

Computer Graphics

计算机图形学

Haisen Zhao (赵海森)

Shandong University

<https://haisenzhao.github.io/>

Research: Geometry processing
in Computer Graphics

2024.02.28

课程安排

- 上课：周三 7-8节 （振声苑W301）
- 实验：周二 7-8节 （网信1, 网信2, 创新）
- 总成绩 = 50% 平时成绩 + 50%期末成绩
- 授课班级：数据，智能，计科（大三）

- 助教：张振民 赵津 杨伟钦
- 授课：赵海森（N3-239）

haisenzhao@sdu.edu.cn haisenzhao@gmail.com

- Open hour：周四下午2:00-3:00 (N3-239)

前置问题

- 你听说过计算机图形学吗？知道的话，你认为计算机图形学是什么？不知道的话，你想象中计算机图形学是什么？

总体课程安排

主要参考内容、及其他学习资源

- 主讲人：闫令琪@UCSB
- 课件：<https://sites.cs.ucsb.edu/~lingqi/teaching/games101.html>
- 课程录像：<https://www.bilibili.com/video/av90798049>

课程顺序：表达=》生成=》处理=》呈现

复习材料：课程讲义、Games101

实验设计：主要参考Games101课程的作业

典型问题

- 表达：游戏中三维场景是什么数据结构？有没有什么办法加速做碰撞测试？
- 生成：汽车飞机上非常漂亮的曲面是如何设计的？
- 处理：如何计算一个点到一个圆弧的精确距离？如何判定一个点在三角形内部？
- 呈现：如何在电脑屏幕上绘制一个有纹理的三角形？

总体课程安排

周次	时数	教学方式	内 容
1	2	授课	计算机图形学先导课, 课程的重要性
2	2	授课	课程安排, 任课教师介绍, Review of Linear Algebra
3	2	授课	Geometry 1 (Introduction), Geometry 2 (Curves and Surfaces)
4	2	授课	Geometry 3, Rasterization 1 (Triangles)
5	2	授课	Rasterization 2 (Antialiasing and Z-Buffering)
6	2	授课	Shading 1(Illumination, Shading and Graphics Pipeline)
7	2	授课	Shading 2(Shading, Pipeline and Texture Mapping), Shading 3 (Texture Mapping cont.)
8	2	授课	Transformation, Transformation Cont.
9	2	授课	Ray Tracing 1 (Whitted-Style Ray Tracing)
10	2	授课	Ray Tracing 2 (Acceleration & Radiometry)
11	2	授课	Ray Tracing 3 (Light Transport & Global Illumination)
12	2	授课	Materials and Appearances, Advanced Topics in Rendering
13	2	授课	Cameras, Lenses and Light Fields
14	2	授课	Color and Perception
15	2	授课	Color in Graphics and Visualization, 计图框架入门
16	2	授课	Animation, Physics Simulation
17	2	授课	课程答疑

总体课程安排

- 不定时点名签到(雨课堂)
- 课程形式:任课教师授课、外教授课、读论文汇报(小组)

总体实验安排

序号	实验题目	实验内容	学时分配
1	两个三角形和点的位置关系判断	(1) 必须实现一种算法, 算法任选, 不用必须是射线求交法; (2) 第二种算法作为加分项目; (3) 有余力的同学欢迎实现第三种算法	2
2	Bézier曲线的实现	(1) 实现De Casteljau 算法 (2) 实现基于公式的计算方法。	2
3	Catmull-Clark细分算法	实现二维的 Catmull-Clark 细分方法, 用于网格细分	4
4	坐标变换和投影	在所给的代码框架中, 构建模型矩阵与投影矩阵, 使得指定三角形绕z轴或绕任意轴旋转。	2
5	三角形光栅化	1 修改rasterize_triangle(): 执行三角形栅格化算法 2 实现insideTriangle(): 测试点是否在三角形内。 最终在屏幕上绘制一个实心三角形	2
6	Pipeline and Shading	实现对小奶牛的渲染, 包括法向量、颜色、纹理颜色的插值和实现Blinn-Phong、Texture Shading Fragment Shader、Bump Mapping、Displacement Mapping等模型。	2
7	光线追踪	在给定代码框架中实现光线生成, 并且通过Moller-Trumbore算法判断光线与三角形相交。	2
8	光线追踪算法加速	补充给定的代码框架, 使用加速结构来判定光线与物体是否相交, 实现Ray-Bounding Volume求交与BVH查找。	2
9	手写数据集的卷积神经网络训练	安装Jittor, 实现一个卷积神经网络的训练, 实现识别手写数据集, 了解Jittor的基本使用。	2
10	Jittor基础教程: 渲染物体和优化模型几何	下载Jittor渲染库, 完成基础教程一: 渲染物体和基础教程二: 优化模型几何, 了解Jittor渲染库的基本使用。	2

总体实验安排

- 50%, 助教和老师共同判分
- 锻炼系统能力(平台架构)
- AI for computer graphics
- 个人和组队相结合
- 空间几何思维, 三维虚实场景的构建过程

前置课程

- Good programming skills in C (or C++)
- Basic Data Structures
 - Linked lists
 - Arrays
- Geometry
- Simple Linear Algebra

【第一讲】线性代数基础

【第二讲】计算几何

【第三讲】旋转变换

【第四讲】主成分分析与奇异值分解

【第五讲】插值、拟合与采样

【第六讲】谱分析与傅里叶变换

【第七讲】概率论 (I)

【第八讲】概率论 (II)

【第九讲】场论初步

【第十讲】古典微分几何

【第十一讲】微分方程

【第十二讲】线性系统

【第十三讲】最优化

【第十四讲】机器学习 (I)

【第十五讲】机器学习 (II)

【第十六讲】拓扑

<https://games-cn.org/games001/>

《计算机图形学》课程的重要性

- **ACM/IEEE CC2001**就规定为计算机专业核心课程

CS255{S,W}. Computer Graphics

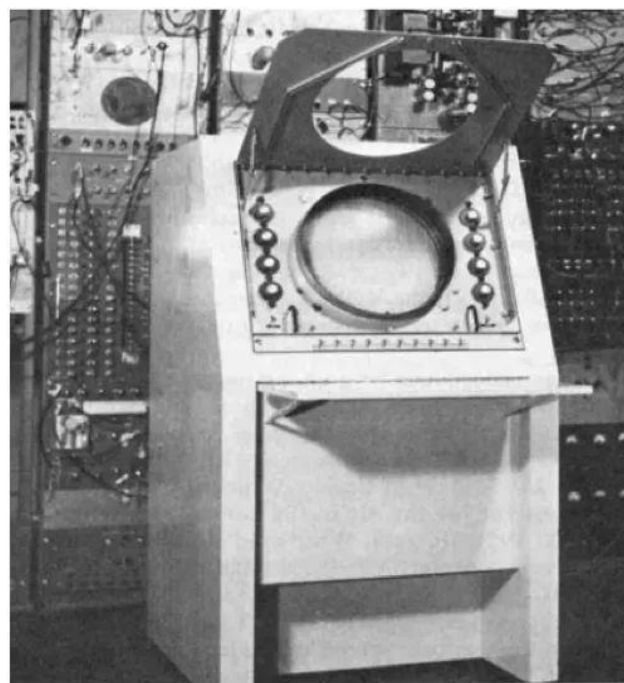
- 教育部教学指导委员会制定的**CCC2002**,也规定为计算机专业**16**门核心课程之一。
- 计算机图形学是计算机领域最活跃的研究方向, 理论深刻、应用广泛。

《计算机图形学》课程的重要性

- 计算机图形学是利用计算机研究图形的表示、生成、处理和显示的学科
- 起源
 - **1950年**，第一台图形显示器作为**MIT**的旋风I号 (**Whirlwind I**) 计算机的附件诞生
 - **50年代末期**，**MIT**的林肯实验室在“旋风”计算机上开发**SAGE**空中防御体系
 - 如果没有图形学，我们在纸带打上孔！

《计算机图形学》课程的重要性

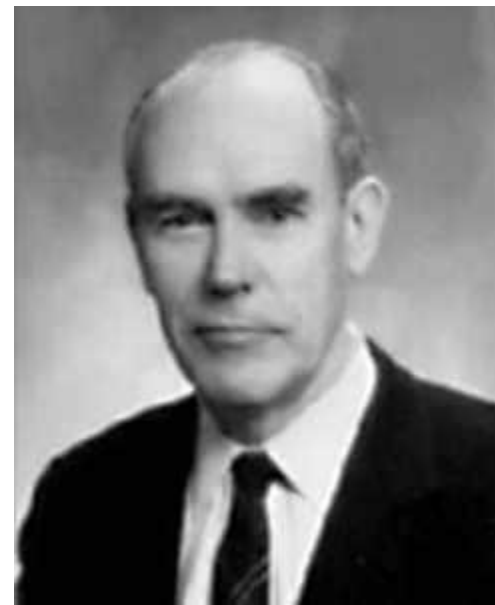
- 计算机图形学是利用计算机研究图形的表示、生成、处理和显示的学科
- 旋风一号计算机



计算机图形学的传承

Ivan Sutherland - Father of Computer Graphics

1962年，MIT林肯实验室的Ivan E. Sutherland在他的博士论文"Sketchpad：一个人机交互通信的图形系统"中首次使用了计算机图形学"Computer Graphics"这个术语，证明了交互计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域，从而确定了计算机图形学作为一个崭新的独立科学分支的地位。



Ivan E Sutherland,
born 1938, Hartings,
Nebraska

Ivan Sutherland - Father of Computer Graphics



IVAN SUTHERLAND



United States – 1988

CITATION

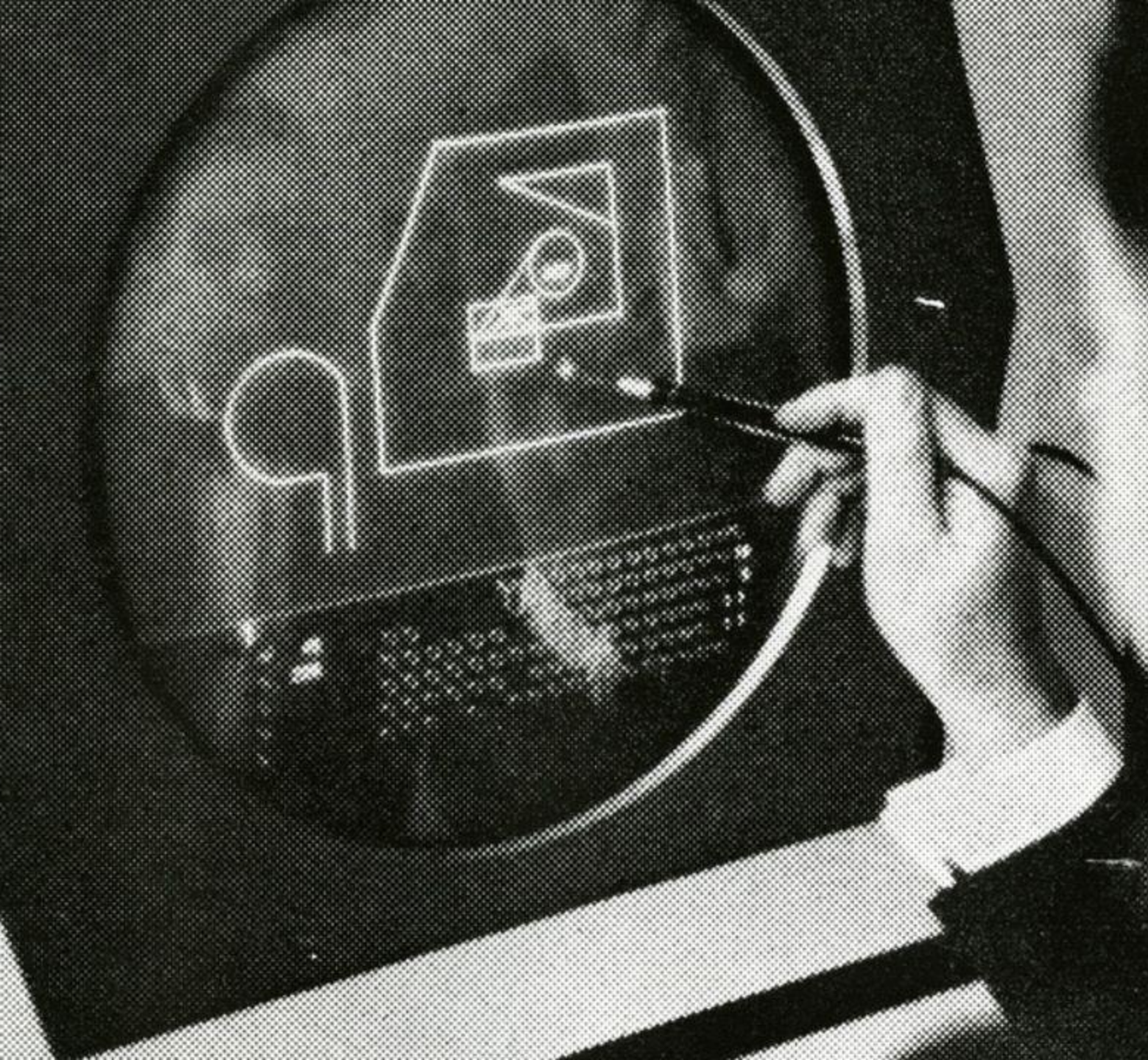
For his pioneering and visionary contributions to computer graphics, starting with Sketchpad, and continuing after.

1988年 图灵奖

1998年 IEEE计算机杰出成就奖

1983年 Coons奖







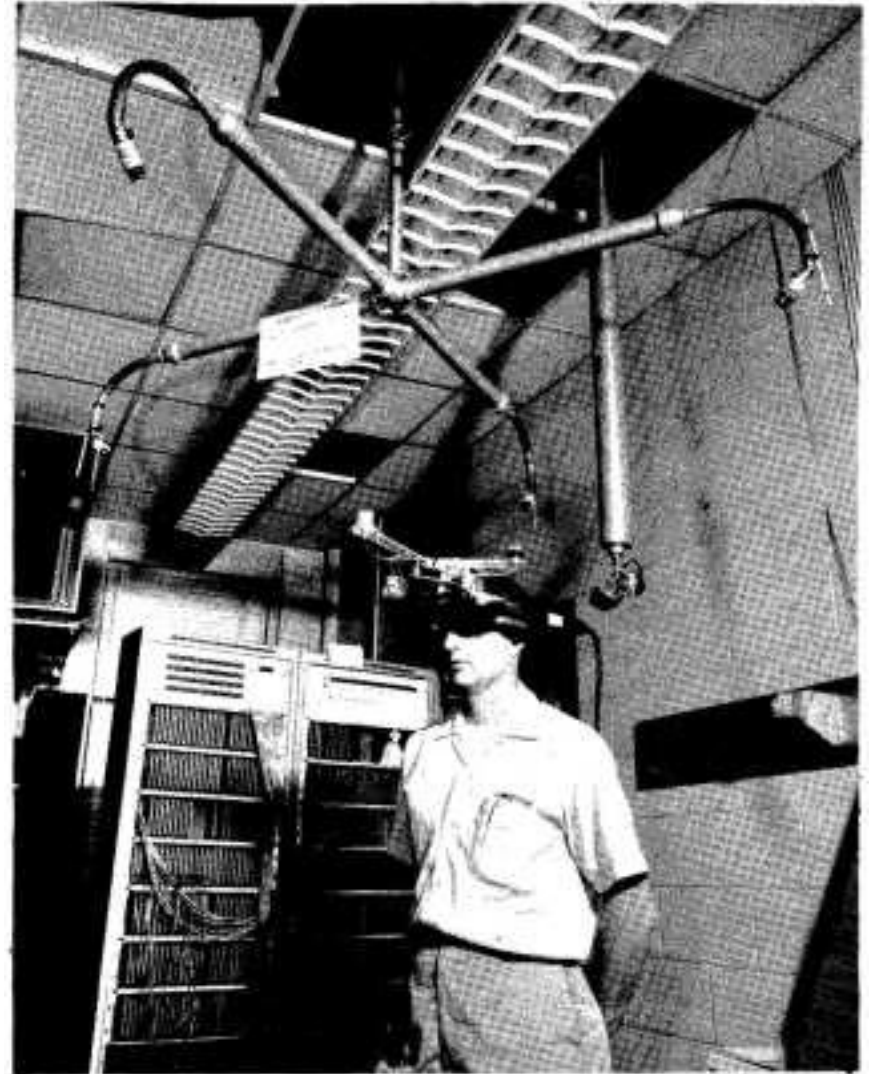
演示: https://www.bilibili.com/video/BV1Sq4y1N7Hx/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click&vd_source=c9ca290d3dbf1895a1a4e9e33b4c524a

Virtual Reality

In 1966 Sutherland, while an Associate Professor at Harvard, took another huge step towards the future of computing – one that we still haven't completed today.



The Head-mounted Display worn by Donald L. Vickers, one of Ivan E. Sutherland's Students at The University of Utah. Photo courtesy of Ivan Sutherland.



Virtual Reality



- Vision Pro:
https://www.bilibili.com/video/BV1Rs4y1i7MD/?spm_id_from=33.337.search-card.all.click&vd_source=c9ca290d3dbf1895a1a4e9e33b4c524a

中国计算机大会（CNCC 2014）邀请到Ivan Sutherland教授做特邀报告。山东大学陈宝权教授与几位IT媒体记者对Sutherland教授进行了一个多小时的访谈。



陈宝权教授与Sutherland夫妇

<https://mp.weixin.qq.com/s/nBjhfTwNuElmFbs-5P7rVw>



Claude Shannon



Marvin Minsky



Steven Coons

Steven A. Coons Award

The **Association for Computing Machinery SIGGRAPH** has an award named for Coons. The Steven Anson Coons Award for Outstanding Creative Contributions to Computer Graphics is given in odd-numbered years to an individual to honor that person's lifetime contribution to computer graphics and interactive techniques. It is considered the field's most prestigious award.

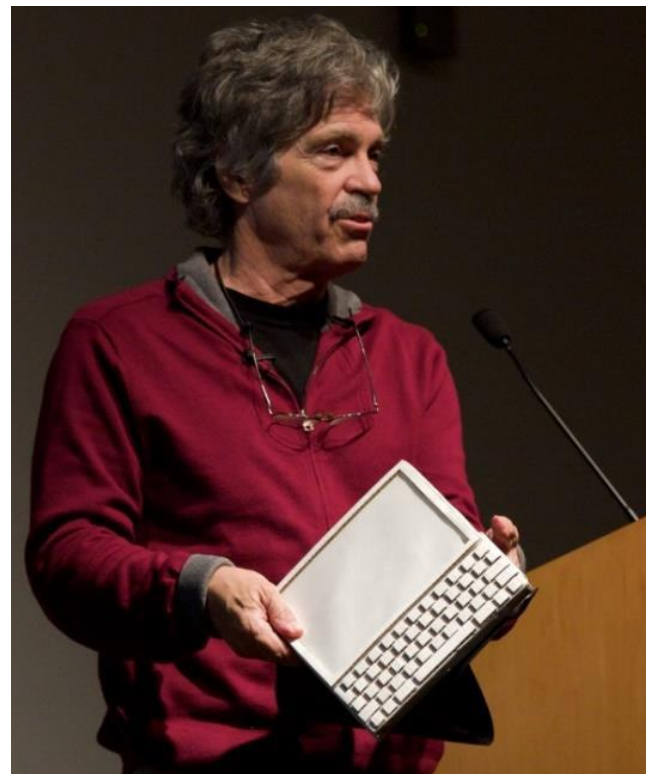
计算机图形学的传承

- **2003年图灵奖授予Alan Kay**

- 毕业于**Utah**大学，师从**Evan Sutherland**
- 发明面向对象编程和窗口图形用户界面技术
- 提出**PC**机的概念
- 美国工程院院士
美国艺术与科学院院士

**The best way to predict the future
is to invent it.**

——**Alan Kay**



计算机图形学的传承

- 2019 年图灵奖授予 **Edwin E. Catmull** 和 **Patrick M. Hanrahan**
 - Edwin E. Catmull 毕业于 Utah, 师从Evan Sutherland
 - Hanrahan 和 Catmull 研发了RenderMan (图形学+软件)
- 3D计算机图形学, 对电影制作和计算机生成图像 (CGI) 等应用产生革命性影响

ACM A.M. TURING AWARD 2019



EDWIN E. CATMULL 

United States – 2019

CITATION

For fundamental contributions to 3D computer graphics, and the impact of computer-generated imagery (CGI) in filmmaking and other applications.



RESEARCH
SUBJECTS



PATRICK M. HANRAHAN 

United States – 2019

CITATION

For fundamental contributions to 3D computer graphics, and the impact of computer-generated imagery (CGI) in filmmaking and other applications.



RESEARCH
SUBJECTS

Edwin Catmull –

- Known for *Texture mapping*, *Catmull–Rom spline*, *Catmull–Clark subdivision surface*
- co-founder of Pixar, President of Walt Disney Animation Studios

Pat Hanrahan –

- Known for simulating subsurface scattering of light in translucent materials, etc.
- founding employee at Pixar, co-founder of Tableau Software

中国的计算机图形学



在苏步青先生支持下，计算几何协作组于1985年在浙江举办学术研讨会

热烈欢迎参加第一届全国几何设计与计算学术会议的各位代表



2002年第一届全国几何设计与计算学术会议代表合影（山东青岛）

中国的计算机图形学

- 浙江大学 CAD国家重点实验室 （鲍虎军，周昆）
- 清华大学 中国科学技术大学 山东大学 北京大学 深圳大学 中科院大学 中科院自动化所 中科院先进技术研究院
- 厦门大学 西安交通大学 北京航空航天大学，南京航空航天等等
- 微软亚洲研究院 （郭百宁，童欣，刘洋等）

山东大学的计算机图形学



汪嘉业教授

山东大学的计算机图形学



孟祥旭 博士
博导、教授



李学庆 博士
博导、教授



龚成 博士
博导、教授



张雪英 博士
博导、教授



彭景亮 博士
博导、教授



杨承群 博士
博导、教授



向辉 博士
教授



潘荣江 博士
教授



刘士钊 博士
博导、教授



王璐 博士
博导、教授



孟雷 博士
博导、教授



潘伟 博士
博导、副教授



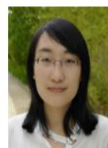
徐延宁 博士
硕导、副教授



武瞿 博士
硕导、副教授



蒋志方 博士
副教授



盖伟 博士
硕导、副研究员



李曼祎 博士
副研究员



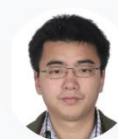
Changhe Tu
Professor



Baoquan Chen
Professor



Xueying Qin
Professor



Yunhai Wang
Professor



Lin Lu
Professor



Haisen Zhao
Professor



Fan Zhong
Associate Professor



Shiqing Xin
Associate Professor



Yangyan Li
Professor



Qiong Zeng
Associate Researcher



Xin Yan
Postdoctor



Qi Wang
Research Secretary



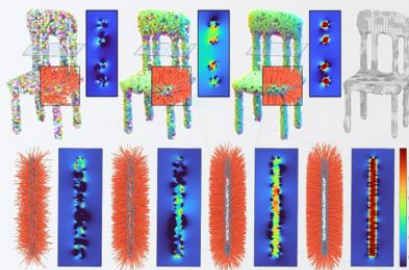
Qing Liu
Research Secretary

山东大学的计算机图形学

基于卷绕数的全局一致定向方法

Globally Consistent Normal Orientation for Point Clouds by Regularizing the Winding-Number Field

徐瑞, 龚志扬, 王宁娜, 辛士庆, 陈双敏, 江艳炎, 郭小虎, 王文平, 唐长河
山东大学, 香港大学, 美国德州大学达拉斯分校, 青岛科技大学, 美国德州农工大学



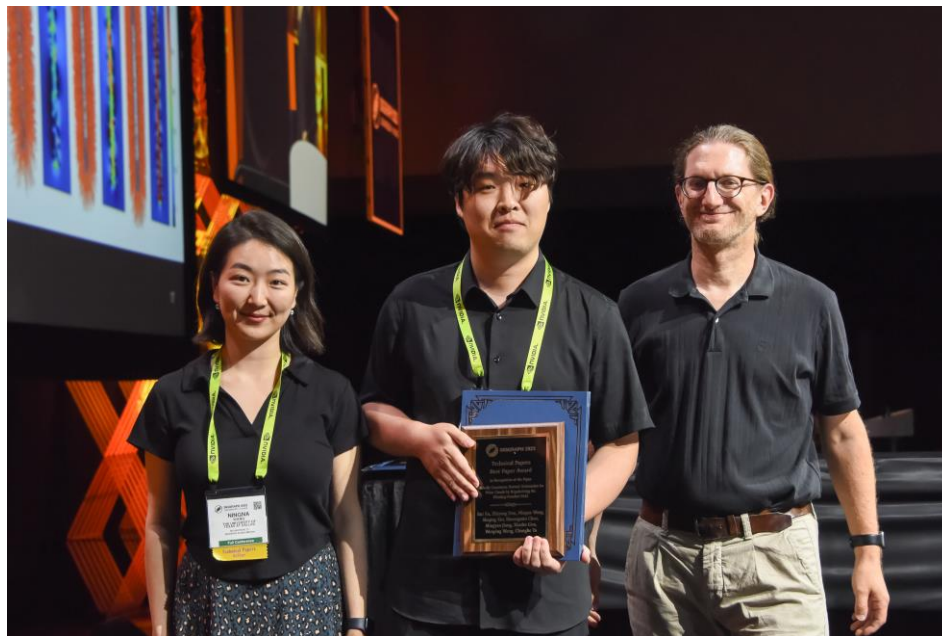
2023年7月7日, 计算机图形学顶级会议SIGGRAPH 2023最佳论文奖评选结果揭晓。山东大学计算机科学与技术学院交叉研究中心科研团队发表的学术论文“Globally Consistent Normal Orientation for Point Clouds by Regularizing the Winding-Number Field”获最佳论文奖。该文章的第一作者是硕士二年级学生徐瑞, 通讯作者是唐长河教授和辛士庆副教授。

自2022年ACM SIGGRAPH大会设立最佳论文奖以来, 这是国内科研单位首次获得该项殊荣。在ACM SIGGRAPH 2023大会上, 共发表了213篇论文, 其中5篇被评为最佳论文, 占比2.3%。其余4篇分别来自卡内基梅隆大学、法国国家信息与自动化研究所、苏黎世联邦理工学院。技术论文主席、加拿大哥伦比亚大学教授Alla Sheffer指出, 最佳论文的评选标准包括研究成果的新颖性、前沿性以及对未来研究产生的深远影响。

获奖论文以极具挑战的法线定向问题为研究主题。作为三维重建的核心技术, 该问题受到国际学术界的广泛关注。研究团队观察到卷绕数的规范性与法线的全局一致性之间存在强关联, 创新地提出了基于卷绕数的全局一致定向方法, 并严格地证明了解的存在性和方法的收敛性。如图所示, 实验结果充分表明了该方法的有效性, 即使在低质量的点云数据上, 依然能够获得高质量的法向信息和重建结果。该项技术有望应用于智能制造、三维影像、无人驾驶、人机交互、数字城市、电影娱乐等领域。特别值得一提的是, 论文相关视频入选了SIGGRAPH 2023技术论文宣传片。



<https://xrvitd.github.io/Projects/GCNO/index.html>



《计算机图形学》课程的重要性

- 计算机图形学改变了计算机的形态，使得计算机/智能终端成为人类最亲密的伙伴：
 - 延拓了人类的感知能力、增强人类的信息处理能力。智能手机、iPad、...
 - 图形学&CAD，互为基础、互为应用；图形学是计算机科学与工程应用之间的桥梁。
 - 信息技术的发展，未来扮演重要角色的虚拟现实、工业设计软件、数字孪生、智慧城市、元宇宙等，都基于图形学。

图形的表示、生成、处理和显示，是信息技术的重要基础

List of Pixar films

Film	Release date	Directed by	Screenplay by	Story by	Produced by	Music by
Released films						
<i>Toy Story</i>	November 22, 1995	John Lasseter	Joel Cohen, Alec Sokolow, Andrew Stanton & Joss Whedon	Pete Docter, Lasseter, Joe Ranft & Stanton	Bonnie Arnold & Ralph Guggenheim	Randy Newman
<i>A Bug's Life</i>	November 25, 1998	John Lasseter ^[a]	Donald McEnery, Bob Shaw & Andrew Stanton	Lasseter, Joe Ranft & Stanton	Darla K. Anderson & Kevin Reher	
<i>Toy Story 2</i>	November 24, 1999	John Lasseter ^[b]	Doug Chamberlin, Rita Hsiao, Andrew Stanton & Chris Webb	Ash Brannon, Pete Docter, Lasseter & Stanton	Karen Robert Jackson & Helene Plotkin	
<i>Monsters, Inc.</i>	November 2, 2001	Pete Docter ^[c]	Dan Gerson & Andrew Stanton	Jill Culton, Docter, Ralph Eggleston & Jeff Pidgeon	Darla K. Anderson	
<i>Finding Nemo</i>	May 30, 2003	Andrew Stanton ^[d]	Bob Peterson, David Reynolds & Stanton	Stanton	Graham Walters	Thomas Newman
<i>The Incredibles</i>	November 5, 2004	Brad Bird			John Walker	Michael Giacchino
<i>Cars</i>	June 9, 2006	John Lasseter ^[e]	Dan Fogelman, Jorgen Klubien, Lasseter, Phil Lorin, Kiel Murray & Joe Ranft	Lasseter, Klubien & Ranft	Darla K. Anderson	Randy Newman
<i>Ratatouille</i>	June 29, 2007	Brad Bird ^[f]		Bird, Jim Capobianco & Jan Pinkava	Brad Lewis	Michael Giacchino
<i>WALL-E</i>	June 27, 2008	Andrew Stanton	Jim Reardon & Stanton	Pete Docter & Stanton	Jim Morris	Thomas Newman
<i>Up</i>	May 29, 2009	Pete Docter ^[g]	Docter & Bob Peterson	Docter, Tom McCarthy & Peterson	Jonas Rivera	Michael Giacchino
<i>Toy Story 3</i>	June 18, 2010	Lee Unkrich	Michael Arndt	John Lasseter, Andrew Stanton & Unkrich	Darla K. Anderson	Randy Newman

List of Pixar films

Film	Release date	Directed by	Screenplay by	Story by	Produced by	Music by
<i>Cars 2</i>	June 24, 2011	John Lasseter ^[h]	Ben Queen	Dan Fogelman, Lasseter & Brad Lewis	Denise Ream	Michael Giacchino
<i>Brave</i>	June 22, 2012	Mark Andrews & Brenda Chapman ^[i]	Andrews, Chapman, Irene Mecchi & Steve Purcell	Chapman	Katherine Sarafian	Patrick Doyle
<i>Monsters University</i>	June 21, 2013	Dan Scanlon	Robert L. Baird, Dan Gerson & Scanlon		Kori Rae	Randy Newman
<i>Inside Out</i>	June 19, 2015	Pete Docter ^[j]	Josh Cooley, Docter & Meg LeFauve	Docter & Ronnie del Carmen	Jonas Rivera	Michael Giacchino
<i>The Good Dinosaur</i>	November 25, 2015	Peter Sohn	Meg LeFauve	Sohn, Erik Benson, LeFauve, Kelsey Mann & Bob Peterson	Denise Ream	Jeff & Mychael Danna
<i>Finding Dory</i>	June 17, 2016	Andrew Stanton ^[k]	Stanton & Victoria Strouse	Stanton	Lindsey Collins	Thomas Newman
<i>Cars 3</i>	June 16, 2017	Brian Fee	Kiel Murray, Bob Peterson & Mike Rich	Fee, Eyal Podell, Ben Queen & Jonathon E. Stewart	Kevin Reher	Randy Newman
<i>Coco</i>	November 22, 2017	Lee Unkrich ^[l]	Matthew Aldrich & Adrian Molina	Aldrich, Jason Katz, Molina & Unkrich	Darla K. Anderson	Michael Giacchino
<i>Incredibles 2</i>	June 15, 2018	Brad Bird			Nicole Paradis Grindle & John Walker	
<i>Toy Story 4</i>	June 21, 2019	Josh Cooley	Stephany Folsom & Andrew Stanton	Cooley, Folsom, Martin Hynes, Rashida Jones, Valerie LaPointe, John Lasseter, Will McCormack & Stanton	Mark Nielsen & Jonas Rivera	Randy Newman
<i>Onward</i>	March 6, 2020	Dan Scanlon	Keith Bunin, Jason Headley & Scanlon		Kori Rae	Jeff & Mychael Danna
<i>Soul</i>	December 25, 2020	Pete Docter ^[m]	Docter, Mike Jones & Kemp Powers		Dana Murray	Trent Reznor & Atticus Ross ^[n]
<i>Luca</i>	June 18, 2021	Enrico Casarosa	Jesse Andrews & Mike Jones	Andrews, Casarosa & Simon Stephenson	Andrea Warren	Dan Romer

List of Walt Disney Animation Studios Films



#	上映日期	片名	预算 (美元)	票房 (美元)	RT	IMDb
39	2000年5月19日	恐龙/Dinosaur		\$349,822,765	65%	6.5
40	2000年12月15日	变身国王/The Emperor's New Groove		\$169,327,687	85%	7.3
41	2001年6月3日	失落的帝国/Atlantis: The Lost Empire		\$186,053,725	49%	6.8
42	2002年6月21日	星际宝贝/Lilo & Stitch		\$273,144,151	86%	7.2
43	2002年11月27日	星银岛/Treasure Planet		\$109,578,115	69%	7.1
44	2003年11月1日	熊的传说/Brother Bear		\$250,397,798	38%	6.8
45	2004年4月2日	牧场是我家/Home on the Range		\$103,951,461	54%	5.4
46	2005年11月4日	四眼天鸡/Chicken Little		\$314,432,837	36%	5.8
47	2007年3月23日	拜见罗宾逊一家/Meet the Robinsons		\$169,333,034	66%	6.9
48	2008年11月21日	闪电狗/Bolt		\$309,979,994	89%	6.9
49	2009年11月25日	公主与青蛙/The Princess and the Frog		\$267,045,765	84%	7.1
50	2010年11月24日	魔发奇缘/Tangled		\$591,794,936	90%	7.8
51	2011年7月15日	小熊维尼大电影/Winnie the Pooh		\$33,152,846	90%	7.3
52	2012年11月2日	无敌破坏王/Wreck-It Ralph		\$471,222,889	87%	7.8
53	2013年11月27日	冰雪奇缘/Frozen		\$1,276,480,335	89%	7.6
54	2014年11月7日	超能陆战队/Big Hero 6		\$657,818,612	89%	7.8
55	2016年3月4日	疯狂动物城/Zootopia		\$1,023,784,195	98%	8.2
56	2016年11月23日	海洋奇缘/Moana		\$617,093,294	95%	7.7
57	2018年11月21日	无敌破坏王2: 大闹互联网/Ralph Breaks the Internet	\$175,000,000	\$529,323,962	88%	7.1
58	2019年11月22日	冰雪奇缘2/Frozen II		\$1,419,312,568	76%	7.3
59	寻龙传说	Raya and the Last Dragon	2021年3月5日			
60	奇幻魔法屋	Encanto	2021年11月24日 (未上映)			



Zootopia (2016)

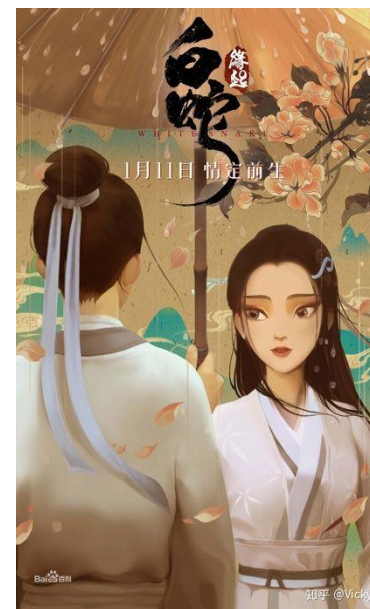
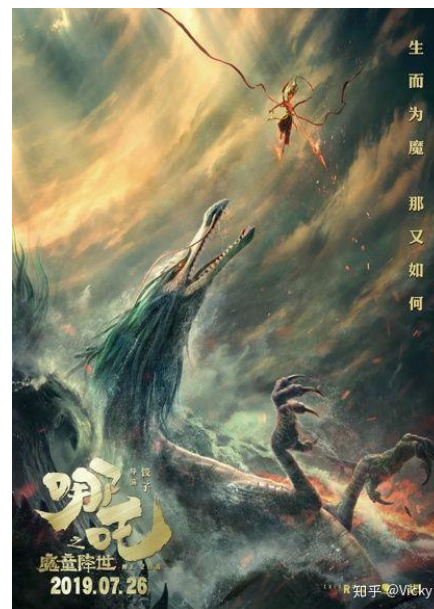
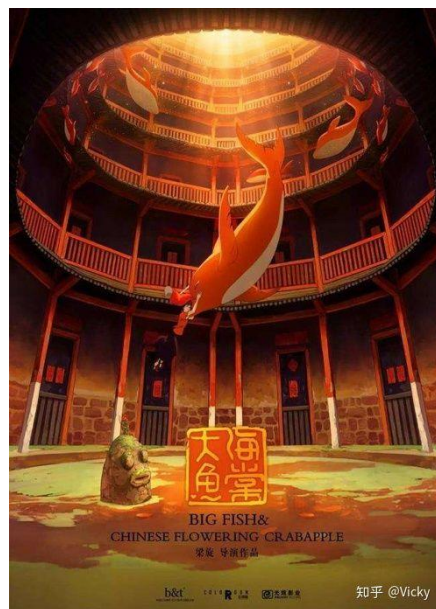


Frozen 2 (2019)

功夫熊猫演示：

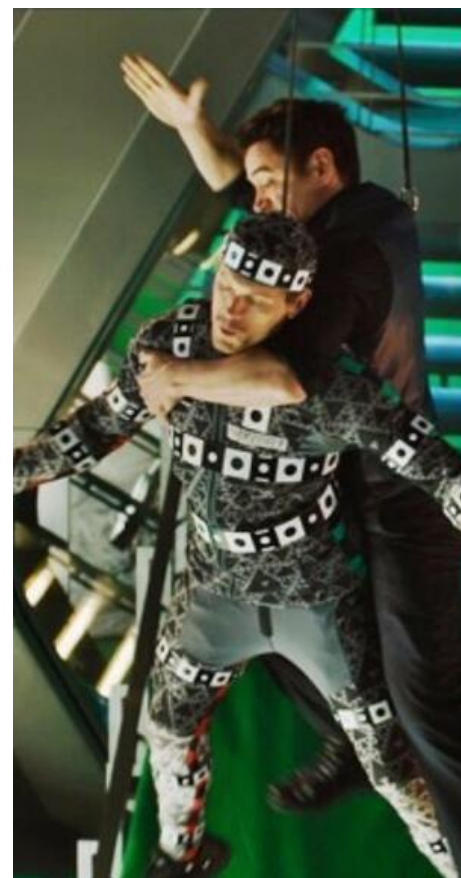
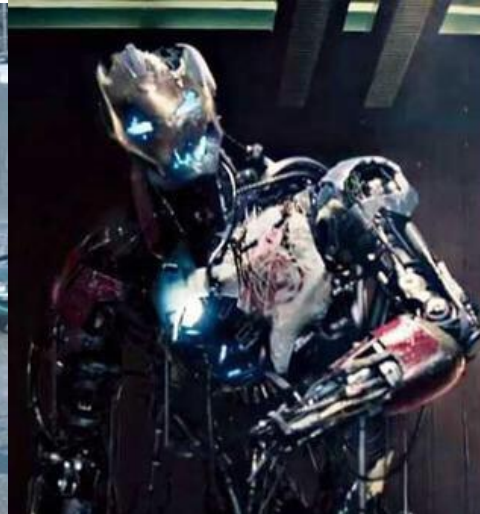
https://www.bilibili.com/video/BV1Tk4y1r7bQ/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click&vd_source=c9ca290d3dbf1895a1a4e9e33b4c524a

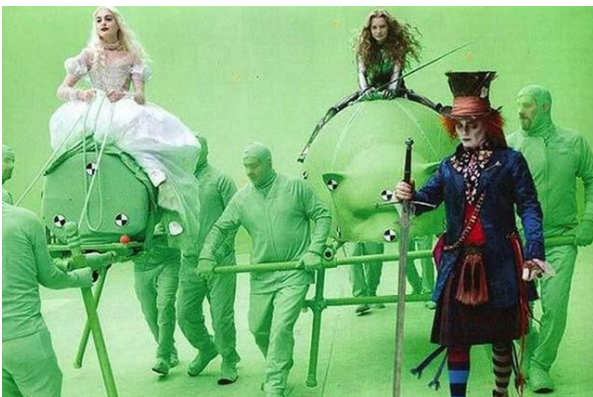
优秀国产动画电影



优秀国产动画电影











Reality



Movie

What is Computer Graphics?

- **Computer graphics** is a sub-field of computer science which studies methods for **digitally synthesizing and manipulating visual content**.
- Although the term often refers to the study of three-dimensional computer graphics, it also encompasses *two-dimensional graphics* and *image processing*.

--Wikipedia

What is Computer Graphics?

What? 计算机图形学是一种使用数学算法将二维或三维图形转化为计算机显示器的栅格形式的科学。

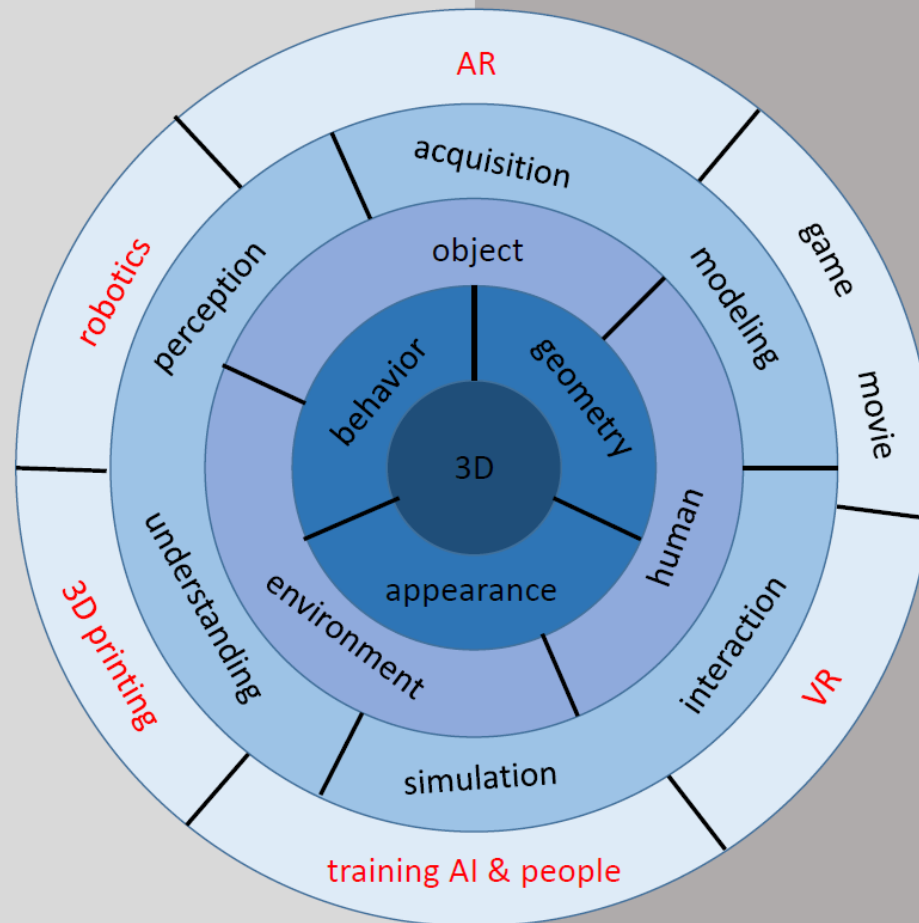
What? 建模 (Modeling), 渲染(Rendering) 动画(Animation), 交互 (HCI), 虚拟现实(Virtual Reality), 可视化(Visualization), 可视媒体计算与处理 (Visual Media Processing), 医学图像处理(Medical Imaging), 物理模拟 (Physical simulation) ,几何处理 (Geometry Optimization)

Why? 元宇宙, 数字孪生, 游戏, 电影, 机器人, 智能制造

http://staff.ustc.edu.cn/~lgliu/Resources/CG/What_is_CG.htm

Real World

Virtual World



Xin Tong
Partner Research Manager

More Applications on Computer Graphics?

Besides movies and animations.

Video Games



Sekiro: Shadows Die twice (2019 Game of the Year)

Video Games



Borderlands 3 (2019)

Design



CG



Photo

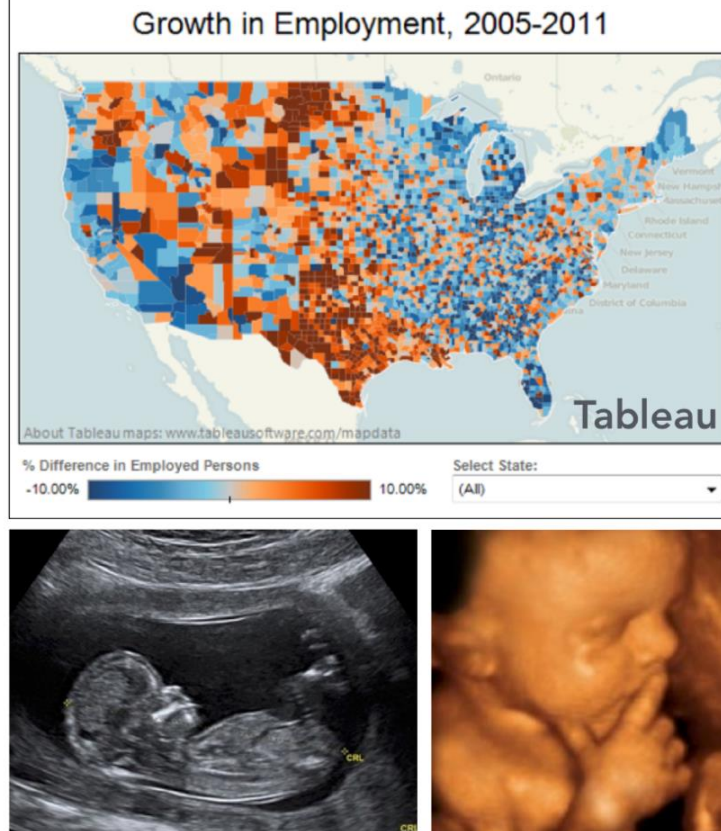
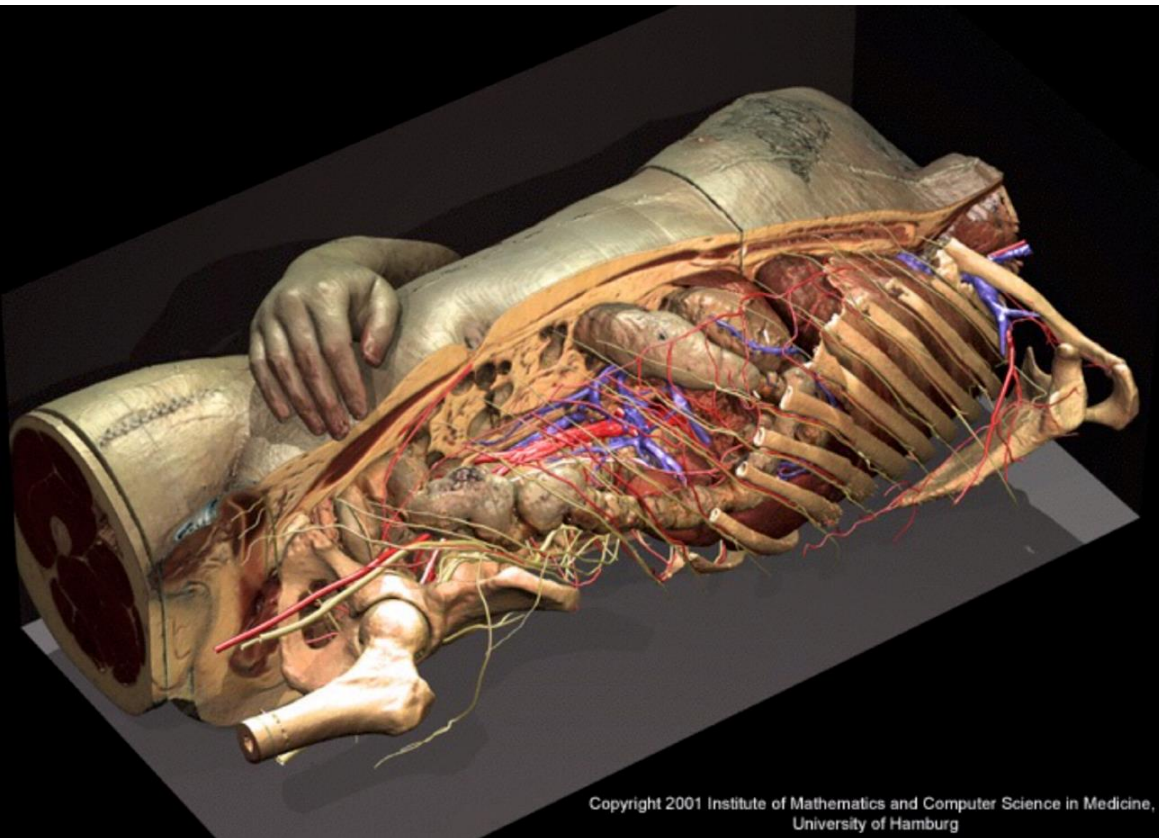
Autodesk Gallery

Design



Ikea - 75% of catalog is **rendered** imagery

Visualization

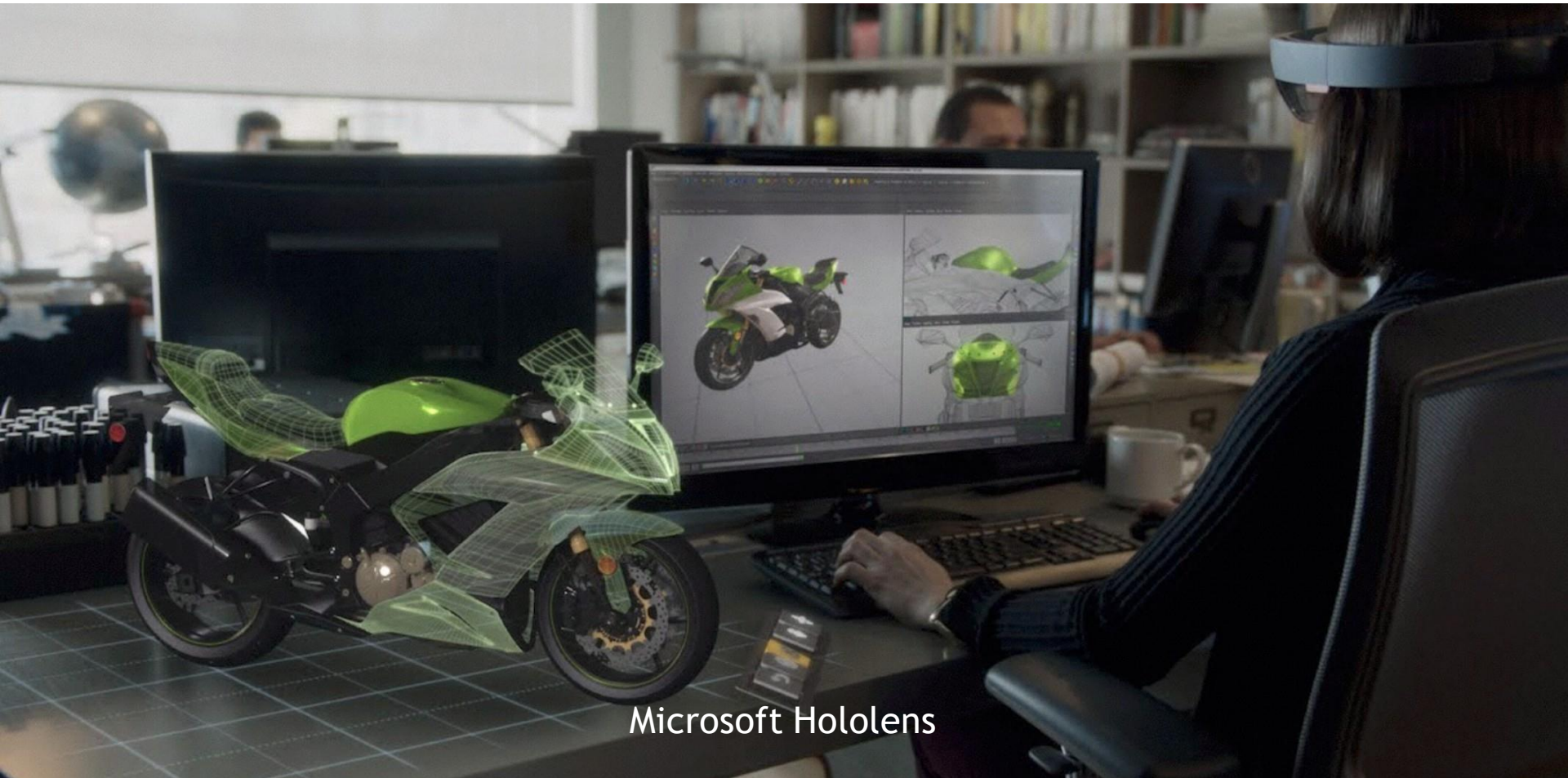


Science, engineering, medicine, journalism, etc.

Virtual Reality



Augmented Reality



Microsoft HoloLens

Digital Illustration





Simulation



The Dust Bowl phenomena



Black hole from Interstellar

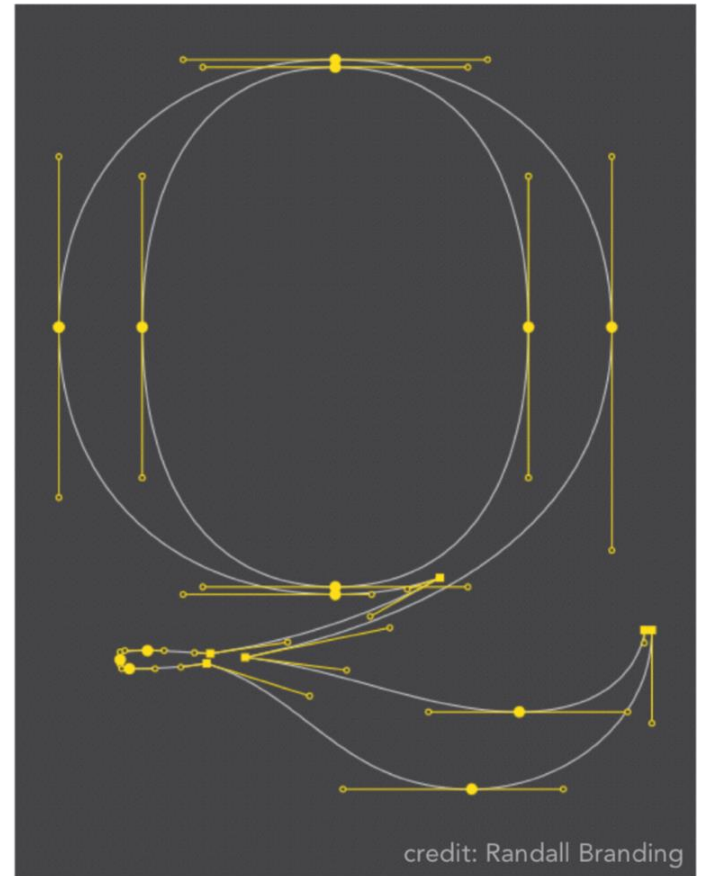
Graphical User Interfaces



Typography

The Quick Brown
Fox Jumps Over
The Lazy Dog

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz 01234567890



credit: Randall Branding

The font Baskerville

Why Study Computer Graphics?

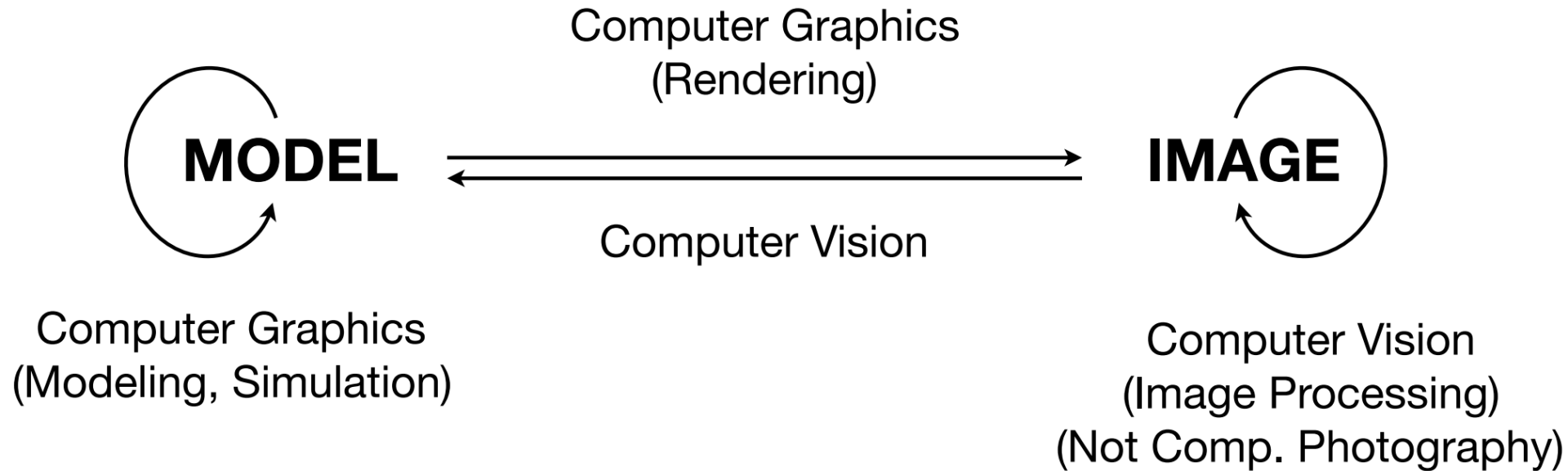
- Fundamental Intellectual Challenges
 - Creates and interacts with realistic virtual world
 - Requires understanding of all aspects of physical world
 - New computing methods, displays, technologies

Why Study Computer Graphics?

- Technical Challenges

- Math of (perspective) projections, curves, surfaces
- Physics of lighting and shading
- Representing / operating shapes in 3D
- Animation / simulation

Computer Graphics vs. Computer Vision



3D AIGC

AIGC Sora :

https://www.bilibili.com/video/BV1ey421b7xy/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click&vd_source=c9ca290d3dbf1895a1a4e9e33b4c524a

3D AIGC :

https://www.bilibili.com/video/BV1ja4y1w7Rq/?spm_id_from=333.337.search-card.all.click&vd_source=c9ca290d3dbf1895a1a4e9e33b4c524a

Thank you!