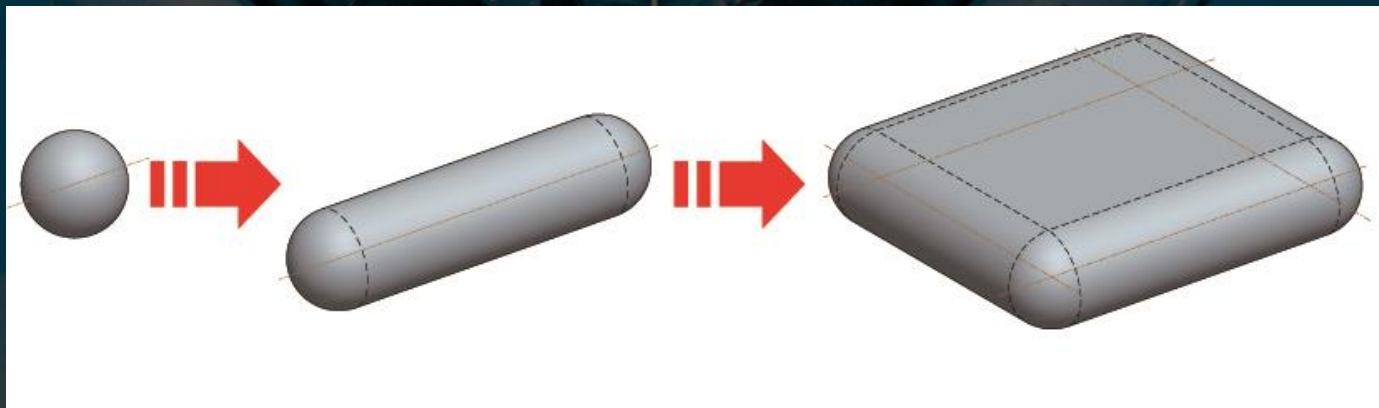
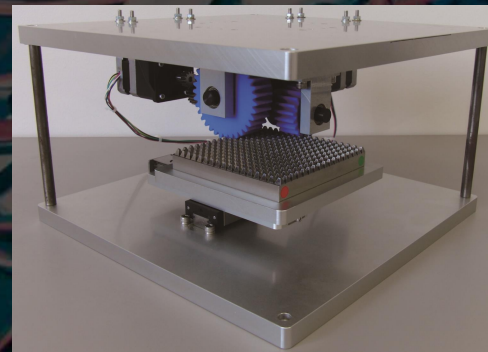


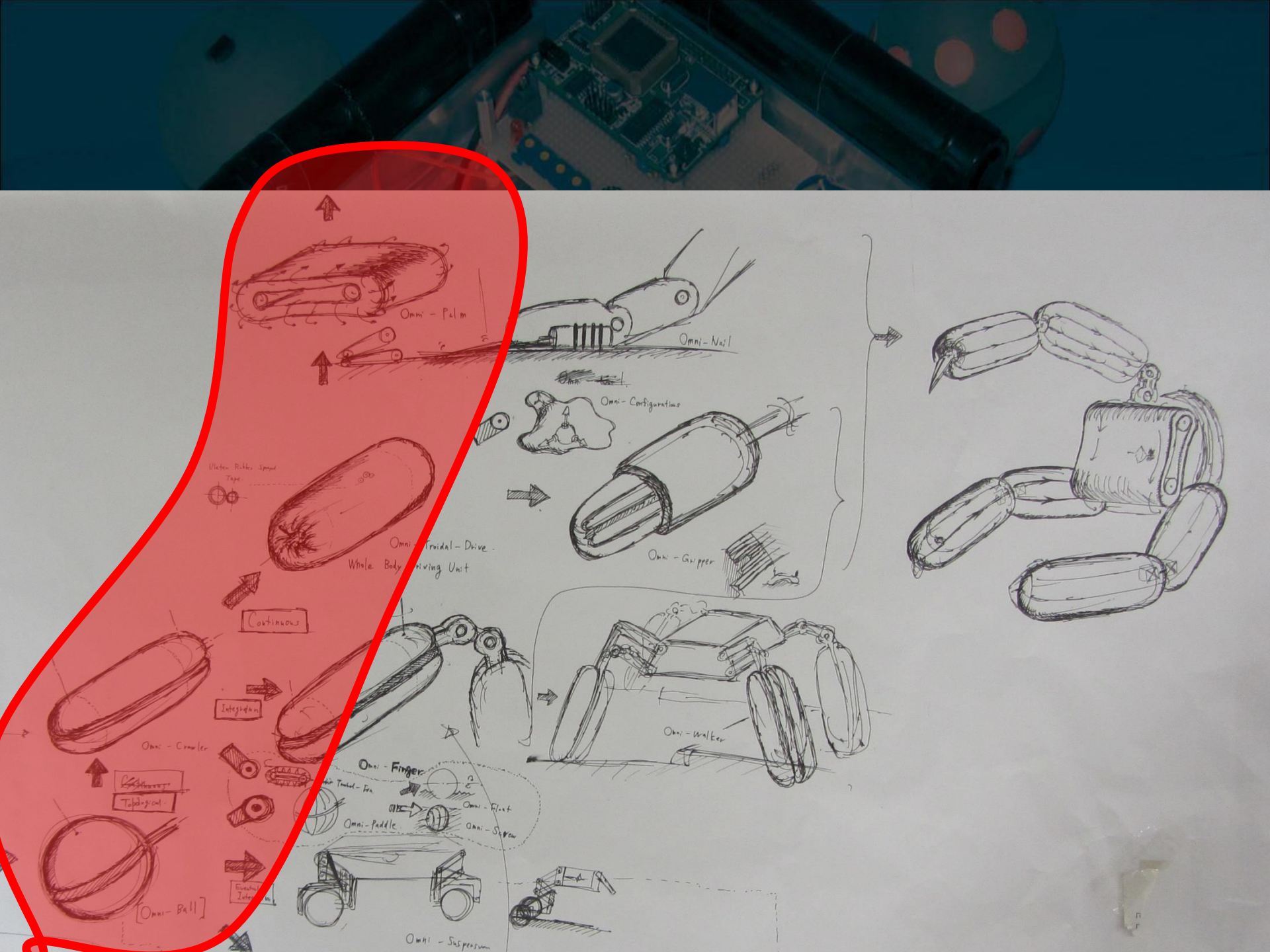
ロボット機構研究の実際

— 原理考案から具現化までの泥臭く重要な過程 —



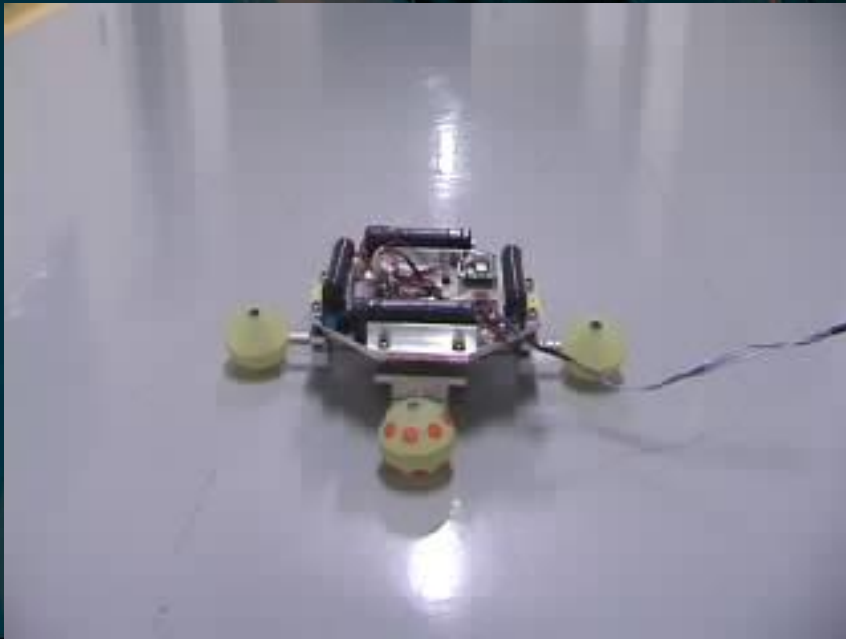
自己紹介

- 3度の飯より機構が好きな人間
- 趣味： 発明的 機構研究

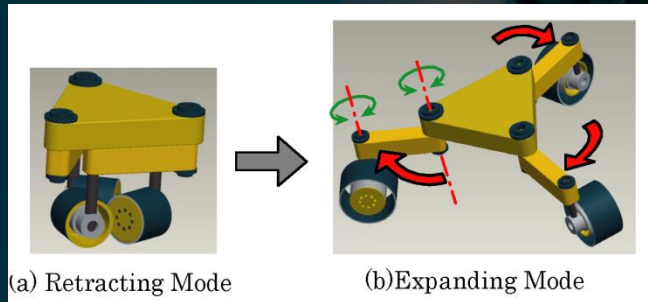
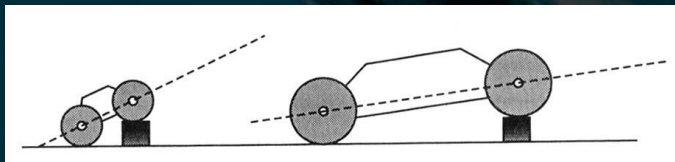


コア技術：全方向移動

- 前後・左右・斜め
任意の方向に進行可能な移動様式
(旋回動作も含む)

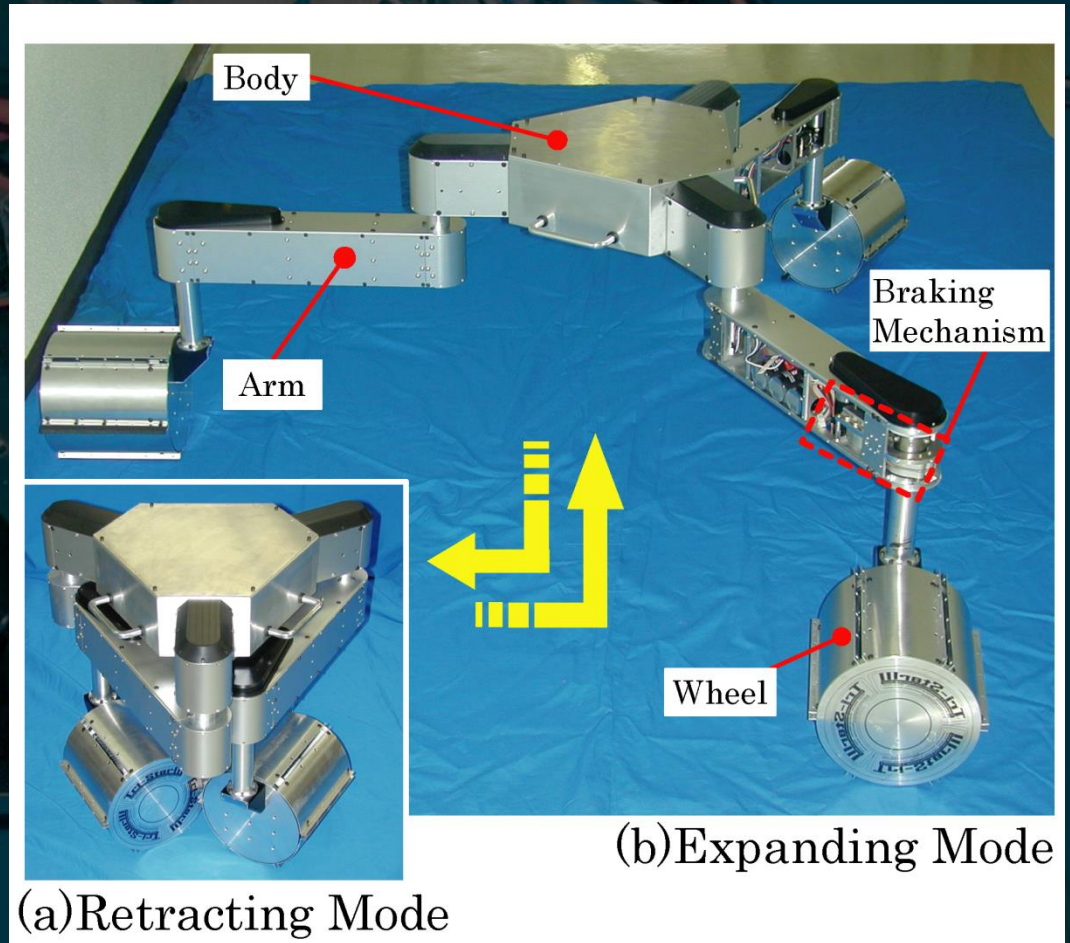


大学院時代に行っていた研究 「展開式3輪 惑星探査ローバ」



(a) Retracting Mode

(b) Expanding Mode

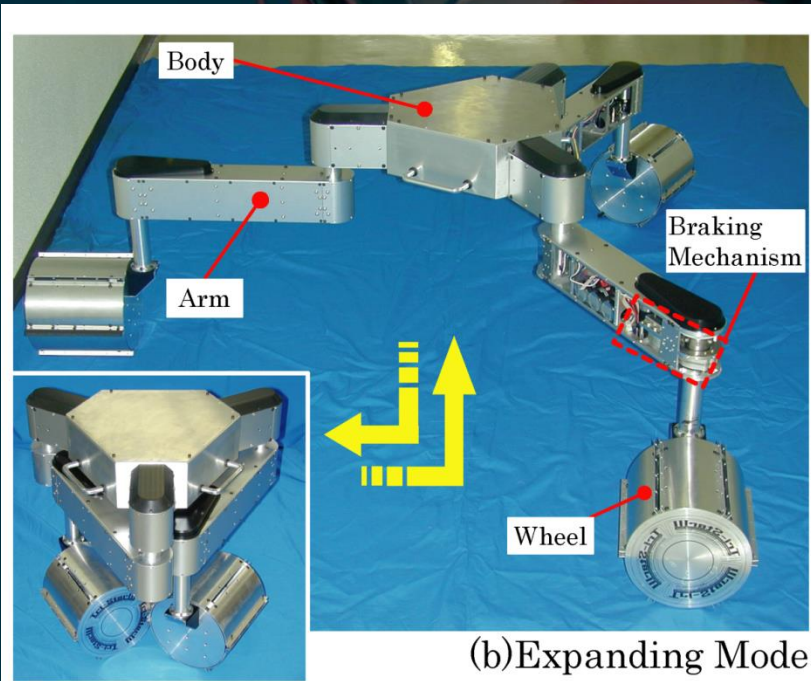


(a) Retracting Mode

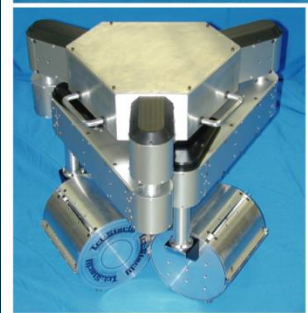
(b) Expanding Mode

転倒したら走行継続が困難.

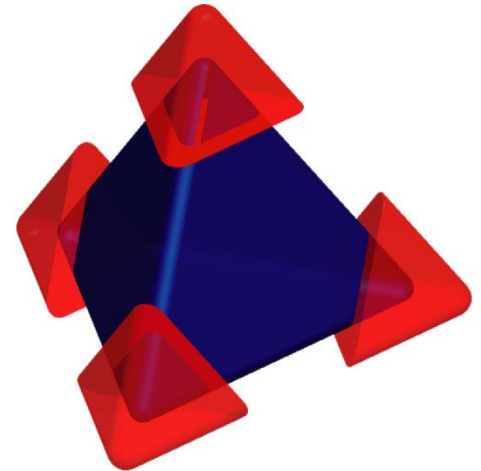
転倒しても動き続ける構造へ

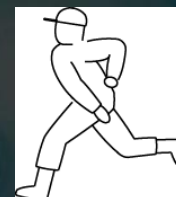
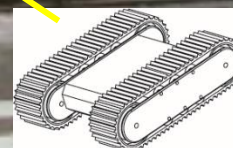


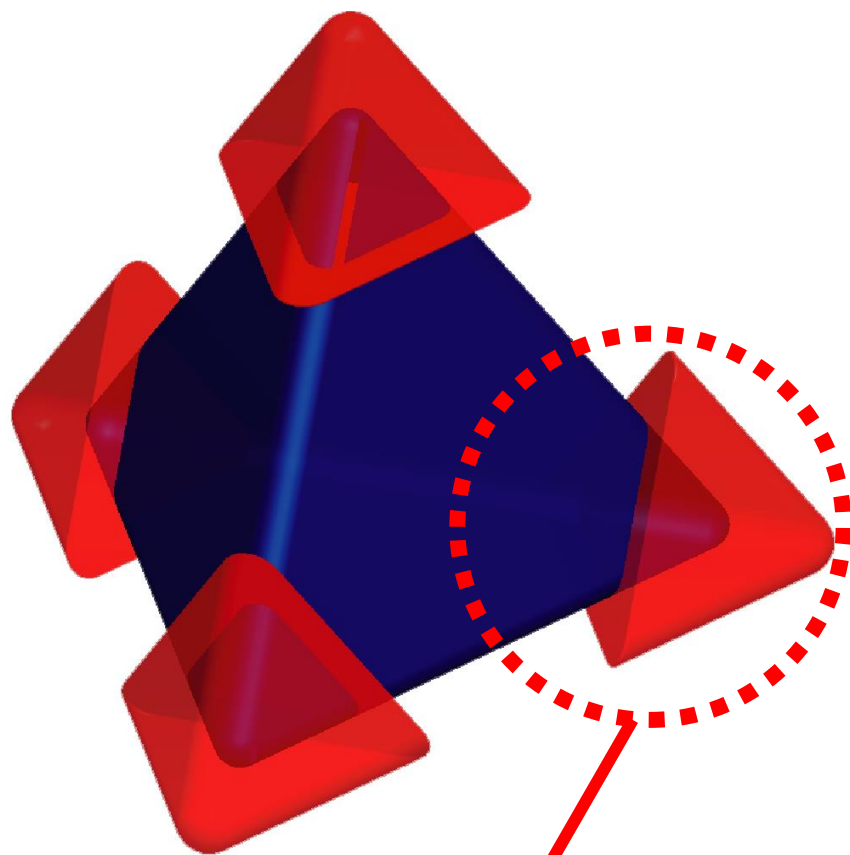
(b)Expanding Mode



(a)Retracting Mode

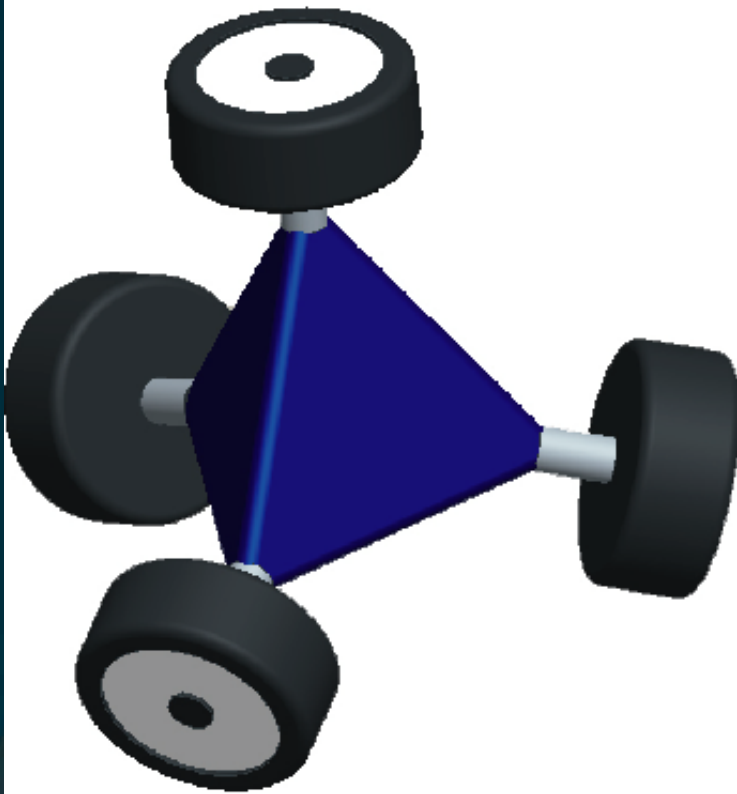




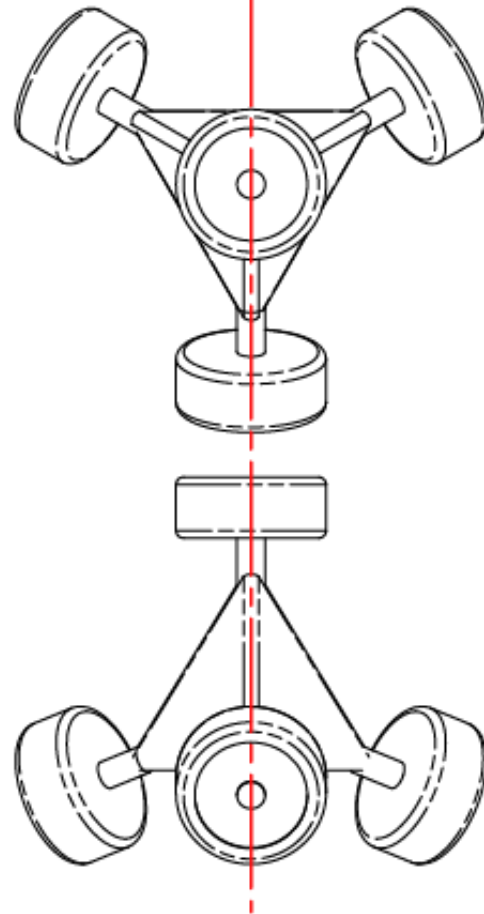


どのような構造の車輪を搭載すべきか？

Conventional Wheel Type

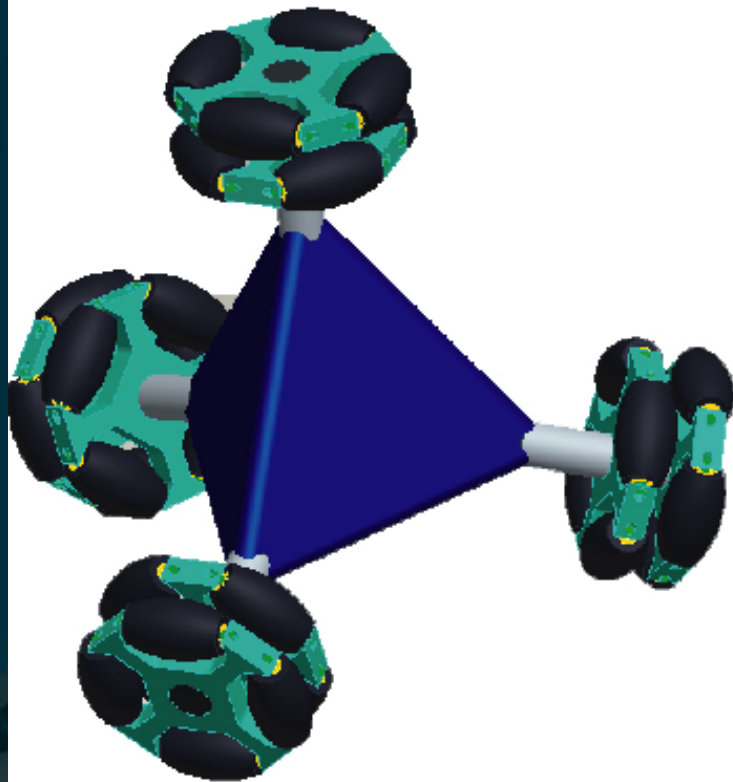


(a) Perspective View

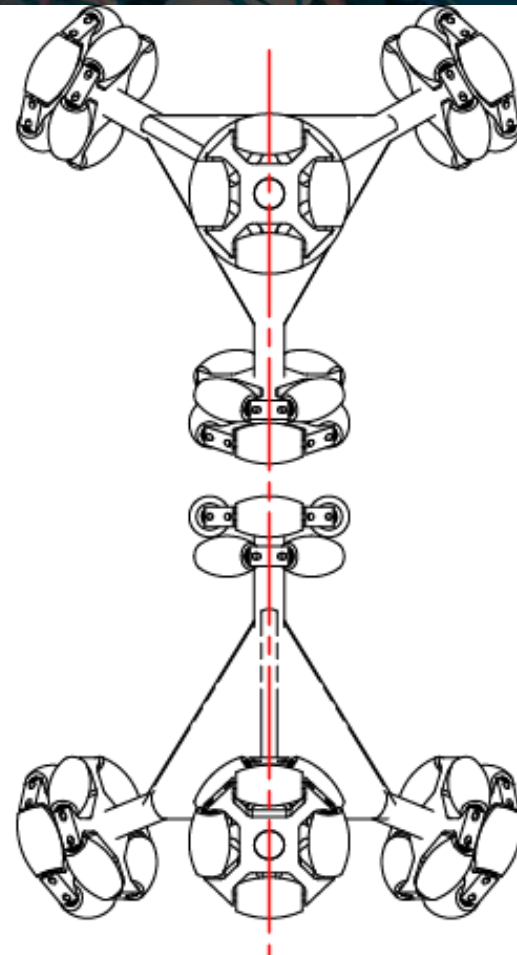


(b) Horizontal Projection View

Omni Wheel Type



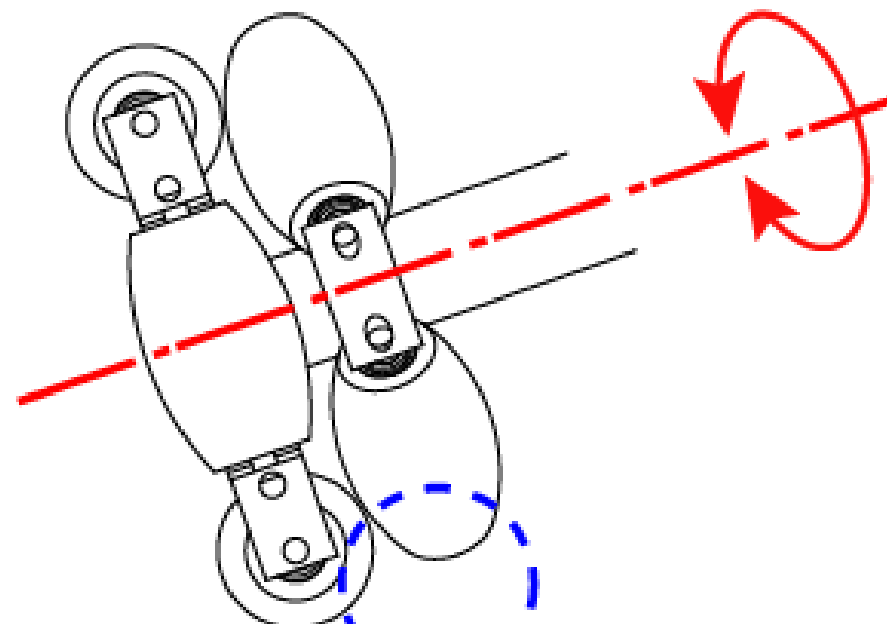
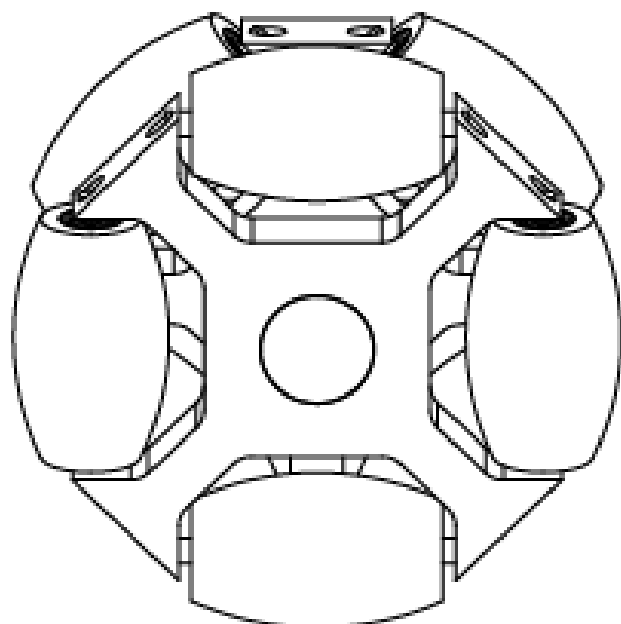
(a) Perspective View



(b) Horizontal Projection View

[Front View]

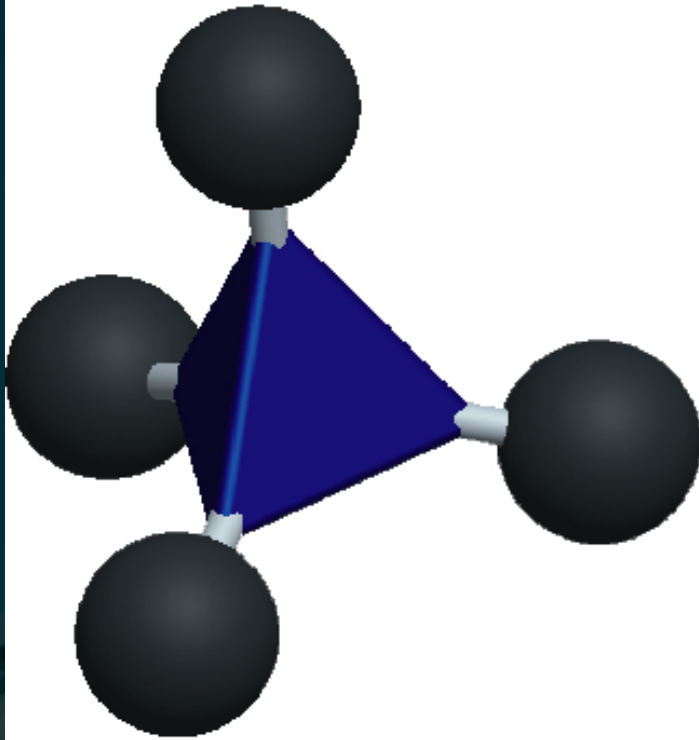
[Side View]



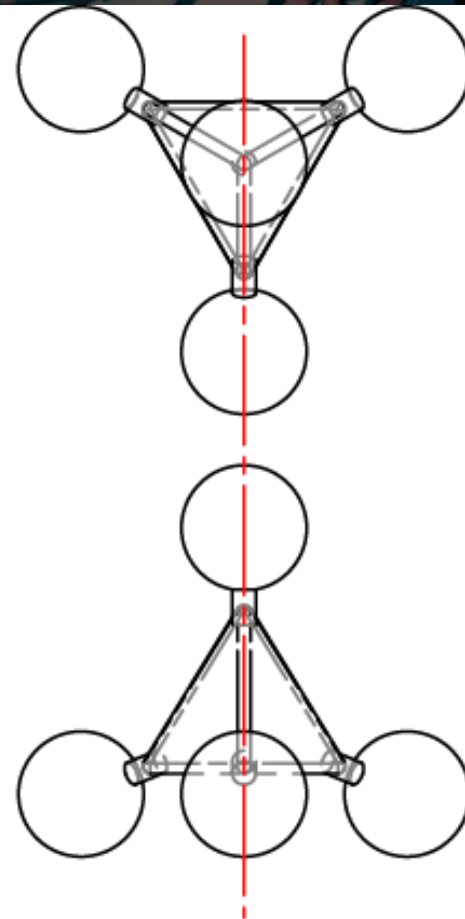
Ground

Space

Ball Shape Wheel Type

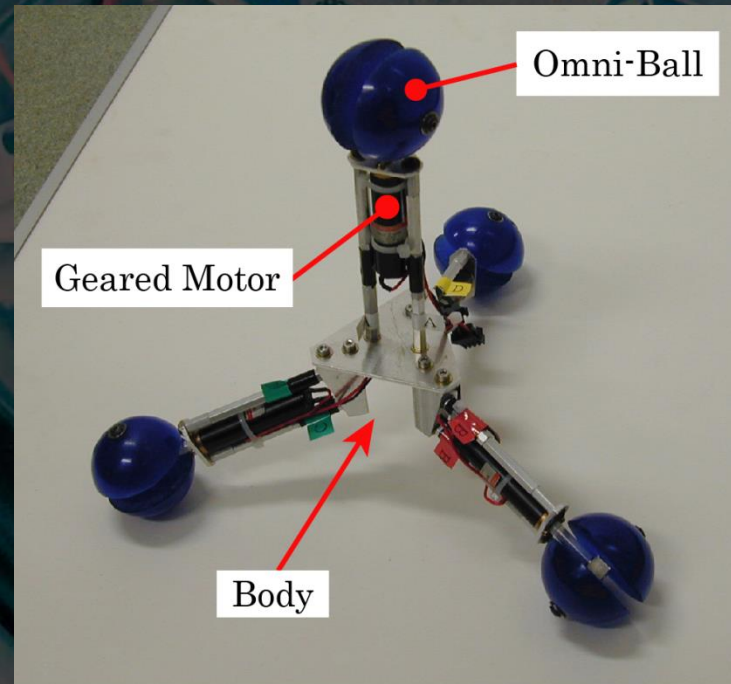


(a) Perspective View

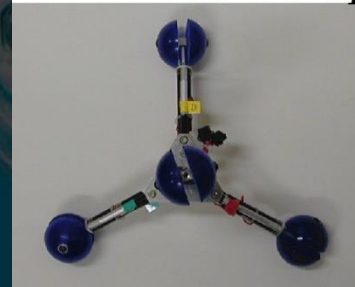


(b) Horizontal Projection View

Tetrahedral Mobile Robot: *Throwable Search and Rescue Robot*



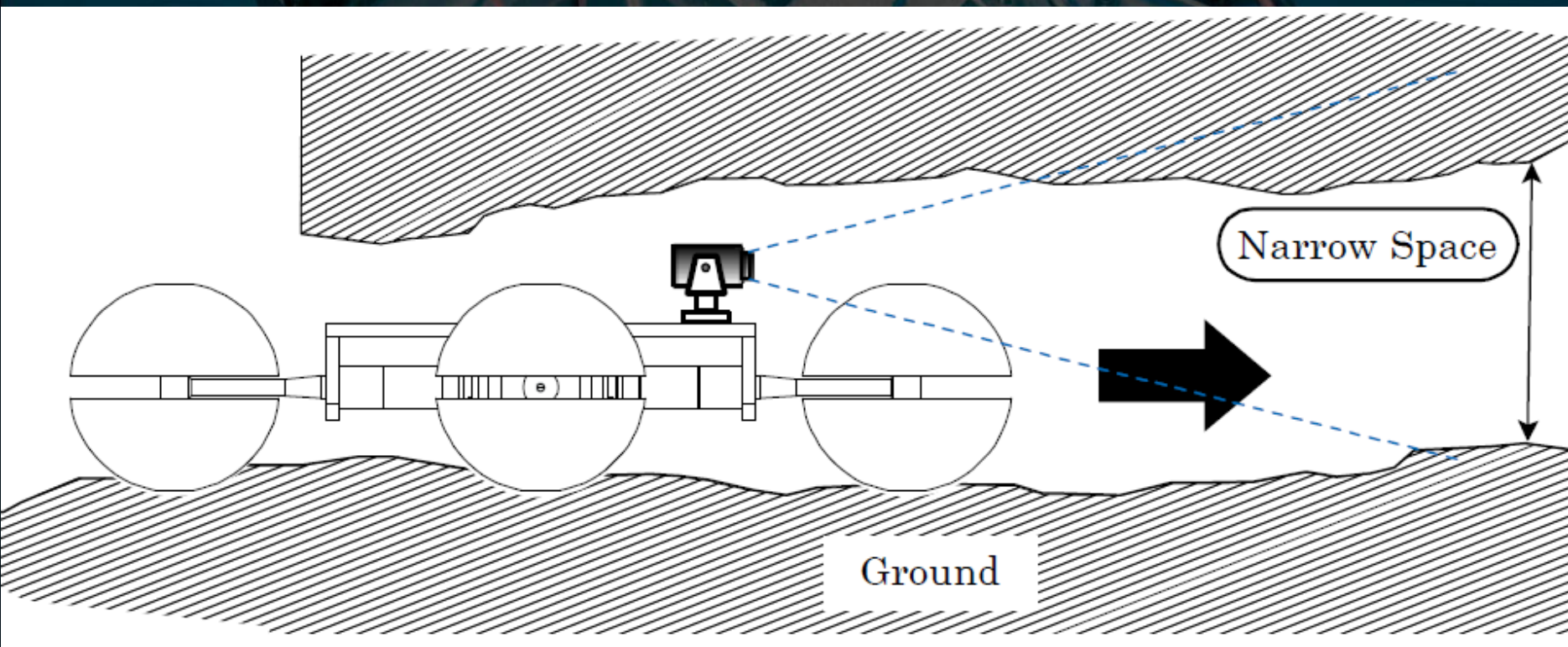
(a) Perspective View

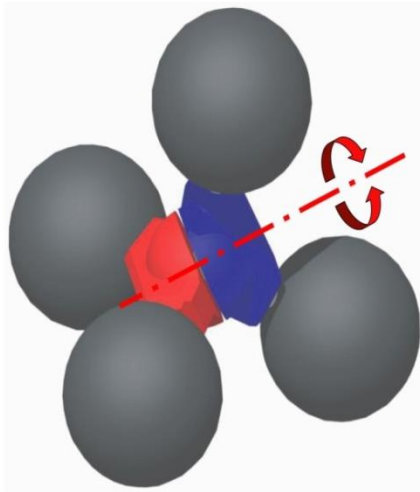


(b) Top View

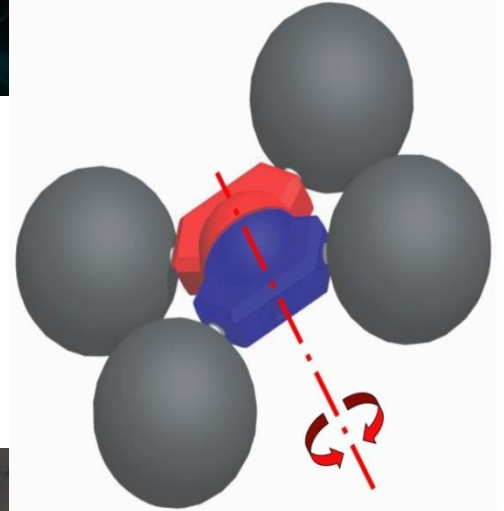
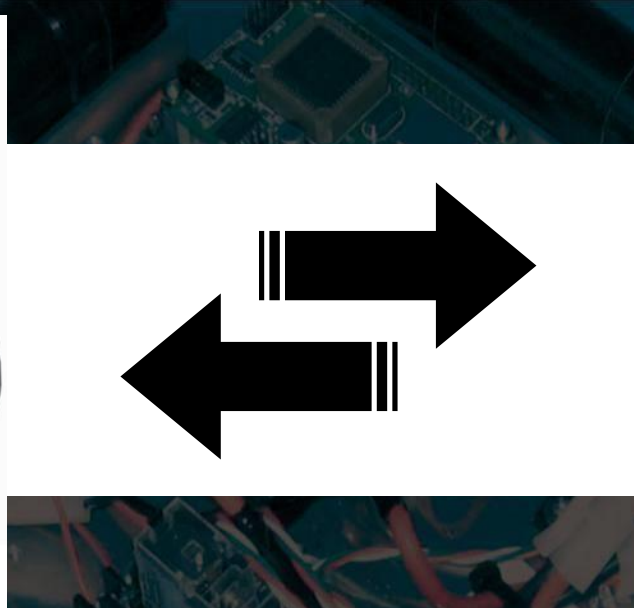


(c) Side View

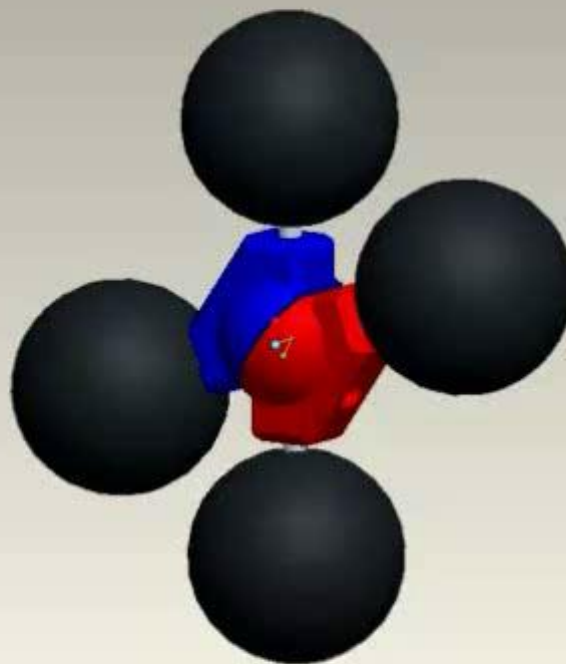


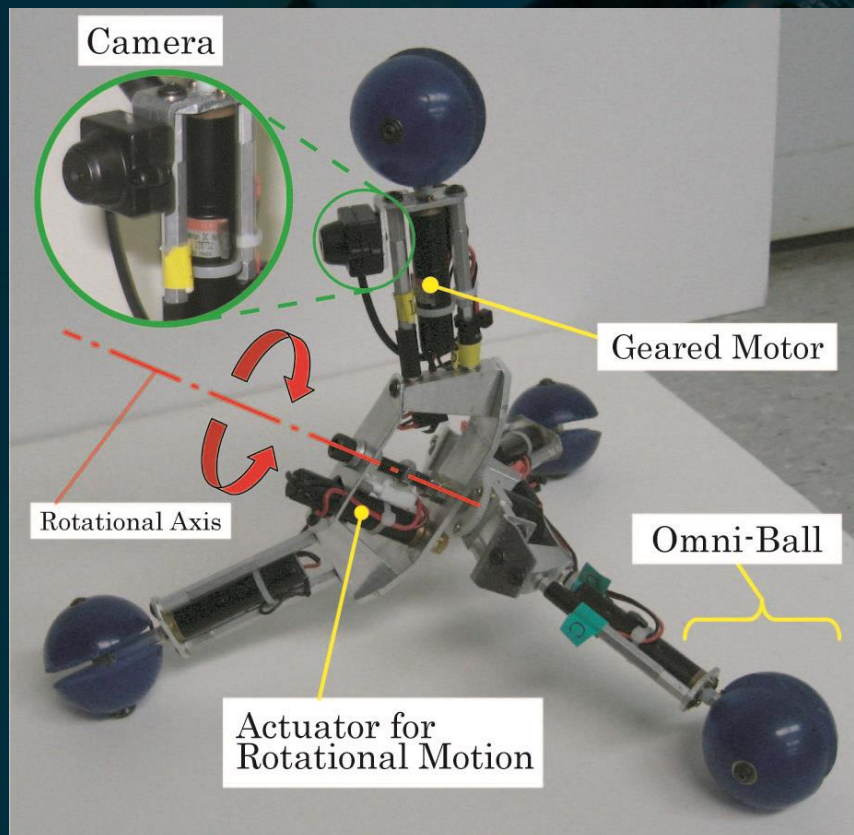


Tetrahedral Mode

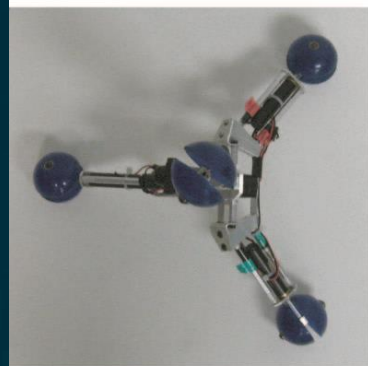


4-Wheeled Vehicle Mode

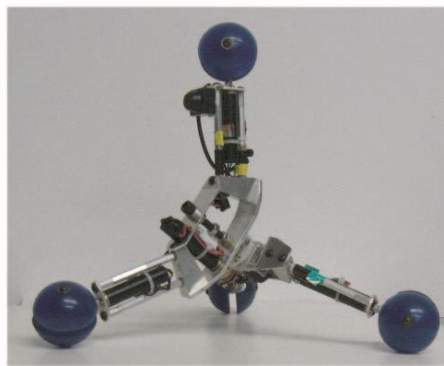




(a-1) Oblique View

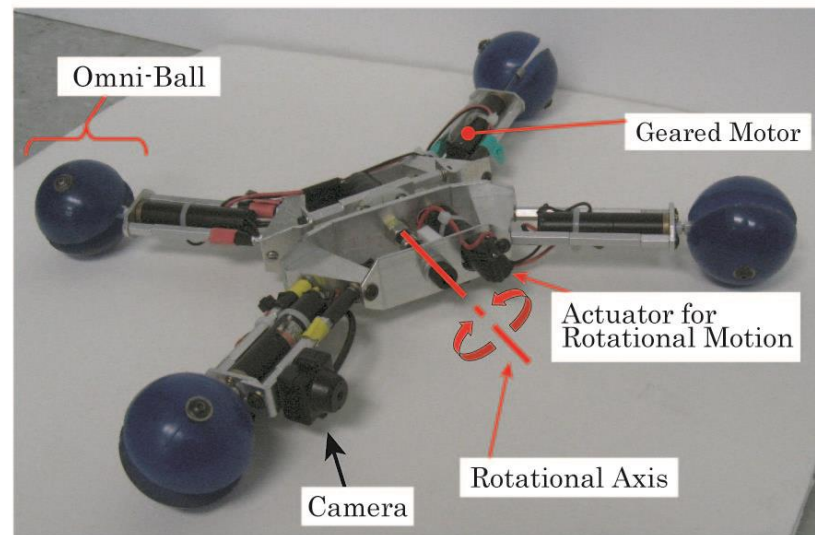
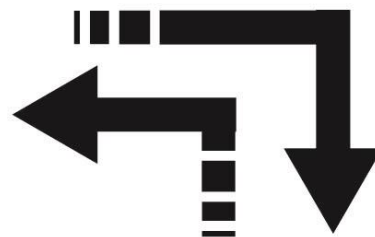


(a-2) Top View

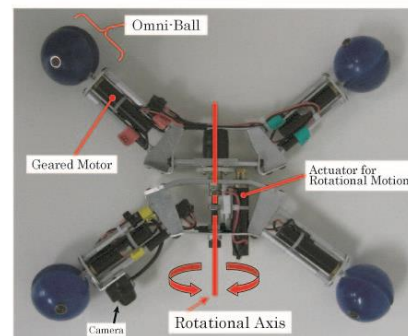


(a-3) Side View

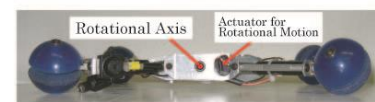
(a) Tetrahedral Mode



(b-1) Oblique View



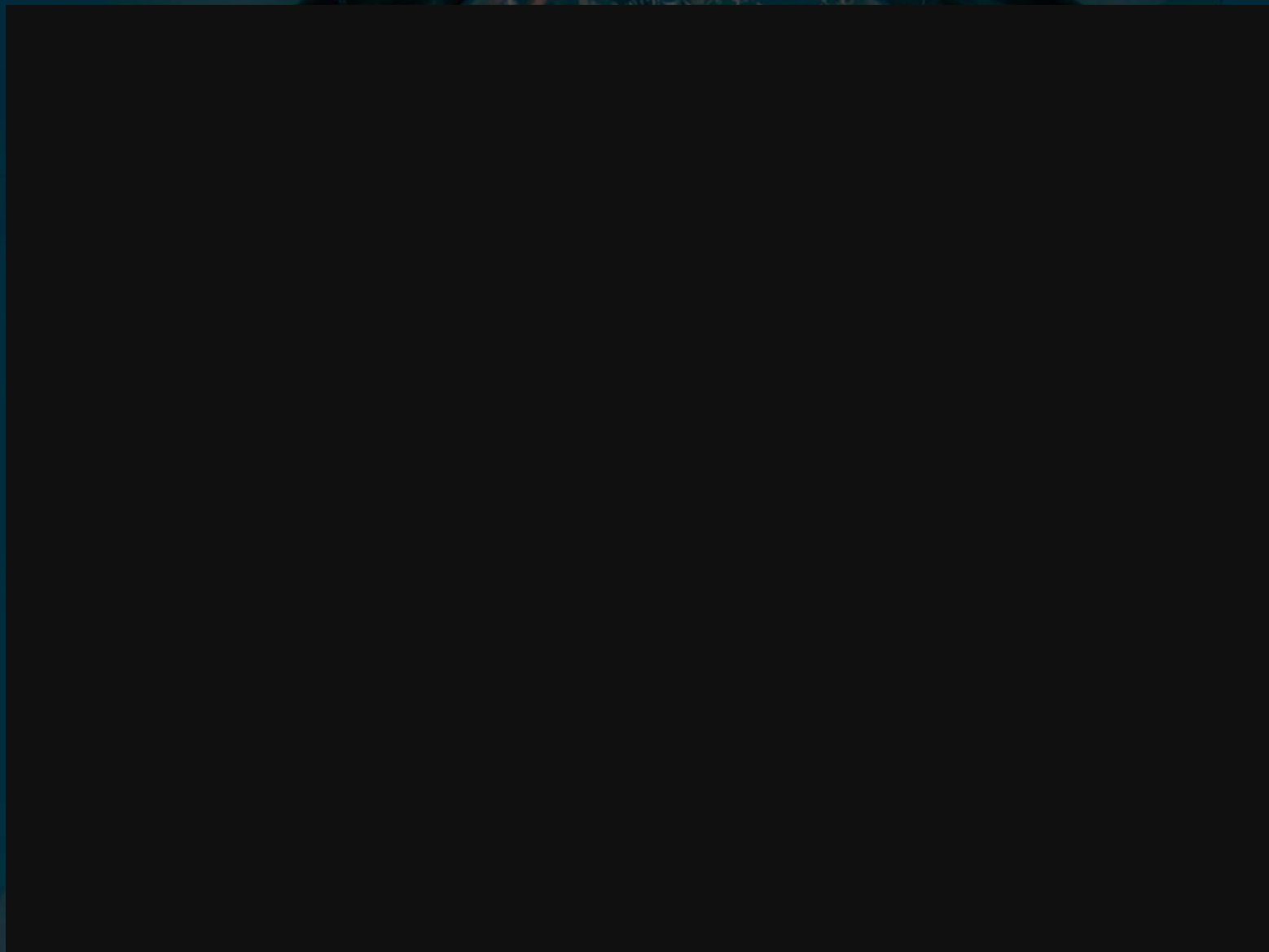
(b-2) Top View

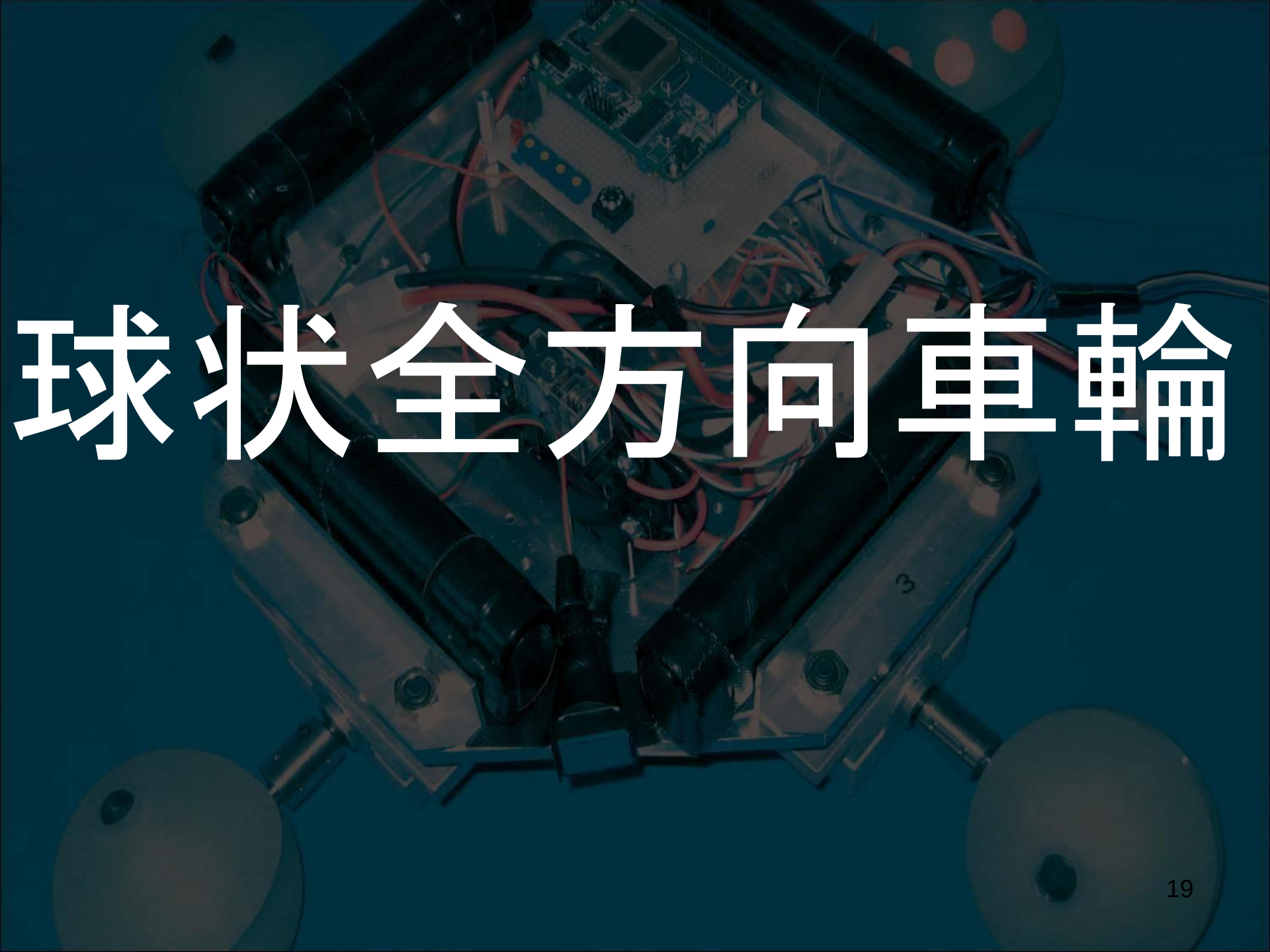


(b-3) Side View

(b) 4-Wheeled Flat Vehicle Mode

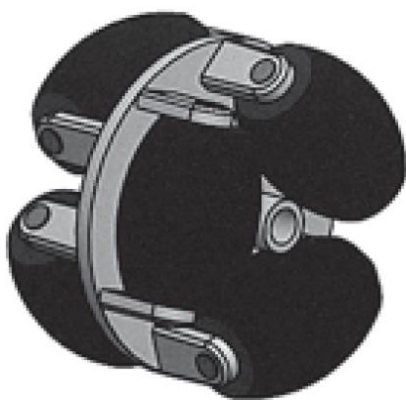




The background image shows a custom-built robotic chassis. It features a central microcontroller board with various components, including a microchip, capacitors, and a small display. The board is connected to a complex wiring system with red, blue, and black wires. The chassis is mounted on a metal plate with four large, black, cylindrical omnidirectional wheels. The wheels are arranged in a square pattern, allowing for movement in any direction. The entire assembly is housed in a transparent plastic enclosure. The text "球状全方向車輪" is overlaid in white, bold characters across the center of the image.

球状全方向車輪

従来の全方向移動車輪例



(a)



(b)



(c)

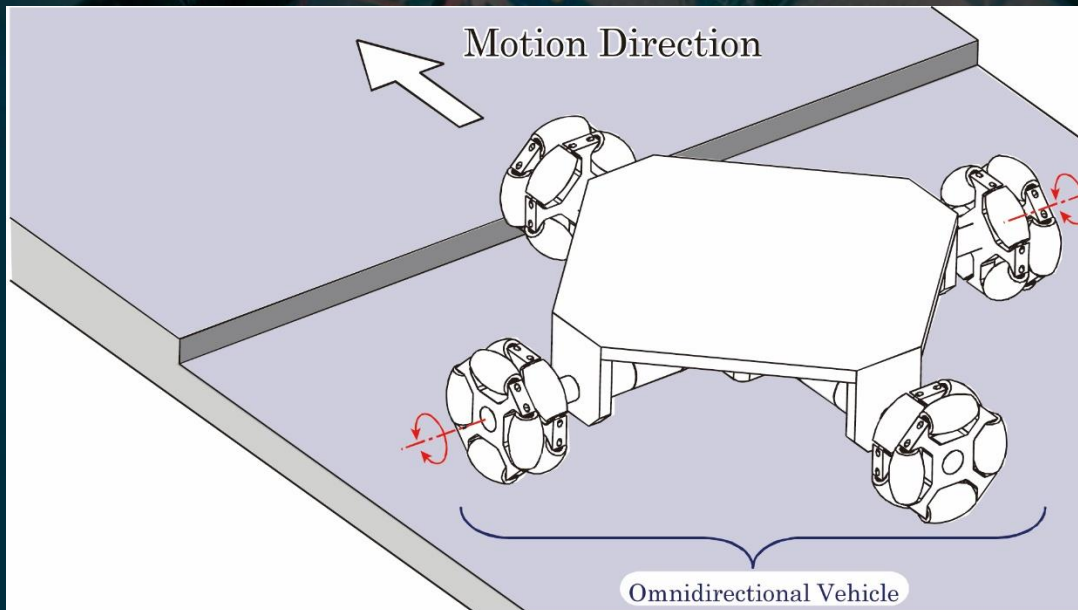


(d)

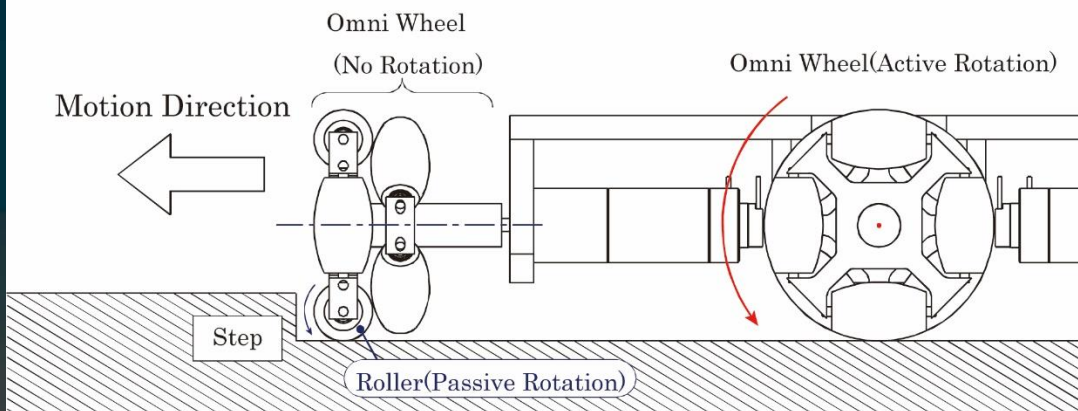


(e)

問題点：段差踏破性の低さ



(a) Oblique View



(b) Side View

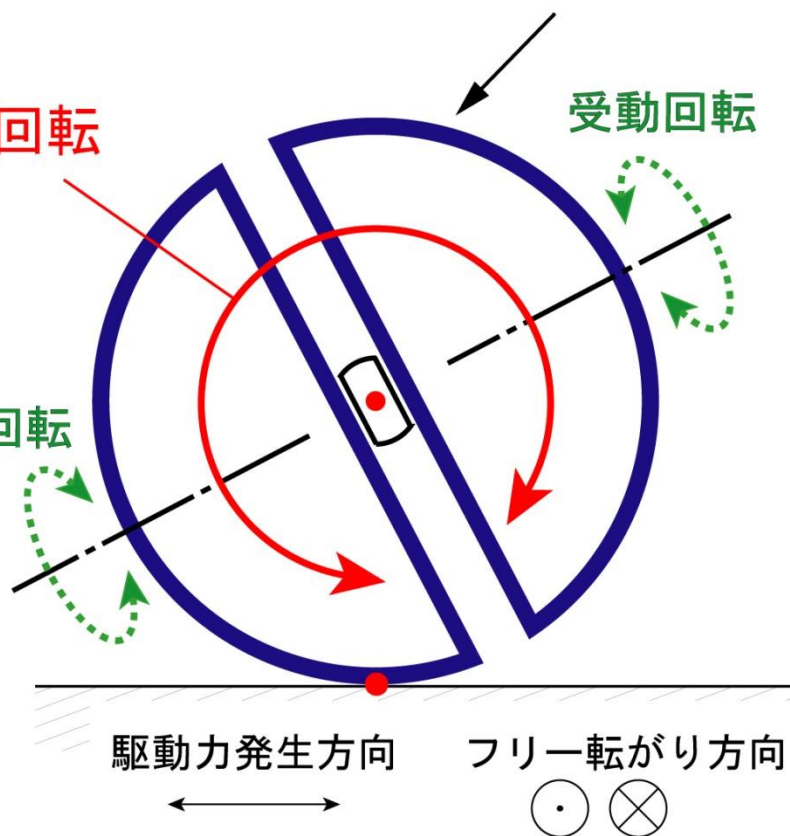
球状全方向車輪(その仕組み)

半球状受動回転車輪

能動回転

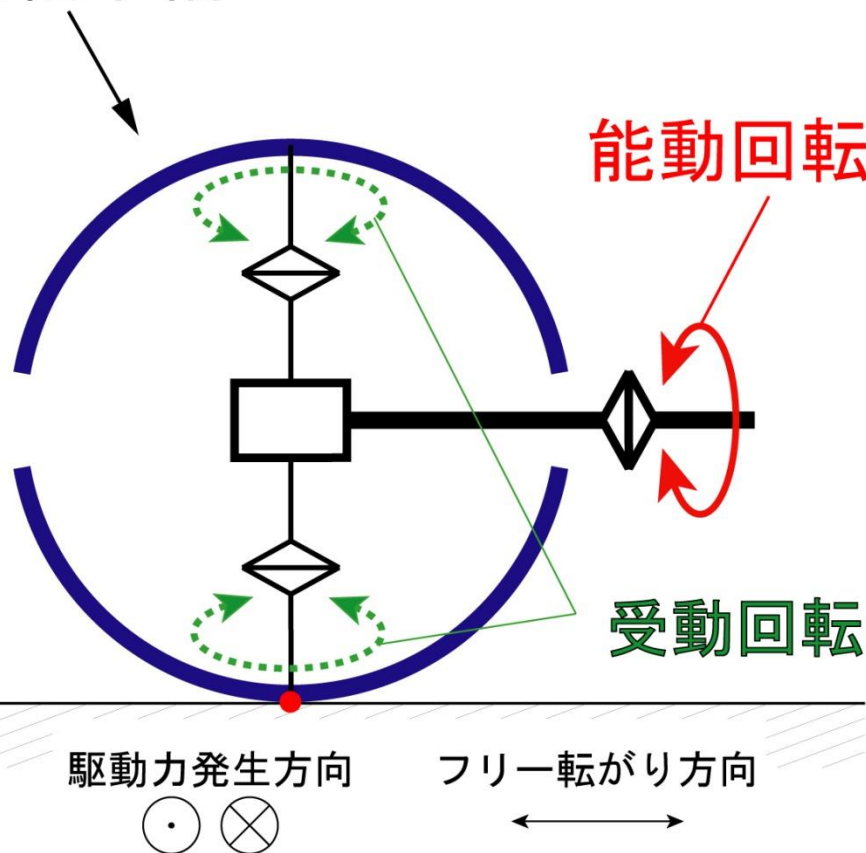
受動回転

受動回転



能動回転

受動回転



特異点の問題

Passive Rotational Axis

Active Rotational Axis

Frictional Force

(a) Oblique View

Motion Direction
of Robot

Passive Rotational Axis

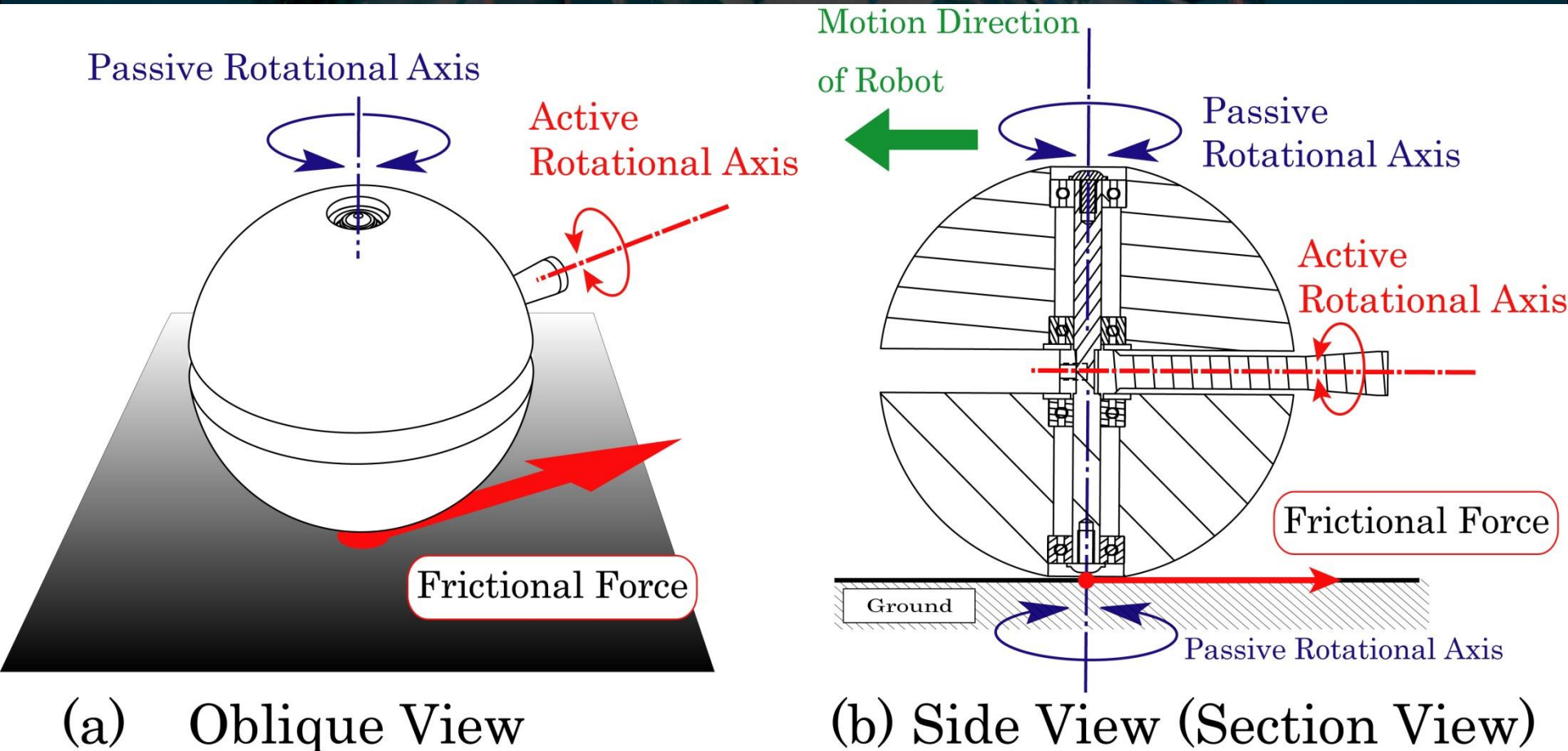
Active Rotational Axis

Frictional Force

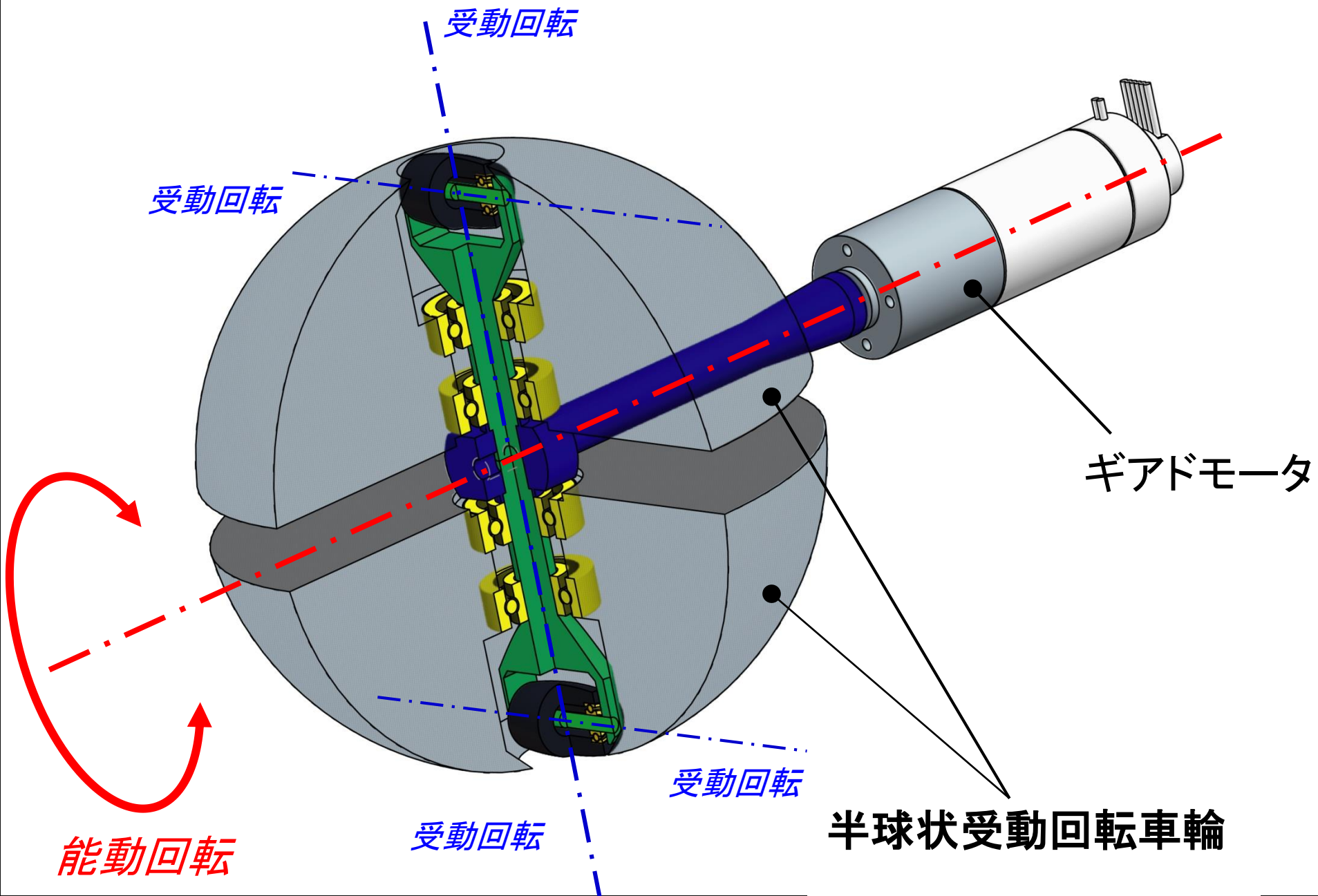
Ground

Passive Rotational Axis

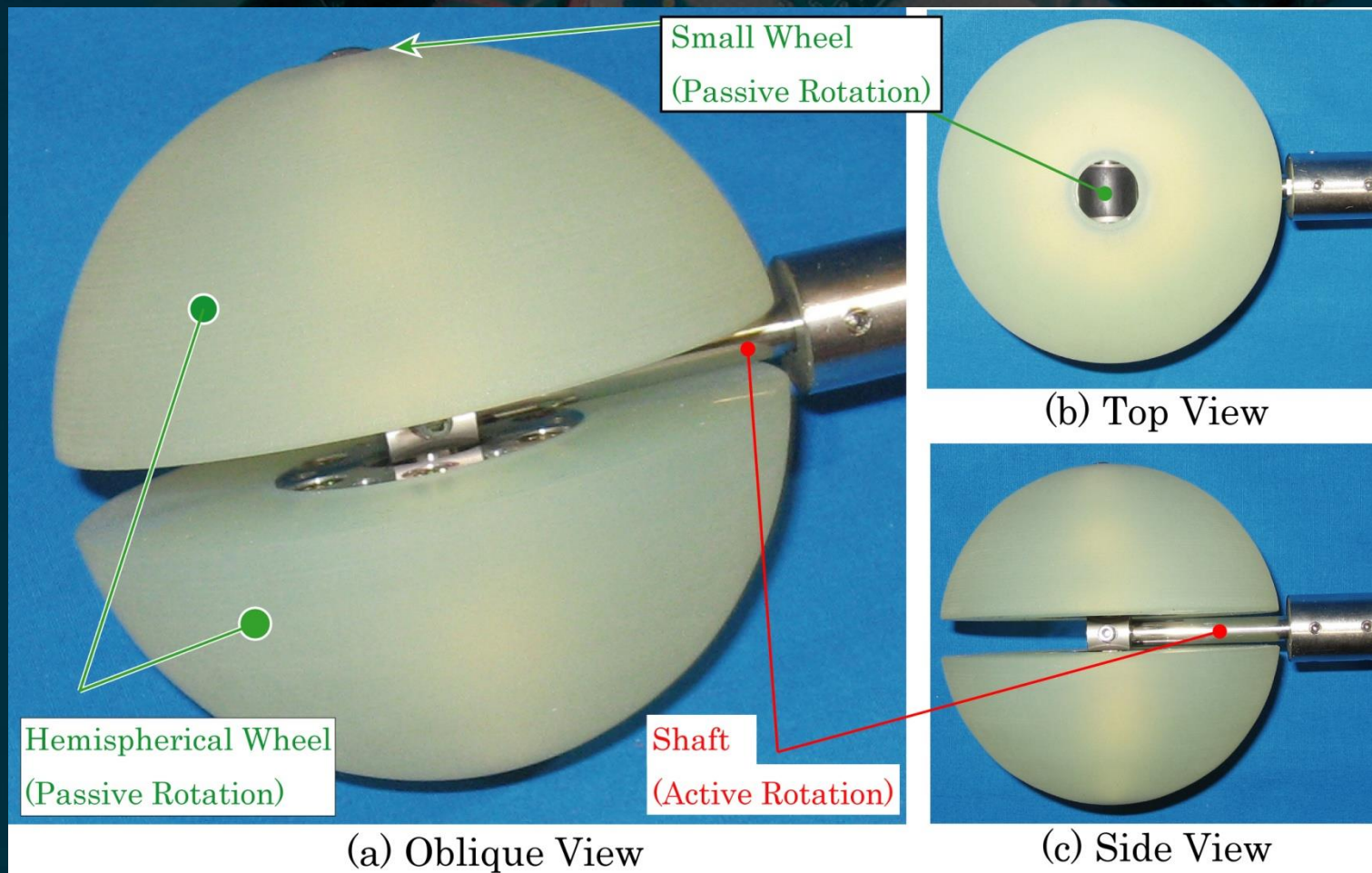
(b) Side View (Section View)



球状全方向車輪



球状全方向車輪“Omni-Ball”の外観



Wheel Diameter	80mm
Maximum Diameter of Barrel Wheel	11mm
Length of Barrel Wheel	12mm
Material of Hemispherical Wheel	Polyurethane Rubber
Load Capacity(One Wheel)	114kg
Weight(One Wheel)	319.6g

2/6

出願番号 : 特許出願2006-58607
公開番号 : 特許公開2007-210576
出願人 : 多田 隈 建二郎
発明の名称 : 全方向移動体用球状車輪および全方向移動体

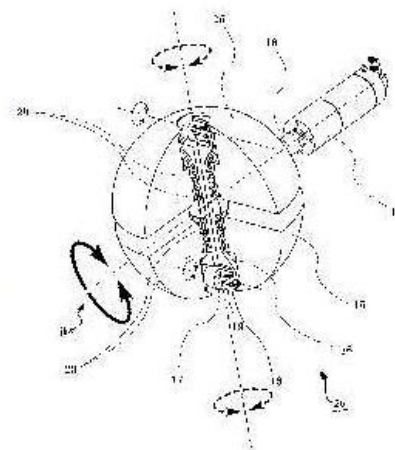
出願日 : 2006年2月7日
公開日 : 2007年8月23日
発明者 : 多田 隈 建二郎

要約:

【課題】従来の全方向車輪は段差乗り越えの能力は一般的に車輪の半径に依存するため、オムニホイール車輪において、小車輪が転がる向きに方向に移動する際には、全方向車輪全体の径に比べて段差乗り越え能力が低いという問題があった。

【解決手段】本発明の全方向移動体用球状車輪26において車輪全体回転軸16aと垂直方向で走行面と平行な方向には車輪全体の回転で移動し、車輪全体回転軸16aと同一方向には半球状車輪15の回転軸が走行面に対して垂直な場合以外は、半球状車輪15の回転によって、半球状車輪15の回転軸が走行面に対して垂直な場合には小車輪17の回転によって移動する。また、段差を乗り越える際に、段差との接触を保ちながら半球状車輪15の回転軸を水平な状態、つまり、段差乗り越え能力が依存する半球状車輪15の径最大にすることで、段差乗り越えを行うことが可能となる。

【選択図】図9

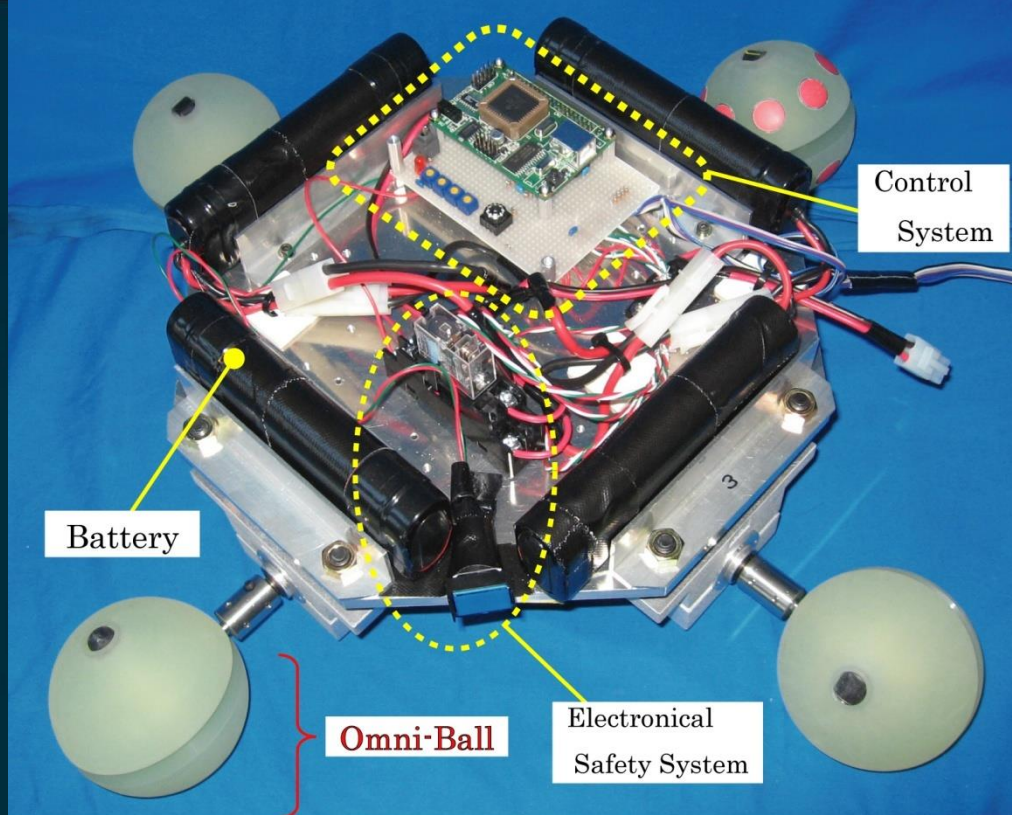


球状全方向車輪の動作原理

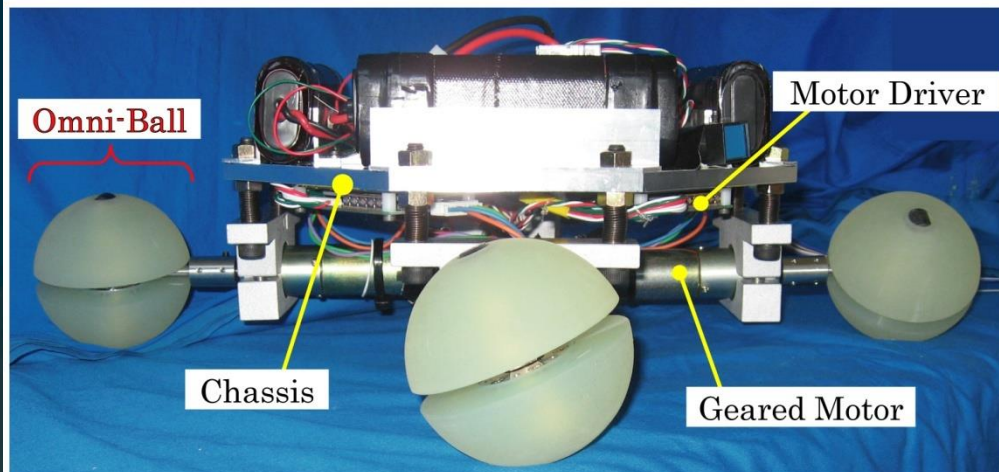


樽状小車輪による特異点の回避





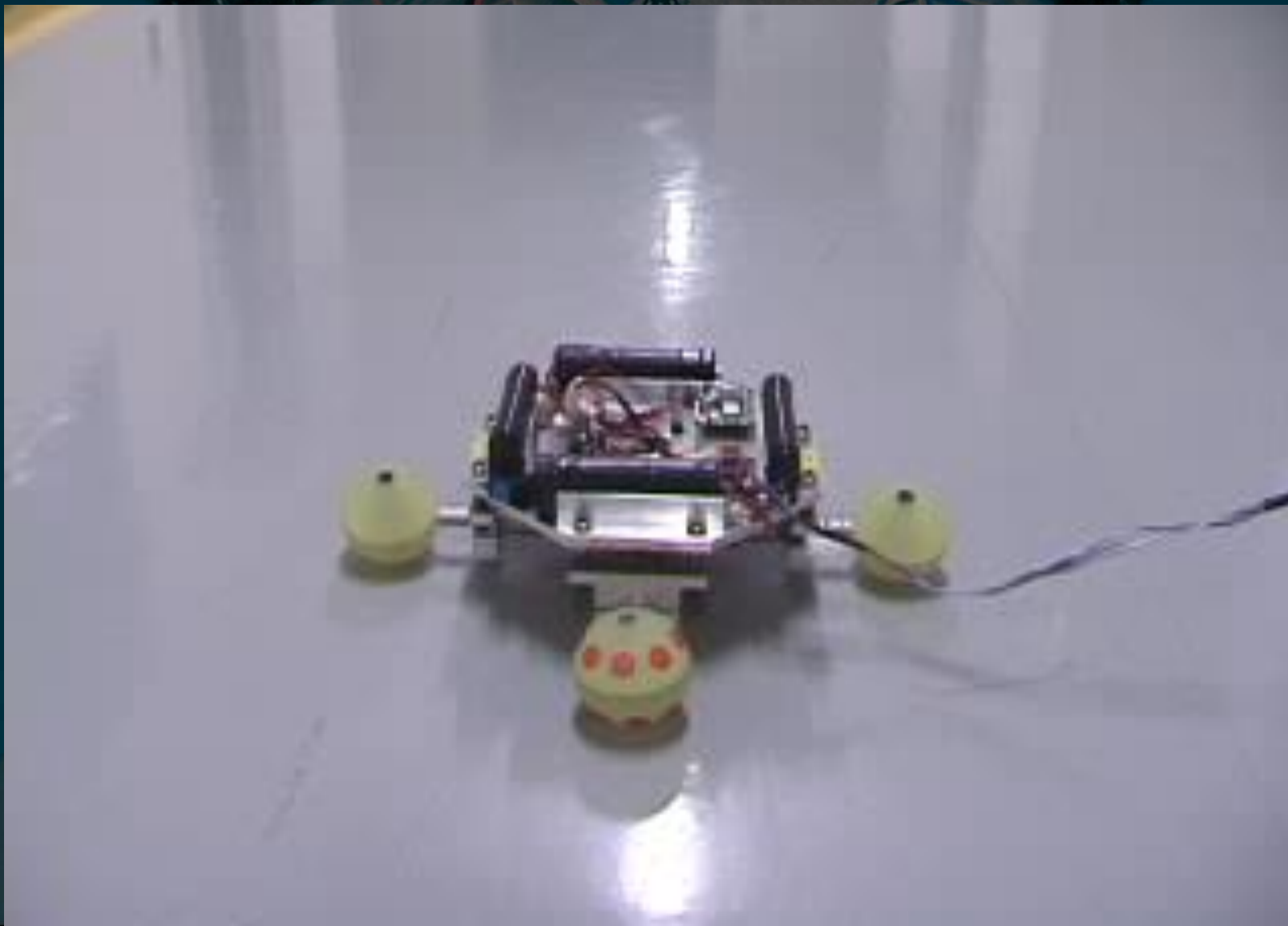
(a) Oblique View Omnidirectional Vechilcle with "Omni-Balls"



(b) Side View of Omnidirectional Vechilcle with "Omni-Balls"

縦・横・高さ375×375×135mm,
重さ約6.72kg, 各モータは90W,
電圧28.8V

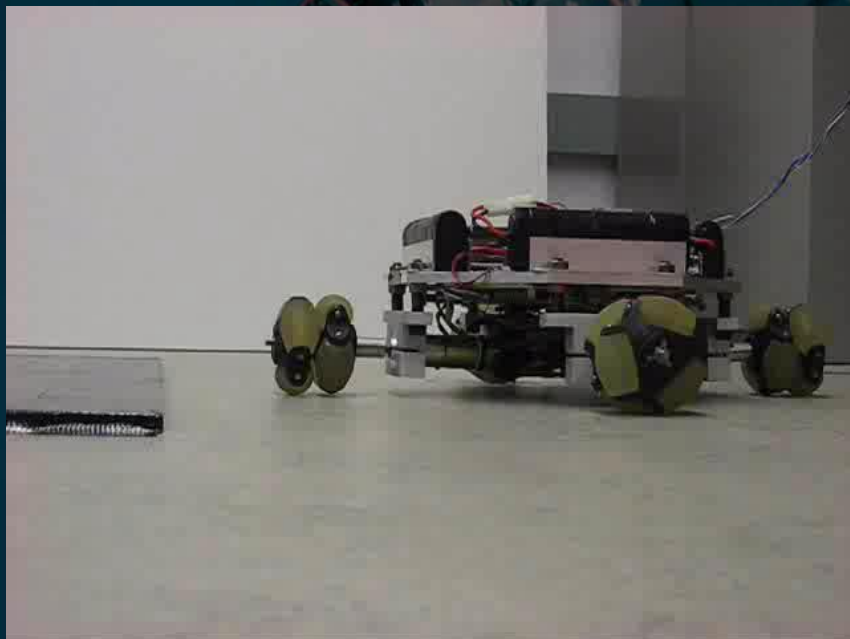
全方向移動動作



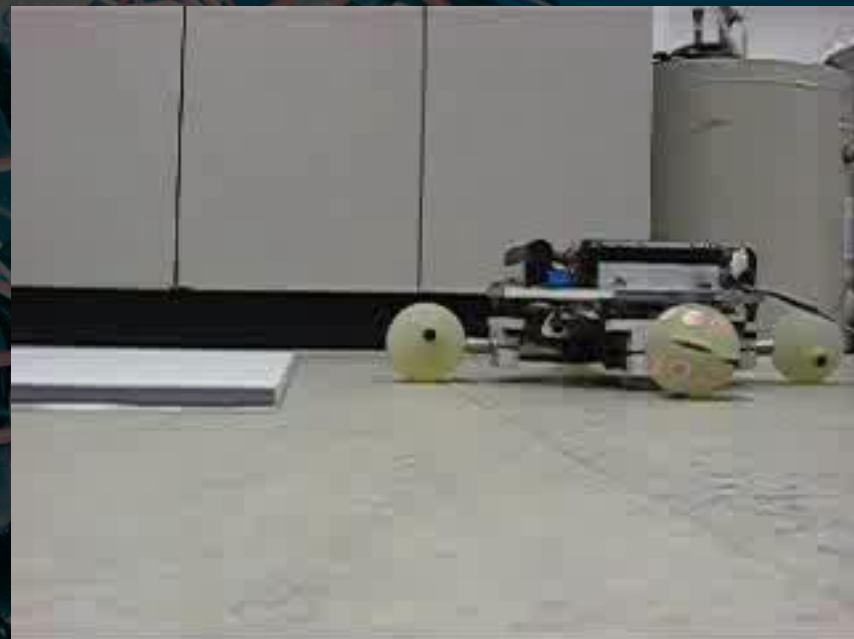
段差踏破動作

【 従来の全方向車輪を用いた車両 】

【 球状全方向車輪 “Omni-Ball”を用いた車両 】

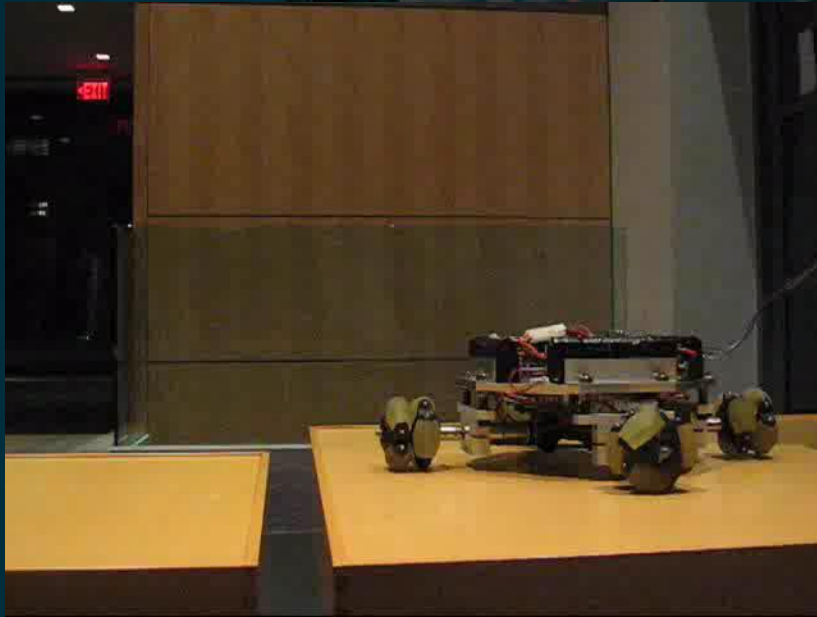


段差高さ: 10mm

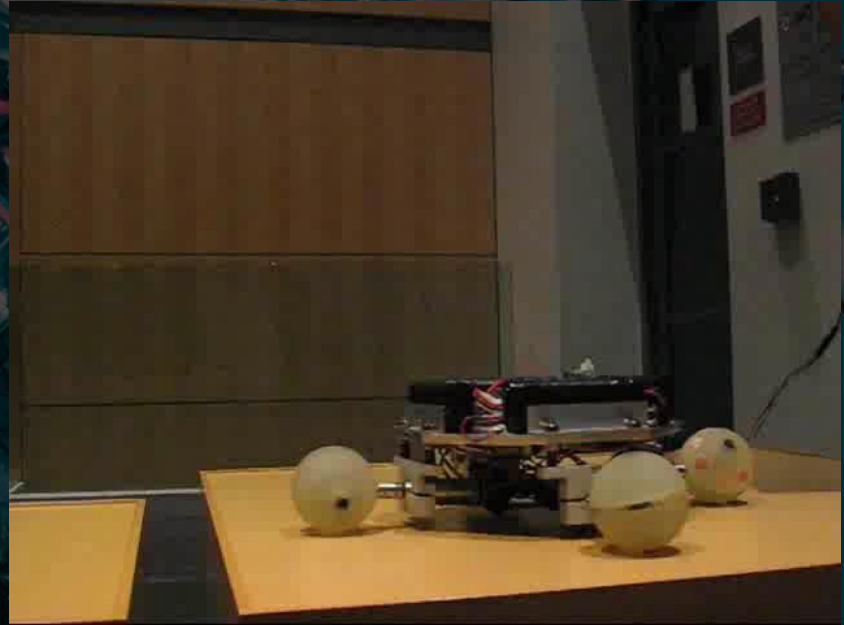


段差高さ: 16mm

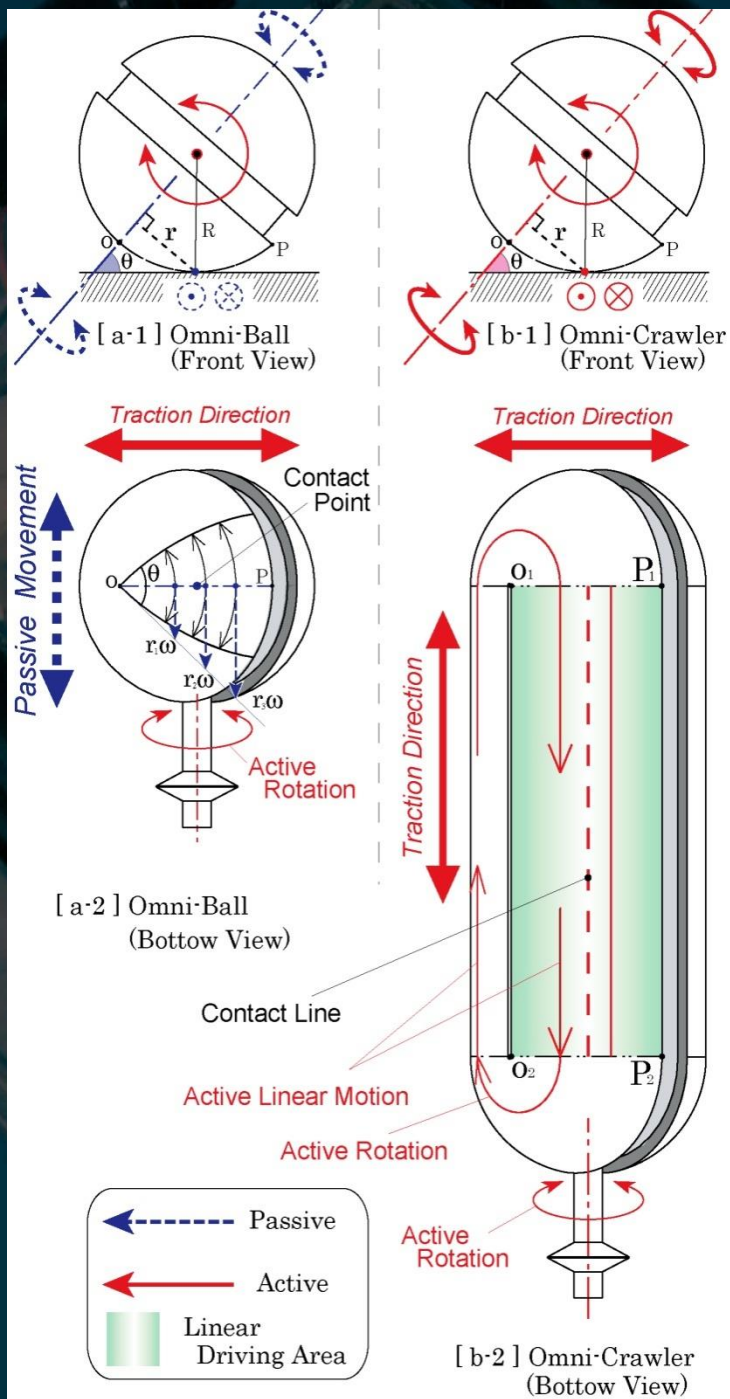
溝通過動作

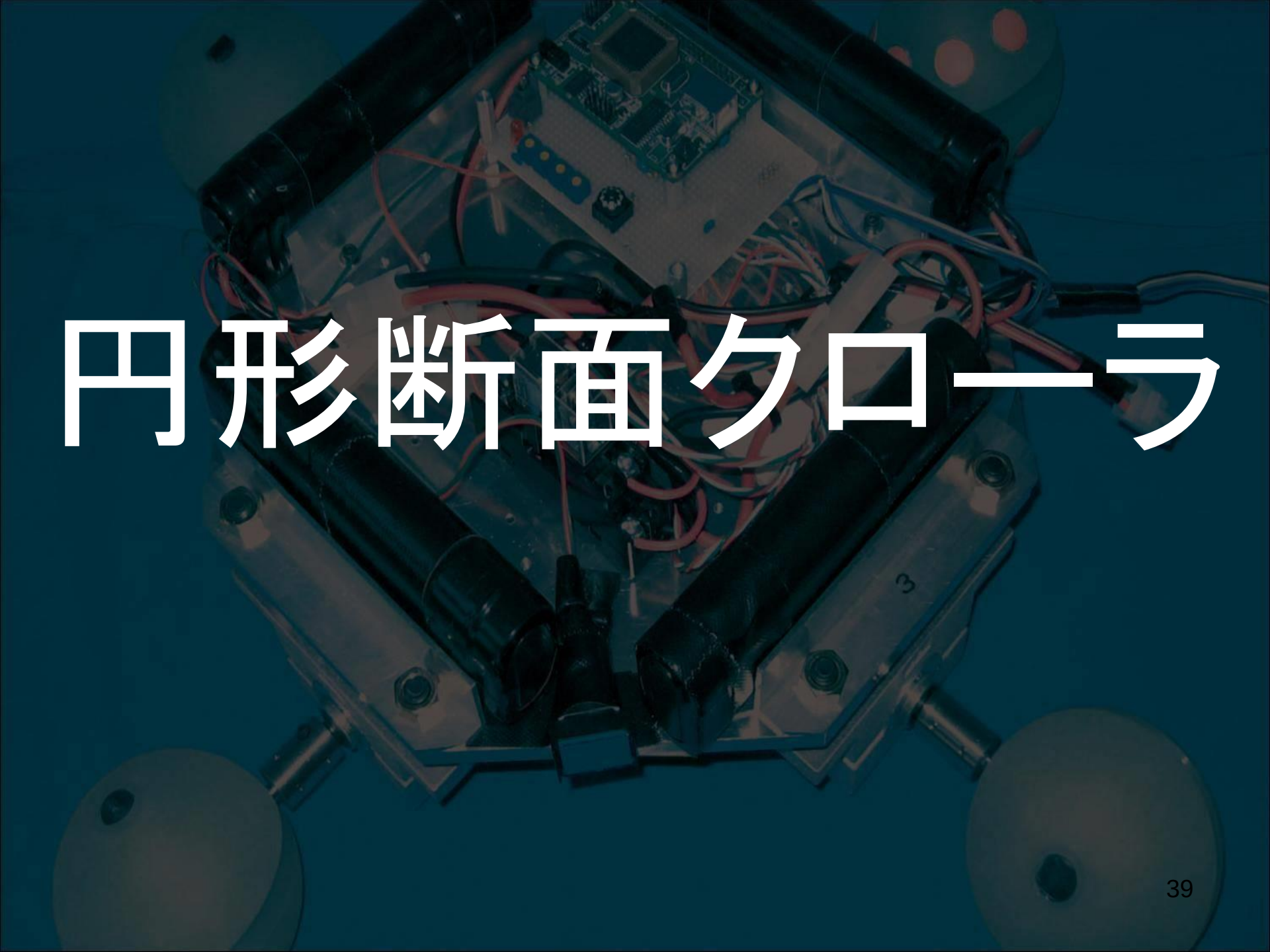


溝長さ: 50mm



溝長さ: 63mm





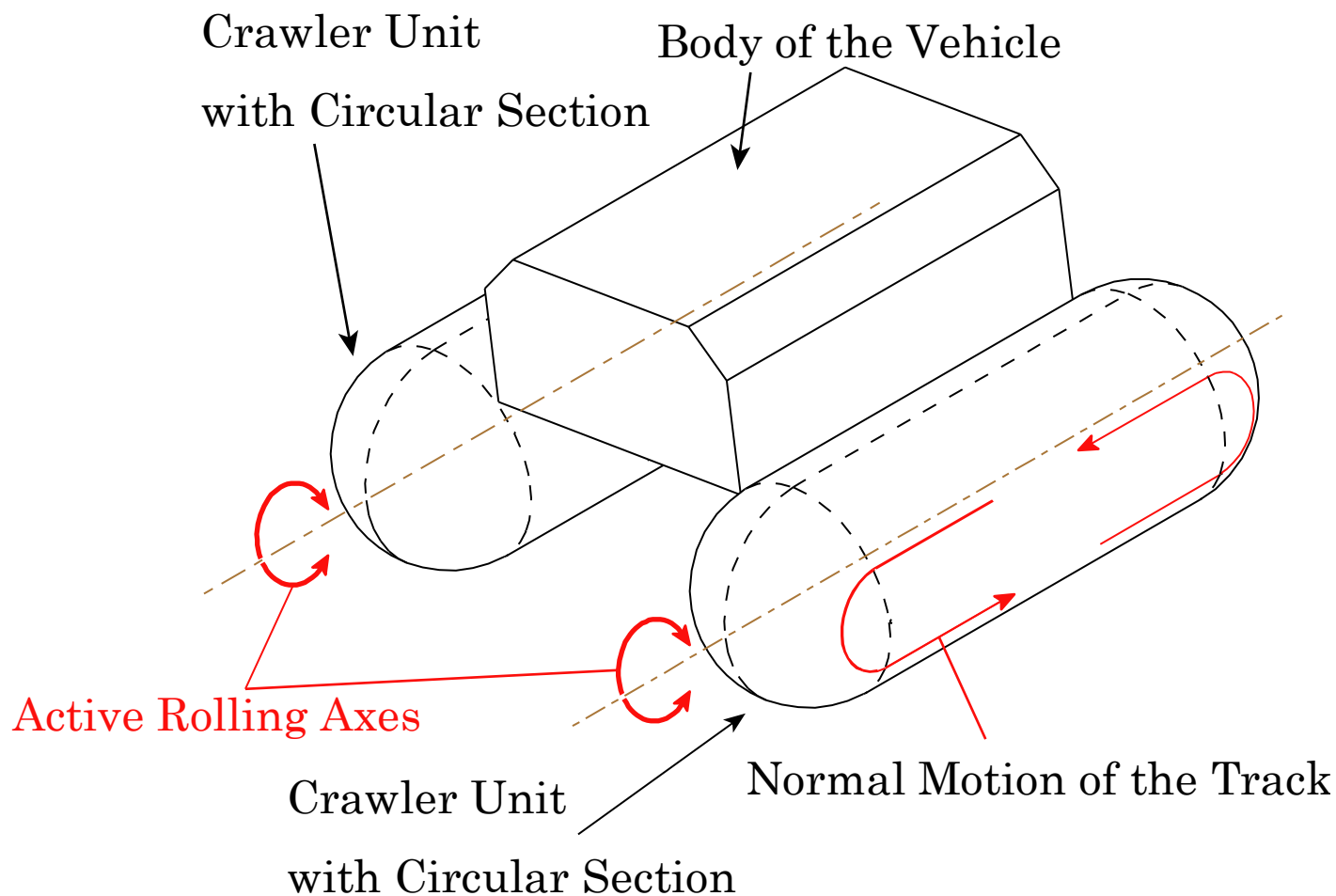
円形断面クローラ

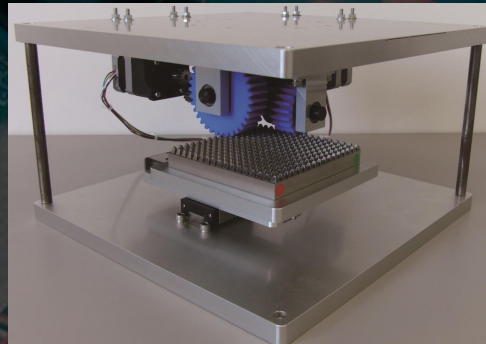
円形断面クローラの外観



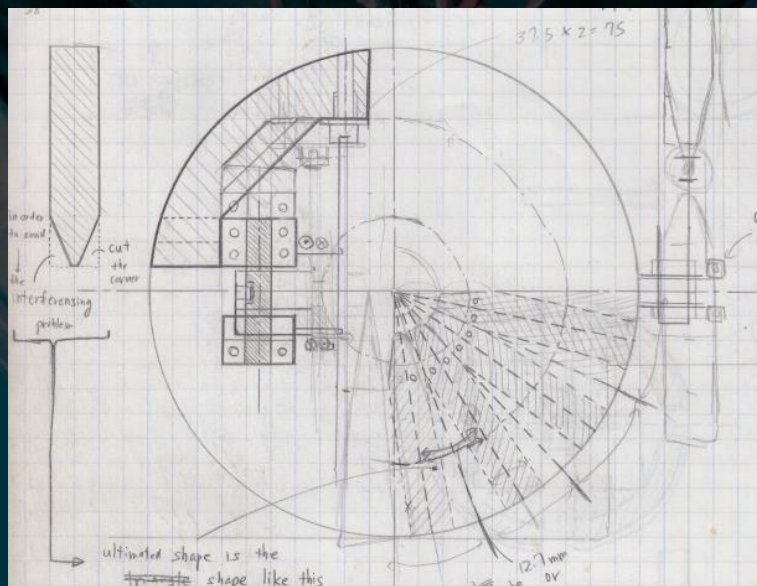
Length	359 mm
Distance between two sprocket axes	255 mm
Width	104 mm
Height	104 mm
Diameter of the section circle	104 mm
Weight	3.05 kg
Material of the lug surface	Nitrile Rubber
Material of the lug supporter	SUS304
Pitch of the lug	12.7 mm
Motor	90W (NIPPO MM-26E) x2

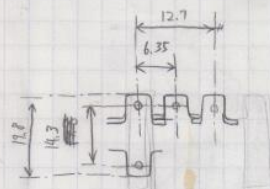
提案する円形断面クローラの概念図





泥臭スライドいきます！

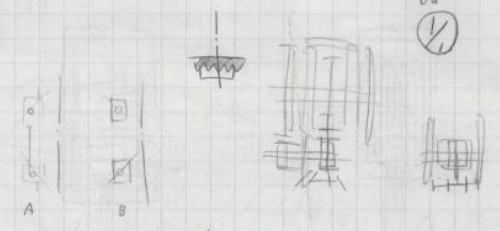
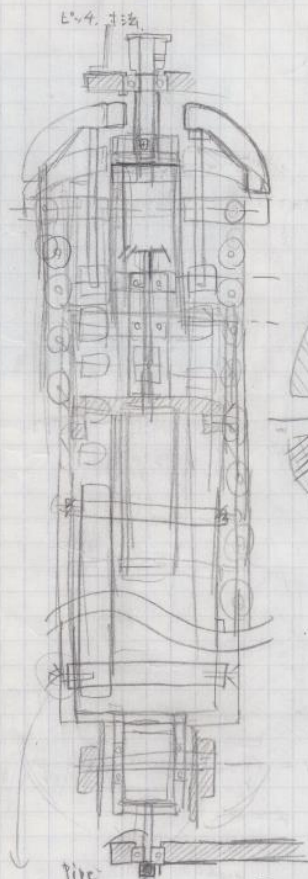




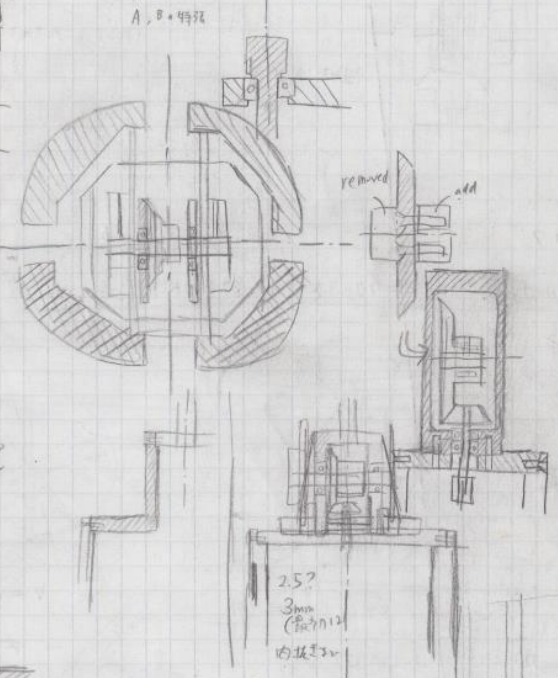
チーニと用いさのか → チーニと用いさで 取付 最上の ピンチ (左) 図。
 ジェルを 用いさのか

ピンチの調整自由
 軽い

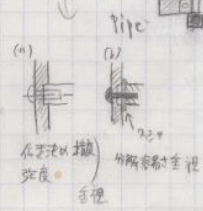
0.8
 1/1



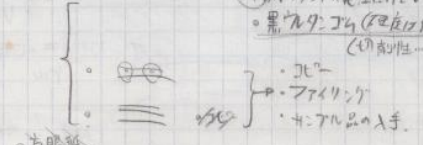
A, B = 特殊



2.5?
 3mm
 (10/11/12)
 内径3mm



パイプ
 左記の 搬
 変度
 重視



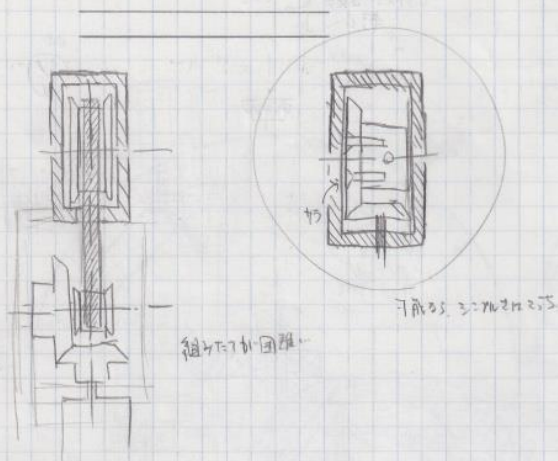
○ 為眼紙
 ○ ティンナーとビニール
 ○ スーパーグルー

○ チーニと用いさで 取付 最上の ピンチ (左) 図。
 ○ ジェルを 用いさのか

・ チーニ
 ・ フライヤー
 ・ ジェル



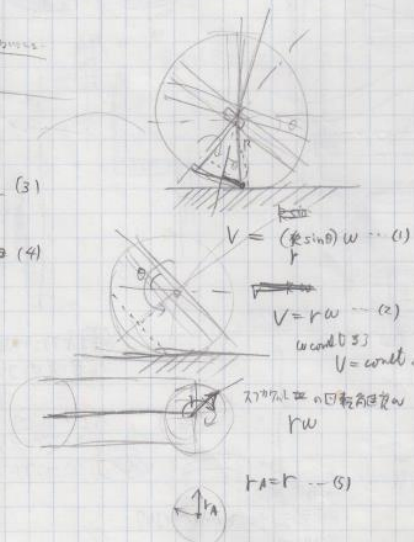
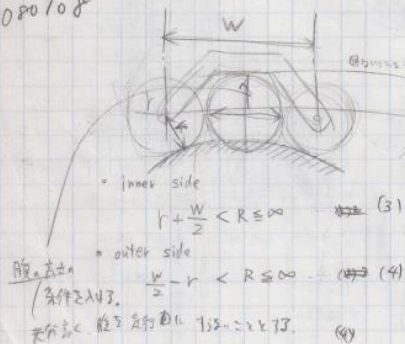
080102



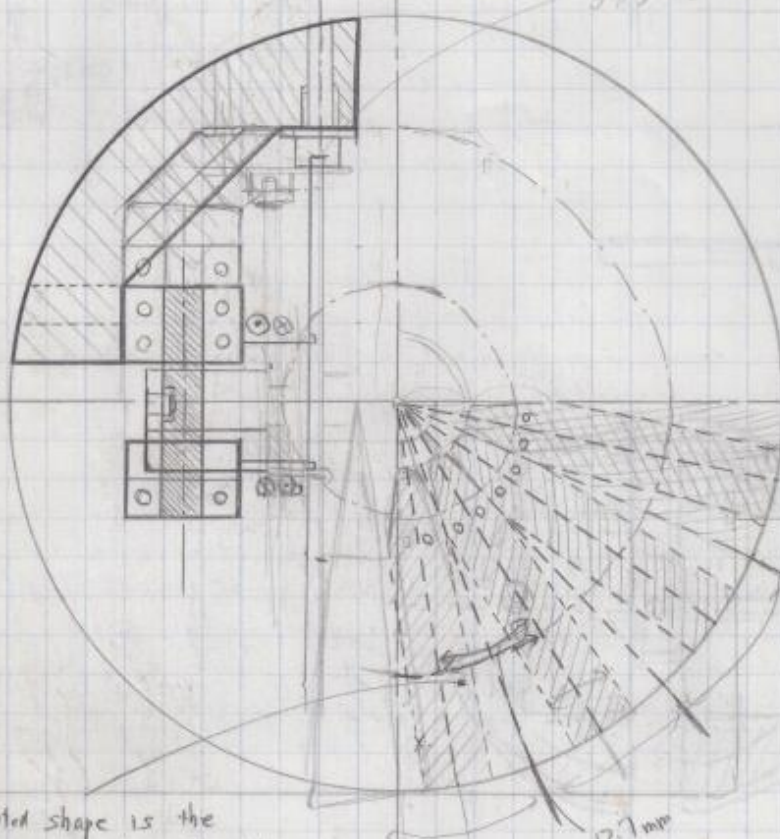
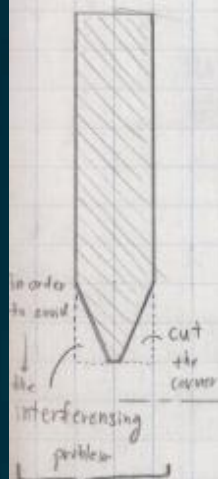
080107.

④ Kinef, ポリカムの ~~70~~ 70-5 を 参考に交差的に設計を進める。

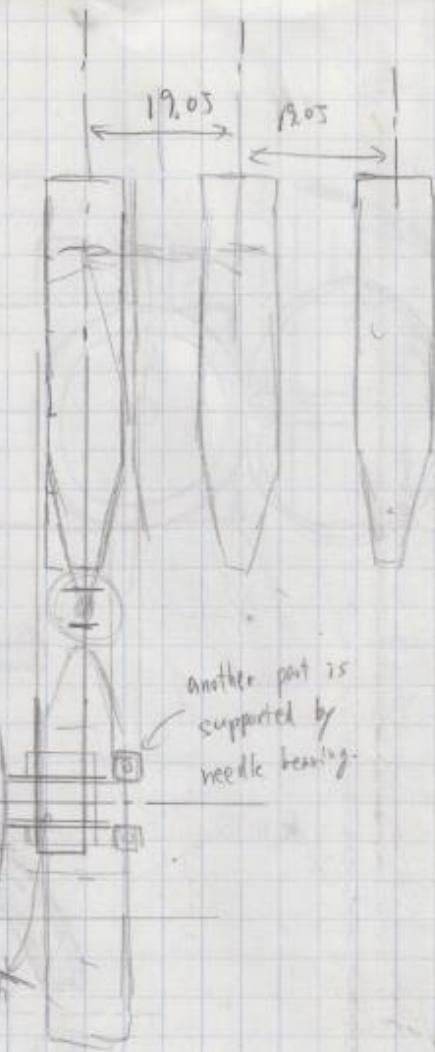
080108



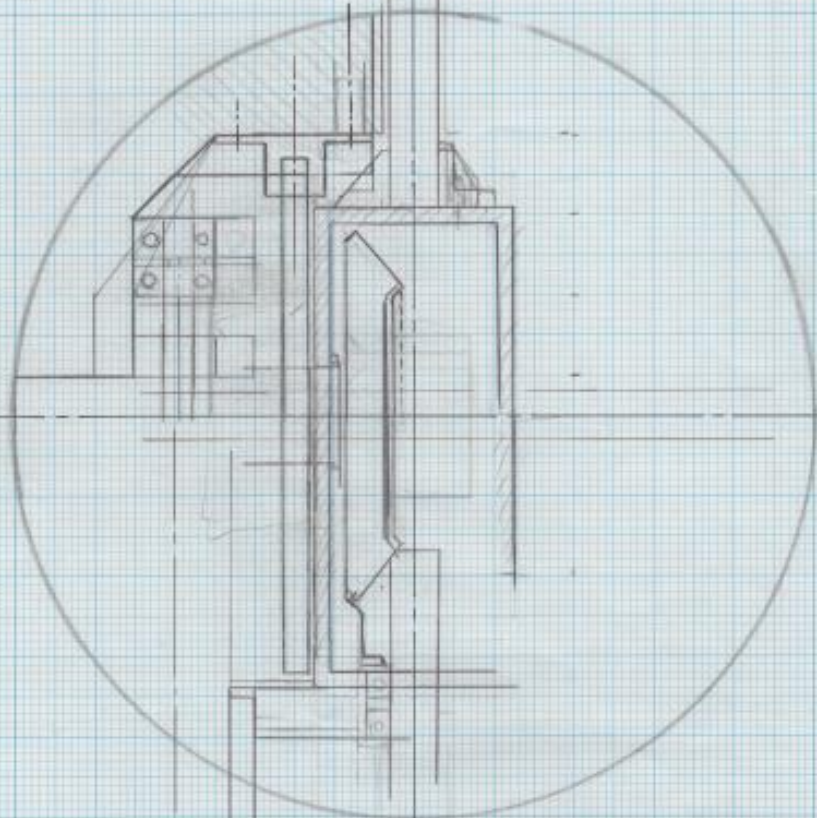
24
7
7
28



$Dr = 37.5 \times 2 = 75$



shot must be 12.7 mm or
最大外径27mm



35mm

1760

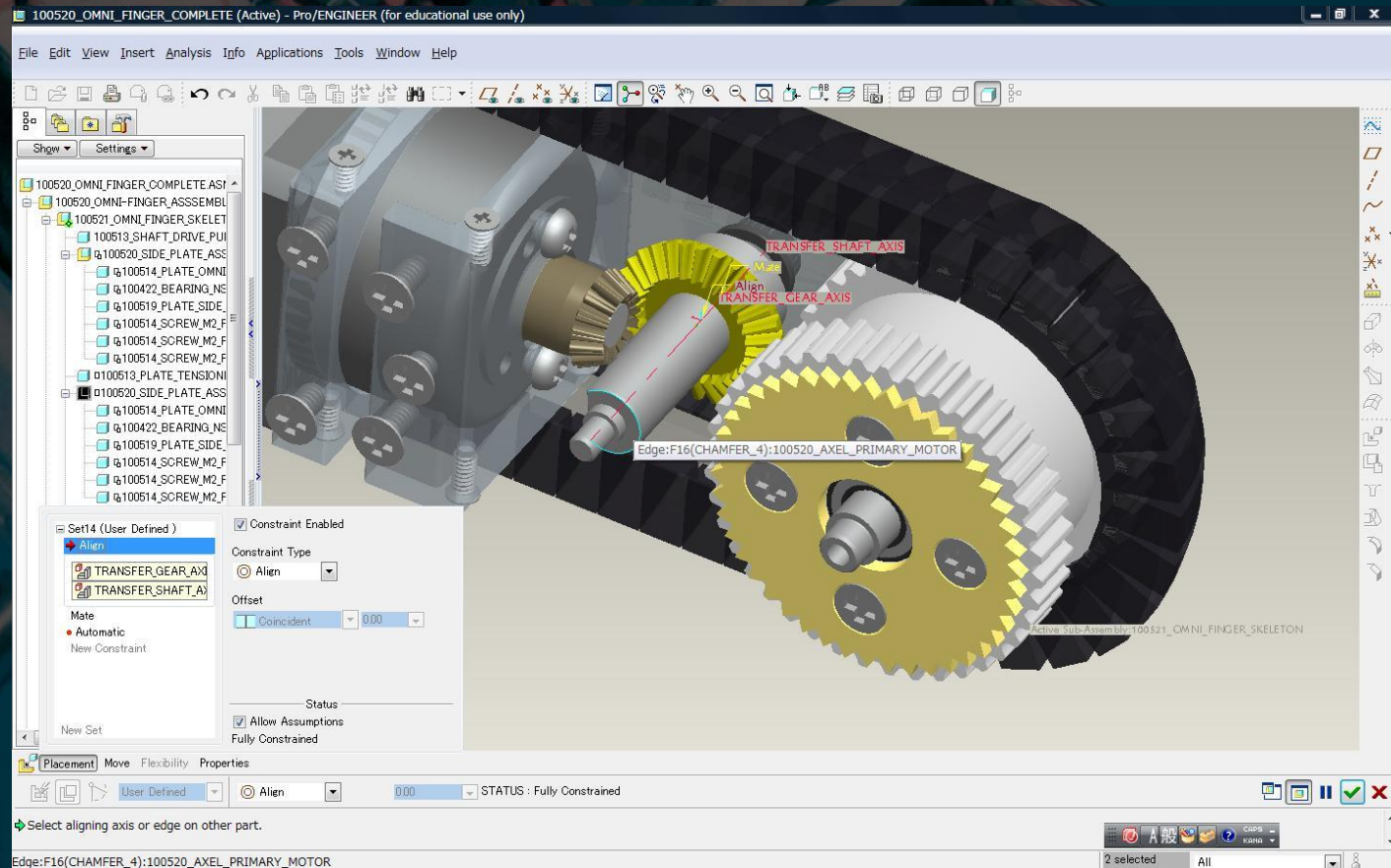
sprocket $\phi 68$ DP = $\phi 64.78$
 $\phi 72$ DP = $\phi 68.32$
 $t = 2.8$

$(35\text{mm} - 4.75) \times 2 = 60.5$

30.25

Design Process: Pro/Engineer Wildfire 3.0

- Computer-Aided Design (CAD) Software
- Realistic 3D rendering
- Simulate interaction between parts

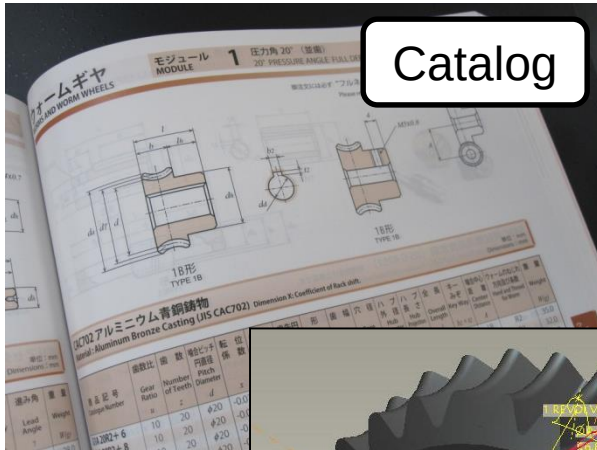


Components

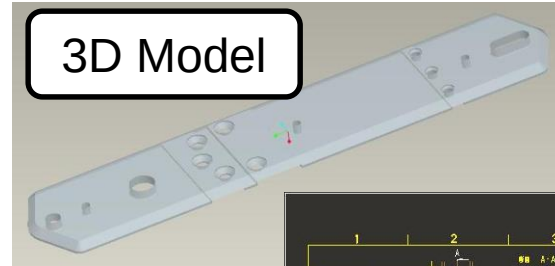
Custom Parts

Standardized Parts

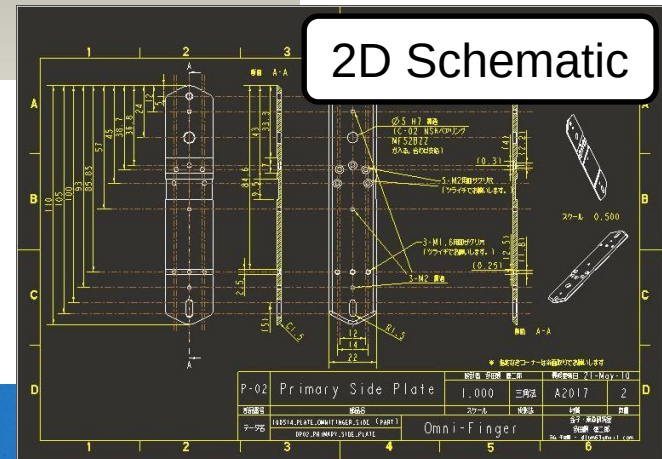
Catalog



3D Model



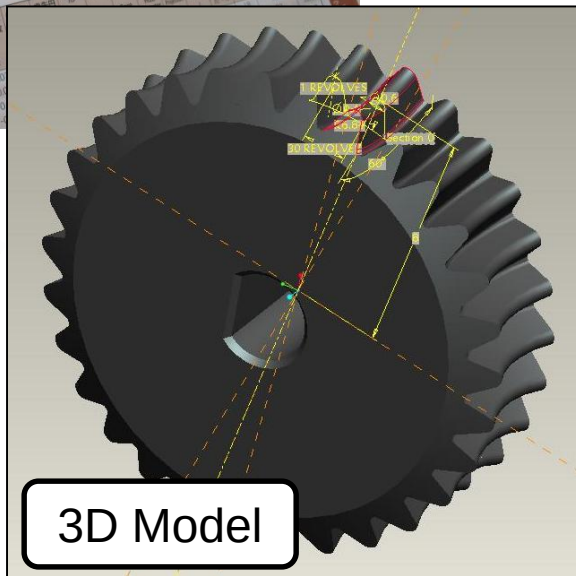
2D Schematic



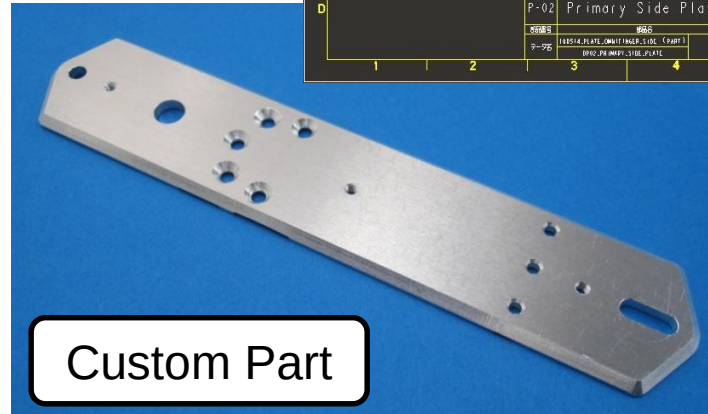
①



3D Model



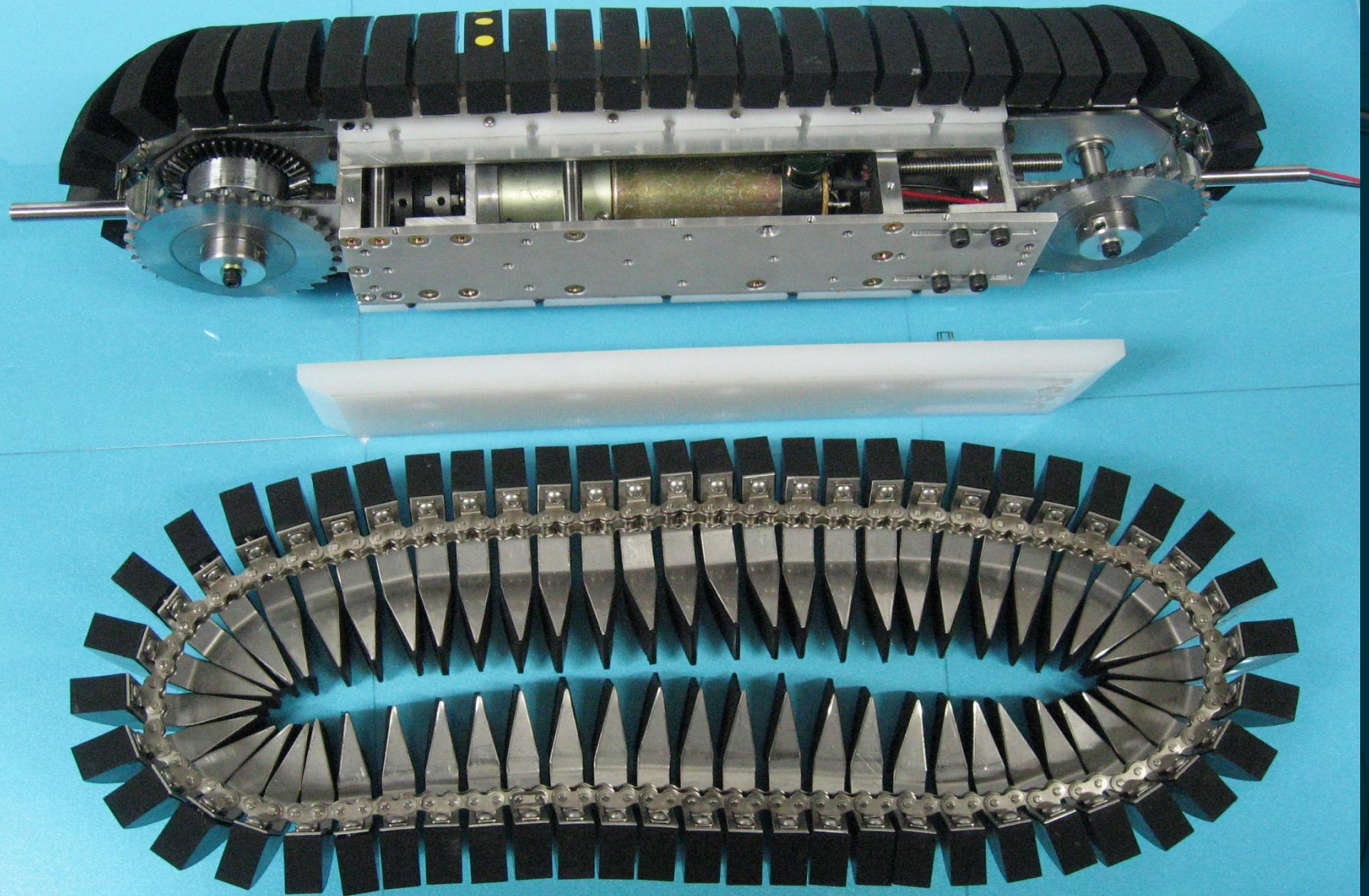
Custom Part



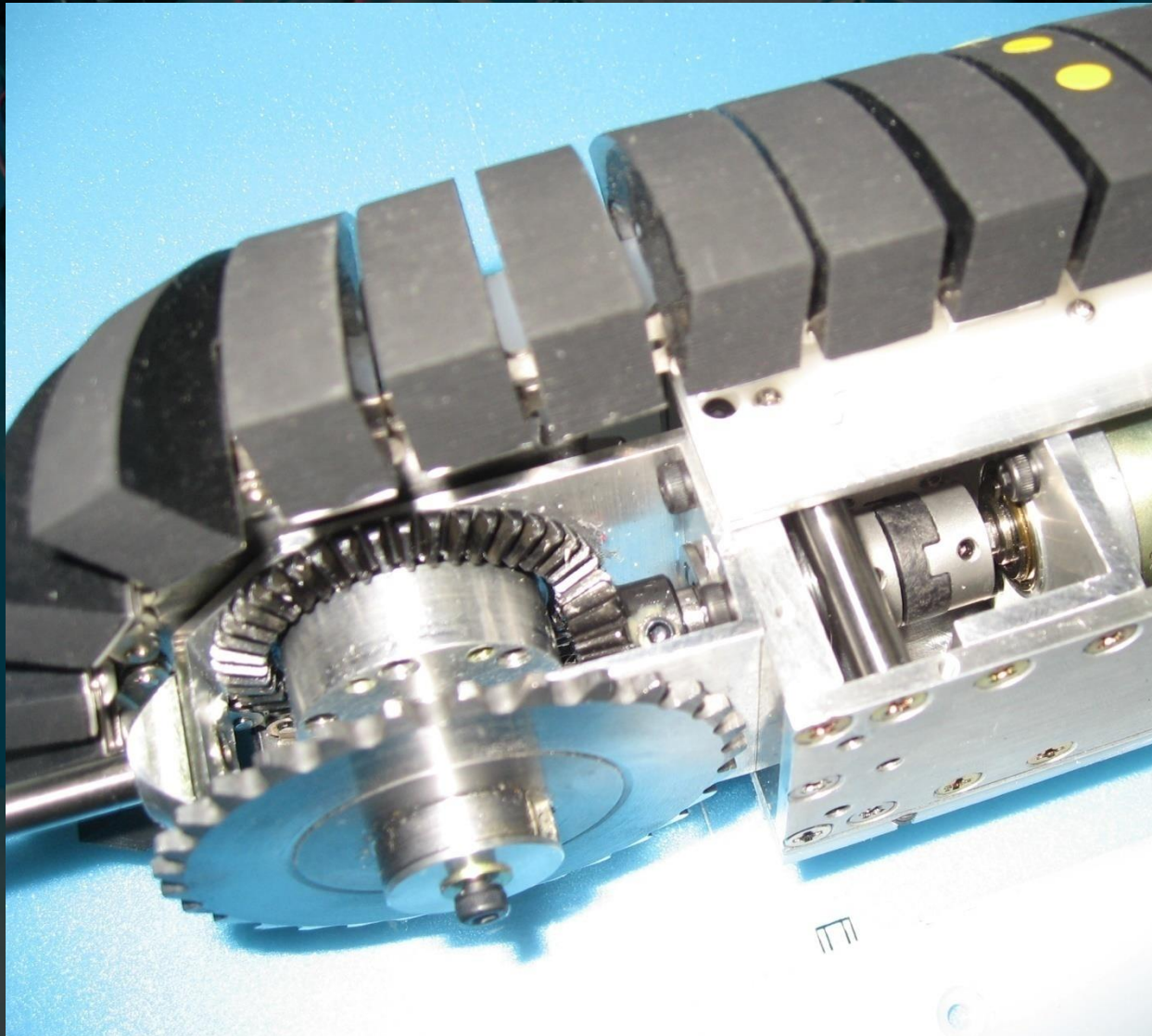
②



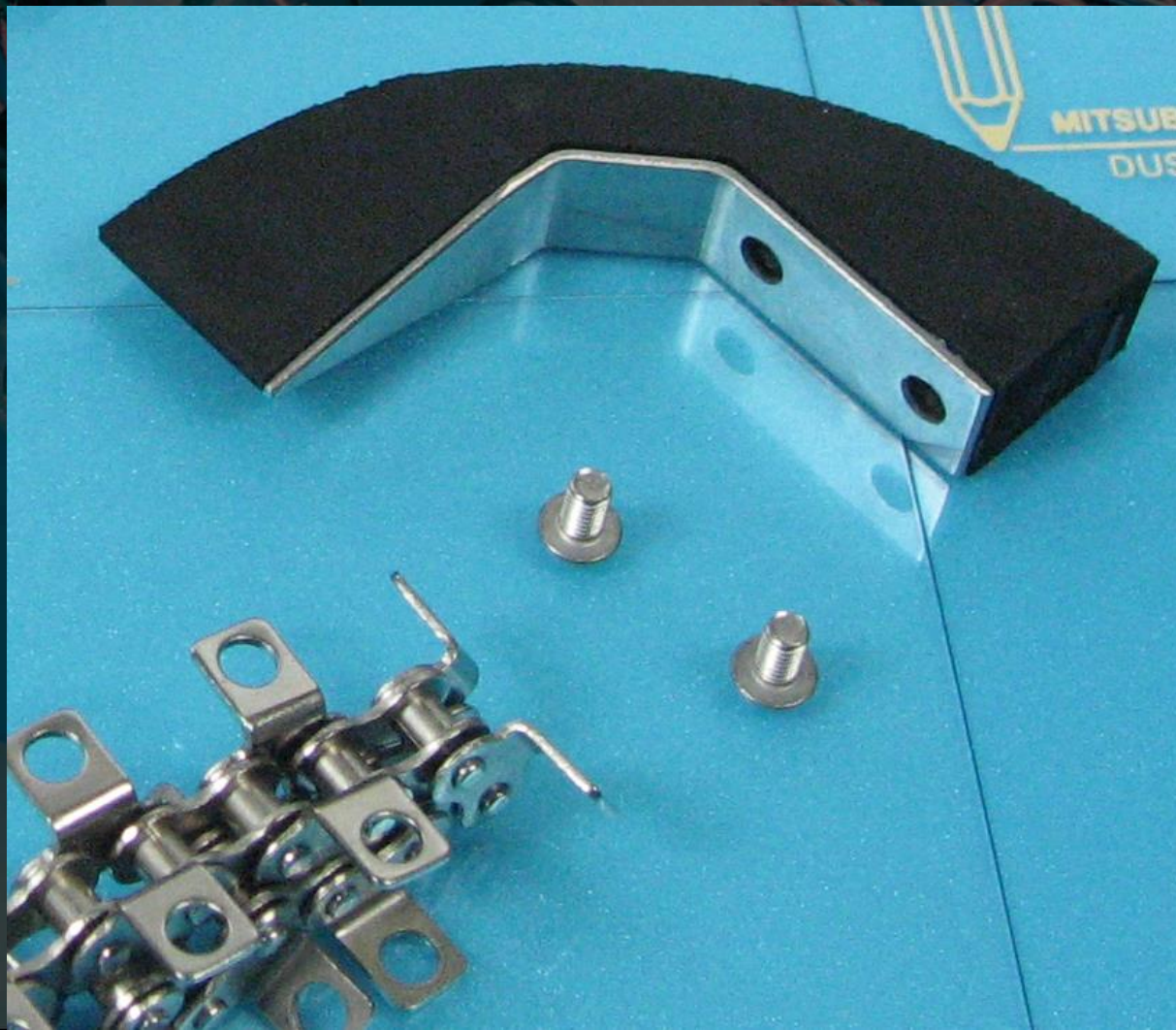
円形断面クローラユニットの構造



駆動部の構成

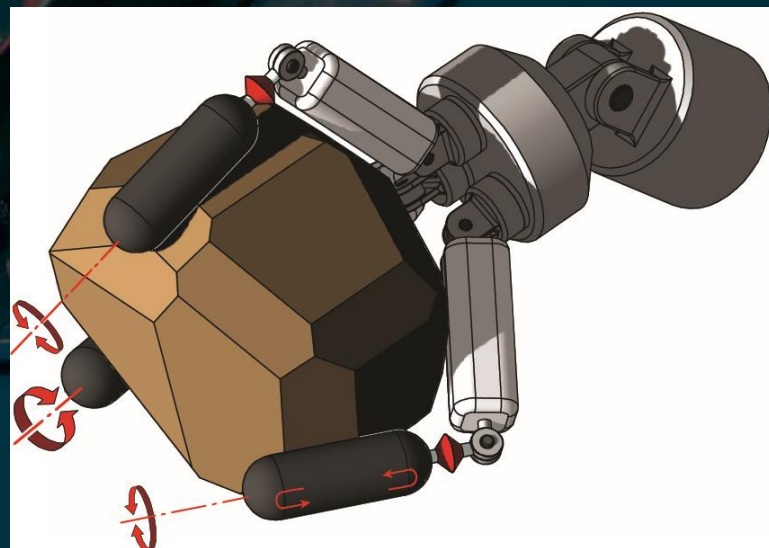
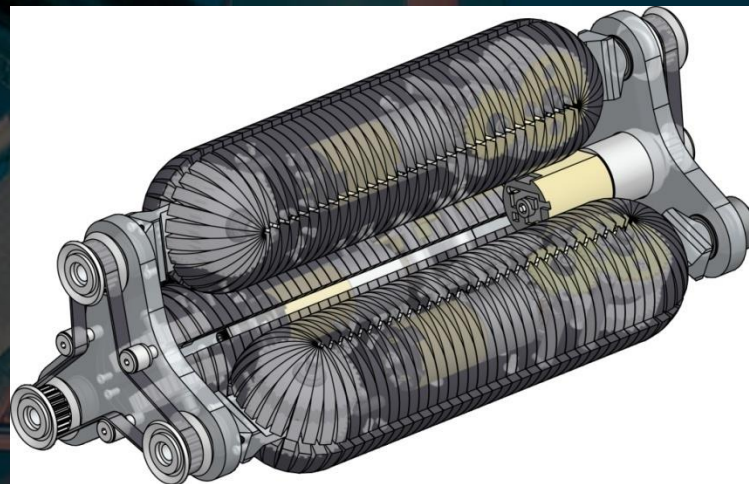
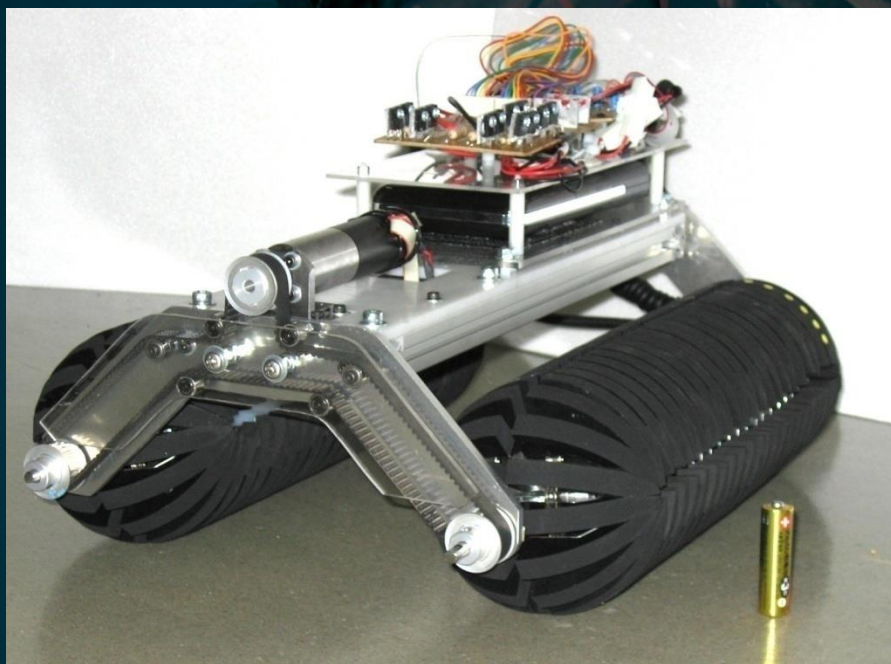


円形(1/4)グローサの構造



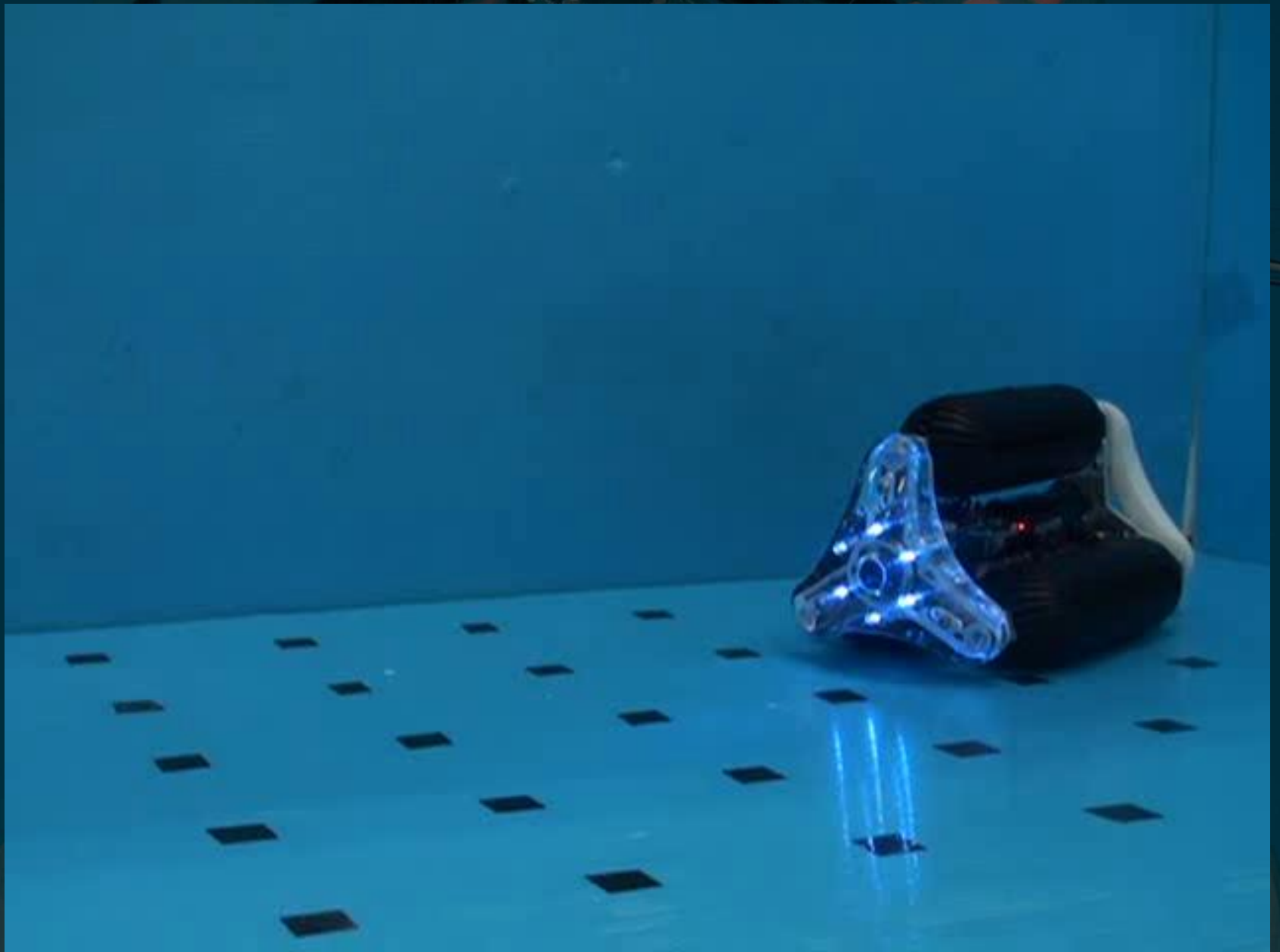
床面上での走行動作



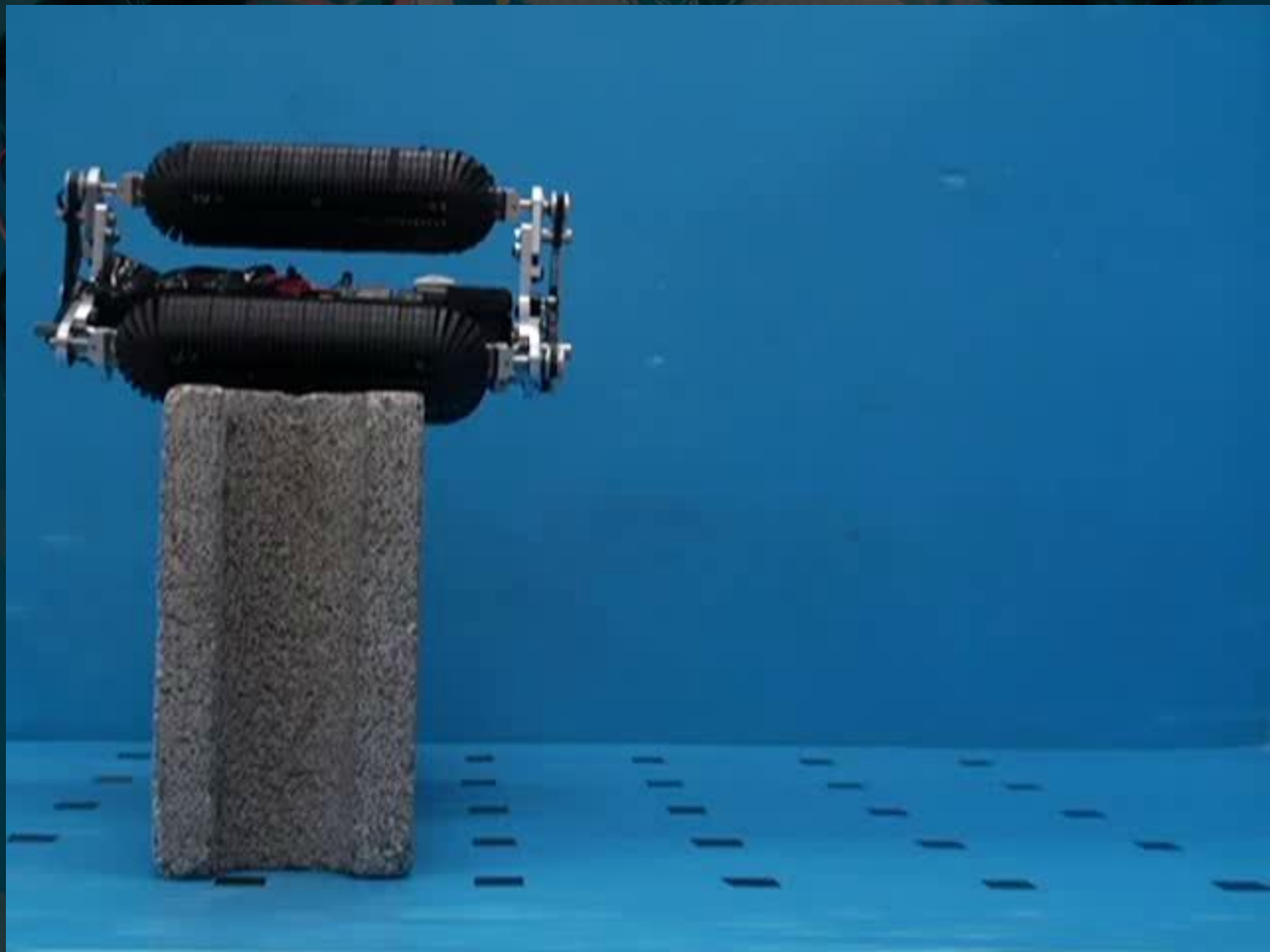


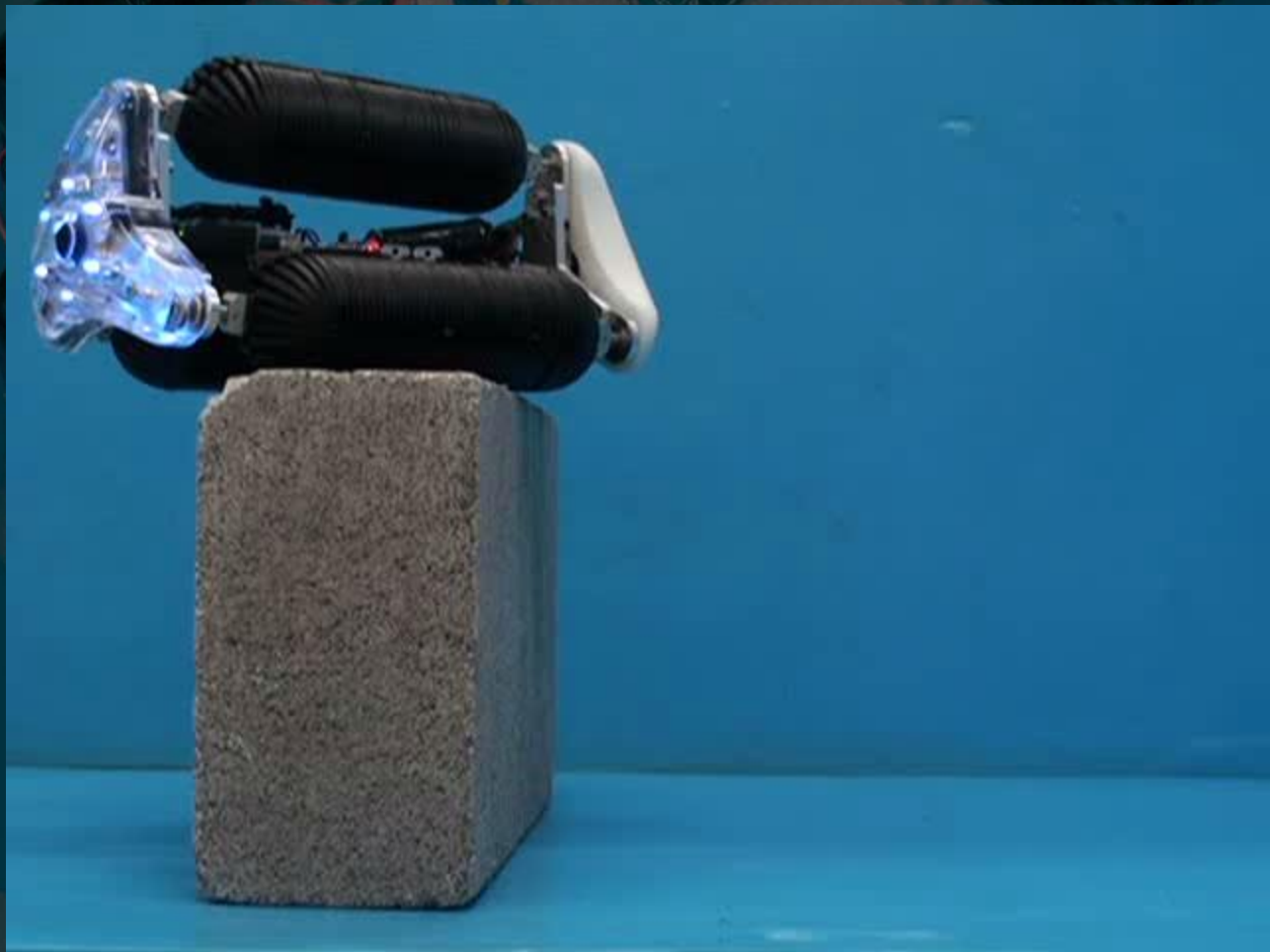
JAXA との共同研究





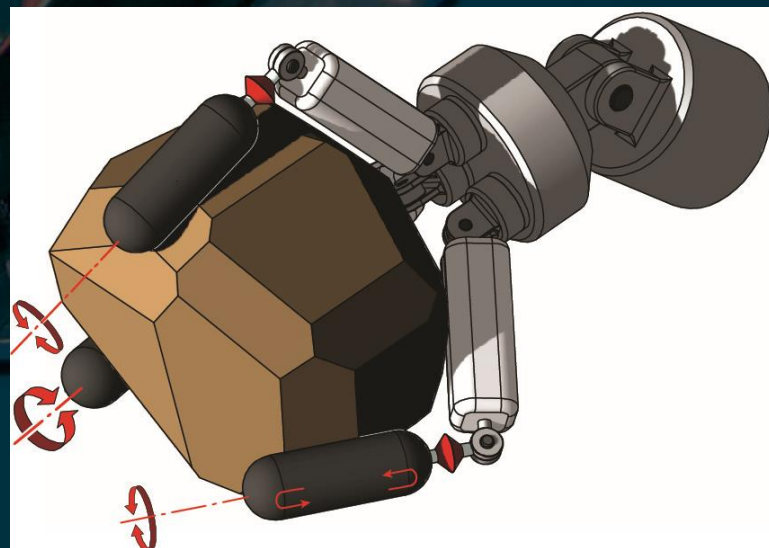
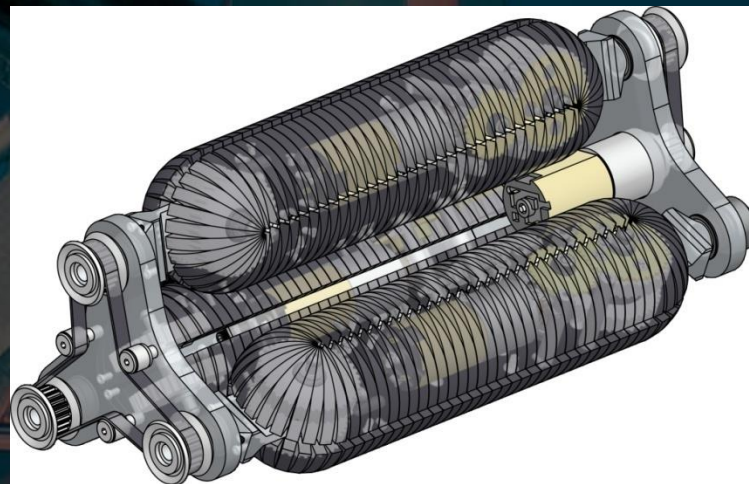
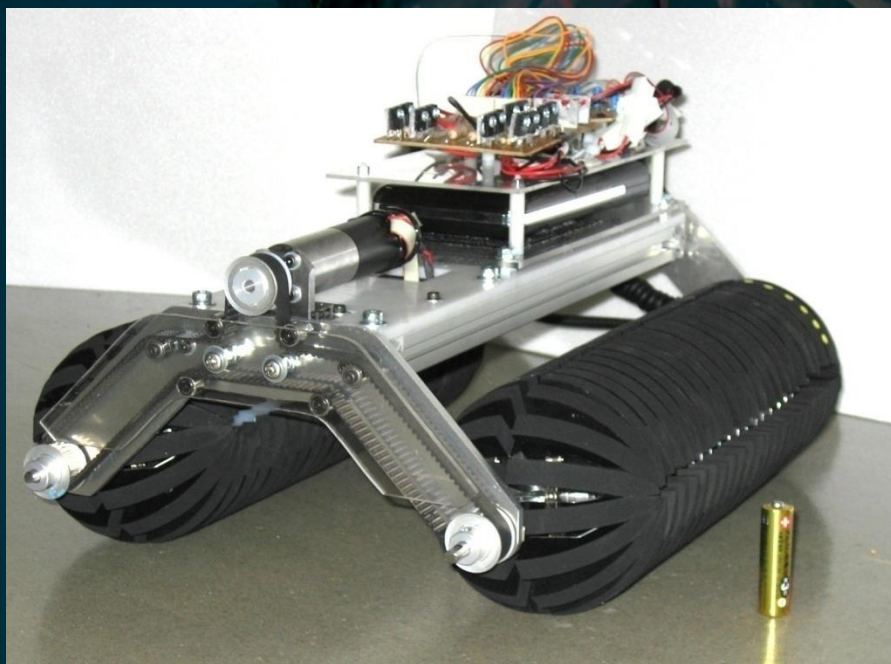






Outside Experiment

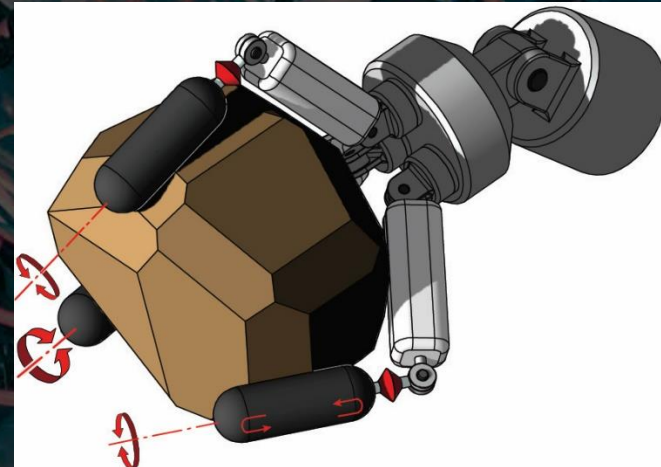




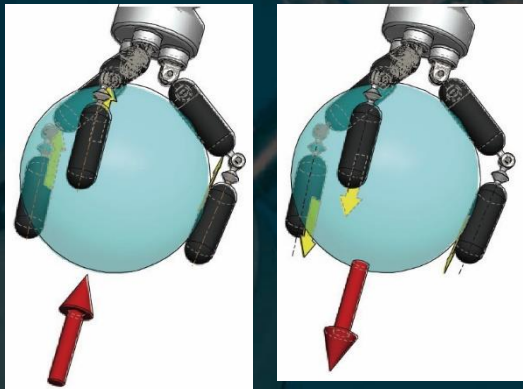
Conceptualization of the Omni-Finger

[3]

- If miniature Omni-Crawler units could be used as omni-directional fingers → **omni-directional manipulation**

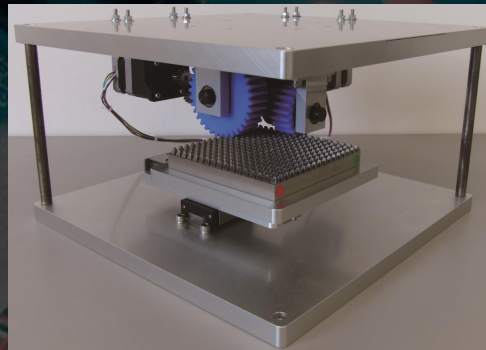


Inward/Outward Translation

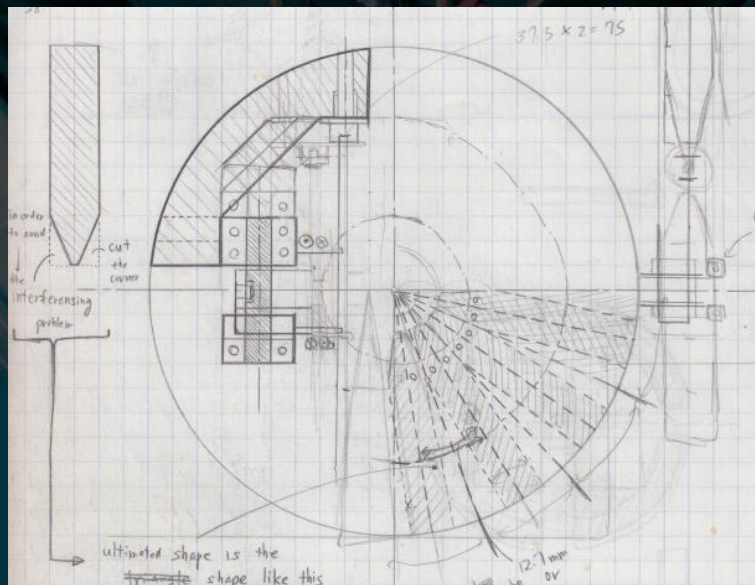


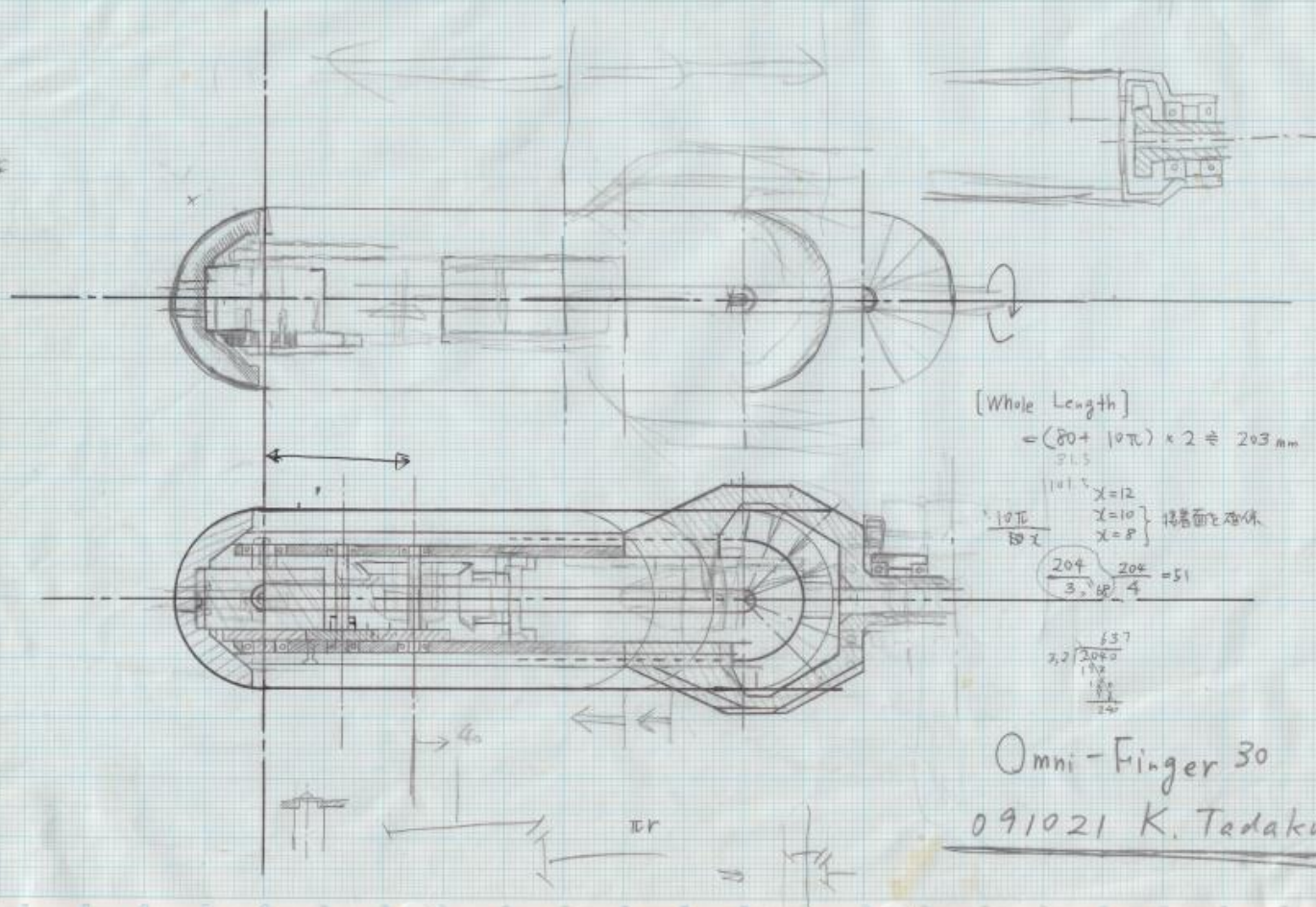
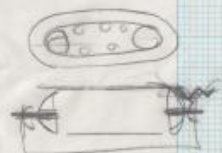
Omni-Directional Rotation





泥臭スライドいきます！





[Whole Length]

80.1

$$= (80 + 10\pi) \times 2 \approx 293 \text{ mm}$$

3.14

10.1

$$\left. \begin{array}{l} x=12 \\ x=10 \\ x=8 \end{array} \right\} \text{ 調整面を確保}$$

$$\frac{204}{3} \div \frac{204}{4} = 51$$

63.7

3.2

204.0

13.2

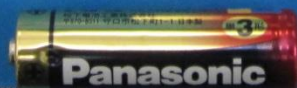
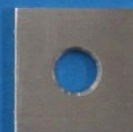
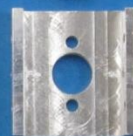
18.0

1.1

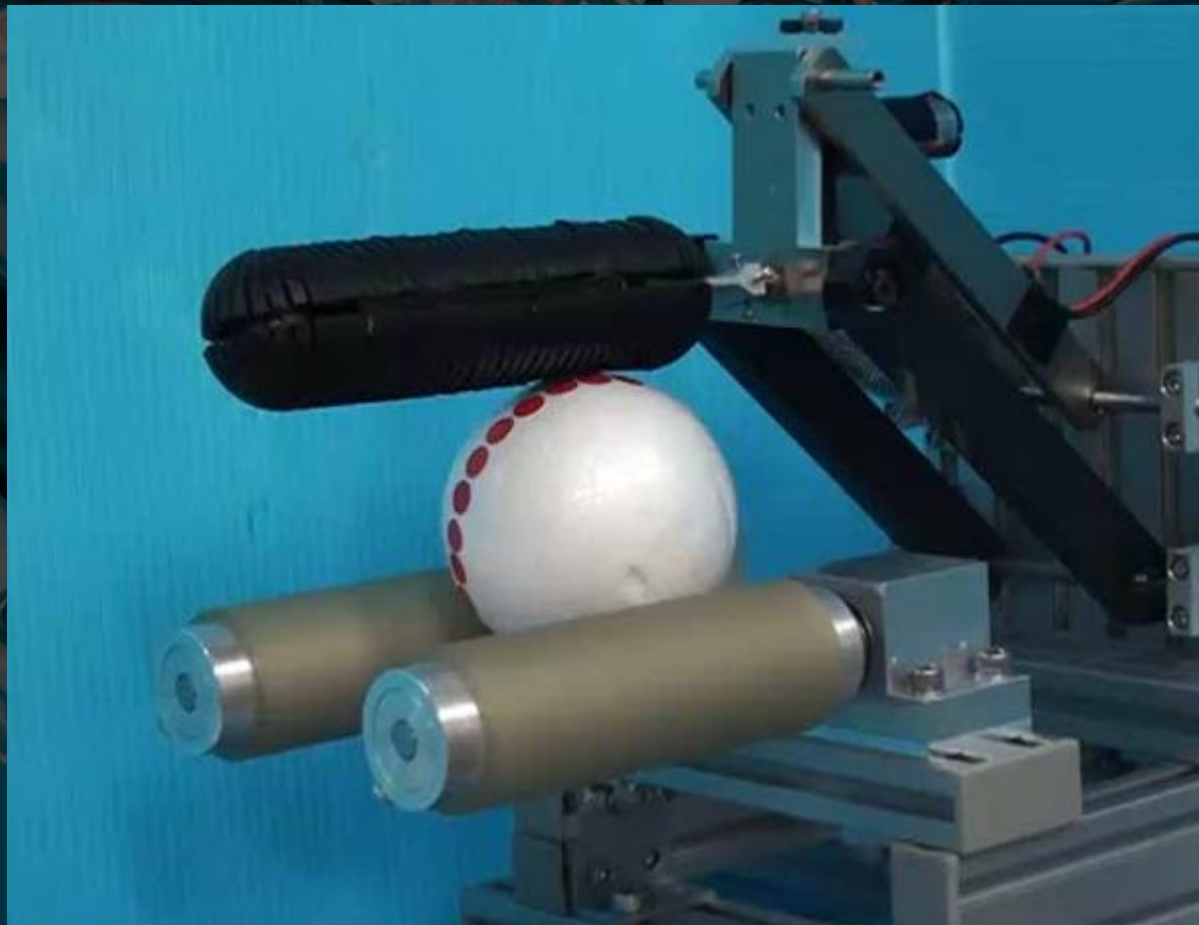
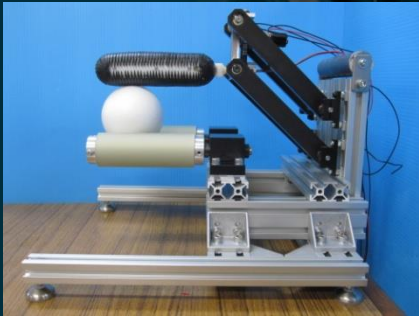
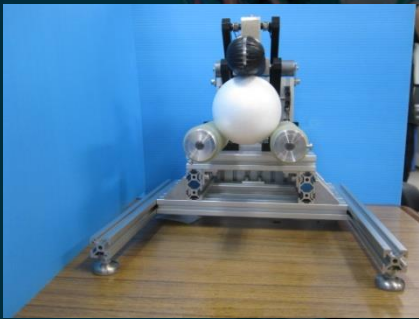
2.4

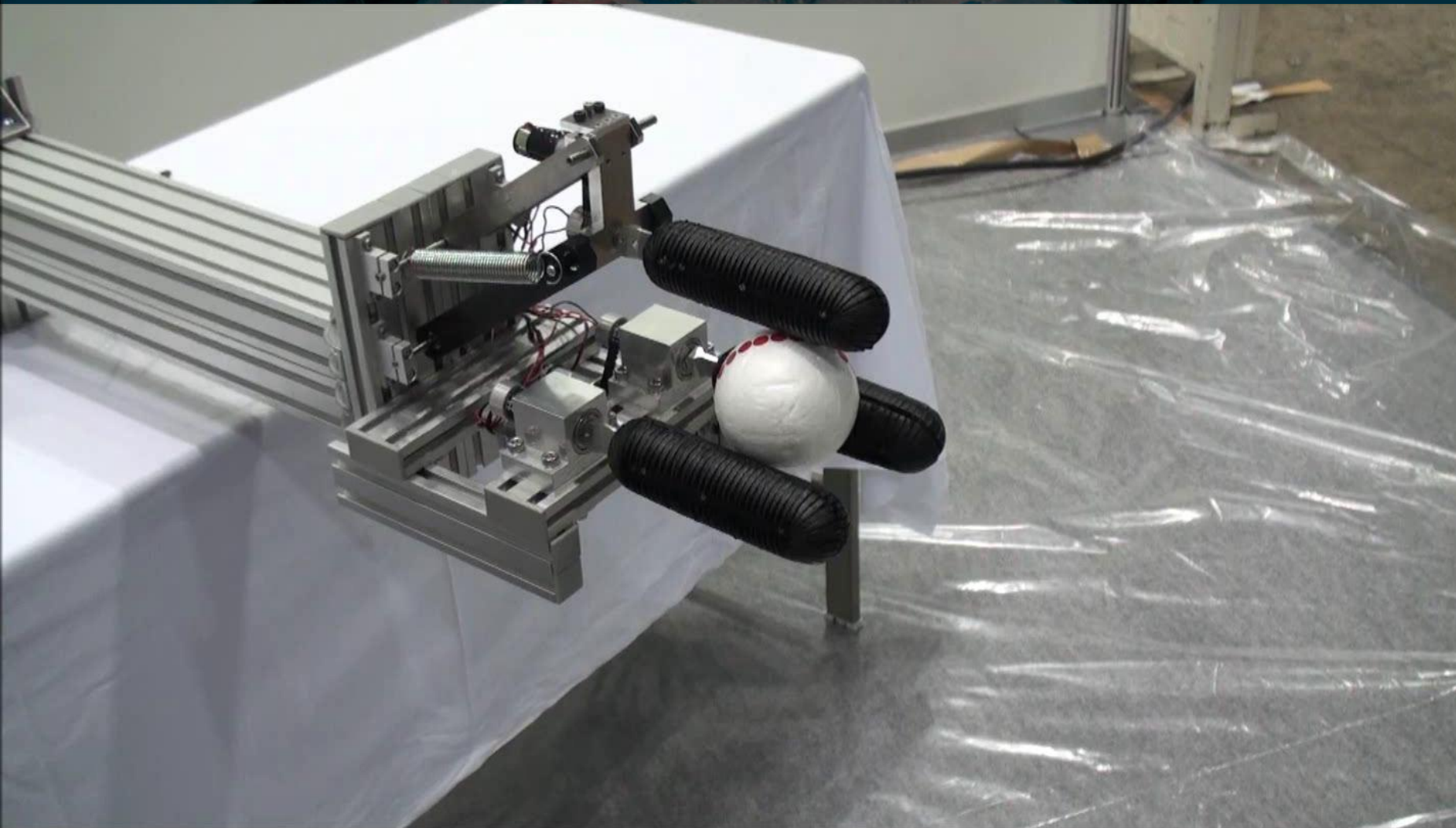
Omni-Finger 30

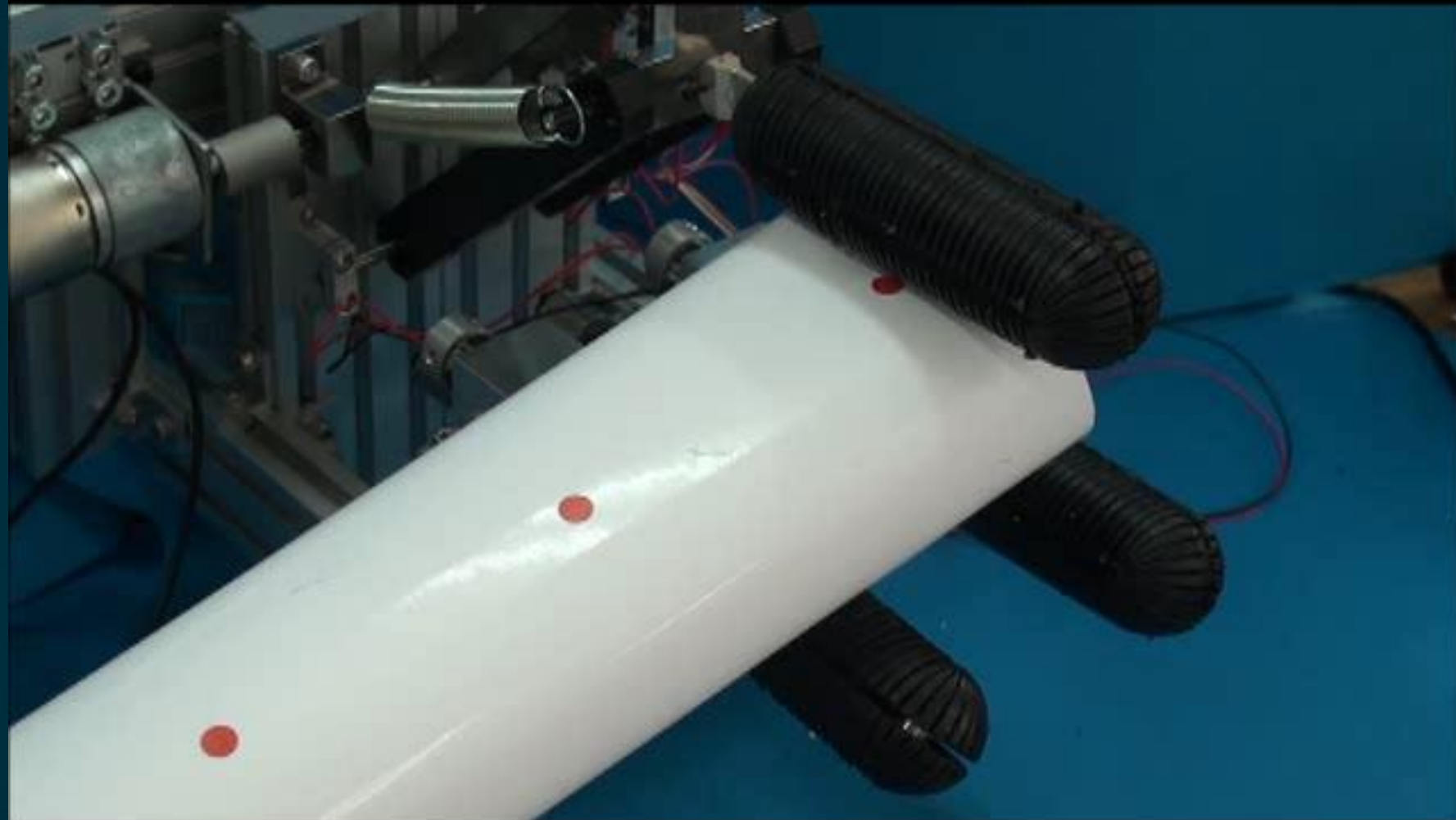
091021 K. Tadakuma

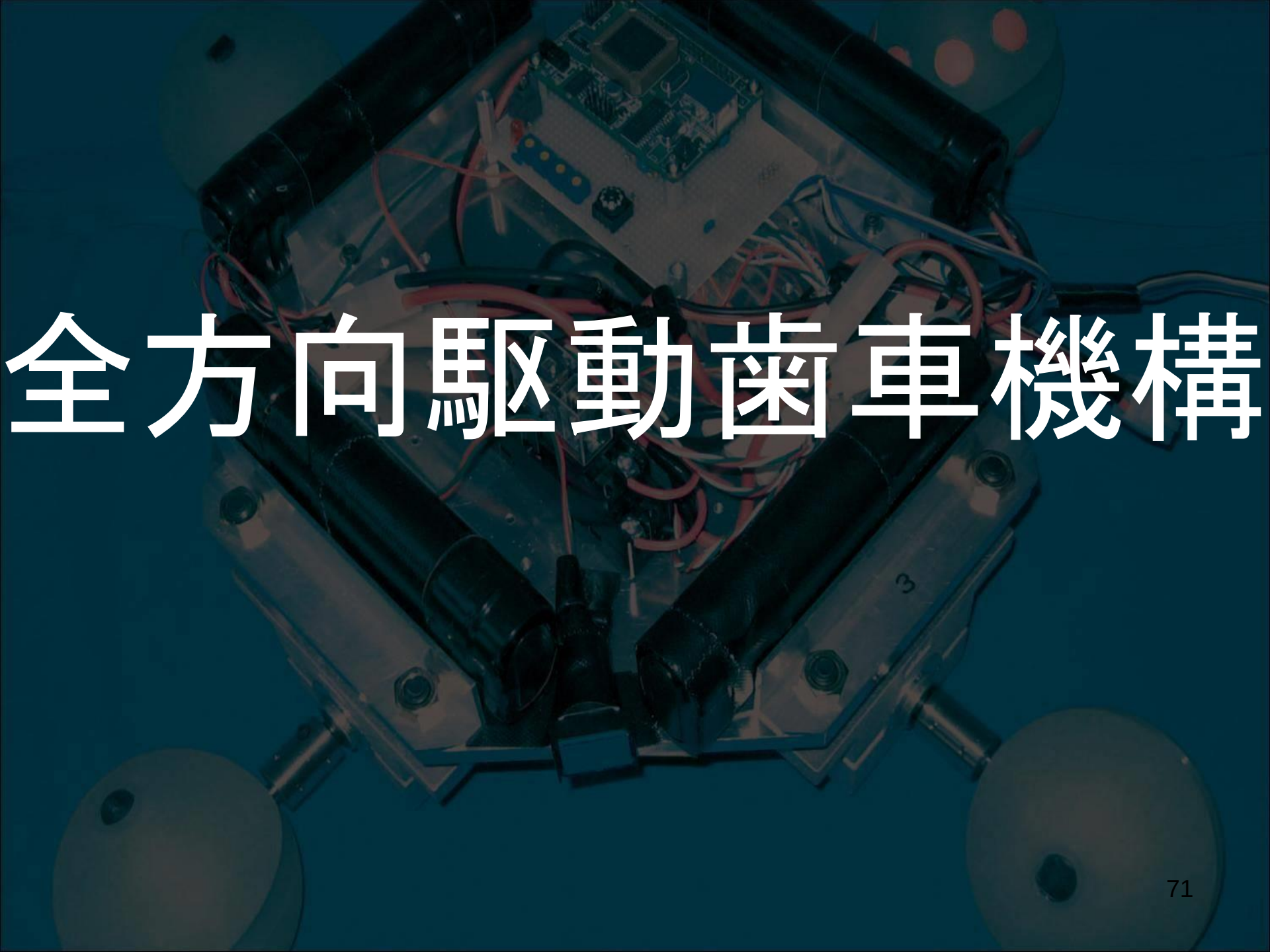


実機による基本動作





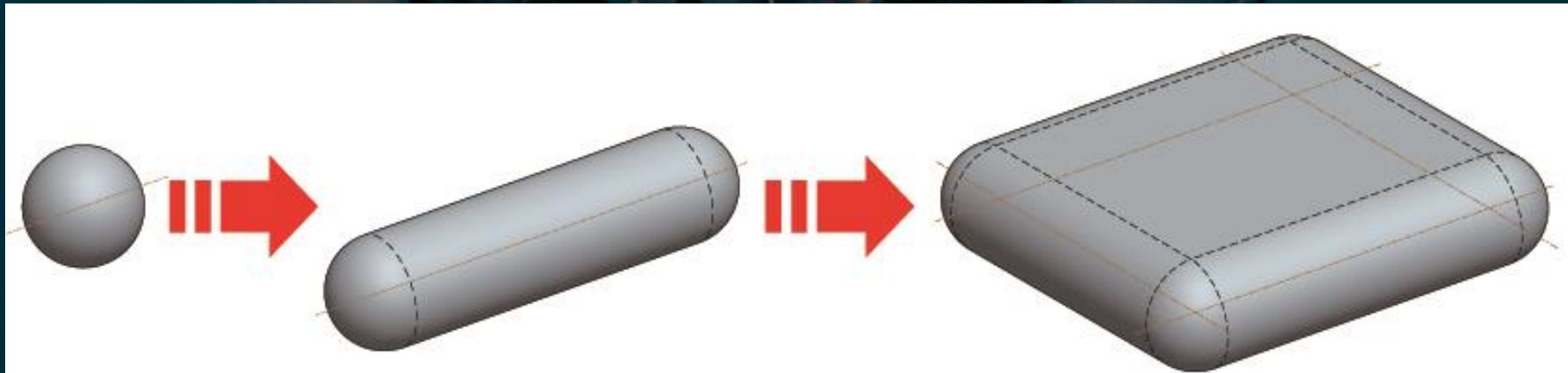




全方向驅動齒車機構

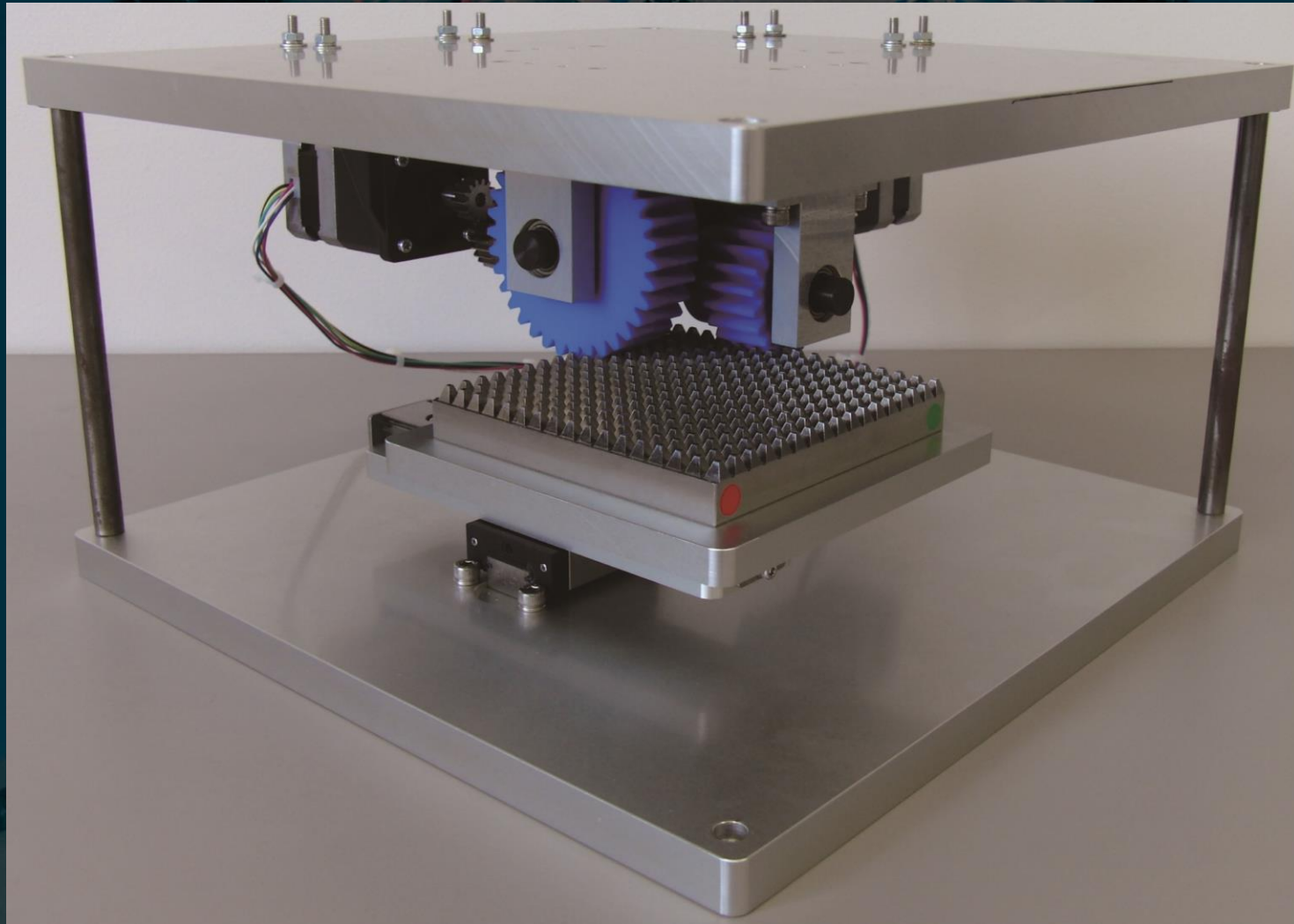
全方向移動・駆動

点 → 線 の次は, , ,

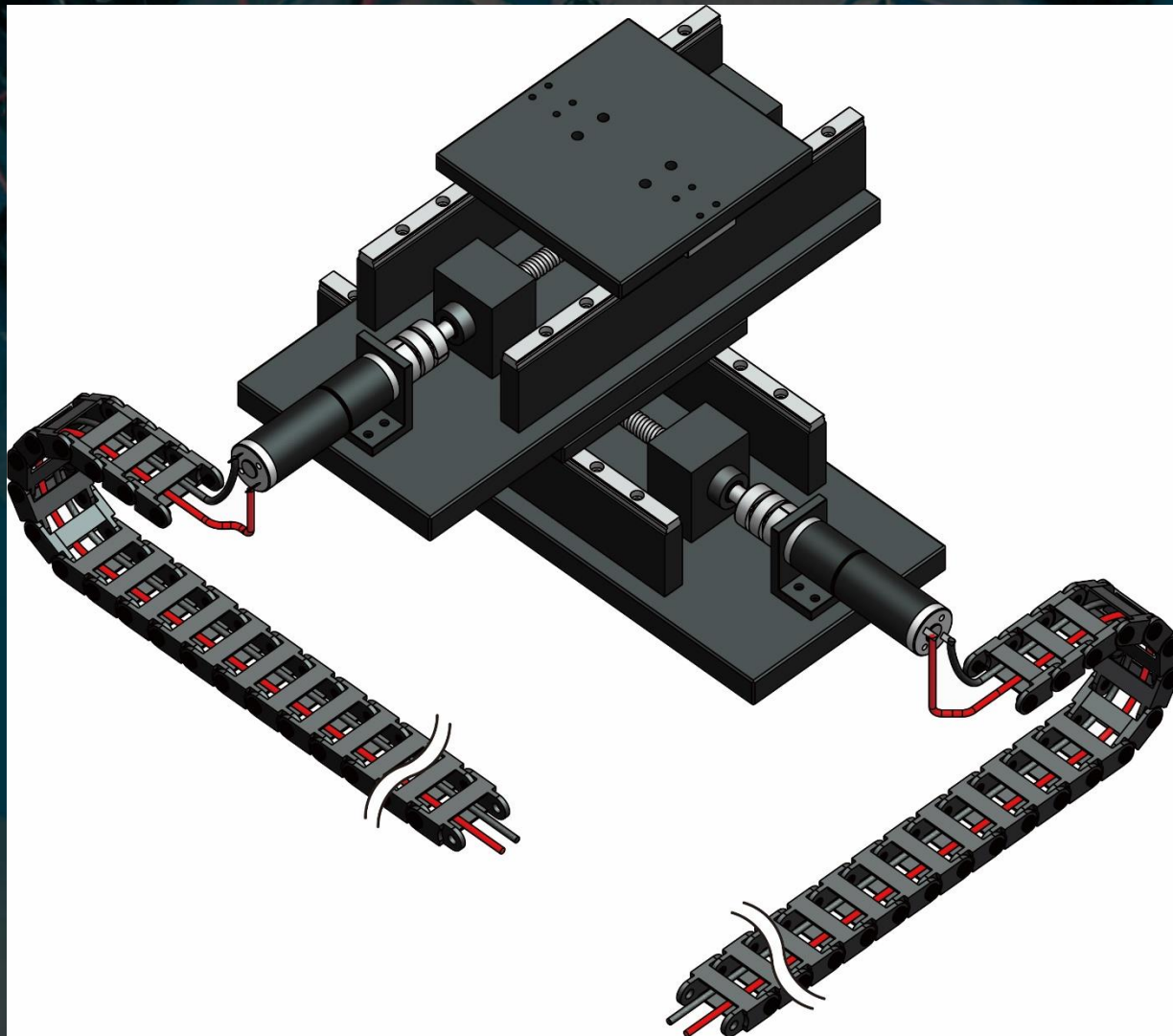


面状の駆動機構 72

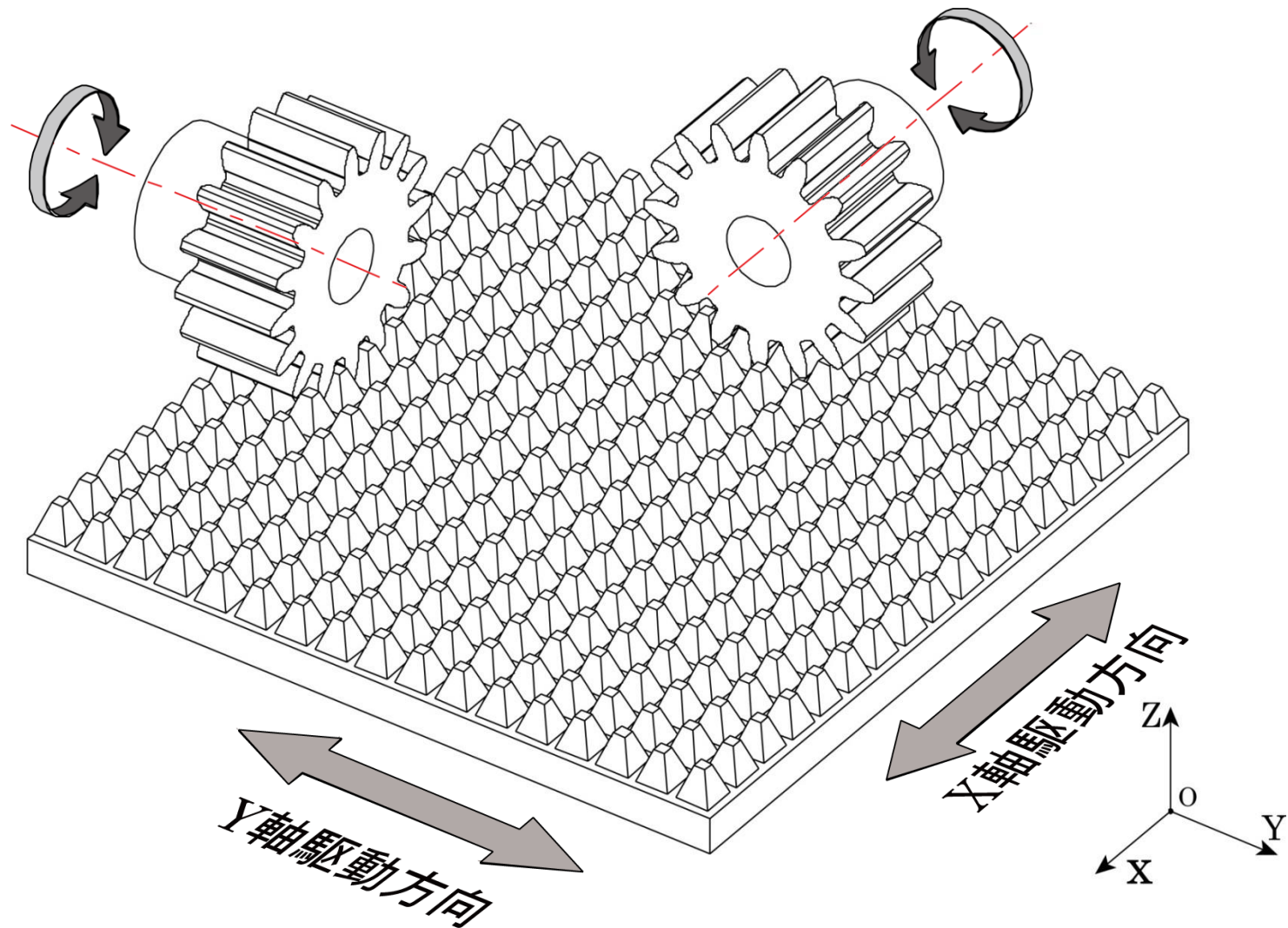
全方向驅動齒車機構



従来のX-Yテーブル



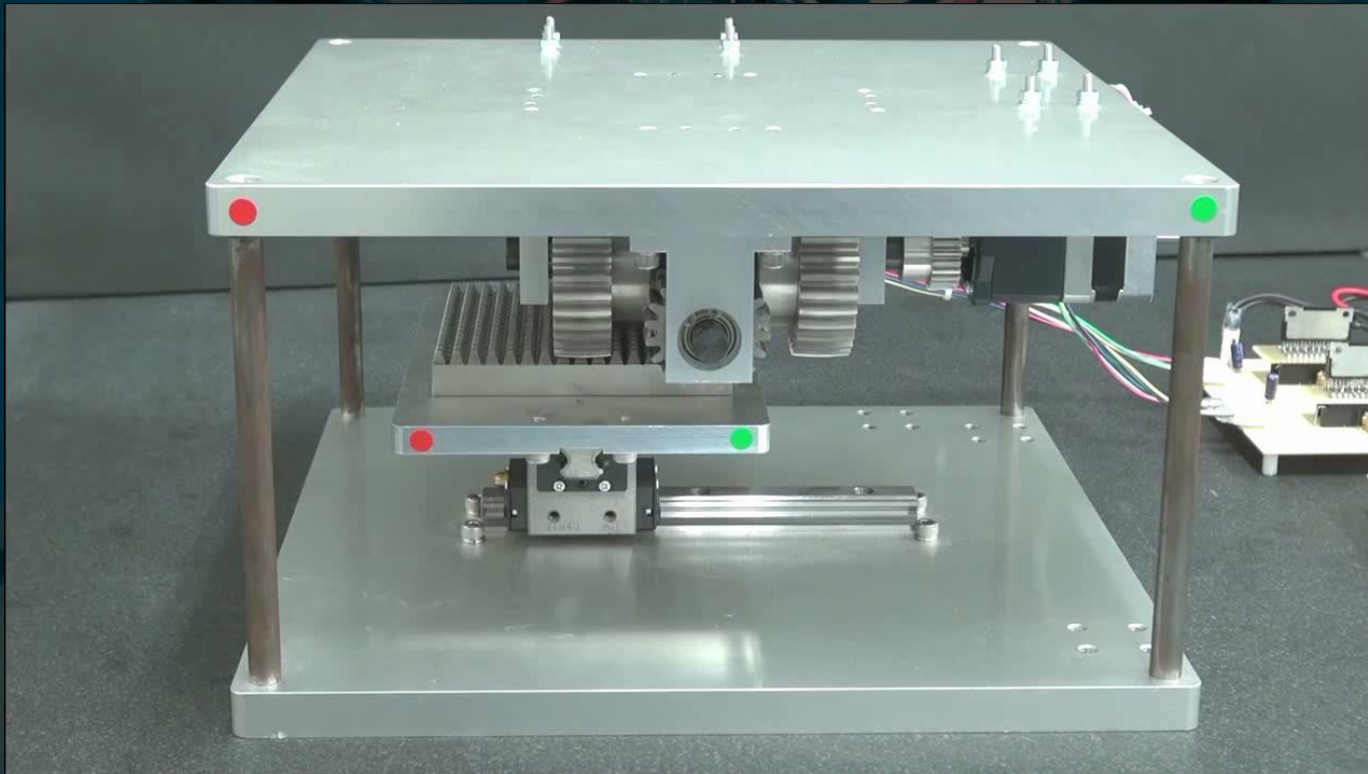
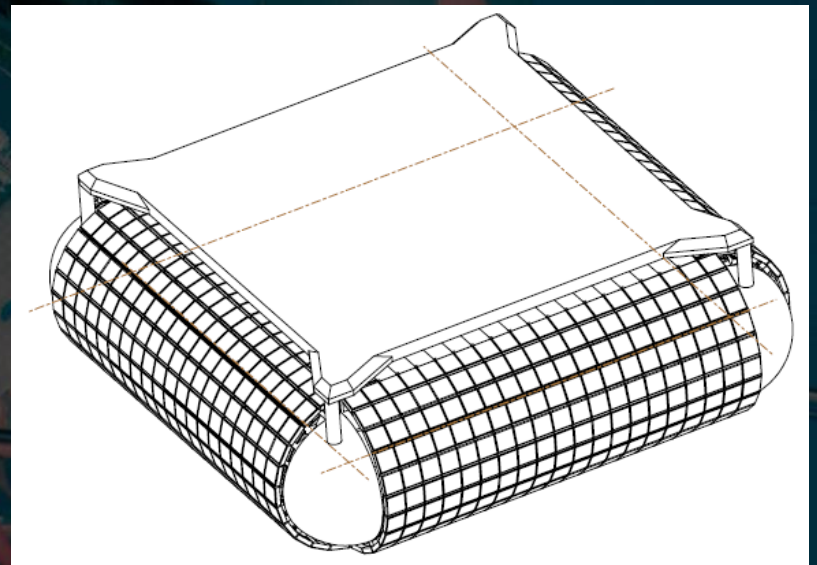
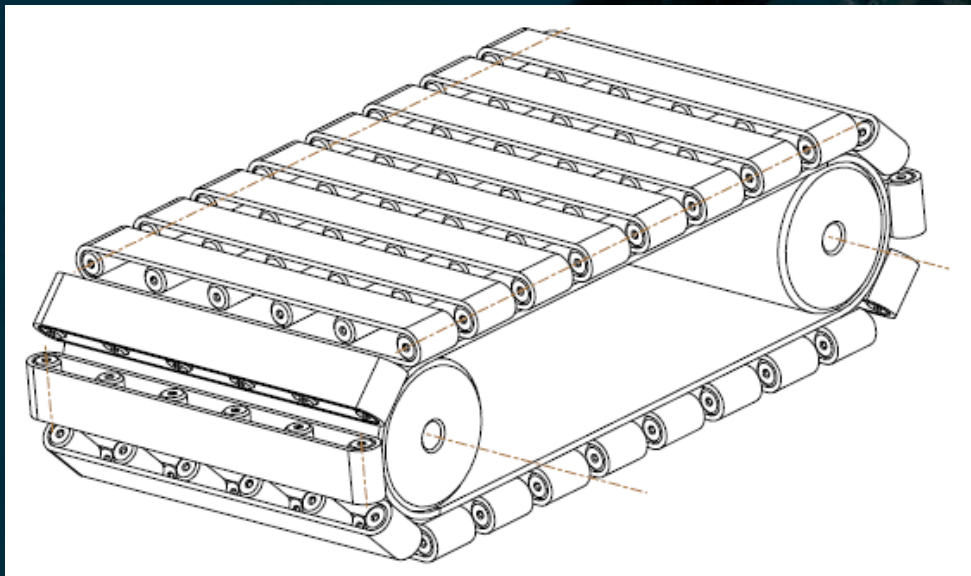
Omni-Gear原理图(平面版)



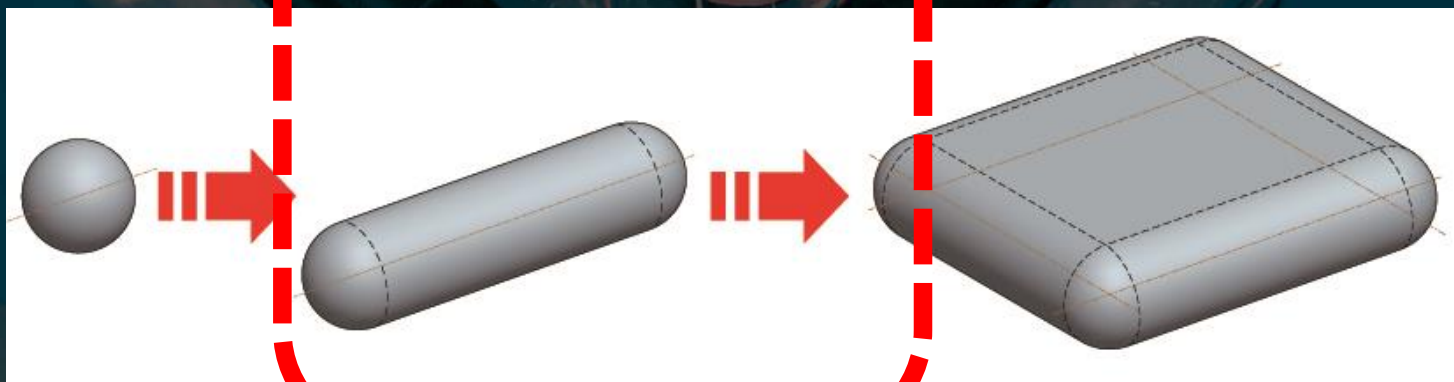
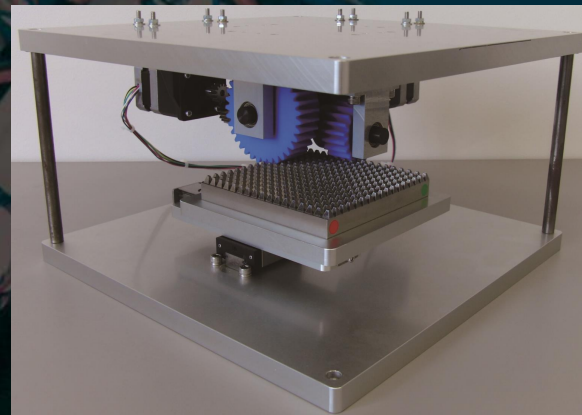
全方向駆動歯車機構の動作



任意方向に動く面状の機構

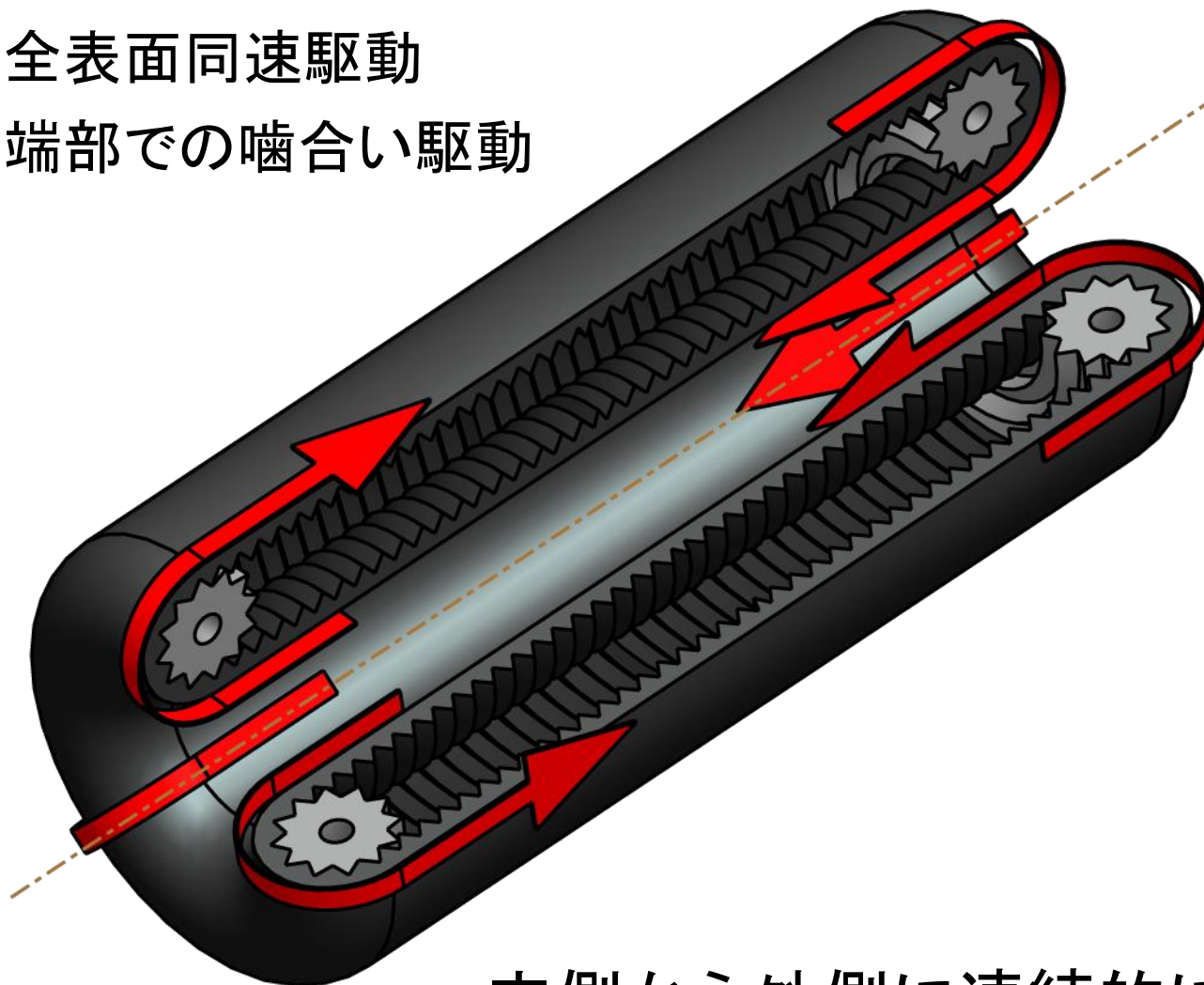


ロボット機構



理想構造

- ・全表面同速駆動
- ・端部での噛合い駆動



内側から外側に連続的に駆動

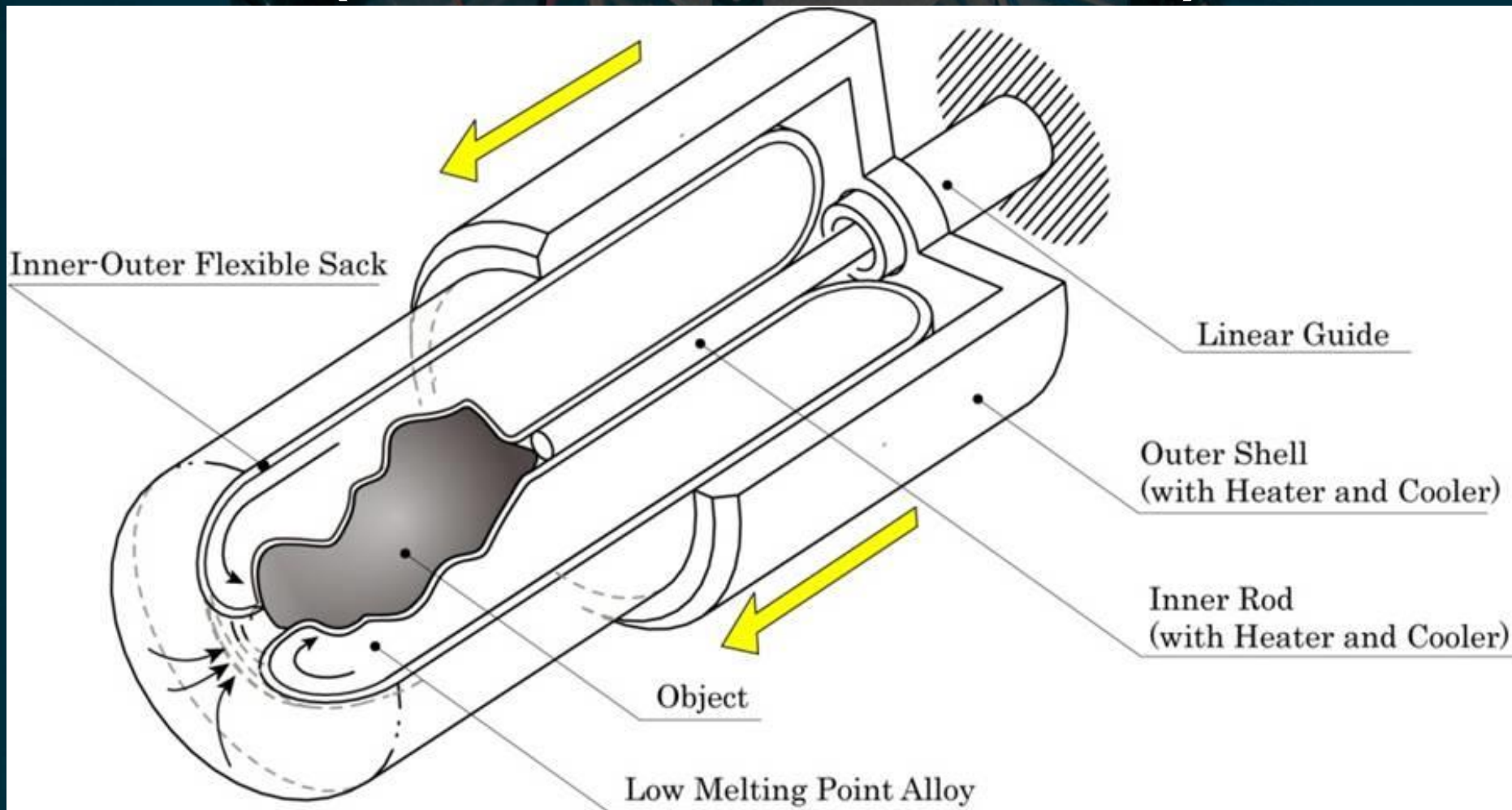
内外連続式 トーラス構造



不整地での移動例



内外連続式グリッパ (外側から内側に駆動)



従来研究 および近年の研究 (多種多様物体把持の観点から)

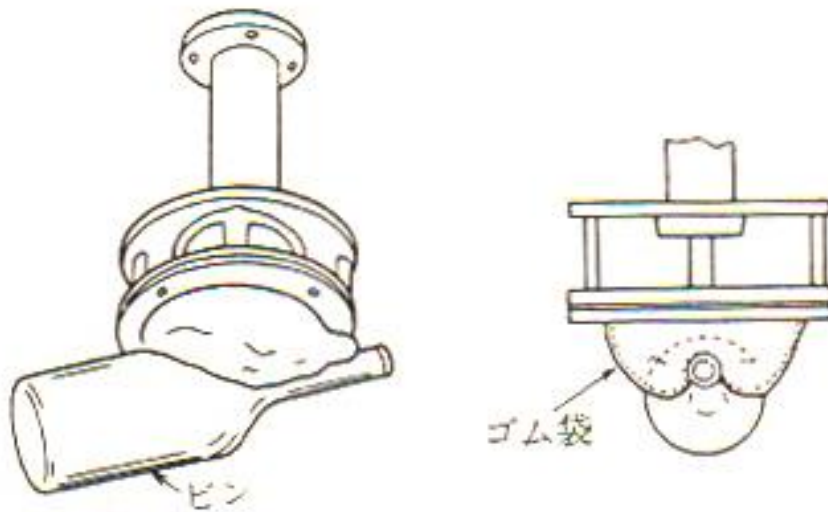


図 3.12 ニューマチックグリッパ⁶⁾

1982年

ロボット工学ハンドブック(日本ロボット学会編)
pp351-352, ISBN 4-339-04576-4, コロナ社,
1990年



2010年

Universal robotic gripper based on the jamming of granular material
Eric Browne, Nicholas Rodenberg, John Amend, Annan Mozeikac,
Erik Steltz, Mitchell R. Zakind, Hod Lipson, and Heinrich M. Jaeger
November 2, 2010, vol. 107 no. 44, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America

Proceedings



Symposium on Industrial Robots 6th International Conference on Industrial Robot Technology

大阪大学附属図書館



08226030412

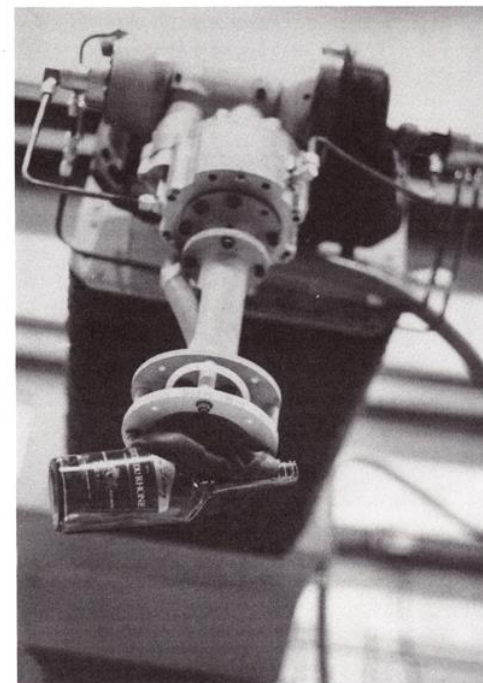
June 9th-11th, 1982. Paris, France.

Photo n° 1

Essais de préhenseur pneumatique - robot UNIMATE 4000

Picture nr 1

Pneumatic gripper tests - UNIMATE 4000 robot



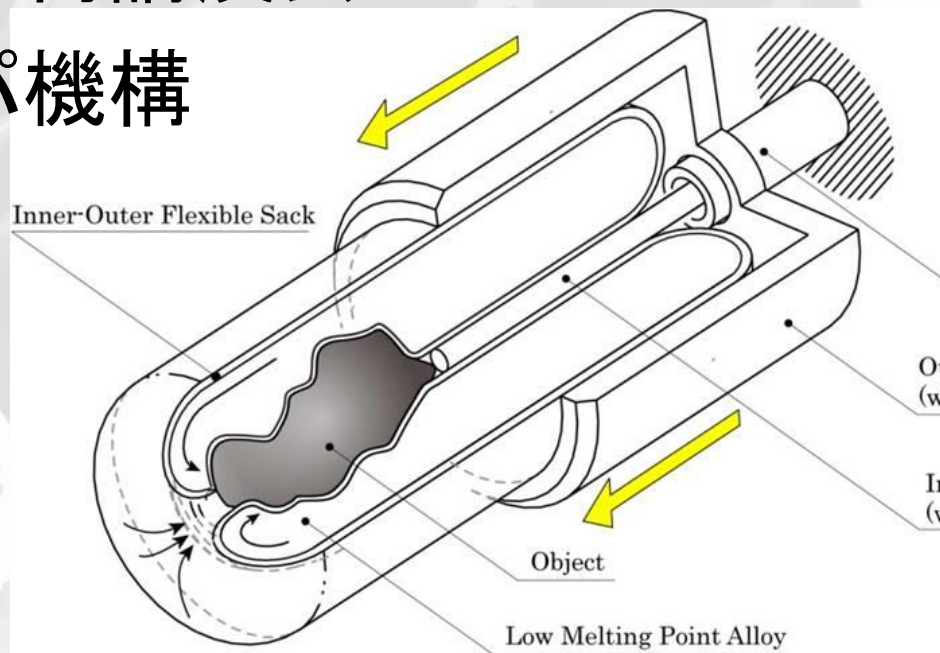
Essais de préhension d'objets fragiles de forme quelconque

Gripping tests for fragiles pieces having an ordinary shape

当研究チームによる研究発表

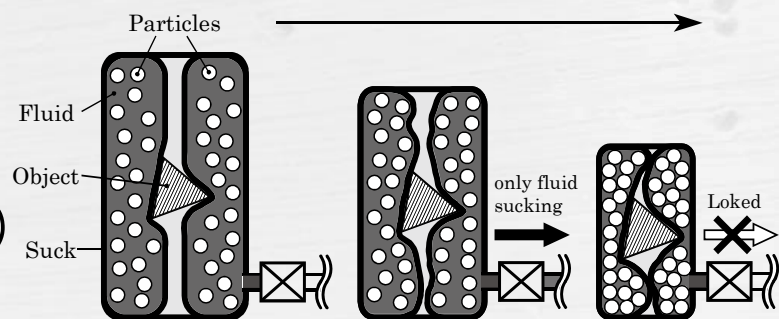
2008年日本ロボット学会学術講演会

全方向包み込み式グリッパ機構



内容物:

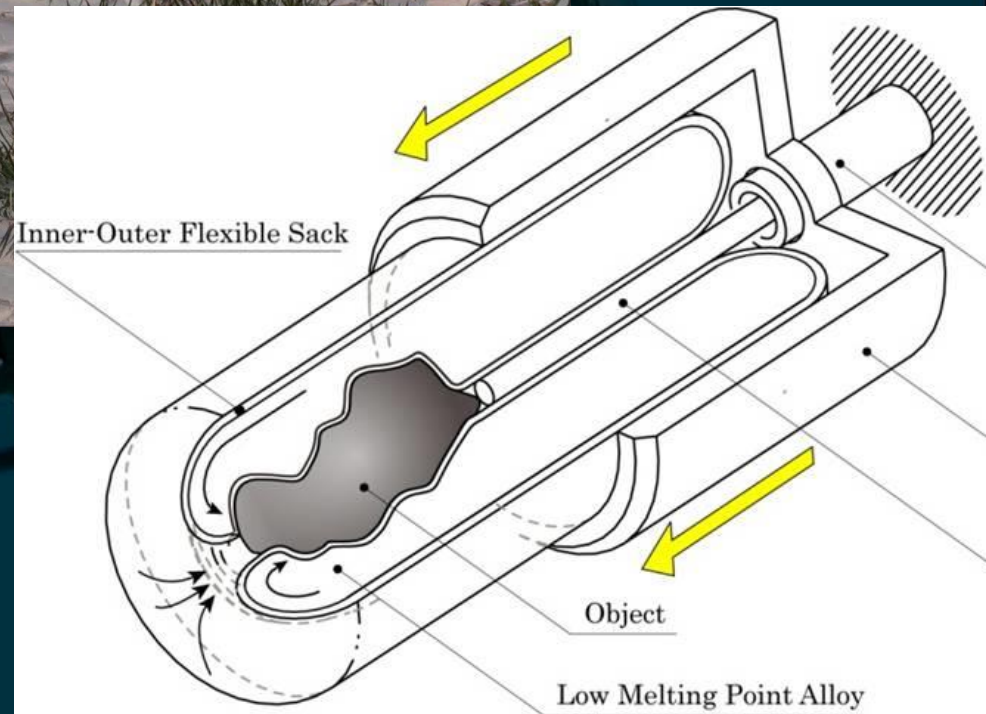
- 低融点合金
- 微粒子・媒体の混合物(ダイラタンシー)
- 機能性流体
- 上記の混合体

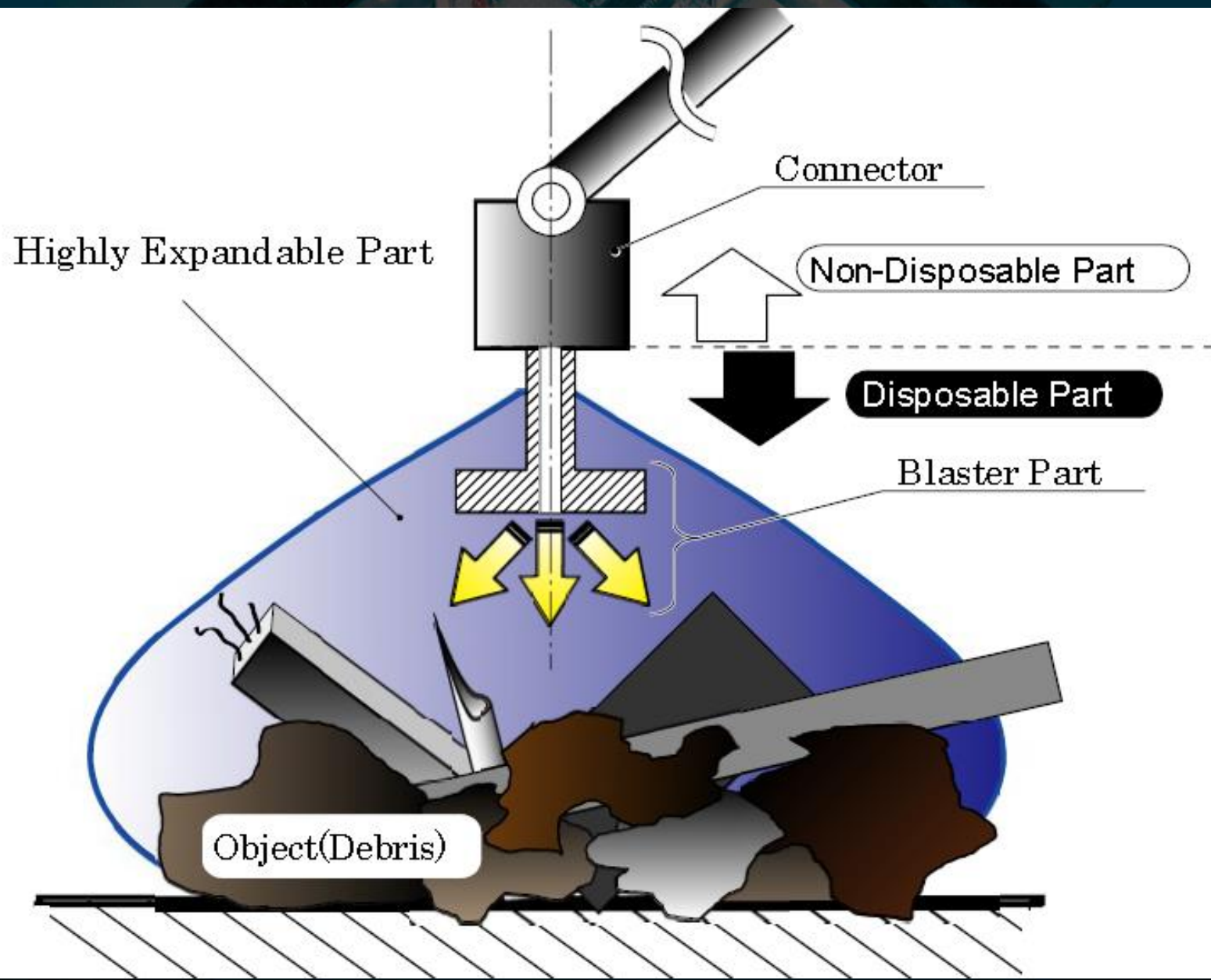


連続把持動作



トラス駆動構造という点で共通

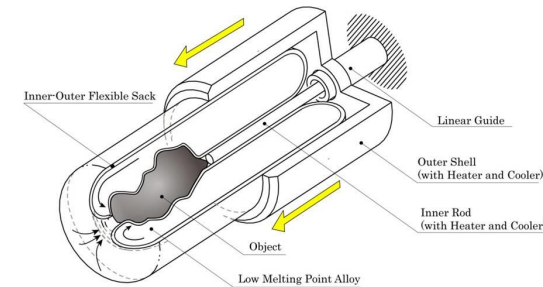




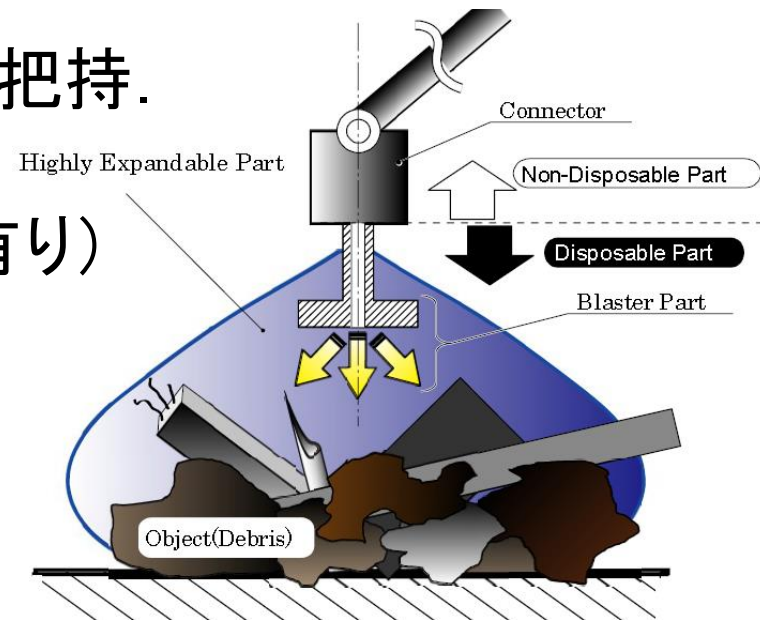
特徴と使用環境

- 地震津波災害における作業

- 瓦礫補強機能:
瓦礫上を移動するロボット・作業者用.



- 瓦礫撤去機能
複数の形状・サイズの瓦礫の把持.
水没物へのアプローチ.
(水中内でも機能する必要有り)



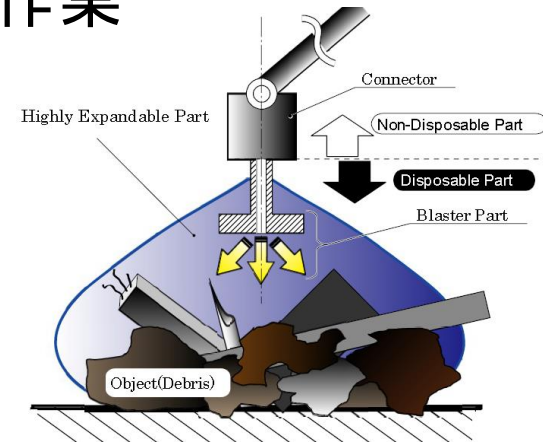
- 粉塵物拡散防止機能
細かい砂状の粉塵物を取り囲み拡散を抑える.

特徴と使用環境

- 原発内(極限崩壊環境)における撤去・復旧作業

- 放射線を浴びた瓦礫撤去機能

- 複数の形状・サイズの瓦礫の把持.
- 格納容器内の燃料棒へのアプローチ.
 - (・水中内でも機能する必要有り,
 - ・燃料棒の形状が不明.
 - ・燃料棒を削る際に発生する切りくずの形状も不明.
 - 未知形状・サイズ対象物への把持を可能とする構成にしておく必要有り.)



- 粉塵物拡散防止機能

放射線を浴びた粉塵物を取り囲み拡散を抑える.

膨張部分の素材：発泡ウレタン

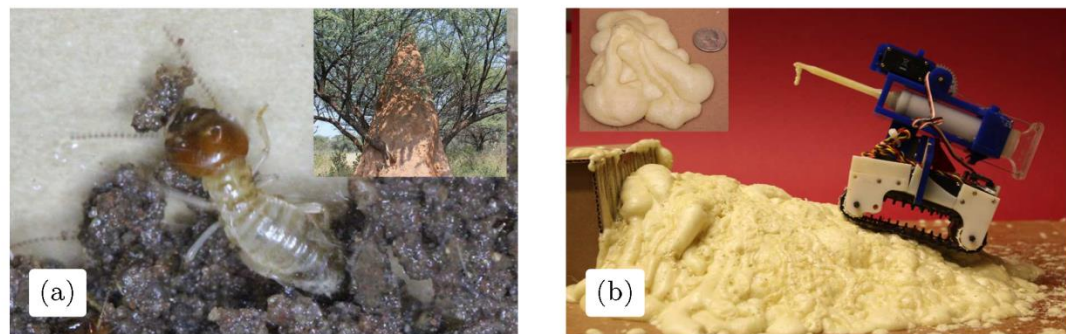


Fig. 1 Examples of amorphous construction. (a) Amorphous construction in biology. A termite preparing an amorphous dollop of mud for deposition. Inset shows a mound built around a tree. (b) Prototype of a construction robot. The robot was remote controlled to build a ramp using amorphous foam depositions. Inset shows a cone-shaped deposition.

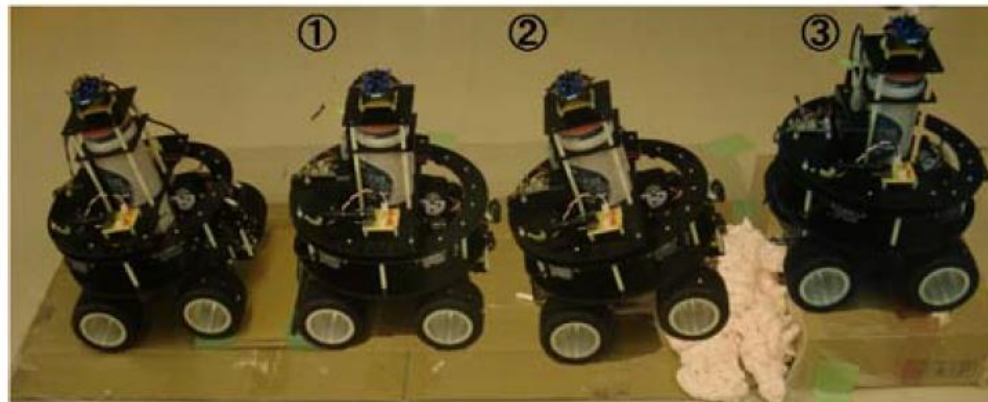


Fig. 7 Experiment result of climbing action

[6] Nils Napp, Radhika Nagpal, "Distributed Amorphous Ramp Construction in Unstructured Environments", Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS), Nov 2012.

[7] 石橋晟人, 岡崎慎也, 藤澤隆介, "外界を改変することで移動可能性を拡張する環境構築型ロボット群のメカニズム" 2P1-I02, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013

[6] Nils Napp, Radhika Nagpal, "Distributed Amorphous Ramp Construction in Unstructured Environments", Symposium on Distributed Autonomous Robotic Systems (DARS), Nov 2012.

[7] 石橋晟人, 岡崎慎也, 藤澤隆介, "外界を改変することで移動可能性を拡張する環境構築型ロボット群のメカニズム" 2P1-I02, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013

デブリ把持実験における 複数種類対象物



把持動作の様子

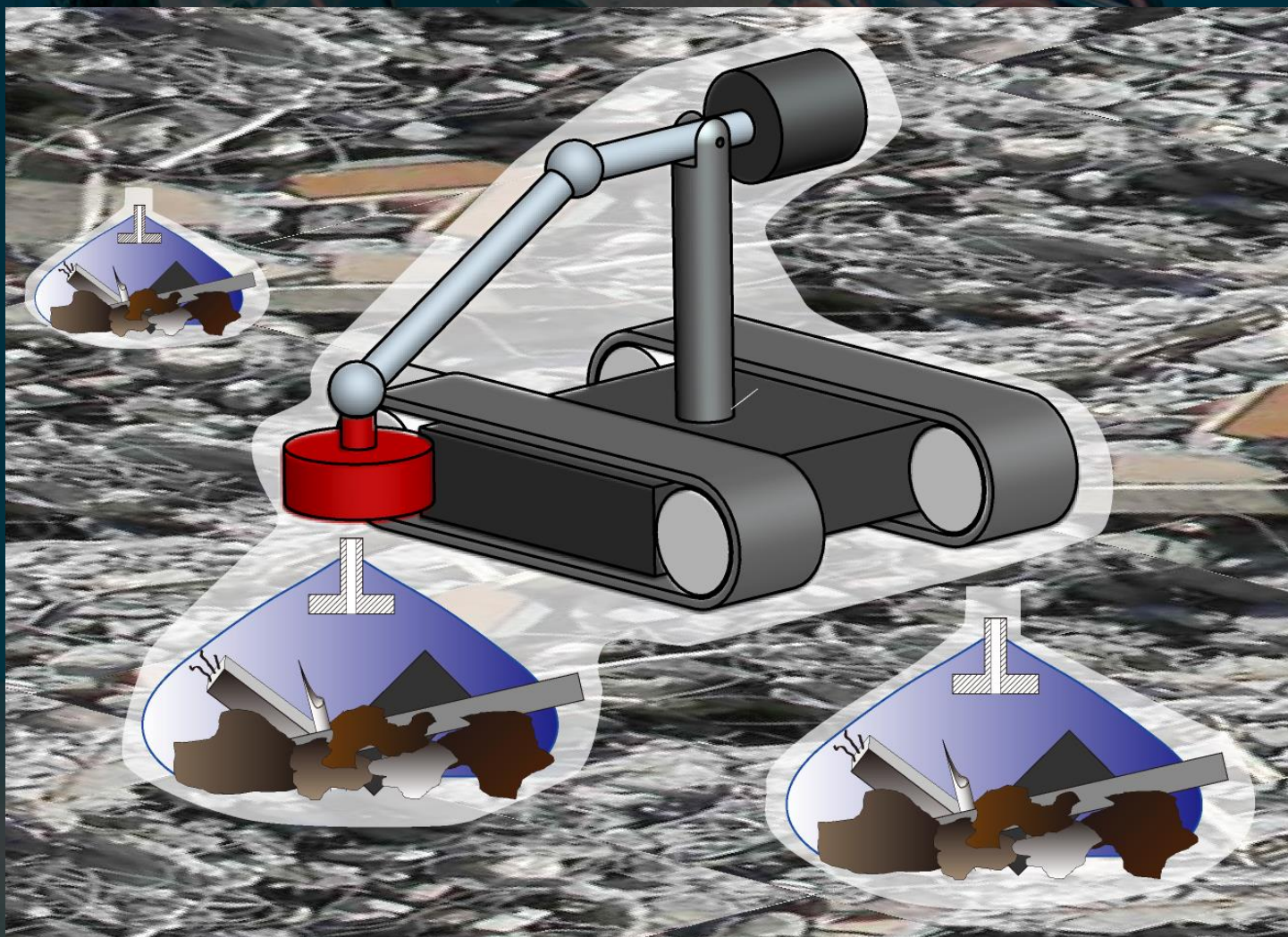


底面の様子(対象物の包込み把持)



応用例

清掃的把持：災害現場での活用

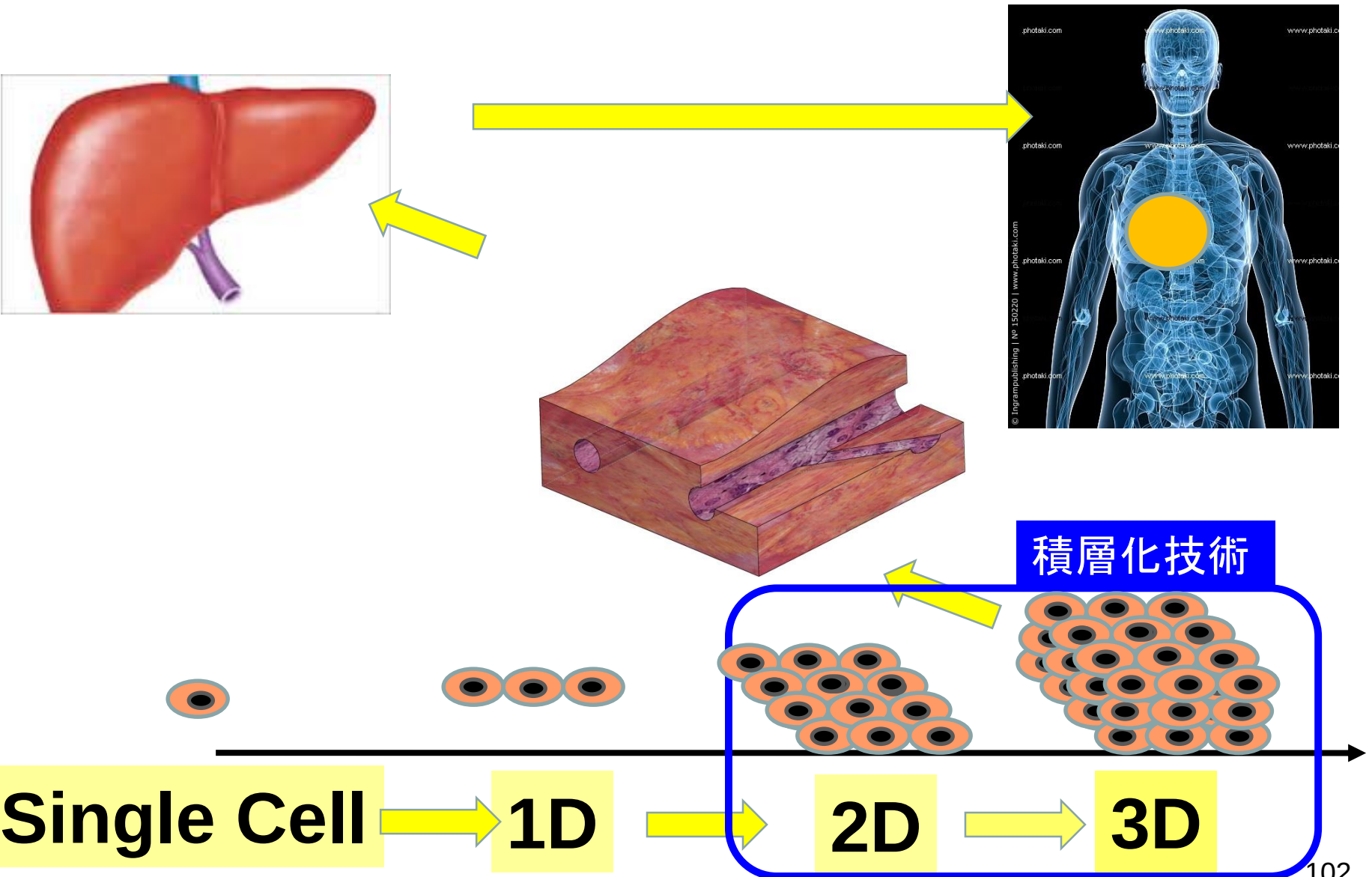




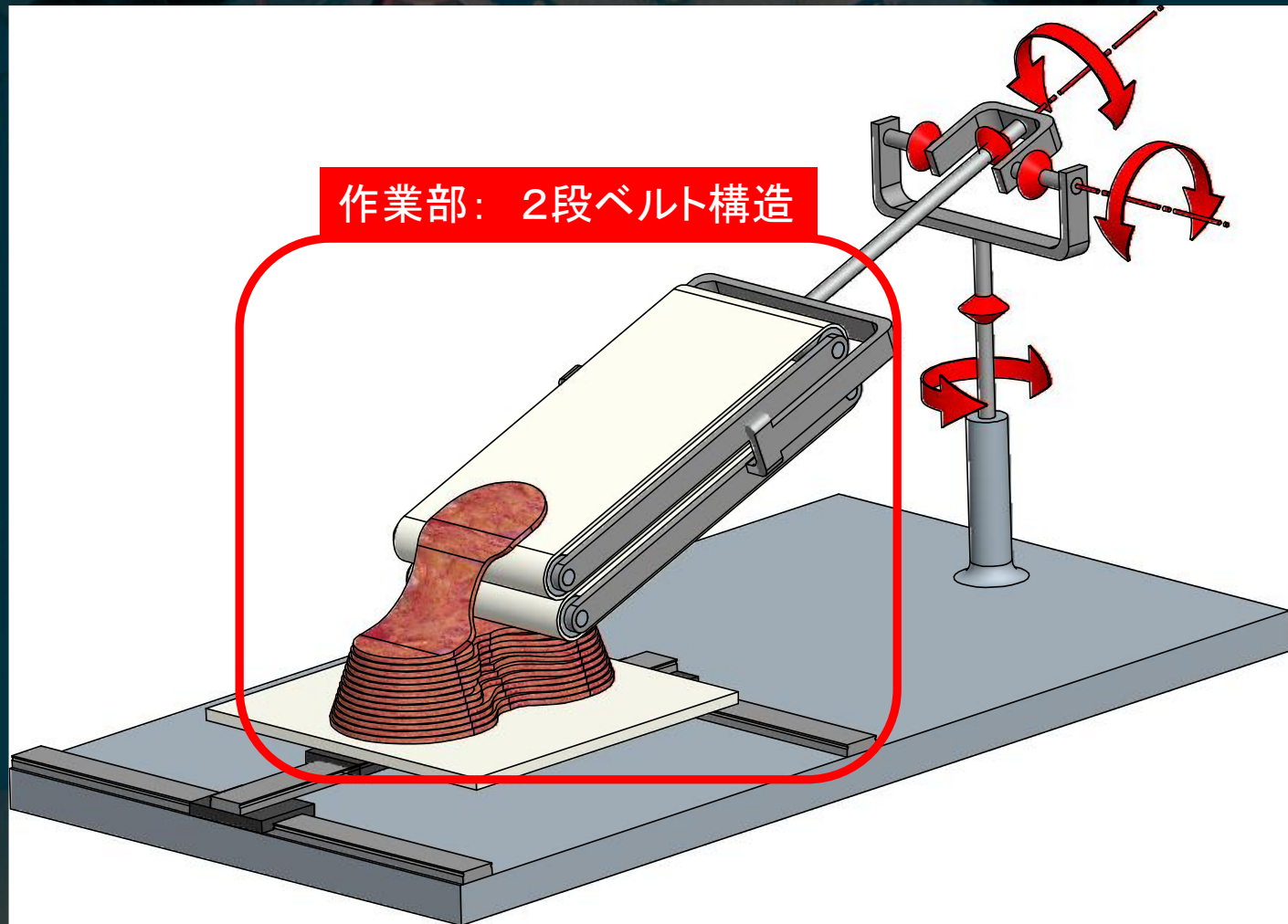
細胞シート用ヘラ機構

Bio Assembler

(全方向移動・駆動機構を
発展させるにあたり取り組む分野として)



積層化装置のコンセプト

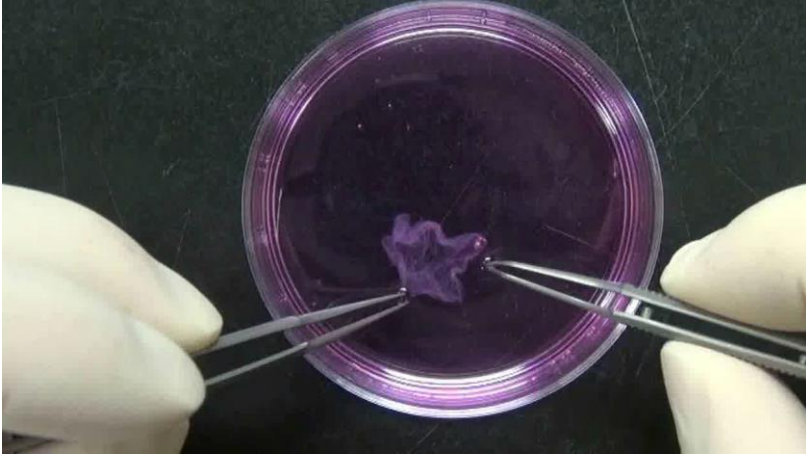


以後ご説明する「細胞シート用へら機構」の発展版を使用

従来の器具による細胞シートの操作

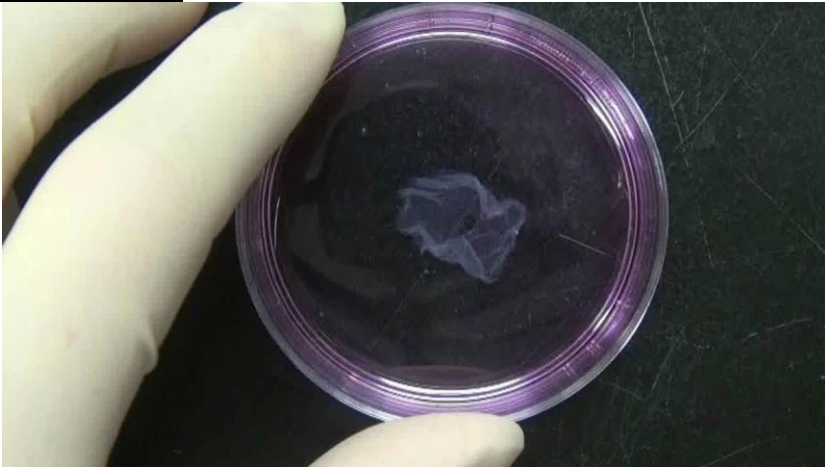
〔非常に柔軟・薄膜で破けやすい〕

ピンセット



つまむ，持ち上げる

スポイト

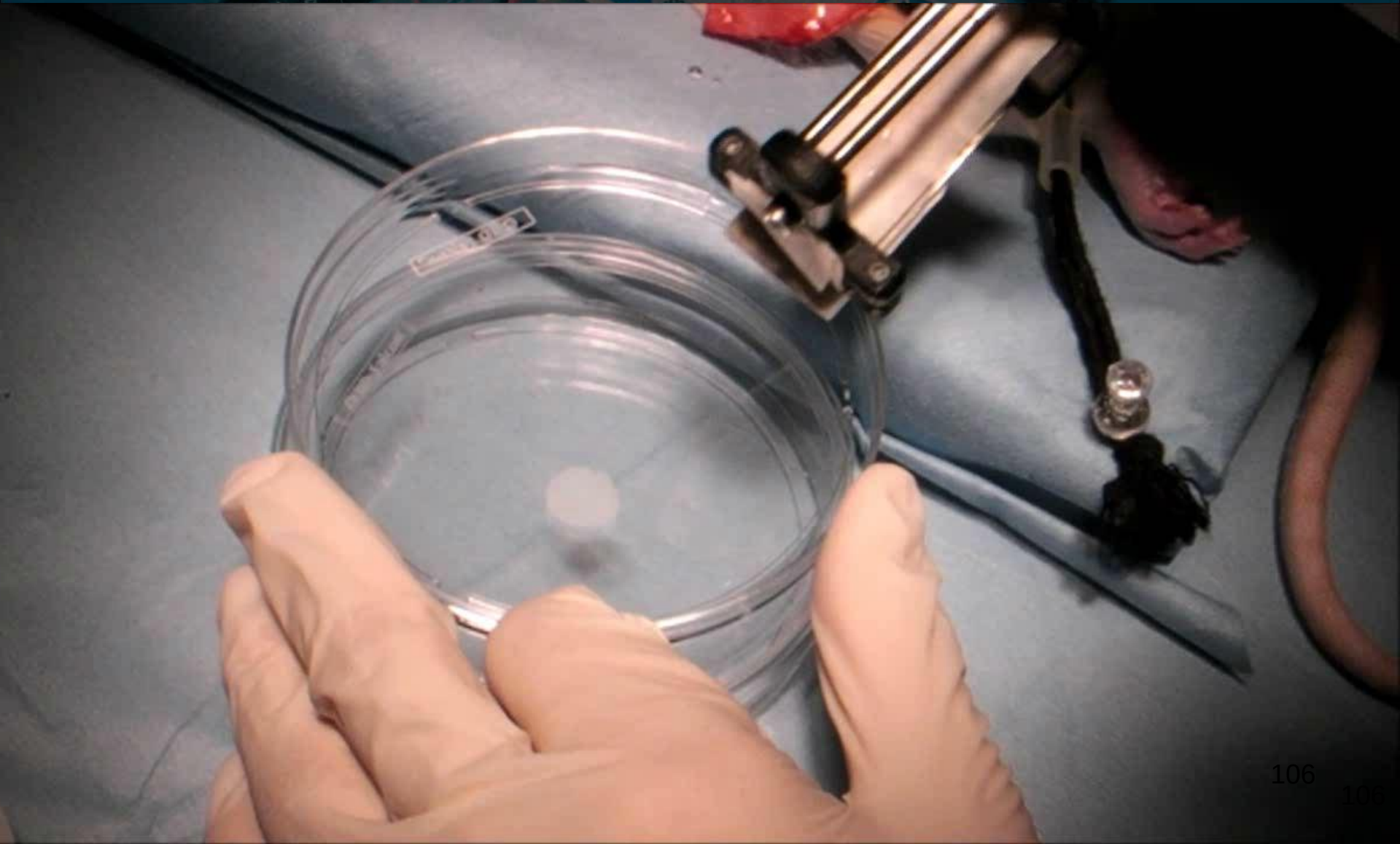


押し流す，吸い取る

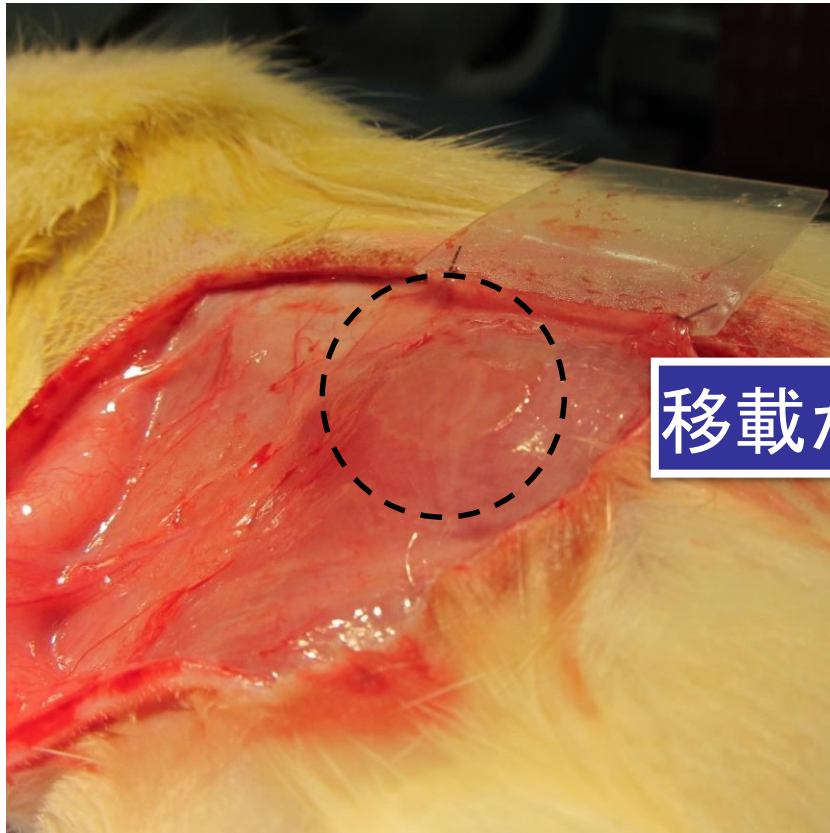
熟練者でも操作が非常に困難

開発した 細胞シート用 ヘラ機構

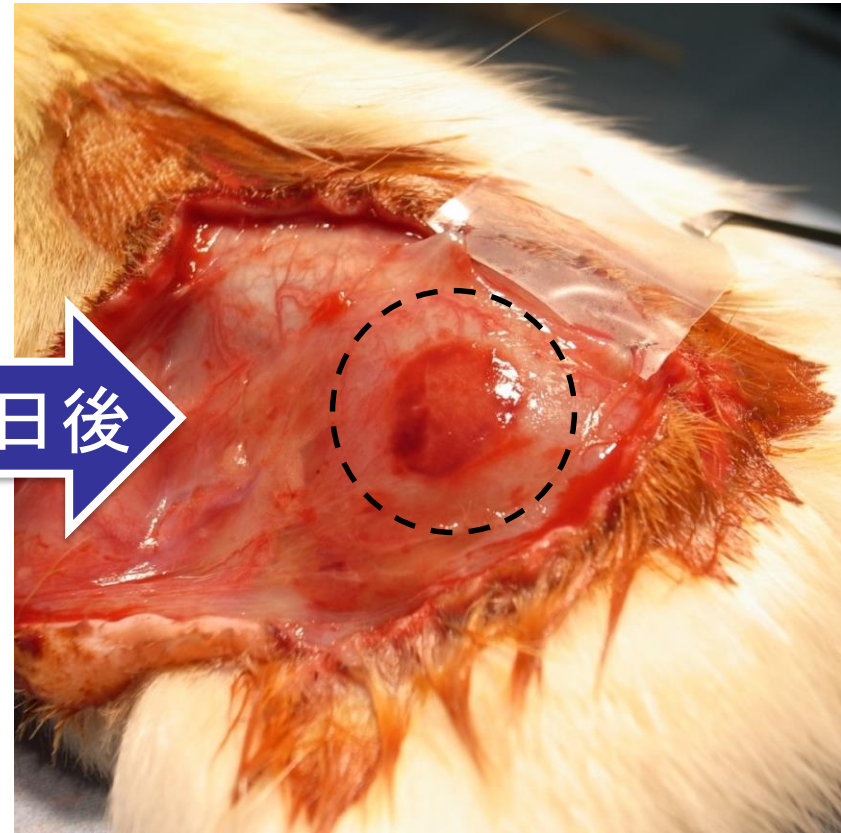
シャーレから皮下への移植



毛細血管の回復を確認

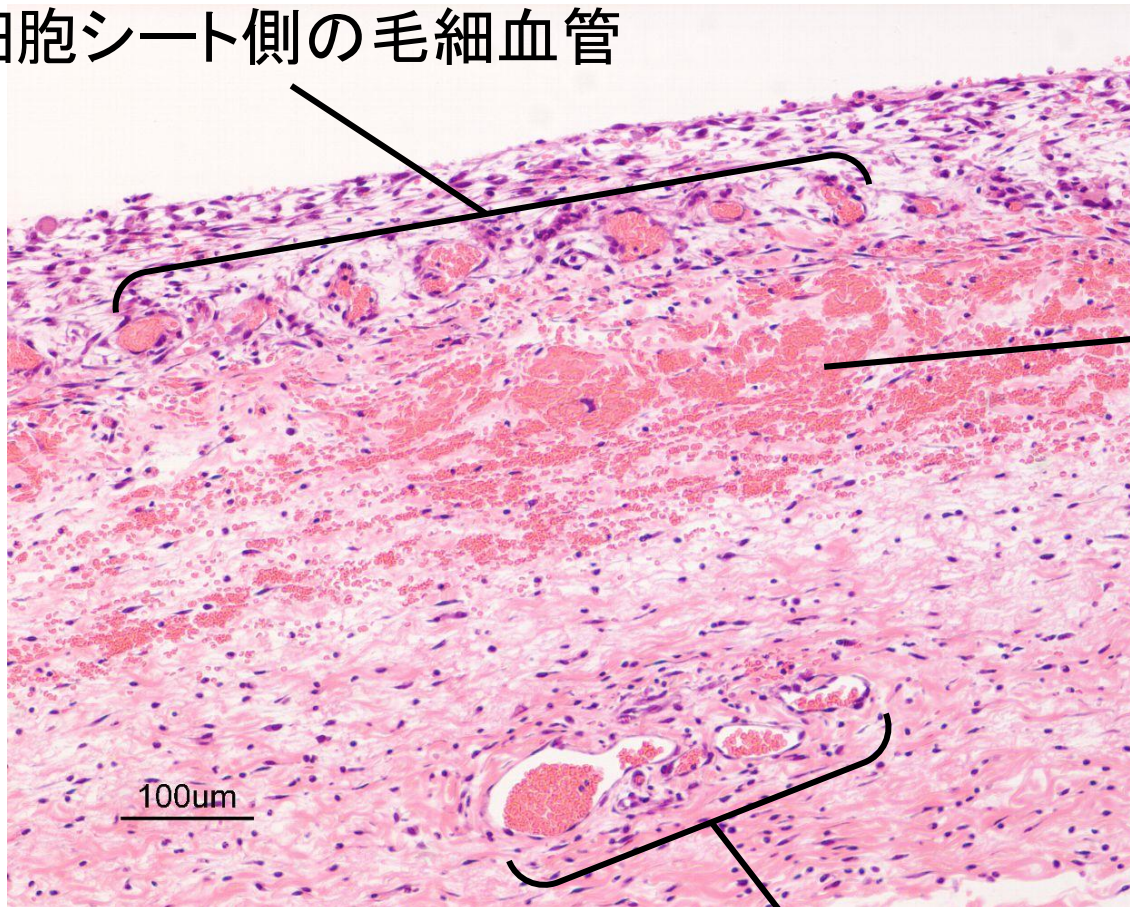


移植から二日後



細胞シートを移植した箇所を 染色して組織断面を観察

細胞シート側の毛細血管



細胞シート

赤血球

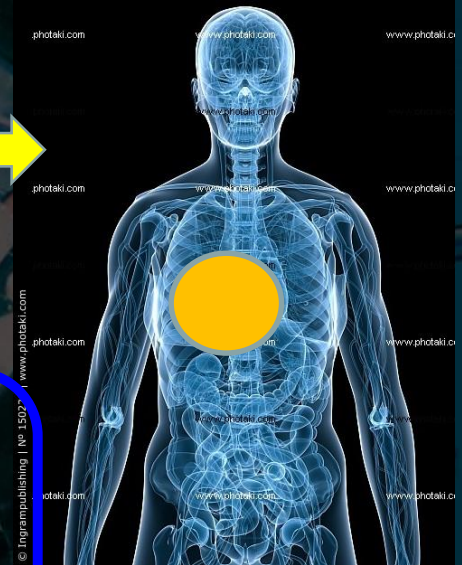
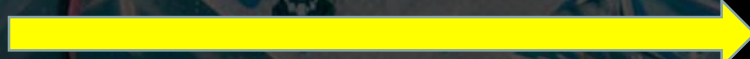
結合組織

組織側の血管

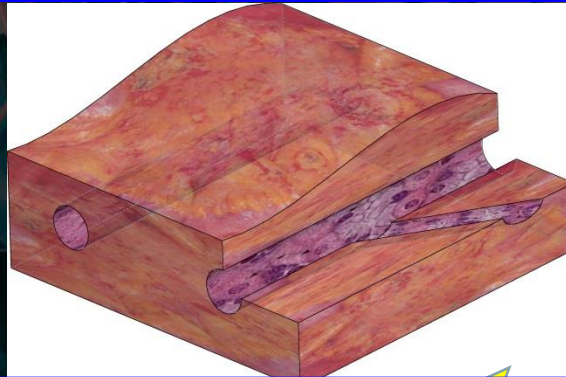
細胞シート内にも、血管状組織の生成を確認

Bio Assembler

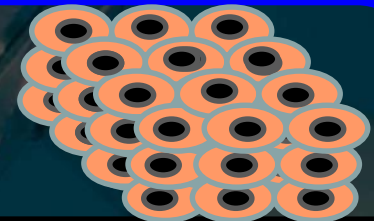
(全方向移動・駆動機構を
発展させるにあたり取り組む分野として)



管腔状組織



積層化技術



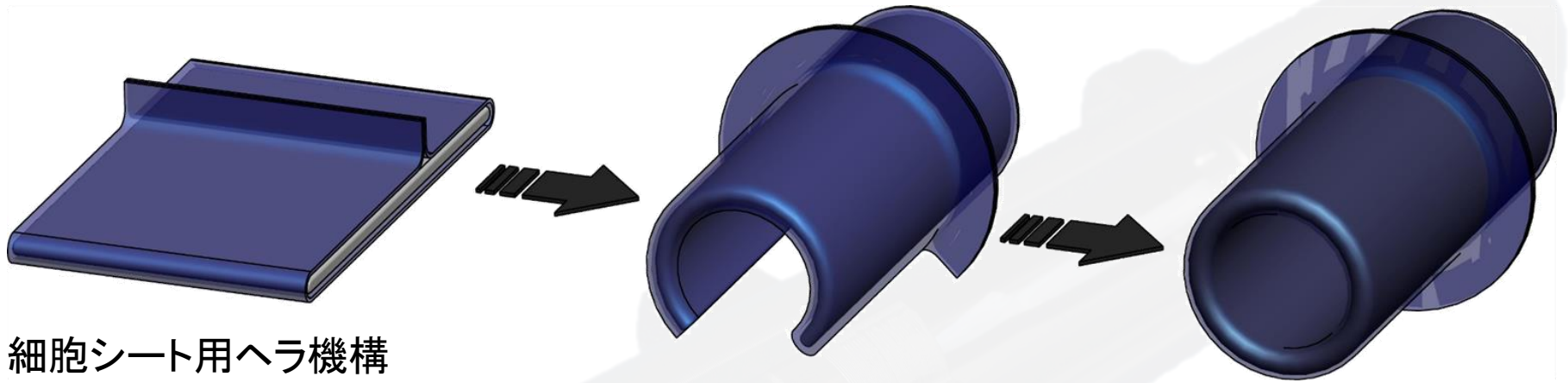
Single Cell

1D

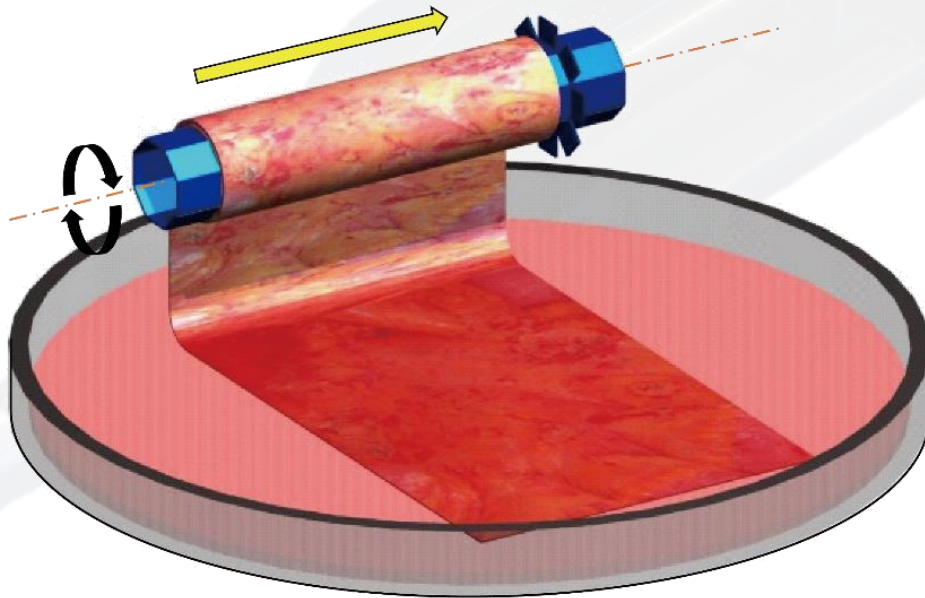
2D

3D

円形断面化

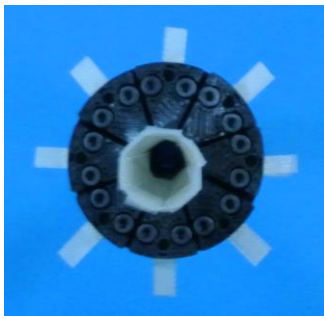
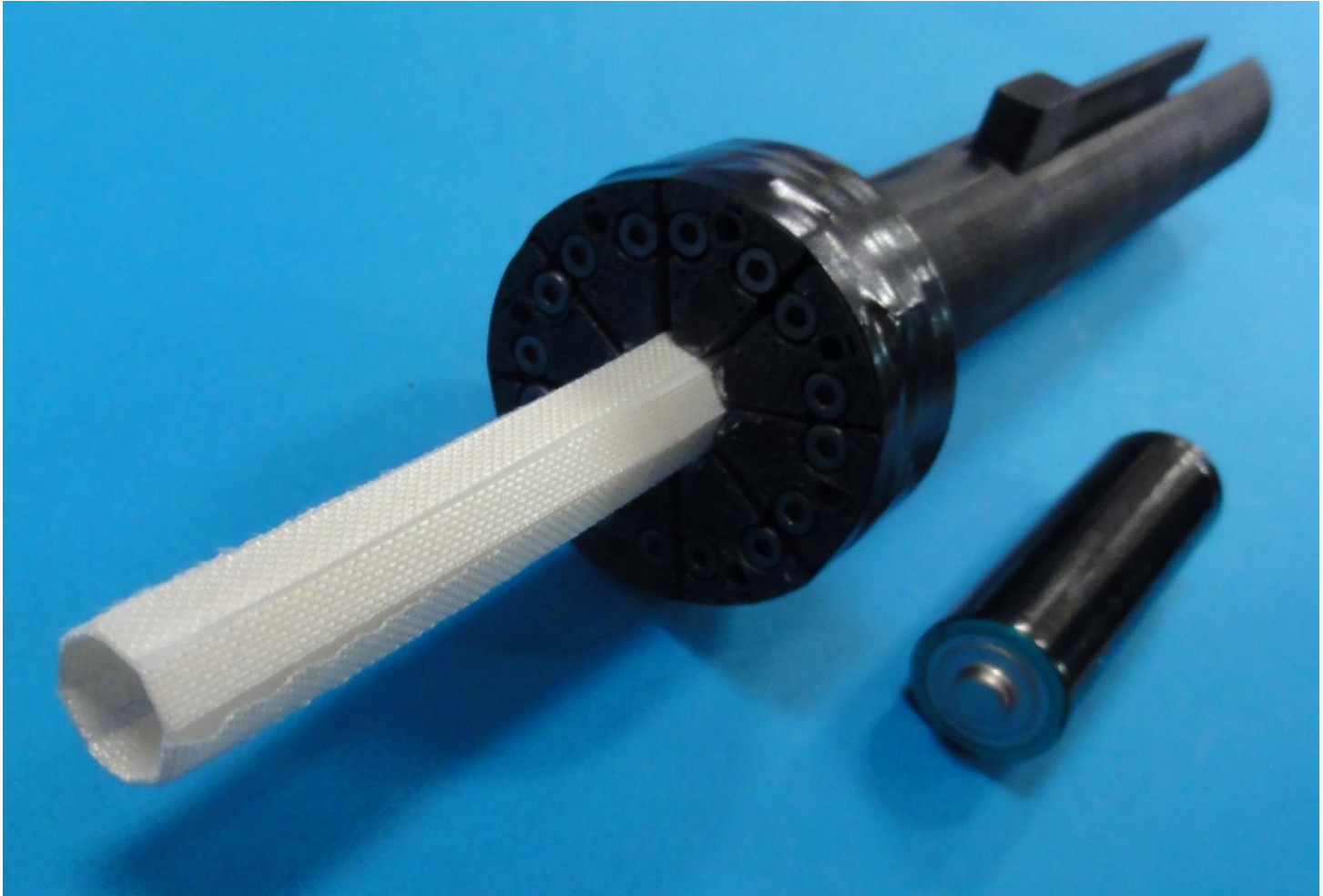


細胞シート用ヘラ機構

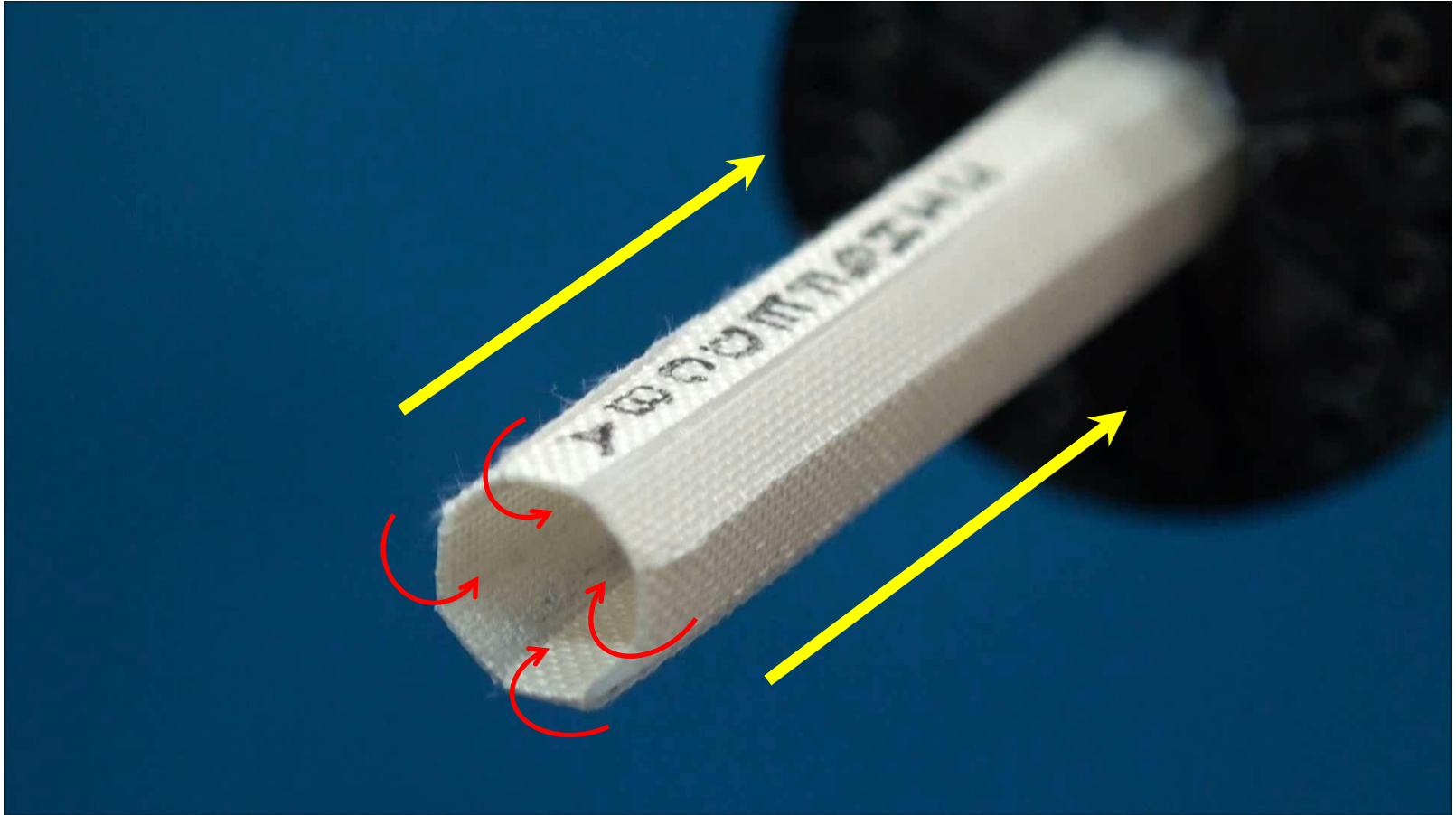


滑りを起こさない
引抜き機構の開発

円筒状ユニット全体外観



先端ロッドの伸縮動作



表面のベルトが先端で折り返されて駆動

➡ 摩擦の低減性の向上

比較映像

【 従来型 】

先端折り返し構造無し



【 提案型 】

先端折り返し構造有り



チューブ状組織作製の基礎実験



巻付けられた
細胞シート

提案した引抜動作の有効性を確認

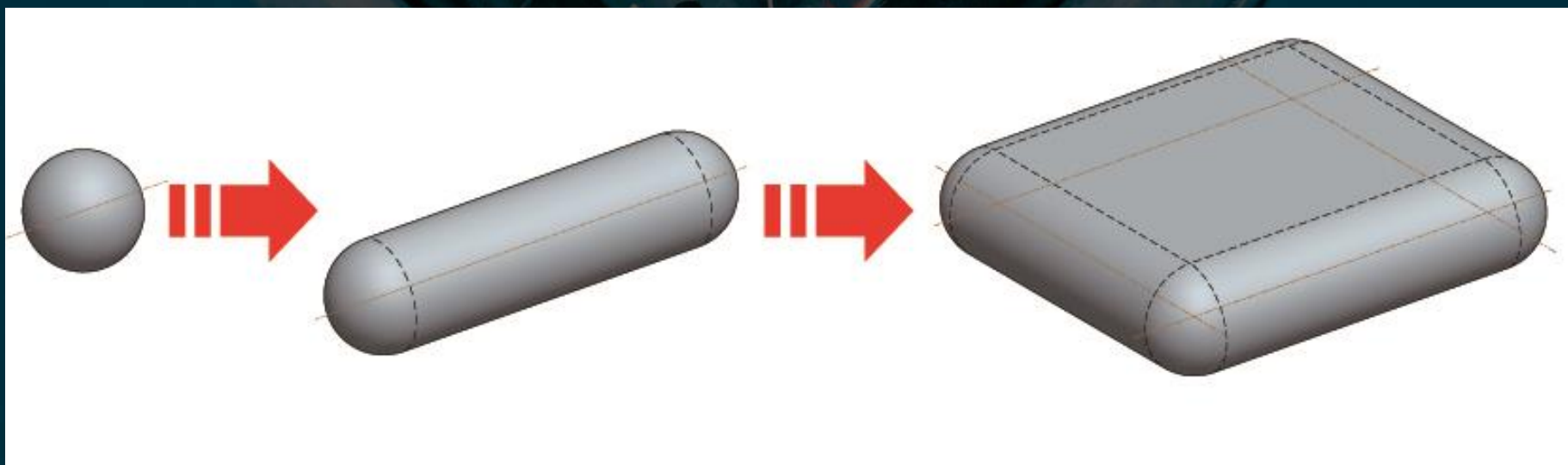
当研究チームの近年の研究例:

不整地移動メカニズム

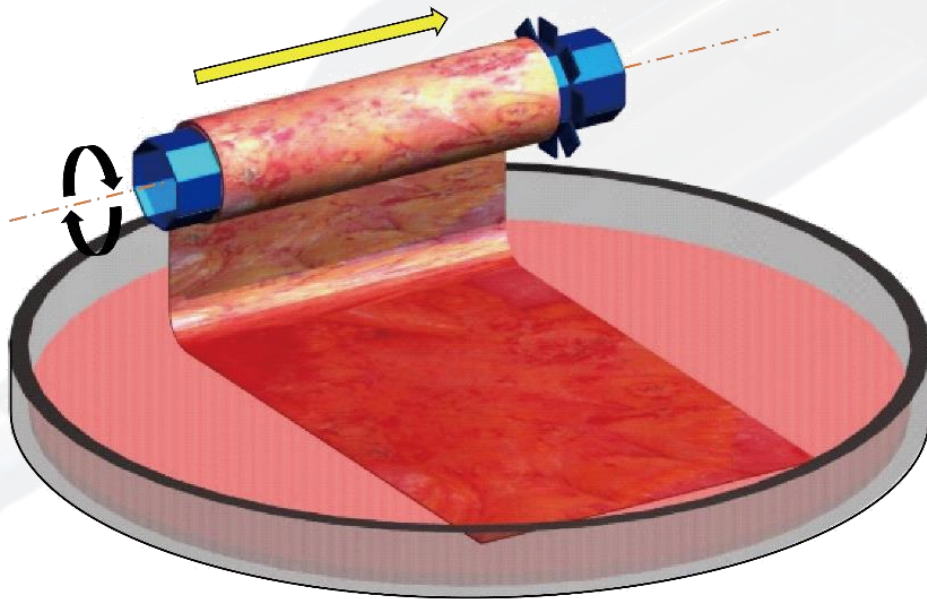
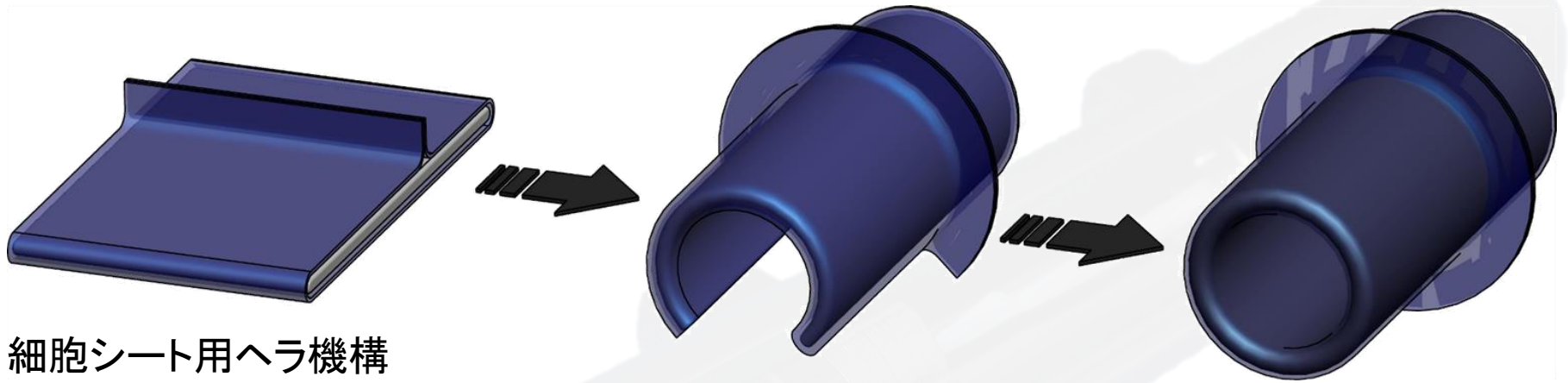
(トラス上の構造を有する移動体)



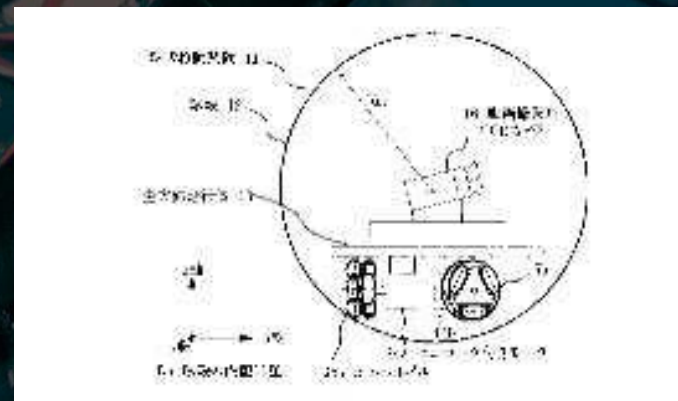
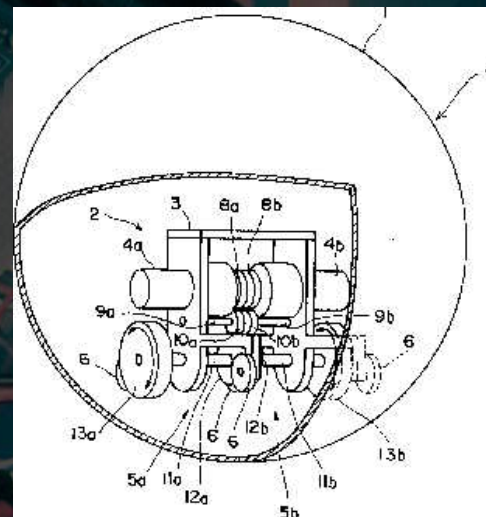
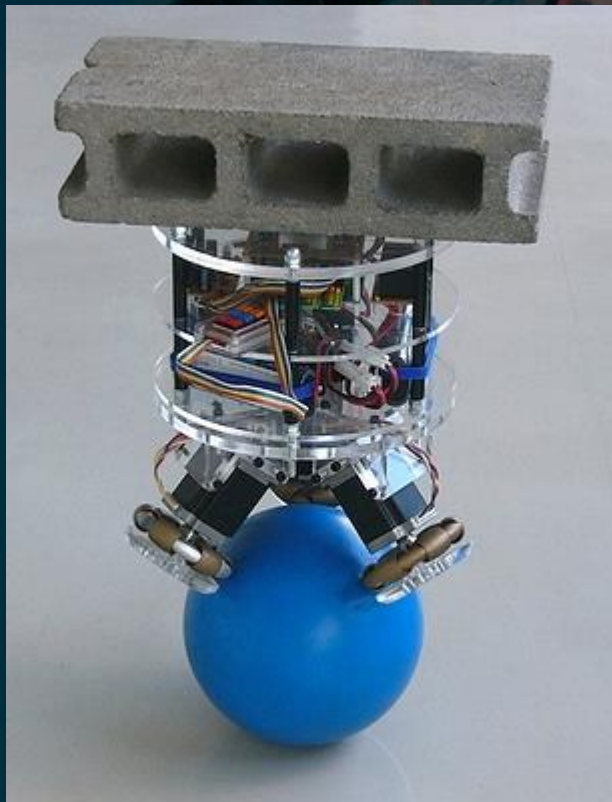
全方向移動・駆動



円形断面化



滑りを起こさない
引抜き機構の開発



東北工業大学 熊谷先生のご研究

出願番号:特許出願平6-104451

出願日 :1994年4月20日

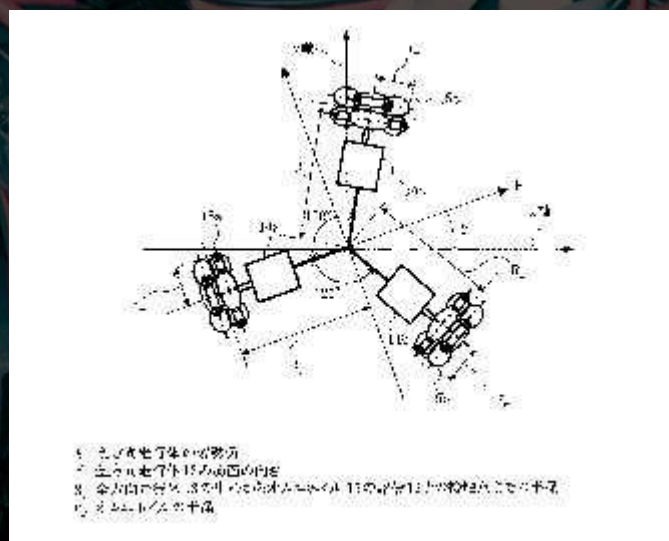
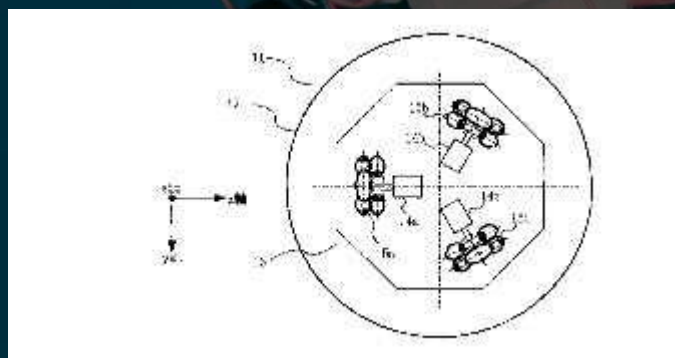
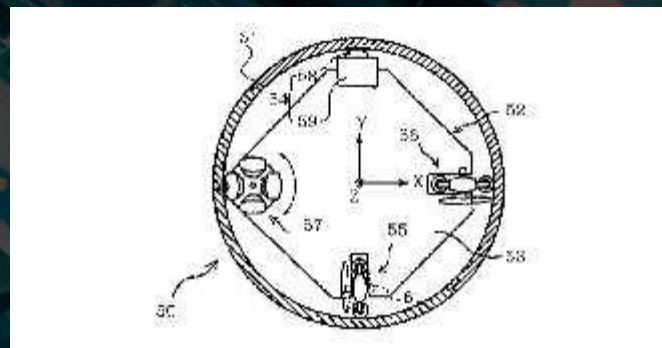
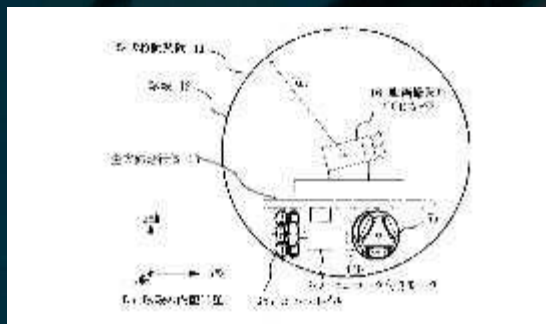
公開番号:特許公開平7-285475

公開日 :1995年10月31日

出願人 :ソニー株式会社

発明者:越山 篤

発明の名称:球殻の回転駆動方法及び球殻を用いた走行装置



出願番号:特許出願2005-302480

出願日:2005年10月18日

公開番号:特許公開2007-112168

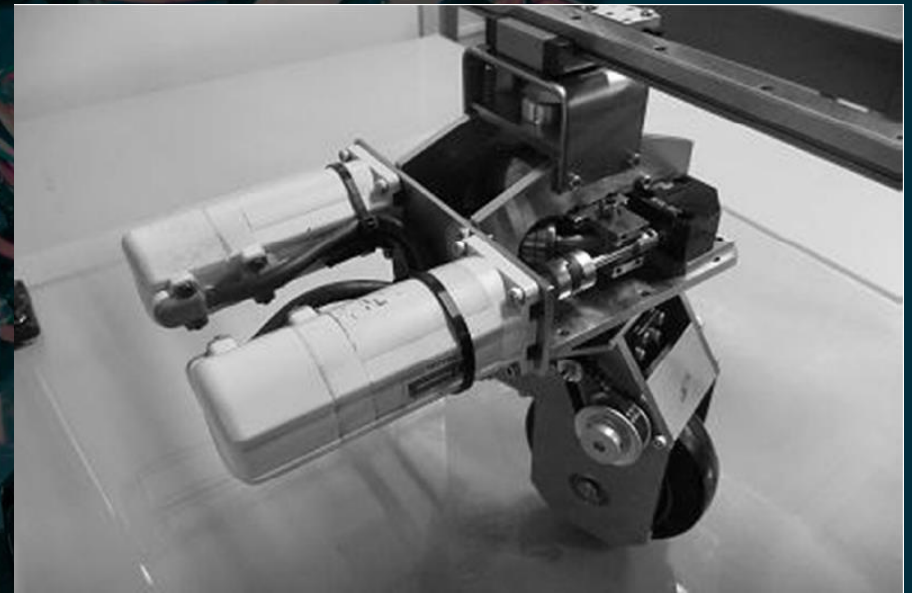
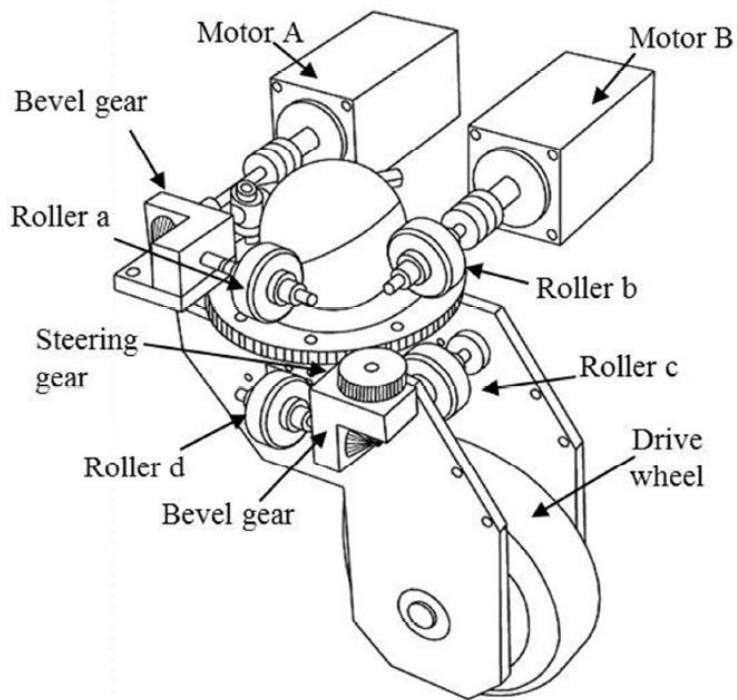
公開日:2007年5月10日

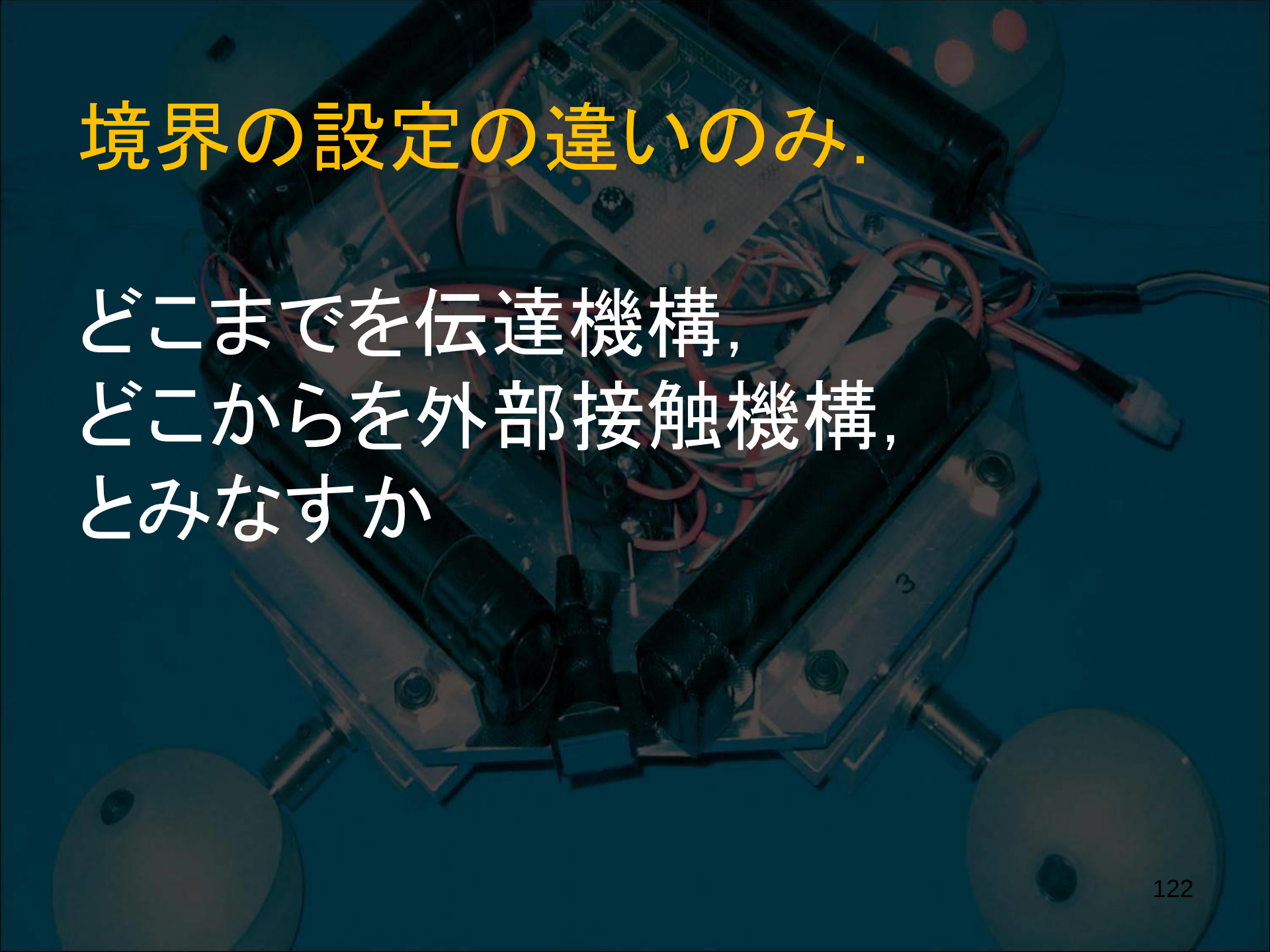
出願人:株式会社安川電機

発明者:岸 泰生

発明の名称:球状移動装置

東京農工大 和田先生のご研究

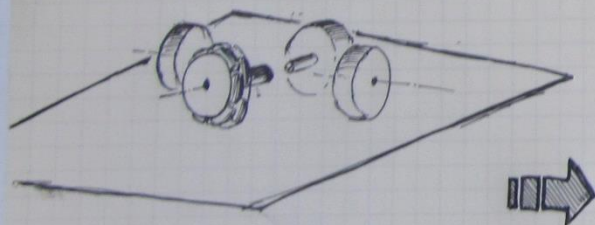
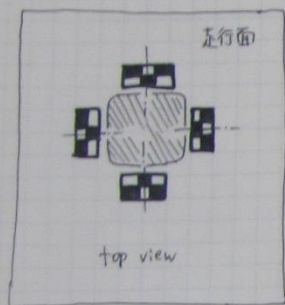


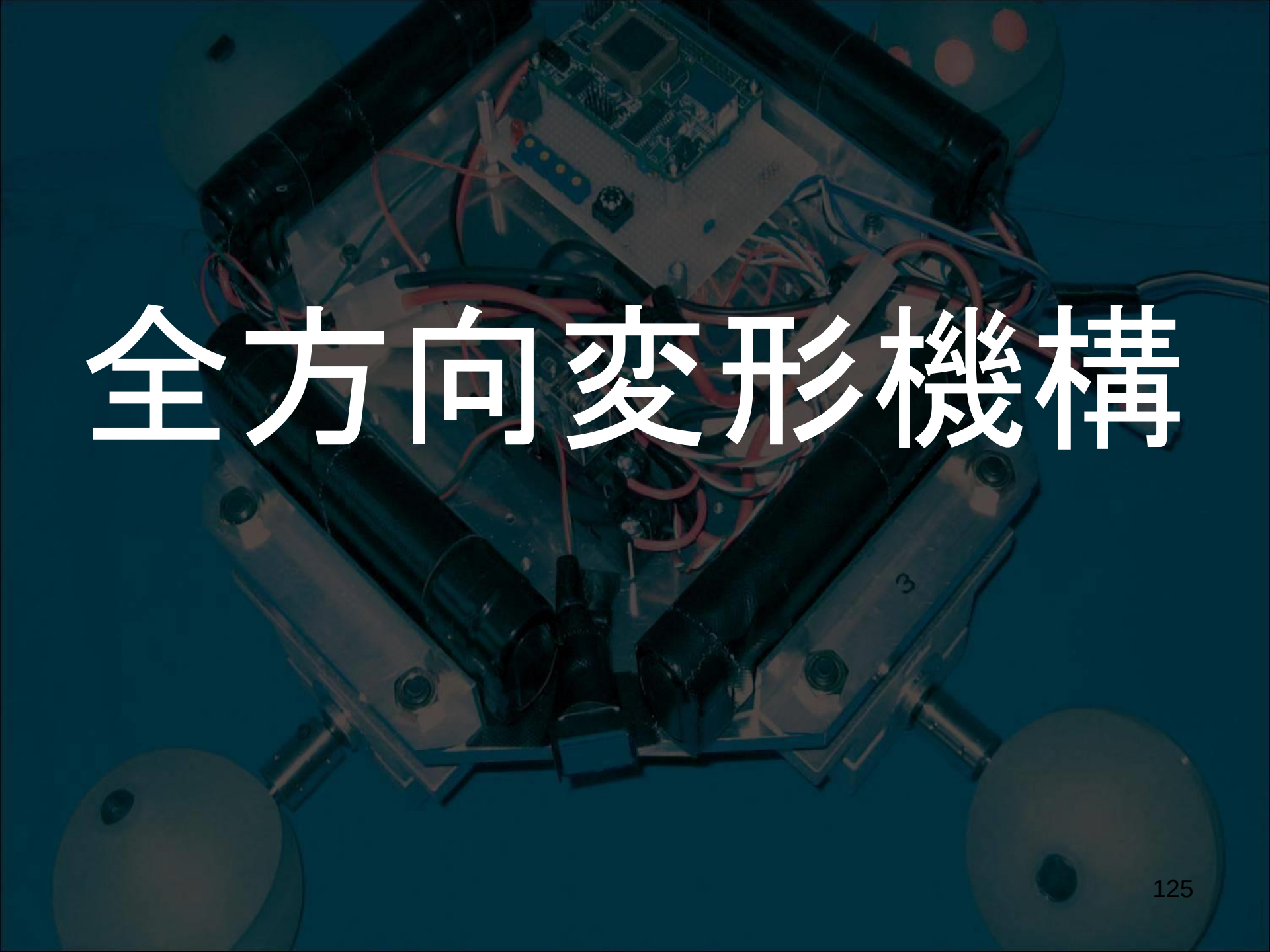


境界の設定の違いのみ.

どこまでを伝達機構,
どこからを外部接触機構,
とみなすか

環境も含めて考えると、、、、

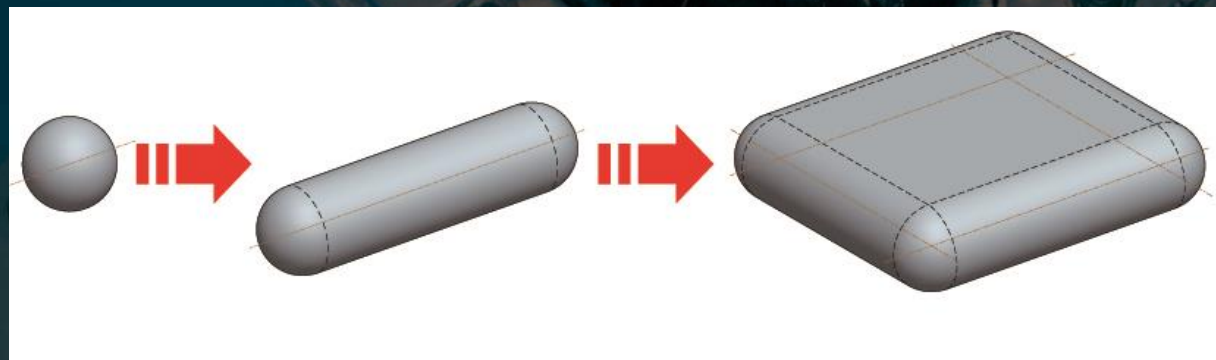


The background image shows a mechanical assembly, likely a robotic gripper or a precision positioning stage. It features a central square metal plate with a green printed circuit board (PCB) mounted on top. The PCB has various electronic components, including a microcontroller, resistors, and connectors. Four black cylindrical actuators are arranged around the central plate, connected to it by thin wires. The entire assembly is mounted on a larger metal frame with four circular feet at the corners. The text "全方向変形機構" is overlaid in the center in a large, white, sans-serif font.

全方向変形機構

今後の展開として, , ,

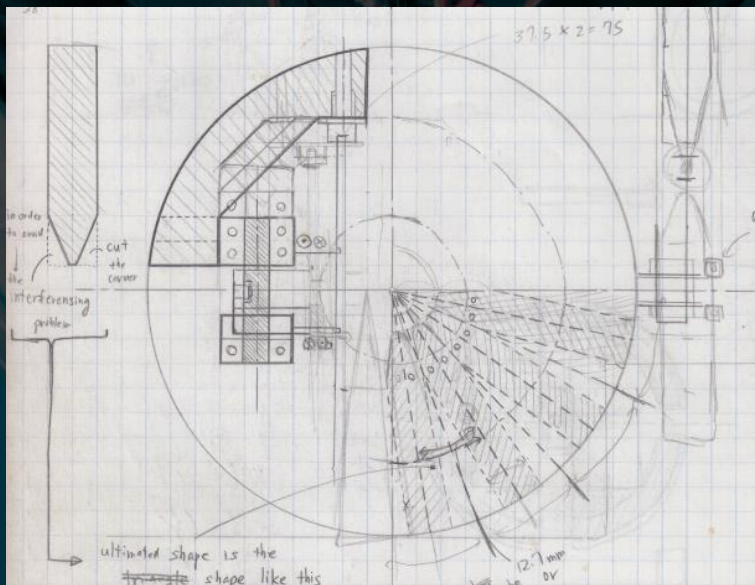
Omnidirectional Drivingの次は, , , ,



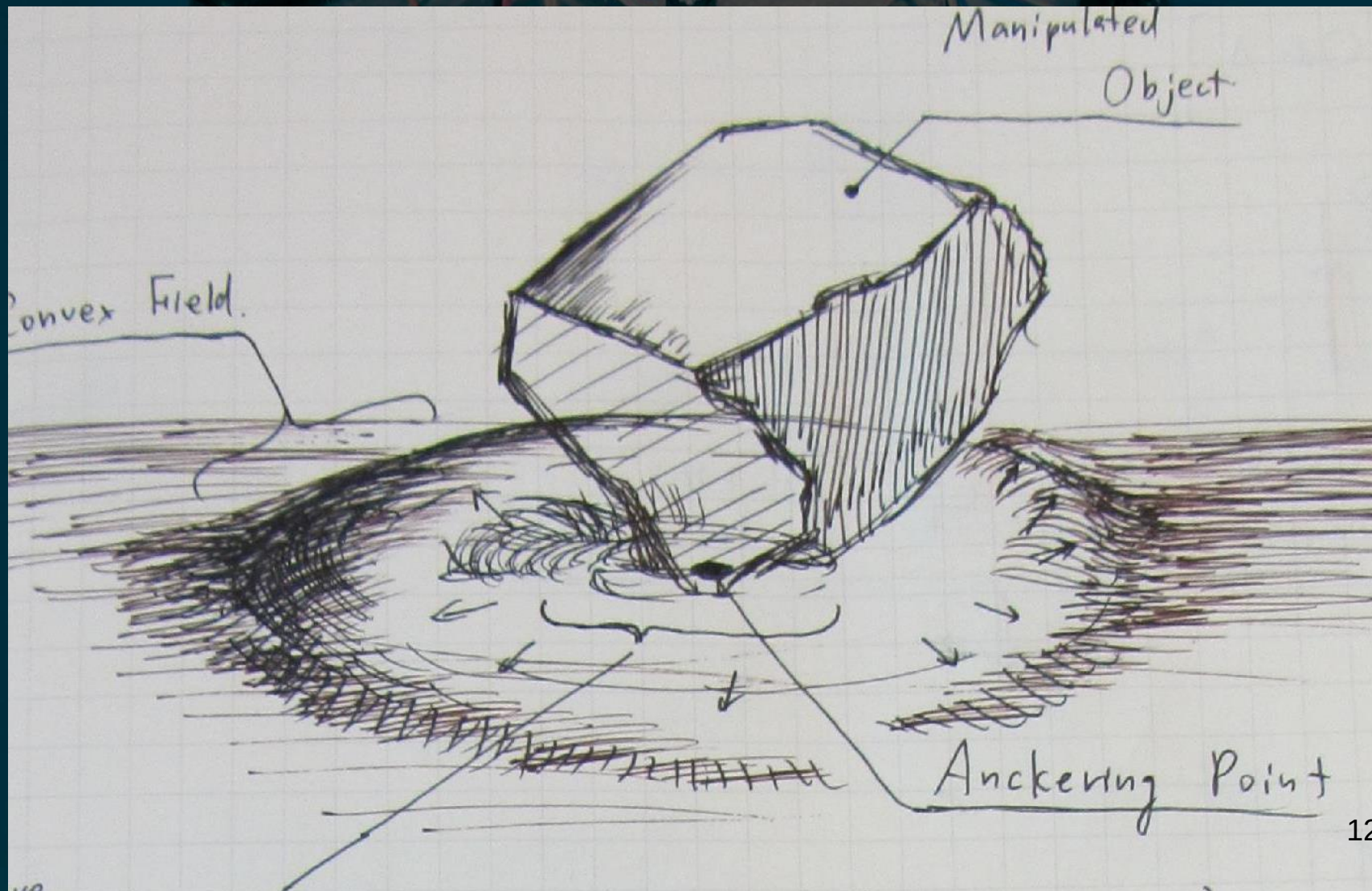
?



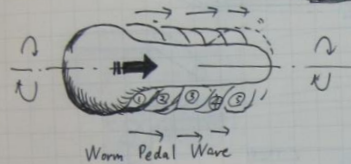
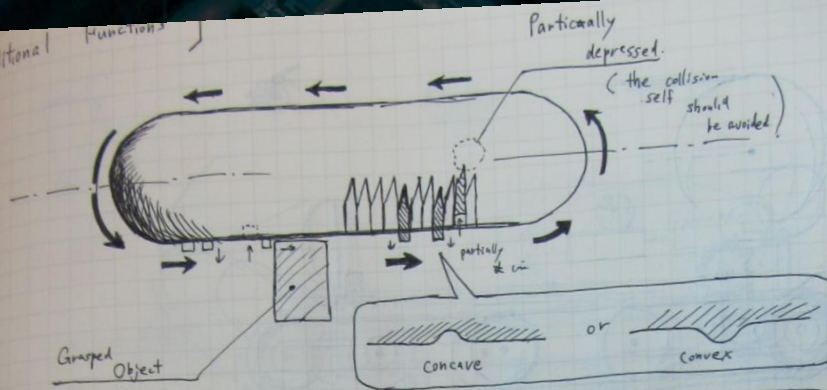
泥臭スライドいきます！



全方向変形機構の概念： 確実な駆動力伝達のために

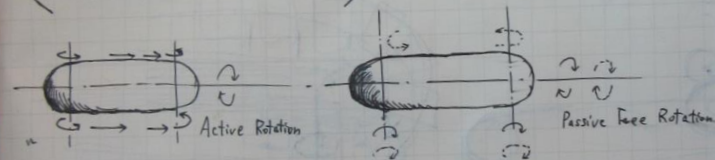


Additional Functions



Where is the best position to put the compliances..
Fingertip or Joint?

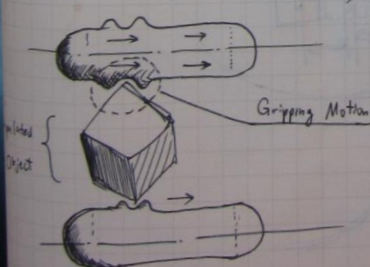
Mode Changing
Active - Passive



using ultra-thin zinc wave

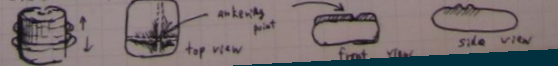
3-States Actuator

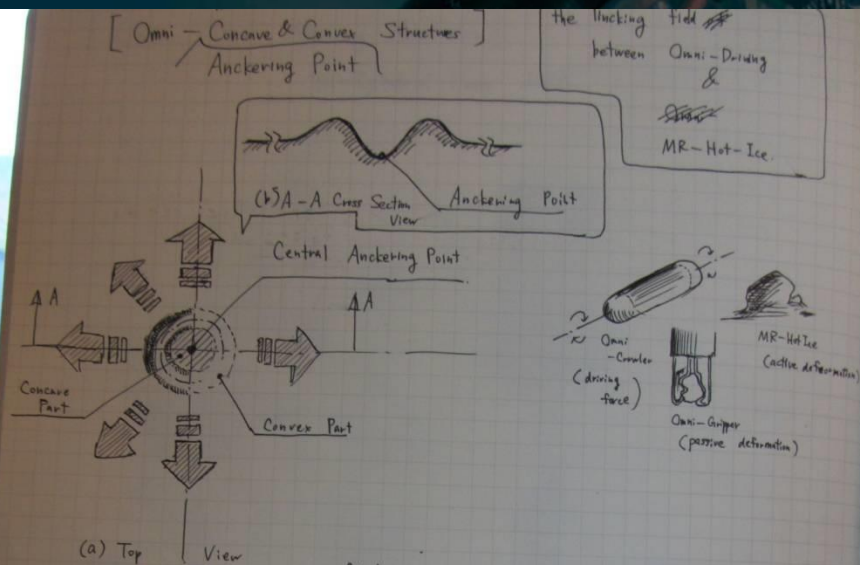
Tiny Grasping...



Peddel Wave
[Omni-Inchi-Worming]
infinity number of
convex & concave
bottom.
Variable Radius & Stroke.

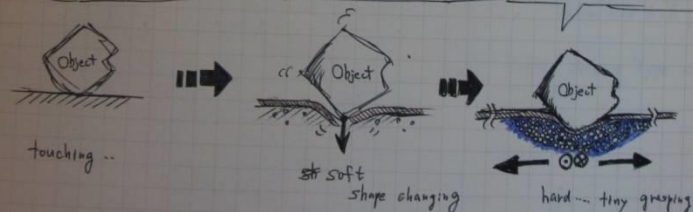
3次元運動





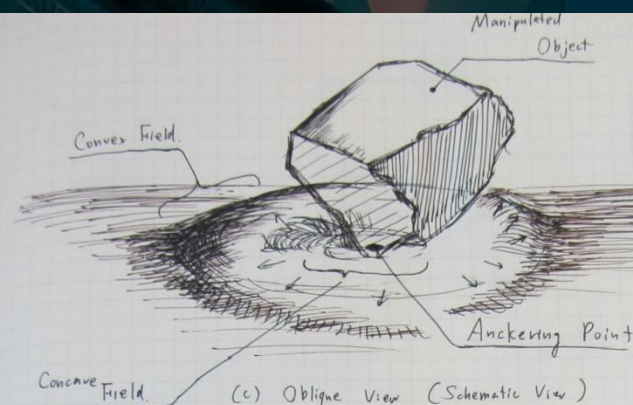
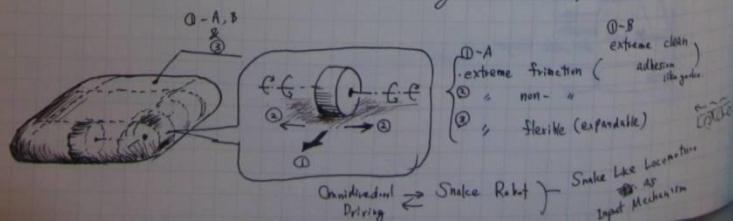
If the need is just produce the force

Variable stiffness changing is the one of the best

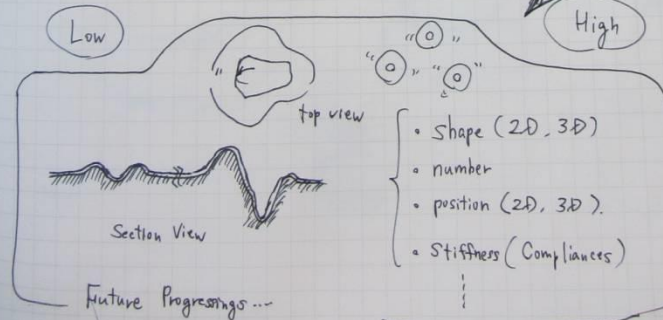
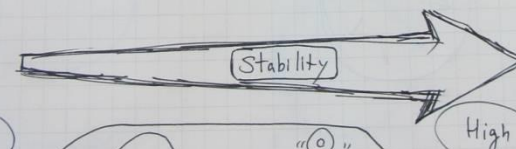
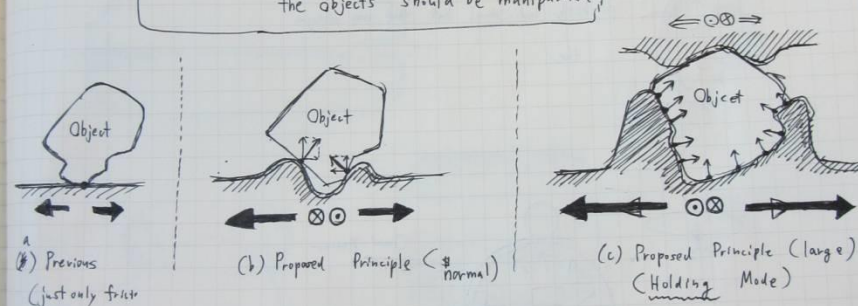


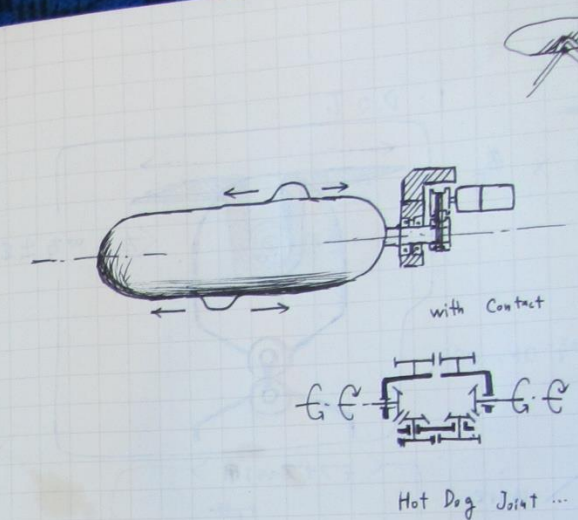
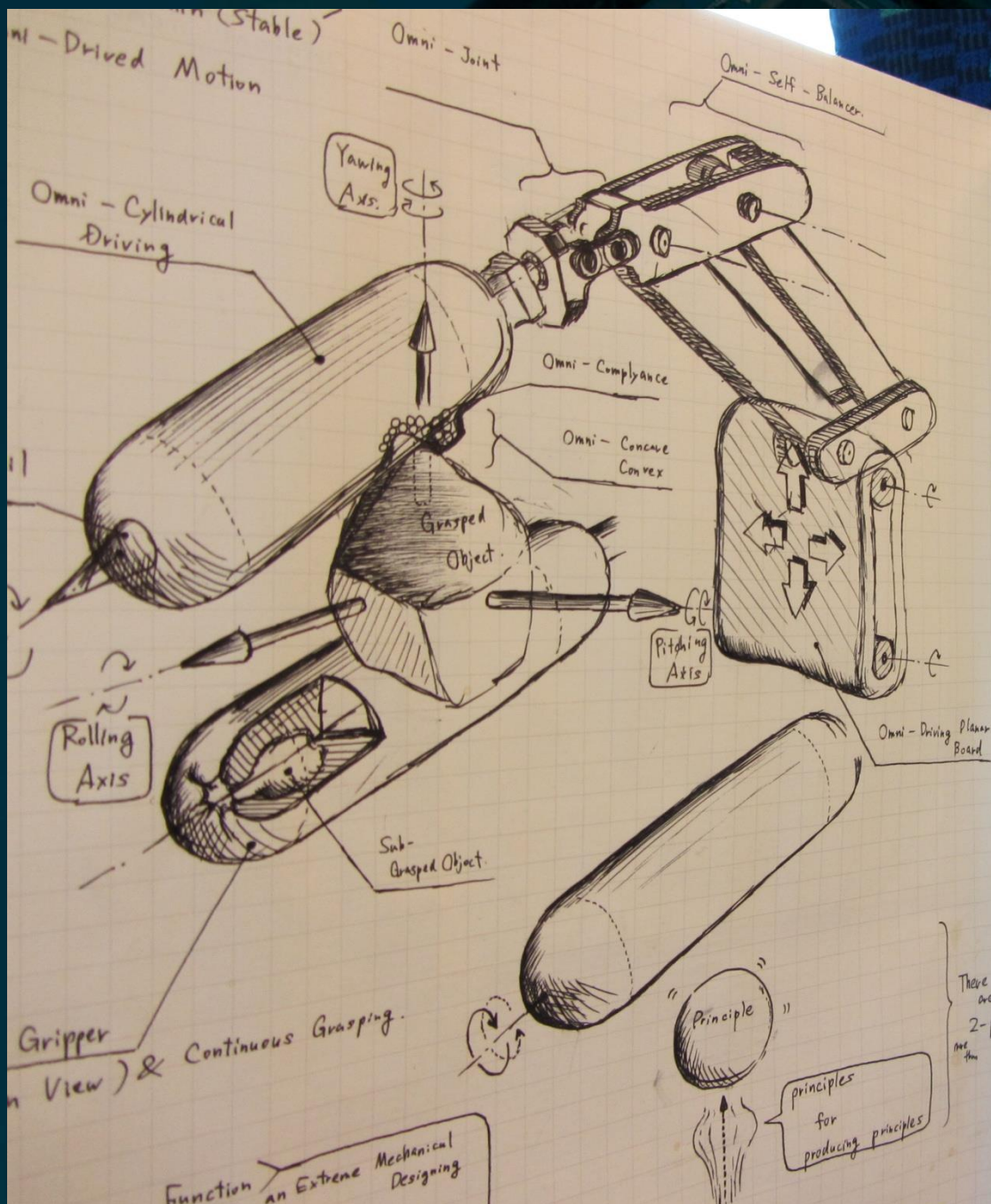
Hummm...

Something weird...



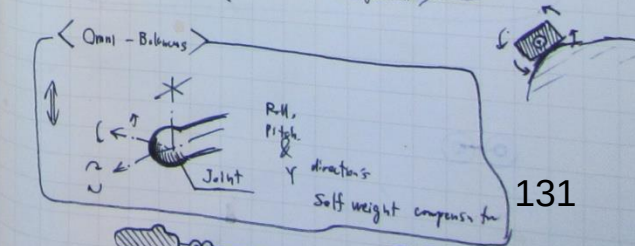
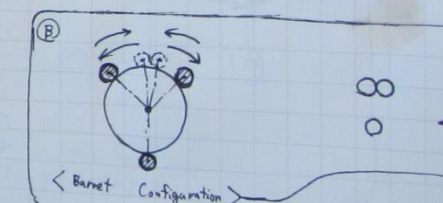
Point: without any frictional effect, the objects should be manipulated





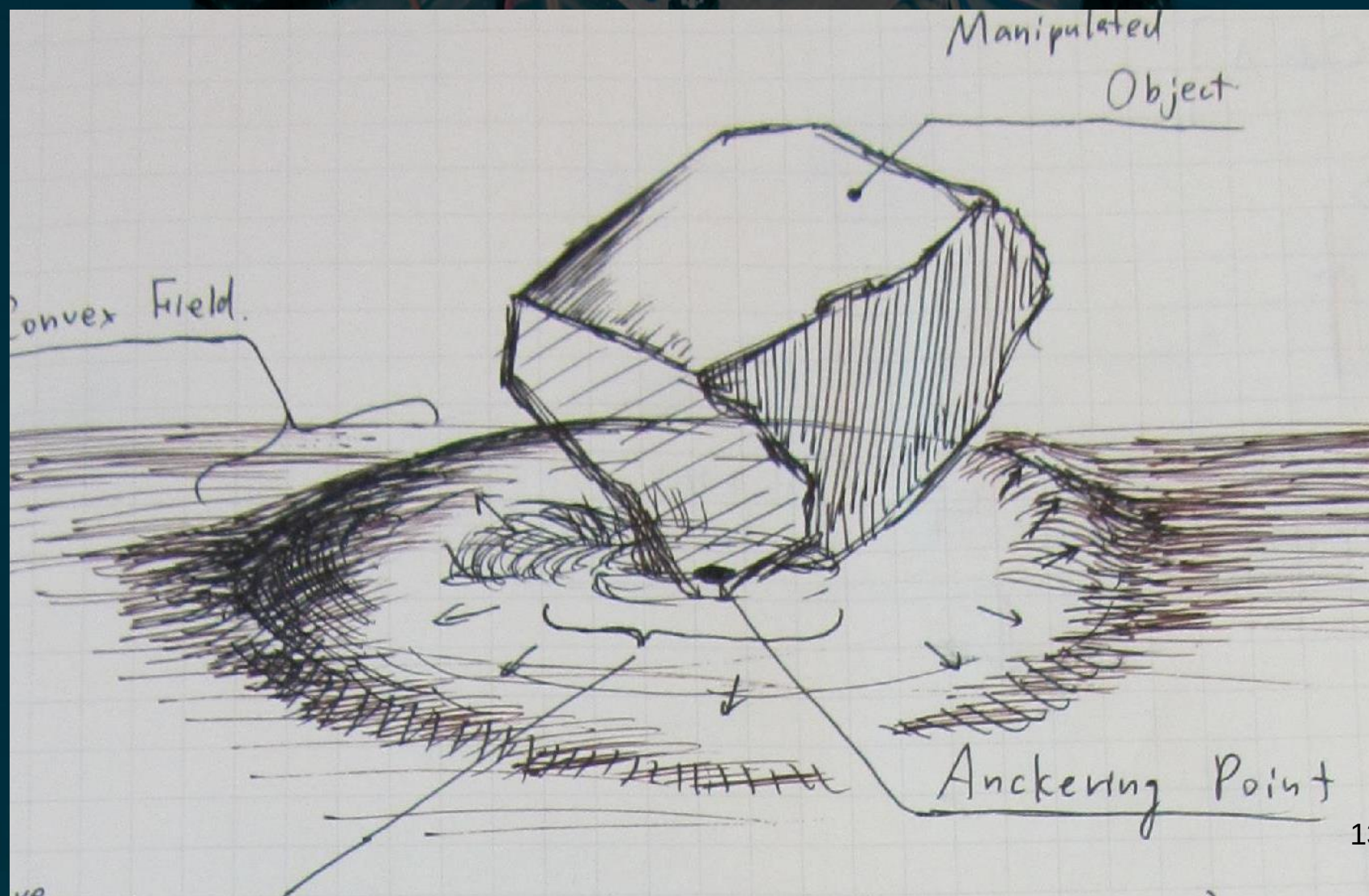
At first, let's realize the omnized inchworm - "omni-inchworm."

- ④ Finger's Body
- ⑧ Arrangement Positions of the Multiple Fingers



Terminator T-1000

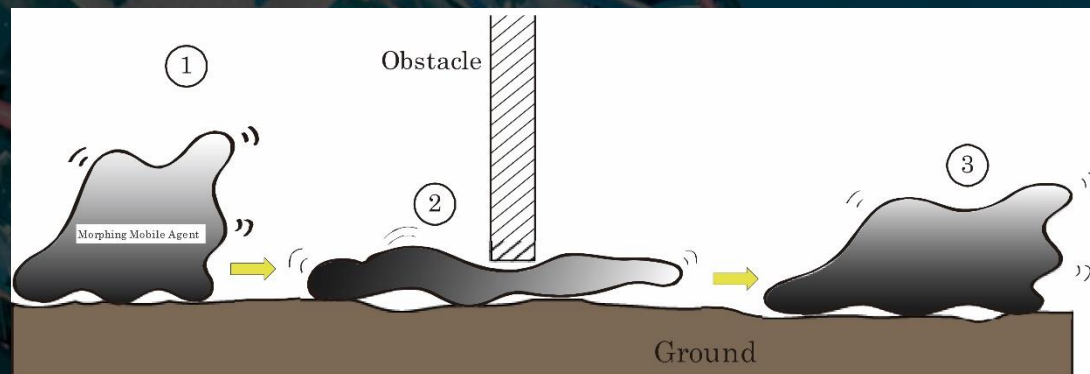
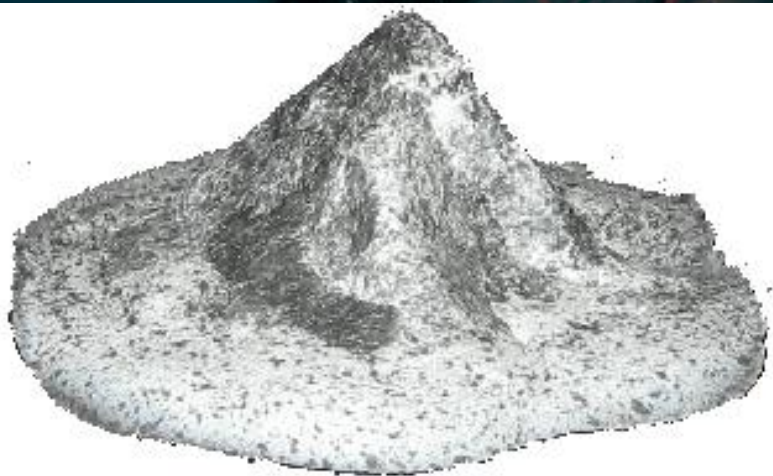




ジャミング現象

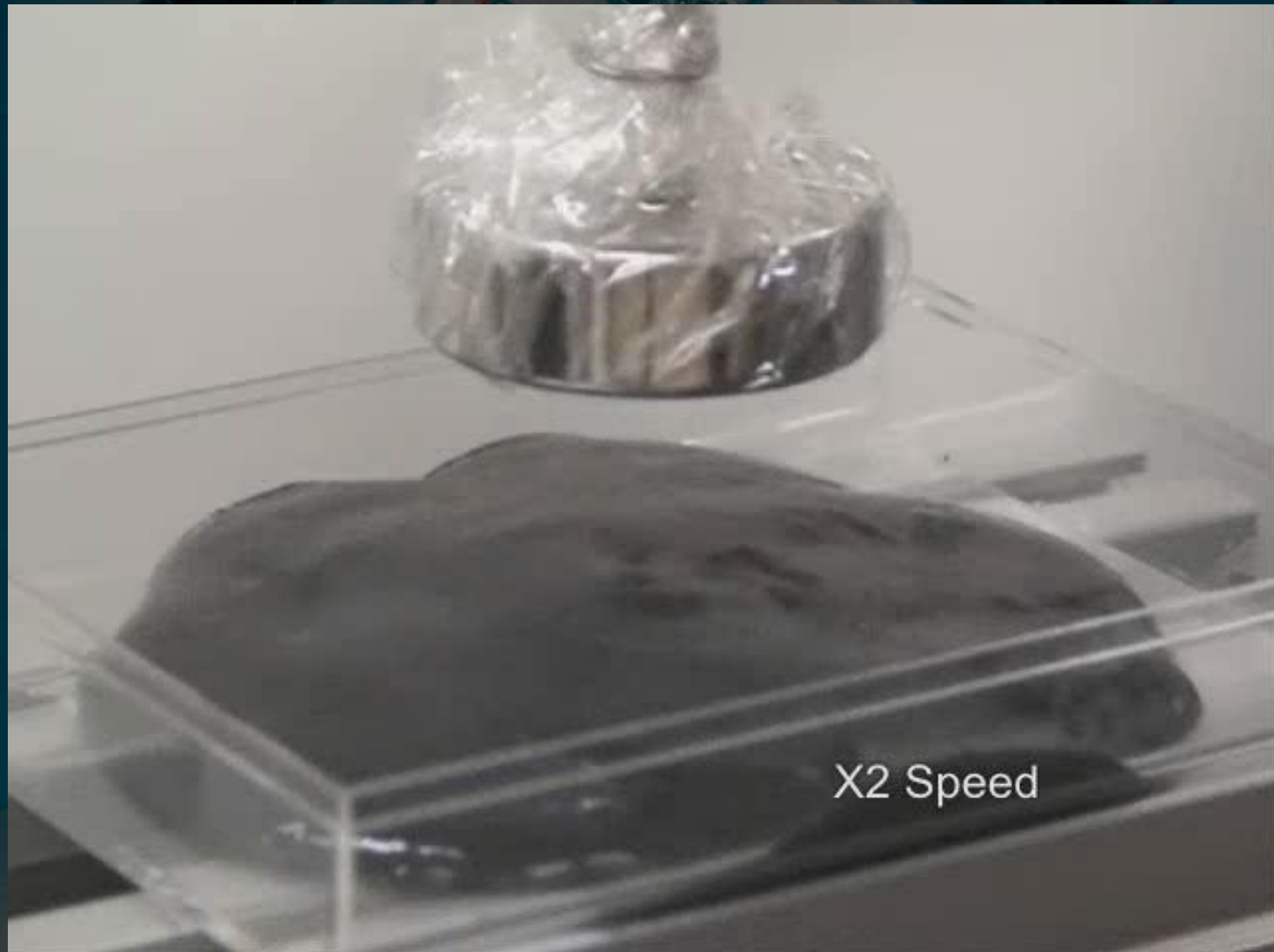


MR Hot-Ice (高粘性ver)



粘性を高めることで、
3次元的な(高さ方向への)形状変化が実現

変形の様子



Hot-Ice現象

CH_3COONa の過飽和水溶液が
液相から固相へ一度に変化する現象



(<http://www.youtube.com/watch?v=aC-KOYQslvU> より2010年9月2日に抜粋)

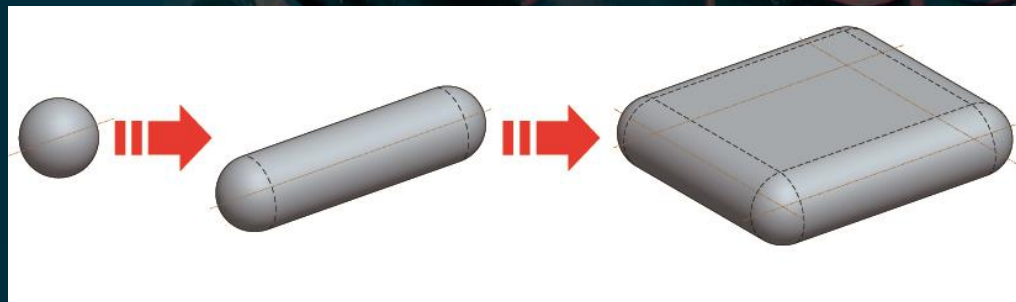
結晶化後は加熱により再融解が可能

結晶化の様子

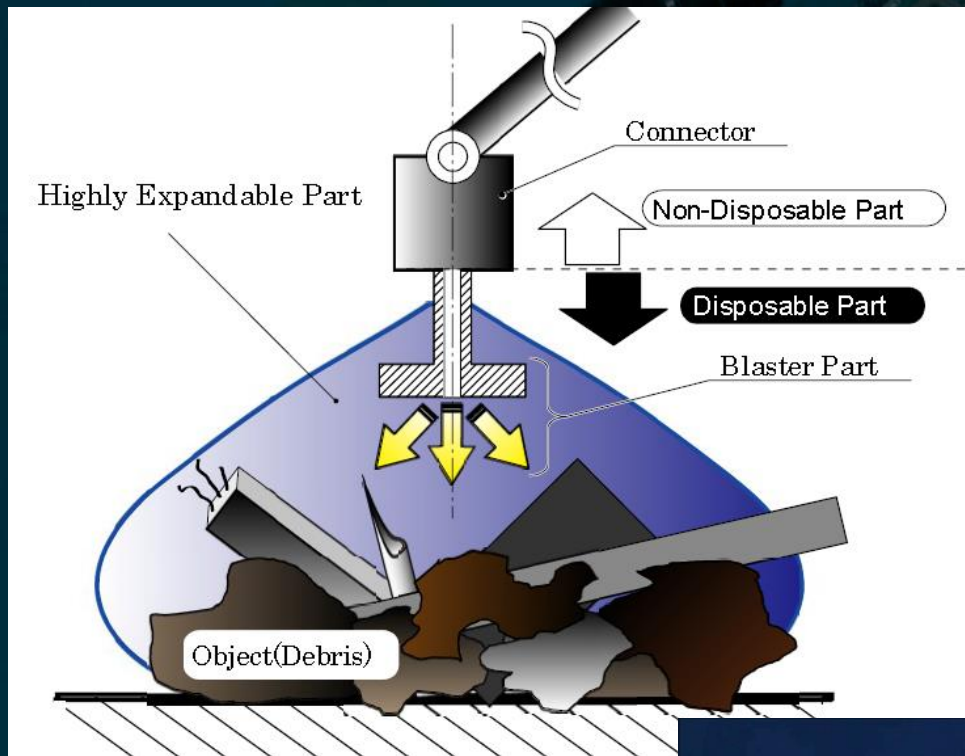


「任意方向への確実な駆動力伝達」

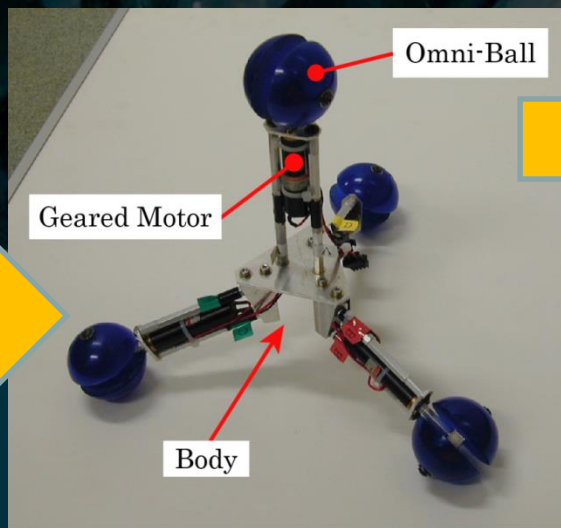
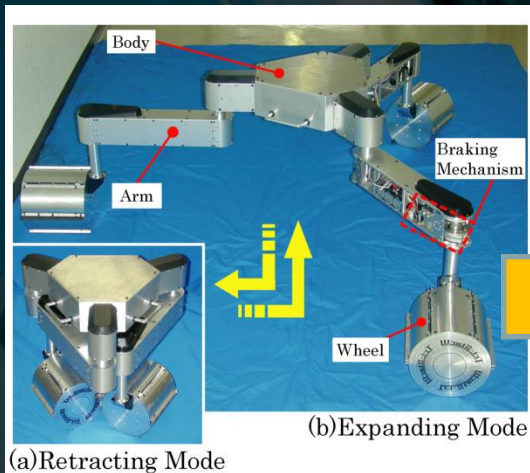
Omnidirectional Drivingの次は、



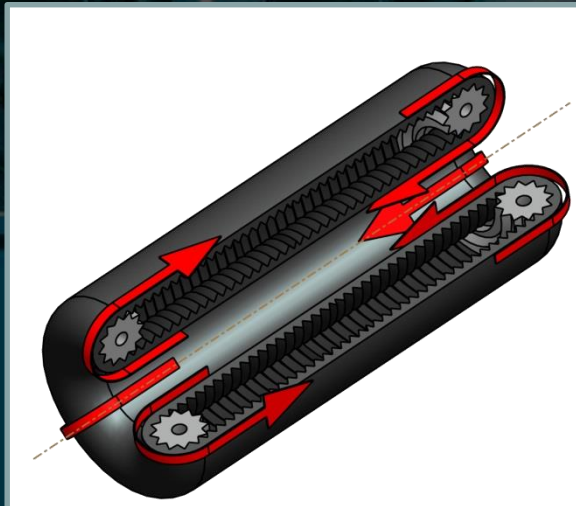
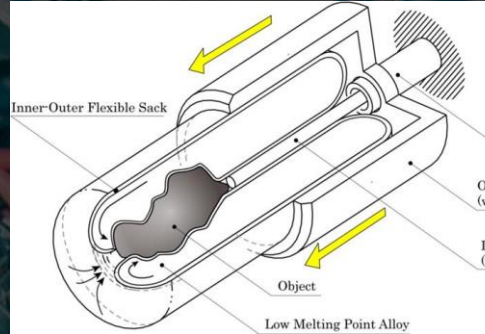
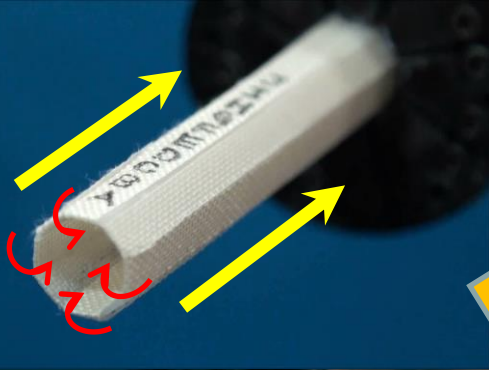
Omnidirectional Deformation



思考のリンク付け

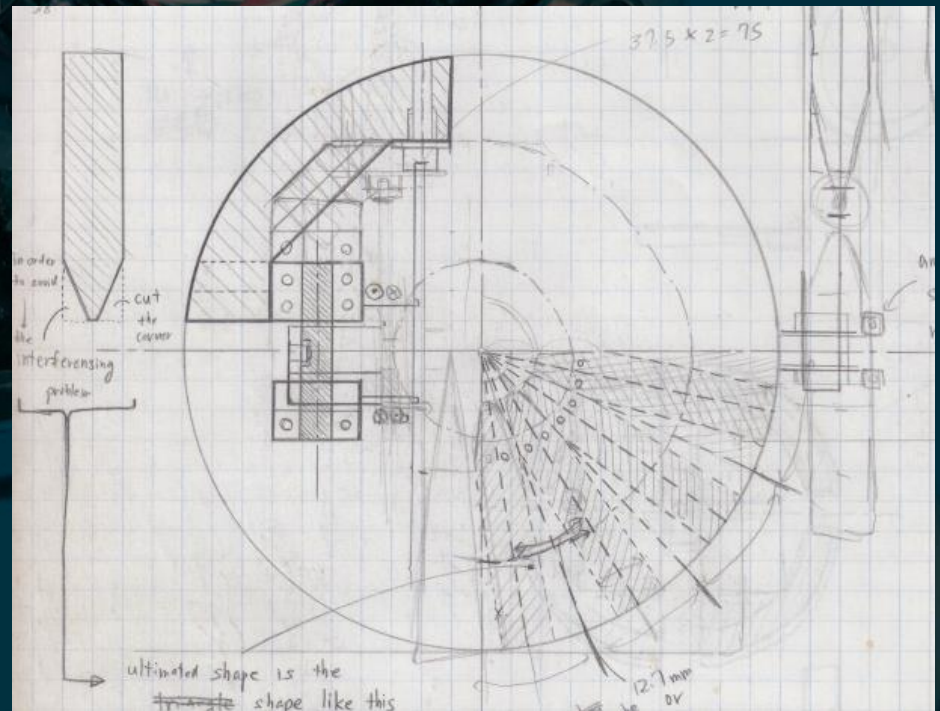


思考のリンク付け



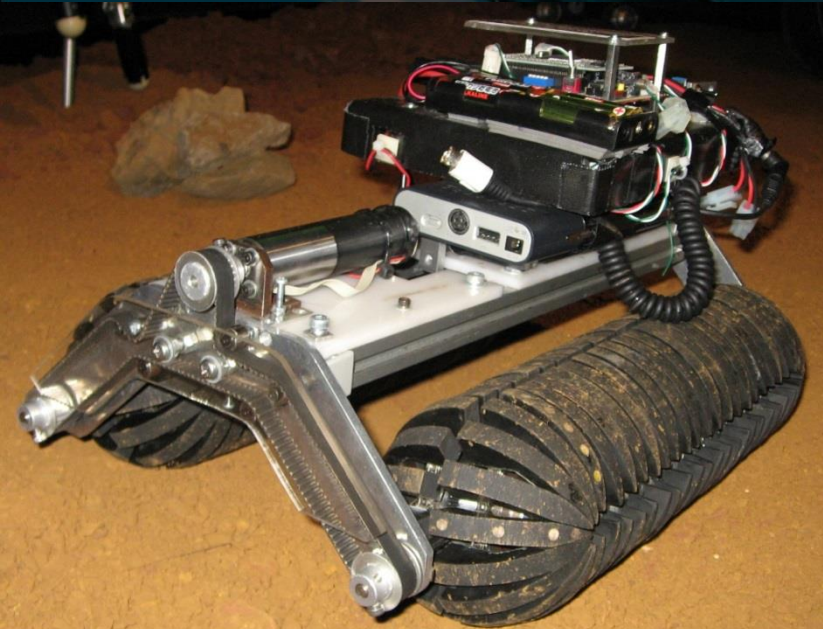
謝辞

この度の談話会の機会を与えて下さった、
鏡先生はじめ、情報科学研究科談話会の
運営の皆様、聴講者の皆様、
研究室のメンバの皆様に、
深く感謝申し上げます。





ご清聴どうもありがとうございました！



是非“泥臭く”，
当方にご教授・ご鞭撻ください。