

アクティブな微小振動で 対象を見分けるロボットハンド

鳥取大学 工学部 機械物理系学科
講師 中谷 真太郎

2022年3月8日

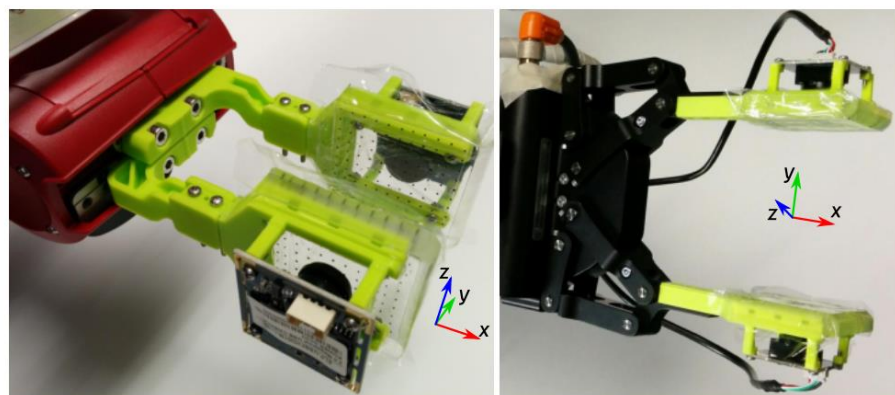
従来技術とその問題点

ロボットハンドによる仕分け作業

⇒ 多くが視覚(カメラ/深度センサ)による認識

把持の際にハンドで物体が隠れる. 見かけが同じものは認識できない. などの問題がある.
触覚を付加することでハンドの高度化を図ろうとする研究がある.

圧力を手先カメラで検出

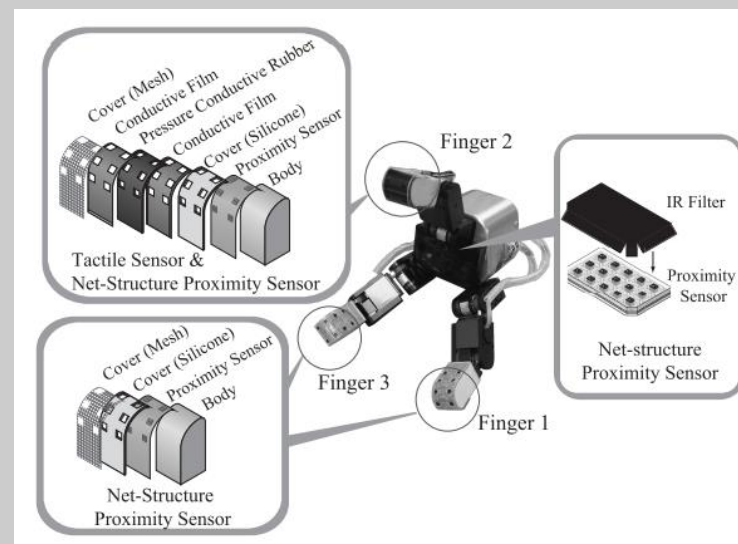


Baxter gripper

Robotiq

Yamaguchi et al., 2019

近接覚センサの利用



鈴木ら, 2012

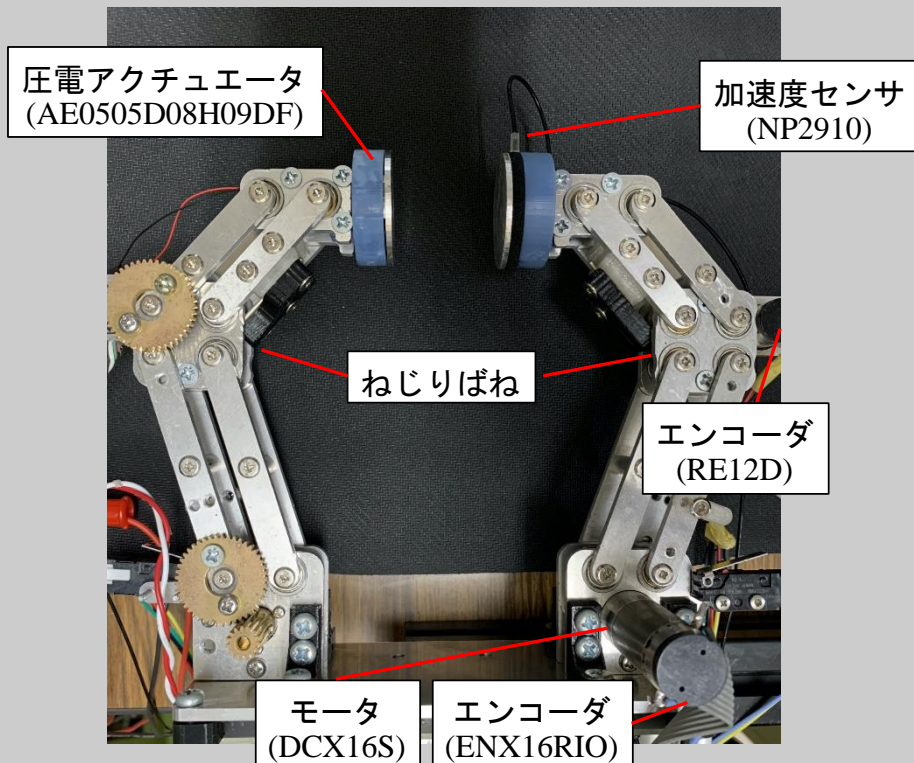
基本的に触覚センサは静的な評価. 内部構造の違いまではわからない.

新技術の特徴・従来技術との比較

アクティブな加振による物体認識

⇒ 単純な硬さだけでなく、内部構造の違いも評価可能

多様な硬度の物体を把持



生卵とゆで卵の識別も可能

識別率：93%

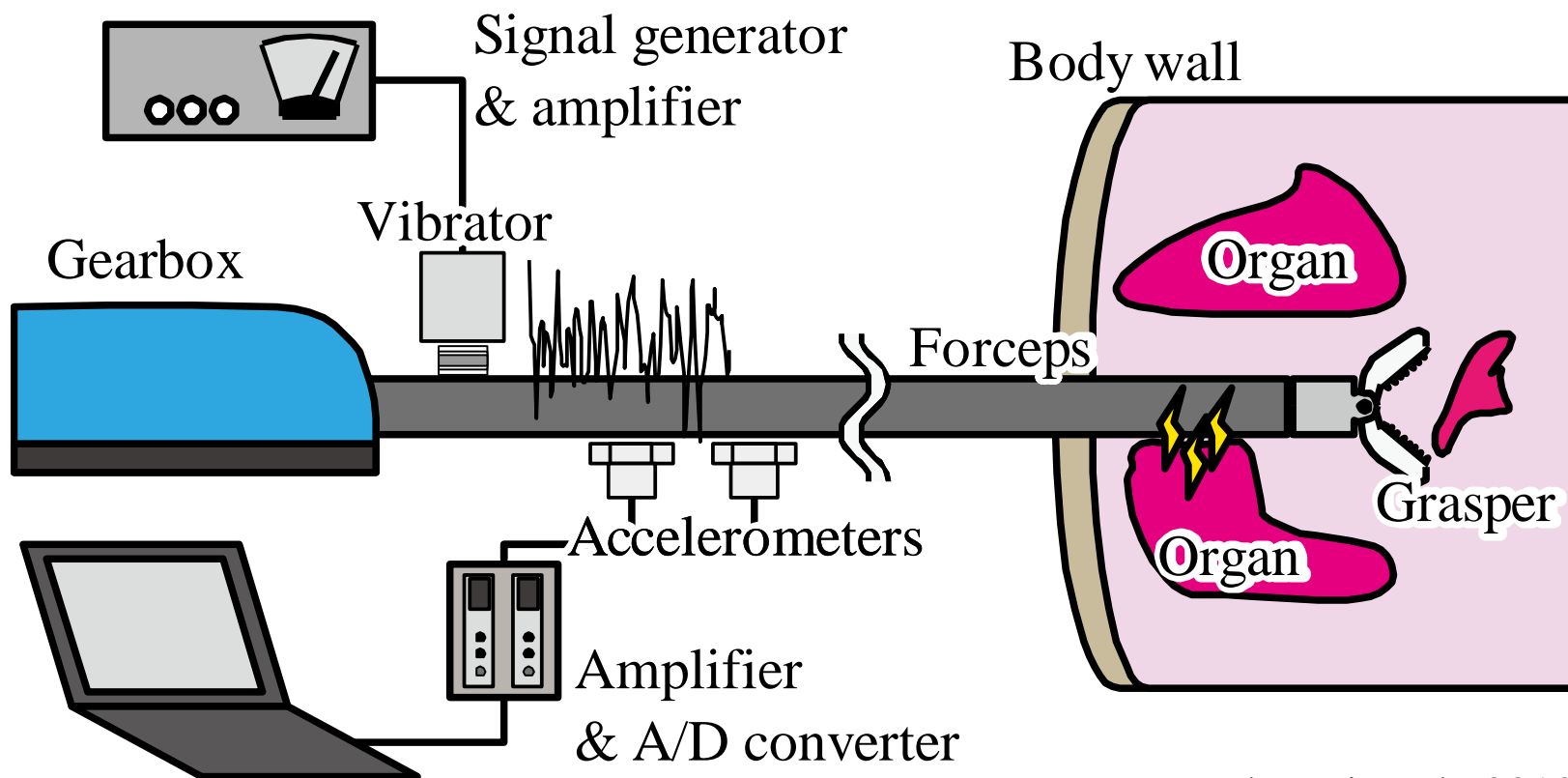
計測から識別まで：0.1 s 未満



画像処理を使用しない、同型同色物に対応

発想の経緯

手術ロボット鉗子の力帰還装置 (特開2016-154603)

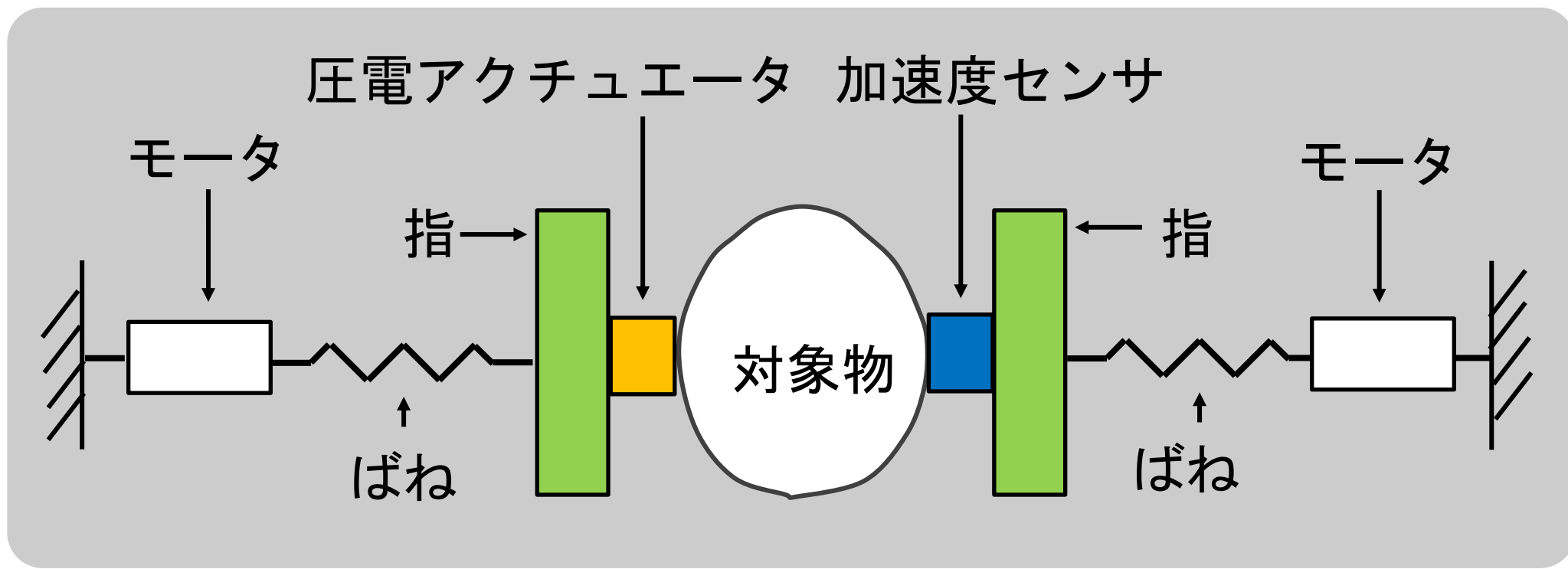


Nakatani et al., 2018

アクティブな加振によりシャフトと臓器の接触の有無や強さを検知
⇒伝達関数の時間変化を容易に得ることができる

ロボットハンドの基本構成

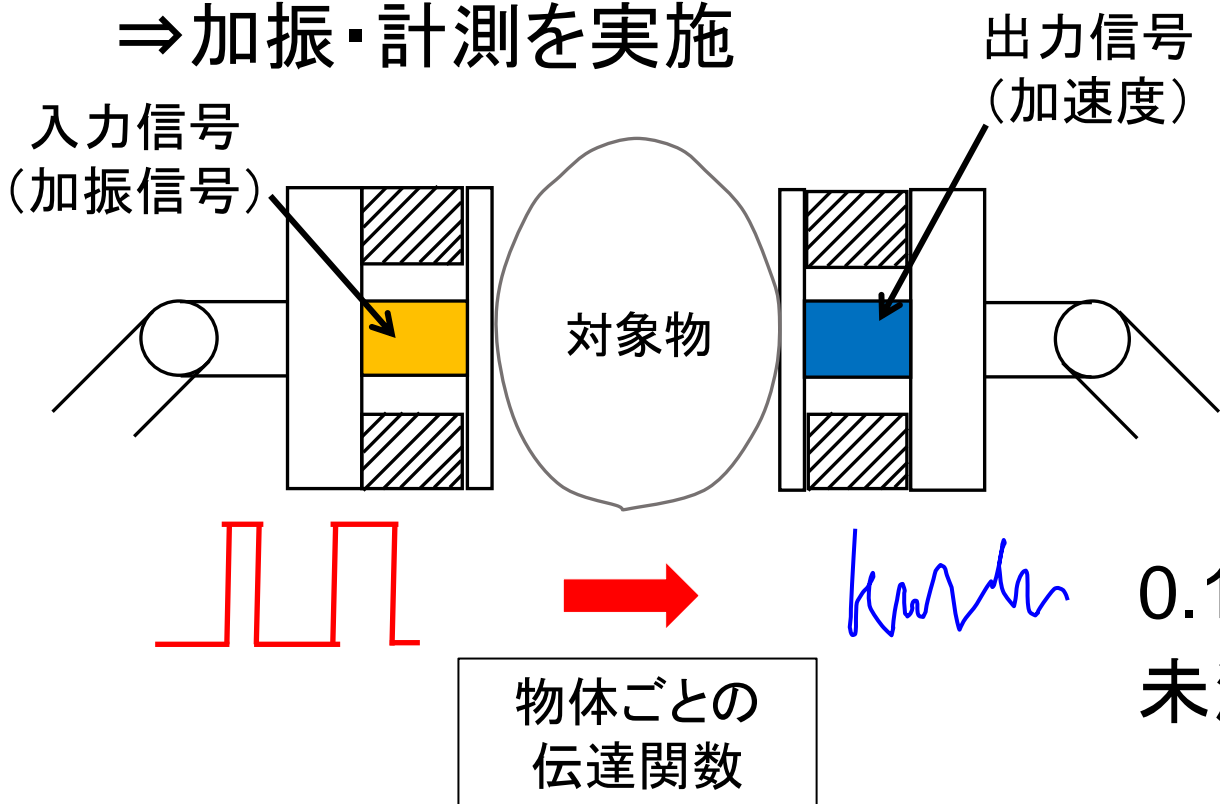
ロボットハンド先端に圧電アクチュエータと加速度センサを配置
⇒両指間の伝達関数を計測



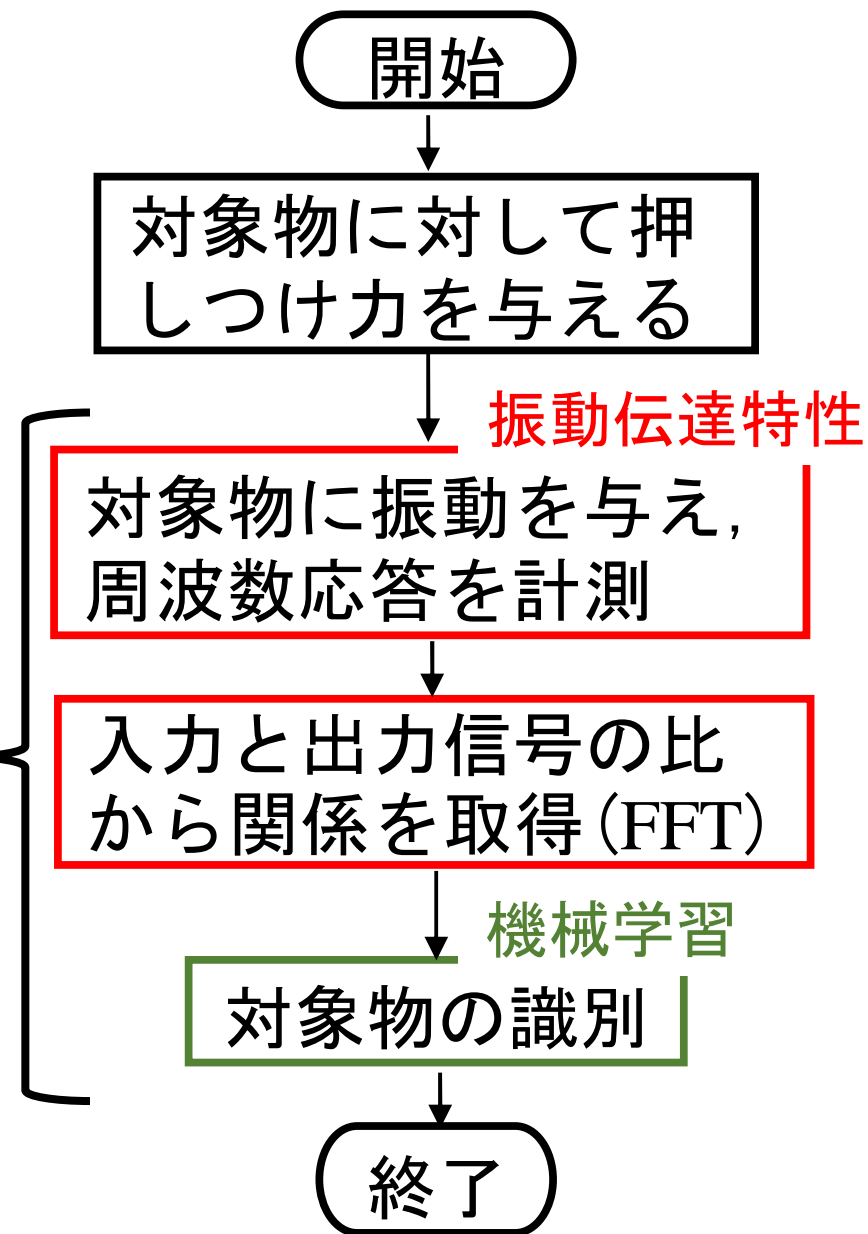
把持物体の認識フロー

力制御による把持

⇒加振・計測を実施

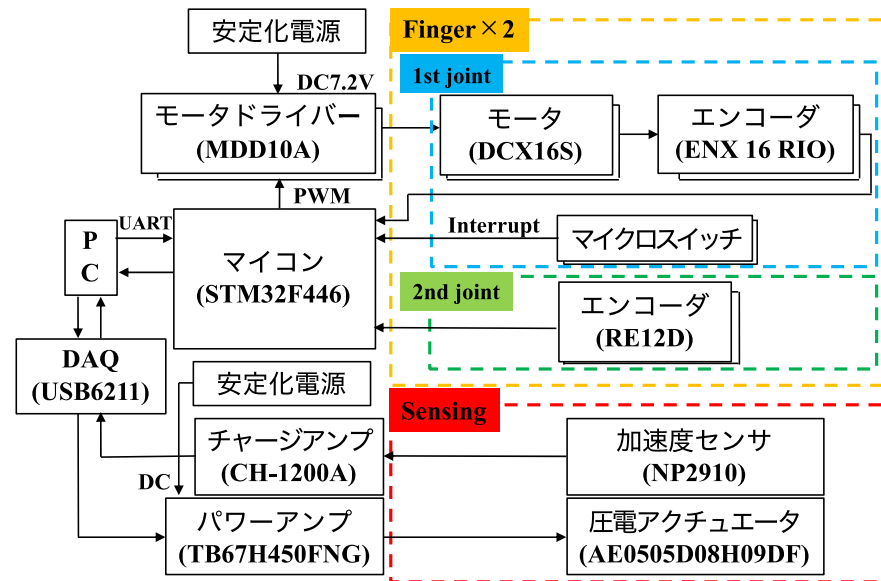
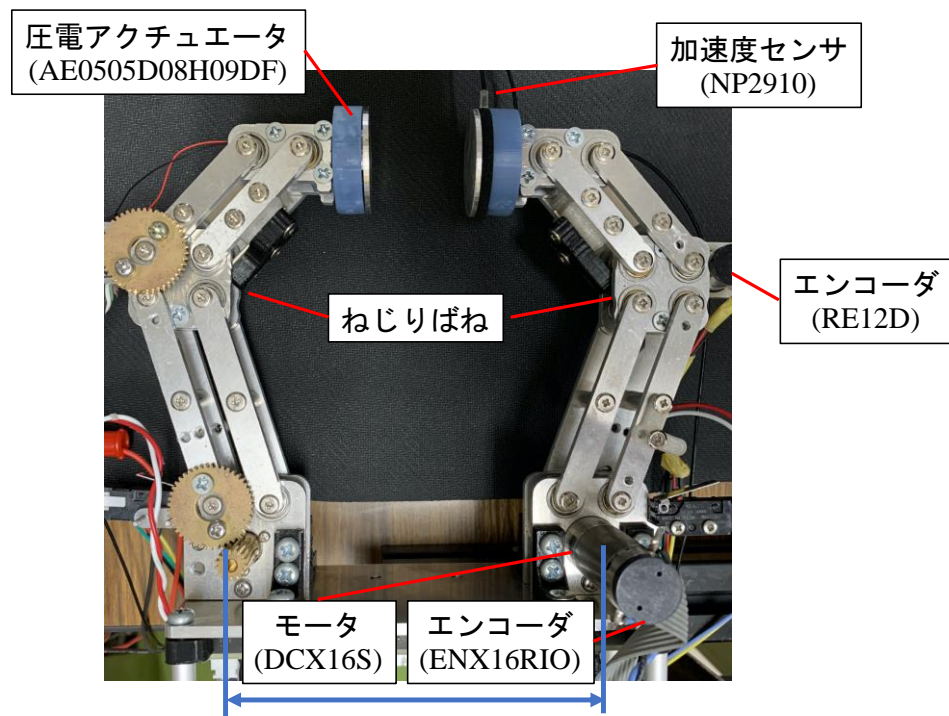


入出力関係から、
物体ごとの伝達関数を求めることができる
⇒伝達関数の形状を機械学習により分類



製作したロボットハンド

デモンストレーションのための装置を試作した



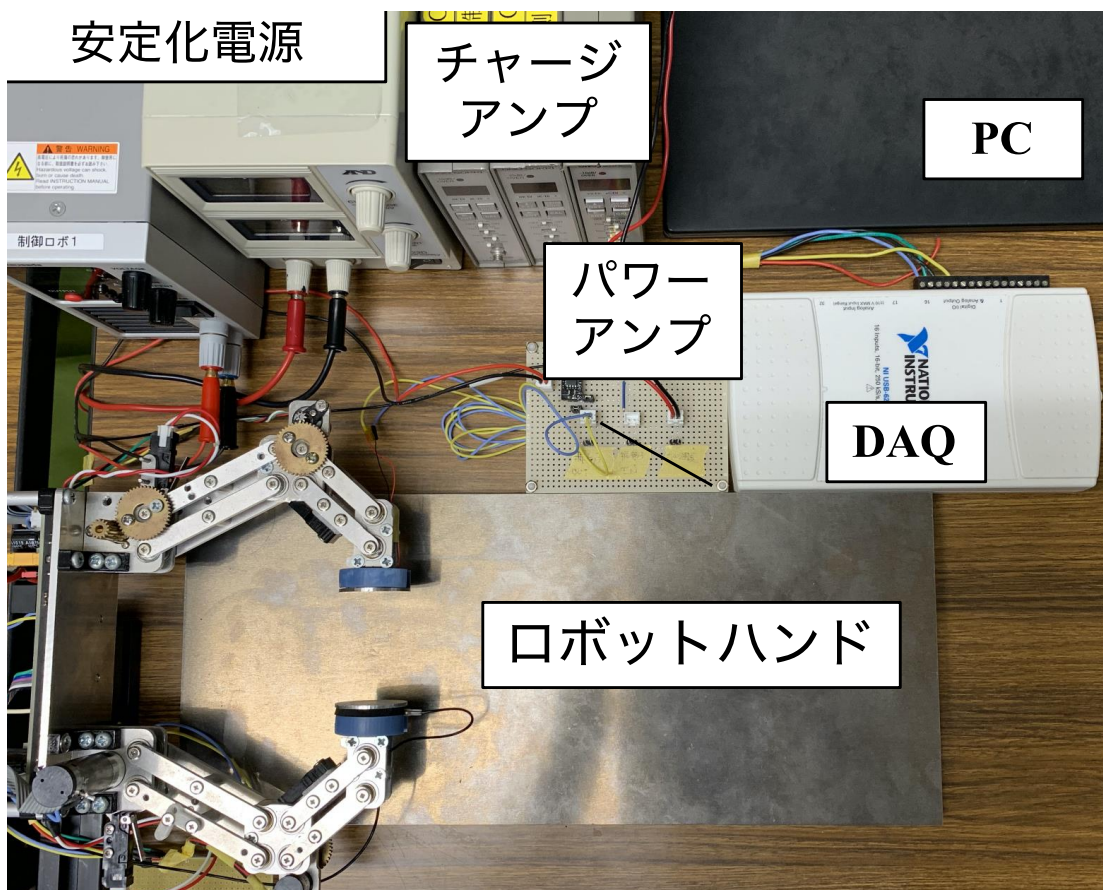
- 全重量 0.51kg
- 把持可能サイズ 0~95mm
- 押しつけ力 0.5~6.3N

製作したロボットハンド (各指独立な力制御)

※ロボットの把持機構に直列弾性アクチュエータ構造を採用
センサ/アクチュエータ・コロケーションによる力制御の実現
安定で迅速な伝達関数の推定に寄与

実験装置の構成

ロボットハンド先端の圧電アクチュエータの振動と、
加速度センサの振動を計測し、比較する



アクチュエータ：

積層圧電アクチュエータ
(AE0505D08H09DF, トーキン)

加速度センサ：

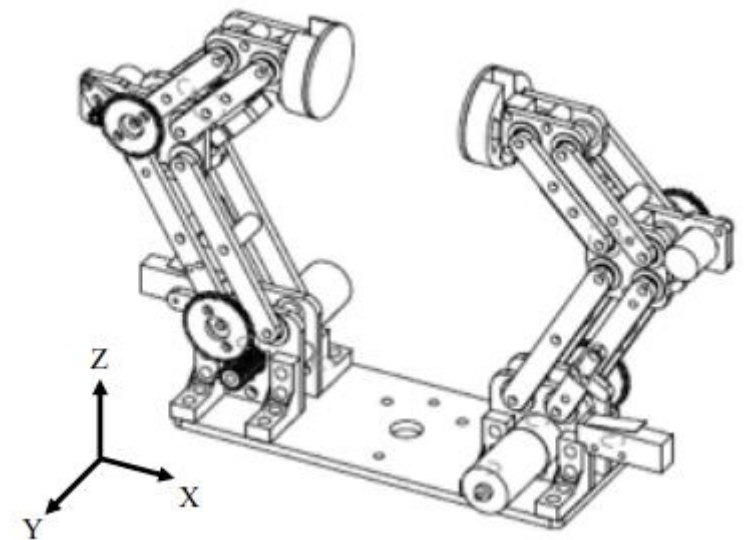
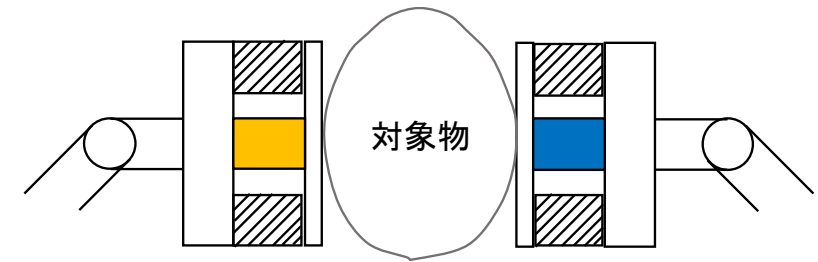
電荷出力型加速度検出器
(NP2910, 小野測器)

記録周波数：100 kHz

振動伝達特性における検討事項

本技術の機能的実現にあたり、
以下の項目を評価・選定している

- ・ 計測部（接触部）の構造・素材
- ・ ロボットハンドの押しつけ力
- ・ アクチュエータの変位量
- ・ 効果的な振動パターン
- ・ 振動させる周波数帯域
- ・ 必要な振動時間
- ・ 物体認識に有効な周波数帯域



特性評価用の基準試料

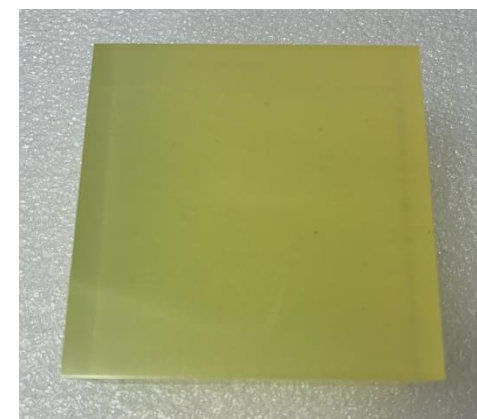
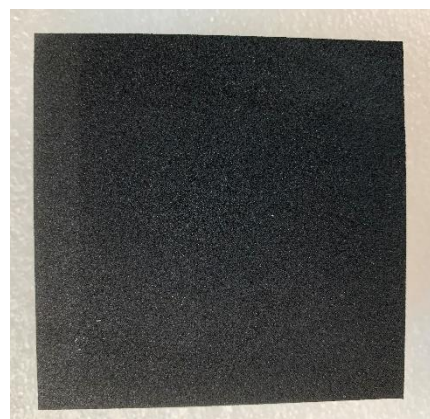
ISOや新JIS規格に基づいたデュロメータにより硬度が判明している物体を評価に利用

シヨアA95, A90, A70, A50, A30, A15,
アスカーC25, C8, C1未満の9種類

人肌程度

こんにゃく程度

野球の硬球程度



C1未満

C25

A15

A90

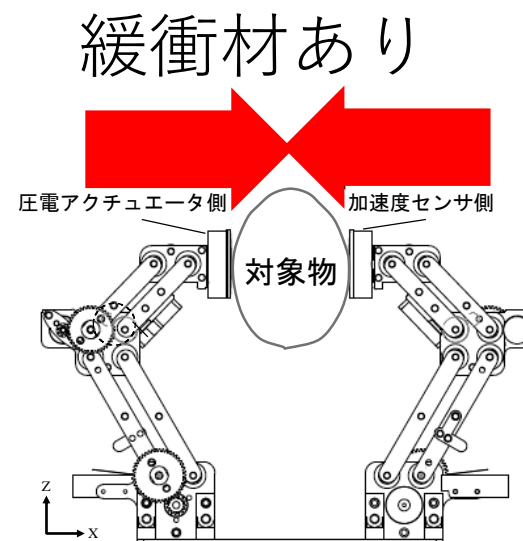
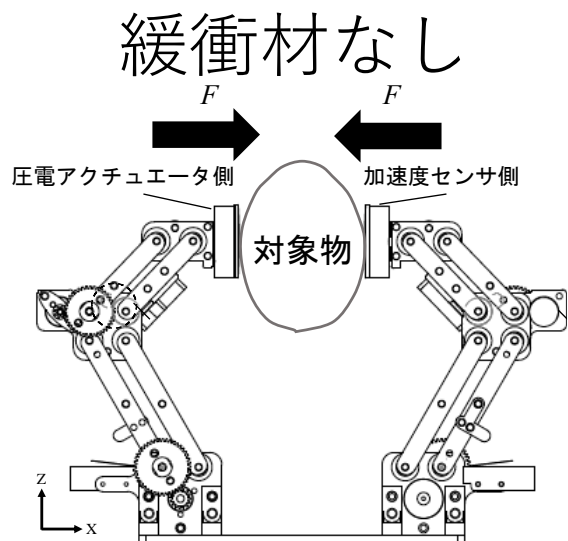
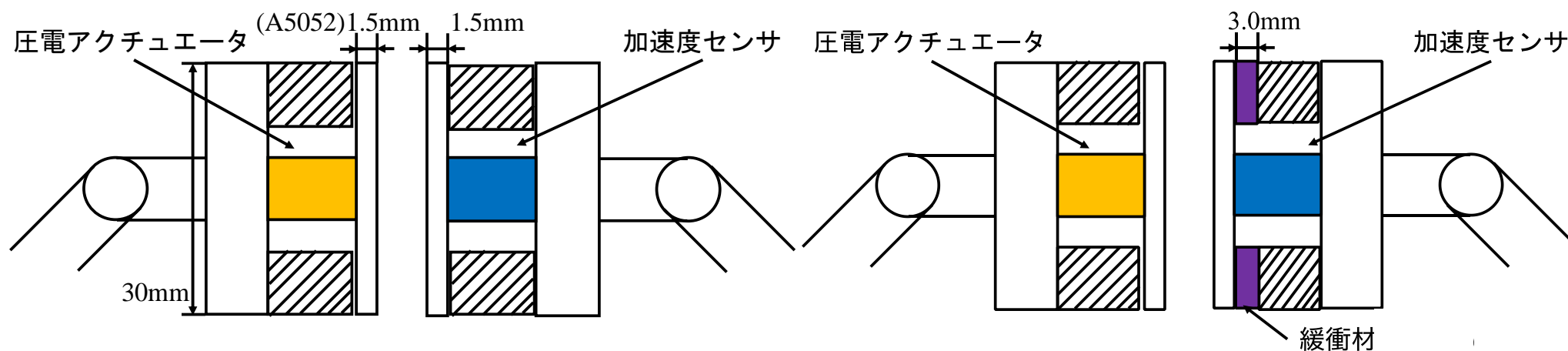
柔らかい



硬い

ハンド先端の構造・押しつけ力

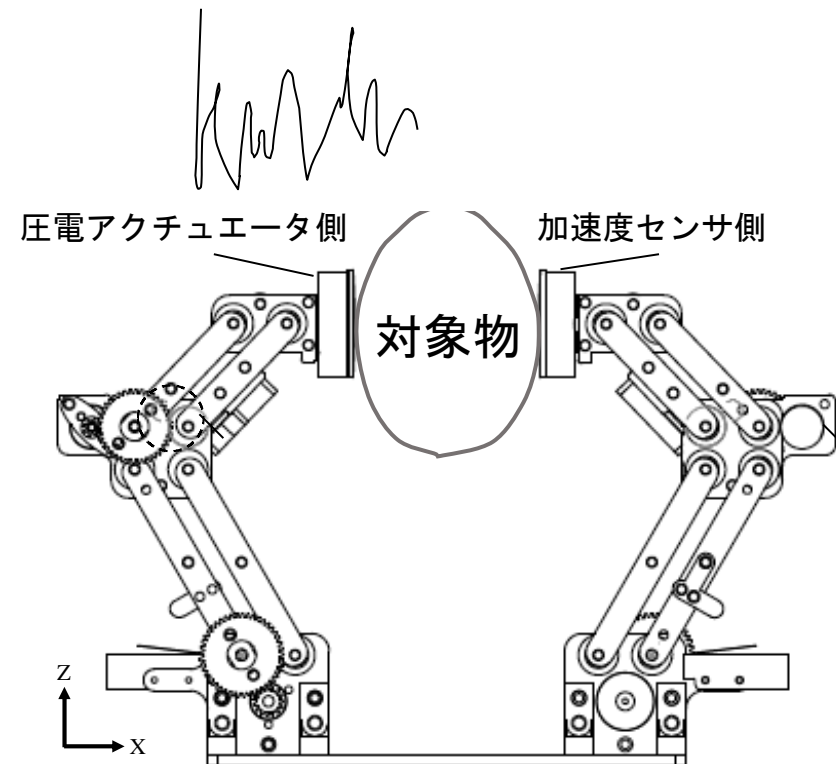
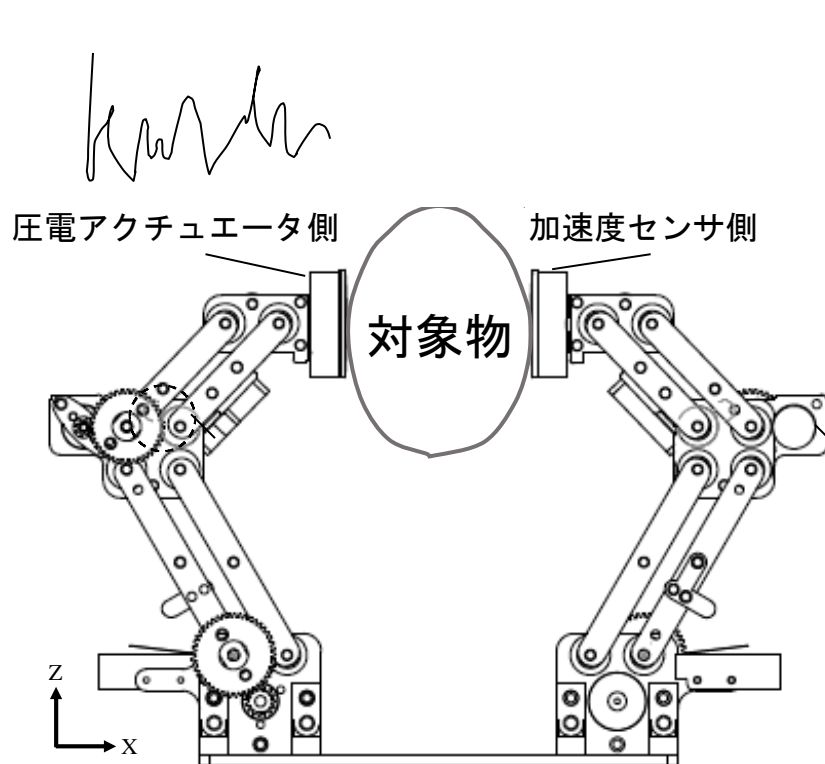
計測部の構成は計測される伝達特性に影響する可能性
把持にも有利で、振動伝達特性に影響しづらい構造・力を選定



加振時の各種パラメータ選定

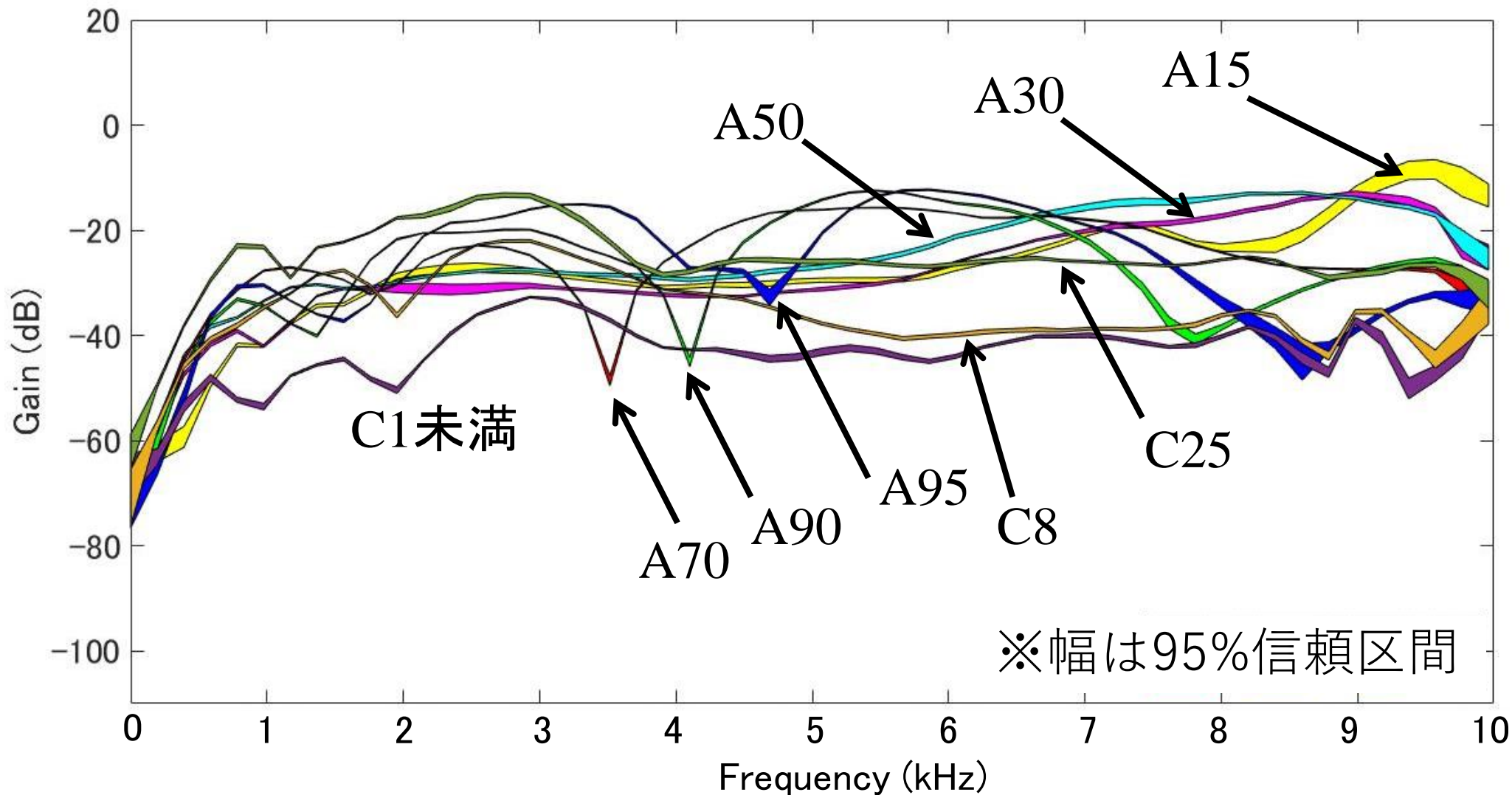
アクチュエータの変位量，振動パターン，は計測される伝達特性に影響する可能性がある

少ないエネルギーで，振動伝達特性に影響しづらい値を選定



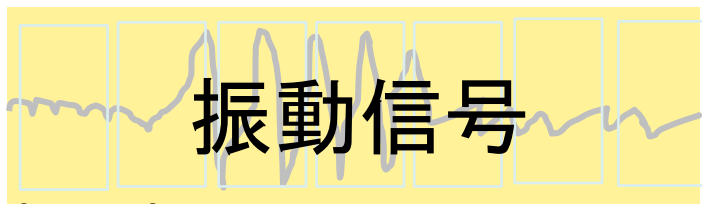
実験結果の一例

伝達関数のスペクトル形状による評価を行い
物体の硬さによってスペクトル形状が異なることを確認

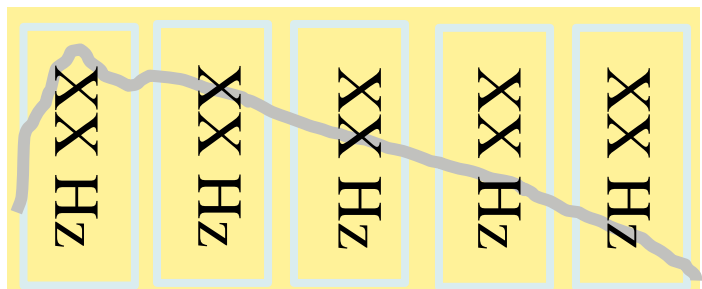


機械学習による多クラス分類

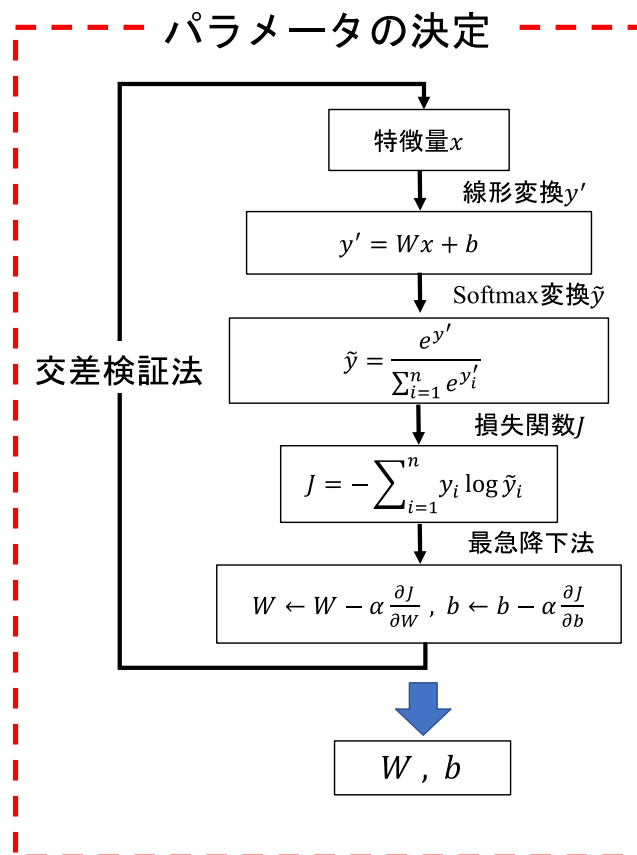
パワースペクトルを一定幅ごとに分割
それぞれの帯域のパワースペクトル密度を特徴量として利用
ロジスティック回帰による多クラス分類問題として分類
⇒今回の9種類試料は，0.5 s の信号で**分類精度100%**



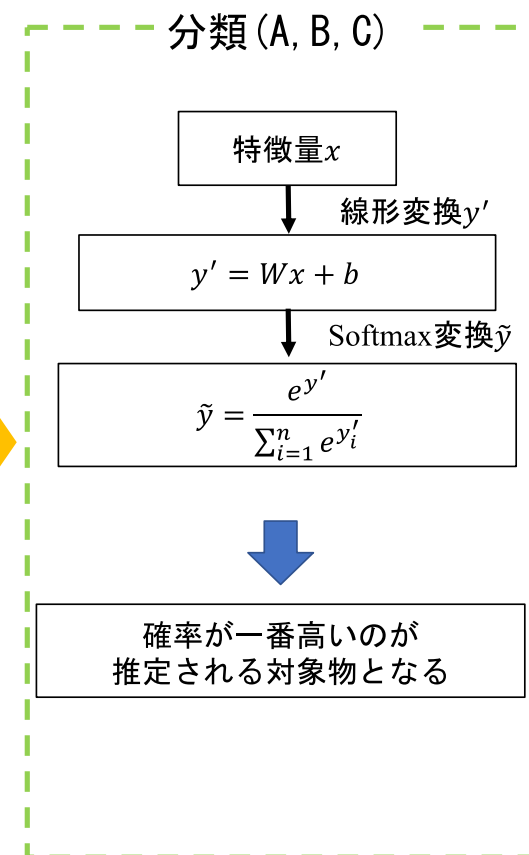
振動時間は0.05 s 以内



帯域ごとに分割，特徴量として利用



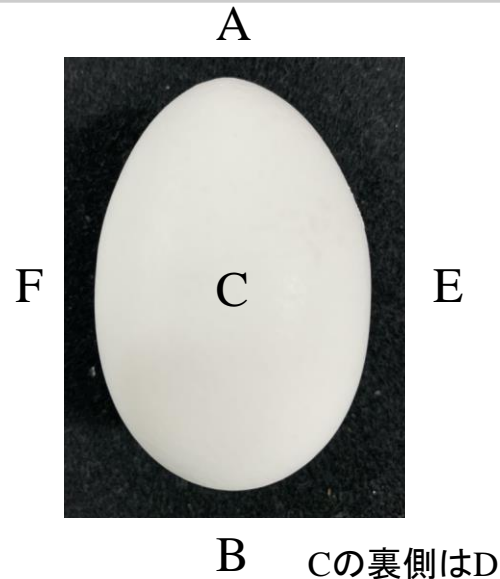
物体ごとに識別器を作成



最大確率のものを選択

生卵/ゆで卵を用いた分類実験

より複雑なデモンストレーションとして、
内部構造が変化する生卵/ゆで卵で卵の分類を実施



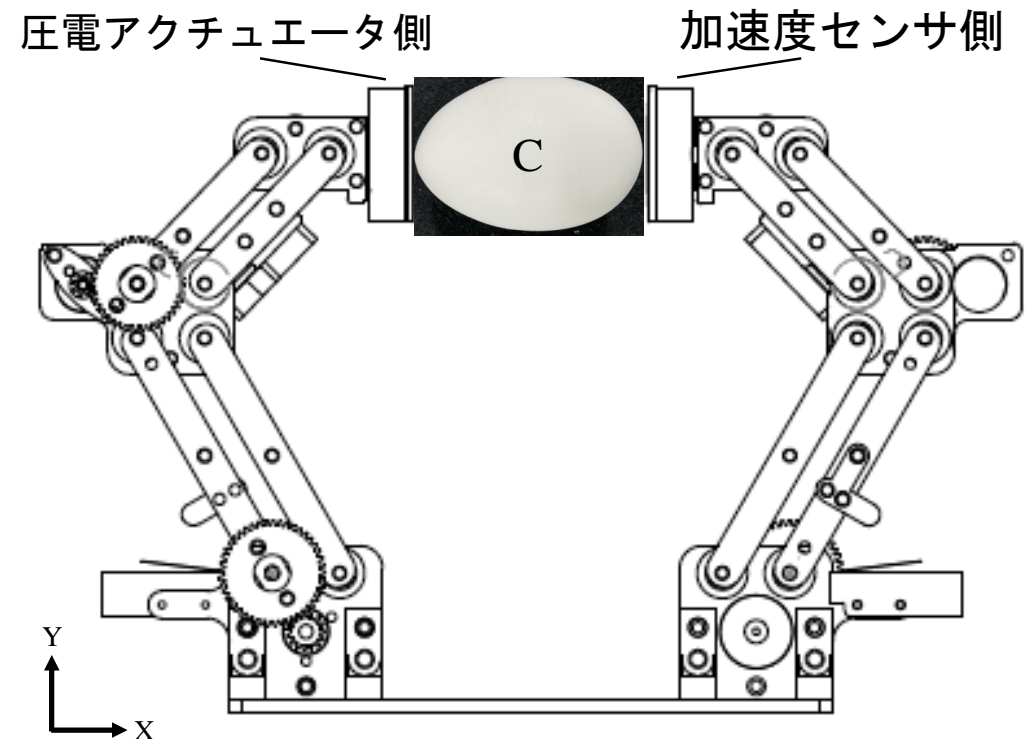
卵の把持箇所

AB：長軸方向

CD, EF：短軸方向

Lサイズの卵を使用

ゆで卵は沸騰した湯に13分入れたものを使用した。

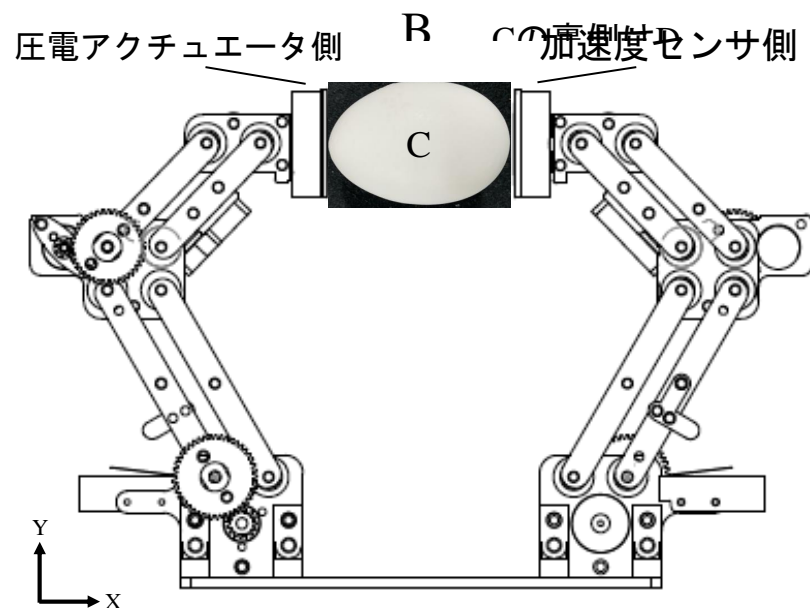
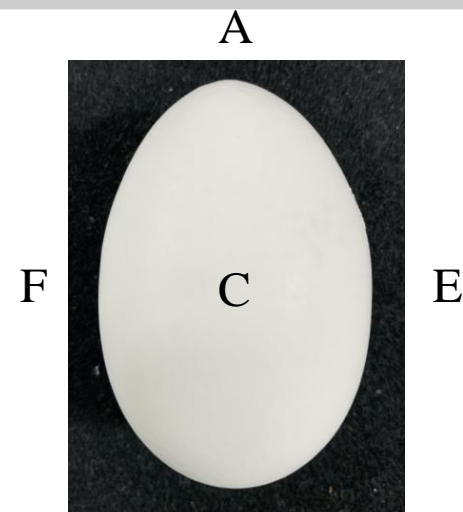


卵を用いた分類実験

長軸方向でつかんだ場合，90%以上の識別率が得られる

$$\text{識別率} = \frac{\text{正しく判別できた数}}{\text{卵の把持数}(n=30)}$$

	識別率
長軸方向	93.3%
短軸方向	85.4%



本技術の特徴

手で持つだけで生卵とゆで卵を区別できる

柔らかいもの(アスカーC1)から硬いもの(シヨアA90以上)まで対応

時間による構造変化も検出可能

想定される用途

多品種少量生産における自動化の促進

農業・水産等の分野における自動仕分け
機能の高度化

製造現場のロボットハンドに対する不良品
検出機能の付加

実用化に向けた課題

デモ用に製作したロボットハンドは2指

実用的な把持には改良が必要. 力制御についても検討の余地あり.

具体的な把持対象に応じた治具の開発が必要

現状はデモのみ. 状況に応じた適用検討が必要と考える.

計測・分類を行うための構成を小型化の必要

アンプやコンピュータ部分も技術的には小型化できるが未実施

想定する共同研究

ロボットハンドの研究開発

アプリケーションの研究開発

不良品点検・診断システムの研究開発

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 識別装置、識別方法、およびプログラム
- 出願番号 : 特願2020-37119
- 公開番号 : 特開2021-139723
- 出願人 : 鳥取大学
- 発明者 : 西田信一郎、中谷真太郎

お問い合わせ先

国立大学法人 鳥取大学
研究推進機構

TEL: 0857-31-5703

FAX: 0857-31-5571

E-mail: sangakucd@ml.cjrd.tottori-u.ac.jp