

2013/11/29 ビジューアリゼーションカンファレンス

# 確率論的津波リスク計量 モデルの開発

株式会社インターリスク総研  
総合企画部 リスク計量評価チーム

川久保 樹

- ◆ 巨大自然災害と損害保険
- ◆ 確率論的リスク計量評価（自然災害リスクモデリング技術）の重要性
- ◆ 津波ハザードのモデル化
- ◆ 津波による被害発生メカニズムを探る
- ◆ 確率論的リスク評価モデルの構築



# 巨大自然災害と損害保険

# 2011年東日本大震災と損害保険

MS&AD

MS&AD Insurance Group

## 2011年東日本大震災発生

経済被害額:16.9兆円  
(内閣府防災担当推計値)

損害保険・共済によって  
支払われた保険金額:  
2.7兆円  
(金融庁、損保協会)

- 主な共済組合・・・9,000億円

JA共済、全労済、県民共済など

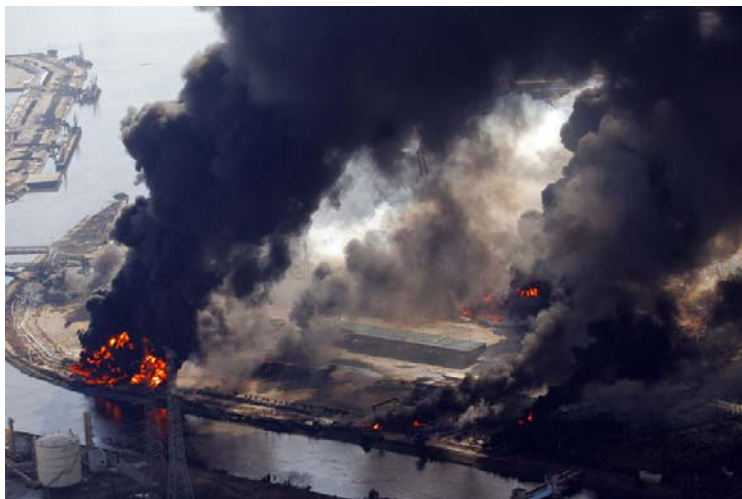
- 地震保険(家計)・・・12,000億円

居住用建物を対象とし、政府による再保険。  
キャパ6.2兆円のうち5.96兆円を政府負担

- 企業地震・・・6,000億円

↓ 民間の損害保険会社が全額最終責任

再保険会社からの回収:4,000億円  
損保会社の実質負担額:2,000億円



# 過去の巨大災害による保険金支払額

MS&AD

MS&AD Insurance Group

## ● 世界の上位

※保険金支払額は2011年度の米ドル価値に換算した数値

| 年月日         | 事故           | 国  | 保険支払額   |
|-------------|--------------|----|---------|
| 2005. 8. 25 | ハリケーン・カトリーナ  | 米国 | 6.72 兆円 |
| 2011.3.11   | 東日本大震災       | 日本 | 3.15 兆円 |
| 1992. 8. 23 | ハリケーン・アンドリュー | 米国 | 2.31 兆円 |
| 2001. 9. 11 | 米国同時多発テロ     | 米国 | 2.15 兆円 |
| 1994. 1. 17 | ノースリッジ地震     | 米国 | 1.91 兆円 |

## ● 日本の上位

| 年月日         | 事故           | 国  | 保険支払額   |
|-------------|--------------|----|---------|
| 2011.3.11   | 東日本大震災       | 日本 | 3.15 兆円 |
| 1991. 9. 27 | 台風19号（ミレイユ）  | 日本 | 0.84 兆円 |
| 1999. 9. 22 | 台風18号（バート）   | 日本 | 0.49 兆円 |
| 2004. 9. 6  | 台風18号（ソングダー） | 日本 | 0.38 兆円 |
| 1995. 1. 17 | 阪神・淡路大震災     | 日本 | 0.33 兆円 |

出典：Swiss Re Sigma No2/2012（1ドル＝90円で換算）

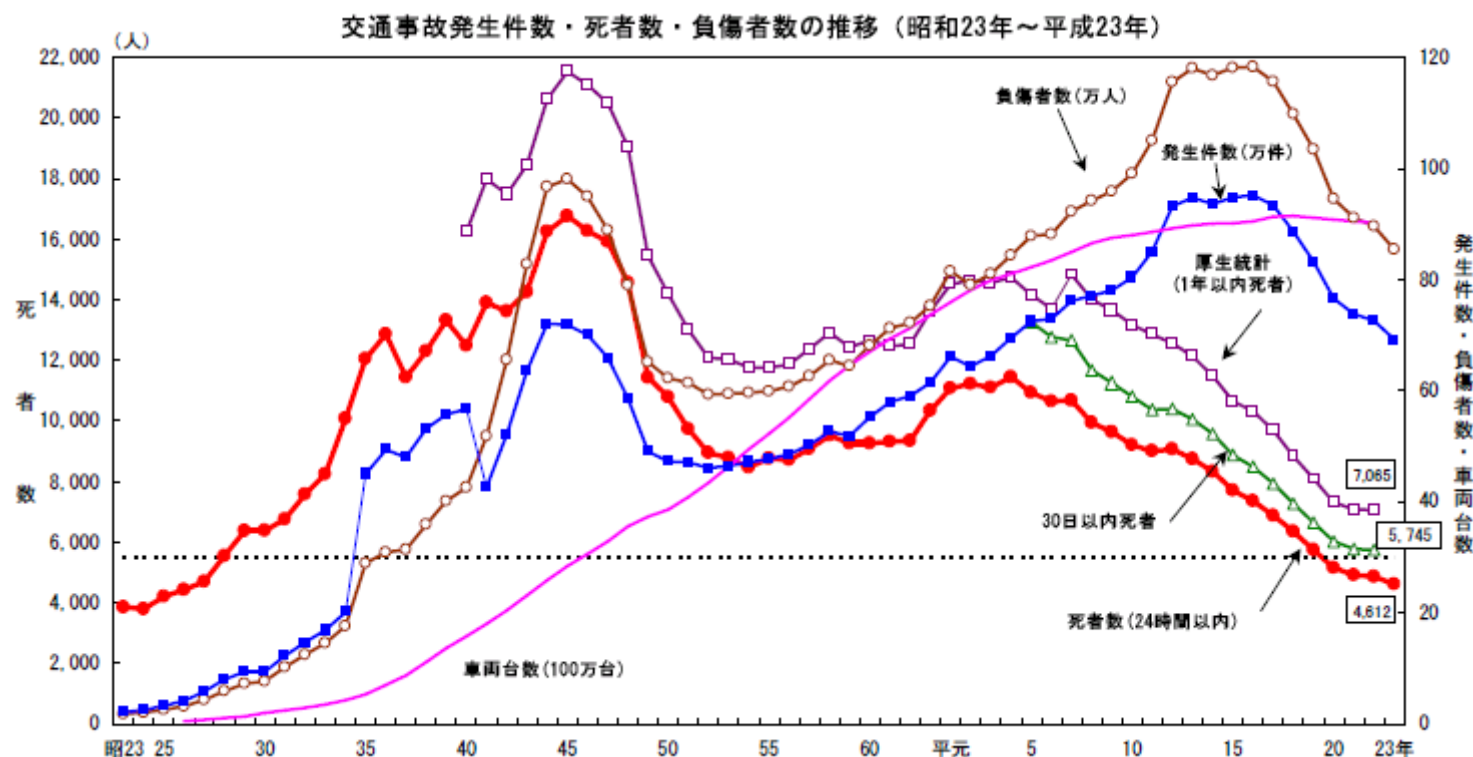
# 損害保険会社における2種類のリスク

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- 火災事故、自動車事故

- － 過去の統計を分析することにより将来の発生予測が可能



交通事故発生件数・死者数・負傷者数

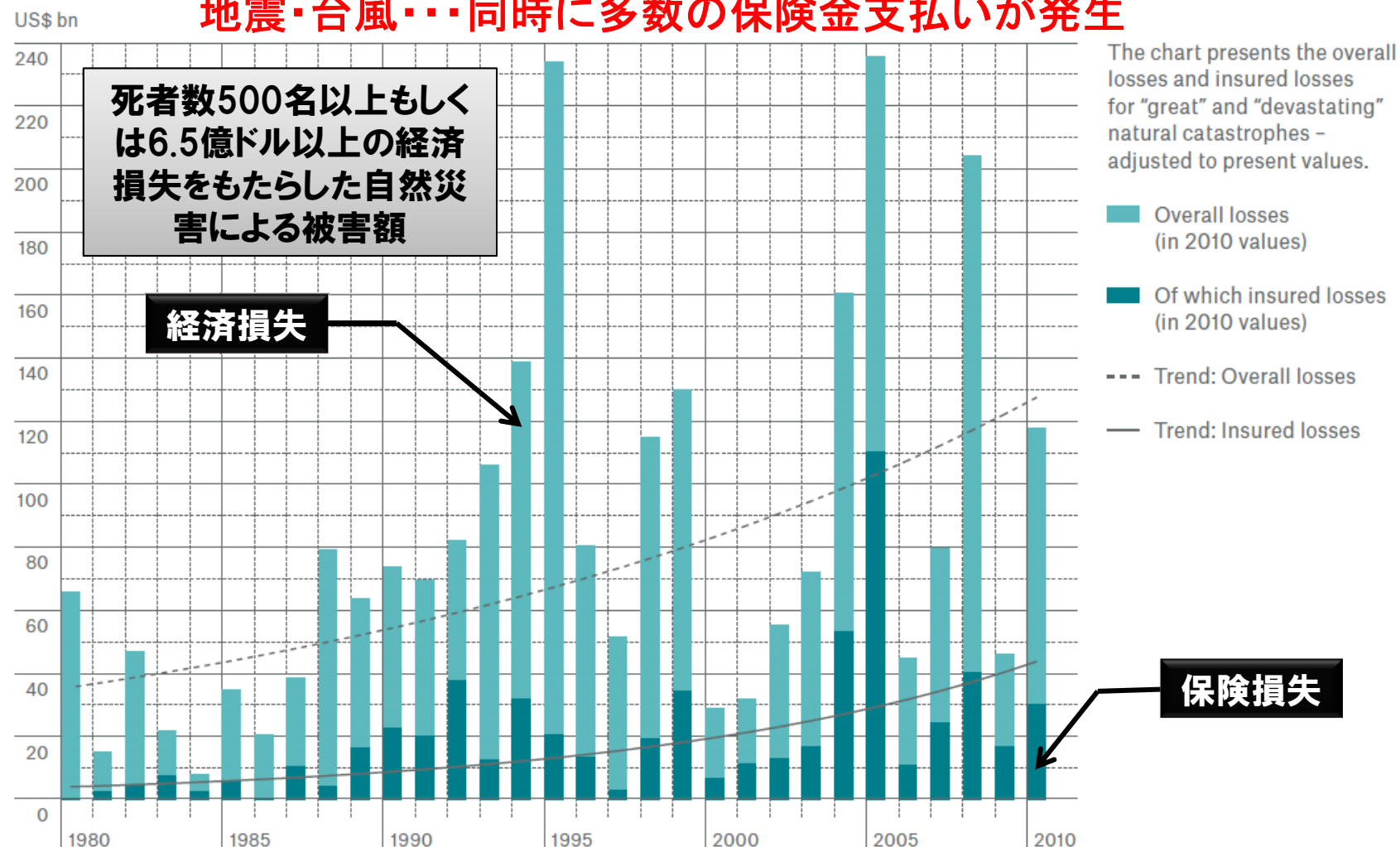
出典: 警察庁交通局

# 自然災害による集積リスク

MS&AD

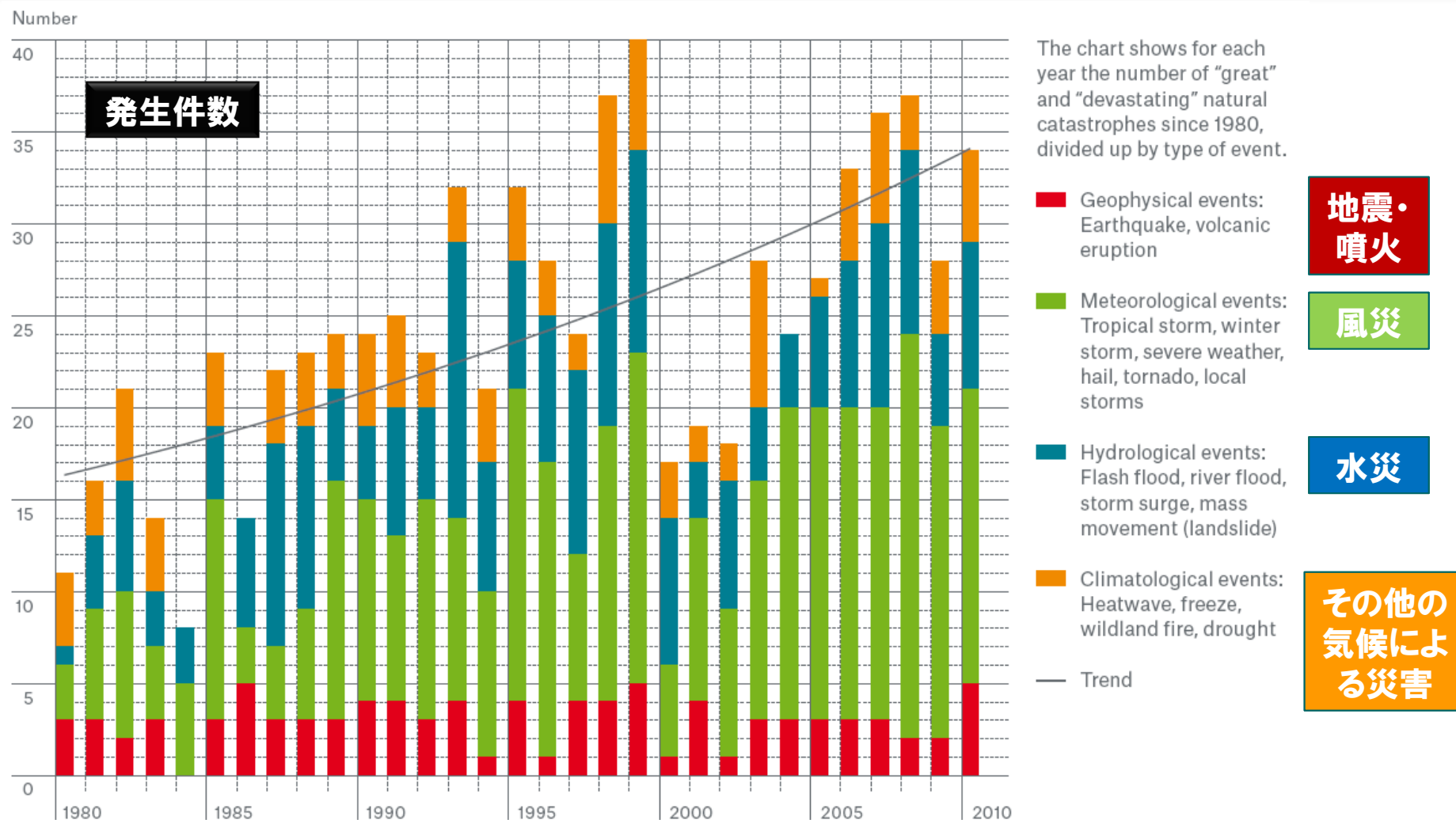
MS&AD Insurance Group

地震・台風・・・同時に多数の保険金支払いが発生



自然災害による経済損失と支払い保険金の経年傾向 (出典 Munich Re, Topic Geo2010)

# 自然災害要因別の傾向(全世界)



自然災害要因別発生回数の経年傾向(出典 Munich Re, Topic Geo2010)



# リスクマネジメントや対策を推進していくために、 リスクを定量的に把握することが重要

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- ① まず、どのくらいの大きさの損失がどのくらいの確率で起こるかを定量的に知る必要がある。
- ② 次にそのリスクに対して何をどの順番でどのように対処すべきかを意思決定しなければならない。
  - ・ リスクの特性に応じて、各種対策を組み合わせることが効果的



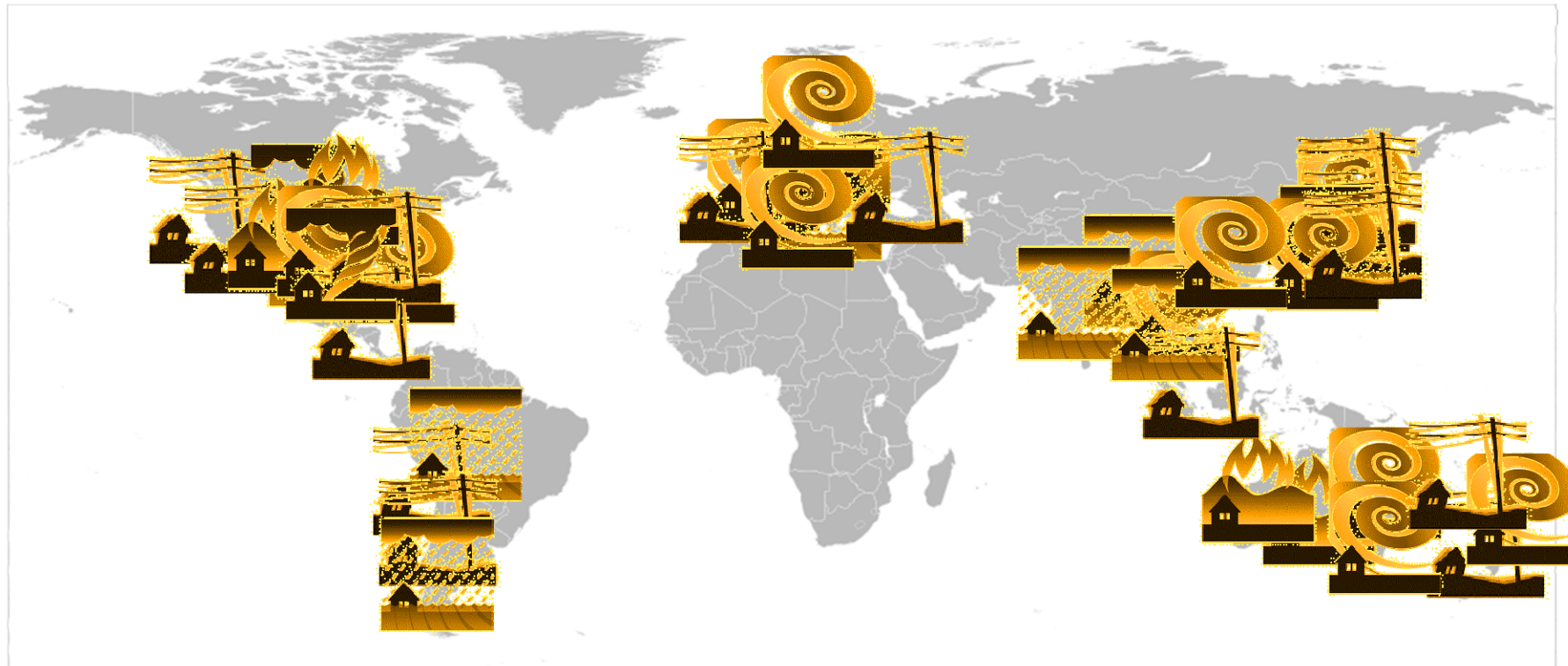
## 企業のリスク処理手法は大きく4つある

| リスク処理手法 |    | リスクコントロール        |                          | リスクファイナンス                 |                           |
|---------|----|------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|         |    | リスク回避            | リスク軽減                    | リスク移転                     | リスク保有                     |
| 保険契約者   | 企業 | リスクが高い地域で事業を行わない | ①立地の分散<br>②耐震改修・補強       | ①地震保険加入<br>②災害債(CATボンド)発行 | ①引当金の設定<br>②キャプティブの設定     |
|         | 個人 | 地震リスクが高い地域からの転居  | 耐震改修・補強                  | 地震保険加入                    | 貯蓄                        |
| 保険企業    |    | 引受けるリスクの選別       | 保険契約者によるリスク軽減のインセンティブの設定 | ①再保険、<br>②災害債(CATボンド)発行   | 補償限度、免責の設定による範囲を限定したリスク保有 |

# 再保険の役割

MS&AD

MS&AD Insurance Group



一国／一地域ではカバーしきれない巨大自然災害リスクを世界中で平準化する



**確率論的リスク計量評価  
(自然災害リスクモデリング)  
の重要性**

# 自然災害リスク(CATリスク)モデルとは・・・

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- 地震などの巨大災害リスクの場合には、あまり頻繁には起こらないため、過去のデータだけでなく、理論的な方法(リスク分析・評価)を組み込んだモデルが作られている
  - － モデリング専門会社を中心に、世界中で様々な災害に対するリスク評価モデルを開発・提供
  - － 3大モデリング会社
    - AIR Worldwide (AIR)、Risk Management Solutions (RMS)、EQECAT
  - － CATモデルによるリスク評価が可能な災害
    - 地震、風災、洪水、森林火災、豪雷雨、風雪、テロ

損害保険業界では、このCATモデルを用いてリスク分析・評価を行い、

- |                |                     |
|----------------|---------------------|
| ◆保険保有リスクの把握・管理 | ◆ポートフォリオ・リスクマネジメント、 |
| ◆保険商品の料率算定     | ◆保険引き受けガイドラインの検討    |
| ◆再保険の保有・出再管理   | ◆災害発生時の支払い予測        |

等の基礎資料として実務やリスクマネジメントに活用している

# CATモデルのコンポーネント

MS&AD

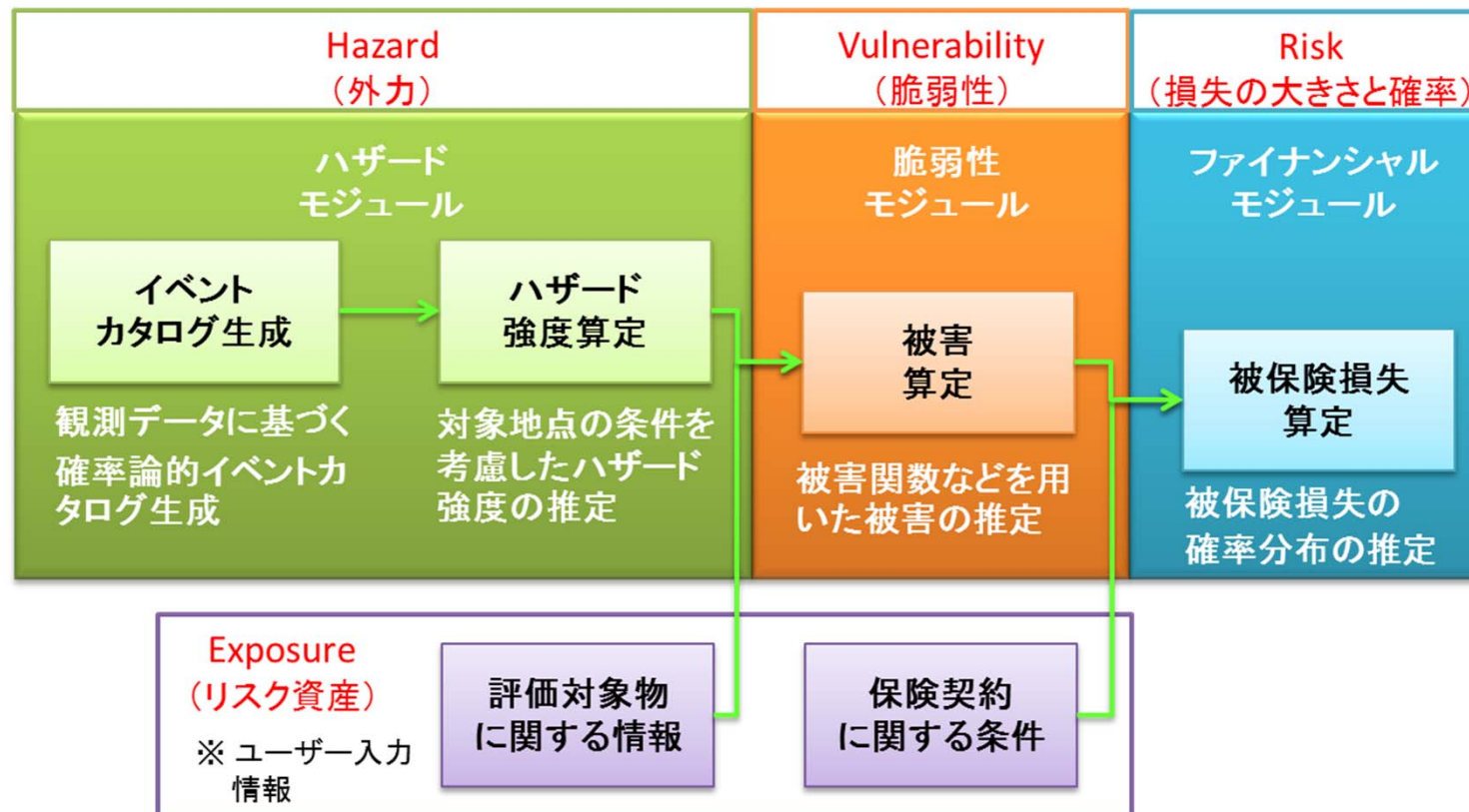
MS&AD Insurance Group

- リスク評価の基本式

- Risk ...  $f(\text{Hazard, Exposure, Vulnerability})$

あるエクスポージャに対する  
ハザードと脆弱性の関係性を評価

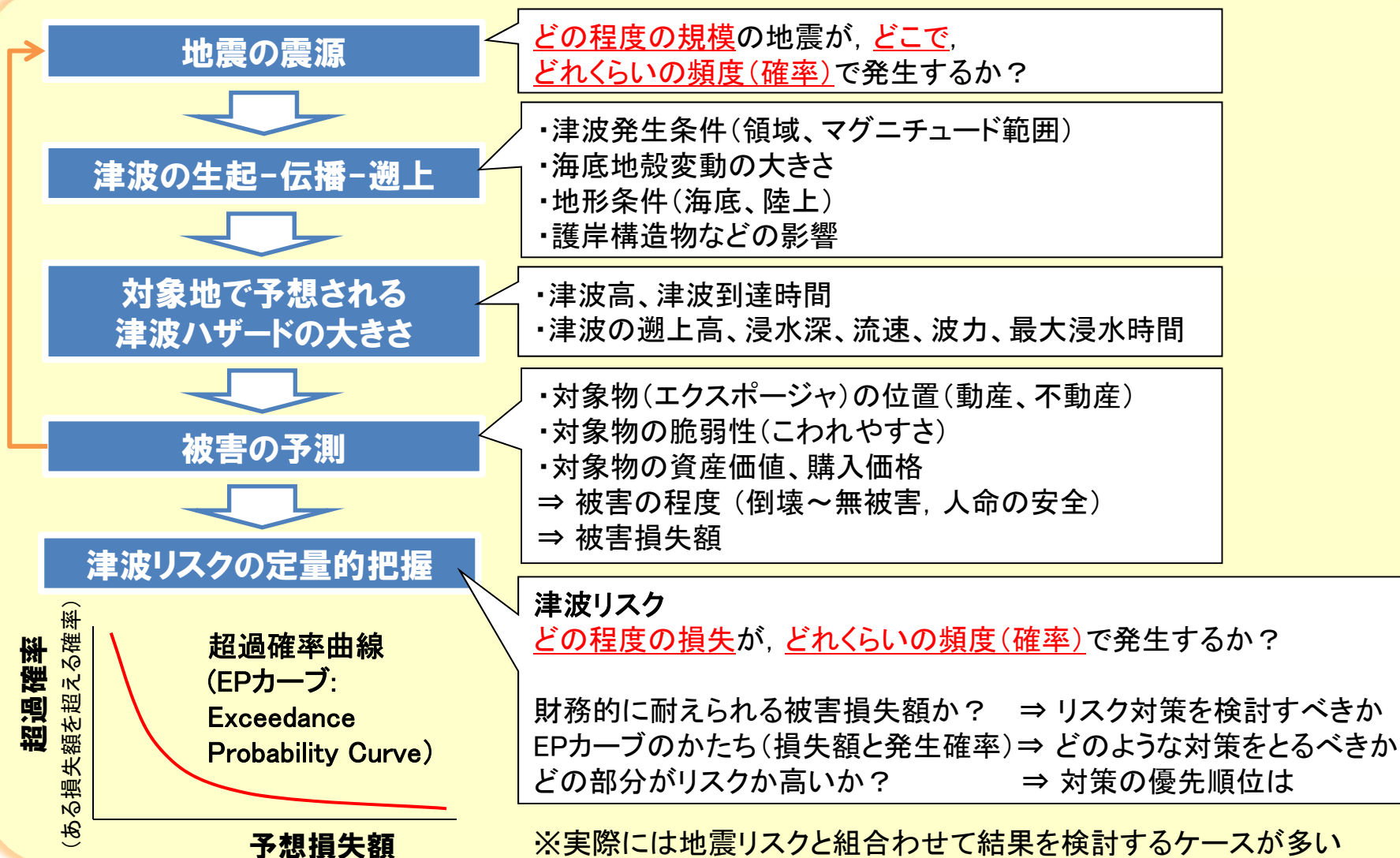
- CATモデルのコンポーネント



# 津波リスク分析の流れ

MS&AD

MS&AD Insurance Group





# CATモデルのアウトプット

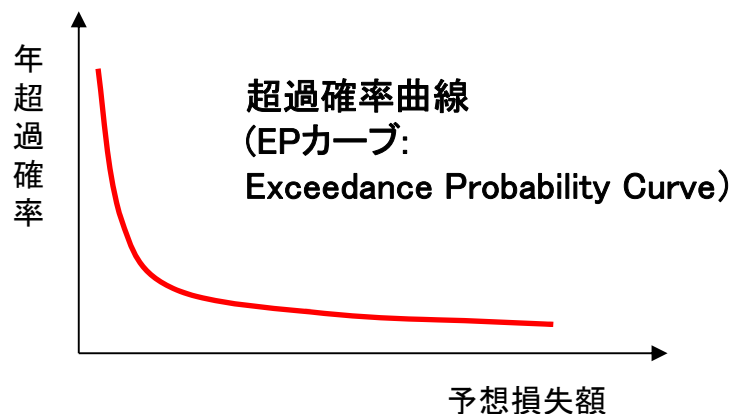
## 確率分析とシナリオ分析

MS&AD

MS&AD Insurance Group

### 確率分析

- ◆ 再現期間ごとの予想損失額
- ◆ 年間期待損失額

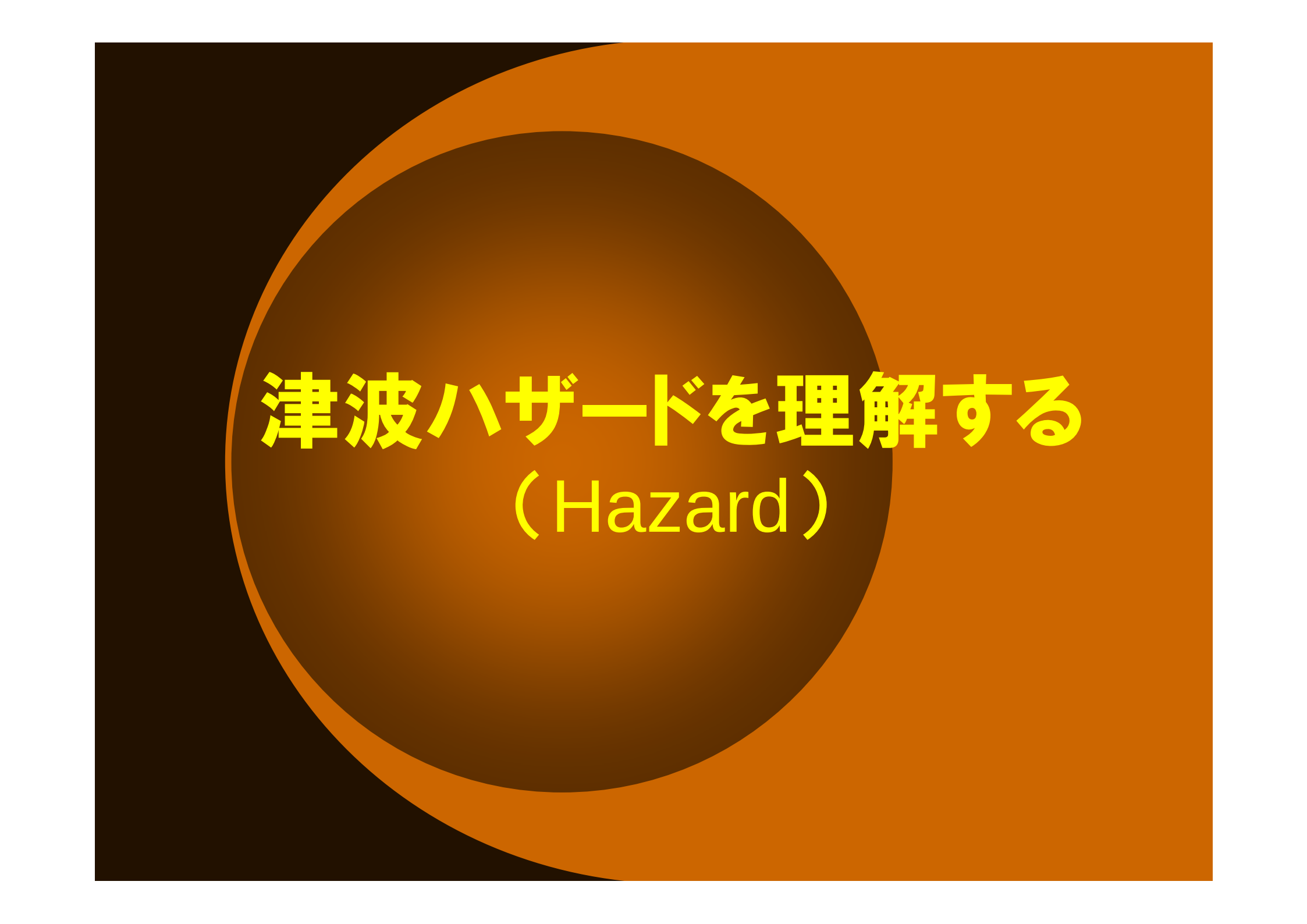


| 年超過確率   | 再現期間(年) | 予想損失額(億円) |
|---------|---------|-----------|
| 10.00%  | 10      | 184       |
| 5.00%   | 20      | 404       |
| 2.00%   | 50      | 662       |
| 1.00%   | 100     | 822       |
| 0.50%   | 200     | 969       |
| 0.20%   | 500     | 1,149     |
| 0.10%   | 1,000   | 1,271     |
| 年間期待損失額 |         | 73        |

### シナリオ分析

- ◆ イベントごとの予想損失額  
(例:地震の場合)

| 順位 | 地震名          | 予想損失額(億円) |
|----|--------------|-----------|
| 1  | 想定東海地震       | 1,087     |
| 2  | 1923年関東地震再来  | 787       |
| 3  | 1703年元禄地震再来  | 694       |
| 4  | 恵那山-猿投山断層帯   | 321       |
| 5  | 伊那谷断層帯(連動)   | 309       |
| 6  | 富士川河口断層帯     | 287       |
| 7  | 伊那谷断層帯境界断層   | 266       |
| 8  | 猿投-高浜断層帯     | 243       |
| 9  | 伊那谷断層帯前縁断層   | 211       |
| 10 | 加木屋断層帯       | 198       |
| 11 | 阿寺断層帯主部南部    | 177       |
| 12 | 阿寺断層帯主部(連動)  | 165       |
| 13 | 養老-桑名-四日市断層帯 | 154       |
| 14 | 境峠・神谷断層帯主部   | 143       |
| 15 | 平岡断層         | 122       |
| :  | :            | :         |
| :  | :            | :         |

The background consists of a solid orange field. A large, dark brown circle is positioned on the left side, partially overlapping the orange background. Centered within this dark brown circle is the title text in yellow.

# 津波ハザードを理解する (Hazard)



# 津波はなぜ大きくなるのか

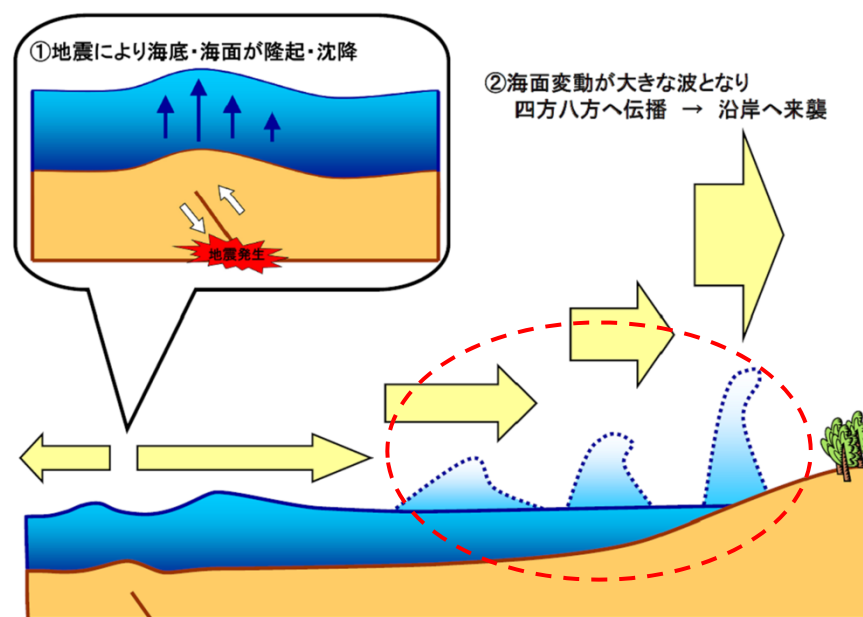
MS&AD

MS&AD Insurance Group

## 津波現象

(出典: 気象庁HP資料に加筆)

津波とは、地震などによって発生した海底地盤の急激な変化により海水面が上昇(下降)し、水面の変動が海面を伝播して海岸に打ち寄せる現象

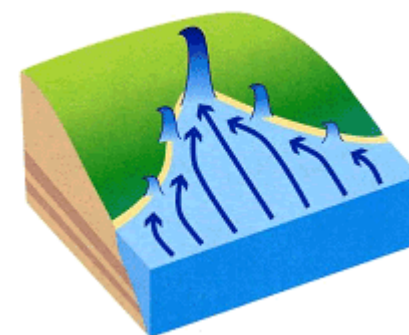


## 浅水変形

津波は浅い海域ほど遅く伝わり、後からの波が前の波に追いついて、波の高さが大きくなる

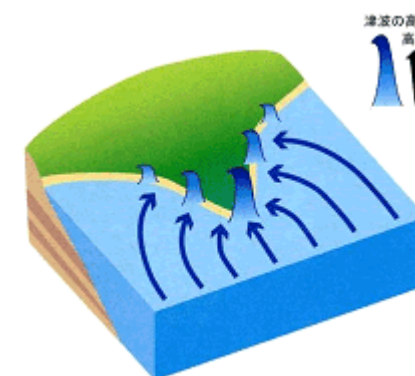
## 集中

V字型の湾では、湾口から奥にしだいに狭くなっているため、津波が集中する



## 屈折

津波は浅い海域ほど遅く伝わるため、浅い海域を巻き込むように進行方向が曲げられ、岬の先端部に集中する

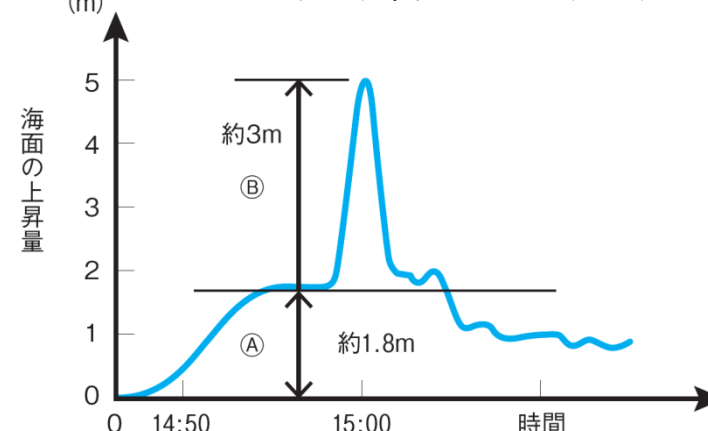
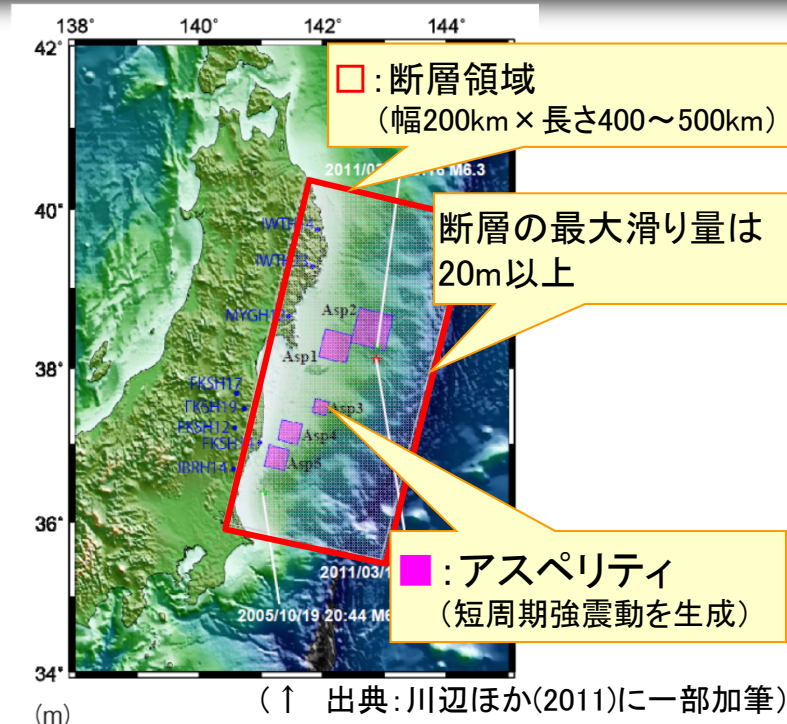
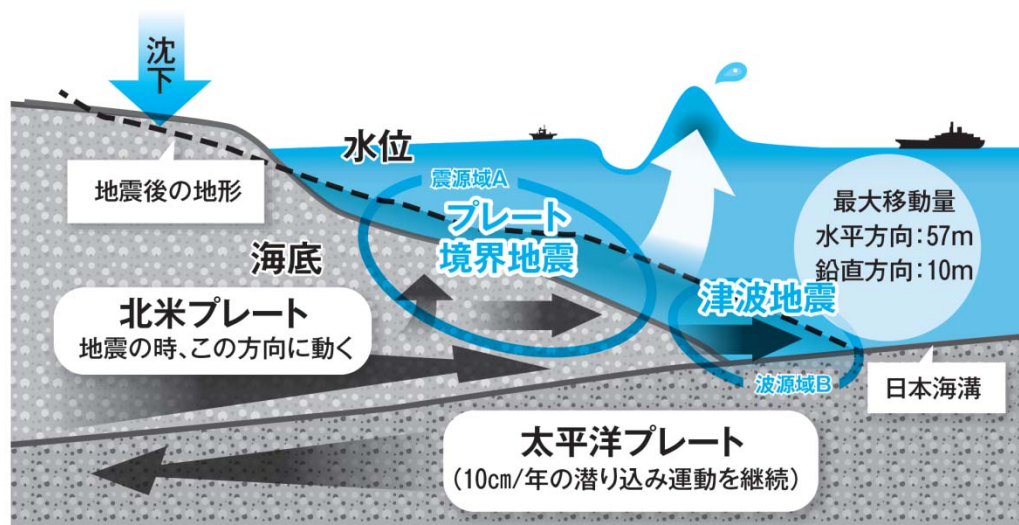


# 【東日本大震災】地震学からみた新しい知見 二面性を持った震源プロセスだった

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- 沿岸部沿いの領域で強い地震動を生成
- +
- さらに海溝沿いの部分での大きなすべりが巨大津波を生成
    - 1896年明治三陸津波地震と同様の震源プロセス
    - いわゆる「津波地震」



● 過去2,500年に5回発生

- 歴史資料や津波堆積物の調査結果に基づく
- ①紀元前3～4世紀、②4～5世紀、③869年貞観地震、④15世紀、⑤2011年東日本大震災



発生間隔は400～800年程度 = 平均発生間隔は600年程度

2011年東北地方太平洋沖地震発生直前における確率

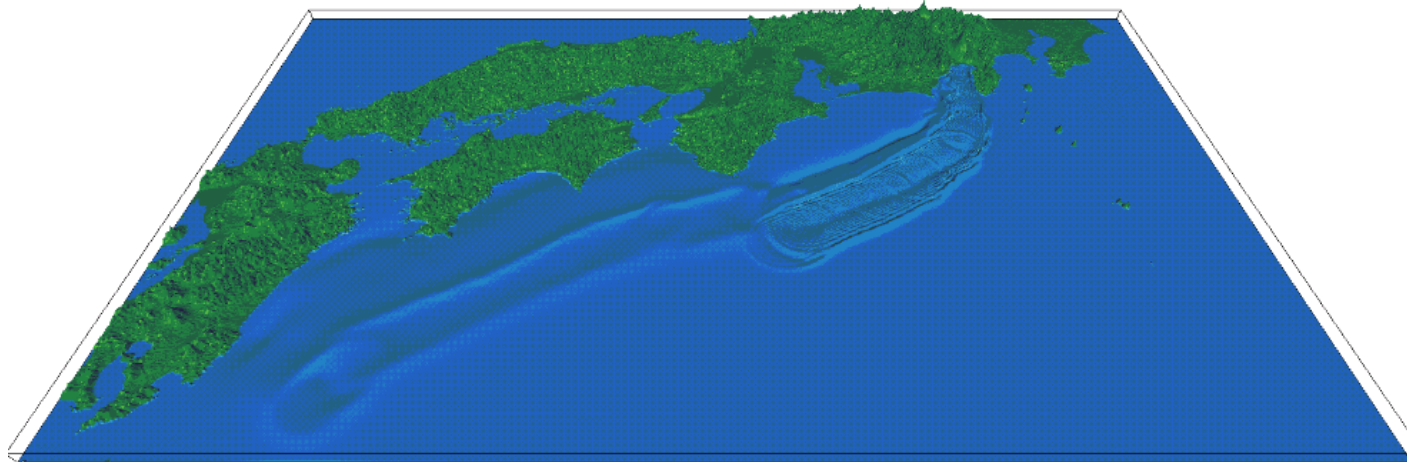
| 地震名                        | 地震規模      | 地震発生確率 |        |        | 集積確率       | 地震後経過率       | 平均発生間隔     |
|----------------------------|-----------|--------|--------|--------|------------|--------------|------------|
|                            |           | 10年以内  | 30年以内  | 50年以内  |            |              | 最新発生時期     |
| 東北地方<br>太平洋沖地震<br>(東日本大震災) | Mw<br>9.0 | 4～6%   | 10～20% | 20～30% | 30～<br>60% | 0.83～<br>1.0 | 600年程度     |
|                            |           |        |        |        |            |              | 約500～600年前 |

※集積確率とは、その時点までに地震が発生する確率

(出典:地震調査研究推進本部資料を元に作成)

## ● シミュレーションソフトの概要

- 東北大学で開発された津波解析プログラム「TUNAMI」がベース
- 地震断層モデルから津波の“生起-伝播-遡上”を一貫して行うことができる
- 計算領域を可変接続して計算効率と精度を両立



## 南海トラフの巨大津波(2012年モデル)のシミュレーション解析事例

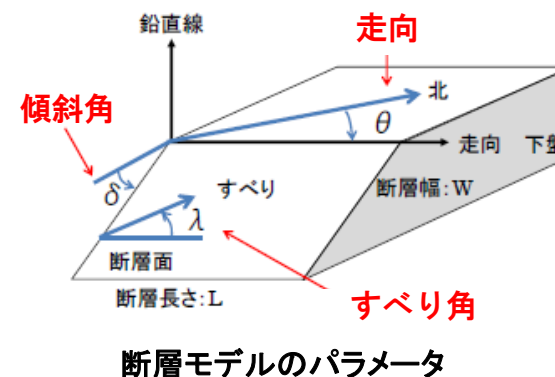
※汎用ソフトをカスタマイズ

# 津波の数値計算手法

「初期水位算定(津波生起)」、「津波伝播(遡上)解析」の2段階で津波ハザードを評価する

## 初期水位算定

- 断層のすべり分布に基づき海底の地殻変動量を計算し、水位の上昇量を算定
- 断層パラメータ→マンシンハ・スマイリー式  
→地盤変位→海面上昇(下降)



## 津波伝播解析

- 基礎方程式: 線形長波理論、浅水理論、分散波理論、など
- Leap-Flog法(複数領域指定対応)
- 1次風上差分、等間隔メッシュ

# 津波伝播計算の概要(1)

MS&AD

MS&AD Insurance Group

## <1次元線形長波>

### ● 流れの基礎方程式について

#### － 運動方程式

##### ■ 力の釣り合い式

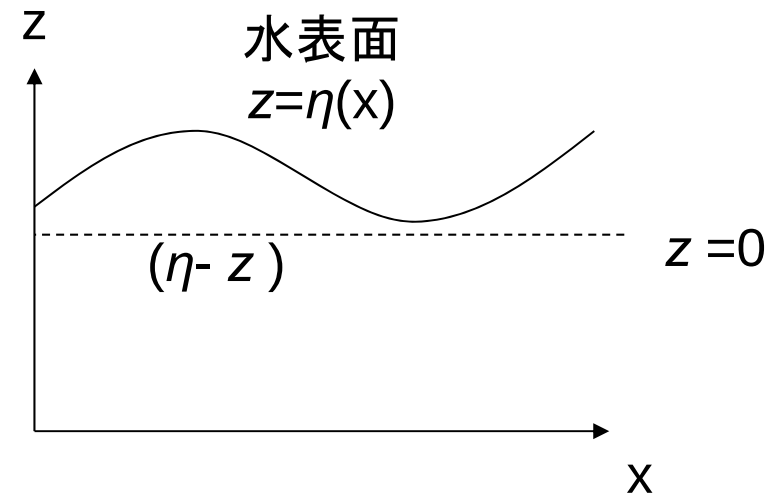
$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

#### － 連続式

##### ■ 水の流出入量が保存される

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$



波の時間変化の様子

$u$ :波速(水平成分)  $w$ :波速(鉛直成分)  $p$ :水圧  $\rho$ :密度  $\eta$ :水位



## <差分法による数値計算>

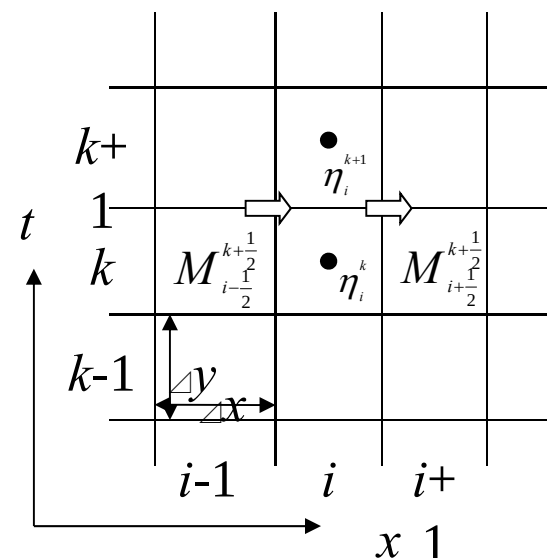
### ● Leap-Frog法による離散化

– 運動方程式

$$\left( \frac{M_{i+1/2}^{k+1/2} - M_{i+1/2}^{k-1/2}}{\Delta t} \right) + gh \left( \frac{\eta_{i+1}^k - \eta_{i-1}^k}{\Delta x} \right) = 0$$

– 連続式

$$\left( \frac{M_{i+1/2}^{k+1/2} - M_{i-1/2}^{k+1/2}}{\Delta x} \right) + \left( \frac{\eta_i^{k+1} - \eta_i^{k-1}}{\Delta t} \right) = 0$$



Leap-Frog法による計算模式図

# 津波伝播計算の概要(3)

## Leap-frog法による伝播計算のコーディング例(一部)

```

    %%% 時間ステップの繰り返し
    for t=1:tmax/2-1
        %%% 空間ステップの繰り返し
        for i=1:num_x/2-1
            if h(2*i+1)<0
            else
                D(2*t,2*i+1)=h(2*i+1)+(eta(2*t,2*(i+1))+eta(2*t,2*i))/2; % フラックスを求める場所の水深を計算
                M(2*t+1,2*i+1)=M(2*t-1,2*i+1)-g*D(2*t,2*i+1)*(eta(2*t,2*(i+1))-eta(2*t,2*i))*dt/dx; % フラックス量の計算
                riku=0;
            end
        end
        for i=2:num_x/2-1
            eta(2*(t+1),2*i)=eta(2*t,2*i)-dt/dx*(M(2*t+1,2*i+1)-M(2*t+1,2*i-1)); % 水位計算
            eta(2*t+1,2*i)=1/2*(eta(2*(t+1),2*i)+eta(2*t,2*i)); % 水位(時間領域)の線形補間
        end
        %%% 沖側自由透過条件
        eta(2*(t+1),num_x)=1/2*(eta(2*t,num_x)-1/sqrt(g*D(2*t,num_x-1))*(-M(2*t-1,num_x-1))); % Nmax端
        eta(2*t+1,num_x)=1/2*(eta(2*(t+1),num_x)+eta(2*t,num_x)); % 水位(時間領域)の線形補間
        eta(2*(t+1),2)=1/2*(eta(2*t,2)-1/sqrt(g*D(2*t,3))*M(2*t-1,3)); % 2端
        eta(2*t+1,2)=1/2*(eta(2*(t+1),2)+eta(2*t,2)); % 水位(時間領域)の線形補間
    end

```

参考文献：後藤智明・小川由信(1982):Leap-frog法を用いた津波の数値計算法,  
東北大学土木工学科資料, 52p.



The background consists of a solid orange rectangle. Overlaid on this is a large, dark brown circle. Within the dark brown circle, there is a smaller, lighter orange circle. The text is centered within the dark brown circle.

# 津波による被害 発生メカニズムを探る (Vulnerability)

# 評価対象物(Exposure)と被害の特徴

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- 構造物(建築、土木、工作物など)
  - － 倒壊、層崩壊、転倒、移動、流失、洗掘、傾斜、内外装材の破壊・流失、開口部回りの損傷・破壊、漂流物の衝突、被水や没水による機能的損傷
  - － 構造種別(木造、鉄骨造、RC造など)や構造物の高さなどの特性によって、津波に対する脆弱度は異なる
- 動産(自動車、貨物、船舶、航空機、など)
  - － 被水や没水による機能的損傷、流失、座礁、漂流物の衝突、モノ同士の衝突
- 人的被害
  - － 溺死、漂流物による怪我

位置を特定しにくい、  
避難も考える必要がある



# 脆弱性(Vulnerability)の評価手法

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- 大きく2つのアプローチがある

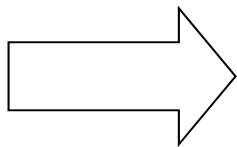
- ① 解析的手法

- 理論式や数値解析、実験データから津波力(波力、浮力、衝突力、洗掘、浸水深など)と抵抗力(耐力、応力、ひずみ、変形、耐水性など)の関係を求める

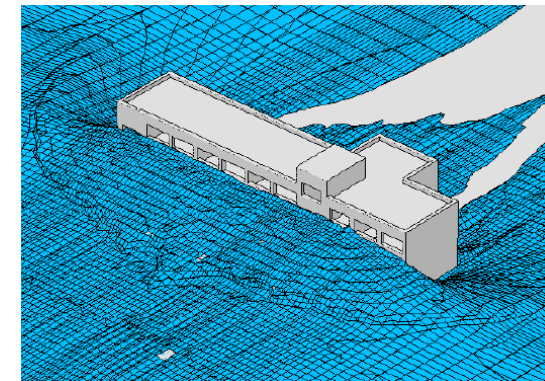
- ② 統計的手法

- 被害データを用いて浸水深と損失率の関係を求める

※どちらの場合でも、被害率に影響を与える、流速・がれきの量・津波の到達時間・避難率等も考慮する必要がある



**最終的に求めたいのは、  
浸水深さと被害率の関係**



(出典: 奥田泰雄ほか、建築物に作用する津波のシミュレーション)

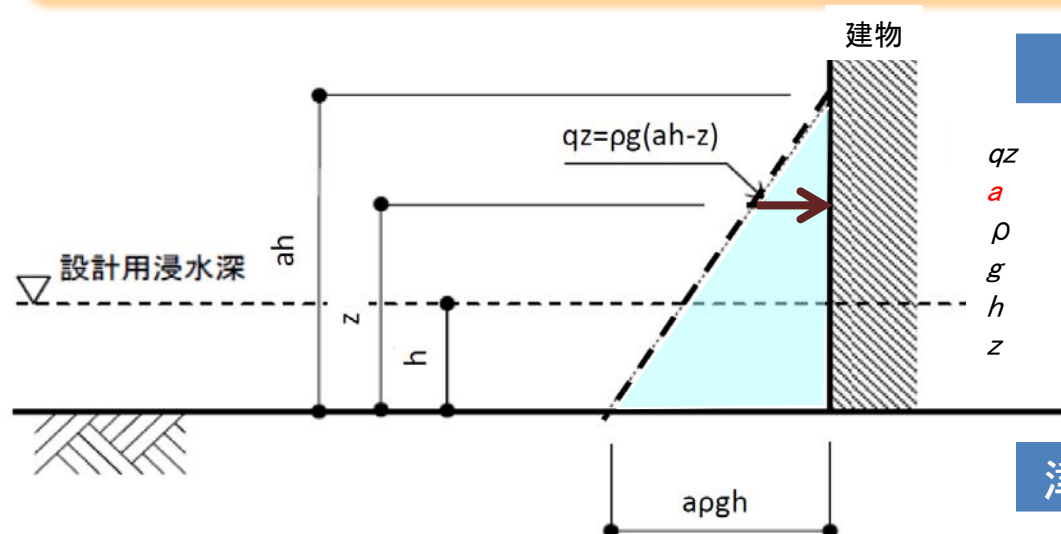
# 解析的手法の考え方(1)

## 津波による波力の算定

MS&AD

MS&AD Insurance Group

- 波圧分布は三角形であり、その高さは浸水深の $a$ 倍( $a$ =水深係数)と設定
- 最下部が最大波圧となり、その値は静水压の $a$ 倍となる



津波波圧  $qz = \rho g(ah - z)$

- $qz$  : 構造設計用の進行方向の津波波圧(kN/m<sup>2</sup>)
- $a$  : 水深係数
- $\rho$  : 水の単位体積質量(t/m<sup>3</sup>)
- $g$  : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)
- $h$  : 設計用浸水深(m)
- $z$  : 当該部分の地盤面からの高さ( $0 \leq z \leq 3h$ )(m)

津波波力 = 津波波圧 × 受圧面積

従来のガイドライン  
(実験に基づき設定)

一律、浸水深の3.0倍の  
静水压を採用( $a=3.0$ )

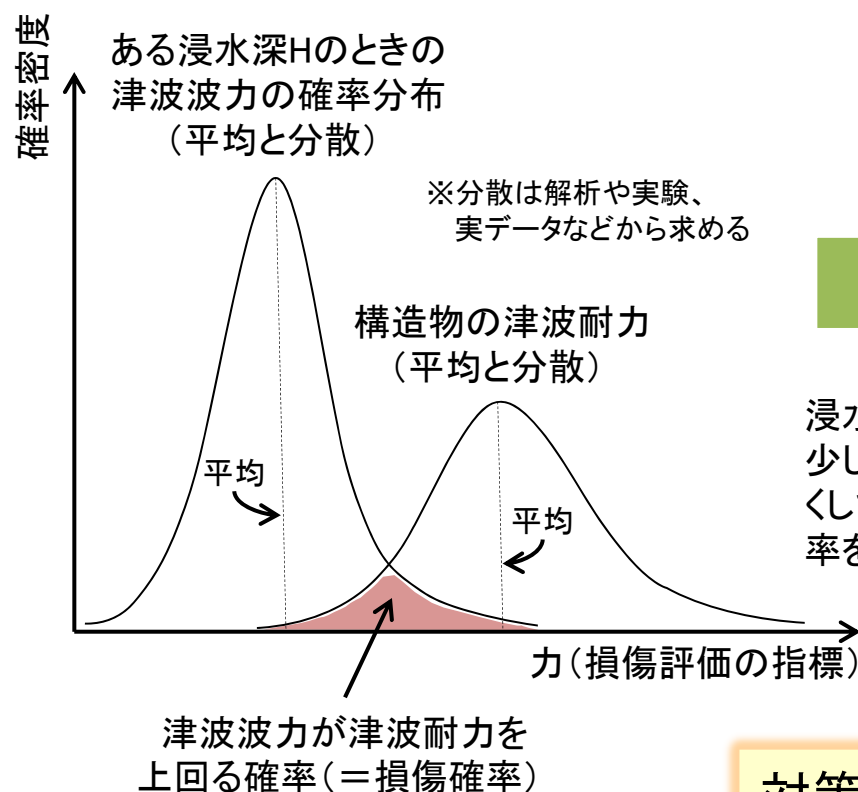
震災を  
踏まえ  
合理化

水深係数 $a$ の設定

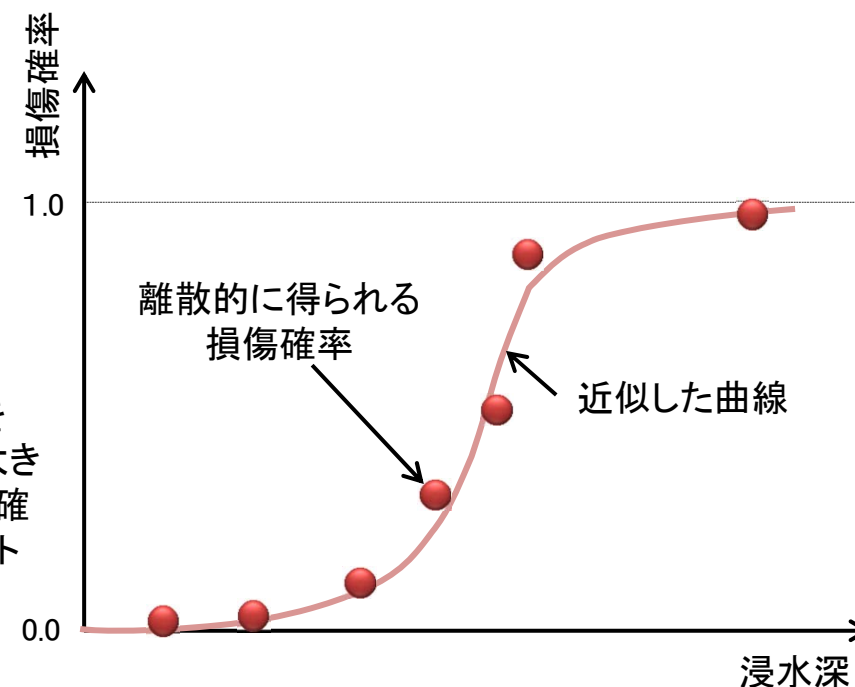
|             | 遮蔽物あり  |        | 遮蔽物なし  |
|-------------|--------|--------|--------|
| 海岸や河川等からの距離 | 500m以遠 | 500m未満 | 距離によらず |
| 水深係数 $a$    | 1.5    | 2.0    | 3.0    |

(出典:国土交通省、津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針)

### 損傷確率の算定方法(模式図)



### 損傷確率曲線



対策効果(耐力が上昇)や地震の揺れによる損傷(耐力が低下)などを考慮した分析も可能！

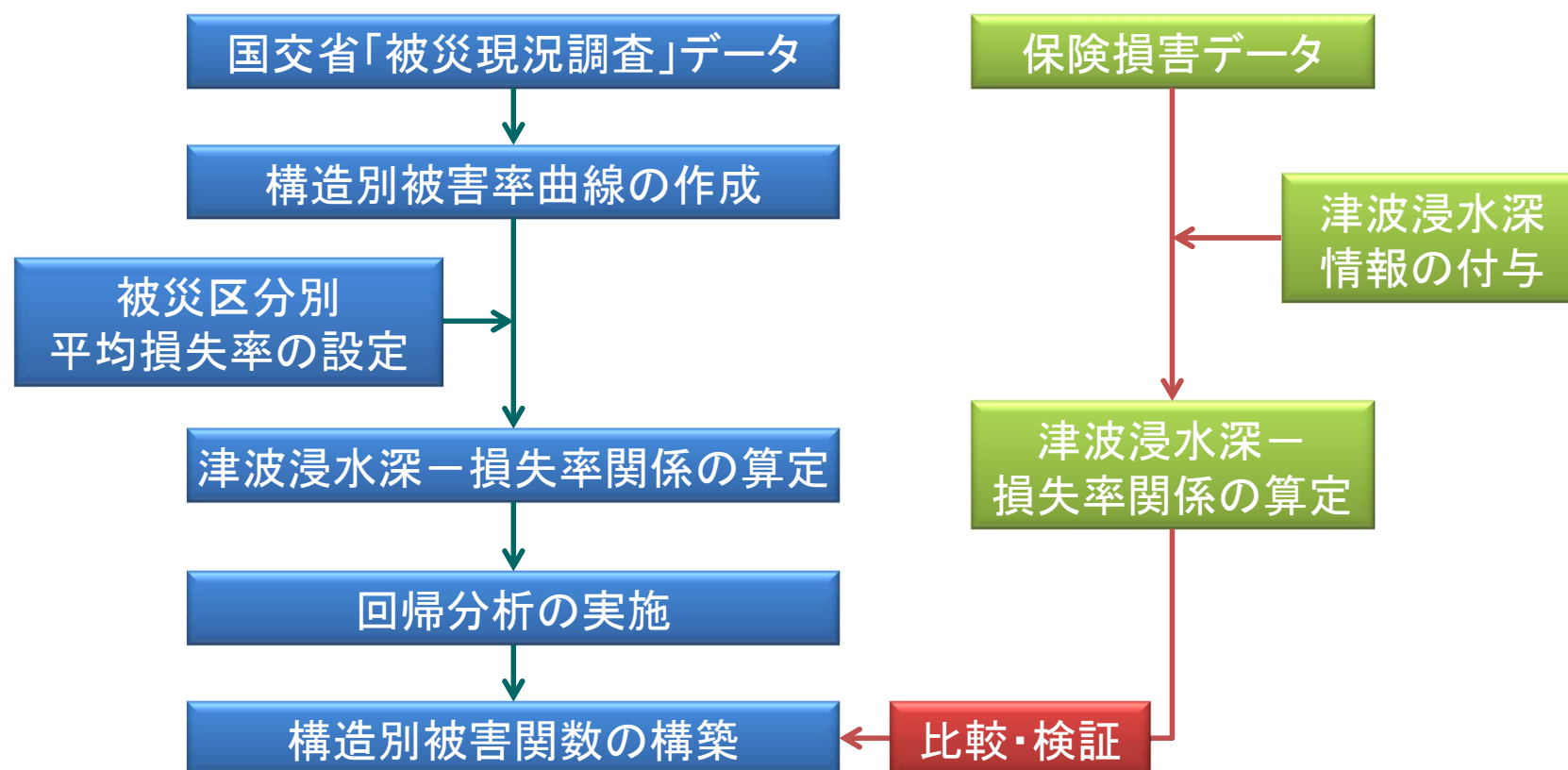
# 統計的手法の考え方(1)

## 津波被害関数の構築方法

MS&AD

MS&AD Insurance Group

被害データを用いて浸水深と損失率の関係を求める





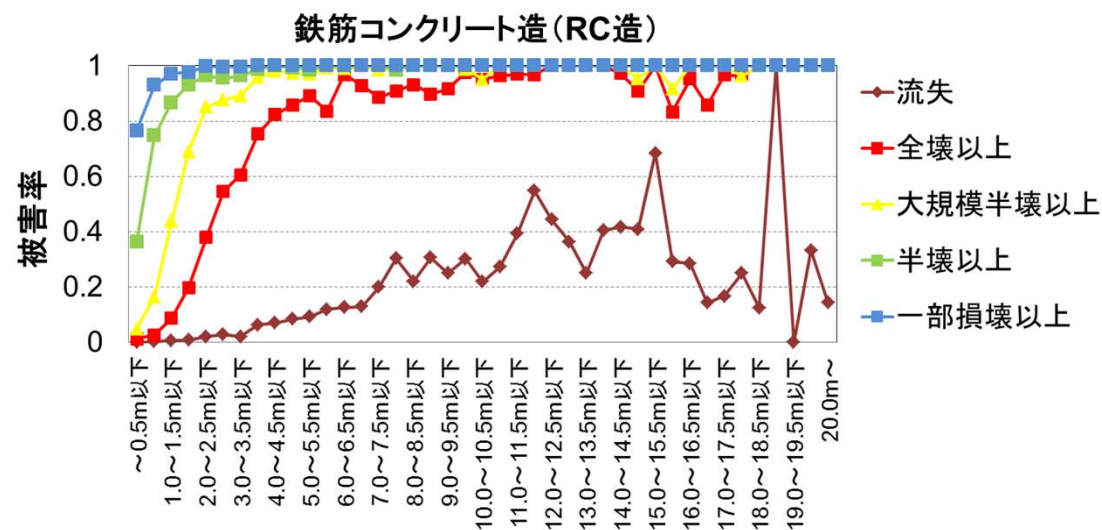
# 統計的手法の考え方(2)

## 津波被害関数の事例

MS&AD

MS&AD Insurance Group

被害率曲線(例:RC造)

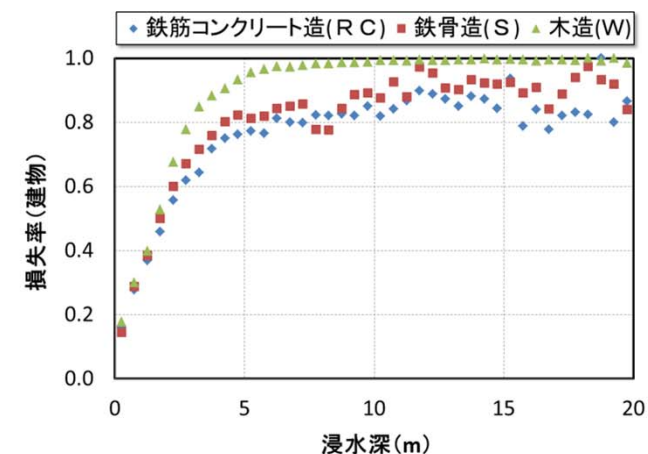


(国交省「被災現況調査」データより作成)

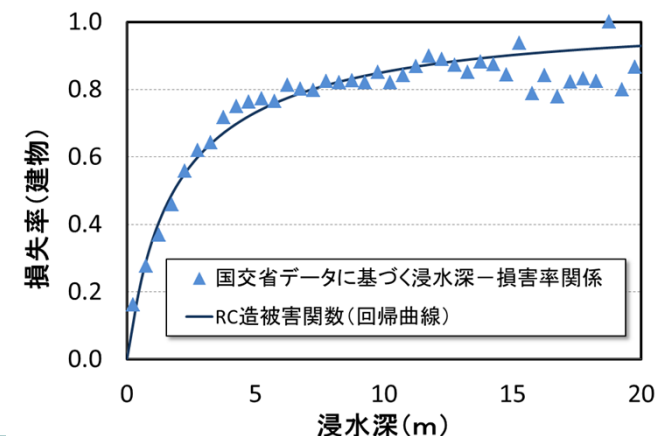
被災区分別平均損失率

|       | 無被害 | 一部損壊 | 半壊  | 大規模半壊 | 全壊  | 流失   |
|-------|-----|------|-----|-------|-----|------|
| 平均損失率 | 0%  | 10%  | 30% | 45%   | 80% | 100% |

津波浸水深と損失率の関係(構造別)



津波被害関数(例:RC造)





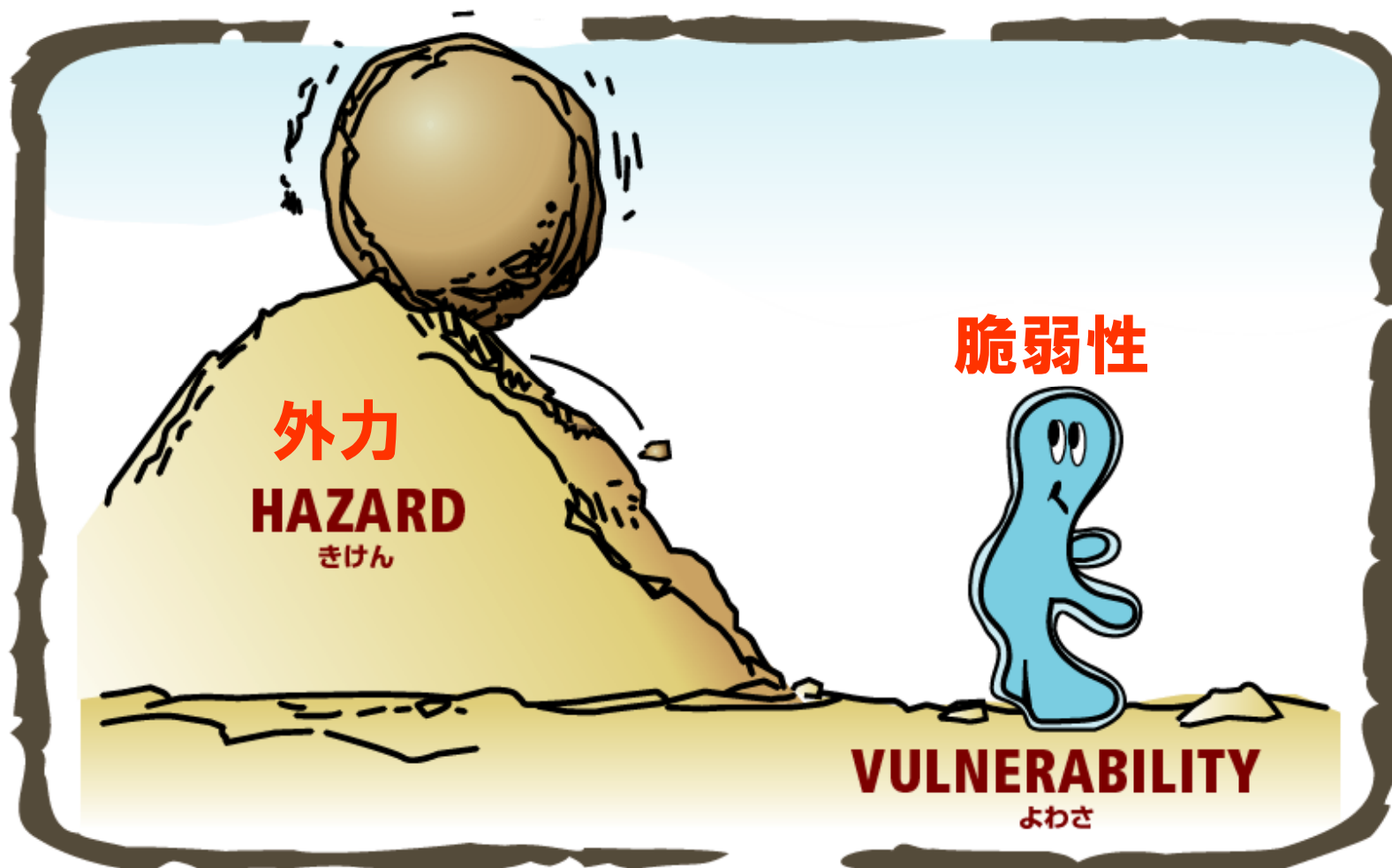


# 確率論的リスク評価モデル の構築

# 損失発生メカニズムの基本

MS&AD

MS&AD Insurance Group



# 損失の大きさは外力と脆弱性の関係で決定される

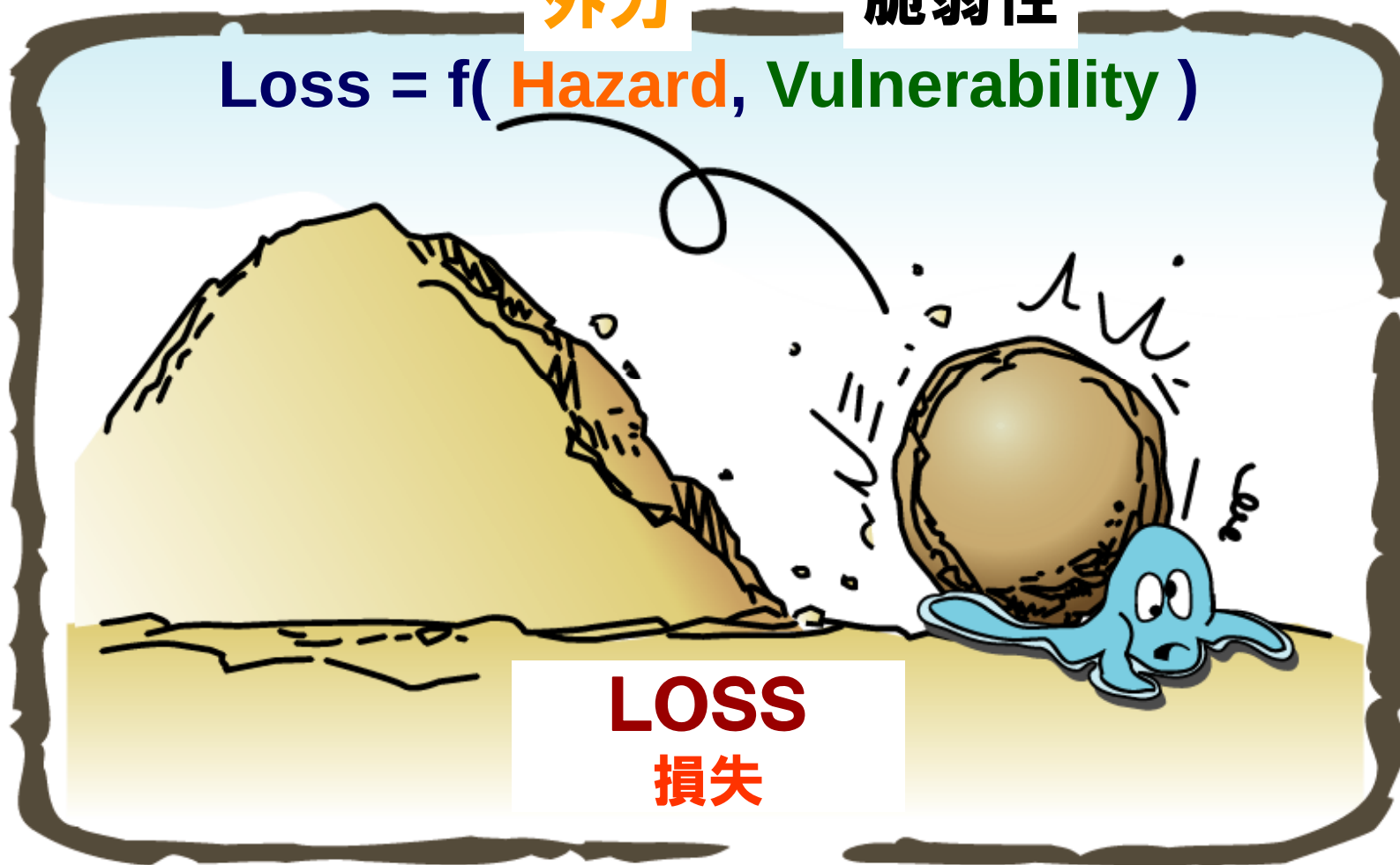
MS&AD

MS&AD Insurance Group

外力

脆弱性

$$\text{Loss} = f(\text{Hazard}, \text{Vulnerability})$$



# リスクカーブの作成例(イベントロステータブル)

MS&AD

MS&AD Insurance Group

1万年分のシミュレーションを実行

| YY/MM/DD    | Event ID | Loss (¥)      |
|-------------|----------|---------------|
| 1/May/22    | 0405509  | 35,700,000    |
| 1/Nov/18    | 0001354  | 580,000       |
| 3/Jan/14    | 8500276  | 105,044,000   |
| 8/Dec/7     | 3072162  | 9,000,000     |
| :           | :        | :             |
| :           | :        | :             |
| 3358/Aug/9  | 0158406  | 7,250,200,000 |
| :           | :        | :             |
| :           | :        | :             |
| 9999/Oct/16 | 4876980  | 43,500,000    |

年間最大ロスの大きい順に並べ替え

| Rank | Year | Event ID | Loss (¥)      |
|------|------|----------|---------------|
| 1    | 3358 | 0158406  | 7,250,200,000 |
| 2    | 6802 | 4577138  | 6,701,854,000 |
| 3    | 780  | 0007931  | 5,180,730,000 |
|      | :    | :        | :             |
|      | :    | :        | :             |
| 21   | 5039 | 9405134  | 1,438,000,000 |
|      | :    | :        | :             |
| 1581 | 3963 | 8899055  | 350,000       |
| 1582 | 946  | 4291253  | 340,000       |
| 1583 | 7916 | 7987339  | 330,000       |

$\Sigma (\text{Loss}) / 10,000 = 95 \text{ 百万円}$

←年間期待損失 (Pure Premium)

# リスクカーブの作成例(イベントロステータブル)

MS&AD

MS&AD Insurance Group

72億円を超える損害が発生  
する年は1万年で1回

||

年超過確率  $1/10,000=0.01\%$   
(再現期間10,000年)



| Rank | Year | Event ID | Loss (¥)      |
|------|------|----------|---------------|
| 1    | 3358 | 0158406  | 7,250,200,000 |
| 2    | 6802 | 4577138  | 6,701,854,000 |
| 3    | 780  | 0007931  | 5,180,730,000 |
|      | :    | :        | :             |
|      | :    | :        | :             |
| 21   | 5039 | 9405134  | 1,438,000,000 |
|      | :    | :        | :             |
| 1581 | 3963 | 8899055  | 350,000       |
| 1582 | 946  | 4291253  | 340,000       |
| 1583 | 7916 | 7987339  | 330,000       |

# リスクカーブの作成例(イベントロステータブル)

MS&AD

MS&AD Insurance Group

67億円を超える損害が発生  
する年は1万年で2回

II

年超過確率  $2/10,000=0.02\%$   
(再現期間5,000年)



| Rank | Year | Event ID | Loss (¥)      |
|------|------|----------|---------------|
| 1    | 3358 | 0158406  | 7,250,200,000 |
| 2    | 6802 | 4577138  | 6,701,854,000 |
| 3    | 780  | 0007931  | 5,180,730,000 |
|      | :    | :        | :             |
|      | :    | :        | :             |
| 21   | 5039 | 9405134  | 1,438,000,000 |
|      | :    | :        | :             |
| 1581 | 3963 | 8899055  | 350,000       |
| 1582 | 946  | 4291253  | 340,000       |
| 1583 | 7916 | 7987339  | 330,000       |

# リスクカーブの作成例(イベントロステータブル)

MS&AD

MS&AD Insurance Group

51億円を超える損害が発生  
する年は1万年で3回

II

年超過確率  $3/10,000=0.03\%$   $\Rightarrow$   
(再現期間3,333年)

| Rank | Year | Event ID | Loss (¥)      |
|------|------|----------|---------------|
| 1    | 3358 | 0158406  | 7,250,200,000 |
| 2    | 6802 | 4577138  | 6,701,854,000 |
| 3    | 780  | 0007931  | 5,180,730,000 |
|      | :    | :        | :             |
|      | :    | :        | :             |
| 21   | 5039 | 9405134  | 1,438,000,000 |
|      | :    | :        | :             |
| 1581 | 3963 | 8899055  | 350,000       |
| 1582 | 946  | 4291253  | 340,000       |
| 1583 | 7916 | 7987339  | 330,000       |



# リスクカーブの作成例(イベントロステータブル)

MS&AD

MS&AD Insurance Group

14億円を超える損害が発生する年は1万年で21回

||

年超過確率  $21/10,000=0.21\%$   
(再現期間475年)

||

$$1 - \left(1 - \frac{1}{475}\right)^{50} \cong 10\% \Rightarrow$$

50年間に10%の確率で発生する損害額  
(一般的な不動産取引における地震PML指標、  
保険業界では再現期間100~250年が標準的。  
ただしPMLの定義は一意には定まっていない)

| Rank | Year | Event ID | Loss (¥)      |
|------|------|----------|---------------|
| 1    | 3358 | 0158406  | 7,250,200,000 |
| 2    | 6802 | 4577138  | 6,701,854,000 |
| 3    | 780  | 0007931  | 5,180,730,000 |
|      | :    | :        | :             |
|      | :    | :        | :             |
| 21   | 5039 | 9405134  | 1,438,000,000 |
|      | :    | :        | :             |
| 1581 | 3963 | 8899055  | 350,000       |
| 1582 | 946  | 4291253  | 340,000       |
| 1583 | 7916 | 7987339  | 330,000       |

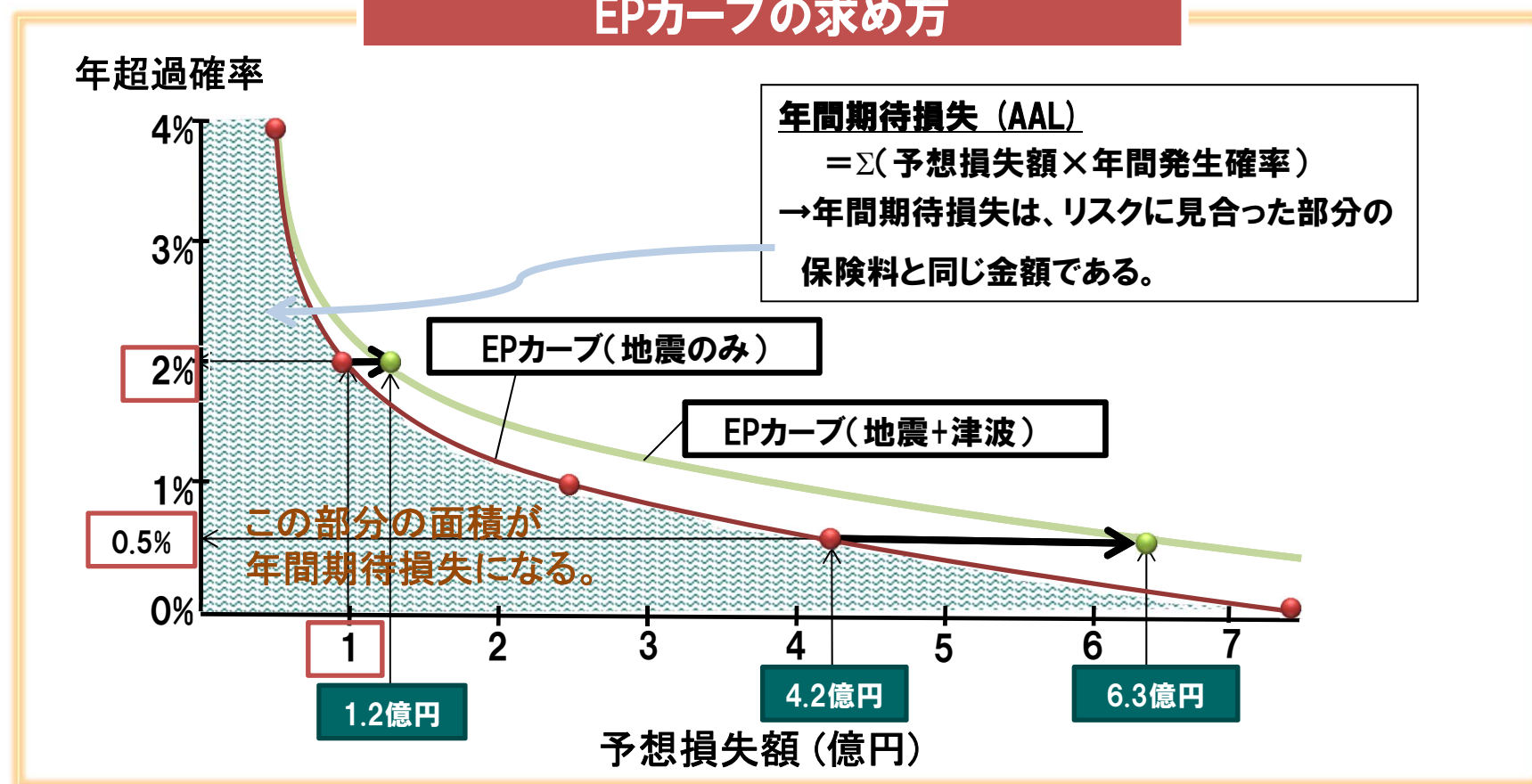
# EPカーブからリスクを定量的に把握する

MS&AD

MS&AD Insurance Group

考えられるすべての地震・津波について、予想損失額を大きい順に並べてEPカーブを作成することにより、対象物固有のリスクの全体像が把握できる

## EPカーブの求め方



- Hazard(津波外力)
  - － 確率論的津波ハザードの評価
  - － 津波を発生させる地震条件(発生領域やマグニチュード)の設定
  - － 遠隔地津波の扱い
  - － 南海トラフの連動型シナリオの発生確率
  - － その他の領域における連動の可能性
  - － 地形情報(海底地形、標高)の精度
  - － 護岸構造物の破壊の有無
- Vulnerability(脆弱性)
  - － 地震(揺れ)や液状化被害による耐力低下の影響
  - － 東日本大震災の被災データに基づく被害関数の他地域への適用性
  - － 漂流物の衝突や洗掘による被害
- Exposure(リスク資産)
  - － 正確な所在地の把握(特に動産)
  - － 避難行動の有無の影響評価

MS&AD

# MS&ADインシュアランスグループ

株式会社インターリスク総研  
総合企画部 リスク計量評価チーム

〒101-0063 東京都千代田区神田淡路町2-105 ワテラスアネックス  
TEL : 03-5296-8920 FAX : 03-5296-8940