MIDAS & CREATECセミナー2015

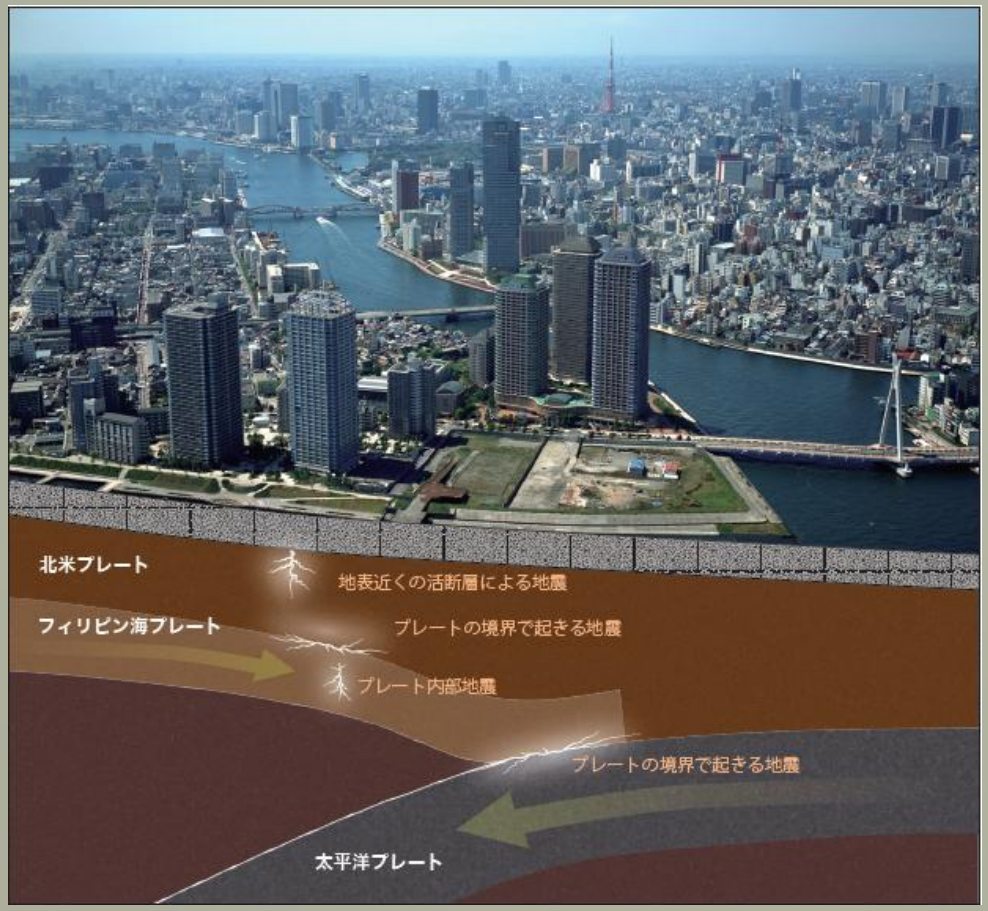
耐震設計と地震リスク

－耐震性能を定量化する２つの指標－

東京都市大学：吉川弘道

地震災害に強い都市の構築:
Disaster Resilient Cities

地震と暮らす:地震列島



三枚のプレート上に位置する首都東京(概念図)

P125(Aランク：再構築)

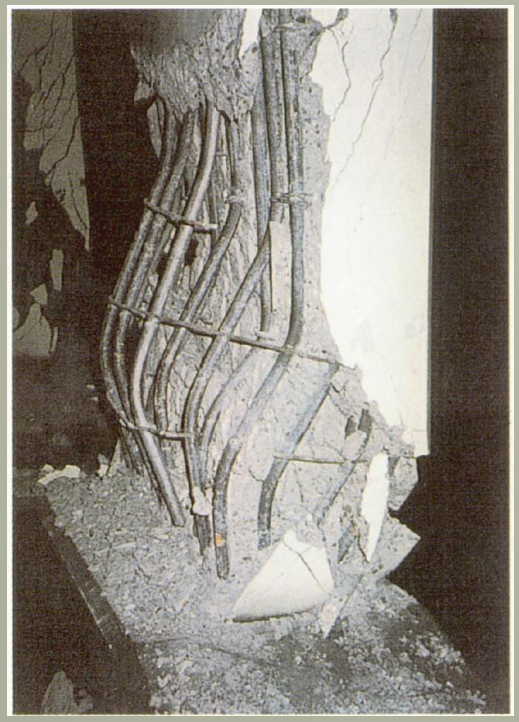
P127(Asランク：再構築)

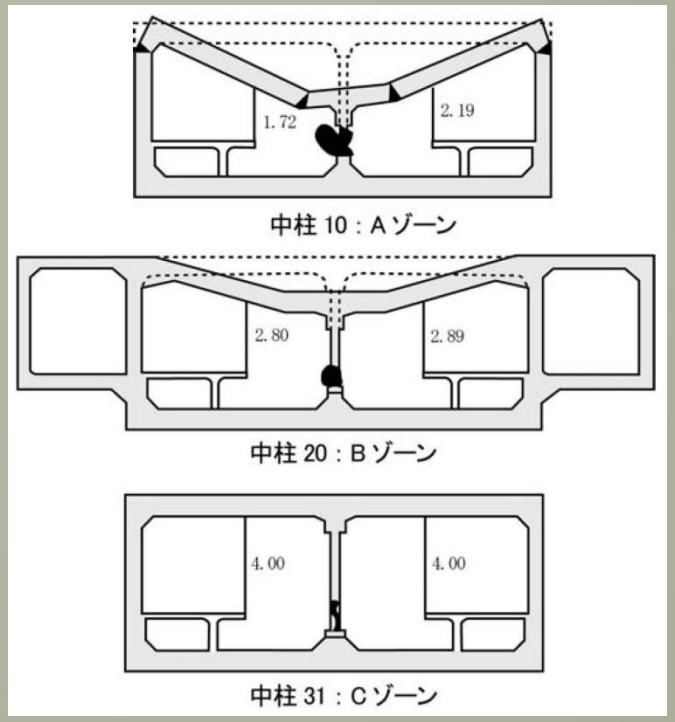
P126(Asランク：再構築)

地震被害に学ぶ：鉄道施設

RCラーメン高架橋の被害：
JR山陽新幹線/兵庫県南部地震)

地震被害に学ぶ：地中構造物





神戸高速鉄道大開駅の被災

前半：

- 耐震工学　４つのPhase
- 耐震工学　と地震リスク

耐震工学：4段階のPhase

- Phase1:　地震被害

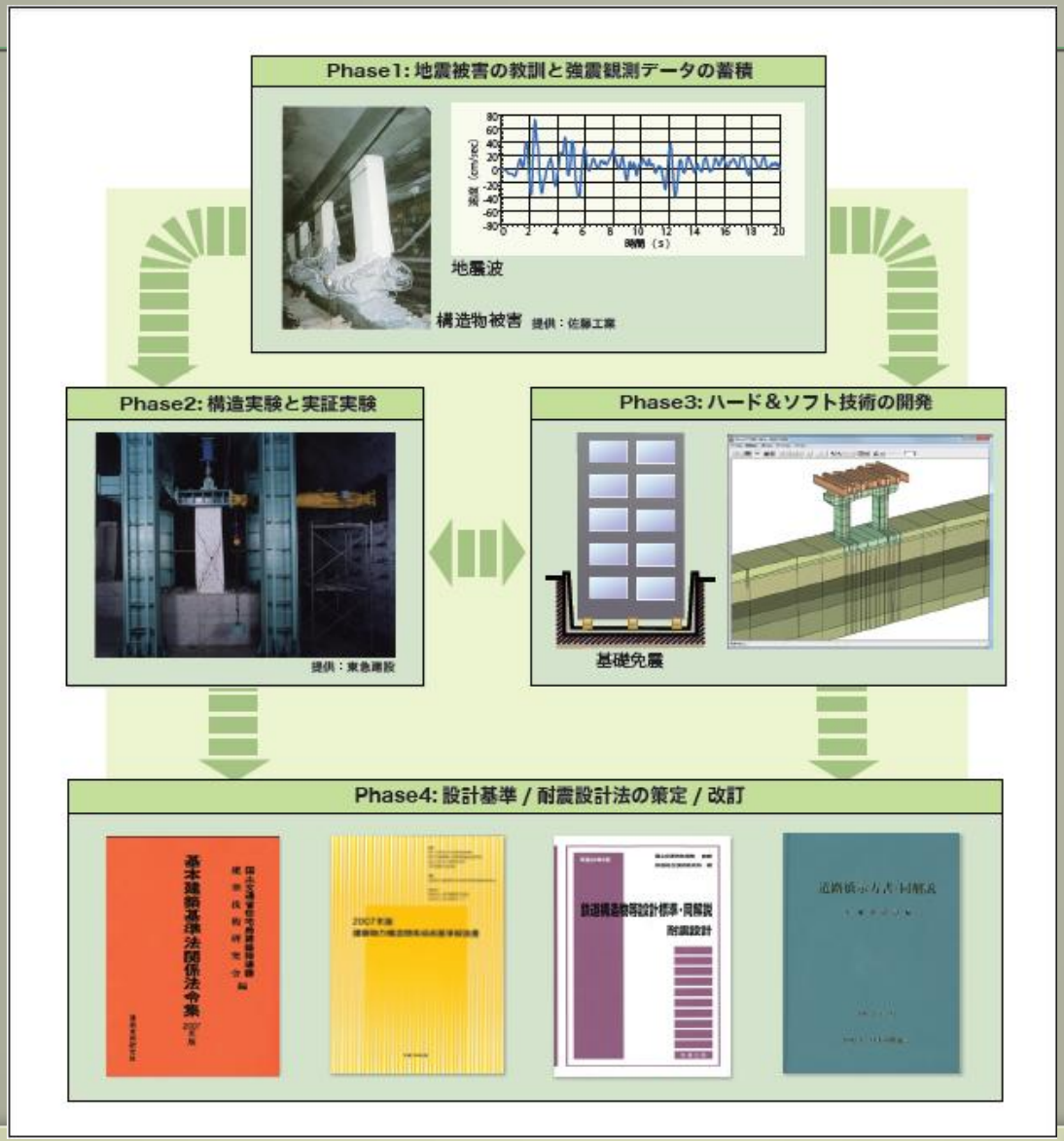
  lessons learned from past earthquakes
- Phase2:　構造実験と実証実験

  experimental studies and verification
- Phase3:　数学モデル/解析ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ

  mathematical model/computer programs
- Phase4:　設計基準/ガイドライン

  specification, design guideline

耐震工学：4段階のPhase



Phase4：設計基準/設計示方書

耐震工学 → 地震リスク評価

- 地震被害は続くのか？：
  極低頻度 局地的 大被害，地震予知は不可能，
  地震リスクは消えない: 大小のリスクが混在する
- 地震工学: Earthquake Engineering
  多くの研究分野にて多大なる前進：
  →全体の統合化/Integrationは不十分では．．
- 耐震設計/Performance-Based Seismic Design
  個々の構造種別毎に別個の性能設計基準が完成

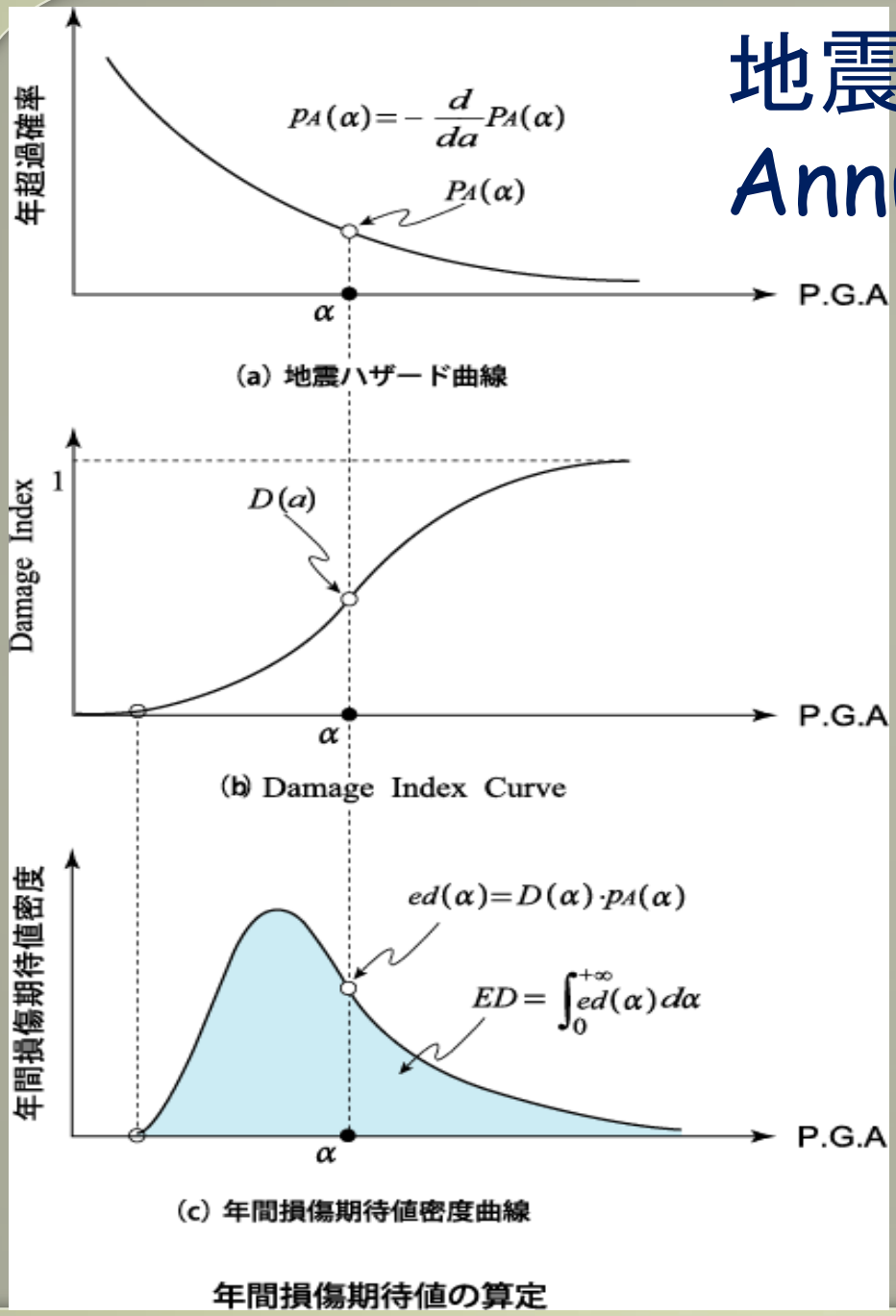
広義のリスクと狭義のリスク

- 広義のリスク：
  大辞林：①予測できない危険、②保険者の担保責任
  広辞苑：①危険（リスクを伴う）
  ②保険で損害を受ける可能性
  ‘滅多に起こらないが、もし起きると大変なことになる’

- 狭義のリスク：Engineering Risk
  Risk=被害の発生確率×そのときの被害
  地震リスク＝損失の発生確率p ×損失の規模D

$$R = \sum_{j=1}^{k} (p_j \times D_j)$$

地震損傷期待値の算定
Annual Expected Loss

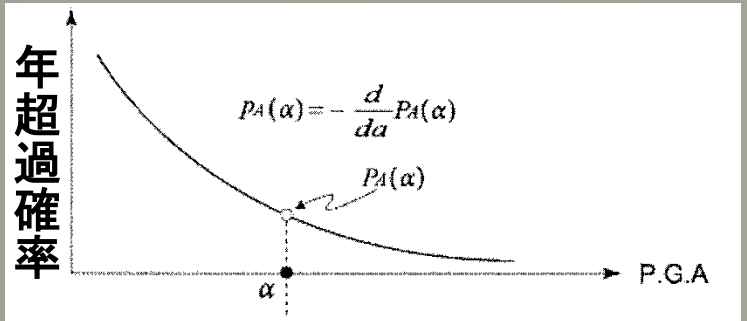


(a) 地震ﾊｻﾞｰﾄﾞ曲線

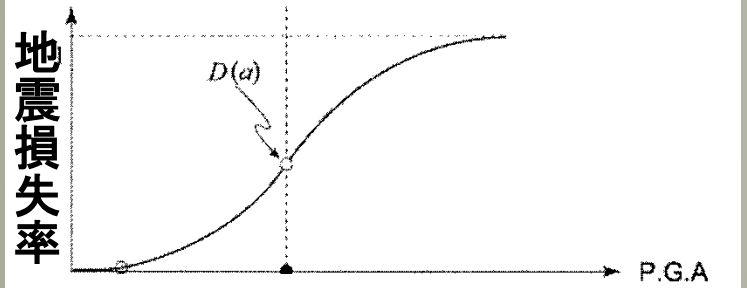
(b) 地震損傷度曲線
フラジリティ曲線

(c) 損傷期待値：AEL

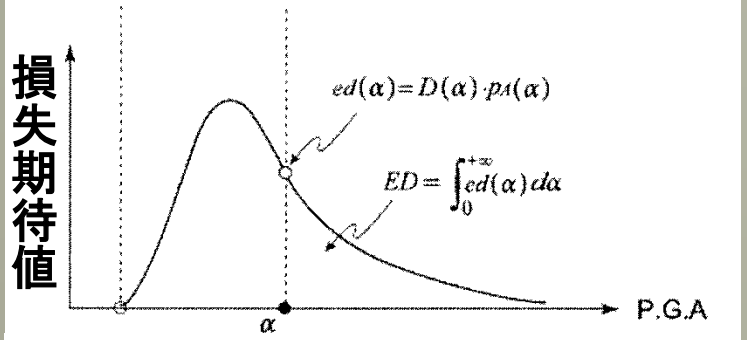
横軸:最大加速度PGA



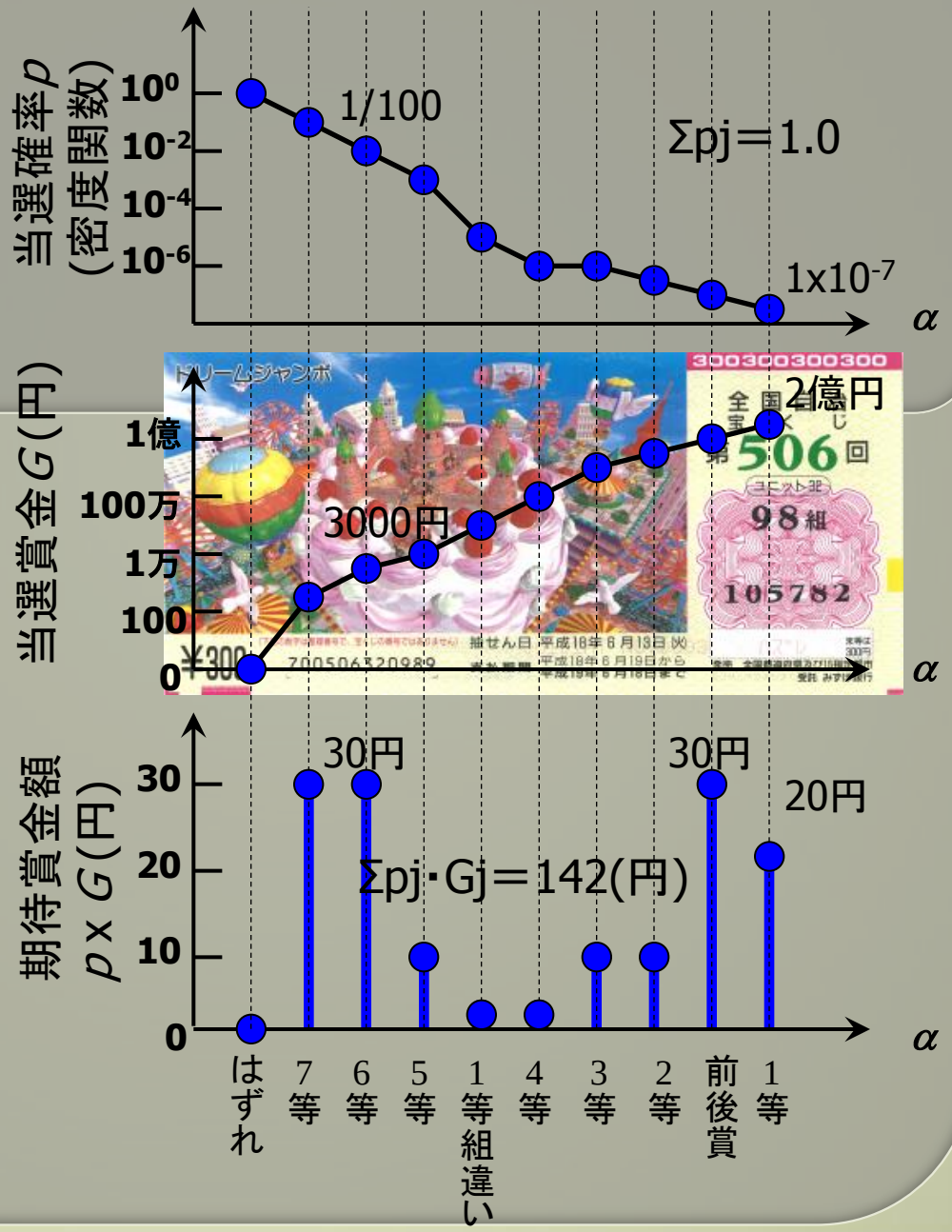
地震ハザード曲線



地震損傷度曲線

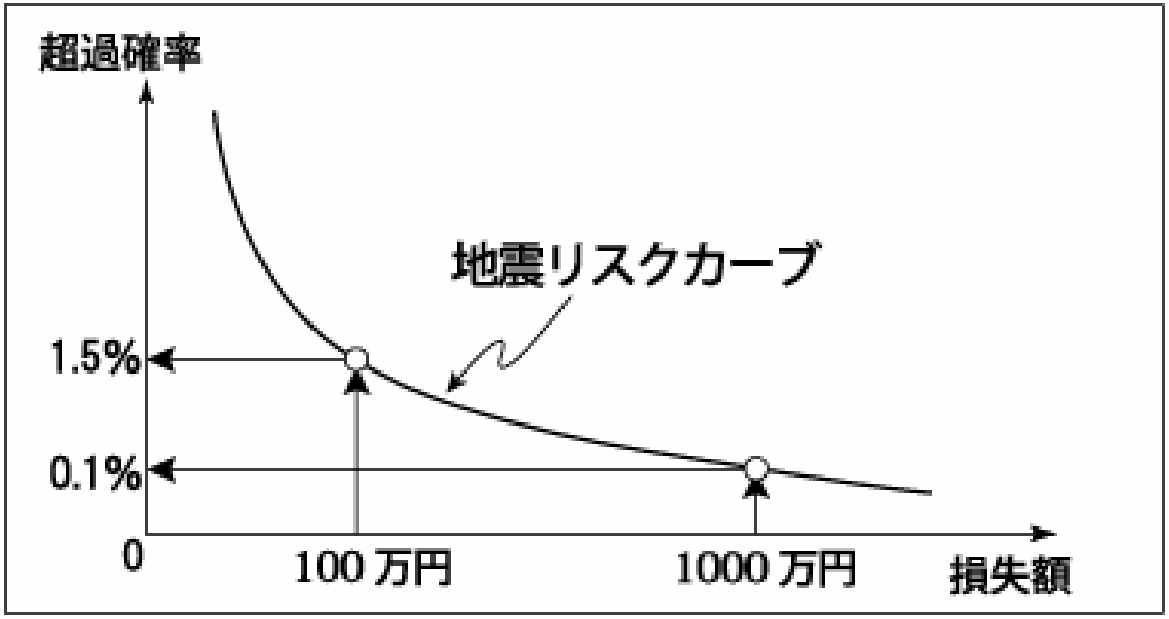


年間損傷期待値密度曲線



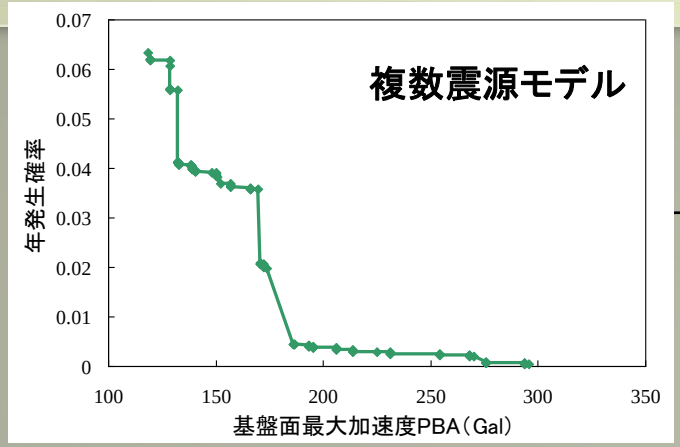
地震リスク曲線: Seismic Risk Curve

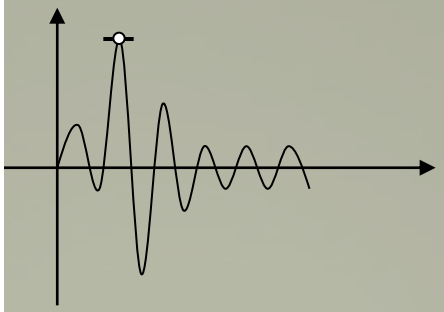
地震リスクカーブ



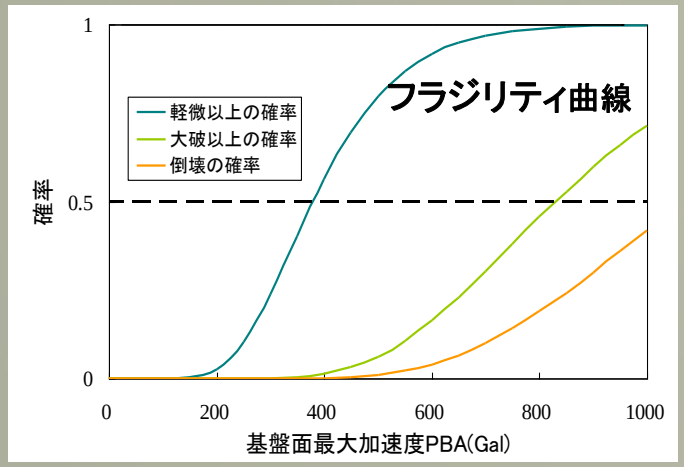
→ 着目地点における
対象構造物固有のリスクを表現

「地震リスク評価」

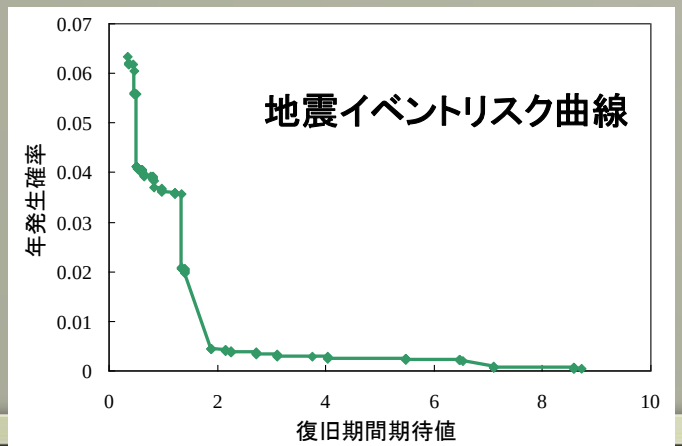




入力地震動/PBAと年発生確率



構造物の被害：軽微/大破/倒壊



物的損失/Money ⇒ How Much?

機能停止/Days, Months, Years
⇒ How Long?

まとめ#1: 地震リスクと性能設計

- 性能設計/Performance-Based Design: →
  ‘これだけの地震に耐えられる’ことを照査する
- 地震リスク/Seismic Risk →
  ‘これだけ壊れる’ことを数値として表す
- 地震リスク解析：次の場合に有効
  - 発生確率は小さいが、一旦発生すると大きな被害
  - 大小様々なリスクが存在する
  - 異なる構造物/異なる地点での耐震性能評価

まとめ#2: 地震リスク導入による期待

- 耐震工学の転機：
  個々の性能設計 → 統一的な地震リスク評価
- 地震工学/耐震設計を一気通貫に取扱える
- 異なる構造物/施設の統一的評価が可能
  土木と建築の仲直り
- 金融工学 (ﾘｽｸﾌｧｲﾅﾝｽ) とのコラボレーション
- 我が国の不得意分野の克服
- 大学の教育研究の題材としても極めて好材料