

# 多様なニーズに対応する 長周期地震動の予測技術について

～長周期地震動と建物の揺れの即時的な予測～

# これまでの検討経緯について

(これまでの経緯の詳細は参考資料 1 及び 2 参照)

## 【第 1 回WG (平成29年3月15日開催)】

- ・WG設置の経緯や検討事項、今後のスケジュール等を説明。また、久田委員から予測技術や利活用の事例紹介があり、青井委員からはリアルタイムで行う長周期地震動の予測について説明いただいた。

## 【第 2 回WG (平成29年6月28日開催)】

- ・第1回WGでの議論を踏まえ、想定される情報やデータを時系列でカテゴリー 1 ～ 3 に整理。
- ・予測情報のニーズ、それらに必要なデータ・技術について、WG委員へのアンケート結果をカテゴリー毎に整理。大庭委員及び土橋委員から情報の利活用の具体例を説明いただいた。

## 【第 3 回WG】

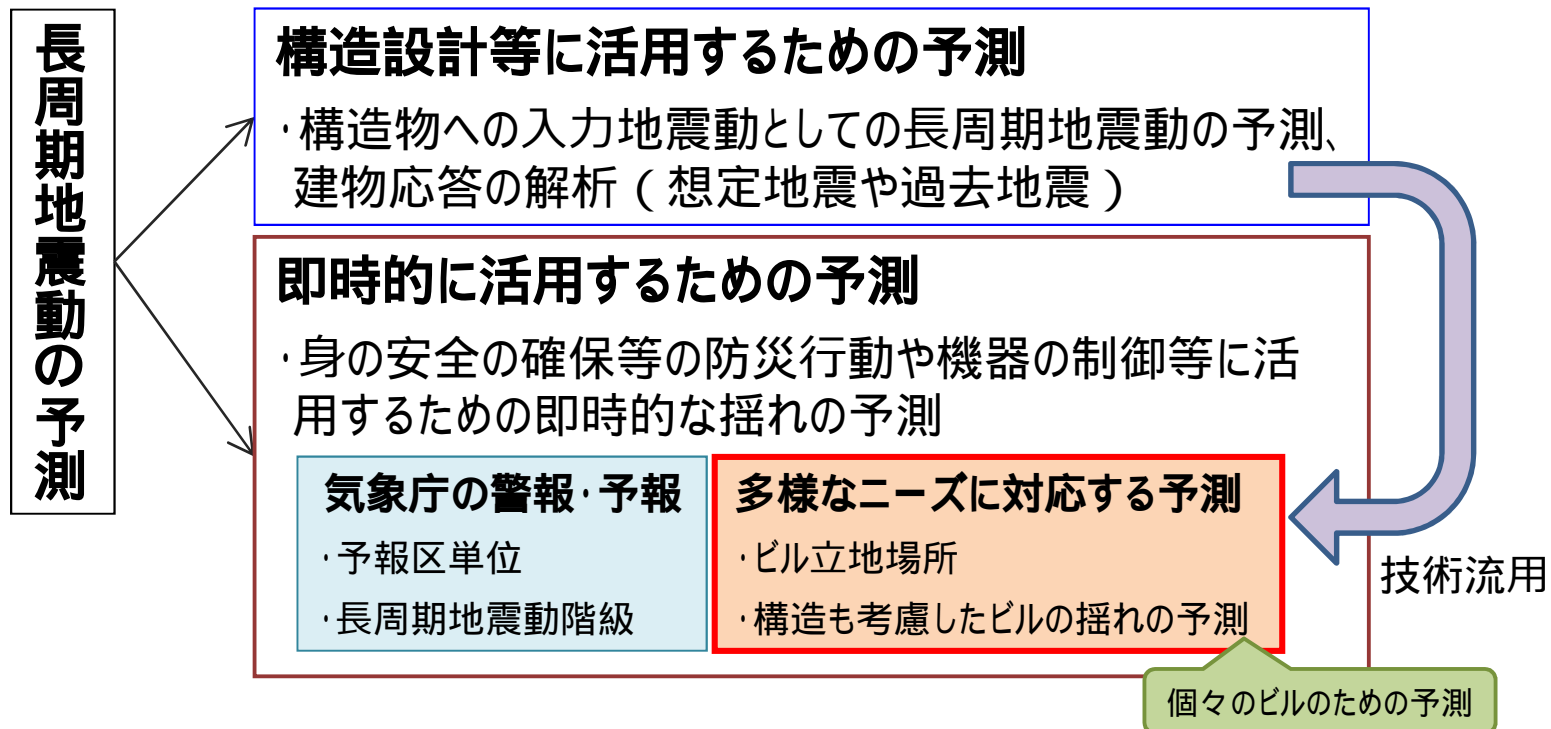
- ・第2回WGでの予測情報のニーズ、必要なデータ・技術の整理を踏まえ、予測に必要な具体的な技術手法の検討を行う。
- ・今回は、個別ビルを対象とした予測であるカテゴリー 2 及び 3 (事業者等により作成)の予測技術を検討する。

## 【第4回・第5回WG】

- ・実証実験の成果 (利活用方策や技術の検証結果) の整理
- ・報告書のとりまとめ

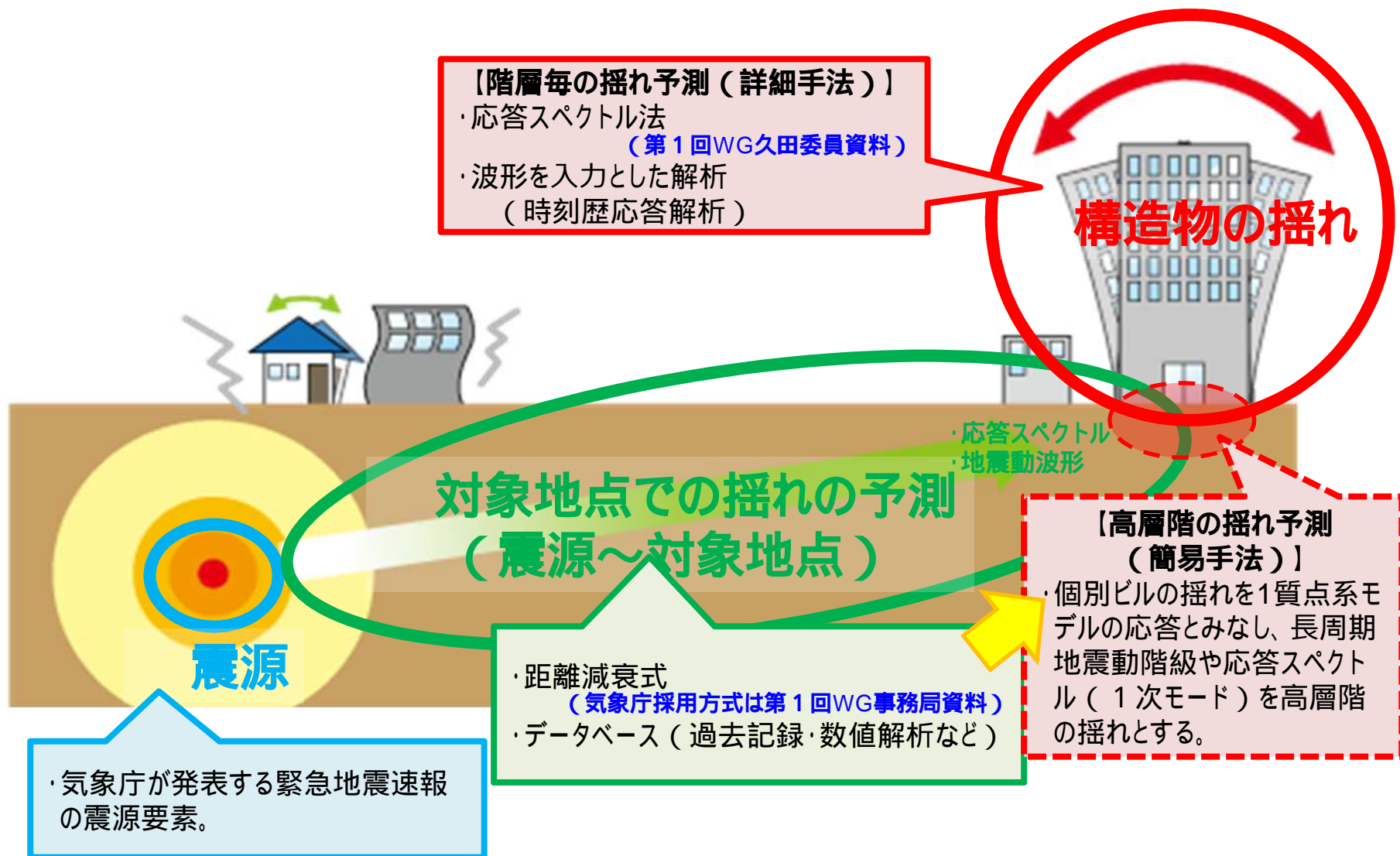
# 多様なニーズに対応する長周期地震動の予測技術について

- ・WGの目的にありとおり、多様なニーズに対応する長周期地震動の予測を行うためには、建物の構造などを踏まえた長周期地震動の予測技術の検討・検証が必要。
- ・建築分野等では、構造設計等に活用するための長周期地震動の予測や建物応答の解析などが行われているが、本WGでは、身の安全の確保や機器制御等への即時的な活用を目的とした、予測技術について検討を行う。



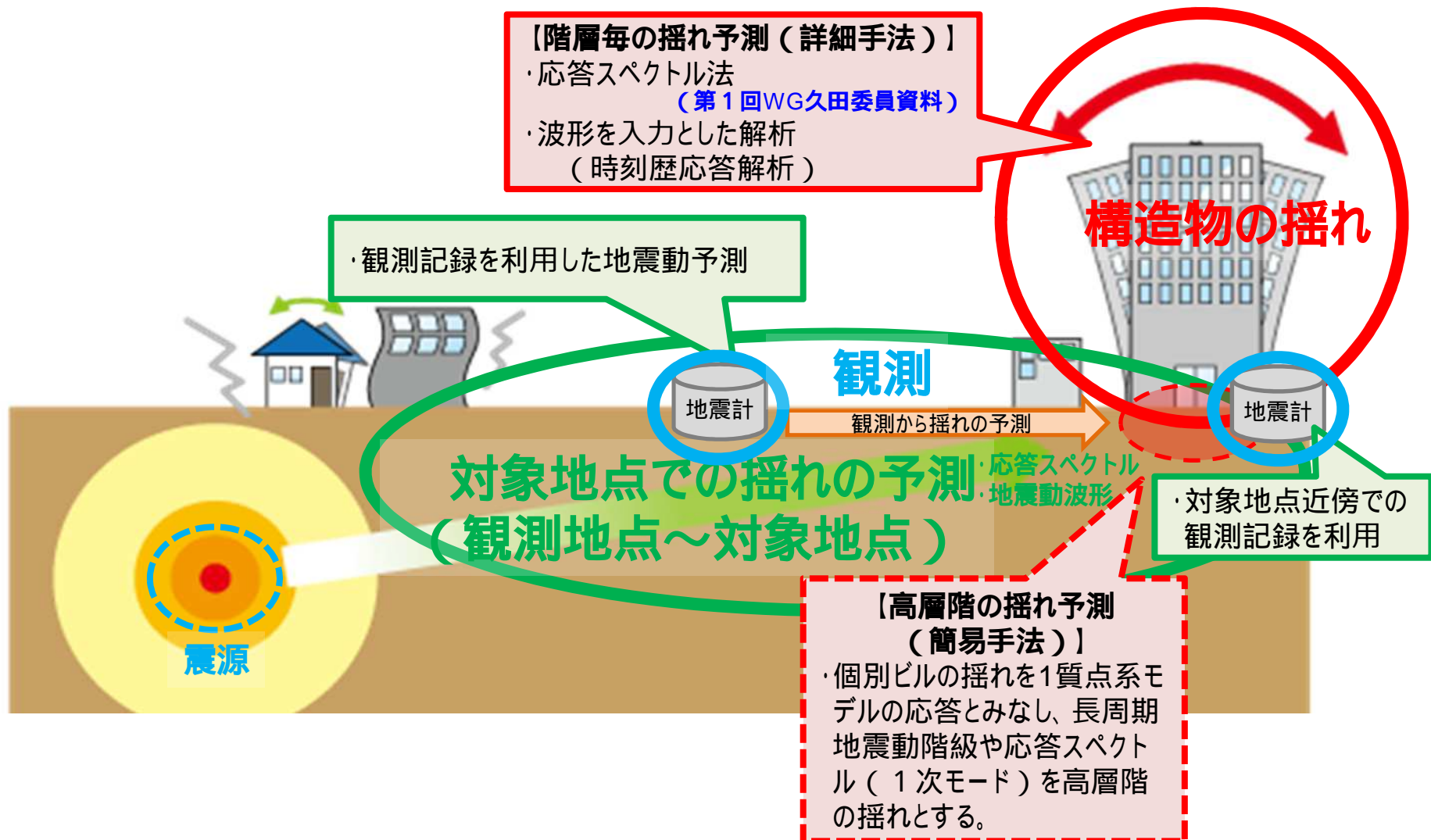
# 個々のビルのための即時的な予測技術のイメージ（カテゴリー 2）

【カテゴリー 2】気象庁が発表する震源要素を基に事業者等が予測



# 個々のビルのための即時的な予測技術のイメージ（カテゴリー 3）

【カテゴリー 3】周辺地点や対象地点での観測波形を利用した揺れの予測



# 震源

## 緊急地震速報で発表する震源要素

- ・緊急地震速報（予報）には、即時的に推定した震源要素が含まれる。これを用いることで長周期地震動の揺れも即時的に予測することが可能となる。

### 【緊急地震速報（予報）の発表・更新条件】

- ・いずれかの地震観測点において、P波またはS波の振幅が100ガル以上となった場合。
- ・地震計で観測された地震波を解析した結果、震源・マグニチュード・各地の予測震度が求まり、そのマグニチュードが3.5以上、または最大予測震度が3以上である場合。
- ・更新報は、震源要素や予測震度に一定以上の変化があった場合等に発表される。

### 【震源要素の内容】

- ・緯度、経度（0.1度単位）
- ・深さ（10km単位）
- ・マグニチュード（M）

### 平成28年11月22日05時59分福島県沖の地震での発表例

報数	時間 (秒)	震源要素等			
		震源要素			
		北緯	東経	深さ	M
1	7.9	37.4	141.3	30km	6.0
2	10.1	37.3	141.7	10km	6.4
3	10.2	37.3	141.7	10km	6.4
4	13.8	37.3	141.7	10km	6.3
5	15.3	37.3	141.6	10km	6.2
6	16.5	37.3	141.6	10km	6.5
7	30.2	37.3	141.6	10km	6.8
8	35.7	37.3	141.6	10km	7.1
9	55.0	37.3	141.6	10km	7.3
10	75.0	37.3	141.6	10km	7.3
11	76.3	37.3	141.6	10km	7.3



震央の位置の推移

(数字は報数。 事後解析で決定した最終的な位置)

地震検知からの経過時間

# 揺れの伝播（震源～対象地点）

## 気象庁が採用する長周期地震動の予測手法（距離減衰式）

（詳細は第1回WG資料を参照）

- ・緊急地震速報で推定された震源を用いて、距離減衰式から即時的に予測地点の揺れを予測。
- ・検討会での議論により、気象庁が長周期地震動階級を予測する際には、Dhakai et al.(2015)による絶対速度応答スペクトル をする手法を採用。

長周期地震動階級は、長周期地震動による行動の困難さなどの状況を区分しやすい観測値が最大床応答であるため、絶対速度応答スペクトルを用いて算出。

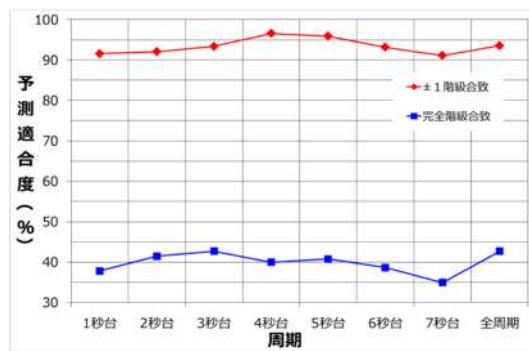
補正係数は、以下のどちらかを用いる  
観測記録から統計的に得られる補正係数  
地盤情報から推定される補正係数

$$\log_{10} Sva(T) = c(T) + a(T)M_j - \log_{10} R - b(T)R + \text{siteFactor}(T)$$

絶対速度応答値    定数c    係数a    マグニチュード    震源距離    係数b    予測点毎の補正係数

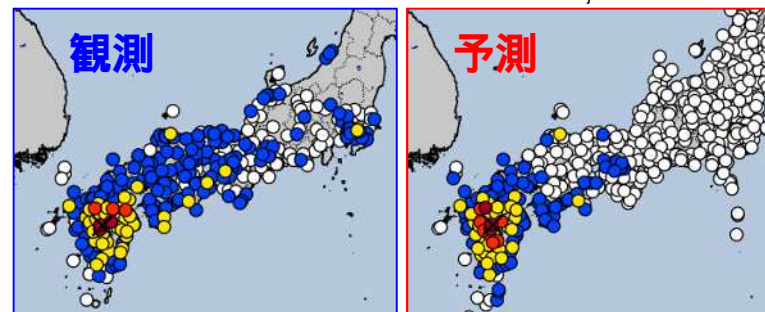
(T)は周期毎であることを示す

・周期は1～10秒。減衰定数は5%。



観測点単位での予測適合度

平成28年（2016年）熊本地震の例  
（4月16日01時25分 熊本県熊本地方（ $M_j$  7.3））



観測点単位での  
予測適合度  
±1階級合致 98.31%  
完全階級合致 36.70%

Dhakai, Y. P., W. Suzuki, T. Kunugi, and S. Aoi (2015), Ground Motion Prediction Equations for Absolute Velocity Response Spectra(1-10s) in Japan for Earthquake Early Warning, 日本地震工学会論文集, 15巻, 91-111ページ.

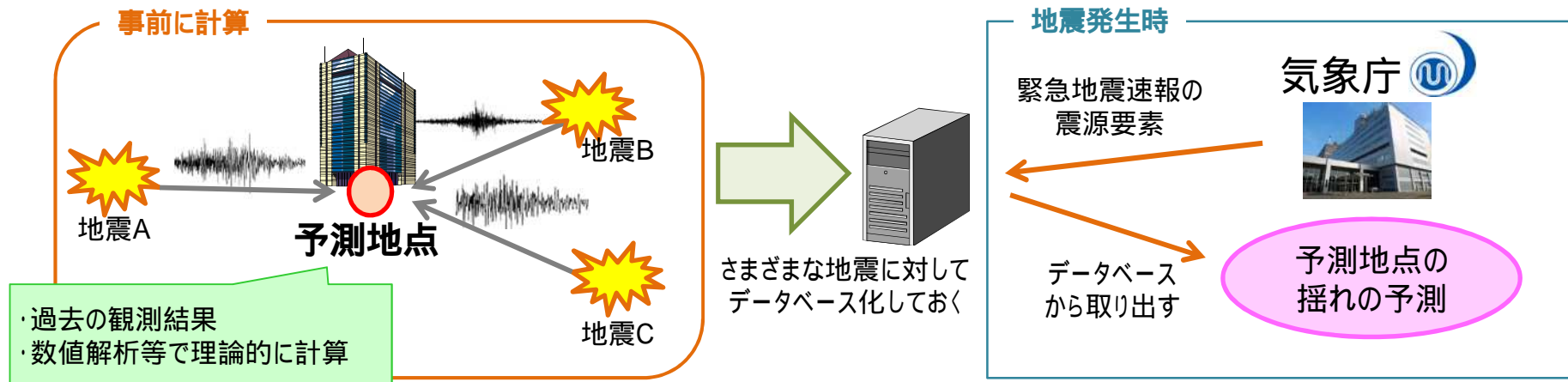
- ・応答スペクトル等の距離減衰式は、使用目的に応じて様々なタイプのものが提案されている。



# 揺れの伝播（震源～対象地点）

## データベースを用いた予測（概念イメージ）

- ・予測地点に対し、過去の観測結果や、想定される震源で地震が発生した場合の揺れ（波形含む）を数値解析等で理論的に計算し、データベース（カタログ）化しておく。
- ・緊急地震速報の震源要素をキーとして、データベースから予測結果を取り出す。



## 観測記録を利用した地震動予測

- ・波動場の理論等を用いて、実時間の観測データから予測地点の波形を予測する技術。
- ・実時間の観測データから、観測点間の伝達関数等を用いて、予測地点の揺れを予測する技術。



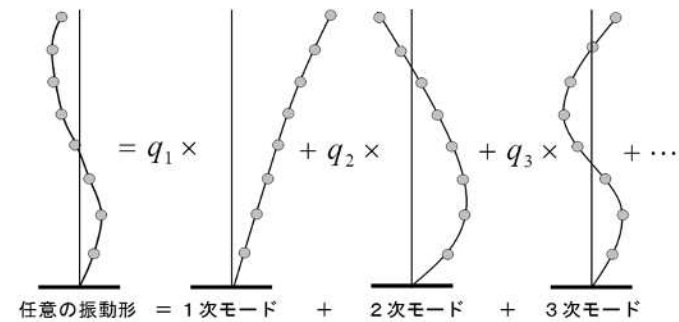


# 建造物の揺れ

## 応答スペクトル法 【階層毎の揺れ（詳細手法）】

（詳細は第1回WG久田委員資料を参照）

- ・ 応答スペクトルから、建物応答の最大値を推定。各階の揺れの推定が可能。
- ・ ただし、高次モードを考慮するためには、短周期側の予測結果も必要となる。



（第1回WG久田委員資料より）

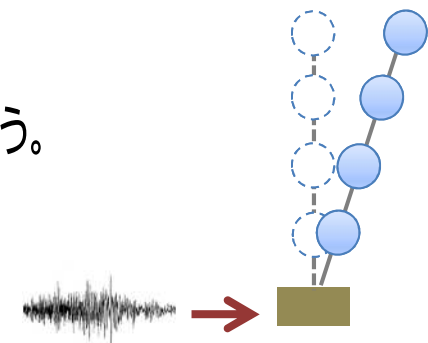
## 個別ビルの揺れを1質点系モデルの応答（1次モード）として扱う

【高層階の揺れ（簡易手法）】

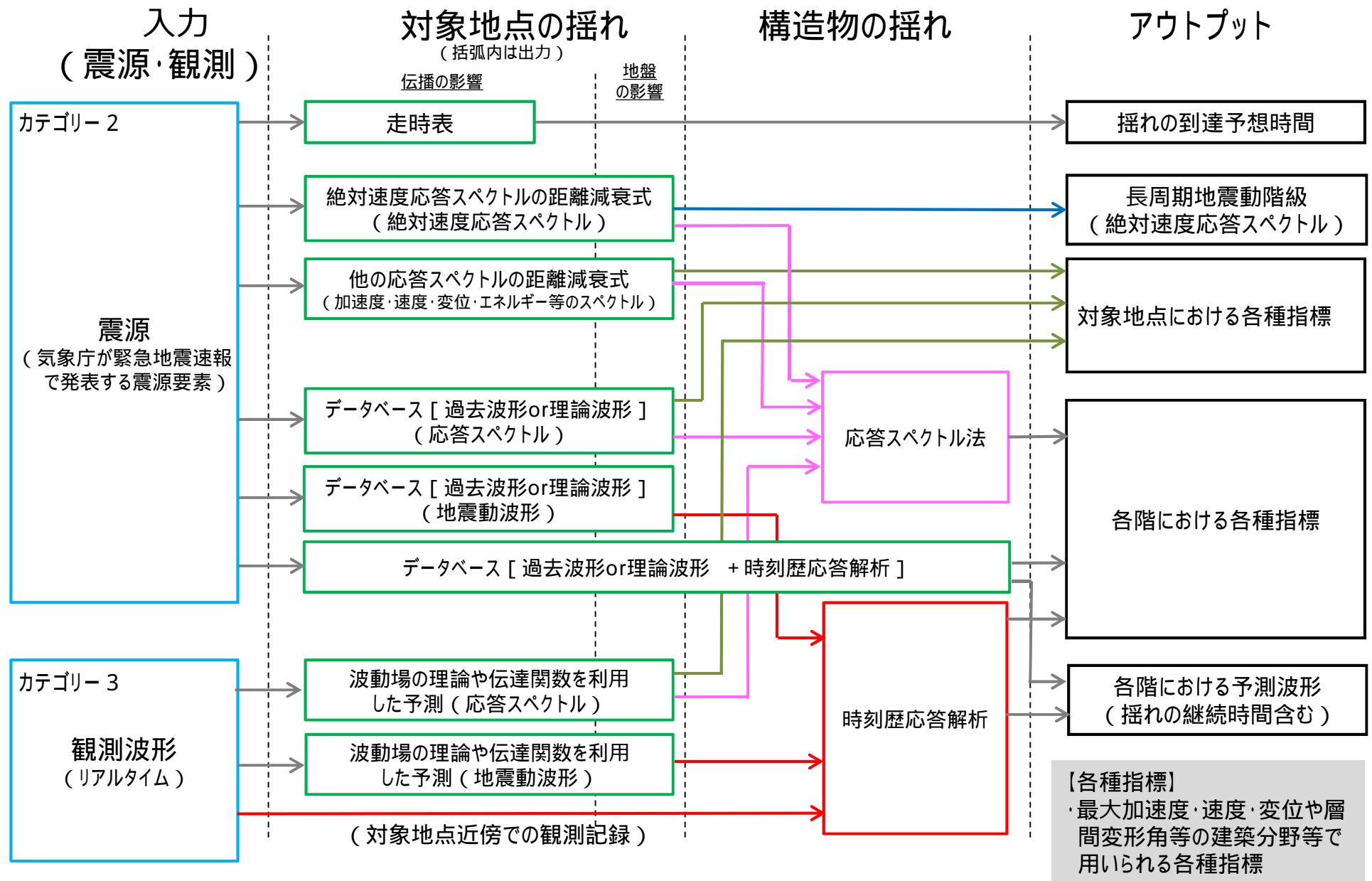
- ・ 対象地点の長周期地震動階級や各種応答スペクトル（= 1次モード）から、対象となる建造物の周期の値を取り出すことで、建造物の揺れとして扱う。

## 時刻歴応答解析 【階層毎の揺れ（詳細手法）】

- ・ モデル化した建造物に地震動波形を入力し、応答解析を行う。



# 予測技術の整理（案）



即時的な利用を目的とした場合、

長周期地震動や建物の揺れの予測技術は、前ページのような整理でよいか？

- ・それぞれの技術手法の詳細について補足や解説等あればいただきたい。
- ・表には整理されていない、他の考慮すべき技術等があれば教えていただきたい。（例：建物と地盤の動的相互作用など）