



與人類共舞的工業機器人

夏郭賢 副教授

雲林科技大學 智慧機器人學士學位學程

高雄
燈會
之
千手
光劍
(2022)
8'43''



THOUSAND LIGHTSABERS

千手光劍

2022 2.01 THE. ————— 2022 2.28 MON.

指導單位 高雄市政府
主辦單位 高雄市政府觀光局·高雄市政府文化局·駁二藝術特區
協辦單位 財團法人高雄市愛樂文化藝術基金會
主要贊助 夥伴 ASE GROUP 日月光集團

大綱

- 工業機器人介紹
- 協作機器人介紹
- 工業機器人與人工智慧
- 工業機器人的未來與如何準備

工業機器人介紹

國際機器人聯合會 (IFR)

- 國際機器人聯合會（International Federation of Robotics；簡稱IFR）成立於1987年，為一個非政府非營利組織 (NGO)。總部位於德國法蘭克福。
- 國際機器人聯合會的宗旨是促進機器人領域的研究、開發、使用和國際合作，包括工業機器人與服務機器人。
- 幾乎所有國際工業機器人供應商和17個國家機器人協會都是IFR的成員。

機器人分類

- 根據國際機器人聯合會（IFR）定義，機器人分為工業機器人（Industrial Robots）及服務型機器人（Service Robots）。其中，目前工業機器人又佔全球機器人80%的市佔率，遠高於服務型機器人。

工業機器人 (ISO 8373: 2021)

- 一個可自動控制、重複設定、多功能、可操控三軸以上的機械手，在工業自動化應用裡只能固定在一個地方或是獨立的移動空間。
 - 重新編排程式：編排的動作或輔助功能不需要實際的物理改變；
 - 多功能：能夠利用實際的物理改變來適應不同的應用方式；
 - 物理改變：機械結構或控制系統的改變，但不包括程式設計卡帶或ROMs。
 - 軸：機器人呈直線或是旋轉模式運行。

工業機器人

(工業用機器人危害預防標準—第2條)

• 本標準用詞，定義如下：

一、工業用機器人（以下簡稱機器人）：指具有操作機及記憶裝置（含可變順序控制裝置及固定順序控制裝置），並依記憶裝置之訊息，操作機可以自動作伸縮、屈伸、移動、旋轉或為前述動作之複合動作之機器。

二、操作機：指具有類似人體上肢之功能，可以自動作伸縮、屈伸、移動、旋轉或為前述動作之複合動作，以從事下列作業之一者：

(一) 使用設置於其前端之機器手或藉吸盤等握持物件，並使之作空間性移動之作業。

(二) 使用裝設於其前端之噴布用噴槍、熔接用焊槍等工具，實施噴布、噴膠或熔接等作業。

- 三、可動範圍：指依記憶裝置之訊息，操作機及該機器人之各部（含設於操作機前端之工具）在構造上可動之最大範圍。
- 四、教導相關作業：指機器人操作機之動作程序、位置或速度之設定、變更或確認。
- 五、檢查相關作業：指從事機器人之檢查、修理、調整、清掃、上油及其結果之確認。
- 六、協同作業：指使工作者與固定或移動操作之機器人，共同合作之作業。
- 七、協同作業空間：指使工作者與固定或移動操作之機器人，共同作業之安全防護特定範圍。

工業機器人起源

- 1961年第一台機器人Unimate被機器人之祖(Grandfather of Robotics) George Charles Devol Jr. 發明出來。
Unimate在2005年被選為過去五十年最偉大的發明之一。
- 1967年Unimate到歐洲，1969年Unimate到日本，之後由日本川崎重工在日本生產亞洲用的Unimate。



第一台工業機器人

- 1973年，第一台機電驅動的6軸機器人面世。德國庫卡公司（KUKA）將其使用的Unimate機器人研發改造成其第一台工業機器人，命名為Famulus，這是世界上第一台機電驅動的6軸機器人。



日本的機器人元年

- 1979年，日本不二越株式會社（Nachi）研製出第一台電機驅動的機器人。
- 到了1980年，工業機器人才真正在日本普及，故稱該年為『機器人元年』。
- 隨後，工業機器人在日本得到了巨大發展，日本也因此而贏得了『機器人王國的美稱』。

工業機器人種類

- 單軸機器人
- 直角座標機器人
- 水平多關節（SCARA）機器人
- 垂直多關節機器人
- 並聯式機器人

單軸機器人

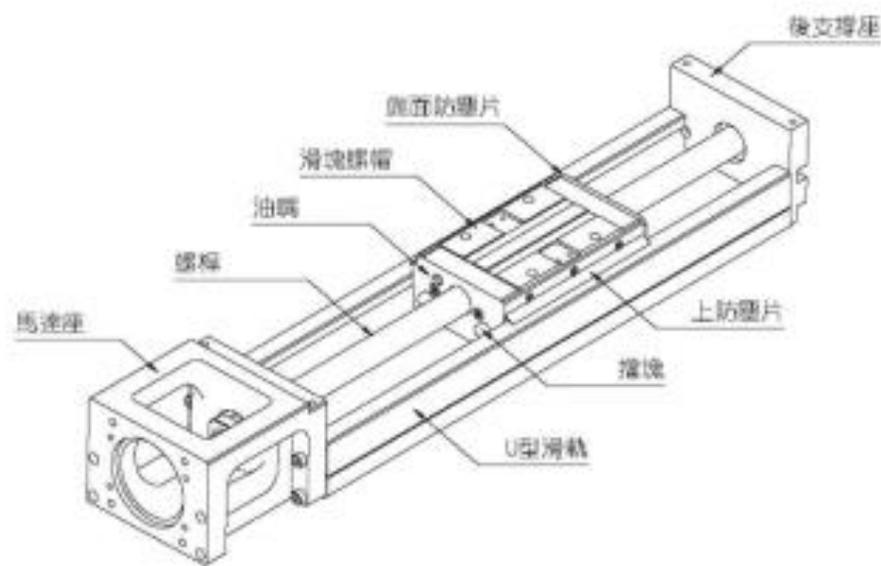
- 單軸機器人一般分為兩種傳動方式，一為滾珠螺桿傳動，二為同步齒形帶（簡稱：同步帶）傳動，兩種皆是以直線導軌做為導向，並配合伺服電機或步進電機，來實現不同應用領域的定位、移載、搬運等等。透過不同的組合樣式，還可以實現兩軸、三軸、龍門式的組合。

■ 單軸機器人

圖片來源：上銀科技（左）、TBI MOTION（右）
Created by 大和有話說



上銀科技單軸機器人模組



單軸機器人之內部機械結構

- 單軸機器人的應用領域涵蓋半導體、家電、醫療、汽車、包裝、點膠機、焊接、切割、檢測等自動化應用領域。

直角座標機器人

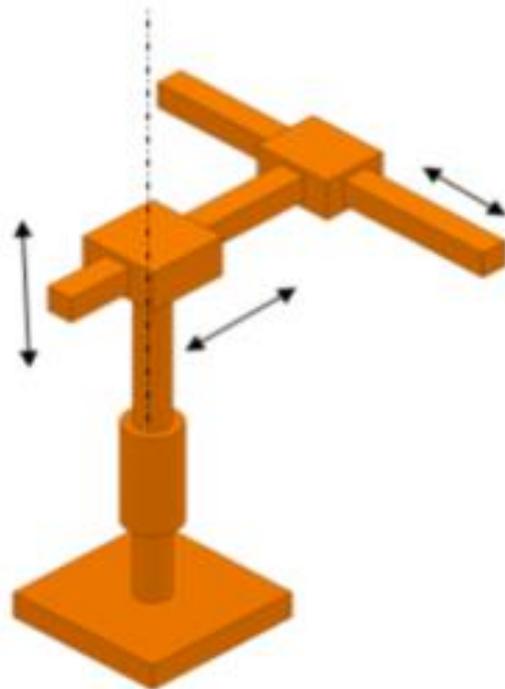
- 也稱為直角座標機器人、三軸機器人、笛卡爾機器人。
- 直角座標機器人是基於X、Y、Z直角座標，在各座標的長度範圍內進行工作或運動，適用於搬運、取放等作業，可應用的領域包括射出成型機取出用手臂、移動並定位、堆疊、鎖螺絲、切割、裝夾、壓入、插取、裝配、自動藥房等。

■ 直角座標機器人

圖片來源：EPSON (左)、SMA SOFT TECHNOLOGY (右)
Created by 大和有話說



EPSON直角座標機器人



直角座標機器人之運動方式

水平多關節（SCARA）機器人

- 1978年，日本山梨大學 (Yamanashi Univ.) 的牧野洋 (Hiroshi Makino) 發明了選擇順應性裝配機器手臂 (Selective Compliance Assembly Robot Arm, SCARA)。這是世界第一台SCARA工業機器人。
- 手臂在X-Y方向上略微順應，但在Z方向上剛性，因此術語為：選擇性順應性。



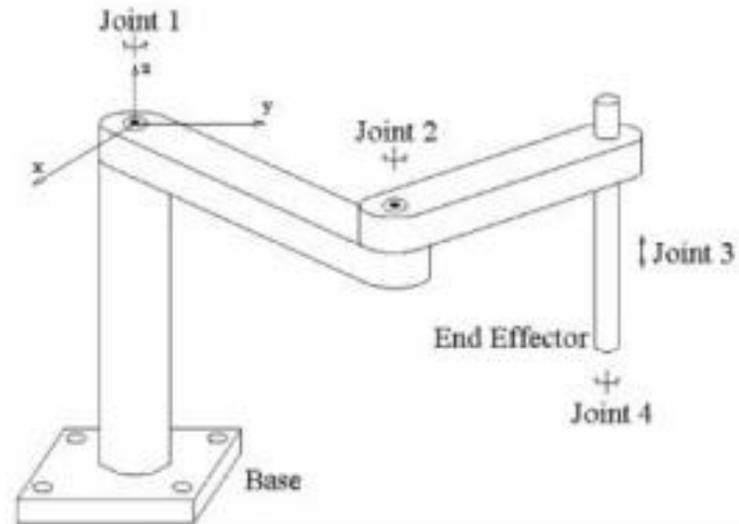
- SCARA機器人是一種圓柱座標型的特殊類型工業機器人。一般有4個自由度，包含沿X、Y、Z方向的平移和繞Z軸的旋轉。
- SCARA機器人的特點是負載小、速度快，因此其主要應用在快速分揀、精密裝配等3C行業或是食品行業等領域。例如IC產業的晶圓、面板搬運、電路板運送、電子元件的插入組裝都可以看到SCARA機器人的蹤跡。

■ 水平多關節機器人

圖片來源：EPSON (左)、SMA SOFT TECHNOLOGY (右)
Created by 大和有話說



EPSON水平多關節機器人



水平多關節機器人之運動方式

垂直多關節機器人

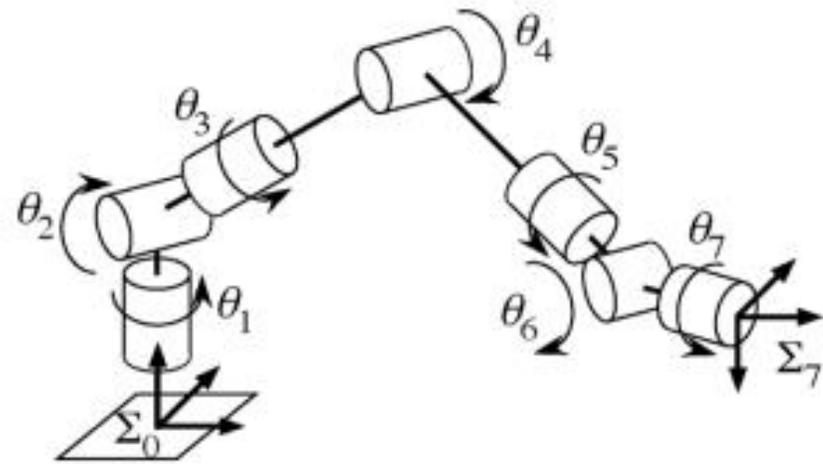
- 垂直多關節機器人，有相當高的自由度，適用於任何軌跡或角度的工作。其具有三維運動的特性，可做到高階非線性運動，是目前最廣泛應用的自動化機械裝置，常用於汽車製造商、汽車零組件與電子相關產業。

■ 垂直多關節機器人

圖片來源：KUKA（左）、機器人網（右）
Created by 大和有話說



KUKA垂直多關節機器人



垂直多關節機器人之運動方式

並聯式（DELTA）機器人

- 並聯式機器人亦稱為DELTA機器人，透過上平台之三組動力結構帶動主動臂與被動臂至末端平台進行位移，並可在末端搭載第四軸或是自上平台連結第四軸作為旋轉軸。
- 由瑞士洛桑聯邦理工學院Reymond Clavel發明。
Reymond Clavel於1999年因其工作和開發Delta機器人而獲得金機器人獎。

- 由於其構造簡單，在移動上能達到最短路程，機構也容易小型化，可達到高速高精度的控制，每分鐘可作多達300次的揀選。因此主要應用於高速取放、篩選作業，主要應用於食品業、電子檢料、製藥、包裝等用途。
- 一般情況下，一個並聯機器人可以替代4-6個人工，幫助用戶有效提高生產效率，降低生產成本。

■ 並聯式機器人

圖片來源：上銀科技（左）、DeTe Automation（右）
Created by 大和有話說



上銀科技並聯式機器人



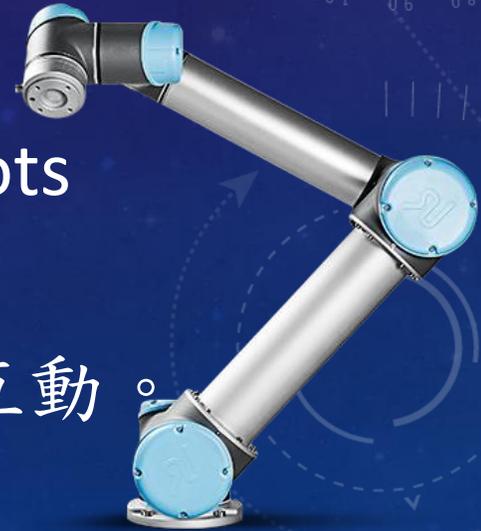
並聯式機器人之機械結構

- 1998年，瑞典ABB公司開發出FlexPicke機器人，它是當時世界上速度最快的採摘機器人。
- FlexPicke是以Delta Robot的基礎上開發出來的。
- 利用影像辨識技術，FlexPicke每分鐘能揀取120樣物件、能以每秒10米的速度釋放物件。



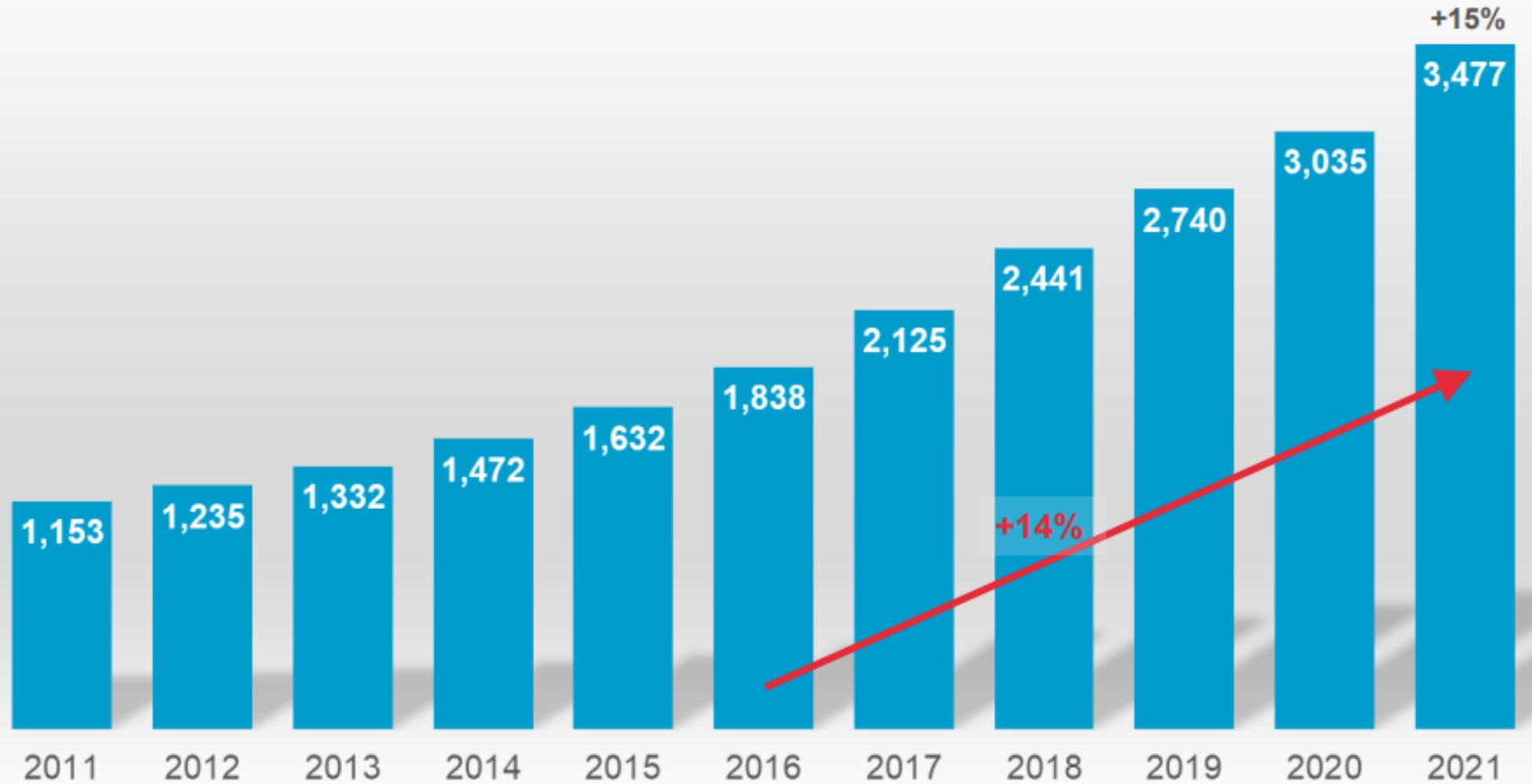
協作機器人 (COLLABORATIVE ROBOT, COBOT)

- 是設計和人類在共同工作空間中有近距離互動的機器人。
- 1996年由伊利諾州西北大學的教授J. Edward Colgate和Michael Peshkin所發明的。
- 第一個協作機器人 (UR5) 是由丹麥公司Universal Robots 於2008年為 Linatex 公司所建置。
- 允許人類和電腦控制的通用機器人之間的直接物理互動。



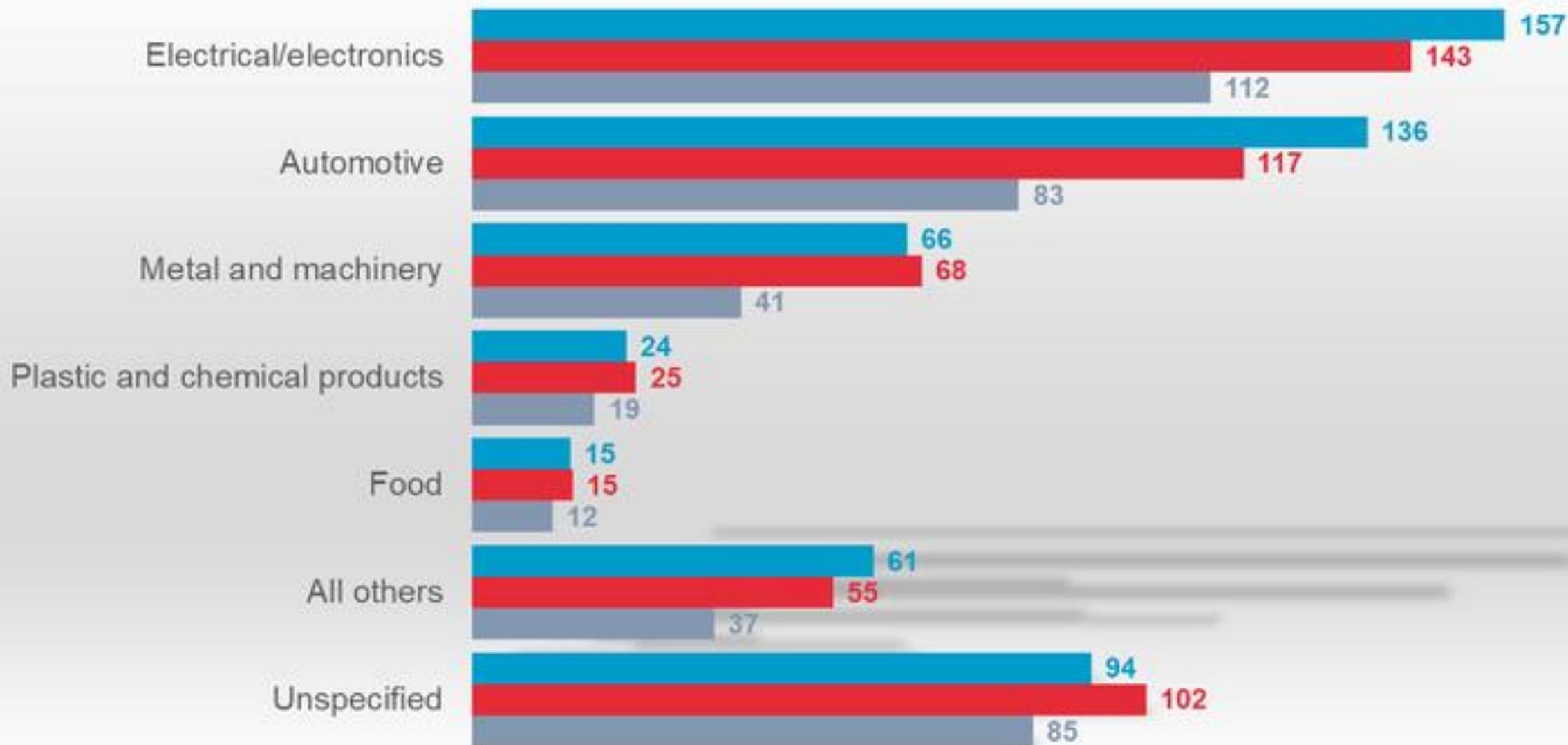
Operational stock of industrial robots - World

1,000 units



Annual installations of industrial robots by customer industry - World

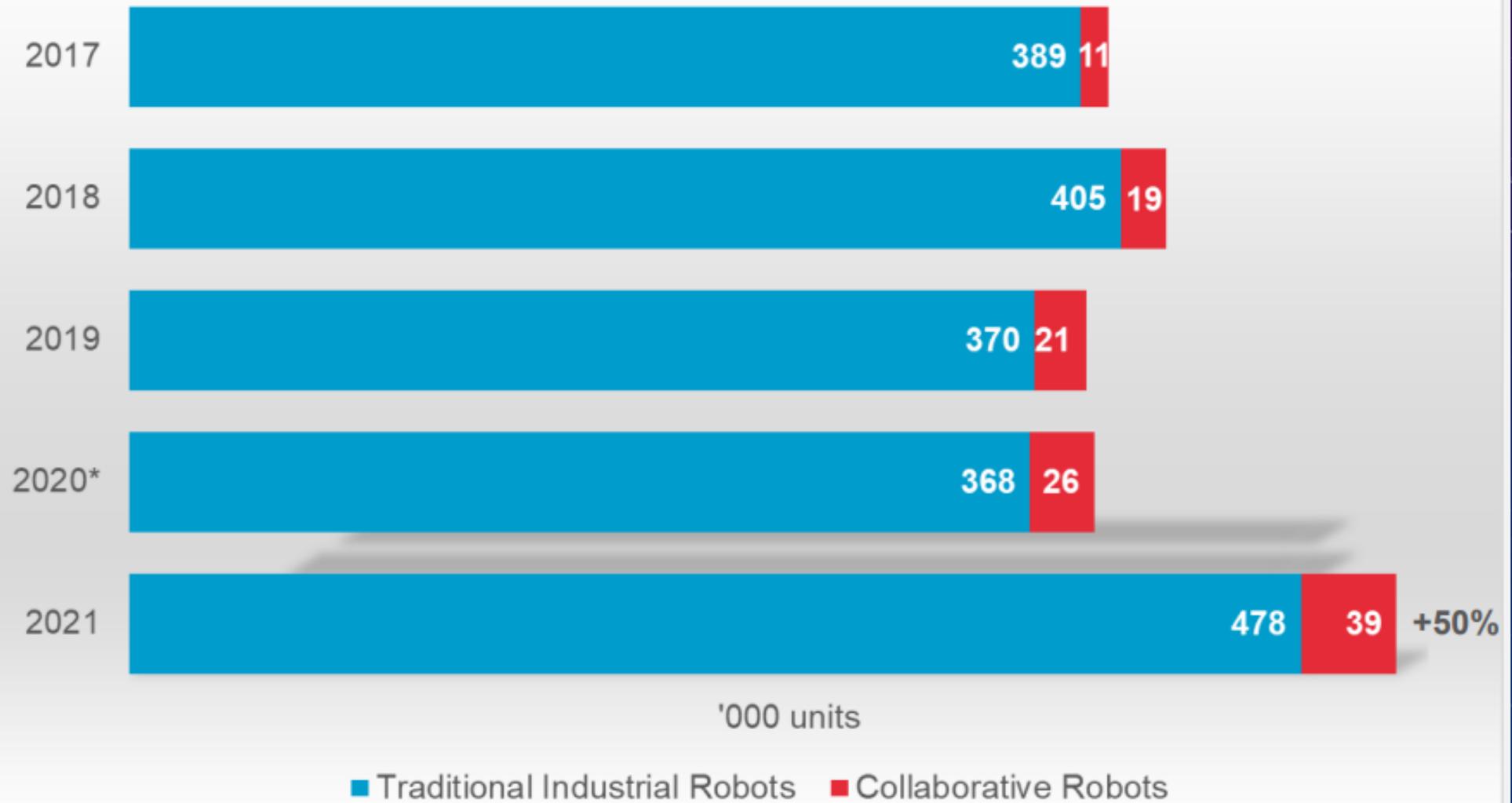
1,000 units



■ 2022 ■ 2021 ■ 2020

Source: World Robotics 2023

Collaborative and traditional industrial robots



*revised

Annual installations of industrial robots ('000 of units)



■ China ■ Rest of World

Source: International Federation of Robotics

全球工業機器人現況 (2022) 1'30"



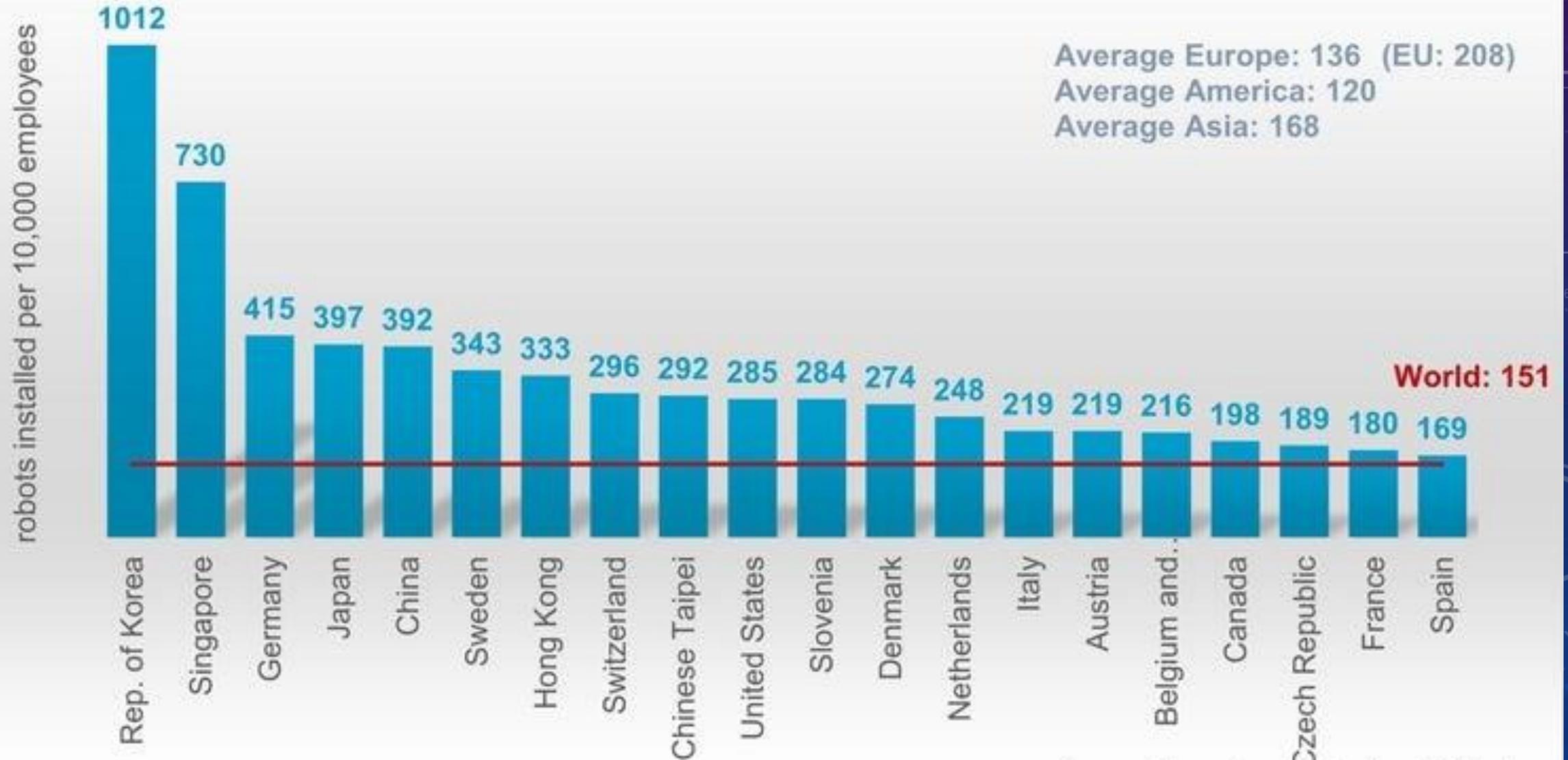
全球工業機器人現況 (2022/10)

- 超過390萬台工業機器人於世界各地的工廠服務
- 主要的行業：
 - 汽車：30%
 - 電氣和電子：26%
 - 金屬工業：11%
- 新建置的工業機器人價值158億美金
- 79%的新工業機器人建置在前五名的國家：中國、日本、美國、韓國、德國

工業機器人密度

- 機器人密度：每萬名員工有多少台機器人。←代表工業自動化的程度
- 從 2015 年到 2020 年，全球機器人密度幾乎翻了一番，從 2015 年的 66 台躍升至 2020 年的 126 台。僅在 2020 年，全球機器人密度就從 2019 年的 113 台躍升至 126 台。
- 2022 年全球機器人平均密度達到 151 台。

Robot density in the manufacturing industry 2022



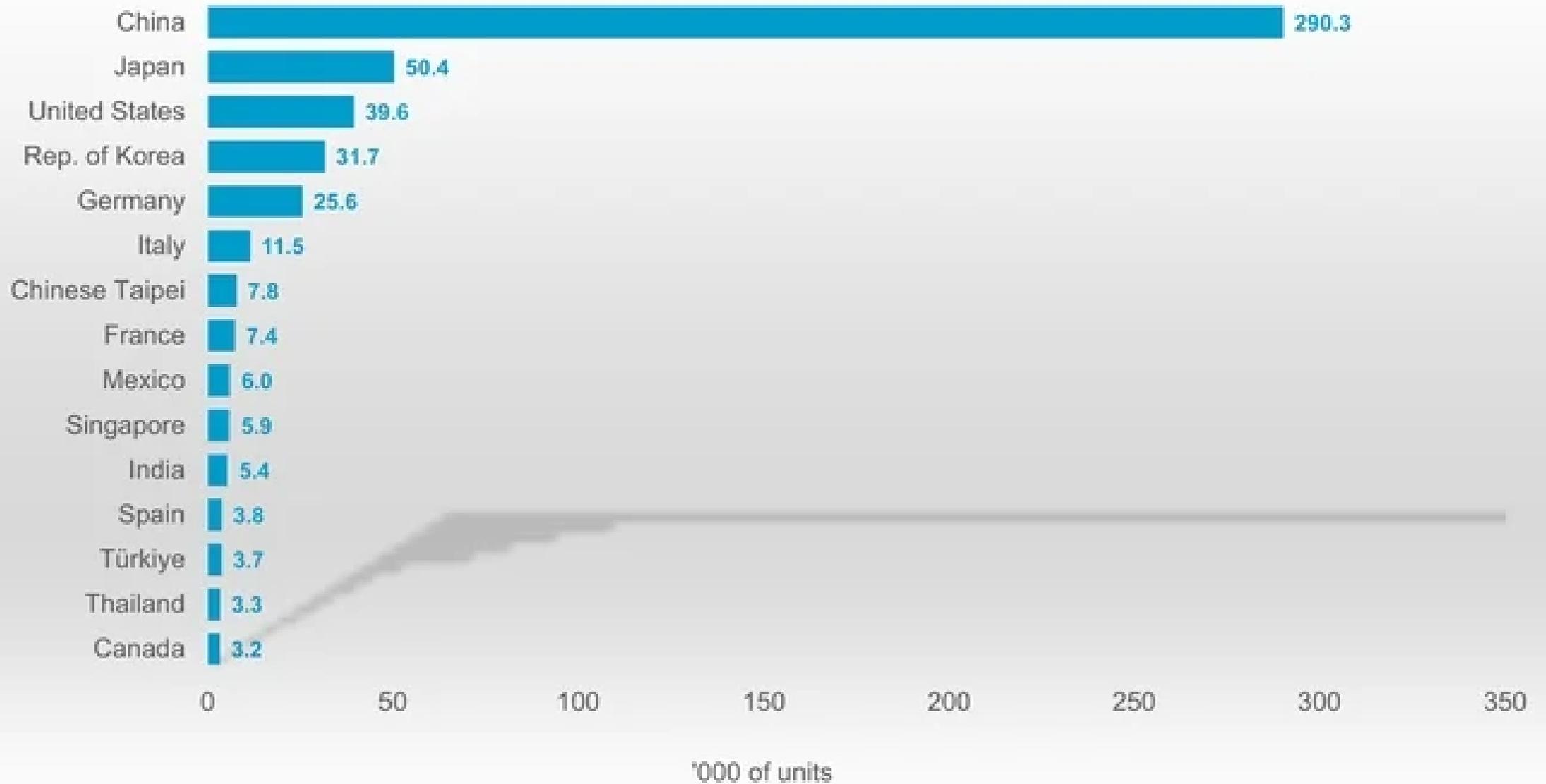
Source: International Federation of Robotics

近幾年工業機器人密度變化

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg.
2019	SG	KR	JP	DE	SE	DK	HK	TW	US	IT	113
2020	KR	SG	JP	DE	SE	HK	US	TW	CN	DK	126
2021	KR	SG	JP	DE	CN	SE	HK	TW	US	SI	141
2022	KR	SG	DE	JP	CN	SE	HK	CH	TW	US	151

SE：瑞典；CH：瑞士；SI：斯洛維尼亞；DK：丹麥

Annual installations of industrial robots 15 largest markets 2022

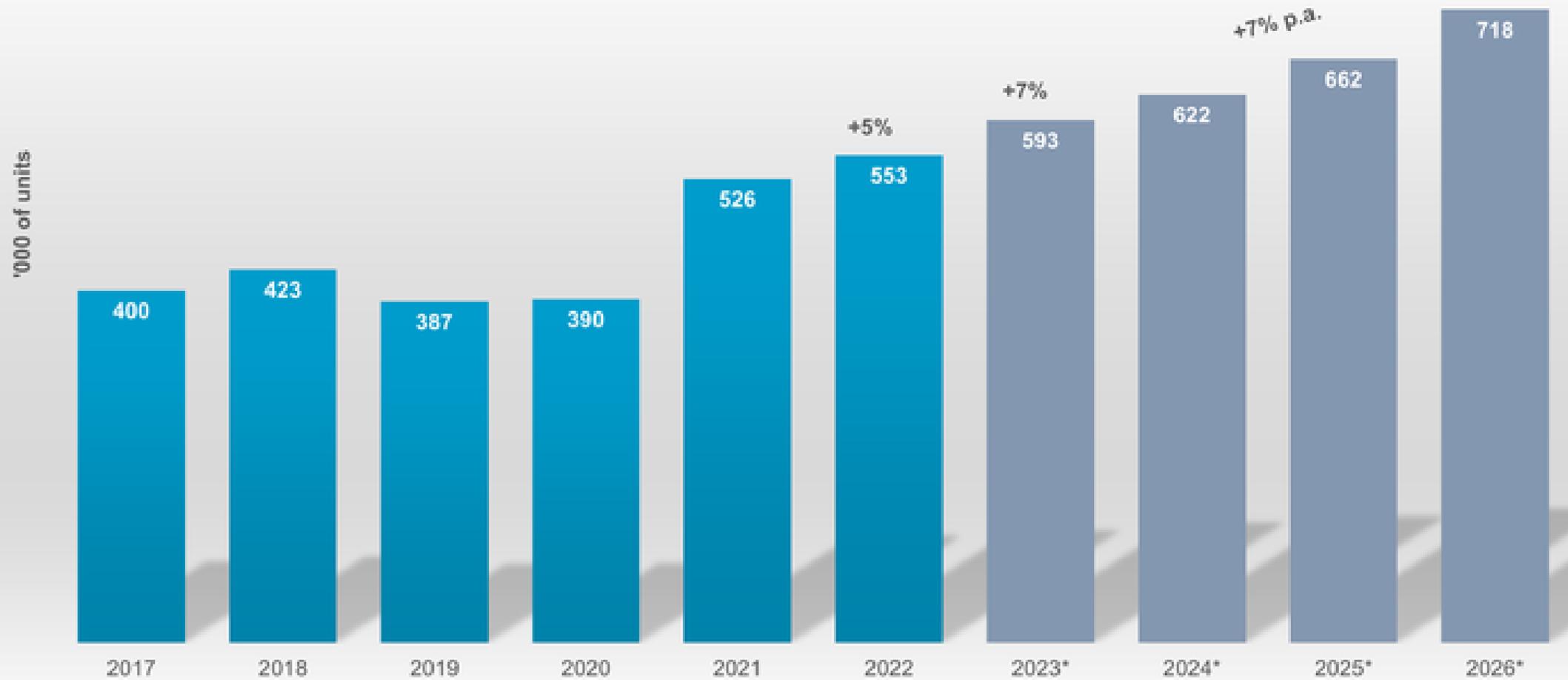


Annual installations of industrial robots - World

1,000 units



Annual installations of industrial robots 2017-2022 and 2023*-2026*



*forecast

工業機器人市場

- 預估全球的工業機器人市場產值會從2021年的\$15.60 billion 成長到2028年\$31.13 billion，年成長率大約10.4%。
- 包括人工智能和大數據在內的機器人技術進步是推動市場的關鍵因素。
- 全球前三大的工業機器人供應商為ABB、FANUC CORPORATION與KUKA AG。

FANUC



工業機器人四大家族



ABB

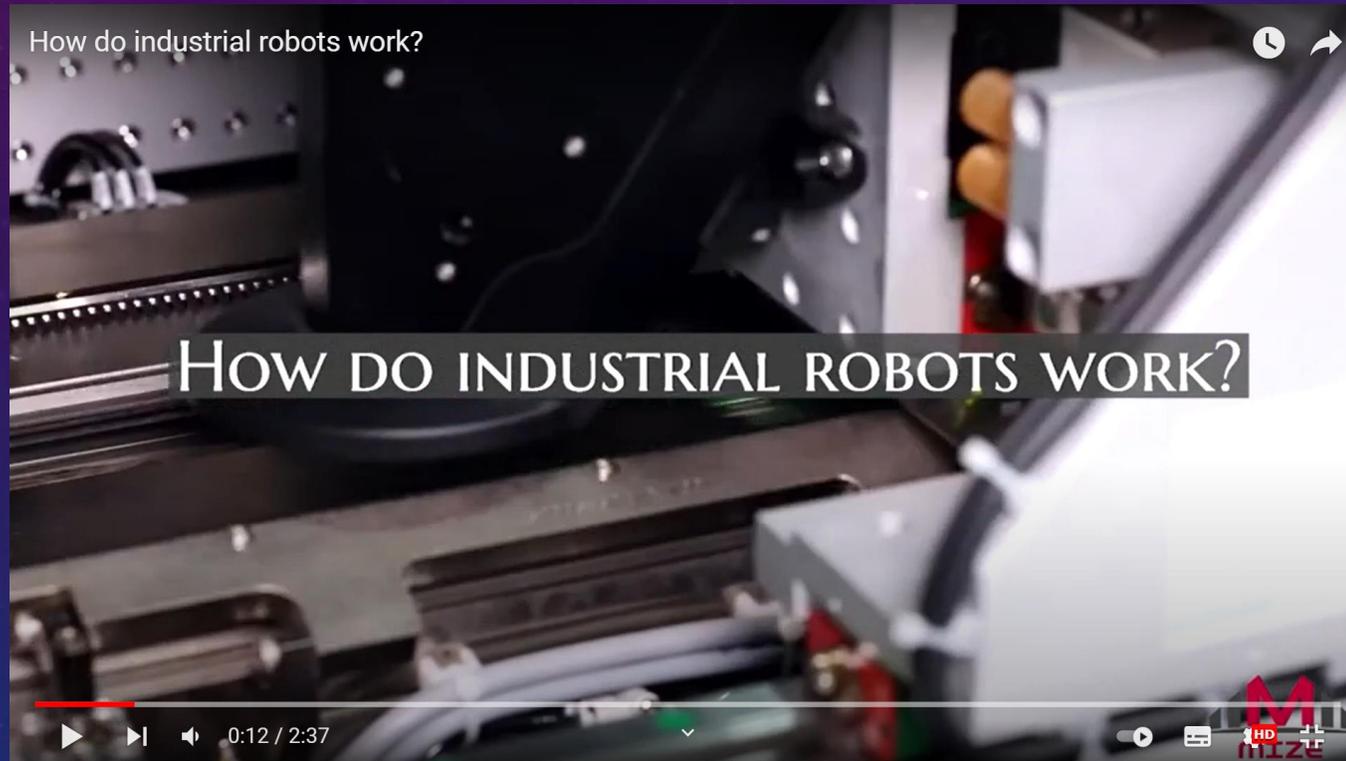


YASKAWA



KUKA

工業機器人如何工作？ (2020 2'37")



為何要用機器人？

- 3D jobs (3K仕事)
 - Dirty: 「骯髒」 (汚い, Kitanai)
 - Dangerous: 「危險」 (危険, Kiken)
 - Demanding: 「辛苦」 (きつい, Kitsui)

常見的工業機器人

- 焊接機器人
- 噴塗機器人
- 裝配機器人
- 分揀機器人
- 垃圾分類機器人
- 碼垛機器人
- 運輸機器人

焊接機器人 (WELDING ROBOT)

- 應用場景多是工廠流水線上自動化焊接生產為主，代替人工勞動及高危環境工作。
- 機器人焊接常用在電阻點焊及電弧焊的高產量製程中，例如在汽車產業的應用 (1980~)。
- 機器人的焊接位置是事先經由程式規劃的，或透過機器視覺來引導，也可能是這兩種方式一起使用。

噴塗機器人 (SPRAYING ROBOT)

- 又叫噴漆機器人（spray painting robot），是可進行自動噴漆或噴塗其他塗料的工業機器人，1969年由挪威Trallfa公司（後併入ABB集團）發明。
- 多採用5或6自由度關節式結構，手臂有較大的運動空間，並可做複雜的軌跡運動，其腕部一般有2~3個自由度，可靈活運動。
- 一般採用液壓驅動，具有動作速度快、防爆性能好等特點。

裝配機器人 (ASSEMBLY ROBOT)

- 裝配機器人是柔性自動化裝配系統的核心設備，由機器人操作機、控制器、末端執行器和感測系統組成。
 - 操作機的結構類型有水平關節型 (SCARA)、直角座標型、多關節型和圓柱座標型等
 - 控制器一般採用多CPU或多級計算機系統，實現運動控制和運動編程
 - 末端執行器為適應不同的裝配對象而設計成各種手爪和手腕等
 - 感測系統用來獲取裝配機器人與環境及裝配對象之間相互作用的資訊
- 裝配機器人具有精度高、柔順性好、工作範圍小、能與其他系統配套使用等特點，主要用於各種電器的製造行業。

分揀機器人 (SORTING ROBOT)

- 是一種具備了感測器、物鏡和電子光學系統的機器人，可以快速進行貨物分揀。
- 一般會具備移動的功能。
- 主要應用於物流業、資源回收業、...

垃圾分類機器人

- 每年以8%~9%的速度增長
- 在大量的垃圾中分揀出可回收物、有毒物品仍然是一項不得不進行的工作
- 芬蘭公司Zen Robotics在2012年發布了世界上首款垃圾分類機器人，並在2017年推出了加強版 (3'30")
 - 可以識別金屬、木材、石膏、石塊、混凝土、硬塑膠、紙板等 20 餘種可回收垃圾
 - 最高可對重達30公斤的大型重物進行分離
 - 每小時選取次數最高可達4000次
 - 一天就可以處理1000噸垃圾，相當於24個人的工作量

碼垛機器人 (PALLETIZING ROBOT)

- 碼垛機器人是用來堆放物品的一種機器人，根據不同的產品類型和實際需求，可以對碼垛機器人進行編程，可以提高碼垛工作的生產效率。
- 碼垛機器人應該隸屬於碼垛機的一種。
- 碼垛機器人的靈活性更好一些，特別是對產品的適應性比較高，可以碼垛的範圍更廣、效率更高。特別是一些自動化生產線都需要用到碼垛機器人。

運輸機器人



Boston Dynamics New Warehouse Robots (Handle + Otto Integration)



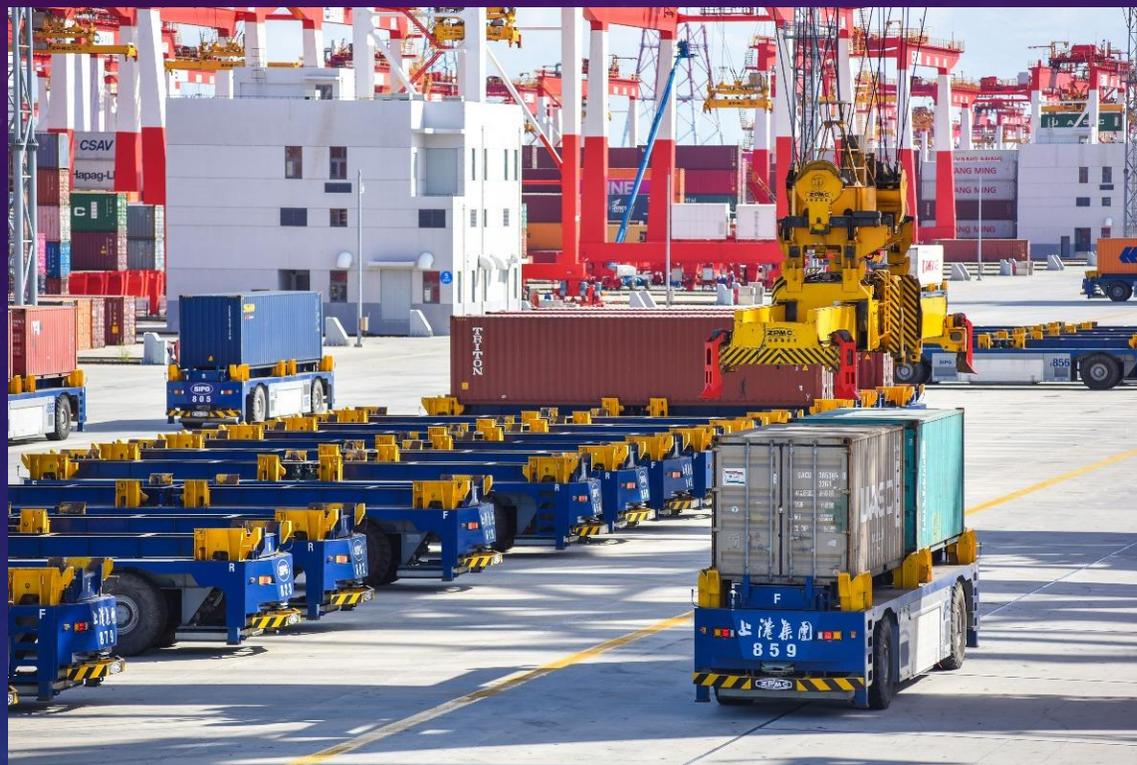
工業4.0與機器人

- 在工業4.0的趨勢下，機器人是不可或缺的一環。為達到連結、優化、快速反應市場的客製化目標，製造趨勢已從人與人的合作，演變成人機協作的智慧工廠。
- 在未來，能連網的設備將會持續不斷的增加，再加上5G網路增加連接速度、雲端運算能力等等加持，客製化生產更加靈活，成本降低、良率提高、工作環境更安全，工業4.0自動化工廠的目標將會一一被實踐。

未來工廠三大重點

- 高度自動化：增加無限網路連接速度，實踐自動化系統控制工廠運作。
- 機器人協作：強化數據、關鍵控制，未來可讓機器人管理機器人。
- 生產線更靈活：讓整體的運作更有彈性、提升生產效率。

全國最大自動化碼頭--上海洋山港



Smartest Factory Automation that Shocked the World (11'10")



5 AMAZING WAREHOUSE ROBOTS YOU MUST SEE (2021) 7' 59"



工業機器人十大品牌 (17'58'')

FANUC

chinapp品牌网

ABB

chinapp品牌网

KUKA

chinapp品牌网

YASKAWA 安川

chinapp
品牌网



COMAU

STÄUBLI

chinapp品牌网

 **Kawasaki**
Powering your potential

chinapp品牌网

EPSON®
EXCEED YOUR VISION

 **MITSUBISHI
ELECTRIC**
Changes for the Better



**UNIVERSAL
ROBOTS**

NACHI

chinapp品牌网

chinapp品牌网

SIASUN 新松

協作機器人介紹

協作機器人的優缺點

優點：

- 不需架設圍籬限制工作範圍，省空間
- 可使用手拉式教導，編程較方便，具彈性
- 可以與人員協同作業，導入快速

缺點：

- 負載較小，通常在10kg以下
- 速度較慢
- 精度較差
- 耐用性較低

協作機器人在汽車製造業的應用

- 組裝
- 烤漆
- 焊接
- 機械維護
- 拋光
- 品質檢測

- 預計到 2025 年，協作機器人將佔機器人總銷量的 34%
（根據國際機器人聯合會 (IFR) 的數據），並應用於塑膠、食品和消費品、半導體和電子、生命科學等行業。

協作機器人十大品牌

**UNIVERSAL
ROBOTS**

chinapp
品牌网 
COMAU

STÄUBLI
chinapp品牌网

KASSOW robots
strong · fast · simple

JAKA | 节卡
JUST ALWAYS KEEP ADVANCING | 机器人+智能制造

rethink 
robotics®

DENSO
robotics

 **AUBO**
ROBOTICS

TM
ROBOT

FANUC
chinapp品牌网

YASKAWA 安川

K2
KINETICS

工業機器人與人工智慧

人工智慧

- 人工智慧(Artificial Intelligence或簡稱AI)有時也稱作機器智慧，是指由人工製造出來的系統所表現出來的智慧。
- John McCarthy 1956:人工智慧就是要讓機器的行為看起來就像是人表現出智慧的行為一樣。

人工智慧的等級

- 狹義人工智慧 (ANI)
- 通用人工智慧 (AGI)
- 超級人工智慧 (ASI)

當機器人遇到人工智慧

- 可以藉由正確的判斷提高良率
- 可以順應更多的變化性
- 可以更接近人的反應
- 甚至可以作出比人更好的反應

具AI的機器人需要什麼？

- 視覺判斷的能力
- 語音、語義辨識的能力
- 學習的機制與經驗的累積
- 好的人機介面
- 與人類或其他機器人/周邊等協同作業的能力

10種AI機器人 (2023) 7'35"

  simplilearn*i*

Which one of the following is not an example of AI?

 **A. Computer Vision**  **B. Web Design**

 **C. Voice recognition**  **D. Robotics**

   1:05 / 7:35 • To... >       

工業機器人的未來與如何準備

工業機器人發展方向

- COBOT 協作機器人
 - 活用協作機器人跨越自動化鴻溝，全速迎向智慧製造 (2020 18'40")
- 手臂 + AMR
 - OMRON LD+TM 移動式機器手臂 MoMa (1'42")
- 具學習能力
 - 【超智能機械手臂來了！】太狂啦！機器人竟然能○○！？Ft工
研院

讓工業機器人更強

- 速度
- 精準度
- 學習能力
- 更大或更小

如何掌握AI機器人潮流

- 機器人科學融合了機械、電機、電子、資訊
- 數學為科學之母，物理為技術之本

感謝聆聽

khhsia@yuntech.edu.tw

