

赤外分光イメージングによる成分の「その場解析」

香川大学創造工学部機械システム工学領域 教授 石丸 伊知郎

連絡先 ishimaru.ichiro@kagawa-u.ac.jp



『見えない光（赤外光）により何気なく見守る』安全安心・持続可能な超スマート社会

機械システム工学領域 石丸 伊知郎

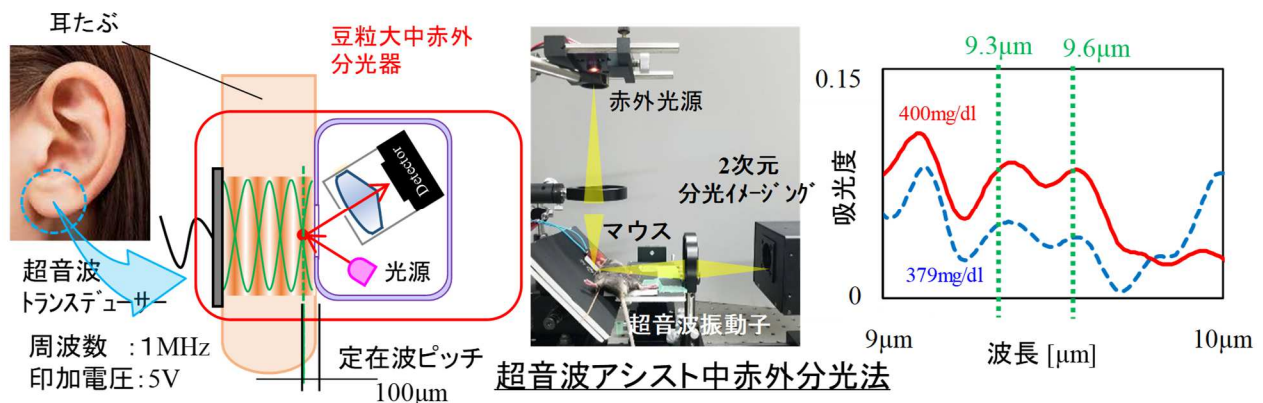
我々は、豆粒大の低価格中赤外分光イメージング装置の開発に成功している。中赤外分光によれば、光を照射するだけで、例えば血糖値の様なグルコース濃度の計測が可能になる。2030 年にも社会実装される 6G の高速通信基盤の時代を迎えるにあたって、高度な成分情報を日常生活空間において計測する超スマート社会の実現を目指している。

実現したい未来 (Toward 6G World@2030)

『見えない光（赤外光）で何気なく見守る』安全安心・持続可能な超スマート社会



例えば、耳たぶに豆粒大の中赤外分光装置を装着するだけで体内の血糖値をリアルタイムに常時計測する非侵襲血糖値センサーである。現在、医学部 西山成教授、和田健司教授等との共同研究によりラットを用いた動物実験を進めている。



環境に貢献する新エネルギー技術の構築

香川大学 創造工学部 機械システム工学領域 教授 奥村 幸彦

連絡先 okumura.yukihiko@kagawa-u.ac.jp



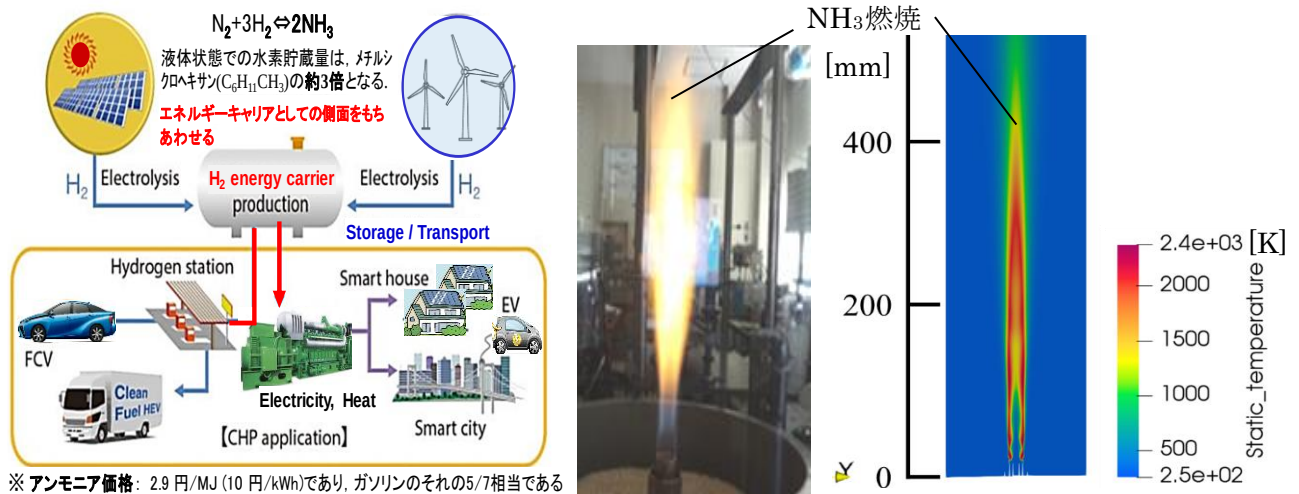
近年、地球規模での環境問題、とりわけ二酸化炭素による地球温暖化が一段と顕在化している。地球温暖化の一因とされる CO_2 の大気中への蓄積を低減するためにも、エネルギーの脱炭素化（脱石油・石炭）や省エネルギー化、再生可能なバイオマス資源（廃材等）の有効利用の研究が必須となる。本研究室では、 CO_2 フリー燃焼技術（図1）や CO_2 固定化技術、食物と競合しないバイオマスの燃料化（図2）、廃棄物の有効活用、省エネのための希薄燃焼技術（図3）等について精力的に技術開発をしている。

研究キーワード：地球温暖化防止、高度燃焼技術、省エネルギー、熱流体計測

（Home Page: <http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~okumura/index0.html>）

（1） CO_2 排出ゼロの燃焼技術の構築（高負荷燃焼と NO_x 低減の同時機能実現に向けたバーナー設計）

アンモニアは CO_2 を排出しない、即ち地球温暖化ガス排出ゼロの燃料である。しかしながら、アンモニアの燃焼速度は 6.0cm/s 以下であり、従来の炭化水素燃料（石油系燃料）と比較すると燃焼速度が極端に低い安定燃焼が困難であり、かつ強制燃焼させると大量の NO_x （有害物質）を生成する。そこで本研究では、この難燃性の新燃料を安定に燃焼させ、かつ NO_x を同時低減可能なバーナーを開発する。



※ アンモニア価格：2.9 円/MJ (10 円/kWh)であり、ガソリンのその5/7相当である

図1 アンモニアバーナーの設計・開発

〔設計には熱流体解析（スーパーコンピューター）を併用〕

（2）再生可能バイオマス資源の有効利用と省エネ技術の開発

「利用が見込まれる分野」：ガスエンジン（発電）、廃棄物処理、高度省エネ技術、温度・流速・排ガス分析

廃棄物（あるいは未利用バイオマス資源）の有効利用が必要である。次世代型ガス化技術の構築には、バイオマス利用の場合、約 600°C 以下における迅速なガス化が必要であるが、「低温」と「迅速ガス化」の相反する双方の事象を同時達成することは容易ではない。現在のガス化装置では、 $1000\sim 1200^\circ\text{C}$ 程度の高温部分燃焼によるガス化が行われているが、本研究室では、触媒利用により、それを 700°C 程度まで低温化できる迅速ガス化技術（ガス化速度定数 $K_p=0.1/\text{min}$ ）に成功している。

加えて、超希薄燃焼技術を構築することで、省エネ、高効率エンジン、最小化熱交換器等に寄与する。

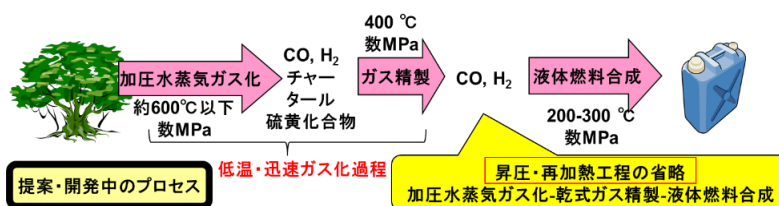


図2 未利用バイオマス（残材等）の低温迅速ガス化と液体燃料化

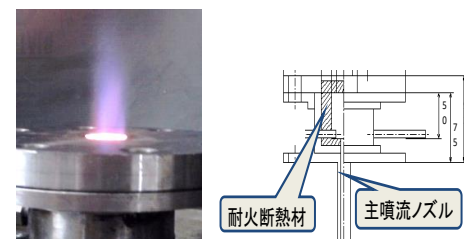


図3 省エネ対応のための超希薄燃焼技術

空気圧駆動パワーアシストロボットの開発

香川大学創造工学部機械システム工学領域 教授 佐々木 大輔

連絡先 sasaki.daisuke@kagawa-u.ac.jp



外骨格型ウェアラブルパワーアシストロボットは、高出力のアクチュエータを実装できるので、たとえば麻痺患者や高齢者など使用者の発生力が小さくロボットに高アシスト力が求められる場面での利用に適している。しかし、外骨格型パワーアシストロボットは高い性能を実現している反面、人間と同じ関節自由度を持つ実用的な外骨格の実現は困難であることから、装着者の動作を拘束する側面もある。

我々は、外骨格型の問題点であった拘束感の低減を目的に、独自に開発した拘束感を軽減する外骨格機構を使用したパワーアシストロボット、外骨格を使用せず衣服と同程度の着用性をもつパワーアシストロボットの開発に取り組んでいる。

●空圧駆動上腕保持アシストスーツ

本装置は、溶接作業などの腕を長時間上げ続ける作業の姿勢保持を目的に開発した支援装置である。空圧駆動のブレーキ機構によって、制動時には装着者の腕を任意の位置で保持し、非制動時には自由に腕を動かすことができる。また、多節リンク機構を使用することで支援方向以外には装着者の動作を妨げず拘束感の少ない独自の外骨格機構を採用している。



●パワーアシストグローブ

開発したパワーアシストグローブは、手指背面に配置した伸長型湾曲空気圧ゴム人工筋により手指の屈曲動作の補助が可能である。人工筋の加圧パターンを変えることで、物体を握る動作や物体のつまみ動作を行うことができる。人工筋自体が湾曲動作を行うので、外骨格を使用しない手袋状のパワーアシストロボットを実現している。このパワーアシストグローブは握力の低下した高齢者や麻痺のある障害者に加え、工場作業者の負担軽減などへの応用が期待できる。



IOT 時代を変革する農業用センサプラットフォームの実現に向けて

—MEMS 技術を用いた超小型道管流センサー—

香川大学創造工学部 機械システム工学領域 教授 下川 房男

連絡先:shimokawa.fusao@kagawa-u.ac.jp



研究の目的

現在、地球規模での気候変動等の環境問題や人口増加の問題が一段と深刻さを増す中、大幅な農業生産や環境保全の実現が緊急の課題となっている。作物、果樹等の生産性の向上には、植物の生育状態に合わせて最も適切な時期に灌水や施肥補給を行なう必要がある。そのためには、植物の生育に影響を与えず、生育状態を的確にモニタリングする植物生体情報計測が不可欠である。

本研究では、MEMS 技術をベースに、非破壊で、水分・栄養物質動態を in-situ 観察可能な「超小型の維管束系(道管流/師管流)センサ」を実現し、実用的な観点からは、作物の生産性向上や高品質果実の安定生産に貢献する。更に、学術的な観点からは、これらのセンサ情報を統合し、植物の生育に最も重要となる作物や果樹の新梢末端や果柄の細部を含む植物全体での時空間的な水分・栄養物質動態の測定により、光合成等を含む植物環境と植物生理学との関係を解き明かす基礎的・系統的なデータの取得を目指す。

研究成果の概要

図 1 に、従来の道管流センサ（グラニエセンサ）と本研究で提案する超小型道管流センサの構成を比較して示す。従来のセンサは、太い樹木（直径：10cm 以上）を対象としたもので多くの使用実績があるが、最も重要となる植物の新梢末端や果柄等の細部の水分量を測定することはできなかった。本研究では、従来のグラニエセンサをベースに超小型化（従来センサとの寸法比：1/10）・1チップ上への機能集積化（5mm 角程度の Si チップ上に、マイクロプローブ、薄膜ヒータ、温度センサ等のセンサの主要構成要素を一体形成）した新しいセンサ構造を提案した。

製作した超小型道管流センサを実際にモデル植物（サニーレタス）の葉の主脈に挿入して、流速の一日の変化を調べたところ、日変化の様子は多くの樹木で観察されている流速の変化や流速値のオーダーとも良く一致（数十 $\mu\text{m/s}$ ）していることが明らかとなった。今後は、産学官連携組織により、センサシステムの実用化に向けて、植物工場・圃場での実証実験を精力的に進めて行く予定である。

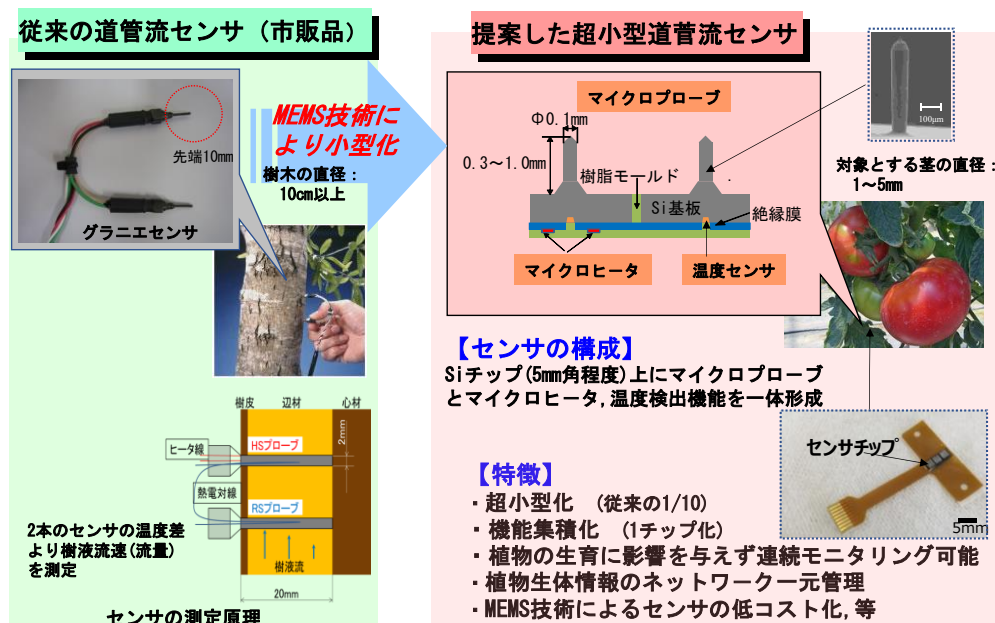


図 1 従来の道管流センサ（市販品）と本研究で提案する超小型道管流センサとの構成比較

VR シミュレータを活用した自動車ドライバのメタ認知教習方法の提案

香川大学創造工学部 機械システム工学領域 教授 鈴木 桂輔

連絡先 suzuki.keisuke@kagawa-u.ac.jp



背景

認知機能の低下に起因する交通事故が多発

公共交通機関の
未発達な地方圏

BUT

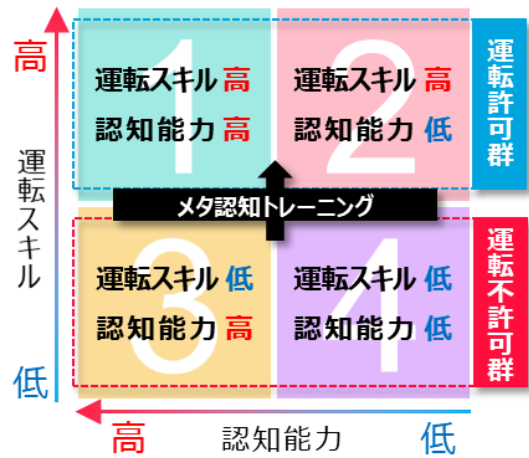
多少認知機能が低下していても生活のために
自動車を運転しなければならない

安全不確認等



目的

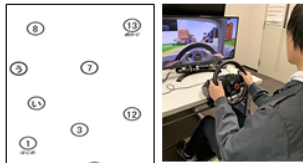
多少認知機能が低下していても安全に運転できるように、
メタ認知トレーニング・支援を行い、③④から①②に改善
する



認知機能低下者の運転再開を支援するプロセス

STEP1

安全に運転するために必要な
認知機能の有無を評価



STEP2

自己の認知機能の状態を正しく認知(メタ認知の
レベルを高め)させ、補償行動を促すトレーニング



STEP3

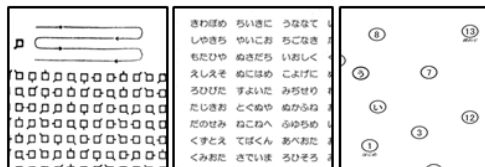
運転支援機能を搭載
したパーソナルモビリティ
の使用を推奨



安全に運転するために必要な認知機能の評価

机上検査

認知機能の臨床的評価に用いられる3種類の
神経心理学検査を実施

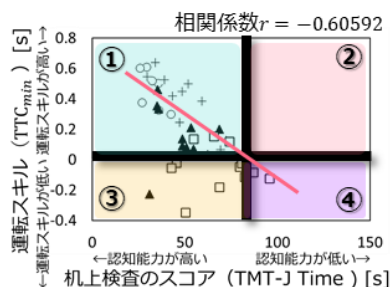


ドライビング シミュレータ試験

交通事故マイクロデータを基に、事故件数の多い
無信号交差点での出会い頭事故を再現

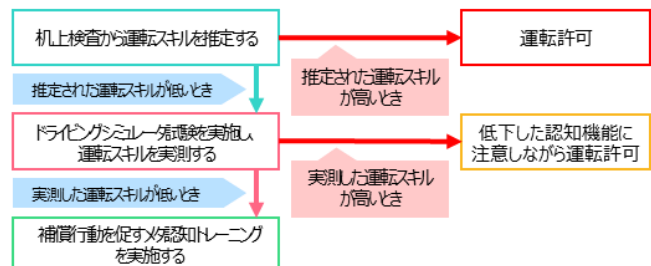


机上検査のスコアと運転スキルの関係



- 健常者
- + 軽度認知機能低下ドライバ
- ▲ 中度認知機能低下ドライバ
- 重度認知機能低下ドライバ

運転可否を判定するフローと総括



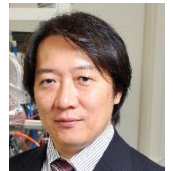
運転可否を判断するフロー、および判断閾値のガイドラインを提案

今後の 課題

- より多くの運転継続希望者に対する本手法の妥当性の検証
- 補償行動を可能とするメタ認知トレーニング方法の効果の検証

繊細な手触り感を感じ取ることができる新領域の触覚センシング

香川大学 創造工学部機械システム工学領域 教授 高尾 英邦
連絡先 takao.hidekuni@kagawa-u.ac.jp

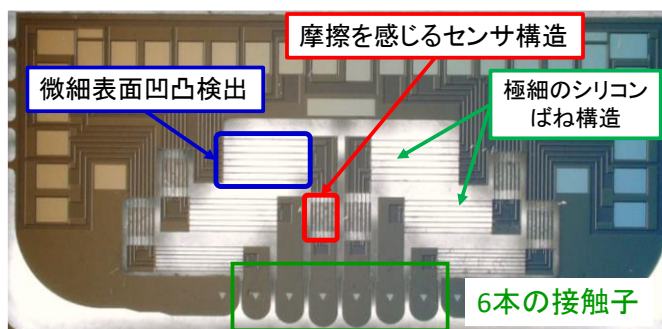


1. 我々が目指す新領域の触覚センシング

今日、ロボットの指先等に用いて力覚を検知できる触覚センサは市場にも多数存在するものの、対象の「柔らかさ」や表面の「手触り感」がもつ繊細な違いを見分けることのできる触覚センサは未だ実用化されておりません。日常生活でも、指先の感覚無しに私たちができることは非常に限られています。

我々のグループでは、半導体の微細加工が可能な『MEMS 技術』を用いて精緻な細胞組織群からなる指先のような触覚を再現可能な『ナノ触覚センサ』を新たに実現し、従来技術では検知できなかった繊細な触覚や手触り感の違いをハッキリと感じ取ることができる新しい触覚センシング分野を開拓します。

2. 指先感覚の超越を目指す触覚センサデバイスの研究



—— 1 [mm]

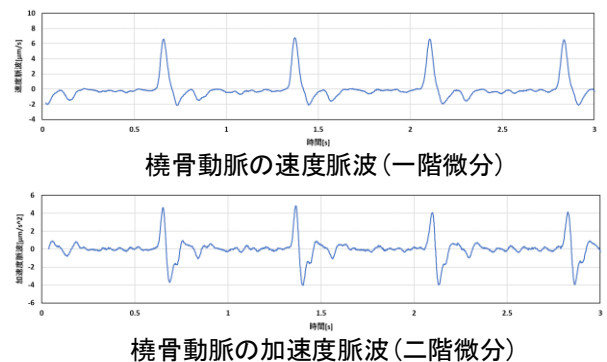


図1 精緻な指紋型構造の指先型『ナノ触覚センサ』

図2 本センサで取得した脈波の処理波形

開発した『ナノ触覚センサ (図1)』を用いることで、「ザラザラ」や「しっとり」等の繊細な手触り感を計測・数値化可能です。毛髪のダメージ量や肌の滑らかさの程度、様々な紙やティッシュペーパーの特徴を数値化したり、皮膚の表面から血管の脈波を精密に取得 (図2) することに成功しています。

3. ナノ触覚センサを搭載する高機能触覚センシングシステムの研究

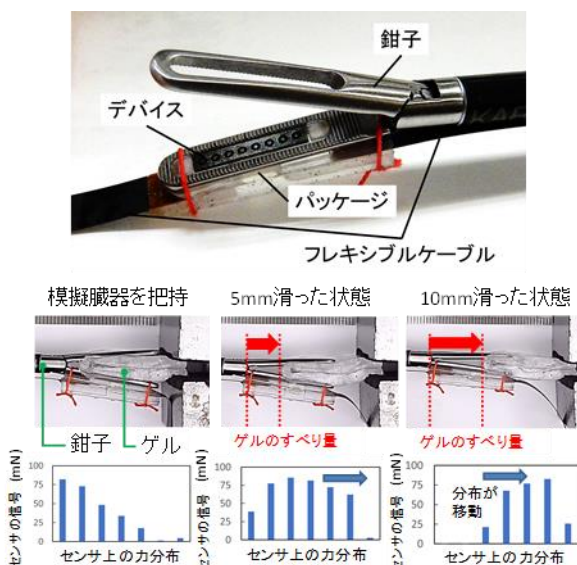


図3 センサを持つ手術用鉗子と滑り知覚実験

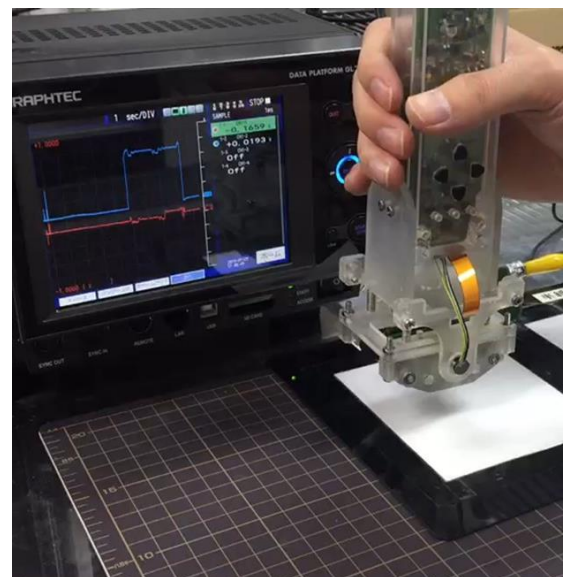


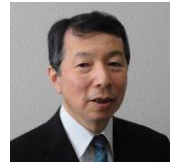
図4 なぞって計測する『手触り感スキャナー』

『ナノ触覚センサ』を機器や機械へと埋め込むことで、様々な器具や装置が繊細な『指先の触覚』を持つことを可能にします。手術用鉗子で臓器の滑りを検知 (図3) することや、スキャナー (図4) の形として様々な素材表面の手触り感を自在かつ容易に計測したりすることが可能となりました。

セラミックス金属接合部品の破壊確率の保証方法

香川大学創造工学部 機械システム工学領域 教授 平田 英之

連絡先 hirata.hideyuki@kagawa-u.ac.jp



1. はじめに

セラミックス材料は、耐熱性、耐食性、耐摩耗性などに優れている反面、脆性であり強度のばらつきが大きいという短所がある。また、熱膨張係数が金属より小さいため金属と組み合わせて使用すると熱伸び差で破壊が生じる。本研究の対象としているセラミック避雷素子はセラミックスと金属の接合部品となっており、製造過程で熱伸び差によるセラミックス部分の破壊が確認されている。そのため、品質保証方法の開発が求められている。ところが、これらの材料の破壊は確率的現象であり完全に非破壊を保証することはできない。そのため破壊確率を一定値以下に抑える破壊確率の保証方法を開発した。

本研究では、まず破壊確率を評価するため熱応力シミュレーションと3母数ワイブル分布に基づく有効体積評価手法を用いて実製造条件でのセラミックス部材の破壊確率を評価した。そして、保証試験として製造条件より過負荷条件での試験を実施し、保証試験条件が実負荷でどのような破壊確率に対応するかを調べることで品質として破壊確率を保証する指標の提案を行った。

2・研究結果

図1に本研究で対象としたセラミック避雷素子の構造と火炎加熱の様子を示す。図に示すように本素子は、製造過程で部分的に火炎加熱を受ける。この条件に対し図2のように熱応力解析を行い応力分布を明らかにした。一方素材の強度のばらつき分布は3点曲げ試験から図3のように3母数ワイブル分布で近似した。これらの結果から有効体積を求め破壊確率を評価することができる。本研究では、製造条件の破壊確率とより過酷な条件で行う保証試験での破壊確率をそれぞれ評価し、製造時の破壊確率を一定値以下に抑えるための保証試験の破壊確率を明らかにした。また、保証試験を行うに必要な試験本数を明らかにするため、図4のように試験本数と出現破壊確率の関係を明らかにした。

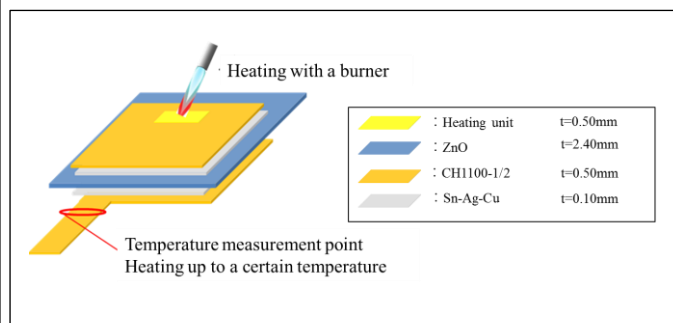


図1 セラミック避雷素子の構造

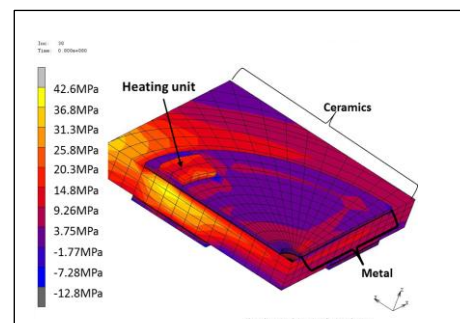


図2 熱応力解析結果

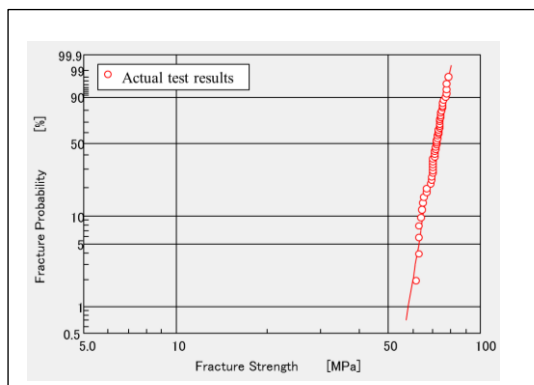


図3 セラミック素材の強度分布

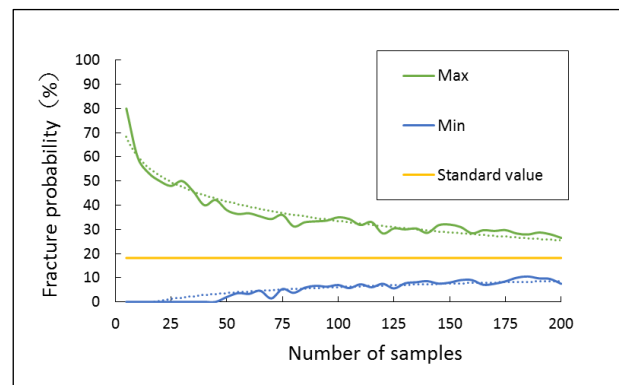


図4 試験本数と出現破壊確率

3. まとめ

本研究により、当初要求された破壊確率に対してはそれを保証するための試験条件を提案することができた。現在は、より高い条件の破壊確率が要求された場合について構造や保証試験条件の改良を行っている。

屋外を自律移動する小型低速のモビリティのための要素技術

香川大学創造工学部機械システム工学領域 教授 前山 祥一

連絡先 maeyama.shoichi@kagawa-u.ac.jp



研究概要

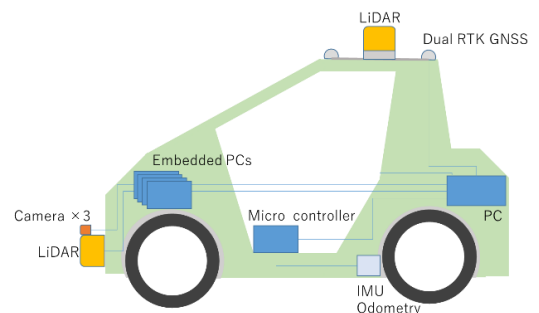
車道を走行する車両の自動運転と異なり、工場の敷地内や大学の構内等を移動する小型低速のモビリティには、特有の技術課題がある。移動速度は遅いが、路面の起伏が大きかったり、通路の境界が曖昧であったり、通路自体を人や自転車と共有していたり、通路が狭くて高精度な自己位置が求められたりする点である。これらの技術課題において、自律移動ロボットの研究開発の成果を応用して解決を試みている。



複数のセンサ情報の統合による SLAM 技術^[1]の確立

自己位置推定と環境地図の構築を同時に行う SLAM 技術は、移動体を自律的に走行・誘導するための根本となる基本技術である。屋外環境では、GNSS（全地球測位システム）が利用できる場所も多いが、高い建物の近傍では精度と信頼性を維持できない。そのような環境では、IMU（慣性計測ユニット）、LiDAR（光学式距離センサの総称）

やカメラ画像の AI 学習も併用して周囲の構造物や障害物を計測することで自己位置と地図生成を行う技術を研究開発している。



建屋間の自律移動のための自動駐車^[2]の開発

敷地内を自律的に移動して物資を搬送するロボットは、建物の駐車場と駐車場の間を往復することになる。そのためには、空スロットを認識して駐車することが必要である。自動車の駐車アシストも似たような技術であるが、多くの場合、適切な位置に運転手が停車させた後の限定された条件で機能する。本研究では、駐車場内を自律移動しながら自分で空きスロットを探して駐車する方法を研究している。

農業や畜産業への自律移動技術の応用展開

農業は、近年、IoT 化が急速に進んでおり、屋外を移動するシステムの導入も盛んに試みられている。本研究での屋外を自律移動する技術は、このような場面でも活躍できる。とくに、畜産業の分野では、労働環境が過酷であり、豚舎の床の洗浄や鶏舎内の監視等への応用研究を展開している。豚舎や鶏舎のような建物の場合、建物の構造物に沿って通路を走行することが可能な場合が多い。そこで、壁だけでなく柵やガラス面等を含む多様な構造物に沿って走行可能な技術を研究開発している。

[1] Shoichi Maeyama, Yuta Takahashi, and Keigo Watanabe: "A solution to SLAM problems by simultaneous estimation of kinematic parameters including sensor mounting offset with an augmented UKF", Advanced Robotics, 29:17, 1137-1149, DOI:10.1080/01691864.2015.1067645

[2] Tatsuya Kamiyama, Shoichi Maeyama, Kazuya Okawa, Keigo Watanabe, and Yasuyuki Nogami: "Recognition of parking spaces on dry and wet road surfaces using received light intensity of laser for ultra-small EVs", Proceedings of the 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp.494-501, 2019.

ロボットデザインと科学教育

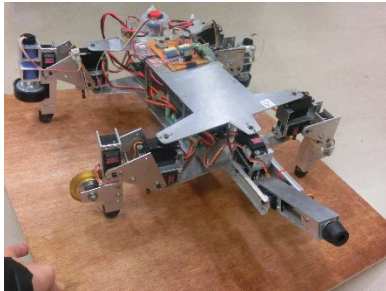
香川大学創造工学部 機械システム工学領域 准教授 石原 秀則

連絡先 ishihara.hidenori@kagawa-u.ac.jp



ロボットデザイン

ロボットとは、センサやカメラにより、外界情報やロボット自体の状態を検知し、行動を自らの判断により決定するシステムです。本研究室では、特に移動機構に重点を置いて研究を行っています。これまでに、窓清掃ロボット WallWalker、6足歩行ロボット、5足歩行ロボット、磁力吸着ロボットなどについての研究を行ってきました。



5足歩行ロボット



6ジャッキ脚ロボット



磁力吸着ロボット

このようなロボットをデザインするために、ロボットに求められている機能を解析し、必要な機構を組み合わせつつ、無駄を排除し、最適な機構と制御システムについて研究を進めています。

科学教育

科学技術が発達し、科学技術立国を目指す日本でありながら、青少年の理科場慣れが問題となる矛盾が生じています。その要因の一つが幼少期のものづくり体験の減少があります。そこで、平成22年に香川源内ネットワークを設立し、香川県内の青少年を対象として、ものづくり体験教室、科学体験教室を実施しています。



出前体験教室



サマーキャンプ「めざせ!ロボットチャンピオン!!」



これまでの活動実績概要

(主催業実)

- ・サマーキャンプ
- ・夏休み自由研究応援隊
- ・源内フェスティバル
- ・夏休み子供フェスティバル

(協力事業)

- ・丸亀市市民学級
- ・三木町青少年少女発明クラブ
- ・小学校科学クラブ

(出前教室)

- ・金蔵寺春祭り
- ・さぬき子どもの国

その他、県内小学校、子供会、児童館にて多数開催

高齢者の注意量を可視化する ―視覚的注意の計算モデルに基づく検討―

香川大学創造工学部 機械システム工学領域 准教授 佐藤 敬子

連絡先：sato.keiko@kagawa-u.ac.jp



【研究目的】

人の視覚情報に対する注意は視覚的注意と呼ばれ、視覚情報の中から必要な情報を選択的に収集し処理するプロセスである。図1のように、視覚刺激に対する注意の量を計算する顕著性マップは、視覚刺激に対して、注視の観測される確率を可視化したもので、顕著性の高い領域は明るく、低い領域は暗く表現される。顕著性マップは、図2に示すような輝度や色味などの各特徴量マップに基づき計算される。人間の注意の向きやすい領域を予測する特性から、広告やヒューマンインタフェースのデザイン、ロボットビジョンなどに広く利用されている。

人間の色覚は生涯を通じて一定ではない。一般的に輝度感度は、加齢により短波長で低下することが知られる。これにより、短波長帯に感度が高い錐体が関係するチャンネル（黄－青反対色応答）に対する弁別能力が低下し、特に輝度コントラストが低い条件で顕著である。本研究室ではこれまで、高齢者の黄－青軸上の色弁別能力の低下が注意に影響することを、視覚探索を用いて示した（Tamura & Sato, 2020）。本研究では、高齢者の視覚的注意における

色特徴の寄与を定量的に示し、高齢者の色覚特性を考慮した視覚的顕著性モデルの構築を目標とする。これにより、高齢者の注意特性を考慮した製品デザイン、案内表示、高齢ドライバーのトレーニングなどへの応用につながるが見込まれる。

【研究内容】

若年者と高齢者に対する注視実験から、図3のような注視ヒートマップを取得し、注視のばらつきの指標としてエントロピーを用いて定量的に示した。さらに、注意の計算モデルとして、図1及び図2に

示す顕著性マップ及び色特徴として輝度、赤－緑、黄－青特徴を可視化した目立ちマップを用いて、若年者と高齢者の注視特徴を定量的に比較することで、計算モデルで考慮すべき高齢者の注視特性を明らかにする。

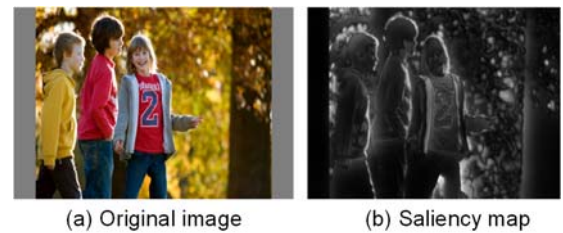


図1 顕著性マップ

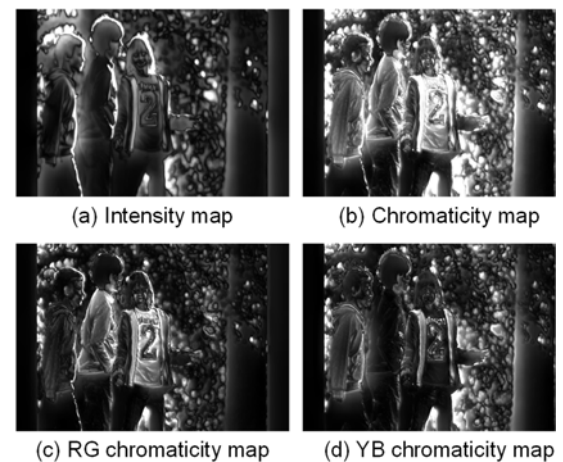


図2 輝度、色味（赤緑、黄青）マップ

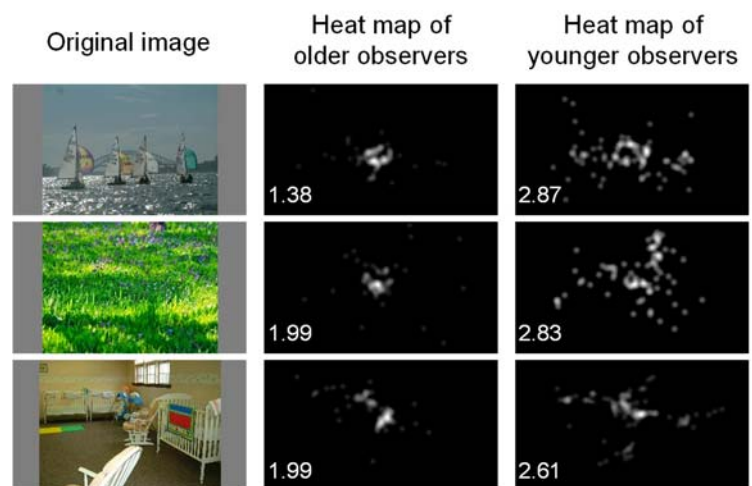


図3 高齢者と若年者の注視ヒートマップ
(画像内の数字はエントロピー)

微細構造デバイスを利用した1細胞・1分子操作 解析技術の開発

香川大学創造工学部機械システム工学領域 准教授 寺尾 京平

連絡先 terao.kyohei@kagawa-u.ac.jp



研究概要

当研究室は、ナノ・マイクロメートルサイズの構造体を利用した、生体試料の操作と解析技術の開発を行っています。特に生体分子1分子の操作解析技術の開発、1細胞操作解析技術、細胞薬剤応答の計測に取り組んでいます。これらの技術開発を通して、従来の実験ツールでは見ることのできなかった隠された生命機能・構造を明らかにすることで、基礎生物学や医学の発展に貢献することを目指しています。

研究室主宰：寺尾 京平 香川大学工学部准教授、香川大学微細構造デバイス統合研究センター副センター長

微細加工設備：文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業香川大学装置
香川大学微細構造デバイス統合研究センター管理設備・装置を使用

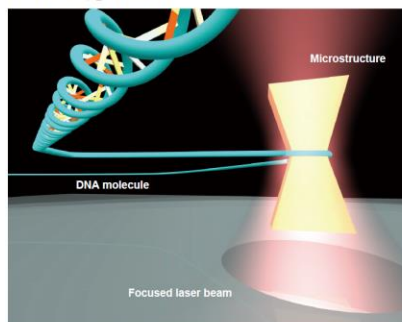


1細胞・1分子操作解析技術

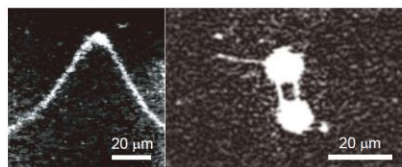
DNA 1分子操作・加工

DNAを1分子毎に解析するための操作・加工技術を開発することで、未解明のDNA分子の高次構造・ダイナミクスにアプローチすることを目指している。

DNA 1分子操作

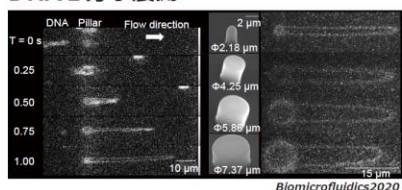


IET Nanobiotechnology, 2015
光駆動微小構造体による1分子操作



Lab on a Chip, 8, 2008
DNAピックアップと巻き取り操作

DNA 1分子展開

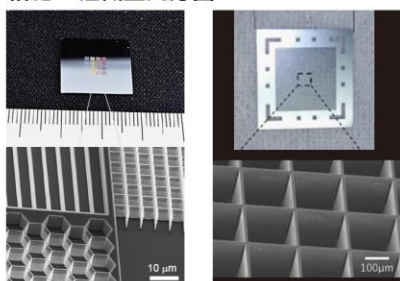


Biomicrofluidics2020
環状DNA分子の「分子輪投げ」展開

1細胞操作・加工

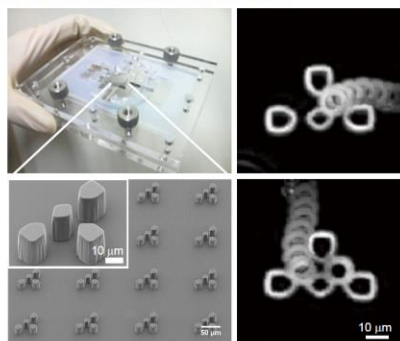
がん研究や基礎生物学分野で求められている1細胞毎の解析技術の実現を目指し、組織から1個の細胞を、あるいは1個の細胞から微小な細胞断片を個別に回収する技術の開発や、マイクロ流路内での細胞配置技術の開発に取り組んでいる。

細胞・組織空間分画



MEMS2017
ナノブレード・貫通型マイクロブレードアレイ

電気浸透流による細胞配置

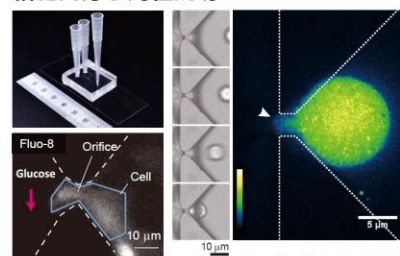


Lab on a Chip, 11, 2011
オープンチャンバー内異種細胞配置

1細胞薬剤刺激応答計測

細胞機能の詳細な理解のため、マイクロ流体デバイスによって生体内を模倣した環境を作り、細胞の薬剤に対する応答特性の解析を行っている。特に、空間的に限定された領域を薬剤刺激したときの、細胞内応答や細胞間のシグナルの伝搬を計測している。

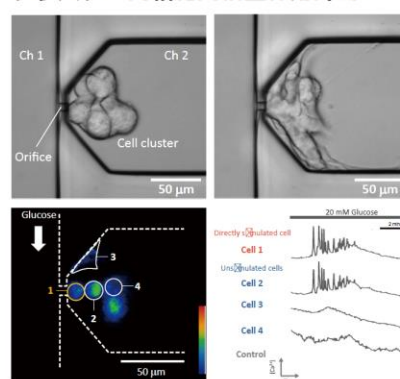
細胞内分子局在誘導



Scientific Reports 2014

局所グルコース刺激に対する膵β細胞応答

クラスター内細胞間相互作用計測



Pacificchem2015

膵β細胞クラスター内[Ca²⁺]応答伝搬

膝関節の負荷軽減のための歩行動作

香川大学創造工学部機械システム工学領域 講師 井上 恒

連絡先 inoue.koh@kagawa-u.ac.jp



1. 背景

歩行は人にとってもっとも基本的な移動手段である。生涯にわたって重要な移動手段である歩行は、近年、多くの中高齢者にウォーキングなどの健康運動として注目を集めている。一方で、過度な歩行、または、ウォーキングの実施によって膝などの関節に痛みが発生し、歩行の継続が困難となってしまう場合もある。一度、傷害が発生すれば、それが後遺症となり日常生活に支障を来してしまうこともある。

膝関節痛や変形性関節症は、関節面と関節面を押し付ける力（関節面接触力）と関係すると言われている。この関節面接触力に対して体重や歩行時に発揮される筋力の影響などが調査され、歩行時の関節面接触力が増減するメカニズムが明らかにされつつある。しかし、これらの知見はすぐに実践に移せる状態にはなっていない。例えば、どのような歩き方をすれば関節面接触力を減らせるか、というような多くの人がすぐに実行可能な方策は未だ示されていない。生涯にわたって持続可能な歩行動作を多くの人が実現するためには、このような問題の解決が必要である。

2. 研究概要

産業技術総合研究所が提供している歩行データベースの動作データから、筋骨格モデルを用いて膝の関節面接触力を算出した。図 1 に歩行中の膝関節屈曲角度（左）と膝関節面接触力（右）を示す。同図の横軸（歩行周期）は、右足の踵接地が 0 %、60 %付近で右足の爪先が地面から離れ、100 %で再び右足の踵接地を表している。図 1 左の関節面接触力は体重比（BW）で示してある。同図では二峰性のパターンを示しているが、本稿では一つ目のピークに関する分析を記す。図 1 右は膝関節の屈曲角度を示している。踵接地直後の立脚初期に軽度屈曲をする。このタイミングは関節面接触力の一つ目のピークと一致した。そこで、これらの関係について分析を行ったところ、中程度の相関がみられた（図 2）。この結果は立脚初期の軽度膝屈曲の角度が小さいほど（膝を伸びているほど）、関節面接触力が小さくなる傾向を示している。また、この傾向は個人内での分析（本稿等は別のデータによる分析）ではより強く示されている。従って、膝の負荷軽減のためには、立脚初期は膝を伸ばした状態での歩行が有効であると推察される。ただし、本稿とは別のデータで、この膝の角度が 10° を下回ると関節面接触力が増加する傾向も示されており、例えば、競歩のような歩き方は膝の負荷を増加させることが懸念される。

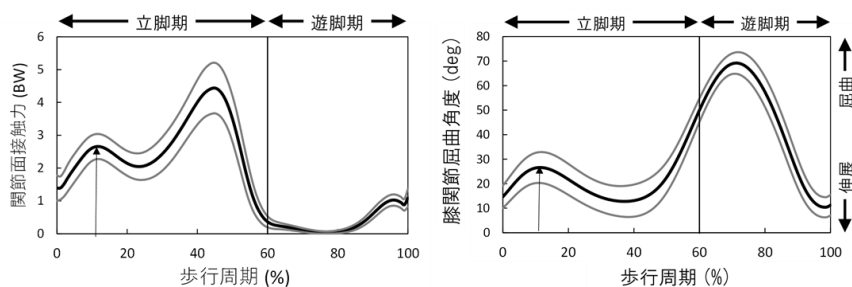


図 1 歩行中の膝関節面接触力（左）と膝関節屈曲角度（右）

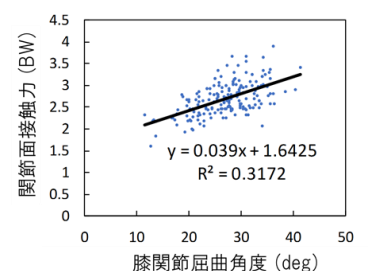


図 2 膝関節屈曲角度と関節面接触力の関係

3. 今後の展望

歩行分析から得られる知見は様々な産業への応用が期待できる。例えば、歩行状態の分析から時々刻々変化する疲労状態や障害リスク等の情報をスマートフォンやタブレット端末などでリアルタイムに提供することができれば、健康関連の製品開発や安心・安全な観光産業の活性化に貢献できると考えられる。

交通事故のない社会のためのデータ取得とシミュレーション技術

香川大学創造工学部機械システム工学領域 講師 堤 成可

連絡先 tsutsumi.shigeyoshi@kagawa-u.ac.jp

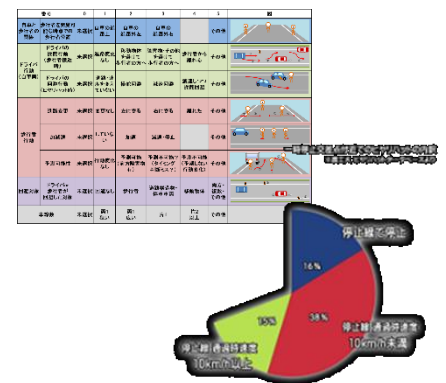


研究概要

事故のない、安全で快適な移動を考えるためには、原因や要因の整理や検証が重要であり、シミュレータ環境での走行データや、実路でのドライブレコーダでの記録情報を用いた、歩行者や自転車など交通参加者や、運転している人の行動分析を行っています。運転の危険性・安全性の評価や、人の好みを考慮した運転、情報提示インタフェースについて、モデル化技術、シミュレータ技術等による実験・検討を行い、分析した結果を活用しています。

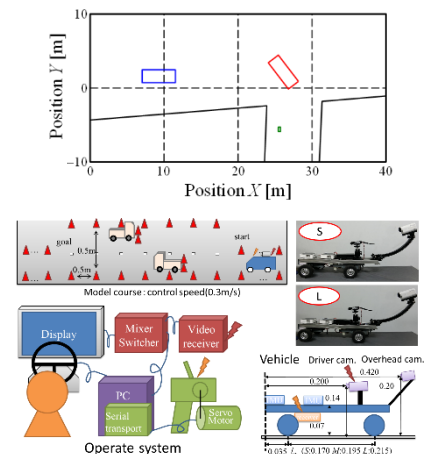
ドライブレコーダ情報等を利用した道路交通参加者の行動理解

事故を減らすには、現実には起きている事故や危険な事象を理解することが重要です。当研究室では一例として、東京農工大学のヒヤリハットデータベースを利用し、対自転車、対背面通行中の歩行者などの交通環境における事故やヒヤリハット時の分析を行い、ドライバの行動と、相手や道路構造物との位置関係から、リスクが高くなりやすいパターンを検討しています。



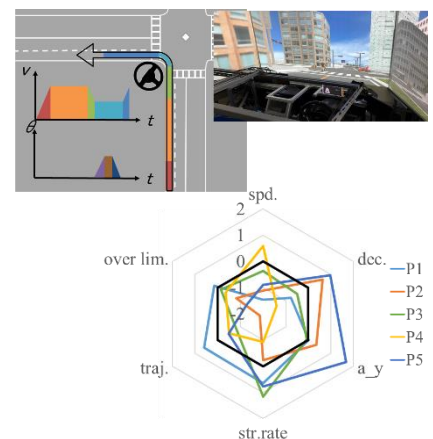
リスクが高い環境の模擬と検証

事故のリスク要因や原因がある程度整理できても、実際に事故を減らすことができなければ意味がありません。これらを繰り返し検証するために、より汎用性や再現性が高い模擬環境が必要になります。当研究室では、上記で分析したリスクの高いパターンをシミュレータ上や模擬環境で再現して、ドライバに情報提示インタフェース等込みで運転してもらったり、自動で走る車両や、ドライバの運転を再現した車両を走らせたりして検証を進めています。



ドライビングシミュレータを利用した個々の運転行動計測

その人の癖や習慣など、個々の特徴や好みを把握できれば、快適な移動を考えるのに役立ちます。当研究室では、人の行動計測のためのドライビングシミュレータを構築し、繰り返し運転してもらうことで得られる習熟の過程や操作量、ばらつきなどから、その人が目指している運転の特定や、普段から得意とするところなど、特徴や好みの特定に役立つ情報を収集できる環境構築を目指しています。



「人を守るために」観るビジョン技術

香川大学創造工学部機械システム工学領域 講師 林 純一郎

連絡先 hayashi.junichiro@kagawa-u.ac.jp



(1) 概要

商店街など自転車と歩行者が混在するような場における接触事故や自動車運転時の事故防止のため、安価なドライブレコーダやアクションカメラを用いた障害物検出技術など、「人を守るために」観るビジョン技術についての研究を行っています。

(2) 道路規制機材の検出手法

道路上には工事や事故処理のために一時的に設置して車線を誘導する規制機材が存在しますが、現行器材の視認性の低さに起因し、運転手の認識遅れや見落としにより道路作業員が事故に巻き込まれる事例が多数確認されています。

ここでは安価なドライブレコーダを用いた道路規制機材の検出に関する研究を行っています。



図1 仮想平面を設定した道路規制機材検出結果の一例

(3) 夜間における路面の水溜り検出手法

夜間に道路上に水溜りがあると、ハンドルをとられたりして大変危険です。ここでは安価なドライブレコーダを用いて、一般的な道路上は拡散反射成分であり水溜りは鏡面反射成分といった路面の反射特性を利用し、水溜りを検出する研究を行っています。



(a) 入力画像

(b) 出力画像

図2 路面の水溜り検出結果の一例

(4) 複数カメラによる前方車両との距離計測手法

安価な2台のドライブレコーダを用いて、前方の車やバイクのテールランプの色特徴に注目した車両後部の抽出及びテンプレートマッチングによる距離計測、更に交差点巻き込み事故防止のため歩行者である人の特徴を用いた歩行者検知などのシステムについて研究を行っています。



図3 前方車両との距離推定結果の一例

(5) カーブミラーを利用した移動体推定手法

交差点に接近する自動車、自転車などを検出・追跡するため、信号機のない交差点等に設置されているカーブミラーを抽出し、ミラーに映る映像を正規化、移動体の検出を行い、その存在をドライバーに伝達することで交差点での出会い頭事故を防止する研究を行っています。

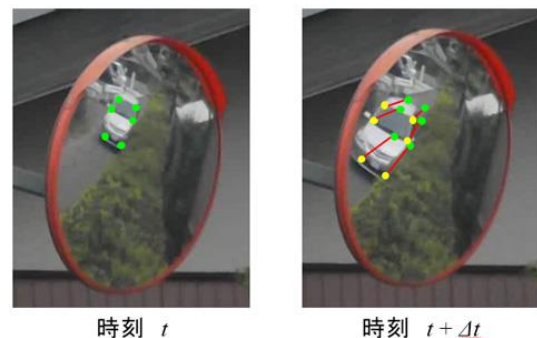


図4 カーブミラー利用事故防止手法結果の一例