

地震時の大規模平野の地盤挙動と 斜面崩壊シミュレーション技術の開発



地球シミュレータ産業利用シンポジウム2010

2010.10.8

株式会社 構造計画研究所

1. はじめに
2. SuperFLUSH/3DS成果報告
3. k-dem成果報告
4. k-fdm3d成果報告
5. 今後の展望
6. 産業戦略利用プログラムについて

1. はじめに



2008年四川大地震
Beichuan(北川县城)

土砂崩れ

構造物被害

地震

被害の低減

✓被害の事前予測と対策が不可欠

高精度な被害予測

✓大規模計算が必要

地震時の大規模平野の地盤挙動と 斜面崩壊シミュレーション技術の開発

□大規模
大阪平野等

□広帯域
短周期～長周期

地震動評価



表層地盤の地震時挙動



斜面崩壊シミュレーション

k-dem

斜面崩壊 シミュレーション

SuperFlush/3DS

表層地盤の地震応答解析

k-fdm3d

地震波の伝播解析

震源特性

観測される地震動

震源特性

× 伝播経路特性

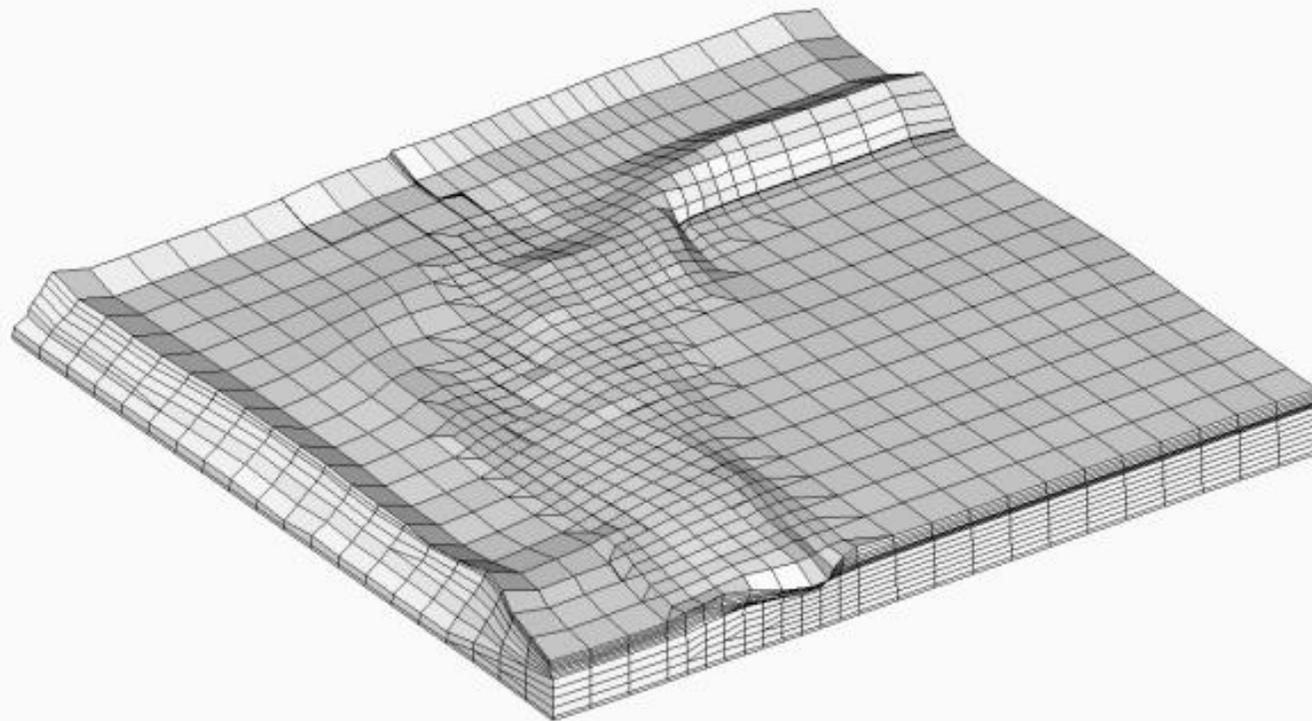
× サイト増幅特性

2. SuperFLUSH/3DS 成果報告



□ 表層地盤の揺れを評価

- 地盤を有限要素・薄層要素でモデル化
- 地震動を外力とし、周波数領域で応答を解析



Output Set: Case 284 Time 19.65
Deformed(0.466): Total Translation

□MPIによる並列化実装

- 本プログラムは、アルゴリズム上、互いに独立な振動数単位で分割可能なため、使用ノード数にほぼ比例する性能向上を確認

□ベクトルプロセッサ用に一部の処理順変更

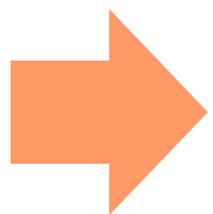
- ベクトル化率97%

□1ノードで約10倍(社内環境と比較)の性能向上

□ファイルI/O時間の削減

■古いコード

- ☑多くのデータをファイルに保持
- ☑サブルーチン間での情報の授受にファイルを多用
- ☑ESの各ノードには多くのメモリを搭載しているが、そのメリットが十分に生かせるコードではなかった。



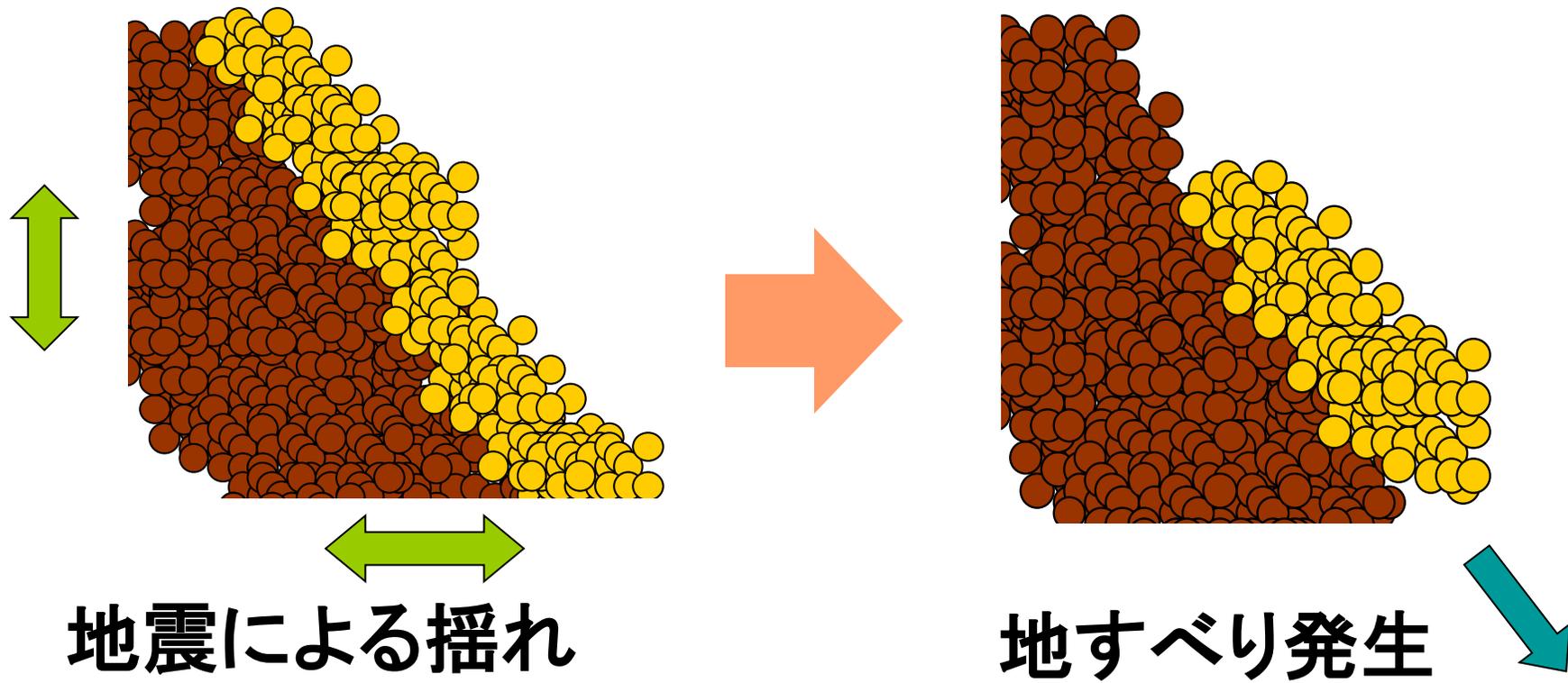
- ✓コードの見直しを社内環境で実施予定
- ✓コード見直し後、改めてESの利用を検討

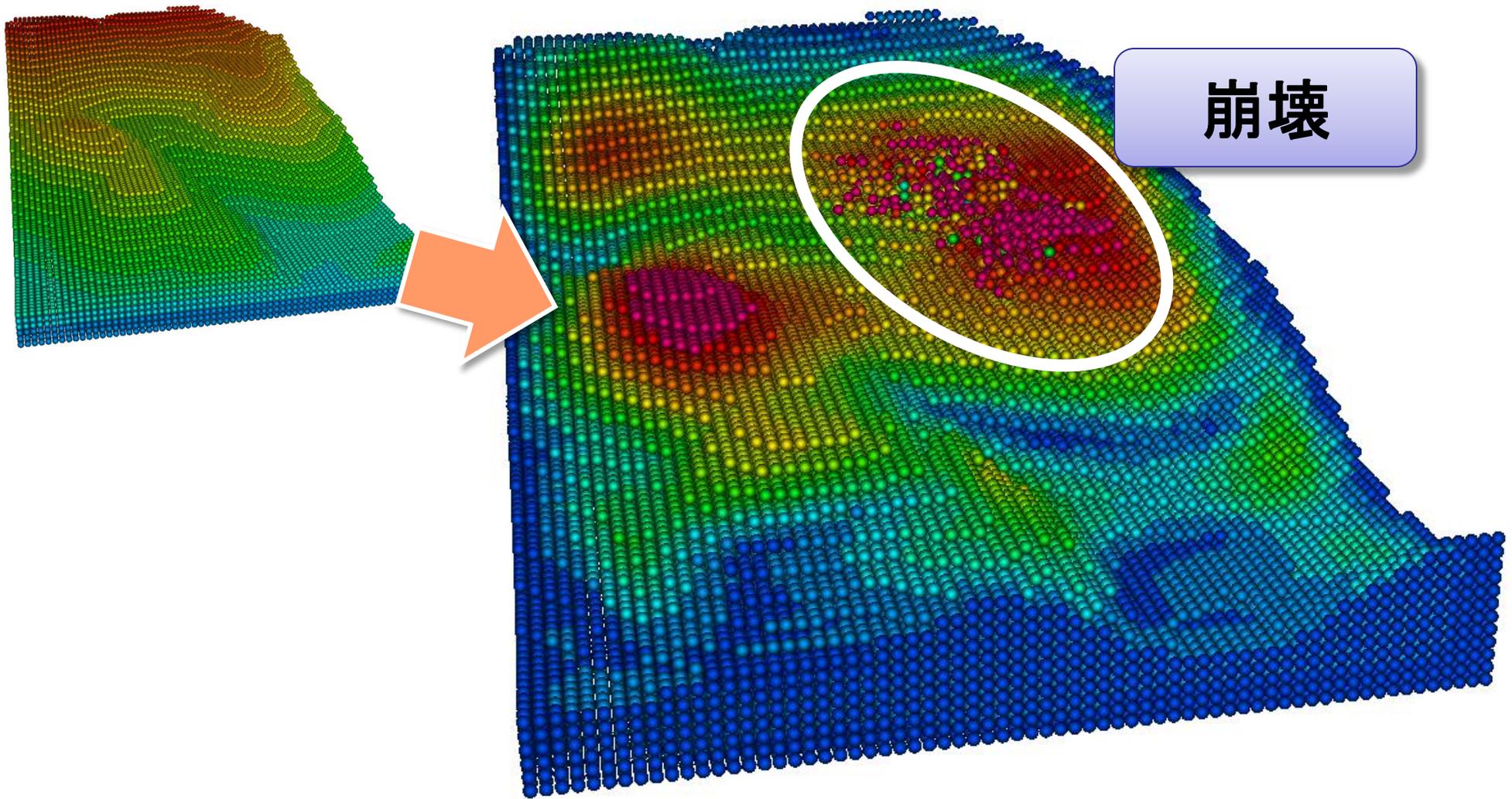
3. k-dem成果報告



□ 斜面（山体）崩壊の挙動を評価

- 地震動を外力とした、個別要素法による不連続体解析





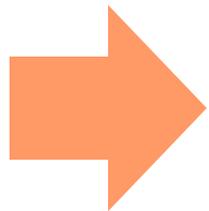
□ベクトル化率の向上

- ベクトル化率を上げるため、データ構造を変更
ベクトル化率: 96%

□約10倍の規模の計算(社内環境と比較)

□ESの性能を十分に発揮できなかった

- ベクトル化改良によりデータ構造が複雑化し、
並列化作業が難航



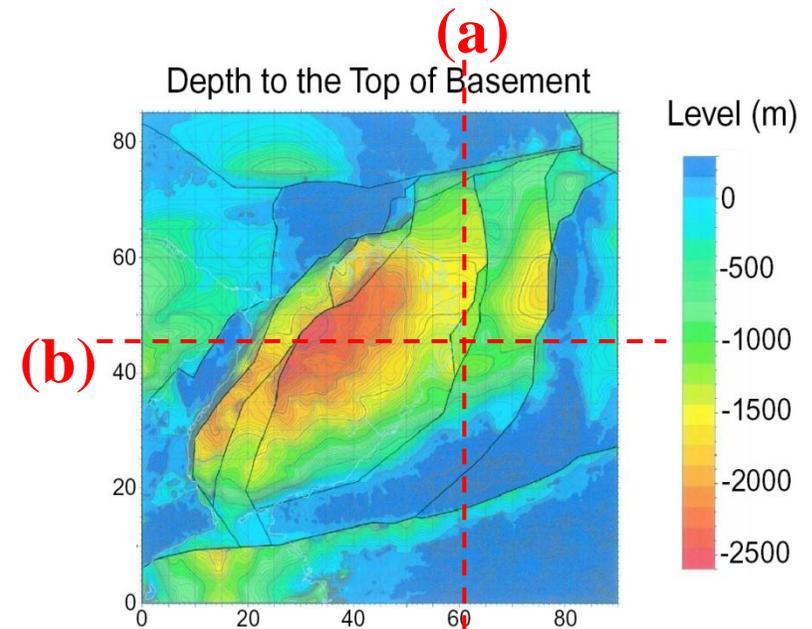
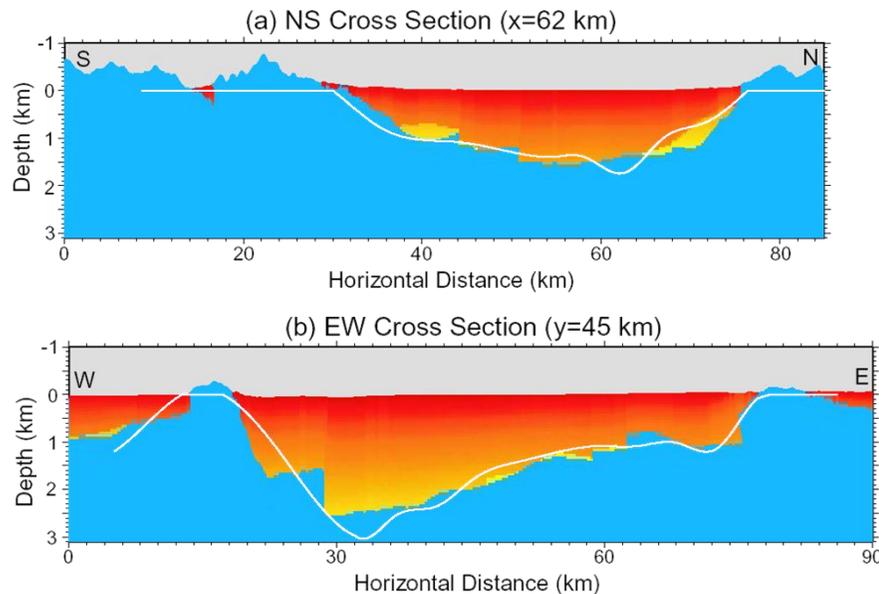
✓コードの改良を社内環境で実施

4. k-fdm3d成果報告

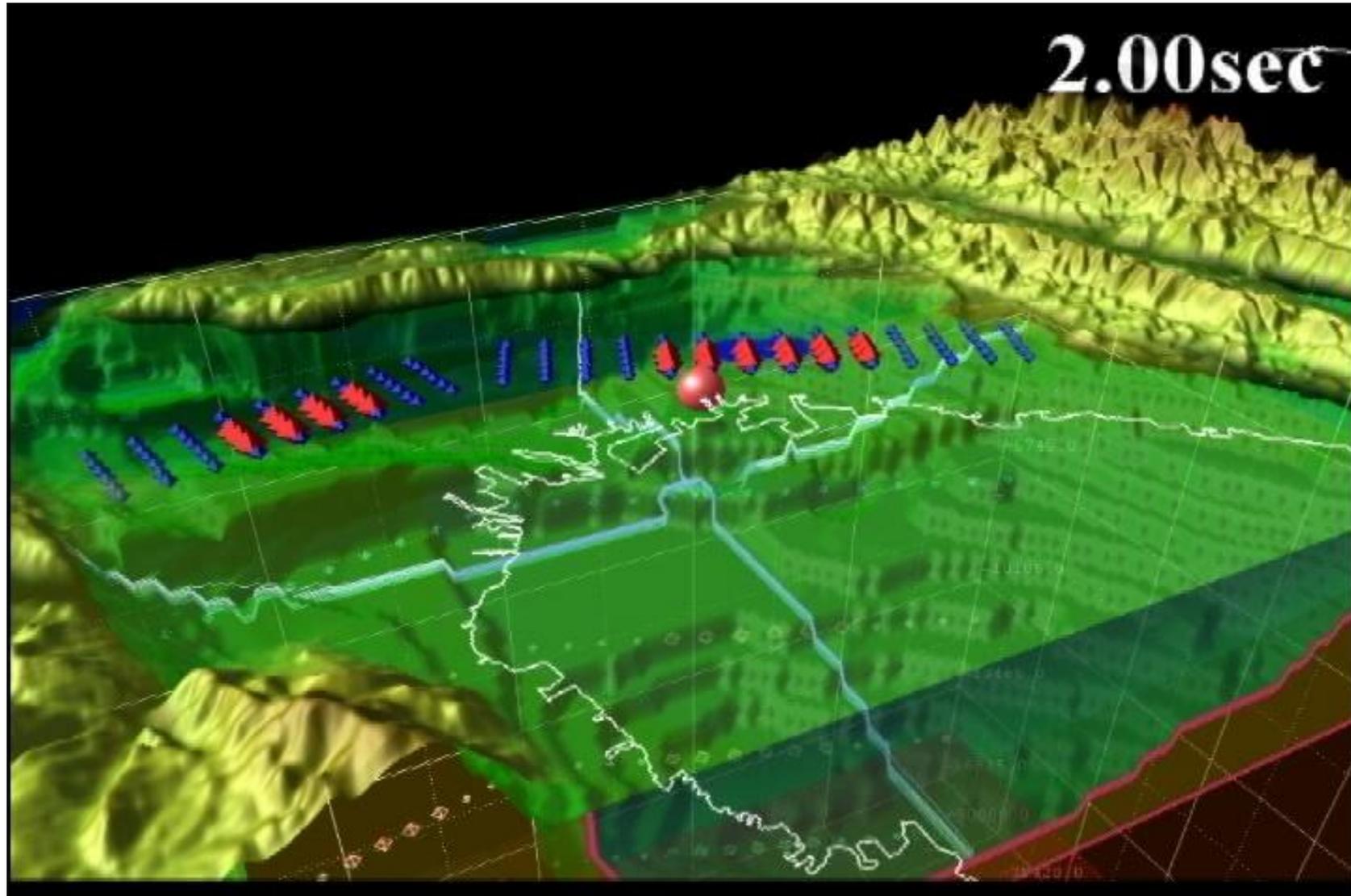


□地震波の伝播を評価

- 震源から基盤・地表までの地盤をモデル化
- 波動伝播理論に基づいた3次元有限差分法



堀川・ほか: 断層による不連続構造を考慮した大阪堆積盆地の3次元地盤構造モデル、活断層・古地震研究報告, No. 3, p. 225-259, 2003.より引用



□MPIの通信関連で再現性のないエラー発生

- 移植作業が難航

□3方向並列化、地盤モデル読み込みコード改善、最適化

- 1方向並列⇒3方向並列
- ファイルI/O、並列化率、ベクトル化率が大幅に向上

□大幅な高速化と大規模計算の実現

- 並列化率:99.899% ベクトル化率:99.23%
- 約4800倍の計算速度(96ノード理論値、社内環境と比較)
- 約174倍の計算規模を実現(社内環境と比較)

□工学的な妥当性の検証

- 短周期領域まで妥当性を確保する

✓ 1923年関東地震の再現

- 平成22年度地球シミュレータ産業戦略利用プログラムにて作業中(2年目)

4. 今後の展望



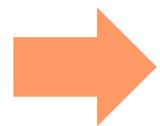
□地球シミュレータを用いるメリット

業務の大幅な効率化
(計算時間の短縮)



今まで不可能だった
大規模計算の実現

- ✓ 防災・減災ビジネスの拡大
 - 既に業務を受注
- ✓ 防災・減災に関する研究開発の推進



今後も積極的にESを利用予定

5.産業戦略利用 プログラムについて



- 本プログラムの2年間で
大規模計算に関するノウハウを蓄積し、
業務に使用していくための準備が出来た
 - 大規模計算では、
 - ☑プリ・ポスト処理、可視化にも時間がかかる
 - ☑計算プログラム以外の環境も整備する必要がある
 - 専門のスタッフの丁寧な指導
 - ☑短時間、高効率

□独立行政法人 海洋研究開発機構の関係者様、
先生方には大変お世話になりました。
特に、研究員の廣川様には、懇切丁寧な対応を
していただき、作業を効率的に進めることが出来
ました。
ここに記して、御礼申し上げます。