

基于点对匹配的 自动点云拼接

目录

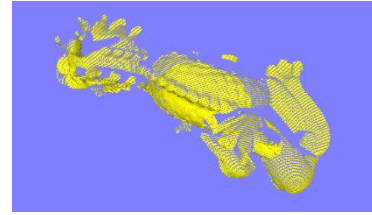
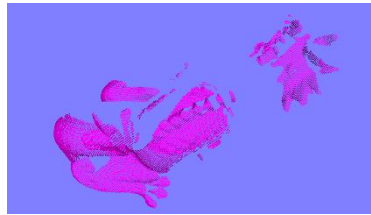
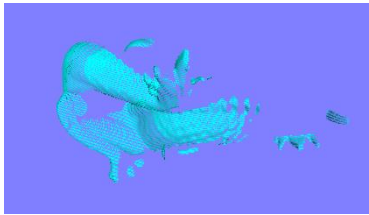
1 背景

2 算法实现

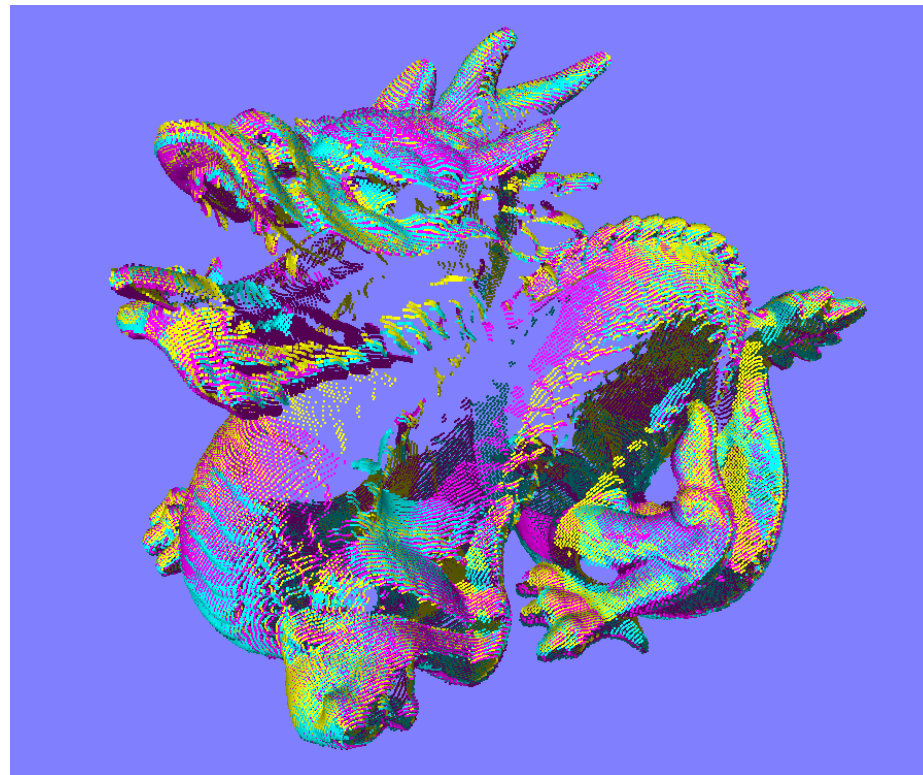
3 实验结果

4 总结

点云拼接图示



...



目录

1 背景

2 算法实现

3 实验结果

4 总结

背景

用于三维扫描仪点云重建系统

算法实现

三维扫描仪应用普及

考古

医疗

娱乐

制造

教育

目前点云拼接算法不足

标定设备

增加成本

应用受限

自动拼接算法

SHOT 需要北极方向一致

PCA 需要模型非常相似

ICP及变种 效率和正确率都可提高

...

实验结果

总结

目录

1 背景

2 算法实现

3 实验结果

4 总结

点云拼接通过两步配准实现



初始配准



二次配准

背景

算法
实现

实验
结果

总结

初始配准——概述

向下采样

匹配点对

计算变换



二次高斯
曲率极值
采样

主曲率
匹配

Spin
Images
匹配

TCLP-SVD

背景

算法
实现

实验
结果

总结

初始配准——向下采样

向下采样

选取部分具有代表性的点，减少计算量

二次高斯曲率极值采样

1. 选取点云表面的局部高斯曲率极大值或极小值进行初始采样
2. 在初始采样的基础上，选取曲率分布范围广，数量小的部分点集

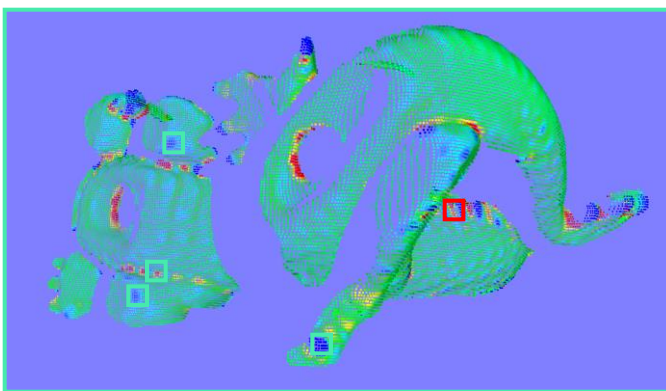
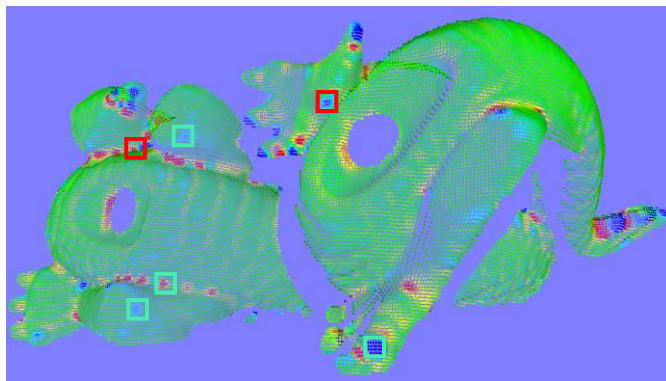
背景

算法实现

实验结果

总结

初始配准——向下采样



优点

简单、鲁棒性好

缺点

不适用于曲率变化较小模型

背景

算法实现

实验结果

总结

初始配准——匹配

主曲率匹配

Spin Images匹配

背景

算法
实现

实验
结果

总结

背景

初始配准——主曲率匹配

匹配

$$|K1_p - K1_q| < D, |K2_p - K2_q| < D$$

K1和K2表示主曲率

下标p和q分别表示点云

D是给定阈值

算法
实现实验
结果

总结

背景

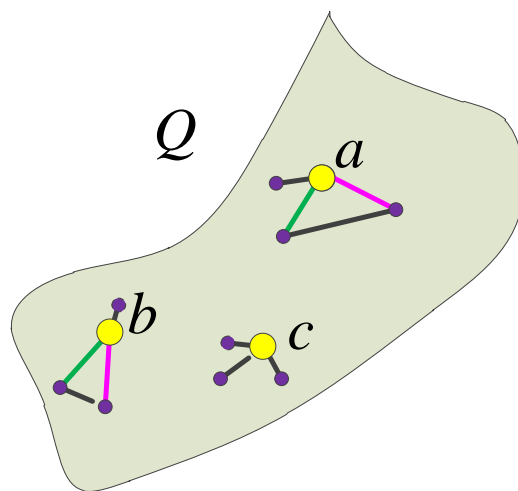
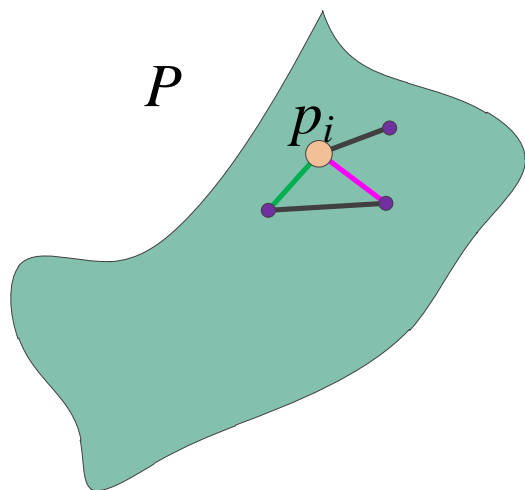
初始配准——主曲率匹配

算法实现

区域三角形去噪

实验结果

总结



黄色的点表示初始配准的候选匹配点对

虚线表示长度不符合

背景

初始配准——Spin Images匹配

算法
实现

Spin Images

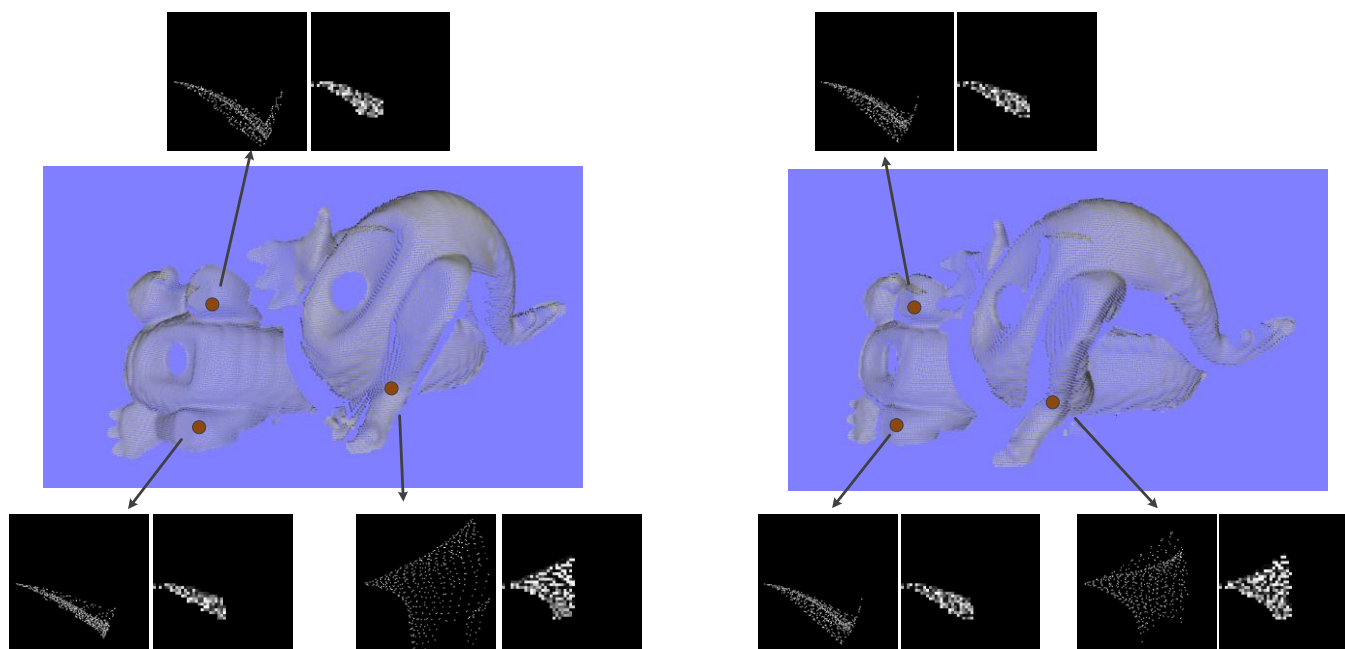
反映局部点集分布特征

实验
结果

总结

初始配准——Spin Images匹配

Spin Images



模型采样点的及Spin Images：

左边image像素为 200×200 ，右边images像素为 50×50

背景

算法实现

实验结果

总结

初始配准——TLCP-SVD

LCP(Largest Common Pointset)思想

- 1 选取部分点计算变换
- 2 计算此变换下模型的匹配度，即经该变换后，P与Q的最近点对满足阈值的个数
- 3 选取阈值内匹配度最好的变换关系

TLCP-SVD(Triangle LCP-SVD)

- 1 利用三角形稳定性，选取3个点对，用SVD分解求解空间变换
- 2 用P的随机采样模型计算匹配度
- 3 选取阈值内匹配度最好的变换关系

背景

算法
实现

实验
结果

总结

二次配准——概述

采样

匹配点对

计算变换

均匀采样

随机采样

其他采样

最近点匹配

法线到面求交

SVD分解法

ICRP

法线投射双向插补

LCSNS (局部坐标系法系投射)

背景

算法实现

实验结果

总结

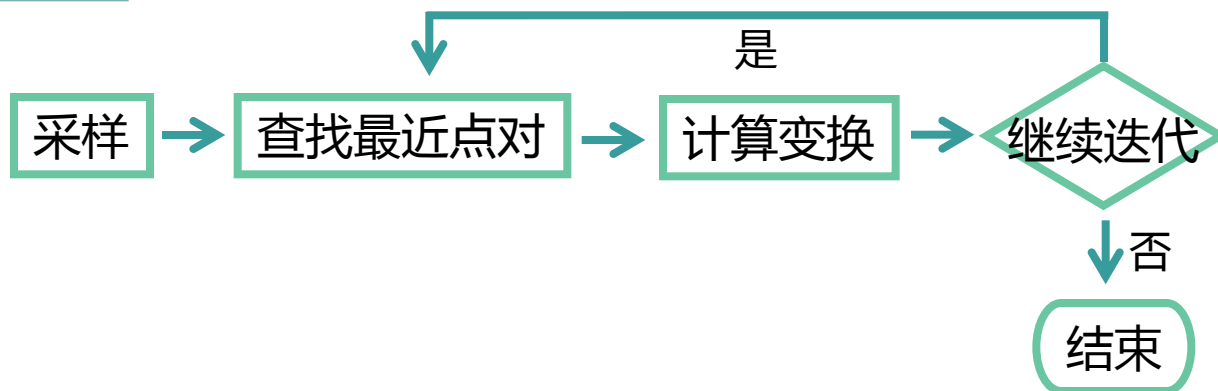
二次配准——ICP

Iterative Closest Point

中心思想

反复查找最近点对集，计算变换，直至满足阈值或其他迭代结束条件

流程



背景

算法实现

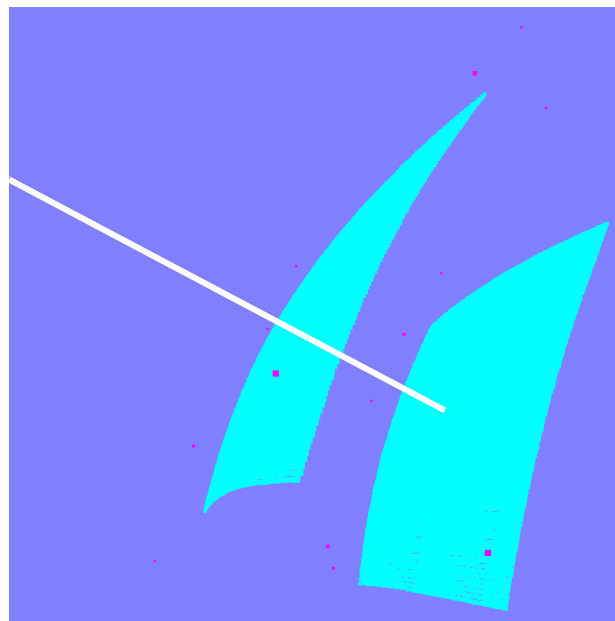
实验结果

总结

背景

二次配准——局部坐标系法线投射

算法
实现



法线投射

实验
结果

总结

背景

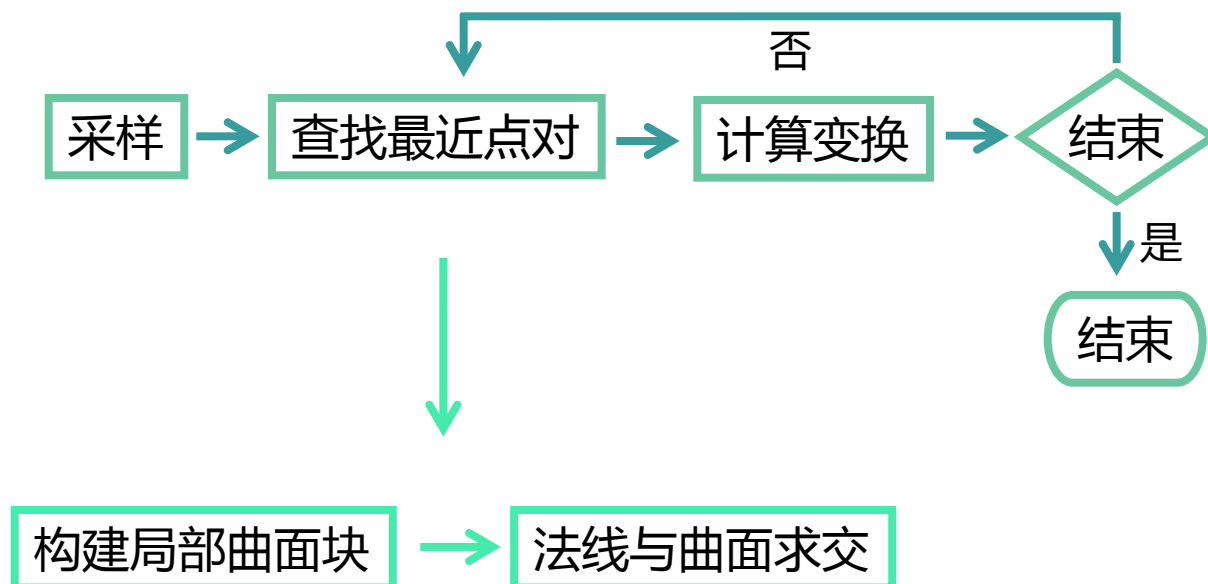
算法实现

实验结果

总结

二次配准——局部坐标系法线投射

主要思想



背景

二次配准——局部坐标系法线投射

算法实现

主要步骤

构建局部坐标系 → 控制点采样 → 法线投射求交

实验结果

构建局部坐标系

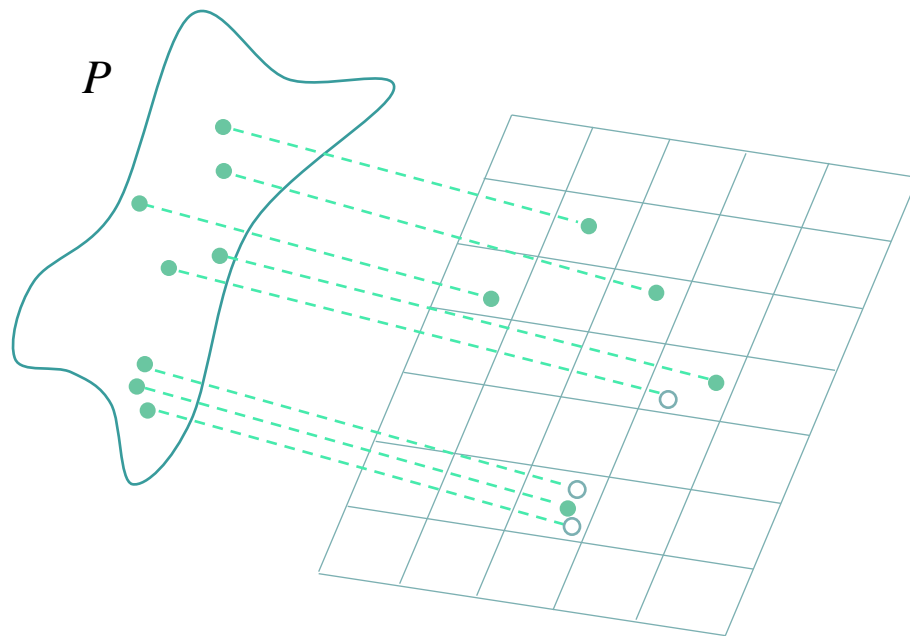
随机选点 → 查找最近点集 → 用PCA建构局部坐标系

总结

二次配准——局部坐标系法线投射

控制点采样

P的控制点



Q的控制点

取Q的控制点在P上的最近点

背景

算法实现

实验结果

总结

目录

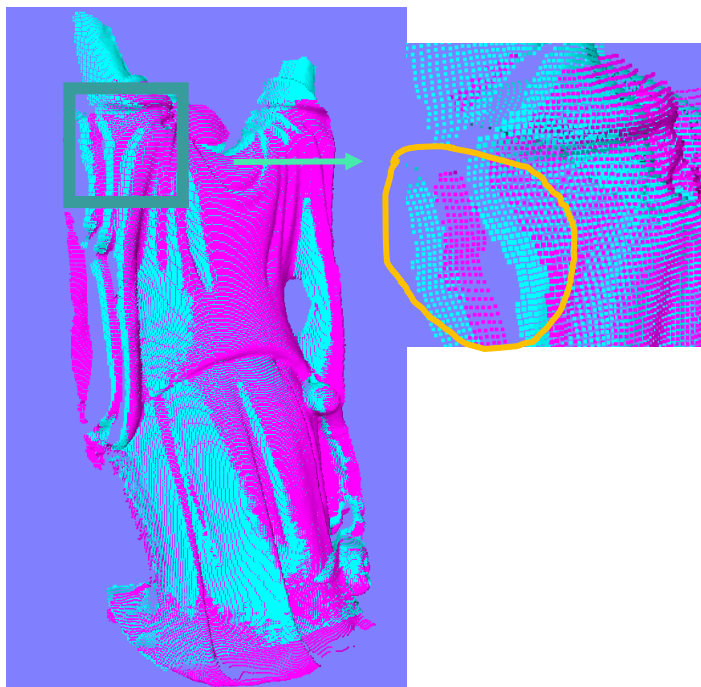
1 背景

2 算法实现

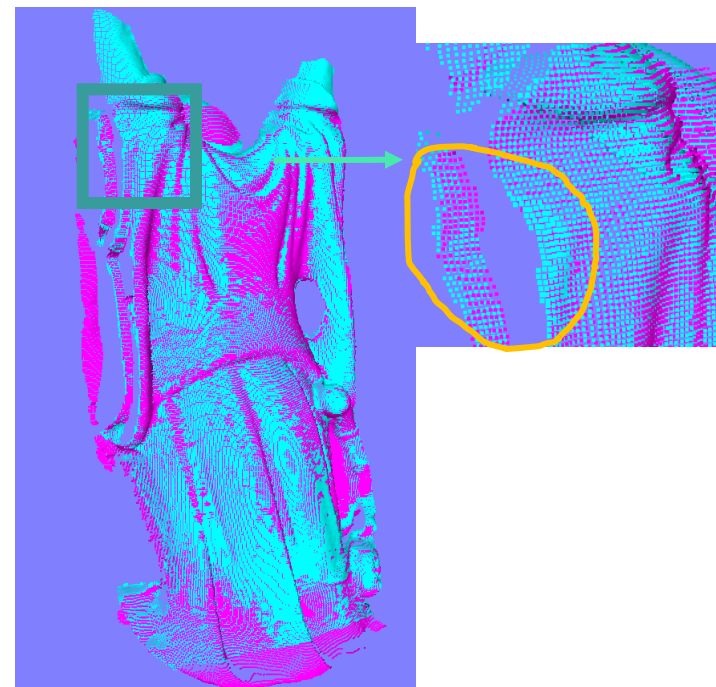
3 实验结果

4 总结

happy扫描面配准结果



169与192初始配准



169与192二次配准

背景

算法
实现

实验
结果

总结

happy扫描面配准结果



192与216初始配准



192与216二次配准

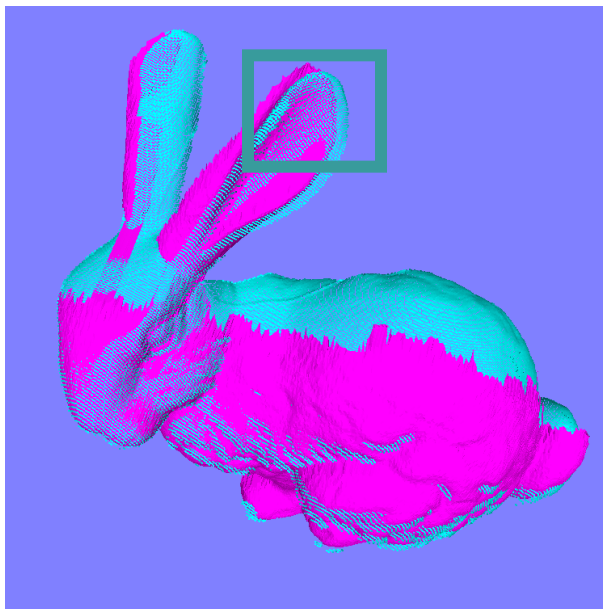
背景

算法
实现

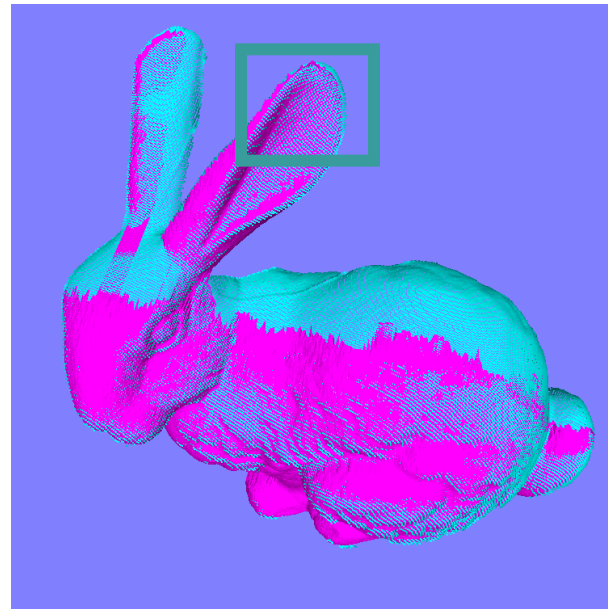
实验
结果

总结

bunny扫描面配准结果



top3与045初始配准



top3与045二次配准

背景

算法
实现

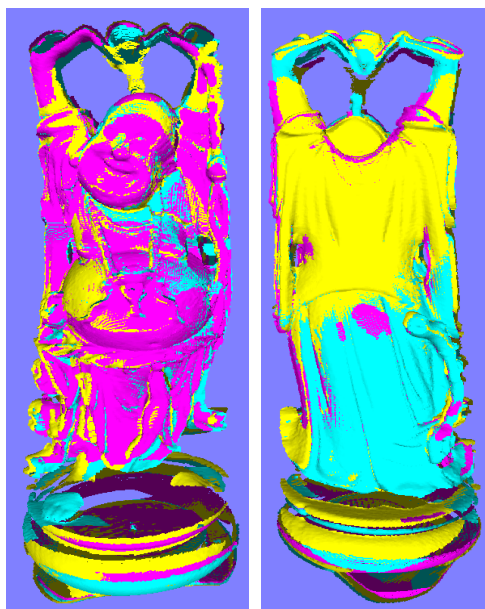
实验
结果

总结

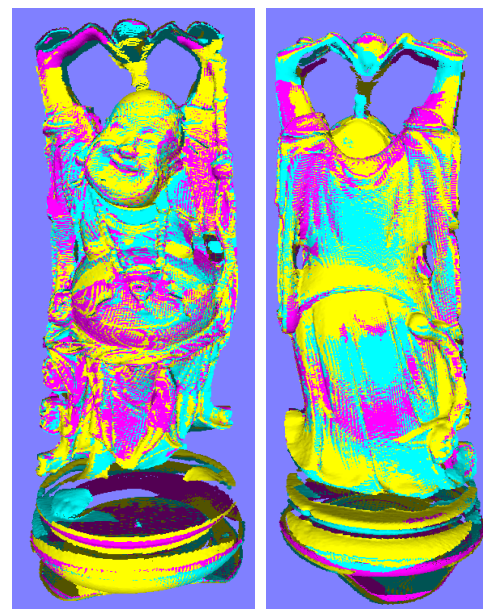
背景

算法
实现实验
结果

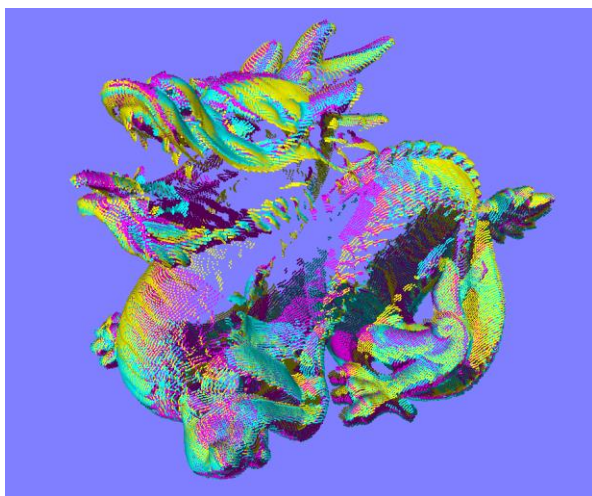
总结



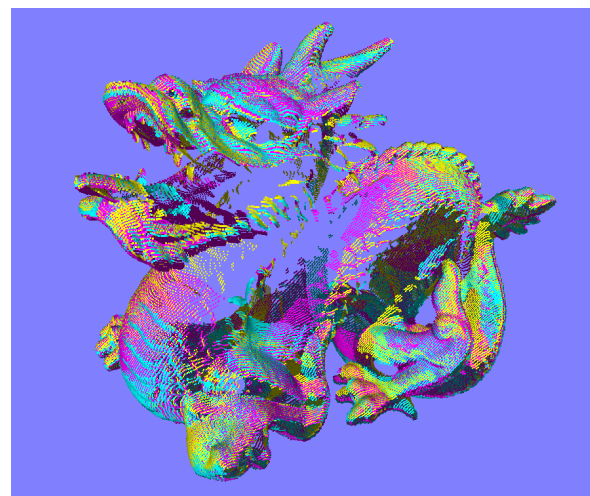
A) happy初始配准



B) happy二次配准



C) dragon初始配准



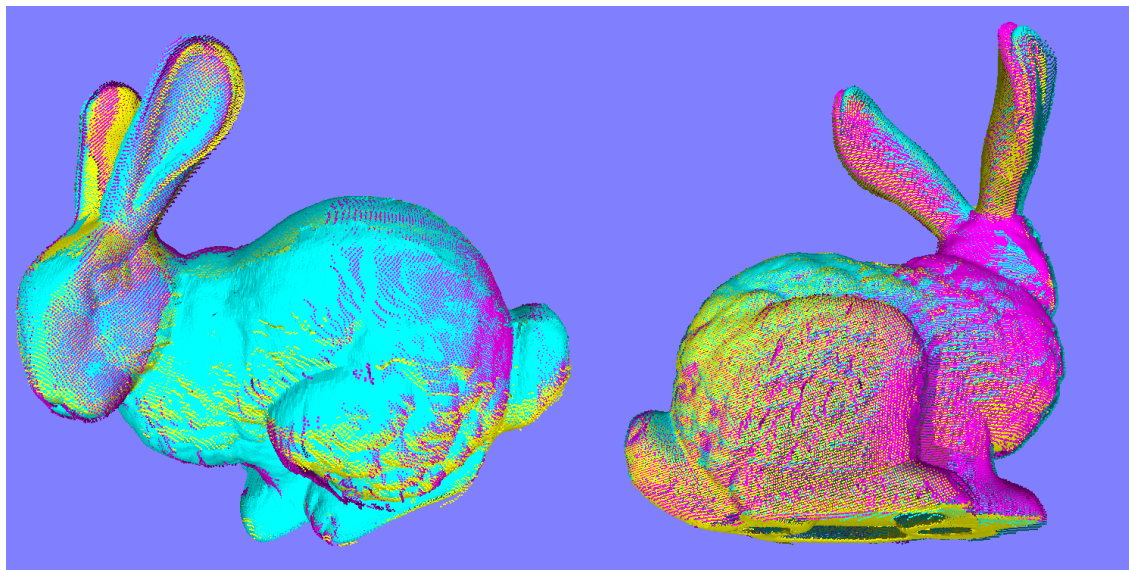
D) dragon二次配准

背景

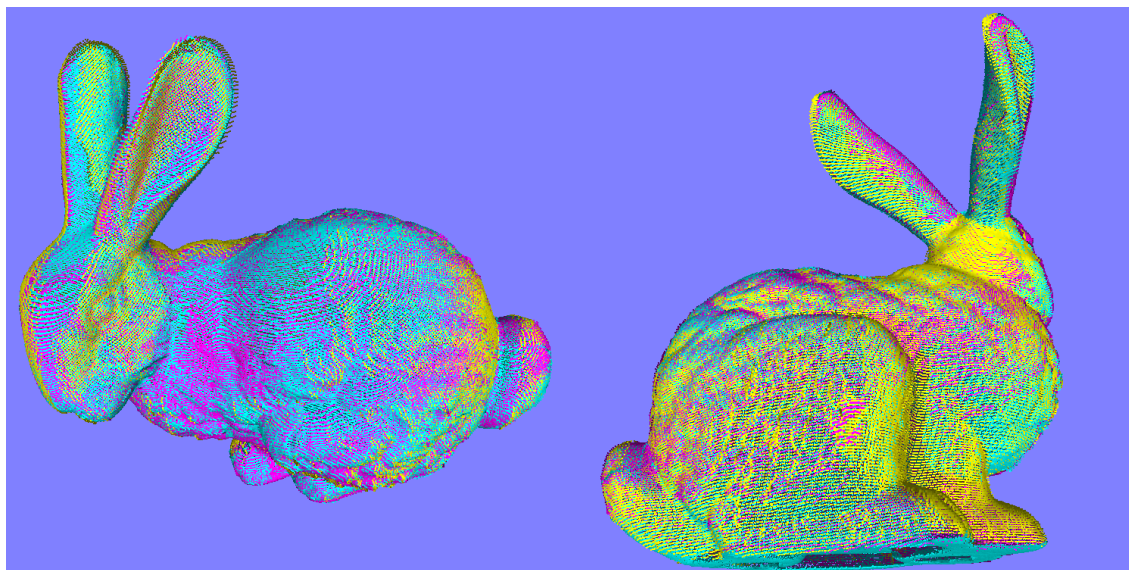
算法
实现

实验
结果

总结



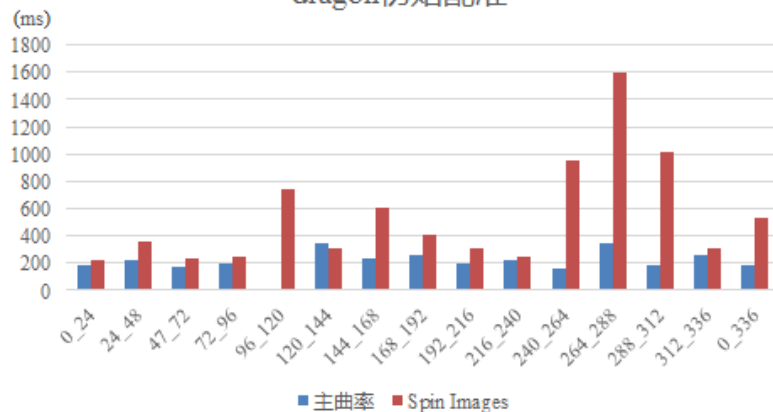
E) bunny初始配准



F) bunny二次配准

不同曲率变化程度点云初始配准时间对比

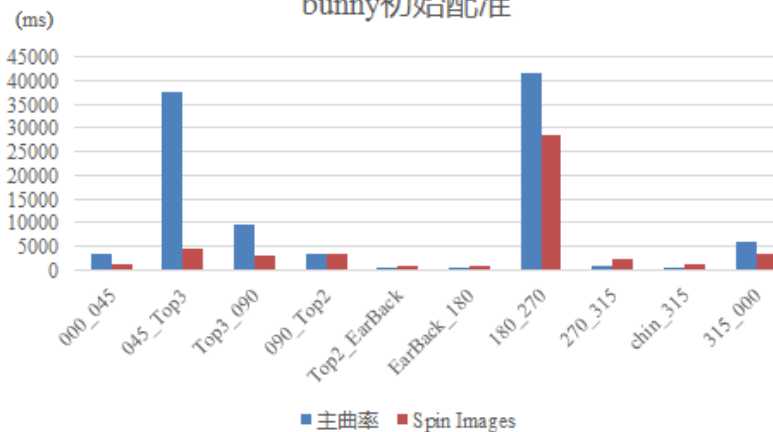
dragon初始配准



dragon表面曲率变化较大

bunny表面曲率变化较小

bunny初始配准



基于主曲率的配准适用于表面曲率变化较大的点云

基于Spin Images的配准适用于表面曲率变化较小的点云

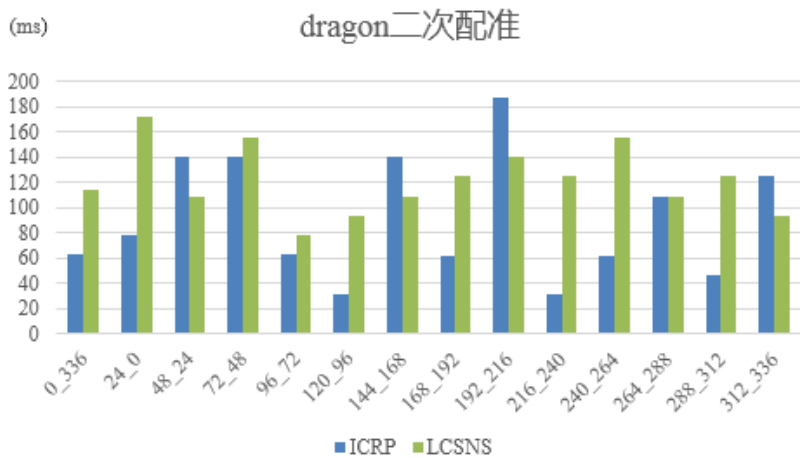
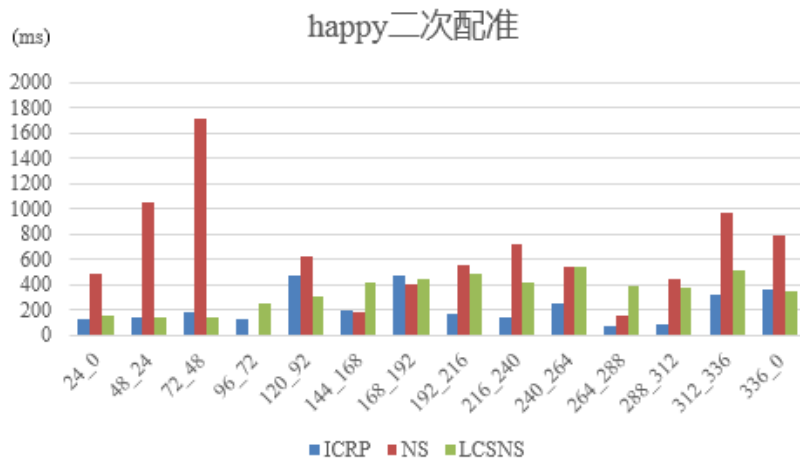
背景

算法实现

实验结果

总结

二次配准运行时间



LCSNS效率较高，且
相对于ICRP较稳定

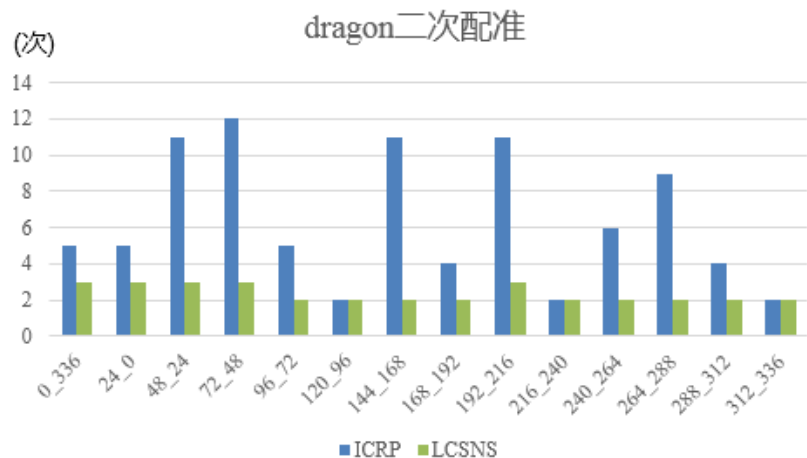
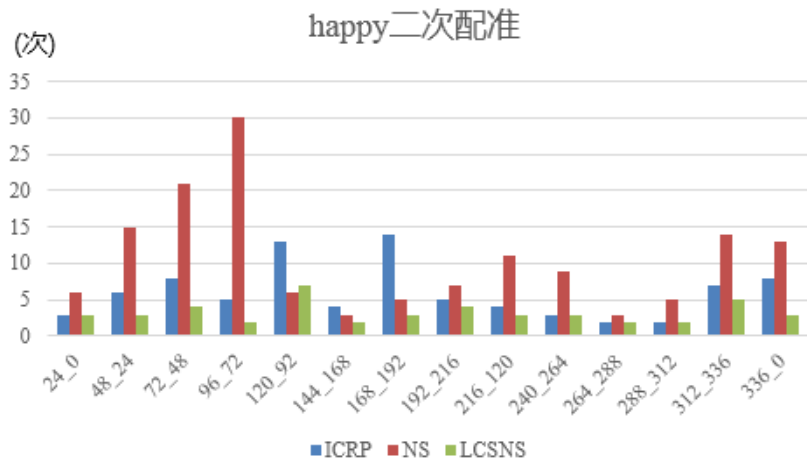
背景

算法实现

实验结果

总结

二次配准迭代次数



LCSNS迭代次数少，
收敛快

背景

算法实现

实验结果

总结

目录

1 背景

2 算法实现

3 实验结果

4 总结

背景

■ 实现点云拼接主要算法

提出两种点云初始配准算法

实现ICRP算法，提出局部坐标系法线投影算法

实验证明可行性

算法
实现

实验
结果

■ 论文工作有待完整

初始配准只能处理表面凹凸不均的模型

点云拼接系统的非主体部分未实现，如界面

没做点云预处理和拼接后的去重

总结

谢谢！

附录

一次高斯曲率极值采样点的高斯曲率分布

生成Spin Image

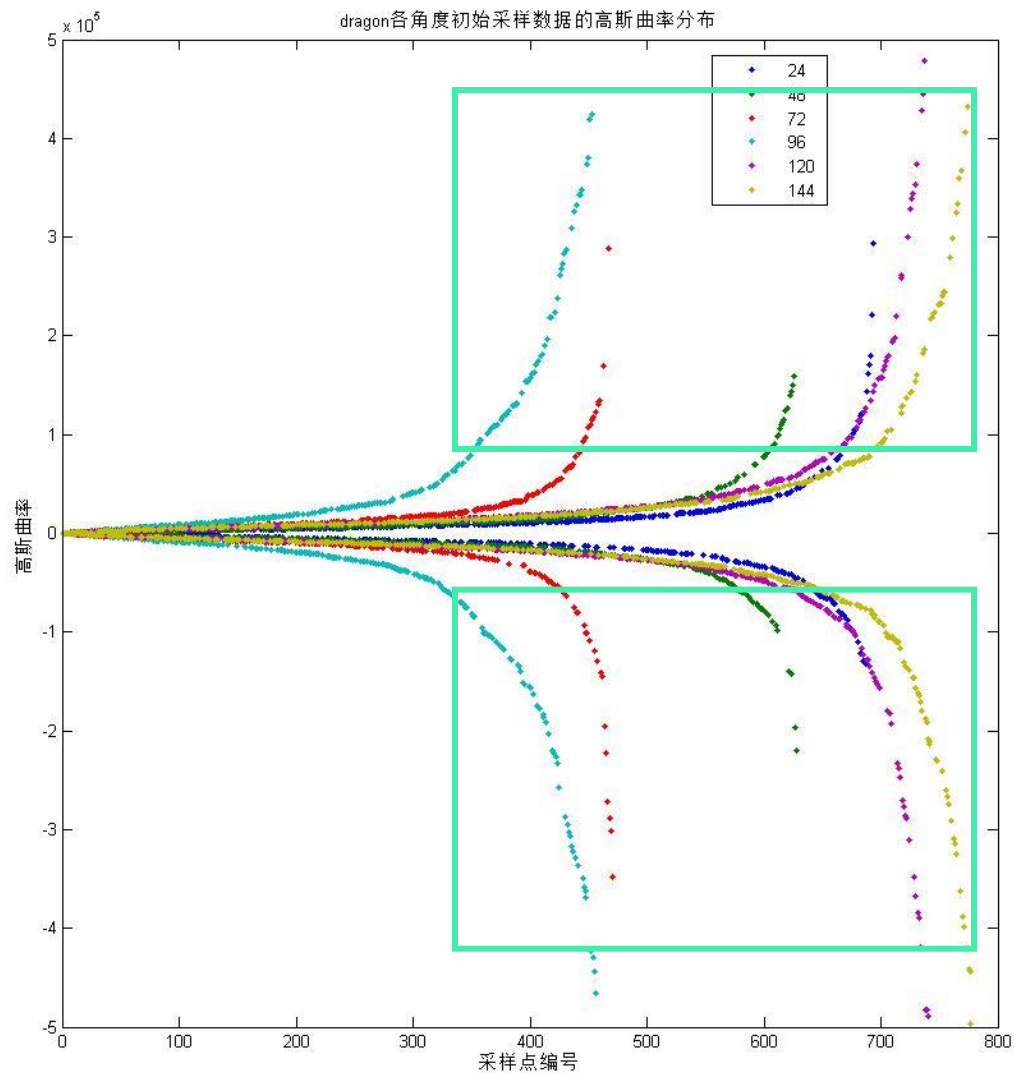
ICRP

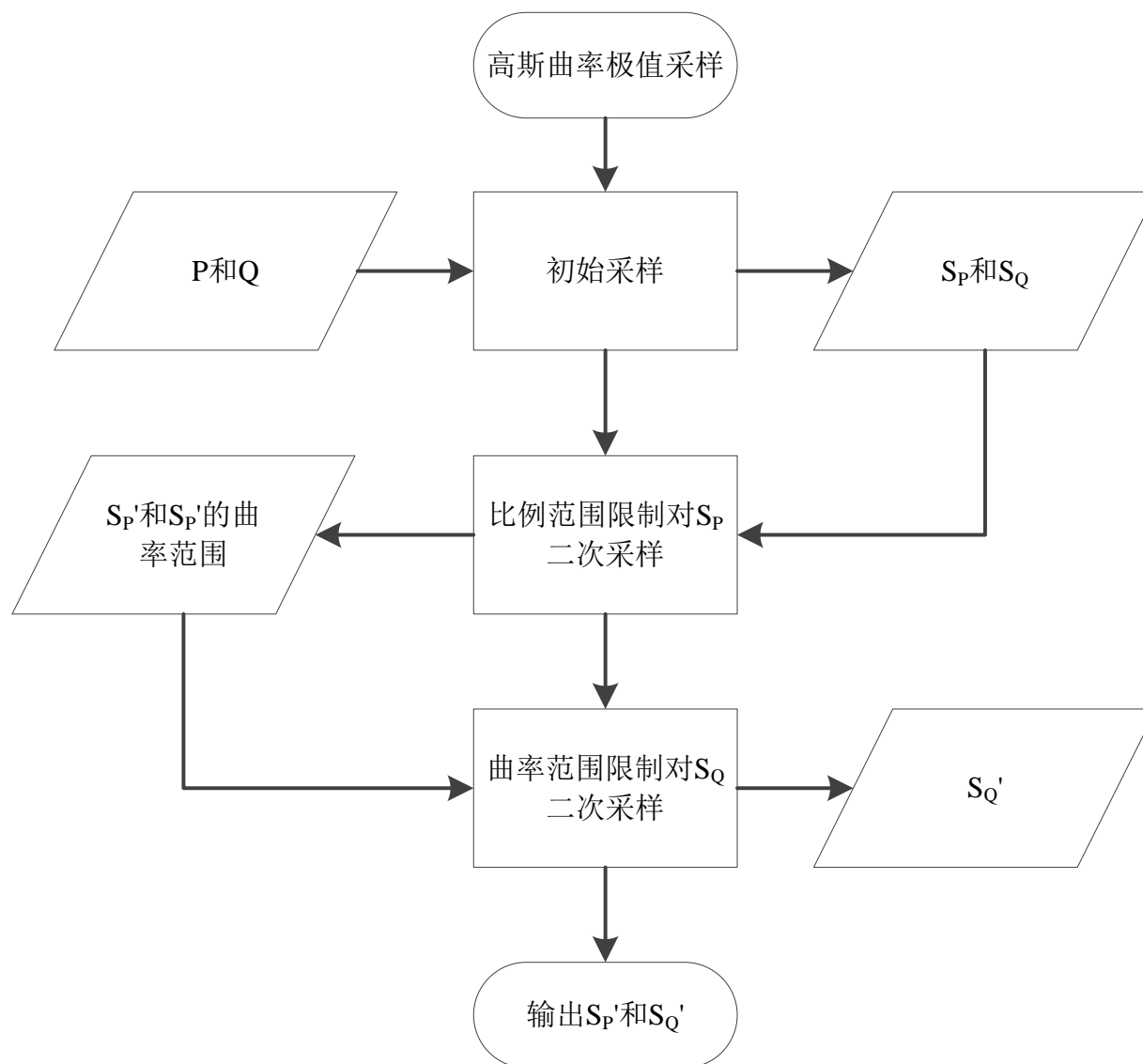
双三次B样条曲面

直线与曲面求交

获取B样条曲面控制点：投影和最近点

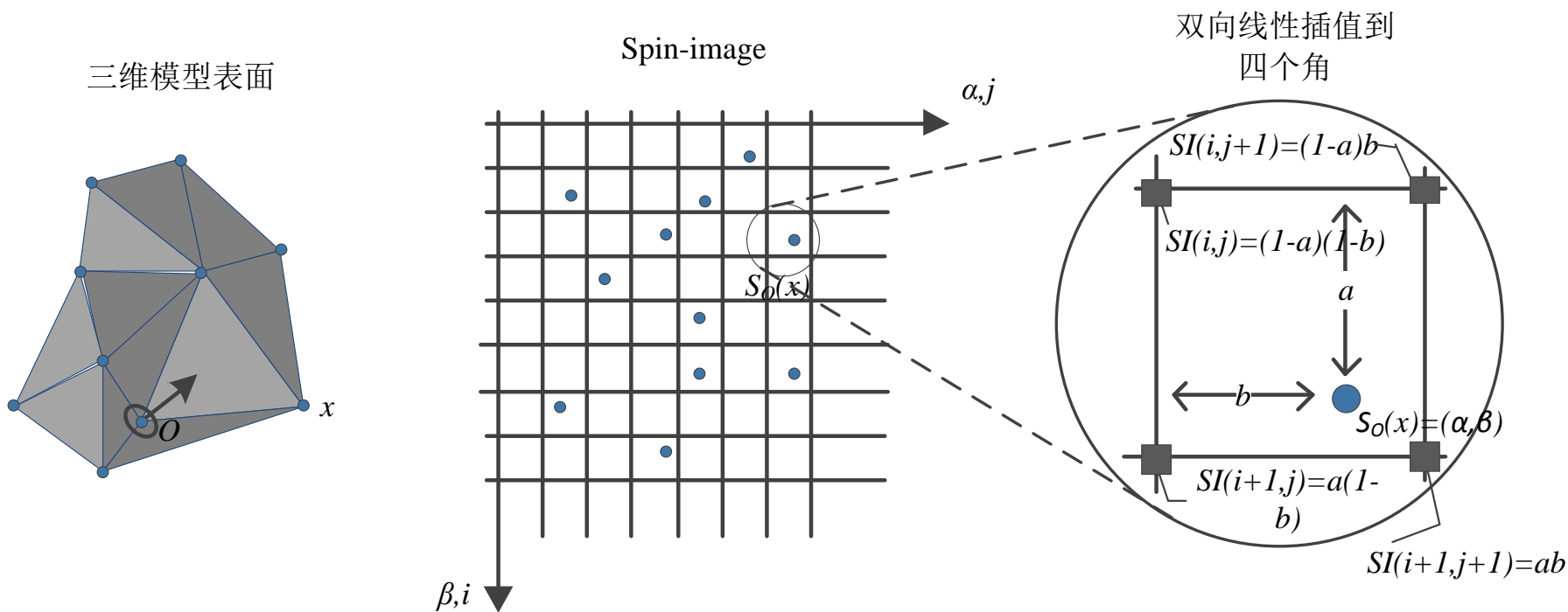
dragon一次高斯曲率极值采样点的高斯曲率分布



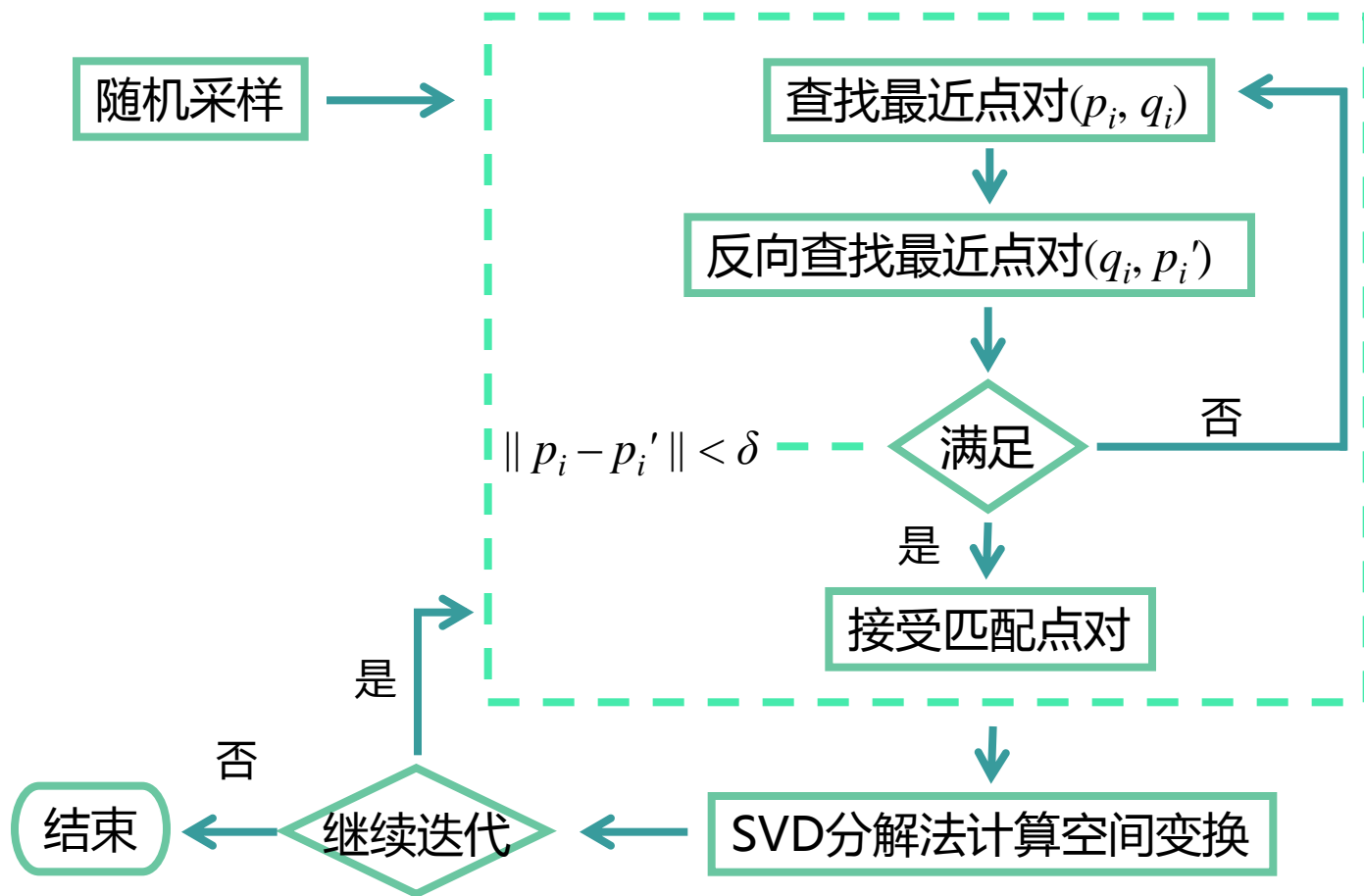


生成Spin Image

- 1 通过带法线的点建立圆柱坐标系
- 2 计算周围点到切平面距离(α)和到圆柱轴的距离(β)



ICRP(Iterative Closest Reciprocal Point)



双三次B样条曲面公式

$$S(u, v) = U N D N^T V^T \quad (0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1)$$

$$N = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 & 0 \\ -3 & 0 & 3 & 0 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -1 & 3 & -3 & 1 \end{bmatrix}$$
$$D = \begin{bmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & P_{03} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{30} & P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix}$$

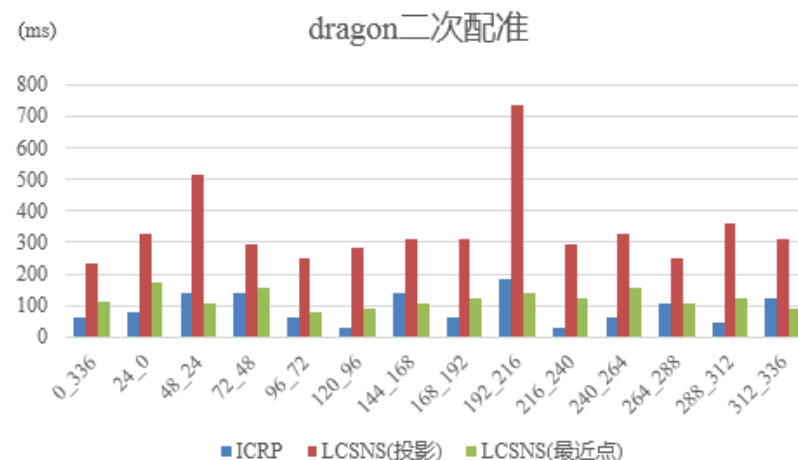
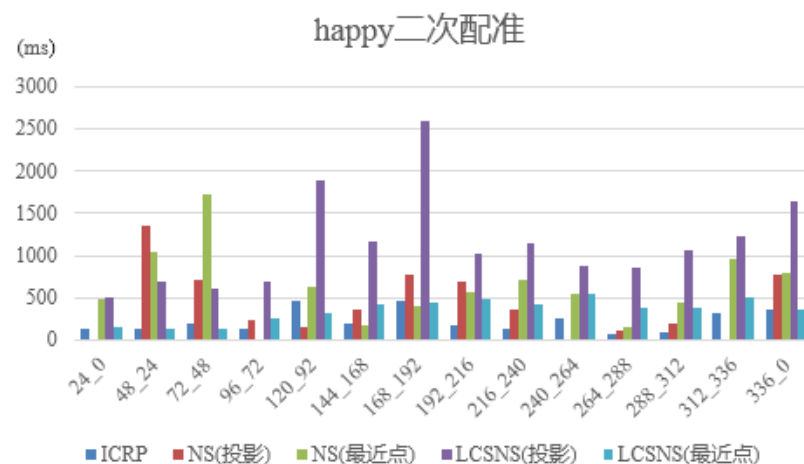
直线与双三次B样条曲面求交

$$\begin{cases} x_0 + tn_x = S(u, v)_x = U N D_x N^T V^T \\ y_0 + tn_y = S(u, v)_y = U N D_y N^T V^T \\ z_0 + tn_z = S(u, v)_z = U N D_z N^T V^T \end{cases}$$

$$\Phi(x) = x - (DF(x))^{-1} F(x)$$

$$DF(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_N} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_2}{\partial x_N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_N}{\partial x_1} & \frac{\partial f_N}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_N}{\partial x_N} \end{bmatrix}$$

二次配准时间对比



二次配准迭代次数对比

