

日本建築学会 荷重運営委員会 信頼性工学小委員会 公開小委員会  
建築物の損壊への対処としての損害保険会社の役割と不確実性の扱い

2017年2月15日

株式会社 インターリスク総研

**MS&AD** INSURANCE GROUP

インターリスク総研 総合企画部 リスク計量評価チーム  
久下副主任研究員

# 本日の内容

- 建築業界と損害保険業界の役割
- リスク指標PMLとその比較
- モデル化やモデル利用にともなうリスク（不確実性）
- ビッグデータ化に伴う建築・損保業界のデータコラボの可能性
- さいごに

# 建築業界・損保業界の役割

## 建築業界

### 役割

個々の建物を見るときは、「壊れないこと」を前提に

人の命を守る

直接死を減らす

## 保険業界

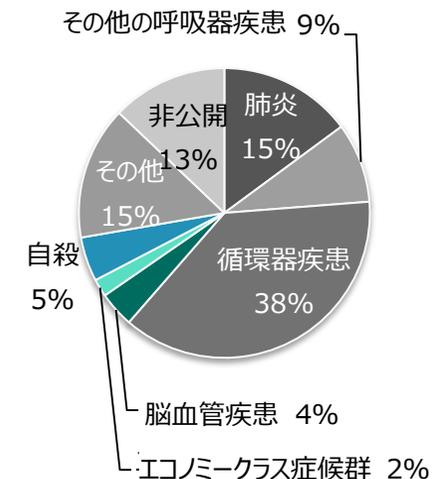
### 役割

建物群を見るときは、「修復すること」・「建て替えること」を前提に

経済を守る

関連死を減らす  
人の経済活動を守る

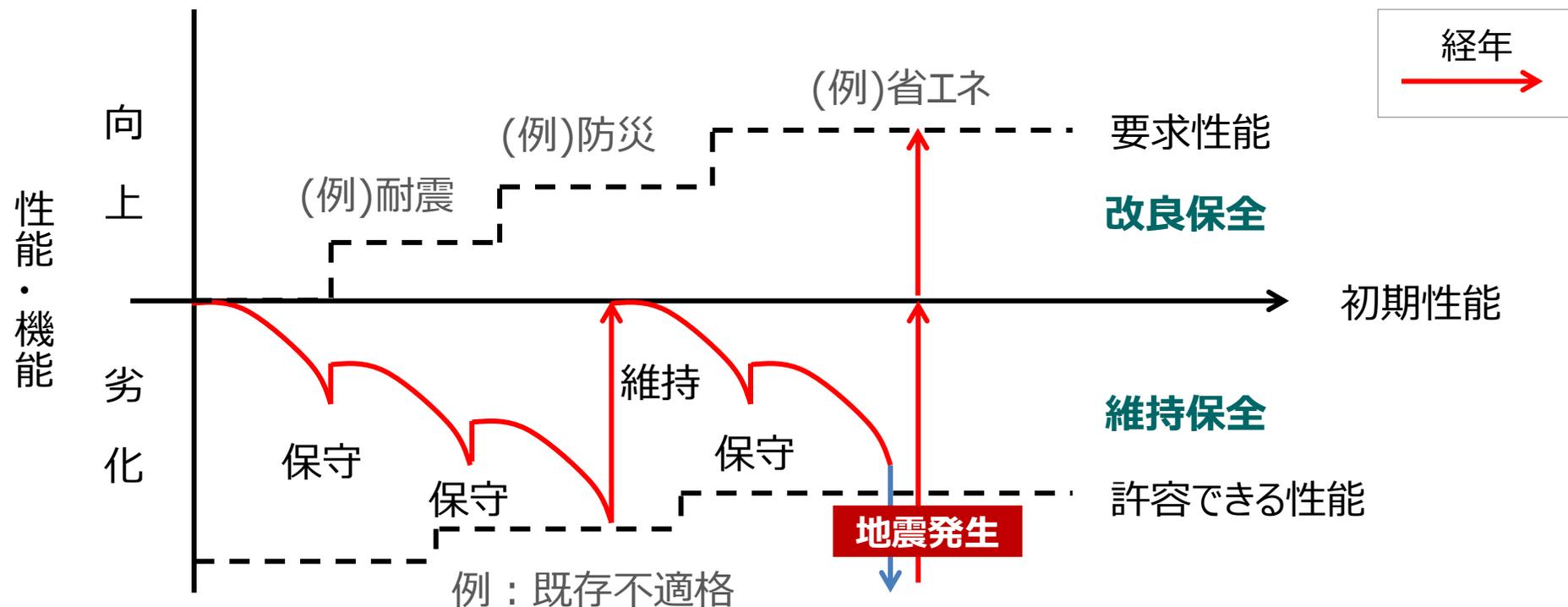
熊本地震の関連死の死因



※神戸新聞による四捨五入のため合計は100%にならない



# 建築物のライフサイクル



- ライフサイクルには、災害による劣化も考慮する必要がある。
- ➡ 被災の有無・程度に不確実性が多分に含まれる中でコスト面を考えた場合、どれだけでも大きい地震や台風にも耐える建物を建てることは現実的ではない。
- 現状どのようなリスクを想定しているのか。

# リスクの性質と対応策



リスクマネジメントにおける4つのリスク処理手法

表 性能マトリックスの例 (SEAOC, Vision2000から引用)

		耐震性能レベル			
		完全に使用可	使用可	人命保護	崩壊寸前
設計地震レベル	(再現期間)				
	頻繁 (43年)	●	×	×	×
	時々 (72年)	○	●	×	×
	稀 (475年)	☆	○	●	×
	非常に稀 (970年)		☆	○	●

許可されない性能 (新規建築物) ← (頻繁, 崩壊寸前)  
 基本目標 ← (稀, 崩壊寸前)  
 危険物貯蔵施設 ← (非常に稀, 完全に使用可)  
 重要/危険物取扱施設 ← (非常に稀, 人命保護)

表 リスク量の尺度 (保険ERM経営の理論と実践, ERM経営研究会著)

	会社名	リスク指標	ESR	キャピタルバッファ
①99.5%VaRを使用	Allianz	99.5%VaR	222%	4.0兆円
	AXA	99.5%VaR	206%	-
	General	99.5%VaR	184%	-
	Aviva	99.5%VaR	182%	-
	MS&AD HD	99.5%VaR	183%	1.9兆円
②99%T-VaRを使用	Swiss Re	99%T-VaR	241%	3.5兆円
③「99.5%VaR×掛け目」を使用	Munich Re	99.5%VaR×1.75	153%	2.0兆円
④99.95%VaR等を使用	Zurich	99.95%VaR	127%	-
	Hannover Re	99.97%VaR	162%	0.6兆円
	SOMPO HD	99.95%VaR	157%	0.9兆円
	東京海上HD	99.95%VaR	140%	1.2兆円

- リスクの性質によって、対応策が異なることを意識する必要がある。
- 業界によりリスク管理の尺度が異なり、どの範囲を建築および損保業界で担当できるか、ラップさせるか社会のロバスト性として検討が必要。

# PML(Probable Maximum Loss)

様々なリスク指標の中に地震などの予想最大損失額を表すPMLがある。  
代表的なPMLは3種類。

## PML1 50年間での超過確率10%の損失を生じる地震による90%非超過損失

損失を評価する「**地震**」を特定する定義である。建物群の評価が可能であり、「**リスク管理向き**」の定義である。

## PML2 50年間での超過確率10%の地震動強さによる90%非超過損失

損失を評価する「**地震動強さ**」を特定する定義であり、再現期間による説明など、「**構造設計**」において用いられている指標との関連付けが容易である。

## PML3 50年間での超過確率10%の損失

地震の大きさや地震動の強さを「**特定しない**」\*。すべての地震による損失を含めているため評価精度が低くなる可能性があるが、超過確率と直接結びつく損失を表しており、「**保険向き**」の定義である。

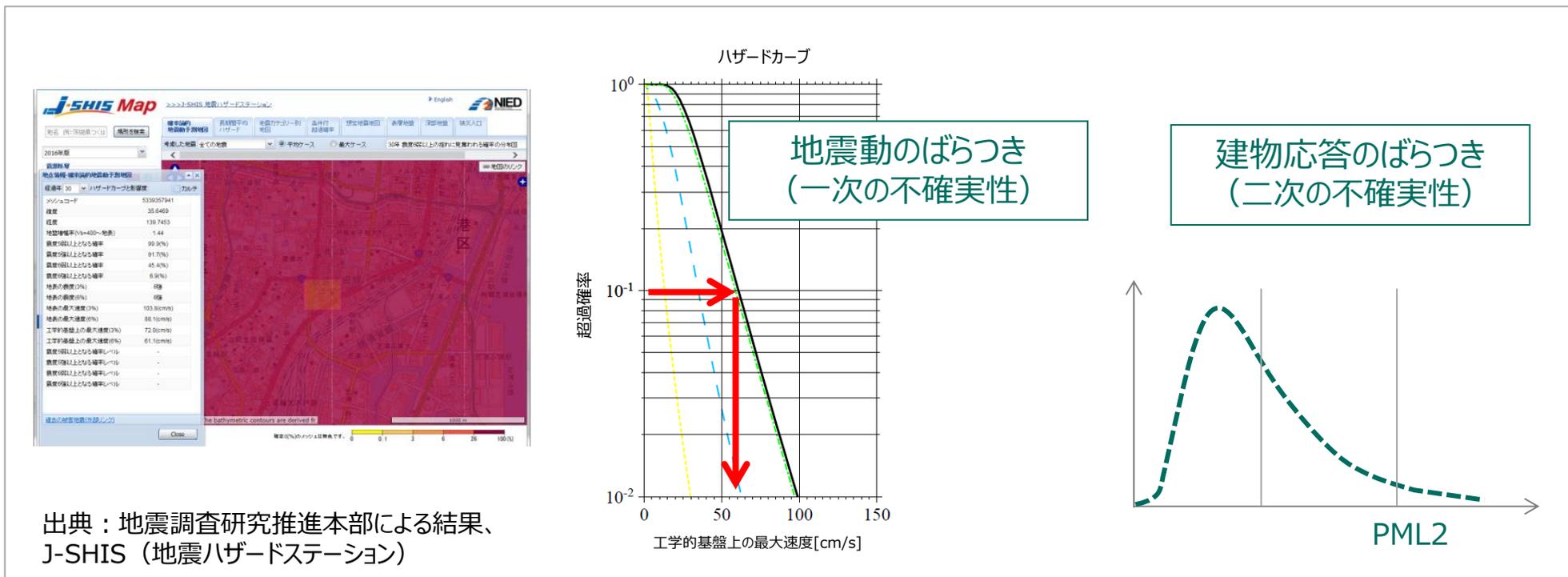
\*正確には地震を特定する指標もある。

出典：地震リスク評価とリスクコミュニケーション（日本建築学会, 2011）

# PML2

## 「50年間で超過確率10%の地震動強さによる90%非超過損失」

- 「**建築業界**」でよく用いられる指標
- 荷重が決まるため応答の計算だけで済む。

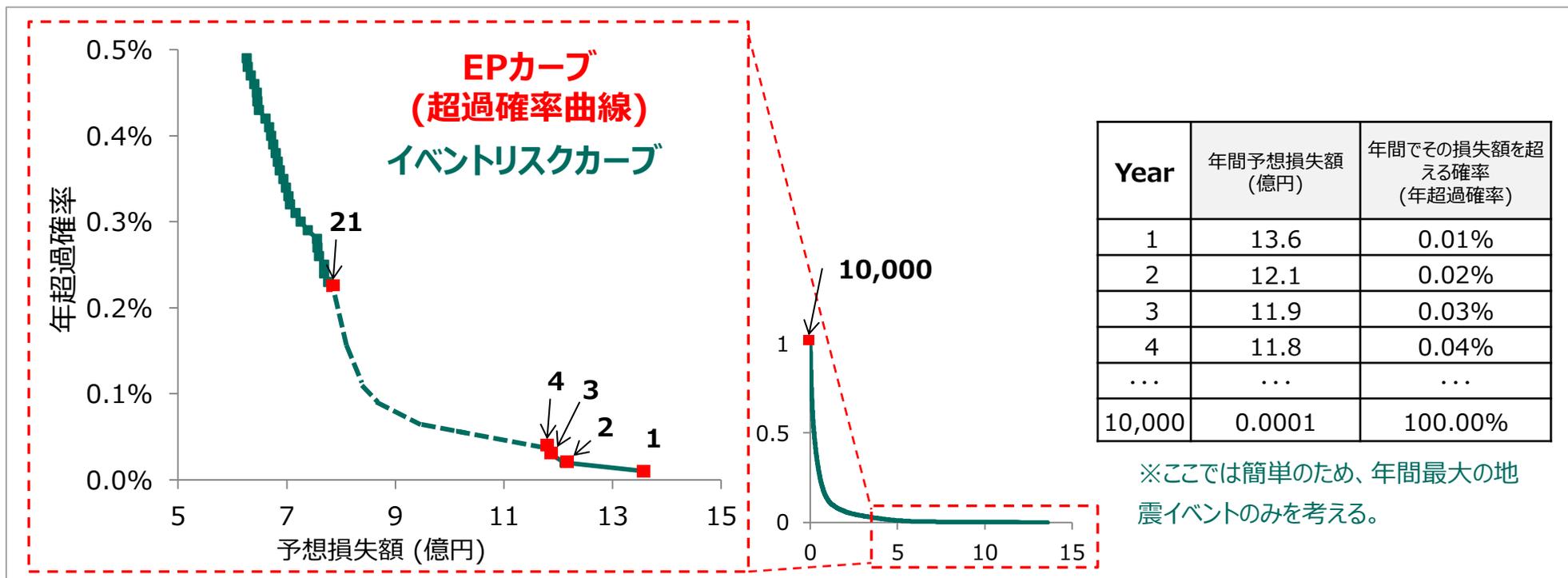


**PML2は、J-SHIS等で決まった地震動による建物応答のばらつきなどを表した損害の分布の90%非超過確率の損失**

# PML3 (イベントリスクカーブベース)

「50年間の超過確率10%の損失(1年換算約0.21%)」

- 「保険業界」でよく用いられる指標
- ポートフォリオにも対応可能

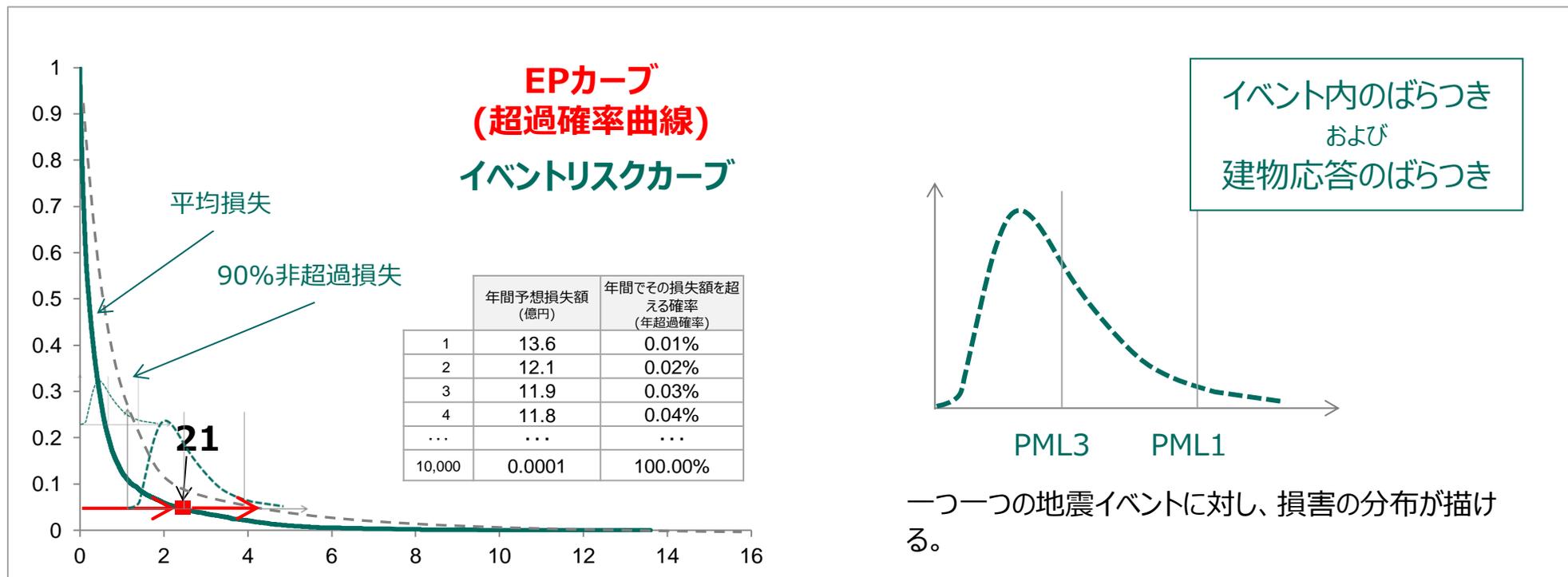


**PML3は、例えば今後1年間に1万回シミュレーションしたとすると大きい方から21番目(または22番目)のYearによる平均損失**

# PML1

「50年間での超過確率10%の損失を生じる地震による90%非超過損失」

- 「不動産業界」でよく用いられる指標
- ポートフォリオにも対応可能

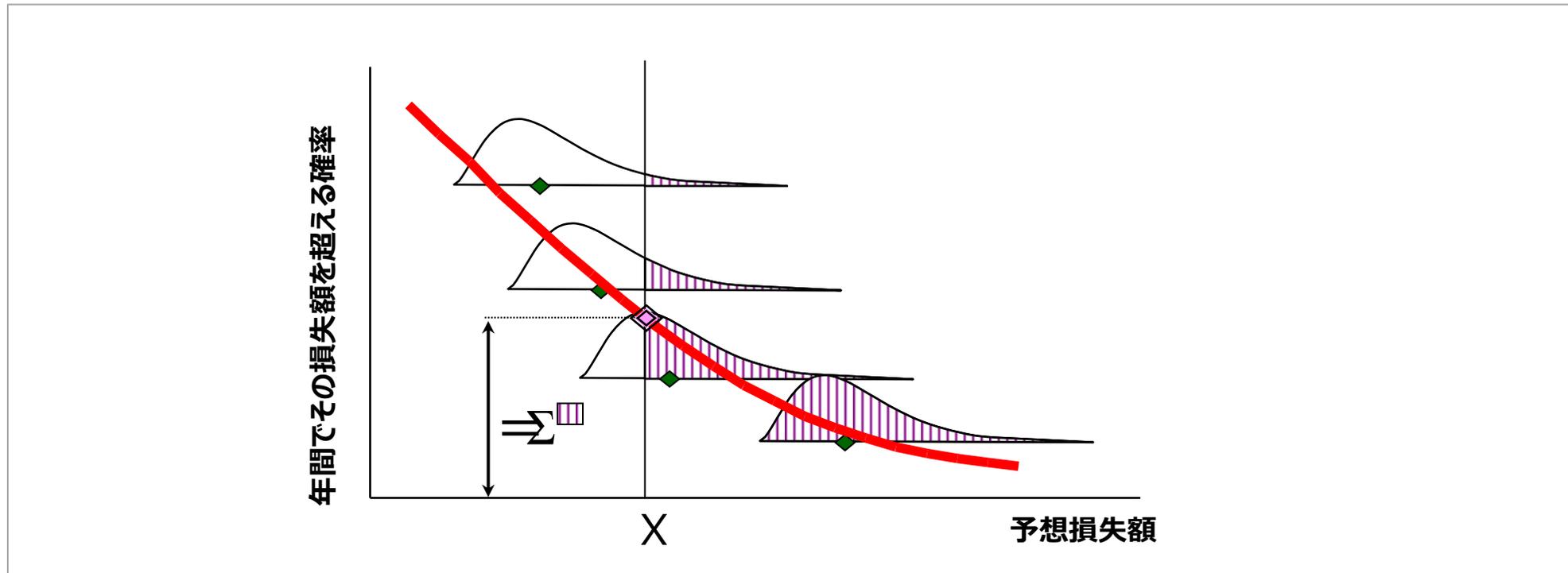


**PML1は、例えば今後1年間で1万回シミュレーションしたとすると大きい方から21番目(または22番目)のYearによる損害の分布の90%非超過確率の損失**

## 参考：PML3(リスクカーブベース)

「50年間の超過確率10%の損失(約0.21%)」

- 前述のPML3に対して、イベント内および建物の応答のばらつきを考慮した超過確率曲線もある。
- PML3の値に関する地震の大きさや地震動の強さの情報が消えてしまう。



PML3(リスクカーブベース)は、イベントリスクカーブベースのPML3と比べ、tailの部分で大きな結果となりやすい傾向がある。

# AIR Worldwide社の自然災害モデルによるPMLの値の差

## 世界各地に自然災害モデルを展開

- 地震、風災、洪水、森林火災、豪雷雨、風雪、テロ、農作物

日本

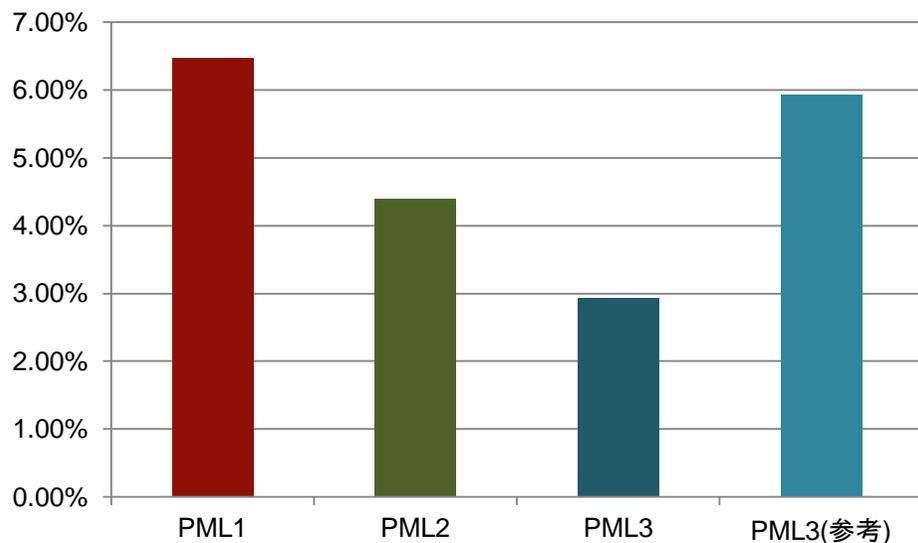
地震および台風についてモデルを用いたリスク評価が可能



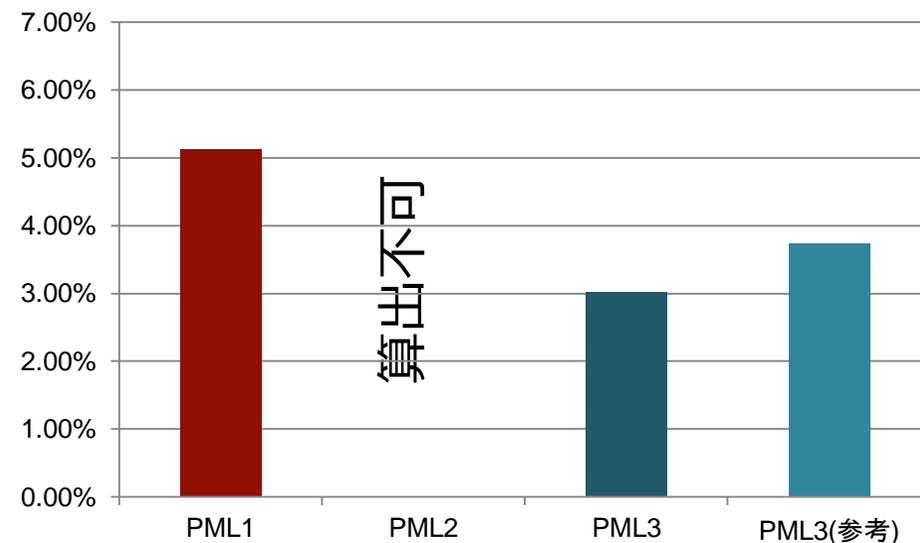
例 AIR Worldwide社がモデルを提供している国・地域(2015年時点)

# AIR Worldwide社の自然災害モデルによるPMLの値の比較

## 建築会館（1地点対象）



## 県庁所在地（多地点対象）

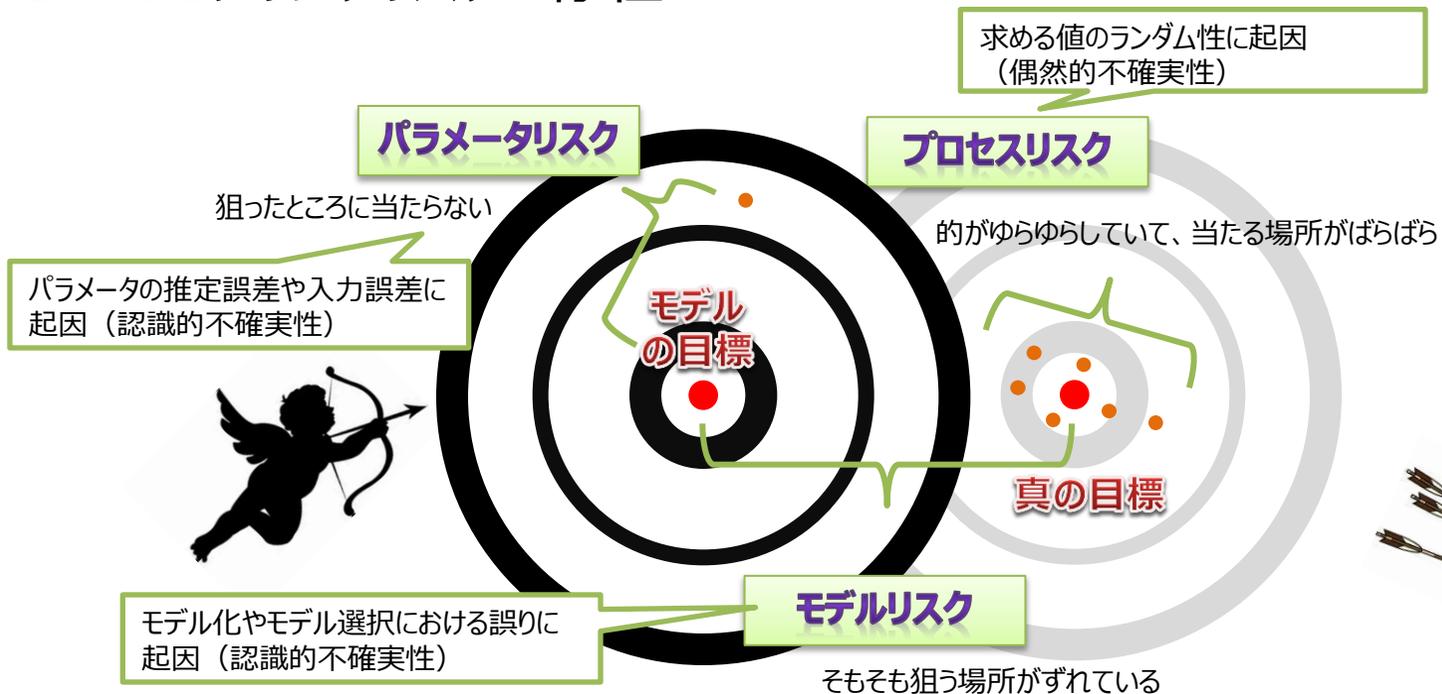


(AIR Worldwide社提供)

- 同じモデルの中でもPMLの定義によって取りうる値が異なる。
- 地震ハザードや建物フラジリティ等の条件によりPMLの大小関係は異なるが、おおむねPML1 > PML2 > PML3になる傾向（PML1>PML3の関係は崩れない）

# モデル化やモデル利用にともなうリスク（不確実性）

## 3つのモデリングリスクの存在



使用しているモデルが異なると、認識的不確実性が含まれる震源モデル、距離減衰式、地震動指標、被害関数等も異なってくるため、一概に比較することも難しくなる。

- PMLを比較する際は、単純に数値の大小関係を見るのではなく、①PML1,2,3の内どの定義を採用したのか（するのか）、②使用しているモデル間の違いに真摯に向き合い立ち向かう必要がある。

社会的なインパクトを見る上では、ポートフォリオの分析ができるPML1か3の算出方法で建築業界、損保業界の役割を検討するのが良いのではないのでしょうか。

# ビッグデータ化に伴う建築・損保業界のデータコラボの可能性

保険会社は、災害時に支払いを行う最前線。

電子データの重要性が認識されつつあり、ビッグデータとして取り扱う準備を行っている。

表 ビッグデータのイメージ

建物価格	被害額	地震動大きさ	lat	long
〇〇百万円	△百万円	▲▲kine	××	□□□
××百万円	□百万円	〇〇kine	◆◆	△△△
△△百万円	×百万円	□□kine	☆☆	〇〇〇
...	...	...	...	...

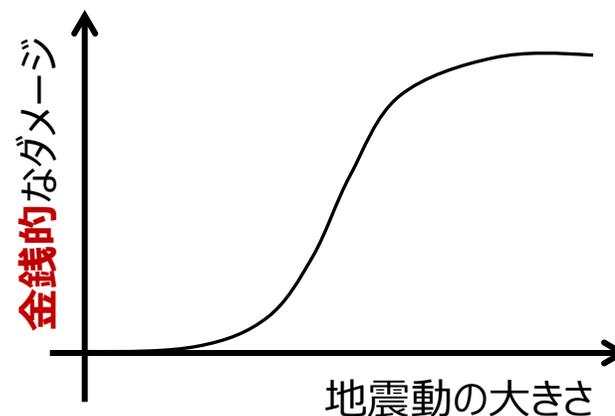
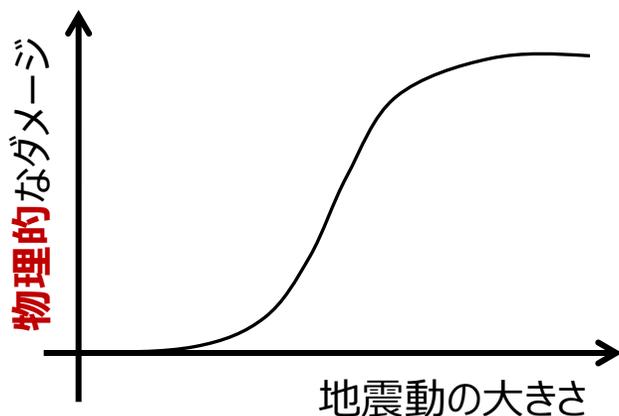
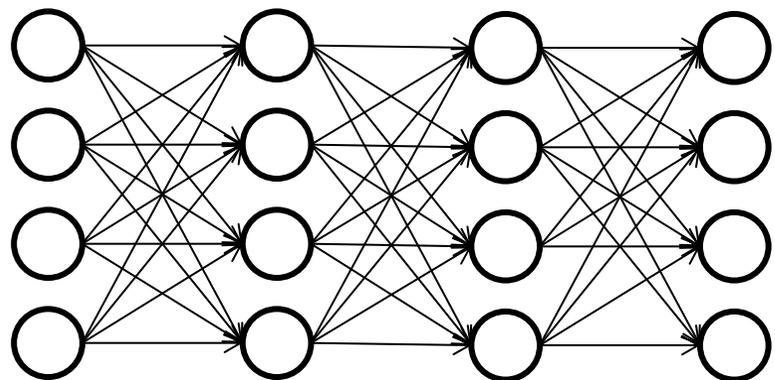


図 被害関数の違い

# 今はやりのディープラーニング（深層学習）

## 教師あり学習



原因

中間生成物

結果

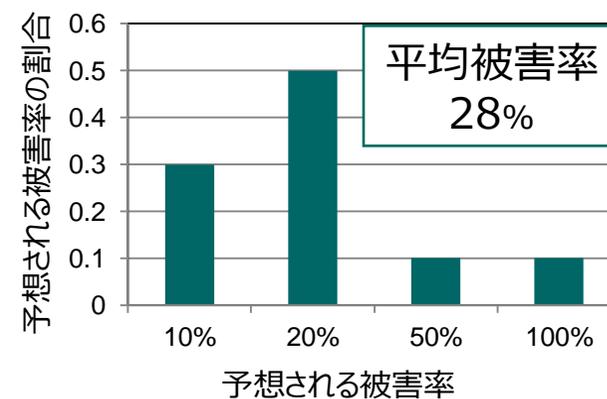
PGA、PGV、SA(○秒)、  
SV (○秒)、緯度、  
経度、構造、用途、...

被災度、被害率  
※不確実性も表現される。

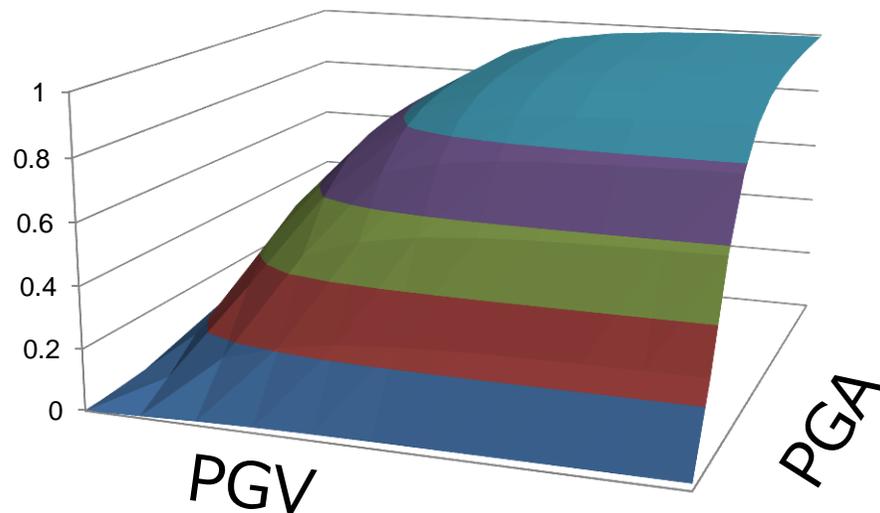
被害率	建物 1	建物 2	建物 3	...
10%	1	0	0	...
20%	0	1	0	...
50%	0	0	1	...
100%	0	0	0	...

被害率	予想され る被害
10%	0.3
20%	0.5
50%	0.1
100%	0.1

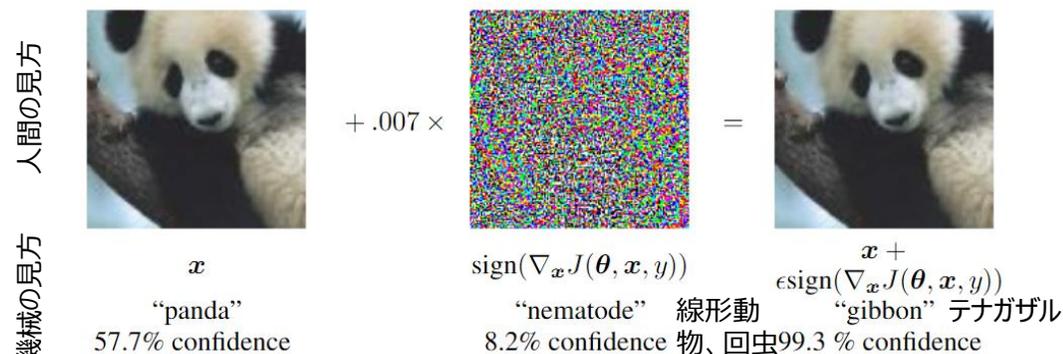
## ディープラーニングの結果例



# ディープラーニングで構築する被害関数のイメージ



- 2次元、3次元、…のハザード指標から被害率が算出される。
- ディープラーニングはあくまで相関関係であり因果関係を考慮しているわけではない。
- 機械をだますことは簡単。



Explaining and Harnessing Adversarial Examples, Goodfellow et al. (2015)

因果関係を明らかにしていない部分、また処理の方法に課題があるが、一方でビッグデータの時代であるからこそ、「統計的因果推論」という観点に着目し、人間では気付かなかった因果関係を探索してもよいのではないのでしょうか。

# さいごに

## 建築業界と損害保険業界

- 大きな災害を受ける場合において、災害を事前に小さくできる大きな両輪。
- 損害保険業界の金銭的な被害額のビッグデータの活用を検討。



直接人の命を守る「建築業界」、経済的な滞りを減じる「保険業界」が手を取り、災害に立ち向かう必要がある。

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 : 03-5296-8962 FAX : 03-5296-8940