

研究成果

戦略的創造研究推進事業さきがけ
 研究課題「多次元生体化学情報の収集・時空間解析へ向けた超嗅覚センサシステムの創製」
 戦略的創造研究推進事業CREST
 研究課題「空間的・時間的に局在化したナノ熱の学理と応用展開」

人工嗅覚センサーで個人認証

呼気ガスを機械学習し、高精度に識別

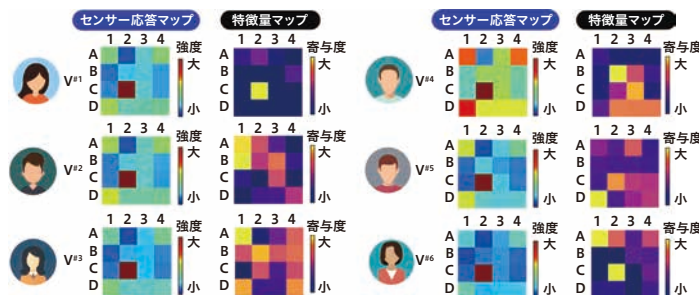
指紋や音声などの人間の身体的・行動的特徴を用いる生体認証は、パスワード認証に代わる簡便かつセキュリティーの高い本人確認方法として、利用が拡大しています。体表の皮膚から発散するガスを利用する研究もありますが、皮膚ガスに含まれる分子群の濃度が低く、全ての分子を検出できないので、この認証方法の適用には限界がありました。

東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻の長島一樹准教授らの研究チームは、分子群の濃度が皮膚ガスよりも3桁ほど高い呼気ガスを利用し、個人認証の原理実証に成功しました。研究チームはまず、異なる性質を持つ16種類の高分子材料と導電性カーボンナノ粒子の混合物で、人工嗅覚センサーを作りました。次に、年齢・国籍・性別の異なる空腹状態の6人を対象に、同センサーを介して呼気を検出しました。人工知能による機械学習を通して得られたデータ群を分析すると、平均97.8パーセントの高精度で個人を識別できました。別の日に

呼気を採取した場合や、対象人数を20人に増やした場合の実証実験においても、同様の識別精度でした。

この技術の実用化に向けては、食事が及ぼす認証精度への影響の確認やより大人数を対象とする実証実験が必要など、まだ課題は多くあります。しかし、一度使うと消費される呼気ガスを用いた個人認証は、情報の偽造や長期間のなりすましといった従来の認証方法の課題を克服する可能性を持つ生体認証技術として、実現に期待が高まります。

国籍・性別・年齢の異なる6人の呼気センシングにより得られたセンサー応答マップ(左)と個人識別の特徴量マップ(右)



16個のセンサー素子は全て異なる応答を示し、個人ごとに異なるパターンのセンサー応答が得られたことがわかる。個人を特徴付けるための各センサーの寄与度を評価したところ、全てのセンサー素子が個人認証に有効であることを確認できた。

研究成果

戦略的創造研究推進事業さきがけ
 研究領域「電子やイオン等の能動的制御と反応」
 研究課題「外部電場により駆動するワイヤレス電解反応システムの構築」

給電が不要な電解反応技術を開発

深海・高圧下などの極限環境での利用も望まれる

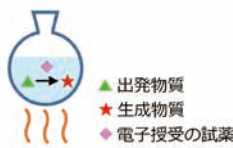
環境・エネルギー問題の解決に向けて、有害・危険な試薬を用いる化学反応から、安全で環境負荷が小さい電解反応に置き換える試みが世界中でなされています。電解反応は、物質が電気を流した電極に触れた時に、電子をやり取りすることによって反応が進みます。従来よりも試薬の種類や量を減らせるうえ、通常は熱エネルギーを必要としないといったメリットがあります。しかし、電極に給電する電源装置の導入の手間や配線の煩わしさなどが大きな問題でした。

東京工業大学物質理工学院応用化学系の稲木信介教授らは、本質的に外部から給電が不要な電解反応技術を開発しました。研究グループはまず、マイクロ流路に希薄電解液を送る際に電位差が生じる現象に着目。流路の材質をはじめ、さまざまな有機溶媒と電解質の組み合わせや濃度を検討し、電解反応を行うのに十分な3ボルト程度の電位差を発生さ

せました。実際に、芳香族化合物を送液して電解重合を行ったところ、導電性高分子膜が得られました。これは流路の上流または下流に設置した電極が陽極となり、酸化反応が進行したことを示唆しています。

この成果は、さまざまな溶媒や電解質の組み合わせでも、マイクロ流路に電解液を送液するだけで、電解反応を利用できることを示しています。現時点では高圧での送液が必要ですが、低圧でも効率よく反応するよう、改良を進めています。将来的には、ファインケミカル合成・有害物質の分解などの電解反応への適用や、深海・高圧下などの極限環境での利用も望めます。

従来の化学反応



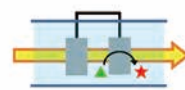
- ☹️ 危険な試薬・廃棄物
- ☹️ 熱エネルギー利用
- 😊 簡単・安価な装置

電解反応



- 😊 危険な試薬不要
- 😊 電気エネルギー利用
- ☹️ 煩雑な装置・配線

今回：給電しない電解反応



- 😊 危険な試薬不要
- 😊 送液エネルギー利用
- 😊 給電不要

従来の化学反応法と今回開発に成功した給電しない電解反応法の違い

研究成果

創発的研究支援事業
研究課題「最先端超音波を駆使した3D欠陥可視化技術創成」

超音波の3次元散乱現象を捉えてき裂を発見 非破壊評価技術を科学的に最適化

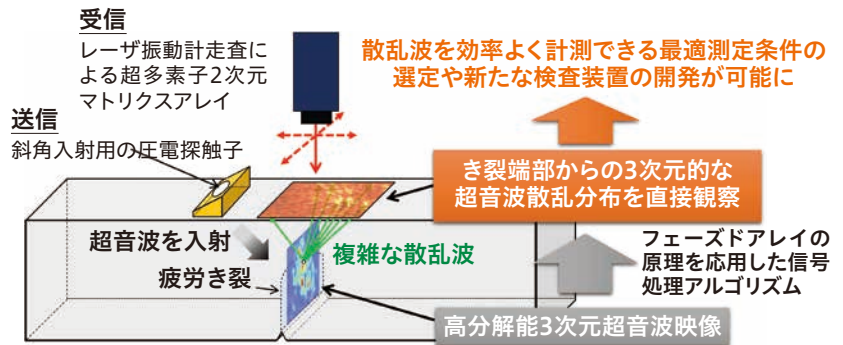
構造物や工業製品は、劣化によって表面や内部にき裂が生じることがあります。航空機や発電プラントではこうしたき裂が甚大な事故につながる可能性があるため、一般的には対象物を壊さずに調べる非破壊検査で内部構造を日々調査しています。中でも幅広く用いられている超音波検査法では、欠陥端部などを起点として四方八方に飛び散る散乱波から複雑な内部構造を推定しますが、これまで3次元的な散乱現象を調べる方法はありませんでした。

東北大学大学院工学研究科の小原良和准教授らの研究グループは、レーザーが照射された局所領域の振動情報を非接触で計測できるレーザードップラー振動計の2次元スキャンと圧電探触子送信を組み合わせた3次元超音波映像法「PLUS」をベースに、3次元超音波散乱現象の観察法を開発しました。研究では疲労き裂を微視的な散乱源に分解し、受信点までの伝搬

時間情報を活用した信号処理アルゴリズムを構築することで、き裂で発生する散乱波がどのように分布しているかを直接観察することに成功しました。

これにより、熟練者の経験に頼っていた検査基準や精度を科学的に最適化し、効率よく計測できる新たな超音波検査装置の開発が可能になりました。欠陥測定精度を高めることで、航空機や発電プラント以外にも、自動車、橋、トンネル、高速道路などの広範な分野において、安全・安心で持続可能な社会の実現を目指します。

3次元超音波散乱現象の観察法



超音波送信機と、レーザー光のドップラー効果を利用した振動計を組み合わせた3次元超音波映像法 PLUS (Piezoelectric and Laser Ultrasonic System)により、散乱波を3次元的に捉えることに成功した。

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST
研究課題「超解像3次元ライブイメージングによるゲノムDNAの構造、エピゲノム状態、転写因子動態の経時的計測と操作」
次世代研究者挑戦的研究プログラム「SOKENDAI特別研究員(挑戦型)」制度による次世代研究者の支援・育成の推進

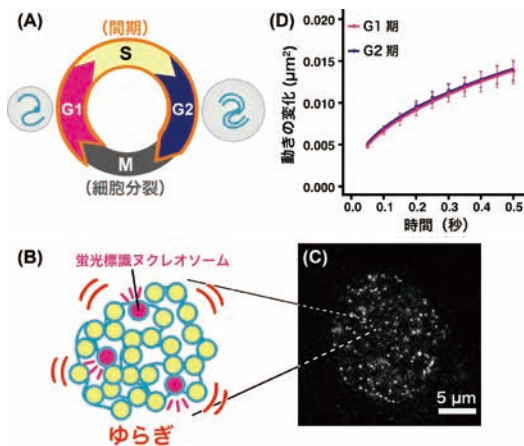
生きた細胞内でDNAのゆらぎを観察 細胞の異常やヒト遺伝疾患解明のカギに

ヒトの体は約40兆個の細胞から成り立ち、細胞の核には生命の設計図とも称される全長約2メートルのゲノムDNAが収納されています。ゲノムDNAはたる状のたんぱく質のヒストンに巻かれ、直径約11ナノ(ナノは10億分の1)メートルのヌクレオソームを形成しています。ヌクレオソームは、らせん状に規則正しく折り畳まれて階層構造を作るとされてきましたが、国立遺伝学研究所の前島一博教授らは規則正しい階層構造は存在せず、ヌクレオソームは不規則かつダイナミックに収納されていると2008年より提唱してきました。しかし、ヌクレオソームの微小な動きを正確に捉えることは従来の光学顕微鏡ではできませんでした。

今回、飯田史織総合研究大学院大学大学院生(SOKENDAI特別研究員)と前島教授らの研究グループは、細胞1個に約3000万個存在するヌクレオソームをまばらに蛍光標識し、個々のヌクレオソームの動きを超解像蛍光顕微鏡で正確に観察する手法で、ヒト細胞が成長する際に観察される微小な「DNAのゆらぎ」を生きた細胞内で捉えることに成功しました。また、DNAは細胞の成長

過程で一定のゆらぎを保ち続けることがわかりました。ゆらぎの程度がさまざまなたんぱく質のDNAへの近づきやすさに直接関連するため、ゲノム情報の読み出しやすさにも影響すると考えられます。

さらに、ゲノムDNAが損傷すると、ゆらぎが一過的に上昇することを見だし、損傷修復に関わるたんぱく質がDNAに近づきやすくなることで、修復を促す可能性を明らかにしました。こうした研究成果は、DNA修復不全による細胞の異常や関連した遺伝疾患の解明に役立てられます。



A: 細胞は細胞周期と呼ばれる成長と分裂の過程を繰り返す。B: ヌクレオソーム(黄色)をまばらに蛍光標識したヌクレオソーム(ピンク)の動きのみに注目することで「DNAのゆらぎ」を調べることが可能になる。C: 超解像蛍光顕微鏡による核内のヌクレオソーム画像。D: G2期にはDNAの量および核の大きさはG1期の2倍になるが、それにも関わらず、G1期、S期、G2期のDNAのゆらぎはほとんど同じであった。