

3次元計測で取得される 大規模ポイントクラウド型 データの半透明可視化

田中 寛, 長谷川 恭子(立命館大学)

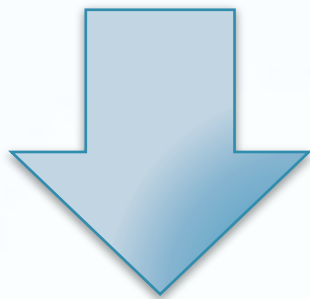
第21回ビジュアライゼーションカンファレンス,

2015年11月7日,

神戸大学 統合研究拠点

大規模・3次元点群データの重要性

- 3次元点群 = 実空間内で取得・生成されたポイントクラウド
- 例1) レーザ計測データ
 - 数千万点から数十億点の,
 - 大規模遺跡, 工場内のプラント施設, 町並み, その他の複雑な形状を記述する,
 - 大規模な3次元点群データ
- 例2) スーパーコンピュータによる
粒子流体シミュレーションの出力
 - 数千万点から数十億点の,
 - 物理量の複雑な空間分布を記述する,
 - 大規模な3次元点群データ

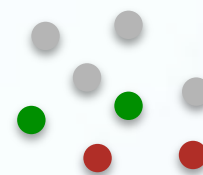


大規模3次元点群の解析や利用を
支援するために

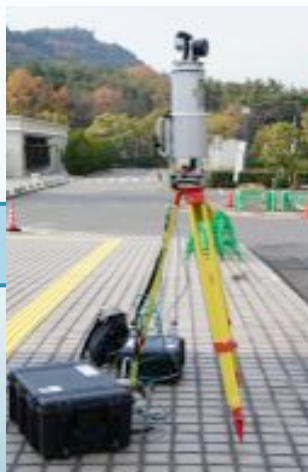
- 3次元点群データの半透明な「透視」可視化技術が有用
- 本日は、レーザ計測データ（例1）の可視化を中心に話すが、提案手法は3次元点群データ一般に通用
- 粒子流体シミュレーション(例2)の可視化例として、東日本大震災の津波シミュレーションの可視化を紹介

3次元文化財のレーザ計測

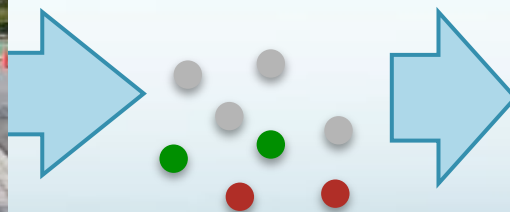
- 近年のレーザ計測技術の発展は、
複雑な立体構造を有する文化財に関して、
その全体（外部＋内部）の精密な記録を可能にした。
- 文化財のレーザ計測データは、
 - **大規模3次元点群データ**： 数千万～数十億点



祇園祭・船鉾



レーザスキャナ



1.7億点

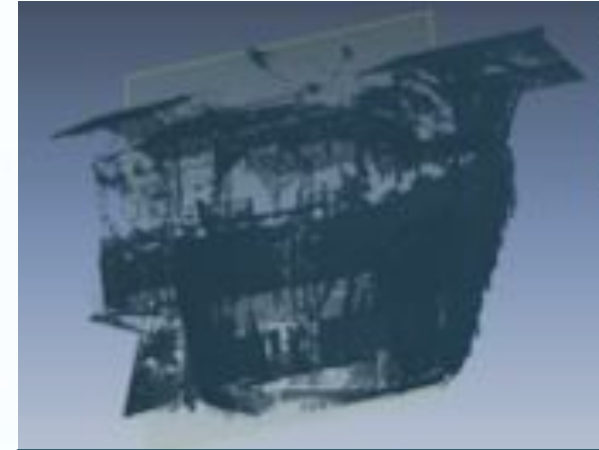
世界の巨大遺跡の計測例

- レーザ計測データの3次元点群

ケントカウエス女王墓 (エジプト・ギザ)	3億 (3×10^8) 点
マチュピチュ (ペルー・クスコ)	3億 (3×10^8) 点
ハギア・ソフィア (トルコ・イスタンブール)	9億 (9×10^8) 点

文化財のレーザ計測データの 解析を支援する可視化への要求事項

1. 入力: 大規模3次元点群データ
2. 対話的なレンダリング速度
3. 内部立体構造の精密な
半透明可視化(透視)
4. 柔軟な融合可視化
 - 複数データの融合
 - 視覚ガイドの重畳



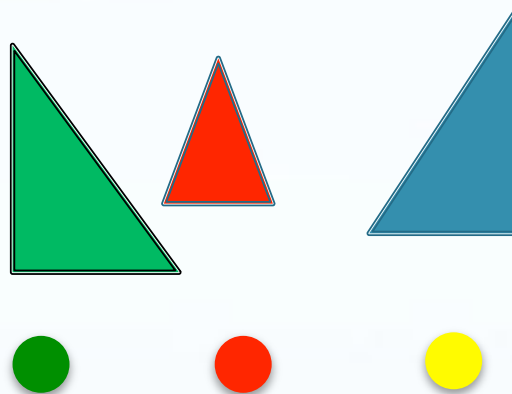
3D point data



3D see-through view

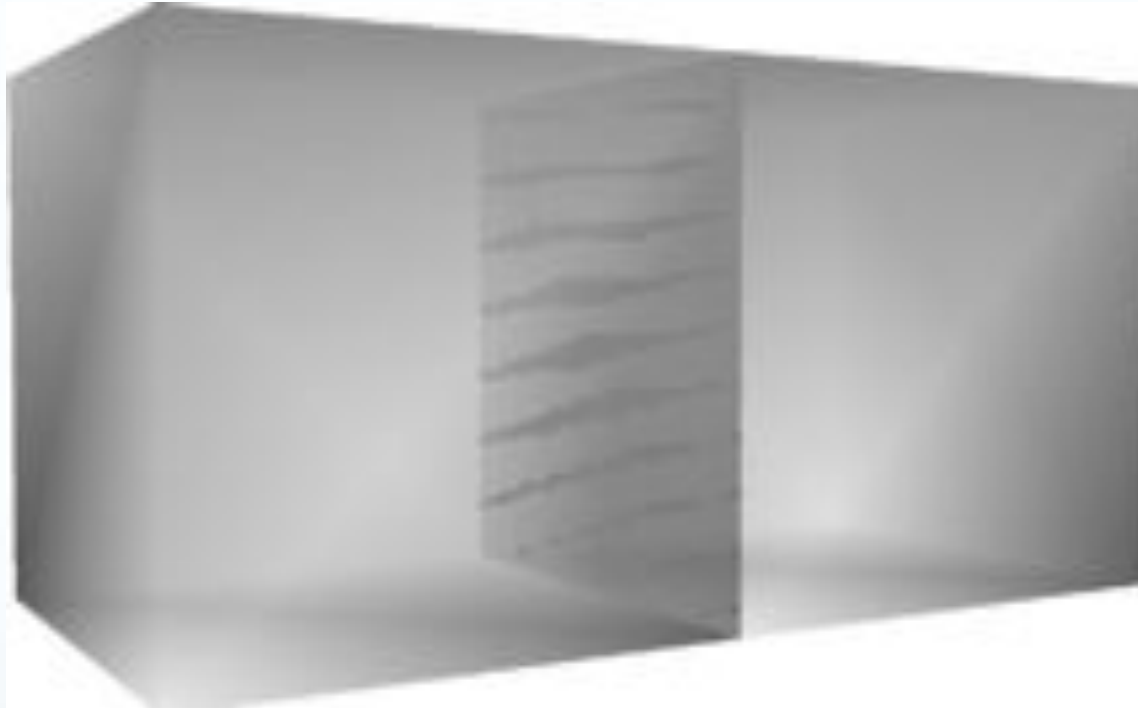
デプスソートに由来する困難

- 従来の半透明可視化では、可視化の基本形状（ポリゴン、点など）の「デプス・ソート」が必須
- 形状を視線に対して奥から手前に順に描く
→正しい奥行き感



- 困難1 : $n \log n$ (n :ソートする要素数)に比例して計算量が増大
 - 大規模データでは問題になる
- 困難2 : ソートの失敗によるアーチファクトの出現
 - あり得ない縞模様など

複数形状の境界面が重なっている場合の アーチファクト例



重なっている面はデプスソートの順番が決まらない
➡描く順序が混乱して、縞模様が発生

注：例えば、2つの角材をそれぞれレーザスキャンした
データを融合した場合を想定

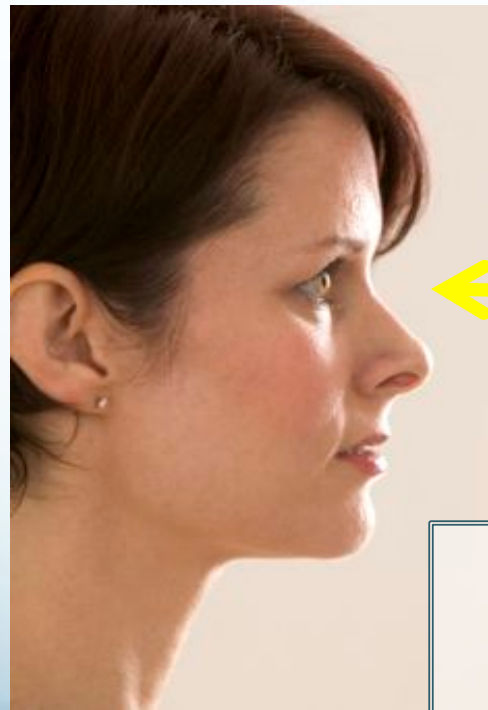
確率的ポイントレンダリング ----ソート不要な 半透明ポイントレンダリング----

S. Tanaka, K. Hasegawa, Y. Shimokubo, T. Kaneko, T. Kawamura, S. Nakata, S. Ojima, N. Sakamoto, H. T. Tanaka, and K. Koyamada.:
[Particle-Based Transparent Rendering of Implicit Surfaces and its Application to Fused Visualization](#). EuroVis 2012, Vienna (Austria), June 5–8, 2012. (陰関数曲面の半透明可視化手法)

確率的ポイントレンダリングの レーザ計測データへの適用

S. Tanaka, M. Uemura, K. Hasegawa, T. Kitagawa, T. Yoshida,
A. Sugiyama, H. T. Tanaka, A. Okamoto, N. Sakamoto, K. Koyamada,
“**Application of Stochastic Point-based Rendering to Transparent Visualization of Large-scale Laser-scanned Data of 3D Cultural Assets**”,
Proc. IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis) 2014, pp.267-271, March 4–7
(March 5), 2014, Yokohama, Japan (IEEE Digital Library) (レーザ計測で得られた3次元点群データの半透明可視化手法) .

現実の物体が半透明に見える原理



発光粒子

光の散乱

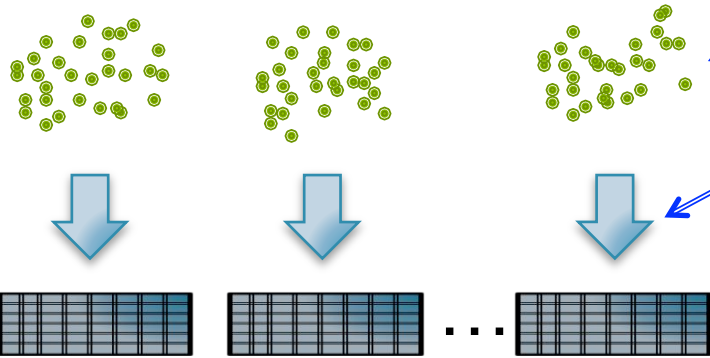
光の視点への到達は
「確率現象」

- 見える確率と見えない確率
- 平均すると半透明画像

これを計算機でシミュレートして
半透明可視化を行えるはず

確率的ポイントレンダリングの手順

多数個の粒子セットを生成

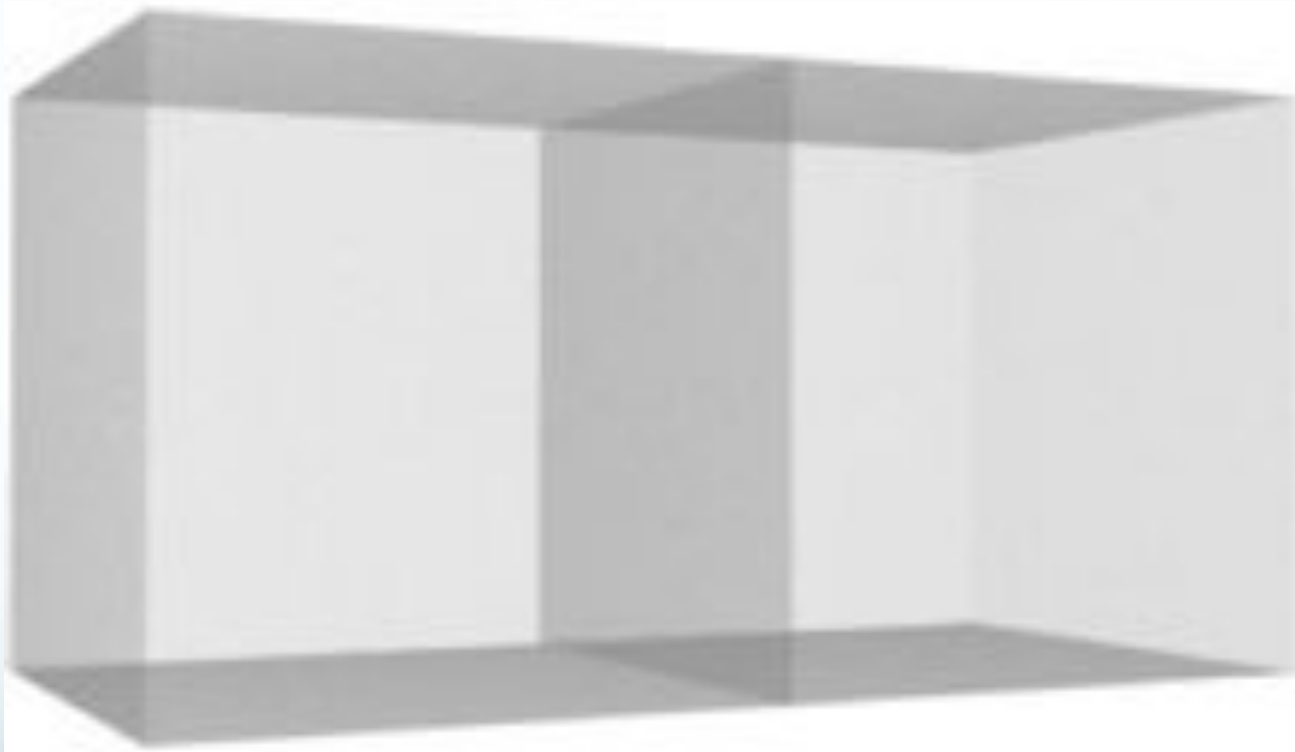


1. 計測点群を粒子群とみなし
ランダム分割 (粒子セット群生成)
2. 各セットで粒子投影して
中間画像群を生成
3. 中間画像群を平均

ソート処理は不要

レーザ計測対象の
精密な3次元透視画像

確率的ポイントレンダリング の結果



不透明度のコントロール

- 不透明度は,
 - 「1つの ピクセルに粒子が投影される確率」として計算

粒子数 n → 不透明度をコントロール
中間画像の枚数 L_R → 画質コントロール

- 粒子密度の一様性の仮定だけから、次式が導かれる：

$$\alpha = 1 - \left(1 - \frac{s}{S}\right)^{\frac{n}{L_R}}$$

s : 粒子断面積 S : 粒子数を計測する曲面上の局所領域の面積
(曲面の面積)

粒子数 n のコントロール

- ユーザが望む不透明度 α の実現に必要な粒子数: n

- 計測データの粒子数: n_{raw}

n と n_{raw} が一致
するとは限らない

- $n < n_{raw}$ (計測データの点数が多過ぎる場合)
 - ランダムに点を間引く
- $n > n_{raw}$ (計測データの点数が少な過ぎる場合)
 - ランダムに点を増殖 (コピー) した後,
全体をシャッフル

可視化例 1

--- 建築物---

日本の古民家



写真



計測点群 (3億点)

旧中島家住宅：

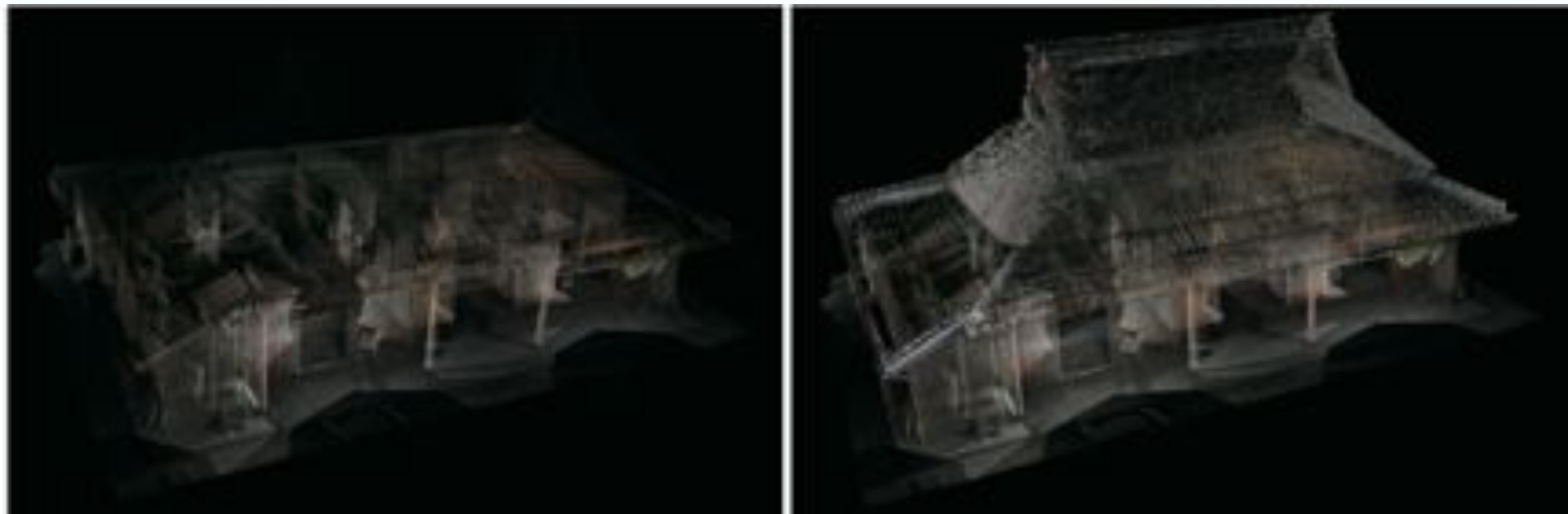
- 19世紀に建造された「入母屋造り」の古民家
- 滋賀県・栗東歴史民俗博物館が所蔵

透視画像



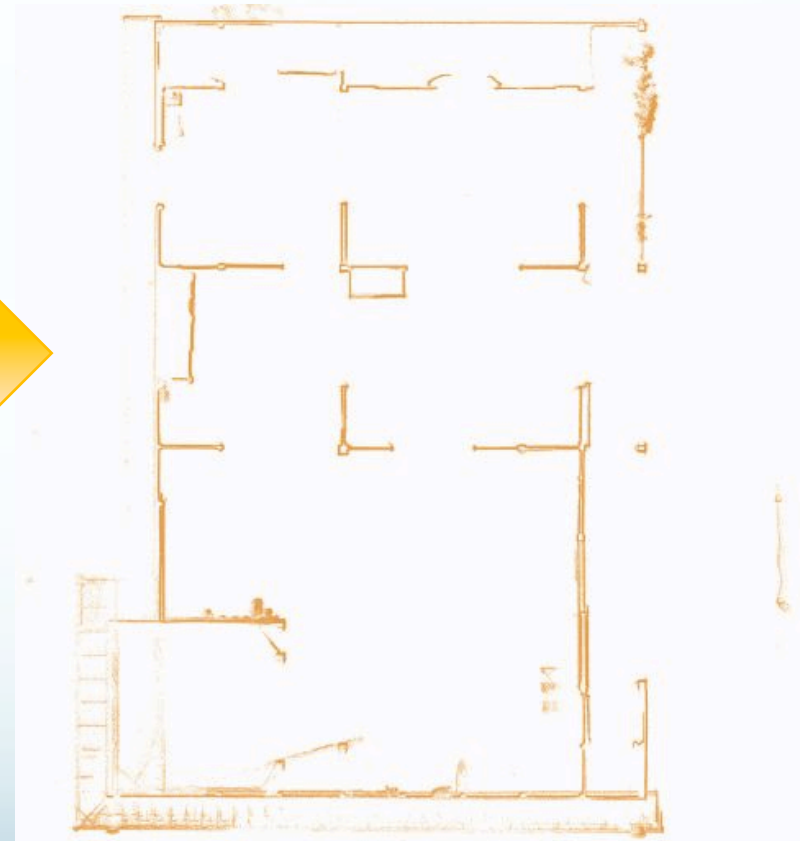
王晟, 長谷川恭子, 田中弘美, 岡本篤史, 田中覚,
"歴史的建造物のレーザ計測点群データに基づく平面・断面図の自動生成と融合可視化",
2014年度情報処理学会関西支部大会, September 17, 2014

点密度の部分変化による 不透明度の調整



屋根の不透明度を増加

断面図の自動生成と融合可視化 (requested by CAD experts)



Extract a part of 3D points in
a given narrow height range

cross-section diagram

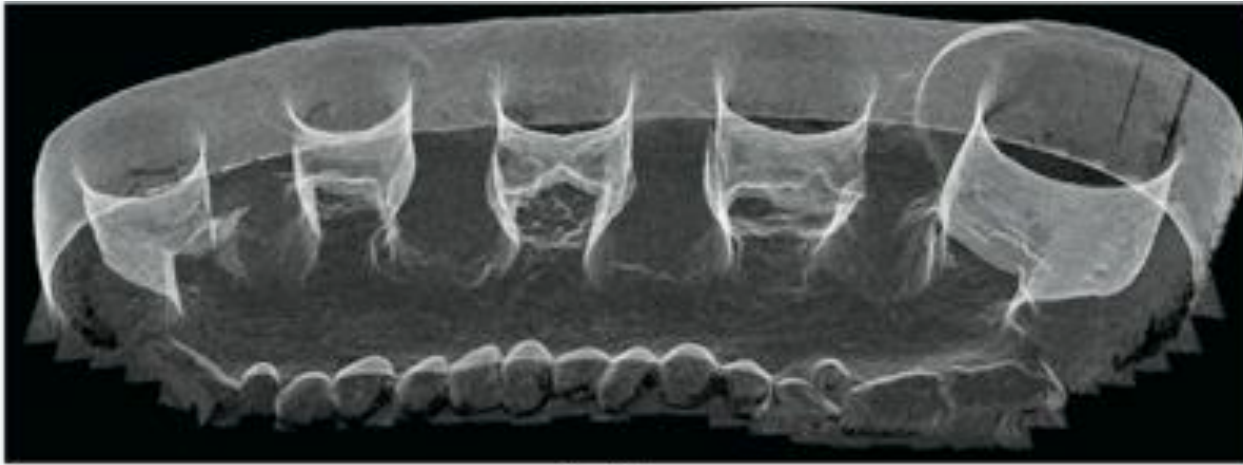
視覚補助としての3Dデータと 2次元断面図の融合可視化



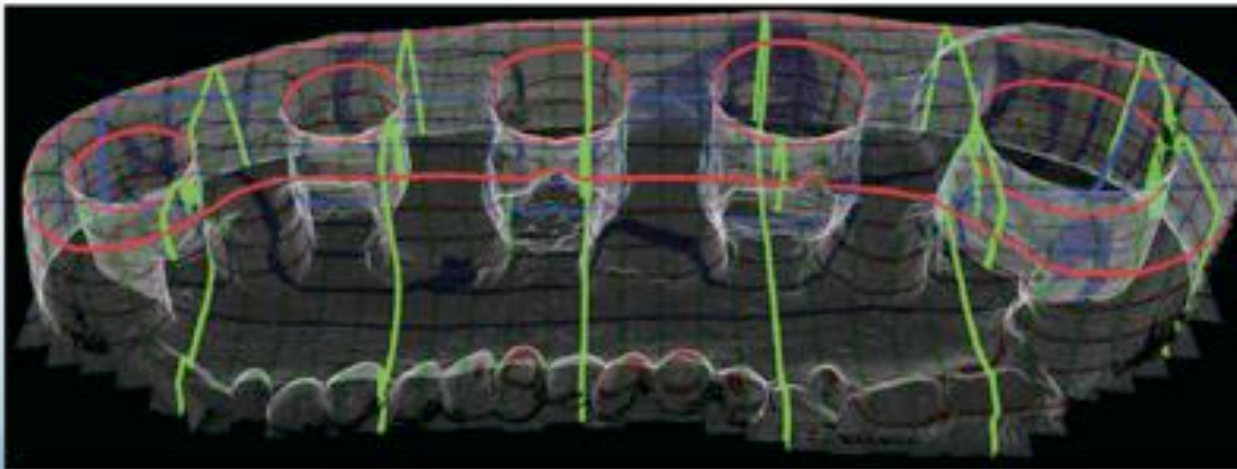
ムービー

$\alpha : 0.2,$ 1.8×10^8 pts, 2.8 fps (1024² image)

グリッド型視覚ガイド



(a)



(b)

- (1) グリッド線近傍の計測点群を増殖して不透明度を増加
- (2) 方向によってグリッド線を色付け

可視化例 2

--- 祇園祭・船鉾 ---

祇園祭 と 船鉾

- 祇園祭(京都)

- 天神祭(大阪), 神田祭(東京)と並び, 日本三大祭のひとつ
- 西暦 869年より
- 毎年7月に京都市内で実施.
- 祭のハイライトは「山」あるいは「鉾」と呼ばれる山車のパレード (山鉾巡行)

- 船鉾

- 舟の形をした有名な鉾. 神宮皇后の出船がモチーフ
- 前祭(7/17)の巡行の最後尾を巡行



- 山や鉦は、毎年、部材から組み立て直す
- 祭りが終了すると分解して蔵に保管.



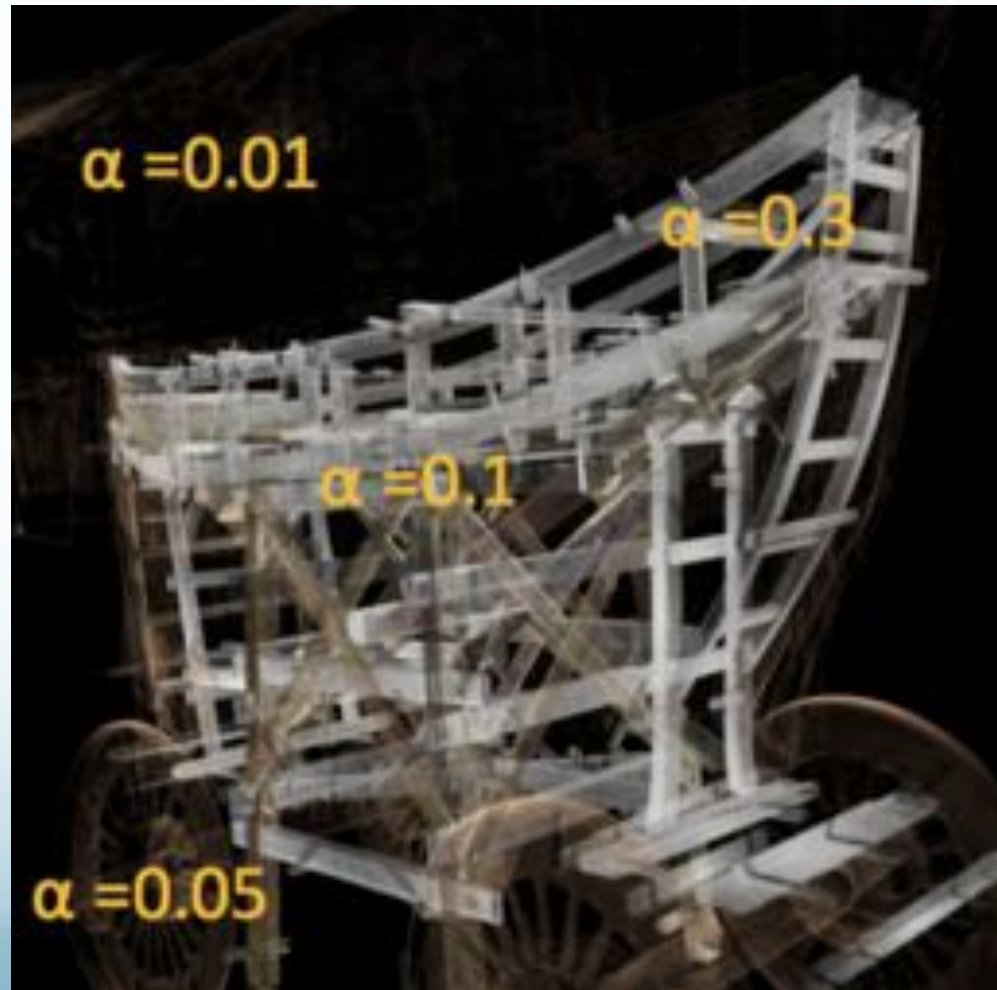
部材毎のレーザ計測データの融合

- ・ 祇園祭の終了後に、分解された数百の主要部材をレーザ計測
- ・ 部材毎に不透明度（点密度）を調整して融合可視化

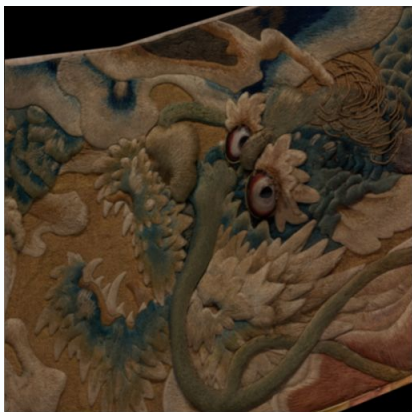
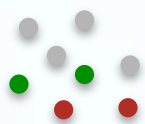
1.6 億点

4.0 fps
(512² img)

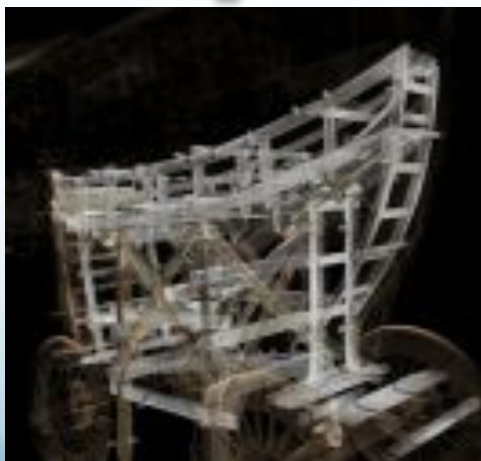
0.67 fps
(1024² img)



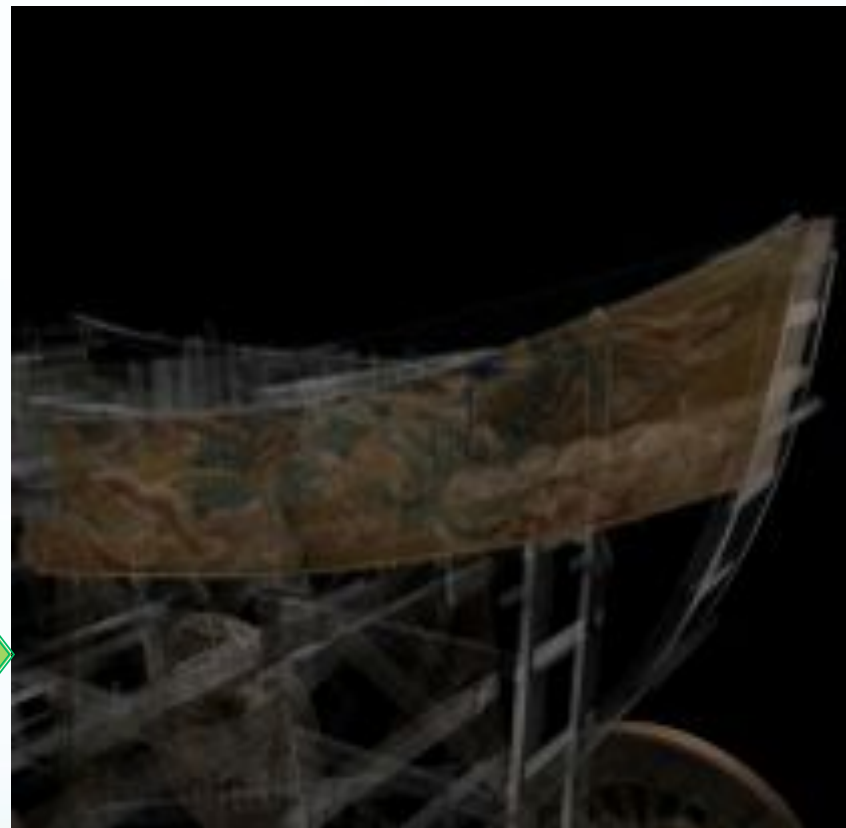
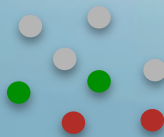
写真データとレーザ計測データの融合



懸装品の高精細写真をリサンプリング
して3次元点群化



レーザ計測で得られた
3次元点群



半透明融合可視化

写真を壁面
に沿って
貼り付けて
半透明融合



毛織物の
凹凸情報の
取り込み
(レーザ計測
の併用)

船鉾の組み立て過程の可視化

- 船鉾の組立(鉾立)には3日かかる.
- 鉾立のプロセス自体が、保存されるべき無形文化財
- 毎朝レーザ計測し、データを順に重畳して時系列データの可視化を実施



初日朝



2日目朝



3日目朝



4日目朝



初日朝



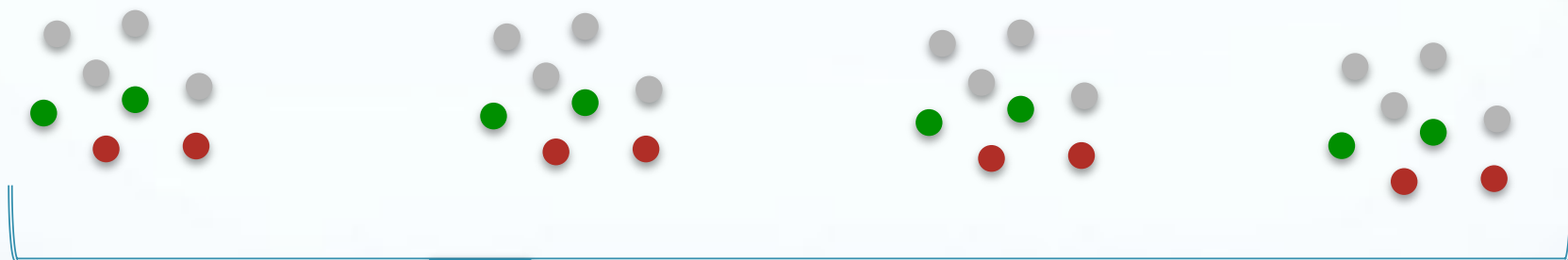
2日目朝



3日目朝



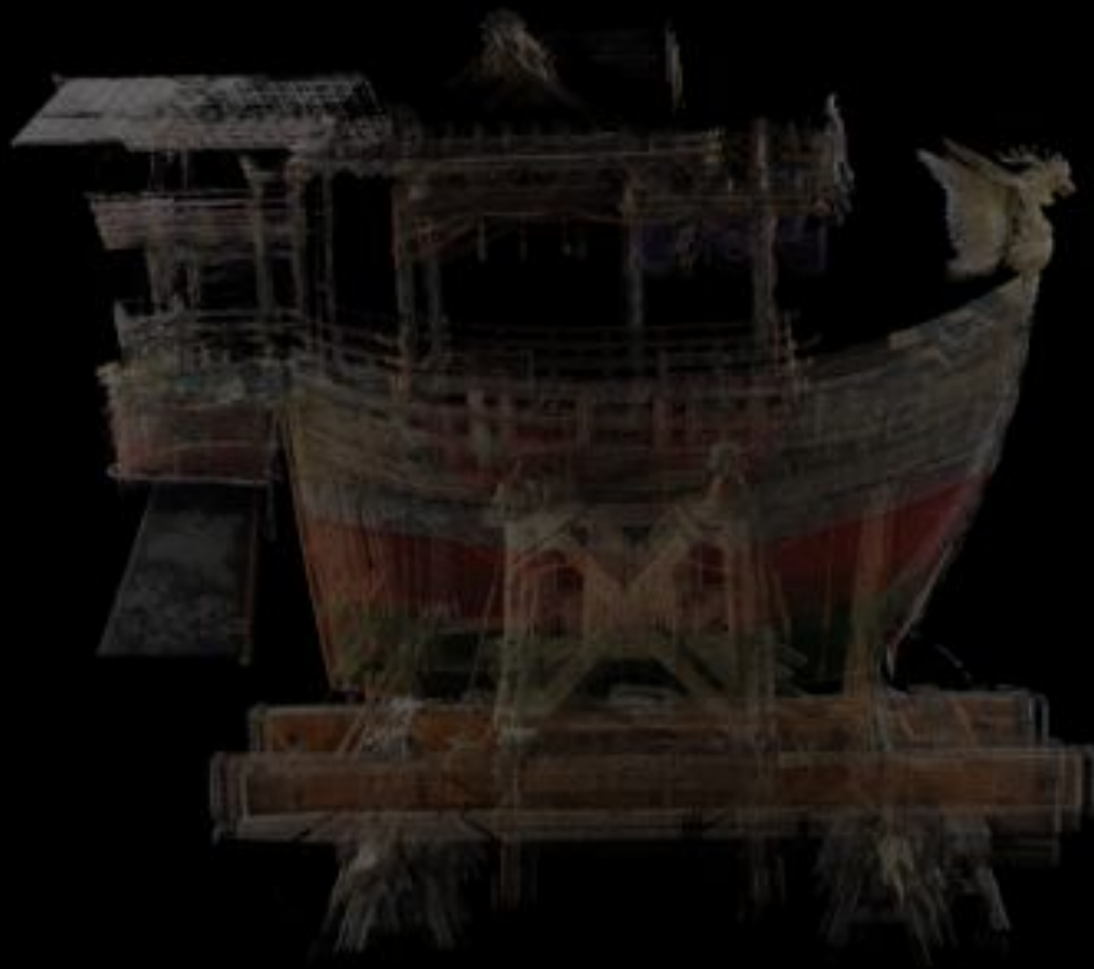
4日目朝



時系列の複数回のレーザ計測で得た
計測点群のセットを順に融合

鉾立過程の半透明融合可視化

鉾立の軌跡を1枚の静止画の中で視認できる



α : 0.3 , 1.9×10^8 pts

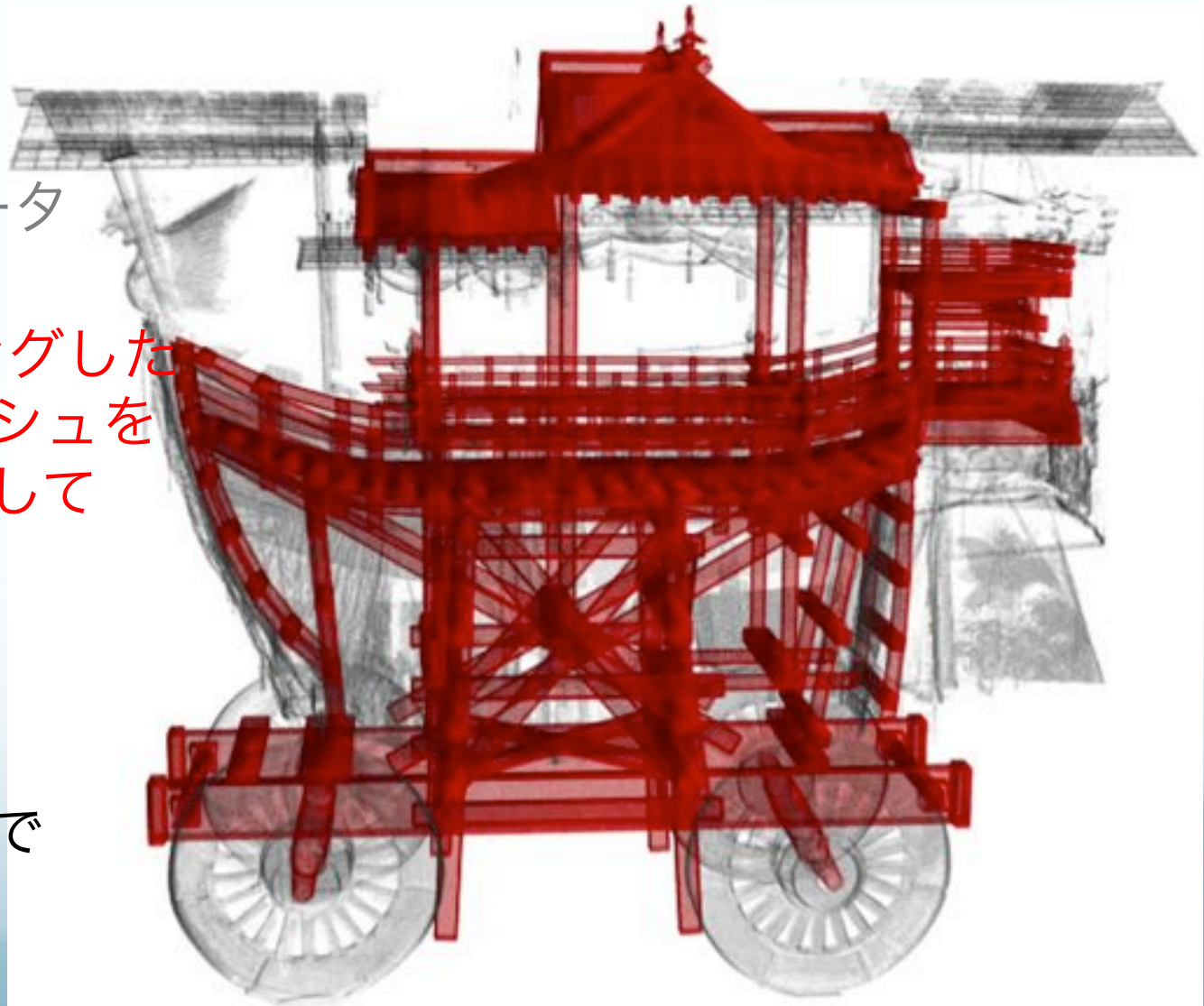
CADデータ と レーザ計測データ の融合

グレー:レーザ
計測データ

赤:CAD でモデリングした
ポリゴンメッシュを
サンプリングして
点群化



計測に失敗した
部分をモデリングで
補うことができる。



大規模粒子流体シミュレーションへの応用

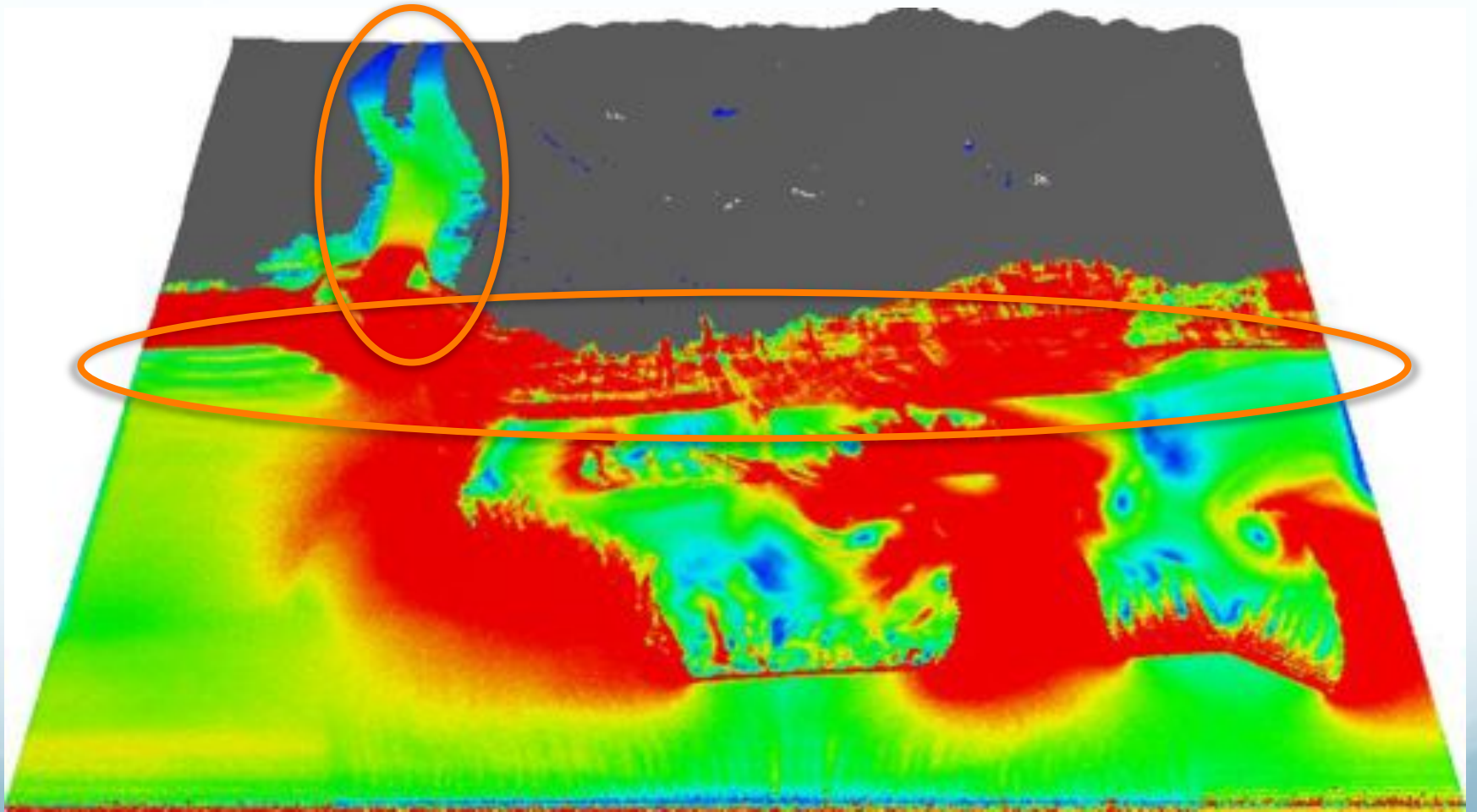
--- 東日本大震災の津波再現シミュレーション---

※東京大学・越塚研究室との共同研究

確率的ポイントレンダリングを用いた 津波の粒子シミュレーションの半透明可視化

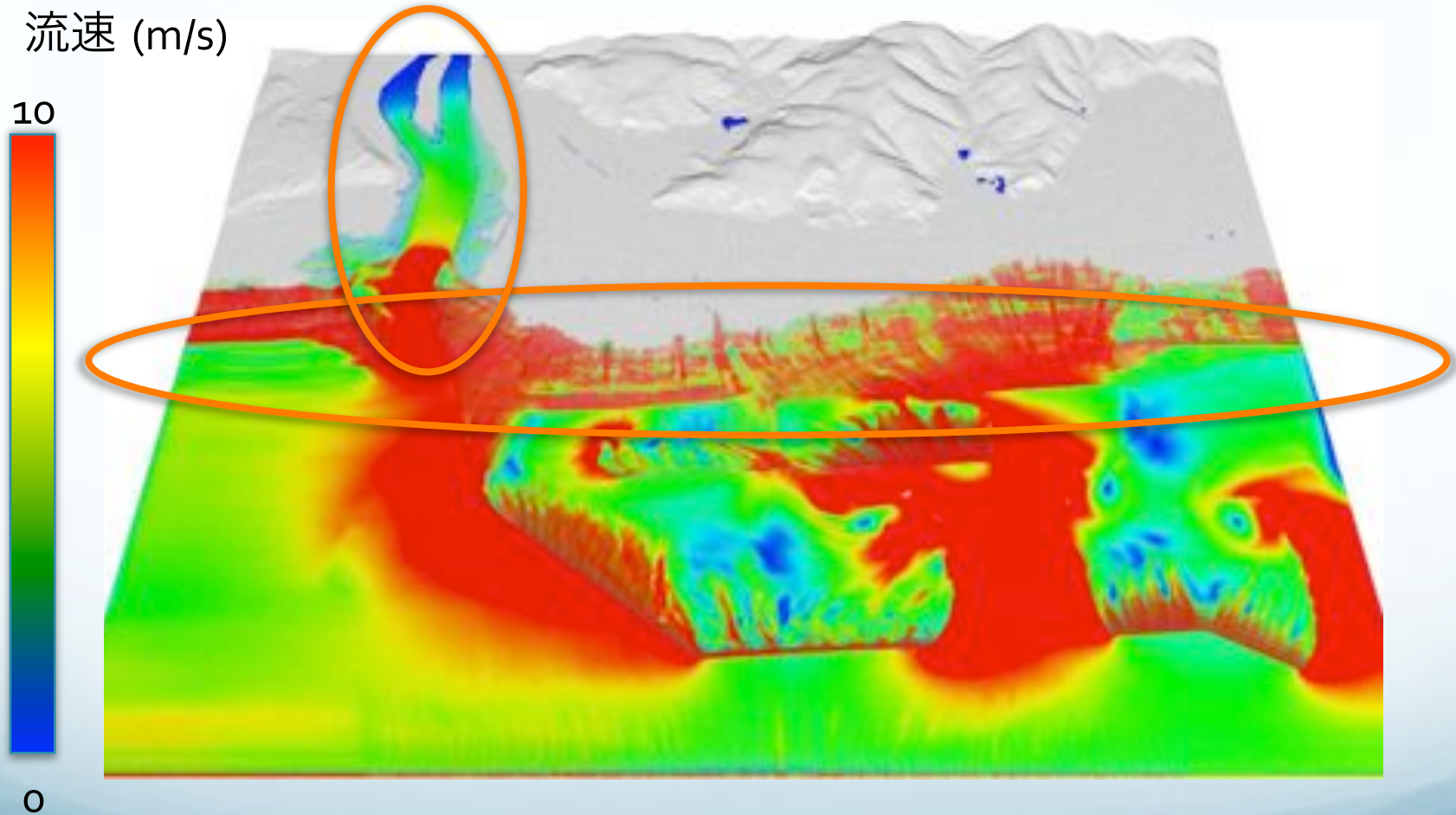
- 東京大学のスーパーコンピュータによる,
MPS法の粒子流体シミュレーションの出力データを可視化
 - 粒子数2千万点～2億点
- 関連する様々なデータの半透明融合可視化を行う
 - 津波（水）：大規模粒子（点群）データ
 - 地形、建造物など：サーフェスデータ
 - サンプルングして点群データに変換して津波本体と融合
 - 流速、渦度など、複数の物理量のボリュームデータを粒子化して融合
- レンダリングパラメータなど
 - 解像度:1024²
 - 画像平均枚数 L_R :100
- FPS : 2千万点で 12~14 (計算時間は点数にほぼ比例)
 - Xeon X5690 3.46GHz ×2, NVIDIA GeForce GTX 580

従来の不透明な ポイントレンダリング



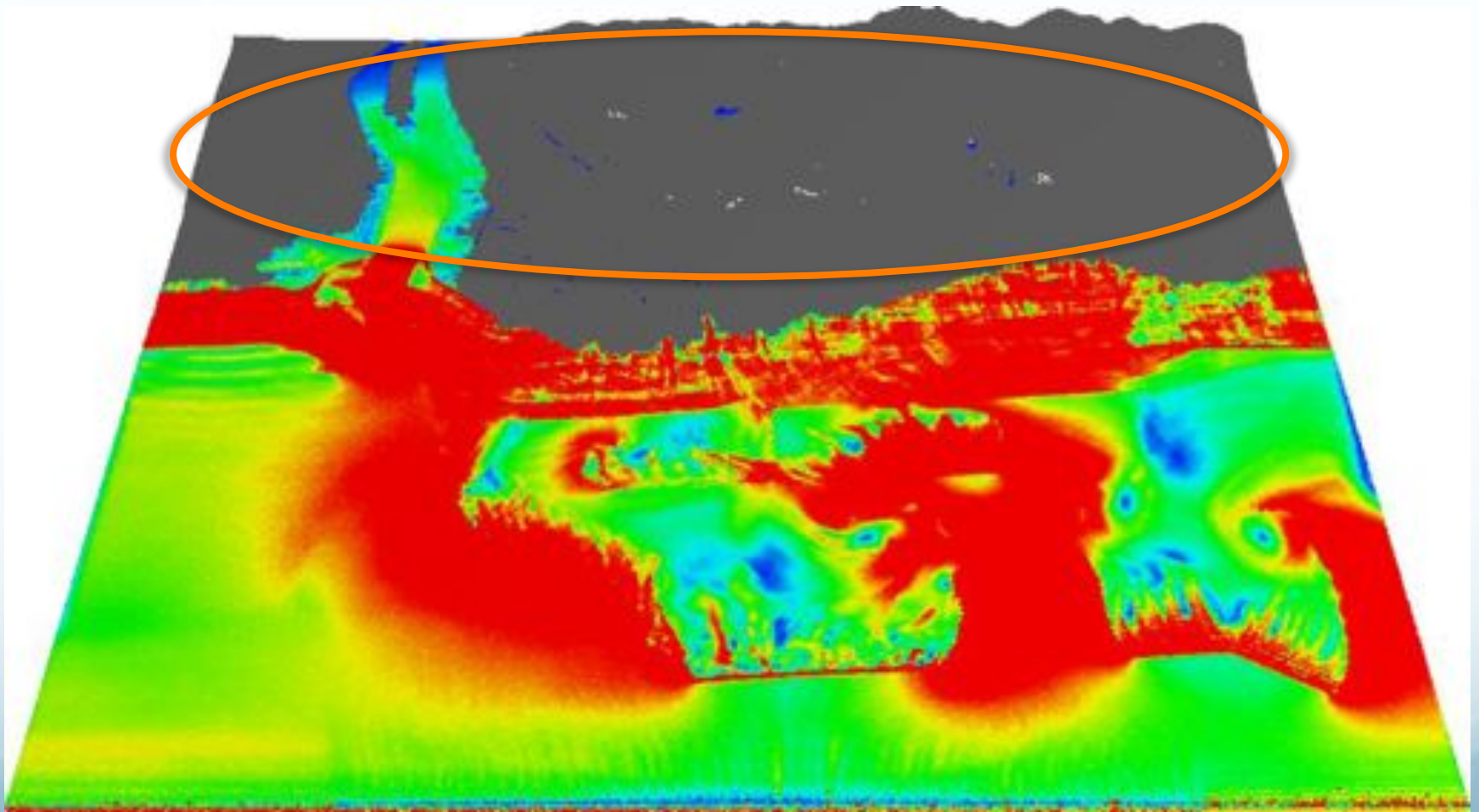
不透明レンダリングでは、海岸線・河岸線がはっきりしない

確率的ポイントレンダリング による半透明可視化



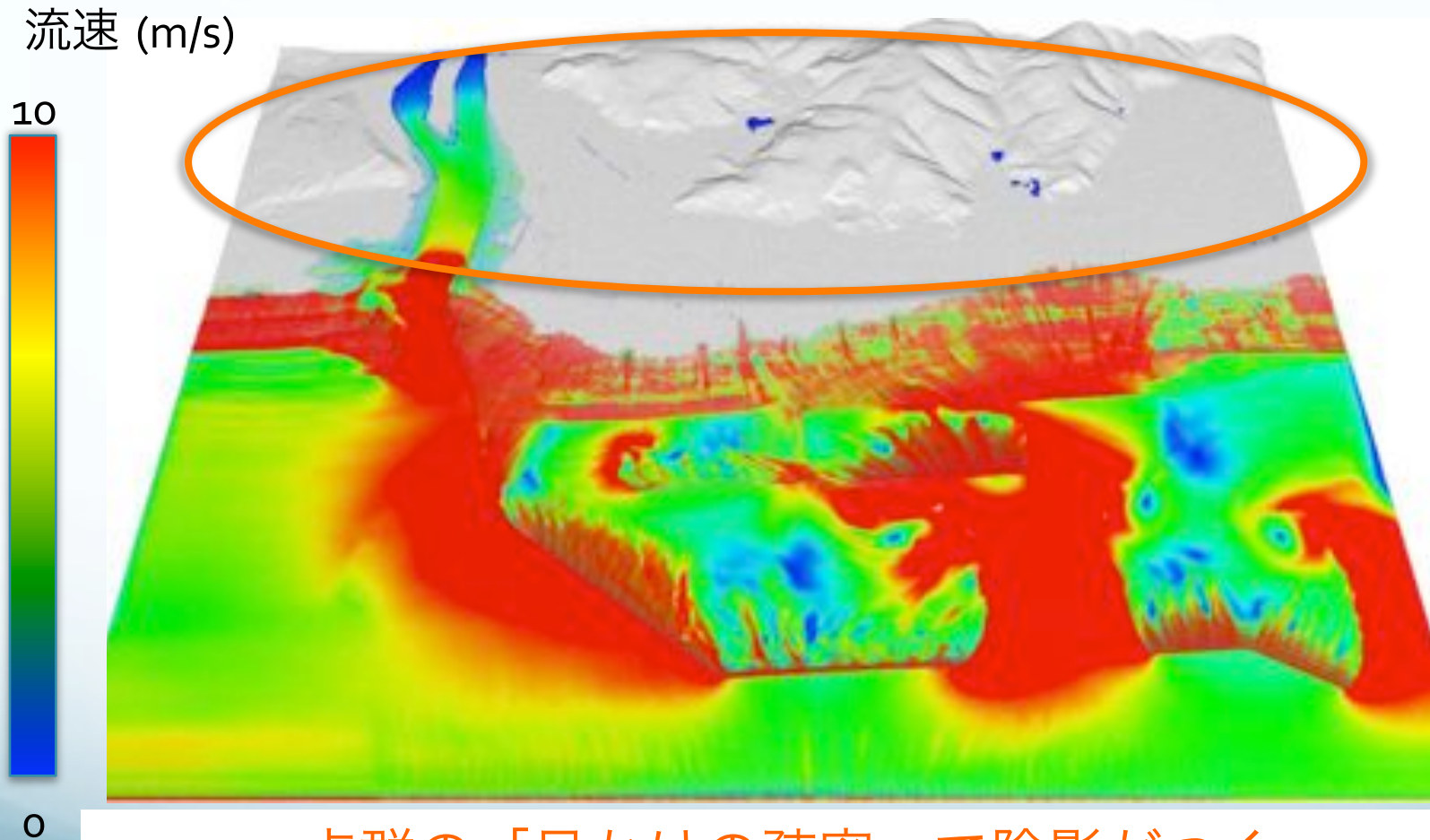
半透明レンダリングでは、海岸線・河岸線が明確になる

従来の不透明な ポイントレンダリング



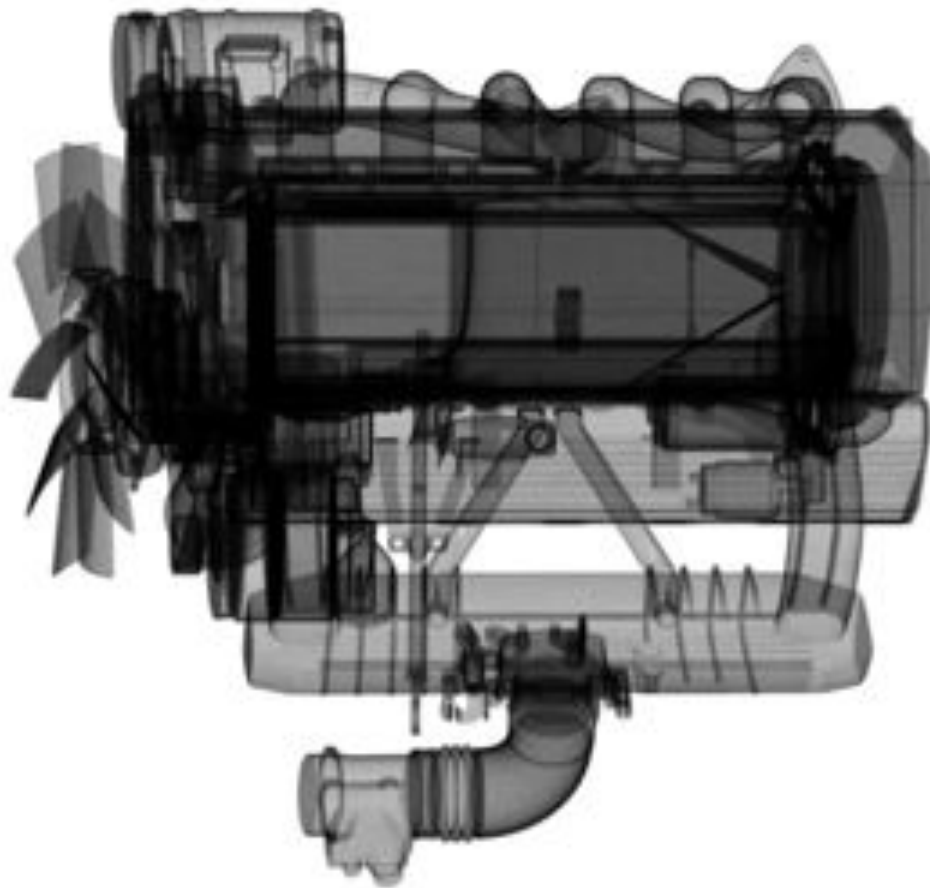
法線ベクトルのない点群では，陰影がつかない

確率的ポイントレンダリング による半透明可視化



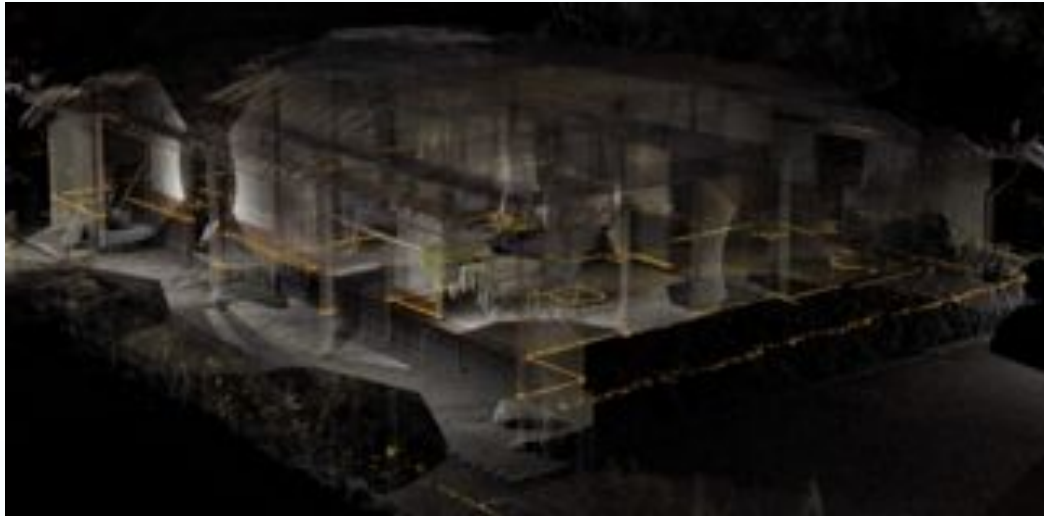
点群の「見かけの疎密」で陰影がつく
＊視線に対して面を傾けると，粒子が詰まって見える

点の見かけの疎密による 陰影付け



まとめ

- 数千万～数億点の大規模な3次元点群(ポイントクラウド)をインタラクティブな速度で半透明可視化できる手法を提案
- 半透明可視化で有りながら，レンダリングアーチファクトの心配が要らない
 - 複雑な3次元構造の透視可視化に適する
- 不透明度は，自在にコントロールが可能
- 2次元データ（ポリゴンメッシュ，写真）などとの融合可視化も可能
- レーザ計測データを中心に話をしたが，提案手法は粒子流体シミュレーション可視化にも有効



Thank you

