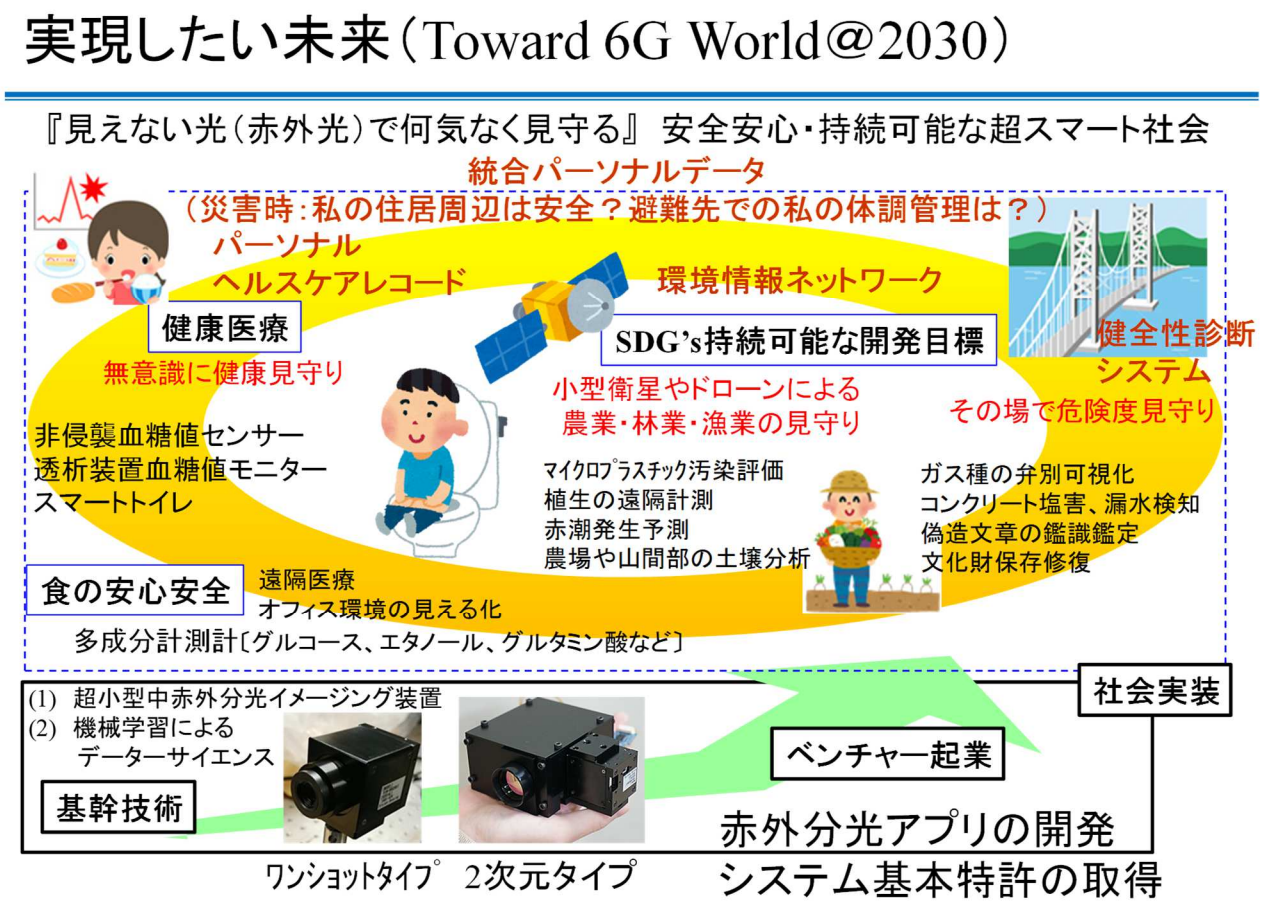
赤外分光イメージングによる成分の「その場解析」

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

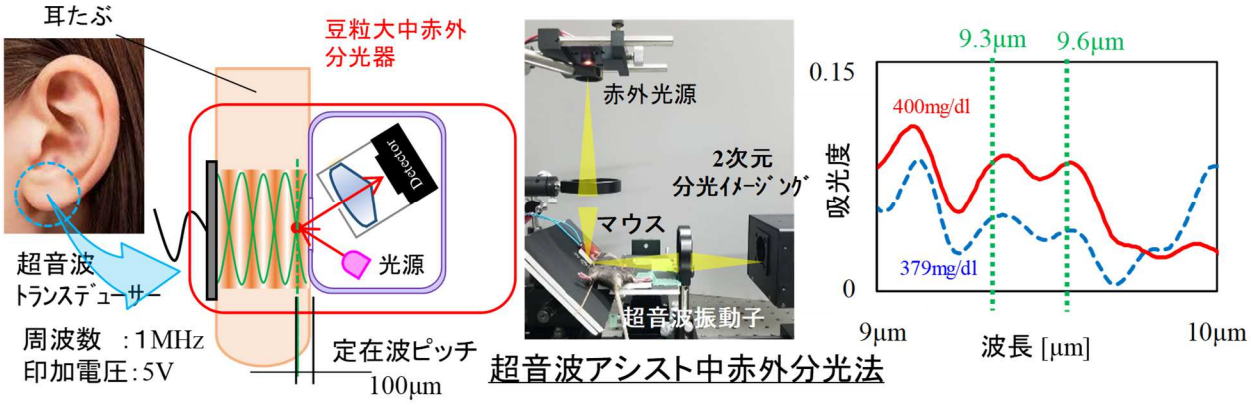
『見えない光（赤外光）により何気なく見守る』安全安心･持続可能な超スマート社会

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。



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。



超音波アシスト中赤外分光法

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

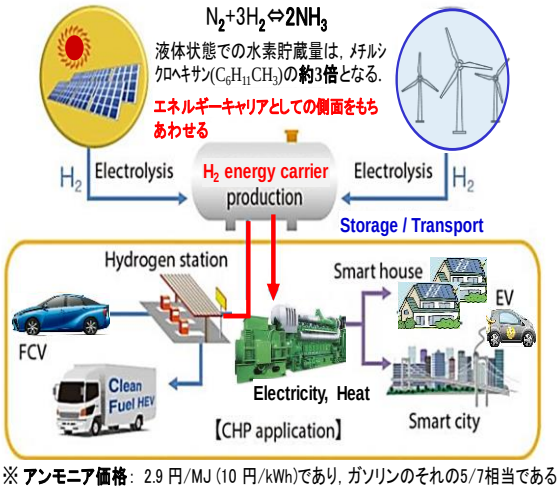
近年，地球規模での環境問題，とりわけ二酸化炭素による地球温暖化が一段と顕在化している．地球温暖化の一因とされる CO_2 の大気中への蓄積を低減するためにも，エネルギーの脱炭素化（脱石油・石炭）や省エネルギー化，再生可能なバイオマス資源（廃材等）の有効利用の研究が必須となる．本研究室では、CO_2 フリー燃焼技術（図１）や CO_2 固定化技術，食物と競合しないバイオマスの燃料化（図２），廃棄物の有効活用，省エネのための希薄燃焼技術（図３）等について精力的に技術開発をしている．

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 NOx 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ため安定燃焼が困難であり，かつ強制燃焼させると大量の NOx（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 NOx を同時低減可能なバーナーを開発する．



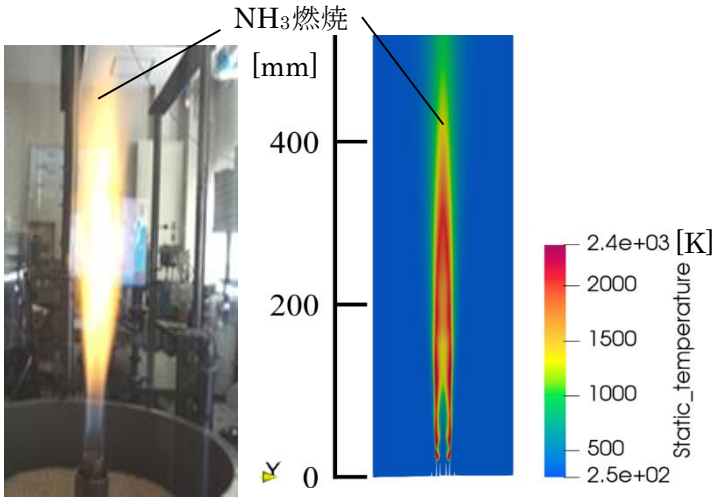


図１　アンモニアバーナーの設計・開発　　［設計には熱流体解析（スーパーコンピューター）を併用 ］

（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 ℃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，1000～1200℃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℃程度まで低温化できる迅速ガス化技術（ガス化速度定数 $K_p=0.1/min$）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．

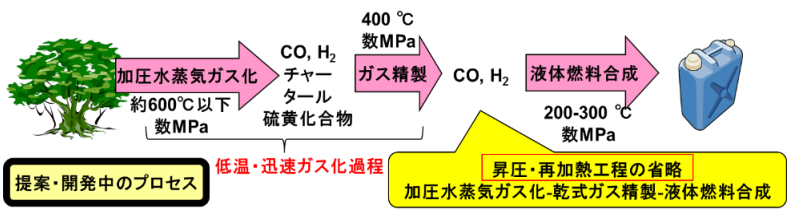


図２　未利用バイオマス（残材等）の低温迅速ガス化と液体燃料化

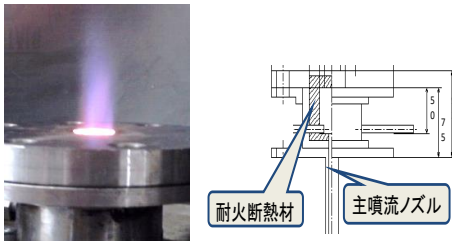


図３　省エネ対応のための超希薄燃焼技術

装着式の外骨格型上肢用の家庭リハビリ装置の開発

香川大学創造工学部機械システム工学領域 教授　郭　書祥

連絡先 guo.shuxiang@kagawa-u.ac.jp

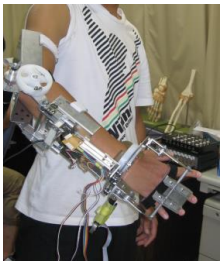
HP: http://guolab.org/; https://researchmap.jp/GS000139

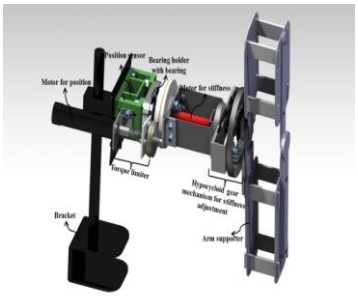
研究目的

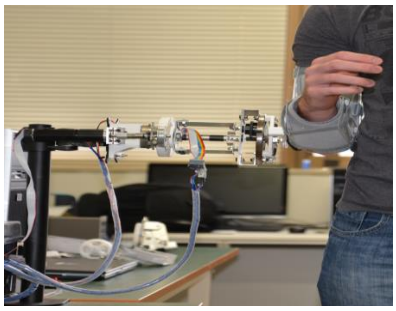
老齢化と脳卒中患者の患者が増加するとともに、病院における医療資源が不足する。家庭でリハビリを行うことができるロボットリハビリが注目されている。本研究では、安全性に優れ、患者が任意に加えられる外力を調整する可能な装着式の外骨格型上肢用のリハビリ装置を開発した。開発した装置は軽量であり、家庭には人間の上肢の遠隔リハビリに対応できる。

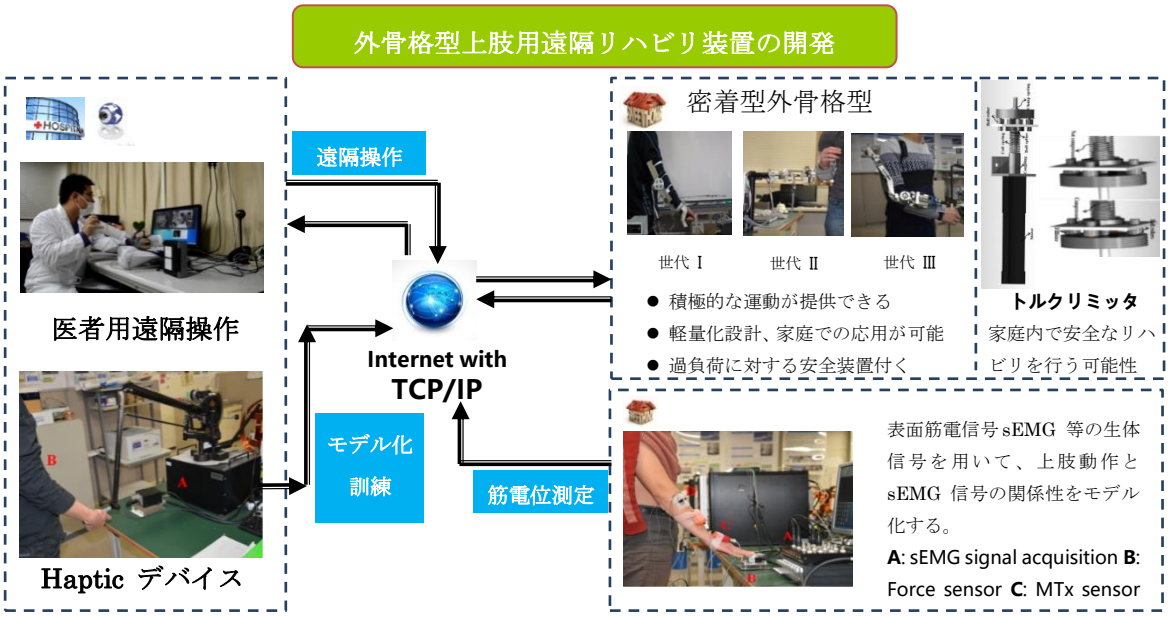
1．研究内容、概要とプロジェクト

- 三つ積極的な運動を提供（伸展と屈曲、回内と回外、掌屈と背屈）
- 受動的な自由度を設けることにより、人間の上肢の運動に対する対応性が高い。
- 特殊な駆動系の構造によって、多数の訓練モードを支援。
- マスターとスレーブ操作システムに基づく、 Haptic デバイスを用いた受動的な訓練を実現。
- 外骨格型リハビリ装置の更なる軽量化を図るとともに、家庭内でも容易にリハビリを行うことができる。
- モデルに基づくリハビリ対象者の健康な箇所の動きを sEMG で運動パターンとして識別、そして障害がある箇所に取り付けた装置で識別した運動ができてリハビリが行える。









2．関連する代表論文と特許

- Ziyi Yang, Shuxiang Guo, “A Mirror Bilateral Neuro-Rehabilitation Robot System with the sEMG-Based Real-Time Patient Active Participant Assessment”, ***Life*** 2021, Vol.11, DOI: 10.3390/life11121290, 2021. (**IF=3.817**)
- リハビリ装置，**公開番号，特開** 2017-164142.

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

ー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μm/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.

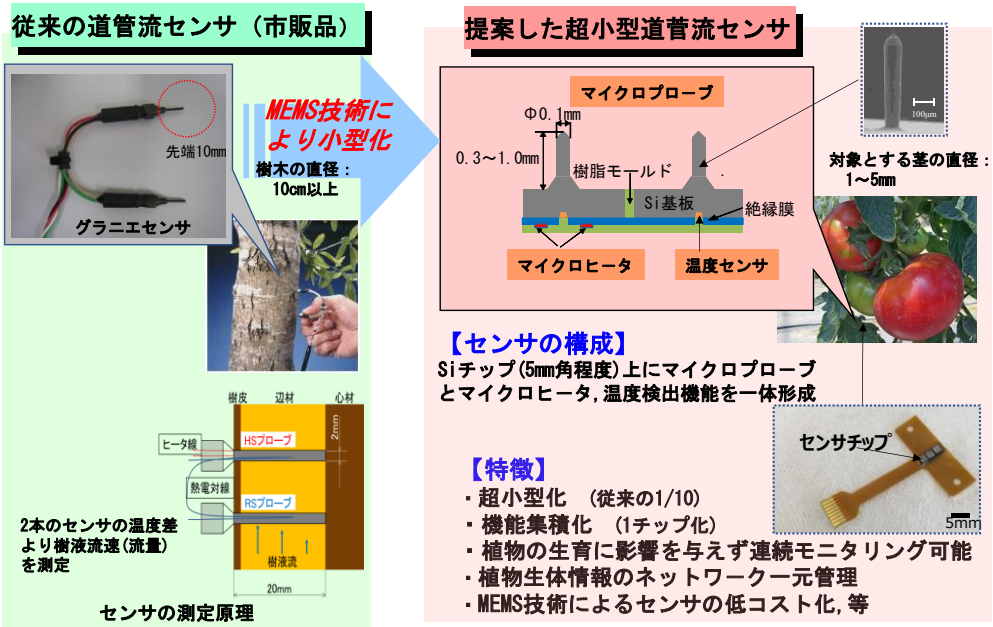


図１　従来の道管流センサ（市販品）と本研究で提案する超小型道管流センサとの構成比較

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

安全不確認等

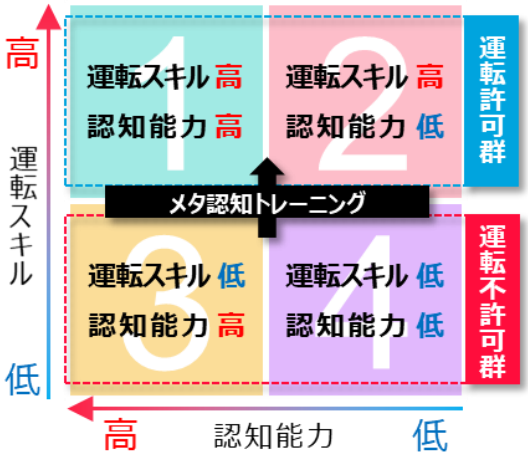
認知機能の低下に起因する交通事故が多発

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

目的

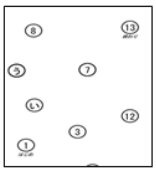
多少認知機能が低下していても安全に運転できるように，**メタ認知トレーニング・支援**を行い，③④から①②に改善する



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

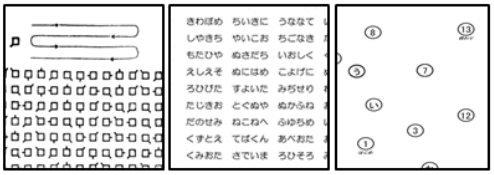
STEP3

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

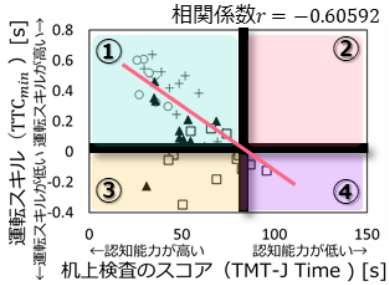
認知機能の臨床的評価に用いられる3種類の神経心理学検査を実施



ドライビングシミュレータ試験

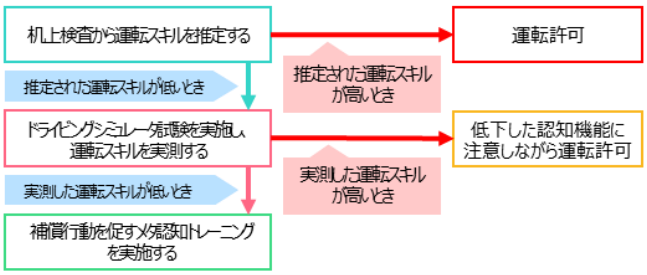
交通事故ミクロデータを基に、事故件数の多い無信号交差点での出会い頭事故を再現

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

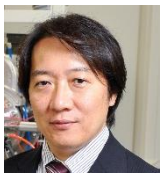
運転可否を判定するフローと総括



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



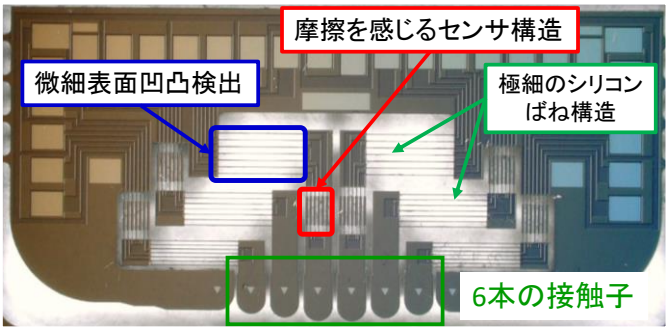
香川大学 創造工学部機械システム工学領域 教授　高尾 英邦
連絡先 takao.hidekuni@kagawa-u.ac.jp

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。

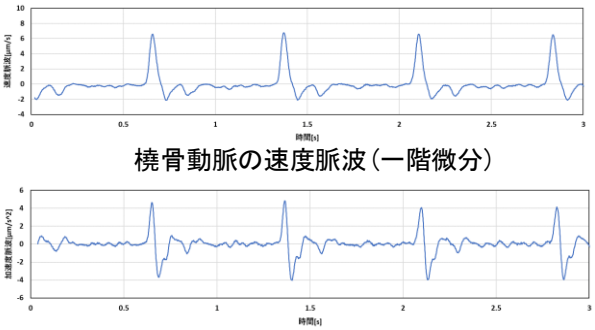
我々のグループでは，半導体の微細加工が可能な『MEMS 技術』を用いて精緻な細胞組織群からなる指先のような触覚を再現可能な『ナノ触覚センサ』を新たに実現し，従来技術では検知できなかった繊細な触覚や手触り感の違いをハッキリと感じ取ることができる新しい触覚センシング分野を開拓します。

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』



橈骨動脈の速度脈波（一階微分）

橈骨動脈の加速度脈波（二階微分）

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

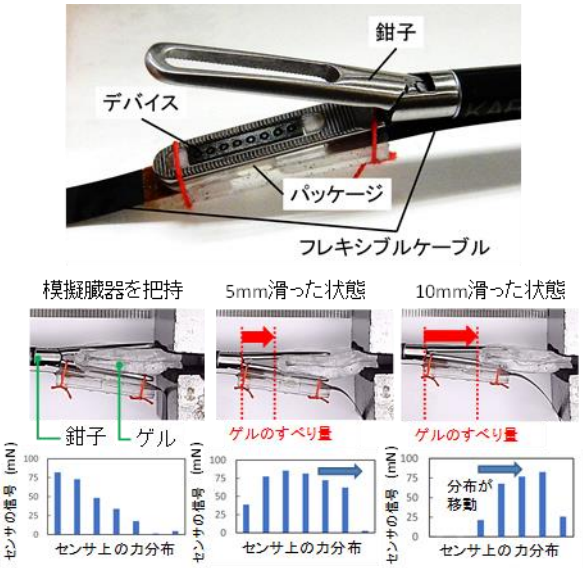


図３ センサを持つ手術用鉗子と滑り知覚実験

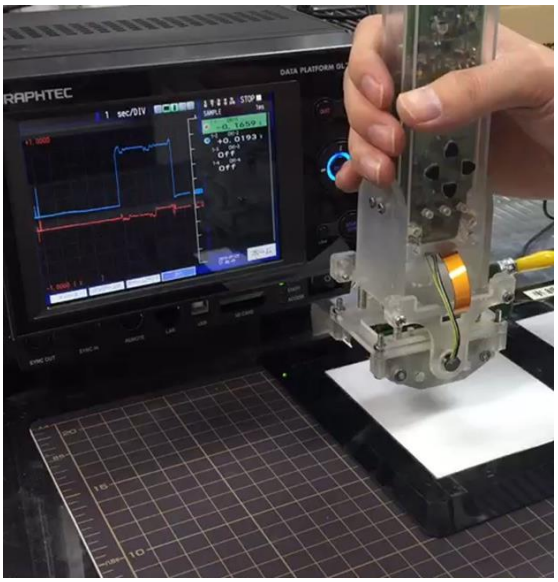
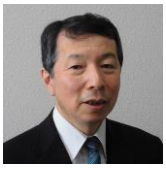


図４ なぞって計測する『手触り感スキャナー』

『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。

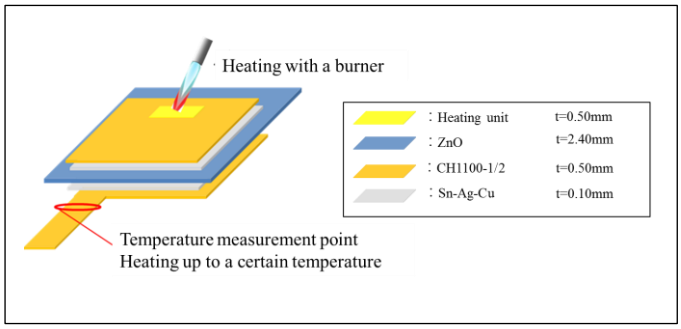


図１　セラミック避雷素子の構造

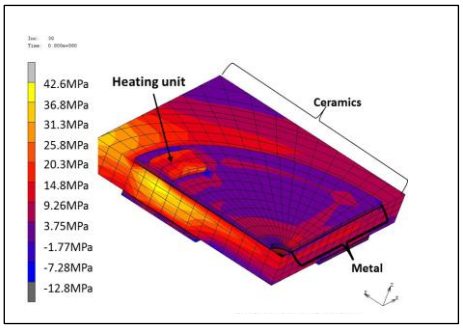


図２　熱応力解析結果

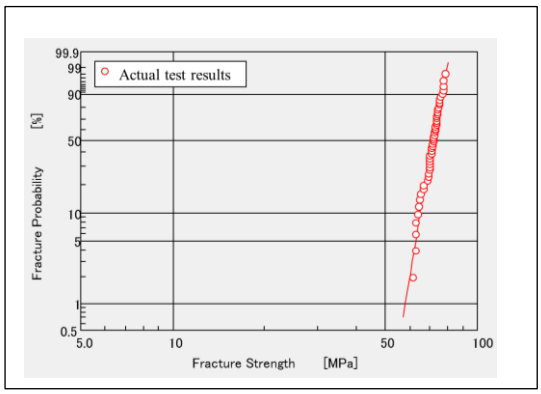


図３　セラミック素材の強度分布

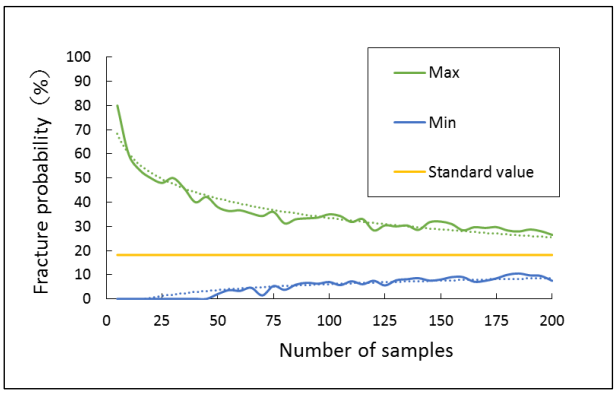


図４　試験本数と出現破壊確率

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。

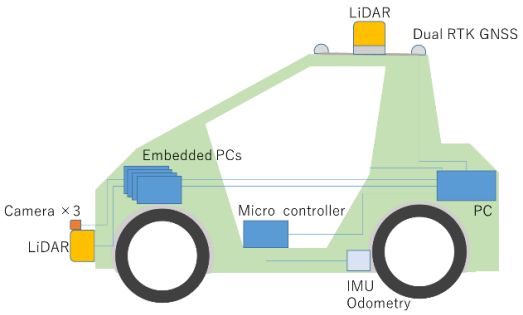
屋外を自律移動する小型低速のモビリティのための要素技術

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

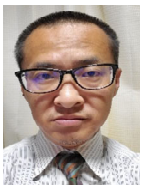
農業は，近年，IoT 化が急速に進んでおり，屋外を移動するシステムの導入も盛んに試みられている．本研究での屋外を自律移動する技術は，このような場面でも活躍できる．とくに，畜産業の分野では，労働環境が過酷であり，豚舎の床の洗浄や鶏舎内の監視等への応用研究を展開している．豚舎や鶏舎のような建物の場合は，建物の構造物に沿って通路を走行することが可能な場合が多い．そこで，壁だけでなく柵やガラス面等を含む多様な構造物に沿って走行可能な技術を研究開発している．

[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.

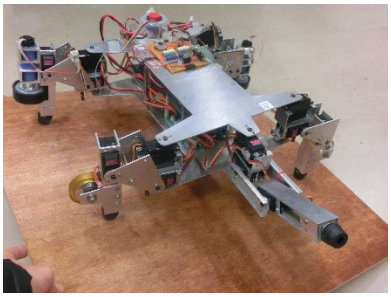
ロボットデザインと科学教育

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

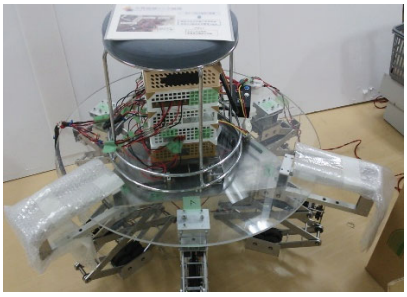


ロボットデザイン

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

色覚異常者のための色覚バリアフリーな呈示手法の提案

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

【研究概要】

色覚異常者は，ある範囲の色について差を感じにくく，これまでに色の変換や強調による色覚補助システムが提案されてきたが，普及には至っていない。本研究室では，透過型ディスプレイ等の表示デバイスに実装可能な「色覚デジタルカラーフィルタ」に関する基礎的研究を行っている。これは，画像にカラーフィルタを合成することで，識別困難な色合わせを弁別しやすくさせるものである。これにより，既存の色覚バリアフリーとは異なる理論に基づいた，自然な視環境の提供を目指している。

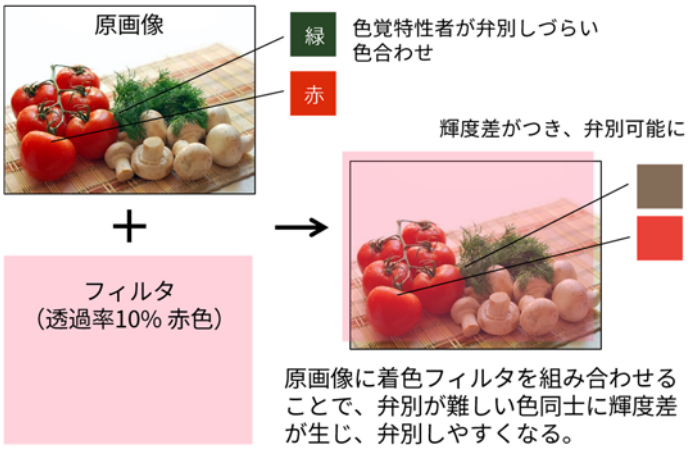


図１　色覚異常者の色弁別を向上させる着色フィルタの理論

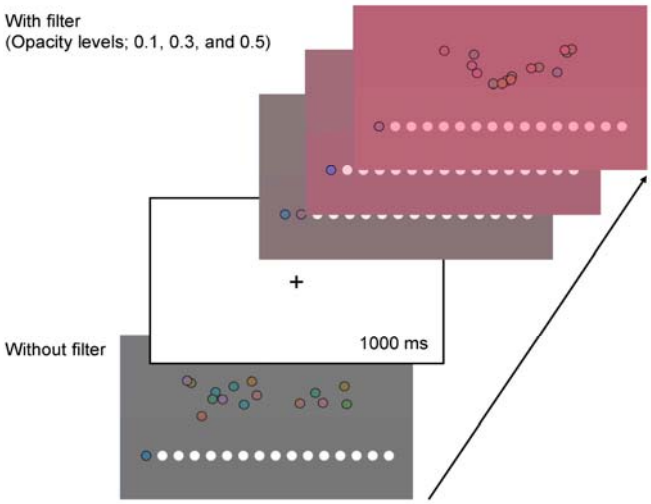


図２　フィルタの効果を検証する視覚実験

【研究目的と内容】

日本における色覚異常者の割合は男性では約 5%と言われており,特定の範囲の色に対する応答や色の識別が困難である。特に，赤と緑を混同する赤緑色覚異常者が最も多く，強度色覚異常の場合は，職種の制限を受けることもある。本研究では，表示デバイスに実装可能な「色覚デジタルカラーフィルタ」の構築を目的として研究を行っている。これは，着色レンズの原理を表示デバイスに応用する新しい試みであり，画像にカラーフィルタを合成することで，識別困難な色合わせに輝度差を生じさせ，弁別性を向上させるものである（図 1)。一部の色を変換する既存手法とは違い，より自然な補正が可能な新しい概念の色覚バリアフリー化であり，さらにフィルタ合成は画像補正としてシンプルな手法であり，既存のディスプレイにも簡便に実装できる。

これまでに，既存の着色レンズの分光透過率から作成したデジタルカラーフィルタにより，色覚異常者に対して弁別性を測定する視覚実験を行い（図 2)，2 型強度色覚異常者の弁別能力が向上することを確認している。さらに現在では，赤緑色覚異常者の弁別性向上がどのようなメカニズムに起因するものかを解明し，その理論に基づき，異なる型に対応するカラーフィルタを作成し，フィルタの有効性を示すために研究を進めている。

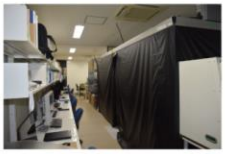
K. Sato, T. Inoue, S. Tamura, and H. Takimoto, Discrimination of colors by red-green color vision deficient observers through digitally generated red filter. *Visual Neuroscience*, 36:e001, 1-9, 2019.

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標としています。



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

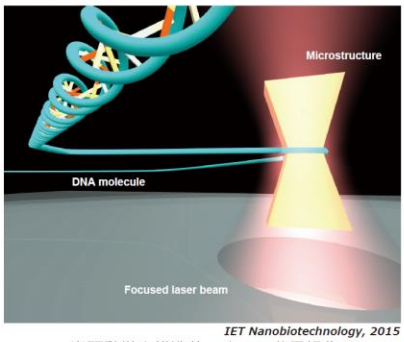
微細加工設備：文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業香川大学装置
香川大学微細構造デバイス統合研究センター管理設備・装置を使用

１細胞・１分子操作解析技術

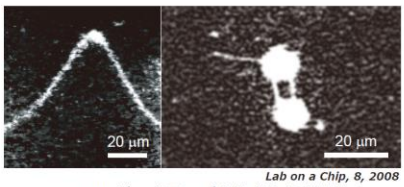
DNA１分子操作・加工

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。

DNA１分子操作

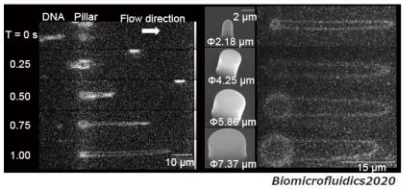


IET Nanobiotechnology, 2015
光駆動微小構造体による１分子操作



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

DNA１分子展開

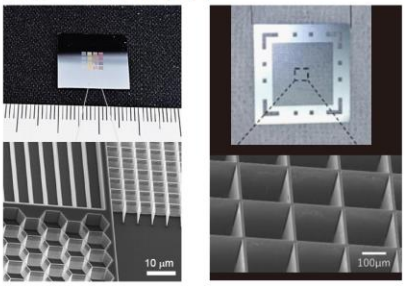


Biomicrofluidics2020
環状 DNA 分子の「分子輪投げ」展開

１細胞操作・加工

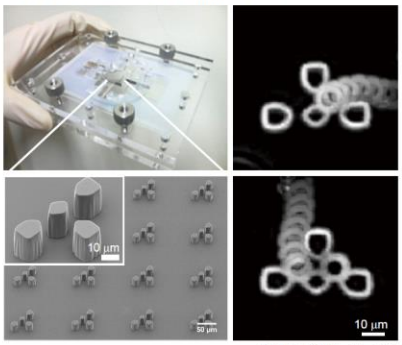
がん研究や基礎生物学分野で求められている１細胞毎の解析技術の実現を目指し、組織から１個の細胞を、あるいは１個の細胞から微小な細胞断片を個別に回収する技術の開発や、マイクロ流路内での細胞配置技術の開発に取り組んでいる。

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

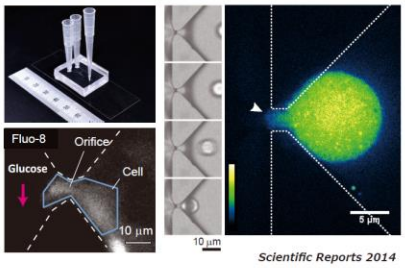


Lab on a Chip, 11, 2011
オープンチャンバー内異種細胞配置

１細胞薬剤刺激応答計測

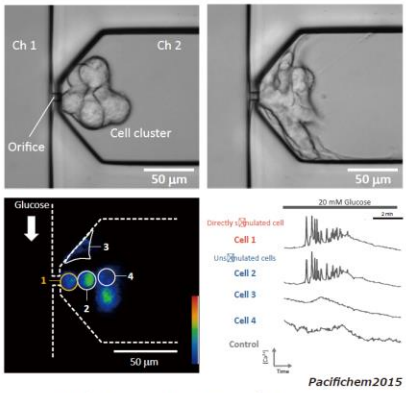
細胞機能の詳細な理解のため、マイクロ流体デバイスによって生体内を模倣した環境を作り、細胞の薬剤に対する応答特性の解析を行っている。特に、空間的に限定された領域を薬剤刺激したときの、細胞内応答や細胞間のシグナルの伝搬を計測している。

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



Pacifichem2015
膵 β 細胞クラスター内 [Ca^{2+}] 応答伝搬

管材の 2 軸変形による成形限界評価試験

香川大学工学部 知能機械システム工学科 准教授　吉村　英徳
連絡先 yoshimura.hidenori@kagawa-u.ac.jp

・背景

自動車の軽量化などを目的に，部材の曲げ，ねじりの高剛性化・高強度化の 1 手法として，断面 2 次モーメントおよび断面 2 次極モーメントを大きくする中空部材化がある．中空部材の製造には，大量生産される円管を素材として成形するチューブフォーミング技術がある．チューブフォーミングは，穴あけ，曲げ，拡管・縮管，潰し，張出しなどの加工，およびそれらを組み合せた複合加工の総称である．生産性を目的に複合一体成形が一般に行われ，塑性加工が主に用いられているが，複雑かつ厳しい加工が行われるため，成形性が問題となる．近年，有限要素法など加工プロセスシミュレーションが盛んとなっているが，プロセス設計するには成形限界予測を含めて行う必要がある．成形限界予測には，材料評価試験を行って限界値を知る必要があり，管材の成形性評価試験を確立する必要がある．

・現状の課題

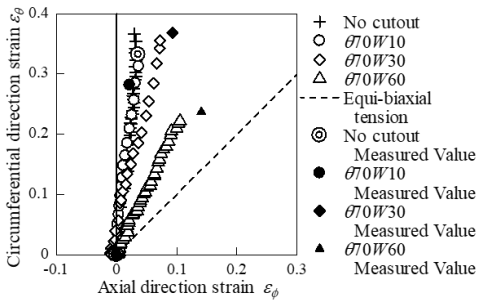
管材の材料試験として JIS や ISO 規格があるが，大半は溶接部等の健全性を評価する試験であり，材料の変形抵抗や成形限界を評価する試験ではない．管軸方向および円周方向の切出し試験片による引張試験によってこれらを取得することができる．しかし，これらの引張試験は単軸変形であり，2 軸変形時のひずみ経路依存性による変化は取得できない．金属管材の 2 軸試験法として，油圧バルジ試験などがあるが，油圧ポンプやシーリング，軸押しなど複雑かつ高価な機構が必要であり，容易に使用できる試験法ではない．

・提案する方法

バルジ試験において，内圧媒体にシリコーンゴムを使用し，ゴムをパンチで押し込んで内側から金属管を張出させて試験する．全周を張出させる自由バルジでは，単軸方向に近い（円周方向が引張で，管軸方向が縮み）ひずみ経路が得られるが，例えば溶接管では溶接部，熱影響部などの弱いところで破断し，母材部の強度の弱いところを特定するような成形限界を評価できない．また，他のひずみ経路も多数取得する必要がある．そこで，**管材の一部のみを張出させること，管の張出し部反対側の切欠きや張出し部管軸方向近傍の円周方向スリットを付与することで，多数の 2 軸変形ひずみ経路の試験**が可能となると思われる．この方法により，汎用の万能試験機にて試験することができる．ひずみの測定には，ステレオ画像では高価な設備が必要だが，張出し部頂点のみであることから，おおよそ平面とみなせ，単眼カメラによる DIC（Digital Image Correlation：デジタル画像相関法）を用いることができる．

・実験による検証

純アルミの焼鈍し管材（A1050-0）および溶接鋼管に適用し，2 軸成形におけるくびれ発生の成形限界の取得試験を行った．管の張出し部反対側の切欠きが大きくなるほど等 2 軸変形に近づき，張出し部管軸方向近傍の円周方向スリットを入れることによって平面ひずみから円周方向単軸引張のひずみ経路を取得し，それらの成形限界を取得することができた．



切欠きを付与した時のひずみ経路（端部が成形限界（くびれ発生）

「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。

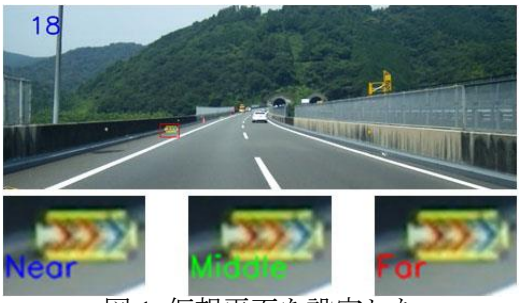


図 1 仮想平面を設定した
道路規制機材検出結果の一例

（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

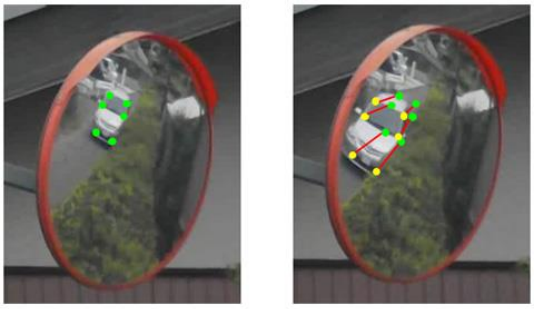
（４）複数カメラによる前方車両との距離計測手法

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。



時刻 t　　時刻 $t+\Delta t$

図 4 カーブミラー利用事故防止手法結果の一例

RF スパッタリング法を用いた耐摩耗硬質膜の開発

香川大学創造工学部機械システム工学領域 助教　北御門 雄大
連絡先 kitamika.yudai@kagawa-u.ac.jp

【研究背景】

近年，金属材料等の表面に数ミクロンのセラミック硬質膜を被覆する表面処理技術が切削工具，摺動部材, 精密金型をはじめとする工業分野で注目されている. 産業界において, セラミック硬質膜は, 切削工具の耐摩耗膜として利用されており，1990 年頃には PVD による TiAlN が登場し，近代産業においても，これらが工具の長寿命化に寄与している．TiAlN は NaCl 型構造を有し，この構造は Al 含有量に依存して組織が変化し，相変態領域近傍にて高硬度が得られる．しかし，難削材の加工においては，被削材との凝着や，摩耗の進行による工具損傷が発生するため，加工条件が制限され，材料の加工精度にも影響を及ぼす.

また，CrN が示す良好な耐食性・低摩擦特性を踏まえ，CrN に Al を添加した CrAlN が TiAlN に替わる薄膜として開発が進められてきた．しかし，CrAlN は TiAlN の代替膜としては最大硬度が低く，被覆工具の逃げ面摩耗幅も大きいことが報告されている．耐摩耗膜の使用環境は過酷さを増しているが，1990 年頃以来，新規性が停滞しているのが現状であり，耐熱性，耐摩耗性のさらなる向上が求められている.

【目的】

本研究では，高周波マグネトロンスパッタリング法により，汎用的に用いられる TiAlN よりも機械的特性に優れたセラミック硬質膜の開発を目指す．特に，耐摩耗膜の重要課題である，硬度，耐摩耗性，耐熱性，密着性の向上のため，含有元素の選定，接合面の改良等を実施し，微細構造，機械的特性，耐熱性等の表面特性を分析する.

【CrAlSiN の表面特性】

これまで, CrAlN に Si を添加した CrAlSiN を作製し, TiAlN の硬度(約 30GPa)を超える約 42GPa を示し，摺動試験後の摩耗深さに低減が見られた(図 1)．また，Si 添加により 800～1200°C において，耐酸化性が向上することを確認した．さらに，実際に切削工具に被覆した切削試験により，工具の初期摩耗を抑制する効果が示された(図 2).

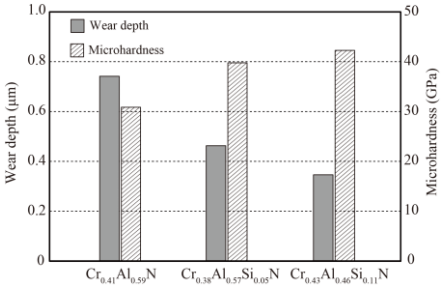


図 1.CrAlSiN の微小硬度，摩耗深さ

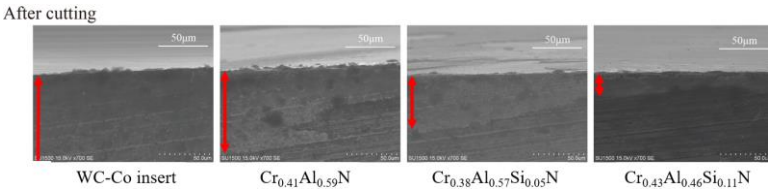


図 2. 工具刃先の逃げ面摩耗観察図

【課題・展望】

・密着性の改善
・さらなる耐摩耗性，耐熱性の向上
・難削材加工の実現
・応用先の拡大 ⇒ 機械部品，自動車部品，生活用品，医療機器