

■大型境界層洞を使って実験中

# 都市環境・風工学 研究室 / 富永禎秀 教授

## 風の流れを解き明かし、地域の課題を解決

目に見えない風や空気の流れを解明し、快適な建築・都市空間づくりに生かしたい一。 そんな想いを胸に、富永禎秀教授は最先端のコンピューターシミュレーションと実験装置を駆使し、 これまでにない新しい知見を生み出し続けている。

#### 数値シミュレーションの最前線で 研究に没頭

新潟工科大学は1995年の開学以来、保有する国内最大級の風洞実験装置を中心に、建築・都市にまつわる風の問題を取り扱う世界的な研究を進めてきた。2018年には建築分野にとどまらず、工学全体にかかわる風をはじめとした空気や液体など流体を対象とした研究拠点「風・流体工学研究センター」が誕生。年間を通じて強風が吹き、特に冬季は日本海からの風と大雪の被害に悩まされる地域の課題解決と、地域の産学連携・人材育成に大きな役割を果たしている。

新潟工科大学で風工学研究を牽引してきたのが、風・流体工学研究センターのセンター長を

務める富永禎秀教授だ。東京大学大学院で博士課程を修了した後、開学と同時に助手として 着任し、以来出身地である新潟で教育・研究の 最前線に立ち続けている。

富永教授は魚沼市出身。電気技術者だった 父親の影響もあって工学系への進学を希望し、 中でも「文系的な要素もあっておもしろそう」と 建築を志した。新潟大学の建築学科に入学し、 当初は多くの学生と同じように意匠系に進みたい と考えていたが、当時新潟大学に助教授として 着任したばかりの赤林伸一氏(新潟大学名誉教 授)の建築環境工学の講義を聞き、建築の学 問の中でも、設計や構造などと違った新しい分 野におもしろさを感じるようになった。次第に環 境分野への関心を深め東京大学大学院へ進学。 そこでの恩師となる村上周三氏との出会いが、 研究に没頭するようになったきっかけだという。 東京大学名誉教授で日本建築学会会長、空気 調和・衛生工学会会長などを歴任した村上氏は 当時、今では建築分野で広く使われるようになった数値流体力学(CFD)解析のパイオニアとし て活躍していた。富永教授は、村上氏の研究室 に所属し、最先端の環境工学に触れた。大学院 時代はその分野の世界的研究者となる加藤信介 (東京大学名誉教授)氏や持田灯氏(東北大学 教授)の指導も受けながら、コンピューターを 使って建物周辺の風の流れや汚染ガスの拡散を 予測する研究を行った。

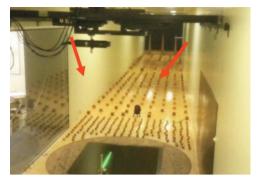
「研究室全体が、当時最先端だったCFDの技術を使って世界をリードするんだという気概に満ちていました」と振り返る。



2風洞実験室の外観



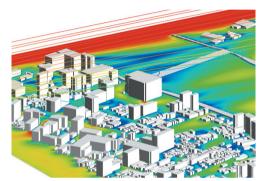
3 風洞用大型送風機



■PIV(粒子画像流速測定法)。空気などの流体中にトレーサ(煙のようなもの)を混入して、高速カメラで撮影し、そのデータを解析することで流体の速度および方向を計測する



・通・流体工学研究センターの入り口前で談笑する富永先生と研究室のメンバー



6 CFDで建物周辺の風環境・雪の吹き溜まりを予測

#### 風·流体工学研究センターで、 故郷の課題解決に取り組む

一方、「魚沼という雪深いところに生まれ、新潟をはじめとする積雪寒冷地域の厳しい気候風土の問題を解決するために自分の研究を生かしたいという想いがありました」と富永教授。大学院で5年目を迎えた頃、ちょうど風雪に強い建築の教育・研究に力を入れていくことを構想し、国内最大級の風洞実験装置の建設計画を進めていた新潟工科大学から、風洞を使った実験や解析ができる研究者として富永教授に白羽の矢が立ち、大学の開設とともに地元に戻ってきた。

大学赴任後は風関連の研究に力を注ぎ、2017年には研究の独自性が認められ、「高度シミュレーション技術による地域の『風』の課題解決と人材育成」として文部科学省の私立大学研究ブランディング事業に選定された。これをきっかけに翌2018年、「風・流体工学研究センター」を設立。風の影響を受けやすい日本海側の気候風土に応じた、地域密着・実践型の研究をより一層推し進める環境が整った。風・流

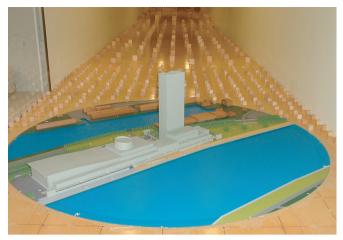
体工学研究センターは「企業がつくったものづくり大学」という新潟工科大学の最大の特徴を踏まえ、地元産業界へ研究成果を還元し貢献していくことも狙いの一つ。高い技術を持った人材の地域への輩出を続けている。

風・流体工学研究センターの研究スタッフには、富永教授を筆頭に、同じ建築都市学系の五十嵐賢次准教授や涌井将貴准教授のほか、情報からロボット、化学までさまざまな専門分野の教授陣が名を連ねる。工学のあらゆる分野で風や流体の実験、数値シミュレーションが活用されていることが分かる。企業・自治体・研究機関など学外との共同研究も活発だ。2019年には新潟大学災害・復興科学研究所、2021年には国立研究開発法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センター、2022年は中越防災安全推進機構とそれぞれ連携協定を結んでいる。

#### 巨大な風洞実験装置や最先端の シミュレーション機器

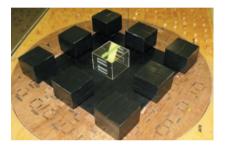
富永教授の研究対象は、市街地の風環境、 都市・建築空間の積雪分布、室内外の換気・ 通風など幅広い。ビル風に代表される市街地の 風環境は、1970~80年代、高層建築がさか んに建てられた時期に注目され、対策が研究さ れてきた。富永教授は「建築環境工学の中では マイナーな分野」と謙遜するが、市街地再開発 や大型プロジェクトの計画段階で風の影響を考 慮することは不可欠。自治体の環境アセスメント でも調査項目に含まれており、設計事務所など から依頼を受けて、風洞実験や数値シミュレー ションを実施することも多いという。2003年に開 業した複合施設「朱鷺メッセ」をはじめ、新潟 県を代表するプロジェクトの検証を担ってきた。 実験に使用するのは風・流体工学研究センター で所有する大型境界層風洞。幅・高さ1.8 m、 長さ13mの巨大な装置だ。建物や市街地の模 型をターンテーブルに設置し、さまざまな強さの 風をさまざまな角度で当てて風の影響を測定す る。実験結果によっては、より風の影響が小さ い計画へと設計変更が必要になる場合もある。

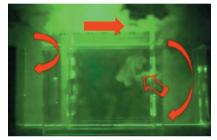
近年、コンピューターの性能向上とともに CFDを用いたシミュレーション技術が大きく発展 し、研究・実務両方で広く使われるが、コン



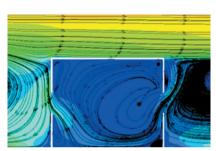
7朱鷺メッセの模型による風洞実験の様子







Ⅲ風洞実験により建物内の流れを可視化する



■CFDによって得られた風の流れの解析結果

ピューターによるシミュレーション結果の妥当性を実験で検証することも重要だ。風・流体工学研究センターは、最先端のCFDシミュレーションと併せて風洞実験が行え、それが他にはない強みと言える。ステレオPIV(粒子イメージ流速計測)と呼ばれる、空間にスモークなどを入れてレーザーを当て、2方向から撮影した画像から流体の移動速度・方向を割り出す高度な計測機器も備える。富永教授は「シミュレーションと実験の結果が一致すると手ごたえを感じますし、高精度な解析で実験結果の"なぜ"が解明できることに面白さがあります。現象が理解できればより効果的な対策を取ることができます」とやりがいを語る。

風の影響を風害と呼ぶことがあるように、これまで風は抑えるべきものとの考えが一般的だったが、富永教授は「都市の風のとらえ方が変わってきた」とみる。タワーマンションが増えて高層建築自体に住む人があらわれ、高層建築の周辺を"風から守る"ことに加えて"風を利用する"という視点が生まれた。地球温暖化とともに深刻化するヒートアイランド現象への対策として、市街地の風通しをよくし、熱を放散させやすいまちづ

くりが求められている。

#### 新潟の積雪や都市の室内換気も シミュレーション

全国有数の豪雪地帯を持つ新潟県では、耐 雪設計の建物が普及し、雪に強いまちづくりが 進められている。しかし、強風によって雪の吹き 溜まり・吹き込みが起きると、屋根にかかる荷重 に偏りが生じ、建物の破損の原因となることがあ る。それに対して、通常の構造設計では不均一 な雪荷重は想定されておらず、積雪の影響を実 態に合わせて適切に考慮した設計の必要性が指 摘されていた。そこで富永教授は、強風下での 屋根雪の分布を正確に予測する手法の研究を実 施。CFDを使った雪の飛散・堆積モデル、日 射・気温を考慮した熱収支モデルなどを組み合 わせ、全く新しいシミュレーション方法を開発し、 実験でも効果を検証した。富永教授はこの研究 で2017年の日本建築学会賞(論文)を受賞し ている。

富永教授が「雪がどう積もるかは非常に複雑なメカニズム。風と違って実験での再現も難しい」と語る通り、風の流れに加え、重さがある雪

は複雑な動きを見せる。大学では砂の粒子を雪に見立て、水槽内で動きを再現して実験を行っている。長岡市にある防災科学技術研究所・雪 氷防災研究センターという国立機関の実験施設で人工降雪装置や低温実験室を使った実験を実施することもあるという。

「雪国では、これまで生活から得られる経験に 頼って、各家や地域で対策を講じてきました。 屋根雪の分布について定量的に予測する方法が ないからです。しかし、気候変動の影響なのか、 短期間に大量の雪が降るドカ雪も増えている傾 向があり、経験に頼った対策だけでは難しくなっ てきています。事前に雪の積もり方が分かれば、 適切な対応が可能です。それが今の目標です」

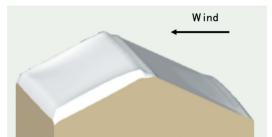
また、新型コロナウイルスの感染拡大で注目を浴びた室内の換気でも風工学の知見が生きる。 富永教授の研究室では、コロナ禍以前から、建 物内外の空気の流れを解明して良質な空気環境 や省エネを実現するための研究を行っていた。 複数の建物が立ち並ぶ密集市街地では風通しが 悪化し、建物の開口部から望ましい通風が得られない場合がある。研究では、建物の上空の風 向きとは逆に空気が吹きこむなど複雑な動きを風



☑雪を模擬した砂の動きも観察できる可視化実験用流水槽



退屋根雪の積もり方を予測する実験で、風洞内の模 型に雪を積もらせている様子



☑風を受ける切妻屋根上の雪の積もり方をコンピューターシミュレーションで 再現

洞実験とCFDシミュレーションで明らかにした。 現在は、感染予防に役立つ換気方法の提案や、 室内での飛沫の飛散と気流の関係といった時流 に沿った研究も実施している。

#### 充実した実験環境とプロジェクトで 学生を育成する

研究室の学生も企業との共同研究はじめさま ざまなプロジェクトに参加する。そのような中、 彼らの卒業論文も研究室のプロジェクトに関係 するものをテーマに選ぶことが多い。充実した設 備と多様なプロジェクトがある富永研究室は、 学生にとって高いレベルの研究が行える貴重な 環境。「自分の興味に沿った研究もいいですが、 センターの恵まれた研究環境で先端研究に携 わった経験を、将来に活かして欲しい」と富永 教授はいう。

また「補助金を使った研究や、企業との共同 研究といった責任の伴うプロジェクトが多いの で、期限を守ったり報告をきちんとしたりといっ た点はある程度厳しく指導しています。学生には



15風・流体工学研究センターでは施設の見学会やセミナー を行っている

社会に出る前の貴重な経験の場になっています」 と指導方針を語る。

自身の研究や風工学の今後の展開を聞かれる と、「次は研究で得た成果の社会実装を目指しま す」と心強い。富永教授が続けてきた風雪の研 究はシミュレーションの精度が高まり、十分実務 に活用できるレベルに到達している。新潟県のみ ならず全国で、災害に強く、環境に優しい建 築・まちづくりに貢献したいとする。

「中国の大学と共同研究する機会がありますが、 向こうは人材も設備も急速に充実し、風工学の



□ 学内で開催される子供向け科学イベントでは、地域のこど もたちに、大型風洞で風の力を体験してもらう

発展が著しい。あっという間に日本と似たような 実験装置ができ上がりました。日本には風や雪な ど気象による災害も多いですが、防災というと圧 倒的に地震への対応がメインです。気象災害研 究の重要性や設備投資の必要性に加え、建築 分野の風や雪への対策も大事なテーマだと訴え 続けていきたいと思います」

地元地域の風雪問題の解決から都市における 風環境まで広がりを見せる富永研究室の研究成 果が、日本の都市や地方の環境を変える日は近 そうだ。



#### 富永禎秀 教授

とみなが よしひで/1967年、新潟県生まれ。1990年、新 潟大学工学部建築学科卒業。1992年、東京大学大学院 工学研究科修士課程修了、1995年、同大学院工学研究 科博士課程修了。1955年より新潟工科大学工学部助手、 1999年に同大学大学院助教授、2003年に同大学大学 院教授。2018年より新潟工科大学「風・流体工学研究セン ター」センター長に就任。現在に至る。



### 研究室メンバーに聞きました

●研究室を選んだ理由 ②研究室の特色 ③取り組んでいる研究テーマ



小林 遥人(学部4年) ●国内最大級の大型風洞実験

装置に魅力を感じたから。 ②大 型風洞実験施設を利用できる。 **③**有風時の呼気エアロゾルの輸 送に関する風洞実験というテー マで新型コロナウイルスなどのエ アロゾルが有風時の場合、どのよ うな動きを見せるのかを分析。



本田 幸希(学部4年)

●まちづくりに興味があり、近年 問題視されているビル風や積雪 等の研究をしようと思った。 2 企業からの依頼が多く、外部の方 と協働すること。研究室が広く、ガ ラス張りになっているところ。 🚯 「都市・建築形態が積雪に及ぼ す影響に関する研究|



松添 遼太(学部4年)

●世界でも最先端の研究や実 験ができるから。 ②国内最大 級の風洞実験装置で精密な測 定ができるところ。 3 「加熱され た建物周辺の気流・温度分布に 関する研究」/都市内部の熱と 気流の関係を解明し、ヒートアイ ランド現象の軽減を目指す。



山崎 涼月(学部4年)

●風研という富永先生が顧問の ようなサークルの活動を通して、 風について興味が湧いたから。 ②一人一台PCが与えられてい る。ソフトの使い方で分からないこ とも研究員の方に質問できる。❸ 「都市・建築空間における風力エ

ネルギーの予測に関する研究 |

20