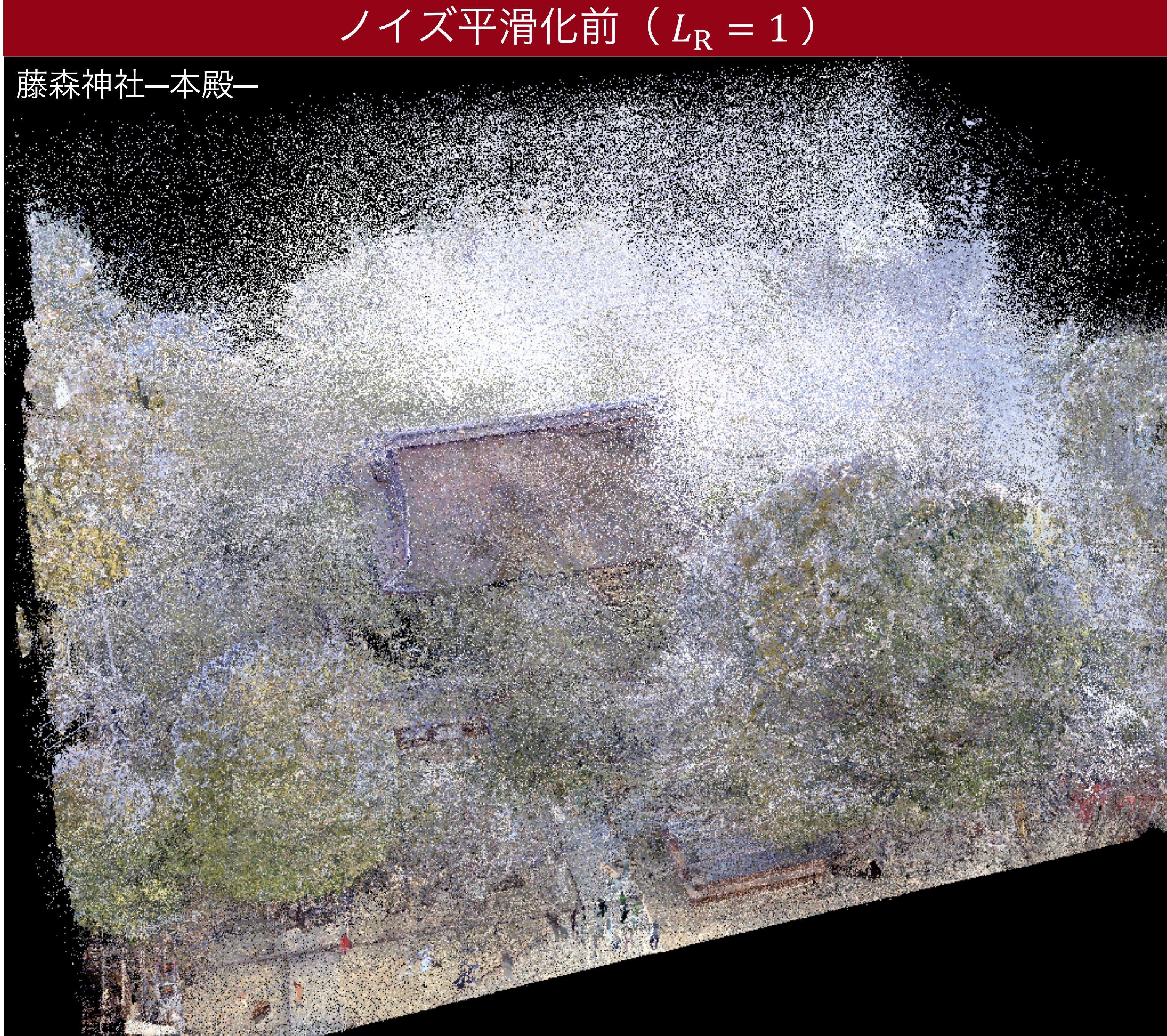


レーザ計測によって取得された大規模3次元点群の自動ノイズ平滑化と高品質透視可視化

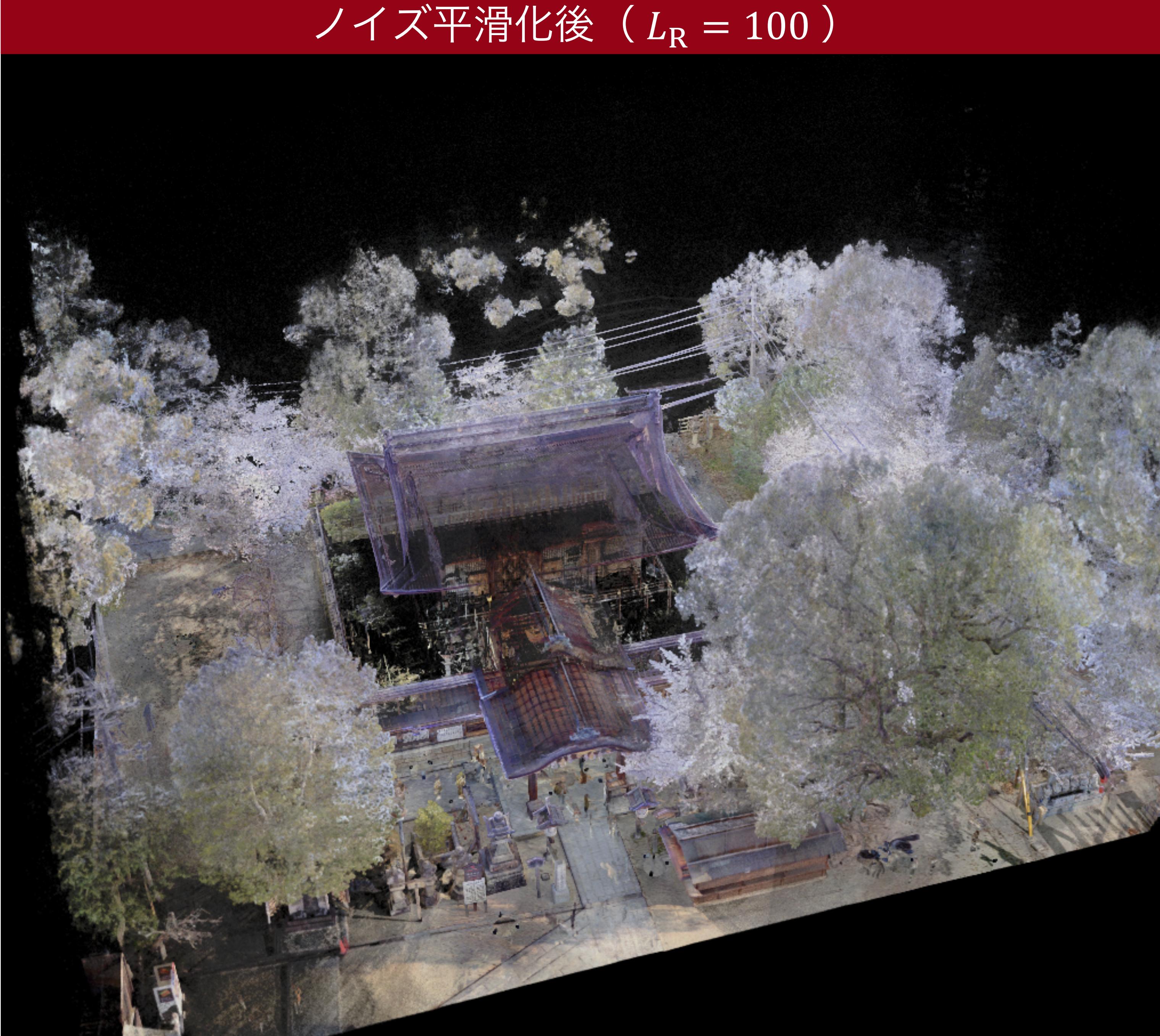
内田 知将[†], 長谷川 恭子[†], 李 亮[†], 田中 覚[†]
[†]立命館大学 情報理工学部

ノイズ平滑化前 ($L_R = 1$)

藤森神社—本殿—



ノイズ平滑化後 ($L_R = 100$)



1. 研究背景

- 有形文化財の保存・活用を目的とするデジタルアーカイブ
- レーザ計測技術の発展により数千万点規模の点群が取得可能

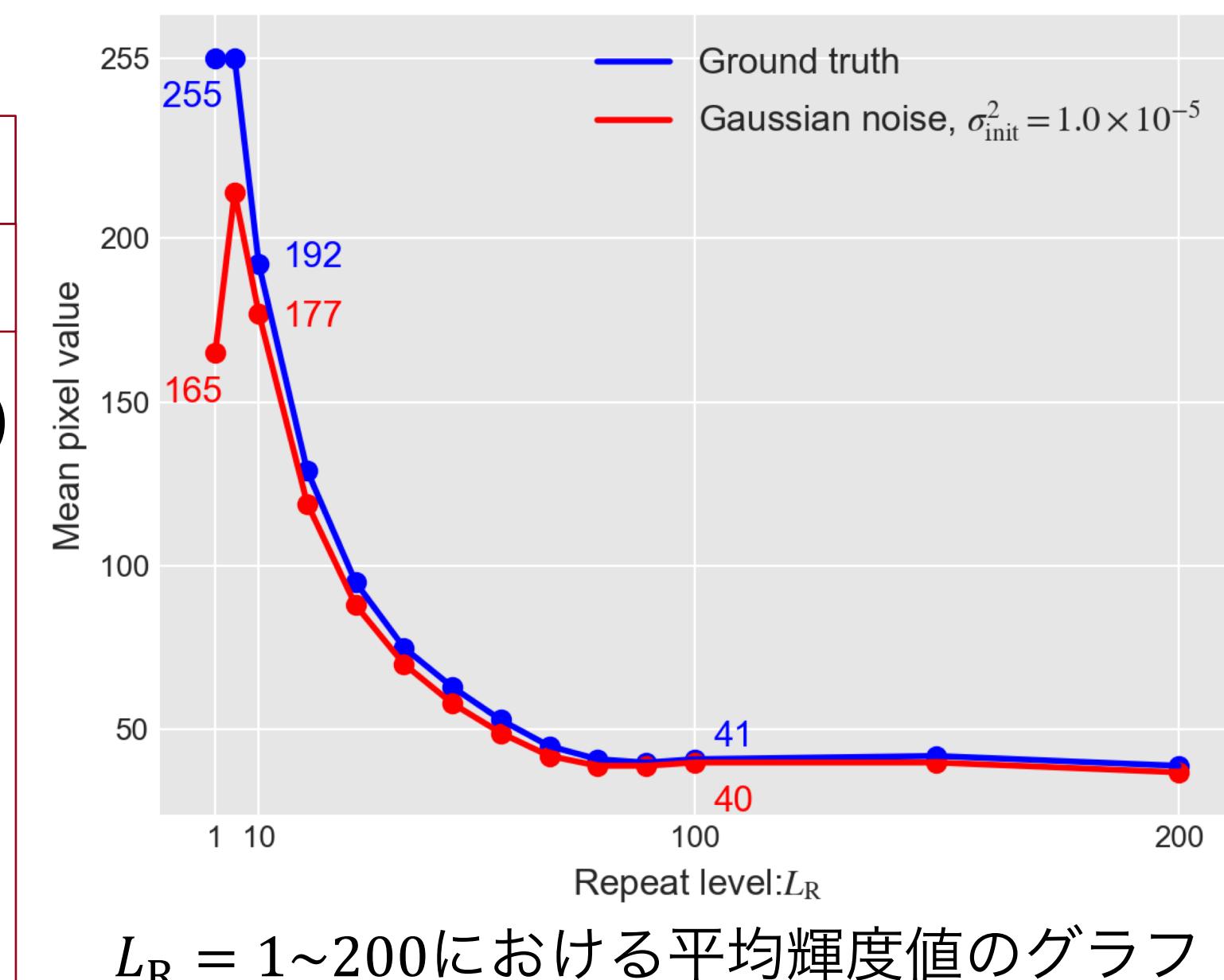
2. 研究目的

- 計測ノイズを含む大規模3次元点群を対象とした
高精細さと高視認性を実現する透視可視化手法の確立
- 確率的ポイントレンダリングによるノイズ平滑化の実証
- ノイズ平滑化によって視認性が低下した画像に対する輝度値補正

- 中心極限定理よりノイズの分散 σ_{init}^2 は $1/L_R$ 倍に減少

$$\text{- 減少した分散: } \sigma^2 = \frac{\sigma_{\text{init}}^2}{L_R}$$

ノイズ平滑化条件	
最低条件	十分条件
$\sigma < 1(\text{pixel})$	$\sigma < 0.3(\text{pixel})$
$\sigma^2 < 1$	$\sigma^2 < 0.09$
$\frac{\sigma_{\text{init}}^2}{L_R} < 1$	$\frac{\sigma_{\text{init}}^2}{L_R} < \frac{9}{100}$
$L_R > 10$	$L_R > 100$

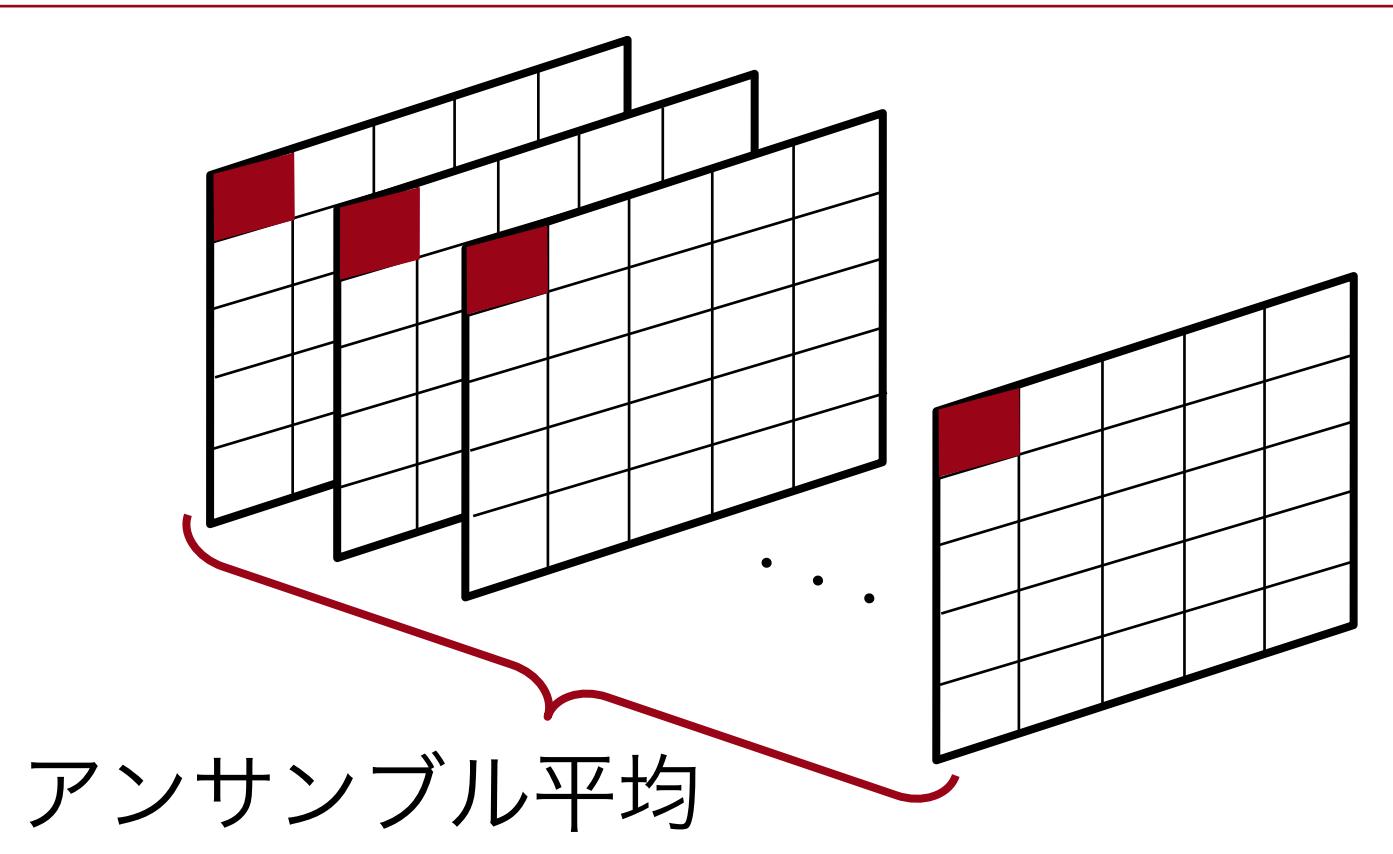


3. 確率的ポイントレンダリング

- 確率的処理に基づく高速かつ高精細な透視可視化手法 [1]
- Step 1. 計測点群をリピートレベル L_R 個のアンサンブルに分割
- Step 2. 各アンサンブルごとに点を投影して中間画像を生成
- Step 3. L_R 枚の中間画像をアンサンブル平均 (ノイズ平滑化)

高精細な平滑化

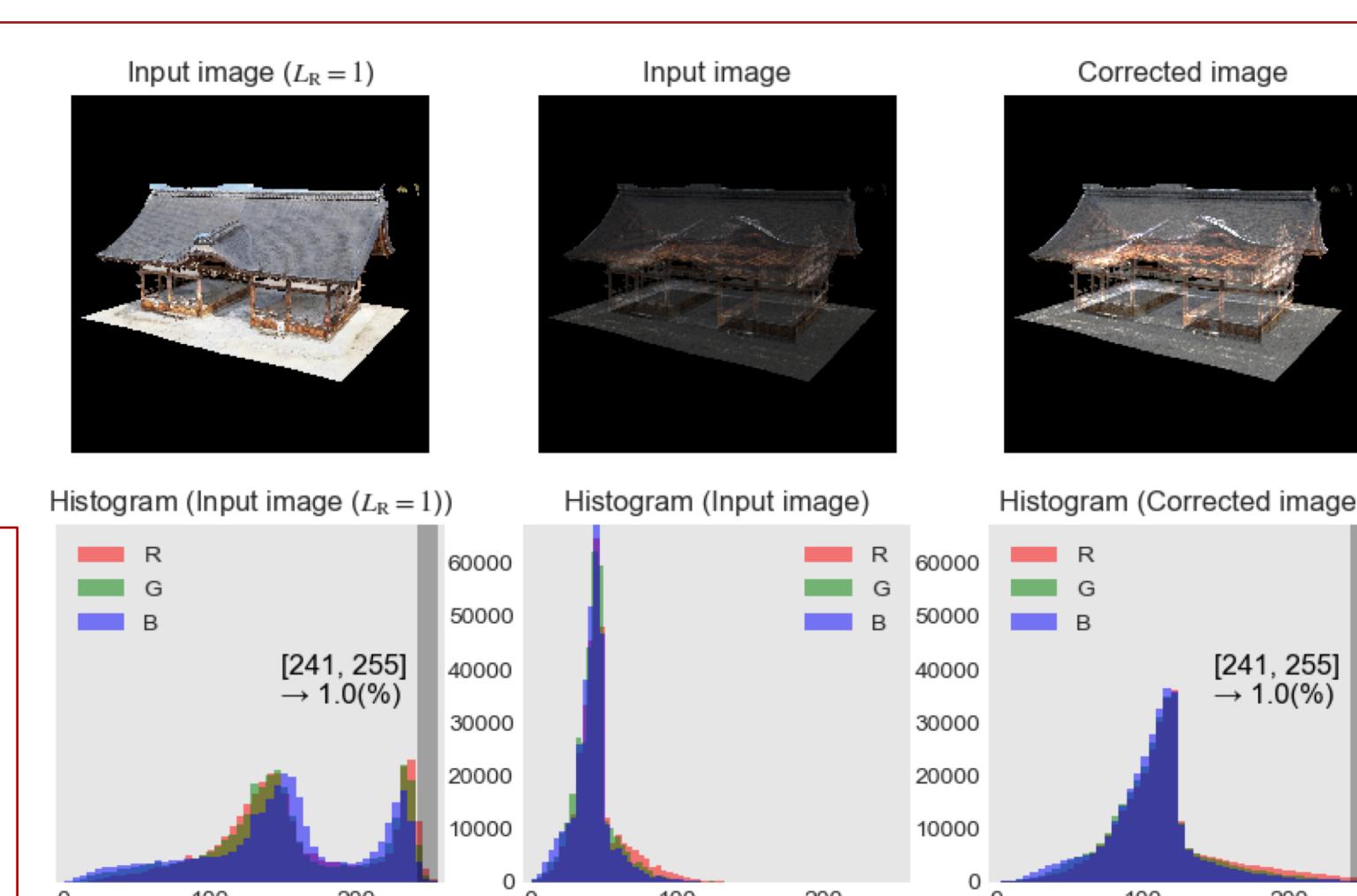
- 対応するピクセルごとに輝度値を平均
→ 解像度が低下しない
- 大規模点群の冗長性を画質向上に有効利用



5. 輝度値補正

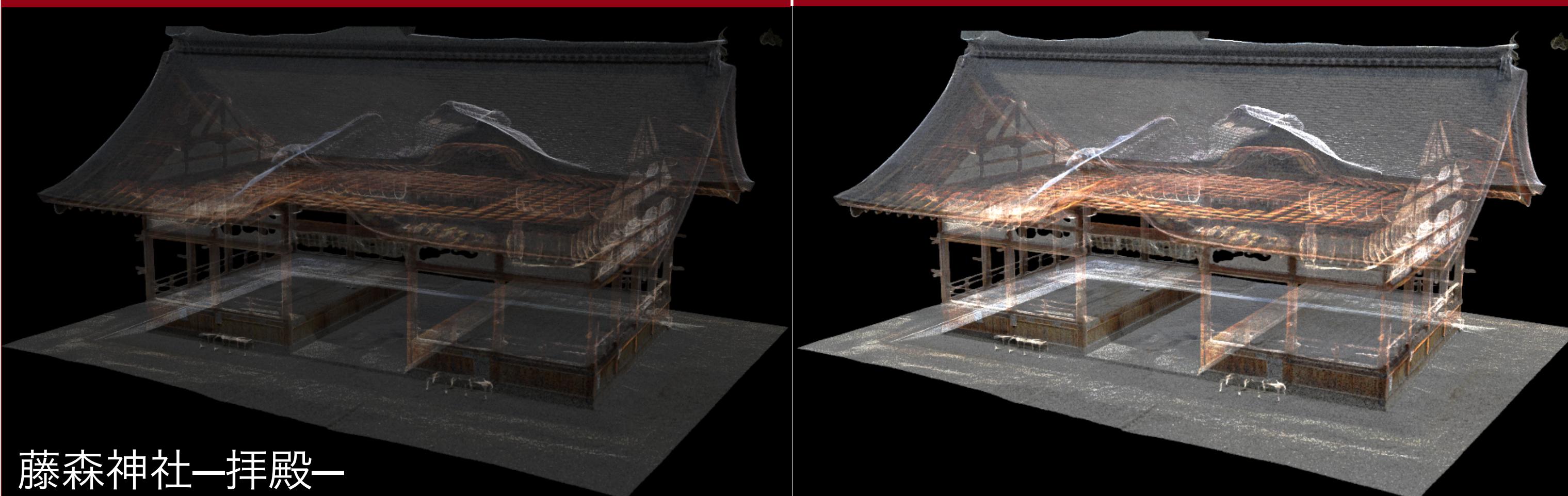
- $L_R = 1$ の画像を指標として以下の式で輝度値を補正

$$\begin{aligned} R_{\text{out}}(x, y) &= p \times R_{\text{in}}(x, y) \\ G_{\text{out}}(x, y) &= p \times G_{\text{in}}(x, y) \\ B_{\text{out}}(x, y) &= p \times B_{\text{in}}(x, y) \end{aligned}$$



輝度値補正前 ($L_R = 100$)

輝度値補正後 ($p = 2.51$)



4. ノイズ平滑化

- 確率的ポイントレンダリングによるノイズ平滑化の定量評価
 - 非ノイズ点群(白色)とノイズ点群(赤色)の2種類の点群を用意
 - 10%の確率でGaussian noise (分散: $\sigma_{\text{init}}^2 = 10$) を3次元的に付与
 - 2種類の点群から生成した平滑化画像に対して平均輝度値を計算

6. まとめ

- 確率的ポイントレンダリングによるノイズ平滑化を実証
- 視認性を向上させる輝度値補正の手法を提案
- ノイズが含まれた大規模3次元点群を対象として**高精細かつ高視認性を満たす透視可視化手法を実現**

[1] S. Tanaka, K. Hasegawa, N. Okamoto, R. Umegaki, S. Wang, M. Uemura, A. Okamoto, and K. Koyamada, "See-Through Imaging of Laser-scanned 3D Cultural Heritage Objects based on Stochastic Rendering of Large-Scale Point Clouds," ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume III-5, 2016, pp.73-80, 2016.