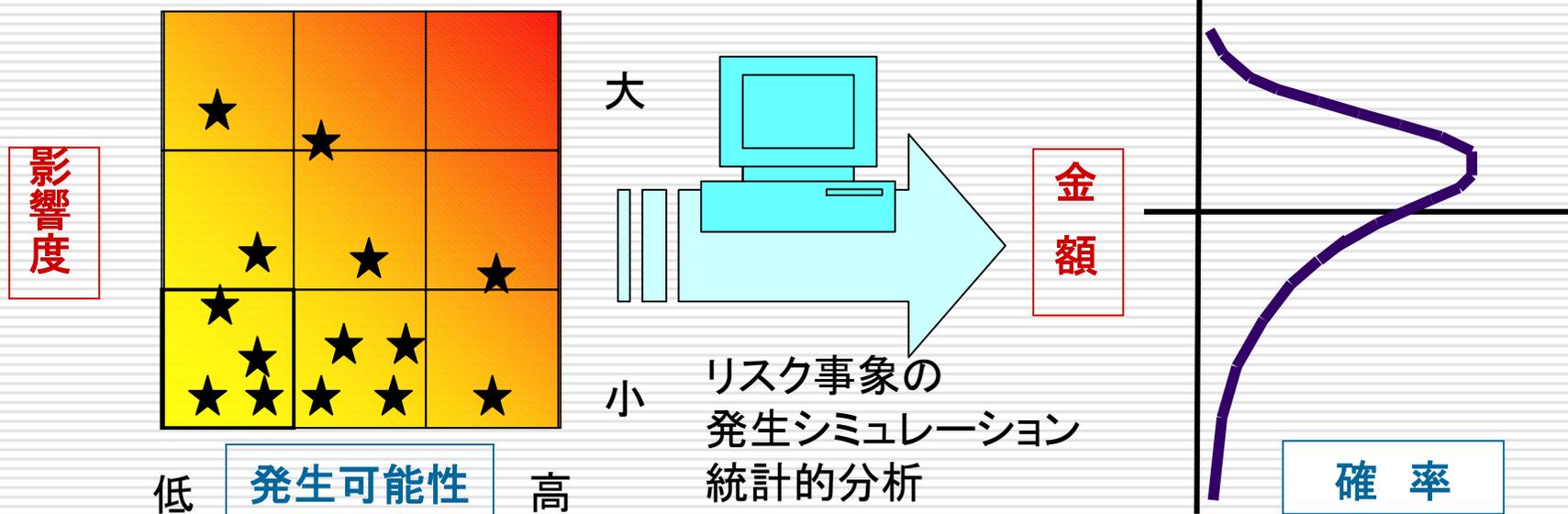
- ◆ リスクマップ方式、リスク評点化方式、リスク計量化方式いずれの方式でも、リスクの重要度や優先順位を決めることは可能。

(相違点)

- ◆ しかし、当該組織の収益・経営体力と対比して過大なリスクを負っているか否かは、リスク計量化方式でないと判定できない。

(3) リスクの計量化

- ◆ リスク事象の「影響度」を金額換算し、「発生可能性」を確率であらわす。
- ◆ リスク事象の発生シミュレーションや統計的分析により、経営に与える影響を把握する。

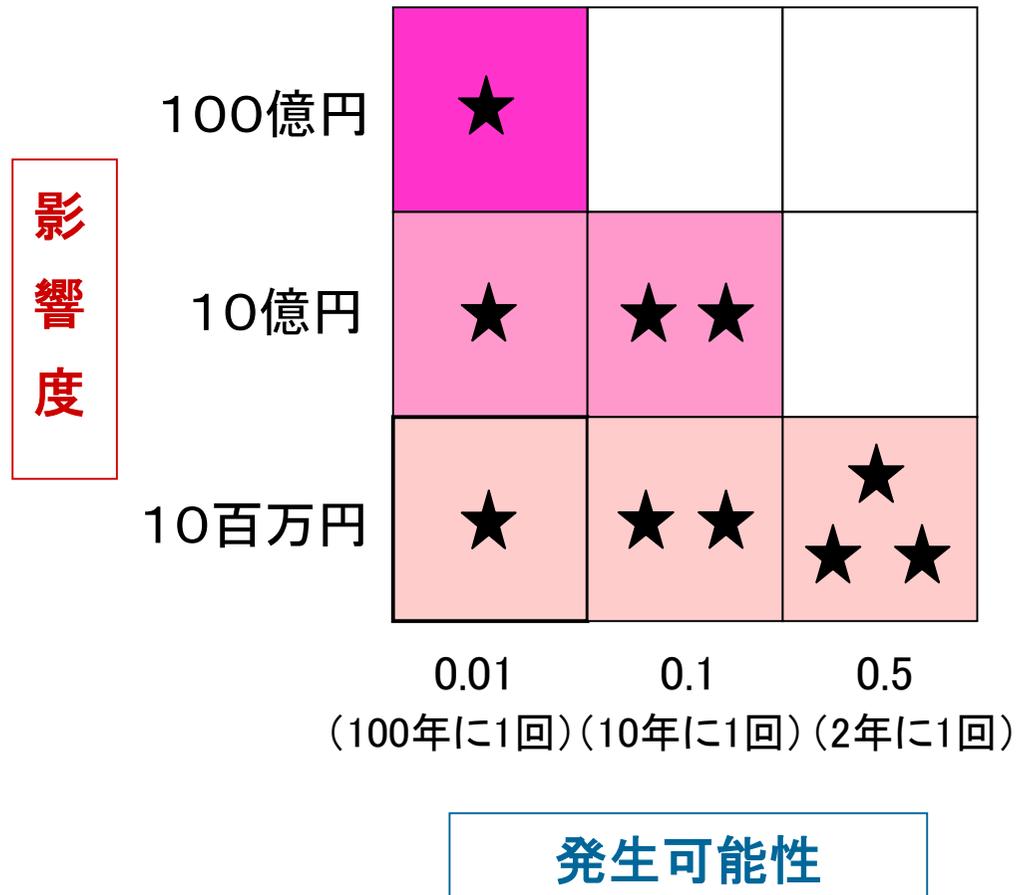


(設例)

- あなたは、ある企業の社長です。
- 自己資本は100億円です。
- 業績は安定していて、年商100億円、毎年5億円の営業利益を計上しています。
- ある日、内部監査部門長から、これまで起きたことはないが、10個の無視できないリスク(次頁参照)があることが分かった、と報告を受けました。
- 早急に手を打つ必要がありますか？
- あなたなら、どう考え、どう対処しますか？

新たに判明した10個のリスク

(注) 10個のリスク事象は、独立して発生する。



リスク事象	損失(億円)	発生確率
risk1	0.1	0.5
risk2	0.1	0.5
risk3	0.1	0.5
risk4	0.1	0.1
risk5	0.1	0.1
risk6	0.1	0.01
risk7	10	0.1
risk8	10	0.1
risk9	10	0.01
risk10	100	0.01

(ヒント)

- ・ 10個のリスク事象が全く起きなければ損失額はゼロ。
- ・ 10個のリスク事象がすべて起きたときの最大損失額は130.6億円。
- ・ 10個のリスク事象が起きるか起きないか、全部で $2^{10}(=1024)$ 通りのケースがある。
- ・ それぞれのケースで発生する損失額や発生確率を計算することはできるが...

- ・ 平均的な損失額はいくらか？
- ・ 平均的な損失額の発生に備えるだけで十分か？
- ・ では、どの程度の損失額の発生に備えたらよいのか？
- ・ 最大損失額(130.6億円)の発生に備える必要があるか？

- ・ 収益(営業利益5億円)と経営体力(自己資本100億円)がリスク顕現化時の損失を吸収するバッファーと考える。

(実験)

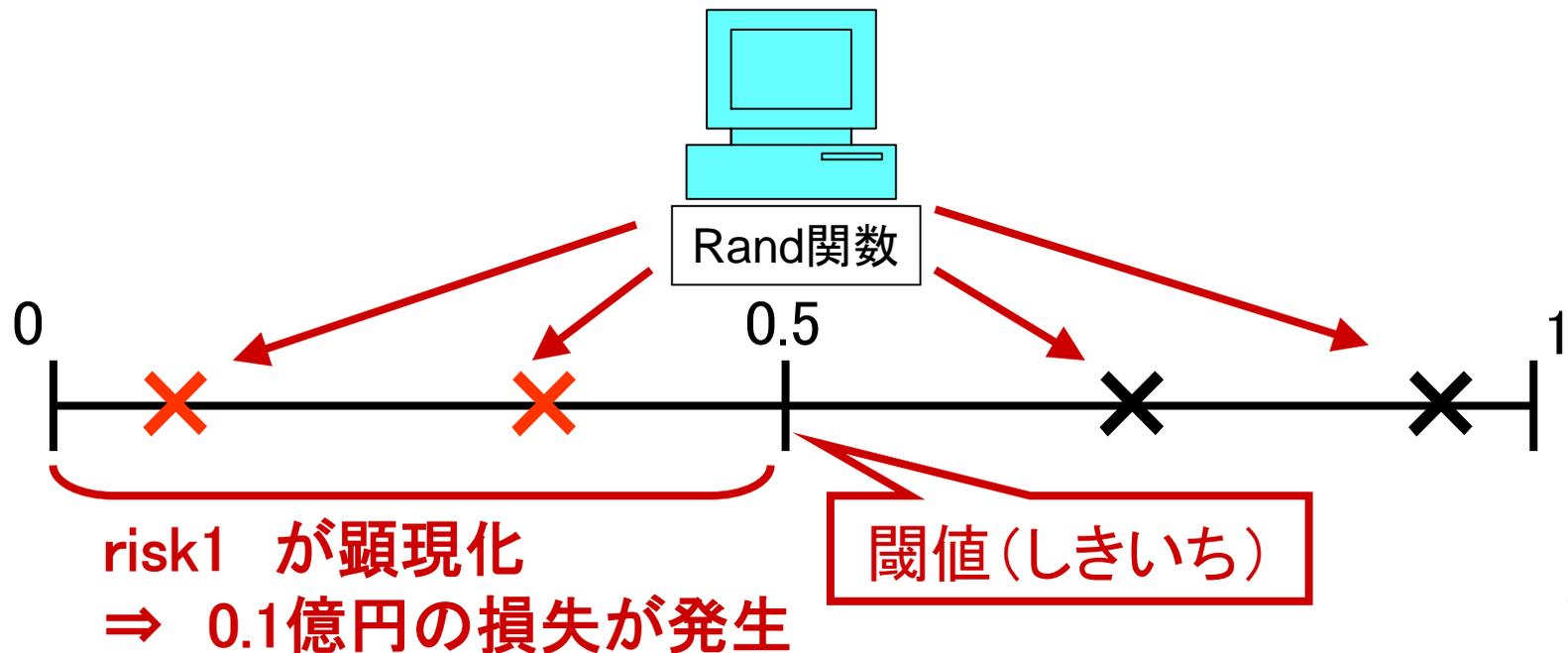
- パソコンで、リスク事象を発生させてみよう。

ExcelのRand関数 を使って、
0～1の値をとる乱数(一様乱数)を発生させる。

(例) risk1の場合

乱数(一様乱数)の値が 0.5 以下のとき

risk1(発生確率 0.5)が発生したと考える。



	risk1	risk2	risk3	risk4	risk5	risk6	risk7	risk8	risk9	risk10
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

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
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

	risk1	risk2	risk3	risk4	risk5	risk6	risk7	risk8	risk9	risk10
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

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
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

 : リスク事象(損失)が発生した箇所

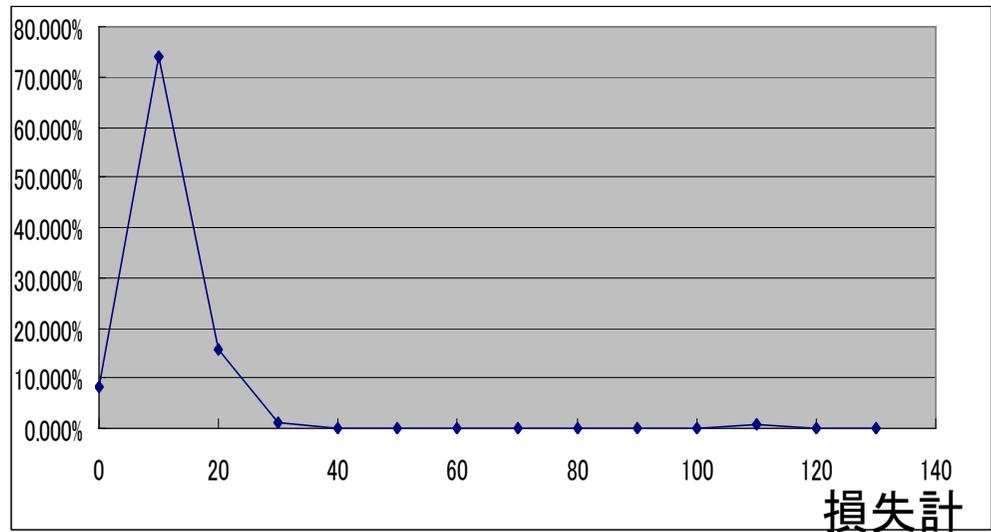
シミュレーション結果(試行回数:1万回)

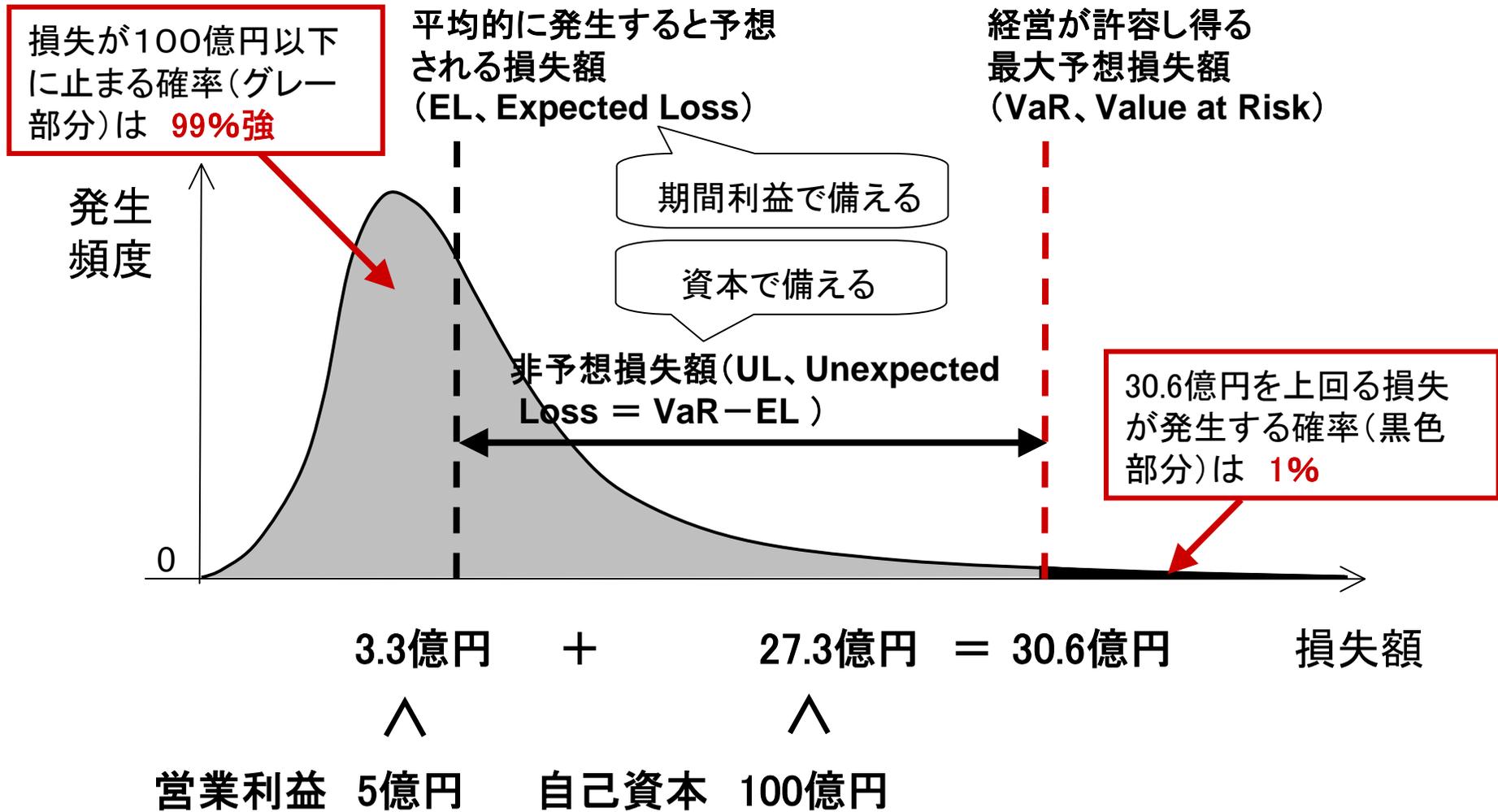
損失計	確率	累計
0	7.740%	7.740%
~ 10	73.470%	81.210%
~ 20	16.650%	97.860%
~ 30	1.120%	98.980%
~ 40	0.020%	99.000%
~ 50	0.000%	99.000%
~ 60	0.000%	99.000%
~ 70	0.000%	99.000%
~ 80	0.000%	99.000%
~ 90	0.000%	99.000%
~ 100	0.080%	99.080%
~ 110	0.780%	99.860%
~ 120	0.130%	99.990%
~ 130	0.010%	100.000%
130超	0.000%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





- 平均的にみて、利益の計上が可能
- 自己資本を毀損する確率は1%

(4) VaR(バリュー・アット・リスク)

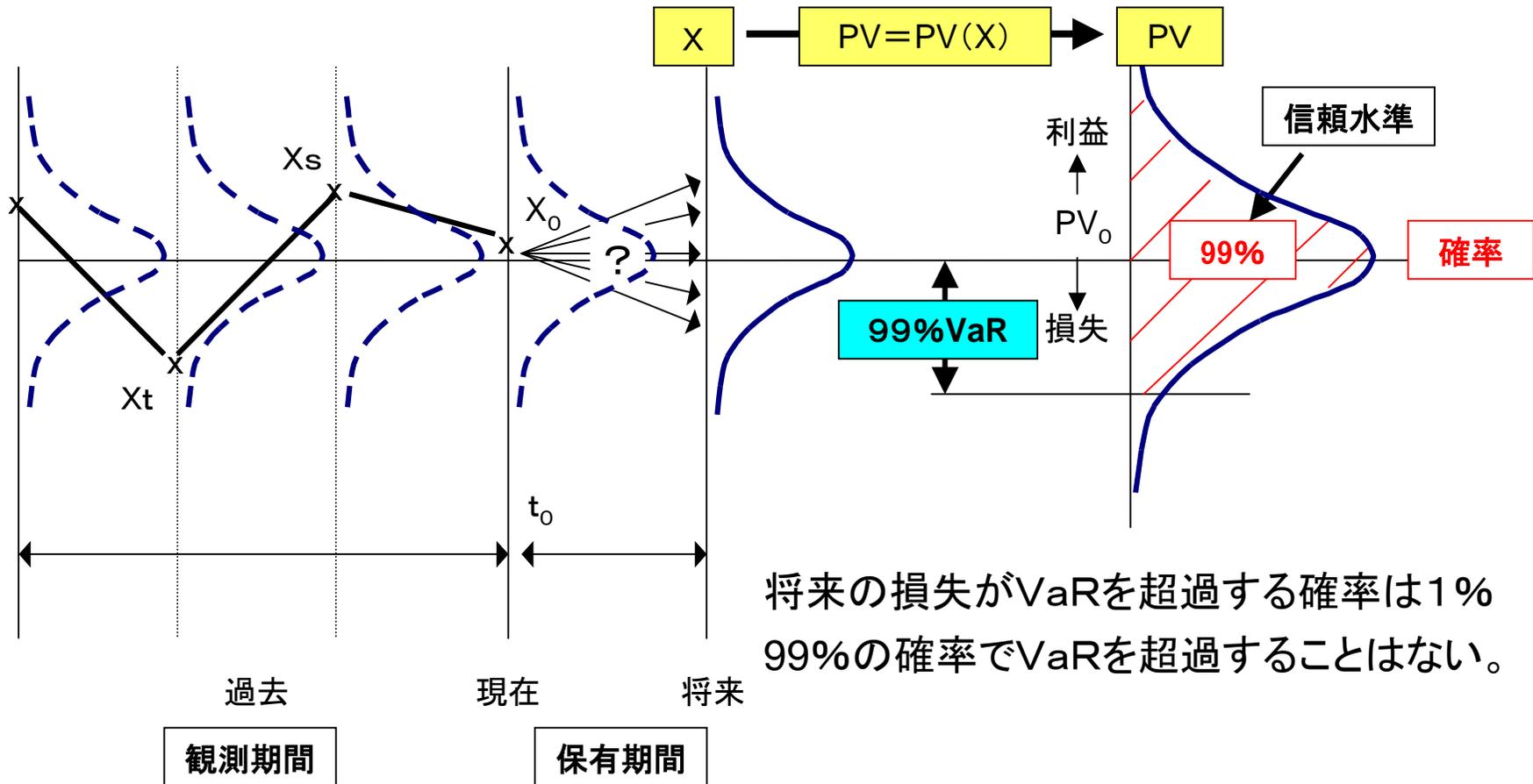
VaRの起源

- ◆ JPモルガンの最高経営責任者 D. Weatherstoneは、今後24時間に自社のポートフォリオが受けるリスクを計量化することを求めた。毎日16時15分、その計測結果をチェックすることを望んだ。
- ◆ これに対し、JPモルガンのスタッフは、金利、株式、為替などの過去の観測データからある確率をもって発生し得る最大損失額を予想することを提案し、その計測モデルを開発した。
⇒ 「市場VaR」の起源

市場VaR(概念図)

リスクファクター(X:金利、株価、為替など)の推移と、その確率分布

現在価値(PV)ベースの確率分布

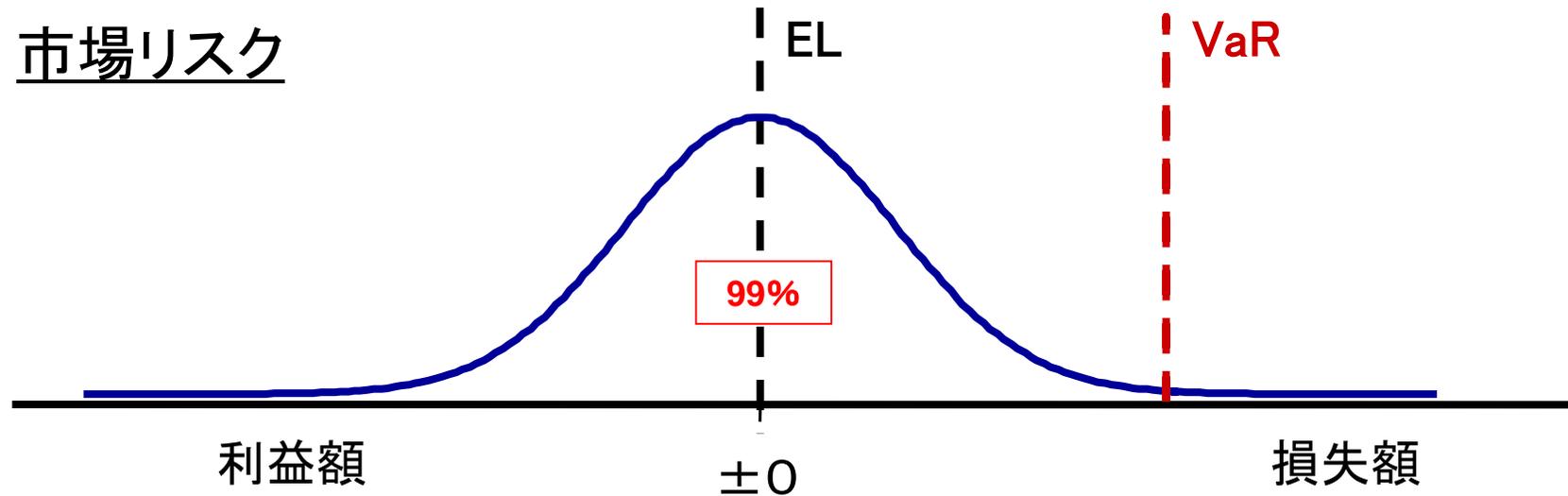


VaRの発展

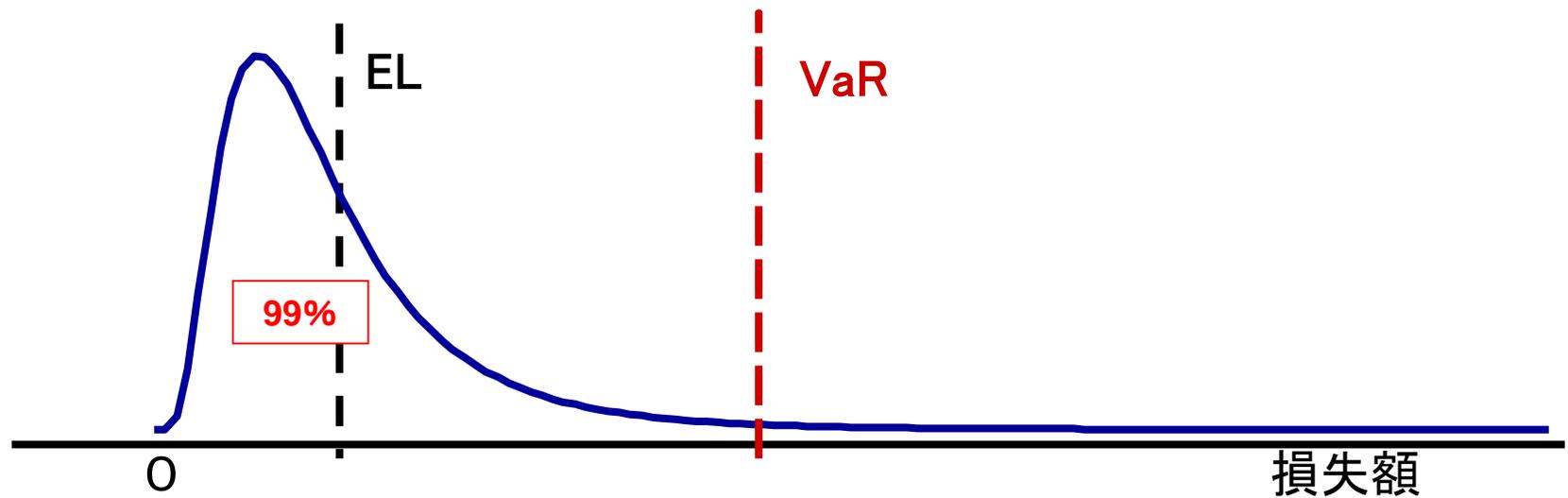
- ◆ その後、VaRの計測モデルは改良が加えられたほか、様々な計測手法が開発された。
 - ⇒ 分散共分散法、モンテカルロ・シミュレーション法、ヒストリカル法(後述)。
- ◆ リスクの計測対象も、市場リスク以外にも、貸し倒れなどの信用リスクや、事件・事故、システム障害、災害など業務全般に係るオペレーショナル・リスクに拡大。
- ◆ 最近では、各リスクカテゴリーのリスクを VaR という共通の尺度で測定して、リスクを統合管理する企業・金融機関が増加している。

リスクカテゴリー別に見た損失分布(イメージ)

市場リスク



信用リスク、オペレーショナル・リスク



VaRを定義する

- ① 過去の一定期間(観測期間)の変動データにもとづき、
- ② 将来のある一定期間(保有期間)のうちに
- ③ ある一定の確率(信頼水準)の範囲内で
- ④ 被る可能性のある最大損失額を
- ⑤ 統計的手法により推定した値をVaRとして定義する。

VaRの特徴を一言でいうと

- ◆ 「過去」のデータを利用して (backward-looking)
- ◆ 統計的手法で「推定」される (客観的)
- ◆ 「確率」を伴うリスク指標 (定量的)

VaR(バリュー・アット・リスク)は

- どのくらいの損失が、どのくらいの確率で発生するかが分かる、画期的なリスク指標である。
- 過去のデータに基づいて、統計的手法を用いて求められるため、客観性が高く、株主、顧客、当局に対する説得力が高い。

VaR(バリュー・アット・リスク)は

- 統計的手法によって求められる指標であるため、その「前提」を確認する必要がある。
- 厳密に言えば、統計的に「推定」された値であり、使用に耐えられるか、バックテストなどで統計的に「検証」する必要がある。
- 「過去は繰り返す」という考え方に基づいて求められているため、予測値としては「限界」がある。ストレス・テストなどで「補完」する必要がある。

2. 内部監査のポイント

◆ 以下の項目について、内部監査を行っているか。

- リスク計測手法に関する記録は適切に文書化され、遅滞なく更新されていること
- リスク計測手法と、戦略目標、業務規模・特性およびリスク・プロフィールとの整合性
- リスク計測手法によって捉えられる計測対象範囲の妥当性
- リスク計測に利用されるデータの正確性及び完全性
- リスク計測手法、前提条件等の妥当性継続的な検証（バック・テスト等）のプロセス及び結果の適正性
- リスク計測手法の特性（限界と弱点）を考慮した運営の適切性

(注) 金融検査マニュアル・リスク管理態勢の確認検査用チェックリストより抜粋 ²⁷

リスク計測手法に関する文書化と変更管理の状況を確認する。

- ◆ リスク計測手法の採用・変更に関する経営陣への報告資料が適切に文書化され、保存されているか。

(例) 報告書に記載を要する重要事項

- ・リスク計測手法の概要説明(設計思想、前提条件等)
 - ・リスク計測手法選択の検討結果、決定根拠
 - ・バックテスト、ストレステストの実施内容、検討結果、判断根拠
- ⇒ リスク計測モデル・手法の概要を把握するため、経営陣への報告・説明資料の提出を求めるのが良い。
- ⇒ リスク計測手法に関する経営陣の理解レベルも分かる。

リスク計測手法とリスク・プロファイルの整合性を確認する。

◆ リスク・プロファイルからみて、妥当なリスク計測手法を採用しているか。

⇒ 様々なVaR計測手法をリスクプロファイルに応じて使い分けられていることを確認する。

(例)市場VaRの計測手法の使い分け

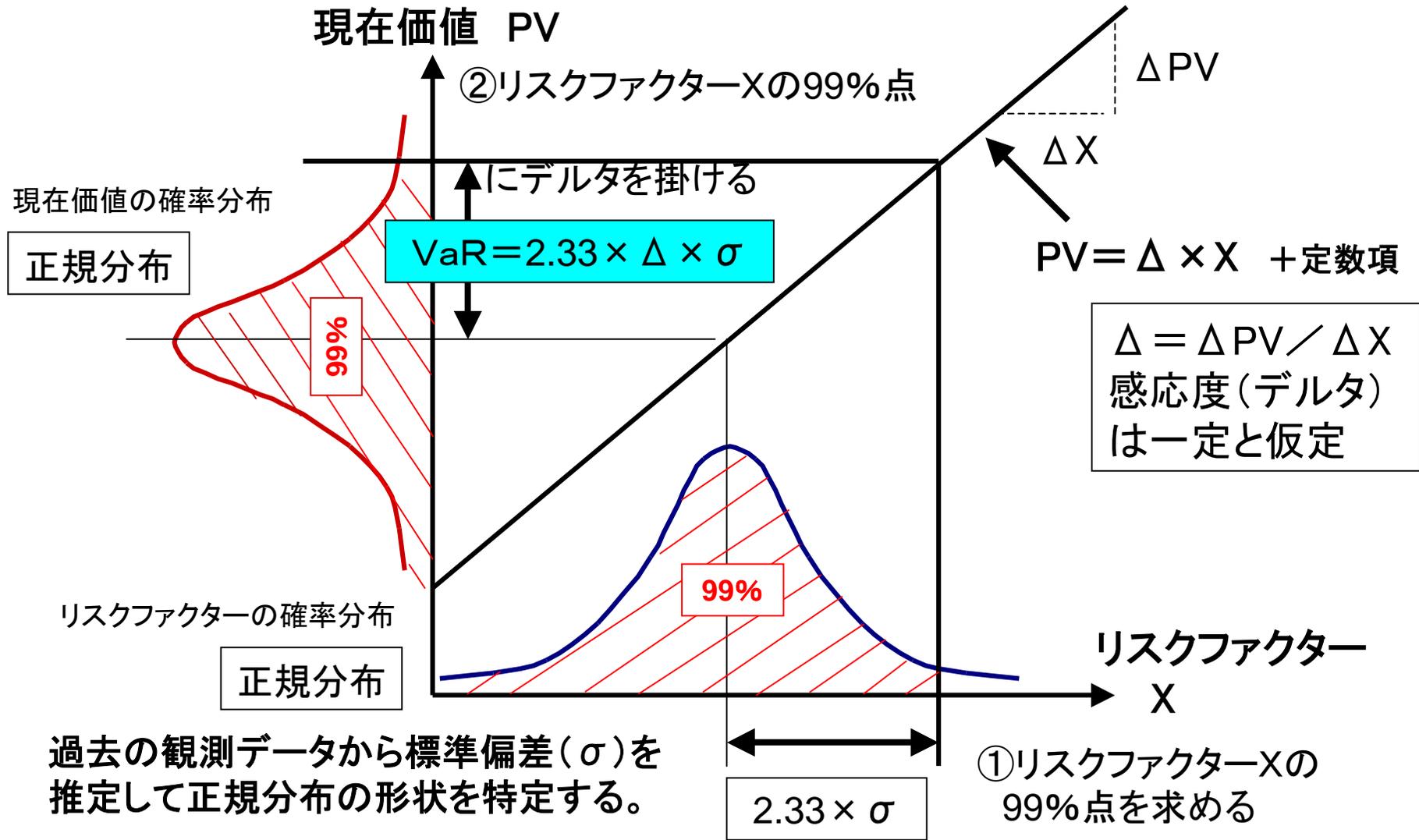
・分散共分散法：一般金融商品

・モンテカルロ・シミュレーション法：オプション性の強い商品

・ヒストリカル法：ファット・テールな損失分布を持つ金融商品

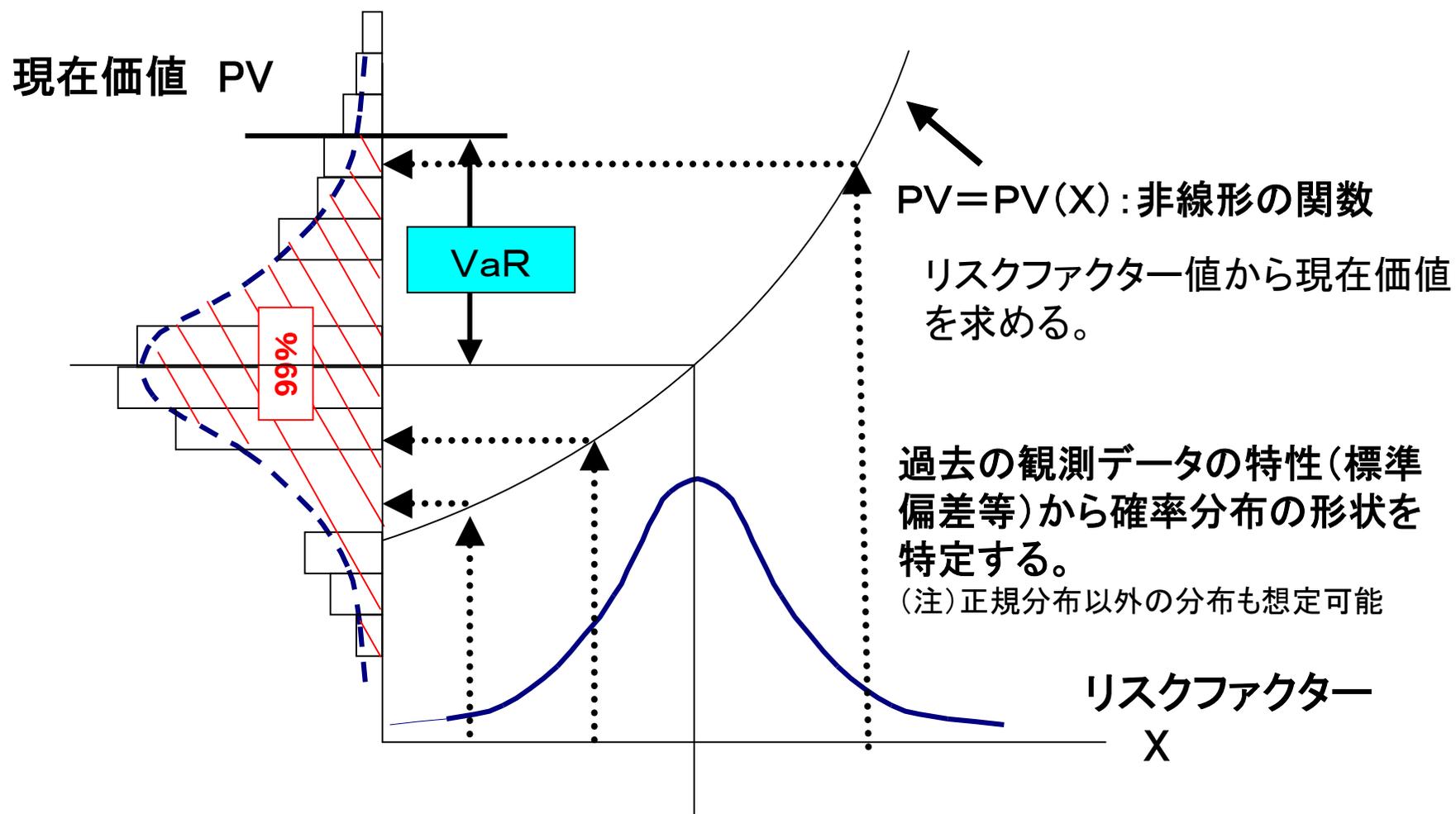
⇒ 理論的により精緻な方法を選択すべき、と形式的に判断すべきではない。どの手法を選択すべきかは経営者の視点で総合的に判断する(コスト負担、ストレステスト等での補完が可能か)。

分散共分散法(ムービング・ウィンドウ法)



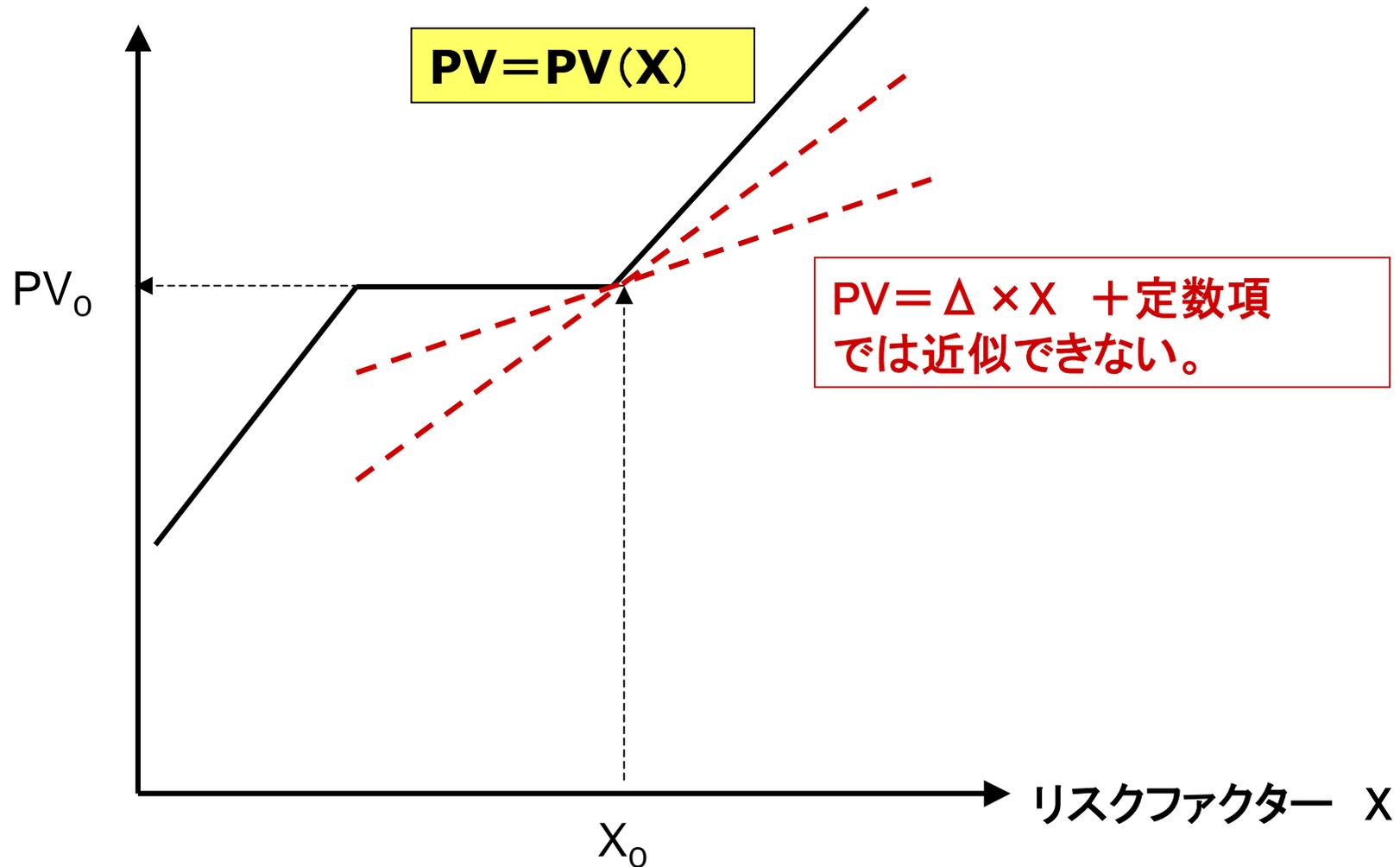
モンテカルロ・シミュレーション法

乱数を利用し、繰り返しリスクファクターの予想値を生成。
その予想値をヒストグラム化する



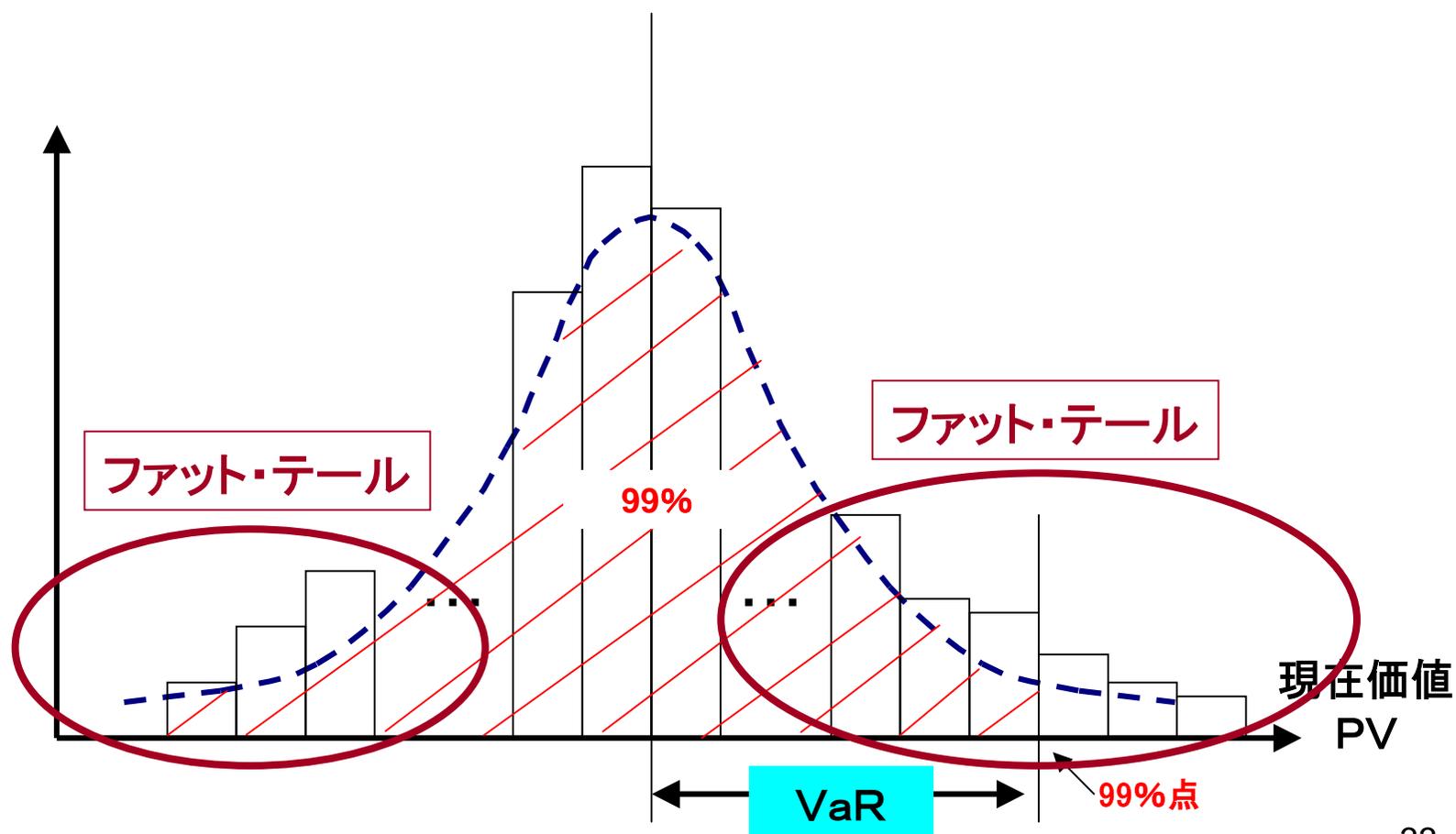
乱数を利用して、繰り返しリスクファクターの予想値を生成

デルタ(Δ)一定の仮定が満たされないため、
近似精度が殆ど得られず、分散共分散法を
適用するのが適当でないケース



ヒストリカル法

特定の確率分布を仮定せず、過去のデータ変動をそのまま利用してヒストグラム化する



リスク計測の対象範囲を確認する。

- ◆ 重要なリスクの計測漏れはないか。
⇒ リスク計測の対象範囲をインタビューし、原データから対象範囲を確認する。

(リスク計測の対象範囲が不適切な事例)

- ・ 時価評価されない満期保有の有価証券について市場リスクの計測対象から除外している。
- ・ 事業債の信用リスクを計測していない。
- ・ 連結対象子会社のオペリスクを計測対象から除外している。

リスク計測の頻度を確認する。

◆ リスク計測の頻度は妥当か。

⇒ データの入手可能なタイミングではなく、経営判断を行なうタイミング、コントロール可能なタイミングに合わせて、VaRの計測頻度を決めているか確認する。

(計測頻度の例)

- ・有価証券投資に係る市場VaR …… 日次計測が一般的。
- ・銀行勘定全体に係る市場VaR …… 月次計測の先が多いが、日次計測を始めた先もみられる。
- ・信用VaR …… 月次計測の先もみられる。
- ・オペVaR …… 半期・年次計測の先が多い。

データの正確性と完全性を確認する

- ◆ 観測データ・セットは、正確で完全か。
 - ⇒ 規程・マニュアル等で、観測データの入手手続きや時価の算定方法などに問題がないか、を確認する。
 - ⇒ 観測データに関して、システムによる自動入力か、手入力か、を確認する。
 - ⇒ 欠損データの扱い、休日データの扱いをどうしているか、を確認する。
 - ⇒ 観測データに異常値が含まれていないか、を確認する。

リスク計測手法の前提を確認する。

◆ リスク計測手法の前提は妥当か

⇒ VaR計測の目的が、①フロント部署がリスク・ポジションを管理するためなのか、あるいは、②VaRをリスク資本と対比して経営体力の十分性を検証するためなのか、で前提の置き方は大きく異なる。

⇒ リスク計測の目的に照らし、保有期間、信頼水準、観測期間の設定や相関の勘案状況がVaR計測の目的と整合的か、を確認する。

継続的な検証(バック・テスト等)のプロセス および結果の適正性を確認する。

- ◆ バックテストを継続的に実施しているか。
- ◆ バックテストの結果を経営陣に報告しているか。
 - ⇒ VaRは統計的手法で計測された推定値に過ぎない。したがってバック・テストによる検証を経なければ、VaRは有効とは言えない。
- ◆ VaR超過損失が発生したときの分析は行なっているか。
 - ⇒ 重要なのは、VaR超過損失の発生要因、背景を十分に分析すること。

バーゼル銀行監督委員会の3ゾーン・アプローチ

- ◆ 信頼水準99%、保有期間10日のトレーディング損益に関するVaR計測モデルについて、250回のうち何回、VaRを超過する損失が発生したかによって、その精度を評価する。

	超過回数	評価
グリーン・ゾーン	0～4回 (2%未満)	モデルに問題がないと考えられる
イエロー・ゾーン	5～9回 (2%以上4%未満)	問題の存在が示唆されるが決定的ではない
レッド・ゾーン	10回以上 (4%以上)	まず間違いなくモデルに問題がある。

「マーケット・リスクに対する所要自己資本算出に用いる内部モデル・アプローチにおいてバックテストングを利用するための監督上のフレームワーク」、1996年1月、バーゼル銀行監督委員会

バックテスト(2項検定)

観測データ数	250	N回
信頼水準	99%	
1 - 信頼水準	1%	p%

N回の観測で、K回、VaRを超過する確率

2項分布 ${}_N C_K p^K (1-p)^{N-K}$

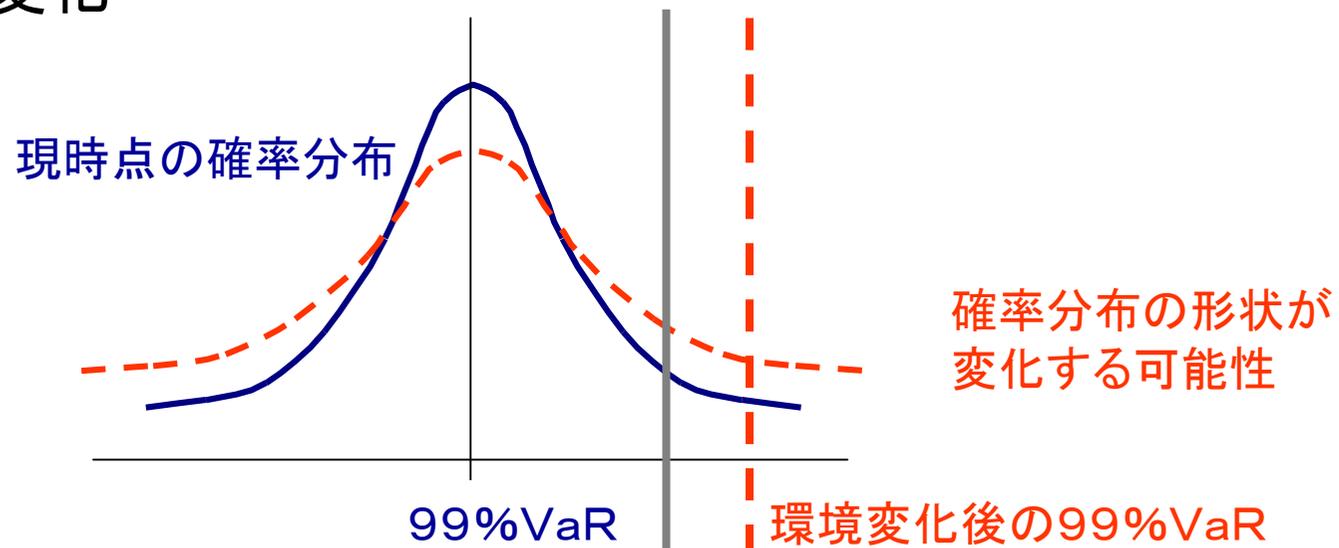
VaR超過回数 (K回)	確率	確率	VaR超過回数 (K回以上)
0	8.11%	100.00%	0回以上
1	20.47%	91.89%	1回以上
2	25.74%	71.42%	2回以上
3	21.49%	45.68%	3回以上
4	13.41%	24.19%	4回以上
5	6.66%	10.78%	5回以上
6	2.75%	4.12%	6回以上
7	0.97%	1.37%	7回以上
8	0.30%	0.40%	8回以上
9	0.08%	0.11%	9回以上
10	0.02%	0.03%	10回以上
11	0.00%	0.01%	11回以上
12	0.00%	0.00%	12回以上
13	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

リスク計測手法の限界、弱点の理解とストレス・テストの実施状況を確認する。

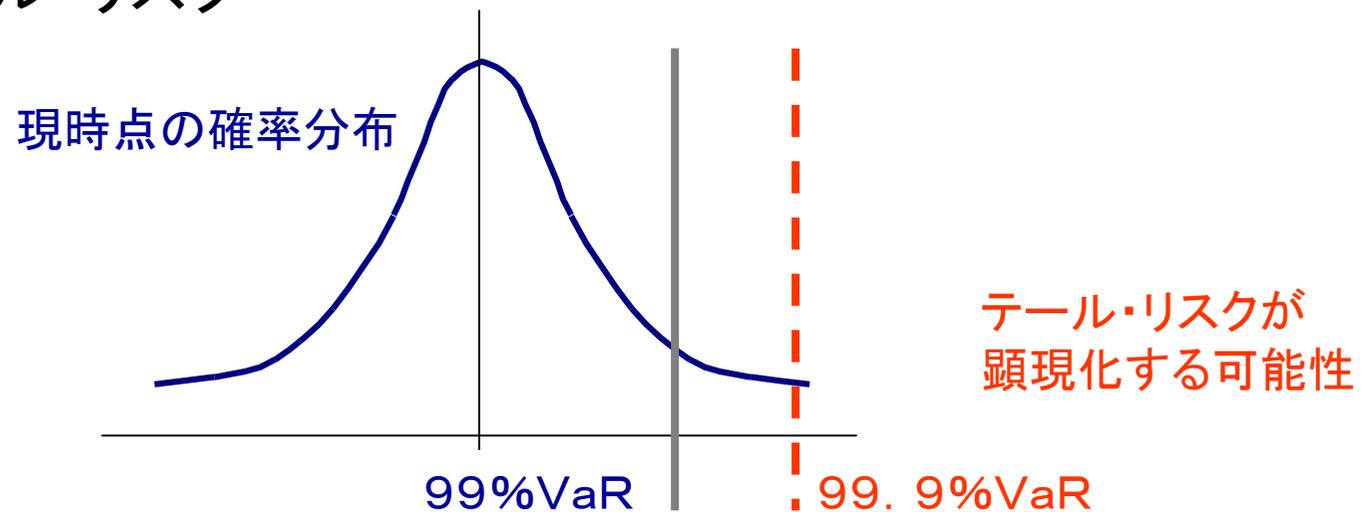
VaRの限界

- ◆ VaRは、過去の観測データにもとづき、統計的手法により計測される「推定値」に過ぎない。
- ◆ VaRでは、観測期間に捉えきれなかったストレス事象の発生リスクに備えることができない。
 - VaR計測モデルでは、これまでにない環境変化が起きると将来の予想損失を過少評価する可能性がある。
 - 環境変化が起きなくても、信頼水準を超過するテール事象が発生する可能性がある。

①環境変化



②テール・リスク



Backward-looking

	客観性重視	柔軟性重視
ストレスシナリオ	<p>過去のショック時の変動・損失等をそのまま利用</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ブラック・マンデー時の株価下落 ・サブプライム問題の表面化に伴う証券化商品の下落 ・景気後退期の倒産確率上昇 ・各リスクファクターの過去10年間の最大変動 	<p>将来のありうる変動、損失等を自由に想定</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・200BPの金利上昇 ・イールドカーブのスティーピング or フラットニング ・ボラティリティの増大 ・大口取引先の連鎖倒産 ・大規模災害の発生 ・システム障害の発生
その他	<p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・より高い信頼水準(99.9%等) 	<p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・相関の非勘案 ・より裾野の長い損失分布

Forward-looking

ストレステスト実施のポイント①

- ◆ 信頼水準の引き上げ、相関の非勘案など、VaR計測の前提を厳しく置き直したり、過去の幾つかのショック時の変動を形式的に想定するだけでは不十分。
- ◆ 内外環境を十分に分析し、forward-looking にシナリオを作成して、財務面、資金流動性への影響をみるなど、リスクに備えているか？
 - 組織のリスクプロファイルの勘案
 - 環境変化の予想

ストレステスト実施のポイント②

- ◆ 組織全体でストレス事象に関する認識を共有しているか？
- ◆ 経営陣、フロント部署、リスク管理部署によるリスク・コミュニケーションは十分か？
 - 経営陣の関心の高さ
 - フロントのリスク意識の高さ
 - リスク管理部署のシナリオ提示の工夫

ストレステスト実施のポイント③

- ◆ ストレステストを組織の意思決定に活用しているか？
- ◆ 経営体力(資本)を毀損しない範囲で、ストレステストを行って安心するだけでは意味がない。
- ◆ さまざまな視点でストレス・シナリオを想定し、いざというときに備えて、予め対応策を協議・検討しておくことも重要。
 - ・アラームポイントの設定
 - ・リスク削減の優先順位、実行手順の検討
 - ・資本増強の必要性、実行のタイミングの検討
 - ・資金流動性の確保方法・実行手順の検討

VaRとストレステスト結果の比較

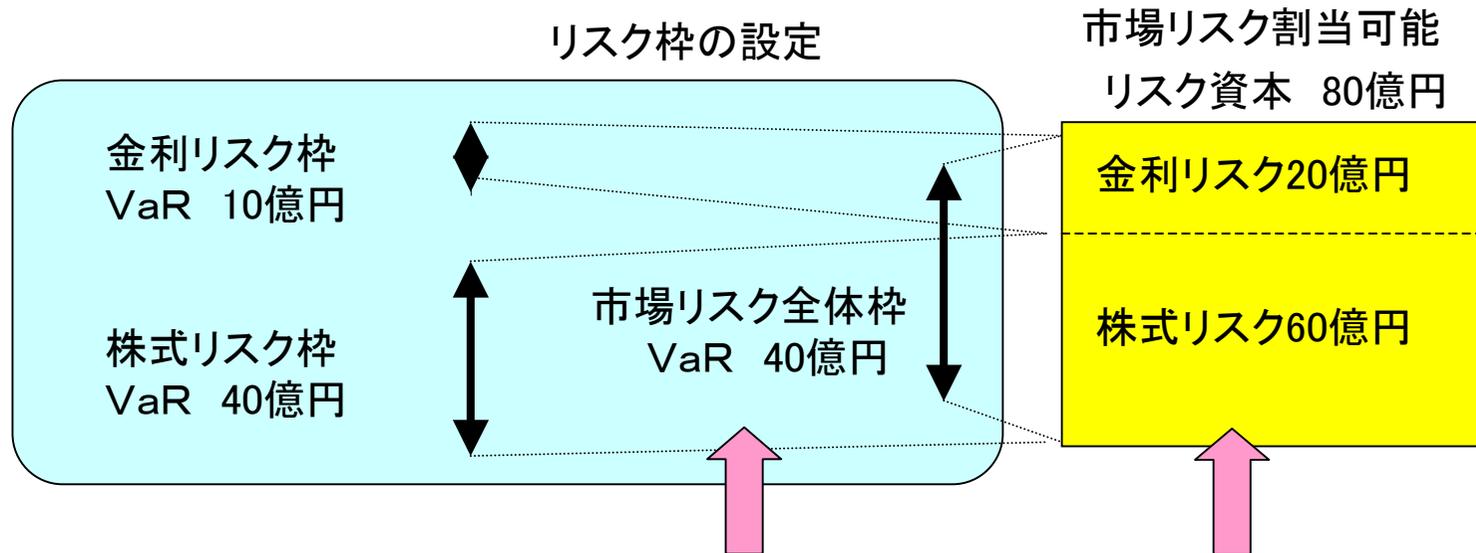
- ◆ 客観的な統計指標であるVaRと、主観的なシナリオに基づくストレステストの結果を突き合わせて、リスク量の上限を探る

ことが重要。

	VaR計測 信頼水準(99%)	ストレステスト		
		VaR計測 信頼水準 (99.97%)	TOPIX ▲30%金利 +100bp	TOPIX ▲50%金利 +200bp
株式リスク	32億円	48億円	30億円	50億円
金利リスク	7億円	11億円	9億円	18億円
市場リスク全体	30億円 (相関考慮)	59億円 (単純合算)	39億円 (単純合算)	68億円 (単純合算)

(注) VaR計測は分散共分散法(\sqrt{T} 倍法)。保有期間125日間、観測期間250日

- ◆ VaRでリスク枠を設定して、対外的な説得性を増す。
- ◆ ストレステストの結果を踏まえ、リスク資本を配賦して、バッファを持つ。



	VaR計測 信頼水準 99% 保有期間125日	ストレステスト
		TOPIX ▲50% 金利 +200bp
株式リスク	32億円	50億円
金利リスク	7億円	18億円
市場リスク全体	30億円 (相関考慮)	68億円 (単純合算)