

关节(角色)动画

金小刚

Email: jin@cad.zju.edu.cn

浙江大学CAD&CG国家重点实验室

紫金港校区蒙民伟楼512

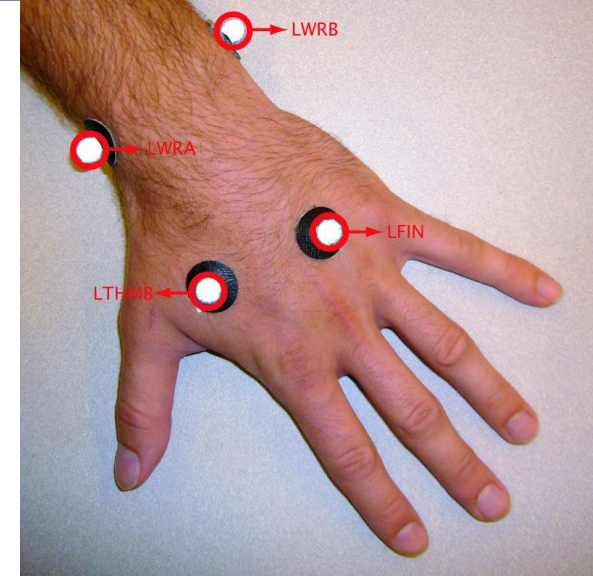
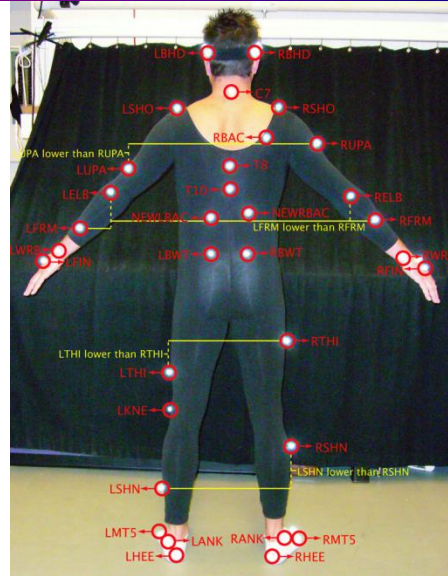
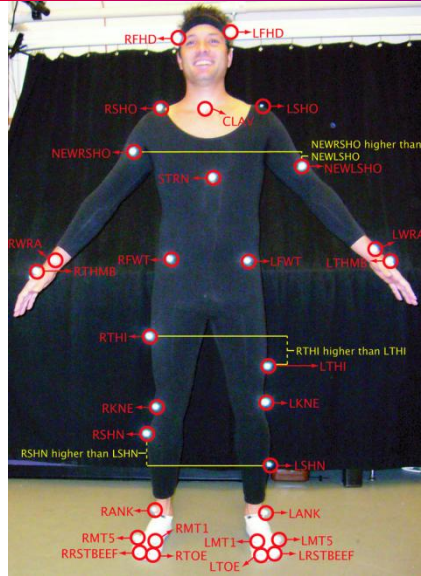
CMU Graphics Lab Motion Capture Database

<http://mocap.cs.cmu.edu/>

- Human Interaction
two subjects
- Interaction with Environment
playground, uneven terrain, ...
- Locomotion
running, walking, ...
- Physical Activities & Sports
basketball, dance, ...
- Situations & Scenarios
common behaviors and expressions, pantomime, ...



CMU Graphics Lab Motion Capture Database



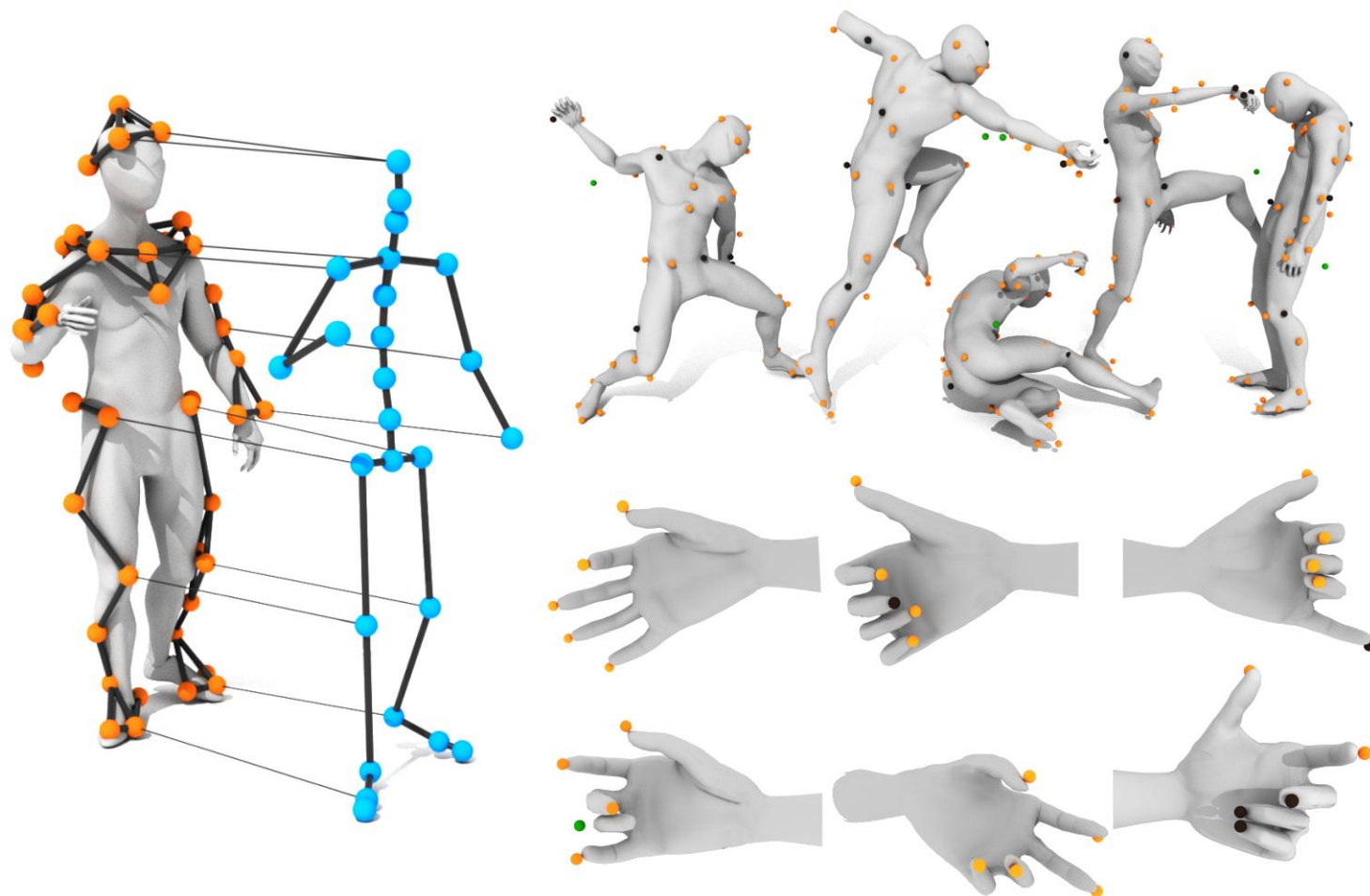
- **How is this data captured?**

We have a **Vicon motion capture system** consisting of **12 infrared MX-40 cameras**, each of which is capable of recording at **120 Hz** with images of 4 megapixel resolution. Motions are captured in a working volume of approximately **3m x 8m**. The capture subject wears **41 markers** and a stylish black garment.

- 运动捕捉数据有多种格式: ASF/AMC, BVH

garbage in, garbage out!

高精度人体运动神经求解器

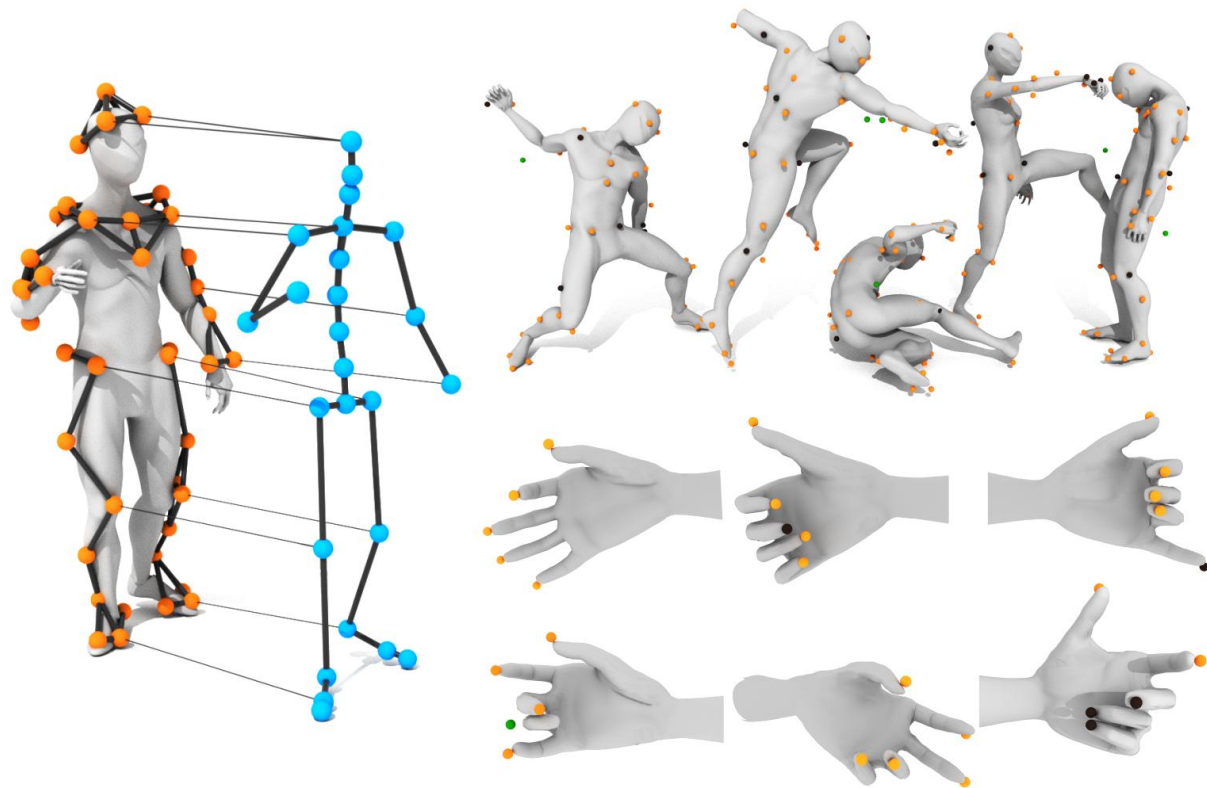


Xiaoyu Pan, Bowen Zheng, Xinwei Jiang, Guanglong Xu, Xianli Gu, Jinxiang Li, Qilong Kou, He Wang, Tianjia Shao, Kun Zhou, Xiaogang Jin, "A Locality-Based Neural Solver for Optical Motion Capture", *Proc. Siggraph Asia 2023*, 2023.

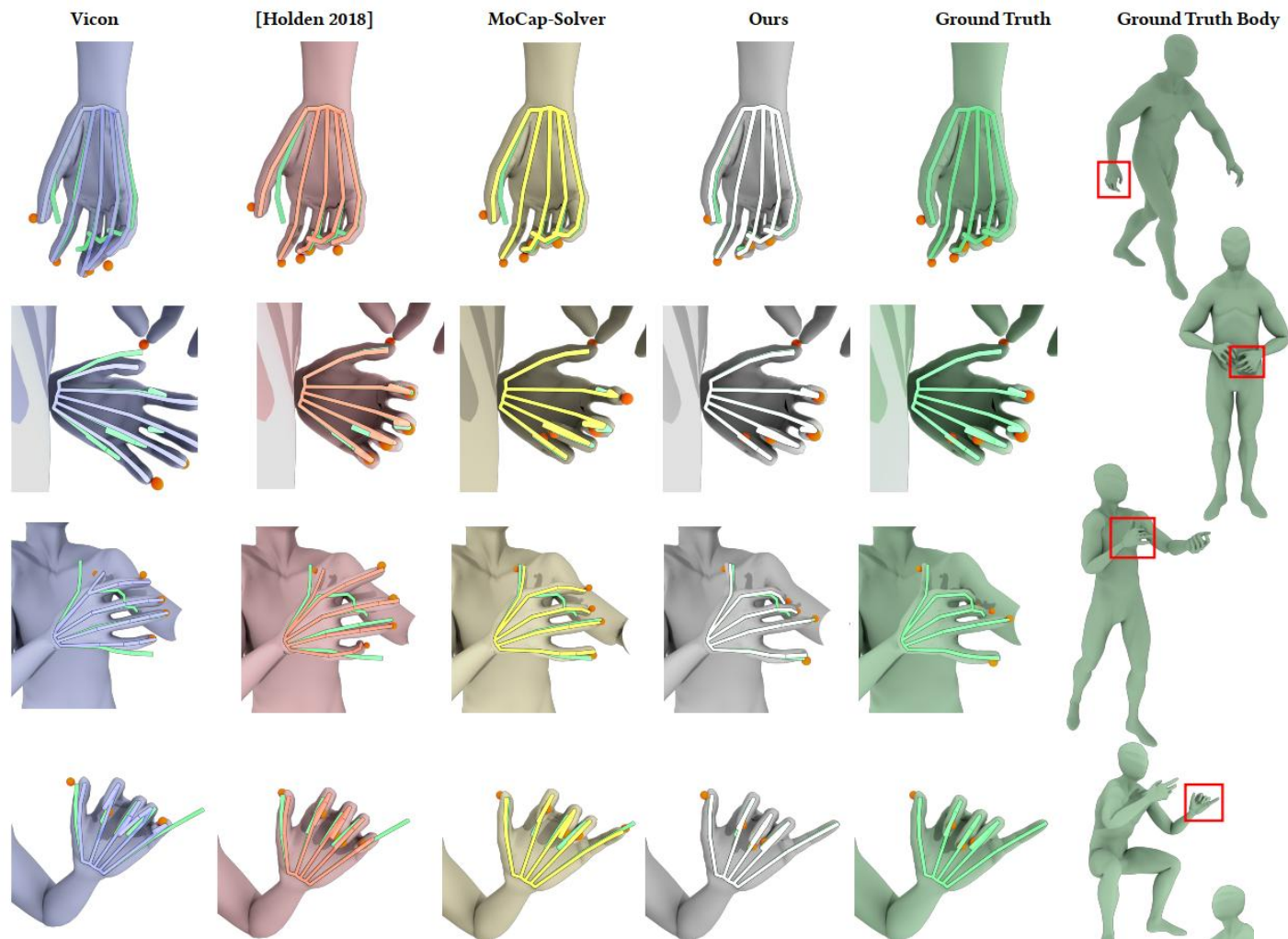
高精度人体运动神经求解器

贡献:

- 一种结合局部性和学习先验的, 用以处理**复杂鲁棒的运动捕捉数据遮挡填充方法的遮挡情况**
- 一种**异构图神经网络**, 能够准确求解大的人体动作和细微手部动作

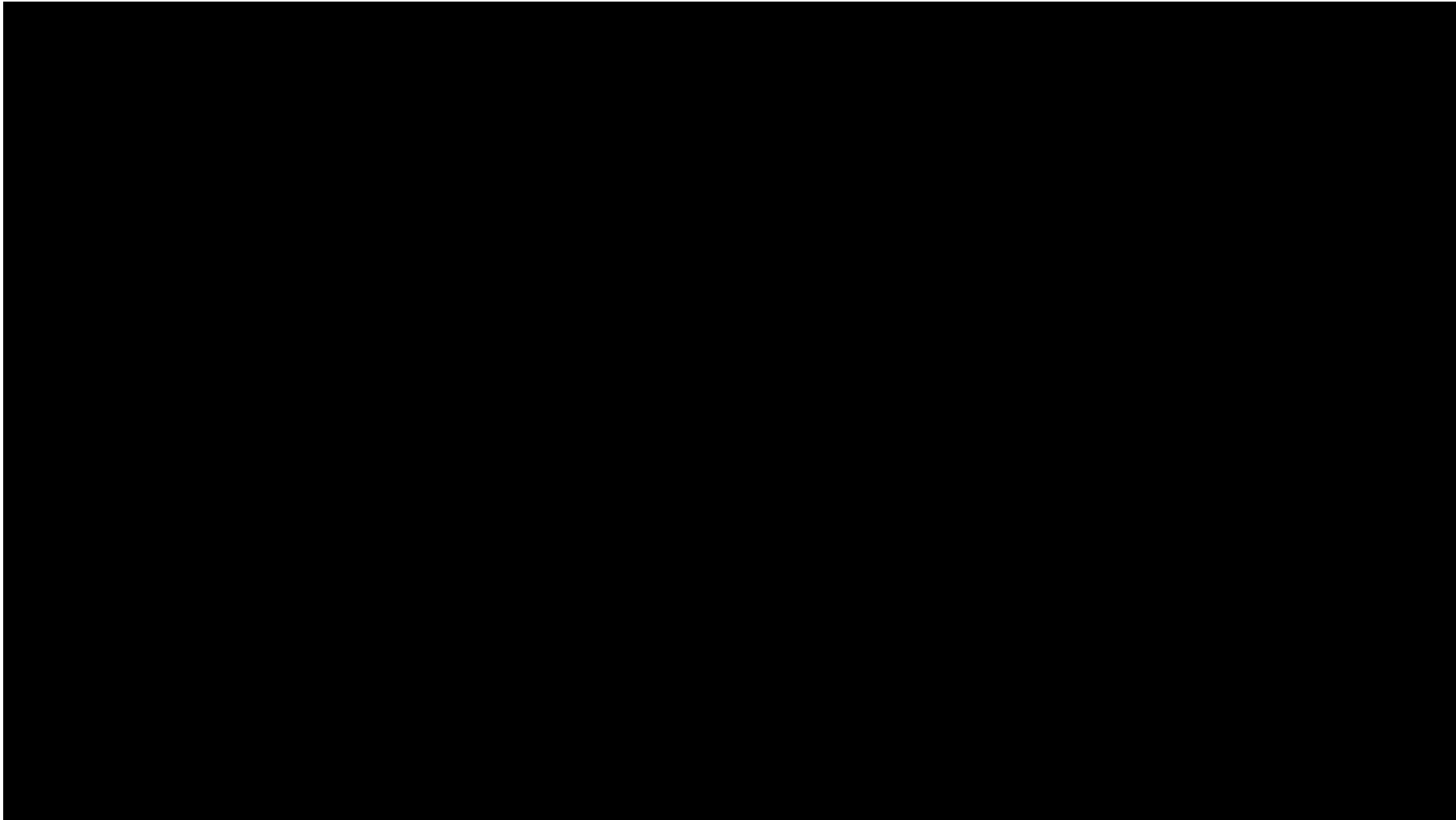


高精度人体运动神经求解器



对比

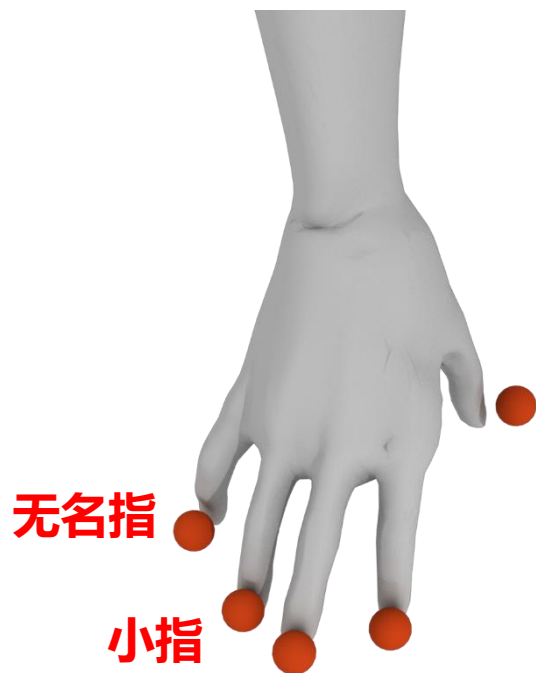
高精度人体运动神经求解器



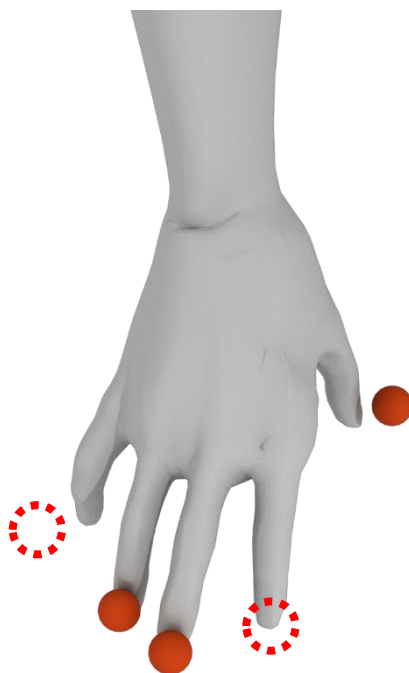
RoMo: 一种鲁棒的光学动作捕捉标注与解算器

研究动机:

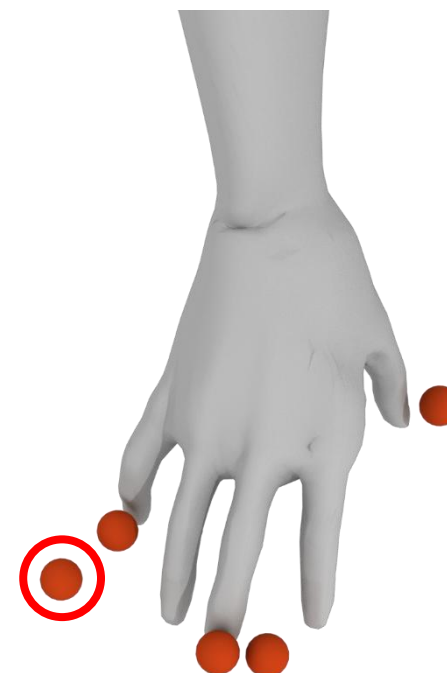
标签错误



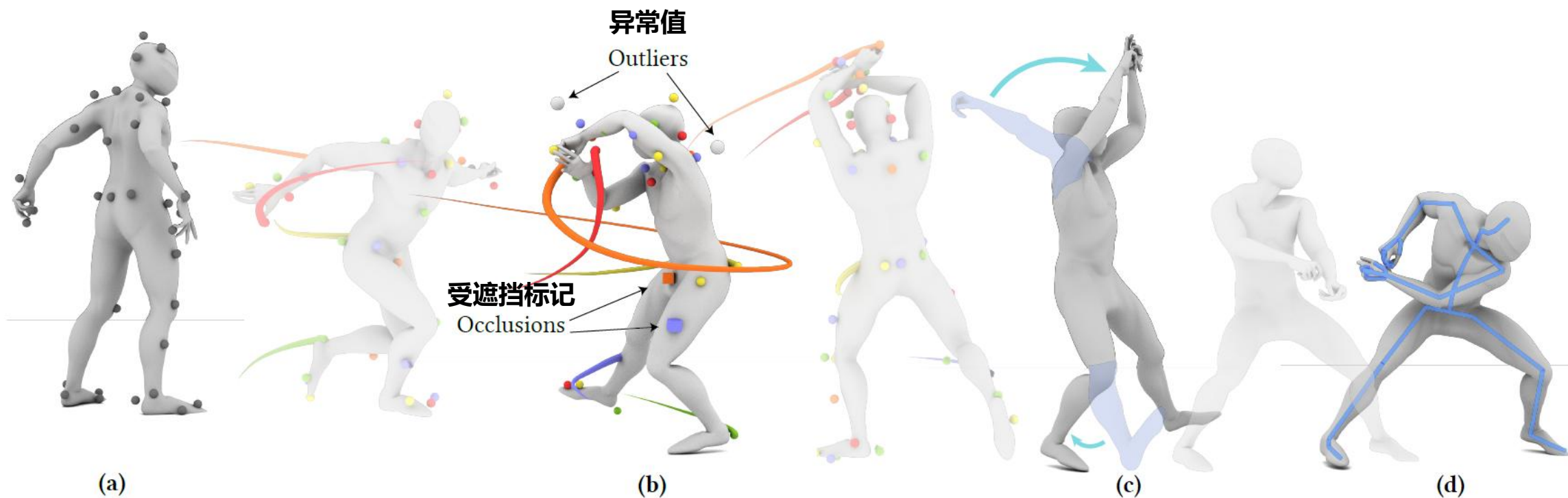
受遮挡



位置误差



RoMo: 一种鲁棒的光学动作捕捉标注与解算器



贡献1) 一种鲁棒的全身动作捕捉标记标注框架，该框架采用分治法，并整合时间和空间信息，以精确标注全身MoCap点云。

贡献2) 一种混合神经网络的**逆运动学动作捕捉动作解算器**，该解算器利用全局关节位置作为中间表示，能够避免沿身体运动链的**累积误差**

RoMo: A Robust Solver for Full-body Unlabeled Optical Motion Capture

Submission ID: 497

其它MoCap数据库

- **AMASS:** <http://https://amass.is.tue.mpg.de/> (德国马普所)

论文: Naureen Mahmood, Nima Ghorbani, Nikolaus F. Troje, Gerard Pons-Moll, Michael J. Black: AMASS: Archive of Motion Capture As Surface Shapes. ICCV 2019: 5441-5450

- **Ubisoft La Forge Animation Dataset ("LAFAN1"):**

<https://github.com/ubisoft/ubisoft-laforge-animation-dataset>

论文: Félix G. Harvey, Mike Yurick, Derek Nowrouzezahrai, Christopher J. Pal: Robust motion in-betweening. ACM Trans. Graph. 39(4): 60 (2020)

<https://motion-annotation.humanoids.kit.edu/dataset/>

<https://babel.is.tue.mpg.de/>

<https://www.mixamo.com/#/>

<https://www.ianxmason.com/100style/>

https://google.github.io/aistplusplus_dataset/factsfigures.html

.....

如何用这些Motion Capture数据?

- 离线(Off-line)
 - 通过滤波、逆向运动学进行处理
 - 建立运动数据库
 - 从中选择
 - 对运动数据进行混合(Blend)
 - 在线(on the fly)修改
- 在线(On-line) (表演动画)
 - 基于演员的实时表演直接驱动虚拟角色

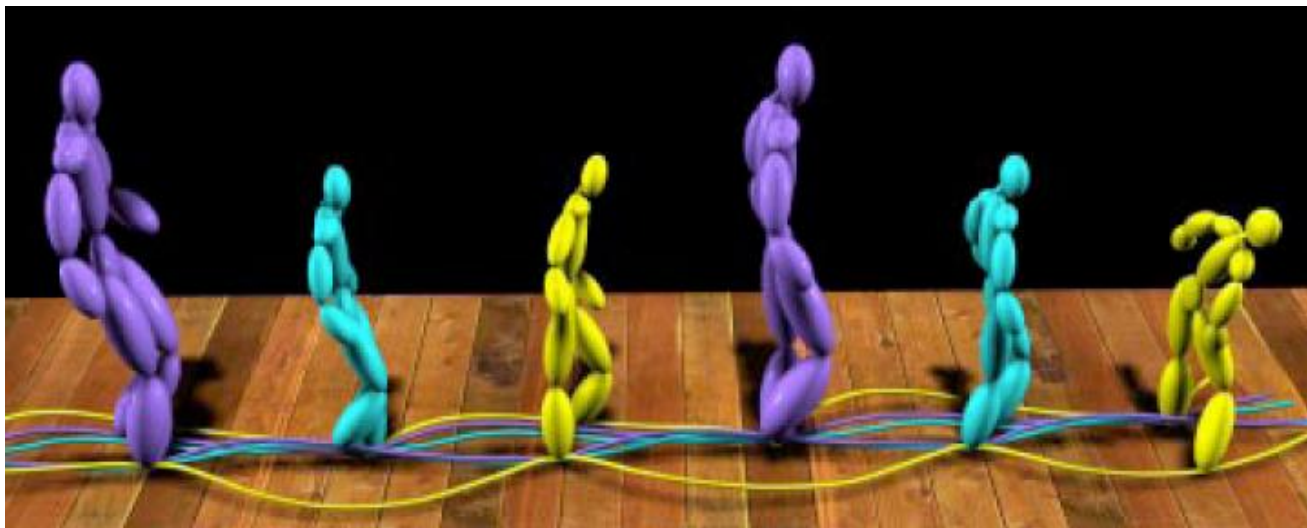
运动捕获数据的处理

- 运动信号处理和运动变形(Motion warping)
- 运动数据的重定向
 - 把运动映射到不匹配的虚拟角色上，并满足一些重要的约束条件
 - 通常具有相同的结构 (with the same structure)
- 运动数据的合并
 - 把短的运动片段合并成长的运动序列

运动数据的信号处理

- 运动信号处理
 - 考虑信号频率如何刻画各种运动
 - 低频部分：表示基本运动(如走路)
 - 高频部分：特质运动(跛行)
- 运动的操作/编辑/变形
 - 对运动信号进行变形，使得满足用户指定的一些约束条件
- 把运动看成多维信号
- 低通滤波
 - 去噪
- 高通滤波
 - 风格的变换
- 高频信息可能是运动细节，而非噪声
- 通过滤波来进行运动的修改并非易事
 - 物理约束 (关节约束, 地面接触)?
 - 运动的自然性?

运动重定向



Michael Gleicher,
“Retargetting motion to
new characters”,
SIGGRAPH '98

- 把捕获的运动数据映射到**不匹配的虚拟角色**上，并满足一些重要的约束
- **约束**（运动所应满足的性质）：
 - 避免脚穿透地板,避免自身穿透, 避免走路时的打滑;
- 生成一个与原始运动**尽可能接近的新的运动**，并强制满足约束条件;
- 新的运动可看成是一个**时空(space-time)**、非线性约束的优化问题。

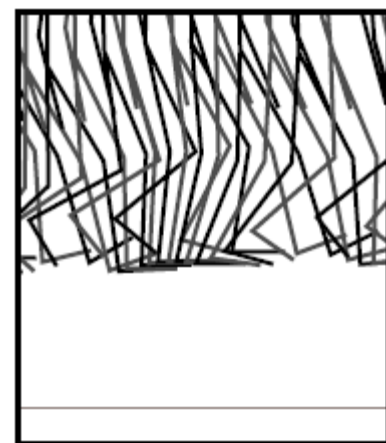
运动重定向

- $m(t) = m_o(t) + d(t)$
 - $m_o(t)$: 原始运动; $m(t)$: 重定向的运动
 - $d(t)$: 两个运动之间的距离
- 如果只是简单重用原始的运动, 则目标角色**与其它物体之间的相互作用会失败。**
- 把运动重定向问题看成一个带约束的优化问题:
 - 找到运动 $m(t)$, 满足函数 $f(m(t)) \diamond c$
 - $f(\cdot)$: 约束方程, c : 常数
 - $\diamond \in \{\leq, \geq, =\}$
 - 最小化目标函数: $g(m) = \int_t (m(t) - m_o(t))^2 = \int_t d(t)^2$

原始运动

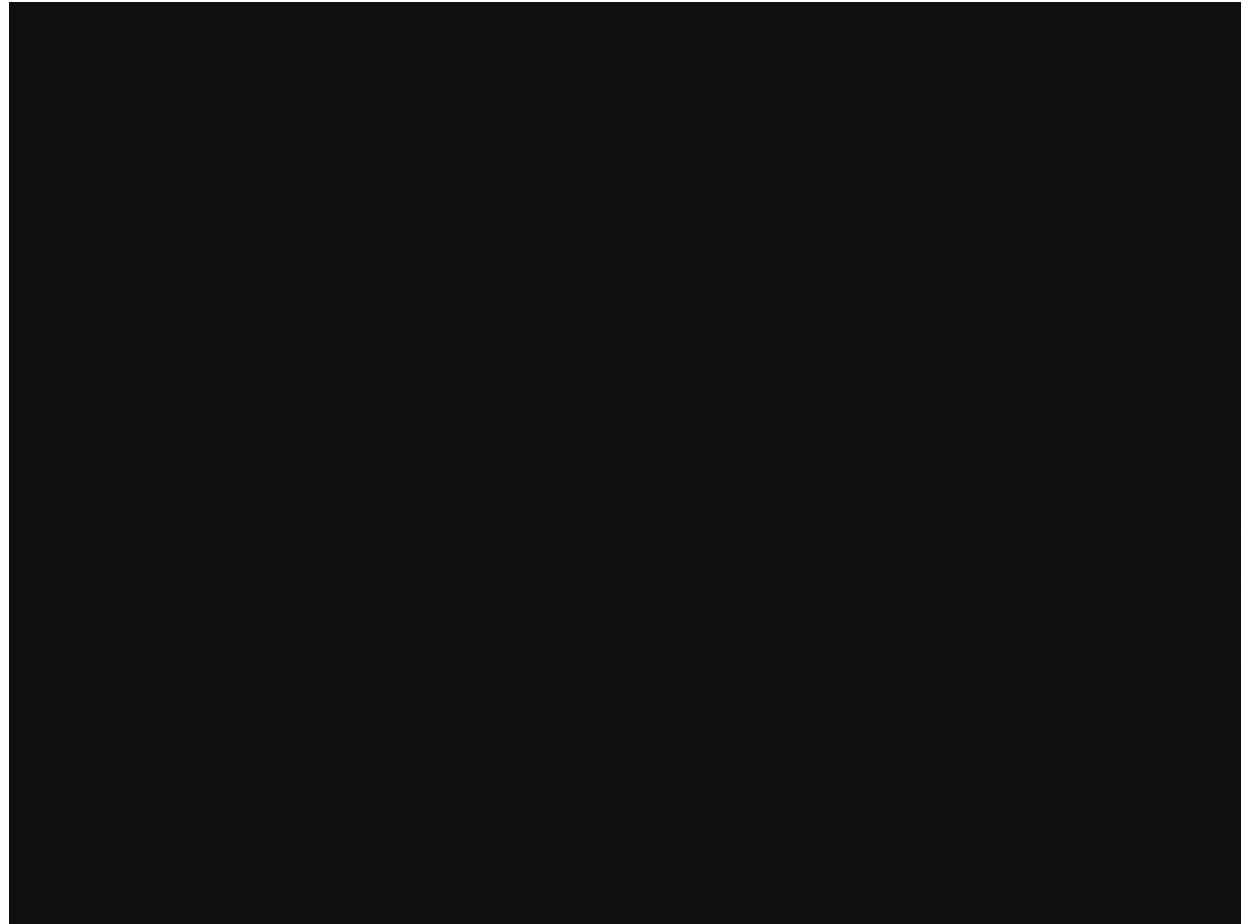


Naïve重定向运动



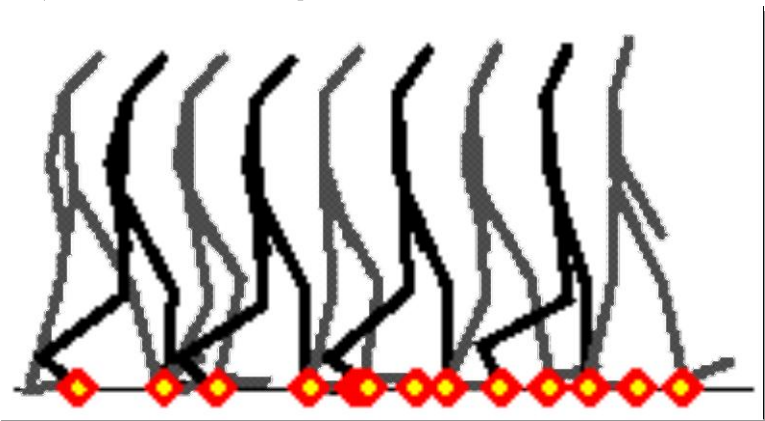
约束例子：Footskate

- **Footskate (打滑)**：是一种经常会发生的不真实现象；
- **Penetrations (贯穿)**：是一种经常会发生的不真实现象；



运动重定向

- 定义约束



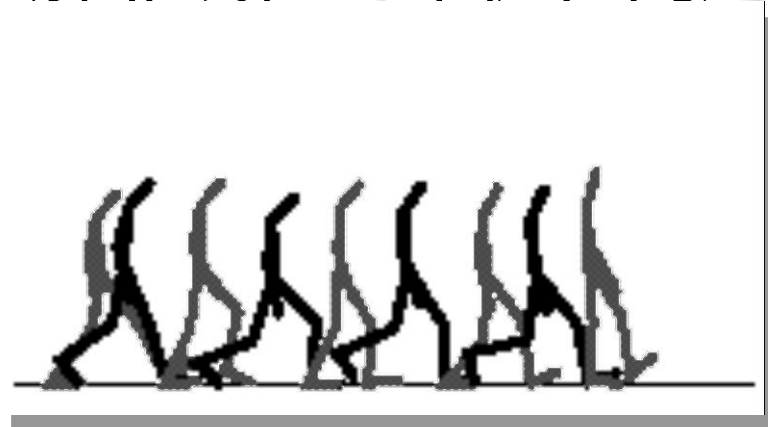
- 加入平移偏移 (近似解)



- 应用到新的角色



- 解非线性约束优化问题

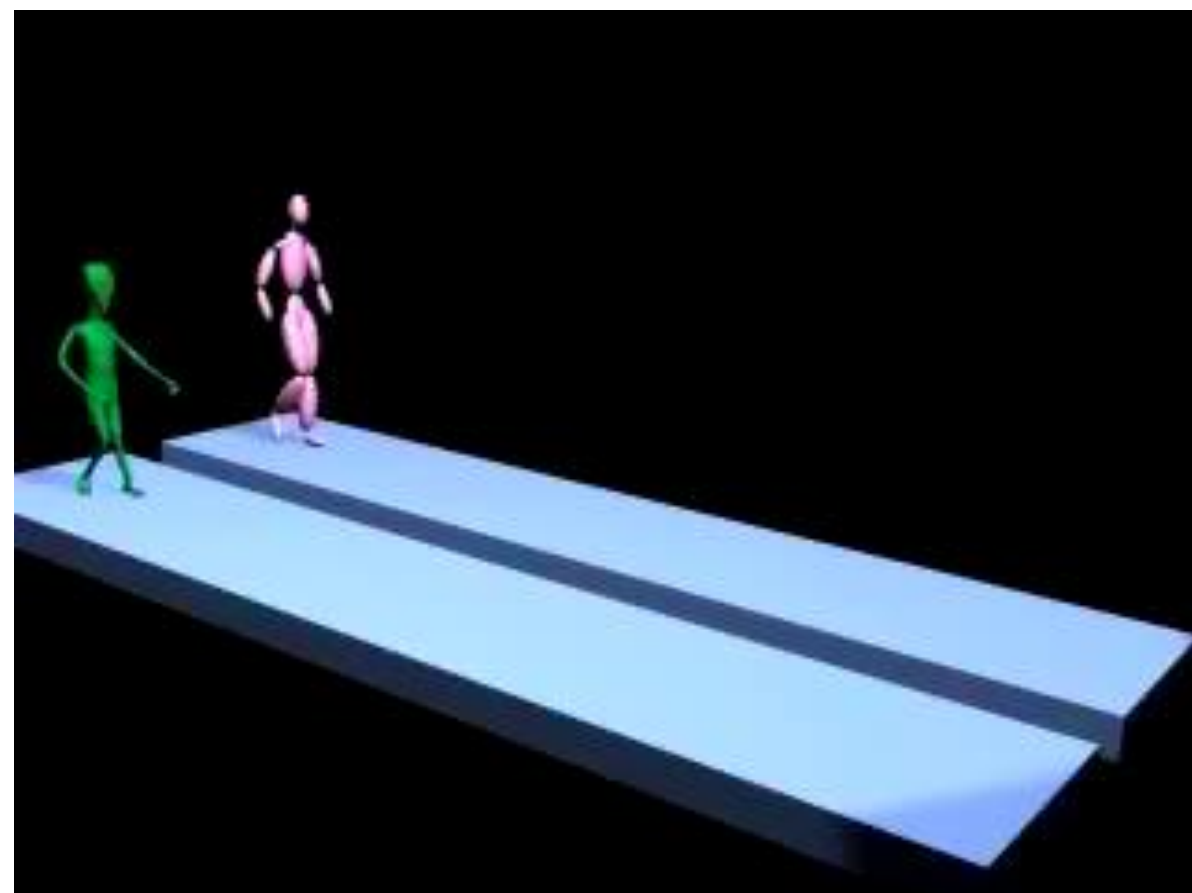


把运动曲线应用于一个新的角色

- 定义运动的约束条件
- 对于整个运动，求解约束优化问题



运动重定向动画演示



带几何模型的运动重定向

- 在计算机动画、游戏以及虚拟现实领域中，采用的通常是**带几何模型的角色动画**。然而，由于动作源和目标角色之间的身体比例差异，为这些角色制作动画常常面临重大挑战，导致**运动语义丧失**、**网格相互穿透**和**接触不匹配**等问题。

Ultrafast and Controllable Online Motion Retargeting for Game Scenarios

Tianze Guo¹, Zhedong Chen¹, Yi Jiang¹, Linjun Wu¹,
Xilei Wei³, Lang Xu³, Yeshuang Lin³, He Wang², Xiaogang Jin¹
¹Zhejiang University, ²University College London, ³Tencent Technology Co., Ltd.



Tianze Guo, Zhedong Chen, Yi Jiang, Linjun Wu, Xilei Wei, Lang Xu, Yeshuang Lin, He Wang, Xiaogang Jin, “Ultrafast and Controllable Online Motion Retargeting for Game Scenarios,” *ACM Transactions on Graphics (Proc. Siggraph Asia 2025)*, 2025, 44(6): Article 260.

运动混合(Motion Blending)

- 把两段或多段运动加在一起
 - 实际上是插值

$$m(t) = a m_0(t) + (1-a) m_1(t)$$

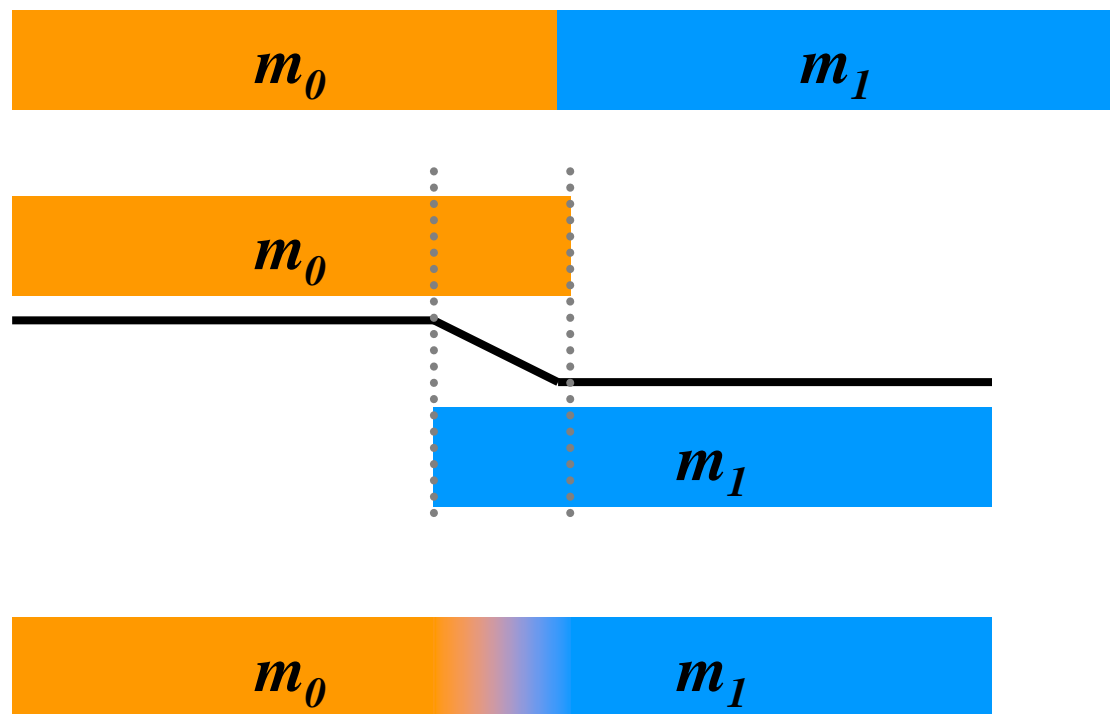
这是一个逐帧的操作

©Gameanim.com

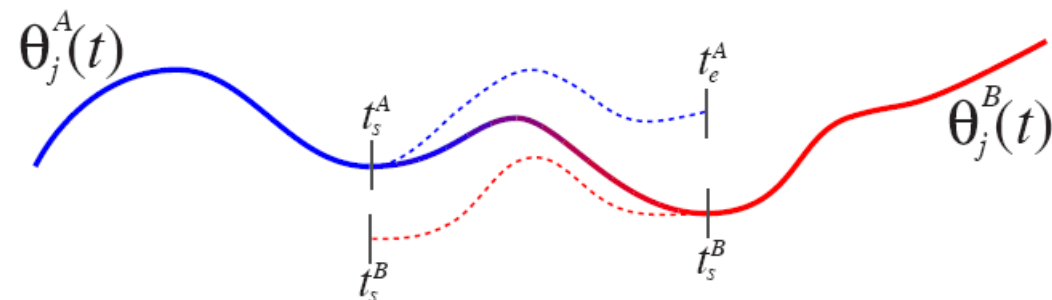


Blend Speed

运动过渡(Motion Transition)

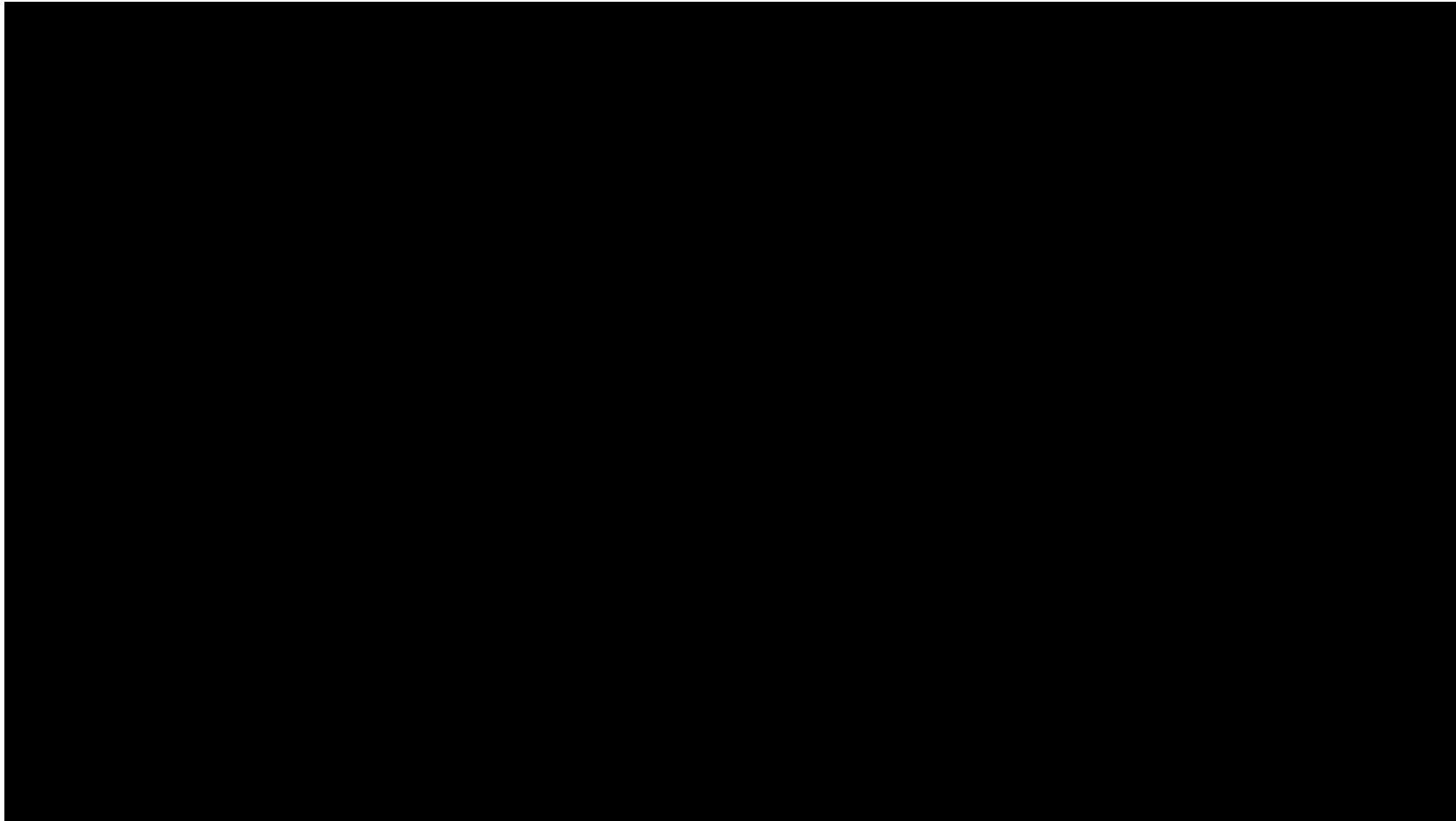


- 运动捕获得到的通常是小的运动片段
- 需要把他们光滑连接起来
- 如果运动是相近的, 则很容易



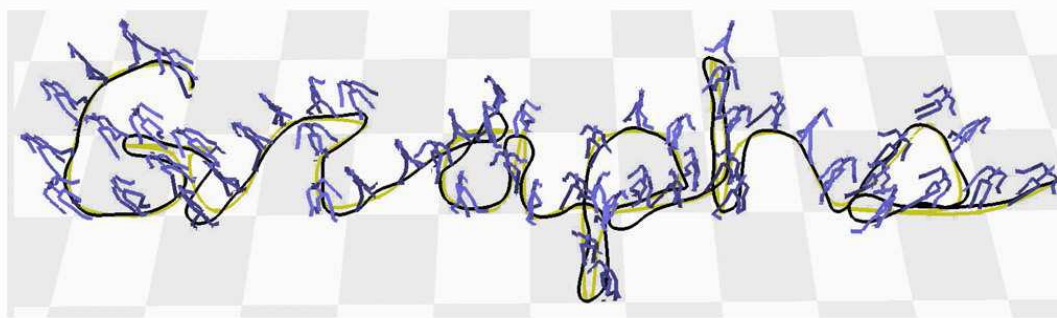
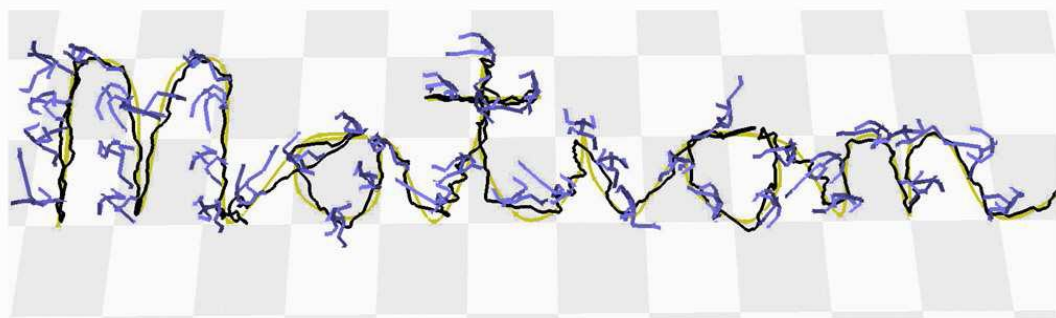
- 如果运动相差较远, 则比较困难

运动过渡(Motion In Between, MIB)

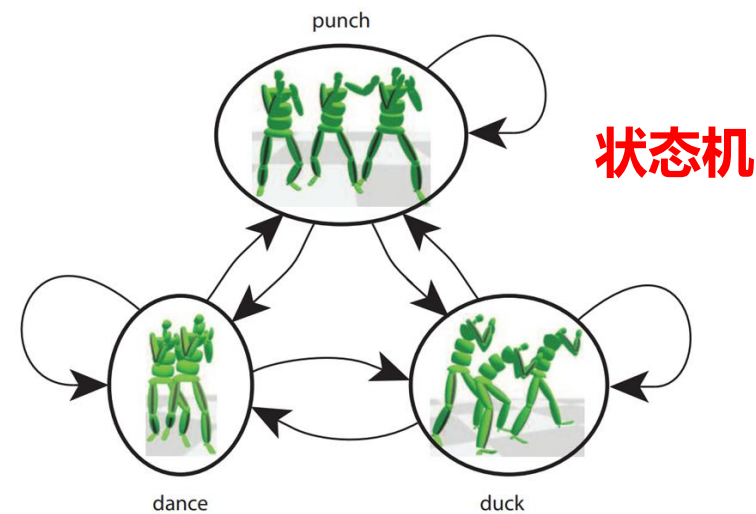


Xiangjun Tang, He Wang, Bo Hu, Xu Gong, Ruifan Yi, Qilong Kou, Xiaogang Jin, “Real-time Controllable Motion Transition for Characters”, ACM Transactions on Graphics (Proc. Siggraph 2022), 2022, 41(4): Article 137.

运动图(Motion Graph)

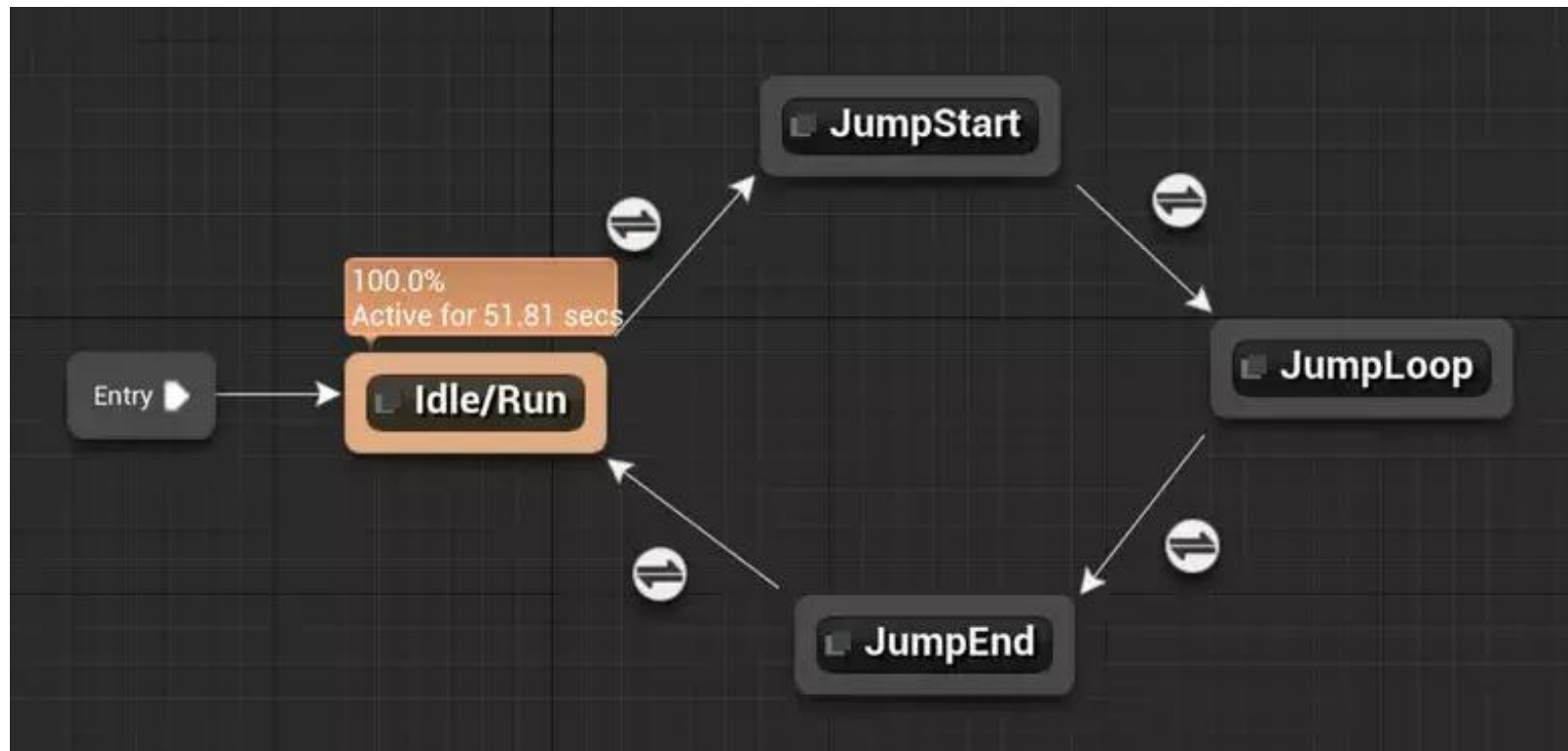


思想： 将一组预先获取的**运动片段**通过特定的**相似点**连接成一个**图结构**，来生成新的连续动作。每个运动片段作为**图的节点**，节点之间的连接通过运动的**相似性**决定，连接处的平滑过渡依赖于帧的姿态和速度匹配。一旦构建了运动图，系统可以从中选取不同的路径，从而生成各种连续、自然的动画，而不需要重新录制新的动作。



动作状态机简介

- 这里使用Unreal engine4实现的一个简单的站立、跑、跳，这三种主要运动状态的状态机中的子状态机：



运动匹配 (Motion Matching)

- **状态机局限**：状态机的原理简单而且明确，但是**制作起来费事费力**，并且难于解决不同**动作切换的融合问题**，容易融合出**怪异的动作**，例如滑步，脚步穿插等问题。
- **运动匹配 (Motion Matching)** 首先由Büttner和Clavet在2015年提出，该算法基于运动捕捉获得的动作数据库，用**程序自动搜索最合适的下一帧**，由此**生成完整的动画**。
- 相比于以往主流采用的状态机动画，具有动画真实度更高、更节约人力和时间成本、能实现更高产能等特点。
- 该算法在2016年在GDC2016由育碧正式提出，同年被应用于开发育碧的多人动作游戏**荣耀战魂**。之后又被应用于**最后生还者**，**黑神话悟空**等众多3A游戏中。
- 2024年3月，UE5.4版本正式推出Motion Matching功能并于6月发布示例工程和相关动画数据。可以预见未来Motion Matching会被更加广泛地应用在游戏动作系统的开发中。

运动匹配 (Motion Matching)

- **运动匹配**的思路可以总结为一句话：**在动画数据库中检索出下一帧应该播放的那个姿势。**
- 顺着这个思路要回答两个问题：
 1. 下一帧应该播放哪个姿势 (Pose)
 2. 如何从数据库中得到这一帧Pose

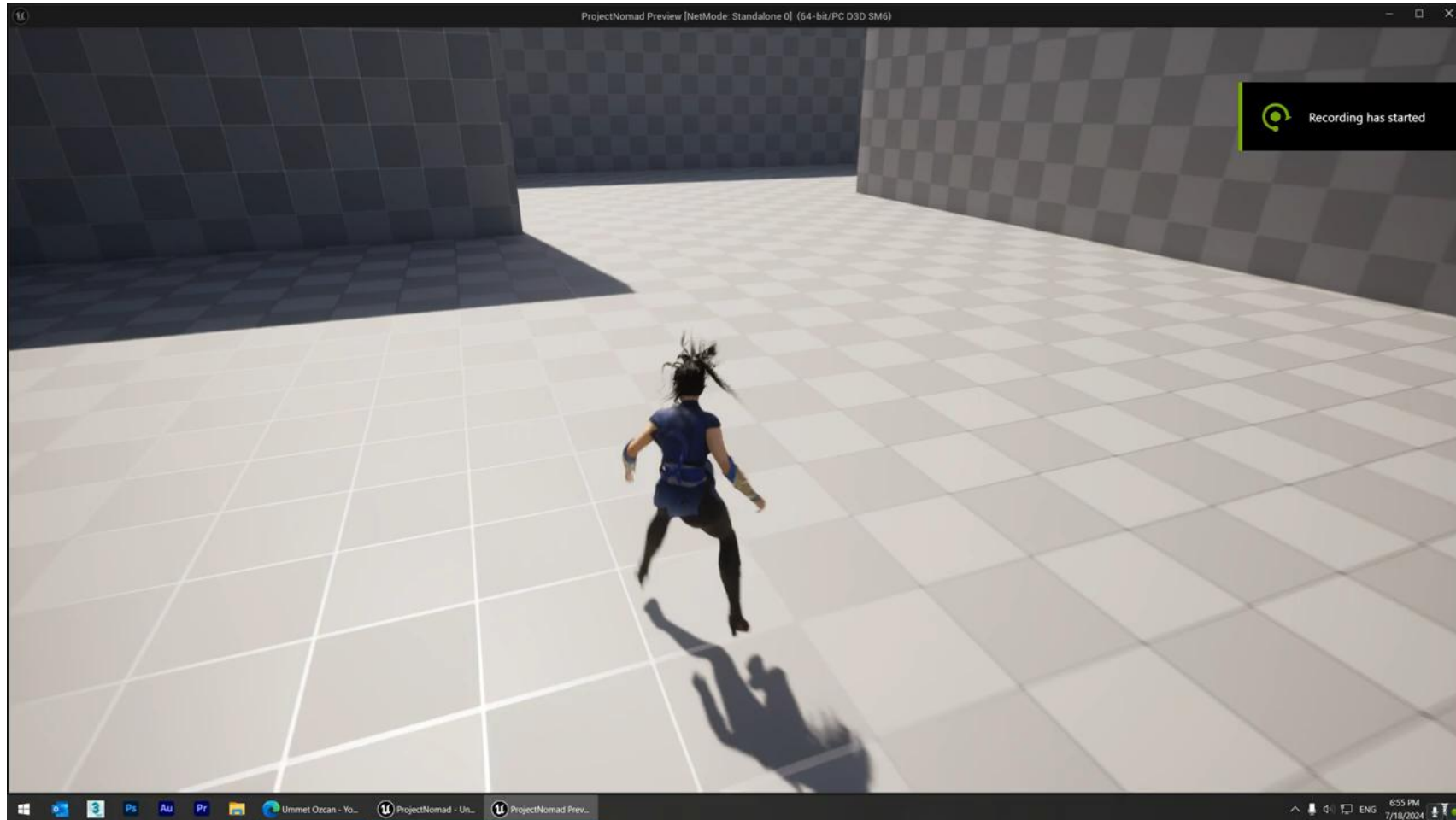
首先，下一帧该播放的pose显然是和当前帧强相关的，不能与当前帧差距过大，因为动画的本质就是pose的连续播放，下一帧的pose如果与当前帧pose差距过大，就会破坏动画的连续性。其次，游戏中的角色动画都是可交互的（指玩家可以控制角色播放什么样的动画），那么下一帧pose也与玩家的输入有关。总结起来就是**当前姿势和玩家输入**。

运动匹配 (Motion Matching)

Motion Matching的关键点是要确定下一帧要播放哪个姿势，然后再设法在数据库中得到这个姿势，**抽象来说就是一个特征匹配的过程**。具体到实现上，就需要提供方法分别在数据库中和runtime时提取姿势的特征。

- 因此Motion Matching的流程如下：
 - ✓ **确定特征**：判断哪些因素会决定下一帧姿势
 - ✓ **提取特征**：在Offline阶段为数据库中的每个姿势提取这些特征
 - ✓ **计算特征**：在Runtime阶段计算下一帧期望播放的姿势的特征
 - ✓ **特征匹配**：搜索数据库，进行特征匹配得到姿势
 - ✓ **姿势过渡**：从当前姿势过渡到匹配结果

UE 5 Motion Matching Combo Attacks



应用实例



《加勒比海盜3》

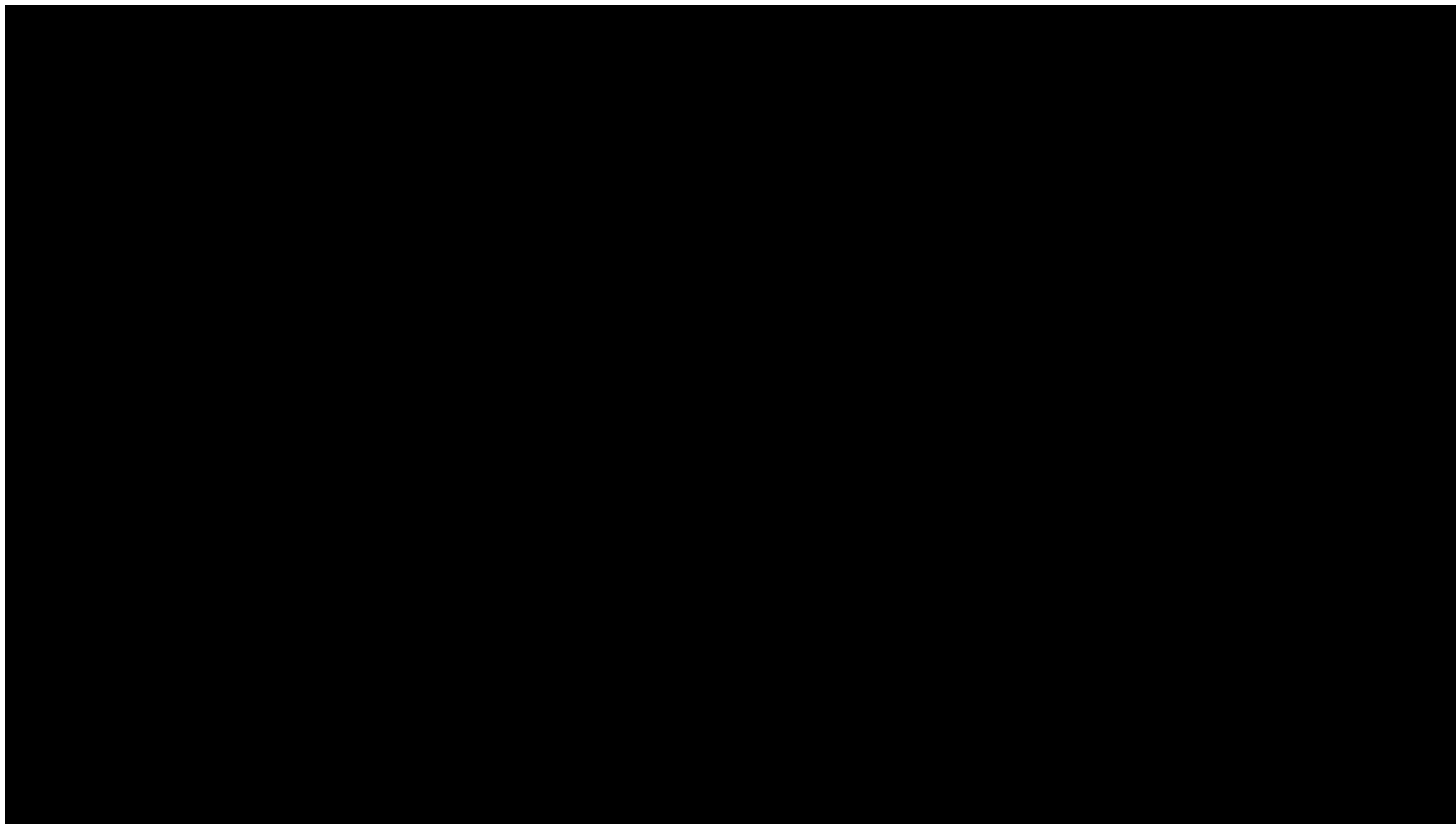


《指环王》系列电影中的古鲁姆的运动

应用实例



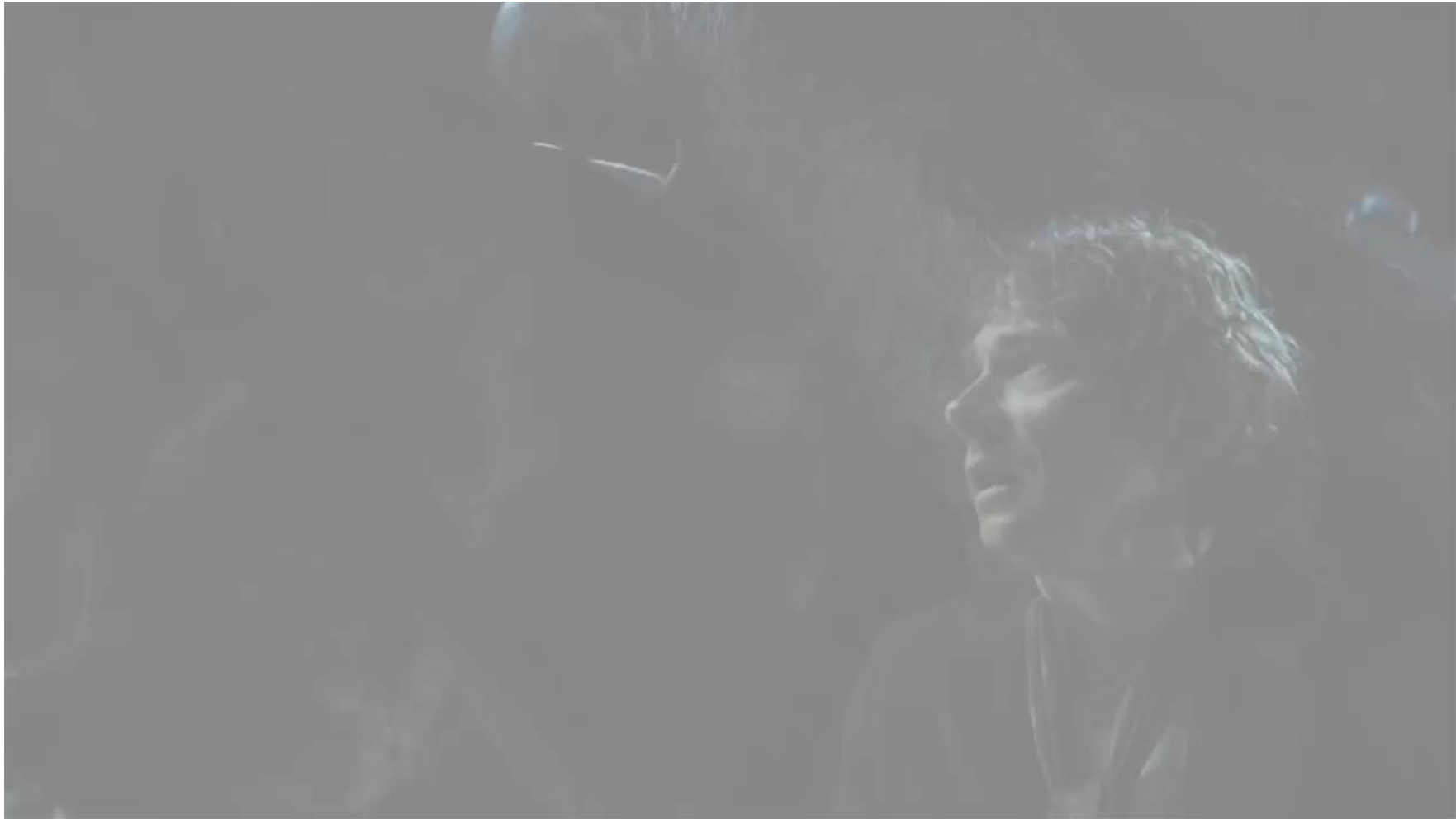
表演者



02:36:00

树怪

Creating Gollum



计算机木偶(Computer Puppetry)



Hyun Joon Shin, Jehee Lee, Sung Yong Shin, and Michael Gleicher. 2001. Computer puppetry: An importance-based approach. *ACM Trans. Graph.* 20, 2 (April 2001), 67-94.

计算机木偶

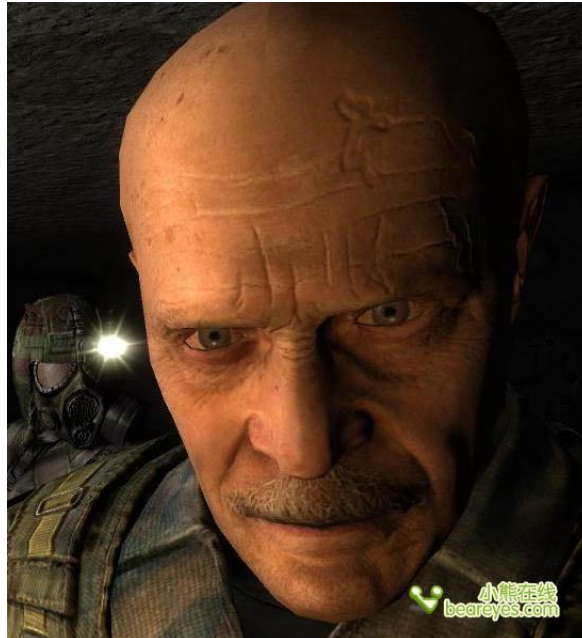


人脸表情动画

- 人脸动画的应用领域



影视特效



游戏



娱乐 (Iphone X自制表情包)

人脸表情动画

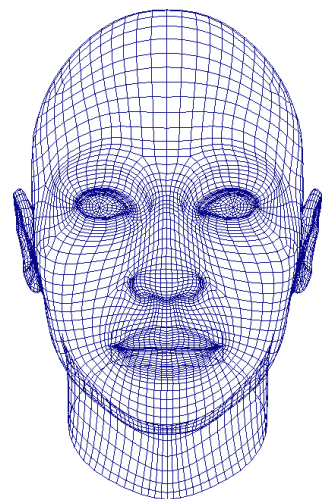
- 如何逼真地合成人脸动画？



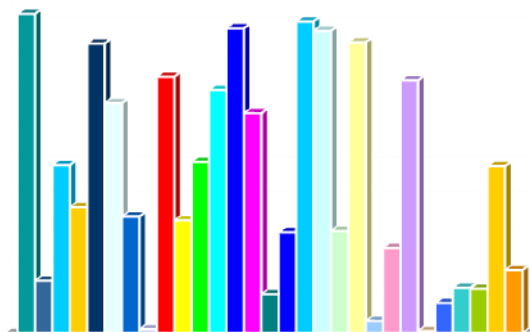
人脸表情动画

- 逼真人脸表情合成

- 人脸参数化(Rigging): $E=E(w)$ 。构造一个具有较低维度的并且具有直观视觉意义的参数空间，并给定参数空间到表情空间的映射关系。



$N_{\text{points}} \times 3$ 维
人脸表情空间(E)

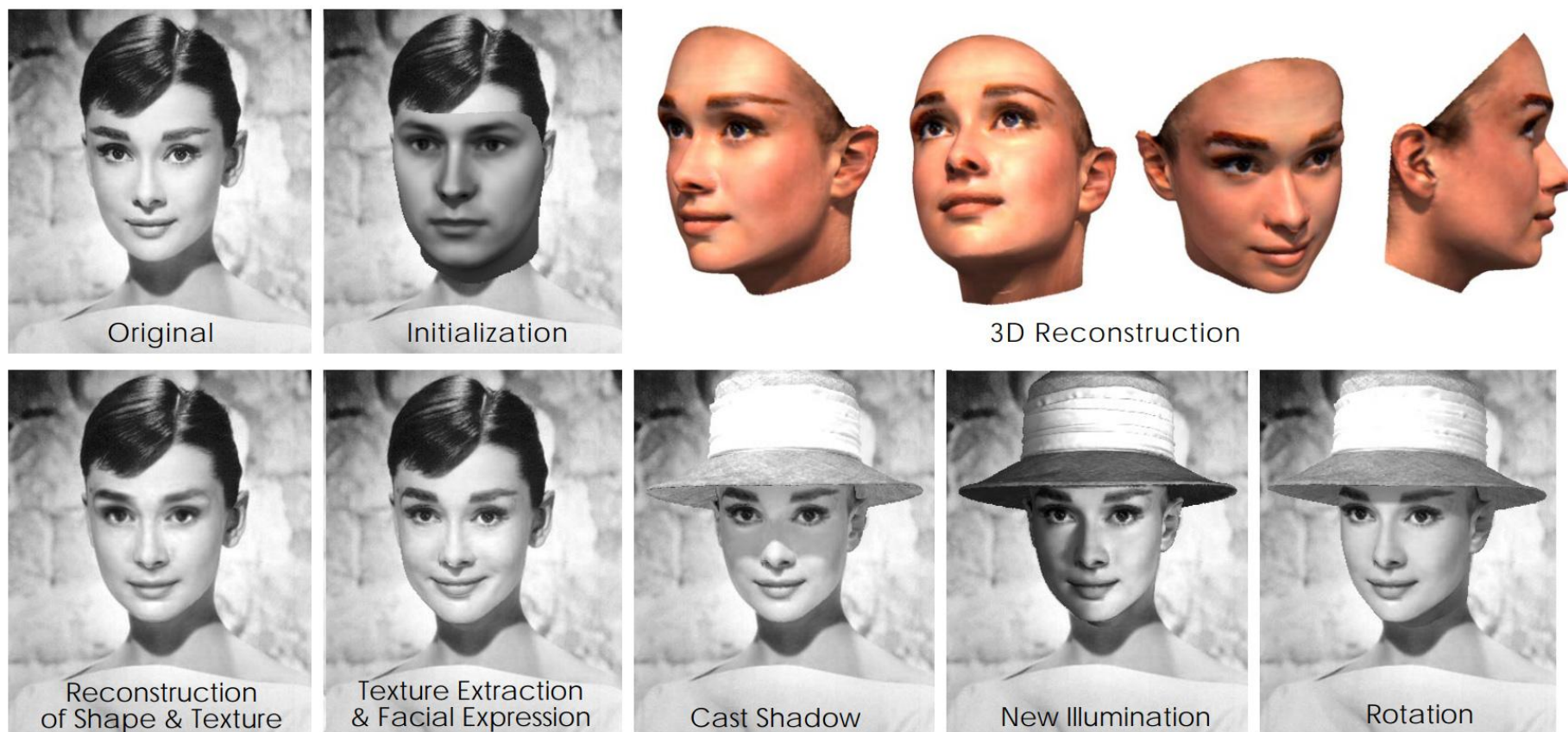


$N_w \times 3$ 维
人脸表情空间(w)

$$N_{\text{points}} \gg N_w$$

- 调整人脸表情参数，合成逼真人脸动画

3D可变形人脸模型(MORPHABLE 3D FACES)



Seminal (影响深远的) Graphics Papers: Volker Blanz, Thomas Vetter: A Morphable Model for the Synthesis of 3D Faces. SIGGRAPH 1999: 187-194 (Google Citation: [7186](#))

3D Face Dataset

- Laser scans of 100 male and 100 female adults
- ~70K vertices
- RGB texture, 8 bit per channel
- Normalized orientation and position in space
- Pre-computed correspondences between all models (using a variant of optic flow)



Morphable 3D face model

- All models represented as (vertex number is fixed)
 - vector of spatial coordinates

$$\mathbf{S} = (X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2, \dots, X_n, Y_n, Z_n)^T \in R^{3n}$$

- vectors of textures

$$\mathbf{T} = (R_1, G_1, B_1, R_2, G_2, B_2, \dots, R_n, G_n, B_n)^T \in R^{3n}$$

- A new model can be generated as

$$\mathbf{S}_{\text{mod}} = \sum_{i=1}^m a_i \mathbf{S}_i, \quad \mathbf{T}_{\text{mod}} = \sum_{i=1}^m b_i \mathbf{T}_i, \quad \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{i=1}^m b_i = 1$$

- Can work, but we'll use another parameterization

PCA for model parameterization

- Compute average shape $\bar{\mathbf{S}}$ and texture $\bar{\mathbf{T}}$, and differences

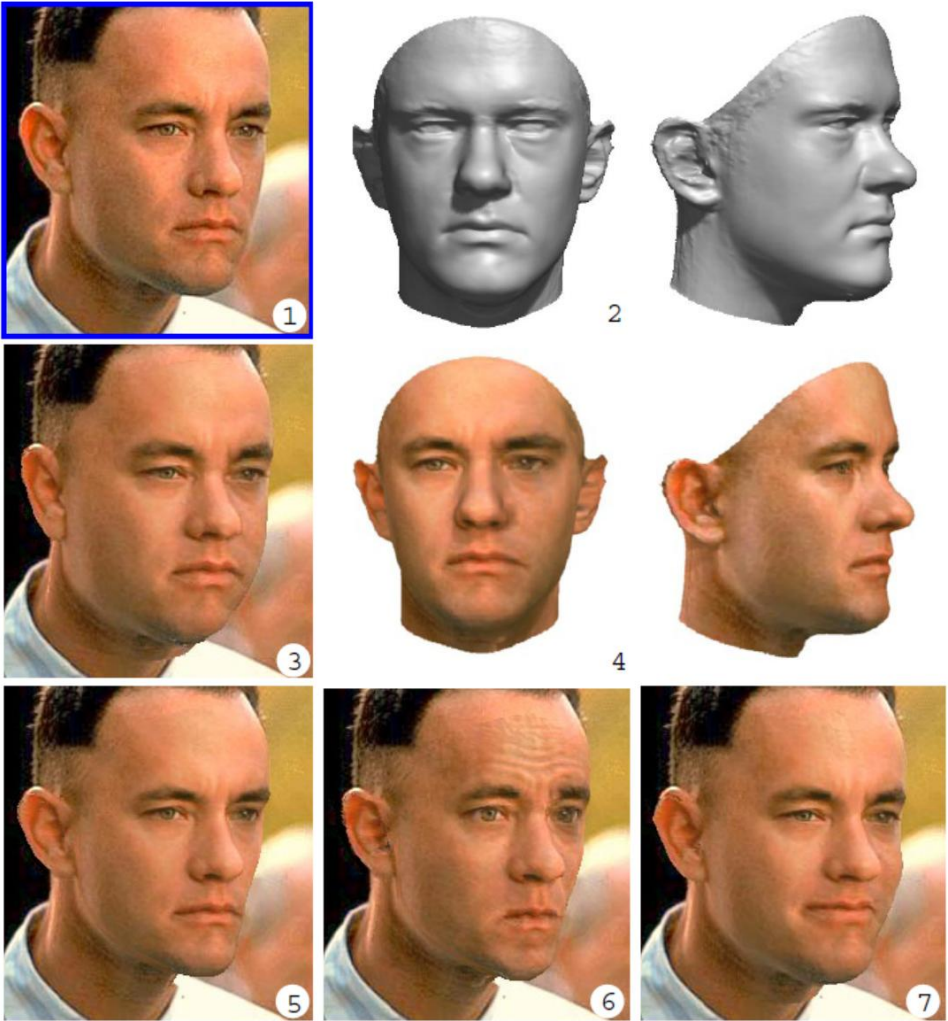
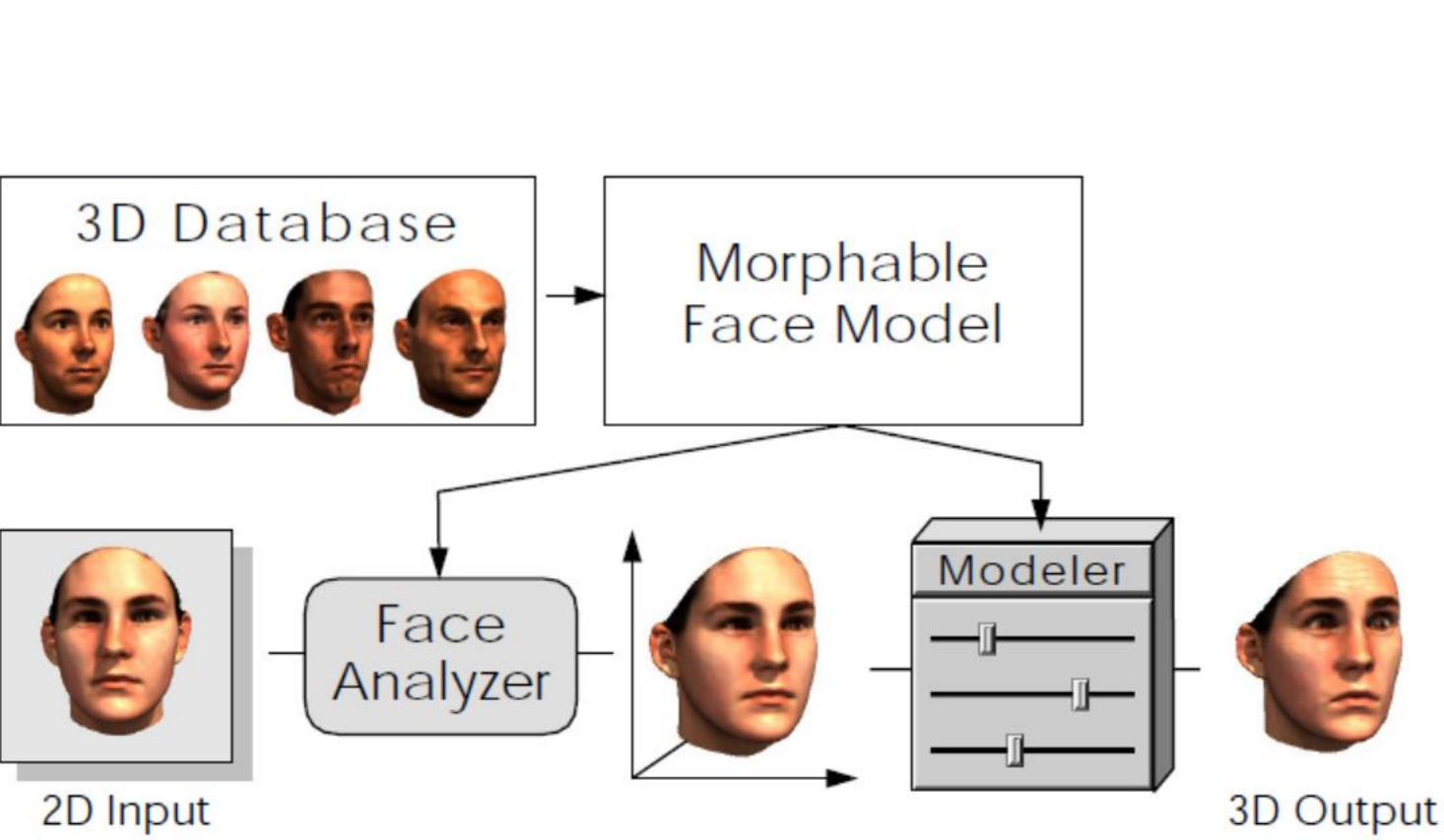
$$\Delta\mathbf{S}_i = \mathbf{S}_i - \bar{\mathbf{S}}, \quad \Delta\mathbf{T}_i = \mathbf{T}_i - \bar{\mathbf{T}}$$

- Compute PCA over the differences (目的是使得基向量对 3D 人脸的影响相互独立, 避免造成难以分析的**人脸耦合问题**)
- **New model representation:**

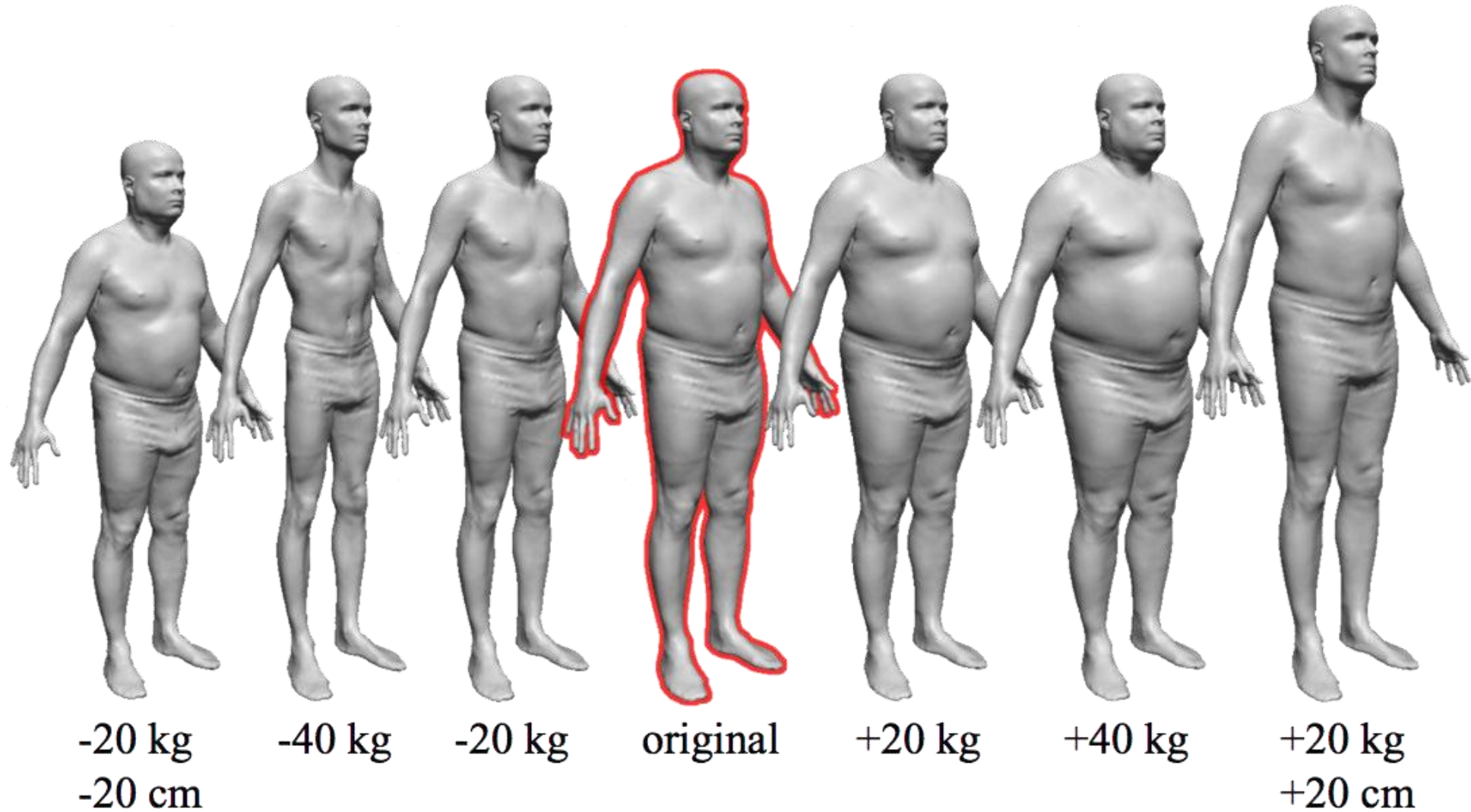
$$\mathbf{S}_{\text{model}} = \bar{\mathbf{S}} + \sum_{i=1}^{m-1} a_i \mathbf{s}_i, \quad \mathbf{T}_{\text{model}} = \bar{\mathbf{T}} + \sum_{i=1}^{m-1} b_i \mathbf{t}_i$$

where $\mathbf{s}_i, \mathbf{t}_i$ are eigenvectors of covariance matrices (in descending order according to their eigenvalues)

Matching a morphable model to a single image

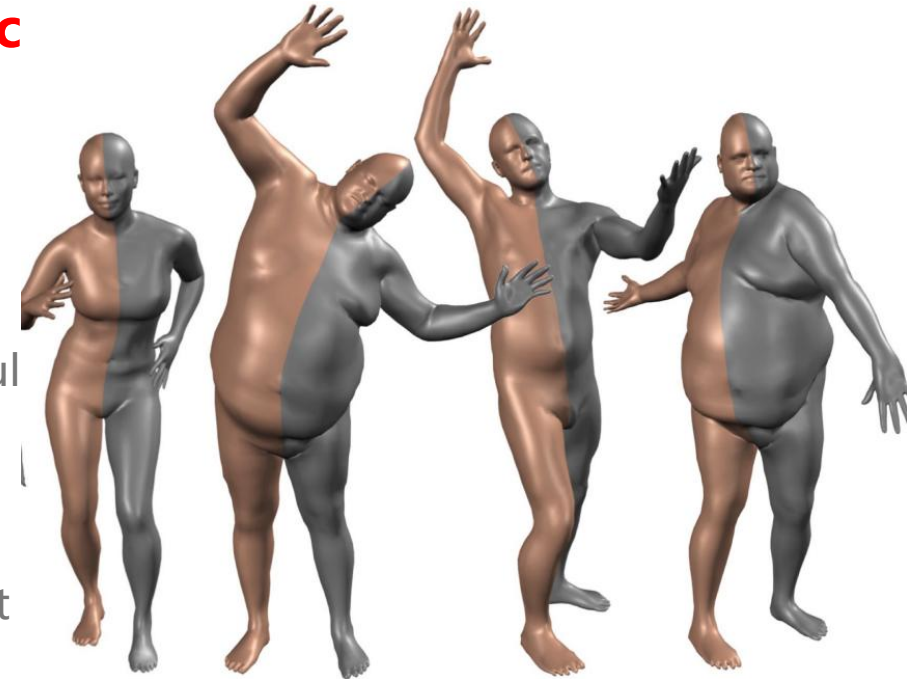


Morphable 3D human model



SMPL: A skinned multi-person linear body model

SMPL is like a PDF format for 3D bodies. It is a realistic 3D model of the human body that is based on blend skinning and blend shapes that is learned from thousands of 3D body scans.



It is fully portable, works with many existing game engines and is useful for computer vision. This site provides resources to learn about SMPL, including example FBX files with animated SMPL models, and code for using SMPL in Python, Maya and Unity. The Python code shows how to use SMPL in computer vision problems. Maya and Unity scripts help set up the model for animation in these 3D environments. We provide regular updates with new features such as dynamic blend shapes, animated mocap sequences, and model improvements.

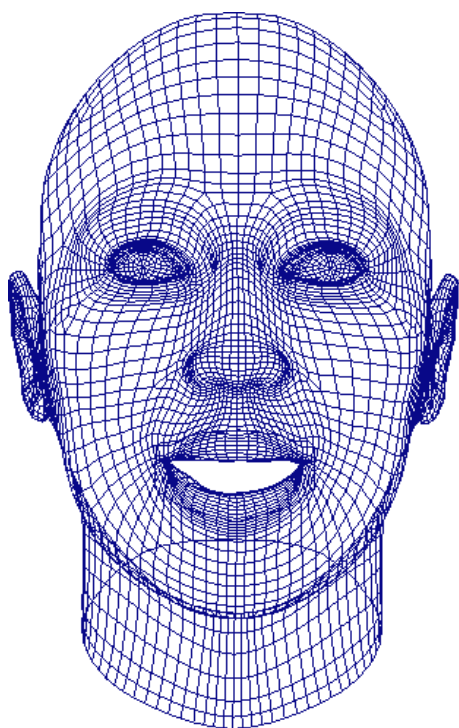
Seminal (影响深远的) Graphics Papers: Matthew Loper, Naureen Mahmood, Javier Romero, Gerard Pons-Moll, Michael J. Black, SMPL: a skinned multi-person linear model. ACM Trans. Graph. 34(6): 248:1-248:16 (2015) (Google citations: **6498**) <https://ps.is.mpg.de/code/smpl>

人脸表情动画

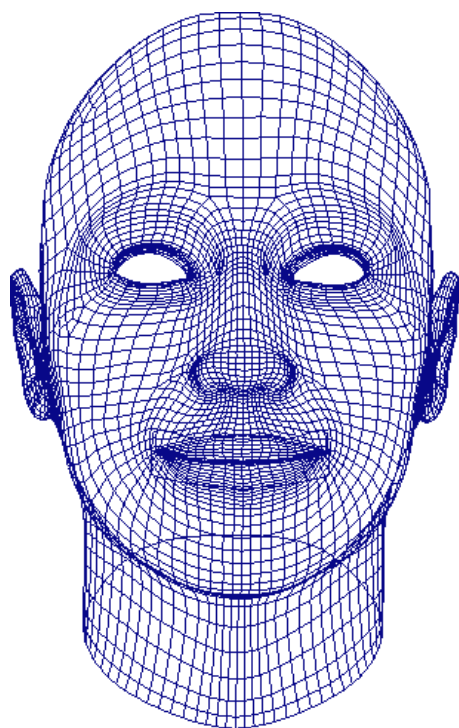
- 逼真人脸表情合成

- 人脸参数化(Rigging):

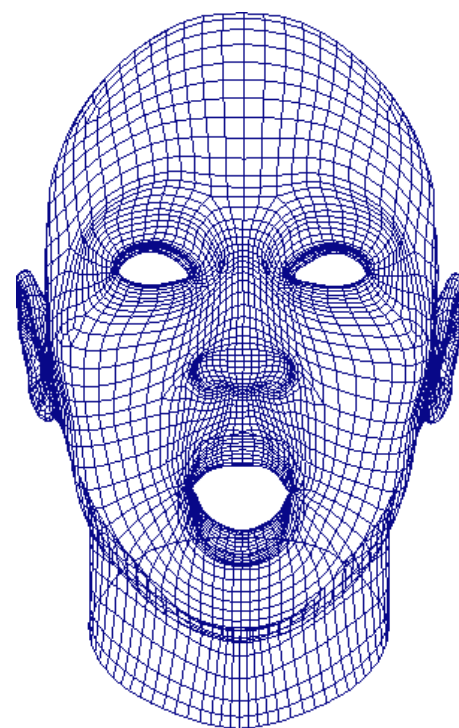
- 基于Blendshape的人脸表情参数化 (直观)



= 0.6



+ 0.4

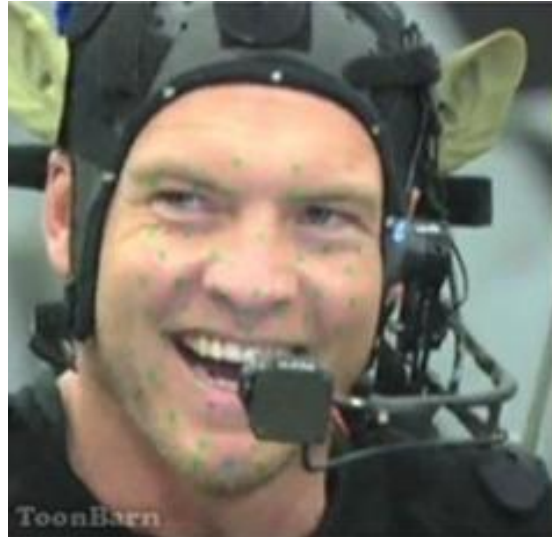
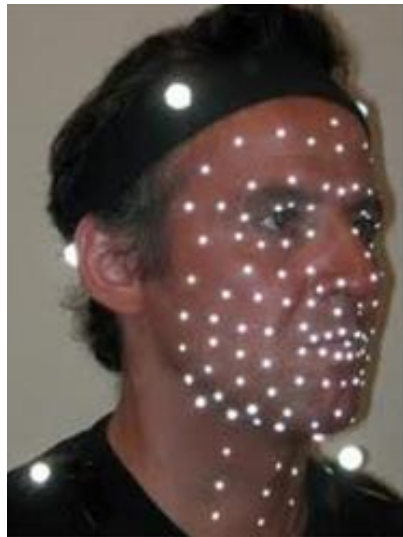


人脸表情动画

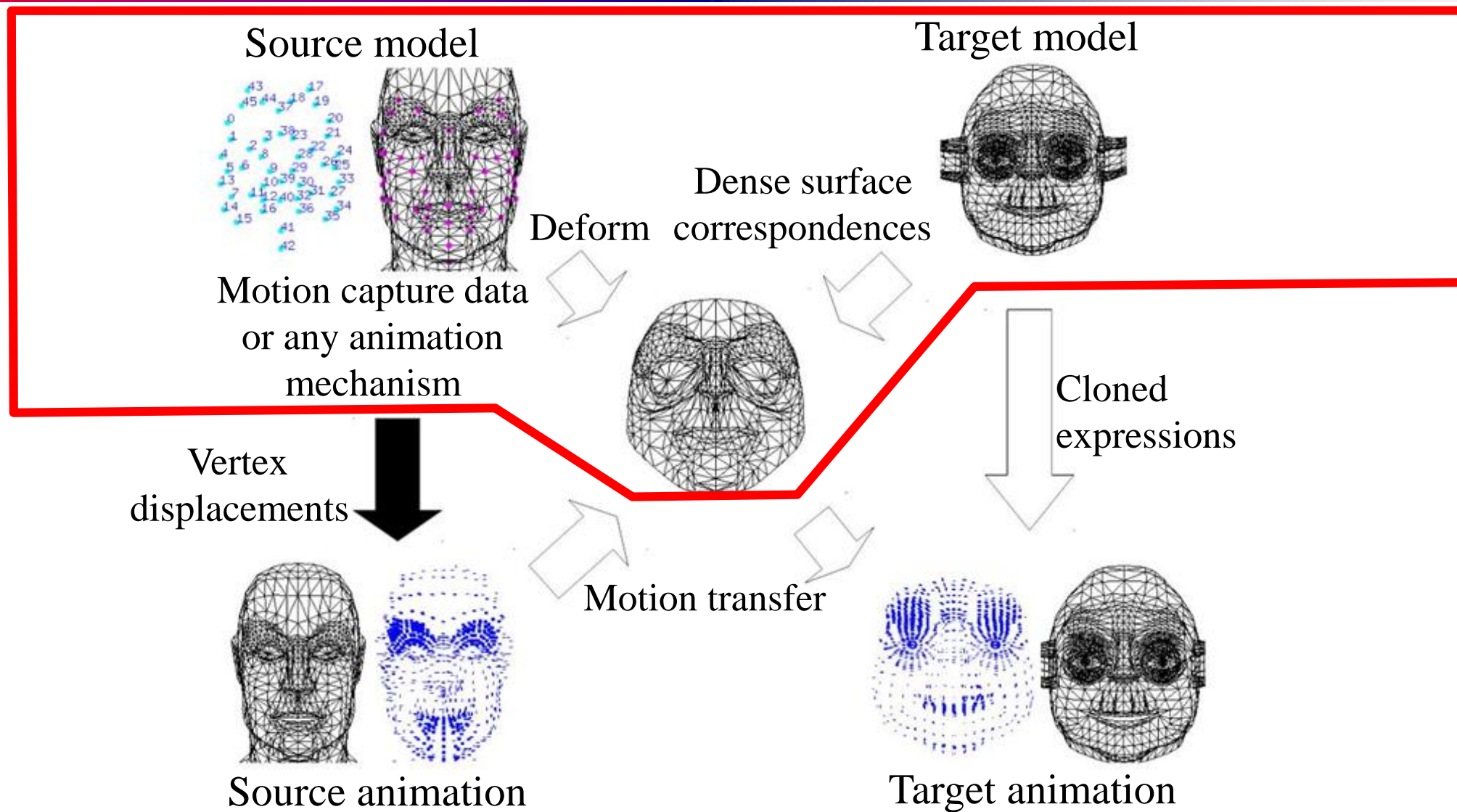
- 人脸表情参数化面临的挑战
 - “对于世界顶级动画工作室Weta而言，人脸表情的参数化是最具有挑战性的工作，需要反复的繁琐的手工操作” ——James Cameron, [Cinefex]
 - “在影片《阿凡达》的制作过程中，Weta额外花费了一年的时间对原来设计的人脸表情参数化方法进行了反复的修正，以达到影片要求的效果” ——Joe Letteri, [Cinefex]

人脸表情的运动捕获

- We can capture the facial movements by using **optical trackers**, or simply tracking the **features of the face**
- But the geometry of the **virtual actor** is **different** from the **actor** – how to control the virtual actor
- **Expression Cloning (表情克隆)**



人脸表情克隆框架



人脸表情克隆

**A FEATURE-BASED APPROACH TO
FACIAL EXPRESSION CLONING**

Noh, Jun-yong, and Ulrich Neumann. "Expression cloning." In Siggprah 2001, pp. 277-288. 2001.

Face2Face

Real-time Face Capture and Reenactment of RGB Videos

Face2Face: Real-time Face Capture and Reenactment of RGB Videos

*Justus Thies¹, Michael Zollhöfer²,
Marc Stamminger¹, Christian Theobalt²,
Matthias Nießner³*

¹University of Erlangen-Nuremberg

²Max-Planck-Institute for Informatics

³Stanford University

CVPR 2016 (Oral)

Thies, Justus, Michael Zollhofer, Marc Stamminger, Christian Theobalt, and Matthias Nießner. "Face2face: Real-time face capture and reenactment of rgb videos." In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, pp. 2387-2395. 2016.

Fake Obama created using AI video tool - BBC News



The Digital Emily Project:

——真实感人脸建模和动画

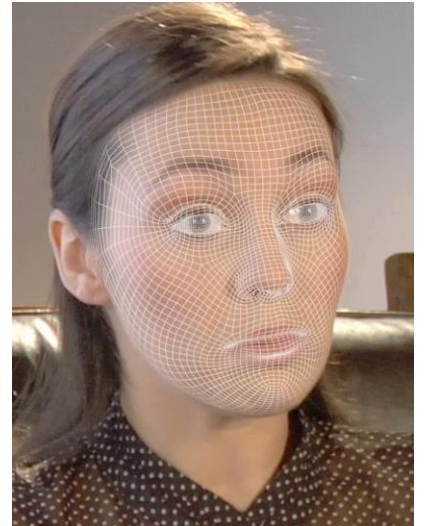
- Paul Debevec, University of Southern California

<http://ict.debevec.org/~debevec/>

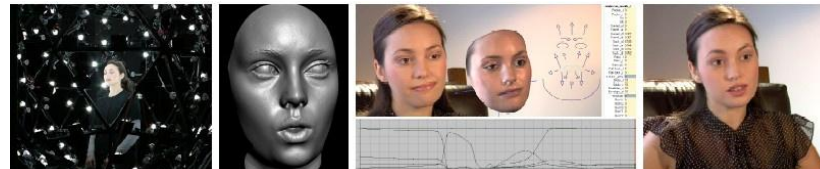


- 照片真实(photo-real?)

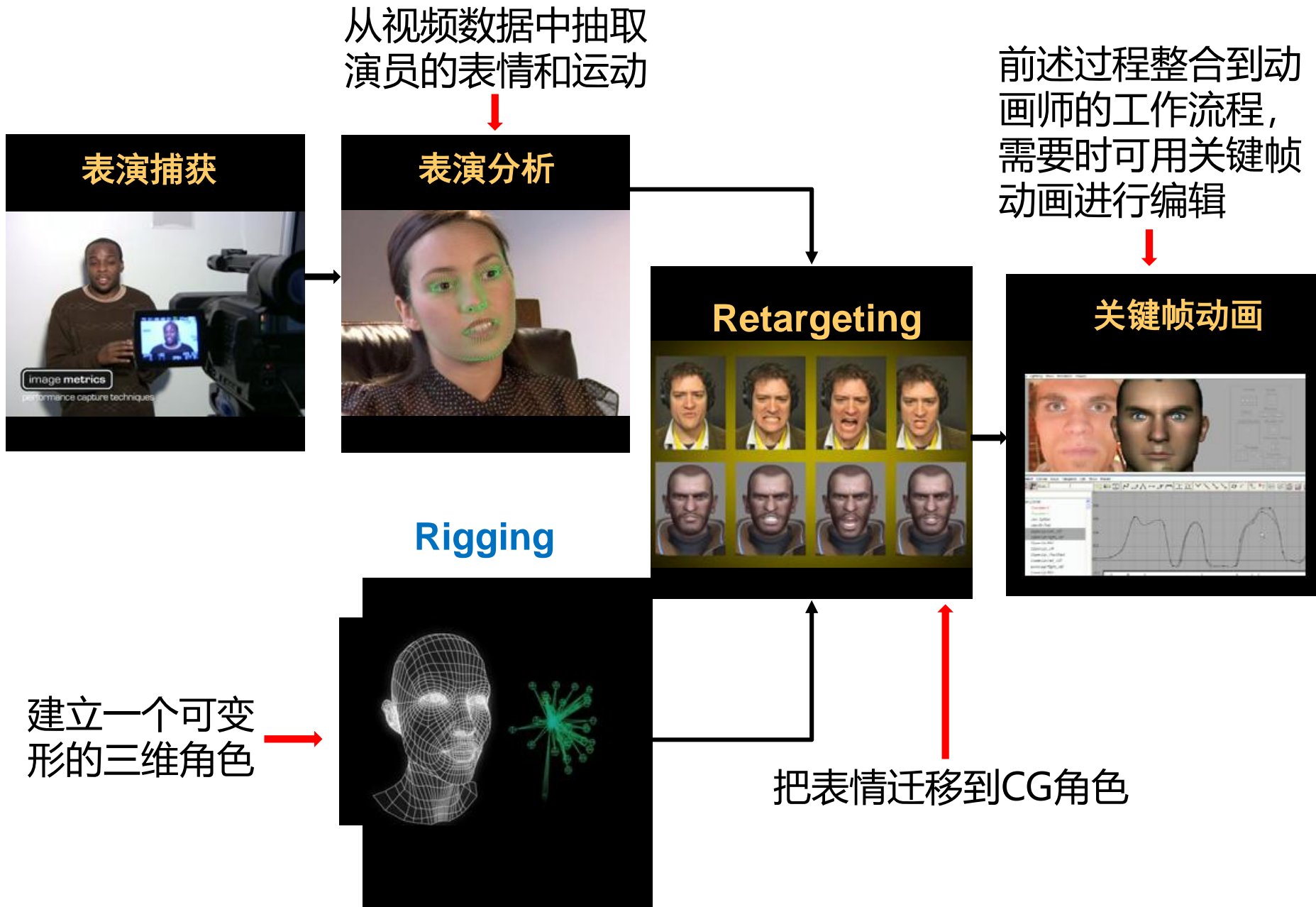
- 人脸在表现情绪上非常重要，不真实的人脸会使得观众分心
- 无缝结合真实和虚拟的角色
- 数字替身(digital doubles): 演员无法直接拍摄
- 操纵人的年龄: 甚至把死去的演员复活



- 真实感人脸动画

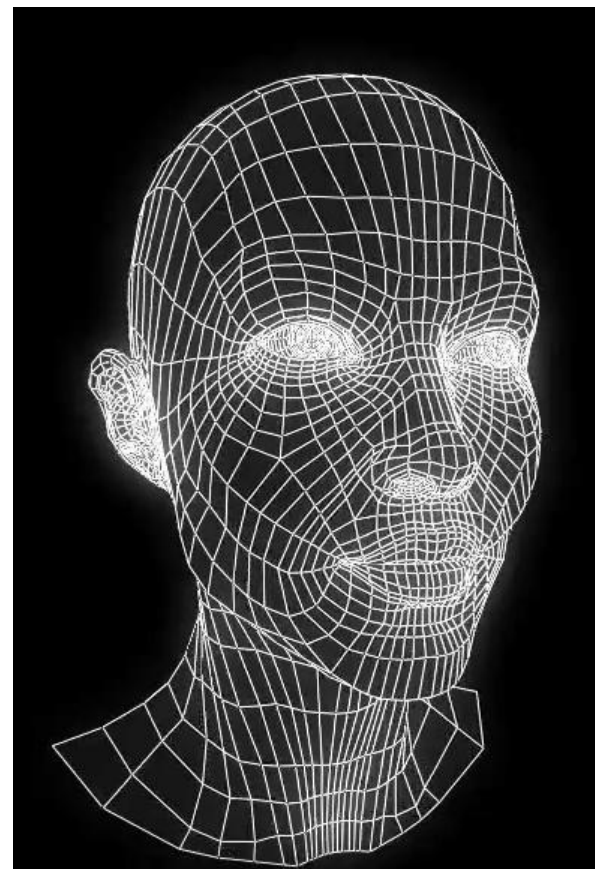


动画流程



Facial Rigging

- 挑战性的问题：
 - 专业级的艺术
 - 绘制后，结果应真假难辨
 - 真实的视觉表现
 - 绘制后，结果应真假难辨
 - 真实的运动
 - 运动必须真实，能涵盖绝大部分人脸表情



三维模型的获取

- 为了生成照片真实的三维模型，需要角色的高精度三维扫描模型
 - ✓ 三维几何
 - ✓ 纹理
 - ✓ 人脸皮肤的反射属性
 - ✓ 各种各样的表情

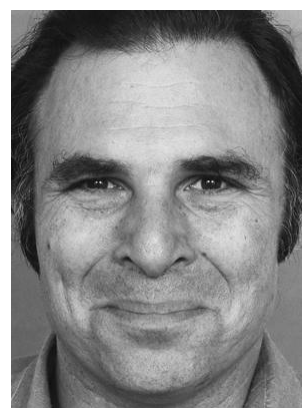
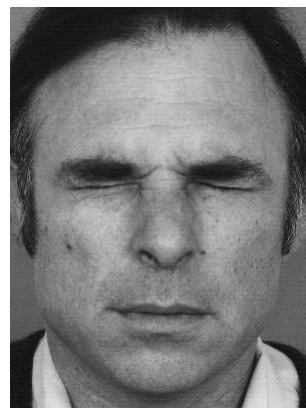
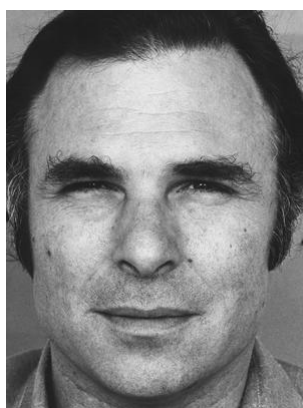
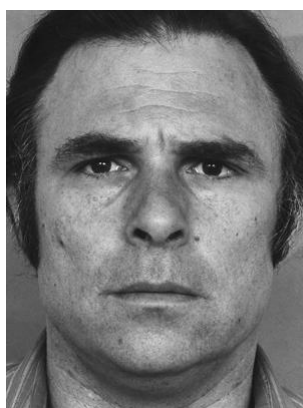
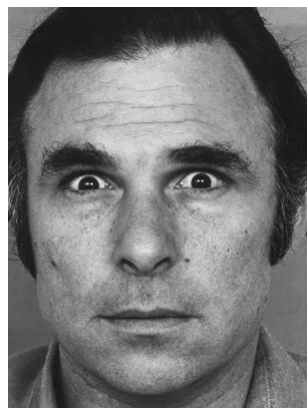
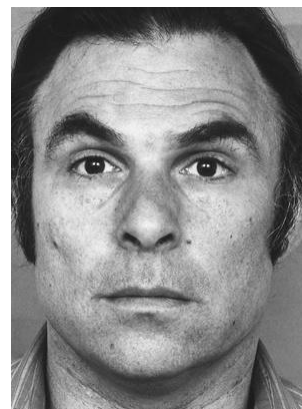
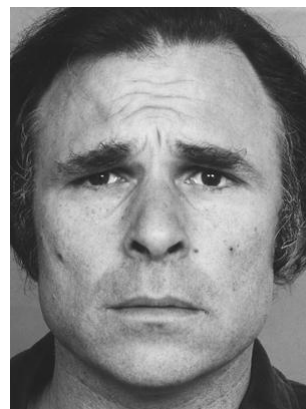
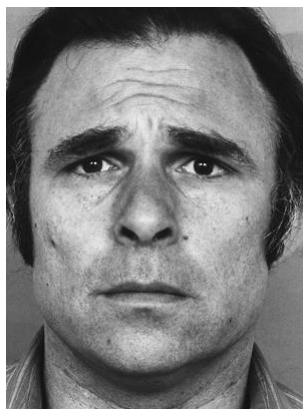
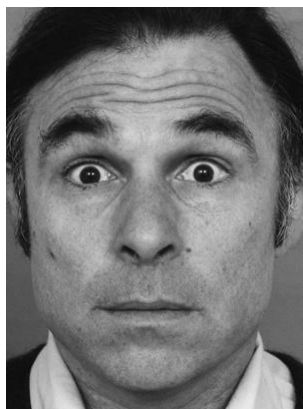
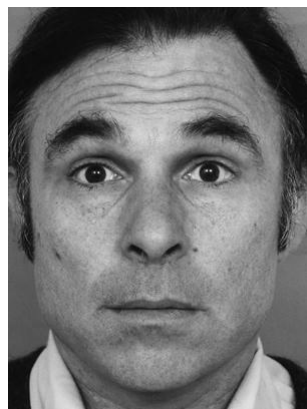
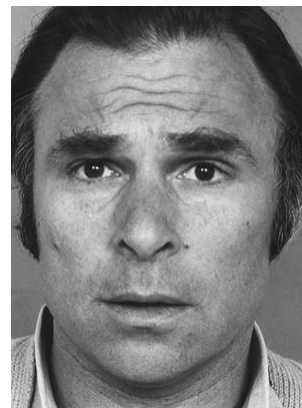
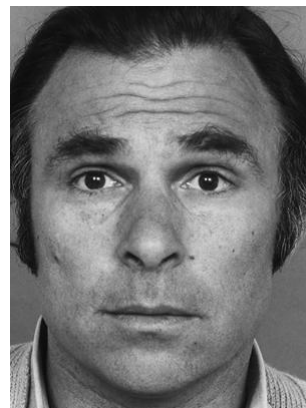
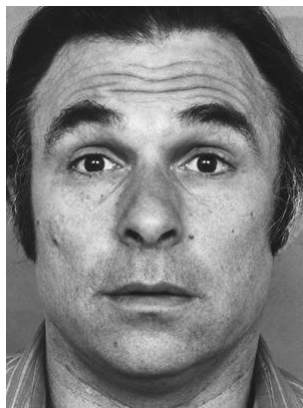
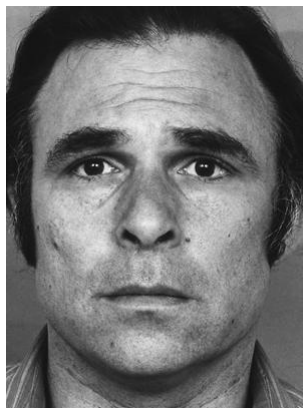
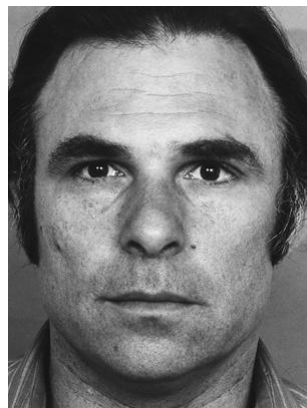


面部动作编码系统FACS

——Facial Action Coding System

- 采用由Paul Ekman提出的面部动作编码系统FACS
- 该系统最初的设计用途是：给心理学家提供一种表达人脸表情的通用语言
- 该系统通过一系列运动单元编码了所有可能的人脸动作，由这些单元可生成所有的人脸运动
- 因为它们很好地对应了人脸下层的肌肉运动，可用这些单元来设计人脸的绑定

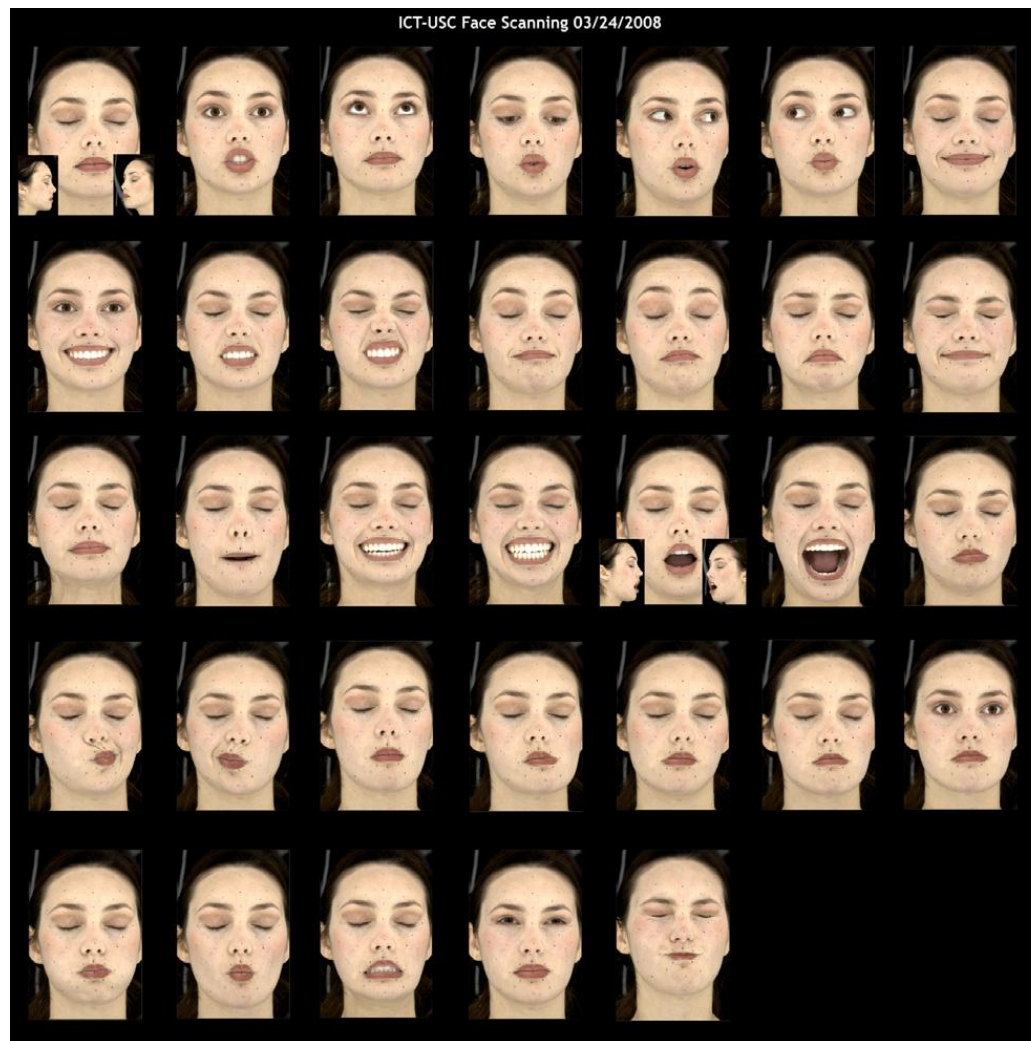
一些典型
的FACS
单元



面部动作编码系统FACS

——Facial Action Coding System

- 为了建立Emily模型，基于FACS系统，我们定义了一系列表情(33个);
- 在捕获过程中，每个表情保持几秒钟;

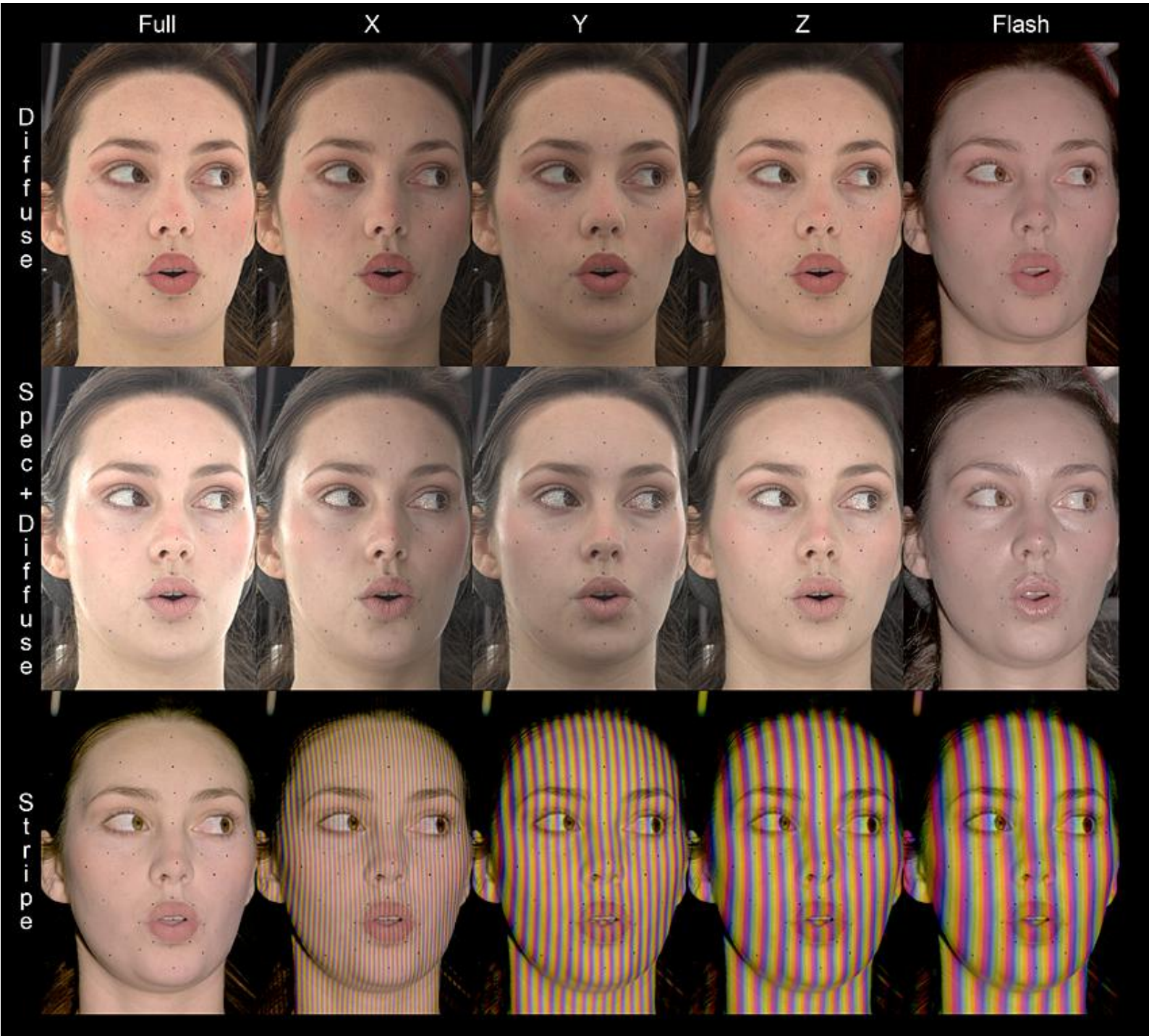


**女演员: Emily
O'Brien
《不安分的青春
(The Young and
the Restless)》
中Jana Hawkes
的扮演者**

**Light Stage 5, USC
ICT**

**156 white LED
light sources**





**黑点用来对齐
(因为人会动!)**

**Capture time:
3 seconds**

每个表情拍摄15张

2K / 4K resolution

Diffuse (low-res) geometry

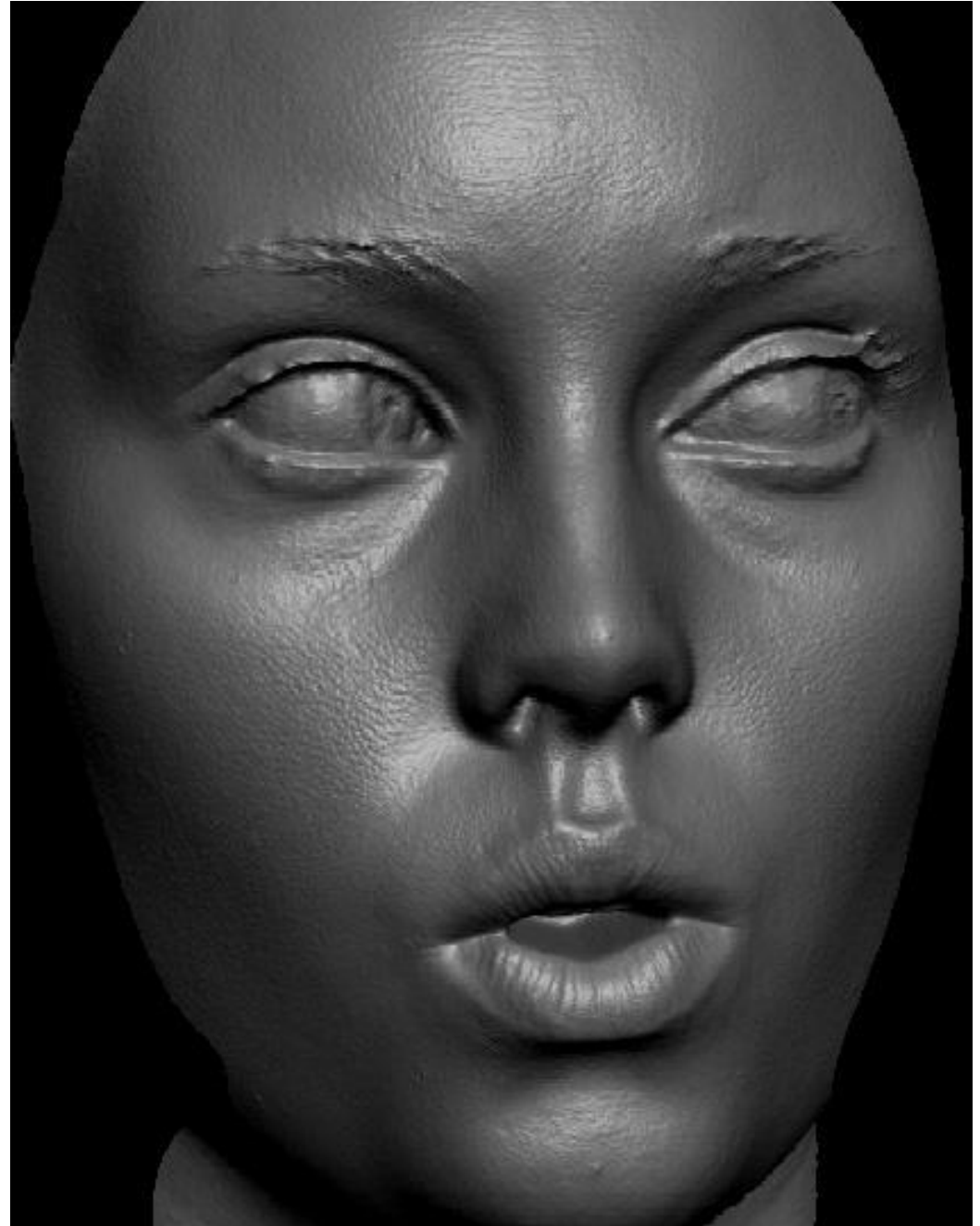
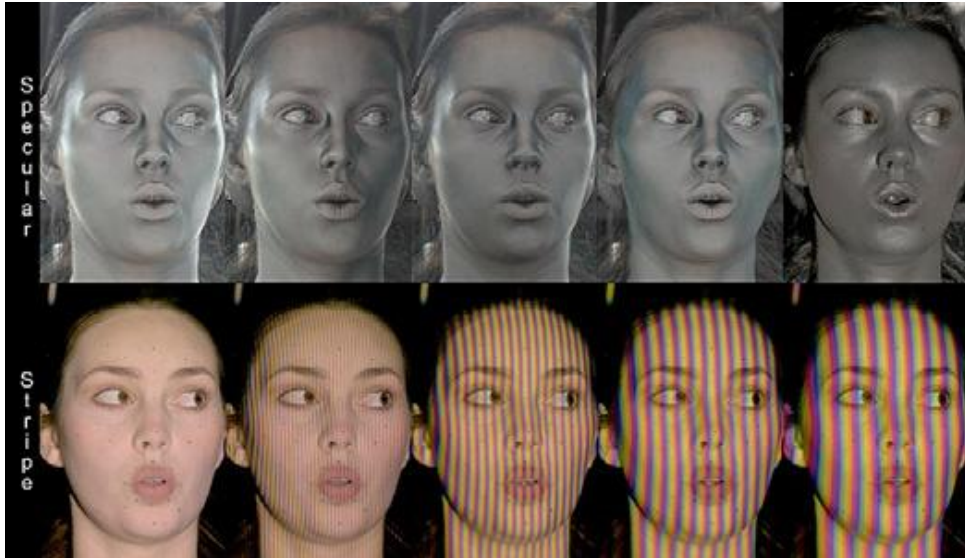


从扫描的这组图像中，可以鲁棒地恢复左右眼视域像素的对应关系，并根据相机标定，可重建Emily的人脸几何模型





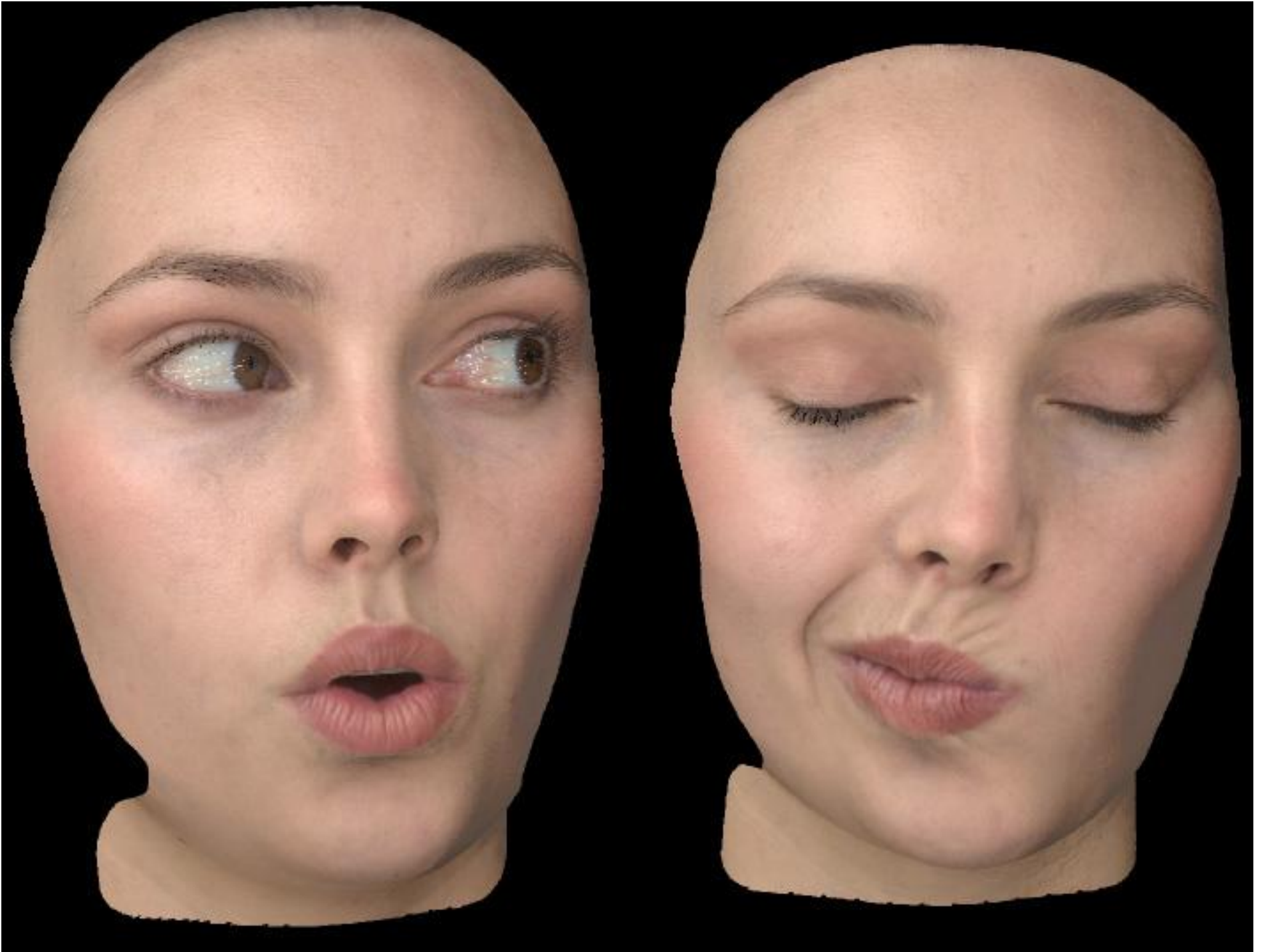
Specular (high-res) geometry



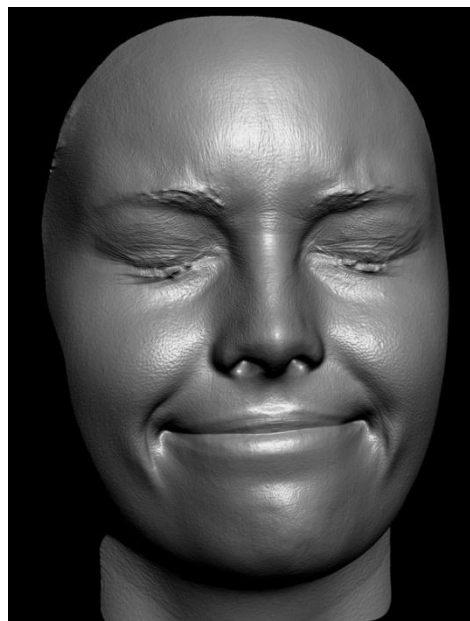
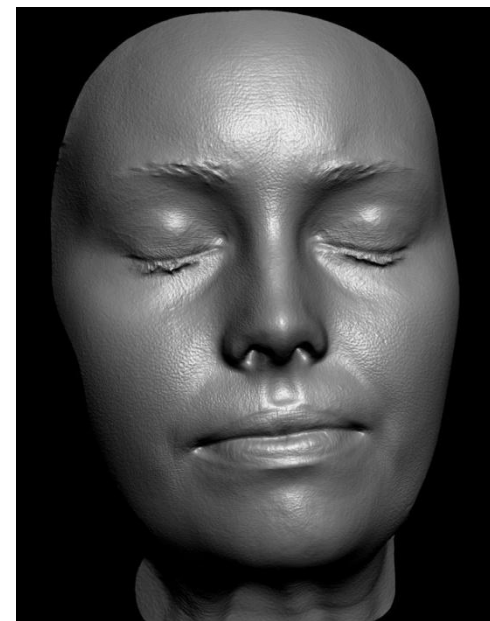
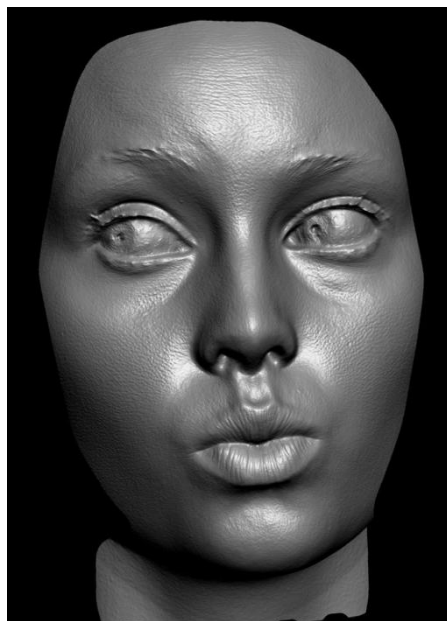
Diffuse texture



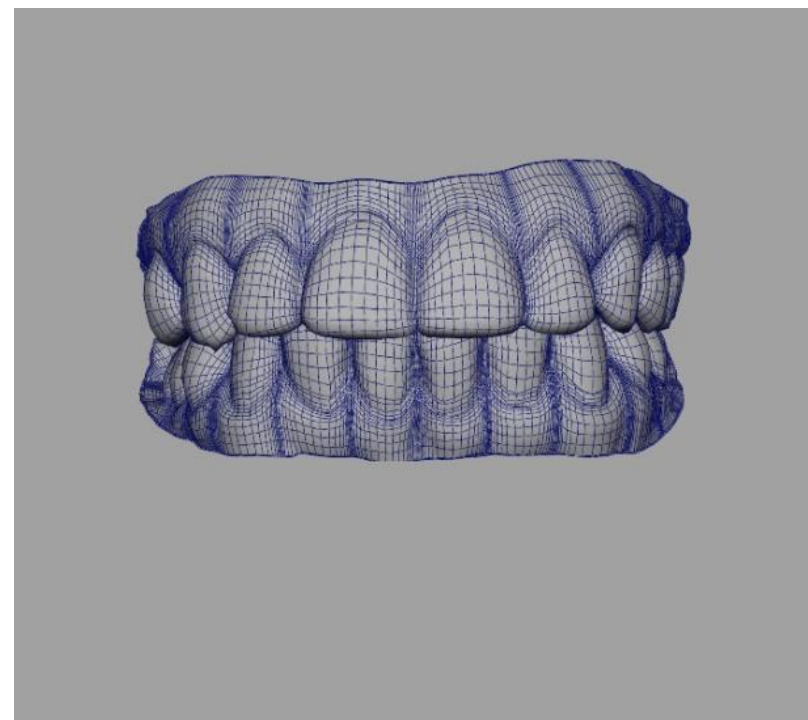
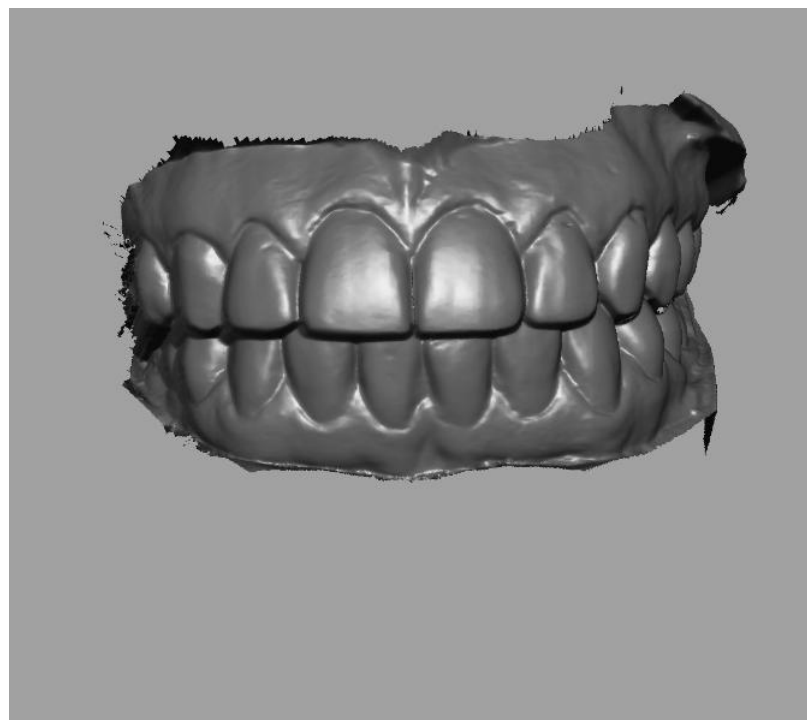
Hybrid normals



Emily的一些 FACS单元



牙齿的处理(Teeth)

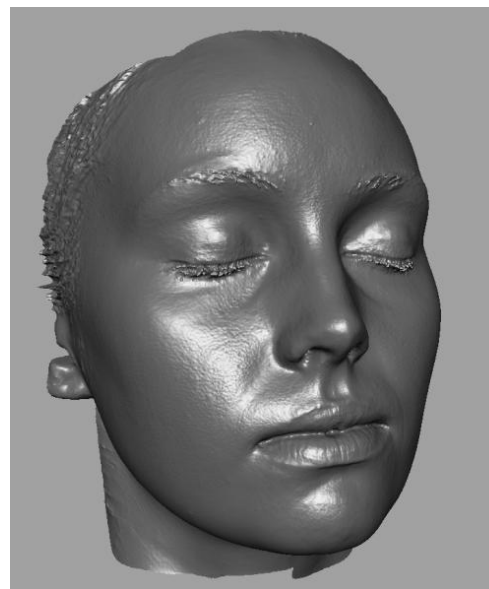


角色构建(Character Construction)

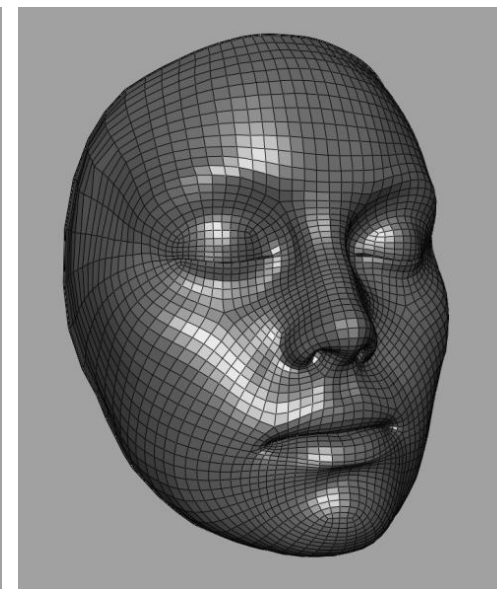
- **目标：**用一系列的三维扫描表情模型构建一个绑定好的人脸
- **挑战性的问题：**
 - 网格模型存在缺陷
 - 不一致的扫描覆盖
 - 缺少对应关系
 - 物理上未对应的区域

角色构建(Character Construction)

- 扫描得到模型的网格拓扑结构为任意的，而且每次扫描结果也是不一样的。
- 我们需要对中性的扫描表情进行重新网格化(Re-mesh)以适合于绑定，重新网格化由一个专业美工来完成。
- 然后需要定义该中性网格模型和每个不同表情的扫描模型之间稠密的对应关系，从而建立Blend Shapes。
- 中性模型的网格分辨率通常比扫描模型的分辨率低很多。其精细细节通过纹理和带动画的位移贴图来恢复。



中性的扫描表情

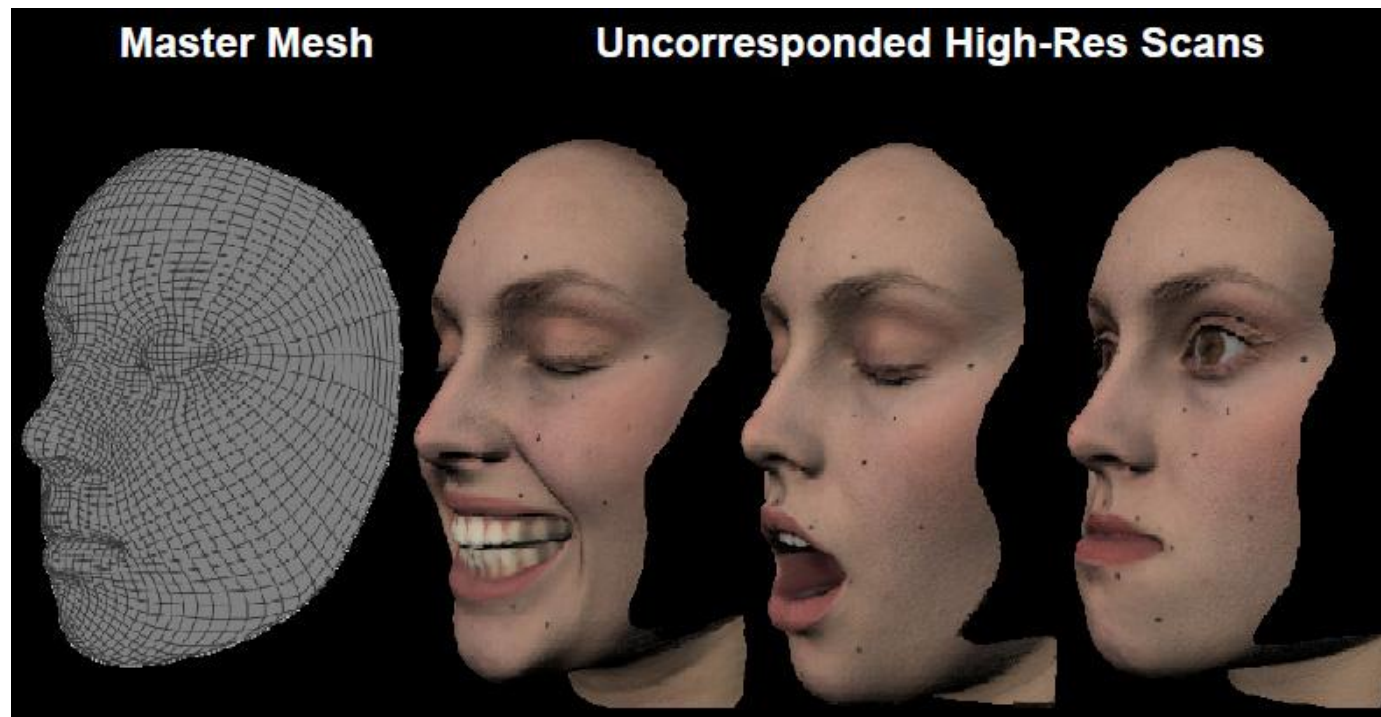


4000 polys done in
zBrush/Maya

Re-mesh后的中性网格模型——主网格

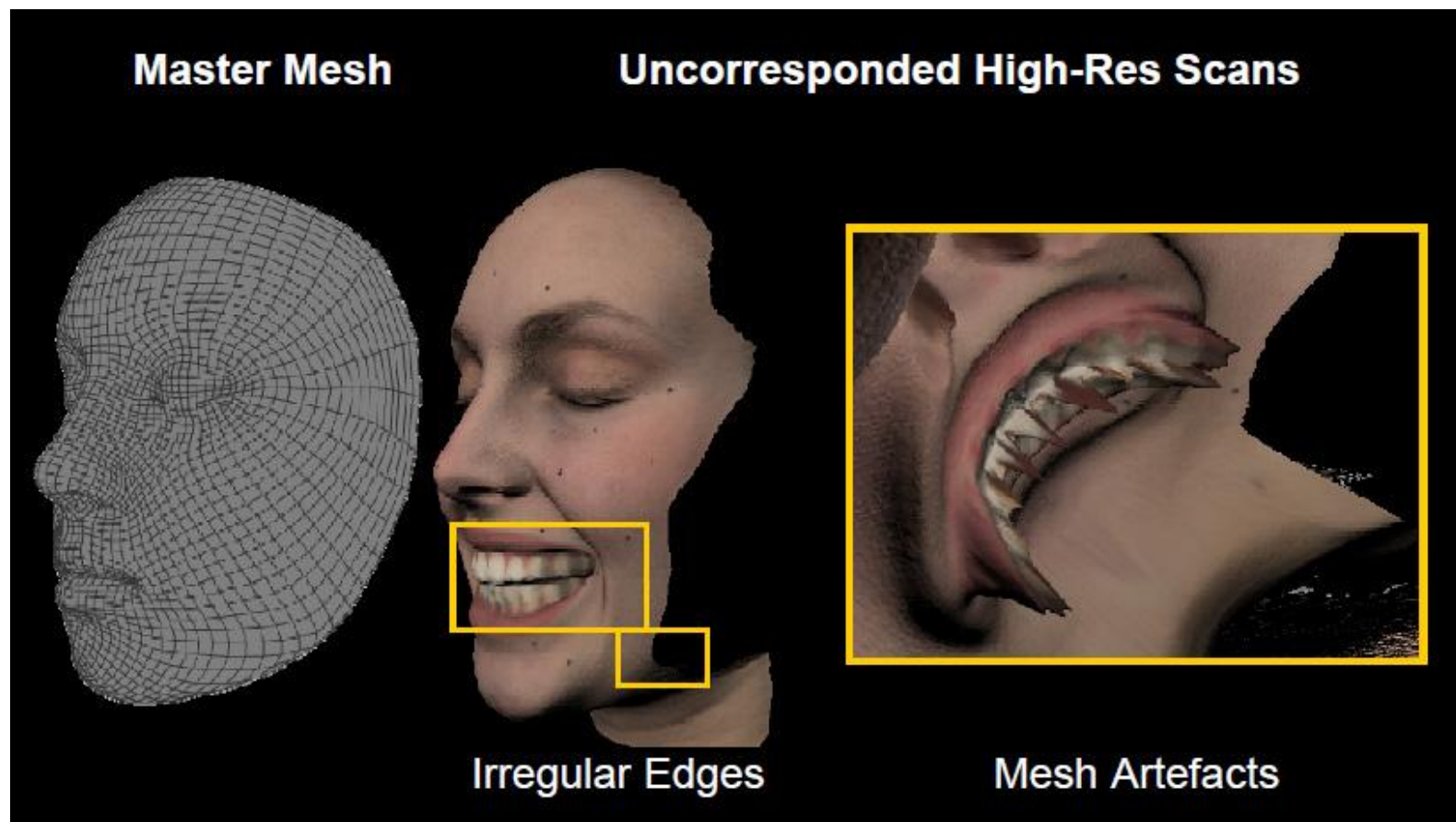
角色构建——Blend Shapes模型的构建

- 如何从扫描得到的原始模型建立Blend Shapes?
 - Master Mesh与扫描模型会有较大的偏差
 - 我们需要把每个扫描模型映射到手工建立的主网格上
 - 最重要的是找到主网格每个顶点和扫描表情某个点的对应关系



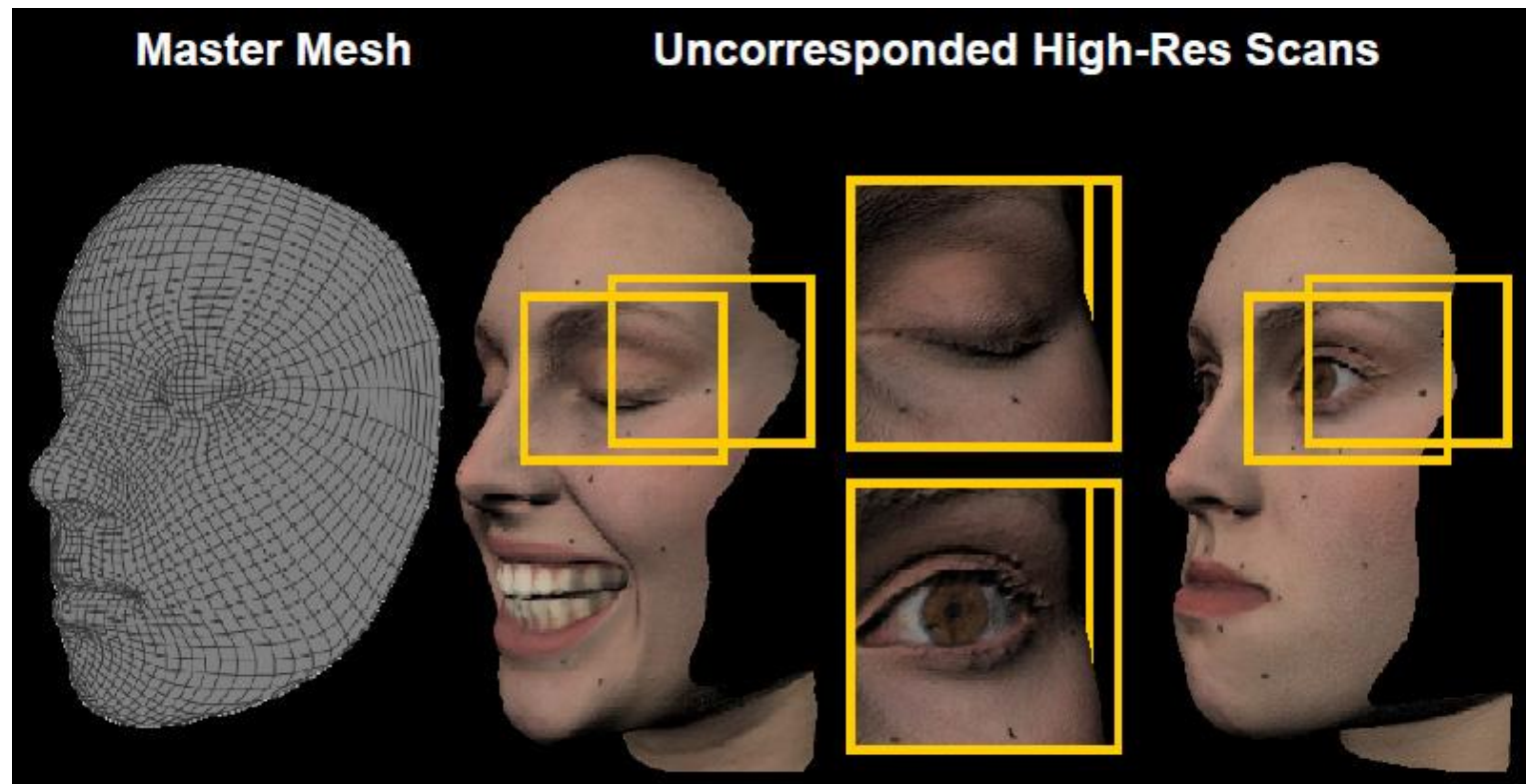
角色构建——Blend Shapes模型的构建

- 必需处理模型的缺陷
 - 模型的边界可能不规则、较差的三角化;
 - 牙齿和眼睛区域的缺陷;
 - 缺陷使得建立模型之间的对应关系相当困难;



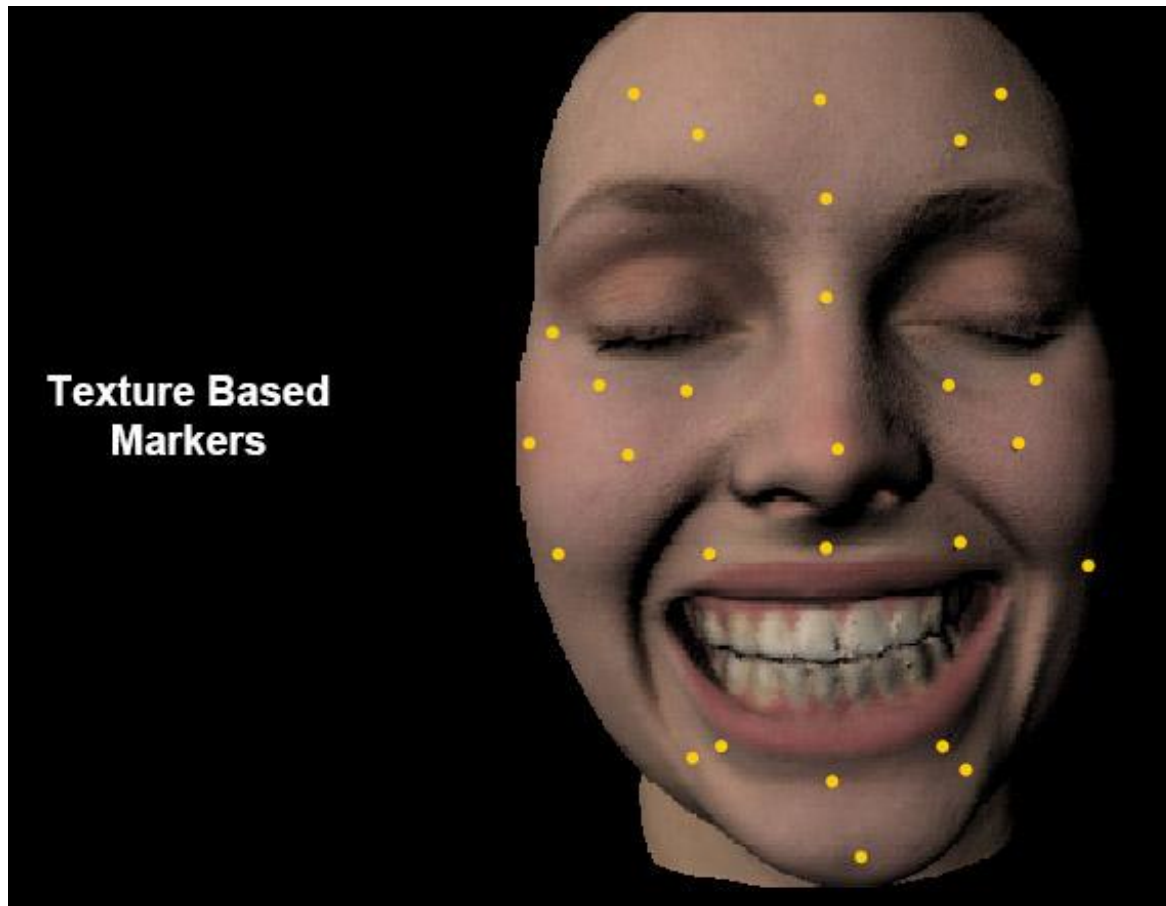
角色构建——Blend Shapes模型的构建

- 扫描模型会有不一致的覆盖
 - 注意对应的黄框区域;
 - 主模型没有脖子信息, 而扫描模型有;
 - 眼睛、眼帘区域, 牙齿区域;



角色构建——Blend Shapes模型的构建

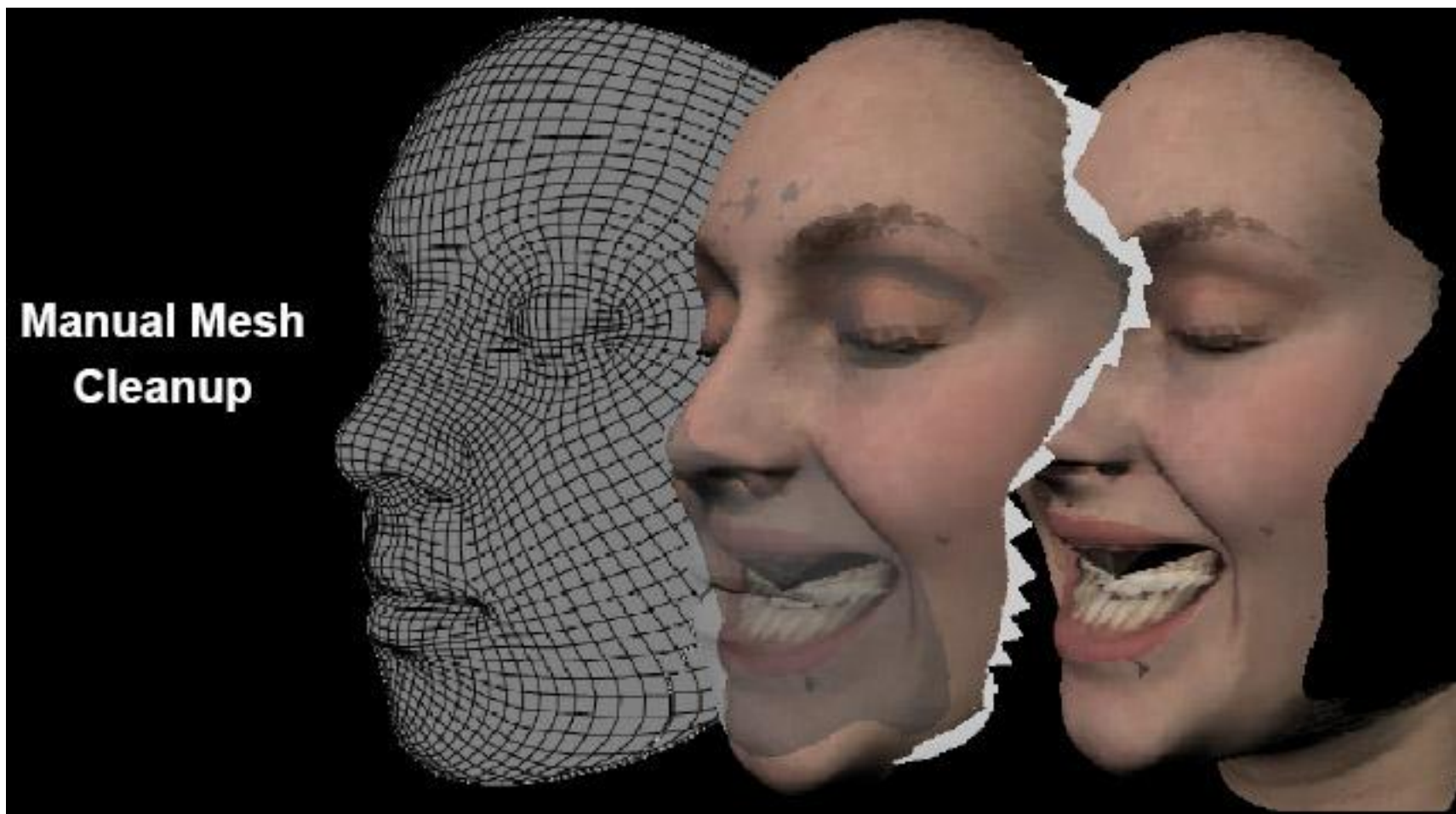
- 通过在Emily脸上设置标记的方法来解决这个问题！



为了增加可见性：黑点已经用显目的**大黄点**来表示

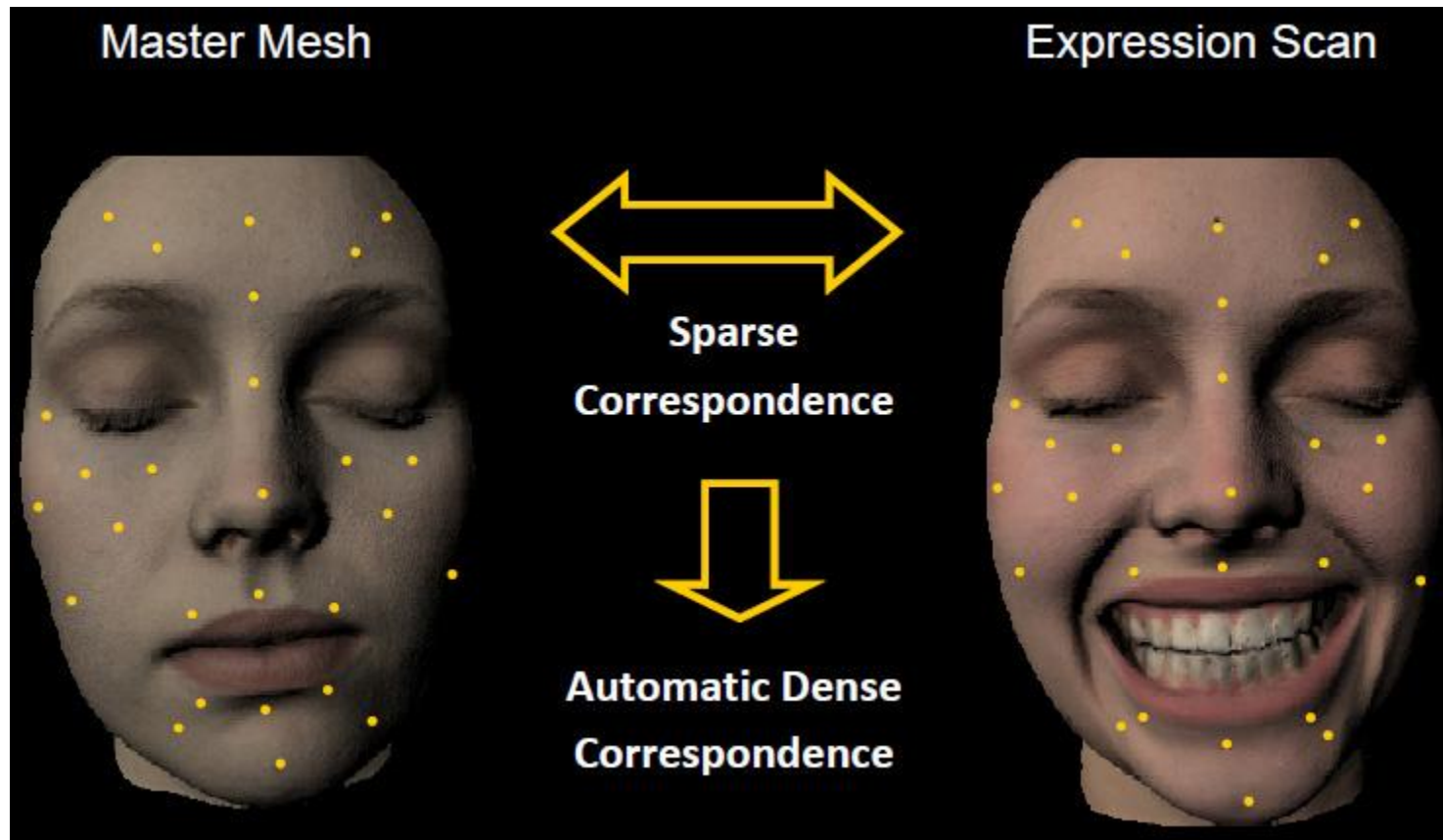
角色构建——Blend Shapes模型的构建

- 部分区域通过手工清除



角色构建——Blend Shapes模型的构建

- 扫描模型清洗完毕后，需要对所有顶点建立稠密对应关系
 - 标记点给出了Mesh之间的稀疏对应关系
 - 然后通过一个自主开发的方法建立稠密对应关系：基于三维空间位置+法向一致性+2D映射



基于Blend Shapes的动画

- 关键姿态表情的形状——Blend Shapes
- 把这些基本的人脸Shape作为**表情基**



(a)



(b)



(c)



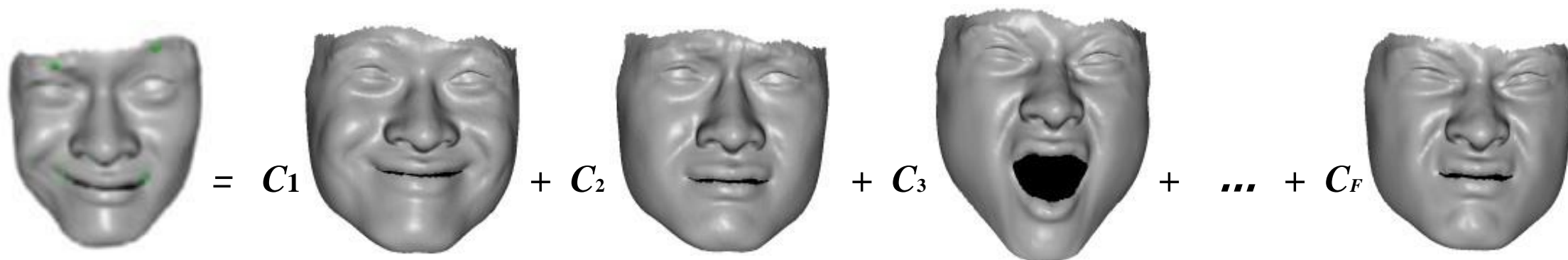
(d)



(e)

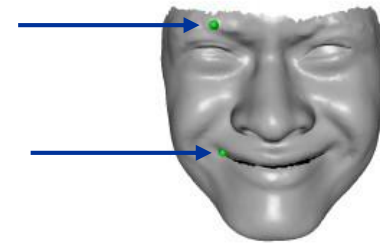
基于Blend Shapes的动画

- 根据插值这些Blend Shapes来得到任意的表情

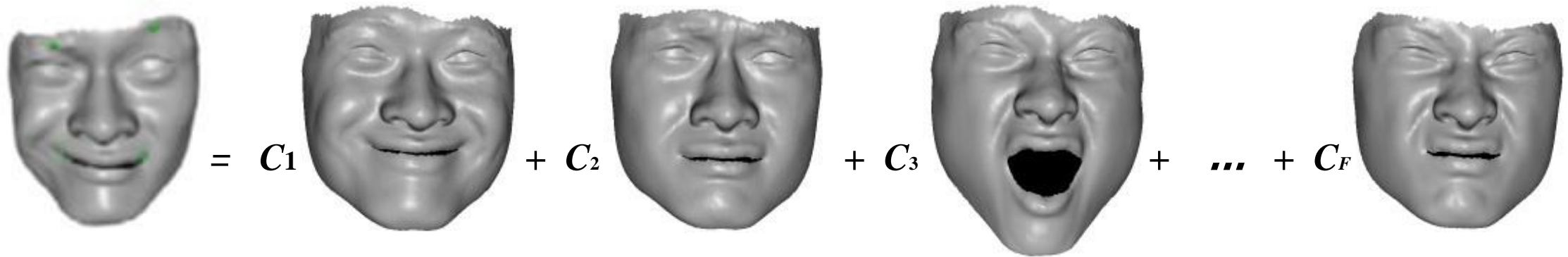


其中: $C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_F = 1$

FACE IK



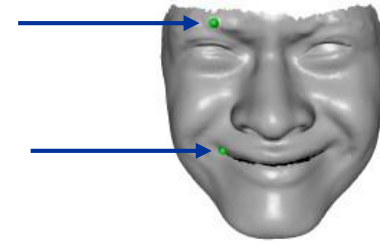
- 动画师更愿意控制脸部上的一些点（类似于IK），而不是权因子



- $S_{i,f}$: Blend Shapes网格 f 的第 i 个顶点
- S_i : 最终人脸的第 i 个顶点（一个Blend Shape有 n 个点）

$$S_i = C_1 S_{i,1} + C_2 S_{i,2} + \dots + C_F S_{i,F}, i = 1, \dots, n; \quad \sum_{f=1}^F C_f = 1$$

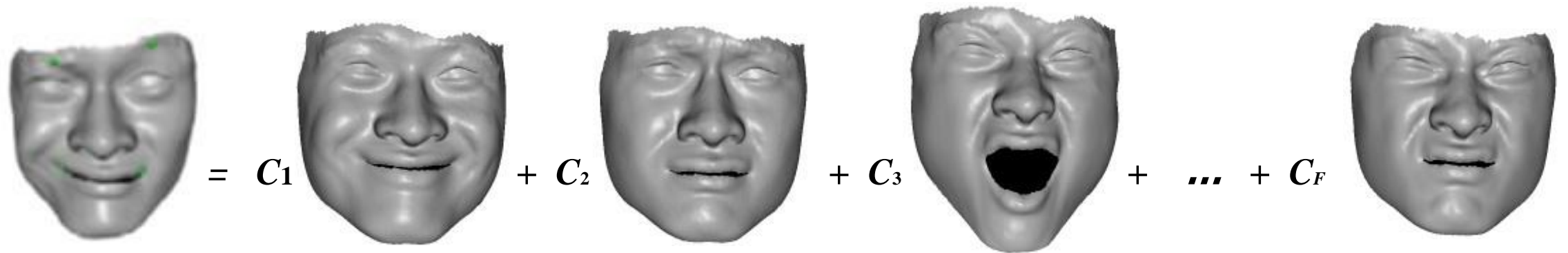
FACE IK



- 我们希望约束 L 个点（由动画师控制），使得顶点 l 的位置为 \mathbf{P}_l ,

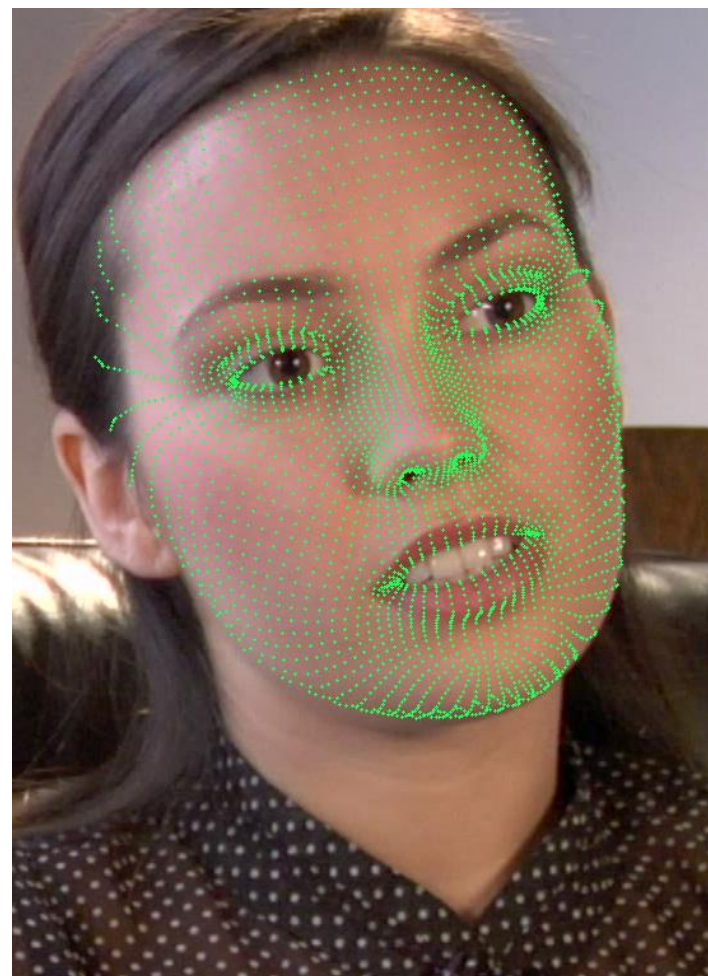
$$\sum_{f=1}^F C_f \mathbf{S}_{l,f} = \mathbf{P}_l, l = 1, \dots, L, \text{ 其中 } \sum_{f=1}^F C_f = 1$$

- 采用最小二乘法求解系数 C_f

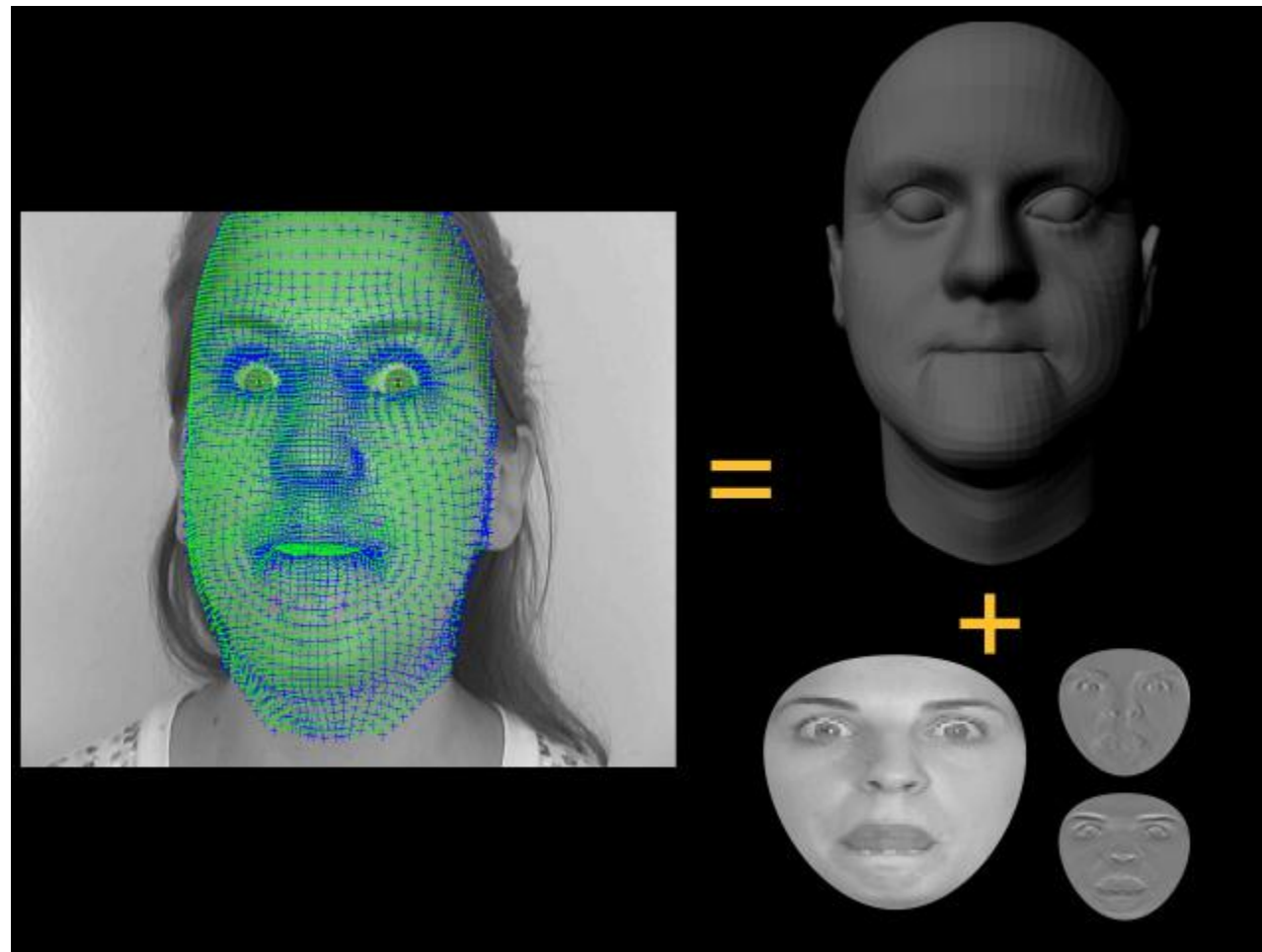


表演分析(Performance Analysis)

- 在捕获演员的表演后，采用计算机视觉的方法进行分析
 - 跟踪脸部特征
 - 把角色模型拟合到数据
 - 逐个像素分析



表演分析(Performance Analysis)



蓝色的点表示角色的三维结构，而绿色的点表示从图像上跟踪出来的点

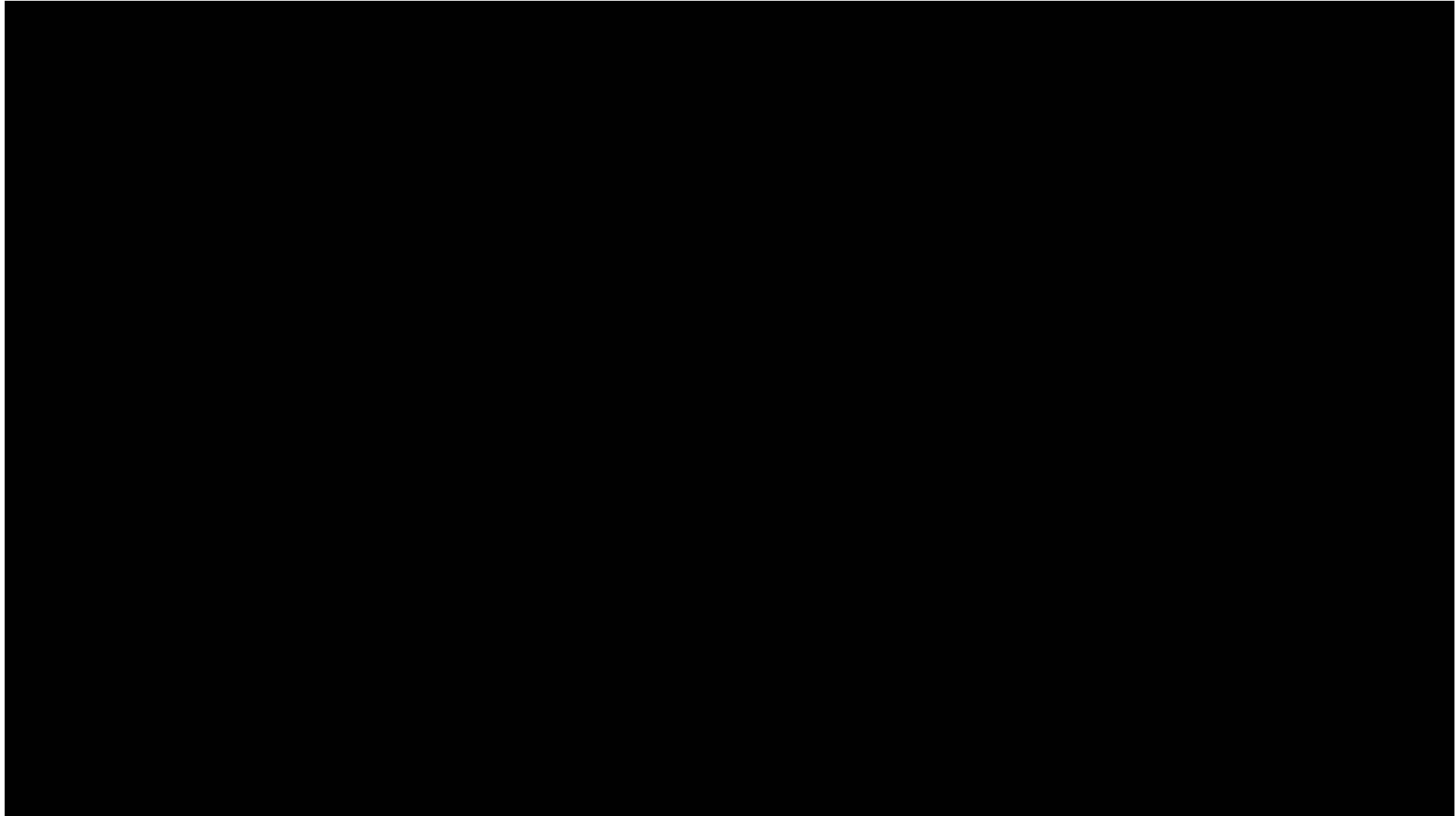
Calibration-Based Animation





该技术已经用于布拉德·皮特主演的电影《返老还童》
(The Curious Case of Benjamin Button)

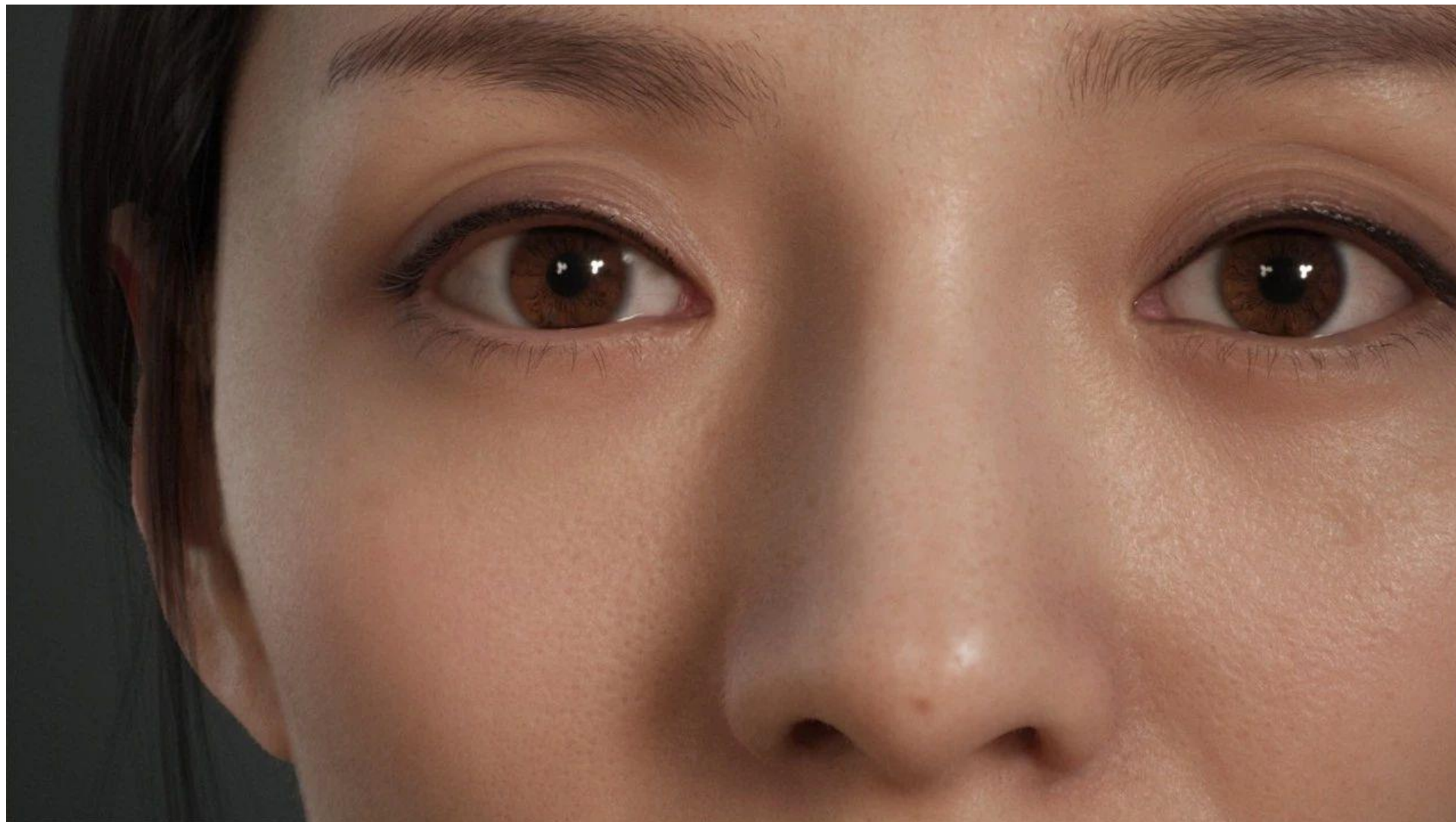
DEMO



Unreal的实时角色"Siren"简直逆天了!



Unreal的实时角色"Siren"简直逆天了!

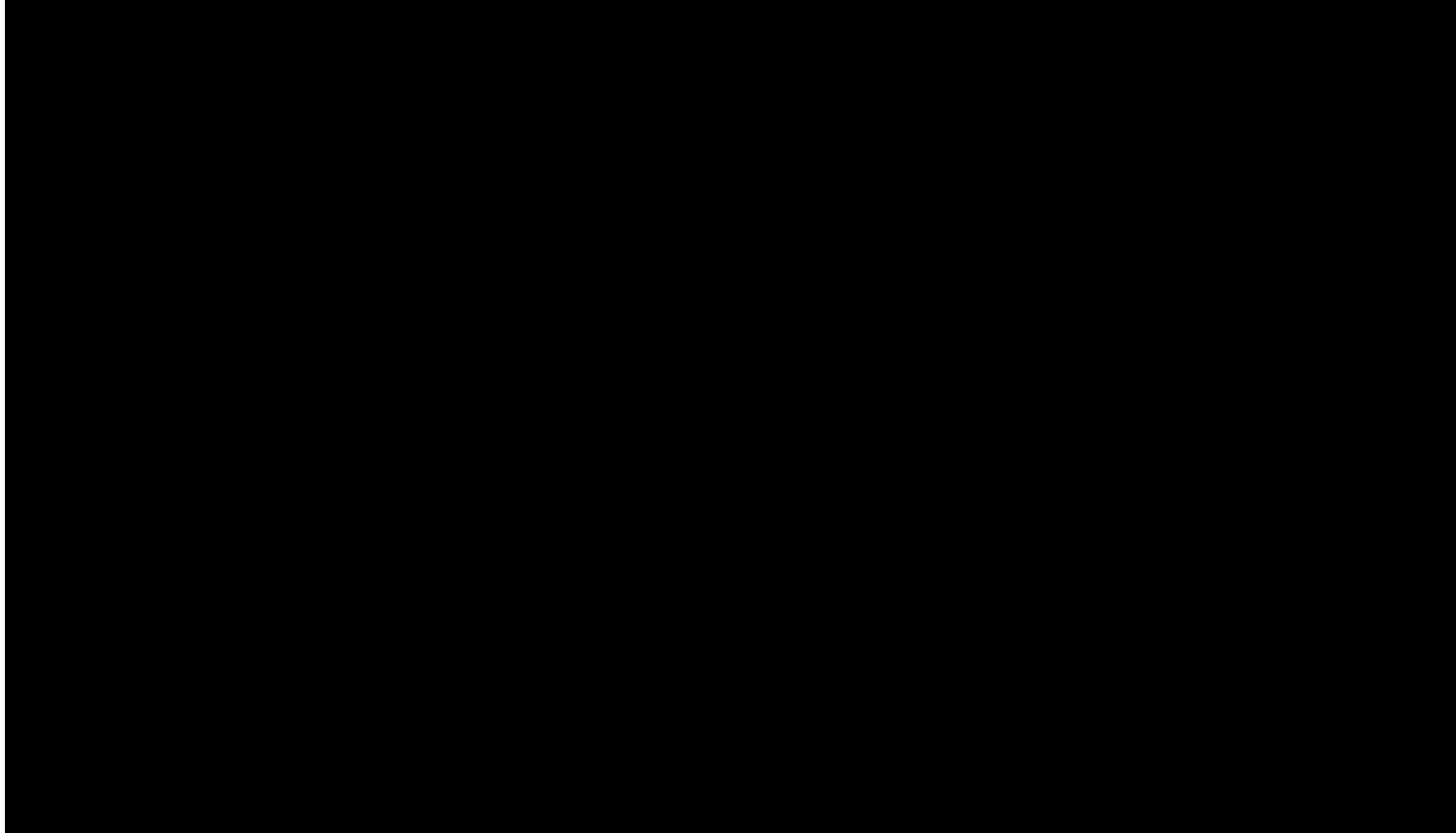


Unreal的实时角色"Siren"简直逆天了!

- Siren这位小姐姐的容貌身形，也不是凭空虚构出来。而是一位来自中国的演员：姜冰洁。
- GDC现场：一个真实的女性人类（英国演员Alexa Lee）在现场侃侃而谈，她的表情、动作、声音，被实时的赋予身后大屏幕上的女性数字人类Siren。

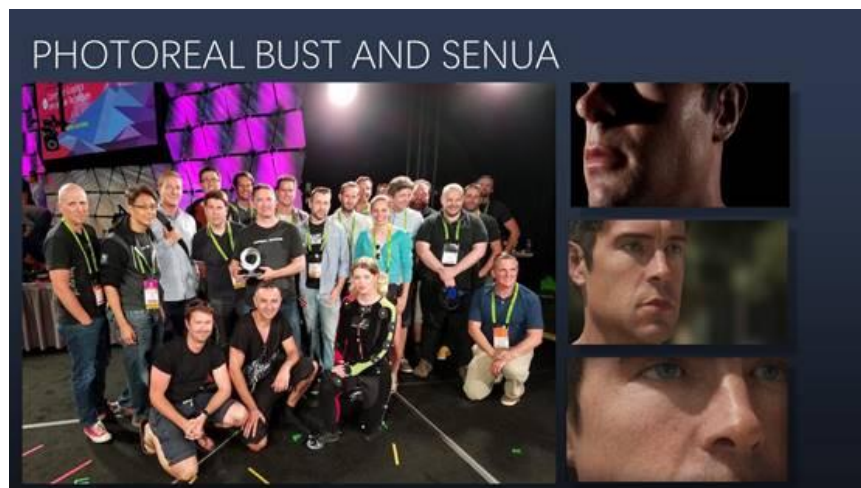


Unreal的实时角色"Siren"简直逆天了!

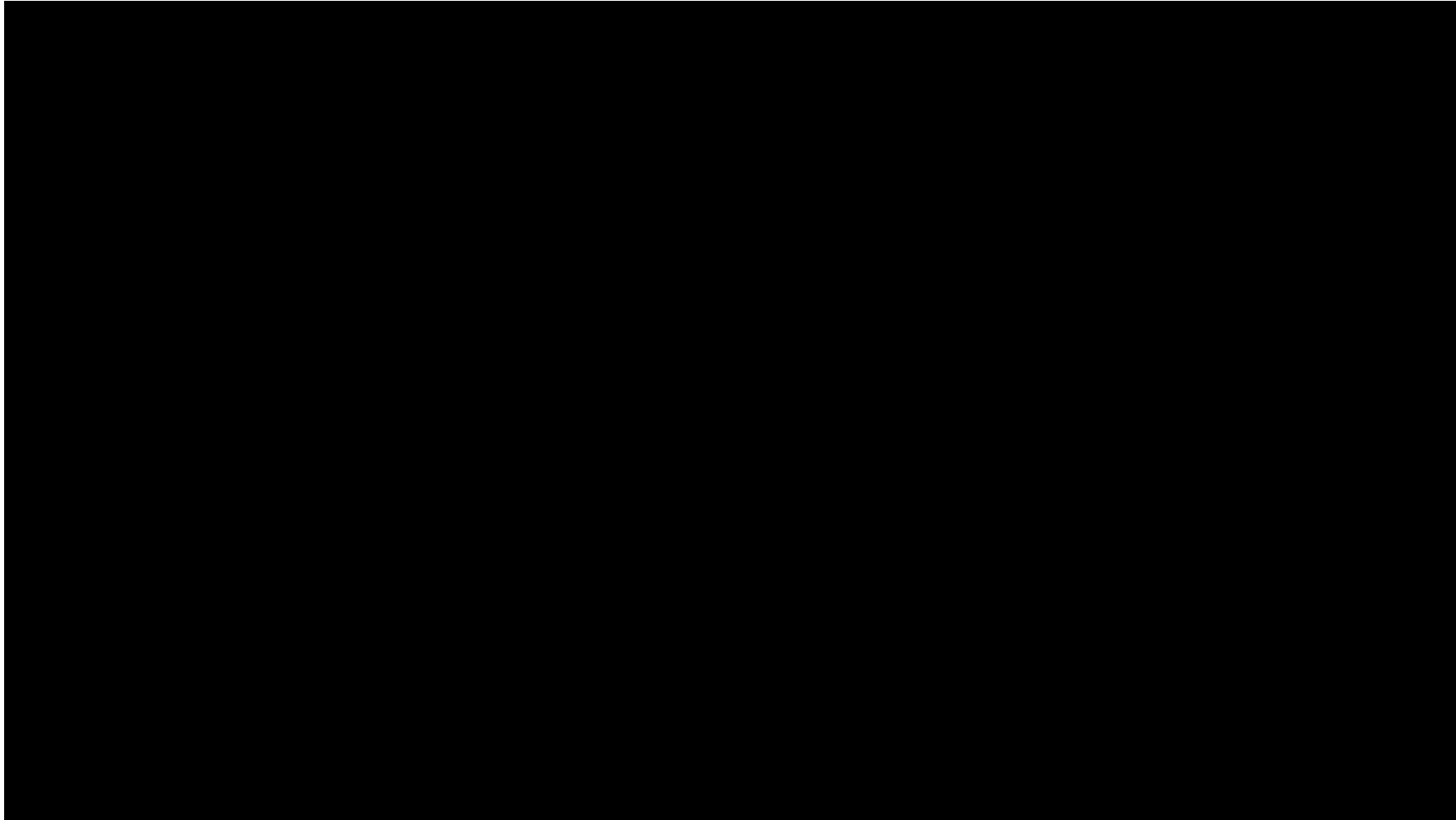


实时数字人Siren渲染技术揭秘

- <https://gameinstitute.qq.com/course/detail/10130>
- 这一整套技术的前身是在SIGGRAPH 2016的Realtime live环节展示的游戏Hellblade, Epic凭借此项突破拿下Realtime live大奖, 这个奖项相当于图形学界的“诺贝尔奖”, 获得此殊荣足以说明这一整套解决方案是虚拟数字人方面做得最领先的。



「UNREAL METAHUMAN」



<https://www.unrealengine.com/en-US/metahuman>

A man with short dark hair, wearing a dark blue button-down shirt, stands in the center of the frame. He is looking slightly upwards and to the right with a neutral expression. His hands are clasped in front of him, holding a small, dark object. The background is a complex, futuristic architectural structure with a grid of dark lines and light-colored panels, creating a sense of depth and perspective. The lighting is soft and even, highlighting the man's features and the texture of his shirt.

英伟达：推出Metaverse概念创作平台Ominiverse。黄仁勋虚拟主题演讲

NVIDIA.

总结

- Motion Capture数据处理
- 人脸表情动画
- The Digital Emily Project



The End