



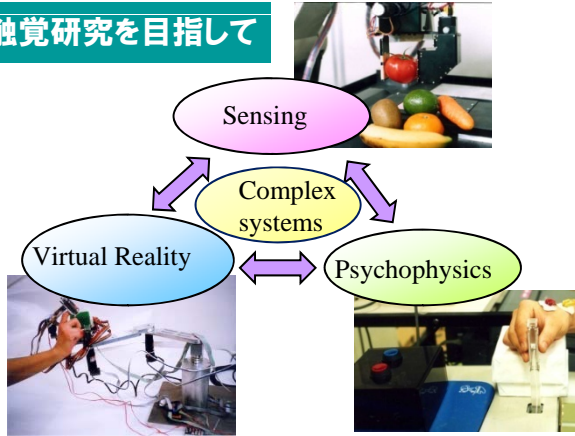
# 名古屋大学 大学院情報科学研究科

## 複雑系科学専攻 大岡研究室



平成22年6月版  
無断転載を禁じます。

### 新しい触覚研究を目指して



Sensing(センシング), Psychophysics(心理物理学), Virtual Reality(仮想現実感)の三つの分野を相互に活用して、触覚研究を進めています。触覚センシングは非線形現象であるために、複雑系科学が解明のための鍵となると期待しています。

住所：464-8601 名古屋市千種区不老町  
名古屋大学 大学院情報科学研究科  
複雑系科学専攻 大岡研究室  
Email: ohka@is.nagoya-u.ac.jp  
<http://ns1.ohka.cs.is.nagoya-u.ac.jp/>

### 主な研究テーマ

#### ●触覚の心理物理実験

- 触覚のイリュージョン
- 触覚の確率共鳴
- 圧覚と滑り覚の認識
- 触覚座標の認識

#### ●触覚センサ

- 三軸触覚センサ
- オプティカルフローを利用した触覚センサ
- 確率共鳴現象を適用した触覚センサ

#### ●触覚ディスプレイ

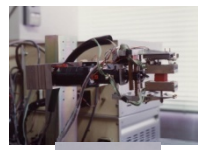
- 2軸マイクロアクチュエータの開発
- 触覚と力覚の融合呈示
- 圧覚とせん断覚の融合呈示

#### ●触覚センサ搭載ロボット

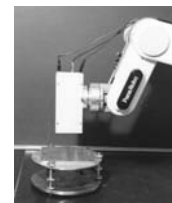
- 触覚のアフォーダンス
- 集合ロボットの自律協調行動
- 触覚によるヒューマノイドロボットの環境認識

### 三軸触覚センサの開発史

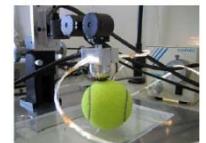
半導体技術を活用して世界で初めて三軸触覚センサを開発してから23年が経過しました。光導波型の触覚センサの小型化にも成功して、双腕ロボットへの搭載が可能となり、今後の進展が期待されています。



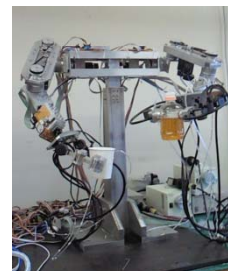
1986-1993  
半導体プロセス利用形  
於(株)富士電機総合研  
究所



1993-2003  
光導波形I  
於静岡理科大学



2004-2008  
光導波形II  
於名古屋大学



2008-  
双腕ロボットに搭載して  
ボトルのキャップ締めなどの  
双腕作業が可能となる。

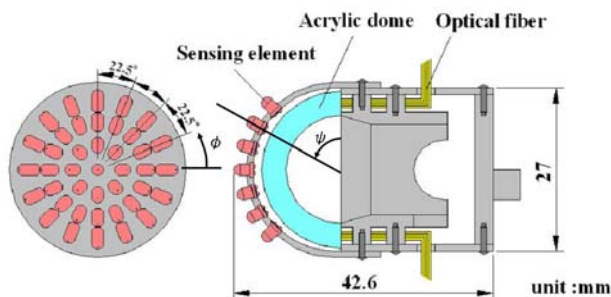
## 研究01 三軸触覚センサの開発

### 概要

ロボットが滑り落とさずに物体を把持、あるいは表面の摩擦状態から材質を判定するためには滑り力を検出することが有効であるとの考えに基づき、当研究室では種々の三軸触覚センサを開発している。下図は、光の反射を応用した三軸触覚センサで、プローブとして機能するゴム突起の変形状態を反射の状態から計測して三軸力に変換している。現在、右下図に示すように、ヒューマノイド・ロボットに搭載して手探りによる環境情報を獲得してナビゲーションや把握物体の形状・材質認識に関する研究を進めている。

### この研究の新規性・独創性

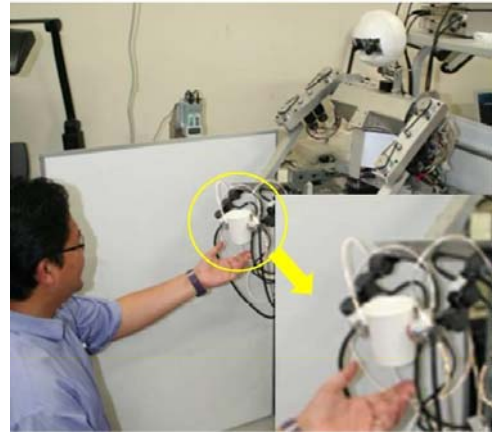
実用レベルの三軸触覚センサが開発された例は



少なく、特に多指ハンドに搭載したのは当研究室が初めてである。本センサは光を計測するために電気的なノイズに対しては高いロバスト性を有している。また、接触部分がシリコンゴムで製作されているために対象物体表面とよく馴染む特長を有している。

### 応用研究

産業用ロボットへ適用して適用的な組み立て作業を実行したり、人間を傷つけない感覚を有した介護ロボットなどへの応用が考えられる。



## 研究02 触覚のイリュージョンの解明に関する研究

### 概要

視覚や聴覚とは異なり、接触が不可避であることからディスプレイ実現のためには困難な問題が多い本研究では、物理的には違っても脳内で似たように感じる状況を作り出ために錯覚を利用するアプローチを採用する。ここでは錯覚現象のうちVelvet Hand Illusion (VHI) に着目した。これは、目の粗い針金の網を両手で挟んでこすると、手の間になめらかなフィルムのような感触を受ける錯覚現象である針金の網ではなく、二本の平行な針金に垂直な方向に両手で一緒にこすったときにも同じ現象が生じる(右図)。

本研究では、錯覚現象の統制のしやすさから二本の平行な針金を枠に設置した装置を用いて心理物理実験を行う。錯覚の強さにおける針金の間隔や太さなどの影響などを調査している。

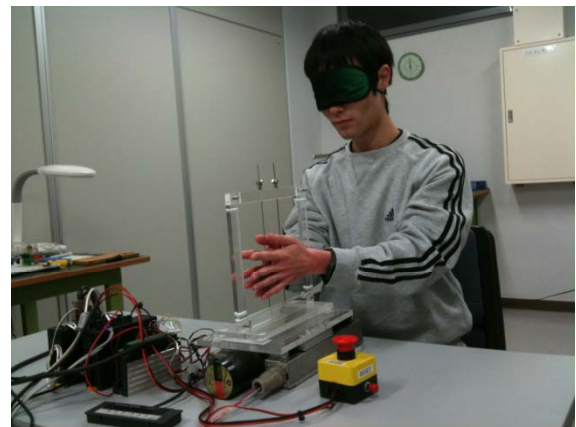
### この研究の新規性・独創性

VHIは、従来から知られた現象であるが、そのメカニズムについてまだ十分に明らかにされていない本研究で初めて心理物理実験により系統的に調査を

行っている。たとえば、能動触と受動触を比較して後者の方が強い錯覚が生じることなどは本研究で初めてに明らかにされた実験事実である。

### 応用研究

本研究の成果は、VHIの強さをアクチュエータによるモーション・コントロールで調整できる可能性を示している。このように、本研究の成果は新しい触覚ディスプレイの開発に役立てられる。



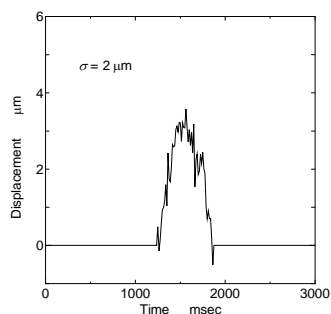
## 研究03

## 触覚の確率共鳴に関する研究

### 概要

触覚センシングでは、センサで対象表面上をなぞって動かすために必然的にノイズが混入する。一方、生物においてよく見られる確率共鳴現象とは、非線形・多安定なニューロンの特性と外部ノイズが共鳴して閾下の微弱な信号入力でもニューロンの興奮が生じる現象である。本論文では、上述の触覚センシングと確率共鳴の両者の特性を有効に利用して、不可避なノイズを印加することにより感度を高めるといった触覚センシング方式を新しく提案する。

基礎研究として、下図のように振幅数ミクロンの微小振動を発生させ、それに白色ノイズを重畳させて被験者に判定させる実験を行っている（実験風景は右）。ノイズを重畳させた方が振幅の判定精度が向上することがわかった。ニューラルネットワークによるシミュレーションも併せ行っている。



### この研究の新規性・独創性

ノイズによって振動の振幅の判定精度が向上する現象については、本研究室で初めて確認されたものである。これによって、新しい確率共鳴のモデルを考案することができた。

### 応用研究

本研究の成果は、従来の触覚センサの検出精度や、触覚ディスプレイの呈示能力を飛躍的に向上させる研究に適用できる。



## 研究04

## 有限要素法による触覚認識機構の解明に関する研究

### 概要

触覚の受容器（機械受容器）に加えられる刺激を見積もる手段として、計算力学は有力な手法である。ここでは、有限要素法により指内の機械受容器に作用する刺激を評価している。

右図は前述のVHIをシミュレーションした結果である。上と下の図はそれぞれ両手と片手でワイヤを触った場合のMises応力の分布を示している。

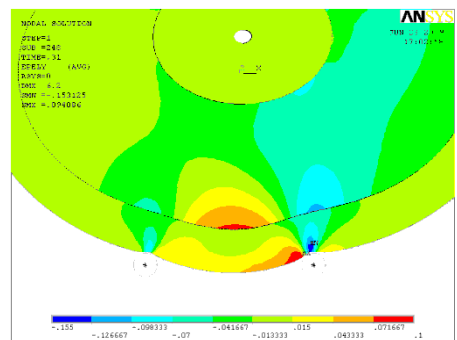
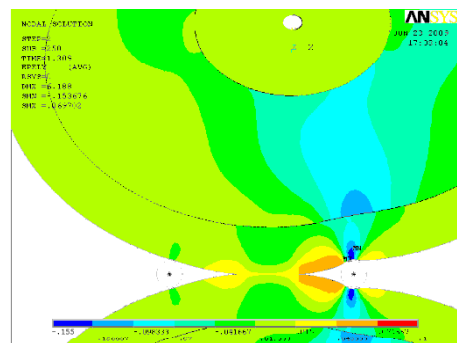
このほか、確率共鳴現象についても、計算力学的手法によるアプローチからの研究を進めている。

### この研究の新規性・独創性

心理物理実験の結果と併せて考察することにより、せん断刺激がVHIに及ぼす影響について明らかにできた。

### 応用研究

心理物理実験とシミュレーション結果をさらに蓄積することにより、将来触覚ディスプレイを実際に製作する前に呈示する感覚を前もって評価する技術へと発展する。



## 研究05 新しい触覚センサの開発に関する研究

### 概要

より広範囲の作業をロボットに課するために、指の腹や掌に装着してパワーグラスにも耐えられる三軸触覚センサの開発が求められている。本研究では、高荷重にも耐える新しい光導波形三軸触覚センサの開発を行う。強度上問題となった円柱状の触子を廃することによって構造の簡素化を図る。圧力分布精度の向上を目指して、ランダムな凹凸を形成したシリコンゴムシートを使用する（右上図）。

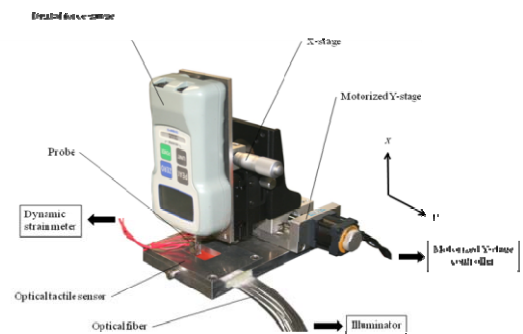
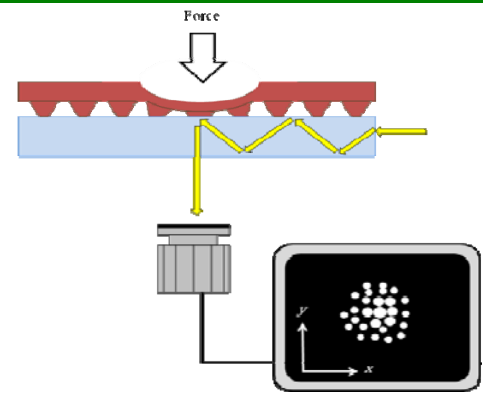
せん断力計測においては、アクリル板とゴムシートの間の接触の様子を撮像した画像からオプティカルフローを求めて、画素の移動量からせん断力を求める。垂直力については、輝度値の変化から同定する。以上のアルゴリズムの妥当性を検証するための実験も併せ行う（右下図）。

### この研究の新規性・独創性

ハードウェアを単純化した分、ソフトウェアで補っている。従来の三軸触覚センサと比べて大幅に薄型化が可能となると同時に、耐荷重性能も飛躍的に向上できた。

### 応用研究

従来の三軸センサと組み合わせたハイブリッド型へと発展する予定である。



## 研究06 触覚のバーチャルリアリティに関する研究

### 概要

圧覚と滑り覚を同時に呈示できる品位の高い触覚ディスプレイを開発することを目的に、小型の二軸アクチュエータの開発を進めている（右上図）。本アクチュエータは1対のバイモルフPZT素子、3つの小リンク、3つの関節から構成されている。左右のPZT素子を別々に制御することにより、中央の関節を二次元空間内で自由に可動できる。

本アクチュエータに使用しているPZT素子のヒステリシスをセンサレスで補償するために、ニューラルネットワークによる制御法も併せて研究している。

多数の本アクチュエータから構成したアレイを指に装着したマスタハンド（右下図：1軸アクチュエータアレイが搭載されている）に装着する。

### この研究の新規性・独創性

本アクチュエータを多数アレイ状に配列すると、指さきに圧覚と滑り覚を同時に呈示できる触覚ディスプレイが構成できる。このような触覚ディスプレイによると表面の凹凸だけでなく指の表面を物体が滑る様子も呈示できるため従来の装置では不可能であった高い現実感のある新しいバーチャル・リアリティが実現できる。

