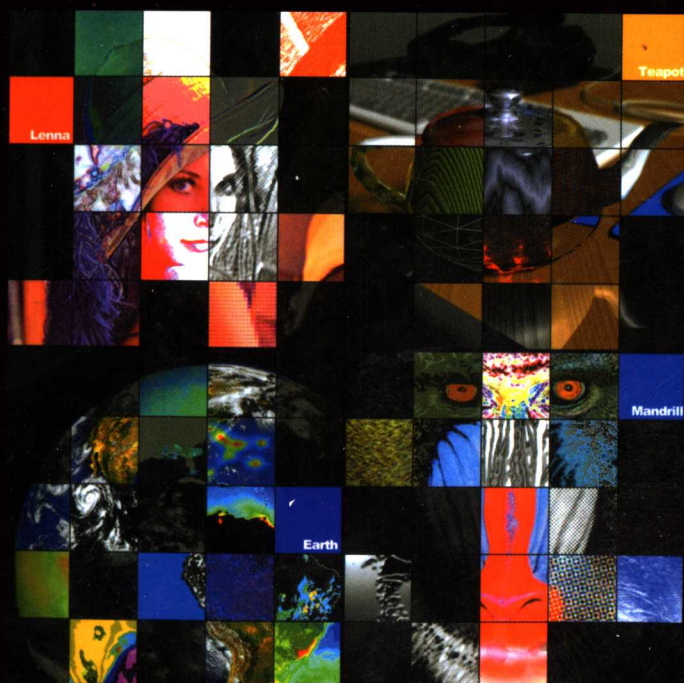


高等院校教材

(日) 田村秀行 编著  
金喜子 乔双 译

# 计算机图像处理



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

图字：01-2003-7985 号

## 内 容 简 介

本书原著是由日本图像处理领域知名人士田村先生编写的,在日本很受读者的欢迎,并且许多高等院校都把它作为教材而使用。

本书作为反映最新技术的书籍,从基本概念到应用实例进行了系统的阐述。本书共9章,首先介绍图像处理的特点及基本概念,其次,一一介绍图像信息的压缩、图像质量改善和图像的重建、二值图像处理、图像的特征提取、立体信息和运动图像的提取、图像识别的方法、图像生成的方法等。

本书内容系统、重点突出、理论与实例并重,可作为高等院校计算机、人工智能、模式识别、生物医学工程等专业的图像处理课程的教材,也可作为从事图像处理工作的技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机图像处理/(日)田村秀行编著;金喜子,乔双译。—北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-013020-0

I. 计… II. ①田…②金…③乔… III. 计算机应用-图像处理 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 023379 号

责任编辑:杨 凯 崔炳哲/责任制作:魏 谨

责任印制:刘太平/封面制作:李 力

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮编100071

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

北京东方科信图文有限公司制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年6月第一版 开本:B5(720×1000)

2004年6月第一次印刷 印张:18 3/4 插页:1

印数:1—5 000 字数:341 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))



(a) 原画像



(b) 256色显示

图2.54 应用限定色显示的例子

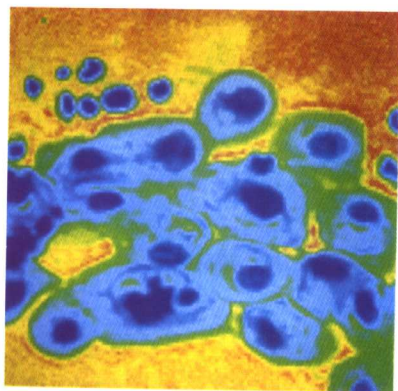


图4.7 难以识别灰度差的图像（伪彩色显示）

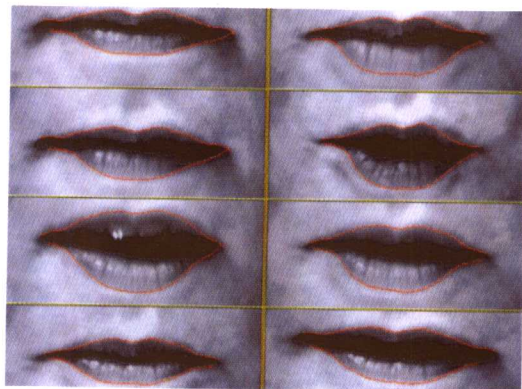


图8.9 依据能量最小化原理的形状匹配

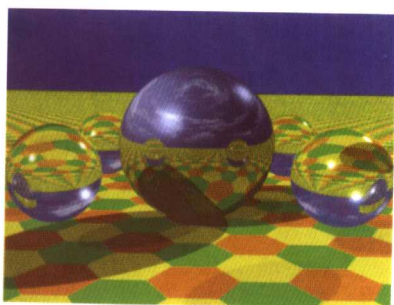


图9.26 依据raytracing法的绘制例



图9.27 依据radiosity法的绘制例



(a) 无阴影计算



(b) 有阴影计算

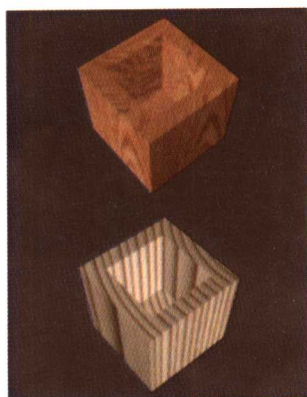
图9.29 纹理变换的例子



(a) bump变换

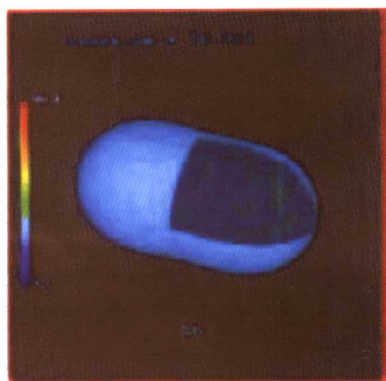


(b) 环境变换

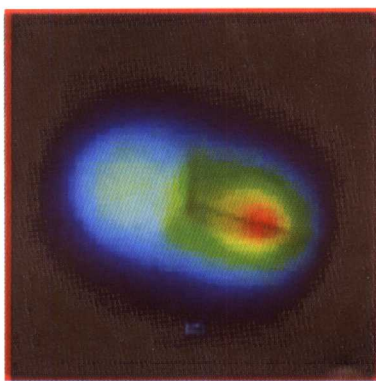


(c) 上: 纹理变换  
下: 立体纹理

图9.30 纹理变换的扩展



(a) 等值面



(b) 立体重建

图9.37 立体数据可视化的例子



1985年,也就是茨城科学博览会召开的那一年,IMAX公司的大型屏幕在各国上市了。由于阪神棒球队隔了21年夺得职业棒球冠军和日航巨型客机坠落事件都发生在这一年,所以印象颇深。

2002年,是日韩共同举办世界杯的一年。职业棒球赛开幕时状态极佳的星野阪神中途失败,被原巨人捧走了冠军杯,而飞机却平安无事(至少在本书执笔时为止)。这一年,日本人首次同时获得两个诺贝尔奖。DVD的销售超过了录像机,在PC机上也能很容易地观赏电影了。

本书是1985年出版的《计算机图像处理入门》(综研出版社出版)的全面改订版。在这17年多以来,计算机图像处理的领域也有了令人目不暇接的变化和进展。20世纪80年代中期的AI热虽然过去了,但紧接着多媒体、虚拟现实、因特网的出现,涌现出了数字革命的热潮,在计算机和因特网上处理图像和影像也成了理所当然的事情。

旧版作为覆盖图像处理技术全面知识的综合入门书,是在新编的面向企业技术人员用的教材的基础上重新编写的。这本书作为一本技术书籍,从基本概念到应用实例进行了系统的讲述,并得到了很高的评价。后来,在日本的大学被作为教科书、参考书而采用,成了标准教学用书。可是,由于编写时涉及的内容较广,有关系统和应用实例的章节很快就过时了。因此,于1990年召开了发行修订版的第一阶段会议,并连本书章节的结构都确定好了。但在以后的几年里完全没有任何进展,就连出版的期限也没有定下来。这是由于1985年分担编写任务的年轻有为的研究人员,都已成为著名大学的教授、学会的骨干,因而工作繁忙,没有多余的时间来改编初学者入门的教科书。

每年春天,每当得知旧版作为教科书被采用的数目时,作为编者,这种过时的书仍留在世上,总是觉得很惭愧,因而深深感到有责任和义务发行全面的改订版。由于有些旧版的著者未参加编写,因而请来了其他4位先生来修改或重新编写他们分担过的部分,还请工作场所的朋友们帮助进行了编辑。这是1998年初夏的事情。即使从那时算起,也经过了4年半的时间。由于种种原因,决定不在综研出版社出版,而改在较大的OHM社出版。就这样经过千辛万苦,这本书终于得以出版,禁不住感慨万千。

接受过去的经验教训,我们力求使本书作为大学、研究生的教材,即使使用十年以上也不会过时。根据编者在东京工业大学讲授6年“图像处理”,在

## 前 言

静冈大学讲授4年“影像媒体论”的教学经验,本书侧重于讲述有利于初学者学习的基础知识。最近,信息专业的学科、系不断地开设新的课程,现在“图像信息处理”已被定为专业基础课。这种局面今后不仅不会改变,其重要性还会增加。因此,在此我们设想的学时不是半学期15周2学分,而是它的2倍。例如,可以作为3年级的“图像处理1”和4年级的“图像处理2”,或者给本科生作为“图像处理绪论”,而给研究生补充一些最新的内容后作为“图像处理特论”。

在内容的编排上,从由12章构成的旧版中去掉“系统”和“具体实例”这两部分后,对剩下5章的内容经修改、重新编排,再增加新的章节,变成现在的由9章构成的改订版。特别是本书包含了成为多媒体通信主干技术的“图像信息的压缩”、与图像处理有着密切关联的计算机图形学(CG)中的“图像生成的方法”等内容,目的是希望读者在学习时,把这两部分内容也当作图像处理技术体系中的一部分来看待。不过,在这里想说明一下,本书是有关“图像处理”方面的书,要想进一步掌握有关CG技术的全面知识,有必要去阅读和本书有同样深度的CG方面的书。

除了反映17年来的进展外,我们尽可能使本书达到即使10年后被当作图像处理的基础也不觉得惭愧的程度。插入最新的热门话题是不难做到的,最难的莫过于具有预见未来的能力。值得讽刺的是,在迟迟没有进展的改订期间,反倒培养了这种能力。因此,曾经阅读过旧版的读者,可以通过阅读本书进行知识的再整理。

历经磨难,并经过很多人的合作,本书终于与广大读者见面了。首先,我们要把本书献给综研出版社的德丸峻二先生。他帮助出版了旧版,并耐心地关注着本书的改订工作。可以说,如果没有他共同经历直至第八个阶段的全过程,就没有此改订版。此外,向继续使用旧版并期待本改订版发行的广大读者,再次表示衷心的感谢和深深的歉意。

同时,也想向忍受编者的多次斥责和固执的督促而继续分担执笔工作的诸位著者和义务担任编辑助理的诸位表示谢意和慰问。最后,向接受本书的出版,在不合理的日程安排中完成繁杂工作的OHM社出版部的诸位表示衷心的感谢。

田村秀行

## 编著者简介

### 田村秀行

1947年 在京都出生

1970年 京都大学工学部电气工程专业毕业

曾担任过工业技术院电子技术综合研究所图像处理研究室主任研究官

1986年 进入佳能株式会社

2003年 立命馆大学理工学部信息学专业教授,工学博士

### 主要著作

《电脑映像世界的探索》(日本,欧姆社出版)

《Mixed Reality》(日本,欧姆社出版)

《计算机图像处理:应用实践篇(1~3)》(日本,综研出版)

《智能信息媒体》(日本,综研出版)

《数字映像》(日本,日本经济新闻社出版)

《漫游电脑空间》(日本,NTT出版)

等等

# 目 录

## 第1章 总论

1.1 何谓计算机图像处理	1
1.1.1 计算机图像信息处理的变迁	1
1.1.2 图像处理和计算机图形学	3
1.1.3 其他有关的技术领域	5
1.2 计算机图像处理的特点	6
1.2.1 图形、图像、影像	6
1.2.2 数字图像的优点	7
1.2.3 图像处理方法的分类及其关系	8
1.3 计算机图像处理的利用目的	9

## 第2章 基本概念

2.1 计算机图像数据处理	10
2.1.1 数字图像	10
2.1.2 数字图像在计算机内的处理	16
2.2 直方图	19
2.2.1 直方图	19
2.2.2 直方图的性质	19
2.2.3 直方图的典型用法	20
2.2.4 直方图的计算方法	21
2.3 图像处理算法的形式	22
2.3.1 图像处理功能	22
2.3.2 图像处理运算的形式	24
2.3.3 局部处理和大局处理	25
2.3.4 并行处理和串行处理	28



## 目 录

2.3.5	跟踪处理	30
2.3.6	迭代处理	31
2.3.7	位置不变处理和位置可变处理	31
2.3.8	窗口处理和模板处理	32
2.4	频率域内的处理	33
2.4.1	空间频率	33
2.4.2	傅里叶变换	33
2.4.3	二维傅里叶变换	35
2.4.4	二维离散的傅里叶变换结果中的频率分布	36
2.4.5	空间频率域的滤波处理	37
2.4.6	二维离散的傅里叶变换的计算量	39
2.4.7	傅里叶变换的应用领域	39
2.5	其他的正交变换	39
2.6	图像的数据结构	45
2.6.1	图像的数据结构	45
2.6.2	线图像表示	48
2.6.3	图像的特征表示	49
2.7	彩色信息的处理	50
2.7.1	彩色信息处理的基础	50
2.7.2	依据与色光有关的三刺激值的表示方法	51
2.7.3	依据亮度和两个色差值的表示方法	53
2.7.4	依据颜色的三属性的表示方法	54
2.8	图像信息的显示	54
2.8.1	中间色调显示	54
2.8.2	限定色显示	59

## 第3章 图像信息的压缩

3.1	图像信息压缩的意义	60
3.2	图像的数据量和压缩的标准	60
3.3	图像编码的结构	61
3.3.1	信息源编码	61

## 目 录

3.3.2	图像信息中包含的各种冗长度	62
3.3.3	空间上的冗长度的削减	63
3.4	预测编码	64
3.4.1	预测编码方法	64
3.4.2	预测编码的结构	65
3.4.3	各种各样的预测方法	66
3.4.4	时间轴方向上的预测	67
3.4.5	可动补偿预测	68
3.4.6	动向量的检测方法	68
3.5	变换编码	70
3.5.1	变换编码方法	70
3.5.2	变化编码的基本结构	71
3.5.3	变换系数的编码	72
3.6	平均信息量编码	74
3.6.1	可变长编码	74
3.6.2	平均信息量	74
3.6.3	代码分配	75
3.6.4	霍夫曼编码	76
3.6.5	算术编码	76
3.7	实用的图像编码方式	78
3.7.1	静止图像编码	78
3.7.2	运动图像编码	80
3.7.3	二值图像编码	82
<b>第 4 章 图像质量改善和图像的重建</b>		
4.1	增强,复原,重建	86
4.2	对比度增强	86
4.2.1	灰度等级变换	86
4.2.2	直方图变换	89
4.2.3	伪彩色显示	91
4.3	锐 化	92

## 目 录

4.4	平滑和噪声消除	94
4.4.1	移动平均法	94
4.4.2	中值滤波	95
4.4.3	保持边缘的平滑	96
4.4.4	滞后平滑	98
4.4.5	周期性噪声和孤立噪声的消除	98
4.5	图像的复原	99
4.5.1	图像劣化的模型	99
4.5.2	逆滤波	100
4.5.3	维纳滤波	102
4.5.4	维纳滤波的扩充	104
4.6	图像的校正	105
4.6.1	几何畸变的校正	105
4.6.2	辐射量畸变的校正	109
4.7	图像的重建	111
4.7.1	计算机断层法	111
4.7.2	依据投影数据的断层图像的复原	112
4.7.3	连续断层图像和体积数据	115

## 第5章 二值图像处理

5.1	二值图像处理的意义及其流程	117
5.2	图像的二值化处理	118
5.2.1	二值化和阈值选择	118
5.2.2	多值化	120
5.2.3	可变阈值法	121
5.3	二值图像的连接性和距离	121
5.3.1	二值图像的连接性	122
5.3.2	距 离	125
5.4	二值图像的分析 and 变换	126
5.4.1	连接成分的分析	127
5.4.2	二值图形的变换	131

## 目 录

5.5	形态学运算	138
5.5.1	形态学运算的基础	139
5.5.2	根据形态学运算的二值图像处理	142
5.6	形状的特征与表示	142
5.6.1	图形的形状特征	143
5.6.2	图形的形状表示	146
5.7	三维二值图像处理	151
5.7.1	三维二值图像	151
5.7.2	连接性与距离	151
5.7.3	三维连接成分的处理	153

## 第6章 图像的特征提取

6.1	以图像分析、识别为目的的特征提取	154
6.2	边缘检测	155
6.2.1	边缘的模型	155
6.2.2	图像的微分	156
6.2.3	基于梯度的边缘检测	160
6.2.4	基于拉普拉斯算子的边缘检测	163
6.2.5	根据最佳适配的边缘检测	169
6.3	线检测	170
6.3.1	线检测算子	170
6.3.2	非极大点的抑制	172
6.3.3	边缘跟踪	173
6.3.4	霍夫变换	174
6.4	区域分割	176
6.4.1	区域扩张法	176
6.4.2	利用特征空间上的群聚的区域分割	182
6.5	纹理分析	183
6.5.1	纹理特征	183
6.5.2	纹理特征量的计算	184
6.5.3	纹理区域的分割	190

6.5.4	纹理边缘的检测 .....	192
-------	---------------	-----

## 第7章 立体信息和运动的提取

7.1	从二维图像求深度和运动 .....	193
7.2	距离信息的提取 .....	193
7.2.1	照相机模型 .....	194
7.2.2	立体法的测量原理 .....	194
7.2.3	被动立体法 .....	196
7.2.4	主动立体法 .....	198
7.3	三维形状的复原 .....	199
7.3.1	根据阴影的形状复原 .....	199
7.3.2	其他的形状复原法 .....	202
7.3.3	照度差立体法 .....	204
7.4	距离图像的特征提取 .....	205
7.4.1	距离图像的边缘检测 .....	205
7.4.2	距离图像的区域提取 .....	206
7.4.3	形状的模式化 .....	208
7.5	从时间序列图像的运动提取 .....	208
7.5.1	运动的提取 .....	208
7.5.2	视觉速度向量场的计算 .....	210
7.5.3	时空间图像の利用 .....	212
7.6	根据运动的三维形状复原 .....	212
7.6.1	根据运动的形状复原 .....	212
7.6.2	根据时间序列图像的深度提取 .....	213
7.6.3	刚体的三维运动的提取 .....	213

## 第8章 图像识别的方法

8.1	图像的识别及其流程 .....	215
8.2	依据二维图像匹配的位置检测 .....	216
8.2.1	依据样板匹配的位置检测 .....	216

## 目 录

8.2.2	与匹配滤波器的关系	218
8.2.3	高速样板匹配	219
8.2.4	样板匹配的改进	220
8.2.5	依据特征匹配的位置检测	221
8.3	依据二维图像匹配的识别	222
8.3.1	依据样板匹配的识别	222
8.3.2	依据线图形形状匹配的识别	223
8.3.3	依据能量最小化的形状匹配	224
8.3.4	依据利用射影空间的图像匹配的识别	225
8.4	三维物体的识别	227
8.4.1	向三维的扩展	227
8.4.2	表示三维形状模型	228
8.4.3	退化成二维的模型	228
8.4.4	在射影空间表示的模型	229
8.5	统计图案识别	232
8.5.1	特征选择	232
8.5.2	分类	234
8.5.3	依据最大似然法的分类	236
8.5.4	依据识别树的分类	238
8.5.5	无教师分类	239
8.6	部分空间法	241
8.6.1	CLAFIC法	242
8.6.2	正交部分空间法	243
8.6.3	学习部分空间法	244

## 第9章 图像生成的方法

9.1	图像生成——计算机图形学	246
9.2	二维图形学	247
9.2.1	图形的绘制过程	247
9.2.2	模型变换(视野变换)	248
9.2.3	直线的绘制	249

9.2.4	曲线的绘制	250
9.2.5	填充图形的绘制	251
9.2.6	反走样	251
9.3	三维模型与数据表示	253
9.3.1	线框模型	253
9.3.2	表面模型	253
9.3.3	实体模型	255
9.4	三维图形学的基本流程	257
9.4.1	模型变换和视野变换	258
9.4.2	裁 剪	259
9.4.3	投影变换	259
9.5	隐藏线、隐藏面的消除	261
9.5.1	后向面消隐	261
9.5.2	深度排序法	262
9.5.3	$z$ 缓冲区法	263
9.5.4	扫描线法	263
9.6	反射模型	263
9.6.1	光和亮度	263
9.6.2	反射特性	263
9.6.3	阴影模型	264
9.6.4	平滑阴影	265
9.7	整体光照明模型	267
9.7.1	二遍法	267
9.7.2	raytracing 法	267
9.7.3	radiosity 法	269
9.8	纹理变换	270
9.8.1	纹理变换的基础	270
9.8.2	纹理变换的扩充	271
9.9	基于图像的重建	272
9.9.1	无形状模型数据的重建方法	272
9.9.2	其他的 IBR 方法	275
9.10	立体数据的可视化	275

目 录

9.10.1 等值面显示 .....	276
9.10.2 逆映像型积分显示 .....	276
参考文献 .....	279



# 第 1 章

# 总 论

## 1.1 何谓计算机图像处理

### 1.1.1 计算机图像信息处理的变迁

虽然利用计算机进行图形、图像处理的最初尝试还不太清楚,但在 20 世纪 50 年代末就已经出现了几篇研究论文。所有的计算机——数字型自动电子计算机的历史是从 1946 年的 ENIAC 开始的。从初期的台数极少,又几乎都用于纯粹的数值计算来看,可以说,在相当早的时期就开始尝试进行图形、图像信息的处理了。但是,真正的研究工作是在进入 20 世纪 60 年代以后才开始的,其研究对象也仅限于宇宙开发、核物理学、医学等先端科学领域。

进入 20 世纪 70 年代,随着被大学和企业的研究室利用的计算机台数的剧增,有关这个领域的研究也取得了可喜的成果。使用地球观测卫星和医用的 CT 扫描仪获得的图像得到充分利用,在产业用途和办公用途方面的应用也开始进行尝试了。在本书中将要介绍的大部分基本方法,是于 20 世纪 80 年代中期以前提出的,当时就计算机图像处理的体系已经被形成。但是,从计算机的角度来看,与文字、数值数据、语音数据相比,由于图像数据更加庞大,在任何年代图像信息的处理都成了耗费计算机资源的繁琐的事情。即使图像处理的体系大体上已经形成,但要实现在个人计算机上处理图像、影像,还是经过了一段时间。

总之,提起计算机的用途,可以说 20 世纪 60 年代是以科学技术计算为中心的时代,而 20 世纪 70 年代则是事务处理用的大型计算机的全盛时代。到了 20 世纪 80 年代,文书处理走上轨道,进入 20 世纪 90 年代以后,在一般的计算机上处理图像、影像并应用于实际终于成为可能。这些都与计算机的处理能力和所处理的信息量有关。计算机处理图像时,都是把图像信息作为数字数据来处理的。现在,一提起“图像处理”,几乎都是指“数字处理”、“计算机处理”,但在计算机处理出现之前,图像处理都是光学、照相处理和视频信号处理等模拟处理。例如,在利用透镜或棱镜