

I . イントロダクション

金融工学を応用して、様々なリスク計測手法が考えられました。VaR(バリュー・アット・リスク)と呼ばれるリスク計測手法もその1つです。

最近では、金融機関や商社を中心に、VaRを計測し、リスクマネジメントに活用する動きが広がっています。

目 次

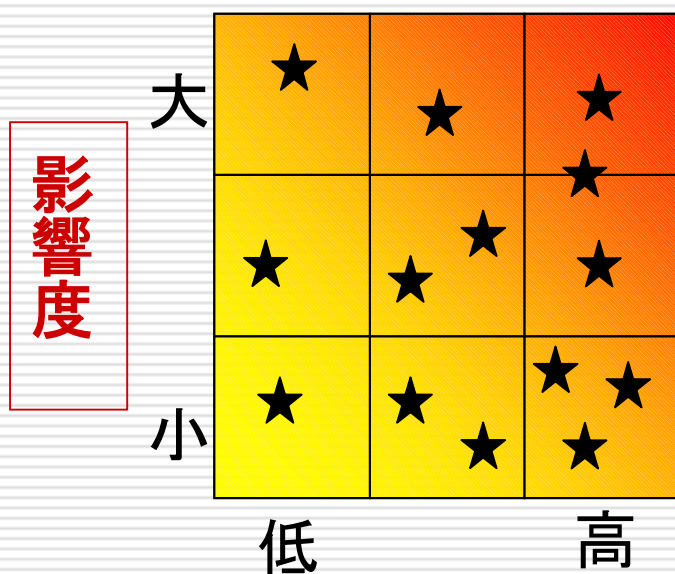
1. リスクの定義
2. リスクマネジメント
3. リスクの計量化
4. VaR(バリュー・アット・リスク)
5. VaRの活用事例

1. リスクの定義

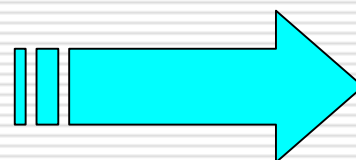
- ◆ 組織の目標・目的の達成に(マイナスの)影響を与える事象の発生可能性
- ◆ 影響の大きさと発生の可能性に基づいて測定される

リスク・マップ

固有リスク

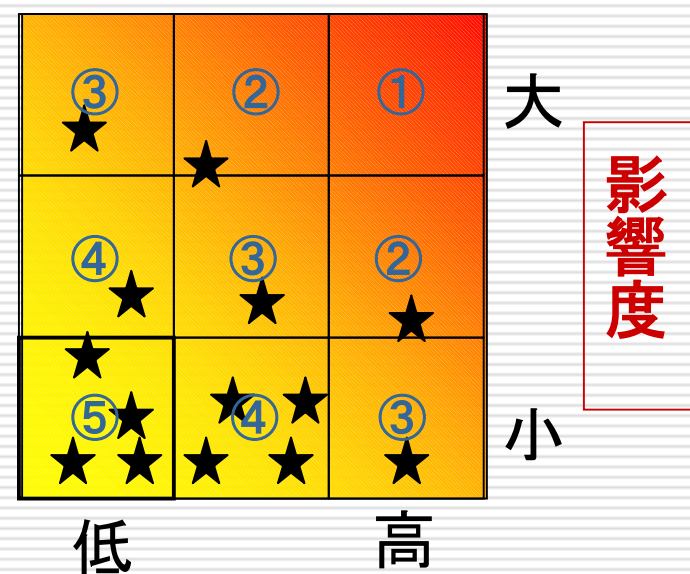


コントロール



統制リスク/脆弱性

残余リスク



★ リスク事象

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

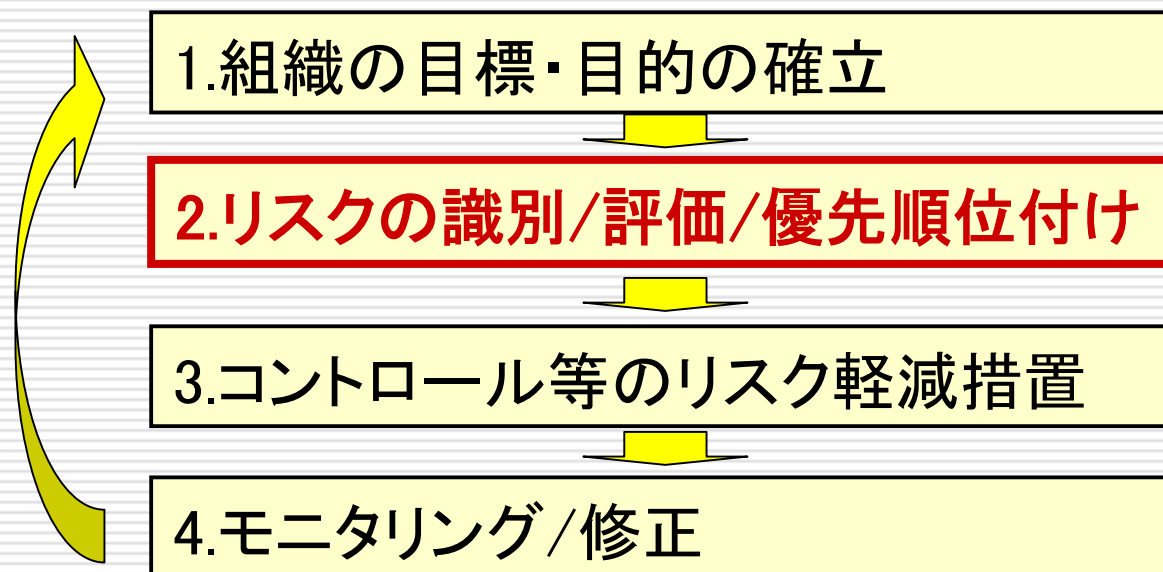
統制リスク/脆弱性

- ◆ 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、コントロールするプロセス



リスク評価の様々な手法

① リスクマップ方式

(例)

- ◆ 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な考え方。
 - ◆ 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。
 - コントロールが有効に機能しているか否かは考慮しない立場からの評価。
 - ◆ 残余リスクでみて、発生可能性が高い方が、より重要度が高いと評価することもある。
 - コントロールが有効に機能していない(統制リスク/脆弱性が高い)ことを、特に重視する立場からの評価。
-

② スコアリング方式

- ◆ 「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)
XXXXXX	○点	△点	◇点	○×△×◇点
XXXXXX	●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		
XXXXXX	〇円	〇円		〇年に1回	×××××
XXXXXX	△円	△円	顧客の信用を毀損	△年に1回	×××××
XXXXXX	◇円	◇円		◇年に1回	×××××
XXXXXX	●円	●円	顧客の信用を毀損	●年に1回	×××××
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

共通点、相違点

（共通点）

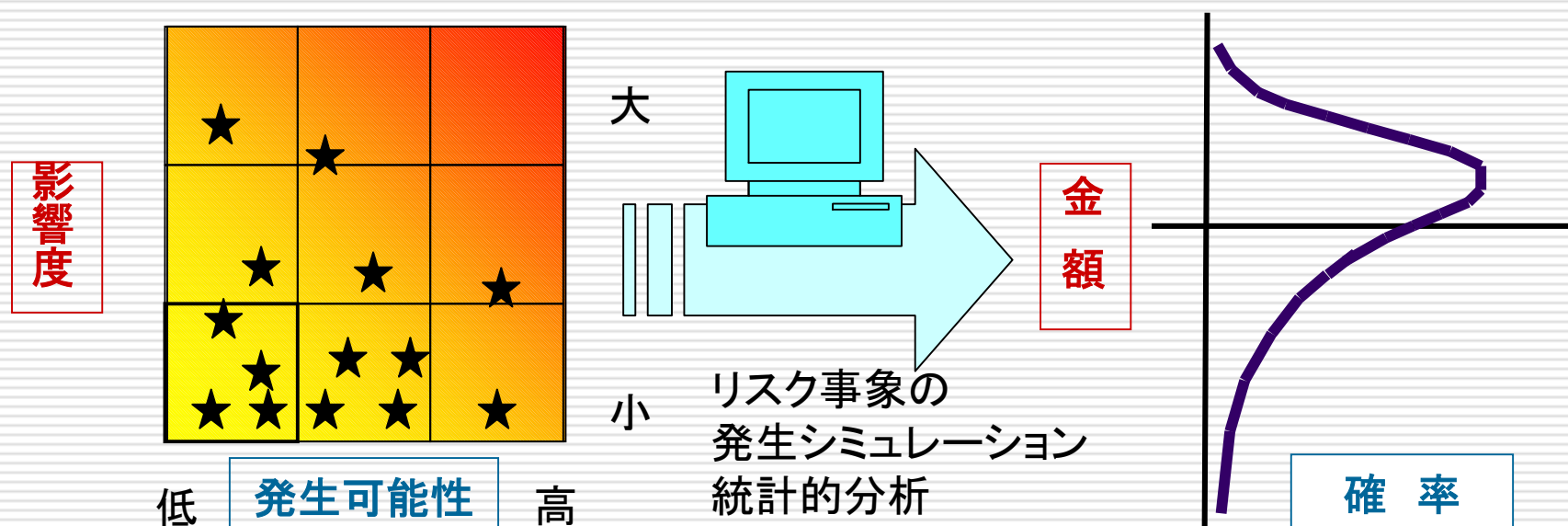
- ◆ リスクマップ方式、リスク評点化方式、リスク計量化方式いずれの方式でも、リスクの重要度や優先順位を決めることは可能。

（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。

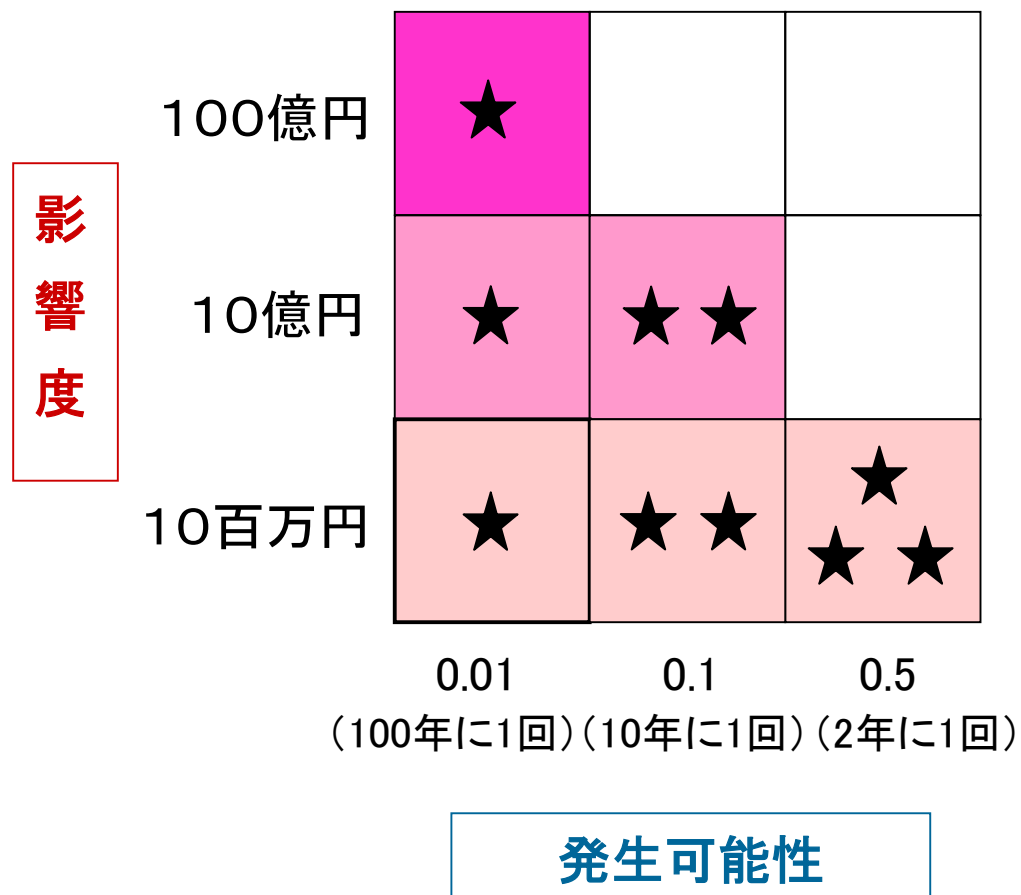


(設例)

- 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...

(ヒント)

- ・ 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。

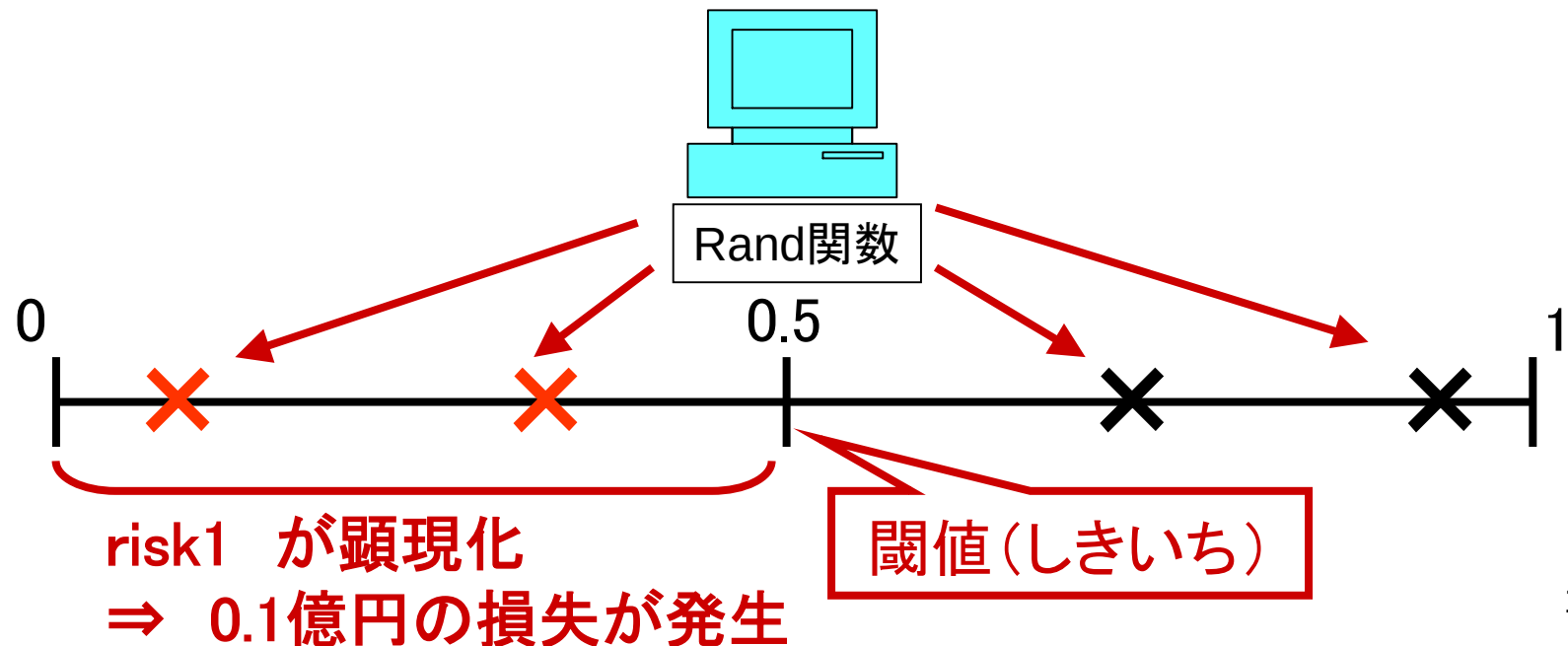
(実験)

➤ 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

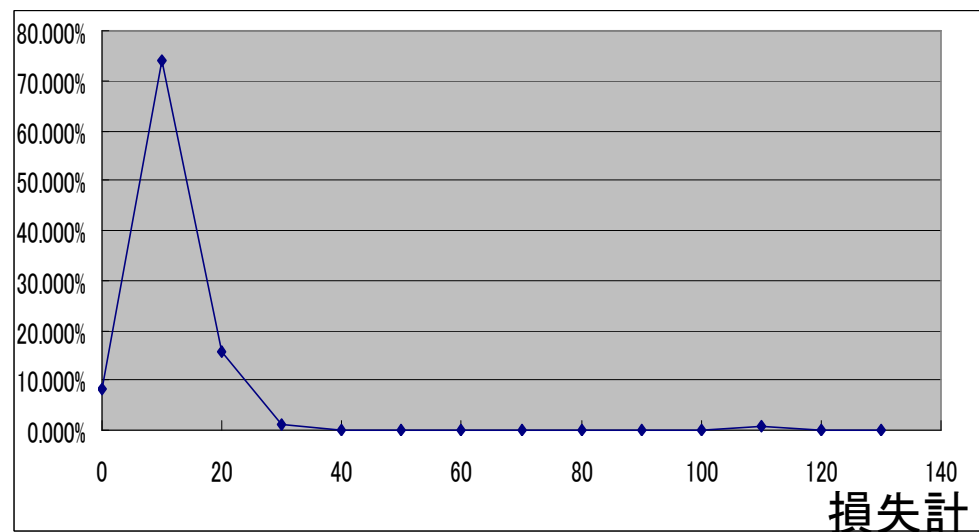
シミュレーション結果(試行回数:1万回)

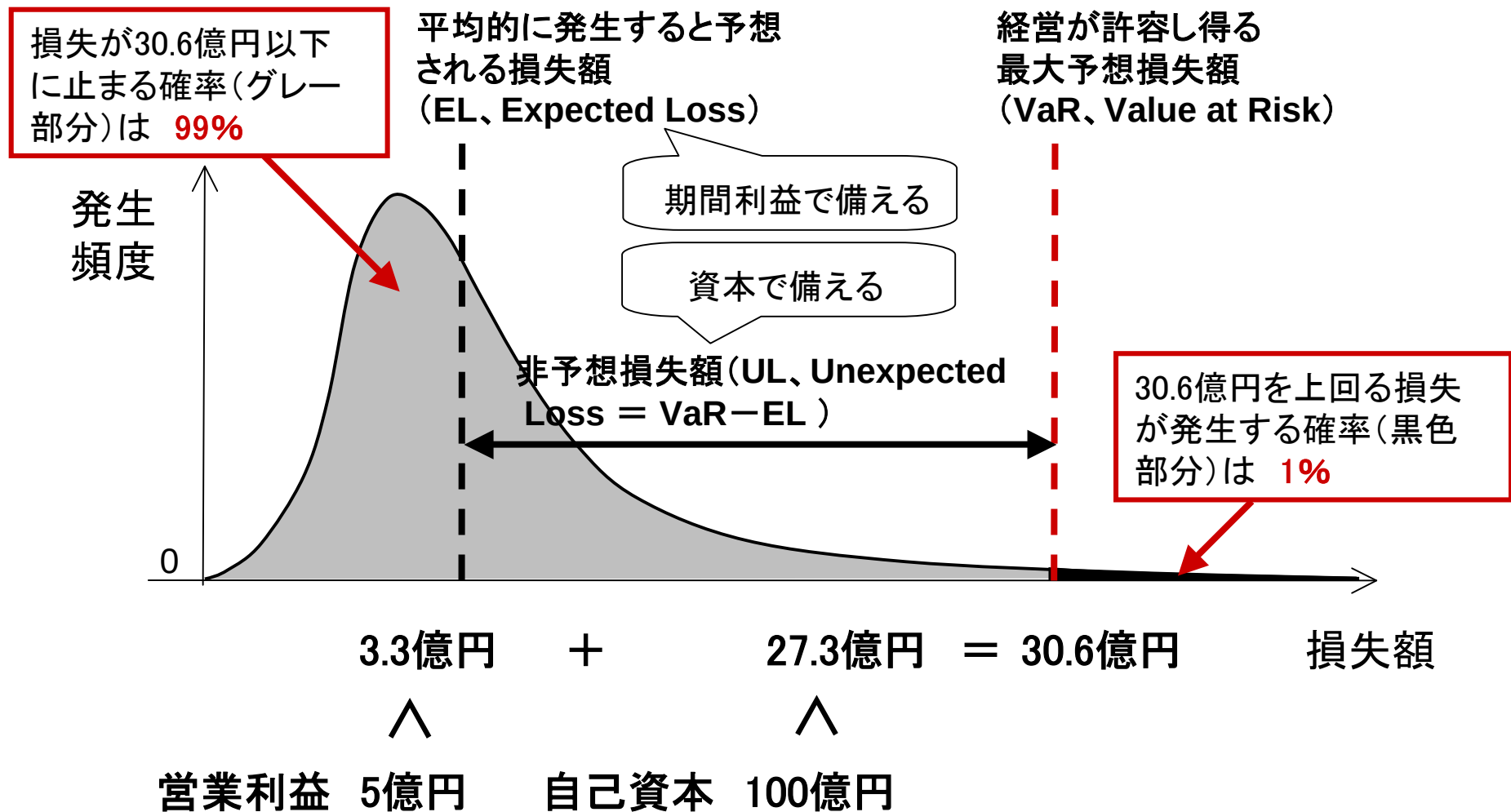
損失計	確率	累計
0	7.740%	7.740%
～ 10	73.470%	81.210%
～ 20	16.650%	97.860%
～ 30	1.120%	98.980%
～ 40	0.020%	99.000%
～ 50	0.000%	99.000%
～ 60	0.000%	99.000%
～ 70	0.000%	99.000%
～ 80	0.000%	99.000%
～ 90	0.000%	99.000%
～ 100	0.080%	99.080%
～ 110	0.780%	99.860%
～ 120	0.130%	99.990%
～ 130	0.010%	100.000%
130超	0.000%	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、期間利益の計上が可能。
- 自己資本をすべて毀損してしまう確率は1%未満。

4. VaR(バリュー・アット・リスク)

市場VaRの起源

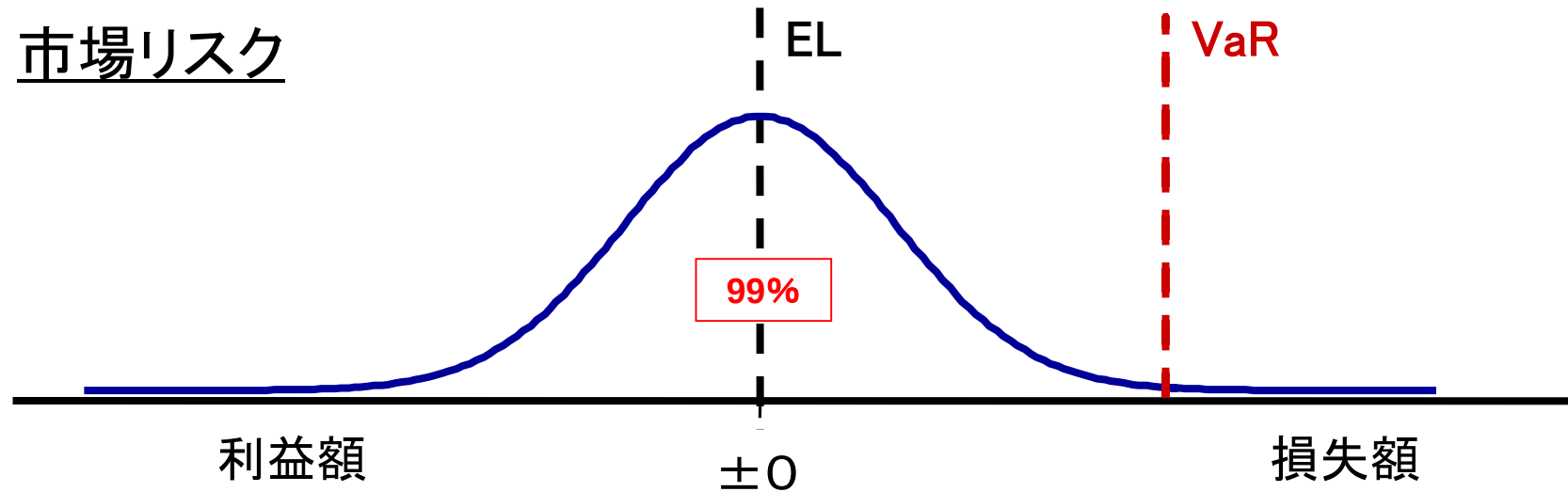
- ◆ JPモルガンの最高経営責任者 D. Weatherstoneは、今後24時間に自社のポートフォリオが受けるリスクを計量化することを求めた。毎日16時15分、その計測結果をチェックすることを望んだ。
- ◆ これに対し、JPモルガンのスタッフは、金利、株式、為替などの過去の観測データからある確率をもって発生し得る最大損失額を予想することを提案し、その計測モデルを開発した。

VaRの発展

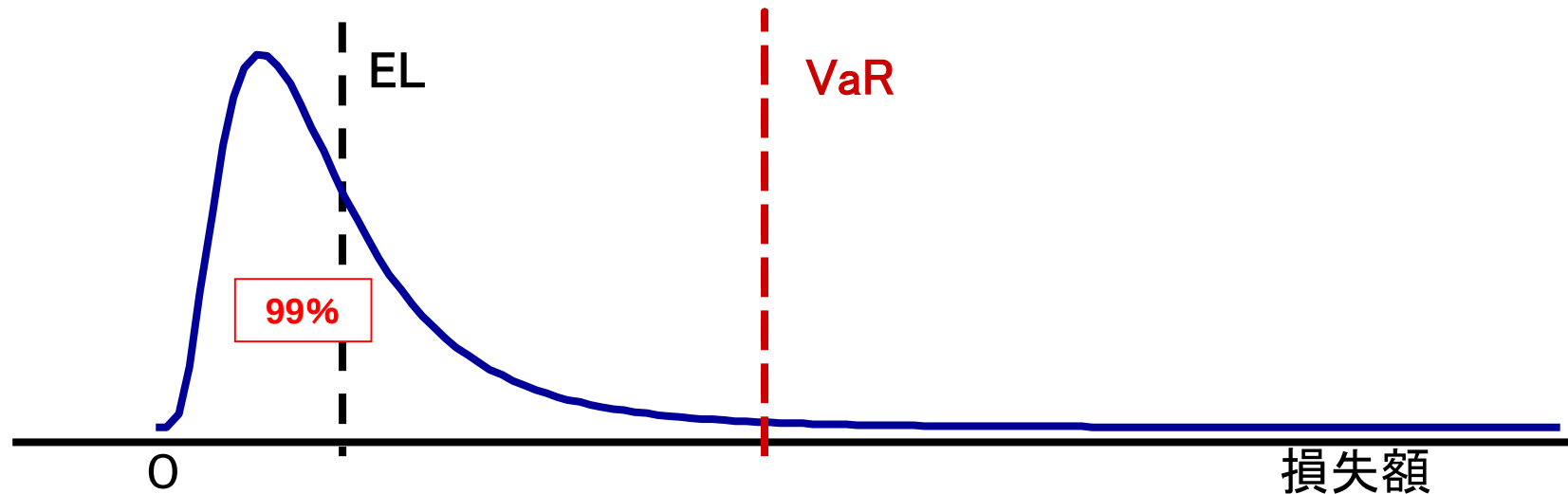
- ◆ その後、VaRの計測モデルは改良が加えられたほか、様々な計測手法が開発された。
 - ⇒ 分散共分散法、モンテカルロ・シミュレーション法、ヒストリカル法（後述）。
- ◆ リスクの計測対象も、市場リスク以外にも、貸し倒れなどの信用リスクや、事件・事故、システム障害、災害など業務全般に係るオペレーショナル・リスクに拡大。
- ◆ 最近では、各リスクカテゴリーのリスクを VaR という共通の尺度で測定して、リスクを統合管理する企業・金融機関が増加している。

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
- ◆ 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

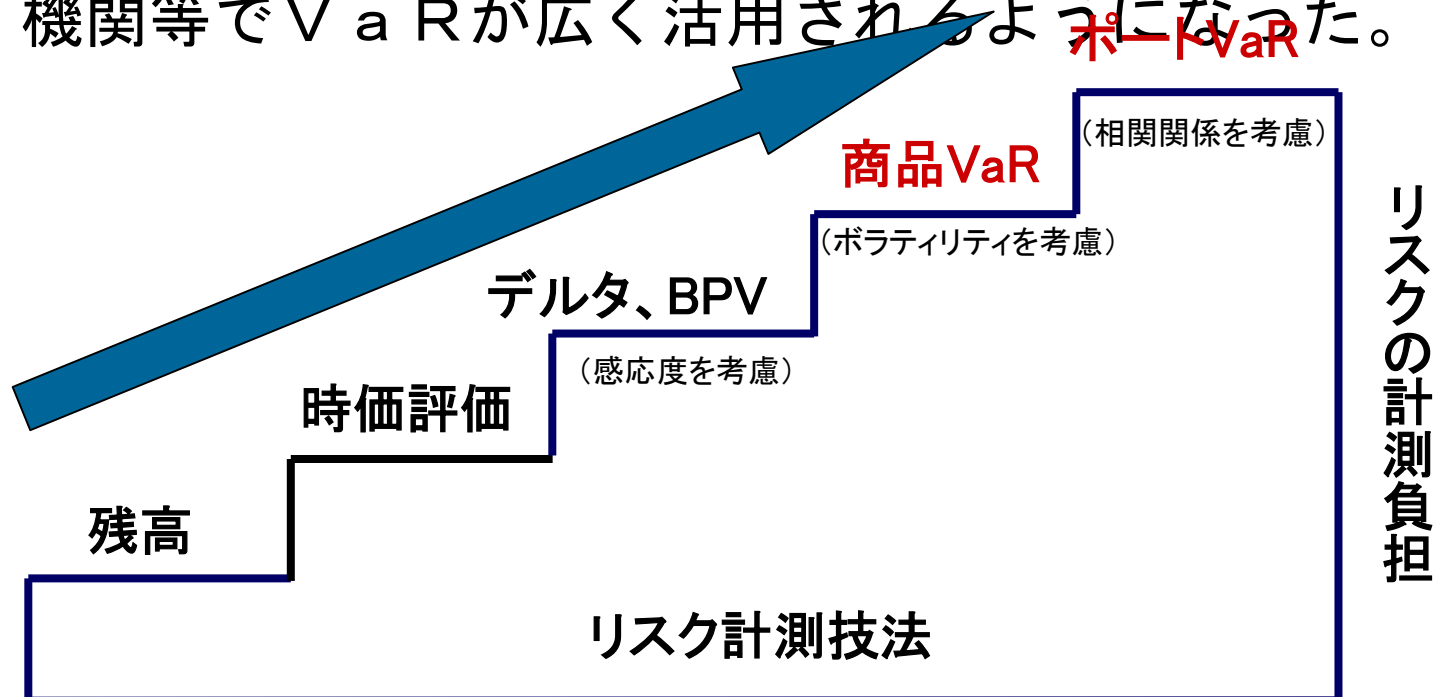
- 統計的手法によって求められる指標であるため、その「前提」を確認する必要がある。
- 厳密に言えば、統計的に「推定」された値であり、使用に耐えられるか、バックテストなどで統計的に「検証」する必要がある。
- 「過去は繰り返す」という考え方に基づいて求められているため、予測値としては「限界」がある。ストレス・テストなどで「補完」する必要がある。

5. VaRの活用事例

市場リスクの管理

- ◆ 金融商品、ポートフォリオの現在価値の変動リスク

を把握するために、多くの投資家、証券会社、金融機関等でVaRが広く活用されるようになった。



みずほフィナンシャルグループの 2008年ディスクロージャー誌より

トレーディング業務における市場リスク量 (VAR) の年度別推移
(単位: 億円)

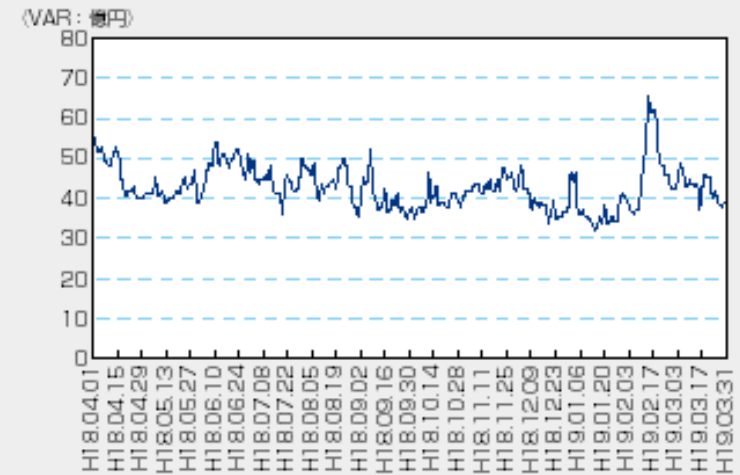
	平成16年度	平成17年度	平成18年度	増 減
年度末日	22	51	39	△12
最大値	43	55	65	10
最小値	20	20	32	12
平均値	29	32	43	11

トレーディング業務のVAR計測手法

VAR計測手法
線 形リスク：分散・共分散法
非線形リスク：モンテカルロシミュレーション法
VAR：線形リスクと非線形リスクの単純合算
定量基準：① 信頼区間 片側99%
② 保有期間 1日
③ 観測期間 1年

トレーディング業務

業務目的：市場価格の短期的な変動、市場間の価格差等を利用して利益を得る業務
計測範囲：特定取引勘定等、トレーディング業務の目的で行われた取引



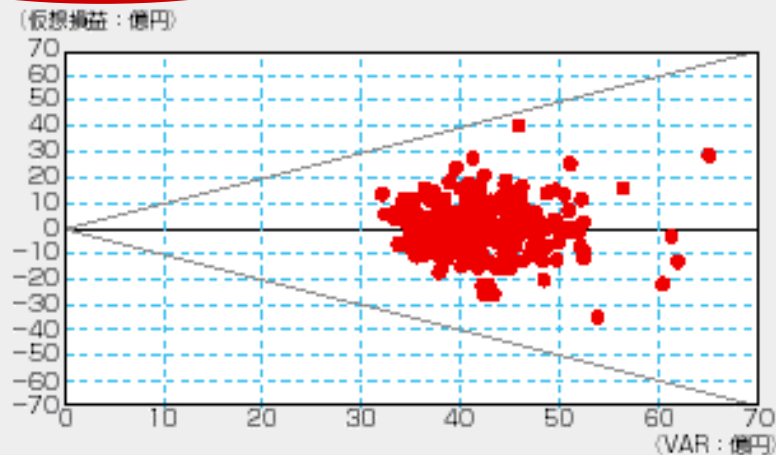
トレーディング業務のリスクカテゴリー別VARの状況

(単位: 億円)

	平成17年度				平成18年度				構成比
	年度 末日	最大値	最小値	平均	年度 末日	最大値	最小値	平均	
合 計	51	55	20	32	39	65	32	43	—
金利リスク	24	27	11	17	15	39	14	23	53%
為替リスク	9	18	3	11	18	40	5	12	28%
株値リスク	30	32	5	14	18	35	7	18	43%
商品リスク	1	17	0	2	3	4	0	2	4%

注) 最大値および最小値のカテゴリー別／合計のVARは、それぞれ、別々の日となっています。
また、リスクカテゴリー別VARの単純合計は、相互に一部リスクを打ち消しあうため合計とは一致しません。

バックテスト結果



VARによる市場リスク計測の有効性を確認するため、VARと損益を比較するバックテストを定期的に行っています。

トレーディング業務における日々のVARと対応する損益を 対比したのですが、期間中に損益がVARを上回った日はなく、内部モデルが十分な精度をもって市場リスクを計測していることを示しています。

ストレステストの結果

平成19年3月末基準(単位:億円)

想定最大損失	
ストレステストによる最大の損失	474

VARは統計的な仮定に基づく市場リスク計測方法であるため、仮定した水準を超えて市場が急激に変動した場合にどの程度の損失を被るかについてのシミュレーションとして、ストレステストを定期的に行っています。

ストレステスト手法としては、過去5年の最大変動を基に損失額を算出する方法、過去の市場イベント時の市場変動を基に損失額を算出する方法等を実施しています。

バンキング業務における市場リスク量 (VAR) の年度別推移
(単位:億円)

	平成16年度	平成17年度	平成18年度	増 減
年度末日	2,034	1,528	2,132	604
最大値	3,015	2,472	2,515	43
最小値	1,861	1,528	1,031	△497
平均値	2,358	2,139	1,794	△345

注) バンキング業務には、政策保有株式を含みません。

バンキング業務のVAR計測手法

線 形リスク：分散・共分散法

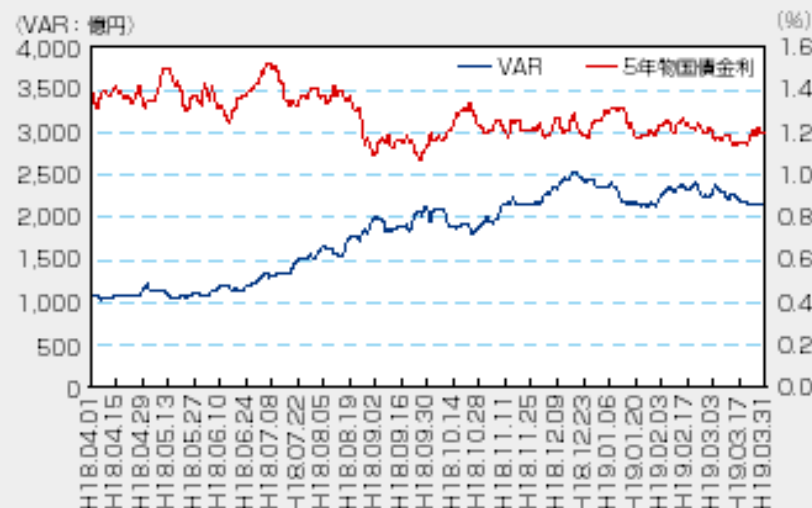
非線形リスク：モンテカルロシミュレーション法

VAR：線形リスクと非線形リスクの単純合算

定量基準：① 信頼区間 片側99%

② 保有期間 1カ月

③ 観測期間 1年



市場リスクの管理方法としては、主要グループ会社のおおののリスクプロファイルを勘案し、配賦リスクキャピタルに対応した諸リミット等を設定し、保有する市場リスクが資本勘定等の財務体力を超えないようにリスクを制御しています。

なお、市場リスクの配賦リスクキャピタルの金額は、VARとポジションをクローズするまでに発生する追加的なリスクを対象としています。

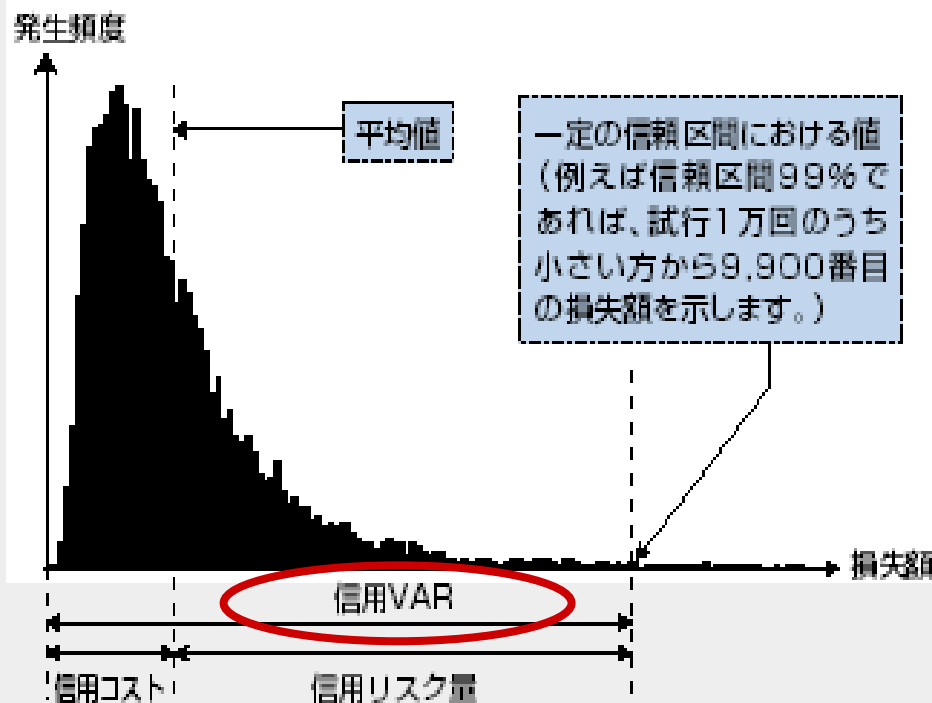
トレーディング業務およびバンキング業務については、VARによる限度および損失に対する限度を設定しています。また、バンキング業務等については、必要に応じ、金利感応度等を用いたポジション枠を設定しています。

信用リスクの管理

- ◆ 信用VaRについては、メガバンクをはじめ、多くの金融機関が計測するようになっている
 - ー 信用VaRは、取引先企業の倒産確率と倒産時の損失発生額が分かれば、基本的には計算可能。
- ◆ 近年では、金融機関に限らず、一般企業でも、売掛債権等の与信リスクを管理する目的で、信用VaRを活用する動きがみられ始めている。
 - ー 財務データや各種情報から企業格付を付与し、格付毎の倒産確率を提供する事業者が出てきたのが、一般企業による信用VaRの活用が広がっている背景。

みずほフィナンシャルグループの 2008年ディスクロージャー誌より

損失分布

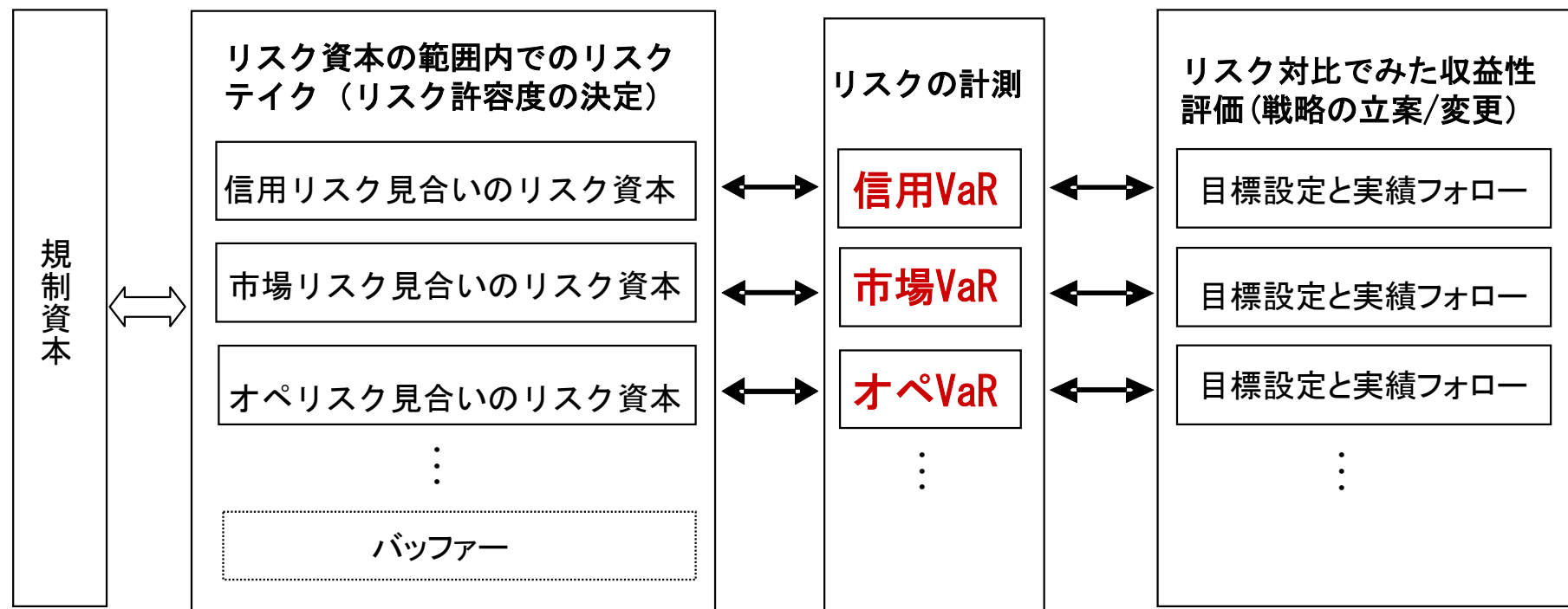


当グループは、統計的な手法によって今後1年間に予想される平均的な損失額(=信用コスト)、一定の信頼区間における最大損失額(=信用VAR)、および信用VARと信用コストとの差額(=信用リスク量)を計測し、ポートフォリオから発生する貸倒損失の可能性を管理しています。

与信取引における取引指針を設定する際には、信用コストを参考値として活用する等により、リスクに見合った適正なリターンを確保する運営を行っています。

また、信用VARは、それが実際に損失として顕在化した場合、自己資本および引当金の範囲内に収まるように、クレジットポートフォリオの内容をさまざまな観点からモニタリングし、必要に応じてポートフォリオに制約を設定しています。

統合リスク管理



(注)リスク資本は、規制資本の水準を考慮し、リスク・テイクをコントロールするために定める内部管理上の概念。

リスク量の指標

最大予想損失 (VaR) : Value at Risk

予想損失 (EL) : Expected Loss

非予想損失 (UL) : Unexpected Loss

$$= \text{VaR} - \text{EL}$$

リスク調整後収益指標

リスク調整後収益

$$= \text{収益} - \text{予想損失 (EL)}$$

RAROC: Risk Adjusted Return On Capital

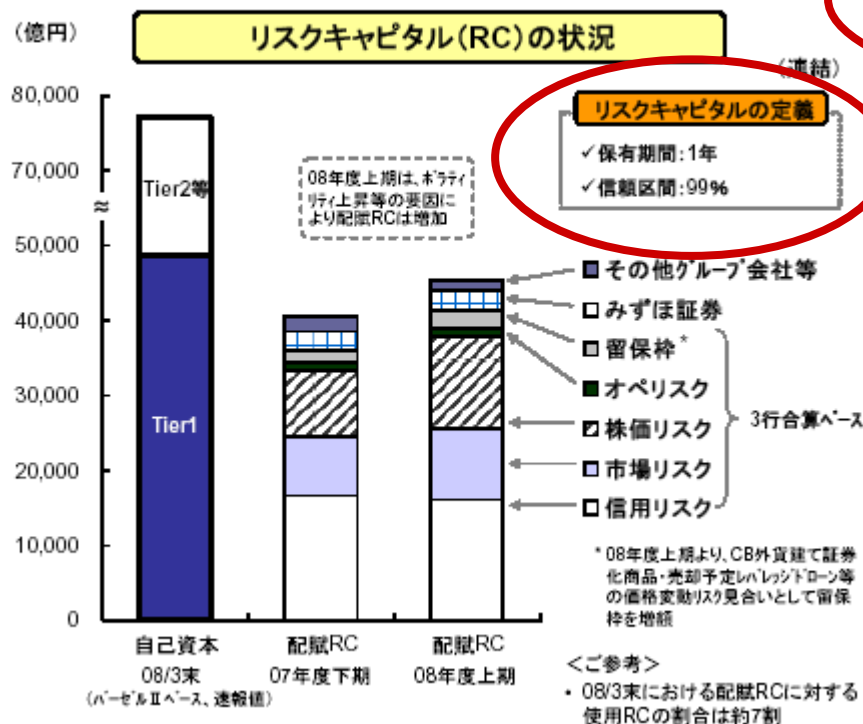
$$= \text{リスク調整後収益} / \text{リスク資本}$$

SVA: Shareholders Value Added

$$= \text{リスク調整後収益} - \text{リスク資本} \times \text{資本コスト率}$$

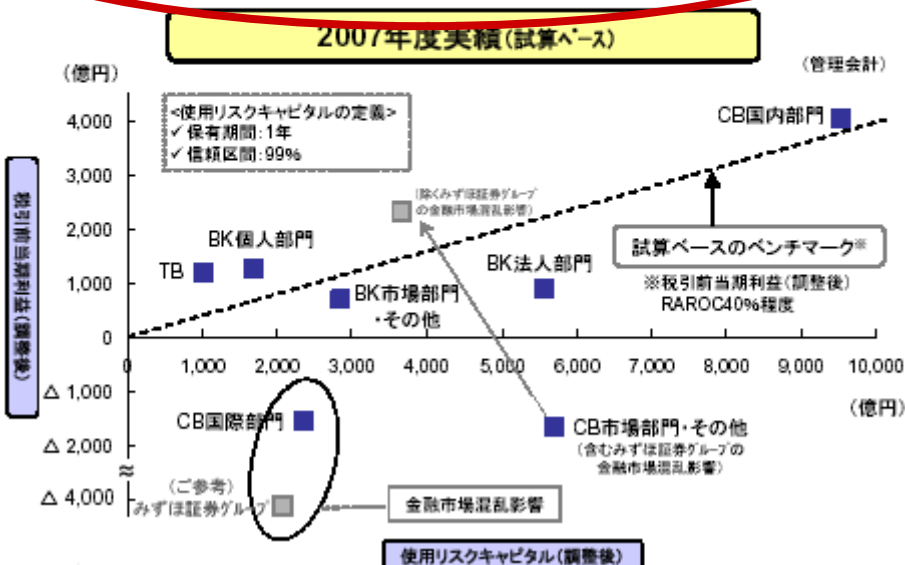
みずほフィナンシャルグループのIR説明会(2007年度)資料より

総合リスク管理

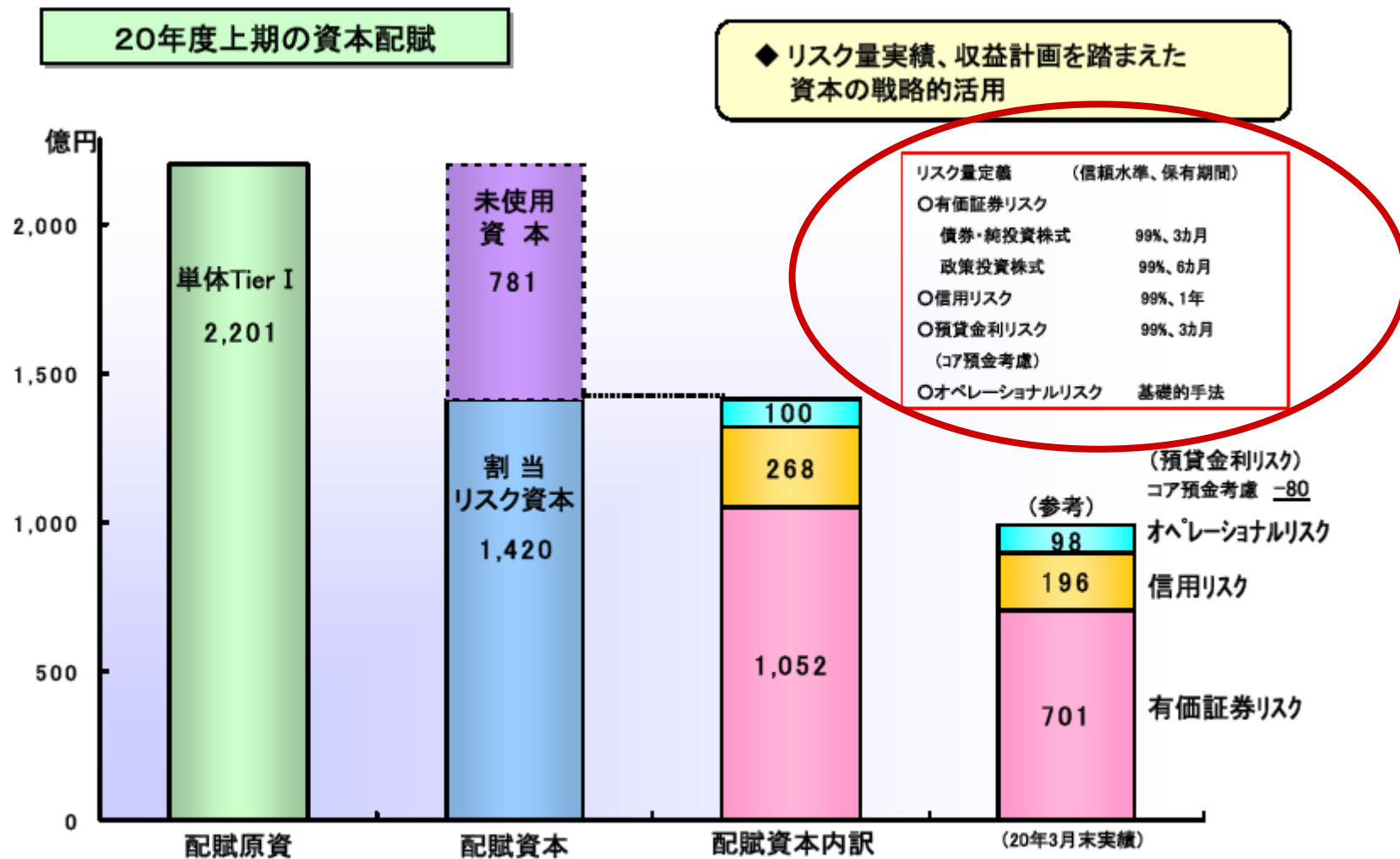


部門別RAROC

■ 持株会社における経営管理の指標として、「税引前当期利益(調整後)RAROC」により、リスク・リターンを検証



山陰合同銀行の会社説明会資料(19年度決算概要)より



京都銀行の会社説明会(2008年6月5日開催 インフォメーションミーティング)資料より

統合リスク量の状況(20年3月末)

	資本配賦額	リスク量
市場リスク(除く政策投資株式)VaR	700	281
政策投資株式修正VaR	0	0
事業性の信用リスク量(UL:予想損失変動額)	300	229
住宅ローンの信用リスク量(UL:予想損失変動額)	100	52
オペレーショナル・リスク量	140	140
統合リスク量	1,240	702

政策投資株式修正VaRは評価損益の範囲内
(政策投資株式修正VaR=政策投資株式VaR-評価損益)

保有期間 1ヵ月
信頼係数 99%

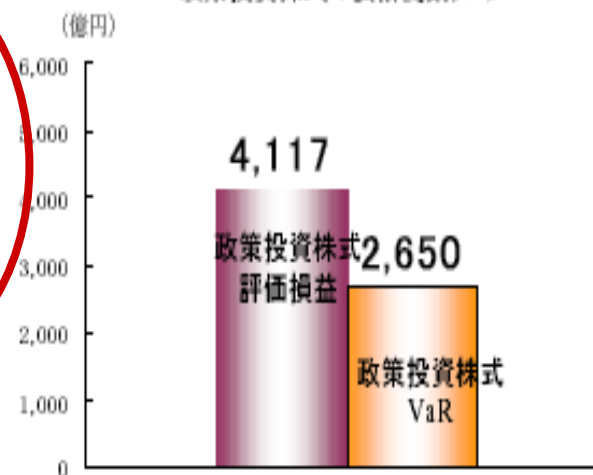
保有期間 6ヵ月
信頼係数 99%

保有期間 1年
信頼区間 99%

保有期間 1年
信頼区間 99%

基礎的手法

政策投資株式の価格変動リスク



伊予銀行のIR決算説明会(19年度)資料より

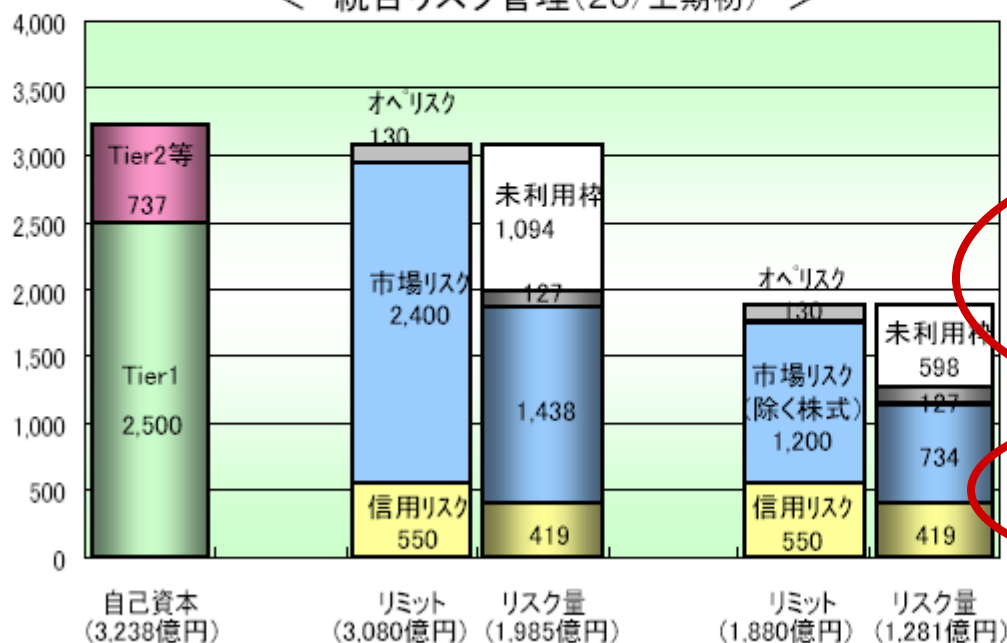
● 統合リスク管理方法変更(リスク管理高度化のための市場リスク管理システム稼働)

- 自己資本の状況、リスク特性、戦略等を考慮しリスクリミット設定
- 株式を含む全体のリスクリミット設定においては株式評価益を考慮するが、「株式リスクを除くリスク量」がTier1の範囲に収まるようにリスク運営を実施

● リスク管理の高度化によってリスクテイク能力向上を図る

- 貸出の増強(地域でのシェアアップ、船舶貸出増強等)に余裕資本を活用
- 有価証券ポートフォリオのリスク・リターンを最適化するためのリスクテイク(コモデティ、エマージング等)

< 統合リスク管理(20/上期初) >



○オペレーショナルリスク
・パーゼルⅡ基礎的手法により算出

○市場リスク(保有期間1年, 99.9%)

- ・異なるリスク間の相関考慮
- ・コア預金…流動性預金の50%
- ・株式VaR…政策株式を含む
(評価損益ネットティング方式から変更)

○信用リスク(保有期間1年, 99.9%)

- ・事業性貸出等…モンテカルロ法
- ・個人ローン…解析的手法

[全リスク]

[除く株式リスク]

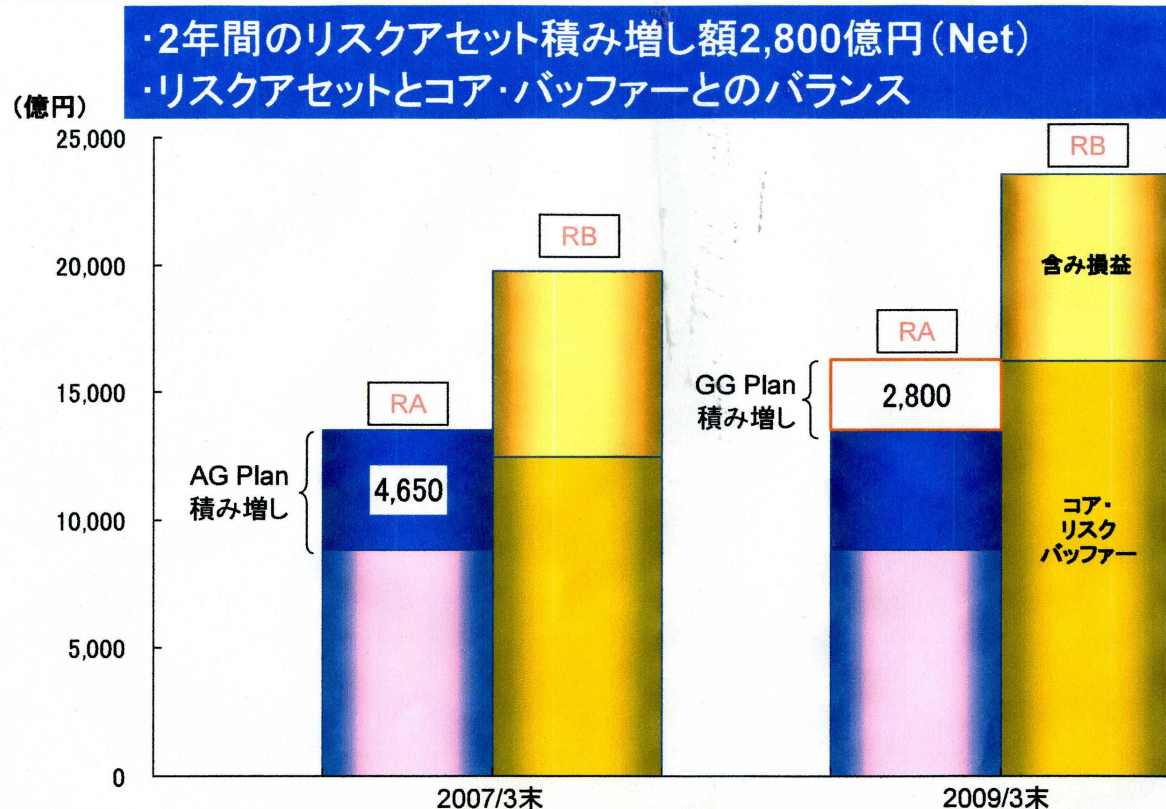
住友商事(株)の中期経営計画(2007～2008年度、公表資料)より

RA: リスクアセット(=最大損失可能額)

RB: リスクバッファ(=資本金・剰余金等－自己株式)

GG Plan

リスクアセット積み増し計画



注) RA: リスクアセット、RB: リスクバッファ、コア・リスクバッファ=資本金+剰余金+外貨換算調整勘定－自己株式

住友商事(株)の中期経営計画(2007～2008年度、公表資料)より

リスク・リターン:RA(最大損失可能額)に対する当期純利益

GG Plan

セグメント別リスクアセット／リスク・リターンの計画

