



筋骨格ヒューマノイド 小木部



圧力源搭載型 空気圧アーム



瞬発力実験装置 (2自由度版)



小型ヒューマノイド NAO



多目的実験用 ロボットRH1



キッチンアシスタント ロボット



片付けながら掃除をするロボット



ベルト潜り込み式 玄関整理ロボット



空気圧 ヒューマノイド



ジャンピング スティルト

# 東京農工大学 水内研究室

工学部 機械システム工学科 / 工学府 機械システム工学専攻

水内研究室では「人の生活の場で活躍するロボット」を中心テーマとして、主に以下に着目して研究しています。

- 人や動物の身体構造に学んだロボット構成法
- 人や動物の運動制御機構(巧みな運動実現)
- 物理的柔軟性を持つロボット(本質安全、瞬発力の利用)
- 小型ヒューマノイドの行動範囲および移動能力の拡大
- 未知の物体を取り扱うハードウェア・ソフトウェア



```
$ apt-get install "Mizuuchi Lab."
>> Mizuuchi Lab.
Hello Humanoid World!!
```

# 片付け機能を持つ掃除ロボット

~未知物体の適応的取り扱い方法の研究~

6個の近接センサ情報から方向を推定

可搬性の判別に基づく、物体の取り扱い方法の選択

反応: 無 → アームによる把持行動

反応: 有 → 押し進め可能かを判定

進む → 押し動作

進めない → 壁であると判断し後退

把持

押し

後退

# 小型ロボットによる家事支援

~物体管理行動の実現~

### 研究概要

ある道具を使いたい時、部屋の散らかりや物忘れから場所が分からず探し回る事があります。本研究室では、部屋の中を自由に動き回るロボットに物体管理をさせて、探す手間を省く事を目指し、屋内における段差越えや障害物の回避動作の実現と、カメラやセンサを用いて物体を認識・記憶する方法の研究をしています。小型ロボットには「高さ」という問題がありますが、踏み台を用いて解決を図り、「軽量のため転倒に強い」、「狭所も移動可能」などの利点を活かす事で、小型でも家事支援が可能である事を示します。

### 背面よじ登り

高さに対する問題を解決！ 高所の作業が可能に！

のり上げ 上体起こし 上体上げ 直立

### 踏み台運搬

踏み台を探し、自分で運ぶ 目的地へ運搬

あれは かな？ 見本画像

頭部カメラ画像と見本画像を照合し、踏み台の位置を推定

### 物体認識・把持

を発見したよ

頭部カメラ画像と コップ画像を照合

頭部カメラ画像

食器の片付けへ

### 作業想像図

部屋の中を自由に歩き回りながら、様々な物体の場所を覚えていき、欲しい物の場所を聞くと教えてくれる。

椅子に登れるから、高いところも見渡せる

僕の黒いコップはどこかなあ？

黒いコップはここだよ！

# 玄関の靴を整理してくれるロボット

~潜り込み運搬法による片付け作業の実現~

### 玄関整理システム

- ①カメラから画像を入力 ノートPCで画像処理
- ②目標までの最短経路を算出
- ③ネットワークを介して ロボットと通信
- ④玄関整理実行

靴が邪魔でロボットが動けない...と思いきや!?

### 研究概要

#### 一片付けロボットの現状

物を整理する時、「どう片付ければよいか」と悩んでしまう人は多いと思います。ロボットの都合、これらの悩みに加え、画像からの物体抽出・認識も困難となります。そのため、これまでの片付けロボットの研究は、ロボットが片付けをしやすいよう、片付ける物の情報を人が教えてあげている段階です。

#### 玄関という環境のメリット

玄関は、実生活と同じ環境下でありながら、片付け対象の種類がある程度決まっており、背景も固定されているため、部屋の片付けに比べ実現性が高いと言えます。本研究の完成により、自動片付けロボットが実現する一歩を踏み出せば、と考えています。

### ベルトを用いた潜り込み式運搬法

つま先から... 下に潜り込んで... 移動して... 靴を置けば...

狭い空間での靴の片付け成功!!

# 人間のような運動能力をもつロボット

## ROBOT and HUMAN

ダイナミックな運動が可能  
未知の外乱に対応可能

≠

ちょっとした動作も困難  
未知の外乱に対応不可

瞬発力 高応答衝撃吸収

筋の柔軟性・弾性活用がKEY

## APPROACH 1

筋・骨格の模倣

筋肉として、  
**McKibben式空気圧人工筋**

筋肉みたいに収縮  
構造自体が柔軟  
応答性の速い、  
衝撃吸収が可能

## APPROACH 2

空気圧ロボットの問題点  
→ 大型のコンプレッサが必要

It's too big I can't move freely

分散小型コンプレッサ+タンク

組込む

Air compressor + Tank

## Pneumatic ROBOT

人型へ

NEXT

コンプレッサ搭載型  
ロボットアームを実現

FUTURE

様々なダイナミック動作が可能  
な次世代ロボットを目指して

# 俊敏に動けるロボットを目指して

~柔らかさを活用した瞬発力利用法の研究~

投げる 跳ぶ 走る

ボールリリース

ロボットによる  
実現法は?

瞬発力利用動作

瞬間的高速度!!

ばねあり ばねなし

速度拡大に着目した最適化手法を提案

実機で最大約2.85倍の速度を達成

提案した設計式による最適ばね定数の見積もり

肩 肘

ボールリリース

多関節ロボットにおける速度拡大効果の解析・実験

動力学モデルを用いた最適化

研究概要

ロボットの柔軟性は人との接触時の危険を減らすだけでなく、柔軟性の活用によって瞬発的な動作をうまく行えるという利点もあります。本研究ではモータの回転軸にばねが付いているロボットにおいて、腕の速度がモータが本来発揮できる速度を瞬間的に上回る現象に着目した設計、制御方法を研究しています。これによりロボットの応用範囲が飛躍的に拡大し、将来より人の近くでロボットが活躍することが期待できます。

研究概要

ヒューマノイドが走行や跳躍など、高速・高出力な運動を行うためには、高出力なアクチュエータや頑丈な機構が要求されます。これに対し、本研究ではヒューマノイドの装具装着による運動を研究しています。装具の設計・製作と装具装着状態の運動制御法の研究というアプローチを通して、アクチュエータに負荷を掛けずに高い運動能力を発揮させることを目指しています。

# 装具を用いたヒューマノイドの運動

装具を効果的に使用することで低出力のヒューマノイドの移動能力向上を実現

高速な移動  
走破性向上  
高所へのアクセス

## 弾性を有する装具(ジャンピングスティルト)による跳躍力向上

ヒューマノイド

計算モデルによる運動の解析

弾性によるエネルギーの蓄積を活用する運動

## スケートによる移動速度向上

旋回時の半径や姿勢等のロバストな滑走制御

歩行、走行等より高速・効率的な移動

# 機械学習による動的運動の最適化

～力学的エネルギーに着目した学習～

## 研究概要:

人間のようなダイナミックな運動をロボットにさせる時、ロボットの運動を解析的な計算で最適化するのは難しいです。そのような問題に対して機械学習を用いた運動の最適化を行います。本研究ではその際に、運動評価の指標として力学的エネルギーを用います。



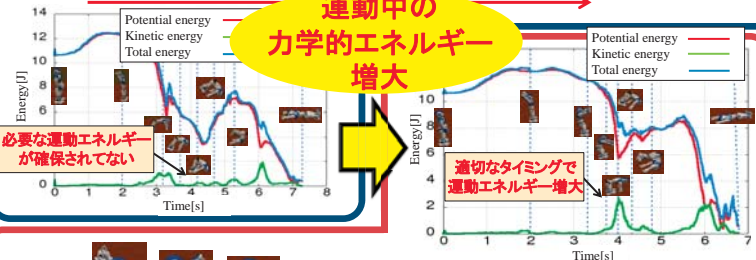
## 前転運動の最適化

学習前



回転する際に肩に大きな負担

運動中の力学的エネルギー増大



学習後



慣性を利用したモータートルクに頼らない動作の獲得

適切なタイミングで運動エネルギー増大

# 自分の動かし方を学ぶシステムの実現



筋骨格ヒューマノイドを動かそう!!

目的とそれを実現する動作との関係が複雑なタスク

うちわはどこに向けて？ 扇ぐ力は？ 周期は？

何処をつかむ？ どのぐらいの力で、どのように回す？



風車を回したい

キャップを開けたい

## Approach

- ニューラルネットワークを用いた学習制御システム
- 人間の直接教示を基に学習
- 様々な制御量(風車の回転速度、キャップの角度)に対応

# ロボットに器用な作業をさせるには?

～物体把持における触覚情報の有効な活用方法に関する研究～

滑らずにつかむには?

触覚情報を有効活用することで...

一見ロボットには難しそうなお物体操作の実現を目指しています!

上の皿だけずらして持つには?

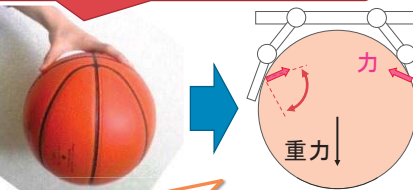
うまく演奏するためのコツは?

形のわからないものをつかむには?

道具を介した接触状態の感知は?

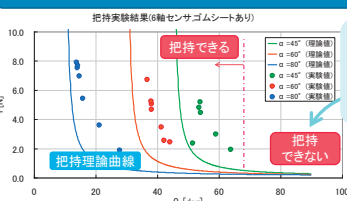
例えば...手より大きな物体の把持

うまくつかむためには...?



力の大きさ・方向が重要

## 力のつり合い条件に基づく制御



センサ情報を利用して器用な把持動作を行う。

## 研究概要

現在数多くあるロボットの物体の把持方法において、視覚情報と触覚情報を利用しながら様々な物体を取扱う研究が行われています。しかし、触覚センサが備え付けられているものの、未だ触覚情報を有効に利用しきれていないのが現状です。そこで私たちの研究室では、ロボットハンドに取り付けた触覚センサによる触覚情報の応用の仕方について研究を行っています。多種多様な物が存在する人間の環境でロボットがはたらくには、このような触覚フィードバック制御の有効的活用が必要不可欠だと考えています。

## 人間の感覚的制御動作の観察



力情報、すべり情報 摩擦情報 ...

人間が触覚情報をどのように利用して、把持をしているか探る。

計算的な制御方法と人間の感覚的な制御方法の違いを探り、汎用的な把持制御方法を追求する。

# ロボット導入による農作業の自動化・効率化

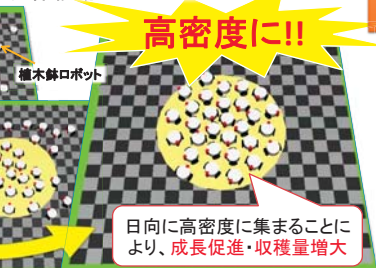
## 植木鉢ロボット

植物や環境の情報に基づき自律移動する植木鉢ロボット

### 研究概要

多種のセンサを搭載し、個々のブルーベリーの状態と周りの環境をセンシングすることにより、植物にとって最適な部屋や環境に自律的に移動する植木鉢ロボットの研究を行っています。これにより、生産管理を効率化し、多収量、高品質なブルーベリー生産の実現を目指しています。

### 自律移動シミュレーション



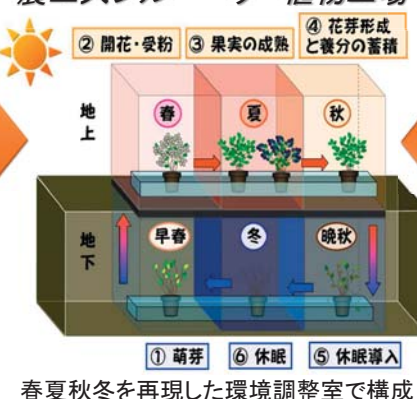
高密度に!!

日向に高密度に集まることにより、成長促進・収量増大

## 研究概要

本研究室では、農作業の自動化・効率化を目指し、本学農学部のブルーベリー植物工場で働くことを想定した、収穫ロボットや栽培ロボットの研究を行っています。

## 農工大ブルーベリー植物工場



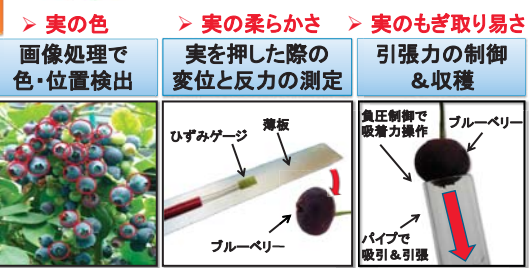
## 収穫ロボット

視覚・触覚に基づき熟度判定を行う収穫ロボット

ブルーベリーの熟度判定指標

- 実の色
- 実の柔らかさ
- 実のもぎ取り易さ

提案する熟度判定・収穫システム



実の色  
画像処理で色・位置検出

実の柔らかさ  
実を押しした際の変位と反力の測定

実のもぎ取り易さ  
引張力の制御 & 収穫