

電氣技術者를 위한

産業用 로봇 技術

(2)

序 文

2. 産業用 로봇의 機構

가. 머릿말

「産業用 로봇」이라고 하면 처음 대하는 사람은 신기한 것으로 보이지만 실제로는 그 構造에 이제까지의 機械와는 다른 점이 있을 정도이고 사용되는 部品이나 材料, 組立의 手法 등은 현재의 다른 여러 機械와 동일하다. 위치결정·경로결정·작동속도의 규정 등 制御의 수법도 거의 다름이 없다. 雙動形 서보 機構 등이 연구·개발 단계에 있지만 머니플레이터 등이 특수한 용도에 사용되고 있는 정도이고, 일반의 産業用 로봇에 있어서는 아직 실용 단계에 도달치 못하고 있다.

현재, 실용되고 있는 것의 대부분은 「한쪽 팔」 형태인 구조이고 自由端에 5~20kg(手部의 구조체도 포함) 또는 그 이상의 부하가 가해지고 있다. 이것이 1m 정도 伸縮하거나 50cm에서 2m 정도의 길이를 유지하면서 回轉·旋回하고 있

다. 이것은 이제까지의 機械에는 별로 예를 볼 수 없던 주의해야 할 특징이다.

「산업용 로봇」다운이 여기에 있지만 이 구조로 機械를 조립하기 위한 部品이나 材料는 현재의 것으로는 충분하다고 할 수가 없다. 예컨대 1m 길이의 팔이 180° 선회할 때 1mm의 정밀도로 그 위치를 制御하려면 그 정밀도가 대략 0.3%가 되며, 0.1% 이하의 정밀도를 가진 위치검출소자가 필요해진다. 더구나 이 素子は 상당히 나쁜 조건하에서 사용되게 된다. 또 1m인 한쪽 팔 끝에 20kg의 부하를 가했을 때 어느 정도 휘는가도 문제이다. 또 한가지 실사 部品이나 材料의 문제가 해결되더라도 組立技術(制御技術 포함)의 문제가 남는다. 「유사한 부품이나 재료를 사용해서 유사한 構造의 것을 만들면 유사한 성능의 것이 제작되는가?」라는 質問에 대한 대답은 유감스럽지만 「NO」이다(실제로 測定作業을 해서 확인한 결과이다).

현재 「산업용 로봇」은 機能적으로 완성된 상

때에는 이르지 못하고 있지만 앞에서 설명한 결 점은 극복될 것이다. 여기서는 현재 일반적으로 사용되는 산업용 로봇의 機構에 대해 설명한다.

표 2·1에 산업용 로봇의 分類案을 예시한다. 그리고 표 2·2~2·5는 副分類 또는 참고분 류이다.

이 章에서는 주로 「腕部」에 대해서 설명한다. 「팔」(腕)은 어느 정도까지 범용적인 것을 만들 수 있지만 「손」은 현 단계에서는 용도에 따라서 개별적으로 設計되며, 대단히 多岐하게 設計되고 있다. 「손」도 포함한 産業用 로봇의 機能에 관한 관련도를 그림 2·1에 든다.

「作業機能」은 실제로 움직이며 일을 하는 부분의 기능이며, 이 章에서의 해설의 대상이 되는 部分이다. 「制御機能」은 「作業機能」 실행을

〈표 2·2〉 産業用 로봇의 副分類 I
(동작형태에 따른 분류)

명 칭	정 의	비 고
원통좌표로봇	팔의 자유도가 주로 원통좌 표형식인 머니플레이터	
극좌표 로봇	팔의 자유도가 주로 극좌표 형식인 머니플레이터	
직각좌표로봇	팔의 자유도가 주로 직각좌 표형식인 머니플레이터	
관절 로봇	팔의 자유도가 주로 多關節인 머니플레이터	
기타 좌표형 식의 로봇		의에 포함되 지않는 형식 의것을 여기 에 포함한다.

〈표 2·1〉 산업용 로봇의 主分類
(입력정보·교시에 따른 분류)

명 칭	정 의	비 고
매뉴얼 머니 플레이터	사람이 조작하는 머니플레이터	
固定시퀀스 로봇	미리 설정된 순서와 조건, 그리고 위치에 따라서 동작의 各 단 계를 순차 진행하는 머니플레이 터로서 설정정보의 변경이 쉽 지 않은 것	
可變시퀀스 로봇	미리 설정된 순서와 조건 그리고 위치에 따라서 동작의 各 단 계를 순차진행해가는 머니플레 이터로서 설정정보의 변경이 쉽 다.	
플레이 백 로봇	미리 사람이 머니플레이터를 움직여서 작업을 敎示함으로써 그작업의 순서, 위치 그리고 기 타정보를 기억시켜 그것을 재생 시킴으로써 그 작업을 반복할 수 있는 머니플레이터	
수치제어 로봇	순서, 위치 기타의 정보를 수치 로 지령된 작업을 하는 머니플 레이터	예: 천공지 테이프카드나 디지털스위치 등에 의한 것
知能 로봇	감각기능과 인식기능에 따라서 行動決定할 수 있는 로봇	

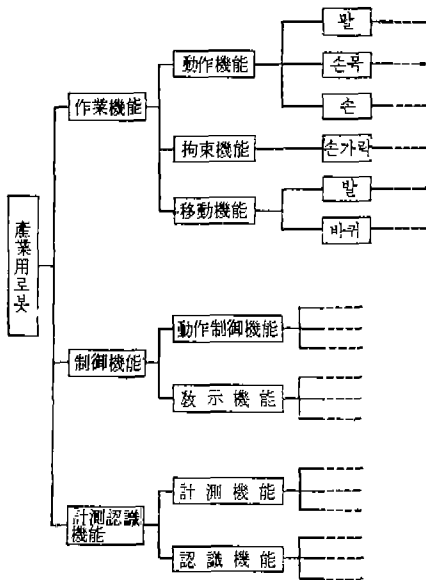
〈표 2·3〉 산업용 로봇의 副分類 II
(自由度에 따른 분류)

명 칭	정 의	비 고
1 自由度 로봇	動作自由度가 1인 머니플레이터	손의 개폐, 비틀림의 은오르는 1자유도로 본다.
2 自由度 로봇	動作自由度가 2인 머니플레이터	
n 自由度 로봇	動作自由度가 n인 머니플레이터	

위해 어떠한 동작을 시킬 것인가를 指示하는 機能이다(주: 기계 자체의 동작이다. 사람이 기계에 세트하는 것은 아니다). 「計測認識機能」은 「制御機能」 실행을 위한 情報를 수집하는 기능이다. 이것은 4章에서 해설하기로 한다.

나. 構 成

産業用 로봇의 機構가 어떻게 구성되어 있는가에 대해 생각해 보자. 사람 손의 기능을 대신 하는 것에 대해 설명한다. 이 형태의 것이 현재 실용되고 있는 것의 대부분이다.



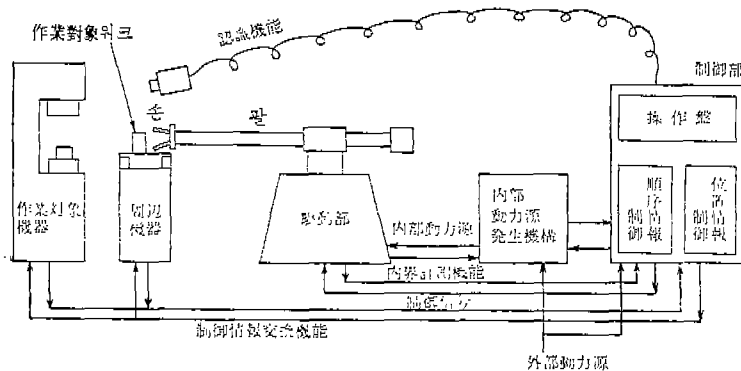
〈그림 2·1〉 산업용 로봇의 기능에 관한 관련도

대상이 되는 물체를 파지(把持)하기 위해 「손」이 있고 손목부에서 「팔」에 접속된다. 이들 全体를 이동시키는 기능을 발이라고 한다. 이 「발」은 동물의 歩行形態이든 바퀴로 走行하는 형태이

든 관계 없다. 「발」은 없는 것이 많지만 「손」과 「팔」은 대부분의 産業用 로봇이 갖고 있다. 「손」과 「팔」과 「발」의 부분, 즉 동작을 담당하는 부분 전체를 「可動部」 또는 「驅動端」이라고 한다. 즉 액츄에이터와 그것에 관련하는 부분이다. 「操作端」이라고 할 때도 있다.

動작을 위해서는 制御가 필요하다. 「구동부」를 움직이기 위해서는 「제어부」가 필요하다. 이것은 어떤 産業用 로봇에도 반드시 있는 것이며, 「驅動端」만으로는 有機的인 작동이 불가능하다. 「制御部」가 그 기능을 수행하기 위해서는 「檢出部」가 필요한 경우와 그렇지 않은 경우가 있다. 이 檢出部의 역할은 ① 자기 자신의 可動部 상태가 어떻게 되어 있는가? (內界計測機能), ② 作業對象은 어떻게 되어 있는가? (外界計測·認識機能), ③ 다른 機械裝置와 産業用 로봇의 주변기기는 어떻게 되어 있는가? (制御情報 交換機能), ④ 자기 자신이 正常인지의 여부를 판단(診斷機能)하는 네가지이다. 이런 것이 없는 경우에는 制御는 다만 오픈 루프의 것이 된다.

「驅動端」을 움직이기 위해서는 에너지가 필요한 것은 당연하다. 무엇인가 媒体를 이용해서 에너지가 공급되지만 이것을 발휘하는 부분을



〈그림 2·2〉 産業用 로봇의 構成例

(이 전체 또는 일부로 구성된다. 작업대상기기는 산업용 로봇에는 물론 포함되지 않지만 주변기기를 포함하는지의 여부에 대해서는 약간의 논의가 있다)

「動力源」이라 한다. 제어를 위한 장치에도 動力源은 필요하다.

「구동단」, 「제어부」, 「접출부」, 「동력원」은 각각 필요에 따라서 電線이나 파이프로 접속된다. 이 전체의 구성을 그림 2·2에 든다.

산업용 로봇은 單位만으로 작업하는 것이 理想的인 형태이나 현실은 그렇지 않다. 다른 기계나 장치가 존재하는 것이 대부분이다. 어느편이 主이고 어느편이 從인가에 대해서는 많은 의문이 있고 理想과 現實 사이에도 큰 간격이 있다. 그 중에서 산업용 로봇을 도입했기 때문에 산업용 로봇을 위해 필요하게 된 것을 「周辺機器」 또는 「周辺裝置」라고 한다. 예컨대 프레스의 로더의 경우, 워크를 수납하는 매거진이나 리프트 등이 필요한데 이것이 주변장치이다. 그렇지 않은 것은 「作業對象機器」 또는 「作業對象裝置」이다.

이상은 構造라고 할 수 있는 部分(하드웨어)에 대한 해설인데, 이 밖에 「機能」의 구성(소프트웨어)에 대해서도 언급해 둔다. 「位置情報」은 「손」과 「팔」이 어떠한 위치(상태)에 있는가를 표시하는 것이고, 「위치정보」를 어느 일정한 값으로 규정하려는 것이 공간중의 어떤 1점에 「손」의 위치와 자세를 결정하도록 제어하려는 것이다. 이것을 「位置決定制御」라고 한다. 「위치결정」의 장소가 시간의 경과에 따라서 순차 연속적으로 변화하는 경우, 즉 시간을 패러미터로 하여 空間內를 이동하는 경우에는 이것을 「經路決定制御」라고 한다. 이런 제어는 閉 루프 제어제 「서보 기구」를 택하는 것이 보통이고 간이형인 경우에만 開 루프 제어제가 채용되고 있다. 「위치결정 제어」나 「경로결정 제어」에 대해 「動作順序制御」가 있다. 앞의 것이 閉 루프 制御였던 것에 대해 이것은 시퀀스 制御에 대응하는 것이며, 주어진 일을 어떤 순서로 하는가를 제어하는 것이다. 따라서 「동작순서 제어」의 각 段階에서 「위치결정 제어」 또는 「경로결정 제어」를 하게 된다.

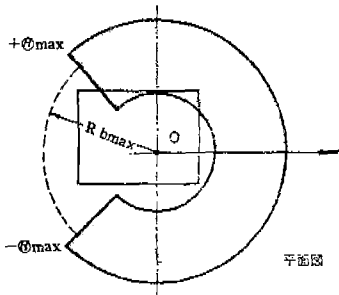
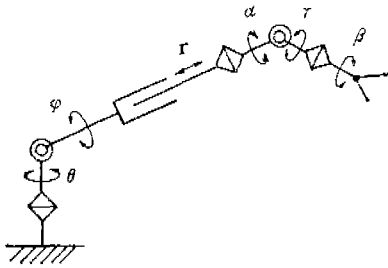
어느 점에서 작업을 하고 그곳에서 떨어진 점

에서 다음 일을 하고, ...이런 반복을 하는 것을 「Point to Point Control」, 즉 「PTP 제어」라고 한다. 이것은 「위치결정 작업」의 반복으로 생각된다. 한편, 「경로결정 제어」下에서 작업하는 것을 「Continuous Path Control」, 즉 「CP 제어」라고 한다. 예컨대 「스포츠」 용접 작업은 하나의 點을 하고(용접하고) 다음 點을 하고..... 하는 것은 「PTP 제어」로 되지만 아크 용접인 경우는 정해진 용접부를 연속적으로 銜接하므로 「CP 제어」가 된다.

「CP 제어」는 대단히 많은 위치정보를 제어장치 내에 수납해야 하는 것이나 標準形의 위치결정 서보 機構를 사용하면 本質적으로 오프셋, 制御目標經路와 實現經路의 差, 즉 정밀도의 劣化가 생기는 것이 결점인데, 이의 극복을 위해 「PTP 제어」에 있어서 위치결정점의 간격을 작게 잡고 근사적으로 「CP 제어」의 기능을 실현하는 것이 고려되고 있다. 마이크로 프로세서의 보급과 메모리 가격의 저하에 따라 앞으로 급속히 이 方向으로 진행될 것으로 생각된다. 일·에서는 「CP 制御」와 「PTP 制御」의 구별은 없어지리라고 생각하는 경향이 있지만, 미국에서는 우선 Non-Servo Controlled와 Servo Controlled로 구분하고 다시 후자를 PTP와 CP로 구분하는 일본과는 다른 方式의 산업용 로봇의 基本分類를 하고 있다.

다. 入力情報·敎示에 따른 分類(主分類)

앞에서 소개한 것처럼 産業用 로봇의 分類案에서는 入力情報·敎示(산업용 로봇에 작업의 순서, 위치 또는 경로 등의 정보를 設定하는 것, 즉 무엇을 어떻게 하여 행하는가를 알리는 것)가 어떠한 것인가에 따라서 분류하게 되어 있다. 구체적으로는 표 2·1에 표시되는 것이다. 「머니플레이터」는 用語案으로는 <사람의 上肢 기능에 유사한 기능을 갖고 그 자체가 回轉, 屈伸, 左右移動, 흔들 등의 機能部分을 두가지 이상 포함하며 물체를 把握 또는 유지 등의 方法으로 空間으로 이동시키는 것>이라고 의미를 붙이



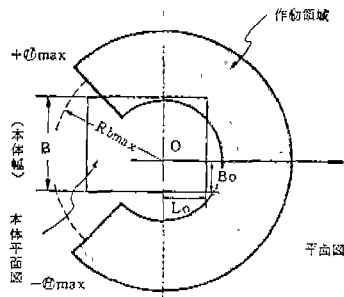
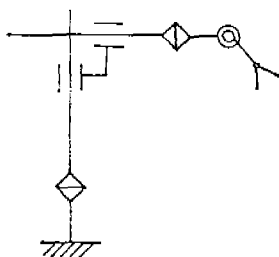
〈그림 2·4〉 극좌표계의 산업용 로봇의 구성과 작동영역 예

(θ_0 는 지면에서 기준면까지의 거리다. 다른 좌표계의 것도 이것에 준한다)

고備考로서 〈物体의 把持에는 作業用 手들이 手部 또는 指部に 고정 또는 일체로 된 상태를 포함〉한다고 주석이 붙여져 있다. 이 分類에 대해 특별히 해설할 필요는 없을 것이다.

라. 動作形態에 따른 分類(副分類의 I)

몇 가지 單位動作의 조합에 의해 産業用 로봇

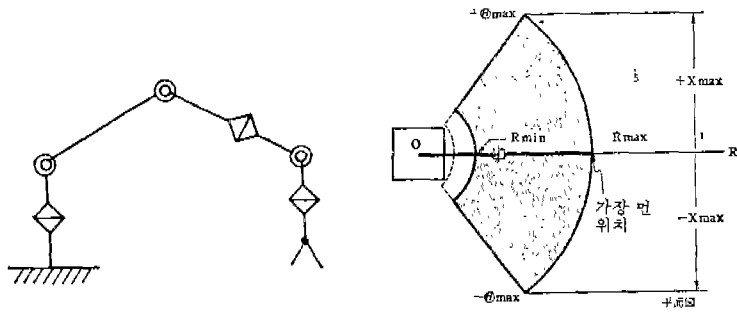


〈그림 2·5〉 円筒座標系の 産業 로봇 構成과 作動領域例

番號	名稱	그림기호	參 考	備 考
			運動方向	
1	直 動 (1)			
2	直 動 (2)			
3	回轉機構			
4	旋 回 (1)	(1)		(1) 통상 많이 사용되는 그림기호 (2) (1)의 側面을 나타내는 그림기호
		(2)		
5	旋 回 (2)	(1)		(1) 통상 많이 사용되는 그림기호 (2) (1)의 側面을 나타내는 그림기호
		(2)		
6	差動開市			
7	볼조인트			
8	把 握			
9	유지 등			손끝이 工具로 되어 있는 것을 포함. 토봇용 공구는 여기서 규정하지 않는다.
10	베 이 스			

〈그림 2·3〉 運動機能을 나타내는 그림기호

으로서의 動作 形態가 결정된다. 여기서 단위 동작이란 「伸縮(直動)」, 「回轉」, 「旋回」의 세 가지가 대부분이다. 「회전」은 軸의 방향은 변화



(그림 2·6) 관절형 산업용 로봇의 구성과 작동영역 예

(실제에는 선회 1과 2의 링크기구는 복잡한 구성인 것이 많아서 작동영역은 단순한 것이 못되는 경우가 많다)

하지 않고 軸方向을 中心으로 하는 回轉運動이고, 「旋回」는 軸方向을 變化시키려는 움직임이다. 사람의 손의 경우, 손목을 비트는 것이 회전이고 손목을 구부리는 것이 旋回가 된다. 이러한 單位動作을 그림 2·3에 표시한다.

이들 단위동작의 조합으로 동작형태가 정해진다. 여러가지 組合이 생각되지만 現在 實用에 제공되고 있는 것은 腕部만을 생각해 보면 左側을 固定端으로 해서

- ① 회전-선회-신축(-손) (극좌표계) (그림 2·4)
- ② 회전-신축-신축(-손) (원통좌표계) (그림 2·5)
- ③ 회전-선회-선회(-손) (관절형) (그림 2·6)

의 3종류 중 어느 것에 해당하는 것이 많고 輻動인 것에 일부 예외를 볼 수 있다. 또 走行形의 것은 이러한 構造의 것이 이동한다고 생각하면 되고, 施回인가 伸縮인가, 또는 이 양자의 조합인가는 走行經路에 따라 정해진다. 또

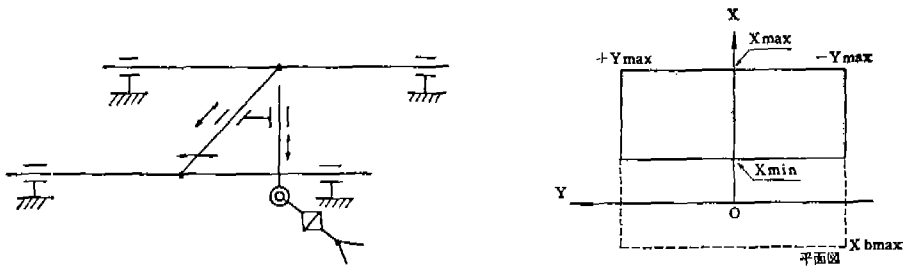
- ④ 신축-신축-신축(-손) (직교좌표계) (그림 2·7)

도 생각할 수 있지만 별로 實用化되어 있지 않고 電動인 것에는 이것의 變形이라 할 수 있는 것(단지 신축-신축(-손)이 있다. 固定端을 수평

면(기준면이라 한다)으로 수직의 자세로 사용되는 경우가 많다. 가로쓸어지기, 倒立의 예도 있다. 손은 손목部로 表示하는 일이 많다. 손의 설계는 대상에 따라서 設計되는 것이 일반적이다. 이 손이 차지할 수 있는 空間內的 영역이 어떻게 되는가를 표시하고 있다.

손목부가 차지할 수 있는 領域과 손목부의 위치결정 제어, 經路決定制御가 가능한 영역은 일치한다고만 할 수 없다. 예를 들면 접촉 정지등에 의해 위치결정 제어를 하고 있으면 손목부가 차지할 수 있는 영역의 코너에 상당하는 部分만 위치결정이 가능하고 스톱퍼 위치를 可變할 수 있는 구조의 것이라도 손목이 차지할 수 있는 영역내의 離散된 點에만 위치결정이 가능한 것이 보통이다. 또 서보 機構를 사용한 것이라도 檢出素子の 分解能(인코더를 사용하여 디지틀 量을 얻는 것은 특히 이 점에 주의가 필요)이나 서보 增幅器의 이득, 가동부의 마찰, 서보 밸브의 특성 등, 위치결정의 分解能이 의외로 나빠지는 경우가 있으며, 임의의 點에 위치결정이 가능하다고 할 수 없는 일도 일어날 수 있다.

이상은 PTP 제어의 경우, CD 제어의 경우에 공통적으로 말할 수 있지만 그밖에 CD 제어의 경우에는 動作速度의 실현 범위에 制約이 있어 주의해야 한다. 서보 증폭기나 서보 밸브 등



〈그림 2·7〉 直交座標系의 産業用 로봇의 構成과 作動領域

의 飽和가 최고 속도를 규정하는 것은 당연하지만 반대로 系統의 마찰이 低速 動作時 스틱 슬립 등을 야기하는 일이 있다.

또한 플라스틱 成形機의 引出用 등에는 一見 여기서 설명한 것과 약간 기구가 다른 것처럼 느껴지는 것도 있다. 下降→잡기→잡아 떼기 → 열기→上昇이라든가 이것을 복잡하게 한 것 등. 그러나 前述한 ①-④의 어느 것에 해당하고 특수한 것은 아니다. 어느 方向에의 동작이 많은가 하는 것이 다른 것에 비교해 상이한 것 뿐이다. 프레스에서는 前後 方向의 동작을 로딩/언로딩으로 사용하지만 플라스틱 成形機의 引出用에서는 上下 方向의 동작을 이용하는 것이 보통이다.

마. 自由度에 따른 分類(副分類의 II)

앞에서 단위동작을 몇가지 組合해서 動作機能을 실현한다고 했다. 몇가지 단위동작의 組合인가를 표시하기 위해 「自由度」라는 표현을 사용한다. 예컨대 固定端부터 순서대로 여섯개 단위동작, 선회-신축-신축-회전-선회-선회로 구성되는 것은 6자유도라고 한다. 이 경우, 계속된 두가지 단위동작이 하나로 종합되는 경우는 1자유도로 한다. 예컨대 카 라디오의 안테나처럼 多數가 동일방향으로 신축하는 경우, 伸縮 단위동작의 多數 조합이더라도 自由度는 1로 한다. 위의 예에서도 신축이 들로 계속되고 있

지만 이 경우에는 伸縮의 방향이 다르다. 또 선회도 들이 계속되고 있지만 이것도 선회의 중심이 상이한 것이기 때문에 6自由度가 된다. 이 기준에 입각해서 分類하려는 것이 표 2·3에 표시되어 있는 自由度에 따른 分類이다(自由度에 대한 정의는 아직 명확치 않다).

현재 市販되는 것의 대부분은 3~7 자유도인 産業용 로봇이다. 1자유도의 것은 단순히 실린더나 모터 단독 구성이 되어 과연 그런 것이 머니플레이터인지 어떤지는 의심스럽다. 3이나 4 자유도인 것은 自由度가 증가하는데 따라서 機能도 향상하지만 10자유도를 넘으면 구조와 함께 생각하지 않으면 自由度가 클수록 고급이라고 할 수는 없게 된다.

3次元 공간내에 있는 1점을 지정하기 위해서는 세가지 自由度를 필요로 하고 그 위치에서의 姿勢(方向)를 규정하기 위해서는 다시 또 세가지의 自由度를 필요로 한다.

自由空間內 임의의 物체를 핸들링하기 위해서는 합계 여섯가지 自由度가 필요해진다. 이것보다 적은 자유도의 産業용 로봇으로 作業을 하는 경우에는 대상기나 주변장치로 기능을 보충시켜 주어야 한다. 또 너무 많은 자유도는 작업의 유연성이나 高速性에 효과가 좋지만 制御의 알고리즘을 결정하는 것이 번잡해진다. 이것은 자유도가 클수록 고급이라고 할 수 없는 理由의 하나이기도 한다.