

# Naoki Kishi

名古屋工業大学  
岸 直希

安全・防災に向けた紐状センサー素子を活用した

常態乖離検知技術の事業化



## 通常あるべき姿からの差を測る、という考え方に基づいて、 これまでなかった、大きな物体の中身の温度を網羅的に測る技術。

例えば、事故・災害・故障は、正常な状態から何かか逸脱することが発端になっている。

正常な状態＝常態からの逸脱を「常態乖離(じょうたいかいり)」と言います。例えば火災は、温度が常態乖離しているところが火元、と言うことができます。調理場のコンロの上は高温でも常態と言えますが、炎が飛んで天井が燃え始めると、天井では温度が常態乖離しています。

「異常」と何が違うの?という疑問はあるでしょう。本質的には同じです。「常態乖離」は、「異常」という言葉を分解した表現と言えます。しかし、「異常」と言うだけでは、何に対して異常なのか曖昧な場合があります。「常態乖離」と表現すると、「本来あるべき姿(常態)」が定義されており、そこを起点として測っているという前提が明確になります。

また、「異常」は「常態乖離」の結果、という見方もできます。「異常」は「正常からどれくらい離れているか」という距離にボーダーラインを設けて、越えたら異常、越えなければ正常、と判断する表現ですが、「常態乖離」は正常から離れていく様子や距離感も含みます。自然現象も人間活動も、実際には連続的な変化が起きていることを踏まえ、と「常態乖離」はより細やかに状態を観測している響きがあるでしょう。

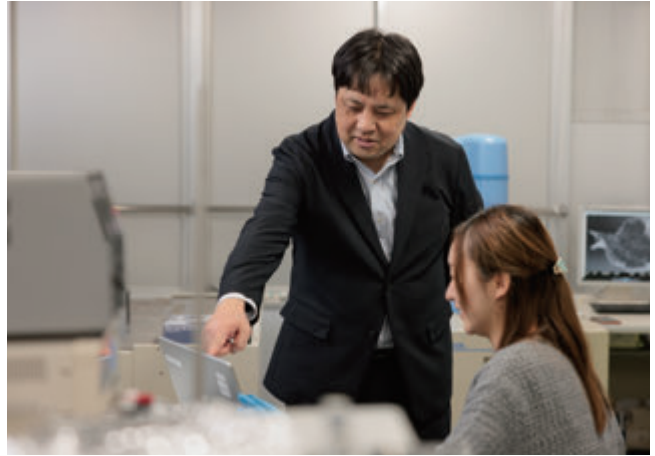
防災という観点で捉えると「常態乖離をいち早く検知することで、事故・災害・故障を防ぐ」と言うことができます。長い前置きになりましたが、この考え方が、防災と私の研究をつなぐ接点です。

例えば、山積みの工業原料の中の温度を直接測る。意外なことに、その実用的な方法がなかった。

鉱物やエネルギー資源等々、工業用原料は大量かつ安価に保管する必要があります。雨風の影響を受けにくいものは「野積み(屋外での集積保管)」されているものが多くあります。中には可燃性のものもあり、消防法で積み上げる山の高さや山の面積、山同士の間隔などが規制されています。

それでも、温度が上がると自然に発火して燃えることがあります。これを監視するため、現状はサーモグラフィカメラで表面の温度を測っています。しかし、多くの場合、温度が上がるのは山の内部から。表面温度で異常を検知した時には、もう火災が発生していることも少なくありません。意外なことに、高く堆積された原料の中の温度を網羅的に測る技術は、実用的なものがない。異常検知はできても常態乖離検知はできていないということ。温度上昇の発端と過程を捉えられないので、予防が難しいのです。

実用的なものがないと表現したのは、技術自体はあるから。熱電対というセンサーを原料の山に差し込むことで、先端部分の温度を直接測ることができます。しかし測れるのは先端だけ。どこで発生するかわからない温度上昇を、原料の山にでためめに熱電対を差し込んで測る?非効率的なことが分かるでしょう。だから多くの現場でサーモグラフィカメラを使っているのです。AIを搭載して判定精度を上げているものもある。しかしあくまでも異常検知に留まり、常態乖離を直接測れてはいないのです。



ゼーベック効果を用いた、軽くて柔らかい発電体。  
これを紐状のセンサーとして、新たに設計・開発。

同時に引っかかるものがありました。熱電対は「ゼーベック効果という温度差があると電圧が生まれる現象」を利用したセンサー。温度の差を電圧として測るのです。測りたい場所にあてる接点と計測器側の温度差があればよいのが特徴です。

一方、私は熱電発電の研究をしています。前述したゼーベック効果を発電に利用する研究です。現状では、大きな電力を得ることは難しいのですが、微弱な電力でもいい用途なら利用価値があります。例えば、人体に装着してバイオデータを測るというように。私はこの仕組みを軽くて柔らかい材料で実現できないか、等の研究をしているのです。

より発電効果の高い材料の研究と並行して、実際に社会に役立てる手法も模索していました。そこでふと気づいたのです。発電を目的にするには未だ途上かもしれないけれど、センサーとしてならいけるかもしれない。発電が出発点なので、常に作動させ続ける前提の材料でもあります。

ゼーベック効果は防災との相性がいい。温度変化を素早く察知したいという条件にぴったりです。これを、私が開発中の軽くて柔らかい材料を応用して、紐状のセンサーにすれば、点ではなく線での温度分布を常時計測でき、原料の山の中へ、蛇がとぐろを巻くように埋め込むことができます。原料の山の内部で温度が変わる様子が、時間を追って手に取るように分かるのです。

早速試作してみたところ、10メートルくらいの長さなら問題なく機能します。そして改めて既存の温度測定技術を眺め直すと、私たちのセンサーは空間内部を測れて、かつ測定範囲が広いという他にないセンサーであることに気が付きました。

人がアクセスしにくい、見にくいところの温度を  
解析する技術へと発展させて、更なる可能性を。

試作は10メートルですが、原理的には長さが長くなっても作動するはず。計測装置の性能にも依りますが、長いものを使えば土木・建築分野にも適用できます。材料と計測装置の限界があるので、現状、温度の上限は200℃程度、下限は未測定ですが、氷点下数℃くらいなら問題ありません。

対象内部の温度を常時計測して、常態乖離の発生を直接検知する技術。特徴は軽くて柔軟で長い紐状ということ。センサーおよび計測技術についての特許出願を完了したところ。産業界へのヒアリングも開始しており、確かにこれまで測れなかったところが測れる、と好感触です。

そして、今はAIを活用できる時代。これまで測れなかった場所の温度変化を時系列で取得できると、これを解析することで新たな発見があるかもしれません。そこまでは視野に入りたい。防災に限らず、食品等の品質管理にも役立てられるかもしれません。防災を、予防の方向へ視野を広げると、長期的なデータ取得から対象の健康診断的な用途も考えられます。私の想像を超えた、思いもよらないところに利用方法があるのは間違いありません。「こういうものを測れないか?」という疑問があれば、ぜひ相談して欲しい。それがこの技術はもちろん、私の研究の可能性も広げてくれるからです。

この通り、この技術は最初から狙って実現したわけではありません。熱電発電の可能性を広げる研究から枝分かれして生まれたもの。視点を変えて取り組むことで、私にとっても新たな分野に挑戦する機会になりました。それを偶然と捉えることもできますが、意図した成果が得られなくてもそれを失敗と捉えず、視野を広げて可能性を探った故の必然だと、私は思うのです。実験結果の背後にある自然の摂理は、私たちの想像など遥かに超えてくる。想定外の結果に、胸を躍らせる研究者でありたいと思います。

## Profile

名古屋工業大学  
岸直希

名古屋工業大学 大学院工学研究科工学専攻電気電子プログラム 准教授

2007年名古屋大学大学院理学研究科物質物理学専攻博士後期課程修了。博士(理学)。2007年産業技術総合研究所ナノカーボン研究センター産総研特別研究員、2008年名古屋工業大学大学院工学研究科未来材料創成工学専攻助教を経て2016年から現職。軽量・柔軟な電気電子材料とその応用についての研究に従事。本件に関する参考情報:PCT/JP2025/ 37400センサ及び検知方法 岸直希(国立大学法人名古屋工業大学)

TEL : 052-735-5147 MAIL : kishi.naoki@nitech.ac.jp

HP : [研究室] <http://s-lab.web.nitech.ac.jp/> [本技術] <https://technofair.web.nitech.ac.jp/seeds/seeds-741/>