

大阪科学・大学記者クラブ 御中  
(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)



2022年5月10日  
大阪公立大学

## 水滴の動きから降水量と風速を瞬時に同時計測できるセンサを開発 —局地的な豪雨マップなどへの応用が期待—

### <本研究のポイント>

- ◇水滴がセンサ表面にぶつかる際の動き（電気抵抗）を計測するセンサを開発。
- ◇データ分析に機械学習を用いることで降水量と風速を瞬時に同時計測することに成功。
- ◇軽量かつ柔軟性のあるセンサで安価での作製が可能のため局地的な豪雨マップなどへの応用が期待。

### <概要>

大阪公立大学大学院 工学研究科の竹井 邦晴教授と東京大学 大学院情報理工学系研究科/同大学次世代知能科学研究センターの中嶋 浩平准教授らの研究グループは、水滴がセンサの表面にぶつかる際に生じる電気抵抗を計測し、その分析に機械学習の一つである「リザバーコンピューティング\*1」を用いることで、水滴の降水量と風速を瞬時に同時計測できるセンサ（図1）を開発しました。

近年、世界各地で異常気象が発生しており、都市部に大きな被害をもたらすゲリラ豪雨への対策として、局地的な大雨や風を計測し、被害状況をリアルタイムで可視化することが求められています。

本研究では、水滴がぶつかる際に生じる電気抵抗を計測するセンサを開発しました。本センサは軽量で柔軟性があるため非平面上であっても設置することができるほか、レーダーなどの他の気象計測器に比べて安価に作製できるため、よりローカルなエリアへの設置が可能です。また、これまで気象情報を計測する場合、1つの情報の計測に対し1つの計測器が必要でしたが、今回、データの分析に機械学習を用いることで、水滴の「降水量」と「風速」の複数の情報を1つのセンサで瞬時に同時計測することに成功しました。

今後、センサの小型化や取得したデータの送受信などの課題をクリアすることで、傘や車、家の屋根などへの取り付けが可能となり、ゲリラ豪雨の降水量や風速の計測や豪雨マップなどによる被害状況のリアルタイムでの可視化など、豪雨災害から命を守る技術となることが期待されます。

本研究成果は、2022年5月5日（木）（日本時間）に国際学術誌「Advanced Materials」誌に掲載されました。

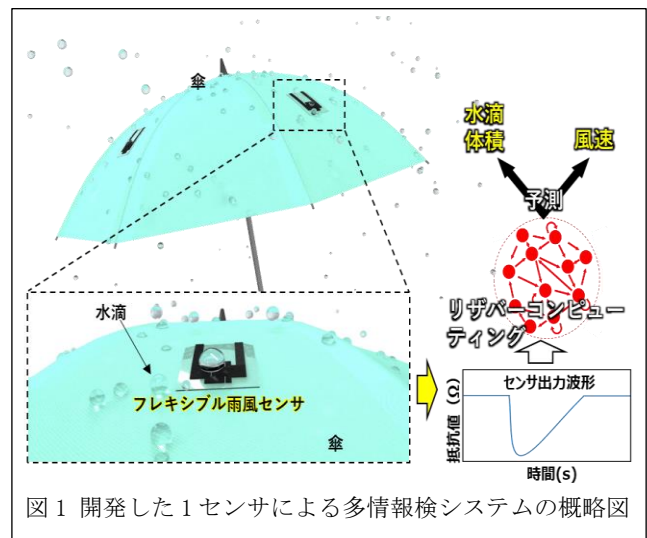
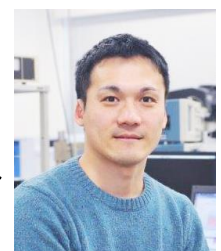


図1 開発した1センサによる多情報検システムの概略図

1つのセンサで複数の情報を瞬時解析するセンサシステムを開発しました。このセンサプラットフォームは天気情報だけでなく、様々なIoT分野でシステムの簡易化や低消費電力化へとつながる重要な技術だと思っています。今後は、実用化を目指した産官学連携に向けた取り組みも積極的に行いたいです。



竹井 邦晴教授

## ＜研究の背景＞

IoTの爆発的な発展により、多くのセンサがさまざまなモノに導入されており、得られた情報を機械学習や人工知能で解析することで人々の生活が劇的に良くなってきています。このIoT社会の究極的なゴールは、自然災害や事故のない「安全」「安心」「快適」そして「健康」な社会の実現ですが、多くの自然災害や事故が発生しており、更なるセンサシステムの構築が必須な状況です。

例えば、近年問題となっている局地的な豪雨による洪水災害の場合、集中豪雨情報を簡易に常時管理することができれば、その場所に近寄らない等の対策ができますが、現状は衛星システムなどによる雨雲情報に頼るしかありません。もし、雨・風情報を簡易に多くのユーザーから自動計測できれば、カーナビの渋滞情報のように局地の莫大な天候情報を取得し、リアルタイムで可視化できるようになります。そこで、本研究グループでは、様々な表面（家の屋根、傘、自動車など）に雨・風センサを簡易且つ安価に貼付できれば、自然災害から身を守ることができると考えました。

## ＜研究の内容＞

本研究では、ポリイミドフィルム<sup>※2</sup>をレーザー照射することで形成可能な多層グラフェン<sup>※3</sup>を用いて、水滴の状態を検知するフレキシブル雨・風センサの開発を行いました。センサで水滴の挙動をリアルタイム計測し、そのデータを機械学習の一つであるリザーバーコンピューティングにて解析することで、水滴体積と風速を予測するものです。

まず、水滴がセンサ表面に衝突した際の振舞いを制御するためにシリコンゴム（PDMS）上に転写したグラフェンの表面をレーザーにて加工しました。表面状態を変えることで、水滴がセンサ表面でバウンドしたり分裂したりすることが高速カメラ撮影で明らかとなりました（図2）。この水滴の振舞いを上手く利用することで、水のコンダクタンス（抵抗の逆数）をリアルタイム計測し、水滴の体積や衝突速度などを予測します。本センサで使用したPDMSは柔軟性を持つため、センサ自体を曲げたり、伸ばしたりすることができ、傘や屋根、自動車などに貼付することが可能です。次に、実際に測定した風速0 m/sと2.5 m/s時の各水滴体積時の抵抗値変化の結果を図3に示します。各条件において、抵抗の変化が異なることが見受けられますが、これはセンサ表面に衝突した際の水滴の挙動が違うことを意味しています。

この水滴の挙動による抵抗変化の時系列を学習データとして、リザーバーコンピューティングを用いた解析を行いました。リザーバーコンピューティングの最適なアルゴリズムを用いることで、簡易計測には十分な精度の水滴体積と風速を予測することが可能になりました（図4左、中）。また、実際に傘に本センサを貼付し、自然の風と人工的に与えたランダムな水滴を計測・解析しました（図4右）。この結果から、風速は市販センサと大きな誤差無く計測ができ、また風速結果及びこれまでの水滴体積予測結果から、水滴の体積の予測もある程度出来ていると考えられます。

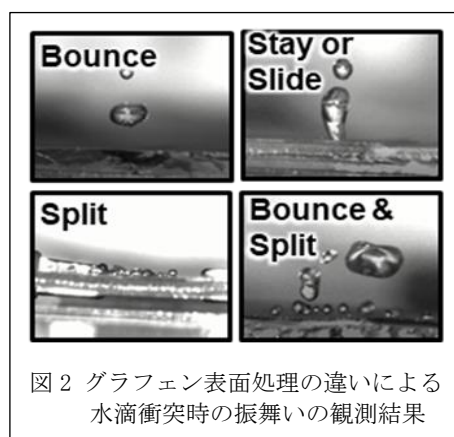


図2 グラフェン表面処理の違いによる水滴衝突時の振舞いの観測結果

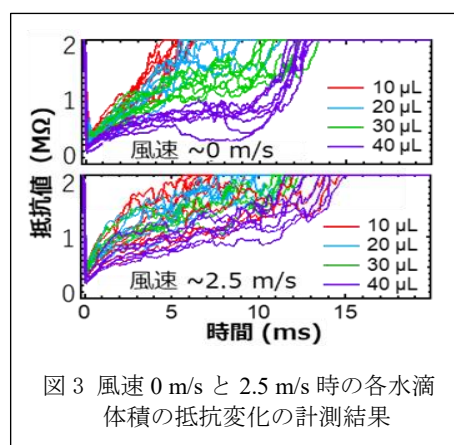


図3 風速0 m/sと2.5 m/s時の各水滴体積の抵抗変化の計測結果

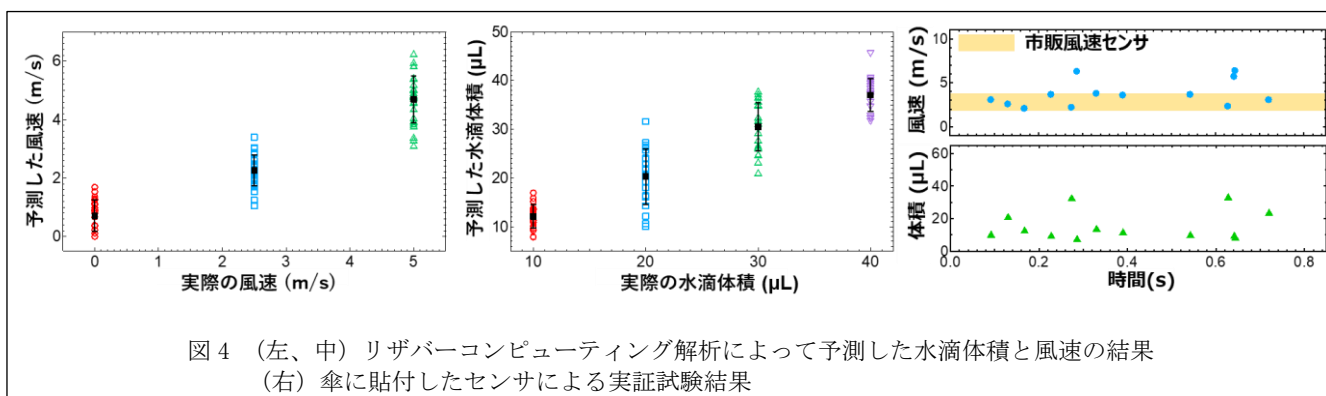


図4（左、中）リザーバーコンピューティング解析によって予測した水滴体積と風速の結果  
（右）傘に貼付したセンサによる実証試験結果

### <期待される効果・今後の展開>

次世代の IoT 社会の実現のためには、莫大な数のセンサが必要となり、それに伴う消費電力の増加が懸念されています。本研究では、水の時系列における挙動変化に注目し、それを電氣的に計測し、さらにリザーバーコンピューティング解析することで、初めて一つのセンサで雨・風の複数情報を同時に計測することができることを示しました。これは、センサの簡素化と低消費電力化にもつながるエコシステムの構築も期待できるものです。

今後は本センサの傘や屋根への適用を目指し、センサ角度が変化する環境下でも安定して水滴体積や風速を予測できるシステムの開発や、更なる精度向上めざすと同時に、ネットワークシステムの構築も行う予定です。将来的には『どこでも』『誰でも』『簡単に』『安価で』設置可能なマルチタスク・フレキシブル天候センサシステムを実現させることで、これまで人工衛星などに頼ってきた局地的豪雨情報を瞬時にマップ化し、危険地帯にアラームを出すといった防災技術への応用が期待できます。

### <資金情報>

本研究の一部は科学研究費助成事業（科研費）（JP18H05472 及び JP22H00594）、科学技術振興機構（JST）AIP 加速研究（JPMJCCR21U1）ならびに戦略的創造研究推進事業 CREST（JPMJCR2014）、東電記念財団、セコム科学技術振興財団の助成のもと実施しました。

### <用語解説>

- ※1 リザーバーコンピューティング…機械学習の一種で、時系列情報処理を得意とした手法であり、本研究のような瞬時リアルタイム計測・予測に向いている。
- ※2 ポリイミドフィルム…高温に耐えるフィルム材料であり、本研究ではレーザー照射することでポリイミドフィルムを炭化させることでグラフェンを形成している。
- ※3 多層グラフェン…蜂の巣のような六角形格子構造をもった炭素原子シート（グラフェン）が何層にも重なったもの。

### ■掲載誌情報

【発表雑誌】 Advanced Materials (IF=30.849)

【論文名】 A Multi-Tasking Flexible Sensor via Reservoir Computing

【著者】 Seiji Wakabayashi, Takayuki Arie, Seiji Akita, Kohei Nakajima, Kuniharu Takei

【論文 URL】 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202201663>

#### 【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 工学研究科  
教授 竹井 邦晴（たけい くにはる）  
T E L : 072-254-7619  
E-mail : [takei@omu.ac.jp](mailto:takei@omu.ac.jp)

#### 【取材に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課  
担当：竹内  
T E L : 06-6605-3411  
E-mail : [koho-upco@list.osaka-cu.ac.jp](mailto:koho-upco@list.osaka-cu.ac.jp)