

力学・超音波・光・化学

力学・超音波

光技術

化学センサ

手応えを強調して安全に注射

針穿刺メカニズムと制御技術による穿刺補助

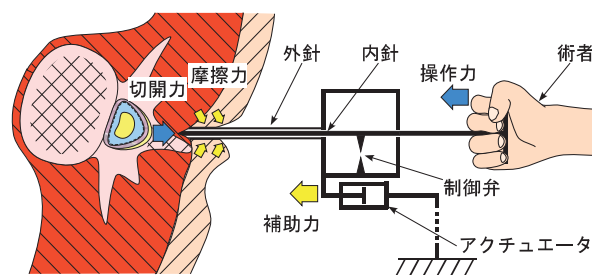
- 手応えを強調することで、血管等への誤穿刺を防止
- 穿刺時に針先にかかる抵抗力を針側面にかかる摩擦力から分離
- ディスポーザブルな医療機器に適した簡単な構造

研究のねらい

針穿刺は小さな傷で、簡便、安価に薬液を体内に入れたり、血液や組織を採取したりできるため、最も広く頻繁に行われる手技です。しかし、体内深部への穿刺においては、針先端が血管等に到達したかが分かり難く、安全で正確な針穿刺には熟練が必要です。そこで、本研究では針が組織を貫通するときの手応えに着目し、その手応えを分かり易く使用者に提示することで、正確な注射を助ける穿刺補助機器を開発しました。

研究内容

針の手応えは皮膚を切り開く力と皮膚との摩擦により決まります。本機器は切開力を摩擦力から分離し、切開抵抗だけを提示することで貫通を分かり易くします。針には内針が外針で覆われた二重針を用います。内針の側面を外針が覆うことで、摩擦力が内針にかかるのを防ぎます。本機器が外針を押し、術者が内針を押すことで術者は切開力だけを感じることができます。本機器で貫通が分かり易くなることを検証しました。また、ディスポーザブルに適したプロトタイプを開発しました。



穿刺補助装置の原理

連携可能な技術・知財

- ・ 針穿刺のバイオメカニクス
- ・ 医療機器の人間工学的評価
- ・ 簡便で低価格な医療機器の開発
- ・ 特許第5464426号(2014/01/31)
- ・ 特許第5751588号(2015/05/29)
- ・ 特許第5780517号(2015/07/24)

- ・ 空気圧駆動, 制御弁 (非電気制御駆動)
- ・ 低価格化, 大量生産, 使い捨て可能



ディスポーザブルなプロトタイプ

- 関連技術分野：医療デバイス、バイオメカニクス、感覚機能支援
- 連携先業種：医療・福祉業、製造業(精密機器)

小関 義彦
健康工学研究部門
連絡先: life-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点: つくば



μN・mレンジへの新たな展開

電磁力による精密微小トルク標準の実現

- 定格容量 10 mN・m の電磁力式トルク標準機の開発に成功
- 電磁力による国際単位系 (SI) にトレーサブルなトルクの実現に成功
- 新しい微小トルク計測技術による高性能小型モータの特性評価

研究のねらい

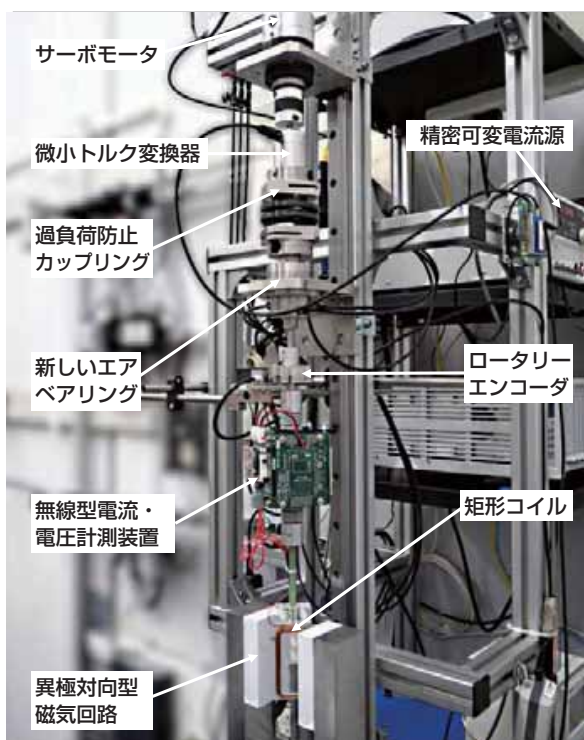
近年、製品の小型化や省エネルギー化が求められ、それに伴い、高性能小型モータの高度な評価技術の開発と、高い信頼性の確保が必要とされています。そのようなニーズに応えるため、産総研では、既存の実荷重式トルク標準機（モーメントアーム先端に重力を負荷する方法で精密なトルクを実現）では実現が困難であった微小領域のトルク標準を実現するために、一様な静磁場中に置かれたコイルに電流を流すことでトルクが発生する原理に基づいた、新しい電磁力による微小トルク標準機を開発しました。

研究内容

産総研が開発した電磁力による微小トルク標準機では、まず、静磁場中で矩形コイルを一定の角速度で回転させることで生じる誘導起電力を測定し、矩形コイル全体を貫く磁束を、誘導起電力の最大値と角速度により評価しました。次に、可変電流源から矩形コイルに電流を流すことでトルクを発生させ、そのトルクを高分解能デジタルマルチメータで評価された出力電流と、先述の矩形コイル全体を貫く磁束の関係から評価しました。これにより、世界で初めて国際単位系 (SI) にトレーサブルな電磁力によるトルクの実現に成功しました。

連携可能な技術・知財

- ・ 1 mN・m を下回る微小トルク計測
- ・ 高精度な微小トルク変換器の開発
- ・ 高精度な微小トルクメータの特性評価
- ・ 高性能小型モータの特性評価
- ・ 回転粘度計による物性評価
- ・ 本研究の一部は JSPS 科研費 15K18081 の助成を受けたものです。



電磁力式トルク標準機

- 関連技術分野：計量標準、センサ、ロボット、微小トルク、電磁力
- 連携先業種：製造業（機械）、製造業（電気機器）、製造業（精密機器）、製造業（輸送用機器）

西野 敦洋
工学計測標準研究部門
連絡先：nmij-liaison-m@aist.go.jp
研究拠点：つくば



変動流計測制御技術が導くフロンティア

呼吸を模擬可能な流量計測制御技術

- 呼吸計測の機器評価環境の提供と高精度化などの開発支援
- ヘルスケアや体調診断に用いる呼吸モニタリングの信頼性向上
- 変動流計測制御技術による正確な「見える化」の橋渡し

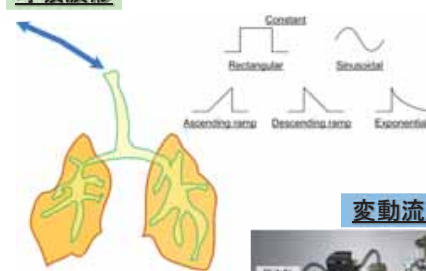
研究のねらい

気体の流量が時々刻々変化する変動流の場合、その瞬時値の正確さはこれまで重要視されてきませんでした。本研究は、定量的な気体の変動流計測制御技術の成果を活用し、任意の呼吸波形の再現を通して、呼吸計測の機器評価環境の提供や機器の信頼性向上を目指した取り組みに協力します。さらに、これら計測器を用いた呼吸モニタリングでは呼吸器系の異常診断や人のメンタルと呼吸状態の関係を明確化する応用展開も可能です。この技術により、変動する気体流量を高精度に「見える化」することで関連技術への橋渡しも目指しています。

研究内容

容器内の気体は圧縮、膨張時に大きな温度変化を伴います。この温度変化を極力小さくし、等温変化と見なせる既存技術と最適化した圧力・流量制御技術を組み合わせることで気体の変動流計測制御技術を構築しました。本技術により、例えば往復流では約20 Hzの正弦波を定量的に生成可能なことを確認済みです。本研究では、この技術を活用して、ヒトの呼吸波形を模擬する機能を実現しました。また、呼吸用の計測機器の計測精度確保や信頼性向上に貢献する評価環境を提供することで、新たな高付加価値の情報取得の可能性探究にも貢献します。

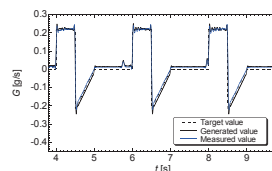
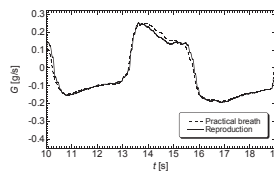
呼吸波形



変動流計測制御技術



有効性は検証済



呼吸波形基本成分と変動流計測制御技術による再現事例

連携可能な技術・知財

【医療関係連携】

- ・呼吸用計測器の応答性評価
- ・呼吸計測用新規デバイス開発時の性能評価支援
- ・呼吸器系を模擬するフレキシブル評価環境提供

【広く業界との連携】

- ・変動流下でのセンシングデバイスの性能評価
- ・任意の変動流生成による仮想的な現場環境構築

- 関連技術分野：医療デバイス、呼吸計測、診断、変動流計測制御
- 連携先業種：医療・福祉業、医療・福祉業、製造業、製造業（精密機器）

松木 達也
工学計測標準研究部門
連絡先：nmij-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば



再生軟骨組織の全数品質評価を実現する弾性率測定装置

再生軟骨組織を破壊せず、弾性率を瞬時に測定

- 再生軟骨組織の弾性率を非接触かつ実時間で測定
- 再生軟骨組織の製造ラインにおける全数品質評価が可能
- 再生医療等製品の開発における高効率化にも貢献

関連技術分野：再生医療、品質管理、非破壊計測
連携先業種：製造業（その他製品）、医療・福祉業

研究のねらい

再生医療においては、移植される再生医療材料や再生組織の力学特性を把握しておくことが必要不可欠です。再生医療材料や再生組織は無二の材料または組織であるため、非破壊・非接触で測定可能な方法が求められています。そこで本研究では再生軟骨を対象とし、その足場材料や培養組織の製造ラインでも使えるように、超音波を利用した非接触式の弾性率測定装置を開発しました。本技術では実時間測定も可能となるために全数品質評価を実現でき、再生医療等製品の開発における高効率化にも貢献することが期待されます。

研究内容

一般に弾性率を得るには、力と変位の関係が必要です。本研究では、この力の発生に超音波を利用し、変位の計測にLDV(レーザードップラー速度計)を利用します。超音波を再生軟骨組織に加えてそのときの変位信号を計測し、必要な信号処理および校正を経て、弾性率が算出されます。

写真は、試作した弾性率測定装置です。試料皿の上に、測定対象となる試料を置くだけで弾性率が算出されるような構成としています。超音波発振や変位データの取得から、弾性率の算出やその経時変化のモニタリングに至るまで、PCを用いた処理を行います。

軟骨模擬材料や実際の再生軟骨組織（動物実験において培養、摘出されたもの）等を用いた実験を行い、本試作装置の有効性を確認しています。

連携可能な技術・知財

- ・再生医療用材料等の力学特性に対する超音波解析
- ・Jpn. J. Appl. Phys. 51(7) (2012) 07GF15
- ・Jpn. J. Appl. Phys. 52(7) (2013) 07HF24
- ・本研究の一部は、いばらき医工連携推進事業（平成24年度）により行われたものです。



非接触・実時間弾性率測定装置(試作)

- 研究担当：新田 尚隆
- 所属：健康工学研究部門
- 連絡先：life-liaison-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

気泡の挙動の定量計測による洗浄効率の向上

高効率超音波洗浄に資するキャビテーション発生量計測

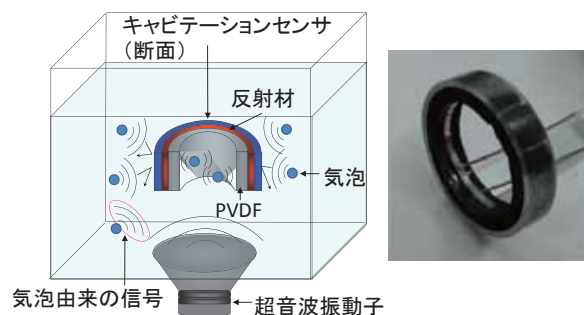
- 超音波洗浄の歩留まりを解決するための計測技術
- 気泡由来の信号測定により、気泡の発生量を定量化することが可能
- 医用超音波治療器の人体への安全性評価にも利用可能

研究のねらい

半導体基板などの超音波洗浄に用いられるキャビテーション気泡は、運動状態が非常に複雑で制御が難しく、歩留まりの改善が技術的課題となっていました。我々はキャビテーション発生量の定量計測を実現するため、気泡から発生する超音波信号を利用した技術の開発に取り組んでおり、気泡の運動状態を反映した定量的指標の確立、ならびに超音波洗浄に最適な運動状態の実現を目指しています。本計測技術は、超音波洗浄器の性能改善だけに留まらず、超音波治療器の安全性確保や設備配管の経年劣化診断など幅広い分野への応用が期待されます。

研究内容

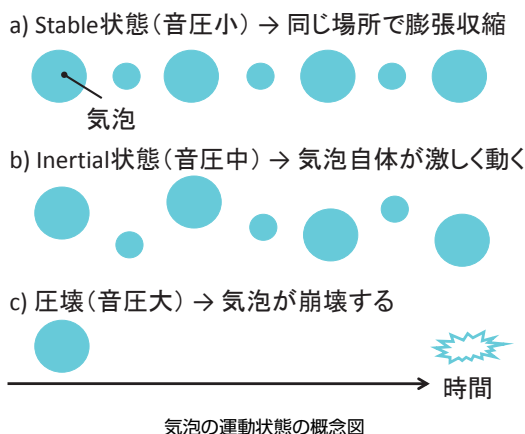
照射される音圧の大小に応じて気泡の運動状態は3種類に分類され、各々異なる特性をもった超音波信号を発生しています。信号を精密に測定するため、我々は高分解能な円筒形キャビテーションセンサを開発し、キャビテーション発生量の定量計測を進めています。これまでの成果として、超音波信号に含まれる広帯域雑音と分調波が、各々異なる気泡の運動状態に起因していることを確認しています。本研究の遂行により、最適な気泡の運動状態を実現できる高効率な次世代型超音波洗浄器の実用化が期待されます。



キャビテーションセンサによる測定法の概念図と外観写真

連携可能な技術・知財

- ・キャビテーション発生量の評価
- ・超音波パワーの精密計測技術
- ・超音波音圧の精密計測技術
- ・水中超音波を用いた機器の測定・評価
- ・本研究はJSPS科研費(16K06405)の助成を受けたものです。



- 関連技術分野：計測技術、超音波洗浄、キャビテーション
- 連携先業種：製造業(機械)、製造業(電気機器)、製造業(精密機器)、

内田 武吉 / 吉岡 正裕 / 松田 洋一 / 堀内 竜三
分析計測標準研究部門
連絡先: nmij-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点: つくば



非侵襲血液検査を実現する 高感度近赤外分光技術

手軽な血液検査でカロリーコントロール

- 生体微弱光を高速・高感度分光
- 非侵襲で血中成分を常時モニタリング
- カイロミクロンで食事のカロリー管理など予防医学へ活用

関連技術分野：分光技術、非侵襲計測、ヘルスケア、医療デバイス
連携先業種：製造業（電気機器）、医療・福祉業

研究のねらい

肥満度の指標とされているBMI (Body Mass Index) が、 30 kg/m^2 を超える人の割合は日本人で5%以下です。しかしながら、35%のアメリカに比べても、循環器・脳血管疾患の割合はむしろ高くなっています。血管・心臓に負担をかける血中脂質は、見た目で見えないために血液計測が重要であり、数値を知ってコントロールしなければなりません。我々は高感度分光分析技術を開発し、血中脂質を手軽に測れる測定器を目指しています。

研究内容

生体の分光分析では体の動きに対応する素早い計測が重要ですが、生体組織の光散乱が強いために検出光は弱く広がってしまいます。そこで我々は大面積で微弱光を捉えられる高感度分光分析装置を開発しました。脈動に伴う血管の拡張収縮が検知されるため、変動のみを抽出することで血中成分をリアルタイム測定することが可能になります。

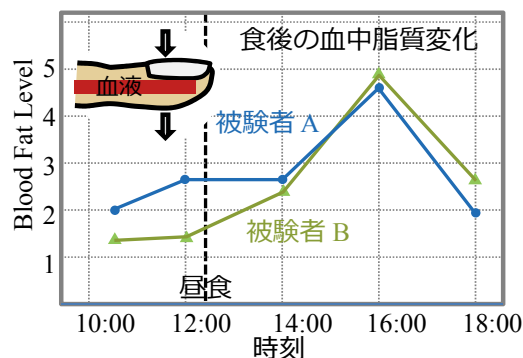
予防医療の観点から、家庭や職場で手軽に利用できるカロリー管理・健康管理技術としての展開が期待されます。



試作した高感度分光分析装置

連携可能な技術・知財

- ・散乱体分光測定法および装置
- ・特許第5311418号 (2013.7.12)
- ・特開2014-016230 (2014/01/30)
- ・Biomed. Opt. Express, 3 (10), 2587-2599 (2012).
- ・Appl. Spectrosc. 66 (8), 962-969 (2012).



食事による血中脂質の推移

- 研究担当：古川 祐光／藤巻 真
- 所属：電子光技術研究部門
- 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

乾電池で動く 小型ポータブル分光光度計

いつでも、どこでも、誰でも簡単にスペクトルデータを取得・解析!

- わずか500 gの手のひらサイズ。乾電池で動くポータブルな分光光度計
- タブレットなど携帯端末で無線操作。データはネットワークで送信・共有可
- 土壌分析・食品衛生・農業・畜産などオンサイトで。パーソナル機器としても

関連技術分野：フォトンクス、発光光源、分析技術

連携先業種：製造業（電気機器）、農林水産業、医療・福祉業

研究のねらい

以下のようなニーズに応えるべく、新しいコンセプトのポータブル分光光度計の開発を進めています。

- 1) 商用電源が利用しにくい環境（例えば、屋外や発展途上国など）やポータビリティが重要視されるシーンにおける“その場検査”の実施
- 2) 不特定多数が一つの測定器を共用することで生じる問題（コンタミの発生や諸設定条件の都度変更の煩わしさなど）を回避するためのパーソナルデバイスソリューション

広帯域発光性と省電力性を備える小型光源・超小型光学系・実装技術・電子制御技術・高ユーザビリティのアプリ開発などの要素技術を垂直統合したユニークな装置として提案を行っています。

研究内容

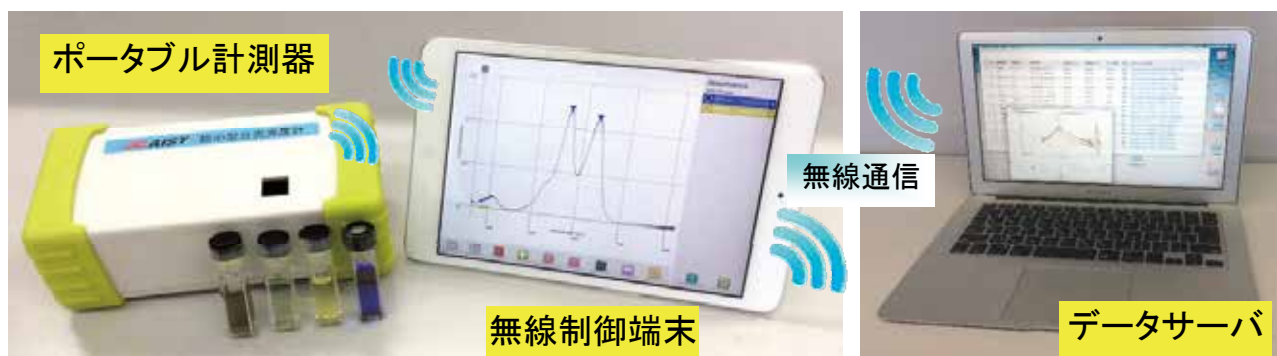
開発したプロトタイプ機の主な仕様は以下の通りです。

波長領域	360-820 nm
測定容器	1 cmセル（必要に応じて試料室は改造可能）
諸元	91.5 (D) × 176 (W) × 69 (H), 500 (g) (電池別)
電源	Ni-MH電池（単3×4本or8本）又はUSB給電
稼働時間	400回以上（電池8本装填時）（USB時は無制限）
操作端末	iPad、iPhoneなど各種スマートデバイス

連携可能な技術・知財

- ・小型ポータブル分光光度計の製作技術
- ・紫外LED励起型広帯域発光光源
- ・ポータブル分光光度計ソフトウェア
- ・無線端末-サーバ間データ連携ソフト

技術の改良/利用にかかる共同研究先、装置の量産/事業化に向けた技術移転先を募集中です。



開発した小型ポータブル分光光度計と制御端末（左）、及びデータ解析・処理サーバ（右）

- 研究担当：福田 隆史
- 所 属：電子光技術研究部門
- 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

LED・有機ELの開発や信頼性向上に貢献

紫外・可視域にわたるLED・有機EL用光計測技術

- 発光素子から応用製品の発光特性を高精度に評価
- スペクトルの精密測定技術の適用により世界初の標準LEDを開発
- 新規光源の開発や性能向上に貢献

研究のねらい

スペクトルの短波長化や高効率化等、熾烈な開発競争が行われているLEDや有機EL等の新光源開発においては、光源効率算出に必要な全光束・全放射束や、照明の質に関わる色度やスペクトル等の諸特性等を正確に評価する必要があります。しかし、これらの新光源は前面のみに光が放射される、多種多様なスペクトルで発光する等、従来光源とは異なる特性を有しているため、その正確な評価が困難です。産総研では、これら新光源のために、スペクトルの定量的な精密測定・解析技術を適用した光源評価技術の開発や標準光源の開発を行っています。

研究内容

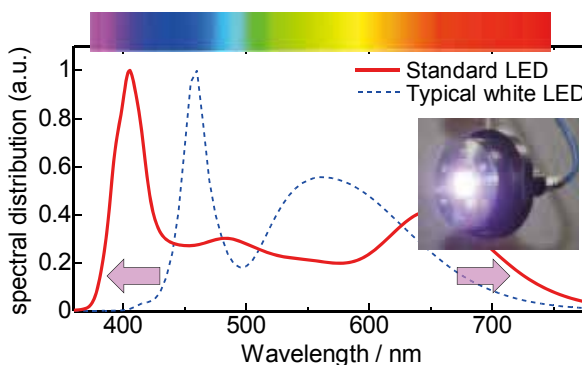
産総研では、面発光光源や紫外・可視域における新光源の開発・評価へ適用可能な、高精度測定装置（配光測定装置および球形光束計等）やスペクトルの精密測定技術を開発してきました。

我々は、これらの技術を適用し、LEDメーカーと共同で固体素子照明の分光測定に適した標準光源（標準LED）を新たに開発しました。スペクトルが多様な固体素子照明の分光測定に最適な標準光源のスペクトルを、我々の定量的な測定・解析技術をもとに決定しています。

我々の技術は、新たな製品開発や性能向上に貢献できます。



開発した高精度評価装置群（素子から照明光源まで適用可能）



共同開発した可視全域の波長をカバーする標準LED

連携可能な技術・知財

- ・ LED、有機ELの高精度評価技術
- ・ 紫外LEDの放射測定技術
- ・ LED、有機ELを応用した製品の開発
- ・ スペクトルの定量的な精密測定、解析技術
- ・ LEDを利用した標準光源
- ・ 高精度LED光度、全光束測定装置に関するノウハウ
- ・ ビームスキャナによる積分球の内面応答度分布測定法

- 関連技術分野：LED、有機EL、紫外LED、光源効率
- 連携先業種：製造業（非鉄金属）、製造業（電気機器）

神門 賢二／木下 健一／丹羽 一樹／中澤 由莉
物理計測標準研究部門
連絡先：nmij-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば

産総研

超低消費電力の「ダイナミック光パスネットワーク技術」

超高精細映像などの大容量情報を従来技術の1/1000以下の電力で

- 約6kWの超低電力で国内全通信情報量の約36倍にあたる90Tbpsを収容可能
- 光パス（経路）のネットワークの利用者数を数千万人に拡張可能
- 非圧縮8K超高精細映像によるインタラクティブ・ライブの実証実験に成功

関連技術分野：ビッグデータ、省エネルギー、情報ネットワーク、光ネットワーク
連携先業種：情報・通信業、製造業（電気機器）

研究のねらい

国内の通信ネットワークの総情報量は年率20～40%で増大しています。現在のネットワークでは、LSIを用いて電子的にパケット処理するルータが使用されていますが、情報量増大に伴い消費電力が膨大になる問題があります。私たちは、光スイッチによる回線交換型の「ダイナミック光パスネットワーク」を提案し、比較的小さい映像情報から非圧縮の4K/8K超高精細映像などのとても大きな情報までを、超低消費電力かつ低遅延で扱える革新的ネットワークを開発しています。

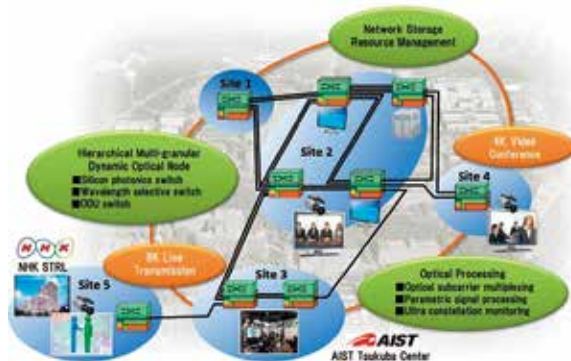
研究内容

情報の粒度（大きさ）に応じてパス（経路）を切り替えるスイッチを開発して、これらを階層的に配置することで、小粒度から大粒度までの情報を扱うことを可能にしました。8つのノードからなる90Tbpsを収容可能なテストベッドを構築して公開実証実験を行い、非圧縮8Kスーパーハイビジョン映像や4K高解像度ビデオ会議、ビデオオンデマンドなどが約6kWの超低消費電力、かつ低遅延なネットワーク上で自在に切り替えられることを実証しました。全国をカバーする数千万人加入のネットワークへの拡張が可能です。

（関連項目「シリコンフォトニクス光スイッチ」）

連携可能な技術・知財

- ・テストベッドは、公開実証実験後は実験室に移設して、現在も稼働中です。このネットワークを用いた実験に参加するユーザーを募集中です。
- ・開発したネットワーク機器は協働企業各社より製品化が進められています。
- ・この研究開発は、文部科学省「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム（平成20～29年度）」のプロジェクト「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」により行われています。



公開実証実験のネットワーク構成



遠隔病理診断



4Kビデオ会議



遠隔合奏



全競技の実時間観戦（将来）

テストベッドによるネットワーク実験例

- 研究担当：並木 周
- 所 属：電子光技術研究部門
- 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

口臭、疾患と関係のあるガス種を検知

早期診断技術に貢献するヘルスケア用ガスセンサ材料

- 非侵襲な健康モニタリングが可能な生体ガス計測
- 開発したガスセンサを搭載したヘルスケアデバイスを作製
- 一酸化窒素および硫黄化合物などを検知するガスセンサを開発

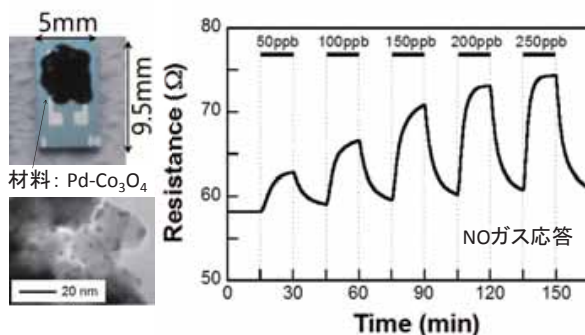
研究のねらい

人口の高齢化が進む中、健康、医療、介護分野においては、ヘルスケア関連機器とサービスの充実および社会福祉コストの抑制が社会的課題となっています。このヘルスケア産業の中でも呼気を用いた検診は、手軽に検体を採取できるだけでなく、人体への影響が少ないことから、新たな診断技術として注目されています。人間の呼気には、様々なガス種が含まれていますが、その中から、口臭、代謝、疾患と関係のある重要なガス種を選択的に検知できるガスセンシング技術の開発を行っています。

研究内容

酸化コバルト粒子にPd、Ptなどの貴金属触媒を高含有・高分散担持させる技術を開発し、呼吸器疾患のマーカーとなる、数十ppbから一酸化窒素を計測できる半導体式ガスセンサを開発しました。

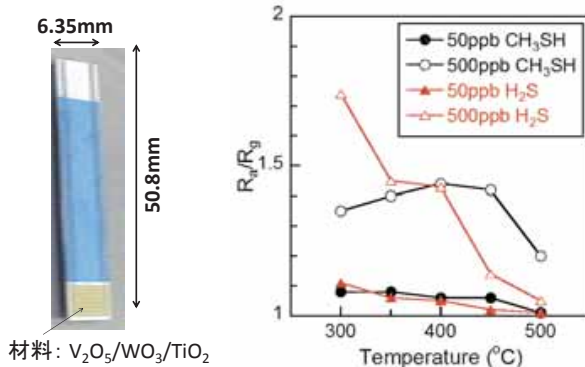
また、 $V_2O_5/WO_3/TiO_2$ 系粒子をセンサ材料に用いて、悪臭の原因であるメチルメルカプタン(CH_3SH)や硫化水素(H_2S)を数十ppbから検知することができる高温作動型半導体式ガスセンサを開発しました。このセンサは、数千ppmの H_2 に干渉されずに硫黄化合物を検知できること、また、作動温度によって CH_3SH と H_2S を区別して検知することが可能です。



開発センサと一酸化窒素ガス導入による抵抗変化

連携可能な技術・知財

- ・ ガスセンサ評価、センサ製造、触媒評価、導電性材料高温伝導特性評価、低濃度有機ガス分析に関する技術、高感度ガスセンサ用ナノ粒子の合成プロセスに関する技術
- ・ 特開2015-040753(2015/03/02)
- ・ 硫黄化合物を検知するガスセンサ
- ・ 本研究の一部は、愛知県『知の拠点』「超早期診断技術開発プロジェクト」の助成を受けたものです。



開発センサと各硫黄化合物ガスに対するセンサ応答

- 関連技術分野：センサ、ガス分析、酸化物材料
- 連携先業種：製造業(ガラス・土石製品)、製造業(精密機器)、医療・福祉業

赤松 貴文 / 申 ウソク
無機機能材料研究部門
連絡先: mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点: 中部



生体IoTを目指したセンサ製造と評価技術

多種環境対応完全固体小型pHセンサ

- 牛の体内に長期間留置可能な完全固体型高精度pHセンサと集積化技術の開発
- 低コストかつ小型化を実現出来るMEMS製造プロセスの応用
- 連続リアルタイムモニタリングの実証実験と信頼性評価技術の開発

研究のねらい

環太平洋戦略的経済連携協定 (TPP) による貿易の自由化が国内の畜産業に与える影響は大きく、国内の畜産業はこれまで以上に競争力を付ける必要に迫られています。和牛は高品質で有望な農産物の候補ですが、実は、生育過程で失われる固体が多く、健康管理を高度化し損失を小さくすることで競争力を向上することが求められています。牛の育成においてはルーメン (ミノと呼ばれる第1胃) pH値が非常に重要な生命指標ということが知られており、ルーメンpH値をリアルタイムで連続的に測定することによりこの課題に対応しようとしています。

研究内容

本研究では、酸化インジウムスズ (ITO) を電極とする完全固体型pHセンサを開発し、0.01 pH精度の計測を実現しました。また、1個のボタン電池で数年間連続動作可能な超低消費電力のpHセンサの開発も進めています。これら試作したpHセンサを牛に適用し実証実験を行い、pHの連続測定に成功しました。今後は、センサの長寿命化や連続動作の長時間化を図り、生き物のIoT技術を進展させます。さらに、これらの技術を、海洋、農業、湖沼、地熱などに適用した大規模無線センサネットワークの応用も考えています。

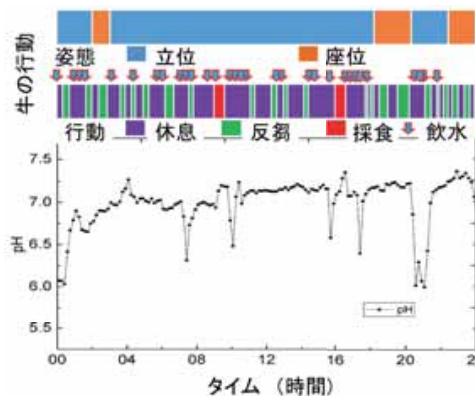


ルーメン
センサ

完全固体型ルーメンpHセンサの実証実験

連携可能な技術・知財

- ・ pH センサ特許出願
- ・ DTIP proceedings of 2016 (2016) 3A
- ・ IEEJ Transactions on sensors and micromachines 136 (2016) 11
- ・ 本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 次世代農林水産業創造技術によって実施されました。



牛の行動とルーメンpHの関係

- 関連技術分野：センサ、デバイス設計、MEMS、計測技術
- 連携先業種：製造業 (電気機器)、製造業 (精密機器)

張 嵐 / 魯 健 / 廣島 洋
集積マイクロシステム研究センター
連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば

