



xR技術による流体解析評価の高度化

株式会社荏原製作所

技術・知的財産統括部

戦略技術推進部 xR技術推進課

村瀬 太郎

2024.2.2

Looking ahead,
going beyond expectations

Ahead  *Beyond*

株式会社 荏原製作所

目次

1. 会社紹介
2. xR技術について
3. VR技術を用いた解析可視化の事例
4. MR技術を用いた解析可視化の事例
5. 今後の展望

目次

1. **会社紹介**
2. xR技術について
3. VR技術を用いた解析可視化の事例
4. MR技術を用いた解析可視化の事例
5. 今後の展望

荏原製作所・概要



創業
大正元年

今年で
創業**112**周年

1912年



2024年

関係会社数

116社



本社所在地

東京都大田区
羽田



従業員数

連結 **19,095**名
単体 4,291名



2022年12月末現在



創業の地 東京荏原町の工場風景



創業者 島山一清



井口在屋教授

荏原の挑戦へのDNAはここから始まった

荏原製作所は、みのくち式渦巻ポンプを製作する
大学発ベンチャー企業として1912年に創業

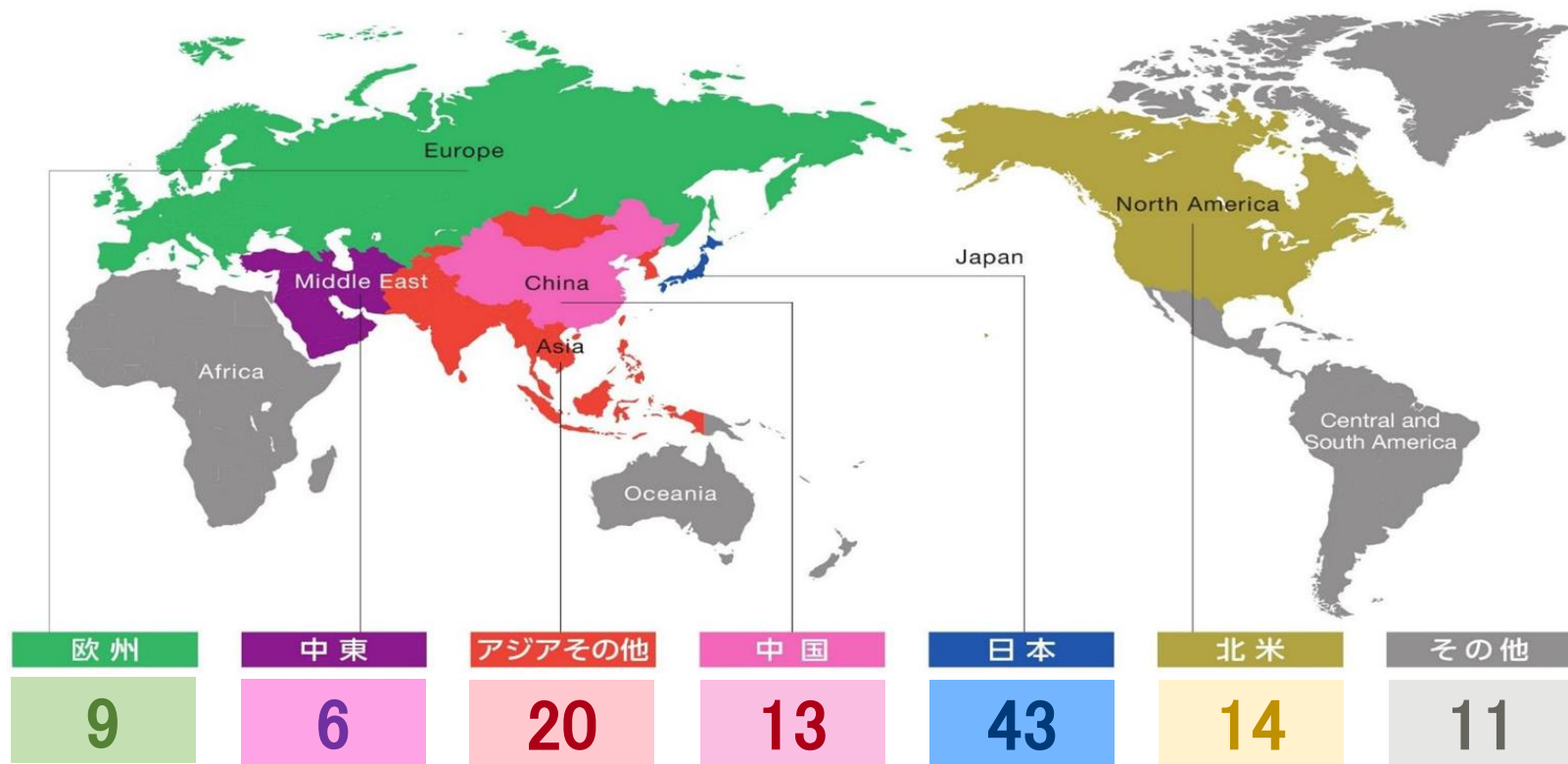
創業の精神『熱と誠』

創業者 島山一清は『熱と誠』の精神で事業を拡大

『熱と誠』

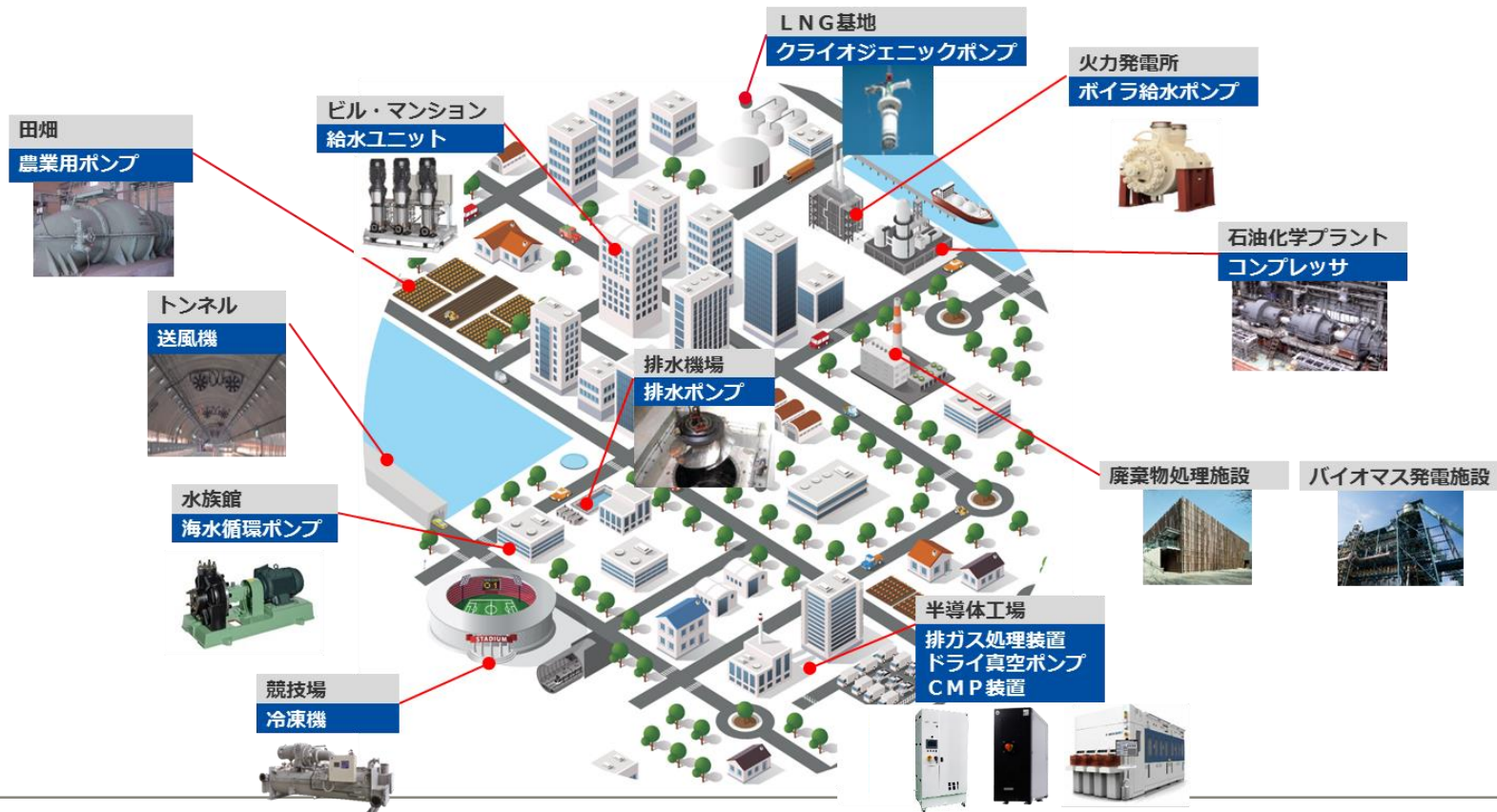
自ら創意工夫する熱意で取り組み、誠心誠意これをやり遂げる心をもって仕事を
すること。そして、何事も熱意と誠心をもって人に接すれば相手に通じないことは
無い。

世界に広がる荏原の拠点（合計116社）



※2022年12月末現在における主な関係会社を含む

くらしを支える荏原の製品



目次

1. 会社紹介
2. xR技術について
3. VR技術を用いた解析可視化の事例
4. MR技術を用いた解析可視化の事例
5. 今後の展望

xR技術：VRデバイス

xR {
VR (Virtual Reality) 仮想現実
MR (Mixed Reality) 複合現実
AR (Argumented Reality) 拡張現実

ヘッドマウントディスプレイ (HMD)



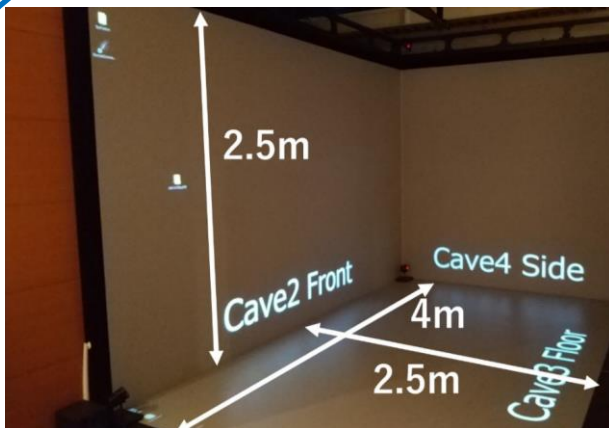
Meta社 Quest2



HTC社 VIVE Pro

- ・高い**没入感**
- ・**可搬性**に優れる
- ・エンタメ分野を中心とした活用が進む

CAVEシステム



藤沢事業所設置の3面CAVEシステム



液晶シャッターメガネとコントローラ



CAVEシステムによるトラッキング

・複数人で没入が可能

xR技術: MR (Mixed Reality), AR (Argumented Reality)技術

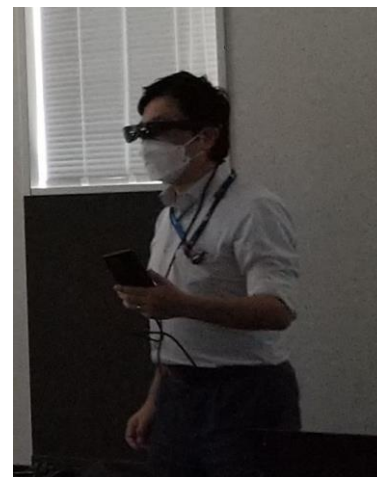
スマートグラス



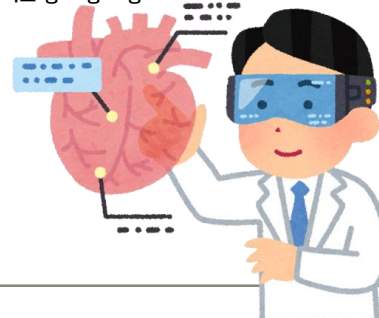
Microsoft社HoloLens2



Google社 google glass



Lenovo社ThinkRealityA3



目次

1. 会社紹介
2. xR技術について
3. **VR技術を用いた解析可視化の事例**
4. MR技術を用いた解析可視化の事例
5. 今後の展望

流体機械がつくる流動のxR技術を用いた可視化

1. 非定常で3次元的な流体機械の内部流動は、ある時刻のある断面を抽出する等の既存の手法では理解しにくい。

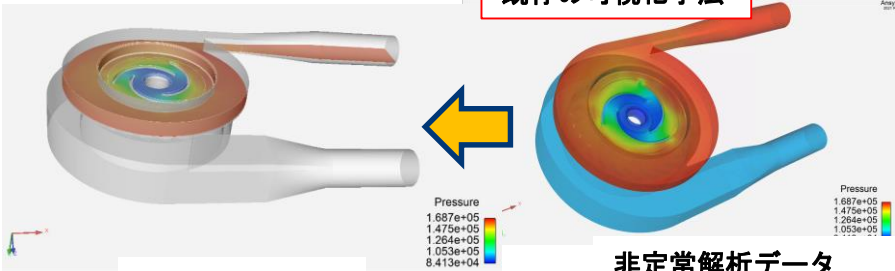
➢ xR技術を用いて可視化すれば、3次元的な物理現象を3次元のまま可視化が可能。

2. 計算結果データが巨大で、手元のPCに送信するだけで膨大な時間がかかる。

巨大な計算データに対して既存のビューワでは3次元的な視線移動が難しい。

➢ 粒子ベースボリュームレンダリング (PBVR: Particle based volume rendering) が有効。

既存の可視化手法



断面に切り取る

非定常解析データ

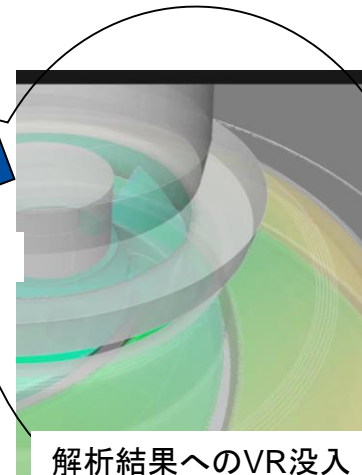
- ・多くの情報が欠落する
- ・有識者以外の流れの把握が困難

xR技術

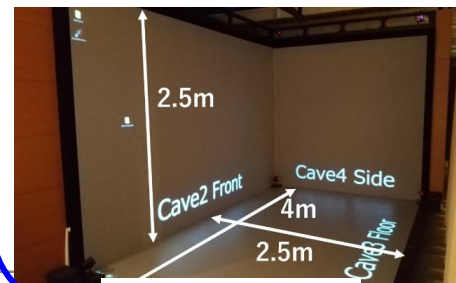


ヘッドマウントディスプレイ (HMD)

VR没入



解析結果へのVR没入



CAVEシステム

Looking ahead, going beyond expectations

Ahead > Beyond

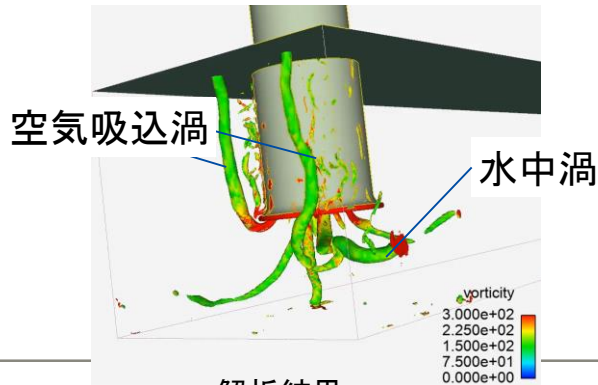


排水機場で活用される大型のポンプ

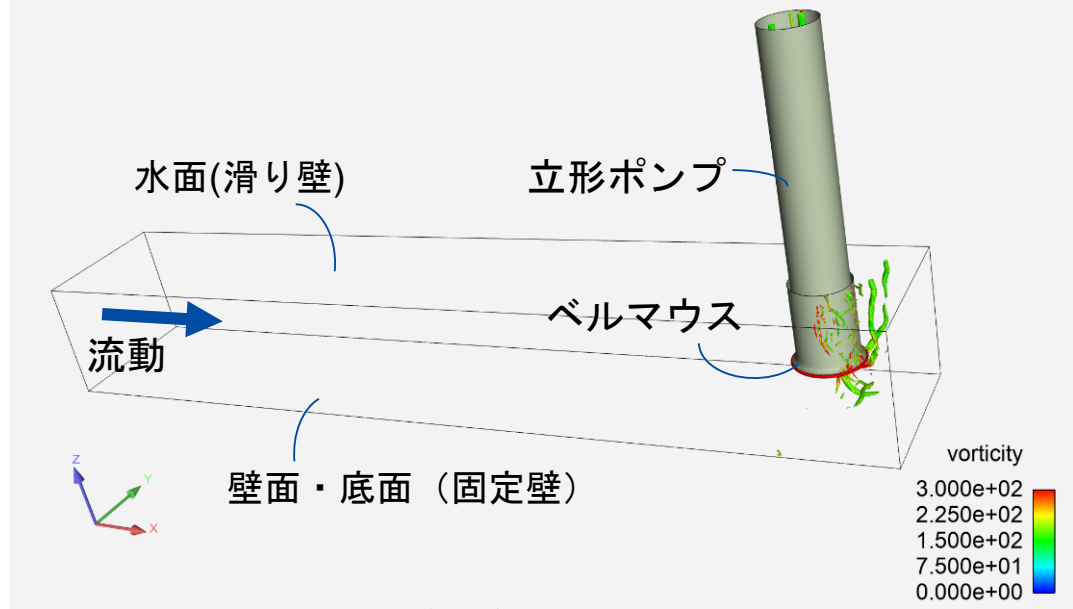
解析条件

- ・ 空間 2 次精度, 時間 2 次精度
- ・ 乱流モデル: LES(WALEモデル)
- ・ 境界条件: 速度固定(流入)
静圧一定(流出)
- ・ 格子数: 510万セル

速度勾配テンソルの第二不変量
($Q=6000$)の等値面を表示
色付けは渦度ベクトルの絶対値



解析結果

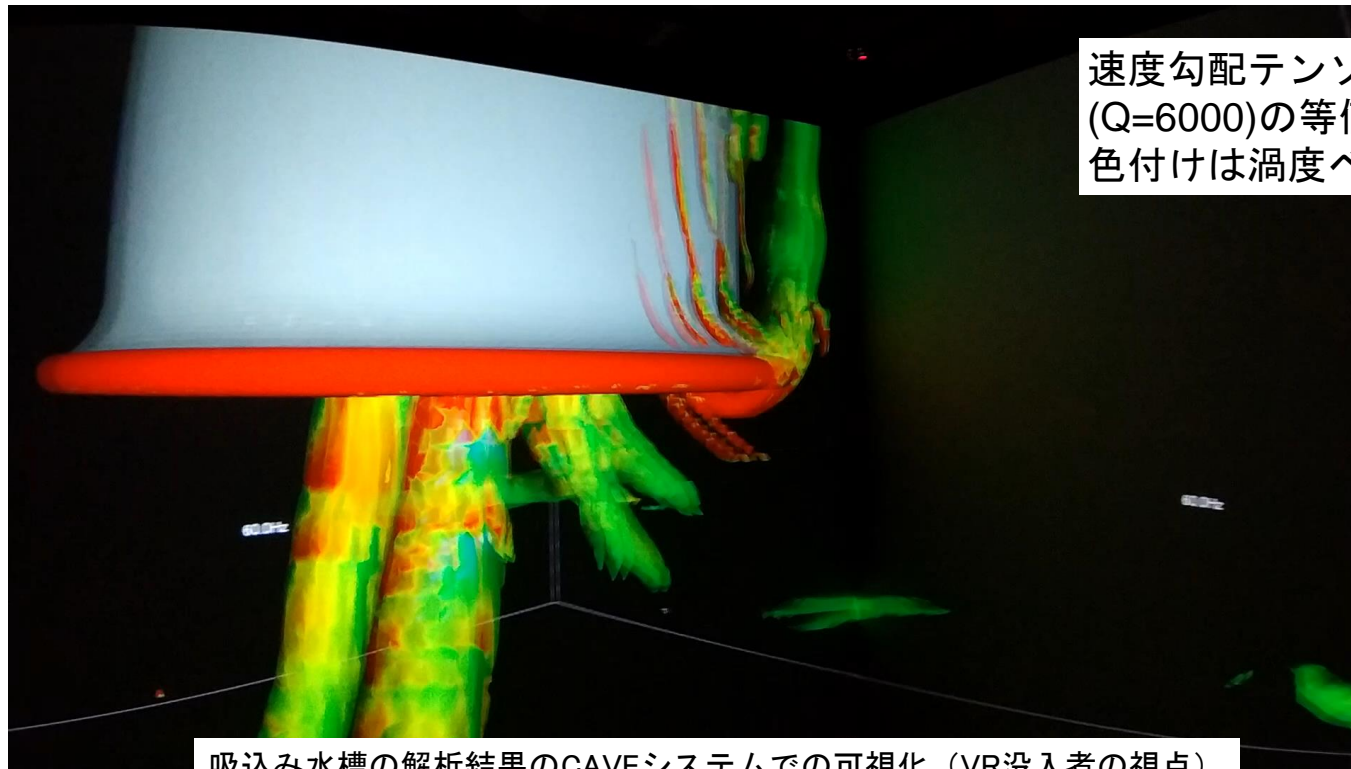


解析対象: 吸込み水槽

渦が非定常に動き, 振動・騒音の原因となる。
発生抑止も議論されている^{1,2)}

- 1) 趙令家, 可視化情報, Vol. 30, No. 116 (2010), pp28-33.
- 2) 安ら, エバラ時報, 255号 (2018), pp33-39.

CAVEシステムを用いた解析評価:吸込み水槽周りに生じる渦

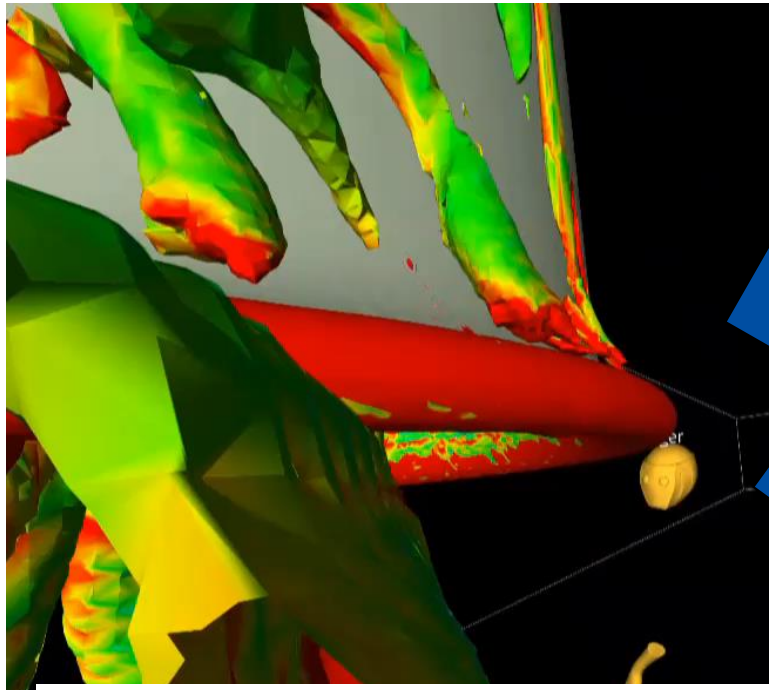


速度勾配テンソルの第二不変量
($Q=6000$)の等値面を表示
色付けは渦度ベクトルの絶対値

吸込み水槽の解析結果のCAVEシステムでの可視化 (VR没入者の視点)

従来の可視化手法では確認が難しい,
マウス内側に渦の存在を確認。
→ **新しい知見を得られる可能性がある。**

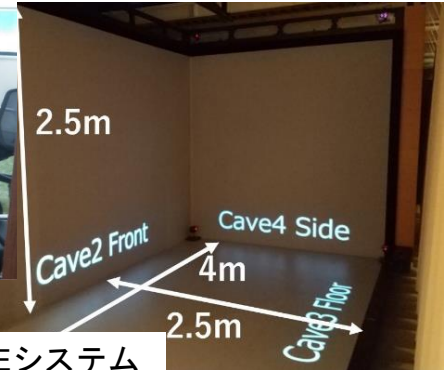
CAVEとHMDによる解析結果の共有（遠隔協調）



VR没入

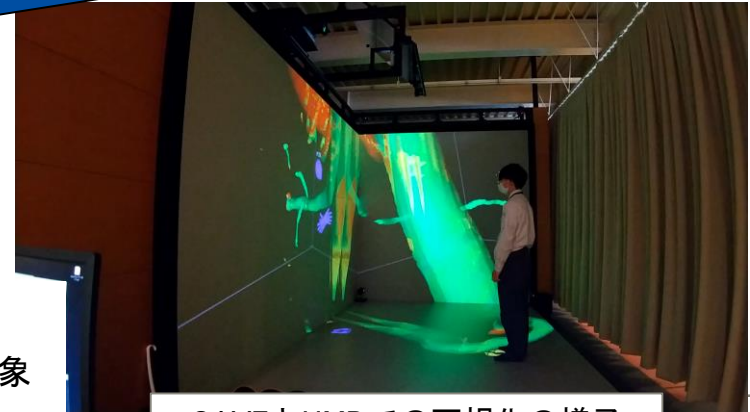


HMD



CAVEシステム

VR没入



CAVEとHMDでの可視化の様子

ctations

Ahead > Beyond

吸込み水槽の解析結果の遠隔協調の様子
(HMD装着者の目線)

- 遠隔地から同じ解析結果に没入し共有可能.
- 相手（アバター）の目線，指先の動きがわかり，解析対象について議論が可能.

CAVEシステムによる解析結果共有事例



互いの視線を確認しながら
複数人での解析結果の共有が可能



言語の壁を超えた研修

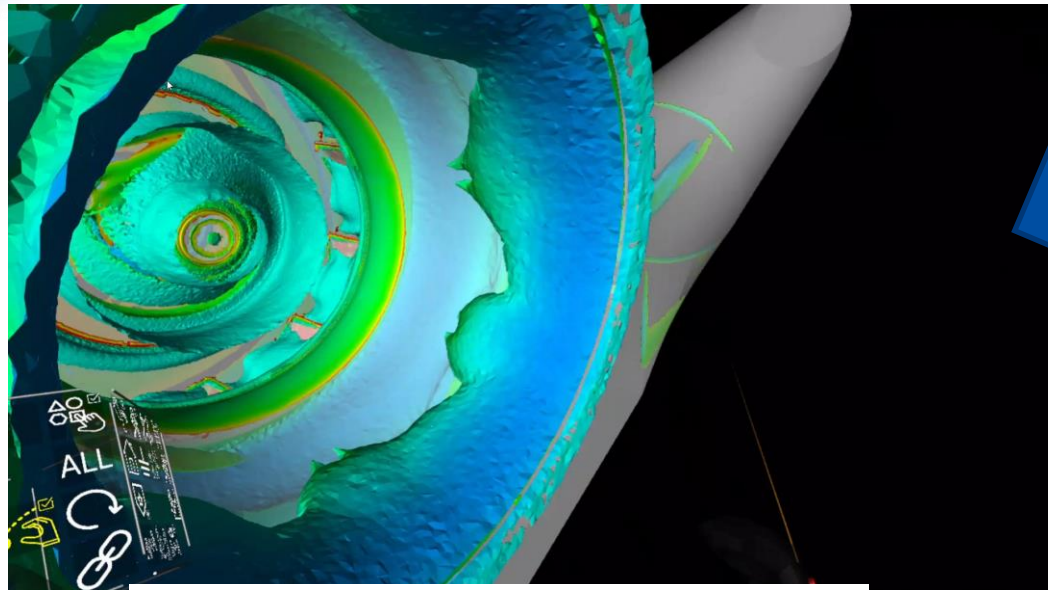


流体解析の専門家以外の方への
デモンストレーション

HMDでの解析可視化事例

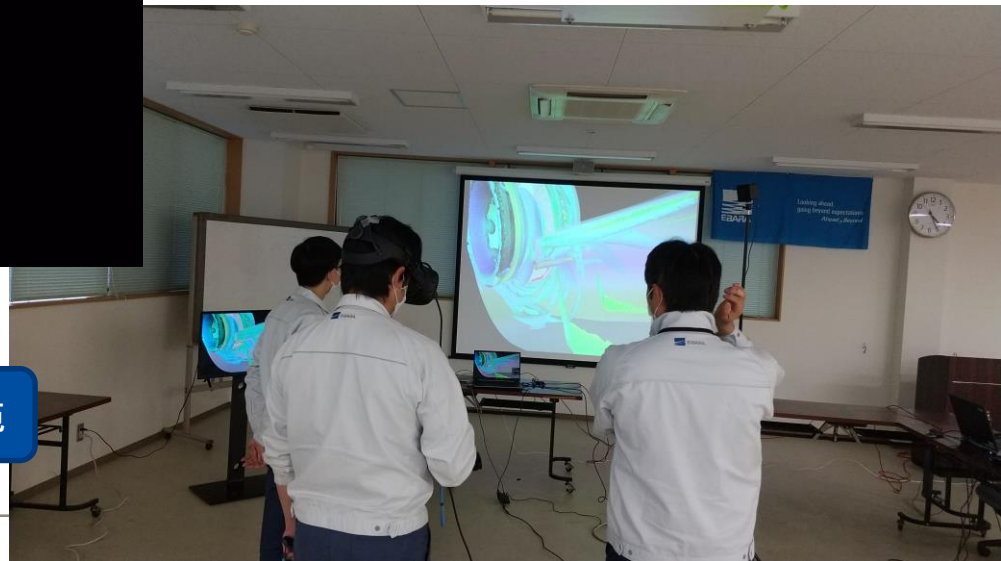


ヘッドマウントディスプレイ (HMD)



HMD没入者の視点

流体機械の可視化: **事業部単独**での解析評価を実施



流体機械がつくる流動のxR技術を用いた可視化

1. 非定常で3次元的な流体機械の内部流動は、ある時刻のある断面を抽出する等の既存の手法では理解しにくい。

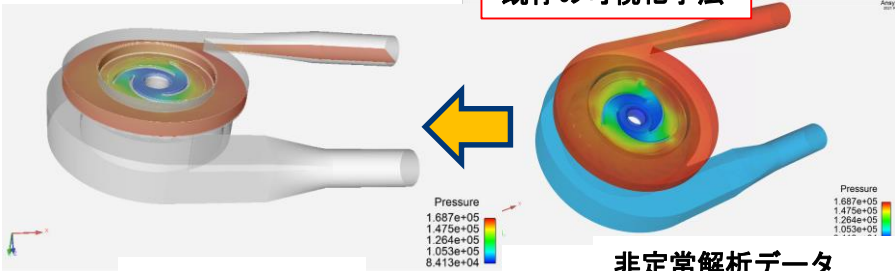
➢ xR技術を用いて可視化すれば、3次元的な物理現象を3次元のまま可視化が可能。

2. 計算結果データが巨大で、手元のPCに送信するだけで膨大な時間がかかる。

巨大な計算データに対して既存のビューワーでは3次元的な視線移動が難しい。

➢ 粒子ベースボリュームレンダリング (PBVR: Particle based volume rendering) が有効。

既存の可視化手法



断面に切り取る

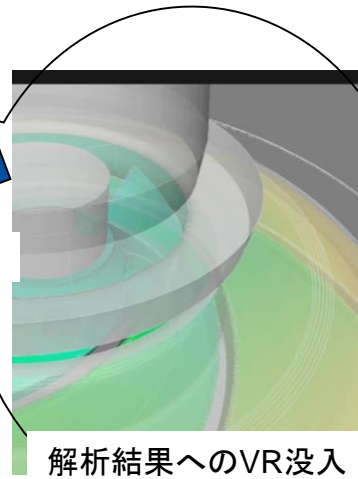
非定常解析データ

- ・多くの情報が欠落する
- ・有識者以外の流れの把握が困難

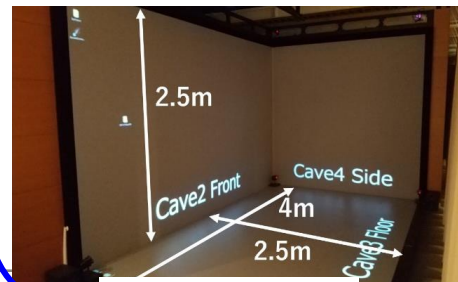
xR技術



ヘッドマウントディスプレイ (HMD)



解析結果へのVR没入

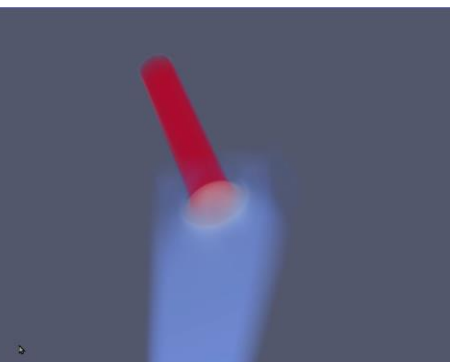
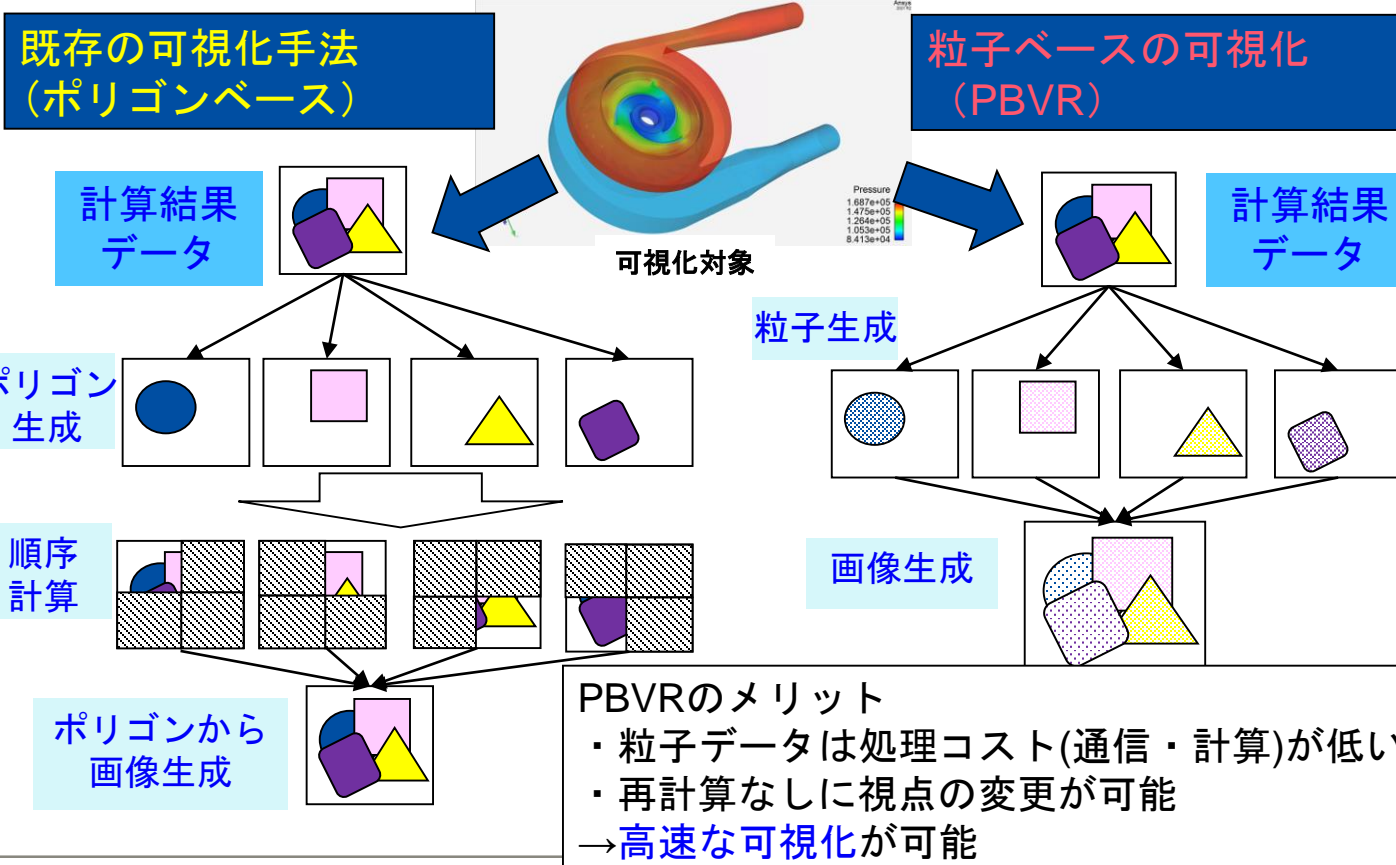


CAVEシステム

Looking ahead, going beyond expectations

Ahead > Beyond

PBVR (Particle Based Volume Rendering^{[1])}の概要



既存のビューワ (ParaView) によるポリボリュームレンダリング: 視線移動のたびに再計算が発生。

IS-PBVRの概要 (In-Situ可視化)

PBVRを用いることで、数値計算中の解析データを**即時に (In-Situ)** 可視化することが可能。

計算用HPC

①シミュレーション

粒子サンブラ
(粒子データを生成する)

②粒子データ

⑦可視化パラメータ

ストレージ

デーモン
(粒子データを
集約・通信する)

⑥可視化
パラメータ

③粒子データ

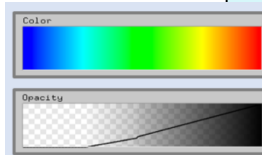
通信

④粒子データ

⑤可視化
パラメータ

可視化用PC

PBVRクライアント
(可視化ソフト.
色・不透明度の
可視化パラメータを
変更する)



元の計算データ~10GB~TB

粒子データ~100MB

荏原製品への適用（吸込み水槽解析の可視化）

IS-PBVR用粒子サンプラ:
OpenFOAMの解析ソルバーに記述.

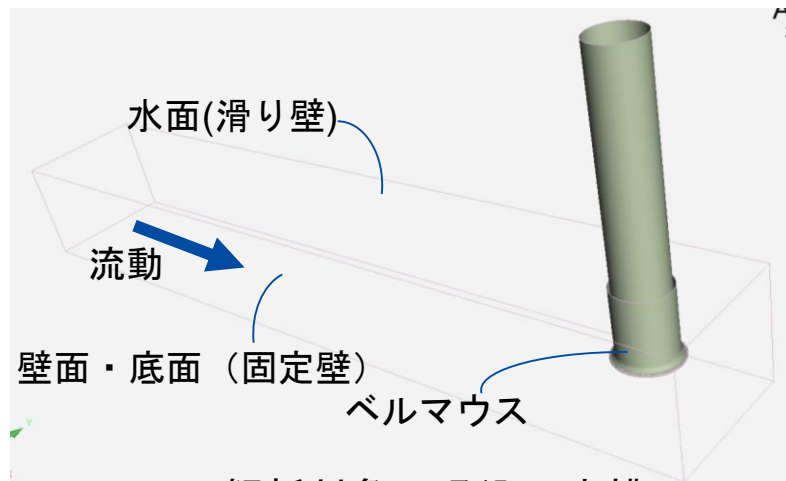
計算用HPC

OpenFOAMシミュレーション用コード

粒子サンプラ
(IS-PBVR用粒子データを
生成する)

解析条件

- ・ 空間2次精度, 時間2次精度
- ・ 乱流モデル:SST k- ω モデル
- ・ 境界条件:速度固定(流入)
静圧一定(流出)
- ・ 格子数: 20万セル



解析対象：吸込み水槽

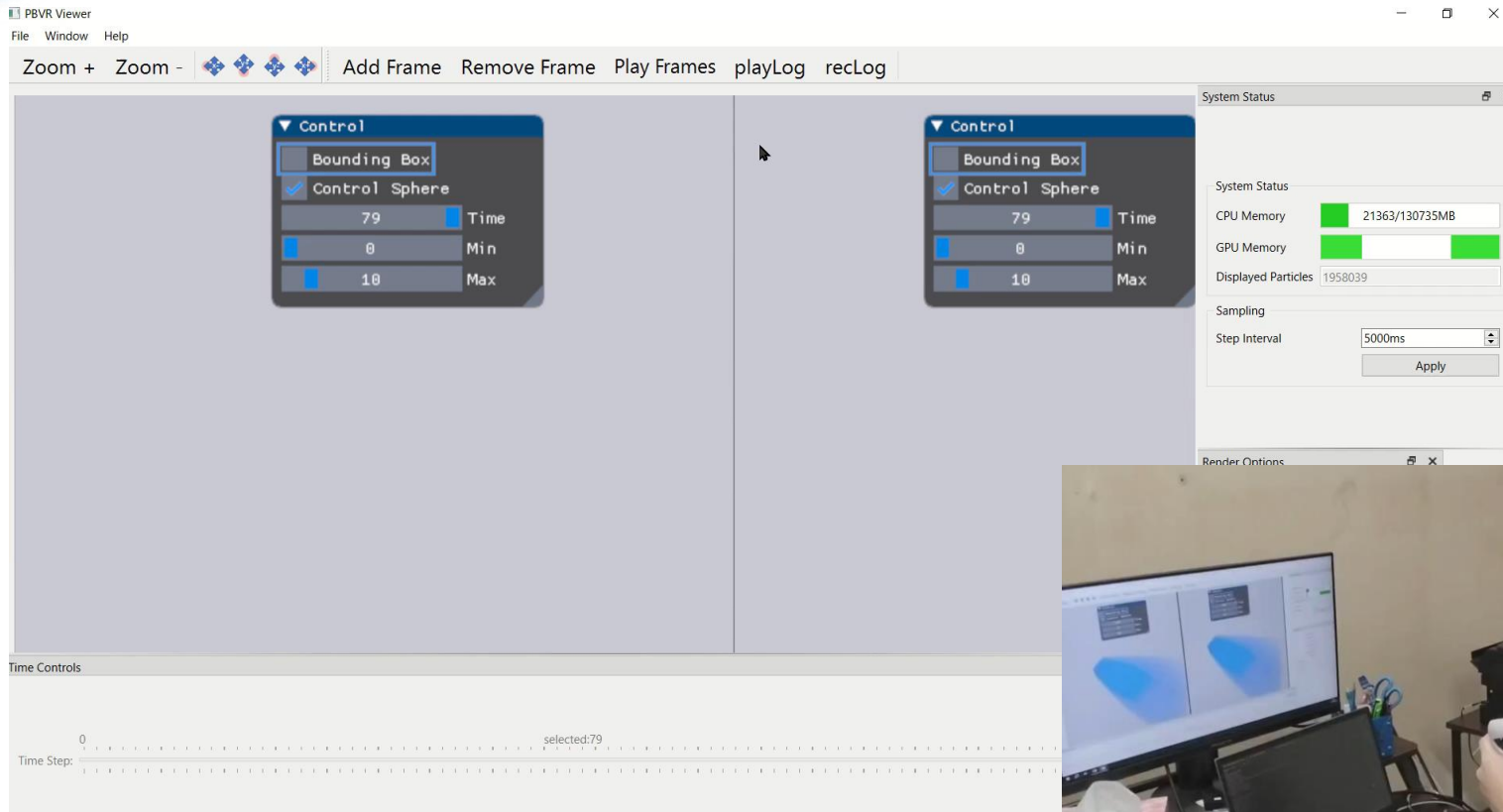
吸い込み水槽解析のIn-Situ PBVR可視化



吸込み水槽のInSitu-PBVRによる可視化：流速の大きさに色付け

荏原計算環境で
計算実行中の解析に対して
In-Situ PBVR可視化に成功。

吸い込み水槽解析のVR-In-Situ PBVR可視化



吸込み水槽のVR InSitu-PBVRによる可視化：圧力の大きさに色付け



VR没入の様子

目次

1. 会社紹介
2. xR技術について
3. VR技術を用いた解析可視化の事例
4. **MR技術を用いた解析可視化の事例**
5. 今後の展望

MR技術の活用（ポンプ実機との重畳表示）



スマートグラス
(Microsoft
HoloLens2)

スマートグラスによる解析結果と実機との重畳
(スマートグラス装着者目線)

- ・ポンプをMR表示
- ・流線, 断面の表示

実機との重畳表示が可能
→流れ場の直感的な理解が可能

目次

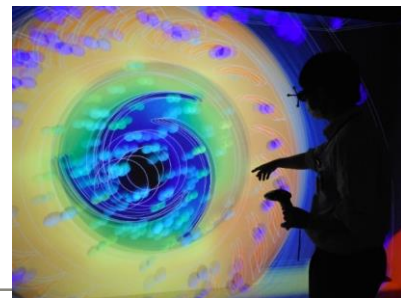
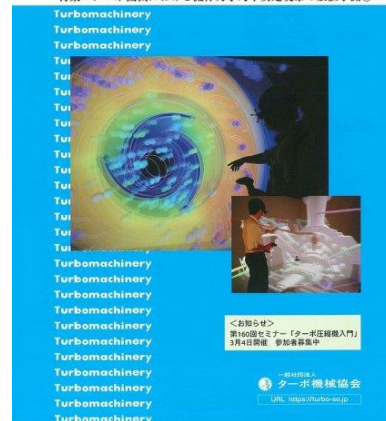
1. 会社紹介
2. xR技術について
3. VR技術を用いた解析可視化の事例
4. MR技術を用いた解析可視化の事例
5. 今後の展望

結び：xR技術による流体解析評価の高度化

◆ISSN1320-0281 (紙) ◆ISSN1320-0282 (電子) ◆CODEN: TEJA DZ

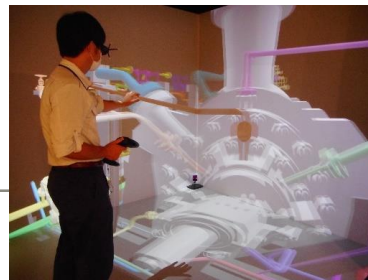
2022 3 **ターボ機械**
Turbomachinery

特集：ターボ機械における流体力学的不安定現象の数値予測①



looking ahead, going beyond expectations
Ahead > Beyond

- ターボ機械運転時に生じる3次元的で複雑な流動現象への**理解の深化**に、xR技術は寄与できる。
- xR技術を用いることで流路全体を包括的に評価することが可能となり、これまで見逃していた現象に対して**新たな知見**が得られる。
- スマートグラスを用いた**実機との重畳表示**により、ポンプの内部流動に対する直感的理解が深まる。
- 高速で軽量の可視化を実現する**粒子ベースボリュームレンダリング (PBVR)**により、大容量の解析データの高速な可視化、および**In-Situ可視化**を実現。



ありがとうございました。



Looking ahead, going beyond expectations

Ahead > *Beyond*