

リスクの把握と管理

2017年10月
日本銀行金融機構局
金融高度化センター

わが国の金融危機

バブル経済の崩壊



預金の取付け



バブル崩壊から金融危機へ

1990年 株価急落

1997年 三洋証券 経営破綻(会社更生法適用、
コール市場でデフォルト)

北海道拓殖銀行 経営破綻

山一証券 経営破綻(自主廃業)

1998年 日本長期信用銀行 経営破綻(国有化)

日本債券信用銀行 経営破綻(国有化)

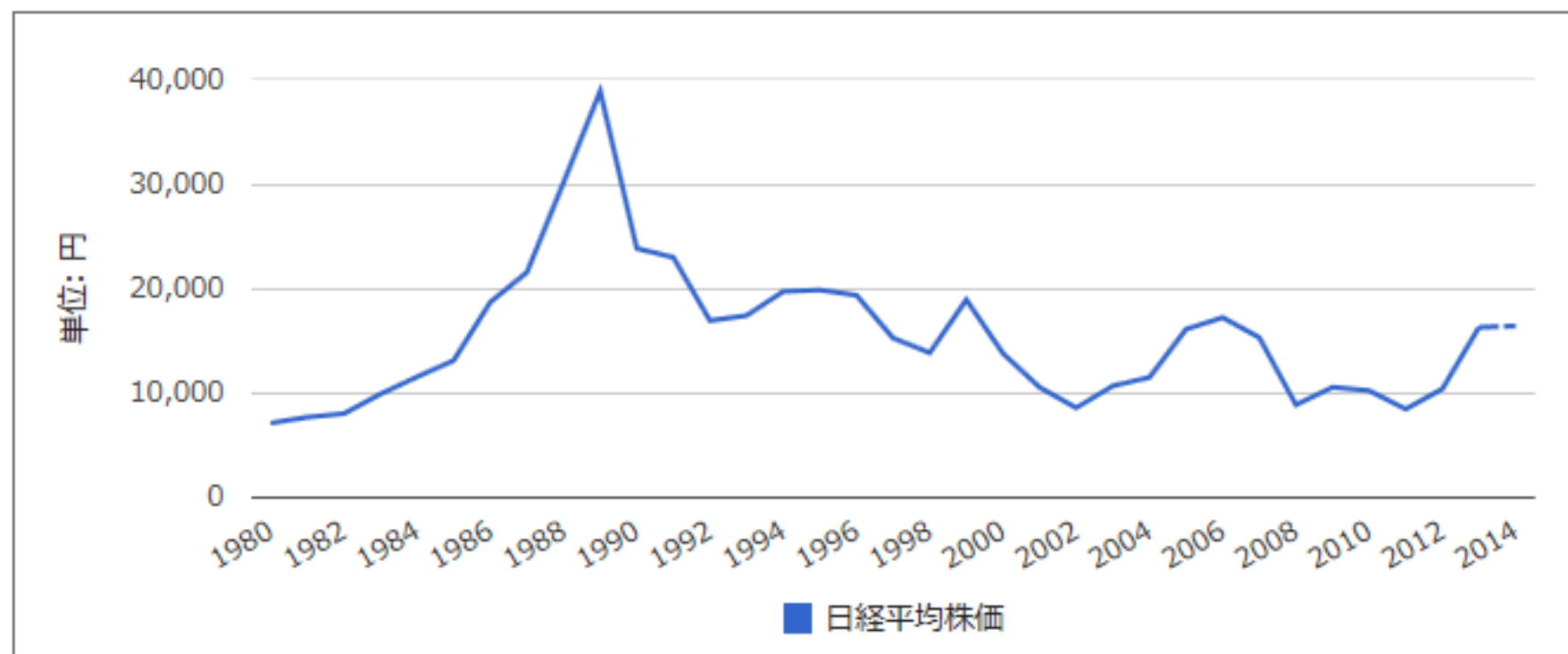
金融機関の経営破綻、預金取り付けが全国に広がる。

わが国の金融危機の教訓

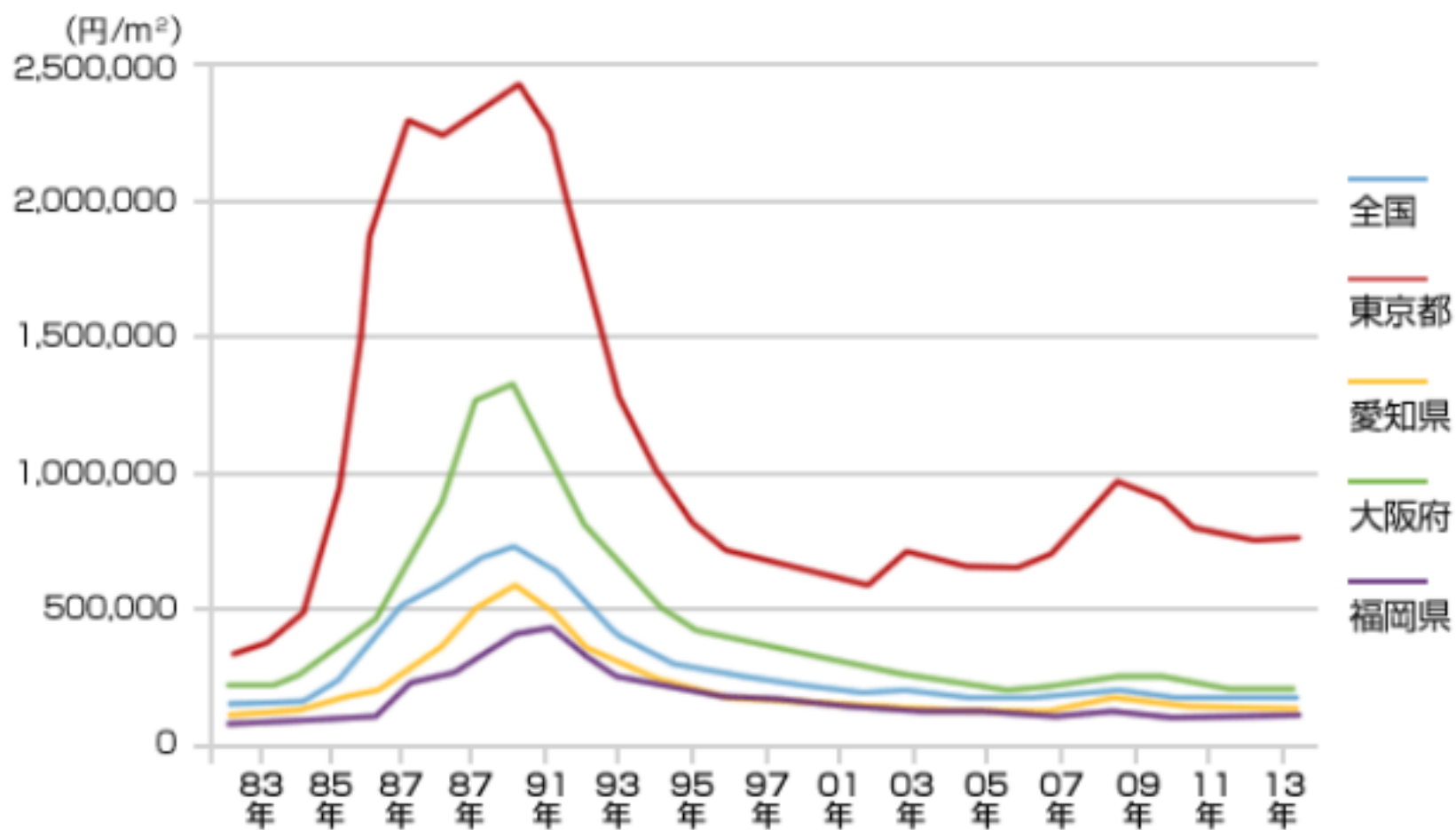
- バブル経済の下、1990年までに、日本の金融機関ではリスクのオーバーテイクが起きていたと考えられる。
- 土地を担保にとっているので大丈夫、リスクはないと思っていただけで、客観的にリスクをとらえていなかった。
- VaR(バリュー・アット・リスク)が考案され、実務で活用され始めたのは1990年代に入ってからである。
- 日本の金融機関が、リスクのオーバーテイクに気づいたとき、もはや取り返しがつかなかった。

日経平均株価の推移(年次)

1980～2014年の日経平均株価の推移(12月の終値)。



■ 図1 地価公示の推移（4大都市）



(国土交通省「地価公示」より作成)

バーゼルⅡ、統合リスク管理の導入へ

1988年 バーゼルⅠ

1996年 市場リスク規制の追加

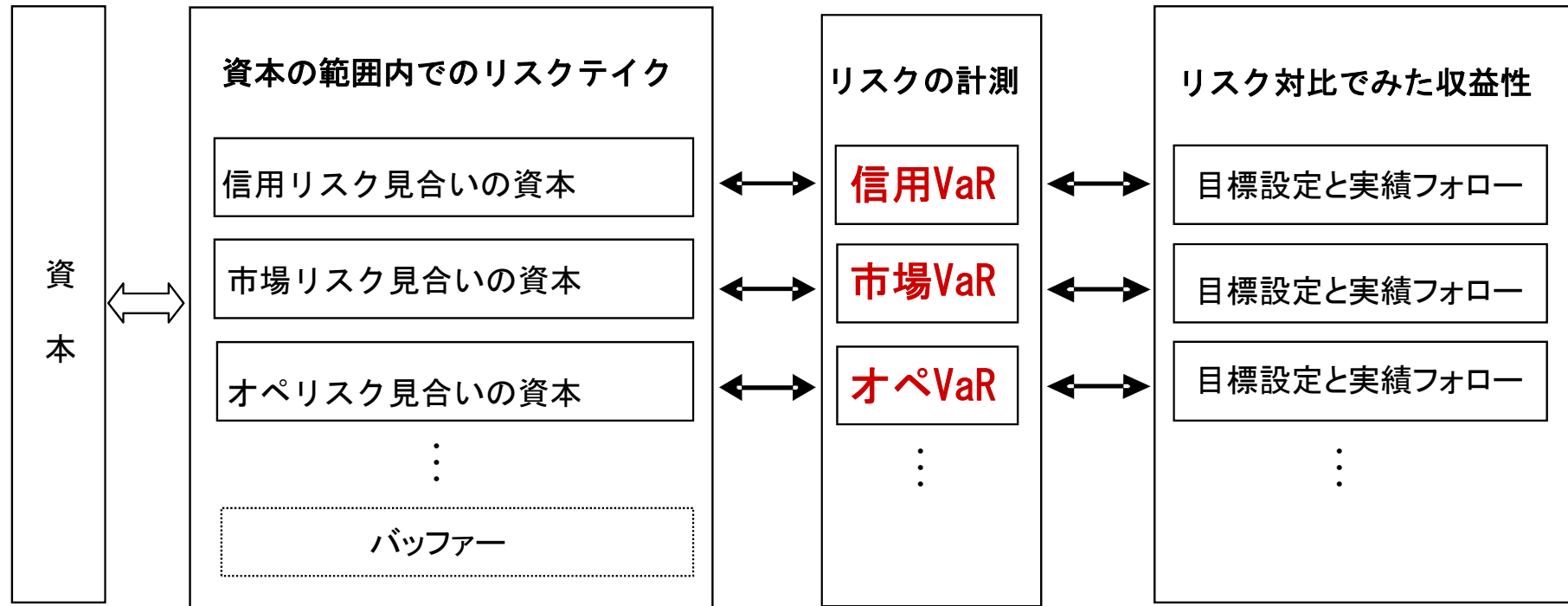
⇒ 市場VaRの採用

2004年 バーゼルⅡ

⇒ VaRの全面採用

統合リスク管理の実践

統合リスク管理



目次

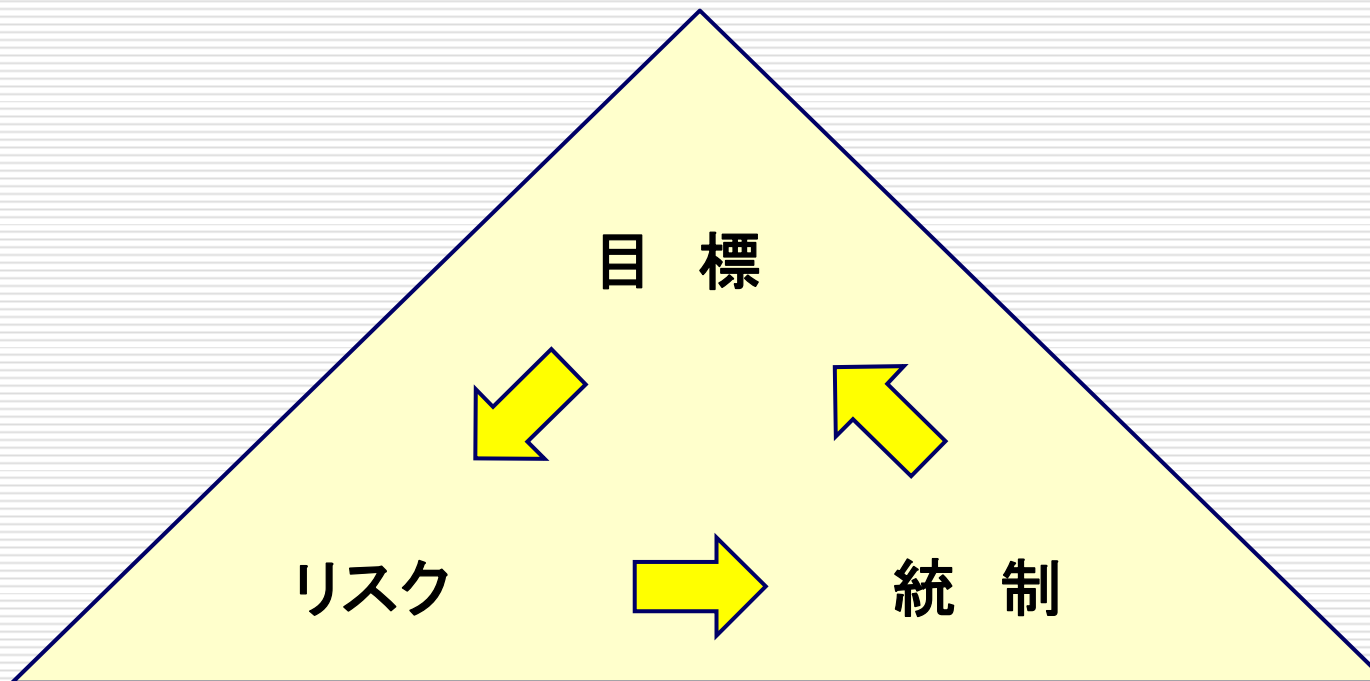
1. リスク、リスクマネジメントの定義
2. VaRの計測手法
3. バックテストによるVaRの検証

1. リスク、リスクマネジメントの定義

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

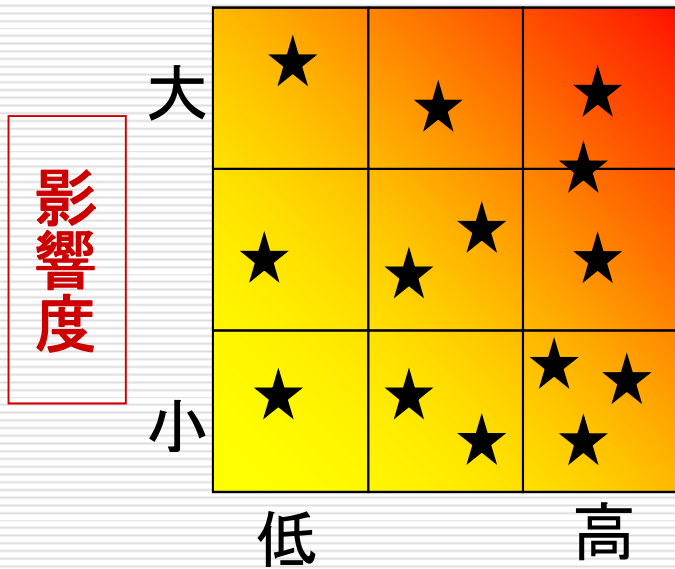
目標・リスク・統制



リスクマネジメント

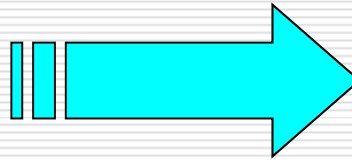
リスク・マップ

固有リスク



発生可能性

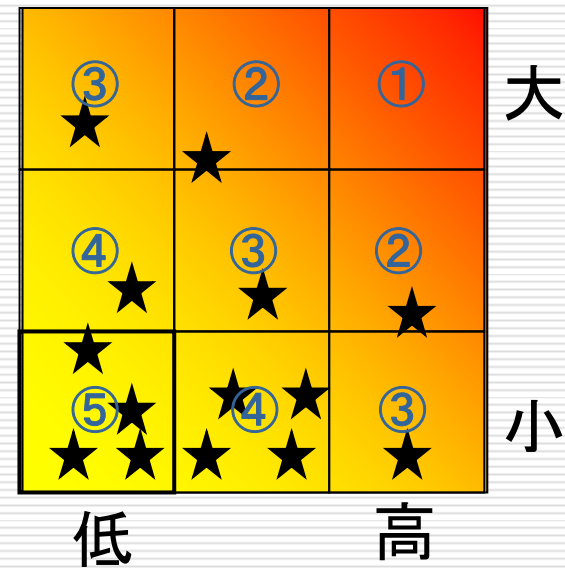
コントロール



統制リスク/脆弱性

★ リスク事象

残余リスク



発生可能性

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

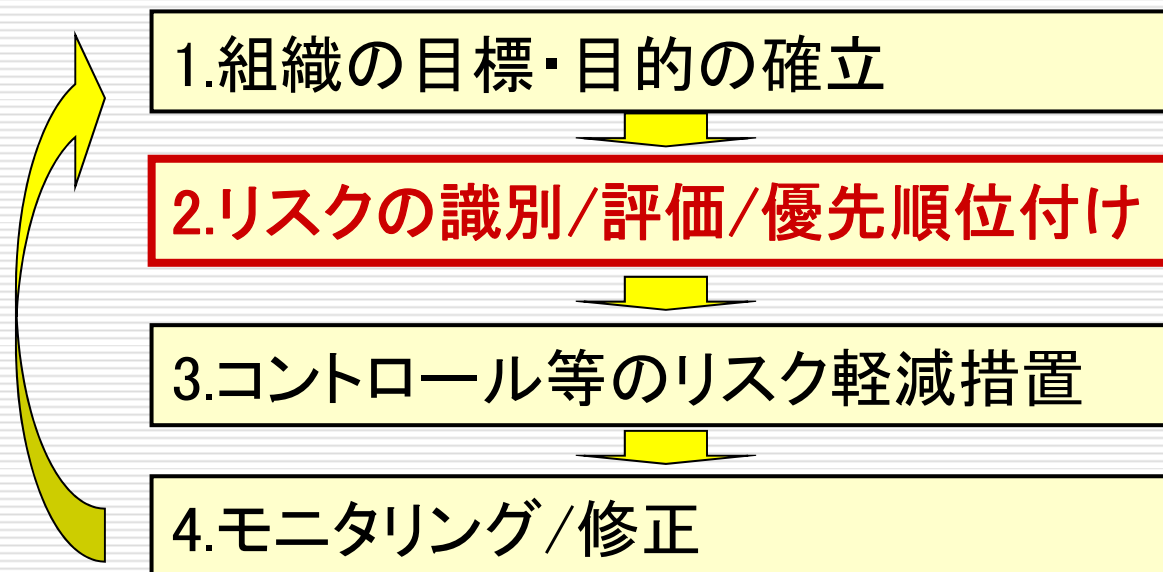
統制リスク/脆弱性

- ◆ 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)

リスクマネジメントの定義

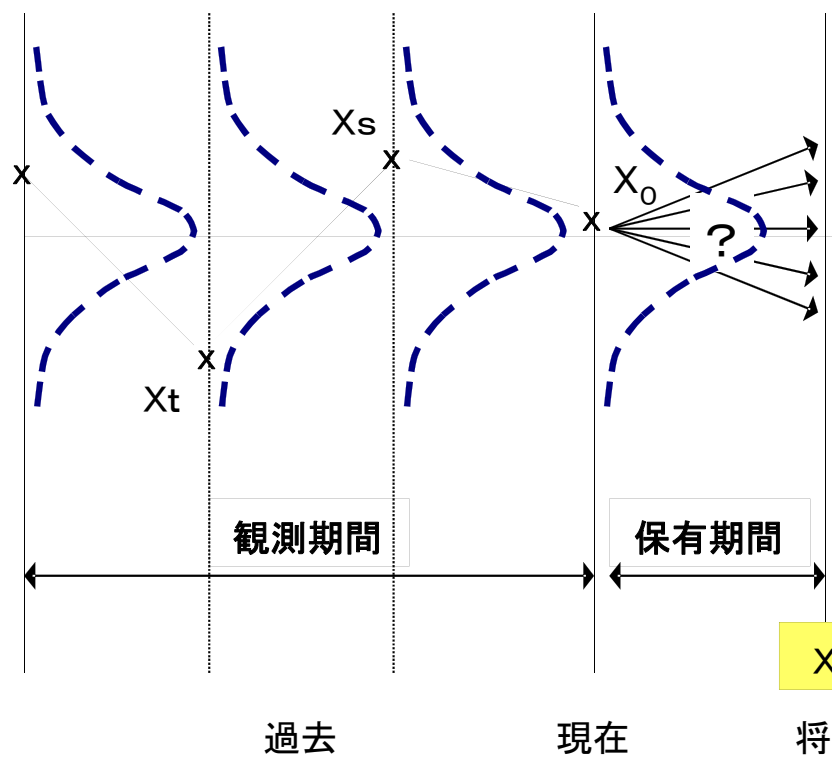
- ◆ 組織の目標・目的の達成に関して合理的保証を提供するため、発生する可能性のある事象や状況を識別、評価、管理、コントロールするプロセス



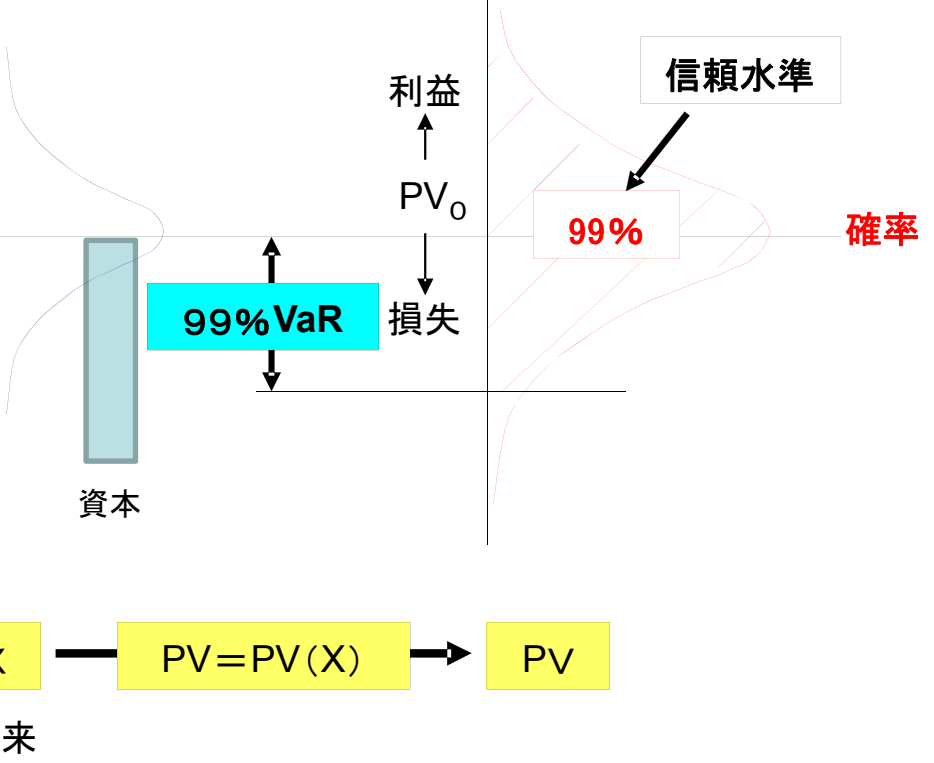
VaR(バリュー・アット・リスク)の起源

- ◆ 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。
- ◆ 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(VaR)を予想することを提案し、その計測モデルを開発した。
- ◆ 毎日16時15分、VaRの計測結果の報告を受け、リスク量が資本の範囲内にあること確認してから帰宅した。

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



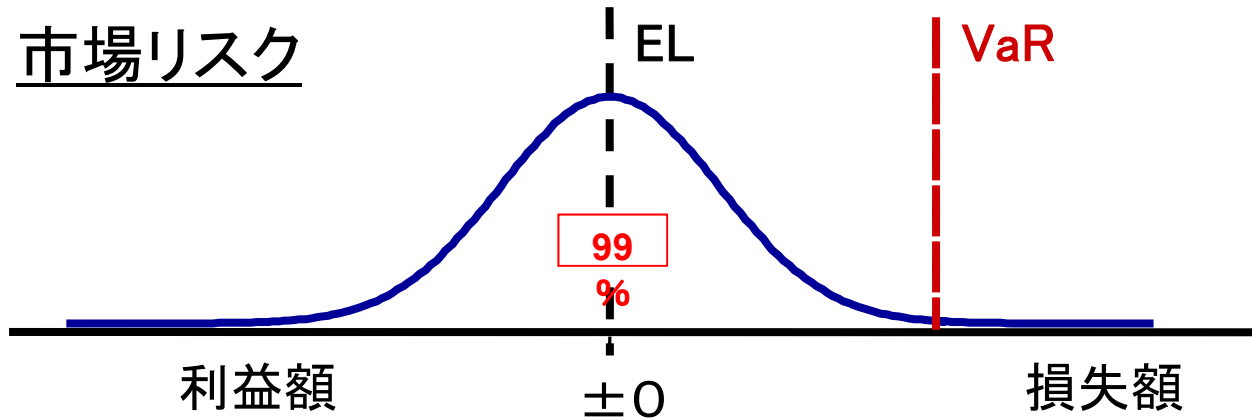
VaR(バリュー・アット・リスク)の発展

- ◆ VaRの計測モデルは改良が加えられ、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。

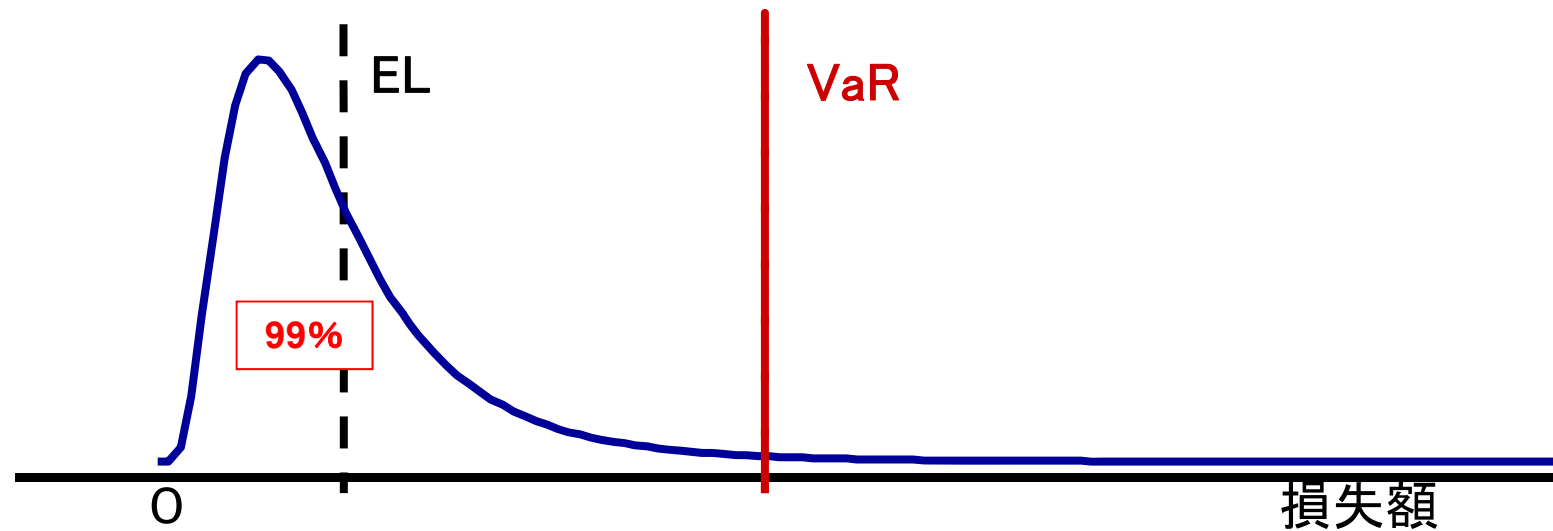
VaR(バリュー・アット・リスク)の発展

- ◆ 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。

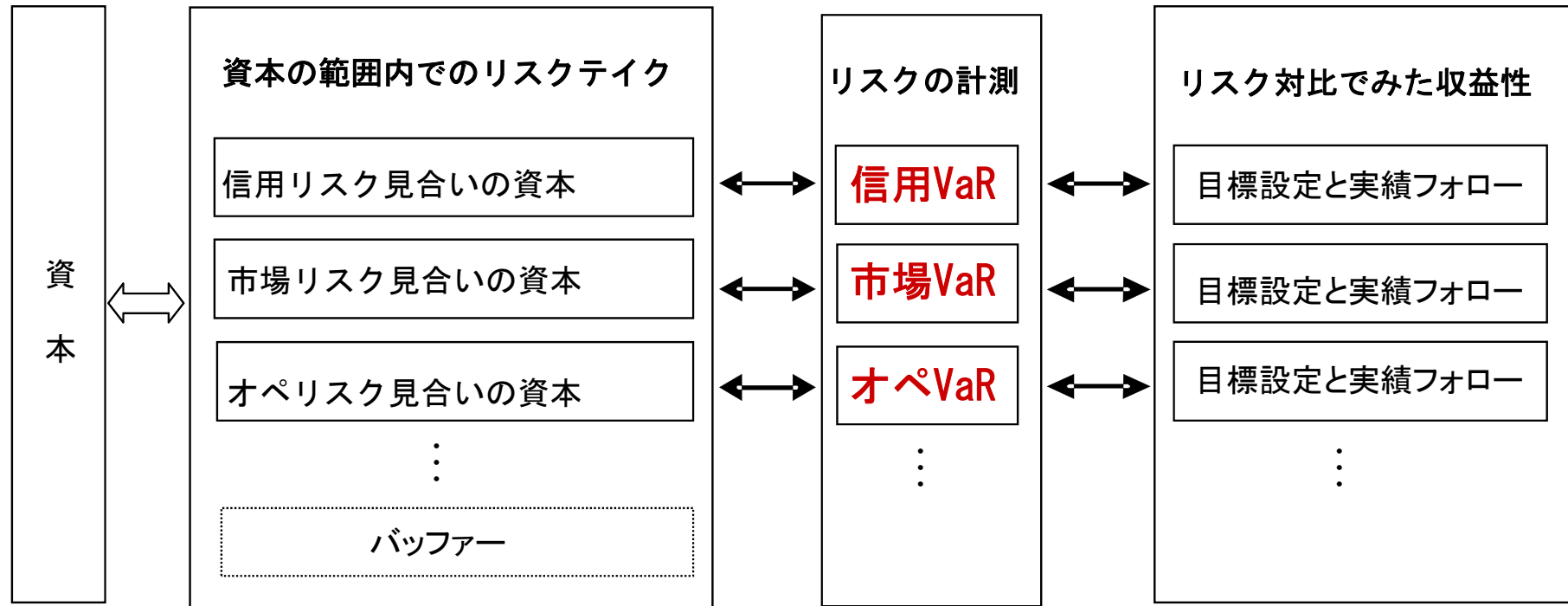
リスクカテゴリー別に見た損失分布(イメージ)



信用リスク、オペレーショナル・リスク



統合リスク管理



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
- ◆ 統計的手法で「推定」される
- ◆ 「確率」を伴うリスク指標

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起きるかが分かる、画期的なリスク指標である。
- しかも、過去のデータに基づき統計的手法を用いて求められるため、客観性が高い。
- そのため、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. VaRの計測手法

- ◆ 金利・株価・為替等のリスクファクターの変動に伴って金融資産・負債の価値が、確率的に、どのように変動するかを捉える。
- ◆ 市場VaRの計測手法としては、①分散共分散法、②モンテカルロ・シミュレーション法、③ヒストリカル法等があるが、各計測手法の制約を踏まえ、リスクプロファイルに合った計測手法を選択する必要がある。

A. 分散共分散法

ー デルタ法とも呼ばれる

リスクファクターが正規分布にしたがって変動し、リスクファクターに対する当該資産・負債の現在価値の感応度(デルタ)が一定であると仮定して、VaRを算出する。

(利点)

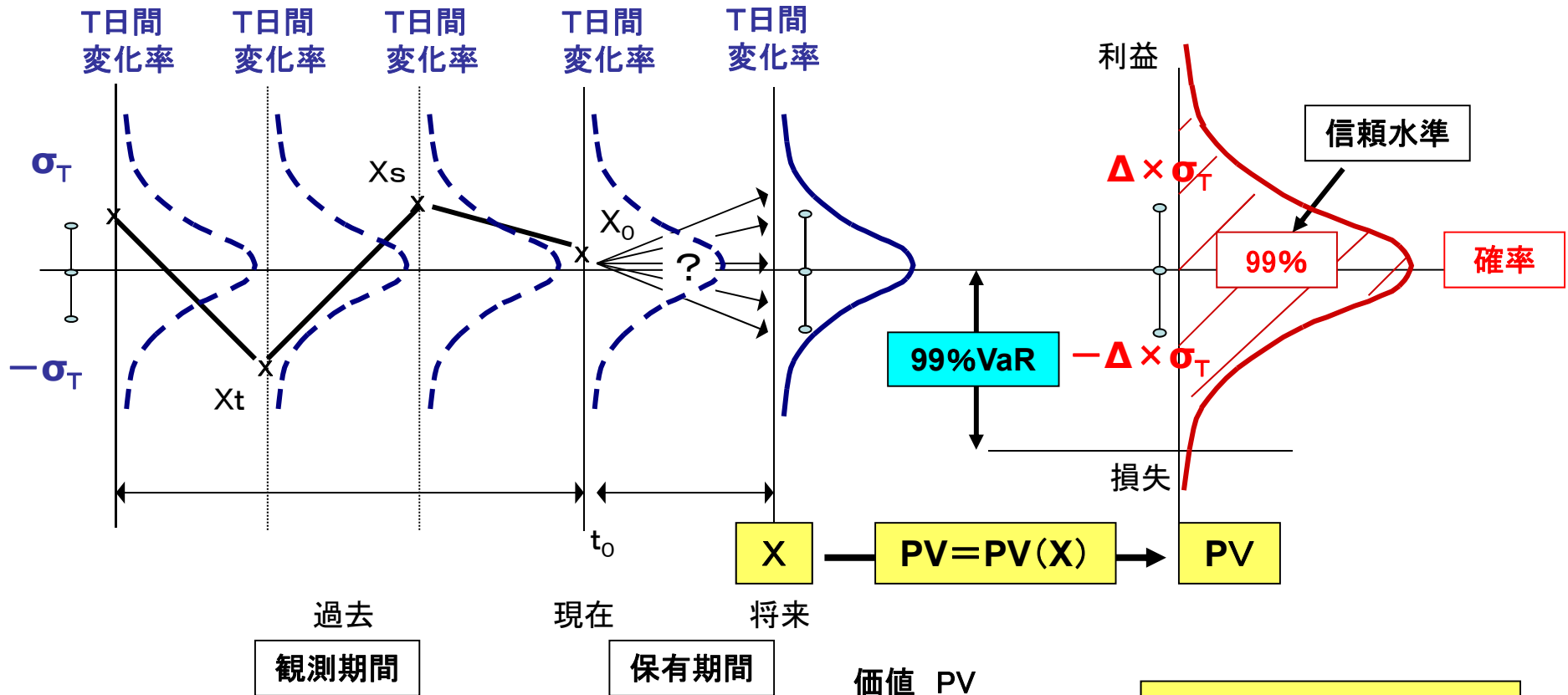
- VaRの算出が容易。

(欠点)

- リスクファクターの変動が、必ずしも正規分布に従うとは限らない(例えば、実際の分布がファット・テイルの場合、VaRを過少評価する可能性)。
- 感応度(デルタ)が一定にならない場合は、近似式での計測となる。

$$\text{感応度:デルタ}(\Delta) = \Delta PV / \Delta X$$

分散共分散法(ムービング・ウィンドウ法)

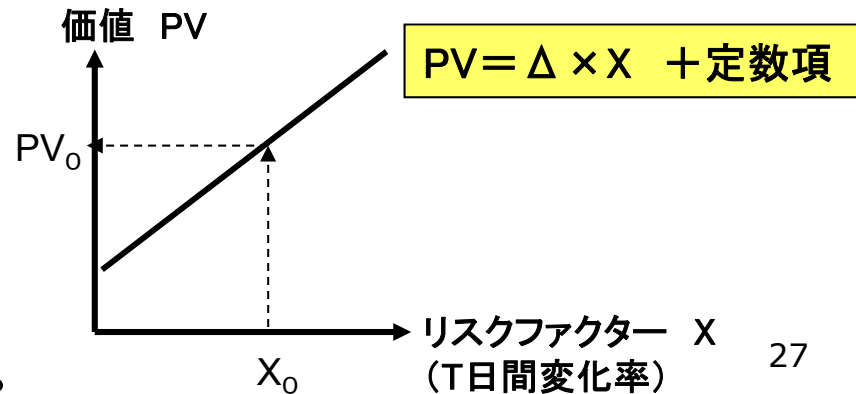


仮定①

リスクファクターの確率分布は正規分布 (i. i. d.)

仮定②

Δ は一定、すなわち、ポートフォリオ価値PVはリスクファクターの1次関数としてあらわされる。



	信頼係数		感応度		ボラティリティ	
VaR	=	2.33	×	Δ	×	σ_T

- ◆ ポートフォリオの現在価値は、リスクファクターの変動の影響を受けて変化する。
- ◆ VaRは、リスクファクターのボラティリティと、リスクファクターの変動に対する現在価値の感応度を考慮したリスク指標。

ボラティリティ = リスクファクターがどれだけ変動するか
(σ_T : 変化率の標準偏差)

感応度 = 現在価値ベースでは、リスクファクターの変動が、どれだけ増幅されるか
(Δ : 関数式の傾き)



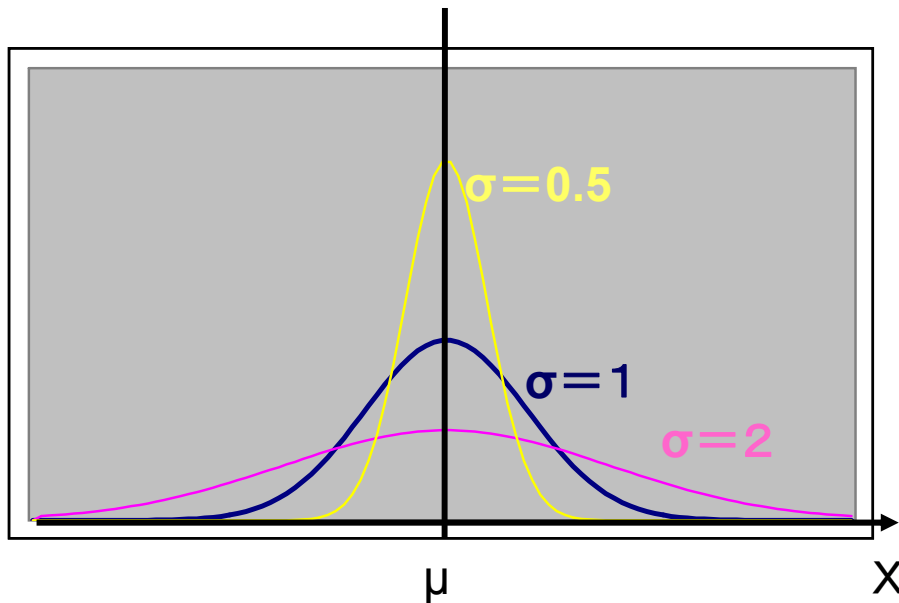
正規分布の特徴

左右対称の釣鐘型をした確率分布。

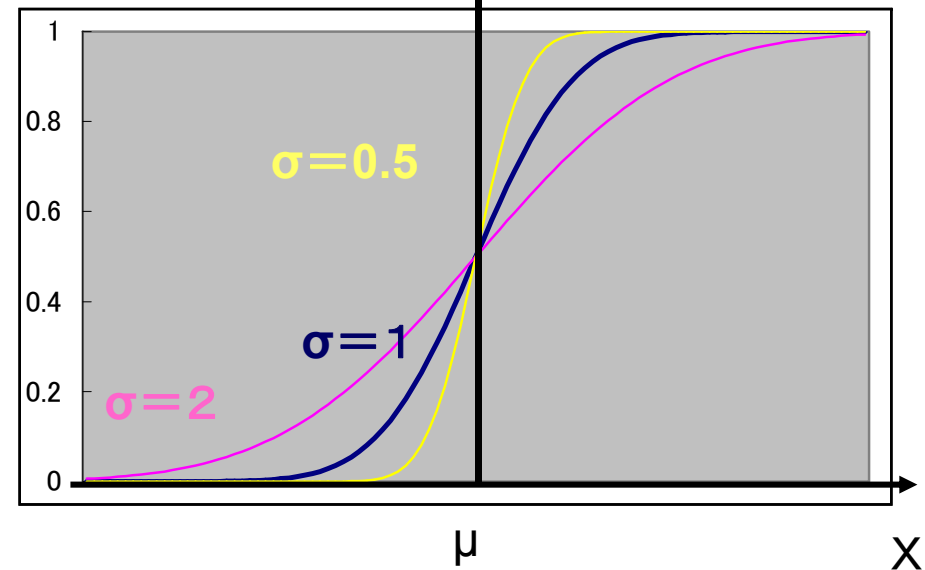
平均(μ)、標準偏差(σ)を与えると分布の形状が決まる。

⇒ $N(\mu, \sigma^2)$ と表す。

f(X) 確率密度関数



F(X) 分布関数



EXCEL関数 $\text{NORMDIST}(X, \mu, \sigma, \text{関数形式})$



正規分布の特徴

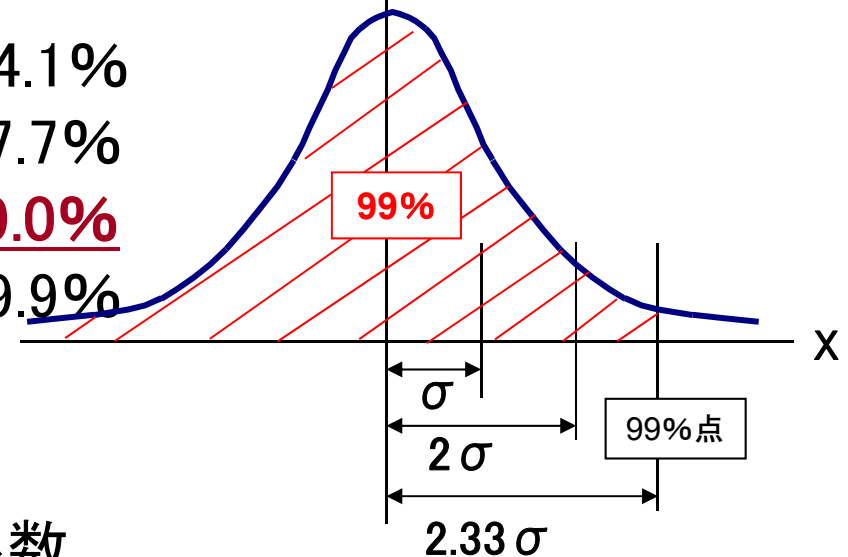
- 平均からどれだけ離れているか(標準偏差の何倍か)という情報から、 X 以下の値をとる確率が分かる。
- 例えば、 X が $N(0, \sigma^2)$ の正規分布にしたがって生起するとき

$X \leq \sigma$ となる確率は 84.1%

$X \leq 2\sigma$ となる確率は 97.7%

$X \leq 2.33\sigma$ となる確率は 99.0%

$X \leq 3\sigma$ となる確率は 99.9%



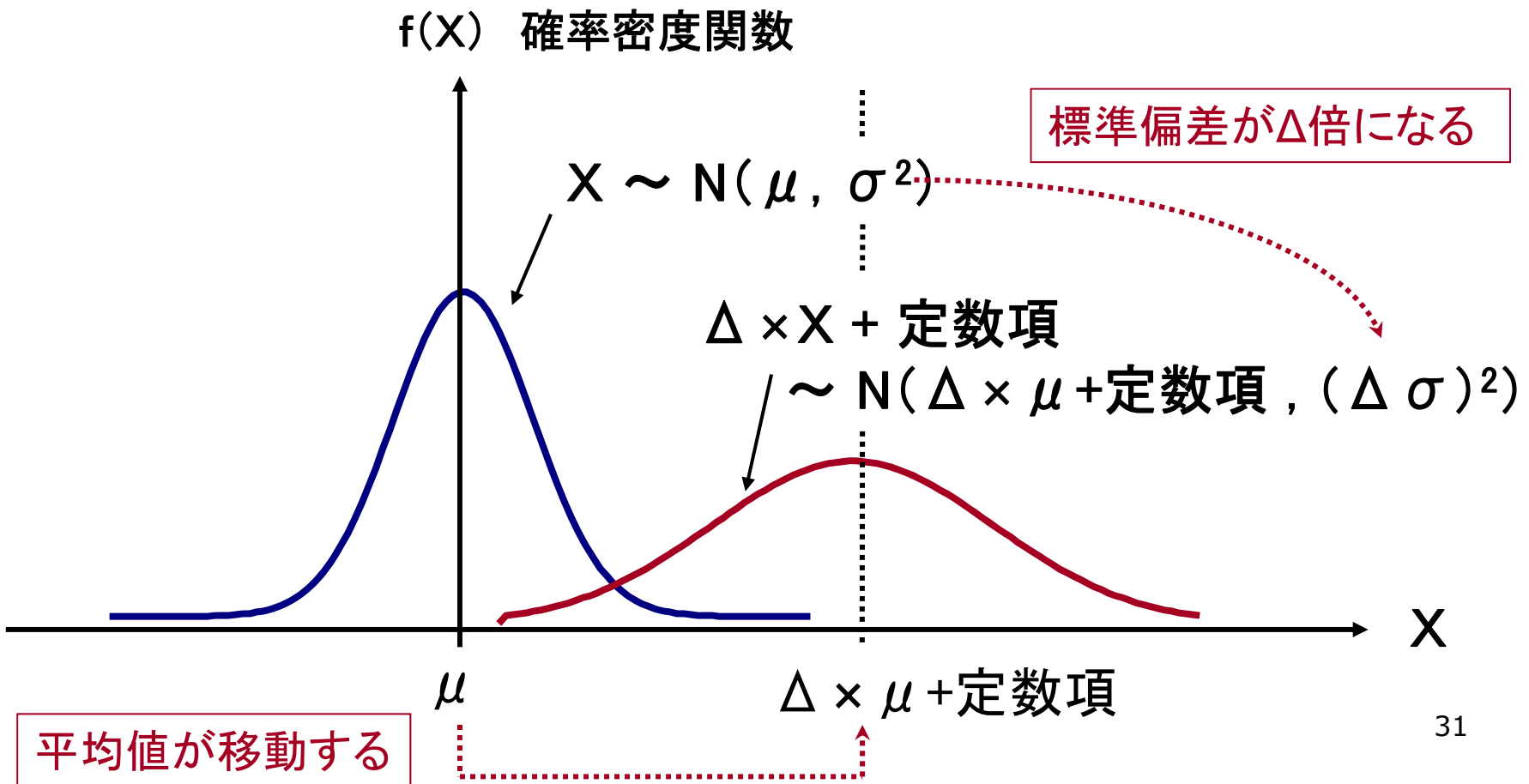
となることが知られている。

- このとき、 σ の前に付いている係数を「信頼係数」という。
- 正規分布は、 X が「信頼係数」 $\times \sigma$ 以下となる確率が分かる
便利な確率分布の1つ。

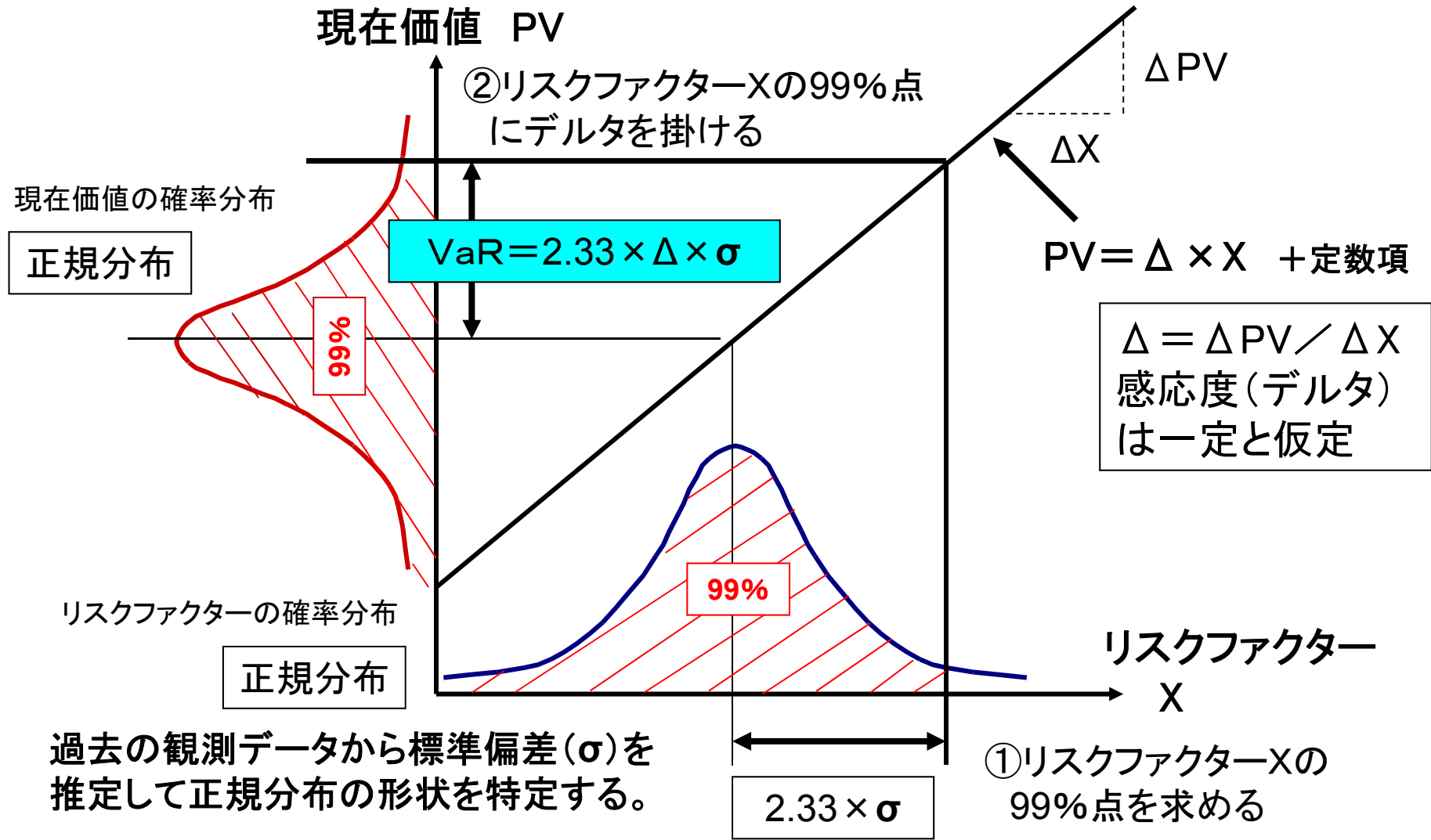


正規分布の特徴

確率変数 X が正規分布にしたがうとき
確率変数 $\Delta \times X + \text{定数項}$ は正規分布にしたがう。



分散共分散法(ムービング・ウィンドウ法)



分散共分散法(ムービング・ウィンドウ法)の計算例

(例) 投信残高(PV) : 100億円(東証TOPIX指数に完全連動)

リスクファクター(X_t): 東証TOPIXの10日間変化率 ^(注1)
⇒ X_t は、同一かつ互いに独立な正規分布 $N(0, \sigma^2)$
にしたがって変動すると仮定。

観測期間 : 250日

保有期間 : 10日間

信頼水準 : 99%

現在価値の変化額 = 100億円 × 東証TOPIXの10日間変化率

$$\begin{aligned} \text{VaR} &= \boxed{\text{信頼係数}} \times \boxed{\text{感応度}(\Delta)} \times \boxed{\text{リスクファクターの標準偏差}(\sigma)} \\ &= \boxed{2.33} \times \boxed{100\text{億円}} \quad (\text{注2}) \times \boxed{\sigma} \end{aligned}$$

(注1) リスクファクターとしては、金利、為替、株価等の変化率(幅)を利用することが多い。

(注2) 感応度(Δ)は100億円(=現在価値の変動額÷東証TOPIXの10日間変化率)。³³

分散共分散法(ムービング・ウィンドウ法)による計算例

VaRの計算シート

株式投信 100 億円

観測データ 250

分散共分散法(デルタ法)

保有期間	10 日
信頼水準	99.00 %
信頼係数 (関数NORMSINV)	2.33
標準偏差 (関数STDEVA)	3.869 %

↑ 正規分布と想定 ↓ 信頼係数 × 標準偏差

	10日間 変化率
2006/9/29	0.785
2006/9/28	1.194
2006/9/27	0.319
2006/9/26	-2.994
2006/9/25	-3.783
2006/9/22	-3.139
2006/9/21	-3.894
2006/9/20	-5.040
2006/9/19	-3.538
2006/9/15	-2.474
2006/9/14	-2.248
2006/9/13	-1.822
2006/9/12	-1.875

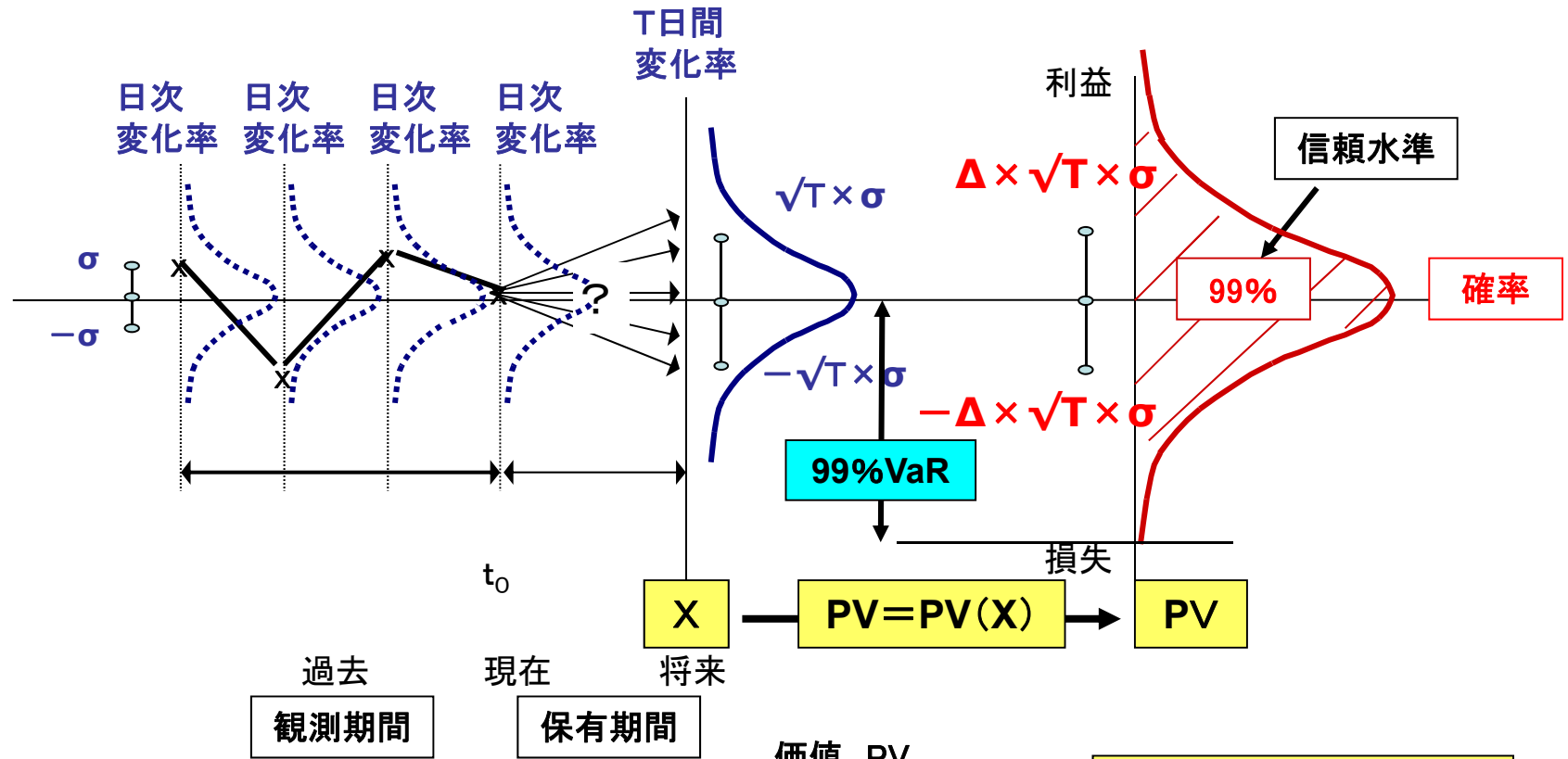
予想変化率	感応度	VaR
9.000	100	9.00 億円

$$PV = \Delta * X$$

PV : 株式投信価額
 X : 東証TOPIX指数の変化率
 Δ : 直近時点の株式価額(PV₀) × 1

MW法 : ムービング・ウィンドウ法

分散共分散法(ルートT倍法)

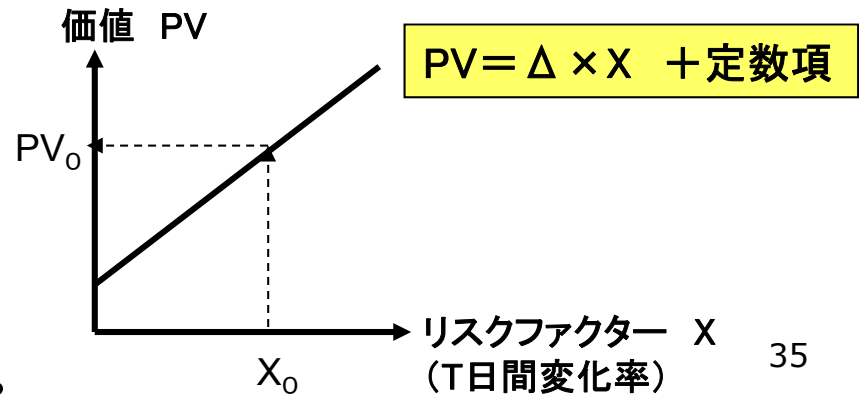


仮定①

リスクファクターの確率分布は正規分布 (i. i. d.)

仮定②

Δ は一定、すなわち、ポートフォリオ価値PVはリスクファクターの1次関数としてあらわされる。



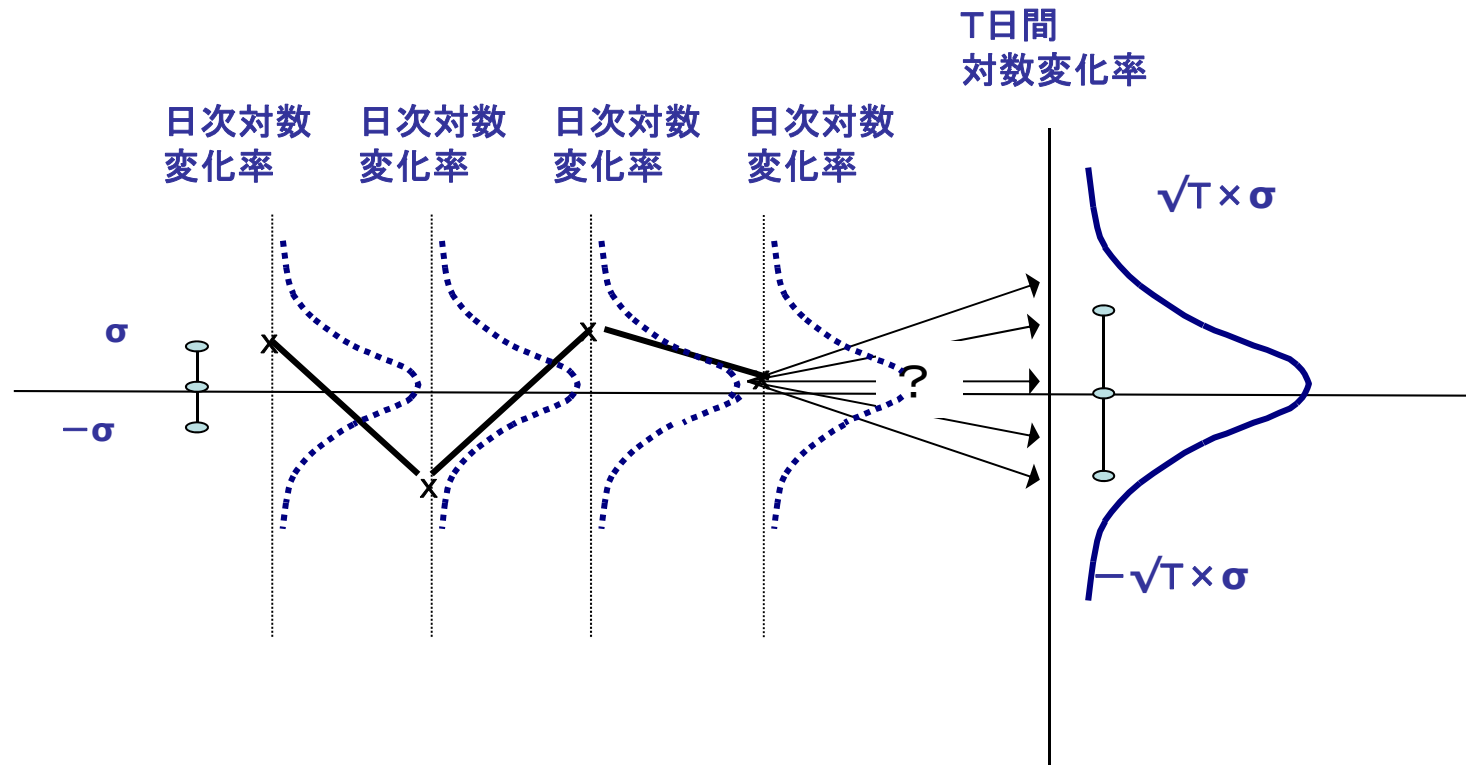
	信頼係数		感応度		ボラティリティ	
VaR	=	2.33	×	Δ	×	$\sqrt{T} \times \sigma$

- ◆ ポートフォリオの現在価値は、リスクファクターの変動の影響を受けて変化する。
- ◆ VaRは、リスクファクターのボラティリティと、リスクファクターの変動に対する現在価値の感応度を考慮したリスク指標。

ボラティリティ = リスクファクターがどれだけ変動するか
(σ : 変化率の標準偏差)

感応度 = 現在価値ベースでは、リスクファクターの変動が、どれだけ増幅されるか
(Δ : 関数式の傾き)

ルートT倍ルール



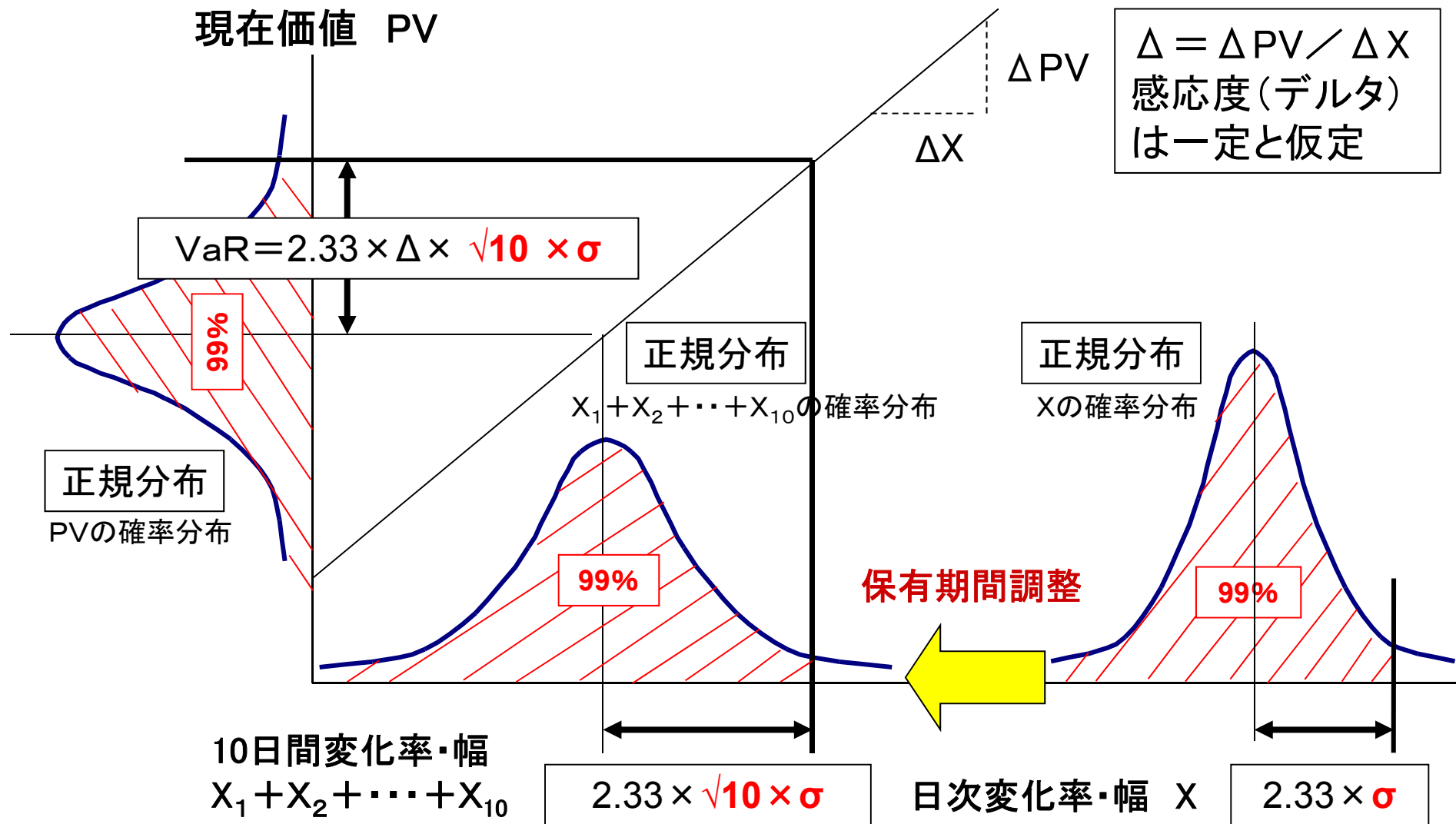
仮定

リスクファクターの確率分布は i. i. d.

基本統計量	Excel関数	日次 対数変化率	10日間 対数変化率
データ数	COUNT	250	250
平均	AVERAGE	0.063	0.656
分散	VARA	1.540	14.966
標準偏差	STDEVA	1.241	3.869

- 分散を計算してみると、10日間対数変化率の分散は、日次対数 変化率の分散の概ね10倍となっている。
- 標準偏差を計算してみると、10日間対数変化率の標準偏差は、日次対数変化率の標準偏差の概ね $\sqrt{10}$ 倍 (=3.162倍) となっている。

分散共分散法(ルートT倍法)



分散共分散法(ルートT倍法)による計算例

VaRの計算シート

株式投信 100 億円

観測データ 250

分散共分散法(デルタ法)(保有期間調整)

保有期間	10 日
信頼水準	99.00 %
信頼係数 (関数NORMSINV)	2.33
日次・標準偏差 (関数STDEVA)	1.241 %
保有期間調整 (保有期間) ^{0.5}	3.162

↑ 正規分布を想定 ↑ ↓ 信頼計数 × 日次・標準偏差 × √T

	日次 変化率
2006/9/29	0.508
2006/9/28	0.722
2006/9/27	2.651
2006/9/26	-0.667
2006/9/25	-0.245
2006/9/22	-1.048
2006/9/21	0.629
2006/9/20	-1.379
2006/9/19	-0.091
2006/9/15	-0.295
2006/9/14	0.917
2006/9/13	-0.153
2006/9/12	-0.661

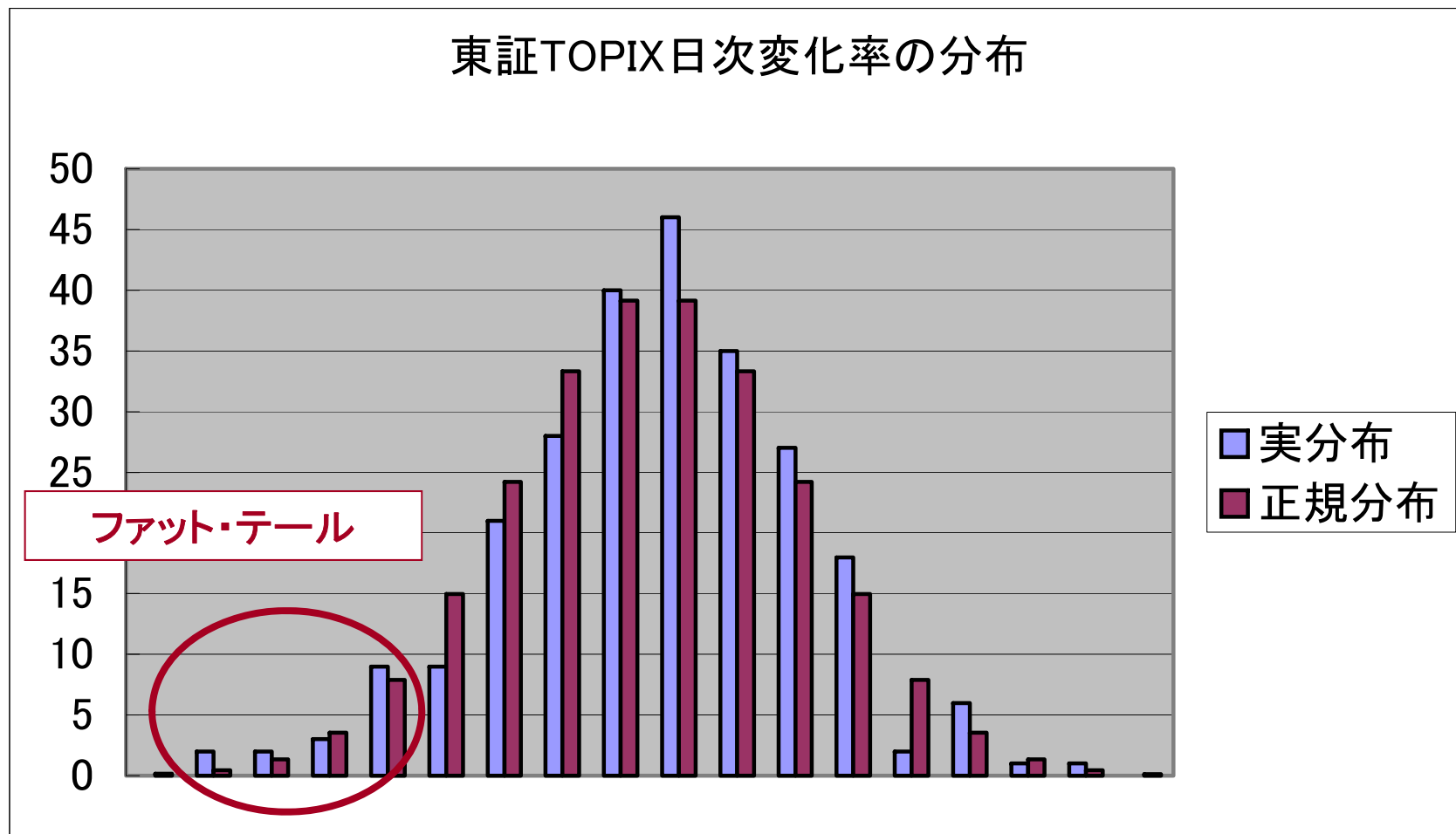
予想変化率	感応度	VaR
9.130	100	9.13 億円

PV = Δ * X	
PV :	株式投信価額
X :	東証TOPIX指数の変化率
Δ :	直近時点の株式価額 (PV ₀) × 1

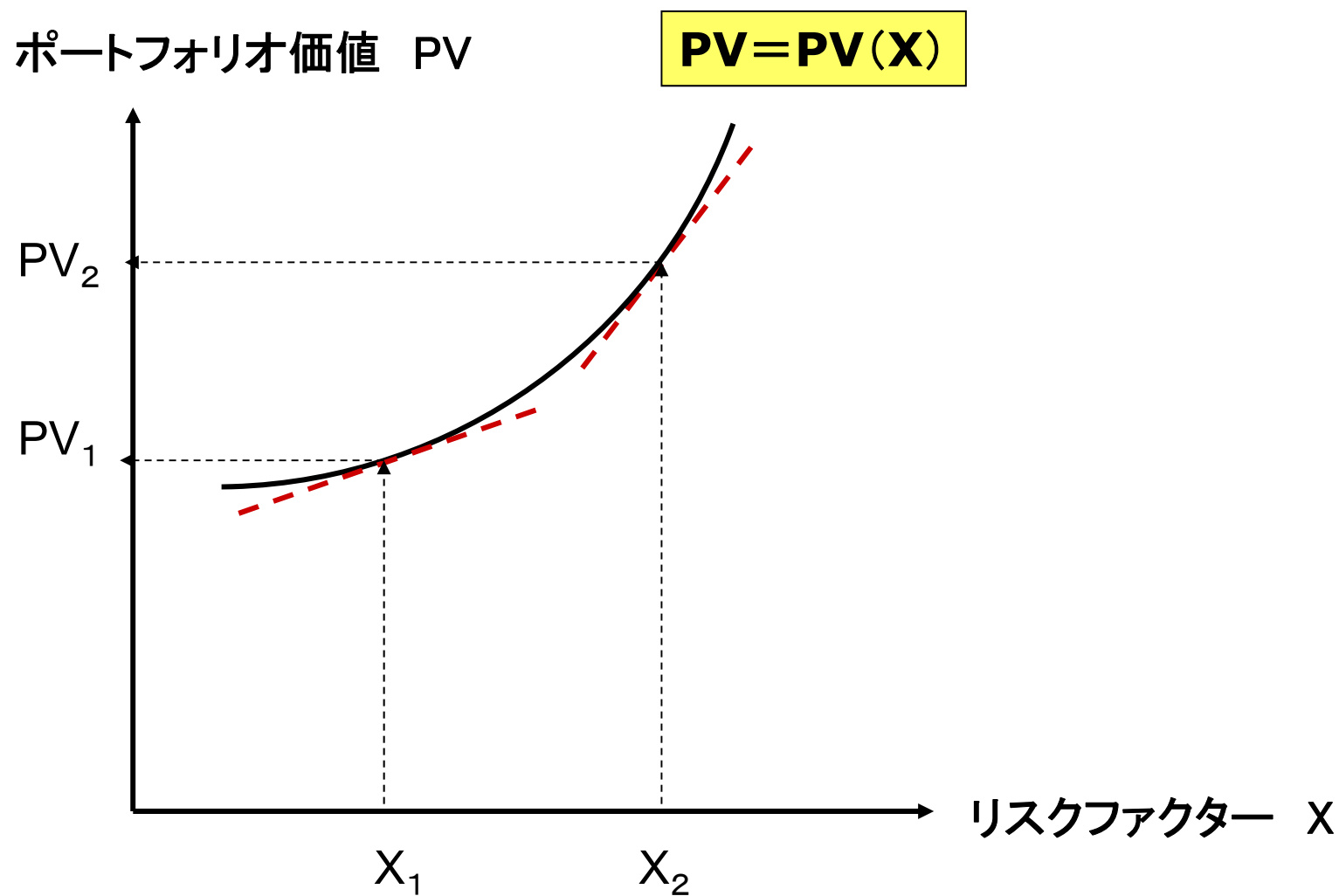
留意事項

- ◆ リスクファクターの変動が正規分布に従うと仮定している。
- ◆ デルタは一定であると仮定している。
- ◆ 実際には、上記の仮定が満たされることはないが、分散共分散法で計測されたVaRは全く意味がないのか？
⇒ 分散共分散法で計測されたVaRについて「近似的な適用」が可能かどうかを検討する。

リスクファクターの変動 : ファットテールなケース



ポートフォリオ価値とリスクファクターの関係 : デルター一定が満たされないケース

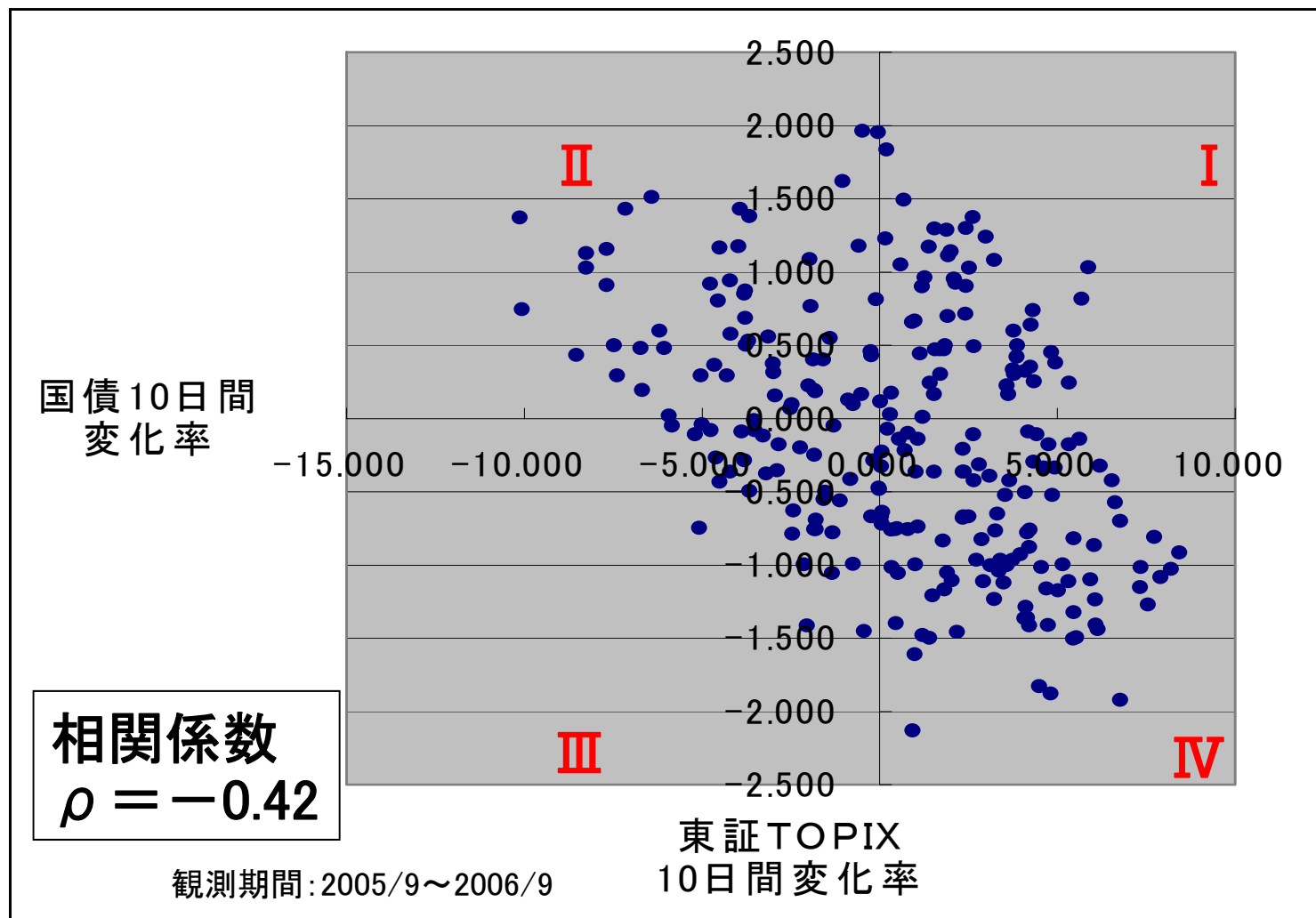


留意事項

- ◆ ポートフォリオ価値に影響を与えるリスクファクターは複数存在する。
- ◆ リスクファクター間の「相関」がリスク総量を変化させるため、「相関」をみながらポートフォリオの残高・構成を見直すのが一般的。
 - 分散投資によるポートフォリオ価値の安定化
 - レバレッジを利かせたハイリスク・ハイリターン投資
- ◆ 代表的なリスクファクター間の「相関」の変化をフォローすることが重要。

国債価格変化率と株価変化率の相関関係

- ◆ **II、IV**のエリアに分布が多く、「負の相関」が観察される。



分散共分散法(デルタ法)の計算例 — リスクファクターが2つの場合

VaRの計算シート 分散共分散法(MW法)

【ポートフォリオ】

株式投信	100	億円
10年割引国債	100	億円

保有期間	10	日
信頼水準	99.00	%

観測データ	250	日
-------	-----	---

	東証TOPIX 10日間変化率	10年割引国債 10日間変化率
2006/9/29	0.785	-0.098
2006/9/28	1.194	0.010
2006/9/27	0.319	0.177
2006/9/26	-2.994	0.315
2006/9/25	-3.783	0.688
2006/9/22	-3.139	0.560
2006/9/21	-3.894	-0.088
2006/9/20	-5.040	0.295
2006/9/19	-3.538	-0.010
2006/9/15	-2.474	0.098
2006/9/14	-2.248	-0.197
2006/9/13	-1.822	0.187
2006/9/12	-1.875	0.403
2006/9/11	-0.235	0.433
2006/9/8	0.007	0.118
2006/9/7	-0.591	1.179
2006/9/6	0.155	1.228
2006/9/5	0.582	1.051
2006/9/4	1.534	1.296
2006/9/1	-0.495	1.964
2006/8/31	0.184	1.837

株式投信	単独VaR	標準偏差	× 信頼係数	× 感応度
9.00	9.00	3.8686	2.33	100
割引国債	1.99	0.8568	2.33	100

単純合算	ポートVaR	① > ②: ポートフォリオ効果
10.99	10.99	
①	8.35	②

投信VaR	9.00	国債VaR	1.99	相関行列	9.00	投信VaR	
				1	-0.4233	1.99	国債VaR
				-0.4233	1		

行列計算(関数MMULT)	8.1560	-1.8162
---------------	--------	---------

行列計算(同)	VaR ² :	69.78
	VaR :	8.35

投信感応度	100.00	国債感応度	100.00	分散共分散行列	100.00	投信感応度	
				14.96626	-1.4031	100.00	
				-1.4031	0.7341395	100.00	国債感応度

行列計算(関数MMULT)	1356.3178	-66.8938
---------------	-----------	----------

行列計算(同)	ポート分散 :	12.89	(単位調整)
	ポート標準偏差 :	3.59	
	信頼係数	2.33	
	ポートVaR	8.35	

(リスクファクターが1変量の場合)

$$99\%VaR = \text{信頼計数} \times \Delta \times \sigma$$

$$= \text{信頼係数} \times$$

$$\sqrt{\Delta \times \sigma^2 \times \Delta}$$

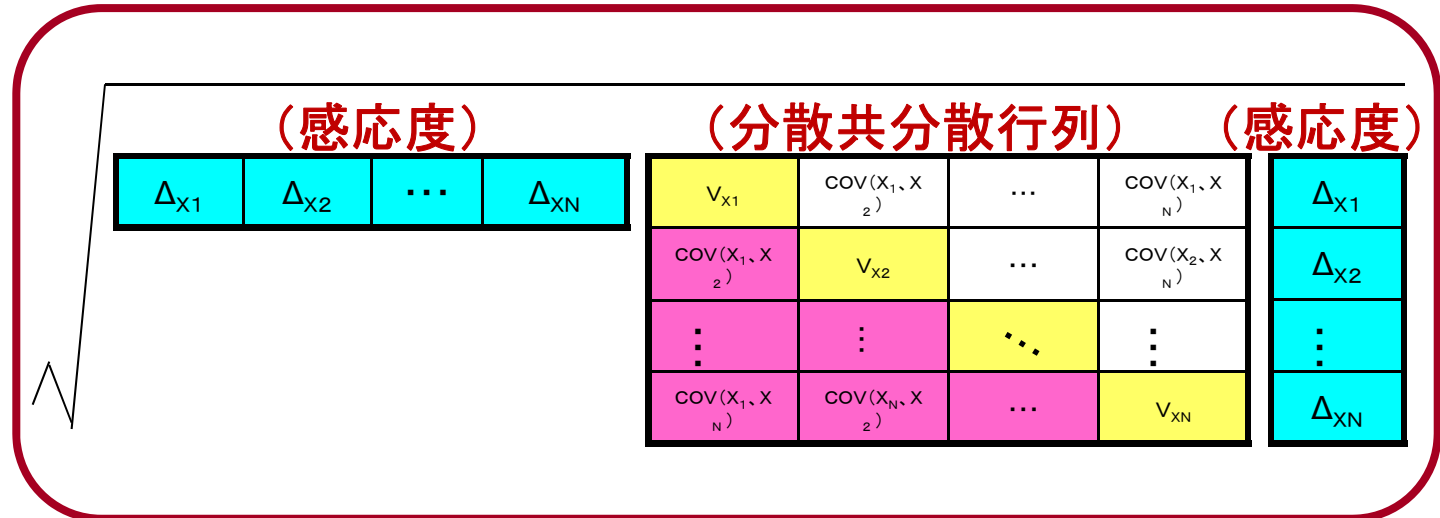
$$= \text{信頼係数} \times$$

$$\sqrt{\text{感応度} \times \text{分散} \times \text{感応度}}$$

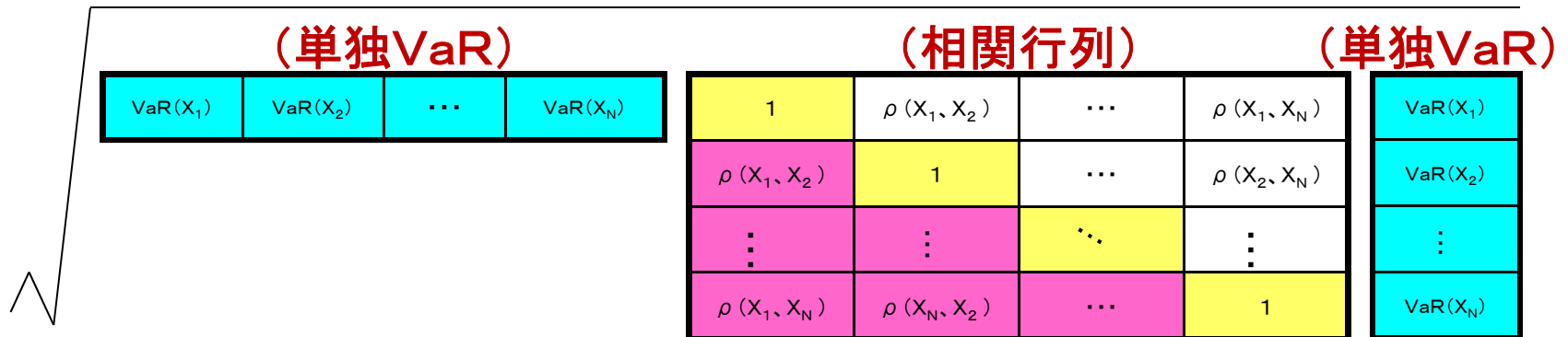
(リスクファクターが多変量の場合)

99%VaR

=信頼計数 ×



=



B. モンテカルロ・シミュレーション(MS法)

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する。

上記リスクファクターの予想値に対応した当該資産・負債の現在価値をシミュレーションにより算出する。

シミュレーションで得られた現在価値を降順に並べて、信頼水準に相当するパーセンタイル値からVaRを求める。

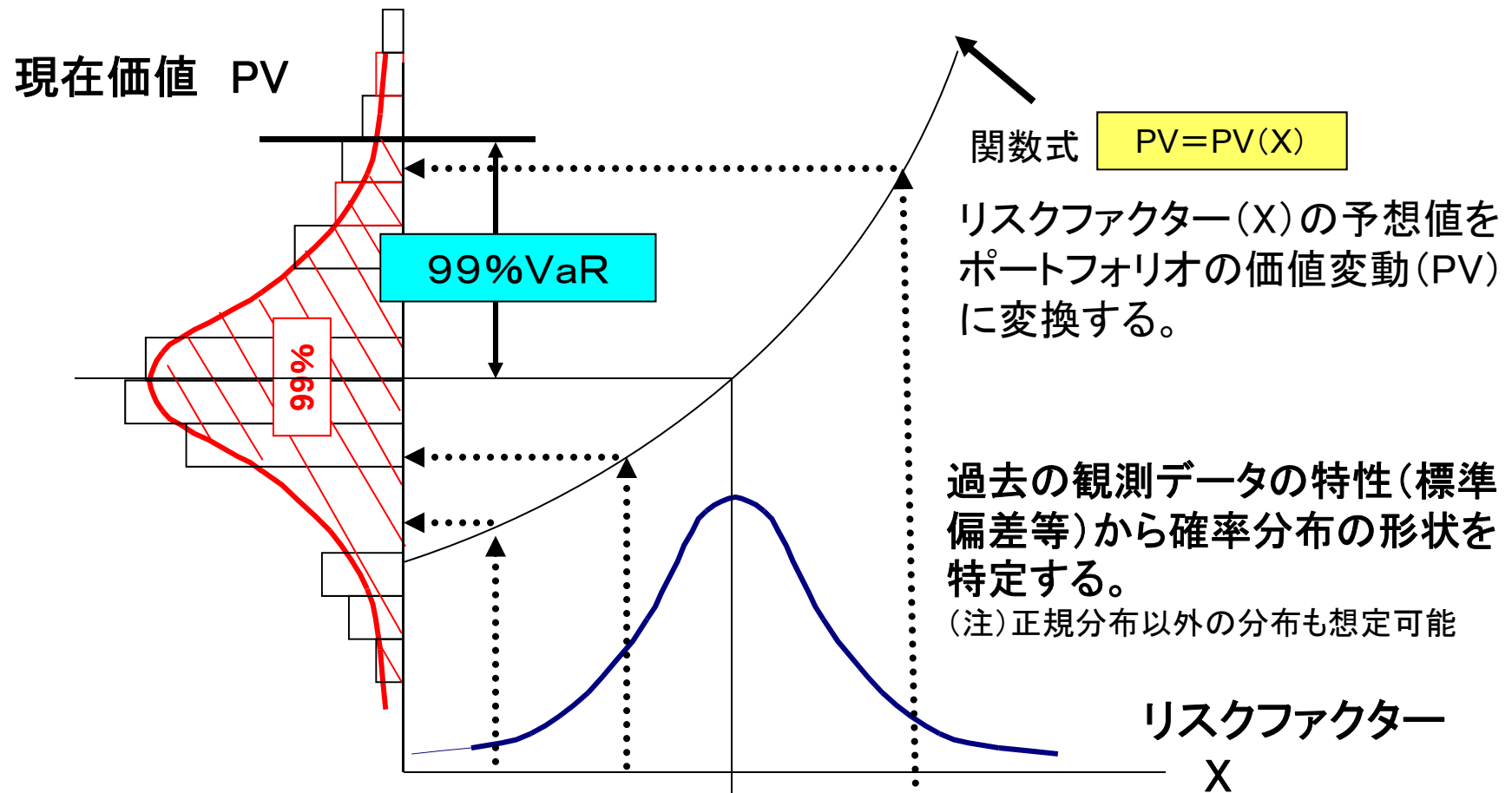
(利点)

- ・リスクファクターの確率分布について正規分布以外も想定可能。
- ・非線型リスクにも対応が可能。

(欠点)

- ・リスクファクターの分布に前提あり(モデルリスク)。
- ・複雑なモデルで大量のデータを扱うと、計算負荷が重い。

乱数を発生させ、繰り返しリスクファクターの予想値を生成。
そして、ポートフォリオの価値変動をシミュレーションする。



乱数を発生させ、繰り返しリスクファクター(X)の予想値を生成。

VaRの計算シート モンテカルロ・シミュレーション法

株式投信 100 億円

保有期間 10 日
 信頼水準 99.0 %

F9キーで再計算

観測データ 250

分布関数を特定(ここでは正規分布)
 標準偏差 (関数STDEVA) 3.869 %

VaR
 8.92 億円

↑

↓

↑

↑

↓ 乱数で1万個の予想変化率を発生

関数PERCENTILE

↓ NORMSINV(RAND()) × 標準偏差

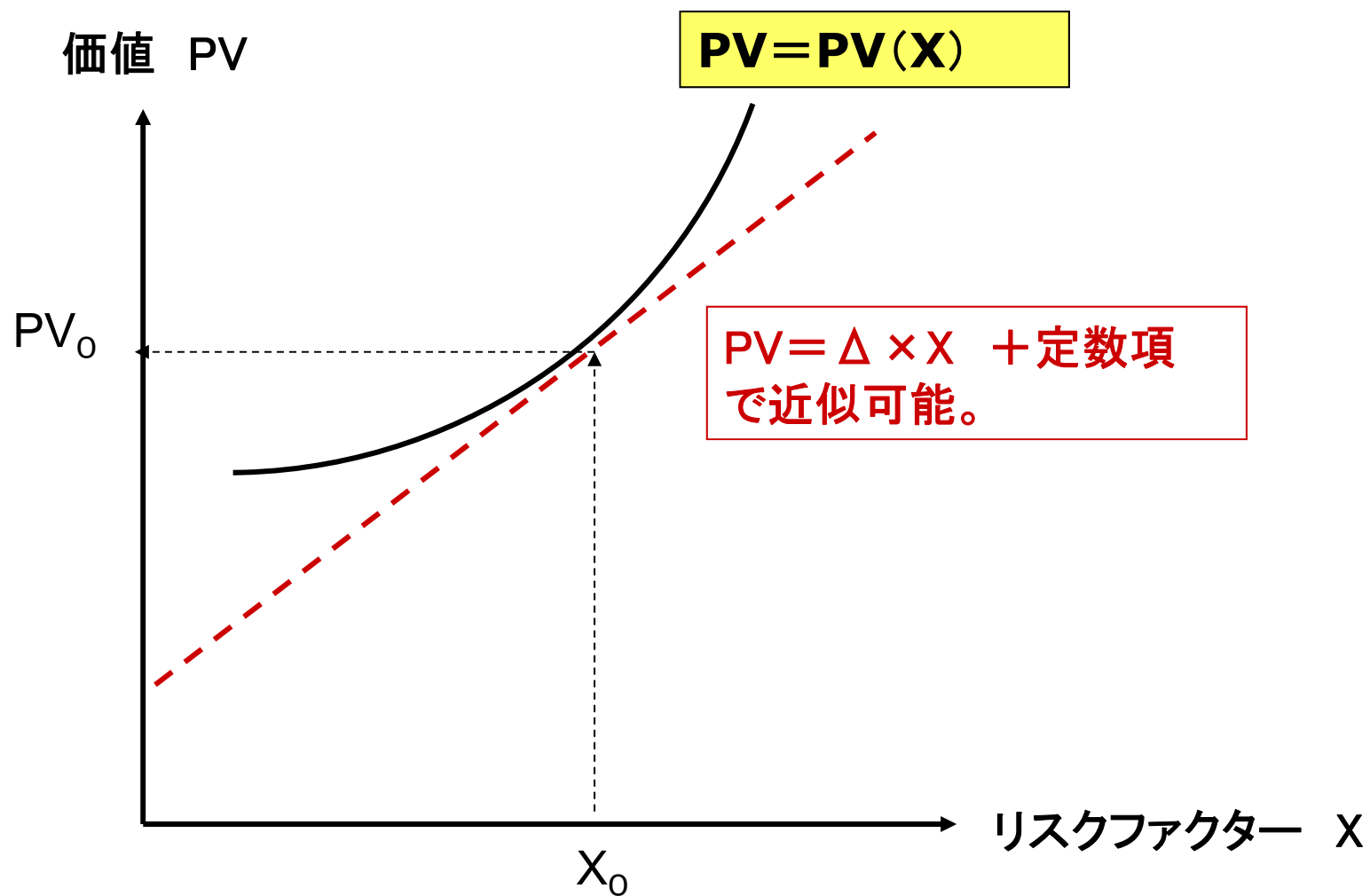
↑

	10日間 変化率	10日間 予想変化率	残高	10日間 予想増減額
2006/9/29	0.785	-1.9155	100.00	-1.9155 億円
2006/9/28	1.194	0.0509	100.00	0.0509
2006/9/27	0.319	5.0609	100.00	5.0609
2006/9/26	-2.994	-2.3250	100.00	-2.3250
2006/9/25	-3.783	-0.1294	100.00	-0.1294
2006/9/22	-3.139	2.1462	100.00	2.1462
2006/9/21	-3.894	1.1020	100.00	1.1020
2006/9/20	-5.040	-8.9002	100.00	-8.9002
2006/9/19	-3.538	-5.5228	100.00	-5.5228
2006/9/15	-2.474	2.6461	100.00	2.6461
2006/9/14	-2.248	-2.5754	100.00	-2.5754
2006/9/13	-1.822	-2.5844	100.00	-2.5844
2006/9/12	-1.875	-2.3236	100.00	-2.3236
2006/9/11	-0.235	2.1802	100.00	2.1802
2006/9/8	0.007	3.0396	100.00	3.0396

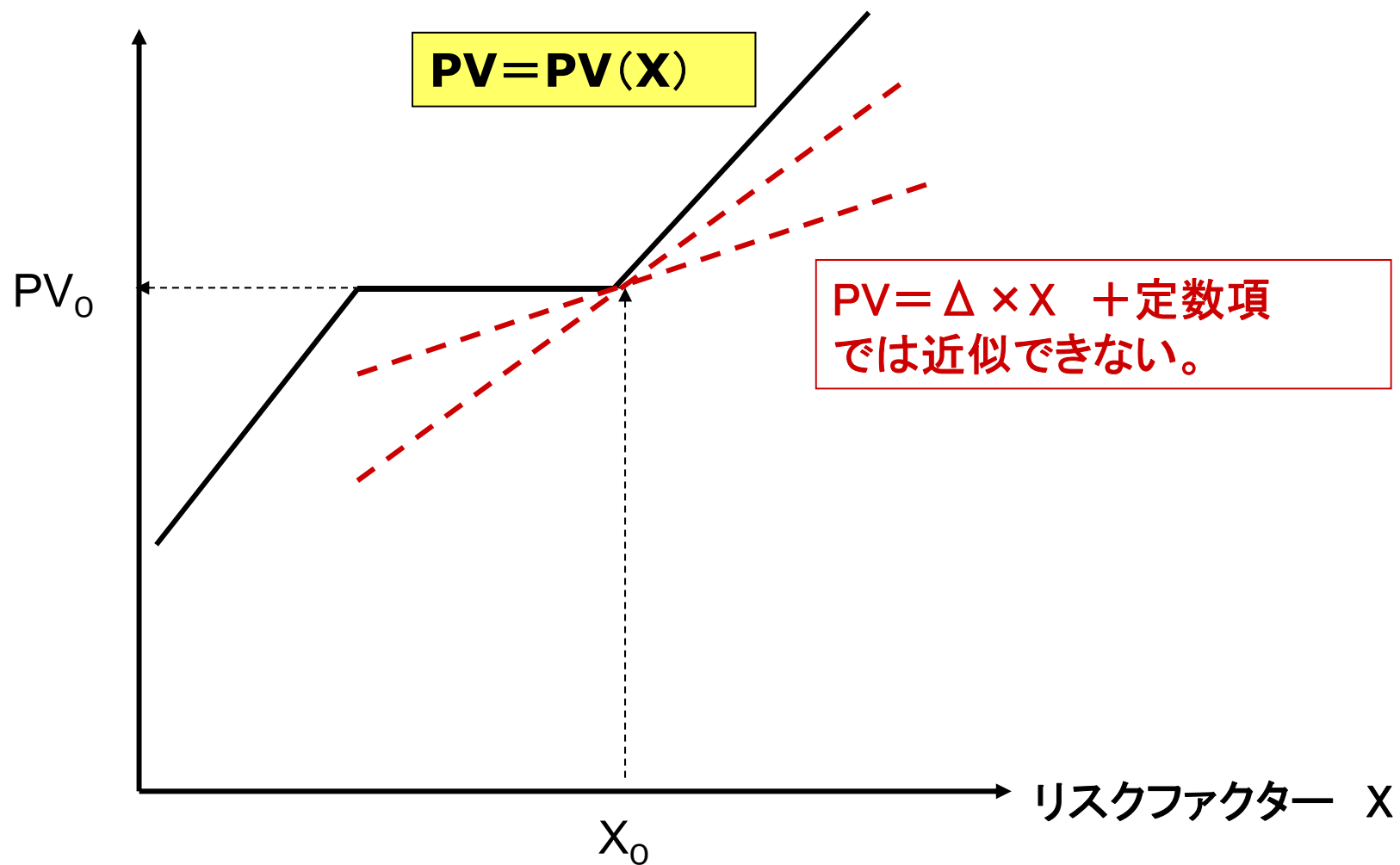
留意事項

- ◆ 分散共分散法では、デルタ一定が前提となっている。非線形リスクが強いオプション性の商品等については、分散共分散法によるVaRの計測値では、近似精度が十分に得られないことがある。
- ◆ 非線形リスクが強い商品については、正確な価格算出モデルを利用して、モンテカルロ・シミュレーション法や後述のヒストリカル法により、VaRを計測するのが望ましい。

デルタ(Δ)一定の仮定が満たされなくても
近似精度が相応に得られ、分散共分散法を適用しても問題がないケース



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



C. ヒストリカル法

現時点のポートフォリオ残高・構成を前提に、過去のリスクファクター値を利用して、理論価値を遡って計算する。

こうして得られた現在価値の分布を用いて信頼水準に相当するパーセンタイル値からVaRを求める。

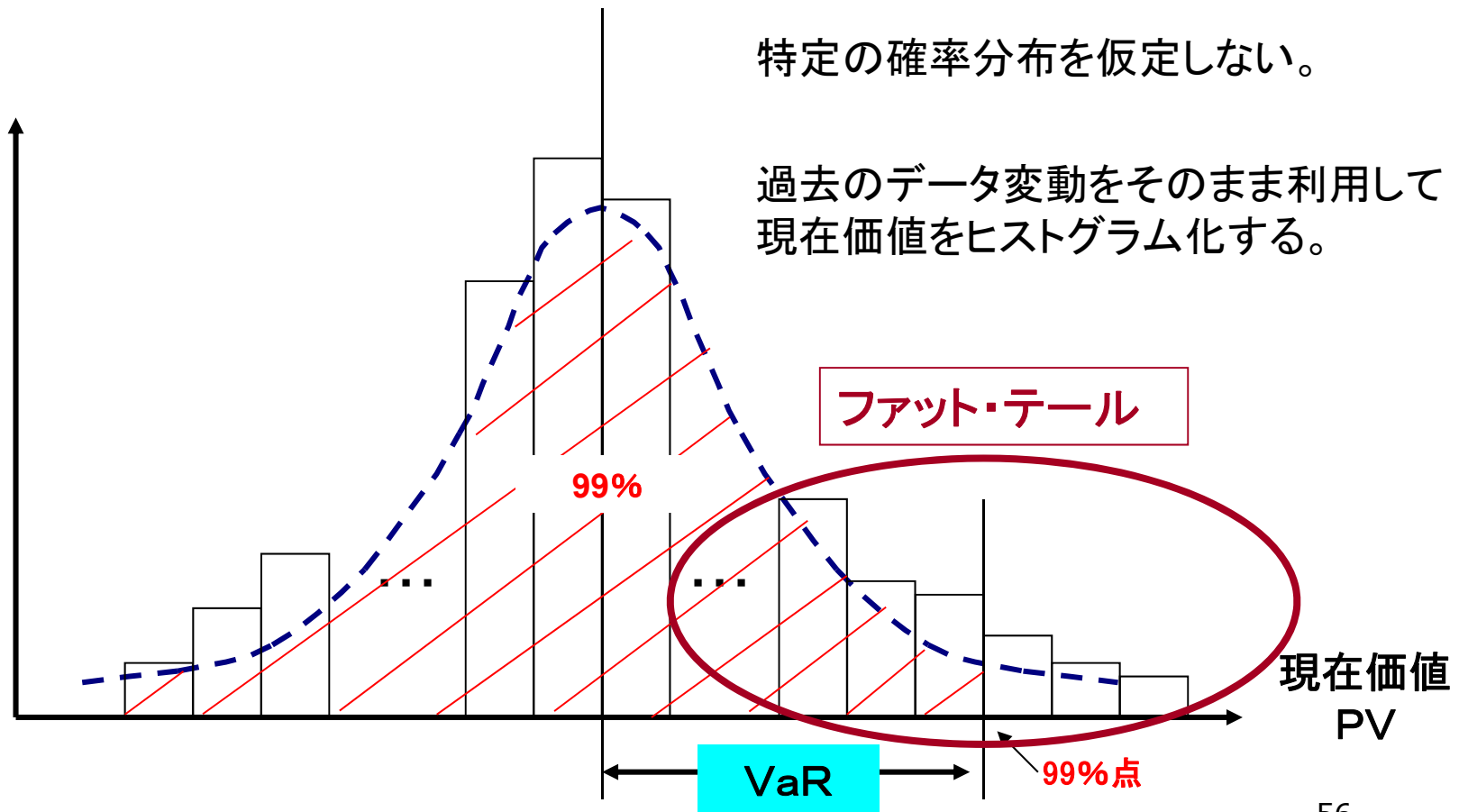
(利点)

- ・ 確率分布として特定の分布を前提にしない。
- ・ 過去のデータ変動にもとづく分布を利用するため、過去のデータ変動が持つファット・テール性、非線形リスクを相応に勘案することができる。

(欠点)

- ・ 過去に起こったことしか取り扱えない。
- ・ 観測期間を短くとるとデータ数が不足し、計測結果が不安定化する。
- ・ データ数を確保するため、観測期間を長くとると、遠い過去のデータに引摺られ、直近のデータ変動が反映されにくい。

ヒストリカル法は、過去のデータ変動を利用して
そのままヒストグラムを作る(イメージ図)



VaRの計算シート

ヒストリカル法

株式投信 100 億円

保有期間 10 日
信頼水準 99.0 %

観測データ 250

VaR
8.40 億円

↑
関数PERCENTILE

	10日間 変化率		残高	=	10日間 予想増減額	
2006/9/29	0.785	×	100.00	=	0.7853	億円
2006/9/28	1.194	×	100.00	=	1.1939	
2006/9/27	0.319	×	100.00	=	0.3185	
2006/9/26	-2.994	×	100.00	=	-2.9940	
2006/9/25	-3.783	×	100.00	=	-3.7832	
2006/9/22	-3.139	×	100.00	=	-3.1390	
2006/9/21	-3.894	×	100.00	=	-3.8939	
2006/9/20	-5.040	×	100.00	=	-5.0403	
2006/9/19	-3.538	×	100.00	=	-3.5385	
2006/9/15	-2.474	×	100.00	=	-2.4744	
2006/9/14	-2.248	×	100.00	=	-2.2478	
2006/9/13	-1.822	×	100.00	=	-1.8216	
2006/9/12	-1.875	×	100.00	=	-1.8745	
2006/9/11	-0.235	×	100.00	=	-0.2346	
2006/9/8	0.007	×	100.00	=	0.0068	
2006/9/7	-0.591	×	100.00	=	-0.5914	

留意事項

- ◆ VaR計測モデルをブラック・ボックス化させず、リスクプロファイルに合致したVaR計測モデルを選択する必要がある。
- ◆ しかし、多大な経営資源・コストをかけて、より高度なVaR計測モデルへの乗り換えを図ることだけが経営の選択肢ではない。
- ◆ たとえば、
 - ① 現行VaRモデルの限界を踏まえて、ストレステスト、多様なシナリオ分析を強化する
 - ② リスク量の捕捉が難しい複雑なリスクプロファイルの仕組商品投資からの撤退を検討するなど、幅広い選択肢の中から検討を行うことが重要。

3. バックテストによるVaRの検証

- ◆ VaRは、過去の観測データから統計的手法を用いて計測された推定値。バックテストによる検証を要する。
- ◆ VaRの計測後、事後的にVaRを超過する損失が発生した回数を調べる。

⇒ VaR超過損失の発生が、信頼水準から想定される回数を大幅に上回っていないか。

例えば、99%の信頼水準のVaRを計測している場合は、VaRを超過する損失が発生する確率は、100回に1回と想定される。

(参考)

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

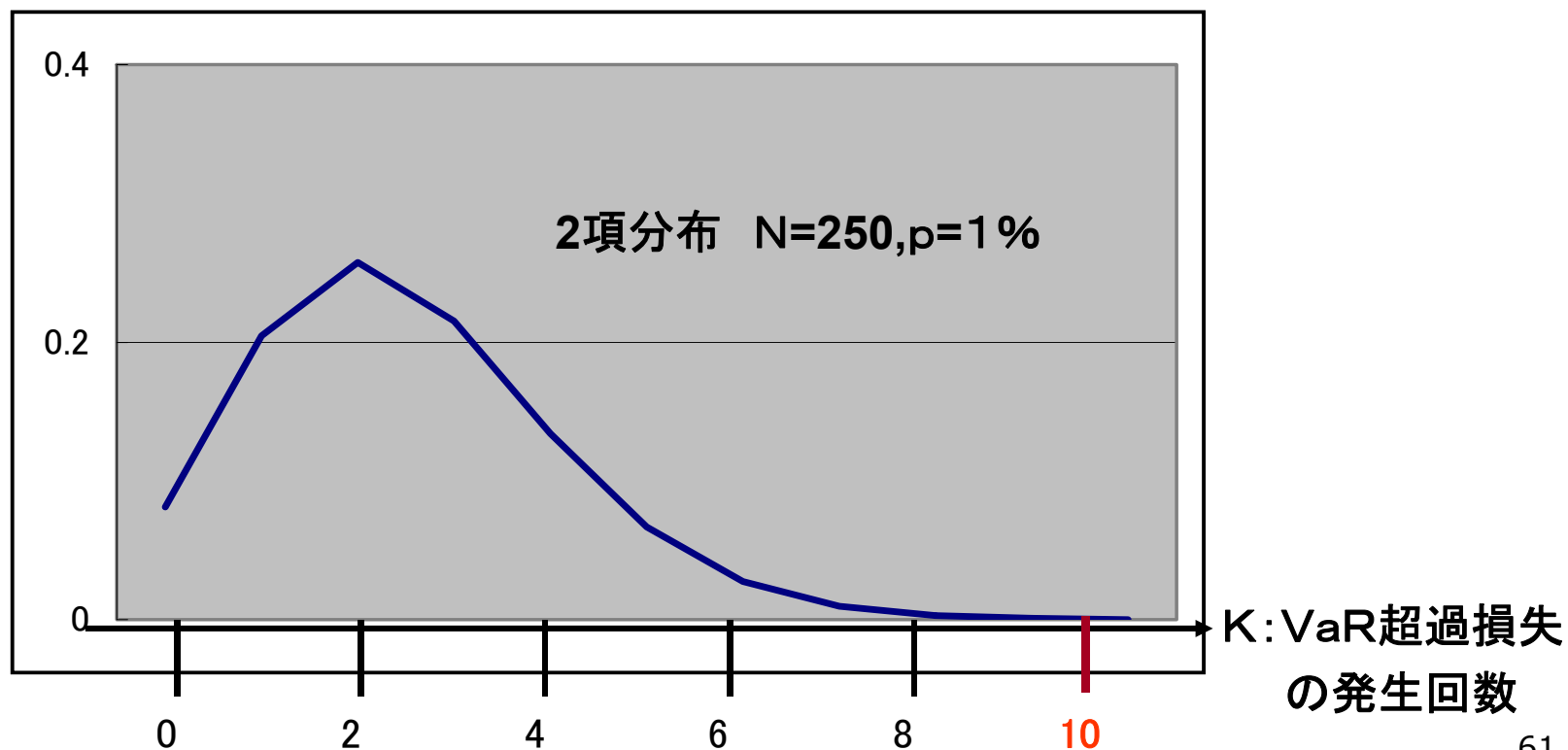
VaRを超過する損失が発生する回数(K)とその確率

VaRを超過する確率 $p = 1\%$

VaRを超過しない確率 $1-p = 99\%$ (信頼水準)

VaRの計測個数 $N=250$

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



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	累積確率	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

バックテストは「検定」の考え方にしたがって行う。

■ VaR計測モデルは正しい(帰無仮説)。



■ VaR超過損失の発生が、250回中、10回以上発生した。



■ VaR超過損失の発生が、250回中、10回以上発生する確率は0.03%と極めて低い。



■ VaR計測モデルは誤っている(結論)。

分散共分散法・VaRの検証例

バックテストによるVaRの検証シート

【ポートフォリオ】

株式投信	100	億円
10年割引国債	100	億円

保有期間	10	日
信頼水準	99.00	%

観測データ	250	日
-------	-----	---

	東証TOPIX 10日間変化額	10年割引国債 10日間変化額	ポートフォリオ 10日間変化額	VaR(分散共分散法)			超過回数(超過1:範囲内:0)		
				株式投信	割引国債	ポート全体	7	4	6
2006/9/29	0.79	-0.10	0.69						
2006/9/28	1.19	0.01	1.20						
2006/9/27	0.32	0.18	0.50						
2006/9/26	-2.99	0.31	-2.68						
2006/9/25	-3.78	0.69	-3.10						
2006/9/22	-3.14	0.56	-2.58						
2006/9/21	-3.89	-0.09	-3.98						
2006/9/20	-5.04	0.29	-4.75						
2006/9/19	-3.54	-0.01	-3.55						
2006/9/15	-2.47	0.10	-2.38						
2006/9/14	-2.25	-0.20	-2.44	9.05	1.99	8.41	0	0	0
2006/9/13	-1.82	0.19	-1.63	9.04	2.00	8.40	0	0	0
2006/9/12	-1.87	0.40	-1.47	9.03	2.01	8.40	0	0	0
2006/9/11	-0.23	0.43	0.20	9.02	2.01	8.39	0	0	0
2006/9/8	0.01	0.12	0.12	9.02	2.03	8.40	0	0	0
2006/9/7	-0.59	1.18	0.59	9.02	2.05	8.40	0	0	0

バックテストの分析・活用

- ◆ バックテストにより、VaR超過損失の発生が判明したときはその原因・背景について、分析を行うのが重要。
- ◆ VaR超過損失の発生事例の分析により、
①ストレス事象の洗出しや、②VaR計測モデルの改善に繋げることができる。

VaR超過損失の発生原因・背景

- ストレス事象の発生
- ボラティリティの変化
 - VaR計測後、ボラティリティが増大
- 確率分布モデルの問題
 - 実際の確率分布が正規分布よりもファットテイル
- トレンド、自己相関がある
 - \sqrt{T} 倍ルール*での近似に限界
 - *VaR計測で保有期間を調整する手法のこと
- 観測データ数の不足
 - 観測データが不足すると、VaRは不安定化
- 観測期間が不適切
 - 遠い過去の観測データ(ボラティリティ小)の影響

- 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。