

# スマートビークル 研究センター

Research Center for Smart Vehicles



学校法人 トヨタ学園

豊田工業大学

TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE



学長 保立 和夫

## 次世代スマートビークルを目指した学際・融合研究の展開

本学では、機械システム、電子情報、そして物質工学分野を専門とする研究室が研究・教育を展開し、各分野でのフロンティア開拓と学術基盤の深化を進めています。これら活動に並行させ、本学では研究分野間の学際・融合領域における新たな工学の創成も目指していて、3つの研究センターを設置しています。

2010年に開設したスマートビークル研究センターでは、自動走行車技術の開発を中核に、機械技術と情報技術を融合させた要素技術とシステム化の研究を推進してきました。AI技術に関しては、本分野に秀でた豊田工業大学シカゴ校との連携も深めています。

ここ数年は、本センターのスコープを拡げ、自動走行技術、AI中心の情報技術、制御システム技術に加え、最適構造の設計や造形・加工技術、ビークル周りの流体能動制御技術、モーター高機能化技術なども包含させています。空飛ぶ自動車といった次世代スマートビークルの研究へと進展することを期待しています。



センター長 浮田 宗伯

## 未来のスマートビークル社会を見据えて

2010年に豊田工業大学に開設された本研究センターは、開設以来、豊田工業大学シカゴ校と協力しながら、自動運転を中心としたスマートビークルの研究に焦点を当ててまいりました。この研究の中には、外界の認識や走行制御、運転知識の獲得、電気自動車をターゲットにした低損失電磁モーターなどが含まれています。2018年度には、研究センターの研究対象を「主に車のみ」から「移動体全般」へ拡張したことに加え、省エネルギー化や安心安全な移動体の実現に必要な、構造最適化や流体制御などの機械システム分野のテーマも含めることで、ハードウェアとソフトウェアの両輪を意識した研究センターへと発展を遂げました。

このように広がりのあるテーマを包含した研究センターですが、まずは、個々のテーマにおける基礎研究力の向上に努め、将来的には、複数のテーマが有機的に結合することで創出される「未来のスマートビークル像」を提示できるようなテーマへと発展させることを目指していきたいと考えております。

## 構成研究室

コア研究室	1	センター直属研究グループ Vijay John、秋田時彦	6	固体力学研究室 下田昌利、椎原良典	協力研究室
	2	知能数理研究室 佐々木裕、三輪 誠	7	機械創成研究室 古谷克司	
	3	知能情報メディア研究室 浮田宗伯	8	流体工学研究室 半田太郎、瓜田明	
	4	制御システム研究室 川西通裕	9	設計工学研究室 小林正和	
	5	電磁システム研究室 藤崎敬介			

# 1 センター直属研究グループ

## ① 統合化環境認識システム

各種センサを組合せ、豪雨・霧・雪・逆光などの悪環境でも認識できるシステムを構築する。

## ② ステレオビジョンシステム

最適化理論とフィルタ技術、セルフキャリブレーションを駆使し高精度なステレオ画像を生成する。

## ③ 深層学習による走行環境の認識

単眼・ステレオ画像より、深層学習を用いて走行シーンを認識する。

## ④ 単眼カメラを用いた自動運転システム

## ⑤ ミリ波レーダによるシーン理解

## ⑥ センサフュージョンによる自己位置推定

## ⑦ 最適経路生成



自動運転・環境認識システム研究用実験車

# 2 知能数理研究室

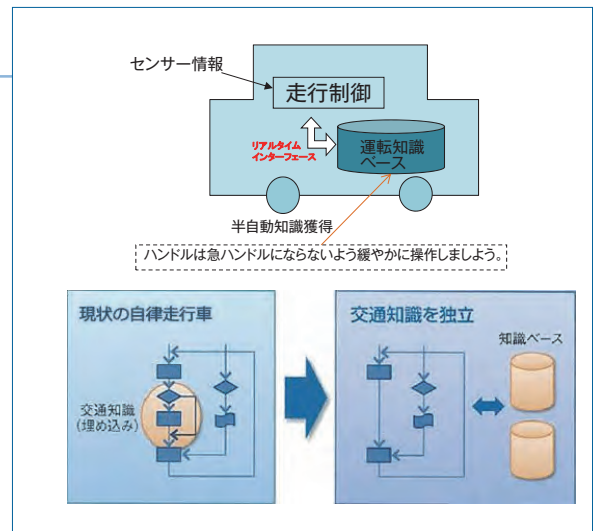
## ① 運転知識ベース構築

完全自動走行車の公道走行を認可するためには、人間が運転免許を交付されるときと同等な安全性を持つことが保障されている必要がある。さらに、現実問題として、交通法規を守るだけではなく、運転マナーにも沿った運転を実現する必要がある。これらを実現するためには、完全自動走行車が交通に関する十分な知識を有することが必要となる。知能数理研究室では、交通オートロジー（知識ベース）を独自に構築するとともに、交通オートロジーに基づく運転推論システムを実装し、実機を含めた走行実験を行っている。

## ② 運転免許試験問題の自動解法

知能数理研究室では、交通知識ベースの品質を検証するひとつの方法として、運転免許試験問題を利用して、知識ベースが問題を解くのに十分な交通に関する知識を含むかどうかを判定する検証方法を世界に先駆けて提案している。

## ③ 自動走行車における対話制御



# 3 知能情報メディア研究室

## ① 車載カメラによる周辺状況の認識と予測

安心・安全な車両走行のためには、車両の周辺状況の認識が必須であり、スマートビークル実現のために長年にわたって広く研究されているテーマの一つである。我々のグループは、安心・安全性を更に向上させるため「従来技術よりもより遠方における道路状況の検出・認識」と「現時刻よりも数秒先の道路状況の予測」を研究している。

## ② ドライバー・搭乗者の動作や状態の認識

IT化されてくる車内環境においては、搭乗者の状態に適応した快適な自動運転・運転支援・車内環境制御や、安全で分かりやすい機器操作の重要性が増してくる。我々のグループは、このような搭乗者の動作や状態の認識を、搭乗者に負担を与えない非接触センシング(例: 光学カメラ)により実現するための技術を研究している。



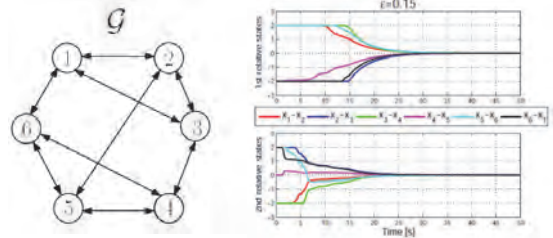
## 4 制御システム研究室

### ① ロバストマルチエージェント制御理論による ビークル群の制御

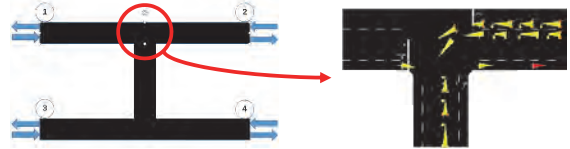
通信ネットワークを活用して自律ビークル群を制御する際、時間遅れや飽和など不確かさや制約に対する補償が重要となる。本研究では、従来のマルチエージェント制御理論をロバスト化することで、外乱が存在する未知環境下で自律ビークル群を安定に協調制御する知的制御手法を実現し、実システムに応用する。

### ② 交通流制御

道路網の信号制御システムについて、群知能(粒子群最適化)と機械学習および強化学習に基づく制御手法を開発し、最適な交通流を実現する。



ロバストマルチエージェント制御理論による合意制御



交通流シミュレーションによる渋滞の解析と制御

ソフトウェア

## 5 電磁システム研究室

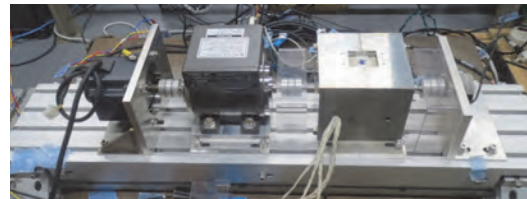
### ① EV用モータ駆動システムの研究

電気自動車をはじめとしたパワーエレクトロニクス・モータ駆動システムの研究を行っており、パワーエレクトロニクス制御と合わせて、その電磁材料・機器への影響評価も行う。

また、モータ駆動システムにおける磁性材料・半導体の融合についても研究を行っており、材料の製造プロセスからその機器さらにはシステム応用まで一貫した融合学の創出とそれによる小型高効率モータ駆動システムの実現を目指している。

特に、インバータ励磁によるモータコア損の増加特性は重要でそのために、以下の研究課題を遂行している。①リング試料によるインバータ励磁による鉄損特性、②モータシミュレータによるインバータ励磁によるモータコア損特性、③インバータとしてSi-IGBT、GaN-FET、SiC-FETといった半導体の材料・特性によるコア損特性、④モータコア材として現行のNO材だけではなくGO材、アモルファス材、ナノ結晶材を用いたモータのコア損特性

コア損を計測するモータシミュレータ



GaN-FETインバータ



ナノ結晶モータコア

ハードウェア

## 6 固体力学研究室

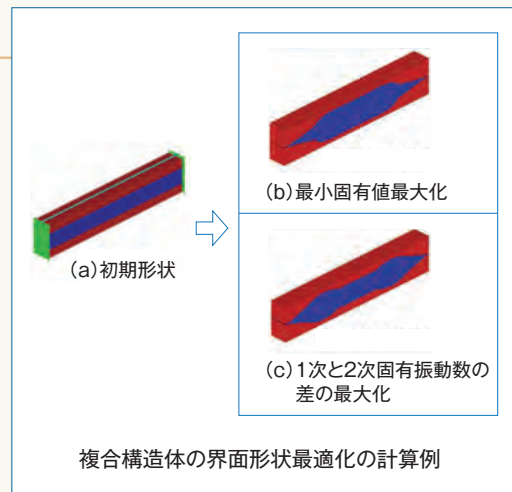
### ① マルチマテリアル構造の形態最適化手法の開発とその応用

構造特性の一層の向上と軽量化を両立させるため、複数の材料を適所に配置するマルチマテリアル構造が注目されている。本研究では複合構造体(又はクラッド構造体)や象嵌構造体を対象に、材料間の界面形状を設計変数とした形状最適化手法の開発を行う。これにより、単一材料では得られない構造特性の実現を図る。

### ② 周期性マイクロ構造を利用した構造体のマルチスケール最適化手法

多孔質なマイクロ構造を構造材料として利用することにより、軽量で力学特性に優れた構造体の実現が期待されている。マイクロ構造はマクロ構造に影響を与え、マクロ構造もマイクロ構造に影響を与える。本研究ではマイクロ構造に周期性を仮定し、逆均質化法を利用しながら、マクロ構造の構造特性を所望の値にするための、マイクロ構造とマクロ構造の構造形態を同時に最適化するための手法の開発を行う。

### ③ ニューラルネットワークの構造最適設計への応用に関する研究



複合構造体の界面形状最適化の計算例

ハードウェア

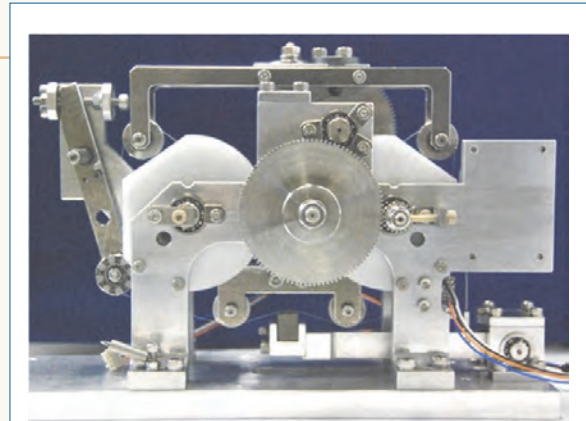
## 7 機械創成研究室

### ① 放電を利用した三次元積層造形法

新たな加工技術を開発、既存の加工技術を高度化することで、これまで使われてこなかった材料を用いた高機能な要素やデバイスを試作・製作することを目指している。そのために、放電を用いて層状に粉末を固化することで三次元形状を創成する方法を開発する。自由な形状が製作できれば、新たな形のモータコア試作も可能になると考えられる。さらに、月・惑星上での資源を利用するIn-situ Resource Utilization (ISRU)のための基礎技術としても期待できる。加工の安定化のために、放電点制御のための精密位置決め機構のほかに、加工状態のモニタリング技術も開発する。

### ② 硬せい材料の除去加工法

月惑星探査に用いられる岩石試料採集装置は、遠隔操作もしくは自律動作ができるだけでなく、真空中でも動作でき、小型・軽量で消費電力が少ないものが望ましい。ワイヤソー切断装置や表面研磨装置では、加工状態をモニタリングしながら加工条件を変更することで、効率的かつ安定した加工を目指している。



ワイヤソー切断装置の外観

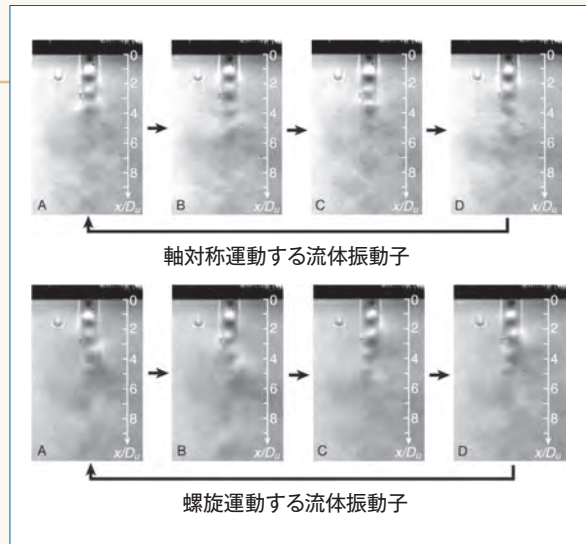
## 8 流体工学研究室

### ① 高速走行時における車体周り流れの能動制御技術の開発

自動車の完全自動運転技術が進んだ将来、自動車は時速200km以上の高速で定常走行することが予測される。時速200km走行の自動車には大きな空力抵抗(空気抵抗は速度の2乗に比例)や不安定力が発生すると考えられ、高効率・高性能運転の観点から考えると、自動車周りの流れを能動的に制御する必要がある。本研究室では、時速200km以上の走行時における自動車周りの流れの制御を見据えた流体制御技術の確立をめざす。現在のところ、流れに高周波で大きな運動量を付加できるスケールが1mm程度の流体振動子を用いた制御法を考えている。風速~60m/sの流れの制御に適切な流体振動子を考案する。

### ② 空気力により自発的に作動する車体周り流れの制御装置

複雑な機構を必要としない安価な流れの制御方法として、空気力の作用で自ら変形し制御力を発生させる、柔軟・単純な構造の小型翼を用いるデバイスを提案する。



軸対称運動する流体振動子

螺旋運動する流体振動子

## 9 設計工学研究室

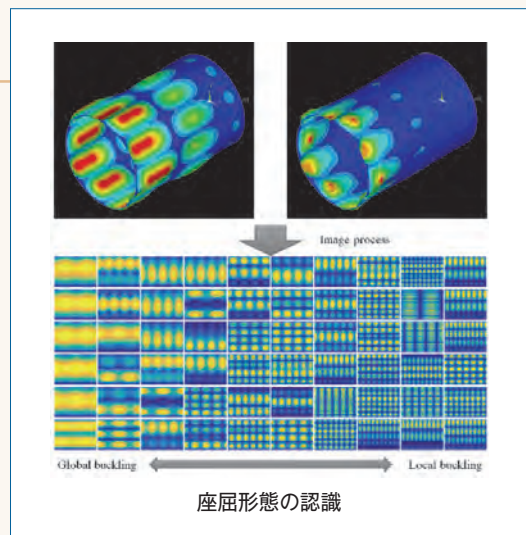
### ① 力覚提示装置を用いたUAVの遠隔操作技術

災害現場における捜索活動のように、障害物の多い環境においてUAVを安全に遠隔操作することは難しい。本研究では、力覚提示装置をUAVのコントローラとして用い、障害物までの距離に基づく操作反力を提示することで、視覚によらない直感的な距離認識を可能にし、安全な遠隔操作を可能にする。

### ② 座屈を考慮した薄板構造物の構造最適化

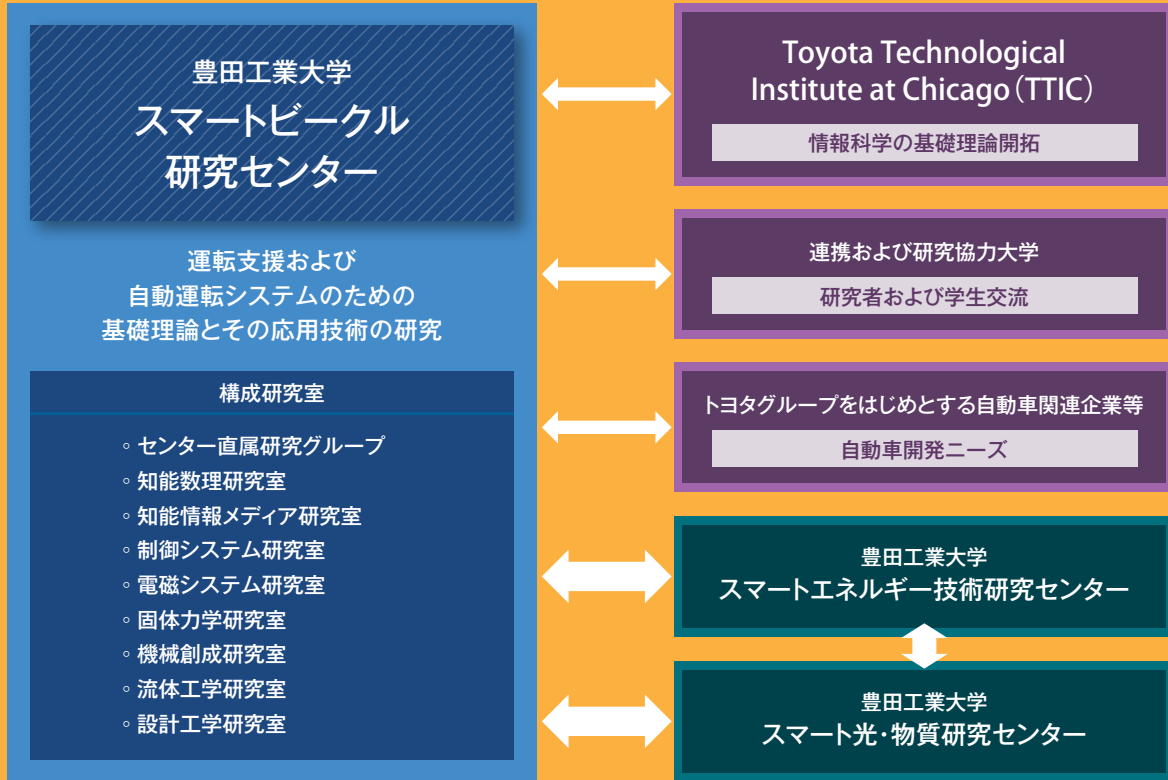
機械製品で幅広く用いられている薄板構造物は座屈が生じやすいため、高強度化と軽量化の両立のためには、座屈を考慮した構造最適化が必要とされる。本研究では、座屈を考慮した構造最適化の効率化のために、深層学習を用いて最適化計算中の構造物の座屈形態を画像的に認識し、その情報を最適化に利用する方法を考案する。

### ③ 複数ロボットによる協調探索

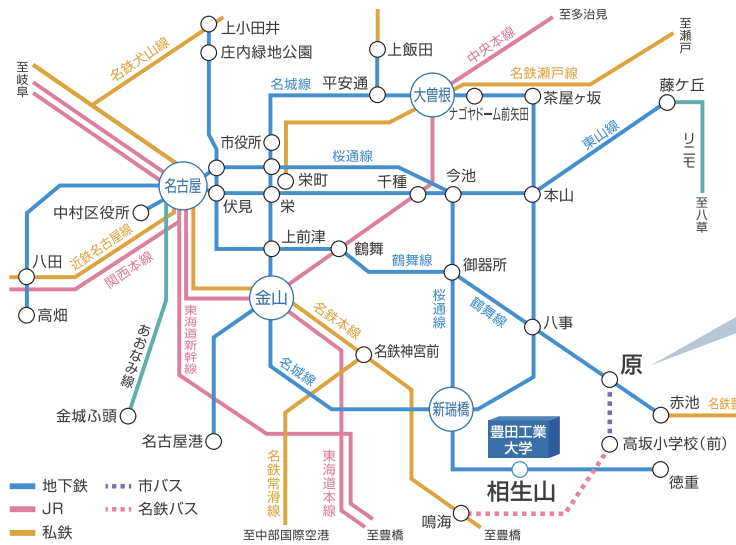


座屈形態の認識

# 研究組織



## 交通機関図



## キャンパス周辺図



## 主要駅からのアクセス

主要駅	利用交通機関・経路	総所要時間
名古屋・金山駅方面から	地下鉄桜通線「相生山駅」下車、1番出口から徒歩 15 分	(名古屋駅から) 約50分
豊田・赤池方面から	地下鉄鶴舞線「原駅」下車、2番出口から市バス幹線原1系統(相生山住宅・島田一ツ山行き)「高坂小学校」下車、徒歩 10 分	(原駅から) 約20分
名鉄鳴海駅から	名鉄バス(平針運転免許試験場行き)「高坂小学校前」下車、徒歩 10 分	約30分
中部国際空港から	名鉄空港線(名古屋方面行き)「名鉄名古屋駅」下車 → 地下鉄桜通線「相生山駅」下車、1番出口から徒歩 15 分	約90分

■お車で越しの場合 名古屋第二環状自動車道「鳴海IC」を降りて東海道を相生山方面に進み、「ほら貝東」を右折



学校法人 トヨタ学園  
**豊田工業大学**  
TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE

〒468-8511 名古屋市天白区久方二丁目12-1 Tel:052-802-1111 Fax:052-809-1721  
2-12-1 Hisakata, Tempaku-ku, Nagoya 468-8511, Japan Tel:+81-52-802-1111 Fax:+81-52-809-1721  
<https://www.toyota-ti.ac.jp/>