

第21回 ビジュアライゼーションカンファレンス

京コンピュータによる 回転機械の流れの計算と可視化

2015/11/7(土)

○山本 敏之	川崎重工業(株)
川本 英樹	川崎重工業(株)
小笠 温滋	富士通(株)
坂本 清隆	(株)富士通システムズ・イースト
小田切 貞憲	(一財)高度情報科学技術研究機構

目次

- 背景
- 目的
- 並列可視化ライブラリについて
- 可視化の実行方法
- 回転機械の流れの可視化結果
- まとめと今後の予定

目次

- 背景
- 目的
- 並列可視化ライブラリについて
- 可視化の実行方法
- 回転機械の流れの可視化結果
- まとめ今後の予定

背景

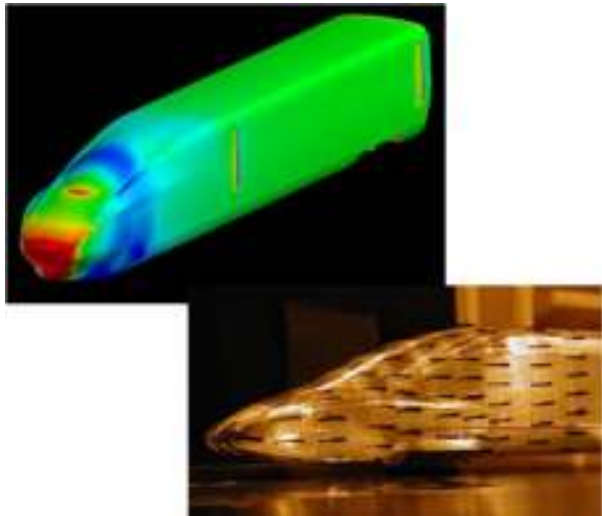
川崎重工業(株)

陸・海・空の輸送機器をはじめ
多種多様な製品を世に送り出す総合ものづくりメーカー

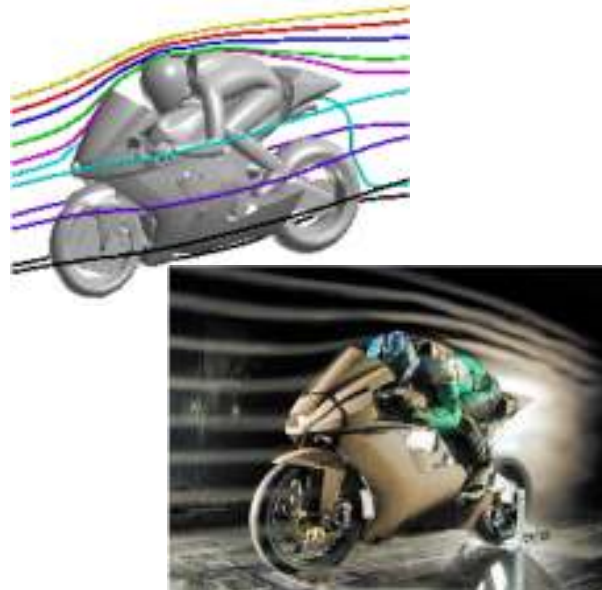


背景

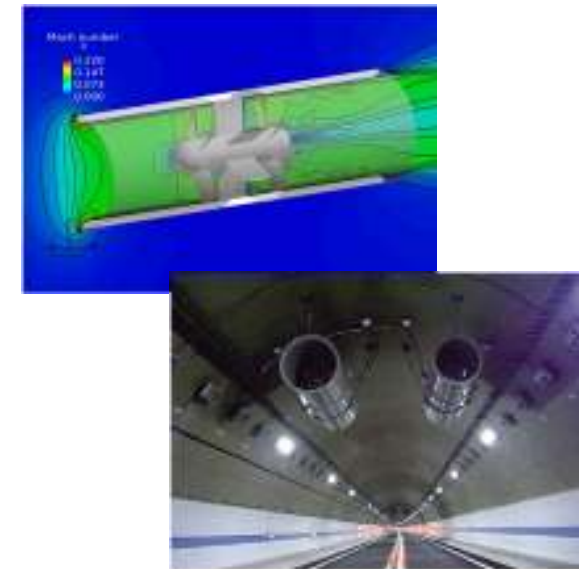
製品の性能向上および信頼性向上のため
様々な製品に高度な流体解析(CFD)を駆使



鉄道車両



モータサイクル



回転機械
(トンネル換気ファン)

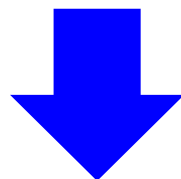
さらなる流体解析技術の高度化に向けて
2013年度より「京コンピュータ」を使用

背景

- 製品の設計 & 性能評価には流体解析 (CFD: Computational Fluid Dynamics) を多用している
- 現状の流体解析は定常解析ベースで時間平均的な特性を評価
- 計算規模の制限より製品の一部のみをモデル化



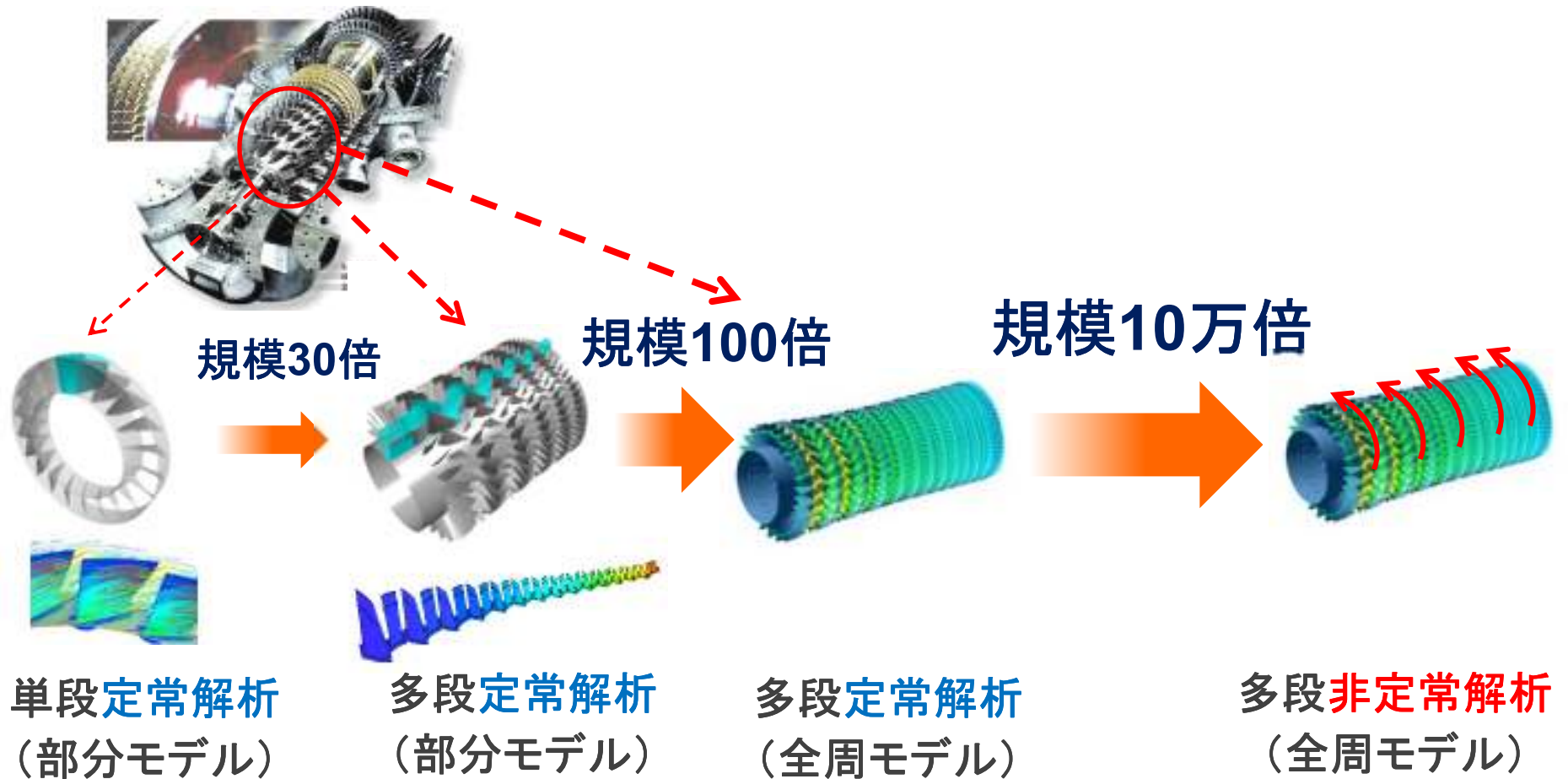
- 製品のさらなる性能向上および信頼性向上のためには非定常特性の評価が重要
- 大規模解析により製品全体をより詳細にモデル化



当社では大規模非定常流体解析技術の構築を実施中

背景

例) 発電用ガスタービン



「京コンピュータ」を使用することで初めて実現可能

背景

【課題】

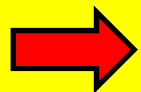
京コンピュータで計算した大規模非定常流体解析結果のデータ転送には多大な時間を要する



【解決策】

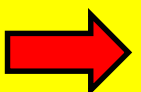
京コンピュータ上で(大容量のデータ転送を必要とせず)可視化を可能とする手段が必要である

(一財)高度情報科学技術研究機構(RIST)様の支援



Paraview並列・リモート可視化により
京プリポストノードを用いたリモート可視化が可能

(株)富士通 様、RIST様の支援



粒子ベースボリュームレンダリング法に基づく
並列可視化ライブラリによりさらなる大規模化に対応

10億格子点規模
まで対応可

目次

- 背景
- **目的**
- 並列可視化ライブラリについて
- 可視化の実行方法
- 回転機械の流れの可視化結果
- まとめと今後の予定

目的

大規模非定常流体解析結果の可視化のため、
粒子ベースボリュームレンダリング法に基づく
並列可視化ライブラリにより10億格子点以上の可視化を
京コンピュータ上で実施する

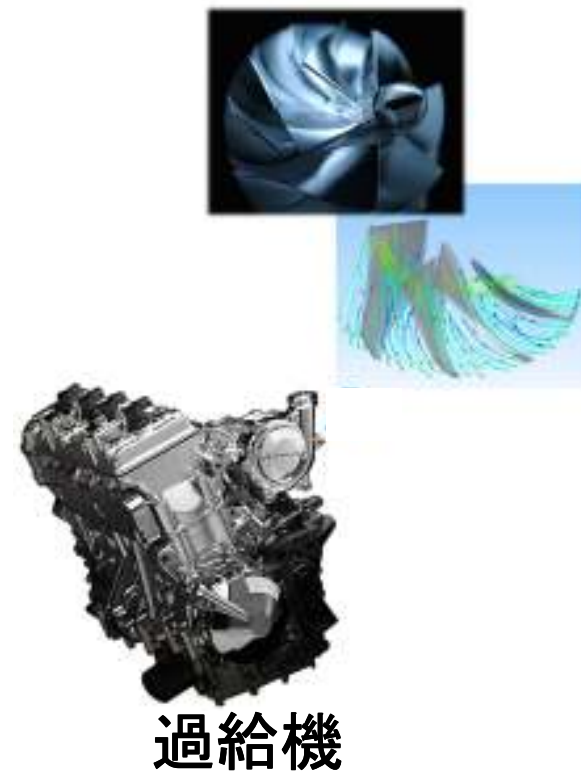
対象：回転機械



産業用
ガスタービン



トンネル
換気ファン



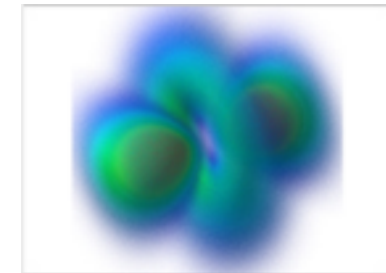
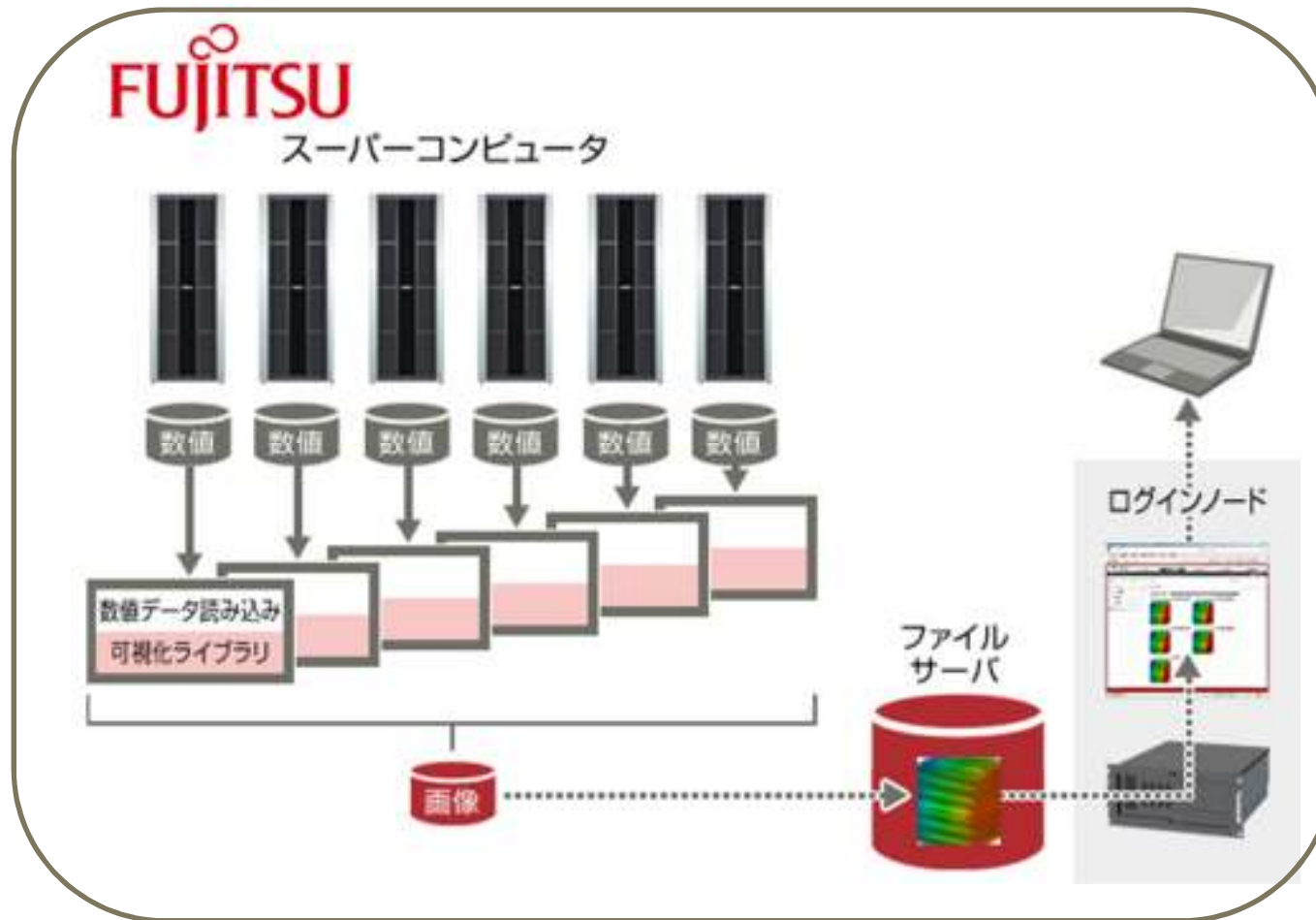
過給機

目次

- 背景
- 目的
- **並列可視化ライブラリについて**
- 可視化の実行方法
- 回転機械の流れの可視化結果
- まとめと今後の予定

並列可視化ライブラリについて

スーパーコンピュータによる数千～数万並列規模の超大規模並列計算結果をそのまますぐに可視化して全体像を俯瞰するツール



構造格子データ

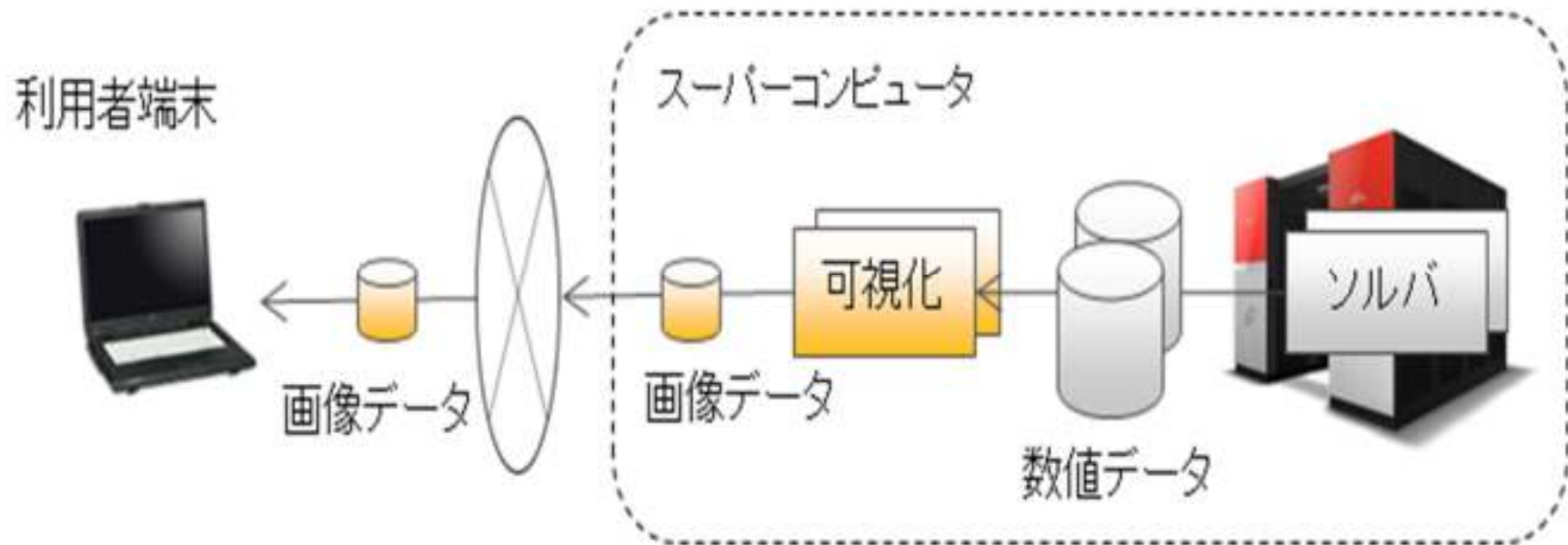


非構造格子データ

並列可視化ライブラリについて

並列可視化ライブラリのメリット

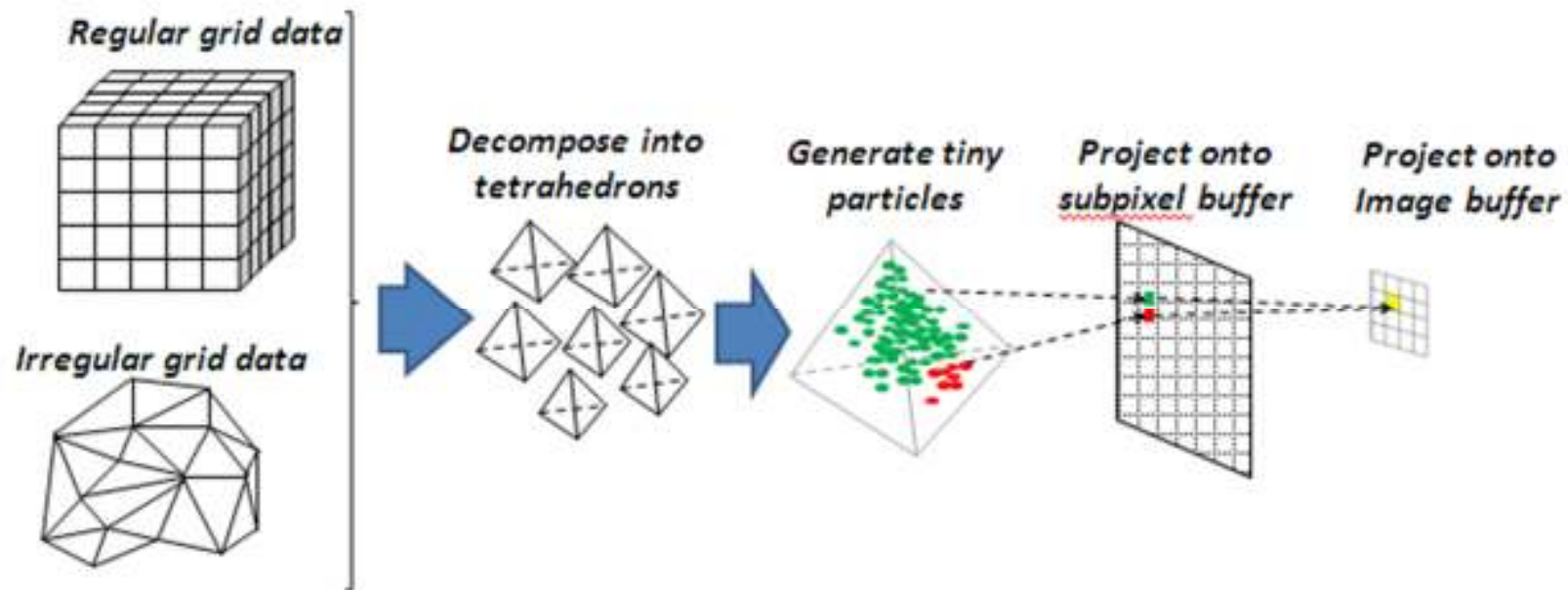
- ・京コンピュータの**計算ノード上**、**プリポストノード上**で可視化することにより**計算結果データの転送を不要**とし、**必要な画像データのみを抽出可能**



並列可視化ライブラリについて

- ・粒子ベースボリュームレンダリング法※
(PBVR: Particle-Based Volume Rendering)
を採用

※京都大学
小山田研究室
で考案



PBVRの概念図

並列可視化ライブラリについて

PBVRのメリット

- ・3次元計算空間全体の物理量の分布状況を一目で俯瞰するのに適する

〔並列可視化ライブラリにおける今回の改良〕

3次元解析空間において

流体解析結果の可視化評価に必要な以下を可能とした

- ・壁面表示
- ・スライス(断面)表示
- ・等値面表示

目次

- 背景
- 目的
- 並列可視化ライブラリについて
- **可視化の実行方法**
- 回転機械の流れの可視化結果
- まとめと今後の予定

可視化の実行方法

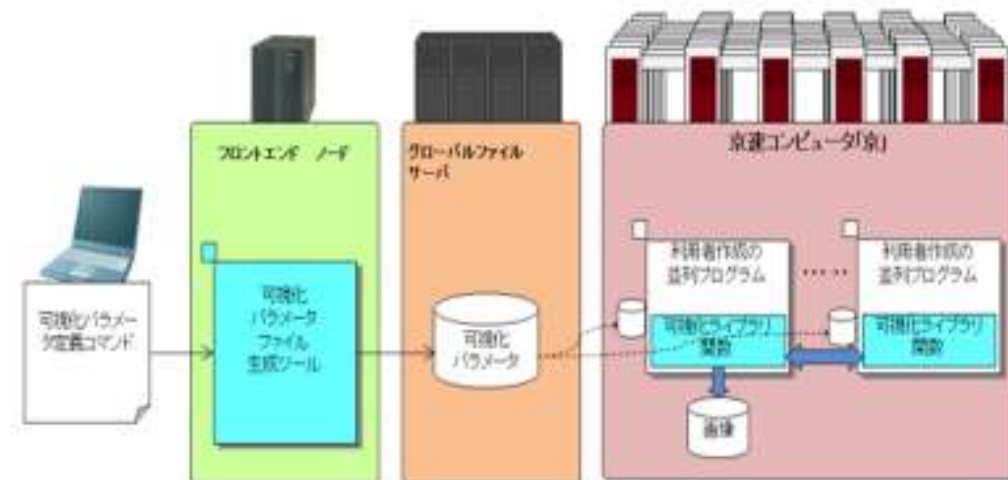
【作業環境】

ハードウェア

- 京コンピュータの**プリポストノード**
 - ・データ分割(plt形式⇒VTU形式)の実行
 - ・可視化用プログラムの実行
- 京コンピュータの**計算ノード**
 - ・可視化用プログラムの実行

ソフトウェア

- C言語、MPI
- 並列可視化ライブラリ



可視化の実行方法

解析結果のplt形式ファイル



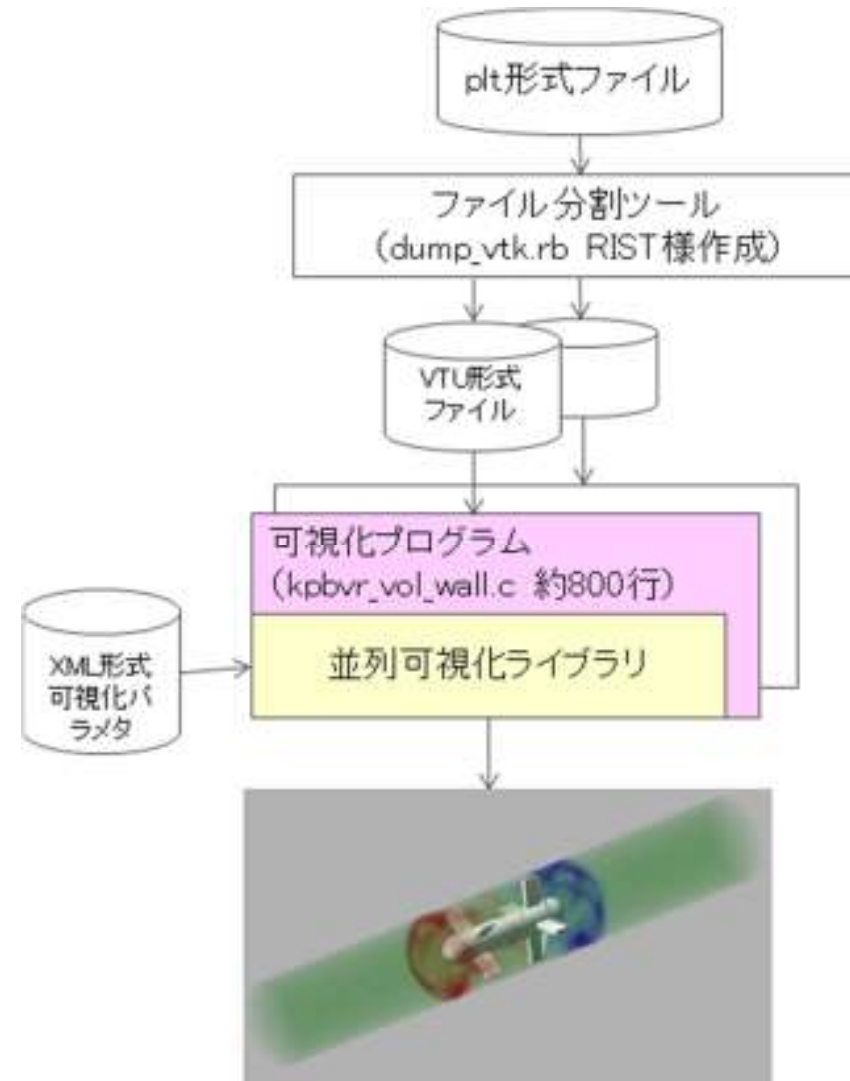
VTU形式に変換



並列可視化ライブラリ



可視化結果画像ファイル
の出力



可視化結果画像ファイル

目次

- 背景
- 目的
- 並列可視化ライブラリについて
- 可視化の実行方法
- **回転機械の流れの可視化結果**
- まとめと今後の予定

回転機械の流れの可視化結果

【可視化の目的】

性能評価

- ・流体性能(流速、損失)
- ・騒音評価(音(=圧力の伝播))

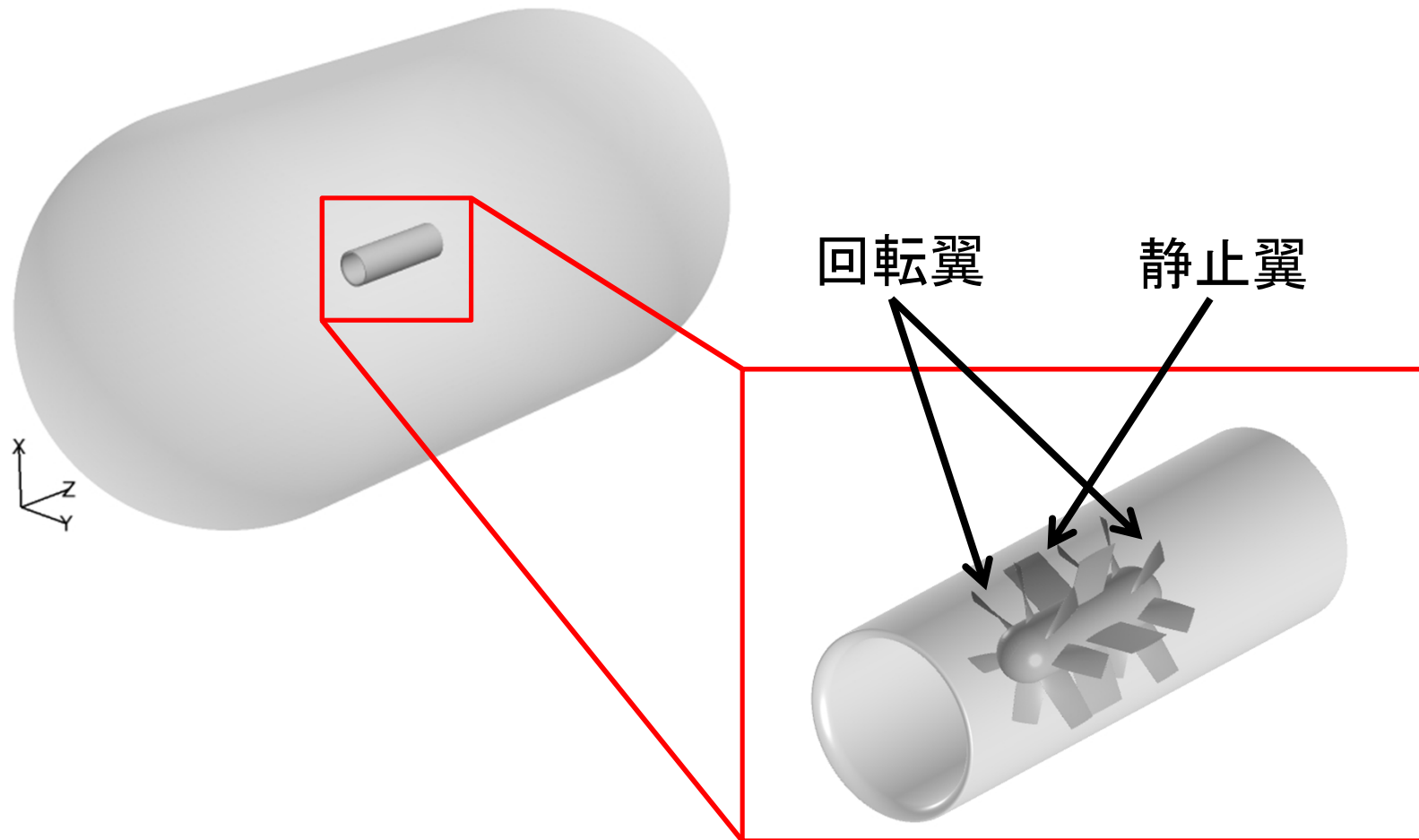
【可視化対象】

トンネル換気ファン



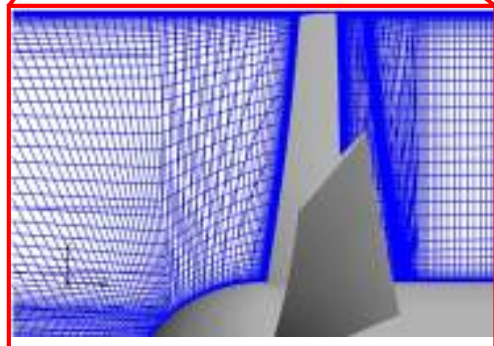
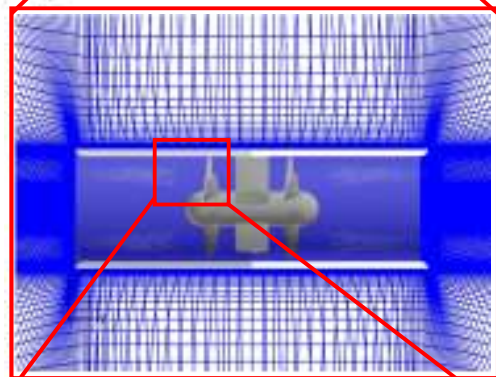
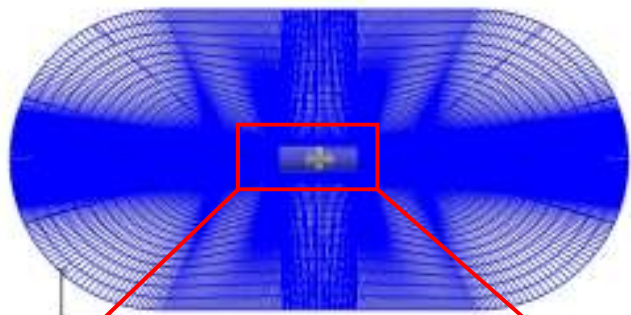
回転機械の流れの可視化結果

【解析領域と解析モデル】

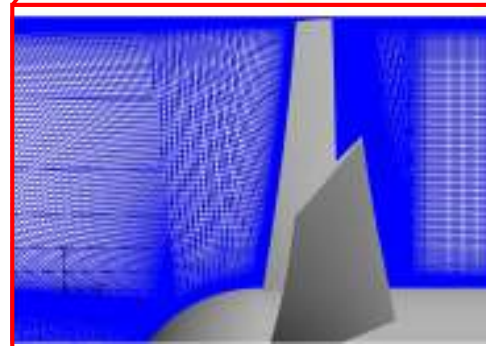
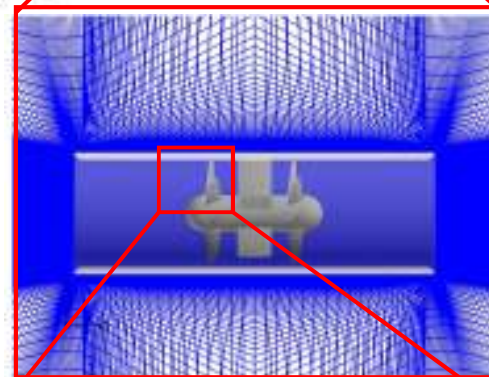
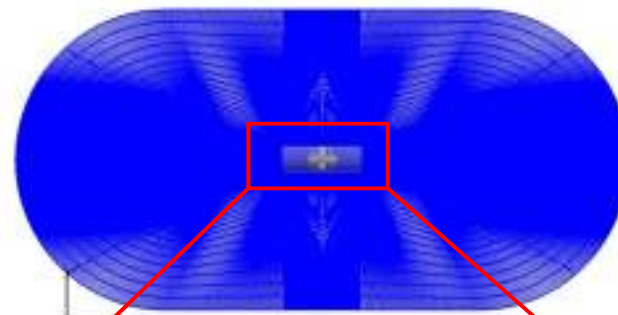


回転機械の流れの可視化結果

【解析格子】



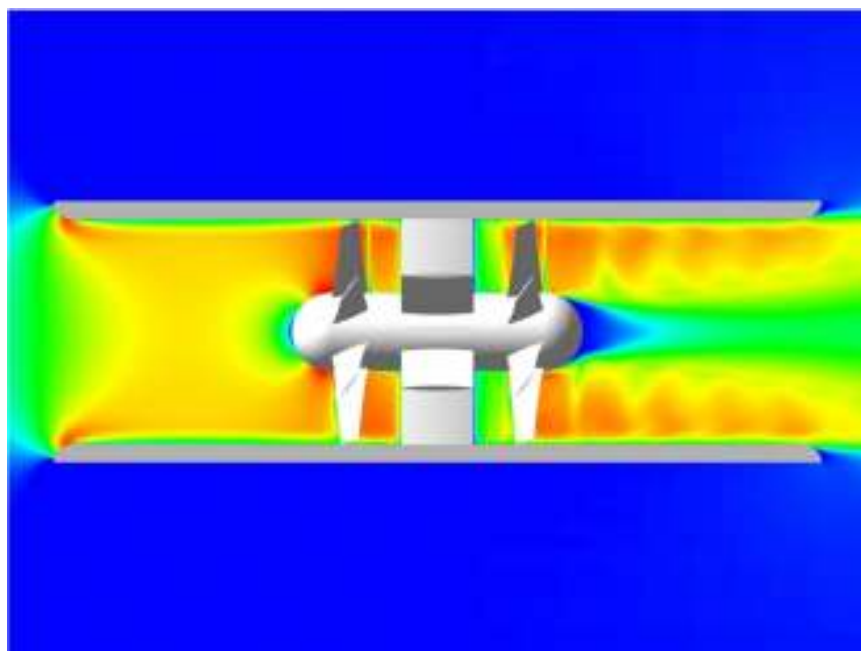
2000万格子点



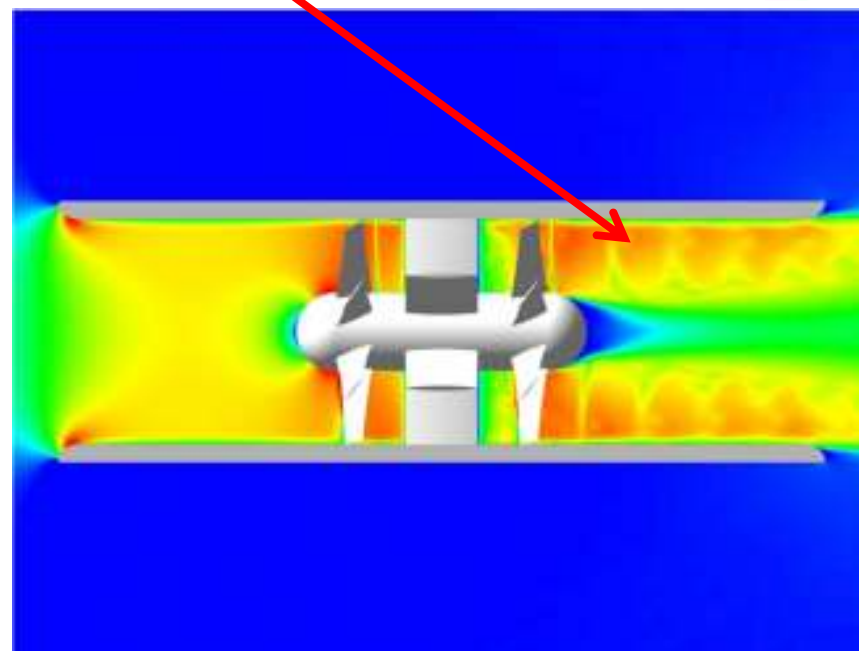
2億格子点

回転機械の流れの可視化結果

トンネル換気ファン
内部の流速分布(+壁面表示)



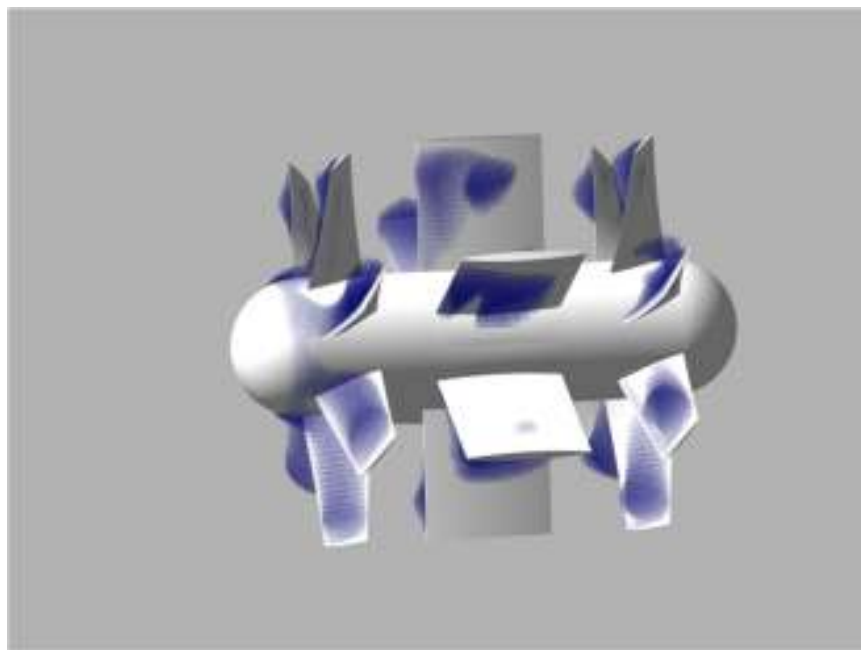
2000万格子点



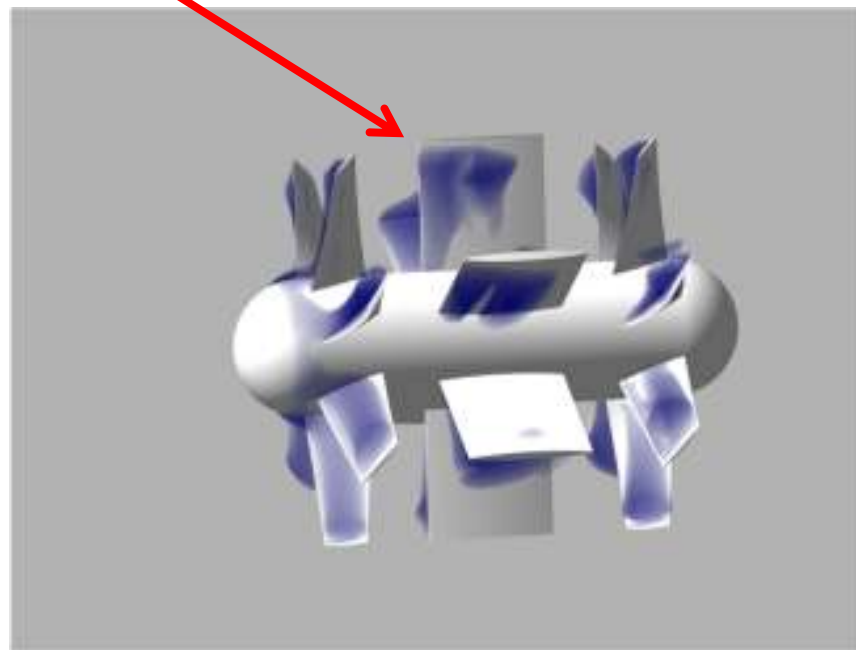
2億格子点

回転機械の流れの可視化結果

トンネル換気ファン
内部の流速の等値面表示(+壁面表示)



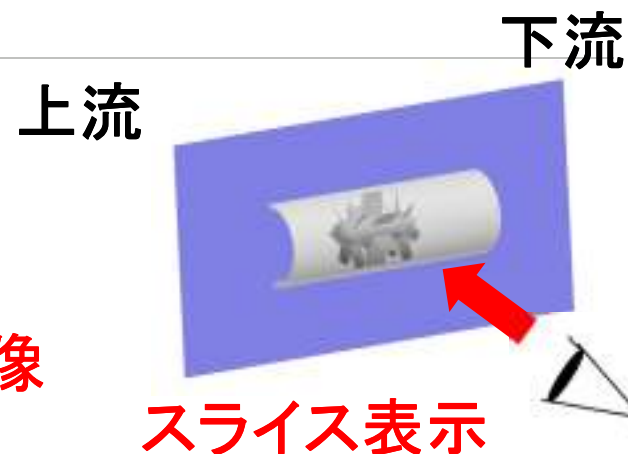
2000万格子点



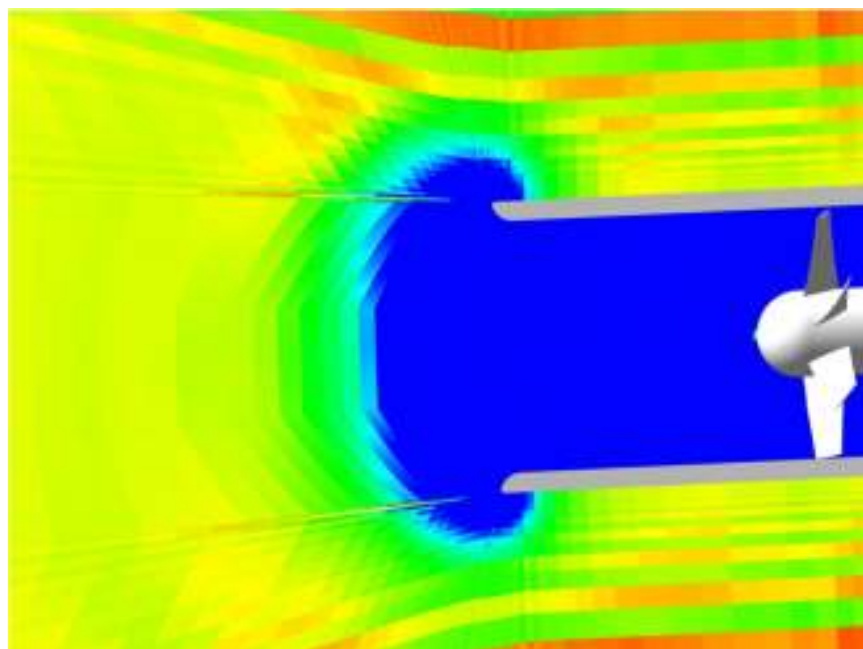
2億格子点

回転機械の流れの可視化結果

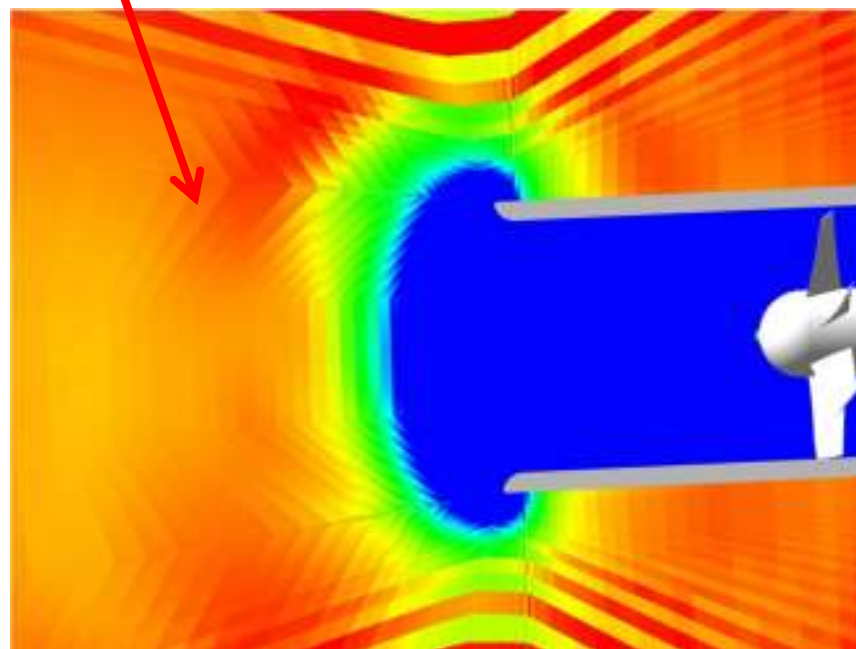
トンネル換気ファン
外部の微小圧力(=音波)分布



微小圧力(=音波)を解像



2000万格子点



2億格子点

回転機械の流れの可視化結果

トンネル換気ファンの2億格子点データ

データ分割数 : 32 (並列計算数2048)

タイムステップ数 : 81

ファイルサイズ : 0.9GB/rank

総ファイルサイズ: 約2.4TB

	結果データ	可視化ライブラリ 実行結果 (京プリポストノードで実行)
総ファイルサイズ	約2.4TB	14MB
データ転送時間(WAN20MB/s)	約33時間	1秒
可視化時間/ステップ	-	16秒
可視化総時間	-	22分

目次

- 背景
- 目的
- 並列可視化ライブラリについて
- 可視化の実行方法
- 回転機械の流れの可視化結果
- **まとめと今後の予定**

まとめと今後の予定

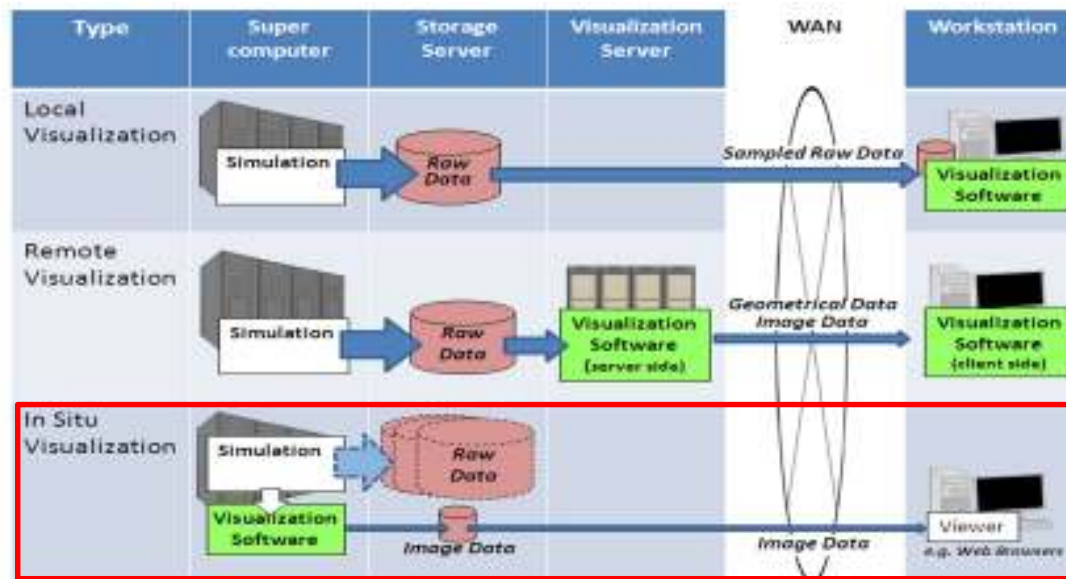
【まとめ】

- 並列可視化ライブラリを用いて、京コンピュータで計算した解析結果の可視化を実施した
- 流体解析結果で必要な可視化評価方法(壁面表示、断面表示、等値面表示)を並列可視化ライブラリに追加することにより、より詳細かつ多角的な可視化が可能となった
- 2000万格子点、2億格子点においても並列可視化ライブラリで正常に描画でき、10億格子点以上を可視化可能な見込みが得られた

まとめ今後の予定

【今後の予定】

- 10億格子点以上に対して、並列可視化ライブラリを用いた可視化の実行
- In Situ可視化環境の構築(計算実行と同時に結果を可視化)実現を目指す





One Kawasaki
Land. Sea. Air.
worldwide



世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する
“Global Kawasaki”

参照資料

- ・川崎重工技報
- ・川崎重工業(株) HP <http://www.khi.co.jp/>
- ・(一社)日本機械学会論文
「粒子ベースボリュームレンダリング法による超大規模計算結果データの可視化技術」小笠ら
- ・富士通(株) 並列可視化ライブラリ製品概要
<http://www.fujitsu.com/jp/solutions/business-technology/tc/sol/pbvr/summary/>