

## 基于叶状结构生成三维模型的Reeb图

## Using Foliation Leaves to Extract Reeb Graphs on Surfaces

王少东\*, 王文成, 赵辉

IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics,

2021,10.1109/TVCG.2022.3141764,early access

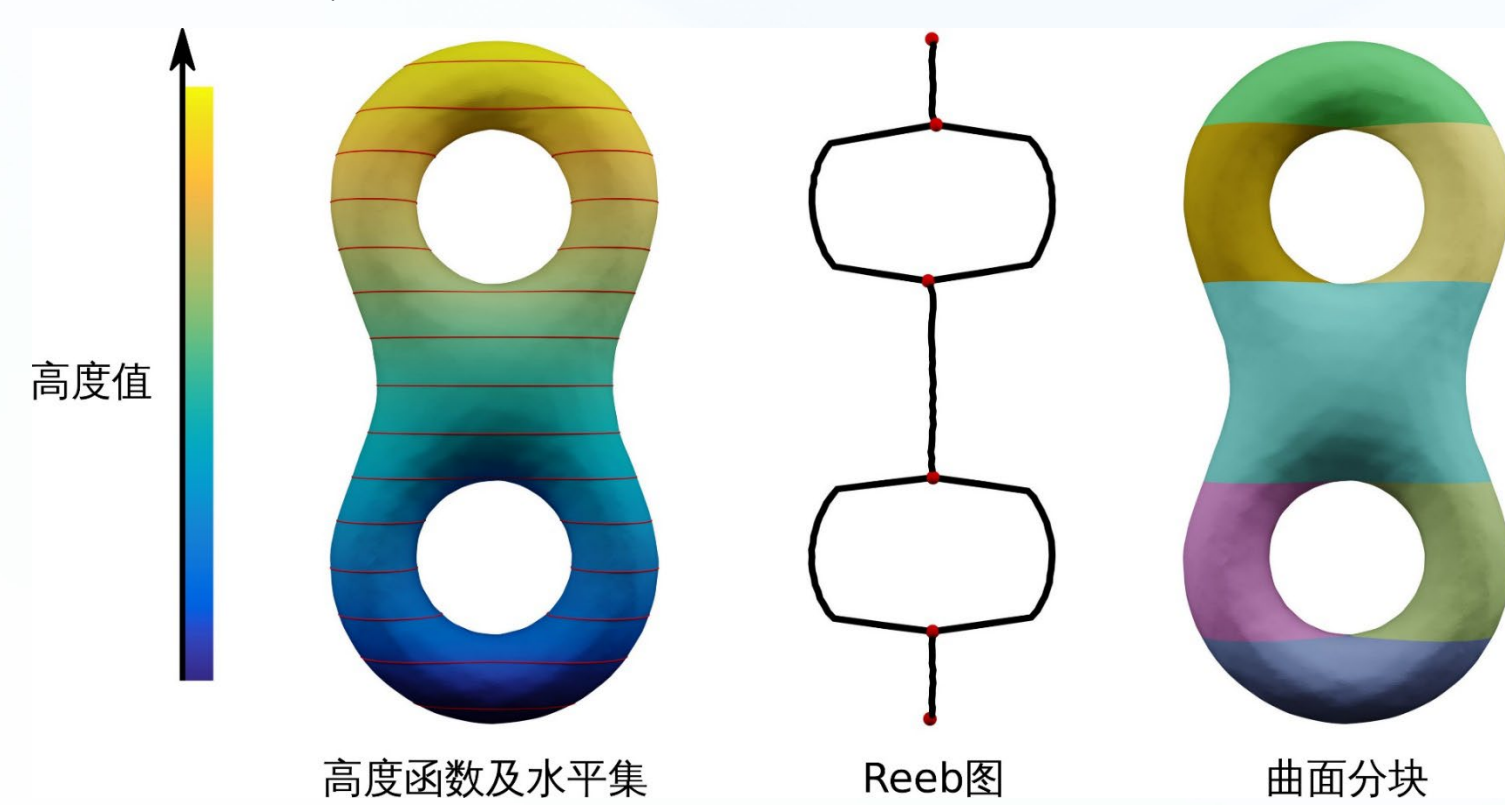
\*Tel: 18519682593, E-mail: wangsd@ios.ac.cn

## 研究背景

Reeb图是一种三维模型的拓扑信息描述子，一般基于函数水平集来处理，表达模型上各部分之间的拓扑邻接关系，在模型匹配、三维动画、拓扑分析等方面有重要应用。

已有方法基本上使用各类函数来生成Reeb图，但由于函数临界点数目过多、鞍点数值不稳定等原因，导致生成的Reeb图结构不稳定、比较杂乱，不利已相关应用处理。

## 由高度函数生成的Reeb图示例



## 本文创新

**主要思路：** 本文使用模型上的环路生成调和可测叶状结构，利用叶状结构的叶子代替函数水平集来检测模型上不同部分（曲面分块）之间的邻接关系，由此构建Reeb图。

**核心贡献：** 本文证明，本方法得到的曲面分块与输入环路一一对应，且在环路同伦类不变的前提下保持曲面分块间的拓扑邻接关系不变。因此，本文方法可保证所得Reeb图的简洁性与稳定性。在此基础上，本文可通过控制环路生成符合形状分析所需的Reeb图，从而可更方便地反映模型对称性、抑制拓扑噪声等目标。

## 算法创新：

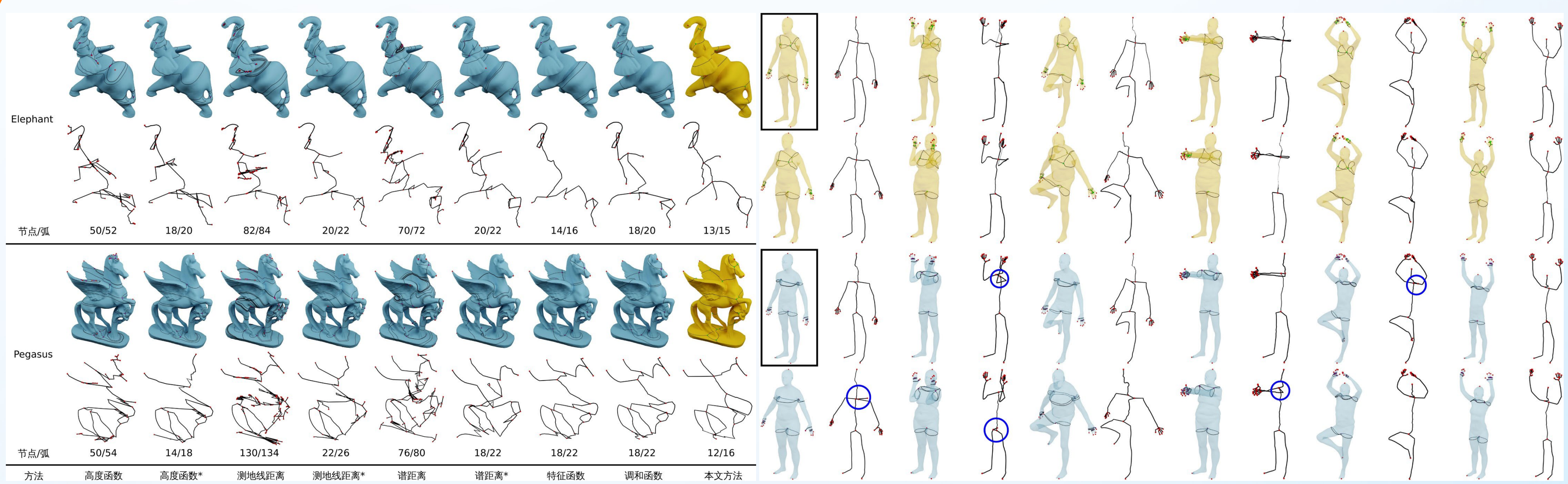
- 1) 提出一种环路生成算法，可自动在模型上生成符合拓扑结构的环路，方便用户在高亏格、复杂模型上计算Reeb图。
- 2) 对调和可测叶状结构算法 [1, 2] 进行了一系列改进与拓展，以使其可用于Reeb图提取。

## 本文算法主要流程



## 实验结果

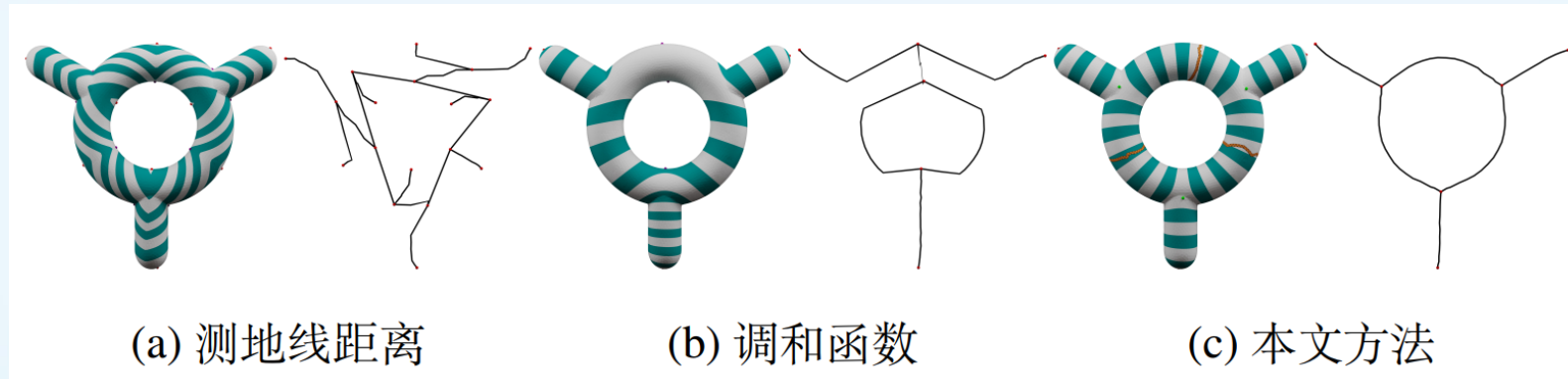
## Reeb图的简洁性、稳定性对比



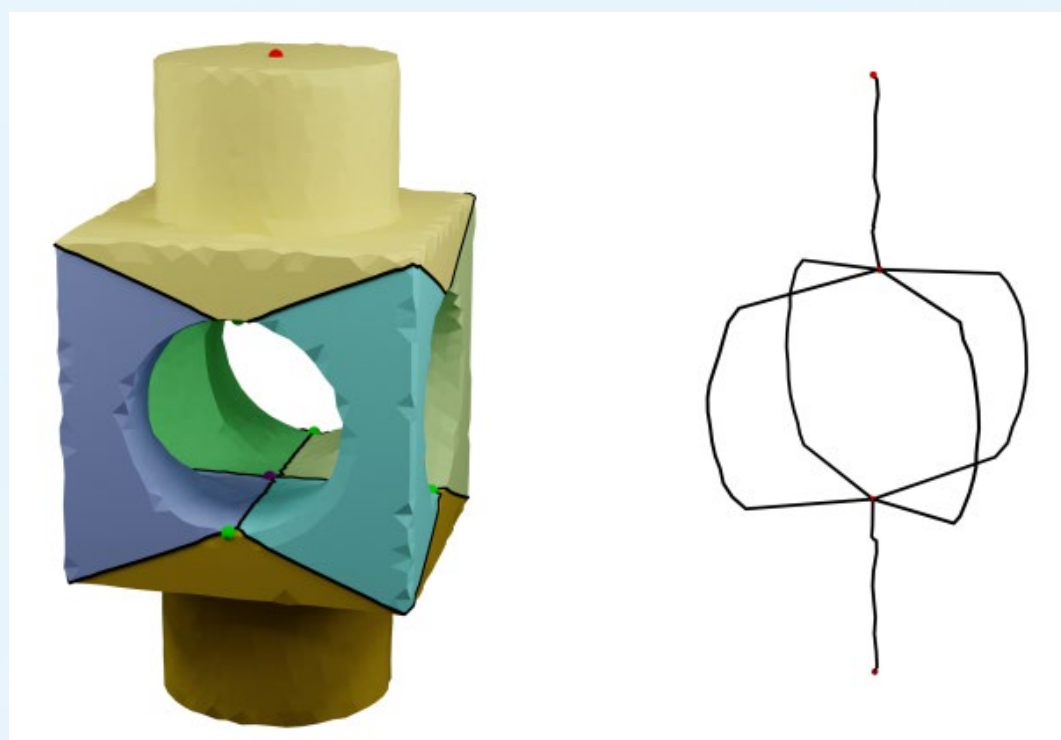
与多种基于函数的方法对比，本文生成的Reeb图结构都更加简洁明了。

在多姿态人体模型上，本文方法（黄）生成的Reeb图结构相同，而基于调和函数的方法（蓝）生成的Reeb图结构不稳定。

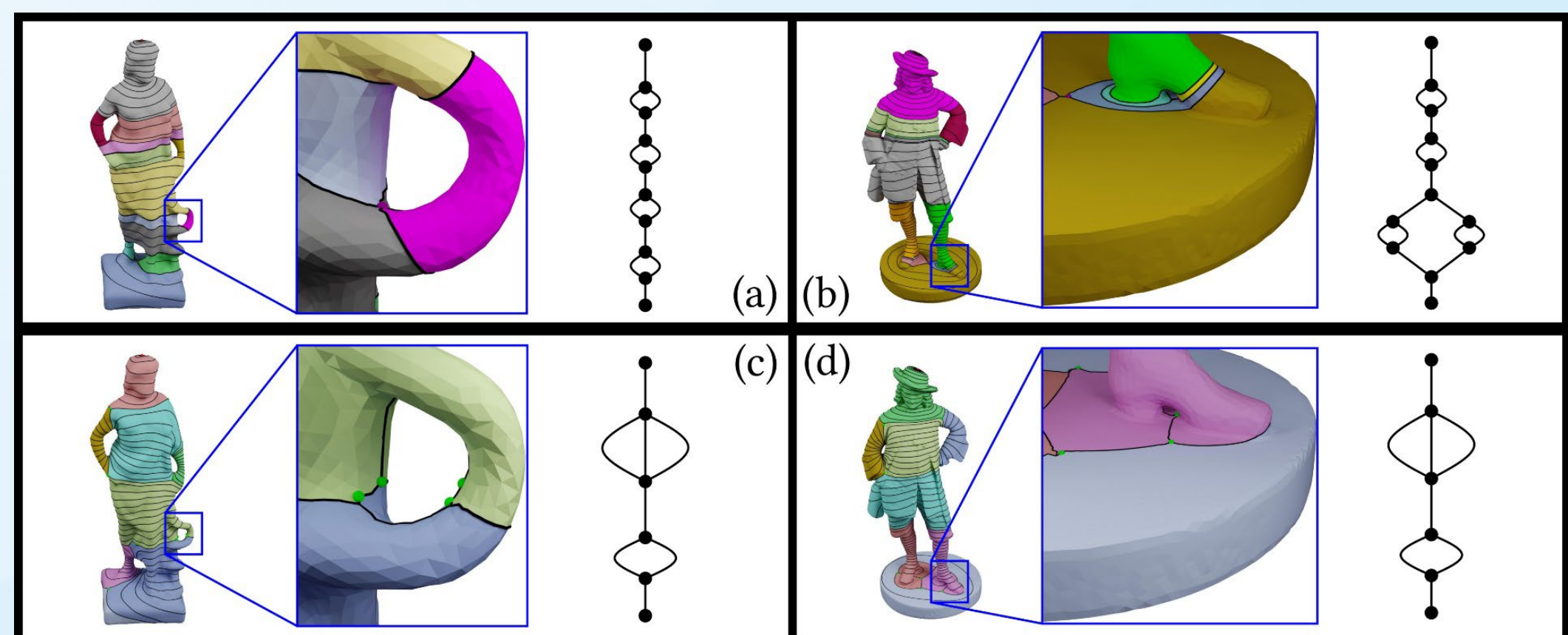
## 本文Reeb图的优点



本文方法可直观地生成符合模型对称性的Reeb图，而已有方法难以达到这一点。



本文方法生成的Reeb图可稳定地表示1对多的拓扑关系，而基于函数的方法由理论限制只能稳定表示1对2的拓扑关系。



左右两个人体雕塑模型在整体上结构相似，但局部上存在拓扑差异。基于函数的方法由于理论限制，生成的Reeb图无法避免模型中的孔洞，结构差异很大（上）。本文方法可忽略模型上的孔洞，从而达到抑制拓扑噪声的目的，在两个模型上生成结构相同的Reeb图（下）。

## 参考文献：

- [1] D. R. Palmer, "Toward computing extremal quasiconformal maps via discrete harmonic measured foliations," Bachelor's thesis, Harvard College, 2016. Accessed: Jul. 03, 2019. [Online]. Available: <https://dash.harvard.edu/handle/1/39060036>
- [2] H. Zhao, S. Wang, and W. Wang, "Global conformal parameterization via an implementation of holomorphic quadratic differentials," IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 28, no. 3, pp. 1529–1544, 2020, doi: 10.1109/TVCG.2020.3016574.