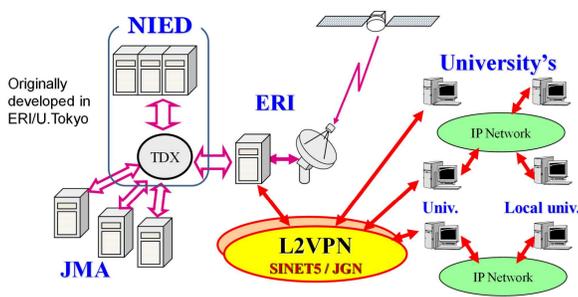


# 三次元強震動シミュレーションとリアルタイムデータ同化の融合

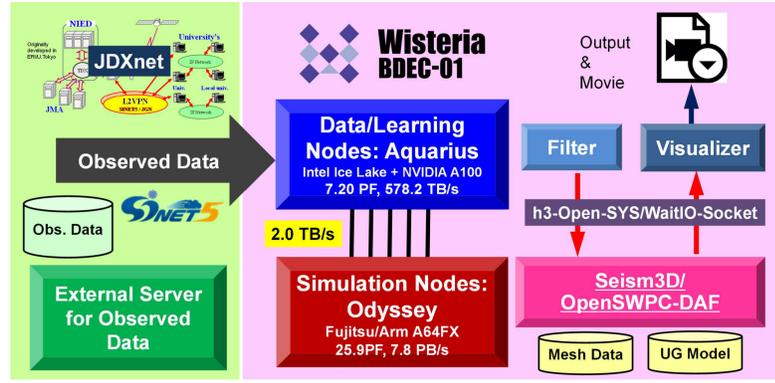
代表: 中島研吾(東京大学情報基盤センター), 副代表: 古村孝志(東京大学地震研究所)

## 目的・組織

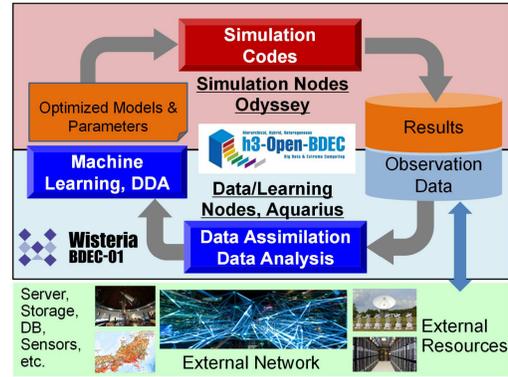
- 本研究では, JDXnet(Japan Data eXchange network)によって得られる地震観測データを利用したリアルタイムデータ同化と高精度な三次元強震動シミュレーションの融合による計算手法(Seism3D/OpenSWPC-DAF), データ同化・機械学習による三次元地下構造モデルの改良手法, 及び関連するソフトウェア群の研究開発を実施
- Wisteria/BDEC-01上でのh3-Open-BDECの利用によって, 地震動(特に長周期地震動)の即時予測・警報の実現による安全な防災行動, 減災の実現に貢献する
- 東大センターのOakbridge-CX(OBCX), Wisteria/BDEC-01を使用した検証を実施する他, 開発したソフトウェア群を「富岳」を含むHPCI計算資源群等に展開し, 「シミュレーション(Simulation)・データ(Data)・学習(Learning)(S+D+L)」融合の促進に資する



JDXnet概要 [鶴岡他]



「リアルタイムデータ同化+三次元強震動シミュレーション」融合フレームワーク



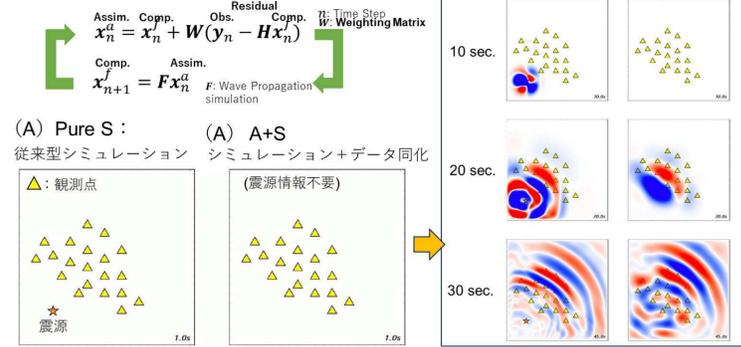
Wisteria/BDEC-01及びh3-Open-BDEC利用による「計算・データ・学習」融合

- 東京大学情報基盤センター  
中島研吾(代表)  
住元真司, 埴 敏博, 下川辺隆史  
芝 隼人, 河合直聡, 依田凌
- 東京大学地震研究所  
古村孝志(副代表)  
鶴岡 弘, 市村 強, 藤田航平  
長尾大道, 伊藤伸一
- 国立環境研究所  
八代 尚
- RIST⇒ClimTech  
荒川 隆
- 名古屋大学  
大島聡史
- 富士通株式会社  
坂口吉生, 笠井良浩, 池田輝彦
- 日立製作所  
松葉浩也



## Seism3D/OpenSWPC-DAF (Data-Assimilation-based Forecast)

### 最適内挿法によるデータ同化

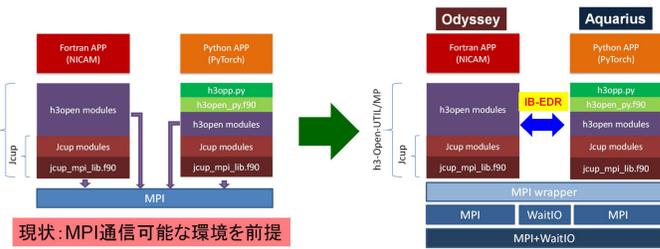


- 古村らによって開発され, 三次元の運動方程式を差分法で解く
  - 従来のシミュレーション(Pure Simulation, Pure S)は, 震源にある変位を初期条件として仮定し, それにより起こった地震波が伝わる様子を差分法で計算していたが, 震源における初期条件の仮定が間違っていると正しい結果を計算することはできない
  - 新しい「シミュレーション+データ同化」融合による手法(Assimilation+Simulation, A+S)では, 初期条件を仮定する必要がなく, 実際の地震による変位を使用し, シミュレーション結果を観測結果でリアルタイムに補正, すなわち同化しながら進めている
  - 同化には「最適内挿法(Optimal Interpolation Method)」を使用している
- A. Oba, T. Furumura, T. Maeda, Data - assimilation - based early forecasting of long - period ground motions for large earthquakes along the Nankai Trough, J. Geophys. Res., <https://doi.org/10.1029/2019JB019047>, 2020

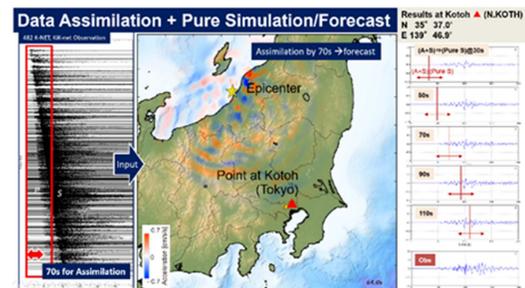
Seism3D/OpenSWPC-DAFにおける「計算・データ同化」融合

## 2021年度: 主な研究成果

- h3-Open-SYS/WaitIO, h3-Open-UTIL/MPを開発し, Wisteria/BDEC-01上でOdysseyとAquariusを連携して使用するためのソフトウェアとして整備し, 「フィルタリング⇒データ同化+シミュレーション⇒可視化」をWisteria/BDEC-01上で実施するための仕組みを整備, 動作確認
- 2007年新潟県中越沖地震の再現シミュレーションを, 最大1,280ノードを使用して実施, 計算結果は古村等の先行研究[Furumura T. et al. GRL, 2018]の結果を忠実に再現, 200秒分の計算を概ね20秒程度で完了し, リアルタイム予報へ向けての目安である「実現象の10分の1」をほぼ達成できた(OBCX上でのプロトタイプ)



h3-Open-UTIL/MP, h3-Open-SYS/WaitIO-SocketとMPIを併用した異機種間結合プログラムの構成



Seism3D/OpenSWPC-DAFによる「データ同化+シミュレーション」融合事例, 2007年新潟県中越沖地震

## 2022年度: 研究計画

- リアルタイムデータ同化+三次元強震動シミュレーション(古村, 鶴岡, 埴, 坂口, 笠井, 池田)
  - 2022年度は, 特にシミュレーションコードのA64FX向け最適化, 計算・通信のオーバーラップによる高速化, I/O高速化を実施
  - 2021年度に実施した予備的計算では, 計算・通信オーバーラップによりOdyssey上で20%程度の速度向上が見込まれる[7]。
  - Seism3D/OpenSWPC-DAFでは計算の初期は「データ同化+シミュレーション(A+S)」を実施し, ある時点で「純シミュレーション(Pure S)」に移行, 現在は移行タイミングを1つに固定しているが, 複数の移行タイミングを指定して複数シナリオを同時実行できる枠組みをh3-Open-BDECの機能を実現する
- データ同化・機械学習(河合, 長尾, 藤田, 依田, 市村, 伊藤, 下川辺, 芝, 中島)
  - 常時微動や小規模地震など平時に得られるデータを使用して, 「S+D+L」融合により地下構造を推定する手法の開発を目指し, (a)大規模機械学習, (b)REMC法, (c)2nd-order Adjoint法, の3手法を検討する((b,c)はデータ同化アルゴリズム開発に関する基礎的研究)
- 関連ソフトウェア群(中島, 松葉, 八代, 荒川, 住元, 大島)
  - 研究項目①, ②ともに2022年度は複数シナリオの同時実行が必要となることから, h3-Open-UTIL/MPの機能を拡張, 複数ケース実行処理を可能とする
  - h3-Open-SYS/WaitIOについては, 2022年度はファイルシステム経由のWaitIO-Fileを開発する。
  - WaitIO-Fileはより汎用性が高いと考えられ, 名古屋大「不老」などJHPCNの他システムへのデプロイも図る
  - h3-Open-UTIL/MP, WaitIO-File連携により, I/O及び可視化処理と計算のオーバーラップによるアプリケーションの高速化について検討を実施する

