
建屋フラジリティ評価における 入力地震動について

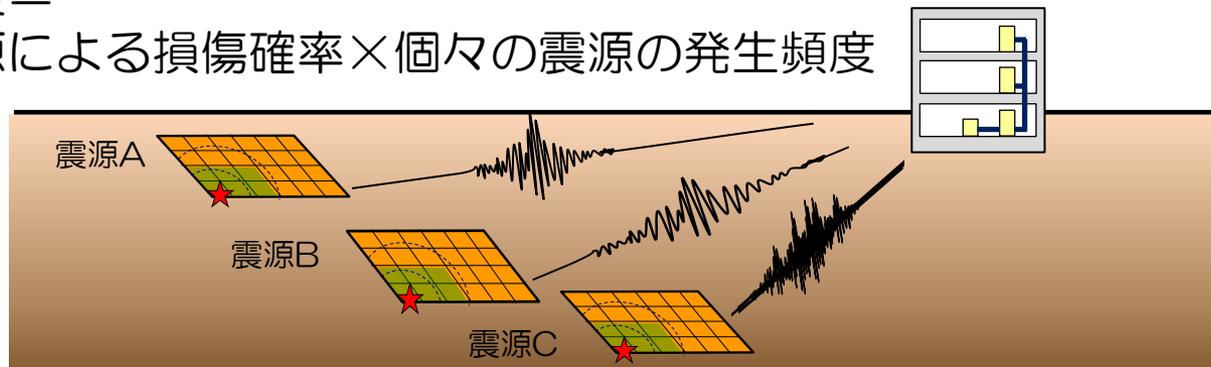
大成建設 宇賀田 健

建屋損傷確率の評価

(本来)地震の発生から建屋の損傷まで一貫して評価

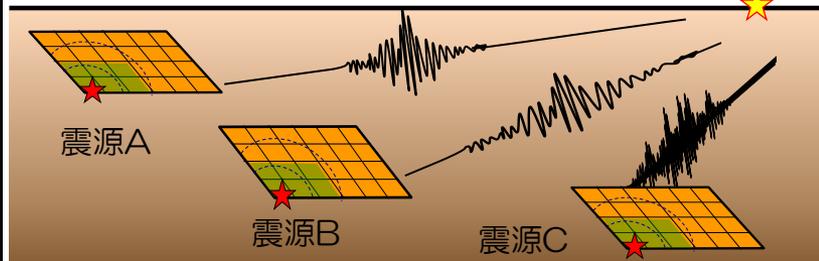
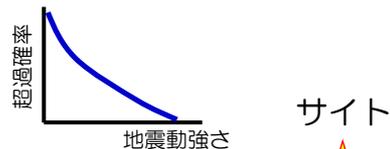
建屋損傷頻度＝

Σ 個々の震源による損傷確率×個々の震源の発生頻度

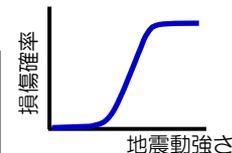


(現状)地震ハザードと建屋フラジリティに分けて評価

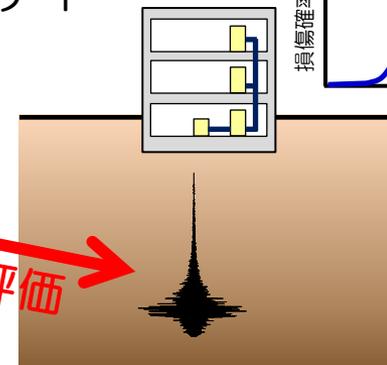
地震ハザード



建屋フラジリティ



フラジリティ評価
用地震動(波)



現状の建屋損傷確率評価の課題

● 現状の建屋損傷確率評価では、地震ハザードと建屋脆弱性評価を分けているために、そのインターフェースである「**脆弱性用地震動(波)**」の評価に課題がある。

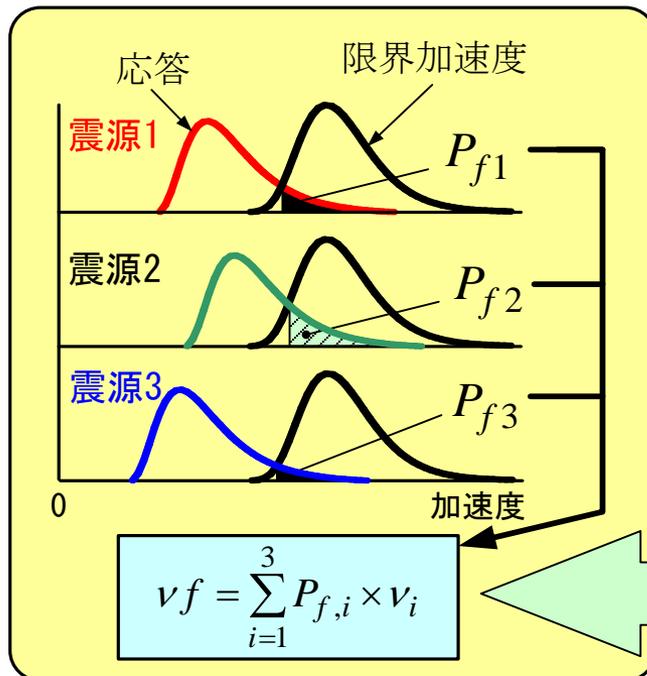
→どのような地震動にするか？

→ばらつきは考慮するか？

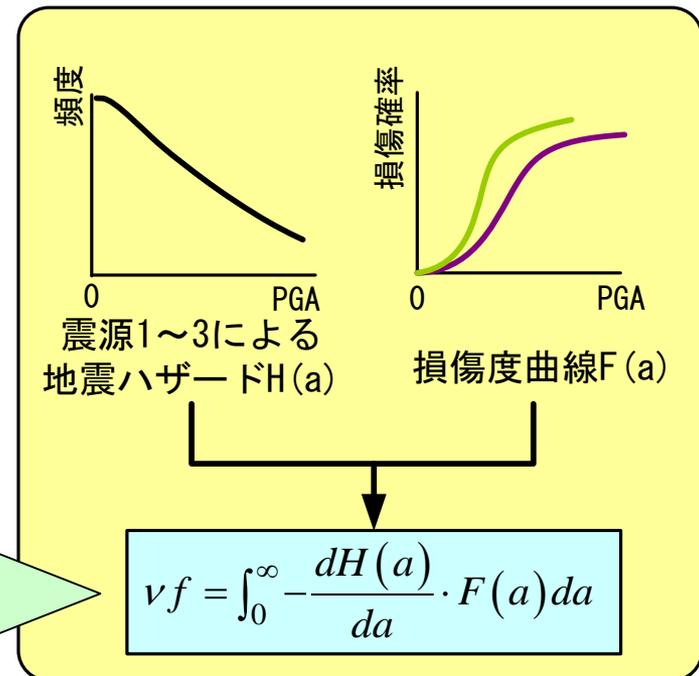
フラジリティ用地震動に対する検討

●本来の方法（震源から発生する地震波を直接用いて建屋損傷確率を評価する方法）と、フラジリティ用地震動を介して、地震ハザード×建屋フラジリティで建屋損傷確率を評価した結果を比較

正解（損傷頻度を直接評価）



現状の地震PRAにおける方法

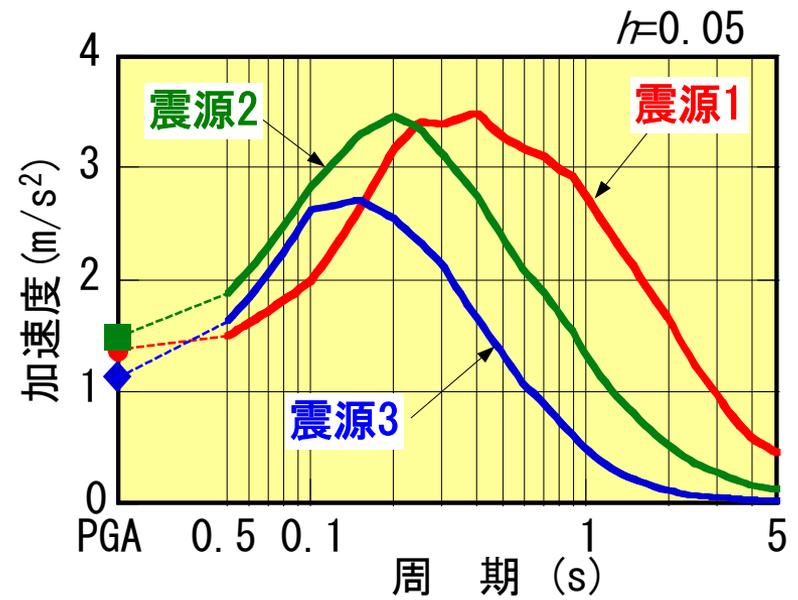
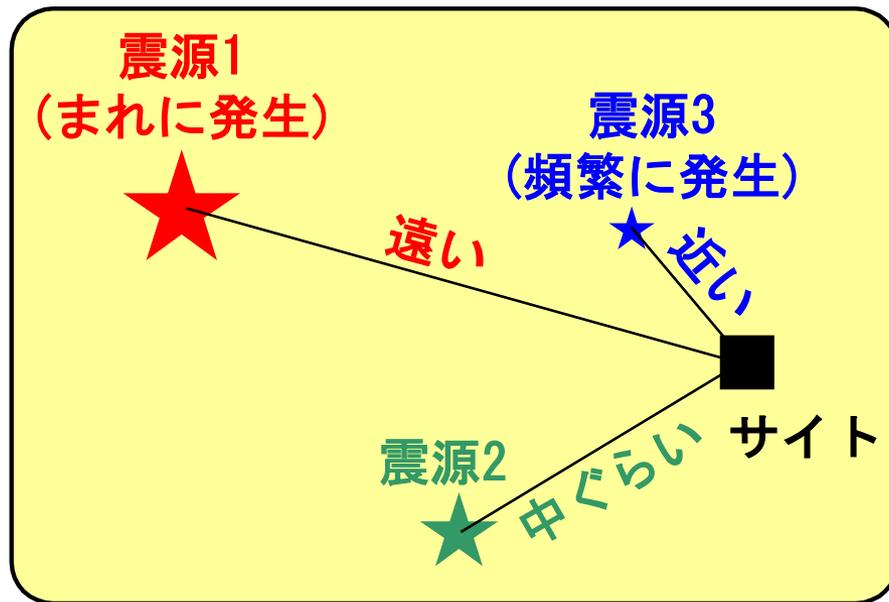


比較

検討条件

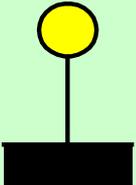
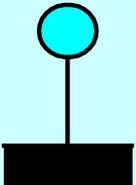
- 想定した3つの震源に対する1質点線形モデルの損傷確率を評価することによって検証する。

想定した震源



本来の方法による結果

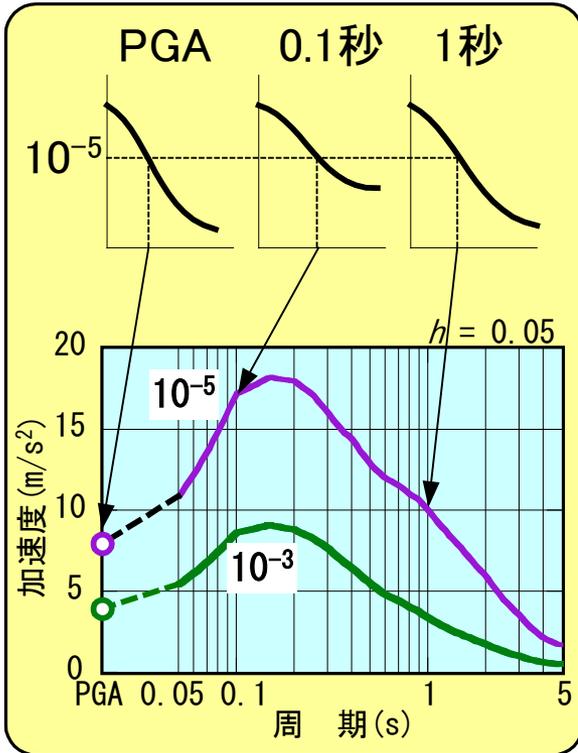
- 震源ごとに評価した損傷頻度の総和として評価

		震源1	震源2	震源3	合計
建物の 固有周期	発生頻度 ν (回/年)	0.002	0.01	0.1	
0.2秒 	応答加速度の中央値 (m/s ²)	3.16	3.46	2.55	
	損傷確率 P_f	0.215	0.264	0.124	
	損傷頻度 ($\times 10^{-2}$ 回/年)	0.04	0.26	1.24	1.55
1.0秒 	応答加速度の中央値 (m/s ²)	2.76	1.33	0.49	
	損傷確率 P_f	0.153	0.012	0.00	
	損傷頻度 ($\times 10^{-4}$ 回/年)	3.07	1.18	0.03	4.28

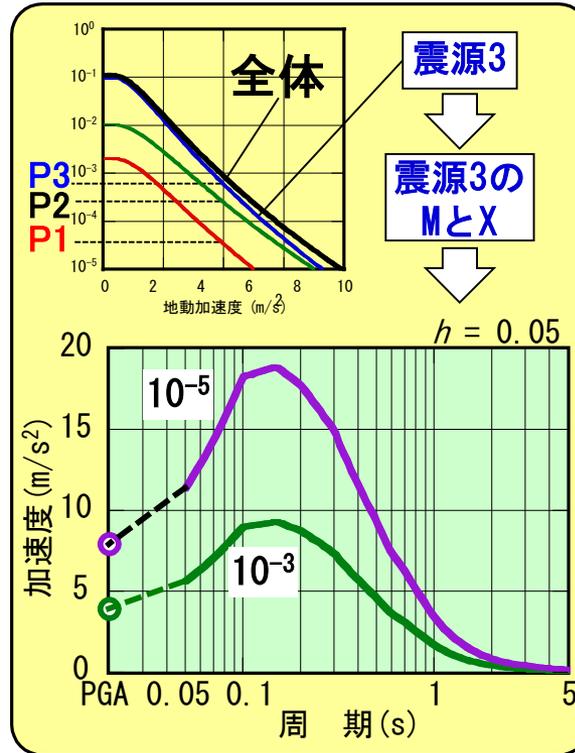
現状の方法

● フラジリティ用地震動として3ケースについて検討

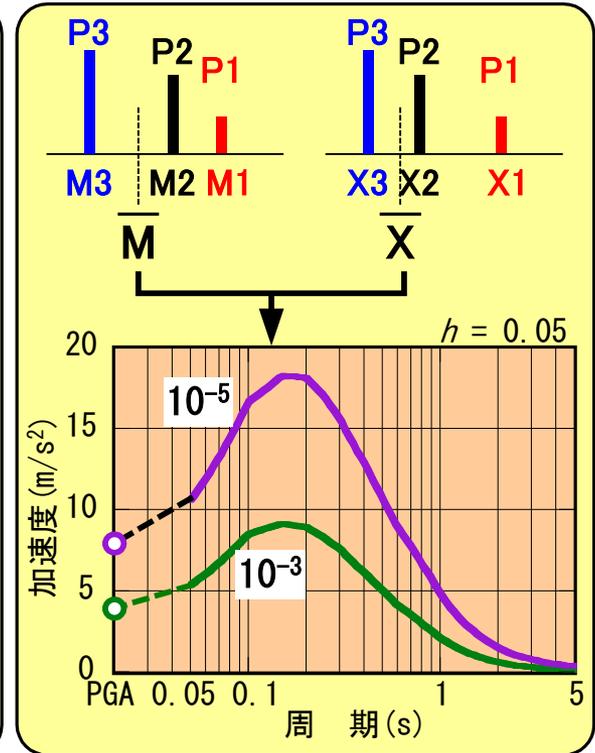
UHS
(一様ハザードスペクトル)



地震ハザードに対して
支配的な震源 (震源3)



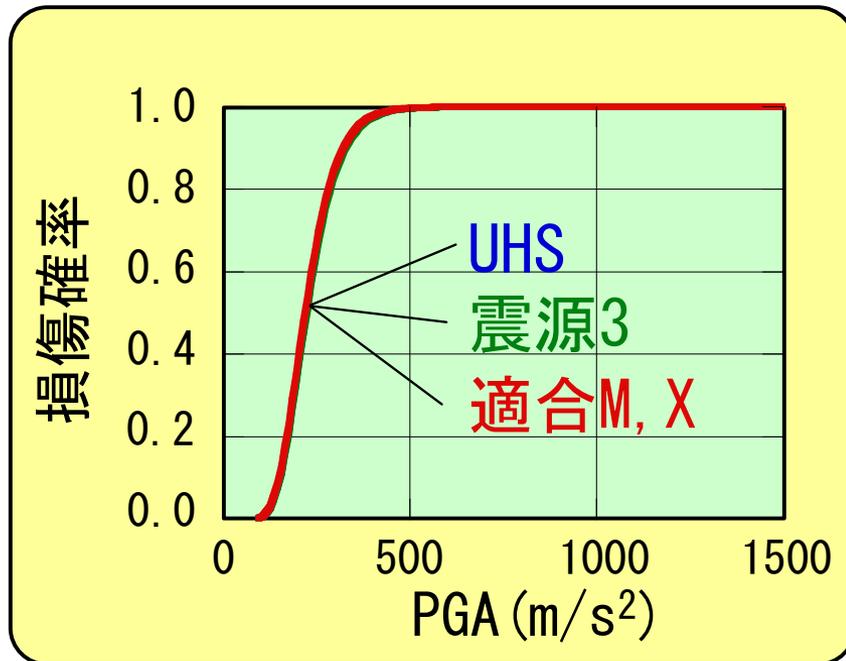
ハザード適合マグニ
チュードおよび震源距離



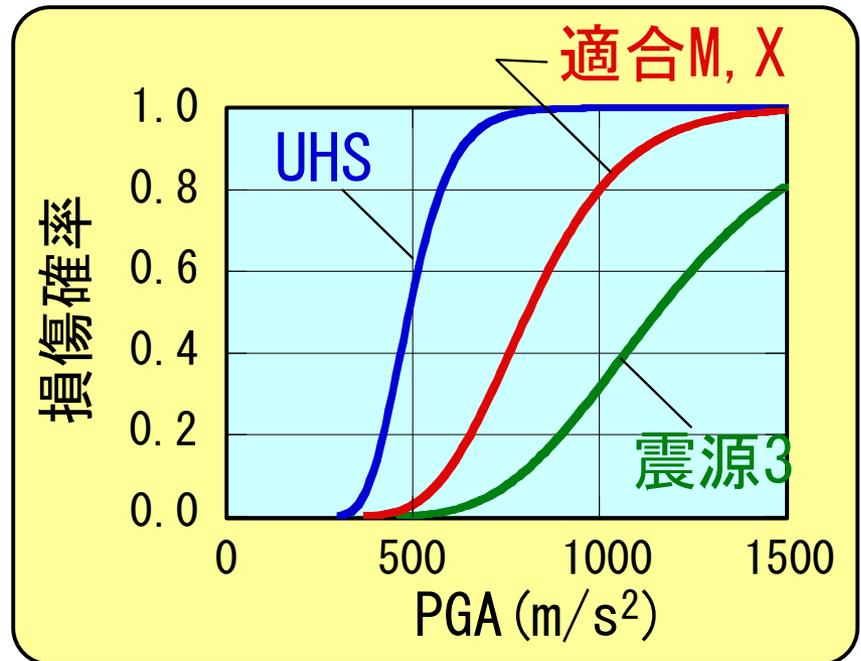
現状の方法(フラジリティ曲線)

- 建物周期によっては、フラジリティ用地震動の違いによりフラジリティ曲線の結果が変わる。

建物周期0.2秒



建物周期1.0秒



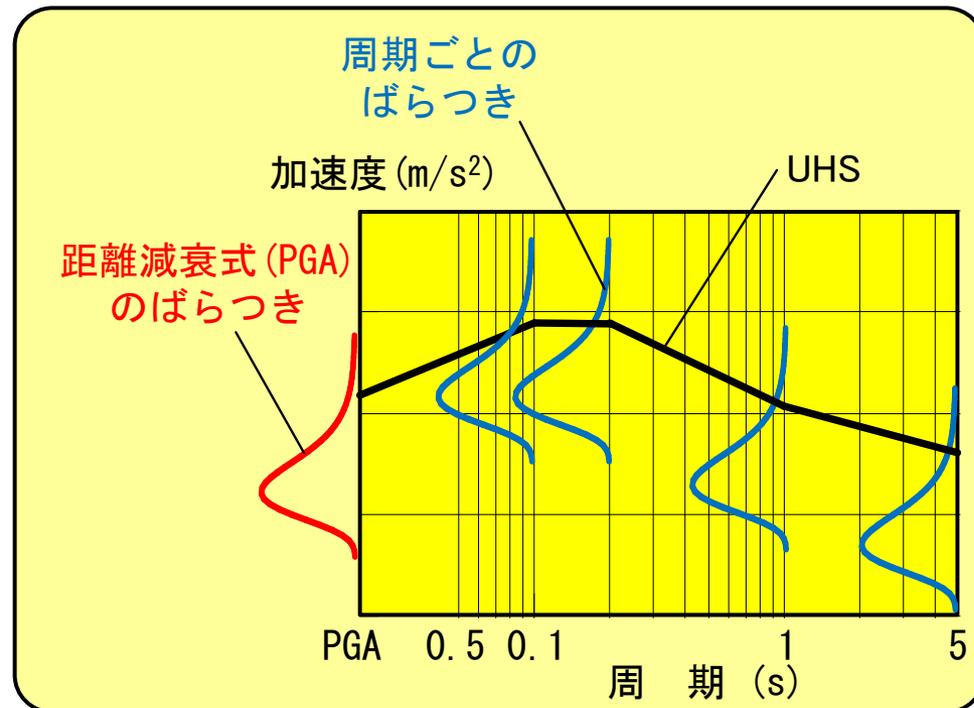
本来の方法と現状の方法の比較

- 得られた fragility 曲線と hazard 曲線から 建屋 損傷 頻度を 評価し、本来の方法と比較

建物周期	0.2秒 ($\times 10^{-2}$)	1.0秒 ($\times 10^{-4}$)
正解 (直接評価)	1.55	4.28
UHS	1.55	4.28
震源3	1.54	0.06
適合M, X	1.60	0.38

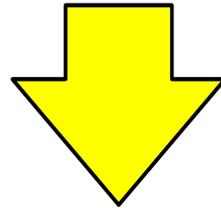
現状の方法の考察

●距離減衰式のばらつきが周期によらず同じ大きさと仮定し、かつ、UHSの場合、対象周期の加速度のばらつきと、地震ハザード曲線を評価するPGAのばらつきが完全相関になっているため、対象周期がひとつの1質点系モデルの場合、地震ハザード×フラジリティで、建屋損傷確率が正しく計算される(と考えられる)。



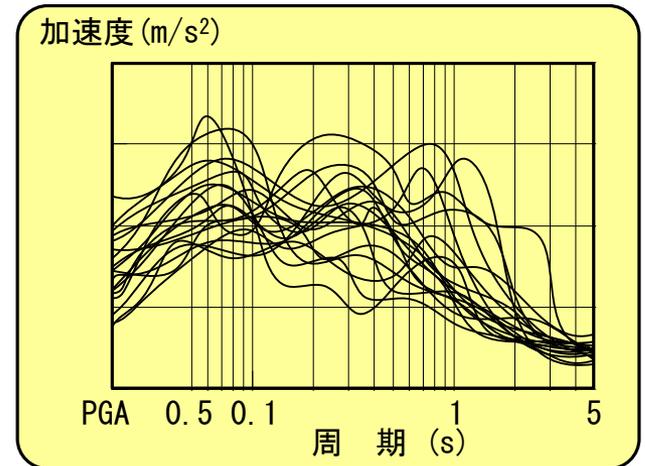
現状の方法の課題

●複数の固有周期が支配的な建物の場合、周期間のばらつきが完全相関になっているUHS波だと、応答が過大評価になる可能性が考えられる。



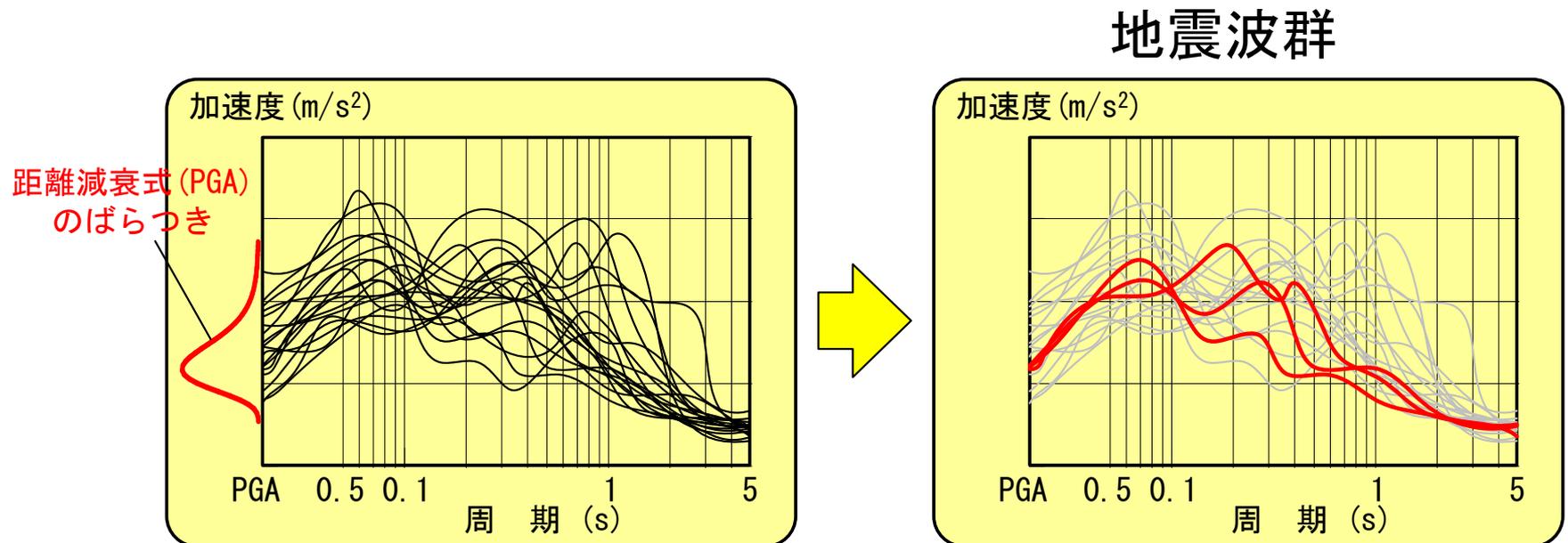
対策

●地震波をそのまま用いた fragility 用地震動で評価することが考えられる。



周期間の相関を考慮した fragility 用地震波の一例

- 地震ハザードでは、距離減衰式(PGA)のばらつきのみ考慮されている。
→同じPGAでも、さまざまな周期特性を有する地震波があるが、そのばらつきは考慮できていない(複数モードが支配的な地震の場合、影響がでる)
- PGAレベルごとに地震波を取り出し、これを fragility 用地震波(地震波群)として使用する。



地震波群による評価で考えられる課題

■フラジリティ用地震波として、複数の地震波を設定しなくてはならない(UHS波はひとつの波でよかった)。

■地震PRAでは、サイト周辺の多数の震源を考慮するが、そのすべての震源による地震波から地震波群を作成するのは困難(支配的な震源を選定して限定する必要あり)

■作成される地震波群が、現実には起こりうる範囲の周期特性のばらつきを有しているか検証する必要がある(観測記録との比較)

まとめ

- 現状の地震PRAの枠組みでは、フラジリティ評価用の地震波が地震ハザードとフラジリティ解析を結ぶ重要な役割を有しているが、その扱いに関する検討はまだ十分とは言えない。
 - UHSは、扱いやすく実務的であるが、説明性や妥当性の観点から改善の余地がある。
 - 今回、改善策の一例として地震波群の考え方を示したが、この方法も含めて、幅広くさまざまな手法を検討すべきと思われる。
-