



# 有限要素法を用いた大規模地震動解析 —効率よい解析モデルの作成と不均質地下構造を 考慮できる解析ソフトウェアの開発—

研究・開発機関 : (株) 計算力学研究センター、(株) エデュサイエンス総合研究所  
 利用施設 : 自社設備  
 計算規模 : 5,000万自由度 (四面体、六面体混在メッシュ)  
 Xeon2.4GHz 8コアで約5時間  
 利用ソフトウェア : 地震動解析ソフトウェア EduS/FrontISTR/Quake\*

## Before

- 有限要素法を用いた場合、手作業で大規模かつ複雑なメッシュ生成を行ったり、要素ごとに不均質な地盤物性値を設定するのは、非常に手間がかかりました。
- 有限要素法を用いて、要素タイプに関わらず震源モデルを設定するのは難しい面がありました。

## After

- 防災科学技術研究所のJ-SHISやMatsubara et al.地盤モデルからEduS/FrontISTR/Quake専用の地盤データベースを作成しました。
- 地質の速度構造に応じて要素サイズを変化させ、要素数の増大を抑えつつ、メッシュの自動生成を可能としました。
- 点震源は任意の要素タイプに対応しました。
- Split-Node法を用いた不均質断層すべり変位に対応しました。

## 背景と目的

耐震設計を目的に地震動解析を行うためには、対象構造物に影響を及ぼしやすい周波数帯域に着目することが重要であると考えられています。しかし、本来断層は不均質なすべり変位分布を持ち、地震波が伝播する地下構造は不均質な地盤物性と複雑な層構造を持ち、かつ地形は複雑です。それら複雑な条件を考慮し、かつ多岐にわたるパターンの入力地震動を効率よく求めるためには、簡易かつ高速に、大規模かつ詳細な地震動解析を行うことが求められます。

これらの課題に対応するためには、解析モデル作成の手間を削減し地盤物性値を効果的に設定する必要があります。また、解析時間を短縮するためには、解析ソルバーの高速化もさることながら、地下の層構造や地形を考慮してメッシュに粗密をつけることで解析規模を抑え、しかも自動で生成することが求められます。

そこで、東京大学生産技術研究所が開発したFrontISTRをベースに地震動解析に必要なさまざまな機能を実装し、ソルバーに高速化のチューニングを行いました。また、地質の速度構造に応じて要素サイズを変化させることで要素数の増大を抑えて自動でメッシュ生成が可能で、大規模かつ高速に入力地震動が解析できるソフトウェアを開発いたしました。本ソフトウェアにより、不均質断層すべりはもとより、日本全域の不均質地下物性値を1kmの水平分解能で考慮しながら、効率よく解析することが可能となりました。

## 利用成果

首都直下地震として想定されている東京湾北部地震を検証事例とし、保証周期3秒で解析を行いました。

地下構造のモデルはJ-SHISを採用し、震源モデルのパラメータは文部科学省「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」に基づき、断層上端を21kmに設定しました。震源時間関数は中村・宮武のすべり速度関数を用い、10,000ステップの地震動解析を行いました。東京湾北部地震の地下構造モデルを図1に、震度分布を図2に、波動伝播の様子を図3に示します。

このように不均質断層すべり、不均質地下構造などを考慮して短時間でモデル化と計算ができるようになりました。今後の改良と大規模計算機の利用で、短周期側までを含めた計算も夢ではないと考えています。

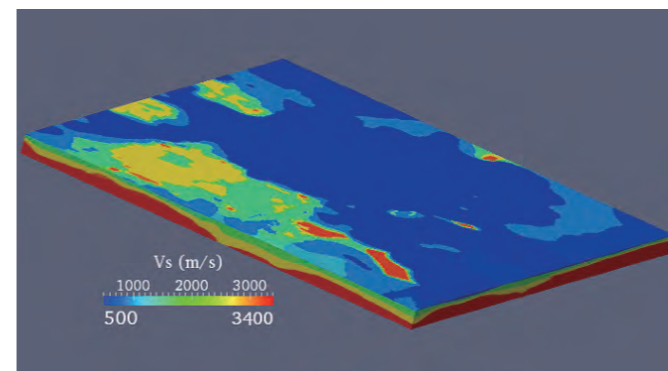


図1. 地下構造モデル (S波速度構造)

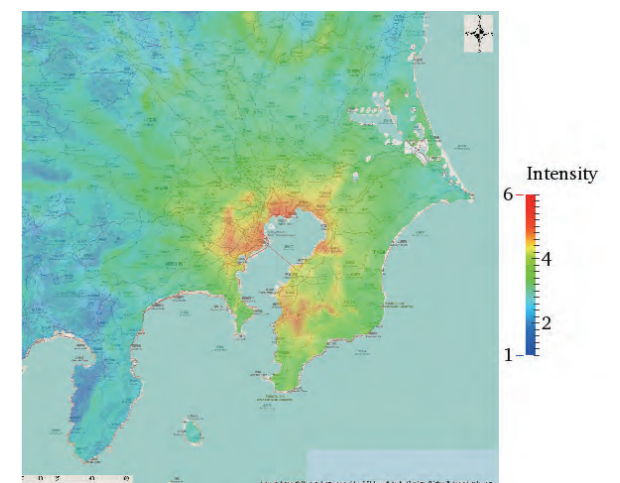


図2. 震度分布 (長周期成分のみ)

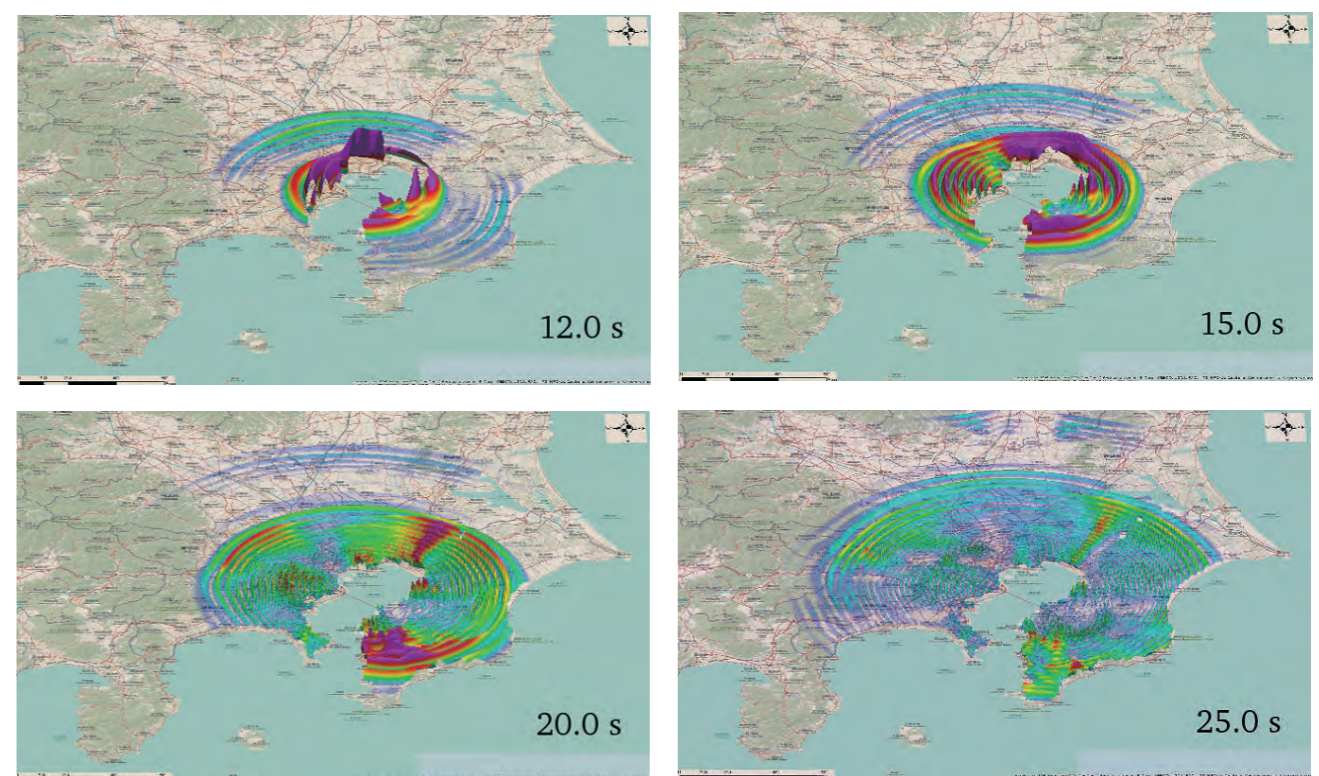


図3. シミュレーションによる波動伝播の様子 (速度3成分合成)

※:EduS/FrontISTR/Quakeは、東京大学生産技術研究所革新的シミュレーション研究センターが実施した文部科学省ITプログラム「戦略的基盤ソフトウェアの開発」プロジェクト、次世代IT基盤構築のための研究開発「革新的シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトおよび「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトの成果を株式会社エデュサイエンス総合研究所が改良・開発し商品化したものです。

■出典:「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」最終成果報告書講演集より一部抜粋