

## 研究成果

創発的研究支援事業

研究課題「がんに起因する宿主の多細胞連関の異常に関する統合的研究」

## がんが引き起こす肝臓の代謝異常を解明

全身の不調を強力に抑える方法論の開発に活路

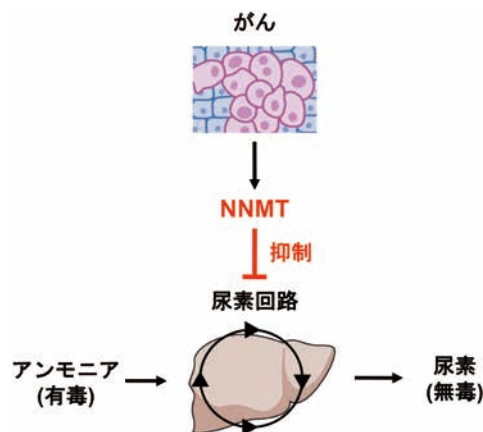
がんは食欲減退や肝臓・脂肪組織の代謝異常、体重の減少など、体にさまざまな悪影響を及ぼします。がんが離れた位置にある宿主臓器や細胞にも作用できる点が原因として挙げられていますが、この作用は極めて複雑で、その実態は十分に理解されていません。

東北大学加齢医学研究所・京都大学医生物学研究所の河岡慎平准教授らの共同研究チームは、このメカニズムを解明するために、がんがもたらす肝臓の異常に着目しました。乳がんや大腸がんを持つマウス個体の肝臓では、ニコチンアミドメチル基転移酵素(NNMT)が多く発現します。研究チームは、NNMTを持つマウスと持たないマウスへがんを移植し、肝臓で起こる異常とNNMTとの関連を検証しました。

その結果、NNMTを持たないマウスは、がんによって肝臓に生じる異常の一部が緩和されることがわかりました。特に顕著な効果が見られたのは、肝臓の代謝回路の1つで、有毒なアンモニアを無毒な尿素にして体外へ排出する尿素回路です。がんを持つ個体では尿素回路が抑制されますが、NNMTの欠損がこれを緩和していることがわかりました。

がんが宿主のNNMTを介して肝臓の代謝異常を引き起こすことが示されたことで、がんによる不調の複雑な全体像をNNMTという視点から整理する道筋を作ることができました。今後は、NNMT以外の異常に関わる分子も明らかにし、がんによる異常の全容解明に力を入れます。また、全身の不調を強力に抑える方法論の開発につなげるなど、臨床応用に向けた取り組みが望まれます。

## がんがNNMTを介してもたらす肝臓の代謝異常



肝臓の重要な代謝である尿素回路はたんぱく質やアミノ酸の分解で生じたアンモニアを尿素へと変換し、体外へ排出する。マウスに移植されたがんは、NNMTを介することで離れた位置にある肝臓の代謝異常を引き起こすことがわかった。

## 研究成果

創発的研究支援事業

研究課題「スパース非線形低次元モデルによる複雑流動場の先進フィードバック制御」

戦略的創造研究推進事業CREST

研究課題「次世代地震計測と最先端ベイズ統計学との融合によるインテリジェント地震波動解析」

戦略的創造研究推進事業ACT-X

研究課題「データ駆動型スパースセンシングによる航空宇宙開発の飛躍」

## 自動車表面の風圧分布・風向を瞬時に推定

重大事故の回避、燃費の向上に期待

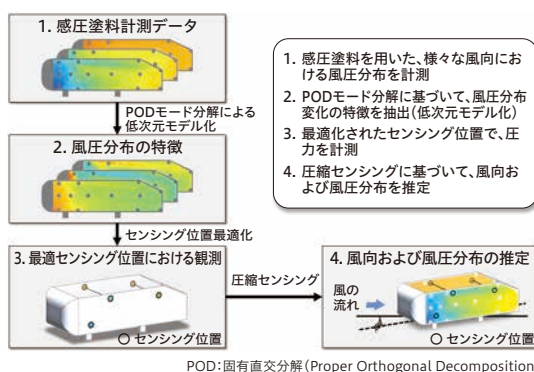
走行中の自動車の周りには、対向車とのすれ違いや追い越し、突風などにより、絶えず複雑な風の流れが発生しています。これらの風圧や風向を瞬時に把握できれば、安全かつ安定的な自動運転の実現に近づきます。しかし、車体に多数の半導体圧力センサーを埋め込む従来の圧力検知方法は、コストの面からも市販車への実装が困難でした。

東北大学大学院工学研究科の野々村拓准教授らの研究グループは、圧縮センシングと周囲の圧力に応じて発光強度が変化する「感圧塗料」による計測を組み合わせ、自動車表面の風圧分布・風向を瞬時に推定する技術を開発しました。研究グループはまず、感圧塗料でさまざまな風向きにおける風圧分布を計測しました。次に、自動車表面の風圧分布変化の特徴を抽出し、複雑な現象を大まかな特徴に限定して表現する低次元モデル化を行いました。得られたデータを基に、半導体圧力センサーの設置位置を最適化しました。これらを組み合わせる結果、風圧分

布の平均誤差を2.6パーセント、風向の平均誤差を3.4パーセントという高い精度で推定できるようになりました。

新手法では多数のセンサーを車体に埋め込む必要がないので、市販車にも実装しやすくなると考えられます。また、風圧分布などの情報を基に運転制御することで、風の影響による横転などの重大事故の回避が期待できます。その他にも、空気抵抗が小さくなるよう自動運転車の隊列形態を最適化できれば、燃費向上などにもつながる可能性があります。

## 感圧塗料による風圧計測と半導体圧力センサーの個数と位置の最適化



実験で得られた複雑な圧力分布データを低次元モデル化し、半導体圧力センサーの個数と位置を最適化した。実際に観測した結果、風圧分布・風向を高精度で推定できた。

POD:固有直交分解(Proper Orthogonal Decomposition)

## 研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「分解・劣化・安定化の精密材料科学」

研究課題「機能集積型バイオベースポリマーの創製・分解・ケミカルリサイクル」

# 市販のポリエステルを完全分解

## プラスチックを削減、新物質の創出にも挑戦

「プラスチック問題」は、世界が直面している大きな社会課題の1つです。日本におけるプラスチックのリサイクル率は86パーセントとされているものの、その多くは燃料として再利用されており、原料として再び利用されるケミカルリサイクルは、わずか3パーセントほどに過ぎません。

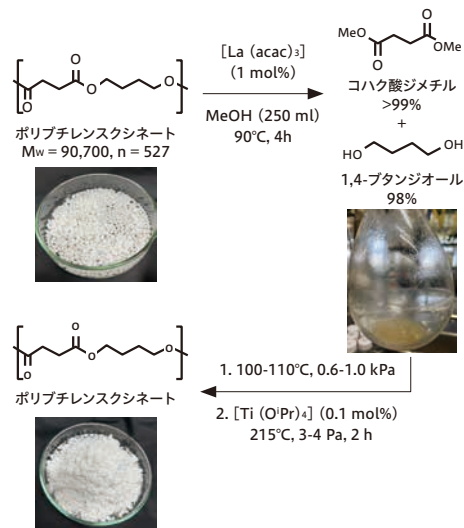
市販のペットボトルなどに使用されているポリエステルは、両端にカルボン酸を持つ単量体と両端にアルコールを持つ単量体から合成される「エステル構造」を繰り返しています。このエステル構造を切断すれば原料に戻すことができますが、環境負荷の高い塩基や添加剤を用いた化学反応が必要なため、ケミカルリサイクルはなかなか浸透していませんでした。

東京都立大学大学院理学研究科の野村琴広教授、東京農工大学工学府の安倍亮汰大学院生、同工学研究院応用化学部門の小峰伸之助教、平野雅文教授らの研究チームでは、これまでの植物油のトランスエステル化分解や低分子化合物のエステルの触媒的結合切断に関する知見などから、ポリブチレンスクシネート(PBS)の分解に希土類元素「ランタン」

の錯体が有効であることを見いだしました。この研究では反応温度90℃、反応時間4時間でPBSを定量的に分解できるだけでなく、市販のペットボトルも完全分解して原料に戻すことを確認しました。

今後は社会実装も視野に入れた触媒活性種の解明を行い、より安価で温和な条件下での分解反応の構築を目指すとともに、分解前のプラスチックよりもさらに価値ある化学物質の創出にも挑戦していきます。

### ポリブチレンスクシネート:PBSの分解と再重合



希土類元素のランタンの錯体を触媒としたところ、メタノール中の触媒濃度1モルパーセント、反応温度90℃、反応時間4時間でPBSをポリエステル原料であるスクシネ酸ジメチルと1,4-ブタンジオールに分解できた。

## 研究成果

戦略的創造研究推進事業さきがけ

研究領域「数学と情報科学で解き明かす多様な対象の数理構造と活用」

研究課題「生命ダイナミクスのための流体数理活用基盤」

# 自ら泳ぐ「奇弾性体」の理論を発見

## 自律的なマイクロマシンの開発・実現に道

「水中を泳ぐ」という行動は、身体と流体の力学的絡み合いから生み出されるもので、極小微生物の遊泳も例外ではありません。特に物体が柔らかい弾性体の場合は、変形と遊泳が切り離せないため、一般的な遊泳公式が長らく未解明でした。

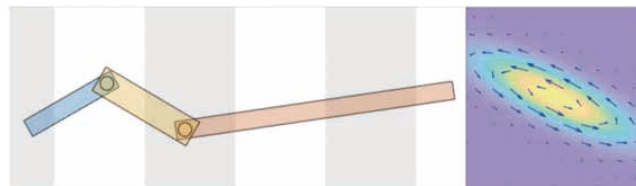
京都大学数理解析研究所の石本健太准教授らの研究グループは、弾性体の拡張概念である「奇弾性」に注目しました。奇弾性とは、生物や物体が自発的に変形することにより、エネルギー保存則が成立しない状態を科学的に示したもので、これまで弾性体理論では存在し得ないとされていました。

今回、研究グループは最も基本的な遊泳の数理モデルである「パーセル・スイマー」に奇弾性を導入し、流体計算を行いました。その結果、奇弾性体の内的なゆらぎがスイッチのように働き、自律的でしなやかな遊

泳運動が生まれることを発見しました。また、これまで全く異なる概念とされてきた既存の遊泳法則と、奇弾性体における力と変形の法則が、ともに形状空間内の確率的な流れとして表現できることを見だし、遊泳公式を導くことにも成功しました。

今後は実際の微生物がどの程度の大きさの奇弾性を持っているかを調べるとともに、体内や血管内を移動する自律的なマイクロマシンの開発および実現に向けて、基礎と応用の両面で貢献することが期待されています。

### パーセル・スイマーの模式図(左)と形状空間における確率的な流れの様子(右)

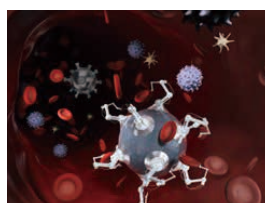


微小遊泳の数理モデルである「パーセル・スイマー」に、奇弾性を取り入れた流体数値シミュレーション。外部からの入力・制御がなくても、ひとりで泳ぐ。



「パーセル・スイマーの模式図」を用いた遊泳動画はこちらからご覧いただけます。

[https://www.youtube.com/watch?v=M\\_JSq7s569A](https://www.youtube.com/watch?v=M_JSq7s569A)



自律的に体内や血管内を移動するマイクロマシン