

令和5年度
技術研究会
発表予稿集

令和5年12月5日（火）

於：東北大学理学研究科・大講義室

東北大学理学研究科・理学部

目次

令和5年度 東北大学大学院理学研究科・理学部 技術研究会開催要項	1
--	---

【理学研究科技術賞受賞者講演】

「東北大学電子光理学研究センターにおける放射線安全管理に対する貢献」	3
電子光理学研究センター ○南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・柴田 晃太郎・菅原 由美	

【特別講演】

「細くて小さなガラス細工が立証した、鳥類恐竜起源説」	4
生命科学研究科(理学部生物学科) 教授 田村 宏治	

【技術関連発表】

1. 「放射線業務従事者に対する理学部再教育の改善の取り組み」	5
物理学専攻 梅津 裕生	
2. 「石英ガラス製フランジ付き容器の研削加工」	6
硝子機器開発・研修室 澤田 修太	
3. 「学生実験(熱プローブリソグラフィー)の紹介」	7
物理学専攻 佐藤 健	
4. 「東北大学電子光理学研究センターにおける受変電設備の年次点検について」	8
電子光理学研究センター ○南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・柴田 晃太郎	
5. 「薄片作製装置の導入とその効果の考察」	9
地学専攻 ○阿部 道彰・伊藤 嘉紀・川野部 裕之	
6. 「能登半島臨時地震観測点設置作業の紹介」	10
地震・噴火予知研究観測センター 木村 洲徳	
7. 「古いMacの修理(電源編)」	11
生物学科 東海林 和康	

**令和5年度
東北大学理学研究科・理学部技術研究会開催要項**

目的 理学研究科・理学部及び関連部局の技術系職員は、それぞれの専門的な知識・技能を生かし幅広く研究・教育を支援しています。本技術研究会は発表を通して技術上の創意工夫などを共有するとともに、他分野の技術についても知識を広げ、技術系職員全体の技術力向上を図る。

日時 令和5年12月5日(火) 9:30～16:00

場所 東北大学理学研究科 大講義室

主催 東北大学大学院理学研究科・理学部

参加対象者 理学研究科・理学部及び関連部局の技術系職員、その他の聴講希望者

内容

9:30 受付

9:50 開会挨拶 大学院理学研究科 研究科長 都築 暢夫

【理学研究科技術賞表彰】

10:00 講 評 技術賞選考委員会委員長 橋本 久子
表 彰 大学院理学研究科 研究科長 都築 暢夫

【理学研究科技術賞 受賞者講演】

10:15 「東北大学電子光理学研究センターにおける放射線安全管理に対する貢献」
電子光理学研究センター ○南部 健一、長澤 育郎、高橋 健、柴田 晃太郎、菅原 由美

10:45 休 憩

【特別講演】

11:00 「細くて小さなガラス細工が立証した、鳥類恐竜起源説」
大学院生命科学研究所(理学部生物学科) 教授 田村 宏治

12:00 昼食・休憩

【技術関連発表】

13:00 1. 「放射線業務従事者に対する理学部再教育の改善の取り組み」
物理学専攻 梅津 裕生

- 13:20 2. 「石英ガラス製フランジ付き容器の研削加工」
硝子機器開発・研修室 澤田 修太
- 13:40 3. 「学生実験(熱プローブリソグラフィー)の紹介」
物理学専攻 佐藤 健
- 14:00 休 憩
- 14:10 4. 「東北大学電子光理学研究センターにおける受変電設備の年次点検について」
電子光理学研究センター 南部 健一
- 14:30 5. 「薄片作製装置の導入とその効果の考察」
地学専攻 ○阿部 道彰、伊藤 嘉紀、川野部 裕之
- 14:50 6. 「能登半島臨時地震観測点設置作業の紹介」
地震・噴火予知研究観測センター 木村 洲徳
- 15:10 休 憩
- 15:20 7. 「古いMacの修理(電源編)」
生物学科 東海林 和康
- 【理学研究科技術部報告】**
- 15:40 今年度の活動報告と今後の予定
統括技術長 根本 潤
- 15:55 閉 会 挨拶
技術部 企画・研修委員長 橋本 久子

東北大学電子光物理学研究センターにおける放射線安全管理に対する貢献

電子光物理学研究センター

○南部健一、長澤育郎、高橋健、柴田晃太郎、菅原由美

1. はじめに

東北大学電子光物理学研究センターは4台の電子加速器を有し、全国共同利用に供している。加速器は放射線管理区域内に設置されており、厳重な放射線安全管理を敷いて運用されている。放射線安全管理には、管理区域入退室管理システムや放射線安全インターロックシステム、放射線モニタリングシステムなどを用いていたが、近年、OS やソフトウェアの老朽化、厳格な管理を行うための仕様変更への対応が困難になりつつあったことや、ハードウェアの老朽化に伴う不具合などが散見され、抜本的な対応が必要であった。そのため放射線安全管理業務を円滑におこなうためには、これらの課題を解決する必要があり、これらのシステムを更新又は改修を行った。

2. 開発・改修したシステムの概要

放射線安全管理に割ける予算は限られていることから、管理区域入退室管理システム、放射線安全インターロックシステム及び放射線モニタリングシステムは、加速器制御システム構築の知見を活用して、センター内で新たに開発した。入退室管理システムは、すべて Linux ベースの OS 上で動作し、かつ仮想環境で稼働させているため、不具合発生時の復旧が容易になった。またデータベースアクセスの最適化により、処理時間が従来の1/100 以下となり、実験室の入退出がスムーズに行えるようになった。放射線安全インターロックシステムには、実験室内への閉じ込め事故を防止するための実験室内在室信号を追加する必要があった。信頼性が要求される信号であるため、在室信号に加えて、その信号を出力する機器が正常に動作しているか常時確認する信号（ハートビート信号）を追加し、これをハードウェアで監視する機構を追加することで、信頼性を向上させた。またインターロックロジックの論理演算部を2重化し、信頼性の向上を図った。放射線モニタリングシステムに関しては、エリアモニターやモニタリングポストとの通信に、従来はアナログ信号を用いていたが、高圧電源やアナログデジタル変換回路などを一体化したモジュールを新たに開発して、ネットワーク経由で測定値の収集を行うようにしたことで、配線工事を大幅に簡略化でき、工事費を削減することができた。また各測定値は、加速器制御システムで使用しているアーカイバーと同じもので記録しているため、加速器運転記録との照合などが容易に行えるようになった。

3. まとめ

新たに運用を開始した実験室入退室管理システム、放射線安全インターロックシステム及び放射線モニタリングシステムは、東北大学電子光物理学研究センターの放射線安全管理に活用され、放射線安全のみならず教育・研究環境の改善に大きく貢献した。開発したシステムは、特定のソフトウェアやドライバの採用を極力避け、基本的に Linux や MariaDB 等のオープンソースソフトウェアを用いて構築した。また配線工事費を抑える方式を採用するなどし、これらによりシステム構築時の費用を抑えると共に、システムの維持経費を削減した。放射線安全管理業務は、このようなシステム構築や改修の他にも、教育記録の照合、関係機関との調整、RI 使用量の管理、線源の管理の他、施設の維持管理など様々な業務を行う必要がある。このような業務を効率的に遂行するために、今回新たに開発した実験室入退室管理システムのアップグレードが計画されている。

「細くて小さなガラス細工が立証した、鳥類恐竜起源説」

東北大学大学院生命科学研究所(理学部生物学科)、田村 宏治

「鳥の祖先は恐竜ではなかろうか(鳥類恐竜起源説)」とはじめて言ったのは、イギリスのハクスリーという学者さんで、今から 160 年も前のことでした。動物の進化を世に問うていたダーウィンは、鳥類恐竜起源説の根拠となった始祖鳥の化石にいたく感激し、彼の著書である「進化論」の第二版にこの仮説を掲載したのだそうです。

その後、150 年余りのあいだ鳥類恐竜起源説は賛否両論のもと、欧米を中心にいわゆる喧々諤々(けんけんがくがく)の議論がなされてきたそうです。当初この仮説はかなり疑問視されていたようで、その多くの根拠は「鳥にあるはずのいくつかの骨が恐竜には無い」ことでした。しかし、始祖鳥の発見後 100 年ほどのあいだにたくさんの恐竜化石が発見され、鳥類に見られる骨は恐竜も持っており、やはりいちばん鳥に似ているのは恐竜(中でも獣脚類という肉食恐竜の一群)であることが示されていきました。きわめつけは 20 世紀末に相次いで発見された羽毛恐竜で、鳥類ととてもよく似た獣脚類恐竜が数多く報告されると、鳥類恐竜起源説はほぼ 100%間違いないとまで言われるようになります。

ここで「ほぼ」100%と書いたのには理由があって、最後に一つだけどうしても鳥の祖先が恐竜だと考えては説明がつかない矛盾(あるいはパラドクス)が存在していたからです。そのパラドクスとは、「鳥の手の指は“人差し指、中指、薬指”で構成されているが、獣脚類恐竜の手にある指は“親指、人さし指、中指”だ」というもので、別の指を持つ動物から違う構成の指を持つ動物は生じ得ない、という理屈でした。

このパラドクスが解消されたのは 2011 年 2 月 11 日^[1]で、大震災のちょうどひと月前でした。はたしてどうやってこのパラドクスが解消され「鳥の祖先は恐竜だ」と 100%言ってもよい状態になった^[2]のか、本講演ではその研究について、できるだけわかりやすく解説します。とくに、その研究が「発生学」という研究分野の実験であったこと、そしてその実験のために「細いガラス管に封じた直径 100 μ m のタングステン線」が大活躍したことをご紹介します。日頃みなさんにお世話になりながら作る細く小さな道具を使った実験が導いた理屈が、鳥は恐竜だと言わせてくれたという、結構スケールの幅が大きなお話です。

[1] Tamura, K., Nomura, N., Seki, R., Yonei-Tamura, S., and Yokoyama, H. (2011). Embryological evidence identifies wing digits in bird as digits 1, 2, and 3. *Science*, 331, 753-757.

[2] 田村宏治. 進化の謎をとく発生学: 恐竜も鳥エンハンサーを使っていたか. 岩波ジュニア新書. 2022. (右の絵は、本著の表紙絵より)



放射線業務従事者に対する理学部再教育の改善の取り組み

物理学専攻
梅津裕生

1. はじめに

理学研究科には放射線取扱等業務に従事するために放射線管理区域に立ち入る「放射線業務従事者」が約500名登録されている。理学部再教育は、主に登録2年目以降の従事者に対して毎年実施している教育及び訓練である。2019年度までは図1に示すような対面の講義、受講できなかったものに対し、毎月技術職員立会のもと録画の視聴で再教育を実施していた。2020年度からはコロナウイルスの影響もあってオンラインで再教育を実施している(図2参照)が、2022年度に理学研究科内で管理がしやすいようにオンライン教育の実施形態を変更した。本技術研究会では、以上のような再教育の改善の取り組みについて、詳しく報告する。

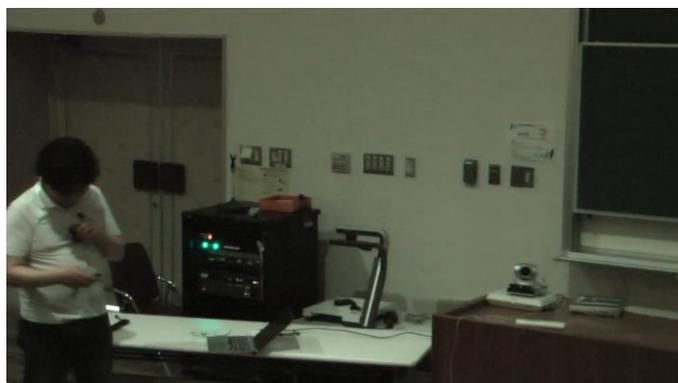


図1 対面の講義形式で実施していた2018年度再教育の様子



図2 2023年度再教育の教材動画画面

石英ガラス製フランジ付き容器の研削加工

硝子機器開発・研修室

澤田 修太

ニュートリノ科学研究センターから宇宙線による液体キセノンの微細な反応を観測するための石英ガラス製フランジ付き容器の製作依頼があった。

材質、形状から普段行っているガスバーナーを使用した熔融加工が困難だったため、石英ガラスブロックから研削加工を行い製作する事とした。研削加工をする上でもいくつか問題点があったが、新規に購入した研削工具と機器開発・研修室で製作した独自の治具を用いることで完成させることができた。

今回は依頼されたフランジ付き容器の製作工程や使用した工具、治具について発表する。



・独自の治具を用いた研磨作業の様子

学生実験「熱プローブリソグラフィーの紹介」

物理学専攻
佐藤 健

1. はじめに

理学部物理学科では実験授業「物理学実験Ⅲ」を開講している。この授業は3年生後期に開講され、これまでの実験の知識と技術をもとに研究への導入となる実験を行うことを目的の一つとしている。授業は物理学専攻の実験系の各研究室が分担して行っている。実験は1日2時間(90分×2)で全9日間、1テーマ7名程度の学生を受け入れ2グループに分けて作業を行う。電子ビームリソグラフィーや蒸着装置を使用して作成したアドレス基板にカーボンナノチューブ(CNT)を散布し、原子間力顕微鏡(AFM)で観察を行い、電極パターンに接合しやすい条件の良い単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を探し出す。また、AFM装置の別機能を利用して熱プローブリソグラフィーの導入を試みた。今回はこれらの半導体微細加工実験を担当したので、その結果について報告する。

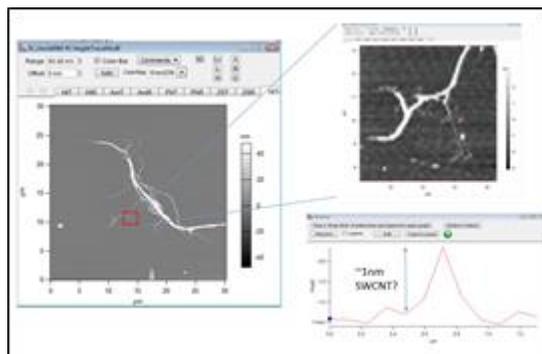


図1 AFM画像(CNT)

2. 原子間力顕微鏡(AFM)について

AFM(Atomic Force Microscope)は、微小なバネ板の先端に鋭い探針を取り付けたカンチレバーを、試料表面より数 nm の距離にまで近づけて、探針先端の原子と試料の原子の間に働く原子間力によって試料の凹凸形状を三次元的に計測する手法です。表面の形状を調べる SPM(走査型プローブ顕微鏡/Scanning Probe Microscopy)の一種であり、さまざまな物質の測定に活用されています。

3. 熱プローブリソグラフィーについて

熱プローブリソグラフィーは、カンチレバーの先に電圧をかけ抵抗加熱でレジストを加熱し反応させることで描画ができるリソグラフィー法です。この手法は真空環境が不要のため、装置もコンパクトで 100°C程度の加熱なので試料へのダメージが少ない。最近では 10 ナノメートルパターンの微細加工例も報告されているが、数〜数 10 ナノメートルのリソグラフィー技術は研究段階であり、一般的な用途及び大学教育への導入はまだ確立されていない新しいリソグラフィー技術の1つです。

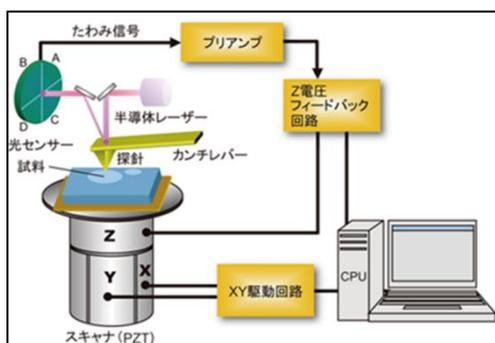


図2 原子間力顕微鏡(AFM)構成図
(出典: 日立ハイテック <https://www.hitachi-hitech.com/jp>)

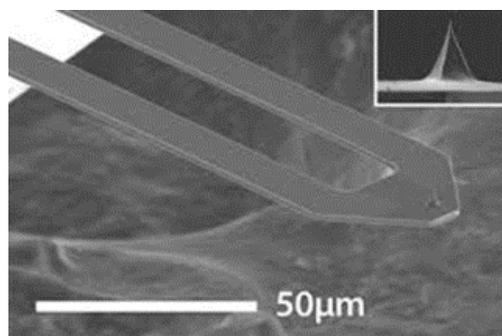


図3 プローブ(AN2-200 Bruker 社製)

東北大学電子光理学研究センターにおける受変電設備の年次点検について

電子光理学研究センター

○南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・柴田 晃太郎

1. はじめに

東北大学は4か所の特高変電所を有し、各キャンパスに電力を供給している。当センターは、主要なキャンパスから地理的に離れていることと、加速器施設のため消費電力も、当センターの前身である理学部附属原子核理学研究施設の設立当初においては、比較的大きなものであったことから、特高変電所が整備され、それを用いてセンター内に電力を供給している。例に洩れず、夏季にこれらの受変電設備の点検を実施するため、全所停電を行う。全所停電の準備や、当日の作業、復電後の作業の概要について報告する。

2. センターの受変電設備の概要

センターの受変電設備は、主に特高変電所と電気室に集約されている。特高変電所は富沢キャンパスの南東に位置し、受電電圧は66kV、最大受電容量は2500KVAである。受電後に特高変圧器で、電圧を6.6kVまで降圧したのちに、電気室に送り出している。電気室は、富沢キャンパスの北に位置し、各機器・負荷が要求する電圧(400,200,100V)まで降圧し、配電盤を経由して、センター内に電力を供給している。電気室には係員が24時間体制で勤務し、受変電設備の監視業務を行っている。特高変電所は平成19年度から順次老朽化対策のため、遮断器や特高変圧器などの機器の更新が行われてきた。近年、これらの機器の定期交換部品の交換時期となり、部品交換経費の捻出に苦慮している。部品交換を怠ったがために、受変電設備が故障し、他の需要家の設備に被害を与えると、損害賠償を要求される可能性があるため、現在施設部とこれらの情報を共有して、計画的に保守管理を実施している。

3. 全所停電の準備と当日の作業

特高変電所の操作手順は、施設部と情報共有しながら、事前に東北電力と打合せを行い、当日は給電指令票に従って特高変電所の操作を行う。あらかじめ決められた時間内で、点検作業を完了する必要があり、複数の点検業者が作業にあたることから、点検業者らと事前に打合せを行い、停電時間や作業内容及び手順の確認、連絡体制などを確認する。また作業前日までに、サーバ電源用発電機のオイル交換・試運転、補充用ガソリンを準備する。

停電当日は概ねAM7:00頃から、加速器制御システム、管理区域入退室管理システムのシャットダウンや、加速器真空排気システムの停止、メール、Web、DNSサーバ等の電源の発電機系統への切替え作業などを行う。その後、特高変圧器の遮断器の開放操作までを行い、東北電力の給電指令所から、操作指示があるまで待機する。給電指令所から、作業開始連絡の後に、操作指示に従い、電気室及び特高変電所で、遮断器や断路器、接地金具の取り付け等を行う。その後、停電引き渡しとなり、点検作業が開始される。点検作業前に、点検業者とセンター担当者で、朝礼を行い、当日の注意事項や、作業手順の最終確認を行っている。

停電中は、放射線管理区域内の絶縁抵抗試験立ち合いや、消火栓用ポンプの動作試験などを行うとともに、ネットワークケーブルやサーバ類の電源ケーブルの整理等を行う。

すべての点検作業が完了すると、復電作業の準備を行い、停電作業と同様に、給電指令所からの操作指示があるまで待機する。給電指令所からの操作指示に従い、接地金具の取り外し、断路器、遮断器の投入操作を行い、特高発電所の復電操作が完了する。その後、高圧遮断器と低圧遮断器を順次投入し、センター内の復電操作が完了する。復電後には、加速器真空排気システムの立ち上げや、サーバ類の電源を商用電源に切替えを行い、最後に停電作業で使用した資機材を片付けて停電作業は完了となる。

4. まとめ

東北大学電子光理学研究センターでは、電気設備点検のために1年に1回全所停電を行っている。施設部と情報共有を図りながら、研究・教育環境の基盤となる、受変電設備の適切な維持管理を行っていきたい。

薄片作製装置の導入とその効果の考察

地学専攻

阿部 道彰・伊藤 嘉紀・川野部 裕之

地学の分野において、岩石や化石などの成り立ちを知るために薄片は欠かせない存在である。地学専攻技術室では、教員および学生から依頼を受けて薄片を作製しているが、加工や処理が容易な試料については学生自身でも薄片が作れるよう技術指導も行っている。しかし作製経験の浅い学生にとって、精度の高い薄片を作る事は難しいのが現状のようである。

今回導入した薄片作製装置(図1)を使った加工は、従来の薄片作製方法による加工と比較して初心者でもある程度精度の高い平面加工を容易に行うことが可能だが、使用にあたりいくつか問題点もあった。作製装置を使う上で一番大きな問題点は、切削条件次第によっては観察する岩石組織が破損(図2)することである。これが発生する原因としては、作製装置での加工は従来の作製法の加工と比較して、非常に強い摩擦が加わるためだと思われる。この摩擦を軽減して岩石組織が破損しないようにするために、切削の送り量や送り速度を模索して、最適な条件を見出した。これにより初心者でも作製装置を使っての薄片作りが容易になった。

本発表では上記に述べた試行の詳細のほか、作製装置に加えた改良なども併せて報告する。



図1 薄片作製装置 プレパラップ

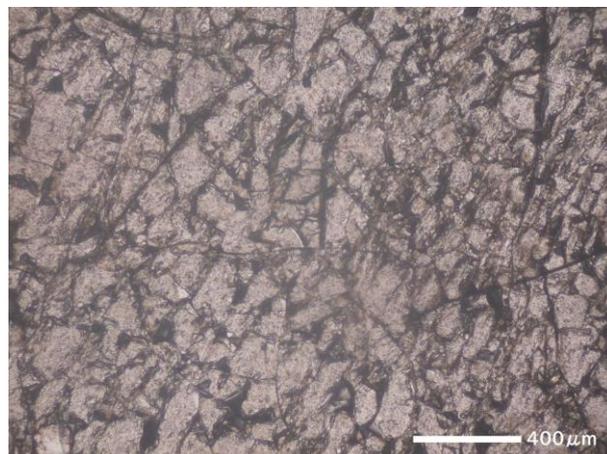


図2 薄片作製装置での加工で破損した岩石組織

能登半島臨時地震観測点設置作業の紹介

地震・噴火予知研究観測センター
木村 洲徳

1. はじめに

石川県能登半島北東部付近にある珠洲市では、2018年6月頃より地震数が増加している。有感地震数は2022年3月から4月にかけて一層増加し、2022年6月19日に珠洲市でマグニチュード5.4最大震度6弱の地震が発生し、2022年6月20日にはマグニチュード5.0最大震度5強の地震が発生した。2022年6月の震度1以上の地震は45回発生しており、非常に地震活動が活発となっている。

この石川県能登半島で発生している地震について、震源域付近で観測を行うことにより、地震の発生機構や地震活動の推移を調査するための貴重なデータを取得することが可能である。東京大学や金沢大学などと協力し、石川県珠洲市で臨時地震観測を行うことが決定した。

2. 臨時地震観測点設置作業について

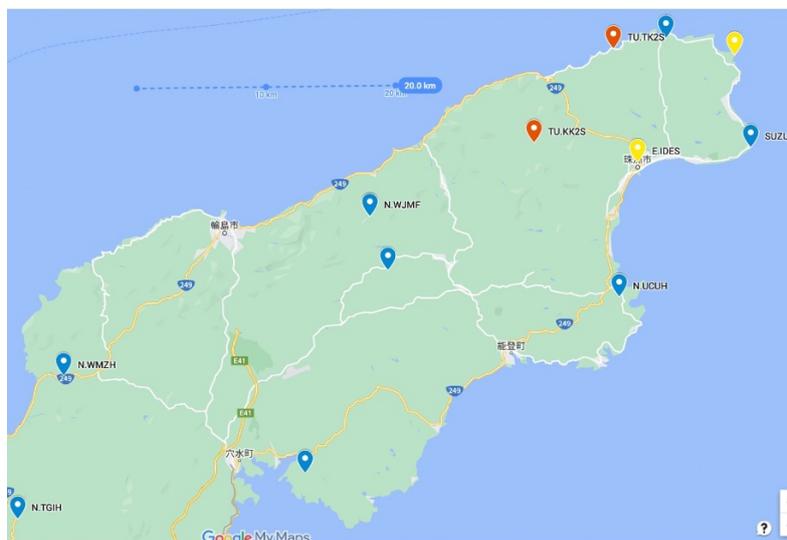
2.1 設置場所の選定

2022年7月4日から7月8日までの計5日間石川県珠洲市に訪問した。臨時観測点設置場所の選定と設置作業を行なった。設置場所の選定においては、あらかじめGoogleマップで設置に適す場所の候補をいくつか選定し、現地ですべて調査して適地である2ヶ所に決定した。設置場所に選定したのが旧上黒丸小学校(TU.KK2S)と高屋集会所(TU.TK2S)である。

2.2 設置作業

設置場所選定後、観測機器の設置を行った。観測機器(ソーラーパネル、地震計、鉛蓄電池等)の運搬は公用車で現地に持っていくものと宅急便で現地に輸送するものに分けた。今回設置したのがオンライン臨時地震観測システムである。モバイル回線を通じて、現地で観測したデータを大学まで送信するシステムである。

本発表では、石川県珠洲市で2022年7月より行った臨時地震観測点設置作業について紹介する。



臨時観測点位置図

- 赤: 東北大学臨時観測点
旧上黒丸小学校(TU.KK2S)
高屋集会所(TU.TK2S)
- 黄: 東京大学地震研究所
臨時観測点
- 青: 気象庁・防災科学技術研究所
既存観測点

古い Mac の修理(電源編)

生物学科
東海林 和康

1. はじめに

先日、先生の古い Mac を修理する機会がありました。今回、その修理の過程について報告します。修理を行った Mac は、2001 年に発売された「Power Mac G4 (Quicksilver)」です。電源ボタンを押しても起動せず、電源ユニットの交換が必要でしたが、年代的に純正部品の入手は難しく、汎用の電源ユニットを用いて修理を行うことにしました。

2. 故障個所の推定

電源ボタンを押したときの挙動や起動音の有無などから、OS の起動に至っていないため、ファイルの破損などによるソフトウェア的なトラブルではなく、ハードウェア関係の故障であることが分かりました。さらに、エラーメッセージやビープの有無などから、CPU やメモリ関係の故障ではないこと、また、電源ユニットの排熱ファンが回っていないことから、電源ユニットが故障している可能性が高いと判断して修理を進めました。

3. 修理の流れ

3.1 故障個所の特定

まずは、本当に電源ユニットが故障しているのか確認する必要があります。詳細については、研究会にてご説明いたします。

3.2 データのバックアップ

修理には時間がかかることが予想されましたので、差し当たり、必要なデータを他のパソコンにバックアップしました。詳細については、研究会にてご説明いたします。

3.3 電源の修理

今回の場合、電源ユニットの交換が必要でしたが、同一モデル(Mac はモデルごとに電源の色々な規格が異なる)の電源を入手するのは困難でした。一方で、Windows パソコンなどに用いられる汎用の電源ユニット(ATX 電源)であれば容易に入手でき、また、規格も統一적입니다。電源ユニットの各端子と電圧の組み合わせ(ピン・アサイン)が Mac のそれとは異なるのがネックになります。そこで、Mac の電源ユニットのピン・アサインとなるよう、ATX 電源のケーブルを入れ替えて半田付けした電源(図1)を作成して、修理を行うことにしました。詳細については、研究会にてご説明いたします。

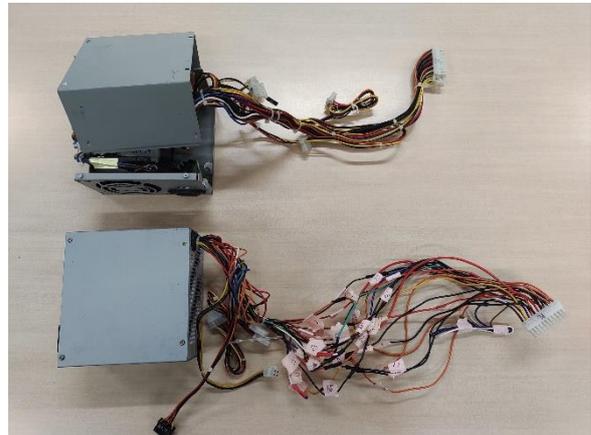


図1 故障した電源(上)と作成した電源(下)

4. 最後に

昨今のインターネット・セキュリティ事情を鑑みれば、古いパソコンの活躍の場は非常に限られてきています。その反面、ハードウェアの耐久性とソフトウェアのライフサイクルの差は広がる一方ですから、研究の場においても、特定の役目を課せられた古いパソコンがそれなりの数で存在しているものと推測します。一方で、通常システムにおいてはハードウェアの冗長化はなされておりませんから、古いパソコンが故障したときに周りに与えるダメージは少なくありません。そのときに、もし、近くにいる技術職員がパソコンを修理することができれば、様々な問題が理想的に解決できるのではないのでしょうか。

私は今回の修理を通じて、これまであまり意識したことのないパソコンの電源ユニットについて詳しく知ることができました。本研究会を通じて、これらのノウハウを皆さんと共有できれば幸いです。