

# TECHNORIDGE

2013 299



## 現象を可視化する

# TECHNORIDGE

2013 299



高速度カメラ撮影の様子

- 2 巻頭言
- 3 高速現象を可視化する
- 4 温度分布を可視化する
- 5 内部構造を可視化する
- 6 シミュレーションによる可視化
- 8 新人紹介・組織図

## ものづくりを支援する可視化技術

設計製造プロセスの改善

・品質管理を支援します



編集担当

はなさか としあき  
花坂寿章

最近、「可視化」という言葉は「見える化」という言葉とともに、様々な分野で幅広く使われるようになりました。製造現場や企業経営などにも用いられており、みなさんも耳にする機会が多いのではないのでしょうか。今回紹介します可視化は、「人間が直接目で見るのでできない現象・事象をわかりやすく見ることでできるものにする」とあります。本号では、ものづくりの分野で利用可能な可視化する技術について紹介致します。

### 見ることができないものを見るようにする

みなさんが日頃生活する上で、必要となる情報は一般に五感とよばれる感覚器官から得られています。また、この五感で感じ取る情報の多くは視覚によるものであり、様々な判断を下すための情報を得ています。そこでこの視覚に、通常では見ることができない情報を認知させることができれば、認識することが困難な現象を「視覚的に」理解することが可能になります。たとえば、今回紹介致します可視化手法の一つに高速度カメラがあります。高速度カメラは人の目では捉えることができない速い動きを撮影し、スローモーション映像として再生することで“人の目では動きが速すぎて見ることができないものを見るようにする”ことができます。これが、高速度カメラを用いた可視化です。

本誌 299 号表紙は、この高速度カメラを用いて撮影した画像です。ミルクで満たされた容器の中に、ミルクを1滴だけ落としたときの表面の状態を捉えています。王冠のような形を形成していることからミルククラウンと呼ばれています。このような映像はよく目にすることと思いますが、実際には、人の目ではこの映像をつぶさにとらえることはできません。液滴の落下の状態、液面への衝突の瞬間、王冠のような形の形成等、誰もが見過ごす一瞬を捉えます。この高速度カメラを用いれば、製造プロセスで起こるいろいろな現象を捉えることができ、その得られた情報はトラブル時の原因究明などに役立てることができます。

本号では、種々の可視化技術の中で、高速現象の可視化、温度分布の可視化、内部構造の可視化、シミュレーションによる可視化について紹介致します。これら技術を製造プロセスで起こる様々な現象・事象に対して、把握、解明及び解決に役立てて頂ければ幸いです。

TECHNORIDGE へのご意見、ご質問、ご感想等をお寄せ下さい。  
mail アドレス : [technori@wakayama-kg.go.jp](mailto:technori@wakayama-kg.go.jp)

工業技術センター HP からはバックナンバーもご覧いただけます。  
<http://www.wakayama-kg.go.jp> HP ⇒ センターの刊行物

# 高速現象を可視化する ー現場で捉えるー

機械金属産業部 機械金属グループ 徳本 真一

## はじめに

我々の身の周りで起こる物理現象の多くは、人間の目では捕らえることができません。人間の目は1秒間に10～20コマの画像でしか見ることができませんので、高速に動く物体の動きや、破壊や衝突など瞬間的に大きく変化する物理現象は、捕らえることはできません。高速度カメラは、工業分野において、製品開発・設計・試作段階における製品の動作性能の評価だけでなく、生産現場で起きる製造機械の不良発生の原因究明や、物流時・据付時の機械の異常動作など、製品のライフサイクルの様々な場面で生じる問題を解決する、ファーストステップツールとして有効です。ここでは当センターが所有している高速度カメラ(ナックイメージテクノロジー製 MEMRECAM fx K5)での撮影事例について紹介します。

## 高速度カメラとは

高速度カメラとは、文字通り事象を高速で撮影することが可能なカメラです。一般的に市販されているカメラの撮影速度fps(枚/秒)は30程度ですが、当センターの高速度カメラは100fpsから、画素数を減らせば最大で168,000fpsで撮影することが可能です。図1に、様々な物理現象とそれの撮影に必要な撮影速度の例を挙げました。当センターの高速度カメラでは、この図の赤で囲まれた部分が撮影可能な範囲となります。使用するレンズを変更することによって、大小様々なサイズの対象物を撮影することができます。この撮影可能範囲は工業分野の中でも利用範囲が広く、様々な企業で利用されています。

## 撮影事例

ここでは高速度カメラで撮影した事例について紹介します。図2にスプレーの噴射時における、液体噴霧の挙動を撮影した画像を示します。撮影速度は10,000fpsで、画素サイズは448×368で撮影を行いました。実時間は約0.3秒で、取得した約3,000枚の画像のうちの6画像となります。①→⑥の順に時間経過しています。噴射初期の段階では、球状の液体が押し出されるよう放出されています。その後、軸線上に放出される液滴は小さくなり、軸方向に伸びたように見えます。さらに液滴の噴射が進むことで、軸方向の液滴の速度が速くなっていることを確認できます。その他に表紙に掲載していますミルク라운の撮影など、様々な流体の動きの撮影が可能です。流体の運動は、不定形に変形しながら運動するため、定量的にとらえることは簡単ではありません。しかし運動を連続的に変化する画像(動画)としてとらえることで、状態変化を確認することができ、製品の性能向上や故障予測などを短期間で実行することが可能となります。

## おわりに

先述のように、高速度カメラは目に見えない高速現象を連続した画像として確認することができます。また、この視覚的なデータと他の計測データ(温度、圧力など)を組み合わせることで、様々な物理現象の解明に有効となります。

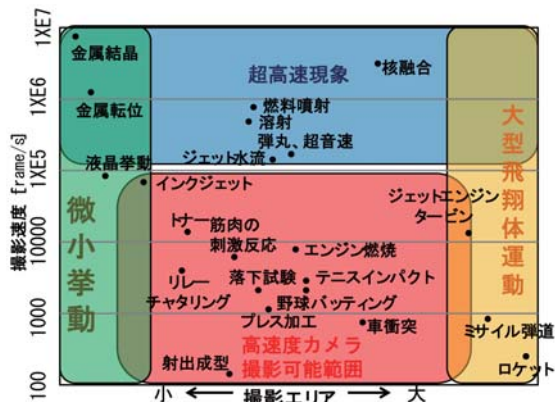


図1. 物理現象とそれに必要な撮影速度

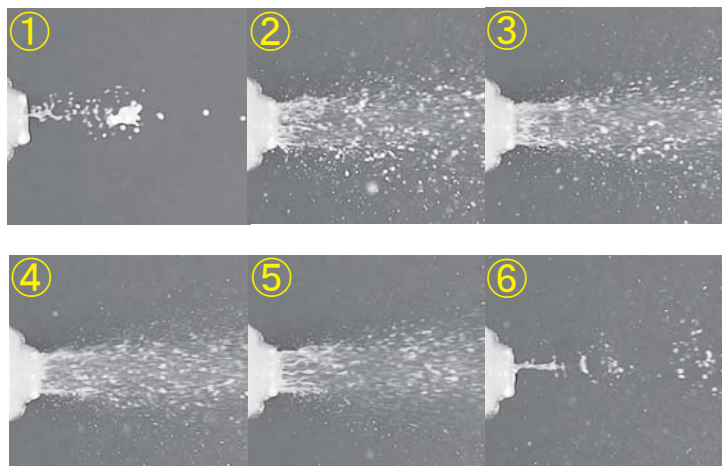


図2. スプレーの噴射

# 温度分布を可視化する —非接触で捉える—

機械金属産業部 機械金属グループ 徳本 真一

## はじめに

物体は、外部から大きなエネルギーが加わる時、変形や破壊という物理現象で内部のエネルギーを放出します。同時に、物体は「熱」という形でエネルギーを放出します。つまり、物体の温度を観察していれば、物体に変形などの大きな変化が生じているか、物体の状態に異常が生じていないかを、間接的に確認することができます。製品や構造物の温度監視は、異常や故障の診断において有効な情報の一つとなります。ここでは、当センターが所有している熱画像計測装置（(株)チノー製 AGEMA THERMOVISION 570）の測定例を紹介します。

## 熱画像計測装置とは

熱画像計測装置は、図1に示すように見た目は普通のカメラと変わりません。しかし、普通のカメラは可視光線をとらえて映像化するのに対して、熱画像計測装置は物体から放出される赤外線をとらえて映像化する装置です。熱電対のように接触式で計測する温度センサーと違い、非接触で計測することができるため、直接触ることができない物体や、近づくことが困難な物体の温度も計測することができます。このカメラは、1) 樹脂の射出成型での温度管理、2) 冷却スプレーの効果観察、3) 配管のひび割れ等の異常箇所の特定、4) 電気製品のショート等による発熱個所の特定、5) 建築用部材の断熱性効果の確認など、故障解析や製品開発に活用することができます。

## 測定例

図2、図3に熱画像計測装置の撮影例を紹介し

ます。図2は鉄筋用棒鋼材を万能材料試験機で引張試験を行った時の、棒鋼材の表面温度の変化を示します。引張前の棒鋼材の表面温度は外気温とほとんど変化はありませんが、引張試験を開始してしばらくすると、徐々に表面温度が上昇します。そして特に変形が大きく、破断が発生する部分は温度上昇が大きくなっているのが分かります。最終的には温度上昇が大きかった部分の中央が、破断したことを確認できました。このように物体に大きな力がかかり変形を生じた時に熱が発生するため、熱を計測すれば異常部分が分かるということになります。

次に図3は直流スイッチング電源回路の表面温度の計測を紹介します。電源回路を駆動した際、無負荷の状態であっても電源回路は電力を消費しているため、基板上に設置されている抵抗部分の温度が上昇していることが分かります。さらに外部から負荷を加えると、電源回路は電力を発生し、抵抗部分はさらに発熱していることが分かります。図では基板表面も熱が伝達しているように見えますが、これは抵抗から出た赤外線が基板表面で反射しているだけで、基板表面が熱を発しているわけではありません。きれいに磨かれた金属は可視光線を反射しますが、同様に赤外線もよく反射します。そのため、熱画像計測装置で金属表面を計測する際は、注意が必要です。

## おわりに

熱画像計測装置は、熱電対などの温度センサーに比べて精度は高くありませんが、非接触で画面内全ての点を計測できます。このため、表面の温度分布や温度変化の推移などが、視覚的に捉えやすくなり、様々な分野で利用されています。



図1. 熱画像計測装置

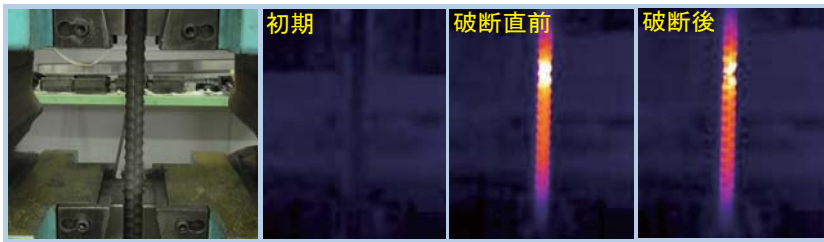


図2. 鉄筋用棒鋼材引張試験

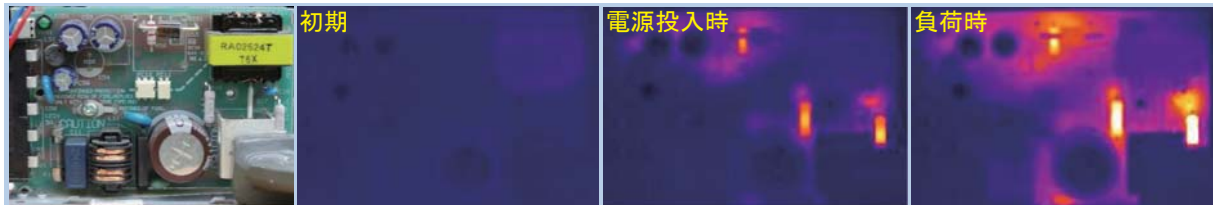


図3. 直流スイッチング電源回路

# 内部構造を可視化する ー非破壊で捉えるー

機械金属産業部 造形グループ 花坂 寿章

## はじめに

化学プラントや橋梁などの構造物及び工業製品等は、品質を維持・管理・保証するため、様々な検査が行われています。特に、外観検査ではわからない内部の状態などは、大きなトラブルにつながる因子が隠されているかもしれないため、X線による非破壊検査が用いられています。今回は、このX線撮影による内部観察について紹介します。

## X線撮影について

X線撮影は、医療・工業等分野を問わず広く利用されています。撮影方法の違いから透視撮影と断層撮影の2種類に分けられます。透視撮影は、X線を一方から照射し、透過したX線を検出器で画像化する撮影方法です。三次元の物体の構造が二次元の画像として映し出されるため、X線透過方向の物体情報が重なって映しだされます。観察したい部分が他の構造に影響されて確認しにくい場合もありますが、効率良く検査や解析ができる特徴があります。断層撮影は、実際に物を切断したような断面画像が得られる撮影方法です。透視撮影の欠点である奥行きを把握することができ、欠陥等の位置関係や、形状を詳しく確認したい場合に有効です。この断層撮影には、CT スキャナ（図1）と呼ばれる装置が用いられます。

## 小型エンジンの撮影例

ここでは、小型エンジン（図2）を撮影した事例について紹介します。この小型エンジンを透視撮影と断層撮影した画像が図3と図4になります。図3は、図2の正面からX線を照射して撮影した透視画像です。試料全体の内部形状が確認してと

れますが、重なり合った部分については確認しにくいのがわかります。次に図4は、図2の赤線部を撮影した断層画像です。赤線部で切断したような画像が得られています。内部の部品形状や位置関係が確認してとれますが、試料全体の形状についてはイメージしにくいのがわかるかと思います。このように、撮影方法によって画像の見え方が違ってきます。撮影したい試料の何を見たいかによって、撮影方法を検討する必要があります。ちなみに、図2のような試料では、内部を構成する部品の形状やはめあい具合などの観察が目的となります。透視撮影では、内部の部品形状の観察が難しいため、CT スキャナによる断層撮影が主に用いられます。また、いずれの画像も内部で構成されている部品の材質や大きさなどにより、X線の透過量が異なるため、画像の中では濃淡の差が表現されています。X線が透過しにくい部分が白く、透過しやすい部分が黒く映ります。

尚、このようなX線機器は、X線が透過しないと画像が得られません。透過能力、解像度など機種によって仕様が異なるため、観察したい試料にあった機種を選択する必要があります。

## おわりに

このように CT スキャナを用いれば、物体を破壊することなく内部の形状情報を得ることができます。これは、切断すると変形して形状が変わってしまうような柔軟物などにおいても非常に有効なツールであると考えられます。工業製品以外にも撮影が可能な物もあると思いますので、皆様のご利用をお待ちしております。



図1. 産業用 CT スキャナ (TOSCANER-24200AV)



図2. 小型エンジン

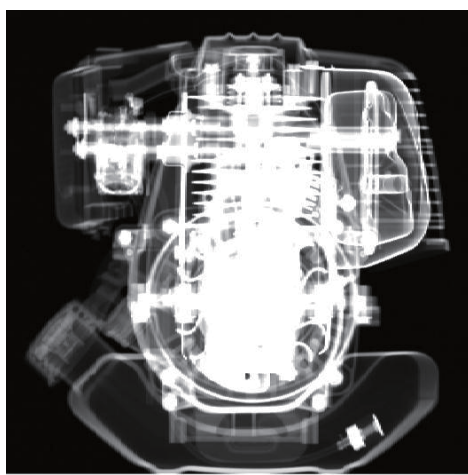


図3. 透視画像

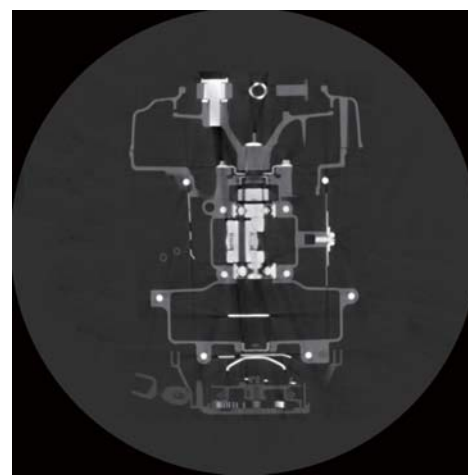


図4. 断層画像

## シミュレーションによる可視化 ー仮想空間で再現するー

機械金属産業部 機械金属グループ 上森 大誠

### はじめに

ものづくりの現場では、近年の IT (Information Technology) 技術の高度化により、コンピュータ技術を活用した製品の設計・解析や工程設計の支援が行われています。その中でも、特に、シミュレーションに使われている CAE (Computer Aided Engineering) は、応力、温度、電磁場など、通常は見えないものを可視化してくれるツールであることから、このツールをうまく活用することで、QCD (Quality: 品質, Cost: コスト, Delivery: 納期) に優れた製品を生み出すことが可能となります。

### ものづくり現場における CAE 活用のメリット

ものづくりの現場において、CAE を活用するメリットとしては、以下に示す3点が挙げられます。

#### ①不具合の原因解明

CAE では、製品の大きさ、形状によらず、応力、温度等の物理量を計算した上で現象を可視化することができます。また、寸法を変更した計算、材料を変更した計算が行え、さらに様々な使用状況に対応した計算も可能であるため、各条件が影響する要因を分析することができます。工学として説明できる現象であること、材料定数などのデータがあるものという前提条件はありますが、製品の故障の原因を定量化して評価・予測することが可能となります。このような CAE のメリットを生かすことにより、「重大クレームの撲滅」に寄与することができます。

②材料試験データ（強度・寿命試験データ）からの製品の強度・寿命の予測

CAE では、製品に使用する材料の強度や疲労寿命に関する基礎的なデータを持っていれば、製品設計を行う際に、製品仕様やある程度の形状が決まった段階で製品の強度を予測することができます。また、CAD (Computer Aided Design) と組み合わせることにより、コンピュータ上で任意に形状を変更することができるため、仮想試作も可能となります。

#### ③試作の代替

CAE では、コンピュータ上でのシミュレーションにより、製品の強度試験等が行えることから、少ない試作回数で、製品の品質評価を行うことができます。

以上、①、②、③のメリットを生かすように CAE を活用すれば、製品の QCD を向上させることができ、IT 技術を駆使したフロントローディング型設計を実現することが可能となります。

### CAE の活用事例

CAE ツールには様々なものがありますが、以下に代表的な解析分野について紹介します。

#### ・構造解析

構造解析では、設計した装置に外力が加わったとき、各部にどのくらいの応力が発生するか、あるいはどの程度変形するか、固有振動数は何 Hz かなどを計算することができます。

#### ・流体解析

#### 【活用事例 1】プラスチック製平パレットの形状最適化

製品仕様

最大積載質量 1ton をパレット上面に作用させて曲げ試験を行ったときの最大変位量が 10mm 以下。

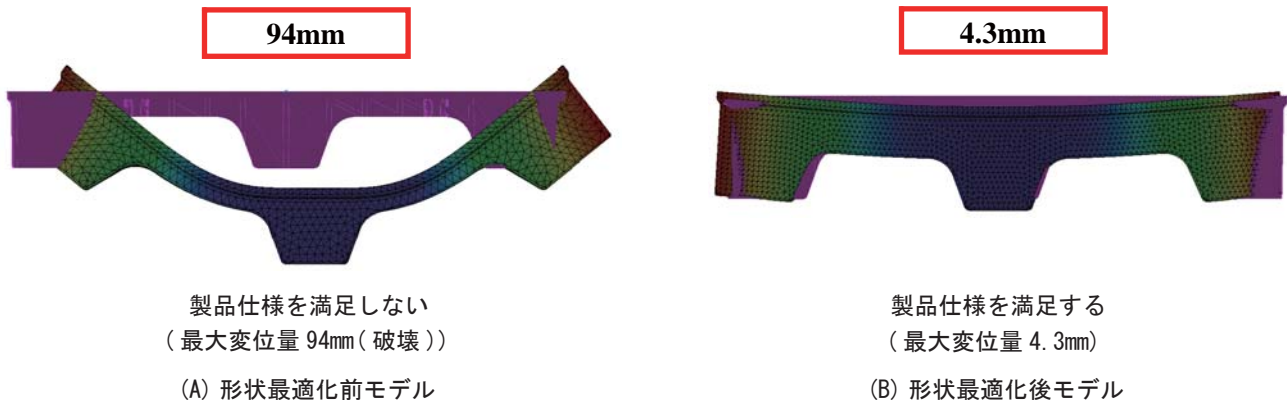


図 1 プラスチック製平パレットの形状最適化

流体解析では、定義した流れ場において流体の速度や圧力などが計算できます。自動車では、車体周りの空気の流れやエンジンルーム内の混合ガス、排気ガスの流れを確認するのに使用されています。

### ・伝熱解析

伝熱解析では、熱流束や発熱などの熱源、および周囲への熱伝達などを定義して、構造物全体でどのような温度分布になるかを計算します。

当センターの有する CAE ツール SolidWorks Simulation Professional (SolidWorks 社) では、構造解析、伝熱解析を行うことができます。ここでは、構造解析に関する活用事例を紹介します。

**【活用事例 1】** プラスチック製平パレットの形状最適化 (図 1 参照)

本例は、設計段階で CAE を活用することにより形状最適化を行った例です。具体的には、CAD を用いてパレットの製品データを作り、製品仕様に従いコンピュータ上で仮想実験を行うことにより、形状の最適化を行いました。この結果、製品仕様を満足する形状を決定することができました。このように、CAE を活用すれば、「形状設計」、「検証・評価」、「再検討」の 3 ステップを踏むことにより効率よく製品開発を進めていくことができます。

**【活用事例 2】** 津波対策避難カプセルの衝突解析 (図 2 参照)

津波対策避難カプセルには、津波に流されて壁に衝突しても破壊しないという製品仕様が求められます。そこで、本例では、カプセルが秒速 15m\* で壁に衝突した場合を想定し、この際にカプセルに生じる応力分布の経時変化を解析することにより、衝突時の衝撃に対するカプセルの強度を解析

しました。この結果、破壊リスクが少ないことが確認されました。

\* 平成 23 年 3 月 11 日に東北地方を襲った津波の流況と建物被害 (東北大学による東日本大震災 3 ヶ月後緊急報告会) によると、浸水深 5 m 流速 6 m/s 程度で家屋が流出するとされているため、ここでは安全率 2 程度をみて秒速 15m としています。

### おわりに

以上のように、ものづくりの現場に多くのメリットを生み出すことが可能となる CAE ですが、現状では現場に十分浸透しているとは言えません。

この原因としては、

- ①設計業務に対する CAE 活用ノウハウの不足
- ②CAE 特有の問題に対するノウハウの不足
- ・有限要素法、収束条件の設定方法、メッシュ分割方法
- ・非線形解析設定、演算収束のテクニックが挙げられます。

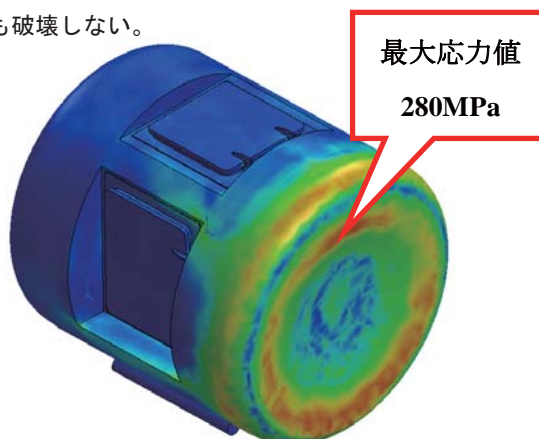
当センターでは、これらノウハウを皆様に伝えるとともに、一緒になって新たなノウハウを蓄積していきたいと考えております。また、CAE を利用したものづくりに関する研究会の開催も計画しておりますので、本技術紹介を読んで CAE に興味をもたれた方、あるいは CAE の活用方法や製品開発でお悩みの方は、是非ご相談ください。

本技術紹介に当たり、形状データをご提供いただきました (株) タイボー様、及び (有) 濱出工業様に深謝いたします。

### 【活用事例 2】 津波対策避難カプセルの衝突解析

製品仕様

秒速 15m で壁に衝突しても破壊しない。

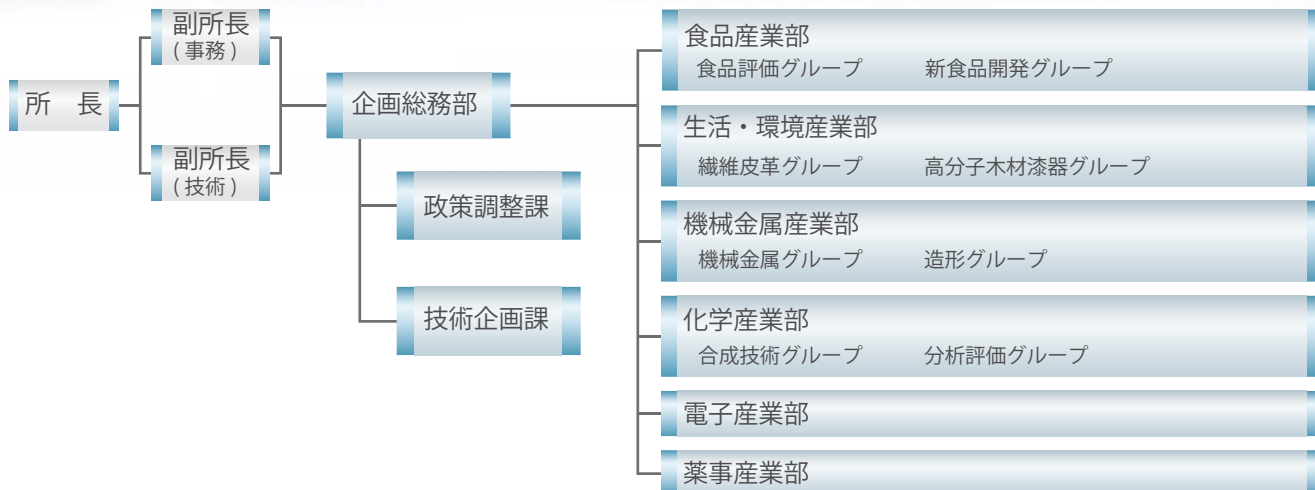


カプセルの材質 (SS400) の引張強さの下限値 (400MPa) よりも最大応力値 (=280MPa) が小さいので、破壊するリスクは少ない。

図 2 津波対策避難カプセルの衝突解析



組織



新人紹介

平成 25 年 4 月 和歌山県工業技術センター配属

機械金属産業部



森 智博 (専門分野：固体物性、光物性)

略歴

平成 19 年 3 月 徳島大学大学院 工学研究科 光応用光学専攻博士課程 (前期) 修了  
平成 19 年 4 月 光学フィルム製造メーカー勤務

「民間企業での経験を活かし、県内産業の発展に貢献できるよう頑張ります。」

食品産業部



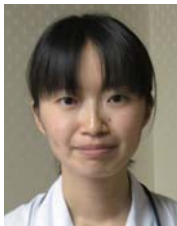
野中 亜優美 (専門分野：果樹園芸学)

略歴

平成 23 年 3 月 京都大学大学院 農学研究科 農学専攻修士課程 修了  
平成 23 年 4 月 和歌山県採用 伊都振興局地域振興部農業振興課勤務

「視野を広く持つことを意識して研鑽に励み、県内産業の発展に貢献できるよう真摯に取り組みたいと思います。」

化学産業部



吉村 侑子 (専門分野：応用微生物)

略歴

平成 25 年 3 月 大阪府立大学大学院 生命環境科学研究科  
応用生命科学専攻博士課程 (前期) 修了

「これまで学んできたものに加え、新しい知識・技術を吸収し、  
県内産業の発展に貢献できるよう頑張ります。」

「県内企業の皆様のお役に立てるよう努力いたしますので、  
ご指導ご鞭撻を賜りますようよろしくお願いいたします。」