

豊田工業大学オープンラボ

- 産学接点のために -



2015年度

豊田工業大学における研究活動のご紹介と研究室公開のご案内

豊田工業大学
学長 榊 裕之

日頃より、本学の教育・研究活動に対して格別のご支援を賜り、心より御礼を申し上げます。

さて本学では、40 余名の専任教員が、機械工学、電子・情報工学、光・物質工学の諸分野で、技術の最前線を開拓するとともに、その学術基盤を築くことを目指し、研究に日々勤しんでいます。幸い、これらの努力が評価されて、文部科学省の戦略的研究基盤支援事業として 4 つの共同研究プロジェクトが採択されており、その推進に努めるとともに、経済産業省傘下の NEDO の支援を受けた太陽電池に関する研究プロジェクトも鋭意進めております。また、本学独自の枠組みとして、スマートビークル研究センターとスマートエネルギー技術研究センターを設け、複数の教員の協力による学際共同研究を進めるとともに、豊田工業大学シカゴ校 (TTIC) など海外の諸機関との国際的な共同研究および産業界との産学協同研究を意欲的に進めております。

これらの研究の推進には、33 名ほどの博士 (PD) 研究員 (なおその内 7 割は海外出身者) が大きな貢献をなしています。また、約 80 余名の大学院学生 (内、博士課程学生は 8 名) が研究に深く参画し、研究推進の体験を通じて、創造力に富んだ技術者・研究者になるための研鑽を行っています。さらに、学部 4 年生には「卒業研究」の機会を提供するなどして、次の時代を切り拓く、若手研究者や技術者を育てる努力を続けています。

こうした研究および人材育成の取組みを、学外の研究者や技術者にご紹介し、忌憚ないご意見をいただくために、2010 年から「企業向けオープン・ラボ (研究室公開)」を始めましたが、今年も 12 月 10 日 (木) に開催いたします。ご多用中に恐縮ですが、この機会に、本学の研究室を自由にご覧頂き、研究成果などを知って頂き、ご指導と御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。さらに今回の御来訪が契機となり、本学の研究室との共同研究ならびに貴社の研究者や技術者の本学大学院への派遣など、種々の産学間協力や交流を深めることができれば、誠に幸いに存じます。

INDEX

機械システム分野

流体工学	1
材料プロセス	3
機械創成	5
マイクロメカトロニクス	7
固体力学	9
熱エネルギー工学	11
設計工学	13

電子情報分野

制御システム	15
電磁システム	17
知能数理	19
半導体	21
電子デバイス	23
情報通信	25

物質工学分野

量子界面物性	27
極限高分子材料	29
情報記録機能材料	31
光機能物質	33
フロンティア材料	35
表面科学	37
エネルギー材料	39
触媒有機化学	41
物性理論	43
界面制御プロセス	45
高分子ナノ複合材料	47

研究センター

スマートビークル研究センター	49
スマートエネルギー技術研究センター	51

その他(研究プロジェクト など)

研究プロジェクト	54
ミクロ・ナノ工房(仮称)(共同利用クリーンルーム)	58

流体力学研究室

— 複雑流れの現象解明と、目的に沿った流れ制御法の開発 —

◆研究室スタッフ

教授: 田中周治 助教: 瓜田 明

問合せ先 : stanaka@toyota-ti.ac.jp, urita@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

航空機、高速鉄道車両や高層建築物等の物体周りの流れや、管路、エンジン等の内部の流れを詳しく理解することは、これらの設計、性能改善や安全性、経済性の向上の面から重要です。本研究室では、これらに関連した多様で複雑な流れ現象を解明し、その流れを目的に応じて制御する方法を、各種の風洞実験やコンピュータによる数値解析などの手法を用いて現象論と理論解析の両面から研究しています。

●流れの本質に関する基礎研究

乱流現象は、多くの技術的問題で避けて通れない問題であり、古くから研究されているにもかかわらず、近い将来においても容易には解決できそうもない流体力学上の難問です。本研究室では、機械工学に関連した流れとして、様々な流れ中の物体後方に生じる乱流後流の大規模組織構造や、周期変動流の乱流遷移、境界層内の組織性変動の挙動などについて研究を行っています。

●流体力学的流れの研究

流体力学上、重要な問題、例えば、種々の翼流れの理論解析および実験研究、各種の二次元・三次元鈍頭物体周りの非定常流れの定量化などを逐次取り上げ、研究を進めています。

●流れの計測・処理法に関する研究

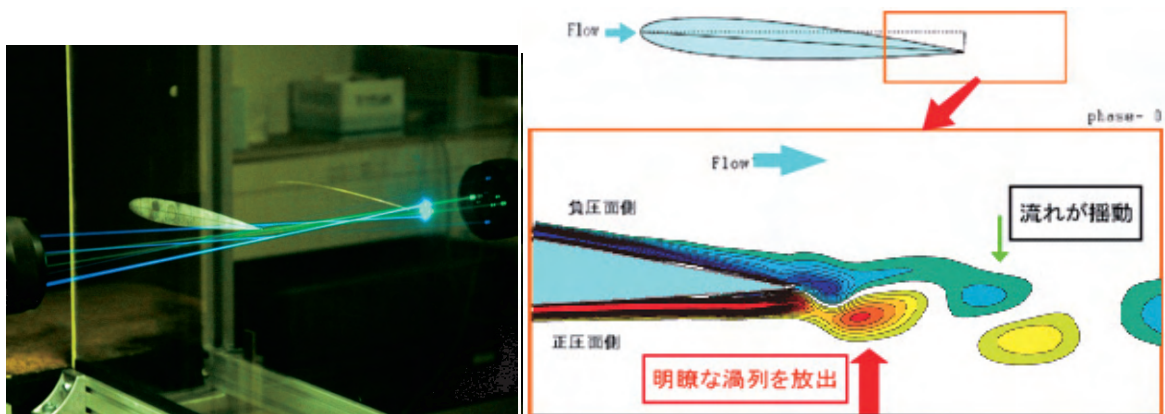
複雑な三次元非定常流れ場を高速に高精度で計測するため、各種センサ、実時間信号処理のハード/ソフトウェア群を開発し、計算機援用可視化(CAFV)法として整備・統合化を行っています。

●流れの制御に関する研究

航空機の翼や、多くの流体機械は、流れのはく離・再付着やカルマンの渦列に代表されるような周期的な変動流の発生などにより性能が大きく変化します。本研究室では、これらの流れに対して、様々な手法を用いた受動的/能動的流れ制御の研究を行っています。

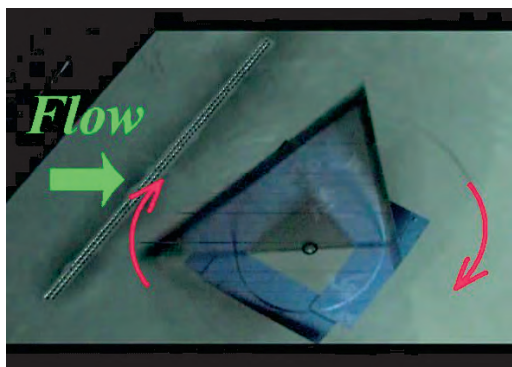
◆各研究テーマと成果(1)

1. 基本的な流れ(はく離流・複雑乱流流れ)に内在する組織性の解明と、その制御に関する研究
2. 複雑流れの計測法、および流体情報解析法の研究・開発
3. 乱流離散周波数騒音の発生機構の解明と騒音制御法の研究・開発

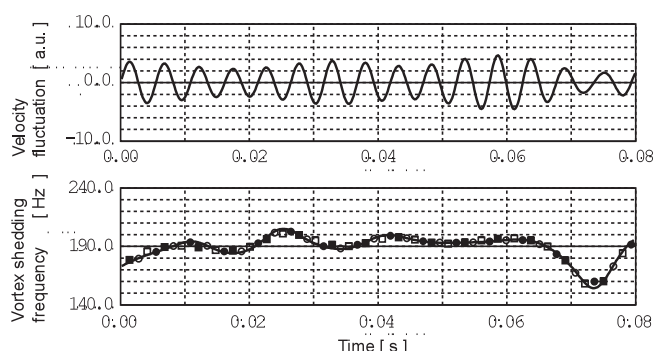


乱流離散周波数騒音発生時に翼後縁から放出される周期的な組織渦
(左: LDVによる速度分布測定の様子 右: 渦度分布)

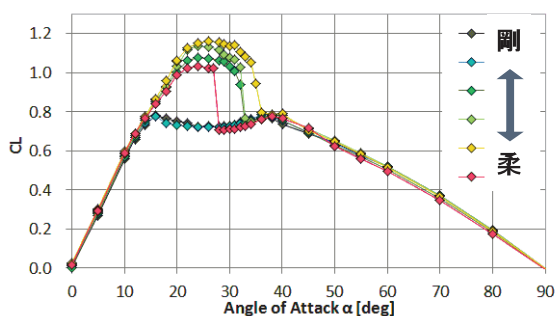
◆各研究テーマと成果(2)



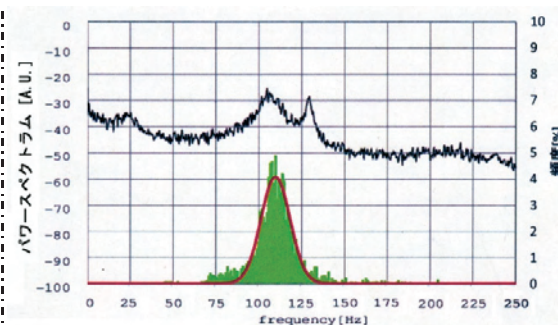
気流中で回転運動するデルタ翼ハーフモデル

放出渦による円柱後流速度変動(上)と
渦放出周波数の時間変化(下)

4. 失速域まで含む広い迎え角範囲で運動する三次元翼の非定常空力特性と流れ構造の解明
5. 鈍頭物体(ブラフボディ)周りのはく離流れの知的流れ制御法の研究・開発
6. 弾性支持された鈍頭物体の空力自励振動の発生機構の解明とその制御法の研究・開発
7. はく離を伴う物体に作用する非定常流体力の研究
8. 二次元物体周りの流れに生じる三次元流れ構造の解明
9. 二次元円柱後流への周期的渦放出のゆらぎ現象
10. 空気力により変形・振動する弾性翼の空力性能および翼周り流れ構造の解明
11. 加減速流中に置かれた円柱から放出される渦の非定常特性の研究
12. 翼面上に取り付けられた可動小翼を用いた翼表面流れの改変による空力性能の向上
13. 段付き円柱・テーパ円柱後流の流れ構造の解明



空気力により変形・振動する弾性翼に生じる揚力



テーパ円柱後流速度変動のパワースペクトラム(上)と渦放出の周波数ごとの頻度(下)

◆企業との接点

本研究室ではこれまでに企業との共同研究として、車のフロントグリルから発生する空力騒音や、気流中に置かれた翼より生じる乱流離散周波数騒音の翼表面性状の改変による低騒音化メカニズムの解明などを行ってきました。

◆研究室の保有技術と設備

- ・ゲッチンゲン型回流式風洞
- ・吹き降ろし式風洞
- ・回流水槽
- ・自動計測用三次元移動装置(直交ロボット)
- ・二次元レーザードップラー流速計(LDV)
- ・実時間位相平均計測システム
- ・高速度撮影システム
- ・音響インテンシティ(SI)解析装置
- ・実時間粒子画像流速計(PIV)
- ・高速フーリエ変換器(FFT)
- ・定温度型熱線流速計システム
- ・三分力ロードセル
- ・PC・ワークステーション群と実験室内専用LAN

材料プロセス研究室

— 過酷な使用環境に耐え得る機械部品を創り出す独創的な加工プロセスの開発 —

◆研究室スタッフ

教授:奥宮正洋 特任教授:恒川好樹
研究員:2名 学生:16名

問合せ先 : okumiya@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

構造材料の物理的, 化学的, 機械的性質など構成相の固有機能をできる限り発現させるプロセス開発を研究方針としており, 材料およびその表面の構造制御, 複合化, 異相界面制御などによる材料機能の向上や創成を研究対象としている。

◆各研究テーマと成果

1. 活性化バレル窒化:

揺動するバレル中の $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Al-Mg}$ 混合粉末によりAl基材表面を活性化して窒化を行なうバレル窒化法は, 5時間で $200\ \mu\text{m}$ のAlN層を形成可能である. さらなる窒化の促進とバレル槽内に投入する Al_2O_3 の粒径を管理することによる処理後の表面粗度の改善を検討している. プラズマ窒化: 歯車などの複雑形状を有する機械部品へのプラズマ窒化における, 形成窒化層厚さの均一化を, プロセスパラメータを制御することにより可能とした。

2. 放電プラズマによる被覆層の形成:

金属-セラミックスの焼結や金属の固相接合が可能な放電プラズマ焼結を用い, 金属の仕上加工や超硬材料の加工に用いられる単層メタルボンド砥石の創成を検討している。

3. 天然ガスを有効利用したガス浸炭:

窒素をキャリアガスとし, これにメタンガスを添加して直接炉内に導入し, ガス浸炭を行う際のプロセスパラメータが, 炉内におけるガス反応と浸炭量に及ぼす影響について調査を行った. 直接炉内に炭化水素ガスを導入することで, 変成炉無しで浸炭することは可能である. 分解炭素数と浸入炭素数は密接に関係し, メタンの分解によって発生する水素量にて, 鋼への浸炭量の制御が可能である。

4. 窒化・炭化物膜形成:

窒化, 炭化を主とする鋼表面への複合皮膜の形成および前処理方法が形成皮膜の特性に及ぼす影響を検討している. 基材を熱間ダイス鋼(SKD61)とし, 化学的気相成長法を用い, カーボン層を形成するための主原料としてアセチレンガス, キャリアガスとして水素ガスを用いた. 形成されたカーボン層は密着性が良好であり, 動摩擦係数を低下させる働きがある。

5. 液中高周波浸炭:

メタノール中での高周波浸炭焼入れによる鋼の高機能化について検討し, 処理時間, 処理温度が炭素濃度プロファイルおよび硬さプロファイルに及ぼす影響を検討している. また, 浸入炭素濃度の制御についても検討を行っている。

6. 液中プラズマによる金属表面改質:

マイクロバブルを含んだ水中にてプラズマを発生させることによる鋼の表面改質において、バブリング時間と溶存窒素量の関係の調査, およびバブル水中の溶存窒素量の制御方法を検討し, 液中プラズマにて鋼の窒化を行うことを検討している。

7. 自己潤滑性を有する陽極酸化皮膜の形成

アルミニウム表面に陽極酸化皮膜を形成させ, 陽極酸化皮膜のポーラス内に潤滑剤を含有させることによって, 自己潤滑性を有する皮膜の形成に関する研究を行っている。

◆共同研究・受託研究について

当研究室は, めっきや陽極酸化などの表面改質, 浸炭・窒化などの熱処理, 焼結について研究を行っています。それぞれの分野における課題を, 当研究室独自のアイデアと超音波の有効利用, ナノバブルの適用, プラズマの利用など, さまざまな手法で解決をしてきています。

当研究室の教員は, 鑄造工学会, 熱処理技術協会, 表面技術協会, 金属学会等で成果を発表したり, それらの学会において, 学術研究委員会, 国際交流委員会などの委員としての活動を行っており, これらの分野において様々な情報を有しています。

これまでもガス会社, 電気会社, 自動車メーカー, 自動車部品メーカー, 熱処理関連企業などの様々な会社と共同研究を行い, 特許申請, 学会での発表等を行って来ています。上記に関するテーマが有りましたら, 遠慮なくご相談いただき, 共同研究をさせていただきたいと考えています。また, 様々な評価装置も所有していますので, これらを使った評価についても, 共同で行えることが有りましたら, ぜひ声をおかけください。

◆研究室の保有技術と設備**<保有の技術>**

- ・表面活性化熱処理法
- ・雰囲気制御した表面硬化熱処理
- ・CO₂排出量を低減させた表面硬化熱処理
- ・自動車用ベアリングの摺動特性向上
- ・自己潤滑性を有する皮膜の形成

<保有設備>

- ・卓上型ランプ炉 (ULVAC MILA3000) 4台
- ・放電プラズマ活性化焼結装置
(住友石炭鉱業 SPS-515S)
- ・スパッタリング装置 (ULVAC 特注)
- ・走査型プローブ顕微鏡 (島津製作所)
- ・デジタルファインスコープ (オムロン)
- ・引張り圧縮試験機 (A&D)
- ・自動研磨機 (丸本ストルアス)
- ・各種硬さ計 (島津, ミツトヨ他)
- ・鋼中炭素・窒素濃度分析装置 (HORIBA)
- ・真空・活性ガス雰囲気熱処理炉 (特注)
- ・CO₂ガス分析計, アンモニアガス分析計 (HORIBA)
- ・赤外線CO・CO₂・CH₄ガス分析計 (新栄熱計装)
- ・マイクロガスクロマトグラフィー (BARIAN CP4900)
- ・ガス浸炭窒化炉 (パーカー熱処理工業)
- ・高周波発信器 (高周波熱錬)
- ・ナノバブル発生装置 (アスプ)
- ・ベアリンググリース評価試験機 (内製)
- ・EBSD (オックスフォード)
- ・XRD (RIGAKU)
- ・EPAM (日本電子)

機械創成研究室

— 機械を作るための機械や加工法を創る —

◆研究室スタッフ

教授: 古谷克司
学生: 修士2名, 学部5名

問合せ先 : furutani@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

科学技術を発展させ, ものづくり産業へ適用するためには, それを支える新しい機械装置およびそれを作るための加工法の開発が欠かせません. これらの技術は独立しているのではなく, 互いの発展により, さらなる発展がもたらされます.

本研究室では, 高度メカトロニクスと物理・化学現象とを有機的に複合させることにより, 多くの工業製品を高精度に生産するための装置や技術を開発しています.

1. 超精密位置決め機構

ナノメートル(10^{-9}m)オーダの精度を目指して, 先端メカトロニクスを基礎から応用にわたり研究しています. その一つとして圧電アクチュエータを用いて, 通常サイズの機械とマイクロマシンの隙間を埋めるサイズの機構を開発しています.

2. 超精密加工のための基盤技術

高精度に工業製品を製作するための基盤技術として, 放電加工などの特殊加工法の研究とあわせて, 加工装置やインプロセス測定法などの周辺技術に関しても研究を行っています.

3. 月・惑星探査機器の要素技術

月・惑星などを対象とした科学探査のためのメカトロニクス, 加工技術の開発を行っています.

◆各研究テーマと成果

1. アザラシ型精密位置決め機構

圧電アクチュエータを利用して平面内でマイクロメータオーダでステップ状に移動する機構を開発しました. さらに高精度な機構も製作し, ナノメータオーダの位置決め精度を達成しました. マイクロマニピュレーションシステムにも適用しています.

2. 電流パルスを用いた圧電アクチュエータの変位制御法

本方法を用いると, 圧電アクチュエータのヒステリシスが大幅に改善されます. ナノメータオーダの分解能で, ステッピングモータと同様のオープンループ制御ができます.

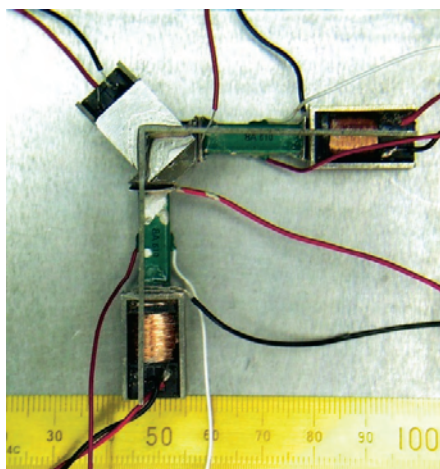
3. 細穴加工用小型放電加工ユニット

アザラシ型精密位置決め機構を電極送り機構に適用し, 小型なユニットを試作しました. 多数の穴を加工することが必要とされる小型部品に, 細穴を同時に加工する加工システムを構成できます.

4. 月・惑星環境で使用するための岩石試料の加工装置

ワイヤソー切断装置および振動加工による表面平滑化装置を試作し, 真空環境下で基本的な加工特性を調べています. 特殊環境で作業する機械のための要素技術やそれを製作する技術も開発しています.

◆研究室で開発・試作した装置の一例

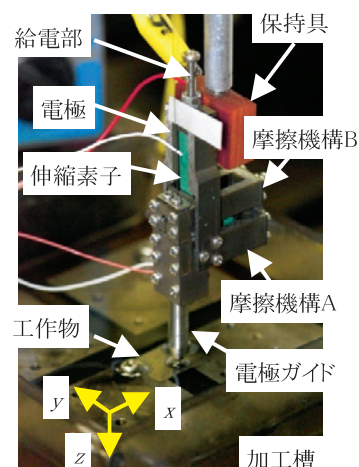


3自由度アザラシ型位置決め機構

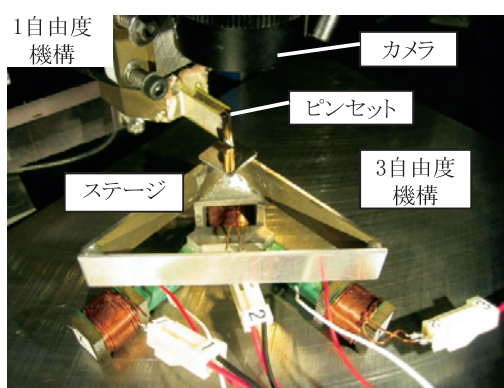


0.5mm

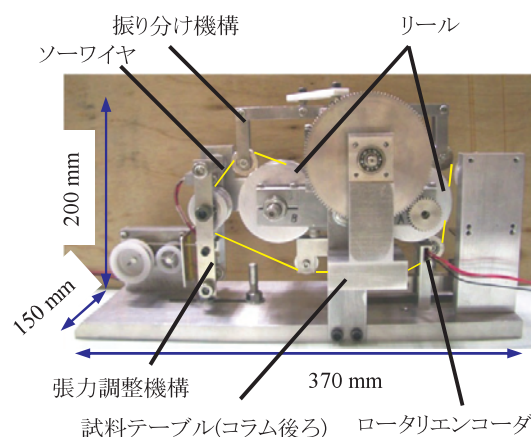
旋盤型電解放電加工機による溝加工例



アザラシ型機構による電極送り機構



アザラシ型機構を用いたマイクロマニピュレーションシステム



ワイヤソー切断装置プロトタイプ

◆研究室の保有技術と設備

技術

- ・圧電アクチュエータを用いた精密機構の設計
- ・精密加工法

設備

- ・測定機器: 光学式非接触変位振動計, 超高精度レーザ変位計, 静電容量式変位計, レーザドップラー振動計, ロックインアンプ, インピーダンスアナライザ, ビデオマイクロスコープ, 多チャンネルデジタルオシロスコープ, 走査型電子顕微鏡, 電流プローブ
- ・実験用機器: 宇宙環境試験装置, 高速電力増幅器, 差動アンプ
- ・工作機械: 形彫放電加工機, ワイヤ放電加工機

マイクロメカトロニクス研究室

— 小さな働き者：マイクロ機械に関する研究 —

◆研究室スタッフ

教授：佐々木実 准教授：熊谷慎也
PD研究員：鄭鍾炫
学生：11名

問合せ先 : mn-r-sasaki@toyota-ti.ac.jp

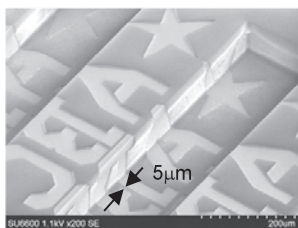


<http://www.toyota-ti.ac.jp/mems/index.htm>

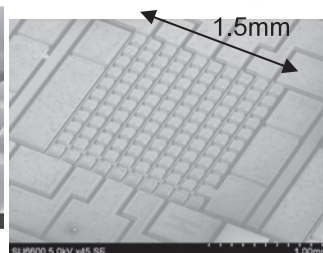
◆研究の背景と概要

メカトロニクスは機械と電気の融合領域です。マイクロデバイス上では、両要素が構造としても組み合わせられます。本研究室では、高度化したマイクロ加工、バイオ分子を利用したナノ加工を駆使して、マイクロプラズマ源、マイクロデバイス(特に振動型デバイスや赤外線応用)に取り組みます。

トレンチ壁面への
パターン形成



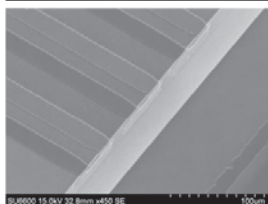
100個の太陽電池を
接続したマイクロ電源



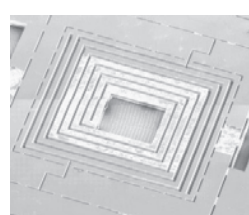
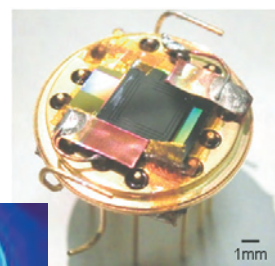
絶縁型電圧センサ



振動型
赤外線センサ 100μm



マイクロ流路垂直壁面
に形成した熱電対



光ファイバ集積型
マイクロ流路

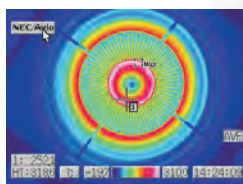
◆各研究テーマと成果

1. マイクロ加工
スプレー成膜など新技术による
マイクロデバイスの立体・微細化

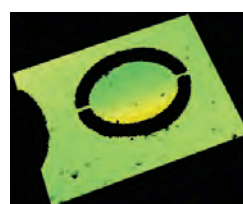
2. マイクロデバイス
マイクロ振動型デバイス(マイクロミラーなど)
赤外線センサ(環境やバイオ計測用)
ウェアラブル呼吸センサ

3. マイクロプラズマ源
プラズマ源の小型・省電力・高輝度化

4. バイオ分子を利用したナノ加工
ボトムアップ粒界制御による
ポリSi結晶の高機能化



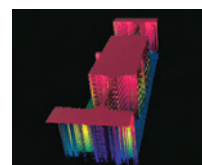
波長選択赤外光源
(黒体放射の制御)



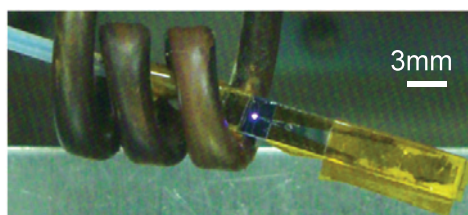
軽量化した太鼓状マイクロミラー



10μm
ナノ粒子を用いた粒界制御
ポリSi結晶デバイス



容量型ウェアラブル呼吸センサ



MEMSプラズマ真空紫外光源

◆応用例

Si系のマイクロデバイスが製作できるようになりました。関心が高い分野は、赤外線を利用したセンサデバイス、大気圧マイクロプラズマ応用(紫外光源や表面処理)、光電池を組み合わせるなどのエネルギー関係、医療応用ウェアラブル呼吸センサです。

“Micromechanical IR thermal detector using torsional oscillation: Improvement of resonator profile for high sensitivity” Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 54 (2015) 04DE07. 奈良先端大の山下教授、浦岡教授と行った研究。

“Effect of Shielding a Floating Electrode on the Power Efficiency of a Micro-plasma VUV Light Source”, 電気学会論文誌E, Vol. 135, No. 3 (2015) pp.114-115. 名古屋大の堀教授と行った研究。

“Localized plasma irradiation through a micro-nozzle for the individual treatment of a cell”, Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 53 (2014) 11RB03. 名古屋大の堀教授、名城大の伊藤教授と行った研究。

“Reflection-type Wavelength Selective IR Emitter Using Surface Plasmon Polariton”, Opt. Lett. Vol. 36, No.3 (2011) pp.376-378. 矢崎総業からの博士学生と行った研究。

“Proposal of High-Density Packaging Construction and Conductive Pattern Forming Method on Vertical Wall Using Spray Coating Technology”, 電学論E Vol. 131-E, No. 1 (2011) pp.40-44. 香川大の大平教授と行った研究。

“Simultaneous Realization of Stabilized Temperature Characteristics and Low-Voltage Driving of Micromirror Using Thin Film Torsion Bar of Tensile Poly-Si”, IEEE J. Select. Topics in Quantum Electronics, Vol. 15, No.5 (2009) pp.1455-1462. 東北大の羽根教授、三浦教授と行った研究。

「誘導結合型マイクロプラズマ源及びこれを利用した装置」特許第5758086号、「立体形状を持つサンプルへの露光方法及び装置」特許第5649841号、「ねじり振動を利用した赤外線の検出方法とこれを実施したねじり振動を利用した赤外線の検出装置」特許第5523727号、「段差パターンの塗布方法」特許第5231072号、「マイクロミラーデバイスとその製造方法、マイクロミラーデバイスの角度計測方法、およびマイクロミラーデバイスの応用装置」特許第4749790号、「トーシヨンバーを用いた静電駆動型マイクロミラーデバイス」特許第4446038号、「立体構造を持った微小光学系の製造方法とこれを実施した微小光学システム」特許第4112888号、「光ファイバにグレーティングを形成する方法とこれを実施した減衰量可変光ファイバグレーティングフィルタ」特許第4375921号、「透明な半導体受光素子およびその製造方法」特許第4131998号 など。

◆研究室の保有技術と設備

ナノテクノロジープラット
フォームお試しください



高密度プラズマエッチング装置



低圧熱CVD装置

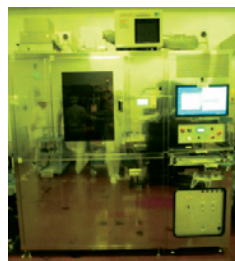


動的計測対応
の白色干渉計

触診段差計



レジストの
スプレー成膜装置
など立体加工用装置



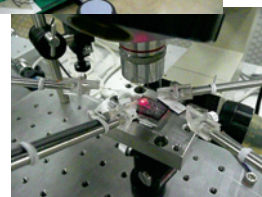
マスクレス
露光装置



光干渉膜厚計 アッシング装置



半導体パラメータ
評価装置



真空プローバなど
各種自作装置
いろいろ

固体力学研究室

— 構造体を計算力学に基づき最適な‘かたち’へ —

◆研究室スタッフ

教授: 下田昌利

PD研究員: 史金星

学生: 13名 (B4: 7名, M1: 4名, M2: 4名)

問合せ先 : shimoda@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

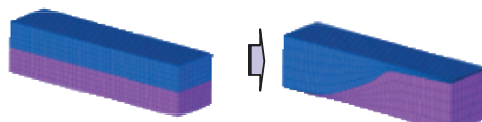
力学的に最適で、理想的な“かたち”とは？ モノ創りや設計支援のため、1次元から3次元の線形、及び非線形構造体を対象に、力学的に最適なフォルムを求める理論とその構造設計への応用の研究を中心に行っています。得られるフォルムは不思議と自然で美しいものになっています。併せて、その基礎となるCAE、構造解析やシミュレーション技術、機能構造、数理デザインの研究も行っています。応用範囲はペットボトルから家電製品、自動車、航空機、建築構造等、多岐の分野に渡ります。

◆各研究テーマと成果

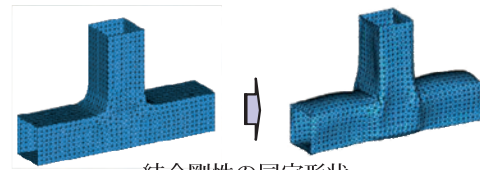
- 3次元ソリッド体の形状最適化手法の開発に関する研究
 - ・鋳物、鍛造部品のノンパラメトリックな実用形状最適化手法とシステムの開発
 - ・異種材料構造(クラッド材、複合材料、超弾性材料)の接合界面の形状設計手法の開発(剛性、強度、熱弾性問題、ピエゾ問題 等)
 - ・地震荷重(繰り返し弾塑性問題)に対するエネルギー吸収デバイスの開発
 - ・構造体のロバスト形状設計(1次元から3次元構造)
- 板・シェル構造の形状最適化理論とその構造設計への応用に関する研究
 - ・フリーフォーム形状最適化理論の開発とその建築、自動車構造への応用(剛性、強度、振動、座屈問題)、シェル-骨組構造への応用
 - ・狙いとする変位分布、振幅分布、応力分布を実現する機能構造創生のための形状同定
 - ・音場-構造連成系(閉・開空間)、熱-弾性系問題 等のマルチフィジクス問題の解法
 - ・衝撃荷重に対するエネルギー吸収デバイスの開発
 - ・スリット、リブ、溶接、異種材界面(象嵌)等の不連続境界の形状決定に関する研究
 - ・形状&トポロジー&寸法からなるハイブリッド最適化手法
 - ・複合材料、象嵌からなるシェルの形状・板厚設計(マルチマテリアル構造へ)
- 骨組構造の構造最適設計に関する研究
 - ・自由曲線骨格構造の最適形状設計手法の開発(剛性、強度、振動、座屈問題、変位制御)
 - ・ミクロ構造の周期性を考慮したマルチスケール形状最適化の研究
 - ・ナノ構造(グラフェンシート)の連続体モデリングと形状最適設計法に関する研究
- 膜・ケーブル構造(張力構造)の最適形状設計に関する研究
- 難環境作業スマート機械技術に関する研究
- 生物系、感性系を考慮した設計手法に関する研究
 - ・人体への負荷や感性、デザイン性を考慮した人工物の構造設計に関する研究(車フレーム、座り心地を考慮した椅子のデザイン)
 - ・接触感覚のCAE解析
 - ・生物の構造やフォルムにも興味を持ち、現研究と関連付けて発展させたいと考えています。

◆研究室の狙い

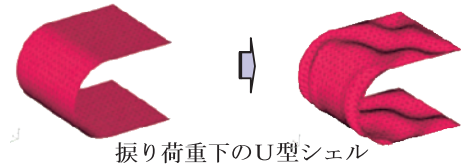
構造・形状最適化のための理論の構築からアルゴリズム、プログラムの開発を行い、数値実験や(模型)実験を通して検証するのが研究スタイルになっています。そのため、固体や構造力学の基礎理論、有限要素法、構造解析(CAE)、数値計算、プログラミングの技術を研究を通して養います。いずれも企業の研究・開発、設計の現場で要求される知識・技術です。基礎研究に留まらず、その自動車構造等への工業的応用までを意識した研究を行わせています。成果は論文としてまとめ、学会で発表することにより、報告書の作成技術、コミュニケーションやプレゼンテーション技術の向上に繋がります。先端の研究を理解し、問題意識を持って主体的に取り組む姿勢と問題解決できる実力を研究活動を通して養っています。問題解決のための引出を増やししながら、エンジニアや研究者としての基礎をしっかりと身に付けさせています。“楽しく、厳しく”をモットーに、研究室での活動を通じて、目指す姿を自己実現してもらいたいと思っています。以下は最適設計に関する研究成果の一例です。



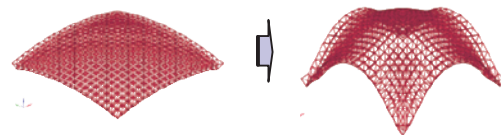
曲げ荷重下の複合ソリッド体の最適界面形状
(左:初期形状, 右:最適化後)



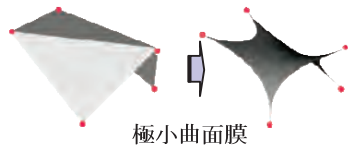
結合剛性の同定形状



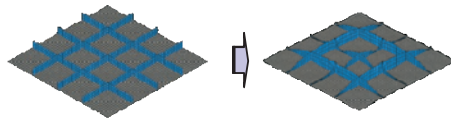
捩り荷重下のU型シェル



骨組み構造の最適フォルムの計算例



極小曲面膜



リブ形状の最適化例



上品さを考慮した強度最大化フレーム

◆研究室の保有技術と設備

<保有設備>

- 汎用構造解析ソフトウェア(線形, 非線形, マルチフィジクス) & ワークステーション, 人体FEMモデルTHUMS
- 卓上材料試験機(10kN, 250kN)
- 真空成形機
- 3次元スキャナー & 接触式小型3次元測定器
- 積層造形機(3Dプリンター), 3次元プロッター
- モーダル解析装置
- 非接触ひずみ, 運動測定装置ARAMIS, PONTOS(画像処理による), 高速度カメラ
- デジタルマイクロスコープ, ワンショット3Dマクロスコープ
- 圧力分布測定装置
- 3方向反力計測装置トライボギア
- 力覚インターフェース
- 卓上工作機

<保有技術>

- FEMによる構造解析 & 構造設計(強度, 剛性, 振動等)(陽解法, 陰解法)
 - 3Dモデリング
 - 構造最適化手法(パラメトリック & ノンパラメトリック)
- 対象: 3Dソリッド体, 板・シェル構造, 骨組み, 膜構造 等 固体・構造全般

熱エネルギー工学研究室

— 燃焼・ガス化・伝熱および新エネルギーに関する基礎研究 —

◆研究室スタッフ

教授：武野計二
PD研究員：山本昌平
学生：4年生:8名, 修士:4名

問合せ先 : takeno@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

人類の生活に欠かせないエネルギーを、如何に高効率、安全、クリーンに造り出すかが最終的な研究目的です。さらに再生可能エネルギーとして注目されるバイオマス(草木)の高効率エネルギー変換を目指しています。

本研究室における研究のキーワードは、「燃焼」、「伝熱」、「エネルギー」、「環境」、「安全工学」です。燃焼現象は、流体力学、伝熱、熱力学、化学反応、移動速度論、数値計算などを基礎とする複合現象であり、現在問題となっている大陸から飛散するPM2.5($2.5 \mu\text{m}$ 以下のParticle Matter)の生成メカニズムでさえ研究途上にあります。この複雑な現象を基礎実験、理論、モデル化、数値計算によってアプローチしていきます。

また、燃焼、伝熱、エネルギーは産業界では必須となる領域であり、大きな視点で社会の要求を見据えながら、基礎現象を追求する姿勢で研究を行っています。

◆各研究テーマと成果

H25年に立ち上がった研究室であり、以下のテーマについて実施中です。企業の研究所で23年間、燃焼・伝熱・エネルギー・安全工学に関する研究を行っており、それらを含めた成果と今後の課題を以下に記します。

Open Jet 火炎

- 成果：
 - ・水素Jet火炎の特性把握(火炎スケール、着火/保炎機構ほか)
 - ・素反応を考慮した圧縮性数値計算による着火解析
- 課題：
 - ・保炎できない範囲の出現理由
 - ・他燃料(CH_4 など)での着火/保炎機構
 - ・数値計算で、Blow-offが計算できるか？(分散火炎における局所的消炎)

熱面の物理的形状の発火現象に及ぼす影響

- 課題：
 - ・経験的にも理論的にも、 $100 \mu\text{m}$ オーダーの表面粗さの影響はあるはず
 - ・パラメータの影響、数値計算

固体の燃焼・ガス化過程における反応機構、特に未燃分の形成

- 成果：
 - ・ 1500°C までの石炭、バイオマスの熱分解、ガス化データ取得
 - ・構造パラメータの導入によるガス化機構解析
 - ・タールの素反応シミュレーション、水分子の影響
- 課題：
 - ・ 1600°C 以上の実験データ取得
 - ・物理構造変化、炭素構造変化への言及

固体燃料の自然発火メカニズム

- 課題：
 - ・天然の炭化水素固体燃料の長時間における発熱、昇温過程のメカニズム
 - ・数値計算

噴霧の数値計算

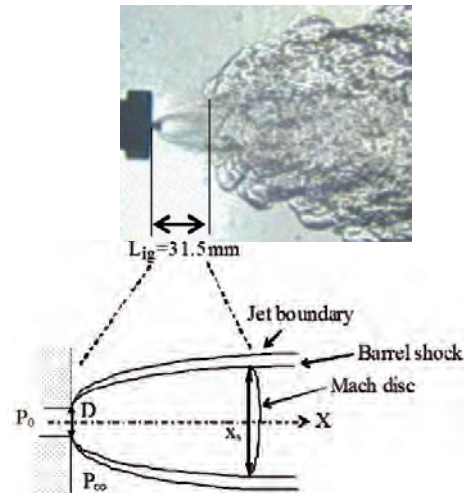
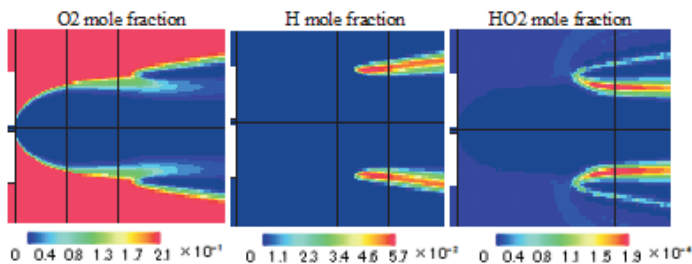
- 成果：
 - ・2流体噴霧のノズル内数値シミュレーションと実験との比較
- 課題：
 - ・VOF法による液滴の分裂、融合

特異的な伝熱現象

- 課題：
 - ・球体の接触面における熱抵抗

◆自由記述(狙い、企業との接点、共同研究のご提案等)

- ・燃焼やエネルギーは産業界では必須となる領域であり、大きな視点で社会の要求を見据えながら、基礎現象を追求する姿勢で研究を行っています。
- ・これまでも、多くの以下の分野における基礎研究、実用機器の開発研究(ボイラ、GT、ロケット、廃棄物ほか)の経験を有します。
 - ・燃料評価
 - ・熱分解、ガス化、燃焼の基礎現象の取得、数値解析
 - ・安全工学関係(火災、爆発)相談、解析
- ・また、企業における永年の経験から、燃焼関係の不具合解析や改善、爆発・火災などの事故解析と対策、大規模災害評価についても各種ご相談に応え得るものと考えております。



10MPa水素拡散火炎の火炎基部の観察と数値解析例
(O₂の流れと、HO₂ラジカルの生成によるInitiationに注目)

◆研究室の保有技術と設備

熱分解・ガス化・燃焼試験装置

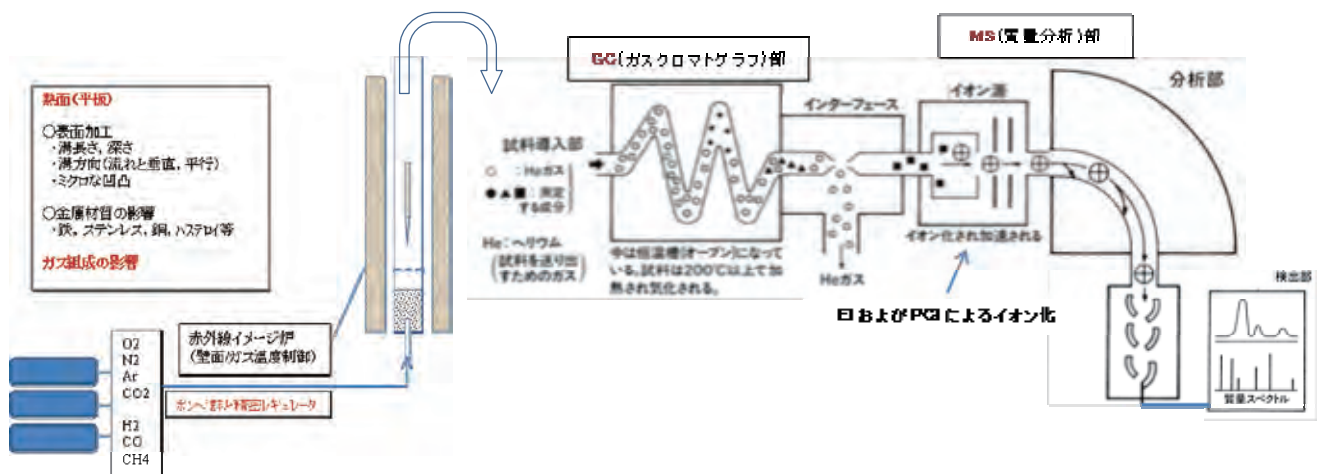
- ・高温(MAX1800℃)加熱・熱分解装置
- ・水平JET火炎の観察装置一式
- ・シャドウグラフ、高速シリュレン写真による燃焼・ガス化解析装置

分析装置

- ・分解ガスの微量成分高速分析装置(質量分析)
- ・イオンクロマトグラフ+アニオンオートサプレッサー：微量環境成分などの分析
- ・ガスクロマトグラフ
- ・熱分析装置(DTA)

数値計算機器(ワークステーション、熱流体解析ソフト)

高速度カメラほか映像記録系



固体の熱分解、気体の発火反応解析装置、および分析系

機械システム分野研究室 (設計工学)

— 未来製品を創造するコンピュータ援用設計の研究 —

◆研究室スタッフ

准教授:小林正和, 学生:7名

問合せ先 : kobayashi@toyota-ti.ac.jp

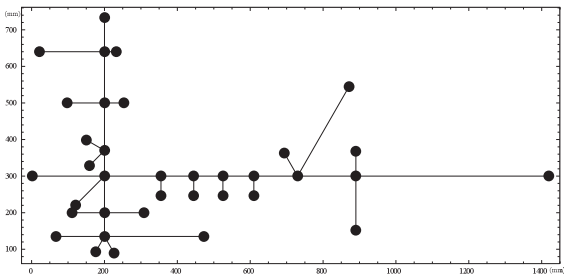
◆研究の背景と概要

製造業においては、製品開発の期間短縮、高品質化、効率化のためにCADシステムが不可欠のツールとして利用されている。しかしながら、我が国産業界の抱える国際競争力の強化、環境問題や少子高齢化問題に対処するため、高機能製品や自律知能機械などの開発を行うには、新しい枠組みのCADシステムが必要である。そこで、本研究室では、設計者の知的能力を高めることができるよう、記号処理による形状・製品モデリングや、推論・学習機能、最適化・決定支援、創造性支援などの新しい情報基礎技術を融合した設計者支援システムを研究している。

本研究室では、現在、平成25年度に採択された文部科学省の私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「難環境スマート機械システムの開発」の一環として、設計工学的側面からの研究を行っている。

◆各研究テーマと成果

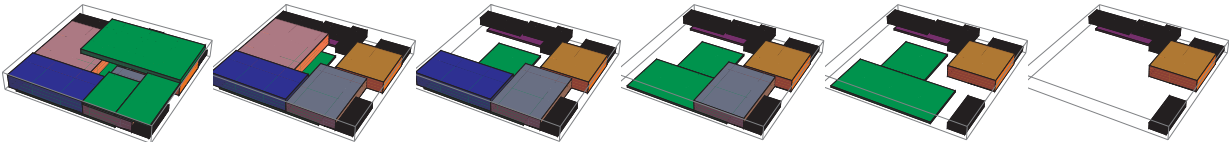
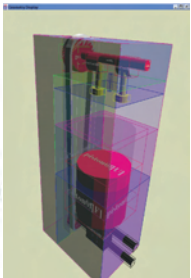
1. 計算機を用いた設計支援・設計最適化
- ・ 製品の機能要件と空間制約に基づく概念設計法(概念設計CAD)
 - ・ 製品のライフサイクルを考慮したモジュラー構成最適化
 - ・ リユース・リサイクル率向上のための部品レイアウト・分解順序最適化
 - ・ ワイヤーハーネスの作業板上の治具レイアウトと作業手順の最適化



ワイヤーハーネスの作業板上の治具レイアウト最適化
(作業板上の最適レイアウト)

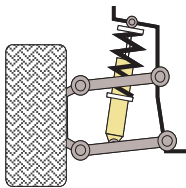


概念設計CAD(プロトタイプ)

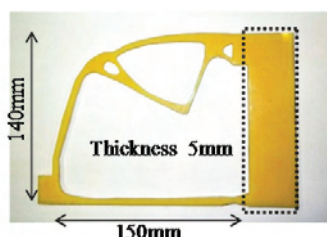


リユース・リサイクル率向上のための部品レイアウト・分解順序最適化(分解順序: 左→右)

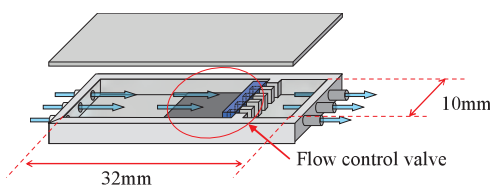
2. コンプライアントメカニズムの最適設計法と応用
- ・ トポロジー最適化と形状最適化に基づく2段階最適設計法
 - ・ 自動車サスペンションへの適用
 - ・ 熱駆動型マイクロバルブへの適用
 - ・ 信頼性を考慮した最適設計法



コンプライアントメカニズムに基づくサスペンションへの基本コンセプト
(左: 通常形式, 右: コンプライアントメカニズム)

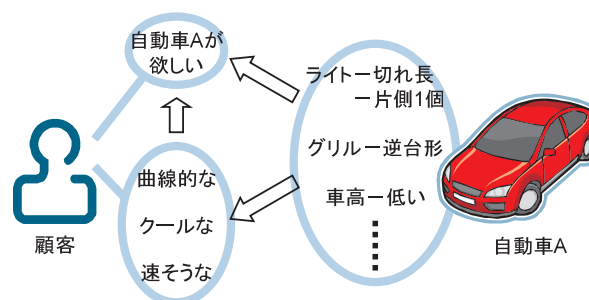


コンプライアントサスペンションの設計例(小型モデル)

マイクロ冷却システムのための熱駆動型マイクロバルブ
(左:システム概要, 右:熱駆動型マイクロバルブ)

3. 難環境作業ロボットシステムの開発

- ・ 頑健性, 適応性, 柔軟性を考慮したロボットシステムの最適設計
- ・ ロボットシステムの最適行動・動作計画
- ・ ハプティックデバイスを用いた飛行ドローン操縦インターフェース

ハプティックデバイスを用いた飛行ドローン操縦インターフェース
(左:ハプティックデバイス, 右:飛行ドローン)

4. その他

- ・ Kinectを用いた組立作業者の動作認識・評価
- ・ ユーザーの感性に基づく意匠設計支援
- ・ 大規模問題を効率的に探索可能な最適化手法「Exploit」の開発

ユーザーの感性に基づく意匠設計支援
(提案手法が明らかにする顧客の「欲しさ」と「製品から受けるイメージ」および「製品の意匠特徴」の対応関係)

◆企業との接点

1. 構造最適化

構造物や機能構造物の最適な形状を導出します。構造だけでなく、振動や熱などの複数のフィジクスを考慮した最適化が可能です。また、コンプライアントメカニズムの新しい機械部品への適用も検討します。

2. システム最適化

各種システムの最適な形態を導出します。ここでシステムとは、機械システムや情報システム、生産システムなどの、複数の要素が有機的に結合した“モノ”を指します。システム最適化では、このような複雑なシステムを対象に、様々な評価項目を考慮しながら最適解を導出することができます。

◆研究室の保有技術と設備

保有設備:

各種数値解析/最適化システム (ANSYS, COMSOL, Optishape等)

各種CAD (CATIA, Pro/E, SolidWorks等)

切削RPマシン Roland MDX-540

3Dレーザースキャナー Roland LPX-1200

振動試験機 Labworks LW140.141-110 (加振力500N)

保有技術:

各種有限要素解析 (例: 構造, 振動, 熱)

各種構造最適化 (例: 寸法最適化, 形状最適化, トポロジー最適化)

各種メタヒューリスティクス手法 (例: 遺伝的アルゴリズム, 粒子群最適化, Exploit)

制御システム研究室

— 複雑な動的システムを高度に制御, 最先端システム制御理論の開発 —

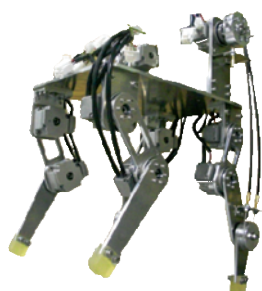
◆研究室スタッフ

教授:成清辰生 准教授:川西通裕
PD研究員:アニシュ チャンド, グェン ディン ホア, ボウ ボウ ソマール
学生:16名

問合せ先 : n-tatsuo@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

産業のあらゆる分野で多用される制御理論について, 新しい先端的な理論を研究・開発するとともに, 宇宙や産業で働くロボットの運動制御, 福祉のための人とロボットの協調制御などに応用し, 社会や科学技術の発展に役立つ高度な制御を実現することを目指しています。



跳躍ロボット



モバイルマニピュレータ



パラレルロボット



パワーアシスト

◆各研究テーマと成果

1. 非線形制御理論とその応用

非ホロノミックシステムや連続・離散事象混合システムなどの制御系設計理論とその応用研究を行っている。非ホロノミック拘束とホロノミック拘束が混在するシステムの適応制御系設計理論の研究を行い(1)モバイルマニピュレータの位置と力のハイブリッド制御, (2)柔軟アームを有する平面宇宙ロボットの適応制御へ応用した。

2. ロバスト制御理論とその応用

線形システムに対するロバスト制御系設計理論の研究を行い, 外乱抑制や極配置問題などへの応用を行った。特に, 以下の研究課題を推進した。(1)未知入力外乱の抑制とディスク型記録装置への応用, (2)デュアルオブザーバによる外乱抑制, (3)極配置問題におけるフィードバックゲインの構成とその応用, (4)零感度状態推定器の一構成法

3. パワーアシストシステムの研究

装着型パワーアシストロボットを製作し, 人体表面に柔軟な圧電素子の薄膜圧力センサを貼り付けることで, 筋肉の緊張による硬度の変化と変位を計測した。さらに, あらかじめphaseとして人間の動作を分割しておき, センサの計測値をトリガとしてphaseを対応させることで意思推定を行う。意思推定はサポートベクトルマシンのを用いて行い, 実験結果よりその有効性を確認する。制御系については, phase sequence法を用いた制御系設計法を開発する。椅子への着席と起立を対象に選り, アシスト効果を検証した。

4. Beowulfクラスタによる高度制御システムの統合化設計法

Myrinetによる超高速ネットワークを備えたBeowulfクラスタ計算機を活用することで、非線形行列不等式に基づく高性能制御システム設計法を確立し、産業界で多用される制御システムを高性能化する。(1)分枝限定法, (2)主緩和双対法, (3)分散確率分布遺伝的アルゴリズム, について並列性を活用した独自のアルゴリズムを提案して有効性を確認し, CADソフトウェアとして実装した。

5. 冗長パラレルリンクロボットの制御高度化

並列の閉リンク機構を用いたパラレルリンクロボットは、剛性の高さや低慣性による高速性などの優れた特性を有するため、工作機械やシミュレータなど、高速・高精度な機械駆動機構として注目されているが、ジョイント部のガタによる精度低下や特異姿勢の存在など、いくつかの課題を有している。本研究では、これらの課題に対して有効な解決策となる冗長リンク機構を用いた冗長パラレルリンクロボットについて研究を行い以下の内容について成果を得た。(1)駆動力最適化による特異姿勢の回避, (2)故障検知によるフェールセーフ制御。

◆成果の活用と共同研究への応用

[成果の活用]

適応制御やロバスト制御理論を応用した機械システムの外乱抑制・振動制御および高速位置決めモーション制御が可能です。さらに、ロボットの高精度・高効率制御やパワーアシスト装置の制御系設計などへの応用が可能です。製造業・機械メーカなど多くの企業や研究機関との連携を積極的に推進しています。

[共同研究への応用]

情報通信, エネルギー, 機械システムなど, 産業のあらゆる分野で多用される制御システムについて, 高度なニーズに対応できる制御システムを実現します。

◆研究室の保有技術と設備

[保有技術]

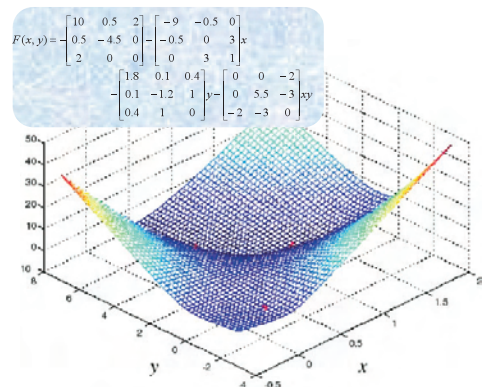
非線形適応制御技術, ロバスト制御系設計技術, ロボット・パワーアシスト機械制御技術, システム解析技術

[主な設備]

Beowulfクラスタ計算機, 3次元運動解析装置, 各種ロボット



Beowulfクラスタ計算機



双線形行列不等式の固有値最適化の例

電磁システム研究室

— 電磁界融合学による電気自動車の高効率モータ駆動システム技術を開拓 —

◆研究室スタッフ

教授: 藤崎 敬介 嘱託研究員: 狐崎 直文

PD研究員: 小田原 峻也, Nicola Denis 学生: 6名 (B4: 5名)

問合せ先 : fujisaki@toyota-ti.ac.jp (Tel: 052-809-1826)

◆研究の背景と概要

■ 基本コンセプト: 「電磁界融合学」の創出

① 第一種の融合: 電磁エネルギー機器、電磁界応用、電磁材料の各領域で、磁性体マルチスケール、電磁界マルチフィジックスによる融合学の創出。

② 第二種の融合: 電磁エネルギー機器、電磁界応用、電磁材料の各領域間で「目的と手段」の融合。

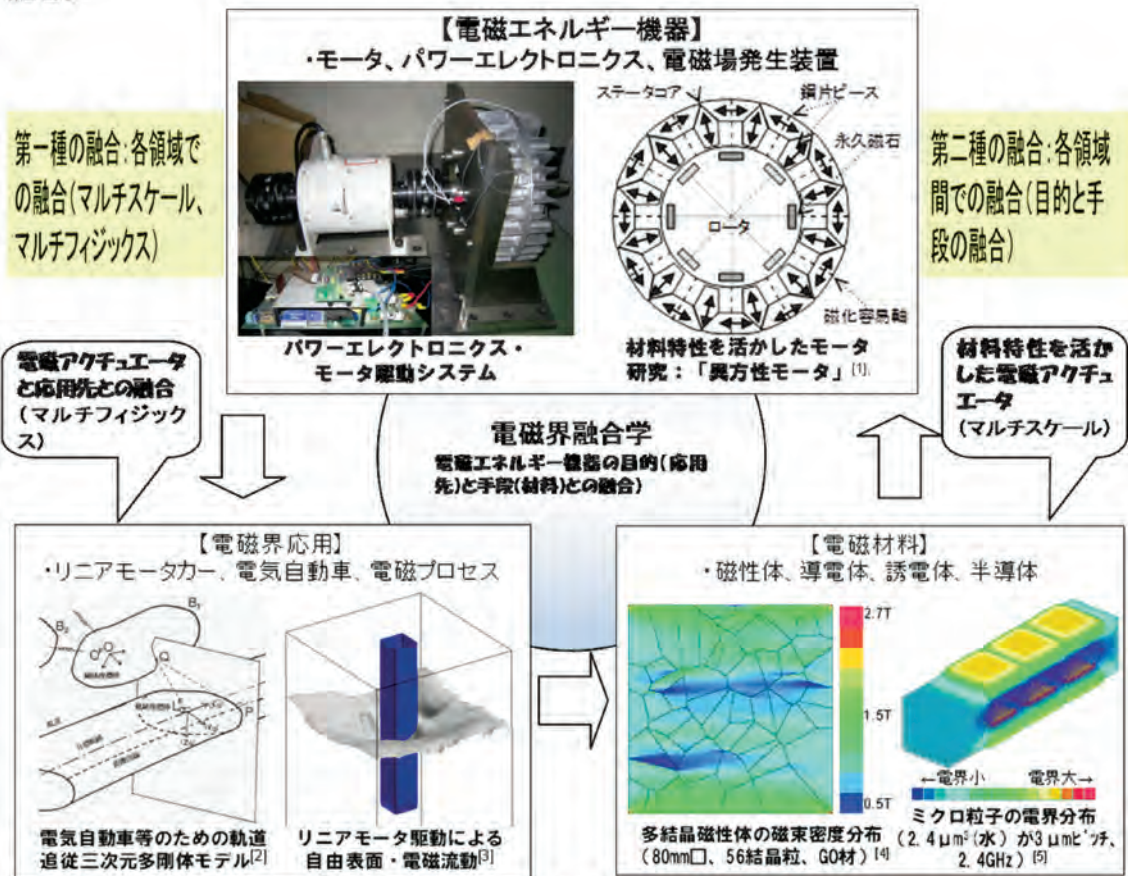


図1. 電磁界融合学

■ モータ駆動システムにおける磁性材料・半導体の融合学^[1-4]

- 材料の製造プロセスからその機器さらにはシステム応用まで一貫した融合学の創出とそれによる小型高効率モータ駆動システムの実現。

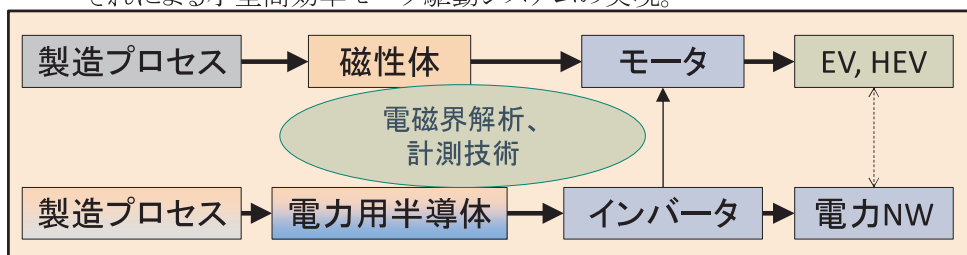


図2. モータ駆動システムにおける磁性材料・半導体の融合学

◆各研究テーマと成果

1. 材料特性を生かした電磁システムの環境負荷低減技術の研究^[5-6]

- ・材料の持つ異方性特性を活かした新しいモータ(異方性モータ)およびアモルファスモータの研究を行う。

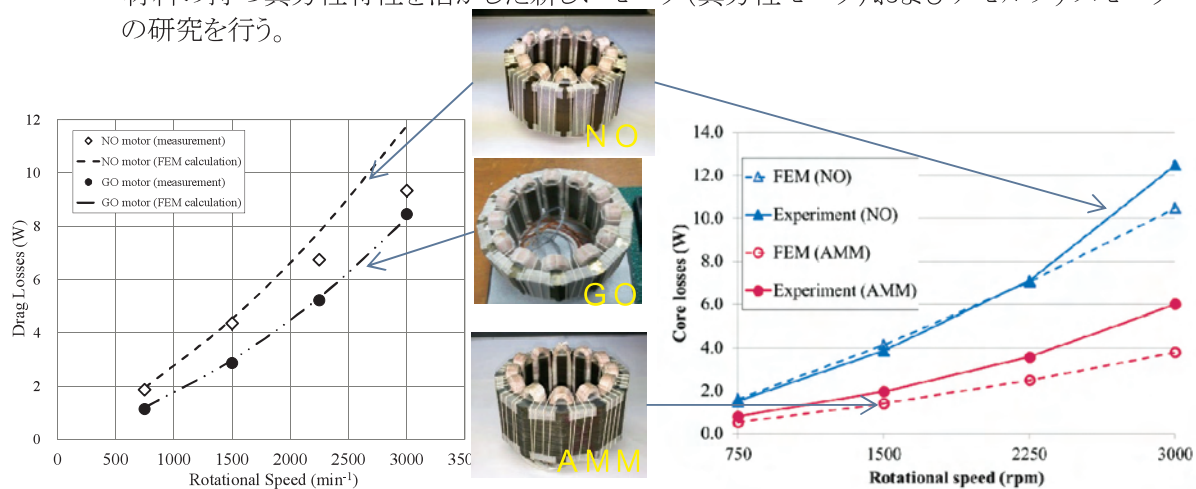


図3. 材料特性を活かした異方性モータ、アモルファスモータの研究(引き摺り損)

2. 電気自動車をはじめとしたパワーエレクトロニクス・モータ駆動システムの研究^[7-10]

- ・パワーエレクトロニクス制御と合わせて、その電磁材料・機器への影響評価を行う。

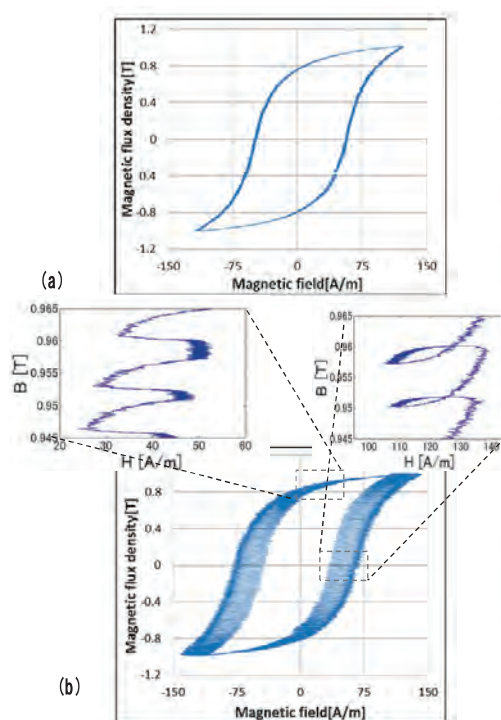


図4. インバータ励磁による電磁鋼板の鉄損増 (a) リニアアンプ励磁(従来), (b) インバータ励磁

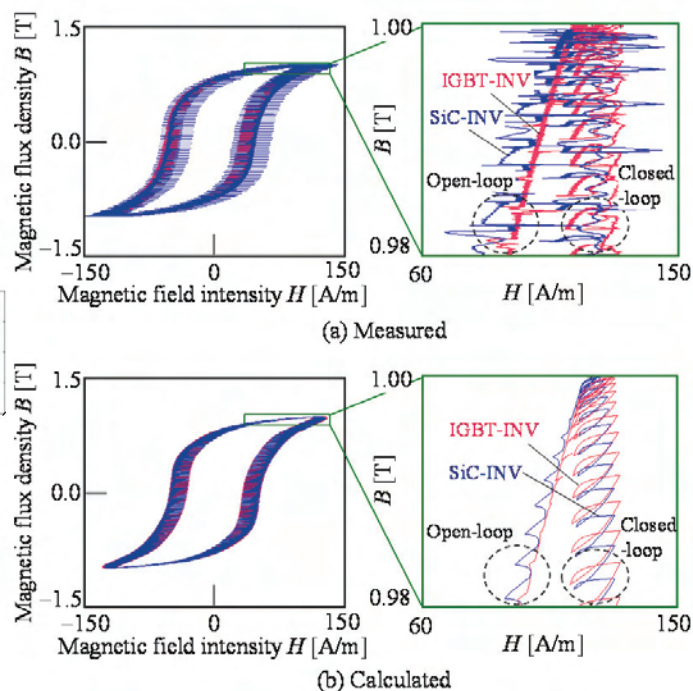


図5. インバータ励磁時の磁気特性の電力用半導体の影響: (a)測定値, (b)PlayModel+Cauerによる解析結果

◆企業との接点、共同研究のご提案

- ・上記研究テーマについて企業との共同研究及び社会人大学院生を積極的に募集中。

◆関連文献

[1]藤崎敬介:電学全, S22-1, 2015.3. [2]本蔵、藤崎:電学誌, Vol. 134, No.12, pp.828-831, 2014. [3]藤崎敬介:(公益)日本磁気学会 第3回岩崎コンファレンス, H26.12.3-4. [4] K. Fujisaki, 3rd IcaUMS, A1 - 03, 2014.10. [5] S. Takeda, K. Fujitani, S. Odawara, K. Fujisaki, IEEE-ICEM, Berlin, pp. 2049-2055, 2014. [6] S. Okamoto, N. Denis, K. Fujisaki, IEMDC2015, DF-001619, 2015.5. [7] K. Fujisaki, S. Liu, J. Appl. Phys., Vol. 115, 17A321, 2014. [8]藤崎 敬介、山田諒、日下部:電学論D, Vol. 133, No. 1, pp. 69-76, 2013. [9]小田原峻也、萱森大輔、藤崎敬介:電学論D, Vol. 134 No. 7, P649-655, (2014). [10] S. Odawara, K. Fujisaki, T. Matsuo: IEEE-ECCE2014, pp.1451-1456, 2014.

知能数理研究室

— 人間の知能を探究し、人工知能を創り出す —

◆研究室スタッフ

教授: 佐々木 裕 准教授: 三輪 誠
PD研究員: Mohammad Sohrab, Lihua Zhao
学生: 12名

問合せ先 : yutaka.sasaki@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

知能数理研究室では、人間の知能を探究し、数理的アプローチによりコンピュータ上に人工知能を実現することを究極の目標としています。「人工知能」の実現は人類の夢のひとつですが、実現までの道のりはまだ遠く、解決すべき多くの課題が山積しています。そこで、当研究室では、最初のステップとして、人間とコンピュータが言語を通して、知的なコミュニケーションをするための研究に重点を置いています。

知能を扱うためには、知識を扱う必要があります。「言語」に注目している理由は、人類がこれまでに獲得してきた膨大な知識のほとんどは言語情報として表現されているからです。過去から現在まで、多くの情報が文書情報として蓄積されていますので、様々な分野の文書情報から知識を取り出すための技術確立することが、人工知能へとつながると考えています。そして、言語を用いてユーザがコンピュータと対話しながら、たとえば、科学技術や医療等の情報を簡単に利用できるシステムを開発していこうとしています。

最新の人型ロボットや自動走行車は、まだ十分にスマート(=賢い)とはいえません。現在の人工知能技術のレベルは人間には遥かにおよびませんが、人間そのものを深く見つめ続けることで着実に進歩すると考えています。

◆各研究テーマと成果

1. Big Dataの解析

本研究では、大量文書のデータを機械学習手法により効率的に解析する研究を行なっています。たとえば、大量の文書を大規模なクラス階層に分類する問題を扱っています。数百万件のデータを数十万クラスへの分類を高速に学習することができます。

2. 単語意味ベクトルの教師なし学習

これまで単語や文がもつ意味を捉えることは、コンピュータにとって苦手でした。しかし、Word Embeddingという技術により、大量の文書から単語のもつ意味を数値ベクトルに埋め込むことができるようになってきました。たとえば、 $\text{king} - \text{man} + \text{woman} = \text{queen}$ といった単語の意味の計算ができることがわかってきました。この手法は、最近注目されているニューラルネットワークの一種であり、ニューラル言語モデリングと呼ばれています。当研究室では、単語意味ベクトルに対義語など様々な言語的・構文的な特徴を加えることに成功しています。単語意味ベクトルを、質問応答、文書分類等に応用することで、これまで超えられなかった性能の壁を越えることができることが分かってきました。

3. 運転知識ベースの半自動拡張

これまで、交通法規やマナーに関する知識を体系化した知識ベースを構築する研究を行ってきましたが、現在、交通教則等を利用して半自動的に知識ベースを拡張する研究を進めています。また、交通知識ベースにより、運転免許取得時の交通法規問題を解くシステムも作成しています。

4. 分野知識の論理的モデル化

Markov Logic NetworkツールをC++により実装し、論理的な知識に対して確率を付与することにより、欠落や矛盾のある分野知識を効果的に扱う方法について研究を進めています。

◆共同研究のご提案

これからの自動車はデジタルカメラ化するかもしれません。

この「デジタルカメラ化する」という言葉でつぎのようなことを意味しようとしています。ひとつには、銀塩写真機がデジタルカメラになったような、パラダイムシフトが起こり、同じ用途・機能を保存したままで、構成要素技術が置き換わるということを表わしています。たとえば、銀塩フィルムがCCDカメラになり、現像が不要になり、プロのカメラマン並みの写真が素人にも撮れます。さらに顔認識、動画編集など、以前のカメラにはできなかった機能が製品の差別化の鍵になっています。このアナロジーで考えれば、将来EVが主流になったと仮定すると、その時には、単にエンジンがモーターになるだけではない、もっと大きな変化があることが予想されます。

その変化を今すべて予想することは難しいのですが、なんらかの知的な機能が将来の自動車の重要な要素のひとつになると考えられます。SFのように自動車と会話したり、自動車が自らルートを選んで走ったりする日もそう遠くないのかもしれません。将来、このような知的なプロダクトを生み出すためには、人間の知的な活動を理解し、代替するための基礎研究の積み重ねが重要です。究極的には「人工知能」を生み出すことが1つの壮大な研究目標となるのです。

当研究室では、豊田工業大学シカゴ校(米国シカゴ大学キャンパス内に設置)と共同研究を行なうことにより、人工知能の研究を加速させています。特に、シカゴ校は、コンピュータが過去の事例に合わせて学習していく「機械学習技術」の研究において世界的に有名であり、シカゴ校の最新技術を当研究室の研究に生かしています。

現在のプロダクトをもう一度見直し、人工知能技術という付加価値を見出してみたいかがでしょうか。研究室には企業出身の教員もおりますので、企業と大学の共同研究について多くの経験を持っております。

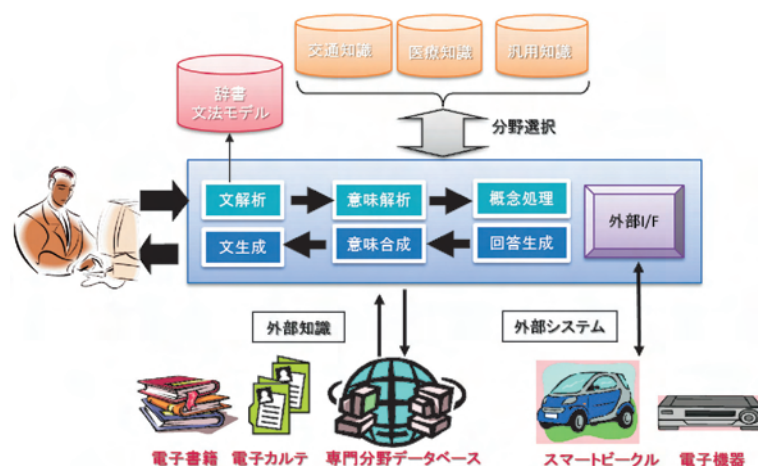
◆研究室の保有技術と設備

ハードウェア

- ・ デスクトップPC/Desktop PCs (一人1台)
- ・ Linuxサーバ(Xeon 5500系 64～128GBメモリ 数台)

ソフトウェア・データ

- ・ Dual Coordinate Ascent SVM機械学習ツール DCASVM (公開中)
- ・ Markov Logic Networkツール OSMLN (構築中)
- ・ 関係抽出システム(構築中)
- ・ 単語ベクトル表現学習ツール(デモ公開中)
- ・ 交通教則に関するタグ付コーパス(=言語資源) (構築中)
- ・ 大規模階層的分類システムEze (構築中)
- ・ 運転オントロジー(=知識ベース) (構築中)



半導体研究室

— 次世代のクリーンなエネルギーを担う 高効率太陽電池の研究開発 —

◆研究室スタッフ

教授:大下 祥雄 特任教授:山口 真史 助教:小島 信晃
 PD研究員:、神岡 武文、Li Wang、Kan-Hua Lee 招聘研究員:荒木健次
 研究員・研究補助者:Hyunju Lee、池田 和磨、奥村俊雄、青木真理、森村元勇、前田典彦、
 内藤志麻子、学多恵子
 学生:博士課程 1名、修士課程 1名、学部4年生 4名

問合せ先 : y_ohshita@toyota-ti.ac.jp、masafumi@toyota-ti.ac.jp、nkojima@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

太陽電池を用いた太陽光発電は、2100年までには世界のエネルギーの7割を占めると予想され、エネルギー・環境問題を解決するためのクリーンな新エネルギー源として益々重要となっている。半導体研究室では、新エネルギー源の実現をめざした超高効率太陽電池、結晶シリコン太陽電池、集光型太陽電池や太陽電池用新素材に関する基礎的研究、デバイス物理に基づく光・電子機能デバイスの創製等に関する研究を行なっている。

上記研究の多くは、文科省やNEDOの研究開発プロジェクトとして採択されて推進している。現在、下記の2つの研究プロジェクトをNEDOから受託している。

- ①「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」
- ②「太陽電池、モジュールの共通基盤技術開発」

主な研究テーマを下記に示す。

1. 高効率集光型太陽電池・材料の研究
2. 高効率結晶シリコン太陽電池および基板結晶の研究

◆各研究テーマと成果

1. 多接合構造高効率太陽電池に関する研究

変換効率45%以上が期待できる4接合用新材料として、(In)GaAsN材料のCBE (Chemical Beam Epitaxy) 成長に関する研究を進めている。従来報告より高移動度で、キャリア寿命が長い結晶品質に優れたGaAsN膜を得ている。製膜時の反応過程の検討、欠陥評価に関する研究を進めている。GaAsN単接合セルを試作し、変換効率7.2% (Suns-Vocによる測定では13.7%)を達成した。

シャープとの共同研究の成果として、InGaP/GaAs/InGaAs3接合セルで変換効率37.9% (非集光)、44.4% (302倍集光) (ともに3接合セルでの世界最高効率)を達成している。

2. 高効率結晶シリコン太陽電池および基板結晶の研究

太陽電池の更なる普及を進めるためには、現在の結晶Si太陽電池の更なる高品質化が極めて重要であり、そのための新しい基盤技術の開発を行っている。多結晶Si中の粒界特性と熱処理前後の金属不純物分布・電気特性の関係をEBIC測定結果をもとに検討した。粒界構造とそこでの少数キャリアの再結合速度、さらにはそれらに与える熱処理温度の関係が明らかになってきている。一方、結晶中の金属の分布とその電子状態を放射光を用いたXANES測定により調べている。

◆企業との接点

NEDOの研究開発プロジェクトである次世代高性能技術の開発「太陽電池、モジュールの共通基盤技術開発」では、本学を中心としたコンソーシアム体制にて研究開発を推進しており、日本の大学としては唯一、右に示す結晶シリコン太陽電池の本格的な試作ラインが本学に設置されている。

プロジェクトには幅広く関係企業が参加しており、この試作ラインを活用して共同研究を活発に進めている。

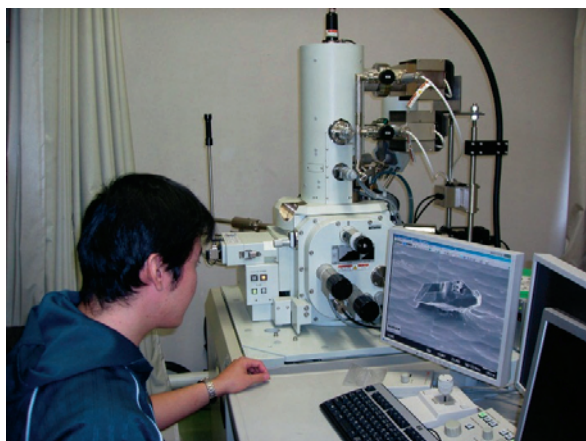
また、「ナノテクノロジープラットフォーム・微細加工コンソーシアム」(文部科学省)による支援プログラムに参加しており、試作・評価の支援や共同研究も積極的に取り組んでいる。



◆研究室の保有技術と設備

下記には、「ナノテクノロジープラットフォーム」や共同研究で支援可能な主な装置を示す。

- ①電界放出形走査電子顕微鏡(電子線後方散乱回折(EBSD)付属): 表面構造、結晶方位解析、
- ②結晶性解析X線回折装置: 結晶構造評価。(ロックンガー測定、逆格子空間マッピング測定、極点図解析等)、
- ③X線光電子分光装置: 元素分析、化学結合状態分析。(空間マッピング測定可能)、
- ④DC & ACホール効果測定装置: 電気的特性(キャリア濃度、移動度)評価。(測定温度4～400K)、
- ⑤フォトルミネッセンス測定装置、⑥紫外・可視・近赤外分光光度計: 透過率・反射率測定



電界放出形走査電子顕微鏡



X線光電子分光装置

電子デバイス研究室

省エネルギー社会に向けた高効率で動作する低コスト高機能半導体デバイスの研究

◆研究室スタッフ

教授 岩田 直高
 嘱託研究員 大森 雅登
 研究補助者 秋山 芳広
 PD研究員 張 東岩
 受託研究員 山田 富明

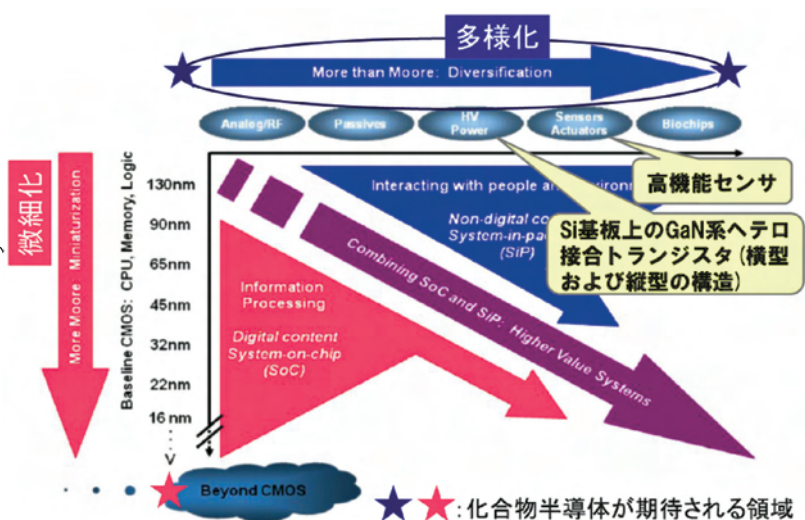


問合せ先 : iwata@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

現代社会は、半導体デバイスで構成された電子機器無しでは、成り行かない状況です。半導体デバイスの開発と生産は、Siトランジスタの微細化とウエハの大型化により、高性能化と低コスト化を同時に達成し、発展してきました。しかし、Siの物性限界が見えてきたことと、半導体工場への莫大な設備投資の継続が困難となり、行き詰まりつつあります。

電子デバイス研究室は、これを打開する研究を進めます。具体的には、Si基板上へのGaN系ヘテロ接合デバイス(AlGaNチャネルの高電子移動度トランジスタ:HEMTや縦型のパワートランジスタ)の研究に注力するとともに、化合物半導体ナノ構造の成長と評価、デバイスの物理と設計論の構築を進めます。加えて、GaNの特長を生かしたセンサなどの高機能デバイスの研究を進めます。そして、持続可能な省エネルギー社会の実現に向けて、小型で高効率で動作する低コスト高機能半導体デバイスの実現とそれを用いた電子回路とシステムを含めた超低消費電力技術の研究します。



ムーアの法則と研究テーマの位置付け
 ITRS 2012 UPDATE OVERVIEW, P6 Fig.2Iに加筆

◆各研究テーマと成果

- 主要な研究テーマを、以下の通りに設定しています。
- ・Si基板上の化合物半導体ヘテロ接合デバイスの研究
 - ・超低消費電力半導体デバイスとシステムの研究

本年度は、以下の研究を進めています。

1.化合物半導体デバイスの表面保護膜の研究

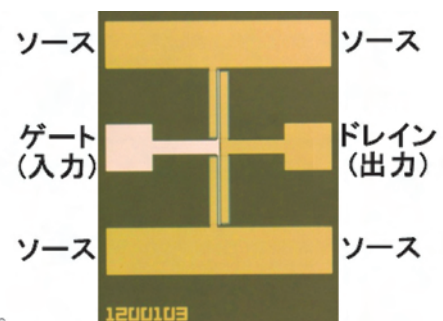
高いデバイス特性を安定に引き出すため、原子層堆積装置を用いた表面パッシベーション技術の研究を進めています。

2.AlGaNへのオーミック電極形成の研究

高Al組成のAlGaNに対して低接触抵抗を示すアロイ接合の研究を、金属-半導体接触の基礎的な検討から進めています。

3.AlGaNへの不純物導入と活性化の研究

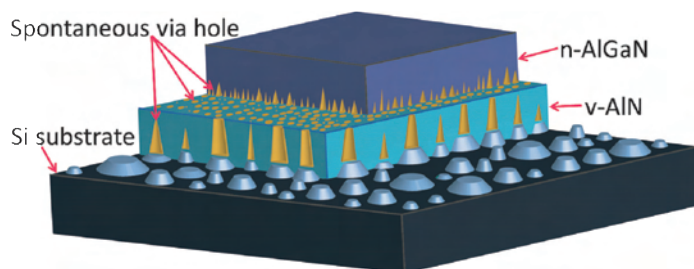
特に実現が困難な高濃度p-AlGaNの研究を進めています。



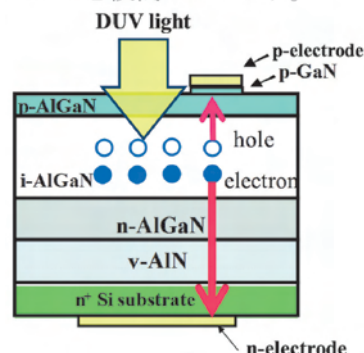
試作したHEMT

4. Si基板上へのAlGaIn結晶成長の研究

縦型のデバイスを形成するために、良好な結晶性と伝導特性を示すSi基板上のAlGaIn結晶成長の研究を進めています。Si基板上のAlGaIn結晶成長において、良質なAlGaIn層を成長させるためには、Si基板上のバッファ層としてAlNの形成が不可欠です。しかし、AlNは不純物準位が深いため導電性が得られず、縦型デバイスをSi基板上に作製することは不可能でした。立命館大の黒瀬・青柳らと共同で、自然形成ピアホール結晶成長法を開発し、導電性のAlN層(下図のv-AlN)を実現しました。現在は、AlGaIn層の結晶性改善と高濃度不純物ドーピングを検討しています。



Si基板上のn-AlGaIn結晶
(導電性のv-AlN層を有する構造)



試作した深紫外センサ構造^[1]

5. Si基板上のAlGaIn縦型光デバイスの研究

[1] N. Kurose *et al.*, AIP Advances 4, 123007 (2014).

上で示した導電性のAlN層技術を用いた深紫外のLEDと光センサ^[1]を試作しました。現在は、発光効率や受光感度、そして波長の選択を検討しています。

6. Si基板上のAlGaIn縦型パワーデバイスの研究

同様に導電性のAlN層技術を用いて縦型パワーFETの研究を進めています。

7. Si基板上の高Al組成AlGaIn HEMTの研究

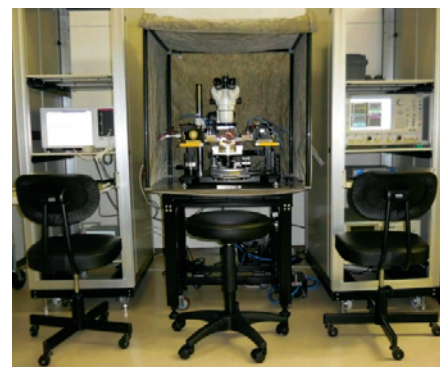
最近は一層の高出力化に向けて超高耐圧特性が要求され、よりバンドギャップの大きな半導体を用いたデバイスが注目されています。また、この超ワイドバンドギャップ半導体を用いれば、同じ耐圧特性が要求されるパワートランジスタを実現する場合、一層の小型化が可能となり、より高温で動作させることもできます。我々は、Al組成の高いAlGaInをチャネルに用いたHEMTを、安価なSi基板上に実現することを目指して研究を進めています。

◆研究室の保有技術と設備

教員は、企業において化合物半導体の物性、結晶成長、ヘテロ接合デバイス(HEMT、HBTなど)およびそれを用いた回路(MMIC)の研究と製品(パワーアンプ、スイッチなど)の開発で、30年間の経験があります。受託研究員は、半導体後工程の企業より出向常駐し、研究を進めています。

主な設備

- ・原子層堆積装置(ALD):
原料を交互にウエハ上に導入して良質な薄膜を原子層精度で堆積可能
- ・半導体ドライエッチン装置
GaInなど化合物半導体を低ダメージで高精度に加工可能
- ・高精度ウエハプローバ:
ウエハプロセスの途中またはウエハ状態で微細デバイスに対するプロービングが可能
- ・半導体デバイスアナライザ:
10nsの短パルス応答から長期ドリフトまでの電流(1fAより)–電圧(3kVまで)と容量–電圧の特性が測定可能
- ・ネットワークアナライザ:
40GHzまでの高周波特性(Sパラメータ)の測定が可能
- ・デバイスパラメータ抽出装置:
上記の測定データよりデバイス等価回路の抽出が可能



ウエハプローバと測定装置

電子情報分野研究室 (情報通信)

— 情報工学およびコンピュータサイエンスの未解決問題にチャレンジする —

◆研究室スタッフ

准教授：松井 一

PD研究員：中島規博

学生：4名（修士2年1名，修士1年1名，学部4年2名）

問合せ先：matsui@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

誤り訂正符号とは、これによってデジタル・データに冗長部と呼ばれるデータを付け加えることができ、誤りが起こっても一定数以下ならば冗長部より推定して訂正することができるようにしたものである。この冗長部を作成する作業を**符号化**，また誤りを訂正する作業を**復号化**という。現在では，CDやDVD，ハードディスク装置，QRコード，デジタル放送，スマートフォンなどデジタル・データを扱う際には誤り訂正符号がほぼ必ず用いられており，このうちの多くがリード・ソロモン符号と呼ばれる誤り訂正符号である。将来的には現在のリード・ソロモン符号では性能が不十分になると考えられているため，様々な次世代の誤り訂正符号の候補が提案されている。そのうち最も有名なものとして，低密度パリティ検査符号 (low density parity check code, 以下では**LDPC符号**と略記) がある。LDPC符号は誤り訂正符号の理論的な限界式であるShannon限界にほぼ到達することが示されている。しかしエラーフロアが存在やバースト誤りに弱いことなど，未だに問題点が残されている。当研究室では以下に述べる主に3つの観点から，デジタル通信および画像処理についての研究を行っている。

◆各研究テーマと成果

1. 様々な誤り訂正符号の構成とPCクラスターを用いた探索
符号理論の根本問題として，高性能な誤り訂正符号を見つけるという問題がある。当研究室では，目的に応じた高性能なLDPC符号を，**PCクラスター**を用いて現実的な時間内で探索し構成できるようにする技術を開発している。具体的には，一般化準巡回符号と呼ばれるクラスの誤り訂正符号が満たす，当研究室で「基本等式」と呼んでいる，ある種の方程式系を用いて符号の構成をスムーズに行う。こうして従来の手法よりも大幅に探索の計算量を削減した。
2. グレブナー基底の画像処理への応用
誤り訂正符号でよく用いられる手法として，**グレブナー基底**がある。これは現在の多くの数式処理ソフトウェア (Mathematicaなど) に実装されている重要な計算手法である。当研究室の研究成果の一つである符号化・復号化統合回路においては，グレブナー基底と離散フーリエ変換が，画像データの圧縮のような働きをするため，この独自の研究成果を画像処理などの研究分野に応用する。また画像処理の分野で注目されている**圧縮センシング**に応用する。
3. BDDやZDDを用いた論理回路設計および組合せ最適化
BDD (二分決定グラフ, Binary Decision Diagram) とは，大規模論理関数を効率よく表現するデータ構造であり，1990年ごろから主にVLSI設計自動化の分野で盛んに研究開発されてきた。また近年，**ZDD** (ゼロサプレス型BDD) が，疎な組合せ集合を扱う場合に特に効果的であることが示されている。本研究室では，上記のグレブナー基底を応用し更なる効率化を計画している。

◆共同研究のご提案

例えば以下のような研究テーマによる共同研究を募集しています。

1. 各種の実用的に最適な誤り訂正符号の構成とPCクラスターによる探索
2. グレブナー基底と離散フーリエ変換および圧縮センシングを用いた画像処理技術
3. BDDやZDDを用いた組合せ最適化問題への応用

1と関連して、先に述べたように、LDPC符号はsum-product法と呼ばれる復号化法によって Shannon限界まで0.0045dBに迫ることが示された。また近年では多元LDPC符号や空間結合LDPC符号と呼ばれる、より高性能な誤り訂正符号が提案されている。このように現在では様々なLDPC符号の種類があるが、これらを組織的に構成・探索する技術や、制約の中でベストな条件を満たすものを見つける技術はこれまであまり調べられてこなかった。研究室のオリジナルな技術である「一般化準巡回符号の基本等式による構成」は応用範囲が広く、LDPC符号の性能評価やエラーフロアの低減に威力を発揮する。当研究室では、この手法の理論面の完成だけでなく、応用面での研究を計画している。

2については、符号理論の画像処理への新しい(2000年代に入ってから)の応用である。圧縮センシングは、医療画像の分野におけるMRI(核磁気共鳴画像法)にも応用されつつあり、MRIの高速化(例えば、1時間かかるところを10分程度にする等)が実現されようとしている。本研究室では、圧縮センシングの他の応用を検討しており、またグレブナー基底と組み合わせることも計画している。

3については、BDDやZDDを通信ネットワークや電力ネットワーク、更には震災等からの避難所配置問題に応用した先行研究がある。本研究室では、符号理論およびグレブナー基底のこれらの問題に対する新規の応用を検討している。

◆研究室の保有技術と設備

研究室スタッフの松井はこれまで誤り訂正符号の代数的側面について研究してきた。主な成果として以下の〈1, 2, 3〉がある。〈1〉代数幾何符号のシストリックアレー復号化器や離散フーリエ変換を用いた符号化法、〈2〉リード・ソロモン符号の符号化・復号化統合システム、〈3〉ある種のLDPC符号を含む一般化準巡回符号の符号化用グレブナー基底の計算法。

最近、PCクラスターによる並列計算(ソフトウェアはMATLABやCなどを使用)を用いて、情報工学およびコンピュータサイエンスの様々な未解決問題に対し、世界最高性能を達成することに重点を置いている。



並列計算用 PC クラスター

量子界面物性研究室

— 表面・界面改質による新機能・物性創出 —

◆研究室スタッフ

教授: 神谷 格 准教授: 山方 啓 助教: 荒川 修一
PD研究員: Yuwei ZHANG 研究補助者: 山田 郁彦
学生: 6名

問合せ先 : kamiya@toyota-ti.ac.jp , yamakata@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

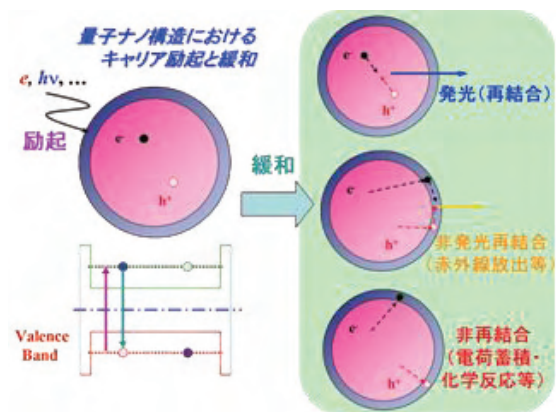
ナノ構造・量子構造等を中心とした微細構造の表面・界面に絡んだ研究を行っている。

物質の機能・物性は、まずは材料の選択、構造(大きさ・格子等)で決まるが、さらにその表面・界面にも大きく依存する。例えば、下の図に示されるように、とある量子ナノ構造体の性能は、内部の電子準位はその材質や粒径で決まるが、発光、熱散逸、化学反応、等の性能は表面・界面によって異なってくる。また、表面・界面自体、触媒反応の様に、外界との相互作用を司るというユニークな特性を持っている。

当研究室では、このような認識から、

- 1) 物質の精密な作製・合成、
- 2) 表面・界面の作製・改質と評価、
- 3) 物性・機能計測と創成、

を中心に据えた研究に取り組んでいる。



◆各研究テーマと成果

1. エピタキシャル結晶成長とその機構
MBEによるIII-V化合物半導体量子構造等の結晶成長、並びにその成長機構の検討を行っている。量子ドットの粒径制御や歪み格子の形成機構の理解を進めている。
2. コロイダルナノ粒子の合成・物性・応用
液相化学を用いて量子ドットを含むナノ粒子の合成とその物性計測や素子応用を検討しており、II-VI, III-V, 酸化物粒子を合成し、薄膜構造中のエネルギー伝達を調べている。
3. 単一量子ドットの電子物性計測
単一量子ドットの電子状態を走査プローブを用いてトンネル伝導計測している。併せて、ナノ電極の作製と評価(フェルミレベルピンニング)を行っている。
4. 量子構造を用いた光アップコンバージョン
InAs量子構造を用いて、赤外→可視の光短波長化を実現し、その機構を検討している。
5. 可視光応答光触媒の開発
触媒の組成や触媒粒子の構造により光励起キャリアの動きがどのように変化するかを理解しながら、太陽光と水から水素を製造する光触媒の実現を目指す。

◆共同研究のご提案

以下に記載、若しくはこれらに関連した技術分野に関し、ご協力をさせて頂ければ幸甚に存じます。お気軽にご連絡下さい。

量子・ナノ構造の作製と表面・界面

視野は主として新材料・部材の開拓にあり、ディスプレイ・センサー・太陽電池等の応用を念頭に、試料作製技術の開拓と機構解明、基礎的な物性計測、デバイスプロトタイピングを行っている。

可能な共同研究のテーマとしては、例えば以下の様なものがある。

- (1) 量子・ナノ構造の表面界面修飾による電子物性制御（例えば、キャリア寿命、発光効率や明滅等の制御）
- (2) 局所電子状態の計測と応用：走査プローブやナノ電極による計測と素子開発
- (3) コロイドドットによる機能薄膜：ドットを包含する薄膜の作製と光電子物性。例えば、発光シート、フィルター、等）
- (4) 新規ナノ粒子合成

光触媒

光触媒の活性は長い寿命をもつ光励起キャリアーの数と、反応分子への電荷移動速度で決まる。そこで、本研究では特に長寿命成分の光励起キャリアーの動きと反応分子の構造変化を捕らえながら反応素過程を理解し、光触媒の高活性化に貢献する。

- (1) ピコ～秒領域の光励起キャリアーの再結合速度と反応分子への電荷移動速度の計測。
- (2) 時間分解赤外分光法を用いた反応分子の構造変化。
- (3) 電場の中に置かれた光励起キャリアーの挙動と反応生成物（振動分光・電気化学測定）。
- (4) ガスクロマトグラフィーを用いた反応物・生成物の定量分析。

◆研究室の保有技術と設備

以下の通りの試料作製・物性計測系を有し、量子構造・ナノ構造・光触媒等の作製と、その光・電子物性計測を行っている。量子・ナノ構造に関しては、MBEと液相による作製と表面界面改質を、光触媒に関しては可視光応答を特徴としている。また、走査プローブ顕微鏡の改造による誘電体計測等も行っている。

- (1) 試料作製：分子線エピタキシー(MBE：III-V, 有機)、金属蒸着装置、液相合成設備一式、固相反応装置
- (2) 光計測：蛍光分光器、吸光分光器、顕微蛍光分光器(設営中)、蛍光分光システム(半導体レーザー×2、Ti:Sapphire 短パルスレーザー×2、クライオスタット、Si CCD 検出器、InGaAs Diode Array 検出器、等) 時間分解蛍光分光装置(ストリークカメラ)
- (3) 伝導計測：半導体アナライザー、(導電性走査プローブ顕微鏡(5)記載)
- (4) 超高真空計測系：超高真空一貫試料作製-計測システム
- (5) 走査プローブ顕微鏡：温度可変(100～600K)・高真空対応
- (6) 光触媒計測系：ナノ秒・ピコ秒時間分解赤外分光装置、赤外可視和周波発生分光装置、電気化学測定装置、光触媒反応活性評価装置、ガスクロマトグラフィー、FT-IR、フェムト秒時間分解赤外分光装置(導入予定)

極限高分子材料研究室

— As long as people have ideas ... (P. J. Flory) —

◆研究室スタッフ

教授：田代 孝二（理学博士）

PD研究員：Wang Hai 嘱託研究員：山元博子、田原大輔 研究補助者：高濱智彦

学生：6名

問合せ先：ktashiro@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

様々の方面で利用されている高分子材料に、より一層優れた性能を賦与せしめるためには、高分子材料の構造と物性との関わりを深く理解すると共に、それらを支配している重要因子を逐一探り出し、新しい材料の創出をもたらすための条件を明らかにすることが必要である。我々の研究室では、広角小角X線散乱、中性子回折、電子線回折、マクロおよびマイクロ赤外ラマン分光、計算機シミュレーション、熱分析から原子間力顕微鏡による表面解析、さらには高温GPCやNMR、質量分析などによる分子キャラクタリゼーションと、可能な限りの手法を駆使し、その目的に向かって邁進している。

2004年度から2009年度までの5年間、「私立大学学術研究高度化推進事業」（「社会連携研究推進事業」）として「高分子構造物性相関高度解析プロジェクト」を実行し、様々の企業との共同研究を行い、数多くの成果を上げた。2010年度からは新たに私立大学戦略的究基盤形成支援事業「高度制御汎用性高分子開発のための基盤研究推進国際プロジェクト」をスタートさせた。企業との共同研究は固より海外研究機関との共同研究を活発に行い、分子量分布や立体規則性などを制御した高分子物質について構造や物性に及ぼすこれらのパラメータの効果を具体的かつ精密に解明する。そして、現在広く使用されている汎用性高分子を「さらに新しい高分子物質」として世の中に送り出すことを目指している。

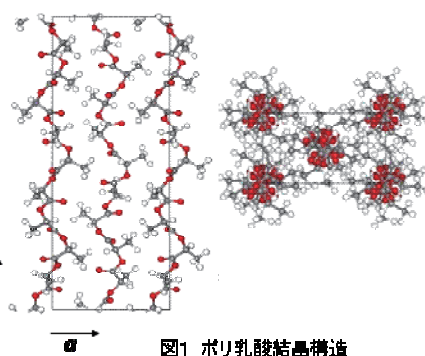


図1 ポリ乳酸結晶構造

stereocomplex

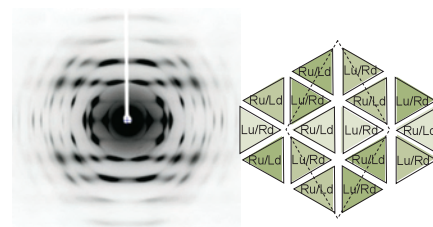
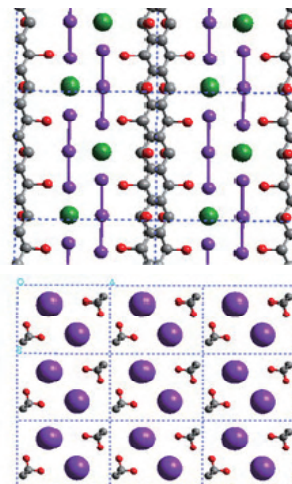


図2 ポリビニルアルコール
＝ヨウ素錯体の結晶構造

1. 高分子材料の基本的情報としての高分子結晶構造高精度解析

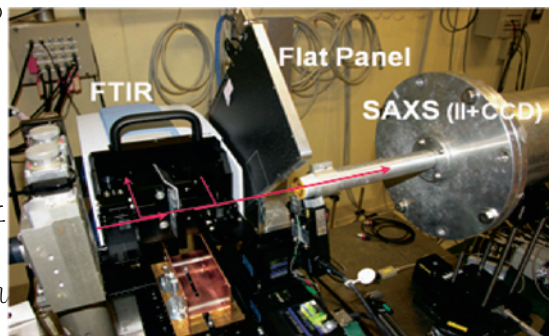
高分子材料の物性を分子レベル、結晶レベルそして高次組織レベルから解明する上で最も基礎となる結晶領域の構造について、X線回折、中性子回折、電子線回折データに基づく高精度構造解析を種々の高分子物質について行っている。図1は、放射光高エネルギーX線を用いて解析した、生分解性高分子として有名なポリ乳酸α型およびステレオコンプレックス（右巻きと左巻きらせんとの錯体）の結晶構造である。A型については高分子として異例の700個以上の回折点が観測され、水素原子位置まで含めた極めて高精度の結晶構造が得られた。この情報に基づき、ポリ乳酸の3次元弾性定数を定量的に予測した。特に分子鎖軸方向のヤング率はこのポリマーの極限弾性率として工業的開発上の重要な指針となっている。図2は、偏光板として使われるポリビニルアルコール＝ヨウ素錯体の結晶構造である。ヨウ素イオンが分子鎖軸方向に平行配列し、偏光板としての光学的性質を与えている。



このように、研究室では様々の機能性を有する高分子の基本的構造について高精度の解析を行い、関連開発事業の重要な基本的情報となっている。また、高分子モデル化合物を合成、単結晶構造解析を行い、高分子の構造解析のための重要なヒントとしている。

2. 高分子材料の結晶化および相転移機構解明(同時測定システムの開発)

高分子の成形加工においては、構造形成過程の詳細を知ることが重要である。研究室では、熔融状態からの等温結晶化過程や結晶相転移における構造発展過程を明らかにすることを目指して、放射光広角小角X線散乱と赤外ラマンスペクトルの「同時」高速時間分解測定システムの開発に成功した(右図)。そして、様々のレベルから分子鎖コンフォーメーションの規則化、結晶格子の形成、非晶をも含めた高次組織の形成、さらには球晶成長と、様々の階層レベルからそれらのプロセスを明らかにし、高次構造制御のための基礎情報としている。また分子動力学計算などシミュレーションも行い、これらの実験データの深い理解にまで及んでいる。



3. 構造物性相関の具体的定量解析および極限物性予測

これら様々の実験から得られた知見を基に、高分子結晶領域の極限物性および結晶、非晶の複合効果によるバルク物性の定量的予測を、理論ならびに数値計算(分子力学、分子動力学、密度汎関数法)に基づいて検討している。こうして得られた情報は、優れた物性を有する高分子材料の開発の上での重要な指針となるはずである。

4. 新規高分子開発と構造物性評価

(1)～(3)の研究成果を基に、これまでにない化学構造式を有する高分子物質を設計、合成、その結晶構造、高次構造、力学物性、熱物性などを実際に解析し、新たな機能性高分子として展開を諮っている。

◆研究体制および企業との共同研究

研究体制としては、ポスドクおよび博士課程学生を主力とし様々の実験、解析を押し進めている。上記のように、構造解析に必要な装置はほぼ揃っており、総合的、系統的研究が可能である。企業との共同研究は極めて多く、十分な経験に基づいた、かつ真摯な共同研究体制を整えている。実際には、①活発な意見交換を行って具体的実験計画を慎重に立て、②基本的には研究者を本学に派遣、教授による直接指導の下で実験を行っていただく。③データ解析についても直接指導を受けていただき、成果につなげる努力を最大限行う。また、④企業からの若手研究者を博士課程学生として入学してもらい、高分子科学の基礎から実験手法までのマスター、データ解析能力開発、結果の解釈から論文作成力の取得まで、徹底した指導を受けていただく。そして企業における研究リーダーとして大いに活躍できる人材として戻ってもらう。実際に、このような方策で行っている。企業の皆様の積極的なコンタクトを期待しています。

◆研究室の保有技術と設備

X線回折装置(DSC同時測定用粉末装置、2次元高速イメージングプレート搭載X線回折装置、単結晶構造解析装置、ピラタス(2台)搭載小角X線散乱測定装置など)、透過型電子顕微鏡、高速FT赤外分光器、高速顕微イメージング赤外装置、遠赤外分光器、近赤外分光器、可視紫外分光器、ラマン装置、熱分析(DSC, TGA, TMA)、質量分析、高温GPC、並列演算用計算機、原子間力顕微鏡など

情報記録機能材料研究室

— スピン材料による新機能デバイスの創成 —

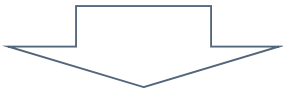
◆研究室スタッフ

教授: 栗野博之
PD研究員: 黒川雄一郎 嘱託研究員: Do Bang
学生: 10名 (M2: 2名、M1: 4名、B4: 4名)

問合せ先 : awano@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

情報化社会の進展 ⇒ データ量は年率70%で増加。記憶容量足りず半分以上は捨てている。
新興国の著しい経済急成長 ⇒ データ量爆発的に急増中、全発電量の10数%を消費。
水や食料が不足する問題に加え、ストレージとその電力も大問題として顕在化！



新スピン材料による新機能デバイス創成 (スピンエレクトロニクス、グリーンエレクトロニクス)

- ①超省電力・超大容量ユニバーサルメモリ
- ②超省電力スピンロジック
- ③3次元磁気記録
- ④トポロジカル超格子の磁気応答
- ⑤スピン流応用

◆各研究テーマと成果

超省電力・超大容量・安価なユニバーサルメモリへの挑戦
微弱電流磁壁駆動磁性細線メモリ用電流密度大幅低減！

	豊田工大	IBM	NEC・京大
媒体(基板)	TbFeCo (Si)	FeNi (Si)	Co/Ni (Si)
構造	単層(アモルファス)	単層(結晶)	多層膜(結晶)
磁化方向	膜面垂直	膜面内	膜面垂直
臨界電流密度	$4 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$	$1 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$	$3 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$
参考文献	APEX(2011)	Nature(2008)	APEX(2010)

エッチングプロセスを省略したプラスチックモールド基盤技術利用で大幅コストダウンを狙う。
本成果をスピンロジック、超高感度磁気および温度センサーへの適用を狙う。

◆共同研究のご提案

①ユニバーサルメモリ基盤技術の創製

日経エレクトロニクス2015年8月号メモリー戦国時代に掲載されているように、様々な新しいメモリが競合している。しかし、どれも現在のメモリヒエラルキの代替えを目指すものであり、大幅な省電力とコストダウンを兼ね備えたユニバーサルメモリの提案はない。そこで、当研究室では究極のユニバーサルを目指した基盤研究を行っている。早期研究着手による基盤技術創製を狙う。

②高感度磁気センサー(TMRヘッド)を用いた磁気イメージングおよび発熱イメージング

鏡面試料上を高感度磁気センサー(TMRヘッド)でスキャンする事で、微細な磁気構造が作る漏れ磁界分布をイメージングできる。TMRヘッドサイズは30nm角で空間分解能は20nm。イメージスキャンステップは10nmである。また、本装置には高周波プローブを近接させることができるため、試料に通電しながらのダイナミックな磁気イメージ測定が可能。また、このヘッドには50nm角の磁気ヘッドも搭載されており、微小領域への局所磁界印加(最大1T)も可能。また、20nm x 120nmの微細な温度センサによる温度分布測定も可能。測定試料表面が平坦であれば、通電時の発熱イメージも測定可能。

③青色レーザー搭載偏光顕微鏡による磁気イメージング

偏光顕微鏡視野内に外部磁界を印加しながら青色レーザーを照射する事が可能なため、測定試料を局所加熱しながら磁気イメージのダイナミックな観察が可能。

◆研究室の保有技術と設備

<成膜設備>

- ①超高真空マグネトロンスパッタ装置と超高真空MBEの連結した成膜装置
超高真空状態で真空を破らずに相互の成膜が可能(RHEEDつき)
スパッタ装置4元(RF2元、DC2元)、MBE電子ビーム元3基

<評価・微細加工設備>

- ①磁気光学効果および楕円率測定装置(真空紫外～赤外、低温及び高温測定可能)
- ②TMRヘッド超高分解能磁気イメージ観察装置および熱分布測定装置
- ③磁気抵抗効果測定装置
- ④1Tまで磁界印加可能な偏光顕微鏡、光学分解能200nm、温度変化観察も可能
また、視野内でサブミクロンに絞り込んだレーザー光照射(加工、反応)も可能
- ⑤EDX組成分析装置
- ⑥SEM+SEMEB(SEMの電子ビームを使った電子ビーム露光装置)
- ⑦ナノインプリント装置
- ⑧UV光による表面改質装置
- ⑨AGFM 磁界感度 10^{-6} emuの高感度磁化測定(最大磁界2T)

光機能物質研究室

— 光を縦横無尽に制御するフォトニクス材料の研究 —

◆研究室スタッフ

教授:大石泰丈 准教授:鈴木健伸 技術顧問:飯塚孝之 研究補助者:宮瀬恵津子
PD研究員: Tonglei Cheng, Xiaojie Xue, Tong Hoang Tuan, Lei Zhang, Lai Liu

学生:13 名

問合せ先 : ohishi@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

「超オクターブフォトニクスプロジェクト」の中核となる研究室として、新しい構造を持つ光ファイバや微小球共振器を使ったレーザーや光増幅器などの高機能かつ高効率のアクティブ光デバイスの開発を強力に推進しています。

独自の材料設計指針に基づいた

- ・テルライト、カルコゲナイド、フッ化物、リン酸塩ガラスなどの新しい非線形光学ガラス
- ・高効率の希土類イオン間エネルギー移動、高発光量子効率を達成するホストガラス
- ・遷移金属、ビスマスなどの新しい広帯域な発光イオン

などの新規な光制御材料の開発から、その特性を最大限に引き出す構造を持った独自設計のデバイスとして、

- ・異なる素材を組み合わせることで高い非線形性と分散制御性を実現したハイブリッドフォトニック結晶ファイバ
- ・高い効率で光を閉じ込めることが可能なガラス微小球

などの新規な光デバイスの作製と評価まで含めた、材料からデバイスまで一貫した研究を行うことで、他の研究グループでは実現できない独創的な研究成果を次々とあげています。

本研究室の最先端の研究成果は、光通信に限らず、太陽光エネルギー利用システム、車載光通信システム、環境センシング、医療工学、機械加工、光コンピューティング、量子情報通信などの幅広い分野への応用が可能です。

◆各研究テーマと成果

1. 光信号処理のための高非線形光ファイバ素子の実現

非線形光学現象を高効率に発現する高非線形光学ガラスの高非線形ファイバ素子化(図1)を実現した。

2. 広帯域光ファイバラマン増幅

高く広いラマン利得スペクトルを持つガラス材料を開発し、1460 nmから1650 nmの通信波長帯全体をカバーするラマン増幅および170 nm以上の帯域を持つファイバラマンレーザーを実現した。

3. 高非線形フォトニッククリスタルファイバによるスーパーコンティニューム光の発生

コヒーレントな広帯域光であるスーパーコンティニューム光を高非線形ファイバを用いて発生させ、フッ化物ファイバを用いることで4オクターブを越える世界で最も広いコヒーレント光(図2)を実現した。

4. 可視域光ファイバレーザーおよび光増幅

フッ化物ファイバを用いることで世界初の Tb^{3+} による $0.54 \mu m$ 帯での連続レーザー発振を実現した。

誘導ブリルアン散乱による多波長レーザー発振、新活性イオンを用いた超広帯域レーザーおよび光増幅媒体の開発、希土類添加光ファイバを用いた光制御、誘導散乱を用いた高効率スローライト生成などの成果がある。

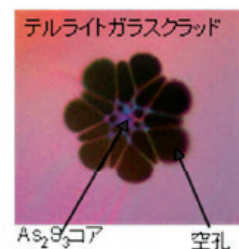


図1. カルコゲナイド-テルライトハイブリッドファイバの断面

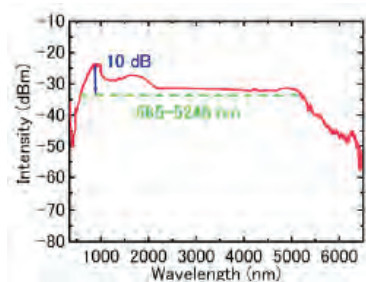


図2. フッ化物ファイバのスーパーコンティニュームスペクトル

◆共同研究のご提案

当研究室の成果は、光情報通信、太陽光エネルギー利用システム、車載光通信システム、環境センシング、医療工学、機械加工、光コンピューティング、量子情報通信などの幅広い分野への応用が広がっています。これまでも通信キャリア、自動車メーカー、通信機器メーカー、光学素材メーカー等の幅広い企業と共同研究を行ってきました。素材開発から光学素子、レーザー開発まで幅広い分野で協力関係を持つことができます。

◆研究室の保有技術と設備

特殊光学素材・素子を作製する技術

- ・超高純度雰囲気制御炉
- ・単結晶作製装置(写真1)
- ・回転キャストリング炉
- ・プリフォーム延伸装置
- ・ファイバドロ잉装置(写真2)
- ・フォトニッククリスタルファイバ、ナノワイヤー、他特殊ファイバ素子作製技術

光学材料を評価する技術

- ・ラマン分光器, FT-IR
- ・熱分析装置(DSC, TG/DTA, TMA(粘度測定))
- ・ブリズムカプラ
- ・屈折率分散測定装置
- ・分光光度計, 蛍光光度計
- ・広帯域発光特性測定システム
- ・粉末X線回折

光ファイバ素子特性を評価する技術

- ・波長分散測定装置
- ・高分解能光スペクトルアナライザー
- ・超短光パルス解析装置
- ・高速光変調装置
- ・各種高出力ファイバレーザー光源
- ・超短パルス中赤外レーザー光源
- ・チタンサファイアフェムト秒レーザー(写真3)
- ・フェムト秒描画システム
- ・フォトンカウンティングシステム
- ・広帯域オシロスコープ
- ・走査型電子顕微鏡
- ・フォトンペア測定装置
- ・各種自作ファイバレーザーおよび測定装置

光導波路素子設計および光伝搬特性解析技術

- ・MATLAB
- ・FemSIM, BemPROP, FullWAVE, COMSOL
- ・各種自作の解析プログラム

光機能材料を設計する技術

- ・CASTEP, Wien2k, Gaussian, GAMESS

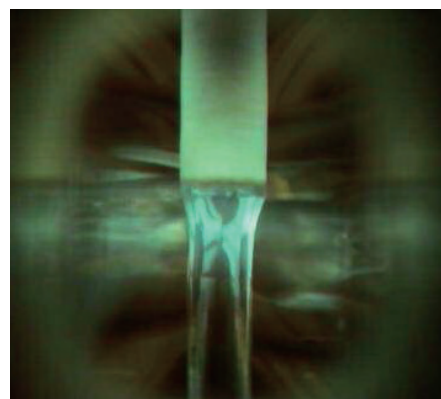


写真1. 単結晶作製装置

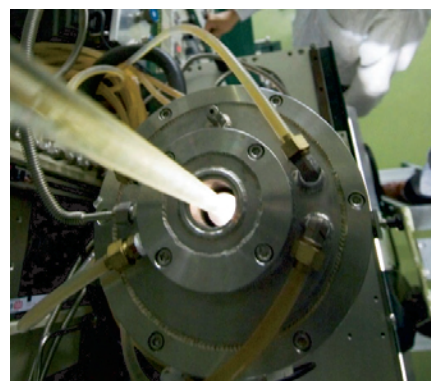


写真2. 光ファイバドロ잉装置



写真3. チタンサファイア フェムト秒レーザー

フロンティア材料研究室

— フォトニクス材料およびデバイスの開発 —

◆研究室スタッフ

教授: 齋藤 和也
助手: Edson 晴彦 関谷
学生: 11名

問合せ先 : ksaito@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

シリカガラスは、優れた透過特性や広い真空紫外透過波長域といった他のガラス材料では得られない優れた光学特性をもっているが、これらの特性のさらなる向上が種々の応用で強く望まれている。ガラス構造の無秩序性は、ガラス材料の物性を決定する主要因であるため、シリカガラスの無秩序性と光物性の相関の定量化、および無秩序性の制御による光機能性の向上に取り組んでいる。特に構造の無秩序性はガラス形成時における構造緩和過程で決定されるので、高温まで測定可能な種々の光学測定装置を開発し、シリカガラスのガラス形成過程とそれに伴う構造の無秩序性の変化を明らかにしつつある。また、微量不純物の添加や紫外線照射による無秩序性の制御技術を見出し、さらにそれらのメカニズムの解明を進めている。

これらの研究をもとに、超低損失ファイバ、耐紫外線ファイバ、超高出力ファイバレーザ、超高効率ファイバアンプ、ファイバ型デバイス等の開発を行っている。

◆各研究テーマと成果

1. 超低損失ファイバの開発

超低損失ファイバの研究開発に、①ファイバ紡糸中のガラス形成過程制御、②添加物による構造緩和の促進および濃度揺らぎによる光散乱増加の抑制、の2つの観点から取り組んでいる。現在、0.17dB/km以下のGe添加シリカファイバの実用化技術の検討を進めている。

2. 超高効率ファイバアンプの開発

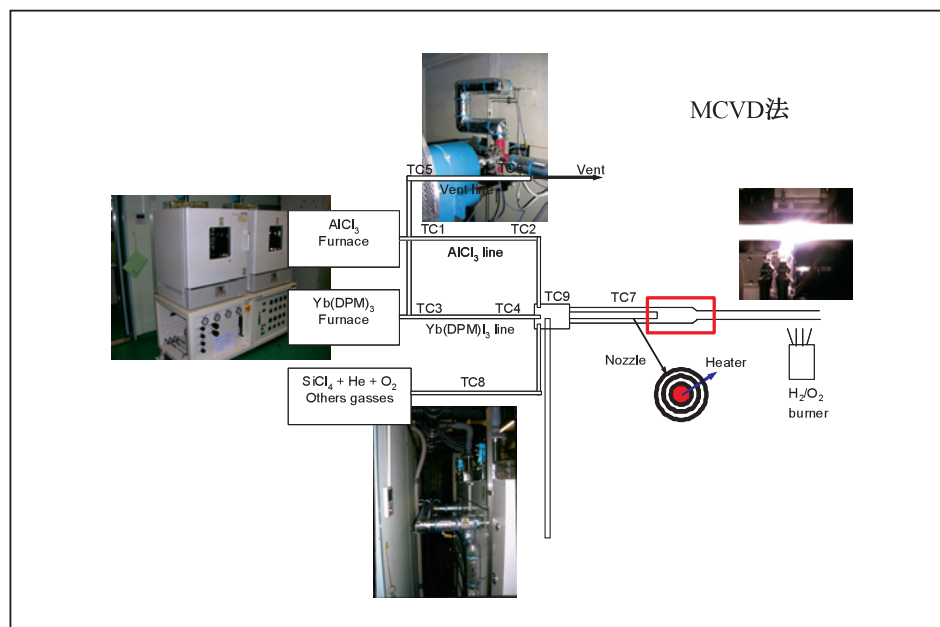
Er添加シリカガラスは光通信用のファイバアンプ素材として広く用いられているが、アンプの高性能化やレーザ応用を目指して、さらなる高品質化および組成/屈折率の高精度制御が求められている。本研究では、Er添加シリカガラスのMCVD法による製造プロセスの改良および、構造と光物性の相関の解明に取り組んでおり、効率78%の超高効率ファイバアンプの開発に成功した。

3. 超高出力ファイバレーザの開発

近年、ビーム品質が高いファイバレーザの高出力用途が注目されるようになり、単一モードでの高出力化を目指した開発競争が世界中で活発に行われている。本研究においても、単一モード超高出力ファイバレーザの開発を目指して、Yb添加シリカプリフォームの作製技術の確立、ガラス構造とYb³⁺イオンの光学特性評価、PCFレーザの試作等に取り組んでおり、これまでにスロープ効率87%で2kW発振に成功した。

◆共同研究のご提案

現在、5社と共同研究を行っており、現状ではさらに多くの企業と共同研究を行うことはできませんが、技術相談および将来的な研究協力のご相談は歓迎いたします。



シリカガラスへ希土類イオン等を気相添加することが可能な装置

◆研究室の保有技術と設備

保有技術

- ①希土類添加シリカガラスの作製プロセス技術
- ②ファイバ紡糸技術
- ③マルチコアファイバ作製技術

保有設備

MCVD, プリフォームアナライザー、プリズムカップラー、UV&V分光測定装置、FTIR, ESR, ENDOR

表面科学研究室

— ナノカーボン創製、ナノ構造分析技術 —

◆研究室スタッフ

教授: 吉村雅満

PD研究員: 鈴木誠也, Hsin-Hui Huang

学生: 数名

問合せ先 : yoshi@toyota-ti.ac.jp

<http://www.toyota-ti.ac.jp/surface/>



◆研究の背景と概要

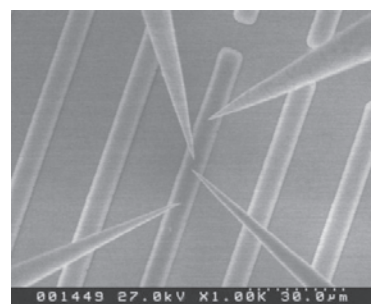
物質がナノサイズになると、表面の全体積に占める割合が大きくなり、表面構造そのものが物性を左右し、新規で画期的な機能を有する物質やデバイスが創製できる。表面科学研究室では固体の表面をナノ～ミクロの立場で制御・評価し、カーボンなどの新規物質をはじめとする新しいデバイスの提案とその創製を目指し、かつマクロ物性を根源から理解していく。原子・分子スケールの分解能をもつ走査プローブ顕微鏡を主たるツールとして、表面の構造、電子状態、組成、欠陥などを評価することで、ナノ～マクロに至る摩擦や撥水、吸着・脱離現象、電気伝導、熱伝導、光学特性のオリジンを明らかにし、新規なセンサーやデバイスを構築する。

研究のキーワードを以下に挙げる。

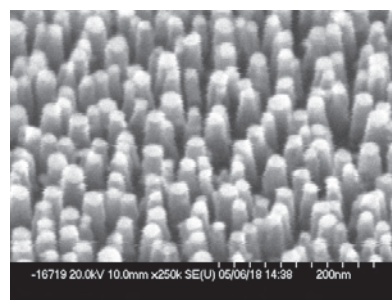
- ・ナノテクノロジー(フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェン、ナノダイヤモンド、バイオ、ナノ加工、ナノロボット、ナノデバイス、センサー、ナノ粒子、プローブ顕微鏡)
- ・環境(水素、(自動車)触媒、燃料電池、人工関節)
- ・表面科学(結晶成長、触媒反応、表面分析、原子・分子操作、電気化学、放射光、光物性)
- ・第一原理計算
- ・装置開発(電子回路、制御、ソフト開発、機械設計・製作)

◆研究テーマと成果

- 1) 表面原子の再構築による新奇ナノ材料の探索
金属や半導体上でのナノワイヤなどの低次元構造を合成し原子レベルで評価
- 2) バイオナノテクノロジー
フェリチン、DNA、ナノダイヤモンド
- 3) 燃料電池・太陽電池用高性能素材の研究
燃料電池電極の高性能化、新規透明電極の開発
- 4) 機能性カーボン材料の作成と応用
カーボンナノチューブ、グラフェンなどのカーボンナノ構造のCVD法による合成、及びセンサーデバイスの開発
- 5) プローブ顕微鏡(+顕微ラマン)による物性評価
電子顕微鏡内で作動するナノマニピュレータや、AFMラマンによるナノ構造の評価、独自CNT探針の開発
- 6) 人工股関節の高寿命化に関する研究
金属表面の摩擦を原子レベルで研究することにより、人工骨材料の高機能化を目指す
- 7) 天然グラファイトからの酸化グラフェン合成
スリランカ産グラファイトを用いた工業応用



ナノプローバ



カーボンロッド

◆共同研究のご提案《例》 様々なナノ分析のご相談に応じます

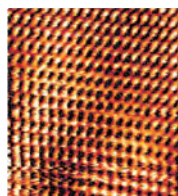
1. プローブ顕微鏡を用いた材料表面のナノレベル評価

環境：超高真空、大気、水中、雰囲気制御(湿度・温度)

評価項目：機械特性(トライボロジ、剛性、ヤング率)、電気特性、磁気特性、増強ラマン

局所評価：欠陥、グレインバウンダリー、ナノ粒子

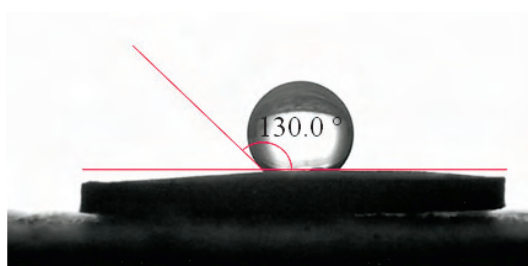
応用分野：電極表面、触媒、摩擦、接着・・・



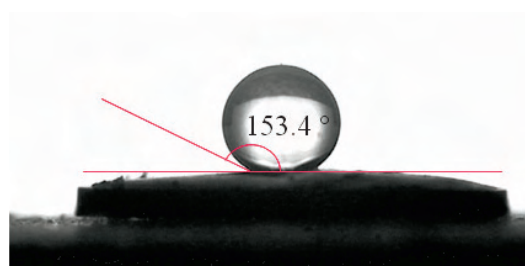
グラフェンの原子像

2. カーボンナノ材料の合成と応用

将来の電子デバイスや触媒材料として期待される、カーボンナノチューブやグラフェンなどの合成支援。評価は、電子顕微鏡(SEM, TEM)やマッピング可能なラマン顕微鏡をはじめ、赤外分光法など各種光学手法を駆使する。またカーボン材料を用いた撥水表面(下記)の開発も行う。



AKD:C₆₀=400:0



AKD:C₆₀=400:4

◆研究室の保有技術と設備

走査プローブ顕微鏡(SPM) 6台

透過型電子顕微鏡(TEM)

高分解能走査電子顕微鏡(SEM) 2台

薄膜研究装置(イオン散乱分光、真空蒸着装置)2台

カーボンナノチューブ(CNT)合成装置 2台

フーリエ変換赤外分光法装置(FT-IR)

分光光度計(UV-Vis)

ラマン分光装置(顕微鏡) (Raman TERS)

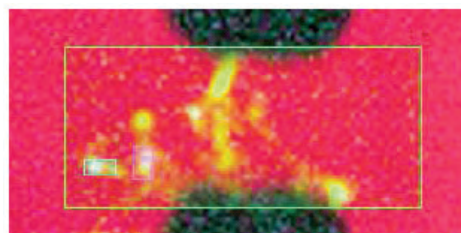
半導体ナノプローバー

摩擦力評価装置

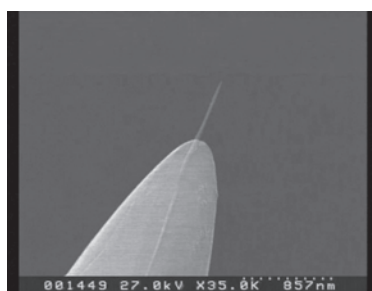
オージェ電子分光装置

X線光電子分光装置

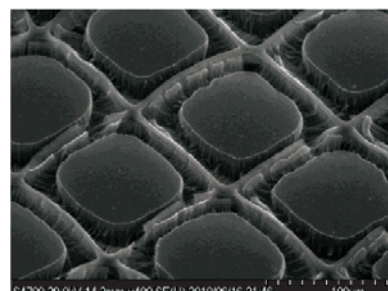
真空アニール炉 2台



電極間に架橋したCNTのラマン像



カーボンナノチューブ探針



カーボン複合体

エネルギー材料研究室

— 省エネルギー社会の構築に寄与する機能性材料の創製 —

◆研究室スタッフ

教授: 竹内恒博 准教授: 松波雅治
 PD研究員: 山本晃生, 陳 躍星, 廣井 慧, 北原功一
 研究補助者: 野村越子, 松本裕美
 学生: 5名(名大生3名, 豊工大生2名)

問合せ先 : t.takeuchi@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

固体物理(金属電子論)の基礎知識を駆使した機能性固体材料の開発

化石燃料の枯渇問題, その燃焼に伴う地球温暖化ガスの排出, 原発停止による電気料金の高騰など, 深刻な社会問題が山積している. これらの問題を大幅に緩和するためには, 省エネルギー社会の構築が必要不可欠である. 本研究室では, 省エネルギー社会の構築に寄与する機能性固体材料の開発を行っている. 固体内の電子のエネルギー分布, 運動量分布, 電子散乱, フォノン分散, フォノン散乱に関する情報を正確に知り, それらを機能性固体材料の開発に利用していることが, 本研究室で実施している研究の特徴である.

主な研究テーマ

- ① 熱電物性を支配する因子の解明とその因子の制御指針の構築
 - (1) エネルギー選択散効果
 - (2) フォノン分散の折畳み効果
 - (3) フォノンの非調和散乱効果
- ② 安価で無害な元素から構成される高性能熱電材料の創製
- ③ 固体熱ダイオード, 固体熱スイッチ材料の開発
- ④ 高温超伝導体における高い超伝導臨界温度の起源の解明
- ⑤ 電子系材料の電子構造と機能創製

◆研究成果を裏付ける豊富な外部資金獲得状況

過去の研究は基礎研究を主に行ってきたが, 最近では, 応用に直接関係する機能性材料の開発に多くの研究リソースを配分し, 特許取得や実用材料の開発を目的とした研究を実施している. 機能性材料で観測される物性の物理的解釈と, その結果として得られた知見を利用した新規機能性材料の開発研究に関連して, これまでに, 多くの外部資金を獲得している

研究テーマに関係する主要な外部資金獲得状況

1. 科学研究費補助金 基盤研究(B)(平成26年度～平成28年度)
 研究課題: 微細電子構造に起因する異常電子熱伝導度の制御指針の構築と高性能熱整流材料の創製
2. 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究(平成26年度～平成27年度)
 研究課題: 半導体ナノ粒子によるエネルギー選択散乱効果の解明と高性能熱電材料の創製
3. 第12回トヨタ先端技術共同研究(平成25年度～)
 研究課題: 異常電子熱伝導度を利用した熱流制御材料の開発
4. 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 さきがけ『新物質科学と元素戦略』(平成23年10月～平成28年度)
 研究課題: フェルミ準位近傍の微細電子構造と特徴的フォノン分散を利用した環境調和型熱電材料と機能性電子材料の創製
5. 科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP))「フィージビリティスタディ(FS)ステージ 探索タイプ(平成23年度)
 研究課題: 異常電子熱伝導度の制御方法の確立と熱流制御材料の創製
6. 科学研究費補助金 基盤研究(B)(平成23年度～平成25年度)
 研究課題: 電子構造とフォノン分散の制御による環境調和型AI基熱電変換材料の開発

◆共同研究の実績と提案

協力可能な研究内容

本研究室は、低温から高温まで(2K~1000 K)の幅広い温度領域における固体材料の精密電子物性測定と電子構造解析を得意としている。光電子分光実験、X線吸収・発光実験、粉末X線構造解析などでは、放射光を利用している。また、物性の制御指針の構築とその指針に基づく機能性材料開発を行っている。実用化を目指す、あるいは、実用化されている固体材料の電子物性・熱物性の評価や材料改質などにおいて協力可能である。

過去の共同研究先(国内大学)

名古屋大学
東京大学物性研究所
東京大学
東北大学
名古屋工業大学
愛知教育大学

過去の共同研究先(国内公的研究機関)

分子科学研究所
産業技術総合研究所
物質・材料研究機構

過去の共同研究先(海外研究機関)

アルゴンヌ国立研究所
エームス研究所
MIT
オタワ大学
マドリード・コンプルテンセ大学
A. F. Ioffe Physical-Technical Institute

過去の共同研究先(企業)

トヨタ自動車
豊田中央研究所
豊田紡織
デンソー基礎研究所
住友電工

◆研究室の保有技術と設備

試料作製装置

- ・アーク溶解炉(日新技研)
- ・高周波溶解炉(セキスイメディカル)
- ・単ロール液体急冷装置(日新技研)
- ・RFスパッタ装置(アルバック機工)
- ・浮遊帯域熔融炉(クリスタルシステム)
- ・パルス通電焼結装置(エスエスアロイ)
- ・遊星型ボールミル(フリッチュ)
- ・プラズマジェット溶射装置
- ・ブリッジマン炉
- ・3ゾーン炉
- ・高真空グローブボックス(日新技研)
- ・マッフル炉, 管状炉, 真空炉

試料加工装置

- ・低速切断機(マルトー)
- ・クリスタルカッター(マルトー)
- ・小型バフ研磨機

試料構造評価装置

- ・多目的X線回折装置(ブルカー)
- ・原子間力顕微鏡(日立ハイテクサイエンス)
- ・デジタル光学顕微鏡

試料物性評価装置

- ・低温物性(電気抵抗, ホール係数, 磁気抵抗効果, 熱伝導度, ゼーベック係数, 比熱, 磁化)測定装置(カンタムデザイン)
- ・ゼーベック計数測定装置(MMR)
- ・薄膜熱伝導度測定装置(ピコサーム)
- ・熱拡散率測定装置(ネッチ)
- ・示差熱分析装置DTA-TG(リガク)
- ・示差走査熱量測定装置(リガク)
- ・高温電気抵抗測定装置(自作)
- ・高温ゼーベック係数測定装置(自作)

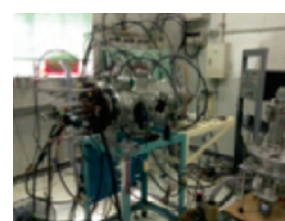
電子構造評価装置

- ・紫外線・X線光電子分光装置(アルバックファイ)
- ・高分解能角度分解光電子分光装置(MBS)

電子構造計算

- ・バンド計算(FLAPW法, WIEN 2k)
- ・バンド計算(擬ポテンシャル法, PHASE)
- ・クラスター計算(LCAO-X α 法, DVX α)

代表的な装置の外観



触媒有機化学研究室

— 金属触媒の精密設計に基づく実践的な分子変換反応の開発 —

◆研究室スタッフ

教授： 本山 幸弘

PD研究員： 細川 さとみ

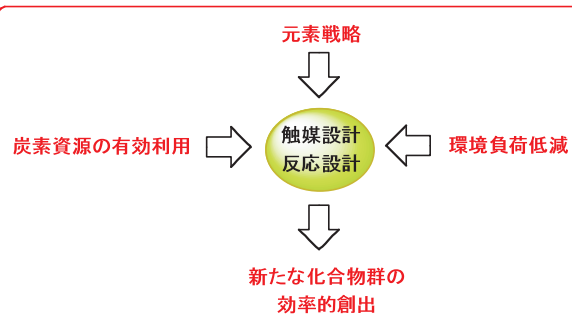
学生： 修士2年1名, 修士1年2名, 学部4年生4名

問合せ先 : motoyama@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

プラスチックや医薬品など, 我々の身の回りには多くの有機分子が含まれています. これら有機分子を創り出す上で基幹科学技術である有機合成化学において, 近年ではグリーンサステナブルケミストリー (GSC) や元素戦略に立脚した高機能触媒や反応開発が求められています.

当研究室では, 有機金属化学を基盤とし均一系分子触媒, 分子触媒を高分子等に担持した固定化分子触媒, さらに炭素ナノ繊維に代表される炭素材料等の上に金属ナノ粒子を高分散かつサイズ制御して担持した不均一系金属ナノ粒子触媒を創製し, これらを用いて多くの化学者が容易に利用でき, さらに現代社会に求められている地球環境に調和した省資源・省エネルギー型の精密な物質合成プロセスの創出を目指しています.



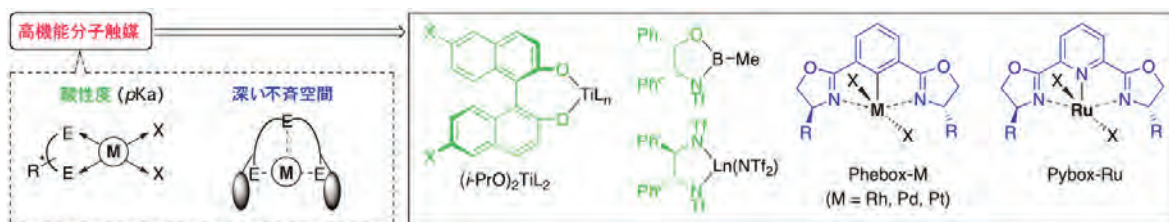
なお, 本研究室は2013年4月に学生が配属されたばかりの新設研究室です.

◆各研究テーマと成果

1. 高機能分子触媒の創製

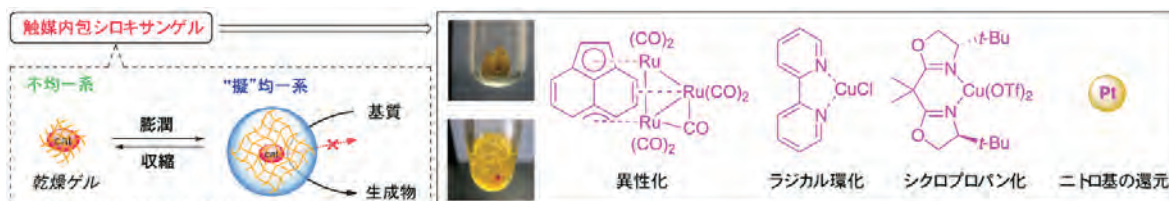
pK_a 値を指標として酸性度の高い配位子を設計・合成することで, Diels-Alder反応やFriedel-Craftsアシル化反応など多くの炭素-炭素結合生成反応を促進する高活性な(不斉)ルイス酸錯体を創製した.

また, 深い不斉空間を有するピンサー配位子Pheboxを有する遷移金属 Phebox錯体を合成した. これらは金属や配位構造を選択することで, 様々な反応において回収・再利用可能な不斉触媒となることを明らかにした.



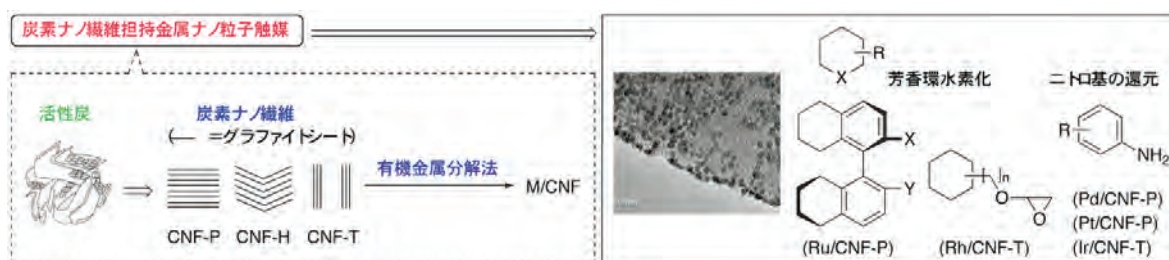
2. 触媒内包シロキサンゲルの創製

一般に均一系触媒は反応系からの触媒の分離が必要であり、さらに再利用を目的として高分子などに担持すると本来の触媒機能が低下してしまう。しかし隣接Si-H基を有するシランを高分子状のポリメチルヒドロシロキサン(PMHS)と架橋剤を組み合わせたゲルに分子触媒を内包することで、可逆的に膨潤・収縮するゲルの内外における物質移動が速いこと、均一系に近い“擬”均一系反応場として機能すること、不安定な触媒活性種の安定化効果により濾過のみで簡便に回収・再利用できることを明らかにした。



3. 炭素ナノ繊維担持金属ナノ粒子触媒の創製

一般に不均一系金属粒子触媒は工業的にも広く利用されているが、担体の表面構造が複雑なために粒子の精密担持が難しく、触媒活性や反応の再現性、さらには反応系への金属の溶出が問題となる。しかし炭素ナノ繊維(CNF)と有機金属錯体の穏和な分解反応を組み合わせることでCNF上に金属ナノ粒子のサイズ制御担持に成功し、これらが下記に示す水素化反応において、市販や既存の金属触媒と比較して極めて高活性かつ高い耐久性を示す不均一系触媒となることを明らかにした。



◆共同研究の提案等

当研究室は新設の研究室であるため現状は実質的な共同研究はできませんが、技術相談および将来的な研究協力の相談は歓迎致します。

◆研究室の保有技術と設備

有機化合物の解析に必要な装置

核磁気共鳴装置(共同:管理者)
赤外分光光度計
高速液体クロマトグラフィー
キャピラリーガスクロマトグラフ
元素分析装置(今年度導入予定)

その他の設備

オートクレーブ(水素化反応用)
マイクロ波原子発光分光分析装置
ドラフト ダクト式・フィルター式(ダクトレス)
グローブボックス(今年度導入予定)
有機合成用脱水溶媒供給装置
真空ライン

物性理論研究室

— 物質中の量子現象の解明 —

◆研究室スタッフ

教授: 高野健一

問合せ先 : takano@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

物質の性質は、電気伝導、磁性、熱伝導など多岐にわたる。このような物性は、物質の種類や置かれた条件によって大きく変化し、驚くほどの多様性を示す。例えば、次のようなことがある。

- (1) 柔らかい物質ときわめて硬い物質がある。
- (2) 電気を通す物質と全く通さない物質がある。
- (3) 磁石になる物質とならない物質がある。

これらの違いは、どうして起こるのであろうか？それは、物質内部の電子の運動の有様が、物質によって著しく異なるために起こる。電子の運動を支配しているのは量子力学であり、物質ごとに異なった条件の下で量子力学の問題を解けばこれら様々な物質の性質を説明できると考えられる。

本研究室では、多様な物質の性質がなぜ出現するのかを、電子の運動から出発して量子力学に基づいて理論的に解明することを目指している。また、理論的な考察によって、今まで見いだされていなかった性質を持つ新しい物質を予言することも目指している。

◆各研究テーマと成果

1. 線面および面上の量子磁性体の性質

線面および面上に電子スピンの配列する物質の様々な磁性を理論的に解析し、また予測している。特に、電子スピン間の交換相互作用がフラストレートしている場合の無秩序相を調べている。その中で、スピンの局所的にクラスターを形成する状態の出現条件と性質を明らかにした。

2. 強相関電子系の性質

結晶中で電子間に強い斥力が働くとき、電子の隙間はホールとして運動するが、これは半導体のホールとは全く異なる。このホールの運動を解析しており、ホールと背景の電子スピンの束縛状態を作ること明らかにした。

3. 金属の融解温度の定式化

金属の融解については古くから取り残された問題で、定量的な一般論は必ずしもうまくできていなかった。特に、測定値と直接比較できるような融解温度の一般公式は見いだされていなかったが、これを導出することができた。今後は、その応用と発展を検討している。

4. ナノスケール量子構造体中の電子状態

半導体などの内部に人工的に作成された微細な構造の中に閉じ込められた電子の運動状態を量子力学に基づいて理論的に調べている。その一つである量子リングに磁場をかけた状況で起こる特異的な変化を明らかにした。

◆本研究室の研究の特徴

1. 物性の基礎研究

工業製品のすべては、原子や分子が多数集まった物質で出来ている。その組み合わせによって、超伝導、半導体のトンネル効果、磁性などの多様な物性を実現する。本研究室では、物性を基本的なところから解明する基礎研究を行っている。

2. 量子現象の解明

主に物質に含まれる電子の運動によってその物性が決まる。電子の運動は、量子力学によって支配されているので、物質で起こるほとんどの現象は量子現象である。ある場合には、1個または数個の電子の運動を解明することで、量子現象を解明することができる。また、多数の原子や電子が協力し合って運動しており、孤立した原子や電子からは想像できない現象が起こることもある。量子力学的な効果は様々な条件の下での電子の量子力学的運動であり、これより異なった多様な物性が発現する。本研究室では、量子力学から出発して様々な物性の発現のメカニズムを解明する。

3. 理論研究

この世のすべての自然物や人工物は「量子力学」によって支配されている。特に物質を構成する原子や電子などのミクロな対象は量子力学なしでは理解できないし、制御できない。本研究室では、量子力学の方程式から必要な情報を取り出すことにより、物質中で起こる現象を解明する研究を行っている。なお、本研究室では理論的な解明に集中し、実験は行わない。必要な実験データは、世界中で行われ論文などで発表されているものを用いている。必要に応じて、実験を行う学内外の他の研究者や機関とも協力を行う。

参考文献

1. 線および面上の量子磁性体の性質に関して

“Nonlinear Sigma Model for Inhomogeneous Spin Chains” Phys. Rev. Lett. B **82** (1999) 5124, K. Takano

“Disordered Ground States in a Quantum Frustrated Spin Chain with Side Chains” Phys. Rev. B **77** (2008) 134412, K. Takano, K. Hida

“Exact Spin-Cluster Ground States in a Mixed Diamond Chain” Phys. Rev. B **80** (2009) 104410, K. Takano, H. Suzuki, K. Hida

2. 強相関電子系の性質に関して

“Bound state of a hole and a triplet spin in the t_1 - t_2 - J_1 - J_2 model”, Phys. Rev. B **83** (2011) 054421, K. Sano, K. Takano

3. 金属の融解温度の定式化に関して

Melting Temperature of Metals Based on the Free Electron Model J. Phys. Soc. Jpn. **79** (2010) 053601-1-4 T. Matsuura, H. Suzuki, K. Takano, F. Honda

◆研究室の保有技術と設備

理論物理学の手法で研究を行っている。

(場の理論の方法, 変分法, 数値解析法などによる計算と解析)

物質工学分野研究室 (界面制御プロセス)

— 単分散微小球作製プロセスに関する研究 —

◆研究室スタッフ

准教授: 柳瀬 明久

学生: 1名

問合せ先 : ayanase@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

誘電体微小球（直径 数～100 μm ）は、微小光共振器として狭い空間に大きな光エネルギーを閉じ込める性質が非常に高く、レーザーなどの光デバイスへの応用が検討されている。この場合、微小球は真球に限りなく近い形状（真球性）と精密なサイズ制御（単分散性）が必須である。誘電体微小球の中で、半導体微小球は、屈折率が大きい利点と電流注入型光デバイスへ発展する可能性により、特に有望といえる。

単分散微小球の作製に関して、真球性とサイズ制御性を高度に満たすミクロンサイズの半導体微小球の作製は未だ実現されていないのが現状である。単分散性は、(a) 液相中の固相析出反応において均一核生成とその後の粒子の成長とを時間的に分離する方法、ならびに (b) サイズが均一な多孔質膜から原料液体を押し出す方法などによって実現が図られている。また、真球性は、(c) 液体状態で表面自由エネルギー最小の形状に近づく方法、(d) 液相での等方的でランダムな固相析出反応のいずれかによって実現が図られている。固相析出反応によって、一部の高分子材料やシリカなどの単分散微小球が工業的に合成されているが、適用可能な材料系は限られている。また、真球性の非常に高い光共振器用微小球は (c) の考え方で作製されており、一例としてレーザーアブレーション法による ZnO 微小球の合成がある [1]。さらに、真球性とサイズ制御性が高いとはいえないが、半導体を含む広い材料系に適用可能な方法として、分散したナノ粒子を原料とする液中レーザー溶解法による球状粒子の作製が報告されている [2]。

本研究室では単分散微小球の作製に関して薄膜粒子化法を独自に探求している。この方法は、原料薄膜を短パルスレーザー照射によって加熱し、薄膜と基板とがぬれにくい場合に、薄膜が熔融状態を経て球形に近づくことを利用する。一定面積の薄膜が単一粒子に変形すれば、サイズは均一になる。薄膜粒子化法の特徴は、粒子形状と単分散性をもたらす物理的根拠が単純なこと、また、熔融可能な広い材料系に適用可能なことである。具体的には、あらかじめパッチ状に加工された薄膜をパルスレーザー加熱する方法、試料内に作り込んだフォトリソによって薄膜の一部分（一定面積）をパルスレーザー加熱する方法があり、これらを検討している。まず、元素単体の半導体であるゲルマニウム (Ge) について、最も単純な系として単分散微小球作製の研究を進めている。また、シリコン (Si) 微小球は、ラマン効果を利用した超小型レーザーなどへの応用が期待されている。今後、Si 単分散微小球の作製とその応用に関する研究を進めていく予定である。

[1] S. Okamoto, K. Inaba, T. Iida, H. Ishihara, S. Ichikawa and M. Ashida, *Sci. Rep.* **4**, 5186 (2014).

[2] H. Wang, A. Pyatenko, K. Kawaguchi, X. Li, Z. Swiatkowska-Warkocha, and N. Koshizaki, *Angew. Chem. Int. Ed.* **49**, 6361 (2010).

◆各研究テーマと成果

1. 薄膜粒子化法によるGe微小球の作製

図1に示すように、リフトオフ法によってパッチ状に加工したGe薄膜(厚さ 70–150 nm)を、高分子材料(ポリエチレングリコール(PEG)やポリジメチルシロキサンなど)によって被覆し、そこにナノ秒パルスレーザー(532 nm) 1パルス照射することによってGeの粒子化を試みた。図2に示すように、それぞれのパッチがほぼ1個の粒子に変形し、球形に近い形状の粒子が得られることがわかった。しかし、生成したGe粒子の真球度は不十分であった。

パッチ形状への加工と高分子材料による被覆を実施しないでGe薄膜を粒子化することができれば、プロセスが簡略化され、また、より清浄な状態のGeからの粒子化が可能となる。そこで、ガラス基板上にフォトマスクとしての格子状のクロム(Cr)パターンを形成し、その上にアルミナなどの薄膜層とGe薄膜を析出させた試料に対して、高真空中でパルスレーザー(532 nm) 1パルス照射した。その結果、Crパターンの存在しない領域のGeが加熱され、比較的均一なサイズのGe液滴となって脱離・飛散することがわかった。

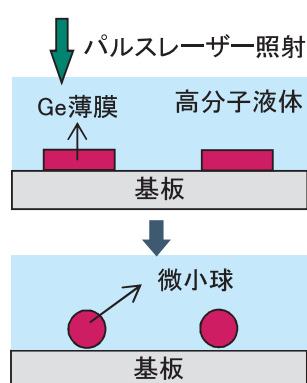


図1 パッチ状Ge薄膜の粒子化プロセスの模式図。

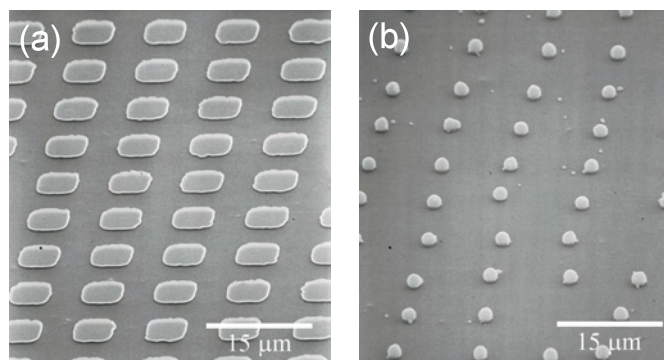


図2 パッチ状Ge薄膜(面内サイズ $\sim 5 \mu\text{m}$ 角, 厚さ 130 nm)のPEG媒質中でのパルスレーザー加熱による粒子化の様子。(a)パルスレーザー照射前, (b)パルスレーザー照射後(照射エネルギー密度 $110 \text{ mJ}/\text{cm}^2$)の走査電子顕微鏡像。

【共同研究の提案】

- (1) シリコンならびにワイドギャップ化合物半導体材料の粒子化プロセスの検討
- (2) 生成した微小球の組成や構造の分析

◆研究室の保有技術と設備

1. ナノ秒パルスレーザー加熱

ナノ秒パルス Nd:YAG レーザー装置を用いて、波長 532 nm(2倍波)、パルス時間幅約 6 ns の光を試料に照射する実験を行っている。空气中、高真空中に置かれた試料上の 4 mm角の領域に対して、平均照射エネルギー密度 $50 \sim 200 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ の範囲で照射が可能である。この方法の特徴は、用いる波長の光を吸収する物質を中心に局所的に加熱することができること、きわめて短時間での加熱・冷却が可能なことなどである。

2. 一般的な材料プロセス

本研究室では、真空蒸着ならびに高周波マグネトロンスパッタリングによる薄膜作製、UV-オゾン処理による基板洗浄、フォトリソパターン作製の作製、リフトオフ法による微細構造形成、シランカップリング反応による粒子表面処理、遠心機による粒子の分離、スピコーティングによる高分子薄膜の形成などのプロセスを実施している。微細加工プロセスに関しては本学共同利用クリーンルーム内の装置を利用している。試料の評価は、おもに走査電子顕微鏡を用いているが、さらに学内共用設備の分析装置も利用している。

物質工学分野研究室

(高分子ナノ複合材料)

— 幹細胞の増殖・分化を積極的に促し、遺伝子およびがん治療も目指した医療用材料の創成 —

◆研究室スタッフ

准教授：岡本 正巳
秘書：井上亜矢子 研究補助：伊藤玲香
学生：8名 訪問研究員：1名

問合せ先 : okamoto@toyota-ti.ac.jp



◆研究の背景と概要

～幹細胞の増殖・分化を積極的に促す新世代型足場材料の開発～

今日、ヒトゲノムの解明をはじめ分子生物学の発展、バイオテクノロジーの革新、さらにナノテクノロジーによるマテリアルサイエンスの躍進がバイオマテリアルの研究分野とその応用分野をきわめて広汎なものにしている。今日注目されている再生医療工学においては優れた機能を有するバイオマテリアルの創製に大きな期待が寄せられており、再生医療工学を支える基盤技術としてなくてはならない課題となっている。このような背景のもと、本研究室では主にバイオ高分子系ナノコンポジット材料の創製、構造と機能、ならびに加工について研究している。

主な研究テーマ

- ① 組織再生のためのプラットフォームとしての遺伝子導入足場材料開発
- ② 薬物内包リン酸カルシウムナノ粒子の細胞への取り込みと抗がん効果
- ③ 天然ナノ粒子内包骨芽細胞ナノコンポジット
- ④ 生命の起源(DNA形成)と天然粘土鉱物との関わり:細胞膜模倣親水性ゲル

◆各研究テーマと成果

これまでの民間企業との共同研究実績

- ① ユニチカ(株):2001-2010
投稿論文(29報:国際誌)
特許(日本国:10件、外国出願:7件)
- ② (株)豊田中央研究所:2000-2002
投稿論文(8報:国際誌)
特許(日本国:1件、外国出願:1件)
- ③ トヨタ自動車(株):2002-2003
投稿論文(1報:国際誌)
- ④ 帝人化成(株):2001-2004
投稿論文(8報:国際誌)
特許(日本国:6件、外国出願:6件)
- ⑤ 関西ペイント(株):2003-2004
- ⑥ 大塚化学(株):2002-2008
投稿論文(6報:国際誌)
- ⑦ 富士写真フイルム(株):2002-2006
特許(日本国:6件、外国出願:6件)
- ⑧ 矢崎総業(株):2002-2003
投稿論文(1報:国際誌)
- ⑨ 東海ゴム工業(株):2003-2004
- ⑩ (株)三菱化学:2003-2008
- ⑪ 旭化成(株):2001-2002

- ⑫ 住友電気工業(株):2008-2009
- ⑬ 東海ゴム工業(株):2005-2010-
- ⑭ SRI研究開発(株):2005-2010-
- ⑮ 住友電気工業(株):2005-2010-
投稿論文(3報:国際誌)特許(日本国:1件)
- ⑯ (株)オートネットワーク技術研究所:2005-
- ⑰ トヨタ紡織(株):2008-2011
投稿論文(2報:国際誌)特許(日本国:2件)

海外との共同研究実績

- ① Loughborough Univ. (UK): 2007-
- ② Univ. of Oxford (UK): 2007-
- ③ Univ. of Limerick (Ireland): 2009-
- ④ Landcare Research (New Zealand): 2009-
- ⑤ Politecnico di Torino (Italy): 2007-
- ⑥ Univ. Federal de Sao Carlos (Brazil): 2009-
- ⑦ CSIR, Pretoria (South Africa): 2007-
- ⑧ Aalto Univ. (Finland): 2010-
- ⑨ The University of Akron (USA): 2012-
- ⑩ U. of Wisconsin-Madison (USA): 2013-
- ⑪ Nottingham Trent Univ. (UK): 2013-
- ⑫ U. of South Florida Health (USA): 2015-

◆企業との接点

これまでの民間企業と当該研究室との共同研究は、大きく二つのカテゴリーから成り立っています。1つは新しい材料開発に関するテーマ。しかしこれは企業の10年先の開発テーマを手がけるものではなく、むしろ5年後の市場参入を視野にいれたテーマであって、最先端材料開発ではありません。もう一つは企業が今抱えている問題点を解決するために、その原因を探り(コスト意識も十分に考慮した)最適な解決策を提案するものです。後者は市場の利益にダイレクトに関係しますので、むしろこちらのテーマの方が多いと感じています。

これら共同研究の殆どが最初は技術相談から始まり、そして共同研究へと発展して行きました。かつて民間企業に8年間在籍した経験から、企業での研究開発と大学における研究とのギャップ(time, cost and perfection)については十分に理解しているつもりです。民間企業と当該研究室との敷居は極めて低いので、気軽に相談を持ちかけて頂ければ幸いです。

◆学生の教育方針

質の高い、かつインパクトのある研究内容を目指し、その分野を牽引出来る様な世界的リーダーを目標に研究を推進している。学生諸君は、高い目標に設定された研究テーマに挑戦し、修士研究はこれまでに数多くの国際学会発表に繋がっている。2009/2010/2012/2014年と5回国際学会最優秀論文賞・ポスター賞を獲得。修士論文は英語にて纏められ、研究内容に即応した国際誌に必ず掲載されている。



伊與田君[L]・酒井さん[R]
(当時M2) @ISAEM2012

これまでに当該研究室では民間企業から4名の社会人修士学生を受け入れています。また企業からの研究員も8名受け入れた経験があります。

◆研究室の保有技術と設備

1. バイオクリーンベンチ (2013), DNA/RNA分析マイクロチップ電気泳動 (MultiNA) (2013)
2. 全有機炭素/窒素分析計 (analytik jena) (2010), 原子吸光分析 (PinAAcle900T-AS₉₀₀) (2011)
3. ゼータサイザーナノ (Zetasizer Nano ZS, Malvern) (2014), MO/MDシミュレーション(2012)
4. セルイメージングシステム (EVOS® FL Auto, Life Technology) (2015)

コンポジットの構造解析に必要な各種装置

超臨界CO₂リアクター, レオメータ, X線回折装置, 熱分析, 光散

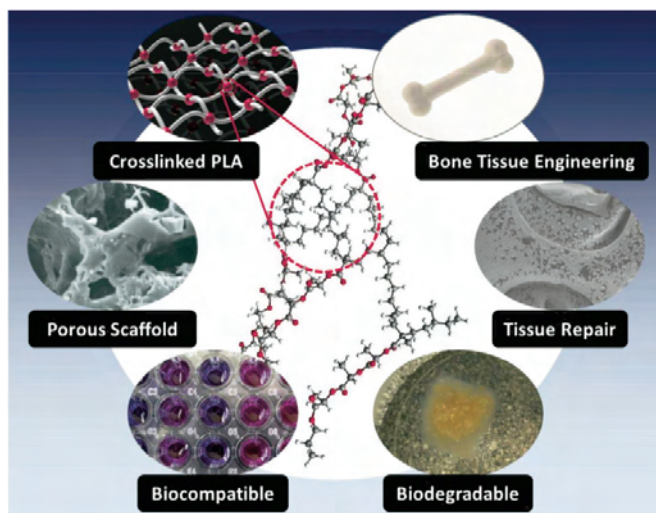


Fig. 1. Fabrication of PLA-based biodegradable thermoset scaffolds for tissue engineering application.

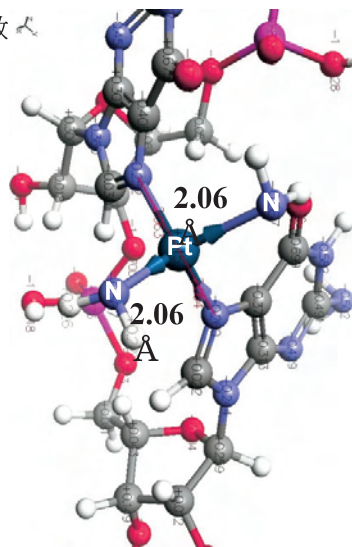


Fig. 2. Configuration of ss-DNA/CDDP with four DNA nts (5'-AGGC-3') and bond distance for P...N bond (2.06 Å) on two G bases.

スマートビークル研究センター

— 安全運転支援および自律走行技術の研究 —

◆研究室スタッフ

センター長: 三田 誠一 特任教授 メンバー: 藤崎 敬介 教授、佐々木 裕 教授
PD研究員: Nicolas Denis、Yuquan Xu、Lihua Zhao、Vijay John、Do Quoc Huy
研究補助者: Lyu Zheming、テンホフ 和佳

問合せ先 : smita@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要

現在、学会及び産業界に要請されている中心課題は、地球環境問題と日本社会の高齢化対策に対する効果のある解決案を見出すことである。この2点を結びつけるキーワードの一つが“自動車”である。日本社会の高齢化が進み、2008年度には、60歳以上の高齢者の死亡事故に占める割合が過半数(2857/5155)を占める状況にある。事故原因の3割が安全不確認である。この根本的解消に、インフラ改善とともに、車自体にも高度安全運転支援システムの装備が必須となる。このような未来自動車の在り方を総合的に追求するとともに、上記中心課題を解決する基幹技術を研究することおよびそれに資する人材を育成することが重要になる。“安全運転支援”には外部環境に対する高度の認識技術とそれを可能にする高機能センサー群が必要である。このような課題に対して、米国ではDARPA主体の国家レベルの取組みで多くのTop大学が参画したGrand Challenge, Urban Challenge を契機として、この5年間に自動運転の研究が非常に重要視されるようになってきた。また、実用的な電気自動車の本格的進出に見られるように、自動車産業にもパラダイムシフトが起こりつつある。高度安全運転支援システムの実現は、交通事故低減はもとより産業的にも自動車の付加価値を高める優位技術となる。このような観点から、高齢者向け自律走行可能電気自動車のモデル実現を当面(5年)の研究目標とし、これに必要高度認識システムの実現を中心に各種要素技術を構築することに取り組んできた。

◆各研究テーマと成果

1. 自律走行技術

トヨタ車体製電気自動車COMSをベースに、ハンドル、ブレーキおよびアクセル操作をコンピュータで操作できるように改造し、本学校内の自律走行実験を行った。試作車両は、グーグルマップとランドマークの採用により、ターゲット経路に対して、10cm程度の誤差で校内を周回できることを確認した。また、車体幅ぎりぎりの障害物を連続して回避動作できる走行経路計画アルゴリズムを開発した。

2. 走行環境認識

可変形状モデル(TTIC、シカゴ大で開発)を用いた物体検出結果に、さらにパーティクルフィルターによるトラッキングを行うことで、車両検出精度の向上を図った。昼間の車両検出において、False Positive(車でないものを車と認識する)の発生が約0.2%と非常に低い値となっている。False Negative(車を見落とす)は約90%程度である。これを夜間における車両検出に適用できるように改良した。夜間においても、パーティクルフィルターの尤度関数の生成を工夫することにより、False Negativeは約80%程度となり、一般に公表されているものより10%程度良い検出結果が得られた。さらに、マルチオブジェクトに適用できるように改良し、歩行者、バイク、自転車、車両を同時に検出可能とした。

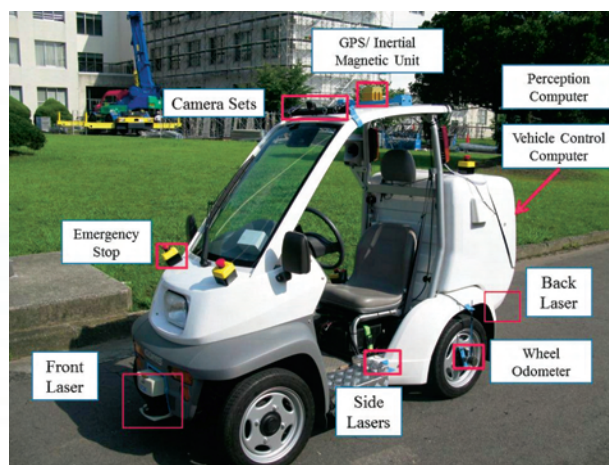
3. 走行経路計画

サポートベクタマシン、パーティクルフィルターにより走行経路上の最狭部分を確率的に抽出し、これにベジエ曲線をフィッティングさせることにより、曲率の累積値が最小(ハンドル操作量最小)でしかも障害物間の距離が最も広い部分を通過できる新規経路計画手法を構築した。従来、経路長最小あるいはエネルギー消費量最小等のアルゴリズムが多数提案されているが、上記意味で安全性が最良となる提案はこれまでにない。

◆自由記述(狙い、企業との接点、共同研究のご提案等)



観測データ収集車両



小型自律走行車両

◆研究室の保有技術と設備

(1) エスティマを用いた観測データ収集車両

主要装備として、車前方に2個のレーザレーダ装置(視界最大200m)、32走査線Velodyne Lidar、ステレオカメラシステム、車後方にキャリブレーション後の最小位置ずれ誤差20mmのGPS(Global Positioning System)装置、背景取得カメラ、車天井部の全方位カメラ、サイドミラーの車載魚眼カメラおよび車内にGPUを搭載したコンピュータ、各種データ同期記憶装置、電源安定化装置を搭載、人間の各種身体状況を取得するためのアイマークレコーダ、血圧、脈拍測定装置、および車の操舵角、ブレーキおよびアクセル踏み込み量を測定できる機構を有する。

(2) 小型自律走行車両

電気自動車COMSを改造し、前方のレーザレーダ装置(視界最大80m)に加え、後方および側方にも2個の小型レーザレーダ装置を搭載する構成となっている。検出用カメラシステム、小型GPS装置、および車内に2台のコンピュータを有する。これらのコンピュータはLinuxおよびWindowsの2種のOSを持つ。特に認識能力の強化のために、Windows用のコンピュータは2個のQuad CPUを持つ。下記の能力を有する。

- (a) 複数の障害物の回避
- (b) 大学構内における自律走行
- (c) 交通標識の認識とそれに対応した動作
- (d) 歩行者の検出と車の停止
- (e) 道路領域の認識

スマートエネルギー技術研究センター

— クリーンエネルギーで 人類文明の維持発展をめざして —

◆研究メンバー

センター長:山口 真史 特任教授、副センター長:大下 祥雄 教授
メンバー: 神谷 格 教授、吉村 雅満 教授、藤崎 敬介 教授、成清 辰生 教授、
岩田 直高 教授、竹内 恒博 教授、山方 啓 准教授、川西 通裕 准教授、
小島 信晃 助教、高野 孝義 特任准教授

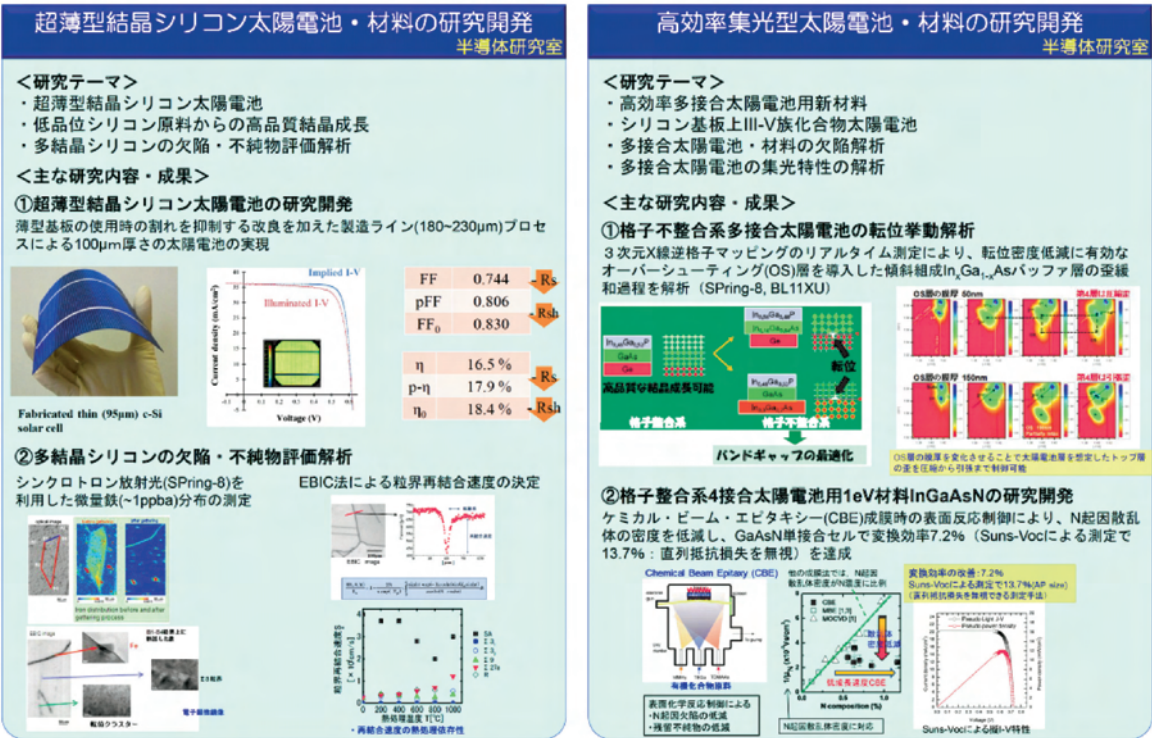
問合せ先 : masafumi@toyota-ti.ac.jp

◆センター概要

未来を担うクリーンなエネルギーと環境科学技術の創製に貢献することを使命として、エネルギー生成、変換・貯蔵、制御に関する統合的研究開発を推進している。

◆各研究テーマと成果

エネルギーの生成



太陽光を用いた水分解光触媒の開発

量子界面物性研究室

<研究テーマ>

- ・可視光応答型光触媒の開発
- ・光励起キャリアの時間分解分光計測
- ・光励起キャリアの反応と再結合の制御
- ・電気化学系を利用した光化学反応制御

<主な研究内容・成果>

①可視光応答型光触媒のキャリアダイナミクス
NiやCr, Rhなどの遷移金属をドーピングしたSrTiO₃光触媒は、不純物をドーピングすることで、電子・正孔再結合速度は遅くなることを見いだした

②水素発生・酸素発生助触媒への電子移動と正孔移動過程の観察
水素発生を促進するPtを可視光応答型光触媒 (LaTiO₃N) に担持すると、Ptへ電子が移動し、酸素発生を促進するCoO_xを担持すると、CoO_xへ正孔が移動し再結合が著しく阻害される様子を観察

次世代太陽電池・材料の研究開発

量子界面物性研究室

<研究テーマ>

- ・量子構造応用太陽電池
- ・歪格子系太陽電池材料・構造
- ・太陽電池電極の局所解析

<主な研究内容・成果>

①量子井戸構造による赤外→可視光アップコンバージョン
次世代中間バンド型太陽電池の新提案

②歪格子系材料・構造
InGaAs/GaAsの構造制御と計測

③半導体-電極界面の局所解析
KFM: 原子間力顕微鏡 (AFM) を基にnmレベルでの形状・仕事関数評価

エネルギーの変換・貯蔵

半導体・磁性材料の融合による電力貯蔵・変換技術

電磁システム研究室

<研究テーマ>

- ・高効率電気機器のための実使用時における鉄損現象の解明
- ・損失低減、高効率電力貯蔵装置の研究
- ・パワエレクトロニクス機器の太陽光素子への影響評価
- ・電力ネットワーク・EVと太陽光発電との相互作用

<主な研究内容・成果>

①低損失・高効率電力貯蔵装置の研究
インバータによる損失増現象の解明と対策
電力用半導体と鉄損との相互作用の解明
同様の原理による電力フライホイール装置の研究
太陽光に適した貯蔵システムの研究

②電力ネットワーク・EVと太陽光発電との相互作用の研究開発
太陽光発電といった再生可能エネルギーは、電力生成の不安定性より電力貯蔵を必要としている。電気自動車 (EV)はその手段の一つであると同時に、電力ネットワークにとっても不安定要因ともあるため、その相互作用を研究し系統安定化を目指す。

高効率電池開発に向けた電極触媒素材の微視的研究

表面科学研究室

<研究テーマ>

- ・ナノカーボンの合成と制御
- ・表面局所構造 (欠陥、ドメイン境界) のナノレベル評価
- ・表面マニピュレーションによる触媒微粒子の形態制御

<主な研究内容・成果>

①高品質グラフェン合成と新規合成法の提案
自作大気圧CVD装置により、グラフェンのドメインサイズ制御に成功
【左】。ニッケル表面の偏析を利用した独自のサンドイッチ法により簡便なグラフェン合成法を提案【右】。

②カーボンナノチューブ付プローブ顕微鏡 (SPM) 探針の開発
市販のSPM探針先端に金属触媒微粒子を付着させ、カーボンナノチューブをCVD法により局所成長する。本手法により、導電性【右側】、磁性【左側】、ラマン増強用プローブ顕微鏡の高分解能化を目指す、電極表面の多元的かつ高分解能特性評価を行う。

エネルギー高効率利用のための熱解析・熱設計

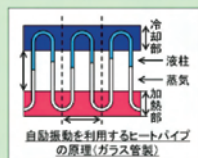
機械システム分野

＜研究テーマ＞

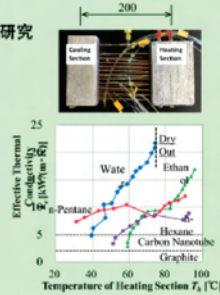
- ・小型、軽量で高効率な熱輸送システムに関する研究
- ・内燃機関における高効率エネルギー変換に関する研究
- ・エネルギー変換に関わる材料の熱物性値の計測

＜主な研究内容・成果＞

①自動振動ヒートパイプに関する基礎研究



小温度差間でも“無動力”で“大きな熱輸送”。電子機器の均熱化と冷却、排熱の有効利用



銅管で試作した試験用ヒートパイプの有効熱伝導率～銅の約50倍の熱輸送能力

②内燃機関の燃焼室内壁面熱伝達に関する研究



表面熱流制御・低熱損失化によるエネルギー変換効率の向上

環境調和型高性能熱電材料・熱整流材料の開発

エネルギー材料研究室

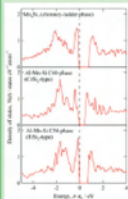
＜研究テーマ＞

- ・熱電物性の支配因子の解明と高性能熱電材料設計指針の構築
- ・AlとSiを主成分とする環境調和型熱電材料の開発
- ・フォノン分散を制御した高性能薄膜熱電材料の開発
- ・新規熱整流材料（熱ダイオード）の開発

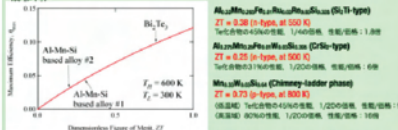
＜主な研究内容・成果＞

①安価で高性能な熱電材料の開発

安価で安全な構成元素と電子構造の特徴から材料を絞り込み、電子物性に影響を与えない手法で格子熱伝導度を低下させる手法で、AlとSiを主成分とする安価で環境に優しい熱電材料を開発した。



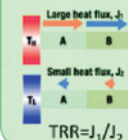
(一)第一原理計算を利用して、(1)ギャップが十分に大きく、(2)バンド端に状態密度のピークを有し、かつ、(3)バンド端が複数のバンドから構成される材料を選定した。



重元素による構成元素の微量部分置換を駆使して、電子物性に影響を与えずに、格子熱伝導度のみを低減させることに成功し、結果として、実用材料に迫る性能を示す安価で環境に優しい熱電材料を開発することができた。

②革新的な熱ダイオードの開発

微細な電子構造の特徴により生み出される異常電子熱伝導度を利用して、熱流の大きさが方向により2倍以上変化する熱ダイオードを開発した。



材料 A	材料 B	ZT _{max}	T _{max} (K)
Al _{0.5} Cu _{0.5} P _{0.5}	Al _{0.5} Cu _{0.5} P _{0.5}	2.61±0.14	900K, 300K
Si	Si	1.81±0.13	900K, 300K
Ag ₂ Te	Ag ₂ Te	1.63±0.16	520K, 300K
Cu ₂ Te	Cu ₂ Te	2.18±0.13	900K, 300K
Al _{0.5} Si _{0.5} Cu _{0.5}	Al _{0.5} Si _{0.5} Cu _{0.5}	1.71±0.13	520K, 300K
Fe _{0.5} Si _{0.5} Cu _{0.5}	Fe _{0.5} Si _{0.5} Cu _{0.5}	2.24±0.14	900K, 300K

エネルギーの制御

Beowulf型クラスタ計算機による電力ネットワークの制御系設計

制御システム研究室

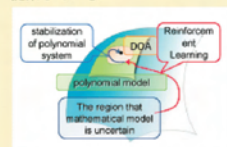
＜研究テーマ＞

- ・電力ネットワーク・シミュレータの開発
- ・モジュール型非線形状態推定・同定システムの設計および制御系設計
- ・ネットワーク管理システムの構築

＜主な研究内容・成果＞

①非線形ディスクリプタシステムの制御系設計

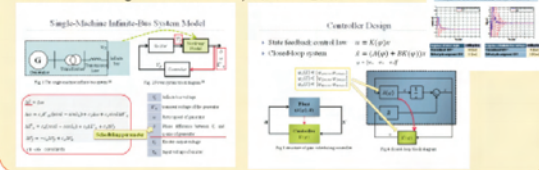
システムのモデル化に、本来のシステムの挙動を正確に表現できる非線形ディスクリプタシステムを用い、安定領域を最大化するSOS (Sum-of-Square) アプローチ、強化学習、PSO (Particle Swarm Optimization) に基づく設計手法を提案している。



$$\begin{aligned}
 & \left(E_0(x(t)) + \sum_{i=1}^n E_i(x(t)) g_i(x_i(t)) \right) \dot{x}(t) \\
 & = a_0(x(t)) + \sum_{i=1}^n a_i(x(t)) g_i(x_i(t)) \\
 & E_0, E_i: \text{polynomial matrix} \\
 & a_0, a_i: \text{polynomial vector} \\
 & g_i: \text{non-polynomial element}
 \end{aligned}$$

②電力システムのゲインスケジューリング制御

電力システムの安定性の向上させるため、一機無限大母線電力システムのモデルに基づいて、ロバスト極配置アプローチに基づくゲインスケジューリング補償器 (Gain Scheduling Controller: GSC) の設計法を開発した。



省エネルギー社会に向けた高効率で動作する低コスト高性能半導体デバイス研究

電子デバイス研究室

＜研究テーマ＞

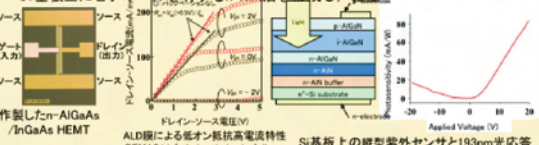
- ・Si基板上の化合物半導体ヘテロ接合デバイス
- ・新機能化合物半導体センサ
- ・超低消費電力半導体デバイスとシステム

＜主な研究内容・成果＞

①Si基板上の化合物半導体ヘテロ接合デバイス

Si基板上に高電子移動度トランジスタ (HEMT) や光デバイスを形成することにより、Siデバイスでは実現できない低コスト高性能半導体デバイスの実現を目指す。

- ・n-AlGaAs/InGaAs HEMT向けにAuGe/Ni低抵抗抵抗オーミック電極を開発
- ・原子層堆積 (ALD) パッシベーション膜により低分散高ドレイン電流HEMTを実現
- ・Si基板上にピアホールを有するn-AlN層を形成し、観測



作製したn-AlGaAs/InGaAs HEMT

ALD膜による低オン抵抗高電流特性

BEMAS bis(ethylmethylamino)silane

Si基板上の観測紫外センサと193nm光応答

②ナノ粒子をHEMTの表面に配した新機能センサ

半導体ナノ粒子をAlGaAs/InGaAs HEMT上に配したデバイス構造により、超低消費電力で感度の高い(増幅機能を有する)センサの実現を目指す。

- ・数nm径のInPナノ粒子を配したHEMTセンサを試作
- ・HEMT動作へのナノ粒子光応答特性を観察

HEMT上のInPナノ粒子

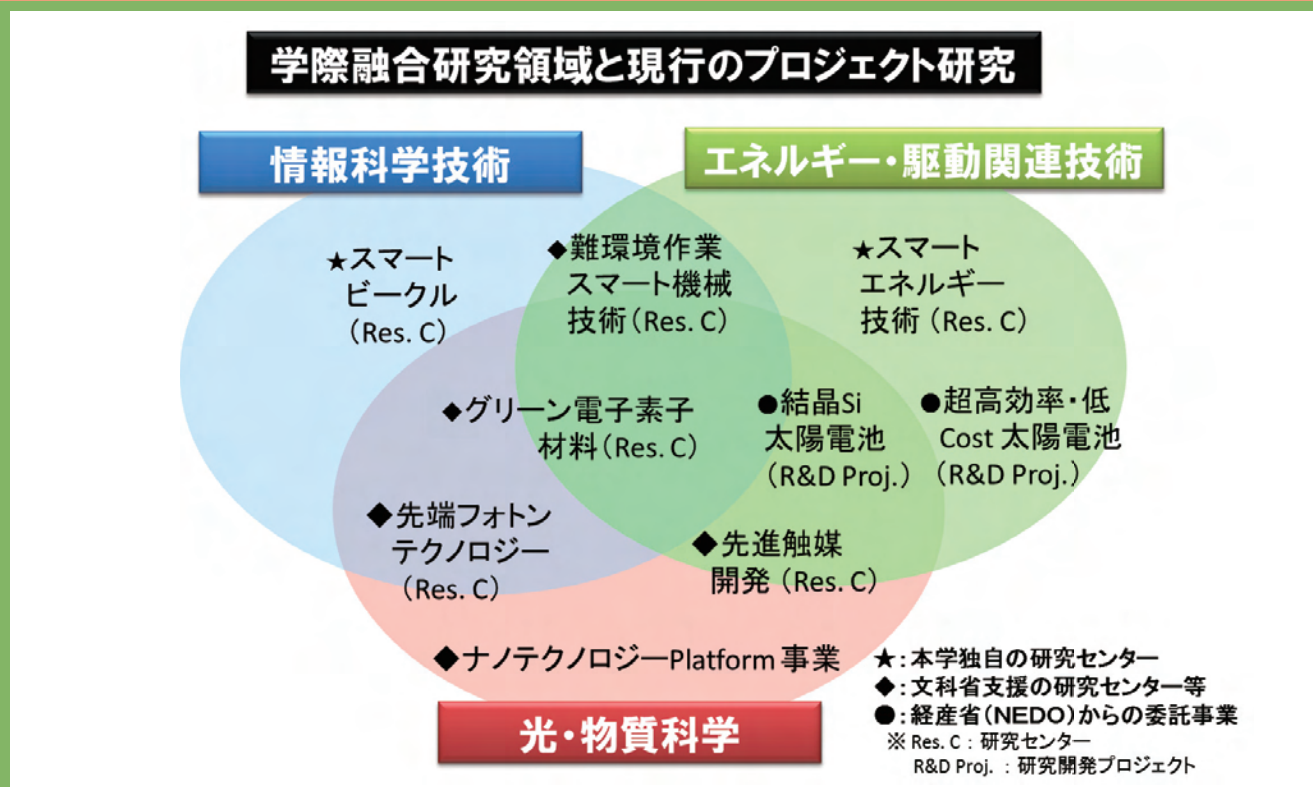
InPナノ粒子をHEMT上に配したセンサ構造

InPナノ粒子を配したHEMTの光応答

豊田工業大学 研究プロジェクト

本学では、現在、9の研究センター等で最先端の研究を行っています。これらのセンター等は、わが国の科学技術の発展に資することを目的としており、ここでの成果は、民間企業への展開も可能です。

◆研究プロジェクトの分野体系(重点研究分野)



◆研究プロジェクトの推進状況

	研究センター名	研究代表者	実施年度											現在	
			’08	’09	’10	’11	’12	’13	’14	’15	’16	’17	’18	’19	
本学独自	スマートビークル	三田特任教授			運転支援および自動運転支援システムのための基礎理論とその応用技術の研究										
	スマートエネルギー技術	山口特任教授					次代を担う太陽エネルギーを中心としたエネルギーの生成、制御、変換・貯蔵に関する統合的研究								
文科省	高分子基盤研究推進(*)	田代教授	高分子構造物性相関高度解析(3.4億)		高度制御汎用性高分子開発のための基盤研究(2.6億)										
	先端フotonテクノロジー(*)	大石副学長	超オクターブ光波制御(3.9億)			超オクターブフォトニクス(4.5億)									
	難環境作業スマート機械技術(*)	成清教授	先端知能システム・デバイス統合研究(榊学長、三田特任教授)				難環境作業スマート機械技術の開発(5.1億)								
			サステナブル小型・軽量機械システム開発へ向けた基盤技術研究(東特任教授)												
	グリーン電子素子・材料(*)	神谷教授	局所構造制御によるスマート材料・素子の研究(4.2億)						マイクロ・メソ構造制御による革新的グリーン電子素子・材料技術の基盤形成(5.3億)						
	先進触媒開発(*)	本山教授								【新規採択】水素原子・分子の活用技術革新のための先進触媒の研究(3.3億)					
	ナノテクノロジー支援事業	榊学長 佐々木実教授	ナノテクノロジー・ネットワーク(中部地区ナノテク総合支援)(2.1億)				ナノテクノロジー・プラットフォーム(1.5億/10年間)								
経産省(NEDO)	超高効率・低コスト太陽電池モジュールの研究開発	山口特任教授	革新的太陽光発電技術研究開発(5.5億)							【新規採択】超高効率・低コストIII-V化合物太陽電池モジュールの研究開発					
	日EU共同開発拠点	山口特任教授					集光型太陽電池モジュール、システムの日欧共同開発(1.9億)								
	結晶シリコン太陽電池の研究開発	大下教授					太陽光発電システム次世代高性能技術の開発(8.0億)					【新規採択】太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発			

(*)は、「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」で、金額は学内資金を含む総事業費

◆文部科学省「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」

先端フotonテクノロジー研究センター

代表者：教授 大石泰丈（光機能物質研究室）

■研究目的・意義

＜目的＞これまでの材料に特化した研究から脱皮し、急増するトラフィックに対応する低消費電力情報伝送実現するためのコヒーレント光通信や究極の省エネルギー通信である量子情報通信、また医療、環境、安全等の新規産業技術の基盤となり得るフォトニクスデバイス・応用システム、さらには新規太陽光エネルギー利用を可能にするデバイス・素材を創製し、グリーン・ライフイノベーションの牽引に寄与することを目的とします。

＜意義＞本プロジェクトで実現を目指す光パラメトリック効果を利用した光信号処理素子、超広帯域コヒーレント光源、レーザー媒体や新素材またそれらを用いたセンシングシステムは、消費電力の増大により環境負荷が大きくなりつつある情報通信技術のグリーンイノベーションに寄与するだけでなく、環境計測、危険物検出、医療診断、薬品開発・検査、新エネルギー創出等のライフイノベーションにも寄与できる。本プロジェクト研究成果は、将来大きな社会貢献が可能であると確信しています。

■本研究により期待される効果

本研究では、光パラメトリック効果や新レーザー活性イオンの誘導放出、さらにはフォトニック結晶ファイバ構造を駆使した分散制御や輻射場制御により紫外から遠赤外域までのコヒーレント光の発生および制御を可能とする新フォトニクスデバイスの実現、また新素子とMEMS素子とを組み合わせたバイオフィotonicsセンシングシステム、さらに新規な太陽光エネルギーを利用したコヒーレント光創出やエネルギー変換材料・システムの実現を目指していきます。

その研究成果は、省エネルギーを実現した超高速光通信技術の構築、さらには量子情報通信を実現するための基本デバイスの実現に貢献できます。さらに本研究で実現できる超広帯域コヒーレント光源等により、環境計測、危険物検出、医療診断、薬品検査に使用できる波長資源を格段に拡張することができ、同分野の新技術創出に繋がります。また、上記の技術は地球環境を保全し、新産業を創成して我が国の国際的産業競争力を発展させる重要なものです。本研究の成果は単に新しいフォトニクスを開拓する学術的貢献のみならず新産業創出に繋が将来大きな経済効果が期待できます。

■参加研究室

光機能物質研究室、フロンティア材料研究室、マイクロメカトロニクス研究室、量子界面物性研究室

難環境作業スマート機械技術研究センター

代表者：教授 成清辰生（制御システム研究室）

■研究目的・意義

難環境とは、火災現場のように、(A)高温や有毒ガスのために、機械とそれを操作する人間が、作業はおろか、留まることも困難な環境を意味しますが、同時に、(B)その場の状況が把握し難く、情報の不足のために作業困難になる環境を意味します。そうした難環境は、火災や震災現場に加え、溶鉱炉や海底油田などの生産現場、月面や細胞の内部など学術探索の最前線など、広く存在します。このため、社会の安全・安心の確保や学術の発展には、難環境作業技術は必須です。本研究プロジェクトでは、そうした技術の向上のために、(a) 難環境対応の素材や素子をナノ技術を礎に開発、(b) 難環境の認識と推定に有効な情報技術を開発することで、(c) 難環境に対応する機械技術の確立を目指します。これにより、震災・事故現場などで高度な作業性能を発揮する難環境作業スマート機械の開発を行い、安心・安全な社会の構築と先端科学技術の発展に貢献することを目的とします。

■本研究により期待される効果

本研究で開発される難環境作業スマート機械の高度環境認識・適応技術は、公共インフラ施設における自動検査・修復作業機械および災害救助ロボットの基盤技術の開発につながります。特に、大震災の可能性が指摘されている東海地方においては、これらの技術開発は喫緊の課題です。また、真空環境極微操作・計測システムは、立体視を併用することで宇宙での加工法やナノ構造評価による素材開発を飛躍的に進展させることができます。

これらの成果は、手術ロボットなどの医療計測機器や海底油田などの資源探査といった産業の育成や、原発事故に代表される災害対応や公共インフラ施設の安全・保守管理システムの構築などの安心・安全な社会作りへの貢献、さらには材料科学、宇宙科学やバイオ科学などの先端科学技術発展への寄与も期待できます。また、複数の機械（ロボット）間の局所的相互作用を効率的に制御することで、新しい機能、形質、行動などの獲得をもたらす知的な機械システムを具現化し、知的な機械（ロボット）による新たな生産システムの構築をも可能とします。

■参加研究室

制御システム研究室、知能数理研究室、機械創成研究室、固体力学研究室、表面科学研究室、材料プロセス研究室、電磁システム研究室、マイクロメカトロニクス研究室、電子デバイス研究室、電子情報分野研究室（情報通信）、機械システム分野研究室（設計工学）

グリーン電子素子・材料研究センター

代表者：教授 神谷 格（量子界面物性研究室）

■研究目的・意義

新興国経済の活発化などに伴い、資源やエネルギーの確保は一段と厳しさを増しており、我国を始め、先進国には、エネルギーの利用効率を格段に高めるための技術革新が求められています。特に、各種のエネルギー変換機器・素子の性能や効率の向上に加え、IT機器や照明機器の電力消費の大幅低減も必要となっています。本研究では、そうした状況を考慮し、これらの機器・素子・材料の動作原理や電力損失の要因を解明し、素子や材料の構造を量子的に再設計し、1nm以下でのマイクロ構造制御と1～100nm領域のメソ構造制御を行います。これにより、高い変換効率や電力損失を低減した新規の熱電素子・材料や光電素子・材料、いわゆる「グリーン素子・材料」の実現を図ります。また、多くの素子で電力効率や寿命の劣化要因となる電極接合部や界面の構造を調べ、マイクロ・メソ構造の制御により、電力損失の低減を図るとともに、スピン流やフォノン流を制御した素子材料の実現を図ります。

■本研究により期待される効果

本研究は、物質・材料科学・電子工学・エネルギー工学を含む学際的な研究であり、各分野の進展に寄与します。

- 1: 材料や素子のマイクロ・メソ構造制御に関しては、新規の熱電材料における合金相のマイクロ制御、光電素子用のナノ構造制御、グラフェンやGaNなどの電子材料と金属電極との界面構造の制御技術の進展が期待されます。
- 2: エネルギー工学や電力工学に関しては、環境調和型の組成を持つ新規熱電素子の変換効率の向上、熱利用の効率を高める熱ダイオード技術の進展、各種電子機器の電極構造制御による低損失化の進展が期待されます。
- 3: 電子工学に関しては、半導体(S)、金属(Me)、絶縁体(I)、磁性体(Ma)などが接する界面構造の制御が進み、電子輸送の促進や抑制手段が進歩し、各種素子の効率や寿命の向上および新機能素子の実現を促します。

■参加研究室

量子界面物性研究室、エネルギー材料研究室、情報記録機能材料研究室、表面科学研究室、電子デバイス研究室、半導体研究室

先進触媒開発研究センター

代表者：教授 本山幸弘（触媒有機化学研究室）

■研究目的・意義

＜目的＞資源や環境の保全とエネルギー確保の観点から、水素の発生・活用技術の高度化と水素に関連する物質製造工程の革新が急務です。本プロジェクトでは、「水素」原子や分子の発生と利活用に関する主要課題の解決を目指します。特に、水素に関連する「触媒」技術に焦点を絞り、本学の研究者が蓄積してきた研究実績を基に、(I-A) 光による水の直接分解に適した光触媒の動作機構の解明と高度化、(I-B) 太陽電池を電源とする水の電気分解で生じた原子状水素の貯蔵と再放出を制御するための高機能触媒の開発、(II) 水素関連化合物における多重結合の「還元」を制御し、物質の変換や合成反応の効率を格段に高める「新たにデザインされた高機能触媒」の開発を目指します。

＜意義＞本研究は水素と触媒を鍵に、物質合成とエネルギー技術を有機的に繋ぐことで水素の発生と活用の技術の革新を目指しており、水素の需給システムの進化と水素を用いる物質変換・合成技術の発展への寄与が期待できます。

■本研究により期待される効果

本プロジェクトでは元素間多重結合を還元する触媒開発に取り組めますが、これにより多くの化成品や医薬品の合成に使われている金属ヒドリド試薬を等量以上用いる反応が根本的に変革され、水素を用いた触媒的反応へと変換が可能となります。また、これらの触媒は炭素-炭素結合の生成や官能基変換反応にも適用できるので、様々な新規化合物の開発が促進されます。さらに国が推進する元素戦略にも沿っており、材料の減量(高活性化、高選択性)、物質の循環(再利用性)と新機能創出(新規触媒やデバイス)にも大きく貢献できます。また、水分解光触媒や脱水素化触媒の機構解明と高活性化を進めることで、新たな水素需給ならびにエネルギー需給システムの確立が期待されます。

なお、本研究に関わる水素関連材料としては、光触媒以外にも燃料電池用電極や水素センサ、さらには排気ガス用の環境触媒などへの展開が可能であり、その波及効果は広範な分野に及びます。

■参加研究室

触媒有機化学研究室、半導体研究室、量子界面物性研究室、表面科学研究室、極限高分子材料研究室

◆経済産業省 NEDO「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」

超高効率・低コストⅢ-V化合物太陽電池モジュールの研究開発

代表者：特任教授 山口真史

太陽電池を用いた太陽光発電は、2050年には世界のエネルギーの2割を、2100年には7割を占めると期待されています。このプロジェクトでは、光電変換効率48%以上の世界最高効率の実現により、クリーンなエネルギー生成への貢献をめざします。

■主な研究テーマ

- ①超高効率太陽電池用Ⅲ-V-N新材料の研究
- ②超高効率集光型多接合太陽電池の研究

太陽電池セル、モジュールの共通基盤技術開発

代表者：教授 大下祥雄（半導体研究室）

産官学連携の研究プロジェクトを通じて、現在主流である結晶シリコン太陽電池の高効率化・低コスト化を実現し、エネルギー・環境問題の解決への貢献をめざします。

■主な研究テーマ

- ①新規構造・材料を用いた次世代シリコン結晶太陽電池
- ②シリコン結晶・パシベーション・電極などの材料評価

◆文部科学省「ナノプラットフォーム事業（微細加工）」

微細加工ナノプラットフォームコンソーシアム

実施責任者：教授 佐々木実（マイクロメカトロニクス研究室）

ナノテクノロジーに関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が連携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤（プラットフォーム）を構築しました。この組織は、微細加工装置群の共同利用を可能とし、産学官の多様な利用者に対して問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合を推進するものです。本学では、企業・研究機関・他大学等に対し、クリーンルームを中心に、研究設備を活用した技術支援を行っております。また、企業研修としてフォトリソグラフィ等の実習会をご希望に応じて対応しております。

■主な供用装置

電子ビーム描画装置、マスクアライナ装置、酸化・拡散炉、イオン打ち込み装置、Deep Reactive Ion Etching装置、スパッタ（金属、絶縁体）蒸着装置、電子ビーム（金属）蒸着装置、カーボン用プラズマ成膜装置、原子層堆積装置、マスクレス露光装置、電界放出形走査電子顕微鏡、非接触3次元表面形状・粗さ測定機 ほか多数

■支援事業例

- ・プラズマを利用しないMEMS犠牲層Siエッチング
- ・平面基板タイプの超小型MIセンサ素子開発 等

◆豊田工業大学 重点研究分野プロジェクト

スマートビークル研究センター

代表者：特任教授 三田誠一

高齢者や運転初心者に安全でしかも環境の負荷が少ない運転支援システムの研究開発を進めています。具体的には、コンピュータがテレビカメラ、レーザスキャナー、GPS (global positioning system) などのセンサから得られる情報をもとに、歩行者や車両、道路、白線などの様々な対象を検出し、複雑な走行環境を認識できる技術を開発しています。

この技術に基づいて、車両に、危険時には、警告発信、加減速および停止操作、回避動作および最適ルート探索などの機能を与える研究や、さらに将来の自律走行などの車の高度知能化の研究を進めています。

詳細は、49ページに記載されています。

スマートエネルギー技術研究センター

代表者：特任教授 山口真史

地球環境問題や化石燃料枯渇の問題を解決するためには、地球環境にやさしいクリーンエネルギーの実現が必須である。また、原発に代わるクリーンなエネルギー技術の開発も、強く望まれています。

これまで培ってきた超高効率太陽電池の研究開発や超薄型結晶シリコン太陽電池の研究開発等、太陽電池の研究開発を核に、本学の教員、研究者の知恵を結集して、エネルギー生成、エネルギー制御、エネルギーの変換・貯蔵に関する統合的研究を推進します。また、産業界との連携、国際連携を進めていきます。

詳細は、51ページに記載されています。

「ミクロ・ナノ工房（仮称）」（新共同利用クリーンルーム） 2015年10月稼働開始

◆「ミクロ・ナノ工房」の概要と特徴

豊田工業大学では、1985年に本格的なクリーンルームを設け、シリコンなど半導体デバイスや磁性デバイスの作製のための微細加工設備を設置・運用し、教育と研究に活用してきました。

今夏、キャンパス刷新の一環として東棟が完成しましたが、その一階部分に新クリーンルームを設け、関連設備を移し、「ミクロ・ナノ工房」として新たに出発することとなりました。東棟には、加工設備に加え、関連の計測・評価装置も置き、共同利用を推進します。学内に限らず、他大学や企業の方々にも広く利用頂き、学術研究および産学協力の推進に寄与する所存です。



● 施設の清浄度と面積（一階部分）

クラス100部分： 85m² クラス1000（から10,000まで可変）部分： 360m²

● フレキシビリティの高さ

クリーン度の調整・変更、研究設備の配置替えに柔軟に対応が可能です。

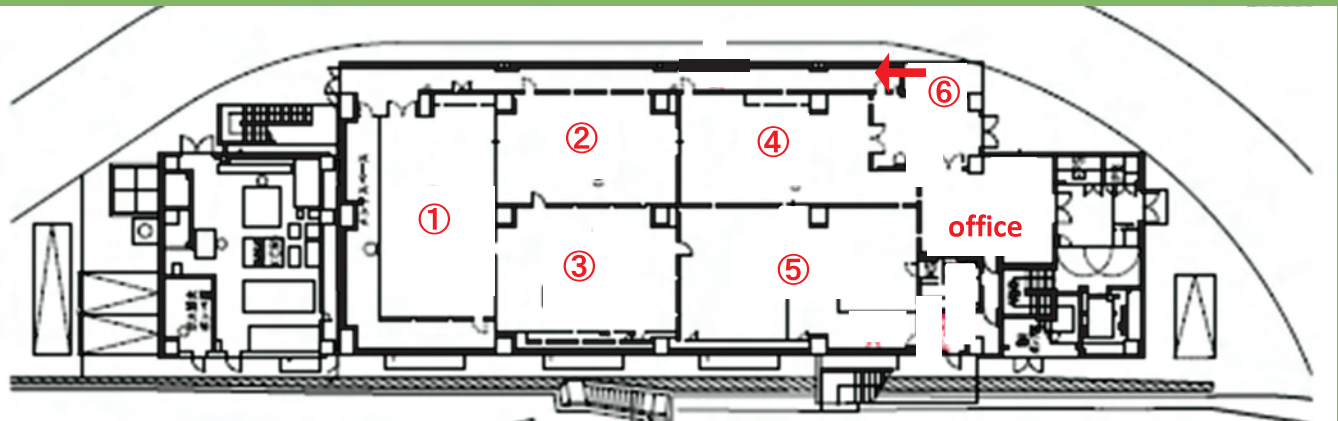
● 省エネルギー化

加熱源を別室化するなど、空調装置の省エネルギー化に工夫を盛りこんでいます。

● 安全性の高さ

研究装置の耐震固定の高度化、有害ガスの除害や漏洩監視、廃液処理の徹底など、クリーンルーム内の安全性とクリーンルーム外の環境保全に十分配慮しています。

◆ミクロ・ナノ工房の部屋（①～⑤）のレイアウトおよび点検・見学通路⑥とオフィス



◆各部屋に設置の主な装置

① 気相プロセス室

- ・原子層堆積装置
- ・塩素系ドライエッチング装置
- ・CBE装置
- ・各種CVD装置

② ドラフト洗浄室

- ・各種有機・無機ドラフト

③ リソグラフィ室

- ・マスクレス露光装置
- ・電子線描画装置
- ・両面露光装置

④ 成膜・加工室

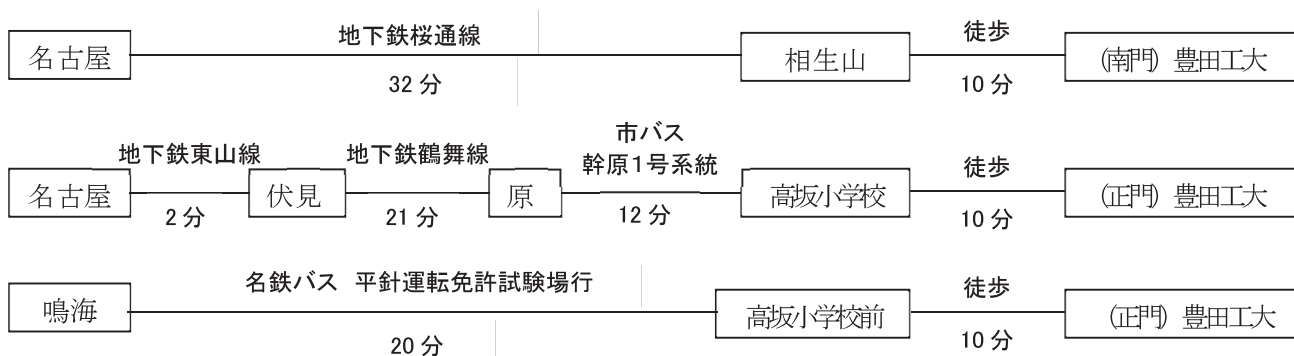
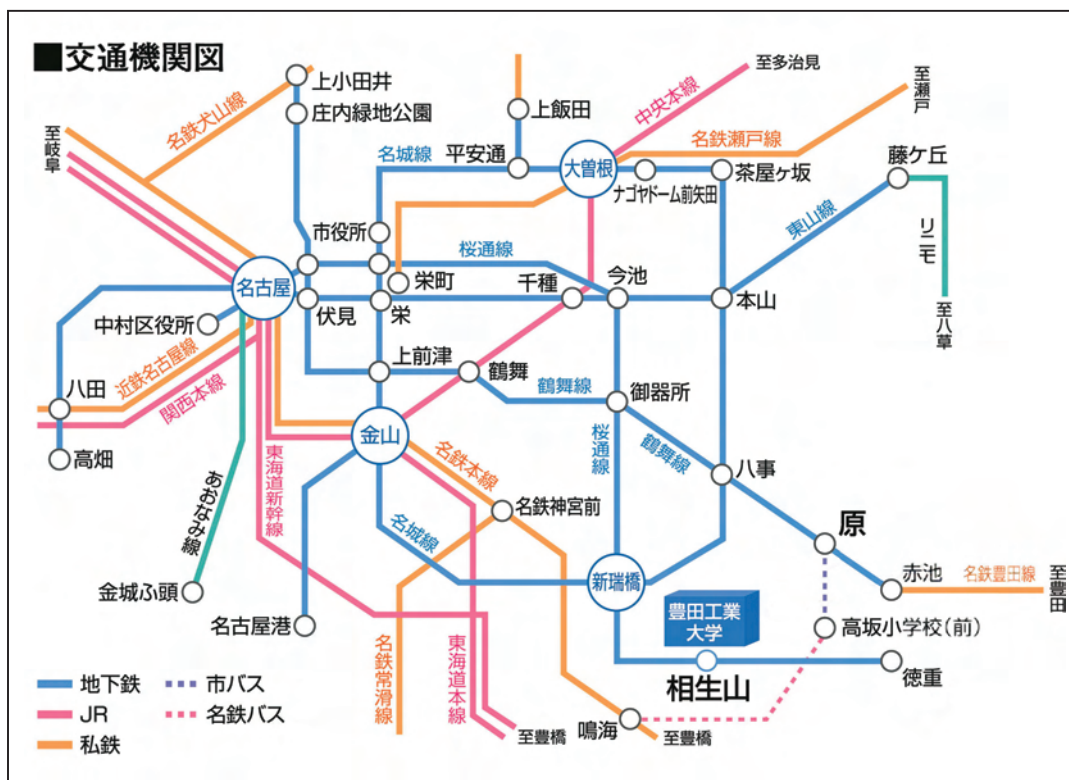
- ・DeepRIE装置
- ・スパッタ装置
- ・電子ビーム蒸着装置

⑤ 酸化・拡散炉室

- ・イオン注入装置
- ・縦型、横型拡散炉

クリーンルーム内の設備利用を希望される方は、研究協力Gか担当者にお問い合わせください。
文部科学省「ナノテク・プラットフォーム事業（微細加工）」による支援も利用いただけます。

<本学への交通案内>



南門からは車での入構はできません（徒歩のみ）。

交通アクセスの詳細はホームページ(<http://www.toyota-ti.ac.jp/access/index.html>)をご参照ください。

【問い合わせ先】

**豊田工業大学
研究支援部研究協力グループ**

〒468-8511
名古屋市天白区久方二丁目 12 番地 1
TEL: (052) 809-1723
FAX: (052) 809-1721
e-mail: research@toyota-ti.ac.jp

