

21世纪工程技术新型教程系列

机器人 工程

〔日〕白井良明 编著

本系列为日本名牌大学面向21世纪教育改革成果

薄

最薄的大学专业系列教材。易于讲授

精 内容充实精

要，结构紧凑。易于学习

新 反映理论与实用技术的

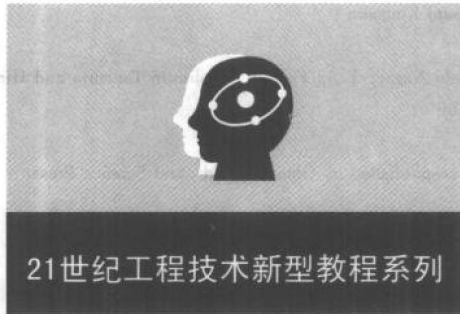
最新发展。易于成才

科学出版社

OHM社



00129401



机器人工程

[日] 白井良明 编著
王棣棠 译



FR01 24

科学出版社 OHM 社
2001



图字:01 - 2000 - 1827 号

Original Japanese edition

Shinsedai Kougaku Shirizu: Robotto Kougaku

Edited by Yoshiaki Shirai

Written by Yoshiaki Shirai, Kiyoshi Nagai, Youji Fukada, Toshihiro Tsumura and Hiroshi Noborio

Copyright © 1999 by Yoshiaki Shirai

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 2001

All rights reserved.

本书中文版权为科学出版社和 OHM 社所共有

新世代工学シリーズ

ロボット工学

白井良明 オーム社 1999 第1版 第1刷

图书在版编目(CIP)数据

机器人工程/[日]白井良明编著;王棣棠译.

-北京:科学出版社,2001.1

(21世纪工程技术新型教程系列)

ISBN 7-03-008943-X

I. 机… II. ①白…②王… III. 机器人工程 IV. TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 81727 号

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001 年 2 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2001 年 2 月第一次印刷 印张: 10 1/2

印数: 1—5 000

字数: 167 000

定 价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

丛书序

主编 樱井良文

现在,很多大学正在进行学部、学科的重组,以研究生培养为重点,引入学期制,采用新的课程体系和不断深入的教育计划改革,特别是由于学期制教育的引入,使得原来以分册编写的教材在一个学期的教学中很难消化。因此,各学校对“易教”、“易学”的教材需求越来越迫切。

《21世纪工程技术新型教程系列》是面向通信、信息,电子、材料,电力、能源,以及系统、控制等多学科领域的新型教程系列。这些教程均由活跃在各学科领域第一线的教授任主编,由年轻有为的学者执笔,内容丰富,有利于对学科基础的理解。版面设计时为学生留出了写笔记的空间,是一种可以兼作笔记,风格别致的教科书。

希望肩负新世纪工程技术领域发展重任的青年读者们,通过本教程系列的学习,建立扎实的学科基础,在实践中充分发挥自己的应用能力。

21世纪工程技术新型教程系列编辑委员会

主 编

樱井良文 大阪工业大学校长
大阪大学名誉教授

副主编

西川祐一 大阪工业大学信息科学部学部长
京都大学名誉教授

编委(按姓氏笔画顺序)

| | | | |
|------|----------------------|------|----------------------|
| 广瀨全孝 | 广岛大学教授 | 井口征士 | 大阪大学教授 |
| 木村磐根 | 大阪工业大学教授 京都大学名誉教授 | 仁田旦三 | 东京大学教授 |
| 白井良明 | 大阪大学教授 | 西原 浩 | 大阪大学教授 |
| 池田克夫 | 京都大学教授 | 滨川圭弘 | 立命馆大学副校长 大阪大学名誉教授 |

译者序

本书是《21世纪工程技术新型教程系列》中系统·控制部分,由大阪大学教授白井良明先生主编的《机器人工程》一书。机器人学不再只是停留在书面上,而是已经成为生活中的现实。它是近二十多年来发展起来的一门新兴学科,综合了力学、机械学、电子学、计算机科学,以及生物学、控制论、人工智能、系统工程等方面的知识;是当代十分活跃和被广泛应用的技术之一。机器人的飞速发展带动了机器人学的发展,反过来机器人学对机器人相关技术的深入研究,又促进了机器人的研制以及在生产和社会生活中的广泛应用。机器人正在成为一个重要的产业,机器人学的研究水平已成为衡量一个国家科技发展水平的重要标志之一。

我国在机器人研制和应用以及机器人学方面的研究已有很大发展并取得了许多成果,而且已有许多机器人在生产实践中应用,许多工科院校也已把机器人学作为一门必修或选修课列入教学计划。为适应这一发展趋势,我们翻译了本书,以便为读者提供一个“容易教”、“容易学”的机器人学方面的书籍。

本书抓住了机器人学技术密集的特点,比较全面介绍了有关各种基本知识,用最低限度的数学公式,举出具体的例子帮助理解,练习也比较多,并附有简略题解,可供自学和教学参考。

限于译者水平,译文中难免有不妥之处,敬请批评指正。

王隼棠

前言

如果我们打听一下考取大学机械系的学生将来打算做什么？回答的多半是机器人、航天、车辆、环境等。的确，可以说从孩时起他们就喜好动画和玩具。近年来在电视上经常看到各种机器人比赛，而且有时会实际看到附近进行的机器人表演，因此想自己制做机器人的年青人在不断增多。

日本的机器人学创始人，已故早稻田大学加藤一郎先生曾仿照微型控制，并预言“微型机器人”时代即将到来。今天作为宠物的微型机器人已经实用化了。不过由于初期的宠物机器人价格高，购置者很少是年青人，可是说不定它会像手机电话那样变得廉价而得到普遍应用。

学生在求职时，会更多地认定机器人。巧妙的自动售货机、车辆的机械化、工厂生产设备的自动化等也都纳入到机器人的范畴。制作机器人对社会来说不仅是不可缺少的，而且制作出非常像人的人工产品可以说是人的本能动机。

我的中学时代，流行制作收音机。由于当时电视机还未普及，收音机就是身边的最大娱乐，自己制作收音机具有很大魅力。读读杂志上刊登的制作方法，收集一些真空管等元器件就可以进行焊接组装了。当时甚至不知道收音机为什么能听到声音的原理。然而，那时候学习了收音机原理的人，即使后来晶体管代替了真空管，也能很快适应，并能够向收音机以外的无线电器械发展。

机器人，如果现在能买到市场上出售的工具箱，就能简单地进行制作，而且各种机器人的成品也在出售，这样就更有趣了。不过，为了制作对社会有用的实用机器人，或具有比以往功能更好的机器人，通晓作为机器人基础技术的机器人学是非常重要的。

本书的目的在于以容易理解的方法说明多种机器人的通用基础技术。对必须掌握的基础技术，用最低限度的数学公式，举出具体的例子来说明，练习题比较多，但请您务必自己去解练习题。如果精通了本书，以后自己进行研究时，就可以去参考更专门的参考书，以便能制作和使用实际的机器人。由于篇幅有限，为避免各章的重复，相互间均有参照，阅读时可以任意顺序进行。

本书各章的执笔承蒙各有关学科领域的教育和研究方面经验丰富的私立大学的各位先生分担。按照本书所期望的目标，如能对各位读者有所裨益，就是我们最大的满足。

白井良明

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 机器人学引论 | 1 |
| 1.1 什么是机器人 | 1 |
| 1.2 机器人的种类 | 2 |
| 1.3 机器人学有什么用处 | 5 |
| 1.4 怎样学习机器人学 | 7 |
| 第 2 章 机械手的运动 | 9 |
| 2.1 机械手运动的表示方法 | 9 |
| 2.1.1 机械手的结构 | 9 |
| 2.1.2 机械手的机构和运动学 | 10 |
| 2.1.3 运动学、静力学、动力学的关系 | 12 |
| 2.2 手爪位置和关节变量的关系 | 13 |
| 2.2.1 手爪位置和姿态的表示方法 | 13 |
| 2.2.2 姿态变换矩阵 | 13 |
| 2.2.3 齐次变换 | 15 |
| 2.3 雅可比矩阵 | 18 |
| 2.3.1 雅可比矩阵的定义 | 18 |
| 2.3.2 关节速度和手爪速度的几何学关系 | 19 |
| 2.4 手爪力和关节驱动力的关系 | 20 |
| 2.4.1 虚功原理 | 20 |
| 2.4.2 机械手静力学关系式的推导 | 21 |
| 2.5 机械手运动方程式的求解 | 23 |
| 2.5.1 惯性矩 | 23 |
| 2.5.2 牛顿、欧拉运动方程式 | 25 |
| 2.5.3 拉格朗日运动方程式 | 26 |
| 练习题 | 29 |
| 第 3 章 机械手的控制 | 31 |
| 3.1 机器人系统的构成 | 31 |
| 3.2 传递函数和方框图 | 33 |
| 3.2.1 传递函数 | 33 |

| | | |
|--------------|----------------|-----------|
| 3.2.2 | 方框图 | 37 |
| 3.3 | PID 控制 | 40 |
| 3.3.1 | PID 控制的基本形式 | 40 |
| 3.3.2 | 实用的 PID 控制 | 41 |
| 3.4 | 机械手的位置控制 | 43 |
| 3.4.1 | 手爪位置控制 | 43 |
| 3.4.2 | 动态控制 | 44 |
| 3.5 | 机械手的力控制 | 46 |
| 3.5.1 | 1 自由度机械系统的阻抗控制 | 46 |
| 3.5.2 | 机械手的阻抗控制 | 48 |
| 3.5.3 | 混合控制 | 50 |
| | 练习题 | 51 |
| 第 4 章 | 机器人的感觉 | 53 |
| 4.1 | 传感器的种类 | 53 |
| 4.1.1 | 传感器的分类 | 53 |
| 4.1.2 | 内部状态的感觉 | 54 |
| 4.1.3 | 外部状况的感觉 | 56 |
| 4.2 | 触觉信息的获取 | 58 |
| 4.2.1 | 接触觉传感器 | 58 |
| 4.2.2 | 压觉传感器 | 59 |
| 4.2.3 | 滑觉传感器 | 60 |
| 4.2.4 | 力觉传感器 | 61 |
| 4.3 | 视觉信息的获取 | 62 |
| 4.3.1 | PSD 传感器 | 62 |
| 4.3.2 | 视觉传感器 | 63 |
| 4.3.3 | 形状传感器 | 65 |
| 4.3.4 | 光切断传感器 | 65 |
| 4.3.5 | 全方位视觉传感器 | 66 |
| 4.4 | 距离信息的获取 | 70 |
| 4.4.1 | 双目视觉 | 70 |
| 4.4.2 | 投光法 | 71 |
| | 练习题 | 72 |
| 第 5 章 | 环境识别 | 75 |
| 5.1 | 触觉信息的处理 | 75 |
| 5.1.1 | 利用识别函数的形状识别 | 75 |
| 5.1.2 | 按轮廓特征识别形状 | 77 |

| | | |
|--------------|-------------------|------------|
| 5.2 | 基本的图像处理方法 | 78 |
| 5.2.1 | 二值化处理 | 78 |
| 5.2.2 | 微分处理 | 79 |
| 5.2.3 | 边缘像素提取和细线化与直线近似 | 79 |
| 5.2.4 | Hough 变换 | 80 |
| 5.2.5 | 模板匹配 | 81 |
| 5.3 | 2 维图像的处理 | 83 |
| 5.3.1 | 物体的位置检测 | 83 |
| 5.3.2 | 复杂背景的物体识别 | 85 |
| 5.4 | 3 维图像的处理 | 88 |
| 5.4.1 | 双目视觉 | 88 |
| 5.4.2 | 时空图像 | 89 |
| 5.4.3 | 狭缝图像 | 92 |
| | 练习题 | 93 |
| 第 6 章 | 移动和机构的控制 | 95 |
| 6.1 | 为什么要移动 | 95 |
| 6.2 | 移动环境及与其相适应的机器人机构学 | 96 |
| 6.2.1 | 环境整备领域内的移动机器人 | 96 |
| 6.2.2 | 没有整备环境领域内的移动机器人 | 96 |
| 6.2.3 | 车轮型移动机构的结构和运动 | 97 |
| 6.2.4 | 履带式移动机构 | 100 |
| 6.2.5 | 步行机器人的机构 | 101 |
| 6.3 | 移动的检测 | 102 |
| 6.3.1 | 移动机器人的自立位置检测 | 103 |
| 6.3.2 | 移动机器人的位置·方位修正检测 | 104 |
| 6.4 | 引导和控制 | 107 |
| 6.4.1 | 路径引导方式 | 107 |
| 6.4.2 | 自主引导方式 | 109 |
| 6.5 | 多机器人控制 | 109 |
| 6.5.1 | 多机器人的群控 | 109 |
| 6.5.2 | 多机器人自动控制的发展 | 110 |
| | 练习题 | 111 |
| 第 7 章 | 机器人的智能化 | 113 |
| 7.1 | 什么是机器人的智能化 | 114 |
| 7.2 | 机器人的路径规划 | 117 |
| 7.2.1 | 基于模型的路径规划 | 118 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 7.2.2 基于传感器的路径规划 | 123 |
| 7.3 机器人的动作规划 | 125 |
| 7.4 作业顺序的规划 | 127 |
| 7.4.1 AND-OR 图的生成算法 | 129 |
| 7.4.2 搜索算法 GBF* | 130 |
| 7.4.3 运送零件路径·动作规划 | 131 |
| 7.5 机器人学习 | 133 |
| 练习题 | 134 |
| | |
| 练习题简答 | 137 |
| 参考文献 | 153 |

第1章 机器人学引论

1.1 什么是机器人

机器人一词不仅会在科幻小说、动画片等上看到和听到,有时也会在电视上看到在工厂进行作业的机器人,在实际中也有机会看到机器人的展示。今天,说不定机器人就在我们身边,但这里我们要讨论的是什么是机器人学研究的机器人。

机器人(robot)一词来源于1920年捷克作家卡雷尔·查培克(Karel Capek)所编写的戏剧中的人造劳动者,在那里机器人被描写成像奴隶那样进行劳动的机器。

后来作为一种虚构的机械出现在许多作品中,代替人们去完成某些工作。20世纪60年代出现了作为可实用机械的机器人。为了把这种机器人同虚构的机器人及玩具机器人加以区别,称其为工业机器人。

工业机器人的兴起促进了大学及研究所开展机器人的研究。随着计算机的普及,又积极地开展了带有智能的机器人的研究。到70年代,机器人作为工程对象已经被确认,机器人学一词也受到公认。目前,机器人学的研究对象已不仅仅是工业机器人了。

即便是实际存在的机器人,也很难把它定义为机器人,而且其定义也随着时代在变化。这里简单地把具有下述性质的机械看作是机器人:

① 代替人进行工作:机器人能像人那样使用工具和机械,因此,数控机床和汽车不是机器人。

② 有通用性:既可简单地变换所进行的作业,又能按照工作状况的变化相应地进行工作。一般的玩具机器人不能说有通用性。

③ 直接对外界作工作:不仅是像计算机那样进行计算,而且能依据计算结果对外界产生作用。

机器人学把这样定义的机器人作为研究对象。下一节我们将具体介绍机器人的种类。

1.2 机器人的种类

机器人的分类方法很多,这里我们依据三个有代表性的分类方法列举机器人的种类。

首先,由于机器人要代替人进行作业,因此可根据代替人的哪一个器官来分类:

操作机器人(手):利用相当于手臂的机械手、相当于手指的手爪来使物体动作。

移动机器人(腿):虽然已开发出了2足步行和4足步行机器人,但实用的却是用车轮进行移动的机器人。

视觉机器人(眼):通过外观检查来除掉残次品,观看人的面孔认出是谁。虽然还有使用触觉的机器人,但由于它不是为了操作,所以不能说是触觉机器人。

也还有不仅代替单一器官的机器人,例如进行移动操作,或进行视觉和操作的机器人。

不考虑代替人脑机器人的理由是为了与只会思考的计算机加以区别。上述三种机器人看作是带有最低思考机能的机器人。

其次,按机器人的应用来分类:

工业机器人:可分为搬运、焊接、装配、喷漆、检查等机器人,主要用于工厂内。

极限作业机器人:主要用在人们难以进入的核电站、海底、宇宙空间等进行作业的机器人。也包括建筑、农业机器人等。

娱乐机器人:有弹奏乐器的机器人、舞蹈机器人、宠物机器人等,具有某种程度的通用性。也有适应环境而改变行动的宠物机器人。

此外,也还有正在研制开发中的福利机器人、医疗机器人、灾害救助机器人、乒乓球机器人一类的机器人。在上述的分类当中,工业机器人最早开始普及,极限作业机器人及娱乐机器人多是由工业机器人改进的。近来正在积极开展拟人(人形)机器人的研究。

最后则是按照基于什么样的信息进行动作来分类。由于这种分类特别重要,所以汇集成表1.1。虽然它是针对工业机器人的分类,但也适用于工业机器人以外的机器人。

表 1.1 机器人的分类

| 机器人的种类 | 特 征 |
|-----------------------------------|-----------------------|
| 操纵机器人 (operating robot) | 人在一定距离处直接操作机器人进行作业 |
| 程序机器人 (sequence control robot) | 机器人按预先给定的程序、条件、位置进行作业 |

续表 1.1

| 机器人的种类 | 特 征 |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 示教再现机器人 (playback robot) | 由人操纵机器人进行示教后,机器人就重复进行这个作业 |
| 数值控制机器人 (numerical control robot) | 通过数字和语言给定作业的顺序、条件、位置等信息,机器人依据这一信息进行作业 |
| 智能机器人 (intelligent robot) | 机器人依据智能(感觉信息的识别、作业规划、学习等能力)确定作业 |

(1) 操纵机器人

这是一种在核电站处理放射性物质时,远距离操纵的机器人。在这种场合,相当于人手操纵的部分称为主动机械手,进行类似动作的部分称为从动机械手。两者多半是类似的,但从动机械手要大些,是用增大了的力进行作业的机器人,主动机械手要小些。也有一方面用显微镜观察,一方面进行精密作业的机器人。

(2) 程序机器人

若只从预先设定的程序进行作业这一点来讲,装有发条的玩具也可以说是程序机器人,但它不能更换作业,而程序机器人则可用某些方法更换作业。例如,在用压力机制做零件时,设置收到压制完成信号(电气信号)决定取出零件的场所,把新的零件送入压力机。并依据零件的种类改变夹持零件的位置及放置位置。由于设定的部分被限定,所以不能设定自由动作。

(3) 示教再现机器人

示教再现同盒式磁带的录放意思一样。开始为了示教作业,如图 1.1(a)所示那样,人一面操纵机器人,一面在各重要位置按下示教盒的按钮,记忆其位置(相当于录音)。而进行作业时把它再现,机器人顺次追寻记忆的位置。图 1.1(b)表示的是在远距离操作示教装置使机器人动作的示教方式。

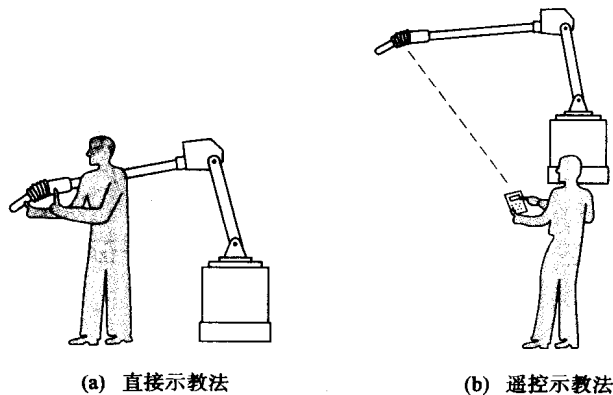


图 1.1 示教再现机器人的示教法

由于示教再现机器人能自由地示教动作,所以能进行各式各样的作业。而且要能够自由地动作,就需要具有多个类似人手臂的关节的机械手,这样才能在形态和机能上与机器人的称谓相符。示教再现机器人的出现可以说是工业机器人的开始。在汽车厂进行点焊的机器人大多是这种类型的机器人。

(4) 数值控制机器人

这是一种用计算机控制机器人的动作,来代替人操纵机器人进行动作的工作方式。例如,使机器人手爪沿着圆周动作时,用计算机给出轨迹比人进行操作要方便得多,但必须编制计算机程序。

(5) 智能机器人

不仅可以进行事先设定的动作,还可以按照工作状况相应地进行动作。例如把导线焊接在 LSI(大规模集成电路)的电极上时,要用机器人的眼确认电极的位置,在装配作业时又要判断零件的正反面位置。虽然实用化的智能机器人还不太多,但各种智能机器人正在被研究。例如,对传送带上多个物体的识别、回避障碍物的移动、作业次序的规划、有效的动态学习,多个机器人的协调作业等等。

上面介绍了典型机器人的分类,但实际的机器人多是这些机器人的组合。作为一个例子,这里介绍一下由操纵机器人、示教再现机器人、智能机器人组合成的火星机器人。1997年7月4日火星探测器“火星探险者”(Mars Pathfinder)在火星上着陆,着陆机是四面体形状,着陆后三个盖子打开如图 1.2 所示。它在能上、下、左、右动作的摄像机平台上装有两台 CCD 摄像机,通过立体观测而得到深度信息。整个系统可以看作是由地面指令操纵的操纵机器人。

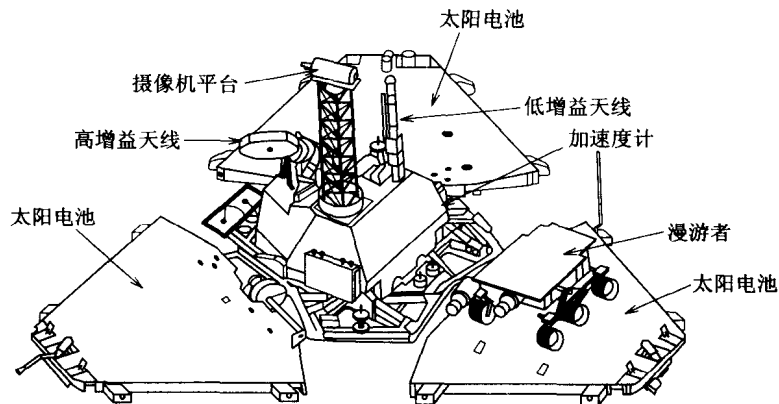


图 1.2 火星探险者

图 1.2 的漫游者(小型移动机器人),既可按地面上的指令移动,也能自治式移动。地面上的操纵人员通过电视可以了解火星探险者附近的

地形,但由于电波往返一次大约需 40 分钟,因此不能一边观测一边进行操纵。所以要考虑漫游者的动作程序,用这个程序先在地面进行移动实验,如果没有问题再把它传送到火星上,漫游者就再现同样的动作。漫游者作为操纵机器人不仅能一点一点地移动,而且能在到达指定目标后,用本身的传感器一面检测障碍物一面安全移动。实际上这两种运行方式都取得了成功。

1.3 机器人学有什么用处

在涉及机器人学用处之前,我们先来探讨一下机器人有什么用处。通过上一节的介绍,对机器人的功能已有一定程度的了解,其典型的功能可归纳为以下几点:

(1) 节省劳动力

这是工业机器人的最主要功能。即便在人员工资便宜的国家,也需要准确高速作业的机器人,东南亚国家已引进了机器人。虽然近来机器人不如以前那样受到关注,但工厂里的机器人化还在稳步进展。不仅在工厂,而且在铺平混凝土的建筑作业、宽敞空间的清扫也都在使用机器人。

(2) 进行极限作业

在工厂的喷漆及铸造那样的恶劣环境下已使用了工业机器人,现在像精炼车间、冷藏室、核电站、宇宙空间、海底那样人难以进入的场所,进行作业的机器人正在增多,甚至在农业上,在温室内移动喷撒农药的机械也可以称为机器人。目前正在开发不停电进行电力线检修作业及检查贴在大厦墙面上磁砖等危险作业的机器人。

(3) 用于医疗、福利

脑外科手术,由于要求准确地确定手术部位,因此一些医院正在进行用机器人协助手术的试验。在福利方面,辅助步行训练、饮食等的搬送工作正在机器人化。安全运行的智能轮椅,从寝床向移动床的移换,盲人的引导等方面的机器人也正在研究中。在假手和假腿中也在利用机器人技术(参看图 1.3)。

(4) 与人协调作业

在处理重物的场合,用机器人支承重量,由人进行仔细定位。为了使老年人及残疾人具有生活能力,不仅要协助进行体力劳动,而且在观看细小的地方,要使手准确地动作等诸多方面都需要机器人的协助。

(5) 制作宠物

在计算机内生成人物和动物已成为一种娱乐方式。在机器人方面,向着亮光移动的微型机器人,以及像小狗样动作的宠物机器人,市场上已



图 1.3 电机驱动的假腿(早稻田大学步行机器人)

有出售,但由于价格高,而且机能有限,至今尚未普及。随着电视摄像机及计算机的价格降低,将来制作像狗和猫一样见到饲养主人就欢跳的宠物机器人已不再是梦想。

其次,我们来讨论一下采用本书学习机器人学有什么用处。在此之前,先列举一下机器人应该有什么样的机能。其基本机能是:

- ① 对外界产生作用:相当于人的手和腿。
- ② 获取外界信息:相当于人的感觉器官。
- ③ 规划作业:相当于人的大脑。

上面只是简单的介绍,实际上要实现各种机能只用上述的器官是不够的。例如,要动手(硬件)也要用脑(软件)(这从脑子发生故障手脚也不能动这件事上就可以理解)。而且,映射到视网膜上的图像被传送到大脑进行处理后就意味着变成信息。机器人学既研究实现各种机能的硬件性质,又研究其后面的信息处理。

机器人学真正的用途大致可分为下述三种:

(1) 与机器人直接有关的用途

机器人学的直接用途正如前面所述,就是机器人的设计、制作、订货、应用等。

(2) 与机械的机器人化有关的用途

如果把机械的机器人化看作是机械的自动化、环境的适应化,就可以说现在正在进行机械的机器人化。例如,复印机上装有10个以上的传感器,监测诸如温度,调色剂量,原稿的大小及文字的浓淡、塞纸等,使复印机能保持在最佳状态下进行复印。

在工厂,向机床配送材料,夹紧工件、更换工具、装配作业机械定位,零件搬运等,均要采用机器人技术实现自动化(参看图1.4)。在医院,采用机器人技术可对各种检查实现自动化。即使在农业,拖拉机的自动运

转、农药撒布、无人直升机等也都在使用机器人学。近来世界各国开始实施称为 ITS(intelligent transportation system) 的计划,在车辆上装设电视摄像机等,积极开展运输智能系统的研究。

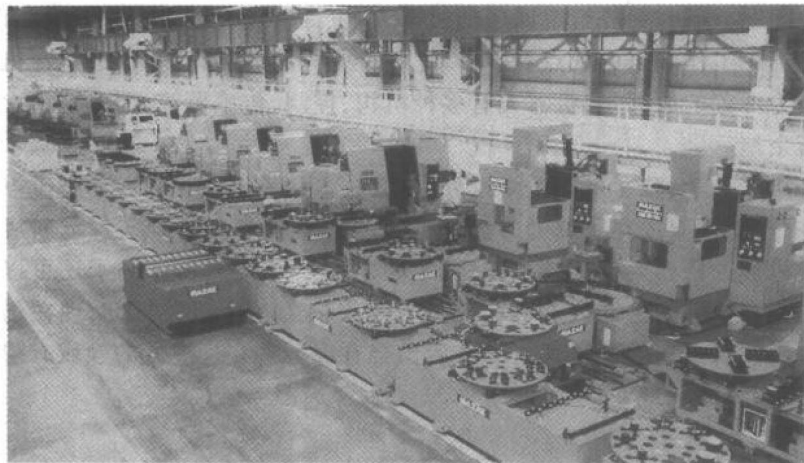


图 1.4 自动化生产线(FMF 主轴·法兰生产线)

这样,既使乍一看不像机器人,但能够促使机械和工具机器人化的就是机器人学。事实上,机器人学的最大用途就是这种机器人化。

(3) 基础技术的用途

在机器人学中所学到的基础技术,可以应用到上述的机器人及机械的机器人化以外的地方。下面举出几个典型例子:

① 采用力控制的精密装配:人们在把钥匙插入钥匙孔时,只用眼看还不能很顺利,还要用手去试探控制力。在机器人学中的学习力控制,就是用超过定位精度的精度进行装配作业的一种方法。

② 在传输动画图像时,如果把必要的部分详细传输,不必要的背景部分粗略的传输,可以缩短传输所需的时间。研究机器人的眼睛,目的在于把物体从背景中识别出来,这一成果可用在图像的传输上,同样,还可以从多个图像中检索出想要的图像,并把它们加以编辑后供使用。

③ 在机器人学中使用的作业规划是自动生成的。这也可用在一般生产计划的自动设计上。

1.4 怎样学习机器人学

工程学可以说是既制作产品、又使所制作的产品运动起来的学问。实际上,像热力学、材料力学、电磁学、电子线路、控制理论等,多是以现象