

平成30年度

“KOSEN（高専）4.0” イニシアティブ事業 成果報告書

地域に存在する重要課題を通して育成する  
課題解決力の高い社会実装型技術者育成プログラムの開発

（防災を含む原子力教育をベースとして）

## はじめに

日本における地方創生と世界における国連のSDGs (Sustainable Development Goals)の達成への活動が広く行われる中、舞鶴高専ではCOC事業(2013～2017年度)とCOC+事業(2015～2019年度)などを推進しております。

このような流れを受けて高専機構本部では、KOSEN4.0イニシアティブを掲げて次期中期計画(2019～2023年度)への準備と位置づけています。舞鶴高専では2つのプロジェクトが採択されており、本報告書では「地域に存在する重要課題を通して育成する課題解決力の高い社会実装型技術者育成プログラムの開発～防災を含む原子力教育をベースとして～」の活動をまとめています。キャンパス全体の取り組みとして「地域エネルギー・防災教育研究センター」を設置し、高専が進める新産業を牽引する人材育成、地域への貢献、国際化の加速・推進に応じた活動を行い、ノウハウのパッケージ化により、他高専との協働を通じての波及を目指しています。

本報告書が、皆様の活動のご参考になると共に、将来の協働につながることを期待しております。

舞鶴工業高等専門学校 校長

内海 康雄

発行元



独立行政法人 国立高等専門学校機構  
舞鶴工業高等専門学校  
National Institute of Technology, Maizuru College

625-8511 京都府舞鶴市字白屋234番地

TEL : 0773-62-5600 FAX : 0773-62-5558



独立行政法人 国立高等専門学校機構  
舞鶴工業高等専門学校

## 舞鶴市とKDDIとの協定締結に伴う防災事業

5G通信技術を見据えたICTをはじめとする資源を有効に活用し、舞鶴市の地域活性化を図るため、舞鶴市、KDDI株式会社と地域活性化を目的とした連携に関する協定を締結しました。舞鶴市が現在抱える課題として、産業の活性化に関する事項、防災に関する事項、スマートシティに関する事項の三つがあげられ、今後、三者が連携し、ICTを駆使した実証実験を行い、これらの課題解決に取り組んでいく予定です。



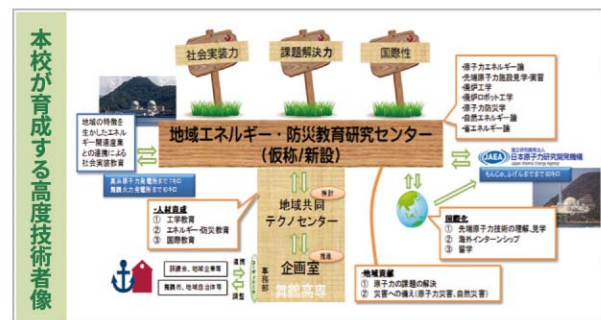
◀ 舞鶴高専 内海校長 (左)  
舞鶴市 多々見市長 (中央)  
KDDI(株)宇佐見理事 (右)

## 地域エネルギー・防災教育研究センター

新産業を牽引する人材に必要な能力は、問題解決力に加えて課題解決力、社会実装力だとされています。

本校では、地域に存在する重要課題である原子力と防災に対する取り組みを通して課題解決力を育み、同時に地域への貢献を目指す教育プログラム開発のため、地域エネルギー・防災教育研究センターを新たに設置しました。

初年度は、センターの設立準備をすると共に、原子力・防災関連の講演や施設見学など課題に対する取り組み等を従来の3件から15件に大幅に伸ばした結果、海外留学生を含めた多くの学生に原子力教育を実施しました。



また、地域エネルギー・防災教育研究センターは、図書館棟一階を、課題教育に取り組む拠点として自由に開かれ、かつ多目的に利用できる空間として改修して設立します。

改修後は、学内のみではなく、地域の方、企業の方にも開かれたオープン・コモンズとしての使用も可能です。床・天井を一部撤去して構造体を現し、壁一面をホワイトボードとすることで、開放的かつ、ものづくりに適した、自由に活発な議論を生み出す空間として生まれ変わります。照明器具・家具・個人学習スペース・新設壁パネルは、学生がワークショップを行い制作し、座学・実習・課外活動・講演会その他多様な用途への対応が可能な、新たな学問を生み出す空間としてデザインされています。



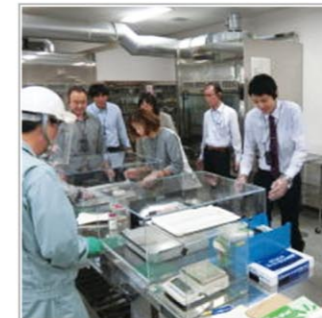
地域エネルギー・防災教育研究センター ▶

## 原子力・防災関連の講演や施設見学

原子力・防災をテーマとした5回の講演会、12回の施設見学を実施しました。国立研究開発法人日本原子力研究開発機構高速増殖原型炉もんじゅ及び新型転換炉原型炉ふげん、関西電力株式会社大飯原子力発電所、関西電力原子力研修センター、原子力運転サポートセンター、京都府港湾事務所西舞鶴港防災施設の見学を実施しました。



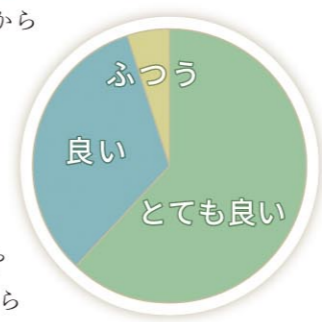
ナトリウム 研究施設の見学 ▲



もんじゅ構内に入る前にナトリウムに関する実習を受ける本校教職員 ▲

施設見学については、本校の近隣の施設を見学先としたことから、通常のカリキュラムを変更することなく、放課後や講義の合間に実施することができました。講演会・施設見学後には、アンケートによる教育効果の検証を行いました。

講演会では、のべ173名の参加者から115件(約66%)、見学会ではのべ335名の参加者から321件(約95%、1年生67名、2年生41名、3年生56名、4年生51名、5年生83名、専攻科生2名、教職員等21名)の回答を得ることができました。好意的な回答が多く、分かりやすかった、役に立つ知識が得られた等の回答がほとんどでした。



▲ 原子力・防災関連施設見学についてのアンケート結果

## 講演内容

- 明石高専における防災技能を有した技術者教育 ~これまでの活動とプロジェクトの目指すもの~  
明石工業高等専門学校 教授 鍋島 康之氏
- 舞鶴市の防災について ~原子力防災を考える~  
舞鶴市 危機管理・防災課 主査 千原 弘也氏
- 原子力機構やふげんの取組み、卒業生としての高専への思いなど  
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 教員 廃止措置実証部門 新型転換炉原型炉ふげん 所長 森下 喜嗣氏 (舞鶴高専機械工学科卒業生)
- 舞鶴市における地域防災システムの社会実装にむけて  
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 佐野木 良生氏  
一般財団法人衛星測位利用推進センター 松岡 繁氏  
株式会社芳和システムデザイン 鈴木 直康氏



講演会の様子 ▲



講演会の様子 ▲

## 海外学生派遣 留学生の原子力教育・社会実装教育

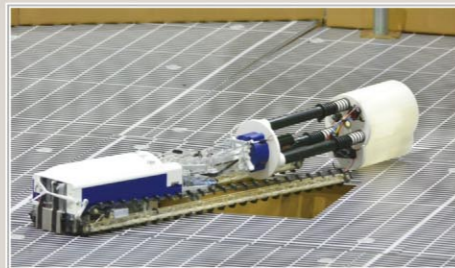
平成30年度は、海外インターンシップに3名派遣する他、現在、本校に在籍する留学生5名(タイ、マレーシア、ルワンダ、モンゴル、ラオス)に対し日本で原子力教育を実施しました。原子力に関する英語の教材を用いた研修を実施し、さらに、3名の留学生に対しては、関西電力高浜原子力研究センターでの研修を実施しました。

## 従来の取り組み

### ■ 廃炉創造ロボコン

廃炉創造ロボコンは、2016年12月に文部科学省により福島県福島の櫛葉遠隔技術開発センターにて第1回大会が開催されました。大会前の8月には福島第一原発での見学を行ってロボット製作に対する参考とするサマースクールが実施されるなど、原子力に対する興味、関心を引き出し次世代の原子力技術者を育成する目的で大会が行われています。

本校では、初年度から大会に出場し、高い成績を納めるとともに開発中の廃炉ロボットの試験の場として活用しています。2018年度の競技課題はデブリ取り出しロボットの開発であり、本校では実際に使用可能なロボットをコンセプトに開発を行いました。



実際に完成した競技中のロボット ▲



CADイメージ ▲

### ■ 社会実装教育フォーラム

NHKロボコンが、課題を与えられその問題を解決する能力を競う大会(問題解決型)であるのに対して社会実装教育フォーラムは、社会の現実の問題に学生が正面から向き合い、他者との対話と工学的な解決策を駆使して試作を繰り返し、価値を共に創造するプロセスこそ重要として始められたコンテストです。

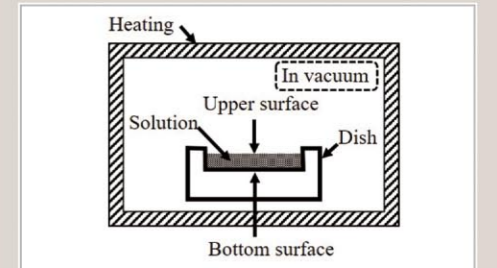
どういったロボットを作るか、学生が社会からの必要性に応じて課題を設定し、その課題解決に必要な機能を持ったロボットを設計製作する一連のプロセスが審査員により評価されるコンテストとなっています。舞鶴高専では、この取り組みの有用性に着目し、学生の課題解決力・社会実装力を涵養する場としてコンテストに参加しています。



### ■ 放射線教育プラスチック検出器の危険性低減に関する研究

本研究では、プラスチック検出器を用いた放射線教育を広く利用できるように、溶けやすさを調整したプラスチック検出器を製造したり、エッチング溶液の工夫によって、教育実験の危険性を低減することを目的としています。

本研究では従来の製造方法である大気中での熱硬化ではなく、新たに真空中での硬化を試みました。真空中で加熱することにより、試料を密封しなくても従来品と同等のプラスチック検出器が製造できるようになりました。密封するというプラスチック製造の工程が減るため、製造時の危険性低減につながり、また型材の制限が無くなり、炉の大きさ次第で任意の大きさのプラスチック検出器を製造することができるようになりました。



真空熱硬化の概略図 ▲



製作した大型のプラスチック検出器 ▲

### ■ 液体ナトリウムの性質に関する研究

濡れ性とは、固体表面に対する液体の付着しやすさを表すものです。次世代の原子炉として期待される高速炉では減速材として液体金属を用い、この液体金属の取り扱いが開発の要となります。液体金属は軽水とは異なる濡れ性を示し、このことが高速炉で使用する機器の設計にとって大きな障壁となっています。本課題では、液体ナトリウムの濡れ性について再評価を行うとともに、実際上問題となりうる動きのある液体の「濡れ」まで含めた評価を行います。

現状では動的な濡れ性の評価装置の設計を進めている段階であり、図は回転円筒を使用し、動的な濡れ性を評価する試験装置の試作機です。



試験装置 ▲

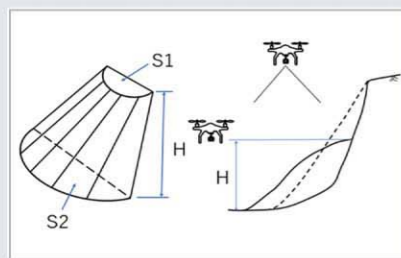
### ■ ドローン空撮画像による 地表状況の把握に関する研究

災害からの早期復旧のためには、迅速な被害状況の把握が求められます。しかしながら、土砂災害や氾濫被害においては現場に立ち入ることが難しく、従来の測量方法が使えないことが多いです。そこで、災害時など早急に状況把握が求められる場面におけるドローンによる空撮画像を利用した地表状況の把握方法について提案し、従来の測量方法と比較しながら、その有効性について検証します。

本研究では、具体的に2つのケースを想定しました。1つ目は土砂崩れ状況の把握について、特にドローン空撮画像から崩壊土砂量を簡易に計算する方法について検討しました。2つ目は氾濫被害など広域に被害範囲が及んでいる場合の地表状況の把握について、ドローン空撮画像から得られる位置情報と実際に行ったGPS測量の結果を比較して検証を行いました。



ドローン空撮画像による地表状況の把握 ▲



土砂量の簡易算出方法イメージ ▲



土砂崩れの様子 ▲

### ■ 情報収集用全天候型UAVの研究

舞鶴高専では、これまでに原子力発電所の中を偵察する複数の飛行型ロボットを開発済みです。これらのロボットは有線飛行し、瓦礫の散乱する複雑な構造の原子力発電所構内で障害物に衝突しても機体の破損が発生しない工夫が施されています。開発中の新しい機体は発電所の外部を偵察することを目的とし、①可搬重量が大きい、②悪天候対応、③高い精度での測位、④長距離移動可能、の4点を重点課題として完成を目指しています。

具体的には、大型のプロペラを6つ備え、悪天候に対応可能な防水性能の向上とプロペラ角度を調整できるピッチ制御機構の実装、準天頂衛星の補強信号を受け取ることができる受信機の取り付け、飛行時間延長を目的とした電力供給システムを目標に開発します。



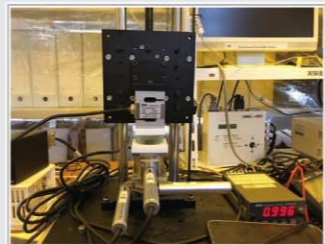
舞鶴高専でこれまで開発されてきた構内を偵察するロボット ▲▲



### ■ 薄膜型固体飛跡検出器の製造方法の開発

固体飛跡検出器とは、プラスチックなどの絶縁性の固体に生じた放射線損傷を化学薬品によって拡大し、入射方向などを光学顕微鏡で直接観測できるようにした放射線検出器です。本研究で使用した固体飛跡検出器は、PADC (Poly Allyl Diglycol Carbonate) プラスチックで、被ばく線量計測から研究用途に至るまで広く利用されています。細胞への放射線照射実験などでは、薄膜状の固体飛跡検出器が望まれています。従来の作製方法では、薄膜状のPADCを作ることは困難でした。

そこで、本研究では、注型する際の充填量を極微量に制御して注型し、型を加圧後に焼き固めた場合、厚さ5~10μmの薄膜型のPADCを製造することに成功しました。



加圧に使用した実験装置 ▲



製作した薄膜型  
固体飛跡検出器

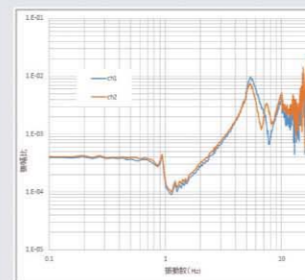
### ■ 木造2階建て建築物の耐震性評価について ～舞鶴市浮島集会所における起振器実験～

近年、耐震改修促進法および改正耐震改修促進法の施行により、1981年以前に建てられた耐震性に問題があるとされる伝統的構法で建てられた木造建築物および在来軸組構法による古民家や木造住宅の耐震診断や補強改修等が行われてきています。

本研究では、昭和28年(1953年)に建てられ、現在も使用されている木造2階建て建築物である浮島集会所を対象として、起振器を用いて木造建築物の固有振動数や減衰定数を求めるとともに、常時微動計測による固有振動数の推定を行います。特に、起振器実験と常時微動計測から得られる固有振動数の比較検討を通じて、木造建築物の微動計測による耐震性評価の妥当性を調査します。



起振器実験風景 ▲



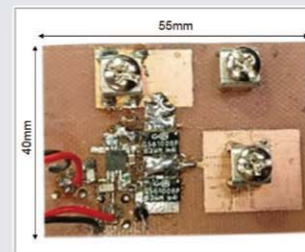
起振器実験結果(長辺振幅比) ▲

### ■ 電力変換器高効率化に向けた誤点弧解析

災害時に最も重要であるのは情報を得ることであり、携帯電話等の情報端末の充電が非常に重要です。さらに、限られた電力でより多くの電子機器を充電するためには電力変換器の高効率化が必要不可欠です。

そこで新素材半導体であるGaN(窒化ガリウム)が注目を集めています。GaNデバイスは従来まで使用されてきたSiデバイスに比べ高効率で高速駆動を実現可能なデバイスです。高速駆動可能なため、高効率化だけでなく小型化にも期待が寄せられています。

一方で下図に示すような誤点弧と呼ばれるGaNデバイスの誤動作が問題となっており、実用化に向けた課題となっています。本研究ではこの誤点弧発生の一要因をシミュレーションにて特定し、実機検証を行いました。



GaNデバイス実装基板 ▲



誤点弧

### ■ 災害時の移動機械

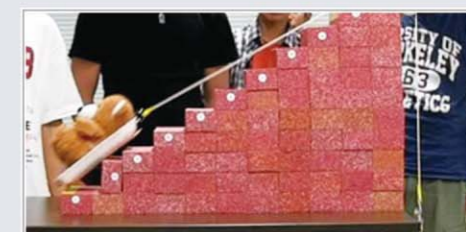
災害時に高専学生が能動的かつ積極的に活動できる能力を育成することを目的に、機械工学科2年の専門科目である「創造演習」において、防災意識の醸成、ものづくり活動を取り入れたアクティブラーニング型授業を展開しています。

大雨等による災害時において、切迫した状況下では垂直避難が必要となります。このような状況を想定し、災害時要援護者が階段を安心・安全な速度で移動できる機械の開発を念頭におき、模型階段を一定の時間で昇る模型製作を課題としています。模型材料は発泡トレー、竹箸等単純なものに制約しています。

結果として、防災意識とともに学生の主体性・協調性・積極性を育むことができました。今後、発想の広がりや模型組立の容易性からレゴブロックを用いることを計画しています。



レゴブロックを用いた移動機械模型 ▲



模型階段と  
移動機械模型

### ■ 停電時における情報機器利用手段の検討

学内全域が停電すると、サーバ類と各所のネットワーク機器が停止し、インターネットの利用は困難になります。一方で、バッテリーを有するスマートフォンやノートPCであれば、一定の時間利用が可能です。また、大手携帯キャリアは災害対策に力を入れており、多少の災害であれば通信が可能です。モバイルルータやSIMを確保しておくことにより、停電時でも複数人がインターネットを利用することができ、また、ソーラーによる充電が可能なポータブル電源があれば、情報端末を充電することができます。

これらの有用性を検証すると同時に、ポータブル電源とRaspberry Pi、ディスプレイにて省電力情報掲示板を構築、避難所で利用できる仕組みを検証しています。



ポータブル電源と  
モバイルルータ



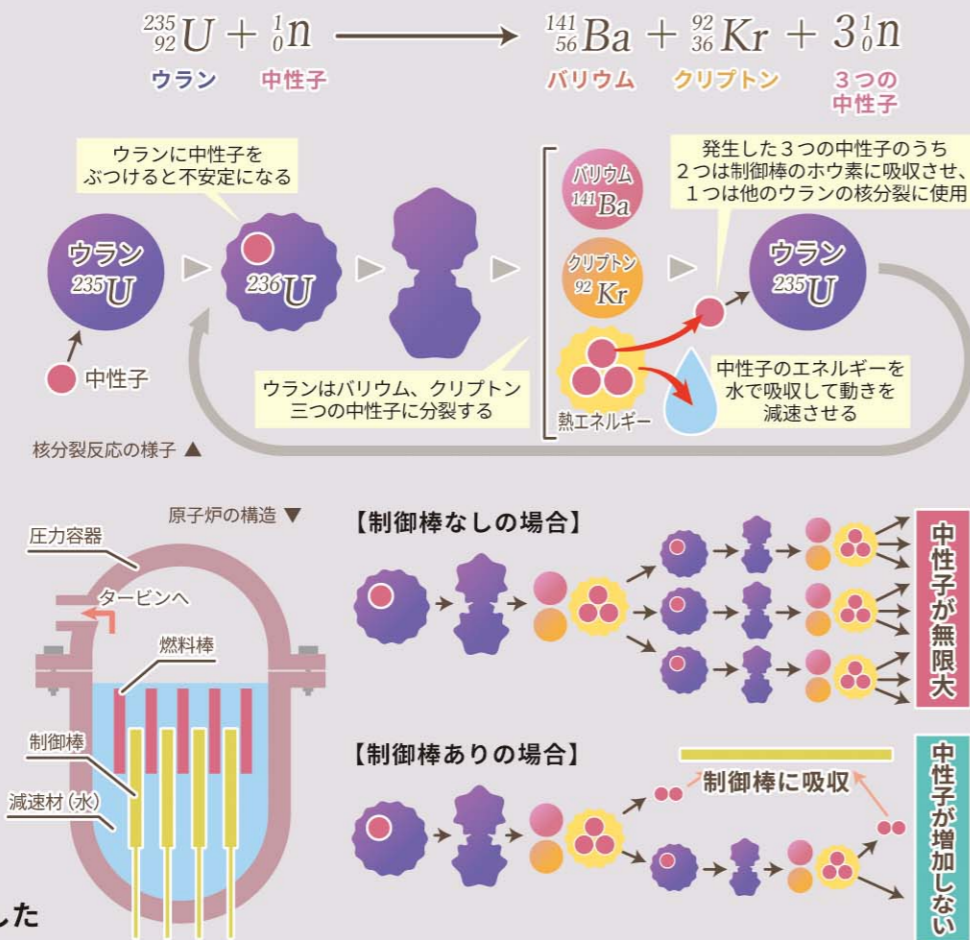
Raspberry Piと  
LTEモジュール

■ 原子力の基礎教育

原子炉の構造を下図に示します。核燃料の間に抜き出し可能な制御棒が取り付けられています。

核分裂反応は、ウラン235に中性子を吸収させることにより、バリウムとクリプトンと3個の高速な中性子を得ることができますが、この高速中性子のままではウランに吸収させることができません。吸収させるためには速度を落とす必要があり、その減速材として質量が近いことから水を利用します。

反応が過剰に進むと水が蒸発してなくなり、反応が自動的に停止します。これを自己制御性といい、この自己制御性により原子力発電の安全性が保たれています。中性子を制御棒で吸収することにより一定の数に保ち、臨界状態にします。



■ 「放射線の基礎」を内容とした e-learning教材

高等専門学校の有する教材共有システム「Blackboard」を利用し、放射線についての基礎知識をテスト形式で学べるe-learning教材の制作を行いました。この教材では、文部科学省が発行するパンフレット「中学生・高校生のための放射線副読本」の内容をもとに、放射線の種類や性質、放射線によるヒトへの影響を学ぶことができます。将来、多くの中高生が気軽に利用できる教材を目指し、コンテンツの充実を図るなどさらなる改善に取り組んでいます。



中学生・高校生のための放射線副読本 ▲ (文部科学省)



テストの実施 ▲

■ 放射線と健康

本教材では、医療分野における放射線管理者の立場から、放射線の基礎および放射線の利用形態について解説します。また、放射線施設やそこに携わる人々、それに対し行われている安全管理上の様々な取決めや取組、実際に起こっているトラブル、放射線発生装置の運転に付随して意図せず生じる放射化物等の課題も紹介します。

■ エネルギー施設近隣住民の意識調査における要点

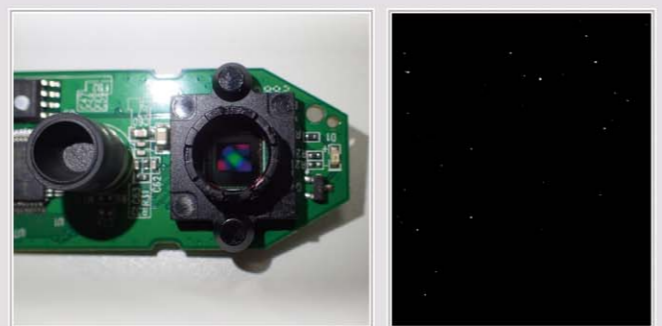
社会的受容の考え方から、エネルギー施設の近隣住民の意識調査における要点を紹介しました。エネルギー施設には再生可能エネルギーの他、火力発電所や原子力発電所もあります。いずれの発電所周辺の住民の意識調査においても、同様の考え方を適用できると考えられますが、立地地域における経済的な関わりにおいては違いがあります。特に原子力発電所においては、立地地域には交付金や補助金などの経済的利益や地域住民の雇用などが生じます。そのため原子力発電所が稼働している間は、地域経済は原子力発電所に依存する傾向があり、原子力発電所が撤退すると、地域経済は維持することが困難となる場合があります。したがって、こうした経済的な依存の観点からも、なぜ地域住民は賛成であるのかを把握することが重要となります。



■ WebカメラのCMOSセンサを用いた放射線の可視化教材

放射線に関する教育を行う上で、放射線の可視化が大事であると考え、安価で簡便に利用できるWebカメラのCMOSセンサを用いた教材を作製しました。Webカメラであれば入手しやすく、パソコンにUSBでそのままつなげるだけで放射線の観測ができることが利点です。

使用したWebカメラはロジクールC270で、放射線源には241Am、60Co、モナズ石、マンタルなどを使用しました。Windowsのカメラ機能を使えば、放射線がCOMSセンサに入射したときに白い点となって現れることを確認しました。241Amを用いれば1秒に1個程度の検出点(白い点)を連続的に見ることができますが、静止画像にすると分かりにくいので、20枚の画像を繋ぎ合わせて合成したものをイメージとして掲載します。



使用した CMOS センサ ▲ 放射線を検出した画像 ▲ (20枚の合成)

■ 毛細管型粘度計による流体の粘度測定

原子力、火力などのエネルギー関連の設備において、機械・構造物と流体は非常に密接に関係します。取り扱う流体は水のほか、必要に応じて種々の条件下で多種多様なものとなります。流体を取り扱う際には、その物性値の把握が重要となります。

そこで教材開発として、機械工学科4年生の流れ学Ⅱの流体計測の単元のところで、流体物性で極めて重要な動粘度について、毛細管型粘度計を実際に用いて、その測定原理を説明し、水の動粘度の測定を行う実験を行いました。ウペローデ粘度計は動粘度測定範囲により16種類あり、また粘度計の校正のためには粘度計校正用標準液を用いることを実物により説明しました。



ウペローデ粘度計と校正用標準液 ▲ 粘度測定を行う学生 ▲

■ ドローン空撮画像を利用した3Dモデルの作成

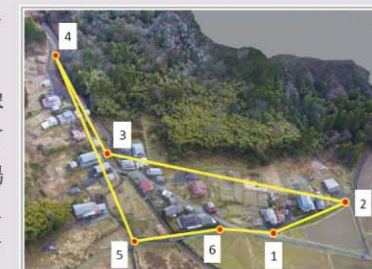
防災を考えるうえで対象とする地域の地形や建物の状況を正確に把握しておくことは重要であり、通常、2次元の地形図を用いてこれらのことは実施されます。一方、3次元で地域全体をモデリングし、鳥瞰的にその地域を見つづ、画面上で詳細部分も確認することができれば、危険箇所の発見や避難経路の検討など、事前の防災対応がさらに有効に実行できると考えられます。

これに対して、ドローン空撮画像を用いた3Dモデリングは非常に有効な手段であり、この技術について知識を持っていることは防災に携わる技術者として重要なことと言えます。

そこで、3Dモデリングソフト「PhotoScan」を利用したドローン画像からの3Dモデル作成方法について、実際の舞鶴市内のある集落を対象に実施した例を教材としてまとめました。



ドローン ▲

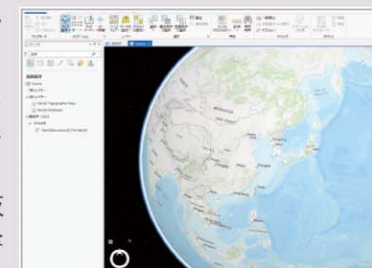


3Dモデル ▲

■ 防災を通じて学ぶGIS

地理情報システムとは、地理情報および付加情報をコンピュータ上で作成・保存・利用・管理・表示・検索するシステムを言い、人工衛星、現地踏査などから得られたデータを、空間、時間の面から分析・編集することができ、科学的調査、土地、施設や道路などの地理情報の管理、都市計画など様々な分野で利用されています。

現在はカーナビやハザードマップ、スマートフォンなどでも表示することができ、私たちにとって身近なものとなりました。また、阪神淡路大震災以降、災害を対象とした調査研究がGISによっても行われてきました。本研究では、防災をテーマにGISでのマッピングやシミュレーション技術などを会得するための教材開発を行います。



ArcGIS画面 ▲



舞鶴高専モデル ▲