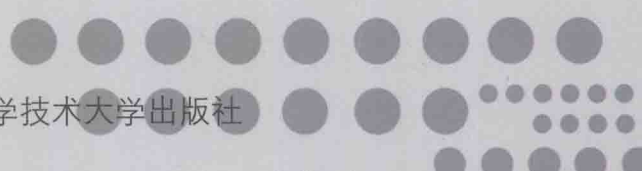


数学实验与软件计算

徐常青 吴健荣 主编



中国科学技术大学出版社

数学实验与软件计算

Shuxue Shiyan Yu Ruanjian Jisuan

主编 徐常青 吴健荣
参编 朱建青 王卿文 杨尚俊
薛有才 杜大刚

内 容 简 介

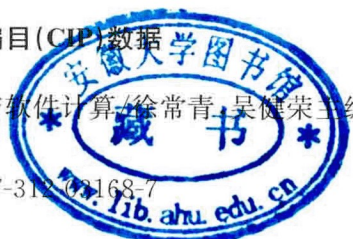
本书旨在培养读者学习数学的兴趣和应用数学解决实际问题的能力,强调数学思维的培养。其内容涵盖三部分:软件介绍、数值计算和数学的应用。这些内容相互渗透,有助于读者养成发现问题、提出问题、大胆设想、检验结论以及尝试不同方法并最终找到解决方案的数学实验思维习惯。书中着重介绍了线性代数与矩阵变换、插值与拟合、素数理论、分形几何和微分方程等理论,以及这些理论在博弈论、图像处理、计算机视觉与信号处理、编码理论、生物中的种群繁殖和模式识别中的主成分分析法等领域的应用;并通过穿插于各章节中的大量习题,利用 MATLAB 软件,让读者自己动手,寻找解决问题的最佳方案,实现对问题的逐步求解和推广。

本书适合于已基本掌握高等数学和线性代数基本理论知识的高等学校各专业大二以上本科生和非数学专业(工程类)的低年级研究生,以及具有初步高等数学知识和计算机知识的其他读者。

图书在版编目(CIP)数据

数学实验与软件计算/徐常青,吴健荣主编. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2014.1

ISBN 978-7-312-07168-7



I. 数… II. ① 徐… ② 吴… III. ① 数学—实验 ② 数值计算—应用软件
IV. ①O1-33 ②O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 309468 号

出版 中国科学技术大学出版社

安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址: <http://press.ustc.edu.cn>

印刷 合肥市宏基印刷有限公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm×960 mm 1/16

印张 26

字数 510 千

版次 2014 年 1 月第 1 版

印次 2014 年 1 月第 1 次印刷

定价 45.00 元

前言

1996年冬,来自以色列的矩阵论专家、线性代数教育家 Abraham Berman 教授(我们习惯称呼他为 Avi)到中国科学技术大学访问。他在以色列理工大学(Technion-Israel Institute of Technology)除了从事矩阵论研究外,还为本科生开设“线性代数”等课程,培养学生的数学思维。该校曾产生三名诺贝尔奖获得者(2004年的医学诺贝尔奖和2011年的化学诺贝尔奖),并是多位大数学家的摇篮。Avi的教学分为普通班和尖子班,且教学时间分为课堂时间和办公室答疑时间两个环节。他的办公室总是人满为患。在一般人看来如此枯燥无味的数学,在以色列理工大学校园(不仅是数学系)竟是如此热辣火爆的景象。

Avi曾说:“尝试将趣味和智慧融入到数学中,并让学生自己猜想和验证,那么数学就会成为他们的朋友。”Avi的学生中有大名鼎鼎的数学界美女、图论专家 Maria Chudnovsky(就职于普林斯顿大学)、被国际顶尖杂志《Nature》(2005年第1期)评为国际量子计算界领军人物的 Dorit Aharonov 等。但更多的学生后来都去了麻省理工或斯坦福等名牌大学和研究机构,从事工业设计和生物工程等领域的研究。这说明,数学教育对学生后来的影响不止是在数学上,更是全方位和深远的。

很多人以为数学乃是少数数学爱好者的事情,但现在走入数学殿堂的并不仅仅是这些人。国内高校数学专业的学生大多数并不知道究竟为什么要学习数学,就像很多人对迪斯尼乐园不了解一样,对于数学的了解大多数人知之甚少。

但这种状况近几年似乎有所改观。随着电子信息技术和计算机科学的发展,无论是中小学还是大中专院校,计算机(如台式机、平板电脑、掌上电脑等)已然普及。传统的拘泥于黑板上的微积分、代数和概率论等,已经被老师们悄悄地搬进了机房,那些晦涩难懂的抽象结论与证明,已被曼妙多彩的三维曲面或动态画面所

代替。

然而,古老经典的数学本身并没有改变:数学这位千岁老人依然还是迈着她那轻盈的脚步,高昂着头,走过春夏秋冬。今天,改变的是我们,不变的是数学。我们需要的是改变我们的视觉,来重新审视数学。

我们一直强调创新思维,而这种创新最大的特点是想象力。想象力来自于抽象思维,而数学思维最明显的特征就是高度抽象性、严谨性、逻辑性和条理性。

借助于电脑,我们可以将抽象思维可视化、形象化和实验化,这就是大学数学实验的优势。数学如果不能与软件结合,就好比雄鹰缺少了翅膀,火车缺少了引擎,无论如何也不可能飞奔。

有了计算机和数学软件,我们可以享受数学,感受数学的无处不在、数学的趣味性和数学的魔力,而不是痛苦学习、愉快遗忘。

“数学实验”是近几年来在国内高校迅速发展起来的一门理论实验课程。它既告诉人们有关数学、自然科学、社会科学等领域的一些简单或复杂的理论,同时又能通过实验来验证和感受这些基本理论的正确性、实用性以及可检验性。

作为编程语言和可视化工具, MATLAB 具有丰富的系列功能,可解决工程、科学计算和数学学科中的许多问题。本书首先介绍 MATLAB 的一些基本指令,并向读者展示如何有效使用这些功能,结合数学基础知识,帮助读者增强分析数学问题和解决问题的能力。由于 MATLAB 交互式的性质,书中内容以举例方式描述,读者可以通过运行 MATLAB 而再现这些例子。从第 5 章开始,书中将适当介绍数学不同学科(包括微积分、线性代数、微分方程、数论和解析几何等)在计算机视觉、图像与信号处理、人工智能、模式识别和种群繁殖等领域中的应用。这些内容有助于数学、应用数学和信息与计算科学等专业的学生了解数学在这些领域的应用,从而在未来的岁月里选择一个自己感兴趣的专业。

本书内容主要来自于作者十多年来讲授“数学实验”课程的教学素材,部分内容与作者本人从事的研究课题有关。书中的实例涉及计算机、信息、力学与工程、环境科学与生物信息学等学科,大部分例题和 M 文件都是在 MATLAB 7.0 及以上版本基础上运行的,部分指令也适合于 6.5 版本。

本书的特点包括:① 习题穿插于内容之间,每节均附有习题;② 每部分内容附有相关 MATLAB 指令,读者可通过运行这些指令实现问题求解与验证;③ 强调高等数学在计算机等领域的应用,实用性和趣味性兼备;④ 多数 MATLAB 指令配有中文解释,帮助读者理解和记忆;⑤ 抽象具体和形象化。

1999 年 8 月,第一届“数学实验”暑期培训会议在黄山召开,会议发起人为中国科学技术大学李尚志教授和邓建松老师(现为中国科学技术大学数学学院计算与应用数学系主任、教授),本书的完成首先要感谢他们的指引;同时感谢江苏省重点专业类建设项目(数学类)、江苏省特色专业建设项目(数学与应用数学)的资助,以及苏州科技学院有关部门的大力支持;特别感谢安徽大学杨尚俊教授为本书提供了有关“数学实验”课程的部分教学材料以及一直以来的帮助和鼓励;感谢苏州科技学院数理学院对本书出版的支持,以及苏州科技学院科技部部长潘涛教授所提供的图像处理方面的材料和 MATLAB 软件的支持;也非常感谢美国 Nova 东南大学张福振教授为本书提供的《矩阵论》教材和习题答案。本书写作过程中还得到了香港理工大学数学系主任祁力群教授,美国西弗吉尼亚大学张存荃教授,原国际线性代数学会主席、美国威斯康辛大学 Richard Brauldi 教授,同济大学邵嘉裕教授等专家的支持;参与编写的还有:朱建青教授(苏州科技学院)、王卿文教授(上海大学)、杨尚俊教授(安徽大学)、薛有才教授(浙江科技学院)和杜大刚老师(苏州科技学院),研究生焦洁洁、周星星和韩敏等也参与了本书的编写和校对工作,在此一并表示感谢。

正如一栋楼房的构建一样,本书中也难免会有一些疏漏之处。我们期待读者的及时反馈,欢迎对本书的改进提出您的宝贵建议和意见。

编 者

2013 年 10 月于苏州

目 录

前言	(i)
第 1 章 MATLAB 数据类型和基本运算	(1)
1.1 MATLAB 基本特性	(2)
1.2 MATLAB 数据类型	(4)
1.3 数组的生成与数组运算	(9)
1.4 单元数组和结构数组	(18)
1.5 MATLAB 内部函数	(28)
第 2 章 MATLAB 编程与作图	(35)
2.1 MATLAB 指令与函数语法	(35)
2.2 MATLAB 函数文件	(36)
2.3 MATLAB 变量	(39)
2.4 MATLAB 表达式	(41)
2.5 MATLAB 流控制语句	(44)
2.6 MATLAB 作图	(48)
第 3 章 迭代与方程求根	(65)
3.1 迭代	(65)
3.2 二分法	(72)
3.3 牛顿迭代法	(74)
3.4 正切法	(77)
3.5 迭代与混沌	(80)
3.6 矩阵迭代在微分方程中的应用	(85)
3.7 基本迭代方法与比较定理	(88)

第 4 章 插值与拟合	(95)
4.1 插值方法	(95)
4.2 拉格朗日插值多项式	(98)
4.3 牛顿插值多项式	(103)
4.4 等距节点插值	(106)
4.5 分段插值	(109)
4.6 三次样条插值	(112)
4.7 最小二乘法与数据拟合	(116)
4.8 插值与拟合实验	(123)
 第 5 章 矩阵变换与矩阵游戏	(138)
5.1 几何变换与矩阵	(138)
5.2 T 形拼图与矩阵	(143)
5.3 博弈论中的得分矩阵	(151)
5.4 幻方矩阵	(156)
5.5 几何变换的矩阵表示	(161)
5.6 矩阵变换与分形	(170)
5.7 动力系统下的分形	(173)
 第 6 章 机器视觉与矩阵	(175)
6.1 射影几何与齐次坐标	(176)
6.2 射影平面与射影变换	(179)
6.3 3D 射影几何与射影变换	(182)
6.4 摄像机矩阵	(185)
6.5 透视变换的线性近似	(192)
 第 7 章 数字图像处理	(195)
7.1 数字图像与 DIP 工具箱	(195)
7.2 图像读取与显示	(202)
7.3 图像的形态学运算	(206)
7.4 图像的傅里叶变换	(215)

第 8 章 信号处理中的数学方法	(224)
8.1 数字信号系统与信号处理基础	(224)
8.2 信号中的线性差分方程	(228)
8.3 信号压缩与压缩感知	(235)
第 9 章 素数与编码	(243)
9.1 素数分解	(243)
9.2 素数的个数	(246)
9.3 梅森素数	(248)
9.4 素数的分布	(250)
9.5 线性码理论基础	(255)
9.6 素数与 Hash 表	(266)
第 10 章 分形、混沌及其应用	(273)
10.1 分形的起源	(273)
10.2 分形与混沌	(276)
10.3 分形几何	(278)
10.4 混沌与分形	(289)
第 11 章 矩阵分解与矩阵特征计算	(297)
11.1 Householder 映射和 Householder 算法	(297)
11.2 QR 分解	(304)
11.3 奇异值分解	(308)
11.4* 凸集和凸函数	(311)
11.5* 向量与矩阵范数	(316)
11.6 矩阵特征值定义	(329)
第 12 章 主成分分析及其应用	(338)
12.1 主成分分析简介	(338)
12.2 主成分分析法原理与算法	(344)
12.3 主成分分析法的 MATLAB 指令与实例	(347)

12.4	主成分分析法在人脸识别中的应用	(353)
第 13 章	微分方程及其应用	(370)
13.1	引言	(371)
13.2	常微分方程基本理论	(377)
13.3	微分方程数值解法	(380)
13.4	微分方程在种群繁殖模型中的应用	(387)
参考文献		(406)

第 1 章 MATLAB 数据类型和基本运算

MATLAB 是由 MathWorks 公司于 1984 年开发的一套科学计算软件。它分为基本部分(主干)和若干个工具包,具有强大的数值计算和数据可视化能力。其核心部分来自于 LINPACK 和 EISPACK。MATLAB 的含义是矩阵实验室(MATrix+LABoratory),旨在方便矩阵的存取,其基本元素是无需定义维数的矩阵。MATLAB 自问世以来就以数值计算著称。

事实上,MATLAB 早在 1978 年即已现身,是用 Fortran 撰写的免费软件,作者是当时任教于新墨西哥大学的 Cleve Moler 教授。Jack Little 将 MATLAB 用 C 语言重写,并于 1984 年成立 MathWorks 公司,首次推出 MATLAB 商用版。

MATLAB 进行数值计算的基本单位是数组,这使 MATLAB 高度向量化。经过近三十年的完善扩充,现已发展成为线性代数和建模课程的标准工具。

在 MATLAB 中,我们无需定义变量的维度(dimension)、大小(size)和数据类型(class);MATLAB 定义了几乎所有类型的数值计算和符号计算函数及与其他语言(如 C++,Java 等)的接口,使之在解决信号图像处理、系统识别与控制、机械设计、优化等领域的问题时显得快捷高效,这是其他高级语言所不能比拟的。美国许多大学的实验室都安装有 MATLAB。在那里,MATLAB 是攻读学位的大学生、硕士生、博士生必须掌握的基本工具之一。

MATLAB 中包括了被称作工具箱(toolbox)的各类应用问题的求解工具。这些工具箱可用来求解包括信号处理、图像处理、控制、系统辨识、神经网络等领域的问题。随着 MATLAB 版本的不断升级,其所含的工具箱的功能也越来越丰富,因此,应用范围也越来越广泛,成为涉及数值分析的各类工程师不可不用的工具。

由于 MATLAB 产品的开放式结构,它便于进行功能扩充。目前,MATLAB 具有以下用途:

- ① 数值分析;
- ② 数值和符号计算;
- ③ 工程与科学绘图;
- ④ 控制系统的设计与方针;
- ⑤ 数字图像处理;
- ⑥ 数字信号处理;

⑦ 通信系统设计与仿真;

⑧ 财务与金融工程。

MATLAB 集成了 2D 和 3D 图形功能,以完成数值可视化,利用其提供的交互式高级编程语言——M 语言,可编写脚本或函数文件(M 文件)。MATLAB Compiler 是一种编译工具,它能将 M 文件编译成函数库、可执行文件或 COM 组件等,因此可扩展 MATLAB 功能,使其能同其他高级语言如 C/C++ 等进行混合应用,取长补短,提高程序的运行效率,丰富程序开发的手段。利用 M 语言开发的工具箱函数是开放可扩展的,用户不仅可以查看其中的算法,还可以针对一些算法进行修改,甚至允许开发自己的算法扩充工具箱的功能。

目前,MATLAB 产品的工具箱有一百多种,涉及数据获取、科学计算、模式识别、系统控制、信号处理、图像处理、金融财务分析以及生物遗传工程等专业领域。它所提供的 Simulink(仿真)基于 MATLAB 框图设计环境,用来对各种动态系统如航空航天系统、卫星制导、通信、船舶及汽车等进行建模、分析和仿真。

MATLAB 开放产品体系使其成为诸多领域开发首选软件。目前,MATLAB 在全球有近四百家第三方合作伙伴,分布在科学计算与研究、机械动力、化工、计算机通信、汽车、金融等领域。接口方式包括联合建模、数据共享、开发流程衔接等多种。

1.1 MATLAB 基本特性

“MATLAB”一词由单词“MATrix”和“LABoratory”组合而成,中文译为“矩阵实验室”。MATLAB 诞生于 1984 年,在其诞生初期,其创始人——Clever Moler 教授只是期望能够为人们提供一个通往求解线性方程组的软件 LINPACK 和 EISPACK(特征值计算软件)的一个接口软件。时至今日,MATLAB 已经成为一门高性能计算语言,它集数值和符号计算、数据可视化、环境编程于一体。MATLAB 还具有完整的数据结构,包含内部编译器、编辑器、调制器等,支持面向对象的编程。这使得 MATLAB 逐渐成为一个优秀的教学科研工具。目前,MATLAB 已经在全球各地的高校、企业、工业与服务业等各行各业流行。MATLAB 强大且丰富的内置函数库使得它可进行各种类型、各个领域的计算;同时,它的数据可视化功能让数据处理更加方便、清晰,丰富而全面的工具箱(toolbox)包含了信号处理、符号计算、控制论、仿真、优化、流体力学、机械工程、航天宇航、地质勘探、环境工程、遥感、人工智能、统计、生物基因工程等四百多种从数学到自然科学到社会科学等各方面的应用工具软件包。

相对于传统的计算机语言如 C, Fortran, Pascal 等, MATLAB 在处理工程与技术计算方面有很多优势, 如它将所有类型数据都表示为数组(即矩阵)。

MATLAB 有两种使用模式:

① 命令窗口交互输入: 即输入一个指令或表达式, 得到相关结果(显示或者不显示)。

② MATLAB 编程: 包括脚本文件和函数文件两类, 保存于 M 文件。

MATLAB 运行界面依赖于用户的具体设置和 MATLAB 版本, 但一般包含以下几个基本窗口:

① 命令窗口(command window): MATLAB 主窗口, 用来显示当前工作空间中的变量。

② 当前目录窗口(current directory window): 显示当前工作路径下所有文件(当前工作路径窗口一般位于命令窗口的上方, 通过下拉菜单显示)。

③ 命令历史窗口(command history window): 显示所有在命令窗口使用过的命令。

在命令窗口, 我们通常以符号“>>”作为命令输入提示符, 所有指令都可以在该符号后输入。

MATLAB 还建有很多内部函数(built-in function), 包括许多数学函数, 如 abs(绝对值)函数、tan(正切函数)、sqrt(平方根)等。MATLAB 函数和指令基本上以该函数功能的英文单词或词组为基础(也可能是该单词或词组的缩写)。这些函数通过 MATLAB 帮助主题(help topics)以逻辑形式组合在一起。通过在线帮助系统或帮助指令(help command), 我们可以获取这些内部函数的使用信息:

```
>>help
```

```
HELP topics:
```

```
matlab\general-General purpose commands.
```

```
matlab\ops-Operators and special characters.
```

```
matlab\lang-Programming language constructs.
```

```
matlab\elmat-Elementary matrices and matrix manipulation.
```

```
matlab\elfun-Elementary math functions.
```

```
matlab\specfun-Specialized math functions.
```

```
matlab\matfun-Matrix functions-numerical linear algebra.
```

```
.....
```

例如, 通过输入下面的指令, 可获得 MATLAB 算子和特殊符号列表:

```
>>help ops
```

```
Operators and special characters.
```

Arithmetic	operators	
plus	— Plus	+
uplus	— unaryplus	+
.....		

在命令窗口输入指令之前,若希望将所有输入指令及运行结果全部保存于一个文件(日志)中,可在操作之前键入“>>diary”或“>>diary mylog. txt”,结束输入之后(结束日志),再输入“>>diary off”,则通过屏幕输入输出的所有内容(图形除外)都被保存至该日志文件 mylog. txt 中(ASCII 码格式)。如果用户没有给出该日志文件的名称,那么 MATLAB 会自动给它命名为<diary>。通过“diary on/off”或“diary”,我们可以实现日志文件记录开启和关闭状态之间的切换。

练习 1.1.1 试通过 help elfun 了解 MATLAB 中的初等数学函数的使用。

练习 1.1.2 试通过 help funtool 了解 MATLAB 中的函数操作可视化界面的使用。

练习 1.1.3 MATLAB 中有一些清除命令,如 clf 用于清除图形窗口中的内容,clear 用于清除变量,clc 用于清除命令窗口中的显示内容,这些都是 MATLAB 编程中需要经常用到的指令。请通过以下类似指令来了解它们的使用方式和技巧:

>>doc clc

练习 1.1.4 MATLAB 命令 echo 和 more 可用于执行命令的屏幕显示,请通过帮助命令进一步了解其使用方法。

1.2 MATLAB 数据类型

MATLAB 包含的数据类型共有 15 种。用户可以矩阵或者数组的方式建立浮点数、整数、字符或字符串,以及逻辑真假类型的数据。函数句柄可以将用户编写的 MATLAB 程序与函数连接。结构数组(structure)和单元数组(cell)可以将不同类型的数据保存在同一个数组中。这 15 种数组都是以矩阵的形式保存的,其大小(size)从最小的 0-by-0 到任意大小的 n 维度多维数组。

具体而言,MATLAB 中的 15 种基本数据类型主要包括整型、浮点、逻辑、字符、日期和时间、结构数组、单元格数组以及函数句柄等。

① 整型(integer):通过 intmax(class)和 intmin(class)函数返回该类整型的最大/最小值,如“>>intmax('int8')=127”。

② 浮点型(floating point):REALMAX('double') 和 REALMAX('single')

分别返回双精度浮点和单精度浮点的最大值, `REALMIN('double')` 和 `REALMIN('single')` 分别返回双精度浮点和单精度浮点的最小值。

③ 逻辑型(logical): 如 `A=rand(5); A(A>0.5)=0`。

④ 字符型(character): 需使用单引号。字符串存储为字符数组, 每个元素占用 1 个 ASCII 字符。

如日期字符串“DateStr='10/30/2012'”为一个 1×10 的行向量。构成一个矩阵的每个行字符串长度须相同。函数 `char` 可用于构建字符数组, 用 `strcat()` 连接字符。如“`name=['abcdef'; 'abcd']`”将触发错误警告, 因两个字符串长度不等, 可通过空格符补齐。`char` 函数则不一样, 如:

```
>> name2=char('abcdef','abcd');
```

这里 MATLAB 自动填充空格符以使长度相等, 因此矩阵每行字符数总是等于最长字符串字符数, 如 `size(char('abcdef','abcd'))` 返回结果 `[2,6]`。如需提取矩阵中某字符, 需使用 `deblank` 移除空格, 如 `deblank(name(2,:))`。使用函数 `cellstr` 可将字符串数组转换为单元数组, 如:

```
>> dat=char('abcdef','abcd'); cdat=cellstr(data);
```

通过以下指令检查:

```
a1=length(dat(2,:)); a2=length(cdat{2})
```

得 `a1=6, a2=4`。因此单元数组矩阵不要求每个单元中的字符串长度相等。

图 1.2.1 列出了 MATLAB 数据类型的分层分类, 如第一层有逻辑型、数值型、字符型、函数句柄型和混合型等。

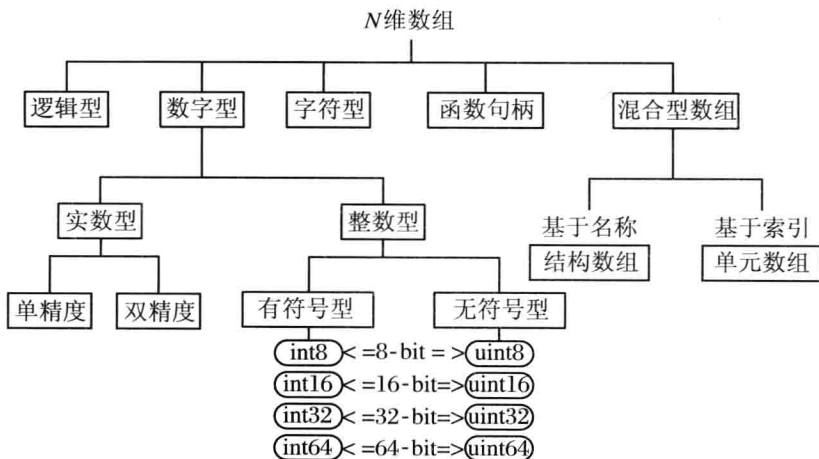


图 1.2.1 MATLAB 数据类型

MATLAB 中数值型数据包含: 有/无符号整数型 `[(un) signed integer]`、单

(双)精度浮点(single/double-precision floating-point)数。MATLAB 默认将所有数值型数据保存为双精度浮点数,但用户可以设置将数值(或矩阵元素)保存为单精度或整数型数值,这样可以节省大量的存储空间。所有的数值类型的数据都支持数组操作,如下标索引(subscripting)、矩阵变形(reshaping)以及各种数学运算。表 1.2.1 列出了不同类型数据的 MATLAB 函数名、类型和作用。

表 1.2.1 不同类型数据的 MATLAB 函数名、类型和作用

MATLAB 名称	类型描述	作 用
double, single	浮点型(实数型)	◇实数 ◇单双精度 ◇[realmin, realmax]: 数值范围 ◇2D 数组可用稀疏型保存 ◇默认类型
int8, uint8, int16, uint16, int32, uint32, int64, uint64	整数型	◇符号/无符号型整数 ◇占存储空间少 ◇[intmin, intmax]: 数值范围 ◇4 种进制: 8/16/32/64-bit
char	字符或字符串	◇文字保存需要 ◇通用字符或中文字符 ◇可转化为数值型 ◇与数值型的表达方式一致 ◇可使用单元数组表示多维字符串
logical	逻辑型	◇表示关系或用来测试状态 ◇状态: 真/假—true/false ◇可用于数组索引 ◇2D 数组可稀疏表示
struct	结构型数组	◇可存储不同类型和大小的数组 ◇可通过一次操作获取多域/索引 ◇可通过域名确定内容 ◇变量传递简单 ◇不同域通过逗号分隔 ◇变量检视需多余空间
cell	单元数组	◇可存储不同类型和大小的数组 ◇数组打包自由 ◇元素操作类似一般数组 ◇变量传递简单 ◇不同域通过逗号分隔 ◇变量检视需多余空间

下面通过一些具体例题来熟悉这些不同类型数据的操作与运算。

例 1.2.1 将数 325 保存为一个十六进制整数型数据,并赋予变量 x 。

```
>>x=int16(325);
```

MATLAB 采用四舍五入法将带有小数的实数转化为整数:

```
>>x=int16(527.497)
```

```
x=
```

```
527
```

MATLAB 提供了四个取整函数(round, fix, floor, ceil)对实数进行取整运算,详细情况可通过 help 指令来了解。对于字符串变量,我们同样可以通过该方法将每个字符转换为对应的 ASCII 码:

```
>>str='Hello World'; % 分号使得变量 str 的值不显示,百分号%后面  
% 的内容为说明文字
```

```
>>int8(str)
```

```
ans=
```

```
72 111 108 108 111 32 87 111 114 108 100
```

一个整型变量与一个双精度浮点运算,其结果为整型数值:

```
>>x=uint32([132 347 528])*75.49;
```

```
>>class(x)
```

```
ans=
```

```
uint32
```

整型数组与双精度数组运算, MATLAB 进行双精度计算,并将运算结果转化为整型变量。

每个整型变量的赋值都有其赋值范围:

```
>>Z=[intmax('int8'),intmin('int8')]
```

```
Z=
```

```
127 -128
```

因此有:

```
>>x=[int8(300),int8(-300)]
```

```
x=
```

```
127 -128
```

思考题 1.2.1 试解释下面的运算是哪些类型数据的运算:

```
>>c='uppercase'-32;
```

c 是什么类型数据? 下面的函数产生什么结果?

```
>>char(c)
```

例 1.2.2 MATLAB 分别使用 0 和 1 来表示逻辑真和假变量的取值,