

4994737

産業機械人の原理

渡邊 茂 監修
日本産業用機械人工業會 編
趙 平 譯



臺隆書店

産業機械人の原理

渡 邊 茂 監修
日本産業用機械人工業會 編
趙 平 譯

臺 隆 書 店

1

產業機械人的原理

中華民國七十一年八月二十日初版發行

著者 日本產業用機械人工業會 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250元

序

自從機械人大舉進入工廠以來，在世界各國的工業界引起了新的生產革命。尤其是日本，由於工業界的大力推動和採用，在短短十數年之間，已逐漸改變了其生產面貌。日本的工業產品在市場上能與歐美各工業先進國一爭長短，並且愈來愈具有深厚的競爭潛力，如果說是托普及機械人之福亦不為過。

根據 ILO（國際勞動組織）的報告，目前世界上在運轉的機械人總數為 5 萬 8000 台，其中 4 萬 6000 台是在日本，約佔全世界的 80%。又根據美國 TIME 雜誌的報導，推定世界各國擁有 play back 機械人的數量是日本 1 萬 ~ 1 萬 4,000 台，美國 3,000 ~ 3,500 台，西德 800 台，瑞典 600 台，意大利 500 台，波蘭 360 台，法國 200 台，挪威 200 台，英國 185 台，芬蘭 130 台，蘇聯 25 台（以上資料取材自 1981 年 12 月 10 日發行的 NIKKEI INDUSTRY REPORT）。從上面的數字看來，日本真不愧是機械人王國。

日本各大學、國家和私人的研究所，以及各大廠商的研究機構，對支持發展機械人的基礎工學和技術的研究不遺餘力，在世界上也獲得很高的評價。我國政府也於去年底明白表示今後要積極發展機械人，而各有關大專院校也將從事加強此項教學和研究。譯者不揣譾陋，特將日本產業機械人工業會所編的產業機械人的原理與應用兩書譯成中文，希望能對我國發展機械人有所助益，唯譯者才學疏淺，漏誤之處在所難免，尚祈內外先進不吝予以匡正。

本書可作為大專院校工學科系第 2 學期的教材，以及供作就業於各企業、工廠中的技術人員研究或參考之用。

趙 平

1982 年 1 月 10 日

目 次

譯 序

1. 產業機械人的背景

1.1 前言	1
1.2 非robot的robot	1
1.3 發揮特徵的用法	3
1.4 製作系統的基礎	5

2. 產業機械人的機構

2.1 前言	7
2.2 構成	9
2.3 依輸入情報・教導的分類(主分類)	12
2.4 依動作形態的分類(副分類之I)	12
2.5 依自由度的分類(副分類之II)	16
2.6 依可搬重量與作動領域的分類	17
2.7 依順序情報的分類(參考分類)	18
2.8 依動力源的分類	19
2.9 機構例	20
2.9.1 電動的產業機械人	20
2.9.2 空氣壓驅動的產業機械人	22
2.9.3 油壓驅動的產業機械人	23
2.9.4 使用機械式連桿的產業機械人	25
2.10 特性的表示	27
〔特性表示基準(案)〕	27

3. 產業機械人的手

3.1 所謂的手	37
3.2 何謂把持	38
3.3 把持機能	40
3.4 動力源與驅動源	43
3.5 把持的構成	44
3.6 結語	52

4. 產業機械人的控制技術

4.1 前言	53
4.2 檢出・計測機構	54
4.2.1 產業機械人之sensor的分類	54
4.2.2 內部計測用sensor	54
4.2.3 外界計測用sensor	59
4.3 驅動機構	59
4.3.1 定位方式	60
4.3.2 伺服技術	63
4.3.3 電氣伺服	69
4.3.4 油壓伺服	75
4.4 動作控制方式	80
4.4.1 機能分類	80
4.4.2 運動控制方式	82
〔Ⅰ〕 位置控制方式	83
〔Ⅱ〕 速度控制方式	86
4.4.3 動作順序控制方式	88
〔Ⅰ〕 順序程式方式	88
〔Ⅱ〕 限時程式控制方式	90

〔Ⅲ〕 條件判別控制·····	91
4·4·4 教導機能·····	92
〔Ⅰ〕 教導方式·····	92
〔Ⅱ〕 教導操作方式·····	92
〔Ⅲ〕 記憶方式·····	93
4·4·5 play-back 方式產業機械人·····	93
4·5 利用計算機的控制·····	97
4·5·1 計算機的任务·····	97
4·5·2 產業機械人的群控制·····	99
4·5·3 產業機械人的直接控制·····	101
4·5·4 綜合產生系統·····	105
4·5·5 未來的趨向·····	107

5. 產業機械人人工智慧化的基礎

5·1 前言·····	109
5·2 機械人與知覺·····	110
5·3 觸覺·····	111
5·3·1 接觸覺·····	113
5·3·2 壓覺·····	117
5·3·3 力覺·····	119
5·3·4 滑動覺·····	121
5·3·5 重量覺·····	122
5·3·6 觸覺的開發·····	123
5·4 視覺·····	124
5·4·1 物體認識·····	125
5·4·2 視覺處理在產業上的應用·····	133
5·5 積體化系統·····	141

5.5.1	手眼系統	141
5.5.2	綜合化系統的實例	143

6. 産業機械人系統的設計

6.1	前言	149
6.2	産業機械人在生產線內的評價	150
6.2.1	産業機械人與人類的對比	150
6.2.2	汎用性	151
6.2.3	耐環境性	152
6.2.4	耐久性	152
6.2.5	可靠性	153
6.2.6	經濟性	153
6.2.7	産業機械人的特徵	154
6.3	模組構成的産業機械人	154
6.3.1	産業機械人的機能評價	154
6.3.2	模組構成的基礎	155
6.3.3	模組構成産業機械人的特徵例	156
6.3.4	規範例	157
6.4	系統構成	161
6.4.1	綜合生產系統	161
6.4.2	系統的整合化	162
6.4.3	系統的控制	167
6.4.4	系統的設計概念	168
6.5	産業機械人與其周邊裝置	169
6.5.1	産業機械人與周邊裝置的任務	169
6.5.2	周邊裝置的種類與注意事項	170
6.5.3	系統例	172

6·5·4	介面的注意事項與安全對策·····	174
6·6	可靠性和安全性的評價·····	175
6·6·1	設計·製作的立場·····	175
6·6·2	可靠性設計的基礎·····	176
6·6·3	保養性的重要性·····	178
6·6·4	安全性·····	179
6·6·5	製品的評價·····	179

7. 未來的產業機械人技術

7·1	前言·····	183
7·1·1	現狀與需要的動向·····	183
7·1·2	未來的希望·····	186
7·2	支持機械人的技術——摹仿生物的身體機能·····	194
7·2·1	藍本·····	194
7·2·2	感覺機能·····	195
7·2·3	機構要素·····	196
7·2·4	驅動機構·····	197
7·2·5	控制裝置·····	198
7·3	追求新式機械人的可能性·····	201
7·3·1	man-robot 系統·····	201
7·3·2	邁向將來的智慧性生產系統的途徑·····	203
7·3·3	人類的再發現·····	209
附錄	產業機械人主要名詞的註解·····	219

1. 產業機械人的背景

1·1 前 言

本書是為學習整個產業機械人的基礎知識與技術的諸君，從工學和技術的立場，就有關產業機械人的機構、機能、控制以及產業機械人系統(system)加以闡述。因此，當您在引進此一知識的同時，進一步的想知道「新的經營方法與機械人」的實用情形，請參閱本書姊妹編「產業機械人之應用」。

1·2 非 robot 的 robot

1962年，美國開發了一種命名為 industrial robot的機械。一提到 robot（機械人），人們常會產生「這似乎在很早以前就有了」的錯覺，其實，它還祇有短短十幾年的歷史，是一種新的東西。儘管如此，產業機械人不僅在工學、技術方面，同時在工商業界也已發展成為一種新的領域形態。日本在此技術領域，居世界之首，受到重視。

在1962年以前，也有使用於衝床的物料搬運(material handling)機，此外，大量生產(mass production)所使用的自送聯製生產線(transter line)也有配備稱為機械手指(mechanical finger)的臂形搬運器。因此，新命名的產業機械人，就機械而言，並不新奇，但是，不稱其為 auto manipulator，而稱之為產業機械人，乃是因為它具有新的構成與新的設計思想。

產業機械人的開發思想是要把單純的反覆作業機械化，尤其是要將佔生產現場很大比重的 Take and place 的作業機械化，乃其初期的開發目的。由於它取代了人的作業，所以把它叫做robot（人造人）。不過，這個名稱也帶來了一些誤解。

〔譯者註：①robot一詞來自捷克語的robota，係捷克作家Karel capek（1890～1938）在其劇本「人造人」（R. U. R.）中所創造出來的名詞，有“人造人”，“機械人”等義，亦轉作“傀儡”解。本書譯作“機械人”，但有雙重含意時仍使用英文原名。②industrial robot一詞在本質上譯為“產業機械(器)人”，“工業機械(器)人”均可，本書依原著之意譯作“產業機械人”〕

機械人尚未有學術性及技術性的定義，各種解釋都能成立，有各種定義，但無論如何，機械人的藍本就是人，不過人却不是機械，人的評價之一是，人是具有智慧和機能（function）的，當產業機械人尚無法完全取代這些的今天，若不將產業機械人視為產業用的機械人，不將它當作機械人般的產業機械人，在考慮產業機械人的構造和機能時，會發生誤解。也許在不久的將來會製造出robot來，但現在的機械人還不能算是robot。這一點是需要認清的。

對於美國命名為 industrial robot 的 auto manipulator 在日本起初是將它譯為「工業機械人」，隨後又改譯為「產業機械人」。目前在日本兩者所指均係同一物件，但稱產業機械人者較多。不過這却不是從設計思想而命名的，這一點必須瞭解。

由於產業機械人是由 auto manipulator 發展而來，所以，它的特徵是以類似人體手臂的部分為基幹，用其前端所裝設的類似手的東西抓取對象物而使之移動，這種形式的產業機械人，日本從1967年一齊開始製造，目前即使有變化，但大致上在1971年製造廠商已將產品出齊，並力求機能之改善，就使用台數而言，日本居世界第1位，而且在系統製作上亦甚為進步。

第一屆產業機械人國際討論會1970年於美國召開，以後便在歐洲、日

本、美國三地輪流舉行。產業機械人發展成為國際性的討論問題，這表示世界各國已認清產業機械人的重要性，大家都在致力於開發及實用化。

以簡單的控制系所構成的auto manipulator，因其在機能面不足以應付需要，故已改為利用電腦的軟體控制，再加上增設了各種外界 sensor，因之更加改善了產業機械人的機能。

[譯者註：① manipulator (manipulate) 有“機械手”，“遙控機械手”，“操縱器”等譯法，本書引用英文原名。② sensor 有“感覺器”，“感知器”等譯法，係檢出器的一種，本書引用英文原名或感知器之譯名]

1・3 發揮特徵的用法

機械工廠可以說是最容易配合其條件的地方，所以產業機械人首先是被用來作為裝卸被加工物於工作母機等的機械。簡單的說，產業機械人最初祇是被用來作為裝卸及搬運的器具而已。在日本有一家工廠約有 2 千部產業機械人在作業，真是史無前例，是世界上使用產業機械人最多的工廠。

高溫的作業環境不適合於人類，也很危險。從熱處理爐中取出火紅的工作件移送到次一工程的作業，如今已在使用產業機械人了。還有，壓鑄、射出成形等從模具中取出成形零組件的作業，多數也在使用機械人。

就危險面而言，美國的勞動安全法規的制定，為防止危險的發生起了帶頭作用。所以在衝床的裝卸作業方面，廣泛的在採用產業機械人，在有可能會被壓掉手的地方，不去使用人的手，這是改善作業環境的必要措施。

看起來似乎不太費力的點熔接焊槍操作作業，如果是一整天，便會成為重勞動。汽車車體的點熔接作業線改由產業機械人來操作，這便是自動化的有名的例子，同時還獲得延長工具前端壽命的效果，發揮了定向、加壓力一定化的機械特性，增加了作業的可靠性。

車體的點熔接，過去使用多點自動熔接機而實現了自動化，但車型改

變時的設定很費事，爲了縮短設定變更的時間。不用改變生產線而改用產業機械人，也是利用了它的特徵吧。

又，最近在一條生產線上流動不同機種的多樣化生產，使用產業機械人更能發揮其特徵。

產業機械人是事先由人教導其作業，然後控制其作業程序的再生。這是產業機械人比以往的自動機械能擴大利用領域的關鍵。它不是用數學式指定位置，而是根據實物教導動作，這種方式可以說是產業機械人的新技術。因此，電弧熔接的自動化也可以用產業機械人來達成。此一應用例也顯示出產業機械人可以把無法正確的用數學式來表現的作業過程使之再現的特徵。經過改良的是在焊槍的前端裝設間隙sensor，顯示出更高的機能。這的確是進步多了。

產業機械人的另一特徵是能摹仿人類靈巧的動作。例如在塗裝作業上，利用產業機械人，假使考慮到塗料的浪費，以廣大的噴射面積來處理小形的對象物雖不是上策，但在狹小的面積上如必須沿工件而移動時，像箱形物等的內面塗裝就需要複雜的噴槍運動，產業機械人能處理這類特殊形狀的對象物，所以在塗裝作業上利用產業機械人是有利的。

現在大家都在致力於各種實驗和研究，例如引用各種 sensor，利用電腦，開發人工智慧軟體等，不過到目前爲止還不能令人十分滿意，同時在經濟性方面，目前也有未能令人滿意的問題。

就自動化而言，也許是在背道而馳，但是「人控產業機械人」系統也正在開發之中。它的觀點是在借助人的頭腦與感覺的判斷，而力的行動作業由機械來執行的系統。這種由人來操縱的形式，過去曾見於原子能方面，稱爲 magic hand [譯者註：又稱爲 manipulator]，是由人直接操作的 manipulator，它需要人的驅動力，操作性並不好。

以機械能補助驅動力的首先是操縱桿形式，用於搬運笨重的物件。最近已開發成爲高溫的爐前處理作業用機械。亦即直接利用人的熟練度與經驗的「人一機」(man-machine) 系。

將人的行動直接 pickup 的主奴(master-slave)方式，也已開發供作太空作業用，或用於像海中作業那樣人類無法進去的地方的作業。其開發的目的亦即在此。

1.4 製作系統的基礎

我們生下來就有手有腳，並且可以不加思索便會做出各種動作，事實上應該是有思索才對，不過問題是在「不加思索」，亦即無法將其控制 algorithm (演算法) 輸入電腦，這也表示人類尚無法以機械性的意義瞭解手的作業性。不能瞭解貼身的人體機能，是製造機械人時的一大遺憾。機械人技術的最大基礎研究之必要性即在此。

人本身無法改變，所以人便製造適合人的機械，以人的靈巧性不將重點放在操作性上，而以機械的精密性和強力性為目標亦不失為上策。不論是適於人的機械，抑或是適於機械的機械，將這些機械與產業機械人集合在一起作成作業系統時，就必須研究產業機械人的作業性，這樣才能改善產業機械人的利用度。

產業機械人的機械構成手段之一是模數構成思想，它的好處是可使設計、製造簡易化，並可降低成本。但主要目的是在提供具有符合各種作業要求的機能。據稱將工件裝於工作母機時，以 2 自由度的 manipulator 足以達成 80%，因為祇有 5 自由度者，故設置起來頗為冗長，於是更迫切的追求將自由度少者累積起來構成適於作業的模數構成。

即使限定於較易自動化的一般工廠內作業，產業機械人還是被認為技術尚未確立，來自作業對象的生產秘訣 (know-how) 在強有力的左右着產業機械人的利用度。這一點似乎是最易被忘記的。

以機械與系統而言，產業機械人正在改善其可靠性，但還需要更上一層樓，倍加努力才行。

目前，產業機械人不僅限於一般工廠內的作業面，並正朝向勞動福祉

、社會福祉方面發展，同時並試作新系統，以供身體殘障者、消防作業、農事作業之用，但還需要更新的基礎技術。

產業機械人可以說是今後的新技術、新機械。其利用範圍依存於開發和利用者的智慧，在機械與系統上是無限度的。

2. 產業機械人的機構

2.1 前言

一提起「產業機械人」，似乎總會令人產生一種新奇感，其實祇是它的構造有不同於傳統機械之處，其所使用的零件、材料及裝配與現有的其他各種機械完全相同。其定位、定路線、作動速度之規定等控制手法也幾乎與其他機械，以及目前市面上所出售的型式沒有兩樣。雙動形伺服機構尚在研究、開發階段，manipulator等也祇被使用於特殊用途，而一般的產業機械人尚未到達實用階段。

目前供作實用者，大部分都是懸臂梁形式的構造，可承受5~20kg (包括手部的構造體) 或更大的負荷加之於自由端。約可作1 m之伸縮，能維持50cm~2 m左右的長度而行旋轉與旋回，這是傳統機械所罕見而必須注意的特徵。而「產業機械人」的形象亦即在此，但若以此構造來裝配機械，以目前的零件與材料而言，尚不够理想。例如1 m長的臂作180度旋回時，若想以1 mm的精度控制其位置，其精度約祇0.3%，所以必須要有精度在0.1%以下的位置檢出元件，而且此元件又要使用於相當惡劣的條件之下。又，使1 m之懸臂梁的前端承受20kg的負荷時，撓曲度也頗成問題。另一個是，即使解決了零件和材料上的問題，尚留有裝配技術 (包括控制技術) 的問題。用相同的零件和材料製作相同的構造時，是否會有相同的性能，遺憾得很答案是否定的 (根據實際測定作業所確認的結果)。

表 2・1 產業機械人的主分類(依輸入情報與教導的分類)

名 稱	定 義	備 考
manual manipulator	人類操作的 manipulator	
固定順序機械人	按預先設定的順序與條件及位置逐步進行各階段動作的 manipulator，不易變更所設定之情報者	
可變順序機械人	按預先設定的順序與條件及位置逐步進行各階段動作的 manipulator，容易變更所設定之情報者	
play back 機械人	先由人類驅動 manipulator 教導作業使之記憶作業順序、位置及其他情報，藉使其再生而可反覆其作業的 manipulator	
數值控制機械人	將順序、位置及其他情報按數值予以指令而進行作業的 manipulator	例如利用打孔紙帶卡與數位開關等
智慧型機械人	藉感覺機能及認識機能可自律地決定行動的機械人	

表 2・2 產業機械人的副分類 I (依動作形態的分類)

名 稱	定 義	備 考
圓筒座標機械人	臂的自由度主要為圓筒座標形式的 manipulator	
極座標機械人	臂的自由度主要為極座標形式的 manipulator	
直角座標機械人	臂的自由度主要為直角座標形式的 manipulator	
關節機械人	臂的自由度主要為多關節的 manipulator	
其他座標形式的機械人		不屬於上列形式者

目前的「產業機械人」在機能上尚未達到完成的狀態，但前述的缺點是會被克服的。茲就一般所使用的產業機械人加以解說。