

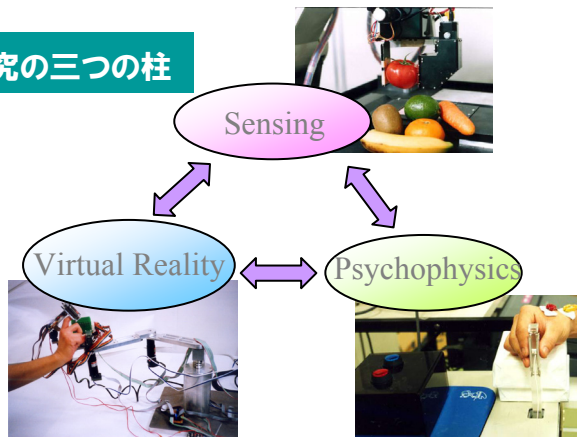


名古屋大学 大学院情報科学研究科 大岡研究室



平成19年4月版
無断転載を禁じます。

研究の三つの柱



当研究室では、触覚を中心に、Sensing(センシング)、Psychophysics(心理物理学)、Virtual Reality(仮想現実感)の研究を進めています。これらの三つの研究の成果を相互に活用して、協調しながら進めています。



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
 - 圧覚と滑り覚の認識
 - 触覚座標の認識
- 触覚センサ
 - CTを適用した触覚センサ
 - 三軸触覚センサ
 - 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
- 移動ロボット
 - 集合ロボットの自律協調行動
 - 触覚によるヒューノイドロボットの環境認識

三軸触覚センサの歴史

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21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、ようやく多指ハンドへの搭載が可能となり、今後の進展が期待されています。



ちょっと一言：「三軸触覚センサ」という名称は、1993年頃当研究室で生まれました。それまでは、「三分力検出型触覚センサ」と呼んでいました。

研究者紹介

複雑系科学専攻



複雑系計算論講座
助教授

工学博士

大岡 昌博

おおおか まさひろ

ヒトの感覚機能のモデル化とロボティクスへの応用

■ロボット工学／センサ・アクチュエータ／心理物理学

研究内容

■はじめに■

ロボットは、多数のセンサ・アクチュエータから構成されており、それ自身が他の機械装置と比べて高度に複雑であるとともに、構成要素自体の特性だけでなく要素の相互関係も非線形となっている。このため、ロボットを構成する多種・多様なセンサ・アクチュエータ群を合理的に制御・統制して、外環境の情報収集・行動計画立案などを自律で行う上で、複雑系科学の計算論は、重要な方法論を与えるものと思われる。さらに、複雑系科学の計算論を感覚情報処理向きに発展させるために、ヒトの感覚情報処理に関する知見が活用できると期待している。

そこで当研究室では、ロボットの知能化、ロボットとヒトのコミュニケーション、バーチャル・リアリティ、医療・福祉などに役立てることを目的として、ヒトの感覚情報処理機構を解明し、ロボット・メカトロニクス機器へ応用することを目指している。五感のうちとくに触覚に着目して、触覚センサに関する研究、微小アクチュエータに関する研究および触覚の心理物理学に関する研究を基本に以下の研究テーマを進めている。

- 集合ロボットの知的協調動作に関する研究
- ヒューマノイドロボットの手探りによる環境知覚に関する研究
- 多指ハンドによる把握物体の認識に関する研究
- 触覚と視覚のセンサフュージョンに関する研究
- 触覚の仮想現実感に関する研究

以下に主な成果について紹介する。

■触覚の心理物理実験に関する研究■

ヒトの触覚情報処理の機構解明に重要となる主観的等価値や感覚閾値などの客観量を合理的に求めるために、微小段差や滑り力を任意に変化させる装置を設計製作して、それを用いて既知の刺激を被験者に与えて判定させる実験を行ってきた。その結果、とくに表面粗さの識別には機械受容単位Ⅰ型の速受容単位Ⅰ型を用いていること、能動触と受動触の間の識別精度に差がないこと、触運動の速度が大きいほど表面粗さの振幅を大きく感じていることなどを明らかにした。

■ロボット用センサに関する研究■

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いう考えに基づき、三軸触覚センサを主に開発してきた。この研究を評価されて、1998年と2002年に機械学会より関連研究に対して論文賞を贈呈された。さらに、当該研究および関連学会の活動を評価され、2004年に同学会機素潤滑設計部門より部門業績賞を贈呈された。一方で、触覚情報処理に関するソフトウェア技術に関する研究も進め、一連の研究では、人工知能技術やファジィ推論を用いた物体認識を行い、対象物体の認識結果に基づいて安定な把持方法を推論することなどが実現できた。さらに、前述のヒトに対する心理物理実験の結果から得られた知見に基づき、ヒトの触覚情報処理機構をモデル化し、それをロボットに組み込み表面粗さの認識も実現した。

■ロボット用マイクロ・アクチュエータに関する研究■

開発したアクチュエータをバーチャル・リアリティ機器に適用することを目的に、前述のヒトの触覚情報処理機構に関する研究の成果に従って種々の触覚ディスプレイを開発している。最近開発した触覚ディスプレイ搭載マニピュレータ・ハンド・システムでは、操作者は一つの指について4×6の刺激ピンがある触覚ディスプレイを人差し指と親指に装着する。コンピュータ内に生成された仮想物体に触れると、指と仮想物体の接触によって生じる反力とともに、表面形状に対応して刺激ピンが押し出されるので、操作者は仮想物体を実体として感じる事が

ヒトの感覚機能のモデル化



研究テーマ間の関連図

できる。この触覚のバーチャル・リアリティの質を向上することを主な目的として、文部科学省科研費特定領域研究438「ブレークスルーを生み出す次世代アクチュエータ研究」(平成16年~20年)の計画研究にて、マイクロ・アクチュエータアレイの開発も進めている。

■おわりに■

今後、触覚だけでなく、視覚・聴覚などへも本手法の展開を図ることによって、多種のセンサ・アクチュエータ群に関する研究へと発展させる予定である。さらに、以上の研究活動を通じて、最終的に、複雑系科学における計算論手法の開発・体系化まで行いたい。

経 歴

1986年名古屋大学大学院工学研究科機械工学専攻博士課程修了。1986年株式会社富士電機総合研究所、1992年名古屋大学工学部講師、1993年静岡理工科大学助教授を経て、2003年より名古屋大学大学院情報科学研究科助教授。1998年と2002年に日本機械学会論文賞受賞、2004年同学会機素設計部門業績賞を受賞。

所属学会

日本機械学会、日本ロボット学会、計測自動制御学会、人間工学会、電気学会

主要論文・著書

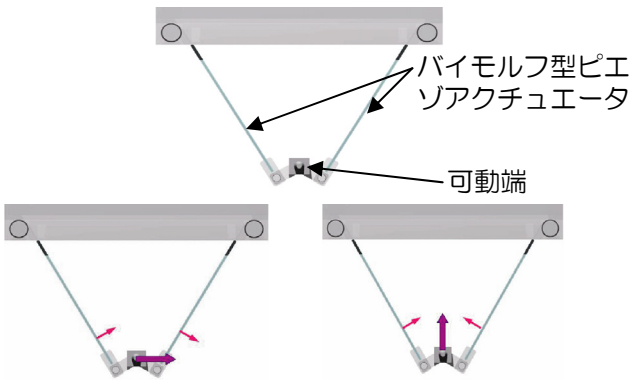
- (1) Sensing characteristics of an optical three-axis tactile sensor under combined loading. Robotica, vol. 22-2, 2004.
- (2) An experimental optical three-axis tactile sensor for micro-robots. Robotica, vol. 23-4, 2005.
- (3) A tactile recognition system mimicking human mechanism for recognizing surface roughness. JSME International Journal, Series C. Vol. 48, No. 2, 2005.

2軸マイクロアクチュエータ

研究の目的

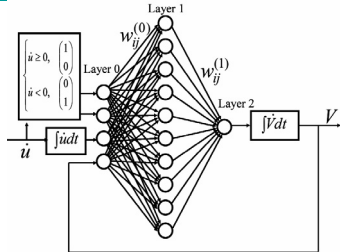
圧覚と滑り覚を同時に呈示できる品位の高い触覚ディスプレイを開発することを最終目標としています。2軸マイクロアクチュエータはそのためのキーパーツです。

2軸アクチュエータの仕組み



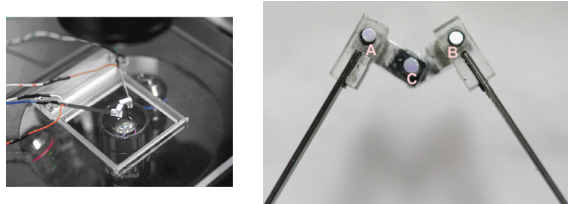
左右のアクチュエータに同相あるいは逆位相の印加電圧を与えると、垂直あるいは水平方向に運動します。

ニューラル制御



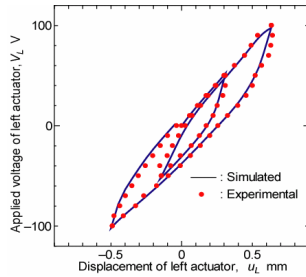
本ニューラルネットワークは積分素子とフィードバック結合を特徴としています。

測定方法

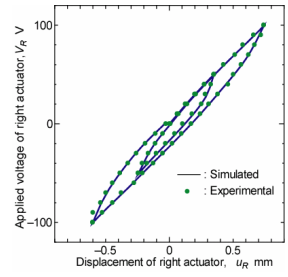


顕微鏡を用いて可動端の動きを撮影して、画像解析により変位を計測します。

実験結果



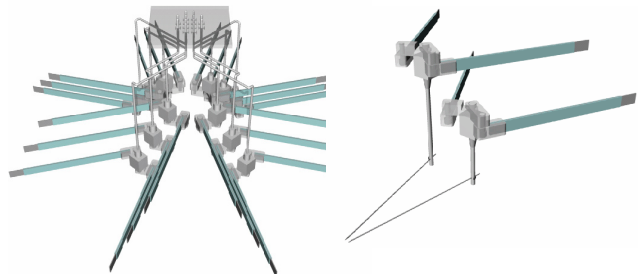
左アクチュエータ



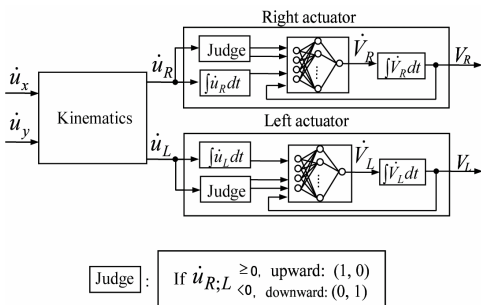
右アクチュエータ

左右のアクチュエータの特性の差をよく追従できています。

応用分野

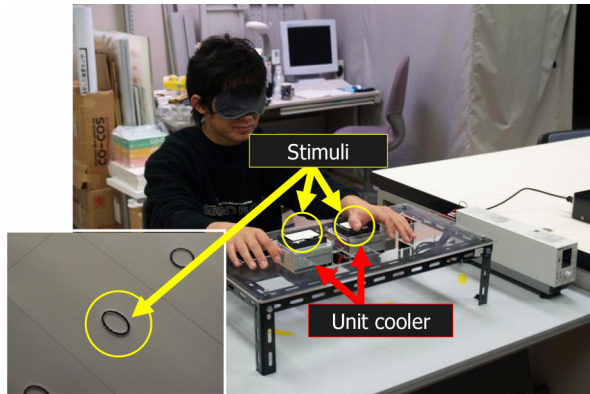


本アクチュエータを多数配列すると、触覚ディスプレイが構成できる。また、一対組み合わせるとマイクロハンドが構成できる。



左右のアクチュエータの特性は一致しないので、独立にニューラルネットワークを備えた制御方式を構築しました。

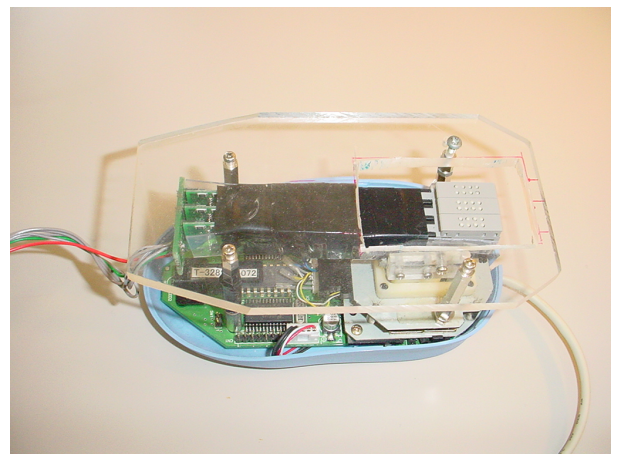
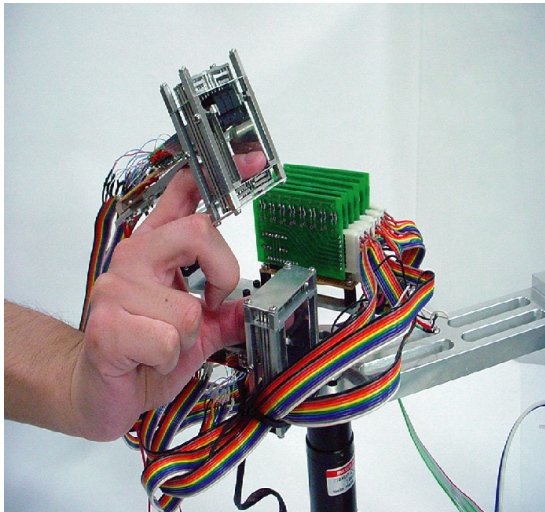
触覚の心理物理実験



タイプ	分布密度	温度依存性
FA I	指先で高い	わずかにある
FA II	均一かつ低い	ある
SA I	指先で高い	わずかにある
SA II	均一かつ低い	ある

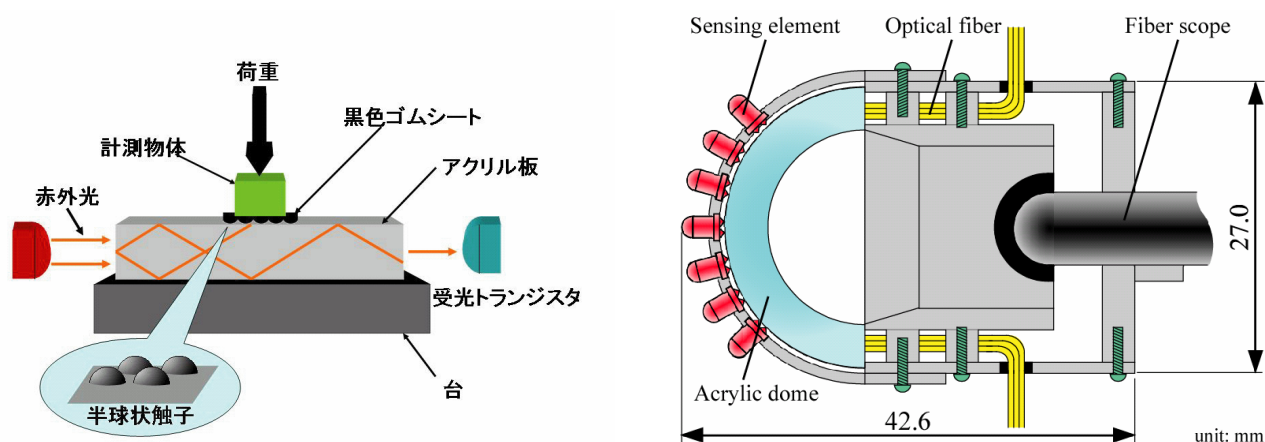
表に示すように、ヒトの機械受容単位FA I, FA II, SA I, SA IIには、温度依存性があるものとあまりないものがある。また、指先と母指球の間での密度差も種類によって異なる。これらの性質を利用して、種々の刺激や、刺激を与える条件に対する機械受容単位の心理応答を調べています。この研究で得られた成果は、触覚ディスプレイの評価や、ヒトの触覚認知モデルの構築などに利用されています。

触覚ディスプレイ



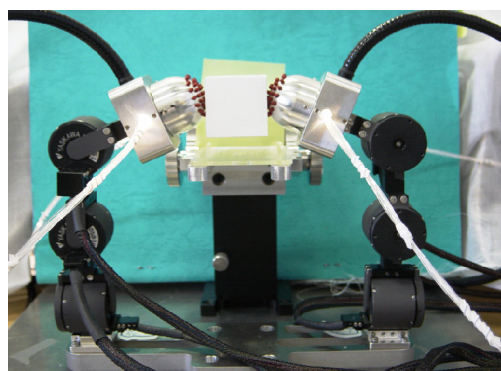
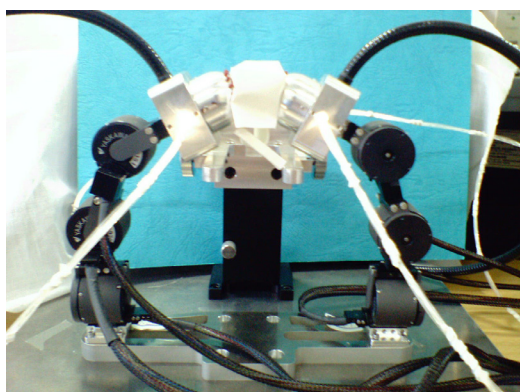
バイモルフ型PZTアクチュエータアレイとマスタ・マニピュレータ(左),あるいはゼロックス社製の触覚マウス(右)と組み合わせることによって様々な触覚ディスプレイを開発しております。これらは、仮想ペグ差し運動や、仮想テクスチャ判別などのバーチャルリアリティの実験に用いられています。

触覚センサ



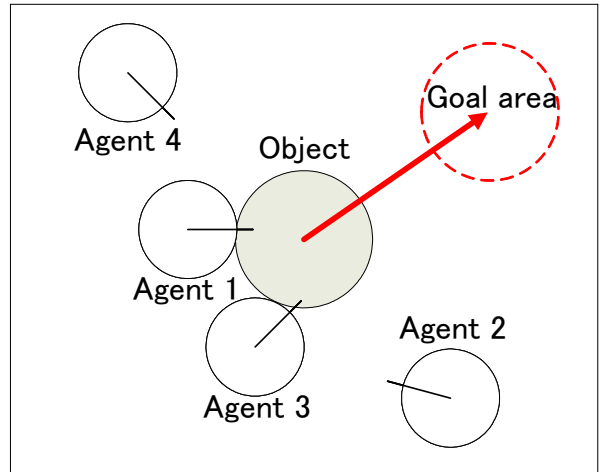
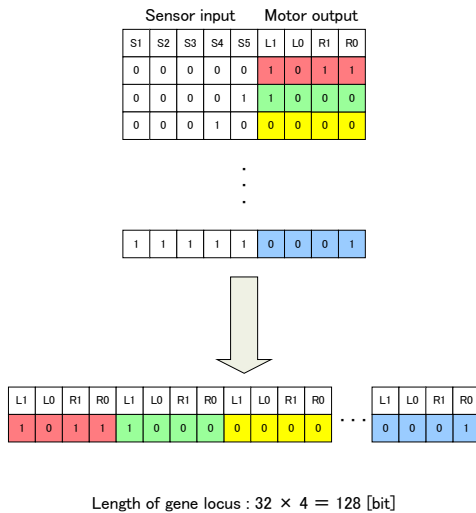
左のセンサでは、薄型化を実現するために、赤外発光ダイオード（送信側）と受光トランジスタ（受信側）の間で生じる光の吸収量を求めることを原理としています。吸収量の一次元分布を求め、得られたデータからCTの原理を活用して圧力分布を逆同定します。右は、ロボットハンドの指先に装着することを目的として開発した三軸触覚センサです。41個同心円状に配列された茶色の触子で三軸力の分布を計測します。

多指ハンド



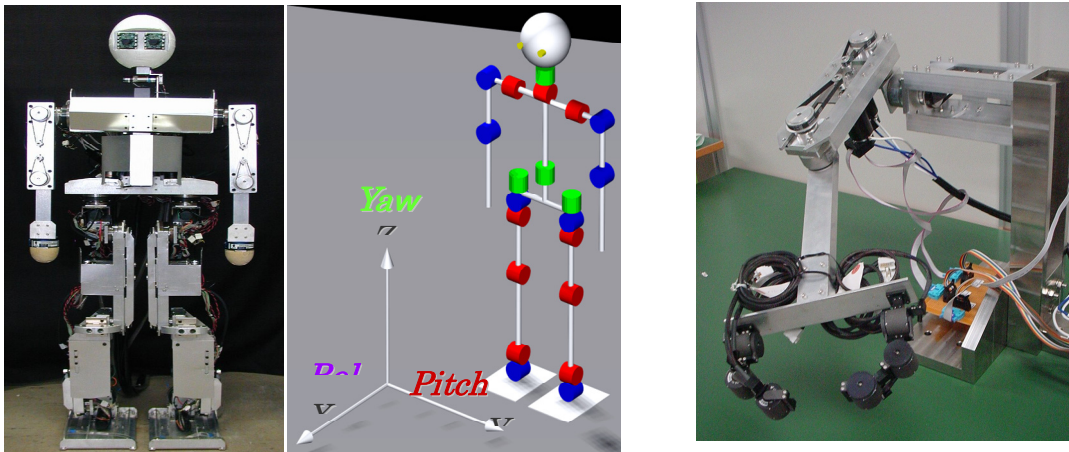
三軸触覚センサは、せん断力も計測できるため物体をとり落とさずに把持することができます。しかし、どんなものでも同じ把握力で握ってしまうと、左のように柔らかいものをつぶすこととなります。ファーストタッチで、物体の堅さを計測してその堅さに応じた把握力設定を行うと、右のように柔らかいものでもつぶさずに把持することができます。

集合ロボット



ロボットが自立的に行動パターンを獲得できるような仕組みを考えています。複数のセンサ入力とアクチュエータ出力の1と0の並び（128ビット）を遺伝子として表現します。物体を効率よく運ぶ遺伝子を残すようにGA（Genetic Algorithm）で計算します。右図は、最適な遺伝子を組み入れた4台のロボットが協力して物体を目的地に運ぶ様子を示しています。

ヒューマノイド・ロボット



暗がりでは壁の電灯スイッチを探るときに、私たちは触覚を使っています。この研究では、触覚によってヒューマノイド・ロボットが環境情報を獲得するための方策について検討しています。左がこの研究のために使用するBontenMARU II（開発：山形大学那須研）です。右は、テスト用に用意した腕ユニットで、ロボットフィンガが装着されています。