

Interdisciplinary Research Fundamentals II of STM

Class 3

人間医療科学技術他分野専門基礎第二
クラス3

Day

1

2025-06-12

Takahiro Kanno, RIVERFIELD Inc.

菅野 貴皓 (リバーフィールド株式会社)



Declaration of AI-Generated Content

In this presentation material, AI has been used for the following purposes:

- Generating some images such as illustrations and backgrounds
- Translation
- Content review



This icon indicates AI-generated image

This icon is also generated by AI

Introduction

About this lecture series

Date	Topic	Lecturer
Jun. 12	Robotics	Takahiro Kanno RIVERFIELD Inc.
Jun. 19		
Jun. 26		
Jul. 3		
Jul. 10	Fluid Dynamics	Tetsuro Miyazaki The University of Tokyo
Jul. 17		
Jul. 24		

About this lecture series

Grade Evaluation

- Grades will be based 100% on **homework**.

Homework Submission

- Please submit your homework **within 6 days** after each lecture.
- The grading method differs for Fluid dynamics sessions handled by Professor Miyazaki.

成績評価

- 成績は100%**宿題**により評価します

宿題の提出

- 各回の講義から **6日以内**に宿題を提出してください
- 宮寄先生の担当回（流体力学）は評価基準が異なります

About this lecture series

Regarding Attendance

- Please feel free to ask questions anytime via the Zoom chat function. (Questions in Japanese are also acceptable.)
- The content of your questions will **not** affect your grade evaluation, so feel free to ask.
- Please make sure your questions in the chat are addressed to everyone.

出席について

- Zoomのチャット機能でいつでも質問してください。(日本語でも可)
- 質問の内容は成績評価に影響しないので気軽に質問してください。
- 質問チャットは全員宛にしてください

About this lecture series

Maximizing the Use of AI

- During lectures and homework, you can utilize AI tools like:
 - Generative AI (such as Claude)
 - Real-time translation apps or speech-to-text apps
 - Image recognition apps (like Google Lens)

AIを最大限に利用しましょう

- 講義中と宿題の両方において、以下のようなAIツールを利用可能
 - 生成AI（Claudeなど）
 - リアルタイム翻訳アプリ、文字起こしアプリ
 - 画像認識アプリ（Googleレンズ等）

▼ AI-generated translation. The lecturer is not responsible for the correctness.

在课堂讲解和完成作业时，您可以利用以下 AI 工具：

- 生成式 AI（例如 Claude）
- 实时翻译应用或语音转文字应用
- 图像识别应用（例如 Google Lens）

강의 중이나 숙제할 때 다음과 같은 AI 도구를 활용할 수 있습니다:

- 생성형 AI (예: Claude)
- 실시간 번역 앱 또는 음성 인식 앱
- 이미지 인식 앱 (예: Google Lens)

Notice

1 録画・録音・資料の SNS等への共有は禁止

No sharing of recordings or materials on social media



講義の録画・録音、スクリーンショット、配布資料、スライド等を、YouTube、TikTok、Instagram、X、その他SNS・動画共有サービスへ投稿・共有することを禁止します。

Do not post or share lecture videos, audio recordings, screenshots, handouts, or slides on YouTube, TikTok, Instagram, X, or other social media or video-sharing platforms.

2 講義資料・講義内容の無断転載・再配布は禁止

No unauthorized reproduction or redistribution



配布資料や講義内容は、受講者本人の学習目的に限って使用してください。

Lecture materials and content may be used only for the participant's own learning purposes.

3 AIサービスの利用は 大学支給または ホワイトリストのみ

Use only university-provided AI or whitelisted tools



講義資料、録画・録音、個人情報、未公開情報を、許可されていないAIサービスへ入力しないでください。

ホワイトリスト / Whitelist

ChatGPT / Claude / Perplexity /
Google Gemini / Notion AI /
Canva AI

4 課題・成果物は 自分の理解に基づいて作成

Assignments must reflect your own understanding



AI等を利用した場合でも、出力内容を確認し、自分の責任で使用してください。

Even when using AI tools, you are responsible for checking the output and using it appropriately.

About me

Takahiro Kanno

- Director CTO,
RIVERFIELD Inc.
- Areas of Expertise
 - Robotics
 - Medical engineering
 - Control engineering
 - Others

菅野 貴皓

- リバーフィールド株式会社
取締役CTO
- 専門分野
 - ロボット工学
 - 医用工学
 - 制御工学
 - その他



About RIVERFIELD

Startup company originated from the Institute of Science Tokyo

- Selected for the Ministry of Education START Project in 2012
- Established in May 2014

科学大から始まったベンチャー企業

- 2012年に文科省STARTプロジェクトに採択され起業準備を進める
- 2014.5 創業



RIVERFIELD Products

We developed several medical robot systems



Saroa surgical system
2023



IvyA1
endoscope holder
2022

OQrimo
Eye Surgery Assistant

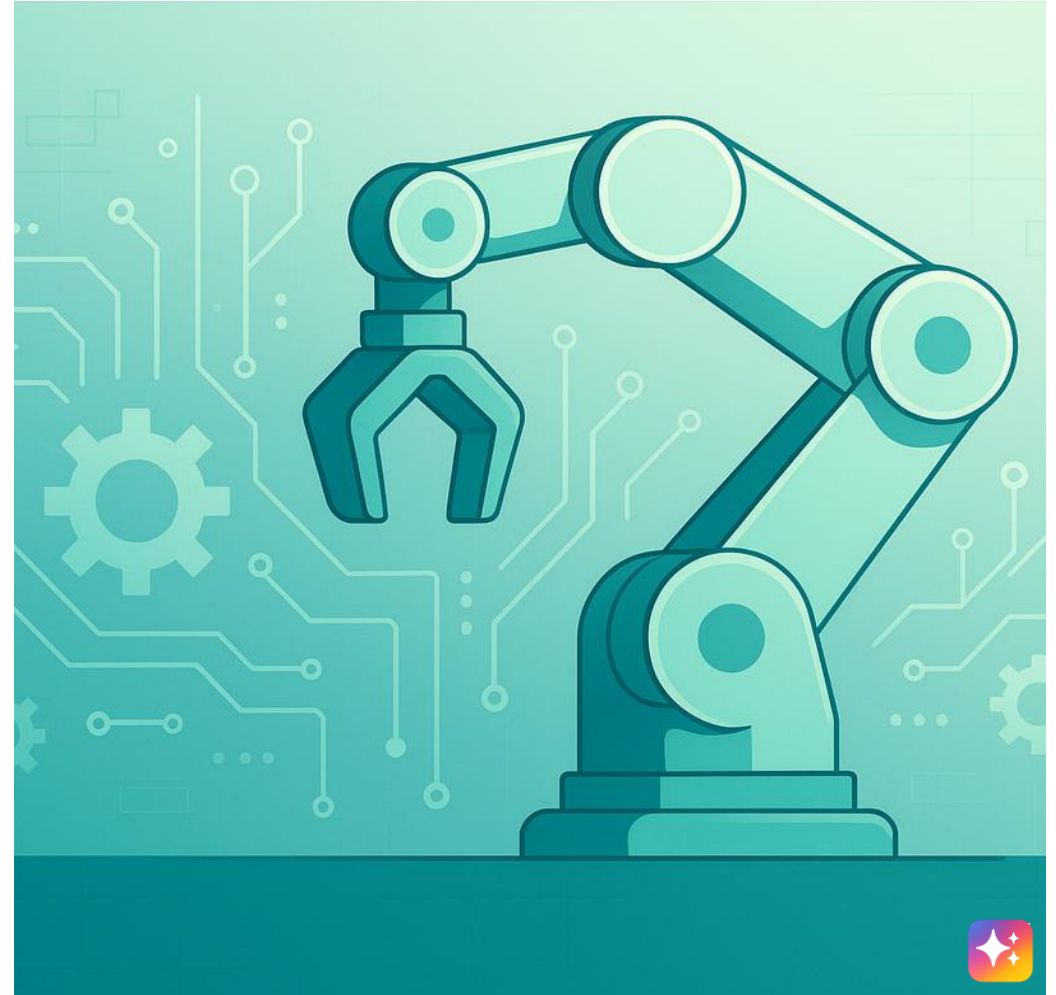


OQrimo
ophthalmologic
endoscope holder
2023

Robotics

What is robotics?

- **Robotics** is an engineering field that studies the design, construction, and control of robots. It integrates mechanical, electronic, and computer engineering to develop autonomous machines capable of performing tasks independently.
- **ロボティクス**とは、ロボットの設計・製作・制御を研究する工学分野であり、機械工学・電子工学・情報工学を融合して自律的に動作するロボットの開発を目指す技術体系です。



Emergence of the concept of "robot"

The word

- The word "robot" comes from a Slavic word "robota," which means slave or servant.
- First appeared in Karel Čapek's 1920 play "R.U.R." (Rossum's Universal Robots), where it was used to describe artificial beings created to serve humans.

Isaac Asimov

- Renowned science fiction writer who popularized robots in literature and established the foundation for modern robot ethics.
- Created the famous "Three Laws of Robotics" (about 1950)

言葉の由来

- 「ロボット」という言葉は、奴隷や召使いを意味するスラヴ語の「robota」に由来する。
- カレル・チャペックの1920年の戯曲「R.U.R.」（ロッサム万能ロボット会社）で初めて登場し、人間に仕える人工的な存在を表すのに使われた。

アイザック・アシモフ

- 文学においてロボットを普及させ、現代のロボット倫理学の基礎を確立した著名なSF作家。
- 有名な「ロボット工学三原則」を創作した。(1950年ごろ)

Evolution of robots

The Era of Mechanical Dolls and Automata

からくり人形とオートマタの時代

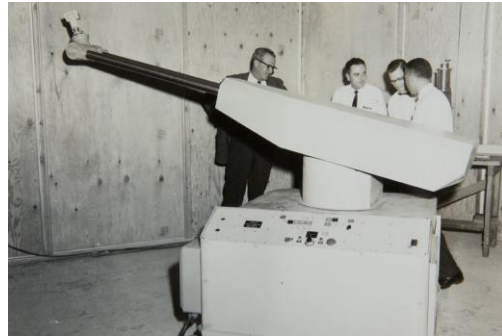


日本機械学会「機械遺産」 機械遺産 第61号 (2013年認定)
からくり人形 弓曳き童子

Bow-Drawing Boy 19th c.
by Tanaka Hisashige
(founder of TOSHIBA)

The Era of Mass Production and Industrial Robots

大量生産と産業用ロボットの時代



Unimate 1962
World first industrial robot
by George Charles Devol, Jr.



YASKAWA MOTOMAN
Present

The Era of Diversification

多様化の時代

Small-batch Production and Cooperative Robots

小ロット生産と協働ロボット



Sawyer 2015
by Rethink Robotics

Domain-specific Robots

分野特化型ロボット



Da Vinci Present
by Intuitive Surgical



Zero-shiki Jinki
Present
by Dr. Kanaoka

The Era of AGI Humanoids

汎用AIヒューマノイドの時代



Core technology areas for robot development

Mechanical Engineering

- Actuators (motors, actuators)
- Mechanical components (joints, gears, bearings)
- Structural materials (frames, link materials)

Electrical & Electronic Engineering

- Communication systems (internal/external communication)
- Sensor technology (position, environmental recognition)
- Power systems (battery, power management)

Software Engineering

- Control systems (motion control, posture control)
- AI & Intelligence (image processing, machine learning)
- System integration (OS, communication protocols)

機械

- アクチュエータ（モーター、アクチュエータ）
- 機構部品（関節、ギア、ベアリング）
- 構造材料（フレーム、リンク材料）

電気・電子

- 通信システム（内部・外部通信）
- センサー技術（位置、環境認識）
- 電源システム（バッテリー、電力管理）

ソフトウェア

- 制御システム（運動制御、姿勢制御）
- AI・知能化（画像処理、機械学習）
- システム統合（OS、通信プロトコル）

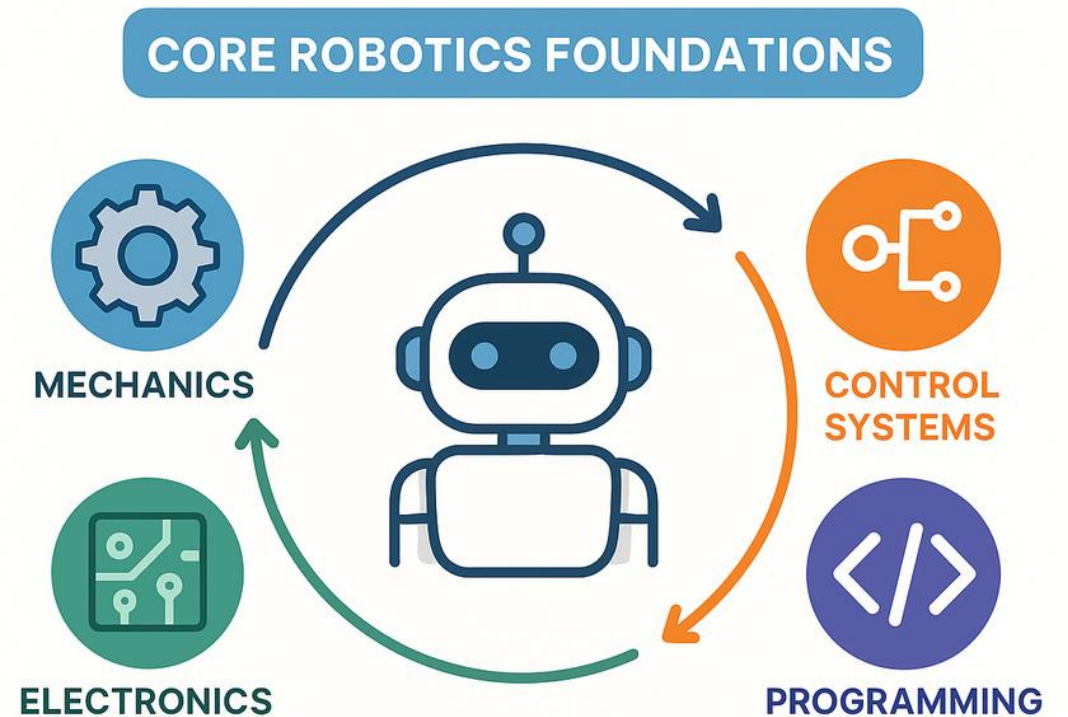
The goal of this lecture

Primary Objectives

- Foundation in Robotics Engineering
 - Broad learning of basic knowledge required for robot construction
 - Overview of mechanical, electronic, control, and programming fields

主要目標

- ロボット工学の基礎理解
 - ロボット製作に必要な基本知識を幅広く学習
 - 機械・電子・制御・プログラミングの各分野の概要把握



Lecture timeline

Jun. 12	Introduction
	Robotics overview
	Mechanism overview
	Link mechanism design & DOFs
Jun. 19	Actuators
	Position & rotation sensors
	External sensors
	Electric communication
	Power supply

Jun. 26	Forward kinematics
	Inverse kinematics
	Jacobian
	Statics
Jul. 3	Feedback control
	Realtime system
	Operating system
	Middleware
	Robot programming

Mechanism

Two types of robots

Manipulator

- Have a structure similar to human arms
- Can grab, carry, and put together objects
- A common example is industrial robot arms

Mobile Robot

- Moves around using wheels or legs
- Their main job is to travel to different places

マニピュレータ

- 人間などの腕を模した構造
- 物を掴んだりして搬送や組み立てを行う
- 産業用ロボットアームが代表例

移動ロボット

- 車輪や脚により移動するロボット
- 目的地への移動が主な機能



Manipulator

Basics

- A manipulator is mainly a robotic arm that mimics the human arm.
- It consists of several linked segments.

Application of manipulators

- Industrial robots
- Surgical robots
- Space robots

Major mechanisms

- Serial link mechanism
- Parallel link mechanism

マニピュレータ

- マニピュレータは主に人間の腕を模倣したロボットアームで、複数の連結したセグメントで構成されています。

マニピュレータの応用

- 産業用ロボット
- 外科用ロボット
- 宇宙ロボット

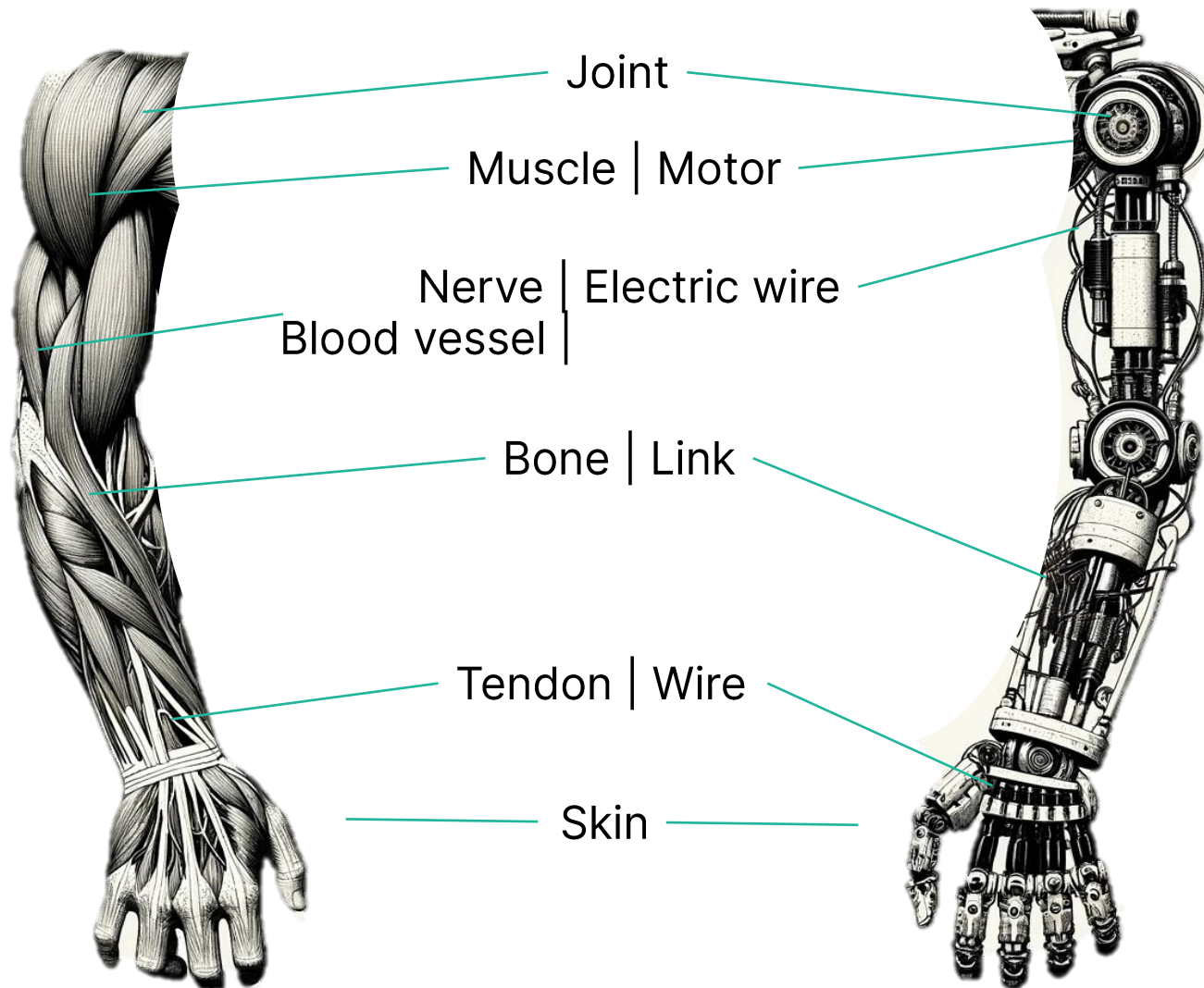
主なメカニズム

- シリアルリンクメカニズム
- パラレルリンクメカニズム



https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_Servicing_System

Structure of a manipulator



マニピュレーターの構造

- 人間の腕との類似
- 関節 (Joint)
- 筋肉 (Muscle) | モーター (Motor)
- 神経、血管 (Nerve, Blood Vessel) | 電線 (Electric Wire)
- 骨 (Bone) | リンク (Link)
- 腱 (Tendon) | ワイヤー (Wire)
- 皮膚 (Skin)

Today's topic:
Joint and Link

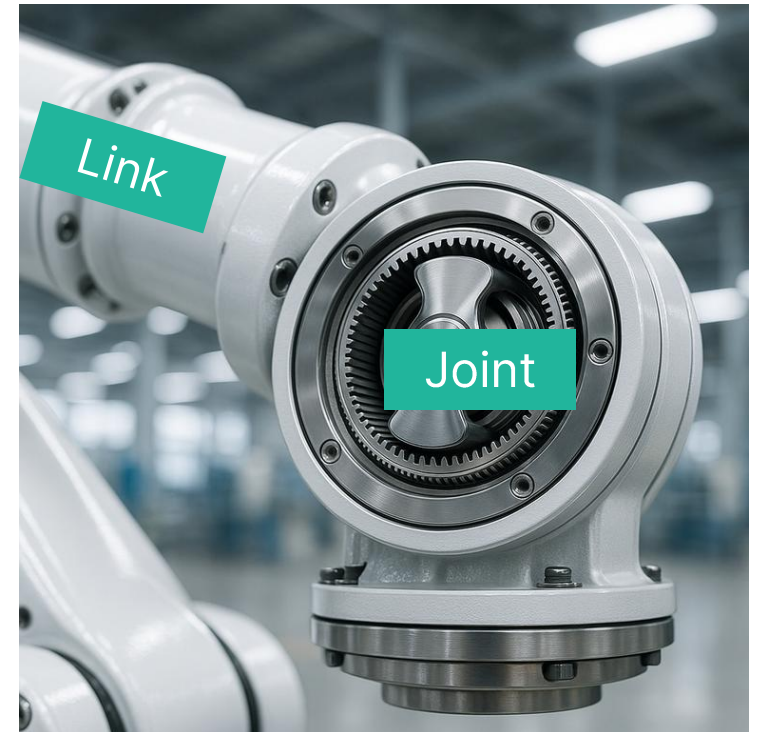


Joint and link

Robot joint and link

- A robot **joint** connects two links and lets them move. It is like a human joint, such as an elbow or a knee.
- A robot **link** is a rigid section that connects two joints, acting like a bone in the human body.

- ロボットの**関節**とは、リンク同士をつなぎ、動きを可能にする部分。人間の肘や膝のような役割。
- ロボットの**リンク**とは、関節と関節の間にある剛体の部分。人間の骨のような役割。



Active and passive joints

Active joint

- Joints that have an **actuator** (such as a motor, hydraulic cylinder, or pneumatic actuator) attached to them, which actively controls their motion.

Passive joint

- Joints that do not have any actuators. They move freely or under the influence of external forces or torques.

能動関節

- モーターや油圧シリンダー、空気圧アクチュエータなどの**アクチュエータ**が取り付けられており、関節の動きを能動的に制御できる関節

受動関節

- アクチュエータがなく、外部からの力やトルクによって自由に動く関節

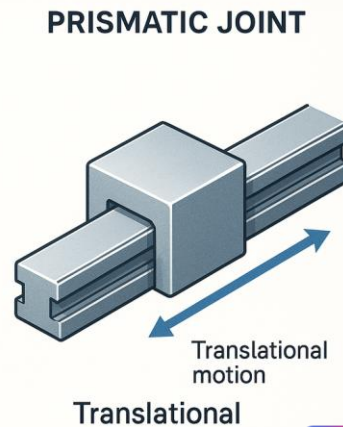
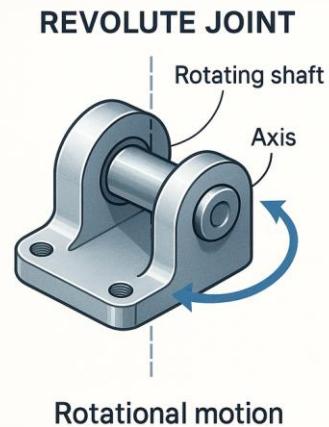
Joint types

Revolute joint (Rotary joint)

回転関節

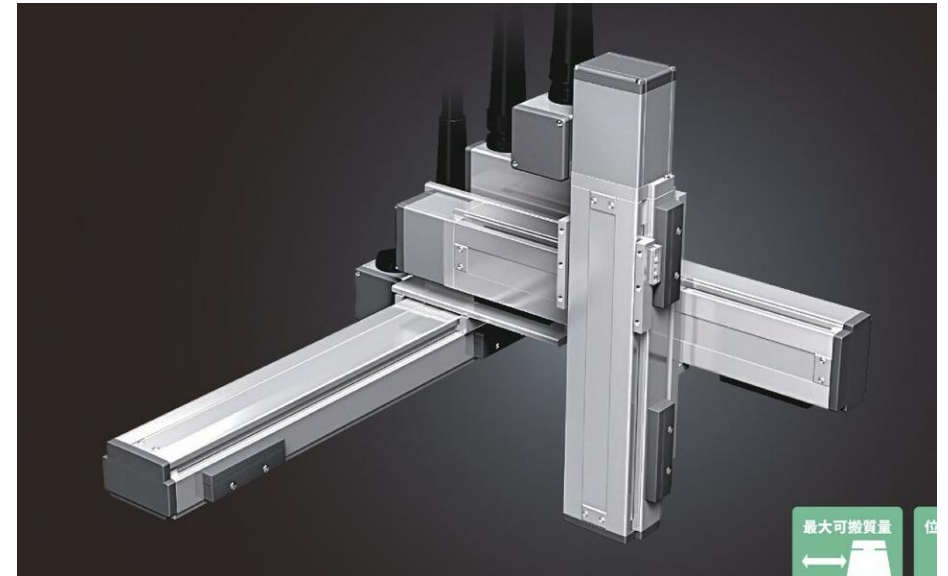


*1



Prismatic joint (Linear joint)

直動関節



*2

*1 http://www.nihonbinary.co.jp/Products/Robot/UniversalRobots_e.html

*2 <https://www.iai-robot.co.jp/download/catalog/>

Joint types

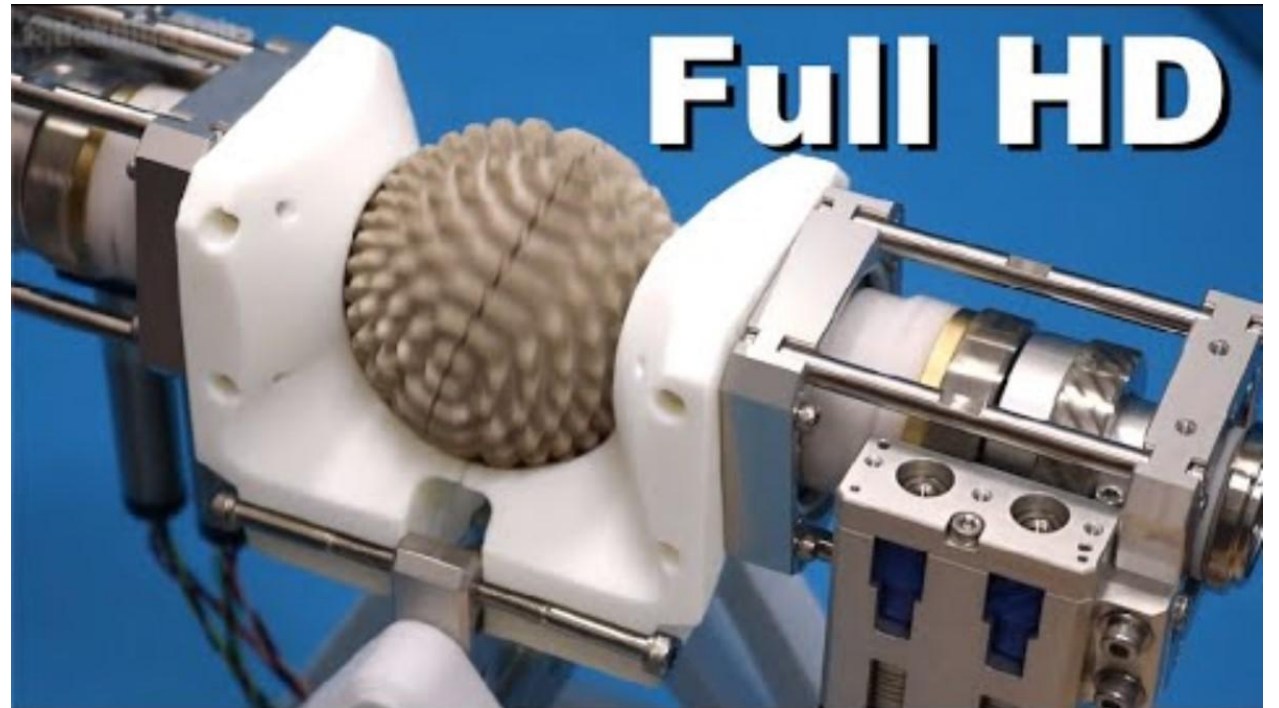
Spherical joint (Ball joint)

球状関節



*1

Usually, spherical joints are passive, but...



*2

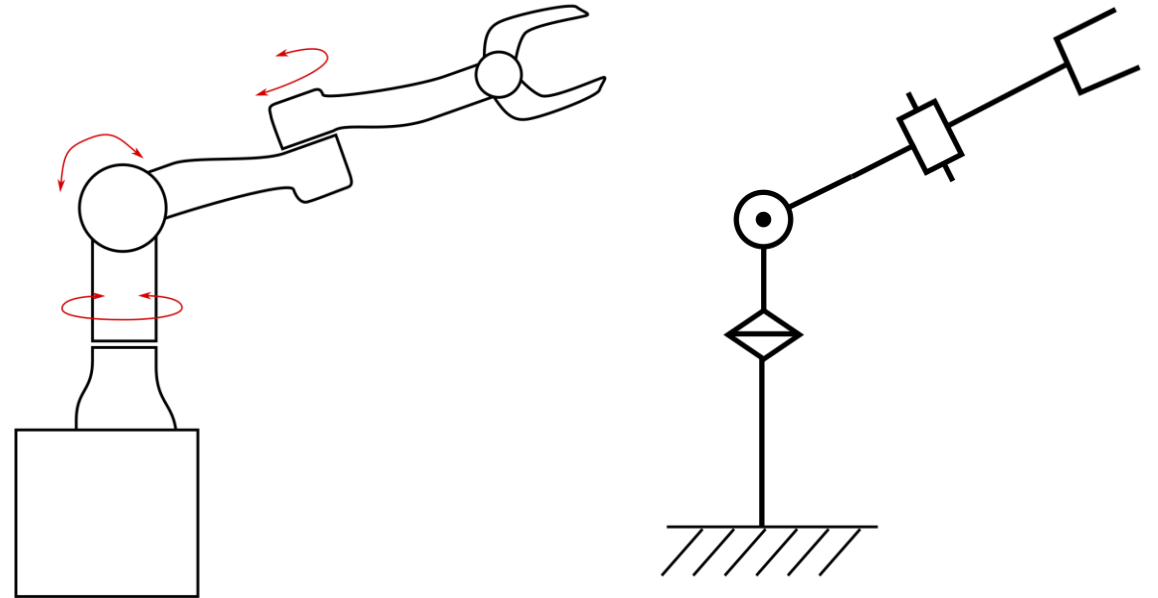
*1 https://www.nbk1560.com/products/machine_element/ball_joint/SBJS-M/

*2 https://youtu.be/hhDdfiRCQS4?si=sTn1Re_SHChdNu-S

How to Draw a Robot Joints

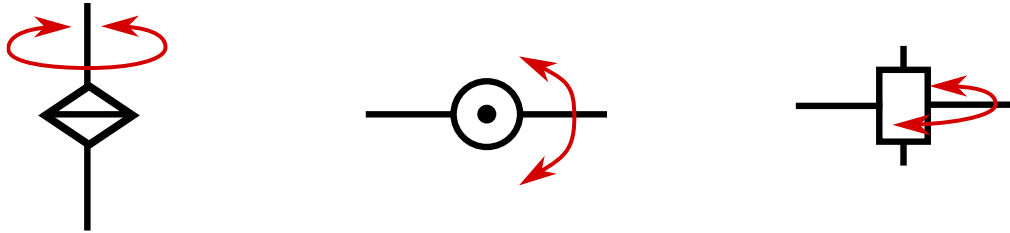
- When thinking about a robot's mechanism, it is useful to use simple drawings instead of detailed mechanical drawings.

- ロボットの機構を考えるときは、詳細な機械図面の代わりに簡単な図を使うと便利

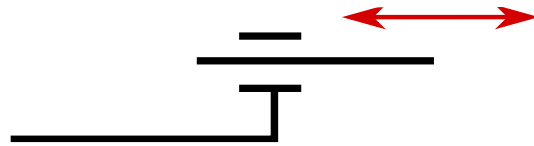


Simplified robot mechanism drawing

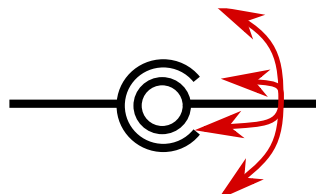
Revolute Joints



Prismatic Joint



Spherical joint



Link configuration design

Simple 1-link robot

Configuration

- Only one revolute joint

Motion

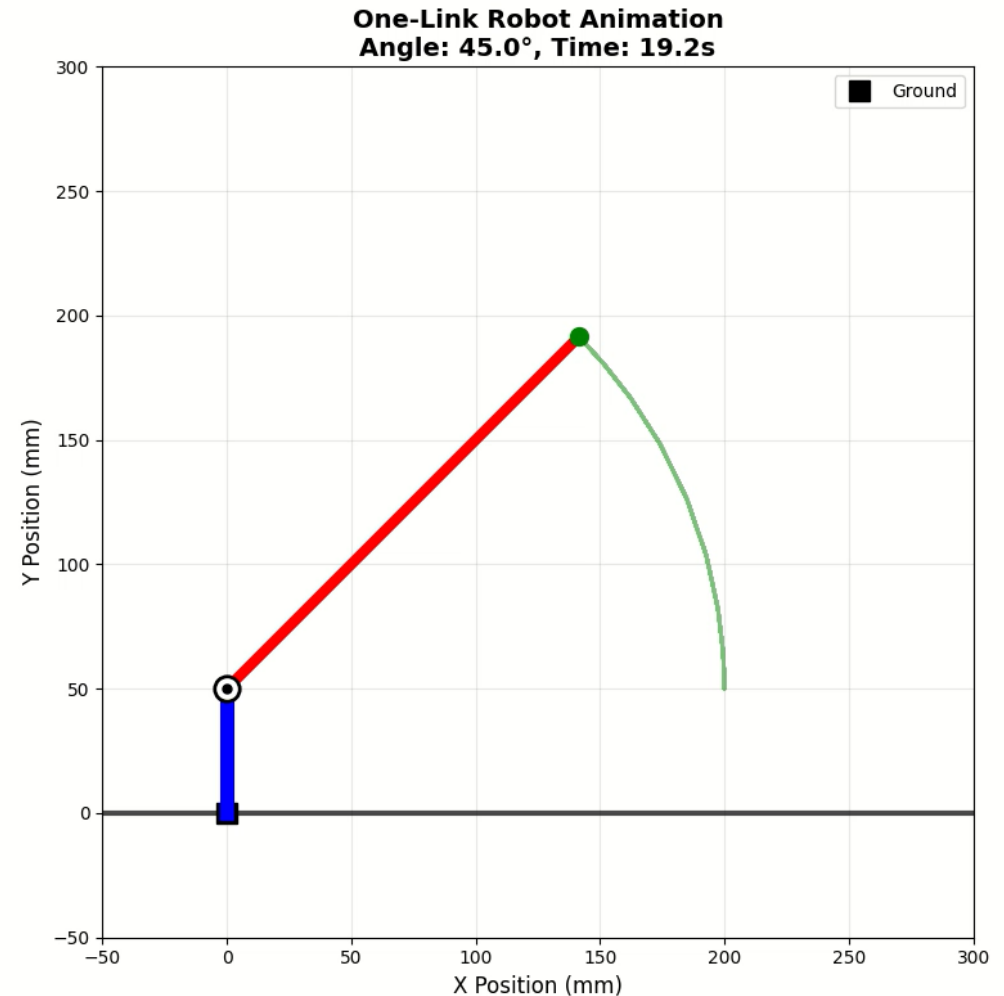
- The tip of the robot can move only along an arc.

構成

- 1個の回転関節のみ

動作

- ロボットの先端は円弧上のみを動く



2-link robot

Configuration

- Two revolute joints

Motion

- The tip of the robot can reach any position on a 2D plane (within its reachable workspace)

構成

- 2個の回転関節

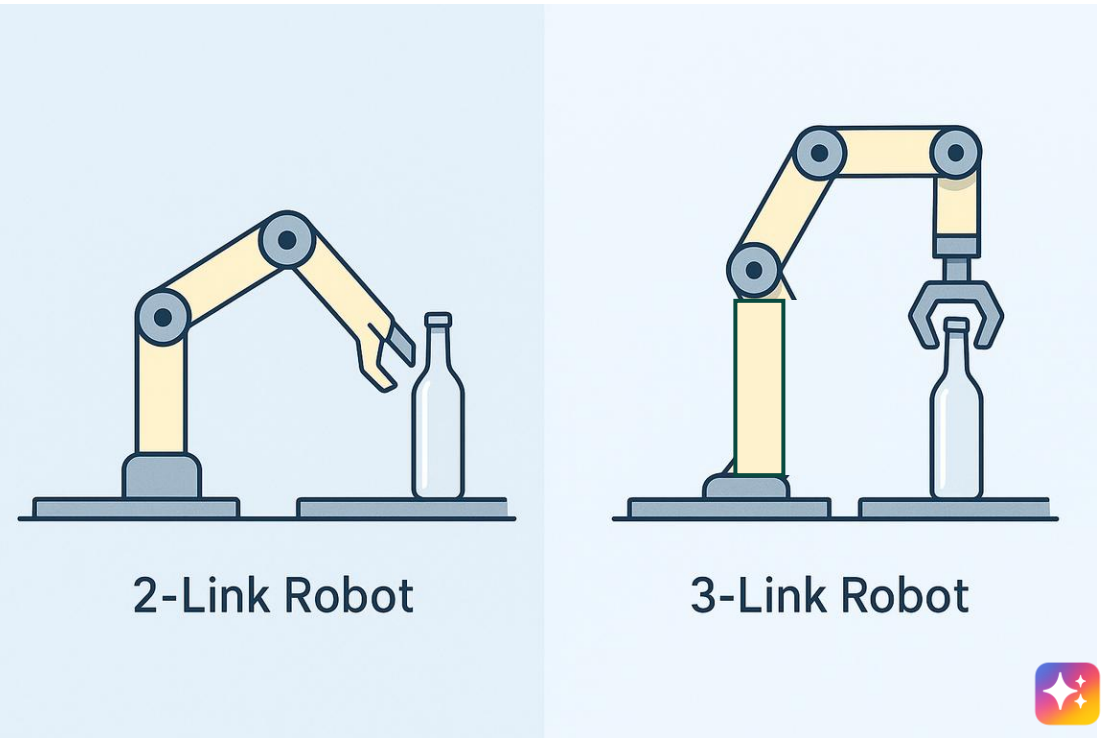
動作

- ロボット先端は2次元平面上の任意の位置に行くことができる（可動範囲内で）



3-link robot

- Previous slide showed 2-link robots cover planar workspace.
 - However, target objects may rotate.
 - To control not only position but also orientation freely, an additional link (3-link robot) is required.
-
- 前ページで、2リンクで平面をカバーできることを見せた
 - ロボットが掴む相手（対象物）は回転する可能性がある
 - 対象物の位置だけでなく、角度も任意に動かすには、もう1リンク必要



For three-dimensional space

To achieve full manipulation in 3D space, at least 6 links are needed:

- 3 links for translation
 - Along the X, Y, and Z directions
- 3 links for rotation
 - Around the X, Y, and Z axes

三次元空間では、自由自在なマニピュレーションを実現するために最低6リンク必要

- 並進 (XYZ) の操作 3リンク
- 回転の操作 3リンク



Degrees of freedom (DOFs)

What is DOFs?

- **Degrees of freedom** refer to the number of ways or directions a robot can move.
- Degrees of freedom play a crucial role in determining how a robot operates.
- When designing a robot, degrees of freedom are one of the most important factors to consider.
- **自由度**とは、ロボットが動ける独立した方向や軸の数のこと
- 自由度はロボットの動作内容に大きく影響する
- ロボット設計において最も重要な設計パラメータのひとつ

Example 1

This robot has 4 joints.

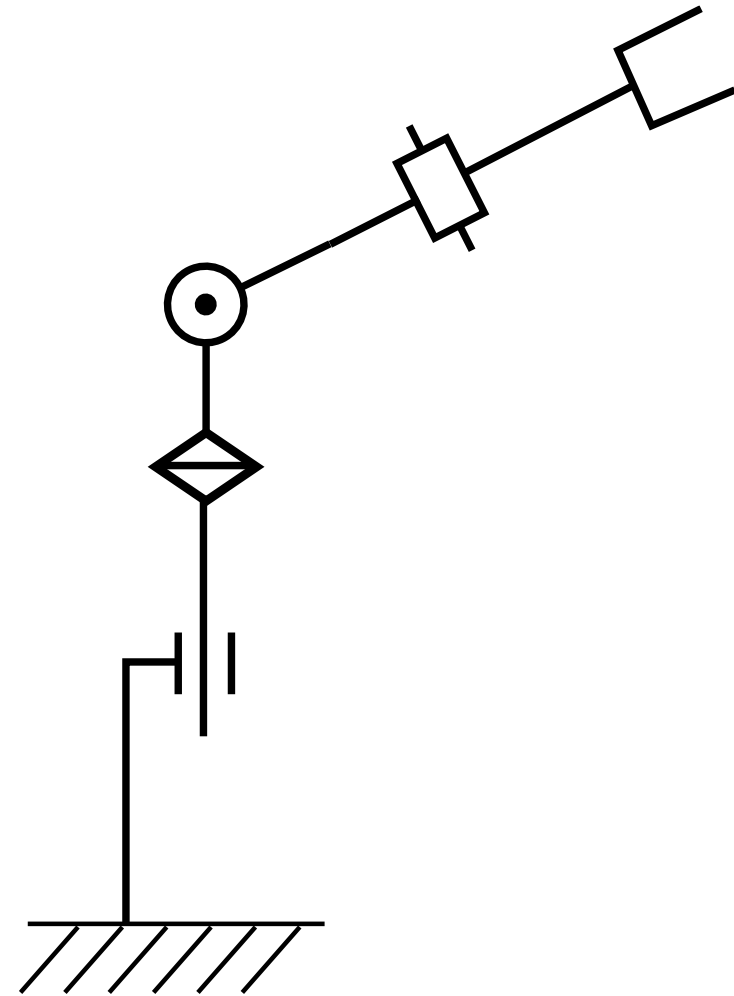
All joints are independently movable

→ 4 DOFs

このロボットの関節は4つ

すべての関節は独立に動かせる

→ 4 自由度



Example 2

This robot has 4 joints.

Only 1 joint is independently movable

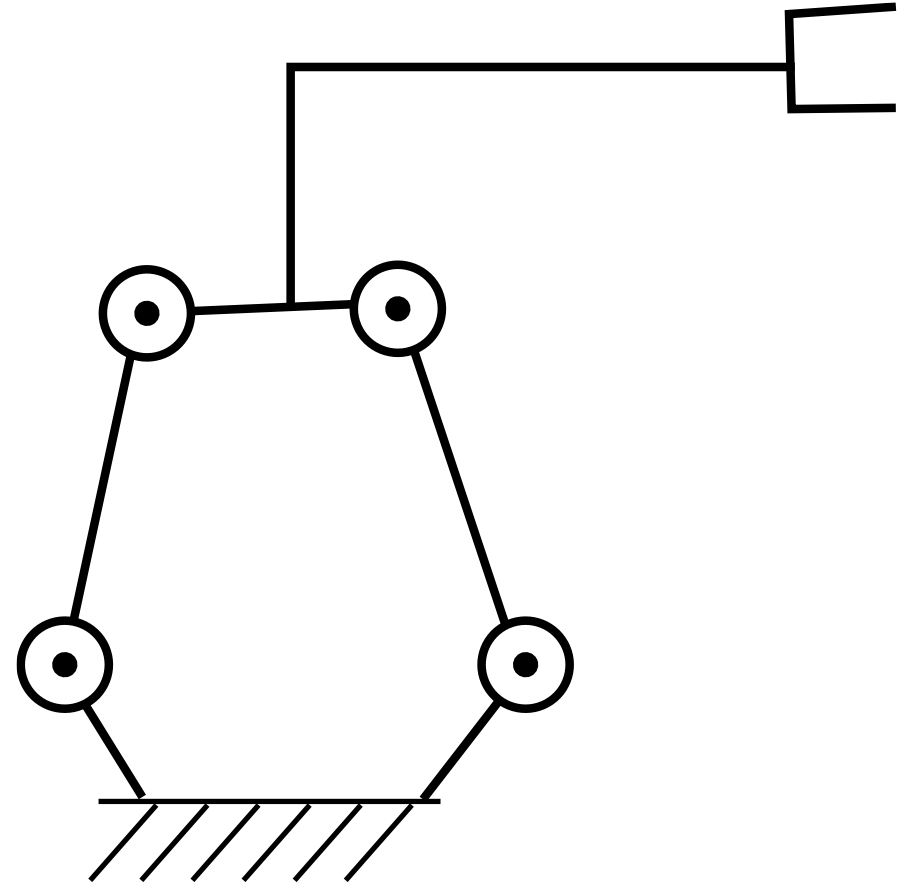
- When you rotate 1 joint, the angles of the other 3 joints are geometrically determined

このロボットの関節は4つ

1関節だけを独立に動かせる

- 1個の関節を動かすと、残りの3関節の角度は幾何学的に決まる

➡ 1 DOF



Kutzbach-Gruebler's equation クッツバッハ・グループラーの式

- A formula to calculate the degrees of freedom (DOF) of complex linkages easily
- For **planar** linkages, the formula is:

$$F = 3(n - 1) - 2J$$

- For 3D linkages:

$$F = 6(n - 1) - 5J$$

F : degrees of freedom
 n : number of links
 J : number of joints

- 複雑なリンク機構の自由度を簡単に計算できる式
- **平面的**なリンク機構においては

$$F = 3(n - 1) - 2J$$

- **立体的**なリンク機構においては

$$F = 6(n - 1) - 5J$$

F : 自由度
 n : リンクの数
 J : 関節の数

Kutzbach-Gruebler example 1

$$F = 6(n - 1) - 5J$$

F : degrees of freedom

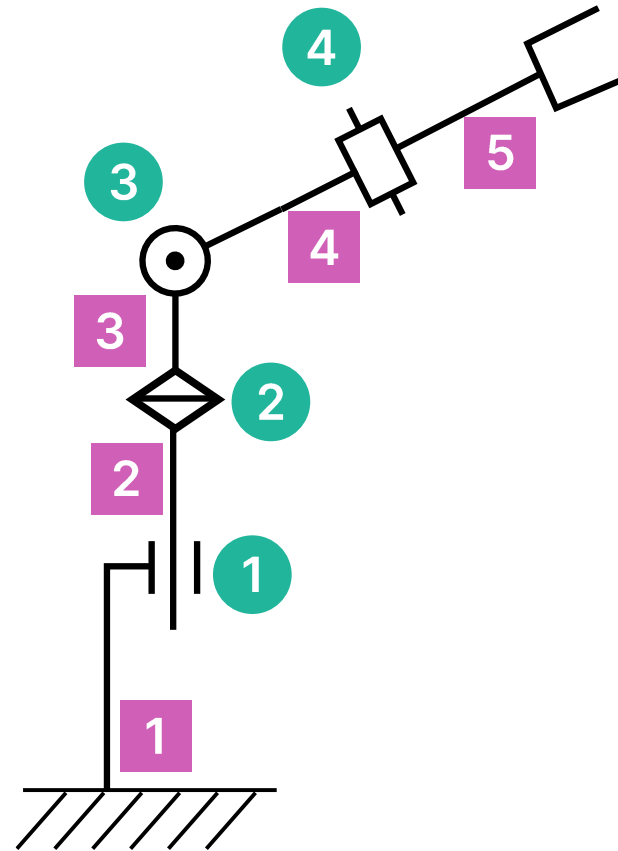
n : number of links

J : number of joints

$$n = 5$$

$$J = 4$$

$$F = 6(5 - 1) - 5 \cdot 4 = 4$$



Kutzbach-Gruebler example 2

$$F = 3(n - 1) - 2J$$

F : degrees of freedom

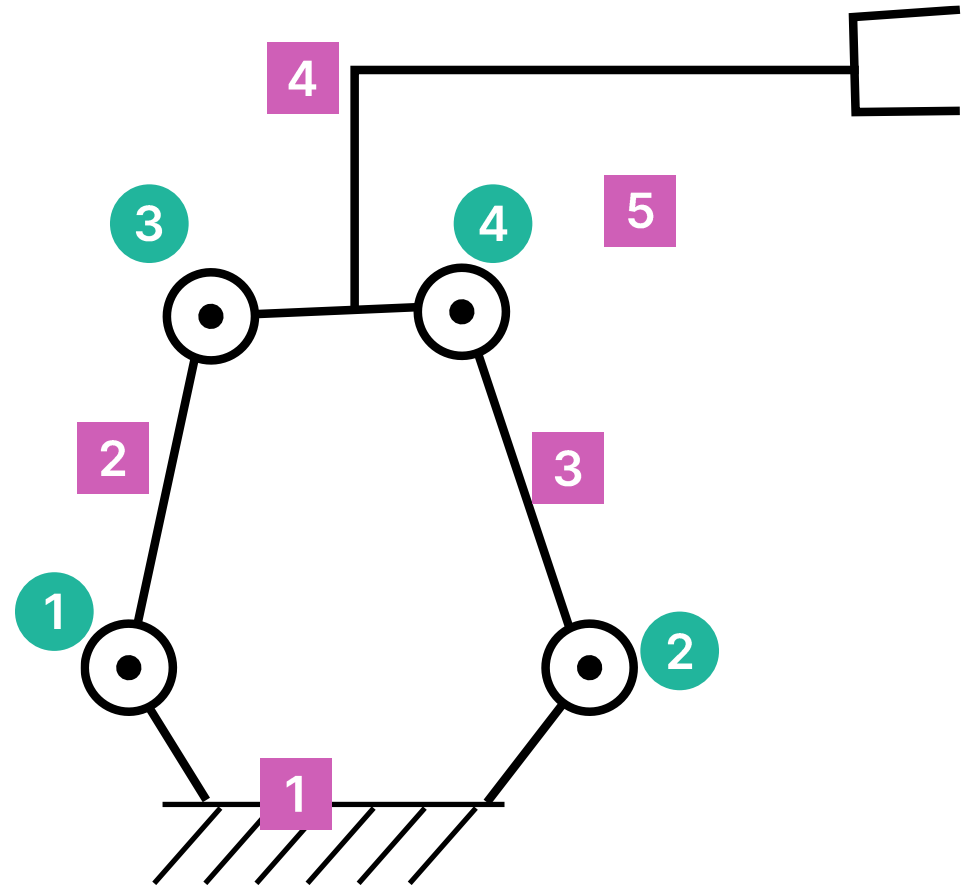
n : number of links

J : number of joints

$$n = 4$$

$$J = 4$$

$$F = 3(4 - 1) - 2 \cdot 4 = 1$$



NOTE Count the ground and all grounded links as one big link

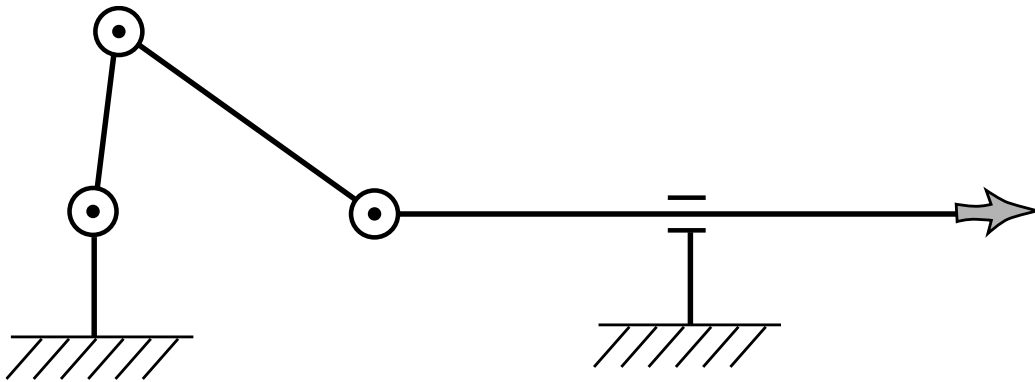
地面と地面に固定されているリンクは、1つの大きなリンクと解釈して数える

Quiz

5 min.

Calculate the DOFs of the following mechanism (slider-crank)

以下の機構の自由度を求めよ（スライダークランク機構）

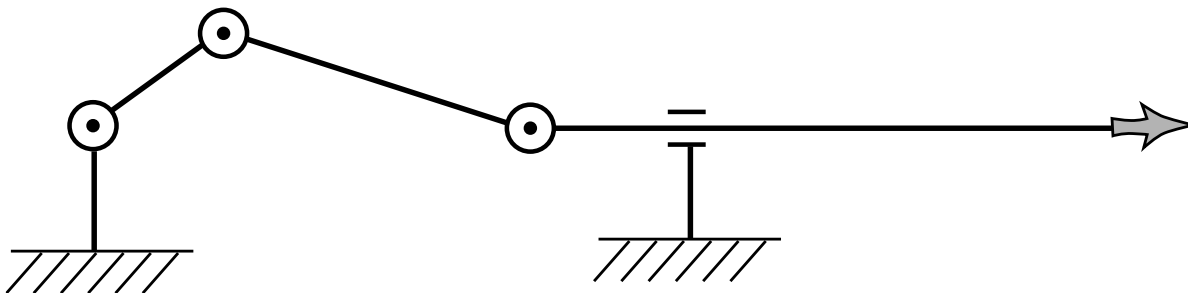


$$F = 3(n - 1) - 2J$$

F : degrees of freedom

n : number of links

J : number of joints



スライダークランクの応用例

- 内燃機関（エンジン）のピストンとクランクシャフトの動力伝達機構
- コンプレッサーの往復運動の駆動システム
- 自動包装機などの往復運動を必要とする産業用機械部品

Application examples of slider-crank

- Power transmission in internal combustion engine pistons
- Driving system of reciprocating compressors
- Industrial machines for reciprocating motions (e.g., packaging machines)

Serial link manipulators

Serial link robots

Serial link robots have simple mechanisms.

All links are connected one after another.

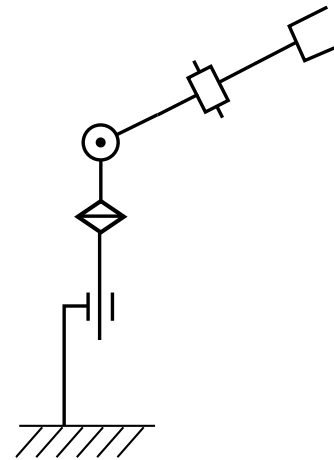
- Large workspace
- Easy kinematics

シリアル（直列）リンクロボット

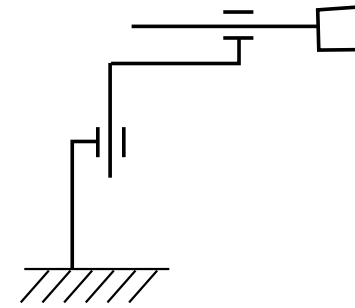
- シリアルリンクロボットは構造が単純
- 全てのリンクは一つずつ順番に連結されている
 - 広い作業空間を持つ
 - 運動学が簡単

Serial or Parallel ?

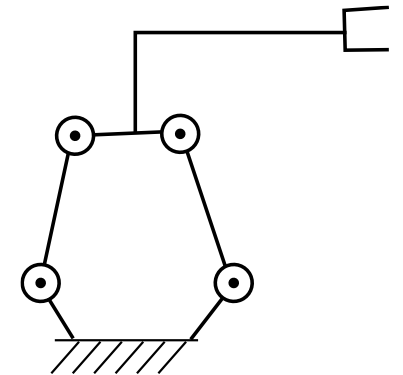
(A)



(B)



(C)



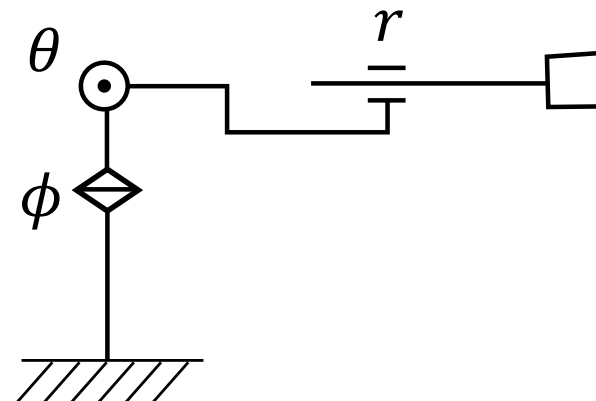
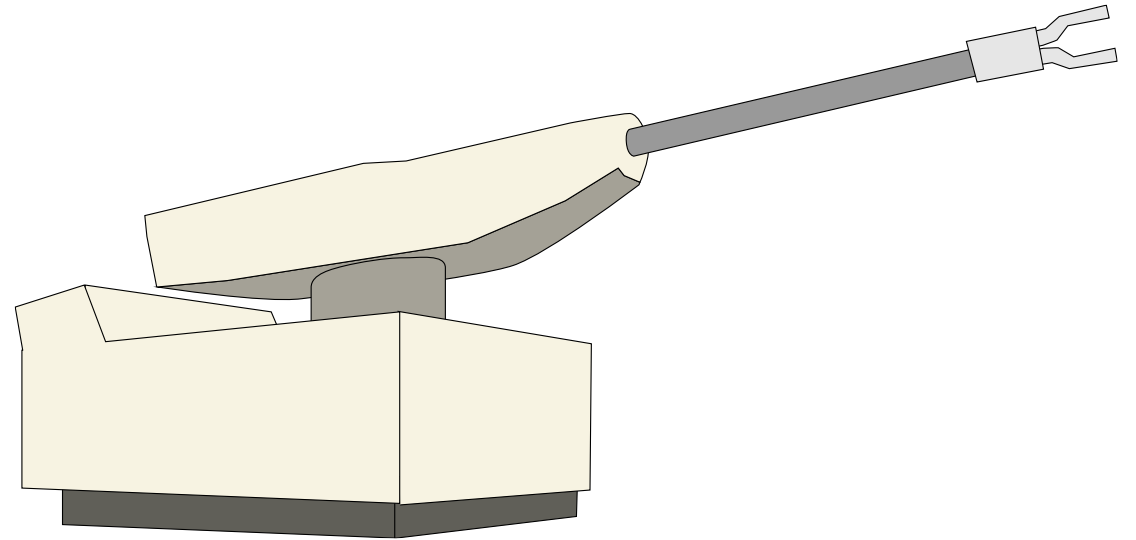
Polar coordinates robot

The oldest industrial robot, **Unimate**, is a polar coordinates robot.

- Created for assembly lines at General Motors.
- Licensed to Kawasaki Heavy Industry in 1969 and produced in Japan.

世界初の産業用ロボットUnimateは極座標型ロボット

- ジェネラルモーターズの組み立てラインのために作られた
- 1969年に川崎重工業がライセンスを取得し、日本でも製造された

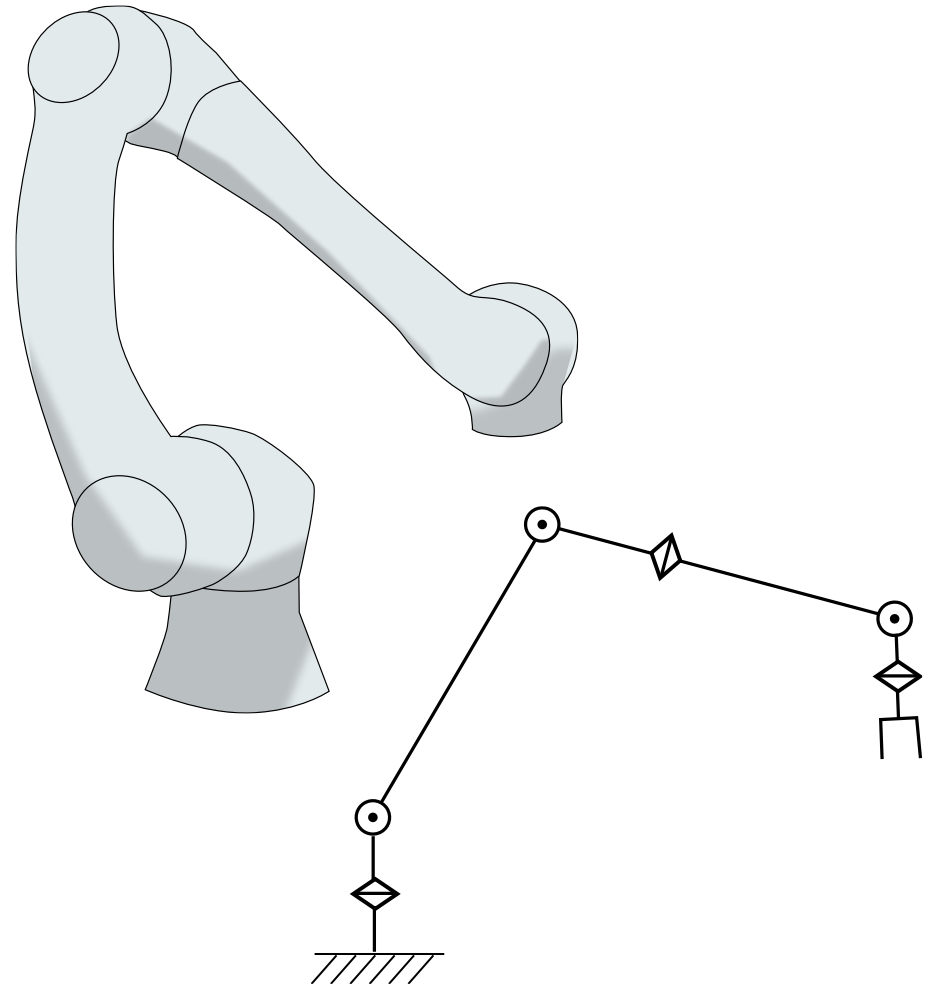


Articulated Robots

Most modern industrial robots are articulated robots.

垂直多関節ロボット

- 現在の産業用ロボットは大半が垂直多関節ロボット



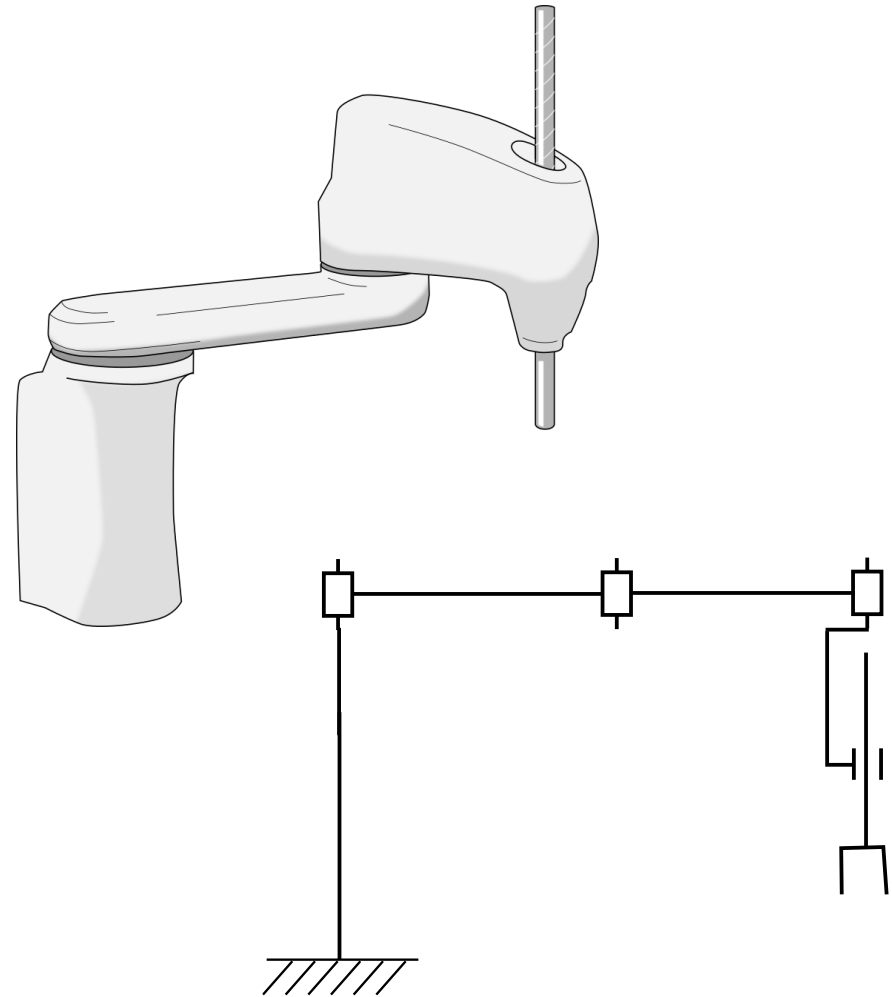
SCARA robot

Selective Compliance Assembly Robot Arm

- Vertical motion: high stiffness
- Horizontal motion: low stiffness
- Affordable

SCARAロボット（水平多関節ロボット）

- 垂直方向の動き: 高い剛性
- 水平方向の動き: 低い剛性
- 手頃な価格



Quiz

5 min.

Draw a link mechanism of a human arm.

人間の腕のリンク機構を図示せよ

Hint: Use spherical joints

Parallel link manipulators

Parallel link robots

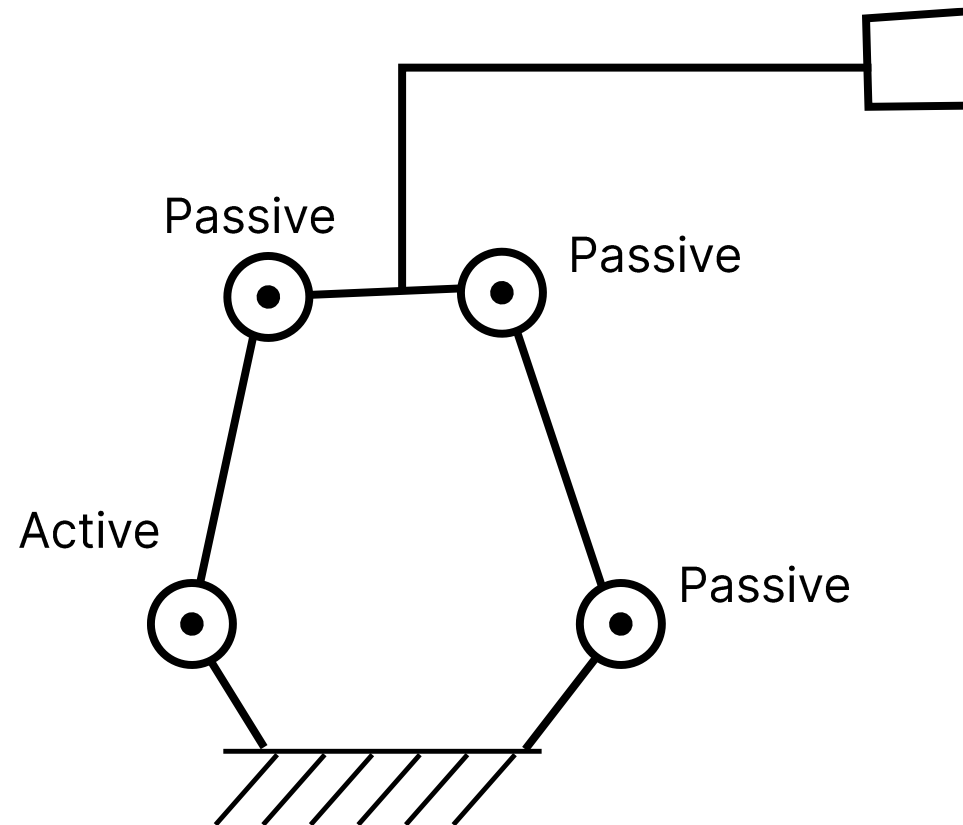
Parallel link robots have closed-loop linkage in their mechanisms

- High rigidity
- Low motor inertia

パラレルリンクロボットは閉ループリンク機構を持っている

特徴

- 高い剛性
- 低いモーター慣性

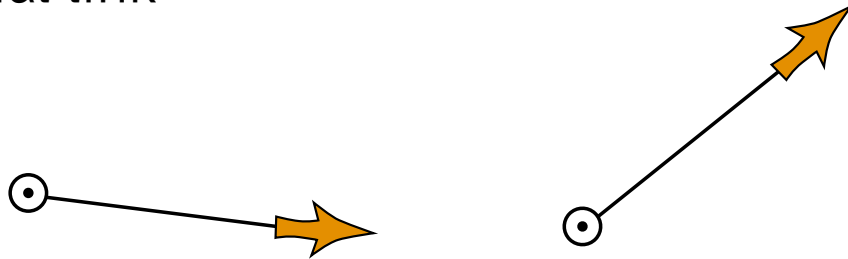


Four-bar linkage mechanism

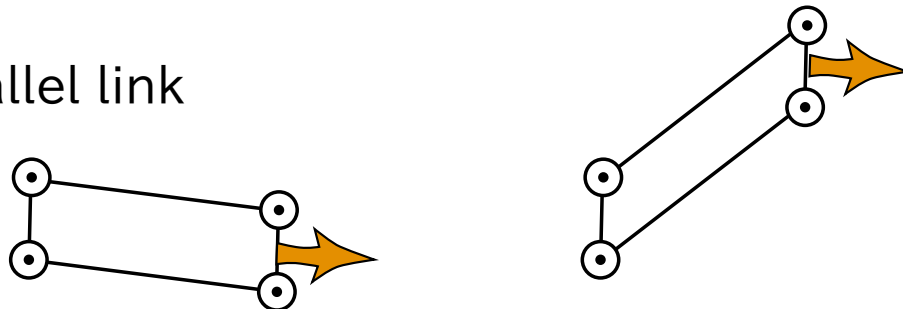
Some robots have a four-bar linkage mechanism.

- Surgical robots often use this mechanism.
- This mechanism links the movement of two connected parts.
- A parallel link is a special type of four-bar linkage and often used in robots.

serial link



parallel link



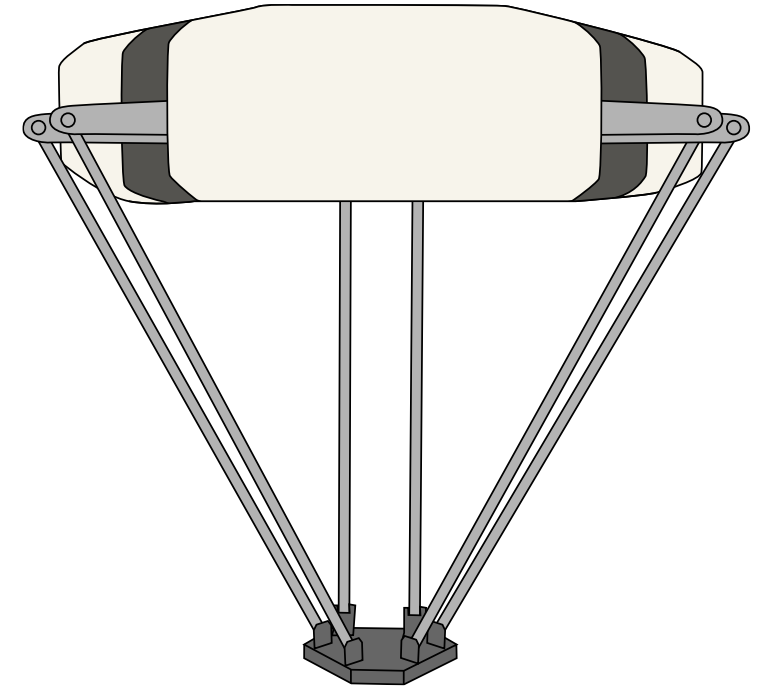
四節リンク機構

- 一部のロボット（例：手術ロボット）は四節リンク機構を使用する
- 四節リンク機構は、近位側と遠位側の角度に何らかの関係性（連動）を生み出す
- パラレルリンクはよくある四節リンク機構の一つで、ロボットでよく使われる

Industrial parallel link robot

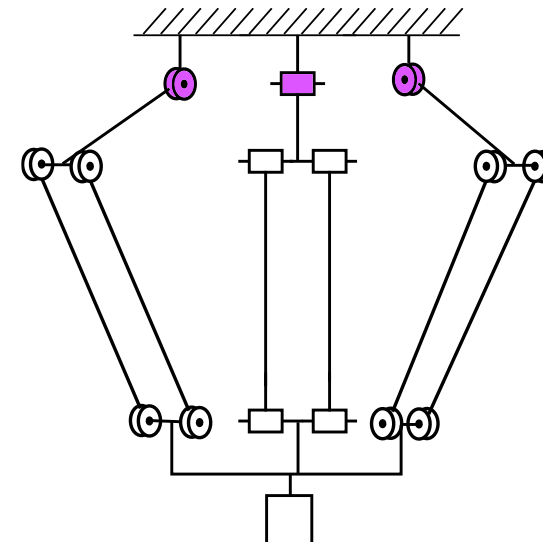
Industrial Parallel Link Robot

- Industrial parallel link robots are light and fast.
- The end effector always stays horizontal.
- Many robots have three motors and can move in 3 degrees of freedom (3DOF).



産業用平行リンクロボット

- 産業用平行リンクロボットは軽量で高速
- エンドエフェクターは常に水平を保つ
- 3つのモーターで3DOF動作を行うものが多い



Link mechanism of a surgical robot



Surgical robots have special requirements that make them work inside a patient's body.

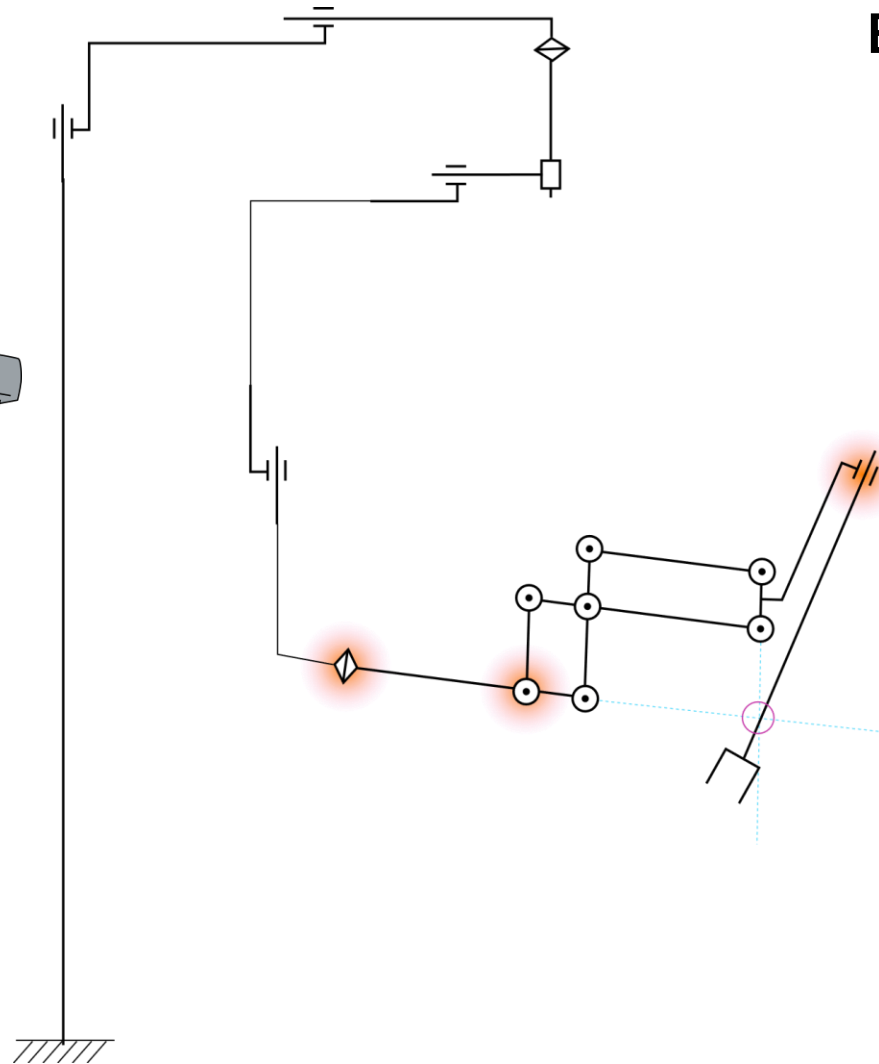
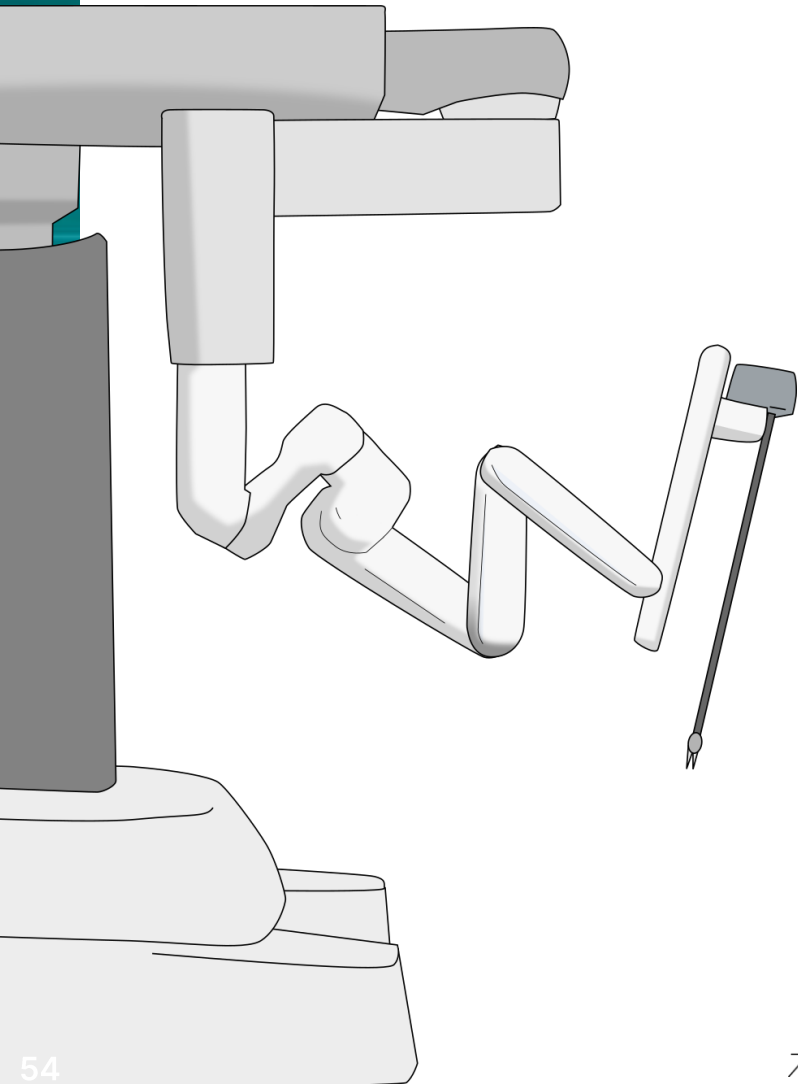
Therefore, specialized robots with unique designs have been created.

The Remote Center of Motion (RCM) is a common design in surgical robots.

手術ロボットは、患者の体内で動作しなければならないという特殊な制約がある。そのため、独特な構造のロボットが開発されてきた。Remote Center of Motion (RCM)は手術ロボットの代表的な機構である。

RCM-type surgical robot prototype developed in Tokyo Institute of Technology

Surgical parallel link robot

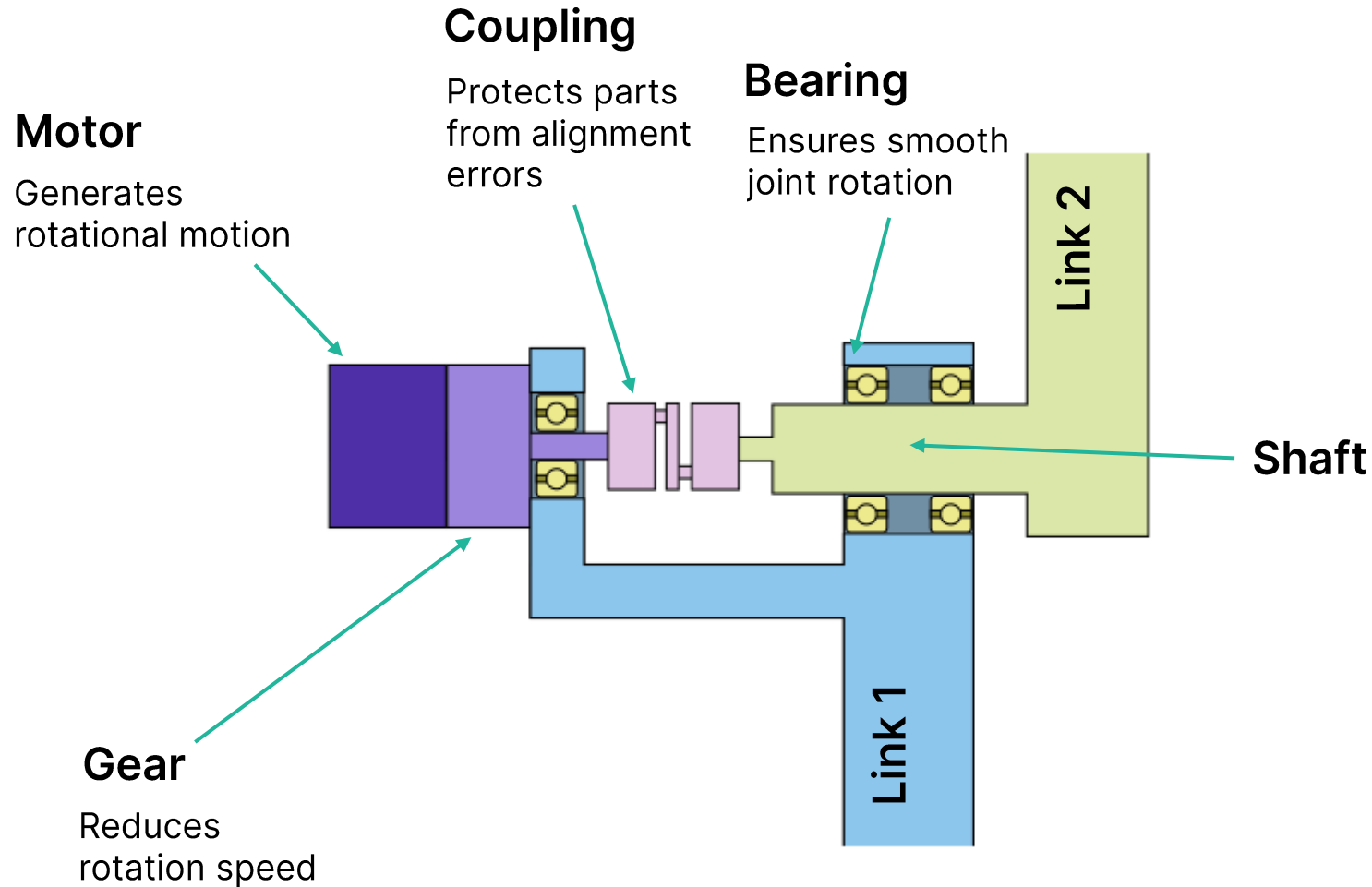


Example:

- Remote center of motion of a famous surgical robot

Mechanical components

Key components of a robot joint



回転関節の主要な構成要素

モーター

- ・ 回転運動を生成する

ギア

- ・ 回転速度を減速する

カップリング

- ・ 部品を位置ずれから保護する

ベアリング

- ・ ジョイントの回転をスムーズにする

Actuator

Definition

- A device that converts energy into motion or force
- For robots, actuators generate driving force or torque for joints and enables robot movement

Typical actuators

- Electric motor
- Hydraulic cylinder
- Pneumatic cylinder

アクチュエータ

- エネルギーを動作や力に変換するデバイスのこと
- ロボットでは、アクチュエータは関節を動かす力やトルクを発生させ、ロボットを動かす

よくあるアクチュエータ

- 電動モーター
- 油圧シリンダ
- 空気圧シリンダ

Details will be provided next week.

Reduction gears

- **Electric motors** spin **very fast** (about 10,000 rpm) but their torque is low.
 - **Robots**, however, need to move **more slowly** (around 100 rpm) and produce higher torque.
 - By using **gears** to slow down the motor's output, robots can get the right balance of speed and torque.
- 電気モーターは高速回転（10,000rpm）を生成するが、トルクが低い。
 - ロボットは低速回転（約100rpm）と高トルクが必要である。
 - 電動モーターの出力をギヤによって減速することでロボットにとって最適な回転速度とトルクが得られる。

Simple gear example

Gear ratio 2:1

- Reduces speed and increases torque

	INPUT	OUTPUT
Speed	2	1
Torque	1	2

ギヤ比 2:1

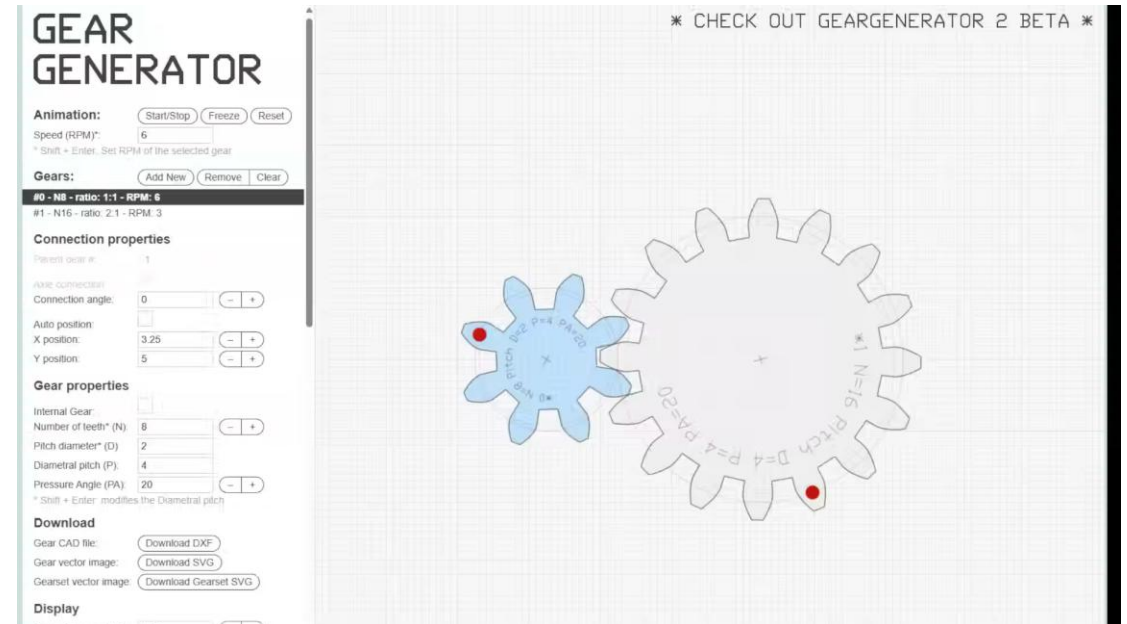
- 回転数を落とし、トルクを上げる

トルク

力x長さで表される量で、物体を回転させようとする力を表す。
物理的にはモーメントと同じ。

Torque

Torque means force x distance. It shows how strong a force tries to turn something.
In physics, it is the same as "moment."



Multi-stage gear example

多段ギヤの例

First stage ratio = 2:1

Second stage ratio = 3:1

→ Total reduction ratio = 6:1

<https://geargenerator.com/>

The screenshot displays the Gear Generator interface. On the left is a control panel with the following sections:

- Animation:** Start/Stop, Freeze, Reset buttons. Speed (RPM) input: 12. Note: * Shift + Enter. Set RPM of the selected gear.
- Gears:** Add New, Remove, Clear buttons. Gear list:
 - #0 - N8 - ratio: 1:1 - RPM: 12
 - #1 - N16 - ratio: 2:1 - RPM: 6
 - #2 - N5 - ratio: 2:1 - RPM: 6
 - #3 - N15 - ratio: 6:1 - RPM: 2
- Connection properties:** Parent gear # (2), Axle connection checkbox, Connection angle (0), Auto-position checkbox, X position (8.5), Y position (5).
- Gear properties:** Internal Gear checkbox, Number of teeth (N) (15), Pitch diameter (D) (3.75), Diametral pitch (P) (4), Pressure Angle (PA) (20). Note: * Shift + Enter modifies the Diametral pitch.
- Download:** Download DXF, Download SVG, Download Gearset SVG buttons.

The main area shows a 3D visualization of a gear train with four gears. The gears are labeled with their parameters: Gear #0 (N=8, P=4, PA=20), Gear #1 (N=16, P=4, PA=20), Gear #2 (N=5, P=4, PA=20), and Gear #3 (N=15, P=4, PA=20). The gears are arranged in a sequence where Gear #0 meshes with Gear #1, Gear #1 meshes with Gear #2, and Gear #2 meshes with Gear #3. The gears are rendered in a light blue color with red dots at their centers. The background is a grid with the text '* CHECK OUT GEARGENERATOR 2 BETA *' at the top.

Planetary gear 遊星歯車

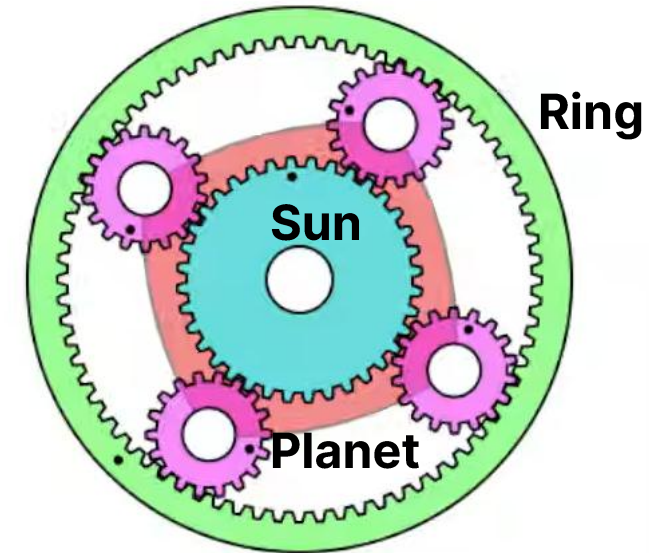
<https://www.thecatalystis.com/gears/>

A common gear set used in rotary joints

- Made of sun, planet, and ring gears
- Input and output shafts are on the same axis
- Small size and can achieve high reduction ratio

回転関節においてメジャーなギヤセット

- sun, planet, ring構成
- 入出力を同軸に配置できる
- 小型で高い減速比を実現できる



Usually, in robotics,

- Ring: fixed
- Sun: input from motor
- Planet: output to joint shaft

Wave strain gear 波動歯車

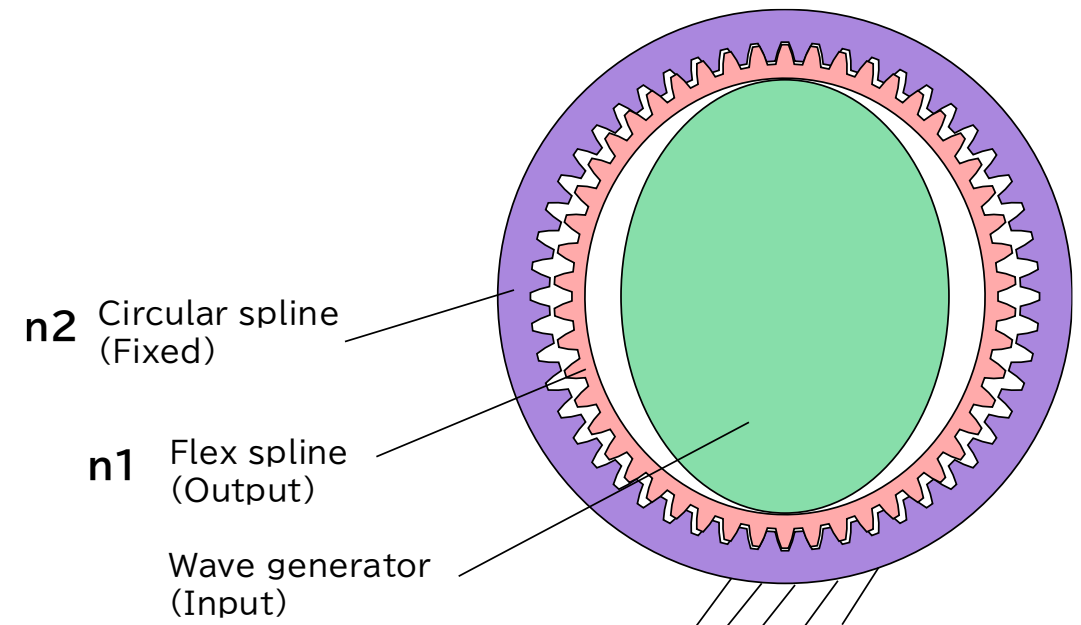
Special gear for robots

- When the wave generator rotates once, the flex spline rotates by $(n1-n2)$ teeth
→ reduction ratio = $(n1-n2)/n2$
- High reduction ratio with a simple mechanism



ロボット用の特殊なギヤ

- 楕円形のウェーブジェネレータが1回転すると、柔らかいフレックススプラインが $(n1-n2)$ 歯だけ回る
- 少ない部品で非常に高い減速比を実現



Coupling

カップリング

Roles

- Connect rotating shafts, transmit power
- Accommodate misalignment, absorb vibrations
- Protect against overload

Mechanism

- Elastic element links two hubs
- Element deformation allows for misalignment/dampens vibrations
- Torque transmitted through elastic element

役割

- 回転軸を接続し動力を伝達
- 軸のずれを許容し、振動を吸収
- 過負荷から機械を保護

仕組み

- 弾性体が2つのハブを連結
- 弾性体の変形でずれ/振動を吸収
- 弾性体を介してトルクを伝達



<https://en.wikipedia.org/wiki/Coupling>

Homework

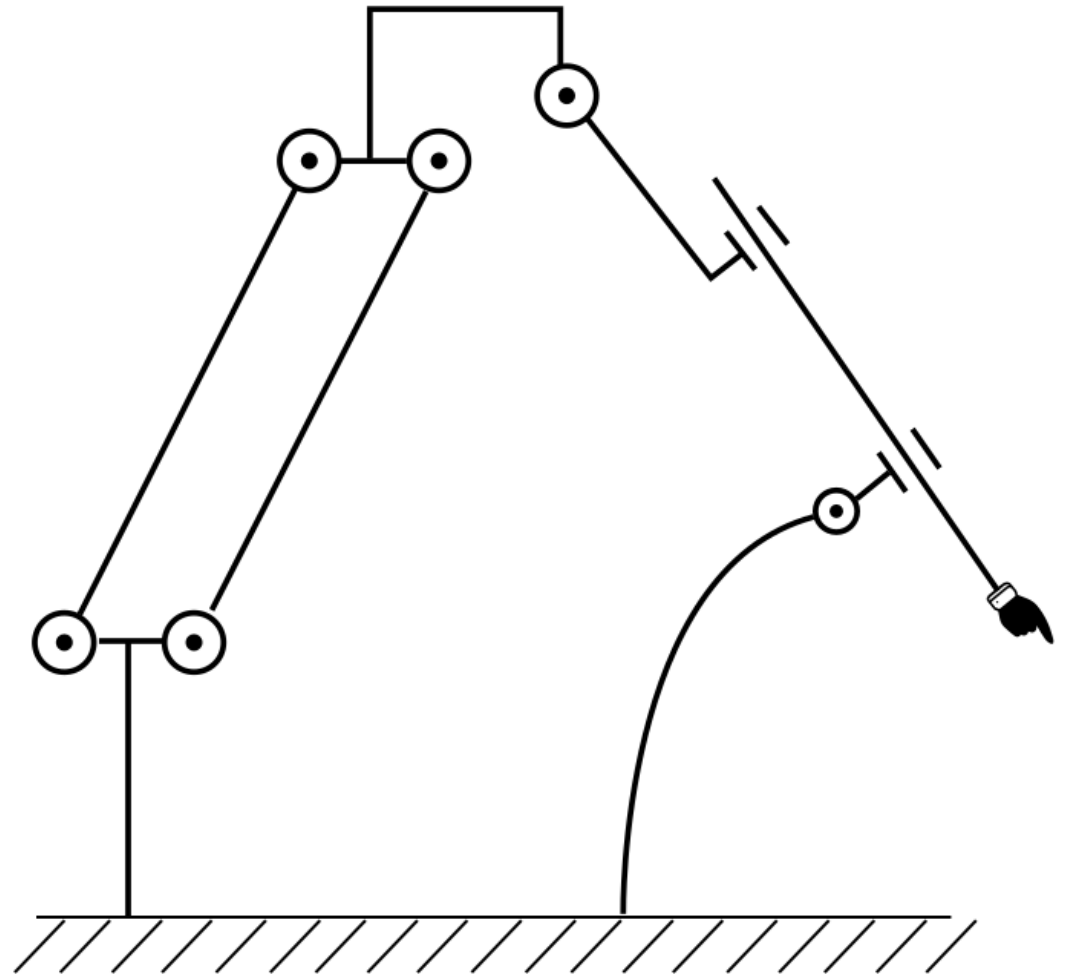
Calculate the degrees of freedom of the robot shown in the figure below.

DEADLINE: June 18

Submit answer to Science Tokyo LMS

課題：図のロボットの自由度を求めよ
(6/18締切)

回答はScience Tokyo LMSに提出してください。



[Please disclose the use of AI-generated content when using it for report creation.](#)
[It is acceptable to utilize AI to write reports in my lecture.](#)