

# 強震動統一データベースの構築に 向けた取り組み

2020年9月23日

森川信之・藤原広行・岩城麻子・前田宜浩  
(防災科学技術研究所)

強震動予測手法(予測モデル)の開発・高度化とそれらの検証には、強震動の生記録だけではなく、様々な地震動強さ指標値、ならびにそれらが震源および観測点の地盤等に関する情報と紐づけられた「強震動データベース」が必要。

## 【日本の強震動データベースの現状】

○個々の研究グループがそれぞれに必要なときに独自のデータベースを構築

→ それぞれの研究グループの目的に最適化したデータ・モデル・パラメータを選定しているが、選定基準やデータ処理の方法(例えば、フィルター処理)は不統一

→ 同一地震による同一観測点の記録であってもデータベース間で値が一致しない例)

・水平動の定義:二成分それぞれ、大きい方、幾何平均, RotD50, RotD100...

→ 「最大振幅」の値が異なる

・震源断層モデルの設定・選定

→ 断層最短距離が異なる(特に、断層近傍の観測点の距離に大きく影響)

・モーメントマグニチュード  $M_w$  (地震モーメント  $M_0$ ) の選定

2003年十勝沖地震( $M_j=8.0$ ):  $M_w=8.0$  (気象庁CMT)  $\Leftrightarrow M_w=8.3$  (Global CMT)

# 日本の地震動予測式 (GMPE) におけるモデルの比較

	KN06 (Kanno et al., 2006)	KT06 (片岡・他, 2006)	UM06 (内山・翠川, 2006)	S08/S10 (佐藤, 2008; 2010)	MF13 (Morikawa & Fujiwara, 2013)	ZZ16 (Zhao et al., 2016)
Mw 項	$f(Mw)$	$f(Mw)$	$f(Mw)$	$f(Mw)$	$f(Mw^2)$	$f(Mw)$
断層タイプ	×	○	×	○	×	○
地震タイプ	×	○	×	×	○	○
PA/PH	×	×	×	○	×	×
震源深さ項	×	○	○	○	×	○
異常震域	$f(Xtr)$	×	×	×	$f(Xvf)$	$f(Xv)$
深部地盤増幅	×	×	×	×	$f(Z1.4)$	×
浅部地盤増幅	$f(Vs30)$	I ~ III, Vs30=700	×	I ~ III, Vs30=700	$f(Vs30)$	Site Class 1~4

※断層タイプ: 横ずれ・逆断層・正断層、の区別

※地震タイプ: 地殻内地震・海溝型プレート間地震・海溝型プレート内地震、の区別

※PA/PH: 太平洋プレートの地震・フィリピン海プレートの地震、の区別

**個々の研究グループがそれぞれにデータベースそのものを構築**

**→ モデル化に用いる指標が研究者間で統一されていない**

**同じ指標であっても値が研究者によって異なる**

# 日本のGMPE導出におけるデータ

	KN06	KT06	UM06	S08/S10	MF13	ZZ16
PGA	○	○	×	○	○	○
PGV	○	○	×	○	○	×
$I_{JMA}$	×	○	×	×	○	×
SA (h=5%) [sec]	0.05-5	0.1-5	0.02-5	0.1-5	0.05-10	0.01-5
水平動成分	RotD100	G*	Max(X, Y) Rad./Trans.	RotD100	G*	
上下動成分	×	×	×	○	×	×
記録数	11,919	11,042	3,198	3,023	21,681	13,623
地震数	194	183	52	76	333	300
Mw	5.5-8.2	4.9-8.2	5.5-8.3	4.9-8.3	5.5-9.0	4.9-9.1
震源深さ [km]	0-183	0-120	3-122	0-122	0-183	1-162
震源距離 [km]	1-470	1-250	1-300	1-200	1-200	1-300

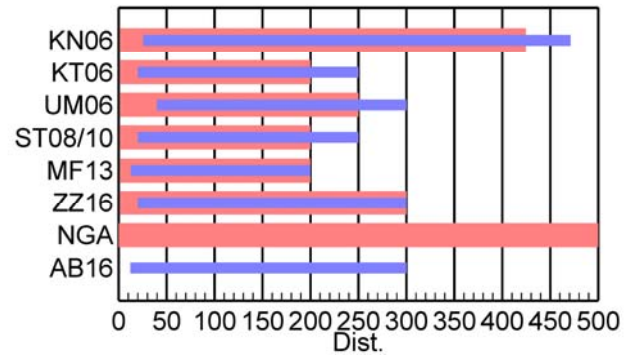
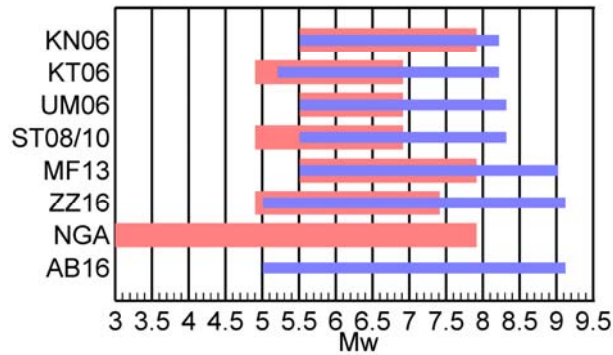
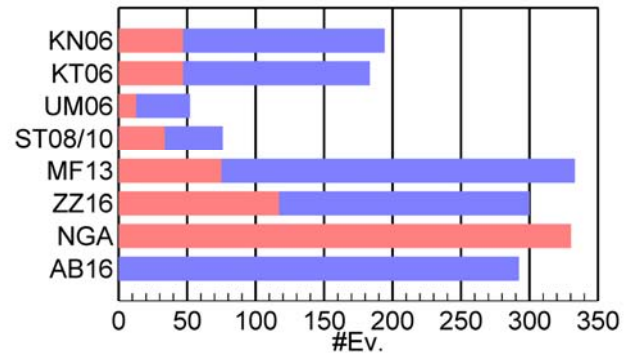
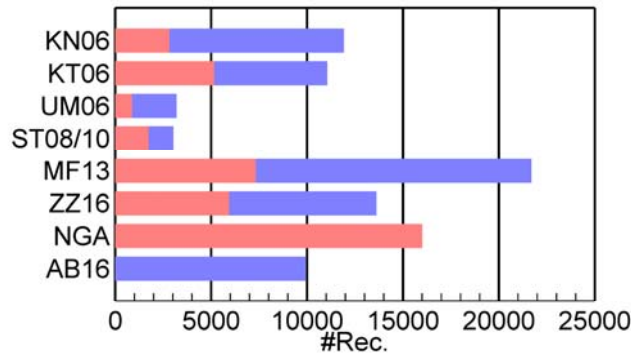
G\*: 水平動二成分の幾何平均

**個々の研究グループがそれぞれにデータベースそのものを構築**

**→ 同一地震、同一観測点でもMwや震源距離、地震動強さが研究者によって異なる**

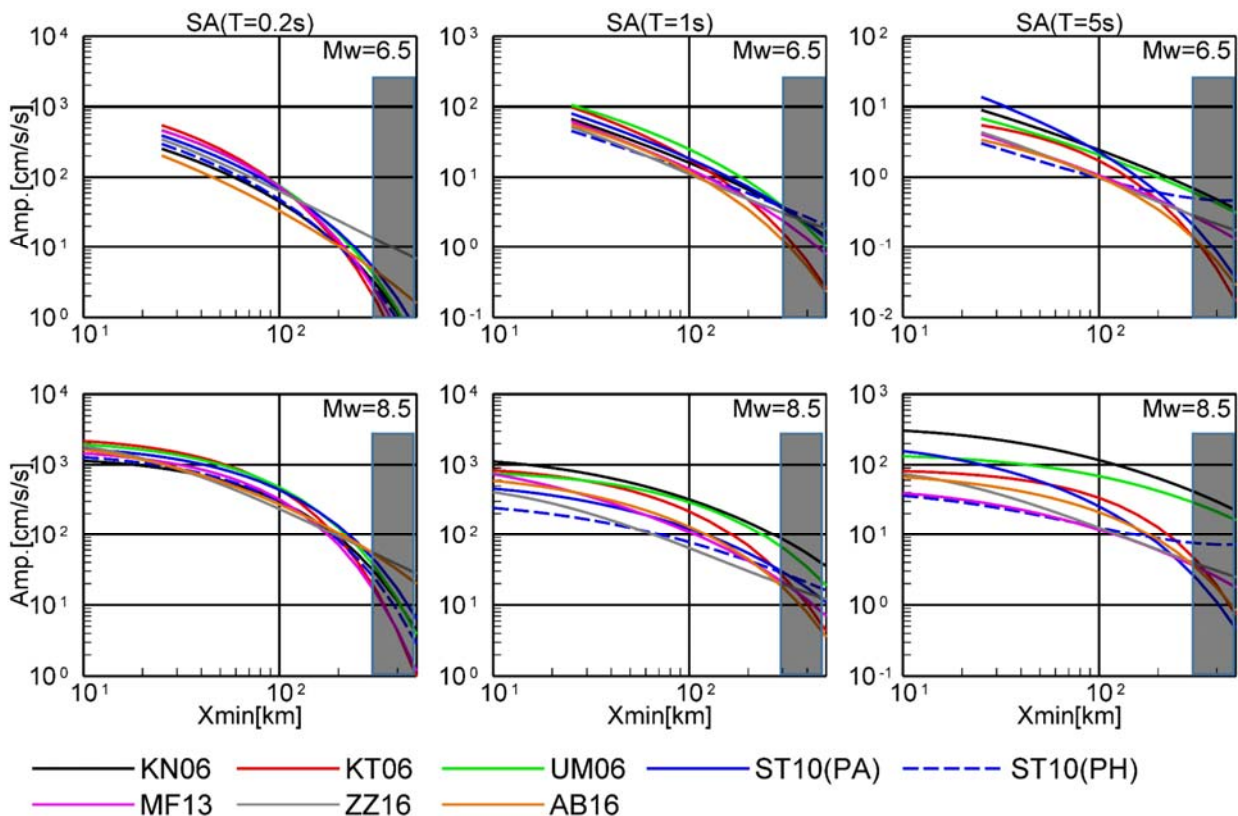
**データの数や範囲も研究者 (=データベース) によって大きく異なる**

# GMPE導出のデータ



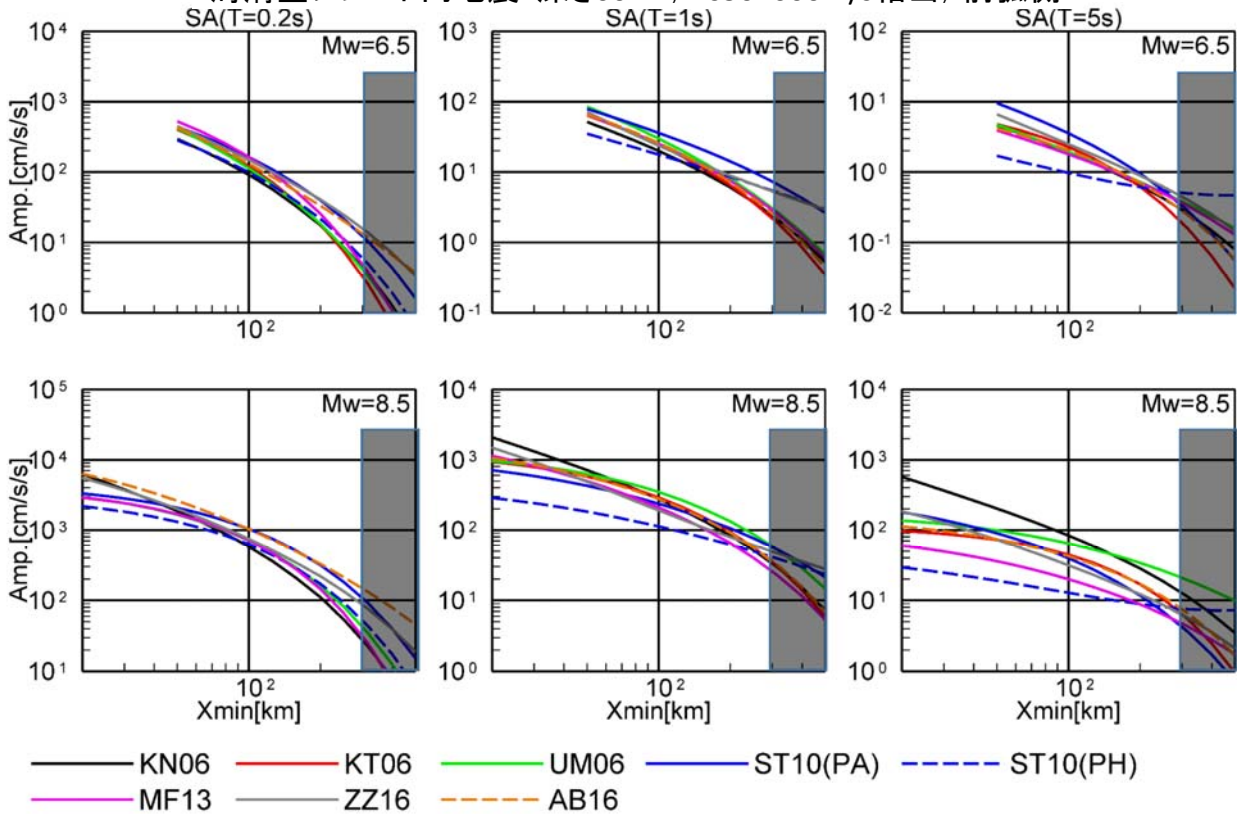
## 日本のGMPEの比較①

海溝型プレート間地震：深さ30km, Vs30=600m/s相当, 前弧側



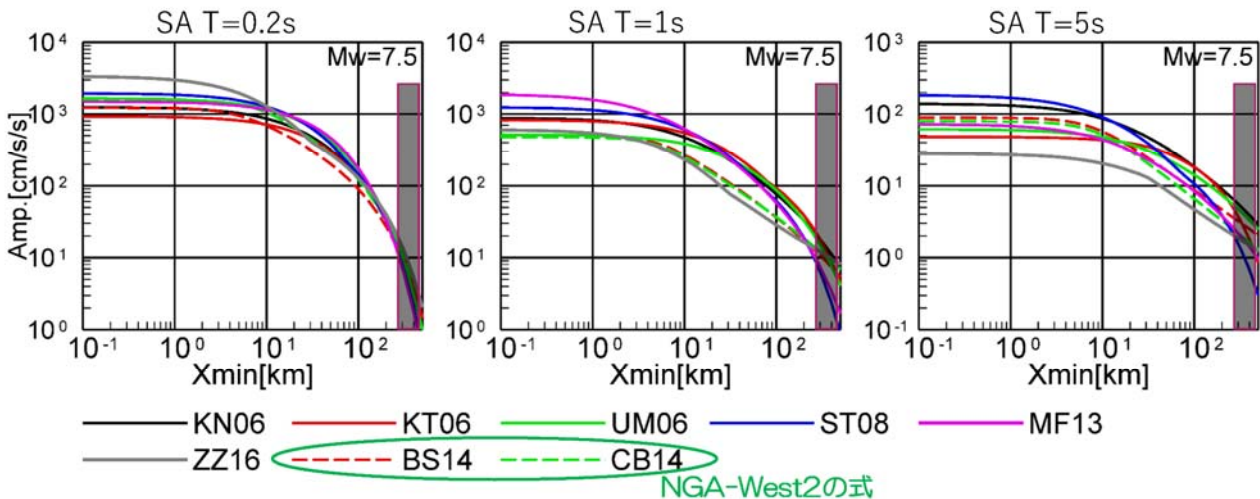
## 日本のGMPEの比較②

海溝型プレート内地震: 深さ60km, Vs30=600m/s相当, 前弧側



## 日本のGMPEの課題 モデル間のばらつき

M7.5地殻内地震: Strike-slip, 震源深さ(H)=10km, Vs30=600m/s相当



日本のGMPEはモデル間のばらつきが大きい。  
確率論的地震ハザード評価において認識論的  
不確定性として処理することができない

家内工業的研究から組織的な研究への変革が必要

# 米国における共通の強震データベース NGA-West2 flatfile (NGA=Next Generation Attenuation)

※NGA-East (Goulet et al., 2014), NGA-Sub (Bozorgnia and Stewart, 2020) もあり

flatfileは公開されている Bozorgnia et al. (2014)

<https://peer.berkeley.edu/research/data-sciences/databases>

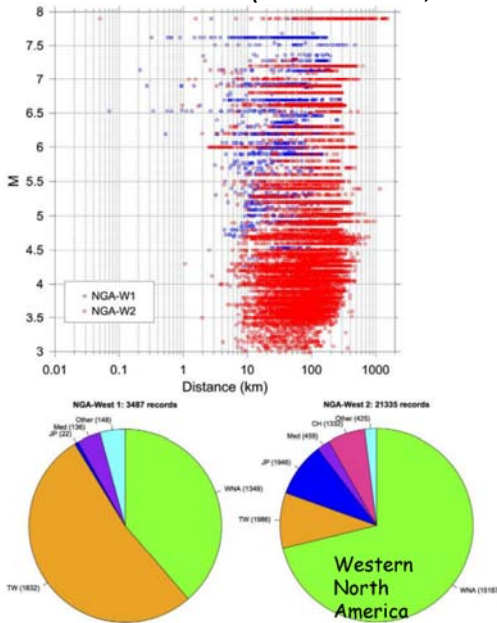
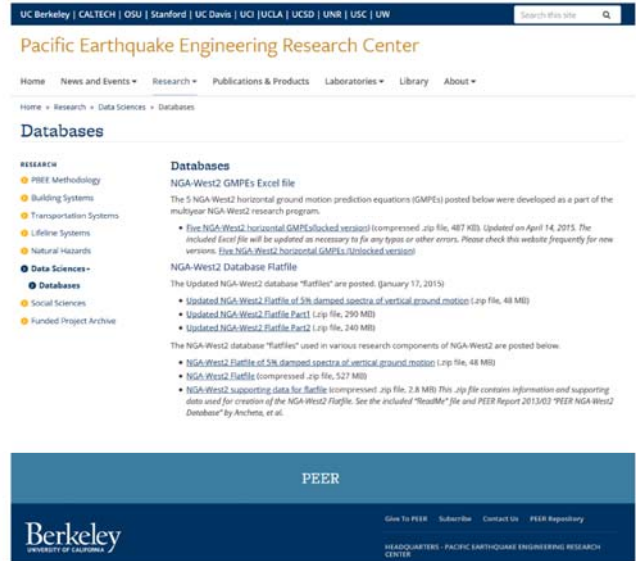
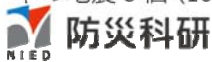


Figure 3. Pie chart of record numbers in the NGA-West1 and NGA-West2 for different regions. CH: China, JP: Japan, Med: Mediterranean, TW: Taiwan, WNA: Western North America (i.e., mostly California).

Ancheta et al. (2014) 600地震 (うち日本の地震5個 (1995-2008 Mw6.6-6.9))



Flatfile: (行)地震 × 観測点数 (列)M, 距離, 各種地震動指標  
Fault info: 断層面位置形状, M  
Site info: 観測点位置, VS30, 検層情報, 地質情報等

## ニュージーランドの Flatfile (Van Houtte, et al., 2017; Kaiser et al., 2017)

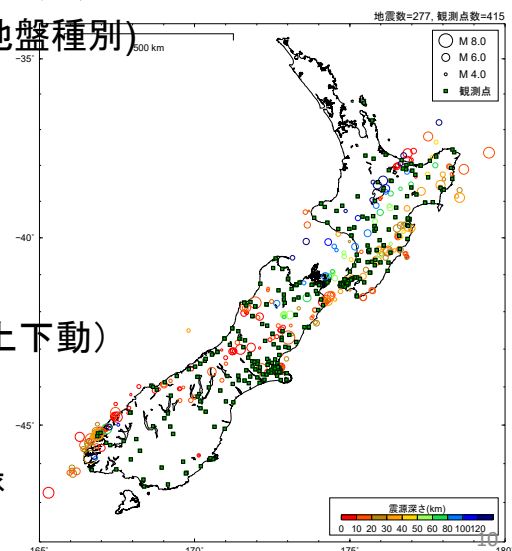
Flatfileに整理されているパラメータの一例

- 震源諸元 (緯度、経度、深さ、M)
- 地震タイプ (Crustal, Interface, Slab)
- 断層タイプ (Strike-slip, Reverse, Normal, Oblique, Unkown)
- 断層パラメータ (Strike, Dip, Rake, L, W)
  - 規模の大きな地震は、推奨の断層モデルが選定されている
- 観測点諸元 (Vs30, Z1.0, Z2.5, NEHRPの地盤種別)
- 距離指標 (断層最短距離, Rjb, Rxなど)
- 上盤効果を考慮する範囲にあるかのフラグ
- 有効周波数範囲

地震動指標

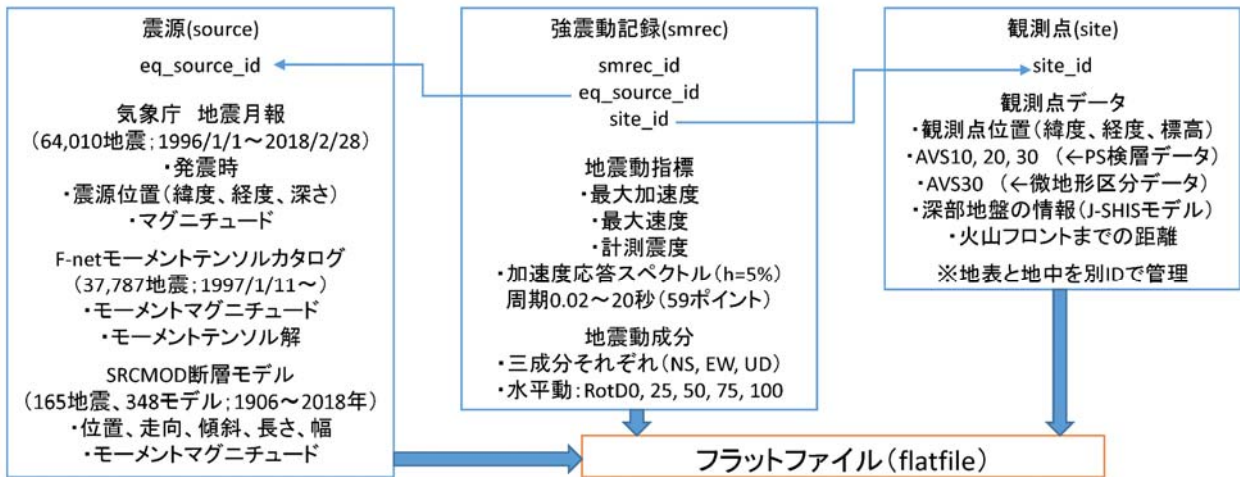
- 加速度応答スペクトル (RotD50、幾何平均、上下動)
- フーリエ振幅スペクトル
- PGA, PGV

277地震、415観測地点、4309記録  
(2017年4月21日 version)



# 「強震動統一データベース」の試作 (森川・他, 2020; JpGU)

K-NET, KiK-netの公開記録 (約100万記録) を対象とした「試作版」を作成  
 → データベースの設計, 方向性の議論, 課題抽出



## 【課題】

- 断層タイプや地震タイプの判定, ノイズデータの除去 → 判定基準の策定, AI化
- 震源断層モデルの選定, 対象とする地震動指標 → 選定基準の策定
- データベースの維持, 管理, 運用 (データ更新・拡充を含む) の枠組みの構築

## 日本の強震動データの現状

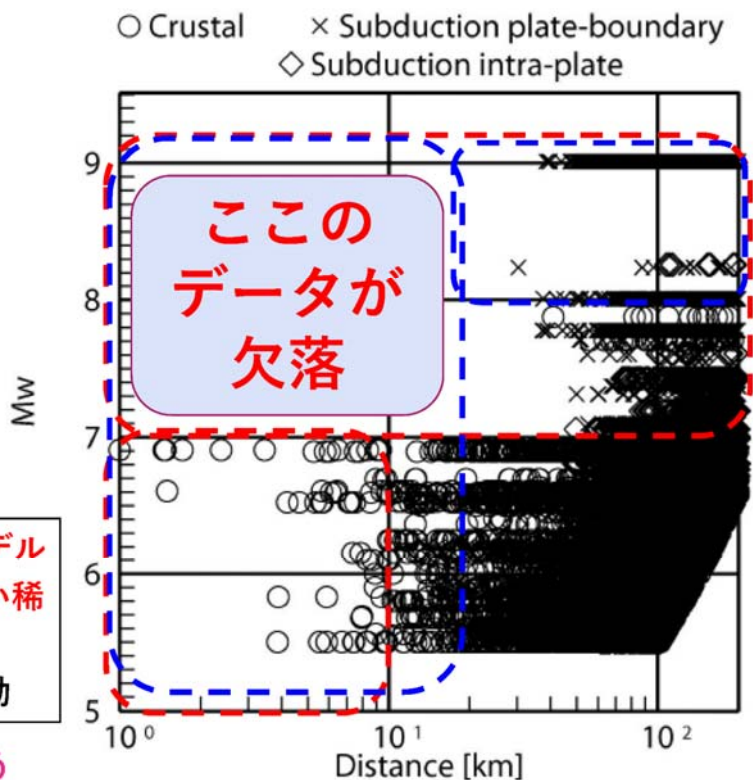
### 海溝型地震 (Subduction)

Mw > 8.0, 震源距離 < 20km  
 のデータが極めて少ない

### 地殻内地震 (Crustal)

Mw > 7.0, 震源距離 < 10km  
 のデータが極めて少ない

巨大地震時の長周期長時間地震動  
 (主に平野部) のデータも不足



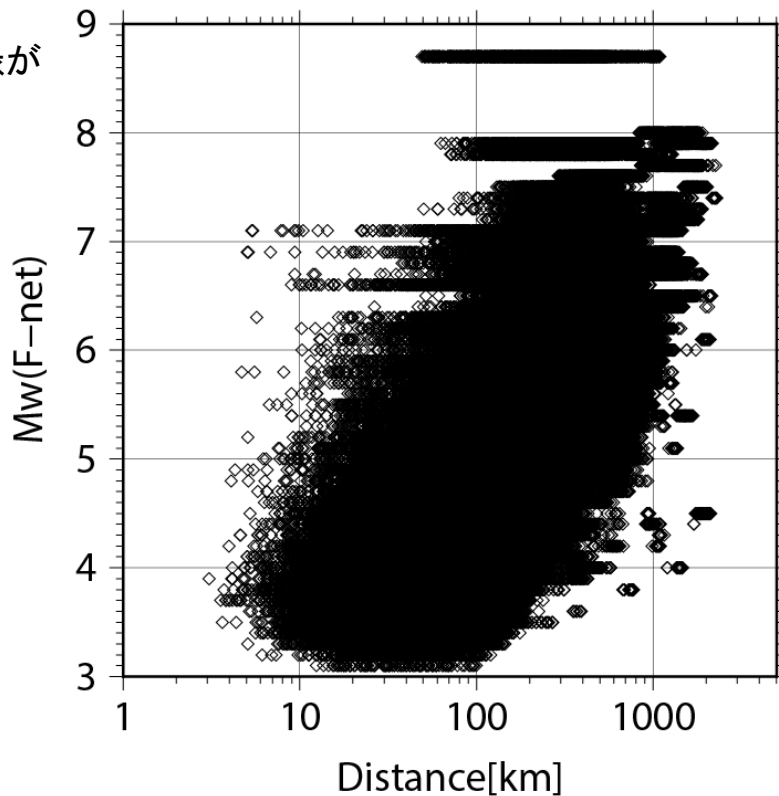
GMPEは観測記録に担保されたモデル  
 だが, 本来予測しなければならない稀  
 な事象はまだ観測されていない  
 巨大地震, 断層近傍, 長周期地震動

⇒シミュレーションで補う

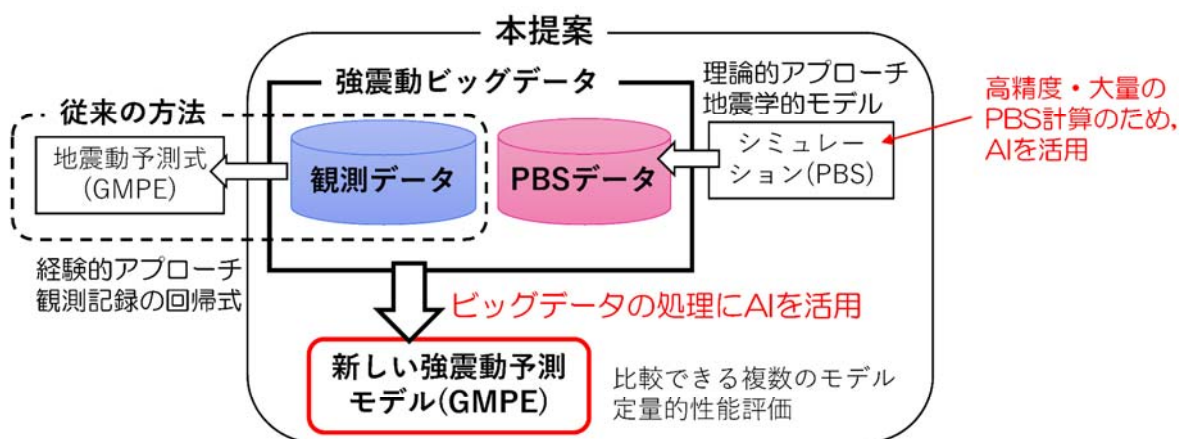
# 日本の強震動データの現状: 試作版DB

2012年以後で10km以内の記録が得られている地震 ( $M_w \geq 6.0$ )

- 2016年熊本地震
- 2014/11/22 長野県北部 (神城断層地震)



## 観測データとシミュレーションデータに基づく新しい強震動予測モデル



- 観測データとPBSデータ (=理論データ) を融合させることにより、低頻度・未経験の事象を含めた「強震動ビッグデータ」を構築し、共通データベース化する。
- 予測性能と実用性の高いデータ駆動型強震動予測モデルを複数構築する

## 【現状の地震ハザード評価・地震動予測における課題】

- 甚大な被害が生じる超巨大地震(M9クラス)や震源断層ごく近傍(断層最短距離数km以内)の地震動予測が必須。
  - 観測記録が極めて少なく, 地震動予測モデルの「認識論的不確定性」を考慮することが必要
- 地震動予測に用いるためのパラメータがモデル間で必ずしも統一されていない。(予測モデル開発の元となる強震動データベースの不統一に由来)
  - 同一条件下での予測モデルの比較および検証ができない
    - 適切なモデルの選定および認識論的不確定性の考慮が現状で極めて困難
- 予測モデル検証のためのデータベースが現存していない
  - モデル開発者それぞれで検証用のデータも作成



共通の強震動データベースに基づいた強震動予測モデルの  
開発および検証・性能評価が必要

## 【課題の解決に向けて】

- パラメータの定義, データ処理手順を統一した共通の強震動データベースの構築が必要
  - K-NET, KiK-netデータを対象とした試作版を作成
- K-NET, KiK-netだけでなく多機関のデータを定期的に更新する枠組みの構築が必要
  - 震度情報ネットワーク(全国約2,900点※の地方公共団体の震度計を含む)のデータは必要不可欠
    - ※ 気象庁ホームページ <https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/intens-st/>
- マグニチュード9クラスの地震や震源断層ごく近傍のデータ整備が必要
  - ・強震観測そのものの継続(断層ごく近傍についてはできれば拡充)
  - ・地震動シミュレーションデータの活用(→データベース構築)
  - ・海外データ活用のための枠組みの構築(→海外機関との連携)



・目的に応じた地震動予測モデルの選定や検証  
・「強震動ビッグデータ」としてAIも活用した予測モデルの開発