

INDEX

分野	研究室・プロジェクト名	テーマ	冊子ページ
機械システム分野	熱エネルギー工学	燃焼・ガス化・伝熱および新エネルギーに関する基礎研究	1
	流体工学	新しい高速流れの制御技術と計測技術の開発	3
	NEDO(半田)	航空機の高効率・高性能化を目指した気流制御デバイスの国際共同研究開発	
	熱流動工学	分子運動による熱流動を理解し、活用する	5
	固体力学	比強度・比剛性の"矛盾"を計算力学により克服する	7
	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	9
	機械創成	機械を作るための機械や加工法を創る	11
	機械材料物性	物性解析と先端計測による輸送現象の理解と制御に関する研究	13
	JST（創発的研究支援事業・志賀）	時空間サーマルフォノニクスの創生	
	マイクロメカトロニクス	安全やエネルギー効率を高める機能的構造の加工とセンサデバイスの研究	15
電子情報分野	マテリアル先端リサーチインフラ	高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル	
	総合研究教育ユニット（機械システム分野）	複雑流れの現象解明と、目的に沿った流れ制御法の開発	17
	半導体	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	19
	NEDO（大下）	高効率高耐久性多接合太陽電池モジュールの開発	
	機能半導体デバイス	将来のユビキタス情報システムのために新材料を融合した機能デバイス	21
	光電変換デバイス	超高効率太陽電池、光電融合素子材料・デバイスの研究開発	23
	レーザ科学	究極の光を作る、使う	25
	JST（創発的研究支援事業・工藤）	中赤外レーザーナノ物質操作技術の創出とその応用	
	スピントロニクス	スピントロニクスによる新機能材料、新機能デバイスの創成	27
	JST（A-STEP・田辺）	3次元高感度・無磁場動作可能な薄膜熱流センサーの開発	
物質工学分野	制御システム	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	29
	情報通信	次世代の超大容量通信のための基盤技術の創出	31
	知能数理	人間の知能を探究し、人工知能を創り出す	33
	NEDO（佐々木裕）	DXおよびマテリアルズ・インフォマティクスを用いた燃料電池・水電解材料の研究開発	
	知能情報メディア	ヒトの視覚を知り，ヒトを超える視覚機能を実現する	35
	知識データ工学	機械の理解と思考を探索する	37
	光機能物質	光を縦横無尽に制御するフォトニクス材料の研究	39
	フロンティア材料	世界一の高品質高機能光ファイバを目指せ	41
	エネルギー材料	省エネルギー社会の構築に寄与する機能的材料の創製	43
	JST（MIRAI）	磁性を活用した革新的熱電材料・デバイスの開発	
一般教育分野	理論物理学	時空構造・物質構造・相互作用の根源の解明	45
	数理物理学	高次元ブラックホールで新しい物理学の扉を開く	47
	量子界面物性	表面・界面改質による新機能・物性創出	49
	表面科学	グラフェンなどの低次元材料のナノレベル制御－電気・エネルギー・環境材料開発	51
	高分子化学	結晶の構造秩序に基づく精密高分子合成	53
	JST（創発的研究支援事業）	液晶と結晶の融合による機能開拓 ーソフトとハードマテリアルの融合で外場応答性材料をつくるー	
	触媒有機化学	金属クラスター触媒の精密設計に基づく実践的な分子変換反応の開発と応用研究	55
	機能セラミックス	エネルギー・環境問題の解決に貢献する次世代高機能セラミックスの創製	57
	人文科学分野（哲学）	「哲学対話」で、学校・社会・企業が変わる	59
	社会科学（心理学）	個人や組織，社会の問題解決に積極的に働きかける心の働きの解明	61
共同利用クリーンルーム	外国語分野（手話言語学）	日本語と異なる日本固有の言語「日本手話」の文法解明	63
	外国語分野（異文化トレーニング）	英語力とともに異文化コミュニケーション能力も涵養する手法を研究	65
	健康・体力分野	パフォーマンスの向上に関する研究	67
	工学基礎（情報）	プログラミングを軸に計算の方法や仕組みを考え、自動化に活かす	69
	共同利用クリーンルーム		71

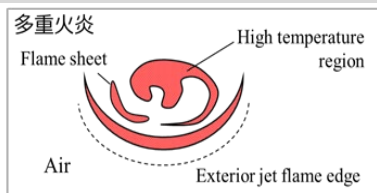
キーワード	燃焼、伝熱、エネルギー、環境、安全工学
相談・提供 可能技術	燃焼全般(実験、数値計算)、噴霧、固体燃料ガス化、自然発火、爆発/安全対策 接触熱抵抗、分子運動と熱移動、エネルギーシステム、バイオマスの燃料化

◆研究室スタッフ

教授： 武野計二

問合せ先：

takeno@toyota-ti.ac.jp



Jet Flameの外殻に形成されたcorrugated flame



◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

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。本研究室で注力している燃焼現象は、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 μ 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、噴霧におけるキャビテーションの発生メカニズム、低圧における分子運動と熱移動、接触熱抵抗などにも注力しています。

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。

◆研究テーマと成果

高圧噴出火炎(Jet Flame)

- 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
 - ・拡散濃度の変動解析
 - ・衝撃波構造と保炎安定性の関係
 - ・ノズル出口形状と保炎特性の関係

熱面の物理的形状の発火現象に及ぼす影響

- 成果：
- ・表面粗さ(凹凸)に対して、発火点に及ぼす流速、温度、当量比の関係を把握
 - ・表面粗さと熱伝達係数の関係把握、機械学習

高粘度流体の噴霧特性、キャビテーション、及び数値計算

- 成果：
- ・噴霧特性データ取得、キャビテーションの出現条件、ノズル内数値シミュレーションと実験との比較
 - ・PIVによるノズル内の流れ場計測とキャビテーションの出現

特異的な伝熱現象

- 成果：
- ・球体の接触面における熱抵抗、熱抵抗のヒステリシス特性
 - ・接触面における気体の存在(対流、酸化)、接触電気抵抗との関係
 - ・低圧環境における伝熱、分子運動論による解析

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℃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
 - ・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

◆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
- ・PIV流速分布計測
- ・シャドウグラフ、高速シリウ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(GC-MASS)
- ・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)

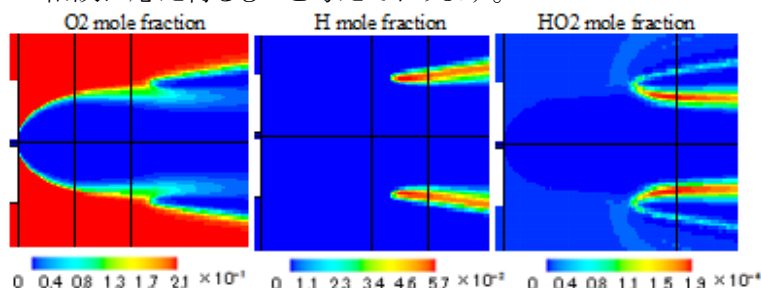
高速度カメラ、赤外線カメラほか映像記録系

◆企業との接点・共同研究のご提案

- ・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。
- ・これまでも、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)の多くの経験を有します。

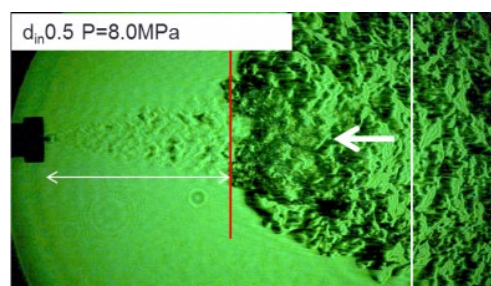
- ・燃料評価、噴霧解析(キャビテーション)
- ・熱分解、ガス化、燃焼の基礎現象の取得、数値解析
- ・安全工学関係(火災、爆発)相談、解析
- ・接触熱抵抗(平面-平面間、平面-球面間ほか)

- ・また、企業における長年の経験から、**燃焼・伝熱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、エネルギーシステム評価**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。

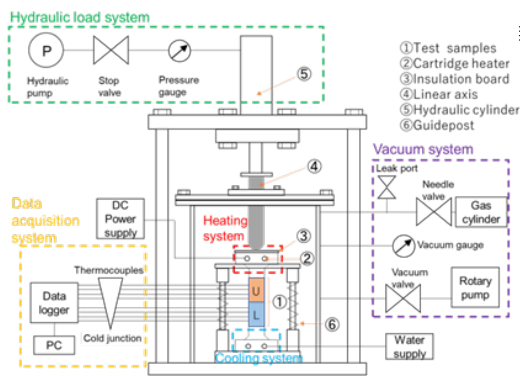
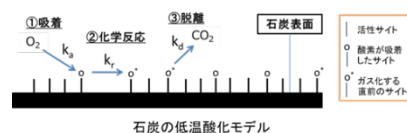
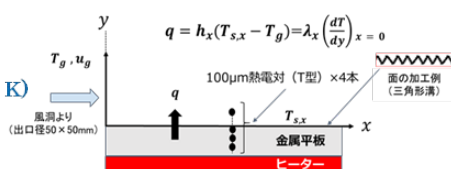
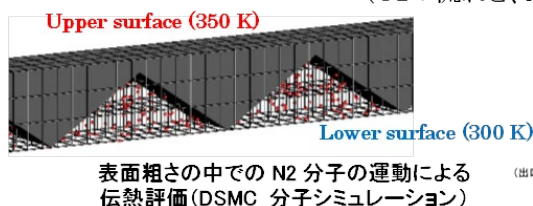


10MPa水素拡散火炎の火炎基部の観察と数値解析例(保炎/吹き飛び条件ほか)

(O2の流れと、HO2ラジカルの生成によるInitiationに注目)

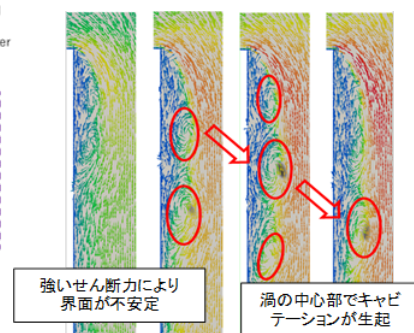


(Lw)Max waistline length

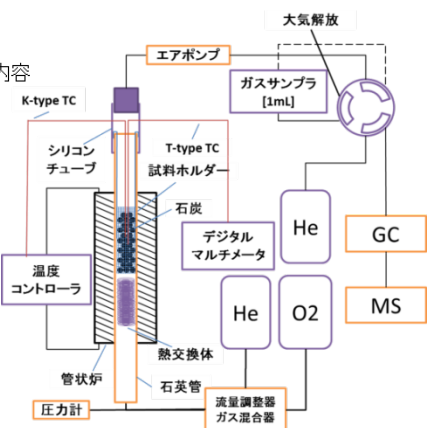


接触熱抵抗の計測
(常圧、低圧ほか)

熱伝達係数取得のための実験装置および計測内容



噴霧ノズル内でのキャビテーションの数値計算(OpenFoamを活用)



バイオマスのガス化実験(GC-MS等による生成物分析、低温での反応機構)

流体工学研究室

— 光計測技術を用いた高速流れ現象の解明と流体制御法に関する研究 —

キーワード	遷音速・超音速・極超音速流れ、流体制御、非接触光学流体計測
相談・提供 可能技術	レーザー誘起蛍光法、分子タギング法、感圧塗料

◆研究室スタッフ

教授: 半田 太郎

准教授: 渡邊保真

問合せ先 : handa@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

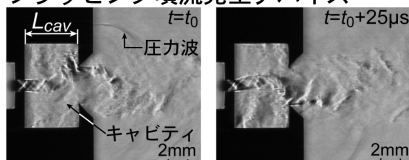
流速が音速を超える“超音速流れ”は高速で飛行する航空機・ロケットの機体周りやエンジン内部だけでなく、MEMSデバイス、ターボ機械、溶射など様々な工学機器で現れます。本研究室では流速が音速を超えるまたは音速に近い高速流れ（圧縮性流れ）を能動的に制御するための手法の開発を行っております。また、高速流れの現象をレーザーや分子センサーを用いた光計測技術により解明する研究を行っております。

◆研究テーマ

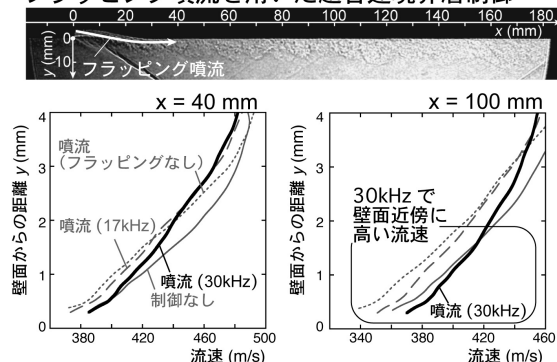
1. 高速気流の能動制御

音速付近から音速の5倍以上で飛行する航空機の機体周りやエンジン内部に現れる数百m/sから千数百m/sの流れは衝撃波に起因する現象が存在し、このような現象を上手く制御することで、将来型航空機の性能や効率、姿勢制御の高速化と安全性向上に寄与できます。本研究室では、フラッピングと呼ばれる特殊な運動をする噴流やプラズマ放電を利用することで、遷音速・超音速・極超音速流れを能動的に制御する新しい手法の開発を行っております。

フラッピング噴流発生デバイス



フラッピング噴流を用いた超音速境界層制御

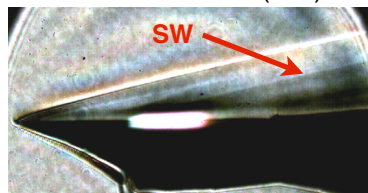


高周波フラッピング噴流発生デバイスを用いた超音速流れ制御

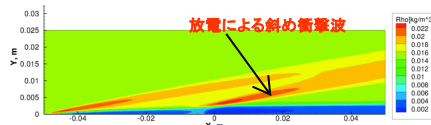
極超音速流れ中の平板上でのプラズマ生成



プラズマ生成による衝撃波(SW)位置の制御



数値解析による対応流れ場の詳細予測

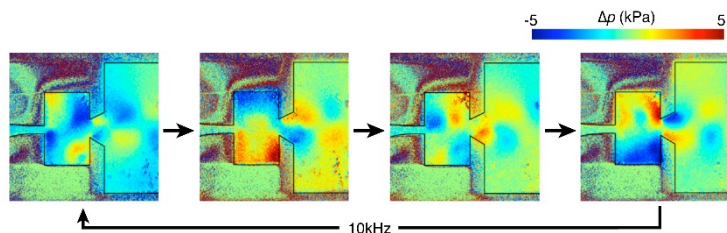


放電プラズマを利用したマッハ7極超音速流れの高速制御

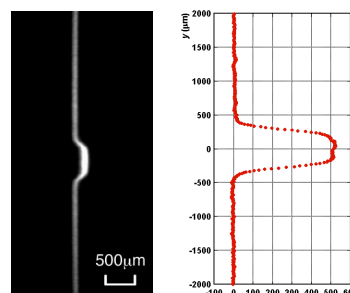
◆研究テーマ(つづき)

2. 高速流れの高空間・時間分解能計測手法の開発

高速流れの現象の理解を深めるには、流れを高い空間・時間分解能で計測する必要があります。本研究室では、分子から放出される蛍光や燐光の情報から高速流れを計測する手法を開発し、高速気流に特有な現象の解明を目的に研究を進めております。現在では感圧塗料を用いた高周波非定常圧力計測法の開発研究を行っており、数十kHzの圧力変動場を精度良く測れるようになりつつあります。また、レーザー誘起蛍光法や分子タギング法と呼ばれる気流中の分子の燐光・蛍光の情報から速度や密度を計測し、高速気流に特有な現象の解明を行なっています。



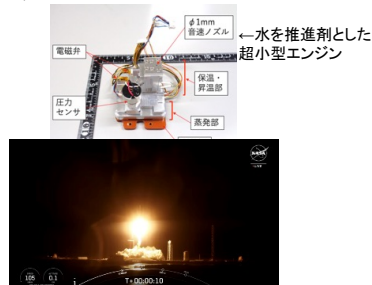
感圧塗料を用いた10kHz圧力変動場の計測



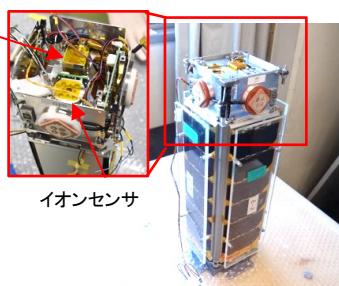
分子タギング法による速度計測

3. 宇宙輸送・惑星探査技術の開発

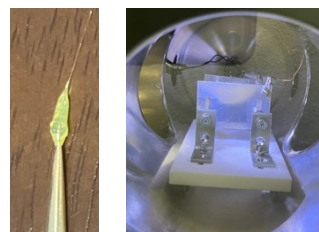
将来の火星探査計画を目標に、小型機による多点分散型惑星探査を実現するための大気突入技術及び超小型観測機器の開発に取り組んでいます。本研究ではJAXA宇宙科学研究所と連携し、これまでにエアロシェルを利用した新型大気突入技術の開発と実証試験を実施しました。小型探査機の軌道上での対気姿勢を計測するイオン計測器、及び、化学的に安定した水を推進剤として利用する超小型エンジンを開発し、2023年に低軌道上で実証試験を行いました。現在は、金属燃料を用いた新型全固体イオンエンジンの研究開発に取り組んでいます。



2023年11月10日(JST) SpaceX CRS-29での打ち上げ
Ref. NASA公式配信より(SpaceX's 29th Cargo Launch to ISS)



柔構造型大気突入実証衛星BEAK



新型イオンエンジンの真空試験の様子
($P=3.9 \times 10^{-5}$ Pa)

◆研究室の保有技術と設備

- レーザー誘起蛍光法, 分子タギング法用光源:Nd:YAGレーザー(波長266nm, 定格出力90mJ)
- 高速度カメラ(最高フレームレート1Mfps)
- 高速度カメラ(カラー・最高フレームレート200kfps)
- 高速ゲート付きICCDカメラ(最短ゲート時間5ns)
- 感圧塗料励起用LED光源(波長365nm, 385nm, 470nm, 出力90W)
- シュリーレン光学系一式(最高1MHz・最短10nsパルス・高輝度光源あり)
- 無隔膜式ショックチューブ

◆企業との接点・共同研究のご提案

本研究室では粒子追従性の問題でPIV(粒子画像流速測定法)では計測できないような流れの速度を計測できる分子ダグ法の計測技術を保有しております。また、気流中にある物体表面の圧力を高空間分解能で計測できる感圧塗料の技術を保有しております。

熱流動工学研究室

— 分子運動による熱流動を理解し、活用する —

キーワード	高クヌッセン数, 希薄気体, マイクロ気体, 分子熱流動計測
相談・提供 可能技術	真空・マイクロスケールの熱流動解析・計測, 分子タギング計測

◆研究室スタッフ

教授: 山口浩樹

問合せ先: hiroki@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

人工衛星が航行している宇宙空間や半導体製造で利用される真空装置内のような低圧力環境における熱流動現象は通常的环境とは大きく様相が異なり, 不思議なことに全く関係なさそうなマイクロスケールの現象と共通点を持ちます. それはいずれも連続体の仮定が成立せず, 分子の運動として捉えなければならない点です. このような場は「**高クヌッセン数**」環境と呼ばれ, 解析においても伝熱工学や流体力学の知見では不十分です. その上, 通常的环境では見られないような特異で興味深い現象も数多く現れてきます.

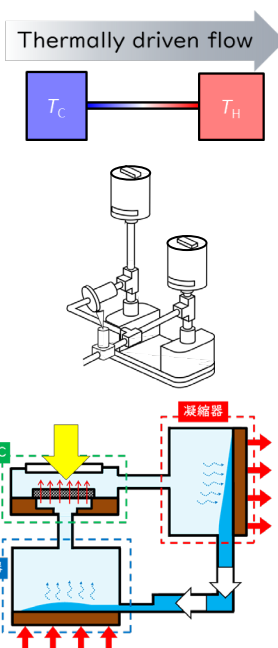
本研究室では, 目に見えない分子の運動に思いを馳せながら, **高クヌッセン数環境の複雑な熱流動場の学術的な理解の深化とそれを応用した革新的な技術の創出**を目指しています.

◆研究テーマと成果

①熱駆動流の理解と応用

高クヌッセン数環境では, 温度差や温度勾配によって低温側から高温側へ流れが誘起されます. この流れは「**熱遷移流**」と呼ばれます. 熱エネルギーだけで流れが生じることから, 可動部がないデバイスへの応用が期待されています. ただ, 基礎特性が十分明らかとなっているわけではないため, 熱遷移流による流量を実験的に計測し, 分子種による影響を明らかにしました. また, 可動部がない特徴を生かした騒音や振動のないメンテナンス不要のクヌッセンポンプと呼ばれる気体用ポンプを構成することも可能です. このポンプをコンプレッサーとしたヒートポンプを実現しました. 近年は, 熱遷移流を利用した微小物体の浮上や移動, マイクロデバイスへの応用にも挑戦しています.

- H Yamaguchi, P Perrier, MT Ho, JG Méolans, T Niimi, I Graur, Journal of Fluid Mechanics 795, 690–707 (2016).
- K Kugimoto, Y Hirota, T Yamauchi, H Yamaguchi, T Niimi, Applied Energy 250, 1260–1269 (2019).



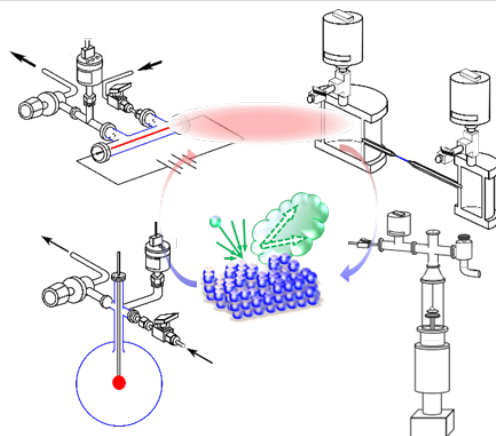
②高クヌッセン数環境の境界条件の理解と推定

通常的环境では, 熱流体は壁面で固体表面と同じ温度, 速度を持つとして解析を行うことができます. しかし, 高クヌッセン数環境では, 温度も流速も固体表面の値とは一致せずにズレが生じることが分かっています. この現象は, 温度飛躍や速度すべりとして知られています. これらのズレの大きさを正しく知らないと, 数値解析を行っても熱流動場を再現することはできません. そのため, このズレの大きさ

◆研究テーマと成果(つづき)

を知ることが重要となるのですが、このズレの大きさは流体分子と固体表面の相互作用から決まるものであり、一般的には分かりません。そこで、真空環境における熱輸送やマイクロ気体流れの特徴を利用しながら、様々な固体表面上でこのズレを計測し、明らかにしてきました。現在は、このズレと固体表面の特徴の関係性を解明することを目指し、熱と流れに関する計測の両方を、世界的に見ても珍しく実施しています。

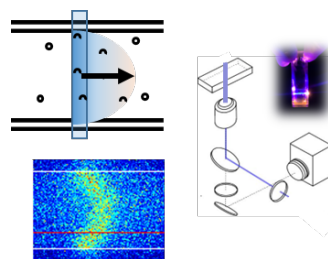
- H Yamaguchi, T Mori, Y Ozaki, Y Matsuda, T Niimi, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 183, 122195 (2022).



③可視化計測手法の開発

高クヌッセン数環境では音速に匹敵する熱速度を持つ非常に微小な分子の運動を捉えなければならないことから、利用できる計測手法に限りがあります。また、熱流動場の様子を見ることができれば、直感的な理解につながります。そこで、レーザー光により分子にエネルギーを与えることで分子を発光させるレーザー誘起蛍光法(LIF)を利用して、見えない分子の様子を撮影できるようにし、この分子からの発光を利用して分子タギング速度計測法(MTV)から流速分布を取得することに成功しました。現在は、顕微鏡下でも利用できるような手法の開発を目指し、計測法の改良を行っています。

- H Yamaguchi, K Hayashida, Y Ishiguro, K Takamori, Y Matsuda, T Niimi, *Microfluidics and Nanofluidics* 20 (2), 32 (2016).



◆研究室の保有技術と設備

・真空環境を利用した計測一般

・微少気体流量計測

H Yamaguchi, *et al.*, *Microfluid. Nanofluid.* **11**, 57-64 (2011).

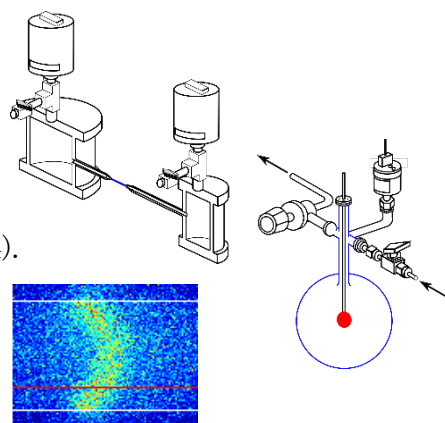
・真空環境熱輸送量計測

H Yamaguchi, *et al.*, *J. Vac. Sci. Technol. A* **32**, 061602 (2014).

・希薄・マイクロ気体流の可視化計測

・高速ゲート付きICCDカメラ

H Yamaguchi, *et al.*, *Microfluid. Nanofluid.* **20**, 32 (2016).



◆企業との接点・共同研究のご提案

真空環境やマイクロスケールにおける気体の熱流動現象を実験的に計測するノウハウ、流量や熱流束計測といった積分量の計測技術から、局所的な流速分布の可視化計測技術を保有しております。通常の環境から高クヌッセン数環境へと近づくことによる、連続体の熱流動からのズレに関する知見についても提供可能です。

固体力学研究室

— 比強度・比剛性の”矛盾”を最適設計と計算力学により克服する —

キーワード	CAE, Optimum design, Multi-scale, CFRP, Damage analysis, Atomic simulation
相談・提供 可能技術	各種の構造体を対象としたCAE解析、最適設計技術、複合材の損傷シミュレーション

◆研究室スタッフ

教授: 下田 昌利 准教授: 椎原 良典

問合せ先 : shimoda@toyota-ti.ac.jp , shiihara@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

軽いものは弱い, 重いものは強い. ”軽いこと”と”強(剛)いこと”という一見相反する特性を両立させてこそ競争力に優れた製品を生み出すことができる. 研究室ではナノからマイクロ, マクロサイズまでの多彩なシミュレーション技術を駆使し, 種々の構造体の最適設計手法や強度評価手法の開発を通じてこの”矛盾”を克服し, 高付加価値な構造設計/材料設計を支援するための方法論の確立とその社会実装を目的に研究を行っている. 具体的には, マルチスケール解析に基づく材料特性の解明やメタマテリアルの開発, 逆マルチスケール解析手法の開発とそのメタストラクチャへの応用, 複合材料の構造/材料の最適設計手法の開発, 原子シミュレーションによる材料特性解明, 等の研究を進めている.

◆研究テーマと成果

- 3次元ソリッド体, 板シェル, 骨組構造体の形状・トポロジー・寸法最適化理論とその実構造設計への応用に関する研究
 - ・鋳鍛造部品のノンパラメトリック形状・トポロジー同時最適化手法の開発
 - ・メタマテリアル, メタストラクチャ設計への応用
 - ・力学的な最適形状と美的フォルムの融合
- ポーラス構造のマルチスケール形状・トポロジー最適化理論とその3Dプリンティングに関する研究
 - ・マイクロソリッド, マイクロシェル, マイクロラチスを利用したマルチスケール構造設計手法の開発
 - ・骨ライクなコーティングポーラス構造の極限軽量最適設計法の開発
 - ・生物構造やTPMS構造を初期構造とする手法の開発
 - ・積層シェルの動的, 静的最適設計
 - ・スマートビークルの構造設計への応用
- 複合材料の材料配向手法とその3Dプリンティングに関する研究
- ガラス変形機構の解明を目的とした原子シミュレーションに関わる研究
 - ・金属ガラス・ネットワークガラスにおける塑性変形機構の解明
 - ・金属ガラスの高精度原子シミュレーションを目的とした機械学習原子間ポテンシャルの開発
- 鉄におけるき裂進展現象の解明を目的とした原子シミュレーションに関わる研究
 - ・機械学習原子間ポテンシャルによる鉄粒界エネルギーの高精度計算
 - ・機械学習原子間ポテンシャルによる鉄粒界割れの高精度シミュレーション
 - ・鉄粒界近傍での原子レベルでの応力分布の分子動力学計算による解明
- 第一原理計算による新規層構造材料の力学異方性の解明
- 分子動力学法による境界潤滑摩擦シミュレーションに関する研究
- 分子動力学法による鉄表面酸化が潤滑に与える影響の解明
- 大規模破壊シミュレーションを実現する粒子ベース連続体解析手法(ペリダイナミクス)の開発
 - ・塑性体の衝突打ち抜きシミュレーション手法の開発
 - ・炭素繊維積層板の剥離シミュレーション手法の開発
 - ・多結晶体中のき裂進展シミュレーション手法の開発

◆研究室の保有技術と設備

<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スキャナやX線CTによる3Dモデリング
- ・ペリダイナミクスによる材料損傷解析技術・第一原理計算等のナノシミュレーション技術
- ・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, 骨組構造, 膜・ケーブル構造, ポーラス構造, CFRP

<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
- ・材料・構造試験機(10kN, 250kN)
- ・3Dプリンター(F170, J35Pro, Anisoprint), 卓上レーザー加工機
- ・3DマイクロX線CT&後処理ソフトウェアMimics, 3次元スキャナー, ワンショット3D形状測定機
- ・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(含SEMレンズ)
- ・3方向反力計測装置トライボギア
- ・筋電位計測装置, 圧力分布測定装置

その他, スーパーコンピュータ(他大学所有)上の超並列計算環境が利用可能.

◆企業との接点・共同研究のご提案

構造・形状最適化や, 材料損傷評価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, 材料力学や固体力学, 構造力学, 有限要素法, 最適化理論, 構造解析(CAE), 数値計算, プログラミングが基本技術となります. 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ながら幅広く研究を行っています. 前述のテーマに関連した内容に限らず, 固体力学分野のテーマであれば一緒に研究を進めることができると思いますので, ご相談下さい. 学生も共同研究に加わり, 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わせています. 以下は最適設計および材料損傷評価に関する研究成果の一例です.

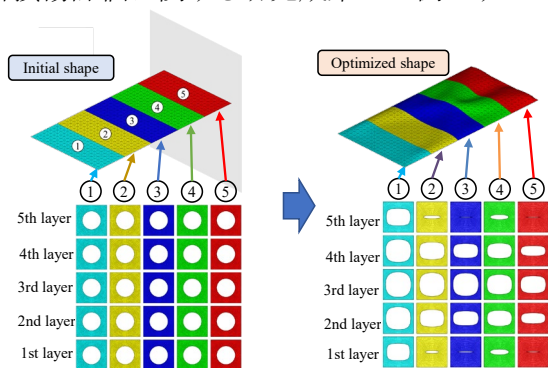


図1 均質化法とH勾配法を用いた剛性問題におけるポーラス積層シェル構造のマルチスケール(ミクロとマクロ)同時最適化

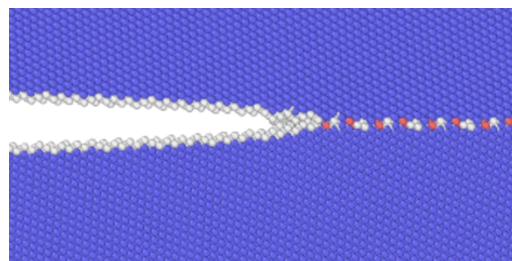


図3 機械学習分子動力学による粒界破壊シミュレーション

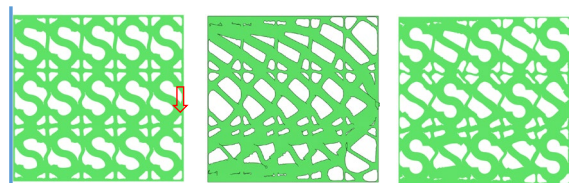


図2 初期値依存性を利用した力学的最適形状と意匠的フォルムの融合(左:初期, 中:力学的剛性最大化, 右:意匠を融合した剛性最大化)

設計工学研究室

— 未来製品を創造するコンピュータ援用設計の研究 —

キーワード	感性工学, 構造最適化, システム最適化, 機械学習, Human Machine Interface
相談・提供可能技術	顧客の感性に基づく製品評価・設計, 構造最適化, システム最適化, 機械学習, 力覚提示装置を用いたUAVの操作, 脳波や脳血流の測定に基づく被験者の状態推定

◆研究室スタッフ

准教授: 小林 正和

問合せ先 : kobayashi@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

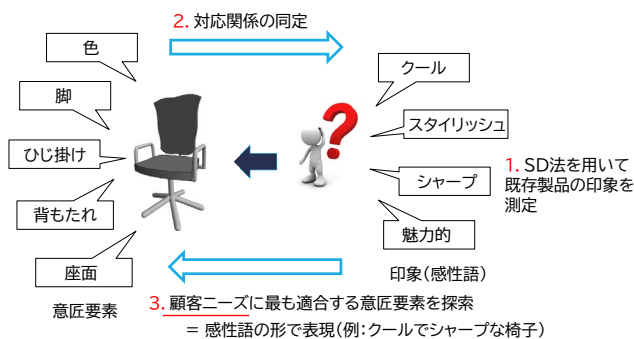
製造業においては、製品開発の期間短縮, 高品質化, 効率化のためにCADシステムが不可欠のツールとして利用されている。しかしながら、我が国産業界の抱える国際競争力の強化, 環境問題や少子高齢化問題に対処するため、高機能製品や自律知能機械などの開発を行うには、新しい枠組みのCADシステムが必要である。そこで、本研究室では、設計者の知的能力を高めることができるよう、計算機を用いた設計支援や設計最適化, 構造最適化とその応用, 感性工学に基づく意匠設計, 創造性支援などの、機械工学と情報科学技術を融合した新しい設計システムを研究している。

近年は、機械学習、特に、深層学習を用いた新しい設計システムの検討を行っている。深層学習は様々な分野で応用され、多くの成果を上げているが、設計工学の分野ではまだ十分に使われていない。深層学習のデータの含まれる特徴を自動的に学習する能力を利用することで、設計者と計算機の知的能力を融合した、新しい設計システムが期待できる。

◆研究テーマと成果

1. 顧客の感性に基づく製品評価・設計

- 生成AIを用いた顧客が好ましいと感じる製品意匠の創成
- 生体信号の測定に基づく製品の快適性評価と最適設計



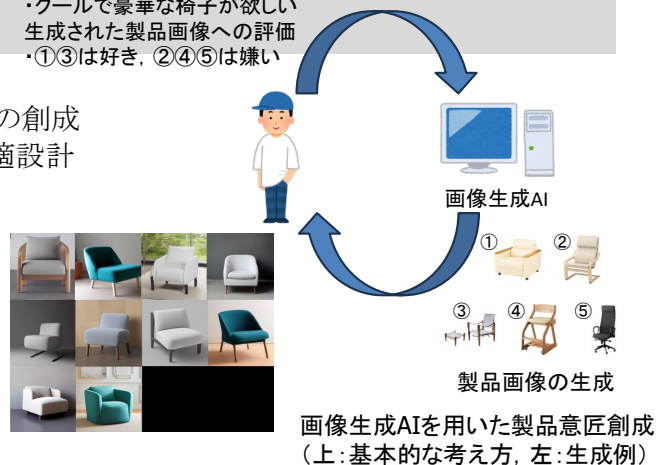
顧客の感性に基づく意匠設計の基本的な考え方

	リクライニング角度(°)		シート高さ(mm)		アームレスト高さ(mm)	
被験者	最適解	主観評価	最適解	主観評価	最適解	主観評価
A	115.6	109	470.7	440	212.2	225
B	119.5	127	440.0	460	191.8	195
C	121.0	121	539.3	520	240.0	240
D	117.0	121	478.7	490	200.9	195
E	117.1	115	496.9	440	211.2	225
F	118.6	124	483.2	440	205.1	195
G	126.4	130	440.0	480	240.0	195
H	128.8	121	440.0	520	240.0	240
I	118.3	112	491.9	490	240.0	195
J	100.4	106	479.2	465	204.3	195
K	117.1	109	518.7	540	240.0	180
L	130.0	140	540.0	540	192.4	240
M	120.2	119	440.0	460	240.0	195

脳波測定に基づく椅子セッティングの快適性評価と最適設計 9

顧客の要望

- ・クールで豪華な椅子が欲しい
- 生成された製品画像への評価
- ・①③は好き, ②④⑤は嫌い



既存製品



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・車椅子の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

3. 座屈を考慮した薄板構造物の構造最適化

- ・ 深層学習を用いた座屈特性の評価
- ・ Grid stiffened structureへの適用

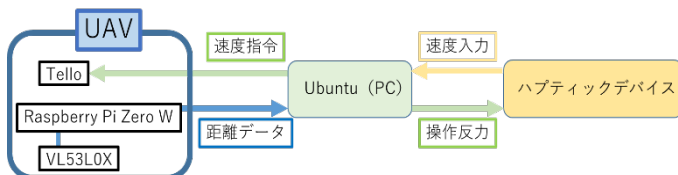
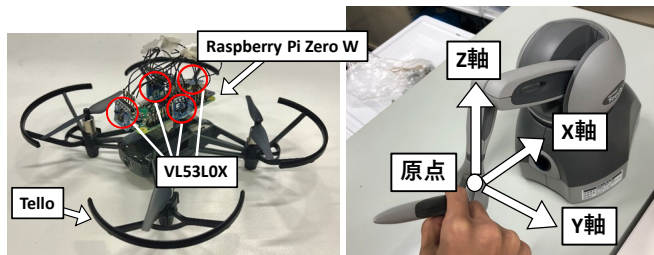
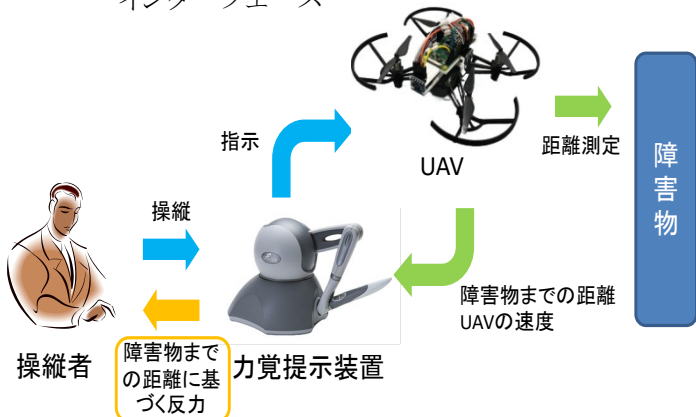
4. 機械学習を用いた翼の内部構造の寸法最適化

5. 難環境作業ロボットシステムの開発

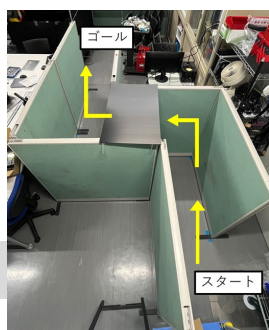
- ・ 力覚提示装置を用いたUAVの操縦インターフェース



コンプライアントサスペンションの試作例
(左: 自動車用の小型モデル, 右: 車いす用の組み込み例)



力覚提示装置を用いたUAVの操縦インターフェースの基本的な考え方
(障害物までの距離に基づく反力を操縦者にフィードバックすることで、視覚によらない障害物認識が可能になり、障害物の多い環境で安全かつ高速な飛行が可能)



実験環境
上左: ドローン, 上右: 力覚提示装置
中: システム構成
下左: 実験コース

◆ 研究室の保有技術と設備

保有技術:

- 各種最適化手法
- 各種有限要素解析(構造, 振動, 熱, 音響)
- 各種構造最適化(寸法最適化, 形状最適化, トポロジー最適化)
- 各種機械学習
- 脳波や脳血流の測定に基づく被験者の状態推定

◆ 企業との接点・共同研究のご提案

1. システム最適化

当研究室が保有する各種最適化技術を基に、機械システムや情報システム、生産システムなどの各種システムを対象とした最適設計システムの検討を行います。

2. 構造最適化

コンプライアントメカニズムの御社の機械部品へ適用可能性の検討を行います。

3. 顧客の感性に基づく製品設計

具体的な製品を対象に、深層学習を含む各種機械学習を用いた意匠設計法の実現可能性の検討を行います

4. 脳波や脳血流の測定に基づく製品評価

脳波や脳血流の測定に基づく、アンケートによらない客観的な製品評価が可能になります。

キーワード	メカトロニクス、圧電アクチュエータ、放電加工
相談・提供 可能技術	圧電アクチュエータの応用、精密位置決め機構、放電加工

◆研究室スタッフ

教授: 古谷 克司

問合せ先 : furutani@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

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も含め、統合的な加工システム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に、真空中で動作するメカトロニクス機器、加工技術の開発を行っています。

◆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。

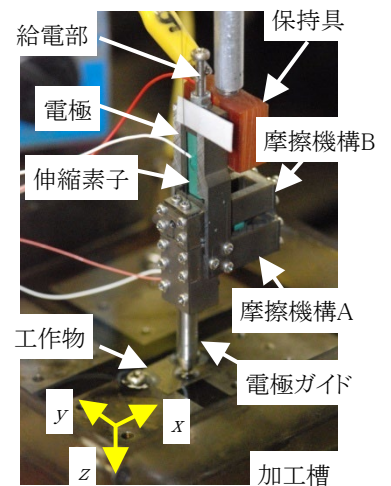
◆研究室の保有技術と設備

技術

- ・圧電アクチュエータの応用
- ・精密機構の設計, 評価
- ・放電加工による精密加工法

設備

- ・測定機器:
機械量: 光学式非接触変位振動計, 高速度カメラ,
レーザドップラー振動計
電気量: ロックインアンプ, インピーダンスアナライザ,
多チャンネルデジタルオシロスコープ, 電流プローブ
その他: 走査型電子顕微鏡, ビデオマイクロスコープ
- ・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



アザラシ型機構による
電極送り機構

◆企業との接点・共同研究のご提案

*圧電アクチュエータ

- ・圧電アクチュエータの駆動法
- ・圧電アクチュエータ応用機器
- ・圧電素子を用いた送り機構の評価

*精密機構

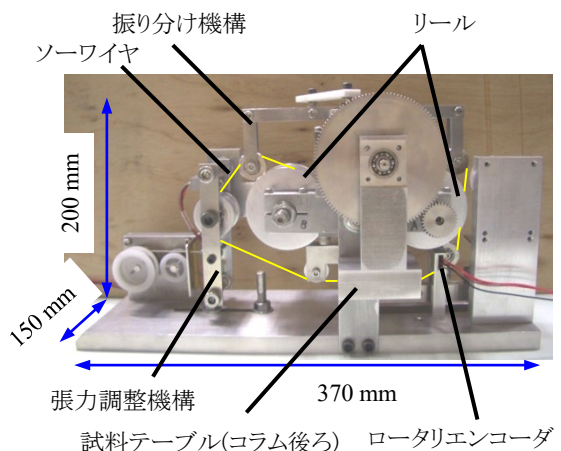
- ・小型移動機構, 小型直動機構
- ・変位や力の精密測定

*加工装置

- ・細穴加工用小型電極送り機構
- ・生産プロセスへの振動の応用
- ・開発製品の自動評価装置

*加工法

- ・微細穴加工法
- ・放電加工法
- ・特殊材料の加工法
- ・加工のモニタリング法



月・惑星科学探査のための超高真空対応
ワイヤソー切断装置プロトタイプ

機械材料物性研究室

— 物性解析と先端計測による輸送現象の理解と制御に関する研究 —

キーワード	熱エネルギー利用、ナノマイクロ伝熱、熱計測、フォノン、計算科学
相談・提供 可能技術	ナノ材料、界面における熱輸送理論および解析技術

◆研究室スタッフ

准教授: 志賀 拓磨

問合せ先: shiga@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

DXやAIの急速な普及に伴い、データセンターのエネルギー消費は年々増加しています。これに対応するためには、再生可能エネルギーの効率的な活用や排熱の高度利用技術の確立が喫緊の課題です。さらに、量子技術をはじめとする最先端分野では、デバイスの性能や動作安定性を左右する要素として温度管理が重要であり、その精緻な制御が不可欠です。熱をはじめとするエネルギー輸送現象を深く理解し自在に制御する技術は、持続可能な社会を支える基盤として、あらゆる産業分野で強く求められています。

本研究室では、こうした社会課題に応えるべく、微視的視点から材料の物性を理解し、それを制御するための学理と技術の構築を目指しています。理論・数値解析・計測技術を融合した総合的アプローチにより、ナノスケールからバルクスケールに至るまで、材料物性を多階層的に解明し、新たな機能材料やデバイスの創出に取り組んでいます。

◆研究テーマと成果

① 第一原理に基づいた熱伝導解析技術開発

再生可能エネルギーやデバイス冷却などの熱マネジメントでは、材料の熱伝導特性の定量評価が不可欠です。本テーマでは、経験的パラメータに依存しない第一原理計算・格子動力学・分子動力学を統合し、ナノ/マイクロスケールで顕在化するフーリエ則(拡散描像)を超える熱輸送をフォノンの視点から解明する手法を開発します。

② 無秩序・階層構造体の熱輸送メカニズムの解明

アモルファスやナノ材料集合体などの無秩序または階層構造体では、サブナノの局所構造とマイクロスケールのネットワークが熱輸送を支配しています。本テーマでは、パーシステントホモロジーとネットワーク科学アプローチを用いて局所秩序と階層ネットワークをトポロジカルに定量化し、熱伝導スペクトル解析と組み合わせることで熱輸送の基礎学理を構築します。

③ 熱計測技術開発

熱マネジメントと材料開発には、薄膜・界面を含む系での高感度かつ定量的な熱物性計測が不可欠です。本テーマでは、非定常熱伝導における熱浸透深さ制御をベースとした、3オメガ法やサーモリフレクタンス法など電気・光学アプローチによる熱物性計測技術を開発します。

④ JST創発・時空間サーマルフォノニクス創生

本創発では、電場印加と電荷注入によって物質中の熱伝導に寄与するテラヘルツ(THz)域の熱フォノンを制御する理論を新たに確立するとともに、それに基づいたフォノン輸送スペクトルの高信頼性計測技術を実現することで、既存技術では到達できなかった熱伝導の動的制御や指向性制御、非平衡コヒーレントフォノン物理の開拓など、熱フォノンを時間および空間的に自在に操る技術(時空間サーマルフォノニクス)を創生します。

◆研究室の保有技術と設備

【保有技術】

- 単結晶／非晶質体の熱輸送解析
- ナノ材料の熱輸送解析
- 界面熱輸送解析
- 熱計測解析技術

単結晶熱輸送解析技術

Phys. Rev. B **85**, 155203 (2012), *Appl. Phys. Express* **7**, 041801 (2014).

【保有設備】

- クラスタ計算機
- 熱物性計測技術(構築中)
 - ・ 3オメガ法
 - ・ 周波数領域サーモリフレクタンス法

ナノ薄膜中の表面フォノンによる熱輸送

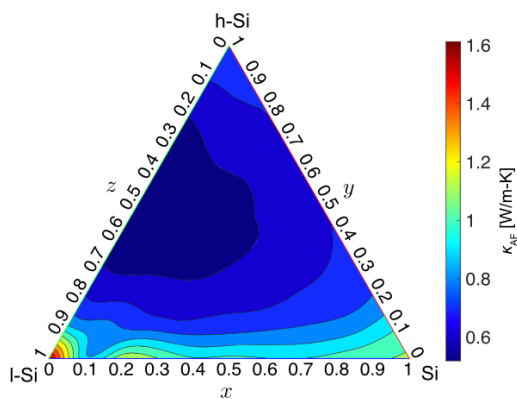
Phys. Rev. B **103**, 195418 (2021).

界面熱輸送解析・計測技術

Phys. Rev. B **96**, 220301(R) (2017), *Phys. Rev. X* **7**, 021024 (2017).

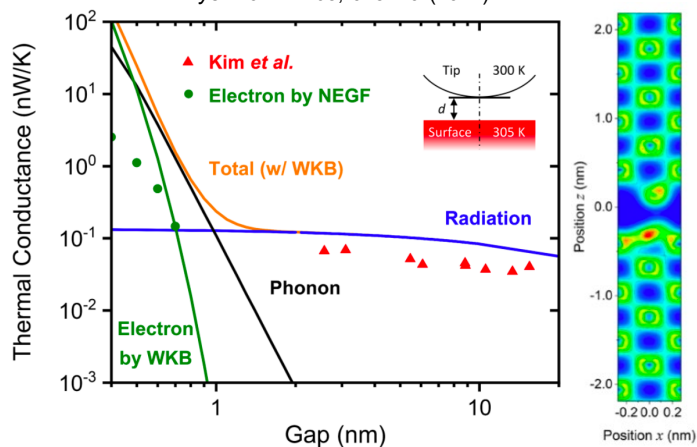
三元系アモルファス材の熱伝導解析

AIP Advances **11**, 065026 (2021).



サブナノメートルギャップにおける熱輸送解析

Phys. Rev. B **105**, 045410 (2022).



◆企業との接点・共同研究のご提案

フォノン(格子振動)の熱輸送理論・計算技術(バルク材料、非晶質体、および界面系)を提供可能です。第一原理計算／ボルツマン輸送方程式／分子動力学などを用いたモデル化・数値解析により、

- ・ 材料バルクの熱伝導特性評価
 - ・ ヘテロ界面・薄膜・ナノ構造の界面熱抵抗評価
 - ・ 設計指針の提示(構造最適化・材料選定)
- を支援します。

マイクロメカトロニクス研究室



— 安全やエネルギー効率を高める 機能性構造とセンサ・アクチュエータの研究 —

キーワード	光MEMS、微細加工、センサ・アクチュエータ、圧電デバイス
相談・提供 可能技術	立体サンプル(機械や光学部品)へのフォトリソグラフィ加工で実現する機能性表面、 形状評価、圧電・音響デバイス、振動計測

◆研究室スタッフ

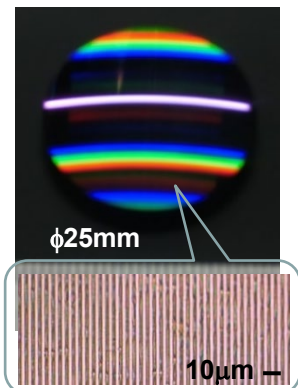
教授:佐々木 実 <http://www.toyota-ti.ac.jp/mems/index.htm>
准教授:孔 徳卿
PD研究員:李 Jeong Chan, Inaam Rafia
研究補助者:若干名



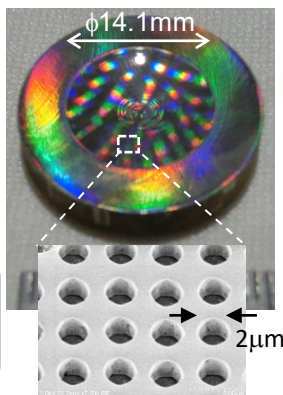
問合せ先: Tel : 052-809-1840, e-mail : mnr-sasaki@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

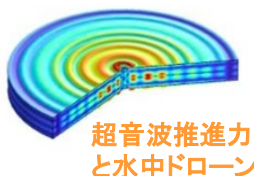
微細加工技術を駆使して、機能性構造やデバイスを創ります。ロボットなど、人と機械が肉薄する未来を見据えて、安全やエネルギー効率を高めることにデバイス面から取り組みます。機械部品を含む①立体サンプルへのフォトリソグラフィ加工で実現する機能性表面、②MEMSセンサ・アクチュエータ、③圧電デバイスなどに取り組んでいます。①は様々な機械部品に微細な構造を一括で製作できる技術です。



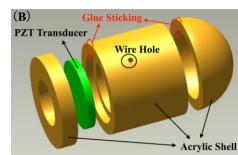
レンズ面に一括形成したピッチ4μmの格子



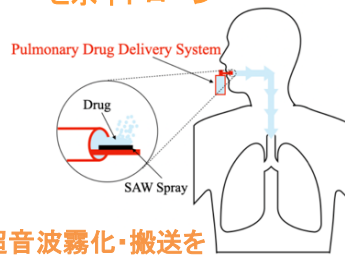
赤外線モスアイ構造付き凹球面金型



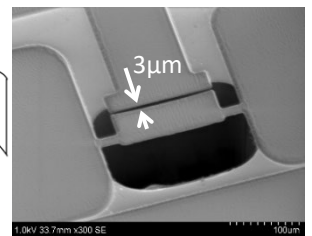
超音波推進力と水中ドローン



ねじり振動子を利用した非冷却赤外線センサ



超音波霧化・搬送を利用した肺部投薬スプレー



◆研究テーマと成果

- 1. 立体サンプルへのフォトリソグラフィ加工:** これまでスプレー成膜技術を用いて100個直列のマイクロ太陽電池などを実現してきた。最近、標準のスピンコータやアライナが利用できる、新しい方法を見出した。水溶性ポリマー層を含むシートにフォトリソグリスをスピンコートする方法である。シートは平面として扱えるため、レジストの均一な成膜、マスクとの密着露光が可能で、微細パターンの転写に適する。レンズ曲面への微細パターンや、光通信向け実装用の立体配線パターンを製作した。
- 2. MEMSセンサ・アクチュエータ:** 振動型マイクロデバイス(絶縁型電圧センサ、ねじり振動子型赤外線センサなど)を製作した。高温となる機械の鋼部品からの赤外線放射を、プラズマモニック波長選択構造によって制御した。平面基板を利用し、赤外線ガスセンサ応用向けにマイクロヒータからの赤外線強度を特定波長にて2倍に増強した。ウェアラブル呼吸センサでは無拘束な静電容量計測を発展させた。
- 3. 圧電デバイス:** 水中ドローンの駆動方法として、スクルーや尾ひれ構造の利用が一般的であるが、パイプラインや血管などの狭スペースで利用するには問題がある。より単純な構造で、小型化と高推力を得るのに適した超音波振動を用いた音響駆動力による液中自走式ロボットの研究を進めている。

◆研究室の保有技術と設備

シリコン材料の微細加工と評価が一通りできます。本学マテリアル先端リサーチインフラ事業もご参照下さい。MEMS静電アクチュエータ試作を通した研修、平面・立体上の微細構造評価、振動型デバイスの評価(赤外線センサや電力管理用センサ応用)などに関する設備を保有しています。



プラズマエッチング装置

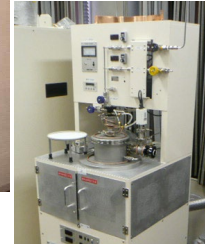


低圧熱CVD装置



マスクレス
露光装置

研修用の静電
アクチュエータ

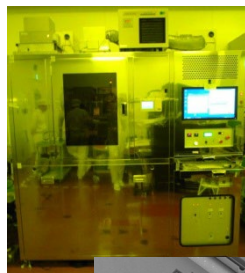


白色干渉計

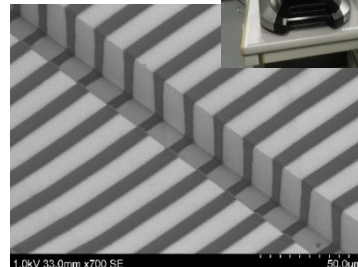
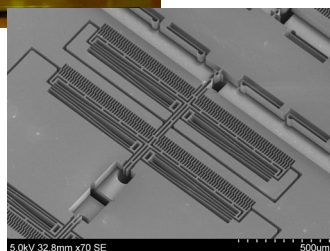
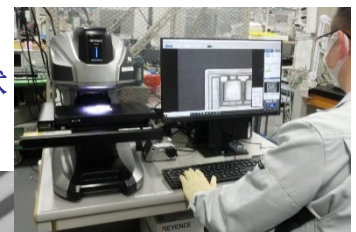
アッシング装置



レジストの
スプレー成膜装置
など立体加工用装置



光切断法
三次元形状
測定機



垂直溝に転
写したライン
-アンド-ス
ペース

◆企業との接点・共同研究のご提案

平面基板だけでなく、曲面を持つ機械部品を含めた立体サンプルの微細加工についてノウハウがあります。上の写真、右にあるように垂直壁面をもつ溝にパターン転写が可能になりました(幅30 μ m、深さ30 μ mの溝に、デザイン幅10 μ mのライン-アンド-スペースのパターンを転写した例)。貫通穴の垂直壁にパターン転写することも可能です。今まで加工できなかった壁を、デバイスの中で有効利用できます。研究員として来て頂ければ、試作に協力することが可能です。

微細加工とは直接関係ない、次のテーマも手掛けています。①誘導結合型大気圧プラズマは、小型で低価格な車載無線用電源を利用して動作するものを実現しました。真空紫外光源向けに、放電ガスを封止するまでに至っています。②ウェアラブル呼吸センサは、市販の導電性布電極を衣服に縫い付けて製作し、有効性を検証しています。無線化も含めて手のひらサイズの計測回路を自作しました。

以下の特許を出願・取得しています。「マイクロデバイス及びマイクロデバイスの製造方法」特願2025-182946(垂直壁にパターン転写する内容)、「凹凸表面貼付用フィルムを用いた表面凹凸被処理物への微細パターン転写方法」特許第6742711号、「電圧センサ」特許第6370832、「呼吸を計測する方法」特許第6639787号、「浮遊電極がシールドされた誘導結合型マイクロプラズマ源」特許第6341690号、「呼吸センサ」特許第6084361、「赤外光源」特許第5877602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、「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、「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。

キーワード	非圧縮性流れ、定温度型熱線流速計、流体力測定、受動的/能動的流れ制御
相談・提供 可能技術	定温度型熱線流速計、六分力ロードセルを用いた、定常および位相平均測定

◆研究室スタッフ

助教: 瓜田 明

問合せ先 : urita@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

航空機、高速鉄道車輛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。

●流体工学的流れの研究

流体工学上、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、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。

◆研究テーマと成果

1. 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

近年、各種センサを搭載したドローンと呼ばれる無人小型航空機が、人が容易に近づけない災害現場などの状況確認に用いられ、火星大気中を探索する航空機機として検討されています。このような小型航空機は、軽量化を目的として炭素繊維強化樹脂などの非金属材料が使用されることが多いですが、このような非金属材料は剛性が低く、その変形や振動によって空気力の大きさや方向が変化します。従来から柔軟な物体まわりの流れは、様々な物体形状、例えば角柱などの鈍頭物体や、デルタ翼、二次元翼などの航空機翼について調べられてきましたが、これらの研究は物体が流体力により変形した結果、空力特性や後流流れ場に及ぼす影響に着目しており、より直接的な影響を持つ翼自体の振動と空力特性の関係に着目した研究例はほとんど見られませんでした。そこで、翼の柔軟性によって生じる変形・振動と空力特性との関係を明らかにすることを目的とし、柔軟な三次元平板翼の全迎え角特性とその変形・振動の測定などを行っています。また、これらの結果から、弾性翼に生じる振動の形態、翼の剛性により空力特性が大きく影響を受ける翼周り流れの条件、空力特性が改変される機構について明らかにしています。

◆研究テーマと成果

2. 非定常空気力計測法の開発

近年、ドローンと呼ばれる無人小型航空機が多く用いられるようになってきています。このような小型航空機では、有人機では困難な、危険な環境での飛行や極めて加速度の大きな機動を行わなければならない場合があり、その際、様々な方向から大きな非定常性を有する空気力が作用することが考えられます。また、このような分野では、翼自身が空気力により変形・振動し、その結果空気力の大きさや方向が変化する、柔軟性を有する弾性翼の適用にも注目が集まっています。しかし、従来から実験用航空機模型などに作用する空気力の計測に用いられてきたロードセルでは、作用する力の方向により測定精度に違いがある、正確に測定できる変動力の周波数が低い、といった制限があり、柔軟な翼の空力特性測定において必要となる荷重方向に対する測定精度の非依存性や激しく変動する非定常力に対応できる高応答性が実現できていませんでした。本研究では、非定常空気力を測定するための等方性を有する高応答ロードセルを開発することを目的としています。ロードセルの固有振動数として400Hz程度、寸法は従来のものと同等の、直径、高さ共に100mm程度を目標としています。

3. 受動的/能動的流れ制御法の開発

流れのはく離・再付着現象は、航空機の空力特性やディフューザ等の流体機械要素の性能、燃焼器・熱交換器のような熱流体機器の作動効率に大きな影響を与えます。そのため、従来からはく離・再付着を伴う流れの制御に関する研究が数多くなされています。最近では流れの状況に応じて制御パラメータを幅広く変化させることができる能動的流れ制御に注目が集まっています。従来の研究では、制御の手段として渦発生ジェットや音響かく乱、振動壁面などを用いた実験が多かったですが、最近では、比較的小さな入力エネルギーで大きな制御効果が期待できる方法として、噴出・吸い込みを繰り返し実質的な流量が零であるような周期変動噴流 (Synthetic Jet) を用いる試みがなされており、特定の翼型や滑らかな拡がり流路に適用した例等、いくつかの研究が報告されています。しかし、これらの研究では、周期変動噴流の周波数範囲や噴流速度が狭い範囲に限られており、噴流条件を広範囲にわたり変化させた場合の効果や、その結果生じる流れ場の詳細については十分な研究がなされていません。本研究では、従来から数多くの研究がなされている基本的な流れの一つである後方ステップ流れを対象とし、数十m/sの低速流中に置かれたステップエッジ部近傍から周期変動噴流を付加して、その周波数、噴流速度を広い範囲にわたって変化させ、再付着点位置の変化に着目して噴流条件の影響を明らかにします。さらに、ステップ後方の速度場、渦度場等の時間平均流れや、付加された変動噴流周波数に同期して生じる周期的な組織流れ構造の詳細を明らかにし、周期変動噴流によってはく離・再付着流れの状態が改変される機構を解明します。

これらの他、本学の流体力学研究室とも有機的に協力関係を持ち、高速流れ制御用アクチュエータの開発や超音速・希薄流れ中における物体の空気力学的な特性の解明などの研究を行っております。

◆研究室の保有技術と設備

- | | |
|-------------------|----------------------|
| ○吹き降ろし式風洞(～56m/s) | ○回流水槽 |
| ○自動計測用三次元移動装置 | ○定温度型熱線流速計システム |
| ○三分力ロードセル | ○高速度撮影システム(～2000fps) |
| ○高速フーリエ変換器(FFT) | ○実時間位相平均計測システム |

◆企業との接点・共同研究のご提案

本研究室では非圧縮とみなせる流れを対象として、流れ場の詳細な構造をその特性に応じて熱線流速計等により測定する技術を保有しております。また、周期的な変化を含む流れ場の組織的構造を明らかにするための、これらの計測機器を用いた位相平均計測技術を有しております。

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 —

キーワード	高効率太陽電池、結晶シリコン、III-V族化合物多接合、エネルギー
相談・提供 可能技術	半導体関連の試作・評価(表面構造・結晶方位解析、結晶構造評価、電気的特性評価、欠陥解析、透過率・反射率測定)

◆研究室スタッフ

教授: 大下 祥雄

PD: 河野将大、Yadav, Subash Chand, Baskaran Palanisamy

招聘・訪問研究員: 山口 真史、Hyunju Lee

問合せ先 : y_ohshita@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

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結晶シリコン太陽電池、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、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。今年度から、ペロブスカイト/結晶シリコンタンデム型太陽電池に関する研究プロジェクト(NEDO)を開始する。本研究室の主な独自性を以下に示す。

- ① 新規材料・プロセス開発からデバイス試作までの総合的な研究体制
- ② GaAs基板上希薄N系GaAsエピタキシャル技術

◆研究テーマと成果

1. 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。加えて、タンデム型太陽電池や従来のpn接合を用いない新規高効率太陽電池であるキャリア選択型太陽電池に関連して、デバイス構造、シリコン結晶、電極材料、パッシベーション材料、導電膜などに関する要素技術、さらには、それら技術を統合した太陽電池に関する研究を進めている。

2. 超高効率・低コスト太陽電池・材料の研究

III-V族化合物半導体は、多様な材料で任意のバンド・プロファイルを持つ多接合構造太陽電池を構成することで、40%以上の超高効率光電変換が可能である。高効率で低コスト化を実現するため、変換効率50%以上が期待できる4接合用新材料として、InGaAsN材料の高品質成膜と物性・欠陥評価に関する研究を行っている。

◆研究室の保有技術と設備

下記には、共同研究で支援可能な主な装置を示す。

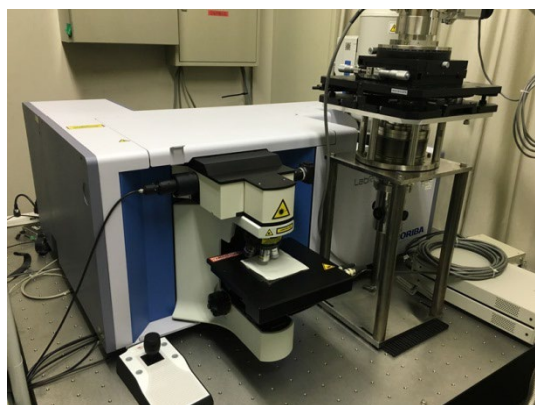
- ①結晶性解析X線回折装置:結晶構造評価(ロッキングカーブ測定、逆格子空間マッピング測定、極点図解析等)
- ②DC & ACホール効果測定装置:電気的特性(キャリア濃度、移動度)評価(測定温度4~400K)
- ③フォトルミネッセンス/ラマン散乱分光測定装置
- ④太陽電池特性評価装置(分光感度特性(多接合セル)、ソーラーシミュレータ、キャリア寿命等)



結晶性解析X線回折装置



DC & ACホール効果測定装置



フォトルミネッセンス/ラマン散乱分光測定装置



多接合太陽電池対応型分光感度特性測定装置

◆企業との接点・共同研究のご提案

研究設備は整っており、NEDOの高効率太陽電池研究開発プロジェクトを中心として、関係企業との共同研究を幅広く推進している。また、「マテリアル先端リサーチインフラ(ARIM)事業」(文部科学省)による支援プログラムに参加しており、半導体材料・デバイスの試作・評価の支援や共同研究も積極的に取り組んでいる。

機能半導体デバイス研究室

— 将来のユビキタス情報システムのために新材料を融合した機能デバイス —

キーワード	半導体デバイス・プロセス技術、ナノ構造、光物性、電子物性
相談・提供 可能技術	半導体デバイス・プロセス技術の試作・評価

◆研究室スタッフ

教授 : 沼田 敏典 (ぬまた としのり)
准教授 : 中河西 翔 (なこうさい しょう)
研究支援員 : 学多 恵子



問合せ先 : 沼田敏典 <numata@toyota-ti.ac.jp>
中河西翔 <nakosai@toyota-ti.ac.jp>

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

AIやIoTの台頭により、半導体はさらなる高性能・低消費電力化・高機能化が求められています。未来の課題克服に貢献する技術提案を目標に、半導体において核となるデバイス“トランジスタ”に新材料・新機能を融合した新たな半導体デバイス技術の可能性を探求します。
研究室は2024年1月に開設し、2025年4月からスタッフ、学生が配属されて本格的な活動を開始しました。スタッフの電機・半導体デバイスメーカー(沼田)、研究機関・大学(中河西)の業務経験とネットワークをシナジーして、新たな研究に取り組んでいます。

◆研究テーマと成果

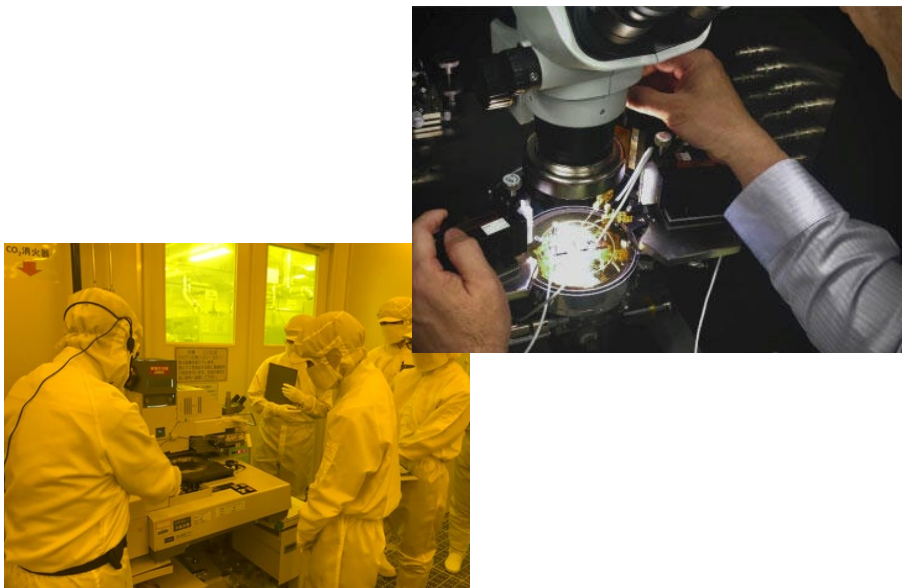
- 新規材料探索 : ALD成膜技術、強誘電ゲート絶縁膜トランジスタ
- SiCデバイス : 半導体結晶・MOS界面評価
- MOSTランジスタ : 新規チャネル材料応用、新規デバイス構造設計
- 受託研究 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) : 研究題目「SiC量子センサ作製プロセスの開発と作成評価」

◆研究室の保有技術と設備

新規原料探索用ALD成膜装置(小片)

共同利用クリーンルーム各種装置(小片～4インチウエハ。MOSデバイス試作)

簡易プローバー・半導体パラメータアナライザ(小片～4インチウエハ。電気特性評価)



◆企業との接点・共同研究のご提案

本学ナノテクノロジーセンター(共同研究クリーンルーム施設など)を活用した半導体デバイス・プロセス技術(新規デバイス・新規材料)に関する研究

<参考> スタッフの主な外部活動

沼田 敏典

- International Conference on Solid State Devices (国際固体素子・材料コンファレンス:SSDM) 論文委員 (Area2 Advanced and Emerging Memories / New Applications)
- International Workshop on “Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (次世代電子デバイスのための誘電体薄膜科学と技術に関する国際ワークショップ: IWDTF) プログラム委員
- 国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) 日ASEAN 科学技術・イノベーション協働連携事業 アドバイザー (担当領域: 日本ーベトナム「半導体」)
- 中部経済産業局・中部地域半導体人材育成等連絡協議会 (参加機関: 豊田工業大学)

中河西 翔

- 一般社団法人 GaNコンソーシアム (参加機関: 豊田工業大学)

光電変換デバイス研究室

— 超高効率太陽電池、光電融合素子材料・デバイスの研究開発 —

キーワード	高効率太陽電池、III-V族化合物半導体、層状化合物半導体
相談・提供 可能技術	半導体関連の試作・評価(結晶評価(歪み、欠陥解析等)、電気的特性評価、光学特性評価(フォトルミネッセンス、ラマン散乱測定等))

◆研究室スタッフ

講師: 小島 信晃

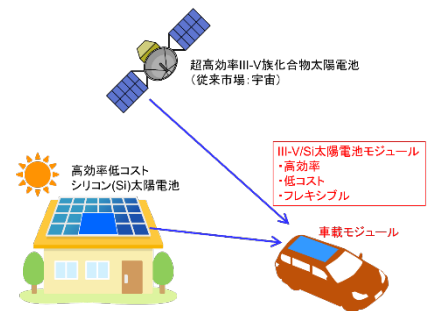
問合せ先: nkojima@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

地球温暖化問題の解決に向けて、輸送分野の自動車からのCO₂排出を大幅に削減する必要があります。太陽電池を搭載したEV、PHV車は、自らエネルギーを作り出すことができ、脱炭素社会の実現に大きく貢献します。太陽光エネルギーのみで長距離走行を可能にするためには、小面積で大きな電力を得られる高効率III-V族化合物太陽電池の研究開発が必要となります。

また、AI技術の進展により、データセンター等での消費電力が増大しており、半導体集積回路の低消費電力化も重要な課題です。この課題を解決するためには、電気信号を扱う回路と光信号を扱う回路を融合した光電融合素子を実現し、光信号を使うことで消費電力を少なくすることが有効です。そのためには、従来のシリコン集積回路上に光素子としてのIII-V族化合物半導体を高品質に成膜する技術が必要となります。

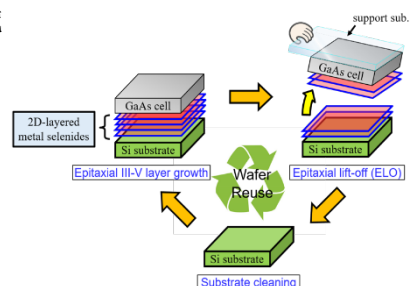
これら光電変換デバイスを実現するためには、III-V族化合物半導体とシリコン半導体の融合が必要であり、本研究室では独自技術として、2次元層状化合物半導体を用いることで、両者の融合を目指しています。



◆研究テーマと成果

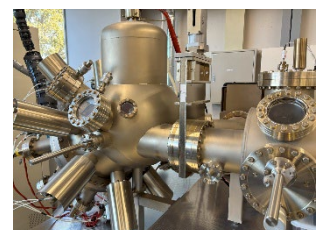
1. 高効率III-V族化合物/シリコン多接合構造太陽電池・材料の研究

光電変換効率40%以上の高効率発電が可能なIII-V族化合物太陽電池は、現在、主に宇宙用として使用されています。III-V族化合物太陽電池を車載太陽電池などの地上発電用として活用するため、シリコンとの多接合構造により低コスト化を目指しています。層状化合物を用いたIII-V族化合物太陽電池の剥離・転写やシリコン上III-V族化合物の結晶成長に取り組んでいます。



2. 光電融合素子の実現に向けたシリコン上III-V族化合物半導体の結晶成長

半導体集積回路の低消費電力化に向け、光電融合素子を実現し、光信号でデータ伝送を行うことが期待されています。要素技術として、シリコン集積回路上に光素子としてのIII-V族化合物半導体を高品質に成膜する結晶成長技術が必要となります。層状化合物を中間層に用いたシリコン上GaAsエピタキシャル成長技術の研究開発に取り組んでいます。



◆研究室の保有技術と設備

下記には、共同研究で支援可能な主な装置を示す。

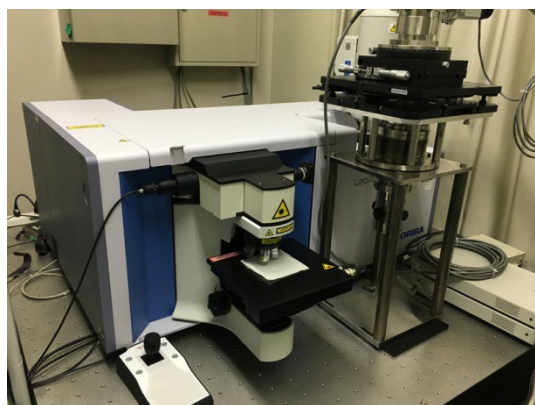
- ①結晶性解析X線回折装置:結晶評価(歪み、欠陥解析等)(ロックングカーブ測定、逆格子空間マッピング測定、極点図解析等)
- ②フォトルミネッセンス/ラマン散乱分光測定装置
- ③ホール効果測定装置:電気的特性(キャリア濃度、移動度)評価
- ④太陽電池特性評価装置(分光感度特性(多接合セル)、ソーラーシミュレータ、キャリア寿命等)



結晶性解析X線回折装置



ホール効果測定装置



フォトルミネッセンス/ラマン散乱分光測定装置



多接合太陽電池対応型分光感度特性測定装置

◆企業との接点・共同研究のご提案

研究設備は整っており、半導体材料の欠陥解析、電気的・光学的物性評価が可能です。また、「マテリアル先端リサーチインフラ(ARIM)事業」(文部科学省)による支援プログラムに参加しており、半導体材料・デバイスの試作・評価の支援も積極的に取り組んでいる。

レーザ科学研究室

— 究極の光を作る、使う —



キーワード	超高速レーザ、量子エレクトロニクス、ファイバレーザ、光マニピュレーション
相談・提供 可能技術	超高速レーザ技術、超短光パルス評価技術、光マニピュレーション・トラップ技術、分子センシング、分子ソーティング技術

◆研究室スタッフ

教授: 藤 貴夫

准教授: 工藤 哲弘

PD研究員: Banguilan Dina Grace C

Cabello Neil Irvin

Simon Nina Zambale

研究補助者: 近藤 麻紀

問合せ先: fuji@toyota-ti.ac.jp



◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

数フェムト秒(10^{-15} 秒)の周期で振動する光の波について、精密な計測と自在な制御を行う新しい技術を開発し、これまでになかった新しいレーザを作ります。そのレーザを様々な分野の研究や産業に応用することで、大きなブレークスルーを生み出すことを目指します。また、研究室で作り出したレーザを、企業と協力して製品化することも進めています。

レーザ科学研究室は、2019年4月から発足した研究室です。この研究室の最大の特徴は、世界でトップクラスの性能を持ったレーザを作れる技術を持っていることです。例えば、世界で最も短い7フェムト秒の赤外光パルスを発生するレーザや、特殊なファイバをレーザ媒質とした高性能ファイバレーザなどを作る技術です。これらのレーザを高速な赤外イメージングと多光子顕微鏡技術に応用しています。また、光と物質の相互作用をうまく使って、光同士の演算を行い、光の波を直接計測する独自の技術を持っていることも大きな特色です。赤外レーザーによる分子の光マニピュレーション技術にも取り組んでいます。学外の生命科学の研究室や企業との共同研究を進めていることもユニークな点と言えます。

◆研究テーマと成果

・極限的に短い光パルスの発生手法の開発

フィラメンテーション法という独自の技術を使って、世界で最も短い7フェムト秒の中赤外光パルスの発生に成功しました[Opt. Exp. **28**, 36527 (2020)]。

・極限的に短い光パルスを使った超高速分光

上記の7フェムト秒中赤外光パルスを利用して、高速な赤外スペクトル計測、フェムト秒ポンプ・プローブ分光やハイパースペクトラルイメージング分光装置の開発を進めています[Nat. Commun. **14** 3929 (2023), 14 3929 (2023), Opt. Express **32**, 27670 (2024)]。

・光電場振動波形計測法の研究

数フェムト秒で振動する光電場波形を計測する新しい手法を開発しました[Nat. Commun. **4** 2820 (2013), Optica **10**, 302 (2023)]。従来の手法と比べてはるかに簡便であり、広い分野で応用できる可能性があります。

・新規フェムト秒ファイバレーザの開発

フッ化物ファイバをレーザ媒質としたフェムト秒パルスレーザ発振器や増幅器[Biomed. Opt. Express **14**, 326 (2023), Opt. Express **32**, 38960 (2024), Opt. Express **33**, 10555 (2025)]を進めています。

・中赤外光を用いた光マニピュレーションによる分子選別・光熱トラップ

中赤外レーザーでねらった微小物体の分子振動を励起することで、物体を選択的に光選別する技術を開発しています[J. Phys. Chem. Lett. **14**, 7306 (2023), Anal. Chem. **97**, 14658 (2025).]。赤外レーザーによる迅速な光熱トラップの技術開発も進めています[Opt. Exp. **29**, 38314 (2021), Opt. Exp. **32**, 12160 (2024)]。2024年度創発的研究支援事業にも採択されています。

◆研究室の保有技術と設備

自作超高速レーザー

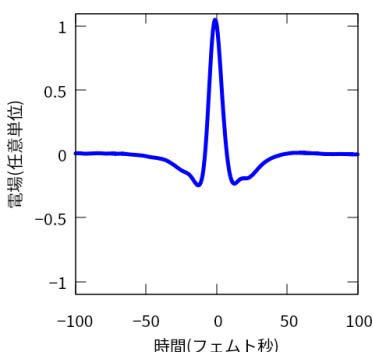
- ・サブサイクル中赤外光パルス発生装置
(パルス幅7fs、スペクトル領域2-20 μm)
- ・2 μm フェムト秒パルス発振器(パルス幅80fs、
平均出力200mW、繰り返し周波数50MHz)
- ・2 μm 高効率ファイバ増幅器
(平均出力5W、繰り返し周波数50MHz)
- ・2 μm 固体レーザー再生増幅器(パルス幅360fs、
パルスエネルギー1.35mJ、繰り返し周波数1kHz)

超高速レーザー

- ・チタンサファイアマルチパス増幅器(パルス幅30fs、
パルスエネルギー0.85mJ、繰り返し周波数1kHz)
- ・中空ファイバパルス圧縮システム(パルス幅5fs)
- ・チタンサファイア再生増幅器(パルス幅35fs、
パルスエネルギー1.4mJ、繰り返し周波数10kHz)

その他保有設備

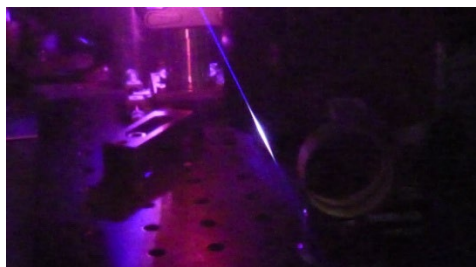
- ・恒温恒湿クリーンブース
(温度25 $\pm$ 0.5 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度40%以下)
- ・絶対反射率測定ユニット付き分光光度計
- ・減衰全反射フーリエ赤外分光装置(1.5-40 μm)
- ・光スペクトルアナライザ
(350-1700nm、1500nm-3400nm)
- ・焦電型赤外カメラ
- ・800nmフェムト秒パルス計測装置(FROG)
- ・中赤外波長可変量子カスケードレーザー(5.8-7.8 μm)
- ・光トラップレーザー顕微鏡



新規光電場波形
計測法によって測
定されたサブハー
フサイクル中赤外
光パルス

先端計測技術及び機器

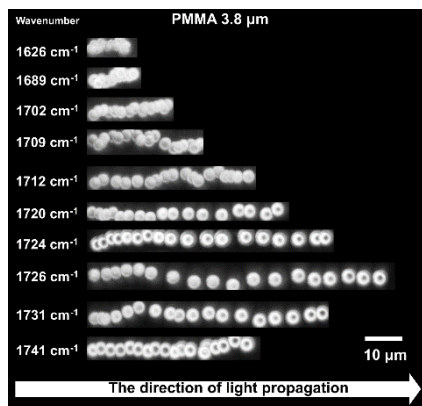
- ・光電場波形計測技術
- ・チャープパルス上方変換による高速赤外分光
装置
- ・2 μm フェムト秒パルス計測装置(FROG)
- ・中赤外レーザー顕微鏡



高強度レーザーを空气中に集光して生
成したプラズマチャネル(フィラメン
テーション)



中赤外レーザーATR正立顕微鏡で光
マニピュレーションの実験準備を行っ
ている様子(工藤准教授)。



光マニピュレーショ
ンの実験結果: 赤
外吸収の大きさに
応じてPMMA微粒
子の進む距離が変
化することを見出
した。

◆企業との接点・共同研究のご提案

世界的にも数少ないフッ化物ファイバ製造メーカーである
ファイバーラボ株式会社と共同研究を継続して行っています。

上記自作超高速レーザーや先端計測操作技術の製品化
や産業への応用をめざした共同研究を提案できます。

光マニピュレーションによる新しい原理に基づくレベルフリー
な分子センシングや分子ソーティング技術を提案できます。



ファイバーラボ株式会社と協力して製
作した2 μm ファイバ増幅器

キーワード	スピントロニクス、磁性多層薄膜、磁性細線、磁気記録、磁気熱電効果
相談・提供 可能技術	希土類・遷移金属合金成膜および特性評価、磁区観察、磁化測定、熱流センサー

◆研究室スタッフ

准教授: 田辺 賢士

問合せ先: tanabe@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

第4次産業革命に必要なIoTやビッグデータ保存用メモリ、AIの実現には、革新的な省電力化、高性能化、低価格化が求められている。このメモリには現在半導体がいわれているが、データである電荷は保存できないため、その保存には大量の電力が必要である。しかし、データを小さな磁石であるスピンで保存することができれば、データ保存に電力は不要となる。そこで、我々は光磁気ディスク製品に持ちられていたデータの保存信頼性の高い希土類・遷移金属(RE-TM)フェリ磁性材料による①省電力メモリ及びロジックの基礎研究を推進している①。

また、排熱マネジメント技術に向けて、熱流センサー開発の基礎研究を行っている。主に材料開発の研究と、構造異方性から高感度化の研究を行っている。材料開発研究では、低い熱伝導率に注目したアモルファス合金にターゲットを絞って研究を進めており、世界最高レベルの材料感度を示している。また構造異方性の観点からは、ナノインプリント法を用いて、材料開発では実現しえないような超高感度化の研究を行っている②。

一方、我々のスピントロニクスや磁気工学分野では、常に磁性薄膜を用いた研究を行っており、磁性薄膜の特性を評価するために、磁気パラメータの計測が重要になる。しかし、パラメータの中には、計測が難しいものも存在する。そこで我々の研究室では、磁気パラメータの影響を受けて決まる磁区画像から、パターン認識の技術を使ってパラメータを決定する研究を進めている。この研究によって、薄膜の磁区画像を測定するだけで、一瞬でパラメータを決定することが可能になり、飛躍的に研究開発が進むことが予想される③。

◆研究テーマと成果

上記、研究テーマと成果を以下に示す。

- ① 光通信のデータ転送速度に比べて、半導体メモリの転送速度は桁違いに遅い(1Gbps)。そこで、光通信のオンオフ信号を磁性細線メモリに直接高速光磁気記録し、このデータである磁壁をパルス電流で高速駆動する研究を行っている。最近、この磁壁移動速度を2000m/sec(時速7200m/sec)に高速化することに成功した[APL Mater., 10, 091103 (2022), APL 128, 204403(2023)]。ビット長100 nmの場合、データ転送速度を20 Gbpsにすることが期待できる。
- ② 熱流センサーは熱の流れを可視化できるセンサーである。プラント内部の熱流入量の最適化や、リチウムイオンバッテリーの異常発熱の監視など様々な廃熱マネジメントに向けた応用先が期待されている。本件研究室では、この熱流センサーの高感度化に向けて、熱伝導率の低いアモルファス材料に注目して研究を行っており、最適な材料開発に成功している[arXiv:2401.04445]。また構造異方性を利用することで、感度を桁違いに増大することを提案した。
- ③ 磁性体の磁気画像からジャロシンスキー守谷相互作用定数と磁気異方性分散のパラメータを推測することに成功した[npj Comp. Mater. 7, 20 (2021)]。また、磁気光学顕微鏡画像を用いて、基底状態における磁区画像だけでなく、準安定状態からのパラメータ推定にも成功した[APL Machine Learning 1, 046111 (2023)]。

◆研究室の保有技術と設備

成膜装置

- アルバック製超高真空スパッタ(3-4.5元)
- アルバック製イオンビームスパッタ(4元)

加工装置

- 日本電子製電界放出型反射電子顕微鏡(FE-SEM)兼電子ビーム露光装置
- ネオアーク製マスクレスフォトリソグラフィー
- ナノインプリントリソグラフィー

評価装置

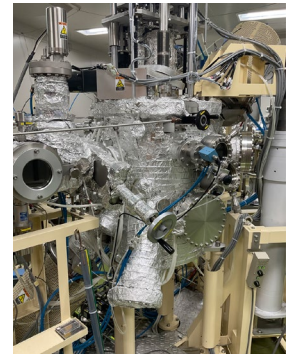
- ネオアーク製磁界可能なKerr効果顕微鏡
(印加最大磁場: 垂直15 kOe、面内3 kOe
試料温度は200-600 Kに調整可能)
- 自動ステージ付き偏光顕微鏡
- 波長可変極磁気光学Kerr回転角、楕円率測定装置
(260-800 nm)
- 微小磁化測定装置(VSMおよびAGM)
最大感度1 μemu 、印加磁界最大20 kOe
- TMRヘッドを用いた漏洩磁界分布及び温度分布測定装置
- 異常ネルンスト効果測定装置
(最大印加磁場: 10, 20 kOe)
- 薄膜用異常ネルンスト型熱伝導率評価装置
(最大印加磁場: 3, 15 kOe)
- 高周波計測機器(VNA 300-20 GHz, SG -40 GHz, SA -26.5 GHz)



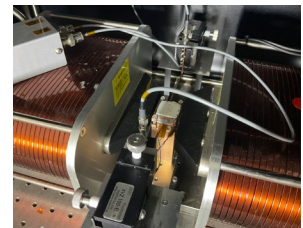
高周波用計測機器



超高真空3元、4元、5元マグネトロンスパッタ装置



イオンビームスパッタ装置



異常ネルンスト効果測定装置

◆企業との接点・共同研究のご提案

我々の強みは、酸化しやすく安定した作製が難しい希土類・遷移金属フェリ磁性合金の成膜技術および磁気特性制御技術にある。この材料は希土類元素特有の4f電子雲の形状により磁化容易軸を容易に膜面垂直方向に向けることが出来るため、メモリやロジック、IoT用センサなどへの応用を目指したスピンドバイスを容易に試作することができる。また、当研究室には右図に示すように3元、4元、5元マグネトロンスパッタ装置を全て高真空中で連結しているため、自然界には無い様々な組み合わせの人工格子を作製することができる。

また熱流センサー開発は、材料開発から構造異方性を用いた高感度化の研究を行っており、センサーデバイスの試作を行うことができる。

プラスチック熱ナノインプリントする技術も有しており、安価なスピンドバイス作製を試作することができる。

また、豊富な研究設備があるため、磁界印加や熱流印加、試料温度を変えられ、観察視野内の試料の任意の場所に青色レーザを局所的に照射するが可能。

さらに、世の中に数台しかない希少なTMR磁気ヘッドを用いた磁力イメージング(一般的なMFMと違って磁化の絶対値分布測定が可能)装置がある。これは、電子回路通電時の熱分布イメージング(ただし、表面形状の平滑性が必要)が可能である。

この他、高周波測定装置も保有しており強磁性共鳴(20 GHzまで)やSパラメータ測定、スピントルク強磁性共鳴(40 GHzまで)も可能。

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 —

キーワード	制御理論, 最適化理論, スマートグリッド, パワーアシストロボット
相談・提供 可能技術	ロバスト制御系設計技術, 自律分散システム解析・設計技術, 非線形適応制御技術, 社会インフラ(エネルギー, 交通)制御技術, ロボット・パワーアシスト機械制御技術

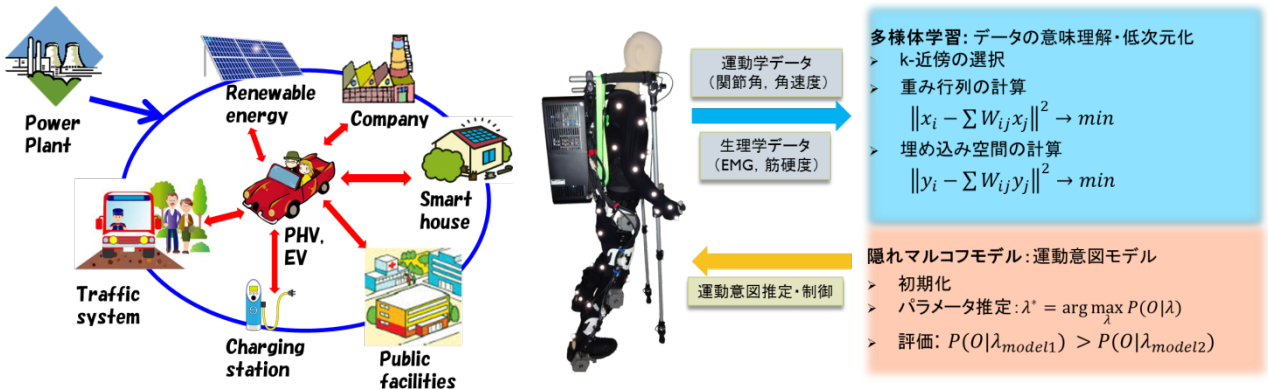
◆研究室スタッフ

准教授: 川西 通裕

問合せ先 : kawa@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

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, エネルギーネットワーク, 電気自動車・ドローン, 交通流制御, 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。



マルチエージェント・エネルギーネットワーク制御 意図推定に基づく直立4足歩行型パワーアシストロボット制御

◆研究テーマと成果(1)

1. マルチエージェントシステム制御理論の開発とその応用

マルチエージェントシステムに対するロバスト制御系設計理論の開発と応用の研究を行っている。特に, 以下の研究課題を推進した。(1)外乱を抑制しエネルギーを最適化する階層型分散制御法を開発してドローン・電気自動車へ応用, (2)受動性に基づく分散型制御系設計法を開発し電力ネットワーク制御へ応用, (3)外乱オブザーバと拡張カルマンフィルタの同時設計によるリアルタイム故障検知

2. Beowulfクラスタ計算機による自律分散制御

超高速ネットワークMyrinet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研究を行っている。また近年の電力網ネットワークの自律分散制御に代表される大規模なマルチエージェントシステムへの高度な制御系設計の要求に応えるため, Beowulfクラスタ計算機の特性を活用した大規模シミュレーションと制御系設計の手法を開発した。

3. 非線形制御理論とその応用

多項式システム, ディスクリプタ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。また, 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。

◆研究テーマと成果(2)

4. パワーアシストシステムの制御

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った。意思推定はサポートベクトルマシンの用いて行い、実験結果よりその有効性を確認した。制御系については、phase sequence法を用いた制御系設計法を開発した。椅子への着席と起立を対象を選び、アシスト効果を検証した。

5. 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、Pick&Placeやシミュレータ、工作機械など、高速・高精度な機械駆動機構として注目されているが、高速で駆動するため機構の微細なガタや振動が問題となっている。本研究ではこれらの課題に対して、冗長リンク機構と駆動力最適化を用いる手法、およびQuantitative Feedback Theoryを用いる手法を開発した。

◆研究室の保有技術と設備

[保有技術]

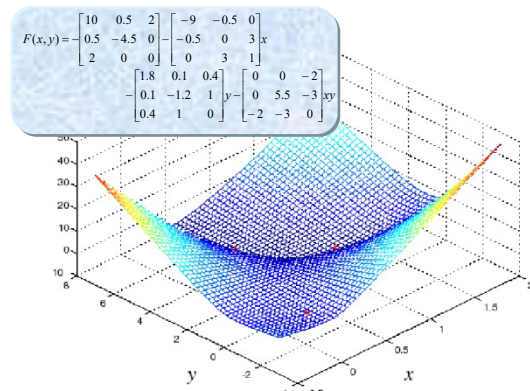
ロバスト制御系設計技術、自律分散システム解析・設計技術、非線形適応制御技術、ロボット・パワーアシスト機械制御技術、

[主な設備]

Beowulfクラスタ計算機、3次元運動解析装置、等



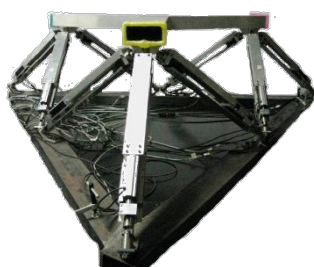
Beowulf クラスタ計算機



双線形行列不等式の固有値最適化



3次元運動解析装置



パラレルリンクロボット



4脚ロボット

◆企業との接点・共同研究のご提案

[成果の活用]

ロバスト制御理論や適応制御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。

情報通信研究室

— 次世代の超大容量通信のための基盤技術の創出 —

キーワード	通信工学, 光ファイバネットワーク, 信号処理, 光デバイス
相談・提供 可能技術	光ファイバ通信システム, 信号処理, 光デバイス, 光ネットワーク

◆研究室スタッフ

教授: 森 洋二郎

問合せ先: mori@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

光ファイバ通信は、光を用いてデータを高速かつ大容量で伝送する技術であり、インターネットやデータセンタ、スマートシティなどの、現代社会の通信基盤を支えている。本研究室では、大容量かつ高信頼な光ファイバネットワークを構築するための技術に焦点を当てて研究を実施している。

光ファイバネットワークの大容量化は、波長分割多重、偏波分割多重、空間分割多重などの多重技術ならびに高次変調方式を活用することで実現される。このような信号を高品質に復調するためには、高度で洗練されたデジタル信号処理技術の導入が必要不可欠である。近年では、従来の信号処理アルゴリズムと機械学習を組み合わせた信号再生により、高品質な通信システムの構築を実現している。

光ファイバネットワークの高信頼化は、現代社会の膨大なデータ需要を支え、安定した通信インフラを提供するために不可欠である。これを実現する鍵となるのが、光性能監視技術とネットワーク制御である。光性能監視技術では、伝送中の光信号の品質を計測し、ネットワーク内の状態を詳細に把握する。これにより、通信品質の劣化や障害の兆候を早期に検知し、問題が深刻化する前に対処することができる。さらに、ネットワーク制御技術を組み合わせることで、障害発生時には代替経路の自動設定や動的なトラフィック制御を行い、通信の途絶を防止する。また、通常時にはトラフィックの負荷分散を最適化することで、効率的なネットワーク運用が可能となる。

◆研究テーマと成果

ーデジタル信号処理による通信システムの高性能化

デジタル信号処理(Digital Signal Processing: DSP)は、現代の情報通信技術やメディア技術の基盤となる重要な技術である。DSP技術は、5Gなどの次世代通信、さらには自動運転車やスマートデバイスといった広範な分野で利用されており、DSPの高性能化は、これらの技術の発展に寄与することが見込まれる。

ー光性能監視技術による通信システムの高信頼化

光性能監視は、信頼性の高いネットワークを構築するための必須技術である。光通信ネットワークの信号品質をリアルタイムで監視し、システム全体の安定性と効率性を高めることを目指している。本技術は、光ファイバ通信の信頼性を維持するだけでなく、通信障害の予防や早期解決に不可欠である。

ー光スイッチによる通信システムの低消費電力化

光スイッチは、光通信システムにおいて光信号を効率的に制御し、ルーティングや信号切り替えを実現するための重要な技術である。光スイッチは信号の電気変換を必要とせず、信号の処理が高速かつ低遅延で行えるため、次世代の大容量光通信ネットワークにおいて不可欠な技術となっている。

◆研究室の保有技術と設備

-保有技術

光ノード構成技術

光スイッチシステム構築技術

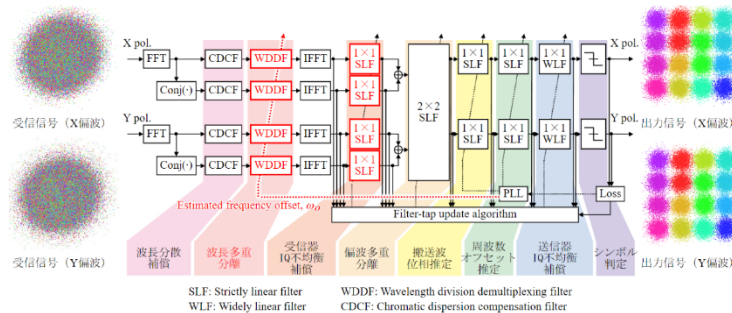
光ネットワーク構築技術

長距離光ファイバ通信システム構築技術

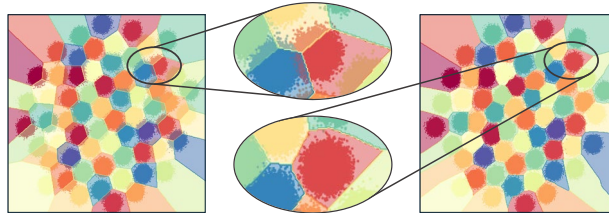
数学モデルに基づく信号再生技術

機械学習に基づく信号再生技術

数学モデルに基づく
信号再生技術の例



機械学習に基づく
信号再生技術の例



-保有設備

超高速デジタルコヒーレント伝送システム (100Gbaud超対応)

多波長光ファイバ伝送システム

光ネットワーク機器一式

◆企業との接点・共同研究のご提案

-光伝送技術の高度化

高速・大容量通信を支える波長分割多重や空間多分割重の最適化設計

非線形効果や分散を抑制する伝送方式の解析と、制御手法の開発

光性能監視技術を活用した伝送品質のリアルタイム評価

-光ネットワークの効率化

ソフトウェア定義ネットワークを活用した動的トラフィック制御の導入

障害発生時の迅速な復旧と負荷分散を実現する自律型ネットワーク設計

データセンターやスマートシティを支える高信頼ネットワークの構築

-光スイッチシステムの開発

高速・低遅延な光スイッチング技術の設計と実装

トラフィック需要に応じた柔軟なルーティングアルゴリズムの開発

光スイッチとAI技術を組み合わせたネットワーク全体の性能最適化

期待される成果

次世代の高信頼・高効率な光通信ネットワークの構築

大容量データ需要に応える持続可能な通信インフラの提供

スマートシティやデータセンタの運用効率化に寄与

キーワード	人工知能、機械学習、深層学習、自然言語処理、データ解析
相談・提供 可能技術	時系列データ解析、言語情報解析、深層学習、各種インフォマティクス

◆研究室スタッフ

教授：佐々木 裕

問合せ先 : yutaka.sasaki@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

知能数理研究室では、数理的アプローチによりコンピュータ上に知能を実現することを究極の目標としています。人間に匹敵する人工知能の実現には課題が山積しています。そこで、当研究室では、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研究してまいりました。近年、ChatGPTなどの大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)に注目が集まる中、インターネット上や企業内に蓄積されている言語情報を活用することによるコア・コンピタンスの確立のチャンスが生まれています。

現状のLLMは、インターネット上にある膨大な文書をベースに、文章を確率的に生成するための大量のパラメータを学習することで、人間と同等レベルの文章を生成できるようになっています。しかし、現時点では、①グラウンディング、②動的状況に合わせた対話、③深い専門知識の導入が実現できていません。グラウンディングとは、発話内容を実際の世界にリンクすることで、AIが生成する文は「叩かれたら痛い」という文を再現しているだけです。変化する外界に基づいて話すこともできていません。また、研究開発に用いるには深い専門知識が不十分であり、LLMに専門知識を継続事前学習により導入することが課題となっています。

◆研究テーマと成果

1. 深層学習(Deep Learning)による系列予測と生成

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、深層学習の基礎技術である、Embedding技術やLLMにより、大量の文書に出現する単語やフレーズ、文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。さらに、深層学習により、画像や音声等のデータと言語情報を統一的に扱うことが可能になっています。たとえば、画像に対するキャプションを自動生成することが可能になっています。また、深層学習による機械翻訳や自動要約により、正確で品質の高い文が生成可能になってきています。このように、深層学習を応用することで、これまで超えられなかった性能や機能の壁を越えることができることが分かってきました。

2. バイオメディカル／マテリアルズ・インフォマティクス

生物・医学・薬学文献および材料工学文献に対して自然言語処理を適用する研究を進めています。薬物間相互作用や超電導現象に関する知識を文献から自動的に抽出する研究を行っています。

3. 知識ベースの構築と深層学習との統合

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なってきましたが、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、知識ベース(知識グラフ)の構造を深層学習により数値ベクトル化し、深層学習に統合するSymbolic-Neural Learningの研究を先導しています。

4. 自動走行への深層学習の応用

対話を通して自動走行車や小型車両ロボットを制御する研究を行っています。近年は、コンビニの位置や渋滞状況などリアルタイムで変化する実世界の情報を踏まえたナビゲーション対話をLLMを用いて実現する研究に取り組んでいます。

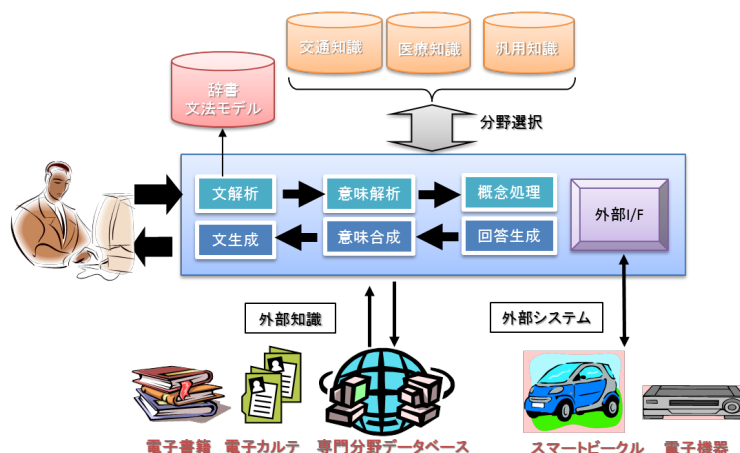
◆研究室の保有技術と設備

ハードウェア

- ・デスクトップPC(一人1台) (NVIDIA TITAN X GPU搭載機多数)
- ・Linuxサーバ(Xeon 5500系 64~384GBメモリ 12台) (NVIDIA H200 GPU搭載機含む)
- ・深層学習用クラウドサーバー

ソフトウェア・データ

- ・Dual Coordinate Ascent SVM機械学習ツール DCASVM (公開中)
- ・関係抽出システム(公開中)
- ・書誌情報のベクトル表現学習に基づく検索システム(デモ構築中)
- ・交通教則に関するタグ付コーパス(=言語資源) (構築中・一部公開中)
- ・大規模階層的分類システムEze (公開中)
- ・運転コアオントロジー(=知識ベース) (公開中・構築中)
- ・超電導現象に関するタグ付きコーパスSC-CoMlcs構築(公開中)



◆企業との接点・共同研究のご提案

これからの機械製品はますますデジタルカメラ化していくと思われます。

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、電気自動車や水素自動車が主流になったときには、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近づいています。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。

これまでも企業様と共同で、機械学習技術を様々な工学領域に適用する研究をしています。国際特許の申請やプロトタイプソフトの構築を行った実績もございます。また、豊田工大シカゴ校(TTIC)は機械学習技術の研究において世界的に有名であり、当研究室は、TTICと緊密な連携をとっております。

現在のプロダクトをもう一度見直し、人工知能によるパラダイムシフトに対応することを検討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。受託研究員も受け入れております。

知能情報メディア研究室

— 人を理解し、人に合わせて振る舞い、人のように振る舞う人間・機械共存系 —

キーワード	画像認識、マルチメディア処理、機械学習、ヒューマンセンシング・モデリング
相談・提供 可能技術	人の運動・行動・状態の計測とモデル化、および、支援への応用

◆研究室スタッフ

教授: 浮田 宗伯

問合せ先 : ukita@toyota-ti.ac.jp

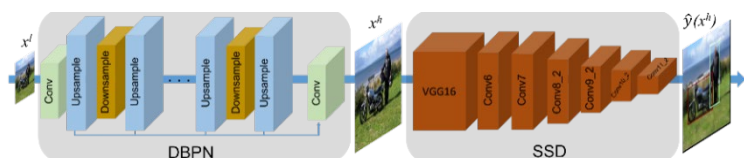
◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

人と共存し、環境適応する知能情報メディアシステムのため、コンピュータビジョン・画像認識などのマルチメディア計測・認識、および、大規模データの機械学習に関する技術を研究する。下記の「ヒトの計測と認識」「統合モデリング」を基盤技術として、基礎から応用にわたる研究・開発を広く行う。

- **ヒトの計測と認識:** ロボットなどの情報システムが、ヒトの状態を知る手段として、ヒトに対して非接触で自然な生活を阻害しないカメラによる画像認識の役割は大きい。多種多様なセンサの開発や、IoT (Internet of Things) 環境の発展によって、多くのモノの情報が情報システムにとって既知となる時代が来ても、ヒトに関する情報は倫理・法などの観点から共有されにくい情報である、この「ヒトに関する情報」を主に視覚メディアによって計測・認識することは、将来にわたって有用な技術となる。
- **画像の計測・処理・認識などの多様な異種法の統合モデリング:** 従来、多種多様な画像に関連する研究は各専門家によって独立に研究されてきたが、画像に関わらずほとんどのメディアデータが機械学習によって同様に処理可能な時代になってきた。そこで、機械学習によって異種法が相互にその性能を高めあうような有機的な統合によって、従来は実現できなかった複雑な問題も解決する。



仮想空間と実空間で構成
される人間・機械共存系



深層学習による異種法の統合モデリング

◆研究テーマと成果

- **スマートビークルのための搭乗者や周辺歩行者の行動・状態認識:** 自動車の全自動化を見据え、ぶつからなければいいという安全だけを目指した研究の先のステップに進み、超遠方の歩行者、自転車、車両などの物体検出、および、それら物体の移動・行動の予測によって、安心で余裕のある車両制御に必要な計測・認識を実現する。また、搭乗者の状態を計測・認識し、その状態に基づく個人にあわせた車両制御なども研究する。
- **大量データ学習による映像からのヒトの行動認識:** 人工知能の学習に際して、ヒトに与えられた知識(学習用データ)だけを参照するのではなく、インターネット上のデータ(例: youtubeやオンラインニュースなどの画像や映像)からの自動的に学習することで、性能を向上させる。
- **グループや人群の行動解析:** 従来型の「画像中の数名を対象」としていた問題から、多人数の行動や属性を同時に認識する問題へと発展させる。チームスポーツの解析や、駅・災害避難時などの混雑空間におけるセキュリティや適切な経路誘導などに応用できる技術である。
- **ヒトやロボットの動きの生成・予測:** ヒトやロボットの動きを生成・予測するための基礎技術を研究し、キャラクターアニメーション生成、人の移動軌跡予測、ロボット動作のプランニングなどの多様な応用に最適化させた拡張まで研究する。

◆研究室の保有技術と設備

- 【基盤技術】画像・映像を中心としたマルチメディアデータの解析のためのディープラーニング. 例: マルチメディア間の関係性, 依存性の発見や, その関係性に基づく効果的・効率的な学習法.
- ヒトやロボットの動きの生成・予測(図1)
- カメラを利用したマーカーレスモーションキャプチャとコンピュータアニメーションへの応用(図2)
- 画像・映像からのヒトの姿勢推定と行動認識(図3)
- 画像の超解像とその対象認識精度向上への応用(図4)

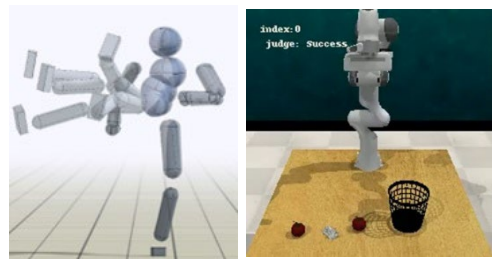


図1: ヒトやロボットの動きの生成・予測

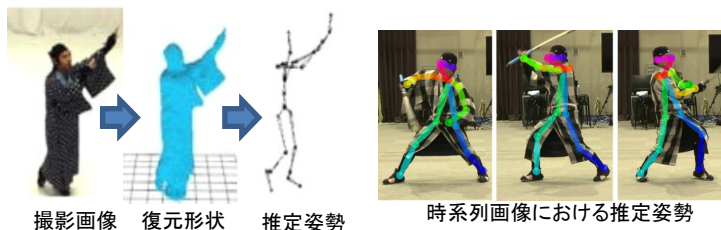


図2: モーションキャプチャ



図3: 姿勢推定と行動認識



図4: 画像の超解像と、微小・遠方物体検出への応用

◆企業との接点・共同研究のご提案

- 【基盤技術】ヒトの状態・行動を計測・認識する技術全般. 特に, ヒトに負担を与えないカメラなどの光学式センサによる非接触計測と認識.
- 次世代モビリティや道路交通インフラの開発
 - 周辺環境(特に歩行者, 自転車など)の認識と動きの予測
 - 特に世界的な競技会で**世界一**にランクされた超解像技術とその遠方物体検出への応用
 - 人の動きを予測した自動運転・運転支援の安全安心性の向上
 - 搭乗者の状態推定とクルマ制御への応用(安全・安心から快適へ)
 - IT化された車内機器の簡単操作のための搭乗者の状態・動作認識
 - 半自動から全自動で応用できるヒトの運転の個性・技術の計測・解析
- 知的映像解析
 - スポーツや映像への情報付与(戦術表示, 技能可視化など)やハイレベル検索(〇〇選手が△△しているシーンを検索)
 - ドラマ・映画のコンテンツ解析と映像検索への応用
 - 平時の通常画像しか得られない環境でも未知の異常検出が可能なセキュリティシステム
- 情報化社会を支える知能情報システム
 - 利用者に親和性の高い情報システム(ロボット, スマホなど)
 - 人の健康状態を計測し, 予防医療やリハビリを促すシステムや, 従来型の転倒などの危険検出から, 危険が起こる要因を見つける危険予防(付加価値の高い高齢者住宅に向けて)

車載カメラ(車外撮影)

車載カメラ(車内撮影)



キーワード	深層学習、知識グラフ、マルチモーダル、自然言語処理、テキストマイニング
相談・提供可能技術	知識ベース構築・利用、テキスト分析・情報抽出、マルチモーダル深層学習

◆研究室スタッフ

教授：三輪 誠

問合せ先：makoto-miwa@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

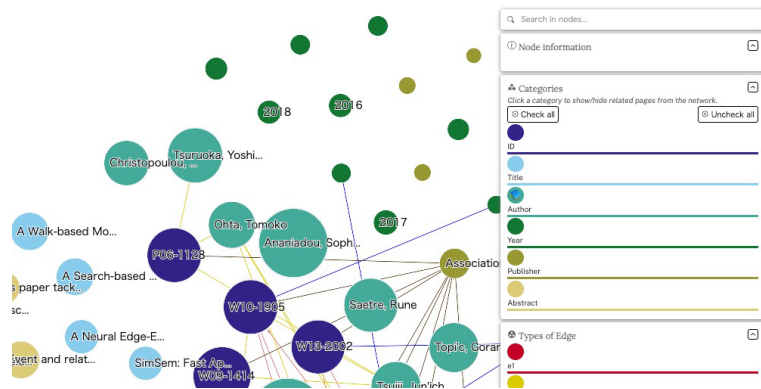
知識データ工学研究室では、様々なデータの内容を理解し、思考する機械の実現を目指しています。大規模言語モデル (LLM; Large Language Models) の出現により、自然に会話をしているように見えるコンピュータは実現できていますが、出力内容に誤りや矛盾がある、出力の根拠が定かではない、など様々な問題が明らかになってきています。

このような問題の本質的な解決のためには、機械が入出力を表層だけでなく、その内容を把握する必要があります。まず、入力把握するには、入力された文字列だけを対象にしてその中に出てくる単語やフレーズを考えるというだけでは不十分であり、その意味やそれらの関係、文脈などを考慮する必要があります。また、世の中の画像・テキスト・数値データなど様々な形式(モダリティ)のデータを広く利用できるように、データを統一的に表現し、データ間の関係や構造を抽象化・推論し、整理しておいて、内容に近い知識を柔軟に選択できる必要があります。さらに、入力と知識を関連づけて、理解・思考し、言語を生成する仕組みが必要です。本研究室では、このような知識を利用した理解・思考の過程に現れる様々な課題の解決に取り組んでいます。

◆研究テーマと成果

1. 知識グラフのマルチモーダル表現学習

Wikipediaや分野のデータベースをはじめとして、世の中の知識の一部は形式化され、まとめられています。本研究室では、表現力の高いグラフ構造(頂点集合と辺集合で定義されるデータ構造)で表現された知識(知識グラフ)を対象に研究を進めています。論文の書誌情報や生命医学・化学の物質データベースなどを対象に、知識表現の獲得や不足している知識の推論を目的に、グラフ構造を利用した深層学習・表現学習手法や、関連づけられた画像や実データ、テキストデータなどの様々な形式のデータを同時に利用するマルチモーダル深層学習手法の研究を行っています。また、取得した表現を利用した書誌情報検索システムの構築などの研究も進めています。



書誌情報検索システム

◆研究テーマと成果（つづき）

2. 外部知識を参照するマルチモーダル言語処理

世の中の様々な知識の多くは暗黙的なものであり、人の頭の中にしかないことも多くありますが、その一部はテキストの形で記述されているものがあります。そのようなテキストを大量に読み込むことでできているのが現在のLLMであり、よく書かれた内容については答えられますが、個別のテキスト内容の深い理解にはまだまだ課題があります。本研究室では、このような個別のテキスト内容の理解の第一歩として、テキストに記述された内容をコンピュータで扱える形に構造化・一般化して抽出する情報抽出技術に焦点を当てて研究を進めています。特に、テキストの言語構造に加え、大規模言語モデルを用いたデータ拡充や研究テーマ1のような知識グラフの情報を柔軟に取り入れて利用するマルチモーダル言語処理に焦点を当てた研究を進めており、テキストの表層的な文字列のみを利用する従来技術に比べて、大幅な性能向上を実現しています。

3. 手話言語処理

自然言語の一つである日本手話について、動画からの解析・解釈に向けた研究を進めています。動画における手型・位置・形などの認識において、アメリカ手話の大量の動画を援用して、解析を行うことで大幅な認識性能の向上を実現しています。

◆研究室内の保有技術と設備

保有技術

深層学習・表現学習（自然言語・LLM、知識グラフ、画像・動画、化学構造データ）
学習用データ作成、評価

ソフトウェア

- ・ 関係抽出システム（公開中）
- ・ 書誌情報のベクトル表現学習に基づく検索システム（デモ構築中）

◆企業との接点・共同研究のご提案

当研究室では、マルチモーダル深層学習を利用した研究を推進しており、様々な問題やデータを対象とした深層学習・表現学習モデルの開発やそれらのモデルを利用したアプリケーションの開発を行う技術を保有しています。

1. 深層学習・表現学習モデルの設計・開発

対象としている知識グラフや自然言語に限らず、様々な問題やデータを対象に、深層学習・表現学習を利用した学習問題の定式化、モデルの開発の実現可能性の検討を行います。LLMなどの既存モデルの特化型モデル開発についても検討を行います。

2. 情報抽出データ・システムの設計・開発、知識グラフ・データベースの拡充

社内文書や対象分野の文書を対象に、文書から情報を抽出するシステムのための、アノテーション、深層学習モデルの設計などの実現可能性の検討を行います。また、すでにある知識グラフやデータベースへ追加する候補となる情報を、文書から抽出し、推薦するシステムの検討を行います。

3. データベースを用いた柔軟な検索システムの設計・開発

データベースを知識グラフとして表現し、データの表現学習を行う技術を利用して、文字列や値の一致での検索とは異なる、似たものや関連のあるものを柔軟に検索できるシステムの検討を行います。

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 —

キーワード	微細構造ファイバ、スーパーコンティニューム、パラメトリック増幅、ファイバレーザ
相談・提供 可能技術	新規なガラス材料および特殊なファイバの作製、光学ガラス材料の評価、光ファイバの特性評価、光導波路素子設計、光伝搬特性解析、技術光機能材料の設計

◆研究室スタッフ

教授:鈴木 健伸

技術顧問:飯塚 孝之

研究補助者:宮瀬 恵津子

問合せ先 : ohishi@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

非線形性の高い新規なガラス材料とそれを用い独自に設計した微細構造光ファイバを創生して、スーパーコンティニューム等のコヒーレント光源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きテルライト、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や高効率の希土類イオン間エネルギー移動、高い発光量子効率をもつホストガラスなどの新規な光制御材料を開発し、その特性を最大限に引き出すため、独自に設計した高い非線形性や特異な波長分散特性を持つハイブリッド微細構造ファイバ(MOF)などの新規な光ファイバの実現とその特性検証までを行い、材料開発からデバイス創生までの一貫した研究を遂行することで、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。

◆研究テーマと成果

1. 超広帯域コヒーレント光発生・制御の研究 コアとクラッドに組成の大きく異なる高非線形ガラス材料を用いたハイブリッドMOFを作製する方法として、ロッドインチューブ法とスタッキング法を組み合わせた独自の手法を開発し、可視から赤外にわたって波長分散のないファイバ構造を明らかにした。

パラメトリック増幅、波長変換、波形整形等の光信号処理やパラメトリック発振によるコヒーレント光の発生に応用可能な四光波混合が、テルライトガラスコア/フォスフェイトガラスクラッドのハイブリッドMOF構造により、石英ファイバでは不可能な 1.29 から $2.49\ \mu\text{m}$ に亘る帯域 $1.2\ \mu\text{m}$ もの超広帯域な増幅で実現できることを初めて明らかにした。

$2\ \mu\text{m}$ より長波長で零分散となるカルコゲナイドガラスファイバを開発し、長波長励起により、吸収損失の高い可視域での第三次高調波発生(THG)を抑制することで光劣化による損失増加の抑制を試みた。 As_2S_5 MOFでは、 1.37 から $5.65\ \mu\text{m}$ にわたるスーパーコンティニューム(SC)光の発生に成功し、 As_2Se_3 をコアとするカルコゲナイドファイバにより $10\ \mu\text{m}$ におよぶSC光の発生を確認した。

光カー効果(光による屈折率の変化)を用いることで全固体フォトニックバンドギャップ(PBG)ファイバにおいて伝搬特性を動的に制御することができ、PBGを 265nm もシフトさせることが可能であることを明らかにした。

2. 新規エネルギー変換技術の研究 太陽光を直接的にレーザ光に変換する太陽光励起ファイバレーザをファイバブラッググレーティングを用いて共振器を構成し、レーザ発振に成功した。ファイバレーザの高密度実装による高出力化の可能性に途を開いた。

◆研究室の保有技術と設備

特殊ガラス材料・ファイバを作製する技術

- ・超高純度雰囲気制御炉
- ・フローティングゾーン単結晶作製装置(写真1)
- ・レーザー書なるキャスティング炉
- ・ファイバプリフォーム延伸装置
- ・ファイバドローイング装置(写真2)
- ・微細構造光ファイバ, ナノワイヤー,
他特殊ファイバ素子作製技術

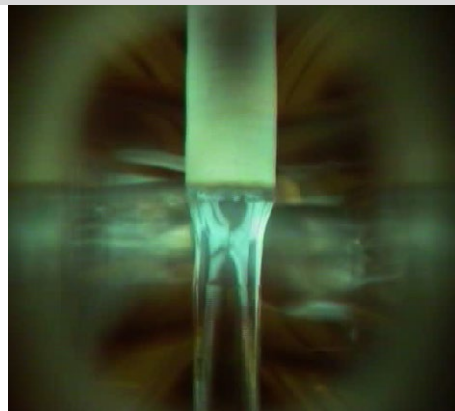


写真1. 単結晶作製装置

光学ガラス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)
- ・プリズムカプラ
- ・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

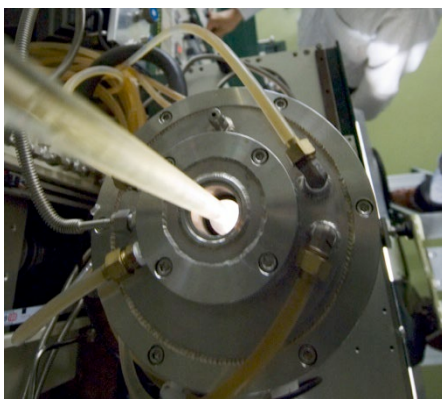


写真2. 光ファイバドローイング装置

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

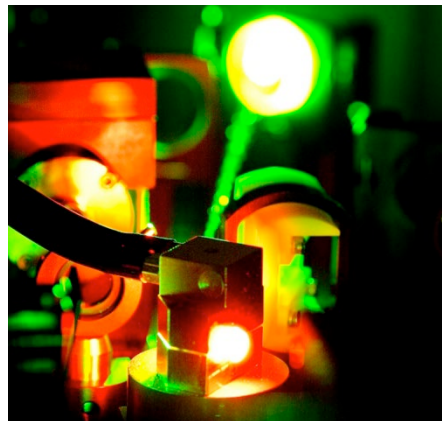


写真3. チタンサファイア フェムト秒レーザー

光導波路素子設計および光伝搬特性解析技術

- ・MATLAB, COMSOL, ModeSolution, FemSIM, BemPROP, FullWAVE
- ・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

◆企業との接点・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。これまでに通信キャリア、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。

フロンティア材料研究室

— 世界一の高品質高機能光ファイバを目指せ —

キーワード	フォトニクス材料、デバイスの開発
相談・提供 可能技術	特殊ファイバのガラス母材およびその製造プロセスについて

◆研究室スタッフ

教授: 齋藤 和也

問合せ先 : ksaito@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

高品質な活性イオン(希土類、遷移金属イオン等)添加シリカガラスを作製する独自技術を有し、各種フォトニクス応用に適したガラスの開発を行っている。近年は、高出力加工用ファイバレーザ、可視ファイバレーザ、衛星間通信用ファイバアンプ、超低損失光ファイバ等の研究開発を進めている。また、高機能シリカガラス開発の基礎研究として、シリカガラスの局所構造、特に希土類イオン周辺構造を、EXAFS, NMR, ESR, 吸収、励起蛍光、ラマン測定等を通して行っている。この基礎研究をベースに、フォトダークニング(励起レーザや宇宙線でガラスに欠陥吸収が生じる現象)抑制や、エネルギー移動の高効率化を達成している。

◆研究テーマと成果

1. 超低損失ファイバの開発

①ファイバ紡糸中のガラス形成過程制御、および、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つの観点から超低損失ファイバの研究開発に取り組み、Ge添加シリカファイバで世界トップレベルの低損失化を達成した。また、アルカリ元素添加による低損失化の可能性を世界に先駆けて示し、現在、多くのファイバメーカーが、K添加による低損失化に取り組んでいる。

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。

4. 衛星間光通信用ファイバアンプの開発(JAXAとの共同研究)

衛星間光通信用ファイバアンプでは、宇宙線耐性の向上が大きな課題となっている。本研究では、ガラスの組成、活性イオン周辺構造の制御、ファイバ構造の最適化等を検討し、世界最高水準の宇宙性耐性を実現した。

5. 920nm発振フェムト秒ファイバレーザーの開発

多光子顕微鏡による蛍光たんぱく質マルチカラーイメージングでは、現在、光源として920nm発振のチタンサファイアレーザーが用いられている。これを、ファイバレーザーに代替できれば、低コスト化、メンテナンスフリー、小型化が可能になる。本研究で、920nm発振フェムト秒ファイバレーザーの開発に成功した。

6. 可視ファイバレーザーの開発

Dy添加シリカファイバの発振に世界で初めて成功した。フォトダークニングもGe共添加により抑制できることを明らかにしている。現在、さらに、抑制効果を向上させるための方法を模索している。



7. 高温ファイバセンサーの開発

ブリルアン散乱光を用いた分布型ファイバセンサを、高温(300℃以上)で使用可能なように、ファイバの構造緩和および応力緩和のブリルアンシフトに及ぼす影響を調べている。

◆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ファイバ紡糸最適化
- 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

◆企業との接点・共同研究のご提案

光ファイバに関して、お困りのことがありましたらご相談下さい。

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 —

キーワード	熱電材料、熱ダイオード、熱スイッチ、電子輸送現象、電子構造、熱輸送
相談・提供可能技術	材料の電子輸送特性の解釈と制御、熱電材料の高性能化、電子輸送現象と電子構造の評価、各種機能性電子材料の開発

◆研究室スタッフ

教授: 竹内 恒博 准教授: 松波 雅治

PD研究員: Kavita YADAV, Suresh P. CHANDRASEKAR, Maduvasani SAMINATHAN

研究補助者: 野村 越子, Artoni K. R. ANG, Priyanaka SANGWAN

問合せ先 : t_takeuchi@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

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ます。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す。

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ます。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、計算科学の手法(バンド計算、クラスター計算、各種シミュレーション)と先端的測定手法(高分解能角度分解光電子分光、赤外分光、X線発光・吸収分光、共鳴光電子分光、軟X線光電子分光、硬X線光電子分光)を駆使することで正確に知り、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す。

◆研究テーマと成果

以下に、主な研究テーマと成果を示します。

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

本研究テーマにおいて、これまでに、微細電子構造の役割、格子振動の非調和製の影響、人工超格子に依るフォノン分散の折畳み効果、粒界によるエネルギー選択散乱効果、ナノ構造の導入による電子物性と格子熱伝導度の変化などを詳細に解明してきました。また、その成果として得られた知見を用いて、熱電物性(電気伝導度、熱伝導度、ゼーベック係数)の制御指針を構築しています。

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

①で得られた成果と基に熱電材料の設計指針を提案しています。さらに、提案した設計指針に基づき、近年、安価で安全な元素のみから構成される高性能熱電材料の開発に成功しました。

③ 固体熱ダイオード、固体熱スイッチ材料の開発

従来の考え方では説明が難しい熱伝導度の温度依存性を、電子構造と局所原子配列の観点から理解することで、熱流を制御する材料の開発を行っています。これまでに、2倍以上の整流効果を示す熱ダイオードの開発に成功しています。

上記の研究以外にも、『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 f 電子系材料(希土類化合物)の電子構造と機能創製』、なども実施しています。

◆研究室の保有技術と設備

エネルギー材料研究室では、下記の装置群を用いて、多種多様な試料の作製、構造評価、電子物性評価、熱物性評価、および、電子構造評価を行っています。

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）
- ・分子線エピタキシー装置（エイコー）
- ・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
- ・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、3ゾーン炉

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）
- ・試料研磨機（マルトー）

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- $X\alpha$ 法、DVX α ）



◆企業との接点・共同研究のご提案

電子輸送現象や熱輸送現象を物理的観点から考察し、様々な物性の起源を解明することを得意としています。また、固体物理の観点から、電子輸送現象や熱輸送現象に関係する材料の機能を制御する研究も得意としています。

熱や電流を利用した機能性材料（バルク、薄膜、単結晶、粉末、*etc.*）において発生した問題の解決や、材料機能の向上、新しい機能性材料の創出などにおいて協力することが可能です。比較的単純なことに対する相談なども随時受け付けておりますので、遠慮なく、お問い合わせ下さい。

理論物理学研究室

— 時空構造・物質構造・相互作用の根源の解明 —

キーワード	弦理論、場の理論、対称性の自発的破れ
相談・提供 可能技術	量子力学、場の理論等における知識

◆研究室スタッフ

教授: 黒木 経秀

問合せ先: kuroki@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

素粒子の標準模型は加速器実験で検証されているが、重力を含まず統一理論としては不完全である。統一理論の最有力候補が弦理論であるが、摂動論的な定式化しか持たず、現実世界に対する説明能力を備えていない。これが弦理論における最大の課題であり、30年以上解決していない。弦理論が統一理論として説明能力を持つには非摂動的定式化が必要である。この動機から、行列模型(行列を力学変数とする統計系)による弦理論の非摂動的定式化が提案されている。しかしどの模型も未完成である。従って、弦理論の非摂動的定式化の候補である行列模型を解析し、標準模型の導出、世代数や階層性の起源の解明、量子重力など、標準模型における未解決問題を解明することは弦理論本来の目的からして真に追求すべき課題であると考ええる。

一方で近年の弦理論研究では、弦理論の持つ高い対称性を有効に用いた解析が流行している。しかし弦理論が導出すべき標準模型は、超対称性のない4次元の場の理論である。今後は真摯に行列模型のダイナミクスに取り組み、弦理論の高い対称性、特に10次元ローレンツ対称性や超対称性等が非摂動的弦理論の枠内でどのように破れ、標準模型の対称性に帰着するかを真剣に研究するべき時に来ていると考える。対称性に基づく理論は美しい結果が得られるが、それではいつまでも弦理論が標準模型や加速器実験と乖離し、上記に挙げた統一理論としての弦理論の問題が未解決のままになってしまうからである。

弦理論における10次元ローレンツ対称性、超対称性は理論の無矛盾性から要請されるため、標準模型の導出には、これらの自発的破れが期待される。それには非摂動効果が重要であるが、現在まで弦理論における非摂動効果は非摂動的物体を人為的に導入して解析されており、真空における対称性の破れとの関係は不明のままである。よって非摂動的弦理論における対称性の自発的破れはこれまでほとんど解明されていない。従って弦理論における対称性の自発的破れを引き起こす非摂動効果の解析が本研究の核心をなす学術的問いである。

また、重力を矛盾なく量子論的に定式化する量子重力理論の最有力候補が弦理論であり、実際行列模型から重力を導出する試みがなされているが、これも未完成である。行列模型において、重力の自由度を同定し、重力理論において本質的な一般座標不変性の起源を明らかにし、いかに4次元の重力が量子論的に定式化できるかを探ることは、自然界に存在する4個の相互作用を量子論的に統一する究極理論の完成に向けて、人類に与えられた最大にして最後の未解決問題である。

これらの問題の解決に向けて、我々は2次元の超弦理論の一つに対し、その非摂動的定化の候補を行列模型によって与えた。これは低次元の超弦理論であり、現実世界を記述する超弦理論を単純化した理論に過ぎないが、超弦理論の完全な非摂動的定式化が未だに存在しない現状において、もし我々の主張が正しければ低次元ではあるが超弦理論を非摂動的に定義した初めての例となり、その存在意義および独自性は非常に大きい。さらに特筆すべきことは、我々の行列模型において、超対称性が自発的に破れることを示したことである。我々の主張が正しければ、この結果は超弦理論において、超対称性が自発的に破れ得ることを示しており、初の例になっていることのみならず、現実世界における超弦理論の自発的対称性の破れの理解に多大な知見を与えると思われる。これにより、実験と乖離している現状の弦理論研究に対し、実験との関連付けを与える可能性を拓くものである。

◆研究テーマと成果

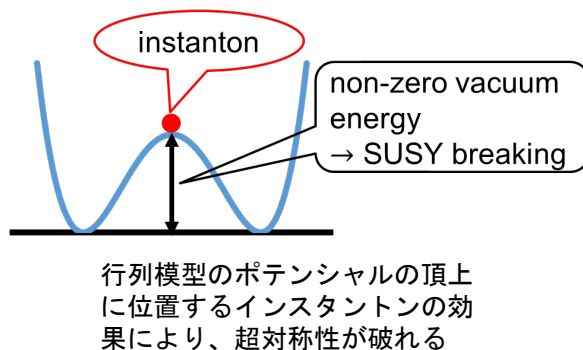
・低次元の超弦理論の非摂動的定式化の完成

先行研究において、2次元の超弦理論に対して、行列模型による非摂動的定式化を提唱した。結合定数の最低次においてすべての2点関数が一致するなど、この提案の強い証拠がすでに得られているが、まだ証明は完成していない。超弦理論、行列模型双方で多点相関関数、高次相関関数を求め両者の一致を確認し、この主張を証明する。特に行列模型側では1点関数については摂動の全次数での表式が得られているため、超弦理論で次の次数の表式を得る。この際、数学的に微妙な問題が起こり得るが、行列模型の結果を参照することにより、同時にそれを解決する。超弦理論、行列模型双方で、一般の多点相関関数の高次の寄与を求めることは困難が予想されるが、超対称性、共形対称性、ゲージ対称性等対称性の要請から相関関数間の関係式が両者において存在することが予想され、それを明らかにし比較することによって一気に相関関数の等価性を示すなどの可能性が考えられる。証明が完成すれば、低次元ではあるが超弦理論の非摂動的定式化を与えた初の例となる。

・超対称性の自発的破れを起こす自由度の同定

先行研究では、我々の提唱した行列模型において、超対称性が自発的に破れることを示した。この成果は超弦理論における自発的超対称性の初の例を与える可能性が高く、学術的意義は非常に大きい。行列模型の立場では、この破れはインスタントンと呼ばれる量子論的ポテンシャルの鞍点に存在する固有値によるものであることが明らかになっているが、この自由度の超弦理論側での対応物を同定し、超弦理論における超対称性の自発的破れを引き起こす自由度およびその機構、物理的描像を明らかにする。

一般に行列模型のインスタントンは弦理論におけるソリトンであるD-braneに対応することが知られているので、我々の模型においてもインスタントン存在下での相関関数とD-brane存在下での相関関数を比較し、その一致を見ることにより両者を同定する。これにより、D-braneの生成ないし凝縮により超対称性が自発的に破れるという物理的描像を確立する。



・高次摂動級数の解析

前項に述べたように、行列模型の1点関数は摂動級数の全次数での表式が得られており、その高次のは弦理論特有の振る舞いをするを明らかにした。これは我々の行列模型が弦理論を定義していることの強い証拠である。弦理論の摂動級数を高次まで計算することは一般に非常に困難であり、超対称性の自発的破れのような非自明な物理を持つ弦理論において、摂動級数が全次数で判明している稀有な例となっている。一方、このような高次摂動級数と非摂動効果を関係付けるresurgenceのアイデアが近年注目されており、実際この級数にresurgenceを適用し、前項で述べたインスタントンの情報が得られることを最近明らかにした。超弦理論にresurgenceを適用した例はまだ少ないため、他の多点関数にもresurgenceを適用する。特に、2点関数についても高次摂動級数の形が判明しつつある状況である。

◆研究室の保有技術と設備

理論物理学の研究室であるため、数式処理、数値計算等を行うためのパソコンのみ使用している。

◆企業との接点・共同研究のご提案

弦理論から派生したアイデアにAdS/CFTという予想がある。AdS/CFTとdeep learningに深い関係があることが近年議論されており、deep learningの開発や検証と弦理論の進展が今後深く関わり合う可能性がある。また、弦理論、量子重力理論と量子情報理論の深い関係もAdS/CFTを通じて指摘されており、量子情報によって重力が理解できたり、逆に量子情報の困難な問題が弦理論を用いて簡単に理解できるなど、今後量子情報理論の観点と弦理論的な観点の相互理解が有用となる可能性がある。

数理物理学研究室

— 時空の数理構造、非線形物理学への斬新なアプローチ —

キーワード	相対性理論、ブラックホール物理学、宇宙物理学、非線形物理学
相談・提供 可能技術	相対性理論および重力理論、非線形数理モデルの構築

◆研究室スタッフ

教授: 富沢 真也 PD研究員: 鈴木 良拓

問合せ先: tomizawa@toyota-ti.ac.jp

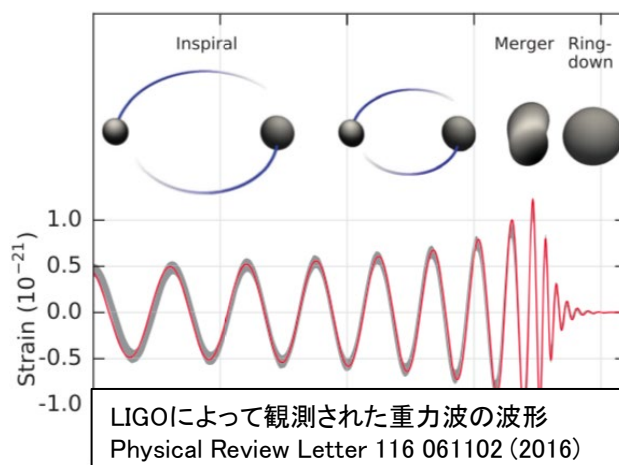
◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

万有引力の法則やニュートンの法則の発見によって、我々人類は、惑星の運動をよく理解することができるようになったが、強重力場中の惑星の運動や高エネルギーの宇宙現象では、このニュートン理論が破綻することが知られている。このような現象を扱うためには、アインシュタインの発表した「一般相対性理論」が必要である。この理論は、水星の近日点移動を説明したり、ブラックホールの存在を予言したりするなど、ニュートン理論では説明できない数々の物理現象をうまく説明することで、これまで大きな成功を収めてきたが、ブラックホールの中心近くや宇宙のはじまりでは、この相対性理論も破綻してしまい、より大きな枠組みの理論体系が必要となる。そのような理論の最も有力な候補の理論として、「弦理論」やその低エネルギー有効理論である「超重力理論」のように空間次元が3よりも大きな高次元理論が提案されているものの、理論が正しいことを裏づける実験的な証拠が現在のところ無い。

ブラックホールは、一般相対性理論の基礎方程式であるアインシュタイン方程式の解によって記述されると考えられている。特に、空間次元が3次元のブラックホール解は、唯一つであることが証明されている。これは、ブラックホールの一意性定理と知られ、現代の天文学やブラックホール物理学の基盤をなすものである。しかし、空間次元が3よりも大きなブラックホールでは、一意性定理が成立しないため、様々な種類のブラックホール解の存在が示唆されてはいるものの、その全貌は未だに明らかになっていない。こうした高次元ブラックホール特有の性質を明らかにすることが高次元理論の検証につながると思っている。

また、近年、AdS/CFT対応を通して、高次元ブラックホールが超電導や超流動などの凝縮系物理学やクォーク・グルーオンプラズマなどの原子物理学の現象を記述することが解ってきた。そのため、一見、無関係に思えるブラックホール物理学が、量子論ではアプローチの難しい物性物理学の問題を解決したり、新しい量子物理現象を予言したりすることができるかもしれないと期待されている。このような意味で高次元ブラックホールは、実際に存在するかどうかは別にして、現代物理学において重要な地位を築いている。このような理由から、当研究室では、主に、空間次元が3よりも大きなブラックホールに焦点を当てた数理的な研究を行っている。

一方、100年前に一般相対性理論によって、宇宙を光速で伝わる時空のさざ波、重力波の存在が予言され、近年になって初めて、米国のLIGOチームにより、合体するブラックホールから放出される重力波が直接観測された。当研究室では、こうした重力波の新しい非線形効果の解明も試みている。



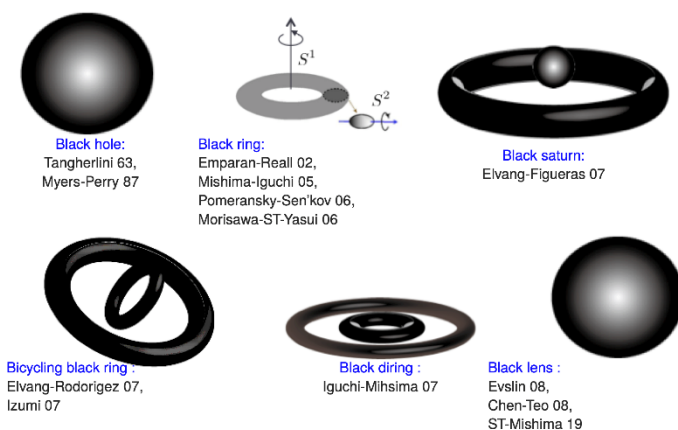
◆研究テーマと成果

・ブラックホール解の構成と数理的解析

アインシュタイン方程式や超重力理論のブラックホールの厳密解の構成を基礎として、アインシュタイン方程式の可積分系の数理構造について研究を行っている。これまでのブラックホールに関する多くの研究では、解析的に簡単であることや解を求めやすいという理由から、コンパクト化されていない漸近平坦なブラックホールに焦点が当てられていたため、コンパクト化されたブラックホール解の新たな生成法を構築し、その手法を用いて、多くのブラックホール解を発見した。

特に、5次元最小超重力理論においてコンパクトな余剰次元を持つ多体ブラックホール解、合体するブラックホール解や超対称ブラックホール解を発見し、その数理的性質および物理的性質についても明らかにした。コンパクトな次元の存在によって、ブラックホールのトポロジーは、球面やリング形状だけではなく、レンズ空間も許されること、また、エルゴ領域がブラックホールの周辺だけではなく、離れた領域にも形成されることも明らかにした。さらに、ブラックホールが合体する際は、2つの球面のブラックホールが1つのレンズ空間のブラックホールへとポロジータンジェンシを起こし、漸近平坦なブラックホールよりも重力波を多く放射しうること解った。

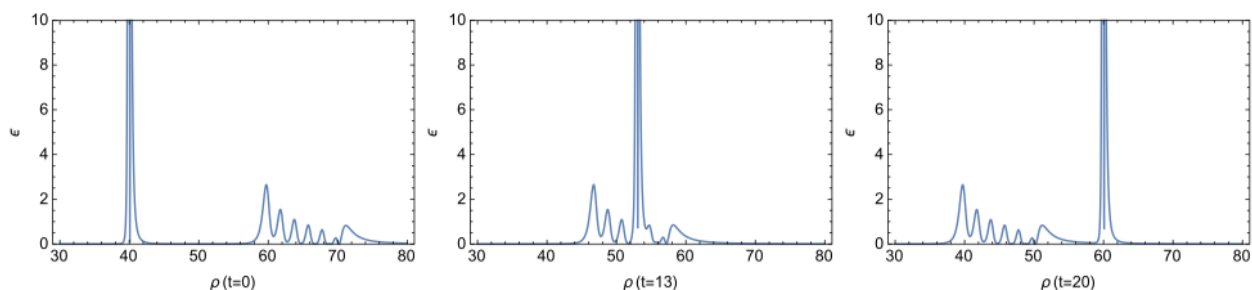
Various black objects in $D = 5$



様々なトポロジーのブラックホール

・重力波の非線形効果の解析

調和写像法を用いてアインシュタイン方程式の円筒対称重力波解を生成し重力波の非線形効果を調べている。特に重力波が反射するときや衝突するとき重力波の強い集中が起きるが、このとき重力波のモード間の転換現象が生じる。解の持つパラメータを変化させることによってモード転換現象がどのように変化するか解析を行っている。また、円筒対称時空では、真空の重力系はアインシュタインマックスウェル系に直接読み替えることができる。そこで、得られた解の重力波-電磁波の相互転換現象への応用についても試みている。



2つの非線形重力波の衝突

◆研究室の保有技術と設備

数理的および理論的な研究のための数式処理ソフトを使用している。

◆企業との接点・共同研究のご提案

相対性理論や宇宙物理学に関わらず、様々な数理モデルの解析や物理学や工学で扱う非線形偏微分方程式の解法が必要とされた場合、接点の可能性はある。

キーワード	表面・界面、量子構造、局所解析、太陽電池・蛍光素子・受光素子、物性基礎
相談・提供可能技術	量子構造作製(MBE)、表面・界面改質、局所構造計測、光計測、電子計測

◆研究室スタッフ

教授: 神谷 格 助教: Ronel Christian Intal ROCA

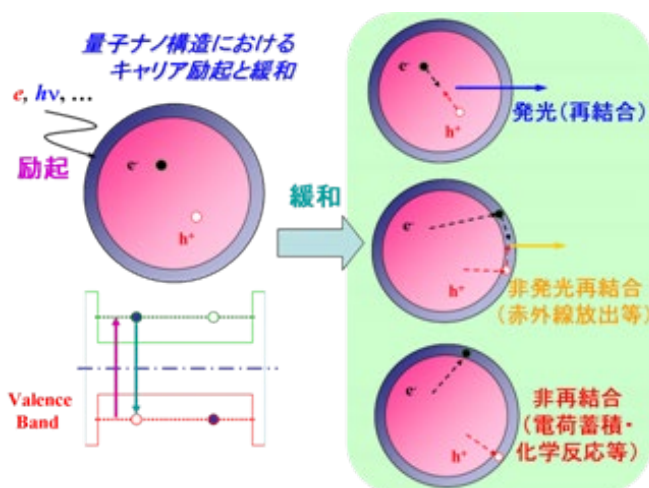
問合せ先: kamiya@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

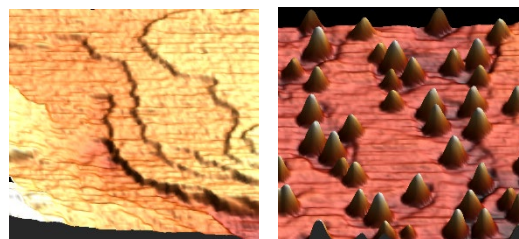
ナノ構造・量子構造等を中心とした微細構造の表面・界面に絡んだ研究を行っている。

物質の機能・物性は、主に材料の選択、構造(大きさ・格子等)に加え、その表面・界面にも大きく依存する。量子ナノ構造体の性能が、内部の電子準位に加え、表面界面により変わる(下左図)。また、触媒反応の様に、表面自体が外界との相互作用を司ることもある。そこで当研究室では、

- 1) 固・液・気相合成を駆使した物質の精密作製、
 - 2) 表面・界面の改質制御と評価
 - 3) 物性・機能計測と創成、
- を特徴とした研究に取り組み、その結果、
- i) 特異な性質を持つ量子構造の開発、
 - ii) 従来の性能を凌ぐ光触媒の開発、
- などに結びつけている。



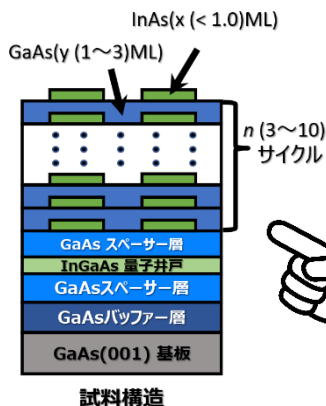
量子効果と表面・界面による機能制御の概念



新規結晶成長法による2D/3D作り分け

◆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と新規成長法の検討。量子構造の大きさ・歪制御、成長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. 局所ナノ構造の電子物性計測
単一量子ドット・太陽電池電極等の局所的な構造・電子状態を走査プローブ等で計測している。
4. 量子構造を用いた光アップコンバージョン
InGaAs系新規量子構造の作製、特に赤外→可視の変換効率向上と機構解明を行っている。
5. 深紫外発光素子の試作: 新たな作製法の探索と短波長発光の実現を目指している。
6. 半導体表面・界面パッシベーション技術の開拓

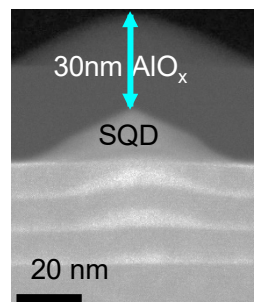


InAs量子ドットのパッシベーション被覆
InAsドット/GaAs(001)を、歪印加・形状変化
させることなく、清浄に被覆を実現。



Submonolayer (SML) 成長法:
量子構造の微細制御

格子不整合InAs/GaAs(001)のMBE成長
を $x (< 1.0)$ ML の InAs と $y (1 \sim 3)$ 程度 ML
のGaAsを交互積層。量子ドットに加え
量子ディスクの精密な制御が可能。



◆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、深紫外光加工装置
- (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)
深紫外蛍光分光装置(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、KFM(ケルビンプローブ)機能付

◆企業との接点・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プングを行っている。

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) コロイダル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、光フィルター、等)
- (4) 酸化物蛍光体の作製と評価
- (5) 半導体表面・界面のパッシベーションとトンネル接合
- (6) レーザー補助を用いた半導体量子構造加工技術
- (7) 原子間力顕微鏡の新規解析手法開拓

キーワード	ナノテクノロジー、エネルギー・環境、カーボン、電池、表面科学、装置開発
相談・提供可能技術	ナノ分析技術による材料表面の評価、カーボンナノ材料の合成、電池・環境材料開発

◆研究室スタッフ

教授:吉村 雅満 准教授:原 正則

助教:DE SILVA, K

PD研究員:CHINNASAMY, S.

問合せ先 (吉村) : yoshi@toyota-ti.ac.jp
http://www.toyota-ti.ac.jp/surface/



◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

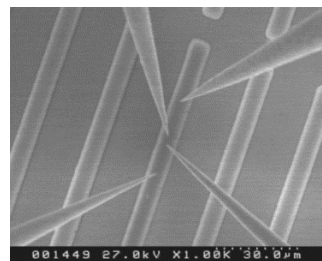
物質がナノサイズになると、表面の全体積に占める割合が大きくなり、表面構造そのものが物性を左右する。当研究室では固体の表面をナノ～ミクロの立場で制御・評価し、カーボンなどの新規物質を利用した新しいエネルギー材料や環境材料の提案とその創製をめざす。ナノカーボン材料合成装置や、原子・分子の分解能をもつ走査プローブ顕微鏡、電気化学や光学特性を調べる装置を主たるツールとして、表面の構造、電子状態、組成、欠陥などを評価し、ナノ～ミクロ領域における電気特性、機械特性、電気伝導、熱伝導、光学特性のオリジンを明らかにする。研究分野としては、(応用)物理、化学、機械工学の融合領域となる。

研究のキーワードを以下に挙げる。

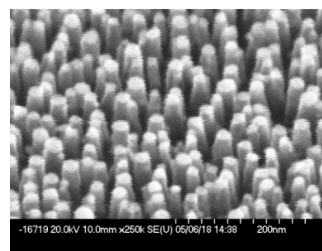
- ・ナノテクノロジー(フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェン、ナノダイヤモンド、バイオ、ナノ加工、ナノロボット、ナノデバイス、センサー、ナノ粒子、プローブ顕微鏡、プラズマ加工、圧電デバイス)
- ・環境(水素、(自動車)触媒、燃料電池、リチウム電池、浄水フィルター)
- ・表面科学(結晶成長、触媒反応、表面分析、原子・分子操作、電気化学、放射光、光物性)
- ・第一原理計算(電気伝導など)
- ・装置開発(電子回路、制御、ソフト開発、機械設計・製作)

◆研究テーマと成果

- 1) 機能性カーボン材料の作製と応用
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ボトムアップ&トップダウン合成、及び各種デバイスの開発
- 2) 燃料電池・太陽電池用高性能素材の研究
電極の高性能化と反応挙動のその場観察、新規透明電極の開発
- 3) 機能性カーボン材料の作製と応用
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や圧電デバイスの開発
- 4) 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(TERS)によるナノ構造の評価、独自CNT探針の開発
- 5) バイオナノエンジニアリング
ナノダイヤモンド、DNA、バイオミメティクス、人工骨材料の高機能化
- 6) 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、浄水フィルター



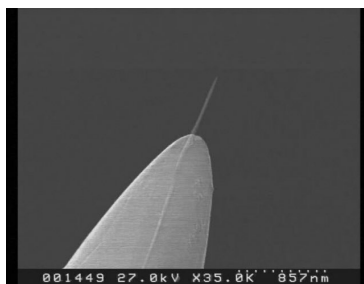
ナノプローバ



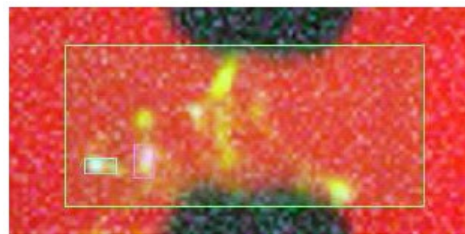
カーボンロッド

◆研究室の保有技術と設備

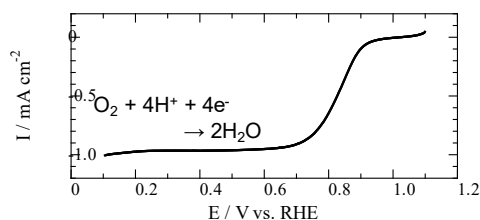
走査プローブ顕微鏡(SPM) 6台
透過型電子顕微鏡(TEM、FIB)
高分解能走査電子顕微鏡(SEM)
真空蒸着装置 2台、オスミウムコーター
カーボン(CNT、グラフェン)合成装置 4台
フーリエ変換赤外分光法装置(FT-IR)
分光光度計(UV-Vis)、熱分析装置
ラマン分光装置(顕微鏡)(Raman TERS)
半導体ナノプローバー(in air/in SEM)
摩擦力評価装置、接触角測定装置
X線光電子分光装置(XPS)
真空アニール炉 2台、マッフル炉 2台
電気化学測定装置 4台
グローブボックス
レーザー顕微鏡



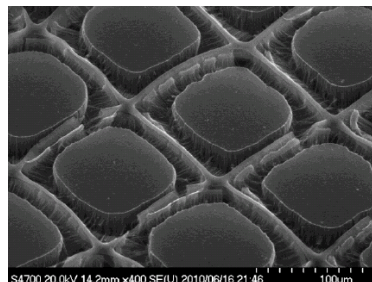
カーボンナノチューブ探針



電極間に架橋したCNTのラマン像



燃料電池用触媒の酸素還元反応測定

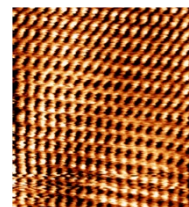


カーボン複合体

◆企業との接点・共同研究のご提案

1. プローブ顕微鏡を用いた材料表面のナノレベル評価

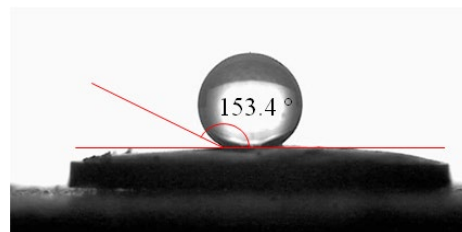
環境 : 超高真空、大気、水中、雰囲気制御(湿度・温度)
評価項目 : 機械特性(トライボロジ、剛性、ヤング率)、電気特性、
磁気特性、増強ラマン
局所評価 : 欠陥、粒界、ナノ粒子、仕事関数
応用分野 : 電極表面、触媒、摩擦、接着...



グラフェンの原子像

2. カーボンナノ材料の合成と応用

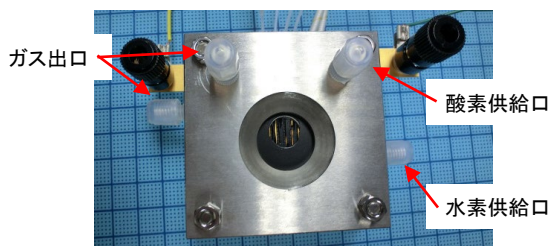
将来の電子デバイスや触媒材料として期待される、カーボンナノチューブやグラフェンなどの合成。
評価は、電子顕微鏡(SEM、TEM)やマッピング可能なラマン顕微鏡(TERS)をはじめ、赤外分光法など各種光学手法を駆使する。またカーボンを用いた撥水表面や防食材、フィルターの開発も行う。



AKD:C₆₀=400:4

3. 電気化学計測との複合化によるナノ材料の反応のその場観察

電池材料や触媒として用いられるナノ材料の反応挙動をその場観察法(分光分析法、プローブ顕微鏡など)を用いて計測し、様々な反応に伴うナノ材料の状態の変化や反応物を分析・評価する。



顕微ラマン測定用燃料電池単セル

キーワード	高分子化学、有機合成化学、超分子化学、錯体化学、ゲル、液晶、 π 共役系高分子、凝集誘起型発光
相談・提供 可能技術	刺激応答性材料の設計、プロトタイプ分子の合成・提供、各種スペクトル測定

◆研究室スタッフ

教授:小門 憲太

助教:阿南 静佳

問合せ先: kokado@toyota-ti.ac.jp,
anan@toyota-ti.ac.jp

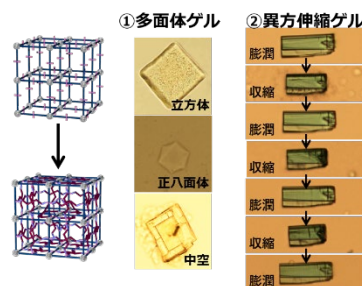
◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

高分子化学が興ってから約100年が経ち、今や高分子材料は身の回りに溢れる欠かせない材料となっておりますが、原子や分子の組み合わせ、繰り返し構造、あるいは高次構造を考えると合成されていないもののほうが遥かに多いと言えます。当研究室では高分子を作る重合反応を行う前の状態に注目し、超分子化学や有機合成化学の知識を駆使してモノマーなどの配置を調整することで新しい高分子合成手法を確立し、得られた材料の機能開拓を行いたいと考えています。

◆研究テーマと成果

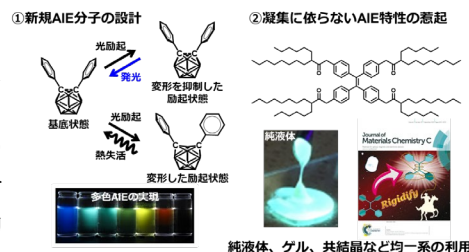
1) 原子・分子の精密配置に基づく新しい巨大分子合成法の開発と機能開拓

原子や分子をあらかじめ正確に配置あるいは配列した状態でつなぎ合わせることで、これまでの手法では得ることが難しかった鎖構造や網目構造が精密に制御された高分子を創り出す手法を開発しています。たとえば多孔性結晶である金属有機構造体(Metal-Organic Framework, MOF)の構成要素である有機配位子を結晶作製後に繋ぎ合わせることで網目構造を制御した三次元高分子を作ることができます。このようにつなぎ方を究めることで有機元素の特性を極限まで活用した全く新しい材料の創製を目指しています。



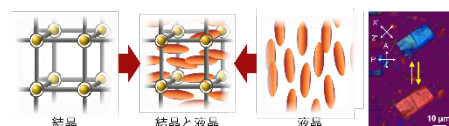
2) 光励起状態のダイナミクス設計による有機分子の発光制御

分子集合することで発現する機能の制御の一環として発光特性に着目しています。有機分子を光励起したあとのダイナミクスは発光挙動に大きな影響を及ぼします。当研究室では凝集誘起型発光(Aggregation-Induced Emission, AIE)特性が励起状態における分子の大きな変形挙動に深く関連していることを有機合成化学と計算科学を駆使して見出し、その知見を基に新しいAIE分子を開発しています。励起状態におけるダイナミクスを設計することで新たな作動原理に基づく生命現象のプロブや物理変化のセンサーへの応用が期待されます。



3) 液晶と結晶の複合化による刺激応答性結晶の創出

分子の配向性と流動性を示す液晶と固体で規則的に分子が配列した結晶に着目しています。外場に対して大きな応答性を示す液晶と結晶を組み合わせることで、外部刺激で大きく複屈折を変調できる結晶を作製しました。光学材料への応用が期待されます。



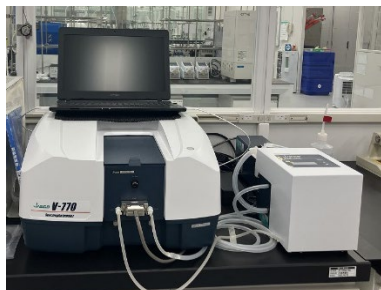
◆研究室の保有技術と設備

当研究室で保有する機器を以下に示す。

原子間力顕微鏡
サイズ排除クロマトグラフ装置
マイクロオートグラフ装置
紫外可視近赤外吸収分光装置
蛍光分光装置
赤外分光装置
高速液体クロマトグラフ装置
中圧自動シリカカラム装置
示差走査熱量測定装置
熱重量分析装置
熱機械分析装置
超微小硬度計
顕微ラマン分光装置



原子間力顕微鏡



紫外可視近赤外吸収分光装置



蛍光分光装置



顕微ラマン分光装置



マイクロオートグラフ装置



超微小硬度計

◆企業との接点・共同研究のご提案

当研究室では主に高分子鎖の伸縮を用いた刺激応答性材料の設計をこれまで行っており、望みの刺激で特性をOn-Offすることであればご相談に乗れるかと思います。また、有機合成や高分子合成を強みとしておりますので、そのような設備をお持ちでない企業の方にプロトタイプ分子の合成や提供をこれまで実施してまいりました。各種スペクトル測定や解析も可能ですので、お気軽にお声掛け頂ければと思います。

触媒有機化学研究室

— 金属クラスター触媒の精密設計に基づく実践的な分子変換反応の開発と応用研究 —

キーワード	精密有機合成, 有機金属化学, 金属クラスター, 担持型触媒, 水素化, ヒドロシリル化
相談・提供 可能技術	ナノおよびサブナノサイズの金属クラスターおよびその担持型触媒の創製, 触媒機能評価(水素化・ヒドロシリル化など), 有機化合物のスペクトル解析

◆研究室スタッフ

教授: 本山 幸弘

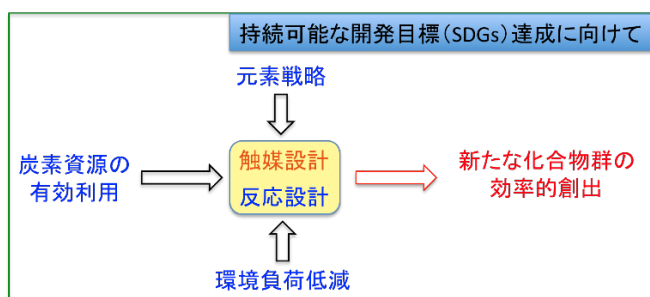
助教: 土屋 直輝

問合せ先: motoyama@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

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る. 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や元素戦略を含む持続可能な開発目標 (SGDs: Sustainable Development Goals) に立脚した高機能触媒の創製ならびに反応開発が求められている.

当研究室では, 有機金属化学を基盤として金属錯体を精密設計し, これらを前駆体として炭素ナノ繊維(CNF)や活性炭に代表される炭素材料, さらに様々な金属種からなる酸化物上にナノからサブナノサイズ (>1 nm) の金属クラスターを高分散・サイズ制御して担持する独自の手法を開発し, これらを触媒とし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で省エネルギー型の精密な物質合成, 特に医農薬品や機能性材料合成プロセスの創出を目指している.



◆研究テーマと成果

1. 担持型金属クラスター触媒の創製と水素化反応

一般に担持型金属クラスター触媒は工業的に広く利用されているが, 活性や化学選択性の再現性, 反応系への金属の溶出が問題となる. 我々は有機金属錯体の穏和な分解反応を利用して炭素ナノ繊維(CNF)のみならず活性炭を含めた炭素材料上にナノサイズの金属クラスターの精密担持に成功し, これらが芳香環やニトロ基の水素化反応において, 既存の金属触媒と比較して高い活性かつ耐久性を示す不均一系触媒となることを明らかにした. さらに窒素官能基を導入した含窒素CNFや活性炭を担体として用いると, 導入した窒素が効果的に触媒の被毒剤として機能し, 従来の触媒では困難であった化学選択性を達成できること, 金属/窒素比により触媒活性が容易に調整可能なことを見出した.

2. 可溶性金属サブナノクラスター触媒の創製とヒドロシリル化反応

金属クラスターの触媒機能は, そのサイズに大きく依存することが知られている. 我々は担持型金属触媒にヒドロシランを作用させると, サブナノサイズの可溶性金属クラスターが発生し, アミドの還元反応や従来困難であった脱保護反応を安価なヒドロシランで効率的に実現できることを見出した.

この高活性な金属クラスターは失活して担体上に固定化されるが, 反応系中で容易に再発生可能であり, 「再生可能なインテリジェント型触媒」として注目している.

◆研究室の保有技術と設備

当研究室で保有する機器を以下に示す.

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
熱分析装置
旋光計

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 ダクト式およびフィルター式(ダクトレス)
グローブボックス
有機合成用脱水溶媒供給装置
真空ライン



核磁気共鳴装置(JEOL JMN-ECZ-400R)



元素分析装置(PerkinElmer 2400 II CHN)・左
熱分析装置(PerkinElmer TGA 4000)・右

◆企業との接点・共同研究のご提案

2015-2019年度、文部科学省の研究プロジェクトである私立大学戦略的研究基盤形成支援事業において、本学の「水素原子・分子の活用技術革新のための先進触媒研究」が採択され、その研究代表者を本山が務めていました。

このプロジェクトでは、

① 再生可能エネルギーを有効に利用した「水素」を製造する技術基盤の確立、
② 「水素や水素を含む化合物」を利用した物質を製造する技術の高度化、を主たる目的としており、物質工学、電子情報、機械システムの3分野の教員7名で構成する共同研究組織である「先進触媒開発研究センター」を基盤として、水素の発生(製造)―貯蔵(有機化合物の水素化)―放出(有機化合物の脱水素化)から利用(水素化やヒドロシリル化による有用化合物の合成)を達成しうる新規な触媒の創製を行ってきました。

当研究室では、プロジェクト終了後も前頁に示したような有機化合物の水素化やヒドロシリル化、ならびに脱水素化を高効率で実現できる新規な金属触媒、特にナノからサブナノサイズの金属クラスターの創製と、それらを用いた触媒反応開発を中心に研究を継続しています。

本プロジェクトに関連する触媒や反応開発について、技術相談および将来的な研究協力の相談を歓迎致します。

機能セラミックス研究室

— エネルギー・環境問題の解決に貢献する次世代高機能セラミックス材料の創製 —

キーワード	セラミックス材料, 化学溶液法, イオン伝導(固体電解質), 電池, 結晶配向
相談・提供 可能技術	酸化物材料の合成, イオン伝導特性の評価, (基礎的な)固体NMR解析

◆研究室スタッフ

講師: 荒川 修一

問合せ先: arakawa@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

セラミックス材料の特性は, 組成, 結晶構造, 形態などの諸因子に加え, 粒界・表面などの界面構造も含めた微構造(組織)に強く依存し, その選択や制御は機能発現において重要な課題である. そのような観点から, 主としてセラミックスの構造を意識した研究活動を行っている. 具体的には, 「結晶方位に依存する特性」または「多孔構造」を最大限に活かす高機能酸化物セラミックス材料の設計・探索と創製をめざしており, それぞれ, 「セラミックスに結晶異方性を付与する新しい組織制御法の開拓」, 「特異な多孔構造を有する粘土鉱物を基材とした新規機能材料の創製」などに取り組んでいる. なお, 合成手法には, 化学溶液法のほか, 水熱法, バイオミネラリゼーションなどの低環境負荷プロセスを積極的に活用している.

物性の観点からは, 特に「固体電解質のイオン伝導性向上に関する研究」に注力している. エネルギー・環境問題の解決に向けた様々な取り組みの1つとして, リチウムイオン電池などの二次電池や燃料電池の高性能化に関する研究開発が急がれているが, 電解質はこれらの化学電池に共通する主要な構成要素である. 固体化学を基盤とし, 最適な結晶構造の探索や組織制御法の開拓を通して, 実用に耐えうる高速イオン伝導性を示す新規な固体電解質材料の実現を目指している.

◆研究テーマと成果

1. 伝導異方性を意識したイオン伝導性セラミックスの結晶配向制御

異方的なイオン伝導性を有する固体電解質には, バルクとしてのイオン伝導性が一見低くても, 結晶の向きを高いイオン伝導性を示す方位に揃えることで, 実用レベルの電池用固体電解質材料とすることができるものもあると考えられる. 中温域作動型SOFC用の電解質の候補材料であるアパタイト型ランタンシリケート(LSO)はその一例であり, *c* 軸方向に高い酸化物イオン伝導性を示す. *c* 軸配向LSOセラミックスを作製するためのプロセスを検討している.

2. 新規な高速イオン伝導性セラミックスの探索とイオン伝導メカニズムの解明

高いリチウムイオン伝導性を示すAサイト欠損型ペロブスカイト酸化物を中心に, 伝導率スペクトルのべき乗則解析や静的および動的固体NMRの解析により, 系統的にイオン伝導メカニズムを検討してきた. 現在は, 主として新規な高速フッ化物イオン伝導体の探索研究に取り組んでいる.

3. 異方性セラミックス合成のための新しい反応性テンプレート粒成長法の開拓

反応性テンプレート粒成長法(RTGG法)は, よく知られた異方性セラミックスの作製法であるが, テンプレート粒子と目的物質との間の良好な格子整合性を前提としているため, 適用物質が限られるという短所がある. 新たな概念を導入し, 適用可能物質の拡張を目指している.

4. 中空球状アロフェンナノ粒子を基材とした新規機能性材料の創製

内径3.8 nm程度の中空空間と球壁に0.5 nm径程度の貫通孔を多数有する中空球状アロフェンナノ粒子を基材として, Ptナノ粒子や生体関連有機分子等を吸着した新しい機能性ナノ複合材料の創製に取り組んできた.

◆研究室の保有技術と設備

以下に記載の装置および大学共用設備 (SEM, XRD, NMR等) を用いて, 多種多様なセラミックス材料 (バルク, 薄膜) の作製と構造, 熱挙動, および物性の評価を行っている。

試料作製

- スピncerコーター
- 各種電気炉
(マッフル炉, ボックス炉, 管状炉)
- ブリッジマン法単結晶炉
- 高圧マイクロリアクタ
- 導電薄膜作製用コンパクトスパッタ装置
- 遊星型ボールミル

特性評価

- LCRメータ
- 電圧源内臓ピコアンメータ
- インピーダンスアナライザ
- 各種熱分析装置
(TG-DTA, DSC, TMA)
- 分光蛍光光度計



ブリッジマン単結晶炉



熱分析システム

(リガク Thermo plus 2, TG 8120,
DSC 8270, TMA 8310)

◆企業との接点・共同研究のご提案

1. 新しい機能を有する酸化物セラミックスの作製
バルク, 多孔体, 薄膜, ナノ粒子等, 種々の形態の酸化物セラミックスの作製支援または共同研究
薄膜については, 化学溶液法による合成
2. 交流法による電気伝導特性の評価
インピーダンス分光法など, 交流法を用いたイオン伝導特性の評価支援または共同研究
3. 固体NMR測定および解析 (ただし学内NMR装置が利用可能となる場合)
様々な無機材料の固体NMR測定による構造評価・解析支援または共同研究

人文科学研究室(哲学)

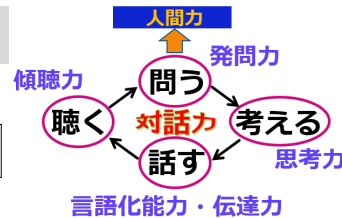
— 哲学に基づく人間教育と対話による共同的思考の実現 —

キーワード	哲学、対話的思考、人間力、教養教育、リベラル・アーツ、アクティブ・ラーニング
相談・提供可能技術	「哲学対話」の手法を用いたコミュニケーション研修、「哲学カフェ」の実施、対話型組織開発に関する相談

◆研究室スタッフ

教授: 江口 建

問合せ先: eguchi@toyota-ti.ac.jp



	哲学カフェ	哲学対話
発祥	フランス (パリ)	アメリカ
目的	市民教育	学校教育
性質	市民啓蒙活動	学習理論

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

近年、新学習指導要領の中で文科省が「主体的・対話的で深い学び」を推奨しました。また、2018年度からは小学校や中学校で「道徳の教科化」が開始され、〈心情を理解する〉道徳から〈考え、議論する〉道徳への方針転換が打ち出されました。高校では2022年から「探究学習」(総合的な探究の時間)が開始され、「公共」が必修化されました。これらの状況によって、ますます対話的探究の重要性が自覚されています。

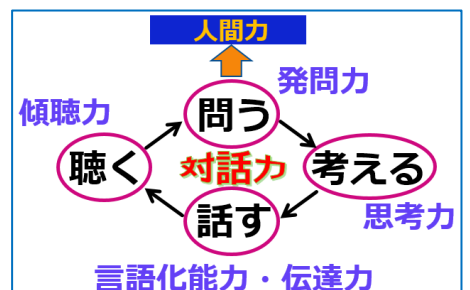
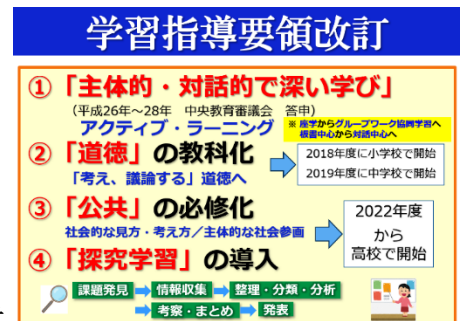
こうした流れの背景には、知識伝達型の座学の行き詰まりや、旧来のモラル教育の手ごたえのなさ、また、課題発見力、問題の解決力を養う授業への期待の高まりなどがあります。その一方で、形ばかりのグループワークを実施して、あたかも生徒たちが「主体的かつ対話的」に学んだことにする授業や、依然として「結論ありき」の道徳授業をやらざるをえない現実に、教師たちも悩んでいます。

そこで注目されているのが、**哲学対話**の手法です。批判的思考力を具えた健全な市民社会を作るうえで有効であるという洞察から、欧米では、学校教育への哲学対話の導入が進んでおり、哲学対話の手法に基づいた民主主義社会の可能性が模索されています。

哲学対話とは、1970年代にアメリカの哲学者マシュー・リップマンが考案した学校教育プログラムです。欧米では「**子どものための哲学 (Philosophy for Children: P4C)**」の呼称で知られています。今日ではさまざまな国の大学や小学校、中学校、高校で実践されつつあります。それは同時に、「対話」が持つ効果に着目し、教育現場に限らず、さまざまな実践の場で活かしていこうとする活動の総称でもあります。その意味で、フランス発祥の「**哲学カフェ**」となだらかに繋がって受容されています。日本でも、類似のイベントを企画・運営する団体は多数存在し、北は北海道から、南は鹿児島県まで、その活動は日本全国に分布しています。また、大学などの教育機関や、研究者・大学院生などが関与・運営しているケースも少なくありません。

哲学対話の標準的なスタイルとしては、ある特定の話題について「対話」を行いながら、徐々に問題を深く掘り下げ、その過程で論理的思考力や推論能力、判断力、想像力、言語運用能力、共感力などを鍛えるというものです。**問う力・考える力・語る力・聴く力**の四つの能力を切り離さずに総合的に鍛錬できる学習方法として注目を集めつつあります。

我が国では、近年、道徳や倫理、探究学習の授業で、「哲学対話」の手法を導入する中学校や高校が少しずつ増えてきました。いわゆる五教科でも、哲学対話の手法の有効性を見抜き、自主的に活用している教員が少なからずいます。さらに、哲学対話が「意見交換の場の醸成」に効果を発揮するという理由で、地域コミュニティの再生や、地方創生・地域活性化をめぐる住民同士の話し合いの場にも導入されつつあります。「話し合いにならない場」を「話し合いの場」に転換させる機能が哲学対話にはあります。



◆研究テーマと成果

■「哲学対話」をはじめとした対話理論やファシリテーション手法の理論的・実践的研究

1970年代にアメリカで学校教育プログラムとして開発された「哲学対話」やファシリテーション理論、問ひかけの技法、問いの掘り下げのスキルなどを研究しています。それらと並行して、さまざまな場所で哲学対話の実践と学校教育への導入を試みています。小学校、中学校、高校、大学での実践を通して、生徒や学生の「探求する動機」や「対話力」に視認可能な向上が見られました。また、企業の新人研修などに哲学対話を導入した際には、例年とは異なる成果が確認されました。形ばかりの見せかけの「アクティブ・ラーニング(能動的学習)」では一向に成果が出ない教育現場や、通常のコミュニケーション研修では埒が明かない企業様などから、期待の声が寄せられています。



■哲学教育に基づいた市民教育・家庭教育・道德教育の再生

育児サークルなどの市民団体と連携し、就学前の子どもたちや小学生児童を対象とした「哲学対話」を継続的に実施し、それが人間的成長や学習、道德心の醸成にどのような影響を与えるかを観察しています。また、地域の学校やPTA、教育委員会と連携し、保護者や学校教員と「哲学対話」を実施し、親や教師の役割、教育のあるべき姿などについて意見交換しています。それを通じて、対話的思考による共同体の再生を試みています。さらに、自治体や役所などから依頼を受け、地域再生・地方創生に哲学対話を役立てています。参加者の多くが、哲学対話を経験したことで自己の中に芽生えた「変化」を証言しています。

哲学対話が実践されている場

- 1. 学校教育**
= 小中高・大学などの教育機関での「哲学対話」
- 2. 家庭教育**
= 保育園や育児サークル、家庭での「親子哲学対話」
- 3. 市民教育**
= 一般参加者や市民団体との定期的な「哲学カフェ」
- 4. 企業での社員教育**
= 「哲学対話」の手法を用いた社員教育や
企業内コミュニケーション研修（対話型組織開発）

■対話型組織開発における哲学対話の導入効果の検証

企業や経済団体と連携しながら、対話型組織開発における哲学対話の効果を検証しています。目標や課題がはっきりしているときは、決断力のある一人のリーダーの判断でトップダウン的に物事を動かしたほうが、効率がよい場合もあります。すでに成功事例としての信頼できる模範があるときには、それを頼りに前に進めます。しかし、現代という時代は、あまりに複雑で、変動的で、不確定で、予測不能な要素が多く、従来のロールモデルが通用しません。やるべきことが明白だった戦後復興期や、産業が右肩上がりだった高度経済成長期とは異なり、正解を導き出すのが容易ではありません。そういうとき、大切になるのは、対話や議論を通じて多様な意見を出し合いながら、そのつどの最適解(落としどころ)を探るプロセスでしょう。同時に、新たな価値を生み出すために、既存のシステムを疑いつつ問題の「本質」を考える哲学の知見も重宝されます。米国では、「企業内哲学者(In-house philosopher)」と呼ばれる哲学コンサルタントをフルタイムで雇用する企業が現れています。このような観点から、旧来の「管理する組織」とは異なる、対話に基づいた「学習する組織」、「自走する組織」の可能性を追究しています。

◆研究室の保有技術と設備A

人文科学(なかでも哲学・思想)の研究室であるため、実験装置や器具を用いることはありません。また、製品開発に結び付くような基礎技術も持ち合わせていません。しかし、「技能／技法」という意味では、職場の雰囲気を変える仕掛けや、物事を先に進める人間関係、合意形成の場とプロセスを構築する手法、対話における問いの深掘りのスキルと理論を有しています。

◆企業との接点・共同研究のご提案

最大の接点は、「人間育成」と「職場改革」だと言えるでしょう。従来のアンダー・マネジメントやコミュニケーション研修では効果が見られないケースにおいて、哲学対話を導入してみてもいいかもしれません。これまでも企業様からご依頼をいただき、若手社員研修に哲学対話を導入した折には、数か月で「期待以上の成果があった」との報告を受けています。また、経済団体からも、組織開発や働き方改革、職場の雰囲気改善、オープンマインドの醸成に期待できる手法の一つとして注目していただいています。

社会科学(心理学)研究室

— 個人や組織、社会の問題解決に積極的に働きかける心の働きの解明 —

キーワード	エンパワメント、心理・組織アセスメント、エンパワメント促進プログラム
相談・提供 可能技術	(1) 人の思考・行動に関するアセスメントツールやアセスメントパッケージの開発 (2) 課題改善のための取り組み・実践に対する評価法の開発 (3) 予防プログラム・教育プログラムの開発

◆研究室スタッフ

教授：池田 琴恵

問合せ先：kotoe@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

問題を解決する力を失ってしまうのはなぜか—Powerlessness/Disempowerment—

なぜ私たちは理不尽な状況におかれても我慢してしまうのでしょうか？私たち一人ひとは自分の人生はもとより、組織や地域もよりよくできる存在なはずなのに、「誰か」や「何か」、「どこか」に働きかけて状況を改善する力を失ってしまうのはなぜでしょうか？

一人一人が力を発揮できる職場であれば、組織内の相互作用も活性化し、業績もあがるということは広く信じられています。そして多くの職場はそうなることを目指しています。しかし現実には、仕事で力を発揮したいと思わない人もいれば、やる気や能力があっても役職や部署、業務内容、職場内の人間関係や、年齢・性別、経験、子どもの有無など、何らかの「条件」で機会を奪われたり発言を抑えられたりする状況を見聞きします。様々な考え方の人がいる中で、実際に一人一人が力を発揮できる職場を作るのは思ったより難しそうです。社会科学(心理学)研究室では、「個人」と「組織」とがどのように相互作用したときに「一人一人が力を発揮できる組織」が生まれるのかに関心をもっています。

社会・組織と関わる力を高める「エンパワメント」—Empowerment—

エンパワメントという言葉自体は、諸説あるものの17世紀の法律用語として公的権威・権利の付与という視点で登場しており、1950～60年ごろのアメリカ公民権運動において、広く知られるようになった概念です。人種や性別などを理由に公平な扱い・機会を奪われてきた人たちが、自らの意思によって生かされる権利や力を獲得する過程やその結果を示す用語として用いられてきました。このことから「権限移譲」や「能力開発」という訳語が充てられることもあります。

この概念が広く知られることになったことで、多様な領域で“社会的な圧力や制約”によって社会的参加を阻害されている人々がいることに気付くようになりました。その結果、差別を受けてきた人だけではなく、組織や教育などにも“エンパワメント”の視点が応用されるようになりました。

「個人」と「組織」双方のエンパワメントの実現

エンパワメントの理念は広く知られるようになりましたが、エンパワメントとは何か、エンパワメントはどのように生じるのかは十分に明らかにされていません。

一方で多くの近年の研究では、エンパワメントを個人の職務上の権限を増やすこと(責任過重)、職務の能力開発(強制的な研修)としてのみとらえると、更なる悪化を招くことが示されています。

エンパワメントの視点から効果的なアプローチを社会実装には、「個人」の能力だけでなく、個人が属する「集団や組織」、多様化する「コミュニティ」がどのように関連しているのかを明らかにし、双方に働きかけるアプローチが必要です。



◆研究テーマと成果

エンパワメント概念の再考

心理学でもエンパワメント概念は多くの研究によって発展してきましたが、その一方で研究に潜む個人主義やパワーバランスの葛藤における問題も指摘されています。こうした問題が続く背景には、エンパワメントを個人内のものとして扱い、個人が社会に参画するパワーを得ていく過程における、組織やコミュニティとの力動関係を十分に検討していないことが挙げられます。そこで当該研究では、エンパワメント概念を「社会(組織)参加」という視点から再考し、個人と組織の相互作用を含めた操作的概念として再定義しようとしています。

心理状態および組織(コミュニティ)状態の測定

エンパワメントを測定する心理尺度はこれまでも「心理的エンパワメント (Psychological Empowerment)」として作成されています。

しかしこれらはあくまで個人の認知や行動に焦点化したもので、他者や組織、コミュニティとの力動関係が十分に検討されていません。これまではなかった、社会・組織・対人関係・過去経験の状況と個人の心理状態をダイナミックにとらえられる測定方略を開発することを目指しています。

(参考)教師個人および学校組織エンパワメント尺度: Ikeda, K. & Ikeda, M. (2019) Developing an Empowerment Scale: Measuring Multiple Levels of Analysis for Japanese School Teachers. 17th Biennial Conference, Society for Community Research and Action (Chicago, USA)

エンパワメントの可視化 ～心理/環境アセスメントツールの開発～



エンパワメント促進プログラムの開発

これまでの研究の中で、理不尽さを感じても問題がより悪化することを恐れて我慢する人が多い傾向が分かってきました。一方で、理不尽さに対して怒りを爆発させる形での表出をすることは、当事者がスッキリしても、うまく問題に対処できているとはいえないでしょう。理不尽な状況に陥った時にうまく自分を発揮して問題を解決する方略、また、我慢をしてきたことで知らず知らずのうちに内在化してしまったパワーレスな状況からの変容を促す方略を検討し、エンパワメント促進プログラムとして構築していくことを目指しています。

(参考)池田満・池田琴恵(訳)/井上孝代・伊藤武彦(監訳) プログラムを成功に導くGTOの10ステップ: 計画・実施・評価のための方法とツール 風間書房

◆研究室の保有技術と設備

資格:公認心理師(心理状態の観察・分析, 相談・援助, 心の健康に関する教育・情報提供)

評価士(事業・政策・実践等の社会的プログラムのプロセス・成果・影響の評価)

分析ソフト:統計ソフトウェア SPSS および Amos (いずれもVer.28)

◆企業との接点・共同研究のご提案

エンパワメントの視点を大切にしております。問題を深刻化させるネガティブな要因を探るよりも、人がポジティブになれるような「強み」にアプローチする研究を心がけています。

- (1) 人の思考・行動に関するアセスメントツールやアセスメントパッケージの開発
- (2) 課題改善のための取り組み・実践に対する評価法の開発
- (3) 予防プログラム・教育プログラムの開発

外国語研究室(手話言語学)

— 日本手話言語学の探求・日本手話文法の解明 —

キーワード

手話言語学、日本手話、音素配列論、音節、適格性

相談・提供 可能技術

日本手話音節のデータベース作成・提供

◆研究室スタッフ

教授: 原 大介

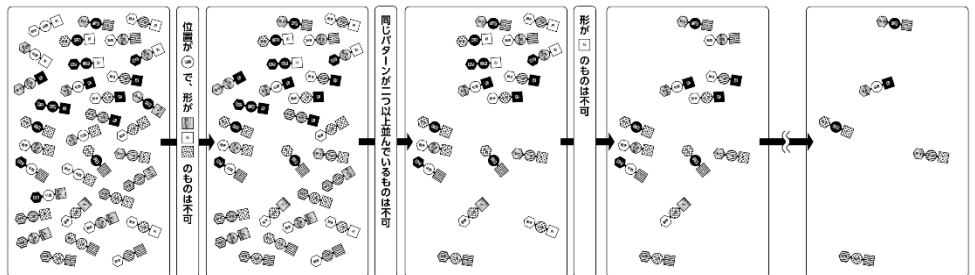
研究補助者: 与那嶺 友恵、山口 千春、竹澤 和香子

問合せ先: daisuke@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

日本手話では、「手型」「位置」「動き」の3つの主要なカテゴリに加え、いくつかのマイナーな要素が1つまたは2つずつ結合して音節を形成する。音節構成要素の組み合わせには制約(音素配列論)があり、すべての数学的に可能な組み合わせが適格な音節になるわけではない。手話音素配列論の解明には、既存の音声言語の理論をそのまま適用することができないという問題がある。音声言語の音素配列論は、音響的・調音的・聴覚的な特徴を共通の尺度として用いて論じられるが、手話においては音節を構成する各カテゴリ(手型、位置、動きなど)が質的に異なるため、それらに横断的に適用できる共通の尺度を見つけることが難しく、異質な要素間の結合に関する制約を十分に記述できていない。この質的な違いが、手話音節の適格性に関する研究を困難にしている主な原因である。

適格音節は不適格音節を排除する複数の制約の網を通り抜けて日本手話音節目録に登録された組み合わせである(下図参照)。本研究では、**適格音節と不適格音節**を音節構成要素レベルで分解・記号化し、これらのデータを基に音節構造に関するデータベース(以下、DB)を作成した(下表参照)。このDBを活用して、適格・不適格な音節の比較を行い、音節の適格性や不適格性に影響を与える要因を明らかにする。また、このDBを機械学習アルゴリズムに入力し、音節の適格性に関する要因を抽出した結果を言語学的に分析・検証することを目指している。



グロス	TYPE	利き手		非利き手		位置		動き1			動き2			動き3				利き手		非利き手	
		手型	第1手型	第2手型	手型	第1手型	第2手型	利き手	非利き手	種類	詳細	MVT1	repeat	種類	詳細	MVT2	repeat	種類	詳細	種類	詳細
ア	0	a						ns		dot		dot						前	0, 0, 上		
愛1	2	b(lax)						ns		p	c(xy)	p	r					下	0, 前, 0	下	右, 前, 0
愛2	3	b			a			ns		p	c(xy)	p	r					前	0, 0, 上	右	0, 前, 0
愛3	0	b						ns(u)		p	c(xy)	p	r					下	左, 0, 上		
相変わらず(1)	1	b-f						ns		p	f=	p		hs	e/f	hs	r	後	0, 0, 上	後	0, 0, 上
相変わらず(2)	1	L-f						ns		p	f=	p		hs	e/f	hs	r	後	0, 0, 上	後	0, 0, 上
挨拶	1	1-b	1	1-b				ns		hs	f	hs		hs	e/f	hs	r	左	0, 0, 上	右	0, 0, 上
アイスクリー3	3	b			s			ns		p	d	p						前	0, 0, 上	後	右, 0, 0
アイスクリー3	3	b			s			ns		p	d	p						前	0, 0, 上	後	右, 0, 0
アイスクリー3	3	t			c			if(k)	ns	p	u	p	or	s				後	左, 0, 0	右	0, 前, 0
間1	1	b						ns		p	d	p						左	0, 0, 上	右	0, 前, 0
愛知	3	b			a			ns		p	c(xy)	p	r					下	0, 前, 0	右	0, 前, 0
相槌(あいづ)	1	s						ns		or	f	or	r					左	0, 0, 上	右	0, 0, 上
相手5(もの)	0	f						ns		or	s			hs	e	hs		前	0, 0, 上		
アイデア	0	1						uf(kmk)		or	p	or						左下	左, 0, 上		
曖昧	1	5						ns		p	c(xz)	p	r					前	0, 0, 上	後	0, 0, 上
アイロン	3	s			b			ns		p	s/s	p						下	0, 前, 0	上	右, 0, 0
アイロン 戸3	3	s			b			ns		p	s/s	p						後	0, 0, 下	右	右, 0, 0
会う1(会う①)	1	1						ns		p	l	p						左	0, 0, 上	右	0, 0, 上
会う1	2	1						ns		p	d	x						左前	0, 0, 上	上	右, 前, 0
会う2	2	b						ns		p	e=d	p						前	0, 0, 上	後	0, 0, 上
アウト	0	a						ns		p	e=d	p						左	0, 0, 上		
青	0	b						if(h)		p	t	p						後	左, 0, 0		
青い2(青く)	0	1-b						fc		p	u	p						後	0, 0, 上		
仰ぐ3(仰ぐ③)	3	a			b			ns		p	l=al(z)	x						後	0, 前, 0	上	右, 前, 0

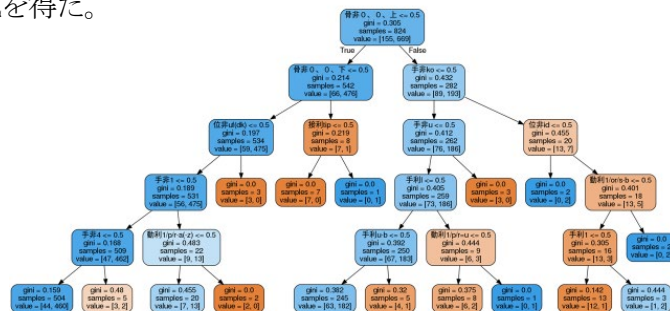
◆研究テーマと成果

●情報量による適格性判定について

適格音節DBを利用して、両手手型が異なる音節(タイプ3)の左右それぞれの手に現れる手型と頻度を求め、それをもとに各手型の情報量およびタイプ3に現れる両手の組み合わせの情報量を求めた。またタイプ3に現れる左右の手の接触の有無も記録した。情報量の高い手型同士の組み合わせは存在しないことはこれまでの研究により明らかになっているが、一定数の音節を収録したDBの情報を利用して再調査した結果、タイプ3の両手手型の組み合わせの可否は情報量により規定されていることが確認できた。

●機械学習による適格性判定について

適格音節DBと不適格音節DBをインプットとして機械学習を行い、音素配列論検討の一助とした。具体的には畳み込みニューラルネットワークおよび決定木を利用した。決定木は5層、10層、15層、20層、25層、30層の各パターンの機械学習を行った。そのうち、タイプ3の5層と10層の結果を言語学的分析に活用し、非利き手U手型の中手骨上方向は許されない、非利き手B手型は掌後ろ向き中手骨下方向の構えは許されない(例外1例のみ)等の知見を得た。



決定木(5層)を使った分析例

●タイプ3の位置・手型について

本研究室の過去の研究により、タイプ3は顎よりも下の位置で表されなければならないことが分かっている(例外は複数形態素を含む音節または身振り等で表される模倣による音節)。日本手話では、顎から下で利用可能な位置は、身体の前空間(NS)と胴体(TK)の2つだけである。しかし、これら2つの位置と左右の手を組み合わせた4通りの可能性のすべてが許されているかどうかは分かっていた。顎の下から腰までの位置をA-zoneと定め、A-zone内で左右の手が存在できる位置を調べた。その結果、以下のことが明らかになった。

- ・両手はともにNSに位置することができる
- ・両手はともにTK上に位置することができる(ただし、非利き手はTKに接触し利き手はTKに直接・間接的に接触しなければならない)
- ・利き手、非利き手は、それぞれNSおよびTK上に位置することができる(ただし、非利き手はTKに接触しなければならない)
- ・利き手がTK上かつ非利き手がNSに位置するものは存在しない

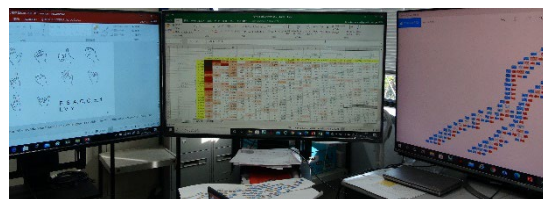
また、非利き手の手型は、7つの無標手型(B, A, S, C, O, 1, 5)といわれているが、O手型と5手型はそれぞれS手型とB手型の異音であり、音素として非利き手に現れうる手型の数はさらに少ないことが本研究室の研究により示唆されている。



A-zone

◆研究室の保有技術と設備

大型モニター、パソコン複数台を活用している。



◆企業との接点・共同研究のご提案

機械学習を利用した手話研究(本学知識データ工学研究室と共同研究中)
日本手話のアニメーション作成に対する手話言語学からのデータ提供

外国語研究室(異文化トレーニング)

— 英語力とともに異文化コミュニケーション能力も涵養する手法を研究 —

キーワード	異文化コミュニケーション、異文化トレーニング、英語教育、日本語教育
相談・提供 可能技術	企業や教育機関における「異文化コミュニケーション」に関する出前授業や講演などの実施

◆研究室スタッフ

准教授: 市川研

問合せ先: ichikawa@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

グローバル化・多様化が進み、異文化との交流が増々増加している昨今、高等教育においても学生達にとって異文化コミュニケーションの能力が以前にも増して必要になってくることは疑いようのない事実である。それらの能力養成に一番身近で対処可能となる教科は英語教育や日本語教育であると考えられる。言語教育において、言語力以外に異文化理解や異文化コミュニケーション能力養成も必要とされており、学習指導要領・モデルコアカリキュラム等にもその観点が明記されている。しかしながら、それをどのように育成するか具体的な指導方法については曖昧でありたとえ学んだとしてもその知識を現場でどう活用するかが教育されていない。実践的な異文化理解を伴うコミュニケーション能力の開発も学習者の言語習得を促すものとして重要である。

一般的に、人は自分の文化の価値尺度を使いそれを判断の基準にしている場合が多いため、異文化理解は難しいとされている。ましてはそれをトレーニングするとなると、思考様式・価値観などの文化観相違を見いだして終わることもあり、それが理解不足から生じる異文化に対するバイアスになりうる。それでも何らかの異文化トレーニングにより他文化への気付きを促し、コミュニケーション能力の向上を図ることを目指したい。そしてできるだけカルチャーショックを回避する方法を学び、問題が生じた場合でも最小限で済ませ、最大公約数的な折衷点を導き出せる力の養成を英語教育の中で実現できればと考える。

本研究の目的は、カルチャー・アシミレーター(CA)という異文化トレーニングの導入と実践が、どのように高等教育機関での英語教育に貢献できるのかを実証・検討し、今後のトレーニング方法論の確立や教材作成に資するデータベースを構築することである。具体的には、効果の有効性が主観的ではあるが認められつつある同異文化訓練法に客観的・実証的な有効性を見出せるか否かを探り、そして訓練実施に課題があるならばそれは何であり、どのようにしたら解消できるのかを解明し、英語教育実践での教育方法論として発展させることである。欧米ではCAに関しての実践や検証が先行研究として存在しているが、日本においての実証的研究は皆無に等しく、特に高等教育機関においての実証研究、そしてその質的調査においては先行研究が無い。

加えて現代の多様化の流れの中、自文化・他文化・多文化が融合や混在化し、第3の文化、もしくはハイブリディティが出現している。よって文化的要素が関連しないコミュニケーションも考慮に入れた新たな異文化トレーニングが求められている。

この新しい異文化トレーニングの有効性が実証されれば日本においての異文化コミュニケーション学、英語教育学のみならず、日本語教育学、そして企業内研修等にも応用可能な将来性のある研究となり得る。

◆研究テーマと成果

研究テーマは以下の3点である。

- ・英語授業での異文化トレーニングの導入
- ・時代に即したカルチャー・アシミレーター(CA)の開発
- ・CAを用いての教育・企業、そして社会への貢献

成果に関して、CAは英語教育になじむ上にエスノセントリズム(自文化中心主義)を和らげる効果があることが判明した。今後はCAの改定や発展を進めていきたいと考えている。成果については2022年9月現在、学術論文18本を掲載、国際学会を含む発表を24回行っている。

研究業績に関する詳細はResearch Map (<https://researchmap.jp/read0156112>) を参照されたい。

◆研究室の保有技術と設備

人文科学系の研究室のため、実験室のような機器や装置は用いない。

◆企業との接点・共同研究のご提案

以下のキーワードに関して、少しでも興味関心があれば、大学の内外問わず、共同研究・企業研修・講演などのお声掛け、心よりお待ちしております。

- * 異文化
- * 対異文化寛容性
- * 異文化トレーニング
- * 海外研修
- * 英語教育・日本語教育

健康・体力研究室

— パフォーマンスの向上に関する研究 —

キーワード	ジャンプ、アキレス腱の形態、下肢筋力、スティフネス、無酸素パワー
相談・提供 可能技術	体力測定の実施

◆研究室スタッフ

講師: 吉村 真美

問合せ先: m-yoshimura@toyota-ti.ac.jp

◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

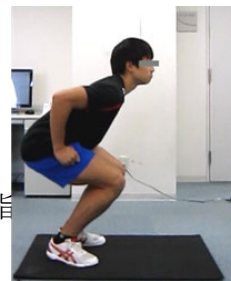
■スポーツにおけるジャンプ動作

ジャンプは多くの競技の中で用いられる動作の1つです。陸上の跳躍種目においては、ジャンプの高さが勝敗に直接的に結びつく場合もあり、より高いジャンプ高は必須と言えます。また、バレーボールやバスケットボールなどの種目においては、ジャンプ高は勝敗には直接的には結びつかないものの、勝敗に関わる大きな因子と考えられます。

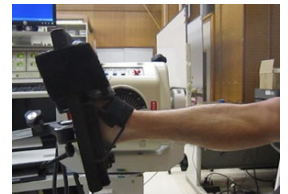
■効率的なジャンプ動作

以前、バレーボール選手と水泳選手に協力してもらい、ジャンプ高に関連する因子の研究を行いました。結果としては、アスリートにおいてアキレス腱長はジャンプ高に関連する因子となる場合があると判明しました。

今後も引き続き、競技特性に着目した「ジャンプに関する研究」を行い、効率の良いジャンプトレーニングの開発を目指します。



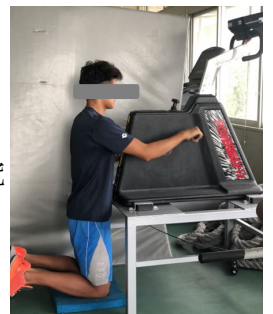
ジャンプ高の測定



スティフネスの測定

■無酸素パワー発揮特性

競技力向上に関わる体力要因の1つとして無酸素パワーが挙げられます。無酸素パワーに関する研究では柔道、水泳、水球、カヤック、カヌー、レスリング、ラグビー、アメリカンフットボール、陸上競技、アルペンスキーなどの競技選手を被験者として多くの研究が行われています。しかし、上肢の無酸素パワーの研究は多くありません。そこで、共同研究では「上肢や下肢の無酸素パワーに関する研究」を行っています。競技種目やレベルの違いによって無酸素パワーの発揮特性を明らかにすることでアスリートのパフォーマンス向上やトレーニング方法の改善に貢献したいです。



上肢の無酸素パワー測定

◆研究テーマと成果

■ジャンプ高に関連する因子の検討

このテーマでは、ジャンプ高に関連する因子としてアキレス腱の形態、外側広筋の羽状角度、足関節の力学的特性、下肢筋力を測定し、バレーボール選手と水泳選手で比較検討を行いました。その結果、バレーボール群においては長期間繰り返し行っているジャンプ動作はアキレス腱の形態に影響を及ぼす可能性があることを明らかにしました。また、競技種目によってジャンプを行う環境や方法が異なることによってジャンプに関する筋発揮特性が異なる可能性があることを明らかにしました。

◆研究テーマと成果

■無酸素パワーの測定法

このテーマでは、脚と同様に3種類の負荷を用いた腕クランキングテストにおける最大無酸素パワー測定の妥当性の検討を行いました。その結果、3種類の負荷で測定を行う方がより大きな最大無酸素パワーを推定できると考えられます。また、至適負荷を求めることでトレーニング指標として用いることが可能であると考えられます。

■無酸素パワーとパフォーマンス

このテーマでは、男子ジュニア競泳選手を対象として無酸素パワーと泳パフォーマンスの関係を検討しました。その結果、脚だけでなく腕の無酸素パワーも競泳選手にとって重要な体力要素であることが示唆されました。また、競泳選手の必須トレーニングとされるウェイトトレーニングの指標になると考えます。他にも、男子バレーボール選手と競泳選手と腕および脚のパワーを比較検討したところ、腕と脚のパワー比ではバレーボール選手の方が腕の割合が大きいことが明らかになりました。このように、定期的な体力測定では腕の最大無酸素パワー測定を加えることが競技力向上に有益であると考えられます。

◆研究室の保有技術と設備

・マルチジャンプテスト

跳躍高、パワー、ジャンプ指数、接地時間、滞空時間、離地時間、着地時間の測定が可能

・ワイヤレス光電管

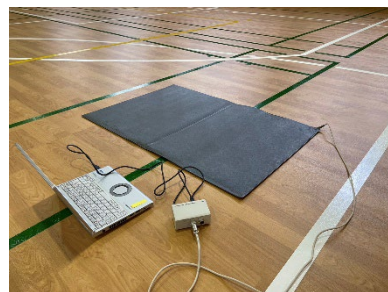
スプリント、アジリティ、ラップ計測などの測定が可能

・パワーマックス

脚や腕の無酸素パワーの計測が可能

・ラクテートプロ2

乳酸値の測定が可能



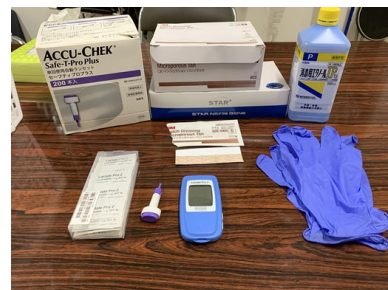
マルチジャンプテスト



ワイヤレス光電管



パワーマックス



ラクテートプロ2

◆企業との接点・共同研究のご提案

大学院生の頃から現在に至るまで研究の他にも多くのアスリート(パラリンピック選手、実業団に所属の選手、2020年東京オリンピックジュニア強化指定選手など)の体力測定を行ってきました。例えば、年2回の体力測定では前回と今回の体力測定の結果を比較し、選手にフィードバックをした経験もあります。体力測定の実施やアスリートのパフォーマンスの向上などに興味があればご連絡ください。

工学基礎分野(情報)

— 基礎を固めること・楽しく応用すること —

キーワード	プログラミング・コーディング・計算機技術の人文科学への応用
相談・提供 可能技術	プログラミング研修・セキュアプログラミング研修

◆研究室スタッフ

教授: 山口 文彦

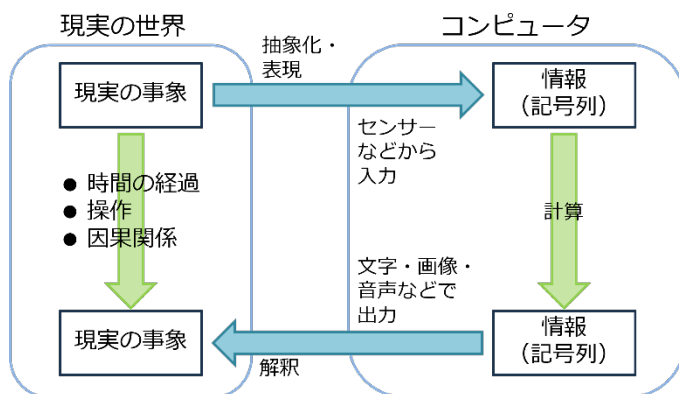
- ・ 国際大学対抗プログラミングコンテスト(ICPC)の
日本におけるアジア地区予選審判
- ・ パソコン甲子園プログラミング部門審査委員

問合せ先: yamagu@toyota-ti.ac.jp



◆研究の背景と概要(独自性、有用性)

計算機のプログラムおよびプログラミングに興味を持っています。プログラムは、計算の手順を記号で表現したものです。そこで、記号による表現や記号を使った論理的な推論を中心に、さまざまな計算の方法を研究しています。計算を実行するにはプログラムとして実現することが必要です。そこで、プログラムを実行するための仕組みやプログラミングという行為も研究の対象としています。計算の理論や論理学などの基礎論が興味を中心にあって、最近では人間にとって理解しやすい記号表現とはどんなものかについて考えています。こうした基礎研究のほか、計算機による自動化によって新たな知見が得られそうな応用先として、考古学やゲームに興味を持っています。



◆研究テーマと成果

モアイ像で有名なイースター島では、かつて緻密な記号列が彫られた木製品が作られていました。この記号列は文字かもしれないと言われていますが、未解読です。未解読ということは、正解が設定できないということです。近年の代表的な人工知能の手法に機械学習がありますが、正解が設定できない問題については安易に機械学習を用いることはできません。しかし、機械学習以外にもさまざまな人工知能的な計算手法がありますので、何か解読につながる情報が得られないか、得られた情報の確かさをどのように評価すべきかについて研究しています。

ロンゴロンゴは歌を記録したものかも知れないという説があり、現地の歌のアルファベットによる記録とロンゴロンゴの間に記号の出現順序の一致が見られるかどうかを、計算機を使って網羅的に調べるとい研究をしました。一致が見られた歌と記号列の組は対訳コーパスである可能性があるのです。このほか、手書き文字認識で使われる手法を応用して、ロンゴロンゴ記号を形状の類似によって自動分類する研究などについて発表しています。

◆研究室の保有技術と設備

大学におけるプログラミング関連の授業だけでなく、学外の教育活動として、いくつかのプログラミングコンテストに関わっています。国際大学対抗プログラミングコンテストにおいては、日本の国内予選および、日本で行われるアジア地区予選での作問に関わっており、日本を代表する大学生を選抜する活動をしています。会津大学が主催するパソコン甲子園では、プログラミング部門の審査委員を務め、日本でトップレベルの高校生が書くプログラムを審査する活動をしています。これらの活動を通じて、アルゴリズム・データ構造・コーディングといったプログラミングに関わる能力を測定し、また教育するノウハウを培っています。また、これらの知見を活かす形で、コーディング能力試験を提供している Hire Roo のアドバイザーを務めています。

◆企業との接点・共同研究のご提案

ご要望によっては、プログラミング研修などの形で協力できるように思います。また、前職が日本で初めての情報セキュリティを指導する学科として設立された長崎県立大学情報セキュリティ学科の教授であり、セキュアプログラミングの分野でも協力できるものと思います。

共同利用クリーンルーム（東棟1F）

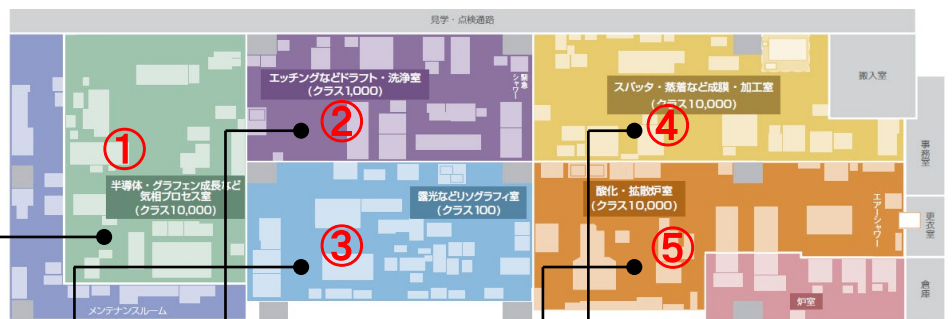
◆「共同利用クリーンルーム」の概要

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。

2015年に新設し、教育・学術研究および産学連携の推進への寄与を目的とした「ナノテクノロジーセンター」として運用を開始しました。加工設備に加え、関連の計測・評価装置もクリーンルーム内に置き、共同利用を推進しています。



◆共同利用クリーンルームの各部屋と主な保有設備



①気相プロセス室 クラス10,000
反応性ガスを用いて緻密な半導体の薄膜形成や微細エッチングを行う
・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 クラス1,000
酸・アルカリ薬品や有機溶剤で洗浄したり、エッチング加工を行う
・各種有機・無機ドラフト

③リソグラフィ室 クラス100
清浄な環境でリソグラフィを行う
・マスクレス露光装置
・電子線描画装置
・UV露光装置

④成膜・加工室 クラス10,000
電極や配線に用いる金属薄膜や絶縁体を蒸着法などで形成し加工を行う
・ドライエッチング装置
・スパッタ装置・蒸着装置

⑤酸化・拡散炉室 クラス10,000
電気炉にてシリコン結晶上への酸化膜の形成や、電気特性を制御するための不純物を導入を行う
・縦型/横型拡散炉・膜厚測定器
・シート抵抗測定器・表面粗さ計

※クラス***：1立方フィート内に含まれる直径0.5ミクロン以上の塵埃を***個以下に保証する清浄度

◆教育における主な利用

- 工学リテラシー I (学生実験)
 - 実践的なモノづくり教育として全学生が利用
 - 半導体微細加工の基礎と原理を学ぶ

VR（仮想現実）でクリーンルームを見学できます。



クリーンルーム内の設備利用について、本学は文部科学省「マテリアル先端リサーチインフラ」事業に参画していますので希望される方はお問い合わせください。



◆研究における主な利用

- 高集積、低消費電力メモリデバイスの研究
- 高効率、低コスト太陽電池の研究
- 低損失、高速スイッチングパワーエレクトロニクスの研究
- 高機能、小型マイクロセンサ、アクチュエータの研究
- 磁性体デバイスの研究 / 大面積グラフェンの研究

◆企業・学校関係者を対象とした実習・講習会



本学は開かれた大学を目指し、地域社会・産業界に貢献出来る取り組みとして、半導体技術全般の知識を習得するための技術実習・講習会を定期的で開催しています。

研究室紹介

研究室

研究テーマ名

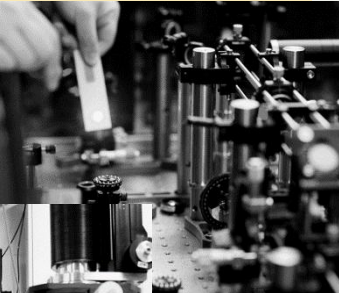
機械システム

熱エネルギー工学	燃焼・ガス化・伝熱および新エネルギーに関する基礎研究
流体力学	新しい高速流れの制御技術と計測技術の開発
熱流動工学	分子運動による熱流動を理解し、活用する
固体力学	比強度・比剛性の"矛盾"を計算力学により克服する
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
機械創成	機械を作るための機械や加工法を創る
機械材料物性	物性解析と先端計測による輸送現象の理解と制御に関する研究
マイクロメカトロニクス	安全やエネルギー効率を高める機能性構造の加工とセンサデバイスの研究
総合研究教育ユニット	複雑流れの現象解明と、目的に沿った流れ制御法の開発



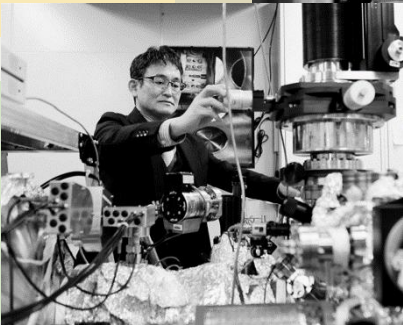
電子情報

半導体	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
機能半導体デバイス	将来のユビキタス情報システムのために新材料を融合した機能デバイス
光電変換デバイス	超高効率太陽電池、光電融合素子材料・デバイスの研究開発
レーザ科学	究極の光を作る、使う
スピントロニクス	スピントロニクスによる新機能材料、新機能デバイスの創成
制御システム	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
情報通信	次世代の超大容量通信のための、基盤技術の創出
知能数理	人間の知能を探究し、人工知能を創り出す
知能情報メディア	ヒトの視覚を知り、ヒトを超える視覚機能を実現する
知識データ工学	機械の理解と思考を探索する



物質工学

光機能物質	光を縦横無尽に制御するフォトンクス材料の研究
フロンティア材料	世界一の高品質高機能光ファイバを目指せ
エネルギー材料	省エネルギー社会の構築に寄与する機能性材料の創製
量子界面物性	表面・界面改質による新機能・物性創出
表面科学	物質をナノレベルで、見て、触り、操る
高分子化学	結晶の構造秩序に基づく精密高分子合成
触媒有機化学	金属クラスター触媒の精密設計に基づく実践的な分子変換反応の開発と応用研究
機能セラミックス	エネルギー・環境問題の解決に貢献する次世代高機能セラミックスの創製



日程 12月4日(木)@豊田工業大学

スケジュール	13:30- 新学長挨拶 共同研究事例 共同利用装置説明
14:00-	招待講演
15:00-	研究室公開
-17:30	閉会

参加申込はコチラ→

申し込み締め切りは
【12月1日】となります。



清浄度クラス100の
クリーンルームツアーも開催します



-お問合せ-

豊田工業大学 研究支援部
愛知県名古屋市天白区久方2-12-1

052-809-1723
sympo@toyota-ti.ac.jp