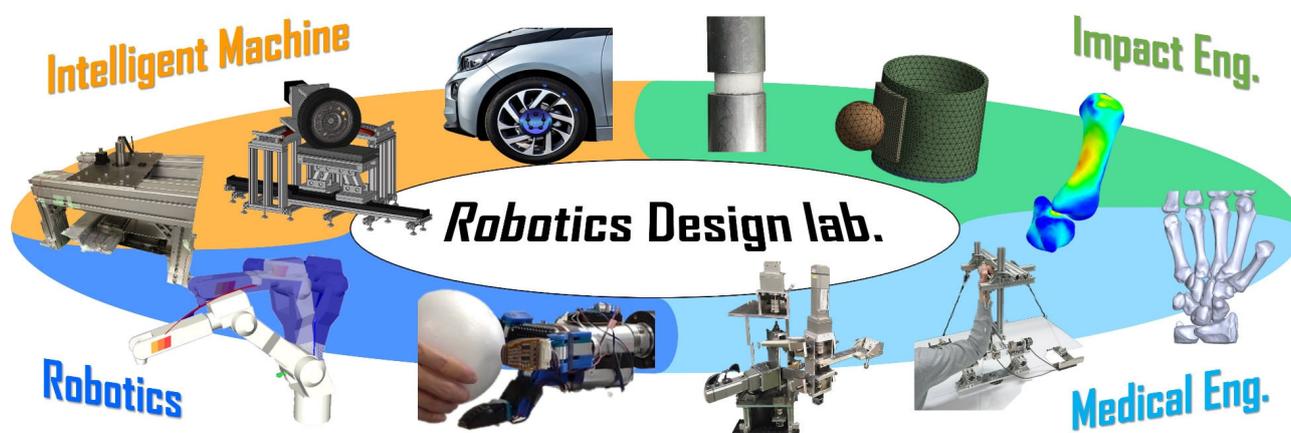


# ロボティクス・デザイン研究室 (高度モビリティ研究所 先進車両技術部門)



## ロボティクス・デザイン研究室

- 高機能なロボットの開発研究
- ロボットの知能化, 動作の最適化
- 工作機械や車の知能化・高機能化
- ロボットの医療, 福祉への応用
- 医療分野へのロボット工学の応用
- 人を保護する高機能な新素材の研究

《ロボティクス・デザイン研究室 Web》 <http://da.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/rdlab/>

《高度モビリティ研究所 Web》 <https://admore.w3.kanazawa-u.ac.jp/students/>

研究テーマ, 見学などに関する問い合わせ先: [tachiya@se.kanazawa-u.ac.jp](mailto:tachiya@se.kanazawa-u.ac.jp)

# インテリジェントタイヤによる高度運転支援制御システムの研究

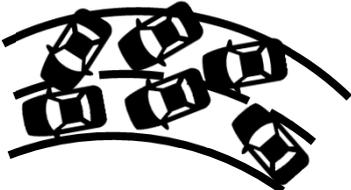
高度モビリティ研究所 先進車両技術部門 ～自動車事故のない世界を目指して～

## 研究背景と目的

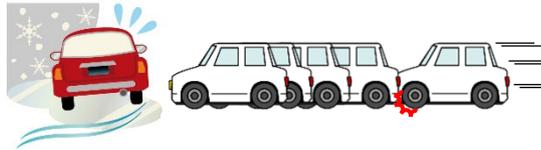
ADAS(先進運転支援システム)が  
かかえる限界



- ・アンチロックブレーキ(ABS)
- ・自動(被害軽減)ブレーキ



- ・横滑り制御機能(VSC)
- ・タイヤ空転抑制機能(TRC)



現在のADASは雪路などに未対応

路面 $\mu$ が測定可能な  
インテリジェントタイヤ

- ・衝突しない自動ブレーキ
- ・スリップしない操舵制御
- ・路面状況のIoTでの共有

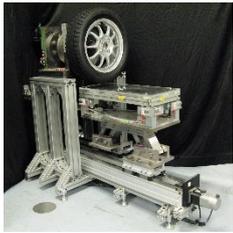
路面状況に応じた  
車両運動制御が必要

路面摩擦係数 $\mu$ を測定可能な  
インテリジェントタイヤを開発！

自動車事故をゼロにする  
ADAS, 自動運転のための  
自動車制御技術の研究

## 現在の研究状況

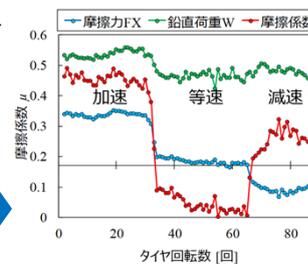
走行模擬装置でインテリジェント  
タイヤを開発し、実車に装着



室内走行模擬装置



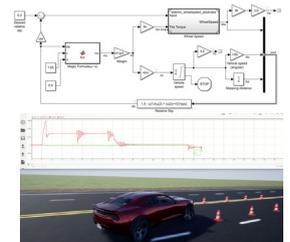
路面 $\mu$ 測定走行実験



実タイヤでの測定成功例は世界初!

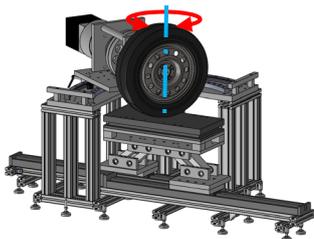
時速60kmでの測定を実現

$\mu$ 測定結果の解析への適用

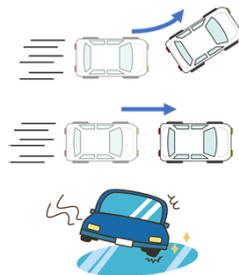


操舵シミュレーションの実施

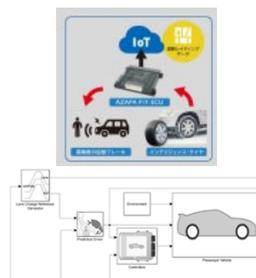
## 今後の研究内容



ステアリング操作の  
影響を模擬可能な  
走行模擬装置の開発と実験



様々な条件下での  
走行実験による  
路面 $\mu$ の測定検証



路面 $\mu$ , 速度, 加速度の  
測定結果を用いた走行  
シミュレーションの実現



走行中の $\mu$ 特性を予測・考慮する  
車両運動統合制御システムの開発

【課題】本研究では、走行路面の摩擦係数が測定可能なインテリジェントタイヤを開発します。また、同タイヤを利用した、自動車の先進的な制御システムの研究を行います。これにより通常の自動車の安全性を高めるとともに自動運転の発展に貢献し、自動車事故などをおこさない車の開発を目指します。

【特徴】本研究では、タイヤ走行試験装置の設計製作、試験装置および実車での測定、FEMによる数値解析、車の制御方法の開発など、設計・解析・測定・制御 すべてにわたる知識を学び、スキルを身につけることができます。

【成果】本研究は世界で初めて、市販のタイヤ、ホイールを用いた実時間での路面摩擦係数測定に成功しています。

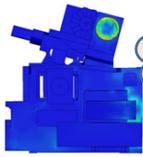
【協力】本グループは、高度モビリティ研究所先進車両技術部門に属して自動運転の発展につながる研究を行っています。また、大手のタイヤメーカー、自動車メーカー、自動車ベンチャーなどとの共同研究も実施しています。

【参考】

- ・高度モビリティ研究所 研究紹介：<https://admore.w3.kanazawa-u.ac.jp/students/>
- ・ニュースリリース：<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000006.000025116.html>

## 目的と状況

### 工作機械がかかえる課題



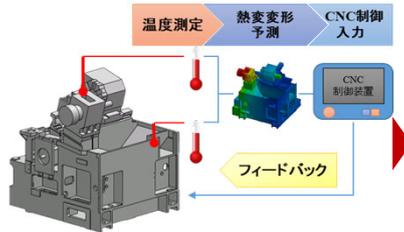
高精度化実現の最後の難関

高剛性化しても熱変形は発生

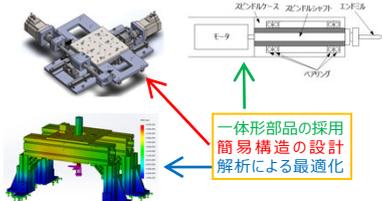


フレキシブルな生産システムの構築が困難

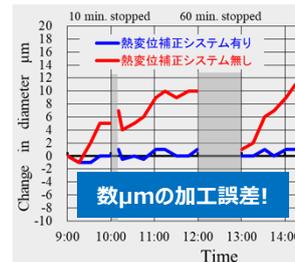
小形部品の加工にも大形機を使用



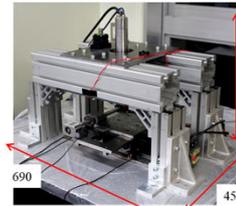
少数の情報から高精度に熱変形を予測



小形工作機械の設計と解析



数 $\mu\text{m}$ の加工誤差を実現!



デスクトップサイズ加工機

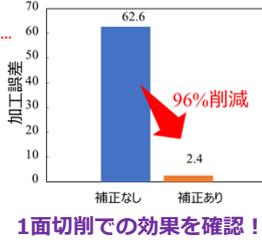
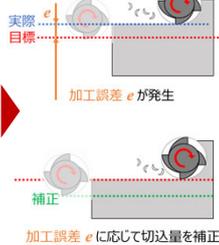
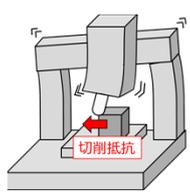


市販化

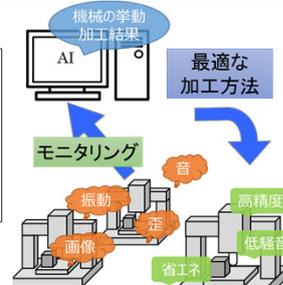


鋼材切削を実現

## 今後の研究



機体の変形を予測してNC制御を補正し高精度な加工を実現



AIによるNC加工の高精度化と切削条件の自動決定の実現

【課題】卓上サイズの加工機を対象に、ロボットの支援で、機体の変形、振動、切削音などを測定し機械学習して、NC指令、切削条件を自動調整し、高精度な加工を実現するロボットとの協調システム、画像を中心とした制御系を構築します。

【特徴】工作機械、ロボットのことはもちろん、機械設計、解析、制御、計測、情報処理、機械学習について学べます。

【参考】[https://pub.nikkan.co.jp/uploads/magazine\\_introduce/pdf\\_5e005102ca37c-3.pdf](https://pub.nikkan.co.jp/uploads/magazine_introduce/pdf_5e005102ca37c-3.pdf)

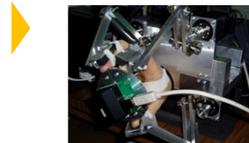
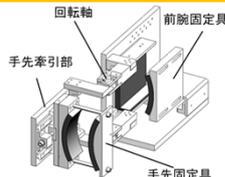
## 研究の成果



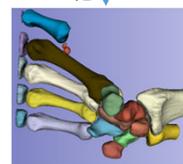
リハビリ効果測定装置を開発し、最適な施術方法を確立



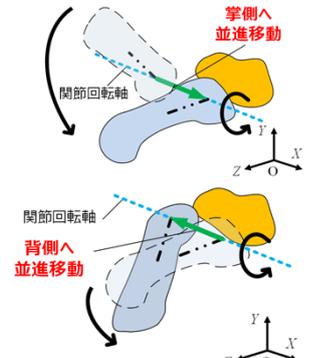
牽引による関節の回転運動拡大を確認!



最適な施術が可能な装着形リハビリロボット



医療画像より関節の運動を解析



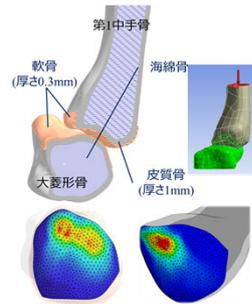
## 現在の研究

### 母指CM関節症の効果的な治療法の研究



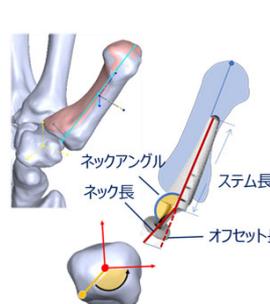
母指運動の激しい痛み、可動制限をともなう高齢女性に多い症状

### CM関節症の原因



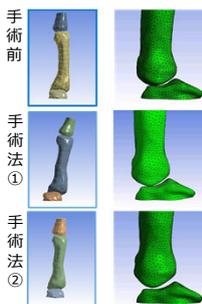
骨部のFEM解析によるCM関節症原因の解明

### 人工関節による治療



運動解析で最適な人工関節を設計

### 骨切除手術による治療



適切な手術方法をCAEで予測

【課題】ロボティクス、材料力学の理論を人体の運動、力学解析に応用して、母指CM関節症などの原因の解明、治療法の確立を行います。現在は計算機による手術シミュレーションを行い、症状に応じた施術方法の予測を可能とする研究に取り組んでいます。

【特徴】医学系、附属病院との共同研究です。運動学、FEM解析、バイオメカニクスなど、医工にわたる知識が学べます。先端の医療技術に触れることができます。

# スキルアシストアーム

## 背景と目的

対象：事故の後遺症や加齢により動作が不自由になった前腕の療法士によるリハビリなど

- 少子高齢化による療法士不足
- 療法士は患者の動作と協調し適切な前腕姿勢・位置に調整

## ロボットによる人の動作補助を提案

### <ロボットの特徴>

- ✓ 高精度な位置決めが得意
- ✓ 力の調整は制御が複雑

### <人の特徴>

- ✓ 状況の判断や力の調整は得意
- ✓ 高精度な位置調整は不得意

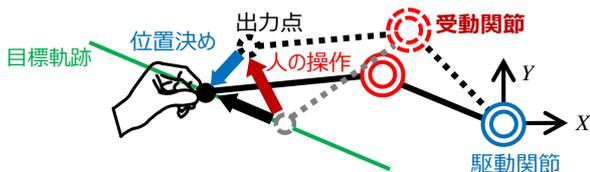


[https://arex.jp/uploads/page/cover\\_photo/755332998898/small\\_IMG\\_1686.JPG](https://arex.jp/uploads/page/cover_photo/755332998898/small_IMG_1686.JPG)

ロボットにより人の手先の位置決めを補助  
動作速度や力を人の判断でリアルタイムに調整

## 受動関節を用いたスキルアシスト

- ロボットに設置した受動関節の回転により人の操作を検知
- 受動関節の回転に応じ、ロボットの駆動関節にて位置制御

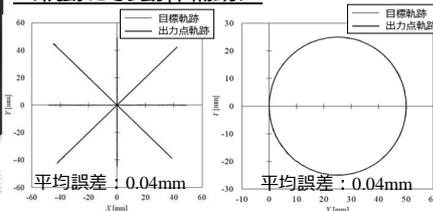


# DELTA形スキルアシストアーム

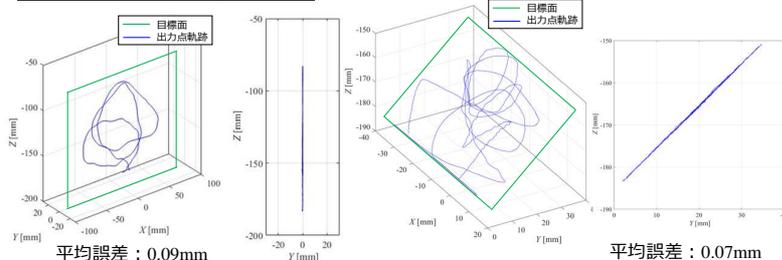


- ロボットの先端を複数のアームで支持して動作する構造
- 可動部はモータを含まず軽量なため高精度な補助を実現

## <軌跡にそう動作補助>

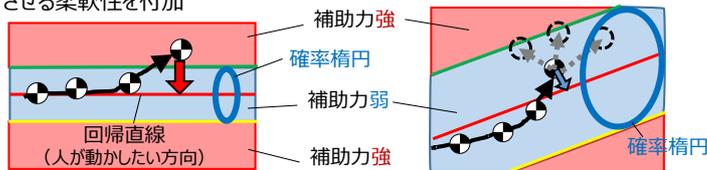


## <平面にそう空間動作補助>



## 今後の予定：人の意図する方向を推定して補助

- 人が動作させたい方向を直線として推定
- 将来の動作位置を確率楕円で表現 ⇒ 軌跡のばらつきに応じ、大きさが変化
- 確率楕円の大きさに合わせ、弱い動作補助の範囲を設定 ⇒ 動作方向を変化させる柔軟性を付加



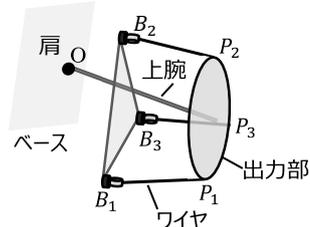
# パラレルワイヤ駆動機構を利用した装着式肩関節可動域測定装置

## 背景と目的

- リハビリにおいて肩関節可動域の測定は重要
- カメラで上腕姿勢を測定する方法があるが、占有体積が大きく、障害物によりカメラの影になって、測定不能になる問題あり

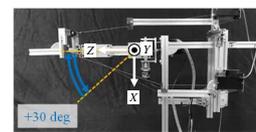
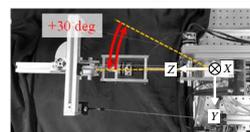
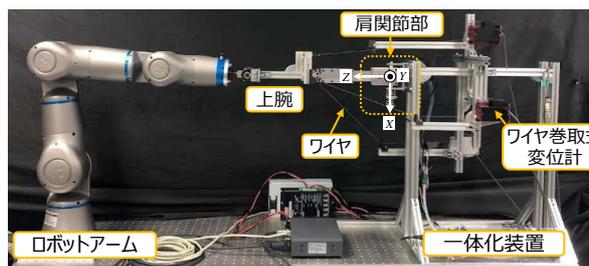
## 装着式平行ワイヤ駆動機構を用いた肩関節可動域測定装置

- 装着式装置とすることで、障害物など関係なく可動域を測定可能
- 肩関節の複数軸周りの回転を測定可能

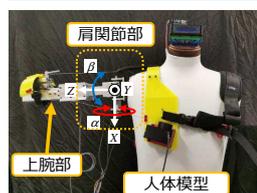


## 装着式測定装置と人体模型を一体化した装置

- 測定装置の移動を防ぐため、測定装置と人体模型を一体化
- 肩関節を模擬した回転関節の角度を真値として利用し測定精度を評価
- 実験の再現性確保のため、ロボットアームにより上腕を駆動



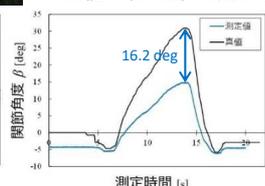
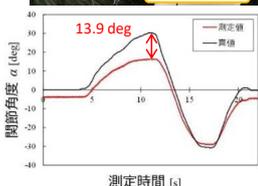
## 測定装置を人体模型に装着して精度評価



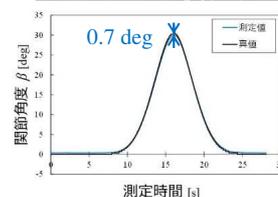
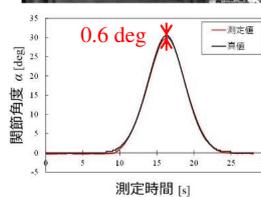
### <測定精度評価装置>

- 肩関節の動作を模擬する4軸の回転関節を有した人体模型装置を開発
  - 各回転関節の角度を真値として利用
- <実験>

- 真値の肩関節角度と測定した値を比較



上腕の運動中に装着位置が移動し、測定誤差発生



測定装置は肩関節角度を高精度に測定可能であることを確認

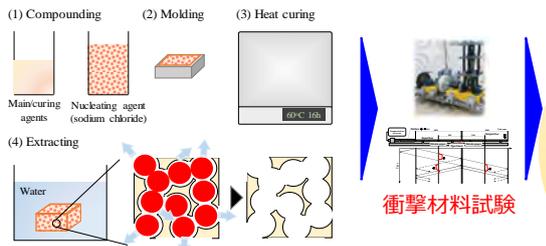
## 今後の予定

ワイヤ本数を増やすことで、装着位置の移動を検出して補正し、高精度な測定の実現を目指す

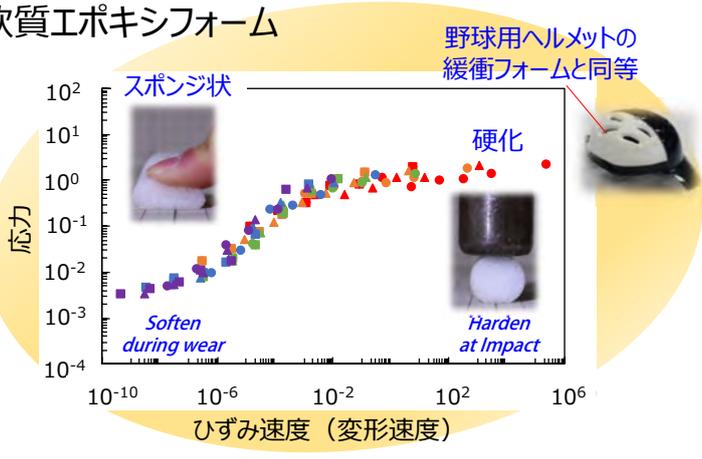
# 衝撃負荷時のみ硬化するスーパープロテクターの開発 #1

## ■ 変形速度に応じて特性が変化する軟質エポキシフォーム

エポキシフォームの成形法を確立

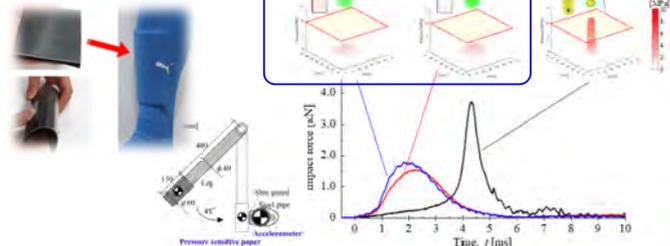


高分子材料学と衝撃工学の融合  
衝撃工学≒動的材料力学



## ■ プロテクターへの応用

スポーツ用プロテクター



装着性と保護性能を両立するサッカー用シンガード

頭・頸部プロテクター



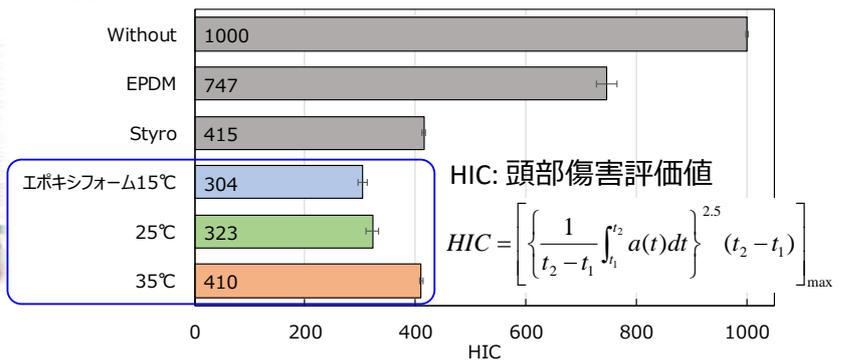
衝撃工学と生体医工学の融合

# 衝撃負荷時のみ硬化するスーパープロテクターの開発 #2

## ■ エポキシフォームを用いた頭部保護帽



優れた頭部保護性能



## ■ エポキシフォームを用いた頸部保護具：ネックプロテクター

頸椎損傷の危険性

発生頻度：年間5000人程度（国内）



60%以上が  
重度の後遺症...



モトクロス用のネックプロテクター  
重厚、運動を阻害...



気軽に装着できるネックプロテクターを開発

- ネックプロテクターの設計・製作
- 生体医工学に基づく評価法・装置の開発



# インテリジェントハンド・ソフトロボットハンド

(テーマ担当：鈴木陽介助教)

質問や研究室見学の希望があれば随時対応します。連絡先：suzuki@se.kanazawa-u.ac.jp

動画等 (YouTube) <http://da.ms.t.kanazawa-u.ac.jp/rdlab/researches/intelligent-robot-hand/>

ロボティクス・デザイン研究室ハンドチームでは、触覚・近接覚センサの開発技術をベースに、人の作業の代替となる知的なロボットハンドを中心として、ロボット機構の開発や計測・制御手法の研究を行っています。現在、重点的に開発を行っているのは、ユーザの分身となるアバター（遠隔操作型）ロボットに触覚検知機能を付与し、家庭や病院などの作業を実現するためのセンシング技術です。

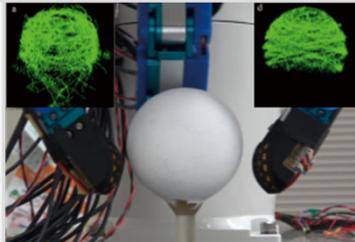
**研究テーマ & スキル** ハンドチームでは、計測（センサ設計）・機構（メカ設計）・制御（プログラム）の3つを軸とした研究を通して、オールラウンドなスキルの習得を目標としています。

## 計測

新しい構造の触覚センサ・近接覚センサの設計  
未知物体の局所形状計測と安定したつかみ方の実現



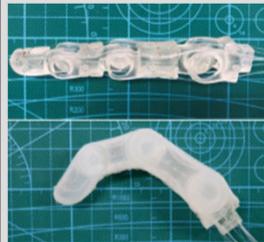
ロボット指先用近接覚センサ  
(2018・2021年度修士研究)



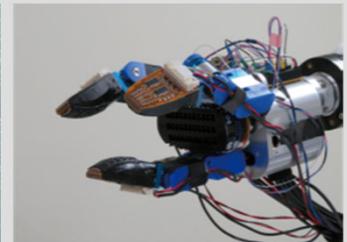
未知物体の3次元形状の非接触認識のための  
情報処理手法 (2020・2021年度卒業研究)

## 機構

人の手のように滑らかに動くソフトロボットハンド  
センシング機能に優れ繊細に動くロボットハンド



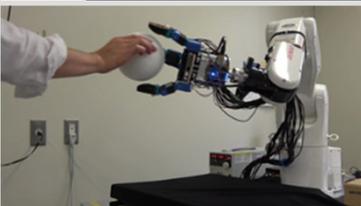
新しい製法のソフトロボット  
(2017・2019・2020・2021年度  
卒業研究, 2021年度修論研究)



近接覚センサを搭載したロボットハンド  
(2018・2021年度修士研究)

## 制御

触覚・近接覚センサにより物体になじみながらつかむ制御  
近接覚センサを利用した非接触-接触の状態遷移の制御



指先や手のひらの近接覚センサによる物体追従 近接覚に基づく仮想パネに基づく制御  
(2016年度～の研究)



(2019年度～の研究)

## 2022年度の研究課題案

- アバターロボットの半自動化制御
- 滑らかに動くソフトロボットハンドの本格設計
- 深層学習を利用した触覚・近接覚の認識手法
- ヘビ型ロボット用の新しい触覚センサ開発

Etc.

## 研究テーマの決め方と進め方について

上記の研究内容の中から、**個々の興味や学習意欲**をもとに大まかなテーマを決めたのち、関連研究を調査して**何が未解決課題であるかを理解し、これを解決する手法**を一緒に考えながら研究テーマを具体化していきます。学術的・社会的に意義があること（新規性や有用性）を重視しますが、**アイデアの斬新さ・面白さ**もとても大事にしています。**自分で考え、目的意識を持って取り組むこと**が求められます。新しい発想を具現化するのにはロボティクス研究の醍醐味です。有意義な研究生活を送りましょう！

なお、ハンドチームにはインテリジェントハンドとソフトロボットハンドの2テーマがありますが、特に区別はありません。個人ごとに研究テーマが与えられ、ハンドチーム全体として勉強や議論を行います。

## 研究協力体制

同じく金沢大学でロボット分野の研究者である渡辺哲陽先生や西村齊寛先生（機械コア）・辻徳生先生（電子機械コア）の研究室と合同の研究ミーティングを行ったり、ロボコンチームを結成して国際的な競技会に参加しています。また、立命館大学・大阪大学・電気通信大学・九州大学の研究室との共同研究を行っています。

## ロボティクス・デザイン研究室 卒業プロジェクト FAQ

### 1. 研究室は厳しいですか.

平均より、厳しいです。ただ、社会人になる総仕上げとして、また、はじめて自分で創造し、研究を進めるためには、ちょうどよい厳しさです。4年生をどう過ごすかで、今後の人生が変わることもあるので、どの研究室を選ぶにしても、厳しくないからとの理由で選ぶと後悔するかもしれません。

### 2. どのようなことを学べますか.

本研究室の特徴は、ロボット、知能機械、材料力学など、広い範囲をカバーする教員とテーマです。多くのテーマで、設計、解析、計測、制御などをすべて行うこととなります。このことは絶対に将来役立ちます。また、テーマそのものも、自動車、工作機械、ロボットの知能化、ロボティクスを応用した医工学、福祉機械の開発、最新機能のプロテクターの開発など、先端的で、かつ、社会に役立つことを目的とした内容がほとんどです。企業、医学関係者などとの交流も多く、広い範囲の知識と、深いスキルを学ぶことができます。

### 3. 研究のすすめかたは.

指導教員、院生とチームを組んで研究を進めます。学生さんには、毎朝（土日はのぞく）、10時までには研究室に来るよう指導しています。毎週、報告会があり、研究内容をまとめて、担当教員、院生、共同研究者らとディスカッションします。また、数ヶ月に1回、研究室全員でのゼミで発表を行ってもらいます。

教員、修士の学生が、研究の計画方法、文章の添削、発表方法の指導を綿密に行います。これまで、座学中心だったと思いますが、社会に出てからは必須な能力なので、しっかりと教育します。

ただし、理不尽に厳しいわけではありません。研究するときは研究し、遊ぶときは遊ぶといったメリハリのある生活をモットーとしています。

### 4. 就職先はどうか.

フロンティア工学類電子機械および機械コアでは、就職のお世話を就職担当教員が一括して行いますので、研究室によって就職がよい、わるいということは一切ありません。ただし、就職してから、自分の好きな部署に行けるかどうかは、大学時代に培った能力によります。ロボティクス・デザイン研究室では、設計、解析、計測、制御すべてにわたる知識とスキルを身につけるので、OBからは、部署の選択時に有利との感想をいただいています。

5. 大学院へは進んだ方がよいですか.

ロボティクス・デザイン研究室のテーマは、ものづくり中心のため時間がかかります。教育は3年間スパンで考えており、大学院へすすむことを前提に研究を行います。本学の大学院へ進むための試験勉強なども先輩方がアドバイスしてくれます。

以上、しっかりした、メリハリのある、奥の深い 研究と教育を行います。研究に興味がある、機械工学の技術を高めたいと思う、あなた、ぜひ、ロボティクス・デザイン研究室に来て下さい。

【連絡先】 質問、研究室見学などの希望があれば気軽に連絡下さい。

tachiya@se.kanazawa-u.ac.jp