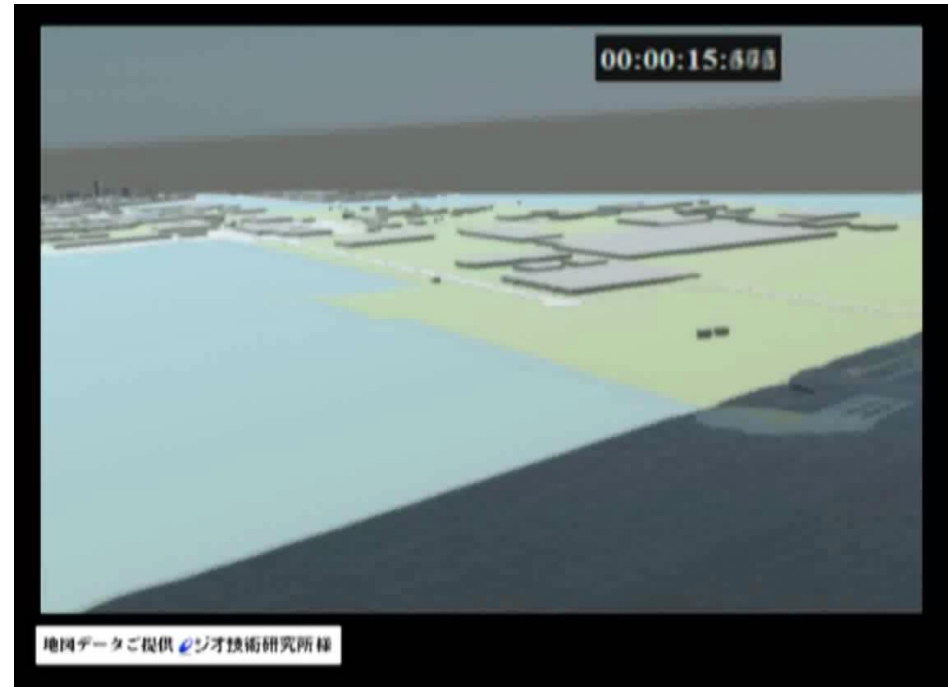
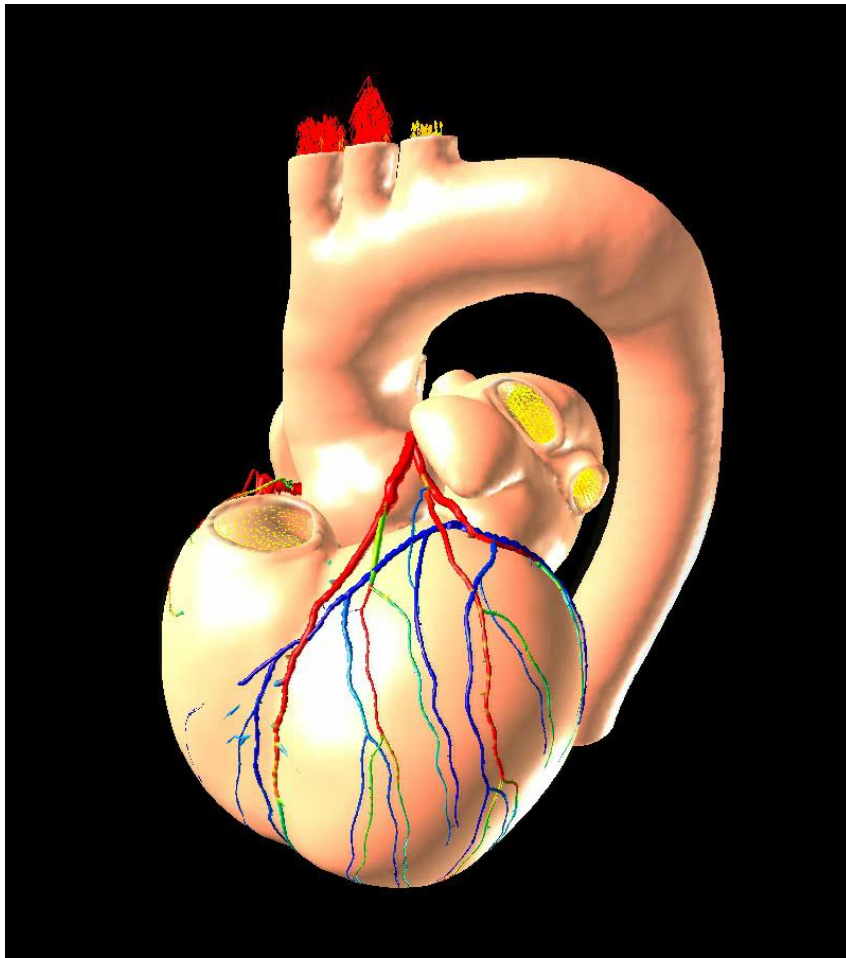


シミュレーションニーズに適応した 可視化システムの開発と可視化事例

渡邊 正宏
富士通株式会社
次世代テクニカルコンピューティング
開発本部 アプリケーション開発統括部
(兼)未来医療開発センター
研究開発統括部 生体シミュレーション
開発室

渕上 聡
富士通九州システムズ株式会社
エンジニアリングソリューション本部
テクニカルコンピューティング
ソリューション部

- 心臓シミュレータに適応した可視化システム
- 津波シミュレーションに適応した可視化事例



東京大学 久田俊明教授・
杉浦清了教授と富士通との共同研究成果

先端的研究者との協調による開発を推進

心臓シミュレータに適応した 可視化システム

心臓シミュレータ可視化処理の位置付

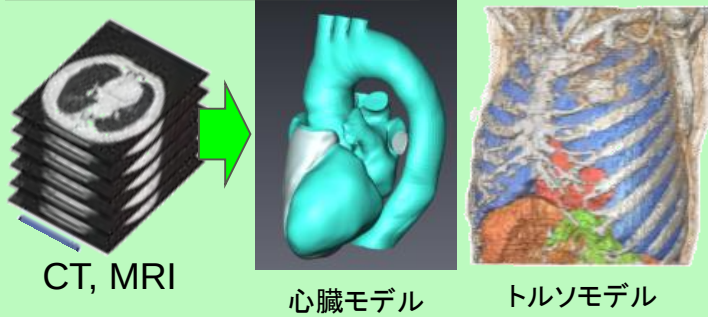
プリプロセス

シミュレーション

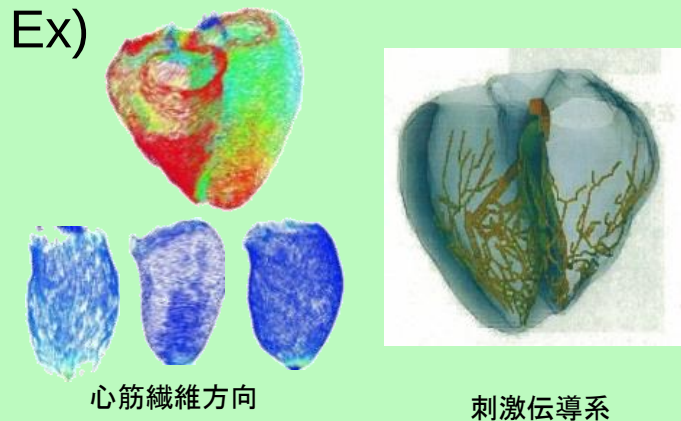
可視化

効用

個別モデル生成

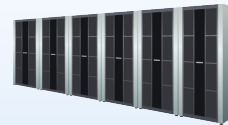


標準モデルの付加



マルチフィジックス 心臓シミュレータ

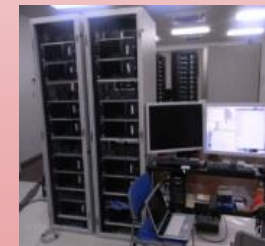
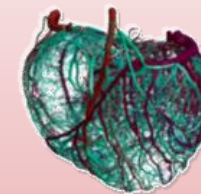
通常の医療に適用



マルチスケール 心臓シミュレータ

最先端研究に活用
(京⇒1.5拍/17時間)

可視化 システム



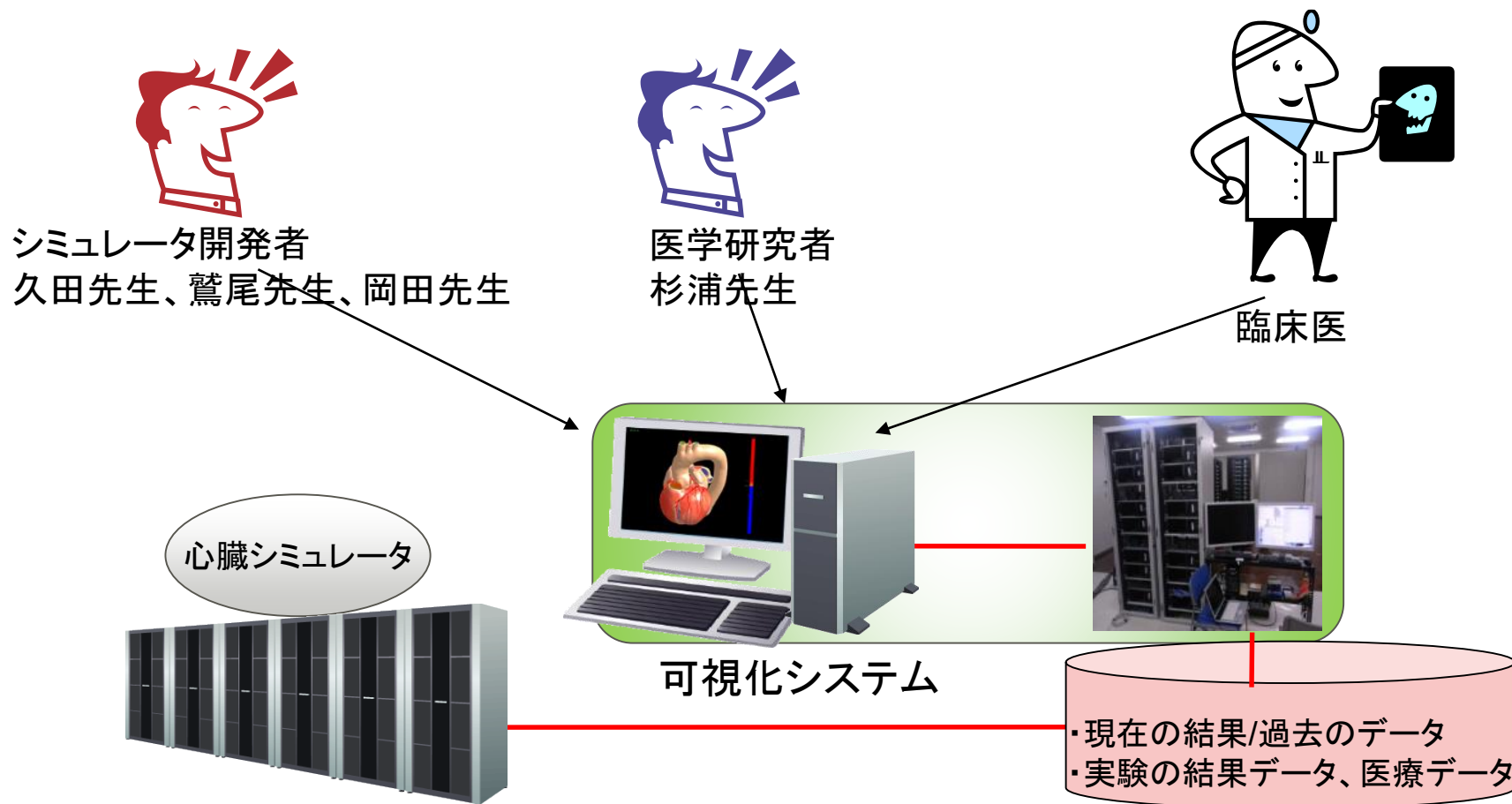
診断支援



手術支援

可視化システムのユーザ

■ 3通りのユーザを想定



- 開発初期 シミュレータ開発者向けの機能提供により開発支援
- 開発中期～現在 医学研究者、臨床医向け機能を順次開発

システムの利用目的と機能例

利用目的

シミュレータ開発者

- ・シミュレーション結果の妥当性確認・観察

- ・論文、プレゼン用画像・動画作成

医学研究者

- ・疾患要因の検討、実験結果との比較

臨床医

- ・(例)
CRT設置効果予測、
先天性心疾患の
施術後予測

実は前提として
種々の要件を満たさなくては
ならない

- ・高速な結果確認
- ・ごく簡単なGUI
- ・安定性
- ・イメージしやすいカラーリング
- ・興奮伝播表示・
心電図作成

機能例

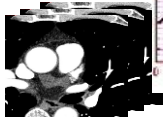
- ・心筋表示機能

- ・心筋厚測定機能

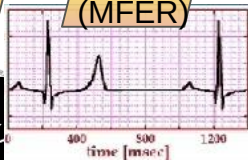
- ・心筋上の物理値抽出・
グラフ化

入力

CT/MR/
US 画像



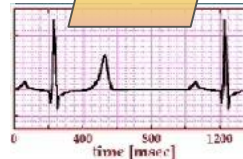
心電図
(MFER)



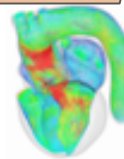
膜電位
分布



心電図



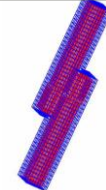
心筋挙動



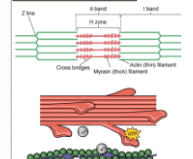
血流



細胞
力学特性

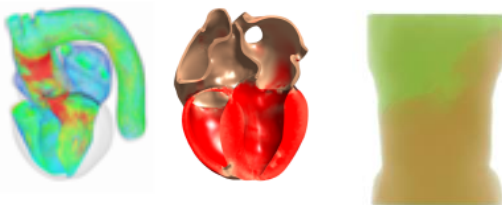


状態分布,
収縮力

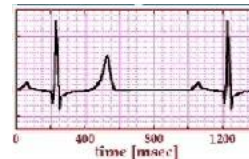


出力

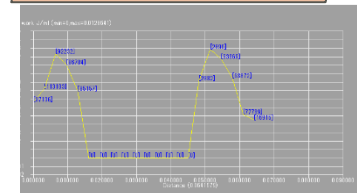
動画

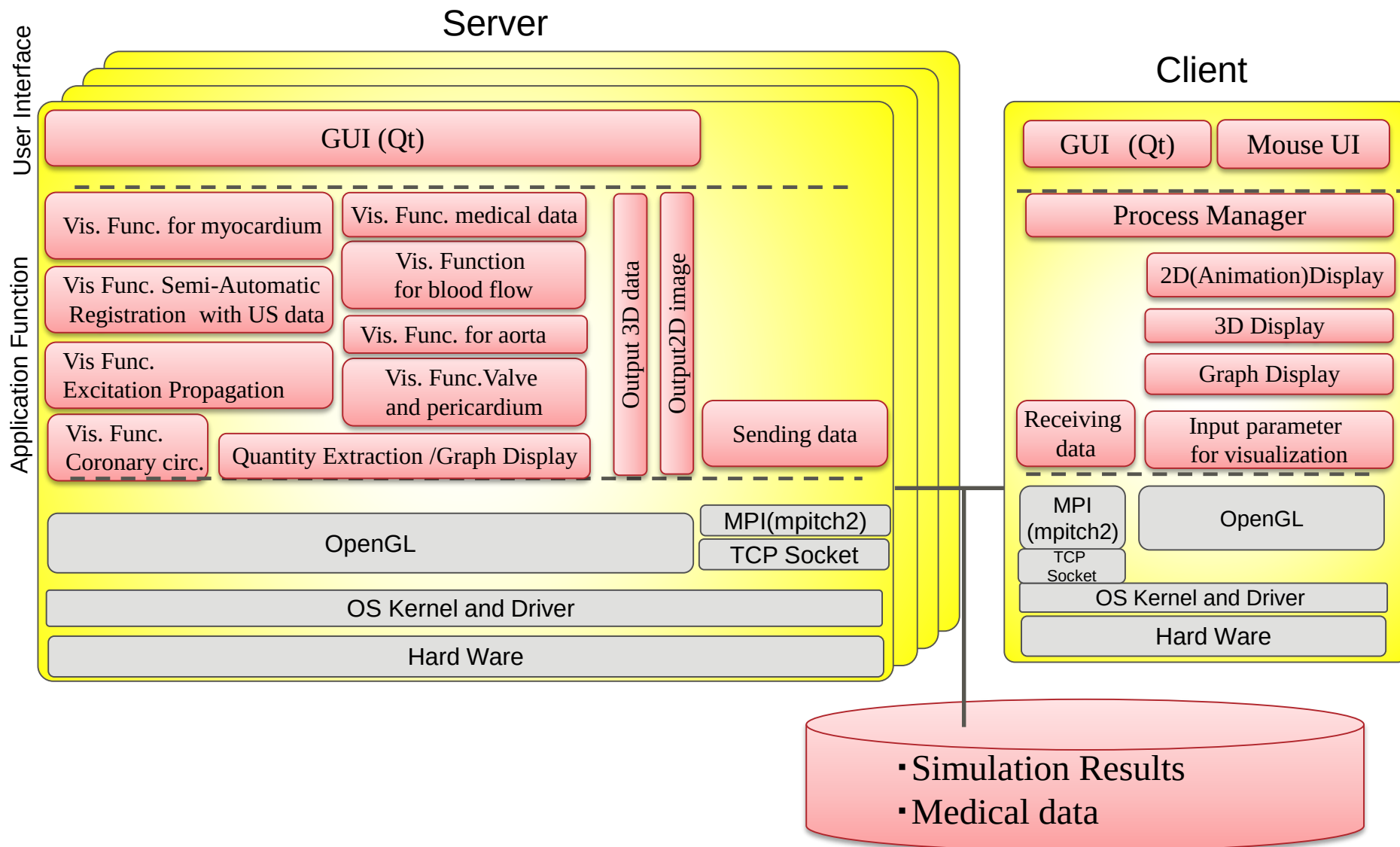


シミュレーション結果から
測定した心電図

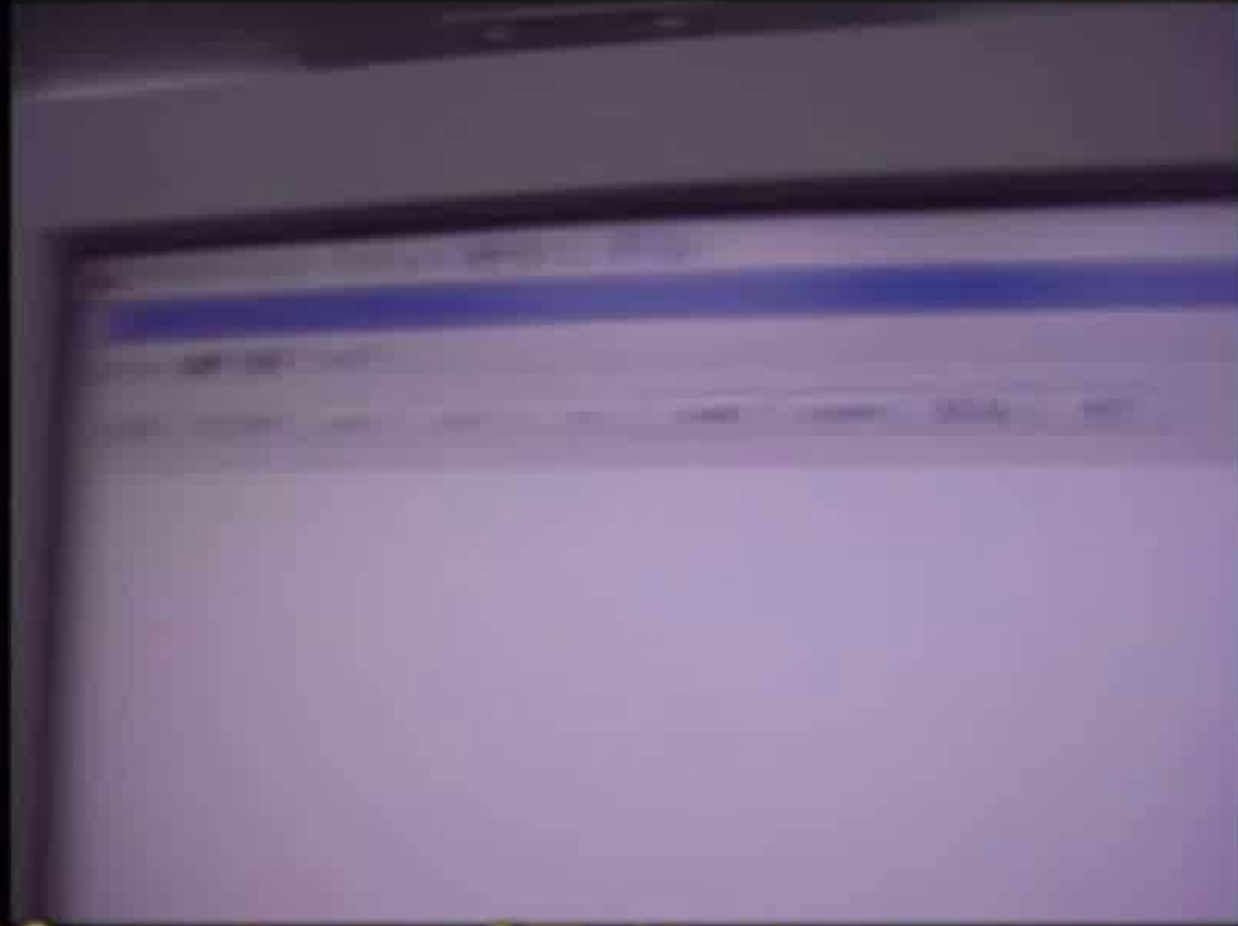


グラフ
データ





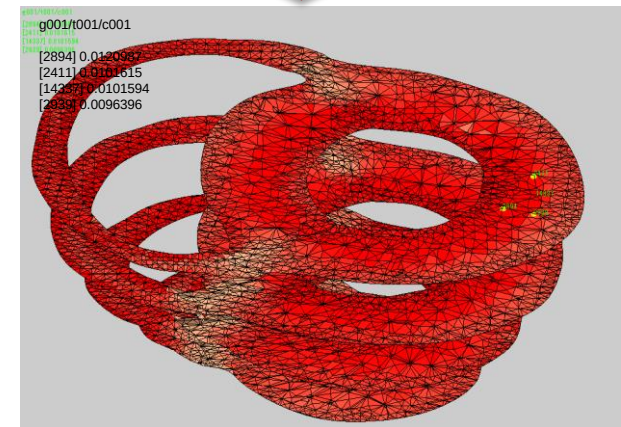
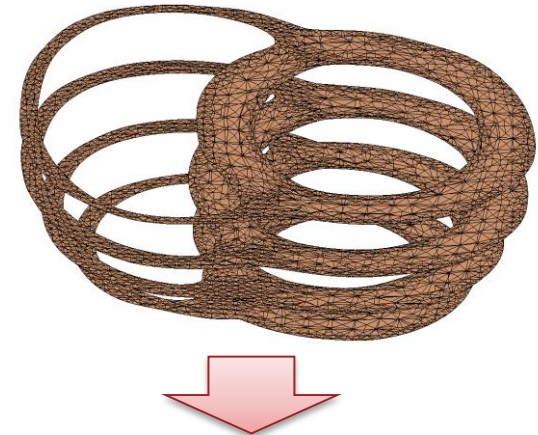
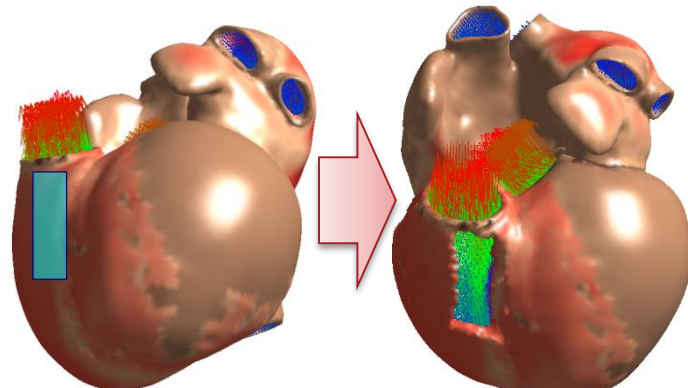
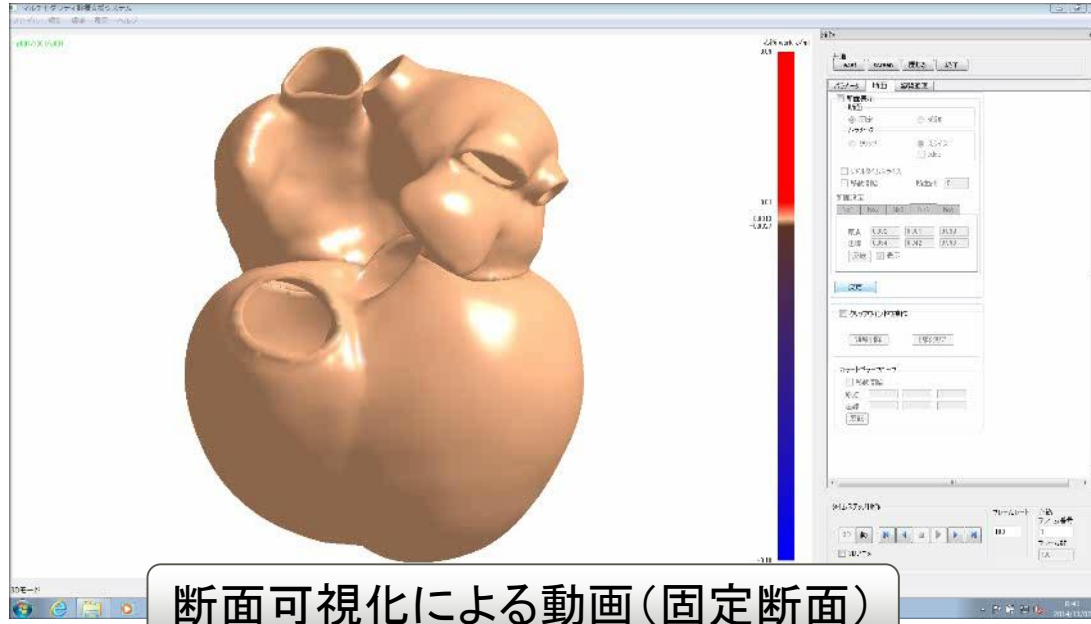
心臓1拍約4GBのデータを1.3秒で動画化



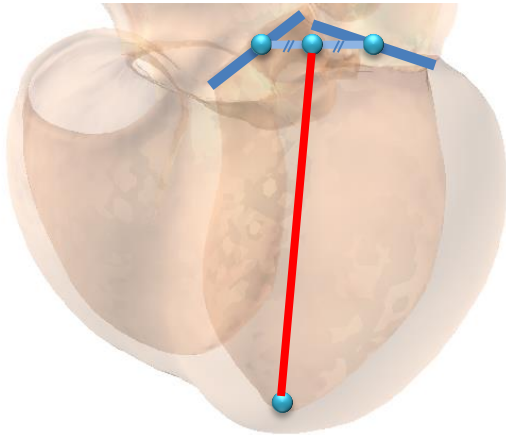
ポスト可視化システム

心筋表示機能

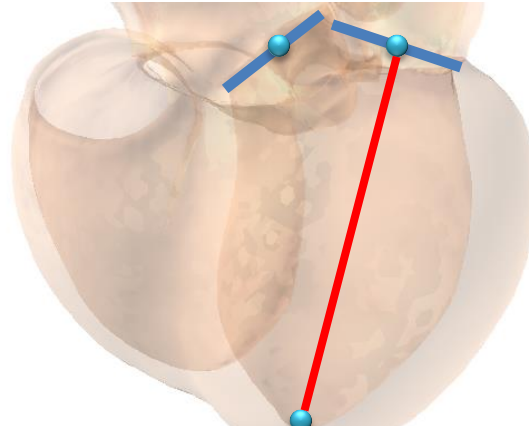
各種の心筋可視化機能により、ユーザを支援



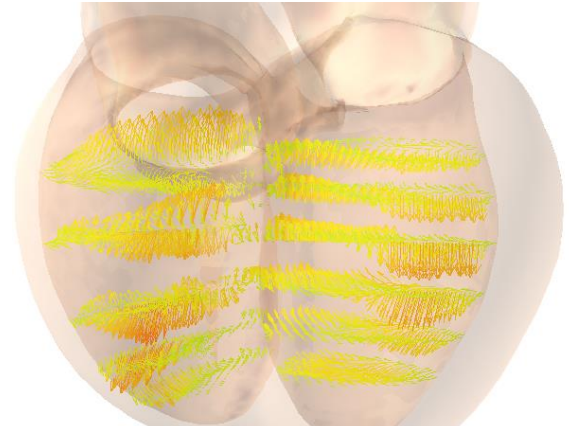
断面可視化と値の確認



(a)

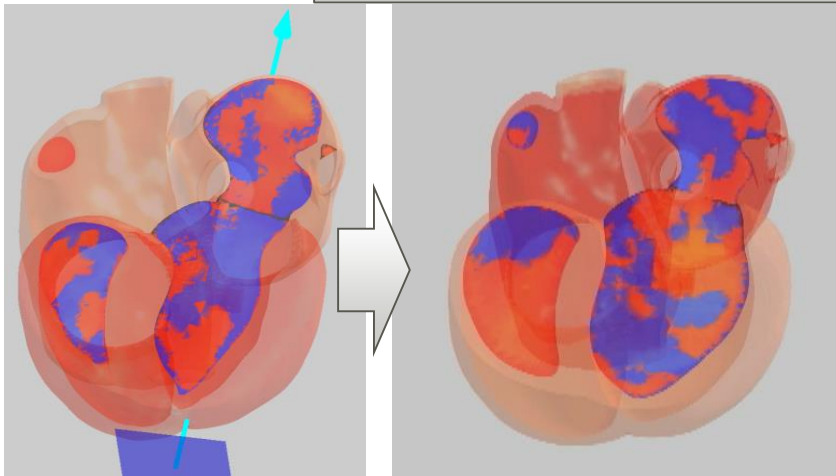


(b)

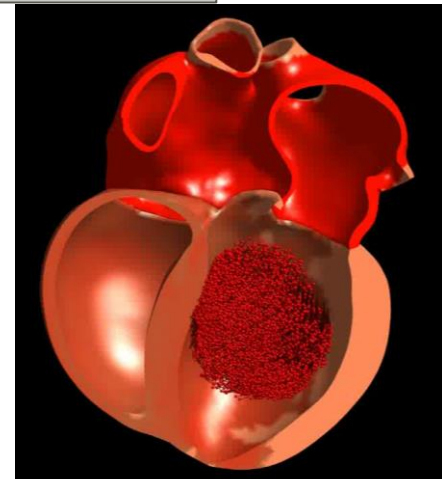


(b)の線に直行する断面での可視化

心筋形状に基づく血流の可視化

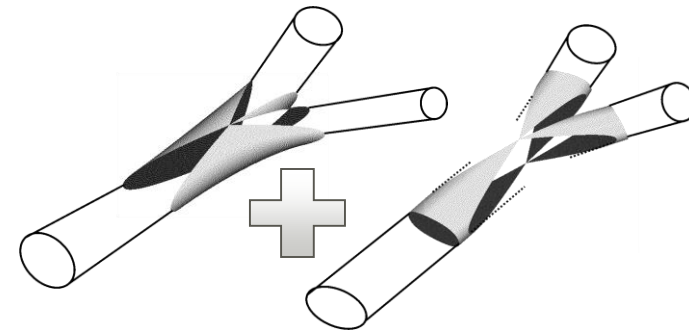
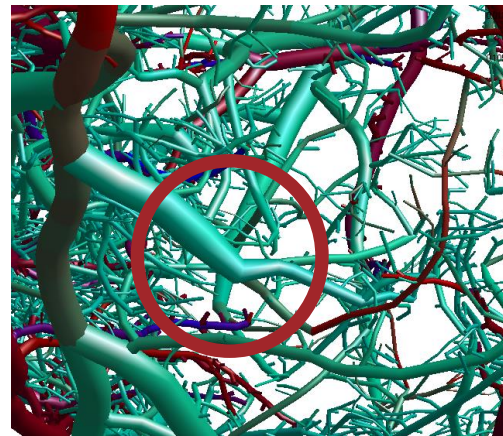
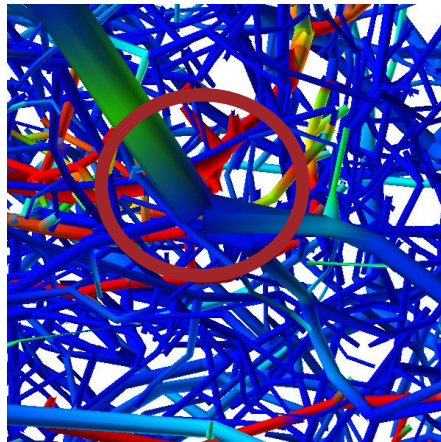


マウスプローブによる血流ドップラー表示

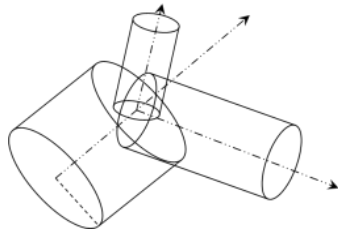


パーティクルフロー

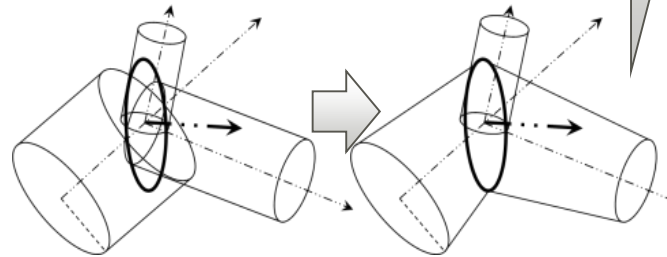
血管網として不整合の無い精緻な表示を実現



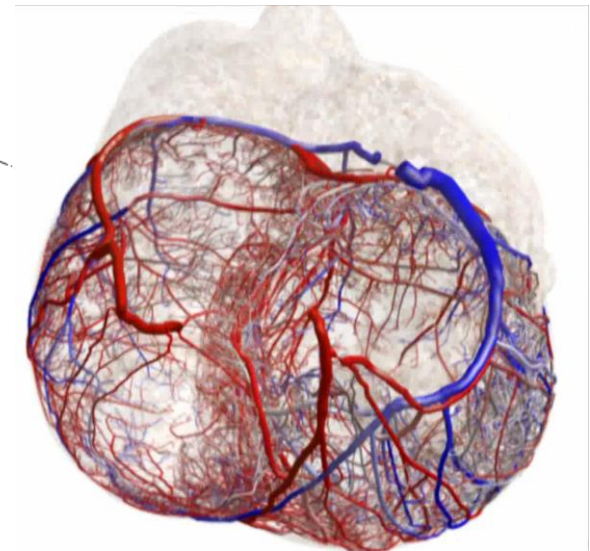
変曲点の無い形状の作成



線要素周囲に管形状を
生成・表示した場合
隙間が空いてしまう



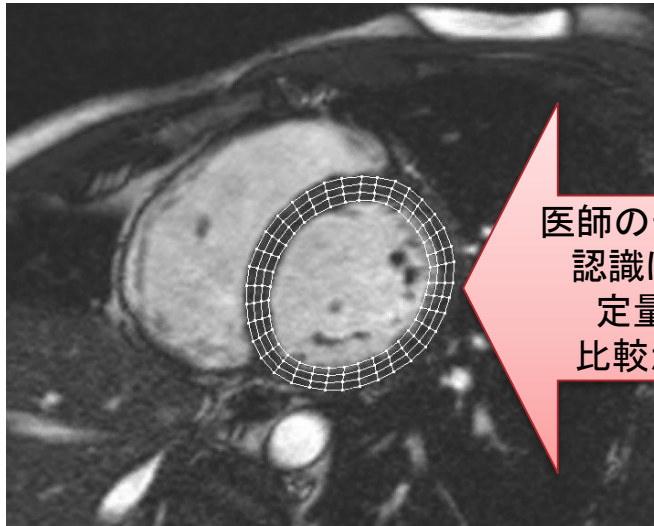
共有面の生成により、
隙間をなくす



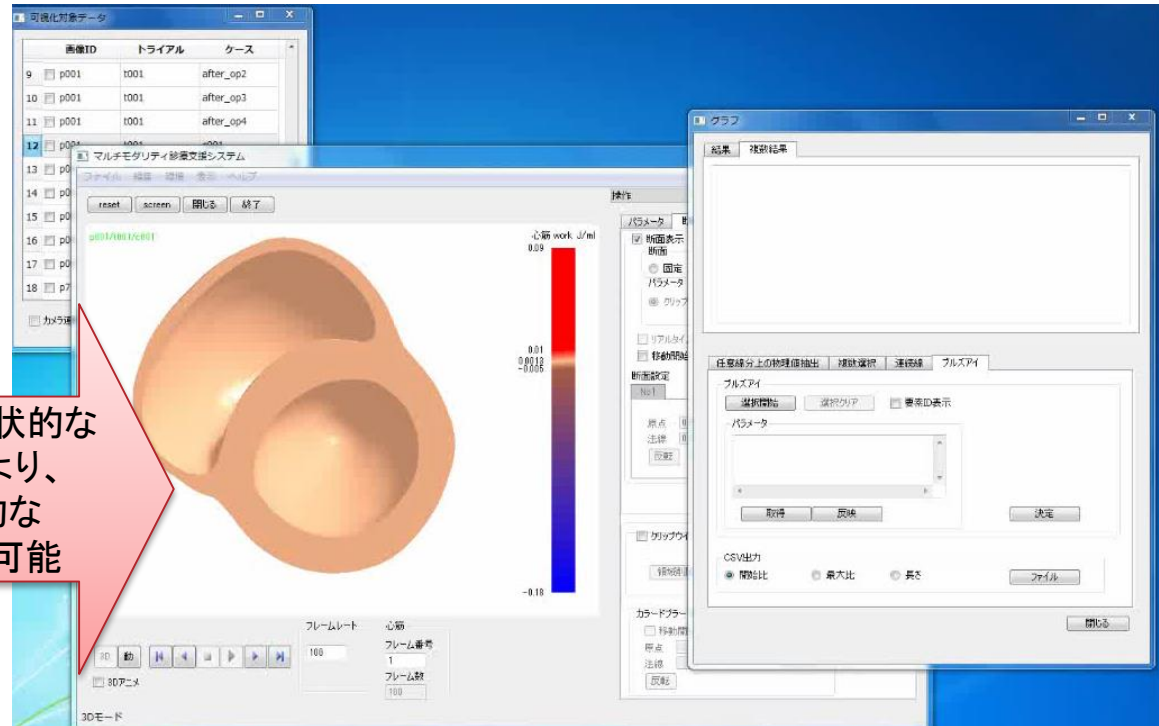
可視化前処理により、効率的に面生成を実施

心筋厚測定機能

簡単な操作で心エコー画像解析と同様の心筋厚測定が可能



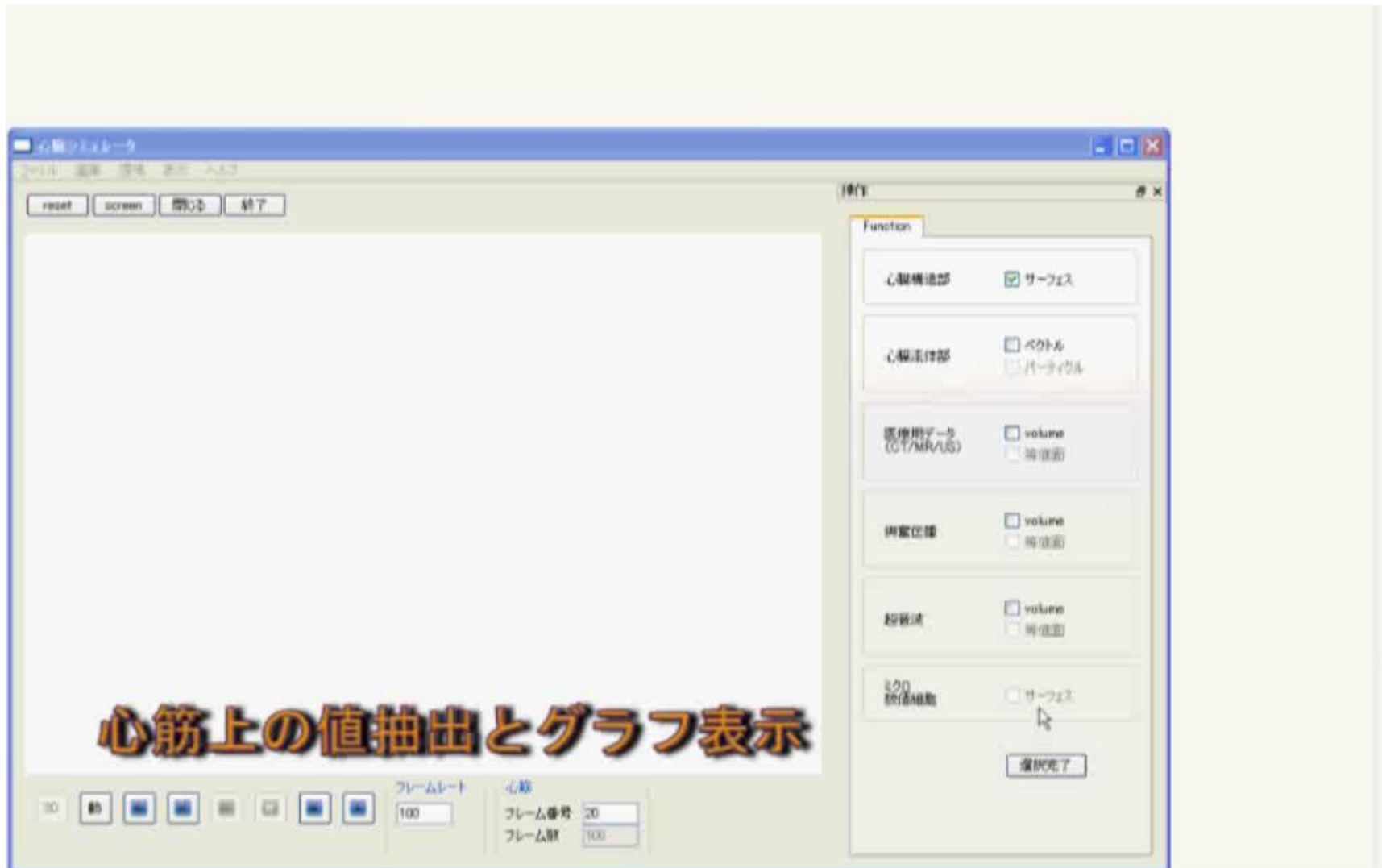
医師の形状的な
認識により、
定量的な
比較が可能



左心室心筋厚の測定機能
(久田研開発)

高精度心筋厚測定機能

心筋上の任意位置の物理値を抽出し、グラフ表示

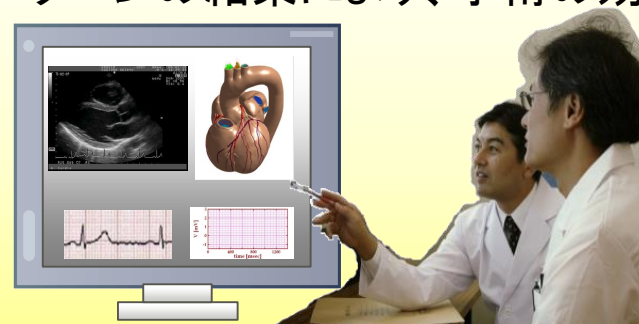


病院内システムと連携し、シミュレーション結果と各モダリティのデータを同期して表示することで、医師の診療・術前検討を支援

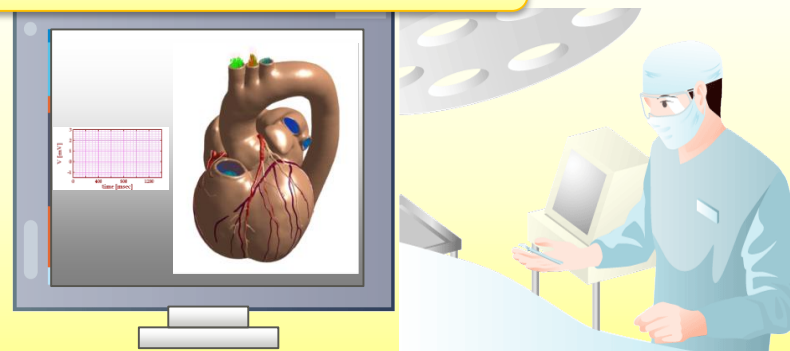


利用シーン1※ 術前検討

数十パターンの結果により、手術の効果を確認



利用シーン2※ 術中確認

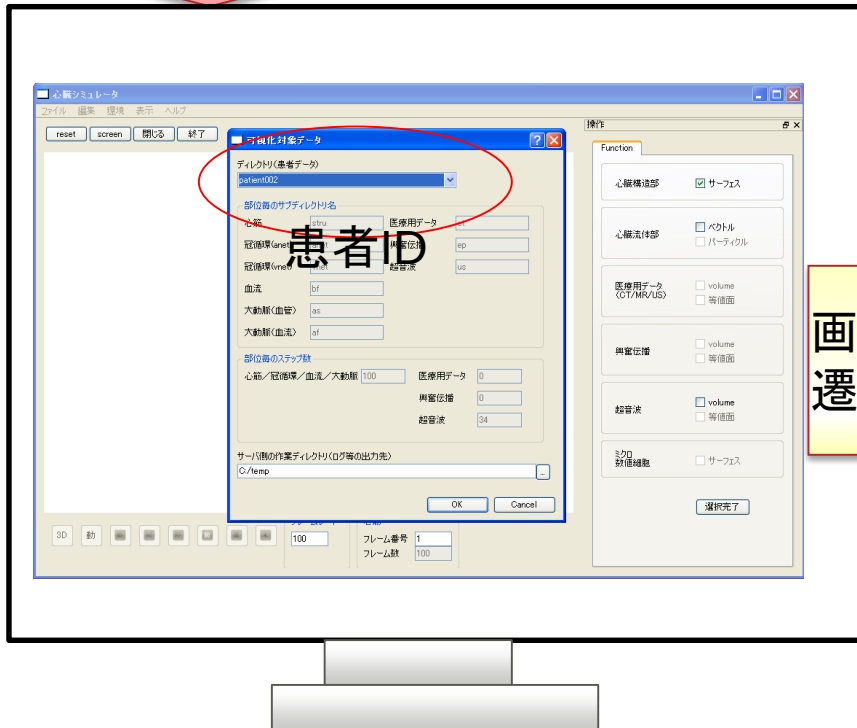


※東大病院 循環器内科医師による案

本システムの機能

- ・PACS/心電図測定等システムからCT/MRI/心電図/心エコーデータの情報を取得
- ・経過観察向けに撮影日時を選択

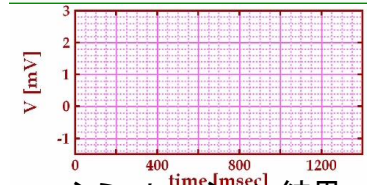
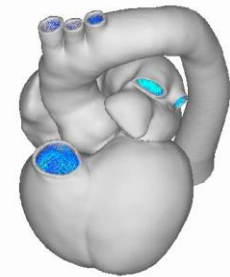
- ・心臓シミュレータの出力結果をデータに最適な可視化機能で表示
 - ・3D可視化機能
 - ・グラフ可視化機能
 - ・重畳機能



モダリティデータの表示 可視化機能による表示



測定した心電図



シミュレーション結果の心電図

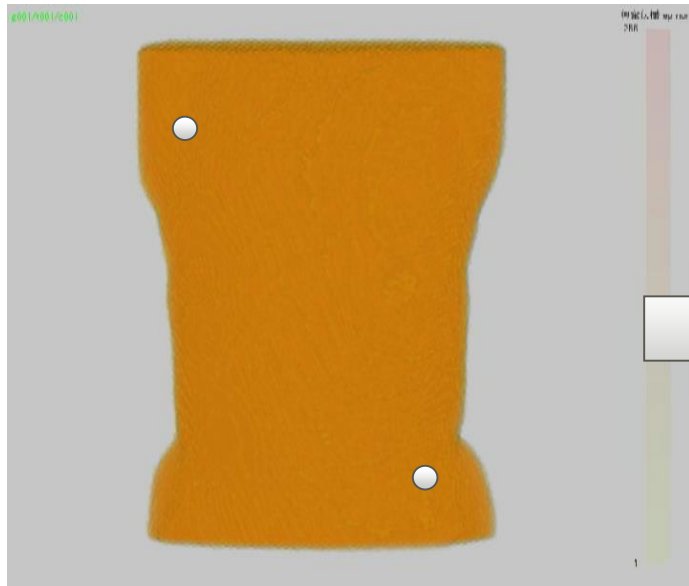
- ・シミュレーションの心電図と測定した心電図を比較表示

興奮伝播表示・心電図作成

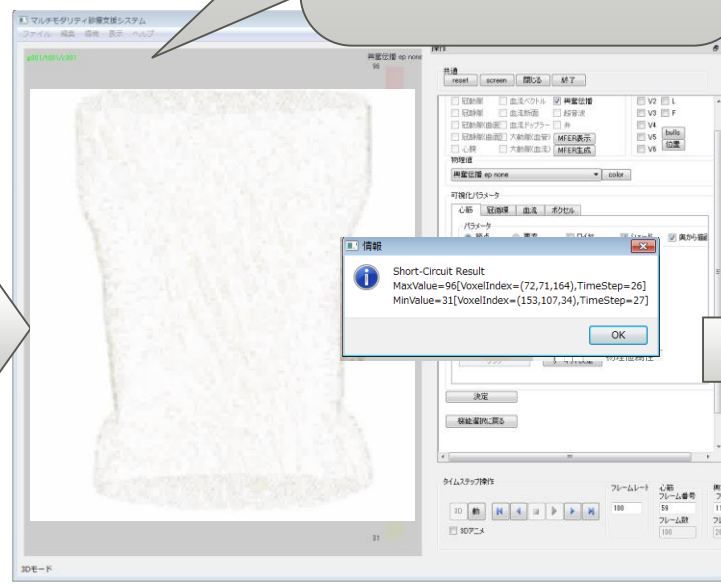
興奮伝播シミュレーションの結果から、心電図を生成、保存

- CRTの電極位置最適化において、胸郭上の心電図は妥当性を確認するため重要

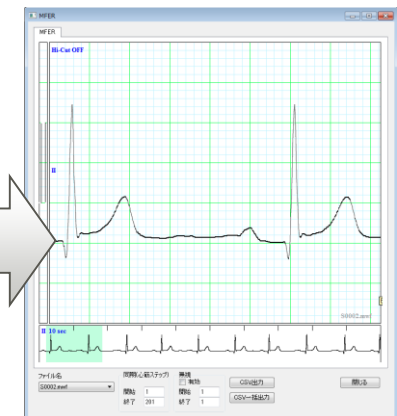
1拍動中の
3次元データから
伝播波面を抽出



Step1 プローブの配置



Step2 最小・最大値の表示と
カラーマップ調整



Step3 心電図保存・
表示

心臓シミュレータ向け 可視化システム 高速処理、 表示デバイス

処理の高速化

- システム利用前の可視化前処理
- カメラ操作時のデータロード
- オフスクリーンレンダリングによる画像生成の高速化と通信制御

局所的なデータの抽出・表示

- システムアーキテクチャに対応したデータの構造化処理

複数の結果の同期表示

- 各サーバ上での処理プロセス制御

シミュレーション出力データサイズ

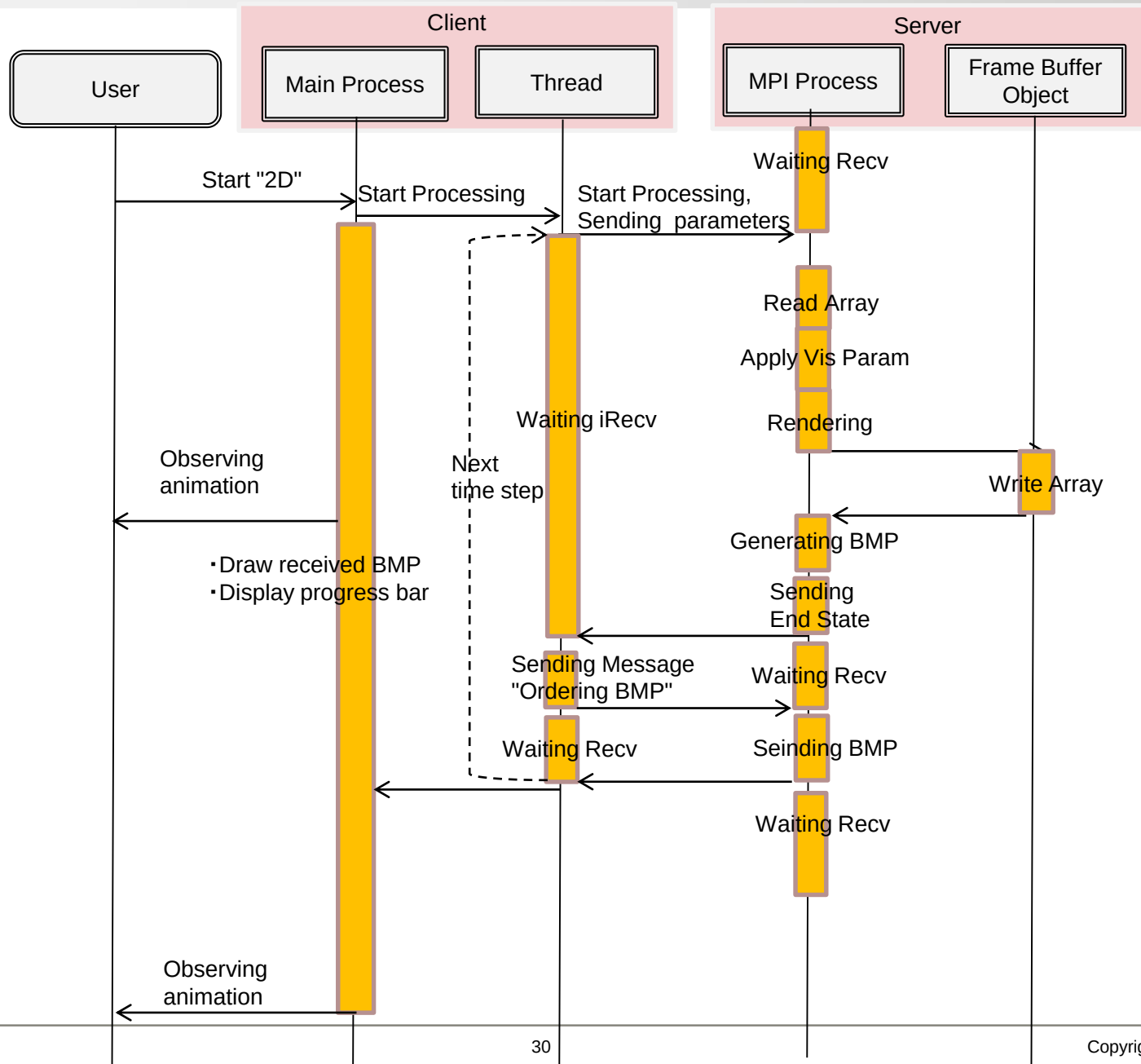
ここ数年の大規模データの可視化は空間分割による高速化

- 代表的なソフトウェア Paraview, Avizo, AVS/Expressでは実施済
- 心臓シミュレータのデータサイズは下記の通り

ファイル名	部位名称	データサイズ 及びファイル数(参考)
anet	冠動脈	1.4MB x 100
vnet	冠静脈	1.4MB x 100
myo	心筋	45MB x 100
bf	流体(心房室)	21MB x 100
as	大動脈血管	16MB x 100
af	大動脈血流	1.6MB x 100
va	大動脈弁・僧帽弁	
ct	CTデータ	250MB x 10
mri	MRIデータ	60MB x 10
us	超音波データ	16MB x 70 x 2
ep	興奮伝播(トルソ)	5MB x 200
ep_heart	興奮伝播(心臓)	30MB x 200
mfer	MFER	

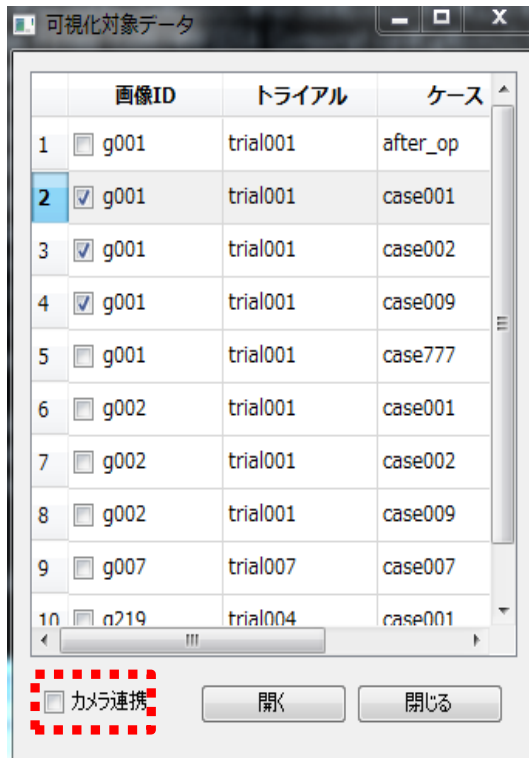
データサイズが比較的小さいことから、時系列データの分散可視化処理を選択

動画生成フロー

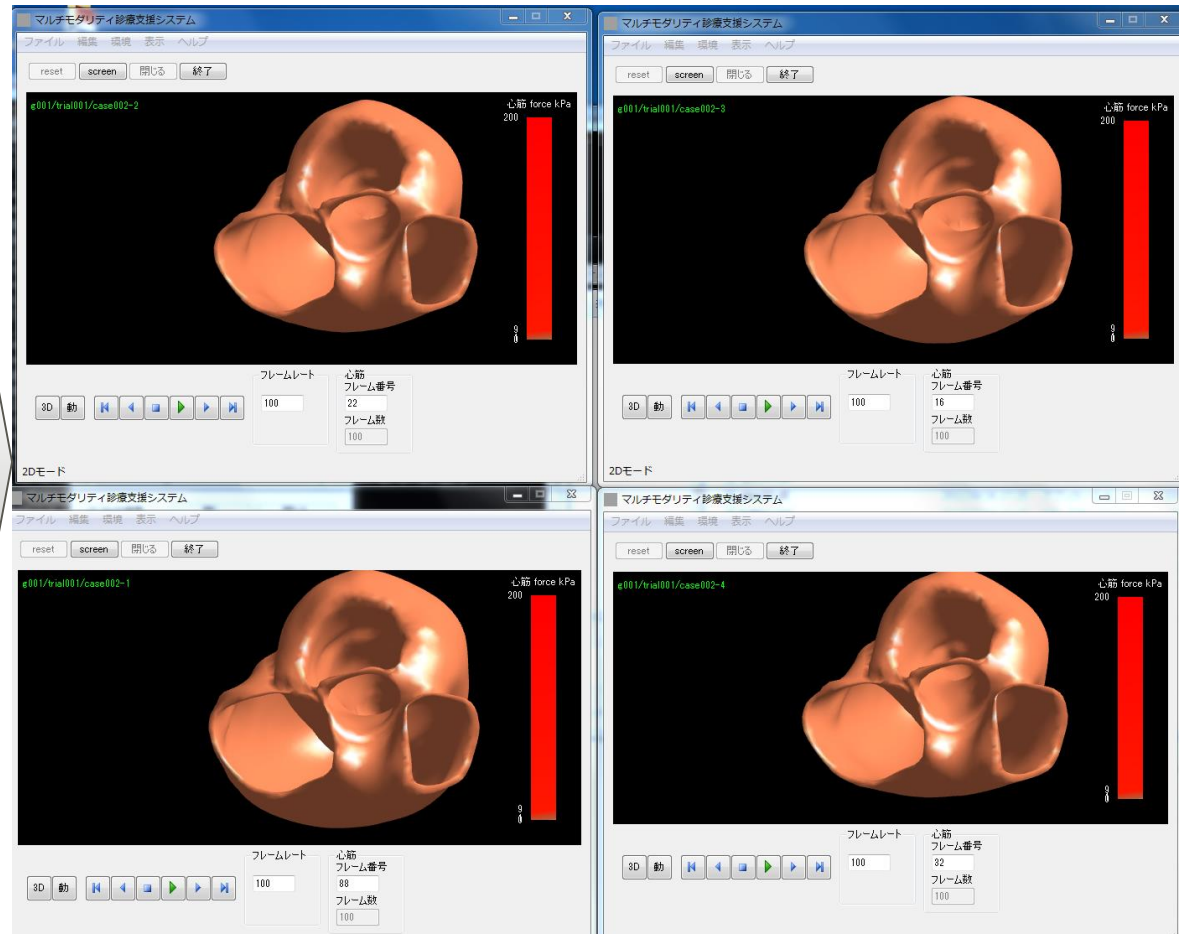


複数の結果の同期表示

MPIのランク番号の割り当てにより、それぞれのケースを動画処理



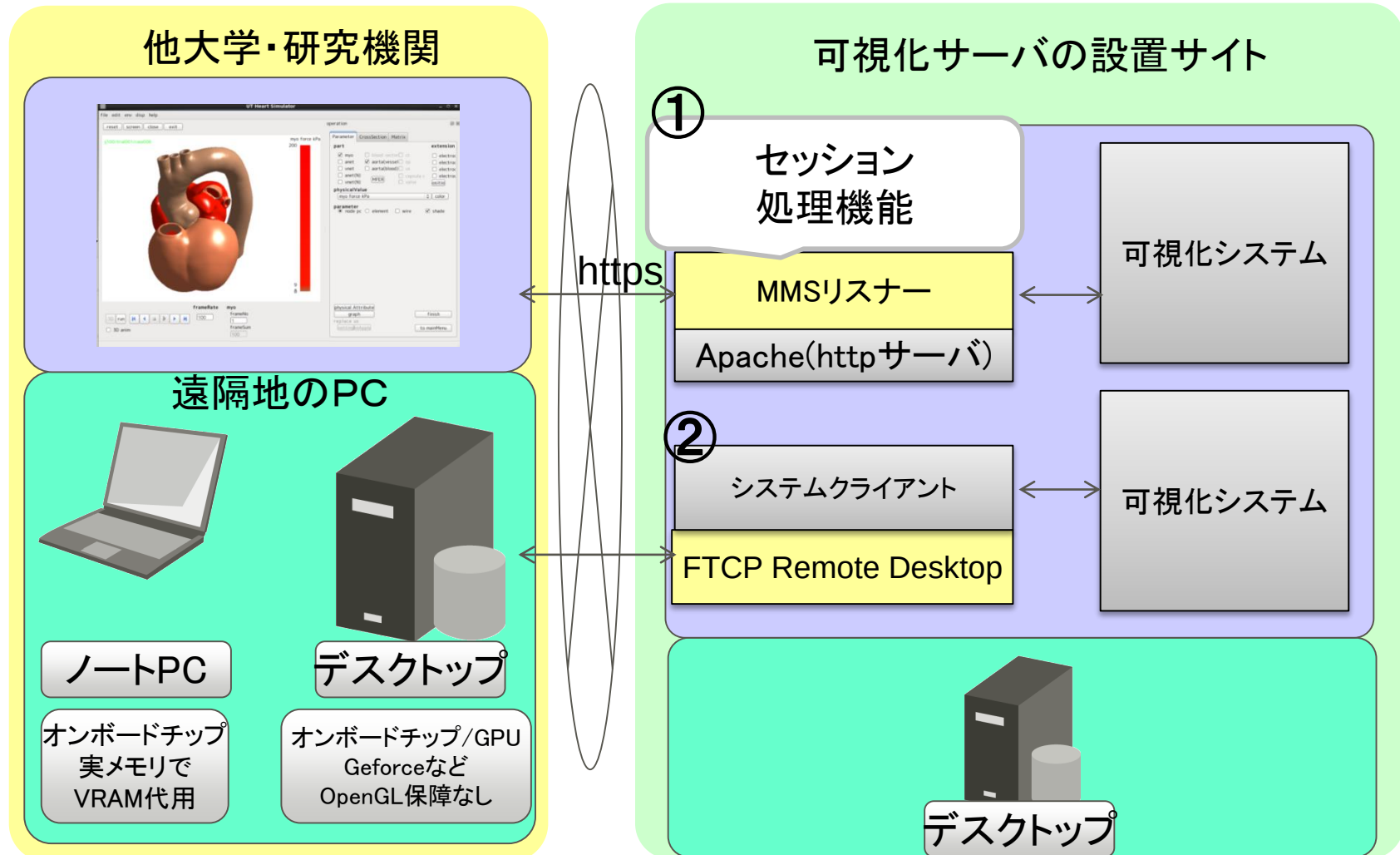
データを選択

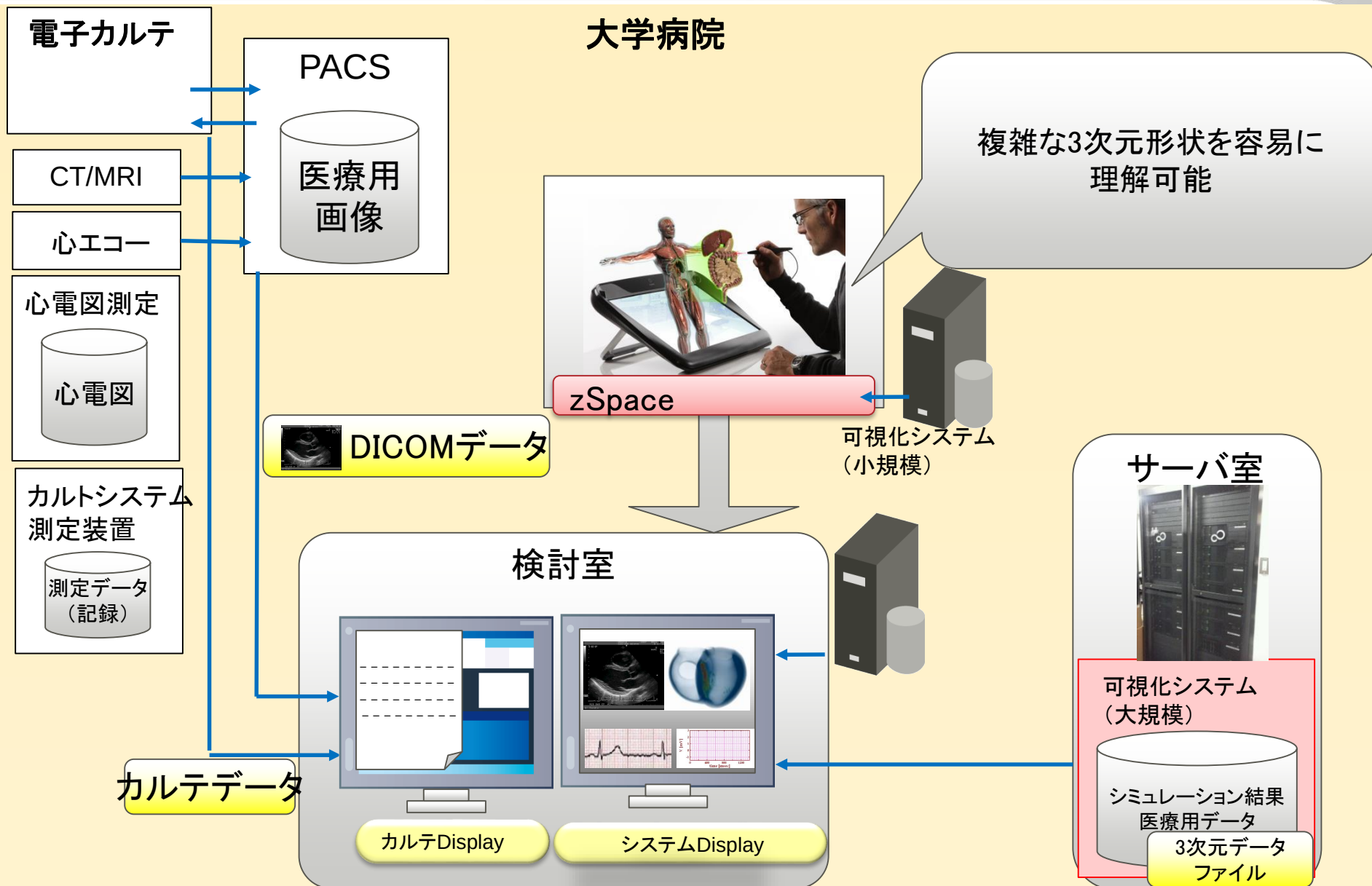


可視化結果

遠隔可視化機能

- 国内外の協力研究者に遠隔にて可視化結果を提供
- 2種類の遠隔可視化機能により実現





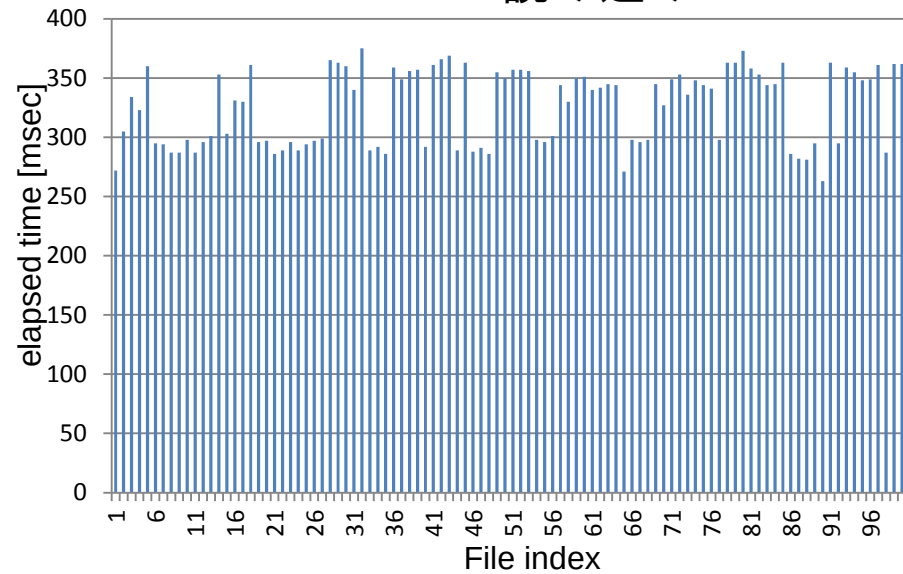
実現した可視化機能

項番	可視化内容	対象	入力データ	フィルタ・マッピング機能	レンダリング機能	出力データ	ユーザ		
							シミュレーション開発者	医学研究者	臨床医
1	心筋の表面表示	心筋	有限要素(四面体)	境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
2	心筋の断面(スライス)表示	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
3	心筋の断面(クリップ)表示	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
4	心筋の追跡表示	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
5	心筋上の物理値抽出	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出・物理値抽出	サーフェスレンダリング・ポイントレンダリング		○	○	
6	心筋上の物理値抽出(グラフ)	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出・物理値抽出・空間平均演算	サーフェスレンダリング・ポイントレンダリング・グラフ表示	CSVファイル	○	○	○
7	心筋の部分削除表示	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	
8	心筋厚測定機能	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出・測定点算出	サーフェスレンダリング・ポイントレンダリング・グラフ表示	CSVファイル	○	○	○
9	冠循環表示	冠循環	有限要素(線)	面生成(トライアングルストリップ)	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
10	滑らかな冠循環表示	冠循環	有限要素(線)	面生成(トライアングルストリップ・スプライン面構成)		時系列画像	○	○	○
11	冠循環の断面(クリップ)表示	冠循環	有限要素(線)	断面抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
12	弁表示	弁	有限要素(三角形)	境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
13	心外膜表示	心外膜	有限要素(三角形)	境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
14	大動脈表示	大動脈	有限要素(三角形・点)	境界抽出	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	○
15	心房室内血流表示	心房室内	有限要素(四面体)	グリフ	ラインレンダリング	時系列画像	○	○	○
16	大動脈内血流表示	大動脈	有限要素(点)	グリフ	ラインレンダリング	時系列画像	○	○	○
17	心房室・大動脈内血流表示	心房室内・大動脈内	有限要素(四面体・点)	パーティクルフロー	ラインレンダリング	時系列画像	○	○	○
18	心房室・大動脈内血流ドップラー表示	心房室内・大動脈内	有限要素(四面体・点)	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	ボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
19	医療用データ表示	医療用データ	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
20	医療用データ断面表示	医療用データ	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
21	医療用データ リアルタイム断面表示	医療用データ	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
22	興奮伝播表示	心筋・胸郭	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
23	興奮伝播断面表示	心筋・胸郭	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
24	興奮伝播副伝導路明示化のためのカラーマップ変更機能	心筋	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
24	興奮伝播リアルタイム断面表示	心筋・胸郭	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
25	興奮伝播データからの心電図生成	胸郭	ボクセル	断面(テクスチャ)抽出・断面抽出	テクスチャボリュームレンダリング・グラフ表示	MFERファイル CSVファイル	○	○	○
26	興奮伝播・医療用データからの等値面表示	心筋・胸郭・医療用データ	ボクセル	境界抽出(Marching Cubes法)	サーフェスレンダリング	時系列画像	○	○	
27	心筋と医療用データの簡易重畳表示	心筋・医療用データ	有限要素(四面体)・ボクセル	断面抽出・境界抽出・断面(テクスチャ)抽出	サーフェスレンダリング・テクスチャボリュームレンダリング	時系列画像	○	○	○
28	3Dデータのアニメーション表示	全部位データ	有限要素(全て)・ボクセル	全て	全て		○	○	○
29	複数画面の同期表示	全部位データ	有限要素(全て)・ボクセル	全て	全て	時系列画像	○	○	○
30	超高解像度画像出力	全部位データ	有限要素(全て)・ボクセル	全て	全て	時系列画像(4K,8K相当の解像度画像)			○
31	遠隔地可視化機能	全部位データ	有限要素(全て)・ボクセル	全て	全て	時系列画像	○	○	○
32	CRT電極指示機能	心筋	有限要素(四面体)	断面抽出・境界抽出	サーフェスレンダリング	電極位置座標を示すテキスト・静止画像	○	○	○
33	心電図同期表示機能	全部位データ	有限要素(全て)・ボクセル	全て	全て	時系列画像	○	○	○

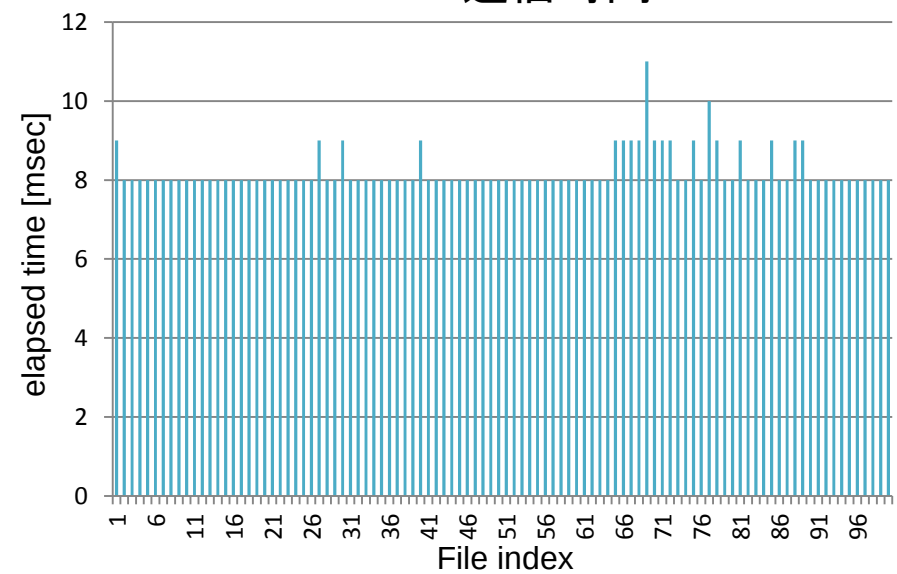
処理時間

ベンチマーク結果 (2.6GHz x 2, 心筋, 8 MPI Process)

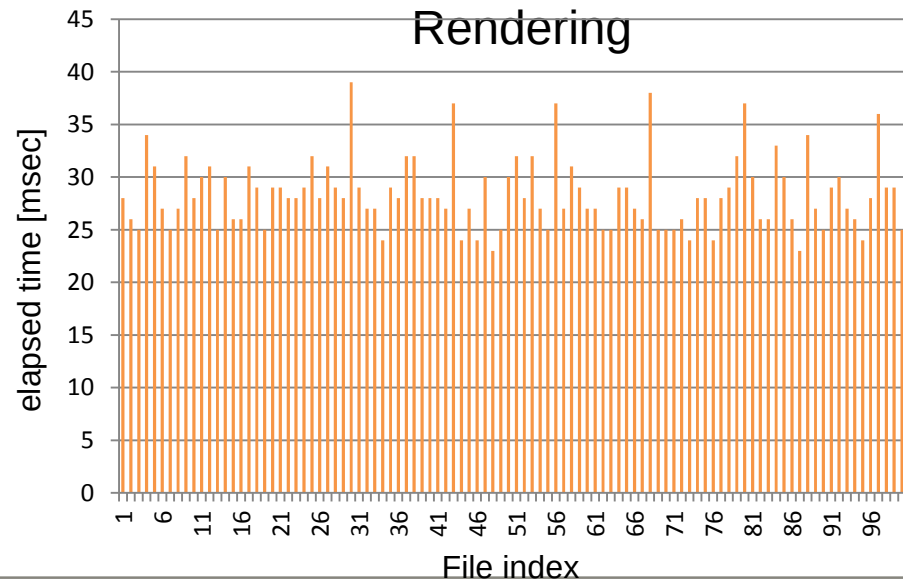
File 読み込み



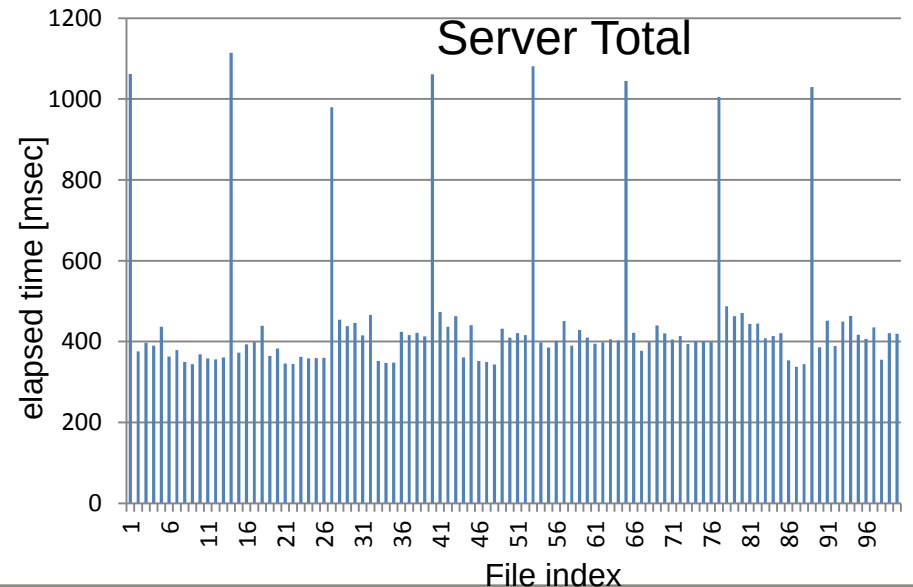
BMP通信時間



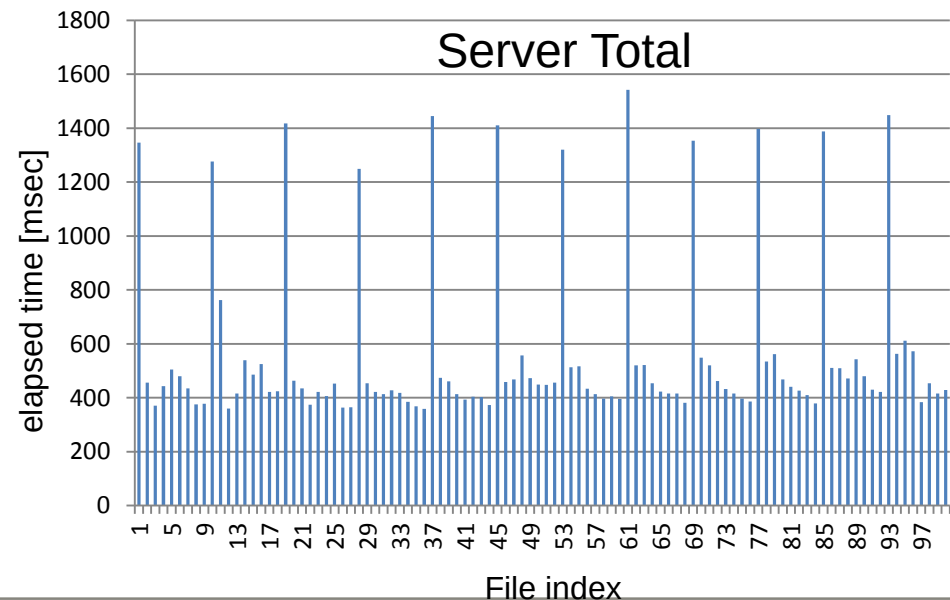
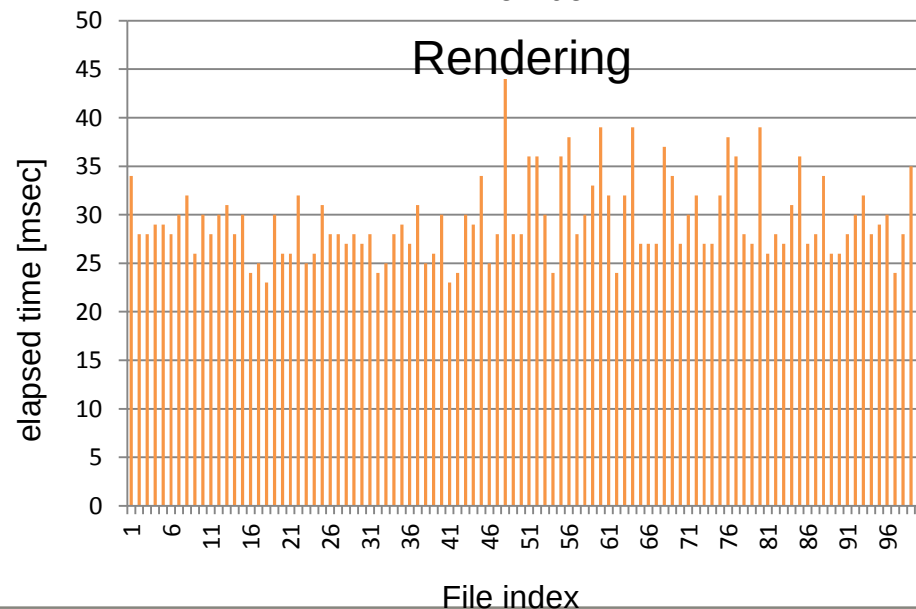
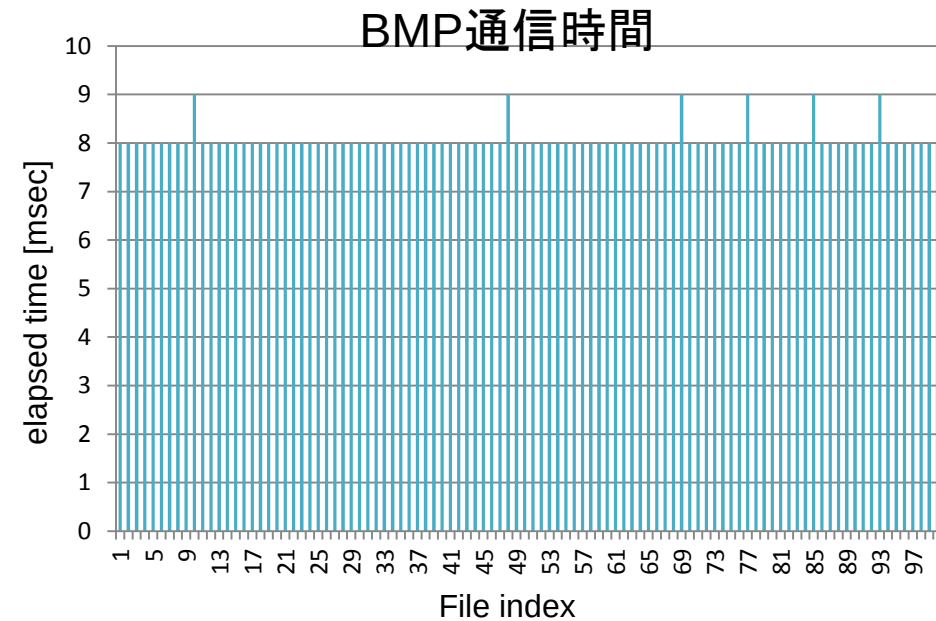
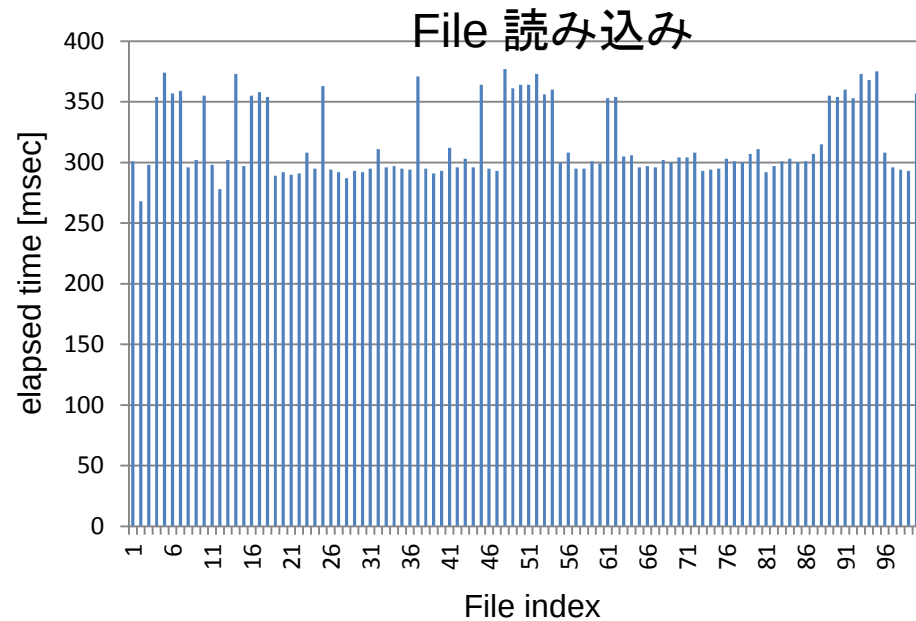
Rendering



Server Total

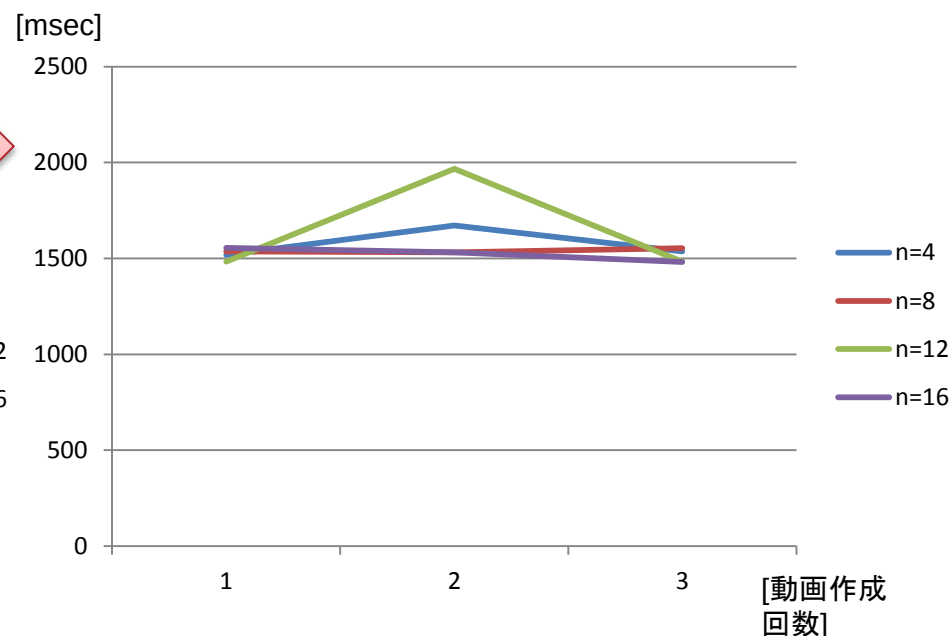
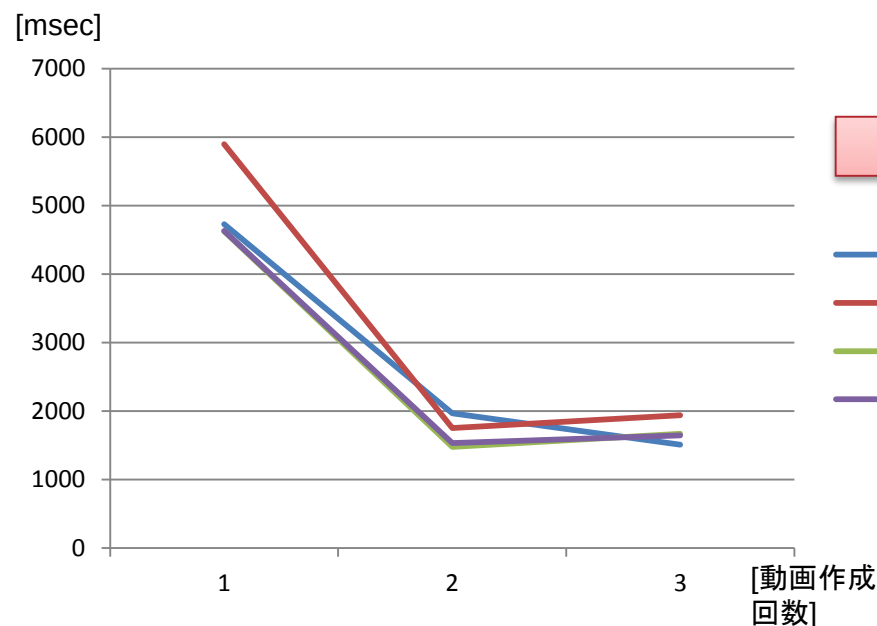


ベンチマーク結果 (2.6GHz x 2, 心筋, 12 MPI Process)



先読み機能による処理の短時間化

- データ選択から3D表示、任意タイムステップでの観察中に、データをメモリに読み込み。FILE I/Oの時間を短縮



Server 10台 (CPU 20) の測定結果
左: 先読み機能なし、右: あり

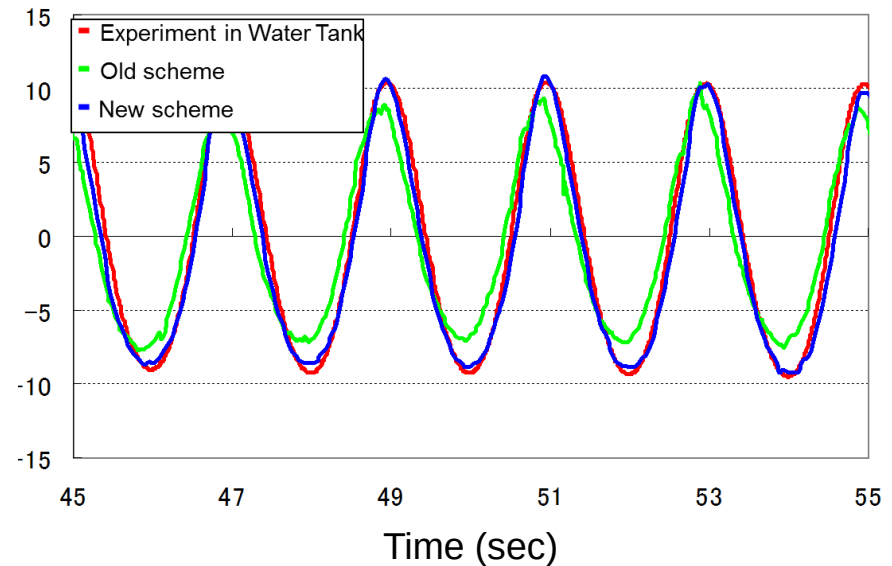
津波シミュレータに適応した 可視化事例

津波予測による防災へのチャレンジ

■ 1960年南米チリ沖地震(M9.5)の場合

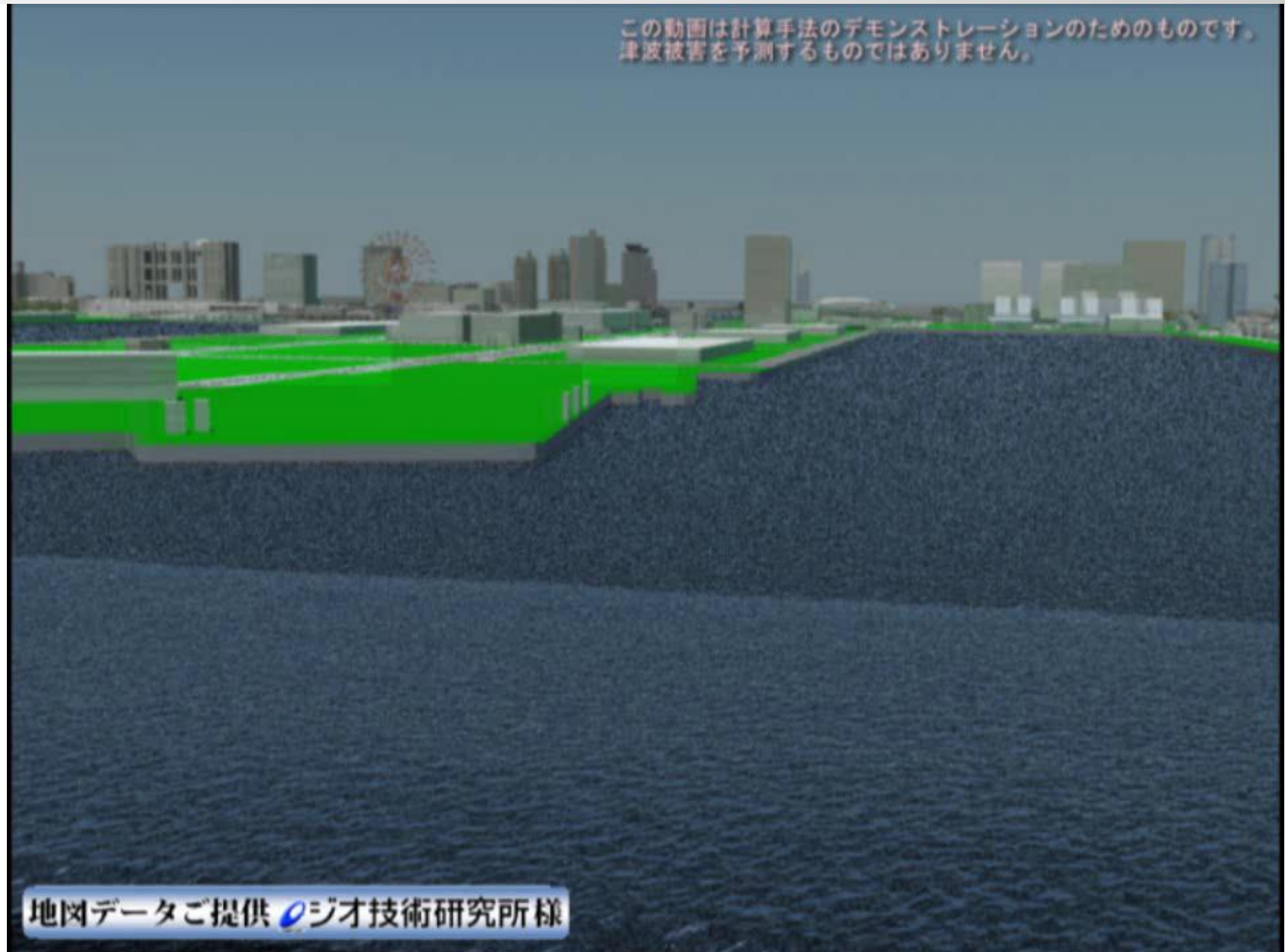
■ 22時間30分で到達 速さ約770Km/h(ジェット機並)





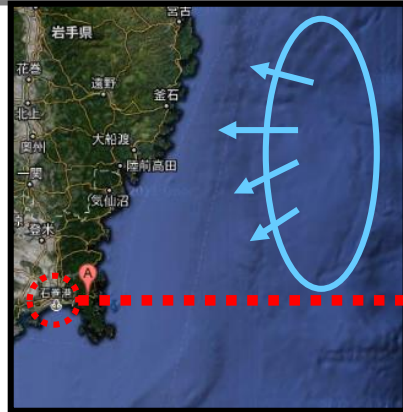
Copyright 2014 FUJITSU LIMITED

粒子法による津波シミュレーション事例 お台場付近

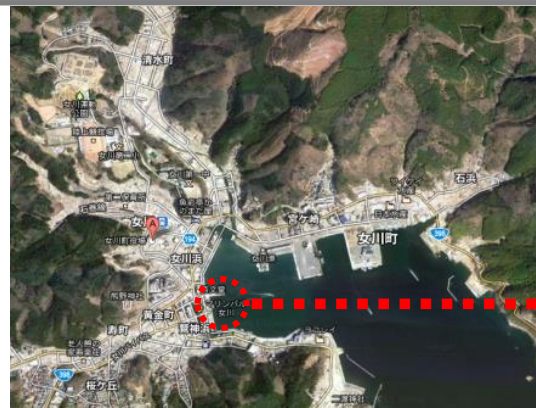


高精度3次元津波シミュレータの実現

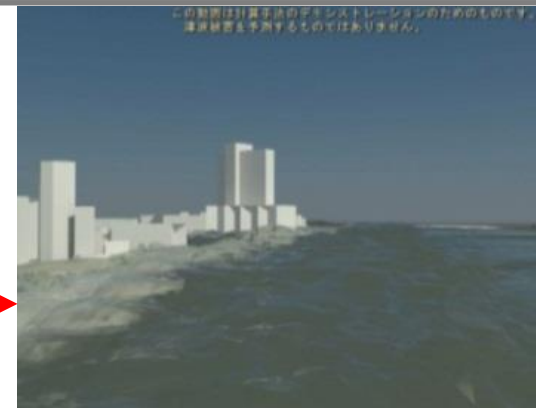
東北大学今村先生の2次元伝播シミュレータと
粒子法による3次元浸水シミュレータの連携 (2012年2月より開始)



震源から津波伝播



市街地浸水



建物の波力計算

2次元伝播計算

連携

粒子法計算

高精度3次元津波シミュレータ

東日本大震災で宮城県牡鹿郡女川町に來襲した津波を再現(シミュレータの
妥当性検証)し、被災メカニズムを解明

1. 鉄筋コンクリートビルにかかった津波波力の計算
2. 都市部への浸水状況の再現計算



■ 都市中心部の浸水被害推定により防災機能の高い街づくりに貢献

- ・ 避難所や駅、空港等、特に人が集まる場所の防御構造物の設置効果の検証
- ・ 都市部や地下街など複雑に入り組んだ場所への浸水経路推定により避難経路の作成に貢献

■ 構造物の耐津波強度評価へ貢献

- ・ 避難ビルにかかる津波力の推定により、防御効果検証に貢献
- ・ 海岸防波堤の耐津波性の検証
- ・ 河川遡上による堤防の防御基準の策定に貢献

■ 住民への啓蒙

- ・ 3次元映像やVRなどの可視化技術を用いた教育コンテンツ

都市中心部の浸水被害推定



最大時間: 256 [sec]

タイムステップ: 0.1 [sec]

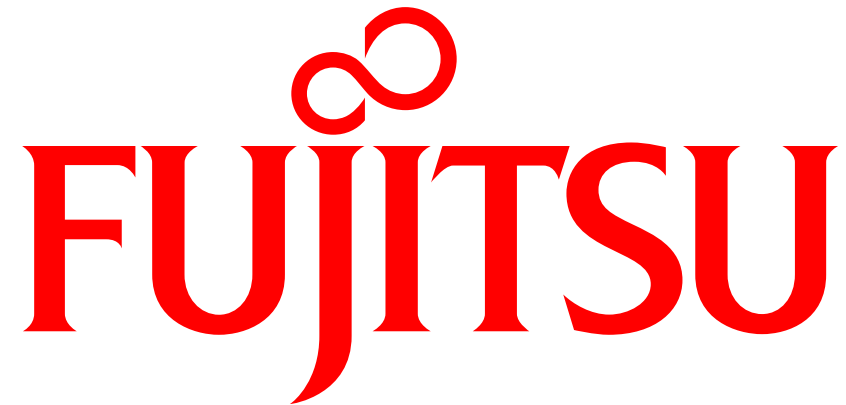
粒子数(150[sec]): 1500万

河川の津波遡上計算 例

津波が河川・道路を遡上する様子：
堤防の見直し等防災事業に貢献



- 心臓・津波シミュレータに対して開発した可視化技術を紹介
 - 各ユーザのニーズを反映させた心臓シミュレータ向け可視化システム
 - 開発中の津波シミュレータの活用方法に合わせた表示方法の検討
- 今後も、種々のシミュレータユーザのニーズに合わせた可視化技術の開発を推進



shaping tomorrow with you