

平成18年度 文部科学省「魅力ある大学院教育」イニシアティブ

採択プログラム

# メカノインフォマティクス・カデット教育

(「楽力」によって実践力を磨く創造的ものつくりエリート教育)

## 平成 21 年度報告書

平成 22 年 4 月

電気通信大学

大学院電気通信学研究科

知能機械工学専攻

## 目次

1. はじめに
2. MATLAB講義活用&セミナー
  - 2.1 講義活用 「制御系設計論」(前期) 木田教授・長塩助教授
  - 2.2 セミナー 「制御理論」 桜間助教授
3. 実践的課題プロジェクト
  - 3.1 カデット・メカトロ制御に関する国際研修派遣 青山教授・金森准教授
  - 3.2 移動ロボットマニピュレータプロジェクト 明准教授
  - 3.3 災害弱者への情報伝達プロジェクト 小池准教授
  - 3.4 ポストン大学との大学院生真剣研究交流プロジェクト 田中教授・大竹助教授
4. 大学院生による企画提案型プロジェクト研究
  - \*採択の方法と発表成果の概要\*
  - 4.1 リアルタイム熱・動力学シミュレーションを用いた調理訓練装置の実現
  - 4.2 圧電繊維複合材料を用いたインテリジェントロボットの研究開発
  - 4.3 センサーフュージョンによるヒューマンアシストに関する研究
  - 4.4 生活支援を目的としたBMIシステムの構築
  - 4.5 Development of intelligent micro hardness measurement for advanced research and basic training
  - 4.6 水平軸型回転翼機のための推進器制御機構開発
5. ショートトレーニング
  - 5.1 Global Leadership Training 青山教授, 史教授
  - 5.2 機械加工トレーニングと安全管理教育・免許制度について 金森先生准教授
6. 特別講演会
  - 6.1 近赤外線スペクトロスコープを用いた脳と心の探究  
(星 詳子氏 東京都精神医学総合研究所脳機能解析研究チームリサーチディレクター)
  - 6.2 ロボット技術とITを基盤とした国際救助隊サンダーバードの実現を目指して  
(松野 文俊氏 京都大学大学院機械理工学専攻)
  - 6.3 知識モデルによる生体と機器の協調性：生体表現ロボットとBCI協調学習  
(林 勲氏 関西大学 総合情報学部 総合情報学科)
7. 活動の実績と成果
  - 7.1 Robocup2009(サッカー小型リーグ)
  - 7.2 Robocup2009(レスキューロボットリーグ)
  - 7.3 つくばチャレンジ2009(Real World Robot Challenge)
  - 7.4 SIGGRAPH2009
  - 7.5 ロボコンプロデュースコンテスト
8. 大学院生による研究成果発表
9. 対外的情報発信
10. おわりに

## 1. はじめに

本報告書は「メカノインフォマティクス・カデット教育」の 2009 年度に実施したプログラムの取組み内容と成果などを報告するものである。「メカノインフォマティクス・カデット教育」プロジェクトは文部科学省による「魅力ある大学院教育」イニシアティブに 2006 年度から 2 年間採択され、その後、学内プロジェクトとして継続が認められている大学院生向け研究・教育プロジェクトである。

本学は「ものづくり」に貢献できる人材育成を目指し「実践的教育」を重視することを教育理念の柱としている。従来の大学院教育課程では各教員の指導の下、修士論文、博士論文のテーマに関する研究活動を重視してきた。しかし、最近の大学院生は、各人の研究テーマのみに固執する傾向にあり、幅広い知識を必要とする実践的課題に対して、自ら主体的に発想しそれを解決する能力が希薄な者が少なくない。そのため教育課程本来の効果が得られず、真の実践力を身につけた人材の育成が困難になりつつあった。本大学院教育プログラムの目的は、このような認識に基づき、インターデスプリナリな知識を集約し実践的な問題を設定・解決する能力をもち、世界で通用する人材「創造的ものづくりエリート（カデット）」を育成するために、学習意欲・効果を高めることを可能とし、研究活動の楽しさを実感できるような新しい教育課程パラダイムを構築することにある。

本学では平成 15 年度に採択された文部科学省の特色ある大学教育支援プログラム（特色 G P）『「楽力」によって拓く創造的ものづくり教育』の実績を踏まえて、学部教育からのシームレスな大学院教育を実践すべく「ものづくり」に関する教育研究活動を行っている。これの実績を基に、本学の理念である「コミュニケーションに関わる総合的科学技術の創造と人材育成」に則りメカノインフォマティクス・カデット教育プログラムを実施している。

2009 年度には 2008 年度までに継続して行われてきたプロジェクト内容を充実させたことは勿論のこと、さらに、ボストン大学との海外インターンシップの開始、日本機械学会主催ロボコンプロデュースへの参加を果たし、本年度はさらに充実感のある活動が実現できた。これも一重に本学からの経費援助のお陰であり、この場をお借りして厚く御礼申し上げる。

日本が世界の最先端の研究開発のポテンシャルを有しているロボティクス・メカトロニクス分野は機械と電気電子の融合分野である。ここではさらに情報技術(IT)をカバーし、この分野で国際的に活躍できるような英語力を有する真のエリート研究者（産学官を通じた研究・教育機関の中核を担う研究者や大学教員）を育成する大学院メカノインフォマティクス・カデット教育プログラムを実施している。本プログラムから、次世代の実践的ものづくり工学分野の創成およびそのブレークスルーをもたらす人材を輩出することを目指している。

2010 年 3 月 31 日

電気通信大学大学院 電気通信学研究科 知能機械工学専攻

## 2. MATLAB 講義活用&セミナー

### 2.1 講義活用

#### 2.1 目的と意義

制御工学はダイナミクスの解析や制御系設計が主なテーマであるが、設計技法の観点からみれば、学部の講義では、線形システムを対象とし、簡単な代数的計算、行列計算、ベクトル軌跡やボード線図の作図にとどまっている。これは手計算で行うということが前提にあるためである。しかし、多くの企業の研究開発、研究所・大学では MATLAB をはじめとした制御系設計 CAD を用いている。本セミナーの目的は、科学技術計算の標準的なソフトである MATLAB を用いて演習を行い、制御工学に関する理解を深めるとともに MATLAB の基本操作を修得することである。便利なツールの使い方を覚えるだけでなく、その基本となる設計・解析理論を理解してもらうことを目的として、従来の座学による講義と組み合わせる形式で実施する。



図 2-1 知能機械工学科計算機室

#### 2.1.2 実施内容

電気通信学専攻の講義課目「制御系設計論」(前期)において、15 回の講義のうち、4 回において例題をもとに MATLAB の使用法について講義を行い、それ以外は従来の座学とした。講義の内容は以下のようになっている。

- (1) MATLAB の使い方と基本的なコマンド
- (2) 根軌跡・ボード線図を用いた設計・解析
- (3) 最適レギュレータと極配置を用いた状態フィードバック・オブザーバの設計・解析
- (4) ロバスト制御の設計・解析

このうち(2)、(3)は学部時代に学習した古典制御、現代制御の設計を MATLAB を使ってコード化を行うこと、(4)はこの講義で学習したロバスト制御の設計を実地に行うことを目的としている。

また、上記の4項目についてレポートを課し、自力で使いこなせるかどうかを評価した。レポート作成には、知能機械工学科の計算機室の端末を使用させた。昨年度より、知能機械工学科の計算

機室に 40 ライセンスの MATLAB および制御系設計用のツールボックスを整備し、MATLAB を所有しない研究室に所属する学生も 9:00~22:00 (土曜は 18:00 まで) の間、自由に MATLAB を使用して課題に取り組むことが可能になっている。レポートでは、学生が作成した M ファイルを、TA 学生に協力してもらい、まず、実際に実行してみて正しく作動するかどうか、作動しないものはエラーの個数を調べ、さらに設計基準を説明できているかどうかを評価した。

履修学生は、合計 66 名 (うち M 専攻 1 年 : 54, M 専攻 2 年以上 : 4, E 専攻 1 年 : 1, IS 研究科 1 年 : 4, 先行履修生 : 3 ) であった。結果は、A : 47, B : 11, C : 7, D : 1 であった。初めての MATLAB 課題としては、ほぼ全員が及第点であり、非常に有効であったといえる。

## 2.2 セミナー

### 2.2.1 目的と意義

制御理論の応用として、Acrobox と呼ばれる実験機を制御対象としたコントローラ的设计と実装についての講義を行った。この実験機の概観を図 2.2.2-1 に示す。Acrobox とは正方形のアルミ板（ボックス）とその中心を軸に回転する円盤、および円盤を回転させるモータ、および姿勢を計るジャイロセンサで構成される実験機である。モータから円盤にトルクを加え、その回転の反作用でボックスに力を加え運動させることになる。このモータの制御によってアルミ版の角で倒れないように実験機のバランスを取ることが、制御目的である。このようにバランスを取ることが人間がモータを操作しても簡単にできることではなく、コンピュータによるモータの絶妙なコントロールが必要である。一般的な制御系設計の手順では、制御対象のモデル化、コントローラ的设计、シミュレーション、実験機への実装を経て、実際に実験を行う。本講義ではこのうち、主にシミュレーションと実装を Matlab を用いて行う方法についての解説を行う。シミュレーションには Simulink という視覚的に制御系設計を行うツールボックスを、実装には xPC Target という Simlink で設計したコントローラをそのままコンピュータに実装して実験を行うことのできるツールボックスを用いる。以上の内容で、Matlab を用いて制御理論とその実装方法を学ぶことが本講義の狙いである。

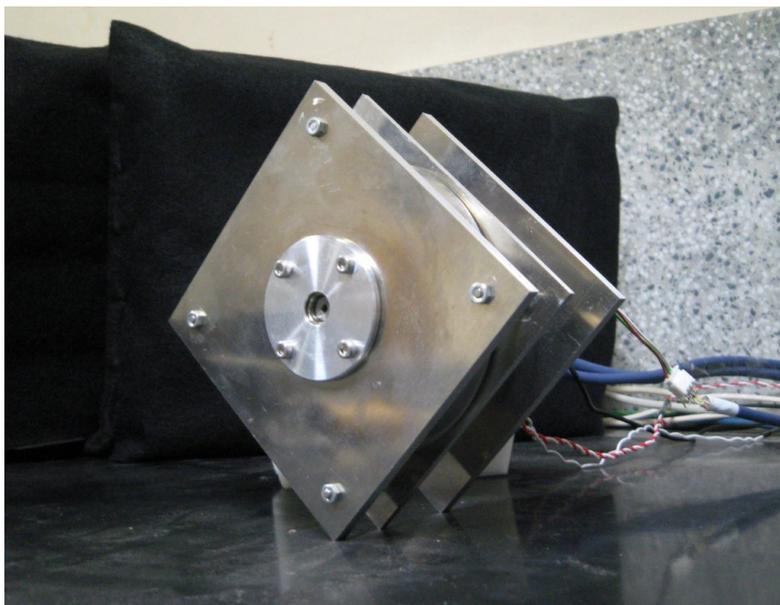


図 2.2.1-1 Photo of Acrobox

### 2.2.2 実施内容

コントローラ設計のための Acrobox のモデル化に関する解説を行った。このシステムの運動方程式は Euler-Lagrange の方程式で記述することが可能である。このシステムは入力の数が座標の数よりも少ないメカニカルシステムであり、劣駆動システムと呼ばれ、制御が困難であることが知られている。ここでの制御目的は Acrobox をボックスのある角で静止させるためにシステムを安定化させることである。安定化コントローラについては例えば LQ (Linear Quadratic) 制御法が代表的であるが、非線形性が強い本実験機には適していないため非線形コントローラを用いた。この制御システムのシミュレーションを Simulink によって行い、その後、実験機による検証を行った。

実験機の構成は図. 2.2.2-1 のようである。Acrobox の本体にはモータと内蔵エンコーダ、およびジャイロセンサが取り付けられており、モータは専用ドライバを通して制御されている。PC は設計用と実時間制御用の 2 台があり、それぞれを Host PC と Target PC と呼ぶことにする。Target PC で実装されるコントローラは Host PC 上の Simlink で設計され、xPC Target を用いて LAN を通じて Target PC に転送される。Target PC は IO ボードとして、AD/DA ボードと Counter ボードを実装している。Target PC からは適当なトルクが計算され、DA ボードを通してアナログ信号へと変換された後に、モータドライブに入力される。これによって、モータはその信号に比例したトルクで駆動する。モータによって Acrobox の円盤が回転し、その反動でボックスの姿勢に変化が起きる。モータの内蔵エンコーダから回転角度の信号が送られ、モータドライブを通して Target PC に送られる。その信号は PC 上で Counter ボードを通して円盤の回転角度となる。一方、ジャイロセンサはボックス角速度を検出し、AD ボードを通して PC 上にデジタル信号として角速度を Target PC に与える。これらの信号から、Target PC 上で、モータへ入力すべきトルクが計算され、その結果がモータドライブへ出力される。このような信号のやり取りからも、本システムがフィードバック機構になっていることがわかる。この際 Host PC で設計したトルクを計算するコントローラのブロック線図を図 2.2.2-2 に示す。以上の実験機によって実験デモを行い、設計したコントローラの有効性を確認した。

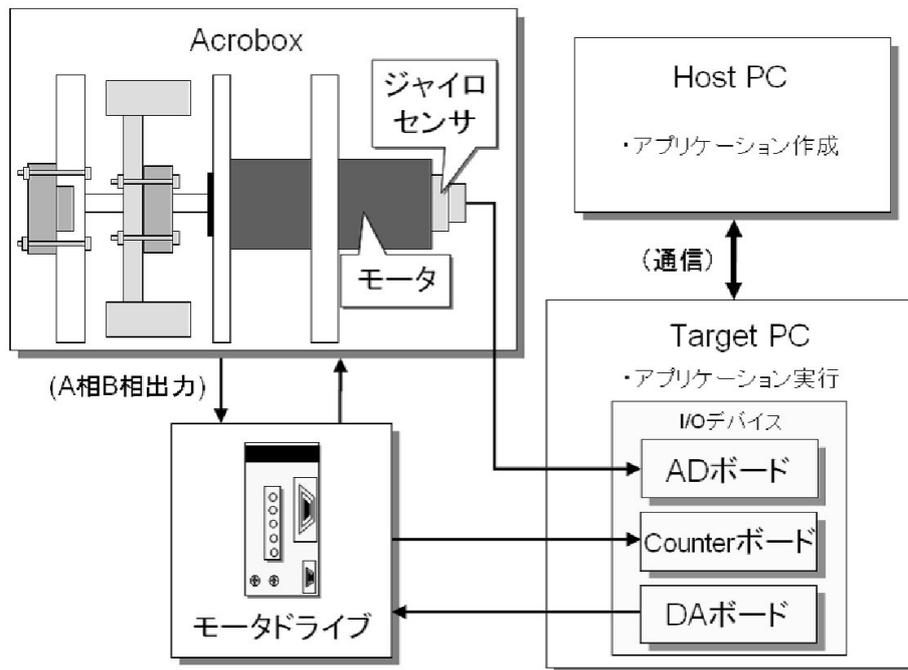


Fig. 3.2-1 Experimental setup

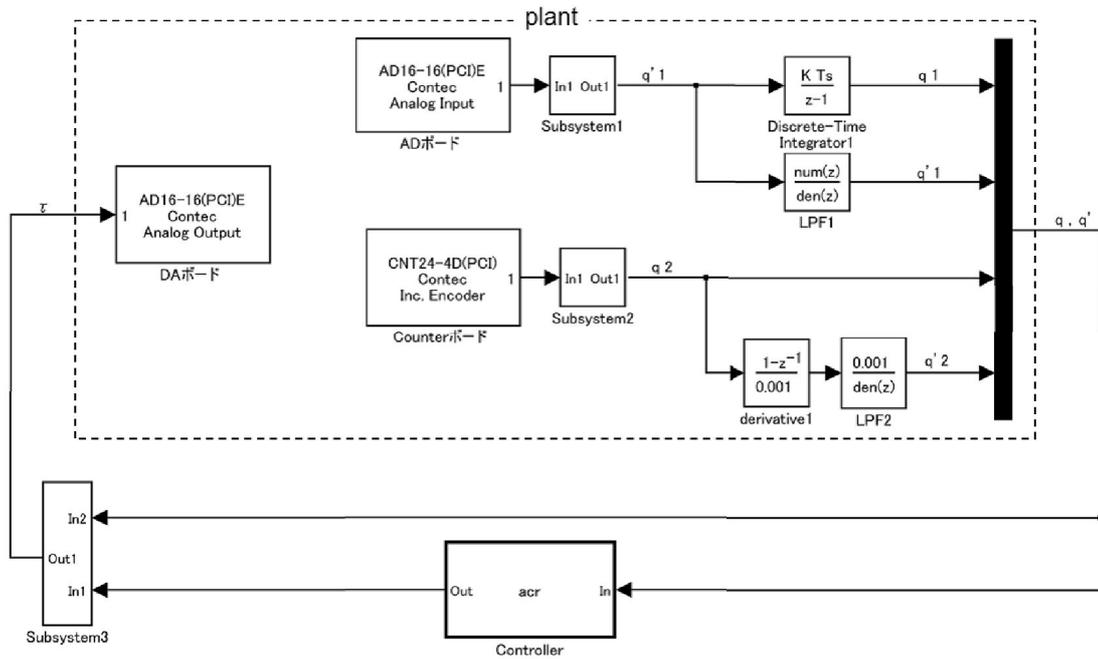


図 2.2.2-2 Block diagram designed in Host PC

### 2.2.3 効果および評価

これまで学習した制御理論および Matlab が実際に使われている様子を知る良い機会になった。また、制御システムの一例として実験機の構成を学習することができた。実験の様子を 図.2.2.3-1 に示す。学生の反応も良く、興味を引く実験デモができた。



図. 2.2.3-1 Demonstration of the experiment

### 2.2.4 問題点と今後の課題・改善項目

実際に学生がコントローラを設計しそれを実装して実験することができれば、さらに学習効果のある実習となるであろう。これには、実験機の数と安全性の問題を解決しなければならない。

### 3. 実践的課題プロジェクト

#### 3.1 『カデット・メカトロ制御に関する国際研修派遣』

電気通信大学 知能機械工学専攻  
青山研究室 豊島, 広瀬  
金森研究室 上村, 新井  
指導教員 青山尚之、金森哉史

本報告書では,平成22年2月18日から2月26日まで,タイのキングモンクット工科大学ラカバン校 (KMITL) へ訪問した件について報告する.

1日目 (2月19日)

・KMITL の学生とミーティング

4月に電気通信大学にサマーショートトレーニングプログラム(以下サマトレ)にて来校する3人のKMITL学生および担当教員と顔合わせをした(図3.1-1).



図. 3. 1-1 KMITL 学生と

サマトレは,青山研究室および金森研究室の学部生とチームを組み,英語でコミュニケーションをしながら与えられたロボットキットを製作し,ロボットコンテストで成果を競い合うプログラムである.

顔合わせでは,まず電気通信大学に滞在する間の大まかなスケジュールや活動内容を紹介した.また,2010年度サマトレにて使用するKHR-3(図3.1-2)および山崎教育システム社製ロボコンキット(図3.1-3)の概要を説明し,疑問点などに対応した.



図 3.1-2 KHR-3

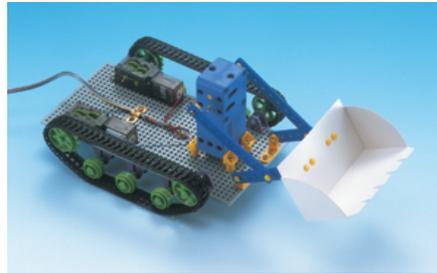


図 3.1-3 山崎教育システム社製ロボコンキット

次に、2010年度のサマトレにて行うロボットコンテストのルールがまだ完全には決定していないため、KMITLの学生と一緒にアイデアを考案した(図 3.1-4)。その結果、複数のアイデアが提案された。実際にどのアイデアを採用するかは、本学学生で話し合い、決定する予定である。



図 3.1-4 コンテストルールについて  
話し合いをしている様子

ミーティング開始当初はやや緊張していたKMITLの学生たちであったが、使用するロボットやルールについて話し合うにつれ、積極的に発言していた。

2日目(2月22日)

・E-learning systemの海外における使用調査

[調査目的]

本調査では、海外におけるE-learning systemの使用環境の調査を行った。調査を行った環境はKMITLである。

[調査内容]

E-learning system を KMITL の 3 人の学生に使用してもらい、力学問題[Mechanics]と電子回路に関する問題[Micro Electronics]の二種類について解答してもらった(図 3.1-5)。その後、使用環境などに関する簡単なアンケートを取った。以下はアンケートの回答結果である。なお、評価方法は 5 段階とし、5 が最も良い評価とした。



図 3.1-5 E-learning system 使用の様子

[アンケート結果]

①Mechanics

Q1 E-learning system のインターネット環境は快適であったか。

評価 4, 4, 3

理由

- ・接続が容易であった。
- ・KMITL のネット環境があまりよくない。

Q2 E-learning system は快適であったか。

評価 4, 4, 3

理由

- ・少し複雑であった。
- ・使い方が難しく、改善の余地がある。

Q3 E-learning system はあなたの技能に役立つものか。

評価 5, 4, 4

理由

- ・E-learning system で出題された問題を専攻で学んでいたもので、役立つ。
- ・いくつかの章で以前学んだものが出されたので、役立つ。

Q4 E-learning system の出題方式はよかったか。

評価 5, 4, 4

理由

- ・質問文は短かったので理解は容易であったが、時々理解できないときがあった。
- ・簡単に理解できた。

## ②Micro Electronics

Q1 E-learning system のインターネット環境は快適であったか.

評価 4, 4, 4

理由 ・接続が容易であった.

Q2 E-learning system は快適であったか.

評価 4, 4, 4

理由 ・少し複雑であった.

Q3 E-learning system はあなたの技能に役立つものか.

評価 5, 4, 3

理由 ・情報工学を専攻しているのであまり役に立たない.  
・勉強している内容と一緒に、役立つ.

Q4 E-learning system の出題方式はよかったか.

評価 4, 4, 3

理由 ・いくつか理解できない質問があった.

## ③E-learning system について自由記述の意見

・いくつかの議論については以前学習したことがなかったので、正解することが出来なかった.

### [評価のまとめ]

- ・全体的にあまり悪い評価はなかった.
- ・インターネットの回線速度は、一部使いづらいという意見もあったが、操作する上で支障がでるほど遅くはなかった.
- ・E-learning system は複雑で分かりにくいという意見が多かった.
- ・E-learning system が本人の技能に役立つかにおいては[Mechanics]と[Micro Electronics]で大きく差が出た. [Micro Electronics]は専門外の人にとっては問題に答えることが難しいが、きちんと学習している人にとっては、有益な学習ができるというアンケート結果を得た.  
[Mechanics]においては、基本的な力学問題が多く、理工系学生にとっては普遍的な内容であった. そのため、とても役立つという意見が多かった.
- ・E-learning system の出題方式は、問題文が簡潔で分かりやすいという意見がある反面、分かりづらいという意見もあった. 問題文の内容や出題方式を改善する必要がある. 例えば、問題文の文頭に例題を記述するなどの工夫が必要である.

## 3日目 (2月23日)

### ・研究室訪問

KMITL の制御工学科を訪問し、研究内容を拝見した. 主に倒立振子の制御に関する研究が行われていた (図 3.1-6, 図 3.1-7).

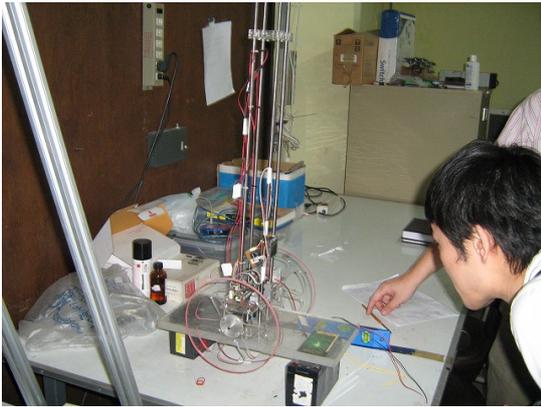


図 3.1-6 倒立振子の全体図

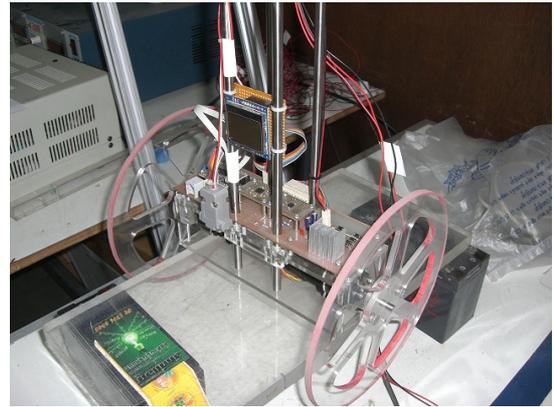


図 3.1-7 倒立振子の台車部分

実験装置を拝見するだけでなく、倒立振子の制御に関する多くの実験動画を観ることができた。また、倒立振子の研究に関する KMITL の卒業論文を拝見した。

4 日目 (2 月 24 日)

・工場見学

KMITL の機械工学科内にある工場を見学した。工場内には多くの旋盤があった (図 4.1)。KMITL の学生は、機械工学科の学生に限らず、初年度に加工講習を受ける。



図 3.1-8 旋盤



図 3.1-9 Automotive Technology LAB

工場内には自動車や二輪車も数多くあった。自動車の解体や改造が行われていた (図 4.2)。KMITL には、自動車を製作するクラブがあり、ユニークなデザインの自動車製作も行われていた。

5 日目 (2 月 25 日)

①ロボットクラブ見学

KMITL には、本学の楽力工房と同様なロボットクラブがあり、これを見学した (図 5,1)。

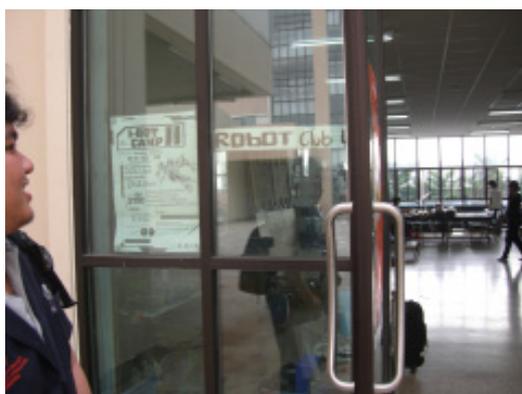


図 3.1-10 ロボットサークル部屋

このサークルでは、学生自ら加工機を使ってロボットを製作し大会等に出場している。今回は、残念ながら動かしてもらうことは出来なかったが、黒地に白い格子状のラインを引いたフィールド上で、白い立方体を運ぶロボットを見せてもらった（図 3.1-11）。

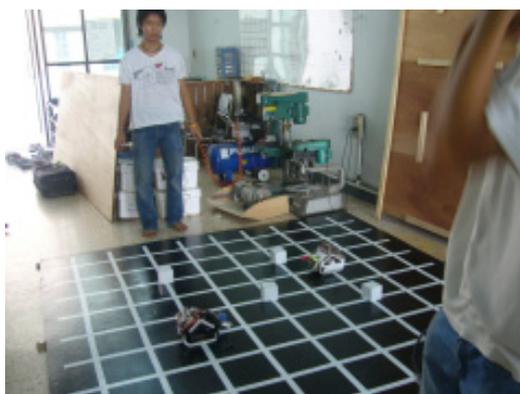


図 3.1-11 ロボット競技の様子

ロボットの回路を見せてもらおうと、IC や FET を並列に接続しているのが確認でき、手に入る部品でなんとか工夫して動かそうという苦勞が感じ取れた（図 3.1-12 中央付近）。

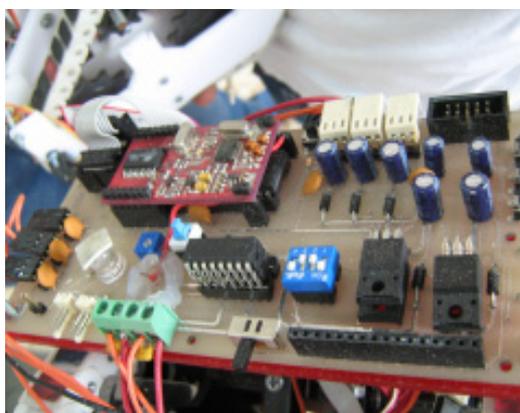


図 3.1-12 ロボットの回路

サークルの室内には、IC のピン配置 (図 3.1-13) や、学生同士で講習を行うスケジュールを書いたホワイトボード (図 3.1-14) があり、日常的に熱心な活動を行っていることが伺える。



図 3.1-13 部屋に張られたピン配置図



図 3.1-14 講習スケジュール

## ②卒業研究内容見学

KMITL の学生の卒業研究の製作を行っている部屋を見学した。学生たちは図 3.1-15 のような部屋で各自の研究を行う。



図 3.1-15 研究を行う部屋

今回は，製作中のジュークボックスのような装置と，垂直な壁を吸引しながら移動できるロボットについて説明してもらった．



図 3-1.10 吸引移動ロボット



図 3.1-17 ジュークボックス

これらの製作を行うに当たり，必要な知識，例えば吸引のファンの計算などはテキストが用意されており計算の方法が示されている．また，部品の使い方も電子工作のテキストが充実しているため，簡単に必要な知識が得られる．図 3.1-18 では RC サーボモータを改造し無限回転が出来る小型ギヤボックスとして使用している．こういった裏技的な使い方もテキストで解説されている．

## 3.2 移動ロボットマニピュレータプロジェクト

### 3.2.1 目的

移動マニピュレータと各種センサ（ステレオカメラ、レーザレンジセンサ、RFID など）からなる移動マニピュレータシステムを構築して、ホームサービスなどにおける作業を実現するために、センサフュージョンと移動マニピュレーションの制御を融合した方法とアルゴリズムの提案と実装を行う。このプロジェクト実験により、実際の問題設定と解決の能力、センシングとロボットの制御のような幅広い知識の集約力およびグループ間の協調性を養うことを目的とする。

### 3.2.2 対応する大学院講義名

- ・ロボット工学特論(下条・明) ----- プロジェクトの実施
- ・知能機械構成特論(下条・明)----- プロジェクト研究の提案、評価

### 3.2.3 プロジェクトの詳細

#### 1) 具体的なねらい

ホームサービスへの移動マニピュレータの応用を研究目的とし、そのためのセンサフュージョンによる効率のよい環境認識と環境認識の結果を活用した効率のよい移動マニピュレーションを実現する。

#### 2) 実験システムの構成

本システムは、図1のように、移動マニピュレータ、スキャン式レーザレンジセンサ（以降レーザスキャナ）、カメラ、遠距離用のRFID と、今年度に新たに加えた3次元カメラおよび触覚センサを備えたアシストアームからなる。

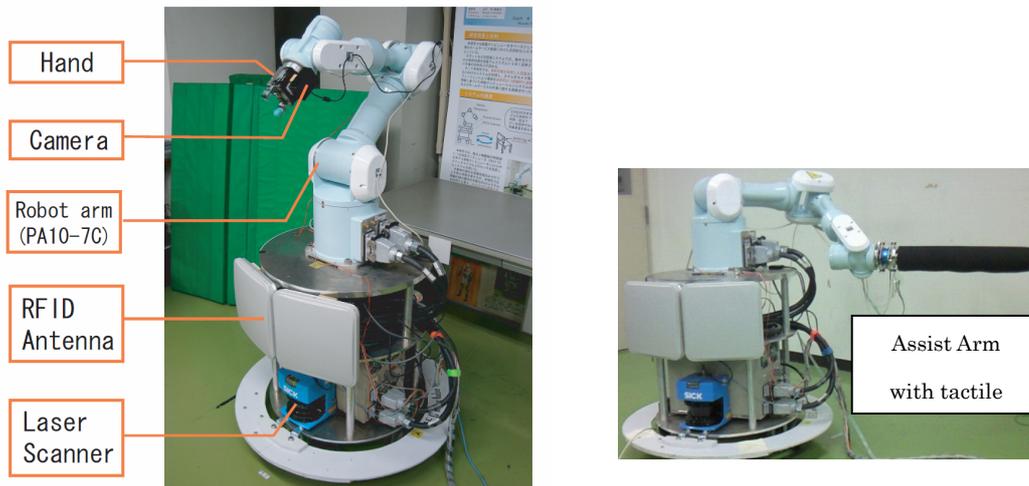


図1 システムの構成

#### 3) 本研究の注目点とアプローチ

ホームサービスにおいて、人間を含み、椅子、食器などの場所固定でないものと壁などの固定しているものからなる環境を認識する必要がある。移動マニピュレータの移動及びマニピュレーショ

ンにこれらの情報を把握する必要があるし、また人間との密なインターアクションもサービス作業をスムーズに行うには不可欠である。これについてのアプローチとして、従来のステレオカメラやレーザスキャナによる認識方法に、人間、ロボット、そして家具などのすべてに RFID を導入して、各 RFID に付帯するデータベースも活用して、これらの認識を素早く、効率よく行う。

### 3.2.4 本年度の実施内容

#### 1) 実験システムの拡張

図2のように、昨年度のシステムに3次元カメラと触覚センサを追加して、センシング・制御システムの拡張を行った。各センサの動作確認を行い、コンピュータによる情報獲得ができるようになった。さらに移動マニピュレータの制御システムの改造を行い、システムの各種動作が可能となった。

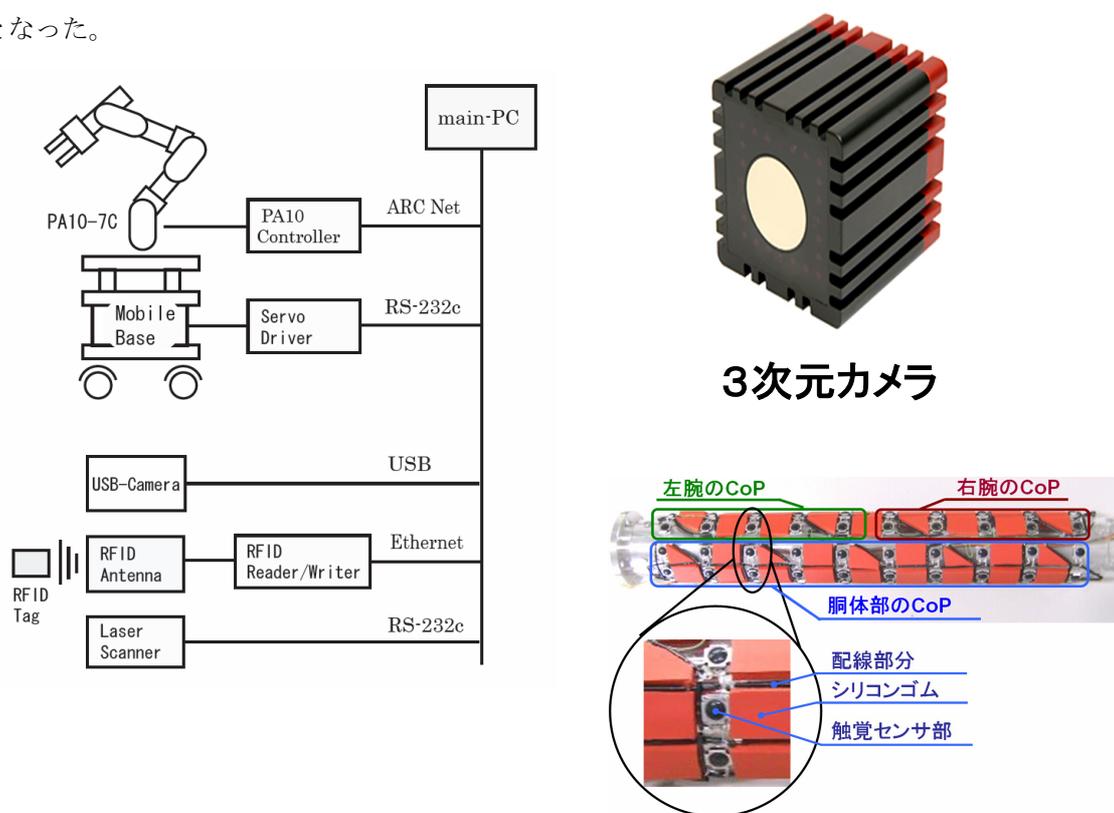


図2 センシング・制御システム

#### 2) 3次元カメラによる人間の動作認識実験

ヒューマンアシストにおいて、人間の位置・姿勢、意思などの認識が必要である。今年度は人間の立ち上がり動作における人間の体の位置・姿勢に関する認識アルゴリズムの検討と実験による検証を行った。

#### 3) 大学院講義「ロボット工学特論」への導入

大学院講義「ロボット工学特論」の1回の講義時間を用いて、RFIDなどのセンサによる認識実験、アシストアームによる制御実験を行った。

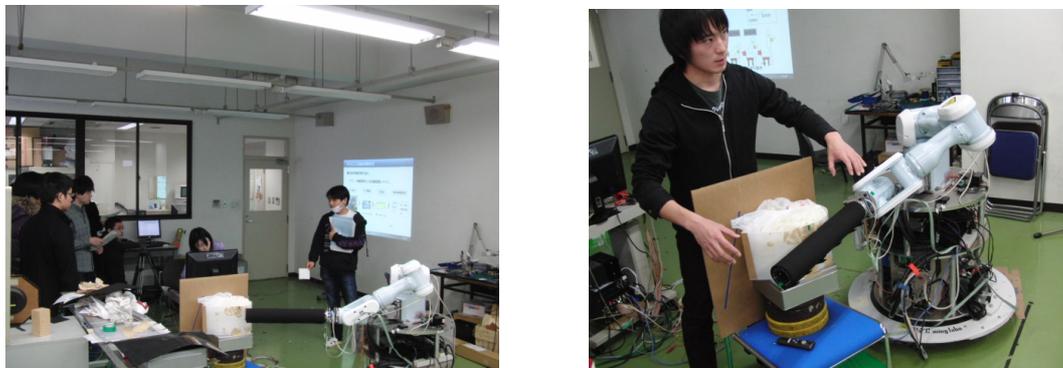


図2 実験の様子

### 3.2.5 まとめ

移動マニピュレータと各種センサ（カメラ、レーザレンジセンサ、RFID、触覚センサなど）からなる移動マニピュレータシステムにより、ホームサービスなどにおけるさまざまな作業の実現を目指している。本年度は、システムの完成とセンサフュージョンと移動マニピュレータの制御によるヒューマンアシストの可能性を示す実験を中心に行ってきた。今後、大学院講義で使用しやすいようにインターフェースの改善などを行っていく。

### 3.3 災害弱者への情報伝達プロジェクト

#### 3.3.1 目的、目標および本プロジェクトの位置づけ

生体情報計測手法を習得するとともに、生体における情報伝達の仕組みを学習し、感覚器の機能が一部欠損している場合でも、効率的に情報伝達を行える手段を検討することで、災害弱者への情報伝達手法を開発するとともに、マンーマシンシステム構築の基礎を確立することを目的とする。具体的には「感覚器機能低下の克服」、「聴覚障害、視覚障害などの災害弱者を対象とした情報伝達手法の確立」、「感覚や生体情報の定量的評価」についての実験・検討を行い、それらを通して、ヒトを対象とした実験の作法の理解、実験結果における個人差の影響の理解、ノイズに埋没した微弱信号の取得・解析方法の習得、およびコンピュータ制御による迅速な繰り返し計測の自動化の実践を目標とする。

本年度は、騒音環境を再現した防音室（騒音室）の構築と、体表振動を計測することによる、高騒音下音声取得デバイスの実験を行った。

#### 3.3.2 実施内容

##### 騒音環境再現システムの構築

実験には騒音環境再現システムを用いた。図. 3.3.1 に騒音環境再現システムの概略図を示す。防音室（UVA13-18/05L:カワイ音響システム）内部には、騒音出力用のスピーカー（PS-S202B:Victor）三台、ウーファー（SP-DW103:Victor）一台を配置し、防音室内の空気を伝播する音声計測用のマイクとして騒音計（LA-5560:小野測器）を設置してある。スピーカー、ウーファー、および騒音計はオーディオインターフェース（AUDIO GENIE PRO:AMERICAN AUDIO）を介して防音室外のPCに接続されている。スピーカー、ウーファーのアンプにはパワーアンプ（PS-A254B）を用いている。ウーファーのカットオフ周波数はスピーカーの仕様より、約 55Hz に設定した。

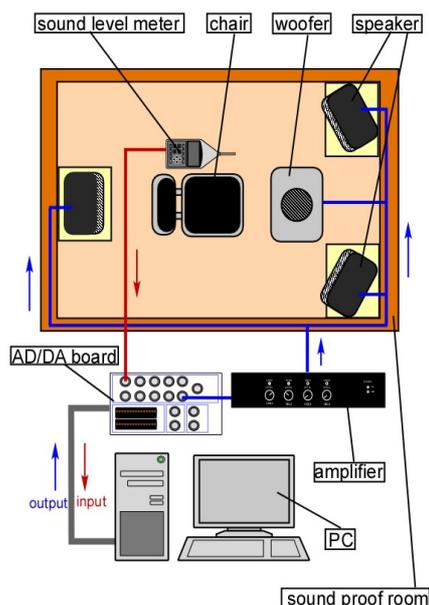


図. 3.3.1 騒音環境再現システム

##### 体表振動計測デバイスの改良

本実験は被験者の皮膚に PVDF フィルムを取り付け防音室の中で行うが、その際、これまでは以

下のようにデバイスの条件を設定していた(図. 3.3.2)。

センサ固定方法：ゴムバンド

計測部位：額

計測位置：額中央

PVDF の種類：FDT1-028K

振動検知方向：上下方向

中間に挟む素材：塩ビ板

本研究における実験も基本的にこの条件で行った。しかし、PVDF の種類に関しては、FDT1-028K ではなく SDT1-028K と呼ばれるものを用いた。SDT1-028K を使用した理由は、フィルムを折り返してシールド効果を持たせており、FDT1-028K よりも電磁ノイズの混入が少ないからである。また、FDT1-028K よりも S/N 比が良いことも予備実験で明らかになっている。

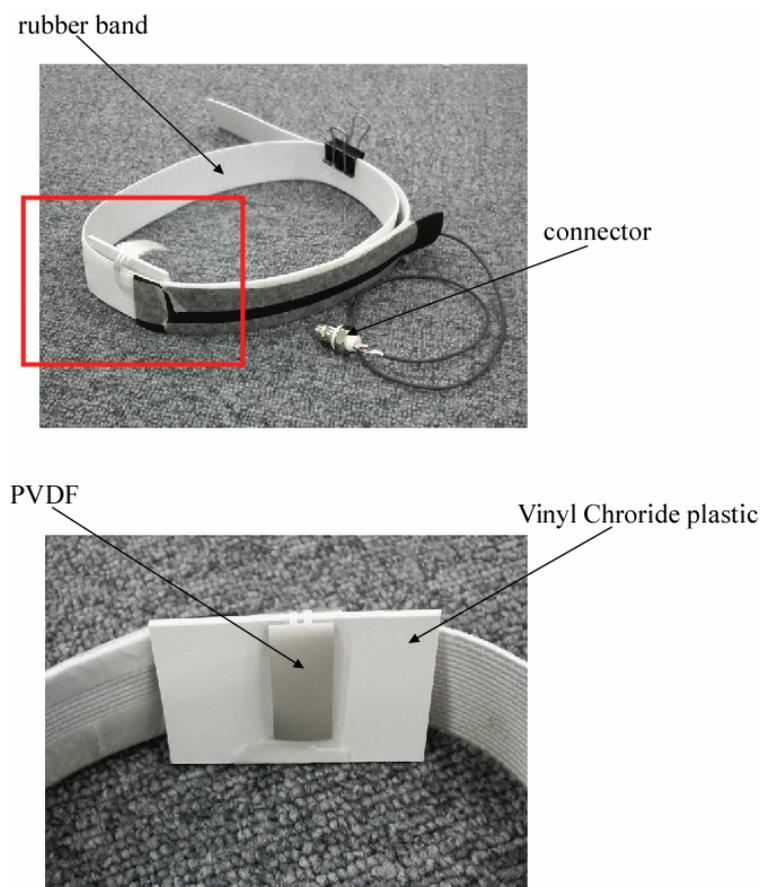


図. 3.3.2 体表振動計測デバイス

### チャージアンプの性能比較

実験で使用するような、PVDF を使ったセンサのトランスデューサでは、電荷の変動を電圧信号に変換するチャージアンプが必要になる。OP アンプによる信号処理の応用技術<sup>(1)</sup>によると基本的なチャージアンプの回路は 2 種類存在する。ひとつは電荷出力モードのチャージアンプ (図. 3.3.3(a))、もうひとつは電圧出力モードのチャージアンプ (図. 3.3.3 (b)) である。電荷出力型のチャージアンプ (以下、電荷型と称する。) の増幅度は  $20\text{pC/V}$ 、電圧出力型のチャージアンプ (以下、電圧型と称する。) は 100 倍 (40dB) となっていて、増幅度の単位が違うので比較が出来ない。そこで具体的にどのような性能の違いが出るか実際に試作して実験によって比較する。試作したチャージアンプを図. 3.3.4 に示す。

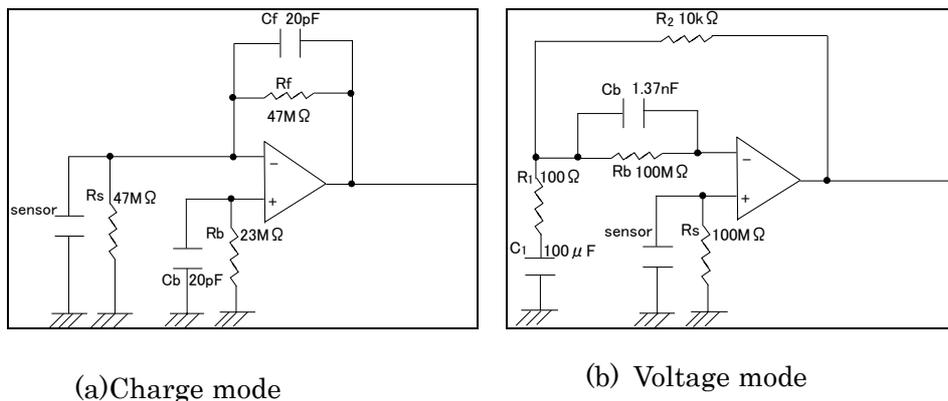
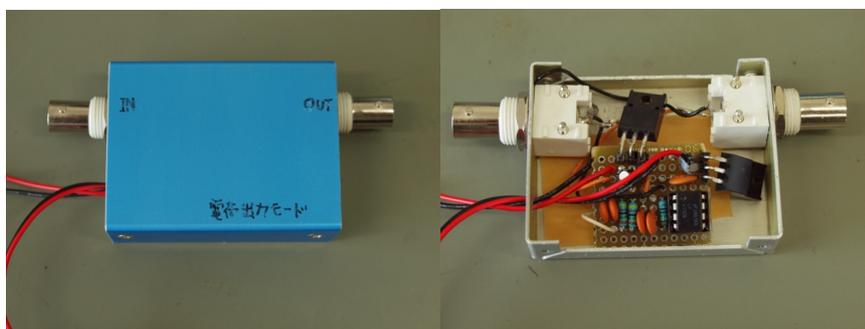
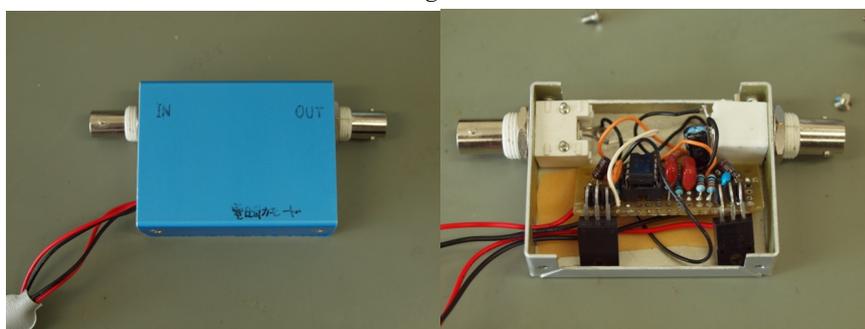


図. 3.3.3 チャージアンプ回路



(a) Charge mode



(b) Voltage mode

図. 3.3.4 試作チャージアンプ

仕様・周波数特性

<実験方法>

- ① ファンクションジェネレータとオシロスコープとチャージアンプをFig. 3.3.5 のように繋いだ。
- ② ファンクションジェネレータから振幅 10mV、周波数 1000Hz のサイン波を流し、オシロスコープで出力電圧・波形等を観察した。
- ③ 次に、チャージアンプをパソコンと接続し LabVIEW のプログラムで 1mV の振幅のサイン波を出力し、周波数を変動させてゆき、周波数応答を調べた。

<結果・考察>

出力電圧は電荷型アンプで 30mV、電圧型アンプは 900mVであった。周波数特性を Fig. 3.3.6 に示す。電荷型アンプの増幅度は 20pC/V であったが、入力を電圧にすると約 3 倍にして出力することがわかった。電圧型アンプは増幅度が 90 倍で、誤差があるもののある程度仕様どおりになった。違いが生じた原因は、参考にした回路図とオペアンプの種類が違うことによるものだと推測される。周波数特性は、両アンプともフラットであることがわかるが、電圧型アンプのほうがよりフラットであることがわかる。

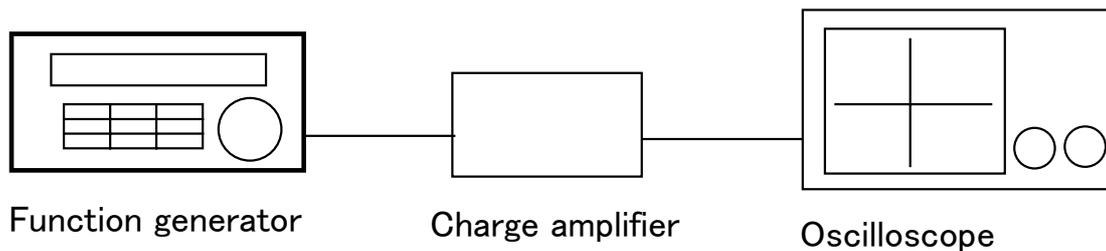


図. 3.3.5 試作チャージアンプテスト方法

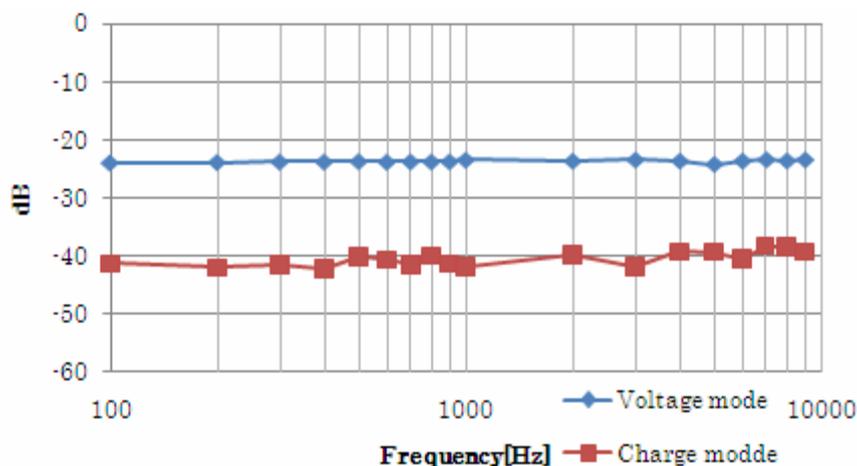


図. 3.3.6 試作チャージアンプの周波数特性

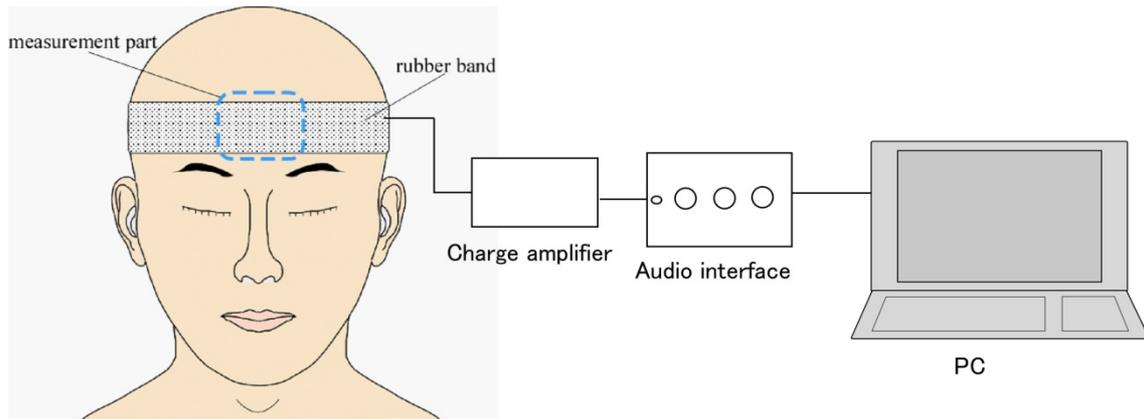


図. 3.3.7 音声による体表振動計測方法

#### 騒音下での比較

次に、騒音環境再現システムにより 90dB のピンクノイズを流し、騒音環境下で PVDF を使用したときの二つのチャージアンプの性能の比較を行った。

#### <実験方法>

- ① まず図. 3.3.7 に示すように PVDF と電荷型チャージアンプとノートパソコンを繋ぎ、PVDF を頭に装着し Adobe Audition3.0 で 90dB のピンクノイズを流しながら擬似クリック音を録音した。
- ② 頭にバンドを巻いたままで電圧型チャージアンプを交換し、再び録音した。
- ③ 録音した音声を Adobe Audition3.0 で短時間 FFT 解析して比較を行った。

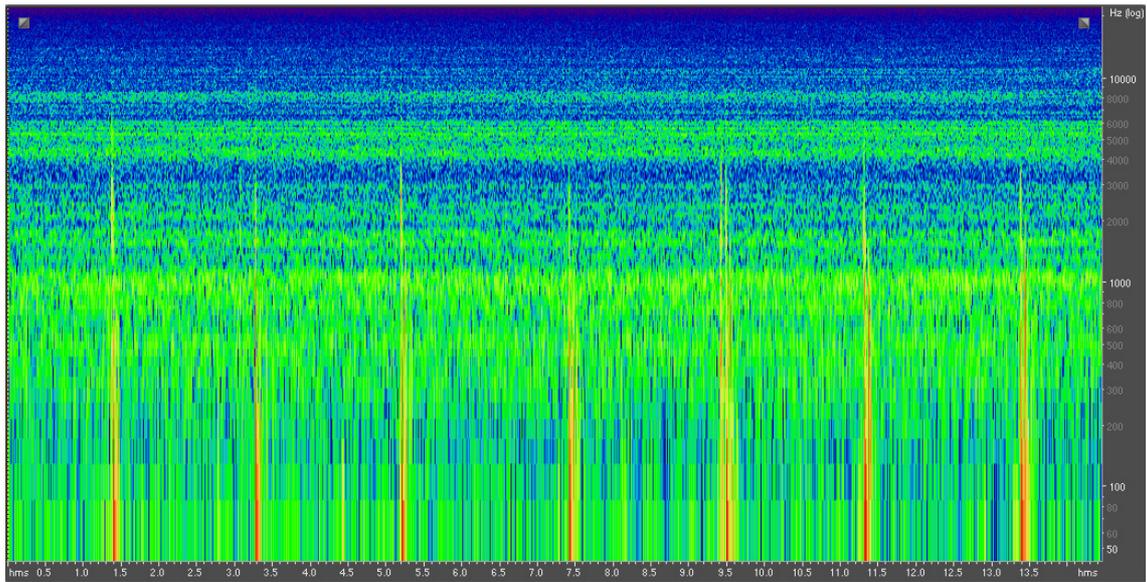
#### <結果・考察>

短時間 FFT 解析の結果を Fig. 3.3.8 に示す。なお、解析の際に、システムノイズを取り除くために 100Hz 以下をカットするハイパスフィルターをかけ、定量的な比較のために音量を標準化してある。

短時間 FFT 解析の結果より、電圧型では 1000Hz 以下の周波数でノイズが混ざりやすく、電荷型では 1000Hz 以上の周波数でノイズが混じりやすいことがわかる。この差が出る原因は、恐らく 5-1-2 で述べた周波数特性の違いにあると思われる。

人の声を認識するのに必要な周波数は、第 2 ホルマントから 5000Hz であるので、以上のことから、より本研究の目的に適しているのは電圧型だと言えらる。

(a)



(b)

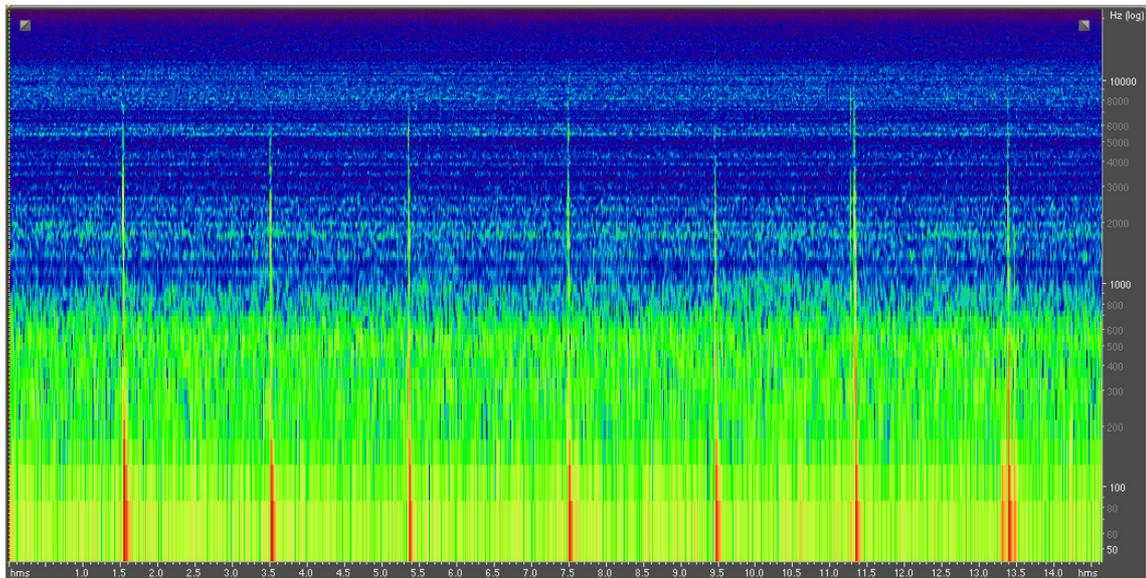


図. 3.3.8 短時間 FFT 解析結果

(a) 電荷型チャージアンプ (b) 電圧型チャージアンプ

#### フィルターによる音質の向上

PVDF で計測される皮膚を伝わる音声振動は、空気を伝わる音声振動よりも低音が強くなる傾向がある。そこで、皮膚を伝わる時と空気を伝わる時の伝達関数の違いを補正するフィルターを作り、音質の向上を図った。

#### <実験方法>

- ① 図. 3.3.7 に示すように PVDF と電圧型チャージアンプとノートパソコンを繋ぎ、PVDF を頭に装着し静寂環境で Adobe Audition3.0 によりニュースを朗読したときの音声を録音した。この時、気導マイクを用いて気導音も同時に録音した。

- ② Adobe Audition3.0 の周波数解析機能で音声を発しているある特定の時点（4.00 秒）での FFT 解析を行った。
- ③ 録音音声を、二つの音声の FFT 解析結果の差を参考にしてイコライザーで加工した。
- ④ 再び Adobe Audition3.0 で PVDF による録音音声と気導マイクの録音音声の言葉を発している時点の FFT 解析を行い二つの結果を比較した。
- ⑤ 二つの音声の差がなくなるまで②～④の作業を繰り返した。
- ⑥ 加工した音声を Adobe Audition3.0 により短時間 FFT 解析を行い、比較した。

#### <結果・考察>

加工前の FFT 解析の結果を図. 3.3.9 に、加工後の結果を Fig. 3.3.10 に示す。イコライザーの設定値を図. 3.3.11 に示す。気導マイクで録音した音声の短時間 FFT 解析結果を図. 3.3.12 に、フィルター加工後の PVDF でとった録音音声の短時間 FFT 解析結果を図. 3.3.13 に示す。

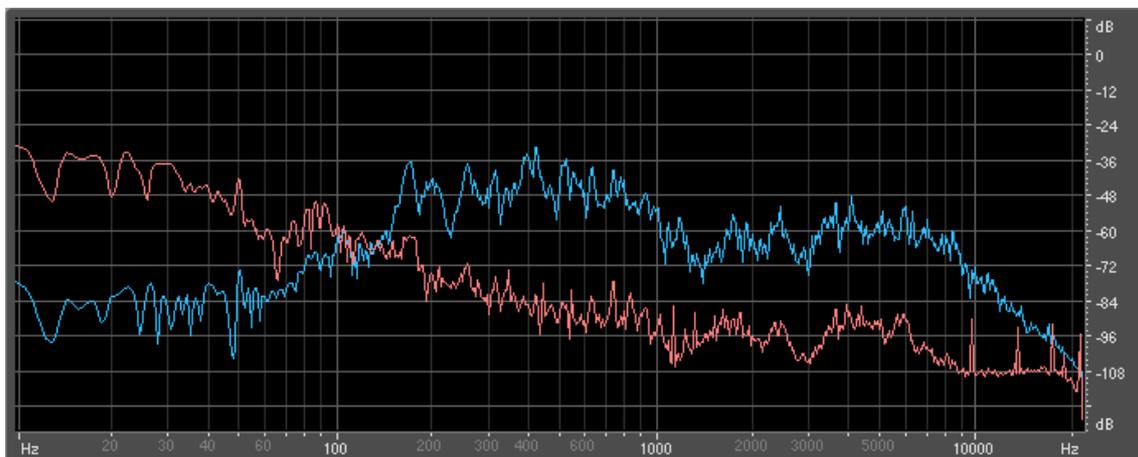


図. 3.3.9 音声信号の FFT 解析結果（加工前）  
赤線：PVDF フィルム、青線：通常マイクロホン

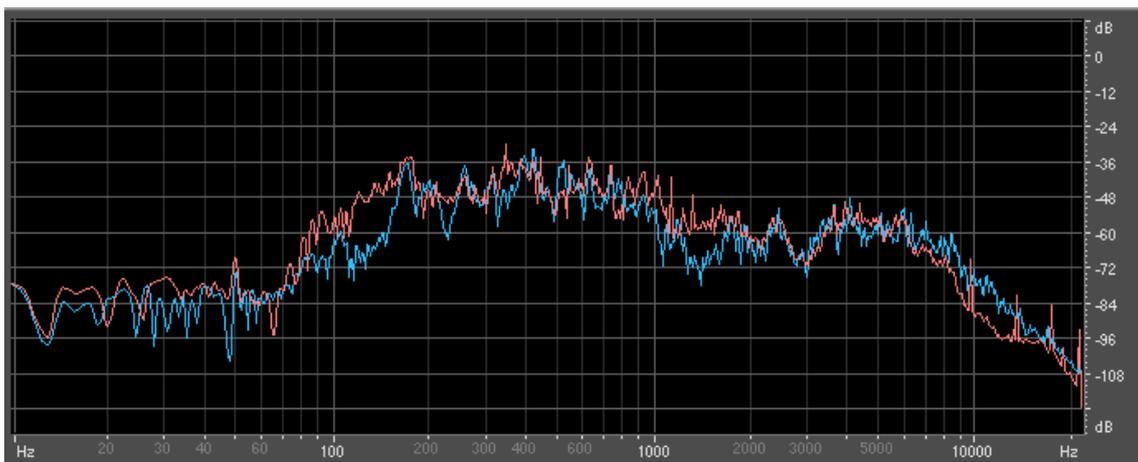
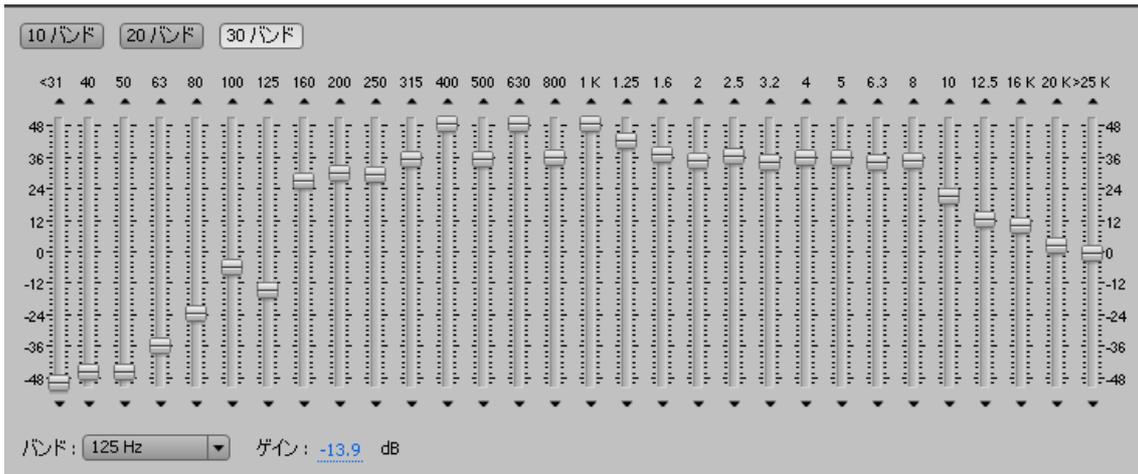
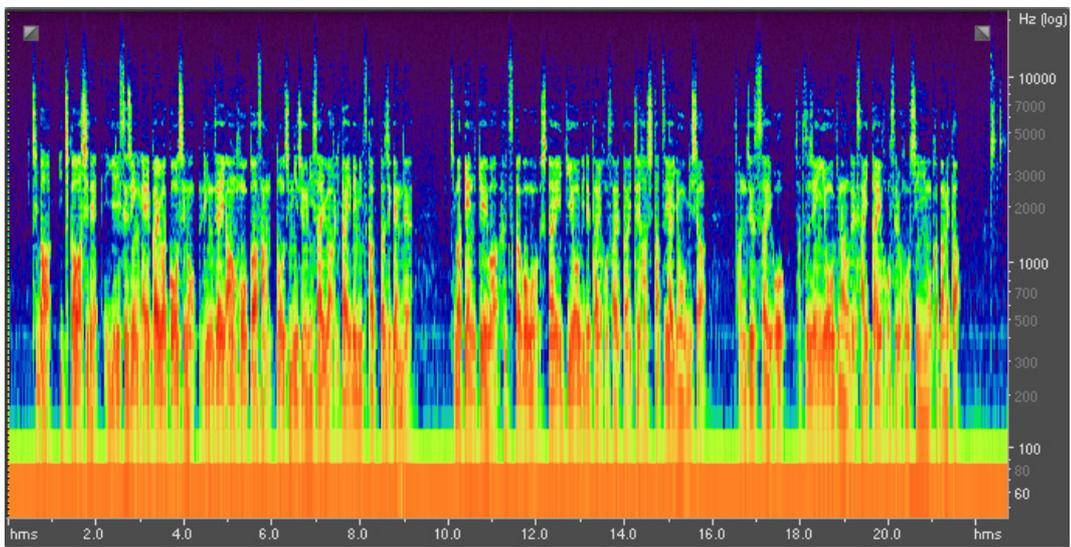


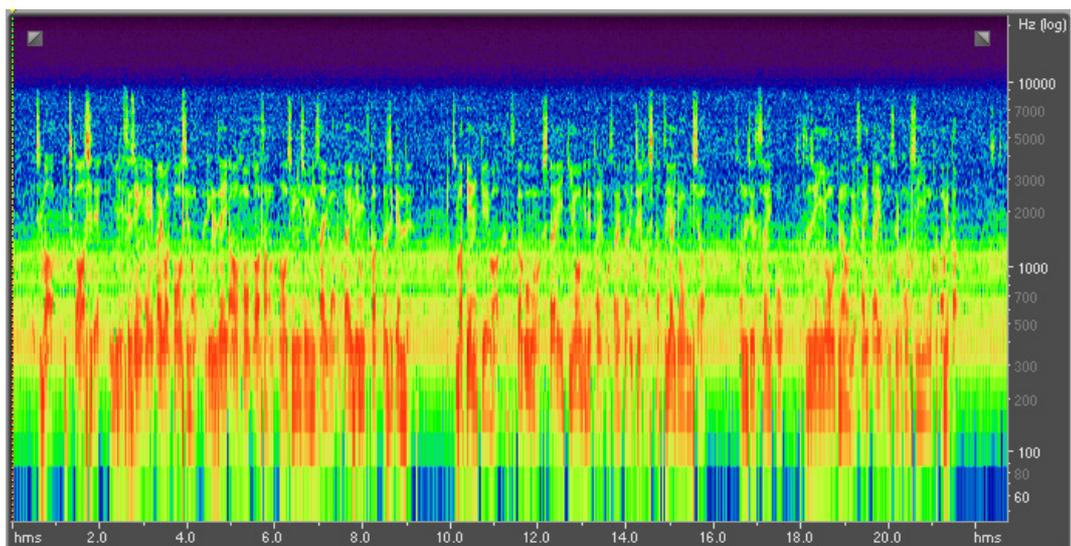
図. 3.3.10 音声信号の FFT 解析結果（加工後）  
赤線：PVDF フィルム、青線：通常マイクロホン



図, 3.3.11 イコライザー設定値



図, 3.3.12 気導マイクで録音した音声の短時間 FFT 解析結果



図, 3.3.13 フィルター加工後の PVDF による録音音声の短時間 F F T 解析結果  
結果を比較すると、イコライザーを使って加工することによって、音質は気導マイクの音に近づ

いたのだが、増幅させる周波数の成分では声を発していない時点で騒音が大きくされてしまうことがわかる。これは、イコライザーが声を発しているときだけ周波数を加工するエフェクターではなく、音声ファイル全体の周波数成分を加工してしまうからであろう。フィルターによって音質を向上させるならば、閾値をかけて声を認識したときだけ周波数を加工するような仕組みにしなければならないと考えられる。

現時点ではその仕組みまで開発できていないので、フィルターをかける際、増幅はさせないで、100Hz以下の低周波数領域を減衰させるフィルターだけをかけるのが適切と思われる。

#### 参考文献

(1)「OP アンプによる信号処理の応用技術」アナログデバイス著 電子回路技術研究会訳 CQ 出版社

#### 3.3.3 問題点と今後の課題

昨年度までに行った、音声信号の取得・伝達手法を発展させ、忠実度の高い音声取得手法の開発研究を行った。上述のように、学生は、ヒトを対象とした実験に対して理解を深める事が出来、デバイスの試作を通して、ものづくりの一端も経験でき、実践力のある程度養う事が出来たと思われる。しかし、プロジェクト参加者が特定の研究室の学生に限られてしまい、広い領域から様々な知識を持った学生が集い、新たな価値を生み出していく体制とはなっていなかった。これに対しては、プロジェクト担当教員に依る学生へのさらなる広報や積極的な勧誘が必要と思われる。

本プロジェクトは、大学院の授業科目であるバイオメカニクス特論と関連しており、受講学生が、本プロジェクトで使用する実験設備の一部を用い、実際にヒトを対象とした実験を行うことで、生体工学分野の実験に、実践的に取り組ませる試みを行っている。当講義には、普段生体を取り扱わない学生も受講しており、ヒトを対象とした実験を通して、新たな知見が得られたようである。来年度は、大学院改組により、バイオメカニクス特論は生体計測工学特論となるが、今年度同様、講義と実験を行い、生体計測への理解を深めることが出来るような、講義体制を作っていきたい。

### 3.4 ポストン大学（アメリカ）との大学院生真剣研究交流プロジェクト（田中、大竹）

#### 3.4.1 はじめに

カデット教育の目的は、研究者(エンジニア)としてのリーダーシップを発揮できる学生を育成することにある。本学の学生がアメリカの大学で、アメリカの大学院生と真剣に研究交流できる体験は、非常に貴重なものとなる。また、アメリカの大学との真剣交流はカデット教育にとっても非常に有意義なものとなる。交流相手校は、ポストン大学機械工学科（1年前までには航空宇宙機械工学科）である。先方の複数の研究室は、以下のように錚々たるメンバーが所属する。

- ・ John Baillieul、 IEEE Fellow、 IEEE CSS 元 President、 IEEE 元 Vice-President
- ・ David A. Castanon、 IEEE Fellow、 IEEE CSS 前 President
- ・ Hua O. Wang、 IEEE Senior Member、 かの O. Hugo Schuck Best Paper Award 受賞

非常に豪華な顔ぶれであり、カデット教育としてはこれ以上の恵まれた環境での研究学生交流の実現は不可能といっても良いであろう。また、アメリカの中でも大学教育機関のメッカ、ポストンにゲート校を確保できるメリットは計り知れない。次年度からの本格的な大学院生真剣研究交流プロジェクトの準備、および、正式導入の前年度として、本年度はプレ研究交流を行った。

#### 3.4.2 交流日程

田中一男（知能機械工学科、教授）、大竹博（知能機械工学科、助教）、市河拓（知能機械工学科4年、次年度大学院進学）、妹尾俊明（知能機械工学科4年、次年度大学院進学）、三宅龍馬（知能機械工学科4年、次年度大学院進学）の5人で、3月2日から3月6日に以下の日程でポストン大学機械工学科を訪問した。

3月2日（火）：大学院生の講義「Nonlinear Systems and Control」を受講。

大竹助教の講演およびディスカッション

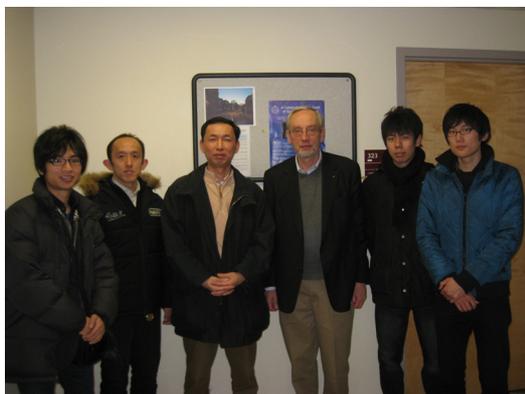
3月3日（水）：学生3名の講演およびディスカッション

ボストンの文化・歴史の勉強

3月4日（木）：大学院生の講義「Nonlinear Systems and Control」を受講。

授業の冒頭で大竹助教、学生3名の研究紹介を行った。

3月5日（金）：ポストン大学機械工学科の研究室訪問およびディスカッション



Prof. John Baillieul と記念撮影

3月6日（土）：マサチューセッツ工科大学およびハーバード大学の見学

### 3.4.4 参加学生の報告

#### ボストン大学訪問記

知能機械工学科 市河 拓

3月2日：

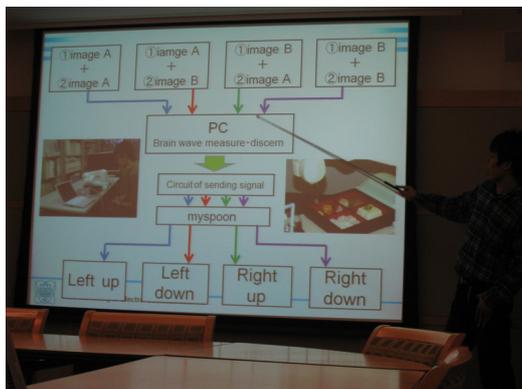
非線形制御についての講義に参加した。英語での授業はまず聞き取ることが難しかった。また、英語の略称がわからないことが多く、英単語帳に乗っている単語ではなく、専門用語の単語も覚え



る必要があると強く感じた。また、大竹先生の英語でのプレゼンを聞いた。

3月3日

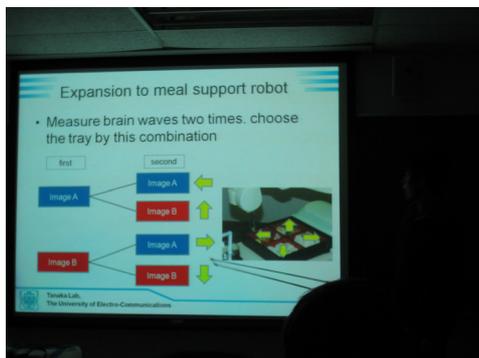
Wang 先生の前で研究内容に関するプレゼンテーションを行った。英語で発表するのは生まれて初めてだったのでとても緊張した。



3月4日

ボストン大学の大学院生の前で10分間のプレゼンテーションを行った。そして、Wang先生の授業を聞いた。また、カフェに入り「カプチーノ」を注文したつもりが「カップオブティー」だと勘違いされてしまい、紅茶のメニューを差し出されて困った。昼食時には、店員の質問を聞き取ることができず、だまってしまった。ネイティブの発音はとても速くて、聞き取るのがとても難しかった。この日はWang先生の家へ招待していただき、夕飯をごちそうになった。Wang先生やWang先生の奥さん、お子さんと英語で少しだけ話したが、自分の言いたいことがなかなか口に出てこず、3

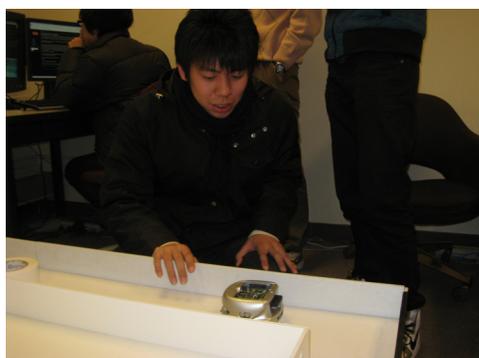
歳の子供の方が自分たちよりも流暢に英語を話しているのを目の当たりにし、自分の英語力のなさを改めて痛感した。



3月5日

ボストン大学の研究室を見学した。ロボット関係の研究室では自分もいろいろ知識があるため積極的に話しかけることができた。ボストン大学ではロボットを自分で作るのではなく、企業に発注しており、研究のメインはロボットを開発することではなくロボットを用いてなにかを行うことだった。これが日本の高い技術力につながる、日本の良いところでもあり、悪いところでもあると思った。

また、今日は学生のみでボストン科学技術館に行った。電車を乗り継ぎ、無事に着くことができ、英語で入場券を買うこともできた。昼にはドーナツ屋で購入したりと、少しだけ積極的に英語を話すようになってきたと思う。



3月6日

MIT とハーバード大学に行った。研究室を見ることはできなかったが、美術館や博物館を見ることができてとても面白かった。また、ハーバード大学のそばではストリートパフォーマーを間近で



見ることができ、貴重な経験ができた。

最後に、英語をもっと勉強しなければならないということと、わからなくても思い切って話すことが大事だということがよくわかった。また、筆記での文法と会話文の聞き取りはまったく違うということもわかった。この経験を生かして、今度の大学生活、社会人生活を豊かにしていきたい。

## ボストン大学訪問報告書

知能機械工学科 妹尾俊明

### ・日本の大学との違い

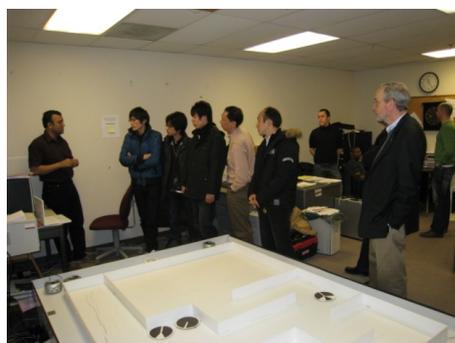
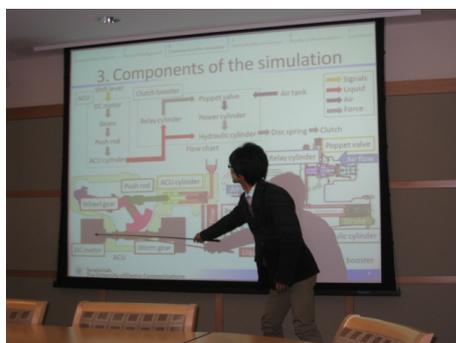
敷地や学生数のスケールの大きさに驚いた。授業を皆真剣に聞いていた。研究や授業などに対する熱意を感じた。

### ・アメリカの大学の良いところ

アメリカ国内だけでなく世界中から様々な人が集まってできているコミュニティなので、それぞれの文化が学べる。またアイデアも多角的な発想のものが生まれるのだろうと思った。

### ・勉強になった点

ボストン大学の院生に、自分の研究についてプレゼンをした。説明したい内容がきちんと伝えられているかどうかが一番苦労した点である。大学院の制御理論の授業を受けた。授業内容を理解するのに苦労した。制御理論だけでなく、ロボットや航空工学、ナノテクノロジーなどいろいろな研



究室を見学した。ボストン大学の最新の研究に触れることができた。

### ・英語力について

プレゼンはボストン大学の先生に誉められたが、リスニング力不足なのでコミュニケーションに苦労した。また話す際も単語が分からず、英語がなかなか出てこないことが多かった。もっと英語を勉強する必要性を感じた。

### ・アメリカについて

ボストン茶会事件など独立戦争について学んだ。また、1週間の滞在を通してアメリカ文化を肌で感じる事ができた。



## ボストン訪問 報告書

知能機械工学科 三宅龍馬

2010年3月1日から3月7日にかけて、ボストン大学を訪問してきた。私にとって初めての海外でもあり、とてもよい経験をすることができた。まず、驚いたことはボストン大学の東洋人の多さである。日本人と思われる学生はあまり見かけなかったが、様々な国の人々が通っていた。日本にはないアメリカの強みはこういったところにあると感じた。大学内だけではなく、ボストン市内にも様々な人種が歩いていた。しかし、ボストン大学に黒人学生があまり見られなかったところが、アメリカの過去を暗示しているように思えた。

次に、自分の英語力の乏しさを改めて思い知らされた。自分の言いたいことは単語やジェスチャーでなんとなく伝わった。しかし、相手の言っていることがほとんど分からなかった。相手の言葉が聞き取れないため、結局何を言ったら良いのかわからず黙ってしまうことが多々あった。様々な国から人が集まっているためか、人それぞれでいわゆる「なまり」のようなものがあり、普段TOEIC用に使っている教材のリスニングとは大きく異なっていて、非常に聞き取りにくかった。英語は今となっては世界共通語であり、私も日本で中学校に入った頃から勉強はしているが、勉強英語とコミュニケーションは全然違うということを知った。

また、文化の違いにもとまどった。特に困ったのがチップ制度である。日本には全くない文化であるため、いくらくらいをどのタイミングで渡したら良いのか、それともここは渡さなくても良いところなのかわからなかった。また、日本とアメリカでは店員の態度が全く異なっていた。アメリカ（普通の町中のお店）ではかなり店員がぶっきらぼうであった。しかし、それに対し、大学や市内を歩いている人は、ドアを開けておいてくれるなど思っていたよりも優しくかった。また、アメリカ人は言いたいことを率直に言い、会話が尽きないような印象を受けた。それでは、ここからボストンでのことを書く。

3月2日

Wang先生には、以前、電気通信大学を訪問された際にお会いしていた。その時に、自分の研究について英語で紹介したのだが、ほとんど伝えられずに終わってしまったため（自分の英語力不足のため）、今回はそのリベンジのつもりであった。

慣れない英語での講義を聞いた。日本語でも理解できるか疑わしいような内容を、英語で解説しているため、とても難しかった。2年後修士を卒業する頃には、聞き取れるくらいの英語力を付けたいと思った。

3月3日

私を含め、電気通信大学の学部生による、スピーチを行った。内容は、それぞれの研究テーマについて20分程度のものである。もちろん英語のスピーチであったため、万全の準備を行っていったつもりだが、初めての英語での発表であったため、緊張してうまく話せなかった。また、質問をされても何を聞きたいのか分からず、答えることができなかった。今後、海外で論文発表を行うことがあったときに今回のような状態ではとても恥ずかしい。もっと勉強をしないといけないと感じた。学部生のうちにこういった貴重な経験ができたことにはとても感謝をしている。

3月4日

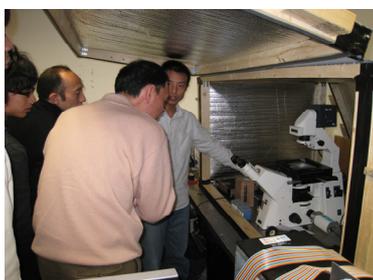
昨日、Wang先生から自分の授業の冒頭でもプレゼンをしてくれと言われ、急遽10分にプレゼンを縮め、10人近いボストン大生の前で発表を行った。非常に緊張したが、用意していたことはうまく言えたと思う。授業時間に行ったため、あまり時間もなく、質問はなかった。

また、夜はWang先生宅に招かれ、夕飯をいただいた。とても大きな家で驚いた。また、Wang先生の娘さんと少し遊んだ。子どもと遊びながらだと英語を学びやすいように感じた。



3月5日

ボストン大の研究室を見学した。英語での説明はあまり理解できなかったが、実機でのデモもしていただいたので、なんとなくわかった。英語力が足りず、自分の意見をうまく伝えられなかったのが残念である。



3月6日

ハーバード大学とマサチューセッツ工科大学の博物館の見学に行った。世界最高峰と言われる大学であり、非常に面白いものがたくさんあった。あれほどの博物館が大学内にあるというのがやはり名門私立といったところだろうか。また、大学の敷地がとにかく広がった。

以上で今回のボストン大学訪問の報告とさせていただきます。

### 3.4.3 今後の取り組みについて

Prof. Wang より

- ・学部講義と大学院講義の聴講の許可
- ・ロボット、メカ制御系の複数の研究室との共同プロジェクト遂行の許可

を得たので、今後は、次年度からの大学院生研究交流における具体的な研究テーマを検討・決定し、その準備を行う。また、ボストン大学機械工学科の多くの研究室ではMITやハーバード大学との交流も積極的に行われており、世界最高水準の学府との交流も今後企画していきたい。

#### 4. 大学院生による企画提案型プロジェクト研究

##### 採択の方法と発表成果の概要

下記要領で大学院生による提案企画研究プロジェクトの公募を行ない、21年度は6件の応募があった。本メカノインフォマティクス・カデット教育プログラムの取り組み実施担当教員による提案内容審査の結果、下記のように予算配分を行い、各代表者のマネージメントの下、プロジェクト研究を開始した。研究結果は研究報告会で報告し、担当教員による質疑応答を行ない、今年度の進捗状況および次年度の課題を確認した。

平成 21 年度

提案・予算申請書提出期日： 平成 21 年 5 月 18 日（月）  
研究提案ヒアリング： 平成 21 年 5 月 27 日（水） 14：00～16：00  
電気通信大学 東 4 号館 8 階 AV 会議室  
発表時間 1 件 20 分（10 分発表、10 分質疑応答）

提案プロジェクトタイトル・代表者・予算配分額：

1. 加藤 史洋（長谷川研） 修士 2 年 (50 万円)  
リアルタイム熱・動力学シミュレーションを用いた調理訓練装置の実現
2. 福島 佑一（明研） 修士 2 年 (42 万円)  
圧電繊維複合材料を用いたインテリジェントロボットの研究開発
3. 山口 恒（明研） 修士 2 年 (50 万円)  
センサーフュージョンによるヒューマンアシストに関する研究
4. 坂本 博一（田中研） 修士 2 年 (50 万円)  
生活支援を目的とした BMI システムの構築
5. Montree Pakkratoke（青山研） 博士 1 年 (46 万円)  
Development of intelligent micro hardness measurement for advanced research and basic training
6. 東 善之（田中研） 博士 3 年 (40 万円)  
水平軸型回転翼機のための推進器制御機構開発

プロジェクト研究報告会： 平成 22 年 3 月 11 日 14：00～16：30  
電気通信大学 東 4 号館 8 階 802AV 会議室  
発表時間 1 件 20 分（10 分発表、10 分質疑応答）

#### 4.1. リアルタイム熱・動力学シミュレーションを用いた調理訓練装置の実現

プロジェクトリーダー

加藤 史洋 知能機械工学専攻 博士前期課程 2年 長谷川研究室

プロジェクトメンバー

ダニエル ケオキ 知能機械工学専攻 博士前期課程 2年 長谷川研究室

花岡 優介 知能機械工学専攻 博士前期課程 1年 長谷川研究室

グエン ゴク トゥ 知能機械工学科 学部 4年 長谷川研究室

三武 裕玄 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 博士後期課程 2年 佐藤研究室

青木 孝文 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 博士後期課程 3年 佐藤研究室

指導教員：長谷川 晶一、佐藤 誠（東京工業大学 精密工学研究所 教授）

##### 4.1.1.1. 研究目的

料理を作るための方法として、手順や材料を記述したレシピを参照するのが一般的である。ある料理についてレシピを探してみると、膨大な量のレシピを見つけることができる。何か料理を作ろうとしたときに、一つの料理について幾通りもの作り方を見つけることができるが、これらレシピ間の差が出来上がり具合にどのように影響しているのかを知ることは困難である。そこで、調理操作と調理結果の関係をモデル化して、調理具合を表現する必要があった。こうすることで、調理操作と調理結果の関係が理解でき、ユーザがイメージする料理に近づけることができると考えられるからである。

また、調理とその及ぼす影響を知るためには、ユーザの調理操作によってリアルタイムに変化する動画を提示することが必要であった。この実現のために、これまで調理対象となる食材のモデル化を行い、これを熱や動力学などの物理シミュレータを用いて計算することで提示する方法を研究してきた。具体的には、食材の加熱調理における物理化学的な変化を動力学シミュレーション、熱伝導シミュレーション、加熱変化シミュレーション、化学変化を映像として表現する食材のグラフィクスレンダリングを用いて表示する料理シミュレーションの開発を行ってきた。現在までに、片手でのフライパンの動き入力インタフェース(図1参照)を用いた調理操作(フライパンを振る煽り動作など)の入力、ステーキなどの大きな食材において断面の温度の分布や焼き加減を可視化することによる調理状態の提示を実現した(図2参照)。しかし現実の調理操作では、菜箸やフライ返し等で食材を裏返す・かき混ぜる等の操作のように、フライパンだけでは実現できない調理操作が多い。焼け具合を確認するために食材をつつく・突き刺す等により硬さを確認するなど、調理状況の把握のためには視覚だけでなく力触覚も重要である。そこで本提案では、フライパンを振る操作に加え、菜箸やフライ返しなどでかき混ぜ操作等を行うことや、硬さを確認することによって調理状態の確認を可能とする調理シミュレーション訓練装置を提案する。装置の外観は図3(イメージ図)のようになる。また、料理シミュレーションシステムの構成を図4に示す。

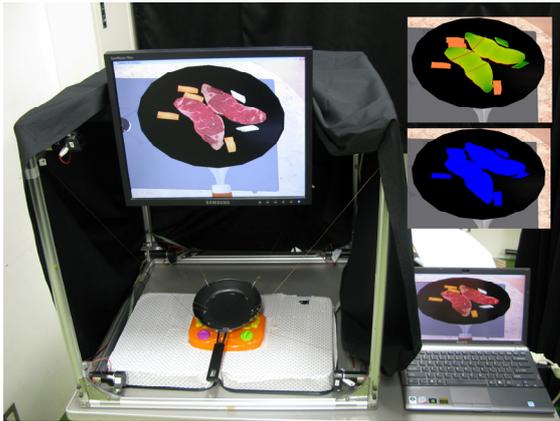


図1 フライパン型動き入力インタフェース 図2 食材断面の様子(左から、生状態のとき、  
焼けた時、

温度の分布。写真中の細長い矩形部が断面でのテクスチャ)



図3 調理シミュレーション訓練装置のイメージ図

ハーフミラー(図中水色の部分)に映った調理中の食材が、その下にあるフライパンに重畳され、それを、菜箸などでかき混ぜたり、裏返したりすることができる。

フライパンや菜箸には3次元力覚提示デバイスのSPIDARを用い、フライパン底につけた糸や菜箸の先端部に糸をつけ、これをエンコーダ付きのモータで引くことでこれらの位置の検出や力覚の提示を行う。

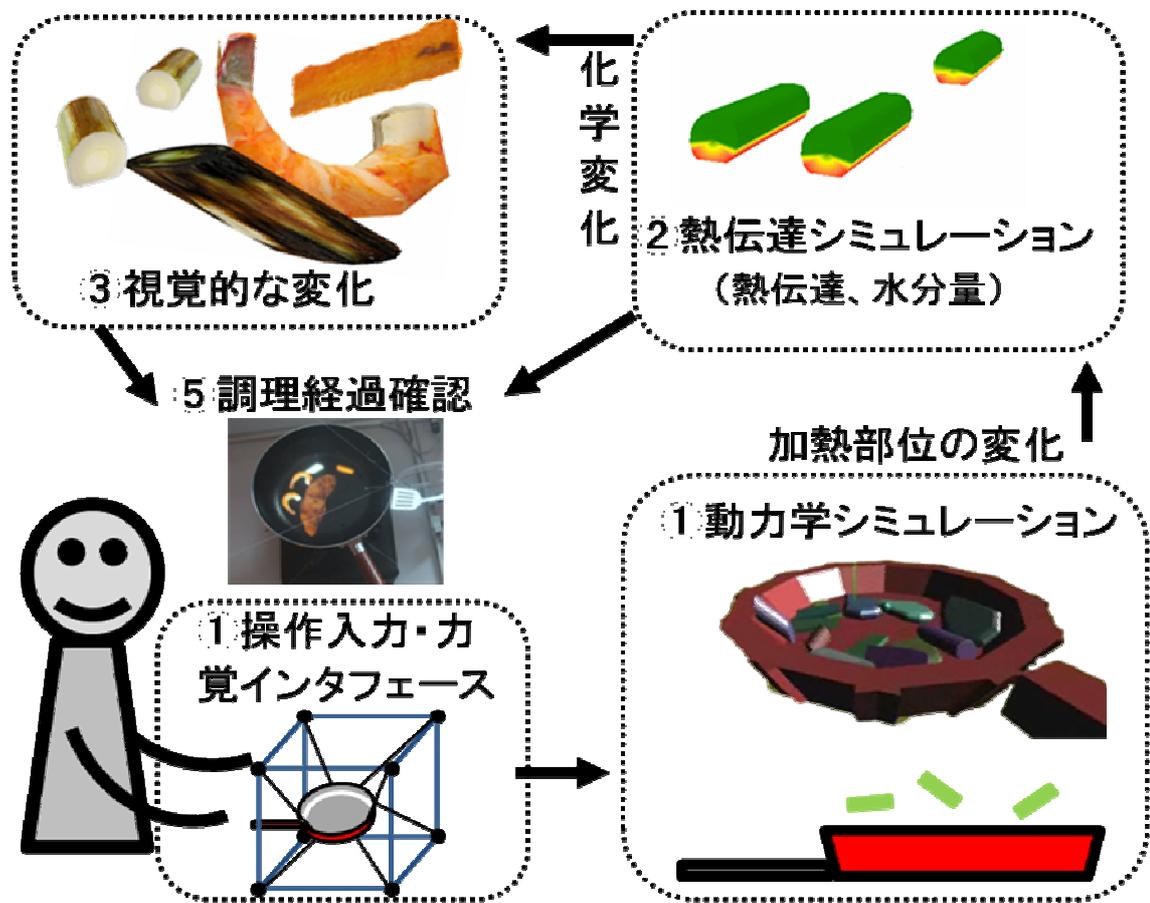


図4 料理シミュレーションシステムの構成

#### 4.1.2. システムの構成

本研究では、料理のシミュレーションに物理シミュレータを用いている。動力学や熱伝導などのシミュレータを用いてリアルタイムなインタラクションが可能になり、調理操作が調理結果に反映される。図4の①操作入力インタフェースによりフライパンやフライ返し等の3次元位置や回転を②動力学シミュレーションに入力する。動力学シミュレーションでは、食材と調理器具との間の接触を計算し、接触する位置などが変化する。③熱伝導シミュレーションでは、フライパンに接触している面から食材内部への熱伝導が計算される。熱伝導により、温度の上昇や水分の蒸発などが生じ、潜熱によって温度の低下も生じる。温度の上昇等によって生じる焦げなどの視覚的な化学反応を④視覚的な変化のシミュレーションで計算・表示し、⑤利用者に提示した映像で結果を確認して、利用者が次の操作入力を行う。このような流れでシミュレーションは構成される。

#### 4.1.3 研究の独創性・有用性

従来の料理支援の研究は、既存のレシピを分析したり、レシピ中のどの操作を行っているかを認

識したりするような料理支援であり、レシピに人が合わせる形態であった。本提案で行っている料理シミュレーションでは、人が調理具合の判断に必要な情報を料理シミュレーションにおける温度や加熱具合の可視化を通して参照可能にすることで、人が考えながら料理をしたり、レシピを作ったりすることを支援しようとしている点で独自性がある。また、フライパンなど調理器具の操作だけでなく、かき混ぜたり、食材の硬さを調べたりなど食材の触感などの情報を感覚することができる。これら、より実際の調理環境に近い状況を再現することで、現実での調理支援に必要な要素を探ることもできると考えられる。

従来、食材はすべて3次元の剛体モデルで表現していたが、これを剛体と関節を組み合わせた変形可能なモデルとして入力することで、調理の進行に伴って変化する食材の硬さや柔らかさを表現可能にする(図5参照)。また、視覚的にも変形している食材を菜箸などを通して触れ、その硬さや柔らかさを触覚で感じ取ることで、よりリアルな加熱状態の提示ができると期待される。

また、本提案は、2008年度に情報処理推進機構に採択された未踏 IT 人材発掘・育成事業で開発した「現実では見えない調理状態の推測を支援する調理シミュレータの開発」の継続のプロジェクトであり、今夏開催される CG およびインタラクティブ技術における世界最大規模の国際会議 ACM SIGGRAPH2009 Emerging-Technologie におけるデモ展示に採択が決定している。



図5 左：剛体をバネダンパモデルでつなぎ、柔らかさを表現するイメージ。右：焼いたステーキ肉のしなる様子

#### 4.1.4. 研究計画（今年度+将来計画）

本年度は、本研究提案にある装置の製作や料理の硬さが提示できるシミュレータ及びコンテンツの研究開発を行う。対象となる調理は、フライパンにおける、焼き・炒め調理である。また、昨年度採択された未踏 IT 人材発掘・育成事業での開発項目の継続としても進めていき、近い将来、本研究提案で研究開発した知見や料理シミュレーションを一般のユーザが使用できるように公開していくことを考えている。また、本研究で培った知見を応用して、現実の調理をリアルタイムに認識し、必要な調理情報を提示できるリアルタイム調理支援システムの研究開発を行っていきたい。

#### 4.1.5 実装結果

本提案プロジェクトの研究開発の結果、下図6のように、両手で操作可能な調理体験装置が構築できた。また、図7は、フライパンを握り、炒める様子である。

また、加熱温度を200~300℃にして、フライ返しで食材を裏返す操作(図8)やフライパンを振る(図7)ことができたことで、炒め調理操作に必要な振る操作と裏返す、かき混ぜる操作を体験

することができた。

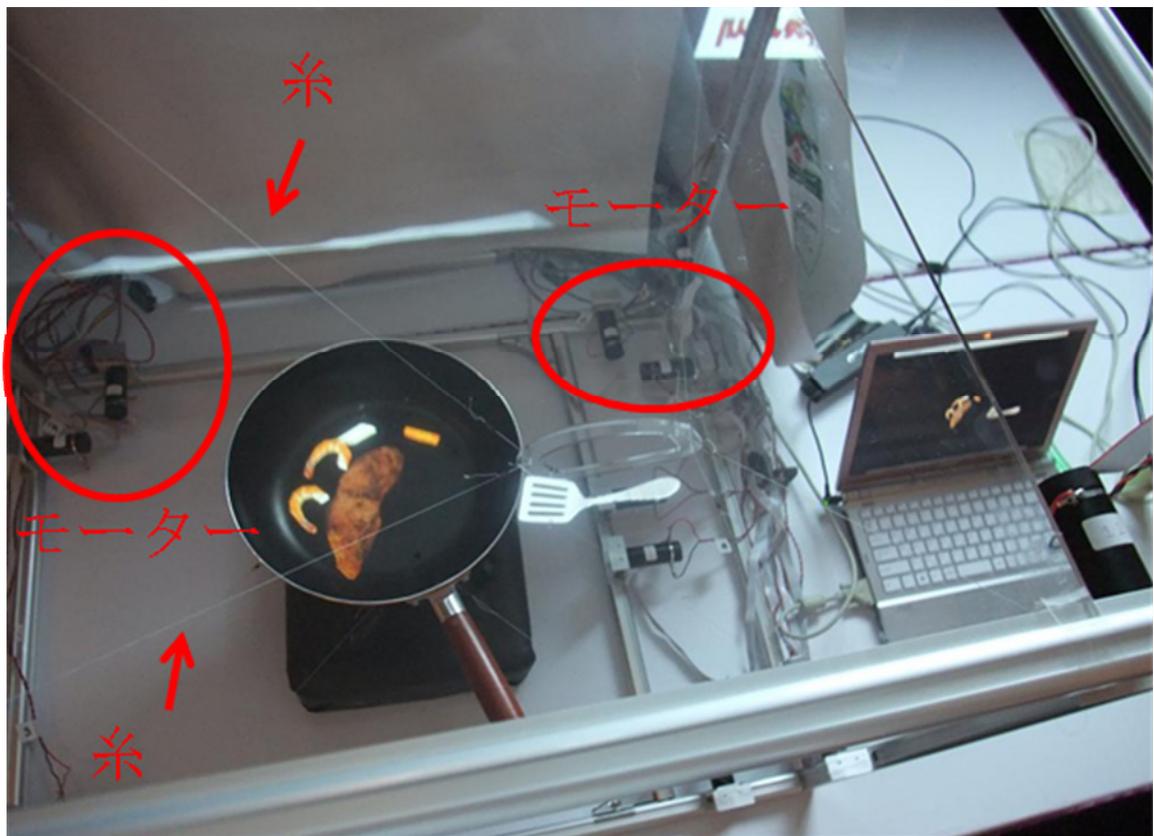


図6 右手でフライ返しを、左手でフライパンを振り、裏返し操作や炒め調理操作を行うことができる。



図7 フライパンを振り、エビを炒める様子



図8 フライ返しでステーキ肉を裏返す様子

また、食材の調理状態は、装置上部に配置されたスクリーンに映し出された映像が、フライパンやフライ返しの上に配置したアクリル板に反射され、利用者の視点からはフライパンの中に入っているように見える重畳表示を実現することができた。

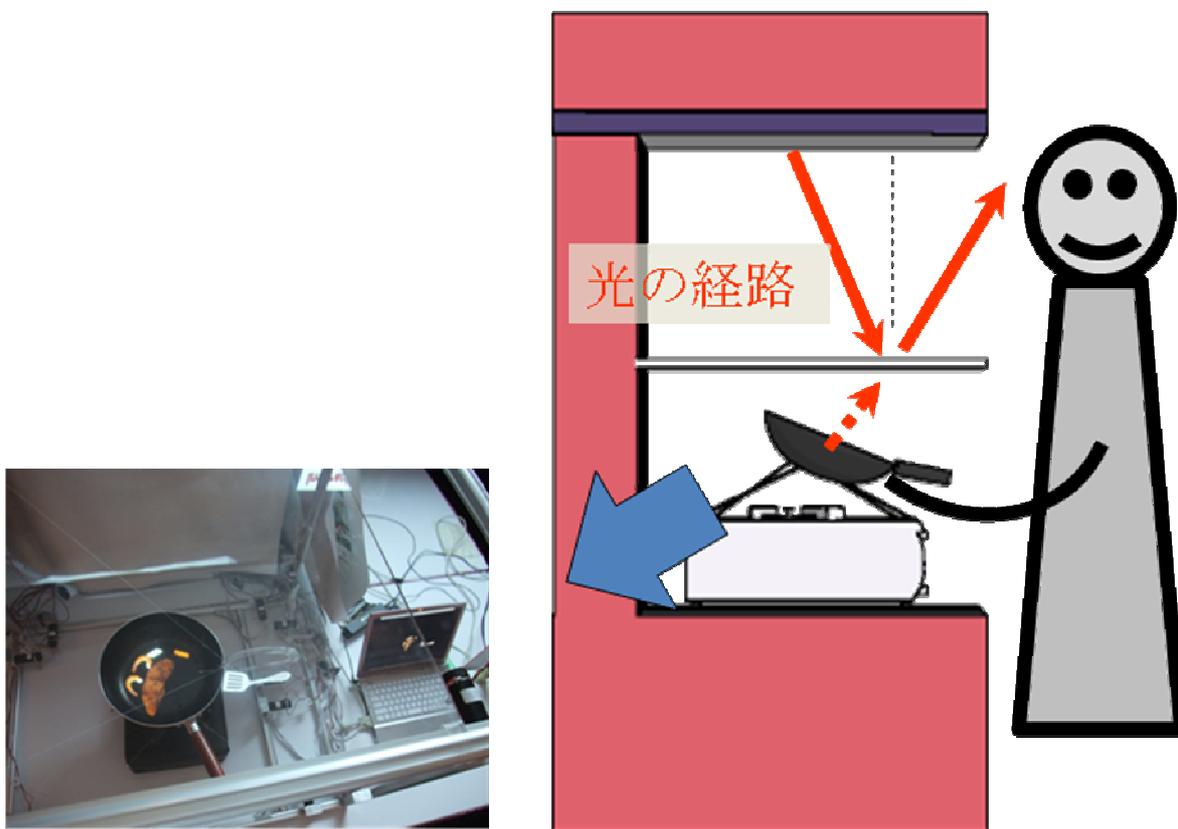


図9 図左部は、利用者の視点から見える映像、図右は、重畳表示システムの構造と光の経路。スクリーンにプロジェクターで投影された像がアクリル板で反射し、利用者にはフライパンの中に入っているように見える。

また、本研究で構築したシステムは、国際会議 ACM SIGGRAPH2009 の Emerging-Technologies にて、“Interactive Cooking Simulator” としてデモ展示を行うことができた。そこでは、利用者には体験してもらうことができたため、その展示の様子（図10）と、体験者の感想の一部を示す。

- ・とても面白い(crazy)
- ・操作が難しい、フライパンから溢れる。
- ・(デモ期間は5日間)昨日はうまく裏返せなかったけれど、今日うまく返すことができるようになった。

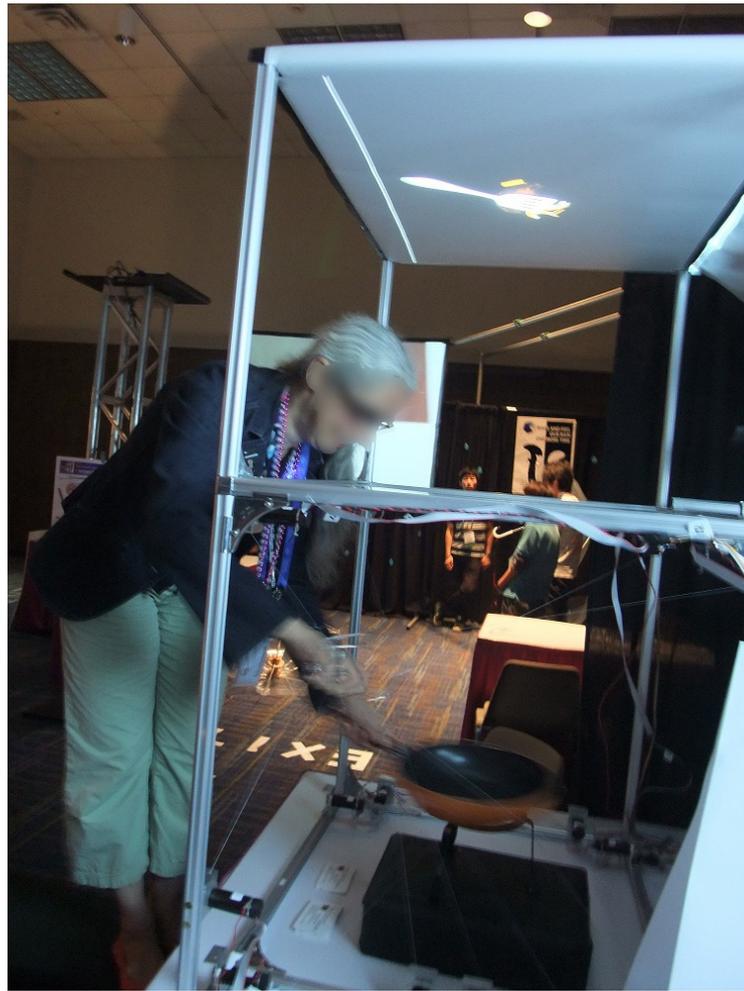


図 1 0 SIGGRAPH2009 Emerging-Technologies での来場者によるデモ体験の様子  
体験者の見ている映像は、スクリーンに投影されている。

#### 4.1.6. まとめと今後の課題

本提案では、シミュレータで表現した食材の焼け具合を確認することが可能で、両手による調理操作ができる調理体験装置が構築できた。また、柔らかい食材の表現をすることもできた。

したがって、プロジェクトの目的としていたリアルタイム熱・動力学シミュレーションを用いた調理訓練装置は、体験可能になった。しかし、調理が食材に与える影響を知ったり、理解を深めたりすることが可能かどうかは、まだ評価が済んでいない。また、リアルタイムに熱伝導を行いながら変形シミュレーションを行うことはできていない。

そこで、今後の課題として、食材の調理による変化が同じ様な時間変化をするか確かめ、評価する必要がある。これとともに、真に調理操作と結果を体験して調理操作による食材の影響が理解できるシステムにすることを目指す。また、リアルタイムに変形する柔らかい食材モデルを用いた熱伝導計算ができるようにすることが今後の課題である。

#### <参考文献>

・Fumihiko Kato, Mina Shiina, Takashi Tokizaki, Hironori Mitake, Takafumi Aoki, Shoichi Hasegawa : 'Culinary Art Designer', 'ACM SIGGRAPH2008', 2008 8

[http://haselab.hi.mce.uec.ac.jp/files/paperDB\\_uploads/pdf-9alhd3wc.pdf](http://haselab.hi.mce.uec.ac.jp/files/paperDB_uploads/pdf-9alhd3wc.pdf)

・Fumihiko Kato, Mina Shiina, Takashi Tokizaki, Hironori Mitake, Takafumi Aoki, Shoichi Hasegawa : 'Culinary Art Designer', 'ACM ACE2008', 2008 12 pp. 398

[http://haselab.hi.mce.uec.ac.jp/files/paperDB\\_uploads/pdf-jk0kr3zu.pdf](http://haselab.hi.mce.uec.ac.jp/files/paperDB_uploads/pdf-jk0kr3zu.pdf)

・加藤 史洋, 三武 裕玄, 青木 孝文, 長谷川 晶一 :

'調理支援のためのインタラクティブ調理シミュレータ', 'エンタテインメントコンピューティング 2008', 2008 10 pp. 151

[http://haselab.hi.mce.uec.ac.jp/files/paperDB\\_uploads/pdf-ci7ugeew.pdf](http://haselab.hi.mce.uec.ac.jp/files/paperDB_uploads/pdf-ci7ugeew.pdf)

## 4.2 圧電繊維複合材料を用いたインテリジェントロボットの研究開発

[プロジェクトリーダー]

学籍番号	氏名	所属
0834056	福島 佑一	知能機械工学専攻 博士前期課程2年 明研究室

[プロジェクトメンバ]

学籍番号	氏名	所属
0544012	竹川 孝幸	知能機械工学専攻 博士後期課程3年 明研究室
0934062	皆川 賢太郎	知能機械工学専攻 博士前期課程1年 明研究室
0934028	駒井 利之	知能機械工学専攻 博士前期課程1年 田中研究室
0614034	兼松 新	知能機械工学科 学部4年 明研究室
0614077	橋本 一慶	知能機械工学科 学部4年 明研究室

[指導教員]: 明 愛国 准教授  
田中 一男 教授  
前川 博 教授  
黒田 成昭 教授

### 4.2.1 研究目的

メカトロ機器を構成する要素としてアクチュエータ、センサ、動力源などが考えられる。アクチュエータには

モータなどが多く利用され、多様な特徴を持つように研究されてきた。このようなアクチュエータは大出力を得るために最適化されているが、使用目的によっては効率が悪くなる場合もある。

センサはメカトロ機器においては必修不可欠なもので、タスクをするときに基本的に必要となる要素である。このようなセンサには様々な種類があり、メカトロ機器のタスク種類によって適切なものが選べられる。

しかし、メカトロ機器において重要なのは製作及び作業における効率を向上させることである。従来のアクチュエータ、センサを組み合わせることではこのような効率向上が既に実現されており、その限界に至っている。近年、センサ機能・アクチュエータ機能などを材料自体が併せ持つようないわゆるインテリジェント材料が様々な場面で注目されている。このようなインテリジェント材料としては形状記憶合金、IPMC (Ionic polymer-metal composite, イオン導電性高分子・貴金属接合体)、圧電繊維複合材料などが挙げられる。

本研究では、圧電セラミック繊維を利用した新型圧電繊維複合材料であるMacro Fiber Composite (MFC, 図1)のアクチュエーション、センシング機能といった優れた特徴に注目し、MFCを利用したスマートメカトロ機器の研究開発を行う。



図1. MFCの概観

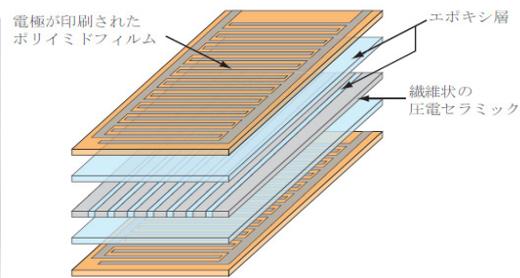


図2. MFCの構造

MFC はNASA のラングレー研究センターで開発された新しい圧電複合材料で、従来の圧電材料に比べて図2のような構造をしており、柔軟性・耐衝撃性に優れた特性を持っている。フィルム状のMFC に電圧を印加すると圧電繊維が伸縮し、MFC 全体にかけて歪みが発生し、アクチュエータとして利用できる。また、外部から歪みを加えると圧電効果により電圧が発生するので、センサとしても利用することもできる。さらに、チャージ回路などを用いることより発電機能も期待されている。

その応用研究として、MFC の持つ構造的な材料特性より、MFC のセンサ及びアクチュエータとして利用することで、MFC を用いた生物模倣運動機構(羽ばたきロボットや水中ロボット)、インテリジェントクッション、アクティブダンピングへの利用などについて検討を行っている。

#### 4.2.2 研究の独創性・有用性

メカトロ機器MFC を利用して製作することにより、従来のモータなどで構成されるものに比べ、全体の構造の簡易化が出来る。さらに、フィルム状のアクチュエータなので、アクチュエータ自身が非常に軽く、アクチュエーション部は接着部材の構造や面積などにより決められるので、比較的自由に駆動させることができる。そして、材料と一体化して駆動するので構造体の運動制御が直接にできる。また、高感度歪センサとして用いることが可能なので、MFC 複合体における構造センシングが可能である。

MFC を用いた生物模倣の運動機構を製作する場合、MFC は直接リニア駆動が出来るアクチュエータであり、回転運動系のアクチュエータを利用するものより、簡単で効率的な構造に作り上げることが出来る。さらに、センシングも一緒に出来るので簡単な運動制御ループを構成することが出来る。

このように1 つの構造体がアクチュエーションやセンシングなど複数の機能を併せ持てることから、この特徴を活かしてロボットへの適用することで、構造の簡易化や軽量化を実現できると考えられる。

#### 4.2.3 研究成果

近年、生物の構造や動作を模倣し、探査や調査などに利用しようと様々な生物模倣型のロボットが開発されている。本研究では圧電繊維複合材料を利用した生物模倣型ロボットを製作し、その有効性について検証した。羽ばたきロボット及び水中ロボットそれぞれの研究成果について報告する。

##### 4.2.3.1 羽ばたきロボット

###### 4.2.3.1-1 翼一体型羽ばたきロボット

圧電繊維複合材料を羽ばたきロボットの翼の一部として扱い、翼そのものを変形させ羽ばたき動作をするものである。本報ではロボットの翼の構造の改善を図り、複数翼間における影響について実験的に

調べた。

### A. ストップ機構の導入

鳥は翼に関節を有しているため、図3のように2点ヒンジの羽ばたきを行っている。しかしながら従来の実験機は図4のように固定されており、2点ヒンジの羽ばたきをうまく行うことができずフェザリング角度を稼ぐことができていなかった。そこで図5のようにストップ機構を導入して、固定部分を少なくし、可動範囲を大きくした。そしてsin 波形電圧を印加して、その時の正味揚力と推力を測定し機体重量と比較した。その結果を図6、7に示す。

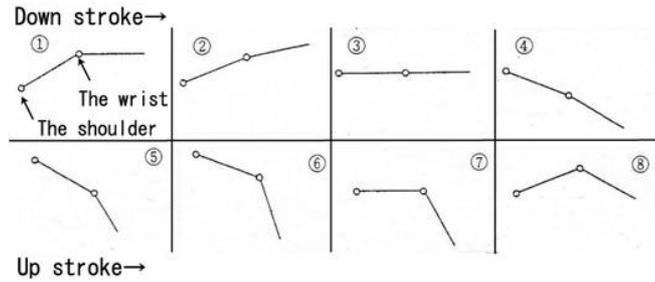


図3. 2点ヒンジの羽ばたき

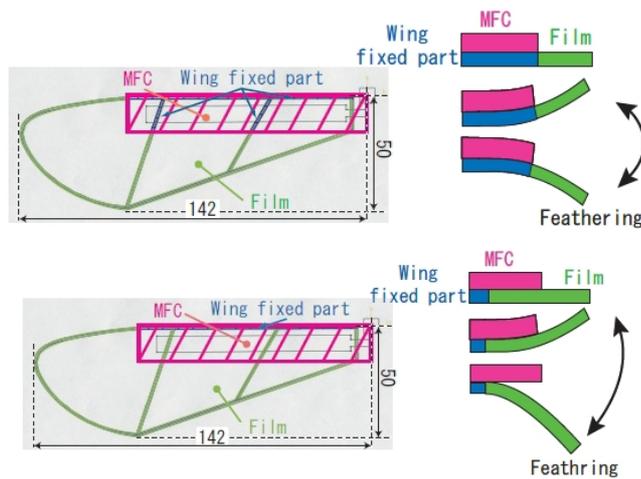
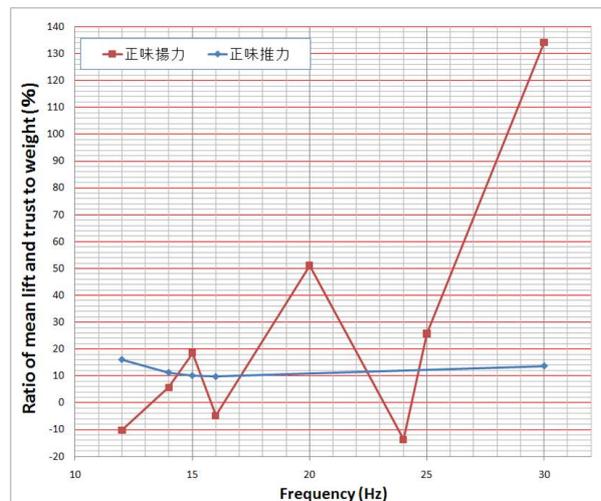


図4. 従来の実験機の翼の固定方法

図5. ストップ機構を導入した翼



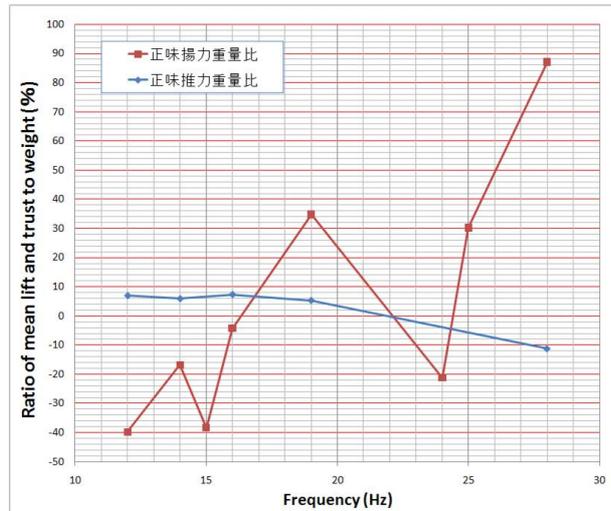


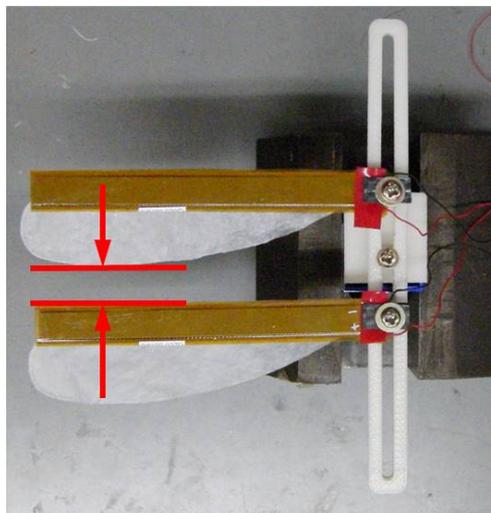
図6. 固定翼の正味揚力・推力重量比

図7. ストップ翼の正味揚力・推力重量比

固定翼の正味揚力重量比は87% , 正味推力重量比は-11% であった. これに対してストップ翼の正味揚力重量比は134% , 正味推力重量比は14% であった. このことからストップ機構を用いることで揚力及び推力が向上することがわかった.

#### B. 複数翼間による影響

翼を複数配置した場合の影響について知るために, 図8 のように翼を配置し, それぞれの距離と印加する電圧の位相差を変えながら, その時に発生した推力を測定した. その結果を図9 に示す.



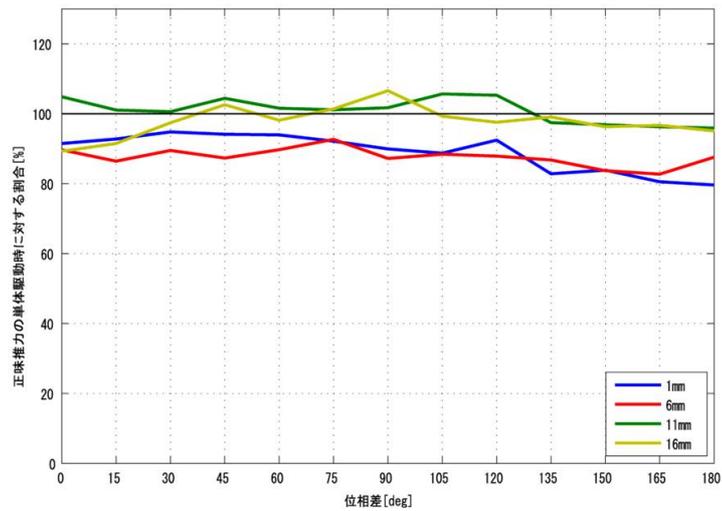


図8. 測定の様子

図9. 複数枚同時駆動時の影響

この結果から翼同士の距離が近いほど推力に対する影響が大きいことがわかった。今回測定したのは推力のみであったが、翼間の距離が揚力にどのような影響を及ぼすのか把握するため、今後揚力も測定する予定である。

#### 4.2.3-2 昆虫を規範とした羽ばたきロボット

翼に圧電繊維複合材料を適用する翼一体型ロボットに代わる機構として、新たに昆虫を規範とした羽ばたきロボットを開発した。昆虫の体内構造は図10 のようになっており、この構造を模した機構として図11 のようなリング状駆動モジュールを製作した。そして、製作したリング状駆動モジュールの共振周波数を知るための基礎実験を行った。その結果を図12 に示す。

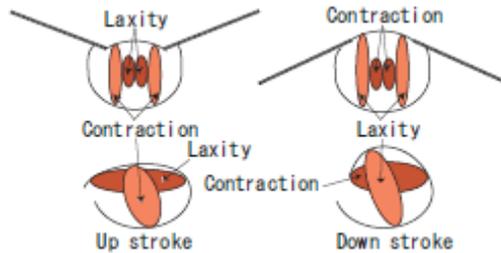


図10. 間接飛行筋型昆虫の構造

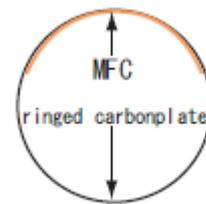


図11. リング状駆動モジュール

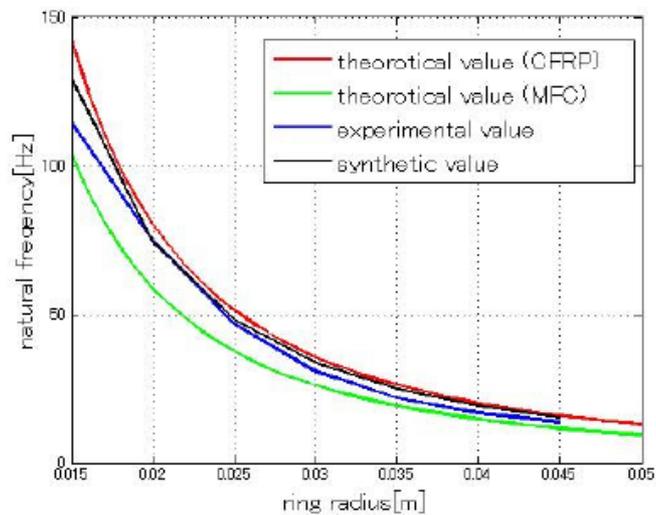


図12. 各リング径の固有振動数

これらの結果から、100[Hz] 近い大きな共振周波数を得ることができているのがわかる。この機構を利用して羽ばたき動作を実現するために、図13 に示す間接飛翔筋型昆虫の構造を基に、図14 のようなてこの原理を利用したヒンジ機構を開発した。製作したヒンジ機構を図15 に示す。

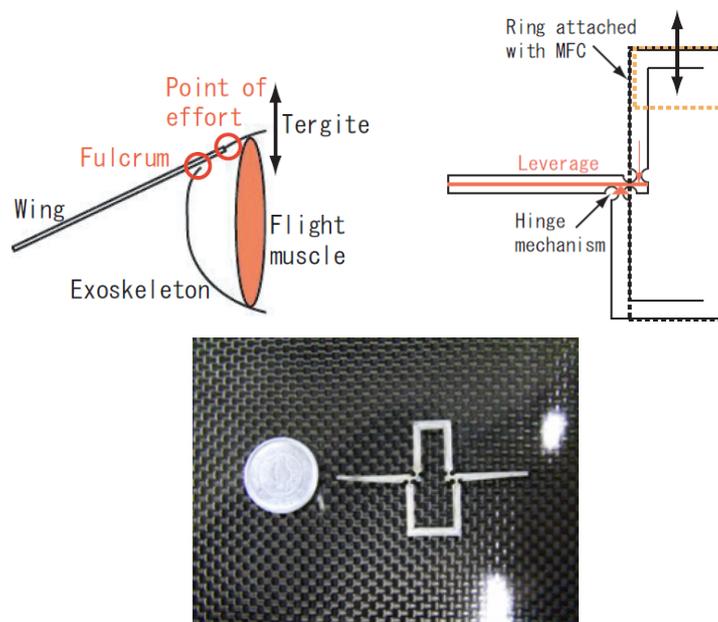


図13. 間接飛翔筋昆虫の構造拡大図

図14. 考察した羽ばたき機構

図15. ヒンジ機構

そしてリング状駆動モジュールとヒンジ機構、翅を組み合わせ、図16 のような羽ばたきロボットを製作した。実験機の仕様を表1 に、動作の様子を図17 に示す。またその時の平均揚力と推力を表2 に示す。

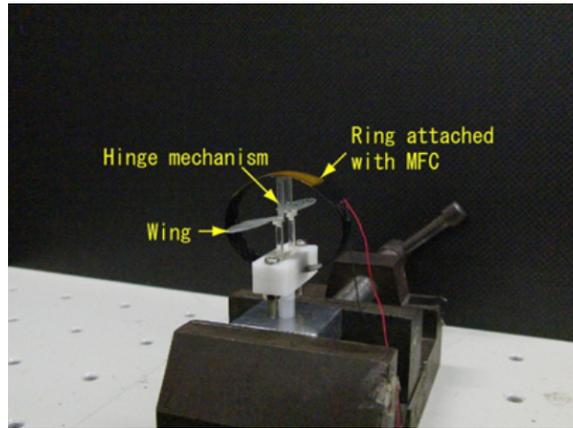
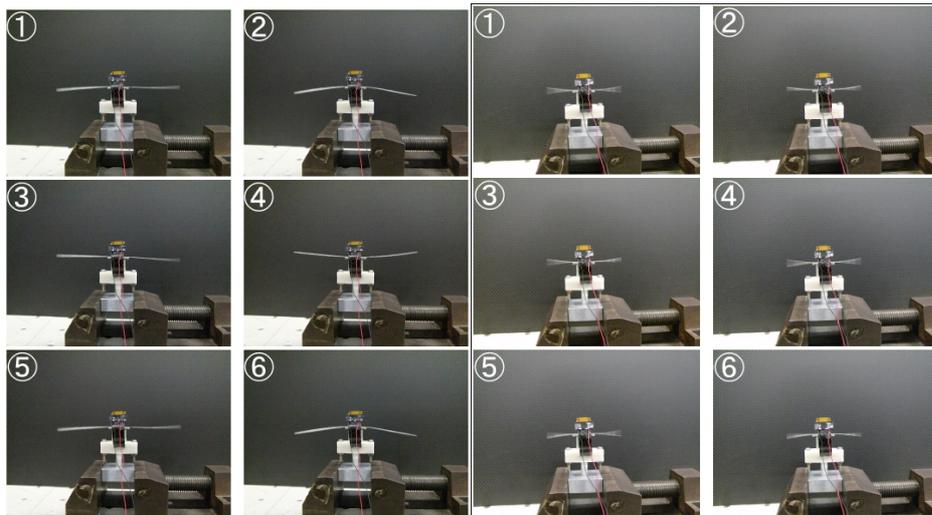


図16.羽ばたきロボット

表1.新しい実験機の仕様

	重量 [g]
MFC size $28 \times 7$ [ $mm^2$ ]	0.46
カーボンプレート	0.34
ヒンジ機構	0.48
翼を除く全重量*	1.58

\* 差は接着剤によるもの



翼長60[mm], 羽ばたき周波数14[Hz]

翼長30[mm], 羽ばたき周波数74[Hz]

図17.動作の様子

表2.平均揚力及び推力

翼形状	<i>Ichneumonidae</i>		<i>Chalcidoidea</i>		<i>Rhagionidae</i>	
翼長 [mm]	60	30	60	30	60	30
$\mu$ フィルム						
周波数 [Hz]	13	64	12	60	14	74
平均揚力 [mN]	-0.07	-0.11	-0.13	-0.35	-0.05	-0.26
平均推力 [mN]	0.03	0.21	0.04	0.25	0.07	0.43
がんび紙						
周波数 [Hz]	16	77	15	65	17	80
平均揚力 [mN]	0.54	-0.41	0.12	-0.44	0.94	-0.25
平均推力 [mN]	0.25	0.36	0.03	0.33	0.12	1.09

羽ばたき動作を実現できたことから、考案した構造が羽ばたき動作に活用できることを示した。特に翼長30[mm]のものは70[Hz]以上の高い羽ばたき周波数を実現することが出来た。しかしながら、揚力及び推力の測定では、それらのスケールが小さいことがわかった。この原因として、圧電繊維複合材料の出力の問題や、理想的なヒンジ構造との差異、羽ばたき運動による渦の発生の有無などが上げられる。

今後、本研究で得られた結果を活用し、より昆虫に近い羽ばたきロボットを実現するための機体構造を模索して、最終的には圧電繊維複合材料を用いた羽ばたきロボットの飛行の実現に向けて、揚力及び推力を向上させる必要がある。

#### 4.2.3.2 水中ロボット

水中において生物は重力の拘束を受けないため、前進に加え後進や旋回、回転など、多自由度運動を行うことができる。こうした運動が可能なロボットは、例えば海底洞窟などの狭く入り組んだ場所での探査や、揺れ動く海中での定点観測など、多くの環境で活動することが期待できる。そこで多自由度運動を実現するための機構について考え、試作を行った。

##### 4.2.3.2-1 付加機構によるピッチ・ロール運動

胸鰭による揚力によってピッチ・ロール方向の運動を行う魚類がいる。この胸鰭の機能を水中ロボットに付加し、十分な推進速度を与えれば、同様の運動が実現できると考えらる。そこで、テストベッドとして高速化したロボットを製作した。高速推進を行う準アジ型魚類の特性を取り入れたロボットを図18に示す。

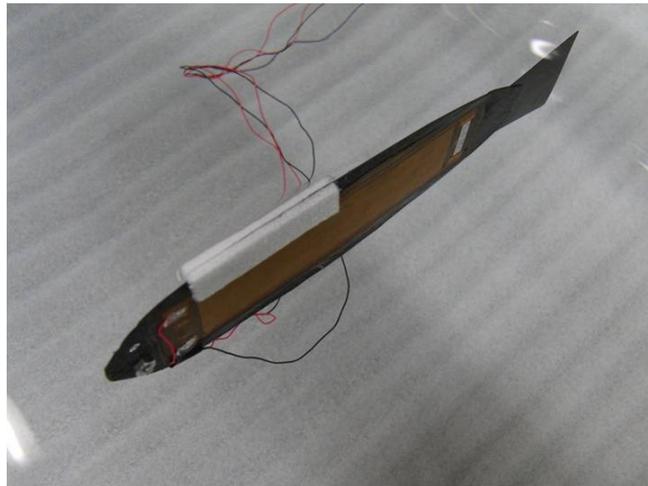


図18. 水中ロボット

このロボットの推進速度は最大で0.72[m/s] となり、これまでの2倍以上の値が得られた。次に胸鰭型付加機構を試作し実験を行った。動作原理を図19、試作した水中ロボットを図20に示す。

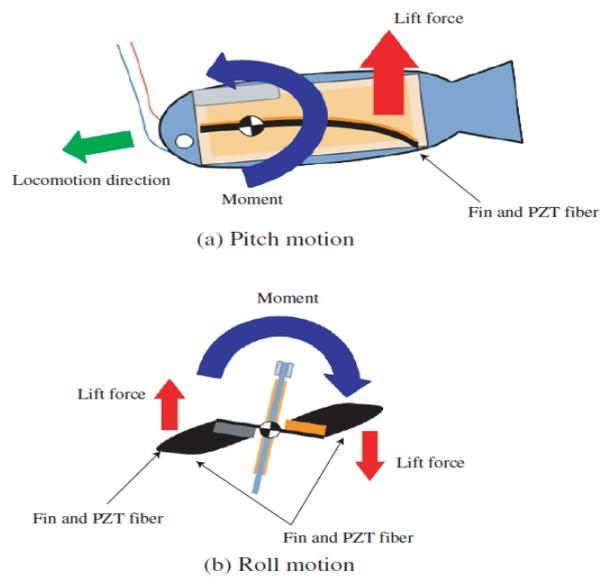


図19. 動作原理



図20. 胸鰭を付加した水中ロボット

このロボットの遊泳実験を行ったところ、ピッチ・ロール両方向に運動が可能であることが確認できた。しかし、この方法では本体と付加機構の運動が互いに干渉することが分かった。そこでこの問題を解消するために新たな機構を考えた。

#### 4.2.3.2-2 エイ型水中ロボット

ここまでの結果を踏まえると、主に直進推進を目的とした本体と、他方への推進を目的とした胸鰭それぞれの機能を単一の構造体を持つような形態の方が、本研究の目的に対してより適していると考えられる。このような形態の生物にエイがある。エイ型ロボットの利点は、先述したもの他に、運動に関して構造体の固有振動モードを利用できる可能性があることである。そのため、生物としてエイが持つ本来の運動と、こちらが人工的に付加することのできる運動によって、多くの自由度を持つ運動が実現できると考えられる。

エイ型ロボットを試作するにあたって薄板の振動と考えた。薄板の振動は図21のように様々な振動モードが存在する。このような様々な振動モードを利用することによって、多様な運動を実現できると考えられる。このようにして試作した実験機を図22に示す。

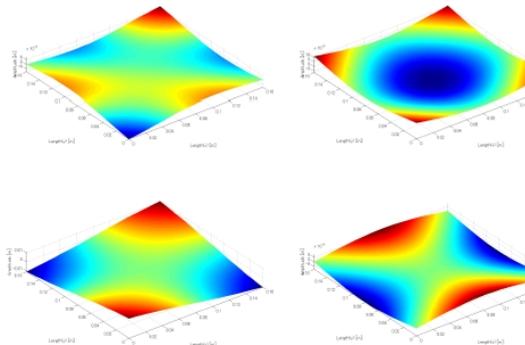


図21.薄板の振動モード

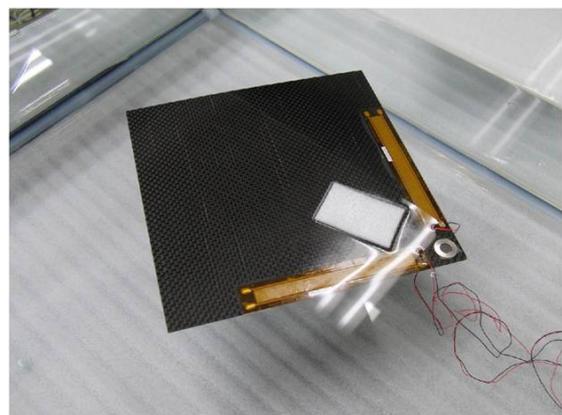


図22.エイ型水中ロボット

そして遊泳実験を行ったところ前進や旋回，潜航に加え斜め方向への並進運動が可能であることが確認できた。

今後は流体解析も含めた振動板の解析を行い，実験機の試作を行いながら最適な駆動法を模索していく。

### 4.3 センサーフュージョンによるヒューマンアシストに関する研究

プロジェクトリーダー： 山口 恒 知能機械工学専攻 修士2年 明研究室

プロジェクトメンバー：

謝 昭賢 知能機械工学専攻 博士3年 明研究室

片野 広大 知能機械工学専攻 修士2年 下条研究室

塚田 夏美 知能機械工学専攻 修士1年 明研究室

安藤 健治 知能機械工学科 学部4年 明研究室

指導教員： 明 愛国、下条 誠

#### 4.3.1. 研究背景・目的

現在、少子高齢化社会のため肢体を満足に動かせない高齢者が増えてきており、それを支える若者の負担が大きくなってきている。最近では、日常生活動作(ADL)の中でも最も主要な所作の一つである”立ち上がり動作”を支援するロボットシステムが数多く開発されている。その多くはベッド脇など特定箇所への固定方式を前提としているため、起立支援を受けられる場所が限定されてしまう。また、その多くが介助支援専用のロボットであり、家庭、医療・福祉などの実環境に導入するには多くの制約条件を課さなければならないために困難である。

専用ロボット以外にはTWENDY-ONEやRIBAなどがある。TWENDY-ONEは6軸力覚センサと触覚センサを用いて立ち上がり動作支援の研究を行っているが、触覚センサの応答性が悪く、分解能が低いので非健常者各々の状況に応じた動作を支援するには困難ある。

また、RIBAは病院・介護施設などで人と接して力作業を行えるロボットを目指しており、触覚センサの情報処理の高速化の為に分散情報システムを用いているが、システムが複雑で安全性に問題がある。

本研究室では、図1に示す移動マニピュレータによるホームサービスの一環として、非健常者の動作アシストの実現を目指している。本研究では移動マニピュレータのアームを荷重中心情報(以下、CoPと呼ぶ)と力覚情報が検出できる高速触覚センサで覆うと共に、近接覚センサと図1に示す三次元カメラの距離情報を用いてリアルタイムフィードバックにより非健常者の立ち上がり動作などのアシストを適切に実現することを目的とする。

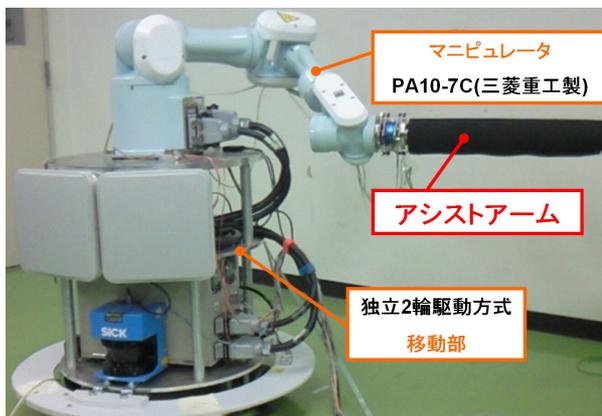


図 1: 移動マニピュレータ

図 2: 三次元カメラ

#### 4.3.2. 研究の独創性・有用性

人間の立ち上がり動作支援に必要な動作は2つある。ロボットが人間に近寄り、動作支援の準備をするアプローチ動作と動作支援を実行するアシスト動作である。

これらの動作に必要なものとして全身の姿勢などのグローバルな情報と近接、触覚情報などのローカルな情報を見て制御する必要がある。

そこで、本研究では、三次元カメラと近接覚センサ、触覚センサを用いる。

三次元カメラはMesa社のSR-4000を使用する。このセンサはリアルタイムに距離画像データが取得可能である。この距離画像を用いて被介護者がどのような姿勢でアシストを受けながら立ち上がり動作を行うのかを認識し、フィードバックをかける。

近接覚センサは光学式ネット状近接覚センサを使用する。このセンサは対象物体の距離と中心位置の情報を1[ms]で得ることができる。三次元カメラで補えない移動マニピュレータのアーム付近の死角をこのセンサで補う。

触覚センサは、人間共存ロボットにとって、安全機能や接触動作等には必要不可欠である。また、センサを使ったフィードバック制御を考える上でセンサの応答時間は重要である。通常のロボット制御に用いられる制御ループには1[ms]程度と言われているが、CoPセンサは立ち上がり応答時間が0.1msであるのでフィードバック制御が十分可能である。その上、配線数が少なく触覚センサの接触面上にある荷重の中心位置を検出することができるという利点もある。従って、本研究では触覚センサにCoPセンサを使用する。

これらのリアルタイム性のあるセンサを連携して使用する事でより簡単に人間の姿勢や動きを判別し、適切なアシスト制御を行うことができると考えられる。

アプローチ動作では三次元カメラと近接覚センサを用いて椅子に座っている非健常者の脇下にアームを移動させる。

アシスト動作では三次元カメラで人体の姿勢を把握し、触覚センサでアームにかかる力の荷重中心位置と力覚の情報により、常に人間の脇下にアームがあるように制御しつつ、立ち上がり動作の各過程に応じた制御を行い、適切なアシスト動作を行う。

#### 4.3.3. アプローチ動作

移動マニピュレータが非健常者に近寄り、動作支援の準備をするアプローチ動作の必要な情報として、ジェスチャの認識により、非健常者の意思判別と位置検出を行う。

ロボットが人の使用するジェスチャを認識することができれば、簡便な意思伝達が可能となり、より親しみやすいものにすることができると考えられる。

現在、ジェスチャ認識の方法がいくつか報告されているが、テンプレート画像をあらかじめ登録する必要や、判別に時間がかかるといった問題などがある。

そこで、リアルタイムに三次元情報が取得できる三次元カメラを用いて、人間動作の特徴から図3に示す4種類のジェスチャ「手招き」、「バイバイ」、「ストップ」、「サークル」の判別および人間の位置検出の方法を考案し、実験を行った。

ジェスチャ認識の流れは、まず図 4 に示すように椅子とカメラの間を 2~3[m]置き、人はカメラと正面で向かい合うように座る。そして、カメラに向けて右手でジェスチャを行い、この右手の位置を人の位置とみなす。

三次元カメラによってデータを取得し、そのデータを図 5 のようにフレーム間処理によって右手の位置を認識し、図 6 のように 4 種類のジェスチャのデータを取得する。図 6 の橙色で囲った枠がそれぞれのジェスチャの特徴的な部分である。これらのジェスチャデータの特徴を用いて判別条件を設け、4 種類のジェスチャ認識を可能にした。また、図 5 に示すように人とカメラの間に動かない障害物が存在してもフレーム間処理によって右手の位置を認識する事が確認できた。

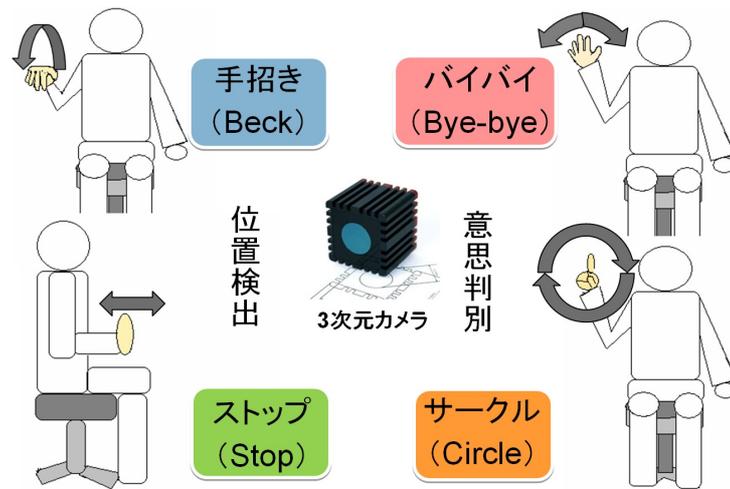


図 3: 4 種類のジェスチャ

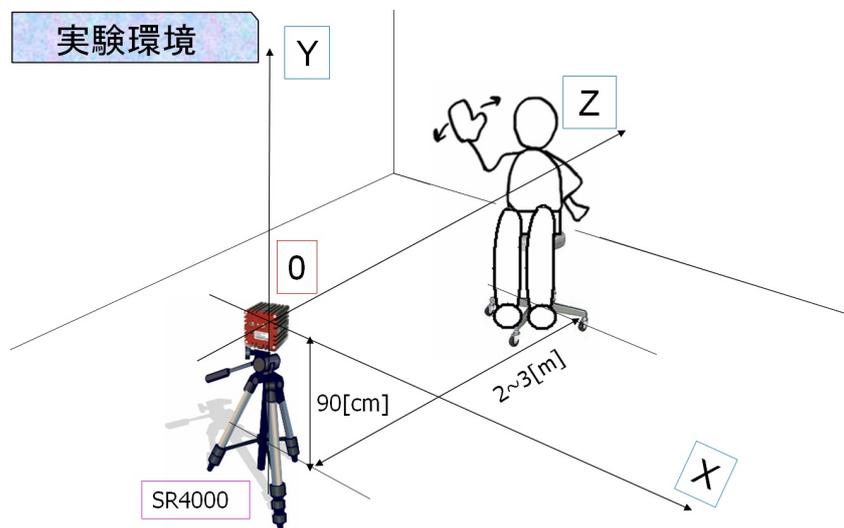


図 4: ジェスチャのデータ取得方法

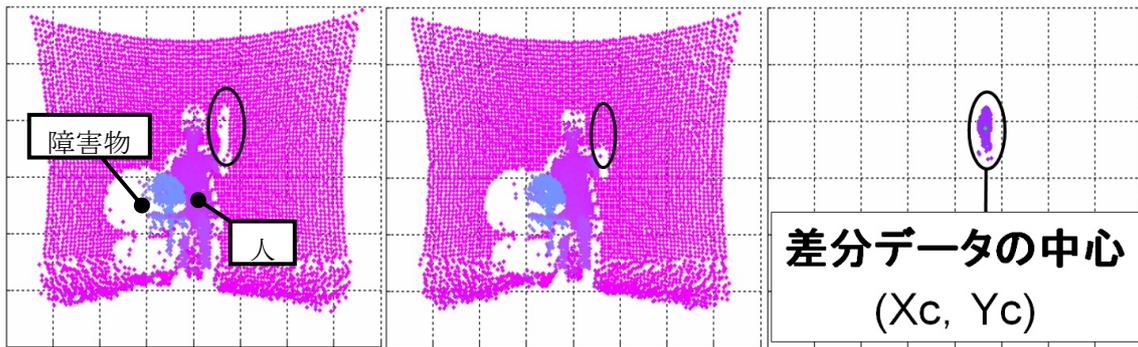


図 5: フレーム間処理によって手の位置を認識

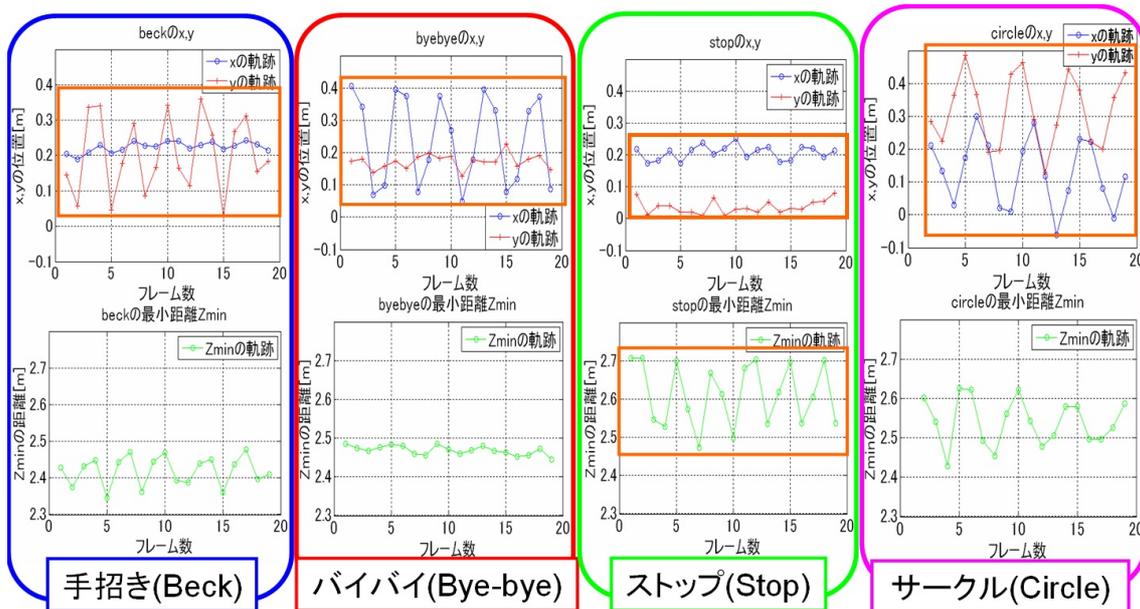


図 6: 三次元カメラによって得られた 4 種類のジェスチャのデータとその特徴

#### 4. 3. 4. アシスト動作

##### 4. 3. 4. 1 三次元カメラを用いた立ち上がり動作の認識

従来の人間の姿勢認識方法として、マーカーを用いたモーションキャプチャがある。しかし、この方法では身に付けたマーカーにより動きが拘束される、服装に制限があるなどの問題があり、実用的ではない。

そこで本研究では三次元距離データが取得可能である三次元カメラを用いて、マーカーレスの姿勢認識を行う。姿勢認識後には、この情報を触覚センサの情報と統合し、移動マニピュレータが適切なアシスト動作を行うようにする。

今回、対象となる立ち上がり動作の姿勢は図 7 に示すように立ち上がり動作を行うのに必要な 3 つの過程である前傾相、前進相、伸展相である。

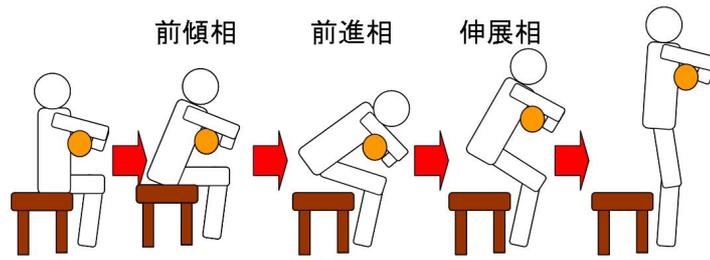


図 7: 立ち上がり動作に必要な3つの過程

この姿勢認識で用いる三次元カメラは触覚情報と統合してアシスト動作を行う為に使われるので、データ量が膨大となる。そこで、簡単かつデータ量を縮小する処理が必要となる。

本研究では図 8 に示す Shape context の処理を用いてデータを処理し、図 9 に示すように左から起立開始姿勢、前傾相、前進相、伸展相、起立終了姿勢の 5 つの姿勢のテンプレートを用意して実際にテンプレートのモデル以外の被験者で立ち上がり動作の姿勢判別実験を行った。

その測定結果とテンプレートを比較し、被験者のそれぞれの姿勢を認識することができた。

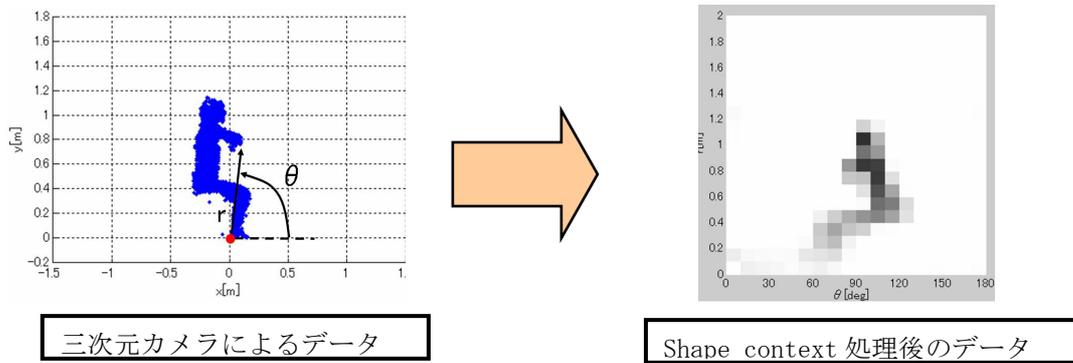


図 8: Shape context で処理したデータ

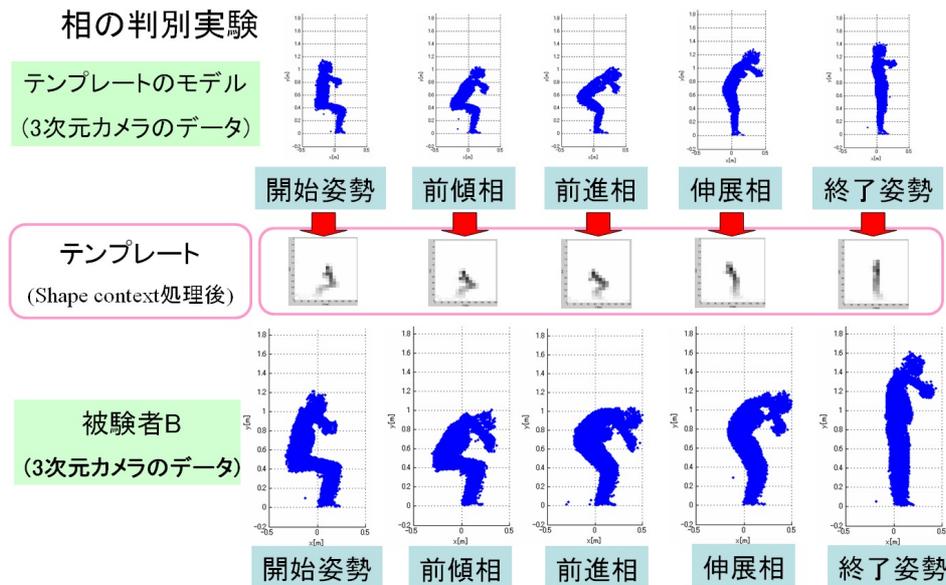


図 9: Shape context 処理後のテンプレートでマッチング

#### 4. 3. 4. 2 触覚センサを用いたアシスト方法

図1に示す, 人が脇下に入れて掴まるアームの部分(以下, アシストアームと呼ぶ) には触覚センサを搭載する. センサ配置の基本指針として, 人が脇下でアシストアームに触れる場合に必ずセンサが感知するようにセンサを配置しなければならないと考えた. この基本指針により図10に示すセンサモジュールを製作した.



図 10: アシストアームに装着するセンサモジュール

このCoP センサモジュールをアシストアームに装着し, 実際に被験者がアシストアームを脇下に入れて起立動作のアシストを受けた際のCoP センサの出力情報を計測し, 解析した. 図11 のように, まず被験者には, 高齢者の起立方法に近い状況になるように体幹と膝関節に負荷を与えた. 次に支援者はアシストアームの両端を持ち, 被験者の脇下のアシストアームを入れて, 被験者の肩関節の軌道が①から③ となるようにアシスト動作を行った. その結果, この動作支援時の胴体部のCoPと力覚情報に立ち上がり動作のパターンが見られた.

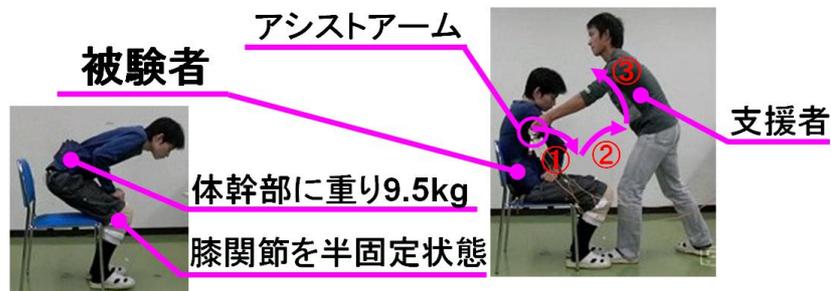


図 11: 支援者による立ち上がり動作のアシスト

このパターンを基にアシスト動作中に安定な接触力を保ちながら被験者の身体の左右のバランスを保つ制御と前後屈動作のアシスト制御を提案した.

バランスを保つ制御の実験では, 図12に示すように人間の胴体に相当する楕円形物体をアシストアームと接触させて, 人が胴体の正面でアシストを受けるようにアシストアームを楕円形物体と接触を保ちながらCoPを胴体正面へ移動するように制御を実行した.

前後屈動作のアシスト制御実験では, アシスト制御の初期段階として, 人の脇下にあるアシストアームの接触位置を初期位置に移動させる事を想定し, CoP が目標値へ移動するように制御を実行した. 具体的には人間の脇下を想定して曲面を持ったパイプを用意し, 図13に示すように  $\theta = 70[deg]$  でアシストアームと接触させ,  $\theta$ の目標値を  $0[deg]$  として前後屈アシスト制御を開始した. その結果, アシストアームはパイプとの接触を保ちながらCoPが  $\theta = 0[deg]$ へ移動するよう

に動作した.



図 12: 身体の左右のバランス制御実験の様子



図 13: 前後屈動作のアシスト制御実験の様子

#### 4.4 生活支援を目的とした BMI システムの構築

報告者 電気通信大学大学院 電気通信学研究科  
知能機械工学専攻 田中研究室  
博士前期課程 2 年 坂本博一

指導教員 知能機械工学科 田中一男教授  
システム工学科 本多中二教授

##### プロジェクトリーダー

知能機械工学専攻 博士前期課程 2 年 田中研究室 坂本博一

##### プロジェクトメンバー：

知能機械工学専攻 博士前期課程 1 年 田中研究室 青木治雄

システム工学専攻 博士前期課程 2 年 本多研究室 佐藤洋介

知能機械工学専攻 博士後期課程 2 年 田中研究室 Mukul Manoj Kumar

筑波大学大学院 システム情報工学研究科 リスク工学専攻 博士前期課程 1 年

佐藤研究室 張替裕矢

##### 指導教員

知能機械工学科 田中一男教授

システム工学科 本多中二教授

##### 4.4.1. 研究目的

近年、脳と機械やコンピュータを直接つなぐインタフェース技術として、Brain-Machine Interface (BMI) や Brain-Computer Interface (BCI) に関する研究が注目を浴びている。手や足などの運動器官を介すことなく脳活動情報から直接的に機械の操作を可能にする BMI は、筋萎縮性側索硬化症 (amyotrophic lateral sclerosis) など重度の身体麻痺者への応用が期待されている。また、その中でも脳波は非侵襲で容易に計測ができるため、注目をされている。

本プロジェクトの研究目的は、脳波を用いた重度障害者の生活支援を目的とした BMI システムの構築である。本プロジェクトでは本年度、重度障害者の生活の質 (QOL: Quality of Life) の向上のために食事支援を出来る BMI システムの構築を目指す。そのために、そのシステムを構築することと、それを健常者または障害者に使用してもらい使いやすさを検証することを行う。

#### 4.4.2 本研究の独創性・有用性

実際に BMI システムを構築して福祉機器を動かす研究を行っている知能機械工学科の田中研究室においても電動車椅子の移動方向を決定するということがシステムの構築[1]を行っていない。

しかし、障害者が困っているのは移動手段だけではない。仕事・食事・娯楽などあらゆる場面で苦勞をしている。このことから生活の質(QOL)の向上という観点でみると生活の場面ごとに、そのようなシステムが必要である。

その中でも、我々の生活になくてはならないものは「食事」である。「食事」は命を繋ぐための栄養摂取の目的もあるが、それ以上に「食事」には楽しみの要素が含まれている。しかし、自分で食事ができずに人に食べさせてもらっている障害者にとって「食事」は楽しみではない。なぜならば、自分のペースで食べるということが出来ないからである。それについて私たちの身近な例を挙げるならば、ゆっくりと自分のペースで味わいながら食べることのできる食事は楽しみであるが、時間のない中で数分で済ませなければならない食事は逆に苦痛でしかない。

そこで本プロジェクトでは、この苦痛を楽しみに変えることのできるようなシステムを構築する。よって、「苦痛を楽しみに変えることのできる」という部分において本プロジェクトの独創性と有用性をみることができる。具体的に本プロジェクトでは、食事を補助し、障害者の人が介助者の手を借りることなく食事のできる BMI システムの構築を行う。

#### 4.4.3. 研究内容

##### 4.4.3.1 構築システムの提案

障害者の人が介助者の手を借りることなく食事のできる機器はセコム(株)より「マイスプーン」という商品名で販売をされている。そこで本年度、本プロジェクトでは「マイスプーン」を購入し改良する。そして「マイスプーン」を動かすことのできる BMI システムの構築を行う。このようなシステムを構築することにより、今まで「マイスプーン」でも食事をする事が出来なかった重度障害者が自分で食事のできるようになると考えた。

市販されている「マイスプーン」には以下の3つの動作モードがある。



図1 マイスプーン

- ・手動モード：ジョイスティックを左右前後に倒し，食べ物に合わせてハンド位置を操作する．ハンド・スプーンの動きをすべてジョイスティックで行うモードである．
- ・半自動モード：ジョイスティックを左右前後に倒し，専用の食事トレイの4区画のうち，スプーンをどの区画に移動させるかを操作する．その後は，自動的にその区画より食べ物を運んでくるというモードである．
- ・自動モード：ボタンを押すとその後は自動的にハンドが区画まで移動し，食べ物を運んでくるというモードである．

これらの動作モードうち，本プロジェクトでは「半自動モード」に着目をした．このモードうちの前半部の「ジョイスティックを左右前後に倒し」という部分をBMIシステムに改良する．すると，被験者はガイダンスに脳波を用いて答えていくことにより，食べたいものを食べることのできるシステムを構築することができる．

#### 4.4.3.2 システムの構築(ハードウェア)

まず，本プロジェクト予算を用いて「マイスプーン」を購入し，改良を行った．改良内容は以下の通りである．ジョイスティックからの信号の代わりにPCから発信されるBlue toothの信号を入力として使えるようにした．また，脳波の思考判別の結果をPCよりBlue toothを用いて「マイスプーン」へ送信できるようにした．ジョイスティック部分の改良の概念図を図2に示す．マイスプーンは，コンセントより電源を供給している．なので，PCとマイスプーンを直接つなげると，PCへ電源ノイズが入ってしまい，脳波を正しく計測することができない．そこで，PCとマイコン間をBlue toothで無線化することによりその影響をなくすという対策を施した．

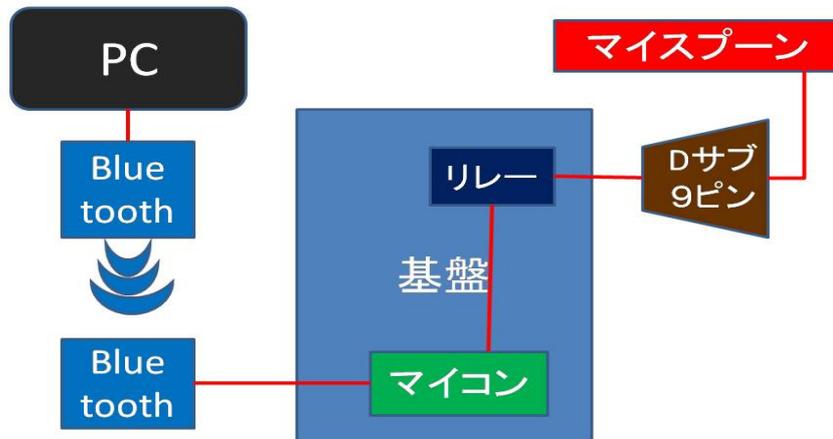


図2 マイスプーン改良概念図

#### 4.4.4 4 択の検討

思考判別法は、「2 択を 2 回繰り返すのか」「4 択を 1 回行うのか」という 2 通りが考えられる。そこで、次節において 4 択の思考判別の検討を行う。その結果で、「2 択を 2 回繰り返す」場合と思考判別率に遜色がない場合は、被験者の負担や食べるまでのスピードを考慮して 4 択でシステム構築を行う。「2 択を 2 回繰り返す」システムの方がよい場合には、従来本研究室にある思考判別方法を用いる。

4 択の検討を行うのに使用した思考判別法はカーネル判別分析[2]を用いた思考判別法である。この方法を用いることにより、従来の 2 択の思考判別では平均で 71%の思考判別率を得ることができた。4 択の思考判別は図 3 のように 2 択の識別器を 6 個作成し、6 個の識別器の多数決により思考判別を行った。具体的には、未知の脳波データに対して思考(1, 2), (1, 3), (1, 4), (2, 3), (2, 4), (3, 4)の 6 つの識別器から 6 つの思考の判別結果が得られる。その結果で思考を判別する。

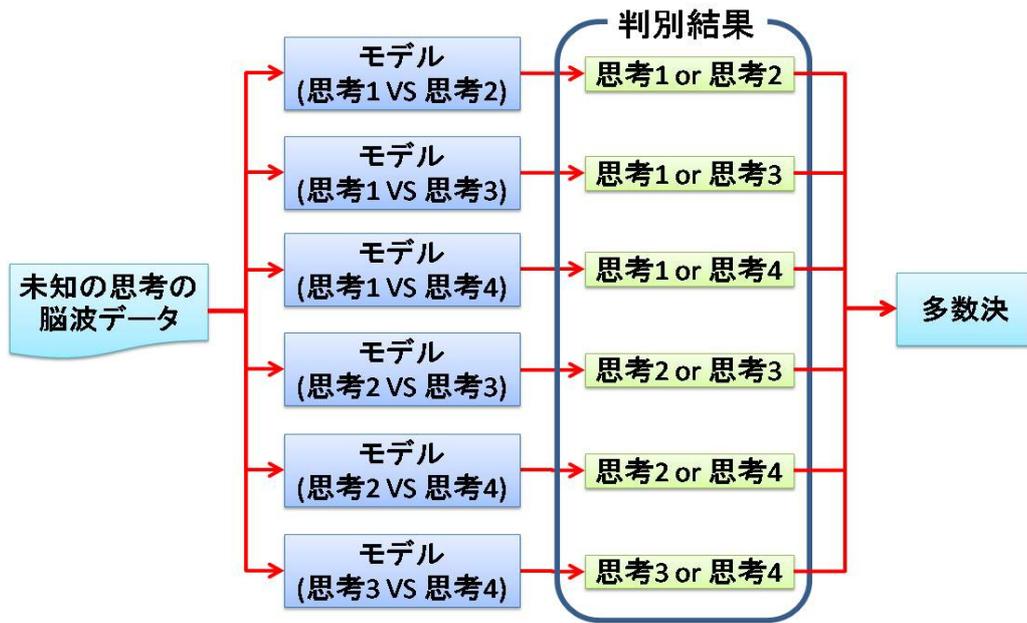


図3 4択の方法

結果、4択での思考判別精度は平均39%であった。これは、単純に2択を2回繰り返して得られると期待できる判別精度(71%×71%=50.4%)よりも著しく劣っている。そこで、今回は2択を2回繰り返すことによりシステム構築を行った。

#### 4.4.5 構築システム(ソフトウェア)

実際に構築したシステムでは、「2択を2回」行い、4択を実現している。具体的には、第1問目として

- ・上側のお弁当箱の中身を食べますか？

と聞く。次に第2問目として

- ・右側のお弁当箱の中身を食べますか？

と聞く。この2つの質問の回答結果から図4のように、マイスプーンへ動作命令を出すシステムとした。

第1問目 : Yes 第2問目 : No	第1問目 : Yes 第2問目 : Yes
第1問目 : No 第2問目 : No	第1問目 : Yes 第2問目 : No

図 4 お弁当箱と質問の回答の関係

#### 4.4.6 被験者実験

上記のシステムの有効性を検証するために、4人の被験者に対して被験者実験を行った。実験手順は

- i) 事前計測用の脳波計測
- ii) モデルの作成
- iii) マイスプーンの動作実験

である。

これらについて、詳細を説明する。

##### i) 事前計測用の脳波計測

各被験者に対して、実験当日に脳波計を装着後4つの思考の脳波を各30回計測する。その計測したデータを用いて ii) モデル作成を行う

##### ii) モデルの作成

i) で計測したデータを用いて、図5のように Cross Validation により、思考の違いを最も抽出できる思考の組み合わせと解析法を選定する。解析法に関しては現在本研究室で用いられている5つの解析法 (FCPM 法[1]・PLS 回帰[1]・判別分析法[2]・カーネル判別分析法[2]・システム同定[3])の中から最も違いの抽出できるものを被験者ごとに選んだ。

##### iii) モデルの検証

ii) で作成したモデルが思考の違いを抽出することができるかを、被験者の脳波を計測しながら確かめる。この時の結果で、思考判別率が40%以下であった場合には、実験を行う前に「トレーニングモード」へ移行する。「トレーニングモード」に関しては現在検討中のため、今回は実験をおこなわなかった。

iv) マイスプーンの動作実験

ii) で作成したモデルを使用して、マイスプーンの動作実験を行った。各被験者

- ・ 右上のお弁当箱の中身を食べるタスク
- ・ 右下のお弁当箱の中身を食べるタスク
- ・ 左上のお弁当箱の中身を食べるタスク
- ・ 左下のお弁当箱の中身を食べるタスク

を各 3 回ずつ行った。

その結果を表 1 に示す。

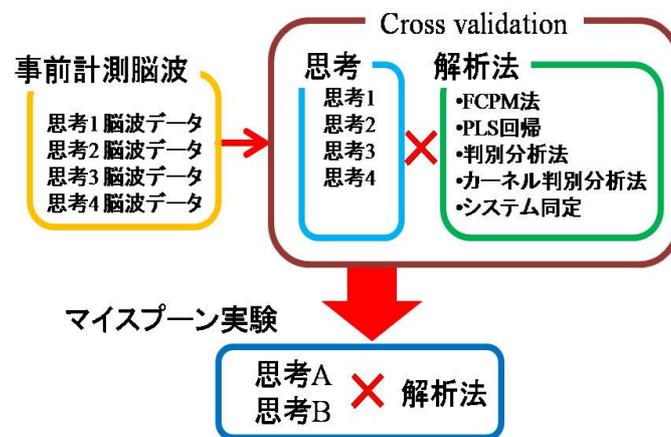


図 5 モデルの作成

表 1 実験結果

被験者	思考判別率[%]			実験結果		
	思考 A	思考 B	平均	成功[回]	失敗[回]	成功率[%]
A	100	75	86	10	2	83
B	100	83	92	10	2	83
C	50	42	46	3	9	25
D	トレーニングモード					

結果から、平均で 64%の実験成功率を得ることができた。

4 択という難しいタスクではあるが 64%という実験成功率は低い。今後は、この実験成功率を向上させる必要がある。本研究室では、4 択の精度向上を実現するシステムとして、「事前行き先指定モード」というシステムが存在する。しかし、このシステムは 1 回の実験に最低でも 6 分を要する。これは食事には適用はできないと考え、今回は 20 秒程度で 1 回の実験が終了する本システムを構築した。今後は、1 回の実験時間を維持しながら、精度を向上させる必要がある。

#### 4.4.7 まとめと来年度の研究計画

本研究では、重度障害者の使用する BMI システムとして、食事支援を行う BMI システムの構築を行った。しかしながら、構築したシステムで被験者実験を行った結果、50%の実験成功率しか得ることができなかった。

来年度以降は、この実験成功率を向上させるべく、思考判別に固執するのではなく事象関連電位 (P300) などの判別や識別の容易な生理学的な現象を利用した BMI システムの構築を行う。

#### 4.4.8 参考文献

- [1] 坂本, 脳波自動操縦システム (ソフト部) の構築と PLS 回帰による脳波解析, 平成 19 年度電気通信大学知能機械工学科卒業論文, 2008.
- [2] 坂本, 判別分析を用いた脳波の思考判別と車椅子自動操縦システムの開発, 平成 21 年度電気通信大学大学院知能機械工学専攻修士論文, 2010.
- [3] 三宅, ARX モデルを用いた脳波ダイナミクスの同定と思考判別への適用, 平成 21 年度電気通信大学知能機械工学科卒業論文, 2010.

#### **4.5 Development of intelligent micro hardness measurement for advanced research and basic training**

Project leader: Mr.Montree Pakkratoke Department of Mechanical engineering and Intelligent systems, Doctoral course 1<sup>st</sup> year, Prof. Aoyama's laboratory.

Member: 1. Mr.Nattapong Kitsuwon Department of Information and communications, Doctoral course 4<sup>th</sup> year, Prof. Kishi's laboratory.

2. Mr.AKIHISA Kudo Department of Mechanical engineering and Intelligent systems, Master course 1<sup>st</sup> year, Prof. Aoyama's laboratory.

3. Mr.MIURA Yusuke Department of Mechanical engineering and Intelligent systems, Bachelor course 4<sup>th</sup> year, Prof. Kanamori's laboratory.

4. Mr.Natchapon Luekiatphaisan Department of Mechanical engineering and Intelligent systems, Bachelor course 1<sup>st</sup> year, Prof. Aoyama's laboratory.

Supervisor: Professor Dr.HISAYUKI Aoyama and Professor Dr.CHISATO Kanamori

#### **Introduction**

##### *Research and Development part:*

In research part, we succeed in development of small force generator mechanism with voice coil actuator and piezo driven micro robot for surface hardness and stiffness test. This small force generator is composed of voice coil actuator and parallel leaf spring mechanism. The small force can be controlled by current which is supplied to coil and positioned precisely at the balance point with the parallel leaf spring with no mechanical friction. And the full bridge strain gauges on both side of double leaf spring can detect small force which is applied to the micro indenter. This unique layout can provide good linearity and small force up to 20 mN with 0.05 mN resolution. The displacement of the indenter head also can be measured by the laser displacement sensor for monitoring the depth behavior of the indenter during whole dwell time. Since the overall size of this system is compact enough to operate inside special chamber for bio-cell stiffness analysis application. This small force generator unit is set up with the piezo driven inchworm micro robot for carrying the test sample to be measured. This micro robot can move precisely step by step with 1  $\mu\text{m}$  resolution on metal plate. In the experimental results, the elasticity investigations with several samples are successfully checked by the indentation load-depth curve.

##### *Training part:*

In training part, we provide short training program for one group of UEC student. After training course, trainees have a capability to operate hardness machine and also evaluate hardness measurement results.

#### **Research and Development**

#### 4.5.1 Introduction

There are various mechanisms and methods that have been designed to complete nano and micro range force generator. The soft load controlled machines is commonly use for nano-indentation machine. In 1981, the most common means of applying force by using a coil of wire is inserted into a cylindrical slot in a permanent magnet was introduced [1], In 1995, the method of force application by using Electrostatic force actuation was proposed [2], another researcher uses the application of load through a spring method [3][4]. Each method has difference strong point and also weak point for example, the electromagnetic actuator can provide long displacement rang and large generated force with good controllability, however it has thermal drift problem due to current in the load coil and huge size (in order of N generated force) due to permanent magnet. The electrostatic force actuation did not generated thermal effect but it has limited displacement range and its possible to push but not to pull in one direction. The load through a spring method can provide very high force resolutions measurement but the geometric of indenter tip is unstable due to the rotation of cantilever. Nowadays, some of several disadvantages have been solved by the researcher [5], [6], [7]. And many companies have developed their own commercial nano-indentation machine [8], [9], [10]. Due to the very high price and the huge size of these machines, it is hardly for university or research laboratory to have their own nano-indentation machine. Anymore in case of biology application or some application that operate inside special chamber, most of them are too big to implement in the small chamber.

As the first step in our effort we focused to make the micro hardness and stiffness measuring system which can provide the down-sized design and cost reduction. Here we would like to propose the micro force generator that is composed of a tandem parallel spring with the electromagnet and double strain gauges. It can provide linear displacement generated with high resolution force measurement. And with high precise movement in 1  $\mu\text{m}/\text{step}$  of the piezo driven micro robot, can make easy measurement even for the application inside small chamber. In this paper, it is described that the unique testing system for micro hardness/stiffness is proposed and designed. And several experimental results will be given in order to show the feasibility for the practical application.

#### 4.5.2 Micro Displacement Generator Machine

##### *A. Design*

As shown in Figure 1, the micro displacement generator machine consists of two frames (L-bar) supported by parallel leaf spring. There are solenoid coil place on the top side of L-bar, down side is permanent magnet. This layout is well known as “voice coil actuator” (VCA). It is use as displacement actuator in this machine. The magnetic fields are produced by electric currents, which current carrying conductor in a magnetic field will product a force perpendicular to the direction of the current and the magnetic field. The magnitude of the force is depending on the length of conductor in the magnetic field and current supply. In this mechanism we fabricate the solenoid coil from copper wire with 0.2 mm diameter in 200 turn wired, that can generate force enough to actuate the parallel spring with the smallest size. Magnetic field sources are essentially dipolar in nature, having a north and south magnetic pole. In this machine, the action between permanent magnet and solenoid coil is push direction (North Pole to North Pole, South Pole to South Pole). The amount of the

current applied is means of controlling the magnetic force produced. We use programmable power supply (HP-6632A) as a current control source. The current supplied was limited in 0.6 mA, due to temperature product from high current supply can disturbed another sensing part. Its magnetic field will push the coil (and the attached VCM arm) outward if the north and south poles of the two magnetic fields are lined up together (north to north, and south to south), or pull the voice coil inward if they are lined up oppositely (north to south, and south to north).

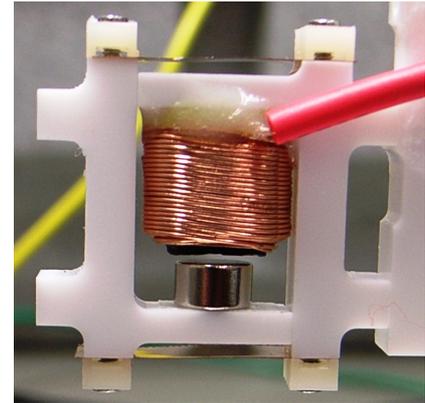
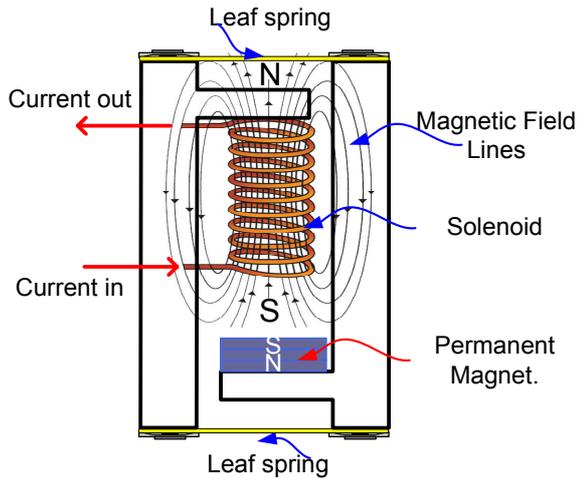


Figure 1. Structure of micro displacement generator.

The 50  $\mu\text{m}$  thin plate of phosphor bronze is use as leaf spring. This simple parallel leaf spring mechanism can produce rectilinear displacement of platform. Even though it has position error due to angle of bending platform, but for small displacement we can negligible this problem [11]. The spring constant of this machine was determined by equation (1).The calculation of magnetic field at the center of solenoid coil as show in equation (2).

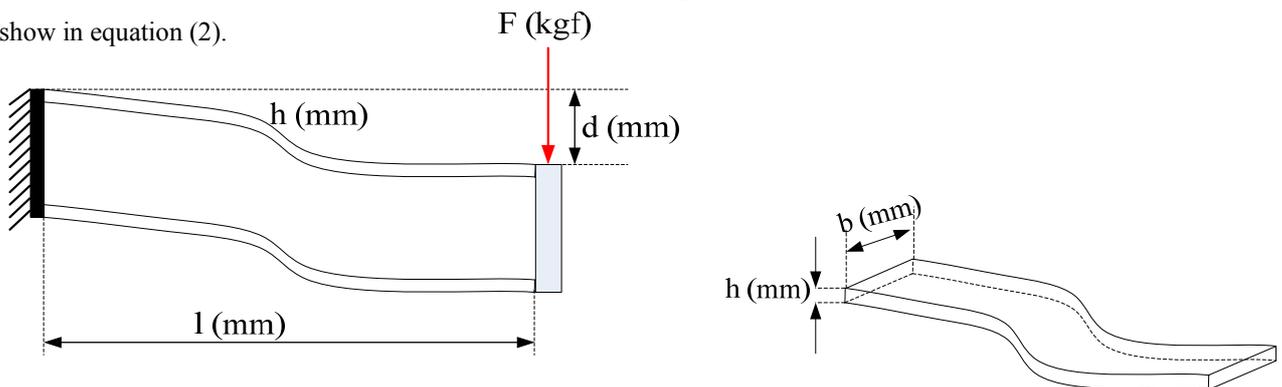


Figure 2. Parallel leafspring parameter.

$$k = \frac{4bh^3E}{l^3} \quad .1$$

$$k = \frac{4 \times 0.005(m) \times 0.00005^3(m^3) \times 112.7 \times 10^9(N/m^2)}{0.0105^3(m^3)}$$

$$k = 243.38(N/m)$$

Where:

$E$  is Young modulus of Phosphor bronze is  $112.7 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

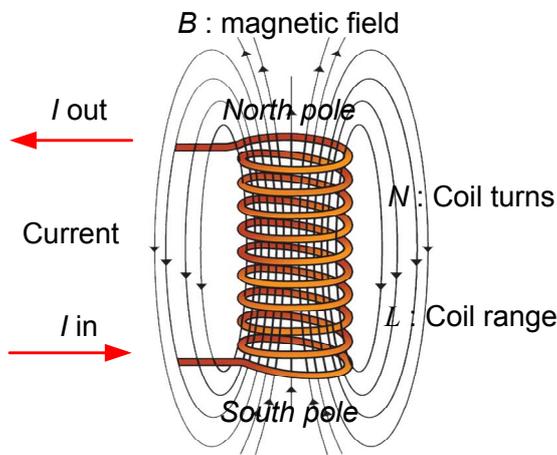
$l$  is length of leaf spring is  $0.0105 \text{ m}$

$h$  is thickness of leaf spring  $50 \text{ um} = 0.00005 \text{ m}$

$b$  is width of leaf spring  $5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m}$

Calculation result from equation (1) shows spring constant value of main structure is about  $243.4 \text{ N/m}$ .

$$B = \mu n I \quad (2) \dots$$



Where:

$B$  is magnetic field at the center of solenoid (Tesla),

$n$  is  $N/L$  (turn/m) the number of turns per unit length,

$I$  is current (amperes)

$\mu$  is permeability of the core,

$$N = 200 \text{ turn}, L = 0.009 \text{ m}, \mu_{\text{air}} = 1.2566380 \times 10^{-6} \text{ (H/m)},$$

$$n = 200/0.009 = 22,222.22 \text{ (turn/m)}, I = 0.05 \text{ A to } 0.5 \text{ A}$$

Figure 3. Solenoid coil.

Calculation result from equation (2) shows the estimation value of magnetic field at the center of solenoid is about  $0.0014 - 0.014 \text{ Tesla}$ , along  $50\text{mA}$  to  $0.5\text{A}$  current supply. The magnetic is concentrated into a nearly uniform field in the center of a long solenoid. And the field outside is weak and divergent.

### B. Displacement generated performances test

By using laser displacement sensor (Keyence LK-G3000V), the resolution, linearity and operation range of micro displacement generator machine was checked precisely. Figure 4 shows a schematic diagram of equipment setup in this experiment. By current supplied  $0.5 \text{ mA}$  per step, we have found that this machine has a step response at  $1.5 \text{ mA}$ . Then in the experiment, current was supplied  $1.5 \text{ mA}$  per step from  $0$  to  $0.5 \text{ A}$  increase and decrease direction. The experiment result as shown in figure 5.

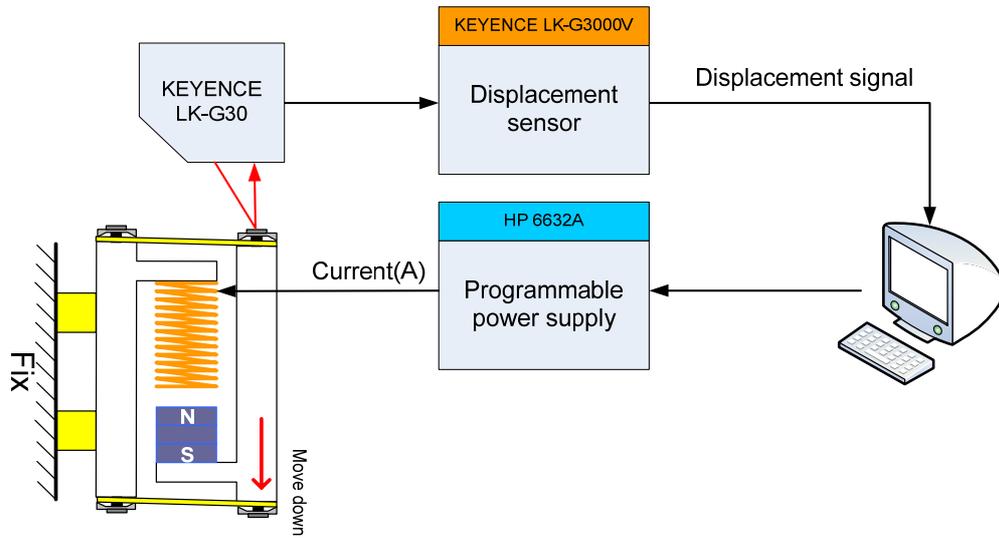


Figure 4. Block diagram of performance test experiment setup.

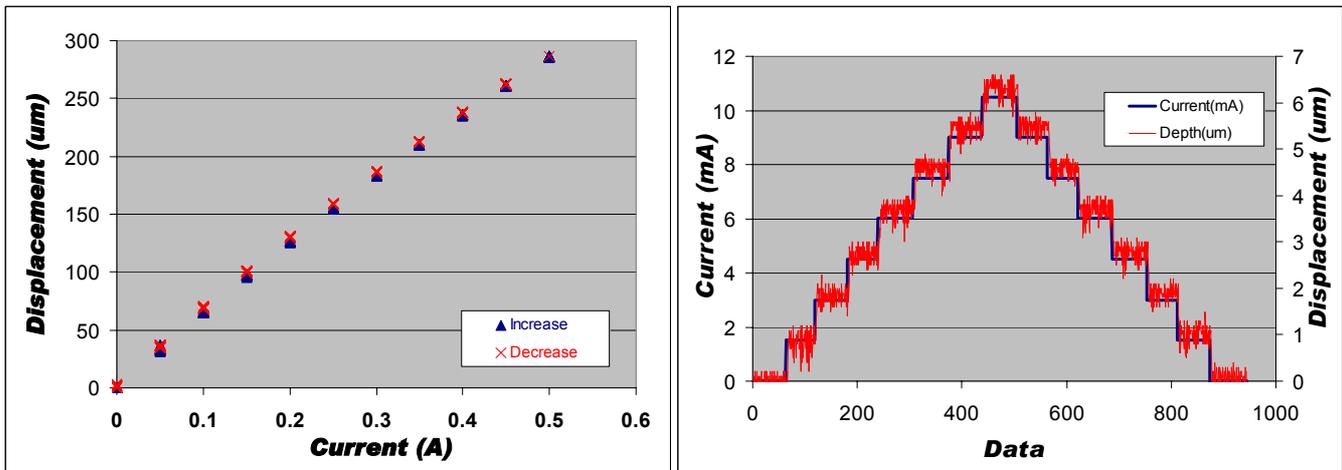


Figure 5. Left side is Linearity experiment results (measure in air). Right side is Resolution experiment results (measure in air).

From the experiment has shown that, this machine can generate displacement (in air) up to 280 um with 0.5 A current supply. The resolution result shows displacement 1 um at 1.5 mA step current supply. The linearity graph shows completely same behavior of increase and decrease generated displacement.

### 4.5.3 Micro Force Generator Machine

#### A. Relation between permanent magnet and electromagnetic

In order to measure the generated small force precisely, another parallel spring with strain gauges is stacked to the primary spring. From figure 6 shows experiment setup to determine the relation between permanent magnet and electromagnetic solenoid coil. The experiment setup composes of solenoid coil (same specification with in machine) place on plastic platform in vertical direction and permanent magnet (same specification with in machine) placed inside parallel leaf spring (which long 200 mm to reduce spring constant). The parallel leaf spring can keep permanent magnet in same plane position. When supplied current to coil then permanent magnet will go up because of magnetic field of solenoid. Next, weight set 100 mg up to 3 g is used as simulation force, by placed weight from 100 mg to 3 g on the top of permanent magnet, simultaneously supplied current from 30 mA up to 0.5 A to coil. The displacement change of permanent magnet can be describing relation between magnetic field of permanent magnet and solenoid.

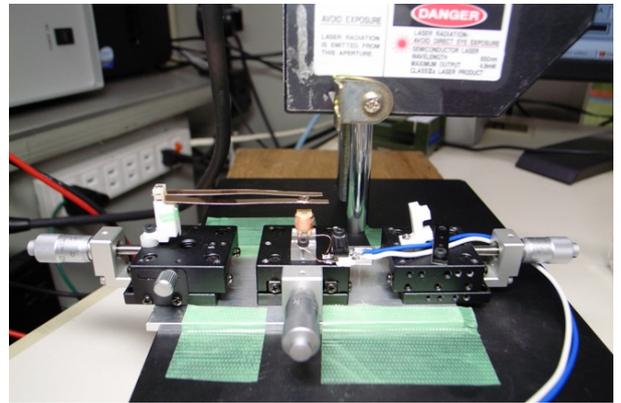
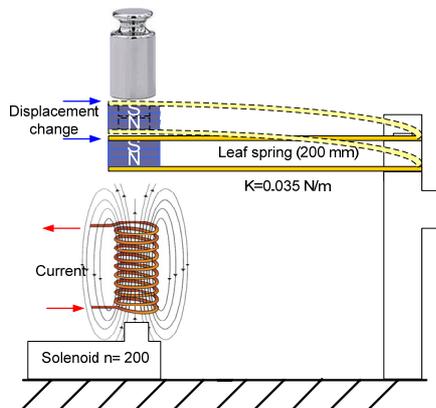
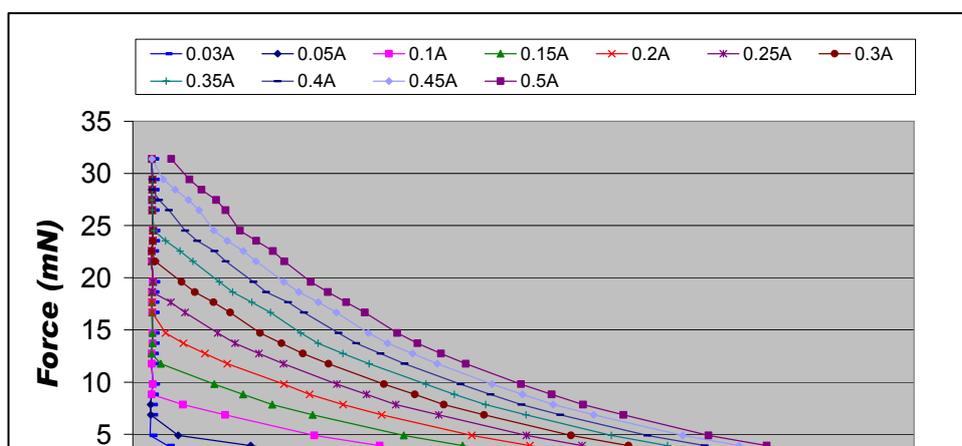


Figure 6. Experiment setup for determine relation between permanent magnet and electromagnetic.

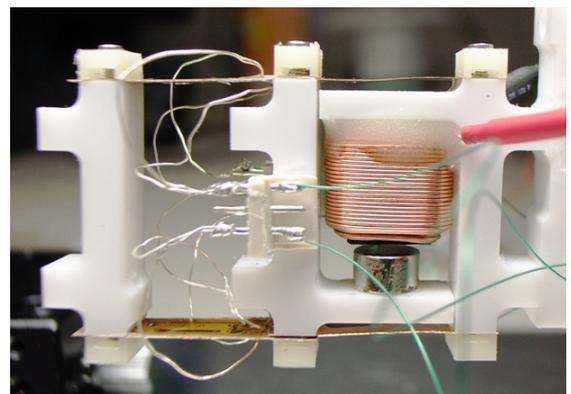
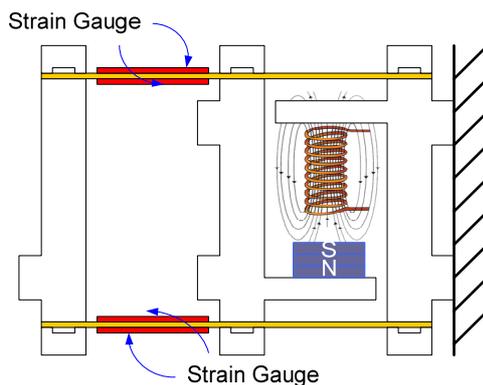


*Figure 7. Relation between permanent magnet and electromagnetic solenoid coil.*

From experiment results in figure 7, each current supply line has shows non-linear relation between generated force and long displacement change. And the result has show limitation of generated force at lower than 30 mN for 0.5 A current supply. Because of the structure of this machine have parallel leaf spring mechanism, the movement of platform was limited by spring constant ( $k=243$  N/m). When L-frame was pushed by power of VCA and move to 120  $\mu$ m position, the reaction force from spring constant will occurred around 29 mN. That means, we can have linear relation from very small displacement change.

*B. Force sensing element*

From figure 8 shows force sensing element is attached. By bonded full bridge strain gauge (model: KSPH-4-2K-E4) on both side of parallel leaf spring, the bending action of parallel leaf spring can be monitored. Resistance change of sensing part was magnified 200 times by bridge amplifier (KYOWA DA-710A). Then voltage out from amplifier circuit was read out by six and a half digits multi meter (Agilent 34411A). The force sensor element work as a feed back signal, the force value can be generated from displacement generator machine and the set point of force can be measured and limited by force sensing signal.



*Figure 8. Force sensing element attached.*

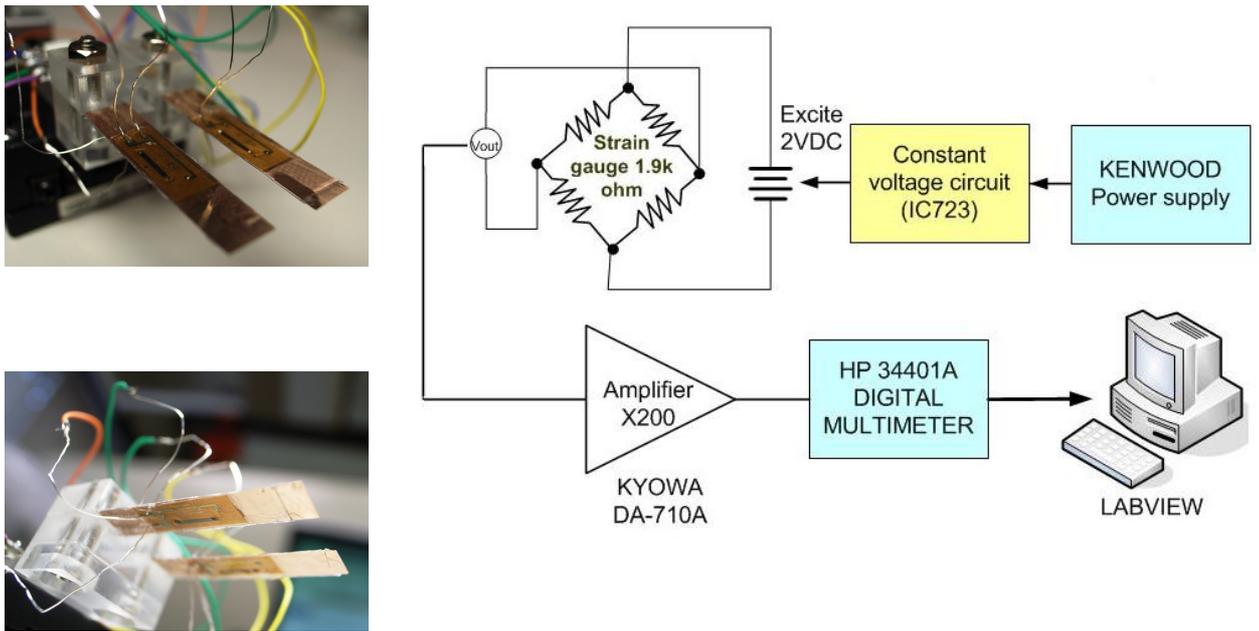


Figure 9. Left side is four strain gauge bonded on both side of leaf spring, Right side is block diagram of signal readout from bridge circuit.

Full bridge strain gauge is use to reduce effect of environment, such as temperature change, vibration and humidity. Then the performance test of machine which attached sensing part was done by using laser displacement sensor for displacement change measurement and 50 mN standard load cell for force calibration and adjustment. The experiment results on figure 10 has show that, the generated force in both side (increase and decrease direction) have good linearity with less hysteresis by maximum current supply at 0.5 A. From figure 10(right side) shows resolution of generated force at 0.05 mN and good repeatability by 20 mA step current supply.

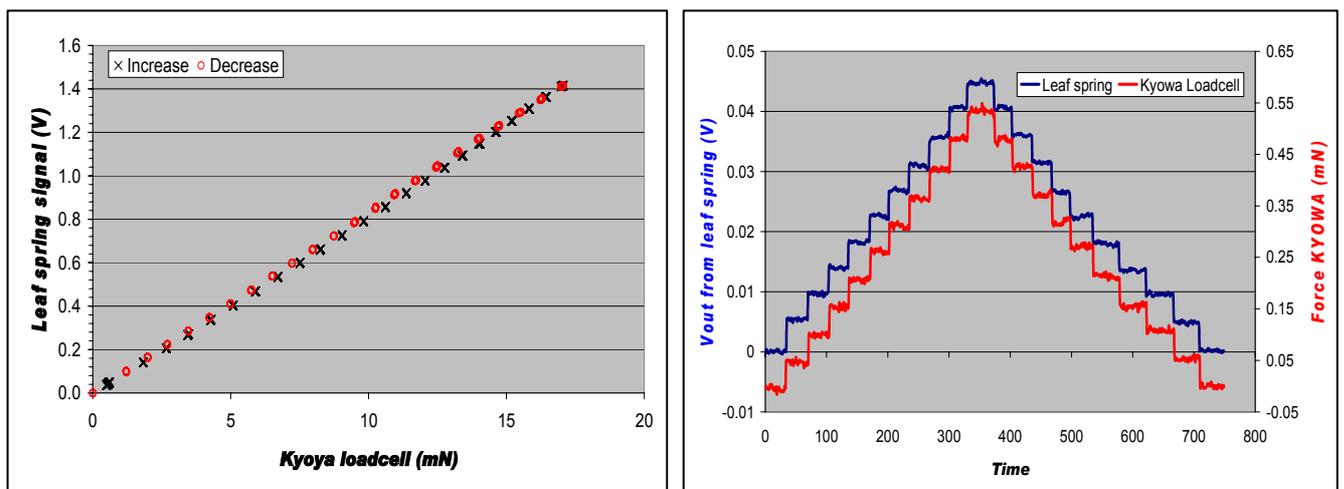


Figure 10. Left side is Experiment results on linearity, Right side is Experiment results on resolution of generated force

From the results in figure 10(left side) has shown less vibration signal of generated force, even at one resolution ( $50 \mu\text{N}$ ). Which means the micro force machine shows good ability to generate soft load controlled without any shock or impulse attack.

### C. Piezo driven midro robot

The unique small robot driven by the piezo elements that is capable of working even in the vacuum SEM chamber with the micro meter positioning resolution has been developed by Fuchiwaki o. and Aoyama H. in 2000 [12]. In figure 11 show diagram and real picture of micro inch-worm robot, it has dimension in 30mm wide 5 mm long and 3 mm height. The small robot is consisting of the piezo elements and electro magnetic legs for providing the accurate inch-worm locomotion.

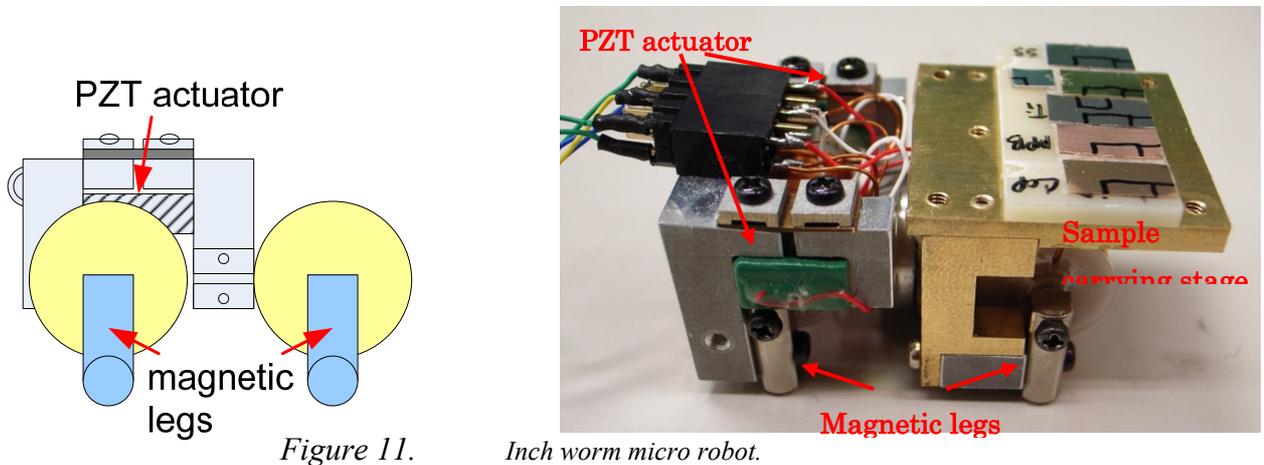


Figure 11. Inch worm micro robot.

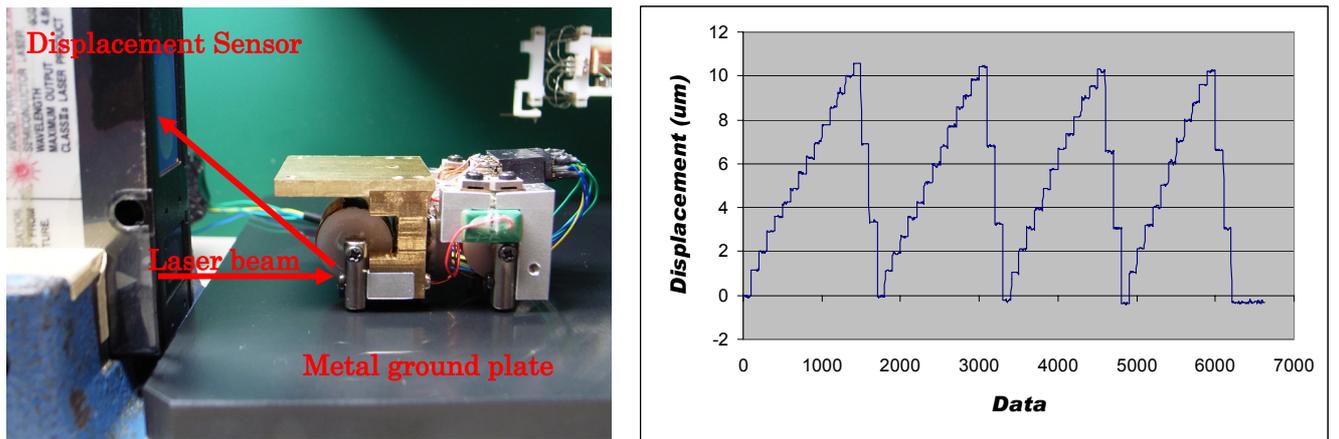
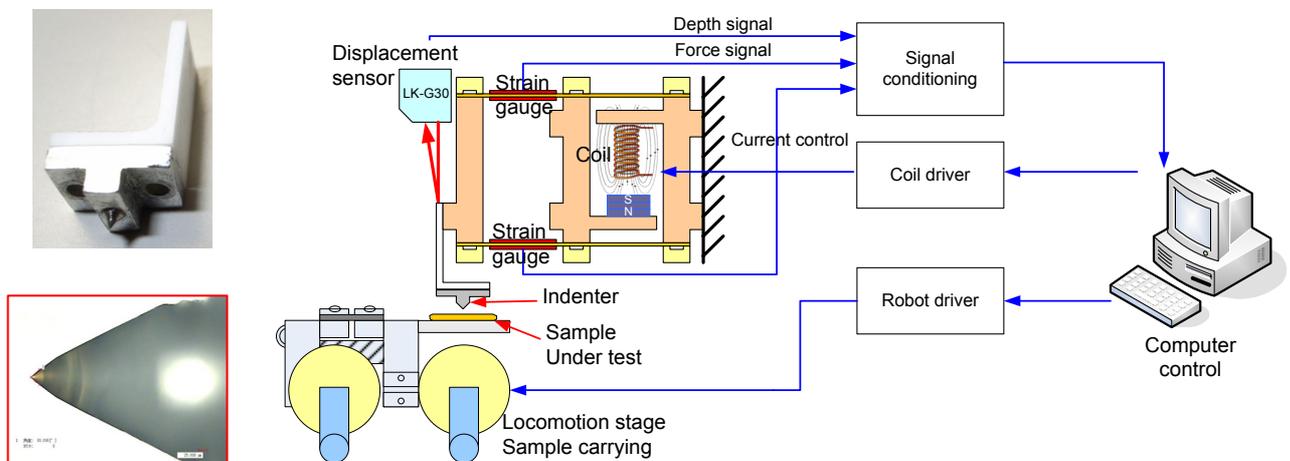


Figure 12. Right side is experiment setup for resolution and repeatability test, Left side is experiment results(measure in four times forward and backward)

This micro robot can control step movement by supply AC voltage to piezo element simultaneously with magnetic legs coil current control. From figure 12(left side) shows, experiment setup for resolution and repeatability test, by supply 2 VAC per step to piezo the position of robot movement can be detected by laser displacement sensor (repeat in four times measurement). The experiment result from figure 12(left side) is shows that, this locomotion movement has step response about  $1\mu\text{m}$  per step for forward direction and about  $3.5\mu\text{m}$  per step for reverse direction. It has good repeatability even movement without guidance or feed back control. The repeatability of movement of robot depends on ground surface and carrying weight. The stage sample holder is place on the top of robot. It can carry sample under test to the measurement position and doing profile surface measurement test with at least  $1\mu\text{m}$  measurement point.

#### 4.5.4 Micro Hardness Systems

The machine now can be implementing in to micro hardness machine. In figure 13 and 14 shows the overall of micro hardness measurement machine. Regarding to martens hardness [13], it is measured under applied test force which defined for pyramidal indenter not defined for the Knoop indenter or ball indenter. But in case of this mechanism, due to small size and light weight of surface roughness stylus tip (cone angle  $60^\circ$ , tip radius  $2\mu\text{m}$ ), it is attached at the top of pressure plate as indenter of hardness machine(see figure 13 on left side). The laser displacement sensor (LK-G3000V) is used as depth measuring device. And the micro stage piezo driven inchworm micro robot for carrying the test sample to be measured.



*Figure 13. Right side is  $60^\circ$  cone angle surface roughness is use as indenter, Left side is block diagram of micro hardness mesrement system.*

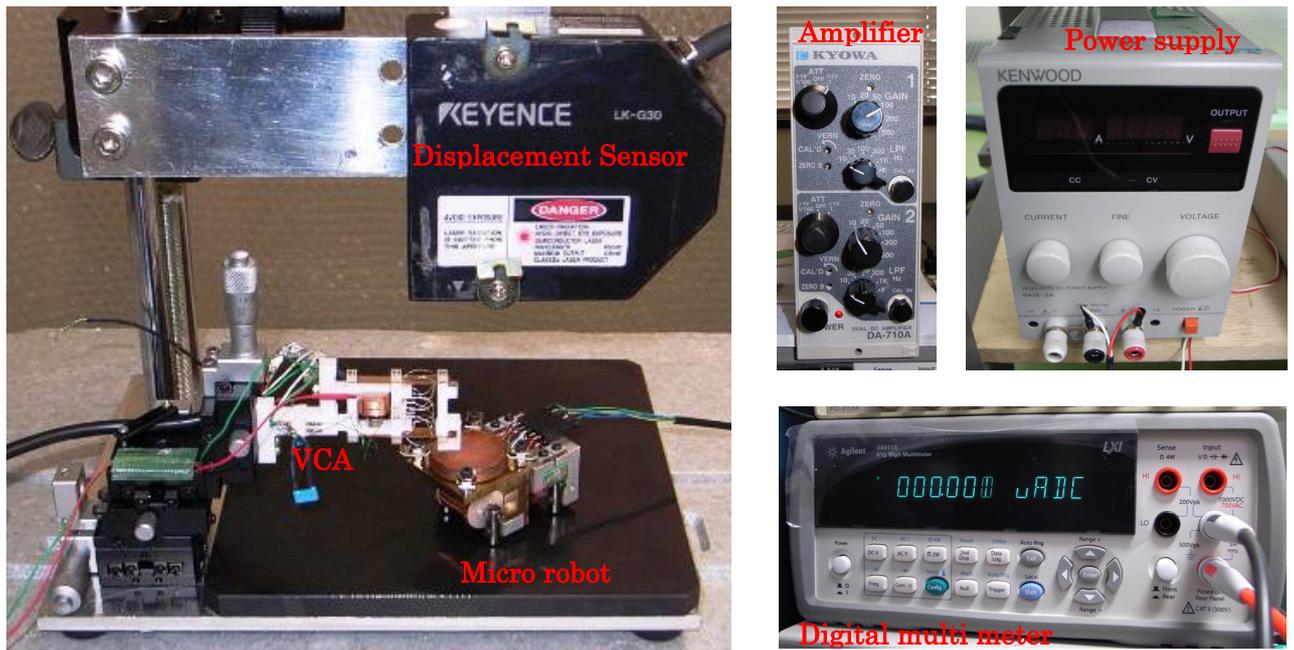


Figure 14. Overall system

The prototype version of micro hardness machine can generate force by voice coil actuator up to 20 mN and control generated force by feedback signal from strain gauge on sensing part. Laser displacement sensor can be monitoring indentation depth during whole dwell time. The control system of this machine is computer control. Measurement results and machine operation including micro force machine and micro robot are control by computer.

#### A. Experiment

After successful in measurement system and control system of machine, next is the experiment on indentation on several materials. In the experiment, aluminum, copper, titanium, stainless still, brass and phosphor bronze was use as sample under test. By making an indentation with full load at 20 mN on surface of material under test, the elasticity of materials was investigations by the indentation load-depth curve. In the experiment, we control force application and force removal time at 30 s and hold time at maximum force at 30 s.

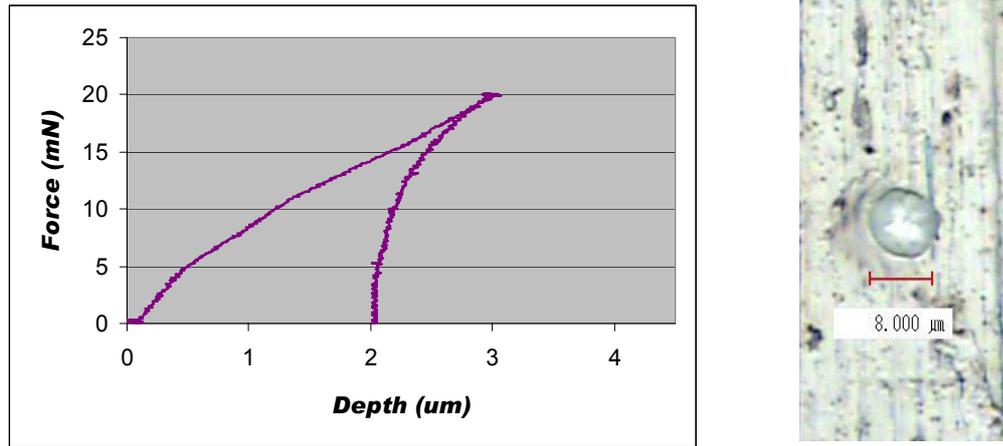


Figure 15. Indentation load-depth curve on aluminium plate and picture of an indentation with 8 μm diameter.

From experiment on figure 15 shows, indentation load-depth curve on aluminum plate. After successful in measurement system and control system of machine, the seven experiments on indentation on materials were carried out for primary test. In the experiment, strain gauge that bonded on hard metal plate was use as unit under test as show in figure 16.

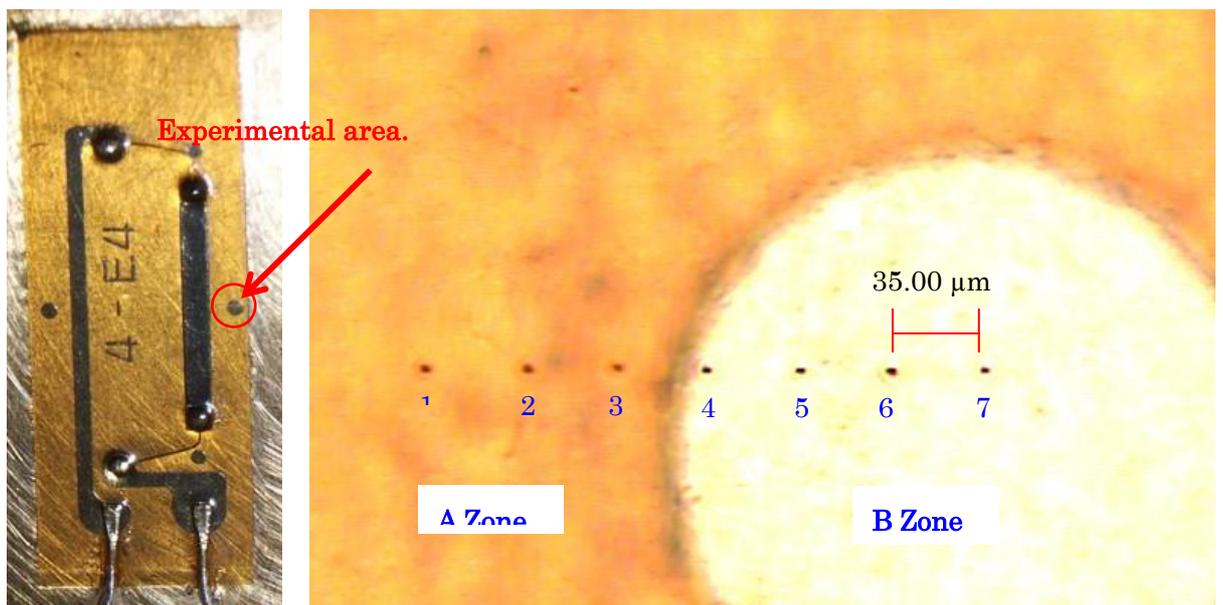


Figure 16. Left side is the experiment area on strain gauge that bonded on hard metal plate. Right side picture is zoom in series of indentations.

In this experiment, seven indentations was done on non metal(A zone) area together with metal(B zone) area on strain gauge with 10 mN maximum testing force. We had control force application and force removal time at 30 s and hold time at maximum force at 30 s. The micro robot which carrying sample under test can give precise distance between another indentations. The experiment results load-depth curve as show in figure 17.

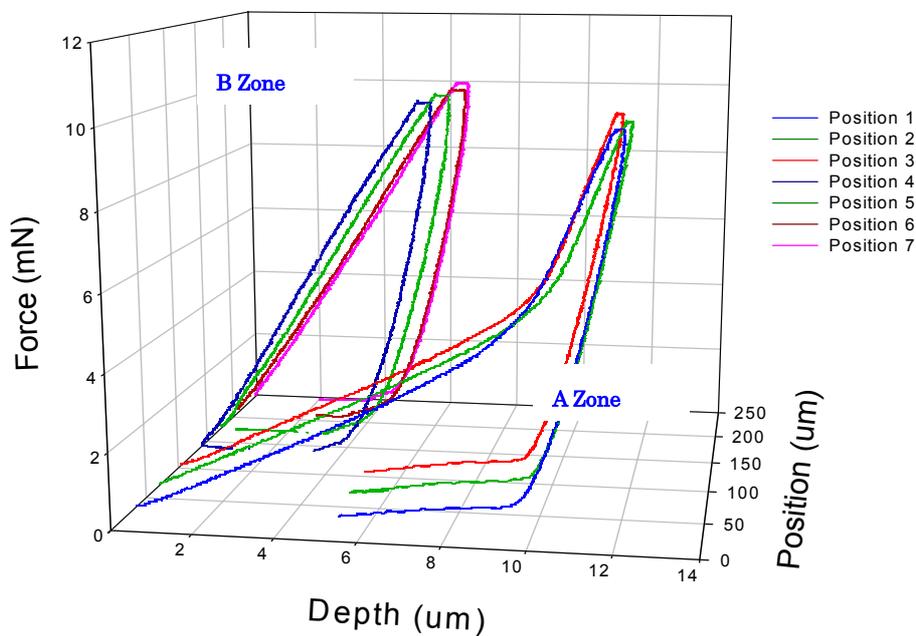


Figure 17. Indentation load depth curve on strain gauge material.

Due to non standard use of indenter, testing cycle and force applied, here the sample material is transported with the accurate interval distance with the small inchworm robot. Then the multiple indentations were applied along the robot path as shown in Fig.17. The elasticity of the composite material with such polymer and copper metal were checked in this experiment and then the several load -depth curves can be given. It is clear that the distribution of surface elasticity can be detected and it can give us the potential performance to investigate the surface micro characteristics of the sample including the micro inside defect identification.

### Training

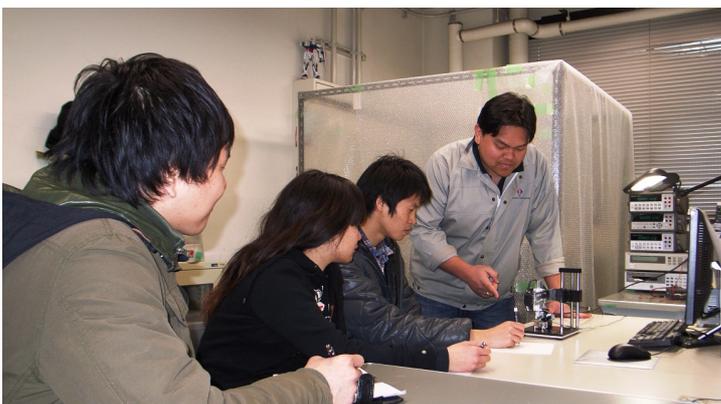


Figure 18. Training on hardness measurement system

One of the best strategies to prevent human error in measurement system is training. Regular training helps trainees learn how to avoid basic mistakes, keeps procedure of measurement operation in line. In this short training course, three students including two UEC undergraduate students and one international JUSST student have attended the program. There is only one group of student in this program. The training program is short due to this research just finish at the end of period.

This short training program is designed to give basic knowledge on micro hardness measurement. And we have been provided trainees a theoretical and practical basis upon which to perform hardness measurements using hardness machine in order to obtain the best measurement results of material under test. All of trainee can be operated micro hardness machine and can be evaluated measurement result.

#### 4.5.5 Conclusion

The first prototype of micro hardness machine was constructed. It was described that the simple mechanical structure of parallel leaf spring mechanism and small voice coil actuator can generate force in micro Newton range. This machine can give the best resolution of generated force at 50  $\mu\text{N}$  per step with good linearity, less vibration and less hysteresis up to maximum range 20 mN. The micro robot stage carrying can provide the benefit of easy control with higher positioning resolution. In the experimental results has shown ability of this machine that it can investigate the elastic behavior of several material by the indentation load-depth curve. Because of we do not have an experience in nano and micro indentation, we do needs to discuss more in the detail of load-depth curve behavior that show in experiment result. In the future works, first of all we have to improve the hardness measurement performance of machine to be complying or realize with world wide standard or well known commercial type machine. Then other advanced performance such as the stiffness application for a bio-cell will be our next goal. Due to tiny size of micro force machine, it is possible to set up on micro robot, but we need another depth measuring device that small enough to put on micro robot. Then we will get micro robot hardness testing system, that small and flexible in application use.

The short training program in micro hardness measurement for one UEC student group has been provided. After training course, trainees have a capability to operate hardness machine and can be evaluated hardness measurement results.

#### 4.5.6 Acknolegment

I would like to express my deep and sincere gratitude to my supervisor, Professor Dr. Hisayuki AOYAMA and Professor Dr.CHISATO Kanamori. His wide knowledge and his logical way of thinking have been of great value for us. His understanding, encouraging and personal guidance have provided a good basis for this research.

I owe my most sincere gratitude to “Cadet project program”, who gave me the opportunity to use facilities in S.V.B.L building at The University of Electro-Communications and gave me financial support budget to provide sensor and equipment use in this research.

And I wish to thank all members, Mr.Nattapong Kitsuwat, Mr.AKIHISA Kudo, Mr.MIURA Yusuke and Mr.Natchapon Luekiatphaisan for their cooperate.

#### References

- [1] Pethica, J.B., Ion implantation into metals, Proceedings of the 3rd International Conference on Modification of Surface Properties of Metals by Ion Implantation, held at UMIST, Manchester, p. 147, 1981
- [2] Lilleodden, E.T. et al., Journal of Materials Research, Vol. 10, No. 9, p. 2162, 1995
- [3] Burnham, N.A. and Colton, R.J., Journal of Vacuum Science and Technology A, Vol. 7, No. 4, p. 2906, 1989
- [4] T. J. Bell, A. Bendeli, J. S. Field, M. V. Swain, and E. G. Thwaite, The determination of surface plastic and elastic properties by ultra micro-indentation, Metrologia 28 (6), 463-469 (1992).

- [5] N. Hakiri, M. Sakai and T. Miyajima, "Development of Instrumented Indentation Microscope and Its Application to Indentation Contact Mechanics" *Journal of the Society of Material Science. Japan*, Vol.56, No.6, pp.510-515, June 2007.
- [6] D. B. Newell, J. A. Kramar, J.R. Pratt, D. T. Smith, and E. R. Williams, 2003, "The NIST Microforce Realization and Measurement Project," *IEEE Trans, Ins and Mea*, Vol. 52, No. 2, pp. 508-511, April 2003.
- [7] "Nanoscratch tester for thin film mechanical properties characterization" *Rev, Sci, Ins*, Vol. 71, No. 7, pp. 2796-2799, July 2000.
- [8] CSIRO Telecommunication & Industrial Physics, Lindfield NSW 2070 Australia, "Ultra-micro indentation system(UMIS)", unpublished.
- [9] Hysitron company, "TI-series Tribolndenter", unblished.
- [10] MTS system corperation., "Nano indenter XPW", unpublished.
- [11] Fuchiwaki O and Aoyama H, "Piezo based micro robots for microscope instrument.", *Proceedings of the 6th international conference on mechatronics technology*, pp. 499-504
- [12] ISO/DIS 14577, Instrumented indentation test for hardness and materials parameters.

#### 4.6. 「水平軸型回転翼機のための推進器制御機構開発」

プロジェクトリーダー：東 善之（知能機械工学専攻博士後期課程 3年 0744004 田中研究室）

プロジェクトメンバー：跡治 保堯（知能機械工学専攻博士前期課程 2年 0834002 田中研究室）

杉本 晋介（知能機械工学専攻博士前期課程 1年 0934038 田中研究室）

新竹 純（知能機械工学専攻博士前期課程 1年 0934037 明研究室）

指導教員：田中 一男 教授

明 愛国 准教授

研究目的：

近年、無人の飛行体（UAV）や小型の飛行体（MAV）の研究が盛んに行われている。その目的の一つとして情報収集が挙げられ、ホバリング能力を有する機体は非常に有用なものである。飛行においては推進器とともに飛行制御機構が必要となる。固定翼機型の飛行体の場合はエルロン等の動翼によって飛行姿勢および方向が制御されているが、動翼による飛行制御は対気速度を得た状態である必要があるため、ホバリング状態においては効果を発揮できない。また、ヘリコプタのような回転翼機型では、ロータ回転面と水平面のなす角であるサイクリック角を変化させ、推進力の方向を変化させることで制御しているが、この機構はボールジョイントとリンク機構で構成された複雑な機構となっており、推進力の変化が可能な範囲は $\pm 10\text{deg}$ .程度である。

そこで本プロジェクトは、簡易な機構で推進力の方向を大きく変化させることができる水平軸型回転翼機のための制御機構を提案、開発することを目的とする。本プロジェクトにおいて簡易な機構とは、ティルトロータ機のように回転翼部および動力部全体を回転させる必要がない機構を指し、推進力の方向の大きな変化とは $\pm 45\text{deg}$ .を目標値とする。

研究の独創性・有用性：

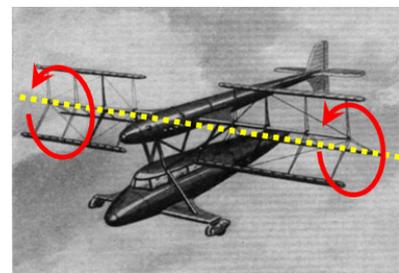
これまでも船舶においてはフォイトシュナイダプロペラのように、大きく推進力の方向を変化させる機構が用いられている。しかし、航空機においてはティルトロータ機のように回転翼部および動力部全体を回転させて、推進力の方向を変化させる機構のほかは、変化の範囲が $10\text{deg}$ .前後とあまり大きくない。本機構は飛行体への適用が目的であるため、軽量かつ小型であることが望ましい。これらのことから、水平軸型回転翼推進装置に対して独自の制御機構を開発し、用いることで、これまでの飛行体にはない推進力の方向の制御範囲を得ることができると考えられる。そして、この機構の実現によって、より高い飛行能力を持つ飛行体が開発可能となるため、非常に有用性の高いものであるといえる。

対象とする推進装置：

研究目的において述べたように、水平軸型回転翼推進装置を対象として、推進力の方向制御機構を開発する。

この水平軸型回転翼推進装置は 1930 年代に提案された

サイクロジャイロ翼を含め、ボートのパドルのように翼（ブレード）を回転させるものである。本プロジェクトにおいては、サイクロジャイロ翼とパンタグラフ式可変翼の2種に対して推進力の方向制御機構を開発する。

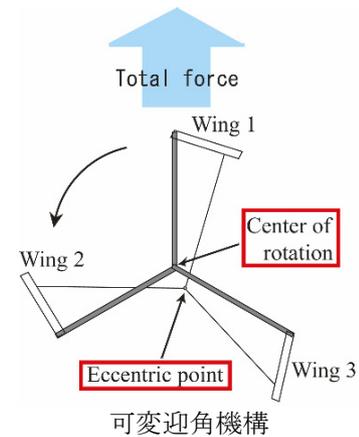


1930年代に提案されたサイクロジャイロ翼

(1) サイクロジャイロ翼

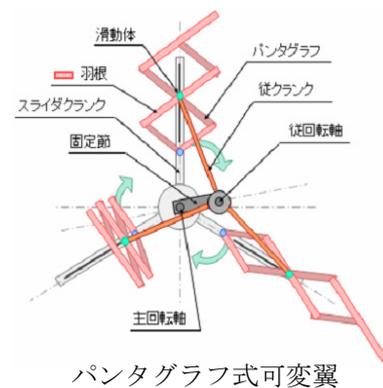
1930年代に提案されたこの機構は、翼を翼と平行かつ水平な回転軸周りに回転させ、推進力を発生させる機構である。提案された当時では回転中に翼の迎角を変化させる機構の実現性が無く、回転軌道上で生じる力が相殺されてしまい飛行に至っていない。

回転時に翼の迎角を変化させるため、右図のように1枚の翼へ2本のリンクを繋ぎ、それぞれのリンクが異なる2点の回転中心点を持つ機構（可変迎角機構）としたものが、本プロジェクトのサイクロジャイロ翼である。



(2) パンタグラフ式可変翼

パンタグラフ式可変翼はサイクロジャイロ翼と同様に水平な回転軸周りに翼を回転させる回転翼である。この機構においても、2点の回転中心点（右図では主回転軸と従回転軸）が存在するが、パンタグラフを用いた機構とすることで、翼回転時にはパンタグラフが伸縮する。パンタグラフの伸縮に伴い、回転軌道上の翼面積が変化するため、推進力発生させることができる。

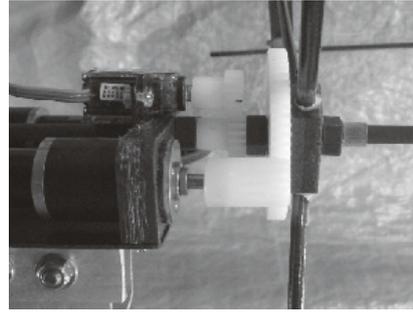
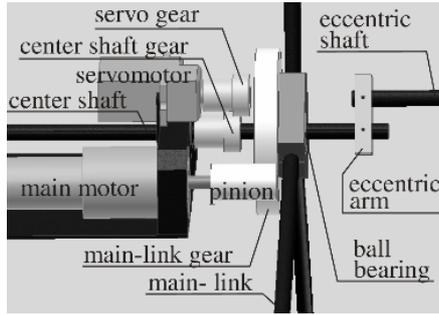


制御機構の提案・開発：

サイクロジャイロ翼とパンタグラフ可変翼では、2点存在する回転中心点の位置関係を変化させることで、回転翼部全体を回転させた場合と同様の効果が得られる。そこで、2点の回転中心点間を構成するパーツを動作させ、回転中心点の位置関係を変化させる機構とした。

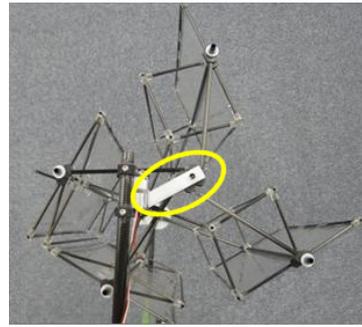
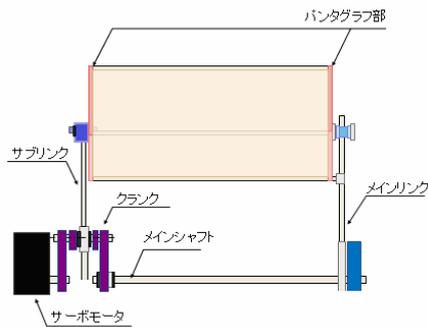
サイクロジャイロ翼ではメインリンクの先端に翼部が取り付けられ、センターシャフトを中心軸として回転している。メインリンク中心部にボールベアリングを取り付けることで、翼の回転がメインシャフトから独立するため、サーボモータによりギアを介してメインシャフトを回転させることができる。センターシャフトの先端には偏心アームが取り付けられているが、この偏心アームは2点の回転中心点間の距離を保つパーツであるため、メインシャフトが回転することで2点の回転中心点の位置関係は変化する。

この結果、搭載されているサーボモータにて2点の回転中心点の位置関係を制御することができる。



提案されたサイクロジャイロ翼の制御機構詳細(左)と製作した制御機構部(右)

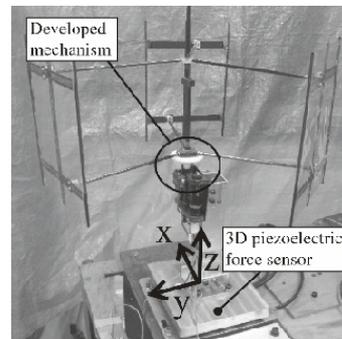
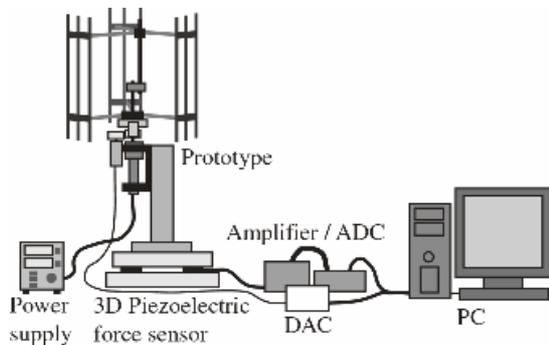
また、パンタグラフ式可変翼においても、クランク部(下右図 黄円内)によって2点の回転中心点間が保たれているため、サーボモータにてクランクを回転させることで、発生する推進力の方向を制御することが可能となる。下図においてサーボモータは回転翼部を支える構造体へ固定されている。



提案されたパンタグラフ式可変翼の制御機構詳細(左)と製作した制御機構部(右)

検証実験：

製作した制御機構の有効性を検証するため、3次元圧電式力センサを用いて検証実験を行った。実験ではセンサ上に制御機構を搭載した実験機を固定し、DACを通してPCからサーボモータの制御を行う。そして、力センサによって計測されたx軸、y軸方向の力から、推進力の方向を算出する。

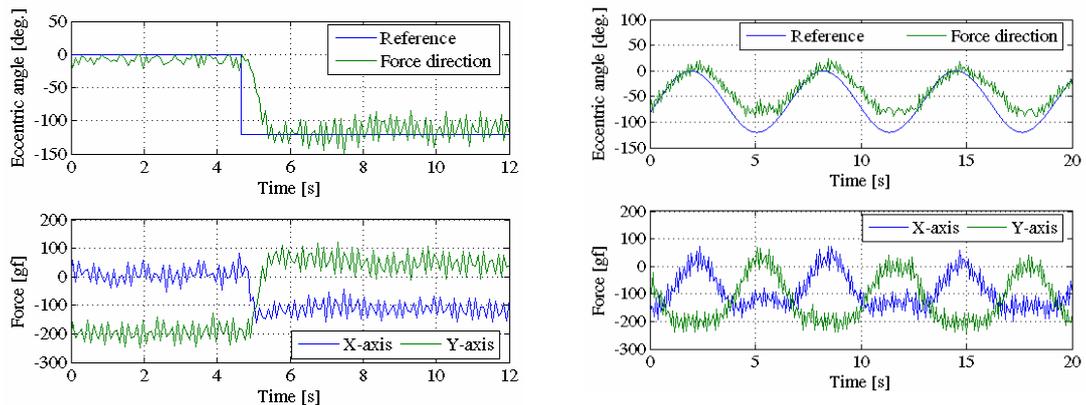


実験システム概要図と実験機写真

### 実験結果：

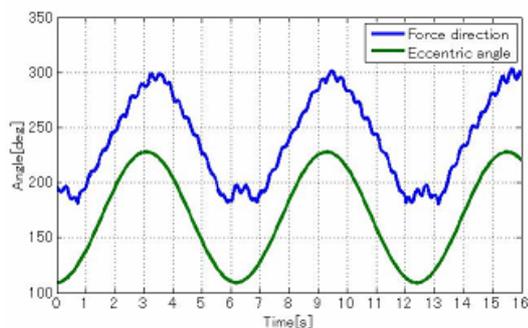
サイクロジャイロ翼の制御機構に対してステップ状の入力信号とサイン波状の入力信号を与えた結果を示す。ステップ状に入力信号を変化させた場合、入力の変化とともに x 軸, y 軸方向の力が変化していることが分かる。この結果から推進力の方向を算出した結果、入力信号に追従していることが確認された。この時、入力信号は 0deg. から 120deg. へのステップ信号であり、推進力の発生方向も 120deg. 変化している。

また、振幅 60deg. のサイン波を入力信号とした場合も推進力の方向が追従していることが確認され、開発した推進力の方向制御機構が有効なものであることが示された。



サイクロジャイロ翼の推進力方向制御機構の検証実験結果  
(ステップ入力とサイン波入力に対する推進力方向の応答と x 軸, y 軸方向の力)

パンタグラフ可変翼の制御機構に対してサイン波状の入力信号を与えた結果を示す。2 点の回転中心点の位置関係を示す偏心角度の基準がサイクロジャイロ翼と異なるため、入力信号と得られた推進力方向の結果にオフセットがあるものの、推進力の方向が入力信号と同様の振動を行っていることが分かる。この実験における入力信号の振幅もサイクロジャイロ翼と同様に 60deg. である。そして、計測された推進力の方向も 60deg. の振幅を伴っており、入力信号と同様の位相であることから、制御機構が有効なものであることが示された。



パンタグラフ式可変翼の推進力方向制御機構の検証実験結果  
(サイン波入力に対する推進力方向)

まとめ：

本プロジェクトでは、簡易な機構で推進力の方向を大きく変化させることができる水平軸型回転翼機のための制御機構を提案、開発した。対象とした水平軸型回転翼はサイクロジャイロ翼とパンタグラフ可変翼である。制御機構部では翼の回転から制御機構を独立させることで、推進力の方向を変化させるために回転翼部全体を回転する必要がない機構でありながら、回転翼部全体を回転させた場合と同様の効果を得ることができる機構となった。

また、サイクロジャイロ翼とパンタグラフ可変翼のどちらにおいても、推進力の変化範囲は120deg. であり、当初目標とした $\pm 45\text{deg.}$ を上回る $\pm 60\text{deg.}$ の範囲に推進力の方向を向けられることになる。さらに、開発した制御機構は3次元圧電式力センサを用いた実機実験にて検証を行い、開発した推進力の方向制御機構が有効なものであることが示された。

今後は、開発した機構を搭載した飛行ロボットの製作を行い、姿勢安定化および飛行実験を実施していくことが課題である。

## 5. ショートトレーニング

### 5.1 Global Leadership Training Program (GLTP)

#### Annual Report

#### 2009 年度大学院イニシアティブ・カデット教育

“世界で通用する・指導的立場になれる日本の人材を育てる”

電気通信大学言語文化部会英語教室

史 傑 教授



#### Seminar 1

#### Intra-Asian Communication:

How to succeed in working with the “New Chinese”

November 9, 2009

#### Abstract:

This seminar first introduces the modern and contemporary history of China from the viewpoint of **the relationship with other Asian countries**. It will proceed to the key turning points of the **recent decades** in various aspects such as Chinese society, politics, economy and culture. It will then focus on the impact of those changes on the Chinese people, the so-called “**New Chinese**”, who obviously have drastically different characteristics from one or two generations before them. In particular, the varied **communication patterns in business, social, culture, language and personal lives** will be discussed and analyzed. Participants of this seminar will have the opportunities to actively participate in synthesizing simulated real-life scenarios, dealing with conflicts, managing stereotypes and pre-conceptions, and working in small groups **towards smoother communication and efficient collaboration** with the “New Chinese”.

#### I. 貿易相手国上位 10 カ国の推移(輸出入総額：年ベース) 2007 年&2008 年

- 1: 中華人民共和国 (17.7-17.4%)
- 2: アメリカ合衆国 (16.1% - 13.9%)
- 3: 大韓民国 (6.1% - 5.8%)

#### II. How Can You Work with the New Chinese?

- Understanding of culture, history, communications patterns should always proceed

perception

- Avoid stereotypes and prejudices
- Avoid innocent and careless mistakes
- Respect other cultures and peoples
- Study your own culture and country
- Believe your own values and traditions
- Study values and traditions of China
- Study the behaviors of the “New” Chinese
- Observe the gap with the old and the young
- Negotiate positively in order to reach a common goals
- Study the language
- Believe humans are humans

## Seminar 2

### Changes in the US: how to succeed in perceiving the American society and Communicating with the Americans

November 16, 2009

#### Abstract

The component of this seminar asks students to examine the recent changes in the US in the various aspects in the society: trends in demography, language shift, economy, finance, immigration, technology, and science. The second component highlights the characteristics of communication styles of Americans in general and at workplaces. Finally, the students will discuss the connection between the changes in the US and globally and the changes in the communication strategies of the Americans with the rest of the world.

#### I. United States 2006–2008 (U. S. Census Bureau)

##### 1. US in technology and science

Number of researchers:

- USA: 3, 879, 394 (2005)
- China: 1, 223, 756 (2006)
- Japan: 709, 691 (2006)

Number of patents obtained in 2006:

- America: 425, 966
- Japan: 408, 674
- China: 210, 501

- Korea: 166,189

## II. Languages and Language Shift in the US

1. The Census of 2000:
  - Foreign-born Americans: 31.1 million → 11%
  - (More than half : Spanish speakers)
2. Demographic data regarding languages:
  - (1) English speakers: 262,375,152 (2000. U.S. Census)
    - People who speak only English at home: 225,488,799. (2008)
  - (2) Spanish speakers: 34,559,894 (2008) {+8,300,000 illegal immigrants (Pew Hispanic Center 2008)}
3. Economical trends and language policies

## III. “Globalizing” the American Way?

- “No Passport Required” illusion
  - Ignorance vs Malice
- The American way of thinking: (Religion) Faith and Free Will
- Pragmatism and individualism
- Co-operation with other members of a group
- Financial independence
- Personal competitiveness
- Later specialization in education

## IV. How to Communicate with the Americans Successfully?

- “Dumb down your talk for Americans” ? (low- context culture)
- Get to the point quickly
- Stick to the point - one main point
- Provide concise supporting evidence for your opinions
- Brevity and clarity
- Give proper personal space
- Don’ t belittle their religions
- Learn to recognize physical cues: importance of body language and eye contact
- Recognize importance of working with others
- Know relationship differences (e.g. easy come, easy go)
- The role of family in personal, social and professional lives
- Learn to adjust the concept of speed
- Action before asking
- Respect privacy

- Avoid stereotyping and generalization
- Recognize political factors over cultural issues
- Keep core values and identity
- Enjoy debating and stating an opinion (logical reasoning)
- Separation between personal lives and business
- “Casualness” in both language and attitudes towards different ranks of people
- In presentation: Allow 1/3 of your time for questions
- Avoid politically sensitive language

### Seminar 3

#### Global Leadership: how to succeed in collaborating with and leading the international communities

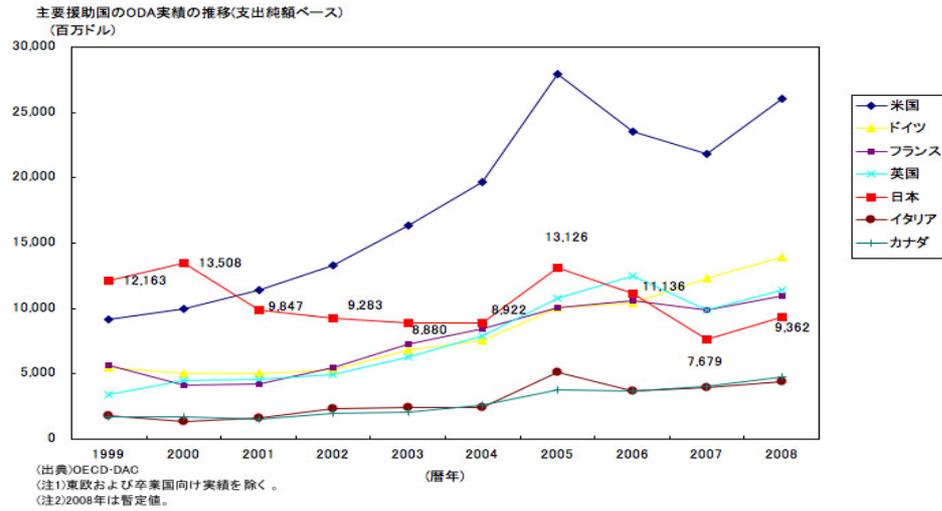
November 30, 2009

#### Abstract

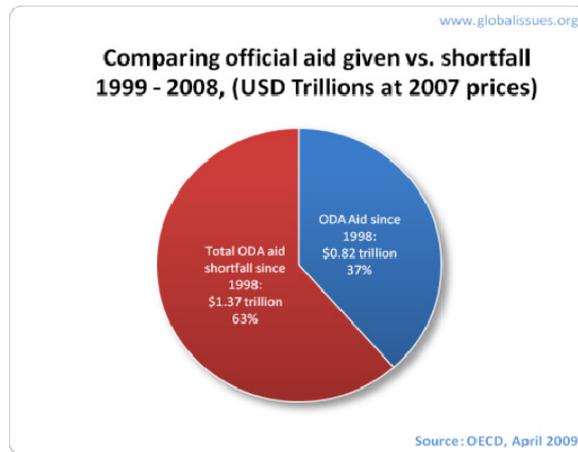
This seminar begins with the critical analysis of international contexts requiring efforts of **global collaborations**: politics, economy, commerce, science and technology, security, culture, education, culture, and medicine amongst others. It will then examine the qualities of a leader and crucial **elements of leadership** that are needed in international communities in the present world. Next, students will examine the styles of **Japanese participation** in and contribution to the various aspects of the above international affairs. **Strengths and weaknesses** of Japanese leadership will be discussed and presented. Possible solutions to and improvements of the problematic areas will be shared.

#### I. 主要援助国の ODA 実績の推移

<http://www.mofa.go.jp/Mofaj/gaiko/oda/shiryo/jisseki.html>



## II. Shortfalls (Global Issues Organization <http://www.globalissues.org>)



## III. Individual Leadership: Qualities of a Leader

- Character 性格 Be a piece of rock.
- Charisma カリスマ性 The first impression can seal the deal.
- Commitment 約束を守る・責任を果たす It separates doers from dreamers.
- Communication コミュニケーション力 Without it you travel alone.
- Competence (必要な) 能力・力量 If you build it, they will come.
- Courage 勇気・度胸・胆力 One person with courage is a majority.
- Discernment 洞察力 Put an end to unsolved mysteries.
- Focus 集中力 The sharper it is, the sharper you are.
- Generosity 寛大さ、寛容さ Your candle loses nothing when it lights another.  
Initiative 主導力、独創力 You won't leave home without it.
- Listening 傾聴力 To connect with their hearts, use your ears.
- Passion 情熱 Take this life and love it.

- Positive attitude 積極性 If you believe you can, you can.
- Problem solving 問題解決能力 You can't get your problems to be a problem.
- Relationships 人間関係力 If you get along, you will go along.
- Responsibility 義務履行能力 If you won't carry the ball, you can't lead the team.
- Security (自信からの) 安定 Competence never compensates for insecurity.
- Self-discipline 自律 The first person you lead is you.
- Servanthood サービス精神 To get ahead, put others first.
- Teachability 向上心 To keep leading, keep learning.
- Vision 先見性 You can seize only what you can see.

#### Seminar 4

#### “Galapagosized Japan?”

#### How to succeed in strategizing Japanese economy

December 7, 2009

#### Abstract

This seminar first asks students to creatively define the term of “Galapagos Phenomenon” and challenges students to argue for or against the viewpoint that Japan is being “Galapagosized” with valid evidences. Debating skills will be introduced to support students’ arguments along with selected English language expressions. After the debate, students will work in small groups and analyze the possible aspects of Japanese economy with emphasis on the development of technology that may be moving towards a Galapagosized direction. Finally, students will strategize policies, systems, and tactics to redirect and lead Japanese economy to a more favorable direction.

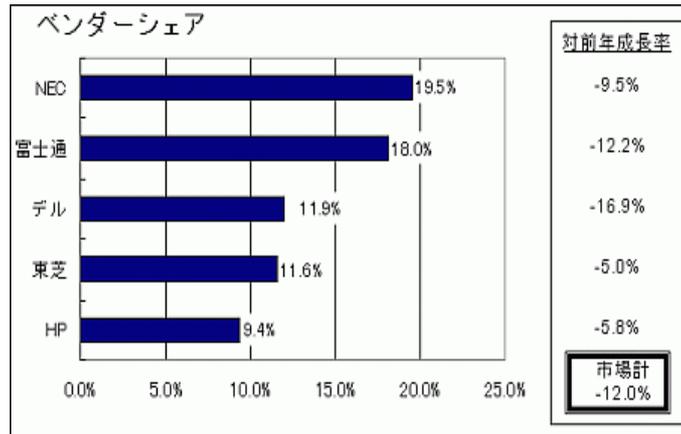
#### I. World market share of mobile phones in 2009 (NRI) 携帯出荷台数シェア:

Nokia (Finland)	30.9%
Motorola (USA)	18.1%
Samsung (South Korea)	11.8%
All Japanese makers combined	9%

#### II. The Competitiveness of Japanese Companies

上場企業の海外売上高比率は製造業では全業種平均 20.2%、非製造業では 10.6%に過ぎず、非製造業のグローバル化の遅れは顕著

2009 third quarter shares of PC in Japan (CNET Japan)



## CONCLUSION

The main purposes of the short training program, Global Leadership Training Program (GLTP), are threefold. First, the seminars aimed to provide students with thought-provoking facts, statistics and arguments of the selected topics that students are usually not concerned with in their usual study and research; Secondly, the seminars aimed to involve students to actively in critical evaluation of the present contribution that Japan and Japanese people make to the world in various aspects such as economy, politics, intercultural communication and other international affairs; Thirdly, the seminars aimed to foster an international vision and perspectives in students so that they could lead their research and/or companies successfully in international competition, i. e. “世界で通用する・指導的立場になれる日本の人材を育てる”, as the title of the program says. Finally, the lecturer argued that following shifts need to be made in Japan for stronger competitiveness.

- From cutting-edge to competitive edge
- From convergence to integration
- From institutional change to individual change
- From domestic view to international view
- And from crisis to chances

## 5.2 機械加工トレーニングと安全管理教育・免許制度について

### 5.2.1 実施背景と目標

カデット教育における技術分野は、1) 機械設計・工作・加工技術分野、2) 電子回路設計・製作技術分野、3) プログラミング技術、の3つに大別される。

カデット教育では各技術分野および技術の内容に沿った講習会と免許制度を企画・運営する。講習会とは、上級者が持っている知識や技術を講義、演習、実験形式で未修得者に教育するシステムである。また、免許制度とは、学生の能力に応じた責任と権限を与える制度である。希望者に講習会を受講させ、審査の後に免許を与える。免許取得者に対して設備の使用権、実施権等を与える。2006年度は、講習会と免許制度を企画運営するための枠組みと手順を決定し、各担当教員に向けて立ち上げの準備を依頼した。講習会の企画から免許付与までの流れを下記に示す。

- ① 講習会の企画提案（必ず安全講習・倫理講習を入れる）
- ② 技術免許・師範免許・主任免許の審査基準の検討
- ③ 講習会開催の具体案策定（募集期間、実施期間）
- ④ 技術免許・師範免許の付与（主任免許は次年度以降でもよい）

また、主催者は学生に対して師範免許の取得を推奨し、次年度以降の講習会実施の補助者を養成することとした。

2007年度には2006年度に企画された機械加工トレーニングについて講習会を開催し、表5.2.1の免許制度仕様書に基づいて審査し免許を交付した。2008年度、2009年度も引き続き機械加工トレーニングを実施した。

**表 5.2.1 カデット教育機械加工免許制度仕様書**

名称：一般工作機械による加工技術免許

#### ■レベル1：技術免許（アシスタント）

講習目的：所定の技術レベルを習得し、単独で作業できるものを養成する。

審査対象：講習を受講した初心者

審査基準：

安全面：安全確保（服装ほか）、環境整備（工具・用具の準備、清掃、メンテナンス）

技術面：技術習得、機械操作技術、加工技術

教育面：文書作成、図面作成（寸法、公差、仕上げ、指定）

技術免許：設備の使用権を与える。ただし夜間、休日の時間外使用は禁止する。

#### ■レベル2：師範免許（インストラクター）

講習目的：講習会において受講者を指導することができるものを養成する。

審査対象：技術免許保持者または同等の技術レベルを持つ認定されたもの

免許取得後、一定期間後、

免許取得後に製作したものが一定の技術レベルにあるもの

審査基準：

安全面：安全監視が行えること。適切な指示が出せること。

技術面：課題に取り組み審査に合格したもの。製作物を提出し、審査に合格したもの。

教育面：指導方法についての審査に合格したもの。

師範免許：講習会において受講者を指導することができる。装置の保守管理を担当できる。時間外でも単独で作業できる

#### ■レベル3：主任免許（チーフ）

講習目的：保守管理から技術伝承の主力となるもの

取得技術の内容：未設定

審査基準：未設定

## 5.2.2 実施内容

### (1) 安全管理教育

機械加工上の注意事項として、実習を通して次の事項について指導を行った。

#### ① 安全作業心得（安全第一）

##### A 共通事項

- ・ 実習開始5分前までに所定の場所に集合待機すること
- ・ 作業衣は長袖を着用し、袖口のボタンはしっかりかけること
- ・ 履物は、サンダル、スリッパ等で作業してはならない
- ・ 機械加工中、一切手袋は着用しないこと
- ・ 工作物及び工具の着脱または測定する時は、回転を止め主電源を切って行うこと
- ・ 決して回転体には、手を近づけないこと
- ・ 切り粉は直接手で取り除いてはいけない、手箒か切り粉かき棒等を使用することまた、工作物あるいは工具が回転中に切り粉を取り除いてはいけない
- ・ 切り粉が大量に飛散する場合は、保護メガネを着用すること
- ・ 切削油を刷毛等でつける場合は、巻き込まれない様注意すること
- ・ 加工時に発生するカエリ、バリ及び機械の遊び（ガタ）バックラッシュ等を認識することによって、製品精度の向上はもちろん安全作業に努めること

##### B 旋盤作業の場合

- ・ 加工物及びバイトの取付けは確実にいき、危険なので必要以上に長く突き出さないこと
- ・ チャック回転中は、チャックの円周方向位置に体を置いてはならない
- ・ チャックを手で押さえて回転を止めてはならない

##### C フライス盤作業の場合

- ・ 加工物は、切削中飛ばないように確実に取り付けること
- ・ 加工仕上げ面の段差等を指先の感触で見るときは、必ず回転を止めてから触れること
- ・ エンドミルの側面で加工する場合、工作物の送り方向は、安全を考慮してアップカット削り（上向き削り）とする

#### ② 機械の保守および整理整頓

- ・ 作業後は機械、工具等の清掃、手入れ、点検を十分に行い、工具は定められた場所に整頓すること
- ・ 切削により発生した切り粉は、材質別に分別して片付けること
- ・ 使用した機械周辺床面の清掃を行うこと

### (2) 械加工基礎実習（初級）（講師：田村）

実施期間 平成21年8月25日

時間回数 180分×1回

参加者 2名（学部のロボメカ工房で同実習実施済の実習免除者なし）

目的目標 安全作業を通して、小型工作機械の操作、測定器の使い方及び図面の読み方

など、機械加工の基礎について習得する。

実施内容 段付試験片（図 5.2.1）の製作を行った。卓上旋盤、卓上立フライス盤による基礎的切削加工を通して、工作機械の安全で効率的な操作法を習得することを目的として指導した。また、その中で図面の読み方、ノギス、マイクロメーター、ダイヤルゲージなど測定器の使い方についても指導を行った。

付与免許 技術免許（アシスタント）

使用機械等 ロボメカ工房の工作機械を使用

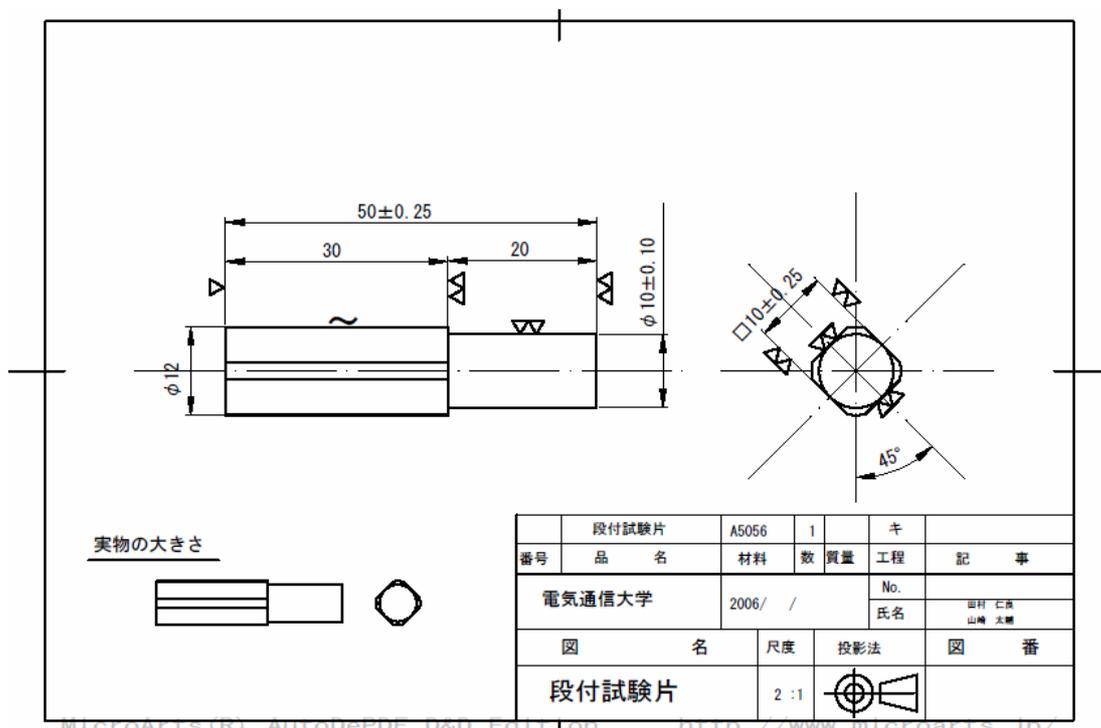


図 5.2.1 カデット教育機械加工実習初級課題：段付試験片

(3) 機械加工応用実習（中級）（講師：田村）

実施期間 実習 1：平成 21 年 11 月 4 日

実習 2：平成 21 年 12 月 1 日～22 年 1 月 19 日

時間回数 実習 1 180 分×1 回

実習 2 自主製作課題とした。

参加者 2 名（実習 1，2 共）

目的目標 技術免許(アシスタント)取得者で、更に高度な知識と技術・技能を修得することによって、初級者を指導できること。

実習 1 高精度な装置・機械を設計製作する場合、直面する最大の課題は「ハメアイ」についてである。また、ハメアイ状態は部材の熱変形によっても変化するため、設計者には

ある程度の経験が要求される。そこで本実験では、図2に示すようなφ15の精密リングゲージとハメあう数種類の径の段付シャフトを製作して、シャフトを熱変化させた場合にハメアイ状態がどのように変化するかを体得した。併せてジュラルミンの線膨張係数が約  $23.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  であることも確認した。

実習 2 初級者に指導できるレベルまでの技術・技能と安全作業をマスターすることを目的に、基礎実習時よりも大型で強力なミニ旋盤、卓上精密フライス盤やボール盤、タップなどを使用して、図3に示す幾何公差を含む精密キューブを製作した。

付与免許 師範免許（インストラクター）

使用機械等 ロボメカ工房の工作機械を使用

### φ15リングゲージ

### 段付シャフト(A2017)

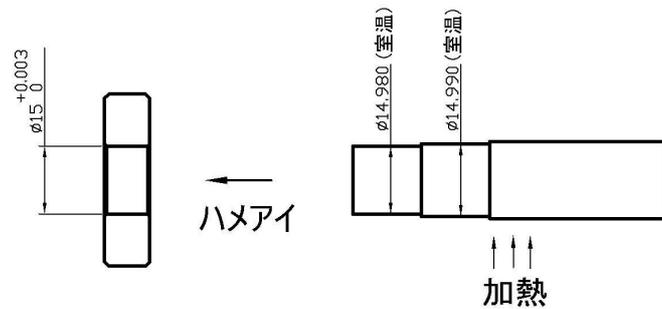


図 5.2.2 カデット教育機械加工実習 1 課題：リングゲージとシャフト

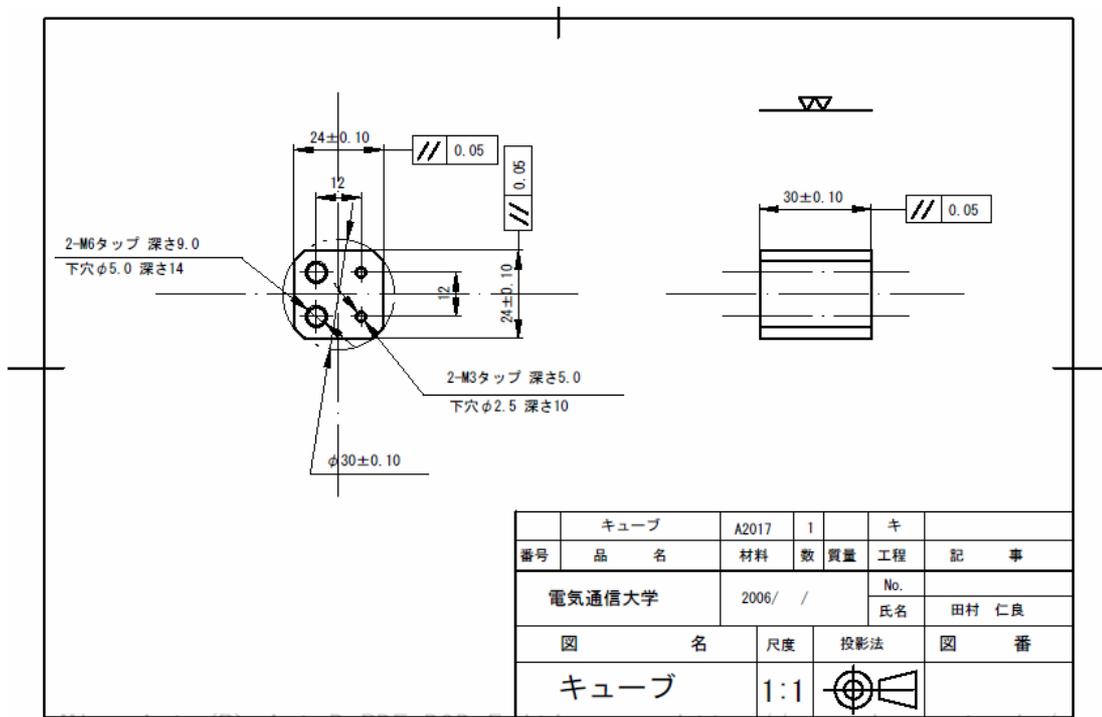


図 5.2.3 カデット教育機械加工実習 2 : キューブ



図 5.2.4 実習 1 で使用するマイクロメータ, 温度計, リングゲージ, シャフトなど



図 5.2.5 実習 1 の実施状況 (ハメアイ)

### 5.2.3 効果と評価 (田村、金森)

講習会終了後、製作物および提出されたレポートを審査し、下記の免許証を交付した。

免許名 技術免許 (アシスタント)

交付年月日 平成 21 年 8 月 25 日

免許授与者 M2: 山口 恒, 福島 祐一 以上 2 名

免許名 師範免許 (インストラクタ)

交付年月日 平成 22 年 1 月 19 日

免許授与者 M2: 山口 恒, 福島 祐一 以上 2 名



図 5.2.6 免許証の見本

#### 5.2.4 今後の課題および提案

##### （1）免許制度について

今後も参加教員への協力要請を行い、機械技術分野の充実と共に、それ以外の分野についても、講習会と免許制度の拡充に努めたい。

##### （2）機械加工トレーニングについて

・今年度の反省点としては、受講者が例年に比べて少なかったのが非常に残念である。今後は電子メールのみの告知では周知が徹底しないので、平成19年度（2007年）

5月に実施したような、機械加工を含めたカデット教育全体についてのガイダンスの実施を提案したい。

・今後のテーマとしては、ねじ締め付け時、殆どの学生がオーバートルクになっているので、適正締め付けトルクについての実習もとりあげて体得させたい。

## 6. 特別講演会

### 6.1 近赤外線スペクトロスコピーを用いた脳と心の探究

東京都精神医学総合研究所脳機能解析研究チームリサーチディレクターの星 詳子氏をお招きし、近赤外線スペクトロスコピーを用いた脳と心の探究に関してご講演頂いた。星氏には脳科学の観点から近赤外線スペクトロスコピーを用いた脳と心の関連性について平易に解説して頂いた。講演内容は以下のようになっている。

日時： 6月26日(金) 15時00分～16:30

会場： 電気通信大学 東4号館 802室

参加人数：50名

主催： 魅力ある大学院イニシアティブ

メカノインフォマティクス・カデット教育運営委員会

共催： 人間福祉テクノロジー研究ステーション

講演者／講演題目／講演概要：

星 詳子 氏

東京都精神医学総合研究所脳機能解析研究チームリサーチディレクター

「近赤外線スペクトロスコピーを用いた脳と心の探究」

近赤外線スペクトロスコピー(NIRS)は、組織酸素化状態をモニタする方法として1970年代後半から研究・開発が始められたが、その後、神経機能イメージング法としても注目されるようになり、現在は、医学、工学、教育学など様々な領域で用いられている。本講演では、NIRSを用いた脳研究の現状と展望について述べる。





## 6.2 ロボット技術とITを基盤とした国際救助隊サンダーバードの実現を目指して

京都大学大学院の松野文俊先生をお招きして、ロボット技術および関連するレスキュー工学について、興味深いお話をいただいた。日時：2009年11月13日15:00-17:00

会場：電気通信大学 東4号館 201号室

参加人数：40名

講演者：松野文俊教授

京都大学大学院機械理工学専攻

講演題目：ロボット技術とITを基盤とした国際救助隊サンダーバードの実現を目指して

講演概要：1995年1月17日に発生した阪神淡路大震災では6400名以上の尊い命が奪われた。また、最近でも、世界各地で地震災害や水害などの自然災害が多発している。さらに、チェルノブイリの原子力発電所の事故やJCOの放射能事故、地下鉄サリン事件やニューヨーク世界貿易センタービル破壊テロなど人為災害も後を絶たない。日本におけるレスキュー工学は、阪神淡路大震災以来、この10数年間、特に目覚ましい発展があり、多くの研究成果が発表されている。

本講演では、講演者が開発してきた色々なロボットを紹介しつつ、レスキュー工学を始めたきっかけから、国際救助隊サンダーバードを実現するためのこれまでの活動について紹介する。

1995年の阪神淡路大震災の際、松野先生は神戸大学で助教授をされていた。そのとき、これまでの情報インフラが破壊され、情報の錯綜・混乱がおきた。また、阪神大震災の際には、瓦礫の下の被災者（要救助者）について、72時間以内に発見できなければ、その生存率がかなり低かったという報告もある。松野先生は当初、分布定数システム制御などの理論研究に情熱をかたむけられていた。それから何故に応用研究あるいは役立つ技術の開発のほうに方向転換していったのかについて質問があったが、松野先生から災害に対する多くの経験を踏まえて実用研究に携わってきた経緯について説明があった。特に、被災地での情報収集を行う「情報収集型レスキューロボット」の開発に取り組んできておられ、2002年から2006年までは文科省の大都市大震災軽減化特別プロジェクト、2007年からはNEDOの戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクトの一環として、ロボットの開発を行っておられる。

本講演により、学生に対して基礎学問の重要性や研究の方向性について多くの感銘を与えた。



### 6.3 知識モデルによる生体と機器の協調性

関西大学 総合情報学部 総合情報学科 の 林 勲氏をお招きし、知識モデルによる生体と機器の協調性に関してご講演頂いた。林氏には知的システムの観点から、脳と機器との環境ダイナミクスに対応した閉ループの循環型ネットワークの構成について平易に解説して頂いた。講演内容は以下のようになっている。

日時： 3月25日(木) 15時00分～16:30

会場： 電気通信大学 東4号館 802室

参加人数：40名

主催： 魅力ある大学院イニシアティブ

メカノインフォマティクス・カデット教育運営委員会

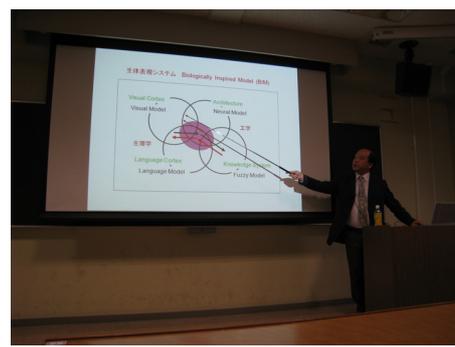
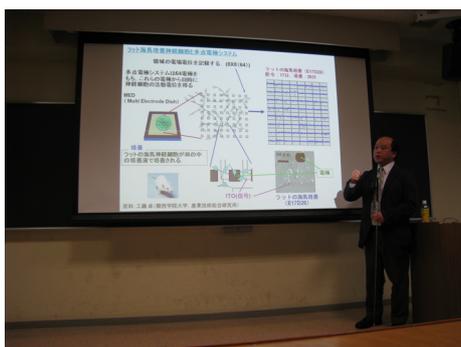
講演者／講演題目／講演概要：

林 勲 氏

関西大学 総合情報学部 総合情報学科

「知識モデルによる生体と機器の協調性：生体表現ロボットと BCI 協調学習」

最近、脳機械インタフェースや脳コンピュータインタフェースの研究が活発に行われている。脳は機器から得られる外界の情報によって環境のダイナミクスを学習し、機器は脳の可塑性により適応制御が可能となり、全体システムは`環境ダイナミクス`に対応した閉ループの循環型ネットワークを構成している。この循環型ネットワークを精度良く機能させるため、脳と機器の間にインタフェースのモデルを介在させて、制御を安定化させる必要が生じる。本講義では、ラットの海馬の分散培養神経細胞と外界認識機器のロボットを相互接合しファジィモデルにより合目的な行動表現が可能な生体表現システム、培養神経細胞の多点電極間の論理性をファジィ結合検算子で獲得する生体論理獲得、強化学習と脳示唆により協調効果を促進させる強調学習のそれぞれの研究概要について説明する。



## 7. 活動の実績と成果

### 7.1.1 Robocup 2009

2009年5月8～10日に大阪市(京セラドーム)にてRobocup Japanopen 2009が開催され、中野研究室は5台ずつのロボットを用いるサッカー小型リーグに参加した。小型リーグは我々のチームを含め5チームがエントリーしており、初日・2日目と総当たりの予選を行ったのちに上位4チームによる決勝リーグが最終日に行われた。試合には研究室で開発したロボット・ビジョンシステム・戦略システムを使用した。昨年度は照度変化が激しい環境であったため、画像処理による位置の取得がうまくいかなかったため今年度は使用するカメラの変更を含めたビジョンシステムの改良を行い、試合にのぞんだ。

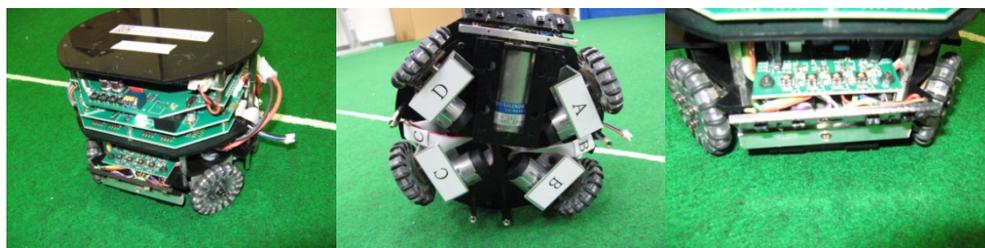


図 7.1.1 試合に用いたロボット

試合結果は全敗してしまい決勝リーグへと進むことができなかった。昨年度問題となったビジョンシステムはうまく動作していたが、ロボットの機構設計に不備があり、頻繁にメンテナンスをする必要があった。このため、来年度に向けてギアボックス周りの設計やシュート機構の改良などを行う必要がある。



図 7.1.2 試合風景

### 7.1.2 サッカーロボットシステムの改良

Robocup2009の反省点を元にロボットの改良及び新ロボットの作成を行った。

#### 機構部の改良

昨年度までの機構設計は主に2D図面上で行っており、実際に組み立てるまでは全体の構成や部

品の干渉などを確認することができなかった。このため今年度は 3D CAD を用いて 3 次元モデルを元にした設計法に変更をした。この方式により事前に部品の干渉等を確認することができ、ロボット全体を考慮した設計を行える様になった。また、昨年度までは手作業での加工を行っていたが、加工精度が良く無いため今年度からは 3 次元 NC 加工機による削りだしによって部品の作成を行った。これにより精度や剛性の高い部品を用いてロボット製作が可能となった。

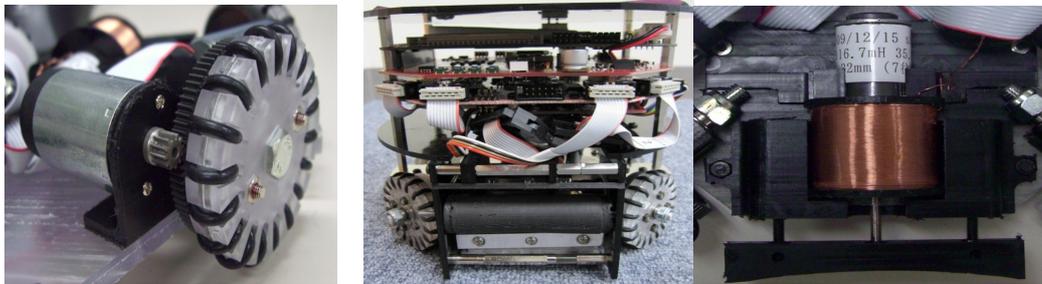


図 7.1.2 3D モデルを使用して作成したロボット

#### 共有ビジョンシステム (SSL-Vision) への対応

今年度までは各チームが開発したビジョンシステムを用いて試合を行ってきたが、来年度からはビジョンシステムが統合されることになった。このため、戦略システムを SSL-Vision に対応できるように改良を行った。このビジョンシステムには事前にマークが 12 種類用意されており、どのマークが認識精度が高いかを実験して使用するマークを決定した。

#### 7.1.3 小型リーグ研究会・練習会

2010 年 3 月 6, 7 日に愛知県立大学で行われた小型機リーグ研究会及び練習会(愛知県立大学 文理連携研究会)に参加した。この研究会は各チームのシステムのディスカッションや新しく導入される SSL-Vision の動作テストを兼ねた練習試合を行われた。この研究会には Robocup Japan Open 2009 に参加した 5 チームすべてが参加した。各チーム 20 分ずつの持ち時間でシステムの紹介・質疑応答が行われ、我々のチームもシステムの紹介を行った。その後、練習会場にて実システムを用いながらの意見交換を行い、練習試合を行った。時間の関係で 1 試合しか練習試合に参加することができなかったが、新しく導入された SSL-Vision の挙動を確認することができ、Robocup 2010 へ向けた調整事項を確認することができた。

2010 年度大会では 1 勝を目標に今後の開発を進めていく。

## 7.2 ロボカップレスキュー

### 7.2.1 概要

RoboCup Japan Open はロボットの研究者が参加し、その研究成果を競う大会である。Rescue Robot League はそのリーグの一つであり仮設の災害現場でレスキューロボットによる災害救助活動のスピードと正確さを競うものである。その大会への参加報告を以下に示す。

### 7.2.2 長岡オープン

本年度は、本戦である RoboCup Japan Open に参加する前に、4月27日～5月3日の日程で、長岡技術科学大学にて行われた「長岡オープン」に参加した。本大会は本戦前の最終調整の場、開発の進捗確認の場と位置づけられたもので、本戦さながらのフィールドで要救助者探索の練習走行会ができる。実際に、ロボットの最終調整を行うことで現状を把握することができ、効率的に本戦までの開発スケジュールを組むことができた。また、他チームとの情報交換を通して様々な知見を得ることができた。

### 7.2.3 本戦と結果

本戦である RoboCup Japan Open 2009 は、京セラドーム大阪で2009年5月8日～10日の日程で開催された。SHINOBI(電気通信大学長谷川研究室、京都大学松野研究室の合同チーム)は Rescue Robot League に遠隔操作ロボットの“KOHGA3”(Fig.1左)、自律型ロボットの“KAMUI”(図.1右)の計2体のロボットで参加した。競技は参加した全11チームで予選を行い決勝に進む5チームを選出する方式であった。今大会は、ゲストチームとしてタイから Mahidol 大学が参加し、より高いレベルでの競技会であった。SHINOBI は、ロボット2体を駆使し予選1位で決勝に進出した。決勝では、見事大差で優勝することができた(決勝のスコアシート Table 1, 優勝した後の写真図.2)。

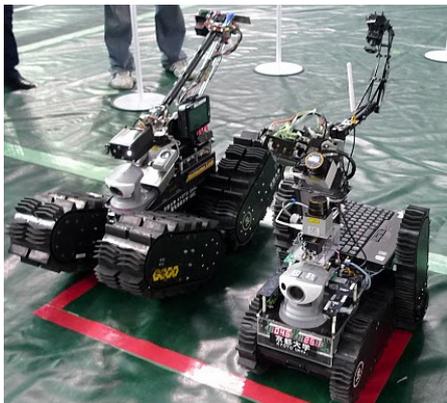


図.1 Developed robots



図.2 Team SHINOBI

Table 1 Score of the finals

Team Name	1st Mission	2nd Mission	3rd Mission
G-TAN	28.75	43	71.75
Nutech-R	33.75	22	55.75
SHINOBI	53.75	103	156.75
CIT Pelican	14.75	23	37.75
BART LAB Rescue	44.25	24.5	68.75

#### 7.2.4 開発したロボットシステム

前年の大会で得られた知見を元に、本大会においては遠隔操作ロボット、自律ロボットを融合したシステムを開発した。同時刻に両ロボットに対して別々のタスクを課すことにより効率的な探索活動を行った。遠隔操作ロボットでは、システム完成度を上げることで精度向上を図った。操作コントローラとして iPhone (図.3) を取り入れるなど、画期的な開発も行うことで今後のレスキューロボット開発の方向性を提案した。ロボット本体に取り付けられたエンコーダを用いて、オドメトリによる自己位置推定を行った。また、自律ロボットでは地図作成精度の向上を図った。傾斜のあるフィールドにも対応させるため、測域センサ取り付け台を水平に保つための機構を新たに開発し、センサデータ取得精度を向上させた。さらに、要救助者発見システムを改良することにより、限られた時間内で行われる救助活動を効率化した。



図.3 iPhone

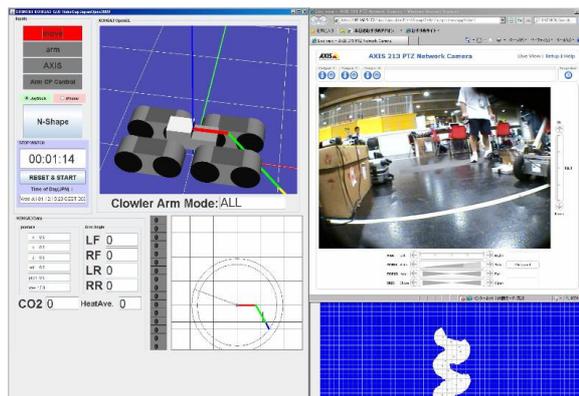


図.4 Interface

#### 7.2.5 まとめと今後の課題

リーグ全体を通じても自律型ロボットを投入し、毎回要救助者を発見したのは我々のチーム SHINOBI のみであった。競技を通じて様々な問題点が浮かび上がり、今後の改良の必要性とその改良の方針に関する知見を得ることができた。来年度以降は、他チームも自律ロボットを投入することが予想されるため、GUI (図.4) の改良による操作性の向上やより複雑な地形での不整地走破性向上などの開発が必要になると考えられる。遠隔操作ロボットはマシントラブルなどハード面での課題点が浮かび上がり、今後の改良に関する知見を得ることができた。

## 7.3 つくばチャレンジ 2009 (RWRC2009: Real World Robot Challenge 2009)

### 7.3.1 つくばチャレンジ概要

つくばチャレンジ[1][2]は、自ら考え行動するロボット(自律型ロボット)が、実際に人が生活する街の中で『安全かつ確実に動く』ことを目指す技術チャレンジの走行会で 2007 年から始まり今年で 3 回目である。つくば市やつくば中央警察署や地元団体・企業、地域住民のバックアップにより、地域一体となった大規模なロボットの実証実験が行われている。大会への参加報告を以下に示す。

### 7.3.2 つくばチャレンジ 2009 大会内容と出場理由

つくばチャレンジ 2009 は、事前試走会・トライアル走行・本走行を含め、8 月から計 10 回程度走行する機会がありその中で我々電気通信大学長谷川研究室は京都大学松野研究室との合同チームとして 6 回ほど参加した。2009 年度の大会のコースは、図.1 に示すように遊歩道や池のほたりを通る全長約 1[km]のコースである。難所として一般の通行人が多く存在する領域や、建物や木々が存在し GPS データが上手く取得できない領域などがあり、そのような環境であってもロボットは自律で安全に確実に走破することが要求される。我々は、移動ロボットの安全性に関する研究[3]の屋外実証実験の場として利用するためにつくばチャレンジに参加している。公共な場所での屋外実証実験は地方自治や警察の許可がいるため容易ではない。したがってこの大会に参加することは貴重な機会である。

### 7.3.3 大会結果と成果, 反省点

大会結果は、トライアル走行は 1 回目 25[m], 2 回目 50[m]でコースアウトしてしまい、通過基準の 140[m]をクリアすることができず、本走行出場はできなかった。コースアウトの原因は、自己位置推定で用いた姿勢センサの不具合であった。しかし、事前試走会や予選の時に研究成果を生かし、安全な屋外実環境走行が実現できた。その研究成果は下記の【成果】に示した通りである。アルゴリズムなどの詳細は文献[4][5]を参照していただきたい。結果としては 1[km]走破はできなかったが、意義のあるつくばチャレンジ参加であった。今後は自己位置推定法を改め、来年に向けて改良を行っていきたい。

【成果】 ・第 10 回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(SI2009)発表 2 件 [4][5]

・つくばチャレンジ開催記念シンポジウムポスターセッション発表 1 件[6]



図.1 つくばチャレンジ 2009 コース図

図.2 電通大チーム実験風景

【参考文献】

- [1] つくばチャレンジホームページ : <http://www.robomedia.org/challenge/index.html>
- [2] 油田ら : “つくばチャレンジ 2009 実世界で働くロボットを目指して : 2009 年度の課題とチャレンジ” , SI2009, 1B2-1, 2009
- [3] 後藤ら : “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発, 第 10 報: 速度制約領域を考慮した自律移動ロボットの行動計画” , 第 27 回日本ロボット学会講演会, 3D1-07, 2009
- [4] 後藤ら : “自律と操縦に対応した移動ロボット用 RTC の開発, 第 13 報: 速度制約領域を考慮した自律移動ロボットの实機検証” , SI2009, 2B1-1, 2009
- [5] 五十嵐 : “屋外自律移動ロボットの安全性の検証” , SI2009, 1G1-3, 2009
- [6] 後藤ら : “速度制約領域を考慮した行動計画とユーザインタフェースによるナビゲーション” , つくばチャレンジ開催記念シンポジウム, 2010

#### 7.4 SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies, ポスター発表

SIGGRAPH とは毎年夏に ACM (米コンピュータ学会) が主催する世界最大の CG とインタラクティブ技術の国際会議である。2009 年度は 8 月 3 日から 8 月 7 日までの 5 日間、米国ルイジアナ州ニューオーリンズのコンベンションセンターで行われた。学会が主催するイベントではあるが、論文発表の場としてだけでなく Apple や Goggle, Adobe などの企業展示, CG アート作品の上映, 著名人の講演などが行われ, 毎年多数の来場者がある。

36 回目の今年の SIGGRAPH は, 参加者数が 11,000 人に減少したものの 27 の Classes (チュートリアル), 24 の論文セッションなどが行われた。

“Emerging Technologies” と呼ばれる世界各国の大学や研究機関などの最先端のインタラクティブ技術展示を行うセクションは, 来場者が研究成果に直接触れ体験できるところに特徴があり, 特に一般来場者に人気を博している。同時に, 専門家ではない一般来場者に対し, 最先端技術が社会へ貢献するものであることを問いかける重要な機会を研究者に与える場でもある。本年は 33 件が採択され, そのうち 17 件が日本からの出展であった。Emerging Technologies では, 修士 2 年の加藤史洋が中心に行った研究 “Interactive Cooking Simulator” がカデット教育プログラムの支援を受けて展示を行った。

また, 世界中から 107 件の発表が集まったポスターセッションでは, 修士 2 年の時崎崇、修士 1 年の石川達也もそれぞれ “Pliant motion: integration of virtual trajectory control into LCP based physics engines” と “Virtual stroboscope for robot motion design” の発表を行った。

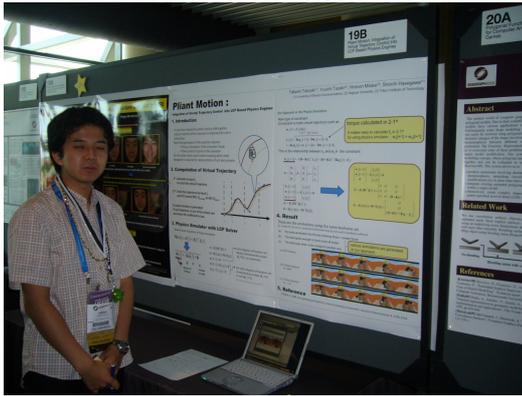
日時: 2009 年 8 月 3 日 (月) ~ 8 月 7 日 (金) (SIGGRAPH2009)

会場: Ernest N. Morial Convention Center, New Orleans, Louisiana, USA

関連 URL: <http://www.siggraph.org/s2009/>



加藤史洋らの Interactive Cooking Simulator  
SIGGRAPH2009 Emerging Technologies にて



ポスター (時崎崇)



ポスター (石川達也)

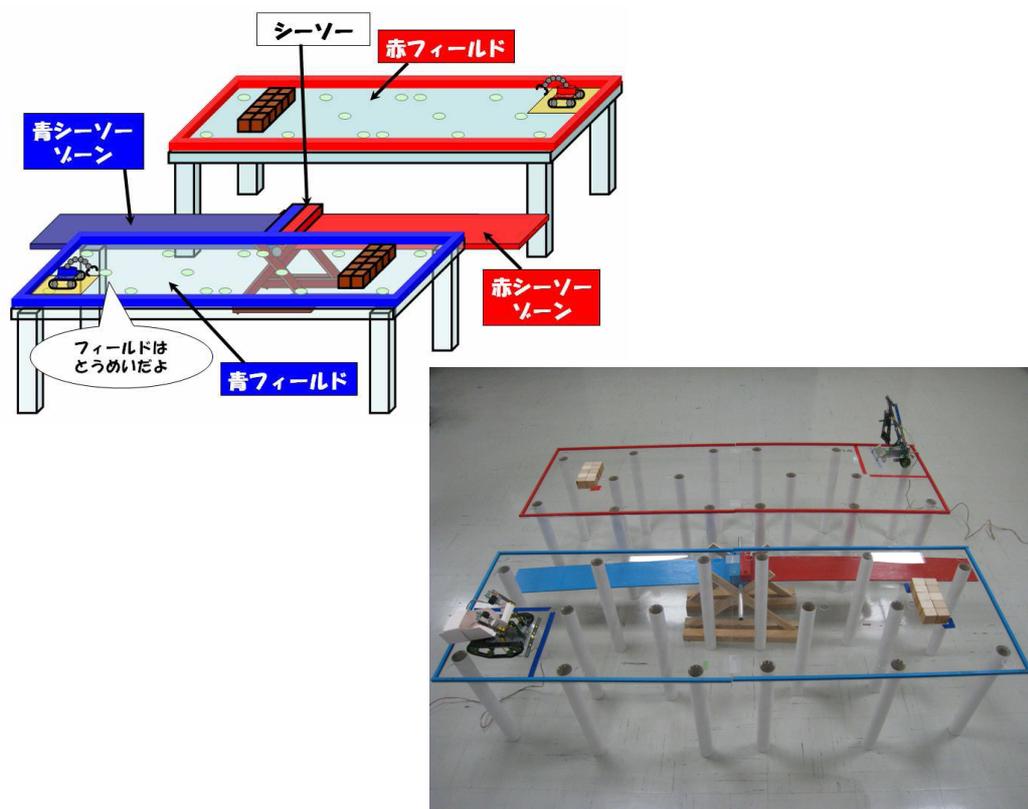
## 7.5 ロボコンプロデュースコンテスト

ロボコンプロデュースコンテストは、通常のロボットコンテストとは違い、ロボットを作るのではなく、ロボットコンテストを企画し、その面白さを競うコンテストである。このコンテストは、学生の独創力、企画力、創作力、プレゼンテーション能力を育むことを目的として、1999年度から電気通信大学、信州大学、北海道大学などで開催されてきた。本年度は日本機械学会の主催で2009年12月6日に岩手大学にて開催された。

出場チームは、北海道大学ロボットアーキテクト「災害救助計画」、電気通信大学田中企画「おいてこ」、電気通信大学ロボメカ工房「つくってWAKUWAKU」、信州大学SURL「幸せエコ家族」、岩手大学K-toys「発電SHOW PLUS」、岩手大学BLACK-BEARD「トロッコでGO!!」の6チームであった。

本年度はカデット教育の支援を受け、山口剛人（知能機械工学専攻2年）、井上皓平（知能機械工学専攻1年）、市河拓（知能機械工学科4年）、上島鷹之（知能機械工学科4年）、妹尾俊明（知能機械工学科4年）、三宅祐一（知能機械工学科4年）、三宅龍馬（知能機械工学科4年）が田中企画というチームで「おいてこ」というロボコン競技を製作し、コンテストに出場した。

「おいてこ」は、1チーム・ロボット1台で、赤チームと青チームに分かれ、ロボットを操作して、自分のフィールドにあるブロックをシーソーに置いていき、置いたブロックでどちらにシーソーがかたむいているかを競きそうゲームである。この競技は、力のモーメントを考えることで有利



にゲームを進めることができる。シーソーを通して「てこの原理」を子供たちに直感的に感じてもらうことができるという教育的効果が期待できる。

## 競技フィールド



## プレゼンの様子



## デモの様子



## 質疑応答の様子

力学の基礎を学ぶという教育効果やシーソーを用いた競技というシンプルさが高く評価され、「特別賞」を受賞した。来年度も新たなロボコン競技を考え、プレゼンテーションの練習までを含めて、事前の準備をしっかりと行い、コンテストに望みたい。



表彰式の様子

集合写真

## 8. 大学院生による研究成果発表

### 論文誌

Naohiro Hara, Kazuo Tanaka, Hiroshi Ohtake and Hua O. Wang, Development of a Flying Robot with Pantograph-based Variable Wing Mechanism, IEEE Transactions on Robotics, Vol. 25, No. 1, pp. 79-87 Feb. 2009.

Kazuo Tanaka, Kenji Yamauchi, Hiroshi Ohtake and Hua. O. Wang, Sensor Reduction for Backing-UP Control of a Vehicle with Triple Trailers, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 59, No. 2, pp. 497-509 Feb. 2009

大竹 博, 飯村 健, 田中 一男, 同軸反転型マイクロヘリコプタの飛行安定化制御, 日本知能情報フレンジ学会誌, vol. 21, NO. 1, pp. 100-106, Feb. 2009

Kazuo Tanaka, Hiroto Yoshida, Hiroshi Ohtake and Hua O. Wang, A Sum of Squares Approach to Modeling and Control of Nonlinear Dynamical Systems with Polynomial Fuzzy Systems, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 17, No. 4, pp. 911-922, August 2009.

Henri Aguesse, Hua O. wang and Kazuo Tanaka, Information Control in a Unified Framework of Consensus Seeking, International Journal of Information and Systems Science, Vol. 5, No. 2, pp. 199-209, 2009.

東 善之, 田中一男, 大竹 博, 可変迎角機構を有する飛行ロボットシミュレーションモデルの構築, 日本機械学会論文集(C編), Vol. 76, No. 762, pp. 361-370, Feb. 2010.

Manabu Yamashiro, Zhaoxian Xie, Hisashi Yamaguchi, Aiguo Ming and Makoto Shimojo: Home Service by a Mobile Manipulator System-Mobile Manipulation of Chairs-, Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, Shenyang, China, pp. 295-300 ( 2009. 08).

Chao Tang, Chunquan Xu, Aiguo Ming, & Makoto Shimojo: Cooperative Control of Two Mobile Manipulators Transporting Objects on the Slope, Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Changchun, China, pp. 2805 -2810 ( 2009. 08)

山口恒, 塚田夏美, 明愛国, 下条誠: 高速触覚センサと3次元カメラを搭載した移動マニピュレータによるヒューマンアシスト-基本構想-, 福祉工学シンポジウム 2009, 1C1-2 (2009. 09)

Jorge Ivan Medina Martinez, Kazushi Nakano and Kohji Higuchi: New Approach for IIR Adaptive Lattice Filter Structure using Simultaneous Perturbation Algorithm, Method: IEEJ Transactions on Industry Applications, Vol. 130-D4, No. 4 (2010)

Jorge Ivan Medina Martinez, Kazushi Nakano and Sawut Umerujan: Vibration Suppression Control of a Flexible Arm using Non-linear Observer with Simultaneous Perturbation

Stochastic Approximation, Method: Journal of Artificial Life and Robotics, Vol.14 (2009)

Jorge Ivan Medina Martinez, Kazushi Nakano and Kohji Higuchi: Parameter Estimation using a Modified Version of SPSA Algorithm Applied to State Space Models: IEEJ Transactions on Industry Applications, Vol.129-D, No.12, pp1187-1194 (2009)

須佐 育弥, 大内 政義, 岩下克, 佐藤 誠, 長谷川 晶一 : '局所的な高速物理シミュレーションによる高解像度力覚提示の実現', '日本バーチャルリアリティ学会論文誌', Vol.14, No.4, 2009 12 pp.463-471

Shogo Matsunaga, Shoichi Hasegawa : 'A method for global elastic-plastic deformation for haptic interaction', 'JVRC09-Joint Virtual Reality Conference of EGVE-ICAT-EuroVR Demonstration Program', 2009 12 pp.51-52 .

Ikumi Susa, Yuto Ikeda, Shoichi Hasegawa : 'Perception-based High Definition Haptic Rendering', 'JVRC09-Joint Virtual Reality Conference of EGVE-ICAT-EuroVR Demonstration Program', 2009 12 pp.49-50 .

Yuto Ikeda, Shoichi Hasegawa : 'Short Paper: Characteristics of Perception of Stiffness by Varied Tapping Velocity and Penetration in Using Event-Based Haptic', 'Joint Virtual Reality Conference EGVE-ICAT-EURO VR', 2009 12 pp.113-116 .

Takashi Tokizaki, Yuuichi Tazaki, Hironori Mitake, Shoichi Hasegawa : 'Pliant Motion : Integration of Virtual Trajectory Control into LCP Based Physics Engines', 'ACM SIGGRAPH 2009 Poster', 2009 8 pp.#10 .

Fumihiro Kato, Yusuke Hanaoka, Tu Nguyen Ngoc, Danial Keoki, Hironori Mitake, Takafumi Aoki, Shoichi Hasegawa : 'Interactive Cooking Simulator', 'ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies', No.14, 2009 8 pp.#14 .

Fumihiro Kato, Mina Shiina, Takashi Tokizaki, Hironori Mitake, Takafumi Aoki, Shoichi Hasegawa : 'Culinary Art Designer', 'ACM ACE2008', 2008 12 pp.398 .

## 国際会議

Meng Yang, Yan-Wu Wang, Hua O. Wang, Kazuo Tanaka, Jiang-Wen Xiao, Stabilization of Complex Switched Networks with Two Types of Delays Via Impulsive Control, 2009 American Control Conference, pp.5783-5788, St. Louis, June 2009

Ying-Jen Chen, Hiroshi Ohtake, Wen-june Wang, Kazuo Tanaka, Hua O. Wang, Guaranteed Cost Control of T-S Fuzzy Systems Using Piecewise Lyapunov Function Based Switching Fuzzy Controller, 2009 IEEE Multi-Conference on Systems and Control, pp.440-445, Saint Petersburg July 2009.

Ying-Jen Chen, Hiroshi Ohtake, Kazuo Tanaka, Wen-June Wang, and Hua O. Wang, Relaxed Stabilization Conditions of T-S Fuzzy Systems Using Piecewise Lyapunov Function Based Switching Fuzzy Controller, FUZZ-IEEE 2009, Korea, August 20-24, 2009.

Yoshiyuki Higashi, Kazuo Tanaka, Hiroshi Ohtake, Improvement of Simulation Model and Development of Control Mechanism of Force Direction for a Flying Robot with Cyclogyro Wing, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Accepted, St. Louis, Oct. 11-15, 2009.

Ying-Jen Chen, Hiroshi Ohtake, Kazuo Tanaka, Wen-june Wang, Hua O. Wang, H Infinity Control of T-S Fuzzy Systems Using Piecewise Lyapunov Function Based Switching Fuzzy Controller, 48<sup>th</sup> IEEE conference on Decision and Control, pp. 3087-3092, Shanghai, China, December 16-18, 2009.

Kazuo Tanaka, Hiroshi Ohtake, Motoshiro Wada, Hua O. Wang, Ying-Jen Chen, Polynomial Fuzzy Observer Design: A Sum of Squares Approach, 48<sup>th</sup> IEEE conference on Decision and Control, pp. 7771 - 7776, Shanghai, China, December 16-18, 2009.

Takuji Koike, Kensei Yamamoto, Michihito Aoki, Kyoji Homma, Naohito Hato, Sho Kanzaki, Development of an Implanted Bone-conduction Hearing Aid using Giant Magnetostrictive Material, The 5th Symposium on Middle Ear Mechanics, Stanford, June 2009

Takuma Takanashi, Ryo Nakano, Niels Skals, Takuji Koike, Keisuke Yoshida, Hirotaka Maruyama, Haruki Tatsuta, Jun Tabata, Sadahiro Tatsuki, Annemarie Surlykke, Yukio Ishikawa, Private Whispering: Moths Produce Quiet Ultrasonic Courtship Songs, The 5th Animal Sonar Symposium, Kyoto, September 2009

Jorge Ivan Medina Martinez, Umerujan Sawut and Kazushi Nakano: Vibration Suppression Control of a Flexible Arm using Non-linear Observer with Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation, No. OS-3-7 (2009)

Kazunori Sakurama, Manabu Suzuki and Kazushi Nakano: Collision-Free Leader-Following Formation Navigation with Consideration of Initial Movements of Followers, ICROS-SICE

International Joint Conference ICCAS-SICE, No. 4A03-6 (2009)

Masato Takizawa, Yuuka Irie, Shinnosuke Hirata and Hisayuki Aoyama;

Development of hemispherical manipulator and self-walking stage using piezoelectric actuators, Proc. of 3rd International Conference of Asian Society of Precision Engineering and Nanotechnology, 1E-6-1953(2009)

Hiroyuki Chiba, Youhei Itami, Shinnosuke Hirata and Hisayuki Aoyama;

Development of Self-walking Small X-Y Stage and Manipulation Tool with Acoustic Force Display, Proc. of 3rd International Conference of Asian Society of Precision Engineering and Nanotechnology, 1E-7-1958(2009)

Takumi Miyashita, Aya Toyoshima, Shinnosuke Hirata and Hisayuki

Aoyama, Design and Development of Precision Micro Positioning Mechanism using Thin Wire Connected Piezoelectric Actuators, Proc. of 3rd International Conference of Asian Society of Precision Engineering and Nanotechnology, 1P-7-3(2009)

#### 特許

発明の名称：埋め込み型骨導補聴器

発明者：小池卓二，羽藤直人，山本顕生

出願番号：PTC 出願 PCT/JP2009/066709

出願人：(国立大学法人) 電気通信大学、(国立大学法人) 愛媛大学

発明の名称：移動環境認識装置及び方法

発明者：金森哉吏，飛田和輝，山崎 暁，小川博教

出願番号：特願 2009-212086

出願日：2009/09/14

出願者：国立大学法人電気通信大学，日本精工株式会社

#### 受賞

小林充：電気学会産業計測制御技術委員会優秀論文賞，題目：ガボールウェーブレット変換による地中レーダ受信信号の強調について (2010)

小林充：電気学会産業応用部門優秀論文発表賞，題目：ガボールウェーブレット変換による地中レーダ受信信号の強調について (2010)

中田宗文：日経テクノリネサンス・ジャパン 旭化成賞 優秀賞，題目：電子半透過ミラーを用いた農作物の効率的な促成栽培法（2010）

千葉寛幸（院2年生） 2009年度精密工学会秋季大会学術講演会 ベストプレゼンテーション賞，題目『SEM内における自走式小型XYステージの開発』

秦 直弥（院2年生） 2009年度精密工学会秋季大会学術講演会 ベストプレゼンテーション賞，題目『多品種少量生産型マイクロカプセル生成装置の開発』

Takafumi Aoki, Hironori Mitake, Danial Keoki, Shoichi Hasegawa, Makoto Sato : 'Wearable Haptic Device to Present Contact Sensation Based on Cutaneous Sensation Using Thin Wires', '5th Advances in Computer Entertainment Technology Conference', 2009 10 pp.115-122 . **Best Paper Award (1st prize)**

## 9. 対外的情報発信

### 展示会・競技会・デモンストレーション

- ・ 2009 国際ロボット展

場所：東京ビッグサイト，日本精工株式会社ブース内

日時：2009 年 11 月 25 日～28 日

内容：リアルタイム円錐走査センサ技術

- ・ 2009 国際ロボット展

場所：東京ビッグサイト，マイクロテック・ラボラトリー株式会社ブース内

日時：2009 年 11 月 25 日～28 日

内容：インテリジェントエンコーダへの進化

- ・ 冬の特別展「大ロボット展 2010」

場所：札幌市青少年科学館

日程：2010 年 1 月 5 日(火)～1 月 17 日(日)

内容：4 脚車輪型ロボット NR002 (日本精工株式会社，電気通信大学)

### マスコミ取材

- ・ 2009 年 3 月 19 日 フジテレビ ザ・ベストハウス 123 取材

「最先端実験（施設）BEST 3」として脳波で動く車椅子

- ・ 2009 年 9 月 24 日 毎日新聞 取材

脳波で操作 二足歩行ロボットの格闘技大会「第 16 回 ROBO-ONE」に出場

<http://mainichi.jp/select/wadai/graph/20090924/index.html>

- ・ 2009 年 10 月 20 日 北国新聞 月刊誌 アクタス

脳波で操作 二足歩行ロボットの格闘技大会に出場についての記事が掲載される。

- ・ 2010 年 2 月 8 日 国際放送番組「NIKKEI Japan Report」特集企画「Today's Pick」

テーマ：「脳科学と日本の技術力」

欧州：6300 万世帯，北米：1000 万世帯，中東：3000 万世帯，アジア・太平洋：550 万世帯  
で放送

- ・ サクラサク連載企画「突撃！ラボ☆ラ部」Vol.9, April 2010

(高校生向け大学受験雑誌)にて，本研究室の脳波で動く車椅子が紹介

取材日 2010 年 2 月 24 日



## 10. おわりに

### 10.1 本事業の総括および目標達成に対する自己評価

近年、情報通信技術(ICT)と設計・生産技術との融合による大規模な設計・生産方式の革新が起こっている。例えば、従来5年かかっていた乗用車の新車体開発が、ICTの活用により2年まで短縮されている。一方、日本国内の生産拠点がアジア各国に移転しており、国内の技術の空洞化の危機が叫ばれている。また、情報通信技術の産業分野は21世紀においても長期的活況が予見され、博士号取得学生が活躍する場が十分にある。これらの分野では、国益を左右する技術標準化会合の舞台等で海外からは博士の肩書きを持つ技術者が多数参加している。日本でも国際社会においてリーダーシップを発揮できる博士号を所持する技術者の活躍が強く望まれている。ところが現実には、産業界から博士号取得者で、即戦力を発揮して、プロジェクトを牽引するようなリーダーシップを持った人材がいないといわれている。このような状況の中で21世紀に我国が技術立国として生き残るためには、情報通信技術と設計・生産技術を高度に統合・発展させた、ものづくりのための新産業基盤技術の構築が必要不可欠であり、これらを担うことのできる人材の育成・供給が急務である。

このような認識に基づき、インターデスプリナリな知識を集約し、容易に解決できない実践的な問題をブレークダウンして解ける問題として設定・解決する能力をもち、アジアから世界に情報発信をし、国際競争力高揚の担い手となるベンチャーマインドに富んだ、危機危険管理能力を持つ学生「創造的ものづくりカデット」を育成することが本教育プログラムの目的である。

この目的達成のため、以下の項目を実施した。

- ・分野横断型の教育を実施するために、実践的課題プロジェクトを設定し、講義中での実験演習を充実させ、より実践的な知識を習得できるプログラムとする。
- ・博士前期課程1年次において通年のプロジェクト実験で、他研究室の学生とチームを組み、研究者を対象とした国際的競技会や競争的展示会に参加することを目標に活動させる。学生は博士前期課程2年次に国際的競技会・競争的展示会に参加することを目標として、学生主導でグループを構成させ活動させる。このように多様な研究活動の場を提供し、能力を研鑽する場を与える。
- ・主に博士後期課程の学生には前期課程の学生を含むグループによる企画提案型プロジェクト研究を企画提案させ、プレゼンテーションによりその内容を評価し、そのうち優秀なものを採択し、研究費を配分する。そのプロジェクトを推進していく過程で学生のプロジェクトを運営管理する能力を育成しており、学生の想像力、自立力を磨き、プロジェクト管理能力を高める教育課程を実施する。
- ・学部教育(特色GP)プログラムにも指導者として大学院生が参画し、一貫教育を実現する大学院教育を実践しており、学部と大学院との接続を考慮した教育課程とする。
- ・海外に実践の場(研究者を対象とした国際的競技会・競争的展示会への参加)や国際連携教育プログラム(協定大学との交換留学制度を利用)を設定し、社会や他の大学院との連携プログラムを設定する。

これまでの各章に述べてきたように、目標は達成できたと自負している。本プログラムでは問題解決能力だけでなく、問題設定能力をもった研究者を育成することを目指しており、実践的問題設

定・解決能力をもつ真のエリート技術者や研究者が輩出する基盤が確立できたと考えている。輩出される人材「創造的ものづくりカデット」は、活躍する場が情報化が著しい学際領域であり、幅広い知識と柔軟な発想を持ち、問題解決能力が高く、学会のみならず産業界におけるニーズにも応えられる。ひいてはオーバードクター問題の一つの解決策ともなりえると考えている。

現状では、博士課程前期・後期課程を一貫した教育プログラムになっており、博士課程前期課程で修了する学生にはコースの修了資格を与えることはできない。今後、前期課程に対応するカデット教育修了資格・要件を考えていきたい。また、大学院生による企画提案型プロジェクト研究、ショートトレーニングなどの実施を通じて、他専攻や他研究室の学生同士の共同研究や、専攻や研究室の枠を越えた教員による指導の実施を行なったが、その効果をどのように評価するのかを明確にする必要があると考えられる。

## 10.2 今後の展開

本メカノインフォマティクス・カデット教育に対して、平成 22 年度以降も、以下の取組みを継続して実施していく予定である。

- ・オープンセミナーおよびショートトレーニングの実施  
講義科目と連動したオープンセミナー(MATLABオープンセミナーなど)とショートトレーニング(Global Leadership Trainingなど)を開講する。
- ・機械加工トレーニングおよび免許制度の実施  
安全管理教育をも含んだ機械加工トレーニングを実施し、学生の能力に応じた責任と権限を与える免許制度を推進していく。
- ・実戦的課題プロジェクトの実施  
分野横断的なテーマを複数の教員が指導する実戦的課題プロジェクトを講義科目と連動させて実施する。
- ・企画提案型プロジェクト研究の実施  
博士後期課程学生に研究プロジェクトを提案させ、ヒアリングを実施し、良い提案に対しては予算を配分し学生をプロジェクトリーダーとしてプロジェクトを推進させ、研究能力だけでなくプロジェクトマネジメント能力を養う。
- ・国際共同教育プログラムと国際的活動の実施  
海外協定校などとの連携を深め、大学院学生の国際交流の促進をさらに推進する。また、研究者を対象とする国際的競技会や競争的展示会への参加を奨励する。

最後に、本プログラムは本学からの援助(事項名:メカノインフォマティクス・カデット教育、予算詳細コード:MQQ7、予算詳細名:メカノインフォマティクス・カデット教育)で行われたことを記し、ここに厚く御礼申し上げます。