

多様なプラズマ現象を解析するための 可視化表現法の研究とその普遍化

基礎物理シミュレーション研究系

大谷寛明



可視化駆動型解析の研究

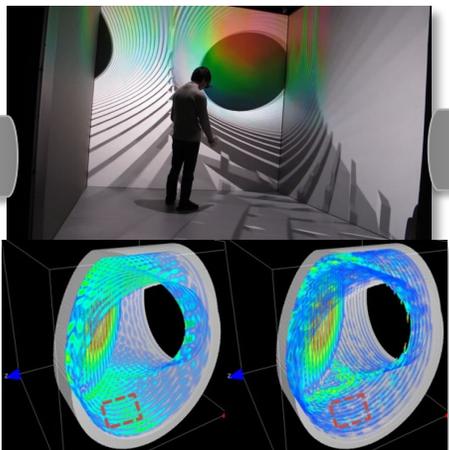
可視化の目的

見えないモノを視たり、あるいはモノとモノの間の関係を視たりすること
目に見えない情報を可視化技術やコンピュータを使って、目に見えるように
して新しい情報を取り出し現象を解明する = 可視化情報学

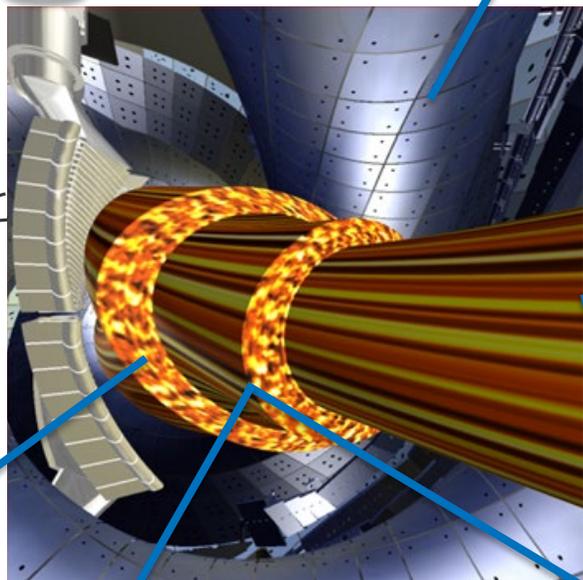
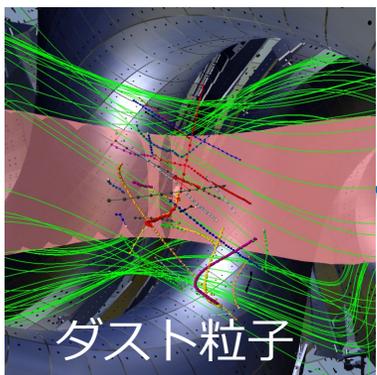
対象があつての可視化・表現法の研究（物理も可視化もわかる研究者）

プラズマは、多様な現象・多様なデータの宝庫

プラズマは多様性の宝庫



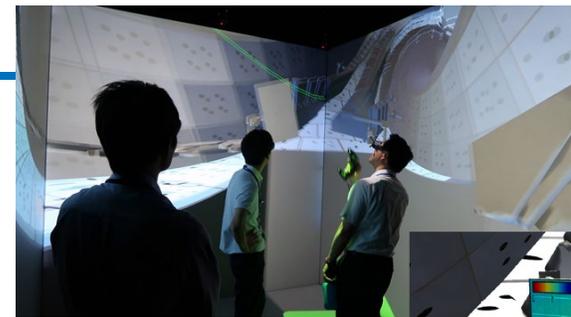
導波管内の電磁場の伝搬と
導波管内表面の渦電流



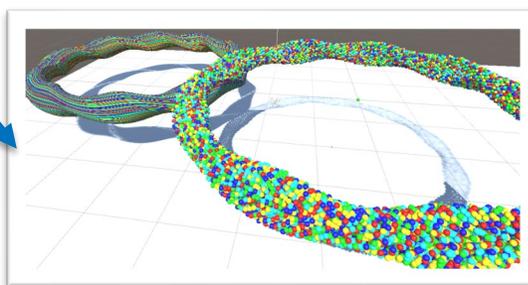
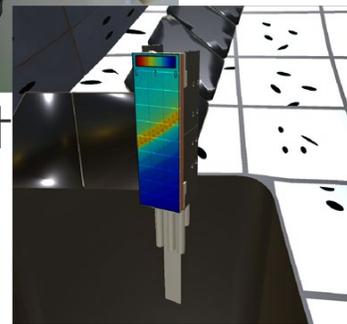
プラズマ



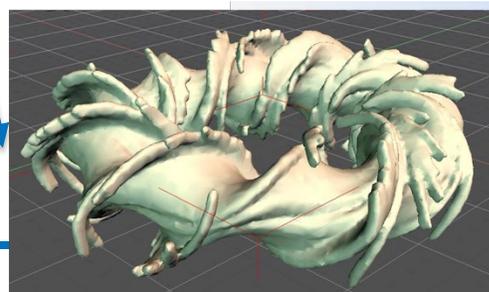
トリトンとプラズマ
対向壁の衝突



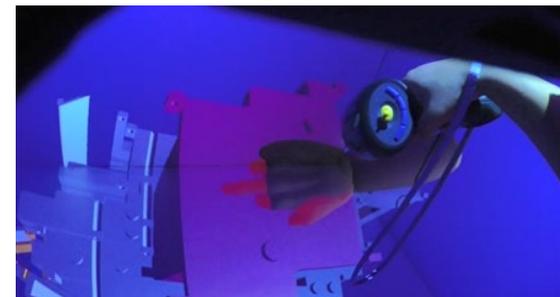
装置設計



プラズマ乱流 (名大)



プラズマ形状 (京大)



炉工学 (中部大、青学大)

可視化駆動型解析の研究

- 多種多様なデータから気づきを与える視覚情報へ変換
 - 対話的な方法でデータ内部に潜む複雑な（因果）構造を解明
 - 気づきを与える・腑に落ちた深い理解を得るための新しいデータ解析法の確立
- ⇒ 普遍的な表現法・解析方法へ

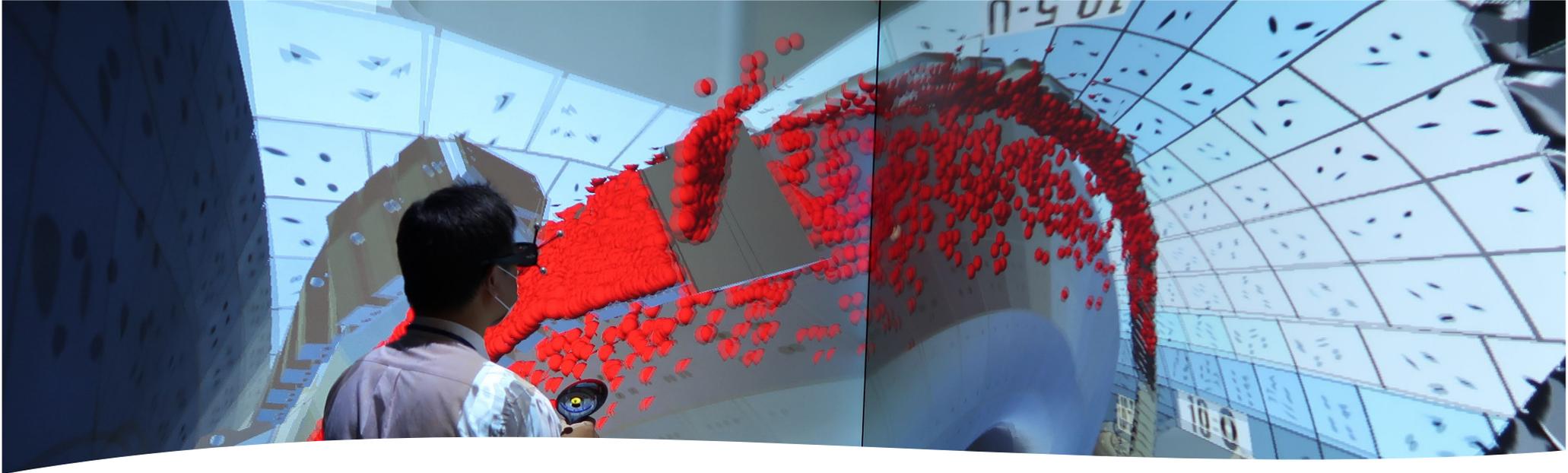
- In-situ可視化（大野先生@兵庫県立大学）
- 多次元時系列データの解析方法など（坂本先生@神戸大学）
- VR可視化（多数の先生方）
- ...

データ科学の手法も活用（機械学習・深層学習）（小山田先生@京大、他）

人間では気づきづらい構造を気づかせてくれる観察手法の一つ

その構造がもつ因果関係を考えるのは人間

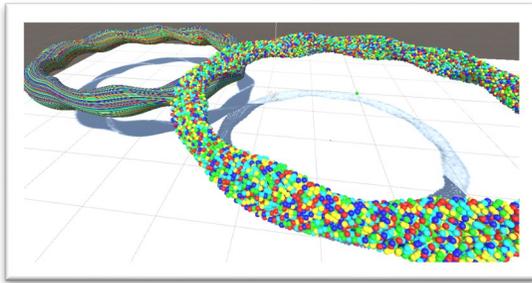
可視化駆動型解析の研究例 1 (気づきを与える可視化表現法)



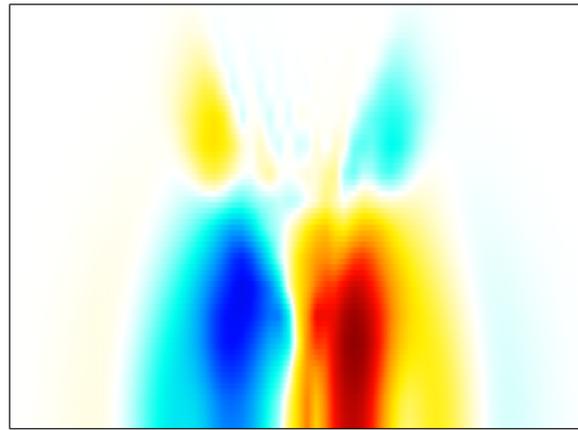
プラズマ対向壁上の高速トリトン衝突点と真空容器・ダイバータ板とのVR可視化

- トリトン衝突点を実験的に確かめるために、材料試料をプラズマ対向壁上に設置して、実験後に取り出し残留トリチウムを分析する。
- 分析のために適切な位置に試料を設置する必要がある。
- 計算で得られている衝突点分布の可視化
- **衝突点の球表示+真空容器内部及びダイバータ板のCADデータとのハイブリッド表示**
- この試料設置位置決定に、重要な役割を果たした

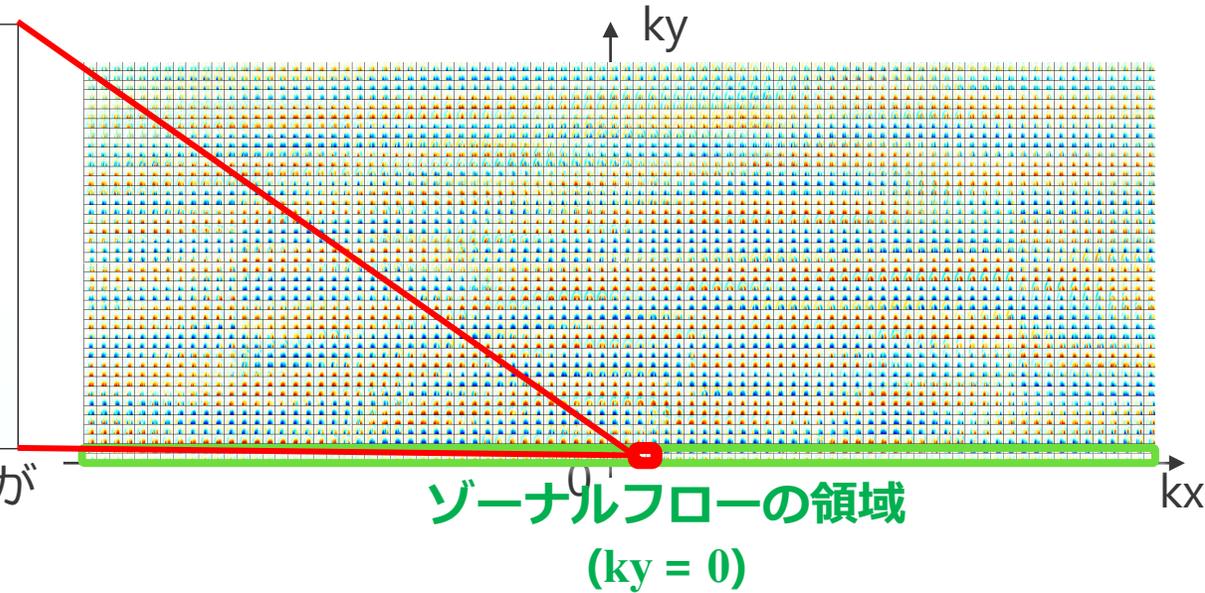
可視化駆動型解析の研究例 2 (気づきを与える可視化表現法)



プラズマ乱流



ゾナルフロースペクトルが強い波数領域の分布構造

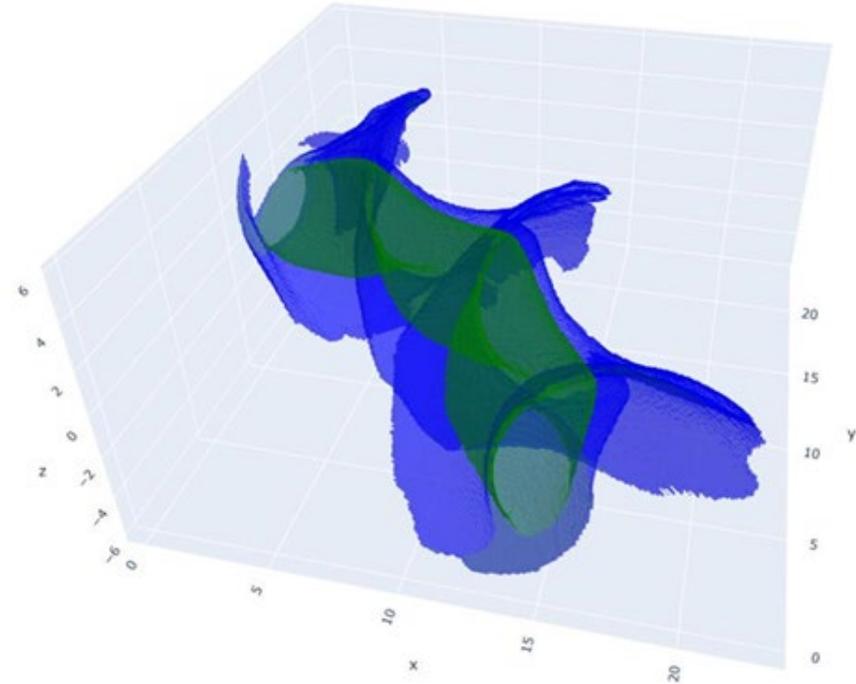
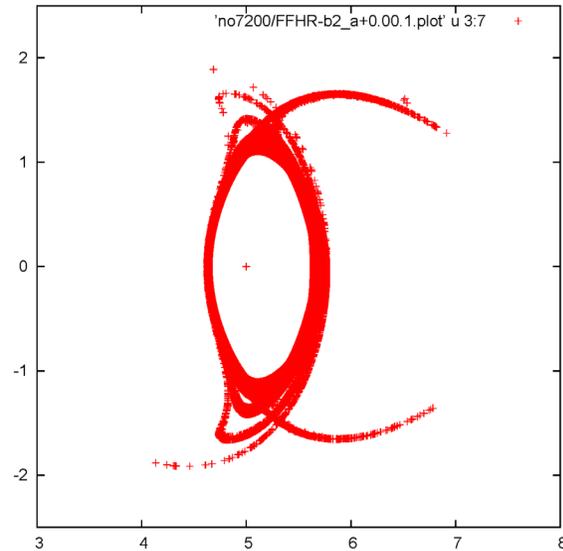
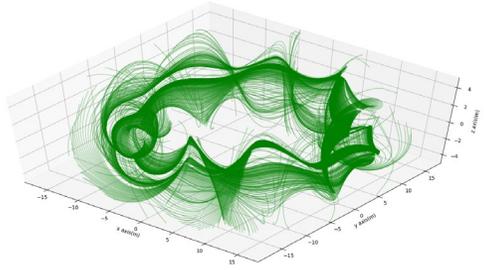


GKV 5 次元位相空間データに対する新たな可視化手法の確立 (名大との共同研究)

- 実空間座標：約2500万個、速度空間プロット：合計約2TB
- 膨大なデータの中から速度空間分布構造の特性を自動判別 (特徴的構造の抽出)
 - 波数空間に速度分布関数マップを並べる
 - 特徴が似たマップを自動判別
 - その特徴が持続するかどうかを判定できる

ダイナミクスの解析への気づき

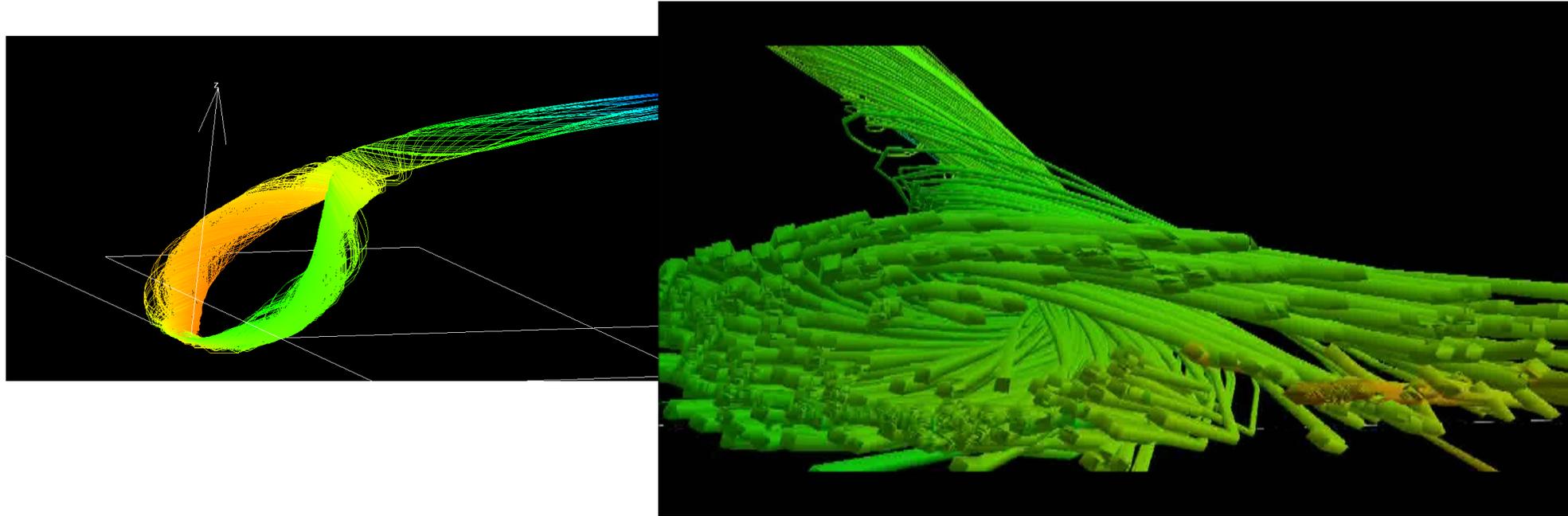
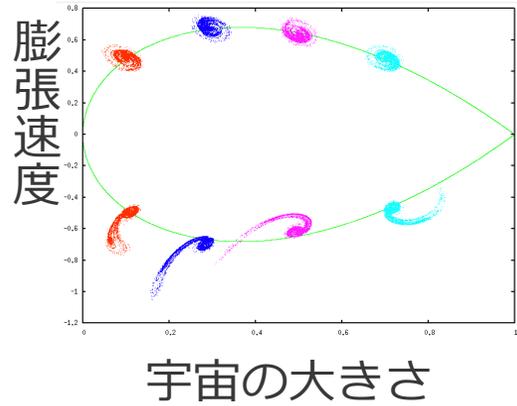
可視化駆動型解析の研究例 3 (気づきを与える可視化表現法)



プラズマ形状の可視化 (京大との共同研究)

- 平衡プラズマにおける磁力線追跡→ポアンカレマップ
- →機械学習を使った空間格子点の分類とその点における磁場強度の計算
- →分類に従った等値面形成→プラズマ形状→炉工学

可視化駆動型解析の研究例 4 (気づきを与える可視化表現法)



- 宇宙論研究 (アインシュタイン方程式の解) で、宇宙膨張収縮の時間発展
カオス構造の発見 (テキサス大学オースティン校、大阪府立大)
- アインシュタイン方程式 (空間一様、ビアンキ分類IX型、非等方) の計量テンソルを変数
(4次元空間) とした軌道を3次元空間で可視化
- **流線 + アニメーション**
- 宇宙膨張収縮の時間発展軌道のらせん構造の発見 → 当該分野の研究の発展に寄与

可視化駆動型解析の研究

- 多種多様なデータから気づきを与える視覚情報へ変換
 - 対話的な方法でデータ内部に潜む複雑な（因果）構造を解明
 - 気づきを与える・腑に落ちた深い理解を得るための新しいデータ解析法の確立
- ⇒ 普遍的な表現法・解析方法へ

- In-situ可視化（大野先生@兵庫県立大学）
- 多次元時系列データの解析方法など（坂本先生@神戸大学）
- VR可視化（多数の先生方）
- ...

データ科学の手法も活用（機械学習・深層学習）（小山田先生@京大、他）

人間では気づきづらい構造を気づかせてくれる観察手法の一つ

その構造がもつ因果関係を考えるのは人間

最新技術の活用

先進的デバイス

HMD（視線追従、XR対応、無線対応、4K）、触覚デバイス

○視覚、聴覚、触覚

×味覚、嗅覚

五感を駆使した可視化表現法へ

先進的開発環境

ゲーム開発エンジン

5G

高速大容量、低遅延、多数接続

（サイエンティフィックシステム研究会「5G時代の可視化技術研究」WG）

外部とのかかわり

NIFS共同研究

- 可視化研究会（VR20??）（2011～）
 - 国内の可視化情報研究者、可視化ソフトウェア開発者、可視化を応用する研究者
- VR可視化研究（2011～）

NIFS客員教員として国内研究者と連携

- 大野先生@兵庫県立大、小山田先生@京大、
- 田村先生@甲南大、川原先生@JAMSTEC、陰山先生@神戸大

サイエンティフィックシステム研究会

ユニットとしての在り方

プラズマには、多様な現象・多様なデータがある
対象があつての可視化・表現法の研究

多種多様なデータを持つグループとひとつのユニットを組む
あるいは連携をする

可視化表現法そのものでの予算獲得は困難
可視化したい対象と組み合わせて研究テーマを創出