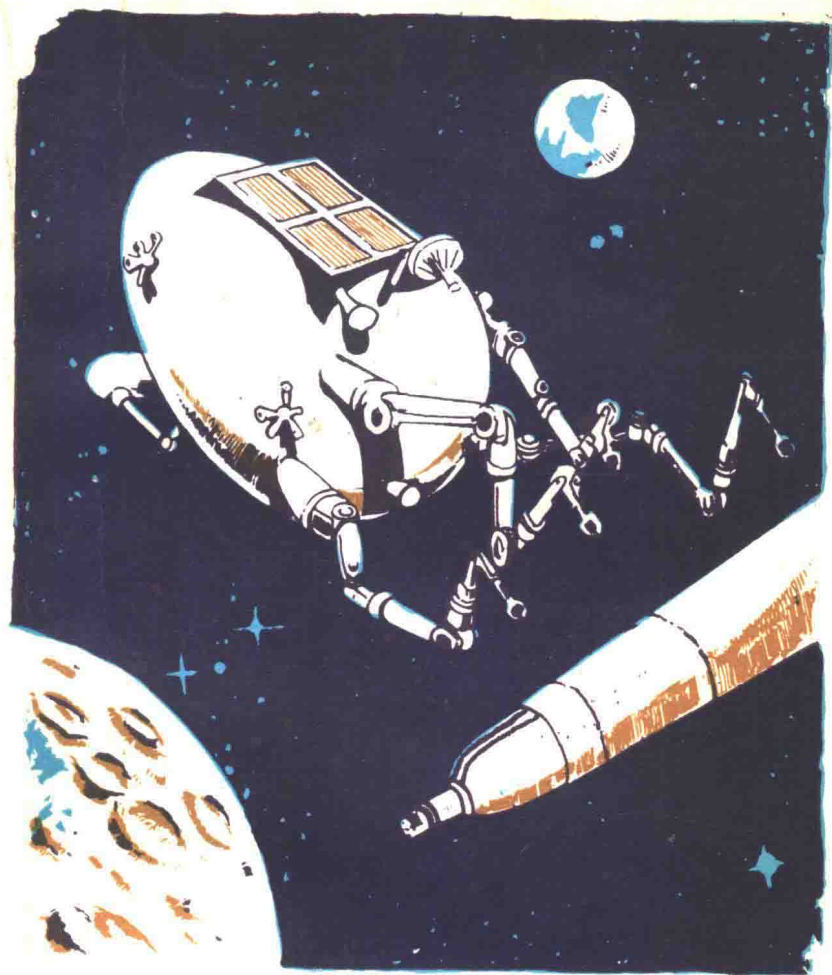




机器人技术

〔日〕合田周平 木下源一郎 著

科学出版社

机器人技术

〔日〕合田周平 木下源一郎 著

王棟棠 译

科学出版社

1983

内 容 简 介

机器人是综合利用多种学科技术的一种自动装置,具有人的有关性能和动作特征的功能,也具有一定的人工智能。因此具体研究机器人的机器人技术,自然是人工智能研究的一个主要方面。本书综合了大量技术文献资料,结合作者本人从事的研究工作,在概括介绍了人工智能之后,就机器人学所研究的主要内容,结合人类的各种器官如肌肉、肢体、感觉器官等生理特性,对机器人的视觉、触觉、肢体结构、机器人系统的构成,以及机器人在工业生产、海洋开发、空间技术等方面的应用作了比较全面深入的介绍。

本书可供从事假肢、机械手、机器人研究设计人员,以及高等院校自动控制及人工智能专业师生参阅。

合田周平 木下源一郎 著

ロボット工学

コロナ社, 1977

机 器 人 技 术

〔日〕合田周平 木下源一郎 著

王棣棠 译

责任编辑 范铁夫 乐嘉敏 鞠丽娜

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年12月第一版 开本: 787×1092 1/32

1983年12月第一次印刷 印张: 10 3/8

印数: 0001—5,570 字数: 229,000

统一书号: 15031·540

本社书号: 3339·15—8

定价: 1.60 元

译 者 前 言

机器人技术是适应生产自动化、原子能利用、宇宙和海洋开发等需要,在电子学、人工智能、控制理论、系统工程、机械工程、仿生学以及心理学等各学科发展基础上出现的一个综合性技术。

一九五四年美国 G. C. Devol 发表“通用重复型机器人”专利论文和一九五八年美国 Consolidated 发表“数字控制机器人”论文,揭开了研制机器人的序幕。六十年代初由美国 AMF 公司制造的第一个工业机器人“Versatran”和 Unimation 公司制造的“Unimate”登上工业舞台以来,机器人技术有了迅速的发展。当前,机器人已在各工业部门,如焊接、喷漆、装配到宇宙探测和海洋开发都得到了广泛的应用。如果说第一次工业革命是由于机械的应用而减轻了体力劳动,那么第二次工业革命则是通过电子技术的应用,代替部分脑力劳动,把人从单调、重复、繁重的体力劳动中解放出来。早期的机器人研究大多侧重在应用,从单纯的作业考虑,把机器人作为某个特定条件下作业的专用工具,即单功能机器人。随着电子技术和人工智能学科的发展,人们正在研制在结构上有灵活动作的多关节手和两腿步行机构,利用电视摄象机和光学测距器、超声波等做视觉,在广泛范围内对物体进行搜索、识别和测距,并带有触觉、听觉等功能的智能机器人。如美国麻省理工学院、斯坦福研究所、斯坦福大学、英国爱丁堡大学、日本电子技术综合研究所、日本东京大学等都进行着人工智能研究,南斯拉夫、法国、德国、意大利、苏联也都在积极从事机

器人的研究。日本有八十五所大学及研究机构、一百三十五个公司从事机器人的研制工作。许多国家都设有专门的机构,以统一安排课题、经费,并定期开展学术活动,出版书刊,组织科研情况交流,促进和推动机器人技术的发展。一九七〇年起每年一次的国际工业机器人讨论会和一九六九年起每两年一次的国际人工智能会议更进一步促进了国际间的技术交流,使得机器人技术在七十年代有了突飞猛进的发展。

我国的机器人研制工作,正在兴起,并已取得一些可喜的成果,有些工厂开始采用机器人承担某些工序的工作并收到效益。一些科研单位和高等院校也在积极开展机器人研究和国内国际间的学术交流。我国首次参加了在日本召开的第十一届国际工业机器人讨论会,并发表了五篇论文,引起了与会者的高度注意,他们对中国机器人研究的进展感到吃惊。我们相信,只要我们从实际情况出发,坚持不懈地努力,我国的机器人技术会得到更大的发展,在实现四个现代化的宏伟目标中一定会发挥更大的作用,在机器人这个科技领域内也能很快赶上世界先进水平。

本书作者汇集了有关机器人技术的书刊、文献资料及本人从事这方面研究工作的成果,比较系统地介绍了机器人技术的主要内容,在概要地介绍“人工智能”之后,结合人的各种器官,如肌肉、肢体、感觉器官等生理特性,对机器人的视觉、图象识别、触觉、肢体结构、机器人系统的构成及其应用分别做了全面深入的介绍,有助于我们了解机器人技术,便于找到主要的研究课题。为此,我们翻译了此书,希望为从事机器人研制的同志及对机器人技术有兴趣的同志提供一点参考资料。

刘海波同志在百忙中对本书译稿做了校阅,提出了一些宝贵意见,特此表示感谢。限于译者水平,书中的错误和不妥之处在所难免,恳请读者给予批评指正。

序

诞生于戏剧界的机器人，在五十年代后期成为科学技术的研究对象。这门新学科被称为“机器人学”。尤其是美国，作为宇宙开发的相关技术，在这方面做了极为广泛的研究工作，其间，机器人的研究主要是通过以计算机作电脑，利用摄影机作为人工视觉，并装备了手、腿的系统，即产生了人工智能（Artificial Intelligence）的研究。在美国和世界上一些主要的研究所，相继发表了许多论文，公开了各种各样的实验系统。作为未来技术的承担者，不仅在世界各有关学会上进行讨论，也成为各种形式宣传报道的话题。

这一点日本也不例外，人们记忆犹新的是六十年代前期，以引进工业机器人为转机，首先在各种学会上开始盛行，接着在宣传报道中机器人也成了时髦的题目。而且，当时在以摆脱了战后的贫困处境为目标的 GNP* 中心主义当中，作为实现高生产率的尖兵，机器人自然会受到极大的欢迎。就其结果而论，稍微夸大点说就是日本得到了较富裕的物质生活，稍微揶揄地说，正是由于这种富裕带来了精神上的不安和社会等级差别以及社会畸变的扩大，这样说也并不算过分。

著者，从日本引进工业机器人时就不时地指出这一点。可是，整个产业界正处于优先提高生产率的生产过程转化时期，就日本来说，依照想要一下完成机器人技术的研究开发的趋势，“以人为核心的机器人技术”的研究开发目前还难以实现。

* GNP——国民生产总值。——译者注

在日本,有关机器人学的书刊,正如本书文献里所列举的那样,已经出版了许多。本书参考了这些书刊和论文,汇总了著者过去的一些有关研究资料而写成的。虽然许多重要的研究本书未能加以介绍,不过,文献中的研究成果却尽可能地做了介绍。

就文献方面,1969年以来每两年召开一次的人工智能国际会议(IJCAI)的论文集里,刊载了许多有关机器人学的基础理论和实验系统。工业机器人方面,自1970年在美国首次召开了国际工业机器人讨论会以来,出版了许多会议记录。日本也跟随世界潮流,成立了财团法人的“日本工业机器人工业会”,对国际工业机器人讨论会的召开等做出了很大成绩。如果您能参考着这些论文来读本书,那您就可以了解到五十年代后期以来机器人学的研究开发经历了怎样的历程,有助于对本书的理解,对今后机器人学的研究就有可能找到最必要的研究课题了。一句话,就是能迈出研制适合本国国情的“人类开创的机器人系统”的第一步。在现代的技术文明中,机器人学的研究开发终归也应该是这样的。

近来,著者提倡构成“福利工程学”的工程技术,其技术哲理就是为实现人类大众的福利,怎样更好地综合利用机器人技术的具体的系统理论。因此,福利工程学可以说是科学技术向福利方面的技术转移。尤其是近几年来,经常可以在机能和材料方面看到技术的显著进步。就著者本人多少有所了解的假肢和人工心脏来说,进步是显著的。概括地说,它们都是根据1954年N. 维纳提倡的控制论,实现对生物体的感觉反馈,在仿生学等领域内所进行的多方面的技术开发。

1) 合田周平: 社会福祉へのシステム論的接近——福祉工学の課題, 日本機械学会誌, Vol. 80, No. 700(1977-3) 計測自動制御学会誌 “計測と制御”小特集: “福祉工学” Vol. 14, No. 12(1975-12)。

如果我们这样来看,十九世纪以来,从静力学、动力学、控制论等理论的诞生,大约经过了二十五年,现在正逐渐出现福利科学。在塑料出现二十五年前后,塑料就被用到假肢上。晶体管从诞生到用在动力假肢和人工透析系统也是经过二十五年。若以这种逻辑观察 1950—1975 年的二十五年间工程技术中的新技术的开发,特别是系统技术的发展,那么可以预测到 1975 年—2000 年是福利科学技术发展的时期。

最后,本书在出版之前曾得到许多方面的帮助,首先应向指出这方面研究的重要性,并给予各种指导的加里福尼亚大学高桥安人教授,东京大学渡边茂、南雲仁一两位教授,东京工业大学森政弘教授等诸位先生表示谢意。其次应该向提供文献和资料的东京工业大学梅谷阳二教授,日立制作所中央研究所江尻正员、後藤達生两位先生,早稻田大学加藤一郎教授,九州工业大学山下忠副教授,电子技术综合研究所白井良明、高瀬国克两位先生等表示谢意。

本书内容部分地引用了下列资料,谨向有关各位致以谢意: 东大出版会编:“バイオメカニズム 1-3”。加藤一郎译:“人間の手足の制御”,学献社(1968)。“续・人間の手足の制御”,学献社(1973)。电子技术综合研究所汇报:“ETL ロボット MKI 特集号”,Vol.35, No. 3 (1973)。金子丑之助:“日本人体解剖学”,南山堂(1975)。

机器人学,不论就其研究领域来讲,还是研究开发的方法论和技巧,都还是正在发展中。因此,本书只不过是窥视一端,但若是能使工程技术人员,一般社会成员对机器人学给予关注,积极参加今后机器人学的研究开发,著者本人就不胜感激了。敬请各位对本书赐予批评和指正。

合田周平

1977 年 6 月

目 录

第一章 机器人研究的展望	1
1.1 机器人研究的起源	2
1.2 工业机器人	3
1.2.1 Versatran	10
1.2.2 Unimate	14
1.2.3 其他工业机器人	16
1.2.4 工业机器人的研究课题	18
1.3 人工智能机器人	22
1.3.1 基本动作	22
1.3.2 SRI 的机器人	23
1.3.3 MIT 的机器人	27
1.4 宇宙开发机器人	31
1.5 海洋开发机器人	31
1.6 其他机器人	35
1.7 仿生学和机器人	35
1.8 机器人与哲学研究	36
1.9 机器人研究中的一些问题	37
第二章 人工智能概要	39
2.1 拟人化技术	39
2.2 人工智能研究的范畴	42
2.2.1 研究的进展	43
2.2.2 问题求解过程	45
2.2.3 启发式搜索法	47
2.3 状态空间表示法	49

2.3.1	状态描述	49
2.3.2	算子	51
2.3.3	最终状态	53
2.3.4	图解符号	54
2.3.5	非决定论的程序	56
2.3.6	问题表示的实例	58
2.4	问-答系统	67
2.5	人工智能研究的评价	69
2.5.1	研究体制	69
2.5.2	评价	71
2.5.3	研究领域和技术	71
2.5.4	人工智能研究对社会的影响	77
2.5.5	研究的指导方针	79
第三章	视觉和皮肤感觉	81
3.1	视觉	81
3.1.1	眼球和网膜的构造	81
3.1.2	感受野	84
3.1.3	大脑视区	87
3.1.4	鲨的视觉系统	88
3.2	蛙眼的电子线路模型	90
3.2.1	蛙眼的视觉系统	90
3.2.2	电子线路模型	91
3.3	皮肤感觉	93
3.3.1	适当刺激的信息	93
3.3.2	皮肤感觉的感受器	95
第四章	计算机视觉	97
4.1	图象输入装置和数字化图象	97
4.1.1	图象输入装置	97
4.1.2	数字化图象	98
4.2	物体位置的识别	102

4.2.1	两眼立体观测原理的识别方法	102
4.2.2	使用测距仪识别物体位置的方法	108
4.3	线画的抽出	111
4.3.1	用空间微分抽出边缘线	111
4.3.2	直线的确定	116
4.4	线条画的解释 (Guzmán 方式)	118
第五章	人工触觉	122
5.1	构成人工触觉的元件	122
5.1.1	假手用的人工触觉	122
5.1.2	操作器用的人工触觉	123
5.2	使用人工触觉的手爪控制	124
5.2.1	用触觉的手爪控制	124
5.2.2	用压觉的手爪控制	127
5.2.3	利用滑觉的手爪控制	130
5.2.4	采用力觉的关节控制	131
5.3	用人工触觉识别对象物的形状	135
5.3.1	阈值变化法	136
5.3.2	利用人工触觉进行模式识别	137
5.3.3	通过抓握识别对象物的形状	140
第六章	上肢	149
6.1	上肢的骨骼和肌肉	149
6.1.1	上肢的骨骼	149
6.1.2	上肢的肌肉	150
6.1.3	拇指的运动	151
6.1.4	手指的运动	153
6.2	手指的功能	156
6.2.1	手指基本动作的抽出	157
6.2.2	自由度的增加及其分配	159
6.2.3	手指的功能及其评价	161

6.3 关节的运动机构	165
6.3.1 运动机构	165
6.3.2 座标变换矩阵	167
6.4 操作器	171
6.5 假手	177
6.5.1 假手的分类	178
6.5.2 能动假手	179
6.5.3 动力假手	180
第七章 下肢	188
7.1 下肢骨骼和肌肉	188
7.2 步行	190
7.2.1 可控自行移动装置	190
7.2.2 自动机理论在人工腿上的应用	194
7.2.3 双腿步行	197
7.3 假腿	200
7.3.1 截肢端同假腿的结合	201
7.3.2 骨骼型假腿	202
7.4 人工腿	202
7.4.1 人工腿的数学模型	203
7.4.2 WL-5 型人工腿	206
7.5 匍匐推进运动及其模型	209
7.5.1 匍匐推进运动	210
7.5.2 人工匍匐机械	214
第八章 机器人系统	218
8.1 机器人系统的构成	218
8.2 机器人系统的软件	221
8.2.1 软件的构成	222
8.2.2 程序语言	223
8.3 机器人和计算机接口	224

8.4 具有力矩控制机能的关节型操作器	228
8.4.1 操作器的构成	229
8.4.2 控制系统	234
8.5 触觉机器人的装箱作业	239
8.5.1 硬件的构成	240
8.5.2 软件的构成	241
8.5.3 控制算法	242
8.5.4 装箱作业	243
第九章 机器人的应用系统	247
9.1 工业机器人	247
9.1.1 工业机器人的定义	247
9.1.2 工业机器人的形态	250
9.1.3 控制方式	251
9.1.4 工业机器人的应用实例	255
9.2 海洋测量用机器人	265
9.2.1 系统工程的课题	265
9.2.2 海洋测量机器的研制	269
9.2.3 海洋测量系统和信息处理	274
9.2.4 OSPER 计划	275
9.2.5 海洋测量机器人 OSR	280
9.2.6 OSR 综合实验和应用范围	294
参考文献	298
中日英名词索引	307

第一章 机器人研究的展望

.....

布 斯 曼 (起立)哦,哦,您出什么事儿啦?

加 尔 我改变机器人的性质。我改变了做法。
也就是说,仅仅改变体内几个小地方。主
要是——呃,他们易于激动了。

哈莱米尔 (跳起来)可恶透了! 为什么偏偏这样
改?

加 尔 是我私下里干的……,我自己负责。我
按人的样子改造机器人。稍微改变了一
些地方。……

镇目恭夫编译《机器人制造公司 R. U. R》(平凡社)

这是 K. Čapek* 编写的剧本《罗莎姆万能机器人公司 R. U. R》**(1920)中的一节。剧中人生理研究主任加尔博士谈到机器人发生暴乱原因的几段对白。

虽然机器人 (Robot) 一词出自这一剧本,但它并不是作者一个人想出的,这是作者同他的哥哥约瑟夫一起讨论才确定下来的。该词来源于捷克语里意味着劳役,苦工的 Robota,

* 卡雷尔·查培克 (Karel Čapek, 1890—1938) 捷克作家。——译者注

** 此剧本写于 1920 年,次年一月在布拉格首次上演之后,立即轰动捷克剧坛,并很快流传国外,被译成各种语言搬上舞台,成为二十世纪上半叶最受欢迎,广泛上演的剧目之一。日本 1924 年上演此剧。我国翻译此剧本较晚,中译本《万能机器人》(杨乐云,蒋永俊译)载于《世界文学》1980 年第一期。——校者注

或斯洛伐克语意指劳动者的 Robotnik 一词。在这个剧里,机器人被当作强壮的人造劳动者,描写了巨人机器人的失败。1924 年 7 月在日本筑地小剧场上演了此剧。

这样,开始在传说里诞生的机器人便肩负着机械文明的使命,乘技术革新的潮流进入了科学技术世界。

1.1 机器人研究的起源

机器人一词的形象使人感到它似乎是万能的代名词,但这一词本身正如上面讲到的,它是来自捷克作家 K. Čapek 作品里的主人公机器人的名字,因此,查看韦布斯特的《英英辞典》,Robot 一词有如下记载:即“在 Kapel Čapek 的 R. U. R (罗莎姆万能机器人公司)一剧中一个象人似的机器人,被用来替人们做体力劳动和日常劳动”。

这就是说,人们早就有了实现机器人的梦想,机器人也是科技人员的未来奋斗目标。

美国在五十年代后期,作为宇宙开发计划的一环,已经在很多单位分别开始了机器人学的研究,正如表 1-1 所示,很早就进行了假肢和操作器的研究。日本的机器人研究工作,也象其他科学技术研究一样,免不了追随美国的情况。即使美国对机器人的定义,研究方针,研究成果,应用范围等方面,目前也只能说是处于初期阶段。因此,作为日本的机器人学研究,只要采取坚定的方针,就是从工程方面来看也是有意义的,一面注视美国的发展趋向,一面确定与自己计划相适应的目标,从基础研究到应用,进行有计划的研究是非常重要的。

在机器人学的研究中,作为工程科研人员研究对象的机器人,有两个方面应该重视。其一是作为自动化(自动控制)用的机器进行研制的自动机械的机器人,它是把人们进行重

复操作的机能加以机械化的装置,叫做工业机器人.另一个是包含生命现象的生物体机能的研究,即侧重仿生学的研究,主要是引入学习机能以及生物的有利习性的机器人研究,叫做人工智能机器人.美国研究机构所研究的机器人多属于这一类机器人.

这两种机器人的研究是互相关连着发展起来的,因此当它们在机能方面构成一体时,就诞生了我们通常所认为的那种机器人.

目前,把机器人大致分为两类,但若按开发内容和目的两方面来分类,则机器人大致分为以下几类.

工业机器人

人工智能机器人

宇宙开发机器人 } 开发机器人

海洋开发机器人 }

玩具机器人

这种分类,本身没有太大的意义,可以说是根据机能和目的的大致分类,因为目的不同机器人本身的意义也不相同.下面就有关各种机器人的种类,机能,目的以及今后的发展趋向等做一些介绍.

1.2 工业机器人

工业机器人是按照完全新的概念进行开发的搬运装置.它是依据这样一种想法研制出来的机械,即物体在移动,对它们逐个加工,或代替工件的移动,使加工机器本身具有一定的自由度进行动作.也就是说,机器被称为能动的机械,形成了与现有的自动化系统根本不同的系统.

在机器人通常所从事的作业中,认为比较有意义的是以

表 1-1 机器人

年 代	机械手，操作器	工业机器人
1930		