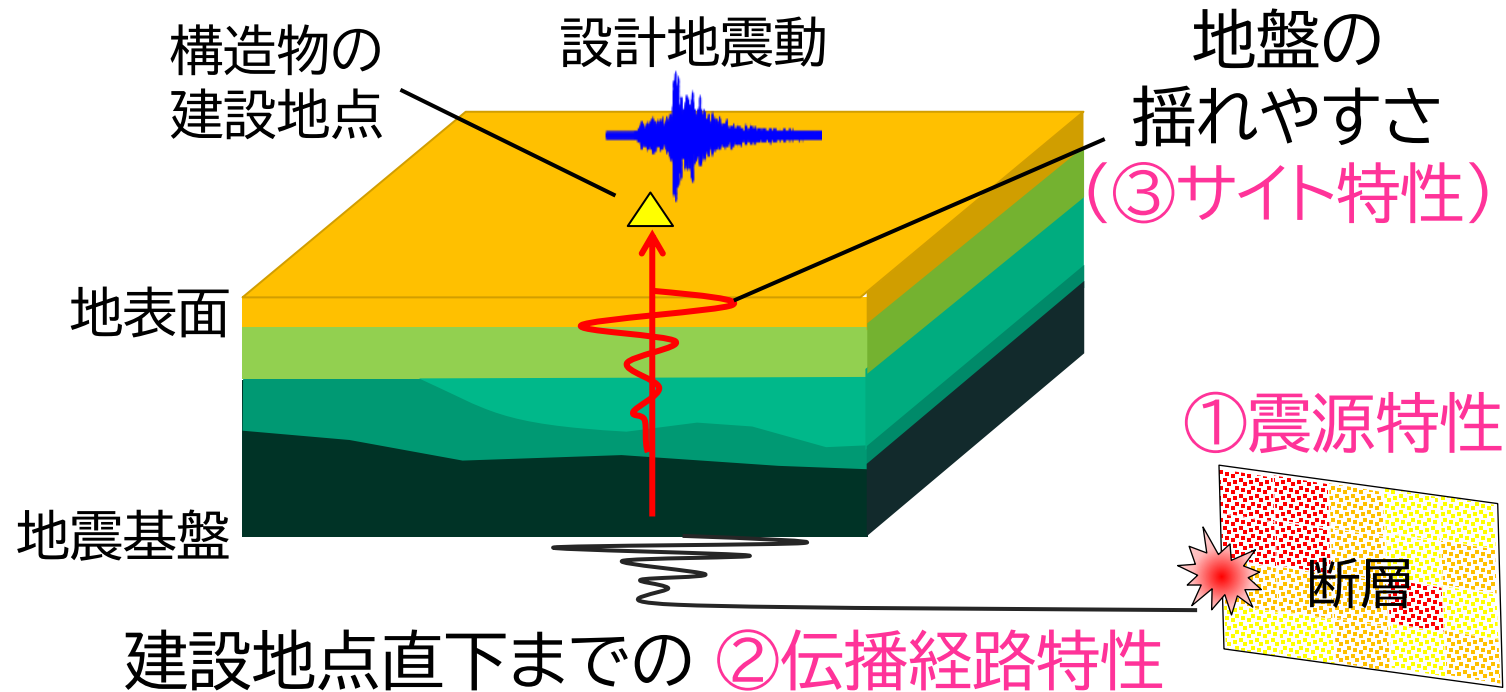


建設地点毎の継続時間特性を 反映した設計地震動の算定法

鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室
研究員 杉山 佑樹

○背景

- 設計地震動の算定 → 建設地点固有の詳細な検討（強震動予測手法）



- 算定に専門知識が必要, かつ様々な設定や計算に手間がかかる
➡ 効率的な設計地震動算定法を構築し, 新たに継続時間特性も考慮可能に

1. はじめに
2. 効率的な設計地震動算定とサイト特性について
3. サイト増幅&位相を用いた設計地震動の算定
4. まとめと成果の活用

1. はじめに
2. 効率的な設計地震動算定とサイト特性について
3. サイト増幅&位相を用いた設計地震動の算定
4. まとめと成果の活用

1.1 鉄道構造物の耐震設計 ―標準L2地震動―

Railway Technical Research Institute

平成24年鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)

L2地震動は、強震動予測手法に基づき
地点依存の地震動として算定するものとする。

→ 以下の条件に当てはまらない場合は →

- ① $M_w=7.0$ よりも大きな震源域が建設地点近傍に確認される場合
- ② 耐震設計上の基盤面より深い地盤構造の影響によって
地震動の著しい増幅が想定される場合

詳細な検討

建設地点固有の設計地震動

簡易な手法

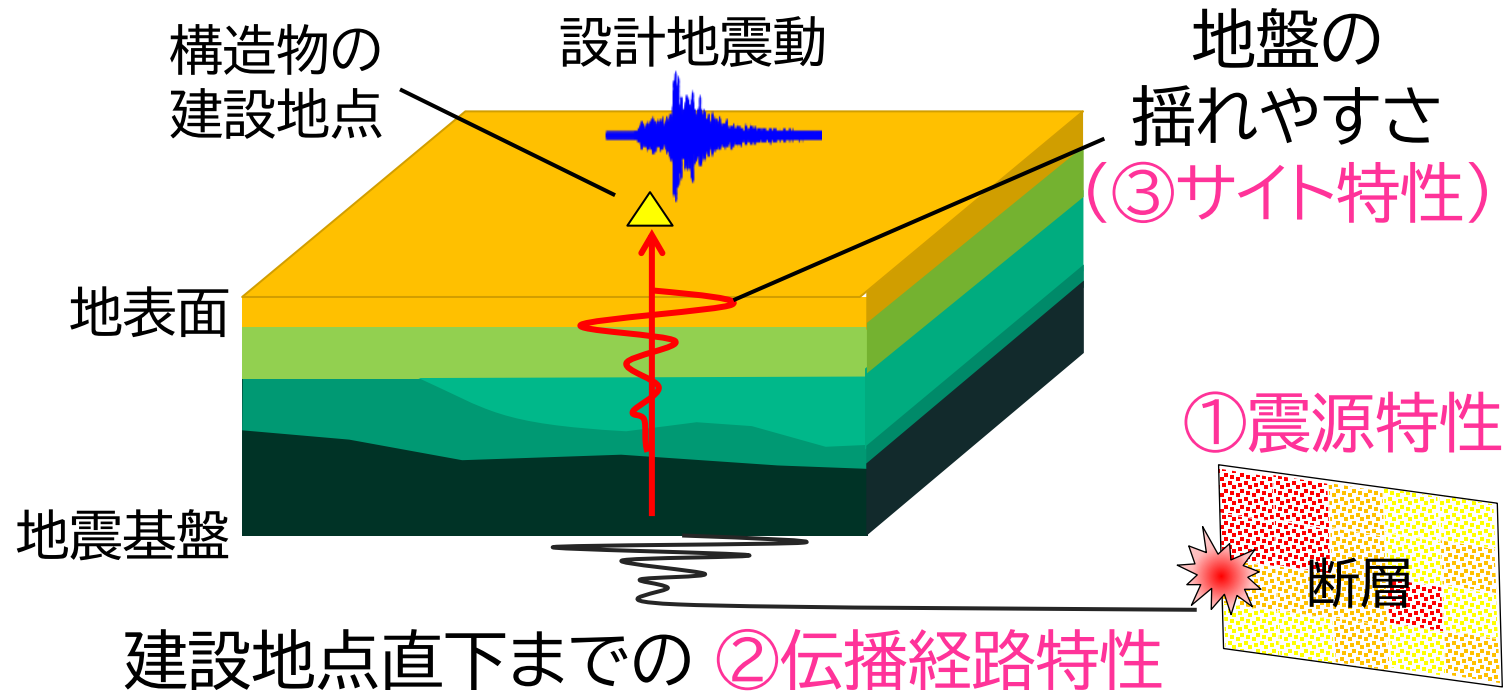
標準L2地震動

(日本全国で適用→安全側)

1.1 鉄道構造物の耐震設計 — 強震動予測手法 —

Railway Technical Research Institute

- 詳細な検討：強震動予測手法



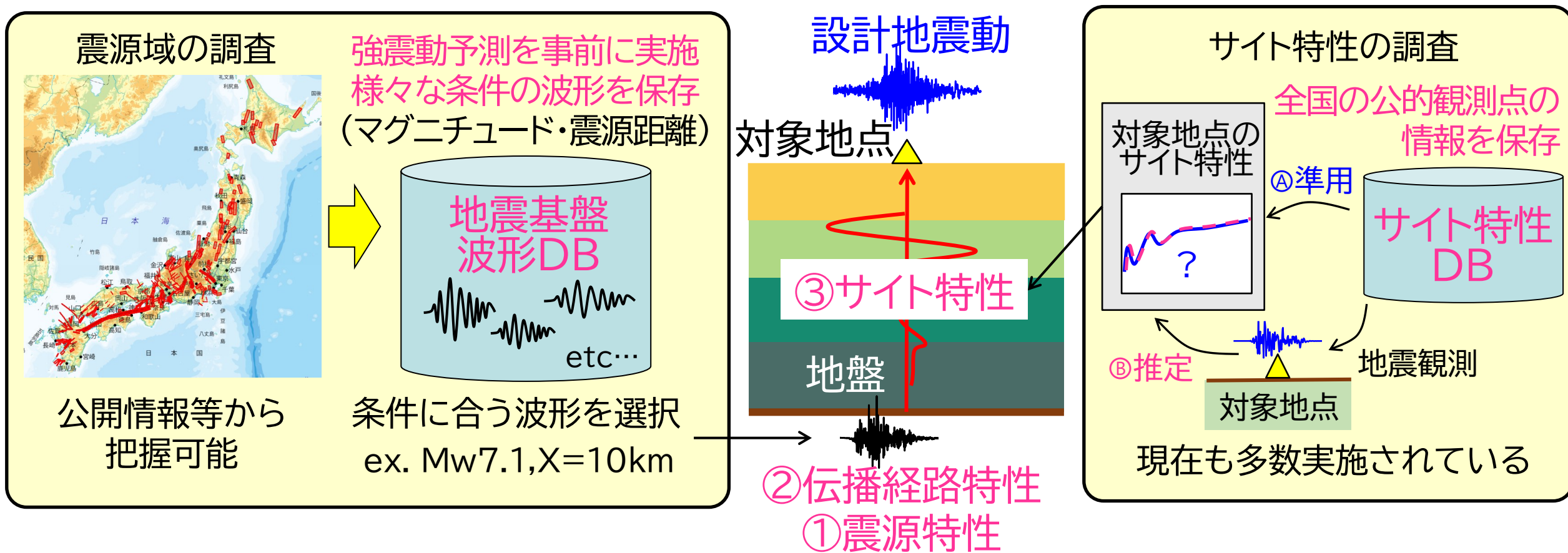
- 算定に**専門知識が必要**, かつ様々な**設定や計算に手間**がかかる

➡ **効率的な設計地震動算定法**を構築し, 新たに**継続時間特性**も考慮可能に

1. はじめに
2. 効率的な設計地震動算定とサイト特性について
3. サイト増幅&位相を用いた設計地震動の算定
4. まとめと成果の活用

2.1 効率的な設計地震動算定

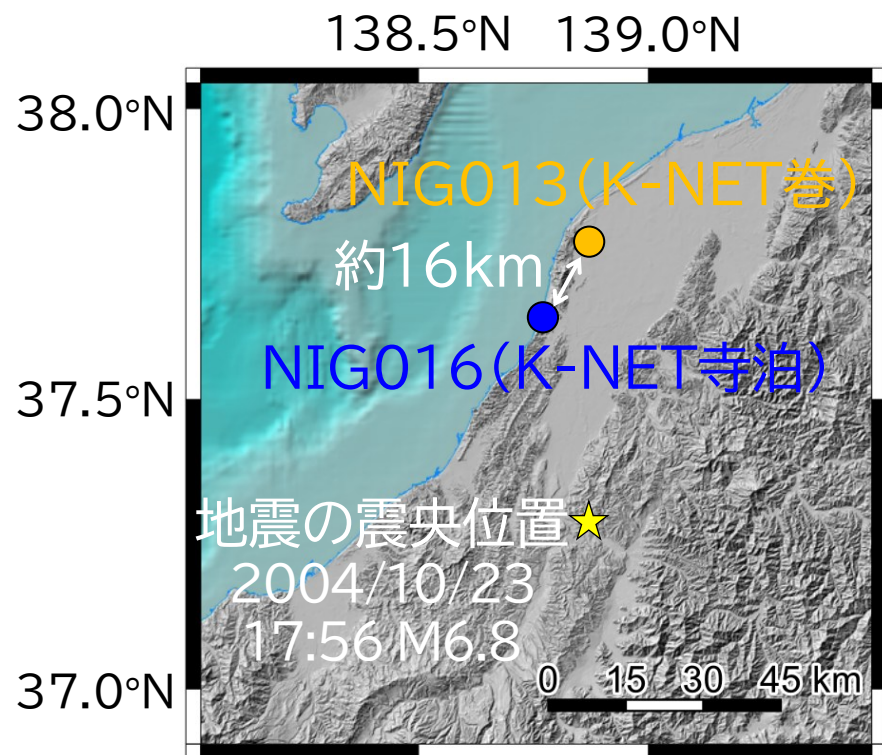
○ 現在, 各種データベースを構築し, 効率的に設計地震動を算定可能に



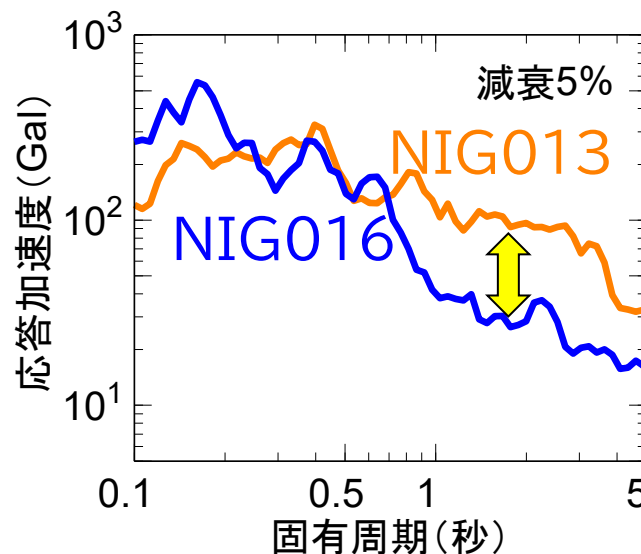
➡ 震源と距離を設定すれば, あとはサイト特性を考慮するだけ

2.2 地震記録に見るサイト特性

○2004年 新潟県中越地震の例

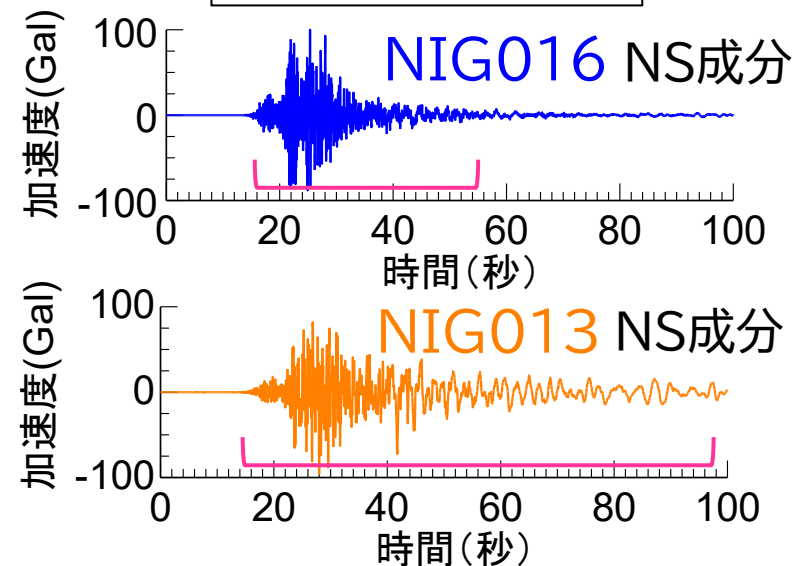


応答スペクトル



①振幅特性の違い

加速度波形



②継続時間の違い

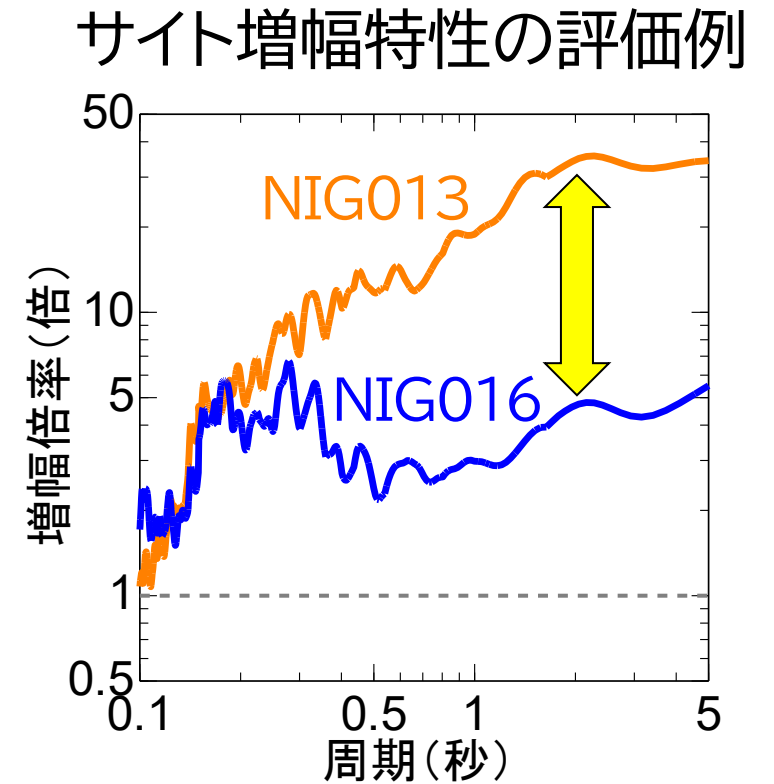
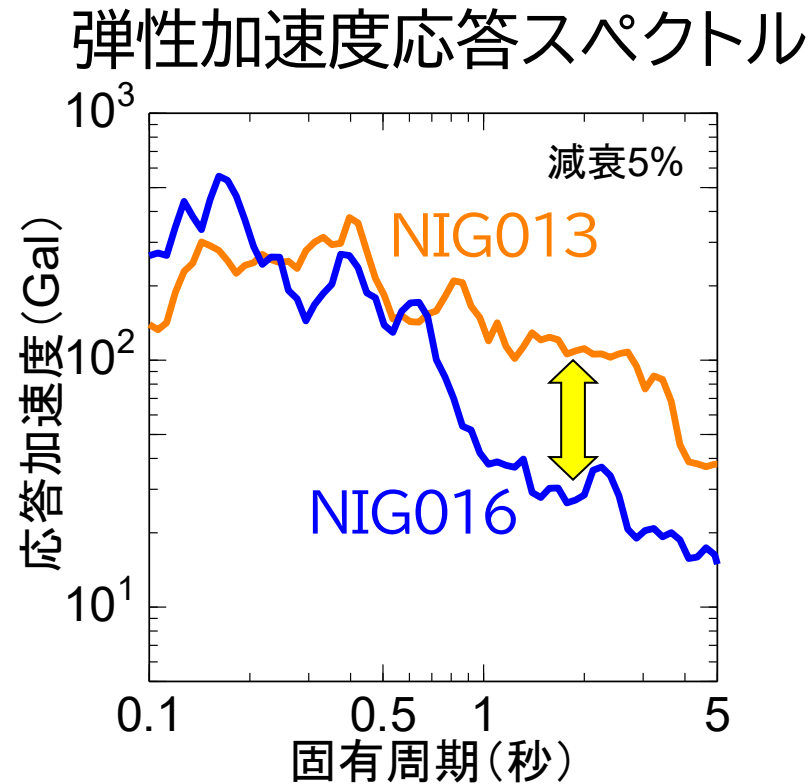
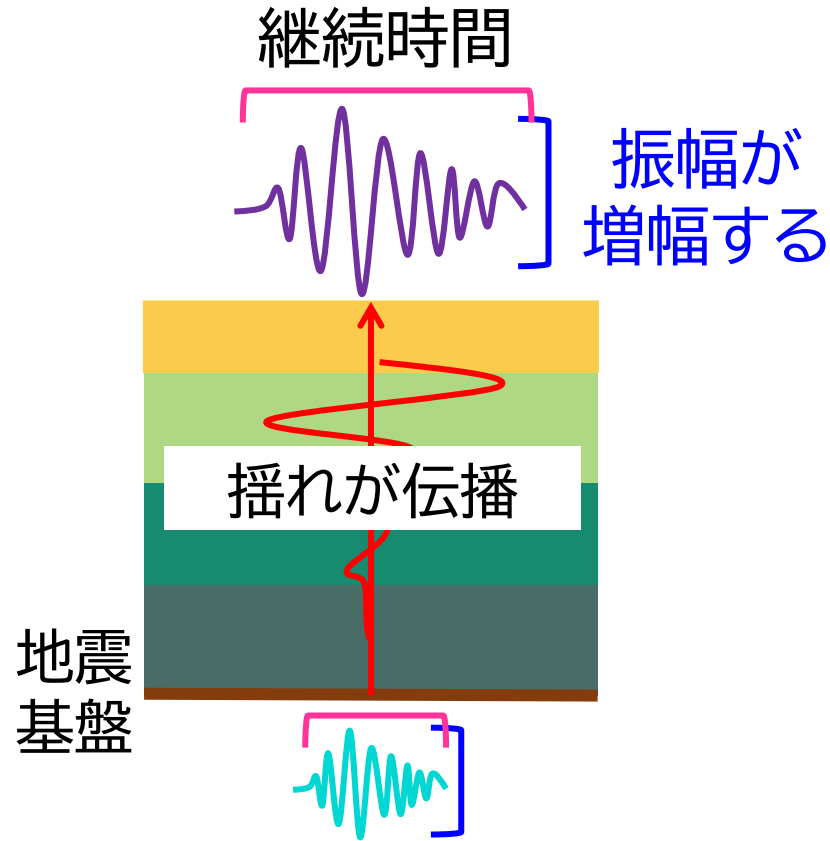
同じ地震でも地点により
地震動の特性が大きく異なる



地点ごとのサイト特性を適切に考慮した
設計地震動評価が重要

2.3 地点ごとのサイト特性 -サイト増幅特性-

Railway Technical Research Institute

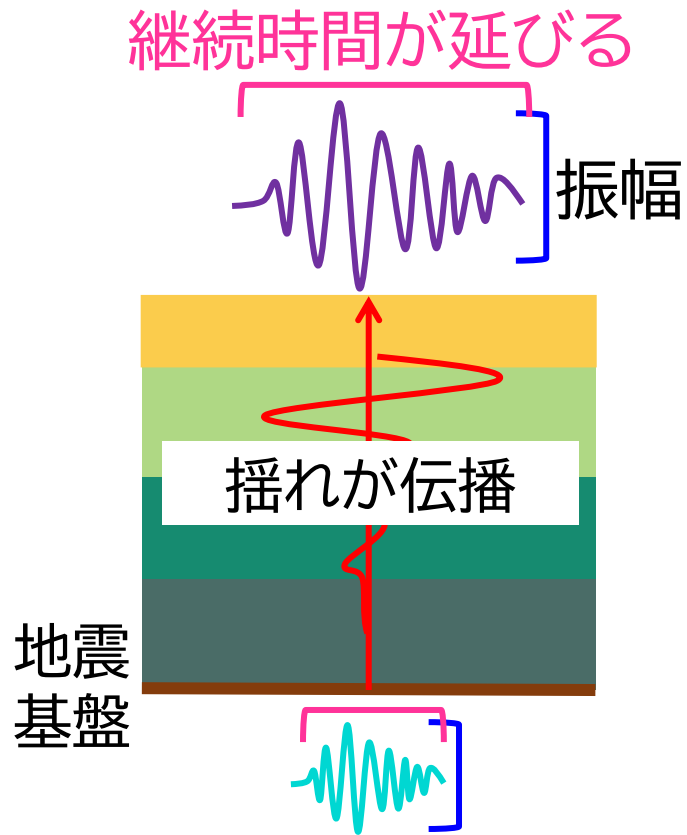


- サイト増幅特性の違いが地点ごとの応答スペクトルに表れている

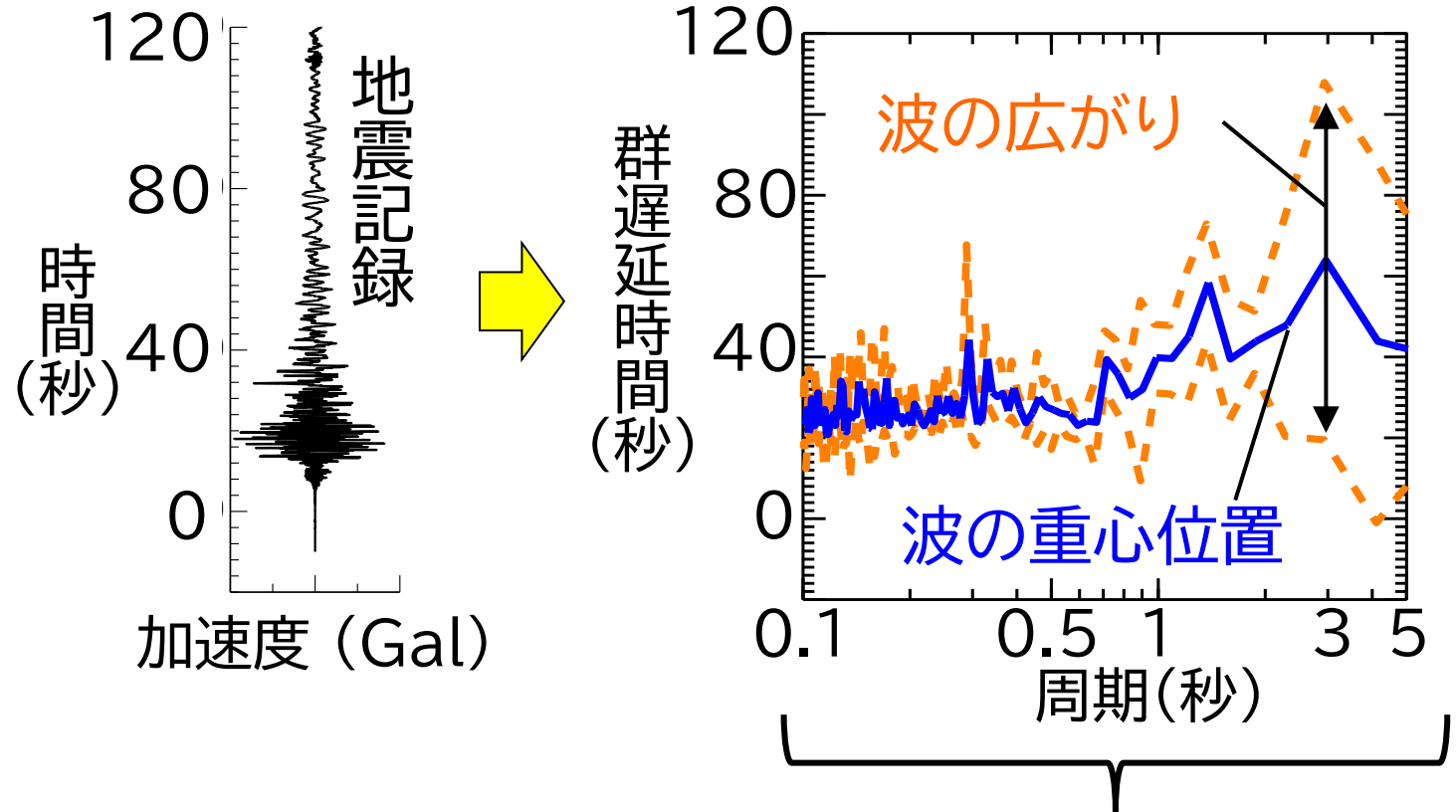
➡ サイト増幅特性により、**各地点の振幅特性**を考慮可能

2.3 地点ごとのサイト特性 -サイト位相特性-

Railway Technical Research Institute



継続時間の特性(群遅延時間)の算定例

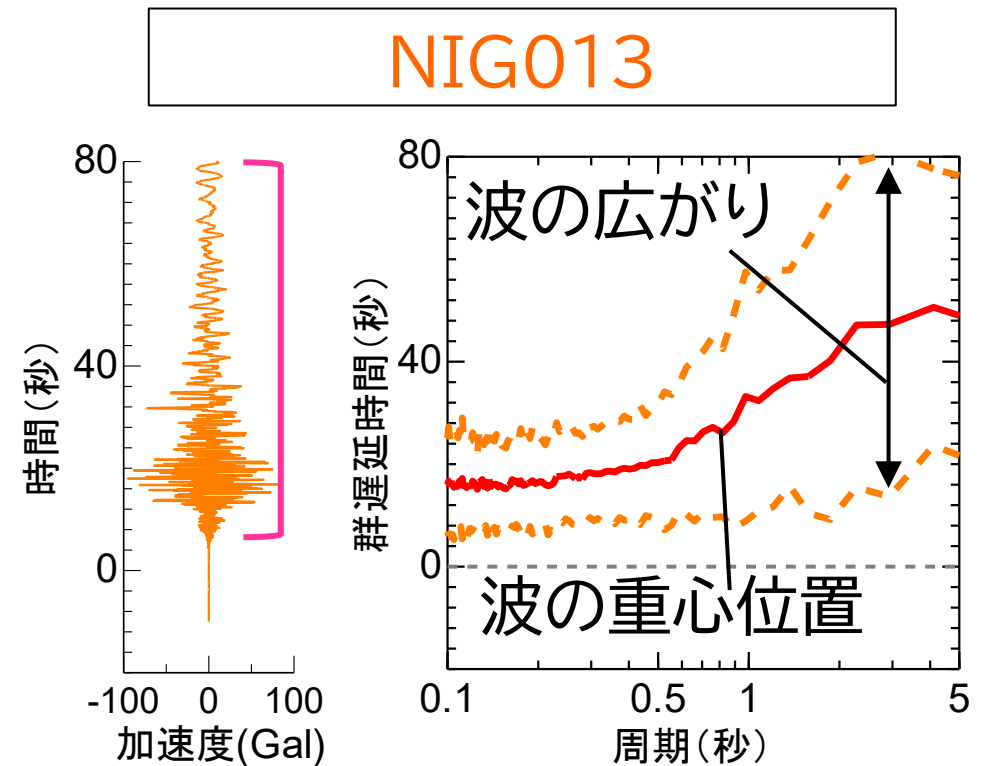
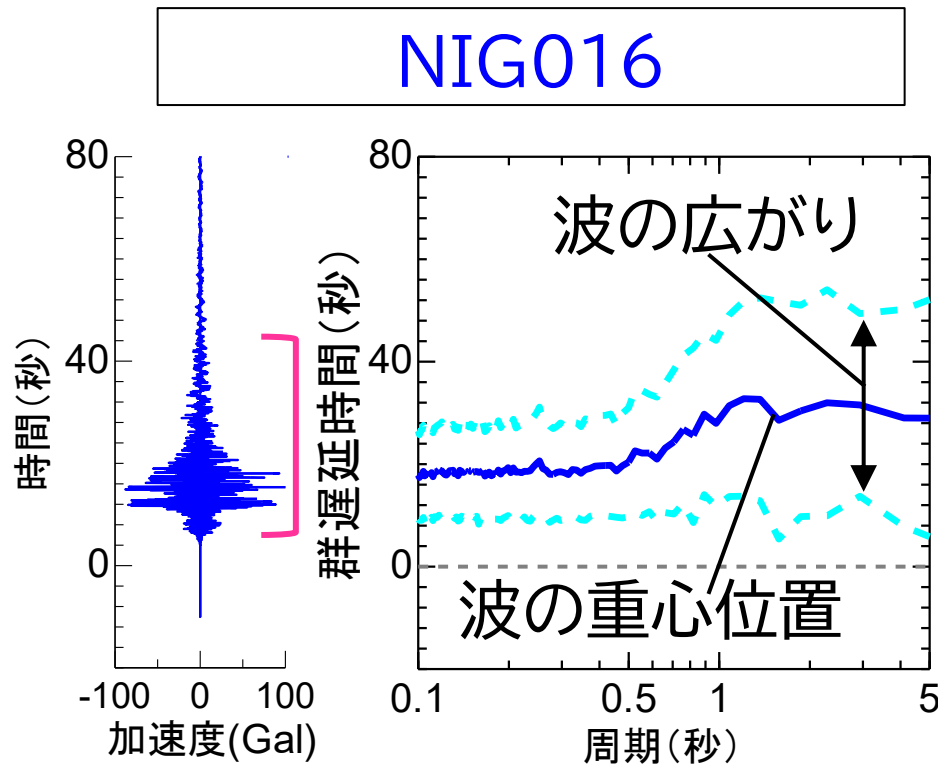


震源特性 + 伝播経路特性 + サイト位相特性

2.3 地点ごとのサイト特性 -サイト位相特性-

Railway Technical Research Institute

- 逆解析手法(スペクトルインバージョン)を活用し,
1つ1つの群遅延時間から**サイト位相特性のみを抽出**



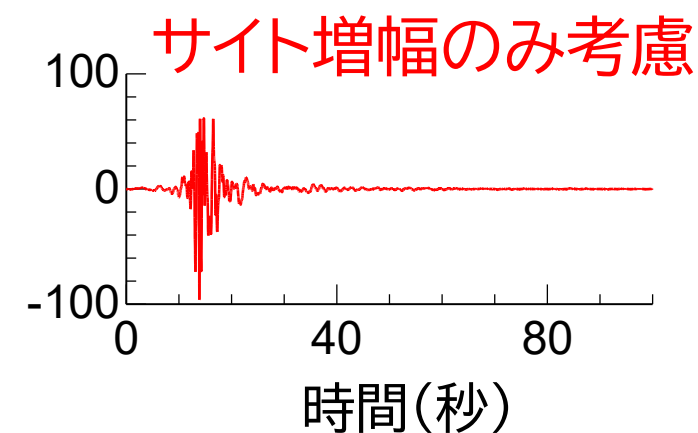
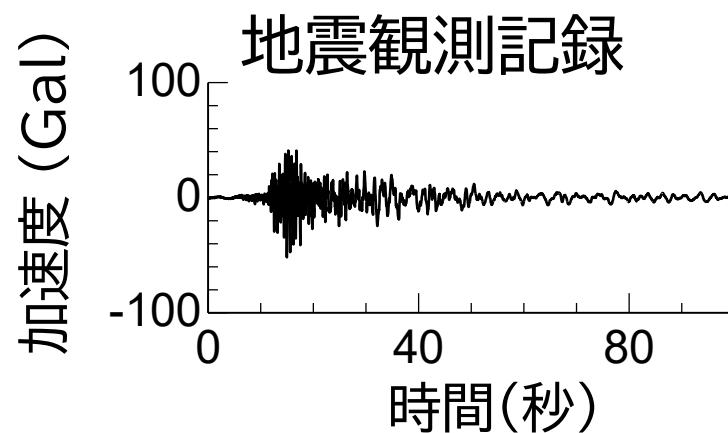
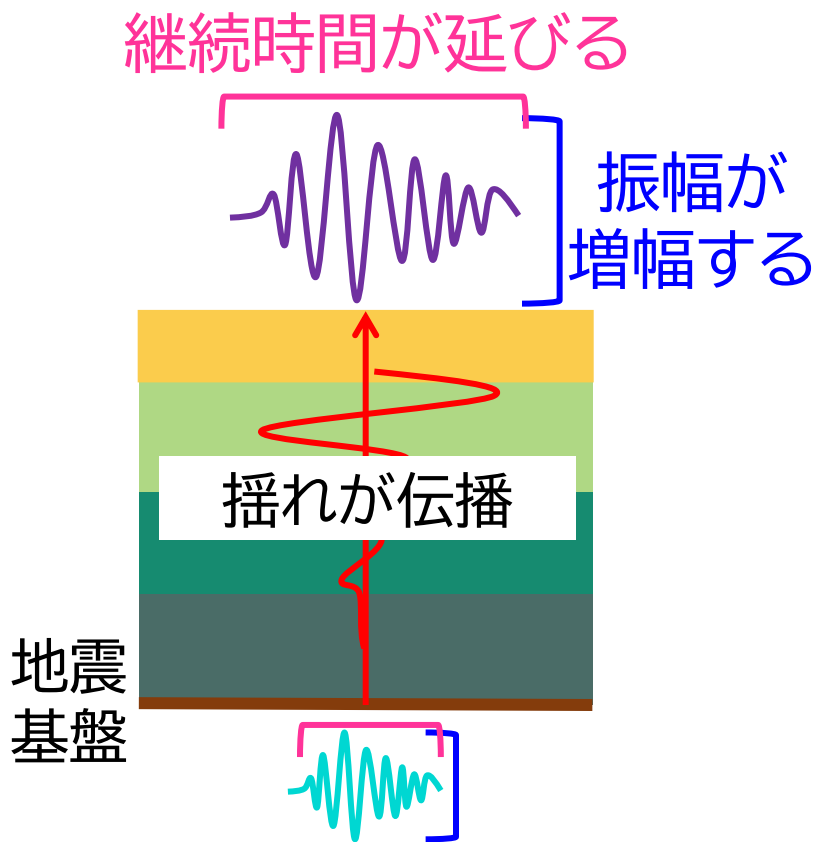
➡ サイト位相特性により、**各地点の継続時間特性を考慮可能に**

2.3 地点ごとのサイト特性 –サイト位相特性の影響–

Railway Technical Research Institute

○継続時間の特性(サイト位相特性)を考慮しないとどうなるのか？

→ 地震基盤波形DBとサイト“増幅”特性のみで地震動を算定



継続時間が短く 振幅が過大

地震基盤波形の継続時間特性を
そのまま活用することになるため…

➡ サイト位相特性により, 地震動を精緻に算定することにつながる

2.4 サイト増幅&位相のデータベース

Railway Technical Research Institute

○全国の公的地震観測点におけるサイト特性のデータベースを更新



これまで、公的なデータベースを利用
(サイト増幅特性のみ, 約20年前に算定)



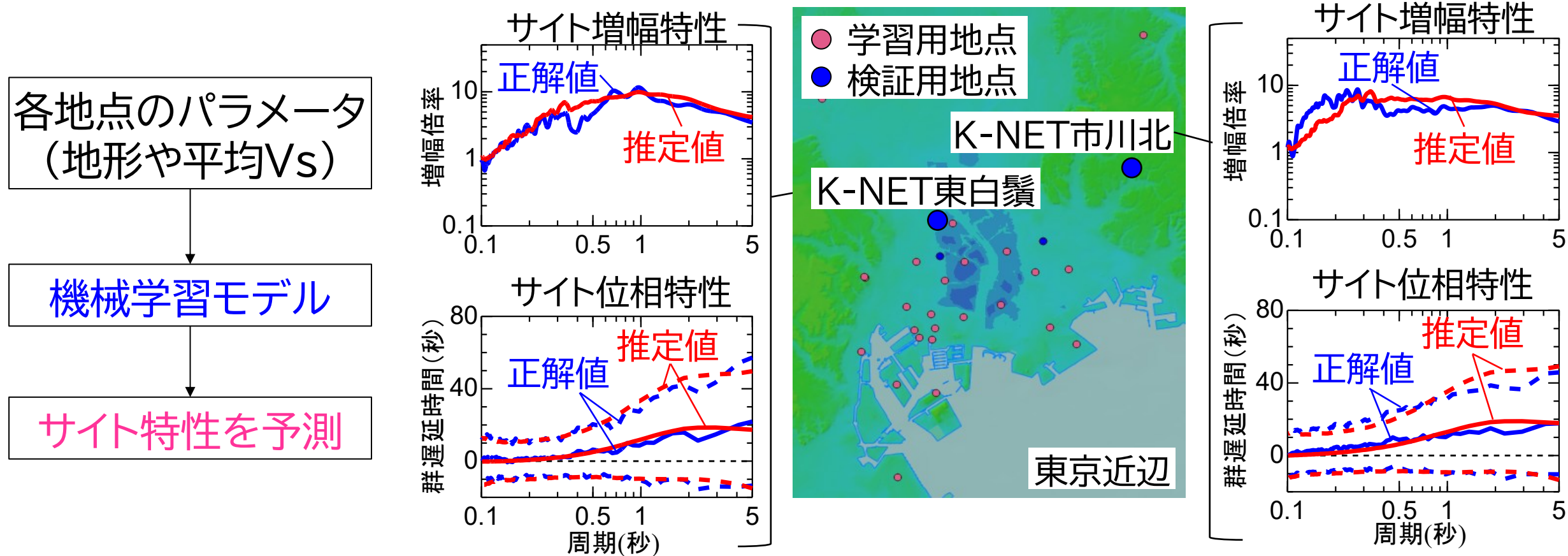
全国のサイト位相特性 + サイト増幅特性も
改めて算定 & データベース化
⇒ 算定地点増(+約800地点)

公的観測点
・K-NET
・KiK-net
・気象庁

2.5 任意地点におけるサイト増幅&位相の予測の試み

Railway Technical Research Institute

○公的観測点間の任意地点におけるサイト特性を予測する試み



※全国での更なる予測精度の向上を実施中

2.6 サイト増幅&位相を用いた地震動算定

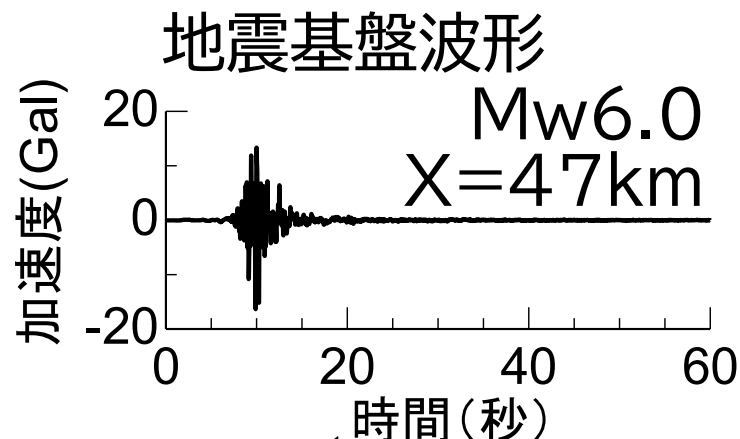
Railway Technical Research Institute

<サイト増幅&位相特性を用いた効率的な地震動算定の流れ>

①震源情報を整理



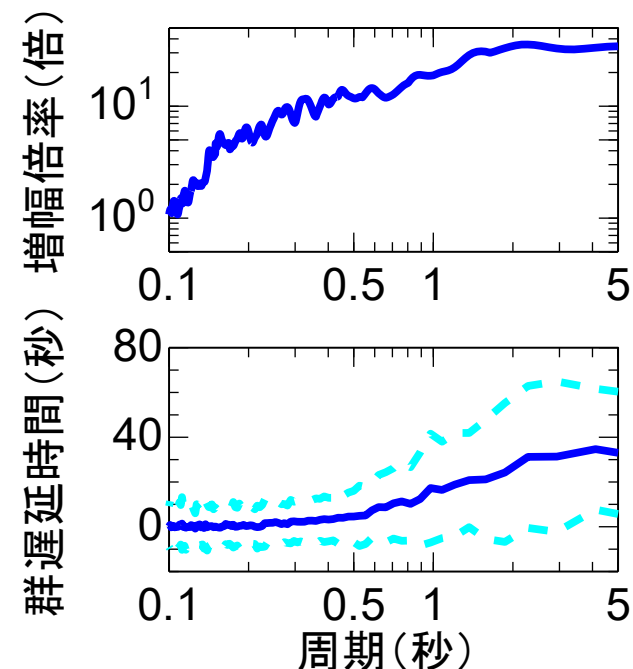
②DBから波形を選択



地震基盤
波形DB

条件に合う
波形を選択

③サイト特性を考慮して算定



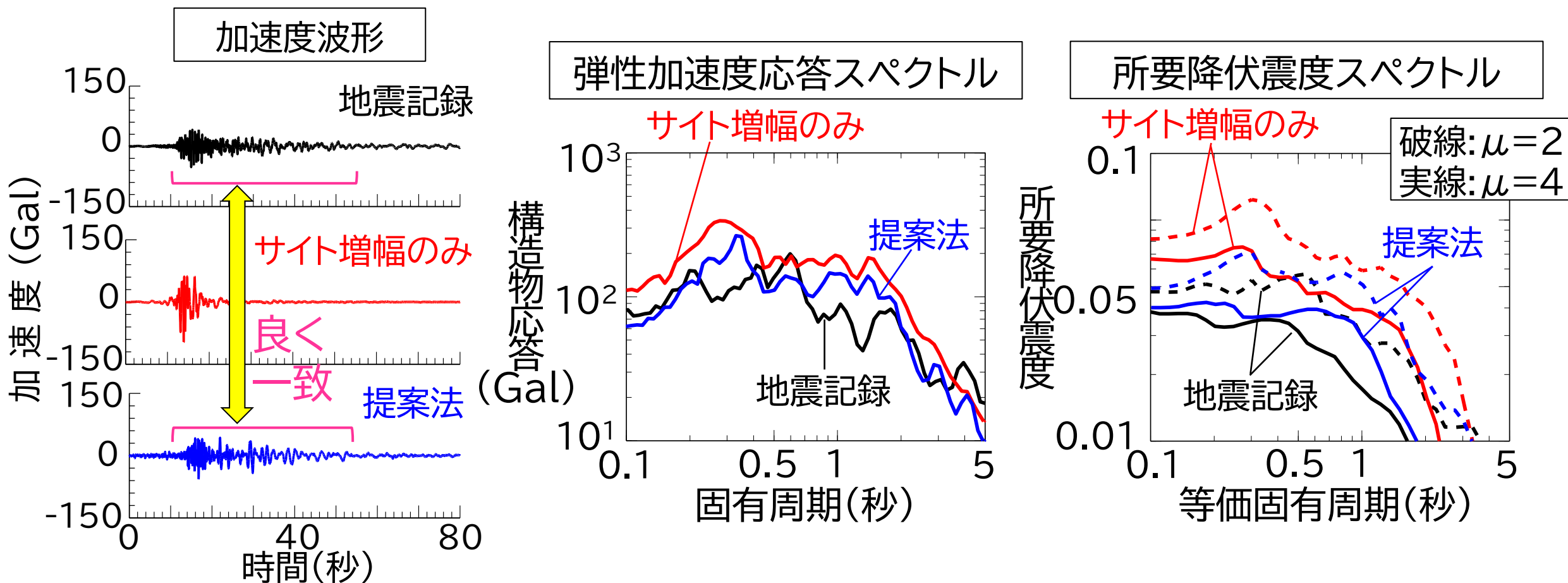
※サイト特性DBの結果を使用

➡ 地震観測記録と同じ条件となる地震動波形を算定

2.6 サイト増幅&位相を用いた地震動算定

Railway Technical Research Institute

○ 提案法による地震観測記録の再現例



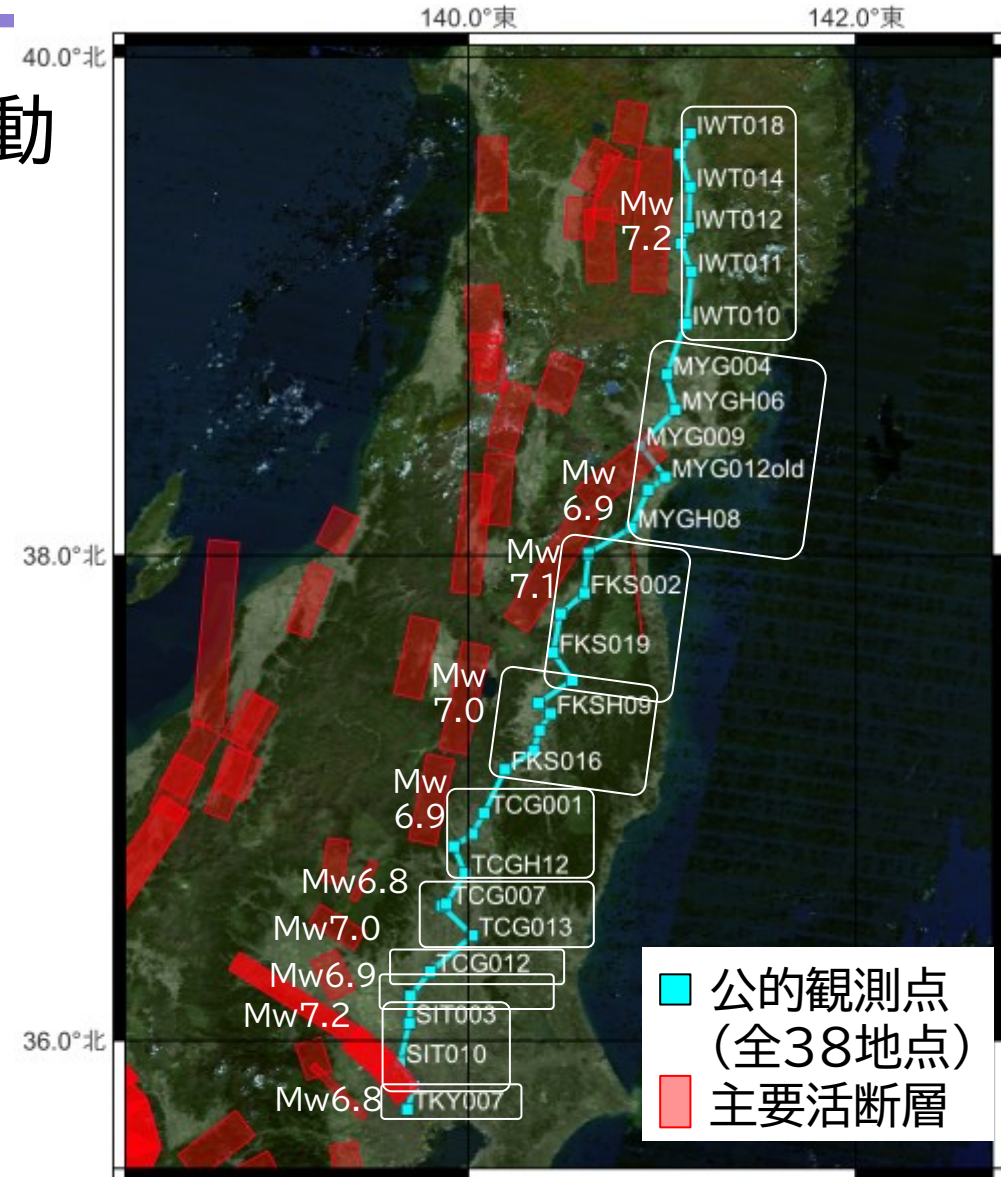
➡ 地震観測記録の波形からスペクトルまでを良好に再現

1. はじめに
2. 効率的な設計地震動算定とサイト特性について
3. サイト増幅&位相を用いた設計地震動の算定
4. まとめと成果の活用

3. サイト増幅 & 位相を用いた設計地震動の算定

○ 公的観測点を結んだ仮想路線の設計地震動

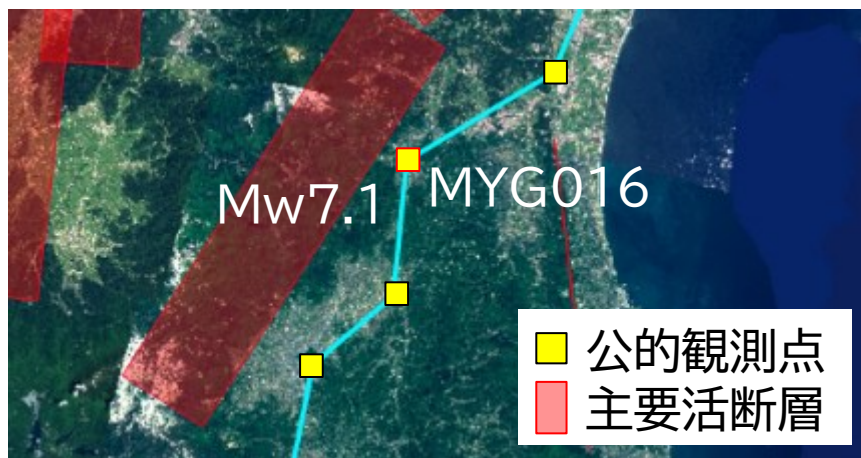
- 各地点における**最大級の震源を想定**
 - 周辺の活断層
 - 伏在断層(Mw6.5直下))
- 耐震設計上の基盤面位置**における設計地震動
- 耐震設計上の基盤面までの特性を示す**サイト増幅 & 位相特性**を活用



3.1 設計地震動の算定例 MYG016(K-NET白石)

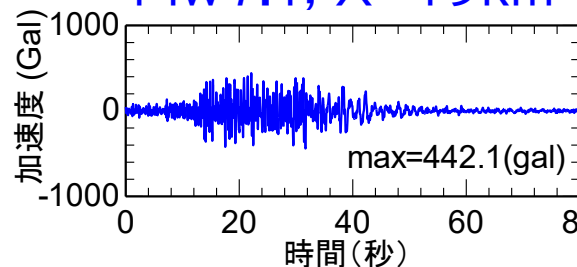
Railway Technical Research Institute

○福島盆地西縁断層帯(Mw7.1, X=19km) or 伏在断層(Mw6.5直下)を想定

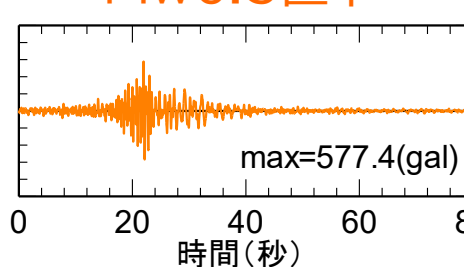


<加速度波形>

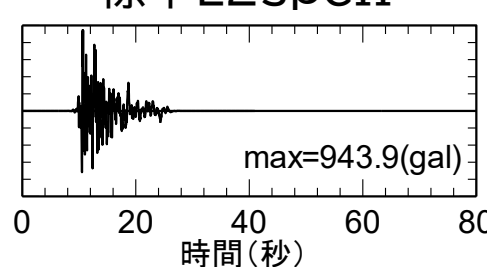
Mw7.1, X=19km



Mw6.5直下



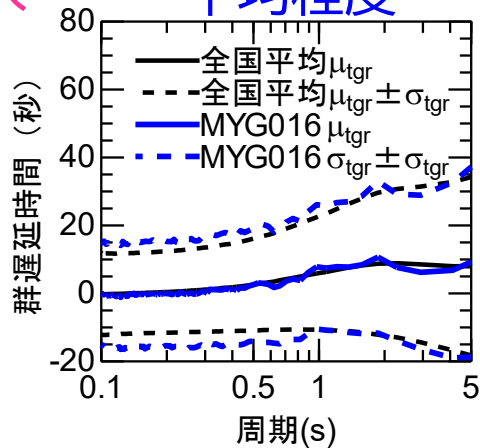
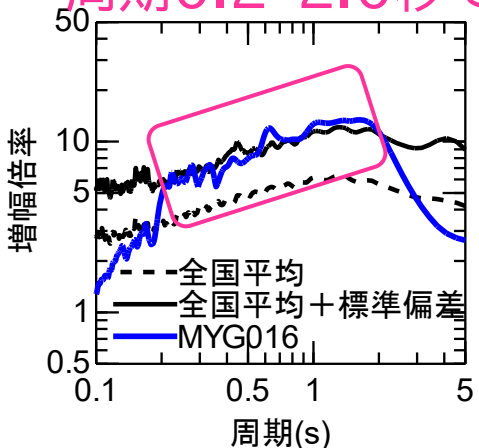
標準L2spcII



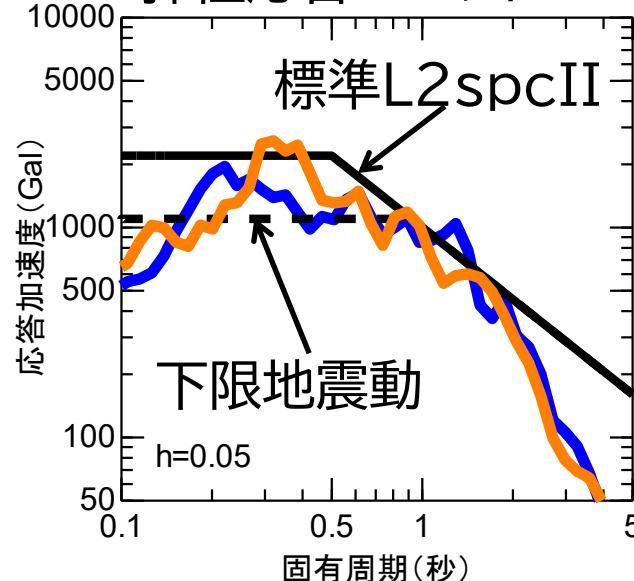
<基盤サイト増幅・位相特性>

周期0.2~2.0秒で大

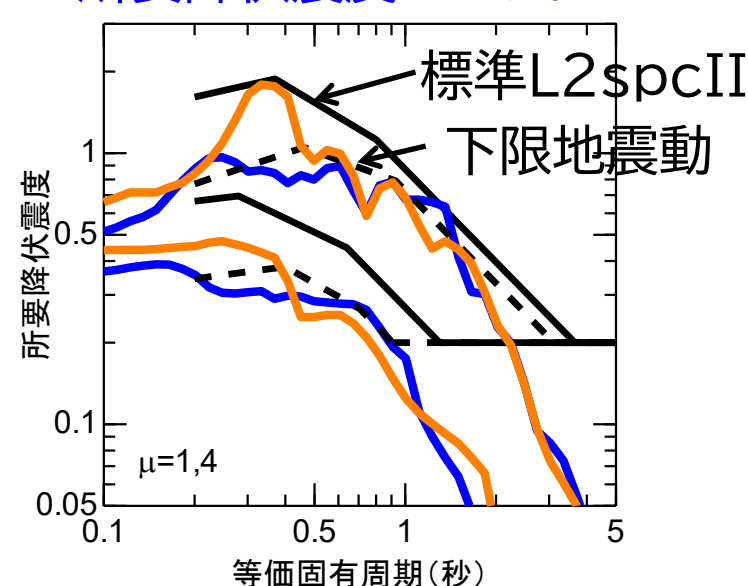
平均程度



<弾性応答スペクトル>



<所要降伏震度スペクトル>

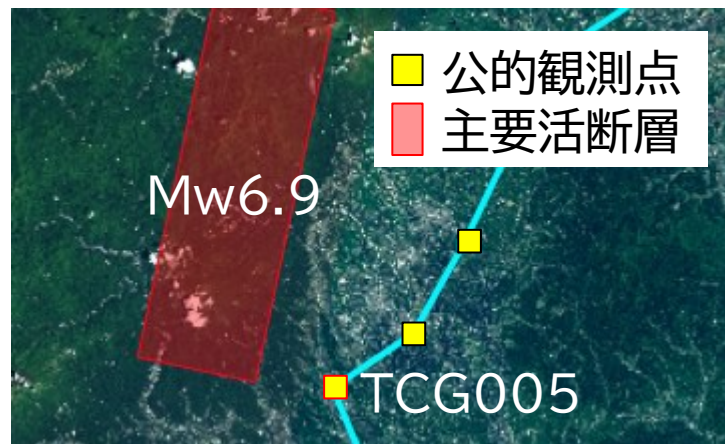


➡ 提案法により, 標準L2spcIIと下限地震動の間の地震を設定可能

3.1 設計地震動の算定例 TCG005(K-NET矢板)

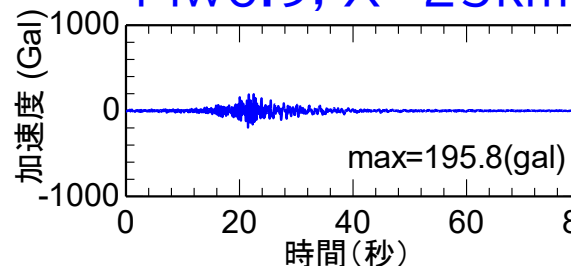
Railway Technical Research Institute

○関谷断層(Mw6.9, X=25km) or 伏在断層(Mw6.5直下)を想定

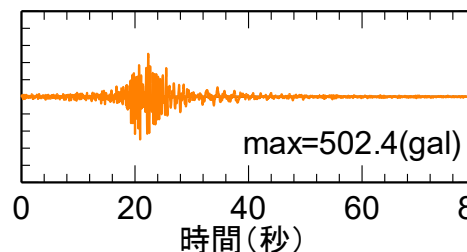


<加速度波形>

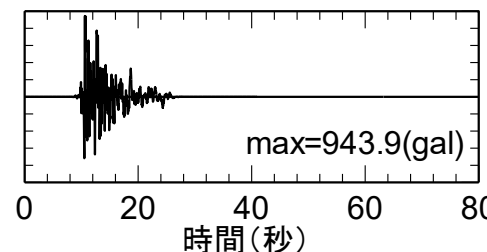
Mw6.9, X=25km



Mw6.5直下



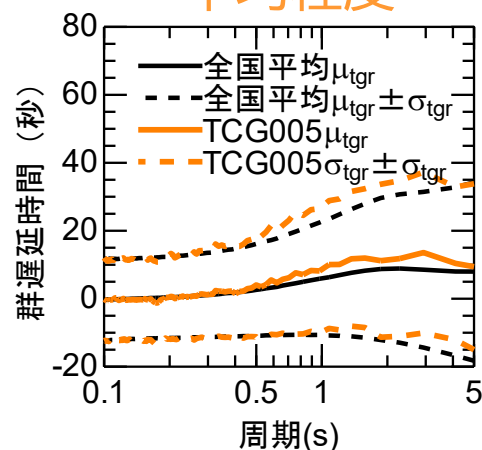
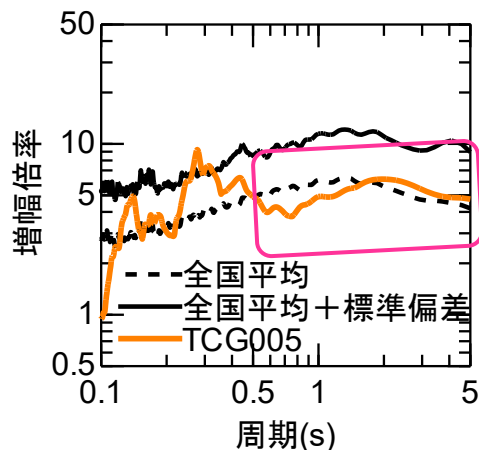
標準L2spcII



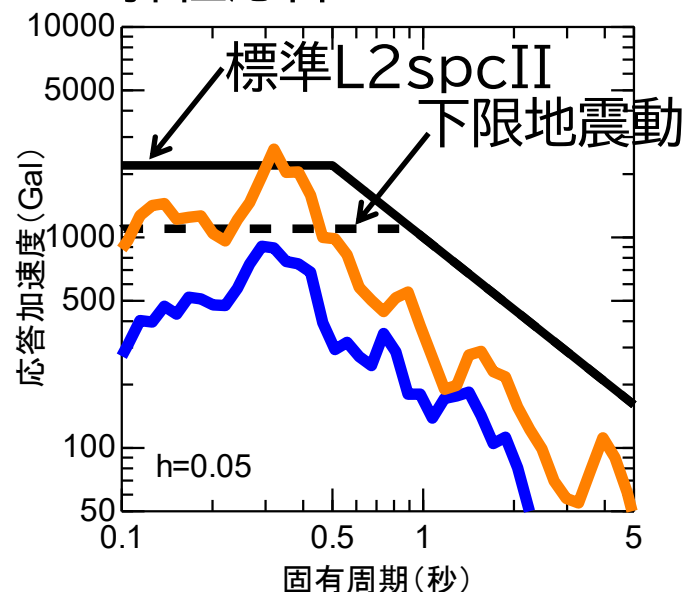
<基盤サイト増幅・位相特性>

周期0.5~5.0秒で平均程度

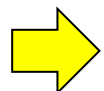
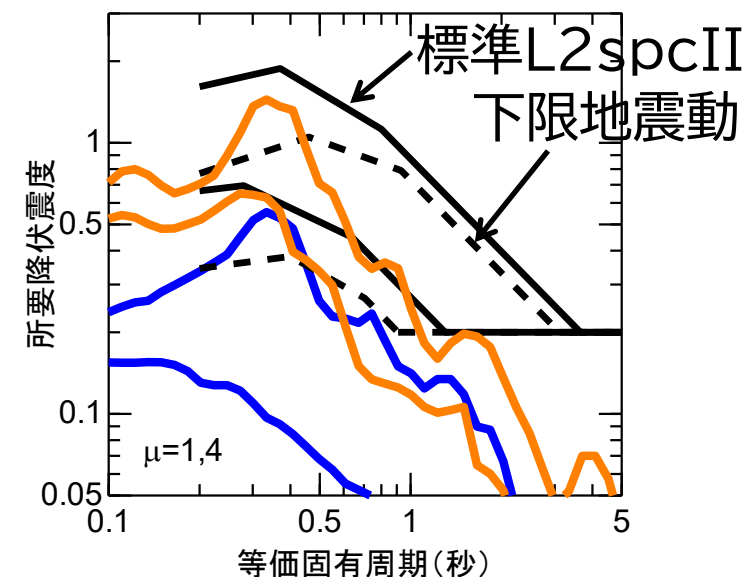
平均程度



<弾性応答スペクトル>



<所要降伏震度スペクトル>

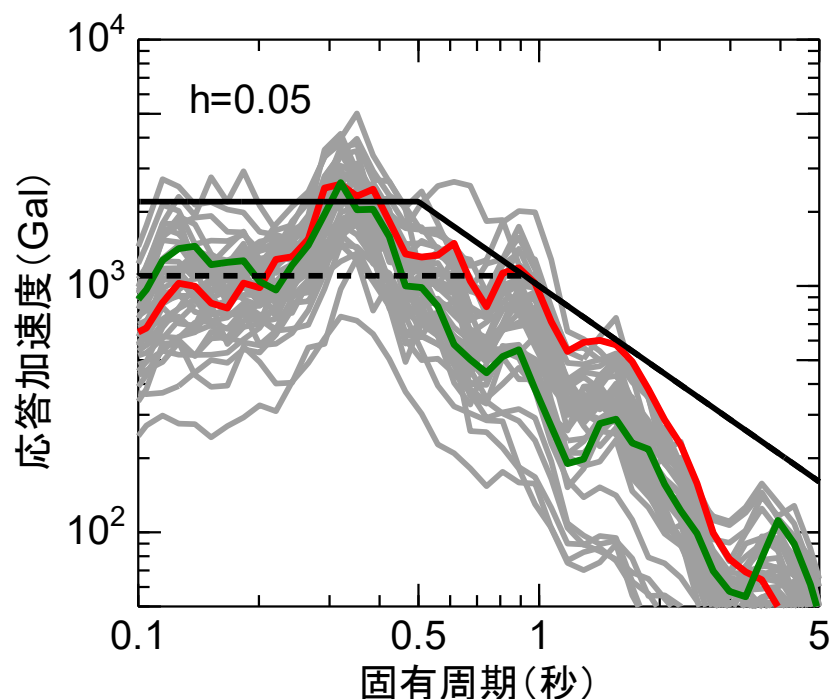


提案法により, 周期帯によっては下限地震動を設定可能

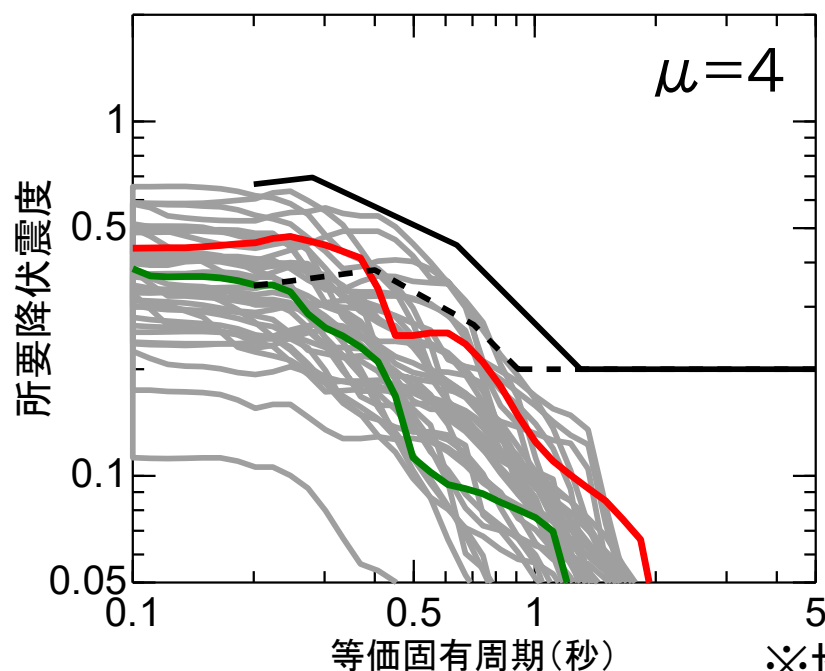
3.2 仮想路線における算定結果

○仮想路線における全地点の弾性応答スペクトルを集計

<弾性応答スペクトル>



<所要降伏震度スペクトル>



- 標準L2spcII
(Mw7.0直下を想定)
- - - 下限地震動
(Mw6.5直下を想定)
- 各地点
- MYG016
- TCG005

※地点ごとに 周辺の震源 or 伏在断層
の大きい方を重ね描き

- ➡
- ほとんど地点で標準L2spcIIよりも合理的な地震動を設定可能
 - 多くの地点で下限地震動を使用可能

4. まとめと成果の活用

<まとめ>

地点ごとの地震動継続時間の特性を反映した設計地震動を、効率的かつ精緻に算定する手法について紹介

- ・地震動の振幅特性(サイト増幅特性)に加え、新たに地震動の継続時間特性(サイト位相特性)を考慮可能とした。
- ・仮想路線における設計地震動を算定した結果、ほとんどの地点では標準L2spcIIよりも合理的な地震動を設定可能となる。

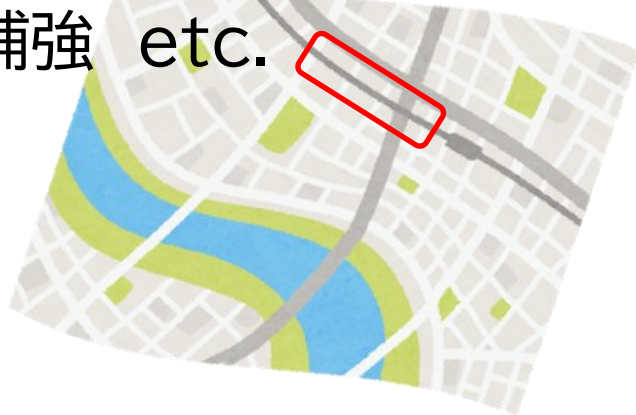
4. まとめと成果の活用

<成果の活用>

鉄道事業者
設計コンサル



高架化事業,
耐震補強 etc.



地点依存の設計
地震動を算定する
のは大変...

この地点は
標準L2地震動を
適用していい？

地震動合理化の
可能性は
無いのかな？

最近, 地点依存の設計地震動を
早く&精緻に算定できるよう
になったって聞いた!!!



設計地震動について
お困りのことがあれば
いつでもご相談ください。

(公財)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計
標準・同解説 耐震設計, 丸善出版, 2012

田中浩平:地震基盤波形データベースに基づく設
計地震動評価, 第336回月例発表会, 2020