

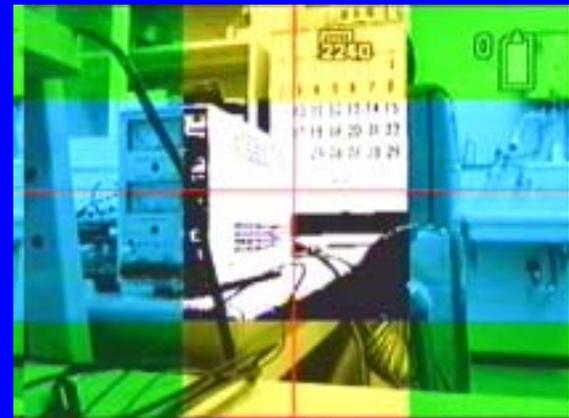
ロボットの知能を どのように作るか

平井 慎一

立命館大学ロボティクス学科

話の流れ

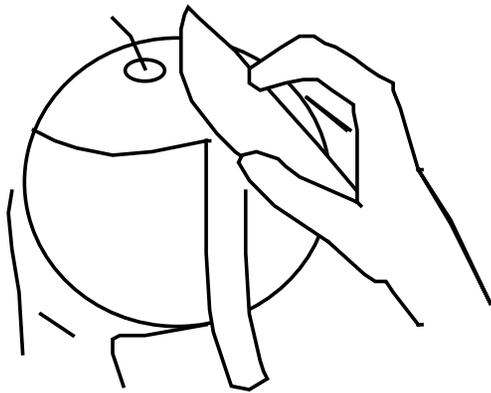
1. ロボットの知能
2. ロボットの感覚
3. ロボットの運動
4. 習熟



知能？

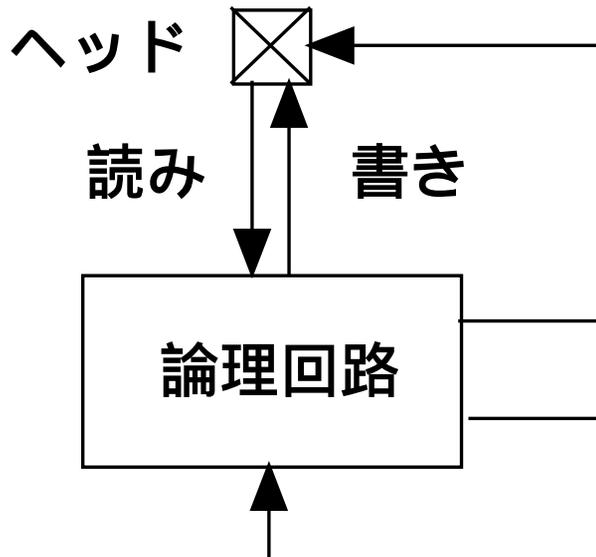
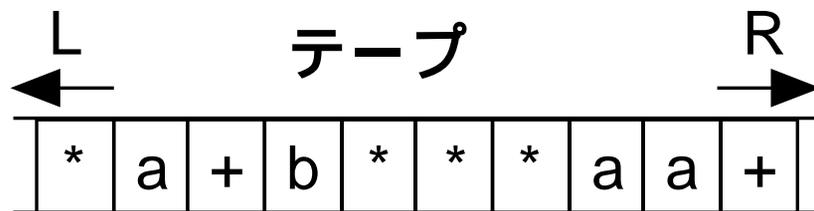
50052834
× 73104492

コンピュータの知能
チューリングマシン
記号(シンボル)



ロボットの知能
フィードバック
信号(シグナル)

チューリングマシン



テープ操作

- L (左へ移動)
- R (右へ移動)
- F (停止)

内部状態の変更

チューリングマシン = コンピュータ

チューリングマシンで実現できる

計算
推論
記憶

アルゴリズム

チューリングマシンで実現できない

プログラムにバグがあるかを判定

アルゴリズムが**存在しない**

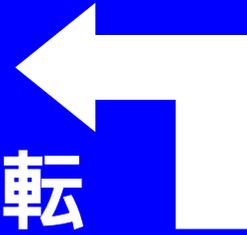
リンゴの皮を剥く

アルゴリズムが**わからない**

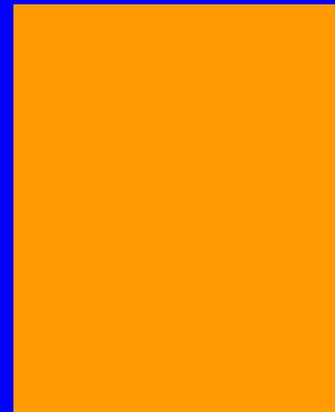
フィードバック



回転



運動



温度



感覚

ロボティクス Robotics

感覚と運動の結合

Connection between
Perception and Action

感覚	視覚, 聴覚, 触覚 二次元信号
運動	手指, 足, 顔, 舌 多自由度

ロボットの感覚

視覚 (ビジョン)

運動検出

変形認識

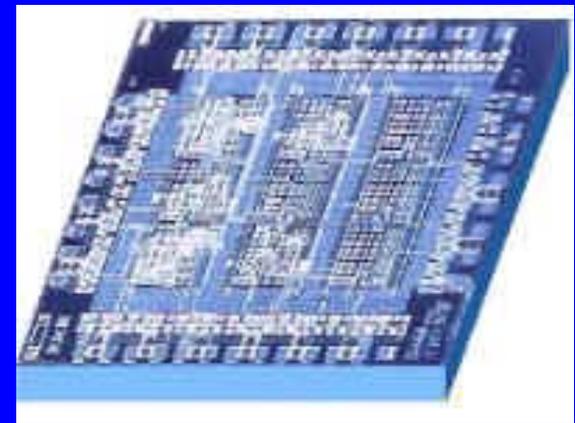
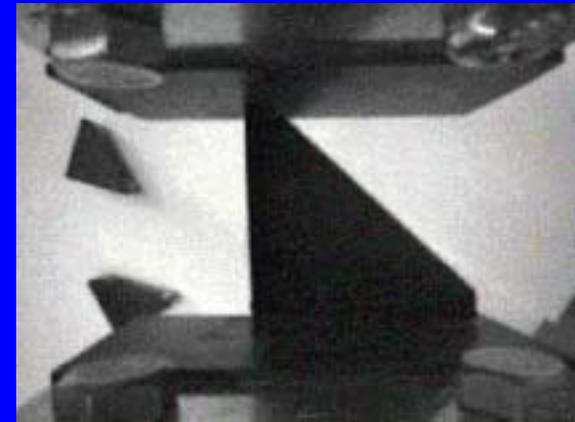
聴覚 (オーディオ)

音源定位

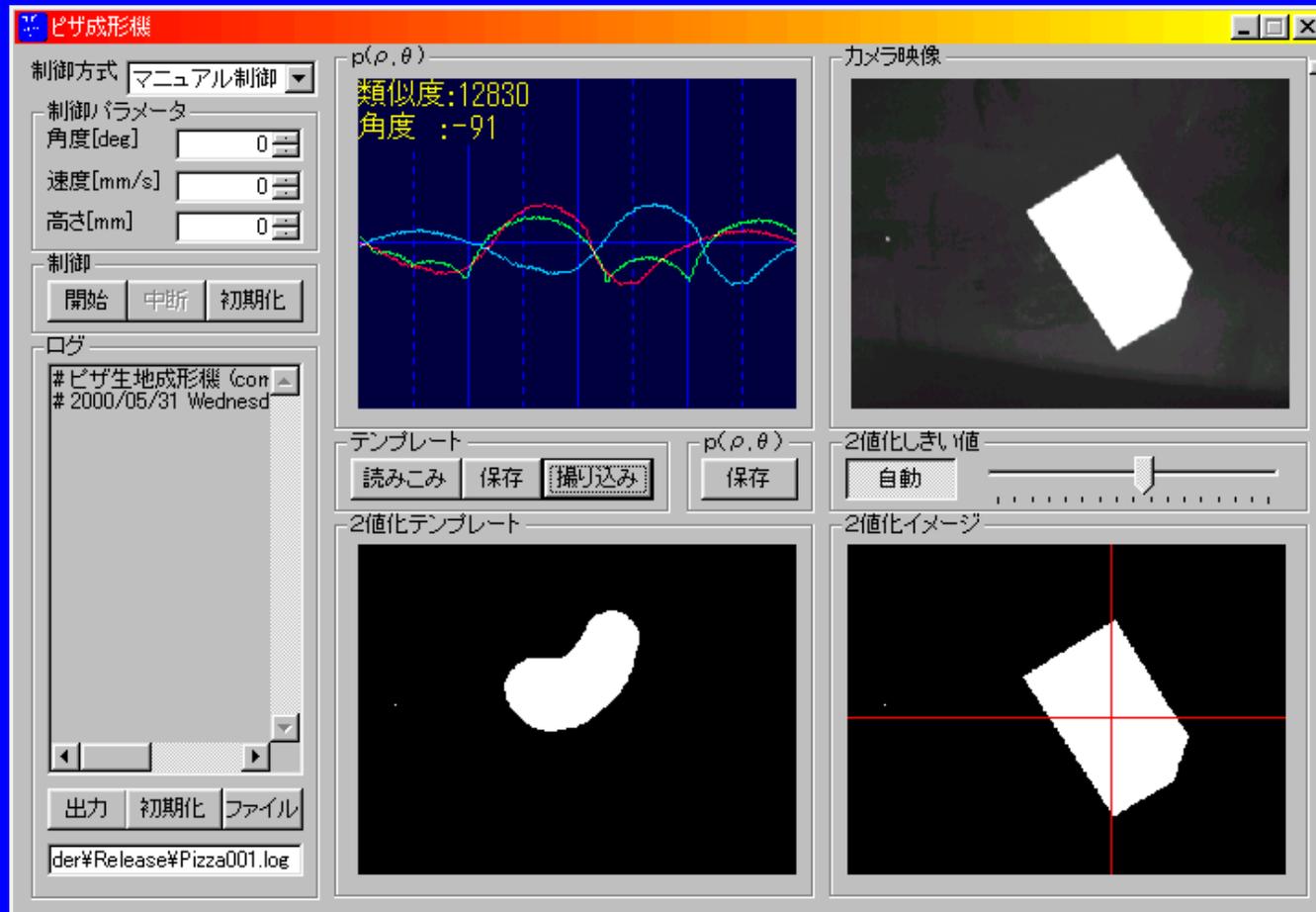
触覚 (ハプティック)

固さ(粘弾性)

摩擦同定



ロボット搭載用ビジョンチップ



ビデオフレームレート 30 frame/sec

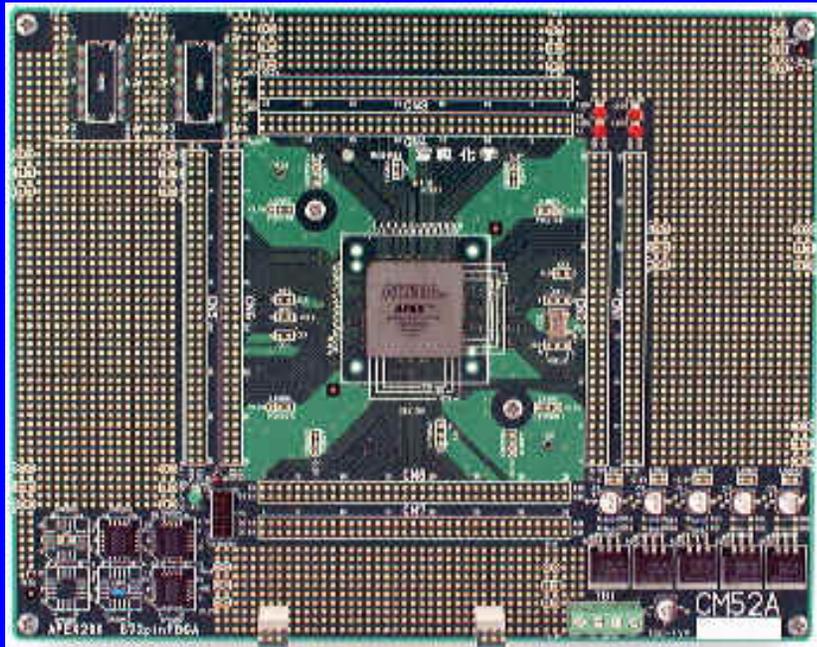
ソフトウェア vs ハードウェア



	ソフトウェア (プログラム)	ハードウェア (専用VLSI)
実行速度		(並列化)
経済性		× (300万個/月)
開発効率		×

FPGA

Field Programmable Gate Array



論理回路を書き換え可能
(プログラム可能)

Xilinx FPGA APEX 20K

20Kゲート 200万ゲート

一年前 50万ゲート
数年前 数万ゲート

ソフトウェア vs ハードウェア

	ソフトウェア (プログラム)	ハードウェア (専用VLSI)
実行速度		(並列化)
経済性		(一個でも可)
開発効率		(プログラミング)

video encoder

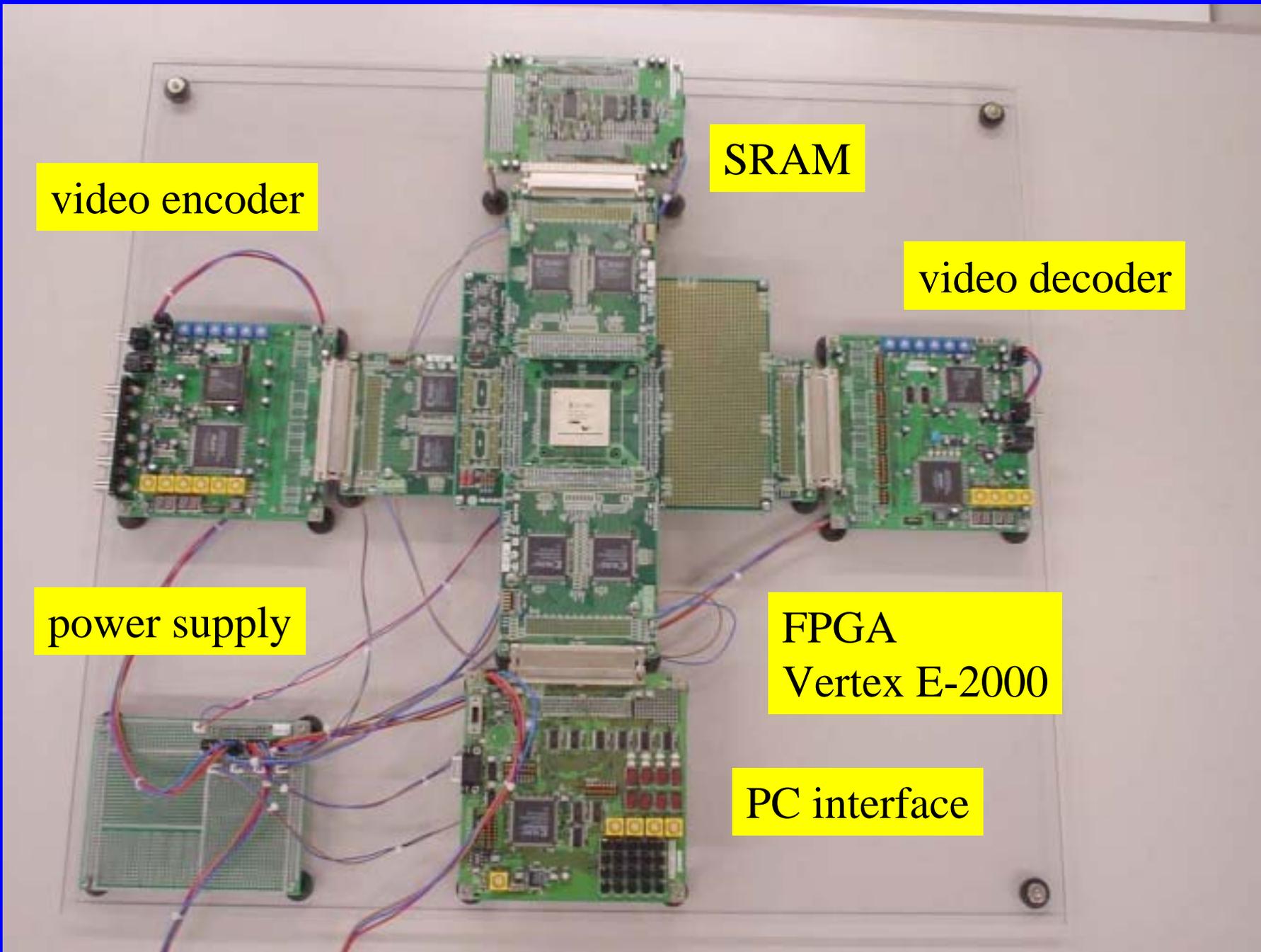
SRAM

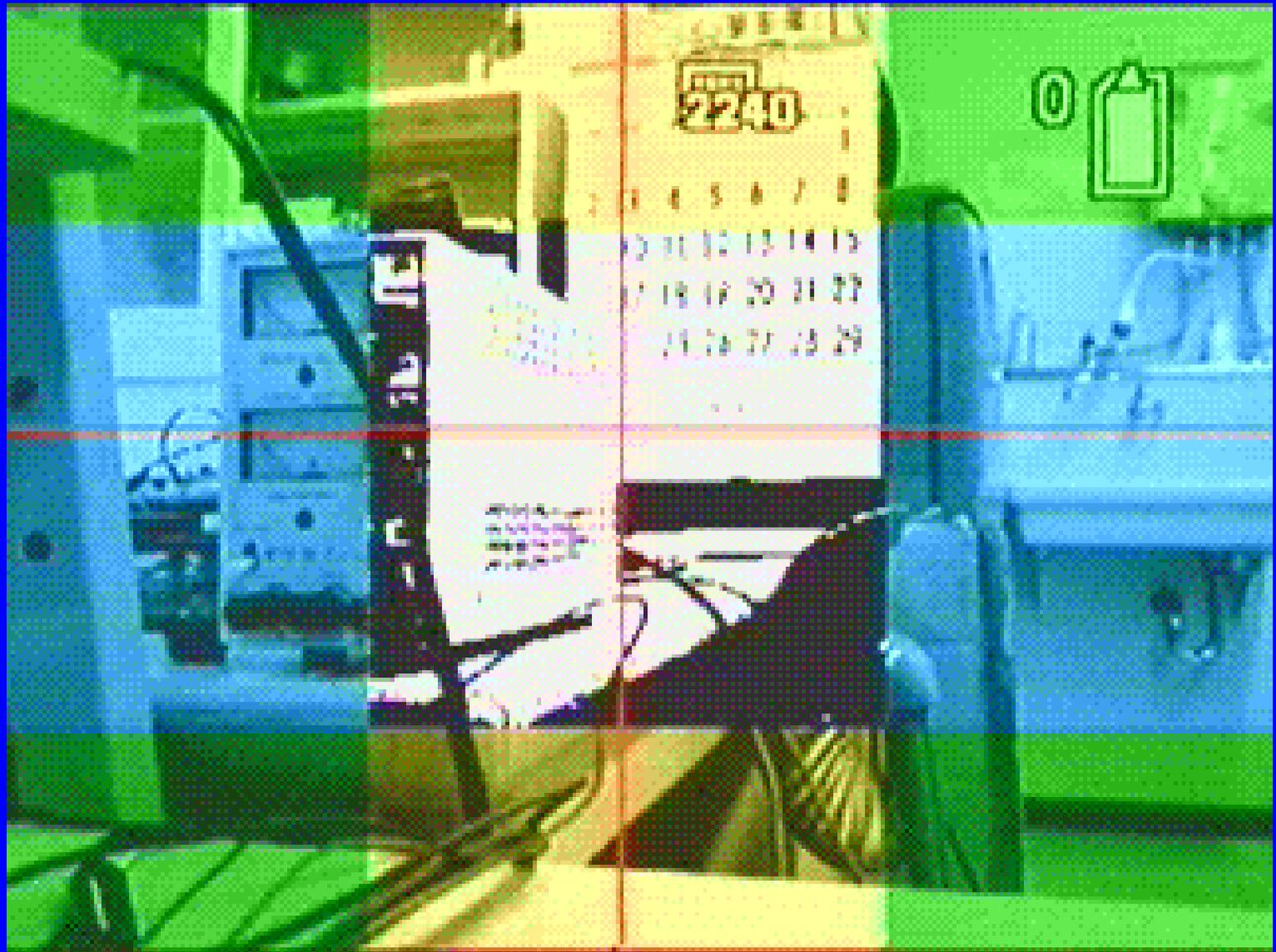
video decoder

power supply

FPGA
Vertex E-2000

PC interface

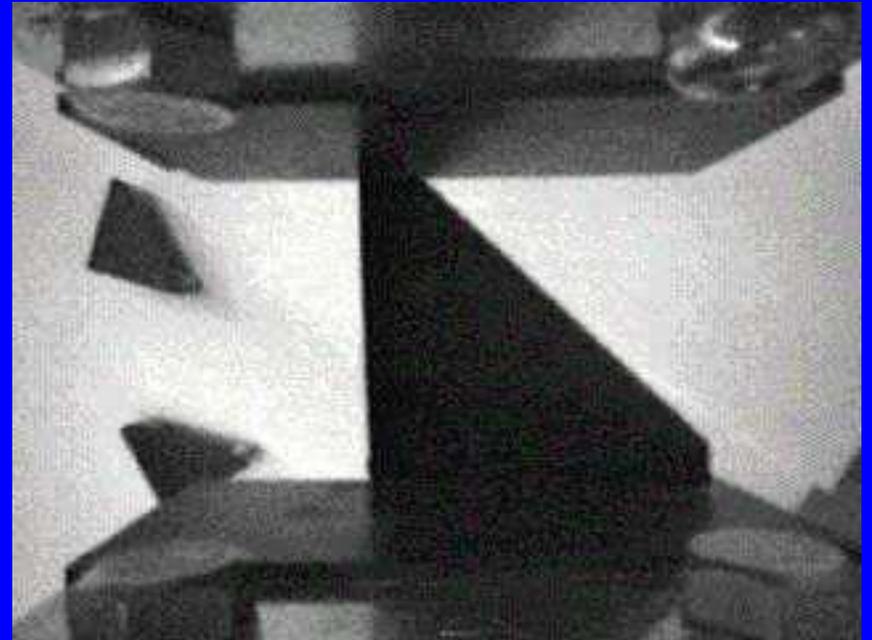




金魚の追跡

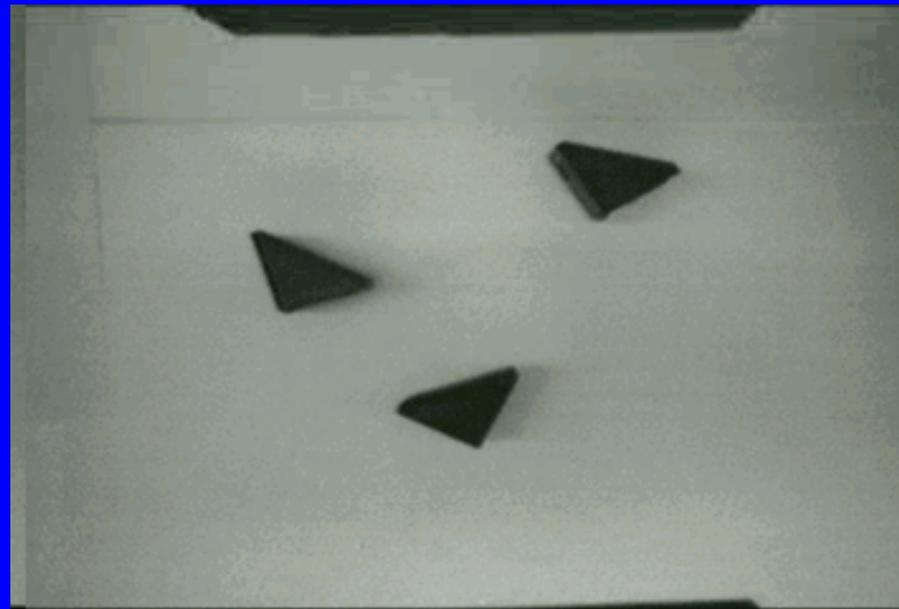
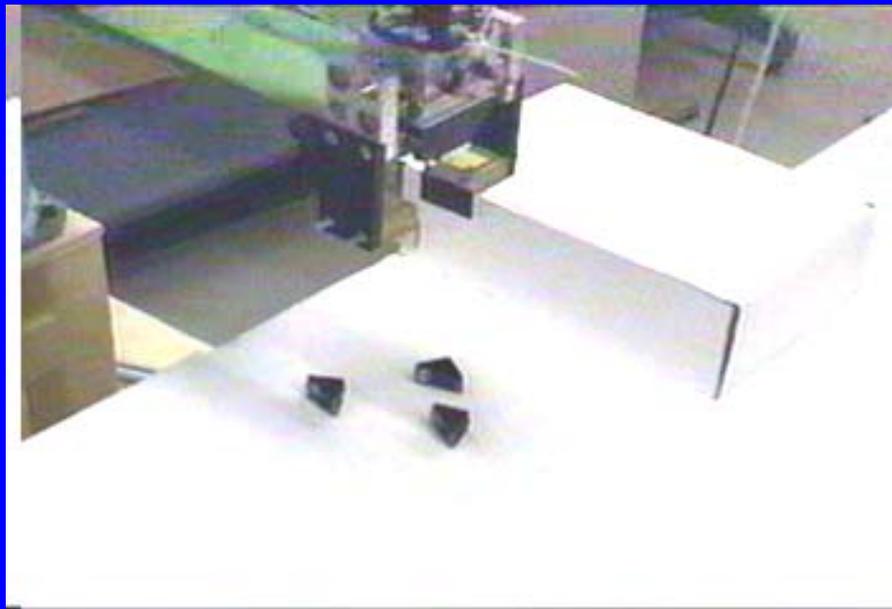


カメラ内蔵型ハンド

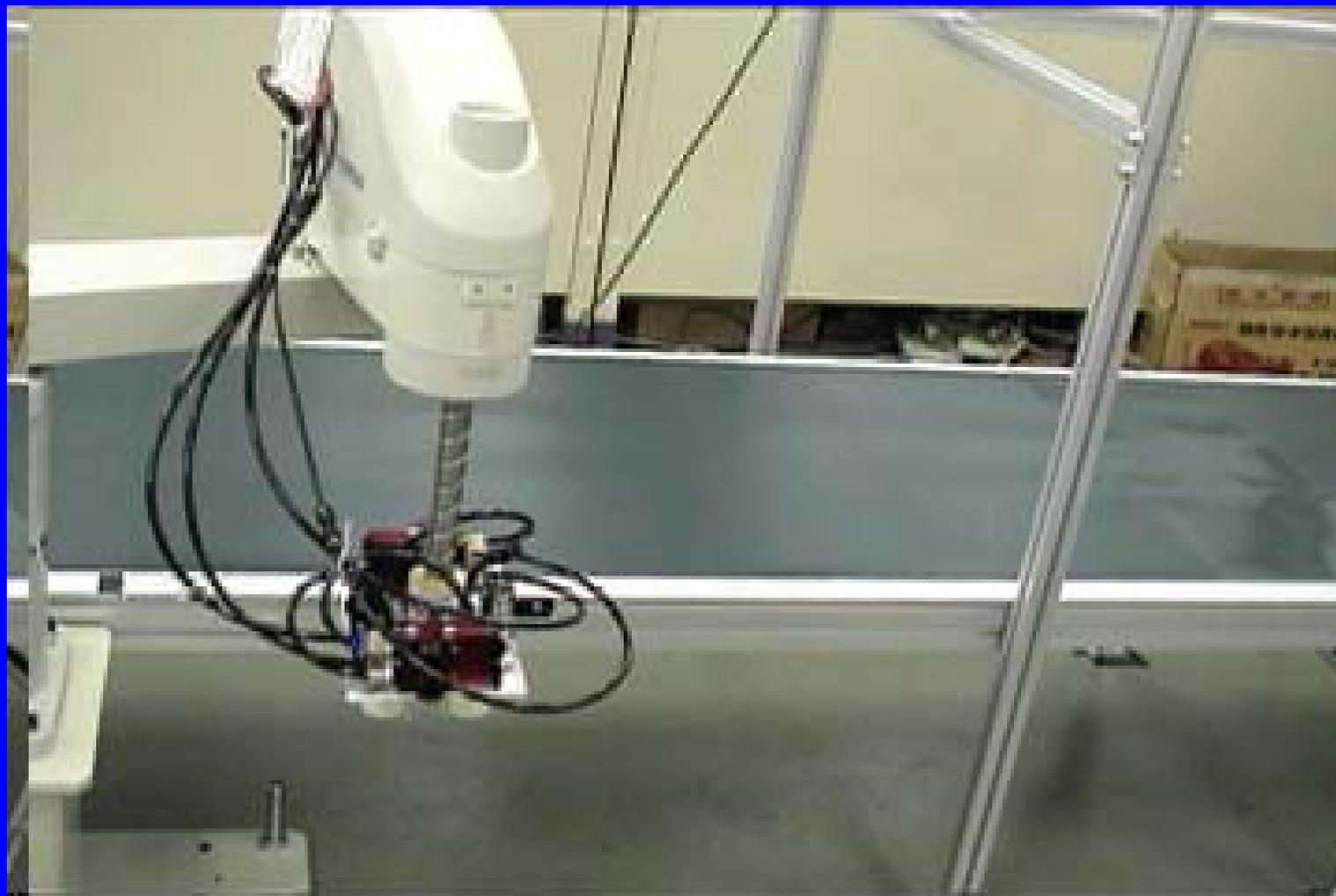


小型軽量のカメラシステムをハンドに搭載

カメラ内蔵型ハンドによる ハンドリング



移動物体のハンドリング



ロボットの運動

多指ハンド

柔軟指ハンド

柔軟物操作

摘み(ピンチング)

二足歩行

静歩行

動歩行

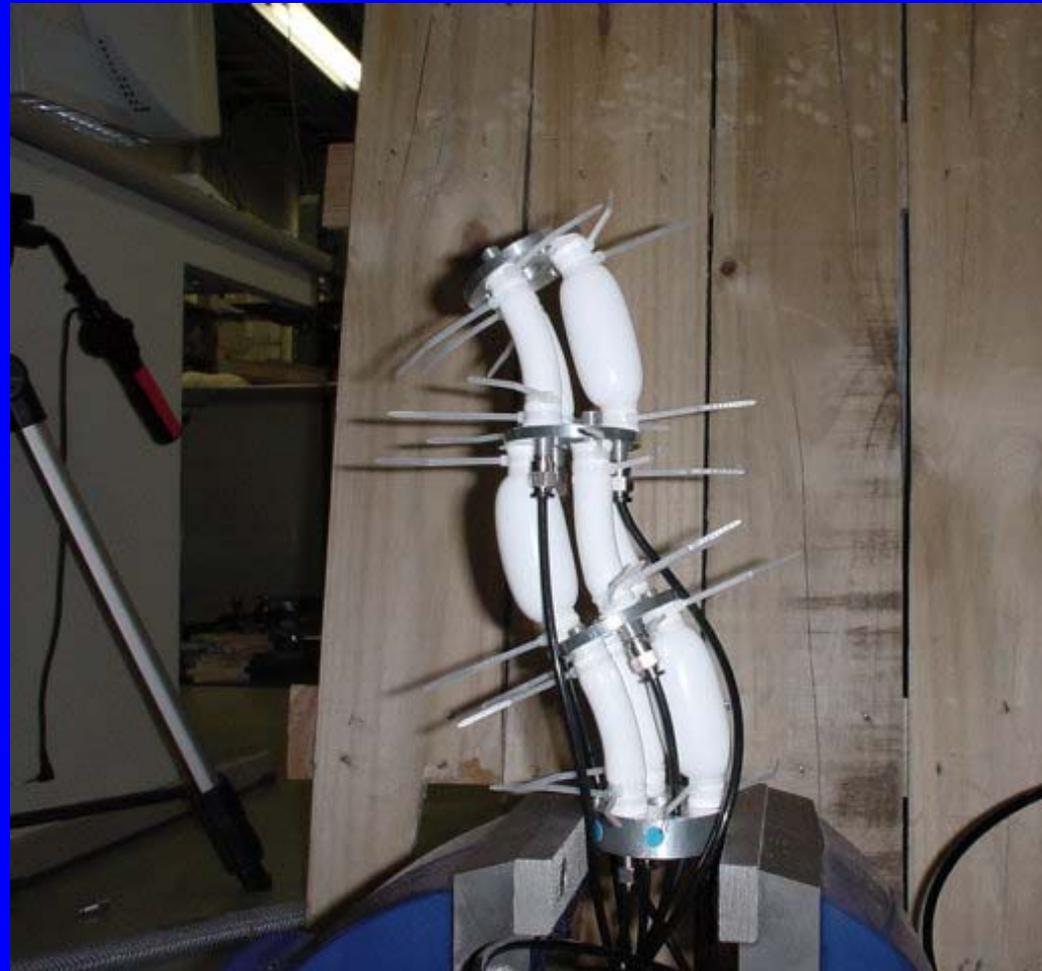
柔軟アクチュエータ

空気圧アクチュエータ

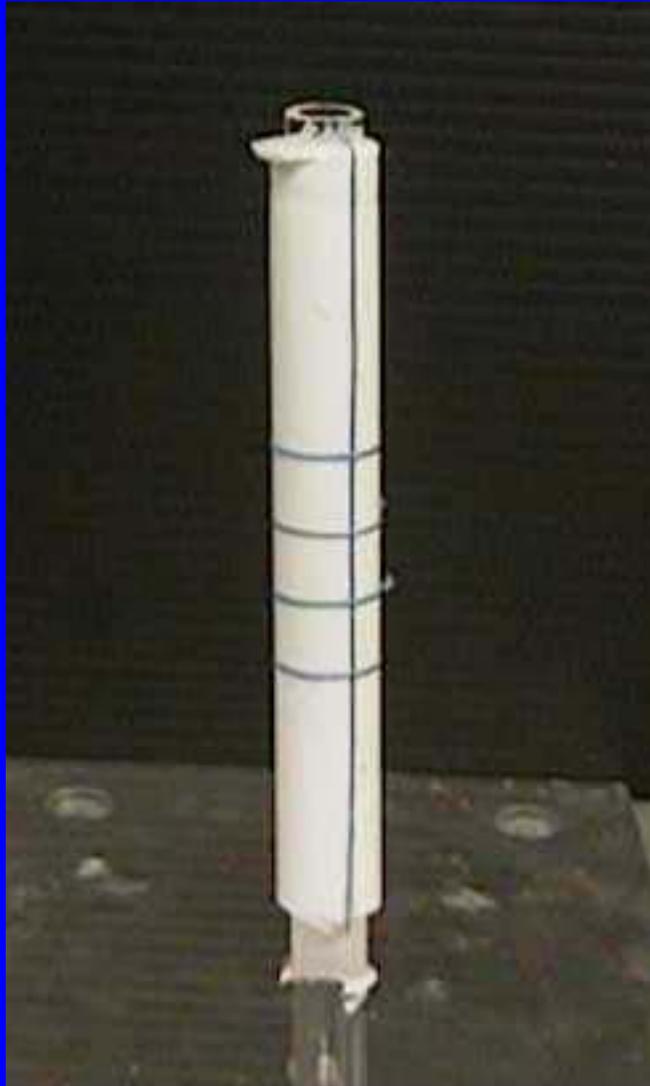
マイクロアクチュエータ



空気圧群アクチュエータ (PGA)



単一運動チューブ

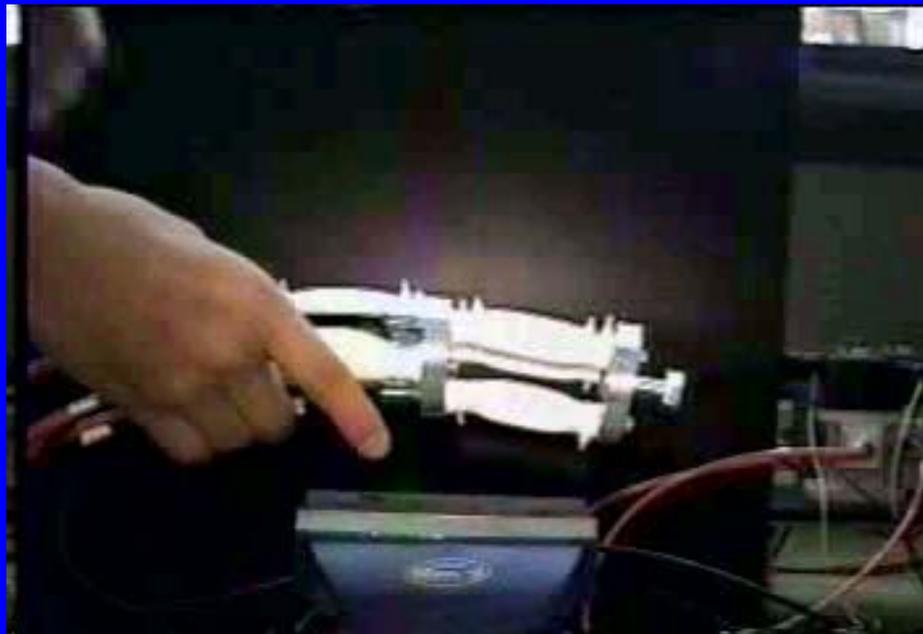
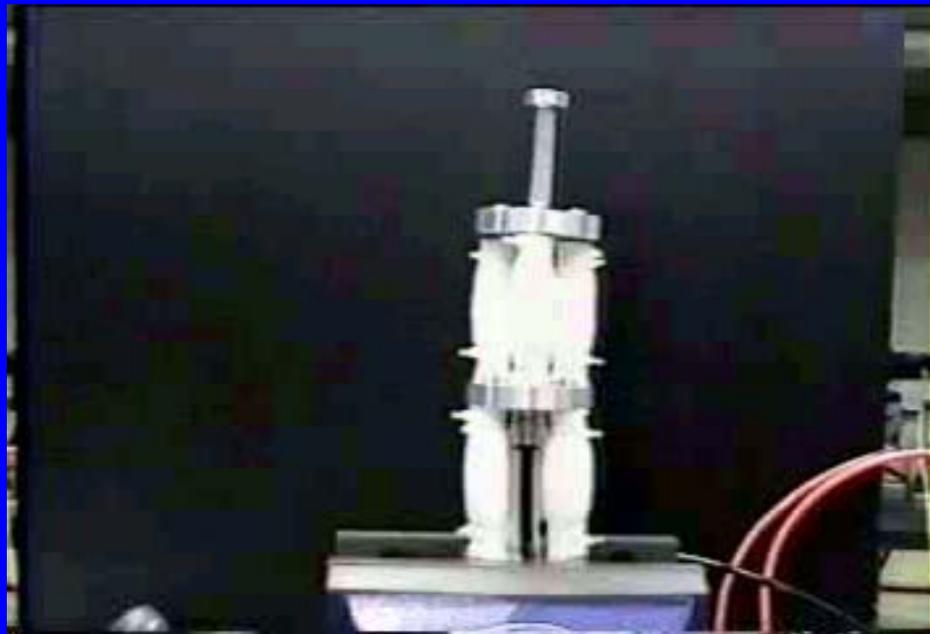


0.05 MPa

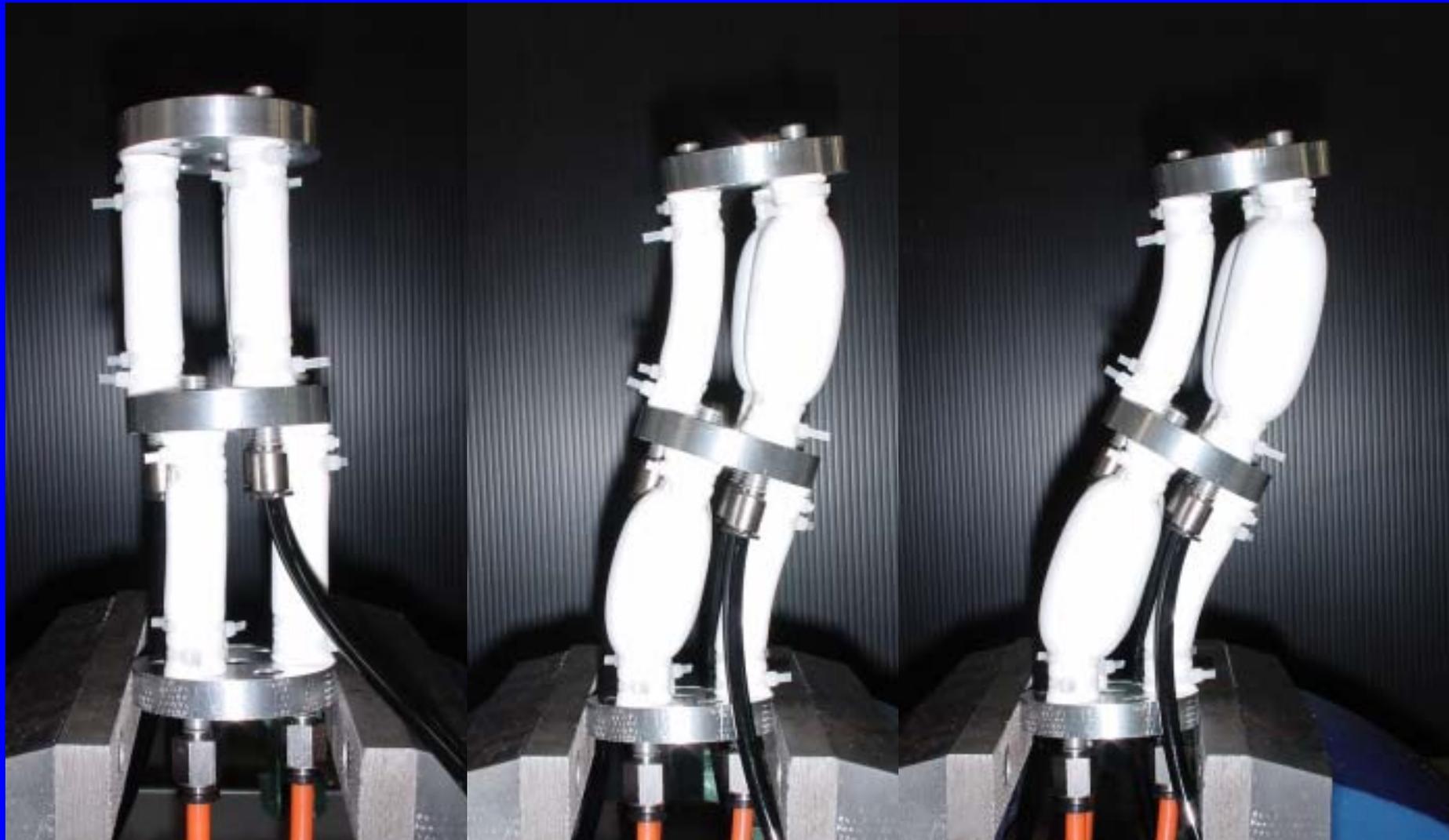


0.10 MPa

PGAの運動



PGAの並進運動

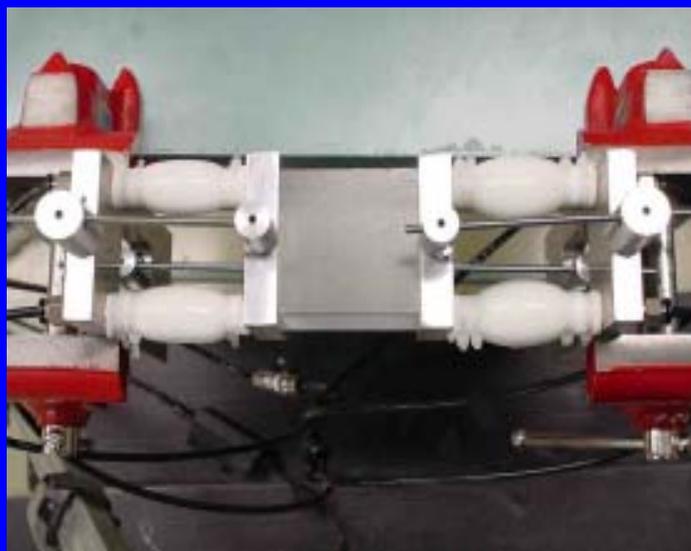


0.00 MPa

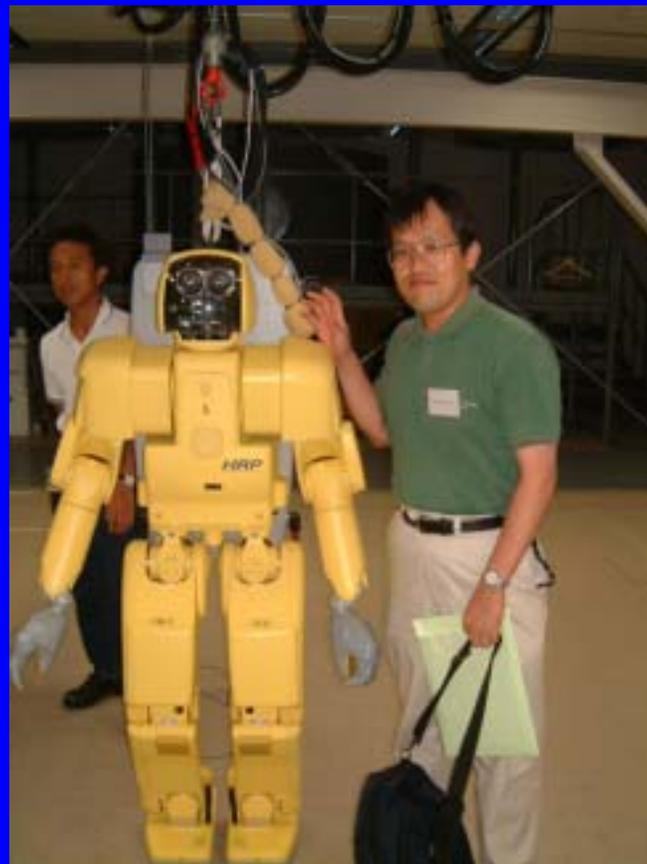
0.09 MPa

0.12 MPa

PGAを用いた多自由度グリッパ



二足歩行



ZMP (ゼロモーメントポイント)

群メカニズム

多自由度柔軟指メカニズム

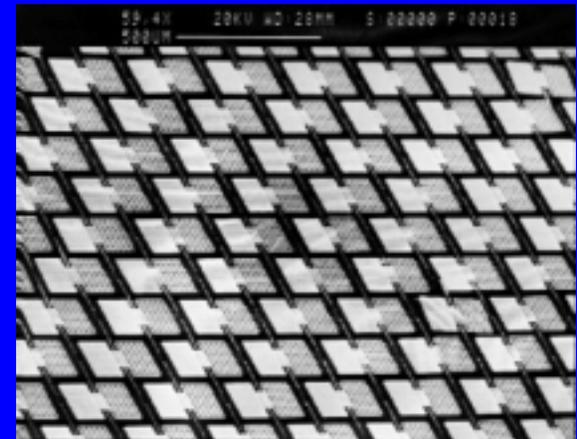


分散マニピュレーション

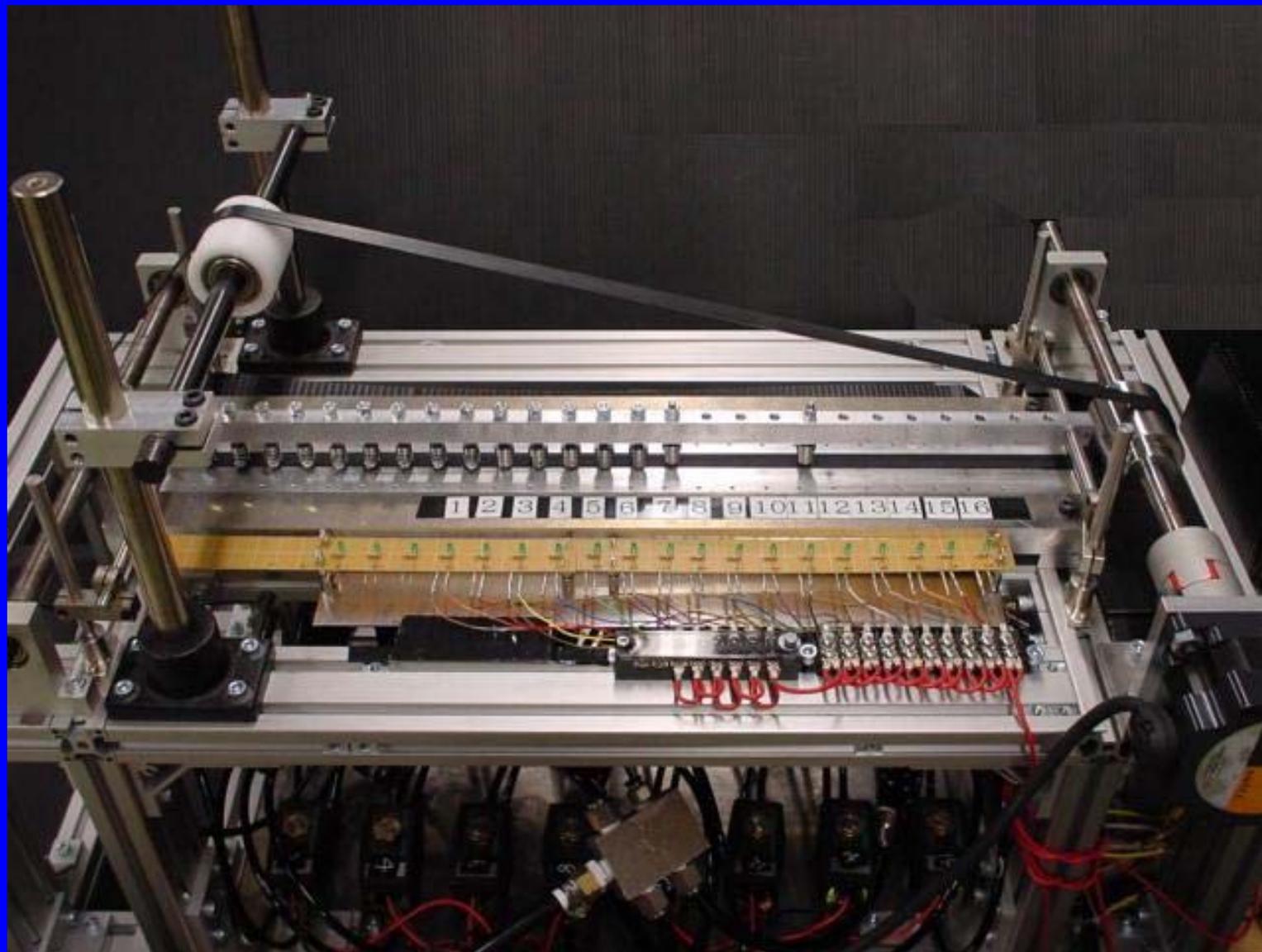
流体素子群による紙葉類操作

振動素子群によるマイクロ物体操作

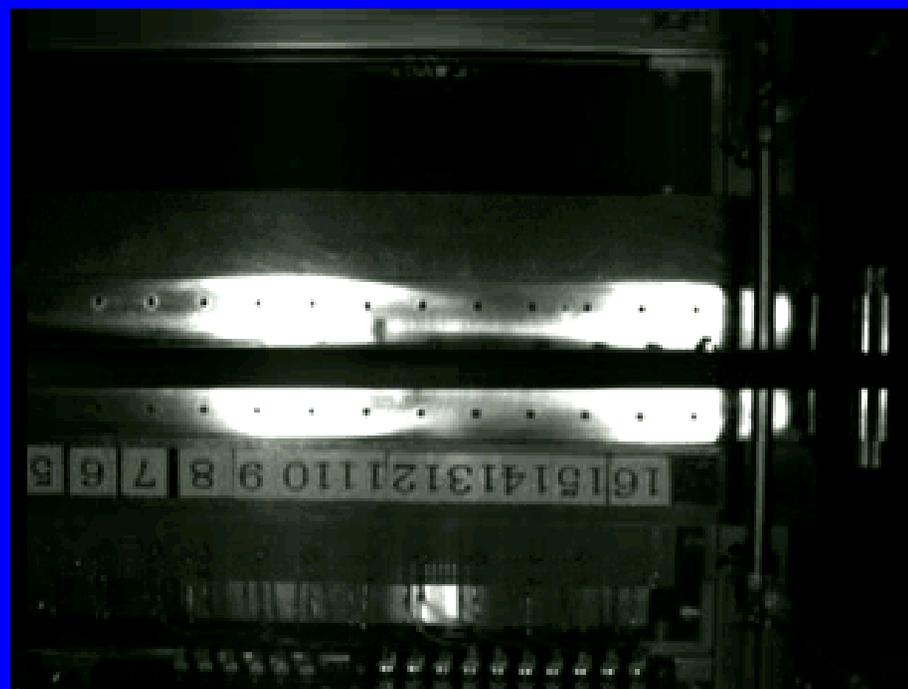
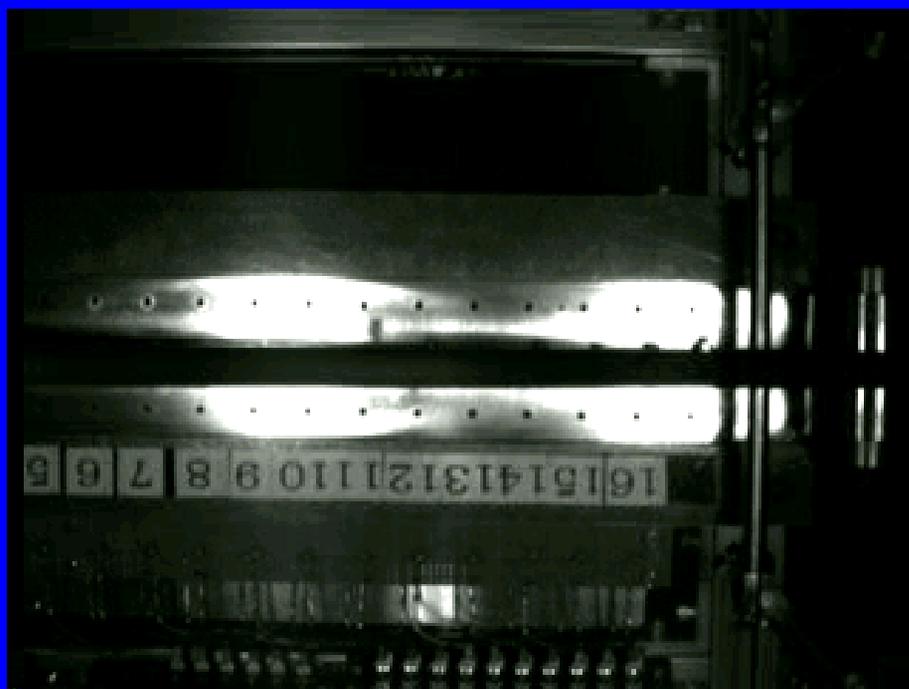
プログラマブルな運動



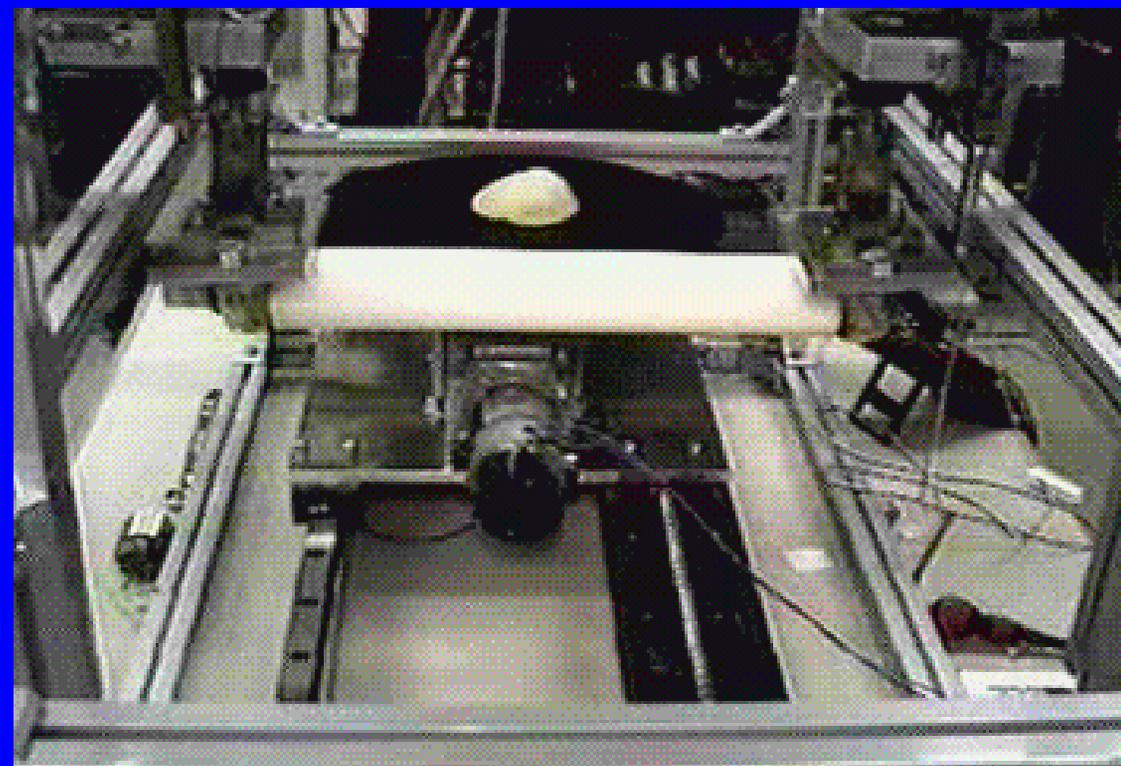
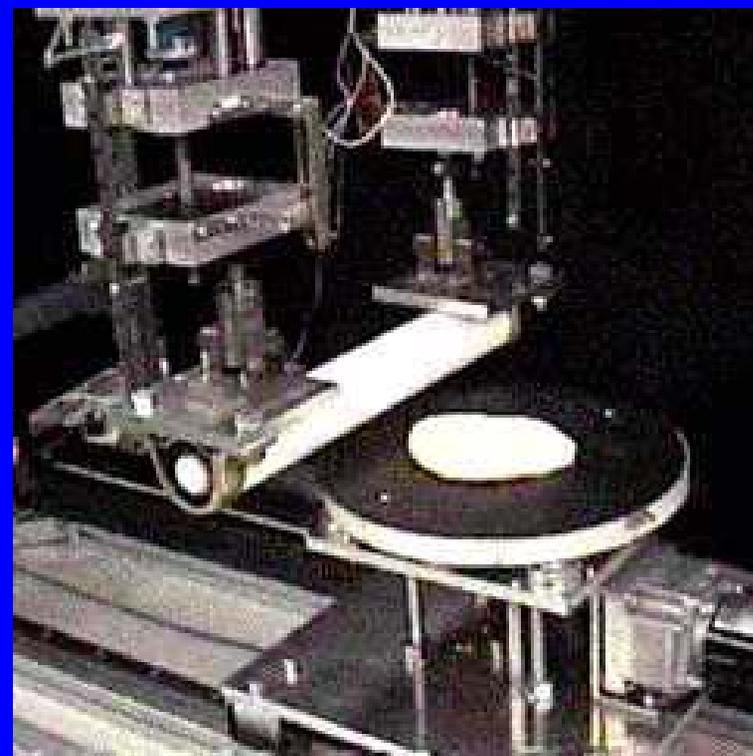
吸圧素子群による紙葉類操作



紙葉類の分離

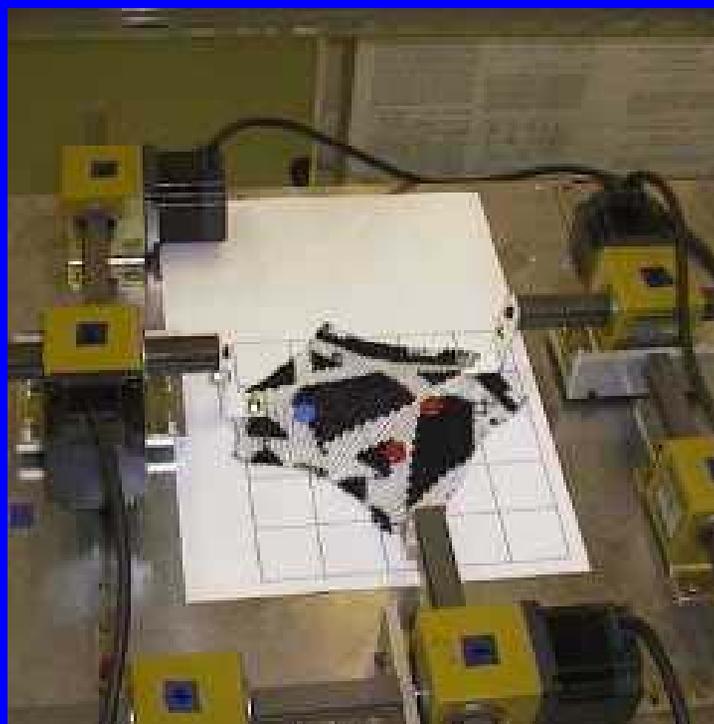


モデルベース制御



粗いモデルに 基づく制御

精密なモデルや
複雑な制御理論は不要

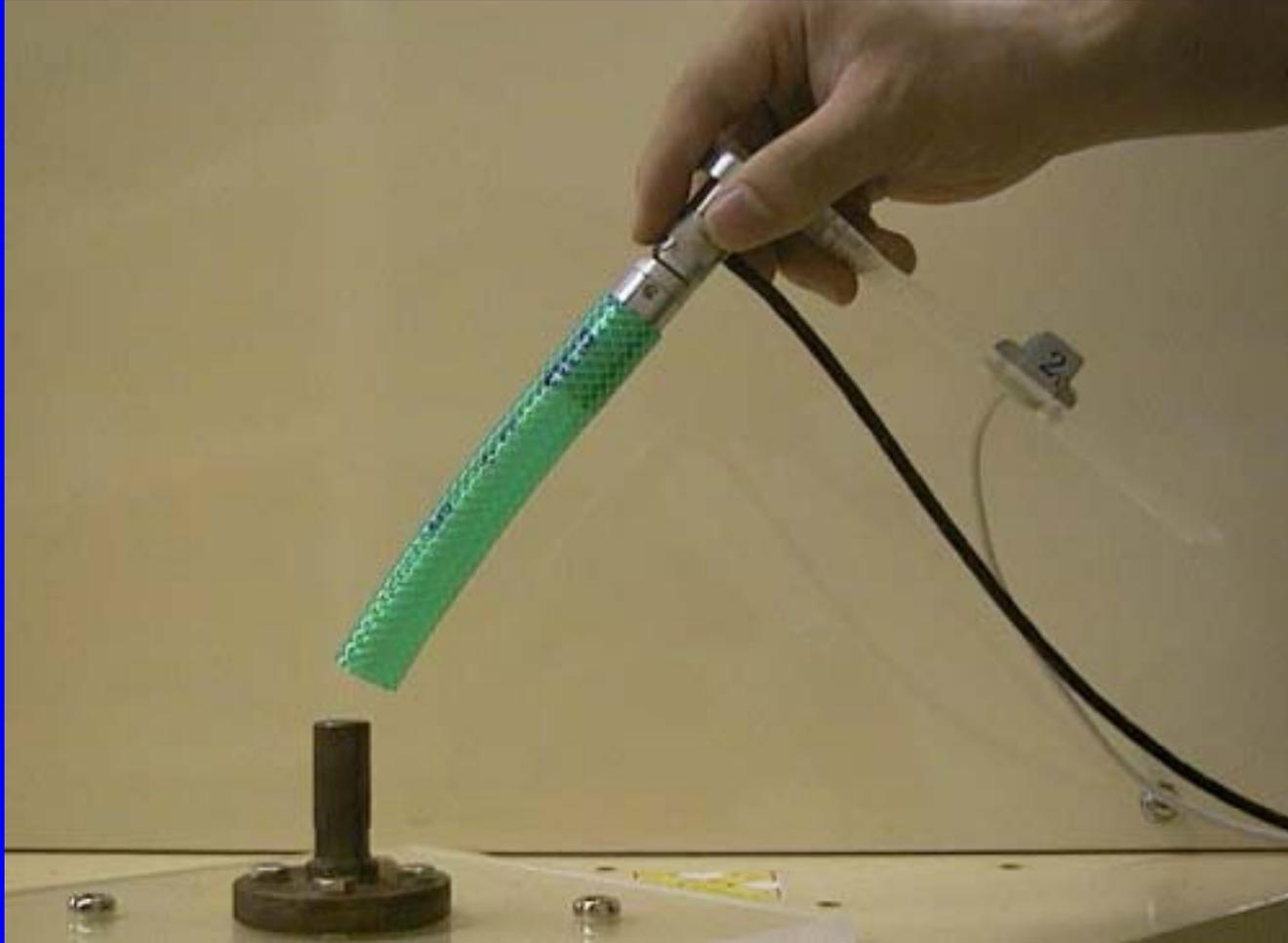


単腕運動から両腕運動へ



生後四ヶ月 獲得メカニズムは不明

技能獲得



ロボティクス

~~自然模倣~~

自然の原理を理解し

自然の原理に基づいて実現

守 破 離

馬
鳥
人間

熱力学
流体力学
？

自動車
飛行機
ロボット

まとめ

ロボットの知能の源

感覚から運動へのフィードバック

感覚の実現

VLSI技術

運動の実現

柔らかいアクチュエータ

未解決

習熟の原理・メカニズム

