

## 生産環境工学研究室（井上英夫教授）

### 生産環境とは

生産工学は、産業革命以降およそ 200 年にわたって「絶え間ない相対競争世界で物を作って市場に供給する」ことを使命として発展してきました。「良いものを安く早く供給できること」で技術の優劣が評価されてきました。近年は、国境を越えた地球規模での生産活動が自由で競争的な市場環境のなかで保証されるようなグローバルシステムも構築されつつあります。

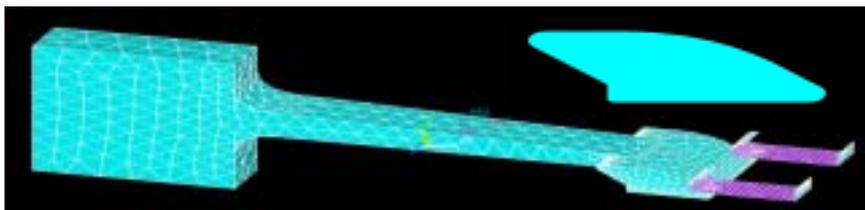
21 世紀を迎えた現在、生産工学はそれを構成する要素技術のみの進歩だけではなく、キーワード「環境」によって大きく変革しようとしています。

たとえば、いまや全人類共通の問題として認識されている「地球環境」問題はその代表的事例です。企業は「宇宙船地球号」における環境改善への責任・分担・行動の明確化と具体化を果たすなかで、自由で競争的な生産活動を行うことが要請されており、本格化する「環境革命」の大きなうねりのなかで環境負荷軽減を評価基準に加えた新たな枠組みによるグリーン生産工学体系を構築して技術革新を進めなければなりません。

一方、情報通信技術（IT）の急速な進歩は生産システムの「情報環境」を激変させつつあります。情報通信ネットワークによって距離と時間を超えた自律分散型生産活動が実現し、高度な協調性を発揮できる生産設計、生産制御、生産管理などの技術開発が進んでいます。サプライチェーンシステムやジャストインタイムシステムは生産活動を「市場環境」に直結させるための生産システム概念です。また人間の創造的生産能力を触発させるようなヒューマンインタフェース技術は「人間環境」の高度化を実現し、インテリジェントマシンの開発は自動化のための「プロセス環境」を提供します。

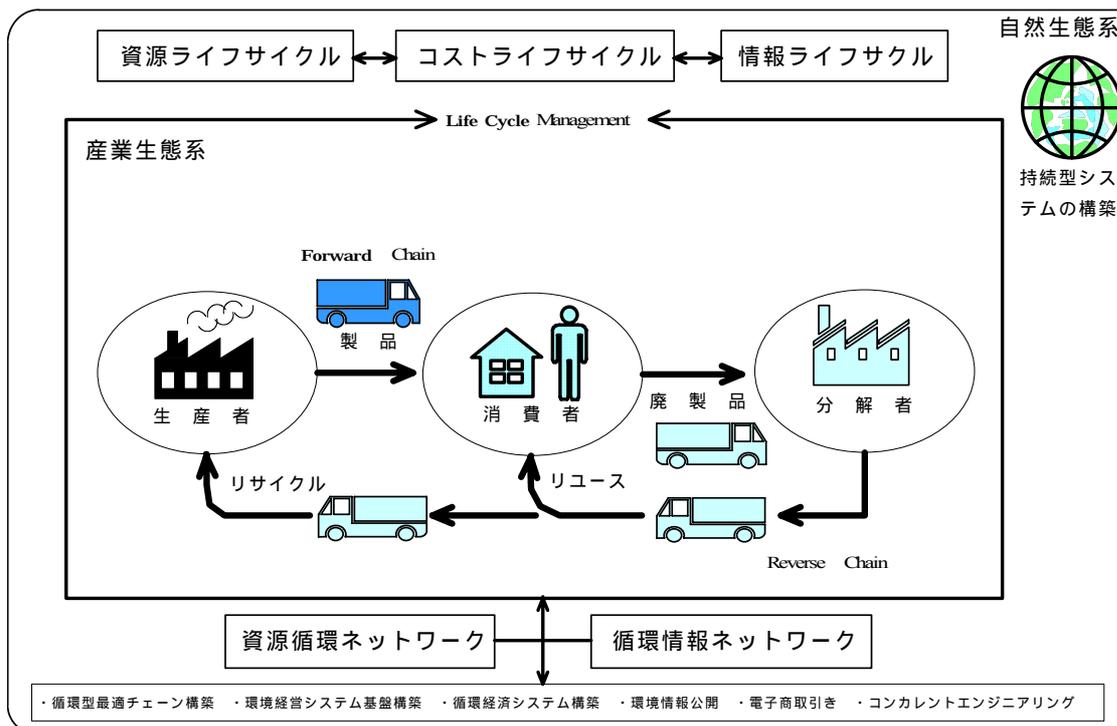
このように「生産環境工学」は非常に多様な環境概念のもとで 21 世紀の新たな生産システム革新に挑戦する分野です。資源・エネルギーのライフサイクルを縦系とすれば、設計工学、情報工学、計測制御工学、材料加工学、システム工学などを横系として構成されています。はやりのカタカナ言葉で表現すれば、生産環境工学とは、「グローバルリアルワールドとバーチャルワールドをシームレスにインテグレーションすることによって、持続可能なトータルシステムソリューションを提供するライフサイクルエンジニアリング」となります。

太陽電池 燃料電池ハイブリッドミニモデルカー



スナップフィットファスナーの有限要素解析例（易解体性締結機構の研究）





### 研究対象領域

生産環境工学研究室では、21世紀初頭の近未来を展望しつつ、新たな工学体系や産業技術体系の構築を目指して、「物」、「機械」、「情報」、「システム」、「人間」などの価値や意義を高めたり、それらを融合化するための新しい手法について、多様な着目点で研究課題を設定し、独創的アイデアと新技術応用によって人類や産業競争力向上に貢献できる成果をあげるよう努力しています。

たとえば、「製品ライフサイクル」をキーワードとして「生産 - 消費 - 分解の循環チェーン」で生産環境をイメージすると、図に示すようなトータルシステム概念が描けます。トータルライフサイクルの最適化を命題として、加工組立て制御技術（生産）、製品設計技術（消費）、解体制御技術（分解）、ライフサイクルアセスメント技法（トータルシステム）などに関連する課題について研究しています。最近では、燃料電池車プロトタイプモデルの基礎特性解析、無給電自動化装置の研究などの新領域も開拓しています。

### 卒業研究テーマ紹介

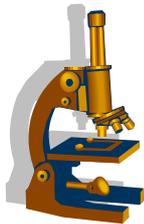
研究の過程では、ハードウェア技術とソフトウェア技術、製品技術とプロセス技術、設計技術と評価技術、情報技術と制御技術など、幅広い基礎学問を習得しながら組合わせて、大胆な発想で創造したり、観察したり、評価することを学んでいます。生産環境工学の研究課題にはいずれもトレードオフ要素が数多く含まれており、その解決



に創意工夫が必要です。燃料電池などの新しい応用分野にも挑戦しています。

最近の学部卒業研究での具体的なテーマ 20 題を以下に紹介します。

- ・ プロトタイプモデルによる燃料電池車基礎特性解析に関する研究
- ・ JAVA アプレットによる生産計画システムに関する研究
- ・ 易解体性設計に関する研究
- ・ 自動ねじ締めシステムの開発
- ・ 無給電省エネルギー搬送システムに関する研究 ローラーコースターの物理学
- ・ セラミックスの硬さ評価に関する研究
- ・ モジュラー構造に関する基礎研究 自動二輪車での事例研究
- ・ 自動二輪車の戦略的分解性評価に関する研究
- ・ 分解のためのワークスタディ手法に関する研究
- ・ リサイクルテークバック経路の最適化に関する研究
- ・ 多変量グラフによる製品環境負荷の表示に関する研究
- ・ ペトリネット手法の応用による分解工程設計に関する研究
- ・ リユース向上を目的とした部品余寿命に関する研究
- ・ 知識ベースシステムによるテレビ解体工程最適化支援に関する研究
- ・ ボルト破断強度に関する研究
- ・ スナップフィット機構の基礎特性に関する研究
- ・ スナップフィットの基本設計支援システムに関する研究
- ・ 自動分解システム開発のための基礎研究
- ・ 楽器の物理学に関する基礎研究 - ドラムの物理学 -
- ・ スポーツ物理学に関する基礎研究 - ボート競技の物理学 -



#### アクセス情報

教 員：井上英夫 2号館5階 2550室 Tel: 03-3817-1827 Fax: 03-3817-1820

E-Mail: [inoue@mech.chuo-u.ac.jp](mailto:inoue@mech.chuo-u.ac.jp)

研究室：2号館3階 2314室 2310室 2241室

研究室ホームページ <http://www.mech.chuo-u.ac.jp/~inouelab>

# 知能化機械加工研究室（井原 透教授）

研究室：2233，3B122・123

## 1. コンセプト

井原研では「機械加工」に関する精密さを追及している。精密な加工の全体像を把握するためには奇異に感じられるかも知れないが、実は旧来から「**科学的要素**」に加えて必ず熟練技術や匠などといわれる「**人間的要素**」について語られている。しかしながら未解明な点が多く、前者については分子・原子レベルでの加工に関して、後者については科学的なアプローチがほとんど成されていなかった。そこで、井原研ではナノメートルオーダの除去加工（原子間力顕微鏡などを用いる）と加工によって現れる新生面における分子・原子レベルでの諸反応についての研究(前者)を行うと同時にアジア各地に広がったグローバルな生産加工システムを対象に各地域の人間挙動やその文化が及ぼす精密な加工への影響/効果（生産文化と呼ばれる）について研究(後者)している。

## 2. 研究内容

井原研各研究班は以下(A),(B)のように大別される。

(A) 科学的要素研究班：M<sup>4</sup>班，MEMS班，レーザ班

(B) 人間的要素研究班：メカソフト班，ハーネッシング班，e-learning班

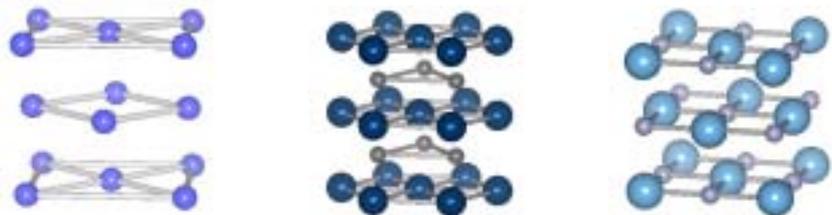
以下、各班の研究内容についてご紹介する。誌面の都合上、研究テーマが多岐にわたる班については全体の概略のみを紹介している。

### 2-A 科学的要素研究班

#### 2-A-1 M<sup>4</sup>(Micro Meso Mechanical Manufacturing)班

研究テーマ：「鉄鋼材における切削加工研究」

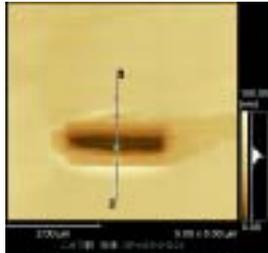
現在、鉄鋼材は加工される機会が非常に多いといえる。よって、よりよい加工方法が確立されれば様々な分野において生産性が大きく向上する。そこで本研究では、鉄鋼材の加工時におけるメカニズムの解明を目的としている。実験としては、NC 工作機械を用いた切削実験と PC を用いたシミュレーション（DVX $\alpha$  分子軌道法）を行う。シミュレーションの際に用いるクラスターモデルを以下に示す。切削実験とシミュレーション結果を比較することによって加工時の様子を解明し、よりよい切削条件を求めていく。



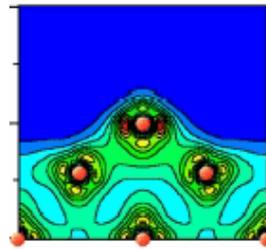
#### 2-A-2 MEMS (Micro Electro Mechanical System)班

研究テーマ：「AFM を用いたナノ機械加工」

1 nm (n: ナノ) は 0.000000001 m である。ナノという極微の世界に起きる現象はまだまだわからないことが多く、我々MEMS 班は実験によりナノスケールで加工が行えることを確認できたが、その加工進展メカニズムは?となると首をかしげてしまうのが現状である。その現状を打破すべく、第一原理計算といった最先端計算機シミュレーション、新しいAFM も加わり研究環境は整ってきた。新しいことや異なる分野にも積極果敢に挑戦する意欲的な方、歓迎致します。



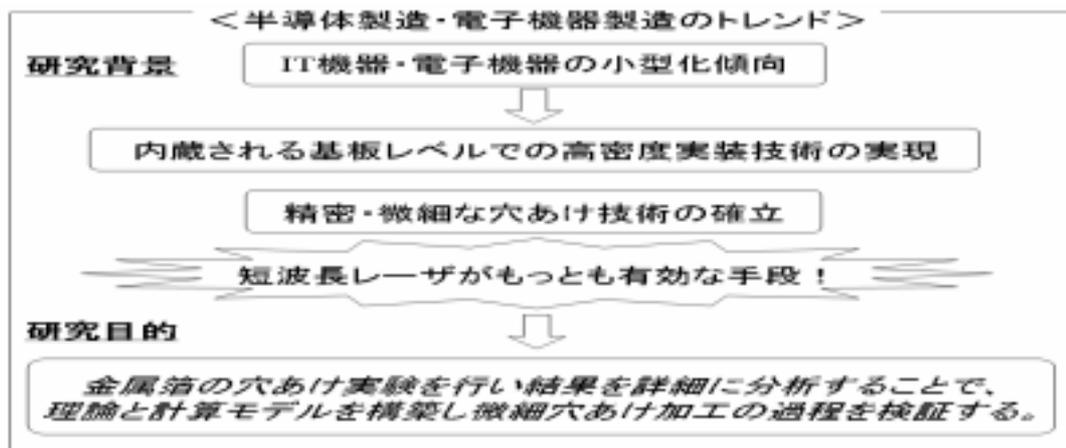
加工実験 (試料:  $K_4Nb_6O_{17} \cdot 3H_2O$ )



第一原理計算結果(Osaka2002\_nano)

### 2-A-3 レーザ班

研究テーマ: 「YAG 第三高調波レーザーによる微細穴加工」



### 2-B 人間的要素研究班

#### 2-B-1 メカソフト班

研究テーマ: 「生産文化適合型生産システムの構築」

国や地方で異なる生産文化(地域性、民族性など)がグローバルな生産活動のトラブル原因となっている。そこで私たちは異なる国や地方でトラブル無く効率的に生産できる技術的な手法や評価法について研究している。また、作業能力の早期育成のため、今までの動作に注目した技術の伝承のほかに、人間の五感(特に視覚、触覚、聴覚)に注目して、熟練者の予見や判断する能力の伝承方法も研究している。

#### 2-B-2 ハーネッシング班

研究テーマ: 「技術革新伝播型生産システム」

今日まで日本産業界における企業が持続発展してきた背景の一つに技術革新(イノベーション)の発生・伝播がある。しかしながら近年、生産拠点のグローバル化などに伴い、



# 機械力学研究室（大久保信行教授）

2341、2152室

## ・はじめに

機械は高速、高精度に動作することが必要とされますが、その際に振動が発生し、性能が発揮できなくなります。当研究室では、身の回りの機械、自動車、磁気ディスクなどの振動低減に取り組んでいます。最新の機器や自動車部品を用いた研究を行っています。このためには、下記の図のような実験装置や解析ソフトを利用しています。

ここでは、研究室の実験・解析室と現在行われている研究内容を紹介します。



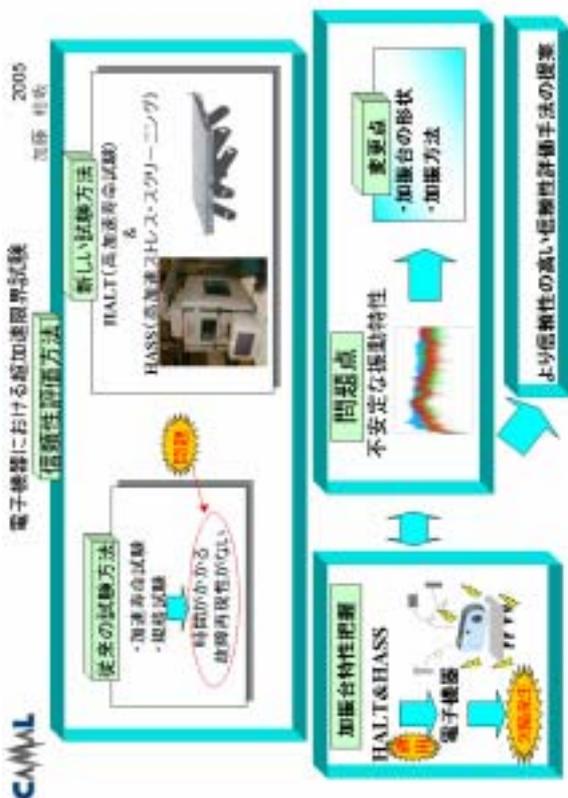
Analysis Room



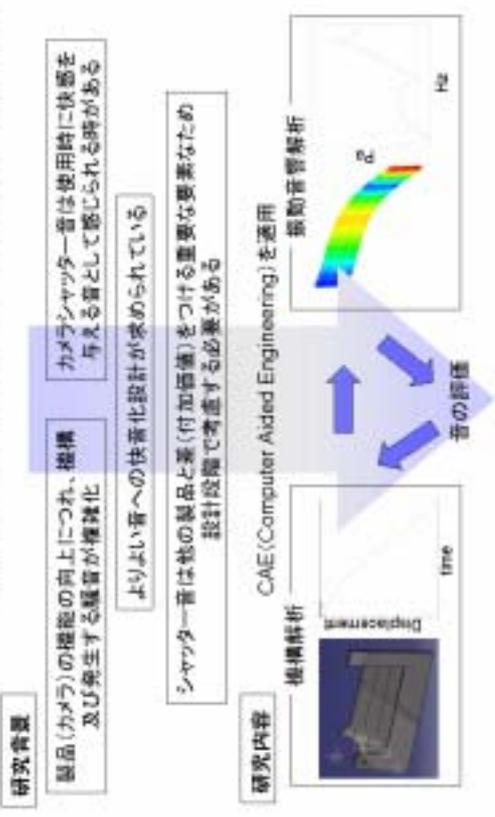
Audio Room



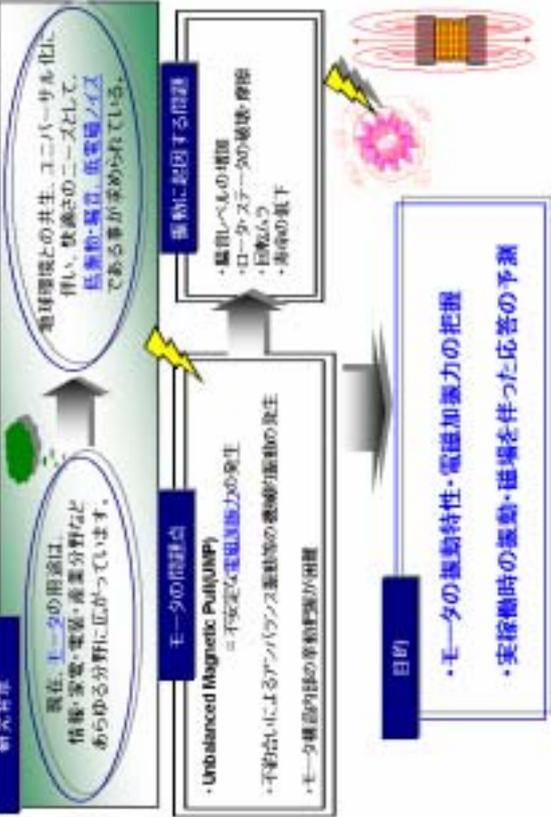
Sound & Vibration Experimental Room



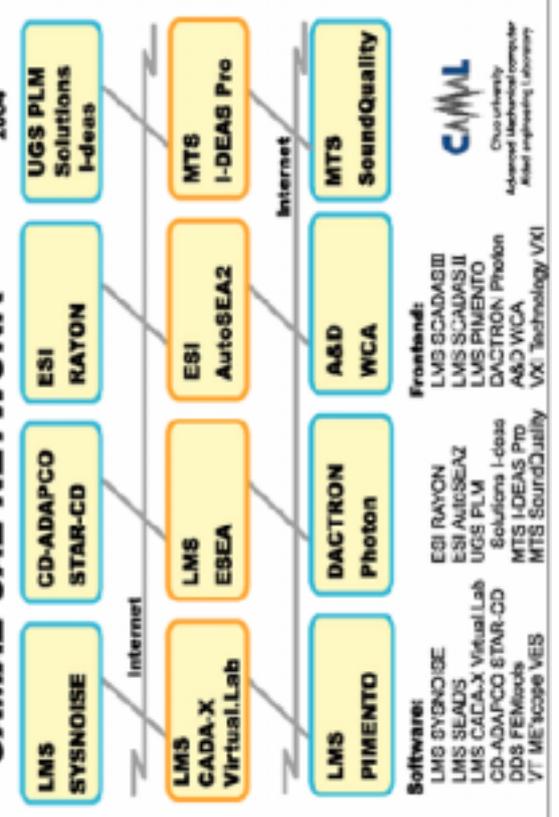




よりよい音のカメラ設計



**CAMAL-CAE NETWORK**



# ロボット工学研究室 (大隅 久教授)

[osumi@mech.chuo-u.ac.jp](mailto:osumi@mech.chuo-u.ac.jp)

<http://www.mech.chuo-u.ac.jp/~osumilab/>

## 1. 研究室概要

当研究室では、協調、冗長、パラレルをキーワードとし、多数のロボットが存在するシステムにおける分散と協調の手法について、主に機構・制御の観点からの研究を行っている。

複数のロボットで同一対象物をハンドリングするためには、各ロボットにコンプライアンスが必要となることから、本研究室では各ロボットに機械コンプライアンスを導入する手法を提案している<sup>1)</sup>。この手法は様々なシステムへの応用が可能であり、これまでクレーンとロボットの協調システム<sup>2)</sup>、複数の産業用ロボットの協調システム<sup>3),4)</sup>、複数の移動台車による重量物の搬送制御システム<sup>5)</sup>の開発を行っている。また、機械コンプライアンスを協調に利用したシステムでは運動学的な冗長自由度が発生するため、これを利用した最適制御法を提案している<sup>3)</sup>。

冗長自由度の利用に関してはこの他マニピュレータのテレオペレーション技術への利用<sup>6)</sup>、マニピュレータを4脚ロボットに搭載した脚型移動マニピュレータ<sup>7)</sup>、ホイールローダによる土砂の最適掘り取り<sup>8)</sup>、ワイヤ懸垂型マニピュレータ<sup>9)-11)</sup>、四輪独立駆動移動台車のトルク制御<sup>12)</sup>等について、その制御法を研究している。

パラレルをキーワードとした研究では、ワイヤを多数利用した新型ロボットの開発<sup>13),14)</sup>、複数のワイヤによる共吊りにおける懸垂物の運動制御法を検討している。また、微動系と粗動系を平行に結合した高分解能力制御デバイスの開発を行っている<sup>15)</sup>。

この他、懸垂物の振れ止めを目的としたワイヤ振れ角計測システム<sup>16),17)</sup>、2段サーボ技術を応用した制御系設計を行っている<sup>18)</sup>。さらに、2次元触覚センサを利用したロボットハンドによる把持物体の自動組立<sup>19)</sup>、ヒューマノイドロボット用足裏センサの開発<sup>20)</sup>、4足歩行ロボットAIBOの歩行高速化に関する研究<sup>21)</sup>を行っている。

今年度の人員構成は、教授1名、修士2年5名、1年6名、学部4年13名である。

## 2. 機械コンプライアンスを利用した協調システム

**3台の産業用ロボットの協調制御システムの開発:** 位置制御系を持つ3台の産業用ロボットの先端に、それぞれ4関節の受動関節を持つ機構を導入することにより、これまでに、PID位置制御系を利用した協調が簡単に実現できることを示した(Fig.1)<sup>13)</sup>。更に、協調系の持つ運動学的冗長自由度を利用して、特定のロボットに荷重が集中しないような動作指令を生成するためのアルゴリズムを開発した。今後はロボットを全方向移動台車に搭載し、協調を実現する。

## 3. 冗長自由度ロボットの制御

**1)ホイールローダによる不定形物体操作:** マニピュレータの搭載された移動台車を対象に、冗長自由度の利用法を検討している。建設機械のホイールローダを例に、砂利等の不定形物体のハンドリング方法を研究している。



Fig.1 3台の産業用ロボットの協調制御システム

土砂の反力を解析することで土砂モデルを生成し、短時間でできるだけ効率よく土砂を掘り取るための制御アルゴリズムを検討している(Fig.2)<sup>8)</sup>。(産業技術総合研究所との共同研究)



Fig.2 ミニチュアホイールローダ 山祇3号

**3)脚型移動マニピュレータの制御:** 4脚歩行ロボットTITANの上に4自由度マニピュレータを搭載した脚型移動マニピュレータの制御法を研究している(Fig.3)。本ロボットの冗長自由度を利用する際、作業状況に応じて評価関数を切り替えるために、手先に取りつけた力センサの値を利用し、評価関数の重みを自動チューニングする手法を提案している<sup>7)</sup>。



Fig.3 脚型移動マニピュレータ

**5)カウンタウェイトを用いたワイヤ懸垂型マニピュレータの制御:** 3本のワイヤで懸垂されたベースに固定された、6自由度産業用マニピュレータシステムを開発している。マニピュレータ動作時の反力を打ち消すため、ベース部にカウンタウェイトの制御機構を搭載し、マニピュレータが動作してもベースが変位しないシステムの開発を目指している(Fig.4)<sup>10)</sup>。



Fig.4 カウンタウェイトを利用したワイヤ懸垂型マニピュレータ

**6) 冗長自由度マニピュレータを用いたワイヤ懸垂型マニピュレータの制御:** 6本のワイヤで懸垂されたベースに固定された、7自由度産業用マニピュレータシステムを開発する。マニピュレータの持つ冗長自由度を利用し、動作時の反力をできるだけ小さくする制御手法を提案している(Fig.5)<sup>11)</sup>。



Fig.5 三菱重工業製7自由度汎用マニピュレータ PA-10

**7) 車輪型移動マニピュレータの開発:** 6自由度産業用マニピュレータシステムを搭載した4輪駆動全方向移動台車を開発している。台車のトルク冗長性を利用した制御手法を提案している(Fig.6)<sup>12)</sup>。



Fig.6 全方向移動台車に搭載された産業用ロボット

#### 4. パラレルメカニズムの機構設計と制御

**1) 多数のワイヤを利用した懸垂系の設計:** 多数のワイヤを用いて物体の運動制御を行うためには、パラレルメカニ

ズムが必要となる。本研究ではワイヤを途中で分岐させることで、多数の小型アクチュエータによる重量物の懸垂を実現することを目的とし、そのための基礎的解析としてワイヤの張り方、分岐のさせ方による懸垂物重量と張力の関係を解析している<sup>13)</sup>。

今年度は、4本のワイヤで室内を自由に移動できるハンドの開発<sup>14)</sup>、及び、ワイヤをベースではなくマニピュレータのリンク途中に取り付けることを想定したマニピュレータの操りの理論を展開する。

**2) 高分解能力制御デバイスの開発:** 多数のワイヤを用いて物体の運動制御を行うためには、大きな力を出しながら微小な力の調整が可能な力制御デバイスの開発を行っている(Fig.9)。機構に存在する摩擦力を利用し、それを微小力制御デバイスでコントロールすることで、極めて高い力分解能を実現することができる<sup>15)</sup>。

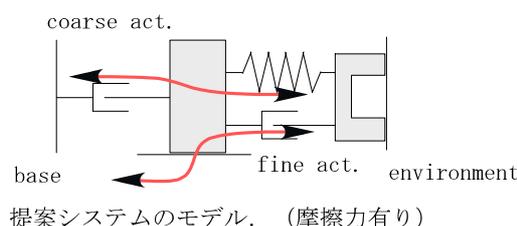


Fig.7 高分解能力制御デバイスの原理

#### 5. その他

**1) ワイヤ振れ角センサを用いた懸垂物の振れ止め:** 懸垂物の振れ角を計測するため、CCDカメラを2台利用した計測システムを開発を行っている(Fig.8)。これにより得られた振れ角をクレーンにフィードバックすることで振れ止めを実現する<sup>16)-18)</sup>。



Fig.8 ワイヤ振角センサとクレーン制御システム

**2) 触覚センサを用いた把持物体の自動組立:** 2次元触覚センサを有する平行2本指ロボットハンドにより、把持物体を対象物に自動的に組み付けるための制御アルゴリズムの構築と検証実験を行っている(Fig.9)。触覚センサから得ることのできる触像を基に、力を計測するための手法を提案し、これと簡単なルールに基づくロボット動作を組み合わせることで、自動的な組み付け動作の生成を実現する<sup>19)</sup>。

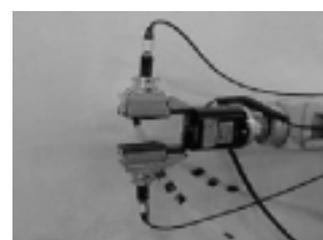


Fig.9 2次元触覚センサを有する平行2本指ハンド

**4) ヒューマノイド用足裏センサの開発:** ヒューマノイドの研究の多くは、歩行を中心とした研究となっている。歩行の中でも、不整地歩行においては、足裏の地面との接触に関する情報、地面からの反力の情報が特に重要となる。本研究では、触覚センサと3軸力センサを統合したセンサシステムを開発し、ヒューマノイドロボットの足裏に導入することを目指す(Fig.10)<sup>20)</sup>。



Fig.10 実験で利用するヒューマノイドロボット Hope 2

**5) 四足歩行ロボットの歩行高速化に関する研究:** (東京大学と共同研究)ソニーの犬型ロボットを用いたサッカーの世界大会 RoboCup に参加しながら、ロボット間の協調戦略、画像処理、制御方法といった幅広い研究を行っている(Fig.11)。当研究室では、AIBO を利用し、4足歩行ロボットをより高速に歩かせることを目的として、最短時間制御を利用した歩行パターン生成の研究を行っている。現在はその基本として、トルクリミットの存在するコントローラを前提とした制御方法を導出している。今後、入力電圧にリミットを設けたモデルとして、最適歩行パターンの生成を行っていく<sup>21)</sup>。



Fig.11 RoboCup サッカー大会での AIBO

参考文献:

- 1) 位置制御系を有する複数のロボットによる協調搬送システムの設計, 日本機械学会論文集, Vol.65, No.634, C編, pp.2405-2412, 1999.
- 2) 大隅久, 新井民夫, 浅間一, 嘉悦早人, 杉原理美, 橋本学治, 3本のワイヤを有する7自由度クレーンとロボットの協調制御システム, 日本機械学会論文集, Vol.63, No.609, C編, pp.1649-1655, 1997.
- 3) 大隅久, 加賀谷学, 藤林充幸, 小野学, PID位置制御系を有する2台の産業用ロボットの協調システム, 日本機械学会論文集, Vol.66, No.641, C編, pp.153-158, 2000.
- 4) 大隅久, 加賀谷学, 漆原英裕, 永井卓真, 3台の産業用ロボットによる協調制御, 第5回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.48-53, 2000.
- 5) 大隅久, 野尻尚, 栗林簾, 岡崎崇, 3台の移動ロボットによる物体の協調搬送制御, 日本ロボット学会誌 Vol.19, No.6, pp.744-752, 2001.

6) 宇津木, 藤井, 小倉, 大隅, テレオペレーションを用いた冗長自由度マニピュレータの障害物回避, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'98講演論文集(CDROM), 2CI2-2, 1998.

7) 大隅久, 叶田壮兵, 相山康道, 脚歩行型移動マニピュレータの制御, 第8回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.313-318, 2003.

8) 大隅久, 皿田滋, 平井雄介, 金井理, 土砂の掘り取り動作におけるバケット反力解析, 第10回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.201-208, 2004.

9) 大隅久, 越川昌浩, 宇津木康, 萩原利宣, ワイヤ懸垂型マニピュレータの開発, 日本機械学会論文集(C編), Vol.69, No.687, pp.2902-2906, 2003.

10) 坂本博信, 石川誠, 大隅久, カウンタウェイトを用いたワイヤ懸垂型マニピュレータの位置決め制御, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, 2D1-1(CDROM), 2004.

11) 齊藤将之, 大隅久, “ワイヤに懸垂されたベース上における冗長自由度マニピュレータの動的制御”, 第23回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3A12, 2005.

12) 中里峰雄, 渡辺高範, 大隅久, SoniaVonWyl, Jean-DanielDessimoz, “四輪独立駆動の全方向移動台車のコントロール”, 第23回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3D17, 2005.

13) Osumi, Gomi, Shimizu, Utsugi, Development of a parallel wire suspension mechanism, Proc. the 5th France - Japan Mechatronics Congress, ROB07-02, 2001.

14) 荒木泉, 大隅久, “ワイヤ懸垂型室内移動マニピュレータの開発”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2005講演論文集, 1A1-N-077, 2005.

15) 大丸達也, 井出裕美, 大隅久, “パラレル構造を持つ高出力高分解能力制御デバイスの開発”, 第23回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2C25, 2005.

16) 三浦昭也, 永楽俊吾, 大隅久, CCDカメラを用いたワイヤ懸垂機構の触れ角制御, 第10回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.81-86, 2005.

17) H.Osumi, A.Miura and S.Eiraku, "Positioning of Wire Suspension System Using CCD cameras", Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intell. Robots and Systems, pp.258-263, 2005.

18) 田代瑞穂, 大隅久, 2段サーボを利用したワイヤ懸垂機構の振れ止め制御(第2報), 2001年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, p.451, 2001.

19) Osumi, Ishii, Takahashi, Umeda, Kinoshita, Optimal "Grasping for a Parallel Two-Fingered Hand with Compliant Tactile Sensors", Proc. IROS, Vol.2, pp.799-804, 1999.

20) G.Kinoshita, C.Oota, H.Osumi and M.Shimojo, "Acquisition of Reaction Force Distributions for a Walking Humanoid Robot", Proc. IROS, Vol.3, pp.3859-3863, 2004.

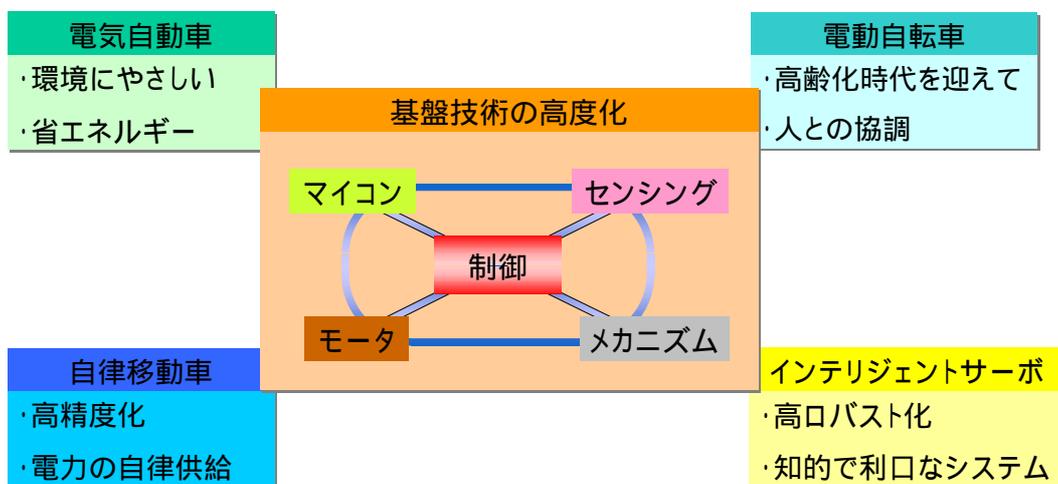
21) 神谷昌吾, 大隅久, 梅田和昇, 新井民夫, 4脚歩行ロボットの高速化, 第9回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.20-25, 2004.

# モーションコントロール研究室 (大前 力教授)

## モーションコントロール(Motion Control)とは？

制御技術を中心に、機械、電気、情報技術のシナジェティック効果により、ものをいかにうまく動かすかを考えること。

### 研究の狙い



### (1年間の主な研究成果(2004.11～2005.10))

- (1) 分散インバータを用いた電動機駆動システムの基礎実験：市販サーボモータと電流制御回路を用いて、分散インバータ駆動モータ制御システムを構成し、各種の基礎実験を行った。この結果、市販の電流制御回路を用いたのでは分散方式の特徴がでず、従来方式に対し悪い特性が得られた。分散方式のためには新たな電流制御系の開発が重要であることがわかった。また、2 慣性を有する振動系に対しての制御効果では、分散方式が優れているという実験結果が得られた。この特徴がなぜ出てくるのか詳細な特性検討を行っている。これらの結果については、IPEC - NIIGATA 2005 の国際会議 及び 2005 年度電気学会産業応用部門大会で発表した。
- (2) 独立 2 輪駆動電気自動車の操縦安定性評価：1 輪駆動用のインバータ故障時に操縦性を安定させるために、片側の車輪駆動用モータを制御する方式を提案してきた。その制御方式がまとまったので、総合的な検討結果を 2005 EPE DRESDEN の国際会議において発表した。現在は、横滑りが発生したときの挙動について検討している。
- (3) マルチループ制御系の Reliable control：これまで提案してきたループ欠損時に等価伝達関数に置き換える方式が、非線形要素の多い電流制御系に有効であるか、更に詳細な実験を進めている。
- (4) 電気自動車の全電気ブレーキ制御方式：再生制動力と電動ブレーキを併用する方式について検討した。一方式を提案し、その制御方式の特性を一部明らかにし、2005 年度電気学会産業応用部門大会で発表した。
- (5) MT/SR 併用デジタル速度検出方式：両方を並列に処理する制御方式を立案し、その特性を検討している。

### 高口バスタ化

自律分散インバータ駆動  
モータ制御

自律分散インバータ



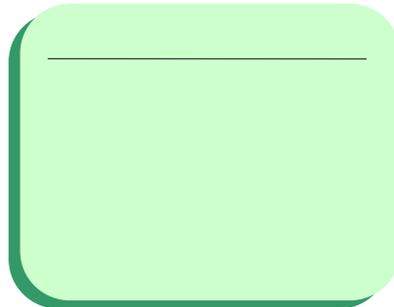
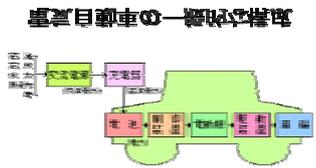
### 性能向上

2輪独立駆動操舵制御

高性能トラクションコントロール

### 環境に優しい

メロディンバータ  
騒音 → メロディ



### 高齢者に易しい

速度制御機能  
バランス制御

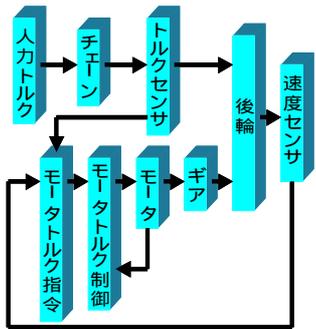


### 省エネルギー

回生制動制御  
ソーラ電池活用  
残容量評価

### 乗り心地改善

アシスト力の最適化  
(アシストパターンの制御特性)



### 環境変化に強い

地面の状況  
気象環境

### 電力供給

非接触式  
近距離センサ兼用

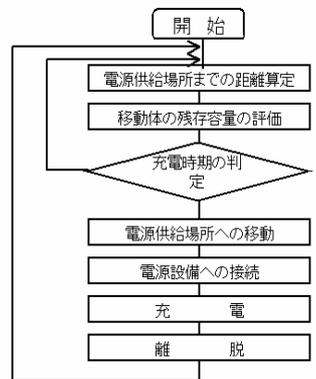
### 自律移動車

### 高精度位置決め

センサフュージョン  
オブザーバの活用  
センサの高精度化

### エネルギー評価

残容量評価  
可能移動距離評価



### 高性能移動

4輪独立駆動  
トラクションコントロール

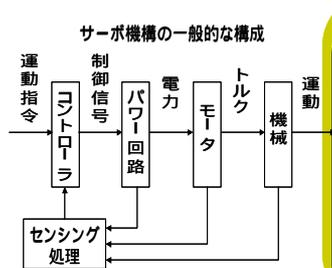
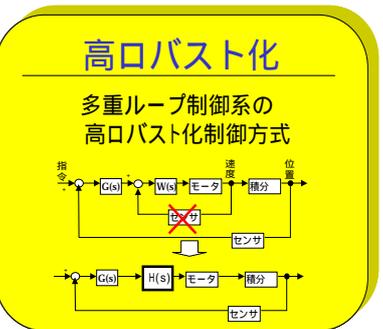
### 高精度化

度  
ム  
タ  
ス  
エンコーダ

### インテリジェントサーボ

### メカに優しい

軸振動抑制  
オブザーバ応用



### コントローラの高性能化

RISCマイコンコントローラ  
最適サンプリング周期  
サーボ言語  
サーボインターフェイス  
サーボ系のオートチューニング

## 材料工学研究室（金澤健二教授）

機械や構造物は多くの「材料」によって構成されています。このような材料は、機器の使用  
中、稼働中に受ける繰返し荷重や温度変動により傷つき、破壊に至ることがあります。 実際  
に、機械や構造物の稼働中に起こる破壊や破損事故などの多くは、使用されている材料が繰返  
し荷重のもとで「劣化」、「疲労」することが係わっています。

そこで当研究室では「材料の疲労」の問題を中心に、損傷、破壊機構の解明と破壊特性の評  
価手法の開発に取り組んでいます。これらは、機械や構造物を構成する材料にとって重要な課  
題であり、新鮮な目をもった皆さんと共に挑戦していきたいと思います。

研究課題には、共通の課題を持っている修士の大学院生とチームを作り、連携を密にして取  
り組んでもらいます。チームワークの大切さも、実感できると思います。研究会では、前期は  
主に「疲労」に関する参考書を読み合い、後期は研究の進捗を発表し合うことにしています。

## 機械や構造物の破壊事故を防ぐために

### 材料の破壊に係わる学問 金属疲労

（中央大学父母連絡会 草のみどり 149号より転載）

16年前、1985年8月に500名を超える犠牲者を出したジャンボジェット機の墜落事故が起きた。これは客室と外界とを遮断する圧力隔壁という部分に発生し、成長した疲労き裂を見逃したためといわれている。

機械や構造物はその寸法の大小にかかわらず、必ず何らかの材料によって構成されている。その材料の種類は、身の回りを見渡して頂くとわかるように千差万別である。それらは、金属材料、セラミック材料、高分子材料、そしてそれぞれの材料の特徴を生かし合うために組み合わせられた複合材料とに、大きくグループ分けすることができる。

機械や構造物を構成する材料は単に材料として存在するのではなく、最適な形状、寸法に加工され、組立てられて、機械や構造物に求められる機能を果たすために重要な役割を担っている。そのため材料のおかれる環境は大変厳しいものとなることが多い。材料の置かれる環境としては、力学的環境と雰

囲気環境に大別されよう。材料と材料を取巻く環境との係わりを図に示す(図1)。

力学的環境とは材料にかかる力のかかり方で、力としては引張り(ゴムひもを引張ると伸びる)、圧縮(ラッシュアワーの電車につぶされる思いがした)、曲げ(割り箸を2つに折るときにかける力、鉛筆の芯が折れるのは芯に曲げの力がかかるから)、ねじり(濡れたタオルを絞るときに力のかかり方)などが

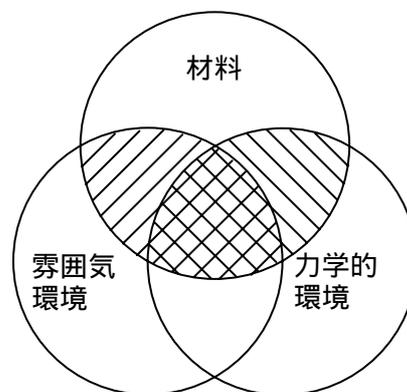


図1 材料と使用環境との係わり

ある。さらにそれらのかかり方としては、ゆっくり静かにかかる、力がかかったりかからなかったりの繰返してかかる、衝撃的にかかる、などがある。

同じ材料でも、力のかかり方によって全く異なる現象が生じる例を紹介しよう。大学の講義でも黒板を使用することが多い。黒板に字を書くためのチョークを何らかの拍子で床に落とすと粉々に砕ける。これは、チョークに衝撃的な力がかかったため、茶碗やガラスのコップを床に落としたようなものである。使い始めの長めのチョークの場合、字を書くときの力の入れ加減で折れることがある。これは大きな曲げの力がかかったため、この場合、チョークは軸にほぼ直角に二つに折れる。多少の力を必要とするが、チョークを引張ったときにも同様な壊れ方をする。チョークを無理にねじったらどうなるだろうか。部分的にチョークの軸に  $45^\circ$  傾いた面にそって破壊し、引張ったときの壊れ方と明らかな相違が見られる(図 2)。このような相違は、チョークの持っている材料としての特性と、力のかかり方との関係で生じるものである。毎年このことを新入早々の学生の前で実演し、壊れたチョークを手を取らせて見せているが、多くの学生はその事実に驚き、不思議がり、どうしてそのようになるのか、疑問を抱くようである。

われわれの生活する雰囲気環境は、四季により多少の温度の変化はあるが、常温大気である。しかし、機械や構造物のさらされる雰囲気環境としては、氷点以下の低温や何 100 度といった高温の場合もあ

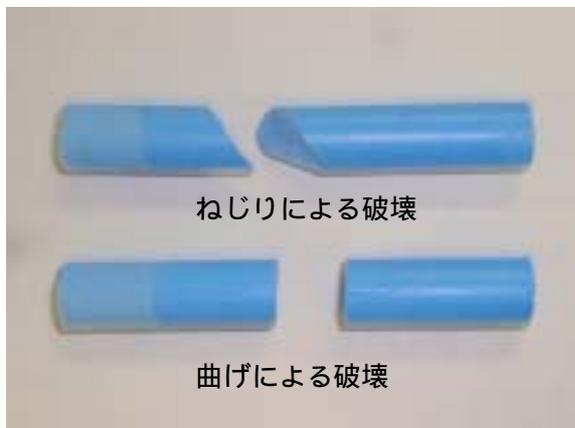


図 2 チョークの壊れ方の色々

る。また大気ではなく、真空や種々のガス雰囲気環境とか、水や海水、酸、油などの液体雰囲気環境などさまざまな場合がある。

機械や構造物を構成する材料としては、このような使用環境のもとで十分に耐えるように適材適所の材料が選択され、形状、寸法が設計されている。しかし、もし機械や構造物の使用、稼働中に、構成する材料が何らかの損傷を受け、破壊することがあったらどうなるか。機械・構造物としての機能が果たせなくなるだけでなく、人命や社会生活に多大な影響をおよぼす重大な事故になる可能性も生じてくる。

残念ながら、冒頭に挙げたジャンボジェット機の墜落のような大事故は、現実には起こっていない。

機械や構造物の安全性に寄与するために、材料の損傷や破壊の現象を扱う学問体系として材料強度学という学問がある。材料はもとより、その使用環境の組み合わせにより、扱う範囲はかなり広範なものとなる。

その中でも金属疲労は重要な分野を占めている。今日の機械や構造物の破壊事故原因の 50% 以上は、金属疲労が何らかの形で関与しているといわれている。機械や構造物の重大な事故などが起こると、「金属疲労」の活字が新聞紙上に見られることもしばしばである。

金属疲労については、多くの読者の方も身近に経験されていることと思う。針金を繰返して曲げると切れた、缶詰のふたを缶切りで開け、最後のところを繰返して曲げて切り取った、乱暴に扱ったため家電製品のプラグの所でコードが断線した、などなど。一度だけ引張ったり曲げたりしても壊れないような力でも、それを繰返すと最終的には破壊してしまう現象が疲労破壊である。人が働きすぎると疲れ、時には過労死といった悲劇もあるように、機械や構造物を構成する材料も、使用過程、稼働中に受ける繰返しの力により疲労し、ついには破壊に至ることもあるのである。

金属疲労という現象が工学的に認識され、研究され始められたのは 150 年以上も前にさかのぼる。

それは鉄道の発達に伴い、鉄道車輛の車軸の折損事故が続いたことによる。新しい技術の開発・進歩に伴いそれまでは気の付かなかった現象が認識されるようになったことになる。鉄道の車軸は曲げられた状態で回転することから、繰返しの力がかかることになり、疲労破壊の起こる力学的環境にさらされていたことによる。

今日の鉄道車輛の車軸、例えば新幹線の車軸についても同様な力学的環境にさらされてはいるが、疲労破壊に対して万全の対策がとられているため、当然のことではあるが車軸の折損事故は起こっていない。

疲労破壊に対する対策としては、材料が疲労破壊を起こすか起こさないかの限界(通常それを疲労強度とか疲労限と呼ぶ)が調べられ、疲労強度に及ばず種々の力学的条件や雰囲気条件の影響因子が明らかにされてきた。そして、機械や構造物においても、構成する材料がその使用期間中に疲労破壊が生じることのないような設計がなされてきた。

しかし1950年代、大量、高速輸送の必要性からジェット旅客機の開発が進められたが、最初に就航したジェット旅客機コメット機が空中分解するという事故が起きた。実機を用いた地上での徹底した調査により、事故原因は窓枠近くにある取付け穴から疲労による割れ(き裂ともいう)が発生し、それが徐々に大きくなった(き裂の成長ともいう)ことによるものとの原因が明らかになった。

以来、疲労き裂の成長速度に関する研究が進められたが、この場合も新しい技術の開発・進歩に伴い、それまでは気の付かなかった現象が事故を通して認識されるようになったことになる。そして、一連の研究の成果をもとに、機械や構造物によっては疲労き裂の発生やある程度の成長を許容するような設計もなされるようになった。

このように金属疲労の研究を見ると、事故をもとに研究が進み発展してきたといっても過言ではなく、これは材料強度学全体の発展の歴史においても通ずることである。

しかし、16年前、ジャンボジェット機の墜落事

故が起きた。しかもその原因には金属疲労が関係していたのである。

また、1995年には、国のプロジェクトとして開発を進めていた、新しい形式の原子炉である高速増殖炉「もんじゅ」において、高温の液体ナトリウムが漏洩する事故が起きた。これは液体ナトリウムの温度を計測するために挿入されていた管が、ナトリウムの流れによって生じた振動によって繰返しの力を受け、疲労破壊したことによるものである。高温のナトリウムというこれまでの技術では経験したことのない雰囲気環境ではあったが、疲労現象に対する認識が十分にあったにもかかわらず、事故が起きてしまった。

同様なことが、わが国独自の技術を結集して開発が進められたH ロケットの、1999年に起きた打上げ失敗の事故にも見られる。燃料である-250にもなる極低温の液体水素をエンジン燃焼室に供給するポンプの羽根が、打上げ中に疲労破壊したことが原因として挙げられている。極低温の厳しい環境であったとはいえ、金属疲労に係わる事故が起きてしまったのである。

これまでの科学技術は失敗、事故の経験をばねにして発展してきたといえる。それを支える材料強度学の学問の発展においても同様である。全く未知なことを予測して、対策を立てるということは困難である。しかしこれからは、新しい技術分野であっても、その開発過程において、これまでのように失敗、事故を積重ねるわけにはいかない。「もんじゅ」やH ロケットの事故は、開発すべき最先端の技術課題があまりにも多くあったために、金属疲労という150年以上に及ぶ学問、技術の蓄積が見落とされてしまったからと考えられなくもない。

金属に限らず広く材料の疲労に関する研究は現在でも全世界でなされ、毎年膨大な数の研究成果が発表されている。今なお重要な課題が残されているということである。材料の疲労破壊に関する認識を広く若い世代の技術者に引継ぎ、新聞紙上に「事故原因は金属疲労か？」などの見出しが出るような事故が起こることのないようにしたいものである。

## 計算材料力学研究室（辻 智章教授）

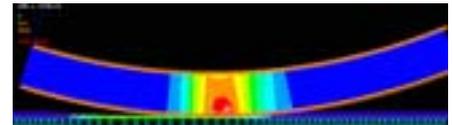
ミクロの計算法（分子動力学法）や、マクロの計算法（有限要素法）、理論的な方法等の様々な方法を使って、材料が壊れる仕組みを解明する事を目指しています。その応用として、材料力学の教育に関する研究や、衝撃力の測定法に関する研究も行っています。さらに、環境に優しい材料力学を目指し、木材の機械的性質の研究を行っています。**前人未到の大地を開拓していこう**という、**意欲のある人**を歓迎します。

### 木材を材料力学的に考える研究

ロール圧密における単板内の温度変化シミュレーション

研究者：三浦・中村(M2)

木材という材料は、昔からたくさんのモノに材料として使われ、今なおその需要は大きい。その理由としては、木材は加工しやすくまた廃材になっても再び地球に循環するので、環境を考えた上でも非常に優れている。しかし材料として使えるまでには長い年月を要し、また材料として使える範囲も非常に少ない。この問題を解消するために本研究では間伐材の圧延を考える。今回の研究ではまず CAE の「ANSYS」で圧延装置の設計を行う。そして色々な条件(ロール速度、圧延温度)でシミュレーションを行い、得られたデータをもとに圧延装置の再設計を行う。

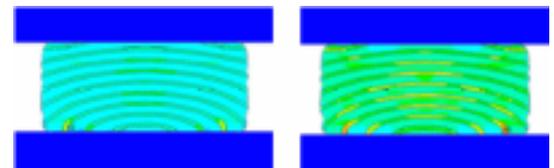


### 含水率を変えた時の木材の圧密化

研究者：鈴木・中村(M2)

木材の密度は含水率によって変化する。そして密度の増大で強さ、弾性、硬さ、などが増大する。このことから木材の含水率の違いによって圧密化する時ひびわれてしまったりしてうまく圧密できない場合があります。そこで本研究では杉の木を用い、圧密する

時の最適な含水率を実験により求めています。含水率は木材に水を染み込ませたり、乾燥機を使ったりすることで変化させます。それにより得られた様々な含水率の木材を圧密化します。その結果から一番圧密化に適している木材を調べます。下の図は含水率 15%、30%の木材の圧密化のシミュレーションの結果です。



含水率 15%

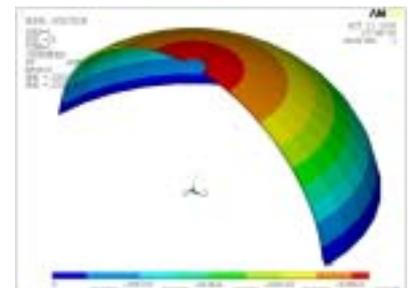
含水率 30%

### 空洞成長についての研究

研究者：高倉・小島・葉山(M2)

本研究は、破壊現象の解明を最終目的としています。破壊現象の初期段階の欠陥を空洞と見立てることにより、その空洞の成長具合を解析して破壊現象の解明をします。解析手順は主に ANSYS という有限要素法の解析ソフトを使っており、工業材料として頻繁に用いられるシリコンゴムを用いて、その初期空洞や加える圧力を変えて変位、ひずみ、応力等の観点から解析しま

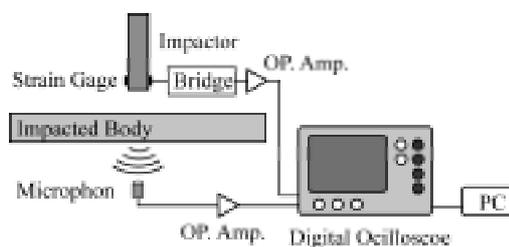
す。この研究は実験値に解析による理論値を同定させることで設計等の工程に応用させることができます。



## 放射音を用いた衝撃力の同定に関する研究

研究者：橋本・福士(M2)・田邊(M1)

衝撃力とは、瞬間的に作用する極めて大きな力であり、そのため構造物に破損の危険をもたらします。そこで本研究では、衝撃の際に生じる被衝撃体の音を利用して、衝撃力を同定する方法を研究します。具体的には、物体に衝撃を与えて、衝撃により発せられた放射音を過渡応答として用いて逆問題解析を行い、衝撃力の同定を行うことの出来るシステムを構築することを目的とした研究です。この非接触型の測定方法の利点として、”測定位置の変更が容易に出来る”。”保守性に優れている。”などが挙げられます。



衝撃音測定実験装置

## 材料力学の机上実験

研究者：川村

材料力学は、機械や構造物を設計する上で必要不可欠な学問ですが、学生が理解しにくい学問でもあります。そこで、材料力学の現象を表現した簡易的な（学生が再現できる）実験装置を作成し、その様子と解説を映像にします。その映像を講義の中や復習用に用いて、学生の理解を促すことを目的としています。図は、去年の研究でせん断の力を表したものです。



## パスタの機械的性質の精密測定

研究者：藤代

材料力学の研究では、引張り、座屈、はりの曲げ試験のどが考えられます。ここで机上実験の材料としてパスタを考えたとき、パスタに関するデータが不明確であるため、より正確な解析が難しいといえます。よって、パスタの機械的性質を明らかにする事により机上実験を正確に行なうことが可能になると思われます。そこで本研究では、引張り試験とはりの曲げ試験よりヤング率を求め、それより様々な機械的性質を得て机上実験におけるパスタの有効性について検討していく、という研究です。



## バイオメカニク（生体工学）に関する研究

人工物を用いた膝前十字靭帯の再建実験

研究者：押谷（医科歯科大学で実施）

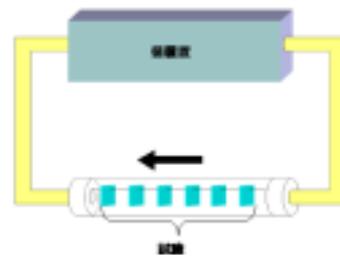
膝前十字靭帯は、運動中に停止や方向転換をした際に膝の安定性を保持する機能を持つ。この靭帯にスポーツや交通事故で膝へ予期しない外力が加わったとき、膝前十字靭帯は伸びたままになるか、断裂してしまい再建手術が必要になる。現在、靭帯再建手術は自家移植が主流であるが体への負担が大きい。そこで、人工物を用いた靭帯再建法を探っている。



## MPC ポリマーを用いた耐感染性人工弁の開発

研究者：小林（医科歯科大学で実施）

超親水性ポリマーを人工弁にコーティングして耐感染性を持たせる。  
現在は図のようにポリマーをコーティングした試験片を入れ、循環させて実験を行っている。



## 並列計算による並列表示及び並列計算機の開発に関する研究

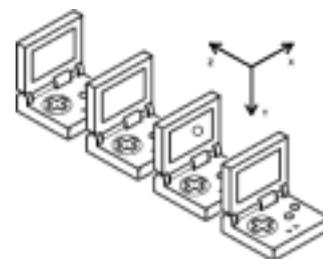
### ゲームボーイ（GBA）を用いた並列可視化システムの開発

研究者：中村

現在の携帯型ゲーム機は以前のものとは比較にならないほど高性能になってきています。

現在発売される任天堂の NDS(ニンテンドーDS)やソニーの PSP(プレイステーション・ポータブル)などは、もはや携帯型ゲーム機という枠では収まらないものとなっています。

その携帯型ゲーム機の代表格であり、現在最も普及していると思われるゲームボーイアドバンス SP（ここでは GBA を指す）をよくよく観察してみると、その実体は「安価、世界中で入手可、先進的 32 ビット ARM7 CPU を搭載、豊富なメモリ領域、表現力豊かな液晶表示機能、入力ボタンを利用可能」など、液晶を搭載した高性能 32 ビットコンピュータと位置付けることが出来ます。そこで本研究では、この身近で高性能なコンピュータ GBA なら一昨年より研究を進めている並列可視化システムを応用できるのではないか、ということの下図の様に配置して研究を行っています。



並列可視化システムの開発に関する研究

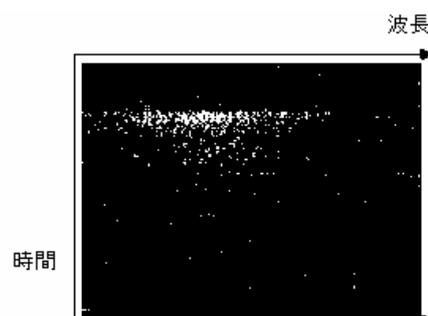
研究者：益野

大規模要領のシミュレーションには多大な時間がかかる。近年では並列計算機の利用などによってそうした計算も扱いやすくなってきたが、計算結果をリアルタイムで表示するのが困難という問題がある。本研究では、各計算機での解析結果を各計算機上のモニターに分割表示し、モニターを物理的に結合させることで、一つの解析結果をリアルタイムで表示するシステムの構築を目的とする。

## パルスレーザーを用いた非接触応力の測定法の開発

研究者：加藤・藤野(M2)

現在一般的に使われている応力測定の方法は、ひずみゲージを用いた接触式である。しかしこの方法には、ひずみゲージを取り付ける手間や、ゲージからの線の処理などの欠点も存在する。そこで、非接触の応力測定の一つの可能性として蛍光現象に注目する。植物の葉に存在する葉緑体にレーザーを照射すると蛍光が放出される。この放出される蛍光は応力が加わり組織が歪んだ場合、その量が変化する可能性がある。その変化量と応力の関係を調べ、蛍光現象を利用した応力測定法の可能性を考察する。特に蛍光寿命とひずみとの関係を調べる。



# 音響システム研究室（戸井武司教授）

2309、2530室

## ・はじめに

騒音は人を不快にさせ、音楽は人を快適にさせます。この違いは何でしょうか？

戸井研究室は、生活に身近な「音」を研究テーマとして、自動車や精密情報機器（例えば、パソコンのハードディスク、コピー機）などから発生する騒音の低減、快適な音環境の創造、音による構造物の状態を把握する研究などを行なっています。

戸井研究室では、コンピュータを用いて実験の結果を予測する数値シミュレーションや最新の計測機器を活用した自主的な研究活動を行なっています。これより、企業または大学院で要求される行動力、発想法、さらにプレゼンテーション能力などを身に付けます。

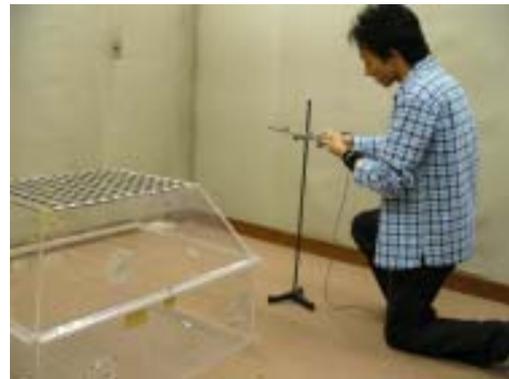
大学で「音についての研究をやってみたい！」「音についてもっと知りたい！」と思っている人はもちろんのこと、自分の進路を決めるためにちょっとのぞいてみたい人、どんなことをしているのか知りたい人、少しでも興味を持った人は気軽に立ち寄って下さい。

## ・研究室の様子

気になる研究室の様子を少しご紹介。



CAEによる音響解析をしています



音を収録するマイクを準備しています



加振器による振動実験をしています

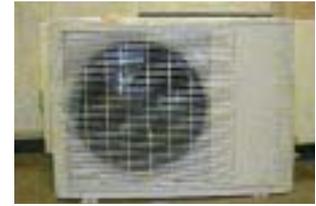


夏にはセミナーハウスに行きます

・現在の研究内容について

SEA を用いたエアコン室外機の騒音低減手法の開発

近年、生活環境の向上に伴いエアコンの普及率が高まってきています。また、様々な機械の低騒音化技術の発達によって、今まであまり目立たなかった音さえも問題化するようになってきました。このようなことから、エアコン室外機の騒音というものも生活騒音の一つとして問題となっています。そこで本研究では、統計的エネルギー解析法(SEA)を用いてエアコン室外機の低騒音化を検討します。



ファンを装備した電気機器の静音設計技術の開発

最近の電子機器の「小型短小」化により、容積が減っているにもかかわらず消費電力は増加しています。その結果、熱密度が上昇し機器温度はますます高くなる傾向にあるため、家電製品の中には小型冷却用のファンが内蔵されたものが多数見受けられます(例えばPCやプラズマTV)。しかし、ファンが内蔵されていると、ファン特有の騒音がユーザに不快感を与えてしまいます。そこで、この研究ではファンによる騒音を低減し、家電製品をユーザに快適に使ってもらえることを目指します。



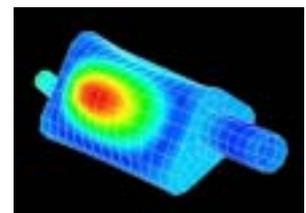
ブレーカにおける騒音振動の低減手法の開発

近年、多様化する生活環境の向上により、より快適な音環境の充実が求められています。なかでも特に建設工事から発生する騒音振動は非常に大きく、多くの住民からの騒音苦情の問題があとを絶えないのが現状であり、騒音振動低減の必要性があります。そこで、本研究では建設機械の油圧ショベルに取り付けるもので、建築構造物の解体、舗装版の打換や岩を砕くのに使用されている「油圧ブレーカ」の騒音振動低減を目指します。



自動車排気系の形状を考慮した排気音の予測

従来、低減される方向であった自動車の排気音は近年では車種に適合した音質へと創り込まれるようになってきました。その一方で、自動車の軽量化やコスト低減のためにマフラ構造が簡素化されるため音質を創り込むことが困難です。本研究ではマフラの音質を調査し、構造変更することによる音質設計を目標としています。



構造変更による超音波素子の音圧レベル向上

近年、私たちの身の回りで、超音波を用いた装置が使用されています。超音波装置は屋内外とわず、あらゆる環境での応用が期待され、それに伴ってより大きな音の出力が要求されています。本研究のターゲットである超音波スピーカには超音波を発生させる超音波素子を用いており、スピーカの性能はその素子によって決定付けられます。現状の超音波素子は最大音圧値の限界内で使用することになりますが、その最大音圧値を上昇させれば応用範囲が広がってきます。そこで、本研究では構造変更による音圧アップを目指しています。



### 自動車吸気系 TL 簡易性能予測による車室内音設計

自動車にはさまざまな騒音源があります。その中でもエンジン、吸気排気系は車室内に対する寄与が大きく、近年では技術の革新により騒音は低減され快音化へと技術はシフトされました。本研究では吸気系に着目し車室内音を音質評価することにより、ニーズに合った音の作りこみをして吸気系を設計します。



### 統計的エネルギー法による類似コンポーネントへのパラメータ転用

低振動・低騒音であるということが製品の価値を示す現在、設計段階における振動・騒音設計が重要視されています。その際の振動・騒音予測手法の一つに統計的エネルギー法（SEA）という手法があります。これは、周波数の高い領域で非常に有効な手法ですが、そのために大きな実験コストがかかってしまうという問題点が挙げられます。本研究では、この実験コストをいかに削減するかということを検討しています。



### 生体情報を用いた医療機器の快音化手法の開発

医療環境が入院期間短縮や自宅医療を望む患者の増加などにより病院での医療から自宅医療に変化しており、それに伴い医療機器に求められる仕様が大きく変化しつつあります。そこで本研究では「安眠できない」といった今までの稼働音を、生体情報などを用いた音質評価から定義した「安眠しやすい」といった快音を作り上げる事を目標としています。



#### ・おわりに

現在の研究内容についていくつかをみなさんにご紹介しましたが、どの内容についてもみなさんの身近にあるものがテーマとなっていたと思います。音声に代表されるように、「音」というものはみなさんの生活において、切っても切り離せない重要なものなのです。

適当な音を出すというだけならば簡単にできて、目的にあった音を出すことや、不快に感じる音を出ないようにすることは非常に困難です。身近にあるけれども、普段は特に気に留めていないことの多い「音」。この機会にぜひ一度戸井研究室をのぞいてみてください。

戸井研究室ホームページ：<http://www.mech.chuo-u.ac.jp/~toi/lab/>

## 流体力学研究室（中山 司教授）

### ■ 流体力学ってなに？

機械はそれ自身が動くか、あるいはその中に動く部分を持っています。動けば、周囲の空気や水と干渉し、流れが生じます。その流れの性質や流れが機械に与える影響を調べることは機械の性能を向上させる上で重要です。たとえば、自動車にとって少ないガソリンで長い距離を走行できることは環境汚染や省資源の観点から重要な性能ですが、それを実現するためには、自動車の周囲の空気の流れを調べ、流れが自動車にどのような影響（たとえば空気抵抗）を及ぼすかを調べる必要があります。このように、水や空気のような流体（流れる物体）の影響を調べ、機械の性能向上に役立つ情報を手に入れる学問が流体力学(fluid engineering)です。当研究室では、実験とコンピュータによるシミュレーションによって、流体の流れの性質を調べています。

### ■ 百聞は一“験”に如かず

流体力学の研究は、流れを観察することから始まります。図1は当研究室が所有する2次元煙風洞です。流れを観察すること（可視化）を目的とした風洞で、風洞内の置かれた模型のまわりに白煙を流して流れを可視化します。図2に飛行機の翼の断面形まわりの流れの可視化例を紹介します。



図1 2次元煙風洞

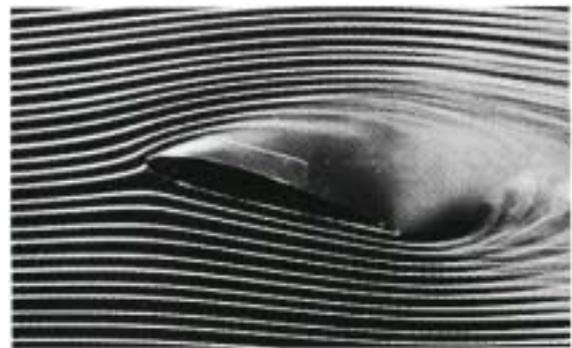


図2 翼型まわりの流れの可視化

### ■ Virtual Reality の世界 コンピュータシミュレーション

「理論は実験を省略する手段である」と言われます。実験によってデータを積み重ね、そのデータの中から物理現象の中に潜む普遍的規則性を発見し、それを数式化して理論が構築されます。そうして導かれた理論式を使えば、わざわざ実験をしなくてもどのような現象が起こるかを予測できるという意味です。最近では、理論式を解くためにコンピュータが使われるようになりました。これをコンピュータシミュレーションといいます。コンピュータの性能の飛躍的な向上に支えられてコンピュータシミュレーションは高い精度で機械設計のためのデータを提供できるようになりました。その計算技術は体系化されて計

算流体力学(Computational Fluid Dynamics, 略して CFD)という新しい学問分野を生み出しました。航空機, 自動車, 新幹線などの初期設計では計算流体力学の手法が有効に利用され, 設計に要する時間が大幅に短縮されています。また, スペースシャトルの大気再突入時の空力加熱や原子力発電所の事故による冷却液(液体ナトリウム)の噴出など, 地上では実験が困難な現象のシミュレーションにも利用されています。最近では品質向上によってコンピュータの記憶媒体としても使われるようになったCD(Compact Disc)ですが, その品質向上の裏には, 型内での溶融プラスチックの流動, 冷却, 成形の様子を流体力学の理論に基づいて正確に予測することが可能になったことがあります。当研究室では, 流れのシミュレーションのための新しい計算方法や計算結果の表示法, たとえばアニメーション化の方法などについて研究しています。

以下で, 当研究室で行われた研究の中から, コンピュータシミュレーションの例を紹介しましょう。

図3は, 流れの中に置かれた円柱の下流にできる流れのパターンを計算したものです。

a b cの順に時間が経過しています。閉曲線で表される部分は渦です。時間の経過に従って, 円の上と下から交互に渦が発生しているのが分かります。

このような流れのパターンをカルマン渦列といいます。

このような周期的な渦の発生によって円柱は上下方向に周期的な力を受け, その結果, 円柱は上下に振動します。この円柱が高層ビルだとしたら, このような振動によってビル内で働く人々は船酔いに似た不快感を感じてしまいます。そこで, ビルの揺れを押さえる制振装置が必要になりますが, そのような装置の開発には, こうした物体まわりの流れの性質を調べるのが重要になります。

図4は, くさび型の物体が落下して水面に衝突する現象の計算結果です。

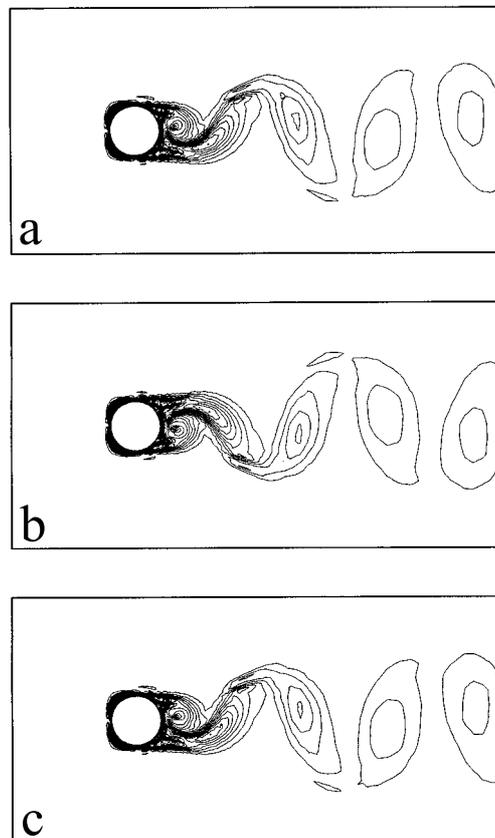


図3 円柱まわりの流れ

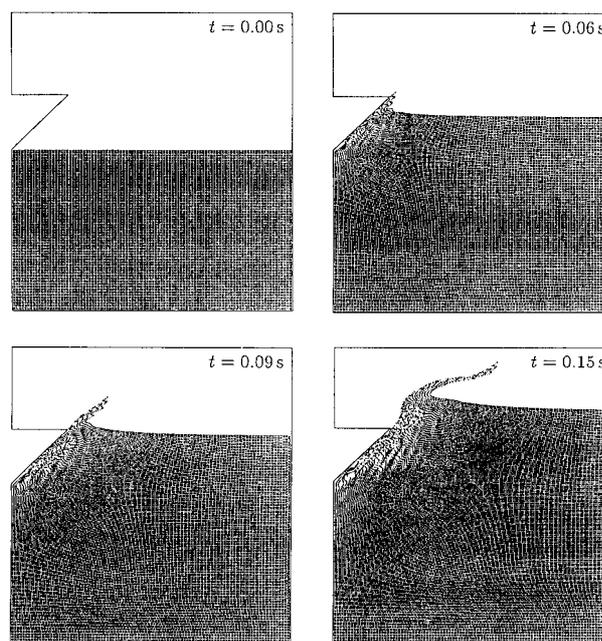


図4 くさび形物体の着水現象

物体が衝突した水面付近で水しぶきが上がっているのが再現されています。このような計算によって、水が物体に及ぼす衝撃力を求めることができます。こうして得られる計算結果は、たとえば、飛行艇の艇面や船舶の船底の強度設計に応用することができます。

近年、高圧で吐出された、直径1\$¥,\$mm程度の細いビーム状の高速水噴流によって物体を切削する技術が注目を集めています。切削工具としての、このような高圧水噴流を“ウォータージェット”といいます。医療分野では、切断に伴う発熱がないので切断面の細胞組織の変性や壊死を起こす心配がないことから、手術用のメスとしての利用も試みられています。当研究室では、高速水噴流による切削の仕組みと切削に対する材料特性の影響を明らかにすることによってウォータージェットによる切削加工の高精度化をはかるために、高速水噴流による固体の切削現象の計算機シミュレーションについて研究しています。

図5は、シミュレーション結果の1例です。この計算例では、切断される固体と切断する水噴流はどちらも粒子の集合体として表現されています。個々の粒子は、流体力学と固体力学の理論式に従って移動し、結果として固体と水の変形の様子が表現されます。水噴流によって固体が切断される様子が観察できます。

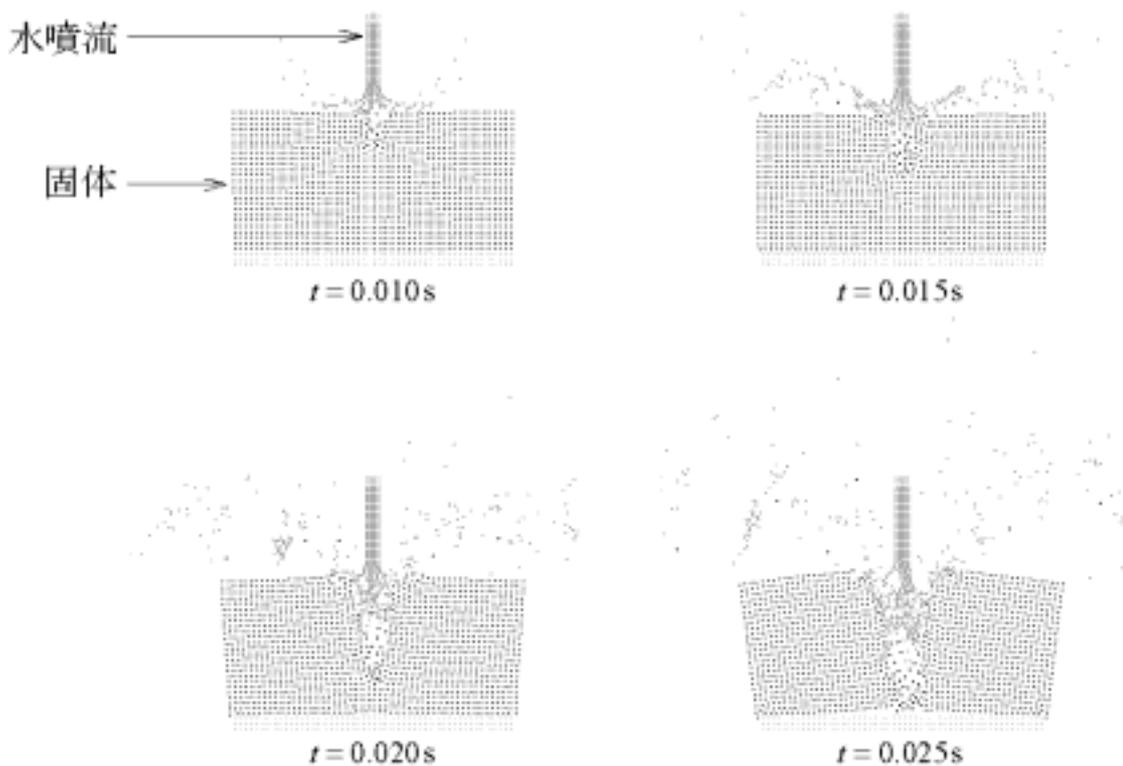


図5 水噴流による固体切断のシミュレーション

# 生産情報システム研究室（平岡弘之教授）

公開研究室： 2号館5階2553号室

生産情報システム研究室では、生産情報、すなわち、＜生産の中で使われる情報＞について研究しています。

- ・生産情報のあり方： 生産に関する情報は、どんなふうに表示すればよいか
- ・生産情報の活用法： 生産情報があれば、こんなことまでできる
- ・生産情報のためのしくみ： 生産情報を利用するのに適したシステムとは

を考えます。

最近の CAD/CAM/CAE や産業用ロボットなどの生産システムの発展はめざましいものがありますが、それらがほんとうに有効に機能するためにはどんなことが実現されなければならないか、精密機械の分野での情報のあり方はどうあるべきかに関心があります。今求められている持続的社会的実現のためには、適切な生産情報の扱いが必須です。

「生産情報は世界を救う」をキーワードに、日本の活路を切りひらき精密工学と情報技術とをつなぐ仕事をめざしています。具体的には現在次のテーマで研究を行っています。

## 国際規格 STEP を用いた製品モデル間の対応付け

CAD/CAM/CAE など生産分野でのコンピュータの利用が広がるにつれて、異なる生産ソフトウェア間での情報の交換と共有を容易に行えることが、生産の効率に大きな影響を与えることが明らかになってきました。

異なるシステム間で生産情報を交換・共有するには、人間が外国語を理解するときと同様に、それぞれのシステムのデータを表す言葉の間で意味の対応関係をつける必要があります。

そのため我々は、各システムのデータモデルをグラフィカルに表示し、異なる製品データモデル間の対応づけをコンピュータで支援する手法を研究しています。開発にあたっては、複雑かつ膨大になる製品モデルを表現し対応付けるために、製品モデルの国際規格 STEP の技術を利用します。

現在、STEP で定めた図式表現で製品モデルを表現し、製品データモデル間の対応関係の定義を支援するソフトウェアツールを JAVA 言語を用いて開発しています。図 1 はその試作システムの画面です。

## ネットワークエージェントを用いた製品のライフサイクル支援

環境問題への対応ということだけでなく、生産の効率化をはかるためにも、企業は、製品を作った後も、運用、保全、改良、廃棄、回収など最後まで製品の面倒を見る体制を整えることが要求されるようになってきました。他方、利用者も、使っている製品や部品の効果的なリユース、リサイクルを行わなければなりません。また、リユースが行なわれることを考えると、それぞれの製品や部品は、ひとつずつ異なる履歴をもつことになるので、個別に管理する必要があります。

これらの点を考慮すると、大量生産方式のようなすべての製品や部品に同じ処理を加えるこれまでの方法をとることはできず、個々の部品に視点をおいた手法の開発が必要です。

我々は、機械製品の部品に電子タグ（RFID）を添付することで固体識別を行ない、一つ一つの部品が設計、組立、利用、保守、リユース、廃棄などの段階ごとに異なる場所へ移動するのにつれて、ともにネットワークを移動して作業を行うソフトウェア（ネットワーク・エージェント）を設けることで、機械製品の一生にわたってその活動を支援するシステムを提案・開発しています。図2に生産、利用、保守の三か所を想定して作った試作システムの様子を示しています。

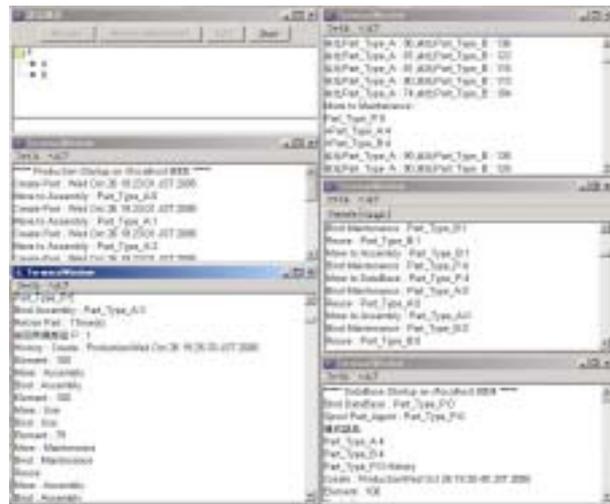


図2 部品のライフサイクル支援のためのネットワークエージェント・システムの試作画面

### 組立品モデルによる組立シミュレーションに基づく組立性の評価

組立構造は、製品モデルの中核となる表現です。CADやCAEなどの生産ソフトウェアも単一の部品だけでなく組立品をも扱うようになりつつあります。組立品の情報はどのように表現するべきか、組立作業、機構、寸法公差などの解析やシミュレーションでは、組立情報をどう扱えばよいかについて研究しています。現在は、機構解析の手法を用いて組立途中の製品の状態を推測し、製品の組立てやすさを評価するしくみを開発中です。図は開発中の試作システムの実行画面です。

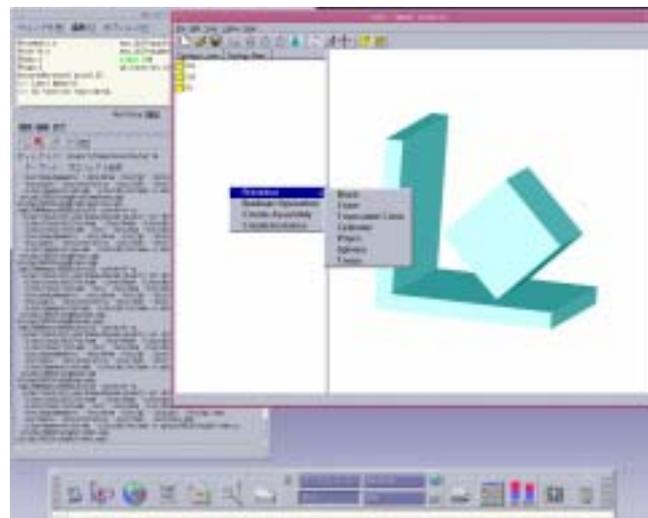


図3 組立挙動解析試作システム

### 力情報ユーザインタフェース

コンピュータの中で立体を扱うCADなどでは、3次元形状を容易に扱う機能が重要です。一方、仮想現実感（Virtual Reality）の研究では、力覚や接触覚の情報を入力、フィードバックする手法が研究・開発されています。VRは、3次元形状を立体視する特殊な眼鏡ディスプレイと並進3自由度、回転3自由度の計6自由度の力感覚のフィードバックを通じて、あたかも操作対象が実在するかのような体感を与えるものですが、装置がまだ高価・複雑なうえに精度の良い「リアルな」現実感を再現するには至っていません。

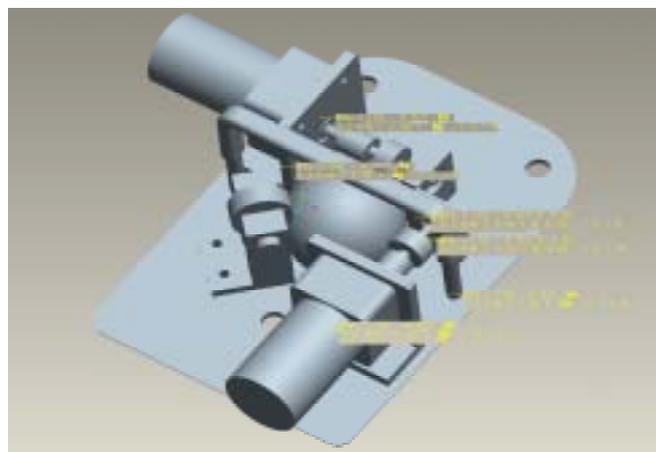


図4 力情報ユーザインタフェース設計案

我々は、設計などの実用的な場面では、2次元の図面やディスプレイで視覚的情報が十分機能しているように、力情報についても6自由度も力感覚は必要ではなく、かえってより限定された自由度の力感覚の方が操作しやすいのではないかと考えています。そこで、2ないし3自由度の力情報ユーザインタフェース装置（「動くネズミ」!?）を試作し、6自由度の力感覚を3自由度に「投影」する方法と、3次元形状を操作する場合の力情報の自由度の適切な制限方法、を研究・開発します。

### 製品データ品質の解析

近年、CADなどの製品データを転送した場合、システムの精度の違いや不適切な処理によって、送り手側のデータが受け手側では壊れてしまう例が多く、このため壊れたデータの修復に膨大な手間と費用が費やされていることが判明してきました。このような製品データの不具合を検出するソフトや修正するソフトが市販されている一方、なぜどのようなしくみでそのような不具合が生じるかについては、解析が進んでいません。本研究では、形状のパラメータを様々に変化させ、解析の基礎となるデータの収集を進めています。図5は、製品データの不具合を検出するPDQツールによって検出された不具合の例です。

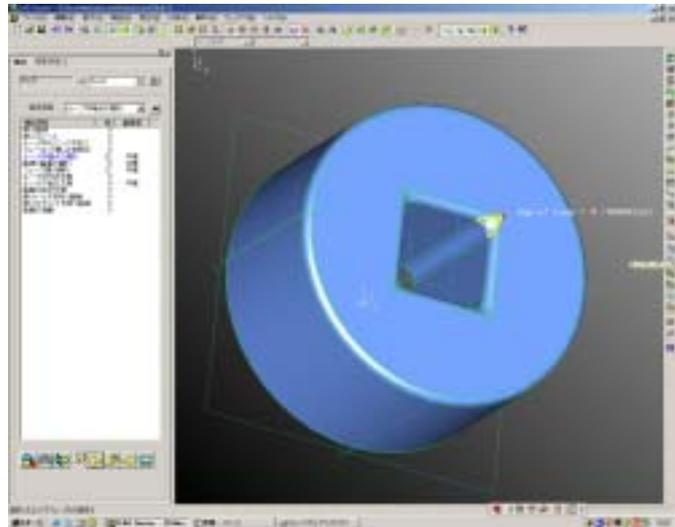


図5 PDQツールによるCADデータの不具合検出例

卒業研究生を募集します。

卒業研究がこれまでの授業と異なるのは、先生から学生諸君へ知識を伝えるのではなく、諸君の方が自分で新たな知識を作り出していくという点です。情報の流れから見ると、流れの向きが逆転することになります。自分から積極的に調べ、考え、作って、発信する意欲のある学生を求めます。

コンピュータやソフトウェアについて特段の知識はいりません。もちろんパソコンが好きな人にとっては、「パソコン少年からワークステーションボーイへ」脱皮するチャンスです。

---

生産情報システム研究室

中央大学工学部精密機械工学科

ホームページ：<http://www.mech.chuo-u.ac.jp/hlab/>

電話： 03-3817-1841

## 熱エネルギーシステム工学研究室（松本浩二教授）

### 研究室紹介

自動車のエンジン内の熱エネルギーの効率良い伝達、コンピュータ等の精密機器の高機能化に伴う、その内部で発生する熱の排出、部品の高精度加工のための温度制御など大変重要となっています。さらに、社会的キーワードである“省エネルギー”及びCO<sub>2</sub>の排出抑制“実現のための熱の貯蔵技術の確立、また臓器及び食品等の凍結保存・解凍技術の確立”なども重要かつ緊急な課題です。これらはほんの一例ですが、この様にあらゆる状況下で熱（伝熱現象）に関わる問題が起こり、それら重要な問題を解決するのが“伝熱工学”です。さらに、今後益々他分野における先端技術を含む広範囲な領域において伝熱工学的立場からの検討が重要かつ不可欠になってくると考えられます。

本件研究室では、融解・凝固を伴った伝熱現象に関する研究を中心として、現在、“エコアイス”の商業で有名な氷蓄熱に関する研究を主としています。氷蓄熱が普及すると日本全体でCO<sub>2</sub>が約62万トン削減できるという試算もあり、環境負荷低減に大変役立つ技術です。また、凍結を利用した廃液処理・食品の濃縮技術の確立、臓器の凍結保存を目標とした細胞の凍結過程の解明、PC内の冷却過程の数値シミュレーション、分子・原子レベルでの凍結現象の解明等の伝熱工学と他分野との境界領域も研究対象とします。

### 研究テーマ

#### 松本研 主な研究テーマ一覧

1. 氷蓄熱における新たな機能性流体の開発
2. 高機能氷スラリーを利用した次世代型氷蓄熱システムの開発
3. 電荷を利用した壁面氷結防止に関する研究
4. 固体材料と氷の付着における界面現象のマクロ・ナノレベルでの解明
5. 凍結現象を利用した食品濃縮又は廃液処理に関する研究
6. PC及び携帯電話内における冷却プロセスの数値シミュレーション
7. エマルション及び氷スラリーの熱物性値の測定

次頁から、それぞれのテーマの概要です。研究室紹介



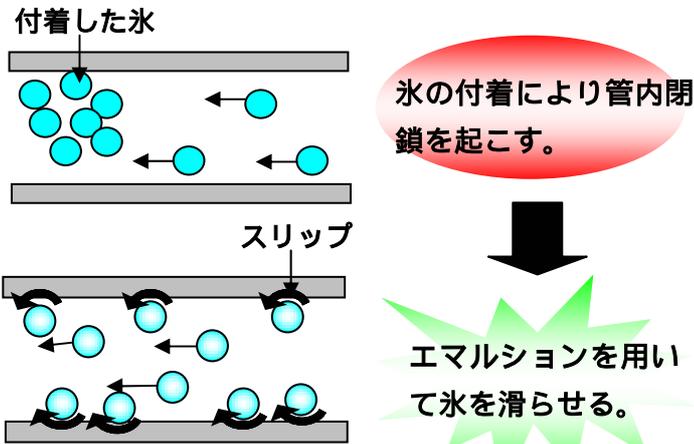
## 1. 氷蓄熱における新たな機能性の開発

本研究では機能性流体として **W/O 型エマルション** を用いている。エマルションとは互いに混じり合わない 2 種の液体（水と油）で一方が他方の液体に微粒子状で分散しているもののことである。W/O 型とは、油上に水が分散している状態を示す。O/W 型の場合はその逆となる。



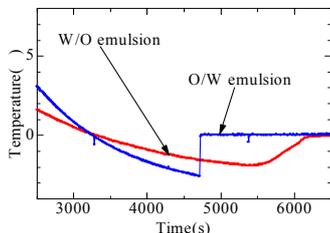
W/O 型エマルション

ダイナミック型氷蓄熱システムにおいて、一番問題となるのは氷を輸送する際にパイプ内で氷が付着し詰まってしまうことである。これを管内閉鎖と呼ぶ。



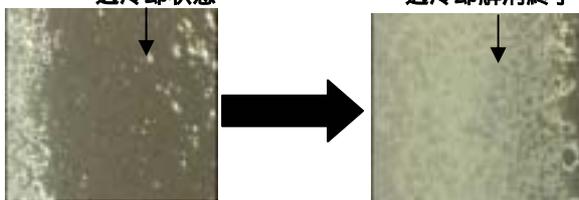
### 管内閉鎖の防止

本研究では管内閉鎖を防止する材料としてエマルションを用い、その蓄熱材としての性能を評価することを目的としている。最後に蓄熱材の評価実験を紹介する。ここで、過冷却とは凝固点以下に冷やしても固化が起こらない状態を指す。



### 特異な過冷却解消特性

#### エマルションの過冷却解消特性



エマルションの過冷却の伝播

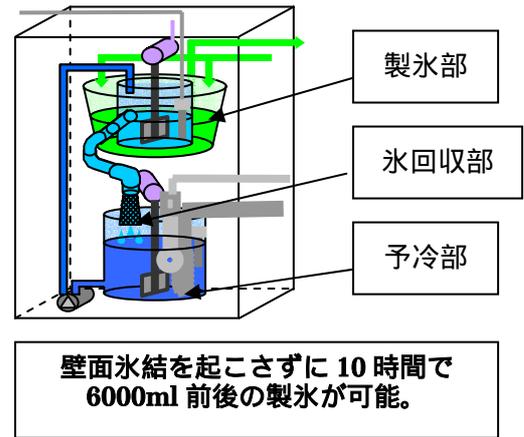
## 2. 氷蓄熱を対象とした氷すらりーの連続生成に関する研究

深夜電力で製氷を行いこの氷の冷熱を昼間の空調として利用するのが氷蓄熱システムである。CO<sub>2</sub> 排出量の削減が可能となり環境負荷低減につながる。

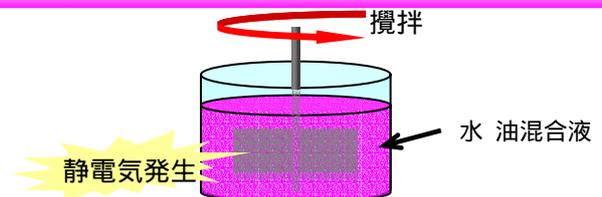
ビル空調 900KWh  
のうち 10% を  
氷蓄熱システムに  
適用

CO<sub>2</sub>62 万 t 削減

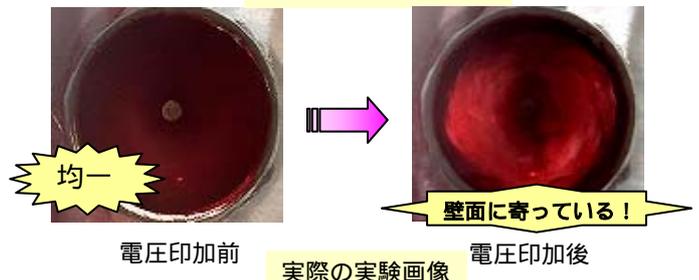
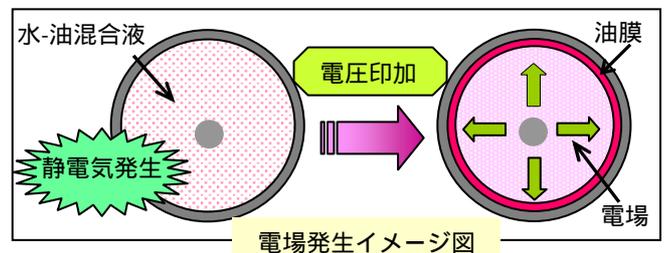
本研究では昨年まで以下のような装置を作成し、蓄熱材として水 - 油 - 添加剤の混合液を用いて連続攪拌製氷実験を行った。



## 3. 電圧印加による壁面氷着の防止・抑制に関する研究

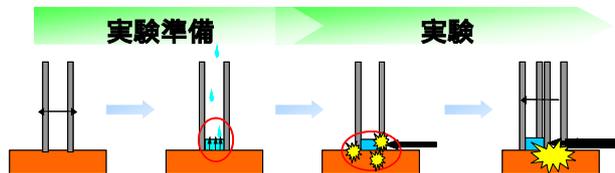
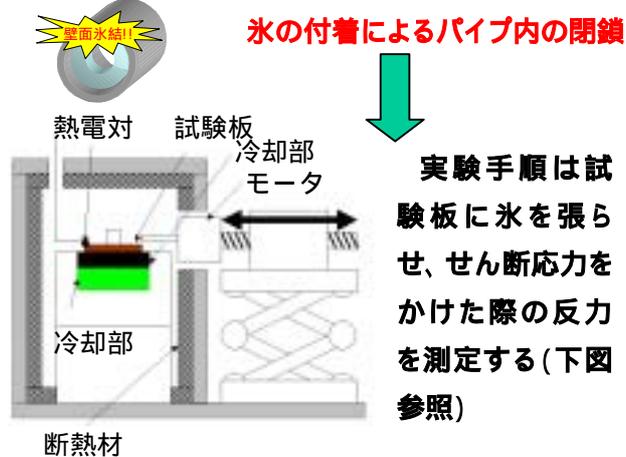


水-油混合液を攪拌すると混合液に静電気が発生する。静電気により帯電した油に、電圧を印加することで油を壁面近傍に寄せ、その油層によって伝熱面へ油を寄せることは出来ないか検討しています。



#### 4. 氷-固体界面における付着現象の解明

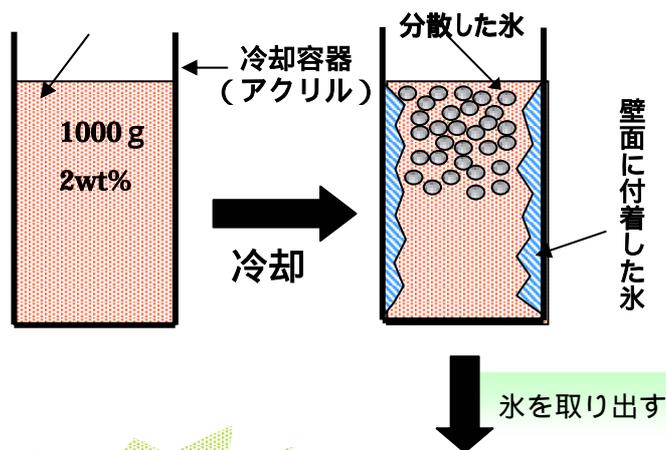
ダイナミック型氷蓄熱システムは、管内閉鎖してしまうという問題がある。そこで、氷結を起こしにくい材料・状態を模索する共に氷-固体界面での氷の付着現象を解明することを目的とおく。



#### 5. 凍結を利用した廃液処理に関する基礎研究

本実験は水溶液が凍る時、氷結晶から液体側に溶質が排出される性質を利用した凍結分離法を用いて、廃液に見立てた水溶液を希薄液（氷部分）と濃縮液（液体部分）に分離する実験である。廃液のモデルとして、工業用廃液に見立てた2wt%水溶液を使用している。以下にモデルを示す。

エチレングリコール水溶液



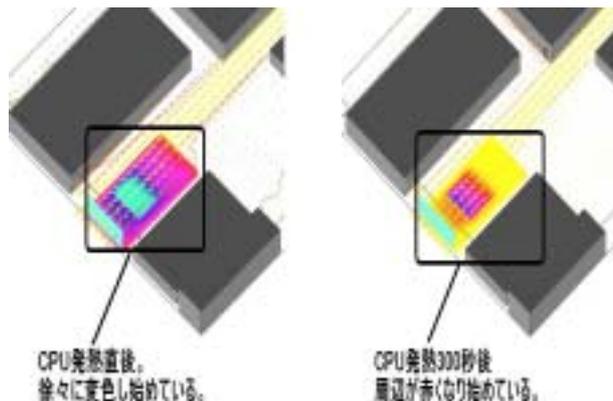
約 20 分の 1 に希釈可



#### 6. PC 及び携帯電話内の冷却プロセスの数値シミュレーション

当研究では携帯電子機器の CPU の熱解析を行っている。CPU はとても熱に弱く、発熱し易いという欠点を持っている。この熱を如何にして排熱するかが当研究の課題となる。

廃熱方法としてはファンによる強制対流、自然空冷などがあり、風の動きの影響が大きい為、部品の配置が重要となる。熱解析は CFD というソフトを用いて上記にある、風と部品配置を変えて解析を行っている。下図の様に CFD は温度変化を色の変化で見ることが出来る。



#### 7. エマルション及び氷スラリーの熱物性値の測定

システムの設計において必要不可欠な、蓄熱材（エマルション）の熱物性値の測定を目的としています。Fig.1 の装置を用いて測定を行います。また測定結果を以下に示します。

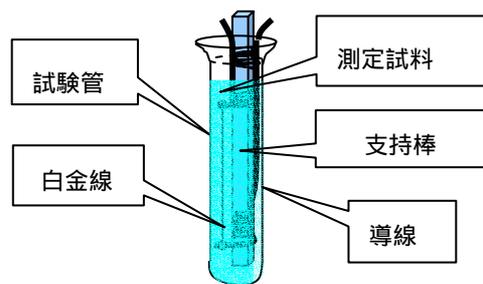


図 1 測定部

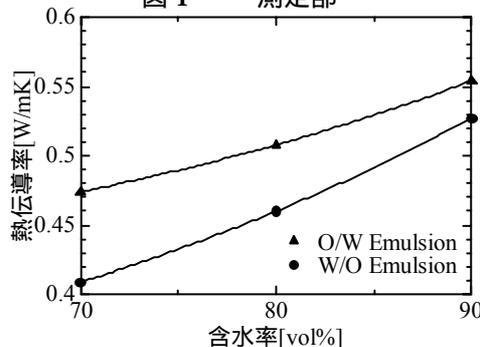


図 2 測定結果

# マイクロ機構研究室（村奈嘉与一教授）

## ・精密機械技術の現状と将来

機械は時代とともに変化し続けています。数十年前までは機械技術は重圧長大分野が中心でしたが、それも近年の身近な電子機器、情報機器、精密機器を見ると分かりますが、サイズが年々小さくなっていることがお分かりになると思います。サイズが小さくなることは単にコンパクトになっただけではなく、そのスペースにさらなる部品を搭載することでより精度の高い機器を作るのに必要不可欠です。今日技術発展の目となる研究においてはあらゆる分野においてマイクロ化が求められています。たとえばバイオ分野では DNA に関する研究、エレクトロニクス分野では分子、原子のスケールでの研究段階に入っています。

さらに、将来の機械技術についても機械の小型化が重要なテーマになります。「機械の小型化」における最大のテーマに挙げられるのがマイクロマシン技術です。マイクロマシン技術はまだ研究段階の技術であり、まだあまり目にする機会はないかと思いますが、マイクロマシン技術が発展すると今までは不可能と思っていたことが可能になると予想されます。たとえば、医療の世界ではドラッグデリバリーシステムという技術が期待されています。これは体内に薬を搭載したマシンを送り込み、患部まで移動させたらそこで薬を投与するといった技術です。他にもマイクロファクトリー技術も注目されています。これは何を製造するにも大きなスペースを必要としていた工場をテーブルに載る程度の大きさまで小さくするといった技術です。

このようにマイクロマシン技術の発展により期待できる技術発展は無数に存在しています。

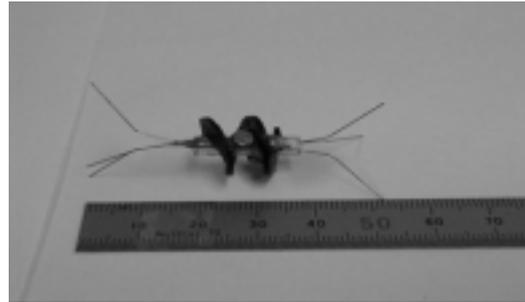
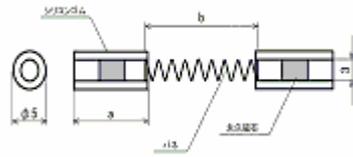
## ・本研究室の目的および方向性

これらの技術を支えるさまざまな基幹技術の中でマシン、アクチュエータの構造（マイクロメカニズム）技術とそれらを計測・制御する（マイクロセンサ）技術は重要なテーマとなっています。本研究室ではこれらのテーマに加え、様々なテーマについて研究しております。ここでは研究テーマのいくつかを紹介致します。

### 1. 管内走行マシンの研究

この研究は様々な狭小空間で走行するマシンを設計、開発しております。しかし単純に小さくすれば小さな空間で動くかといえば結論は動きません。これは現実でも考えられる問題ですがアリは壁を自由に登ったりする姿が想像できますが同じことを人間や象がやろうとしてもできません。これはアリの寸法の世界が人間の寸法の世界とは力の働き方が違うことを意味しています。

また小さな空間を走行させる時には掃除機のようなコードがついていると邪魔になることが想像できると思います。このため、電源ケーブルを用いた構造はマイクロメカニズムに不向きであると考えられます。本研究ではそういったサイズなどの様々な問題点を考慮して、小さな世界（管内）でも運動ができるメカニズムについて研究しております。

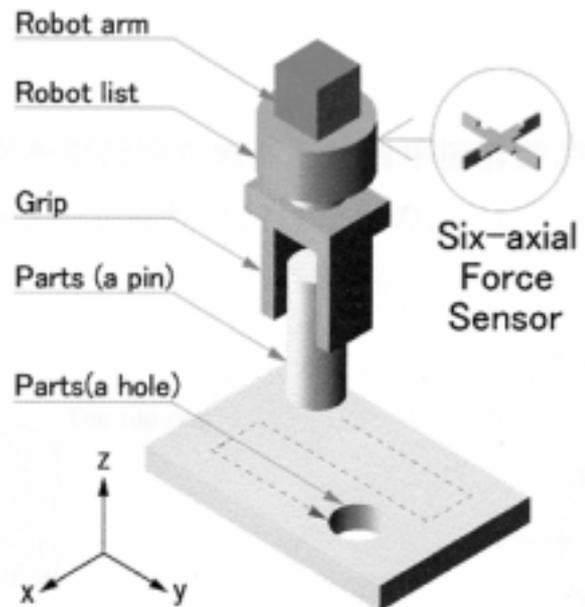


管内走行マシン

## 2. 6軸力覚センサの研究

ロボットに修正を行わせるには、人間のように外部変化に柔軟に適應する制御が必要です。そのために注目されているのが力覚センサの研究です。力覚センサの中でも6軸力覚センサは、立体を表現する3次元直交座標（X軸，Y軸，Z軸）で見たとき、ある一点に作用する外力を各軸成分の荷重（3成分）と各軸周りのトルク（3成分）の合計6成分を個別かつ同時に検出することができるという点で優れています。しかし一般にこのセンサは高精度の検出特性かつ高剛性の構造が求められるため、検出部に精密な加工をした弾性要素を用いて構成されることから高価であることが問題点に挙げられます。

そこでこの研究では従来の機能を備えつつ、小型化，軽量化し，製作が容易であり，かつ製作費安価であるセンサの実現を目的としています。



## 3. 触覚センシングの研究

従来のロボットハンドを利用した組立作業では、視覚情報や力覚センサなどの複数のセンサシステムを必要としてきました。そこで本研究では、把持物体の輪郭情報と同時に把持物体に働く環境からの力の大きさに関する情報を得られる触覚センサについての研究をしています。このセンサを利用することでシステムの小型化と簡易化が期待できます。

## 4. 能動カテーテルの研究

現在、本研究では気管支用能動カテーテルの研究に取り組んでいます。患者への

負担はもちろん使用する医師への負担も軽くすることを考慮し、より挿入しやすい能動カテーテルの製作を目的としています。すなわち、カテーテル先端部を自由に屈曲させることによって複雑な経路でも容易に挿入が可能となると考えられるため、無線式のエネルギー供給で先端部の屈曲を実現させるということです。

更に挿入性だけでなくいくつかの機能を有するようなカテーテル（単独で用いるのはもちろん、気管支鏡のオプションとしても使用できるような機能性カテーテル）でかつ、消耗品であるため安価で簡易構造であることの実現を目指しています。

## 5. 指腹部センサの研究

触覚センサにおいてヒトの指先を模したセンサの例が極めて多くなっています。これは、ヒトの指先に集中している神経が非常に優れた情報認識を可能としている点や、ヒトの手や指が優れた把持機能を有している点からです。現在見られる指先型センサの多くは外壁に金属等の硬い材質のものが用いられており、ヒトと接するような環境での把持動作を担うセンサとして好ましいとはいえません。しかし、把持物体を保護するためにゴムのような歪みが大きく出るもののみで構成したセンサではヒステリシスが大きく現れるためセンサとして適していません。

そこで、本研究では、6軸力覚センサと同様に単純・小型化やヒステリシスの軽減を目指してセンサを開発し、様々な実験を通して実用性の検証を行っています。

1. 本研究室では以上のテーマの研究を中心にいろいろな研究活動をしています。

# 知的計測システム研究室（梅田和昇助教授）



教室番号：2301，2305，2315

## 1. 研究室概要

梅田研究室では、ロボットなどの知能機械のための“知的な計測”技術の実現を研究テーマとしています。研究範囲は“画像処理”を主体とし、移動ロボットのセンシングシステムの構築、ジェスチャ認識などによる自然なマン・マシン・インタフェースの実現、視覚・触覚の融合、新しいセンサの開発など多岐にわたっています。



## 2. 研究の概要

### 2.1 AIBO を使った研究

RoboCup は、ロボット工学と人工知能の融合、発展のために自律移動ロボットによるサッカーを題材として研究されています。現在では、サッカーだけでなく、大規模災害へのロボットの応用としてレスキュー、次世代の技術の担い手を育てるジュニアなどが組織されています。

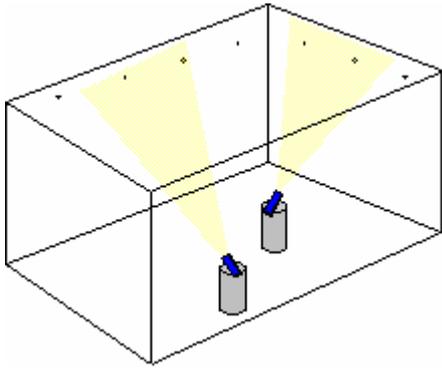
#### RoboCup

我々、梅田研究室では、大隅研究室と東京大学・新井研究室と共同で、4足ロボットリーグに参加しています。このリーグでは、すべて同じ機体（AIBO）を使って試合が行なわれるため、プログラミングの優劣が勝敗を左右し、特に画像情報からの自己位置同定やボールの位置計測、行動決定が重要になっています。



### 2.2 移動ロボットを使った研究

近年、工業分野をはじめとして様々な場所でロボットが活躍しています。特に最近では、家庭へとその活躍の場を広げようとしています。そこで本研究室では、従来の複雑な操作方法から誰にでも簡単にロボットとコミュニケーションをとれるような新しい操作方法の構築を目指しています。



### 赤外 LED を用いたロボットの位置・姿勢の測定

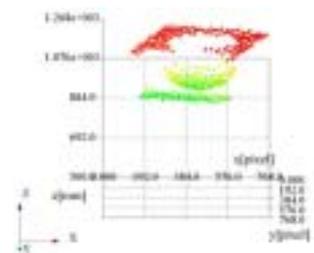
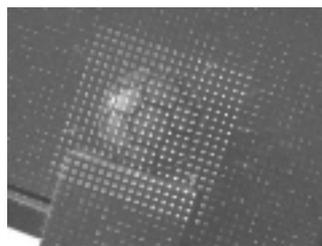
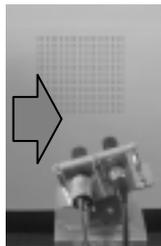
移動ロボットに搭載されたカメラを用いて、壁に取り付けられた赤外 LED を検出することによって、ロボットの位置・姿勢を求める研究を行っています。移動ロボットが自律して移動するためには、ロボットが今どこにいてどの方向を向いているかを知ることが重要になります。赤外 LED を用いることで、人間の邪魔をせずに自己位置を測定することが可能になります。

## 2.3 新たなセンサの開発と応用

機械の小型化、多様化のニーズに伴い、画像情報を用いた新しいセンサの開発と応用について研究しています。

### 小型距離画像センサの構築と移動ロボットへの適用

移動ロボットなどに搭載可能な小型の距離画像センサの研究です。本研究では市販のレーザプロジェクタ及び CCD カメラを用いた小型で安価な汎用性の高いセンサを開発し、リアルタイムでの距離計測を可能にしています。



### ～2足歩行ロボットへの適用～

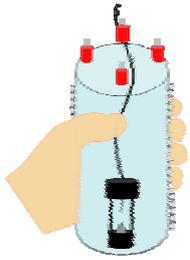


移動ロボットが自立的に移動する際に、距離を精度良く計測することは重要な要素の一つです。本センサを 2 足歩行ロボット「HOAP-2」に搭載し、数ミリ程度の障害物を認識できることが確認されています。

### 爪の歪み情報を用いた指先接触力推定

把持運動（ものを持つ動作）の解析のために、爪の歪みから指先の力を計測する研究です。グローブ型の装置と違い、指の腹には何も付けないので実際と同じ状況で計測することが出来ます。本研究はお台場にある独立行政法人 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センターと共同で研究を行っています。最先端の機器・研究、優秀な研究者に囲まれた素晴らしい環境で研究をすることが出来ます。





### 光導波型触覚センサ

CCD カメラとシリコンラバーなどを組み合わせた触覚センサの研究です。触覚センサは人間の触覚を擬似的に実現させるものであり、接触物体の形状や圧力分布などを検出できる点が特徴です。この触覚センサを使えば既存のジェスチャ認識では得られ難い圧力分布などの情報が得られインタフェースとしての幅も広がると考えられます。

### 距離濃淡画像とカラー画像の合成による

#### リアルな3次元形状モデルの生成

コンピュータビジョンの様々な分野において、リアルな3Dモデルの需要が高まっています。本研究では、距離画像センサより得られた、3次元位置座標と濃淡値で構成される「距離濃淡画像」と、デジカメで撮影された「カラー画像」を合成することによって、高解像度で色付きの、リアルな3次元形状モデルを生成することを目的としています。

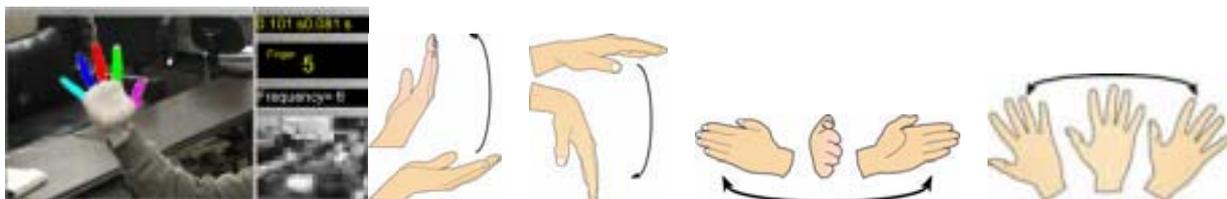
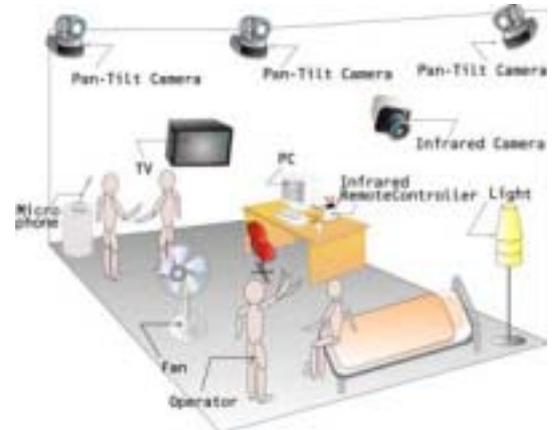


## 2.4 ヒューマン・インタフェースの研究

将来、人間の生活環境における機械のインテリジェント化が予想されています。そこで、ロボットや周辺機器を便利かつ実用的に操作するために、ジェスチャを用いた非接触のインタフェース技術に関する研究を行っています。

### インテリジェントルームのためのジェスチャ認識

部屋にある家電機器をリモコンやスイッチなどを使用せず、ジェスチャで操作する研究です。このシステムは、天井に設置したビデオカメラの映像から操作者のジェスチャを認識し、テレビのチャンネル操作、ボリューム操作などが行えます。システムは「手振り認識」、「指さし認識」、「指の本数認識」、「手のUP/DOWN認識」などから構成され、「操作者の位置の特定」、「操作対象の特定」、「テレビのチャンネル切り替え、ボリューム調節などの具体的な操作」が可能です。



## 3.おわりに

質問や興味などありましたら、気軽に研究室へお立ち寄り下さい。また、梅田研究室のHPもご覧下さい。 <http://www.mech.chuo-u.ac.jp/umedalab/>

# バイオメカトロニクス研究室(中村太郎専任講師)

Tel:03-3817-1825 Fax:03-3817-1820

URL: [http://www.mech.chuo-u.ac.jp/~nakalab/introduction\\_top.html](http://www.mech.chuo-u.ac.jp/~nakalab/introduction_top.html)

E-mail:nakamura@mech.chuo-u.ac.jp

## 1. 私たちの研究室について

中村研究室は2004年4月に発足しました。現在は2年目を迎え、指導教員の中村太郎を筆頭に、博士前期課程1年7名、学部生12名が在籍しています。本研究室環境の特筆すべき点としては、私立大学には珍しく？メンバー全員に机とパソコンが割り当てられています。そのお陰かどうかはわかりませんが、研究室のメンバーは、自由に活発な雰囲気の中で、それぞれの研究テーマについて意欲的に取り組んでいます。一風変わったロボットが多く、研究室内部はおもちゃ箱みたいになっておりますが、本研究室に少しでも興味を持たれた方は、お気軽にご訪問頂ければ幸いです。

## 2. バイオメカトロニクスって？

中村研究室は「バイオメカトロニクス研究室」と名づけられております。「バイオメカトロニクス」とは『Bio(生物/生体) + Mechanics(機械) + Electronics(電子)』の3つを組み合わせた学際的な新しい学問領域です。(図1)

とりわけ本研究室では、人間を含めた生物の運動やその機能を模倣・応用することで、福祉・医療・レスキューをはじめとしたロボットや人間と共存可能なメカトロニクス機器の開発を行っています。



図1 バイオメカトロニクスの位置づけ

## 3. 研究グループとテーマ

私たちの研究室では研究テーマを、「生物規範型ロボティクス」、「人間共存型マニピュレータ」、「次世代アクチュエータの開発と制御」という3つのグループに分けています。(図2)

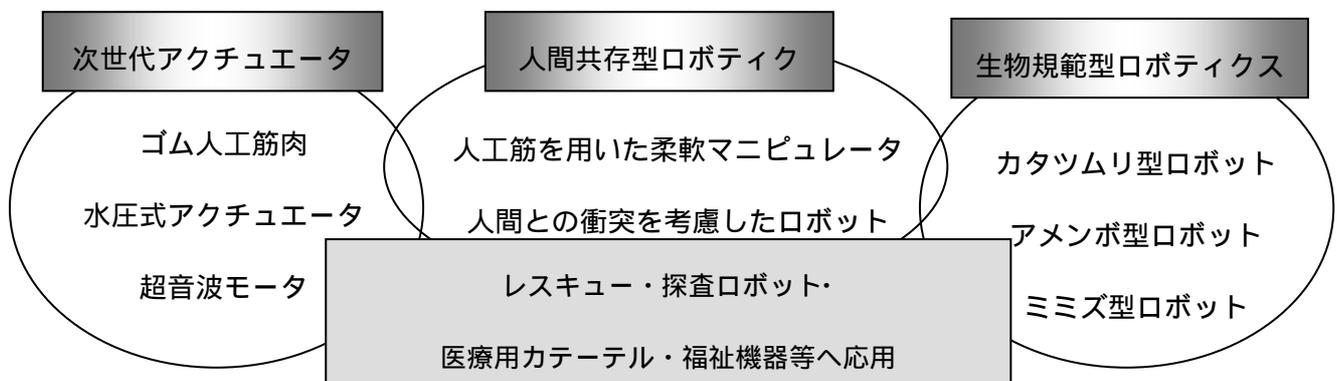


図2 本研究室のグループ分けと研究テーマ

### 3.1 「生物規範型ロボティクス」グループ

～お手本は、ミミズ・アメンボ・カタツムリ！～

地球上には、長い進化の中で優れた機能を有する生物が多く存在します。本グループはこれらの生物の解析を行うとともに、ロボットとして具現化することにより、様々な応用を検討しています。

#### ミミズを規範とした蠕動運動型ロボット

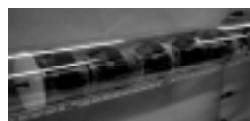
ミミズ独特の伸び縮みしながら進んでいく動きは蠕動運動と呼ばれています。蠕動運動は、移動に要する空間が小さく、不整地でも自由に移動可能であるといった長所があります。本研究では、この運動を規範としたロボットを開発することで、カテーテルをはじめとした管内移動や地中探査等への応用を目指しています。

#### アメンボを規範とした水上移動ロボット

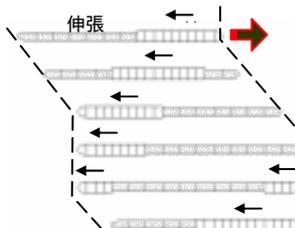
アメンボは、陸上での移動機構を持ちながら水上でも移動することができます。また浅瀬でもスムーズに移動することができ、急旋回も可能です。本研究では、アメンボをロボット化して機動性の高い水上移動を実現しました。

#### カタツムリを規範とした腹足移動ロボット

カタツムリを代表とした陸棲軟体動物の移動方式を腹足移動といいます。腹足移動は移動するための接触面積が大きく、不整地や急峻な傾斜においても安定的に走行します。また、上部に振動が伝播しにくいいため、福祉用の車椅子などの応用が考えられています。本研究では、サーボモーター-クランク機構により腹足移動を実現し、種々の走行試験を行っております。



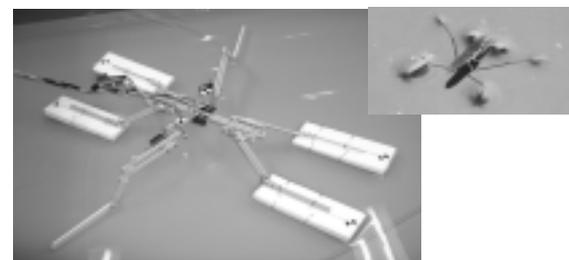
(a) 蠕動運動型ロボット



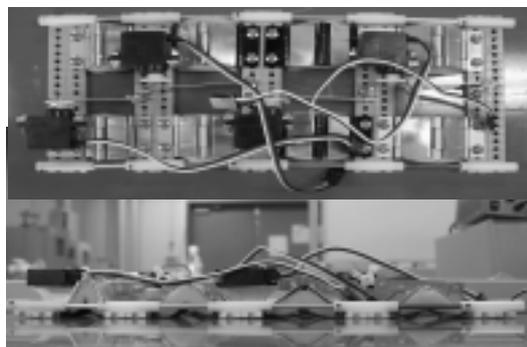
(b) 実際のミミズの運動パターン



(c) 移動パターンのひとつ



アメンボとアメンボロボット



カタツムリロボット

### 3.2 「人間共存型マニピュレータ」グループ

～人に優しい、柔らかいロボットをつくる！～

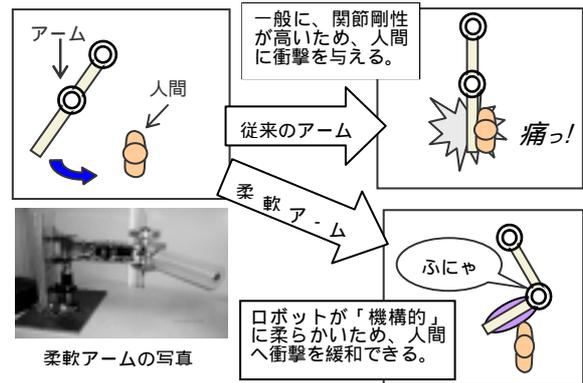
従来の産業用ロボットは、人間と隔離された領域で作業しています。今後、ロボットの医療福祉分野への適用を鑑みると、人間とロボットは同じ領域で作業することが必要となります。本グループでは、安全性が高く、人間と同様の特性を有するような柔らかいマニピュレータの開発を目指しています。

#### 人工筋を用いた人間の筋特性に近いマニピュレータの開発

人間と共同作業できるようなロボットは、本質的に人間の腕と同様の特性を持つ必要があると考えます。本研究では、アクチュエータとして人間と同様の特性を有するゴム人工筋肉を適用することによって、人間と共存可能なマニピュレータの開発を目指しています。

### 人間との衝突を考慮した柔軟アームの開発

ロボットといえば金属で出来た硬いイメージがありますが、本研究では、人間とロボットが安全に共存できるように、リンクや関節等が柔らかくなったり、硬くなったりすることで、万が一人間とぶつかった場合、その衝撃力を吸収してくれるような柔軟アームを開発しています。



### 3.3 「次世代アクチュエータの開発」グループ

#### ～人間の筋肉にかわる機械を作る！～

人間との衝突を考慮した柔軟アーム

人間を含めた生物の筋肉は、出力密度やエネルギー消費の観点から、最も理想的なアクチュエータであると言われております。本グループは、新しいタイプの人工筋肉の開発をはじめとして、様々な駆動方式に基づいたアクチュエータの開発およびその制御について研究しています。

#### 軸方向繊維強化型人工筋肉の開発と制御

本研究では人間の筋特性と同様の機能を持つようなゴム人工筋肉を開発しています。本研究室で開発している人工筋肉は、軸方向に繊維強化された人工筋肉で、従来のマッキベン型人工筋肉よりも大きな収縮率・力を出力することが可能です。この人工筋肉に種々の制御手法を適用することで、より高精度な機能を持たせたいと考えています。

#### 超音波モータの高精度制御

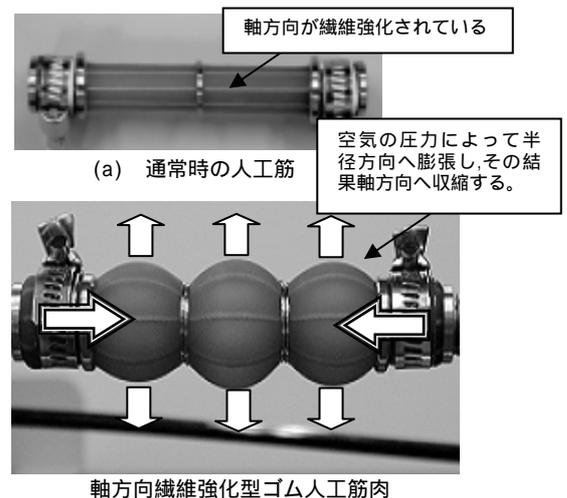
超音波モータは、小型・軽量であり、自己保持性（停止トルク）が高く、巻線や磁石を駆動源としないため磁気が発生しないという長所があり、主に医療用アクチュエータとして期待されています。しかしながら、超音波モータは、ロータとステータの摩擦駆動による非線形性や圧電セラミックの温度特性による速度特性変動等が生じます。本研究では、これらの長所を維持しつつ高精度な制御性能を実現するため、機構的な改良や種々の制御系の適用を試みております。

#### 水圧駆動式ソフトアクチュエータの開発

水圧駆動系は、高パワーで環境にやさしく、水道水を利用すれば電源コンセントのように身近なアクチュエータとなります。本研究では、家庭で気軽に使用できる福祉用パワー源として、これらの長所を生かした新しいアクチュエータを開発しています。

#### 非イオン性高分子ゲルアクチュエータ

ケミカル人工筋肉のひとつとして注目されている非イオン性高分子人工筋を作成しています。具体的には PVA に DMSO(ジメチルスルホキシド)を膨潤させたゲルを電場によって制御していきます。



機能性流体を併用した超音波モータ