

# Abstract

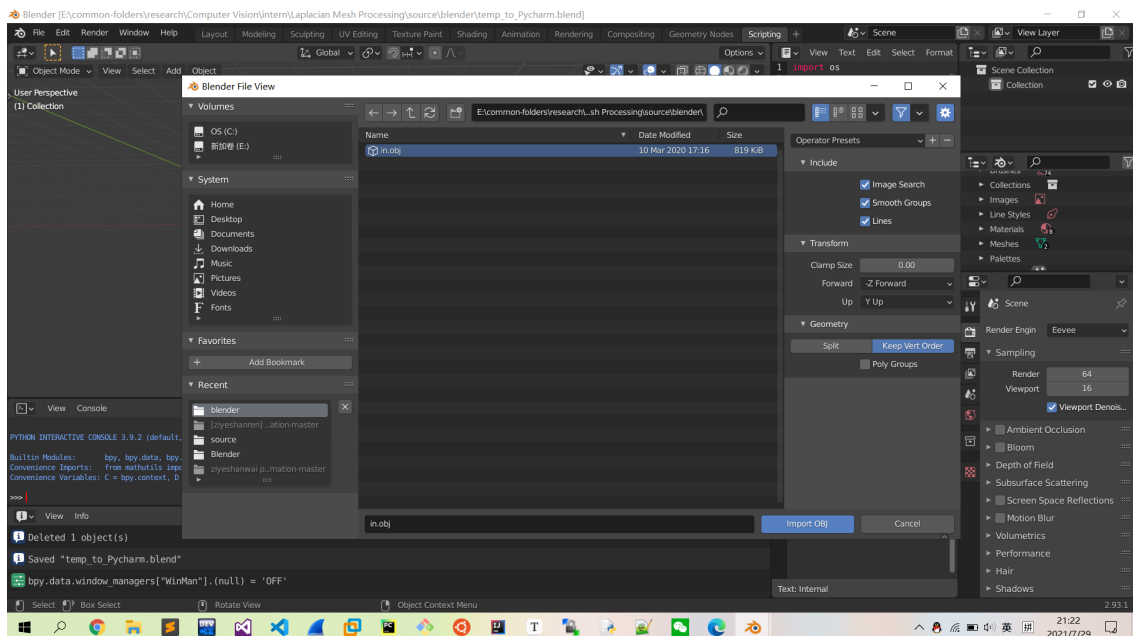
- Implementation of "Laplacian Mesh Deformation".

# Keyword

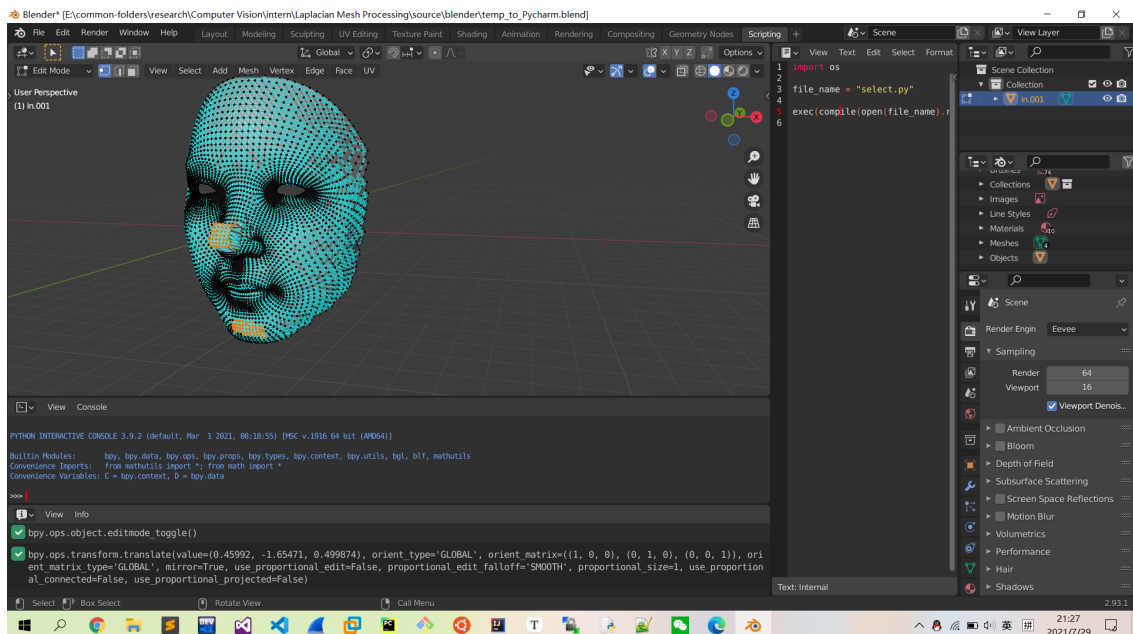
- Laplacian Mesh Deformation
- Blender
- least squares solution

# Usage

1. 使用 blender 软件打开 main.blend。
2. 导入一个网格文件 in.obj（注意要点选 keep vert order）。

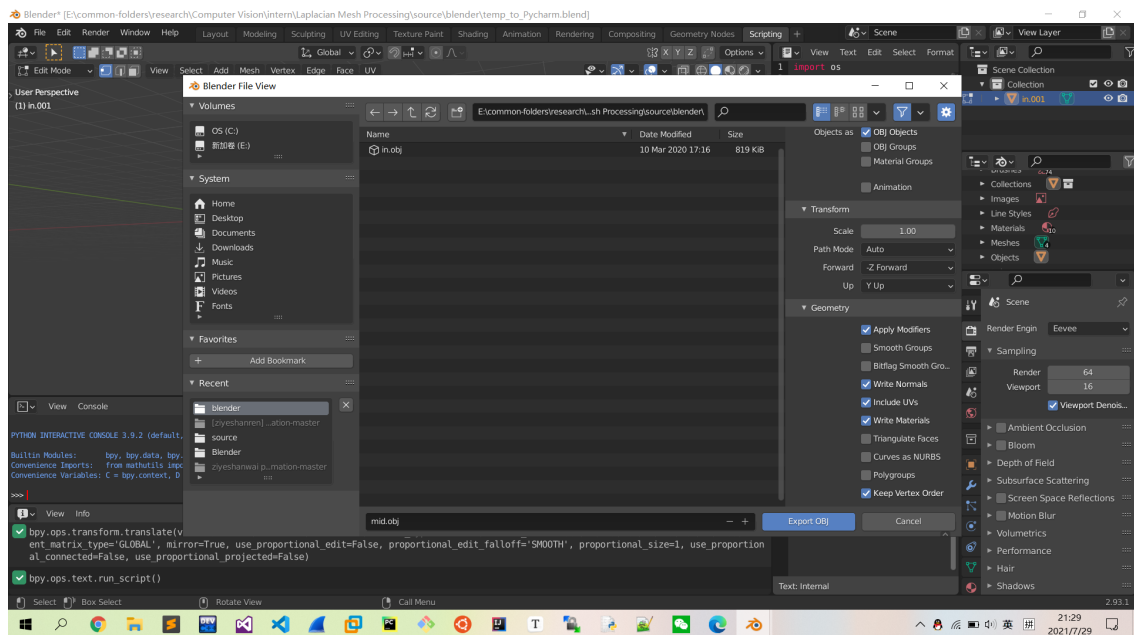


3. 进入编辑模式（Edit Mode），画框选中锚点，按下快捷键 G 并移动鼠标拖拽使物体变形。

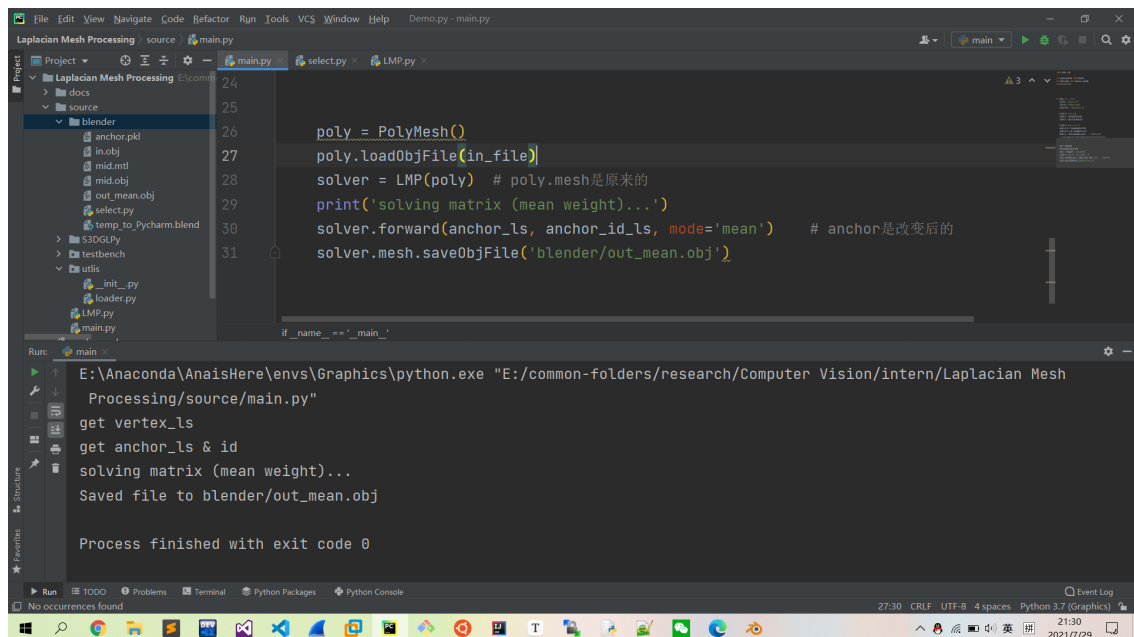


4. 打开 scripting 栏，点击（或使用快捷键 ALT+P）运行，保存所选择的锚点集 anchor.pk1。

5. 导出变形后的网格文件 mid.obj （注意要点选 keep vert Order）。



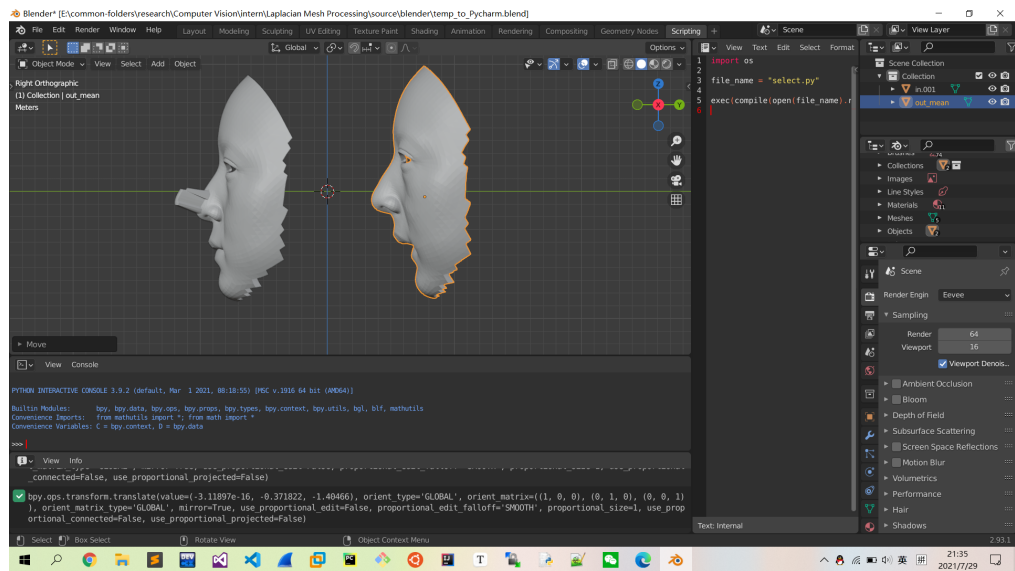
6. 运行 main.py，读取变形后的坐标集 mid.obj 以及锚点集 anchor.pk1 并计算出拉普拉斯网格变形后的点群坐标，保存到 out.obj 网格文件。



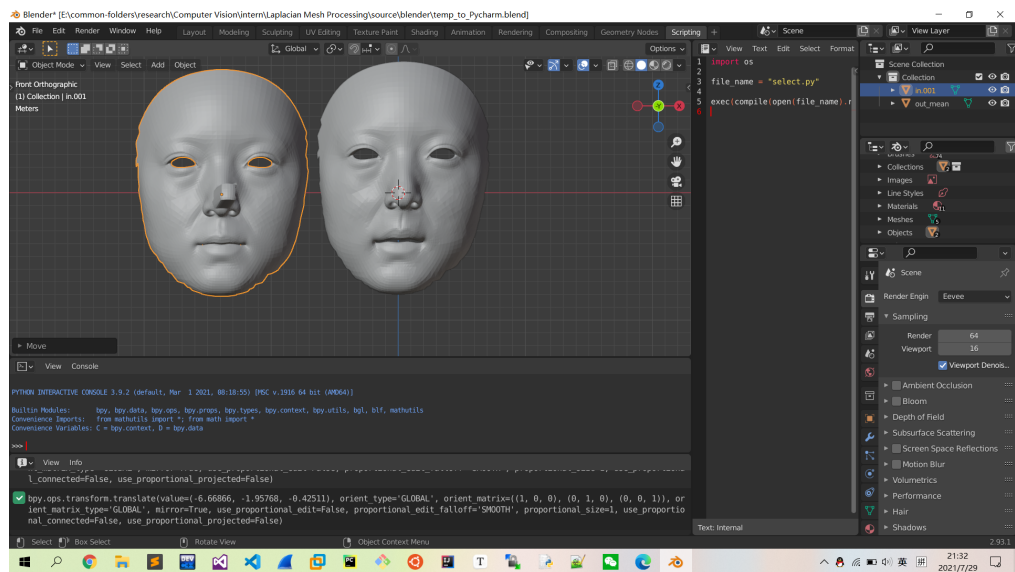
7. 使用 blender 导入输出网格文件 out.obj，查看变形结果。

1. 平均权重

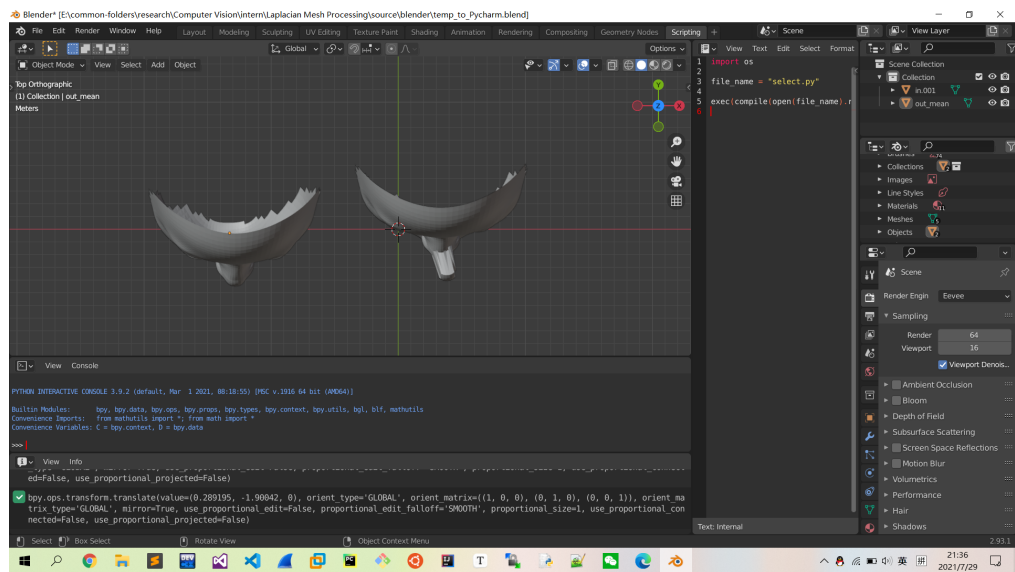
1. X视图



## 2. Y视图



## 3. Z视图



## 4. 分析:

- 锚点为变形点以及下巴，而变形结果也正是下巴固定，人脸的其余部分努力满足前伸的鼻子，而导致额头以及脸部呈流线型突出。

# Coding

- 文件目录结构

- source

- blender

- temp\_to\_Pycharm.blend: 使用blender打开, 进行物体的变形和锚点选择。
      - select.py: 存储所选择的锚点以及变形后的锚点坐标。
      - in.obj: 初始物体
      - mid.obj: 变形物体
      - out\_mean.obj: 平均权重变形结果
      - out\_cotan.obj: CoTan权重变形结果

- S3DGLPy

- PolyMesh.py: Thanks to [Chris Tralie & ziyeshanwai](#).

- testbench

- learn\_bld.py: 学习blender基本操作

- utils

- loader.py: 文件操作

- main.py: 主要流程

- LMP.py: 进行拉普拉斯方程的构建以及求解

- 开发思路

- 使用Blender工业设计软件, 将其与Pycharm进行连接, 编写laplacian deformation算法。其中 S3DGLPy 部分为复用[Prof. Chris Tralie](#)的开发工具包(注: 实际使用的是[ziyeshanwai](#)版本)。

- 开发过程

- 1. 安装PyOpenGL库 (本次实验未使用)

- 1. 下载离线安装包, 并使用pip命令

```
pip install 存储位置\PyOpenGL-3.1.5-cp37-cp37m-win_amd64.whl
```

- 2. 编写测试程序

```
# -*- coding: utf-8 -*-

# -----
# quidam_01.py 三维空间的世界坐标系和三角形
# -----

from OpenGL.GL import *
from OpenGL.GLUT import *

def draw():
    # -----
    -

    glBegin(GL_LINES) # 开始绘制线段 (世界坐标系)

    # 以红色绘制x轴
    glColor4f(1.0, 0.0, 0.0, 1.0) # 设置当前颜色为红色不透明
    glVertex3f(-0.8, 0.0, 0.0) # 设置x轴顶点 (x轴负方向)
    glVertex3f(0.8, 0.0, 0.0) # 设置x轴顶点 (x轴正方向)
```

```

# 以绿色绘制y轴
glColor4f(0.0, 1.0, 0.0, 1.0) # 设置当前颜色为绿色不透明
glVertex3f(0.0, -0.8, 0.0) # 设置y轴顶点（y轴负方向）
glVertex3f(0.0, 0.8, 0.0) # 设置y轴顶点（y轴正方向）

# 以蓝色绘制z轴
glColor4f(0.0, 0.0, 1.0, 1.0) # 设置当前颜色为蓝色不透明
glVertex3f(0.0, 0.0, -0.8) # 设置z轴顶点（z轴负方向）
glVertex3f(0.0, 0.0, 0.8) # 设置z轴顶点（z轴正方向）

glEnd() # 结束绘制线段

# -----

glBegin(GL_TRIANGLES) # 开始绘制三角形（z轴负半区）

glColor4f(1.0, 0.0, 0.0, 1.0) # 设置当前颜色为红色不透明
glVertex3f(-0.5, -0.366, -0.5) # 设置三角形顶点
glColor4f(0.0, 1.0, 0.0, 1.0) # 设置当前颜色为绿色不透明
glVertex3f(0.5, -0.366, -0.5) # 设置三角形顶点
glColor4f(0.0, 0.0, 1.0, 1.0) # 设置当前颜色为蓝色不透明
glVertex3f(0.0, 0.5, -0.5) # 设置三角形顶点

glEnd() # 结束绘制三角形

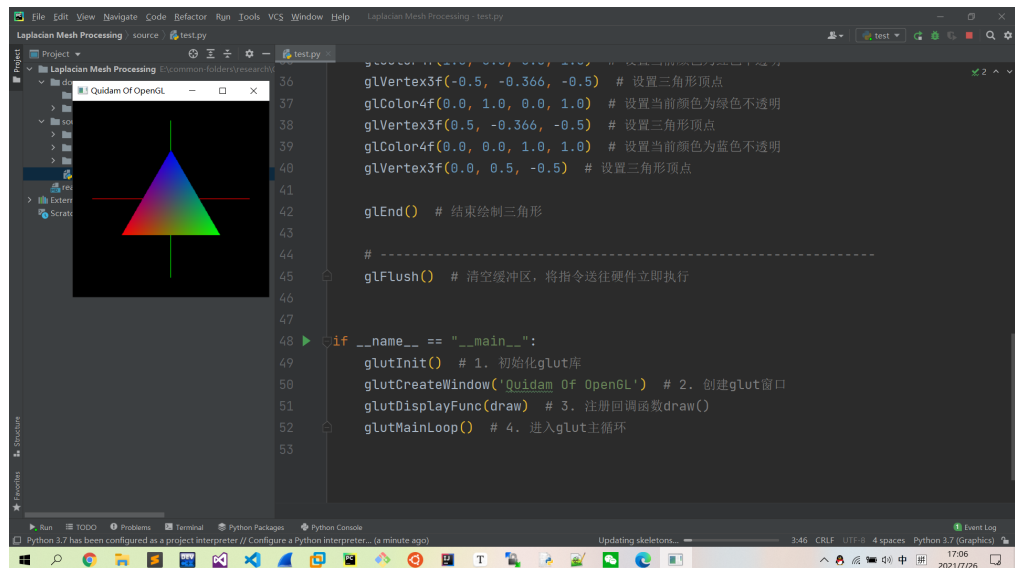
# -----

glFlush() # 清空缓冲区，将指令送往硬件立即执行

if __name__ == "__main__":
    glutInit() # 1. 初始化glut库
    glutCreateWindow('Quidam Of OpenGL') # 2. 创建glut窗口
    glutDisplayFunc(draw) # 3. 注册回调函数draw()
    glutMainLoop() # 4. 进入glut主循环

```

### 3. 运行测试程序



### 2. 安装wxPython库（本次实验未使用）

```
pip install -U wxPython
```

### 3. 安装blender 2.93

### 4. 连接pycharm和blender

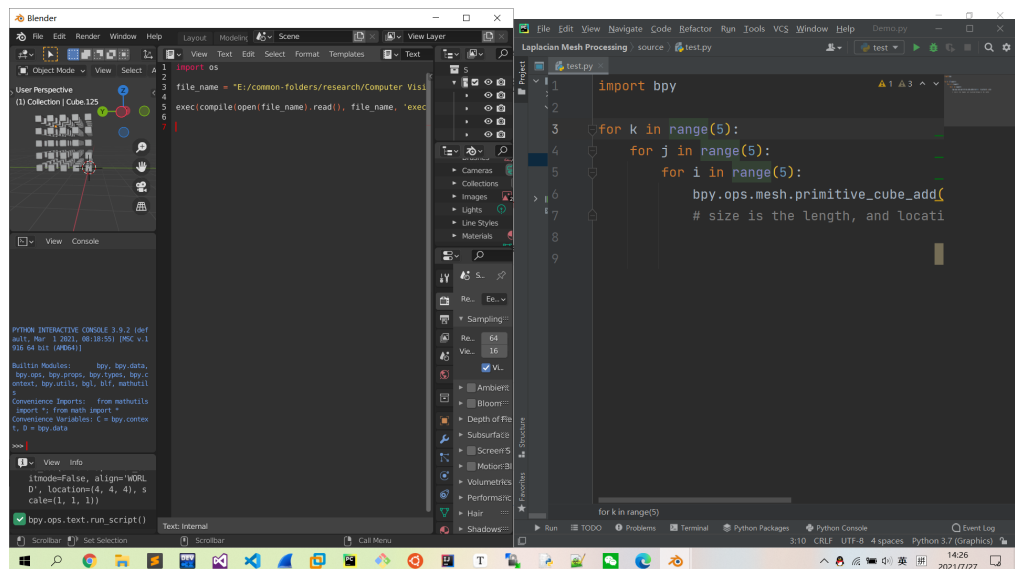
1. 按照[指示](#)，下载自动完成文件，并将其路径添加到Python解释器路径列表中。
2. 完成之后，Pycharm能够识别 `bpy` 的自动补全。
3. 在blender中编写模板文件，将其连接到pycharm脚本文件（在使用时需要填写目标的绝对路径）

```
import os

file_name = "__dir__/learn_bld.py"

exec(compile(open(file_name).read(), file_name, 'exec'))
```

4. 查看效果，在pycharm中编写脚本文件后，在blender中点击运行，成功执行pycharm脚本文件中的内容



5. 将模板blender保存到某目录中，以便后续使用。

### 5. 编写测试脚本，熟悉Python和Blender的混合编程（`testbench/learn_bld.py`）

```
import bpy
import bmesh

'--- 生成cube阵列'
# for k in range(5):
#     for j in range(5):
#         for i in range(5):
#             bpy.ops.mesh.primitive_cube_add(size=0.5, location=[i, j, k])
#             # size is the length, and location belongs to the center

'--- 查看对象'
# objs = bpy.context.selected_objects      # 获取所选对象列表
# print(objs)
# for obs in objs:
#     print(obs.name, obs.location)      # 查看某对象的名字和位置
```

```

'--- 选择对象'
def select(name, additive=True):
    if not additive:
        bpy.ops.object.select_all(action='DESELECT')
        # action=['TOGGLE', 'SELECT', 'DESELECT', 'INVERT']
        # TOGGLE: 全部取消选中, 若已经全部取消选中, 则全部选中
        # SELECT: 全部选中
        # DESELECT: 全部取消选中
        # INVERT: 全部反转 (原先选中的取消, 原先取消的选中)
        bpy.data.objects[name].select_set(True)
    # select('Sphere')
    # bpy.ops.transform.translate(value=[-1, -1, 0])

'--- 查看激活对象'
# # 若有多个选中对象, 则激活对象为最后被选中的对象
# print(bpy.context.object)
# print(bpy.context.active_object)    # 二者等效
def activate(name):
    bpy.context.view_layer.objects.active = bpy.data.objects[name]
    # activate('Sphere')
    # print(bpy.context.object.name)
    # print(bpy.context.selected_objects)

'--- 切换模式'
def mode_set(mode):
    bpy.ops.object.mode_set(mode=mode)
    if mode == 'EDIT':
        bpy.ops.mesh.select_all(action='DESELECT') # 进入编辑模式时, 对于所
        # 激活对象的所有点都不进行选中, 更加安全
    # mode_set('EDIT')

'--- 尝试使用bmesh'
# bpy.ops.mesh.primitive_cube_add(size=2, location=[0, 0, 0])
# bpy.ops.object.mode_set(mode='EDIT')    # 添加一个cube并进入编辑模式

'--- 轻微形变'
def clear():
    # 如果画布本身为空, 则调用该函数会报错
    bpy.ops.object.mode_set(mode="OBJECT") # 首先要进入对象模式
    bpy.ops.object.select_all(action="SELECT")
    bpy.ops.object.delete()
    # clear()
    # bpy.ops.mesh.primitive_cube_add(size=1, location=[3, 0, 0])
    # bpy.ops.object.mode_set(mode='EDIT')
    # bpy.ops.mesh.select_all(action='SELECT')
    # bpy.ops.transform.vertex_random(offset=0.5)    # 对所有顶点进行随机偏移
    # bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')

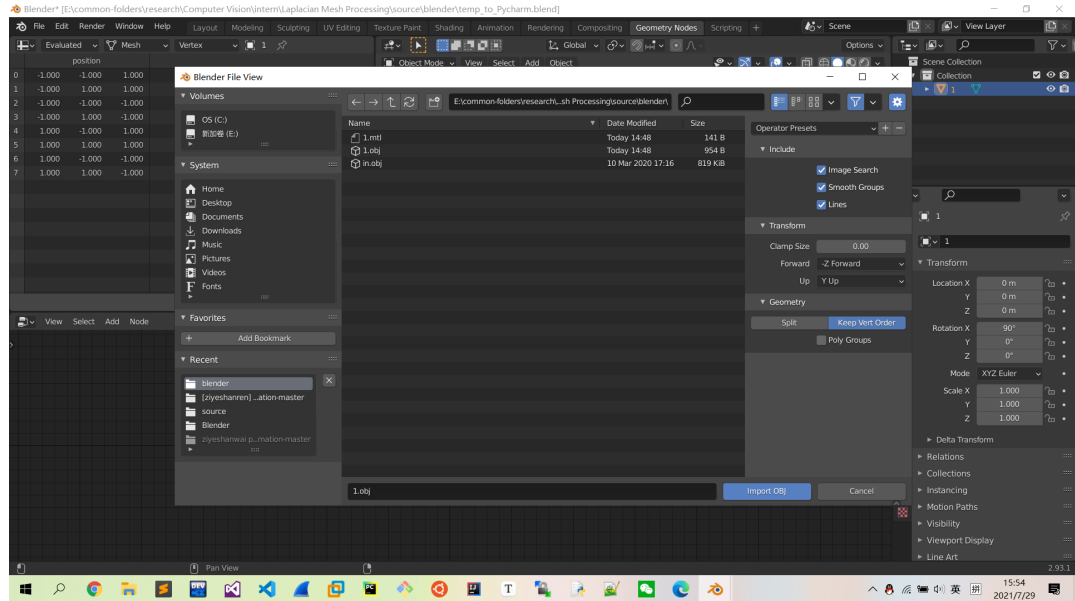
```

6. 开发LMP项目。

## Conclusion

- blender与其导出的obj文件中节点的顺序不一致。

- 并且经实验发现，blender的z轴方向是反的。
- 解决办法 ([issue](#))：在import .obj文件时，必须点选 **Keep Vert Order**，使节点保序；并且，export时也将其中。



## Future

- cotan权重计算

## References

- [Windows环境下在Pycharm中使用OpenGL](#)
- [opengl教程](#)
- [Pycharm连接Blender](#)
- [Blender Python API -cn](#)
- [code of Chris Tralie](#)
- [code of ziyeshanwai](#)
- [Principle of Laplacian](#)
- [Tutorial of Laplacian Mesh Editing](#)