

機械人工程學

合田周平 著
木下源一郎 譯
趙平

臺隆書店

機械人工程學

合田周平 著
木下源一郎
趙 平 譯

臺隆書店出版

機械人工程學

中華民國七十二年一月二十日初版發行

著者 合田周平・木下源一郎 譯者 趙平

發行所 臺隆書店 發行人 張宗河 臺北市衡陽路75號

郵購 郵政劃撥12935號臺隆書店帳戶

電話 三三一四八〇七・三一—三九一四・三三一〇七二三號

登記證 行政院新聞局局版臺業字第〇九八三號

版權所有・翻印必究 定價新臺幣300元

譯 序

人類自從有史以來，每一個時代都不曾離開過對人造人和機械人的嚮往。然而，一直到近世以前，機械人仍舊祇能在傳說、神話、科幻小說以及電影、漫畫的世界裏獲得承認。而人類的社會裏一直都沒有將它視為科學的研究對象，也始終不認為它是個值得重視的對象。可是，由於第二次世界大戰後科學技術的急速發展，機械人已經成為科學所必須處理的研究主題，尤其是自從機械人被作為開發太空之相關科技在美國進行研究開發以來，世界各國主要的學術研究機構即陸續發表了許多研究論文與種種實驗系統，其中主要的就是利用電腦取代頭腦，電視攝影機取代視覺以及手、腳系統，引發了所謂人工智慧的研究浪潮。特別是美國，爲了要提高核能、太空以及海洋等科技領域的水準，很早就開始投下了鉅額經費，動員了許多優秀的科學家從事各種機械人的研究和開發。

機械人不僅在核能、太空、海洋的領域裏極具價值，在產業界更具多方面的利用價值，尤其是工業界，由於機械人能代替不少的人手作業，已經成為利用機械人最多的地方，因此，工業機械人（產業機械人）也就成了目前各國最熱衷的研究開發對象。

機械人由於其在基本上有若干人類所不具備以及所不及的重要特性和優點，因此，無論在工廠、太空及海洋方面，機械人的使用台數勢必愈來愈多，各種型式、各種用途的機械人亦將大量出現，而機械人的性能也必將不斷獲得改良與提高。

我國目前也正在從事產業機械人的研究和發展，我們必須迎

頭趕上，趕不上就是落伍，落伍就無法與人競爭。譯者不揣譾陋，願盡綿薄共同為促進我國機械人的研究發展和教育而努力。

本書係就有關機械人的基本理論，及各國新近所開發的工業、太空、海洋用等各種機械人，以及其硬體與軟體暨其應用系統，就工程學上作深入淺出的論述，頗適合於各大學之工學院及工業專科學校作為教科書，以及供作就業於各企業、工廠的技術人員研究或參考之用，特為逐譯作為台隆書店機械人系列叢書的第四冊。

趙 平

1982年9月3日

目 次

1. 機械人研究之展望

1.1	機械人研究之開始	2
1.2	產業機械人	7
1.2.1	Versatran	8
1.2.2	Unimate	11
1.2.3	其他的產業機械人	13
1.2.4	產業機械人的課題	14
1.3	人工智慧機械人	18
1.3.1	基本動作	18
1.3.2	SRI 的機械人	19
1.3.3	MIT 的機械人	23
1.4	太空開發機械人	26
1.5	海洋開發機械人	27
1.6	其他的機械人	30
1.7	bionics 與機械人	30
1.8	機械人與哲學的考察	31
1.9	機械人的開發問題	32

2. 人工智慧概要

2.1	人類化的技術	34
2.2	人工智慧的研究分野	37
2.2.1	研究的進行情形	38

2.2.2	問題解決的 process	39
2.2.3	heuristics	42
2.3	狀態空間表示法	44
2.3.1	狀態記述	44
2.3.2	作用素	46
2.3.3	最終狀態	49
2.3.4	graph symbols	49
2.3.5	關於非決定論的程式	51
2.3.6	問題表示例	54
2.4	質問—解答系統	62
2.5	人工智慧研究的 assessment	65
2.5.1	研究體制	65
2.5.2	assessment	66
2.5.3	研究分野與技術	67
2.5.4	社會的波及效果	67
2.5.5	研究的指南	74

3. 視覺與皮膚感覺

3.1	視 覺	76
3.1.1	眼球與網膜的構造	76
3.1.2	受容域	79
3.1.3	大腦視覺領	81
3.1.4	鯊魚的視察系	82
3.2	青蛙眼睛的電子回路模型	84
3.2.1	青蛙的視覺系	84
3.2.2	電子回路模型	84

3.3	皮膚感覺	88
3.3.1	適當刺激的情報	88
3.3.2	皮膚感覺的受容器	89

4. 電腦視覺

4.1	畫像輸入裝置與數位畫像	91
4.1.1	畫像輸入裝置	91
4.1.2	數位畫像	92
4.2	物體位置的識別	96
4.2.1	利用兩眼立體視原理的方式	96
4.2.2	利用距離探測器的方式	102
4.3	線畫之抽出	104
4.3.1	利用空間微分的邊緣・線之抽出	104
4.3.2	直線的決定	108
4.4	線畫的解釋 (Guzmán 方式)	111

5. 人工觸覺

5.1	構成人工觸覺的元件	114
5.1.1	用於義手的人工觸覺	114
5.1.2	用於manipulator的人工觸覺	115
5.2	使用人工觸覺的指端之控制	117
5.2.1	使用觸覺的指端之控制	117
5.2.2	使用壓覺的指端之控制	119
5.2.3	利用滑動壓的指端之控制	122
5.2.4	利用力覺的關節控制	123
5.3	利用人工觸覺識別對象物形狀	128

5.3.1	臨限值變化法	128
5.3.2	利用人工觸覺的 pattern 認識	130
5.3.3	利用握拿之對象物的形狀識別	133

6. 上 肢

6.1	上肢的骨骼與肌肉	141
6.1.1	上肢的骨骼	141
6.1.2	上肢的肌肉	141
6.1.3	拇指的運動	143
6.1.4	指的運動	144
6.2	指的機能	147
6.2.1	指的基本動作之抽出	148
6.2.2	自由度的增大與其分配	150
6.2.3	指的機能與其評價	152
6.3	關節的運動機構	155
6.3.1	運動機構	155
6.3.2	座標變換矩陣	157
6.4	manipulator	161
6.5	義 手	166
6.5.1	義手的分類	166
6.5.2	活動義手	167
6.5.3	動力義手	168

7. 下 肢

7.1	下肢的骨骼與肌肉	177
7.2	步 行	179

7.2.1	模控自行移動機械	179
7.2.2	自動機械理論之應用於人工腳	182
7.2.3	兩腳步行	184
7.3	義腳	188
7.3.1	斷端與義腳的適合	189
7.3.2	骨骼型義腳	189
7.4	人工腳	190
7.4.1	人工腳的數式模型	190
7.4.2	人工腳WL - 5	193
7.5	匍匐推進運動與其模型	196
7.5.1	匍匐推進運動	197
7.5.2	人工匍匐機械	201

8. 機械人系統

8.1	機械人系統的構成	204
8.2	機械人系統的軟體	207
8.2.1	軟體的構成	207
8.2.2	程式語言	208
8.3	機械人與電腦的介面	210
8.4	具有轉矩控制機能的關節形 manipulator	213
8.4.1	manipulator的構成	214
8.4.2	控制系統	218
8.5	利用觸覺機械人的裝箱作業	223
8.5.1	硬體的構成	223
8.5.2	軟體的構成	224
8.5.3	控制 algorithm	226

8.5.4 裝箱作業·····	227
-----------------	-----

9. 機械人的應用系統

9.1 產業機械人·····	230
9.1.1 產業機械人的定義·····	230
9.1.2 產業機械人的形態·····	233
9.1.3 控制方式·····	234
9.1.4 產業機械人的應用例·····	238
9.2 海洋計測機械人·····	248
9.2.1 系統工程學上的課題·····	248
9.2.2 海洋計測機器的開發·····	251
9.2.3 海洋計測系統與情報處理·····	257
9.2.4 OSPER 計劃·····	258
9.2.5 海洋計測機械人OSR ·····	263
9.2.6 OSR 總合實驗與利用分野·····	277

1. 機械人研究之展望

.....

布士曼：（站起身來）喂！你是說怎麼啦？

高爾：我把 robot 的性質給改變了。改變了製造方法。
把身體裏面的幾個細微部分，主要是——把身體
對刺激的感受性。

哈雷麥亞：（跳了起來）他媽的。為什麼要那麼做？

高爾：秘密做的……我一個人。我是想把 robot 改變成
為人。在某個地方稍微那麼捻動了一下。……

《節譯自「robot 製造公司 R. U. R」》

這是 Karel Čapek 所寫的劇本「robot 製造公司 R. U. R」（1920）中的一節。乃描寫 robot 發生叛亂，生理研究組長「高爾」坦率供認其原因的一段劇情。

這本劇本創造了「robot」這個名詞，但是，據說並非作者本人單獨想出來的，而是與乃兄約瑟夫商討後所創造出來的。其背景諒係來自捷克語中有奴隸勞動含意的 robota，或者是斯洛伐克（Slovakia）語中有勞動者含意的 robotnik。因此，在劇本中 robot 一語也給人有一種很強烈的人造勞動者的意識。而這齣戲裏的巨人 robot 則被描寫成失敗者。

像這樣首先誕生於故事中的 robot，如今已成為機械文明的舵手，波乘於技術革新的潮流，而出現在科學技術的世界裏。

1.1 機械人研究之開始

robot 一詞的形象，其所給予人的感覺，恰似超能力的代名詞

表1.1 機械人關

年 代	人 工 手 • manipulator	產 業 機 械 人
1930		
1940	<u>1947</u> Remote Manipulator The Argonne National Lab. <u>1948</u> Master-Slave Manipulator “Model 8”	

，但其語詞的本身，就像剛才所說的那樣，係取自捷克戲劇作家 Karel Čapek 氏的作品中所出現的機械人的名字。韋氏英英辭典中對 robot 一詞的釋義，作如下的記述。亦即：

連 技 術 之 發 達 沿 革

義 肢	神話・小說・劇本，其他	電 腦 ， 其 他
<u>1400</u> 左右 Alt - Rupp in hand	Homer's 「Ilias」	
<u>1500</u> 左右 法國 Ambroise Pare 的大腿義腳	“黃金之少女”（最早出現於文學中的機械人）希臘神話「青銅的巨人塔洛斯」（最早流傳於神話中的機械人）	
<u>1679</u> 步行之研究 Barelli		
<u>1800</u> 外科醫師 Patts 的大腿義腳（利用繩索連桿裝置）（英國）	<u>1796</u> 機巧圖彙，細川賴直	
<u>1883</u> 步容的光學測定 Marey（法國）	<u>1909</u> OZ stories “Cooper man” L. F. Baun	
<u>1880 ~ 1920</u> 作業用義手	<u>1920</u> 「Rossum's Universal Robot」	
<u>1896</u> Cineplasty, Vanghetti（義大利）	Karel Čapek	
<u>1915 ~ 1920</u> 義肢裝具之改良（德國）	<u>1927</u> 「Metropolis」 “Maria” Fritz Lang	
<u>1922</u> Darin 的膝 joint	<u>1931</u> “Willie Vocalite” Westinghouse	
<u>1983</u> 腳壓測定板 Elfman	<u>1932</u> “Alpha”（英國）	
	<u>1939</u> World Fair 用 “Electro” “Spark” Westinghouse	
	<u>1948</u> Electro mechanical tortoise, Grey Walter	
<u>1945</u> National Research Council Committee of Prosthetic Device 之設立（美國）		<u>1945</u> 諾伊曼的提案 V. Neumann
		<u>1946</u> ENIAC 完成 賓夕凡尼亞大學

4 機械人工程學

年 代	人工手・manipulator	產 業 機 械 人
1950	<u>1959</u> “Handyman” GE <u>1959</u> 人工手第 1 號機械試製 東京大學生產技術研究所	<u>1954</u> 產業機械人之專利 G. C. Devol (美國) <u>1958</u> 利用數位控制的機械人的 proto-type Consolidated Corp.
1960	<u>1961</u> Manipulator “MH-1” Ernst. MIT <u>1966</u> SRI Robot Rosen, Nilsson, SRI <u>1968</u> Supervisory Controlled Manipulator, Whitney, MIT <u>1968</u> Hand-Eye Project Stanford Univ. (美國) <u>1968~1970</u> 兩腳機械 D. Witt, Univ. of Oxford <u>1969</u> WL-3, 兩腳步行機械, 早稻田大學	<u>1960</u> 三洋機工自美國壓機自動系統公司 導入技術製成壓機用 “swing arm” <u>1962</u> “Versatran” AMF 公司 (美國) “Unimate” Unimation 公司 (美國) <u>1963</u> 程式操作機器第 1 號機 Kaufeldt AB (瑞典) <u>1967</u> “Versatran” 首次在日本公開 東京機械貿易 <u>1968</u> “auto-hand” AIDA・Engineering ◎日本國內各公司開發各種機械手
1970	<u>1970</u> 具備双動性的人工手 井上, 東京大學 <u>1971</u> 觸覺機械人 日立中央研究所 <u>1971</u> ETI. 機械人 電子技術總合研究所 <u>1973</u> WABOT-1 計劃 早稻田大學 <u>1973</u> 轉矩控制型manipulator 電子技術總合研究所	

“Any of the manlike mechanical beings in Karel Čapek’s play R. U. R. (Rossum’s Universal Robot), who were manufactured to do manual and routine work for human beings.”

就像這樣，我們人類很早就對 robot 寄有一種希望，也可以說 robot 是我們科技人員未來的產品。

美國早於 1950 年代的後半，即開始將機械人工學 (robot engineering) 的研究作為太空開發計劃的一環，分別在各研究機構進行此項研究工作。但亦如表 1.1 所示，有關義肢與 manipulator 的研究，則在相當早以前即已進行。日本有關機械人 (robot) 的研究活動，也和其他的科技研究一樣，無法擺脫追隨美國的觀點，但即使在美國，對有關機械人的定義、研究方針、成果、應用分野等，至今可以說尚在初步階段，所以，對機械人工學的研究，祇要方針正確，僅就工學觀點而言也是極有意義的，重要的是，吾人必須一方面留意美國的動向，一方面確立獨自的 idea 與適應之目的，從基礎研究到應用，進行有計劃的研究。

在此，對於屬於我們工學研究人員研究對象的機械人，亦即機械人工學之研究，應重視兩個主流，一個是以所謂 automation (自動控制) 用機器為目的而開發，用來作為自動機械之機械人，這是將人類進行反覆作業時的操作機能予以機械化者，亦即所謂產業機械人 (industrial robot)。另一個是包括生命現象的生物機能的研究，亦即從生物工學 (bionics) 研究之側面一向所被重視者，主要是導入學習機能與生物有利習性的機械人研究，也就是所謂人工智慧機械人 (人造智慧機械人， artificial intelligence robot)，美國的研究機構所進行的機械人研究多數以此為主流。

這兩類機械人之研究，在開發與發展上，相互具有密切的關連，當這些在機能上成為一體時，也就是我們一般所想像的機械人誕