

徳島大学 技術支援部

# 技術報告



第 3 号  
2020 年 3 月

技術報告第3号の発刊に寄せて

徳島大学技術支援部

常三島技術部門長 玉谷 純二

蔵本技術部門長 北村 光夫

徳島大学技術支援部は早いもので発足3年目を迎えました。今年度も常三島技術部門、蔵本技術部門、UR A部門の3部門の技術系職員85名が“ONE TEAM”となり学内外への技術支援業務を行っています。

常三島技術部門に於きましては、昨年度採択された、内閣府の「地方大学・地域産業創生事業交付金」によって整備された共用機器センターである「地域協働技術センター」の本格稼働を中心に教育・研究支援業務を行っています。

蔵本技術部門に於きましても研究支援ネットワークシステムを基軸に総合研究支援センターをはじめ、各支援先の技術支援業務を誠心誠意行っています。また、来年度から実施予定である作業環境測定業務の準備にも常三島技術部門と共に取り掛かっています。

UR A部門に於きましては、常三島・蔵本技術部門と足並みを揃えながら、技術支援部の将来、徳島大学の将来、ひいては科学立国日本の将来が明るく希望に満ちたものとなるよう産学連携を中心に日々業務を行っています。

この度、技術支援部技術報告第3号をWEB発刊することとなりました。報告集には今年も、日ごろの業務での気付き、工夫、つまづき、また研究発表等、本学技術支援部の技術職員の一年の業務の成果を掲載させていただきました。運営費交付金の減少、定員の不補充など大学運営は厳しさを増すばかりではありますが、日々の小さな業務の積み重ねが教育・研究の一助となり、人類の明るい未来へと繋がることを期待して精進してまいりたいと思います。

今後ともご指導ご鞭撻のほど、引き続きよろしくお願い申し上げます。

## 目次

### 【研究論文】

- |   |                            |                              |   |
|---|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 環境制御型施設園芸における自動灌水制御システムの開発 | 北島 孝弘, 桑原 明伸,<br>安野 卓, 鈴木 浩司 | 1 |
|---|----------------------------|------------------------------|---|

### 【技術報告】

- |   |                                     |   |    |
|---|-------------------------------------|---|----|
| 1 | フーリエ変換法を用いた物理的ノイズ解析の試み              | 桑原 知彦, 西森 大地,<br>山下 陽子, 高柳 俊夫,<br>水口 仁志 | 3  |
| 2 | 無線 Wi-Fi を搭載した自律移動型ロボットによる迷路探索課題の開発 | 辻 明典                                    | 5  |
| 3 | VBA の高速化について                        | 片岡 由樹                                   | 9  |
| 4 | データベースの不具合対処について                    | 飯田 仁                                    | 16 |

### 【業務報告】

- |   |                     |       |    |
|---|---------------------|-------|----|
| 1 | 電気電子システムコース創成実験実施報告 | 東 知里  | 18 |
| 2 | 支援先分野における労働衛生環境の改善  | 福井 仁美 | 20 |
| 3 | 大判プリンターの印刷に関する業務報告  | 武田 英雄 | 22 |

### 【分野別研修報告】

- |   |  |                              |    |
|---|--|------------------------------|----|
| 1 | 平成 30 年度第 3 回蔵本技術部門研修会<br>「マウスの生殖工学技術入門（見学）」開催報告                             | 矢野 雅司                        | 23 |
| 2 | 平成 31 年度第 1 回蔵本技術部門研修会<br>「ホームページ更新システム（Joruri）<br>管理運用研修会」開催報告              | 矢野 雅司, 桑原 義典,<br>三澤 茂雄, 多田 竜 | 24 |
| 3 | 平成 31 年度第 2 回蔵本技術部門研修会<br>「Qubit® Fluorometer&NanoDrop を用いた<br>DNA 量の測定」開催報告 | 堀川 秀昌, 渡邊 明子                 | 26 |

### 【地域社会貢献報告】

- |   |   |   |    |
|---|---|---|----|
| 1 | 出前科学実験教室「やっ Toku, なっ Toku,<br>Dai 実験」～ペーパークロマトグラフィーで<br>花を咲かせよう！～実施報告 | 山下 陽子, 上田 昭子,<br>河村 勝, 友成 さゆり,<br>島村 豪敏, 堀内 加奈,<br>桑原 知彦, 井本 朗暢,<br>中村 真紀 | 28 |
|---|---|---|----|

2	出前科学実験教室「やっ Toku, なっ Toku, Dai 実験」お金が消える！？摩訶不思議な貯金箱を作ろう！実施報告	横山 智弘, 片岡 由樹, 木戸 崇博, 宮武 秀考, 中村 真紀, 東 知里, 大崎 貴之, 植木 智之	30
3	第 23 回科学体験フェスティバル in 徳島 一歯の動物園へようこそー出展報告	佐々木 英子, 鍵 絵里子, 秋月 多美子, 岩本 ゆかり, 江東 みどり, 小倉 知子, 河村 恵里, 合田 浩子, 佐渡 まみ, 嶋田 順子, 萩田 浩子, 福井 仁美, 椋本 喜久恵, 篠原 直美	32
4	第 23 回科学体験フェスティバル in 徳島 ーシーズンアートを楽しもうー出展報告	入倉 奈美子, 鍵 絵里子, 今林 潔, 赤澤 恵実子, 江東 みどり, 堅田 聡子, 北池 秀次, 佐々木 英子 住友 哲二, 武市 浩美, 多田 竜, 藤井 隆介	34
5	出前科学実験教室「やっ Toku, なっ Toku, Dai 実験」～水で LED を光らせよう～実施報告	石井 純也, 山上 喜廣, 桑原 明伸, 三浦 隆浩, 七條 香緒莉, 梅岡 秀博, 栗原 稔, 中村 真紀	36
6	出前科学実験教室「やっ Toku, なっ Toku, Dai 実験」～ガウス加速器をつくろう～ 実施報告	山中 卓也, 石丸 啓輔, 飯田 仁, 細谷 拓司, 源 貴志, 勢川 智美, 菊地 真美, 中村 真紀	37
7	令和元年度徳島大学薬学部薬用植物園一般開放事業	今林 潔	38
8	薬用植物園の植物を利用した「雑草いけばな展」	今林 潔	39
9	第 17 回阿南市子どもフェスティバル ～イライラ棒で遊ぼう！～実施報告	石井 純也, 板東 亘, 片岡 由樹, 井上 富夫, 佐藤 哲也	40
10	青少年のための科学の祭典 2019 徳島大会 「ある」のに「ない」？不思議なマジカル ウォールを作ろう！実施報告	横山 智弘, 齊原 啓夫, 宮本 康平, 井上 久美子, 紀之定 和代, 酒井 仁美	41
	<b>【第 3 回技術発表要旨】</b>		42
	<b>【技術支援部規則】</b>		61

研 究 論 文

技 術 報 告

業 務 報 告

# 環境制御型施設園芸における自動灌水制御システムの開発

常三島技術部門 計測制御システムグループ\*

大学院社会産業理工学研究部 理工学域電気電子系\*\*

北島 孝弘 (KITAJIMA Takahiro)\*

桑原 明伸 (KUWAHARA Akinobu)\*

安野 卓 (YASUNO Takashi)\*\*

鈴木 浩司 (SUZUKI Hiroshi)\*\*

Abstract :

This paper describes an automatic irrigation system for a greenhouse horticulture. The irrigation system mainly consists of an electric water pump, solenoid valves, and a single board computer (Raspberry Pi). And drippers are installed at each vegetable crop to realize drip watering. The irrigation system waters the crops at specific time intervals and a certain amount of water.

Keywords : greenhouse horticulture, automatic irrigation, raspberry pi

## 1. はじめに

近年の気候変動や農業従事者の高齢化にともない農業の持続可能性が懸念されており、農作物の高品質化、収量安定化、省力化を目的として施設園芸が注目されている。施設園芸はガラス温室やビニールハウス内で行われる農業であり、温湿度および二酸化炭素濃度の制御、自動灌水による土壌水分量の最適化、生育状況のモニタリング、収穫の自動化等が可能である。

本研究グループでは、温湿度の3次元モニタリングおよび制御、自動灌水制御、作物収穫の自動化の実現に向けてビニールハウスにおけるトマトの試験栽培、実験研究を実施している。日本では甘いトマトが好まれる傾向があるが、そこで重要となるのが栽培時の土壌水分量コントロールである。土壌水分量を抑える、つまり灌水量を少なくするとトマトは甘くなるがトマトのサイズが小さくなり収量が低下してしまう。本稿では最適な土壌水分量を検討するための自動灌水制御システムの開発について報告する。

## 2. 自動灌水制御システム

図1に自動灌水制御システムの構成図を示す。灌水タンク (Water tank) には電気伝導度 (EC) で管理された液肥混入の養液が蓄えられており、電動ポンプにより送り出される。

ポンプおよび電磁バルブの動作はリレーを介して小型コンピュータ (Raspberry Pi) により制御され、一定時間間隔、一定量の灌水を可能とする。また、電磁バルブは4個設置されており、Line1~Line4までの各給水ラインが個別に操作できることから、各ラインの灌水時間をそれぞれ設定することも可能である。各給水ラインは作物の場所でT字に分岐され、先端に取り付けられた定格2L/hの流量の点滴灌水部品 (ドリッパ) から灌水が行われる。表1に主要部品の型式等を示す。ポンプ-電磁バルブ-ドリッパ間はそれぞれソフトチューブにより接続され、そのチューブ内全容積は約2Lである。

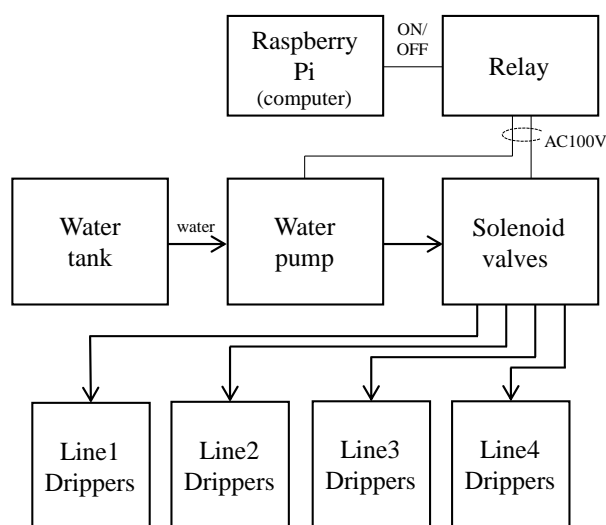


図1 自動灌水制御システム構成図

表 1 自動灌水制御システムの主要部品

コンピュータ	Raspberry Pi 3 Model B+
電動ポンプ	寺田ポンプ製作所 SL-52
電磁バルブ	CKD AB31-02-3
ドリッパ	カクダイ 5740

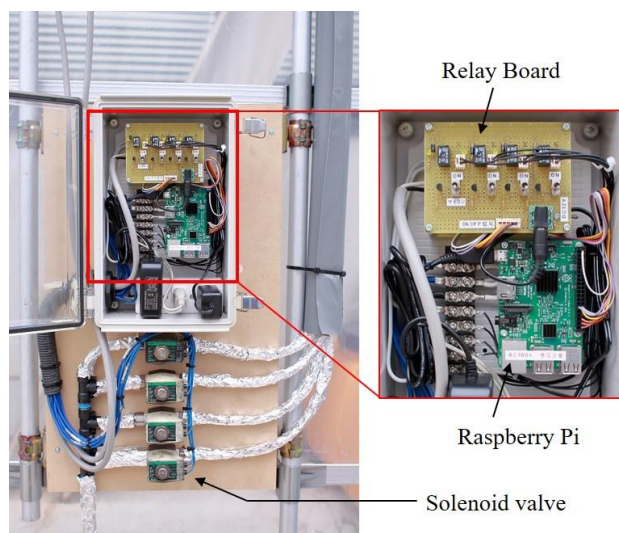


図 2 自動灌水制御コントローラ



図 3 ドリッパの設置状況

図 2 に扉付き開閉ボックスに収納された自動灌水制御コントローラを示す。コントローラはポンプおよび電磁バルブを ON/OFF するためのリレー基板と Raspberry Pi で構成されている。ビニールハウス内は加湿や農薬散布を行うためボックスは配線を通す穴以外は密閉されているが、日中の気温が上昇する時間帯でも扉面の遮光を行うことでボックス内の換気なしでも Raspberry Pi は問題なく動作する。灌水は日の出、日の入り時刻に合わせて行っており、Raspberry Pi に時刻情報を保持させる必要があるため Wi-Fi に接続している。また、灌水時間帯やドリッパ時間を変更する際

は Wi-Fi を介したリモート接続により遠隔で行う。リレー基板は Raspberry Pi の指令による ON/OFF に加えて、手動でも ON/OFF ができるようにスイッチを設けている。図 3 にロックウールの栽培ベッド上に植え付けられたトマトの苗とドリッパの設置状況を示す。栽培ベッド 1 ブロックにつき 3 株の苗が定植されており、ドリッパはトマト苗 1 株につき 1 個ずつ設置されている。ドリッパは部品内部の狭小水路に水を通させることで滴下しており、水路にゴミが詰まると流量が低下するため適宜分解して掃除する必要がある。本システム構成では 10 秒間で約 5ml が灌水される。

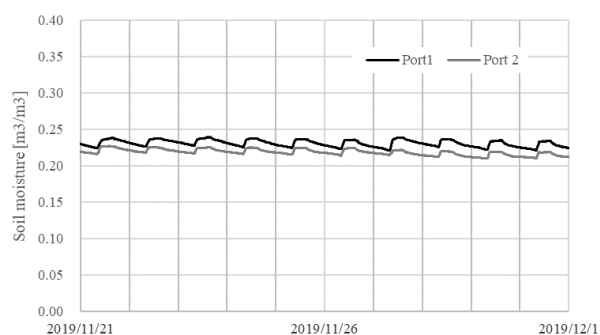


図 4 土壌水分センサの値

図 4 に異なる栽培ベッドに設置した 2 か所の土壌水分センサ (METER 社 5TE) で 10 日間計測した土壌水分量を示す。この期間は 10 分毎に 70 秒間の灌水を午前 8 時から午後 3 時まで行っている。センサの差し込み具合でセンサ間の計測値に差異はあるが、土壌水分の日変動は捉えられている。

## さいごに

本稿の自動灌水システムが設置されたビニールハウスでは温湿度の 3 次元分布を計測するシステムも導入されており、今後は環境制御と併せて高品質・高収量のトマトを安定的に栽培し、収穫を自動化するシステムの開発を進める予定である。

## 謝辞

本研究に際して、徳農種苗株式会社の井上雅弘氏、西條武司氏、星野修一氏に多くのご支援、ご指導を賜りました。厚く御礼申し上げます。

# フーリエ変換法を用いた物理的ノイズ解析の試み

常三島技術部門 分析グループ\*  
大学院社会産業理工学研究部\*\*\*

地域協働グループ\*\*

桑原 知彦(KUWABARA Tomohiko)\*  
山下 陽子(YAMASHITA Yoko)\*\*  
水口 仁志(MIZUGUCHI Hitoshi)\*\*\*

西森 大地(NISHIMORI Daichi) \*\*\*  
高柳 俊夫(TAKAYANAGI Toshio)\*\*\*

## 1. はじめに

化学分析において、観測される物理量のバックグラウンドノイズを抑制することは、極めて重要な課題である。バックグラウンドノイズを抑制することは、検出限界ならびに定量限界を小さくすることにつながり、生体試料等における微量分析を可能とする。さらに、空気中の有害物質の有無を調べる作業環境測定では、管理濃度の10分の1まで定量する必要があり、定量限界を下げることは、測定結果の信頼性を評価する上で重要である。本稿では、フーリエ変換法を用いた物理的ノイズの解析を行い、バックグラウンドノイズの原因やその低減方法に関して議論する。

## 2. フーリエ変換法

フーリエ変換法は、(1)式で表現されるように、時間依存性の関数を周波数依存性の関数に数学的に変換する手法であり、極めて高い汎用性を有することから、理工学の様々な分野で応用されている(図1)。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \cdots (1)$$

例えば、FT-NMR装置では、試料に様々な周波数のパルス照射し、試料から放出されるあらゆる周波数のNMRシグナルの経時的変化を観測する(自由誘導減衰; FID)。このFIDをフーリエ変換により、周波数依存性の関数にすることで、通常のNMRスペクトルが得られ、観測核の電子状態を議論することが可能となる<sup>[1]</sup>。一方、液体クロマトグラフィー等の時間変化する物理量を観測する装置においても、フーリエ変換法を利用することで、その物理的ノイズを解析することが可能であることが報告されている<sup>[2]</sup>。

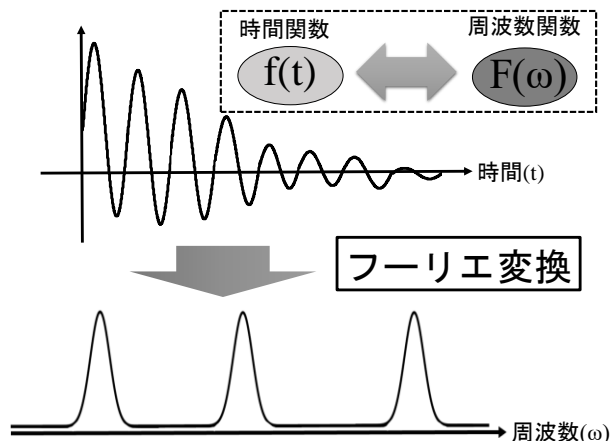


図1 フーリエ変換法

## 3. 液体クロマトグラフィーへの応用

液体クロマトグラフィー電気化学検出法は、生体試料やポリフェノール類等の電解活性種を高感度分析可能な手法である。水口らが開発したトラックエッチ膜フィルター電極を検出器とする液体クロマトグラフィー電気化学検出法<sup>[3]</sup>は、薄いフィルター電極を重ねた多重電極システムの構築が可能であり、クーロメトリー検出法としても様々な応用が期待されている。一方、本手法を生体試料等の微量分析に応用するには、定量限界をさらに下げる必要性があった。そこで、フーリエ変換法を用いて物理的ノイズについて検討することで、バックグラウンドノイズを低減する手法について議論することにした。

本稿では、液体クロマトグラフィー電気化学検出法によって得られたバックグラウンドの信号をフーリエ変換し、周波数依存性の振幅スペクトルを得た。また、本稿ではフリーソフトウェア<sup>[4]</sup>を利用し、フーリエ変換を実施した。測定条件は、下記の通りである。



<測定条件>

- 測定時間・・・1分間
- 取込周波数・・・5 Hz, 10 Hz, 33.3 Hz
- ローパスフィルター・・・ON(10 Hz), OFF

図2に、解析した振幅スペクトルを示す。

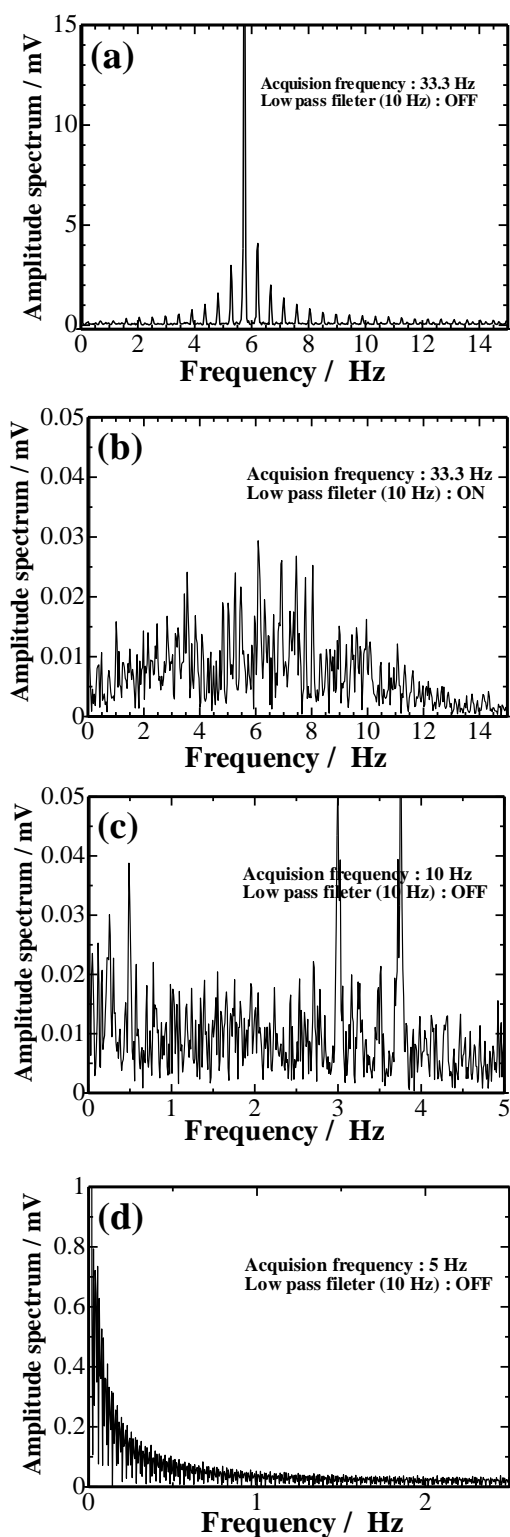


図2 解析した振幅スペクトルの結果

(a)と(b)の比較より、取込周波数33.3 Hzで、ローパスフィルターをOFFの状態では、約0.5 Hz周期の離散的なピークが明確に観測された。このピークは、ローパスフィルターをONにすることで緩和された。また、取込周波数を10 Hzにすると、ローパスフィルターOFFの状態でもピークが軽減され(c)、5 Hzにすると、ピークがまったく観測されず(d)、ローパスフィルターがONとOFFの状態でも振幅スペクトルにはほぼ差異が見られなかった。今回の実験条件では、取込周波数を33.3 Hzまでしか上げることができず、ナイキスト周波数の制約から、物理的ノイズの要因を特定することはできなかった。液体クロマトグラフィーの物理的ノイズの1つとしては、ポンプノイズが予想される。今回の実験条件では、流速0.05 mL/min、ストローク量0.01 mL/minとしたため、1分間あたりにポンプが動く回数は、 $0.05 \text{ mL/min} \div 0.01 \text{ mL/min} = 5.0 \text{ stroke/min}$ となり、ポンプノイズの周期は、 $5.0 \text{ stroke/min} \div 60 \text{ s} = 0.083 \text{ Hz}$ 程度となることが予想される。この値は、実験結果より得られた約0.5 Hzの周期に一致しなかったため、ポンプノイズによるものである可能性は低いと考えられる。

#### 4. まとめ

今回、液体クロマトグラフィー電気化学検出法において、フーリエ変換法を用いて物理的ノイズの解析を行ったところ、取込周波数を小さくするほど、物理的ノイズによる影響を緩和できることが示唆された。ただし、取込周波数を小さくしすぎると、測定対象成分の1ピークあたりの測定点数が小さくなり、逆に定量限界が小さくなるため、注意を要する。このような解析プロトコルが確立できれば、他の分析機器のノイズ解析にも応用可能である。特に、低い定量限界が要求される作業環境測定への応用が期待される。

#### 参考文献

- [1] 安藤喬志ら、これならわかるNMR【そのコンセプトと使い方】、1997年7月、第1版
- [2] A. Kotani, et al., *Rev. Plarogr.*, **50**, 2 (2004).
- [3] H. Mizuguchi, et al., *Talanta*, **96**, 16 (2012).
- [4] <https://gijyutsu-keisan.com/>

# 無線Wi-Fiを搭載した自律移動型ロボットによる 迷路探索課題の開発

常三島技術部門  
情報システムグループ

辻 明典 (TSUJI Akinori)

## 1. はじめに

近年、AI/IoT等の先進技術は情報分野に限らず、様々な分野において積極的に導入が進められている。大学や高専の実験や演習においても、AIやIoTの基礎技術の習得を目的とした課題の開発が求められる。本稿では、これまでに製作した無線Wi-Fiを搭載した自律移動型ロボットを用いて、迷路のスタートからゴールまでの最短経路を自動探索する迷路探索課題を開発したので報告する。

## 2. 無線Wi-Fi搭載自律移動型ロボット

自律移動型ロボットは、周囲の環境をセンサで把握し、その状況に合わせて考え行動するロボットである<sup>[1]</sup>。開発した無線 Wi-Fi を搭載した自律移動型ロボットを図 1 に、仕様を表 1 にそれぞれ示す。ロボットは、①LED ボード、②マイコンボード、③モータードライバボードの 3 枚の基板より構成され、各ボードはコネクタによって連結できる。例えば、マイコンボード単体で IoT 用計測端末として使用でき、またマイコンボードとモータードライバボードを連結してロボットを制作できる。さらに、マイコンボードと LED ボードで LED 照明の制御実験ができる。各ボードの組み合わせによって、様々な用途にあわせた実験や演習に使い分けができる特長がある。

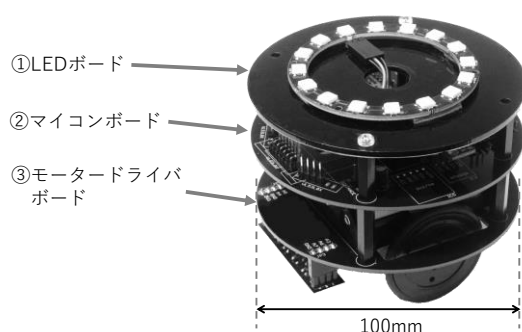


図 1 開発した無線 Wi-Fi を搭載した自律移動型ロボット

### ① LED ボード

SMD 型フルカラーLED が 16 個実装されている。マイコンにより各 LED の調光制御が可能で、ロボットの状態をリアルタイムで確認するための表示器として使用する。

### ② マイコンボード

無線 Wi-Fi を搭載したマイコン、I<sup>2</sup>C 通信で接続が可能なセンサ（高精度温湿度センサ、9 軸慣性センサ、レーザー距離センサ、照度センサ等）を備え、ロボットの障害物検知や姿勢制御に必要なセンサを実装している。単体のボードで IoT 向けに周囲の環境計測として使用できる。

### ③ モータードライバボード

減速ギア付き DC モーター、フォトリフレクタ 5 個を実装し、ロボットの通常走行に加えてライントレース等の課題にも応用できる。また、単三電池より電源供給でき、マイコンボードと LED ボードを動作させられる。携帯用計測端末としての使用や LED 照明の電源としても使用できる。

自律移動型ロボットに、無線 Wi-Fi 機能を搭載することで、センシングした計測結果をリアルタイムでパソコンやスマートフォン等で確認したり、無線経由でプログラムを書き換えられる等、開発におけるデバッグを効率化できるメリットがある。

表 1 無線 Wi-Fi 搭載自律移動型ロボットの仕様

名称	規格
無線Wi-Fiマイコン	Espressif, ESP32-WROOM-32D
温度・湿度センサ	Honeywell, HTU21D
9軸慣性センサ	Bosch, BMX055
レーザー距離センサ	STMicro, VL53L0X
フォトリフレクタ	Letex, LBR-127HLD
減速ギア付きDCモーター	DCモーター, 5V / 600RPM
モータードライバー	Texas Instruments, DRV8835
フルカラーLED	WorldSemi, WS2812B
ニッケル水素充電電池	単三 4本

### 3. 迷路探索課題

迷路探索課題は、ラインで構成される迷路のスタートからゴールまでの最短経路を探索する課題である。ロボットには、正確なライントレース、ライン交差点の判定、経路を正しく記録しながらの走行、スタート～ゴール間の最短経路の算出等が求められる。迷路課題としては、まずロボットをライントレースできるように調整した後、迷路を構成する典型パターンの走行練習をする。その後、迷路の経路を順に記録をして、最短経路を求めるアルゴリズムの実装を行う。

#### 3. 1 ライントレース

ライントレースは、ロボットの前方に取り付けたセンサでラインを検出し、常に中央のセンサが反応するよう左右の車輪の速度制御を行いながら走行する。図2に、ロボット前方のセンサ（フォトリフレクタ）とライン検出の状態を示す。センサ5個がラインを横切ったときの応答を図3に示す。ここで、縦軸はアナログ値（0～4095）、横軸は時間である。ライン上（黒）では大きな値を示し、ライン外（白）では小さな値を示す。これらを閾値処理して、ライン上は1、ライン外は0として、ラインに対するロボットの位置の検出を行う。

ロボットがライン上を走行するとき、図4のようにセンサの個数分のビット列が生成される。 $n$ 番目のセンサの反応の有無を $b_n = \{0, 1\}$ ,  $n = 0, 1, 2, 3, 4$ とすると、センサの反応は  $\mathbf{B} = [b_0 \ b_1 \ b_2 \ b_3 \ b_4]$ となる。これに重み  $\mathbf{W}^T = [100, 200, 300, 400, 500]$  を付けて、ロボットのライン上の位置を

$$\mathbf{P} = \mathbf{B}\mathbf{W}^T \quad (1)$$

とする。ここで、重み $\mathbf{W}^T$ はロボットのモーター速度の範囲が0～1023から決定した。このとき、中央センサのみが反応すると、 $\mathbf{B} = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]$ となり、式(1)より $P_T = 300$ となる。ライントレースでは、このロボットがラインの中央を走行する $P_T$ を目標値として、ロボットがライン中央からはずれたときの差をなくすよう走行させる。中央のラインからの誤差を $e$ とすると、

$$e = P_T - P_c \quad (2)$$

となる。ここで、 $P_c$ は現在のロボット位置で

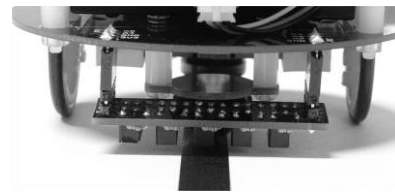


図2 ロボット前方のセンサ(フォトリフレクタ 5個)とラインの検出

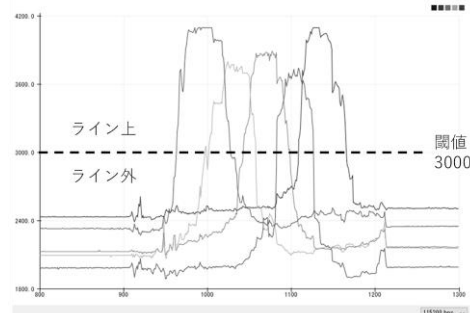


図3 フォトリフレクタの応答とライン検出のための閾値

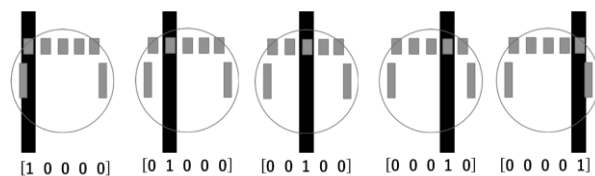


図4 ロボットのライン位置の検出

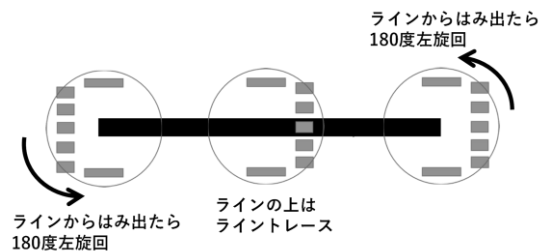


図5 直線のライントレース

ある。この誤差に比例定数 $K_P$ を乗じて、モーター左右の速度制御を行う比例制御を行う。さらに、誤差 $e$ の過去の誤差を $e_p$ とし、 $K_D(e - e_p)$ として、瞬時のロボットの位置ずれに対応する微分制御を行う。つまり、モーターの左右出力は、

$$M_c = K_P e + K_D (e - e_p) \quad (3)$$

により調整される。このとき、左右のモーター出力は、

$$M_L = M_0 - M_c \quad (4)$$

$$M_R = M_0 + M_c \quad (5)$$

となる。ここで、 $M_0$ はモーターの基本スピードで、モーターを駆動するPWMのデューティ

比に対応し、0～1023の範囲の値をとる。

PD制御のKP, KDのパラメタ調整は、KD = 0としてラインを走行させてKPを決めた後にKDを調整する。ライントレースには、図5に示す直線を用いる。ライン上ではライントレースを行い、ラインから外れると180度左旋回を行いラインに復帰する。これを繰り返して、ラインから脱線しないようKP, KDのパラメタ調整を行う。ここで、迷路のラインの幅は、互いのセンサの間隔より10 mmとした。

### 3. 2 左手法による迷路探索

迷路探索は、スタートとゴールが示されたラインで構成される迷路が与えられたとき、スタート～ゴール間の最短経路を探索する課題である。迷路探索のコース例を図6(a)に示す。迷路探索の解法の一つとして、迷路の左壁に沿って走る左手法がある。図7に、迷路を構成する経路の基本パターン(8種類)を示す。左手法では、これらの基本パターンに対して、次に挙げる5つのルールに従ってゴールまでの経路を探索する。

ルール1: 直線, 曲がり角はラインに沿って走らせる。(図7(a), (b))

ルール2: T字路, 四つ角では左折をする。(図7(c), (d))

ルール3: 分岐路では左折または直進する。(図7(e), (f))

ルール4: 黒塗り長方形はゴールで停止する。(図7(g))

ルール5: ラインの行き止まりは旋回をする。(図7(h))

例えば、図6(a)の迷路において、START1からゴールへ向かうとき、左手法を適用した迷路探索では、図6(b)の太矢印の順に探索が行われる。つまり、迷路の探索経路は、START1→①L→②L→③T→④R→⑤L→⑥L→⑦T→⑧R→⑨L→GOALとなる。ここで、探索経路の記号をL: 左折(Left Turn), R: 右折(Right Turn), T: 旋回(Turn), S: 直進(Straight)と定義している。START1からゴールまでに要する経路長は①から⑨の9となる。この迷路の最短経路は一つ目の四つ角を右折するだけでゴールにたどり着くが、左手法による迷路探索では、無駄な経路が多く含まれる。

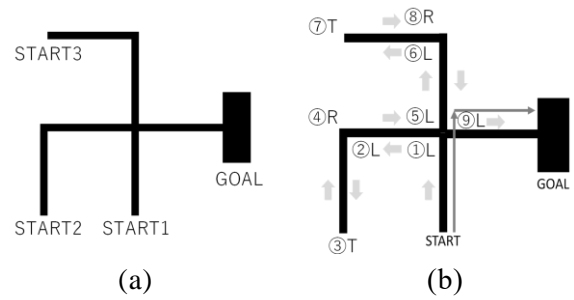


図6 迷路探索 (a)迷路探索のコース例, (b)左手法を適用した迷路探索の経路

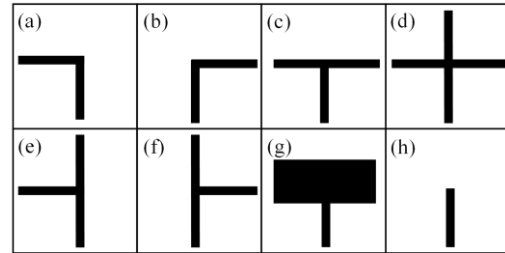


図7 迷路探索における経路の基本パターン(8種類)

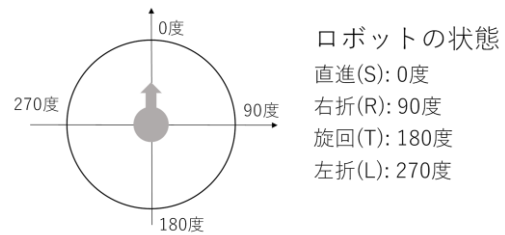


図8 ロボットの回転角(0度～360度)

### 3. 3 最短経路の探索

スタートからゴールまでの最短経路を求めるため、1回目の走行では左手法による迷路探索を行う。このとき、通過経路を記録しながら走行し、行き止まりによる迂回路を除外することで最短経路を探索する。2回目の走行では1回目の走行で求めた最短経路で走行をする。

最短経路を求めるには、行き止まりによる旋回を伴う経路を除外する必要がある<sup>[2]</sup>。そこで、行き止まり(T: 旋回の前後の経路を列挙すると、次の組み合わせが考えられる。LTS, LTR, LTL, RTS, RTR, RTL, STS, STR, STL。ここでLTSは、交差点を左折(L)して、行き止まりを旋回(T)し、直進(S)する走行を略しており、他も同様である。いずれの組み合わせも行き止まりの経路を回避でき、まとめると、次の省略規則となる。

LTS→R, LTR→T, LTL→S,

RTS→L, RTR→S, RTL→T,  
STS→T, STR→L, STL→R.

ロボットを左手法で走行させながら、これら行き止まりを含む無駄経路を省略する。

経路の省略を簡単に求めるため、ロボットの向きから経路省略後の角度の算出を行う<sup>[3]</sup>。図8にロボットの回転角を示す。ここで、ロボットの回転角を、直進0度、右折90度、旋回180度、左折270度とし、それぞれ{S, R, L}={0, 90, 270}とする。このとき、旋回前をX={S, R, L}, 旋回後をY={S, R, L}, 旋回をT=180とすると、行き止まりを含む経路省略後の角度Zは、次式により求まる。

$$Z = (X + T + Y) \% 360 \quad (6)$$

ここで、%は余りを求める記号である。例えば、LTSの場合には、式(6)より、270+180+0=450となり、360度で割った余りが90となる。つまり、右折(90度)が省略後の経路とわかる。左手法による迷路の走行中に、経路を順次記憶しながら、経路の省略規則を適用することで最短経路が求まる。

#### 4. 評価実験

開発した自律型移動ロボットを用いて、迷路探索課題の評価を行った。迷路コースには、図6(a)を用いた。図6(b)の迷路の各スタート(START1, START2, START3)より始めて、左手法による探索を行って最短経路を求めた。また、走行中の経路は、無線Wi-Fiを用いてブラウザで確認した。

##### 4. 1 迷路の最短経路走行

迷路探索中に、走行経路をメモリに記憶すると同時に、前述の経路の省略規則を適用した。走行中の経路情報は、無線Wi-Fi経由でホストPCへ送信し、各スタート地点からの最短経路が求まる過程を次のとおり調べた。

<START1の探索過程>

- ①L, ②LL, ③LLT, ④L[LTR], LTR→T,
  - ⑤[LTL], LTL→S, ⑥SL, ⑦SLT,
  - ⑧S[LTR], LTR→T, ⑨[STL], STL→R
- 最短経路：R (経路長9→1)

<START2の探索過程>

- ①R, ②RL, ③RLL, ④RLLT

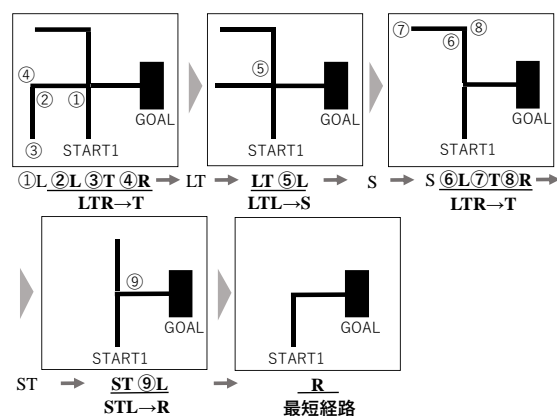


図9 スタート(START1)より始めたときの最短経路の探索過程

⑤RL[LTR], LTR→T ⑥R[LTL], LTL→S  
最短経路：RS (経路長6→2)

<START3の探索過程>

- ①R, ②RL

最短経路：RL (経路長：2→2)

ここで、[\*]は経路の省略規則を適用したことを示す。図9にSTART1の探索過程を示す。結果として、各スタートより始めて、左手法の経路に省略規則を適用し、ゴールまでの最短経路を求めて走行できることを確認した。

#### 5. まとめ

本稿では、無線Wi-Fiを搭載した自律移動型ロボットを用いた迷路探索課題の開発について述べた。開発した迷路探索課題は、センシングの基礎やロボット制御、最短経路を求めるアルゴリズムをはじめとして、AIやIoTの基礎となる要素が多く含まれる課題である。さらに、迷路に経由地点や閉路を設けることで、より挑戦的な発展課題としても展開できる。

#### 参考文献

- [1] 辻明典, 桑折範彦, 川上博, "実践して学ぶAI/IoT技術", 大学教育カンファレンス in 徳島発表抄録集, pp.54-55, 2019.
- [2] J.A. Pandian, "Maze Solving Robot Using Freeduino and LSRB Algorithm", IJMER, ISSN:2249-6645, pp.92-100, 2013.
- [3] L. Bienias, "Maze Exploration Algorithm for Small Mobile Platform", Image Proc. & Comm., vol. 21, no. 3, pp.15-26, 2015.

# VBAの高速化について

常三島技術部門  
情報システムグループ

片岡 由樹 (KATAOKA Yoshiki)

## 1. はじめに

とある部署で使用するファイルを作成した。ファイルはエクセルでVBAを使うxlsmファイルである。同じフォルダにデータソースとなるCSVファイルを配置し、それを読み込み、必要なデータ処理をして表示するプログラムである。仕様変更もたびたびあったので簡単に説明しながら、使用したVBAコードのポイントをここに記述していく。

可能な限り一般性を持たせた記述で表現して、具体的に記述しないようにしている。どのようなデータかは各自で想像して補完して読み進めていただきたい。

## 2. 構成

当初のデータソースとなるCSVファイルについては以下の要素で構成されている。

- ・ 個人を特定するIDとそれに対応する文字列（氏名）
- ・ 日付データ
- ・ 日付データに関連する時刻データ二つ
- ・ 個人に関連付けされたID（管理ID）とそれに対応する文字列

上の要素が一行にカンマ区切りで記述された文字列（ShiftJIS文字コード）の集合である。CSVファイル名は(個人を特定するID) + "\_YYYYMM.csv"という名称である。ここでYYYYMMは201912など西暦と月から作成される。つまり一つのファイルに個人に関連する一か月分の日付時刻データが格納されている。時刻データ二つから期間が得られる。ある基準からその期間がどのくらい違うのか差分も得る。基準からの差分は時分表示（表示形式：[hh]:mm）と分表示で表示する。

### 2. 1 高速化が必要な理由

後半には仕様変更で約3000人分のデータで、一か月分のCSVファイルに変更になった。

前半の段階では一人、もしくは数十人規模で小分け（管理IDごと）にしての使用を想定していたのだが、すべて処理することになった。対象とする個人が約3000人に変更になった為に同じプログラムでは処理時間がかかり、実用にならなかった。その為に高速化するVBAコードに変更する必要があった為、高速化手法について調査した。<sup>[1,2]</sup>

### 2. 2 バージョン1

バージョン1は7つのシートで構成されている。「readme」、「フォルダ一覧」、「月別」、「個人別」、「詳細」、「list」、「list履歴」の7つである。

- ・ 「readme」シートはエクセル文書の説明用シートである。
- ・ 「フォルダ一覧」シートはエクセル文書と同じフォルダに存在するCSVファイルを一覧表示する。
- ・ 「月別」シートは表示する年月を選択するセルに従って対象のCSVファイルを制限し、月平均や月最大を表示する。
- ・ 「個人別」シートは表示する個人を選択するセルに従って対象のCSVファイルを制限し、月平均や月最大を表示する。
- ・ 「詳細」シートは表示する個人・年月を選択するセルに従って対象のCSVファイルを一つに絞り込み、時刻データ二つから期間データに変換する。ある基準との比較やその差分の累計もある。
- ・ 「list」シートは個人のIDと氏名をリストアップしている。このシートの内容が様々なシートで表示する個人を決める。
- ・ 「list履歴」シートは「list」シートで使用されなくなったデータなど履歴として残せるように用意されている。VBAでは一切参照しない。

### 2. 2. 1 「フォルダー一覧」シート

CSVファイル名は一定の規則に従った名前の為、対象外は「対象外である」と表示をする。また「list」シートにリストアップしている個人IDとは異なるCSVファイル名のファイルは対象外であるのでリストを確認するかファイルを削除するように注意書きを表示した。

個人IDだけだとだれのデータなのかわかりにくいので「list」シートにリストアップしている個人氏名をVLOOKUP関数で表示させた。シートには二つのボタンを配置した。一つは「データ更新」ボタンである。このボタンに登録している関数はエクセル文書を開いた段階で実行するようにしている。もう一つのボタンはリストにないデータ（CSVファイル）を削除するボタンである。CSVファイル自体を完全に削除するので注意が必要だが、システムの性質上、存在しているはずのないファイルである為、Kill関数を使いファイル削除機能を用意した。

### 2. 2. 2 「月別」シート

表示する年月を選択するセルに従って対象のCSVファイルを制限し、月平均や月最大・累積を表示する。存在する個人のIDの数だけ「詳細」シートと同じことをしている。それぞれの演算結果から個人の指定する年月の最大・平均、累計最大などを分表示・時分表示している。

管理IDが管理するデータをlistにリストアップし、CSVファイルを対象の管理データにしておく管理している個人のリストが月ごとに見ることができるようになる。

### 2. 2. 3 「個人別」シート

表示する個人を選択するセルに従って対象のCSVファイルを制限し、月平均や月最大を表示する。存在する年月の数だけ「詳細」シートと同じことをしている。

それぞれの演算結果から指定する個人の年月ごとの最大・平均、累計最大などを分表示・時分表示している。これにより項目の月ごとの推移がわかる。

### 2. 2. 4 「詳細」シート

表示する個人・年月を選択するセルに従って対象のCSVファイルを一つに絞り込み、時刻データ二つから様々なデータに変換する。

二つの時刻差から期間が得られる。ある基準からその期間がどのくらい違うのか差分も得て、時分表示と分表示をした。指定の年月における基準からの差異を累計し、時分表示・分表示した。これにより指定月における日ごとの項目推移（期間や時間、累計）がわかる。

### 2. 2. 5 「list」シート

個人のIDと氏名をリストアップしている。このシートの内容が様々なシートで表示する個人を決める。データは空行を挟まないで詰めてリストアップする。

## 2. 3 バージョン2

CSVファイルの仕様が変更になり、先頭1行はヘッダとして使うようになった。それ以外でも項目が追加された。主に「詳細」シートに項目が増えた。

CSVファイルはエクセル文書と同じフォルダに存在していることが前提であったが、エクセルからCSVファイルを入手してほしいという要望があった。CSVファイル自体は学内限定サーバーにてシボレス認証により入手できる。これについては検討としてテストを実施した。

### 2. 3. 1 エクセルという環境

エクセルでWebからのデータのダウンロードだが、一般的にWebスクレイピングといわれる技術を用いる。Webスクレイピングをする環境としてはエクセル(VBA)は難易度が高く推奨される環境ではない。Pythonでする人が多い。スクレイピング自体はHTMLやJavaScriptを一通りできる人なら、Document Object Model (DOM) について理解がある人なら比較的データの獲得は容易であるように感じた。

### 2. 3. 2 シボレス認証という壁

サーバー内の入手したいファイル一覧のリンクはシボレス認証でログインする必要がある。

る。学内ではCアカウント認証といえればわかりやすいだろう。学外の方には学認サービスが提供している認証方式だといえればわかるだろうか。Webスクレイピングの際にも認証を受けてからでないとデータの場所まで届かない。学内なのでLDAP等で認証サーバーへアクセスする方法も考えられるが徳島大学情報センター等では推奨されない。そこでブラウザを遠隔操作する必要がある。

### 2. 3. 3 ブラウザを遠隔操作

ブラウザにも種類がありそれぞれバージョンによって細かな違いがある。Internet Explorer 11ならエクセルから操作はできる。ただし必ず実行できるとは限らない。また、EdgeやChrome, Firefoxで動かそうとするとWebDriverをインストールしなければいけない。さらにスクレイピング用にSeleniumというツールも入れたい。Selenium自体はWebアプリケーションのテストの為に開発されたが、ブラウザを思い通りに操作することができる。これらの環境は一部の技術系の教職員には許容できても、一般の事務に導入するのは抵抗がある。

一応、簡単にテストしてみた。その結果、エクセル(VBA)で Internet Explorer 11 を動かして筆者のデータをダウンロードできた。処理中に動作が不安定で、処理に失敗することもあり、運用するには大幅な改善が必要であると感じた。処理中はファイル保存ダイアログなど自動的に押されたりして、知らない人ならウィルス感染したのではないかと思う状態である。

### 2. 3. 4 ブラウザのアドオン

一括ダウンロードをするという観点でブラウザのアドオンを試した。ChromeにDownThemAllというダウンロード用の拡張機能をつけた。シボレス認証後のリストでDownThemAllを使って拡張子がcsvのものだけダウンロードする。ダウンロードしたファイルは別途エクセル等のフォルダに移動する。これについても以前ならファイル構造も含めて一括ダウンロードする手段があったのだが、そのようなアドオン等が最新のブラウ

ザのバージョンに対応しなくなっている。筆者も以前はあるアドオンがあるという理由でFirefoxをずっと使っていたのだが、最近はいろいろと場面によりブラウザを使い分けている。

## 2. 4 バージョン3

CSVファイルの仕様が大幅に変更になり、個人ごとに作成されていたCSVが作成されず、約3000名分のデータが一つになったファイルになった。ファイル名も「month-o\_YYY YMM.csv」となった。それ以外でもバージョン2で増えた項目が減った。

バージョン1, バージョン2において「月別」シート・「個人別」シートは「詳細」シートを使っていた。つまり「詳細」シートに引数にファイル名, 個人IDとする関数を用意して、それを呼び出すことによって「詳細」シートの内容を更新し、そのセル内容をそれぞれのシートでデータを作製していた。そしてバージョン3になると個人ID自体が当初の想定の数千人規模を大きく上回る約3000人を対象としている。また、1か月分のすべてのデータが一つのCSVファイルにあるのでファイルサイズも大きく読み取るのも時間がかかると予想した。試しに「list」シートに登録しているリストを3000名に増やして「詳細」シートを実行してみた。時間はかかるがまだ許容できるレベルだった。しかし「月別」シート・「個人別」シートになると時間がかかりすぎた。試しに実行してみた時に1時間くらいかかった時に、高速化する必要を感じた。さらにCSVファイルに約3000名分31日のダミーデータを作成したが、10MBを超えるファイルになり、1日くらいかかりそうなので試すことさえ出来なかった。そこでVBAのコードを見直し、高速な処理になるように編集をした。その内容は後述するように高速化手法として調査してまとめた。

最終的に、約3000名分31日のダミーデータで「月別」シートですべての個人について項目の最大や平均をまとめたデータを表示するのに、私のパソコンで4, 5分程度になった。

シート構成もバージョン1に比較して以下の項目が増えた。



- 「temp」シートはCSVファイルをテーブルクエリで読み込む作業用シートで非表示である。
- 「候補」シートは「個人別」シートや「詳細」シートで個人を限定する為に絞り込むフィルタを作った。その動作用のシートで非表示である。

#### 2. 4. 1 絞り込むフィルタについて

シートで個人IDを決める為に氏名で選択肢から選ぶ形にしている。3000候補から一つ選ぶのは手間がかかる。そこで、その選択肢の候補を作成する為に「候補」シートを作っている。絞り込む為のセルの文字列からIDの上位桁から絞り込む。例えば0と入れれば初めに1のものは候補から外れる。選択肢数多くても困るので最大で50にした。使用者としては候補が出てこないならさらに01という風に範囲を絞り込めばよい。

#### 2. 5 バージョン4から6

バージョン4ではCSVファイルの仕様が変更になり、項目が削除された。学内限定サーバーにてシボレス認証により入手できるCSVファイルがなくなった。

バージョン5ではCSVファイルの仕様が変更になり、項目が追加され、バージョン4で削除された項目をエクセル文書で補完するように変更された。シート構成もバージョン4に比較して項目を補完する為のシートを二つ追加した。追加したシートからVLOOKUPにてデータを補完した。

バージョン6では集計表示に関して若干の変更があった。

#### 3. 高速化手法について

エクセルのVBA高速化で調査をしていくと、かなり古くから様々な方が速度比較してノウハウを報告している。そして古い報告は実はあまり役に立たないこともわかった。それはエクセルのバージョンが上がるごとに様々な処理が改善されているからだ。またパソコンの処理速度も向上しているのもあるだろう。私のパソコン環境はWindows10で稼働するノートPCでExcel 2016が入っている。購

入からは執筆時点で4年経過している。4年といえば故障が多くなり買い替え時といわれている。現状で動作に不満がないのは機種選定の判断を褒めたいと勝手に思っている。とにかく、この高速化手法も執筆時点での高速化手法であることに留意しながら、読者の方は考え方やコツを吸収していただきたいと筆者は考える。

#### 3. 1 更新しない

##### 3. 1. 1 画面を更新しない

セルの内容変更、書式設定、シート表示切り替えなどの処理があると、画面が頻繁に更新される。この更新処理が遅くなる大きな原因となる。ちょっと遅い程度のプログラムなら他の高速化手法を検討するより前に画面更新制御のコードを入れると、ほぼ解決する。画面を更新しないので長い演算中はエクセルがフリーズしたような印象で、応答なしの状態になる。コードを表1に示す。

表1 画面を更新しない

```
Application.ScreenUpdating = False
'ここに処理
Application.ScreenUpdating = True
```

##### 3. 1. 2 ステータスバーを更新しない

画面更新制御と同じようなことでステータスバーの表示を中止する。画面を更新しないが処理の進捗状況をステータスバーに「進捗状況50%」などと表示するとユーザーには優しいプログラムになる。間欠的に表示する方法もあるが、割り切って表示しない方が速い。コードを表2に示す。

表2 ステータスバーを更新しない

```
Application.DisplayStatusBar = False
'ここに処理
Application.StatusBar = "処理中..."
'ここに処理
Application.DisplayStatusBar = True
```

##### 3. 1. 3 シートの再計算

シートに数式がある場合はセルが変更される度に再計算が行われる。この再計算を自動

から手動に切り替える。途中で再計算が必要な場合には再計算するようにCalculate関数を実行する。計算範囲もRange等で限定した方が処理は少なくなる。

もう一つの方法としてWorksheetオブジェクトのEnableCalculationプロパティを使う方法がある。手動等の指定と関係なく再計算ができなくなる。コードを表3・4に示す。

表3 シートの再計算

```
Application.Calculation = xlCalculationManual  
'ここに処理  
Application.Calculation = xlCalculationAutomatic
```

表4 シートの再計算（禁止）

```
ActiveSheet.EnableCalculation = False  
'ここに処理  
ActiveSheet.Calculate'再計算されない  
ActiveSheet.EnableCalculation = True
```

### 3. 1. 4 イベント発生

プロジェクト内にイベントが発生する場合はイベントの発生自体をOFFにしてイベント発生を停止した方が高速化できる場合がある。コードを表5に示す。

表5 イベント発生

```
Application.EnableEvents = False  
'ここに処理  
Application.EnableEvents = True
```

### 3. 2 ファイルの読み込み

一番遅くなる方法はおそらくファイルポインタを使って開いたファイルに対して一行ずつ読み取りカンマ区切りも自前で処理する方法だろうと予想される。テキストファイルなどならそのような処理がVBA入門には掲載されているだろう。

今回はテキストファイルではなくCSVファイルである。CSVファイル自体もエクセルで開くことができる。関連付けられて、デフォルトで「エクセルで開く」設定の方も多いのではないだろうか。バージョン1の段階からワークブックを開くようにしてCSVファイル

を取り扱った。コードを表6に示す。

表6 ファイルオープン

```
Dim mFilename As String  
Dim wb As Workbook  
Set wb = Workbooks.Open(Filename:=mFilename,  
ReadOnly:=True)
```

ファイルを開く方法は新しくワークシート、つまりエクセルのウィンドウを開くことになる。「個人別」シートなどでは存在する年月の数だけエクセルのウィンドウを開くことになる。開く準備が水面下でされる為に時間がかかってしまう。そこで、データベース接続に使用されるクエリテーブルを使うことにした。コードを表7に示す。作業用の非表示のシートを用意して、そこにデータを入れることにした。

表7 クエリテーブル

```
Dim qt As QueryTable  
Set Sh = Sheets("temp")  
Sh.Cells.Clear  
Set qt = Sh.QueryTables.Add(  
Connection:="TEXT;" & mFilename,  
Destination:=Sh.Range("A1"))  
With qt  
.TextFilePlatform = 932 '文字コード(Shift_JIS)  
.TextFileParseType = xlDelimited '区切り文字  
.TextFileCommaDelimiter = True 'カンマ区切り  
.RefreshStyle = xlOverwriteCells 'セルに上書き  
.Refresh 'データを表示  
.Delete 'CSVとの接続を解除  
End With
```

ただ、一行ずつ読み取る方法は実は遅くないらしい。最近のPC性能なら問題ないようだ。参考文献2の「Line Inputは遅くない」に書かれているように遅いのはセルへの書き込みが原因だ。

### 3. 3 関数を使う

#### 3. 3. 1 VBA関数を使う

エクセルVBAにはいろいろな関数がある。それらの関数はかなり作りこまれていて処理

は非常に高速だ。だからVBAからそれらの関数を使う。あえてアルゴリズムの練習をする必要はない。

### 3. 3. 2 ワークシート関数を呼び出す

エクセルには関数がある。それらの関数はかなり作りこまれていて処理は非常に高速だ。だからVBAからそれらの関数を使う。技術レベル、経験値は上がるかもしれないが、車輪の再発明をしてもだれも褒めてくれない。「月別」シート・「個人別」シートにおいても最大・平均、累計最大を求めるのにMAXやSUMを使った。

### 3. 4 配列を使う

大量のデータを扱う場合一つ一つ順番に処理するより一度配列にデータを入れて配列を操作する方が速い。最近のパソコン処理速度ならあまり配列で処理するからということが効いているわけではないようだ。

配列に入れるのが実は速くなる原因ではなく、セルへのアクセス（代入）がネックになっている。配列を引数にして関数内で処理した返り値は配列なのでセルへの代入が効率よくなるからだ。従って、平均や合計を求める際に配列に対して値を格納して配列を引数にしてワークシート関数を呼び出した。表示しない計算結果や一時的に使う作業用セルを使わないようにするとよい。

### 3. 5 フィルタを使う

大量のデータを走査していくのは時間がかかる。だからフィルタを使って表示するデータを変更した。その際にはSUBTOTAL関数で非表示にした行は含めないで集計する場合の引数の指定方法が便利だった。表示されているデータを対象に繰り返し処理をした。表示されているデータを選択することが大切である。筆者は不慣れなのでチャレンジしなかったがピボットテーブルが使えるかもしれない。ピボットテーブルも最近は使い勝手がよくなってきているので、是非ともチェックしておきたい。

### 3. 6 シートをクリアする

クエリーテーブルで使用する時にデータのある領域だけデータを削除しようとしたがシートごとクリアした方が速い場合がある。

### 3. 7 その他

#### 3. 7. 1 無駄なSelectをやめる

エクセルで操作するように操作対象を選択する、操作をするという2段階の使い方をやめて直接操作対象を指定して操作する。

VBA入門のレベルでコードを理解する際には操作対象をしっかりと把握しながら記述していく必要があるのでチュートリアルやサンプル例ではSelectを使うようになっている。入門レベルを突破したならSelectをやめるようにしていくことが大事だ。

#### 3. 7. 2 繰り返し

For Next と For Eachを比較して昔はFor Eachの方が速かったらしい。今はほとんど変わらないので考え方や使い方がじっくりくる方で記述すればよい。For Nextはカウンタで回していく形でC言語など得意な方はこちらの方が慣れているかもしれない。For Eachの場合はオブジェクト型またはバリエーション型で対象のオブジェクトで回していく形である。オブジェクトの関数やプロパティを使うならFor Eachの方が私は使いやすいと感じる。

#### 3. 7. 3 Withステートメントでまとめる

実行するコマンドが少ない方が高速になるということで、Withステートメントで対象(オブジェクト)をくくる方法がある。あまり速度は変わらない。それよりもオブジェクト変数を作りセットすると若干速くなるようだ。コードを表8に示す。

表8 オブジェクト変数を使う

```
Dim S As Worksheet
Set S = Workbooks("Sample.xlsx").Sheets("Sheet1")
S.Cells(1, 1) = "このように使う"
```

#### 3. 7. 4 バリエーション型にしない

変数の型を指定しない場合はバリエーション型になる。変数自体をデバッグ時に見てみると

わかるようにいろいろなプロパティが付いている。LONG型で事足りるならLONGにした方がよい。ただし、今のPC性能ならあまり気にしなくてよい。また変数を何の為に使っているのかしっかり把握しているなら必要最小限な型は選択できるはずだと思う。

### 3. 7. 5 シート名を使わない

シートを特定する際にSheets(1)を使い、Sheets("Sheet1")と使わないことで少しだけ以前は速かった。インデックス値でFor Next で処理するなどの使い方以外ならシート名の方がわかりやすい。昔ほど速度差は気にする必要のないレベルなので私はシート名を使う。

### 3. 7. 6 セルの選択にはCells

Range("A1")などのように一つのセルを指定するならCells(1,1)の方が速い。A1がどの行、どの列なのか変換している時間が節約できる。繰り返し使うコード領域ならば是非Cellsにしておく。一度くらいしかCellsを使わない箇所については、コードの可読性の為にRangeを使った方がわかりやすい。よい。

### 3. 7. 7 Valueプロパティを書かない

セルの値は標準としてValueプロパティで表される。値の代入する際、される際にValueを記述すると処理が理解しやすく記述できる。しかし、Valueプロパティは省略できる。若干省略した方が速い。可読性が悪くならない程度に省略しよう。コードを表9に示す。

表9 Valueプロパティ

Range("A1").Value = "Kataoka"
Range("A1") = "Yoshiki"

### 3. 7. 8 \$がない関数を使う

VBA関数の中にはLeft\$関数のように\$が付くものがある。\$ありの関数は「文字列を返す」という意味だ。String型には\$, Integer型には%, Long型には&, Single型には!, Double型には#, Currency型には@とバリエーションもある。これは過去の時代の産物で\$ありを使うとNull判定処理が必要になるなどバグを含む

可能性が高い。以前は\$ありの関数の方が若干速かったらしいが、最近のパソコン処理速度ならほとんど関係ない。

### 3. 7. 9 余計な処理をしない

今回は日時のデータを扱った。エクセルではそれらはシリアル値として格納されている。だからいちいち時刻データ二つの差分を計算するのは引き算で充分だった。年月日と分けて時分秒の処理等と複雑な演算をする必要はなかった。私はバージョン3の段階で無駄な処理を省く際に気づいたがバージョン1の時点で気づきたかった。

## 4. 最後に

テスト用のダミーファイルが93000行まであったが、ひと昔前のエクセルでは処理できない行数である。そのデータがアクセスではなくエクセルで扱えることにちょっと感動した。普段高速化する必要がないデータ量でしか活用することはなかったが、高速化を考えたコーディングができるようになると仕事効率も上がるのではないかと期待する。読者にとってヒントとなる報告になっていると幸いだ。

## 参考文献

- [1] Excel VBA 高速化アプローチ  
<http://dev-clips.com/clip/vba/improve-performance-property/>
- [2] Office TANAKA VBA高速化テクニック  
<http://officetanaka.net/excel/vba/speed/>

# データベースの不具合対処について

常三島技術部門  
地域協働グループ

飯田 仁 (IIDA Hitoshi)

## 1. はじめに

筆者は、学生出席管理システムの機能の一部であるカードリーダーを管理している。このカードリーダーは、学生が学生証をかざすと、かざした時刻等を記録するもので出欠確認の基本（打刻）情報となる<sup>[1]</sup>。学生出席管理システムでは、この打刻情報を中継サーバに保存し、全学システムである教務情報システムに登録することでシステム連携を行っている。今回、中継サーバのデータベースへの打刻情報登録に時間が掛かる不具合が発生したため、原因調査と対策について述べる。

## 2. 出席管理システムについて

出席管理システムの概要を図1に示す。カードリーダーに蓄積されている出席情報を、中継装置を介して中継サーバに送信する。中継サーバでは各出席情報をデータベースに取り込む。その後、中継サーバの出席情報をバッチ処理にて教務情報システムに登録する。

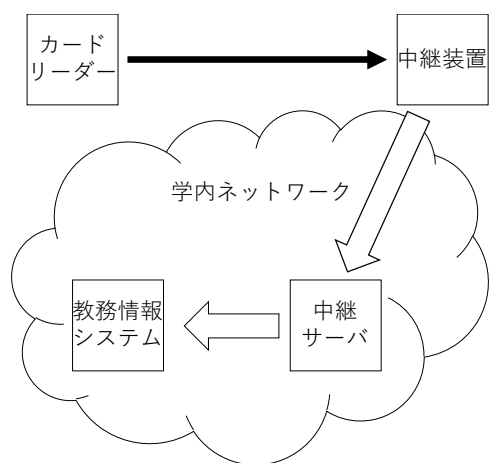


図1 出席管理システムの概要

今回、中継サーバへの登録が時々できないという不具合が発生していた。

中継サーバのデータベーステーブル attendance\_data のフィールド詳細を表1に示す。

表1 attendance\_data のフィールド詳細

フィールド名	説明
key	主キー
stud_id	学生番号
card_id	学生証（カード）固有番号
att_d	出席（打刻）日付
att_t	出席（打刻）時刻
att_w	出席（打刻）曜日
up_date	登録日時
ip_address	中継装置 IP アドレス
relay_id	中継装置管理番号
node_id	カードリーダー管理番号
room_id	講義室番号
reissue	学生証再発行回数
sync_date	教務情報システム登録日時
read	カードリーダーフラグ
valid	有効フラグ

## 3. 不具合状況について

具体的な不具合の内容だが、中継サーバへ出席データを登録する際に、登録済み出席データをデータベースから検索し、未登録の出席データのみを登録する処理としている。今回、発生した時々登録できない不具合の状況をより詳細に確認すると、登録の前処理として実行している登録済み出席データの抽出に時間が掛かっていたことが判明した。この抽出に時間が掛かることにより、登録処理全体の設定時間（2[sec]に設定）を超過し登録できていなかった。また、時々発生する状況は、サーバの登録処理時の負荷状況によるものと思われる。

## 4. 原因と対策について

登録済み出席データの抽出に時間を要している状況が分かったので、インターネット上で検索した結果に基づき<sup>[2-4]</sup>不具合時のデータベースの状態を確認した。調査手法の詳細

は参考文献に譲るが最終的には、『登録済み出席データの抽出時の検索SQL文の前に“EXPLAIN ANALYZE”付け実行，結果を確認』を実施した。

詳細な検索SQL文と結果の一部の記載は割愛するが，調査時の実行結果を図2に示す。

```
EXPLAIN ANALYZE "SQL 文"  
QUERY PLAN  
-----  
Unique  
(cost=212052.11..212052.14 rows=1 width=62)  
(actual time=1449.660..1449.660 rows=0 loops=1)  
  中略  
  Rows Removed by Filter: 3445031  
Total runtime: 1449.748 ms  
(13 行)
```

図2 調査時の実行結果

図2の結果より，抽出に1449.748[msec]要していることが分かった。また，図2中の『Rows Removed by Filter: 3445031』は検索SQL文が対象としたレコード(出席データ)数であり，この時の全レコードを対象としている事が分かった。

全レコードを対象としていたことから，検索の方法に問題があると考え，当該データベーステーブルにインデックスを作成し状況の変化を確認することとした。運用開始から，この時までインデックスは未作成であった。

インデックスは上記調査で使用するSQL文のWHERE句に含まれるフィールドを表1から選択するが，WHERE句には次の『stud\_id,att\_d,room\_id,reissue,sync\_date』が含まれており，今回は『att\_d(打刻日)』のみとした。インデックスは，

『CREATE INDEX at\_date\_191028\_idx ON attendance\_data (att\_d);』を実行し作成した。

作成後に，上記と同様の調査を実施し，その結果を図3に示す。

インデックスを追加することで検索SQL文が対象とするレコード数(9554)と，抽出に要する時間(10.849[msec])の双方が激減したことが分かる。

```
EXPLAIN ANALYZE "SQL 文"  
QUERY PLAN  
-----  
Unique  
(cost=11.71..11.74 rows=1 width=62)  
(actual time=10.691..10.691 rows=0 loops=1)  
  中略  
  Rows Removed by Filter: 9554  
Total runtime: 10.849 ms  
(15 行)
```

図3 インデックス作成後の実行結果

## 5. まとめ

インデックスについての知識不足から今回のような不具合の発生を未然に防止することが出来なかったが，良い経験(勉強)となったと思う。ただし，意味のないインデックスを作成してもデータベースのパフォーマンスが低下するので注意が必要である。

なお，今回の不具合は突然発生するようなものではなく，出席データが増加することにより，徐々にパフォーマンスが低下してきたことに気付かなかったことも原因の一つと考える。

## 6. 今後の課題

今回，インデックスの作成で対応できたが，古い出席データは，サーバのHDD容量も圧迫することから定期的な削除を検討する。また，『att\_d』以外のフィールドを含む最適なインデックスを検討したい。

## 参考文献

- [1] 飯田仁，吉永哲也：“学生証を用いた授業出席管理システムの開発”徳島大学教育研究ジャーナル，第7号，pp.131-137，2010
- [2] [http://dqn.sakusakutto.jp/2011/12/postgresql\\_1.html](http://dqn.sakusakutto.jp/2011/12/postgresql_1.html)
- [3] <https://morizyun.github.io/blog/postgresql-index-planner-optimize/index.html>
- [4] <https://language-and-engineering.hatenablog.jp/entry/20110121/p1>

# 電気電子システムコース創成実験 実施報告

常三島技術部門  
分析グループ

東 知里 (AZUMA Chisato)

## 1. はじめに

2018年度から始まった地方大学・地域産業創生交付金事業により、LED製造技術教育の向上を目的とした装置及び設備が導入された(図1)。表1に装置一覧を示す。

理工学部理工学科電気電子システムコースでは、以前から電気電子工学創成実験の1つのテーマとして「半導体を用いた発光・受光素子の試作とその特性評価」の実験を行ってきた。LED製造プロセスの一部を体験してもらい、半導体デバイスに関する理解を深めることを目的としていた。

2019年度より、新規に導入された装置を学生実験に使用することで、最新鋭のLED製造プロセスを学修することが出来るようになった。新しく始まった創成実験の内容について報告する。



図1 LED製造フロアと装置

## 2. LED製造プロセス

図2にLED製造プロセスの一例を示す。プロセスは前工程と後工程に分けられ、ウエハ上に回路を設計してチップを作るまでを前工程。チップを切り取り、配線してパッケージングするのが後工程である。

昨年度までは前工程の「電極作製」の一部と後工程の「ボンディング」のみであったが、2019年度より「リソグラフィ」と「ダイシング」も実習可能となった。

表1 装置一覧

装置名	メーカー	型番
電気特性評価装置	Keithley Instruments	4200A-S
小型マニュアルプローバ	ハイソル	HMP-400MS
工業用顕微鏡	オリンパス	BX53MTRF-S
ダイシング装置	東京精密	SS10
スピンドーター	ミカサ	MS-B100
卓上型フッシュアップル換気装置	興研(株)	ラミナーテーブル HD-01
発散源対策クリーン換気装置	興研(株)	テーブルラミナー LAMIKOACH J500-F
マスクレス露光機	ネオアーク	DDB-701-DL -10-TUN
EB蒸着装置	エイコー・エンジニアリング	VX-1100T

\*付属装置は除き、主な装置のみ記載

## 3. 実験概要

実験概要の説明から口頭試問までの全行程を5回の授業時間内に行う。

1回目は教員から実験概要を説明する。

2回目からクリーンルームを利用したプロセス実験を始める。LED基板はGaAs上AlGaAsダブルヘテロ構造を使用する。LED表面の電極となる部分の図案(パターン)を学生に考えてもらい、画像データを作成する。スピンドーターでレジスト(東京応化, OFPR-800LB)塗布後、マスクレス露光機で露光し現像(東京応化, NMD-3)する(図3)。

3回目は電極となる金属を真空蒸着する。表面には金ゲルマニウムとニッケル、裏面にはクロムと金を蒸着する。蒸着方法はEB蒸着と抵抗加熱蒸着を利用する。

4回目は剥離液(関東化学, N-メチル-2-ピロリジノン)でレジストを取り除き、アニール

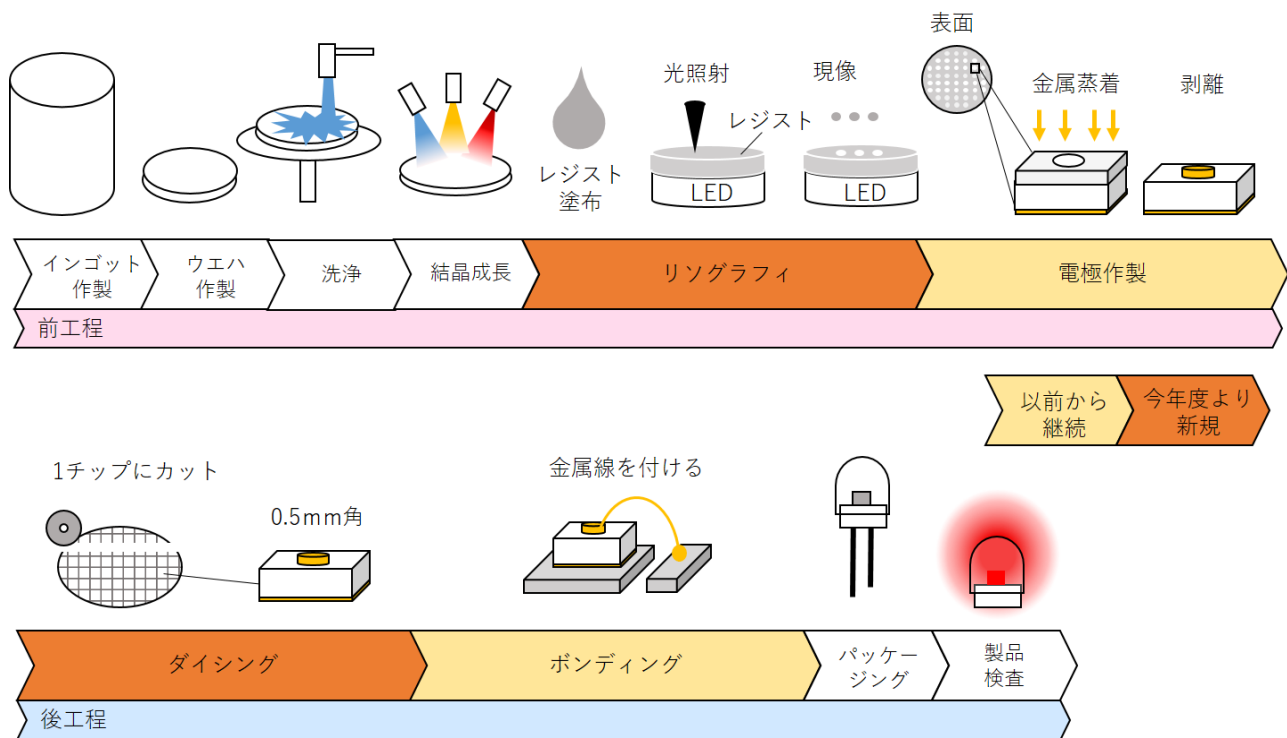


図2 LED製造プロセスの一例<sup>[1]</sup>

する。ダイシング装置で0.5mm角のチップに切り分け、ボンディングした後、小型マニュアルプローバーを用いて電気特性（I-V）を測定する。色の異なる市販のLEDと作製したLEDとの違いを比較する

5回目はレポート提出と教員による口頭試問を実施する。

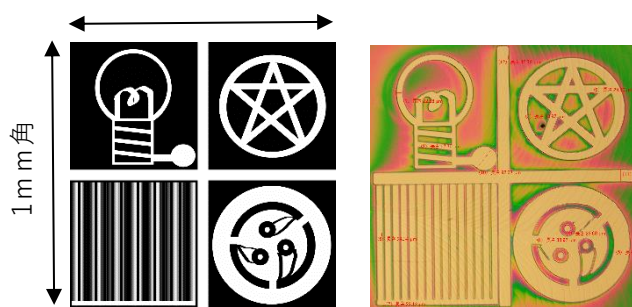


図3 作成パターンと現像後の表面

#### 4. 現状と課題

現在も学生実験を進めながらリソグラフィ条件や電極金属の選定を続けており、最適な条件を検討している。学生らは各班で実験条件が異なるため、参考データが無い中、考察するのに苦労している様子である。

マスクレス露光機が導入されたことで、リソグラフィ（レジスト塗布，露光，現像）工程が実習可能となった。これまでの表面一様な電極ではなく，作成したパターンを電極に

することが出来，パターンによる電気特性の比較が可能となるなど評価方法が充実した。チップサイズは0.5mm角と以前に比べて各段に小さくなり（図4）半導体技術の微細さを実感出来る内容となっている。

その反面，ボタン1つで作業が終了してしまい，実験操作や手を動かす機会の減少と待機時間の増加が課題となった。

今後は，実験装置を通して機器がどのように設計され制御されているか，これまでに習得した知識と結びつけて考えられるような実験内容にしていきたい。

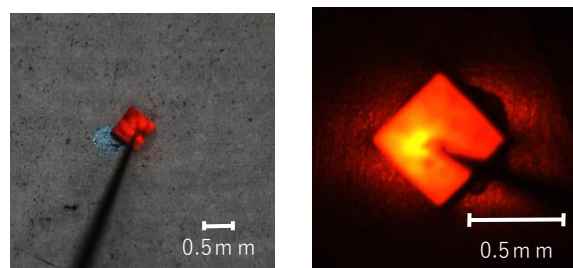


図4 作製したLED

謝辞

本実験の立上げに関して，お手伝いいただいた皆様に感謝申し上げます。

参考文献

[1] 大塚電子(株) <https://www.otsuka-el.jp/>



# 支援先分野における労働衛生環境の改善

## 蔵本技術部門 管理運営グループ

福井 仁美 (FUKUI Hitomi)

### 1. はじめに

教育研究支援先である大学院医歯薬学研究部口腔分子病態学分野（以下支援先分野という）では、分子生物学的手法を用いた研究や組織標本作製を行うため、多種類の毒劇物・有機溶剤を保有し使用している。

筆者は、平成 24 年に第二種衛生管理者免許を取得し、有機溶剤作業主任者、特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者技能講習を修了した。また、平成 27 年に第一種衛生管理者および衛生工学衛生管理者免許を取得し、以後支援先分野の衛生管理者として、定期自主検査およびリスクアセスメント業務を担当している。

今回、支援先分野において、有機溶剤による健康被害を防止するため、作業環境の改善を実施したので報告する。

### 2. 対象物質

改善の対象とした有害物質は、組織標本作製時に溶媒や麻酔剤として使用する有機溶剤（キシレン・ホルムアルデヒド・ジエチルエーテル）である。

キシレン<sup>1,3)</sup>は、医薬用外劇物・有機溶剤であり PRTR にも指定され、呼吸器系・神経系の障害、皮膚・眼刺激、肝臓・腎臓への障害、生殖能・胎児への影響が報告されている。

ホルムアルデヒド<sup>1,3)</sup>は、医薬用外劇物・特定化学物質でありさらに PRTR にも指定され、吸入によるアレルギー、喘息などの呼吸器系・神経系の障害、皮膚・眼刺激、発がんのおそれ、臓器障害が報告されている。

ジエチルエーテル<sup>2,3)</sup>は、極めて引火性の高い液体及び蒸気であり、有害性には、眼・呼吸器への刺激、飲み込むと有害、めまい・眠気等のおそれがあり取り扱いに注意しなくてはならない。

### 3. 改善内容

#### 3. 1 全体換気能力の向上

有機溶剤を使用する部屋を2部屋（1部屋25 m<sup>2</sup>）に限定することで、最小限にとどめ、それまで1台しかなかった全体換気扇を各部屋に2台設置して、全体換気能力を高めた。

#### 3. 2 密閉化・自動化・発散の防止

以前の染色作業は、作業者が染色瓶を用いて手作業で行っていたが、密閉化・自動化された密閉型自動染色装置（図 1）を導入した。この装置には、活性炭フィルターによるキシレンの吸着が行われており、作業者の有機溶剤からの暴露を防ぐだけでなく、自動化することで、作業の効率も上げることができた。



図 1 密閉型自動染色装置  
ライカ オートステイナーXL

また、手作業で行う染色後の封入作業は、有機溶剤用の吸着装置が搭載された局所排気装置内（図 2）で行い、発散・暴露の防止に努めることとした。

密閉型自動染色装置および有機溶剤用局所排気装置のフィルター類は、定期的に交換している。

さらに補助機器として、持ち運びが可能な卓上型ドラフト（図 3）を設置し、気化した有機溶剤を吸着することで、さらなる発散防

止につながる事ができた。

以上の有機溶剤に対する暴露防止対策は、キシレンだけでなくホルムアルデヒドに対しても有効である。



図2 有機溶剤用局所排気装置  
日本医科 FH-850

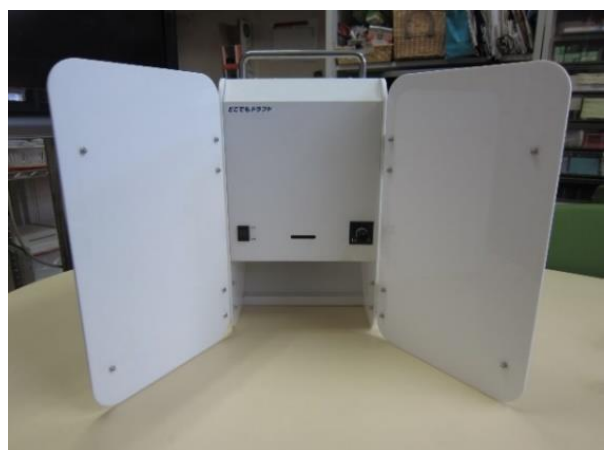


図3 卓上型ドラフト（どこでもドラフト）  
湘南丸八エステック SMST-DD

### 3. 3 防護具の使用

作業の際には、手袋とマスクは必須であるが、吸気による鼻粘膜等への刺激と体内への汚染被害を軽減させるために活性炭マスクを使用している。また、ホルムアルデヒド使用時には、眼への刺激や飛散ホルムアルデヒドの眼への混入事故を防止するためにシールドマスクを使用している。

### 3. 4 有害性の少ない物質への転換

実験動物の麻酔には、以前は安価なジエチルエーテルを使用していたが、有害性および特に引火性の高いジエチルエーテルの使用をやめて、イソフルランへ転換することで有害

性および引火性を低減することができた。

しかし、価格においてはイソフルランに転換することでおよそ10倍高価になった。

## 4. まとめ

組織標本作製に関して、設備改善、発散防止対策・密閉化・自動化による作業環境改善を行い、大きな効果を得ることができた。

有害物質を使用する部屋では、作業方法・作業環境改善のために、工学的対策を順次取り入れ、それらの装置の定期自主点検・保守も実施しなくてはならない。そして、作業環境測定を定期的を実施して、その結果に基づいて適切な措置をとることによって作業環境を良好な状態に保つことが重要である。

また、ジエチルエーテルをイソフルランに転換することにより、価格は高価になったが作業者の健康と安全を守ることににおいては大きな効果がある。現在転換した物質は、ジエチルエーテルのみであるが、今後ホルムアルデヒドやキシレンなども有害性の少ない物質へ転換可能か検討したい。

## 謝辞

業務の実施に際し、大学院医歯薬学研究部口腔分子病態学分野・新垣理恵子准教授のご助言をいただきましたことに感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 中央労働災害防止協会，衛生管理テキスト（上）（下），平成26年2月26日，第5版
- [2] 中央労働災害防止協会，有機溶剤作業主任者テキスト，平成24年3月15日，第3版
- [3] <https://anzeninfo.mhlw.go.jp/index.html>

# 大判プリンターの印刷に関する業務報告

蔵本技術部門  
機能解析グループ

武田 英雄 (TAKEDA Hideo)

## 1. はじめに

学術発表用のポスターや教室紹介の掲示物など大判プリンターを使用した印刷は、頻繁に行われている。

徳島大学大学院医歯薬学研究部 総合研究支援センター 先端医療研究部門医学系分室（先端医研）では、2005年から学内の共用機器として大判プリンターを設置し、印刷の補助業務を実施している。今回はその内容などについて以下に報告する。

## 2. 保有プリンター

現在、先端医研に布と紙の両方を印刷する機能を有する2台の大判プリンターを設置しており、布と紙を切断可能なエプソンPX-H10000（図1）を布専用、紙のみ切断できるPX-10000を紙専用プリンターとしている。研究支援ネットワークシステムにより、2台それぞれ単独に予約することができる。紙専用プリンターは、予約の入力画面でユーザーが光沢紙か厚手マット紙を選択できる。

使用料金は、10cm当りで布368円・光沢紙263円・厚手マット紙158円に設定している。入力画面で使用の長さを入力していただき、料金の支払いは、研究支援ネットワークシステムを介して行われる。



図1 エプソン大判プリンターPX-H10000

## 3. 業務の概要

予約内容を予め確認しておき、使用される

紙の種別や長さなどに合わせて準備している。ユーザーにウイルスチェック済みのUSBメモリーで、PowerPointまたはPDFファイルを持参していただき、予約者に印刷プレビュー画面を確認いただいたうえで、係員が印刷に対応している。

ユーザーの予約自体は、24時間可能であるが、できる限り勤務時間内の利用をお願いしている。

また、拡大などが必要な大きなサイズのポスターの作成方法や、PowerPointに関する問い合わせも多数ある。

印刷の設定については、印刷時間が5分程度長くかかるものの、きれいな仕上がりを考慮して、インクの塗り重ね回数が多いモードですべて印刷している。

学会シーズンには、1日に15件を超える予約が入ることもあるが、2台を運用することでユーザーの待ち時間を最小限にし、故障時にも印刷ができなくなることを回避している。なお、複数の係員で印刷業務を行っている。

印刷の滞りが許されない場合が多いので、プリントヘッドの詰まりなどの故障が起きないように注意してメンテナンスを施している。

## 4. 印刷実績とまとめ

2018年度は、89分野からの利用があった。

用紙の種別においては、1年間でそれぞれおよそ布500枚、紙220枚、合わせて720枚が印刷された。近年も、年間730枚程度の利用が続いている（表1）。

表1 過去3年間の利用数

	2016年度	2017年度	2018年度
利用分野数	81	85	89
布印刷枚数	540	470	500
紙印刷枚数	210	260	220

今後も多くの方々に利用していただけるよう、プリンターを良好な状態に保ち、より一層丁寧な対応を心掛けたい。

# 活 動 報 告

分野別研修報告

地域社会貢献報告

# 平成30年度第3回蔵本技術部門研修会 「マウスの生殖工学技術入門（見学）」開催報告

蔵本技術部門  
研究開発支援グループ

矢野 雅司 (YANO Masashi)

## 1. はじめに

現在、遺伝子の機能解析について重要な役割を果たしているのが遺伝子改変マウスである。本学においても、多くの研究室で複数の遺伝子改変マウスの維持管理を行っている。この遺伝子改変マウスの維持管理に必要な技術として、生殖工学技術がある。

今回、生殖工学技術の初心者の方に見学を通して、生殖工学技術を理解してもらい、新しい技術の習得をするきっかけにしてもらうことを目的として研修会を開催したので報告する。

## 2. 概要

日時：平成31年3月1日（金）

9時30分～12時00分

場所：徳島大学先端酵素学研究所A棟  
2階 カンファレンス室、  
5階 遺伝情報解析室

主催：徳島大学技術支援部蔵本技術部門

参加者数：4名（蔵本技術部門3名、  
常三島技術部門1名）

## 3. 内容

今回の研修会では、生殖工学技術の初心者に対して基本的な技術である、体外受精及び胚凍結等について実際に作業を見学してもらって、流れを理解してもらった。



図1 研修会の様子（講習）

## 3. 1 マウスの生殖工学技術について

生殖工学技術がどのような研究に使われているかについて説明をした<sup>[1]</sup>。また、今回の研修会で実施する作業について、スライドを用いて解説をした（図1）。

## 3. 2 生殖工学技術の見学

実際にマウスを使った使用頻度の多い生殖工学技術（体外受精，胚凍結，胚融解，胚移植）を見学してもらった（図2）。



図2 研修会の様子（見学）

## 4. まとめ

今回は、生殖工学技術の初心者に対して、どのように行うのか一通り見学してもらった。今後、業務において生殖工学技術を使う機会が出てきた際には、受講者には実際にマウスを使った研修を開催したい。

## 謝辞

本研修会の開催に関して、蔵本技術部門研修委員会の皆様のご協力により、無事に開催することができたことに感謝いたします。

## 参考文献

[1] 熊本大学生殖工学技術マニュアル：  
<http://card.medic.kumamoto-u.ac.jp/card/japanese/manual/index.html>

# 平成31年度第1回蔵本技術部門研修会 「ホームページ更新システム（Joruri）管理運用研修会」 開催報告

蔵本技術部門

研究開発支援グループ\*

機能解析グループ\*\*

矢野 雅司 (YANO Masashi) \*

三澤 茂雄 (MISAWA Shigeo) \*\*

桑原 義典 (KUWAHARA Yoshinori) \*

多田 竜 (TADA Ryu) \*

## 1. はじめに

平成29年4月より徳島大学において技術職員を一元化した技術支援部が発足した。それにより、技術支援部として学内外へ情報を発信する必要性が出てきたことから、ホームページを作成することとなった。本学における多くの部局等のホームページでも使用されているJoruriというシステムを使用して技術支援部ホームページを作成することとなり、平成30年2月より公開した。

ホームページ更新等の管理運用については、技術職員で行うことになったが、管理運用に使用するJoruriの知識が必要となるため、HP運用委員会主催によるJoruriの研修会を開催することとなった。

今回、HP運用委員会委員である筆者らが講師となり、技術支援部職員を対象とした管理運用研修会を開催したので報告する。

## 2. 概要

日時：令和元年6月3日(月)

10時00分～11時30分

場所：徳島大学 医学基礎B棟

5階 コンピュータ室

主催：徳島大学 技術支援部

蔵本技術部門 HP運用委員会

参加者数：6名（蔵本技術部門4名、  
常三島技術部門2名）

## 3. 内容

今回は、初めてJoruriを使う者でも分かりやすいように簡単ではあるが、実際にホームページの更新に必要な内容を含めた研修を行った。前半はJoruriに関する解説を中心に行い、

後半では各自がコンピュータを使って、実際にページの作成を行った（図1）。

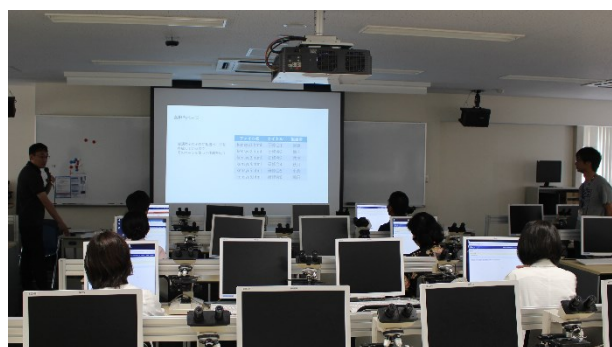


図1 研修会の様子

## 3. 1 技術支援部ホームページについての経緯

技術支援部ホームページの作成及び公開までの経緯の説明を行った。また公開後、現在までの状況について説明を行った。

## 3. 2 Joruriについて

Joruriシステムについて簡単に説明を行った。

「Joruri CMS」は、平成22年3月23日に、主に自治体ホームページ向けの各種機能を標準搭載したCMSとしてオープンソース公開したものである<sup>[1]</sup>。株式会社アイ・ディ・エス（現サイトブリッジ株式会社）が開発を行った。

## 3. 3 技術支援部ホームページについて

現在公開されている技術支援部ホームページについて、学外公開用と学内限定用ページについて説明を行った。

### 3. 4 技術支援部ホームページの更新手続きについて

技術支援部ホームページにおける更新手続き方法について説明を行った。作成者は技術支援部ホームページを更新した際に、「技術支援部ホームページ更新記録」（図2）を作成し、承認者へ提出することになっている。

技術支援部ホームページ作成記録	
作成日	
作成者	
依頼者	
ページの種類	
第2階層	
ページ名	
URL	
編集内容	
お知らせへの記載	
公開作業	

承認日	
承認者	
部門長等への相談	
承認の可否	
理由及び訂正箇所	

図2 技術支援部ホームページ作成記録

### 3. 5 Joruriによるホームページの更新方法

受講者はそれぞれJoruriを使ってディレクトリページの作成を行ってもらった。今回は基本的な作業をできるようになってもらうのが目的であるので、更新作業で頻度の高い項目を選んだ。図3の完成図のように、文章の入力、画像及びファイルの登録及び貼り付け、リンクの設定方法について順番に解説しながら作業を行った。

技術支援部ホームページにおけるファイルの登録は、ページごとにページ名のフォルダを作成し、その中にファイルを登録することになっている。これは、今後の登録ファイルの増加による検索効率を上げるためである。



図3 ディレクトリページ（完成図）

次に、トップページのお知らせについても作成方法を説明し、受講者がそれぞれに新規作成を行った。

最後に、承認者が行う承認作業及び公開作業について説明を行った。

## 4. まとめ

研修会終了後に受講者を対象にしたアンケートを行った結果、Joruriを使ったホームページの更新に必要な知識を修得することができたとの高評価を得られたことから、意義のある研修会であったと感じた。

今後、技術支援部としての活動がますます活発化していくことで、ホームページによる学内外への情報発信が重要となると予想される。そのため、ホームページ担当者の能力向上は必須となり、今後の技術支援部における重要な役割となると考えられる。

## 謝辞

本研修会の開催に関して、蔵本技術部門HP運用委員会及び研修委員会の皆様のご協力により、無事に開催することができたことに感謝いたします。

## 参考文献

[1] Joruri公式サイト： <https://joruri.org/>

# 平成31年度第2回蔵本技術部門研修会「Qubit® Fluorometer & NanoDropを用いたDNA量の測定」開催報告

蔵本技術部門  
研究開発支援グループ  
機能解析グループ

堀川 秀昌 (HORIKAWA Hideaki)  
渡邊 明子 (WATANABE Akiko)

## 1. はじめに

本研修会は、DNA量を見積もるにあたり、主な二つの異なる測定方法の特徴について理解してもらうことを目的とし、基礎知識習得のための講義と、実際にDNAサンプルを測定してもらう実技との二部構成とした(図1)。分子生物学実験の初心者に参加対象とし、測定に使用するマイクロピペッターの取り扱い方法についても講義・実技内容に組み込んだ。講師を務めるにあたり、準備や講義・実技内容等で工夫や意識した点を中心に開催内容を報告する。

時間	講義	実技
13:00	全体の流れについて	
13:05	DNA, RNAについて 濃度について DNA濃度測定方法について NanoDrop, Qubitの測定原理・特徴について	
13:35	マイクロピペッターの扱いについて	マイクロピペッター操作練習
13:50		NanoDropを用いたDNA濃度測定
14:05		Qubitを用いたDNA濃度測定
14:25		DNAの希釈
14:35		NanoDropを用いた希釈後のDNA濃度測定
14:50	結果の考察	

図1 研修会のプログラム

## 2. 概要

日時：令和元年9月27日(金)

13時00分～15時00分

場所：徳島大学医学基礎A棟3階

オープンラボ・遺伝子解析実験室(先端医研)

主催：徳島大学技術支援部蔵本技術部門

参加者数：5名

## 3. 内容

### 3.1 事前準備について

参加者間で分子生物学実験の経験歴が異なることが推測できたことから、事前にアンケート(図2)をとり、講義・実技内容を決定した。参加者5名をマイクロピペッター使用歴に応じて2班に分けることで、短時間で効率よく講義・実技を進行できるように努めた。また、配布資料は、スライド資料とは別に、手書きの補助資料<sup>[1, 2]</sup>、考察シート、ピペッティング操作チェックシートを準備した。手書き資料は、参加者により理解を深めてもらうことと作成する側の労働時間の短縮を目的とした。

#### 【事前アンケート】

##### ①マイクロピペッターの使用経験について

- ( ) マイクロピペッターが何か分からない
- ( ) マイクロピペッターの使用歴は、ほぼ無しに等しい
- ( ) マイクロピペッターの使用歴は有るが、使用することに慣れていない
- ( ) マイクロピペッターの使用歴は有り、使用することに抵抗がない

② ①で使用歴が有ると回答いただいた方にお聞きます。マイクロピペッターには使用可能な容量により種類がございますが、どの種類の使用歴がございますか？(複数選択可)

- ( ) P1000 ( ) P200 ( ) P20 ( ) P100

##### ③DNAについて

- ( ) DNAについて、よく分からない
- ( ) DNAについて、なんとなく理解している
- ( ) DNAについて、理解している
- ( ) DNA濃度測定の実験がある

図2 事前アンケート

### 3.2 講義について

測定方法の特徴を説明する際に、核酸(一本鎖、二本鎖)の知識が必要になり、まずはその基礎的な部分の講義を行った。その後、NanoDrop(ND1000)、Qubitを用いた測定原理や特徴、操作方法について説明した。



### 3. 3 実技について

実技は2班に分かれ、マイクロピペッター使用歴に応じて課題を用意した。課題を示したチェックシートには、項目毎にチェック欄(□)を設け、定めた時間内で自分の技量に合わせて基礎から難易度順に挑戦してもらった(図3)。その後、NanoDrop(ND1000)、Qubitを用いて、既製品のcontrol DNAサンプルと組織から抽出したgenomic DNAサンプルを測定し、測定値を考察シートに記入してもらった(図4)。



図3 研修会の様子(実技1)



図4 研修会の様子(実技2)

### 3. 4 考察について

考察シートには、測定データをまとめてもらうと共に、二択問題(図5)を用意し、理解度を確認してもらった。また、スライド資

#### 【考察】

- ・gDNAは(二本鎖・一本鎖)である
- ・RNAは(二本鎖・一本鎖)である
- ・DNAはRNAと比較して(安定・不安定)である
- ・NanoDropは(吸光分光法・蛍光分析法)を利用している
- ・Qubitは(吸光分光法・蛍光分析法)を利用している
- ・1ng/μl前後のDNA濃度を測定したいときは(NanoDrop・Qubit)を用いる
- ・不純物(塩、タンパク、有機溶媒等)に影響されずにDNA濃度を測定したい時は(NanoDrop・Qubit)を用いる
- ・不純物の混入があるか確認したい時は(NanoDrop・Qubit)を用いる

図5 考察シートから抜粋した二択問題

料の最後に「おまけ問題」として、今後参加者が実際にDNA量を測定するとなった場合に直面するかもしれない状況を取り上げ、検討してもらった(図6)。



図6 研修会の様子(考察)

### 4. まとめ

本研修会で扱った二つの手法は、核酸定量の中でも最も一般的に用いられる。しかし、特徴や原理を理解していないと核酸由来の定量値を精度よく測定することができない。実験内容によっては、初めのサンプル量を正確に見積もる事が実験の成功に繋がる。

今回の実技を通して、同一サンプルでも測定方法の違いによりDNAの定量値が大きく異なることが証された。核酸定量を行う際に、本講習会の内容が少しでも参考になれば幸いである。

分子生物学実験の基礎知識や基本操作について、引き続き研修会を開催することも可能である。参加者の感想を参考にし、今後の研修会の開催についても検討していきたい。

### 謝辞

本研修会の開催に関して、蔵本技術部門研修委員会の皆様のご協力により、また、先端医研の施設や備品を使用させていただき、無事に開催することができたことに感謝いたします。

### 参考文献

- [1] これならわかる！分子生物学，渡邊利夫，ナツメ社
- [2] 核酸(DNA・RNA)の定量法，柴山祥枝，ぶんせき2018年7号

# 出前科学実験教室「やっToku, なっToku, Dai実験」 ～ペーパークロマトグラフィーで花を咲かせよう！～ 実施報告

常三島技術部門

地域協働グループ\* 分析グループ\*\* ものづくりグループ\*\*\*

山下 陽子 (YAMASHITA Yoko)\*  
河村 勝 (KAWAMURA Masaru)\*\*\*  
島村 豪敏 (SHIMAMURA Taketoshi)\*\*\*  
桑原 知彦 (KUWABARA Tomohiko)\*\*  
中村 真紀 (NAKAMURA Maki)\*\*

上田 昭子 (UETA Shoko)\*\*  
友成 さゆり (TOMONARI Sayuri)\*\*  
堀内 加奈 (HORIUCHI Kana)\*\*  
井本 朗暢 (IMOTO Akinobu)\*\*

## 1. はじめに

徳島大学大学院社会産業理工学研究部総合技術センターは、科学啓蒙・普及活動の一環として「やっToku, なっToku, Dai実験」を毎年開催している。本年度のテーマの一つとして、「ペーパークロマトグラフィーで花を咲かせよう！」を実施したので報告する。

## 2. 概要

開催日：令和元年7月29日（月）13:00～15:00  
場所：佐那河内村農業総合振興センター  
徳島県名東郡佐那河内村  
参加者：小学生34名

## 3. 実施内容

### 3. 1 講義とワークシート

まず、ペーパークロマトグラフィーについて講義を行った（図1）。色素がろ紙上で分離される仕組みについて、動物に例えたりアニメーションを用いたりすることで、小学生にも理解し易いよう解説した。また、ワークシートを配布し、「ペーパークロマトグラフィー」や「毛細管現象」などの重要な用語やポイントについて記入してもらい、より記憶に残るよう工夫した（図2）。

### 3. 2 黒色水性ペンの色素を分離

一つ目の実験では「黒色水性ペンの色素を分離しよう！」と題し、短冊型ろ紙と黒色水性ペンを用いてペーパークロマトグラフィーを体験してもらった。短冊型ろ紙の一端から1.0 cm程度の場所に鉛筆で原線を引き、その中央に黒色水性ペンで点を描いた。サンプル



図1 講義の様子

やっToku, なっToku, Dai実験		2019年7月29日	
～ペーパークロマトグラフィーで花を咲かせよう！～			
★ ワークシート（小学生用） ★			
なまえ 名前			
(1) ペーパークロマトグラフィーとは？	色素などを( )を使って、分離する方法。		
(2) ろ紙を水にひたすと上にしみこんでいく現象は？			
(3) 黒色水性ペンには何色の色素がふくまれていますか？	ダイソーツインペン	サクラペン	ダイソー30色
(4) 水性ペン、水性顔料ペン、油性ペンの特徴は？	水性ペン：水に( )。紙に( )。 水性顔料ペン：( )の色素が水に溶ける。 油性ペン：( )に溶けない。 紙以外の( )や( )にも書ける。		
★おねがい★帰ったら、おうちの大人に見せてね！			
徳島大学大学院 社会産業理工学研究部 総合技術センター			

図2 ワークシート

瓶に適量の水道水を加え、割りばしに挟んだろ紙の下端を静かに水に浸した。水が毛細管現象により吸い上げられると同時に、色素が

分離される様子を観察した(図3)。3種類のペンについて同様の実験を行い、同じ黒色水性ペンでもメーカーにより含まれる色素が異なることを確認した。児童らは色素が分離される様子を真剣に目で追い、展開後に現れた色を目にして声を上げて喜ぶ姿が見られた。乾燥後のろ紙をワークシートに貼り付け、各々が見えた色を記入し、数人に発表してもらった。



図3 黒色水性ペンの色素を展開する様子

### 3. 3 カラー水性ペンで花の作品を作製

二つ目の実験では「カラー水性ペンで花を咲かせよう!」と題し、花に見たてた作品を作製した。丸型ろ紙をひだ折りにし、中心から1.0 cm以上離れた場所に好きな色の水性ペンで複数の点や線を描いた。ペットボトルキャップに水道水を加え、ろ紙の中央から静かに水に浸した。ろ紙の端まで展開されたらドライヤーで乾燥させ(図4)、黒色画用紙に乗せてラミネートした<sup>[1]</sup>。自ら作った花がラミネートされてカードになると、笑顔を浮かべて大切に持ち帰る様子が見られた。

### 4. アンケート

アンケートを実施したところ、満足度(今日は楽しかったですか?)は100%、講義の評価(説明はわかりやすかったですか?)は84%、意欲(またやってみたいですか?)は94%の児童から高い評価を得た。また習熟度を調査するため、講義や実験内容に関する選択式の設問を5問アンケート用紙内に出題した。結果は下記のとおりであり、平均正解率は80%となった。昨年と同じ設問を実施したが<sup>[2]</sup>、5問目以外は平均点が大幅に上がっていた。ワークシートの記入に時間をかけ、答えを発表してもらった効果が出たものと思われる。

る。また昨年は時間に余裕がなくアンケート用紙を回収して終了となったことを反省し、今年は回収後に設問の正解を発表して再度理解を深めてもらう工夫を行った。

Q1. ろ紙と水などを使って色素をわける方法は?

A1. ペーパークロマトグラフィー, 91%正解

Q2. ろ紙を水にひたすと上にしみこんでいく現象は?

A2. 毛細管現象, 94%正解

Q3. 黒色水性ペンにはどのような色素がふくまれている?

A3. 色々な色素がふくまれ、メーカーによってちがう, 91%正解

Q4. 一番水に溶けやすいペンはどれ?

A4. 水性ペン, 78%正解

Q5. 水性顔料ペンの特徴はどれ?

A5. 一部の色素が水に溶ける, 47%正解



図4 展開した花を乾かしている様子

### 謝辞

会場の提供および広報活動に御尽力いただきました佐那河内村教育委員会職員の皆様に深く御礼申し上げます。

また、本教室実施に関しまして、日亜化学工業教育研究助成基金のご支援をいただきましたことに感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] 国立大学56工学系学部HP(長岡技術科学大学工学部) <http://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/160107.php>
- [2] 上田昭子他, 徳島大学技術支援部技術報告, 第2号, pp.50-58, 2019

# 出前科学実験教室「やっToku,なっToku,Dai実験」 お金が消える！？摩訶不思議な貯金箱を作ろう！実施報告

常三島技術部門

情報システムグループ\*

分析グループ\*\*

ものづくりグループ\*\*\*

地域協働グループ\*\*\*\*

横山 智弘 (YOKOYAMA Tomohiro)\*

木戸 崇博 (KIDO Takahiro)\*

中村 真紀 (NAKAMURA Maki)\*\*

大崎 貴之 (OSAKI Takayuki)\*\*\*

片岡 由樹 (KATAOKA Yoshiki)\*

宮武 秀考 (MIYATAKE Hidetaka)\*

東 知里 (AZUMA Chisato)\*\*

植木 智之 (UEKI Tomoyuki)\*\*\*\*

## 1. はじめに

徳島大学大学院社会産業理工学研究部総合技術センターは、科学啓蒙・普及活動の一環として「やっToku, なっToku, Dai実験」を毎年開催している。本年度のテーマの一つとして、「お金が消える！？摩訶不思議な貯金箱を作ろう！」を実施したので報告する(図1)。



図1 当日の様子

った。講義後に、鏡を箱の中に斜めに設置することで正面に移る景色を錯覚させる貯金箱(図2)を作成してもらった。貯金箱完成後、実際にコインを入れてもらいコインが入った音はするものの入れたコインが見えない様を確認してもらい、最後になぜコインが見えないのかを解説して教室を締めくくった。



図2 貯金箱の完成品

## 2. 開催日及び会場について

開催日：令和元年7月31日(水)13:30-15:00

場所：阿波市交流防災拠点施設 アエルワ

参加者：小学生30名

## 3. 実施内容

教室では、リンゴはなぜ赤く見えるのから始まり、私たちが普段何気なく目にしている色は、光の反射・吸収・合成により見えていることについて生活に馴染みのある絵の具や太陽の光などを例に理解してもらい、本作品の要となる鏡の性質についても学んでもら

## 4. 実施結果

今回、理解をより一層深めるため、講義を退屈に感じないようにするために説明の間にクイズを組み込む試みを導入した。結果として、科学教室の最後に実施した理解度確認テストにおいて1問を除き高い正答率を得ることができた(表1)。設問2について著しく正答率が悪かった点について、講義にて太陽の光のように光を重ねることで色が変わる「加算混合」に関する説明よりも絵の具を使った「減算混合」に関する説明の方に重点を置いてしまったうえに、絵の具の方が参加者にと

ってなじみが深く、そちらの印象が強かったために、太陽の光に関する説明があまり印象に残らなかったと考えられる。そのため、参加者の目の前でライトを使って光を合成し見せることで視覚的でわかりやすく、かつ印象的な手法を取り入れる必要があったという反省点が得られた。また、アンケートからクイズが楽しかったとの回答をもらったことから今後も参加者により理解しやすく楽しんでもらえる試みを続けてみようと思った。

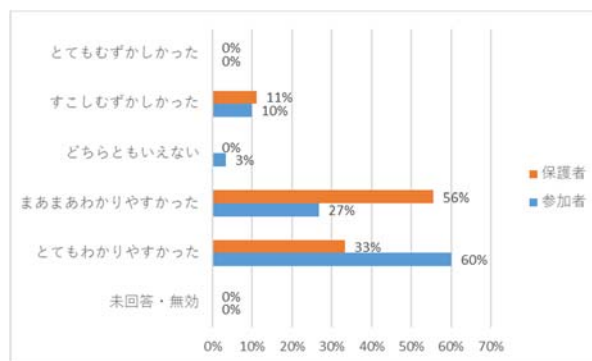


図4 わかりやすさ

表1 理解度確認テストの内容と結果

Q1. りんごが赤く見えるのは、りんごが赤い光を跳ねかえし、赤以外の光を(?)いるから。	A. 吸いこんで(正答率: 83%)
Q2. 紫、藍、青、緑、黄、橙、赤の光をあわせると何色に見えますか?	A. 白色(正答率: 21%)
Q3. 紫、藍、青、緑、黄、橙、赤の絵の具を混ぜあわせると何色に見えますか?	A. 黒色または黒っぽい茶色(正答率: 100%)
Q4. 暗い部屋で青色の光を赤いりんごにあてるとりんごは何色に見えますか?	A. 黒色(正答率: 86%)
Q5. 消える貯金箱のトリックとして使っていたのは何でしたか?	A. 鏡(正答率: 97%)

また、参加者に同伴する保護者が多かったことから、参加者同様に保護者20名にもアンケートを依頼し、満足度とわかりやすさについての以下の結果(図3, 4)が得られた。

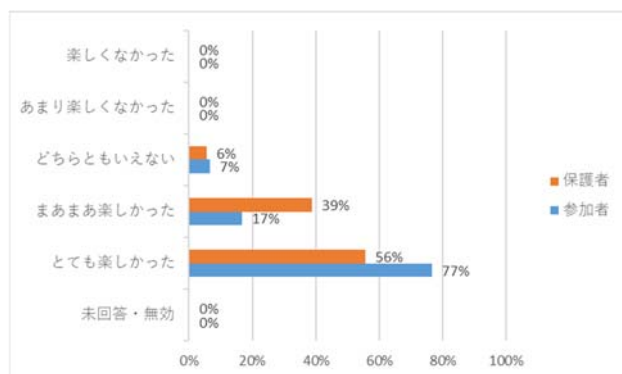


図3 満足度

結果として、満足度については両者9割以上から「楽しかった」、わかりやすさについては両者9割近くから「わかりやすかった」との回答が得られた。両者から非常に高い評価をもらうことができた。また、教室の有料化についての賛否について、保護者全員から「納得できる」との回答が得られた(図5)。有料時の金額について、半数が「1000円以下」、さらに半数近くが「500円以下」でも問題ないことを示し(図6)、今後有料化を視野に入れても問題ないことが分かった。

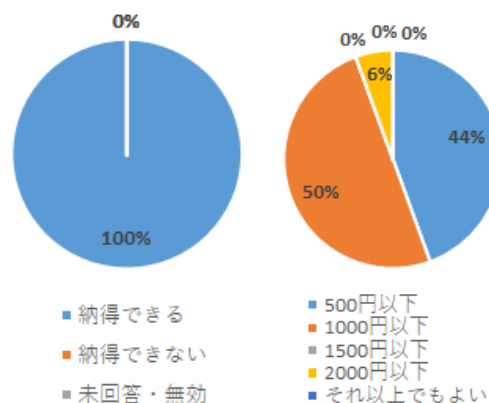


図5 有料賛否

図6 有料時の金額

## 5. まとめ

クイズ形式を講義に組み込むことにより、楽しく理解度を上げることができたのではないだろうか。

## 謝辞

会場提供及び広報活動にご尽力いただきました阿波市交流防災拠点施設アエルワ、阿波市教育員会、阿波市生涯学習推進協議会の皆様に深くお礼申し上げます。

また、本教室実施に関しまして、日亜化学工業教育研究助成基金のご支援をいただきましたことに感謝申し上げます。

# 第23回科学体験フェスティバルin徳島 —歯の動物園へようこそ— 出展報告

蔵本技術部門 管理運営グループ

佐々木 英子 (SASAKI Eiko)

秋月 多美子 (AKIZUKI Tamiko)

江東 みどり (ETO Midori)

河村 恵里 (KAWAMURA Eri)

佐渡 まみ (SAWATARI Mami)

萩田 浩子 (HAGITA Hiroko)

椋本 喜久恵 (MUKUMOTO Kikue)

鍵 絵里子 (KAGI Eriko)

岩本 ゆかり (IWAMOTO Yukari)

小倉 知子 (OGURA Tomoko)

合田 浩子 (GODA Hiroko)

嶋田 順子 (SHIMADA Junko)

福井 仁美 (FUKUI Hitomi)

篠原 直美 (SHINOHARA Naomi)

## 1. はじめに

夏休み期間中のイベントとして定着している「科学体験フェスティバルin徳島」は、今年で23回目の開催となった。筆者らのグループは、一昨年から「歯の動物園へようこそ」というタイトルでブースを出展しているが、回を重ねる毎に、問題点の改善や新しい展示内容の追加によりブラッシュアップしてきた。ここでは今回の活動内容について報告する。

## 2. 概要

日程：令和元年8月3日(土)、4日(日)

場所：徳島大学理工学部

主催：徳島大学理工学部

来場者：約700人（総来場者：約9,000人）

## 3. 実施内容

ブース構成は、これまでと同様に、展示解説「歯の標本を観察しよう！」と体験コーナー「石こうで手形をとろう！」とした。

### 3. 1 展示解説「歯の標本を観察しよう！」

展示解説では、ブースの象徴である本物の骨標本5体が児童の興味の対象となっている。これらの骨標本は、徳島大学歯学部「人体解剖と骨のミュージアム」から借用した。

コーナーへの来場者には、受付で配布したワークシートを手に、解説パネルでヒトの歯について基本的な用語を学んだ後、肉食動物、草食動物、サメについて、骨標本を観察し、歯の形や数などを比較しながら学習してもらった。ただし、借用した骨標本は直に手を触

れることができないため、筆者らは魚頭部の骨標本を作製し、ハンズオン形式の展示とした。これにより、魚頭部全体の標本や部位標本の詳細な観察が可能となった。

また、昨年まで、ワークシートの対象年齢を小学校高学年としていたが、実際の来場者は幼児から中学生まで幅広い年齢にわたっていたため、内容を全面的に改訂した(図1)。ワークシートは、写真やイラストを多用したクイズを掲載したので、視覚的に理解しやすく、低年齢の幼児も保護者とともに楽しみながら学習できるものとなった。また、ブースの一角に、「歯にまつわる豆知識」としてフリップボードを配置し、より一層知識を得られるようにした(図2)。



図1 ワークシート表面・裏面



図2 豆知識用フリップボード

さらに、持ち帰り教材として、ブース展示物の写真等を用いた「絵合わせパズル」を配布し、工作を楽しみながら遊ぶ中で復習できるように試みた。

### 3. 2 体験コーナー「石こうで手形をとろう！」

硬化時間が短く気泡が発生しにくい硬石こう(シェイクミックストーン:(株)GC製)を用い、片方の手形をとった。

また、保護者の協力のもと両手の手形をとることができた幼児もいた。石こうが固まる過程を観察しながら文字を刻むなど、児童自ら体験を楽しむ様子も見られた(図3)。



図3 石こう手形に名前を入刻する児童

さらに、体験コーナーの一角に、歯科材料として用いられる石こうを紹介するため、歯型模型や石こう模型製作過程の動画を新たに展示した(図4)。



図4 石こう模型製作過程の紹介

## 4. 今後の課題

今回は3年間の集大成と考え臨んだが、新たな改善点も見受けられた。手形体験コーナーでは、石こうの練和に用いた容器を使い回しているため、スタッフがその都度容器を清掃する必要がある。この処理は、石こうが完全に硬化すれば簡単にはがせる仕様になって

いるが、体験者が込み合い、硬化しきらない状態で作業を行うこともあった。当日は、泥状の石こうをスパチュラやペーパーを使って擦り落としたが、容器内部に傷がつき、はがれにくくなり逆効果であった。差し当たり、先端をとがらせた割りばし等を用いると、作業を比較的スムーズに行うことができた。今回は、容器を追加購入し、作業回転に余裕を持たせることで対応したい。

また、展示解説パネルについても、来場者が楽しみながら学ぶことができるよう改訂をしていきたい。

## 5. さいごに

“さわって、つくって、楽しい科学”，このキャッチフレーズを肌で感じてもらえるかどうかを心に留めながら企画・運営してきた。結果として、本フェスティバル実行委員会が実施したアンケート<sup>1)</sup>において、おもしろかったブースとして児童・生徒等および保護者からブース名を挙げてもらったことは、スタッフとしてやりがいを感じられるものであった。

今後も、一人でも多くの来場者に楽しく学んでいただけるよう、また運営スタッフとしても共に楽しさを感じられるよう、スキルアップを図り社会・地域貢献活動を続けたい。

## 謝辞

本出展に際して、大学院医歯薬学研究部口腔顎顔面形態学分野・馬場麻人教授、生体材料工学分野・浜田賢一教授、関根一光講師、口腔微生物学分野・藤猪英樹教授、村上圭史准教授、歯周歯内治療学分野・湯本浩通教授、歯科保存学分野・平尾功治助教、病院診療支援部・津村希望歯科技工士からご協力およびご助言をいただきましたことに感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 科学体験フェスティバルin 徳島実行委員会, 第23回科学体験フェスティバルin 徳島アンケート集計結果, 2019

# 第23回科学体験フェスティバルin徳島 — シーズアートを楽しもう — 出展報告

蔵本技術部門

機能解析グループ\* 管理運営グループ\*\* 研究開発支援グループ\*\*\*

解剖・グローバル教育グループ\*\*\*\* 副技術部門長\*\*\*\*\*

入倉 奈美子 (IRIKURA Namiko)\*  
今林 潔 (IMABAYASHI Kiyoshi)\*\*  
江東 みどり (ETO Midori)\*\*  
北池 秀次 (KITAIKE Syuji)\*\*\*\*\*  
住友 哲二 (SUMITOMO Tetsuji)\*\*\*\*\*  
多田 竜 (TADA Ryu)\*\*\*

鍵 絵里子 (KAGI Eriko)\*\*  
赤澤 恵実子 (AKAZAWA Emiko)\*\*\*  
堅田 聡子 (KATADA Satoko)\*  
佐々木 英子 (SASAKI Eiko)\*\*  
武市 浩美 (TAKEICHI Hiromi)\*\*\*\*  
藤井 隆介 (FUJII Ryusuke)\*\*\*\*

## 1. はじめに

科学体験フェスティバルin徳島は今年で23回目を迎え、毎年約9,000名の方に参加していただいている体験型イベントである。科学実験に参加することを通じて科学の楽しさを体験できる。

今回、蔵本技術部門から、社会・地域貢献委員会が中心となり、「シーズアートを楽しもう」と題して出展したので報告する。

本出展は、昨年度、研究開発支援グループが出展した「シーズアートマグネットを作ろう」にシーズアート万華鏡の製作を追加した内容である。

## 2. 概要

日程：令和元年8月3日(土)、4日(日)

場所：徳島大学理工学部

主催：徳島大学理工学部

共催：阿波銀行(株)、四国電力(株)徳島支店

## 3. 出展内容

ブースは整理券方式とし、万華鏡10枚、マグネット20枚の整理券を1日4回(10:00, 11:15, 13:15, 14:30)配布した。体験希望者には万華鏡とマグネットのどちらかを選択してもらった。参加者が他のブースを効率的に回れるように、整理券取得後すぐに製作を開始しなくてもよいことにした。

ブース内ではスタッフが万華鏡、マグネットそれぞれの作業場所に案内し、製作方法の説明や補助を行った。また、参加者が作業を進めやすいように手順書も準備した。

## 3. 1 シーズアート万華鏡

あらかじめけがき線を入れたミラーシート(0.5mm厚)を折り曲げて、テープで留めて三角柱の鏡筒を組み立てる。図1のとおり、鏡筒に薬用植物の種子を入れたオブジェクトボックスを取り付け、反対側に黒色画用紙の覗き窓を取り付ける<sup>[1]</sup>。最後に、鏡筒部分に好きな絵を描いて仕上げとした。覗き窓から、図2のような万華鏡の幾何学模様を観察した。



図1 シーズアート万華鏡とオブジェクトボックス

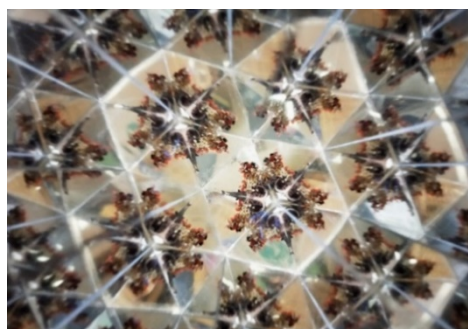


図2 シーズアート万華鏡の幾何学模様



オブジェクトボックス用のプラスチック板や覗き窓用の画用紙などは、あらかじめ切り抜いて、万華鏡製作キット一式として配布した。オブジェクトボックスに種子を入れすぎるときれいな模様にならないため、万華鏡用の種子は、種類と分量を調整の上、チャック付ポリ袋に入れ、キットに組み込んだ。

### 3. 2 シーズアートマグネット

マグネットの表面に接着剤を塗布し、ピンセットを用いて好きな場所に種子を置く。接着剤が乾いたら完成となる(図3)。マグネット製作用の10種の種子は、自由に選べるように、籠に入れて作業台の中央に配置した。完成品は紙袋に入れて持ち帰りとした。

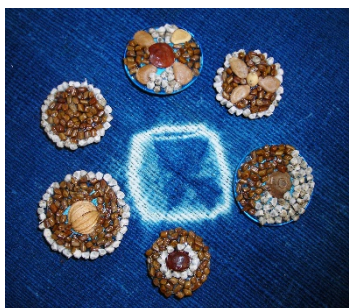


図3 シーズアートマグネット

### 3. 3 展示について

来場者に薬用植物に興味を持ってもらうため、図4のとおり、ブースでは、主に万華鏡やマグネット製作で使用した薬用植物に関する掲示を行うとともに、アケビバナナやパイヤといった珍しい植物やミント系の芳香を持つ香草を展示し、さわやかな空間を演出した。

併せて、薬用植物園のパンフレットを配布し、後に行われる薬用植物園一般開放の案内を行った。



図4 展示ブースの配置

## 4. まとめ

今回はじめて実施したシーズアート万華鏡では、ミラーシートのけがき線の切り込みが浅く、鏡筒がきれいな三角柱にならなかったり、オブジェクトボックスがうまく取り付けられず、万華鏡の模様が歪んだり、ぼやけたりしてきれいに見られないことがあったため、予備の部品で対応した。最終的に、ほぼ全員が、製作した万華鏡できれいな模様を見ることができた。

植物の種子の色は黒色や茶色が多いため、設計当初、シーズアート万華鏡は地味と思われたが、実際に製作してみると、種子の形がはっきり現れ、暗い印象にはならなかった。さらに、薬用植物園から赤色や白色の種子を用意していただけたため、万華鏡の模様はより鮮やかになった。

シーズアートマグネットは昨年度と同様の内容のため、問題なく実施できると思われたが、手やピンセットに付着した接着剤を拭き取るためのウェットティッシュを万華鏡製作でも使用したため、ウェットティッシュが不足した。また、立体的なシーズアートマグネットを製作した参加者には紙袋を追加で配布したため、紙袋も不足した。

本出展は準備に課題を残すことになったものの、参加者数は予定した人数に到達した。子どもだけでなく引率者にも製作していただき、特に万華鏡は人気であった。加えて、ブースに展示した植物は触れることができるため、来場者に好評で、掲示した資料にも興味を持っていただくことができた。

## 謝辞

本出展は、科学体験フェスティバルin徳島実行委員会からブース支援金をいただいて実施しました。

シーズアート製作で用いた薬用植物の種子、ブースで展示した植物、植物に関する資料は徳島大学薬学部附属薬用植物園のご協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 照木公子, だれでも作れる万華鏡, 日東書院, 2011

# 出前科学実験教室「やっ Toku, なっ Toku, Dai 実験」 ～水で LED を光らせよう～実施報告

常三島技術部門

計測制御システムグループ\* ものづくりグループ\*\* 分析グループ\*\*\*

石井 純也 (ISHII Junya)\*  
三浦 隆浩 (MIURA Takahiro)\*  
梅岡 秀博 (UMEOKA Hidehiro)\*\*  
中村 真紀 (NAKAMURA Maki)\*\*\*

山上 喜廣 (YAMAGAMI Yoshihiro)\*  
桑原 明伸 (KUWAHARA Akinobu)\*  
七條 香緒莉 (SHICHIJO Kaori)\*  
栗原 稔 (KUWAHARA Minoru)\*\*\*

## 1. はじめに

本年度の地域貢献事業の一環として、出前科学実験教室「やっ Toku, なっ Toku, Dai 実験」～水で LED を光らせよう～を開催したので報告する。

## 2. 概要

日時：令和元年 8 月 7 日(水)

13:00～15:00

場所：勝浦町図書館 2F 視聴覚室

参加者：小中学生 29 名

## 3. 実施内容

教室では、前半に電気について初歩的な知識を講義した後に LED が点灯する原理および純水でない水が電気を流すことおよび大きな電気を流すには、トランジスタを使用すること等について演示を行いながらわかりやすい講義を行った。

後半では、コイン型電池、トランジスタ、銅線、虫ゴムと LED で回路を作製<sup>[1]</sup>し、回路を蓋付きのプラスチックカップに入れ、回路の銅線をプラスチックカップの側面に絶縁テープで固定した。完成後、水の張った水槽にプラスチックカップを浮かべて、LED が点灯することを確認した。図 1 に製作の様子を示す。

児童たちは、LED に銅線を巻き付けたり、LED にトランジスタをねじって取り付けたりするのに苦労していた様子であったが、完成後、プラスチックカップを水槽に浮かべ、LED が点灯すると安心した様子であった。完成後の様子を図 2 に示す。

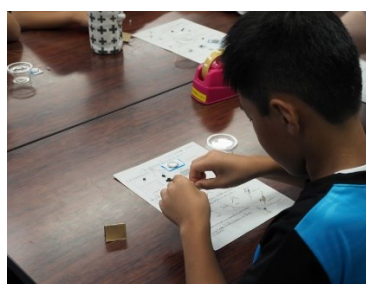


図 1 LED 回路製作の様子



図 2 完成後 LED が点灯した様子

## 4. まとめ

アンケート結果では、「とても楽しかった」「とてもわかりやすかった」等が多くを占め、非常に良好な結果が得られた。理解度確認テストでは、簡単な問題ではあったが、全問題において 83～100%の高い正答率であった(無効回答を除く)。

## 謝辞

本活動は、令和元年度日亜化学工業教育研究助成基金の支援により実施された。ここに謝意を表す。

## 参考文献

[1] <https://site.ngk.co.jp/lab/no225/>

# 出前科学実験教室「やっToku, なっToku, Dai実験」 ～ガウス加速器をつくろう～ 実施報告

常三島技術部門

情報システムグループ\* 地域協働グループ\*\* ものづくりグループ\*\*\*  
管理運営グループ\*\*\*\* 分析グループ\*\*\*\*\*

山中 卓也 (YAMANAKA Takuya)\*

飯田 仁 (IIDA Hitoshi)\*\*

源 貴志 (MINAMOTO Takashi)\*\*\*

菊地 真美 (KIKUCHI Mami)\*\*\*\*

石丸 啓輔 (ISHIMARU Keisuke)\*

細谷 拓司 (HOSOTANI Takuji)\*\*

勢川 智美 (SEGAWA Tomomi)\*\*\*\*

中村 真紀 (NAKAMURA Maki)\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

大学院社会産業理工学研究部総合技術センターの地域貢献事業の一環である出前科学実験教室「やっToku, なっToku, Dai実験」の令和元年度のテーマの1つとして「ガウス加速器をつくろう」を開催したので報告する。

## 2. 概要

日時：令和元年8月21日(水)13:00～15:00

場所：つるぎ町就業改善センター

参加者：27名

## 3. 実施内容

ガウス加速器とは鉄球と磁石を用いた装置であり、その原理の理解のためには物体の力学的性質や磁力を学ぶことが必要となる。本年度で実施2回目となる今回は前半の講義にて、各テーブルに実験装置、各自にワークシートを用意して、実際にガウス加速器を体験させながら動作原理を説明し、ワークシートに結果を記入させた(図1)。

後半はガウス加速器を利用したピンボールの工作を行った。ピンボール台はスチレンボードを、発射台はネオジム磁石と直径11mmの鉄球を用いた。子供たちは得点の囲いの位置や、発射台の方向を試行錯誤するなど工夫していた(図2)。

## 4. まとめ

昨年度と同様にアンケート結果では満足度が非常に高く、「とても楽しかった(96%)」+「まあまあ楽しかった(4%)」で100%であった。

た。理解度については「とてもわかりやすかった」が85%と昨年度の71%よりも増えており、原理説明のための装置やワークシート導入の効果があったと考えられる。子供たちが物体の力学的性質や磁力について学ぶ場を提供できたのではないだろうか。今後内容についてさらに改善していきたい。



図1 ガウス加速器の実演の様子



図2 工作の様子

## 謝辞

本活動に際して、令和元年度日亜化学工業教育研究助成基金の支援をいただきましたことに感謝申し上げます。

# 令和元年度徳島大学薬学部薬用植物園一般開放事業

蔵本技術部門  
研究開発支援グループ

今林 潔 (IMABAYASHI Kiyoshi)

## 1. はじめに

徳島市国府町の徳島大学薬学部薬用植物園は昭和 41 年度に薬学部学生の教育と研究を目的として設立された。園内には約 800 種類の植物が栽培されており、来園者に分かりやすいように、漢方薬園、水生植物園、民間薬園、ハーブ園等テーマ別に配置している。また、絶滅危惧植物の保護啓蒙を目的とした絶滅危惧植物園にはナカガワノギク、ワタヨモギ、コブシモドキ等の徳島県固有種を中心とした植物を維持栽培している。本薬用植物園では社会貢献の一環として広く一般に本園を開放することを平成 7 年から続けており、令和元年度は通算 33 回目の一般開放になる。

## 2. 概要

期間：令和元年10月7日(月)～11日(金)

午前9時～午後5時

場所：徳島大学薬学部附属薬用植物園  
(徳島市)

来園者数：約700名

主催：徳島大学薬学部附属薬用植物園



図1 シーズアート体験の様子

## 3. 内容

本年は、徳島大学薬学部生薬学研究室によ

る「シーズアート体験」を実施した(図1)。「シーズアート体験」は本園で栽培しているナツメ、ハマナツメ、ハマゴウ、エビスグサ、ハトムギ、ホソバタイセイ、ゲットウ、フジ、キカラスウリの9種の植物種子に加え、これらに金、銀、赤色などのラッカーを吹き付けて着色した7色の種子も準備し、市販されている大、中、小の円形マグネットにデコレーションしていただく来園者参加型の企画で、整理券を配付し、午前と午後に定員10名で実施した。始めに、薬用に使用される種子、及び果実生薬の解説を教員や大学院生が行い、その後に製作工程を説明し、参加者は思い思いに好みの種子を接着剤でマグネットにデコレーションした(図2)。



図2 デコレートされたマグネット作品

## 4. まとめ

「シーズアート体験」には多くの女性が参加され、男性より時間をかけて熱心に製作される傾向にあった。また、立体的な作品が多かったことから、用意していた持ち帰り用袋に入らない場合があり、急遽本園園長考案の紙コップを加工した容器に変更した。この紙コップ容器はデザイン等、皆様にたいへん好評であった。

# 薬用植物園の植物を利用した「雑草いけばな展」

蔵本技術部門  
研究開発支援グループ

今林 潔 (IMABAYASHI Kiyoshi)

## 1. はじめに

いけばなデザイン一溪会は大阪本部を軸に東京、四国、姫路に支部を置く団体であり、四国支部は徳島、香川の8教室を7名の師範で運営している。平成30年度の本学薬用植物園一般開放期間に来園された四国支部の高木一洋支部長から筆者に翌年の本園一般開放参加の申し出があり、本園で2度の企画打ち合わせ等から、本園の植物を利用した「雑草いけばな展」(図1)を開催する運びとなった。

## 2. 概要

期間：令和元年10月7日(月)～11日(金)

午前9時～午後5時

場所：徳島大学薬学部附属薬用植物園  
(徳島市)

主催：徳島大学薬学部附属薬用植物園

のエビスグサ(マメ科)の果実〔中の種子は生薬の“ケツメイシ”として用いられる他、“はぶ茶”としても使用される〕を上部に生けた作品(図2)など、多くの作品を展示した。また、開催期間中は高木氏より各作品について丁寧な解説があった(図3)。



図2 「雑草いけばな」作品



図1 「雑草いけばな展」の新聞記事

## 3. 内容

「雑草いけばな」とは、雑草の持つ生命力や自然の美しさを表現する生け花で、園内栽培



図3 近隣幼稚園児に作品解説をする高木氏

## 4. まとめ

「雑草いけばな展」には、身近な植物や乾燥させた植物の葉や花、枝等を用いて製作した「壁面花」という絵画調の珍しい作品も展示され、多くの来園者に楽しんでもらった。

# 第17回阿南市子どもフェスティバル ～イライラ棒で遊ぼう！～実施報告

常三島技術部門

計測制御システムグループ\* 情報システムグループ\*\* 地域協働グループ\*\*\*

石井 純也 (ISHII Junya)\*

片岡 由樹 (KATAOKA Yoshiki)\*\*

佐藤 哲也 (SATO Tetsuya)\*\*\*

板東 亘 (BANDOU Wataru)\*

井上 富夫 (INOUE Tomio)\*\*

## 1. はじめに

第17回阿南市子どもフェスティバルが『みんなの笑顔 広がれ！～見て さわって 楽しくチャレンジ！！』というテーマで開催された。徳島大学大学院社会産業理工学研究部総合技術センターからは、「イライラ棒で遊ぼう！」というブースを出展したので、報告する。

## 2. 概要

日時：令和元年10月27日(日)

9:30～14:00

場所：阿南市スポーツ総合センター

## 3. 実施内容

イライラ棒のコースは、銅管を曲線にレイアウトした3次元空間(図1)に広がっている。イライラ棒の持ち手は塩化ビニル製で先端にフック状の金属がついている。ルールは、イライラ棒の先端をコースの銅管と接触させずにスタートからゴールまで移動することである。接触した時に電流や振動ではなくイライラ棒の持ち手にある白色LEDを点灯させる。

イライラ棒の装置について説明する。マイコン(PIC)にて動作を制御している。イライラ棒とコースとの接触を感知する入力とスタート、ゴールの非接触センサ(赤外線センサ)がある。出力としてはスピーカ、時間計測用の7セグメントおよび状態表示用LED等がある。スタートすると数曲の中からランダム選択された音楽が演奏され、時間計測の開始や「プレイ中」と表示された亚克力板(状態表示用LED)を点灯する。コースの途中でイライラ棒がコースの銅管に触れると、失格音を再生してイライラ棒の白色LEDが点灯

する。また、時間計測をストップしタイムが表示され、「プレイ中」の状態表示が消灯する。ゴールすると、祝福音を再生して、走破タイムを点滅させる。「やったね」が表示された亚克力板が点灯し、「プレイ中」が消灯する。当日の様子を図2に示す。

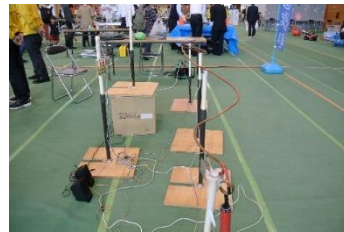


図1 イライラ棒のコース



図2 当日の様子

## 4. まとめ

低学年から保護者まで幅広い年齢層の方々がブースを体験してくれた。時間計測をしていたので走破タイムを短くするために、一度クリアしても何度もチャレンジをする人もおり歓声に包まれ盛況であった。

## 謝辞

会場設営および広報活動にご尽力いただいた阿南市子どもフェスティバル実行委員会並びに阿南市教育委員会生涯学習課の皆様には謝意を表す。

# 青少年のための科学の祭典2019徳島大会 「ある」のに「ない」？不思議なマジカルウォールを作ろう！ 実施報告

常三島技術部門

情報システムグループ\*

ものづくりグループ\*\*

管理運営グループ\*\*\*

地域協働グループ\*\*\*\*

横山 智弘 (YOKOYAMA Tomohiro)\*

宮本 康平 (MIYAMOTO Kohei)\*\*

紀之定 和代 (KINOSADA Kazuyo)\*\*\*

齊原 啓夫 (SAIHARA Hiroo)\*

井上 久美子 (INOUE Kumiko)\*\*\*

酒井 仁美 (SAKAI Hitomi)\*\*\*\*

## 1. はじめに

徳島大学大学院社会産業理工学研究部総合技術センターの地域貢献事業の一環として、青少年のための科学の祭典2019徳島大会において「ある」のに「ない」？不思議なマジカルウォールを作ろう！を出展したので、報告する（図1）。



図1 当日の様子

## 2. 開催日及び会場について

開催日：令和元年11月23日（土）10:00-16:00

場所：阿南市科学センター

## 3. 実施内容

目には見えないが、格子状の軸を平行に持ち、特定方向のみの光を通す偏光シートを組み合わせることで、中央に黒い壁が見えるが、そこにストローを通して壁にぶつかることなく貫通する不思議な箱（図2）を作成してもらった。また、作品は作りやすさと安全性を考慮して偏光シートを貼り付ける窓枠は予め切り抜いておいた。



図2 マジカルウォールの完成品

## 4. まとめ

当ブース体験者数は、138名で、低学年から高学年まで幅広い年齢層の方々に体験してもらうことができた。作品完成後、実際に見える黒い壁にストローを通すと壁を通り抜ける様子に、体験者のみならず保護者の方からも驚きの反応があった。

また、偏光板について過去に類似のイベントにて出展されていたブースで使用されていたことからすでに知っていた体験者もあり、このようなイベントが科学への知識や関心を得るきっかけとなる重要な場であることを改めて感じさせられた。

## 謝辞

会場設営及び広報活動にご尽力いただきました「青少年のための科学の祭典」徳島大会実行委員会の皆様にお礼申し上げます。

第3回

# 技術発表会

プログラム  
発表要旨集

日時：令和元年9月19日（木）13:30～16:50  
場所：徳島大学工学部 共通講義棟 K501

徳島大学 技術支援部



## プログラム

挨拶 13:30～13:40 技術支援部 技術支援部長

佐々木 卓也

### 第1セッション（司会進行：宮本 康平）

1-1 身近なサイバーセキュリティについて

13:40～13:55 情報システムグループ

齊原 啓夫

1-2 無線 Wi-Fi 環境下における計測データのリアルタイム可視化

13:55～14:10 情報システムグループ

辻 明典

1-3 IoT 教育の実験実習への展開

14:10～14:25 阿南工業高等専門学校 技術部 技術第3グループ

川端 明洋

1-4 模型車両を用いた動力学実験に関する技術職員としての取り組み

14:25～14:40 香川大学 創造工学部技術係

立和名 慎一

14:40～14:50 休憩

### 第2セッション（司会進行：横山 智弘）

2-1 薬用植物園における植物看板製作の創意工夫

14:50～15:05 研究開発支援グループ

今林 潔

2-2 社会地域貢献の取り組みー管理運営グループの総合力ー

15:05～15:20 管理運営グループ

篠原 直美

2-3 委員会の業務負担軽減に関する取り組み

15:20～15:35 地域協働グループ

飯田 仁

15:35～15:45 休憩

### 第3セッション（司会進行：井本 朗暢）

3-1 液中プラズマ技術の概要と技術職員の研究補助による最近の研究成果

15:45～16:00 愛媛大学 工学部等技術部 機械・環境建設系技術班

白石 僚也

3-2 脂肪化肝癌細胞の LV-SEM および光-電子相関観察

16:00～16:15 高知大学 設備サポート戦略室

林 芳弘

3-3 産学民の協働による希少種モニタリングの効果と課題

16:15～16:30 阿南工業高等専門学校 技術部 技術第3グループ

東 和之

3-4 研究室における実験系の導入

16:30～16:45 分析グループ

友成 さゆり

講評 16:45～16:50 常三島技術部門 技術部門長

玉谷 純二

# 身近なサイバーセキュリティについて

常三島技術部門  
情報システムグループ

齊原 啓夫 (Hiroo Saihara)

## 1. はじめに

世界トップクラスの専門家による情報セキュリティ国際会議「CODE BLUE 2018」が開催された。日本でも最大規模であり会場には世界各国から 1100 名を超える参加者があった。以下の通り、詳細情報についての報告を行う。

日時：2018 年 11 月 1 日（木）・2 日（金）  
場所：東京都新宿区西新宿 8-17-3  
住友不動産新宿グランドタワー 1F

## 2. CODE BLUE について

CODE BLUE とは、世界トップクラスの情報セキュリティ専門家による最先端の講演と、国や言語の垣根を越えた情報交換・交流の機会を提供する国際会議である。発表投稿は国外・国内より 33 カ国から 177 件の応募が寄せられ採択は 26% である。当日は 2 日間で、16 カ国から 42 名の講演が行われた。

発表言語は英語・日本語で同時翻訳される為、英語が苦手な情報セキュリティ専門家スピーカーも日本語で発表が可能である。

タイムテーブルは 2 トラックで構成されており、異なる会場で同時に 2 公演が開催される。どちらを選択するかも、大きな楽しみの一つである。以下に会場写真（図 1）を示す。



図 1 CODE BLUE 2018 会場写真

## 3. 講演について

### 3. 1 Cyber Arms Race

(CODE BLUE 2018 基調講演)

近年のサイバーセキュリティ分野においては、新たな種類の攻撃者が、新たな目標、新たな動機、新たな方法とともに現れている。

攻撃者から防御を行う場合には、攻撃を理解し、攻撃者が誰であるのかを特定して身を守ることが重要である。また被害の実例や対策方法を学び、講演会場では熱心な意見交換がなされた。

### 3. 2 OSS による自動車の自動運転化

(CODE BLUE 2017 基調講演)

自動車の自動運転化とセキュリティ技術として、Honda 社と TOYOTA 社の自動車を例に説明があった。近年の自動車は、部品の中に電子機器が増加しており、車外からアクセスを行うことも可能となっている。

自動運転技術は、向上しており現在では 6 歳程度の運転技術であるが、自動運転記録のデータを集めることにより、来年には運転技術の向上がみられる。

## 4. 身近なサイバーセキュリティについて

パソコンがマルウェアに感染する際は、OS の脆弱性を狙った攻撃が多く用いられている。攻撃を回避するには、マルウェア対策ソフトウェアや OS アップデートを活用しなければ防御が難しい。

また Windows7 など古いバージョンの OS を利用している際は、マルウェアの標的となり易く、早急なアップグレードを行い、可能であれば複数のマルウェア対策ソフトを利用して、攻撃から防御する必要がある。

# 無線Wi-Fi環境下における計測データのリアルタイム可視化

常三島技術部門  
情報システムグループ

辻 明典 (Akinori Tsuji)

## 1. はじめに

IoT向けのクラウドサービスとして、マイコンなどで計測したデータを受信し、可視化(グラフ化)を行うサービスが普及している。一方、リアルタイム性の高いデータのモニタや制御には、マイコンに直結したセンサの情報を計測機器やコントローラなどで直接処理する必要がある。

本稿では、無線Wi-Fi環境において、IoT端末で計測したデータをリアルタイムで可視化する環境を構築したので報告する。IoT端末上で可視化することで分散処理を可能とし、特別なサーバや計測機器なしにセンサの捉えた現象の把握や情報の共有を行える。さらに、センサ情報を、タブレットやスマートフォン等の携帯端末から参照できるため、実験や開発環境、教育研究現場での活用が期待される。

## 2. クラウドシステムにおけるセンシング

IoT端末の役割は、計測対象に取り付けたセンサの情報をマイコンなどの通信機能を用いてクラウドサーバに送信することである。図1に、クラウドシステムにおけるセンシングの流れを示す。

- (1) 測定対象にセンサを取り付けて、マイコンでセンサのデータ収集を行う。
- (2) センサの情報が時系列の数値データとして得られる。一般に、この段階で、クラウドサーバにデータ送信される。

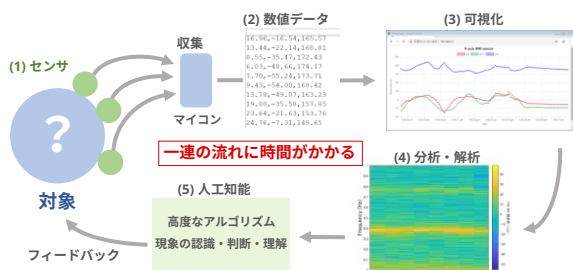


図1 クラウドシステムにおけるセンシングの流れ

- (3) サーバ上に蓄積したデータを可視化して、センサで捉えた現象を人が理解できる形式で表し、対象の振る舞いや動き、性質などの傾向を調べる。
- (4) さらに得られたデータを分析・解析することで、対象の詳細な特性や特徴などを抽出する。
- (5) 特に、対象が膨大な数の場合や人手で規則性を見出すことが困難な場合には、高度な人工知能アルゴリズムを駆使して、コンピュータによるデータの理解や認識を試みる。

一般的なIoT端末はエッジとも呼ばれ、この流れの(1), (2)に相当する処理(エッジコンピューティング)を担う限定的な処理を行う。(3)以降は、クラウドサーバ上に実装されることが多く、サーバ上に端末の計測結果が蓄積された後、データの可視化や解析が行われる。そのため、端末が大量の場合や端末とサーバ間に通信遅延がある場合には、クラウドサーバに演算負荷・通信負荷がかかる。さらに、解析結果をもとにフィードバックを行うには大きな遅延が伴うため、最適な制御が難しくなる。そこで、IoT端末上でデータの可視化の処理を実装し、リアルタイムでモニタを行うと共に、簡単な制御であればエッジ上で処理を行い、クラウドサーバの負荷を分散する仕組みを導入する。

## 3. WebSocketによるデータ更新

IoT端末上で計測データを可視化するには、ウェブサーバを実装することが一般的である。ウェブサーバからクライアント方向へ、データ更新のリクエストを送るPUSH型通信方式としてWebSocketが注目されている<sup>[1]</sup>。

WebSocketは、HTTPと比べて軽量なヘッダで通信コストが低いという特徴がある。組み込みマイコンへの実装に適しており、リアルタイム性の高いアプリケーション開発が可能

である。WebSocketプロトコルの実装により、ウェブサーバとクライアント間の通信に係る負荷を削減し、データ可視化のリアルタイム性能を向上させる。

#### 4. システム評価

無線Wi-Fi環境下における計測データのリアルタイム可視化の検証のため、システムを構築して評価実験を行った。マイコンに無線Wi-Fi機能(IEEE802.11b/g/n)を搭載したESP32を用いて、センサとして加速度・地磁気・ジャイロを接続した。マイコン上にウェブサーバとWebSocketサーバを実装し、さらに無線アクセスポイントとして動作するよう設定を行った。IoT端末と通信するクライアントには、タブレットとスマートフォンを用いた。

##### 4. 1 WebSocketの実装

WebSocketプロトコルの実装には、Arduino Websocketsライブラリを用いた<sup>[2]</sup>。Web Socketで扱う計測データ(Payload)は、JSON形式として、

```
{"v1": <val1>, "v2": <val2>, "v3": <val3>}
```

とした。ここで、<val1>,<val2>,<val3>は計測結果である。

##### 4. 2 データの可視化

ウェブサーバ上におけるデータの可視化にはチャート・グラフ描画用ライブラリChart.jsを用いた。ここでは、計測データの各要素について、図2に示すグラフでリアルタイム描画および更新を行った。ここで、グラフのデータ更新はWebSocketによるデータ受信のタイミングに同期して行った。

##### 4. 3 システムの性能

システムの性能評価をクライアントのブラウザ検証機能を用いて行った。図3に、WebSocketプロトコルの通信状況を示す。横軸は通信時間、縦軸は処理の内容と所要時間である。センサのサンプリング周波数を10Hzから50Hzまで10Hz毎に変化させて、それぞれのフレームレートを調べた。その結果、30Hz以下ではリアルタイムに描画が行え、正常に

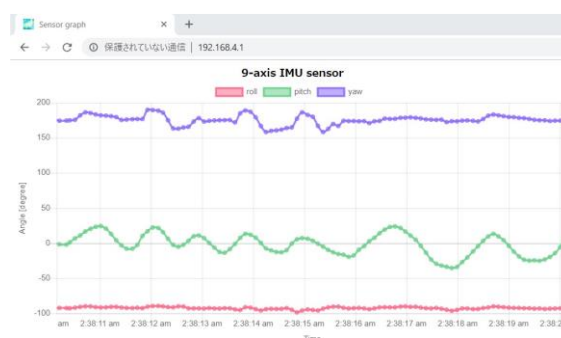


図2 無線Wi-Fi環境下におけるIoT端末上でリアルタイム可視化

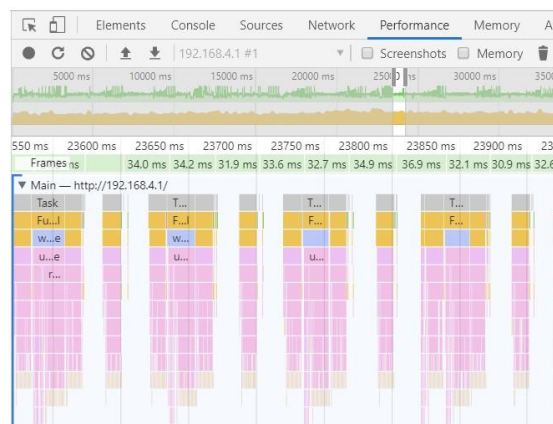


図3 ブラウザによるWebSocketプロトコルの通信状況モニタ

データ更新できることを確認した。それ以上では、サンプリング時間内に処理が完了せず、フレーム欠損やデータ更新の遅延が生じた。このときの通信状況のモニタから、データ受信に30ms程度かかり、データ可視化に処理時間を要することがわかった。

#### 5. まとめ

本稿では、無線Wi-Fi環境下における計測データのリアルタイム可視化について述べた。実験結果より、サンプリング周波数30Hz程度であれば、IoT端末上でリアルタイムに可視化できることを確認した。今後の課題は、複数台のクライアントとの同期通信、グラフ描画時間の短縮が挙げられる。

#### 参考文献

- [1] RFC 6455, The WebSocket Protocol
- [2] ArduinoWebsockets Library : <https://github.com/Links2004/arduinoWebSockets>

# IoT教育の実験実習への展開

阿南工業高等専門学校 技術部  
技術第3グループ

川端 明洋 (Akihiro Kawabata)

## 1. はじめに

ICTの深化による社会、産業、経済の構造変化、IoT(Internet of Things)、ビッグデータ、AI(人工知能)、ロボットによる新しい価値の創造が現在も進んでいる。平成28年1月に第5期科学技術基本計画が閣議決定され、「超スマート社会」を実現するための取組を「Society 5.0」として政府主導で強力に推進している<sup>[1,2]</sup>。本校電気コースではこれらの状況を黙止できないと考え「超スマート社会」を実現するための基盤技術を教育することになった。内容はIoT, AI, Deep Learningに代表されるソフトウェア技術に加え、センサー回路、SoC(システム・オン・チップ) ICの拡張基板設計といったハードウェアも含めた総合学習を目標とし、平成30年度からIoT教育を開始することになった。

## 2. 変更した実習内容

平成30年度から行っているIoT教育を目的とした実習内容を次に示す。

### ①スマートセンシング実習(1年生)

パソコンからRaspberry Pi3へのSSH接続方法、コマンド入力(ディレクトリ移動、カメラの撮影、人工音声の作成・再生等)、Webブラウザを使って撮影写真の閲覧・LED制御、ネットを利用する上でのマナー

### ②ロボットカーの制御実習(1年生)

mbot(Arduino互換機内蔵)をビジュアルプログラミング言語mblock(Scratch改良版)を用いて制御(一定距離で停止、ライントレース)

### ③Arduino実習(全4回)(2年生)

Arduinoの基礎(プログラミング記法、制御構文、外部関数、シリアルモニタ)、LEDの点灯、PWM制御

### ④障害物回避ロボットカーの制御(3年生)

DCモータ、サーボモータ、超音波センサーの使い方、if文、for文、while文、プログラムの改良

※令和元年度後期開始予定

①②の1年生実習は「ハンダ付け実習」、「配線・テストの使い方実習」から「スマートセンシング実習」、「ロボットカーの制御実習」に変更となった。ハンダ付け、配線・テストの使い方は2年生実習で行っているため異論はなかった。新規実習の内容はmbotを使った実習、Raspberry Piを使った実習にすることが決まり、内容は担当者に一任することになった。

③の2年生実習は「ラジオの製作実習」から「Arduino実習」に変更となった。ラジオの製作実習は電子素子の説明から始まりCAD(MultiSIM)による回路設計、ユニバーサル基板での製作を行うが、「LEDホタルの製作」、「5V電源回路の製作」が同じ学習内容であるため繰り返し回数を減らしても問題ないだろうと判断した。

④の3年生実習は「ホイットストンブリッジによる抵抗の測定」から「障害物回避ロボットカーの制御」に変更となった。3年生が行っている実習の中でなくしてよいものを議論した結果であるが反対者がいたため2年生実習に組み込むこととなった。詳細は現在も検討中である。障害物回避ロボットカーの制御は2年生で学んだArduinoの知識を活用することができる実習にするため制御部にArduinoを使うこととし、内容は担当者に一任することになった。

## 3. スマートセンシング実習の内容

1年生にRaspberry Piを使ってIoT教育を行う際最も重要なことは内容が学習者のレベルに合っていることであろう。また本校は希望

学科再選択制度(学生は2年から各コースに配属)を導入しているため、電気コースの学習内容を含み、かつ電気電子工学を学ぶことの楽しさを伝える必要がある。そこで学生にとって興味を持ちそうなUSBカメラ、スピーカ、LEDを使うことにした。以下に主な実習内容を示す。

- ①ターミナルエミュレータ(Tera Term)から Raspberry Piにリモートアクセス
- ②コマンドで写真の撮影、及びWEBブラウザから画像の閲覧
- ③先生用Raspberry piにアクセスして質問内容を読み取り、コマンドを使って人工音声で回答
- ④LEDをブラウザ、およびコマンドから点灯、消灯、点滅

コマンドは引数が多い場合シェルスクリプトを作成することで自作した。例えばLEDを点灯させる場合GPIOの設定が必要になるがコマンドラインに「led\_on」と入力するだけで点灯できるようにした。またWEBサーバ上にコンテンツを作成し、WEBブラウザに表示されたボタンを押すことでLEDが点灯、消灯できるようにした。

質問内容に答える課題について、学生ははじめに先生用のRaspberry Piにアクセスし、指定したファイルに書かれた質問を読むことから始める。10チームあるため10問用意しておき早い者勝ちで質問を選ぶ。それを人工音声で答え、質疑を開始する。

#### 4. 障害物回避ロボットカーの制御実習の内容

予め製作したロボットカー、及びプログラムに機能を追加することで高性能化していく実習となっている。以下に追加する主な機能を示す。

- ①2秒間隔にサーボモータが左、右、正面と動き続けるため1度だけ左、右、正面と動いたら停止する。
- ②前進中に前方にある障害物との距離が閾値より小さければ停止するが少しバックして

停止する。

- ③停止後左右の距離を計測し、距離の長い方向に車体を向け前進を開始する。

- ④5回前進したら停止する。

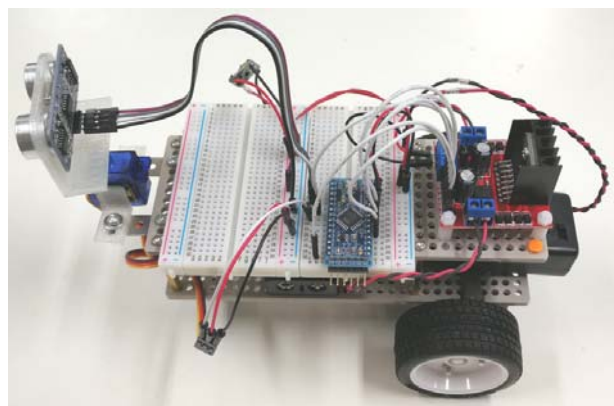


図1 障害物回避ロボットカー

#### 5. おわりに

本校電気コースの実習内容にIoT教育が組み込まれて2年目を迎えた。アンケート結果によると新規実習は学生の受けもよい。4年生になるとC言語を学習する「プログラミング実習」(全15回)、PICマイコン、電子素子の使い方を本格的に学ぶ「電子回路設計製作実習」(全30回)があるため学生が段階的にスキルアップする道筋はうまく出来た。

気がかりなのは本格的にIoT技術を使った実習がない点である。センシングデータをサーバに送信し、そのデータを活用する実習を組み込みたいところである。またRaspberry Piを使った実習は1年生が1度だけ学ぶのみとなった。2年目を終わった頃にもう一度話し合いの場を設け、よりよい実習を学生に提供できるよう議論をする場を設ける必要がある。

#### 参考文献

- [1] 内閣府第5期科学技術基本計画(平成28～平成32年度)  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html>
- [2] 内閣府 Society 5.0  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0)

# 模型車両を用いた動力学実験に関する技術職員としての取り組み

香川大学  
創造工学部技術係

立和名 慎一 (Shinichi Tachiwana)

Keywords : 車両運動力学, タイヤ力学, コーナリング特性, コーナリングフォース, コーナリングスティフネス, 定常円旋回

## 1. はじめに

今回のテーマとして取り上げた「動力学実験」は2010年度から、機械系の学科(1学年60名程度)の授業として、2年次の第3・4クオーターにて実施している。この授業では、動力学実験以外にも2つの実験テーマがあり、学生は3グループに分かれてそれぞれの実験テーマを4週にわたって受講することになる。動力学実験に関しては、第1週にタイヤ力学に関する講義とタイヤ性能実験を実施し、第2・3週で車両運動力学に関する講義と模型車両による走行実験、第4週ではデータ解析と別途与えられる演習問題の実施をするという進め方になっている。また、教員1名、技術職員1名、ティーチングアシスタント(大学院生)2名という4名体制で指導しており、技術職員は実験時の指導の他、実験装置の設計と製作、保守管理等を行っている。

## 2. タイヤ力学と車両運動について

車両の運動、とりわけ旋回状態の際は、前輪に後輪よりも大きなコーナリングフォース(タイヤの横力)が発生するため、コーナリングフォースの合力の着点、重心点よりも前方になる。よって、車両の重心点周りには、車両を旋回させるモーメントが発生する(図1)。

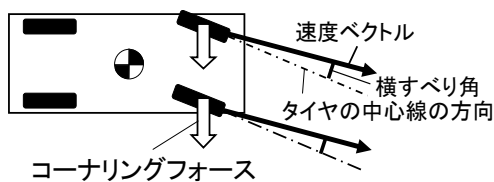


図1 タイヤの横滑り角と発生するコーナリングフォース

コーナリングフォースはほぼ横滑り角に比例すると考えてよいが、横滑り角が増してもコーナリングフォースは増加しなくなるという基本的な性質がある。具体的には横滑り角が約4~6[deg]ぐらいまではコーナリングフォースは直線的に増え(図2)、これを超えるとその増加がにぶり、12~16[deg]ぐらいになると飽和する。通常、車両における横方向の運動はタイヤの横滑り角とコーナリングフォースの関係が直線的な範囲内で行われていることが多い。よって、単位横滑り角あたりのコーナリングフォースがコーナリング特性を評価する重要な量になる<sup>[1]</sup>。この横滑り角[deg]あたりのコーナリングフォース[N]をコーナリングスティフネス[N/deg]と呼ぶ。

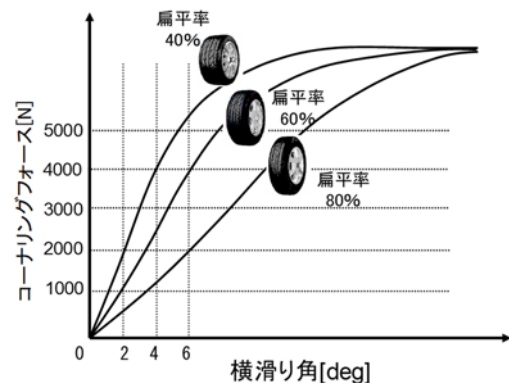


図2 横滑り角とコーナリングフォースとの関係

## 3. 実験装置の製作

### 3. 1 タイヤ試験機による特性実験

実験装置については、実験の新規導入が決まった2009年に、タイヤの力学的特性を計測するタイヤ試験機と模型車両にデータロガーを搭載したものを製作した。まず、タイヤ試験機については、一般的なタイヤ試験機の構成を参考にして、設計及び製作を行った。

- 一般的な試験機同様、接地面を動かしてタイヤを転がし、走行状態を生み出す。
  - タイヤの横滑り角は1~12[deg]の範囲で、1[deg]刻みの角度設定ができる。
  - タイヤに荷重を与え、荷重の違いによるコーナリングフォースの影響をみる。
- 等を考慮して、学生実験用の試験機を4基製作した。図3にその外観を示す。



図3 タイヤ試験機

タイヤ試験機を用いて実施したタイヤ特性実験の結果例を図4に示す。なお、この実験から得られた4~6[deg]あたりまでの線形変化範囲の結果より、コーナリングスティフネスを算出することとなる。この実験で横滑り角が大きくなるとコーナリングフォースの値が飽和状態になることや、タイヤにかかる荷重の影響によって、コーナリングスティフネスも変化することが再現できている。

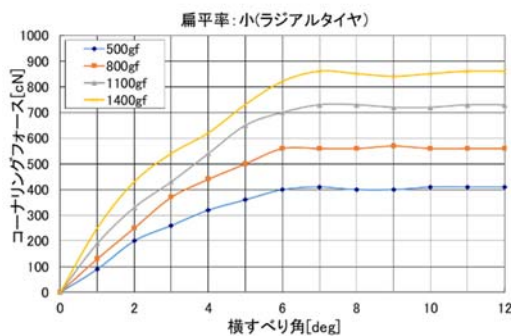


図4 タイヤ試験機による計測結果の一例

### 3. 2 模型による車両運動計測実験

車両の走行軌跡を計測できるように、市販の模型車両の本体を改良して、データロガーを搭載させた。図5に本体を示す。

走行軌跡の算出については、速度とヨーレートのデータを用いて0.01[sec]刻みの時間変化を積算し、それらによって得られる座標位

置で軌跡を描く。また、データロガーでのGPSデータを用いた軌跡も描き、走行軌跡の比較を行う。図6に車両の定常円旋回走行実験で得られた車両軌跡の一例を示す。なお、本実験ではタイヤ特性と車両の重量バランス等による走行への影響について課題を与え、実際の実験データや文献を用いて考察し、最終レポートとしてまとめることとなる。

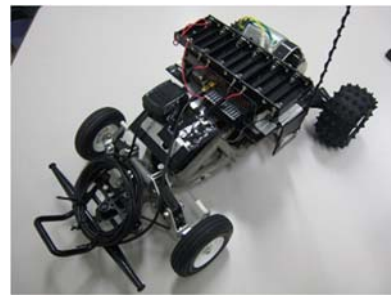


図5 データロガーを搭載した模型車両

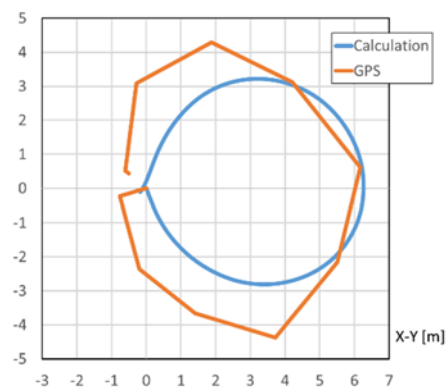


図6 実験より得られた走行軌跡の一例

## 4. 技術職員としての授業支援

模型車両を走行させる実験ということからも故障が発生しやすいため、交換部品や工具の保持、代替機器の準備など、実験進行に影響を起こさない体制としている。また、実験装置に関する指導は、技術職員が主体となっており、教員を支援している。

一方、経年使用によるデータロガー等の不具合も生じており、コスト面やメンテナンス性を考慮して現在、簡易マイコン等を用いた新規装置の検討と製作を行っている。

## 参考文献

[1] 安部正人, 自動車の運動と制御, 2008年3月20日, 第1版



# 薬用植物園における植物看板製作の創意工夫

蔵本技術部門  
研究開発支援グループ

今林 潔 (Kiyoshi Imabayashi)

## 1. 目的

徳島大学薬学部附属薬用植物園では毎年夏に生薬学研究室による2年生対象薬用植物園実習があり(図1),園内施設で実習試験が行われる。また,社会貢献の一環として園内を広く一般に開放することを平成7年から続けており,学校関係や各種団体の見学も受け入れている。



図1 薬用植物園実習風景

## 2. 方法

本園漢方薬園の看板(図2)は左上部に赤色の番号を入れている。これは漢方薬に利用される順位である。また生薬名は黒色太文字,植物名は青色太文字で表しており,科名やラテン名,薬用部位,用途,主要化学成分の順に構成している。また絶滅危惧植物園の看板は,植物画像下に「環境省版レッドデータカテゴリー」や「徳島県版レッドデータカテゴリー」

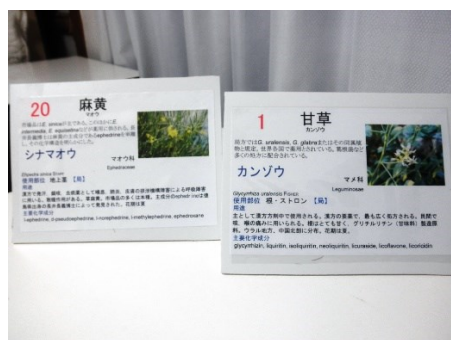


図2 漢方薬園看板

を緑色文字,西洋薬園看板(図3)には有毒植物を赤文字で「有毒」,日本薬局方記載植物には青文字で「局」と表している。



図3 西洋薬園看板

## 3. 結果・考察

植物看板を外注すると1枚約5000円するが,看板材料(図4)(塩ビ板3mm×45cm×90cm,塩ビ管,塩ビ用接着剤,塩ビ管継手TS 45エルボ,市販看板,耐水ホワイトフィルムラベル,UVカット透明フィルム)を用いて筆者が製作すると約600円でできる。また経年劣化のため2,3年間隔で2種類のフィルムラベルを張替えしても1枚約200円で済む。本園看板は筆者が園内で撮影した花や果実の画像を添付しており,花のない時期に来園された方にも好評である。今後の植物看板の目標は,IT技術を活用することで,学生用の植物分類情報や一般の方が興味を持つ情報を発信できる植物看板を製作したい。



図4 看板材料

# 社会地域貢献の取り組み —管理運営グループの総合力—

蔵本技術部門  
管理運営グループ

篠原 直美 (Naomi Shinohara)

## 1. はじめに

2017年4月技術支援部発足時、蔵本技術部門では、所属部署を横断しグループが構成されたが、管理運営グループに限っては、歯学系教育研究支援室に所属する技術職員のみで構成された。これにより管理運営グループへの移行はスムーズに行われたが、蔵本技術部門内での孤立感は否めなかった。

そこで管理運営グループでは、我々を理解してもらおう一助として社会地域貢献活動を行うことにし、徳島大学理工学部で開催される「科学体験フェスティバルin徳島」への出展を決め、歯学部「人体解剖と骨のミュージアム」で開催される「夏休みこども教室」と「人体解剖標本の展示」に協力することにした。

技術支援部発足以降、3年間の取り組みについて報告する。

## 2. 科学体験フェスティバル in 徳島

2017年3月東京大学で開催された「総合技術研究会2017」に、後の管理運営グループから5名が参加する機会を得、各大学における技術職員の業務は多種多様であり、歯学系技術職員の教育研究支援業務に自信を持っていいこと、地域貢献活動が業務の一つとして認められていること等、知見を広めることができた。

この経験を力に、我々でも社会地域貢献活動として科学体験フェスティバルへの出展が可能ではないかと考え、有志による参加を決定した。

### 2. 1 出展初年 (2017年)

我々は歯学系の教育研究支援に長年携わってきたことから、ブース構成を「歯」に関する展示解説と体験コーナーを設けた2本立てにすることにし、テーマを「歯の動物園へようこそ」とした。

テーマに沿った展示解説を、肉食動物と草

食動物の歯の比較観察にしようという趣旨に賛同をいただき、歯学部「人体解剖と骨のミュージアム」から動物の頭骨標本4体、サメの歯列標本1体を借用できることになった。この標本は、我々ブースの目玉として今年度までの3年間、継続して展示している(図1)。また出展当日は、この展示解説を基にクイズを作成し、解答用紙を配布、受付にて採点を行った。

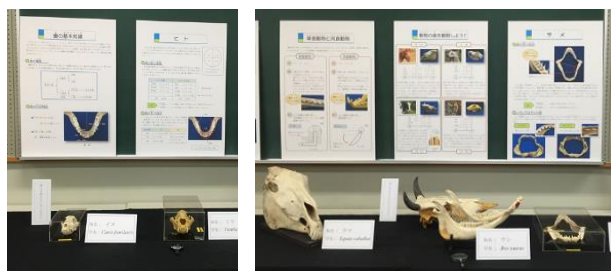


図1 骨標本の展示解説

一方、体験コーナーでは、歯科治療に使用する石こうを用い、来場の児童に手形を取ってもらうことを決め、整理券による人数制限を行い実施した。

さらに、身近な動物の歯を観察してもらうため、魚の頭骨標本を作製し<sup>[1,2,3]</sup>、作製手順をパネルで解説した。この魚の頭骨標本は、来場者が手に取り観察できるよう展示した。

### 2. 2 出展2年目 (2018年)

前年の経験を踏まえ、より比較観察に適した魚の頭骨標本を作製し、手形体験について改善を行った。硬化時間が短い硬石こうを使用することで、手形作製時間を短縮し、実施数量増を実現した(図2)。さらに、キーワードの具体的な理解を促すため、クイズに加えて展示解説の内容に沿ったワークシートを導入した。

また、石こうで作製した歯型模型とクラウ

ンブリッジをこの年から展示している。



図2 石こう手形体験

### 2. 3 出展3年目（2019年）

3年を区切りと考えていた今年の出展では、展示解説を基にしたクイズを一新した。

新たな試みとしては、紙で作る絵合わせパズル<sup>[4]</sup>を作成し、配布した。さらに、石こう模型作製時の動画を製作し、視覚に訴える学習素材として展示した。

また、蔵本技術部門から出展した「シーズアートを楽しもう」では、管理運営グループが万華鏡工作のアイデアを提供し、パーツの設計および試作を行った。さらに紙で作るおもち「六角がえし」<sup>[5]</sup>を作成し、配布した。

### 3. その他の社会地域貢献活動

歯学部「人体解剖と骨のミュージアム」では毎年8月に子供向けに「夏休みこども教室」を、11月には医療従事者および医療系教育機関の教員・学生向けに「人体解剖標本の展示」を開催しており、口腔顎顔面形態学分野担当技術職員を中心に、ポスター作成、広報活動、当日受付などの運営協力を、共催という形で行っている。

### 4. さいごに

今まで教員から依頼された業務を行ってきた我々にとって、科学体験フェスティバル参加はテーマ決定から出展に至るまで、すべてを自身の手で行う新たな試みであった。

管理運営グループでは職員それぞれが得意分野を持ち、多岐にわたる業務を行っていることから、この試みは個々が今まで培った経験と知識を持ち寄り総合的に判断・実行し、教員の指導・助言を仰ぎながらではあるが、十分な成果を得ることができたと思う。

さらに、我々管理運営グループが3年間社会

地域貢献に取り組んだことにより、蔵本技術部門からも科学体験フェスティバルに出展するという、波及効果を生んだのではないかと考えている。

また、歯学系教員にご協力いただく事により、歯学系教員に限ったことではあるが、技術職員の能力と可能性をより知っていただく事ができ、今まで以上に信頼を置いた業務依頼をいただけるのではないかと考えている。今後も期待に沿うべく、スキルアップを図り、許される限り社会地域貢献活動を行いたい。

### 謝辞

科学体験フェスティバル出展にあたり、標本の展示解説、魚の頭骨標本作製についてのご指導・ご助言および標本を貸与して下さった口腔顎顔面形態学分野・馬場麻人教授、石こう予備実験をご指導いただきました生体材料工学分野教授・濱田賢一教授、関根一光講師、魚の頭骨標本作製方法をご指導いただきました口腔微生物学分野・藤猪英樹教授、村上圭史准教授、石こう模型作製動画にご協力いただきました歯周歯内治療学分野・湯本浩通教授、歯科保存学分野・平尾功治助教、石こう模型、クラウンブリッジを作製してくださいました病院診療支援部・津村希望歯科技工士に深く感謝申し上げます。

標本展示のための標本台を作製いただきました常三島技術部門・玉谷純二部門長にお礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] 海・人・自然（東海大博研報），2010，10，51-57
- [2] ネットで水族館  
<http://aquamuseum.net/content/himitu/index.html>
- [3] 花王株式会社 製品Q&A  
[http://www.kao.com/jp/qa\\_cate/clothbleach\\_03\\_04.html](http://www.kao.com/jp/qa_cate/clothbleach_03_04.html)
- [4] 保育士がおすすめる親子で一緒に楽しめる「絵本」と「工作」  
<https://yohakujikan.com/suujipazuru>
- [5] 笑って暮らそう  
<https://warakura.com/hexagon-1880>

# 委員会の業務負担軽減に関する取り組み

常三島技術部門  
地域協働グループ

飯田 仁 (Hitoshi Iida)

## 1. はじめに

技術発表実行・技術報告編集専門委員会の委員を長く担当しているが、以前より委員会業務に時間を取られることが多く、何とかできないかと考えていた。今回、委員会業務に充てる時間を削減すべく取り組んだので紹介する。

## 2. 委員会の仕事と問題点

技術発表・技術報告委員会は、名前のとおり大きく2つ、技術発表会の開催と、技術報告集を作成するのが仕事であり、以下の要領で実施する。

1. 発表者・報告者を募集する
2. 原稿を集める
3. 原稿を確認する（校閲）
4. 発表・報告の順番を決める
5. 印刷・製本・発送

上記の業務において最も時間を要する作業が、原稿を確認する作業であり、単に確認するだけではなく、執筆者に対し修正依頼を行う必要がある。これは、確認者個人からの修正依頼ではなく、委員会として協議をした上での修正依頼であり、委員全員での確認、合意が必要である。そのため、委員を招集して委員会を開催し、出席した委員より、修正箇所の意見を出し合い協議を行った上で、修正要と判断された場合、執筆者へ修正依頼を行

うことになっていた。

問題点として、各委員の意見が委員会で初めて共有され、そこから協議が始まるため会議時間が長くなり、委員の長時間拘束に繋がっていた。

## 3. 業務軽減方法と結果

今回、軽減策としてWebブラウザを利用したシステム作製を行った。

各委員は時間を確保した上で投稿された多くの原稿を確認し、修正意見があれば図1に示すWeb画面に入力・登録する。なお、登録した意見は全委員が確認できるようにした。

この結果、各委員の意見がWeb画面上で常時確認できることから、迅速に情報共有が行え、委員を招集して委員会を開催する必要は必ずしもなく、メール会議にて代替することができ、1～2時間程度の会議を削減できた。

## 4. まとめ

Webブラウザで全委員の意見（情報）共有が効果的であり、時間削減につながった。他の委員会等でも参考になると考える。

## 謝辞

本取り組みを実施するにあたり、委員会のメンバーに色々と協力頂いた。ここに感謝申し上げます。

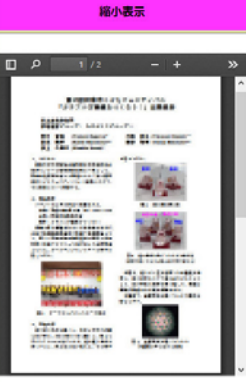
縮小表示	修正箇所	他の意見	ファイル
	2. 開催概要の例年10月に実施されている今大会であるが、の「。」がはみ出している。ぶら下がりの設定確認要。	2. 開催概要の例年10月に実施されている今大会であるが、の「。」がはみ出している。ぶら下がりの設定確認要。 --自身の指摘箇所-- 氏名のアスタリスクを5本に変更。 --■■■■■さんの意見 図3の下側の画像で可能なら白地に白文字の部分の位置、または色を修正すると良いと思います。 全体を通して、開催日程の表記がまちまちなので、統一を考えてはどうでしょうか（日付が複数の時の表記、時間帯の書き方等） --■■■■■さんの意見 図4のキャプションの2行目のあたまが揃っていません。 --■■■■■さんの意見	ファイル表示

図1 修正意見登録画面

# 液中プラズマ技術の概要と技術職員の研究補助による最近の研究成果

愛媛大学 工学部等技術部  
機械・環境建設系技術班

白石 僚也 (Ryoya Shiraishi)

**Abstract :** 液中プラズマは愛媛大学で開発されたオリジナル技術であり、水素製造・薄膜合成・ナノ材料製造など、様々な分野における研究が行われている。本発表ではまずこの技術について紹介し、その後筆者が行った研究補助によって得られた最近の成果について報告する。

## 1. 開発の経緯

プラズマは固体・液体・気体に続く物質の第四の状態である。プラズマ状態の分子は気体分子より高いエネルギーをもち、電子と正の荷電粒子に別れて高速で運動する。従って、気体よりエネルギーの低い液体中にいきなりプラズマを発生させることは従来の常識では考えられなかった。

2000年頃、愛媛大学において超音波を研究していた野村信福教授と、プラズマによる加工法を研究していた豊田洋通助教(現在は教授)が、「超音波を使って液体中に気泡を発生させればその中にプラズマをつくることのできるのではないか。」と考えて研究を始めた。そして、図1に示すような装置<sup>[1]</sup>で2001年の終わりごろ、初めて灯油の中にプラズマを発生・維持することに成功した。

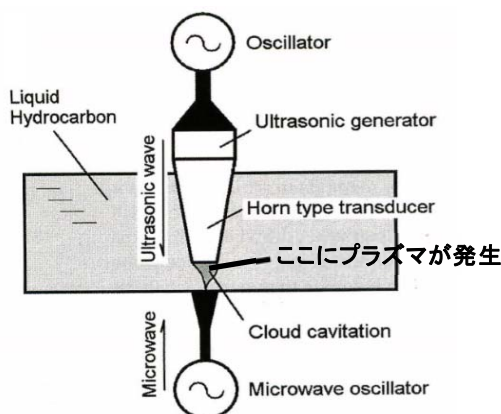


図1 初めの液中プラズマ発生装置の概略図

## 2. 液中プラズマの特長と応用

まず一つ目の応用例は「ダイヤモンド膜の高速合成」である。従来は気体メタン雰囲気

中でプラズマを発生させ、メタン分解により得られる炭素を基板上にダイヤモンドとして堆積させていた。しかし結晶成長速度は約  $1 \mu\text{m/h}$  と非常に遅かった。これに対し、液中プラズマプロセスでは液体メタノール中のシリコン基板近傍でプラズマを発生させることで  $100 - 200 \mu\text{m/h}$  の合成速度を得た。これは液体の分子密度が気体より高いことにより、原料炭素が基板上に高速供給されるためである。また、ダイヤモンド合成とほとんど同様の方法で、原料となる液体の種類を変えればカーボンナノチューブやシリコン薄膜、金属ナノ粒子も合成可能である。

もう一つの応用例は「廃油からの水素製造」である。液体中に発生したプラズマの温度は数千 K に達するため、廃油を容易に分解できる。分解された廃油は固体炭素と気体の水素になる。即ち  $\text{CO}_2$  を排出せずに廃油を処理し、かつ水素を得られる一石二鳥の技術である。これまでに廃油を分解して得た水素で水素エンジン自動車の走行実験にも成功している<sup>[2]</sup>。さらに、廃油だけでなくセルロース等のバイオマスやメタンハイドレートなど様々な物質から水素を得る研究を行っている。

## 3. 研究補助により得られた最近の成果

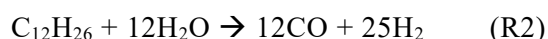
液中プラズマ水素製造の効率は、廃油の主成分である *n*-ドデカン( $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ )分解の場合で約  $0.1 \text{ Nm}^3\text{-H}_2/\text{kWh}$  であり<sup>[3]</sup>、これは既に実用化されている水素製造法である水の電気分解の約半分である<sup>[4]</sup>。そこで筆者はこれを改善し、製造効率を実用化レベルにするための研究を行った。効率悪化の原因は、プラズマ

のもつ熱エネルギーのほとんどが反応に使われず、周囲液体へ拡散してしまうことである<sup>[5]</sup>。そこでプラズマ上部に細い水蒸気管（以下、管と呼ぶ）を設置し、プラズマから拡散される熱を管に与えることで水蒸気改質反応を起こす方法を試した。

実験装置の概略図を図2に示す。反応炉の下部から電極を挿入し、その上部に細い管を設置した。炉内に*n*-ドデカンを注入し、電極と管を*n*-ドデカンに漬けた。次に電源から27.12 MHzの高周波電圧を電極に印加し、電極と管の間にプラズマを発生させた。プラズマが発生すると*n*-ドデカンは分解され水素ガスが発生する(R1)。



同時に周囲の液体*n*-ドデカンが気化することでプラズマ周囲に気泡が発生する。管はこの気泡に包まれることで周囲液体から断熱され、その状態でプラズマに曝されるため非常に高温になる。この管に常温の水を流すことで水蒸気を発生させ、これを管に開けた供給口から気泡内の*n*-ドデカン分子に供給することで水蒸気改質反応(R2)を起こした。



この方法ではプラズマ近傍で起こる直接分解に加えて、プラズマから拡散する熱が吸収して水蒸気改質反応が起こるので水素製造量が増え、効率が改善すると考えられる。

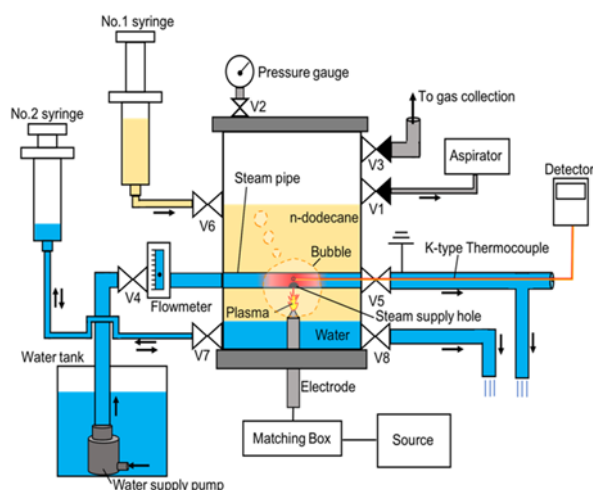


図2. 実験装置の概略図

実験の結果、管に水を流さなかった場合（水蒸気供給なしの場合）の効率は0.14 Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>/kWhであった。これに対し、水を流して水蒸気を供給した場合の効率は0.28 Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>/kWhであり、2倍の効率向上効果が見られた。これは水の電気分解の効率0.20 Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>/kWhを上回っており、実用化水準に近く大きな進歩となった。(R1)に示すように水蒸気を供給しない純粋な液中プラズマ法ではCOは発生しない。これに対し、水蒸気改質反応(R2)を追加した本研究では製造ガス中の25%に及ぶCOが検出された。これにより強い水蒸気改質反応が起きたことにより水素製造量が増加し、効率が改善されたことが確かめられた。この研究結果は水素エネルギーに関する国際専門誌 International Journal of Hydrogen Energy (IF 4.2) に掲載された<sup>[6]</sup>。

#### 参考文献

- [1] S. Nomura et al., Sonoplasma generated by a combination of ultrasonic waves and microwave irradiation., Appl. Phys. Lett., (2003);83:4053
- [2] S. Nomura., In-liquid Plasma Can Bring Us a Hydrogen Vehicle on Waste Oil, J. Plasma Fusion Res., (2013); 89:199-206
- [3] S. Nomura et al., Production of hydrogen in a conventional microwave oven, J. Appl. Phys., (2009);106:1-4
- [4] M. J. Mizeraczyk et al., Plasma processing methods for hydrogen production, Eur. Phys. J. Appl. Phys., (2016);75:24702
- [5] S. Mukasa et al., Growth of bubble containing plasma in water by high-frequency irradiation, Int. J. Heat and Mass Trans., (2010);53:3067-74
- [6] R. Shiraishi et al., Effect of introducing a steam pipe to *n*-dodecane decomposition by in-liquid plasma for hydrogen production, Int. J. Hydrogen Energy, (2019);44:16248-56

# 脂肪化肝癌細胞のLV-SEMおよび光-電子相関観察

高知大学設備サポート戦略室 林 芳弘 (Yoshihiro Hayashi)

## 1. はじめに

近年、過栄養摂取等による脂肪肝患者が急増し、人口の約30%が罹患する程、高頻度の生活習慣病になっている。一部の脂肪肝症例は、非アルコール性脂肪肝炎(non-alcoholic steatohepatitis:NASH)を経て、肝硬変そして肝細胞癌へと進展する。一方、我々はNotch<sup>[1]</sup>等を基質として認識し分解に導くユビキチンリガーゼFbxw7 (Fbox-and WD repeat domain-containing 7) をノックダウンすると、肝癌細胞の細胞質内に脂肪滴の増加と大型化が誘導されることを見出し、ヒト肝実質細胞の脂肪化と肝細胞癌への進展を研究する病態モデル細胞になるのではないかと考えた。そこで、この肝癌細胞の脂肪化現象を観察するとともに、遺伝子改変によるスフェロイド形成能や形状変化について形態学的に検討した。

本研究では、RNAi法によりFbxw7を遺伝子ノックダウンした肝癌細胞株を、従来型の2次元培養法に比べて、生体内の微小環境に近く、がんの生物学特性をより忠実に反映する3次元培養法を用いてスフェロイドを作製し、低真空走査型電子顕微鏡 (Low Vacuum Scanning Electron Microscopy: LV-SEM) を用いて形態学的な研究に応用した。さらに、蛍光免疫組織化学的に検出した光学顕微鏡像とLV-SEM像の同一部位を観察する光-電子相関顕微鏡法と呼ばれている correlative light and electron microscopy (CLEM) を用いて形態学的に検討したので報告する。

## 2. 材料および方法

高分化型肝癌細胞株 (Huh-7) を実験に用いた。Fbxw7 short hairpin RNA (shRNA) によるノックダウンおよび vectorのみ (mock) をコントロールとして、リポフェクション法で遺伝子導入し、抗生物質 (puromycin) によりセレクションを行い、それぞれ樹立した<sup>[2]</sup>。通常の透過型電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscope; TEM) は、100mmシャー

レで培養、トリプシン処理後アガロースペレットを作製し、2.5% glutaraldehyde:GA・1% 四酸化オスミウム (Osmium Tetroxide:OsO<sub>4</sub>) 二重固定し、定法に従い試料を作製した。

樹立細胞のスフェロイド作製は細胞 (5×10<sup>4</sup>/ml) を低接着処理した96wellシャーレに播種し、その後3日および7日に各固定液に浸漬した。通常培養細胞および作製したスフェロイドは、免疫組織化学検出用には、4% paraformaldehyde: PFA液、LV-SEM観察用には、通常TEM標本作製と同様に固定し、自然乾燥させた。CLEM法は、4%PFA固定パラフィン切片を用い、抗原賦活処理後、一次抗体 (4℃, overnight), その後、蛍光標識二次抗体を反応させて可視化、蛍光顕微鏡で画像を取得した。LV-SEM観察は、1%酢酸ウラン・クエン酸鉛もしくは1%リンタングステン酸水溶液等で電子染色し、走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM) の低真空モードで観察、撮影した。最後に光顕画像 (蛍光免疫組織化学像) と電顕画像 (低真空走査電子顕微鏡像) は、Fiji/ Image Jを用いて重ね合わせて画像解析を行った。

## 3. 結果

肝癌細胞株 (Huh-7) のFbxw7をノックダウンすると、培養細胞の光顕観察では bodipy陽性顆粒の増加が見られ (データ提示なし), 光顕およびTEM観察でも細胞質内脂肪滴の増加および大型化を認めた (図1)。スフェロイド (培養3日目) のパラフィン切片光顕観察では, mockは中心部に細胞脱落像見られるが, kd群は, 観察されなかった。一方, 培養7日目のkd群中心部は広範囲に空胞変性像を認め, 細胞質は淡明, LV-SEM観察では, kd群は脂肪変性や脂肪融合を認めた。また, GA・OsO<sub>4</sub>固定無染色スフェロイド (培養7日目) のLV-SEMによる観察では, mock群は形が凸凹で歪であるが, kd群はほぼ球形で, 表面に多数の白色顆粒状の脂肪滴を認めた (図2)。また,

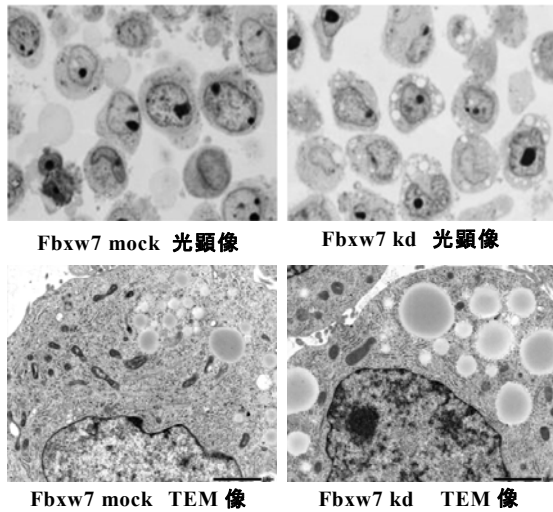


図1 Huh-7 Fbxw7 mock・kdの光顕、電顕像

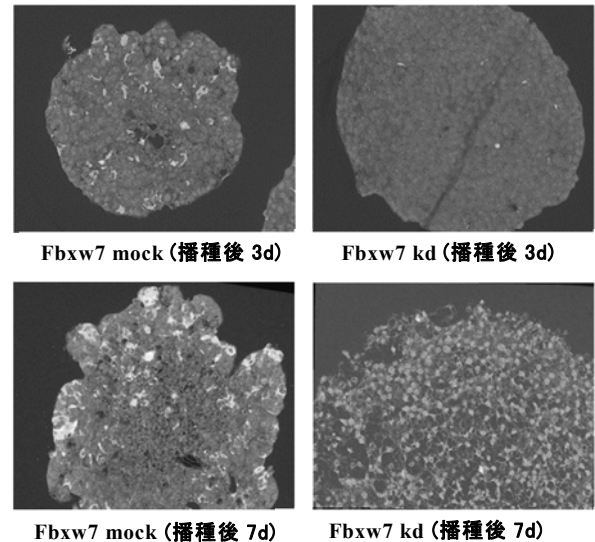


図3 スフェロイド (vimentin) CLEM 像

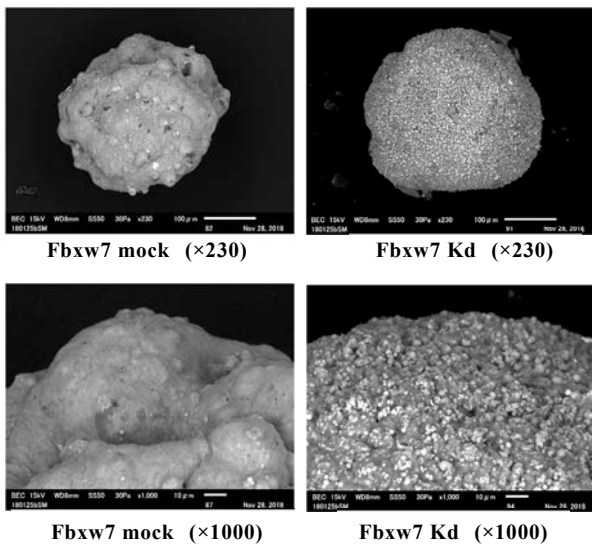


図2 スフェロイド (播種7日後) LV-SEM 像

CLEM法で、Huh-7 Fbxw7 kd と mock のスフェロイドについて、中間系フィラメントであるvimentinを免疫組織化学的に検出し、その発現細胞の占める割合を検討した結果、3日目のkd群は、mock群と比較すると発現細胞は少数であった。7日目では、kdのスフェロイドは脂肪化による肝癌細胞の著しい変性像を認めるとともに、vimentin陽性細胞をほとんど観察することができなかった (図3)。

#### 4. 考察

ユビキチンリガーゼであるFbxw7をノックダウンすると肝癌細胞 (Huh-7) 細胞質内に脂肪滴の増加と大型化が認められ、Fbxw7は、脂肪化機序に関係するとともに、細胞遊走や転

移にも関与している可能性が示唆された。また、LV-SEMは、癌細胞スフェロイド等の形態学的な研究には、標本作製およびその操作の簡便さから有用なツールになると思われる。それに加えて、最新技術として同一試料から蛍光顕微鏡と電子顕微鏡とで得られる像を相関解析する光 - 電子相関顕微鏡法であるCLEM法は、ますます有効性が示されると思われるが、今後、化学固定条件と免疫組織化学的検出法を改良し、より微細構造の保持できる方法を検討していきたいと考えている。

#### 謝辞

本研究は、平成30年度科学研究費補助金 (奨励研究 課題番号:18H00471) の支援を受け実施した。

#### 参考文献

- [1] Hayashi Y, Osanai M, Lee GH: NOTCH2 signaling confers immature morphology and aggressiveness in human hepatocellular carcinoma cells. *Oncol Rep* 34(4):1650-8. 2015
- [2] Hayashi Y, Osanai M, Lee GH: Fascin-1 expression correlates with repression of E-cadherin expression in hepatocellular carcinoma cells and augments their invasiveness in combination with matrix metalloproteinases. *Cancer Science* 102(6):1228-35. 20



# 産学民の協働による希少種モニタリングの効果と課題

阿南工業高等専門学校 技術部  
技術第3グループ

東 和之 (Kazuyuki Higashi)

Abstract : Monitoring of *Tubuca arcuata* in the Sumiyoshi tidal flat of Yoshinogawa Estuary, Tokushima Prefecture, has been conducted for five years through civic cooperation. This cooperative monitoring has clarified temporal change in the population density of *Tubuca arcuata* and in its distribution by particle size composition of the sediment. However, a questionnaire survey confirmed differences in awareness among citizens. Going forward, it will be necessary to conduct activities to raise satisfaction among participants, and to raise awareness to recruit participants.

Keywords : cooperation, conservation, monitoring, *Tubuca arcuata*

## 1. はじめに

多くの干潟が失われた今、干潟にすむ生物の多くも絶滅が危惧される状況となった<sup>[1]</sup>。これらの希少種の保護を図るには、科学的な手法による生態・状況把握が基本となる。貴重な干潟環境の保全やそこに生息する希少種の保護のためには、地域社会の実情に合った参加型の保全の体制や協働プログラムを検討するべきであり<sup>[2]</sup>、近年、全国各地で協働による環境保全の取り組みが行われている。

本研究では、市民団体、研究者および企業による3者で協働の枠組みを構築し、徳島県の吉野川河口で実施している市民モニタリング調査「シオマネキ調査2020」について、その枠組みや得られた成果等について報告する。そして、市民主導による調査の有用性や本協働調査の特色および協働調査継続のための課題を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 シオマネキのモニタリング調査

シオマネキのモニタリング調査は、徳島県吉野川河口住吉干潟（34°04'53.5"N，134°34'30.8"E）において、2013年から開始し、2017年までの5年間継続されている。全体調査は活動が活発な夏季（7もしくは8月）に実施し、加入調査は当年に生まれたカニが加入し、目視によって確認できるサイズに成長した秋季（9もしくは10月）に実施した。

### 2.2 アンケート調査

本協働調査の継続への課題を明らかにする

ためにアンケートを実施した。アンケートでは、年齢および協働調査への参加回数を記入してもらった上で、『1. 協働調査活動の満足度、2. 活動を通してのシオマネキへの愛着の深化、3. 次回協働調査への参加意欲、4. 他の人へ協働調査への参加を呼びかけたいか』の4点について5段階評価で尋ねた。アンケート調査は2018年2月に実施し、吉ラムネットの会員には吉ラムネットの総会で配布し、記入後に回収した（回収数6）。吉ラムネット会員以外には筆者がメールでアンケートを実施した（回収数8）。

## 3. 研究結果

### 3.1 シオマネキのモニタリング調査

加入調査と全体調査の個体数密度の経年変化を図1に示した。2013年には52.3個体/m<sup>2</sup>の加入が確認されたものの、翌2014年は10.3個体/m<sup>2</sup>に激減した。しかしその後密度は上昇に転じ、2017年度の調査では65.2個体/m<sup>2</sup>の加入が確認された。一方、全体調査の密度は2013年が最も高く6.76個体/m<sup>2</sup>であったが、年を経

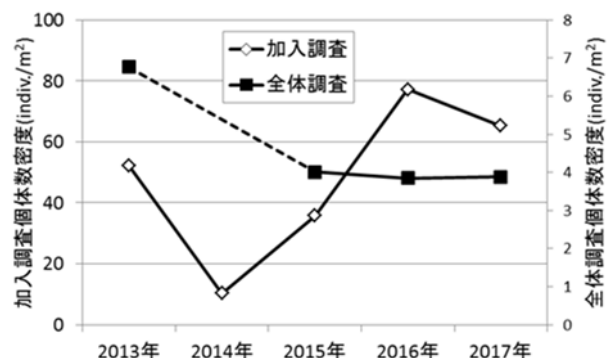


図1 シオマネキの個体数密度の経年変化

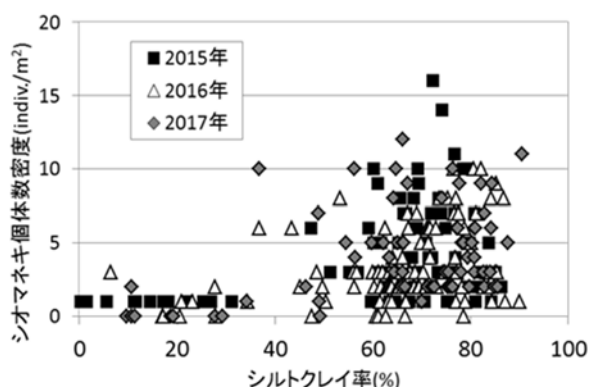


図2 シオマネキの個体数密度と底質のシルトクレイ率との関係

るごとに減少し、2017年度の調査では3.88個体/m<sup>2</sup>であった。

全体調査における、シオマネキの密度と底質のシルトクレイ率（底質中における粒径が75 μm未満のものの占める割合）の関係を図2に示した。シルトクレイ率が低い（40%未満）地点では、ほとんどの地点でシオマネキの密度は1個体/m<sup>2</sup>以下であったが、1m<sup>2</sup>あたり2個体以上のシオマネキが確認された地点では、95%以上の地点においてシルトクレイ率が50%以上であった。

### 3.2 アンケート調査

アンケートで5段階評価により尋ねた4つの質問項目について、吉ラムネット会員と非会員別に集計し、それぞれを比較した結果を表1に示した。吉ラムネット会員の回答値は全ての項目で非会員の参加者の回答値を上回っていた。中でも次回調査参加への意思を尋ねた項目では、吉ラムネット会員の回答の平均値は4.6と非常に高い値を示した。非会員の参加者については、活動の満足度を尋ねた項目およびシオマネキへの愛着の深化を尋ねた項目では、吉ラムネット会員の回答の平均値との間に有意差は確認されなかった。しかしながら、吉ラムネット会員で特に高い値を示した。

表1 各質問項目に対する回答（5段階評価）に対する吉野川ラムサールネットワーク会員と非会員の比較。値は回答における平均値±標準偏差。

\* : t-test,  $p < 0.05$

質問項目	ラムネット会員 (n=6)	非会員 (n=8)
活動の満足度	4.00±0.707	3.71±0.756
シオマネキへの愛着	4.40±0.894	4.14±0.900
次回調査への参加*	4.60±0.894	3.43±1.272
他人へ呼びかけたいか*	4.20±0.837	3.00±0.577

次回参加への意思を尋ねた項目および、協働調査を他人へ呼びかけたいかと尋ねた項目については、吉ラムネット会員と非会員の参加者の間で有意差が確認され(t-test,  $p < 0.05$ ), この差を埋めていく取り組みが必要であることが分かった。その対策の一つとして、調査結果などのフィードバックなどの参加者のモチベーションを高める活動を行っている。

### 4. まとめ

本研究は、産学民の協働事業により、吉野川河口住吉干潟における稀少種シオマネキのモニタリング調査を行いシオマネキの個体数の増減やその底質選好性を明らかにした。またアンケート調査を実施することによって、協働調査参加者の思いを明らかにした。以下に主要な結論を示す。

- 過去5年間の住吉干潟におけるシオマネキの密度は全体調査で3.88~6.72個体/m<sup>2</sup>, 加入調査で10.3~65.2個体/m<sup>2</sup>で推移していた。
- シオマネキの個体数密度は2014年度に激減したが、それは台風11号による大規模な出水の影響であると考えられる。
- 全体調査で1m<sup>2</sup>あたり複数個体確認されたのは、95%以上がシルトクレイ率50%以上の地点だった。
- 5年間の調査により住吉干潟のシオマネキの生息状況が継続的に記録できており、これは洪水等の攪乱後の影響評価や順応的管理に重要な役割を果たすと考えられる。
- 市民団体会員とそれ以外の参加者の間には本協働調査に対する思いに差があり、今後はその差を埋める仕掛けが必要である。

### 参考文献

- [1] 五嶋聖治：はじめに。日本ベントス学会（編）：干潟の絶滅危惧動物図鑑 海岸ベントスのレッドデータブック，東海大学出版会，神奈川，2012
- [2] 西原昇吾・荻部治紀：水辺の侵略的外来種排除法。鷲谷いづみ・宮下直・西廣淳・角谷拓（編）：保全生態学の技法 調査・研究・実践マニュアル，東京大学出版会，東京，2010。

# 研究室における実験系の導入

## 常三島技術部門 分析グループ

友成 さゆり (Sayuri Tomonari)

### 1. 支援先である研究室紹介

支援先の研究室では、昆虫(フタホシコオロギ)を対象として、発生および再生の分子メカニズムの解明と、並行して、将来の食糧難に備えるために昆虫食の開発も行っている。フタホシコオロギは、RNAiやトランスジェニック技術の確立により、発生研究などのモデルシステムの一つとして注目されている。

構成員である准教授, 助教, 技術補佐員, D2, D1, M2 (2名), M1 (2名), 4年 (3名) の方々と共に日々研究に取り組んでいる。

### 2. 体節形成に関わる遺伝子解析

現在、研究しているフタホシコオロギの*even-skipped*遺伝子は特に胸部・腹部の体節形成に関与しており、遺伝子ノックアウト解析により詳しい機能解析を進めている。*even-skipped*遺伝子は他の、あるいは自分自身の遺伝子発現を調節する転写調節因子をコードしている。この遺伝子は昆虫からヒトに至るまで広く相同遺伝子が存在し、進化の過程で機能は変化しているものの、生物の発生における重要な遺伝子の一つであるとされている<sup>[1]</sup>。この機能解析を進めるにおいて、今回導入した各解析法を研究室内にてワークするように整えたので、報告する。

#### 2. 1 遺伝子の発現定量

*even-skipped*遺伝子の発現量を知るために、以前よりリアルタイム定量PCRを行ってきた。しかし、本遺伝子のmRNAとして多くのスプライシングバリエーションの存在が示唆されたため、mRNAにおけるエクソンの存在量を比較することとした。しかしリアルタイム定量PCRでは異なる標的配列間の比較はできない。そこで、デジタルPCRを行うことにした。

##### 2. 1. 1 デジタルPCRについて

PCRの技術は進化を続けており、第一世代

のエンドポイントPCRから、第二世代リアルタイム定量PCRを経て、革新的な第三世代デジタルPCRが登場した。デジタルPCRは1分子からのPCR増幅をベースとして、核酸サンプルの絶対定量を可能とする新しい解析手法である。先端酵素学研究所の次世代酵素学研究領域(B棟)のQuantStudio 3D デジタルシステム(ABI)を利用し、*even-skipped*遺伝子の第1エクソンと第2エクソンに対する発生時間毎の発現量比較を行った(図1)<sup>[2]</sup>。



図1 先端酵素学研究所次世代酵素学研究領域(B棟)設置のデジタルPCR機

### 2. 2 遺伝子ノックアウト解析

#### 2. 2. 1 ゲノム編集技術について

細胞が本来持っているゲノム二本鎖切断の修復機構を利用して、細胞内でゲノムDNA上の任意の領域を特異的に切断することで、遺伝子のノックアウト(遺伝子破壊)やノックイン(外来遺伝子の挿入)を行う技術のことである。特異性が高いがゆえに、目的の変異体を非常に効率よく作製できる<sup>[3]</sup>。最近では医療、食料、農業、エネルギー分野で幅広く利用されている。

#### 2. 2. 2 変異検出技術の改良

支援先の研究室では早くから、この技術を利用し開発改良を重ねてゲノム機能解析により昆虫の形態形成の基本原則と進化の理解を分子レベルで深めている。ゲノム編集個体の解析過程では、導入された変異検出によるゲノム編集効率の評価や変異体選抜が必要となる。同研究室で行われていた変異検出の方法

は、効果的ではあるが非常にコストのかかるものであり、研究の発展にともない負担が増している状況であった。

そこで、変異検出実験のコストダウンのためアクリルアミドゲルを使用した別の検出法<sup>[4]</sup>の導入を支援した(図2)<sup>[5]</sup>。

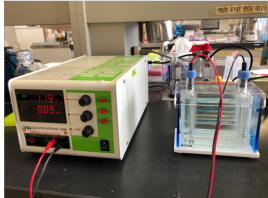


図2 スラブゲル電気泳動の様子

### 2. 3 タンパク質解析

先に示唆された多様なスプライシングバリエーションが、それぞれ機能的なタンパク質を生産しているのかどうかをウエスタンブロッティング法により検証する必要性が生じた。研究室内で、過去にウエスタンブロッティングの実験は行われていたが、引き継ぎがなされず中断されていた。そこで、再度、実験環境を整えた。

#### 2. 3. 1 ウエスタンブロッティング

ウエスタンブロッティング法は、SDS-PAGE 電気泳動と抗原抗体反応の高い特異性を組み合わせて、タンパク質抽出液から目的のタンパク質を検出する手法であり、昔からライフサイエンスの様々な分野で利用されている。

フタホシコオロギの内在性タンパク質を検出することを目的として、プロトコルを整えた(図2)<sup>[6,7]</sup>。

### 3. まとめ

今回導入した3つの解析法について、プロトコルおよび実験環境を整えることができた。デジタルPCRではキャンパス間の移動が大変で高額な試薬等消耗品費が必要となるが、装置が安価に利用できることは大変有用性があると考えられる。変異検出実験においては高額試薬のコストダウンに貢献できた。またアクリルアミドゲル作製は注意すべき点さえおさえおけば、難しいことはないと思われ

る。ウエスタンブロッティングではポジティブコントロールとして、細胞質アクチンの検出に成功した、よって、一連の作業工程は確立できた。

### 4. 今後について

学生の卒業にともなう実験の引き継ぎや解析法の維持にはしばしばスムーズに行われないう場合がある。そのためにも解析方法を記したプロトコルは大変重要な意味をなすと考えられる。また効率的な実験指導にも役立つと言える。

しかしプロトコルがあっても学生個々の技術の習得には時間を要すること、また伝達を完了することもなかなか困難なのが実状である。

### 謝辞

本発表内容に際して、生物資源産業学部三戸太郎准教授のご支援をいただきましたことに感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] 上野直人, 野地澄晴, (1993), 実験医学バイオサイエンス⑩ 形づくりの分子メカニズム, 羊土社
- [2] QuantStudio 3DDigital PCR system 2014年1月版 簡易操作ガイド, ライフテクノロジー
- [3] タカラバイオ株式会社\_ゲノム編集実験ハンドブック
- [4] Yu Hisano, Satoshi Ota and Atsuo Kawahara, (2014), Artificial site-specific nucleases in zebrafish, *Development, Growth & Differentiation*, 56, 26–33
- [5] 農研機構  
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/karc/VM/PAGE.html>
- [6] GEヘルスケア・ジャパン株式会社  
<https://www.gelifesciences.co.jp/technologies/ecl/guide.html>
- [7] Boster Biological Technology, “How to become a western blot expert in 4 days” (日本語版:4日間でウエスタンブロットのエキスペートになる方法)

# 徳島大学技術支援部規則

# 徳島大学技術支援部規則

平成29年3月21日

規則第50号制定

## (趣旨)

第1条 この規則は、徳島大学学則(昭和33年規則第9号)第7条の2第2項の規定に基づき、徳島大学技術支援部(以下「技術支援部」という。)について必要な事項を定めるものとする。

## (目的)

第2条 技術支援部は、徳島大学(以下「本学」という。)における教育、研究及び社会貢献に関する技術支援を全学的な見地から行うとともに、技術支援部職員の能力及び資質の向上等を図ることにより、優れた人材を確保し、本学の発展に寄与することを目的とする。

## (業務)

第3条 技術支援部は、前条の目的を達成するため、次の各号に掲げる業務を行う。

- (1) 教育研究活動に係る技術支援及び技術開発に関すること。
- (2) 安全衛生管理に関すること。
- (3) 学内からの依頼業務に関すること。
- (4) 技術支援部職員の研修等に関すること。
- (5) 地域貢献に関すること。
- (6) 技術支援部の管理運営に関すること。
- (7) 本学が所有する機器の学外利用に関すること。
- (8) その他技術支援に関し必要な事項

## (組織)

第4条 前条の業務を実施するため、技術支援部に次の部門及びグループを置く。

### 常三島技術部門

分析グループ

ものづくりグループ

計測制御システムグループ

情報システムグループ

管理運営グループ

地域協働グループ

### 蔵本技術部門

機能解析グループ

研究開発支援グループ

解剖・グローバル教育グループ

管理運営グループ

UR A部門

UR Aグループ

(職員)

第5条 技術支援部に次の職員を置く。

- (1) 技術支援部長
- (2) 副技術支援部長
- (3) 技術部門長
- (4) 副技術部門長
- (5) グループリーダー
- (6) 技術専門員
- (7) 技術専門職員
- (8) 技術員
- (9) リサーチ・アドミニストレーター
- (10) 教務員
- (11) その他必要な職員

(技術支援部長及び副技術支援部長)

第6条 技術支援部長は、学長が指名する副学長をもって充て、技術支援部の業務を掌理する。

- 2 副技術支援部長は、常三島技術部門を統括する副技術支援部長にあつては社会産業理工学研究部長を、蔵本技術部門を統括する副技術支援部長にあつては医歯薬学研究部長を、UR A部門を統括する副技術支援部長にあつては研究支援・産官学連携センター研究推進部門長をもって充て、技術支援部長を補佐するとともに、協力して技術支援部の業務を運営する。

(技術部門長及び副技術部門長)

第7条 常三島技術部門及び蔵本技術部門にそれぞれ技術部門長及び副技術部門長を置く。

- 2 技術部門長は、部門を統括するとともに、副技術支援部長を補佐する。
- 3 副技術部門長は、部門の業務を処理するとともに、技術部門長を補佐する。

(グループリーダー)

第8条 第4条に規定するグループ(UR Aグループを除く。)にグループリーダーを置く。

- 2 グループリーダーは、第5条第6号から第10号までの職員のうちから技術支援部長が命ずる。
- 3 グループリーダーは、グループを統括するとともに、グループの業務を処理する。
- 4 グループリーダーの任期は、2年とする。ただし、グループリーダーが任期の途中で欠員となった場合の後任者の任期は、前任者の残任期間とする。
- 5 グループリーダーは、再任されることができる。

(アドバイザー)

第9条 技術支援部に、業務に係る専門的助言及び組織運営に係る事務的助言を行うため、アドバイザーを置く。

2 アドバイザーは、次の各号に掲げる者をもって充てる。

- (1) 総合科学部、理工学部、生物資源産業学部及び情報センターから選出された教員 各1人
- (2) 医学部、歯学部、薬学部、先端酵素学研究所及び放射線総合センターから選出された教員 各1人
- (3) 常三島事務部長
- (4) 蔵本事務部長

3 前項第1号及び第2号のアドバイザーの任期は、2年とする。ただし、アドバイザーが任期の途中で欠員となった場合の後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

4 前項のアドバイザーは、再任されることができる。

(運営委員会)

第10条 技術支援部に、技術支援部の運営に関する事項を審議するため、徳島大学技術支援部運営委員会（以下「運営委員会」という。）を置く。

2 運営委員会は、次の各号に掲げる事項を審議する。

- (1) 技術支援部の管理運営の基本方針に関すること。
- (2) 技術支援部の業務に係る基本方針に関すること。
- (3) 技術支援部の予算及び決算に関すること。
- (4) 技術支援部の職員の採用発議、配置及び育成に関すること。
- (5) その他技術支援部の業務に関し必要な事項

3 運営委員会は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

- (1) 技術支援部長
- (2) 副技術支援部長
- (3) 技術部門長
- (4) アドバイザー
- (5) その他運営委員会が必要と認める者

4 運営委員会に委員長を置き、技術支援部長をもって充てる。

5 委員長は、運営委員会を招集し、その議長となる。

6 委員長に事故があるときは、委員長があらかじめ指名する委員が、その職務を代理する。

7 運営委員会は、委員の過半数の出席がなければ会議を開くことができない。

8 議事は、出席した委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(部門会議)

第11条 部門に、業務の円滑な実施を図るため、部門会議を置く。



2 部門会議については、別に定める。

(関係部局との調整)

第12条 技術支援部長は、技術支援業務の実施にあたり、各学部、大学院各教育部、大学院各研究部、先端酵素学研究所、ポストLEDフォトンクス研究所、情報センター及び放射線総合センター（以下「関係部局」という。）との調整を適切に行うものとする。

2 副技術支援部長及び技術部門長は、アドバイザーと連携し、日々の業務について円滑な実施に努め、関係部局の長及び教員との調整を適切に行うものとする。

(事務)

第13条 技術支援部の事務は、関係部局及びアドバイザー並びに他グループの協力を得て、常三島技術部門管理運営グループ及び蔵本技術部門管理運営グループにおいて処理する。

(雑則)

第14条 この規則に定めるもののほか、技術支援部について必要な事項は、運営委員会の議を経て技術支援部長が別に定める。

附 則

この規則は、平成29年4月1日から施行する。

附 則（平成31年2月18日規則第32号改正）

この規則は、平成31年3月1日から施行する。

附 則（平成31年3月28日規則第89号改正）

この規則は、平成31年4月1日から施行する。

## 編集後記

徳島大学技術支援部が設置され3年目が終わろうとしています。2019年は「令和」という新しい時代の幕開けの年となり、ラグビーW杯では日本代表がそのチーム力で初の決勝リーグ進出という快挙を成し遂げ、日本中に感動と勇気を与えてくれました。技術支援部も常三島技術部門、蔵本技術部門、URA部門が一丸となりそれぞれの専門性を活かして、徳島大学にとどまらず地域社会のこれからの発展に貢献できるよう支援活動を行ってまいります。

本報告集は、そのような技術支援部所属の職員による、日頃の業務での工夫や成果、地域貢献活動に関する報告と令和元年9月に開催した第3回技術支援部技術発表会の要旨集を掲載したものです。本報告集を通し、技術職員の専門性に基づく多様な技術支援、研究・教育支援だけでなく地域貢献活動の一端をご理解いただけますと幸いと存じます。

最後になりましたが、本報告集の発刊に際し、多大なご支援・ご協力を賜りました佐々木技術支援部長をはじめ、技術支援部の皆様、ご執筆いただいた皆様、また、編集・発行に際しご尽力いただきました編集委員の皆様方に厚く御礼申し上げます。  
(酒井 仁美)

## 編集委員

### 常三島技術部門

酒井 仁美(委員長)	地域協働グループ
井上 久美子(副委員長)	管理運営グループ
井本 朗暢	分析グループ
宮本 康平	ものづくりグループ
三浦 隆浩	計測制御システムグループ
横山 智弘	情報システムグループ
飯田 仁	地域協働グループ

### 蔵本技術部門

入倉 奈美子	機能解析グループ
武田 英雄	機能解析グループ
松尾 真介	機能解析グループ
堀川 秀昌	研究開発支援グループ
梅本 ひとみ	解剖・グローバル教育グループ
岩本 ゆかり	管理運営グループ
佐渡 まみ	管理運営グループ
河村 恵里	管理運営グループ

令和2年3月2日 発行

徳島大学技術支援部

## 技術報告 第3号

編集者 徳島大学技術支援部  
常三島技術部門 技術報告編集専門委員会・技術発表実行専門委員会  
蔵本技術部門 技術報告委員会

発行所 徳島大学技術支援部 常三島技術部門  
〒770-8506 徳島市南常三島町2丁目1番地  
電話番号 088-656-2166  
徳島大学技術支援部 蔵本技術部門  
〒770-8503 徳島市蔵本町3丁目18番地の15  
電話番号 088-633-7106  
徳島大学技術支援部 URA部門  
〒770-8501 徳島市新蔵町2丁目24番地  
電話番号 088-615-2414