

日立市日立理科クラブ向け茨城大学特別授業

（自治体等側）日立市教育委員会・指導課長

青木 房子

NPO 法人 日立理科クラブ

瀧澤 照廣

（大学側）理工学研究科（工学野）・工学部長

乾 正知

連携先

- ① 日立市教育委員会
- ② NPO 法人 日立理科クラブ

プロジェクト参加者

齊藤 恭正（日立市教育委員会、指導課指導 主事）、担当：事業の企画・運営

池田 孝志（NPO 法人日立理科クラブ、理事、理数アカデミー理科クラス）、担当：事業の企画・運営

鈴置 昭（NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー理科クラス）、担当：受講生の指導

横田 憲克（NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー理科クラス）、担当：受講生の指導

後藤 伸穂（NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー理科クラス）、担当：受講生の指導

正木 良三（NPO 法人日立理科クラブ、会員、理数アカデミー理科クラス）、担当：受講生の指導

堀 公彦（東京大学生産技術研究所、協力研究員）、担当：受講生の指導

乾 正知（茨城大学理工学研究科、教授）、担当：事業の企画・運営

李 艶栄（茨城大学理工学研究科、准教授）、担当：特別授業講師

矢木 啓介（茨城大学理工学研究科、講師）、担当：特別授業講師

プロジェクトの概要

① プロジェクトの目的

日立市では科学への興味関心を高め、理数教育の充実を図るために、日立理科クラブの活動を支援している。日立理科クラブでは小中学校の児童生徒を対象に毎月1回、理数アカデミーを開講し、日立製作所や教員・職員OBが経験を活かして、実験を中心に現象理解を深めさせる授業を実施している。理数アカデミーの児童生徒に、茨大工学部の先端研究を面白く理解できるように工夫した学習や実験を体験させる。日頃の理数教育と最先端の科学技術のつながりを理解させ、地域の小中学生の科学への学習意欲を向上させる。このような理数教育を推進することで、科学技術の発展に貢献し、将来国際社会で活躍できる児童生徒の育成を目指す。

② 具体的な活動計画及び役割

理数アカデミーでは、これまでに茨城大学工学部において特別授業を9回実施している。第1回は移動ロボットの製作実習、第2回はプログラミング学習と電気分解の体験実験、第3回は光る化合物とマグナス効果による飛行体の実験、第4回は手の運動能力測定と振動で発電する装置製作、第5回は人工宝石の合成実験と暗号計算ゲーム、第6回は匂いの科学・エステル合成と体験する暗号理論、第7回はマイクロコンピュータとセンサーと線虫を使って匂いを感じる仕組みの実験、第8回はパスタブリッジと電気いらずのコンピュータ、第9回はゲーム理論の体験と光合成色素の抽出を行っており、いずれも好評を得ている。

日立理科クラブのメンバーは特別授業の企

令和7年度地域支援プロジェクト（教員版）

画、受講生の募集、引率・誘導を分担している。企業で製品開発を長く経験してきた技術者OBのため、先端技術について十分な知識を有しており、授業中の受講生のサポートも担当する。一方、茨城大学は大学の資産を活用し、先端技術を身近に体験できるよう工夫をこらした特別授業を計画し、実施している。

日立市では、若い世帯の減少に伴う少子化が急速に進行している。若い世帯を地域に増やすためには、教育環境の魅力アップが重要であり、未来の生きる力として注目されているSTEM（Science、Technology、Engineering and Mathematics）教育の充実は、小さな子供を抱える家庭にとって特に魅力的である。本事業は、地域の大学と、技術の最前線で活躍してきた経験を有するシニアがコラボし、地域の小中学校の理科教育をレベルアップさせるものであり、本学の地域連携の一つとして非常に有益なプロジェクトと考える。

活動内容及び成果

① 活動内容

日時:令和7年10月19日(日)12:30~15:50

表1 実施内容：

No	カリキュラム	内容（実験・工作等）
1	大学紹介	茨城大学工学部の歴史について紹介
2	水滴凍るマイクロ世界	水には溶存酸素が含まれ、凍ると小さな気泡が発生する。本実験では、水を冷やして氷になる瞬間を動画で観察し、気泡の数と温度との関係を調べる。氷の中に生まれる気泡の不思議を体験し、水の性質への理解を深める。
3	倒立振子	小中学校で掃除の時間に

ロボット の制御	箒を手のひらに立ててバランスを取る遊びを見かける。これは倒立振子といって、自動制御の研究でよく挙げられる題材である。この授業では、倒立振子ロボットを使って、実際に体験しながら自動制御の仕組みを学ぶ。
-------------	---

会場：茨城大学工学部

No. 1：N4 棟小平記念ホール

No. 2：W1 棟 4F401b 室

No. 3：E3 棟 2F 多目的ルーム

講師：

No. 1：乾教授（工学部長）

No. 2：李准教授（工学部機械システム工学科）

No. 3：矢木講師（工学部機械システム工学科）

受講生： 中学1年：17名 中学2年：20名

乾工学部長による工学部紹介（No. 1）の後、受講生を2班に分け、下記の二つのカリキュラムに90分ずつ取り組んだ。



図1 工学部紹介 乾工学部長

No.2 水滴凍るマイクロ世界

工学部機械システム工学科李艶栄准教授による授業であった。

水には溶存した空気が含まれており、凍ると

小さな気泡が発生する。実験では、水を冷やして氷になる瞬間を動画で観察し、気泡の数と温度との関係を調べ、氷の中に生まれる気泡の不思議を体験することで水の性質への理解を深めた。



図2 李先生によるテーマの説明

図3に示す実験装置は、ペルチェ素子で銅ブロックを冷却する。その上に2枚のプレパラートに挟まれた狭い空間をつくる。その中に微小な水滴を閉じ込めて水滴が凍る様子を高解像度カメラで撮影し、映像をパソコン画面上に表示する。

受講生はグループごとに凍ってゆく水滴の動画を交代で観察した。例えば、冷却面の温度を図4のように変化させると、温度が低いほど液滴が速く凍るので、空気が逃げにくくなり、気泡が増える様子を観察した。

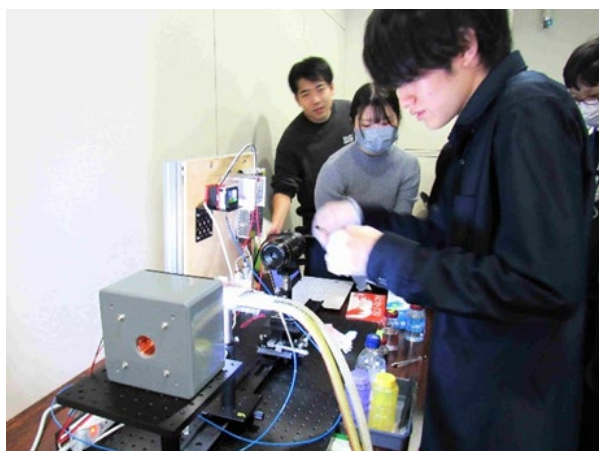


図3 実験装置

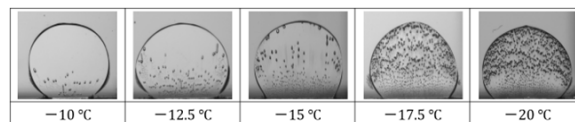


図4 水滴が凍る様子

李先生は氷の中に気泡ができる現象を以下のように解説された。

- (1) 水の中には空気が溶けている。例えば、水道水には酸素や窒素などの空気が少しずつ入っている。
- (2) 氷はきっちり並んだ結晶になる。水が凍ると分子が整列して固くなり、その並びのすき間は小さく、空気は中に入れなくなる。
- (3) 水は表面や容器の壁、外側から先に凍り始め、内側が後から凍る。外側がふさがると空気は内側に押しやられる。
- (4) 行き場を失った空気が集まって泡になる。最後まで液体のまま残った部分に空気が集まり、小さな気泡として見える。氷は水より体積が少し大きくなるので、押し出す力も働きやすくなる。

このような李先生による説明を踏まえて、受講生は1組4名のグループに分かれて、下記の課題についてグループ討議をした。

- ① すき間の厚さで気泡は変わりますか
- ② 冷却速度をコントロールすると気泡は減りますか
- ③ 水に少量の界面活性剤（台所用中性洗剤）を加えると
- ④ 溶存ガス量（脱気 vs. 炭酸水）で違いは出ますか
- ⑤ 不純物（食塩・砂糖）を入れると気泡はどうなりますか



図5 グループ討議

透明な天然氷に対し、冷蔵庫の氷がなぜ白濁するのかという身近な疑問に答える体験学習であった。水中の溶存空気は凍るときに気泡となり、条件によっては水中に閉じ込められることがある。元の水中に含まれる気体の量、添加物の有無、冷却速度など変えた実験を通して、「水滴凍るマイクロ世界」の出来事を受講生たちはつぶさに観察することができた。ただ、アンケートの指摘にもあったように、各受講生にとっては条件を変えた種々の実験の一部しか観察できなかつたのが残念でした。

No.3 倒立振りロボットの制御

矢木先生の授業では、初めに、長い棒などを手のひらに乗せて安定に立てることができるかを受講生全員で実際に経験し、倒立振子を立たせる難しさを確認した。

次に、倒立振りロボットの自動制御について説明があった。ロボットに取り付けられた角度センサーを用いて、ロボットの角度と角速度を検出し、それぞれに、角度ゲイン、角速度ゲインを乗じてフィードバックする。これにより、ロボットの角度を0にすること、つまり、ロボットを倒立した状態に制御するやり方を学んだ。



図6 矢木先生の倒立振りロボットの説明

その後、用意されたパソコンのソフトを用いて、角度ゲインと角速度ゲインを設定する操作方法を教えてもらい、実際に、ゲインを変えて、ロボットを自動的に立てられるかをグループに分かれて挑戦した。はじめは、ゲインが小さく、すぐに倒れてしまう状態であったが、ゲインを大きくすることで、徐々にロボットを立てることができるグループが現れた。角度だけでなく、角速度のゲインも変えることで、安定度が変わることや、わざとロボットを押したときの動きを観察した。受講生はゲインの役割を理解不十分なまま、試行錯誤的にゲインを調整したため、倒立を実現するまでに四苦八苦していたが、実習そのものは楽しめた。



図7 ロボット制御のためのパソコン入力

最後に、矢木先生から、「制御とは？」という内容で講義をまとめていただき、制御はロボットを動かすためだけでなく、いろいろな場面で利用できることが紹介された。



図8 講義のまとめ

② プロジェクトの成果

特別講義終了後の1週間(10/20-26)にマイクロソフト365 フォーム(クラウドストレージサービス)を使用して、特別講義に関する受講生の感想他のアンケート調査を実施した。参加者37名のうちアンケート回答者は20名で回答率は54%であった。

表2に結果の一部を要約した。いずれも3択で質問、すなわちyes、no、いずれでもないから選択してもらったyes分の選択割合である。

表2 2024年度茨大特別講義

質問内容	水滴凍るマイクロ世界	倒立振子ロボットの制御
時間が短かった	30%	45%
分かり易かった	60%	35%
興味深かった	85%	90%
進路選択に影響	35%	30%

特別講義の2テーマともに興味深いテーマであることが確認できる。分かり易さについては、昨年のアンケート結果70%~80%に対して、難しいテーマであったため35%~60%と低い結果となった。

また、講義時間90分については、長くも短くもないとの回答が40%~65%であり、ほぼ妥当な長さであったと考えられる。受講生にとってもっとも重要な高校、大学の進路選択については、両講義ともほぼ3分の1の受講生が影響したと評価している。受講生へのインパクトは大きかったと評価できる。受講生が2つの特別講義に対する感想については付録に示すとおり、興味深く受講できたことが確認できる。

今後の課題及び展望

今年は温度降下時の気液二相マイクロ挙動、倒立振子の制御という特徴有る二テーマとなった。いずれの授業でも、日常生活で子供達が体験している現象を科学的に解明していく過程を学習できた。中学校や日立理科クラブではなかなか体験できない新鮮な感動を受講生に与えるものであった。先端技術を中学生にも理解できるように工夫した授業となっており、子供たちにとって貴重な体験になっていたと感じる。一方で、参加者を募集する事務局側が、この特別講座の素晴らしさを子供達にうまく伝えきれてないと感じる。大学の教員の負担を増す心配はあるが、日立市在住の子供以外にも授業を体験してもらいたく、今後は特別授業のオンライン配信も計画したい。

付録 茨城大学特別授業 受講者感想

① 水滴凍るマイクロ世界

No.	感想
1	あまり組み合わせたことのないことがらで、興味深かった
2	なぜ、液体が小さくなるほど、気泡が小さくなり少なくなるのか疑問に思

令和7年度地域支援プロジェクト（教員版）

	った。
3	身近に感じている疑問を研究しているのがすごいなと思いました。
4	結果が予測通りにいかないことが興味深く、もっと実験やパソコンのシミュレーション等で試してみたいと思った。
5	水滴の大きさの違いによる、凍った時の気泡の大きさや数の違いについての説明が、とてもわかりやすく、面白かったです。ただ、残念ながら、時間が足りなかったと思います。5種類全ての実験を見学したかったです。名残惜しい限りです。
6	普段のよくみる氷と市販の氷の違いがわかった
7	氷の透明度など気にしたことはなかったが、実際に実験を通して過程を見ていくので、このような日常生活で理科って本当に活かせるし、興味深いしわかりやすいと言ったことがわかった。ありがとうございました。
8	水滴の凍るスピードが早かったことに驚いた。洗剤を加えることで気泡が少なくなることが意外だった。
9	現物は見れたので良かった。

	いただき、とても面白かったです。しかし、やみくもに数値を入力するだけになってしまう場面も見受けられたので、数値の導き方を詳しく教えてもらえばよりの確な実験ができたと思います。あとは、お願いですが、グラフの面積を求めるという概念は、中1.2年では習っていないので、そこについての説明がもう少し欲しかったです。
6	制御の手にボタンを乗せてよくやっていたので、興味深かった
7	ロボットの制御で値を求めるために、条件を調べるのが大変だった。
8	制御の手にボタンを乗せてよくやっていたので、興味深かった
9	ロボットの制御で値を求めるために、条件を調べるのが大変だった。
10	とても面白かったので、機会があればまた受講したいです。
11	数値を変えてロボットの動作確認だけでなく、ロボット制御など大学の現在の研究を見たかった。

以上

② 倒立振り子ロボットの制御

No.	感想
1	物体の運動に関する自分の知らなかった知識が学べたので面白かったです。
2	なぜそうなるのか、考えることができ、興味深かった
3	なぜ、Pが36400、Dが5400で機体が安定するのか分からなかった、
4	倒立振り子ロボットを実際に皆んなで作成してみたいと思った。
5	ロボットの操作を実際に体験させて