

ACS SASSI Version 4.1 Installation KiT Rev. 1 の新機能紹介

2020年4月17日

株式会社 テラバイト

目次

1. Analysモジュールの解析オプションの追加

新しいインピーダンスの計算手法とリスタート計算機能が追加されました。

2. Option AA-R の新規追加

ACS SASSIで計算した縮退地盤インピーダンスをANSYSのスーパーエレメントに変換する機能が新規追加されました。これによりANSYSでACS SASSIで計算した縮退地盤インピーダンスを用いた複素周波数応答のSSI解析が可能になります。

3. Option RVT-SIM の新規追加

複素周波数領域のランダム振動解析と時間領域の確率論的シミュレーションを組み合わせることで効率的に最大のSSI応答を計算する機能が新規追加されました。

1.1 解析オプションの追加

ACS SASSI V4.1 IKTR1から、新しいインピーダンスの計算手法とリスタート計算機能が追加されました。これに伴いANALYSモジュールの解析オプションに以下の3種類が追加されました。次バージョンで新たなリスタートオプションが追加されます。

解析オプション Condense Impedance については次ページで詳細に説明します。

オプション名	機能概要
Soil Impedance Only	地盤インピーダンスの計算のみを実行
SSI Solution Step	SSI解析のみのリスタート計算を実行
Condense Impedance	地盤の縮退インピーダンスと縮退荷重ベクトルの計算を実行 (Option AA-R対応)
SSI with Condensation (本バージョンは未対応)	縮退インピーダンスと荷重ベクトルを使用したSSI解析のリスタート計算を実行

追加 {

1.2 Condense機能について

ACS SASSIの運動方程式から掘削地盤の項を消去し、相互作用項にまとめる(縮退する)機能です。これにより、リスタート解析時の計算コストが小さくなることが期待できます。また、Option AA-Rを用いて縮退したインピーダンスと荷重ベクトルをANSYS形式に変換することも可能です。

<縮退前のマトリックス>

$$\begin{array}{l}
 \text{相互作用 (i)} \\
 \text{掘削地盤 (w)} \\
 \text{構造 (s)}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \mathbf{C}_{ij}^s - \mathbf{C}_{ij}^e + \mathbf{X}_{ij} & -\mathbf{C}_{iw}^e + \mathbf{X}_{iw} & \mathbf{C}_{is}^s \\
 -\mathbf{C}_{wi}^e + \mathbf{X}_{wi} & -\mathbf{C}_{ww}^e + \mathbf{X}_{ww} & 0 \\
 \mathbf{C}_{si}^s & 0 & \mathbf{C}_{ss}^s
 \end{pmatrix}
 \begin{Bmatrix}
 \mathbf{u}_i \\
 \mathbf{u}_w \\
 \mathbf{u}_s
 \end{Bmatrix}
 =
 \begin{Bmatrix}
 \mathbf{X}_{ij} \mathbf{u}'_i + \mathbf{X}_{iw} \mathbf{u}'_w \\
 \mathbf{X}_{wi} \mathbf{u}'_i + \mathbf{X}_{ww} \mathbf{u}'_w \\
 0
 \end{Bmatrix}$$

<縮退後のマトリックス>

$$\begin{array}{l}
 \text{相互作用 (i)} \\
 \text{構造 (s)}
 \end{array}
 \begin{pmatrix}
 \mathbf{C}_{ij}^s + \widetilde{\mathbf{Z}}_{ii} & \mathbf{C}_{is}^s \\
 \mathbf{C}_{si}^s & \mathbf{C}_{ss}^s
 \end{pmatrix}
 \begin{Bmatrix}
 \mathbf{u}_i \\
 \mathbf{u}_s
 \end{Bmatrix}
 =
 \begin{Bmatrix}
 \widetilde{\mathbf{F}}_i \\
 0
 \end{Bmatrix}$$

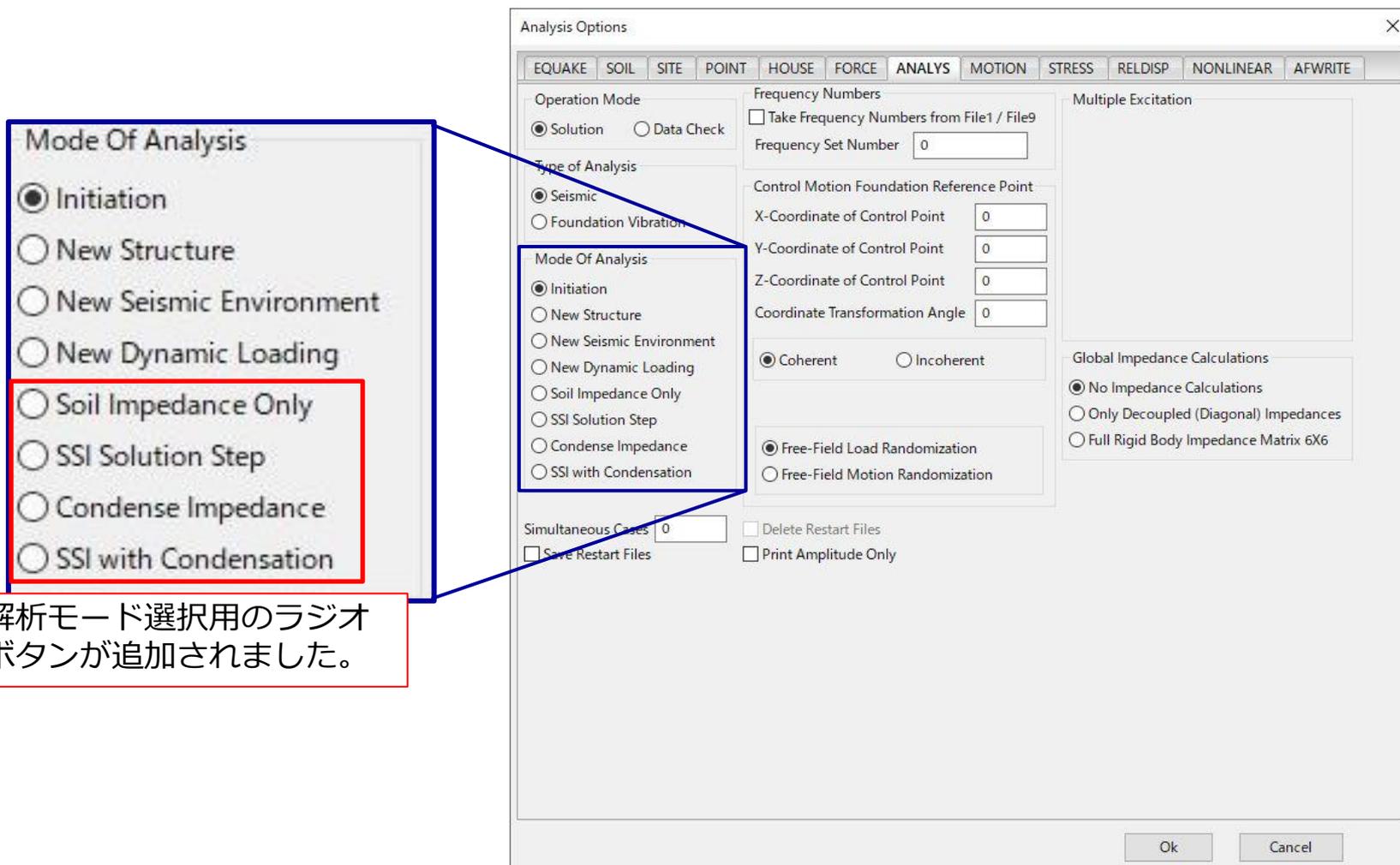
- C** 動的剛性マトリックス
- X** インピーダンスマトリックス
- u** 全体系の節点変位
- u'** 構造が外力を受けないと仮定した場合の掘削地盤の節点変位
- $\widetilde{\mathbf{Z}}_{ii}$ 縮退された掘削地盤の動的剛性マトリックス
- $\widetilde{\mathbf{F}}_i$ 縮退された地震荷重ベクトル

注意)

本バージョンでは縮退したインピーダンスと荷重ベクトルを使用してACS SASSI上でリスタート計算することはできません。
本バージョンではOption AA-Rでのみ有効な機能です。

1.3 ユーザーインターフェース (UI) の変更

解析オプションの追加に伴い、以下のようにACS SASSI UIが更新されました。

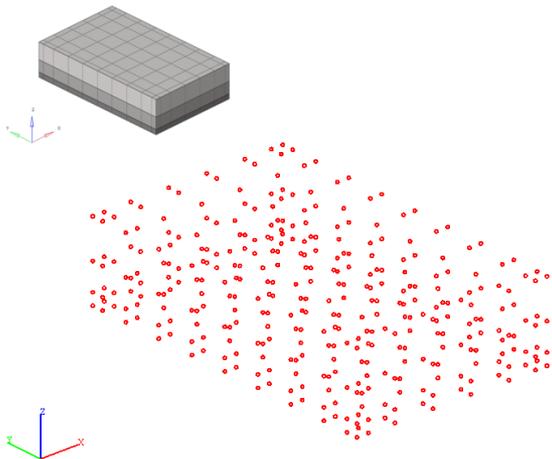


2.1 Option AA-R について

Option AA-RはACS SASSIで計算した縮退地盤インピーダンスをANSYSのスーパーエレメントに変換する機能です。これによりANSYSでACS SASSIで計算された縮退地盤インピーダンスを用いた複素周波数応答のSSI解析を実施することが可能になります。ANSYSでSSI解析を行うことにより、以下の利点があります。

- FLUID30要素を用いた**流体-地盤-構造連成解析**（FSSI, Fluid-SSI）が可能
- モデルの節点上限は無制限

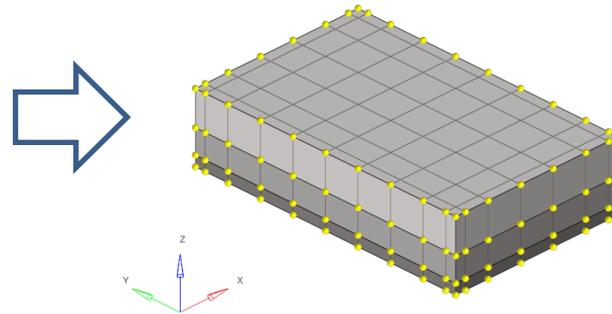
相互作用節点FVタイプで地盤インピーダンスと荷重ベクトルを計算



掘削地盤の全節点を相互作用節点にして地盤インピーダンスを計算

相互作用節点数 **352**

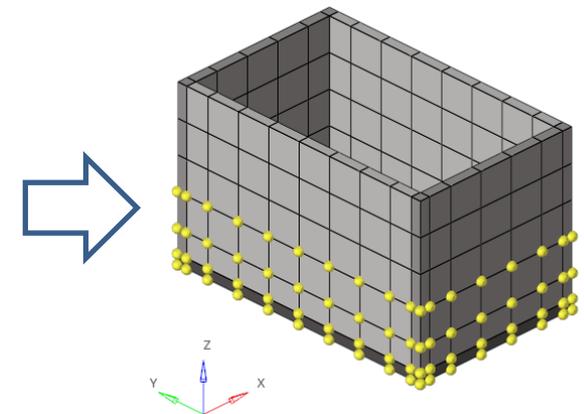
地盤インピーダンスと荷重ベクトルを縮退



構造物と地盤が接する節点のみに地盤インピーダンスを縮退

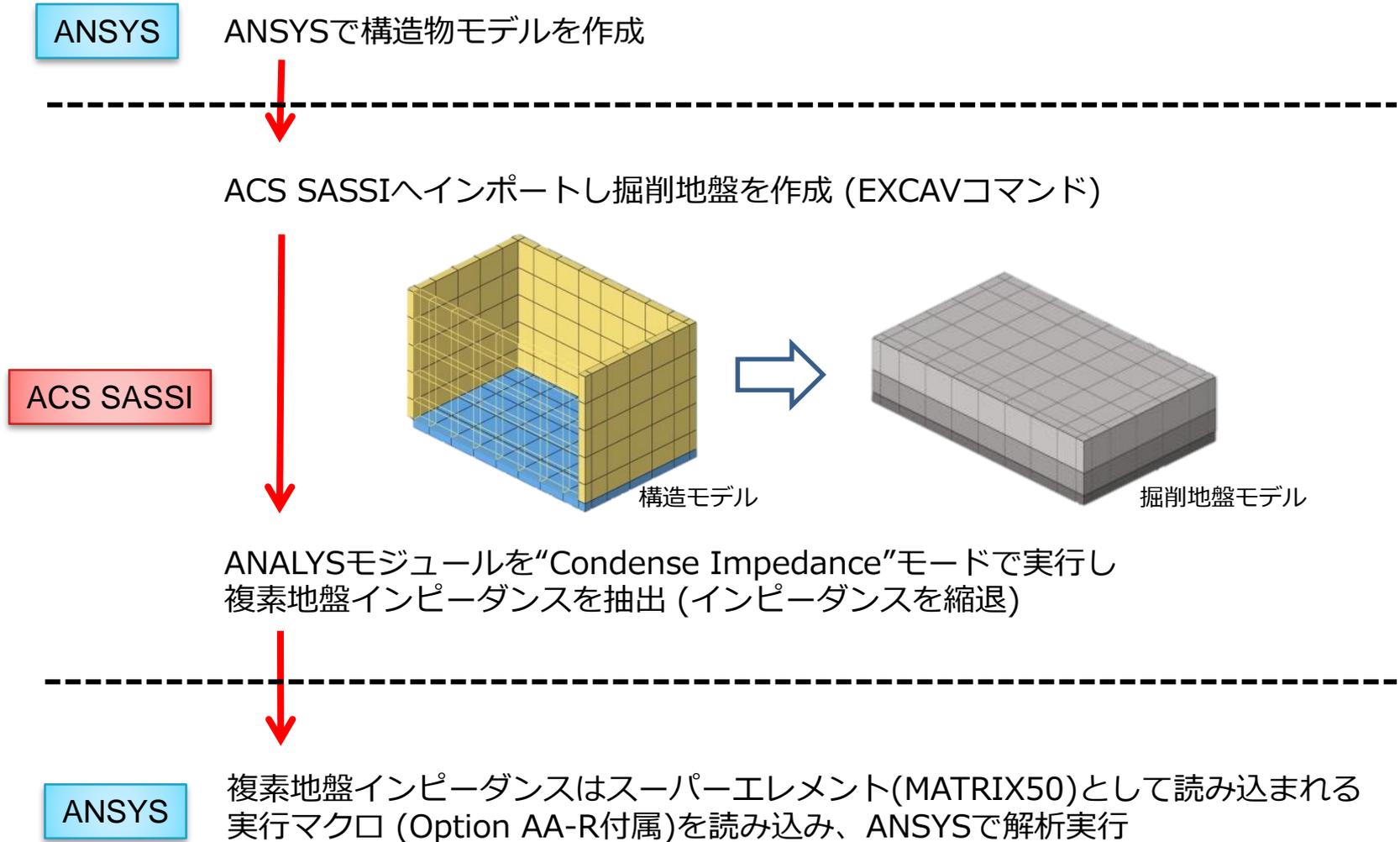
相互作用節点数 **190**

スーパーエレメントとして縮退地盤インピーダンスを設定



ANSYSのスーパーエレメント (MATRIX50)を構造と地盤の境界の節点にマッピング

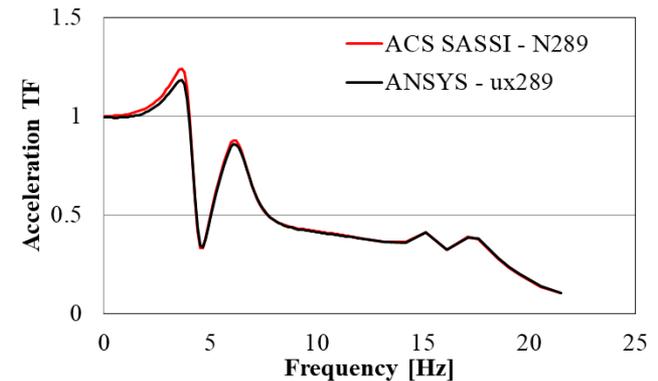
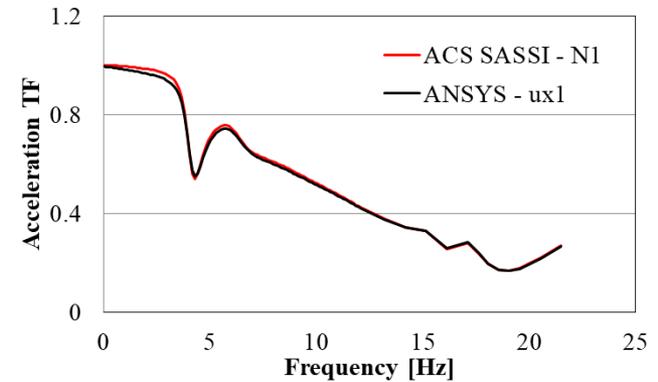
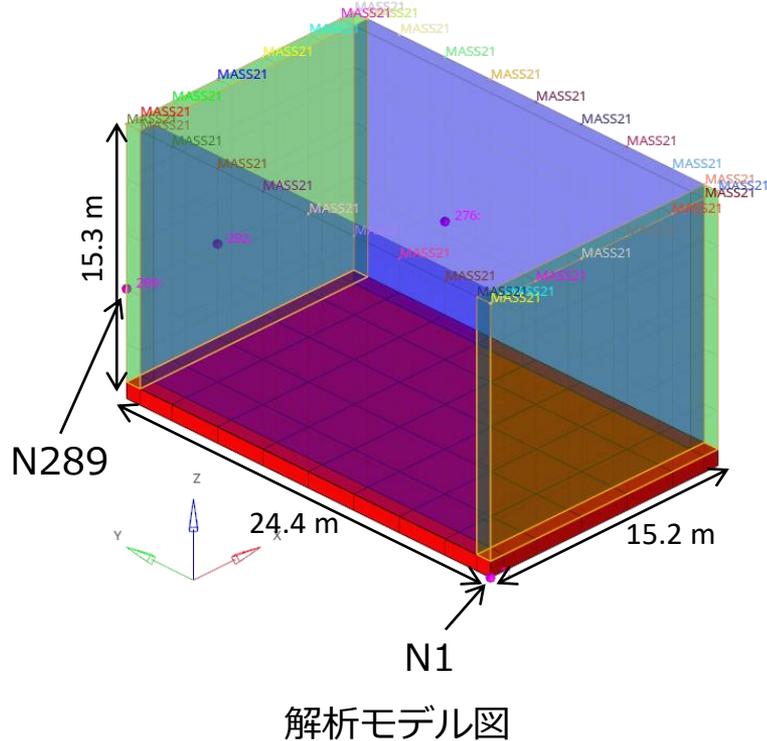
2.2 Option AA-R の実行フローチャート



2.3 Option AA-Rを使用したANSYSのSSI解析結果との比較

コンクリートボックス(3層埋め込み)モデルでのACS SASSIとANSYSのSSI解析結果を比較します。ACS SASSI ではFV法による通常のSSI解析を、ANSYSではOption AA-Rによる縮退地盤インピーダンスをスーパーエレメントとして設定した解析を行い、解析モデル図に示す2個所の節点で加速度伝達関数をプロットします。

比較プロットに示すようにACS SASSIとANSYSのSSI解析結果はほぼ一致しています。



加速度伝達関数プロット

3.1 Option RVT-SIM について

ACS SASSI V4.1 IKTR1 から追加されたOption RVT-SIM は、複素周波数領域の**ランダム振動解析**と時間領域の**確率論的シミュレーション**を組み合わせることで効率的に最大のSSI応答を計算する手法です。

<評価の正確さについて>

従来のRVTの手法では**1自由度系**のピークファクタを用いたPSD-RS変換*1で最大のSSI応答が計算されていました。この手法は地盤の地震応答などスペクトルピークが一つしかないケースに対しては適用可能ですが、3DFEMのSSI解析結果のような複数のスペクトルピークを持つケースに対しては正確な評価ができないことがあります。

Option RVT-SIMではSSI解析結果の評価の際には**モンテカルロシミュレーション**を用いて計算を実施することにより、従来より正確な評価が可能になります。

<ポスト処理時間の削減>

最大応答評価にモンテカルロシミュレーションを用いることで、**複数の地震波**に対してのシミュレーションを実施したことと等価になります。そのため、複数の地震波に対するシミュレーション結果を個別に処理する場合に比べて、ポスト処理にかかる時間を短縮することができます。

参考: Limitation of the Random Vibration Theory (RVT) Approach For Seismic Soil-Structure Interaction (SSI) (Ghiocel)

3.2 Option RVT-SIMの解析の実行フロー



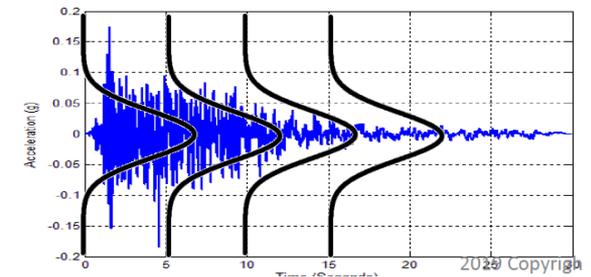
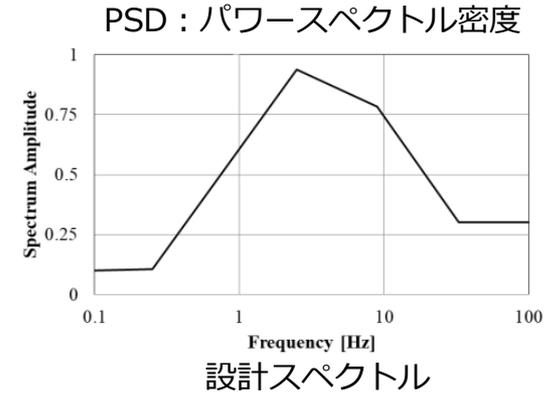
PSD-RS逆変換でパワースペクトル密度 (PSD)を作成
※Option RVT-SIMでは地震動のPSD-RS逆変換時にピークファクタを使用します。

SSI解析を実行し
伝達関数を計算

SSIの伝達関数 (H_{SSI})、GRSのPSD (S_{GRS}) を
掛け合わせてSSIのPSD (S_{SSI}) を計算

$$S_{SSI}(\omega) = |H_{SSI}(\omega)|^2 S_{GRS}(\omega)$$

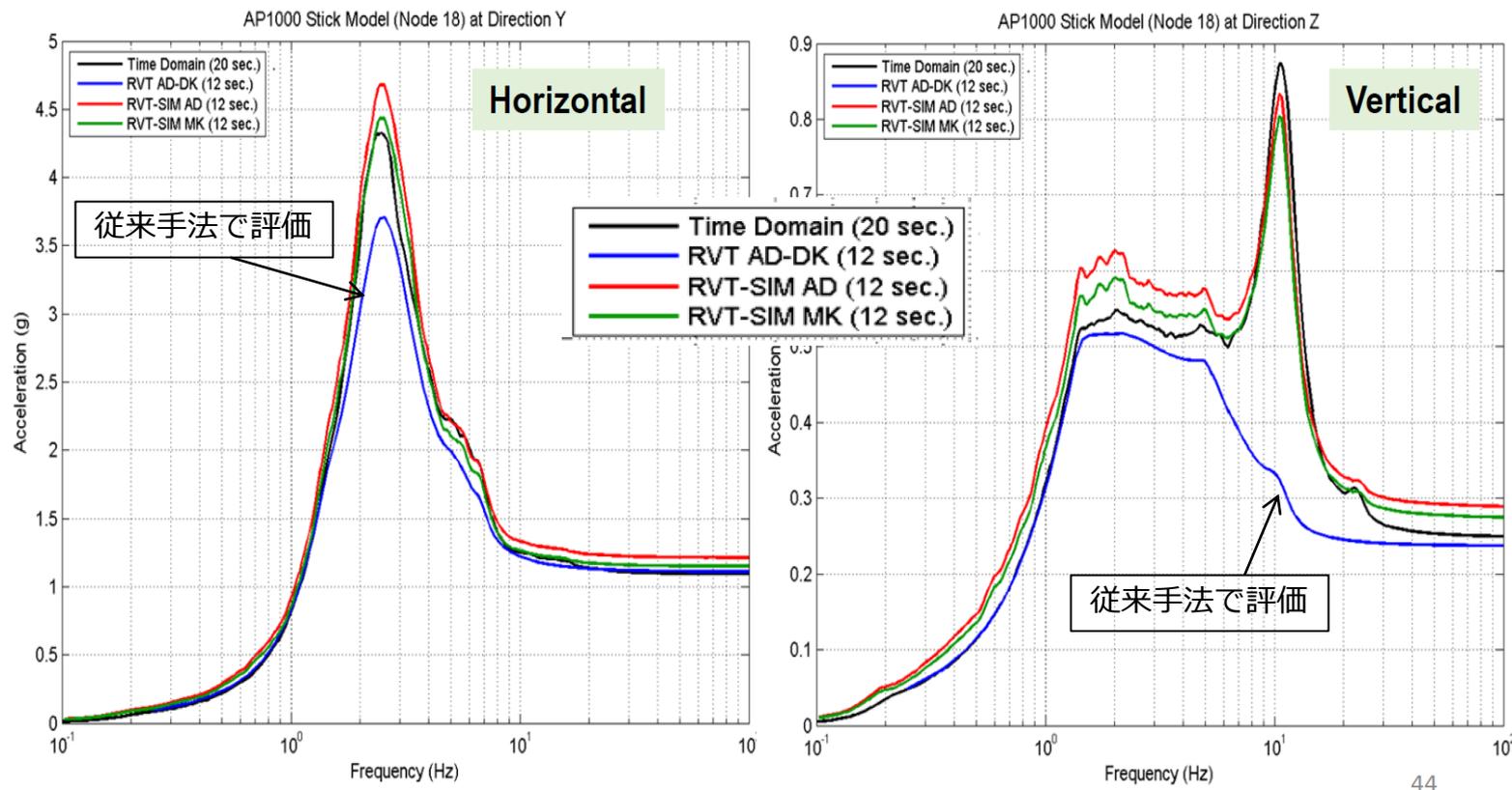
S_{SSI} を用いてモンテカルロシミュレーションを実施して、時刻歴を出力して最大応答を計算します。



モンテカルロシミュレーション
で作成した時刻歴作成

3.3 Option RVT-SIMと従来手法との結果比較

ACS SASSI Option RVT-SIMの結果（赤線、緑線）と従来手法*1の結果（青線）を比較をします。
ここでは地震波50ケースの平均（黒線）を正解ケースとして用います。



Option RVT-SIMは正解ケースに近い分布になり、スペクトルピークを表現できていますが、従来手法は正解ケースのピークとのかい離が大きく、危険側の評価になります。