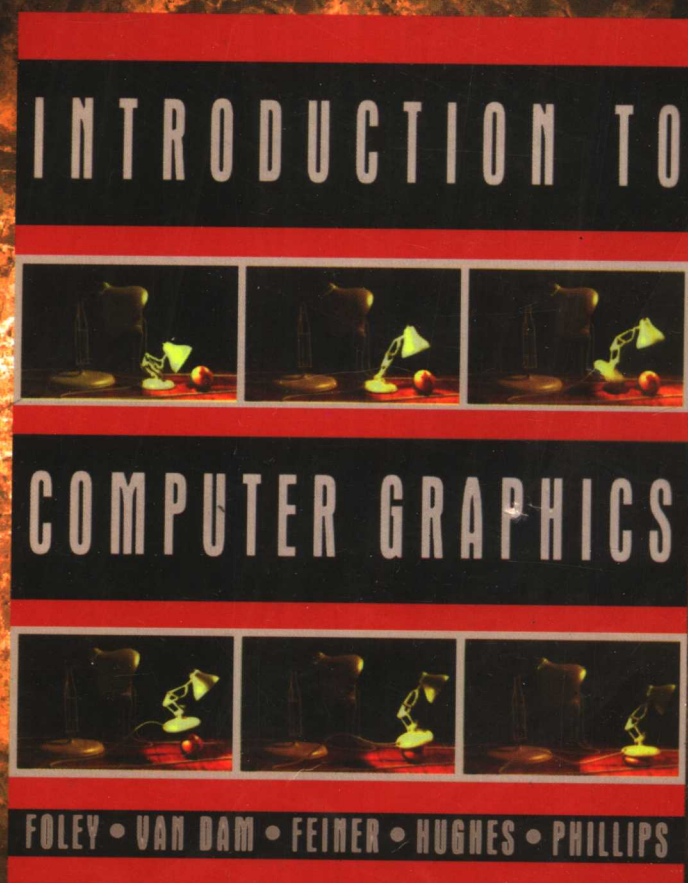


计算机图形学导论

(美) James D. Foley Andries van Dam
Steven K. Feiner John F. Hughes Richard L. Phillips 著 董士海 唐泽圣 李华 吴恩华 汪国平 等译



Introduction to Computer Graphics

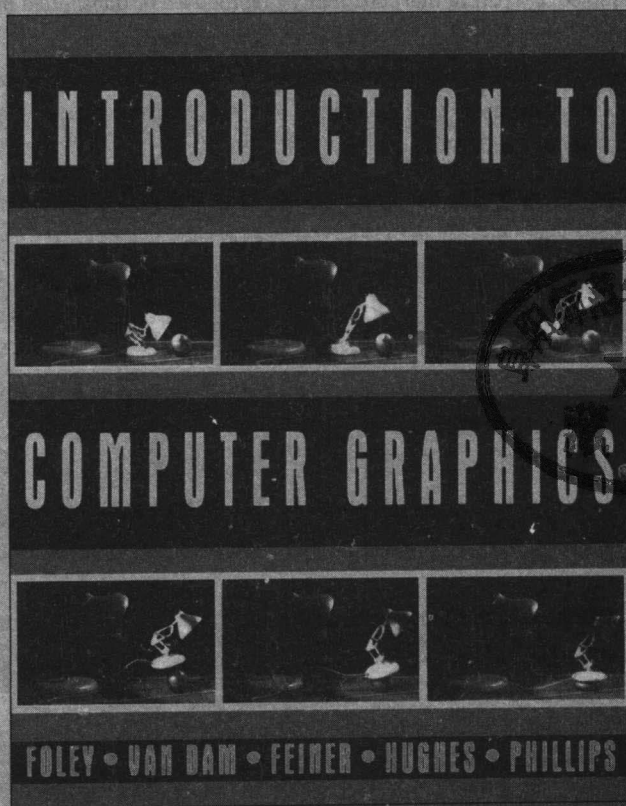


机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学 丛 书

计算机图形学导论

(美) James D. Foley Andries van Dam 著 董士海 唐泽圣 等译
Steven K. Feiner John F. Hughes Richard L. Phillips 李华 吴恩华 汪国平



Introduction to Computer Graphics



机械工业出版社
China Machine Press

本书是通过对经典的计算机图形学教材《计算机图形学原理及实践——C语言描述（第2版）》的部分高级主题进行删节和修改而形成的简写版。本书包括SRGP的编程、二维图元的基本光栅图形学算法、图形硬件、几何变换、三维空间的观察、对象的层次结构和SPHIGS系统、输入设备、交互技术与交互任务、曲线与曲面的表示、实体造型、消色光与彩色光、可视图像的真实性、可见面判定以及光照与明暗处理等内容。书中不但介绍了基本图形学编程、硬件及应用，二维和三维图形学的重要算法，同时还包括大量的习题、示例和彩色插图。本书的程序代码全部采用C语言编写。

本书非常适合作为计算机专业计算机图形学课程的教材。

Authorized translation from the English language edition entitled *Introduction to Computer Graphics* (ISBN: 0-201-60921-5) by James D. Foley et al., published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley, Copyright © 1994, 1990 by Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanic, including photocopying, recording, or by any information storage retrieval system, without permission of Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press.

Copyright © 2004 by China Machine Press.

本书中文简体字版由美国Pearson Education培生教育出版集团授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字：01-2003-8109

图书在版编目（CIP）数据

计算机图形学导论 /（美）福利（Foley, J. D.）等著；董士海等译. —北京：机械工业出版社，2004.5

（计算机科学丛书）

书名原文：Introduction to Computer Graphics

ISBN 7-111-14147-4

I. 计… II. ①福… ②董… III. ①计算机图形学-高等学校-教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第019406号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：杨海玲

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年5月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·27.25印张（彩插1.25印张）

印数：0 001-5 000册

定价：45.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换
本社购书热线：（010）68326294

出版者的话

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭橥了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短、从业人员较少的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章图文信息有限公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall, Addison-Wesley, McGraw-Hill, Morgan Kaufmann等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Tanenbaum, Stroustrup, Kernighan, Jim Gray等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及庋藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专诚为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总规划之下出版三个系列的计算机教材：除“计算机科学丛书”之外，对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；同时，引进全美通行的教学辅导书“Schaum's Outlines”系列组成“全美经典学习指导系列”。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

这三套丛书是响应教育部提出的使用外版教材的号召，为国内高校的计算机及相关专业

的教学度身订造的。其中许多教材均已为M. I. T., Stanford, U.C. Berkeley, C. M. U. 等世界名牌大学所采用。不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程,而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历经三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下,读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑,这些因素使我们的图书有了质量的保证,但我们的目标是尽善尽美,而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。教材的出版只是我们的后续服务的起点。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正,我们的联系方式如下:

电子邮件: hzedu@hzbook.com

联系电话: (010) 68995264

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037

专家指导委员会

(按姓氏笔画顺序)

尤晋元
石教英
张立昂
邵维忠
周立柱
范明
袁崇义
谢希仁

王珊
吕建
李伟琴
陆丽娜
周克定
郑国梁
高传善
裘宗燕

冯博琴
孙玉芳
李师贤
陆鑫达
周傲英
施伯乐
梅宏
戴葵

史忠植
吴世忠
李建中
陈向群
孟小峰
钟玉琢
程旭

史美林
吴时霖
杨冬青
周伯生
岳丽华
唐世渭
程时端

秘 书 组

武卫东

温莉芳

刘江

杨海玲

译 序

本书是Foley、van Dam、Feiner 及 Hughes合著的《计算机图形学原理及实践——C语言描述（第2版）》的改编本。本书既保持了《计算机图形学原理及实践》这本图形学经典著作的最重要特色：对图形学理论（包括数学基础、人机交互、几何建模、真实感绘制等）的深入阐述，所涵盖的图形学内容尽可能先进，大量的习题、例子、图片和参考文献；又对原书的大量高级内容（主要是原书第17章以后的高级硬件结构、高级几何及光栅算法、高级建模技术等）进行了缩减和改写，以便适应大批基本读者的学习需求。应该指出的是本书还花了适当的篇幅增加了若干详尽而有特色的例子（如例2.1，例3.1，例5.1，例6.1，例6.2，例7.1，例9.1，例9.2等）。现在，贡献给读者的这本《计算机图形学导论》更加适合作为不同类型“计算机图形学”课程的教材和关注图形技术发展的广大读者的自学读物。

本书的中文版是在我国计算机图形学专家董士海、唐泽圣、李华、吴恩华、汪国平等合译的《计算机图形学原理及实践——C语言描述（第2版）》（2004年机械工业出版社出版）一书译稿基础上，由本人对照英文版原文进行补译、改正及整理而成。《计算机图形学原理及实践——C语言描述（第2版）》的译者为本书的翻译做了最重要的基础工作。衷心感谢机械工业出版社华章公司编辑所做的大量细致的补译、选辑及编辑加工工作。译文中欠妥和纰漏之处恐难避免，恳请读者不吝赐教和指正。

董士海

于北京大学

2004年4月8日

译者简介

董士海 北京大学信息科学技术学院教授, 博士生导师。中国计算机学会虚拟现实和可视化专业委员会副主任, 中国图像图形学会理事, 中国人工智能学会理事, 若干学报编委。1982年美国马里兰大学访问学者。曾参加我国首台百万次计算机、汉字激光照排系统、C软件环境、青鸟软件环境等研制。主持完成三维图形包、超媒体、多通道用户界面等国家攻关及自然基金重点项目。获政府特殊津贴、北京大学、国家教委、国家科技进步奖等奖励。已出版《计算机软件工程环境和软件工具》、《计算机用户界面及工具》、《人机交互和多通道用户界面》等专著, 发表论文一百余篇。研究兴趣为图形学、人机交互及虚拟现实等。

唐泽圣 清华大学计算机科学与技术系教授, 博士生导师。现任澳门科技大学副校长, 信息科技学院院长, 教授。美国IEEE学会高级会员。澳门电脑学会名誉会长。曾任中国计算机学会理事长。长期从事计算机图形学及科学计算可视化方面的研究工作。主持、参加并完成了中国国家自然科学基金重点项目“科学计算可视化的理论和方法研究”及“多维动态地理信息系统关键技术研究”等课题。完成了国家自然科学基金一般项目“三维数据场整体显示技术的研究”及国家863高技术研究项目“计算机辅助立体定向神经外科手术系统”等课题。曾获国家科技进步三等奖一项、省、部级科技进步奖多项。有著作四部, 发表论文100余篇。目前的研究方向有: 计算机图形学、科学计算可视化, 虚拟现实及地理信息系统等。

李华 1982年毕业于北京航空学院, 1986年在该校获硕士学位, 1989年在中科院计算所获博士学位。曾在航空部601所从事飞机设计, 先后在德国、日本留学。现为中国科学院计算技术研究所研究员, 博士生导师, 中国计算机学会理事, 中国计算机学会计算机辅助设计与图形学专业委员会主任, 中国工程图学会常务理事, 中国图像图形学会常务理事, 美国IEEE北京分会执行委员会委员、技术委员会主席, 《计算机辅助设计与图形学学报》副主编, 《软件学报》、《中国图像图形学报》和《工程图学学报》编委。主要研究领域为计算机图形学和计算机辅助几何设计。专业研究兴趣包括虚拟现实、科学计算可视化、医学图像处理、数字化虚拟人、人体运动仿真等。获政府特殊津贴、国家科技进步奖等奖励。

吴恩华 男, 1970年于北京清华大学计算数学专业本科毕业, 其后从1970年至1980年在清华大学计算机科学与工程系进行教学和科研工作, 1984年于英国曼彻斯特大学计算机科学系获博士学位。从1985年起在中国科学院软件研究所从事科研工作, 历任研究室主任、基础和高技术研究部主任兼研究所所长助理、研究所学位委员会主席等。于1997年9月起兼任澳门大学科技学院教授, 并自2002年3月起担任澳大电脑与资讯科学系主任。于1980年起从事计算机图形学研究工作, 并于1993年起聘为博士生导师, 在国内外发表论文100余篇。主要研究领域是真实感图形、虚拟现实、科学计算可视化等。于2002年获CHINAGRAPH中国计算机图形学杰出奖。现受邀分别担任《计算机辅助设计与图形学学报》与《Journal of Computer Science and Technology》主编与副主编, 并从2001年起受邀担任《The Journal of Visualization and Computer Animation》和《International Journal of Image and Graphics》编委。IEEE和ACM会员。

汪国平 博士，教授，博士生导师，现任北京大学信息科学技术学院软件研究所副所长，人机交互与多媒体实验室主任，兼任中国图像图形学会常务理事，中国图像图形学会多媒体专业委员会和虚拟现实专业委员会委员，中国计算机学会虚拟现实和可视化专业委员会常务委员以及CADCG专业委员会委员，《计算机辅助设计与图形学学报》编委等。主要从事计算机图形学、人机交互与虚拟现实、网络多媒体等领域的教学与研究。近几年来负责国家级和省部级等各种项目20余项，负责分布式复杂虚拟场景构造和勘查平台，多媒体内容交互制作工具和同步合成系统，视频会议系统和视频点播系统等多个支撑系统的研制。申请国家发明专利4项，在国内外发表学术论文50余篇。

前 言

本书是Foley、van Dam、Feiner 及 Hughes合著《计算机图形学原理及实践——C语言描述（第2版）》（以下简称《计算机图形学》）的改编本。本书通过删节、修改《计算机图形学》一书中那些内容广泛的教学和参考部分编写而成的，以便适应于不同课程和不同专业的需要。本书大概是《计算机图形学》的一半，但它不仅仅是《计算机图形学》的缩略版本。事实上，本书是重新改写的，并在某些情况下注意用不同的方法进行说明，以便适应读者的需要。

本书可用于任何四年制大学和学院的计算机图形学课程（一到两学期）。在具备少量数学知识的前提下，也可用于两年制学校、成人大学的一学期课程。对于想要学习发展迅速和令人激动的这一学科基础知识的专业人员来说，不论想成为一名计算机图形技术方面的从业者，还是只想增加对计算机图形技术广泛应用的了解，本书都是一本理想的书籍。

从更新或更全面的角度来看，本书并不希望取代《计算机图形学》一书。但是，《计算机图形学》一书的某些章节的内容由于此领域正以飞快的速度发展、因材料较旧而不再使用或者因其硬件性能和成本而被更新了。在《计算机图形学》（1990年出版）的第4章里可以找到这样一个例子：“图形工作站通常包括一个至少执行几百万条指令/秒（MIPS）的CPU”，而现在已修改为20~100 MIPS，以反映当前的事实。

本书的其他主要差别和强项是：

- 在完整的工作程序和用伪代码书写的程序段中，全书均使用了近代计算机语言ANSI C。使用C是符合当今教学和专业实践的，尤其是在图形学领域。
- 作为本书使用C的一个直接好处，SRGP及SPHIGS软件包与书中使用的代码功能和数据类型两者之间，现在是一一对应的。
- 上面提到的SPHIGS软件包，已经充分地增强了许多新的特性，如多光源、改进后的绘制以及用于更好交互操作的改进后的拾取校正。
- 本书给出了几个有特色的例子，其中有些是十分详尽的。这些例子总体上是放在用来最好地展示很难的概念的那些章节。例如，用于交互地定义Bézier三次参数曲线的完整工作程序。
- 本书提供大量例子、图表及相关参考文献来介绍计算机图形学在新兴多媒体领域中的重要性。
- 在本书的第5章中增加了数学基础知识一节。这一节为读者提供了足够的信息，以便读者理解和使用本书中与数学相关的所有材料。

可选的教学大纲

可以有多种路径来阅读全书。这里仅提供其中的一些，但读者完全可以灵活地选择以适合自己的情况。为了学习，甚至可改变次序。例如，第4章提供的有关硬件的材料，在教学中完全可以提前或者延后。

着重于2D图形学的最少一学期的课程安排 这门课程适合于两年制或四年制大学的学生，主要目标是提供2D图形学各种元素的总论。

章	节
1	全部
2	2.1节~2.2节
3	3.1节~3.3节, 3.9节~3.9.3节
4	4.1节, 4.2节, 4.3节及4.5节
5	5.1节 (如合适), 5.2节, 5.3节, 5.4节
6	6.1节, 6.2节, 6.3节, 6.4.1节, 6.4.2节
8	全部
9	9.1节, 9.2.1节~9.2.3节
11	11.1节~11.2节
12	选择阅读与演示高级能力相关的部分

提供2D及3D图形学概论的一学期课程安排 这个大纲适合于有较好数学基础知识的读者, 为学习图形学提供了坚实的基础。

章	节
1	全部
2	全部
3	3.1节~3.5节, 3.8节~3.11节, 3.14节~3.15节
4	4.1节, 4.2节, 4.3节及4.5节
5	5.1节 (如合适), 5.2节~5.5节, 5.7节, 5.8节
6	6.1节~6.5节, 6.6节 (除6.6.4节外), 6.7节
7	7.1节~7.5节, 7.10节及7.11.6节
8	全部
9	9.1节, 9.2.1节~9.2.3节, 9.2.7节, 9.3.1节~9.3.2节
11	全部
12	全部
13	13.1节~13.2节, 可能13.4节
14	14.1节~14.2节, 可能14.5节~14.7节

覆盖2D及3D图形学、建模、绘制的两学期课程安排 本书的所有各章 (可从第9章和第10章中略去若干主题), 加上从《计算机图形学》一书中选取的主题。

由于本书的许多读者会对《计算机图形学》一书的高级和全面内容感兴趣, 所以《计算机图形学原理及实践——C语言描述 (第2版)》一书的前言也列在后面。读者可找到该书重要特性的讨论和基于该书来架构课程的建议。

致谢

首先, 我要说明《计算机图形学》一书的全部作者均在某种程度上参与了本书的改编。我将承担改编过程中任何新错误的全部责任。

David Sklar是《计算机图形学》一书的客座作者, 他贡献了那本书里的许多材料, 保存在本书的第2章和第7章中。他也帮助我找到了那本书里的计算机代码和艺术图片的电子版。

编辑Peter Gordon在这个项目的全过程经常及时、审慎、沉着地给我以指点。生产监督Jim Rigney花费了许多时间教我“职业的诀窍”。

还有许多人在本书的不同方面给予了帮助。他们是Yvonne Martinez、Chuck Hansen、Tom Rokicki、David Cortesi、Janick (J.) Bergeron、Henry McGilton、Greg Cockcroft、Mike Hawley、Ed Catmull、Loren Carpenter、Harold Borkin、Alan Paeth、Jim White 及Bert Herzog。

特别要感谢美国新墨西哥大学的Ed Angel和他出色的学生们，他们在1992年秋为本书的第一个草稿进行了 β 测试。

最后，如果没有D. C. 本书将永远不能问世。

R. L. P.
于 Santa Fe, N. M.

作者简介

James D. Foley (密歇根大学博士) 是美国佐治亚理工学院计算机科学系和电子工程系教授, 图形学、可视化及可用性研究中心主任、创始人。他和Andries van Dam是《Fundamentals of Interactive Computer Graphics》一书的作者。他是ACM、ACM SIGGRAPH、ACM SIGCHI、the Human Factors Society、IEEE、IEEE 计算机学会会员、《ACM Transactions on Graphics》主编。《Computers and Graphics》和许多著名杂志的编委。研究领域是用户界面设计环境(UIDE, 一种基于模型的用户界面开发工具)、用户界面软件、信息可视化、多媒体和用户界面中的人的因素。他还是IEEE会员, Phi Beta Kappa、Tau Beta Pi和Sigma Xi的成员。

Andries van Dam (宾夕法尼亚大学博士) 是美国布朗大学计算机科学系创始人和首任系主任, 目前是L. Herbert Ballou大学和布朗大学计算机科学系教授, BLOC Development 和 Electronic Book Technologies公司的高级顾问科学家, ShoGraphics和Microsoft公司的技术顾问委员会成员, IEEE 计算机学会会员和ACM会员, 也是 ACM SIGGRAPH创始人之一。van Dam帮助创建了《Computer Graphics and Image Processing》和《ACM Transactions on Graphics》杂志, 并曾任其编辑。他和James Foley一起是《Fundamentals of Interactive Computer Graphics》一书的作者, 和David Niguidula一起是《Pascal on the Macintosh: A Graphical Approach》一书的作者。已发表了80余篇论文。1984年获IEEE Centennial Medal奖, 1988年获罗得岛州政府的科学技术奖, 1990年获NCGA学术奖; 1991年获SIGGRAPH Steven A. Coons奖。他的研究领域包括超媒体、电子书和用于教学研究的高性能工作站。

Steven K. Feiner (布朗大学博士) 是美国哥伦比亚大学计算机科学系副教授, 该校的计算机图形学 and 用户界面实验室的负责人。当前研究领域是图片合成、人工智能应用于计算机图形学、用户界面、动画、虚拟世界及超媒体系统。他也潜心于图形用户界面自动化设计和布局的基于知识系统的开发。《Electronic Publishing》和《ACM Transactions on Information Systems》杂志的编委, ACM SIGGRAPH 和 IEEE 计算机学会的会员。1991年获ONR Young Investigator奖。发表论文40余篇, 并在许多讲座和讨论会上作报告。

John F. Hughes (加利福尼亚大学伯克利分校博士) 是美国布朗大学计算机科学系副教授, 与Andries van Dam共同领导该校的计算机图形学研究组。研究领域是: 为科学和数学可视化进行的将数学应用于计算机图形学、自动计算机动画、计算机图形学基础和交互图示。他是ACM SIGGRAPH 和 IEEE计算机学会的会员。最近的论文发表在《Computer Graphics》和《Topology》上。有关球体外翻的著作已在《Science News》的封面文章中描述。

Richard L. Phillips (密歇根大学博士) 是本书的主要负责人。美国密歇根大学电机和计算机工程系、宇航工程系的退休教授。作为计算机辅助工程网络的创立者和主任, 他帮助创建了该校工程学院的学生和教职员建立的几百个节点的工作站网络, 他还是信息技术集成中心的创立者和主任。当前, 他是Los Alamos国家实验室的技术人员, 在那里, 他的研究领域是科学可视化、多媒体工作站、分布式计算和多媒体数字出版。他是IEEE和ACM的会员以及《Computers and Graphics》的编委。

《计算机图形学原理及实践——C语言描述 (第2版)》前言

交互式图形学的时代已经到来。就在不久以前这还是一项需要昂贵显示器硬件、大量计算机资源和独特软件的深奥的专业领域。然而在过去的几年中,随着硬件性能价格比的大幅提升(如配有标准图形终端的个人计算机)以及高端的与设备无关的图形程序包的开发,图形编程已经变得简捷、合理。交互式图形学如今已经可以为我们提供图形通信手段,并成为人机交互的主要工具。(节选自《交互式计算机图形学基础》的前言。*Fundamentals of Interactive Computer Graphics*, James Foley, Andries van Dam, 1982。)

这一断言在Apple公司的Macintosh机、IBM的PC机及其他类似产品引发计算机文化革命之前就做出了。现在,就算是没上学的孩子都对交互图形技术非常熟悉,比如窗口控制、用鼠标选菜单和图标。图形用户界面可以使新手迅速变得老练,没有图形界面的计算机已经越来越罕见了。

随着交互式图形学在用户界面和数据可视化方面的广泛应用,三维物体的绘制技术也变得越来越真实,运用这些技术生成的广告片和电影特技无所不在。20世纪80年代初期尚处于实验阶段的技术目前已变得很普通,而更加令人叹为观止的“照片真实感”技术也马上就要到来。曾经需要花上几个小时才能生成一帧的伪真实感动画,如今在个人计算机上可以以10帧/秒以上的速度生成。1981年的“实时”向量显示器可以显示没有经过隐藏线消除的几万个向量组成的移动线框物体;而1990年的实时光栅显示器不仅可以显示同样的线框物体,而且可以显示由十万多个三角形面片组成的、采用Gourand或者Phong明暗处理以及完全的隐藏面消除的移动物体。这些高性能系统能提供实时的纹理映射、反走样、云雾和烟尘的大气衰减以及其他特殊效果。

图形软件的标准同样较第1版时明显进步了很多。第1版的SGP软件包基于的SIGGRAPH Core'79软件包、直视存储管和刷新向量显示器现在基本上都已经消失了。支持结构层次存储和编辑的更加强化的PHIGS软件包已经成为ANSI和ISO的标准,广泛应用于科学和工程的实时几何图形制作中,与其相伴的PHIGS+支持光照、明暗处理、曲线和曲面。官方的图形标准中补充了许多事实标准,如Apple公司的QuickDraw, X Window的Xlib二维整型光栅图形包和Silicon Graphics公司的GL三维图形库。Pixar公司的照片真实感的RenderMan软件和硬拷贝页面和屏幕图像描述的PostScript图形解释器同样也得到了广泛的应用。更好的图形软件的使用使得对用户界面的“视感”得到巨大改善,我们可以期待增加对三维效果的利用,使我们对信息的管理、表现、检索和漫游提供新的想像空间和形象,必是出于审美的考虑。

也许图形学中最重要的发展方向是对物体建模技术的愈加重视,不仅仅是生成这些物体的画面,同时人们对如何描述随时间变化的三维几何物体的几何特性和行为产生了更大的兴趣。这样,图形学在建模和绘制中就更加关注模拟、动画及“回归物理过程”,试图使创作出的物体尽可能真实。

当图形工具变得越来越复杂时,我们就需要能够有效地运用它们。绘制不再是瓶颈,所以研究人员开始尝试用人工智能技术帮助进行物体建模设计、运动规划、二维及三维物体的有效图形表示的布局。

当今图形学技术发展迅猛,任何一本参考书都必须不断地进行更新和扩充才能跟上这样的发展。本书基本上对《交互式计算机图形学基础》做了总体重写,尽管页数几乎翻番,我们仍然不得不省略大量内容。

本书和第1版的主要区别如下:

- 向量图形学的定位由光栅图形学所代替。
- 原来简单的二维浮点图形包(SGP)被SRGP和SPHIGS代替,体现了交互图形程序设计的两大主要流派。SRGP结合了QuickDraw和Xlib二维整型光栅图形包的特征;基于PHIGS的SPHIGS提供了具有层次显示列表的三维浮点包的基本特性。本书描述了如何应用这些标准图形包进行编程,并且同时讲述了这些图形包对于基本裁剪算法、扫描转换算法、观察算法和显示列表遍历算法等基本功能的实现细节。
- 在更深的层次上讨论了用户界面问题,包括二维桌面隐喻和三维交互设备。
- 对建模的讨论包括了NURB(非均匀有理B样条)曲线和曲面,实体造型以及高级建模技术,如基于物理的建模、过程化模型、分形、L文法系统和粒子系统等。
- 对绘制技术的讨论增加了对反走样的详细讨论,以及可见面判定、光照和明暗处理,包括基于物理的光照模型、光线跟踪、辐射度等。
- 增加了高级光栅图形体系结构和算法的内容,包括裁剪、复杂图元的扫描转换、简单的图像处理操作等。
- 增加了对动画的简单讨论。

阅读本书无须具备图形学的基础知识,只需要了解一定的C语言编程技术、基本的数据结构和算法、计算机体系结构和简单的线性代数。附录中列出了阅读本书必需的数学基础。本书的全部内容可在两个学期内讲授,但是书中内容划分为几个部分,也可以有选择地进行讲授。因此,读者可以根据自己的需要选择学习,由浅入深。本书可以大致分为下面几个部分:

基本知识

第1章对历史进行了简要回顾,并对硬件、软件、应用程序的最基本问题做了讨论。第2和第3章讲述了简单的二维整型图形包SRGP的应用和实现方法。第4章介绍了图形硬件,包括如何应用硬件完成前面几章中提到的操作。第5和第6章通过矩阵的方法介绍了在平面和三维空间中进行变换的思想,如何应用齐次坐标来统一线性变换和仿射变换,三维视图的描述,包括从任意视见体到标准视见体的变换。最后,第7章介绍了三维浮点层次图形包SPHIGS,通过一些基本的建模操作讲述了它的用法,SPHIGS是PHIGS标准的简化版本。这一章还讨论了PHIGS中可用的层次结构的优缺点以及使用这个图形软件包的应用程序的结构。

用户界面

第8~10章讲述了当前交互设备并讨论了用户界面设计的一些高层次问题,对当前流行的各种用户界面设计范型进行了介绍和比较。最后的用户界面软件一章讨论了窗口管理器、交互技术库和用户界面管理系统。

模型定义

第11和第12章讲述了当前的几何建模技术:曲线和曲面的参数函数表示(尤其是三次样条函数)以及各种技术的实体表示,包括边界表示和CSG模型。第13章介绍了人类的颜色视觉系统以及各种颜色描述系统及它们之间的转换,同时也讨论了如何有效运用颜色的规则。

图像合成

在连续四章中的第一章,即第14章,讲述了从最早的向量绘图到最新的光照图形技术,人们

对真实感的探索过程。走样所引起的人为痕迹是光栅图形学中首要考虑的问题，这一章讨论了产生这些人为痕迹的原因和利用傅里叶变换的解决办法。第15章详细讨论了可见面判定的不同方法。第16章介绍了光照和明暗处理算法，本章的前半部分讨论了当前在流行的图形硬件中使用的算法而其余部分讨论了纹理、阴影、透明效果、反射、基于物理的光照模型、光线跟踪、辐射度，等等。第17章讲述了图像操纵（如像素图的缩放、错切、旋转）和图像存储技术（包括各种图像压缩技术）。

高级技术

最后四章对最新的图形学技术做了简介。第18章描述了当前的高端商用和研究用的图形硬件，本章由高性能图形体系结构的权威Steven Molnar和Henry Fuchs提供。第19章讲述了应用于如任意圆锥曲线的扫描转换、反走样文字生成、页描述语言实现（如PostScript）等任务的复杂光栅算法。最后两章对在高级建模和计算机动画领域中最重要技术做了概述。

前两部分内容相对基础，可用于本科生的基础课程，随后的课程可使用其余各章的高级内容。当然也可以从各部分中抽取章节定制课程内容。

比如，以二维图形学为主的课程可以包括第1和2章，第3章中的简单扫描转换和裁剪，第4章中的概述、光栅体系结构和交互设备，第5章的齐次数学，6.1节~6.3节从“如何使用三维观察”的角度讲解了三维观察，由第8、9和10章组成的用户界面部分，以及由第14、15和16章组成的图像合成部分的引言和简单算法。

一门图形学概论课程可以包括第1、2章，第3章的简单算法，第4章中的光栅体系结构和交互设备，第5章，第6和7章的大部分内容以及SPHIGS。课程的后半部分包括第11和13章中的建模技术，第14、15和16章的图像合成，以及第20章中的部分高级内容。

以三维建模和绘制为重点的课程可以从第3章讲述扫描转换、线和多边形的裁剪、反走样的章节开始，然后进行到讲述变换和观察的数学基础的第5和6章，以及关于颜色的第13章，第14~16章的主要内容。也可以加入曲面和实体建模、第20章的高级建模技术、第21章的动画等高级内容。

图形包

由David Sklar设计的SRGP和SPHIGS图形包可以从出版商获取，可用于IBM PC (ISBN 0-201-54700-7)、Macintosh (ISBN 0-201-54701-5)和运行X11的UNIX 工作站，同时包括扫描转换、裁剪、观察等多种算法。

致谢

本书的完成离不开很多朋友和同事的辛勤工作。我们特别感谢那些为本书提供大量材料的人们，同样感谢对本书提出建议的很多同事。如有遗漏，敬请原谅。Katrina Avery和Lyn Dupré为本书的编辑做了大量工作，同时还有Debbie van Dam、Melissa Gold和Clare Campbell。我们特别感谢产品监督Bette Aaronson，艺术指导Joe Vetere和编辑Keith Wollman，他们不仅为本书做出了不懈努力，同时他们在过去五年所处的困境下所表现的耐心和幽默也为本书的完成做出了很大的贡献。

计算机图形学已经不是一个由四个主要作者和三位辅助作者可以完全掌握的领域，我们的同事、学生为本书提供了大量有价值的意见和建议，并发现了很多错误。下列人士对本书的一章或几章进行了仔细的技术性审读：John Airey, Kurt Akeley, Tom Banchoff, Brian Barsky, David Bates, Cliff Beshers, Gary Bishop, Peter Bono, Marvin Bunker, Bill Buxton, Edward Chang, Norman Chin, Michael F. Cohen, William Cowan, John Dennis, Tom Dewald, Scott Draves, Steve Drucker, Tom Duff, Richard Economy, David Ellsworth, Nick England, Jerry Farrell, Robin Forrest, Alain Fournier, Alan Freiden, Christina Gibbs, Melissa Gold, Mark Green, Cathleen

Greenberg, Margaret Hagen, Griff Hamlin, Pat Hanrahan, John Heidema, Rob Jacob, Abid Kamran, Mike Kappel, Henry Kaufman, Karen Kendler, David Kurlander, David Laidlaw, Keith Lantz, Hsien-Che Lee, Aaron Marcus, Nelson Max, Deborah Mayhew, Barbara Meier, Gary Meyer, Jim Michener, Jakob Nielsen, Mark Nodine, Randy Pausch, Ari Requicha, David Rosenthal, David Salesin, Hanan Samet, James Sanford, James Sargent, Robin Schaufler, Robert Scheifler, John Schnizlein, Michael Shantzis, Ben Shneiderman, Ken Shoemake, Judith Schrier, John Sibert, Dave Simons, Jonathan Steinhart, Maureen Stone, Paul Strauss, Seth Tager, Peter Tanner, Brice Tebbs, Ben Trumbore, Yi Tso, Greg Turk, Jeff Vroom, Colin Ware, Gary Watkins, Chuck Weger, Kevin Weiler, Turner Whitted, George Wolberg和Larry Wolff。

我们的一些同事, 包括Jack Bresenham, Brian Barsky, Jerry Van Aken, Dilip Da Silva (建议对第3章采取统一的中点方法) 和Don Hatfield, 不仅对章节做了仔细阅读, 同时对其中的算法提出了详细的建议。

Katrina Avery, Barbara Britten, Clare Campbell, Tina Cantor, Joyce Cavatoni, Louisa Hogan, Jenni Rodda和Debbie van Dam做了大量的文字处理工作。Dan Robbins, Scott Snibbe, Tina Cantor和Clare Campbell绘制了第1~3章的插图。其他插图由Beth Cobb, David Kurlander Allen Paeth和George Wolberg (在Peter Karp的帮助下) 提供。彩图II-21~彩图II-37展示了绘制技术的进步, 由Pixar的Thomas Williams和H.B. Siegel在M.W. Mantle的指导下应用Pixar的PhotoRealistic RenderMan软件完成。感谢Industrial Light & Magic提供激光扫描仪创建了彩图II-24~彩图II-37, 感谢Norman Chin 为彩图II-30~彩图II-32计算了顶点法向量。L. Lu和Carles Castellsagué 为制作插图编写了程序。

Jeff Vogel实现了第3章的算法, 他和Atul Butte检查了第2和7章的程序。在Ron Bailsys, Scott Boyajian, Atul Butte, Alex Contovounesios和Scott Draves 的帮助下, David Sklar编写了Mac和X11上的SRGP 和SPHIGS。Randy Pausch和他的学生将这些包移植到了PC平台。

为了能够让读者获取多种算法的电子拷贝、提出习题、报告本书和SRGP/SPHIGS中的错误以及得到本书和软件的勘误表, 我们已经安装了一个自动的电子邮件服务器。发一封主题为“Help”的电子邮件到graphtext@cs.brown.edu, 就可收到当前可用的服务列表。

华盛顿州 J.D.F.

罗德岛州 A.v.D

纽约州 S.K.F.

罗德岛州 J.F.H.