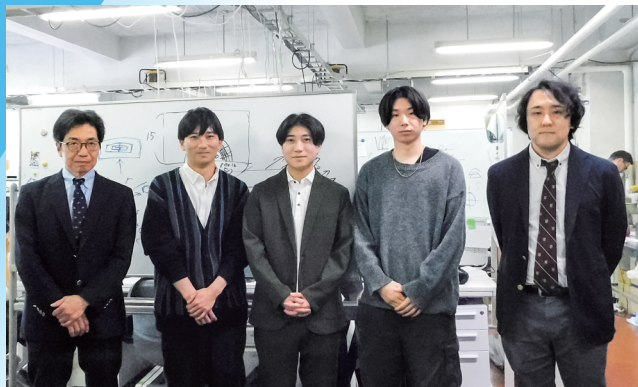




岡田 裕 研究室

創域理工学部 機械航空宇宙工学科 教授
おかだ ひろし
岡田 裕 先生



機械や構造体を使い続けるためには 破壊をシミュレートしなくてはならない

機械工学を学んでいく上で、材料力学、流体力学、熱力学、機械力学の機械の4力学は必須だ。昔は機械や構造体を設計するために手計算で行っていたが、機械が高度化し精度が求められる現在では、コンピュータシミュレーションが使用される。

創域理工学部機械航空宇宙工学科の岡田裕研究室が取り組んでいる材料力学は、構造の強度や寿命などを評価していくものだ。機械や構造体を細かく分解してその一つ一つの材料についてシミュレーションを行う有限要素法などが材料力学の代表的な手法だが、岡田研では、このコンピュータシミュレーションの更なる高度化を目指す研究が一つの大きな柱になっている。研究が進めば商用の有限要素解析ソフトへの応用などの可能性もある。「新しい計算手法を作りたい」のだと岡田先生は力を込める。

思わぬ事故が破壊力学を発展させてきた

機械や構造体の強度、寿命は様々だが、どれも必ず壊れる。いつ、どのような壊れ方をするかを予測する破壊力学は、材料力学の中でも重要な分野だ。岡田研ではこの破壊力学の基礎技術の研究開発と様々な分野への応用を、もう一つの主要なテーマとしている。

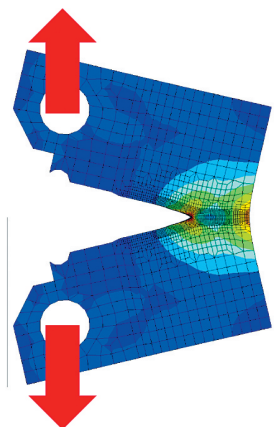
機械などが破壊にいたるまでのシナリオは様々だ。疲労破壊は長期間にわたる繰り返し使用の中で材料の亀裂が進んでいき、最後に亀裂が一定の寸法を超えると一気に壊れるため、破壊にいたる事前での修理や交換が必要だ。他にも、地震など大きな荷重が一気にかかった場合に起こる破壊では、発電プラントなどで対策が必要になる。この場合には、その場で壊れなければ後で使用できなくなってもいいという考え方でアプ

ローチすることが多い。

破壊力学では破壊を司るパラメーターを定義し、閾値を超えると破壊が進むと考える。計算方法はある程度は確定しているが、細部まで決まっているわけではない。しかし、パラメーターを同定し実験を重ねていくことで、亀裂の進展速度がわかれば、これを一般の機械や構造体に利用できる。

破壊力学では、プラントなどの巨大なモノについては全体を取り扱うのではなく、壊れやすい部分であるパイプの接続部などの試験片をモデリングしシミュレーションするクーボン試験を行い、実験で破壊の再現性を確認する。

「航空機の機体パネルについてのクーボン試験が米国で盛んに行われたことがある。1988年にハワイの島々の間を飛ぶアロハ航空ボーイング737の屋根が飛行中に吹き飛んだ事故が起きた。幸い機体は空港に戻れたが、事故原因は疲労破壊で、同機は短い飛行を7〜8万サイクル繰り返していた。この事故から米国で



破壊力学試験に使用するCompact Tension (CT) 試験片が引張を受けて変形する様子
(色はミーゼス応力分布: 赤が応力の高い部分、青が低い部分)

クーボン試験での変形の様子

は経年構造物の破壊について研究開発予算が付いたため、90年代に民間だけでなく軍用飛行機にもクーボン試験が数多く行われた。破壊力学はこのような予期しないものが壊れた時に進展すると言われている」と、岡田先生は説明する。

機械などの設計やメンテナンスには、検査と破壊力学を組み合わせている

ことが重要になるが、破壊力学を現実利用する場合、個別のばらつきが大きい。自動車などは同一モデルでも走行距離などによって破壊までの道筋は異ってくる。材料も進化しているため、評価の仕方も変わってくる。

「最近の日本の車メーカーは軽量化のためにハイテン鋼やホットスタンプ材などの強い鋼板を使うようになっている。昔は600 MPa程度だったのが1.6 Gパスカルと3倍近い強度になっていて、これにより壊れ方も変わってくる」(岡田先生)

破壊工学の研究手法のメインはシミュレーションだが、岡田研ではシミュレーション用のツールソフトを自作する場合もある。自作ソフト作成も重要な基礎研究だ。

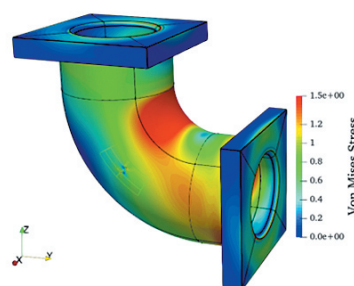
産業への利用と新しい計算手法の「種まき」

岡田研究室では理論の計算とともに、産業界との接点も大切にしている。企業など民間の人と話していると様々な気づきがあると岡田先生はいう。先生は日本溶接協会の原子力研究委員会傘下の小委員会主査を務めている関係で、そうした関係者との接点も多い。

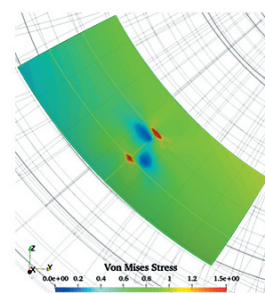
「原子力関連の人と話すと、大変保守的な設計計算手法を使用している。現在ではもっと効率的な手法があっても、既に実証された技術により安全性を担保する立場だ。コンピュータシミュレーションによる詳細解析よりも簡便評価式を用いることも多い」(岡田先生)

こうした異なる考え方に接することで、自身の研究について新しい着想が生まれることもあるという。しかし、すぐに新しい考えが生まれるのではなく、こうした気づきは「将来に向けての種まき」だという。

2026年から就任した荒井皓一郎助教は、同研究室



エルボ管全景(全体解析)



亀裂による応力集中(ローカルパッチ部分の解析結果)

研究室で独自に考案した重合パッチアイソジオメトリックアナリシス(S-IGA)による亀裂を持つエルボ管の解析結果(ミーゼス応力分布)

亀裂による応力集中の解析結果

の出身だが、ソフトハウスや自動車メーカーでの勤務を経て研究に復帰した。様々な業界を知り、現在は数値シミュレーションを適用した入れ歯の解析なども研究している。「入れ歯は一点ものなのでシミュレーションは難しい」(荒井先生)。広い分野への数値計算の応用の可能性を研究していきたいという。

力学を楽しんでほしい

岡田研究室の開設は2009年。現在は学部4年が10名、修士1年が6名、修士2年が8名、博士3年が1名で、これに荒井助教という大所帯だ。

卒業生の進路は機械系のメーカーが多いが、有限要素法の解析ツールを提供するソフトベンダーなどに就職する学生もいる。

「物作りの仕事に就けば、ここで学んだことがきっと役にたつ」と岡田先生は語る。

修士2年の村越健吾さんは、物作りサークルに属していたことから材料力学を志向し、理論から実装までを学べる岡田研を選択したという。同じく修士2年の大石青空さんも材料力学への興味と有限要素法の理論をしっかりと勉強したくて、指導がしっかりしているこの研究室を選んだ。博士課程3年の土山雄飛さんは、現在、破壊を効率的にシミュレーションするための、有限要素法とは異なる新しい手法の研究に取り組んでおり、ドイツなどでの国際発表も活発に行なっている。

「力学を楽しんでくれることが一番だが、研究では最後までたどり着くための体力、持久力が重要になってくる。難しい問題に向き合っているのだからわからないことがあるのは気にせず、勉強していけばいい。成功するまで、失敗しても挑み続けられることが大切だ」と、岡田先生は語る。

狐塚 淳(インプレス・デジタル・バリューズ)