



早 稲 田 大 学

グローバルCOEプログラム

# グローバル ロボット アカデミア

[ 2009年度 彙報 ]



## 目次

|                   |    |
|-------------------|----|
| 拠点リーダーの挨拶 .....   | 1  |
| 拠点概要 .....        | 2  |
| 今年度のおもな研究紹介 ..... | 4  |
| 今年度の活動 .....      | 28 |
| 業績リスト .....       | 38 |
| 拠点メンバー名簿 .....    | 42 |

## 早稲田大学グローバルロボットアカデミアについて

今後私達が世界に先駆けてRT (Robot Technology)を「真の知的社会基盤」へ成長させるには、世界中の先進的な研究者を引き付ける教育研究拠点を形成し、国際的な視野を持ってRTに取り組む若手研究者群を育成することが急務となっています。社会の様々な課題にRTを適用するには実践的ノウハウの伝授と共に「学理」の裏付けが不可欠ですが、RTが諸工学の集積であることから、現状では「ロボットの学理」の確立が十分でなく、組織的な教育カリキュラムが提示されていません。これは、情報技術系の標準カリキュラムが半世紀近くも前から検討されてきたことと対照的です。本拠点の事業推進担当者らは、機械系、情報系、材料系を包含する横断的な研究体制の下に、40年近くにわたって幅広く多様な実績を挙げてきました。また、21世紀COE「超高齢社会における人とロボット技術の共生」拠点形成の機会を得て、人材育成と研究において以前に倍する成果を挙げることができました。その過程で、RTの要素が整備され「ロボット学」の成立が期待できる段階になりましたが、今のところは「非明示的」な体系化に留まっています。

本学では、RTを世界に先駆けて「真の知的社会基盤」へ成長させるため、世界最高水準の「人とRTの共生」教育研究拠点「グローバルロボットアカデミア」研究所を設立し、これからの社会を支えるRTの原理と体系を明示的に抽出した『体系的ロボット学：M-Robotics (Methodical Robotics)』の構築と教育を行っています。同時にこれまで交流を続けてきた韓国CIR (Center for Intelligent Robotics) およびイタリアSSSA (聖アンナ大学院大学)と戦略的な連携を行い、国際的な研究環境と教育プログラムを整備しています。「高い学問知の構築力」と「実践的アイデアの創造力」を併せ持った「突破力」のある若手研究者を多数育成することで、世界に貢献していくことを目指しています。

拠点リーダー

**藤江 正克**

早稲田大学理工学術院 教授





拠点概要

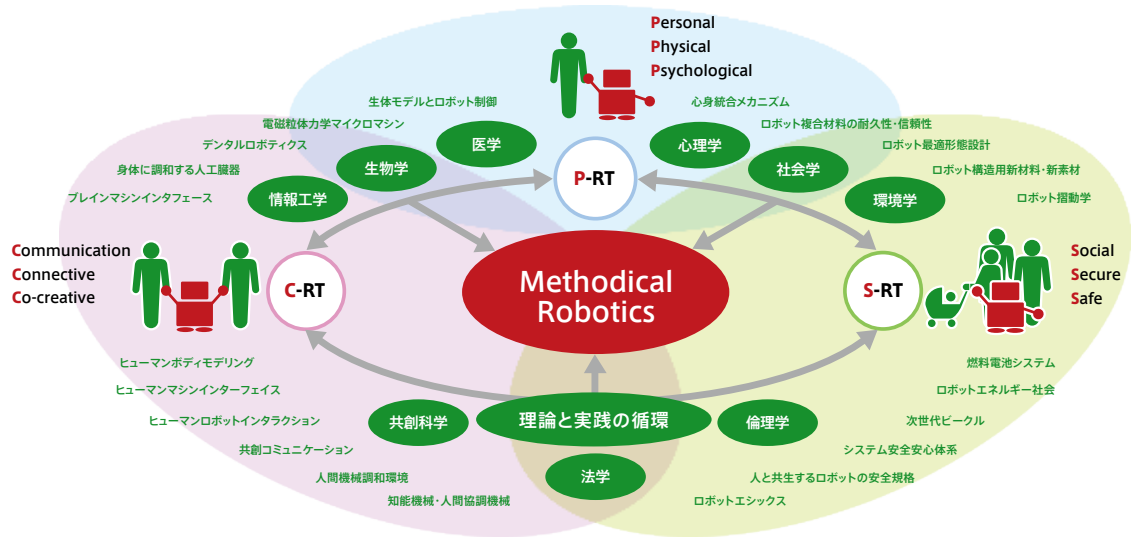
国際的に通用する、若手ロボット技術研究者の育成を目指して

早稲田大学は1970年に学科横断プロジェクトとしてWABOT（Waseda Robotの略称）プログラムを開始して以来、人間形ロボットと医療・福祉・生活支援ロボットの教育研究拠点として、機械、情報、材料、環境の専門家が結集した世界にも類を見ない重層的な研究者集団を形成してきました。2000年にはヒューマノイド研究所を発足させ、2002年には岐阜県に住環境とロボットの融合を図る拠点であるWABOT-HOUSE研究所を設立しました。また2003年から開始した日本とイタリアの政府間協定に基づき、Scuola Superiore Sant’Anna（聖アンナ大学院大学、略称：SSSA）と恒常的な人材交流と共同研究を行っています。さらに2003年度に文部科学省に採択された21世紀COEプログラム「超高齢社会における人とロボット技術の共生」では、手術支援ロボットなど医療・福祉分野ばかりでなく、要素技術と基礎理論でも国際的に評価される教育研究の成果を上げ、韓国最大のロボット研究プロジェクトCenter for Intelligent Robotics（略称：CIR）との定期交流を行う一方、国内でも定期的な学生交流を率先提唱、実現してきました。今日、我が国は超高齢社会の到来を目前にし、医療・福祉や生活支援サービス分野へのロボット技術（以下RT）の導入を試み、新しい産業の誕生が期待されていますが、残念ながら未だにその実現には至っていません。今後我が国が世界に先駆けてRTを「真の社会的基盤」へ成長させるには、世界中の先進的な研究者を引き付ける教育拠点を形成し、国際的な視野を持って技術開発に取り組む若手研究者群を育成することが急務となっています。それと同時に、社会の様々な課題にRTを適用するためには、実践的ノウハウの伝授と共に「学理」の裏付けが不可欠となっています。しかしながら、RTが諸工学の集積であることから、「ロボットの学理」の確立が十分ではなく、組織的な教育カリキュラムが提示されていないという現状があります。この現状を打破するために、本プログラムでは様々な生活シーンでの実問題に取り組む中で、これからの社会を支えるRTの原理と体系を明示的に抽出した『体系的ロボット学：M-Robotics（Methodical Robotics）』の構築を目指します。同時に韓国CIRおよびイタリアSSSAと引き続き強固な連携を行い、国際的な教育環境と教育プログラムを整備し、「高い学問知の構築力」と「実践的アイデアの創造力」を併せ持った「突破力」のある若手研究者を多数育成することを目指します。

取組の目標

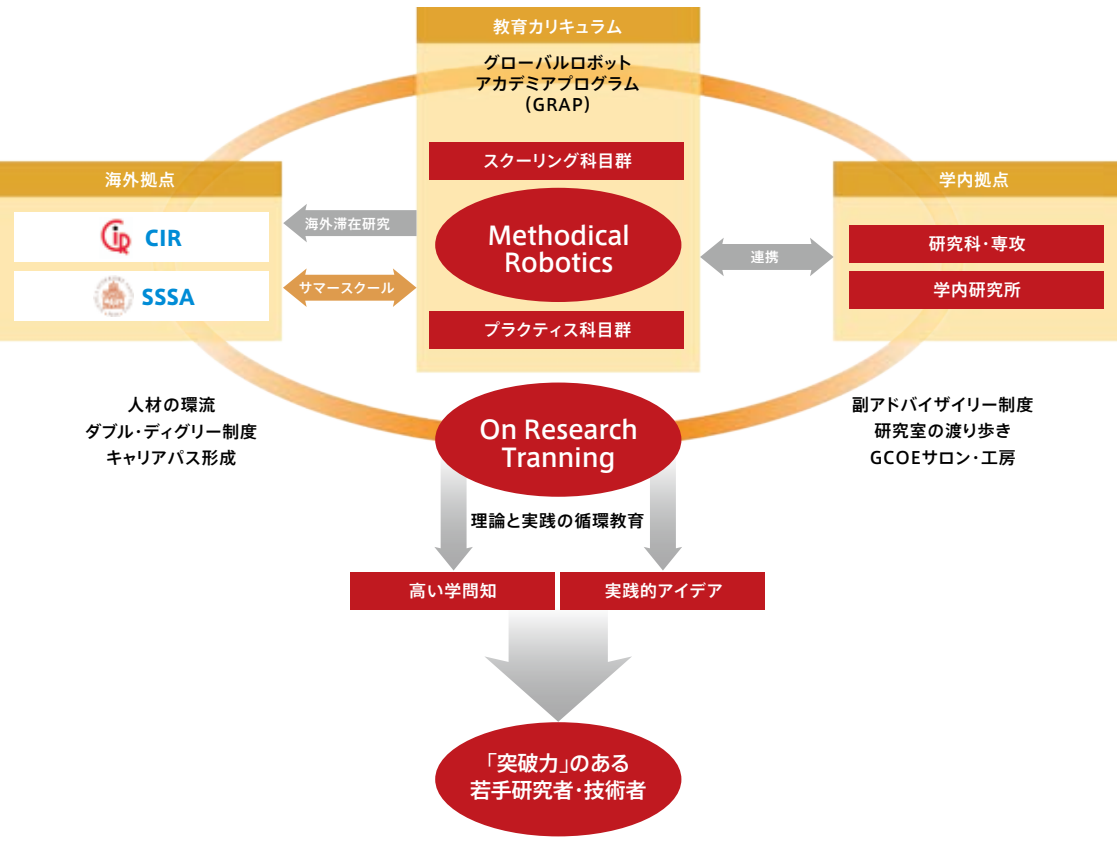
P-RT, C-RT, S-RTの3グループが理論と実践を有機的に循環させ、相乗的効果を図る中で自然科学と融合し、人文・社会科学を包含し得る新しい工学として、体系的ロボット学『M-Robotics』を構築します。

| P-RTグループ                                                                            | C-RTグループ                                                                            | S-RTグループ                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Personal</b><br><b>Physical</b><br><b>Psychological</b>                          | <b>Communication</b><br><b>Connective</b><br><b>Co-creative</b>                     | <b>Social</b><br><b>Secure</b><br><b>Safe</b>                                         |
| 対象：ひとりの人間                                                                           | 対象：複数の人間                                                                            | 対象：多数の人間                                                                              |
|  |  |  |
| 医学・生理学・心理学・<br>脳神経科学等との融合分野                                                         | コミュニケーション・共創・<br>人間関係学をベースに<br>展開する分野                                               | 社会・倫理・環境・安全等と<br>RTの関わりに関する分野                                                         |
| 基盤とする総合工学：機械・制御・電気電子・材料・情報                                                          |                                                                                     |                                                                                       |



「突破力」のある若手研究者の育成を行なうために

- (1) 体系的ロボット学の構築を進める中で、DC（博士後期課程）対象の高度専門スクーリング科目群と、国内外の一流研究者が参加する基盤的RT（ロボット技術）および実践的RTの課題に挑戦するプラクティス科目群とからなる特別カリキュラム「グローバルロボットアカデミアプログラム」の実施
- (2) 学生の長期海外派遣により、海外拠点との共同研究プロジェクトと特別カリキュラムの循環を実現し、「高い学問知」と「実践的アイデア」を涵養
- (3) 国際サマースクールの3拠点（早大、韓国CIR、イタリアSSSA）共同開催や海外連携機関とのダブルディグリー制度を構築し、国際的な教育環境を整備
- (4) 個々の能力に応じて客員研究助手・RA（Research Assistant）に採用し、経済支援を含め教育研究に打ち込める環境を整備
- (5) 早大ポスドク（博士）キャリアセンターおよび本学海外拠点、海外機関と連携した国際インターンシッププログラムにより、国内外・産学官への多様なキャリアパスを提示





# 超高齢社会における医療福祉を支援するロボット技術の研究開発

## ～人とロボットの新しい関係～



藤江 正克

早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

藤江研究室では、超高齢社会において人を包括的にサポートすることを目的として、最先端ロボット技術による医療・福祉支援の研究活動を推進しています。医療分野では、外科患者の身体への負担が小さい低侵襲手術を可能とする手術支援ロボットシステムの研究を行っています。また福祉分野では、高齢者や介護を必要とする人たちのためのサポートシステムの研究を行っています。

### 知的な手術支援ロボットシステム

肝臓がん、乳がんなどの悪性腫瘍に対して、電気針を穿刺し熱を加えて焼灼するというラジオ波焼灼療法(RFA)が発達してきています。大きな開腹や対象部位の切除といったことを必要としないという大きな利点があるものの、熟達した医師でなければ遂行が難しいという問題点も抱えています。こういった難度の高い手術手技に対して、生体組織特性の解析結果などをロボットへ組み込み、支援を行わせるというシステムの開発を行なっております。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は肝臓組織の比熱に関して温度依存性があることを確認し、それがRFAの焼灼領域に与える影響をシミュレーションにより確かめることを行ないました。術中は見ることができないRFAの焼灼領域をリアルタイムシミュレーションにより医師に提示するシステムの構築を目指し、研究を進めています。また、乳房のような柔らかい組織の中にある腫瘍へ正確な穿刺を行なうためのロボットシステムの開発も行なっています。

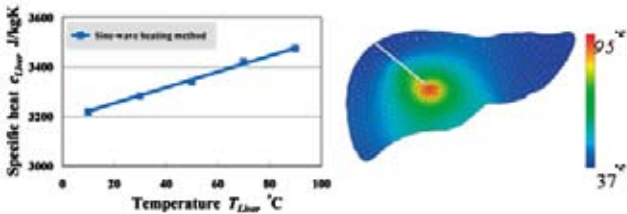


写真1 肝臓の比熱温度特性とRFA温度分布シミュレーション



写真2 穿刺支援ロボット

### マスタ・スレーブ型手術支援ロボットシステム

近年、腹部への損傷を最小限の穿孔のみに止める内視鏡下手術において、精密で直感的な術具操作を実現するためにマスタ・スレーブ型ロボットシステムの研究開発が行なわれています。藤江研究室では、スレーブと内視鏡を心臓の拍動に追従させることで、術者に対して心臓が相対的に静止した手術環境を実現するシステムなど、術者のサポートを行なう付加機能の構築や、遠隔手術への応用を目指しています。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は微分先行型PD制御による心拍補償を行ない、1[Hz]の仮想心拍に対して動機性能の定量的評価を行ないました。また、マスタ・スレーブによる遠隔手術をシミュレーションし、通信遅れが術者の操作に与える影響について検証を行ないました。



写真3 マスタ・スレーブ型手術支援ロボットシステム

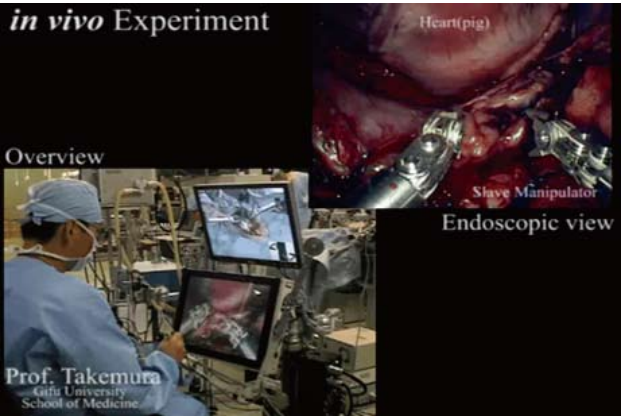


写真4 心拍補償による手術支援



写真5 Tread-Walk IおよびTread-Walk II

### 新しいパーソナルモビリティ

高齢者が自立生活を持続的に行なうためには、健康維持が大きな課題です。藤江研究室では、車椅子に乗らずに高齢者が移動範囲を拡大できる、自発的な歩行を促すことを目指した新しいパーソナルモビリティとして「Tread-Walk」の開発を行なっています。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度はTread-Walkのベルトを駆動するモータの入力電流量から、搭乗者の蹴り力を推定する手法の構築を行ないました。Tread-Walkを用いた際の歩行、通常のトレッドミルを用いた歩行、平地歩行の3つについて、関節角度推移の比較を行なったところTread-Walkを用いた歩行において、下肢を後方へ大きく振る傾向が示唆されました。

### リハビリ支援ロボット

脳卒中を患った方の半数以上に片麻痺の後遺症が残るといわれています。他にも、脊椎損傷などで歩行を再獲得するためのリハビリを要する人は数多くいらっしゃいますが、それを支援するPTの方への負担は大きく、また数も不足しています。藤江研究室ではPTの代わりに体幹・骨盤の姿勢保持を行なうためのロボットとして、坐骨支持式の体重免荷装置の開発を行なっています。

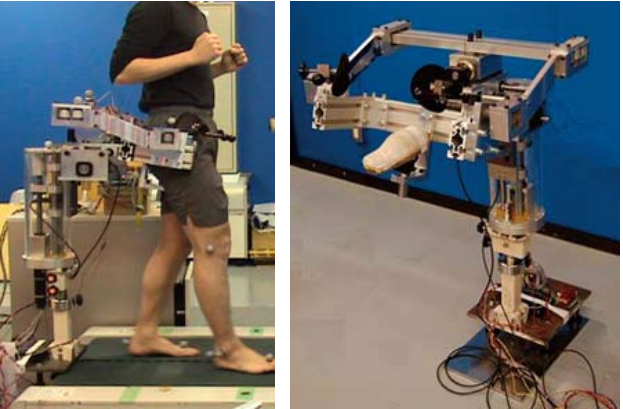


写真6 坐骨支持式リハビリ用体重免荷装置

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は骨盤の回転3自由度に追従し、左右方向の力支援を行う介助マニピュレータを付加しました。介助マニピュレータの動力によって股関節伸展角度が通常歩行時に近づき、骨盤ピッチ軸まわりの回旋角度幅が減少するなど、歩行の改善につながる傾向を得ることができました。今後は移動システムを付加することで室内を自由に歩行できるリハビリ支援ロボットを目指します。

### 振戦抑制ロボットシステム

腕などの筋肉に力を入れて動作や特定姿勢の保持を行なおうとした際に、自分の意図しない震えが起きてしまう症状を振戦といいます。振戦はコップで水が飲めないなど、日常生活に多大なる弊害を与えますが、現在ではまだメカニズムが解明されておらず、完治するケースが稀です。症状を抑える手段としては薬物療法や脳深部刺激療法(DBS)がありますが、藤江研究室ではより副作用の恐れが少ない手法として、外骨格型ロボットによる、振戦を押さえつつ日常生活に必要な動作を阻害しないシステムの開発を行なっています。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は振戦のノイズを含む腕の表面筋電位波形データを取得し、短時間フーリエ変換(STFT)とニューラルネットワーク(NN)を併用した信号処理によって随意的な腕の屈曲を識別するアルゴリズムの構築を行いました。今後は様々な角速度で腕を伸屈する生活動作へ対応できる信号処理を目指して、アルゴリズムの改良を行います。

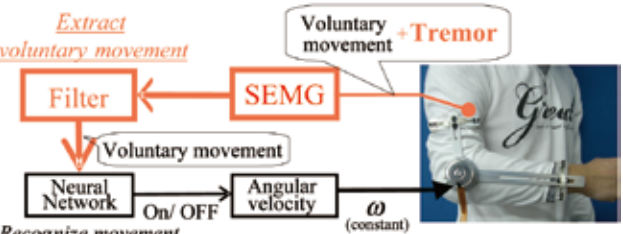


写真7 振戦抑制ロボットシステム



# 人体運動シミュレータとしての2足ヒューマノイド・ロボットと超音波診断アシストロボットの開発



高西 淳夫  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

高西研究室では、大きく分けて2つの研究を進めている。1つは人間を工学的に解明することを目的としたヒューマノイド・ロボットの研究であり、もう1つは医療支援・医療教育を目的とした医療ロボットに関する研究である。

## 人体運動シミュレータとしての2足ヒューマノイド・ロボットの開発

人間の構造と運動の模擬を目指し、2足ヒューマノイド・ロボットを開発している。これまでに人間の骨盤の動きを模擬することで、従来では難しかった膝関節を伸ばした歩行を実現している。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は、人間の足部の特徴であるアーチ構造の機能解明を目指し、アーチ構造の機械的特性を模擬した人間形足部機構を開発した。またこの足部は、人間と同様に幅が90 mmと狭いため、新たに歩行安定化制御も開発した。その結果、2足ヒューマノイド・ロボットWABIAN-2Rを用いて、踵から地面に接地し爪先から離れるという人間らしい歩行を実現した。実験データの解析の結果、アーチ構造は足底接地時の衝撃緩和と爪先で地面を蹴り出す際のスプリング効果に寄与していることが確認できた。

今後も引き続き人間の構造に注目し、さらなる人体運動の模擬を目指す。

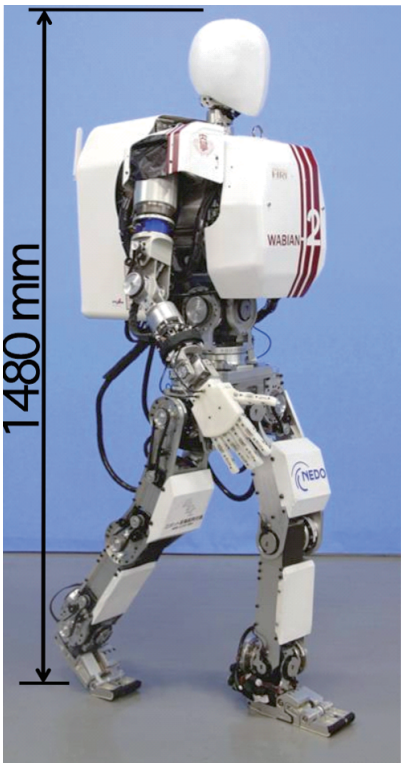


図1 人体運動シミュレータとしての2足ヒューマノイド・ロボット WABIAN-2R (WAseda Bipedal humANoid - No.2 Refined)

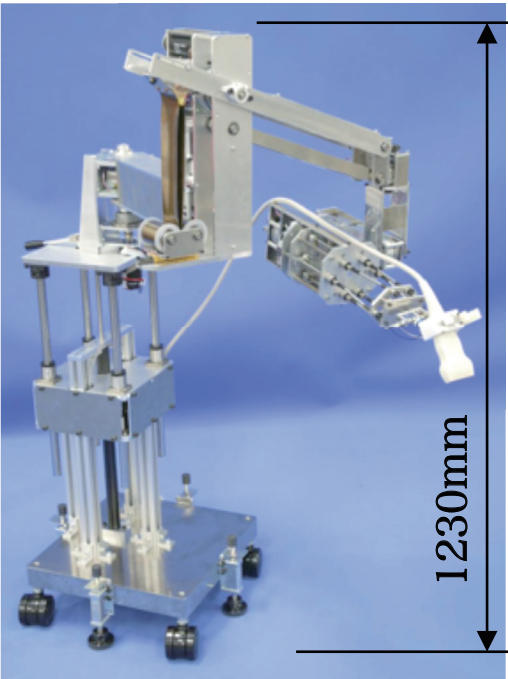


図2 超音波診断アシストロボット WTA-2 (Waseda Tokyo Women's Medical Aloka Blood Flow Measurement Robot System No.2)

## 超音波診断アシストロボットの開発

頸動脈のエコー検査によって心臓や血管機能の異常を診断することが可能であるが、エコー装置のプロープを患者の首の目標位置に一定時間、正確に固定しておくことが人の手では難しく、診断の精度や再現性に問題があった。そこで本研究では、プロープ保持し微小な位置決めを行うことが可能なロボットを開発し、診断の精度・再現性の向上を目指す。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は、前年度までに作製した試作機(図2)を改良し、実用化を目指したハードウェアの小型化を行うとともに、超音波画像の自動認識を用いた位置決め自動化アルゴリズムを開発し、その有効性を検証した。

この自動化アルゴリズムにより、ロボットが超音波画像から頸動脈を自動認識しながら頸部表皮上を探索し、診断に最適な計測点まで自動的にプロープを誘導し、かつ患者が動いてもすぐに計測点に復帰する自律動作を実現した。健常者11名に対し動作確認を行ったところ、試行回数の9割以上において、自動的に計測点にプロープを誘導することに成功した。

今後、画像処理、プロープ動作パターンの改良により自動化アルゴリズムの信頼性を高め、計測再現性の検証を行う。また、拍動による周期的ずれの補償アルゴリズムを開発する。

# 宇宙用大型展開膜面構造の要素特性、システム発展性に関する研究



山川 宏  
早稲田大学 理工学術院 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

宇宙太陽光利用システム(SSPS)や月面基地・スペースコロニーなど、数百メートルから数キロメートルクラスの将来の超大型宇宙構造物を実現するための研究を行っている。近年宇宙構造物の大型化と軽量化は大きな課題であり、両者を満足する構造要素として膜面構造やインフレータブル構造が注目されている。大型化に伴いロケットなどの輸送手段への収納が問題になるが、膜面を使用することで軽量化をはかりながらコンパクトに収納することが可能となる。また収納された膜面を宇宙空間で展開する際、膜面同様コンパクトに折りたたまれたインフレータブル構造がアクチュエータとして作用することで膜面を展開し、さらには展開後の支持部材として活用できる。本研究では膜面とインフレータブル構造を組み合わせた複合膜面構造を提案し、将来の軽量な大型宇宙構造物への適応を目標に研究している。

昨年度は、大型宇宙構造物実現のための概念を検討すると共に、それを踏まえた概念モデルの展開実験により複合膜面構造の実現可能性や有用性についての検討を行った。今年度は実ミッションを見据えた解析・定量的評価を行うために、以下の二項目について研究を行った。なお、この研究は客員教授である名取通弘先生にご指導いただいている。

## 1. インフレータブル構造の特性評価

先述したように、インフレータブルチューブは膜面を展開する際はアクチュエータとして作用し、展開終了後は構造全体の支持部材・強度部材として作用する。本項目では、インフレータブルチューブの展開後の強度部材としての働きに着目し、その特性評価を行った。

展開させた単体のインフレータブルチューブに流入する気体の圧力をパラメータとして、圧力の違いによるヤング率の変化を曲げ試験と振動試験より計測した。また、インフレータブルチューブをラーメン構造にした場合にも同様の計測を行い、インフレータブルチューブ単体で計測されたヤング率を用いた理論値との比較から柔軟構造物の強度特性について検討した。

インフレータブルチューブ単体の曲げ試験と振動試験より計測されたヤング率の比較図を図1に示す。図1に示す圧力、荷重方向の違いによるヤング率の計測値を用いて、ラーメン構造について理論計算し

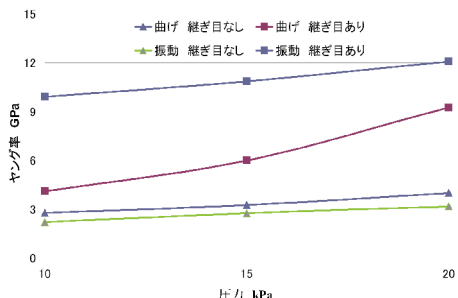


図1 チューブ単体における圧力・方向の違いによるヤング率変化図

た結果と、ラーメン構造に曲げ試験や振動試験をすることで測定した荷重とひずみの関係の一例を図2に示す。この結果より、インフレータブルチューブ単体より得られたデータの構造への適用性が確認された。今回はラーメン構造について検討を行ったが、今後は膜面も含めた複合膜面構造への適用性の確認や、これらのデータを用いた展開シミュレーションについて研究を行う予定である。

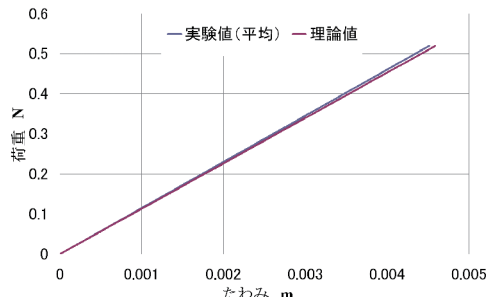


図2 ラーメン構造における圧力と方向の違いによるヤング率変化図

## 2. 複合膜面構造のシステム発展性

本項目では、複合膜面構造の展開挙動について定量的な評価を行い、さらに階層モジュラー構造システムへの発展性について検討を行った。階層モジュラー構造システムへの応用を踏まえ、各モジュールを結合するための結合部を設計し、その状態で周辺に配置するインフレータブルチューブの折り方の違いによる展開挙動の比較を行った。実際に用いた展開モデルを図3に示すと共に、展開後の状態を図4に示す。周辺に配置するインフレータブルチューブに関しては、昨年度の研究により安定的に展開することが確認された改良z折りを、一般によく使用されるz折りと比較した。5cm間隔の格子上で展開を行い、展開前と展開後の中心の変位について比較を行い、周辺に配置するインフレータブルチューブの違いによる展開挙動の変化を計測した。改良z折りを配置したモデルは中心からの変位が3cmであったのに対し、z折りを配置した場合には6cmとなった。階層モジュラーシステムへの応用を考慮すると安定した展開は必須であり、今後のシステム化へ有用なデータが得られた。

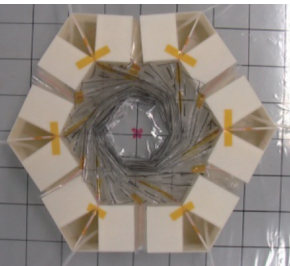


図3 複合膜面構造収納状態

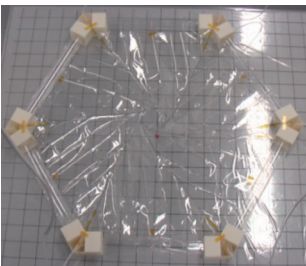


図4 複合膜面構造展開状態



# もう一つのEBM：Engineering Based Medicineの創出



梅津 光生

早稲田大学 先進理工学研究科 生命理工学専攻 教授

## 循環器系DRYラボセンターの構築

早大、東京女子医大に所属する大学院生300名を含む、研究者500名がひとつの建物に結集し、真の医理工連携が推進できる環境、先端生命医科学センター TWInsが開設された。その環境を活かし、梅津研究室では、従来の動物実験(WETラボ)以外に、非臨床で医療の有効性、安全性を実験的、解析的に評価するDRYラボと呼ばれる実験環境の整備を進めている。本研究では35年間の医工連携の経験を集大成し、医療の安全・安心の科学的根拠獲得のためのレギュラトリーサイエンスの学問基盤の構築を目指すとともに、先進医療の長期効果の予測を目指す究極の血液循環シミュレータ開発に挑戦している。

## 2009年度の実績、今後の展望

2009年度はFig.1に示すように、「外科技能研修室」、「医工学実験」、「医療情報解析室」の実質的運用を開始した。特に外科技能研修室においては、冠動脈バイパス手術訓練装置を用いた100回以上の定期訓練により、血管吻合のスキルが向上することが定量的に確認された。また、本DRYラボにおけるシミュレータの運用実績は、世界的権威である米国胸部外科学会STSに認められ、2年連続で学術総会における教育プログラムにおいて正式に採用された。本シミュレータによる手術訓練は、心臓血管外科専門医単位認定制度への採用を視野に、引き続き心臓外科医のトレーニングに実践的に使用される。

本テーマの今後の展望としては、本循環器系DRYラボセンターのアクティビティを更に高め、年間数百名規模の外部受講者を獲得することで、研究成果の社会への早期還元を図りたい。

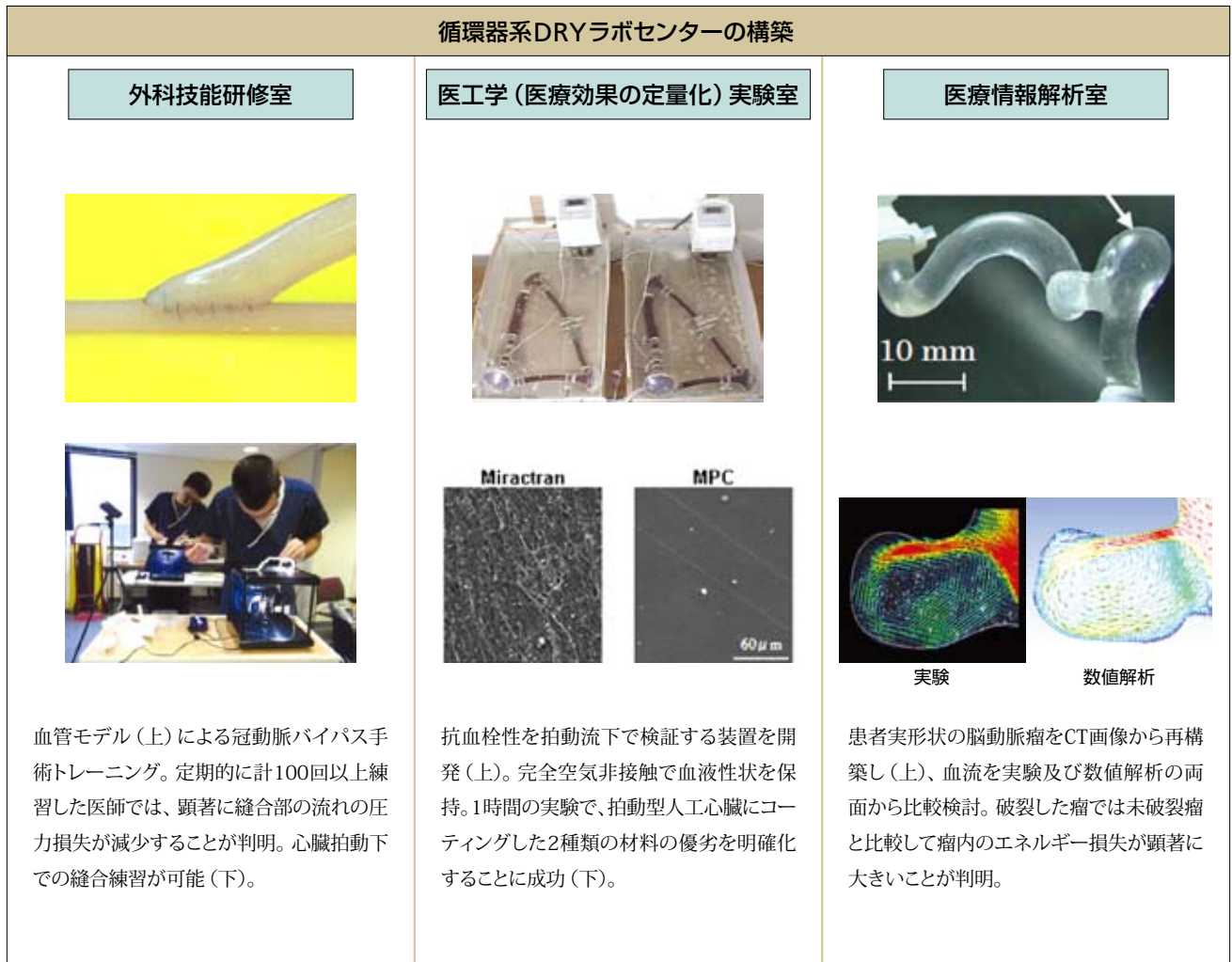


Fig.1 循環器系DRYラボセンター(早稲田大学先端生命医科学センター TWIns)

# 生体情報の抽出に関する研究



石山 敦士

早稲田大学 先進理工学研究科 電気・情報生命専攻 教授

次の2チームで研究を行っている。

**1) 超電導応用機器：**超電導送電ケーブル、超電導コイルを用いた電力貯蔵システム、核融合実験炉用超電導コイル、がん治療用粒子線超電導加速器等の研究・開発を行っている。

**2) 生体機能計測：**SQUID(超電導量子干渉素子)磁気センサーを用いた生体磁気計測、脳磁図(MEG)や脳波(EEG)計測による脳機能解明や脳情報のリアルタイム抽出、小動物心磁図(MCG)、脳磁図計測などを行っている。

ここでは、生体機能計測チームの成果のいくつかについて紹介する。

## ◎小動物用SQUIDシステムによるMCG/MEG計測

### 1) 心疾患モデルマウスの心磁図(MCG)計測

産総研と共同で小動物用SQUIDシステムを開発し(図1)、2003年末に世界で初めてマウスの心磁図(MCG)計測に成功した(図2)。その後、心筋梗塞モデルマウスのMCGを生後間もない時期から経時的に計測する試みを行ってきた。



図1 小動物用SQUIDシステム

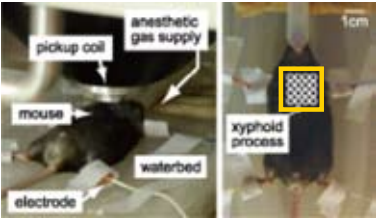


図2 マウス心磁図計測風景(黄枠部分の磁場分布を測定)

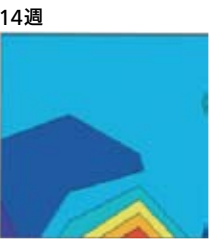
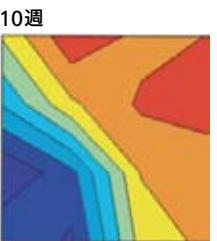


図3 T波時刻の心磁図(図2 黄枠部分の磁場分布)

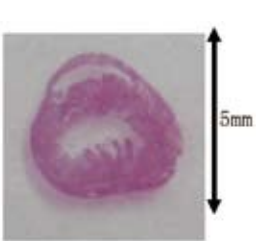


図4 心臓のスライス

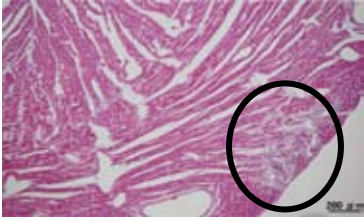


図5 心臓スライス拡大図

**2009年度の実績、今後の展望：**心筋梗塞モデルマウスのMCG(磁場コンターマップ)に異常が計測された時点(図3：14週目のT波時刻)において、該当するマウスの心エコー検査、血行動態検査、病理組織学的検査を行い、心臓の異常状態や箇所を調べた。病理組織学的検査の結果において、心室壁の肥大化が観測され(図4)、左心室において図5の○印の部分に組織の繊維化が観測された。

小動物用SQUIDシステムを、心疾患の発生機序の解明や薬理効果の検証のための有効な検査法とするため、今後は、さらに症例を増やし再現性の確認を行うとともに、MCGデータから疾患部位の同定をするための逆問題解析手法の開発を進めていく予定である。

### 2) ラットの視覚刺激誘発脳磁図(MEG)計測

開発したSQUIDシステムを用いて、ラットの視覚刺激時の誘発反応磁場を捉えることに成功した(図6,7)。現在、マウスMEG計測に挑戦中。



図6 ラット視覚刺激MEG計測(光ファイバを用いて右目に光刺激)

刺激提示後50msと70ms付近に視覚誘発反応磁場を計測。

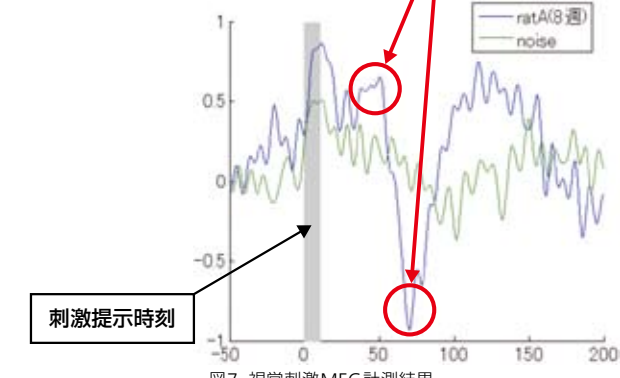


図7 視覚刺激MEG計測結果

## ◎脳高次機能解明と脳情報の抽出(2009年度)

**1) 知覚交替時の脳活動に関する研究：**脳波計を使用し、多義図形(「ルビンの壺」など)提示時の知覚交替前後における脳活動を計測・解析。

**2) 高次脳機能解明に関する研究：**ワーキングメモリ実験課題試行時のMEGデータから、Beamformer法を用いて脳内活動信号源分布を推定。

**3) BMI(Brain-Machine-Interface)に関する研究：**BMIを目的とする運動想起(「手を握る」等)時や聴覚刺激(P300)時等の脳波信号を用いた脳情報抽出。





川田 宏之  
早稲田大学 基幹理工学研究科 機械科学専攻 教授

繊維強化プラスチック(FRP: Fiber Reinforced Plastics)は近年益々その応用範囲を拡大している先進複合材料である。FRPは、身近な物ではゴルフシャフトやバスタブ、野球用バットなどのレジャー用品、そして先端技術としては民間航空機の胴体、翼部、人工衛星、風車のブレード、人工関節などの構造部材から生体材料にまでその適用が及んでおり、今や人々の生活になくてはならないものとなっている。そのため、軽量性、耐腐食性を活かしてロボットの活躍範囲を拡大できると考えられる。

本研究では、FRPの長期信頼性を確立することを目的としている。FRPの有する比強度、比剛性に優れる特性を十分に活かすには定量的、力学的な観点に基づいた基礎研究が不可欠である。本研究室では主に、極限環境におけるFRPの長期寿命予測、構成基材のひずみ速度依存性を考慮した動的負荷下でのミクロ損傷の評価、また、極低温下における強化繊維の破壊機構の研究に取り組んでいる。

### (1) 極限環境におけるFRPの長期寿命予測

上述の様に宇宙空間、腐食環境などの極限環境においてのFRPの使用が近年増加しているが、設計段階では経験則に基づいているのが現状である。FRPは優れた耐腐食性を有するが、他の材料と同様に環境因子の影響で各構成基材に劣化が生じ、設計強度以下の応力で破壊する事例が報告されている。そのため本研究室では、FRPの長期寿命予測を行うためミクロ、マクロの観点に基づく研究を行っている。

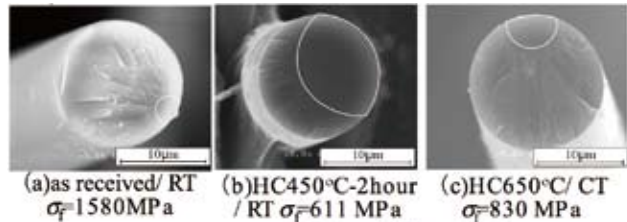


Fig. 1 ガラス繊維の破面

### (2) 動的負荷環境下におけるミクロ損傷の評価

実働環境では静的負荷よりも、主に動的な負荷を受けることが想定される。そのため、実構造部材に用いるFRPの動的破壊メカニズムを解明する必要がある。FRPの破壊はミクロ損傷の蓄積によって引き起こされることから、本研究室では、FRPの動的負荷下でのミクロ損傷を評価することを目的とし、FRPの動的破壊メカニズムの解明を試験、解析によって行っている。

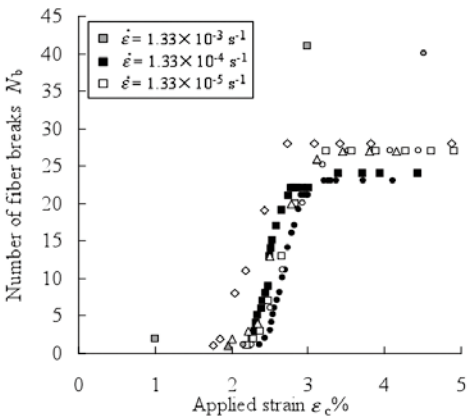


Fig. 2 繊維破断数と負荷ひずみの関係

### (3) 強化繊維の破壊機構に関する研究

近年、負荷速度の増加に伴って、FRPの構成基材であるガラス繊維の破断強度が上昇することが報告されている。また、極低温下においても同様に強度が上昇することが時間/温度換算則の考えから想定される。実構造部材の強化繊維としてガラス繊維を用いるには、その破壊機構を試験、解析の観点から解明する必要がある。本研究室では、ガラス繊維の極低温下における引張試験を行うことで評価を行う。

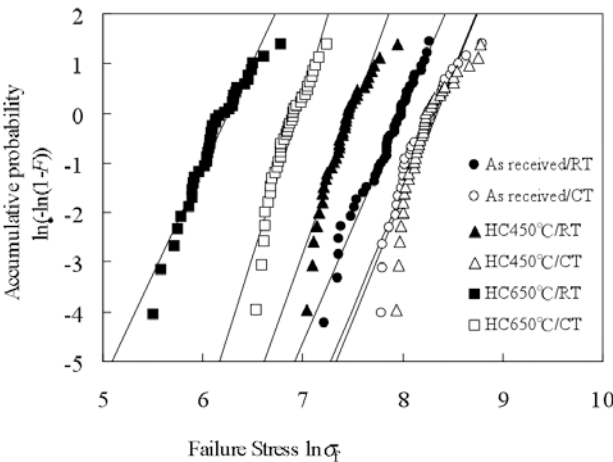


Fig. 3 ガラス繊維の破断強度と累積破断確率

本研究室では、FRPにおける破壊メカニズム解明などの基礎的な研究を行うことで、その応用設計の範囲を拡充し、高性能なロボット、機器の開発の提案をすることを目標とする。FRPの研究を通して、ロボット技術の発展に寄与していく。



川本 広行  
早稲田大学 基幹理工学研究科 機械科学専攻 教授

川本研究室では、マイクロロボットや医療・生命科学の分野で利用されるマイクロ粒子を、静電力によって搬送、分別、分離、混合など自在に操作する技術を開発している。粉体をハンドリングするには機械的な方法をはじめとしてさまざまな方法があるが、静電気を利用する方法は、機器に大きな振動が発生しない、粒子に大きな熱や力加わらない、可動部がないため潤滑油などの不純物が混入するおそれがない、微量あるいは粒子一つ一つの操作が可能であるなどの利点があり、上述のような高度材料のハンドリング技術として適している。このような静電力を利用するマイクロ粒子のマニピュレーション技術として、下記の2つの技術開発に取り組んでいる。

### 進行波電界による粒子の搬送

図1に示すような縞状電極に4相の交流進行波電界を印加することによって、粒子を搬送することができる。本研究では、5 µm ~ 1 mm オーダーの固体粒子や液滴が搬送可能であることを実証した。写真1は、渦巻状の電極上の2つの液滴が静電搬送によって混合しているものである。またこの応用として、粒度分別が可能なることも示した。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は、この技術を月面探査時にソーラーパネルや光学レンズ表面に滞積するルナダストのクリーニングに適用することを目的として、透明ITO電極をガラス基板に印刷した静電コンベアを開発し、高いクリーニング性能を得た。

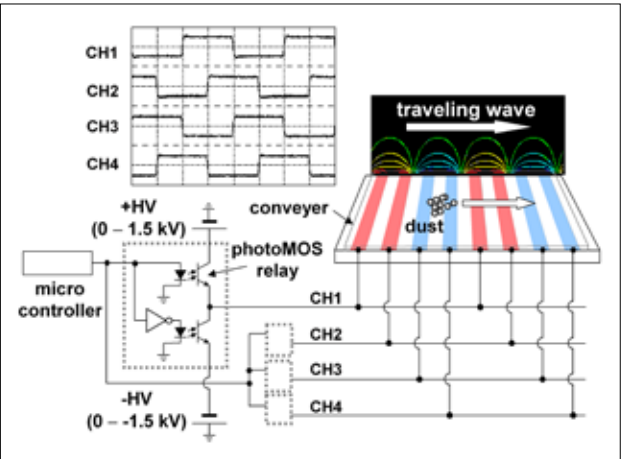


図1 進行波電界による粒子の搬送機構

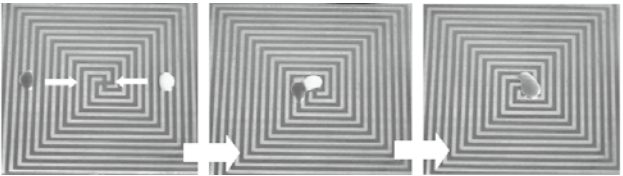


写真1 進行波電界による液滴搬送

### 静電力による単一粒子のマニピュレーション

直径10 µm ~ 1,000 µm程度の粒子を捕捉・分離できるイオン風分離機構を備えた双極子プローブを作成し(図2)、様々な粒子の操作実験を行った。本静電双極子プローブを用いて、粒子の導電性に係わらず、粒子を捕捉・移動・分離することが可能であることを実証した。写真2は、500 µmの粒子の上に100 µmの粒子を積み上げているものである。また、このプローブの吸引力を評価し、粒子とプローブとの付着力は、粒子の接触帯電にともなうクーロン力が支配的であることを示した。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は粒径5 µm程度までの微小粒子がマニピュレーションできる単極子プローブを開発した。さらに小さな1 µmオーダーの粒子の操作が今後の課題である。

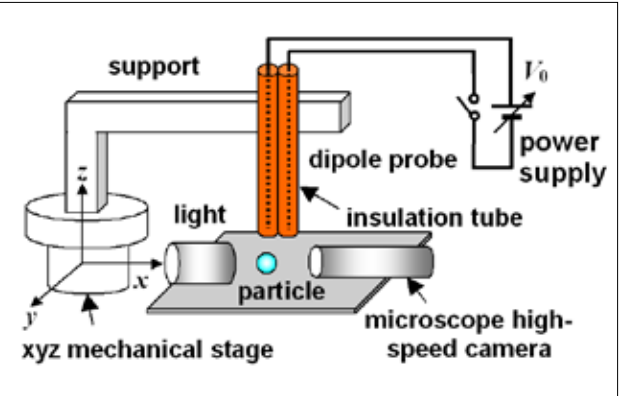


図2 双極子プローブによる単一粒子操作機構

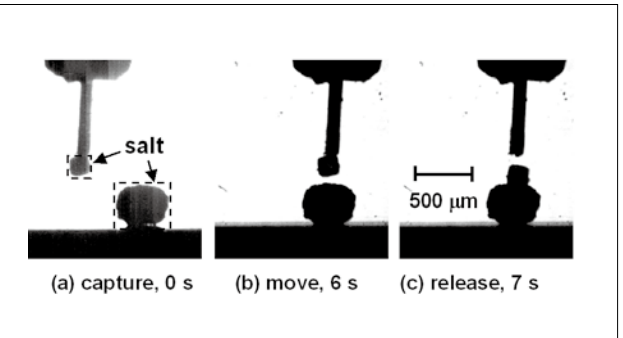


写真2 双極子プローブによる粒子のマニピュレーション



# ロボットの可能性を向上させる複合材料の研究



**吉田 誠**  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 准教授

## ◎超小型ロボット駆動用パワーモジュール用放熱複合材料の研究

ロボットを駆動するためには、小型で軽量のモーターと、これに電力を制御して供給するためのIGBT等パワーデバイスが必要である。

当該研究室では、より、小型で軽量なパワーデバイスを実現するために必要不可欠とされている放熱材料について、世界屈指の低線膨張係数、高熱伝導率の複合材料の作製に成功しており、今後、デバイスの試作に向かって研究を進めていく予定である。

## ◎ロボット用超軽量Carbon Fiber 強化 AI 合金ハーネス複合材料の研究

ロボットを駆動する多数のモーターにLiイオン電池およびパワーデバイスから電力を供給する際、銅線よりも軽量なハーネスが必要である。当該研究室では、パワーデバイスの発生熱を奪い、かつ軽量なハーネスについて、独自の炭素繊維強化AI合金複合材料の作製技術を開発した。

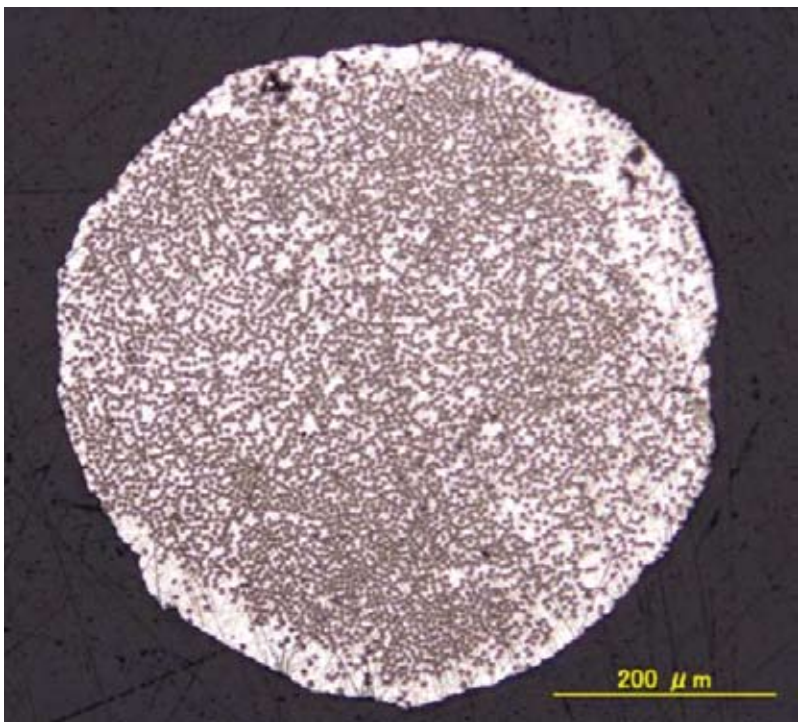


写真1 CF/AI複合材料の断面

## ◎意匠性の高いモノコック中空ロボットボディパーツの製造法に関する研究

重量物を搬送する人型ロボットにおいては、全体の強度をアームの連結構造とするよりも、外形で強度と剛性を持たせるモノコック構造を有することが有利である。当該研究室では、平均肉厚2ミリ前後の中空、複雑曲面構造を有するボディー部品を量産製造するための工法開発を行っており、来年度も取り組む予定である。

# 生物型知的システム



**高信 英明**  
早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員准教授（工学院大学大学院 機械工学専攻 准教授）

高信研究室では、生物の知的行動を規範とした機械システムを研究しています。

## 歯科患者ロボット

歯学部の子生や研修医の実習支援を目的とした歯科患者ロボットです。昭和大学歯学部歯科矯正学教室・早稲田大学高西研究室との共同研究です。

## 2009年度の実績、今後の展望

従来の頭部と腕動作に加えて、2009年度は全身動作への拡張を行いました。



写真1 患者ロボット

## 魚をモデルとした群知能システム

1台では単純な動作のみ行うロボットが、複数台集まることで複雑な動きを可能とします。独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）との共同研究です。

## 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は拡張性の高い群知能システムを構築しました。



写真2 群知能システム

## 病院内ナビゲーションシステム

大規模病院などでは、特に新規外来患者の場合、手続きを行う場所が分からなかったり、診察室・処置室の位置が分からないことが患者の負担になっています。そこで本研究では、病院内での使用を想定した屋内パーソナルナビゲーションを開発しています。昭和大学歯学部歯科矯正学教室との共同研究です。

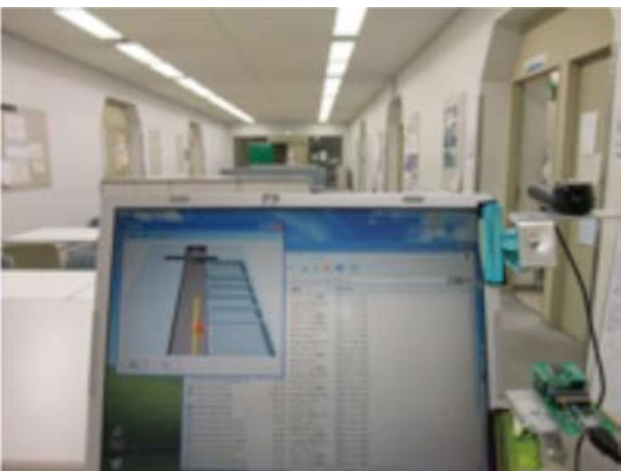
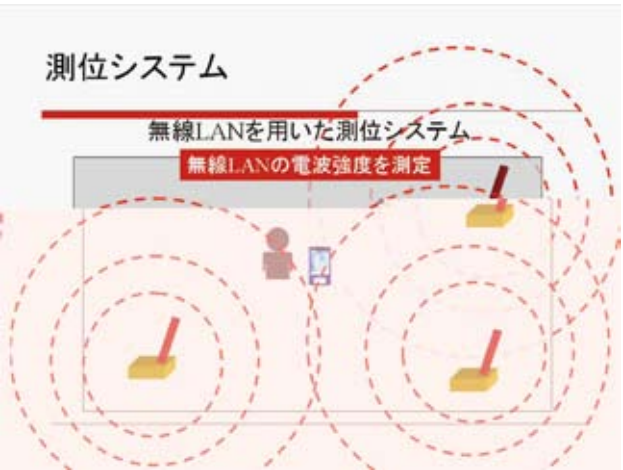


写真3 病院内ナビゲーションシステム

## 2009年度の実績、今後の展望

2009年度はロバストな自己位置推定システムの構築を目指し、システムの改良を行いました。

その他にも研究を進めています。

脳外科手術用マスタマニピュレータ

歯科用自動ライト

成長するヒューマノイドロボット





橋本 周司

早稲田大学 先進理工学研究科 物理学及応用物理学専攻 教授

本研究室では、ロボティクスにおける情報処理を核とした新たな基板技術を研究している。主な研究内容は、ロボティクス、ケミカルロボティクス、画像情報処理、音響メディア処理、メタ・アルゴリズム研究である。ここでは、2009年度に取り組んだ研究の一部を紹介する。

RFIDのRead timeを用いた障害物回避手法

近年、室内外を問わずエレベータ搭乗やドア通過などのナビゲーションを自動で行えるロボットが求められている。これらを実現するために、我々は環境雑音に頑健なRFIDを用いることで、衝突を回避し、ドアを通過するタスクを遂行する手法を検討した。ここでは、予め環境に埋め込まれているRFIDタグの読取時間(Read time)を用い、自己位置と姿勢を推定し、障害物を回避する手法を提案した。



UBIKO



Chamuko

無線センサーネットワークとRFIDを組み合わせたロボットのナビゲーション

この研究では、無線センサーネットワーク(WSN)とRFIDを組み合わせることで実用的なナビゲーションシステムを構築する。WSNはオープンエリアにおける高速移動を、RFIDは障害物付近での高精度の移動を可能とする。この2つのセンサーを併用することにより、環境に応じたロボットの移動速度の調節が可能かつ衝突なくナビゲーションすることができた。

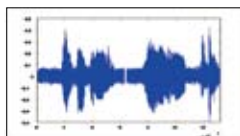
時間一周波数ε-フィルタ

人間とロボットが直感的にコミュニケーションをとる際に音声認識は必須技術である。しかし、音声認識は雑音に弱く、高性能の雑音抑制技術が必要となる。また、小型ロボットへの実装を考えた場合、単一音源を用い自動で動作するシステムが望ましい。本研究ではモノラル雑音抑制技術として有用な時間一周波数ε-フィルタに関する検討を行っており、2009年度は手法中のパラメータを自動設定する際に用いる指標の検討及びその妥当性の確認を行った。

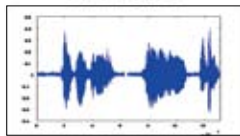
圧力センサーを用いたヒューマノイドロボットのバランス制御

触覚はロボットが物体の把持や人間とのインタラクションを行う際、必要不可欠な感覚のひとつである。物体の局所的な形状は本質的に三箇所からの学的情報によって計測できる。本研究では三つの圧力セン

サーからなる簡易な触覚センサーを開発し、ヒューマノイドロボットのバランス制御に適用した。



(a) 入力信号



(b) 出力信号

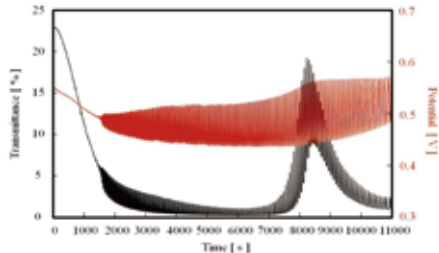
時間一周波数ε-フィルタ



バランス制御

慣性ロータを用いた二次元倒立振子の姿勢制御

慣性ロータを回転させることにより発生する反動トルクを用いて倒立振子のバランス制御が可能である。本研究では、二つの慣性ロータを用いたシステムを構成し、二次元倒立振子を試作し、制御理論の研究を行っている。振子の先端部に二つの慣性ロータを垂直に取り付け、反動トルクを発生させることで振子のバランスが取れる。また、二次元倒立振子の状態において状態フィードバックをかけることで安定的な制御が可能であることを確認した。



カチオン部位を導入した新規自励振動型高分子の振動挙動に関する研究

自励振動型高分子poly(Ru(bpy)3-co-NIPAA)は、Belousov-Zhabotinsky反応場においてRu(bpy)3部位が2価と3価の状態に自律的に変化するため、それにともなった凝集-解離の振動を観察することができる。しかしながら、短時間で不溶化・沈殿する欠点があった。本研究では、カチオン基を高分子鎖に導入することで、振動時間の長期化を狙った。その結果、静電反発効果により高分子コロイドの安定性が増し、振動時間を大幅に改善することに成功した。また一度凝集したポリマー鎖の再解離現象の観察にも成功した。これによりケミカルロボットの実現に向けた研究が加速した。

2009年度の実績

原著論文：7件、国際会議(査読付き)：12件

国内会議：14件、表彰：3件



三輪 敬之

早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

多様な背景や価値観を持つ人たちが現場においてひとつの目標を共有し、互いが補い合いながら生きていくことができる自他非分離の関係性の持続的創出を「共創 (Co-creation)」とよぶ。本研究室では、身体の動きに着目して、このような共創活動を支援する技術について研究している。以下に本年度の研究成果の一部を紹介する。

影の動きに誘導される身体的行為の二重性

共創的な身体表現の創出を支援するには、各人の間でのイメージの共創出が必要になると考えられる。そのために、本研究室では、自身の身体と切っても切れない関係を持つ身体の影を変容させる影メディアを開発し、身体と影に「ズレ」を生じさせ、身体感覚の変化を引き起こすことで、多様な表現の即興的創出が可能になることを現象的に示してきた。しかし、このような身体表現が、影のいかなる特性によって創出されるのかについてはこれまでほとんど明らかにされていない。そこで身体と身体の子の非分離性に着目した二つの実験を行い、興味深い知見が得られたので、以下に説明する。一つは、身体の移動速度に応じて影の傾きを変化させるソフトを開発し、歩行時における身体の傾きを、自身の足元から伸びる場合(以下、影条件)とスクリーン上に全身像が投影されるシルエットの場合(以下、シルエット条件)と比較した。その結果、どちらの条件でも影に引っ張られるようにして身体が傾くことが認められたものの、身体が傾き始めるまでの時間は影条件の方がシルエット条件より100[ms]程度早いことが分かった。この結果は、身体には影の変化に対して、意識的に反応する動きと、無意識的に反応する動きが存在し、後者が前者に時間的に先行することを示している。次に、このような特徴を持つ身体の子を変容させることで、それらの影によって身体から引き出される特徴的な動きやイメージについて調べた。その結果、身体の子のモードをポリゴン形状や骨格形状に変容させた時の身体運動計測とアンケート調査から、変容した影に応じて異なる身体運動や感情の質が、意識されずとも引き起こされることを明らかにした(図1)。以上二つの実験より、影メディアには、意識的と無意識的の両方の身体的行為を引き出す動きがあり、身体の子の感受性を高め、身体に気づきを起こさせる可能性があることを明らかにし、共創表現を支援するメディアの設計指針の手がかりを得た。

場の共創出におけるエンタテインメントの二重性

共創では、異質な人々の中で、共通の舞台を創出し、そこに互いに関係づけて位置づけることが必要になる。本研究では、このような舞台としての「場」の共創出の原理について、コミュニケーションが円滑に進むときに現れるエンタテインメント(互いの身体リズムの同期現象)と関係づけて研究した。具体的には、「タメ」のような無意識的な身体

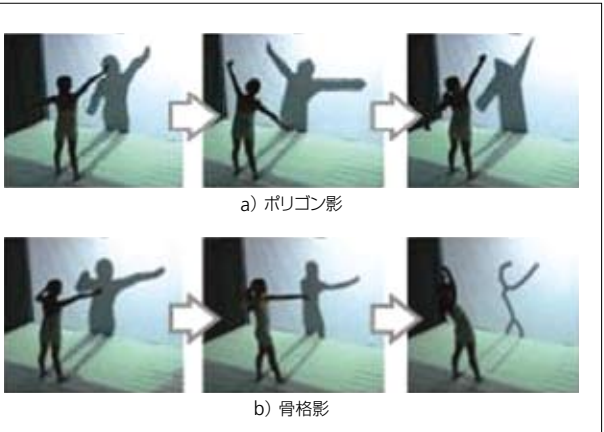


図1 変容影

的行為を映像空間上のアバターの移動操作に取り込んだ実験システムを用いて、場の共創出が起きる場合と起きない場合のエンタテインメントの違いについて調査した。その結果、あらかじめ場が共有されており、場の共創出が起きないアバターを介した協調ゲームにおいては、両者のアバター操作リズムに、通常非線形振動子(位相モデル)の引き込み現象で見られるような特定周期のエンタテインメントのみ生成されることが分かった。一方、場を共創出することが必要になるアバターを介した剣道対戦においては、両者のアバター操作リズムに、多様な周期のエンタテインメントが生成することを見出した。そして、この多様な周期での引き込みが、通常非線形振動子(位相モデル)の理論では、説明ができない現象であることを示した。さらに、この多様な周期でのエンタテインメントとアバター間の空間的な間合い(アバター間距離)の関係について調べたところ、エンタテインメント生成時の周期とアバター間距離の間に正の相関があることが分かった。このことは、このエンタテインメントが、場における互いの存在の位置づけ(空間的な間合い)と関係している可能性があることを示すものである。そこで、この知見と、場の共創出には行為に先立つ存在的なコミュニケーションが必要になることを踏まえて、このような多様な周期でのエンタテインメントと提唱した。以上より、本研究では、場の共創出に多様な周期でのエンタテインメントが関係していることを示すとともに、場が共創出されているときに現れるエンタテインメントと、場が共創出されていないときのそれでは、その質が異なることを明らかにした。今後は、このような場の共創出におけるエンタテインメントの二重性について、その生成ダイナミクスを明らかにし、共創システムの設計原理を確立したいと考えている。



# ヒトの皮膚感覚特性と歩行運動特性の研究



**藤本 浩志**  
早稲田大学 人間科学研究科 人間科学専攻 教授

本研究室では、ロボティクスへの応用を目指してヒトの諸機能の特性を評価している。感覚機能については主として触覚（皮膚感覚）機能を、一方の運動機能については主として下肢の機能を対象としている。以下に2009年度に関連するテーマとして取り組んできた研究およびその成果の一部を紹介する。

## 1. ヒトの皮膚感覚機能

### 二層構造の弾性対象物に対する硬さ感覚特性

本研究室では従来から、熱可塑性エラストマーのセプトンを用いて硬さ特性（ヤング率）が異なる触知サンプルを多数製作し、ヒトの指腹部の硬さ知覚特性に関する実験研究を行ってきた。2008年度は、厚さが同じで硬さが異なる硬軟二層構造体における硬さ感覚特性を、カテゴリ―尺度構成法を用いた心理物理実験によって定量的に評価した。その結果、指先が直接触れる上層のヤング率が硬さ感覚特性において優位であること、また上層がある硬さの範囲では下層のヤング率が全体の硬さ特性に影響を及ぼしやすいことがわかった。

### 2009年度の実績、今後の展望

上層と下層の厚さの違いが異なる場合に、硬さ感覚特性も変化する可能性がある。そこで、本年度では上層と下層の厚さ比率が異なる硬軟二層構造体の場合の硬さ感覚特性を明らかにした。実験の結果、上層の厚さ比率が小さくなるほど、また上層がある薄さ以下の場合には、下層の硬さが硬さ感覚に強い影響を及ぼす傾向があることが明らかとなった。この知見は、表層を覆う皮膚組織を介してその奥に存在する硬さの異なる組織（乳ガンや肝硬変等）を同定する触診ロボットの開発においては、仕様を検討する際の有用な知見として期待できる。今後は、ヒトの皮膚組織のように、複層構造をもつ対象物に関する硬さ知覚特性を明らかにする予定である。



(a)上層5[mm]、下層25[mm] (b)上層15[mm]、下層15[mm]

図1 実験で使った硬軟二層構造体の一例

## 2. ヒトの下肢運動機能

### 障害物に対して斜め方向からアプローチした際の接触回避動作

本研究室では従来から、ヒトの下肢関節運動の計測や解析ならびに運動特性の評価などを行っている。足関節での捻挫は、不整地路面上を歩行中に足関節に内返し運動が生じてしまうことが原因である。そこで歩行中のCOP(床反力作用点)の軌跡データを利用することで、内返し運動が起こるきっかけを動力学的に評価したり、その結果を用いて不整地路面での歩行の際の安定領域余裕を定量的に評価する方法を検討した。これらの方法を用いることにより、不整地歩行の際の歩行安定性の向上に寄与する知見を提供してきた。

### 2009年度の実績、今後の展望

ヒトが障害物に遭遇した際の最も一般的な回避行動であるとともに、つまずきによる転倒の危険性が高いとされる跨ぎ越え動作に着目し、障害物に対して様々な方向からアプローチした際のヒトの接触回避動作に関して歩行解析を行った。

実験の結果、障害物の高さに関わらず、障害物へのアプローチの方向に応じて歩幅、歩幅を変化させることによって、遊脚期の足が着地する位置を障害物から回避する傾向があることが明らかとなった。また、アプローチする方向によっては極端に歩幅が短くなり、このため跨ぎ越えの際の支持基盤面が小さくなって、その結果、歩行動作が不安定になることが明らかとなった。以上の知見は、二足歩行ロボットの安定した障害物跨ぎ越え動作を検討する際に有用であろう。また、障害物の多い環境下において、ロボットの安定性の高い歩行動作を構築する際にも有用な情報となり得ると期待できる。

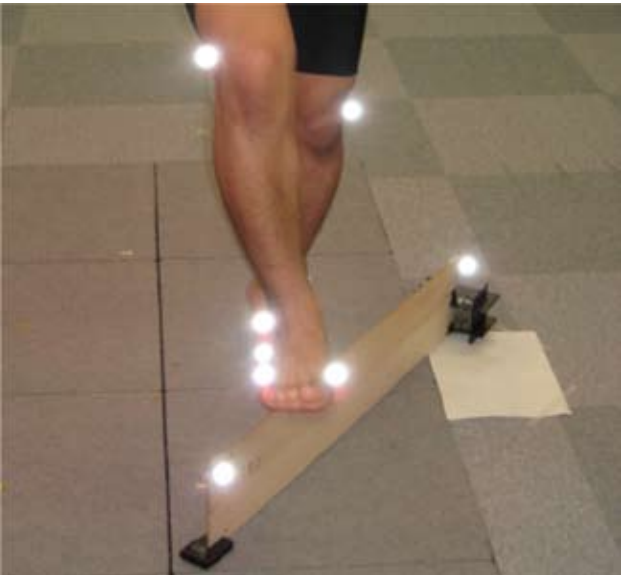


図2 実験の様子

# ロボットと人間の共存空間・日常生活におけるロボットサービスおよび空間知能化の研究



**水川 真**  
早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授（芝浦工業大学 工学部長、工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授）



ヒューマンロボットインタラクション研究室（水川研究室）では知能化空間と連携して、人にサービスを提供するRTシステム、すなわちロボットサービスのためのシステムインテグレーションとプラットフォーム構築をテーマとしている。

## 物理エージェントシステムと空間知

物理エージェントシステム(PAS: Physical Agent System)は遠隔操作ロボットを、情報のみならず、動作を媒介する新しいメディアとして利用する遠隔地間における人間共同作業支援協調システムである。

PASは、これまでの電話やテレビ、インターネットのような情報を中心とした情報メディアに加えて、実世界での動作や作業をもロボットが代理人（エージェント）となってこなすことができる新しいメディア環境を提供する。PASにおいてエージェントとして機能するロボットを物理エージェントロボット（PAR）と称する。PARには、環境センサや効果器（アーム、レーザポインタ）を装備することにより、遠隔地から環境映像を監視しつつ、ジェスチャ、動き、空間指示、ものを運ぶ・拾うなどを可能とする。さらに、ロボットが獲得した空間情報を感覚情報としてフィードバックすることにより、遠隔地からの観測、指示を容易にしている。ロボットと人間の共存空間では、単体のロボットだけではなく、空間に分散したセンサやさまざまなデバイスをネットワークで結び、分散オブジェクトとして、連携してサービスを提供する空間知により、部屋自体をロボット化している。



写真1 知能化空間におけるRTユニット



図1 実験環境

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度は空間分散センサ、RTユニットを連携させ、RTオントロジーによるサービス連携システムを構築検証した。今後は、汎化とシステムのモデルベース設計を推進する。

## RTシステムモデルベース設計とプラットフォームの開発

インテグレーションプラットフォームの研究にも力を入れ、RT (Robot Technology) ミドルウェアに基づき、組み込みシステムのコントローラ内部をRTモジュール化して、構成部品やサブシステムを、拡張性を持ったコンポーネントとして実現している。この結果、高機能なヒューマンロボットインタラクション機能と、これを用いた日常生活支援や災害支援などの最適な遠隔協調環境を社会に提供できる。この技術の検証のため、実自然環境での自律ロボットチャレンジ (Real World Robot Challenge) にも参加した。

これらのシステムの実現に当たっては、ユーザの要求を的確に反映し設計するため、SysML、UMLを用いたモデルベースシステム開発手法を適用している。

### 2009年度の実績、今後の展望

2009年度はRTミドルウェアとORiN(Open Robot /Resource Interface for the Network)を適用し、サービスマネジメントシステムを構築し、サービス運用へ適用した。今後は、人行動をインタラクションサービスに結びつける。





宮下 朋之  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 准教授

宮下研究室では、人体構造について大きく分けて以下の観点での研究に取り組んでいる。

臓器や肺の力学モデリングと突刺シミュレーションの開発

機械材料による手術器具により柔軟構造物へ力学的、電気的、化学的などの側面により各種の作用がなされ外科治療が行われる。特に臓器への力学的な作用により変形が生じ治療部位の把握に時間がかかり、治療器具の的確な動作支援のため、治療部位の移動状態を把握定量的に把握することが重要である。

そこで、本研究では、有限要素法により肝臓組織の突刺術における肝硬変部位の移動および肝臓組織の変形状況や肺組織の虚脱時における施術部位の移動及び肺組織の変形を評価することを目的としている。

2009年度の実績、今後の展望

2009年度は力覚デバイスを用いた覚肝臓組織の突刺シミュレータの性能向上を実現し、計算アルゴリズムの考案と実時間による時刻歴応答の算出できるモデル規模に関する評価を行った。肺組織についての検証が試みられ、ここでは、肺の外形及び気管支のMRI画像より3次元有限要素モデルを構築し、施術時の患者姿勢を反映した境界条件を設定し有限要素解析を実施し、豚の肺組織を用いた実験を行い、変形状況の類似性や気管支の有無による影響を調査し、病変部位の位置とモデル化精度の規模の影響を明らかにした。一般に、モデル化すべき対象は周辺臓器までおよぶことが想定される一方で、その想定範囲は必ずしも明らかではなく、検討を進める。

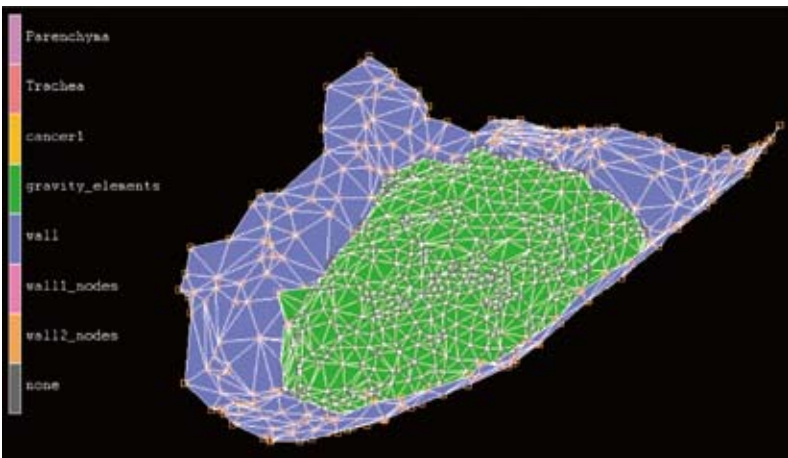


写真1 肺虚脱の有限要素モデル

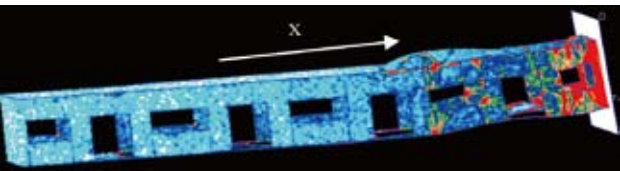


写真2 多人数配置解析と衝突変形

人体モデルによる構造衝突における安全性の評価

近年、交通事故による死亡件数は減少傾向にあるが、後遺症が生じることも少なくなく、衝突事故の発生時には、人体に与える影響は少ない方が好ましい。このため、人間の移動を可能とする機械構造物を対象とした衝撃吸収構造を安全性の観点から評価し、その構造物に対する変更・設計指針を与えることは重要である。

そこで本研究では、車両構造物に着目し安全面からの検討を行っている。特に、自動車分野で使用されているHICを使用し、簡易な人体モデルによる衝撃度を算出し、さらに多人数配置される構造物を対象に検討を行っている。

2009年度の実績、今後の展望

2009年度は、多人数配置の検討を行うため、セルオートマトン及び前年度までに相関関係を求めた、HICと衝突速度の関連性を用いて、有限要素法による衝突応答波形を用いて、多人数配置での衝撃度の算定を行った。さらに、外部空間との接合部の位置や寸法を設計変数として、安全度の向上による設計変更に関する検討を遺伝的アルゴリズムにより実施した。衝撃吸収部位の配置が必ずしも良いではない構造体においても、衝撃吸収部位や空間確保される部位が認められ、また、そのための設計変更の指針も得られた。



菅野 重樹  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

超高齢社会に入り、生活や就労のいろいろな場面でロボットによる支援が期待されている。しかし、人間と共存して人間を支援できる人間共存ロボットの機能や形態に関する研究例は多くはない。そこで、人が日常生活を営む環境において、人と円滑にコミュニケーションを図りつつ、人に適切な生活支援を提供するロボットの実現を目指し、我々は人間共存ロボットTWENDY-ONEを開発した。

TWENDY-ONEの特徴の1つとして身体各部に搭載した機械的な受動柔軟性が挙げられる。この受動柔軟性による誤差吸収機能、なじみ機能を用いて生活環境に内在する様々な誤差や外乱・複雑さを吸収しつつ作業を遂行すると共に、人間との触れ合い時には高い応答性と適応能力を発揮することが可能となる。また手腕部を中心に搭載された豊富な触知覚センサにより対象物特性を知覚すると伴に適応的な動作を生成することができる。これらの技術を活かし、対象物把持・操作等の巧みさが求められる家事支援、高出力性・人間への適応性・操作性が求められる介護支援の実現を目指している。



Fig.1 Whole-Body Appearance of TWENDY-ONE

手腕協調制御による巧みな物体操作

生活環境や福祉施設などで、手腕を器用に使って作業を遂行できる人間共存ロボットが必要とされている。この作業パフォーマンスを向上するために、我々は適切に手腕を協調させることを目的とした運動制御の枠組みを提案した。その特徴は、人の手作業の観察から手先などの作業部位以外の

部位を能動的に環境に接触させるやり方に気づき、この接触を伴いつつ作業を遂行するための運動制御枠組みである。この枠組みを受動要素との関係を考慮したうえで磁力などにより拘束された引出しを開ける作業に適用しその効果を解析した。最後に、考案した運動制御をTWENDY-ONEに実装し、実作業を遂行することでその有効性を検証した。

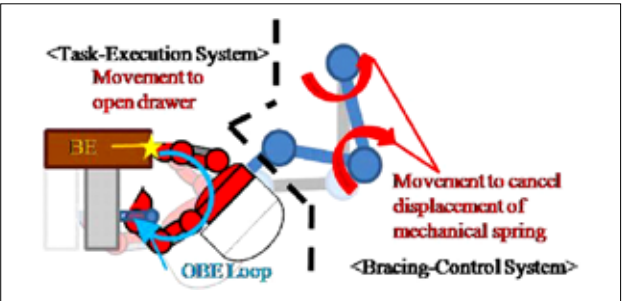


Fig.2 Hand-Arm Coordinated Motion Control using Active Body-Env. Contact for Drawer Opening

机上面から道具類をつまみあげ握り込む動作を取り上げる。調理器具や工具などの把持部分はテーパ付き円柱形状でかつ重心が把持部分にあるとは限らないが、人は手指または手掌上に対象物が乗っているだけという不完全な拘束状態を経つつも、肉による面接触と対象物重量による転がりを利用して素早く握り込んでいる。我々はTWENDY-ONEの手指・手掌全面に柔軟肉を搭載した人間形多指ハンドを用い、テーパ角と重心位置のずれを力覚・触覚により知覚しつつ運動を調整して人と同様の動作で握り込む制御手法を開発し、その有効性を確認した。

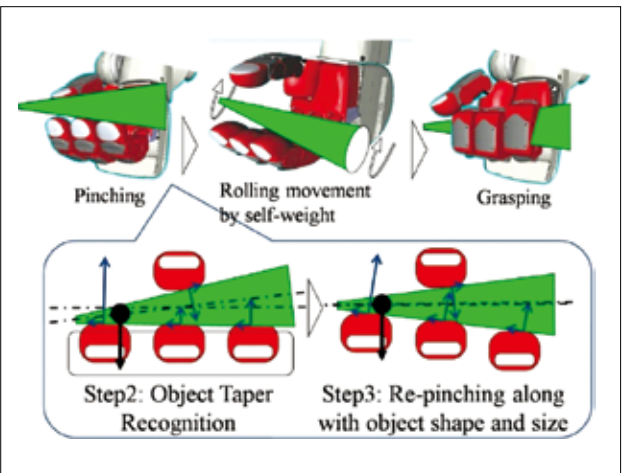


Fig.3 Grasping Motion Control for Cylindrical Object using Rolling Motion by Object Weight



# 双腕建機の智能化インタフェースに関する研究 ～智能化技術検証用油圧駆動型双腕アームシステムの開発～



菅野 重樹  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

## 1. 建設機械における高度化の期待

近年、資源再利用のための分別解体作業や災害現場での救助・復旧作業など、高度かつ複雑な作業タスクへの適応を目的とした次世代作業機が開発されている。これらの作業機には、操作自由度の増加などのハードウェアの改良に加え、操作者の認知や操作を補助する智能化システムの構築が不可欠になると考えられる。

これまでに、建設機械をベースとした双腕建機を対象として、作業状態識別 (Primitive Static States (PSS) など) や操作者支援システムなどの智能化技術に関する研究を進めており、これらの有用性は、VRシミュレータによって検証されている。このシミュレータでは、操作インタフェースやCG上のマニピュレータおよび対象物の物理挙動は再現されているものの、モデル化が難しい制御弁の動特性、スプール弁の内部漏れや油圧シリンダの振動的挙動、関節摺動部のガタなどに関しては再現しきれていないのが現状である。また、シミュレータにおいては、任意の点の速度や負荷などを容易に取得可能であるが、実システムにおいては、情報取得センサの種類や取得精度および周期などについて考慮する必要がある。有用な智能化技術の構築には、上述の実機特性を含んだ実験条件での智能化技術の検証が必要となる。

## 2. 油圧駆動型双腕作業機の開発

そこで、智能化技術の研究および開発のためのハードウェアおよび情報処理システムのプラットフォームとして双腕を有する油圧駆動型多関節マニピュレータシステムの開発を行った。双腕12自由度のマニピュレータを2本の操作レバーで操作する。操作レバーにはポテンショメータ、マニピュレータ各軸には、ストロークセンサ、油圧センサが搭載されている。油圧システムは、ピストンポンプ、圧力補償弁で構成されている (図)。

## 3. 実機特性の検証

双腕を用いた長尺物運搬タスクを行い、開発した実機システムの基本特性の計測した後、油圧駆動システムの智能化技術の設計ポイントおよび操作支援の必要性について検討を行った。実験の結果、操作レバーの入力に対して、少しの遅れ時間を生じた後シリンダ負荷が上昇し始め、シリンダ負荷がある値に達した後、関節が駆動することが分かった。操作実験からこの遅れ時間が操作者の操作特性を悪化させることが分かった。また、シリンダ負荷は対象物への作用時以外にも、マニピュレータの自重、関節の駆動に必要な力 (駆動力) や発進、停止時に発生する慣性力が生じていることが分かった。以上より、遅れ時間を考慮した操作支援の方法論や負荷波形から外力負荷のみを検出するシステムが求められることが分かった。

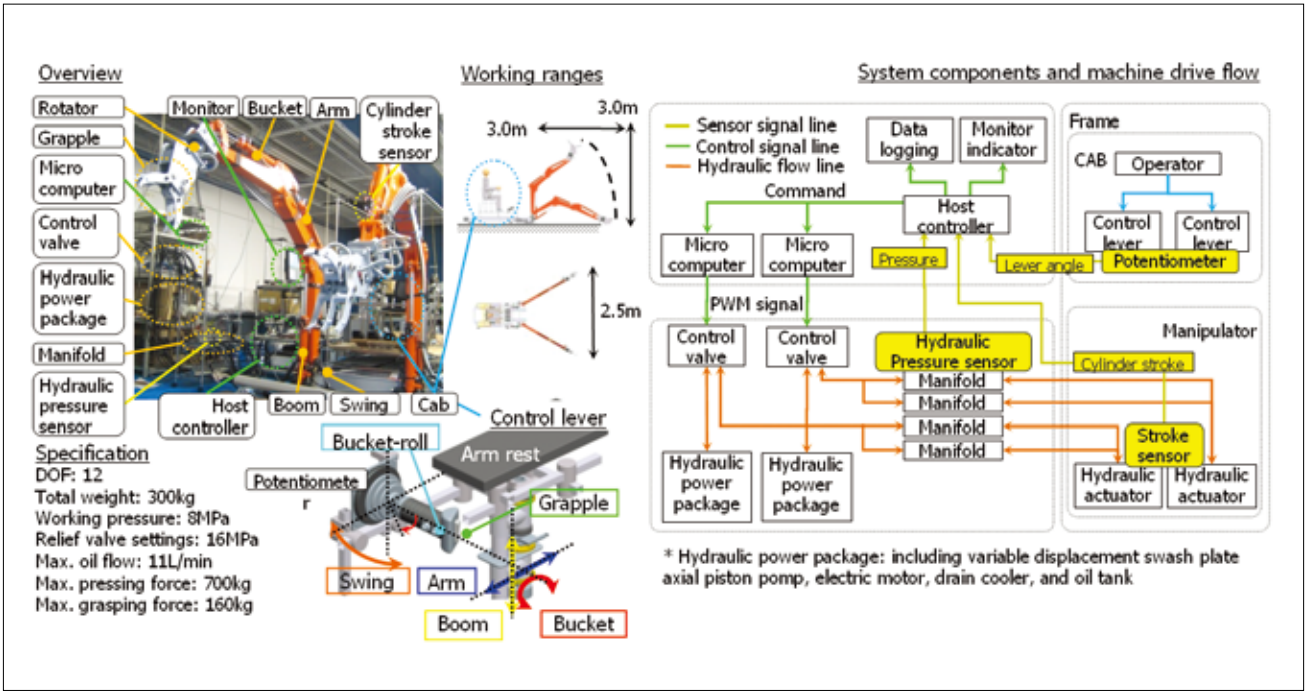


Fig.1 Whole-Body Appearance of TWENDY-ONE

# センチメートルオーダーの屋内測位システムの開発

## 屋内スードライト測位において測位成功率を向上させるための受信機多重化

近い将来、サービスロボットが人間と生活空間を共有し、巡回や運搬、案内などのビジネスユースから、介護や家事などのホームユースまで、あらゆる場面で活躍することが期待されている。これらロボットには、目的地まで移動するためのナビゲーション技術が不可欠であり、その基礎となるのがポジショニング技術である。既に屋外測位の分野では、その精度と安定性からGPSがほぼデファクトスタンダードになっており、ロボットナビゲーションも盛んに研究されている。一方で屋内測位に関しては、様々な手法が提案されているものの、それぞれに一長一短あり、決め手に乏しいのが現状である。

そのような状況の下、近年Indoor Messaging System (IMES) という技術が屋内の標準的な測位インフラとして注目されている。本技術はGPSと互換性のある電波を使用するため、既存のGPS端末のファームウェアを変更するのみで受信機として利用可能という強みがある。このIMES送信機を4つ以上用いると、スードライト (疑似衛星) として使用でき、その搬送波を測位に用いればcmオーダーの精度での測位も可能なため、スードライトはIMESに続く技術として期待されている。しかし、屋内で搬送波を用いる測位手法において大きな問題となるのが、受信機が搬送波を追いつくサイクリスリップ (位相飛び) である。これが頻発すると測位に必要な観測方程式の数を十分に確保できず、測位に失敗するため、電波環境が良好な屋外測位と比較し、その低減は主要な課題となっている。



写真1 スードライトセットアップ



写真2 受信機多重化

そこで本研究では、受信機を多重化し観測方程式を増やすことでサイクリスリップの影響を低減し、測位成功率を向上する手法を提案する。図1にその概念図を示す。本手法を用いると、移動局受信機数をR、基準局受信機数をBとした場合、通常の搬送波相対測位に比べR×B倍の観測方程式数が得られる。これは1つの受信機を用いた場合と比較し、極めて冗長な構成となる。また、電波環境に応じ単純に受信機数を増やせばよいので、拡張性も備えている。

実際にシステムをセットアップし実験を行った様子を写真1および写真2に示す。この例では、移動局に8個、基準局に2個の受信機を設置し、測位を行っている。実験の結果、受信機を6個以上多重化した場合、ほぼ100%の測位成功率が得られ、またその際の累積測位誤差も、500秒の移動で数cmと良好であることが確認された。一方で、送信機数を増やすと、屋内のノイズレベルが増加し、測位成功率・測位精度ともに悪化することが確認された。このことから、システムを設計する際の指針として、送信機はなるべく少なくし、受信機は電波環境に応じ適宜増加させるという戦略が有効であるという知見が得られた。

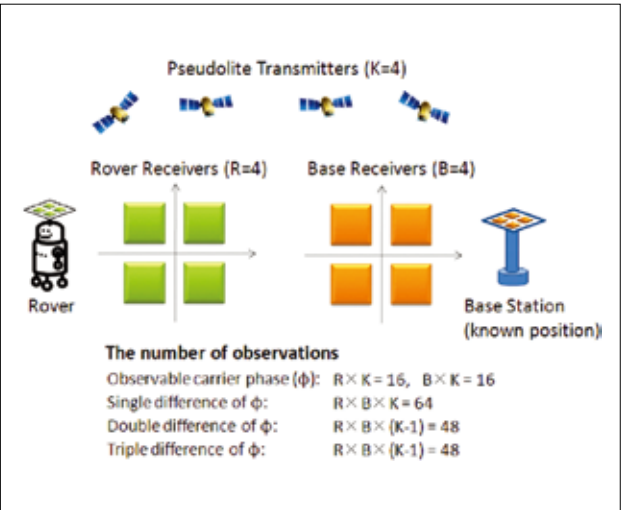


図1 受信機多重化概念図



# 面圧制御下での固体高分子電解質膜内における 水の拡散輸送特性の解析



勝田 正文  
早稲田大学 大学院環境・エネルギー研究科 教授

## 研究目的

固体高分子形燃料電池(PEFC)の膜電極接合体(MEA)の水管理は電池性能や耐久性に多大な影響をおよぼす重要因子である。その水分輸送機構を解明し、制御因子を特定することは、電池性能向上、耐久性確保を実現するための重要課題となるが、その定量化手法(機構ならびに過程を分離した計測手法)は未だ確立されていない。

本研究では、昨年度までに確立した電解質膜の水輸送特性(吸着・脱離、内部拡散、電気浸透特性)の計測手法を応用・発展させ、面圧制御セルによる面圧付与時を含めた特性計測を行うとともに、電解質膜内の活量分布(電解質膜内に挿入した白金線間のインピーダンス分布測定による)を定量化し、電池性能向上、耐久性確保のためのMEAならびに電解質膜の設計指針を得ることを目的とする。

## 実験方法及び装置

本実験には、電解質膜 7 枚と白金線 6 本を積層(加熱圧着)し、その両側面に電極触媒層及びガス拡散層を配置したMEAを用いた。

実験では、両極に活量の等しい水素ガスを供給し、供給ガスの活量と白金線間の交流抵抗の関係を把握した。さらに、両極に活量の異なる水素ガスを供給し、そのときの白金線間の交流抵抗から、膜厚方向の活量分布を求めた。また、高活量側と低活量側の入出口ガス(計4点)の露点温度及びガス圧力から水分流束を算出し、内部透湿係数を求める。

## 実験結果及び考察

### 1.透湿時の活量分布

図1に各条件における活量分布を示す。どの条件の活量分布も同様の勾配 (da/dx) を示した。また透湿時の膜の両側面の活量は、供給ガスの活量と異なる値を示している。これは電解質膜界面における水の吸脱着にともなう輸送抵抗に起因して発生する現象であると考えられる。

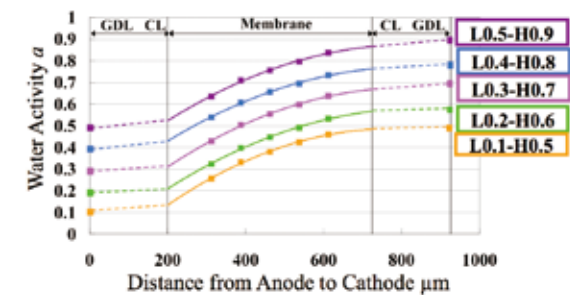


図1 活量分布  
Ref. (1) K. Aotani et al., ECS Trans., 16-2, 341 (2008)  
(2) T. A. Zawodzinski et al., Electrochimica Acta, Vol.40, No. 3, 297 (1995)

### 2.内部透湿係数の導出

上記活量分布と同時計測した水分流束から内部透湿係数を導出した。本手法で導出した内部透湿係数は、膜厚を変えた透湿試験から求めた値と同様の傾向を示した。

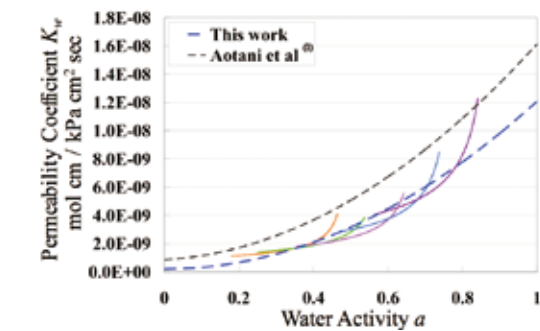


図2 内部透湿係数

### 3.電気浸透係数の導出

電流印加装置(ポテンショガルバノスタット)で両極間に強制的に電流を印加させることで、電気浸透水と濃度拡散水を釣り合わせる手法(プロトンポンプ平衡法)を用いて、電気浸透係数を導出した結果を図3に示す。

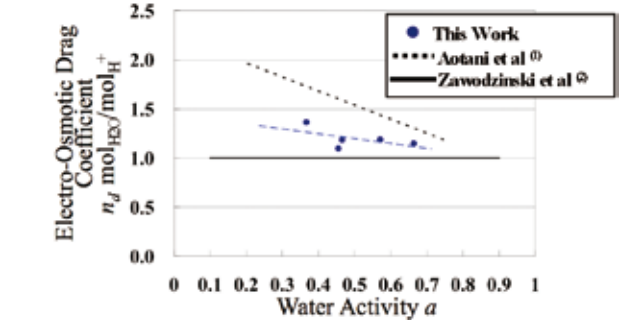


図3 電気浸透係数

活量に対して、負の相関を持つ特性を示し、膜厚を変えた透湿試験から求めた値と同傾向を示した。

また、各水輸送特性は面圧による有意な影響は得られないことを確認した。

## その他の研究

①MEAの熱物性計測、温度計測

MEAの熱物性及びMEA温度の評価手法を開発し、MEAの熱物性が温度分布、極間水輸送等に及ぼす影響を把握した。

②リブ/流路部の電流密度分布の計測

リブ下、流路下の電流密度分布評価手法を開発し、MEA内の熱・物質輸送現象に及ぼす影響を把握した。

# 超高齢社会のためのユニバーサルモビリティに関する研究 Study on universal mobility for elderly dominated society



永田 勝也  
早稲田大学 環境・エネルギー研究科 環境・エネルギー専攻 教授

近年、我が国は高齢社会に突入しており、モビリティ使用中の安全・安心と、建物や道路などの使用環境への配慮の必要性が高まっている。これらの現状をうけ、モビリティ機器としての車いすを高度化するとともに、使用中における使用者や関係者の安全・安心のための運行管理システムの構築を行っている。さらにモビリティの使用環境を考慮したユニバーサルデザインの評価手法の開発を目指し、国内外のユニバーサルデザインに関する取り組みの調査・体系化とモビリティ使用環境のユニバーサルデザイン評価を行っている。

## ○車いす使用者・関係者の安全・安心の確保を目的とした運行管理システムの構築

- ・車いすの車体の改良
- ・健康情報の管理システムの開発
- ・運行管理システムの高度化

## ○ユニバーサルデザイン評価手法の高度化に関する検討

- ・日本と海外のUDに関する取り組みの比較
- ・ユニバーサルデザイン(UD)-DBの拡充、分析
- ・時間比較による西早稲田キャンパスのUD評価

## 2009年度の実績、今後の展望

### 1. 車いすの高度化

- 車いすの乗降を容易にするため、シートにスタンディングモードを導入した。
- バリアフリー未対応施設とユーザー間とのインターフェイスを円滑にするため、可動式アームレストを取り付けた。

### 2. 運行管理システムの構築

- ユーザーの健康情報の管理を行うという目的のもと心拍数・体温の計測に取り組み、心拍数をリアルタイムに計測・発信することができた。
- 緊急時の連絡システムを開発し、管理者・関係者へ通達できるようにした。

### 3. ユニバーサルデザイン評価の調査

- ユニバーサルデザインには明確な基準がなく、評価方法が必要であることがわかった。
  - 海外でのバリアフリー・ユニバーサルデザインに関する法律を調査し、その特徴を整理した。
  - 都道府県でのユニバーサルデザインの取り組みを調査し、実質的な取り組みを示していた条例・ガイドラインをまとめデータベース化した。
  - 大学内におけるスロープや扉のUD評価基準を作成した。
- 今後はユニバーサルデザインの特徴や効果等の詳細分析を行い、総合的な評価手法の確立を目指す。また、車いすのみでなく、他のモビリティ機器への汎用化を目指す。



図2 時間比較によるUD評価

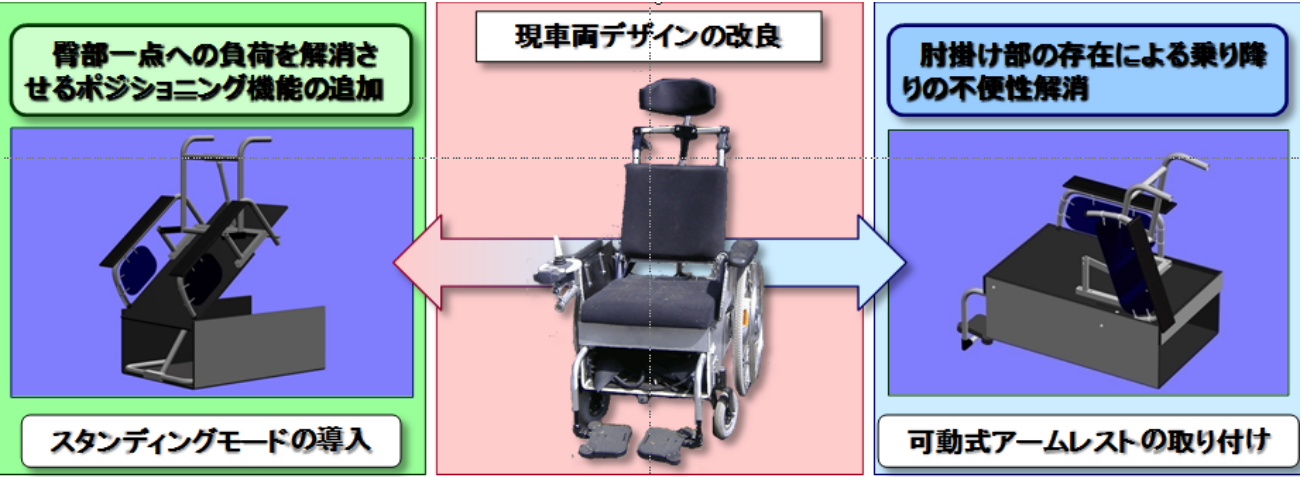
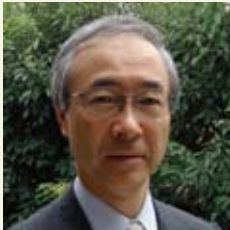


図1 開発した車いすの概要





大聖 泰弘  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

都市への集中の一方で地方の過疎化が進んでおり、高齢化も避けられない状況にあって、健常者はもとより、移動困難者も含めた個人の移動（モビリティ）の自由を確保することが社会的にもますます重要になりつつある。そのような様々なモビリティのニーズに応える車両の開発条件としては、安全性や利便性、快適性はもとより、環境を保全し高効率であることが不可欠である。そこで本研究では、このような条件を満たす各種の車両を設計・開発・製作を行い、実使用時の実証と評価を通じてそれらの普及を提案することを目指している。

燃料電池シニアカーの開発

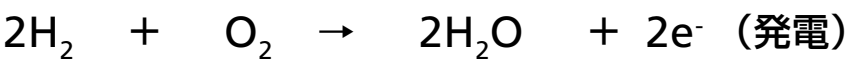
公道において時速6kmまでの走行が可能な高齢者や身障者向けの車両の開発を進めている。動力源としてコンパクトで高効率な燃料電池システムを用い、MgH<sub>2</sub>と水との反応によって生成した水素を供給するシステムを構築している。これによって、従来用いられているバッテリー上がりの不安や長時間充電の不便さを解消するとともに、軽量化や安全性、利便性を同時に満足させることを狙いとしている。

シニアカー

- 高齢者や障害者を対象としたパーソナルモビリティ手段
- 燃料電池システムと水素発生システムを搭載。



マグ水素による燃料電池の利用



- MgH<sub>2</sub>の加水分解により水素を発生
- ユニット化し、持ち運び可能とする容器

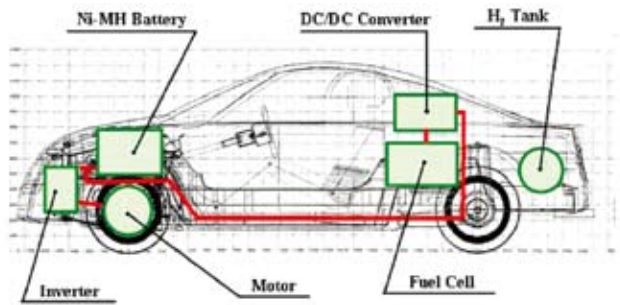
写真1 燃料電池シニアカーの開発と性能評価

2人乗り超軽量燃料電池自動車の開発

エンジン・モーターによるハイブリッドシステムを搭載し、ボディにCFRPを用いて超軽量化した高性能ハイブリッド車をすでに開発している。そのエンジンシステムを燃料電池システムに交換して両者の得失と性能向上の可能性を探っている。そのため、車両の走行性能やパワー・エネルギーマネージメントを数値予測する汎用性の高いシミュレーションモデルを開発し、一層の高効率化のための運転・設計因子の影響度の予測に利用している。

コミュニティ型電動マイクロバスシステムの開発

地域内での公共的な移動手段のニーズに対応して、10人から30人乗りの電動マイクロバスシステムを開発している。この種の車両では、乗客スペースの確保や車両重量の軽減、コスト低減のため、バッテリー容量を大幅に減らし、停車中に路面から床下に設置した受電システムに非接触で急速充電を行う方式を開発し、地域での実証試験を予定している。（環境・エネルギー研究科の紙屋雄史教授との共同研究）



“ハイブリッド車” から“燃料電池自動車” へのコンバート

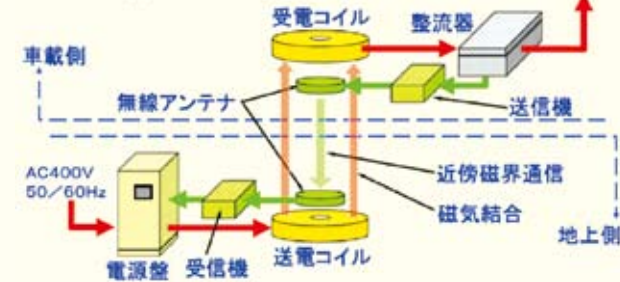
写真2 Waseda Future Vehicleの開発

| 項目                       | 仕様      |                                                                                       |
|--------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 日野自動車製ポンチョ（コミュニティ・バス）を改造 |         |                                                                                       |
| 全長                       | 6,290mm |  |
| 全幅                       | 2,080mm |                                                                                       |
| 全高                       | 3,100mm |                                                                                       |
| 定員                       | 20～30名  |                                                                                       |

| 項目      | 目標性能                   |
|---------|------------------------|
| 一充電走行距離 | 45km（実走ベース）            |
| 充電方法    | 非接触急速充電方式等             |
| 充電時間    | 5～8分間（フル充電のためには60分間必要） |

写真3 非接触急速充電型の電動マイクロバスシステムの製作と実証

システム構成







草鹿 仁  
早稲田大学 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授

高速演算ディーゼル燃焼モデルの開発

現行のディーゼルエンジンは新燃焼方式と各種後処理装置を併用することで従来からの課題であった排出ガスの低公害化を達成しており、今後は動力性能やドライバビリティに対する要求を満たす精緻な運転制御が必要不可欠である。一方、電子制御や後処理装置の導入により制御システムの複雑化が進行し、開発工数とリソースが大幅に増加することが指摘されている。

このような状況を打破する手段として、従来のマップベース制御に代えてモデルによる予測結果を基に制御を行うモデルベース制御が注目されている。本研究では各種状態量に基づいて燃焼の予測を可能とするディーゼル燃焼モデルの構築と、同モデルを核としたエンジン制御システムの構築を実施し、ディーゼルエンジンへのモデルベース制御の導入と有用性に関する検討を実施する。

本研究で提案・構築しているエンジン制御システムの概略図を図1に示す。本研究室にて構築する高速演算ディーゼル燃焼予測モデルは各センサからの情報を基に燃焼挙動や排出ガス組成を推算するモデルである。最適化モデルは本学情報生産システム研究科大貝研究室にて構築され、燃焼モデルの予測結果に基づき、PSO (粒子群最適化)を用いて最適な運転パラメータを決定する役割を持つ。

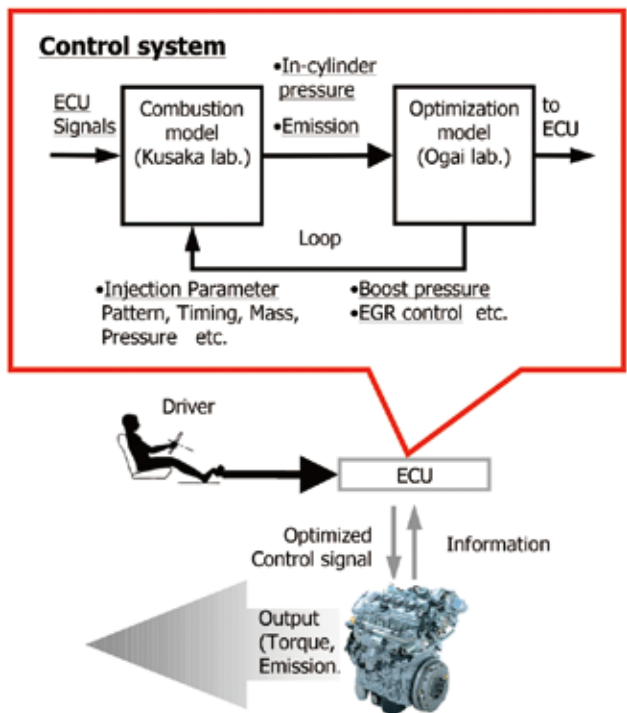


図1 制御システム概略図

2009年度の実績、今後の展望

本研究で構築した高速演算ディーゼル燃焼モデルは燃焼室内の当量比分布、燃焼速度、ガス組成、熱発生と筒内圧力を予測するいくつかのサブモデルから構成される。燃焼モデルに対して (1) 着火時期判定の変更とモデル定数のチューニング (2) 燃焼速度導出ロジックの変更 (3) 化学平衡計算と各当量比領域の温度算出方法の見直し (4) 熱損失量のチューニング を施した結果、図2に示すとおり幅広い運転条件において燃焼挙動の再現が可能であることが示された。また、ソルバの変更によって予測精度を確保しながら計算時間を従来のおよそ1/4程度にまで短縮可能であることを確認した。今後は現行のディーゼルエンジンにおいては必須の技術となっている多段噴射への適応と同時に、NOx排出量の高精度化、PM排出量予測モデルの導入を実施し、より汎用性の高い燃焼モデルの構築を予定している。また、燃焼モデルと最適化モデルの統合・検証を実施した後、実際にラピッドプロトタイプリング用ECUへ実装し、定常試験及び過渡試験においてモデルベース制御の有用性について検証する。

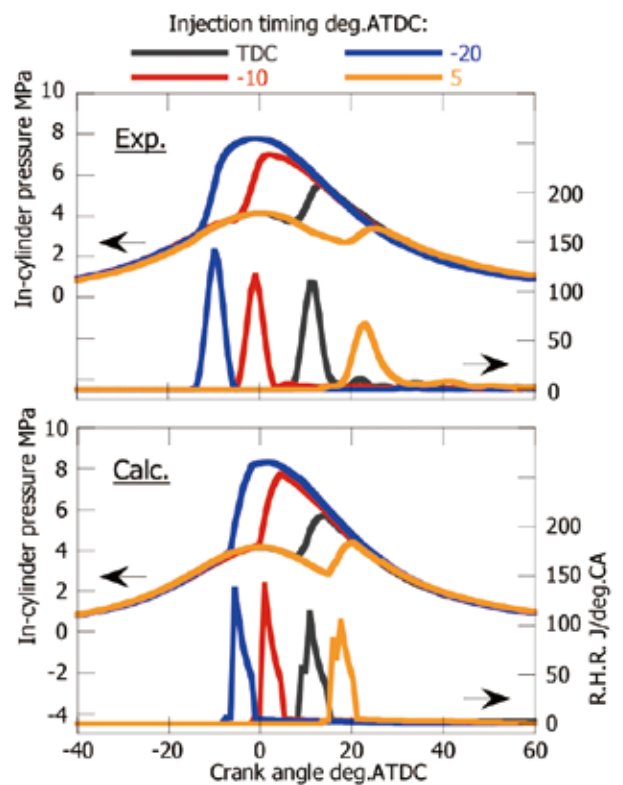


図2 燃焼挙動の比較 (パラメータ: 燃料噴射時期)



杉本 旭  
早稲田大学 理工学術院総合研究所 客員教授 (長岡技術科学大学大学院 技術経営研究科 システム安全専攻 教授)

1. 安全の設計原則 (ISO12100) による本質安全

人間と共存するロボットに、人間との接触回避を求めても無駄である。設計原則ISO12100は、機械の本質安全の優先性を主張する。本質安全と言える機械的出力は、力150N以下、速度250mm/s以下だとされ、また、ロボット・マニピュレーティング規格ISO10218によると、提案の段階だが、動力80W以下のロボットにはガードが不要だとされる。誤って人間に出力されるエネルギーを恐れるあまり、玩具のような小型のロボットを作って、危険な仕事は人間にさせ、自分は安全で楽な仕事しかやらないというのでは誰が欲しいのか。そうではなく、人間に役立つロボットのエネルギーはそれなりに大きく、しかも、そのエネルギーは、人間の安全を積極的に確保しようとする制御のためにむしろ不可欠なのである。

例えば、通常の歩行を人間は危険だとは思わない。習熟した歩行は、躓きに対する対応はすでに反射的であり、たとえ転んで怪我をしても、それを特別な事故とは思わない。このように、人間との共存を許す本質安全の条件とは、人間の通常的能力に委ねる条件であり、ロボットとの通常の関係、そこには、自然で巧みな危険回避、たとえ失敗して受けた傷害も無理なく処理できる限界が管理されている。その条件を制御によって確保しつつサービスを提供するロボットが歓迎されているのであり、上記のISO12100の本質安全設計の最優先性の主張に応えるものである。

2. サービスロボットの使用者の責任

さて、介助を求める使用者の要求に応えうるロボットが、果たして150Nの力や80Wのモータで可能だろうか。例えば、入浴介助のロボットの実現は無理だろう。著者の経験では、人の身体を持ち上げるには350Wのモータでも難しかったからである。入浴の介助は、本質安全の条件を超えており、それを求める患者に、350Wを超えるモータによって生ずるリスクを受け入れるか否かの判断が委ねられる。

ところで、ロボットの仕事に応じて必要なモータの動力だが、大きな動力が危険なのは、故障やミスでこの動力が人間に出力される可能性があるからである。したがって、本質安全条件を超える場合、大きな動力ほど高い信頼性が求められる。しかし、どんなに努力しても故障は防げない。第一、機械は必ずいつかは寿命が来るのである。寿命による最期の故障であっても、これが致命的な被害となれば、それまでの実績も台無しである。そのことが予め知らされていたら始めからその提供を拒否したはずだ。

本質安全の限界を超える入浴介助をロボットに委ねるということとは、使用者が350Wを超えるモータ (危険源) によるリスクを受け入れることである。リスクとは「被害の大きさ」と「発生確率」の積で表わされるが、故障 (寿命) は必ず経験されると考えると、リスクを

受け入れるということは、事故の被害そのものを受容するということである。制御の失敗による被害が少なくとも受容の限界を超えないと提供者が保証することが、リスク受容の判断の基準となる。このように、本質安全を超える条件で提供されるベネフィットには、使用者の責任で、リスク (被害) の受容を判断する必要がある。リスクの受容が、発生確率に依らず、最悪の事態さえも「受容」の条件を満たすべきとするのが、著者が主張するサービスロボット特有の免責条件である。ロボットのサービスが、大きな被害を出して強制終了させられるようでは、もともと人間との共存の資格はない。最悪でも、少なくとも被害が「受容」の限界を超えてはならない。被害に対する免責を事前に約束するのは、使用者がその保証を信用するからである。このように、使用者の責任の下で、リスクを伴うケアをロボットに委ねるという関係は、「信用」に基づいて財産の運用を委託する信託 (trust) の構造に類似する。

3. サービスロボットの使用者による保険制度

どんな保険も、偶発の事故accidentが条件である。「安全」の信託Trustに基づくケアロボットの保険は、相互扶助の保険が適している。この保険を掛けるのはロボットのユーザである。すでに述べたように、ユーザは、本質安全の条件を超えて有効なケアを求めるがゆえに、被害の限界を受け入れてケアロボットに免責を約束する。ユーザは、自ら受ける被害に対する救済の責任が自らにあるという共通の立場に立つ。保険を用いて相互の救済を図るというのは、特に、ロボットに弱者のケアを委ねる福祉社会にとって好ましい解決法ではないだろうか。事故の相互救済なら、自動車の傷害保険の前例があるが、自動車事故の被害はあまりに大きい。サービスロボットの場合は、取り返しがつく被害の条件で、保険による相互の救済が可能なのであって、事故であっても、その被害が「受容」を逸脱しない保証が、サービスロボットの人間との共存の絶対的条件だと思われる。



GCOEグローバル・ロボット・アカデミアでは、本学が長い年月をかけて培ってきた海外拠点との連携の強化、また新たな連携の構築に積極的に取り組んでいる。2009年度は、InterACTにおける最重要パートナーであるカールスルーエ工科大学との連携強化、オランダの工科系大学との連携関係構築に取り組み、また、イタリア聖アンナ大学院大学とは新たな研究プロジェクトを開始した。

カールスルーエ工科大学との連携強化

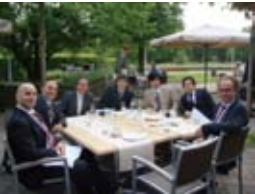
2007年度に締結されたInterACTプログラム\*を活性化させるべく、石井助手、福井助手の2名を同プログラムの中核機関であるカールスルーエ工科大学に派遣した。同大学において両助手は、ドイツにおけるヒューマノイド研究の大家であるディルマン教授、マルチモーダル・コミュニケーション研究の大家であるワイベール教授の研究室を訪問し、今後の共同研究の展開について意見交換を行った。また、同大学の若手研究者、博士課程学生に対して講演を行い、GRAの研究成果を紹介した。

\*InterACTプログラム：カールスルーエ工科大学、カーネギメロン大学、香港科学技術大学、早稲田大学が加盟するロボット研究の国際交流ネットワーク。



オランダ工科系大学との連携関係構築

藤江教授、高西教授ほかGRA若手研究者5名が、オランダのトゥウェンテ大学、デルフト工科大学、アインドフォーヘン工科大学を訪問し、今後の連携について意見交換を行った。特にデルフト工科大学では、医療ロボットの共同開発に向けた協議が行われた。また、トゥウェンテ大学では、同大学とGRAの組織的連携について協議が行われ、今後、学生の相互派遣や共同研究を積極的に展開するとの合意に達した。上記の訪問を受けて、2009年10月にはオランダの教育相が本学を来訪し、医療ロボティクス分野における日蘭の交流について議論がなされた。また、2009年11月にはトゥウェンテ大学の大学院生30名ほどが、本学を訪問し、最新の研究成果を見学した。



イタリア聖アンナ大学院大学における滞在研究

研究助手 福井 孝太郎

海外連携事業の一環として、イタリア聖アンナ大学院大学(SSSA)のARTS Labにおいて長期滞在し、研究活動を行なった。ARTS Labはグローバルロボットアカデミアの連携拠点であり、ヨーロッパの大型のロボットプロジェクトのハブとなる大きな研究拠点である。SSSAにおけるもう一つの研究室、CRIM Labと合わせて、ヒューマノイド、サービスロボット、医療ロボット、マイクロロボットといった様々なロボットの開発が行なわれている。その中で、今回携わった研究は、生物の機能を解明することを目的としたロボット（生物規範型ロボット）である。このような研究はヨーロッパでは生物学の専門家と連携しながら盛んに行なわれている。

今回はタコの足に着目したロボットの研究に参加した。タコの足は多くの動物の足と異なり、堅い骨を持たず、筋肉のような軟体のみからなっている。このような特殊な機構に関する研究は少なく、このプロジェクトではロボットを用いてこれを剛体リンクでない機構により再現することを主な目的とし、新しいアクチュエータや機構の開発を行なっている。このプロジェクトはヨーロッパの連携研究であり、スイスやイギリス、ギリシアなどの大学がそれぞれの強みを生かして参加している。また、SSSAのスピンオフ企業である、RoboTech社を訪問し、イタリアにおけるロボットビジネスについての実情についての学習を行なった。



GCOEグローバルロボットアカデミアでは、若手研究員が主体的かつ積極的に活動を行っている。その成果が次に示す「助手会の運営」と「外部研究資金の獲得」である。

若手研究員による、若手研究員のための自治組織「助手会」

GCOEグローバルロボットアカデミアの助手会は、博士課程学生（DC）が中心となって運営される自治組織であり、毎月1回開催される。各若手研究員は助手会において、自由な発想で生まれた様々な企画を提案でき、その提案は、助手会運用規約に則り、活発に議論、審議、そして議決される。これにより、若手研究員は高度な組織運営を自主的に学びながら、更には採択されたプロジェクトを全体として効率的に実現するプロジェクトマネジメントを経験することが可能となっている。本年度は、日韓伊の国際サマースクール、日伊ジョイントシンポジウム、自主研究会等を実施し、拠点として若手同士の深い絆が育成された。



写真1 助手会の様子

博士課程学生、ポスドク研究員による研究助成金獲得

GCOEグローバルロボットアカデミアは「突破力」のある若手研究者の育成に力を入れており、プロジェクト研究を競争的資金獲得によって立ち上げるための指導と支援が行なわれている。ポスドク研究員（PD）だけでなく、博士課程学生（DC）も研究助手に採用されることで、文部科学省の科学研究費補助金への申請資格を得ることができる。2009年度も10名以上のDC、PDが科研費へ申請を行なった。

また、2009年度に以下のような研究助成金をDC、PDが獲得した。

- ・PD、科学研究費補助金（若手研究（スタートアップ））  
「人工筋肉を用いた舌実体モデルと3次元の感覚系の構築」
- ・DC、科学研究費補助金（若手研究（スタートアップ））  
「残存能力に適した自立移乗支援装置選定アルゴリズムの構築」
- ・DC、財団法人理工学振興会研究助成金  
「非線形フィルタによるシングルチャネル雑音除去に関する研究」
- ・DC、財団法人大川情報通信基金  
「がん骨転移患者の寝返り支援を目的としたロボティック体幹装具の開発」
- ・DC、財団法人慢性疾患・リハビリテーション研究振興財団  
「歩行訓練用左右分離レッドミルを用いた左右歩行相バランスの改善に関する研究」
- ・DC、経済産業省平成21年度ものづくり中小企業製品開発等支援補助金  
「心臓外科手術訓練装置における多層血管構造モデルの試作開発」



# Waseda-SSSA-KIST-Tsukuba-Nagoya Summer School 2009 (WSK-TNg 2009) “From Communication to Collaboration”

当拠点における欧州・アジアの戦略的協定機関であるイタリア聖アンナ大学院大学 (SSSA)・韓国科学技術研究所 (KIST)・筑波大学・名古屋大学と合同でサマースクールを早稲田大学にて開催した。サマースクールでは"From Communication to Collaboration"をテーマとし、参加者らによるポスターセッション、グループワークディスカッションを行なった。また、各国5大学・2企業から招聘した計12名の先生方から講演をいただいた。これらのアクティビティを通じ、参加者らは産学連携、国際連携、異分野連携について、互いに活発なディスカッションおよび技術交流を行なった。本イベントは当拠点の博士後期課程学生が中心となって本サマースクールの準備・運営を行ない、学生の主体性や実行力を育むことに貢献した。

### 開催概要

日時 2009年11月2日(月)～7日(土)

場所 早稲田大学西早稲田キャンパス

テーマ From Communication to Collaboration

参加学生 88名

### 講演者

12名  
山海嘉之(筑波大)  
福田敏男(名古屋大)  
吉村允孝(京都大)  
水川真(芝浦工大、早稲田大)  
彼末一之(早稲田大)  
Paolo Dario (SSSA)  
Mun-Taek Choi (KIST)  
Junho Choi (KIST)  
Sung-Kee Park (KIST)  
水野修(パナソニック)  
五内川拡史(ユニファイリサーチ)  
Peter Mertens (Siemens)



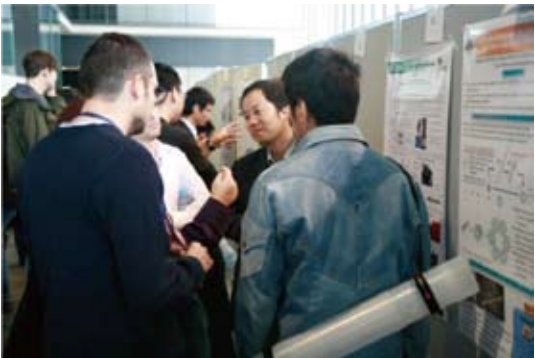
### グループワーク

参加学生を1グループあたり5～6名、計15グループに分け、グループワークを行なった。課題テーマとして「Collaboration in 2010」を設定し、研究公募に応募することができるような仮想研究計画の立案および発表、ディスカッションを行なった。これにより、単なる学生間の交流に留まらず、国際連携・異分野連携といった実践的な研究のコラボレーションへの取り組み方を学ぶことができた。



### ポスターセッション

参加学生らは各々の研究に関してポスターセッションを行なった。発表とディスカッションを通して、互いの研究に対する理解を深めることができた。





## 講演

最先端研究を担う先生方から、実際の産学連携・国際連携・異分野連携の取り組み方や事例に関して講演を。参加学生らは発表とディスカッションを通して、多分野の先端研究やより実際のなコラボレーションについて学ぶことができた。



山海 嘉之 先生



福田 敏男 先生



水野 修 様



五内川 拓史 先生



吉村 允孝 先生



水川 真 先生



彼末 一之 先生



Mun-Teak Choi 先生



Junho Choi 先生



Peter Mertens 様



Paolo Dario 先生



Sung-Knee Park 先生



## ソーシャルアクティビティ

日本科学未来館、産業技術総合研究所 (AIST)、および浅草の見学、隅田川での屋形船体験を行なった。参加学生らは、多分野に渡る最先端の科学技術の成果のみならず、日本の伝統・文化をも感じることができた。



## Giuseppe Carbone(University of Cassino, Assistant Professor)講演会

日時 2009年4月17日 13:30-15:00  
場所 早稲田大学 50号館 (TWIns) 3階ホワイエ  
タイトル "Multi-objective optimal design of robots"  
"Design and operation of parallel manipulators: experiences at LARM"

Carbone准教授が所属するLARM (Laboratory of Robotics and Mechatronics) でのロボット研究の取り組み、特にパラレル・マニピュレータの設計論とロボットの最適化設計についてご講演を頂いた。



## Sensory Fusion in Robotics - How to integrate different sensors and different modalities to build better robots for everyday life

日時 2009年5月18日 13:00-17:00  
場所 早稲田大学 50号館(TWIns) 2階 第2会議室  
タイトル "Adapting principles from biology for integrating structures and mechanisms with sensing and control"  
Mark CUTKOSKY (Professor of Stanford University, USA)  
"Robot Technology and Challenge"  
Jun Ho OH (Professor of Korea Advanced Institute of Science and Technology)  
"Integrative Architectures: tying ti all together"  
Ronald C ARKIN (Associate Dean for Research, Georgia Institute of Technology, USA)  
"How to advance humanoid research?"  
Giulio SANDINI (Professor of Italian Institute of Technology)

Sensory Fusionワークショップでは、センサ、機構、知覚、制御をいかに統合することがロボットの発展を促すかを議題としてヨーロッパ・アメリカ・アジアから講演者を招待し、プレゼンテーションを頂いた。





# 早稲田大学「RTフロンティア」命名式・オープニングセレモニー

早稲田大学「RTフロンティア」命名式・オープニングセレモニー

日時 2009年5月21日 13:00-15:00

場所 RT フロンティア（新宿ラムダックスビル）101、901、1202号室

活動拠点の命名式とオープニングセレモニーを行った。本活動拠点は、人間と生活に密着した人間支援ロボット研究所とし、活動拠点名は関係者から募集投票後『RTフロンティア』と決定した。当日は、9社の報道関係からの取材を受けた。

オープニングセレモニー（命名式、テープカット）

RTフロンティア内の各プロジェクト紹介、デモ

- ・101室 ①人とロボットのコミュニケーションスクエア（COSMAR）  
②歩行支援機Tread-Walk ③つえナビ  
④三次元動作解析室（VICON）
- ・901室 ⑤GPS・RFID  
⑥知能ロボティクスシミュレーションセンター（CIROS）  
⑦ソフト・ロボティクス
- ・1202室 ⑧共創コミュニケーション ⑨ケミカルロボット  
⑩人間-機械インタラクションロボット  
⑪エモーショナル・ヒューマノイド・ロボット（KOBIAN）



## （共催）The 1st International Symposium on Biochemical Science and Engineering

日時 2009年7月18日 10:30-15:50

場所 早稲田大学 50号館(TWIns) 3階 セミナールーム

東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究教育施設(TWIns)にて行なわれている「医理工融合研究」の成果発信とその発展のための議論の場として、ハイテクリサーチセンター整備事業が主催のシンポジウムを開催した。シンポジウム第一部では、本学GRAの重要なパートナーである聖アンナ大学院大学(SSSA)のパオロ・ダリオ教授を招き、SSSAにおける医療ロボット研究の最新の成果と今後の展望についてご講演をいただいた。またそれに続き、GRAのゼッカ講師、石井助手より、GRAとSSSAの間で展開中の共同研究についての報告がなされた。シンポジウム第二部では、カリフォルニア大学のクリストファー・コウエル教授より、生物の体内時計に関するご講演をいただいた。またそれに続き、本学の柴田重信教授、永島計教授より、本学における生命科学研究の現状についての報告がなされた。



# RTフロンティア体験ツアー in オープンキャンパス

日時 2009年8月1・2・3日 10:00-16:00

場所 RT フロンティア（新宿ラムダックスビル）101号室

今年5月に新たにオープンした人とRT(Robot Technology)の共生教育研究拠点「RT-フロンティア」にて、GCOEプログラムの掲げる「体系的ロボット学：M-Robotics (Methodical Robotics)」の研究成果の一部をオープンキャンパスにて一般の来場者（高校生やその父兄）に実際に体験してもらうことで紹介した。3日間で250名程の来訪者がRT-フロンティアに集まった。



## （共催）第14回日本バーチャルリアリティ学会大会

日時 2009年9月9日～11日

場所 早稲田大学63号館（西早稲田キャンパス）

ロボティクスとバーチャルリアリティはともに人間との関わりが深い総合工学であるという共通性を有することから、グローバルロボットアカデミアとの共催として、ロボットの展示・実演等の企画を催すこととなった。代表の藤江正克教授による医療・福祉とロボティクスについての特別講演、テクニカルツアーにおけるRTフロンティアでのロボットの実機展示やデモンストレーション、会場の展示ブースにおけるデモムービーの公開と来場者への説明などを行い、実世界を相手にするロボティクス分野と、五感を通して身体を包む新しい時空・環境を創出するシステム技術であるバーチャルリアリティ分野の融合可能性についての議論を行った。





(共催) Italy-Japan Workshops on Robotics - WS on Service Robotics

日時 2009年 11月 8日  
場所 西早稲田キャンパス63号館 2階04-05会議室 (西早稲田キャンパス)

このワークショップではイタリアと日本の若手研究者が互いの先端技術をより深く理解し、新しいコラボレーションを創出することを目的としてCecilia Laschi教授(SSSA) および高西淳夫(早大)を座長に、両国の学术界・産業界の第一人者が、サービスロボットとその現状と未来における役割についてプレゼンを行った。"practical issues and problems for the introduction of service robots in everyday life"と題して行なわれたパネルディスカッションでは教育、研究、産業においてイタリアと日本が実質的にコラボレーションを行なえるトピックを提案するべく議論が交わされた。



ロボット・セミナー&ディスカッション『役にたつロボットとは』

日時 2009年 12月 7日・8日・9日 18:00-20:00  
場所 早稲田大学 50号館(TWIns) 2階 第2会議室  
講師 五内川 拓史 (GCOEグローバルロボットアカデミア 客員次席研究員、株式会社ユニファイリサーチ 代表取締役社長)

「役にたつロボットとは」をテーマに、技術シーズ、社会ニーズの現状分析の方法や、研究開発の戦略立案の方法などについての講義がなされた。また、講義後は講師と参加者によるディスカッションが行われた。ディスカッションでは、現在マーケットにおいて成功を収めているロボットに関する分析や、ロボット・ビジネス成功の条件に関する検討が行われた。本セミナーを通して参加者に実用化指向型研究の企画と実施に必要な知識やノウハウが蓄積されたと期待される。



(共催) Italy-Japan Workshops on Robotics - WS on Medical Robotics

日時 2009年 11月 9日  
場所 大隈小講堂 (早稲田キャンパス)

イタリアおよび日本の手術支援ロボットに関する報告会を行った。心臓外科、脳外科、整形外科、胎児外科など様々な領域の手術支援ロボットがテーマとなり、カプセル型ロボットのレーザー治療など、多岐にわたる発表がなされた。また、EUで進行中のプロジェクトに関する報告もなされた。パネルディスカッションにおいては、次世代医療機器を実用化の際の規制に関する議論が行われた。日本、EU、アメリカの規制の現状の違いや現状を打破するための方法などに関して、参加者も含めて活発な意見交換がなされた。参加者としては、日本の学生、イタリアの学生のみならず、オランダTwente大学の学生も多数参加した。これは本GRAの活動であるオランダのTechnical university訪問が経緯となり実現したもので、今後の共同研究などに非常に有意義であったと考えられる。





論文

Y. Kobayashi, A. Onishi, T. Hoshi, K. Kawamura, M. Hashizume and M. G. Fujie. "Development and validation of a viscoelastic and nonlinear liver model for needle insertion", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 4, 1, 53-63, (2009)

岸 宏亮、藤江 正克、橋爪 誠、佐久間 一郎 and 土肥 健純。"ロッド駆動型多関節術具とこれを用いたMRI環境対応小型マスタスレーブマニピュレータ"、日本ロボット学会誌、27, 6, 652-660, (2009)

J. Solis, N. Takeshi, K. Petersen, M. Takeuchi, A. Takanishi. "Development of the Anthropomorphic Saxophonist Robot WAS-I: Mechanical Design of the Simulated Organs and Implementation of Air Pressure", Advanced Robotics Journal, in press, (2009)

M. Zecca. "Neuroscience and Robotics: Ethical and Social Implications", Ethics for Bioscience and Bioengineering, 5, 29-58, (2009)

M. Zecca, S. Sessa, Z. Lin, T. Sasaki, T. Suzuki, K. Itoh, H. Iseki, Takanishi. "Development of an Ultra-Miniaturized Inertial Measurement Unit for Objective Skill Analysis and Assessment in Neurosurgery: preliminary results", MICCAI 2009, Part I, Lecture Notes in Computer Science, 5761, 443-450, (2009)

鳥阪綾子、山川宏、"軽量構造物の広周波数域の受動制振設計法（拘束型粘弾性減衰材と軽量補強構造物を同時に考慮した受動最適制振設計法）"、日本機械学会論文集C編、Vol. 75, No. 752, pp. 1171-1178, (2009)

M. Kotani, K. Nakamichi and Y. Yasufuku and H. Kawada. "Damage Evolution of Delayed Fracture in Woven GFRP under Hot Water Environment", Advanced Materials Research, 79, 82, 1923-1926, (2009)

Norihiko Taniguchi, Tsuyoshi Nishiwaki, Norio Hirayama, Hirofumi Nishida and Hiroyuki Kawada. "Dynamic tensile properties of carbon fiber composite based on thermoplastic epoxy resin loaded in matrix-dominant directions", Composite Science and Technology, 69, 2, 207-213, (2009)

Yoshihiko Arao, Jun Koyanagi, Shin Utsunomiya and Hiroyuki Kawada. "Time-dependent out-of-plane deformation of UD-CFRP in humid environment", Composite Science and Technology, 69, 1720-1725, (2009)

Norihiko Taniguchi, Tsuyoshi Nishiwaki, Norio Hirayama, Hirofumi Nishida and Hiroyuki Kawada. "Dynamic tensile properties of carbon fiber composite based on thermoplastic epoxy resin loaded in matrix dominant directions", Composite Science and Technology, 69, 2, 207-213, (2009)

Atsushi Hosoi, Yoshihiko Arao and Hiroyuki Kawada. "Transverse Crack Growth Behavior Considering Free-edge Effect in Quasi-isotropic CFRP Laminates under High-cycle Fatigue Loading", Composites Sci. Technol. , 69, 1388-1393, (2009)

Jun Koyanagi, Masaki Kotani, Hiroshi Hatta and Hiroyuki Kawada. "A comprehensive model for determining tensile strengths of various unidirectional composites", J. Composite Mater. , 43, 1901-1914, (2009)

Jun Koyanagi, Pranav D. Shah, Souta Kimura, Sung K Ha and Hiroyuki Kawada. "Mixed-mode interfacial debonding simulation in single fiber composite under a transverse load", Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 3, 796-806, (2009)

Atsushi Hosoi, Jiadi Shi and Narumichi Sato and Hiroyuki Kawada. "Variations of fatigue damage growth in cross-ply and quasi-isotropic laminates under high-cycle fatigue loading", Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 3, 138-149, (2009)

Yoshihiko Arao, Jun Koyanagi, Shin Utsunomiya, Shin-ichi Takeda and Hiroyuki Kawada. "Analysis of time-dependent deformation of a CFRP mirror under hot and humid conditions", Mechanics of Time-Dependent Materials, 13, 183-197, (2009)

谷口憲彦、西脇剛史、平山紀夫、西田裕文 and 川田宏之。"熱可塑性エポキシ樹脂をマトリクスとする一方向繊維強化複合材料の衝撃引張り特性評価"、日本機械学会論文集A編「自動車技術を支える材料力学」特集号、75, 758, 1284-1289, (2009)

荒尾与史彦、小柳 潤、宇都宮真、寺田 裕 and 川田宏之。"CFRP直交積層板の高温・多湿環境下における形状変化挙動"、日本複合材料学会誌、35, 6, 241-247, (2009)

H. Kawamoto, H. Inoue and M. Nakamura. "hree-Dimensional Formation of Magnetic Micro Gel-Beads for Tissue Engineering", J. Appl. Phys. , 105, (2009)

H. Kawamoto. "Manipulation of Single Particle Utilizing Electrostatic Force", J. Electrostatics, 67, 850-861, (2009)

H. Kawamoto and T. Hiratsuka. "Statics and Dynamics of Carrier Particles in Two-Component Magnetic Development System in Electrophotography", J. Imaging Science and Technology, 53, 6, 1781-1790, (2009)

H. Kawamoto, H. Inoue and M. Nakamura. "hree-Dimensional Formation of Magnetic Micro Gel-Beads for Tissue Engineering", Virtual Journal of Nanoscale Science & Technology, 19, 12, (2009)

多田、西浦 and 川本。"静電場モデルによる針対平板電極系での液滴挙動の安定性解析"、日本機械学会論文集（B編）、75, 752, 619-625, (2009)

多田、西浦 and 川本。"静電場中で噴射・飛翔制御された微細液滴の重畳による薄膜成膜"、日本機械学会論文集（B編）、75, 757, 1781-1789, (2009)

川本 and 小林。"プラズマアクチュエーターに生じるオゾン"、日本機械学会論文集（B編）、75, 759, 2345-2347, (2009)

川本、平塚 and 若井。"レーザプリンタの2成分磁気ブラシ現像系におけるキャリア粒子の動力学"、日本機械学会論文集（C編）、75, 750, 349-356, (2009)

川本、手島、杉山 and 三輪。"電子写真の磁性一成分現像システムにおけるトナー粒子の動特性"、日本機械学会論文集（C編）、75, 752, 677-685, (2009)

川本、平塚 and 若井。"レーザプリンタの2成分磁気ブラシ現像系におけるキャリアブラシの摩擦力"、日本機械学会論文集（C編）、75, 752, 986-991, (2009)

川本、神山 and 太田。"オフセット輪転機に生じる印刷縞の発生メカニズム"、日本機械学会論文集（C編）、75, 755, 1911-1917, (2009)

川本 and 内山。"進行波電界を用いたルナダストの搬送と除去機構"、日本機械学会論文集（C編）、75, 757, 2468-2474, (2009)

川本 and 内山。"ソーラーパネルやレンズに堆積するルナダストの静電クリーニング機構"、日本機械学会論文集（C編）、75, 758, 2613-2618, (2009)

武藤健司、古川正英、酒井潤一 and 吉田 誠。"レーザー表面溶融条件がSUS316系ステンレス鋼の耐粒界腐食性に及ぼす影響"、日本金属学会誌、73, 5, 340-345, (2009)

魚住久雄、中西宏太、井上健太郎、塚田高行、府山伸行、藤井敏男 and 吉田 誠。"炭素繊維強化アルミニウム複合材料の熱伝導特性に及ぼす諸因子の影響"、軽金属、59, 10, 562-56, (2009)

森下 誠、阿部光宏、徳田健二 and 吉田 誠。"DC castingにおけるAl-Mn系およびAl-Mg系アルミニウム合金の割れ感受性予測方法"、軽金属、59, 8, 417-423, (2009)

鈴木健司、小池裕之、高信英明 and 三浦宏文。"表面張力を利用した水面移動ロボットの研究"、日本機械学会論文集（C編）、75, 751, 144-153, (2009)

Tomomi Abe, Mitsuharu Matsumoto, Shuji Hashimoto, "Noise reduction utilizing cross time-frequency  $\epsilon$  - filter", Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 125, No. 5, pp. 3079-3087, (2009)

Sun Hong Park, Shuji Hashimoto, "Autonomous Mobile Robot Navigation Using Passive RFID in Indoor Environment", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, No. 7, pp. 2366-2373, (2009)

Satoshi Nakamaru, Shingo Maeda, Yusuke Hara, Shuji Hashimoto, "Control of Autonomous Swelling-Deswelling Behavior for a Polymer Gel", Journal of Physical Chemistry, Vol. 113, No. 14, pp. 4609-4613, (2009)

Yusuke Hara, Ryo Yoshida, "Damping behavior of aggregation-disaggregation self-oscillation for a polymer chain", Macromolecular Rapid Communication, Vol. 30, No. 19, pp. 1656-1662, (2009)

原雄介、"生態環境下で駆動する新規自励振動型高分子の創製と自励粘性振動の解析"、高分子論文集、Vol. 66, No. 8, pp. 289-297, (2009)

Yusuke Hara, Ryo Yoshida, "Influence of a positively charged moiety on aggregation-disaggregation self-oscillation induced by the BZ reaction", Macromolecular Chemistry and Physics, Vol. 210, No. 24, pp. 2160-2166, (2009)

Tomoyuki Yamaguchi, Yoshiaki Sorioka, Sunhong Park, and Shuji Hashimoto, "SIEN: Telescopic-Arm Climbing-Support Robot", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 21, No. 5, pp. 621-627, (2009)



Takabumi Watanabe, Norikazu Matsushima, Ryutaro Seto, Hiroko Nishi, Yoshiyuki Miwa, "Electromyography Focused on Passiveness and Activeness in Embodied Interaction: Toward a Novel Interface for Co-creating Expressive Body Movement", Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI, Vol. 5612, No. 818, pp. 554-562, (2009)

Yoshiyuki Miwa, Shiroh Itai, Takabumi Watanabe, Koji Iida, Hiroko. Nishi, "Shadow Awareness - Bodily Expression Supporting System with Use of Artificial Shadow -", Information Systems and Applications, incl. Internet/Web, and HCI, Vol. 5611, No. 912, pp. 226-235, (2009)

高瀬翔、土井幸輝、藤本浩志、"対象物の硬さに応じた指腹自体の変形の違いが硬さ感覚特性に及ぼす影響"、感性工学、Nol. 8, No. 4, pp. 1105-1111, (2009)

和田勉、土井幸輝、天野真衣、片桐麻優、藤本浩志、"触知案内図のドットパターン及びストライプパターンの粗密感覚特性に関する研究"、日本機械学会論文集C編、Vol. 75, No. 752, pp. 1041-1046, (2009)

原利明、小林吉之、蔵重由貴子、藤本浩志、"摩擦の異なる床仕上げ材間の識別容易性に関する研究"、日本機械学会論文集C編、Vol. 75, No. 754, pp. 1705-1711, (2009)

土井幸輝、小玉千明、藤本浩志、和田勉、"触知記号のサイズが識別容易性に及ぼす影響に関する研究"、日本生活支援工学会誌、Vol. 9, No. 1, pp. 22-28, (2009)

Yoshiyuki Kobayashi, Hiroshi Fujimoto, Kimitaka Nakazawa, Masami Akai, "Foot Position Tends to Be Sensed as More Medial Than the Actual Foot Position", Journal of Motor Behavior, Vol. 41, No. 5, pp. 437-443, (2009)

Yousuke Fukusato, Eri sato-Shimokawara, Toru Yamaguchi and Makoto Mizukawa. "A Service System Adapted to Changing Environments Using Kukanchi", Journal of Robotics and Mechatronics, 21, 4, 443-452, (2009)

Ken Ukai, Yoshinobu Ando and Makoto Mizukawa. "Robot Technology Ontology Targeting Robot Technology Services in Kukanchi ° Interactive Human-Space Design and Intelligence ° ", Journal of Robotics and Mechatronics, 21, 4, 489-497, (2009)

Le DUNG and Makoto MIZUKAWA. "Fast Hand Feature Extraction Based on Connected Component Labeling, Distance Transform and Hough Transform, Special Issue on Robot Vision -Vision for Action-", Journal of Robotics and Mechatronics, 21, 6, 762-738, (2009)

小川和哉、水川真 and 安藤吉伸。"環境タスク適応型電力制御を有するロボットシステムの構築に関する研究"、計測自動制御学会論文集 （SICE2008）, 45, 5, 268-275, (2009)

佐藤 大祐、小林 正和 and 宮下 朋之。"データ包絡分析法を用いた概念設計における発想支援に関する研究"、日本機械学会論文集（C編）、75, 760, 3355-3361, (2009)

亀崎允啓、岩田浩康、菅野重樹、"双腕作業機の知能化インタフェースに関する研究～環境の複雑性および操作者の多様性に非依存な基底作業状態～"、計測自動制御学会論文集、Vol. 45, No. 12, pp. 646-653, (2009)

小鷹研理、丹羽治彦、坂本義弘、菅野重樹 "格子状に配置されたRFIDタグの床面を移動するロボットの姿勢推定"、計測自動制御学会論文誌、Vol. 45, No. 7, pp. 379-387, (2009)

Mitsuhiro Kamezaki, Hiroyasu Iwata, Shigeki Sugano, "Operator Support System based on Primitive Static States in Intelligent Operated-Work Machines", Advanced Robotics, Vol. 23, No. 10, pp. 1281-1297, (2009)

Kenri Kodaka, Haruhiko Niwa, Shigeki Sugano, "Rotation-Based Dynamic Localization at an Initial Dead-Zone Avoidance Stage on an RFID Tag Lattice", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 21, No. 4, pp. 460-468, (2009)

Kenri Kodaka, Haruhiko Niwa, Shigeki Sugano, "Reader Placement Effects of a Moving Robot on Floor-Installed-Type RFID Systems", SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration Robotics and Mechatronics (JCMSI), Vol. 2, No. 6, pp. 334-340, (2009)

Taisuke SUGAIWA, Hiroyasu IWATA and Shigeki SUGANO, "Hand-Arm Coordinated Manipulation Using Active Body-Environment Contact", SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration Robotics and Mechatronics (JCMSI), Vol. 2, No. 6, pp. 348-356, (2009)

塩田真吾、永田勝也 and 山内崇裕。"実践初心者のための環境教育データベースの開発と評価"、エネルギー環境教育研究、4, 1, (2009)

塩田真吾、永田勝也、山内崇裕 and 和田翔太。"シリアスゲームを用いた環境教育の試み"、コンピュータ & エデュケーション、27, (2009)

Yutaka Murata, Sadahito Tokui, Soichiro Watanabe, Kiyoto Takeshita, Yasuhiro Daisho, Hisakazu Suzuki and Hajime Ishii. "A Study on the Improvement of NOx Reduction Efficiency for a Urea SCR System (First Report) -A Concept of NH3 Adsorption Quantity Control and its Application to Transient Operation-", Review of Automotive Engineering, 30, 1, 19-26, (2009)

Daisuke Tanaka, Koji Hiraya, Hirofumi Tsuchida, Hidetoshi Wakasa, Yutaka Murata, Jin Kusaka and Yasuhiro Daisho. "A Study of Gasoline Lift-off Combustion in a Spark Ignition Engine", SAE International Journal of Engines, 147-159, (2009)

Yutaka Murata, Jin Kusaka, Yasuhiro Daisho, Daisuke Kawano, Hisakazu Suzuki, Hajime Ishii and Yuichi Goto. "Miller-PCCI Combustion in an HSDI Diesel Engine with VVT", SAE International Journal of Engines, 444-456, (2009)

紙屋雄史、中村達、長野翔太、佐藤剛、高橋俊輔、大聖泰弘、草鹿仁、松木英敏 and 佐藤文博。"小型電動車両用非接触誘導充電装置の開発ならびに搭載車両の性能評価"、自動車技術会論文集、40, 2, 493-498, (2009)

徳井貞仁、村田 豊 and 大聖 泰弘。"尿素SCRシステムのNOx浄化率向上に関する研究（第4報）尿素水の噴射制御ロジックの構築と各種過渡運転への適用"、自動車技術会論文集、40, 6, 1515-1520, (2009)

神谷 憲太郎、青木 剛、村田 豊、草鹿 仁 and 大聖 泰弘。"4段噴射による大型ディーゼルエンジンの排出ガス低減"、自動車技術会論文集、40, 3, 711-716, (2009)

水嶋 教文、吉村 佳 and 草鹿 仁。"LPGおよびガソリンの層流予混合燃焼機構の相違がSIエンジンの燃焼速度に及ぼす影響"、自動車技術会論文集、40, 3, 817-822, (2009)

Takeshi Mende, Jin Kusaka, Makoto Nagata, Ryuji Ando and Hideaki Kato. "Detailed Analysis of Particulate Matter Emitted from Bio-fueled Diesel Combustion with High EGR", CI Engine Performance for use with Alternative Fuels 2009, 2009-01-0483, (2009)

表彰

M. Kotani, Y. Shibata, Y. Yamamoto and H. Kawada. 「Best paper award」, "Evaluation of interface properties in GFRP under water environment using different fracture mode tests", 11th Japan International SAMPE Symposium & Exhibition

R. Nakadate, H. Uda, H. Hirano, J. Solis, A. Takanishi, E. Minagawa, M. Sugawara, Kiyomi Niki. 「Best Student Paper Award Finalist」, "Development of a Robotic Carotid Blood Measurement WTA-1RII:Mechanical Improvement of Gravity Compensation Mechanism and Optimal Link Position of the Parallel Manipulator based on GA", IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2009)

Solis, J. , Petersen, K. , Ninomiya, T. , Takeuchi, M. , Takanishi, A. 「Finalist for the Award on Entertainment Robots and Systems – / New Technology Foundation」, "Development of Anthropomorphic Musical Performance Robots: From Understanding the Nature of Music Performance to Its Application to Entertainment Robotics", International Conference on Intelligent Robots and Systems

小谷正浩、柴田洋平 and 川田宏之。"材料・構造の複合化と機能化に関するシンポジウム（J-COM38）論文賞"、"高温水環境下におけるGFRP一方向材の引張特性（界面劣化を考慮したGLS理論による強度予測）"、日本材料会複合材料部門委員会

永田勝也。"第11回グリーン購入大賞"、"優秀賞"、グリーン購入ネットワーク

特許

手技訓練用血管モデル：梅津光生、朴栄光、三田裕、沖恵理子、金光直彦、特許第4326011号、出願番号 特願2006ー145981、出願年月日平成18年5月25日、特許権者学校法人早稲田大学

医療訓練用血管モデル及びその製造方法：梅津光生、朴栄光、特許第4404964号、出願番号 特願2009ー534957、出願年月日平成21年3月20日、特許権者学校法人早稲田大学



拠点メンバー名簿

|             |                                                                          |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 藤江 正克       | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>バイオロボティクス 生体モデルベースRT                             |
| 高西 淳夫       | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>ロボット工学 心身統合メカニズム                                 |
| 山川 宏        | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>機械構造力学・設計工学 ロボット最適形態デザイン                         |
| 梅津 光生       | 先進理工学研究科 生命理工学専攻 教授<br>医用機械工学 心身に調和する人工臓器                                |
| 林 洋次        | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>極限トライボロジー ロボットメカニズム                              |
| 石山 敦士       | 先進理工学研究科 電気・情報生命専攻 教授<br>超伝熱応用・生体磁気 ブレインマシンインタフェース                       |
| 川田 宏之       | 基幹理工学研究科 機械科学専攻 教授<br>複合材料工学 ロボット用高機能複合材料                                |
| 川本 広行       | 基幹理工学研究科 機械科学専攻 教授<br>精密工学 電磁粒体力学マイクロマシン                                 |
| 吉田 誠        | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 准教授<br>エネルギー材料工学 ロボット軽量化・高効率化                          |
| 高信 英明       | 理工学術院総合研究所 客員准教授（工学院大学大学院 機械工学専攻 准教授）<br>ロボット工学 バイオミメティックマシン             |
| 橋本 周司       | 先進理工学研究科 物理学及応用物理学専攻 教授<br>計測情報工学 人間機械調和                                 |
| 三輪 敬之       | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>生命機械工学 共創コミュニケーション                               |
| 藤本 浩志       | 人間科学研究科 人間科学専攻 教授<br>福祉工学 ヒューマンマシンインターフェース                               |
| 水川 真        | 理工学術院総合研究所 客員教授（芝浦工業大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 教授）<br>ロボット工学 ヒューマンロボットインタラクション |
| 宮下 朋之       | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 准教授<br>設計工学 ヒューマンボディモデリング                              |
| 菅野 重樹       | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>知能機械学 RTシステムインテグレーション                            |
| 勝田 正文       | 環境・エネルギー研究科 環境・エネルギー専攻 教授<br>伝熱・新エネルギー工学 次世代ロボットエネルギー                    |
| 永田 勝也       | 環境・エネルギー研究科 環境・エネルギー専攻 教授<br>環境システム工学 循環型社会と安全安心体系                       |
| 大聖 泰弘       | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>自動車工学 次世代ビークル・ハイブリッドシステム                         |
| 山内 繁        | 人間科学研究科 人間科学専攻 特任教授<br>支援工学 ロボットエシックス・支援機器                               |
| 草鹿 仁        | 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 教授<br>熱流体工学 環境問題・燃料電池システム                              |
| 杉本 旭        | 理工学術院総合研究所 客員教授（長岡技術科学大学大学院 技術経営研究科 システム安全専攻 教授）<br>安全工学 人と共生するロボットの安全安心 |
| Paolo Dario | 理工学術院総合研究所 客員教授（イタリア 聖アンナ大学院大学「SSSA」教授）<br>ロボット工学 ニューラルロボティクス・MEMS       |
| Munsang Kim | 理工学術院総合研究所 客員教授（韓国 科学技術研究院「KIST」教授）<br>ロボット工学 高齢者・障害者支援ロボティクス            |

文部科学省グローバルCOEプログラム拠点  
グローバルロボットアカデミア 事務局

〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1  
早稲田大学大久保キャンパス 55号館 S棟 1階 03室  
Tel:03-5286-3481 E-Mail：RT-COE-WRI@list.waseda.jp  
http://www.rt-gcoe.waseda.ac.jp/