

目視検査教育訓練システムの開発

香川大学創造工学部 機械システム工学領域 教授 石井 明

連絡先 ishii.akira@eng.kagawa-u.ac.jp



【はじめに】 周辺視目視検査法の科学的解明とその普及を目的とした研究会「感察工学研究会」を2010年2月に立ち上げた¹⁾。周辺視目視検査法は佐々木氏らが日本IBMに在職中の1998年にパソコン用ハードディスクの磁気ヘッド部品の目視検査の生産性倍増のために開発した目視検査法であり、検査速度の倍増と不良品の見逃しの激減が可能な検査方法である²⁾。理屈は単純である。見つめる見方から「周辺視」「瞬間視」「衝動性眼球運動」を働かせて、全体を見る見方に変更し、常に変化を感じ取れるようリズムカルな動作で検査を行えばよい。図1はNHKガッテン！(2017年4月26日放送)で周辺視の説明の一つとして目の達人、検査技師の仕事が紹介された1コマである。図中の左下が被検査部品であり、この検査技師はこの部品を1日に6000個検査している。目視検査の現場の様子がテレビ放送されることは極めてまれのものと思われる。香川大学では佐々木氏を2回、招聘(2010年10月, 2011年2月)し、地元企業中心にセミナーならびに現場指導を行って頂いた。佐々木氏が検査現場で直接、現場指導すれば一時的に大きな改善が見られることは確かである。しかし、その後、その改善を継続的に進めたり、指導を受けた検査員が指導者として他の検査員に水平展開したりすることは容易ではない。一番の問題は、従来の検査法から周辺視目視検査法への移行の判断が難しいことである。訓練を開始してどのような判断で検査員を実ラインの検査に移行させるのか。また、周辺視目視検査法をマスターした検査員は不良品を見逃すことがないことをどのように判断すべきなのか。これらの要求に対する一つの解として目視検査教育訓練システムを開発企業と共同開発してきた。



図1 目視検査の現場の様子



図2 視線解析デバイスとオフライン目視検査訓練システム

【目視検査教育訓練システム】 図2に視線解析デバイスとオフライン目視検査訓練システムを示す。視線解析デバイスは瞬目を含む眼球運動と検査動作との関係を求めるために開発した。オフライン目視検査訓練システムは、次々にディスプレイに現れる正常品、異常品を瞬時に見分ける周辺視目視検査訓練システムであり、モーションセンサーを埋め込んだ入力デバイスを回転させることによって、仮想空間で製品モデルを回転させて、正常品、異常品を見分けるためのハンドリング訓練を行うことができる。それと同期して、検査員の生体情報(瞬目・注視点、心拍変動)を測定し、短時間と長時間の意識・無意識・精神状態の変化を分析し、周辺視目視検査法の習得状況の見える化を図ろうとする試みである。表1は開発したアプリとその内容である。

表1 開発したアプリとその内容

教育訓練アプリ	静的モデル	①教育：中心視・周辺視・瞬間視、変化・異変の無意識的気づき、リズム動作の理解 ②訓練：気づき感度の調整と維持、リズム動作の定着
	回転モデル	①教育：異常部が見える原理、移動時・回転時の無意識的気づき、リズム動作の理解 ②訓練：気づき感度の調整と維持、リズム動作の定着
生体情報監視アプリ	瞬目・視線解析(0.1~10秒)	①意識・無意識の制御性評価：瞬目による周辺視目視検査状態の評価 ②外乱評価(見逃し対策)：不良見逃し時の注視点の評価
	心拍変動解析(10~100秒)	精神状態の安定性評価：LF/(LF+HF)による緊張状態、非緊張集中状態の評価

参考文献

- 1) 感察工学研究会：公益社団法人精密工学会 画像応用技術専門委員会内に設置されたワーキンググループ。
<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~ishii/kansatsu/>
- 2) 佐々木章雄(2005、2006)「周辺視目視検査法[I]~[V]」『IEレビュー』日本IE協会

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

統合パーソナルデータ



(1) 超小型中赤外分光イメージング装置

(2) 機械学習による
データサイエンス

基幹技術



ワンショットタイプ 2次元タイプ

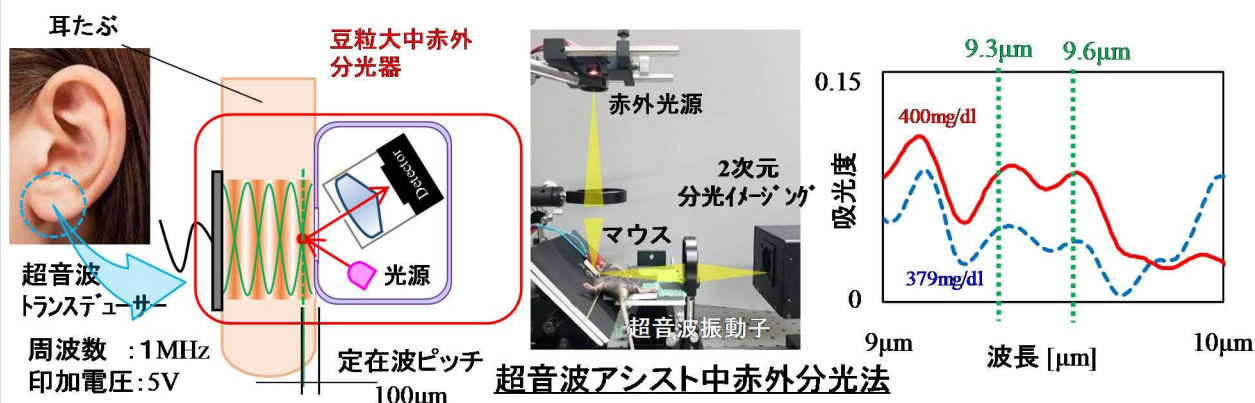
ベンチャー起業

赤外分光アプリの開発

システム基本特許の取得

社会実装

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@eng.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。

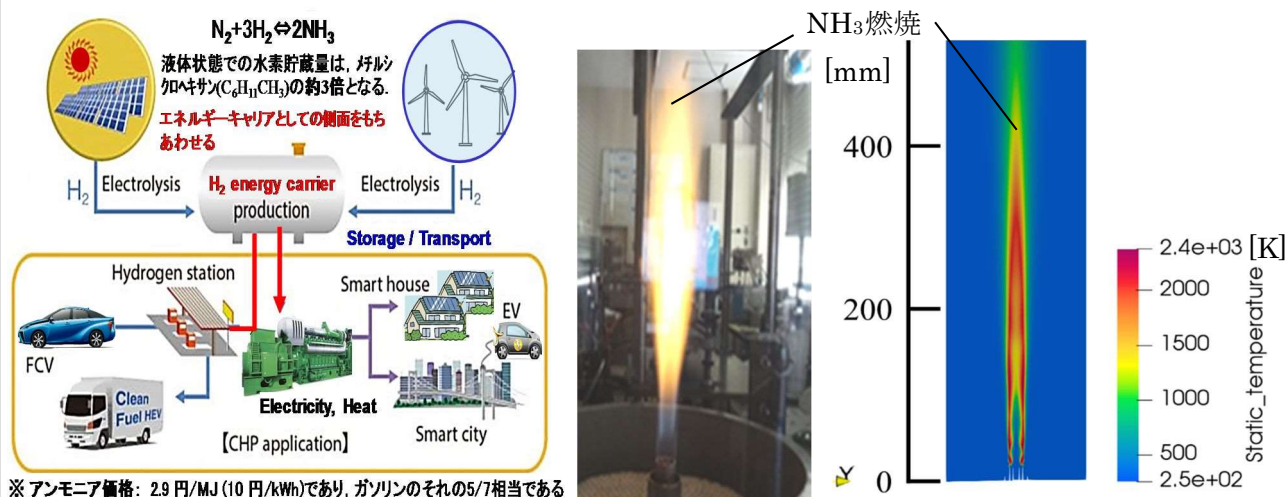


図 1 アンモニアバーナーの設計・開発

〔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。

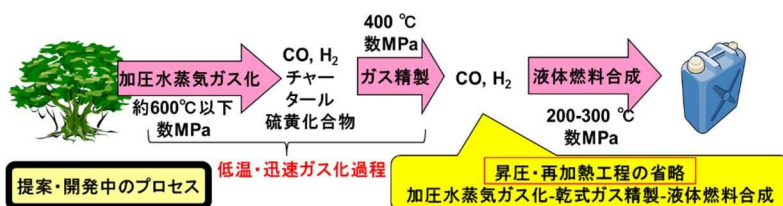


図 2 未利用バイオマス（残材等）の低温迅速ガス化と液体燃料化

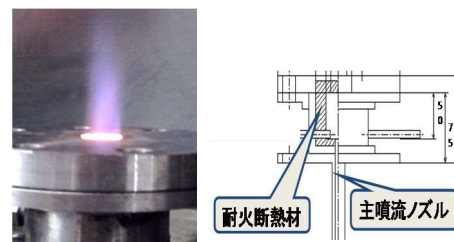


図 3 省エネ対応のための超希薄燃焼技術

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/read0195384>

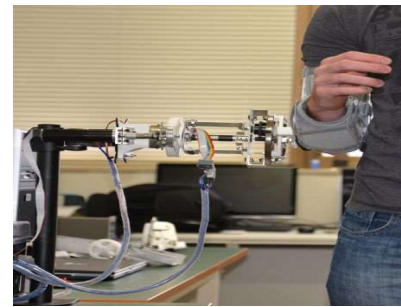
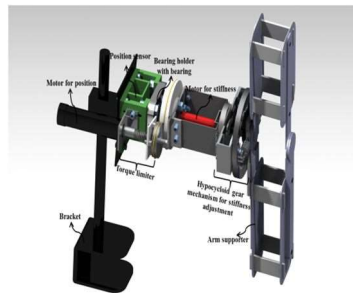
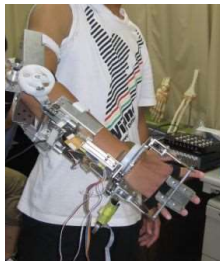


1. 研究目的

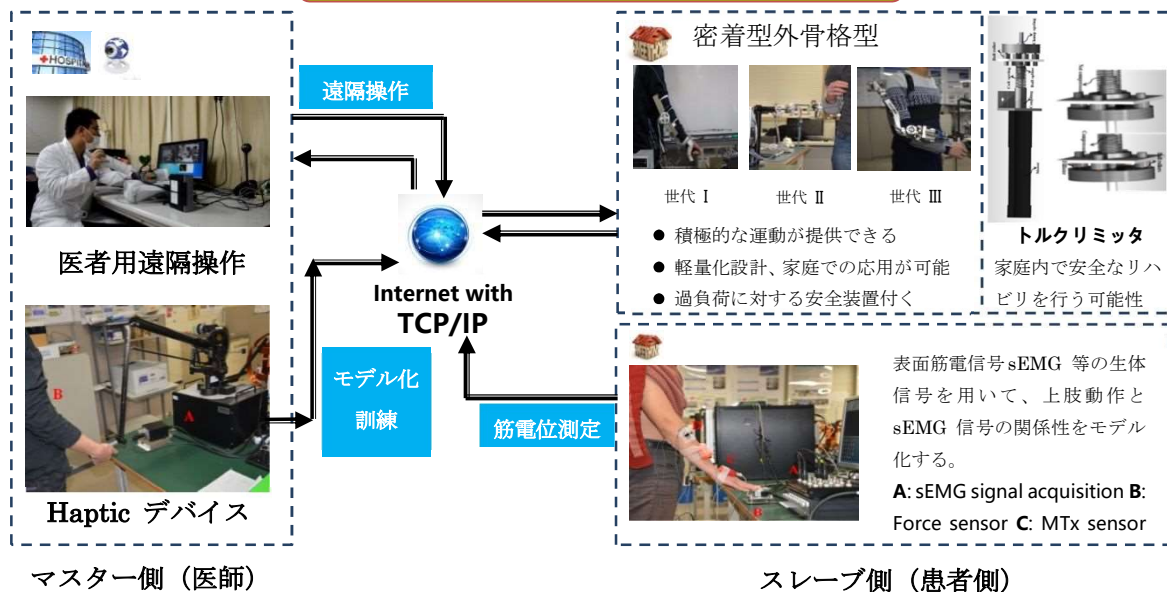
高齢化と脳卒中患者の患者が増加するとともに、病院における医療資源が不足する。家庭でリハビリを行うことができるロボットリハビリが注目されている。本研究では、安全性に優れ、患者が任意に加えられる外力を調整する可能な装着式の外骨格型上肢用のリハビリ装置を開発した。開発した装置は軽量であり、家庭には人間の上肢の遠隔リハビリに対応できる。

2. 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。



外骨格型上肢用遠隔リハビリ装置の開発



3. 関連する代表論文と特許

- Yi Liu, Shuxiang Guo, Hideyuki Hirata, "Development of a powered variable-stiffness exoskeleton device for elbow rehabilitation", *Biomedical Microdevices*, Vol.20, No.3, DOI: 10.1007/s10544-018-0312-6, 2018.
- リハビリ装置, 公開番号, 特開 2017-164142.

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・園場での実証実験を精力的に進めて行く予定である。

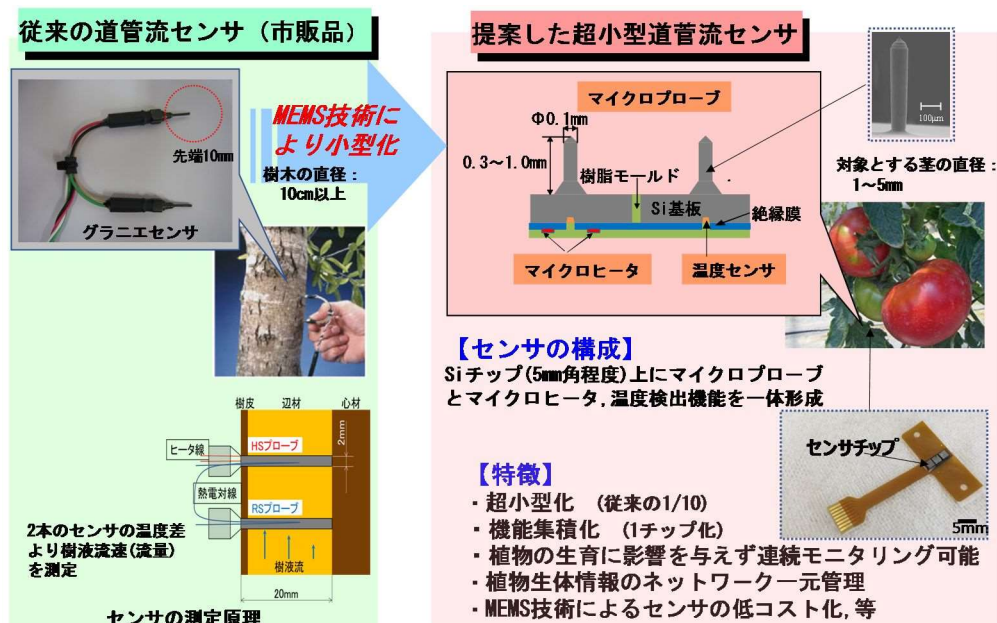


図 1 従来の道管流センサ（市販品）と本研究で提案する超小型道管流センサとの構成比較

VR シミュレータを活用した交通事故予防支援システムの設計

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



1. VR シミュレータを用いた研究の位置づけ

香川大学鈴木研究室では、VR シミュレータを活用して、ドライバの運転行動や生体信号の分析により、交通事故の発生要因の分析、および交通事故予防支援システムの事故低減効果の推定を実施している。VR シミュレータを活用する理由の一つとして、作業工数や作業コストを、例えば実環境での FOT (Field Operational Test) と比較して大幅に削減できるということが挙げられる。鈴木研究室において構築した VR シミュレータは、図 1 に示すように、動揺装置あり/なし、プロジェクタやモニタタイプ/VR ゴーグルタイプのように大別できる。大規模な動揺装置を有するシミュレータでなくとも、個々の分析に必須の要件を精査し、実際の道路交通環境での交通シナリオをできる限り忠実に再現することが可能な実験シナリオでの分析を行えば、これらの簡易的な運転シミュレータでも、実際の交通環境での運転行動を再現したデータを取得することができる。



図 1 運転行動分析用 VR シミュレータ(鈴木研)

2. 研究プロジェクトの一例(先進前照灯の開発)

既存の前照灯の機能であるロービーム、ハイビーム、Adaptive Driving Beam (ADB) の各条件に加え、改良型 ADB として 2 種類の情報提示システム（路面にリスク情報を配光制御で描画）を提案し、障害物の飛び出しに対する衝突防止支援効果を、鈴木研究室で開発した夜間の交通環境を再現可能な VR シミュレータを用いて、被験者 30 名による実験により分析した。夜間のシミュレーションでは、前照灯による前方路面の照射をできる限り正確に再現しなければ、得られる結果の信頼性は低い。新たに開発した VR シミュレータでは、実際の前照灯による前方の壁面の照度分布を計測した IES 形式ファイルを、そのまま読みこむことが可能である。VR シミュレータで再現した前方視界の一例を図 2 に示す。道路脇から障害物が飛び出してきた場合の、照射条件別での制動反応時間の分析結果を図 3 に示す。障害物の方向にドライバのアイポイントを誘導する拡張型 ADB



図 2 VR シミュレータで再現した夜間前方視界

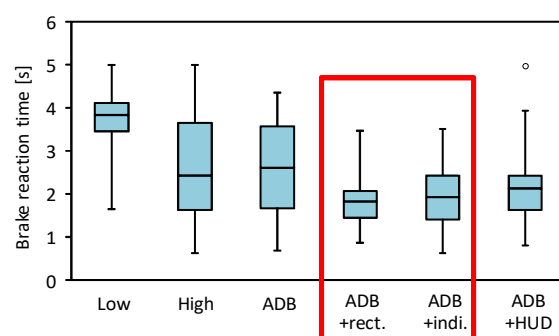


図 3 照射条件別での制動反応時間
(最小値, 25%ile, 50%ile, 75%ile, 最大値)

ADB+rect.: 回避可能範囲を路面描画, ADB+indi.: 障害物方向を矢印で路面描画, 枠線表示部分) では、制動反応時間の顕著な短縮が確認できる。参考として、ADB 使用時において Head-up Display に障害物の出現についての情報提示を行った場合 (ADB+HUD) の場合の分析結果も示す。

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

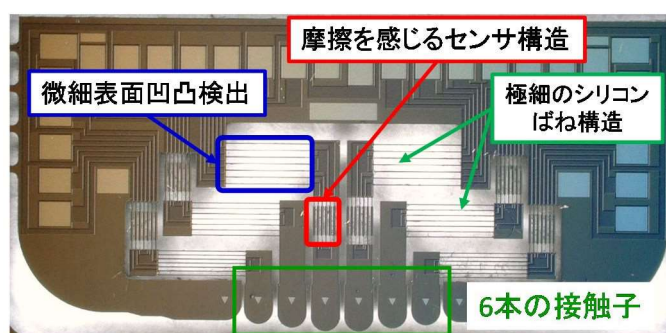


1. 我々が目指す新領域の触覚センシング

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]

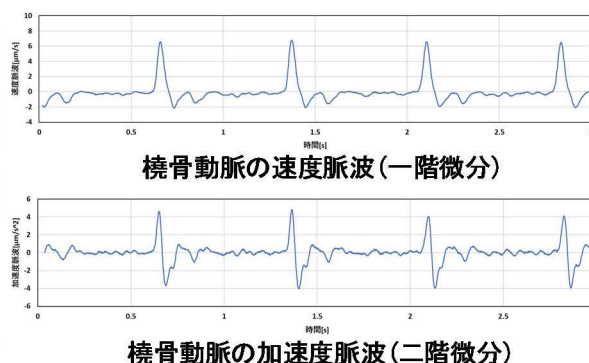


図 1 精緻な指紋型構造の指先型『ナノ触覚センサ』

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

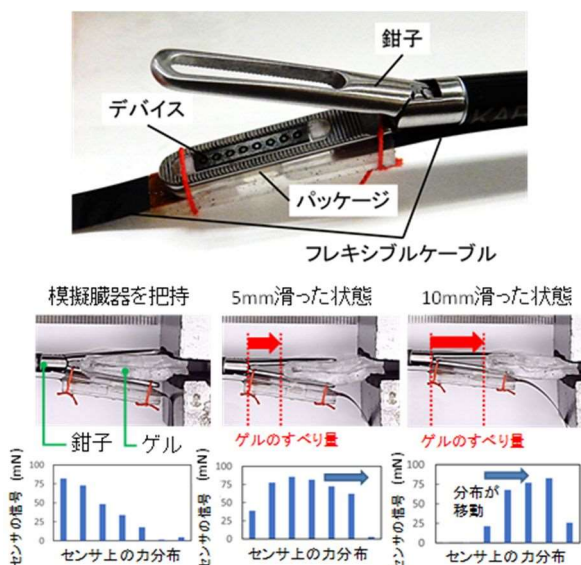


図 3 センサを持つ手術用鉗子と滑り知覚実験

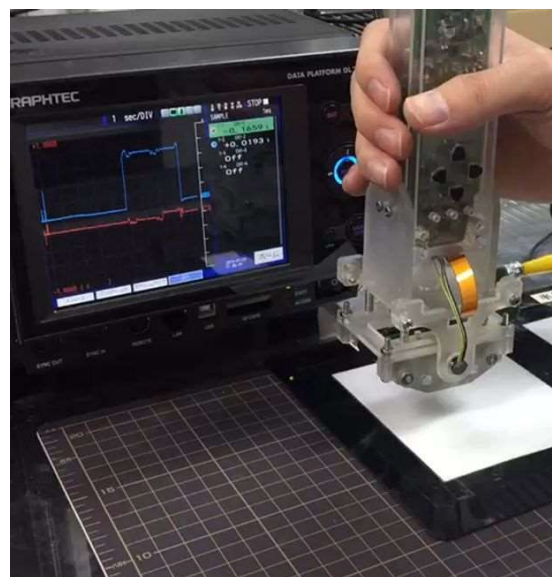


図 4 なぞって計測する『手触り感スキャナー』

『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。

ハーフドローン倒立振り子型搬送ロボットの研究開発

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@kagawa-u.ac.jp

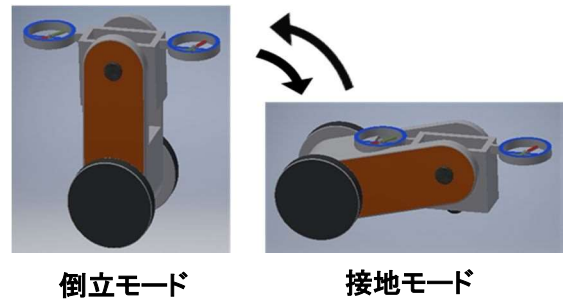


研究概要

ネットショッピングの急速の普及により、荷物の搬送に関する人で不足が顕著になっている。倉庫内の搬送ロボットの自動化は既に進んでいるが、主として車輪で移動する機構であり、段差や階段は苦手である。一方、近年、ドローンによる搬送が注目されている。ドローンは路面の影響は受けないが、頭上を移動するため安全性の懸念があり、また、積載量や航続距離の制限も強い。そこで、本研究では、平面の移動効率が良い車輪、段差や階段の踏破を得意とするクローラ、路面の影響を受けないドローンの長所を併せ持つ自律搬送ロボットシステムの開発を目指している。

ハーフドローン倒立振り子型搬送ロボット

本研究で開発しているロボットは、ドローンに使われるロータを荷台に搭載した車輪型倒立振り子の構成となっている。ドローンによる推力を活用することで、走行中やモード変更中であっても、常に荷台部分を水平に維持することを可能とする。右図に示すように、走行モードは大きく分けて、段差や狭い道に有効な倒立モードと平坦な広い道に有効な接地モードがある。倒立モードにおいては、重心の位置を変化させることで、小さい径のタイヤで段差や階段を昇降することを目指している。



1次試作機とその性能評価実験

現在、1次試作機を開発中である。マイコンを用いた制御システムを実装し、倒立モードの制御[1]と荷台のバランス制御[2]について研究に取り組んだ。その結果、車輪型倒立振り子としての走行制御が可能となっており、スマートフォンからの前後移動指示が実現できた。また、本体の姿勢に依らず荷台を水平に保つ制御も実現できている。今後は、これらの制御を統合して、段差の乗り越えを含めた移動や走行モードの変更などに取り組んでいく計画である。



1次試作機

[1] 坊寺 琳太郎, 前山 祥一, “ハーフドローン倒立振り子型搬送ロボットの制御システムの開発”, 第 20 回システムインテグレーション部門 (SI2019) 予稿集, pp.1098~1100, 2019

[2] 田中 健太, 前山 祥一, “ハーフドローン倒立振り子型搬送ロボットの荷台のバランス制御”, 第 20 回システムインテグレーション部門 (SI2019) 予稿集, pp.1101~1103, 2019

(注) 本研究は、JSPS 科研費 JP18K04050 の助成を受けて実施している。

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 准教授 佐々木 大輔

連絡先 daisuke@eng.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。

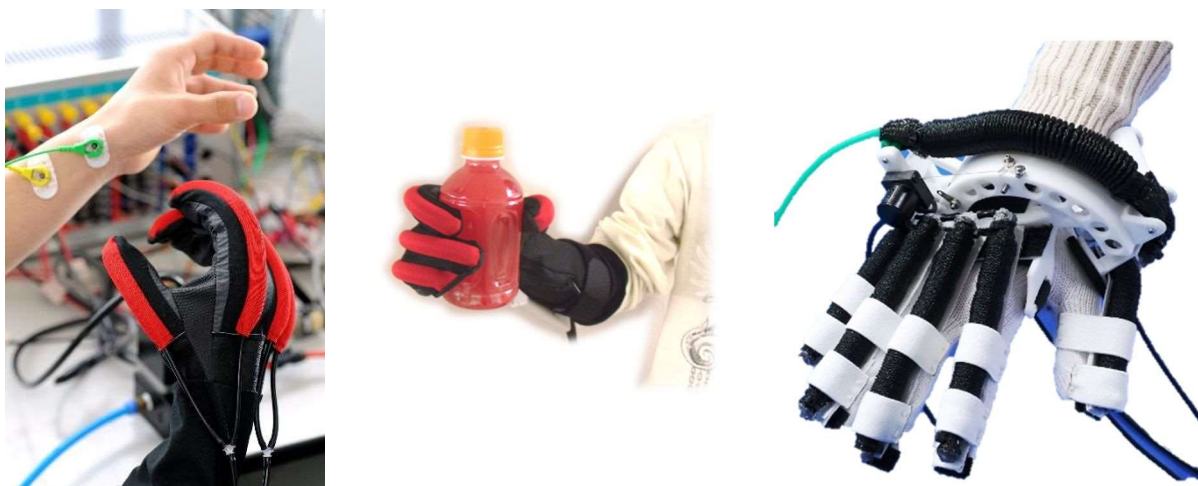
●空圧駆動上腕保持アシストスーツ

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。



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。

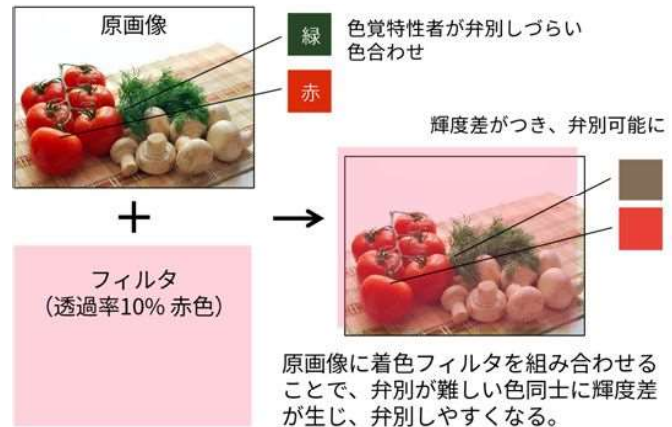


図1 色覚異常者の色弁別を向上させる着色フィルタの理論

【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

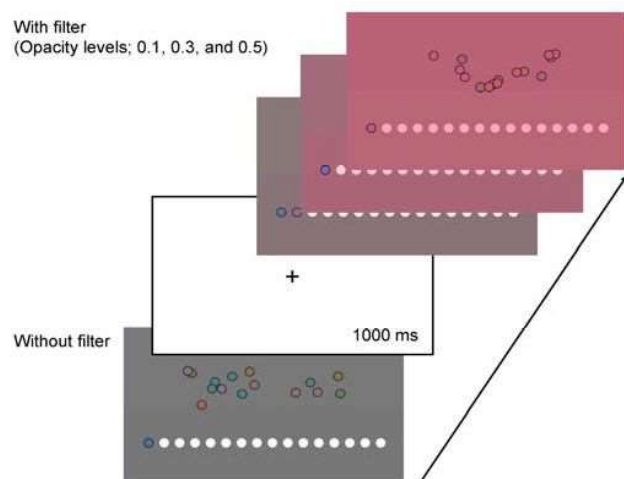


図2 フィルタの効果を検証する視覚実験

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

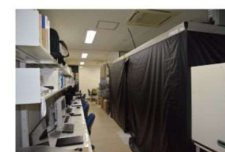


研究概要

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

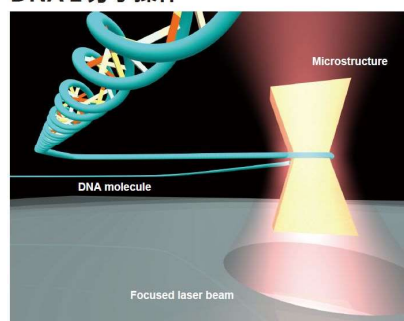


1細胞・1分子操作解析技術

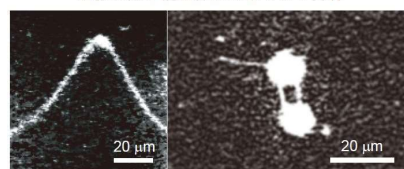
DNA 1分子操作・加工

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

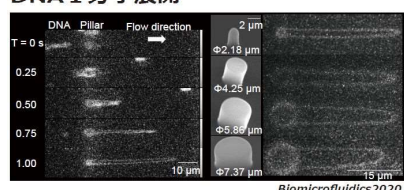


IET Nanobiotechnology, 2015
光駆動微小構造体による1分子操作



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

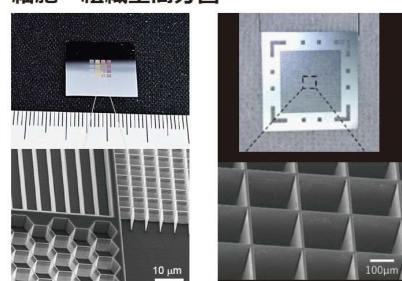


Biomicrofluidics2020
環状DNA分子の「分子輪投げ」展開

1細胞操作・加工

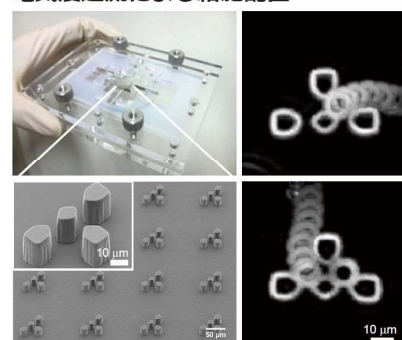
がん研究や基礎生物学分野で求められている1細胞毎の解析技術の実現を目指し、組織から1個の細胞を、あるいは1個の細胞から微小な細胞断片を個別に回収する技術の開発や、マイクロ流路内での細胞配置技術の開発に取り組んでいる。

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

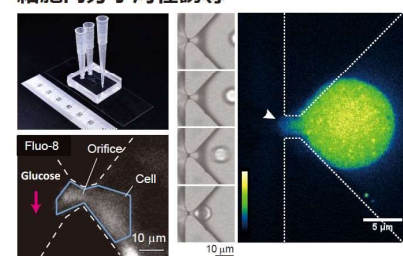


Lab on a Chip, 11, 2011
オープンチャンバー内異種細胞配置

1細胞薬剤刺激応答計測

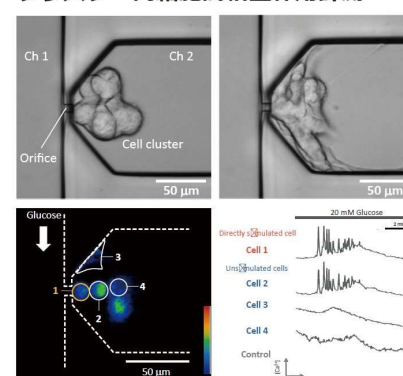
細胞機能の詳細な理解のため、マイクロ流体デバイスによって生体内を模倣した環境を作り、細胞の薬剤に対する応答特性の解析を行っている。特に、空間的に限定された領域を薬剤刺激したときの、細胞内応答や細胞間のシグナルの伝搬を計測している。

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

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、拡張・縮管、潰し、張出しなどの加工、およびそれらを組み合わ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

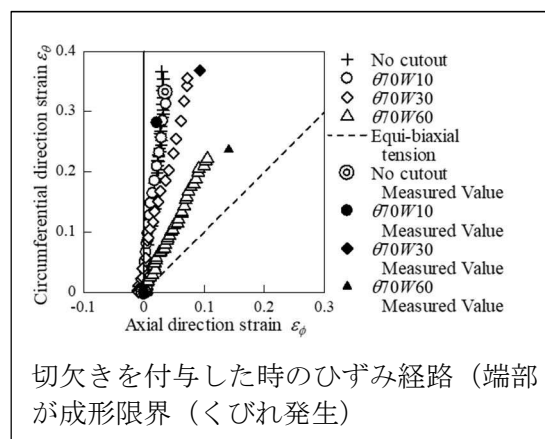
管材の材料試験として JIS や ISO 規格があるが、大半は溶接部等の健全性を評価する試験であり、材料の変形抵抗や成形限界を評価する試験ではない。管軸方向および円周方向の切出し試験片による引張試験によってこれらを取得することができる。しかし、これらの引張試験は単軸変形であり、2 軸変形時のひずみ経路依存性による変化は取得できない。金属管材の 2 軸試験法として、油圧バルジ試験などがあるが、油圧ポンプやシーリング、軸押しなど複雑かつ高価な機構が必要であり、容易に使用できる試験法ではない。

・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-O) 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。



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。

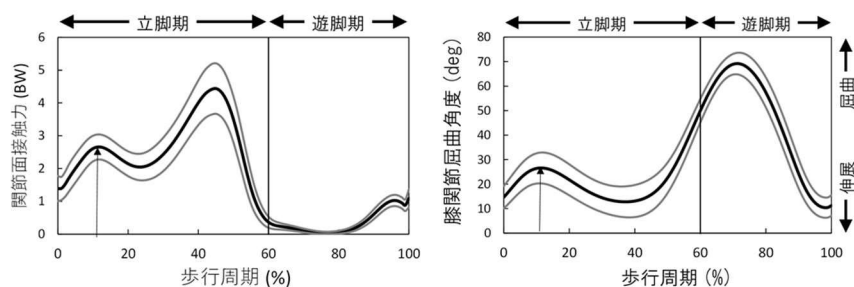


図 1 歩行中の膝関節面接触力（左）と膝関節屈曲角度（右）

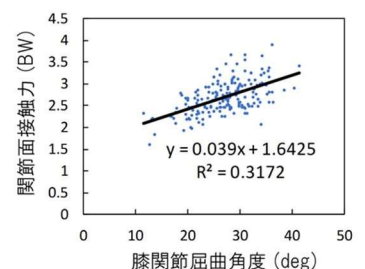


図 2 膝関節屈曲角度と関節面接触力の関係

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。

「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。

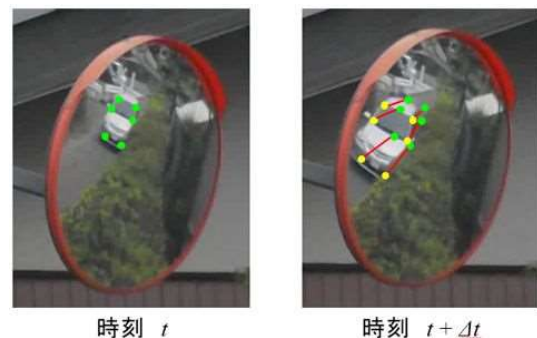


図4 カーブミラー利用事故防止手法結果の一例

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@eng.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)。

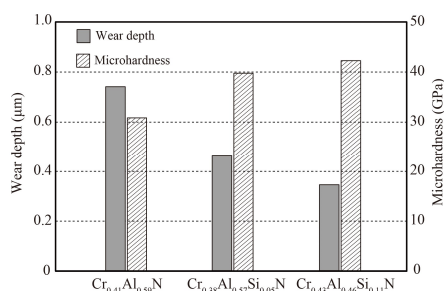


図 1. CrAlSiN の微小硬度、摩耗深さ

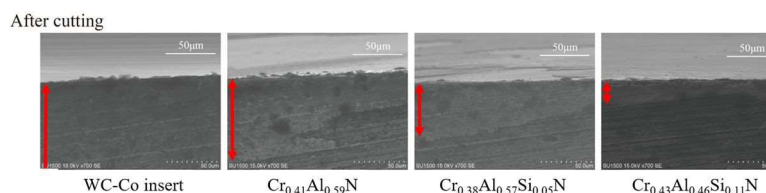


図 2. 工具刃先の逃げ面摩耗観察図

【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