

徳島大学 技術支援部

技術報告



第 6 号
2023 年 2 月

技術報告第6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技術報告第6号の発刊にあたり、ご挨拶申し上げます。日頃は徳島大学技術支援部の活動に対してご理解とご協力を賜り、厚く御礼申し上げます。

新型コロナウイルスの流行により、皆さんご承知のとおり生活様式、働き方に変革が訪れました。技術支援部におきましても「With コロナ、After コロナ」のなか、技術支援業務を精力的に行っています。国立大学法人においては、第4期中期目標・中期計画がスタートし、徳島大学でも急速な社会変化への対応、持続可能な開発目標を掲げ、課題対応を開始しました。教育・研究の質の向上、地域との共創、オープンイノベーションなど、技術職員も様々な事業に参画し、その一端を担うことが求められています。

技術支援部は、常三島技術部門、蔵本技術部門、UR A部門の3部門で構成され、技術職員は、業務内容により各部門のグループに所属し、部門間ならびにグループ間で協力しながら活動を行っています。

常三島技術部門においては、今年度はグループ間の人材交流を行い、地方創生事業、機器共用化の推進を図りました。また、情報センターと連携した人材配置も行い、サーバーから端末に至るまで、きめ細かな技術支援業務体制が取れるように体制を強化しています。

蔵本技術部門においては、各グループ間の協業を進め、さらに特任技術員の補充を行い、技術支援体制の強化を行いました。また昨年に引き続き、コロナ禍で中止となった出張経費を原資に新規事業の検討を行い、質量分析によるアミノ酸解析ならびに次世代シーケンス解析時の品質管理について検討を行い、分析方法の確立やQC項目の策定など一定の成果を上げることができました。また常三島地区にも情報提供を行い、質量分析で協力していく運びとなりました。

UR A部門においては、昨年度に続き、大学組織が推進するプロジェクト、研究インテグリティ、共用機器の運用及び利用促進、研究広報といった全学の研究推進に関する業務を広く行いました。さらに、今年度は技術職員1名を採用し、学生募集に係る企画・立案、入学者選抜に係る調査・研究・分析といったアドミッションに関する専門業務も担うこととなり、地方大学が課題とする学生の確保と入学者選抜機能の維持に大きな役割を果たしています。その他、期間に定めのある特任技術員が長期的に活躍できる体制とするため、期間に定めのない技術員への登用を可能とする規則を技術部門と共に制定しました。大学の研究力強化が求められる中、技術職員には更なる活躍が期待されていることから、このような職場環境の整備も行って参ります。

この度、技術支援部技術報告第6号をWEB発刊の運びとなりました。今年度も例年どお

り，日ごろの業務での気付き，研究・成果発表など，本学技術職員の一年の業務の成果を掲載しております。本技術報告をご高覧いただき，皆様と情報共有，教育研究支援のご参考となれば幸甚でございます。

大学を取り巻く環境は年々厳しくなっておりますが，今後とも徳島大学技術支援部の活動に，ご指導ご鞭撻を賜りますよう，お願い申し上げます。

目 次

【技術報告】

1	細胞周期解析の実際 PI (Propidium Iodide) 染色測定での注意点	北村 光夫	1
2	Wi-Fi / BLE 対応 IoT デバイスにおける 消費電流の自動計測	辻 明典	4
3	LC-MS を用いた非誘導体化アミノ酸分析系の構築	西野 耕平	8
4	Apache モジュールを用いた DoS 攻撃対策	宮武 秀考	12

【業務報告】

1	薬用植物園で栽培する国内では珍しいオオウイキョウ	今林 潔	13
2	省力化のための農作業支援ラジコンの開発	北島 孝弘 他	16
3	令和 4 年度 徳島大学（被災建築物） 応急危険度判定訓練研修会 実施報告	河村 勝	18
4	令和 4 年度 徳島大学社会基盤デザインコースにおける 授業を補う試み ー夏休み企画！建築模型づくり体験講座ー 実施報告	河村 勝	20
5	工業会館部屋予約システムの改善	七條 香緒莉	23

【活動報告】

1	令和 4 年度青少年のための科学の祭典 ～イライラ棒で遊ぼう！～ 実施報告	石井 純也 他	29
2	第 25 回科学体験フェスティバル in 徳島 出展報告	勢川 智美 他	30

【第 5 回技術発表会要旨集】

技 術 報 告

細胞周期解析の実際 PI (Propidium Iodide) 染色測定での注意点

蔵本技術部門

北村 光夫 (KITAMURA Mitsuo)

Keywords : Flow cytometry, 細胞周期, PI, DNA

1. はじめに

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では、フローサイトメーターを用いた各種細胞解析支援を行っている。今回、PI(Propidium Iodide)染色を行った細胞の細胞周期解析方法と注意点をまとめたので報告する。

2. 細胞周期の解析原理

細胞分裂時には DNA の複製が行われ、親細胞から同量の DNA が娘細胞に引き継がれる。この過程は時期により、G1(Gap1), S(Synthesis), G2(Gap2), M(Mitosis)期と呼ばれ、S 期には細胞分裂前の DNA 合成、複製が行われ、M 期には分裂が行われる。このような DNA の合成、複製、分裂時の DNA を蛍光物質で染色し、その蛍光強度を用いて DNA 量を計測する。一般的に光路長、濃度が小さい場合は、DNA 量と蛍光強度は比例関係になるとされる。^[1]

今回の測定方法以外に蛍光色素を DAPI(4',6-diamidino-2-phenylindole) や 7AAD(7-Amino-Actinomycin D)を用いる方法ならびに BrdU(Bromodeoxyuridine)を用いた S 期に主眼をおいた解析、各周期を色分けできる Fucci (Fluorescent Ubiquitination-based Cell Cycle Indicator)を用いた方法などがある。フローサイトメーターに搭載されているレーザーの種類（選択した蛍光が励起できるレーザー波長なのか）や着目する細胞周期の時期により適宜、選択される。PI は 488 nm レーザーで励起することができ、617 nm の最大蛍光波長が検出できる。

3. 使用した機器および細胞

フローサイトメーター

Becton Dickinson FACSVerse^[2]
(488nm,638nm レーザー搭載)

測定解析ソフトウェア

- Becton Dickinson BD FACSuite^[2]
- Beckmancoulter Kaluza^[3]

細胞

Y-1 マウス副腎皮質細胞

4. 細胞固定および染色プロトコル

以下はエタノールで細胞固定し、その後 PI で核染色を行う一般的なプロトコルであり、細胞の種類、状態によって適宜、濃度、時間、温度の調整を行う。

- ①細胞を $1 \sim 10 \times 10^6$ 個/ml 程度に調整して、15 ml 遠心チューブに分注する。
- ②PBS(-)(phosphate buffered saline, magnesium free, potassium free)を加え、よく混和して遠心(300G 5 min 程度)後、上清を除去。
- ③ ②の行程を繰り返す。
- ④細胞ペレットをタッピングでほぐし、冷 70% Ethanol 10 ml をボルテックスしながら徐々に添加する。
- ⑤4℃で 2 時間以上固定する。
- ⑥遠心(300G 5 min 程度)して、70% Ethanol を除去する。
- ⑦細胞ペレットをタッピングして、PBS(-) 10 ml を加え、ピペッティングを行い、遠心(300 G 5 min 程度)して、上清を除去する。
- ⑧ ⑦の工程を繰り返す。
- ⑨RNase A(Ribonuclease A)溶液 0.25mg/ml を 1×10^6 個程度の細胞に対し、1 ml 加え、37℃で 20 min 静置する。
- ⑩PI 溶液を最終濃度 50 μ g/ml になるように添加し、4℃で 30 min 暗所に静置する。
- ⑪40 μ m ナイロンメッシュにて濾過し、フローサイトメーターにて解析した。

5. 測定結果

図 1 (a)はフローサイトメトリーの基本プ

ロットの FSC(Forward Scatter)-SSC(Side Scatter)プロットである。横軸の FSC は細胞の大きさ、縦軸の SSC は細胞内の複雑さ（細胞内小器官などの状態）をそれぞれ反映している。図 1 (b)は PI ヒストグラムを表し、横軸に PI 蛍光強度、縦軸は頻度を表している。なお蛍光強度は測定機器の検出器感度設定に依存する相対的な値である。この PI ヒストグラムは、ダブレット除去のゲーティングをかけていないプロットである。G1 期ピーク（一番高いピーク）より蛍光強度の低い信号領域の部分は sub-G1 期と呼ばれ、アポトーシスの指標になるともいわれている^[4]。図 1 (b)は細胞の断片や細胞が複数個くっついた状態のものも含まれたプロットになっている。この状態では正確な細胞周期の解析はできない。

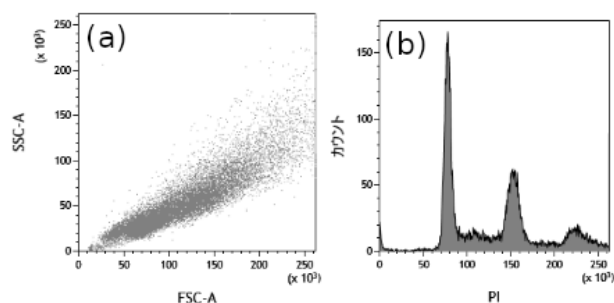


図 1 FSC-SSC 基本プロット(a)および PI ヒストグラム(b)。

そこで細胞 1 個ずつの集団として考えられる領域にゲートをかける図 2 (a)。ゲートを通じたものだけのヒストグラムが図 2 (b)である。ゲートは横軸を細胞の面積、縦軸に細胞の高さを反映した 2 次元プロットを用いて、面積と高さが比例関係である領域 A をゲート設定している。

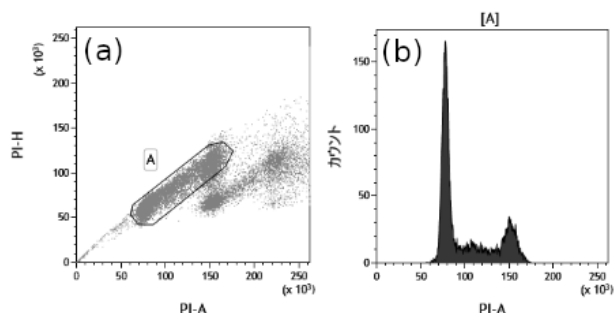


図 2 ゲート A(a)とゲート A を介した PI ヒストグラム(b)

それ以外の領域は細胞の断片やダブレットなどが考えられる。

今回測定した Y-1 マウス副腎皮質細胞は、継代培養時の細胞を用いた。セルサイクル解析ソフト^[3]により、G1 期 58.5%、S 期 18.9%、G2/M 期 22.6%であることがわかった。

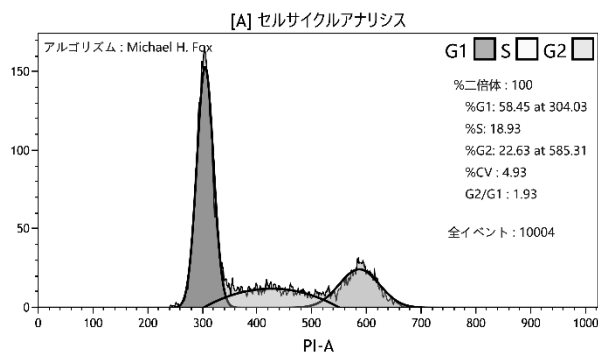


図 3 セルサイクル解析

6. 測定時の注意点

(1) RNase 処理

蛍光色素 PI は DNA, RNA を区別することなく塩基配列にインターカレートされる。従って細胞周期解析とは関係のない RNA 由来の蛍光も検出されることとなり、それを合算して解析すると正しい細胞周期データとはならない。そのため必ず RNase 処理を行い、RNA を分解しておく。実際に検証した Y-1 細胞のデータで見ると、図 4 (a)は RNase 処理済み、図 4 (b)は RNase 未処理の細胞のヒストグラムである。両者を比較すると図 4 (b)は、全体的にブロードなヒストグラムとなり、細胞周期の各時期の判別が難しい。また細胞数カウント値も不明瞭な値となっている。

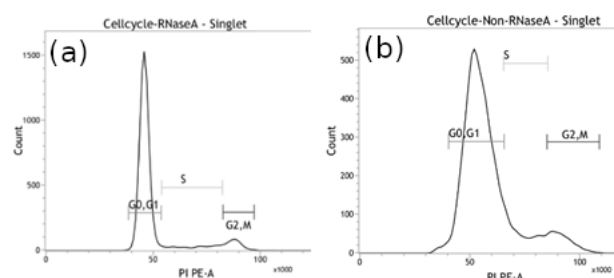


図 4 RNase 処理済み(a)と未処理(b)

(2) サンプル流速

フローサイトメーターでの測定時、サンプル溶液の流速は、最も遅い速度とすること。これは細胞 1 個にレーザーがあたる時間を均一化することにより、蛍光強度の検出条件を安定させ、ヒストグラムがブロードに広がることを防ぐためである。

(3) ダブレットの除去

フローサイトメーターの測定条件設定で、蛍光データ取得チャンネル設定の A(Area), W(Width), H(Hight)のデータ取得を設定し、細胞面積、細胞径のデータを取得できるようにしておく。また測定前にサンプルのピペッティングを行い、さらにナイロンメッシュでろ過する。図2(a)で示したように細胞集団にゲートを掛ける事によってダブレットの除去をおこなう。ダブレットの除去を行わないとG2/M期の値が信用できないものとなる。^[5]

図5は図3と同じ試料を用いて解析を行っているが、ダブレット除去を考慮しないで解析を行うと、先に述べた理由からG2/M期の値が1.6倍多い解析結果となった。このように解析の原理、方法がわからないまま解析を進めると、誤った解析結果を報告しかねない(今回使用した解析ソフトウェアではダブレット除去ゲートを適切にかけないと解析ができないため、提示例は強引に解析を行っている)。

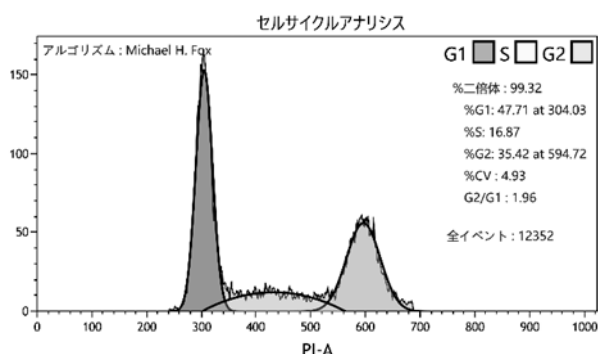


図5 ダブレットの除去なしでの解析

(4) 流路の洗浄

細胞周期測定および解析に直接の関係はないが、PIは強い蛍光を発するため、粘着性の強い細胞などの測定を行った場合は、機器メンテナンスの観点や次の測定者のデータに影響を与えないようにするために測定後、念入りに流路の洗浄をしておくこと。

7. 最後に

近年フローサイトメーターは、比較的簡単に扱える解析機器となってきた。最近の機器では、一昔前のように光軸調整からフィルター選択、蛍光漏れ込み補正、QCチェックを手動で行わずとも自動で行われるため、

測定をサポートする技術職員の出番は少なくなっている。また測定アプリケーションも市販試薬ベースでプロトコルが一般化され、測定の原理を理解しなくてもマニュアル通りに調整、測定を行えば何かしらのデータが取得できる。このように機器の測定自動化が進む状況ではあるが、ユーザーには測定原理を理解し、使いこなしてもらえるように、今後も初学者のサポートは有用であると考えている。

参考文献

- [1] 柴山祥枝：核酸(DNA・RNA)の定量法。ぶんせき 7：268-274, 2018
- [2] <https://www.bdbiosciences.com/>
- [3] <https://www.bc-cytometry.com/>
- [4] Darzynkiewicz Z, Bruno S, Del Bino G, et al: Features of apoptotic cells measured by flow cytometry. Cytometry 13:795-808, 1992
- [5] 北村光夫, フリーウェアを用いたFCS出力ファイルの読み込みと描画, 臨床検査, Vol.62 774-778, 2018

Wi-Fi / BLE対応IoTデバイスにおける消費電流の自動計測

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

IoT (Internet of Things) は、身の回りのあらゆるモノをネットワークに接続し、そこで得られた知見を基に新たな価値を創出する枠組みである。IoTシステムには、さまざまな無線規格に対応したIoTデバイスが存在し、通信距離や通信速度、消費電力等、システムの要件に応じたデバイスが使用される。特に、消費電力は機器の小型化や長期安定動作において重要であるが、デバイスに使用するマイコンやセンサのカatalog値と実機による動作時の消費電力との間に大きな差が生じることがある。そこで本研究では、Wi-Fi / BLEに対応したIoTデバイスについて、使用条件の違いによる消費電流の詳細な計測を行うことを目的とする。実験では、温湿度センサを搭載した評価ボードを制作し、実使用を想定したプログラムを実行して消費電流の計測を行った。さらに、消費電流の計測にSCPIコマンドによる自動計測の仕組みを導入し、煩雑な計測機器の操作を自動化したので報告する。

2. IoTシステム

一般的なIoTシステムの構成を図1に示す。IoTシステムは、センサからデータを取得するIoTデバイス、インターネットに接続を行うゲートウェイ、データの収集、記録、分析を行うクラウドサーバより構成される。IoTデバイスには、さまざまな無線通信規格の機器が使用されるが、IoTシステムの用途や設置環境に応じて最適なものが選択される。スマートウ

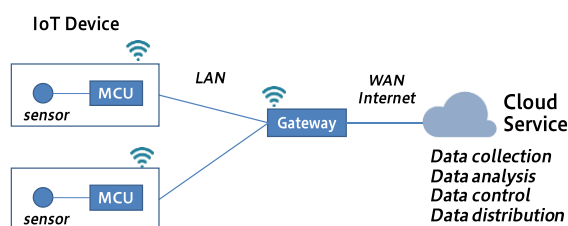


図1 一般的なIoTシステムの構成

ォッチやヘルスケアデバイス等のモバイル機器や温湿度センサ、動きセンサ等の環境計測機器をはじめとして、電池で動作する機器の多くは、無線通信時の電力消費が長期安定動作の課題となる。次に、IoTデバイスの無線通信規格、電池容量について述べる。

2.1 無線通信規格

表1に、IoTデバイスに使用される無線通信規格を示す。各無線通信規格の特徴を示すため、通信距離、通信速度、消費電力の比較を挙げる。無線通信規格には、それぞれ一長一短があり、すべての条件を満たす規格は存在しない。たとえば、Wi-Fiは市販の無線ルータをゲートウェイとして利用でき入手性が良く安価で通信速度が速い反面、消費電力が大きいデメリットがある。Bluetoothは消費電力が低く、PCやスマートフォン等に採用されて実績が豊富だが、通信速度が遅く、プロトコルの実装が複雑である。LTEは公衆回線を使用して長距離通信が可能で、ゲートウェイなしで直接クラウドにデータを送れるが、通信時の消費電力が大きく、また通信コストもかかる。本研究では、施設内、室内等の比較的短距離(~20m)のIoTシステムの運用を想定して、Wi-Fi (IEEE802.11b/g/n), Bluetooth (Bluetooth4.2, BLE) の無線規格を実装したIoTデバイスについて検討する。

表1 無線通信規格の比較

通信規格	通信距離	通信速度	消費電力
Bluetooth	10 - 300 m	125 kbps - 2 Mbps	低
Wi-Fi	15 - 100 m	54 Mbps - 1.0 Gbps	中
ZigBee	30 - 100 m	20 - 250 kbps	低
LTE	< 10 km	1 Mbps	高
Sigfox	3 - 50 km	100 kbps	低
LoRa	2 - 20 km	10 kbps	低

2.2 電池容量

IoTデバイスに使用される電池として、アルカリやマンガン乾電池等の使い切りの電池(一次電池)、リチウムイオンやニッケル水素

等の充電ができる電池(二次電池)がある。電池容量は、電池の使い始めから使い終わりまでに電池から放電できる電気量で決まり、放電時の消費電流[Ampere]と終止電圧までの時間[hour]の積を単位としてアンペアアワー[Ah]として表される。電池動作のIoTデバイスでは、機器の小型化や長時間動作が求められるが、通信規格や通信速度、通信頻度等の使用条件の違いによって消費電流が大きく変わる。そのため、無線通信を伴うIoTデバイスにおける動作時の消費電流の計測は、機器の長時間動作や電池寿命の観点から重要である。

3. IoTデバイスの消費電流と自動計測

IoTデバイスの消費電流を計測するため、図2の評価ボードを制作した。評価ボードには、電源供給コネクタ、昇降圧型DC-DCコンバータTPS63020 (Texas Instruments社)、高精度低損失レギュレータADP3338 (Analog Devices社)、無線機能を搭載したマイコンESP-WROOM-32 (Espressif Systems社)、温湿度センサSHT31 (Sensirion社)、およびプログラミングインタフェースを実装した。ここでは、Wi-Fi / BLEに対応したIoTデバイスの動作について述べた後、計測の自動化について説明し、消費電流の計測方法について述べる。

3.1 Wi-Fi / BLEに対応したIoTデバイス

図3に、評価ボードのブロック図を示す。IoTデバイスの実使用を想定し、電源供給はアルカリ乾電池2本(1.5V 2個) 3.0Vとした。マイコン、センサへの電源は、電池の電圧3.0Vを昇降圧型DC-DCコンバータによって5.0Vに昇圧し、さらに定電圧レギュレータで3.3Vに安定化して供給する。ここで、DC-DCコンバータで5.0Vに昇圧するのは、電池残量が少なくなったとき、レギュレータの電圧降下によってマイコンの動作電圧を下回らないようにするためである。マイコンのプログラムは、プログラミングインタフェースにプログラマを接続して書き込みを行う。消費電流の計測は、電源供給端子のプラス側にデジタル・マルチメータの電流計測端子を接続して行う。マイコンは、Wi-Fi / BLEの無線機能を搭載し、プログラムにより各無線機能を有効・無効に

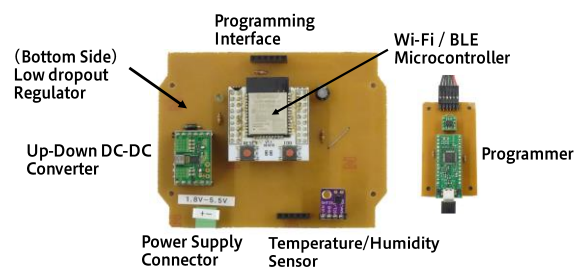


図2 温湿度センサを搭載した Wi-Fi/BLE 対応 IoT デバイス (評価ボード)

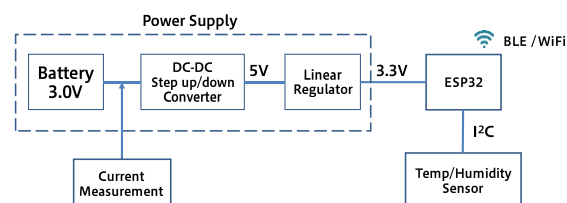


図3 評価ボードのブロック図

設定できる。また、センシング中以外は、スリープして消費電力を低減する機能がある。

3.2 SCPIによる消費電流の自動計測

SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments) は、計測機器向けに設計された測定器用のコマンド言語である^[1]。SCPIに対応する機器であれば、いくつかある機器の操作手順をSCPIコマンドの実行により自動化できる。本研究では、IoTデバイスの消費電流の計測に6.5桁のデジタル・マルチメータ34465A (Keysight社)を用いた。

機器の電源を入れた後、手動による消費電流の計測手順は、次のとおりである。

1. 計測モードを直流電流(DCI)にセット
2. 測定レンジを1Aにセット
3. 積分時間を1にセット
4. サンプリング時間を1msにセット
5. 計測端子を3Aにセット
6. 分解能を最大にセット
7. トリガーカウントを1にセット
8. 取得サンプル数を10,000にセット
9. 計測開始
10. 計測終了。メモリに記録されたデータをPCに転送して保存

これらの操作の一部は計測機器のデフォルト設定だが、電源を入れる度に設定が必要で、また内蔵メモリに上限があることから、計測

表2 SCPI コマンドによる計測の自動化

```
*RST;*CLS //リセット、クリア
DISP OFF //ディスプレイオフ
CONF:CURR:DC 1A,0.00001 //DCA測定, 1Aレンジ, 5桁半表示
SENS:CURR:DC:NPLC 1 //積分時間を最小に設定
SAMP:TIM 1.0E-2 //サンプリング時間を10msに設定
SENS:CURR:DC:TERM 3 //計測端子を3Aに設定
SENS:CURR:DC:RES MAX //分解能を最大に設定
TRIG:COUN 1 //トリガーカウントを1に設定
SAMP:COUN 10000 //サンプル数を10000に設定
INIT //計測開始
FETC? //データ取得
DATA = .ReadList(ASCIIType_R4, ",") //データ形式の指定
For i = 0 To 9999 //サンプル数分のデータを読み込む
    Sheet1.Cells(i + 1, 1) = DATA(i)
Next i
```

の度にこの手順を繰り返す必要がある。この操作手順をSCPIコマンドに置き換えることで、すべての操作手順を自動化できる。表2に、SCPIコマンドによるコード例を示す。作成したコードの実行によって、消費電流の計測データが得られ、またPCへのデータ転送も同時に行われる。コード例では、エクセルに直接データを追記し、計測が終了するとグラフが自動で描画される。

3.3 消費電流の計測と電池による動作時間

マイコンやセンサの消費電流は、データシートの仕様から代表的な値を調べられるが、それらは定常時や瞬時値であることが多い。また、IoTデバイスはマイコンやセンサ、周辺回路等が協調して動作するため、仕様をもとにプログラム動作時の消費電流を求めるのは困難である。そのため、実機に近い評価ボードを用いて、その動作時の消費電流を計測することで、正確な消費電流を見積もることができる。図4に消費電流を計測したときの電流波形の例を示す。縦軸は電流、横軸は時間である。消費電流の時系列波形が得られると、センシング、データ転送、スリープ等に係る時間と消費電流の関係より、デバイスの平均消費電流を求められる。図4では、センシングの周期 $T[h]$ の間に、センシングに $T_1[h]$ の時間がかかり電流 $I_1[A]$ が流れ、待機時間 $T_2[h]$ に電流 $I_2[A]$ が流れている。このとき、1周期の平均消費電流は、 $T_1 \times I_1 + T_2 \times I_2 [Ah]$ となる。電池容量の1時間辺りに放電できる電流量[Ah]を TI_b とすると、電池の動作時間は、

$$T_b = TI_b / (T_1 \times I_1 + T_2 \times I_2) \cdots \cdots (1)$$

により求まる。実際には、電源や周辺回路の

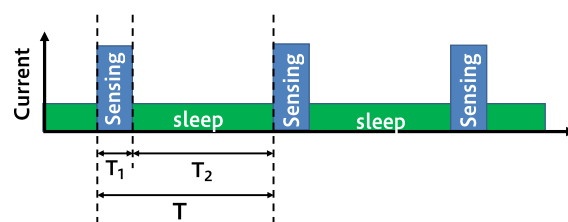


図4 デバイスの消費電流の時系列波形

電力損失、センシングの失敗、通信時のリトライ処理等を考慮して、 T_b に安全率0.7~0.9を掛けて電池による動作時間を見積もる。

4. 消費電流の計測実験

評価ボード上でプログラムを実行し、消費電流の自動計測を行った。マイコンのプログラムとして、基本条件、スリープ動作、Wi-Fi動作、BLE動作(iBeacon)をそれぞれ実行し、動作中の消費電流を計測した。

4.1 基本条件

マイコンのWi-Fi, BLE未使用、温湿度センサ未使用のプログラムを実行し、評価ボードに電源を投入した状態の消費電流を計測した。その結果、常時、約61mAであった。次に、温湿度センサを初期化し、ポーリングによる計測プログラムを実行した。その結果、常時、約81mAであった。温湿度センサの使用により、約20mAの電流が流れることを確認した。

4.2 スリープ動作（無線通信なし）

マイコンには、Wi-Fi, BLE, RTC, ULP等の機能モジュールがあり、スリープ動作時に未使用の機能を無効化する低消費電力モードがある^[2]。ここでは、最も消費電力を低減できるDeep sleepモードを適用し、温湿度をセンシングした時の計測を行った。図5にDeep sleep適用時の計測波形を示す。ここで、スリープからの復帰に約110msかかり、センシングによ

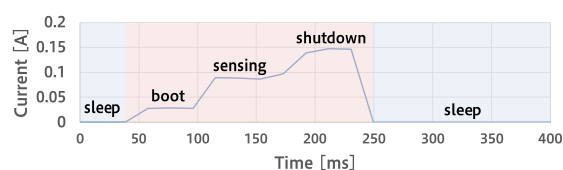


図5 Deep sleep 時の消費電流

り消費電流が約90mAに達した後、マイコンの機能を停止し約100ms後に再度スリープに遷移した。スリープ直前の50ms間に電流が約147mA流れた。スリープ時の消費電流は約25 μ Aを示し、動作時と比べ大幅な消費電流の低減を確認した。マイコンの起動、センシング、停止に係る時間は0.172s(172ms)、この間の平均消費電流は約87.6mAであった。センシングの周期をT[s]とすると、1周期の消費電流は $0.172s \times 87.6mA + (T-0.21s) \times 0.025mA$ となる。たとえば、T=3600[s]とすると、センシングの周期は1時間となり、このとき消費電流量は約105mAhとなる。式(1)より、電池容量が1000mAhの電池を使用したとすると、約9.52時間動作すると見積もれる。

4. 3 Wi-Fi動作とMQTTデータ転送

無線Wi-Fi機能を有効にして、センシングした温湿度データをMQTTによりサーバへデータ送信を行った。無線Wi-Fiはルータの設定に合わせてIEEE802.1gとした。図6に計測波形を示す。

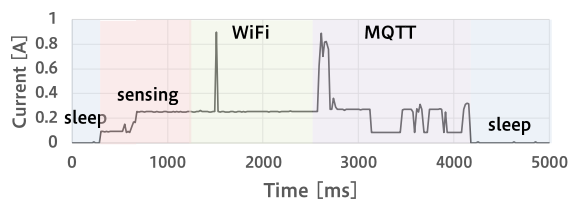


図6 Wi-Fi 動作時(MQTT によるデータ送信)の消費電流

スリープから復帰後にセンシングを行い、Wi-Fi通信を開始、ルータを探索してIPアドレスを問い合わせしている。探索時にスパイク状の電流890mAが流れた。続けて、MQTTサーバとの通信確立時にも同様に、スパイク上の電流890mAが流れた。その後、温度、湿度の4バイトのデータを送信した後、スリープに遷移した。この間の時間は3.8sで、平均消費電流は約235mAであった。センシングの周期をT[s]とすると、1周期の消費電流は $3.8s \times 235mA + (T-3.8s) \times 0.025mA$ となる。

4. 4 BLE動作 (iBeacon)

Bluetooth4.2 (BLE) 機能を有効にして、センシングしたデータをiBeaconによりパソコン

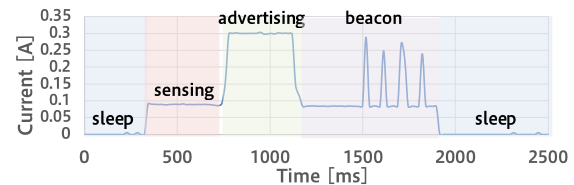


図7 BLE による iBeacon 時の消費電流

へデータ送信を行った。ここで、ビーコンの送信時間は500msとした。図7に計測波形を示す。BLEではスリープからの復帰、停止が短時間で行われた。一方、ホストにデバイスの存在を知らせるAdvertisingに約450msかかり、その後ビーコン送信時にスパイク状の電流が約250mA～300mA、4回流れた後、スリープに遷移した。この間の時間は1.55sで、平均消費電流は約146mAとなった。センシングの周期をT[s]とすると、1周期の消費電流は $1.55s \times 146mA + (T-1.55s) \times 0.025mA$ となる。BLEでは、ビーコンの送信時間を減らすことで、さらに消費電流の低減が期待できる。

5. まとめ

本稿では、Wi-Fi/BLEに対応したIoTデバイスにおける消費電流の自動計測を行った。SCPIコマンドによる計測の自動化によって、計測機器の設定ミスやPCとのデータのやりとりが無くなり計測に係る時間を大幅に短縮できた。今回、Wi-Fi、BLEを対象としたが、IoTデバイスに電池や電源供給コネクタがあれば、デバイスに影響を与えることなく同様の仕組みで動作中の消費電流を詳細に計測できる。これにより、IoTデバイス動作時の消費電流を正確に把握できるため、試作段階での電池寿命や消費電力の見積もりが可能となった。本手法は、商用電源の供給できない環境やソーラーパネルや蓄電池等の自律発電環境で使用されるIoTデバイスの事前評価にも有効である。今後、他の無線規格やマイコンについても消費電流の調査を行う予定である。

参考文献

- [1] Keysight, “Keysight TrueVolt Series Digital Multimeter 34465A”, 2018.
- [2] Espressif, “ESP32 Series Datasheet v4.2”, 2020.

LC-MSを用いた非誘導体化アミノ酸分析系の構築

蔵本技術部門
研究開発支援グループ

西野 耕平 (NISHINO Kohei)

1. はじめに

アミノ酸はタンパク質を構成するだけでなく、遊離アミノ酸としても生体内で重要な役割をもつ有機化合物である。アミノ酸分析の歴史は古く、1958年にはイオン交換とニンヒドリン反応を用いた分析手法が報告されている[1],[2]。アミノ酸をニンヒドリンなどの試薬と混合し、検出可能な誘導体にするのを誘導体化と呼ぶ。各種アミノ酸をカラム分離後に誘導体化するポストカラム化法は夾雑物の影響を受けにくいという利点と装置の複雑化という欠点がある。カラム分離前に誘導体化するプレカラム化法は疎水性の高い誘導体化試薬を使うことで高分離と分析時間の短縮化の利点があり、蛍光誘導体化試薬を用いることで感度の向上が期待できる。一方、プレカラム化法は試料由来の夾雑物が誘導体化を阻害することが欠点として挙げられる。キャピラリー電気泳動-質量分析計 (CE-MS) やイオンペア試薬を用いた液体クロマトグラフィー-質量分析計 (LC-MS) を使うと非誘導体のアミノ酸分析が可能である[3],[4]。しかし、CE-MSは専用装置が必要で、イオンペア試薬を使うと装置の汚染が起こるなどの欠点が存在する。

本稿では研究者自身でアミノ酸を測定できる簡便な分析系構築を目指し、インタクト社が開発した世界初のLC-MS用非誘導体化アミノ酸分析専用カラム (Intrada Amino Acid) を用いた結果を報告する。標準品を用いた移動相の検討、アミノ酸ごとの検出下限値など今後アミノ酸分析を希望する人に役立つ結果を記述する。また、研究よりの結果として培養細胞から抽出した代謝物を網羅的に調べた結果も報告する。

2. 実験材料・実験方法

2. 1 実験材料・器具

非誘導体化アミノ酸分析用分析カラム

Intrada Amino Acid (インタクト株式会社, WAA32, 50 mm×3 mm), アミノ酸混合標準液, H型 (富士フィルム和光純薬, 018-27881), 1 mol/L ギ酸アンモニウム (富士フィルム和光純薬, 011-21031), LC-MS グレード超純水 (富士フィルム和光純薬, 214-01301), LC-MS グレードアセトニトリル (富士フィルム和光純薬, 012-19851), HPLC 用テトラヒドロフラン (安定剤含有) (富士フィルム和光純薬, 200-19391) を使用した。

2. 2 LC-MS/MS 測定およびデータ解析

測定には Ultimate 3000 (Thermo Fisher Scientific) と Q Exactive (Thermo Fisher Scientific) を繋いだ LC-MS システムを使用した。質量分析計の設定はポジティブモード、データ取得は目的に応じて Full MS, Parallel-Reaction-Monitoring (PRM), Data-Dependent-Acquisition (DDA) を使い分けた。

クロマトグラムの描画には Xcaliver Qual Browser (Thermo Fisher Scientific) および FreeStyle ソフトウェア (Thermo Fisher Scientific), 定量解析には Skyline ソフトウェア, 網羅的な解析には Compound discoverer 3.1 (Thermo Fisher Scientific) を用いた。

3. 実験結果

3. 1 移動相の検討

最初にインタクト株式会社のアプリケーションノートを参考に移動相の検討を行った。標準アミノ酸を分析する移動相の組み合わせはテトラヒドロフラン (以下 THF) 仕様とアセトニトリル (以下 ACN) 仕様の 2 つが紹介されている[5]。THF 仕様は移動相 A に「ACN / THF / 25 mM ギ酸アンモニウム / ギ酸=9 / 75 / 16 / 0.3」を移動相 B に「ACN / 100 mM ギ酸アンモニウム = 20 / 80」を使用し、流速 0.5 mL/min でグラジエント条件は 0-3 分で 0%B, 3-9 分で 0-17%B, 9-16 分で 17-100%B とした。

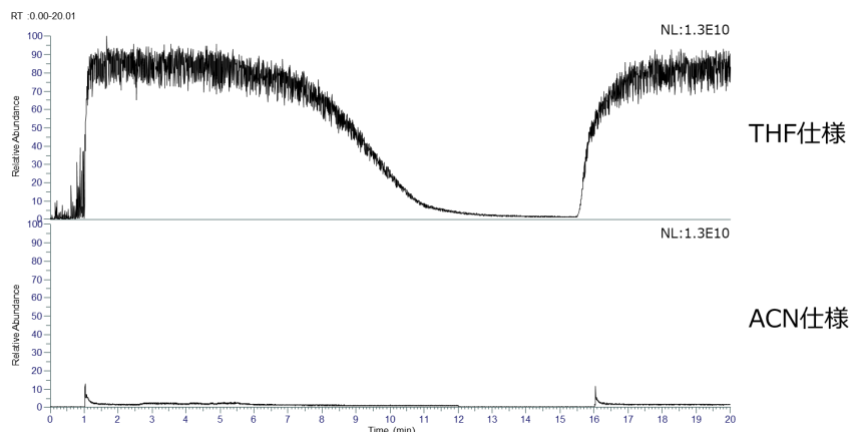


図1 THF 仕様と ACN 仕様のブランク測定比較
どちらも縦軸の高さは揃えている。

THF 仕様は高分離での分析が可能であるが、THF が酸素と反応すると爆発性の過酸化物を精製するなど取り扱いの注意が必要である。ACN 仕様は移動相 A に「ACN / ギ酸=100 / 0.3」を移動相 B に「ACN / 100 mM ギ酸アンモニウム = 20 / 80」を使用し、流速 0.5 mL/min でグラジエント条件は 0-4 分で 20%B, 4-14 分で 20-100%B, 14-16 分で 100%B とした[6]。ACN は LC-MS でよく使われている有機溶媒であり、移動相の調製も簡単である。筆者は 2 種類の仕様を①取り扱いの簡便さ②ベースライン③アミノ酸分離の観点から評価した。前述の通り有機溶媒の取り扱いおよび移動相の調製の観点から ACN 仕様が取り扱いやすい。続いて両方の移動相を用いてサンプルの溶媒である 0.1 M HCl を 5 μ L 打ち込みベースラインを比較するブランク測定を行った (図 1)。THF 仕様は ACN 仕様と比較すると 10 倍以上ベースラインが高い。MS スペクトルを見るとベースラインの高い時間帯では m/z 73.0665 と m/z 145.1220 の THF 由来と思われるスペクトルを検出した。 m/z 145 のスペクトルがグルタミン (m/z 147) の検出を阻害する可能性があるためベースラインの比較に関しては ACN 仕様が優れていると判断した。

最後に 7 種類の標準アミノ酸を測定し、保持時間から分離度を比較した (図 2)。ACN 仕様では 5 種類のアミノ酸 (フェニルアラニン、

ロイシン, イソロイシン, プロリン, バリン) が 0.52 分以内に溶出しているのに対し、THF 仕様では 5 種類のアミノ酸の溶出に 2.32 分掛かっている。異性体であるロイシン, イソロイシンも ACN 仕様より THF 仕様の方が分離できていることから THF 仕様の方がより高分離であると判断した。3 点の結果をまとめると移動相の取り扱いは ACN 仕様、ベースラインの高さは ACN 仕様、分離は THF 仕様に軍配が上がった。検出器に MS を用いるため、分離が不十分でも質量で分けることが可能であり、目的が分析の簡便さであるため ACN 仕様を選択した。異性体を分離する目的であれば THF 仕様選択するなど目的に応じて使い分けるのが良い。また、ACN 仕様で高分離を実現させたい場合は分析時間が伸びてしまうが長いカラムを使うなど別の工夫も考えられる。本稿では以降のデータは全て ACN 仕様で分析した結果を報告する。

3. 2 3 回測定の再現性

18 種類のアミノ酸およびクリアチン, クレアチニンの混合物を各 6 pmol になるように LC-MS へ 3 回打ち込んだ。測定モードは PRM モードで、各標準品の分子イオンの m/z を入力し、各フラグメントイオンの XIC クロマトグラムから定量値を算出した。PRM 測定の解析には Skyline ソフトウェアを用いた。3 回測定時における保持時間のズレや定量値に大きな誤差はなく安定して測定可能と判断した。

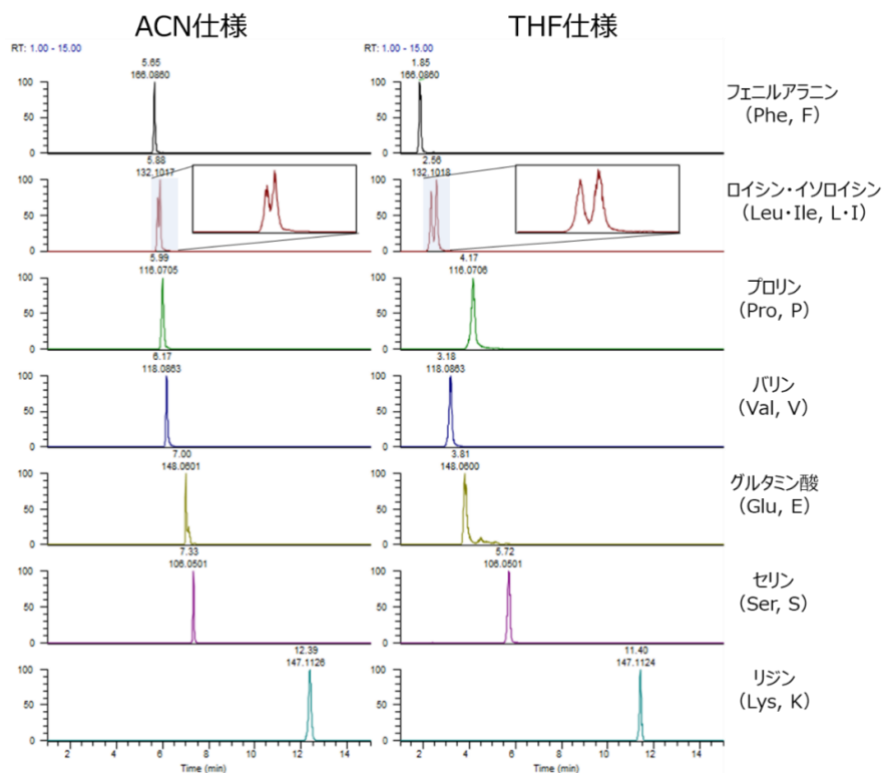


図 2 THF 仕様と ACN 仕様の 7 種類アミノ酸の XIC クロマトグラム
ロイシン・イソロイシンのピークは拡大して表示

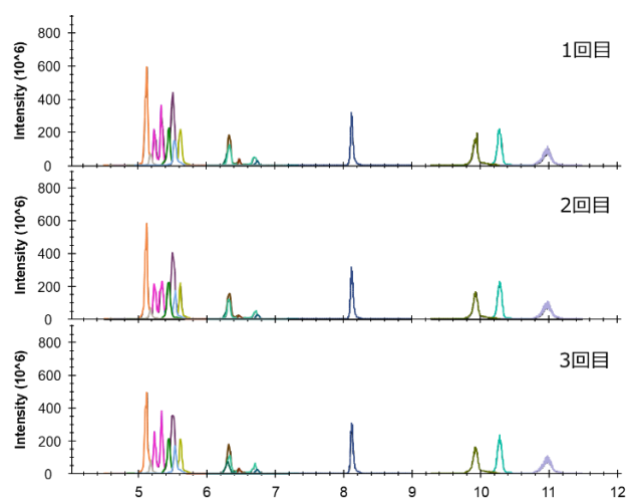


図 3 PRM モードで 3 回測定したアミノ酸標準品 XIC クロマトグラム

3. 3 アミノ酸ごとの検出下限値

3. 2 の標準品を段階的に希釈し、同様に PRM モードで測定し、化合物ごとにピークをして検出できなくなる「検出下限値」を求めた。なお、本稿における「検出下限値」の定義は厳密なものではなく「ピークとして検出できなくなった濃度の 1 段階濃い濃度」程度の意味合いでしかなく、今後の目安に使うのみである。以上の理由から「」付きの「検出下限値」

としている。また、実サンプルを測定する際は試料由来の夾雑物によりイオン化効率も変化するため検出下限値は高くなる。各アミノ酸の「検出下限値」は表 1 の通りである。グリシンやアラニンを分析対象とするときは注意が必要である。

3. 4 培養細胞のメタボロミクス

Full MS および DDA モードで測定したデ

ータはメタボロミクス解析ソフトウェアである Compound Discoverer 3.1 で解析した。このソフトウェアを使うことで抽出物に含まれている化合物を網羅的に同定・定量することが可能である。培養細胞からの抽出物を 2 回測定し、427 ピークから 281 種類の化合物を同定した。同定とはソフトウェアが過去のデータベースを対象に行ったもので誤同定も含まれている可能性があり、結果を精査する必要がある。

表 1 各種アミノ酸の検出下限値

Amino Acid	検出下限値 (fmol)
アラニン	600
アルギニン	6
アスパラギン酸	60
シスチン	6
グルタミン酸	6
グルタミン	6
ヒスチジン	6
ロイシン	60
イソロイシン	60
リジン	6
メチオニン	6
フェニルアラニン	60
プロリン	6
セリン	60
スレオニン	60
トリプトファン	6
チロシン	6
バリン	60
グリシン	6000
クレアチニン	6
クレアチン	6

4 アミノ酸分析を希望される方へ

本稿ではインタクト社の Intrad Amino Acid を使うことで LC-MS を用いた非誘導体化アミノ酸分析が可能であることを報告した。実サンプルからの親水性代謝物抽出方法は羊土社から出版されている「メタボロミクス実践ガ

イド」を参考にさせていただくと良い。安定同位体標識した標準品があればサンプル中のアミノ酸量も知ることが可能である。分析対象を増やしたい場合は対象の標準品とメソッドへの登録が必要になるため筆者にご相談頂きたい。予備的な測定を希望される方も歓迎する。

謝辞

非誘導体化アミノ酸分析系の確立に係る試薬・器材の購入にあたり、技術支援部共通経費を利用させていただき感謝いたします。実サンプルからの抽出物を提供いただいた徳島大学薬学部・創薬理論化学分野の稲垣舞助教にはこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] S. Moore, D. H. Spackman, and W. H. Stein, "Chromatography of Amino Acids on Sulfonated Polystyrene Resins. An Improved System," Anal. Chem., vol. 30, no. 7, pp. 1185–1190, Jul. 1958.
- [2] D. H. Spackman, W. H. Stein, and S. Moore, "Automatic Recording Apparatus for Use in Chromatography of Amino Acids," Anal. Chem., vol. 30, no. 7, pp. 1190–1206, Jul. 1958.
- [3] P. Chaimbault, K. Petritis, C. Elfakir, and M. Dreux, "Determination of 20 underivatized proteinic amino acids by ion-pairing chromatography and pneumatically assisted electrospray mass spectrometry," J. Chromatogr. A, vol. 855, no. 1, pp. 191–202, Sep. 1999.
- [4] T. Soga and D. N. Heiger, "Amino acid analysis by capillary electrophoresis electrospray ionization mass spectrometry," Anal. Chem., vol. 72, no. 6, pp. 1236–1241, Mar. 2000.
- [5] 移動相組成比較(ACN と THF の違い). <https://www.imtakt.com/TecInfo/TI798E.pdf>
- [6] 標準アミノ酸 LC-MS 分析 (推奨メソッド ACN 仕様) <https://www.imtakt.com/TecInfo/TI770E.pdf>

Apacheモジュールを用いたDoS攻撃対策

常三島技術部門
情報システムグループ

宮武 秀考 (MIYATAKE Hidetaka)

1. はじめに

DoS(Denial of Service)攻撃とは、1台の端末からネットワーク機器やサーバなどに対して、短時間に大量のアクセスを行うことで、サービスの提供を妨害、停止させる攻撃である。また、複数の端末を使用して攻撃を行うものをDDoS(Distributed DoS)攻撃という。

本稿では、Webサーバに対してDoS攻撃の対策を行ったので報告する。サーバ環境は、Ubuntu22.04LTS, Apache2.4である。

2. DoS攻撃対策のApacheモジュール

mod_evasive^[1]は、Apacheに対して設定条件を超えるリクエストが送信されていないかを監視し、設定条件を超えるリクエストがあった場合、そのIPアドレスからのアクセスを一時的に遮断するモジュールである。

この他にもmod_dosdetectorなどがあり、これはDoS攻撃を検出するためのモジュールである。検出結果は環境変数に設定されるため、他のモジュールと連携することによってアクセスを遮断する。

今回はmod_evasiveを導入した。

3. mod_evasiveの設定

mod_evasiveの主な設定項目を下記に示す。設定値はデフォルト値である。

- DOSHashTableSize 3097
ハッシュテーブルサイズ
- DOSPageCount 2
同一ページへのリクエスト数の閾値
- DOSSiteCount 50
同一サイトへのリクエスト数の閾値
- DOSPageInterval 1
DOSPageCountの計測時間(秒)
- DOSSiteInterval 1
DOSSiteCountの計測時間(秒)
- DOSBlockingPeriod 10
アクセス遮断時間(秒)

DOSHashTableSizeの値は増加させるとパフォーマンスが向上するが、メモリの消費量が多くなる。この値はサーバの性能やアクセス数に応じて決定する。

DOSPageCount以降の設定値でアクセスを遮断する条件を指定できる。デフォルトでは1秒間に同一IPから同一ページに2回以上のアクセスがあった場合、または1秒間に同一IPから同一サイトに50回以上のアクセスがあった場合に10秒間アクセスを遮断する。

主な設定値の他にDOSLogDirでログを保存するディレクトリを指定できる。mod_evasive専用のディレクトリを作成し、Apacheの実効ユーザが書き込みできるように所有者を変更し保存先を指定する。

今回は割愛したが、遮断したIPアドレスをメールで通知する機能や、特定のIPアドレスをホワイトリストに登録する機能もある。

mod_evasiveは条件を満たした時点でアクセスが遮断されるので、まずはアクセス遮断時間を短めに設定しておき、ログ等を確認しながら適切な値に調整していく必要がある。

4. 今後の課題

今回はApacheに対してのみ有効なDoS攻撃対策を行った。

今後の課題としてApache以外の不正アクセスにも対応できるfail2banを検討していく必要がある。これによりログファイルを監視して、短時間に何度も認証に失敗しているログや、悪意のある攻撃や兆候を発見すると、ファイアウォールを自動的に調整して不正アクセスを遮断することができる。

参考文献

- [1] https://github.com/jzdziarski/mod_evasive/
Jonathan Zdziarski

業 務 報 告

薬用植物園で栽培する国内では珍しいオオウイキョウ

蔵本技術部門

研究開発支援グループ（薬学部薬用植物園） 今林 潔 (IMABAYASHI Kiyoshi)

1. はじめに

薬用植物園は、薬学部の教育、研究に必須の施設として大学設置基準により設置が定められており、漢方薬に配剤される生薬の基原植物や医薬品原料の薬用植物等を栽培している。今回は薬学部生薬学研究室で行う成分探索研究のためにイタリア北東部に位置するバドバ大学より導入された、国内ではほとんど栽培例のないオオウイキョウの栽培について報告する。



図1 オオウイキョウ

2. オオウイキョウ *Ferula communis* L.

本植物は地中海地域原産であり、セリ科に属する高さ約1～2.5 mの多年草植物で、地中海地方のほか中央アジアなどにも分布する（図1）。サウジアラビアでは蕾が赤痢に、根茎が皮膚感染症に対する民間薬として用いられている。本植物の果実はセリ科植物に多く見られる双懸果（そうけんか）であり、縦長2個の果実が付着した形状を特徴とする（図2）。果実の中側は合成面、外側を背面といい、背面には3本、合成面には1本の筋がある（図2）。

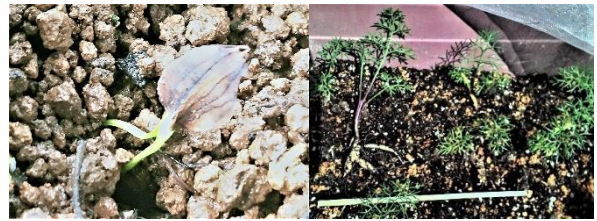


図3 オオウイキョウの発芽直後と発芽約6ヶ月後



図4 発芽から約6ヶ月後と発芽から約25ヶ月後

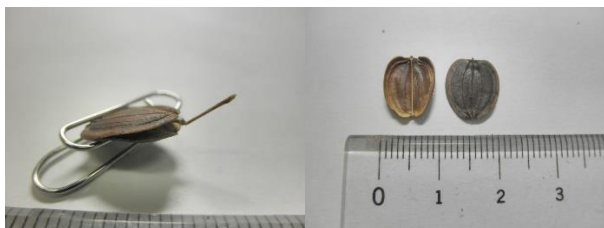


図2 オオウイキョウの双懸果（左）と薄茶色の合成面・焦茶色の背面（右）

3. 栽培内容

バドバ大学より導入した本植物の種子（2015年産）を水に24時間浸漬し、プランターに播種した結果、10株が発芽した（図3）。約6ヶ月間栽培した後、プランターから掘り上げ（図4）、ロックガーデン、温室、および西洋薬園の環境の異なる3ヶ所に分散移植し、それぞれのエリアでの成長過程を比較した。

発芽から約25ヶ月後、最も地上部の成長が良好であった温室栽培の2株を掘り上げた。2株とも地上部は約1m以上、根茎は約30cmに成長していた（図4）。



図5 オオウイキョウの蕾と花

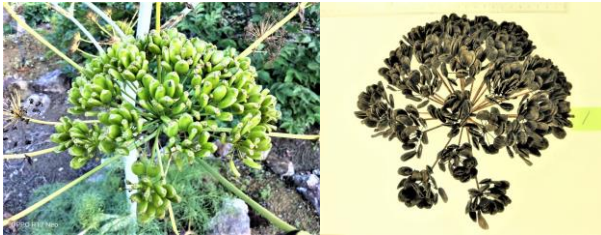


図6 果実を付ける花序とAタイプの乾燥花序



図7 オオウイキョウ1株から取れた果実付き花序



図8 Bタイプ花序から果実を取った果柄と小果柄

4. 開花と結実

発芽から約66ヶ月後の春、ロックガーデンで栽培した株の地上部は高さが約3mとなり、多くの蕾をつけ始めた(図5)。その約1週間後から開花が始まり、1ヶ月後には多くの結実が観察された(図6)。本植物を含むセリ科植物の多くは傘が開いたような散形花序である。傘の骨に相当する部分を花期では花柄といい、結実期では果柄という。花柄や果柄の先端部位を小花柄、小果柄という(図5)(図6)。

開花から約2ヶ月後の2021年6月半ば、果実がついた花序を41個切り取り(図7)、その中から果実数が多い花序を5個(花序A~E)選抜した。このうち花序AとBの2タイプの果柄数と小果柄数を計測した。果柄1本ずつ紙テープを貼り付けて計測した結果(図8)、花序Aの果柄数は27本、小果柄数は14本から25本であった(図6)。Bタイプの果柄数は26本で小果柄数は13本から22本であった(図8)。次に花序A~Eの種子数を計測すると、花序Aでは904粒、Bでは755粒、Cでは766粒、Dでは522粒、Eでは404粒であった。5タイプの種子の合計総重量は134gで、1粒あたりの重量は約0.04gであった(図2)。



図9 オオウイキョウの掘り起こし作業



図10 オオウイキョウの根茎



図1 1 オオウイキョウの成分研究をする徳島大学薬学部生薬学研究室の大学院生



図1 2 2023年1月19日・温室での栽培



図1 3 2023年1月19日・西洋薬園での栽培

5. オオウイキョウの根茎

ロックガーデンで栽培した本植物花序を全て切り取った後、株を地上部の根元で切断し、重機を使用して丁寧に掘り上げた(図9)。根茎はすぐに手洗いし、数時間自然乾燥した後(図10)、その日の内に地上部と共にトラックで本学薬学部生薬学研究室へ運搬した。その後、大学院生等がそれらを細断し、温風乾燥機で乾燥させた。根茎の乾燥重量は1.2kg、地上部は0.5kgと報告を受けた(図11)。

6. 栽培条件の考察

上述の通り、ロックガーデンで栽培した株は2021年に開花・結実したが、温室と西洋薬園で栽培した株はこれまで開花していない。そこで施肥や、土壌環境等の栽培環境の違いを比較した。

施肥については、全ての株についてプランターから移植時に1度だけ市販の緩効性肥料大粒を1株に対して約10粒を根元の土壌に混ぜたのみであり、それ以降施肥はしていない。この緩効性肥料は、窒素6・リン酸40・カリ6・マグネシウム15を配合したもので、約1年間効果が持続する。

2021年に開花、結実したロックガーデンの土壌環境は、最上部層が約20cmの軽石層、2層目として約20cmの山土層(3cmから5cmの山石を多く含む)、3層目として約20cmの古い瓦を砕いた層、さらに4層目として畑の土の層となっている(図9)。

一方、温室土壌は約20cmの軽石層を上部、畑の土を下部とする2層である(図12)。西洋薬園の最上部層は約20cmの軽石層、2層目として約10cmの古い瓦を砕いた層、3層目は畑の土の層である(図13)。

これら異なる土壌環境における比較栽培試験から、本植物の栽培にはロックガーデンのように水はけの優れた環境が適していることが示唆された。

7. まとめ

薬学部生薬学研究室で実施する成分探索研究のため、日本ではほとんど栽培実績のないセリ科植物オオウイキョウをバドバ大学より導入し、至適栽培条件を検討した。その結果、高温多湿を気候条件とする徳島県では、本園造成のオリジナルロックガーデンのように極めて水はけの良好な条件が本植物の栽培に適することが示唆された。

生薬学研究室で実施中の成分探索研究により、本植物の根茎から新規な天然物や代謝活性を促進する可能性がある成分が見い出され(Tanaka, N. et al., *J. Nat. Med.* **2023**, 77, 173-179), 本植物の有用性が示されている。今後は本園で採種した種子を使い、発芽条件と栽培条件の最適化を行いたい。

省力化のための農作業支援ラジコンの開発

常三島技術部門 計測制御システムグループ^a

大学院社会産業理工学研究部 電気電子系^b

北島 孝弘(Takahiro Kitajima)^a 桑原 明伸(Akinobu Kuwahara)^a

安野 卓(Takashi Yasuno)^b 鈴木 浩司(Hiroshi Suzuki)^b

Keywords: Agriculture, Smart farming, Arduino, Radio control vehicle

1. はじめに

本稿ではタキイ種苗株式会社，徳農種苗株式会社と共同で開発している農作業支援ラジコンについて技術的な視点からその概要を紹介する。農業における人手不足は深刻化しており，作業の省力化，効率化は喫緊の課題である。そこで本研究では，長時間にわたる資材の運搬や腰を曲げた状態での作業が強いられるビニル製の送風ダクトや灌水チューブの敷設作業の負担軽減を目的としている。次節以降でラジコンの概要，マイコンによる操作信号の読取り，ジャイロセンサのオフセット補正の効果について述べる。

2. 開発中のラジコンの概要

ラジコンはオフロードでの走行も可能なタミヤの CR-01 シャーシをベースとして，マイコンやモーションセンサを搭載している。図1にラジコンの概観を示す。ラジコン後部に操作データ，センサデータ記録のためのデータロガーとして小型コンピュータである Seeed 社の reTerminal (Raspberry Pi Compute Module4 搭載) を取り付けている。

図2にラジコンのシステム構成を示す。ラジコン本体の受信機はコントローラからワイヤレスで送信された速度，操舵の信号を受け取り，マイコンでその信号のパルス幅を読み取る。9軸のモーションセンサ（加速度，ジャイロ，地磁気）データはマイコンへ入力され，車両の姿勢角を計算する。そして，センサ信号を基に車両の走行安定性を高めつつ，人が操作に対する違和感を感じないように制御を行う。データロガーとマイコンは USB 接続されており，データロガーはシリアル通信により受信した，操作データ，センサデータ，および

車両姿勢角（ピッチ，ロール，ヨー）などの情報を CSV ファイルに保存する。姿勢角の算出においてはジャイロセンサ値のバイアス誤差により誤差が積算されるため，電源投入後に静止状態で各軸計測値の平均値を算出し，その値を計測値から差し引いてオフセット補正を行う。それでも時間の経過とともに誤差が積算されていくため，ラジコン車両の停止時に，加速度センサから算出したピッチ角とロール角で車両姿勢角を補正する。



図1 開発中のラジコンの概観

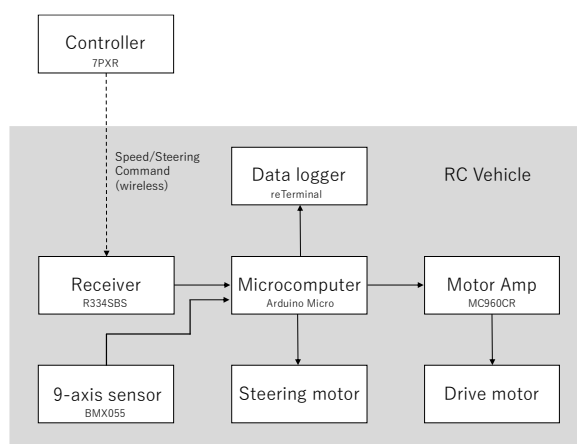


図2 システム構成

3. 操作信号の仕様

コントローラによる速度、操舵の指令はパルス幅の変化で表され、2.4 GHzの無線によりラジコン本体の受信機（R334SBS）へ送信される。表1に受信器が受け取るパルスの情報をオシロスコープにより計測した値を示す。送信モードはアナログとデジタルがあり、それぞれパルス周期が15.0 ms、3.00 msとなっている。ただし、操作指令値となるパルス幅はどちらのモードでも同じであった。Neutralは操作入力がない状態におけるパルス幅である。

4. ArduinoのPulseIn関数の計測精度検証

人による操作を尊重しつつ、車両の挙動安定化のための介入を行うには、マイコンで読み取ったパルス幅から人の操作意思を把握する必要がある。ここでは、ArduinoのPulseIn関数を用いたパルス幅の計測精度について検証を行う。計測する矩形波（デューティ比50%，振幅3 V）のパルス幅は1.0 ms、1.5 ms、2.0 msの3パターンとした。周期は5 ms（200 Hz）と20 ms（50 Hz）で比較した。波形の生成にはファンクションジェネレータ（DF1906）を用いた。計測した1000パルスの平均値、最大値、最小値を表2、表3に示す。結果より、PulseIn関数は50 Hz、200 Hzともに設定パルス幅に関わらずパルス幅を約2%小さく計測する傾向があることが確認できる。

5. ジャイロセンサの補正

ジャイロセンサは、静止状態でもノイズにより計測値が零以外の値を出力するためバイアス誤差が生じる。このとき、そのまま計測値を用いて姿勢角を算出すると誤差が大きくなる。簡易的にバイアス誤差を補正する手法として、静止状態での計測値の平均を求め、オフセットとして計測値から差し引く方法がある。図3(a)，(b)にジャイロセンサ（BMX055）で姿勢角（ロール：phi，ピッチ：theta，ヨー：psi）を算出した結果について補正なし、補正ありのデータを示す。ここで、補正值は静止状態での2000サンプリングの平均値であり、各軸補正值は表4に示す。補正なしでは10分間の計測で約60度の誤差が発生しているが、補正ありでは約5度の範囲に抑えられている。

表1 ラジコン操作信号（速度、操舵）の仕様（アナログ、デジタル）

		Min.	Neutral	Max.
Analog	Speed	1.07	1.52	1.90
	Steering	1.14	1.52	1.90
Digital	Speed	1.07	1.52	1.90
	Steering	1.14	1.52	1.90

表2 パルス幅計測（50 Hz）

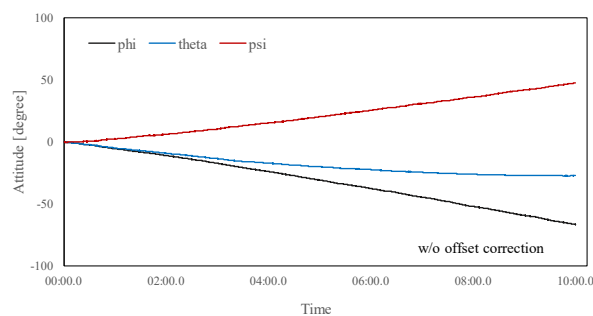
	1.0 ms	1.5 ms	2.0 ms
Average	0.9828	1.472	1.965
Maximum	0.9890	1.476	1.971
Minimum	0.9820	1.461	1.964

表3 パルス幅計測（200 Hz）

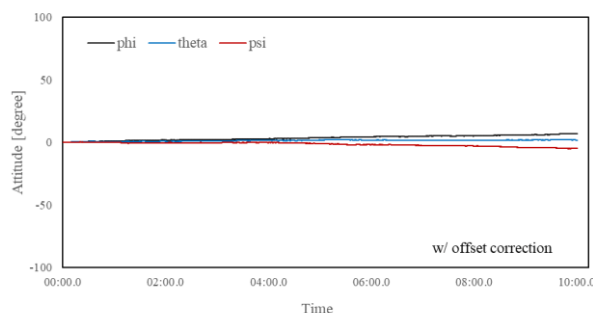
	1.0 ms	1.5 ms	2.0 ms
Average	0.9812	1.479	1.963
Maximum	0.9880	1.482	1.969
Minimum	0.9780	1.475	1.961

表4 ジャイロセンサのオフセット補正值

phi	theta	psi
-0.10	-0.11	0.060



(a) 補正なし



(b) 補正あり

図3 ジャイロセンサのバイアス補正効果

令和4年度 徳島大学（被災建築物）応急危険度判定訓練研修会 実施報告

常三島技術部門
ものづくりグループ

河村 勝（KAWAMURA Masaru）

1. はじめに

1946年12月21日に発生した昭和南海地震から76年が経過。南海地震はおおむね100～150年で発生している。南海トラフ巨大地震はこの30年以内に70～80％程度、40年以内に90％程度の確率で発生すると予測されている。南海トラフ巨大地震後、津波も発生し間違いなく大きな人的被害、建物被害を受けることが想定される。徳島大学でもその被害に対して震災後に二次災害を防止する目的で応急危険度判定を実施することになっている。また、それに加え地震直後の避難行動も重要である。津波から逃れるために建物の3階以上に避難しなければならない、その建物が倒壊する危険性があるかどうかを早期に判定し、その建物にとどまることが出来るのかを判定しなければならない。その判定により、避難可能建物へ避難誘導を行う。平成28年度より、研修会に徳島大学自衛消防隊の方々にも参加してもらい、「建物避難の要否を見極めることができる」人材育成を試みている。平成26年度から継続、今年度で9年目となり累計256名の受講者となった。現在、年に2回研修会を開催し、10月に常三島キャンパス、11月に蔵本キャンパスにて実施した。今回ここにおいて、11月に開催した蔵本キャンパスの応急危険度判定訓練研修会について報告する。

2. 応急危険度判定訓練研修会概要

・研修名：

令和4年度

第2回応急危険度判定訓練研修会

・日時：令和4年11月22日（火）

13：15～17：15

・会場：徳島大学蔵本キャンパス
蔵本会館2階 多目的室2

・講師：河村 勝（一級建築士）

・研修会参加者総数：6名

・スケジュール：

13:15-13:20	あいさつ
13:20-14:40	座学1・座学2
14:40-14:55	座学3（損傷度の説明）
14:55-15:10	班決め・判定装備確認
15:10-16:30	応急危険度判定訓練
16:30-16:45	移動・休憩
16:45-17:15	WS

3. 実施内容

座学1（図1）では、応急危険度判定、判定士、判定士の必要要件、業務内容、判定の装備、判定表など基礎知識を学んでもらい、また、建物避難の要否を見極めることができる人材育成についても説明を行った。座学2では判定方法・判定の解説および判定の流れについての動画を踏まえ詳しく学んでもらった。



図1 座学の様子

損傷度の説明では、WSでの要望により判定士が損傷度の判定を分かり易く理解できるように被災事例を利用した解説書で詳しく説明を行った。

応急危険度判定訓練では、基本である2人1組で判定を行った。今回、蔵本キャンパス内の青藍会館と先端酵素学研究所A棟の2棟を判定することにした。事前準備として判定に必要な損傷のイラスト、写真等を建物に貼った。まず初めに青藍会館にてどのように

判定をしていくのかレクチャーを行い(図2)、その後2棟目の先端酵素学研究所A棟を判定してもい、最後に各班から判定結果を発表してもらった(図3、図4)。



図2 レクチャー中の様子



図3 判定の様子



図4 各班による判定の説明と発表の様子

WSでは、色つき付箋を使用し、今回受講した研修会について各自の意見を書いてもらい、ひとりずつ発表していただいた。今回の応急危険度判定訓練について、研修会全体についての良かった点・悪かった点・反省および改善点などの意見交換を行った。「実際の現場はガレキ等すごいだろうから装備をしっかりしておく」、「窓ガラスの説明があったのにわすれていた」、「柱の損傷度ⅣとⅤの差をもっと確認する」、「平面図があっても柱の位置確認がむずかしかった」、「実際に

災害がおきた後は周辺に落下物があったり、余震等の恐れもあるためできるだけ迅速に危険度の判定を行う必要があると感じた」、「研修に参加してどのような建物が危険なのか確認するポイントがよくわかりました」、「今回初めて訓練研修に参加し、とてもむずかしかったし重要な判定だと思いました。今後役に立つように覚えておきたい研修でした」、「今回の研修を受講するまで建物の応急危険度について何も知らず考えたこともなかったのですが、災害時に身を守るためになくてはならないことだと感じました」、「実際の家屋の写真・動画を見せていただいたり、訓練を体験することでより分かりやすく学ぶことができました」、「忘れないうちに職場で知識と道具の場所を共有したい」、「内容をきくと忘れるので定期的に見直したい」などの意見が挙がった。

4. まとめ

今回で、この研修会も9年目となり研修会として確実に定着している。平成27年度から年に2回研修会を開催することを決定し継続している。人材育成のためにも意識向上のためにも、繰り返し実施することが重要であると考えている。今年度は参加者が少なかったが、今後も多くの方が受講していただけるよう、WSでの意見等を検討し工夫、改善などを行う予定である。

令和4年度 徳島大学社会基盤デザインコースにおける授業を補う試み ー夏休み企画！建築模型づくり体験講座ー 実施報告

常三島技術部門
ものづくりグループ

河村 勝 (KAWAMURA Masaru)

1. はじめに

2008年11月に建築士法の改正により「建築又は土木に関する課程を修めて卒業する」から「大臣が指定する建築に関する科目を修めて卒業する」に変更となり、建築士試験受験のための学歴要件を満たすため、徳島大学工学部建設工学科は2009年度から土木と建築を学ぶことができるコースとなった。(2016年の改組により、現在は徳島大学理工学部理工学科社会基盤デザインコースである。)

しかし、建築学関連科目は他大学と比べると非常に少なく、建築模型づくりをカリキュラムに入れることが困難。もし授業に取り入れたとしても多くの履修学生の模型材料を揃えと手取り足取り教えることが現実に無理である。また、就職で建築設計関連に進む予定の学生がカッターの使い方、建築模型を使った経験が無いまま卒業していくことが課題であった。そこで今回、建築模型づくりのテクニックや製作手順を学生に伝授し、きれいに上手くつくることを目指し、初めての試みとして夏休み企画！建築模型づくり体験講座を開催したので報告する。

2. 開催概要

- ・講座名：
令和4年度
夏休み企画！建築模型づくり体験講座
- ・日時：令和4年8月10日（水）
09：00～17：00
- ・会場：徳島大学常三島キャンパス
建設棟3階 A303 大セミナー室
A316 小セミナー室
- ・講師：河村 勝（一級建築士）
- ・協力：徳島大学建築サークル AUT 学生6名
- ・講座参加者数：社会基盤デザインコース
学部生7名

・スケジュール：

- 09:00-09:10 あいさつ
- 09:10-12:00 テクニック編(テクニック伝授)
- 12:00-13:00 昼休憩
- 13:00-17:00 実践編(ノウハウと製作手順等)

3. 開催への準備

3. 1 協力スタッフの確保

筆者が指導している建築サークル AUT (アウト) の学生に協力依頼

→模型づくりの上手な6名を確保。

3. 2 フライヤーづくり (図1)

フライヤーを作成し、e-Learning システムで学生にアナウンス。



図 1 フライヤーと manaba

3. 3 教材づくり (図面および説明用パワーポイント資料) (図2, 図3)

時間内に製作可能な模型の検討、模型試作と資料用写真撮影。

午前：テクニック編@サイコロづくり
わかりやすいようあらゆるテクニックを記載。

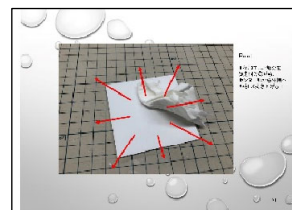
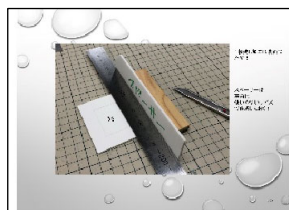


図2 テクニック編 PPT 資料 (全41枚)

午後：実践編@木造住宅 2 階建てロフト付 1LDK づくり

ここでもテクニックを記載，手順ポイントを詳しく説明。

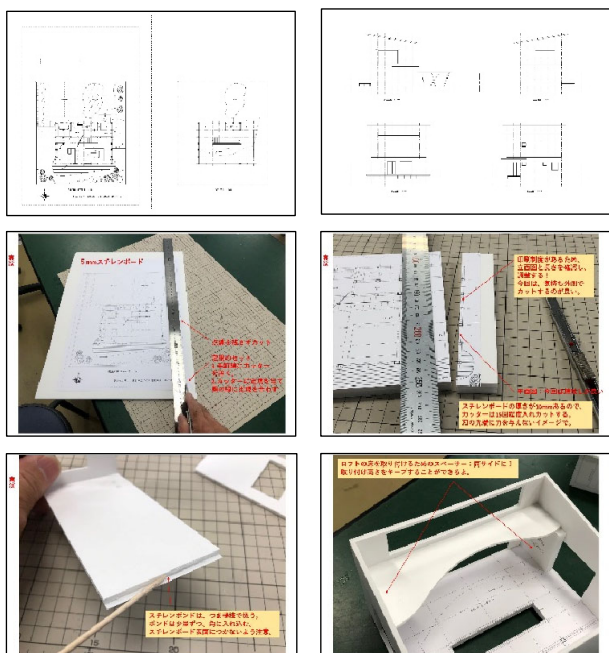


図3 実践編 PPT 資料（全 116 枚）

3. 4 事前スタッフ教育

- ・スタッフを集め，1 日をかけて講座内容説明とテクニックのおさらい練習。

→直角切り，開口切り，1 枚残し，接着方法，スペーサー使用。

- ・教える側の立場として，わかりやすい理解しやすい説明，優しく，丁寧に心をかける指導を行った。

4. 実施状況

4. 1 第 1 部（午前）テクニック編：サイコロづくり（図 4）

1. 手本であるサイコロ（立方体）模型を見もらった。
2. PPT 資料を使い模型をつくるための道具および模型材料を説明。
3. カッターの使い方，替え刃の交換方法と交換時期を説明。
4. 基本となるカッターの持ち方，力の入れ具合などテクニック説明。
5. カッターの持ち角度，目線などテクニックを教え，厚みの異なるスチレンボードの直角

切りのテクニックと実演及び習得のための猛特訓。

6. スチレンボード開口部あけのテクニックと実演及び猛特訓。

7. スチレンボード 1 枚残しのテクニックと実演及び猛特訓。

8. きれいに上手にを意識して立方体のサイコロづくりを行った。

9. 最後に，出来栄評価をおこない 1～3 位を表彰。クオリティー的に全員合格であった。



図4 サイコロづくりの様子と完成模型

4. 2 第 2 部（午後）実践編：木造住宅 2 階建てロフト付 1LDK づくり（図 5，図 6）

1. 手本である木造住宅 2 階建てロフト付 1LDK 模型を見もらった。
2. 製作にあたりポイントを重点的に説明。
3. PPT 資料を使いまず，模型をつくる手順方法を検討しておく必要があることを説明。
4. 第 1 部で伝授したテクニックを踏まえながら作成方法を説明。
5. 各自住宅模型づくりを行った。
6. 最後に，出来栄評価をおこない 1～3 位を表彰。これもクオリティー的に全員合格。



図5 住宅模型づくりの様子



図6 住宅模型づくりの様子

5. 学生へのアンケート調査・結果（表1）

回答者：参加した学生7名（学部生1年1名，2年1名，3年5名）。

表1 アンケート調査結果

(1) 学年	1年	2年	3年		
	1	1	5		
(2) 性別	男性	女性			
	2	5			
(3) 本日の講座について（総合的に）	満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満	不満
	7	0	0	0	0
(4) 本日のスケジュールについて	満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満	不満
	5	1	1	0	0
(5) 講座の内容について	満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満	不満
	7	0	0	0	0
(6) 講師の説明について	満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満	不満
	7	0	0	0	0
(7) スタッフについて	満足	やや満足	どちらともいえない	やや不満	不満
	7	0	0	0	0
(8) このような講座が開催される場合、今後も利用したいですか	参加したい	やや参加したい	どちらともいえない	あまり参加したくない	参加したくない
	6	1	0	0	0

1. 講座及び内容について

・講座について，講座の内容について，全員が「満足」と回答。

・大変であったが楽しかった。住宅模型まで作れてよい経験になった。とても勉強になったなど意見があった。

→高評価がもらえ，初めての試みの講座として目標達成できた。

2. 講師及びスタッフについて

・講師の説明，スタッフについて，全員が「満足」と回答。

・優しく，丁寧に，親身に教えてくれたと回答。
→事前準備したとおりのイメージで説明，実演指導ができた。

3. 自由意見について

・受講理由は，一度は体験したかった，経験したかった，模型づくりがしたかった，面白そうなど回答があった。

→模型づくりをしたかった学生が受講してくれたことが嬉しい。

6. さいごに

今回，建築サークル AUT の学生 6 名の協力のもと，初めての試みとして夏休み企画！建築模型づくり体験講座を開催した。7 名の学生が参加し，定員割れが功を奏しマンツーマンで教えることができ，この 1 日で確実に模型製作の技術を習得してくれたと思っている。来年度以降も継続的に開催を考えているが，指導するスタッフの確保が課題である。

工業会館部屋予約システムの改善

常三島技術部門 計測制御システムグループ

七條 香緒莉 (SHICHIJO Kaori)

1. はじめに

本学の工業会館では部屋を使用する際にwebブラウザ上で予約を行う。予約システムに関するプログラムは筆者が管理する理工学部事務サーバ上で稼働している。この度、そのシステムに不具合が発見された。修正を施したので報告する。

2. 部屋予約システム

当該施設で利用されている部屋予約システムのプログラムはPerlで記述されたCGIスクリプトであり、個人のwebサイト上で配布されていたものである。施設の部屋数や必要事項に合わせて筆者以前の管理者が手を加え、現在の形となっている。なお、利用規約ではスクリプトの無償利用や改造は許可されている。また、本学理工学部の会議室予約などにも同システムが用いられている。

利用するには学内限定で閲覧できる予約ページにアクセスし、使用を希望する部屋や時間、予約者氏名などの必要事項をフォームに入力する。決定ボタンを押すと入力内容は工業会事務局およびフォームに入力されたメールアドレスへ送信される。図1に予約ページのスクリーンショットを示す。



図1 予約ページ

また、予約情報はサーバ内にファイル名をyyyy_mm_dd.datの形式として保存される。ファイルは単純なテキスト形式で、時間を縦軸

として予約内容が部屋ごとにコンマで区切られ記述されている。データの例を図2に示す。図中にある4桁の数字は予約の保護に用いられるキーであり、予約者が任意の英数字を6文字以内でフォームに入力する。

```
(1)8:30-/,  
(2)9:00-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(3)9:30-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(4)10:00-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(5)10:30-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(6)11:00-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(7)11:30-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(8)12:00-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(9)12:30-/技術支援部>七條>b)学会>1234>〇〇学会,,  
(10)13:00-/,  
(11)13:30-/技術支援部>七條>d)講演会>1234>△△△講演会  
(12)14:00-/技術支援部>七條>d)講演会>1234>△△△講演会  
(13)14:30-/技術支援部>七條>d)講演会>1234>△△△講演会  
(14)15:00-/技術支援部>七條>d)講演会>1234>△△△講演会  
(15)15:30-/技術支援部>七條>d)講演会>1234>△△△講演会  
(16)16:00-/,  
(17)16:30-/,  
(18)17:00-/,  
(19)17:30-/,  
(20)18:00-/,  
(21)18:30-/,  
(22)19:00-/,  
(23)19:30-/,  
(24)20:00-/,  
(25)20:30-/,  
(26)21:00-/,
```

図2 データファイルの例

3. 不具合の発覚

10月初旬に工業会事務局から電話で不具合の報告を受けた。経緯は次のとおりである。

- ① 予約者Aが部屋Aを予約
- ② 部屋Aの予約を確定
- ③ 予約者Bが部屋Bを予約
- ④ 部屋Bの予約を確定
- ⑤ 部屋Aの予約時間のずれに気付く
- ⑥ ずれた予約を削除して再度予約

②および④の操作については工業会館のシステム独自のもので、予約メールを受けた事務局職員がブラウザ上で特定の操作をすることにより項目を確定させる。確定前なら予約者の方で取り消しが可能だが確定後は不可となり、予約を変更または取り消したい場合は事務局に直接連絡する必要がある。

重要なのは⑤だが、正直この時点では原因に見当もつかなかった。事務局の方で⑥とは別に予約を削除したとの情報もあったが、⑤との関連性は判然としなかった。筆者はひと

まずCGIスクリプトファイルおよび予約内容が保存されたデータファイルを確認した。データファイルは1日分に対して1個のみが順次上書きされていく仕様だが、サーバ自体の定期的なバックアップのお陰で数件の異なる日時でのデータが得られた。しかしそれらを見比べてみても、予約時間がずれた状態で書き込まれたデータファイルの存在を確認するのみに終わった。データの書き込みもしくは読み込みの際に不測の事態が起こったと予想したものの、スクリプトの記述内容に誤りは見受けられなかった。

4. 原因の特定

数日後、再び同様の不具合報告があった。ただし、今回は「入力内容に半角スラッシュが含まれているとそれ以降が表示されない」という情報が得られた。実際に試してみたところ、不具合が再現できた。問題の無い内容で予約した際の画面を図3, 続けて半角スラッシュを含む内容で予約したことにより不具合が生じた直後の画面を図4に示す。それぞれ(a)が予約ページ, (b)がデータファイルの内容である。図4(a)では半角スラッシュ以降の文字列が非表示となり、元々あったセミナー室の予約が削除されているのが分かる。しかし図4(b)を見ると、予約ページ上では削除されているはずの内容がデータファイル上ではまだ存在している。この状態から前章で述べた予約確定の操作を実行することで図5(a)に示すように鍵のアイコンが付けられる。このときに図5(b)のようにデータファイルからも既存の予約が削除されてしまうことが分かった。なお、図5(b)についてはセキュリティの都合上予約保護キーを黒塗り加工している。

データファイルに注目すると、時間を示す数字の右側に予め半角スラッシュが記述されている。このシステムにおいて予約内容の取得にはsplit関数が用いられている。これは指定した区切り文字で文字列を分割することができる関数である。実際のスクリプトでは図6(a)に示すように半角スラッシュを区切り文字に指定して行を分割し、予約内容を取得している。この場合は変数\$lineに代入されたデータファイル1行分の文字列を時間および予

約内容に分割し、変数\$timeおよび\$dataにそれぞれ代入できる。しかし、予約内容に半角スラッシュが含まれている場合は同時に予約内容も分割してしまう。それにもかかわらず時間と予約内容の2項しかないという前提で文字列を変数に代入するため、図6(b)のように2つ目の半角スラッシュ以降の情報が失われてしまったのである。この状態で予約確定操作を行うことでデータファイルが上書きされ、当初存在した半角スラッシュ以降のデータも完全に消失したのであった。

ここで再びデータファイルに注目すると、予約内容を部屋ごとに分類する区切り文字として半角コンマが使われている。同様に不具合が起こる可能性を考え、実際に半角コンマを含めた内容で予約を行ってみた。結果として、図7(a)に示すように表示が崩れてしまった。このときのデータファイルは図7(b)のようになっている。スクリプト内では予約内容を部屋ごとに分類して取得する際に図8(a)のように半角コンマを区切り文字に指定してsplit関数を使用している。予約内容に半角コンマが含まれてしまうと図8(b)に示すように1つの部屋の予約内容として取得されるのはそのコンマまでの情報であり、その後続く情報を次の部屋の予約内容として取得してしまう。結果として、このような表示崩れを引き起こしたのだった。

5. 対策

更にデータファイルを見ていくと、予約内容を項目ごとに分類する区切り文字として半角不等号（大なり）が用いられている。これも同様にフォームに入力して予約してみたが、図9(a)のように問題なく予約できた。データファイルを確認してみると、図9(b)に示すように半角不等号が<という文字列に変換されていた。これは文字実体参照と呼ばれるもので、webページ上で同記号を表示する際やフォームにhtmlタグなどが入力されることを防ぐ際に用いられる。そのまま入力可能にしているとサイバー攻撃に利用される恐れもあるため、スクリプト制作者が最初から対策を施していたようである。

時間	メモリアルホール (100席,2F)	セミナー室 (30席,2F)	多目的室 (32席,1F)	時間
(1) 8:30-	-	-	-	(1) 8:30-
(2) 9:00-	-	-	-	(2) 9:00-
(3) 9:30-	-	-	-	(3) 9:30-
(4) 10:00-	-	-	-	(4) 10:00-
(5) 10:30-	-	-	-	(5) 10:30-
(6) 11:00-	-	-	-	(6) 11:00-
(7) 11:30-	-	-	-	(7) 11:30-
(8) 12:00-	-	d)講演会 七條	-	(8) 12:00-
(9) 12:30-	-	(技術支援部) ㊟	-	(9) 12:30-
(10) 13:00-	-	-	-	(10) 13:00-
(11) 13:30-	-	-	-	(11) 13:30-
(12) 14:00-	-	-	-	(12) 14:00-
(13) 14:30-	-	-	-	(13) 14:30-
(14) 15:00-	-	-	-	(14) 15:00-
(15) 15:30-	-	-	-	(15) 15:30-
(16) 16:00-	-	-	-	(16) 16:00-
(17) 16:30-	-	-	-	(17) 16:30-
(18) 17:00-	-	-	-	(18) 17:00-
(19) 17:30-	-	-	-	(19) 17:30-
(20) 18:00-	-	-	-	(20) 18:00-
(21) 18:30-	-	-	-	(21) 18:30-
(22) 19:00-	-	-	-	(22) 19:00-
(23) 19:30-	-	-	-	(23) 19:30-
(24) 20:00-	-	-	-	(24) 20:00-
(25) 20:30-	-	-	-	(25) 20:30-
(26) 21:00-	-	-	-	(26) 21:00-
	メモリアルホール	セミナー室	多目的室	

(a)予約ページ

```
(1)8:30-/
(2)9:00-/
(3)9:30-/
(4)10:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(5)10:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(6)11:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(7)11:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(8)12:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(9)12:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(10)13:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(11)13:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(12)14:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(13)14:30-/
(14)15:00-/
(15)15:30-/
(16)16:00-/
(17)16:30-/
(18)17:00-/
(19)17:30-/
(20)18:00-/
(21)18:30-/
(22)19:00-/
(23)19:30-/
(24)20:00-/
(25)20:30-/
(26)21:00-/
```

(b)データファイル

図3 部屋を予約した様子

時間	メモリアルホール (100席,2F)	セミナー室 (30席,2F)	多目的室 (32席,1F)	時間
(1) 8:30-	-	-	-	(1) 8:30-
(2) 9:00-	-	-	-	(2) 9:00-
(3) 9:30-	-	-	-	(3) 9:30-
(4) 10:00-	-	d)講演会 テスト	-	(4) 10:00-
(5) 10:30-	-	七條	-	(5) 10:30-
(6) 11:00-	-	(技術支援部) ㊟	-	(6) 11:00-
(7) 11:30-	-	-	-	(7) 11:30-
(8) 12:00-	e)講習会 テスト	-	-	(8) 12:00-
(9) 12:30-	七條	-	-	(9) 12:30-
(10) 13:00-	(技術支援部) ㊟	-	-	(10) 13:00-
(11) 13:30-	-	d)講演会 テスト	-	(11) 13:30-
(12) 14:00-	-	七條	-	(12) 14:00-
(13) 14:30-	-	(技術支援部) ㊟	-	(13) 14:30-
(14) 15:00-	-	-	-	(14) 15:00-
(15) 15:30-	-	-	-	(15) 15:30-
(16) 16:00-	-	-	-	(16) 16:00-
(17) 16:30-	-	-	-	(17) 16:30-
(18) 17:00-	-	-	-	(18) 17:00-
(19) 17:30-	-	-	-	(19) 17:30-
(20) 18:00-	-	-	-	(20) 18:00-
(21) 18:30-	-	-	-	(21) 18:30-
(22) 19:00-	-	-	-	(22) 19:00-
(23) 19:30-	-	-	-	(23) 19:30-
(24) 20:00-	-	-	-	(24) 20:00-
(25) 20:30-	-	-	-	(25) 20:30-
(26) 21:00-	-	-	-	(26) 21:00-
	メモリアルホール	セミナー室	多目的室	

(a)予約ページ

```
(1)8:30-/,,
(2)9:00-/,,
(3)9:30-/,,
(4)10:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(5)10:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(6)11:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(7)11:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(8)12:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(9)12:30-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(10)13:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(11)13:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(12)14:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(13)14:30-/,,
(14)15:00-/,,
(15)15:30-/,,
(16)16:00-/,,
(17)16:30-/,,
(18)17:00-/,,
(19)17:30-/,,
(20)18:00-/,,
(21)18:30-/,,
(22)19:00-/,,
(23)19:30-/,,
(24)20:00-/,,
(25)20:30-/,,
(26)21:00-/,,
```

(b)データファイル

図4 半角スラッシュを含む内容で予約した直後の様子

時間	メモリアルホール (100席,2F)	セミナー室 (30席,2F)	多目的室 (32席,1F)	時間
(1) 8:30-	-	-	-	(1) 8:30-
(2) 9:00-	-	-	-	(2) 9:00-
(3) 9:30-	-	-	-	(3) 9:30-
(4) 10:00-	-	d)講演会 テスト	-	(4) 10:00-
(5) 10:30-	-	七條	-	(5) 10:30-
(6) 11:00-	-	(技術支援部) ㊟	-	(6) 11:00-
(7) 11:30-	-	-	-	(7) 11:30-
(8) 12:00-	e)講習会 テスト	-	-	(8) 12:00-
(9) 12:30-	七條	-	-	(9) 12:30-
(10) 13:00-	(技術支援部) ㊟	-	-	(10) 13:00-
(11) 13:30-	-	d)講演会 テスト	-	(11) 13:30-
(12) 14:00-	-	七條	-	(12) 14:00-
(13) 14:30-	-	(技術支援部) ㊟	-	(13) 14:30-
(14) 15:00-	-	-	-	(14) 15:00-
(15) 15:30-	-	-	-	(15) 15:30-
(16) 16:00-	-	-	-	(16) 16:00-
(17) 16:30-	-	-	-	(17) 16:30-
(18) 17:00-	-	-	-	(18) 17:00-
(19) 17:30-	-	-	-	(19) 17:30-
(20) 18:00-	-	-	-	(20) 18:00-
(21) 18:30-	-	-	-	(21) 18:30-
(22) 19:00-	-	-	-	(22) 19:00-
(23) 19:30-	-	-	-	(23) 19:30-
(24) 20:00-	-	-	-	(24) 20:00-
(25) 20:30-	-	-	-	(25) 20:30-
(26) 21:00-	-	-	-	(26) 21:00-
	メモリアルホール	セミナー室	多目的室	

(a)予約ページ

```
(1)8:30-/,,
(2)9:00-/,,
(3)9:30-/,,
(4)10:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(5)10:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(6)11:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(7)11:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(8)12:00-/技術支援部>七條>e)講習会> >テスト>,,
(9)12:30-/技術支援部>七條>e)講習会> >テスト>,,
(10)13:00-/技術支援部>七條>e)講習会> >テスト>,,
(11)13:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(12)14:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(13)14:30-/,,
(14)15:00-/,,
(15)15:30-/,,
(16)16:00-/,,
(17)16:30-/,,
(18)17:00-/,,
(19)17:30-/,,
(20)18:00-/,,
(21)18:30-/,,
(22)19:00-/,,
(23)19:30-/,,
(24)20:00-/,,
(25)20:30-/,,
(26)21:00-/,,
```

(b)データファイル

図5 予約確定の操作を実行した直後の様子

```
$line = 時間/予約内容;
($time, $data) = split(/¥//, $line);
```

↓

```
$time = 時間 / $data = 予約内容
```

(a)正常な分割

```
$line = 時間/予約/内容;
($time, $data) = split(/¥//, $line);
```

↓

```
$time = 時間 / $data = 予約
```

(b)意図しない分割

図 6 半角スラッシュを指定した split 関数による文字列の分割

時間	メモリアルホール (100席,2F)	セミナー室 (30席,2F)	多目的室 (32席,1F)	時間
(1) 8:30-	-	-	-	(1) 8:30-
(2) 9:00-	-	-	-	(2) 9:00-
(3) 9:30-	-	-	-	(3) 9:30-
(4) 10:00-	-	-	-	(4) 10:00-
(5) 10:30-	-	テスト	-	(5) 10:30-
(6) 11:00-	-	七條	-	(6) 11:00-
(7) 11:30-	-	(技術支援部)d)講演会	-	(7) 11:30-
(8) 12:00-	-	-	-	(8) 12:00-
(9) 12:30-	-	-	-	(9) 12:30-
(10) 13:00-	-	-	-	(10) 13:00-
(11) 13:30-	e)講習会 テスト	-	d)講演会 テスト	(11) 13:30-
(12) 14:00-	七條	-	七條	(12) 14:00-
(13) 14:30-	(技術支援部)	-	(技術支援部)	(13) 14:30-
(14) 15:00-	-	-	-	(14) 15:00-
(15) 15:30-	-	-	-	(15) 15:30-
(16) 16:00-	-	-	-	(16) 16:00-
(17) 16:30-	-	-	-	(17) 16:30-
(18) 17:00-	-	-	-	(18) 17:00-
(19) 17:30-	-	-	-	(19) 17:30-
(20) 18:00-	-	-	-	(20) 18:00-
(21) 18:30-	-	-	-	(21) 18:30-
(22) 19:00-	-	-	-	(22) 19:00-
(23) 19:30-	-	-	-	(23) 19:30-
(24) 20:00-	-	-	-	(24) 20:00-
(25) 20:30-	-	-	-	(25) 20:30-
(26) 21:00-	-	-	-	(26) 21:00-
	メモリアルホール	セミナー室	多目的室	

(a)予約ページ

```
(1)8:30-/,
(2)9:00-/,
(3)9:30-/,
(4)10:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(5)10:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(6)11:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(7)11:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(8)12:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(9)12:30-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(10)13:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(11)13:30-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(12)14:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(13)14:30-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(14)15:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、
(15)15:30-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、
(16)16:00-/技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト、テスト、
(17)16:30-/、
(18)17:00-/、
(19)17:30-/、
(20)18:00-/、
(21)18:30-/、
(22)19:00-/、
(23)19:30-/、
(24)20:00-/、
(25)20:30-/、
(26)21:00-/、
```

(b)データファイル

図 7 半角コンマを含む内容で予約した様子

```
$data = ホール,セミナー室,多目的室;
($hall, $seminar, $multi) = split(/,/, $data);
```

↓

```
$hall = ホール , $seminar = セミナー室 , $multi = 多目的室
```

(a)正常な分割

```
$data = ホール,セミ,ナー室,多目的室;
($hall, $seminar, $multi) = split(/,/, $data);
```

↓

```
$hall = ホール , $seminar = セミ , $multi = ナー室
```

(b)意図しない分割

図 8 半角コンマを指定した split 関数による文字列の分割

これを踏まえ、同様のことを半角スラッシュと半角コンマに対しても行えば不具合を回避できると考えた。ただし半角スラッシュや半角コンマを置換できる文字符号は存在しない。同様の原理で数値を用いて置換することは可能であるが、データファイルの視認性を考慮し、半角を全角に変換して対応することにした。その方法として日本語変換ライブラリ `jcode.pl` に含まれる `tr` 関数を採用した。

スクリプト内での具体的な記述例を図10に示す。1行目は変換したい文字を `$hn` として、2行目ではそれらに対応する変換先の文字を `$zn` として定義している。そして3行目の記述で文字列置換を行っている。ここで第一引数の `$str` は予約内容の文字列が代入された変数である。修正後のスクリプトにおいて半角ス

時間	メモリアルホール (100席,2F)	セミナー室 (30席,2F)	多目的室 (32席,1F)	時間
(_1) 8:30-	-	-	-	(_1) 8:30-
(_2) 9:00-	-	-	-	(_2) 9:00-
(_3) 9:30-	-	-	-	(_3) 9:30-
(_4) 10:00-	-	-	-	(_4) 10:00-
(_5) 10:30-	-	-	-	(_5) 10:30-
(_6) 11:00-	-	-	-	(_6) 11:00-
(_7) 11:30-	-	-	-	(_7) 11:30-
(_8) 12:00-	e)講習会 テスト>てすと 七條	d)講演会 テスト 七條	-	(_8) 12:00-
(_9) 12:30-	(技術支援部) ☒	(技術支援部) ☒	-	(_9) 12:30-
(10) 13:00-	-	-	-	(10) 13:00-
(11) 13:30-	-	-	-	(11) 13:30-
(12) 14:00-	-	-	-	(12) 14:00-
(13) 14:30-	-	-	-	(13) 14:30-
(14) 15:00-	-	-	-	(14) 15:00-
(15) 15:30-	-	-	-	(15) 15:30-
(16) 16:00-	-	-	-	(16) 16:00-
(17) 16:30-	-	-	-	(17) 16:30-
(18) 17:00-	-	-	-	(18) 17:00-
(19) 17:30-	-	-	-	(19) 17:30-
(20) 18:00-	-	-	-	(20) 18:00-
(21) 18:30-	-	-	-	(21) 18:30-
(22) 19:00-	-	-	-	(22) 19:00-
(23) 19:30-	-	-	-	(23) 19:30-
(24) 20:00-	-	-	-	(24) 20:00-
(25) 20:30-	-	-	-	(25) 20:30-
(26) 21:00-	-	-	-	(26) 21:00-
	メモリアルホール	セミナー室	多目的室	

(a)予約ページ

```
(_1)8:30-/,,
(_2)9:00-/,,
(_3)9:30-/,,
(_4)10:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(_5)10:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(_6)11:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(_7)11:30-/、技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト&gt;てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(_8)12:00-/、技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト&gt;てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(_9)12:30-/、技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト&gt;てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(10)13:00-/、技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト&gt;てすと、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(11)13:30-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(12)14:00-/、技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト、
(13)14:30-/,,
(14)15:00-/,,
(15)15:30-/,,
(16)16:00-/,,
(17)16:30-/,,
(18)17:00-/,,
(19)17:30-/,,
(20)18:00-/,,
(21)18:30-/,,
(22)19:00-/,,
(23)19:30-/,,
(24)20:00-/,,
(25)20:30-/,,
(26)21:00-/,,
```

(b)データファイル

図9 半角不等号を含む内容で予約した様子

```
my($hn) = &jcode::euc('/',');
my($zn) = &jcode::euc(' / , ');
&jcode::tr(¥$str, $hn, $zn);
```

図10 tr関数を用いた文字列の変換

ラッシュおよび半角コンマを内容に含めて予約を行った結果を図11(a)に示す。既存の予約が削除されたり表示が崩れたりせず、半角が全角に変換されていることが分かる。図11(b)に示すデータファイルでも同様に半角が全角に変換されている。

半角スラッシュおよび半角コンマを含む内容でも問題なく予約ができることが確認されたため、同システムを利用している会議室予約についても同様の修正を実施した。

時間	メモリアルホール (100席,2F)	セミナー室 (30席,2F)	多目的室 (32席,1F)	時間
(1) 8:30-	-	-	-	(1) 8:30-
(2) 9:00-	-	-	-	(2) 9:00-
(3) 9:30-	-	-	-	(3) 9:30-
(4) 10:00-	-	-	-	(4) 10:00-
(5) 10:30-	-	-	-	(5) 10:30-
(6) 11:00-	-	-	-	(6) 11:00-
(7) 11:30-	e)講習会 テスト/てすと 七條 (技術支援部) ☒	-	-	(7) 11:30-
(8) 12:00-	-	-	-	(8) 12:00-
(9) 12:30-	-	-	-	(9) 12:30-
(10) 13:00-	-	-	-	(10) 13:00-
(11) 13:30-	-	-	-	(11) 13:30-
(12) 14:00-	-	b)学会 テスト、てすと 七條 (技術支援部) ☒	d)講演会 テスト 七條 (技術支援部) ☒	(12) 14:00-
(13) 14:30-	-	-	-	(13) 14:30-
(14) 15:00-	-	-	-	(14) 15:00-
(15) 15:30-	-	-	-	(15) 15:30-
(16) 16:00-	-	-	-	(16) 16:00-
(17) 16:30-	-	-	-	(17) 16:30-
(18) 17:00-	-	-	-	(18) 17:00-
(19) 17:30-	-	-	-	(19) 17:30-
(20) 18:00-	-	-	-	(20) 18:00-
(21) 18:30-	-	-	-	(21) 18:30-
(22) 19:00-	-	-	-	(22) 19:00-
(23) 19:30-	-	-	-	(23) 19:30-
(24) 20:00-	-	-	-	(24) 20:00-
(25) 20:30-	-	-	-	(25) 20:30-
(26) 21:00-	-	-	-	(26) 21:00-
	メモリアルホール	セミナー室	多目的室	

(a)予約ページ

```

(1)8:30-/,,
(2)9:00-/,,
(3)9:30-/,,
(4)10:00-/,,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(5)10:30-/,,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(6)11:00-/,,技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと,,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(7)11:30-/,,技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと,,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(8)12:00-/,,技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(9)12:30-/,,技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(10)13:00-/,,技術支援部>七條>e)講習会>1234>テスト/てすと,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(11)13:30-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(12)14:00-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(13)14:30-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(14)15:00-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(15)15:30-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(16)16:00-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(17)16:30-/,,技術支援部>七條>b)学会>1234>テスト,,てすと,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(18)17:00-/,,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(19)17:30-/,,技術支援部>七條>d)講演会>1234>テスト
(20)18:00-/,,
(21)18:30-/,,
(22)19:00-/,,
(23)19:30-/,,
(24)20:00-/,,
(25)20:30-/,,
(26)21:00-/,,

```

(b)データファイル

図 1 1 対策後の様子

6. おわりに

本稿では工業会館の部屋予約システムに発生した不具合とその修正方法について述べた。今回は事務局職員からの半角スラッシュについての報告で比較的早く対応できた。しかしそれがなければ入力内容に当該文字を含めることに思い至らず、解決にはもっと時間がかかっていた可能性がある。日頃からあらゆる可能性を想定して対応したい。

活 動 報 告

分野別研修報告

地域社会貢献報告

令和4年度青少年のための科学の祭典 ～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

石井 純也 (ISHII Junya)
三浦 隆浩 (MIURA Takahiro)
片岡 由樹 (KATAOKA Yoshiki)

1. はじめに

令和4年度に開催された青少年のための科学の祭典 2022 徳島大会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から「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。

に触れると、失格音が鳴りイライラ棒(持ち手)の白色 LED が点灯する。イライラ棒とコースに接触せずにゴールすると、祝福音を再生し、LED が点灯し状態表示板は「やったね」を表示する。当日の様子を図2に示す。

2. 概要

日程：令和4年11月26日(土)

10:00～16:00

場所：阿南市科学センター

主催：「青少年のための科学の祭典」徳島大会実行委員会

3. 実施内容

イライラ棒のコース(図1)は、銅管を曲げた3次元構造となっている。コースは、銅管をブース会場に持参する際に曲げるため、組み立てるたびに難易度が変わる。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と白色 LED がついている。また滑り止め防止のため、グリップテープを巻いている。イライラ棒の電子的構成は、コースのスタートとゴールに非接触センサー(赤外線センサー)、出力装置として音楽再生用スピーカー、アクリル板を加工した状態表示板(LED)がある。これらの装置はマイコン(PIC)で動作を制御している。

ルールは、イライラ棒(持ち手)の先端をコースの銅管と触れずにスタートからゴールまで移動することである。イライラ棒はスタートすると数曲の中からランダムに選択された音楽を演奏し、LED が点灯し状態表示板は「プレイ中」を表示する。チャレンジの成功と失敗が判明したときに消灯する。コースの途中でイライラ棒がコースの銅管



図1 イライラ棒のコース



図2 当日の様子

4. まとめ

新型コロナウイルス感染症による影響で、青少年のための科学の祭典徳島大会が3年ぶりに開催された。あいにくの天候により来場者は少なかったが、小学低学年から大人まで幅広い年齢層の方々がブースを体験してくれた。コースの難易度が高かったため、ノーミスでクリアした方は非常に少なかったが、最後まで諦めずにゴールに向かって挑戦していた。

第25回科学体験フェスティバルin徳島出展報告

常三島技術部門 管理運営グループ^a 分析グループ^b
ものづくりグループ^c 計測制御システムグループ^d
情報システムグループ^e 地域協働グループ^f

勢川 智美(SEGAWA Tomomi)^a
河村 勝(KAWAMURA Masaru)^c
木戸 崇博(KIDO Takahiro)^e
中村 真紀(NAKAMURA Maki)^b

井本 朗暢(IMOTO Akinobu)^f
山上 喜廣(YAMAGAMI Yoshihiro)^d
菅野 智士(SUGANO Satoshi)^b

1. はじめに

徳島大学理工学部が主催する「科学体験フェスティバル in 徳島」は、平成9年に第1回が開催され、今年で25回目を数えた。常三島技術部門職員のほとんどが大学院社会産業理工学研究部総合技術センター（以下「総合技術センター」）に派遣されており、科学体験フェスティバル in 徳島への参加は、その派遣先業務の一つである。図1に組織体制と業務依頼の流れを示す。

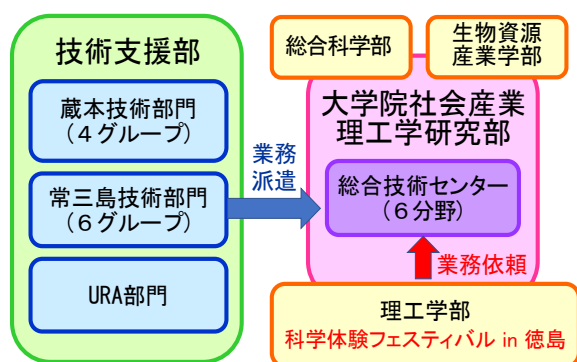


図1 組織体制と業務依頼の流れ

平成16年の第8回から「特別企画」が設定されることとなり、そのメインテーマを託される形で技術職員組織としての参加が始まった。第25回となる今年度も「ビー玉でニュートンのゆりかごを作ろう！」(以下「ニュートンのゆりかご」)、「浮いてる?! 不思議オブジェ」(以下「不思議オブジェ」)の2件を出展したので報告する。

2. 開催概要

例年8月上旬の土日に学内および学外教育機関や企業から40程度のブースが参加

し、対面形式で開催されていたが、令和2年は新型コロナウイルス感染症流行により開催中止となった。昨年の第24回はコロナ禍での安全確保を第一に考え、学内関係者からの出展に限定し「おうちで科学体験!」と題した初の「オンデマンド方式」による開催となった。テーマごとに実験や工作の紹介動画を作製し、特設ウェブサイトに掲載した。第25回となる今年度も昨年度に引き続きオンデマンドでの開催となり、出展対象を学外にも広げた。学内から13件、学外から3件の計16件のテーマ出展があった(昨年度は学内から17件)。動画は特設ウェブページに7月20日から8月31日の期間で公開された。

3. 出展テーマ

出展テーマは技術職員全体に募集し、応募があった7件の中から、総合技術センター内に設置した科学体験フェスティバル委員会(以下「委員会」)において投票で選出した。「ニュートンのゆりかご」はテーマ提案者の中村が責任者となった。「不思議オブジェ」は、昨年度の第24回で「電池と磁石で回せ! くるくる大車輪!」のテーマ責任者を務めた七條香緒莉技術職員から提案があった。一部の職員に負担が集中することを避けるため、責任者を全体から募集することとしたが、残念ながら応募者はなかった。そのため、委員会で協議し、委員から責任者を選出した。他のメンバーを2チームに分け、チームごとに準備から動画撮影、編集まで全ての作業を行った。

3. 1 ニュートンのゆりかご

責任者：中村真紀

メンバー：河村勝，山上喜廣，木戸崇博

対象年齢：小学校中・高学年，中学生

運動量保存の法則・エネルギー保存の法則を利用した工作を紹介した。このテーマは以前にブース出展したことがあり，当時のノウハウに沿って試作したものをチームで検証した。外枠の構造を「コの字型」から「ロの字型」に変更することで，より強度のある安定した作品とした。型紙はCADを用いて河村が作成した。作り方の説明資料作成と動画の撮影・編集を中村が担当した。原理説明資料を木戸がパワーポイントで動画作製した。山上は工程や原理説明の確認を行った。説明しながら工作する様子について，全体を一画面的におさめて撮影し動画とした。その動画を早送り機能を用いて10分程度に編集した。作成動画のあとに原理説明動画を配置した。図2は科学体験フェスティバルin徳島のウェブサイト^[1]に掲載されたテーマの紹介ページの一部である。図3に公開動画のスクリーンショットを示す。



図2 第25回科学体験フェスティバルin徳島のウェブサイト^[1]に掲載された「ビー玉でニュートンのゆりかごを作ろう！」の紹介ページ



図3 公開動画のスクリーンショット

3. 2 不思議オブジェ

責任者：勢川智美

メンバー：井本朗暢，菅野智士

対象年齢：小学校中・高学年，中学生

張力と圧縮の相互作用を利用した工作を紹介した。このテーマは提案時にハンガーと輪ゴムを用いた工作が紹介されたが，提案者から，自由に検討してほしいとの意見をいただき，メンバーで協議の結果，スチレンボードと輪ゴムを利用したテーブル型オブジェを選択した。作品の形は菅野の提案を採用し，テーブルとなる上下の面を八角形とした。工作しやすく，安定した作品となった。菅野が型紙(CAD使用)と作り方の説明資料を作成した。説明資料に従い井本が一から工作する様子を，勢川が2台のビデオカメラで手元と全体の2方向から撮影した。編集は菅野が担当し，編集動画をメンバーで確認した。編集と確認を繰返し，画面切り替えの手法を用いて10分程度にまとめた動画に，勢川が説明音声の後付した。図4はウェブサイト^[1]に掲載されたテーマの紹介ページの一部である。図5に公開動画のスクリーンショットを示す。



図4 第25回科学体験フェスティバルin徳島のウェブサイト^[1]に掲載された「浮いてる?! 不思議オブジェ」の紹介ページ



図5 公開動画のスクリーンショット

4. 結果と感想

7月20日から8月31日までの動画公開期間における視聴回数は2,688回（昨年2,599回）、作品投稿数は残念ながら0件（昨年2件）であった。オンデマンド開催では参加者の反応が伺えないため、出展テーマの出来栄や満足度は動画視聴回数や作品投稿数などの数字で判断するしかなく、この結果は出展者にとっては少し残念なものとなった。コロナ禍以前の対面開催時には、2日間で延べ9,000人ほどの参加者があったことを考えると、オンライン開催の必要性にも疑問が残る結果であった。

去年はオンライン開催が急遽決まったことに加え、初めての試みであったためテーマ責任者の負担が大きかった。今年度は昨年度の責任者の意見を参考に、チームを編成し、動画撮影・編集を自前で行うことにした。委員からは「役割分担したことでスムーズに進んだ」、「メンバーからの専門性を生かした提案がよりよい作品作りにつながった」、「自分たちで動画撮影したことにより、時間の制約を受けずにすんだ」、「委員としての自覚を持てた」等の肯定的な感想が寄せられた。また、各人の専門性や得意分野を活かした役割分担ができ、両テーマともに効率よく作業を終えることができた。さらに、「ニュートンのゆりかご」が動画視聴回数で2位を獲得し、上位5組を対象とした第25回科学フェスティバルin徳島の視聴回数上位者表彰を受けることとなった。総合技術センターの出展テーマは昨年度もこの表彰を受けており、学内からも高く評価されている。

5. さいごに

次年度は規模を縮小し、対面形式での開催が予定されている。事前登録で参加者を募り、1ブース40分の時間制で3ブースを1パッケージにして入替え制をとるとのことである。新たな試みであり検討課題は多いが、これまでに培ったノウハウを活かし、参加者に楽しんでもらえるブース出展を目指したい。

謝辞

第25回科学体験フェスティバルin徳島の実行委員会委員ならびに事務局の皆様をはじめ、テーマ募集にご応募くださった技術職員の皆様、さらには「不思議オブジェ」の動画撮影に協力してくださった井上久美子技術職員に感謝申し上げます。

参考文献

[1]<https://www.is.tokushima-u.ac.jp/scifes/>

第5回 技術発表会

プログラム
発表要旨集

日時：令和4年9月14日（水） 13：30～15：35

形式：リモート口頭発表

徳島大学 技術支援部

プログラム

挨拶	13:30～13:35 蔵本技術部門 技術部門長	北村 光夫
第1セッション（司会進行：矢野 雅司）		
1-1 絶滅危惧植物オニバスの特性	13:35～13:50 蔵本技術部門 研究開発支援グループ	今林 潔
1-2 質量分析を用いた非誘導体化アミノ酸分析法の紹介	13:50～14:05 蔵本技術部門 研究開発支援グループ	西野 耕平
1-3 質量分析装置のトラブル実例紹介とその解決方法	14:05～14:20 蔵本技術部門 研究開発支援グループ	西野 耕平
1-4 Olex2 を用いた特異な有機環状化合物の単結晶 X 線構造解析	14:20～14:35 常三島技術部門 分析グループ	上田 昭子
休憩	14:35～14:45	
第2セッション（司会進行：桑原 明伸）		
2-1 LDAP/RADIUS 認証を用いた BYOD 端末自動登録システムの開発	14:45～15:00 常三島技術部門 情報システムグループ	辻 明典
2-2 ビッグデータ解析ソフト(Splunk)を使用した国保データベース解析環境の構築報告	15:00～15:15 蔵本技術部門 機能解析グループ	臣永 歩
2-3 学内セミナー開催手順の紹介	15:15～15:30 蔵本技術部門 機能解析グループ	渡邊 明子
講評	15:30～15:35 常三島技術部門 技術部門長	玉谷 純二

発表時間：

発表 10 分

質疑応答（交代含む）5 分

発表経過時間の合図：

第1鈴（8分経過）—

第2鈴（10分経過）— —

第3鈴（15分経過）— — —

絶滅危惧植物オニバスの特性

蔵本技術部門

研究開発支援グループ（薬学部薬用植物園） 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徳島県固有種を中心とした植物や絶滅危惧にある水生植物のアサザ等も維持栽培している。本園のオニバスは25年前、徳島県在住の植物愛好家が鳴門市由来本植物の保存を当時の本学薬学部生薬学研究室の高石喜久教授へ依頼され、演者が平成10年より本園の栽培池にて維持栽培を開始した。今回は演者が本園で栽培する本植物について報告する。



図1 オニバスの成長過程およびミジンコウキクサ



図2 直径約1mのオニバス

2. オニバスの特性

オニバスは本州（宮城県以南）から九州、中国、インドの池や沼、河川に生育する1年草の水生植物である。近年は池や沼、河川改修、埋め立ての影響で個体数は激減しており、環境庁レッドリストでは絶滅危惧II類、徳島県レッドリストではごく近い将来における絶滅の危険性が極めて高い種である絶滅危惧IA類であり、徳島県鳴門市の天然記念物にも指定されている。

本植物の葉の初期形態は基部に切れ込みのある和バサミ型で（図1）、成長した葉は直径約1m、ときに2mを超える（図2）。また、葉の初期形態には棘がないが成長するにつれ、葉表や葉裏、葉脈上、葉丙に鋭い棘ができる（図3～図7）。

花は水上で開花し、他花受粉する開放花（図4）と、水中で自家受粉する閉鎖花の2種類あり、開放花はほとんど結実せず種子生産の大半は閉鎖花によるものである。閉鎖花は水面に上がる頃には棘のある果実はかなり膨らむ（図8）。

種子は寒天質の仮種皮に包まれ、仮種皮を剥いた種子は硬い種皮に覆われ休眠状態で数十年は生存可能とされる（図9）。

薬用植物として種子は生薬名を「芡実（ケンジツ）」といい、関節痛によいほか下痢止めや強壮薬にもなる。中国最古の薬物書「神農本草経」は365種類の植物・動物・鉱物が薬として収載されており、体に作用する薬効の強さによって、下薬（125種類）・中薬（120種類）・上薬（120種類）の3つに分類されている。本植物の種子「芡実（ケンジツ）」は不老長寿を願う上薬に分類されている。



図3 葉表および葉裏の棘



図4 開放花



図5 葉裏の隆起した葉脈



図6 生葉および乾燥葉（葉表：茶色・葉裏：紫色）

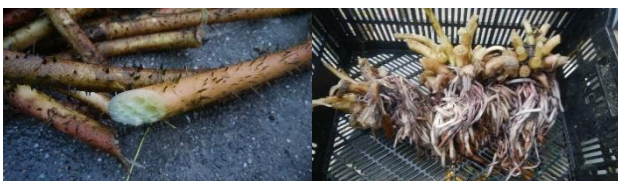


図7 葉柄および根



図8 閉鎖花にできた果実および果実の解体



図9 仮種皮に包まれた種子および種子

3. オニバスの維持栽培

本園の周囲約34mある栽培池では約10年前、特定外来生物のアカウキクサ科アメリカオオアカウキクサが侵入し、栽培池の水面全体を被うように繁茂した。アメリカオオアカウキクサの繁茂は栽培池の環境や生態系に影響を及ぼし、翌年からオニバスのほとんどの種子が約10年間休眠状態になった。そこで、演者は水質や土壌改善そして種子に刺激を与えることを目的に、夏から秋にかけて栽培池の水を排水ポンプで汲み上げ、栽培池の底土を約3ヶ月間乾燥させた。園内の水道水は電気ポンプにより地下水を汲み上げており、水質は水生植物栽培にとっても適している。そして、晩秋にその水道水を栽培池へ注水するこの一連の作業を2年間続けた。この作業は「掻い掘り」（かいぼり）といい、池底を掘り返して干すことで、土中の窒素は空気中に発散され、リンは水に溶け出しにくく変化する。つまり水中の余分な養分が減ることで、水質が改善される。その結果、本植物は平成29年度、約10年ぶりに多くの種子が発芽し、栽培池の中心部に大きな葉を浮かべることに成功した（図2）。

4. まとめ

令和4年の夏、本園の栽培池はウキクサ科のミジンコウキクサが侵入し水面を被うように繁茂している（図1）。令和4年9月1日現在、オニバスは栽培池の中心部には見られず外周壁沿いのみ生育している。原因はミジンコウキクサの繁茂だと考えられ、今年度から来年度にかけて再び「掻い掘り」をして水質や土壌改善を図りたい。また、これからも本植物の変化を観察し、本植物の発芽試験や栽培方法の確立を探究したい。

質量分析を用いた非誘導体化アミノ酸分析法の紹介

蔵本技術部門
研究開発支援グループ

西野 耕平 (NISHINO Kouhei)

1. はじめに

アミノ酸はタンパク質を構成するだけでなく、遊離アミノ酸としても生体内で重要な有機化合物である。アミノ酸分析の歴史は古く、1958年には現在の汎用機とほぼ同じ原理のアミノ酸自動分析計が報告されている。アミノ酸には特徴的な紫外あるいは可視吸収域や蛍光性もないことから誘導体化で検出するのが一般的であるが、誘導体化による装置の複雑化や前処理コストの増加などデメリットが存在する。質量分析を用いることでアミノ酸を誘導体化することなく検出できるが、ロイシンやイソロイシンのように同じ m/z のアミノ酸を区別することは不可能であり、LCによる分離が必須である。1999年にイオンペア試薬を用いたLC-MSで20種類のアミノ酸を測定する分析方法が報告されたが、イオンペア試薬が質量分析装置汚染の原因となるなど課題もあった。

本発表ではインタクト社が開発した世界初のLC-MS用非誘導体化アミノ酸分析専用カラム (Intrada Amino Acid) を用いてアミノ酸を分析した例を報告する。また、上記の系を用いて培養細胞から抽出した代謝物を網羅的に調べるとどの程度の結果が得られるかを報告する。

2. 分析系の紹介

アミノ酸分離を確認するためにアミノ酸標準混合液標準品、H型にトリプトファンおよびグルタミンを加え、各125 nmol/mlにした標準液を準備した。実サンプルとして、培養細胞から親水性代謝物を抽出したものを用意した。カラムはIntrada Amino Acid 50 mm × 3 mmを、移動相はカラムのアプリケーションノートを参考にACN仕様およびTHF仕様の2セットを用意した。

ACN仕様

移動相 A: アセトニトリル/ギ酸=100/0.3

移動相 B: アセトニトリル/100 mM ギ酸アンモニウム=20/80

THF仕様

移動相 A: アセトニトリル/テトラヒドロフラン/25 mM ギ酸アンモニウム/ギ酸=9/75/16/0.3

移動相 B: アセトニトリル/100 mM ギ酸アンモニウム=20/80

質量分析は Q Exactive (Thermo Fisher Scientific)を使い、高選択・高感度で測定できる Parallel reaction monitoring (PRM)モード、一定以上の強度を検出すると自動で MS2 を取得する Data dependent acquisition (DDA)モードの2種類を使用した。PRMモードを使って19種類のアミノ酸を高感度に測定する系を構築し、データ解析はフリーソフトウェアの Skyline を使用した。DDAモードを使って化合物を網羅的に調べるために Compound Discoverer 3.3 (Thermo Fisher Scientific)を用いた。

本発表では移動相の違いや分析系構築の手順や注意点を説明する。また、実サンプルから網羅的に代謝物を同定・定量した場合にどの程度の化合物が同定できたかも報告する。最後に、今回構築した分析系を発展させることでどういう分析が可能かも報告する。

謝辞

本発表を行うにあたり試薬・器材の購入にあたり、技術支援部共通経費を利用させていただき感謝いたします。また、実サンプルは薬学部の稲垣先生に提供いただきました。

質量分析装置のトラブル実例紹介とその解決方法

蔵本技術部門
研究開発支援グループ

西野 耕平 (NISHINO Kouhei)

1. はじめに

質量分析は幅広い分野・業界で使われており、関係する論文も増加傾向である。このように質量分析の技術が求められている一方で使える人が少なく、誰でも気軽に使える環境になっていないとも感じている。その一因はオペレーションなどのノウハウが属人化していることだと考えている。そこで、筆者が実際に出会ったトラブルとその解決までの経緯を1例として紹介し、短期間で解決できるような工夫や便利なツールなども紹介する。

2. 実際に出会ったトラブルと解決の経緯

質量分析を使っていて出会うトラブルの一つは「ピークやスペクトルの強度が低いもしくは検出されない」である。実際に2022年5月にOrbitrap FusionでQCの為にBSAを測定したが、ノイズのようなピークで同定数も低いというトラブルが発生した(図1 中段および下段)。本発表ではこの例を取り上げて、解決までの流れを報告する。

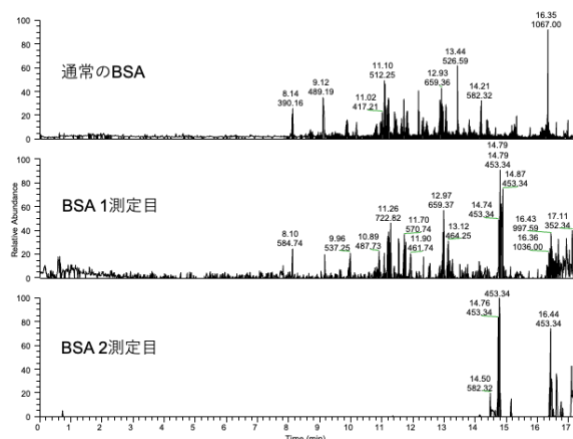


図1 トラブル時のTICクロマトグラム
中段と下段は高さのスケールを2倍にしている。

このようなトラブルの原因が起きた場合はLC側とMS側のどちらに原因があるか切り

分ける必要がある。LC側の確認方法は送液ができていないか、密栓した際に圧力が上がるか確認するのが一般的である。MS側の確認はLCを使わずにキャリブレーション試薬などを測定し、スペクトルを確認することである。本件では最終的にMS側の問題であることが分かったが、トラブルの再現性が悪く原因の特定に3日間掛かった。その辺りも報告する。

3. トラブル解決に便利なツール・サービス

本発表で取り上げる事例以外にも年間10数件程度トラブルが発生している。筆者はできる限りトラブル時の状況をスマートフォンで写真を撮る様にしている。これはメーカーに症状を伝える際に役立ち、次回同じトラブルが起こった場合にも役立っている。また、トラブルが起こった際の生データをメーカーと共有することは原因究明に役立つが、ファイルサイズの都合からメールで添付できないことが多く、代わりにクラウドサービスでデータを共有している。

最近はメーカー側から遠隔操作サービスを提供している場合もある。例えば、装置の担当者がキャリブレーション試薬を装置にセットするだけで、メーカーのエンジニアが遠隔操作で装置の状態を確認してくれる。感度が低下した場合に、内部洗浄が必要か判断する基準に使える。

4. さいごに

今回の事例のように質量分析装置のオペレーションには装置への深い理解や職人技が必要というわけではなく、サービスやツールを駆使してメーカーに症状を伝える手法をいくつか持っているかも重要である。装置への理解や職人技が不要というわけではなく、そのような知識がなくても装置の維持管理ができる仕組み作りが大事だと考えている。

Olex2を用いた特異な環状有機化合物の単結晶X線構造解析

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
理工学域 応用化学系

上田 昭子 (UETA Shoko)

八木下 史敏 (YAGISHITA Fumitoshi)

1. はじめに

単結晶X線構造解析は、化合物の立体構造を解明する上で非常に強力な手段である。X線回折イメージから得られる電子密度の情報により原子の空間的な位置を求め、結晶の分子構造を三次元的に出力することができる。有機化合物の分析には、核磁気共鳴分光法 (NMR)、質量分析 (MS)、有機微量元素分析がよく用いられており、これらは手軽に分子の部分構造等の情報を知ることができる^[1]。一方、単結晶X線構造解析は結晶作製や構造解析に手間と時間を要するが、直感的に分子の全構造を把握できるという特徴がある。

近年、OlexSys社が提供する結晶構造解析プログラム「Olex2」が急速に普及している。ライセンスフリーであり、結晶学を専門としない化学者でも感覚的に操作し易いような様々な工夫が施されている^[2]。今回はOlex2を用い、環状有機化合物のdisorder (不規則構造) 解析に取り組んだので、その内容を報告する。

2. 対象化合物の推定構造

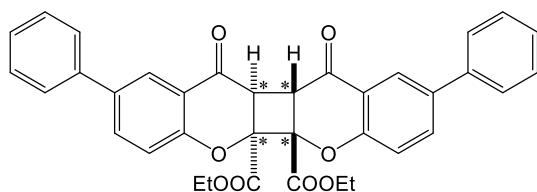


図1 クロモン二量体の構造

今回の対象化合物の推定構造は、6-フェニルクロモン-2-カルボン酸エチルエステルの二量体であり、中央に四員環を有するキラルな *anti* head-to-head 型構造を有している (図1)。再結晶溶媒はアセトニトリルであり、黄色のブロック状結晶 ($0.39 \times 0.33 \times 0.14$ mm) であった。

3. 結晶構造解析

まず、構造解析の最初のステップとして格子定数を確認し、空間群決定プログラム XPlainにより正しい空間群を導いた^[3]。今回は、有機結晶の中でも発生頻度の高い *P*-1 であった^[4]。

続いて、直接法プログラム SHELXTにより、初期構造を決定した。推定構造であるクロモン二量体の骨格 (水素原子を除く) とほぼ一致しているが、一部の末端メチル炭素が不自然に枝分かれていることから、disorder (不規則構造) であると判断した (図2)。

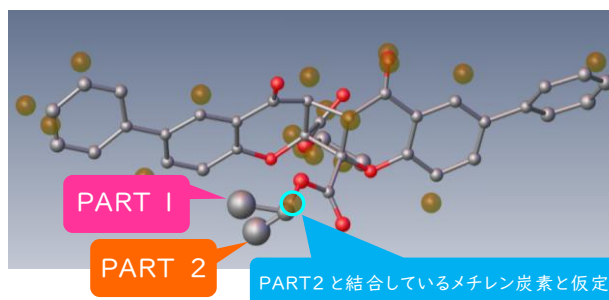


図2 SHELXTにより求めた初期構造

枝分かれた2つの末端メチル炭素をそれぞれPART1, PART2と指定した。Olex2におけるこのようなPART分けは、原子を選択して右クリックすると簡単に指定できる。さらに注意深く確認すると、枝分かれのうちPART2のC-C結合距離が短いことに気付いた。そこで、メチレン炭素の近傍に位置する電子密度ピークが、PART2の炭素と本来結合しているメチレン炭素であると仮定した。同じPART番号同士で結合を作るように、メチレン炭素にもPART番号を指定した。

PART分けが完了したら、続いて占有率を計算する。それぞれの原子を右クリックし、PART1の2原子にはChemical occupancy = 21, PART2の2原子にはChemical occupancy = -21

と設定した(図3)。次に、原子座標等の情報が記載されたinsファイルを開き、FVAR(自由度)の2番目の値を0.5と入力した。これにより、始めは占有率0.5ずつであると仮定し、計算を進めるに従い正しい占有率を導き出すことができる。さらに、PART1とPART2のC-C結合距離に大きな差が生じていることから、SADI(化学的に等価な原子間距離を似た値に抑制する命令)を適用した。C-O結合についても同命令を適用し、disorder処理を終えた。

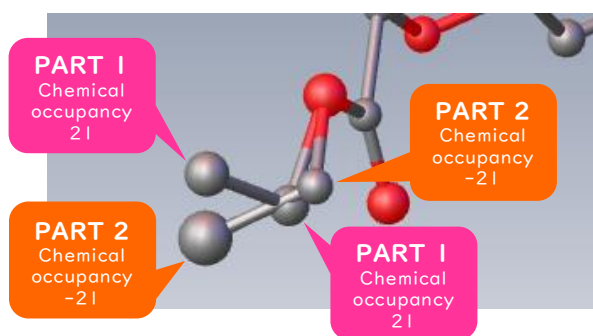
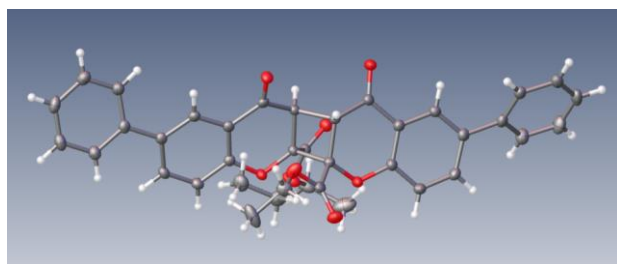


図3 Disorder処理の様子

さらに、構造の精密化(最小二乗法により実測値と計算値が合うよう各パラメータ値を最適化)^[5]を進め、等方性温度因子から異方性温度因子への変換を経て、最後に水素原子を付与した。構造解析の結果は図4に示す通りであり、良質なデータを取得することができたと考えられる。



Empirical Formula $C_{36}H_{28}O_8$
 Formula Weight 588.58
 Yellow, block
 Crystal System triclinic
 Space Group $P-1$
 Lattice Parameters $a = 10.2116(2) \text{ \AA}$,
 $b = 12.0357(2) \text{ \AA}$, $c = 12.8446(2) \text{ \AA}$,
 $\alpha = 70.002(5)^\circ$, $\beta = 69.873(5)^\circ$, $\gamma = 78.267(5)^\circ$
 $v = 1386.29(8) \text{ \AA}^3$, $z = 2$
 Data/restraints/parameters = 4987/2/419
 R (All reflections) = 0.0415
 wR_2 (All reflections) = 0.0998
 Goodness of Fit Indicator = 1.050

図4 クロモン二量体の構造解析結果

4. さいごに

単結晶X線構造解析は、①結晶作製、②マウント、③予備測定、④本測定、⑤構造解析(Olex2等)で構成されている。②～④については、一定の訓練を積めば比較的容易に技術を習得できる。しかし、例え解析まで漕ぎ着けたとしても、投稿する学術論文の求めるレベルに達していなければ、⑤構造解析で苦戦を強いられる、あるいは①結晶作製からやり直す場合もある^[6]。平成22年度に単結晶X線構造解析装置(R-AXIS RAPID II, リガク)が設置されて以来、様々な結晶の依頼測定・構造解析を経験させていただいたが、現在でも⑤構造解析で躓くことが多々ある。例としては、今回のようにdisorder処理を要するケースや、目的分子以外に溶媒分子等を含んで結晶化した場合が挙げられる。このような難しい解析においても依頼者の期待に応えられるよう、今後も研鑽に励んでいきたい。

謝辞

今回の結晶構造解析においてご助言いただきました株式会社リガク 佐藤寛泰様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 長谷川仁子, “単結晶X線構造解析基礎講座 第1回単結晶X線構造解析とは”, リガクジャーナル, 41(2), p.9, 2010
- [2] Olex2ホームページ
<https://www.olexsys.org/olex2/>
- [3] 山崎幹緒, “単結晶X線構造解析基礎講座 第5回構造解析の要点”, リガクジャーナル, 43(2), p.19, 2012
- [4] 大場茂, 植草秀裕, “X線結晶構造解析入門—強度測定からCIF投稿まで—”, 化学同人, p.31
- [5] 大場茂, 矢野重信, “化学者のための基礎講座12 X線構造解析”, 朝倉書店, p.75
- [6] 上田昭子, 桑原知彦, “単結晶X線構造解析のための練習用結晶の作製”, 徳島大学技術支援部 第1回技術発表集, 2017

LDAP/RADIUS認証を用いたBYOD端末自動登録システムの開発

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

近年のオンライン授業の普及に伴い、学生や教職員によるBYOD端末(個人所有のノートパソコンやタブレット、スマートフォン等)の利用が増えている^{[1][2]}。知能情報コースでは、2022年3月の教育用電子計算機システムの更新に合わせ、電算室、実験室・演習室にBYOD端末に対応した無線LANシステムの導入を行った。本稿では、BYOD端末の登録に係るユーザ及び端末の認証にLDAP/RADIUS認証基盤を構築し、管理者の介在なしに、ユーザ自身がBYOD端末を登録できるシステムを開発したので報告する。

2. 課題

学生・教職員は、室内に設置された無線アクセスポイントに接続してBYOD端末を使用する。BYOD端末は個人のデバイスのため、必要なときに必要な場所で自由に使えるのが理想である。そのような環境を提供するにあたり、次に挙げる課題があった。

(1) 部屋数

BYOD端末を使用する部屋として、電算室2部屋、実験・演習室3部屋の計5部屋がある。各部屋は建物の1階に2部屋、2階に1部屋、別の建物に1部屋あり、各部屋の無線アクセスポイント(AP)を相互接続する必要がある。また、ユーザはいつも同じ部屋を使用するとは限らず、使用中に部屋を移動することもある。そのため、どの部屋でも同じ無線環境を提供し、部屋を行き来しても通信が途切れず使用できる必要がある。

(2) ユーザ数・端末数

ユーザとして、教職員、学部学生(1年～4年)、TA、他コース履修生を含め、初回登録時に約500名近いユーザがいる。在学期間中、端末の買い換え等を想定すると、一人辺り3～4台の利用がある。5年間のリース期間で最大

数千台の使用が見込まれ、BYOD端末の管理や登録作業が煩雑となる。

(3) ユーザ・端末の認証

ユーザは無線APのSSID、パスワードを知っていれば誰でも使用できるわけではなく、知能情報コースの学生・教職員に限定したユーザ認証が必要である。BYOD端末の識別のため、利用開始時に端末の登録を行い、また登録した端末は無線使用時に認証し、誰がどの端末を使用したかの確認も必要となる。

3. システム開発

前述の課題を踏まえて、(1)無線LAN環境の構築、(2)BYOD端末の登録、(3)無線LAN接続時の認証、それぞれの課題を解決するため、ユーザ自身でBYOD端末を自動登録できる無線LANシステムの開発を行った。

3.1 無線LAN環境

無線LANは、各部屋に無線APを2台設置し、それぞれ無線APの通信範囲が部屋間をまたぐように配置した(図1)。無線APの統合管理を行うコントローラに、無線AP(計10台)を接続し、無線AP間をローミングにより切り替えるよう設定し、ユーザの部屋の移動に対応した。また、無線APを識別するSSIDは全無線APで統一し、認証方式をWPA2 Enterprise AES(EAP-TTLS)として無線AP接続時にRADIUSサーバでユーザ認証を行う仕組みとした。BYOD端末の無線LANは常設とは別に専用回

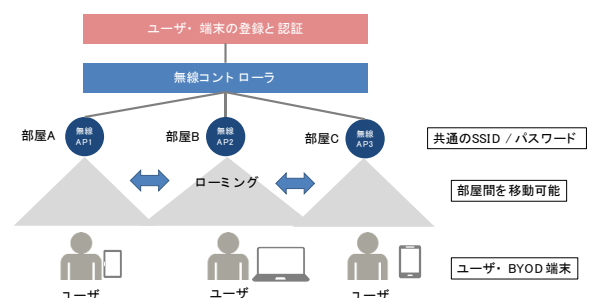


図1 無線LANシステムの概略

線とし、通信帯域の確保、ファイアウォールによるセキュリティ対策を行った。

3.2 BYOD端末の登録

BYOD端末の登録の際、管理者やユーザによる手作業での情報収集や入力は登録ミスやエラー、作業時間の増大につながる。そこで、図2に示すBYOD端末をユーザ自身が登録できるウェブサイトを構築した。端末登録用ウェブアプリはFlaskを用いて作成した。ユーザは①BYOD端末のMACアドレスを調べ、ウェブサイトで②ユーザ認証、③MACアドレスの登録を行うのみで、自動的にBYOD端末が登録され使用を開始できる。ここで、BYOD端末の管理に必要な情報を表1に挙げる。LDAPサーバによるユーザID、パスワードの認証が通り、MACアドレスが登録されると、IPアドレスが自動的に付与されて登録台数が更新される。これらの情報は、データベースSQLITEで管理され、デバイスの紛失や故障等で端末の変更があればエントリの追加・削除等の修正ができる。

表1 BYOD 端末の登録に必要な情報

項目	内容	形式	入力
登録日/使用日	日付と時間	YYYY-MM-DD HH:MM:SS	—
ユーザ名	氏名(漢字)	姓 名(全角)	—
ユーザID	eアカウント	cXXXXXXXXXX	○
パスワード	ユーザパスワード	<password>	○
MACアドレス	BYOD端末識別	AA:BB:CC:DD:EE:FF	○
IPアドレス	BYOD端末に割り振り	192.168.x.x	—
登録台数	BYOD端末の台数	n台目(n=1,2,...)	—

3.3 無線LAN接続時の認証

BYOD端末を無線LANに接続するには、図3に示すようにユーザ認証とBYOD端末の認証、2段階の認証がある。端末を直近の無線APに接続すると、まずユーザ認証が行われる。LDAPサーバと連携したRADIUSサーバにより、ユーザID・パスワードの入力が求められる(初回に記憶すると次回以降の入力は不要)。ユーザ認証に成功すると、DHCPサーバ上で、接続する端末のMACアドレスの認証が行われる。登録したMACアドレスと一致していれば、IPアドレスが割り振られ通信が開始される。ここで、MACアドレスは端末の識別のため、ランダム化を無効にしておく必要がある。

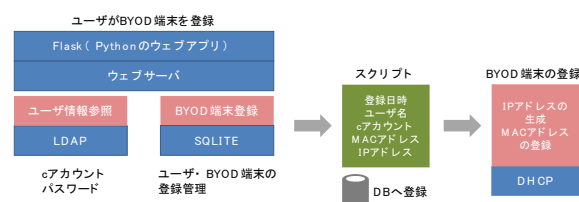


図2 BYOD 端末の登録時の流れ

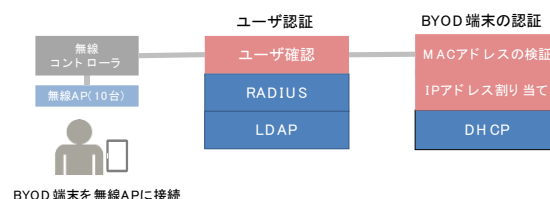


図3 BYOD 端末の無線接続時の流れ

4. システム運用

2022年4月より、BYOD端末の使用を開始した。各学年の授業の最初に端末の登録方法を周知し、各自で登録作業を行った。Windows, Mac, Android, iOS等の使用があったが、すべての端末で無線接続ができた。常設のPCの使用と同時に、BYOD端末で授業資料の表示やメモ、Teamsで講義の視聴等で活用していた。

5. まとめ

大規模な無線LANシステムでは、ユーザ認証と端末管理の仕組みが必須である。今回のシステムでは、ユーザ自身でBYOD端末を登録できる環境を構築し、LDAPによるユーザ認証、RADIUSによる無線接続時のユーザ認証、MACアドレスによるBYOD端末の認証を行った。ユーザはBYOD端末の登録を一度行えば、在学期間中、いつでも無線環境を使用できるため利便性が大幅に向上する。一方、セキュリティの確保も重要で、無線ネットワークをBYOD端末専用として隔離し、さらに無線使用時のユーザ・端末情報の履歴管理をすることでセキュリティインシデント発生時の追跡に備えられる。

参考文献

- [1] 伊藤 則之他, 情報科学教育へのBYODの適用, 東北学院大学教養学部論集, pp.27-37, 2022.
- [2] 城ヶ崎寛他, BYODに対応した個人情報保護手法の提案, 第12回情報科学技術フォーラム, pp. 245-246, 2013.

ビッグデータ解析ソフト(Splunk)を使用した 国保データベース解析環境の構築報告

蔵本技術部門
機能解析グループ

臣永 歩 (TOMINAGA Ayumu)

1. はじめに

大量のデータを取り扱う際に2点課題となる点がある。

1 点目の課題としてデータベースサーバ(以下DB)をどのように構築するかという点である。通常はリレーショナルデータベース(以下RDB)管理システムを含めて、DB設計構築維持運用する必要があり、専門知識が必要となる。

2点目の課題として検索インターフェイスをどうするかという点である。検索インターフェイスを作るとなると今度はプログラミングの知識が必要になる。大量データから条件付けをして抽出するなどの複雑な検索を実施する場合高度な技術が必要になる。

この2点を外注した場合、環境を作るのに莫大な費用と時間がかかってしまう。初回の要件定義が必須となり、スモールスタートが難しい。

これらの課題点を解決するためにログ解析ソフトであるSplunkを利用し解析環境を構築し運用を開始したので報告する。

2. Splunk選定経緯

Splunkは米Splunk, Incが開発したデータ解析用サーバソフトである。^[1]

前職ではファイアウォール、IPS(侵入検知防御機器)、WAF(Webアプリケーションファイアウォール)のログ等を読み込ませ、複合的に解析する環境を構築し、攻撃予兆を検出するのに使用していた。Webアプリケーションのログは膨大な量になるため当時から大容量のデータを解析できるソフトだとは理解していた。^[2]

通常業務のIT関係相談で、ある分野の教員から、国保データベース(以下KDB)から抽出したデータを元に解析を実施したいがどのように環境を作れば良いかと相談があり、通常

のRDBの構築をご案内した。しかし研究室内でDB環境を構築できる人材がおらず、筆者自身も大規模なRDBの構築経験がないため、WindowsOSにインストールするだけで環境構築が容易であるSplunkサーバの利用を検討開始した。

今回KDBから抽出されたデータはすべてCSVファイルであり、個人情報等はすべて削除され特定できない状態で頂いた。サンプルで徳島市の3か月分の保険診療データをお預かりしてテスト環境を構築しテストを実施することとした。

今回の要件として、保険診療データ、疾病情報データ、保険者情報一覧と別れているそれぞれのファイルを取り込み、保険者情報と照らし合わせて、それぞれ個別に取り込まれているデータを結合した状態で検索をかけられるようにすることである。

保険診療のデータには入外区分情報、(外来なのか入院なのか)が入っているが、転帰区分情報(治癒、死亡、転院)が入っていない。疾病情報データには転帰区分情報は入っているが入外区分情報が入っていない。そして両方のファイルには患者コードしか入っておらず、患者の年齢性別などの情報は保険者情報にしか含まれておらず患者コードによるファイルの結合が必須となる。

Splunkは日々のログの取り込み量で価格が決まるため、1日500MB以下の取り込みであれば費用をかけずに利用することが可能である。解析はワークステーション型のPCを検証用として利用した。

3. CSVファイルの取り込み

Splunkはネットワーク機器であればログの取り込みフォーマットが各ネットワーク機器メーカーから出されており、通常そちらを利用する。今回は医療費の保険データのためネ

ットワーク機器の取り込みフォーマットが使用できない。そのため取り込みフォーマットの作成から実施した。SplunkはDB構築する際にインデックスが日本語だと正常に動作しないとSplunk.Incから情報提供があった。取り込むCSVファイルは1行目が日本語になっているため、英語に翻訳し、取り込み時にフィールド名として定義させ自動変換して取り込みするようにした。この設定をした後3か月分のデータの取り込みを実施した。^[3]

4. 参照テーブルの作成と結合

次に要件の1つである、疾病情報データに対して、保険者情報一覧の持っている年齢と性別を結合させなければならない。

Splunkにはルックアップテーブルという機能があり、参照情報を定義し一定条件をもとにデータを結合する機能がある。

前項でCSVファイルを取り込んだ方法と同様にCSVファイルをルックアップテーブルとして取り込む。取り込んだのちにSplunkの検索サーチのバーに「lookup hokensya_master "Patient_code"」と入力することで、患者コードを元に疾病情報データのDBに性別、年齢を追加することが可能である。表示された結果については結合したCSVファイルとしてダウンロード可能である。^[4]

5. 複数ファイルの結合と参照テーブル化

保険者情報一覧はファイルが1つしかないためルックアップテーブルとして1つのファイルをアップロードすれば良かったが、保険診療データは疾病情報データと同様に月次で市町村毎に分かれている。これらをルックアップテーブルとして利用するため、Splunkに取り込んだのちに1つのファイルとして結合する必要がある。複数月の保険診療データをSplunkに取り込みを行いDB作成する。その後検索サーチバーに「outputlookup ファイル名.csv」を入力することでルックアップテーブルファイルとしてサーバ上に作成すること出来た。^[5]

6. 最終結合

5. で結合されたデータに対して、保険者

情報一覧をさらに結合することで、疾病情報データに対して、保険診療データから入外区分を結合し、その状態に対し保険者情報一覧の情報を結合する事に成功した。以上の事から当初想定した要件を満たすことが確認出来た。データの量が多いため複数日に分けてデータの取り込み作業を進めている段階である。

7. まとめ

ITエンジニアとして自分自身がキャリアを重ねていく中で「やらなければならない」という意識を大切にしている。これは自身が経験を積んで行く過程で、「できるからやる」というスタンスになってしまい、無意識のうちに「できないことはやらない」というようにならないようにするためである。今回の相談のような案件において、ネットワークのログ解析ソフトを医療統計の解析に使えないかという発想自体が出てこなくなってしまうからである。しかしすべての相談内容が実現できるわけではないので、要件定義の段階で相談相手の実現したいことをしっかり確認しながら進めて行くことが肝心だと考える。

参考文献

- [1] Splunk Services Japan合同会社
Splunk 会社紹介 2022年3月
- [2] Splunk Services Japan合同会社 IT運用でSplunkを利用するメリットとは？
2022年3月
- [3] Splunk Entry Workshop 2022/03/16
- [4] 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社, Splunkユーザーのためのデータ分析実践バイブル, 2020年10月28日, 初版第1刷
- [5] 関部 然,, Splunkではじめるビックデータ分析 基本操作からTwitterのログ分析まで, 2015年10月1日, 第1版第1刷

学内セミナー開催手順の紹介

蔵本技術部門
機能解析グループ
管理運営グループ

渡邊 明子 (WATANABE Akiko)
合田 浩子 (GOUDA Hiroko)

1. はじめに

筆者の支援先である総合研究支援センター先端医療研究部門医学系分室は、共通機器の管理や受託サービスを実施するほか、最新技術や研究のトレンドを紹介する学内セミナーを開催している。筆者は令和元年度からこのセミナーを担当しており、令和4年8月までの間に20件以上の学内セミナーを開催している。令和元年度後半からは新型コロナウイルス感染拡大防止のため開催形式はオンライン形式にせざるを得なくなったが、Microsoft Officeの各種ツールを利用する等して、現在では決まった手順でセミナーの準備ができる状況となっている。

ここでは、オンライン形式の学内セミナー開催に際して実施している準備内容や、その中で筆者なりに工夫し心掛けてきた事のほか、経験したトラブル事例についても報告する。

2. セミナーテーマの決定と目的

先端医療研究部門医学系分室で開催するセミナーは“技術”を紹介することを基本とし、基礎、導入機器紹介、最新機器紹介といったシリーズでセミナーを開催している。各シリーズはそれぞれ目的を設定しており、例えば基礎シリーズでは、よく用いられる実験技術について、その原理だけでなくトラブルシューティングも含めて紹介することで、参加者の実験技術に対する理解を深め、実際に実験を行う際に効率よく、正しい結果が得られる状況を作り出すことを目的としている^[1]。講師側の企業には予めこのような目的を伝える事で、対応可能なテーマを提案してもらい、また目的に即した内容を準備してもらっている。

3. セミナー開催までの準備

テーマ決定後は「学内周知」「参加者への案内」「開催当日」等の準備が必要となる。

この中で比較的難しいのが「学内周知」によって参加者を募ることと思われる。学内周知にはセミナー内容を記載したチラシを各分野に配布しているが、これだけでは情報は行き渡りにくい。メール配信も必要であり、興味を持った方がスムーズに参加申込に至る配慮も必要と思われる。このためメール配信は分野代表者に申込受付開始時と締切前に案内しているほか、過去のセミナー参加者にも案内している。また、機器予約システムにバナーを掲載する等の工夫もしている。これらを実施する際、メール配信にはWord + Outlook、申込受付にはForms + Power Automate、資料共有にはOneDriveを使う等、Microsoft Officeのツールを活用している。しかし、過去にはOneDriveで共有した資料を閲覧者が削除してしまうトラブルも経験した。業務効率化には各種ツールを積極的に使用すべきだが、各種設定も確認しておく必要があると思われる。

4. さいごに

このような学内セミナーは、講師側が機器や試薬開発等で積み重ねてきた情報を本学教職員・学生に提供してくれる貴重な機会である。本来であれば技術職員が各種技術を学び、説明できることが理想かもしれないが、この場合は開催できるテーマ・内容に限りがある。また何より、セミナー開催により筆者自身も様々な技術を知る機会となっている。技術職員の能力および資質の向上等を図る意味でもこのようなセミナー開催は意義のあることと思われる。

[1] 渡邊明子，オンライン基礎セミナー開催の試み，徳島大学技術支援部技術報告，pp.21-23，2021

編集後記

新型コロナウイルス感染症もまだまだ予断を許さない状況ではありますが、徐々に出口も見えてきたように感じられます。そのような中ではありますが、本年度もおかげさまで技術報告第6号を発行することができました。本報告書は、技術支援部に所属する職員による、日頃の研究・教育技術支援業務を通して得られた様々な成果や知見に関する報告をまとめたものです。本報告書を通し、徳島大学技術支援部における技術職員の活動の一端をご理解頂けますと幸いです。

またこの技術報告とは別に技術発表会もコロナ禍ではありますがリモートで無事開催することができました。巻末に技術発表会の要旨集を掲載しましたのでご覧頂ければ幸いです。

この技術支援部技術報告委員会は常三島と蔵本という距離の離れた2つのキャンパスに跨る委員会として発足しましたが、2年目を迎え一層効率的な運用ができるようになりました。こうした流れは今後ますます加速されていくでしょう。

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、北村蔵本技術部門長、玉谷常三島技術部門長をはじめ、技術支援部の皆様、ご執筆いただいた皆様、また編集・発刊に際しご尽力いただきました編集委員の皆様には厚く御礼申し上げます。

(山上 喜廣)

編集委員

山上 喜廣(委員長)

常三島技術部門 計測制御システムグループ

矢野 雅司(副委員長)

蔵本技術部門 機能解析グループ

桑原 明伸

常三島技術部門 地域協働グループ

堅田 聡子

蔵本技術部門 機能解析グループ

令和 5年 2月 20日 発行

徳島大学技術支援部

技術報告 第6号

編集者 徳島大学技術支援部 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

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

URA 部門

〒770-8501 徳島市新蔵町2丁目24番地

電話番号 088-615-2414