

令和3年度
技術部報告



Vol. 34 Mar. 2022

東北大学大学院理学研究科・理学部

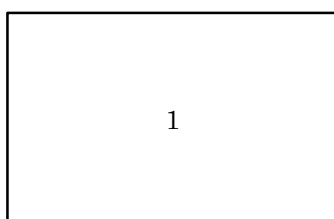
表紙写真

東北大学 大学院理学研究科附属巨大分子解析研究センター

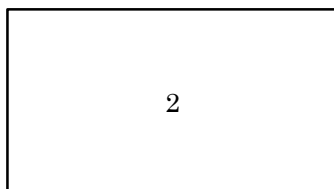
2020年度、巨大分子解析研究センター棟の改修工事が行われました。工事前には施設部や工事業者とのヒアリングおよび物品の移設、工事中は化学系研究棟および物理系研究棟の各部屋をお借りし、依頼分析業務を行っておりました。分析室が分散したうえ、COVID-19の感染拡大時期と重なり、研究者の皆様にはご不便をおかけしておりましたが、サンプル授受などの方式を工夫し対応いたしました。

工事完了引渡し間近となった2021年2月、大きな地震が発生し、多くの装置が損傷し、分析できない状態となっております。現状、研究支援については学内外の協力を仰ぎながら、装置更新の手続きを進めております。もしばらくご不便をおかけしますが、ご理解をいただけますと幸いです。運用再開となりましたら、綺麗になった分析室で、新たな気持ちで分析支援を行って参ります。

巨大分子解析研究センター 吉田 慎一郎



1: 改修工事後の巨大分子解析研究センター棟外観



2: 改修工事後のCHN分析室

巻頭言

理学研究科長・理学部長

寺田 眞浩

先ず初めに、理学研究科・理学部の研究活動を支援し、世界に通用する最先端研究を日頃から支えて頂いている技術部の皆さんに、心から感謝申し上げます。

昨年度に続いて新型コロナウイルス感染症の対応に翻弄されつつも、今年度はこれまでの経験を生かしてコロナ禍によってもたらされた急激な変化にも対応しつつある状況かと思えます。依然として第6波の感染状況は衰えを見せておらず、感染症の脅威が過ぎ去った訳ではありませんが、研究科運営もこの状況下に順応しつつ、前向きな対応へと移行していく必要性を強く感じております。

このようにコロナ禍によって有無を言わせずにもたらされた変革もありますが、このところ大学を取り巻く環境は大きく変わろうとしています。これまでの大学改革とは質が異なるという意味で、「(大学の)グレート・リセット」と言われることもあるようですが、新たな大学の在り方を具現化するため「大学ファンド」を開設し、ファンドの運用益で大学を経営するといった、これまでとは全く異なる大学運営の在り方も議論が活発化しています。一方、技術部の皆さんにとっては総合技術部の改革が進む中で、これまでの評価方法の見直しが図られるとともに、上位職の皆さんには組織マネジメントなどこれまで多くを問われなかったことが要求されるようになってきました。今後は適正配置や、新たに設立されたコアファシリティ統括センターなど、理学研究科に所属する皆さんにとっても先行きが見通しにくい案件もあり、不安に感じている方も多くおられるかと思えます。こうした時だからこそ、研究者とその支援をする技術部の皆さんとの連携の在り方を再考し、双方が最大限に力を発揮するにはどうあるべきかを皆さんとともに考えていくことが益々重要になって来ると考えております。

このように新たなうねりが技術部の皆さんにも押し寄せているところではありますが、一方で今年度の「理学研究科・理学部技術研究会」では、2件の「理学研究科技術賞」が授与されました。受賞の栄誉を浴した、梅津 裕生氏(物理学専攻)による「 γ 線ビームエネルギー決定のための光子標識化装置の更新」ならびに、扇 充氏(硝子機器開発・研修室)による「薄膜型の高偏極ヘリウム 3 標的用ガラスセル製作」はどちらも世界最先端研究を支える極めて高度な技術に基づくものであり、技術部の皆さんと研究者との連携の在り方を示す好例と言えるかと思えます。コロナ禍においても着実に連携が実を結び、こうした成果につながったことは誇らしくもあり、技術部の皆さんに大いに感謝しております。引き続き理学研究科の研究力を支える原動力として、技術部の皆様のご活躍を祈念しております。

目次

巻頭言	理学研究科長	寺田 眞浩
1. 令和3年度 東北大学大学院理学研究科・理学部 技術研究会報告		3
開催要項		5
技術研究会の様子		7
【理学研究科技術賞受賞者講演】		
「 γ 線ビームエネルギー決定のための光子標識化装置の更新」		9
物理学専攻		梅津 裕生
「薄膜型の高偏極ヘリウム3 標的用ガラスセル製作」		13
硝子機器開発・研修室		扇 充
【技術関連発表】		
「クライストロン出力制御への機械学習導入に向けた調査」		18
電子光理学研究センター		長澤 育郎
「顕微鏡画像データ解析の自動化の試み」		24
物理学専攻		芳賀 健也
「1.8m 軸外し望遠鏡 PLANETS 開発への技術支援」		27
惑星プラズマ・大気研究センター		大友 綾
「知識の生死を分けるもの」		31
理学教育研究支援センター 安全衛生管理室		澤口 亜由美
2. 令和3年 発表・論文・受賞一覧		33
各種学会・研究会等での発表一覧		35
各種学術雑誌・報告書などに掲載された論文等一覧		36
各種機関・団体からの表彰・受賞一覧		38
編集後記	技術部報告編集委員会委員長	橋本 久子

令和 3 年度

東北大学大学院理学研究科・理学部

技術研究会報告

令和3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

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・教育を支援している。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3年12月1日（水） 13:30～17:00

場所 東北大学大学院理学研究科 大講義室

開催方法 ハイブリッド形式：

理学研究科・理学部技術職員については、対面もしくはオンライン(zoom)参加、
関連機関技術職員については、オンライン(zoom)参加。

参加申込 技術研究会にご参加いただくには、事前登録が必要です。

※11月30日（火）までに、下記のURLからお申込み下さい。

URL：

主催 東北大学 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職員、その他の聴講希望者

内容

13:10 受付

13:30 開会

挨拶

大学院理学研究科 研究科長 寺田 眞浩

【理学研究科技術賞表彰】

13:45 講評

表彰

技術賞選考委員会委員長 橋本 久子

大学院理学研究科 研究科長 寺田 眞浩

【理学研究科技術賞 受賞者講演】

14:00 1. 「 γ 線ビームエネルギー決定のための光子標識化装置の更新」

物理学専攻 梅津 裕生

14:30 2. 「薄膜型の高偏極ヘリウム3標的用ガラスセル製作」

硝子機器開発・研修室 扇 充

15:00 休憩

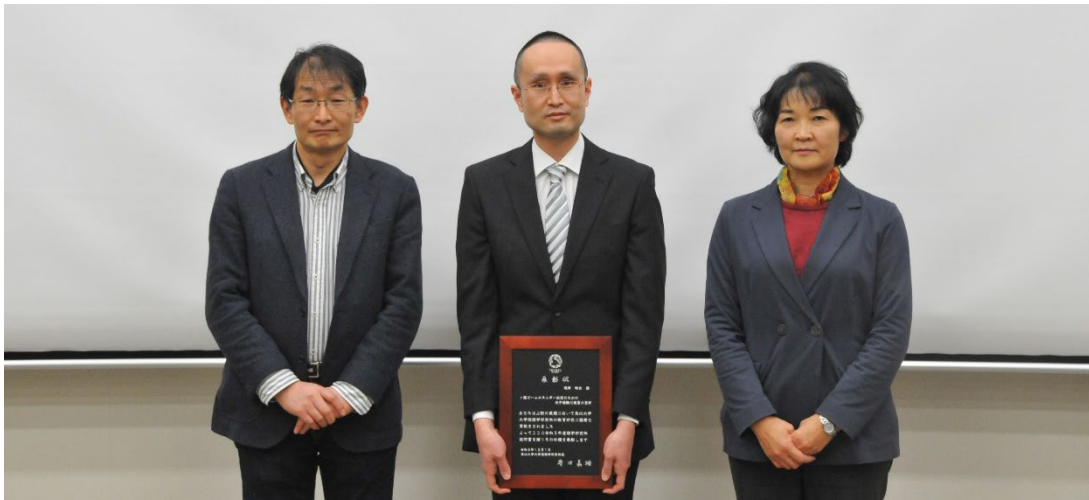
【技術関連発表】

- 15:10 1. 「クライストロン出力制御への機械学習導入に向けた調査」
電子光物理学研究センター 長澤 育郎
- 15:30 2. 「顕微鏡画像データ解析の自動化の試み」
物理学専攻 芳賀 健也
- 15:50 3. 「1.8m 軸外し望遠鏡 PLANETS 開発への技術支援」
惑星プラズマ・大気研究センター 大友 綾
- 16:10 4. 「知識の生死を分けるもの」
理学教育研究支援センター安全衛生管理室 澤口 亜由美

【理学研究科技術部報告】

- 16:30 今年度の活動報告と今後の予定
統括技術長 齋藤 誠
- 16:45 閉会挨拶
技術部 企画・研修委員長 橋本 久子

技術研究会の様子(1)



左から寺田眞浩研究科長、梅津裕生さん、技術賞選考委員長の橋本久子先生



左から寺田眞浩研究科長、扇充さん、技術賞選考委員長の橋本久子先生



理学研究科技術賞受賞者へ贈呈された楯



理学研究科技術賞表彰式の様子

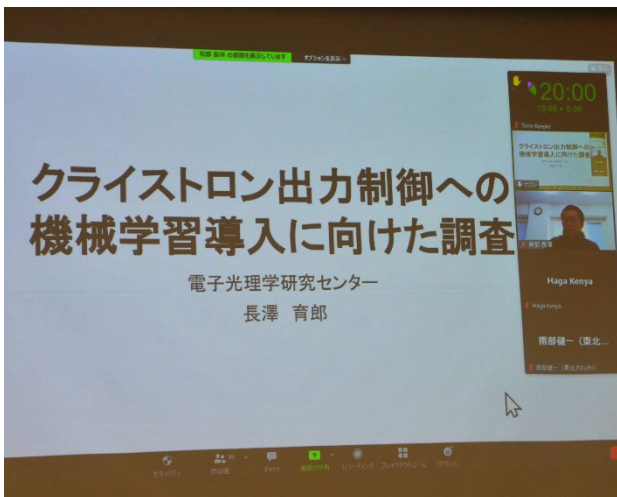
技術研究会の様子(2)



梅津裕生さんによる技術賞受賞講演



ハイブリッド開催の運営



長澤育郎さんによるオンライン発表の様子



澤口亜由美さんによる会場での発表の様子



研究会会場の様子



橋本久子技術部企画・研修委員長による閉会挨拶

γ線ビームエネルギー決定のための光子標識化装置の更新

物理学専攻
梅津 裕生

1. はじめに^[1]

エネルギー E_e の電子を標的物質に照射すると、物質を構成する原子核の電場により電子は偏向され、入射方向に制動放射 γ 線を発生する。エネルギー保存則により、 γ 線を放射した反跳電子の運動エネルギー $E_{e'}$ がわかると、既知の入射エネルギー E_e との差から制動放射された γ 線のエネルギー E_γ を知ることができる。すなわち、

$$E_\gamma = E_e - E_{e'} \quad (1)$$

と表される。 γ 線光子は測定すると消滅してしまうが、個々の反跳電子のエネルギーを知ることによって、 γ 線のエネルギーを非破壊で測定できる。

標的を電子軌道に挿入すると、制動放射を起こした電子は元の電子軌道とほぼ同じ方向に飛んでいく。しかし光子を生成した分だけ、反跳電子はエネルギーを失う。加速器内の電磁石による磁場を通過するとき、そのエネルギーに応じて反跳電子の曲がる軌道が異なるため、複数個の検出器を各軌道の上に配置することで反跳電子のエネルギー $E_{e'}$ の同定が可能となる。また、反跳電子を検出した時刻から γ 線の発生タイミングを知ることができる。

以上のように軌道の違いを利用してエネルギー識別した反跳電子の検出から、制動放射 γ 線のエネルギーと発生タイミングを知る手法を光子標識化といい、この測定を行うのが光子標識化装置(以下 Tagger と記す)である。

図1に示すように、東北大学電子光理学研究センターで行われる原子核物理実験-NKS2 実験-で用いられる制動放射 γ 線は、蓄積型電子シンクロトロン(BST リング)を周回する運動エネルギー1.3 GeVの電子ビームに、 $\phi 11 \mu\text{m}$ のカーボンファイバー標的を挿入した際に生成される。この標的は加速器の電磁石と電磁石の間に置かれ、真空チェンバー内で位置を移動し、電子ビームを少しずつ“削る”ようにして γ 線を発生する。

反跳電子の各軌道の上に配置する検出器はプラスチックシンチレータと半導体検出器 MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)で構成し、反跳電子軌道の上流側に TagF と呼ぶエネルギー決定用の検出器を、下流側には TagB と呼ぶ発生タイミング測定用の検出器を配置する。Tagger はこれら検出器群を BM4 偏向電磁石内で所定の位置に保持する。

2015年度の技術部報告で開発過程を報告した旧型の Tagger において、検出器群の配置の見直しが必要になったことや、検出器群の一部が放射線損傷で動作不全となったことなどにより、新たな Tagger を設計・製作することにした。

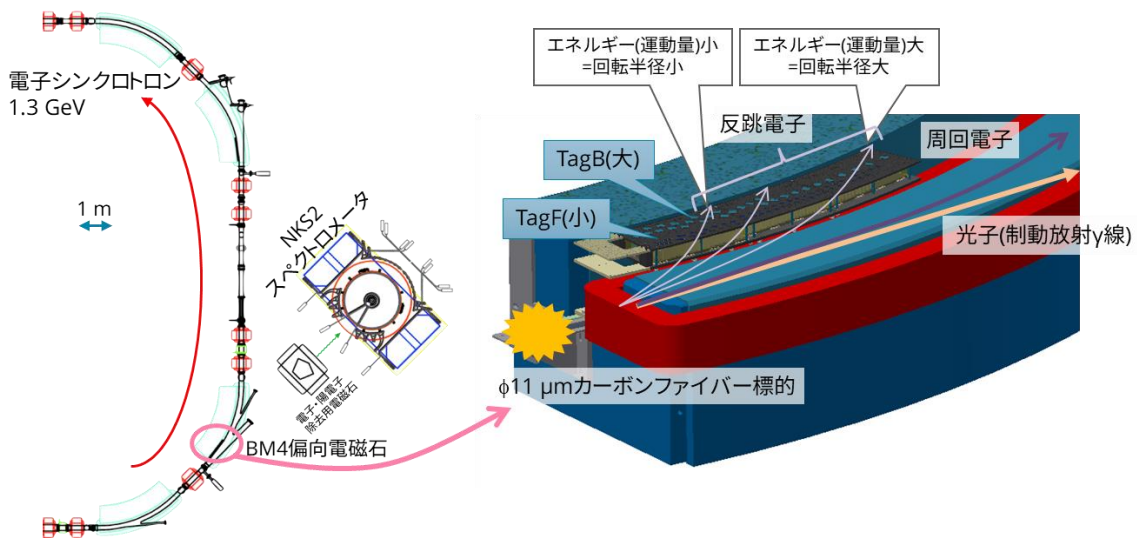


図1 BSTリング内での γ 線の発生と反跳電子の検出模式図

2. Tagger(光子標識化装置)について

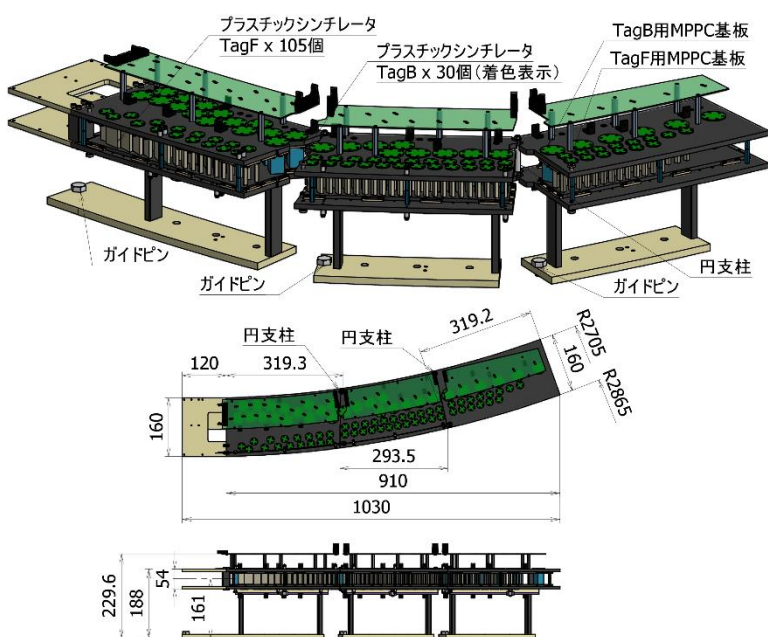


図2 Tagger 本体の外観(単位は mm)

設計した Tagger 本体の外観を図 2 に示す。筐体の長手方向は 3 つのユニットに分割した。各ユニットは分割境界内径側の円支柱を介して結合しており、支柱を中心とした円周方向の回転自由度によりユニット間の開き角が調整できる。

TagF と TagB のプラスチックシンチレータは黒い上下のベース板に挟まれた領域に配置し、シンチレーション光検出用の MPPC を搭載した円形基板が上下のベース板に固定されている。搭載数は TagF が 105 個、TagB が 30 個である。

ベージュ色に示す底板を BM4 内のレール上に載せ、2 本の円弧状レール間ギャップへ底板に取り付けたガイドピン先端をねじ込むことで各ユニットの可動範囲がレールに沿った方向に拘束される。

Tagger を閉じたときの筐体の全長は

1030 mm、幅は 160 mm の円弧状で、底面から最上段の回路基板表面までの高さが 229.6 mm である。

Tagger を更新する上での要求仕様は以下の 4 項目であった。

- (1) BM4 内へスムーズにインストールできるように本体を分割する
- (2) 所定の位置と取り付け方法にて検出器群を設置する
- (3) BM4 内の限られたスペース内に設置できるよう、コンパクトに設計する
- (4) 最大磁場 1.4 T の電磁石内に設置するため、材料は樹脂もしくは非鉄金属を用いる

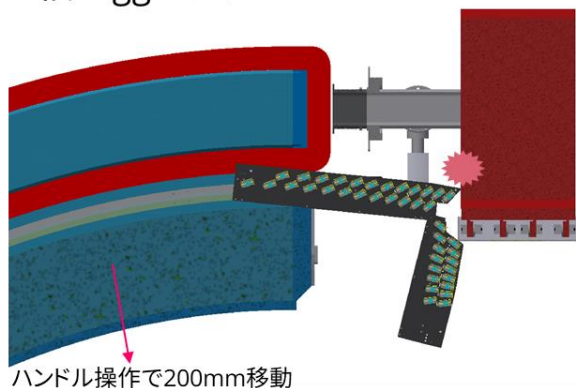
要求仕様(3)、(4)は BM4 内に設置することによるもので、旧 Tagger ですでに達成し、2015 年度の技術部報告(参考文献[1])で報告済みである。以下では新 Tagger に対して新たに要求した仕様(1)、(2)について説明する。

2.1 要求仕様(1) BM4 内へスムーズにインストールできるように本体を分割する。

旧 Tagger は BM4 内に恒常的に設置されていた。このことによって、加速器運転時の放射線暴露が積算して、上述した検出器の放射線損傷が発生したものと考えられる。新 Tagger は、実験期間以外は BM4 外へ退避して不要な放射線暴露を回避する。これによりインストールの頻度が増加するため、要求仕様(1)を満足する必要がある。

図 3(左)に示すように、筐体の長手方向を 2 分割していた旧 Tagger は、一方のユニット長が長すぎて BM4 に

<旧Tagger>



<新Tagger>

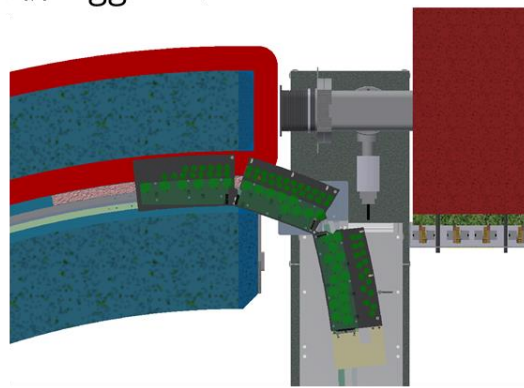


図3 新旧 Tagger の BM4 からの出し入れの様子。(左)旧 Tagger、(右)新 Tagger。

隣接する四重極電磁石 QC2 と干渉するため、Tagger を出し入れする際はハンドル操作で BM4 をヨーク円弧の中心方向へ 200 mm 動かす手間があった。それに対して新 Tagger は、図 3(右)に示すように筐体を 3 分割することで、BM4 を移動しなくても QC2 と干渉せず出し入れできるようになり、要求仕様(1)を満足した。

Tagger はユニット間の開き角を調整しながら BM4 内にインストールしたあと、図 4(左)に示すワイヤーを引くことにより BM4 の奥へ入ったユニットを出口側に引き付ける。このワイヤーは引っ張った状態で長さを固定できるため、分割 3 ユニットのすき間なく結合できる。また、図 4(右)に示すように、分割境界はベース板を凹凸のある形状とし、この凹凸を噛み合わせることで引き付けて結合する際の幅方向の位置合わせをしている。

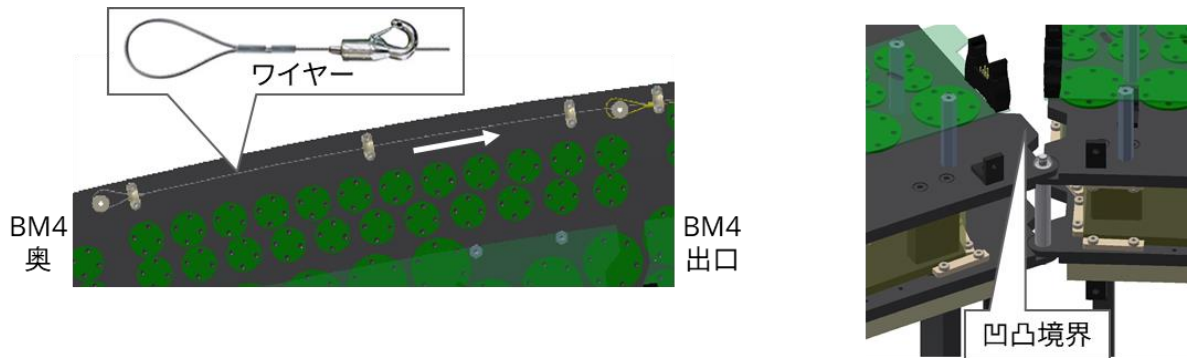


図 4 BM4 内の奥の Tagger ユニットの引き付け方法と、ユニット境界形

2.2 要求仕様(2) 所定の位置と取り付け方法にて検出器群を設置する。

図 5 に上下ベース板への TagF、TagB の取り付け図を示す。上ベース板へは TagB 全 30 個と、TagF 全 105 個のうち 53 個を取り付け、下ベース板へは TagF 52 個を取り付けた。この上下ベース板を対向するように組み立てることで反跳電子の取りこぼしのない TagF 配置が実現できる。

上下いずれかのベース板に TagF の MPPC 搭載基板を全数設置しようとする干渉してしまうため、TagF は上下に分けて配置した。上ベース板と下ベース板へそれぞれ 1 つずつプラスチックシンチレータを囲うように取り付けられている黄色のパーツは、遮光用のアルミテープを模したものである。長手方向 3 分割したベース板の各境界には、このアルミテープとテープ固定具の取り付けのために 2 枚のベース板で合わせて幅 15 mm の段差スペース

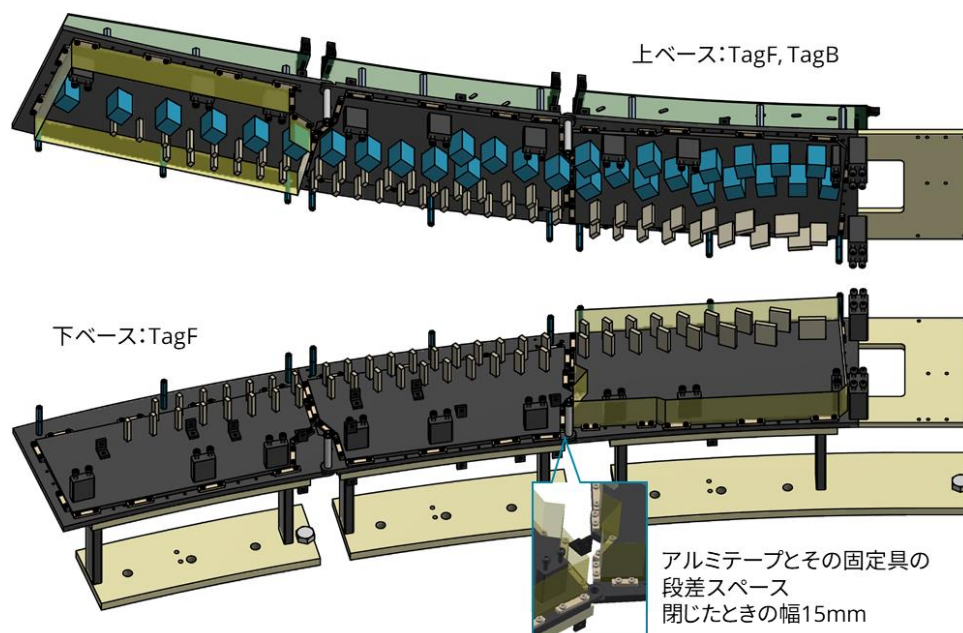


図 5 TagF、TagB の上下ベース板への取り付け図。(上)上ベース板、(下)下ベース板。シンチレータを囲う黄色のパーツは遮光用アルミテープを模したもの。下の拡大図は境界部に設けた段差を示す。

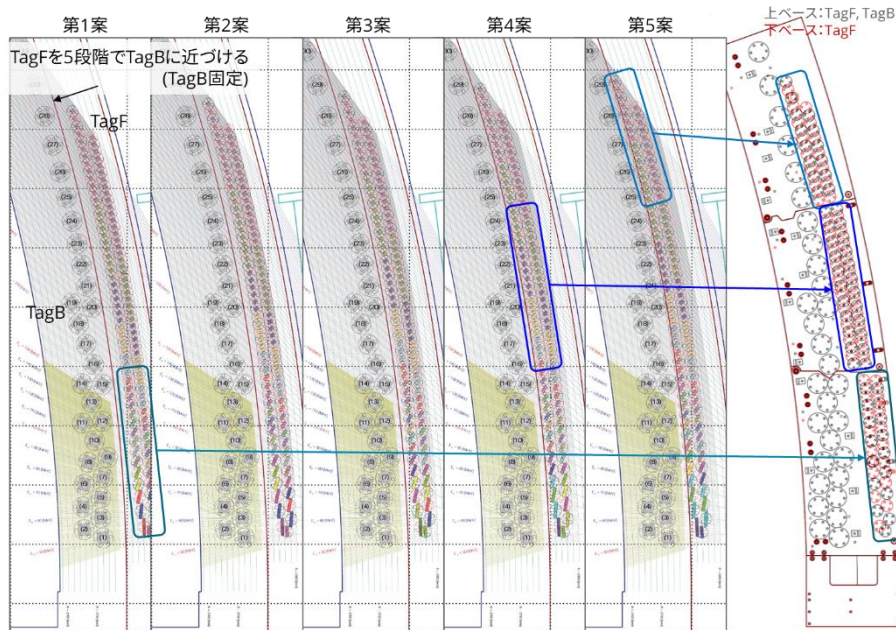


図6 TagF, TagB の5つの当初配置案と、採用した配置の比較

で、TagF 配置の疎部を作り、段差スペースを設けることができた(一番右の採用した配置)。以上により、要求仕様(2)を満足した。

3. 架台の設計・製作

図7にTaggerの設置図を示す。BM4内外に便宜上Taggerを2台表示しているが、製作したのは1台である。Tagger本体のほか、図中の足元小架台と調整用架台が同時期の製作品である。両架台とも断面が30mm四方のアルミフレームを用いて製作した。

足元小架台は既存の足場と高さを合わせるためのものであり、調整用架台はBM4外へ退避した際にTaggerを設置するためのものである。調整用架台の天板にはBM4内と同じ曲率のレールが敷設されており、BM4内と同様にTaggerを置くことができる。

4. まとめと謝辞

4項目の要求仕様をすべて満たした新Taggerの設計・製作を行った。2021年6月と7月にTaggerの初期評価実験を実施して、検出器群を通過した電子のシグナルの解析から、検出器位置が想定した場所にあることが確認された。

今回の職務遂行にあたり、Taggerの開発責任者である物理学専攻の金田雅司助教と、中村哲教授には多大なるご指導とご助言をいただきました。誠にありがとうございました。

参考文献

- [1] 梅津裕生、東北大学大学院理学研究科・理学部 平成27年度技術部報告 Vol.28、pp40-42

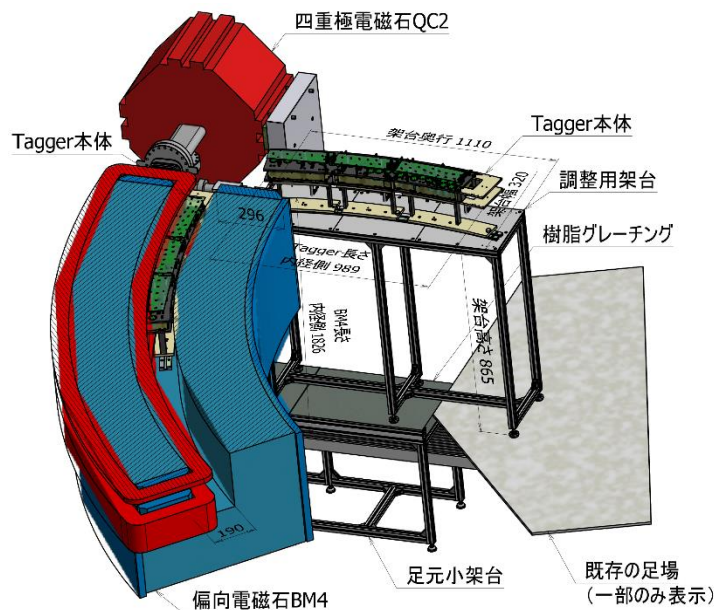


図7 Tagger設置図。製作したTaggerは1台である。

薄膜型の高偏極ヘリウム3 標的用ガラスセル製作

硝子機器開発・研修室
扇 充

1. はじめに

硝子機器開発・研修室では物理学専攻の原子核物理研究室の研究グループから三体核力の性質・効果を調べるためのセル付きガラスラインの製作を依頼されている。

原子の中心にある原子核は核子(陽子と中性子)によって構成され、核子を結びつけている力は核力と呼ばれており、三つ以上の核子が存在する場合には三つの核子の間に三体核力と呼ばれる力が働く事が分かっている。依頼者の研究グループではこの三体核力の性質・効果を調べる研究を行っている。

この研究には高いスピン偏極率を持つヘリウム3 標的が必要で、実現するには次の条件を満たす標的容器(セル)が必要である。

- 1 磁化物が少ない環境
- 2 高強度レーザー、陽子ビーム入射に耐えられる環境(また光学的に透明である事)
- 3 ヘリウム3 ガスが抜け出さない環境(留めておく環境)

これらの条件を満たす標的容器(セル)には光学的に透明であるガラス材がよく、またガラス材の中でもヘリウム3 ガスの透過率が低く、偏極の緩和が起こりにくいとされる General Electric 社製 **GE180Aluminosilicate ガラス** で製作した薄膜型の高偏極ヘリウム3 標的用ガラスセル(以下 **GE180 ガラスセル**)が最適と考えられる。当室では2013年度以降、このGE180 ガラス製のセルが付いたガラスラインの製作を毎年続けている。

GE180 ガラスは普段当室で扱っているホウケイ酸ガラスと違い、その特殊性から加工の際には工夫が必要である。今回はGE180 ガラス製セルの製作を中心に報告する。

2. GE180 ガラスセル付き真空ラインの仕様

毎年GE180 ガラスセル付き真空ラインの仕様は若干の変更があるが、概ね図1に示すサイズとなる(写真1)。

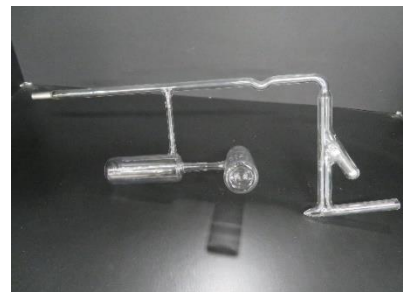
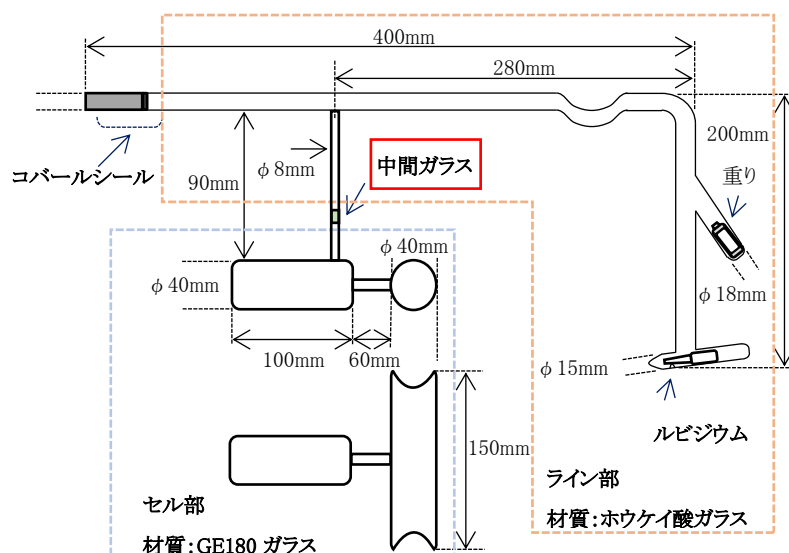


図1 2016年頃の仕様

写真1

3. GE180 ガラスセルの製作

3.1 General Electric 社製 GE180Aluminosilicate ガラスについて

3.1.1 GE180Aluminosilicate ガラスとホウケイ酸ガラスの特性

各ガラスの特性を表 1 に示す。

表 1 特性表

	GE180Aluminosilicate	ホウケイ酸ガラス
線膨張係数	43×10^{-7} in/in/°C	43×10^{-7} in/in/°C
組成	SiO ₂ 60.3% BaO 18.2% Al ₂ O ₃ 14.3% CaO 6.5% SrO 0.25%	SiO ₂ 80.6% B ₂ O ₃ 13% Na ₂ O/K ₂ O 4% Al ₂ O ₃ 2.3%
軟化点(°C)	1,015	821
徐冷点(°C)	785	560

3.1.2 加工上の特徴

GE180 ガラスに合わせた加工方法での製作となるが、他のガラス、特にホウケイ酸ガラスと大きく異なる特徴として次の 2 点が挙げられる。製作には GE180 ガラスが持つ特異な性質を理解した上での製作となる。

- 溶け方(融解)に独特の特徴がある
- 融解するとガラスの中に気泡が出来る

3.1.3 材料

GE180 ガラスは国内生産がされていないと聞いている。そのため、研究室が国外から取り寄せたものを当室に支給してもらっている。また、GE180 ガラス管は種類が少なく、材料として支給されるのは外径 φ 15 mm、長さ 1,500 mm、肉厚 1.2 mm のガラス管のみとなる。

3.1.4 セルの仕様

GE180 ガラスセルの仕様は例年少しずつ変更があるので、それに合わせて加工方法などを変更しながらの製作となる。おおよその部分は肉厚 1 mm で製作し、そこに長さの変更や、鏡面・凹凸面仕上げなどが加わる。例えば 2016 年の仕様は 0.5 mm の鏡面と凹球面があり(図 2)、2021 年は肉厚 2 mm の球の他、0.5 mm の凸球面がある仕様になっている(図 3)。

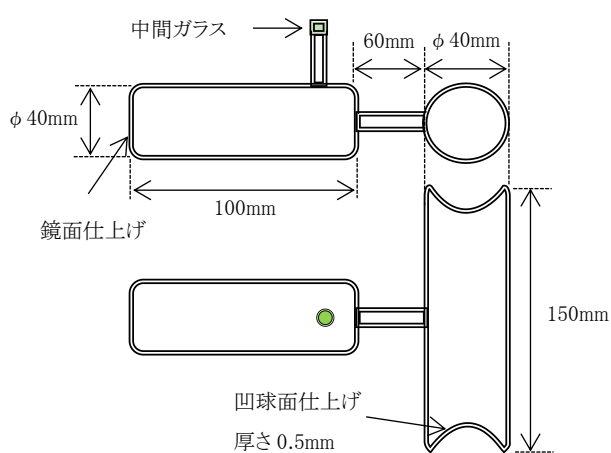


図 2 2016 年頃の仕様

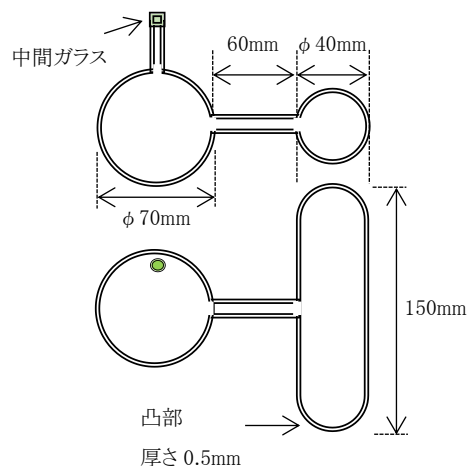


図 3 2021 年仕様

3.2 加工

3.2.1 加工手順

ガラス旋盤を使用して外径 $\phi 15$ mm、長さ 1,500 mm、肉厚 1.2 mm のガラス管を任意の大きさ、長さ、厚さに加工する。手順としてはガラス管が歪まないように肉厚に気を付けながら順序良く少しずつ膨らませていく(写真 2、3、4)。



写真 2



写真 3



写真 4

続けて目標とする大きさになるまで吹き上げ加工を繰り返す。写真 5 は外径 $\phi 40$ mm、長さ約 200 mm、肉厚 1.0 mm に加工したガラス管である。ここから任意の形へとさらに加工する(写真 6、7、8)。



写真 5



写真 6



写真 7



写真 8

3.2.2 溶かし方、気泡の除去

「3.1.2 加工上の特徴」で述べたが GE180 ガラスの特徴とも言える加工上クリアしなければならない事が 2 点ある。1 点は溶け方の特徴を掴む事であり、もう 1 点は溶解する事で発生する気泡を除去する事である。

・溶け方(融解)

組成等が違うためホウケイ酸ガラスと溶けるスピードなどの加工上の違いはあるが、GE180 ガラスはある温度を越えると急に柔らかくなる感触がある。これに気を付けなければ全体的に肉厚が上下に振られ偏った歪んだ形になってしまう。また溶ける(形状を変えられるくらい溶けている状態)範囲が狭く、緩やかな融解範囲を持たないように思われ、この性質により肉厚が波打った形に出来てしまう。溶け方の特徴を把握し、溶かし方を工夫する事で肉厚の整ったガラス管に仕上げる事が出来る。写真 9 は加工を始めたころの写真であるが、歪んだ上に波打っている。



写真 9

・気泡の除去

GE180 ガラスは融解するとガラス管の中に気泡が発生してしまう事がよくあるので、その場合はこれを除去しなくてはならない(写真 10)。

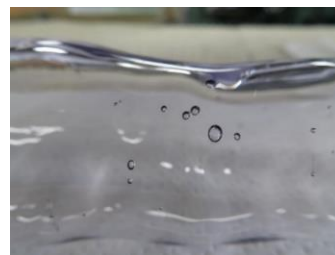


写真 10

除去方法には大きく次の 2 つの方法がある。

1. 気泡を細い炎で一つ一つ潰していく方法。確実に除去できるが肉厚が変化しやすく、気泡除去後に均等な薄い肉厚に仕上げる際にはあまり適していないと思われる。
 2. ガラス管を薄く膨らませて気泡をガラス管の外に弾き飛ばす方法。非常に薄くまで吹き上げるのでガラス管に穴が開きやすい(写真 11)。均等に吹き上げるので気泡を除去した後、肉厚を整えるのが比較的楽である。
- 今回は 1 mm の薄い肉厚に仕上げなければならないので 2. の方法で加工を行った。



写真 11

特徴として挙げた「溶かし方」「気泡の除去」に注意しながらガラス管を吹き上げ、任意の形状に加工してまずセルのパーツを製作する(写真 12)。各パーツは複数個作成し、一度、研究室の方で形状、肉厚の検査をしてもらい。検査後、出来の良いパーツを選んでもらい、良いもの同士を繋いでセル部の完成となる(写真 13)。



写真 12



写真 13

4. GE180 ガラスセル付き真空ラインの完成まで～

4.1 GE180 ガラスセルと真空ラインの接続

製作した GE180 ガラスセルとホウケイ酸ガラス製真空ラインは、線膨張係数が違い過ぎる為に直接つなげる事が出来ない。そこで GE180 ガラスとホウケイ酸ガラスの中間にあたるガラス(中間ガラス)を製作し、このガラスを使用して両者をつなげる。

4.2 ルビジウムの封入

接続した GE180 ガラスセル付きガラスラインは研究室で引き取ってもらい洗浄した後、ヘリウム 3 ガスを注入する装置に設置される。設置が完了したら、最後にルビジウムのアンプル管(写真 14)をガラス管の中に入れて封入する(写真 15 丸の個所。2021 年度仕様の真空ライン)。

この時、封入加工中に発生するガスなどの不純物が入らないように、窒素ガスをガラス管の中に流しながら加工をする。但し、このままだと封じ切った瞬間に内圧でガラス管が膨らんだり、ピンホールが出来たりする可能性があるため、封じ切る瞬間に窒素ガスを止めて、すぐに減圧しなくてはならない。ガラスライン内の窒素ガスの調整

は研究者(主に学生)にしてもらうので、この加工は研究者との連携が重要になる(図 4) (写真 16)。
封入が完了したら私の加工はここで終了となる。



写真 14

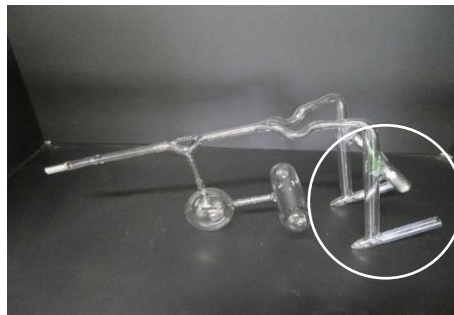


写真 15

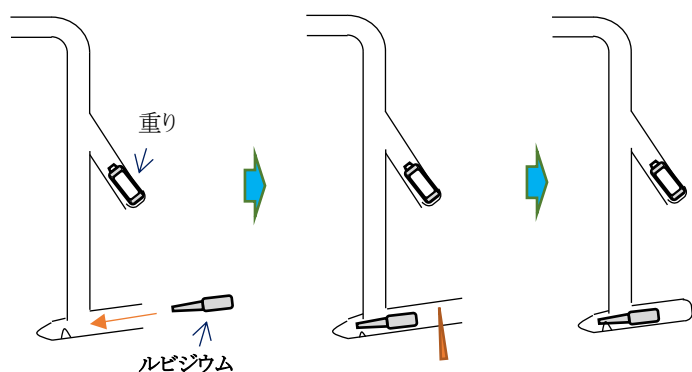


図 4 アンプル管の封入



写真 16

5. まとめ

GE180 ガラスが持つ特異な性質を理解した上で、この素材に適した加工方法を見つけ出し、加工を繰り返して技術を習得する事で研究グループから求められた仕様のガラス容器を製作する事が出来た。

物理学専攻・原子核物理研究室の関口先生を始めとする研究グループが、東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターで実施した陽子ビームと偏極ヘリウム 3 標的による原子核散乱実験では、ヘリウム 3 スピン偏極率は最大 70%を達成し、原子核物理学の実験で使用される偏極ヘリウム 3 標的としては、現在、世界最高性能に匹敵する値を得ている。

上記の実験で博士論文を纏めた渡邊跡武さんは 2019 年度東北大学総長賞を、修士論文を纏めた和田泰敬さん、井上南さんはそれぞれ 2013 年度、2020 年度の物理学専攻長賞を受賞している。また、関口先生、渡邊さんが Physical Review C 誌に発表した論文“Proton-3He elastic scattering at intermediate energies”は高い評価を得て、Editors' suggestion に選ばれている。

この GE180 ガラスセル付きガラスライン製作に関しては引き続き製作依頼が見込まれるので、依頼者の要望に少しでも応えられるように精度と技術の向上に努めたい。

謝辞

今回、技術賞に推薦して頂いた原子核物理研究室の関口仁子准教授をはじめ、一緒に製作に携わって頂いた研究室の皆さん、共に GE180 ガラスセルを製作し、加工のアドバイスをくださった東北大学多元物質科学研究所の工藤友美さんに心より感謝申し上げます。

クライストロン出力制御への機械学習導入に向けた調査

電子光物理学研究センター

長澤 育郎

1. はじめに

電子光物理学研究センターには主にラジオアイソトープ製造などに用いられる 70MeV 大強度電子線形加速器、原子核物理実験用に供される 1.3GeV ブースター・ストレージリングと呼ばれるシンクロトロンとその入射用の 100MeV 電子線形加速器、また、加速器・ビーム物理研究用の 50MeV 電子線形加速器の計 3 台の電子線形加速器が設置されている。

電子線形加速器では、クライストロンと呼ばれる装置から出力された大電力高周波をエネルギー源として電子を加速する。このクライストロンの高周波は加速される電子ビームのエネルギー拡がりなどに影響を与えるため高精度な制御が要求される。

現在、電子光物理学研究センターのクライストロン出力制御をより高精度に行うために、自然言語処理やコンピュータビジョンの分野で発展が著しい機械学習の導入を検討している。

今回、機械学習の導入可否を判断するために、クライストロンの応答を線形時不変システムに近いと仮定し、同じ線形時不変システムである RLC 直列回路に対し、要求した出力波形を得られる入力波形を算出するための Recurrent Neural Network (RNN) と Long short-term memory (LSTM) をそれぞれ構築し学習を行った(図1)。RNN と LSTM の学習結果を比較すると、LSTM でより高精度の結果が得られた。

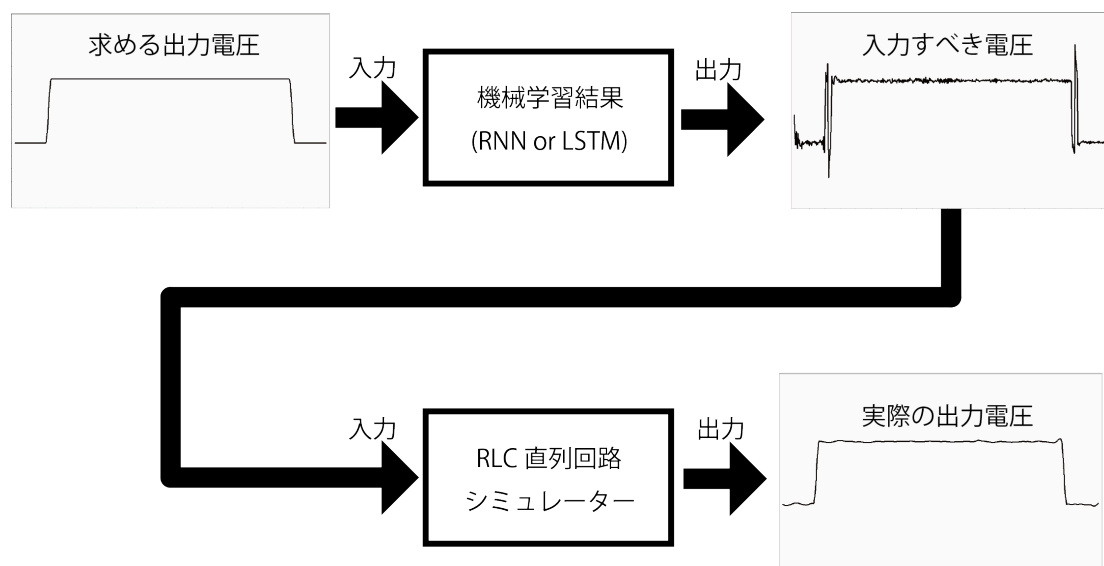


図 1 RLC 直列回路に対し、要求された出力電圧波形を得るための入力電圧波形を算出するために機械学習 (RNN、LSTM) を利用した。

2. RLC 直列回路シミュレーター

今回使用した RLC 回路の各パラメーターは図 2 のようになっている。

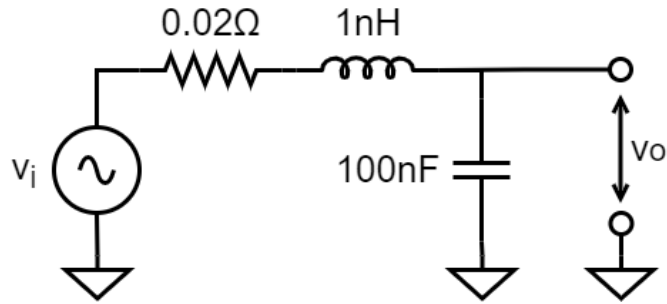


図 2 今回使用した RLC 回路シミュレーターのパラメーター。 v_i は入力電圧、 v_o は出力電圧を表す。

また上記回路に矩形波を入力した際の出力波形は図 3 のようになる。立ち上がり後と立下り後に、およそ 1.5 倍程度の振幅で大きく振動していることがわかる。

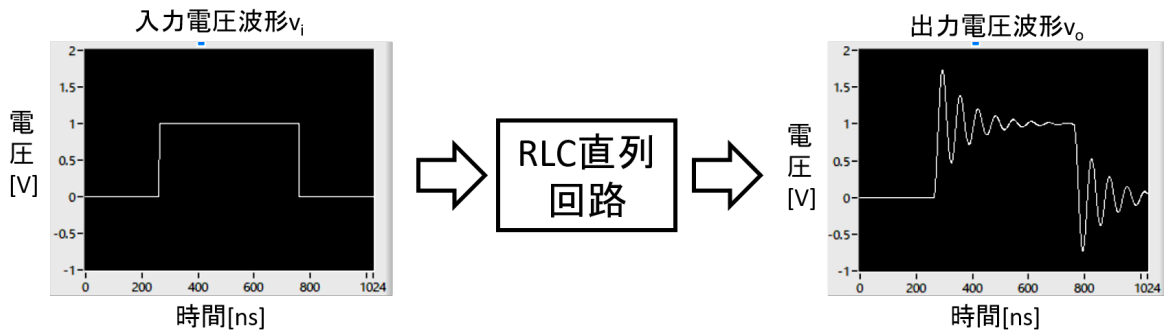


図 3 RLC 回路に矩形波を入力した際の出力電圧波形。立ち上がり後と立下り後に振動していることが分かる。

3. 訓練用データ収集

訓練用のデータとして各時刻での単位インパルス入力と-1から+1の範囲の値をとる一様分布で作成したランダム波形入力とその応答出力をあわせて計 4000 点を用意した(図 4 に一例を示す)。入出力電圧波形はそれぞれ 1024 要素の 1 次元配列である。

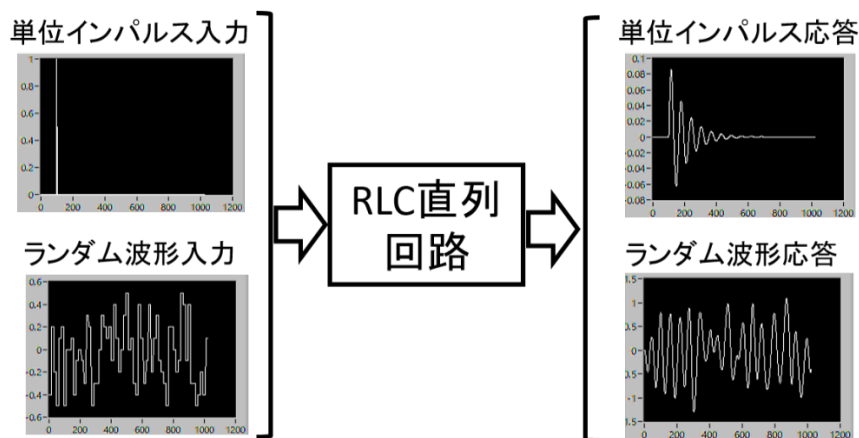


図 4 訓練用に収集したデータの一部をグラフ化したもの。単位インパルスと一様分布のランダム波形計 4000 点を収集した。

4. 学習用ネットワーク構築

学習用に利用した RNN と LSTM は SONY の Neural Network Console で作成した。

今回構築した RNN の構造を図 5 に LSTM の構図を図 6 に示す、これらの図は実際に Neural Network Console の GUI をスクリーンキャプチャしたものである。

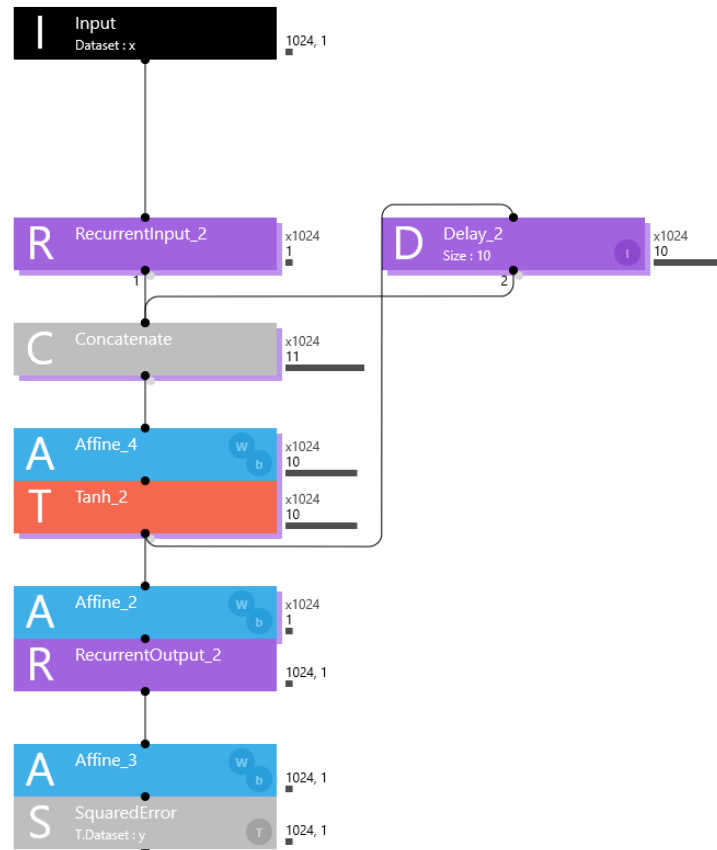


図 5 今回学習に使用した RNN の構造

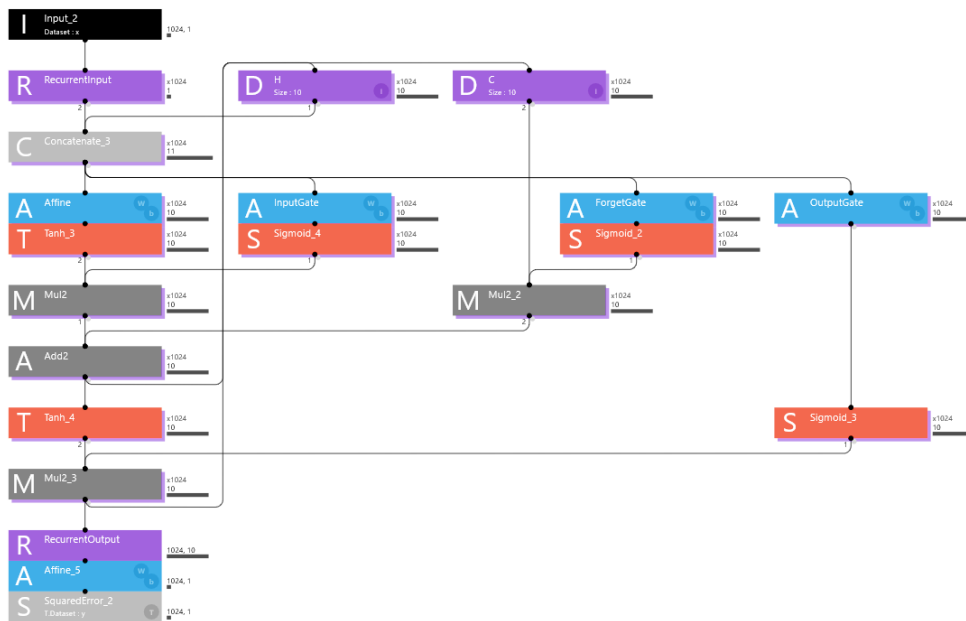


図 6 今回学習に使用した LSTM の構造

5. 学習

5.1 学習時の工夫

RNNやLSTMの基本的な構造は図7のようになる。先に入力した値が x_t を通じて現在と未来の値に影響を及ぼす構造となっている。

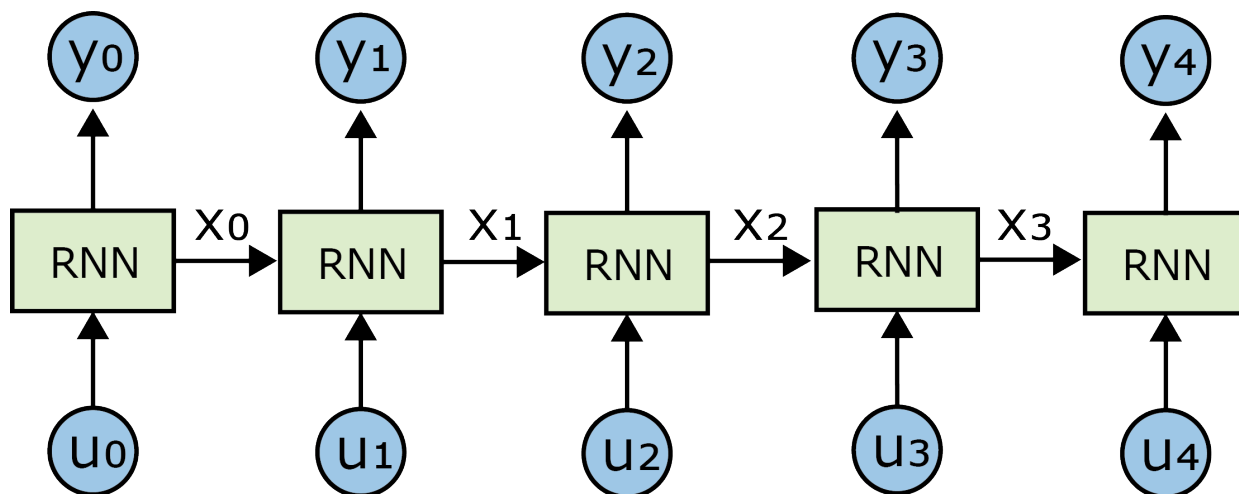


図 7 RNNの基本的な構造(u_t :入力, x_t :状態, y_t :出力, 下付き文字の t は時刻を表す)。過去の入力とそこから算出した状態が現在と未来の出力に影響を与える構造であることがわかる。

一方、要求した出力波形からその波形を得られる入力波形を算出するにあたって、ある時点での出力はその時点から過去の入力全ての履歴の影響を受ける形になり、図8のように要求される出力波形データとその波形を得るための入力波形を過去にさかのぼる形で訓練データとして入力しなければ正しく学習できないため、取得した訓練用データを時間反転してRNNに入力するようにした。

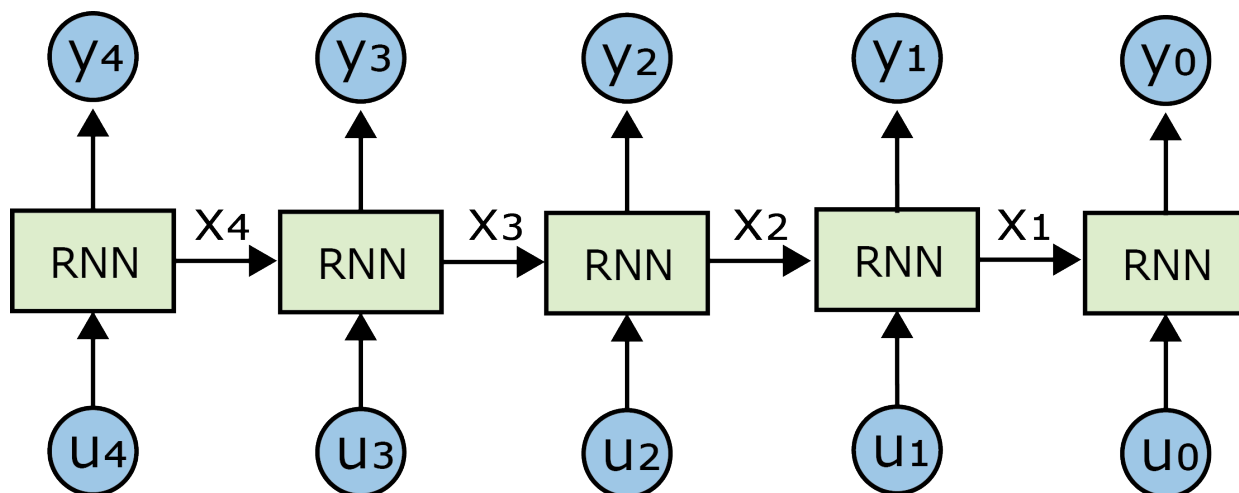


図 8 今回学習の際にRNNに使った学習用データの構造(u_t :要求される出力波形, x_t :状態, y_t :要求出力を得るための入力波形, 下付き文字の t は時刻を表す)。時間的に未来のデータを先に、過去のデータを後にRNNに入力することで正しく学習できるようにした。

5.2 学習結果

RNNとLSTMの学習結果両方で1Vの矩形波を要求した場合の結果を図9に示す。RNNでは、1V平坦部にズレがあるが、LSTMではズレはなく、LSTMによる学習でより高精度な結果が得られていることが分かる。

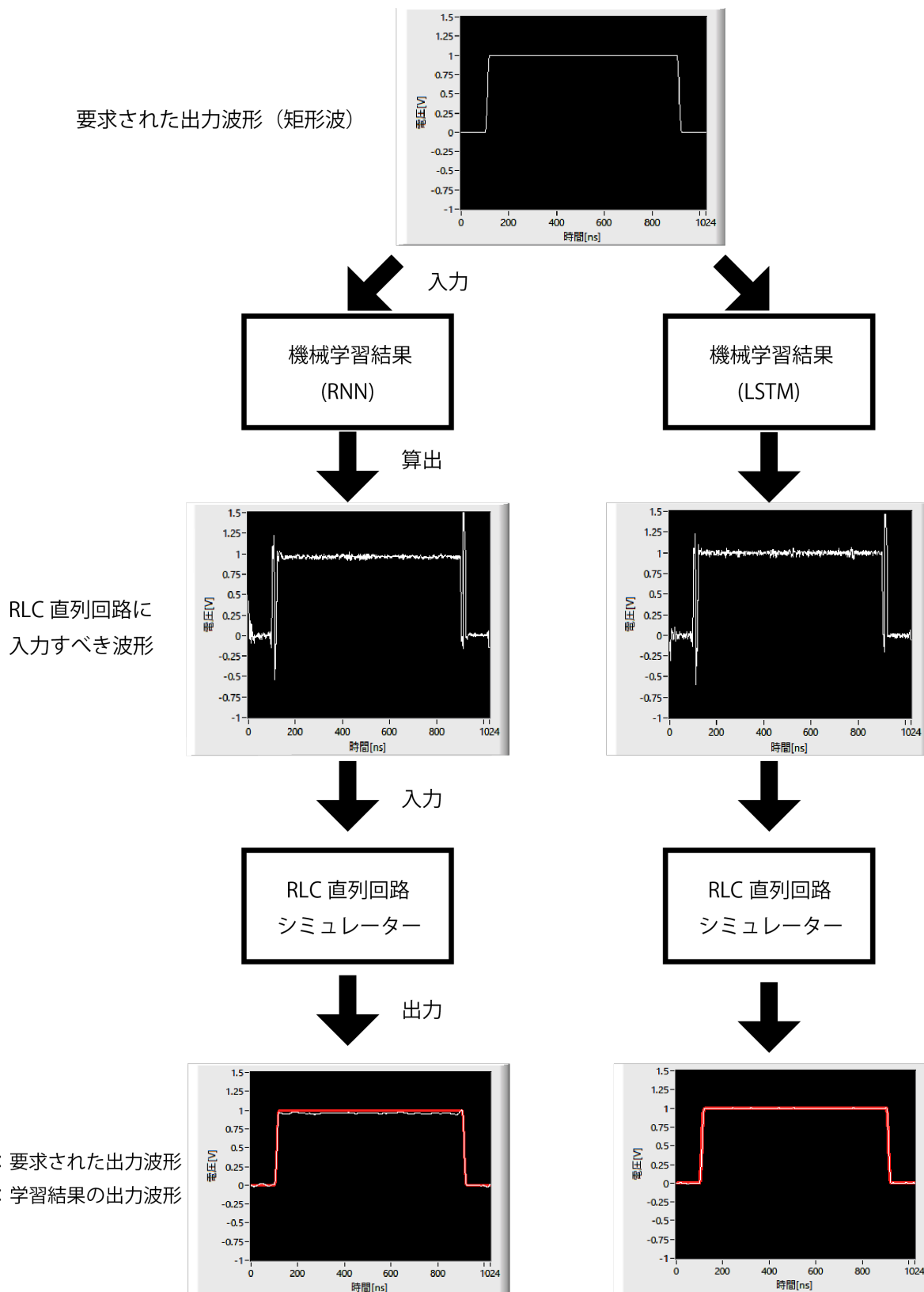


図9 RNNとLSTMの学習結果の比較:1Vの矩形波を要求した際に、1Vの平坦部分でRNNでは0.04Vのズレが発生し、1Vからのバラつきも0.02V程度発生した。LSTMではズレは0Vでばらつきは0.002V程度に抑えられている。

6. まとめ

クライストロン制御への機械学習の導入可否を判断するために、RLC 直列回路シミュレーターに要求波形を出力するための入力を算出する RNN と LSTM を構築し学習を行った。

LSTM は RNN の一種であるが、単純な RNN と比較してより長期の情報を保持する能力を持つことが知られており、これが理由で RNN より LSTM の結果が優れていたと考えられる。また、現在では自然言語処理の分野でより優れた Transformer などの構造もあるので、より適切な学習モデルを利用することで、さらに改善できる可能性がある。

電子光理学研究センターでのクライストロン出力波形は手動で調整することで矩形波の平坦部が 0.2%程度のバラつきに抑えられるため、この平坦部でのバラつきの大きさが導入可否の評価基準の要因の一つとなるが、今回、実際のクライストロン応答よりもより振動が激しい RLC 直列回路シミュレーターで平坦部が 0.2%のバラつきに抑えられたため、機械学習をクライストロン制御に導入できる可能性は高いと考えられる。

顕微鏡画像データ解析の自動化の試み

物理学専攻
芳賀 健也

1. はじめに

ソフトマター・生物物理研究室では、高分子、液晶、両親媒性分子などの、柔らかい物質(ソフトマター)と生命との違いの解明を目的に研究を行っている。生命の最小単位である細胞を単純化した「モデル生体膜」を作製し、その形態や形態変化、運動の様子を顕微鏡画像データ(画像または動画)として保存する。モデル生体膜の物性を求めるには、顕微鏡画像データの詳細な解析が必要である。条件を変えて実験を繰り返すこともあり、顕微鏡画像データは膨大となり、解析にも時間を要するため、解析の自動化が求められている。今回、モデル生体膜表面の粘度の計測実験について、画像解析ソフト「ImageJ」のプラグインと自作のプログラムを組み合わせることで解析の自動化を試みた。その結果について報告する。

2. 自動化を試みた実験 モデル生体膜の粘度計測実験

2.1 モデル生体膜の粘度計測実験の概要

細胞膜表面では、生体機能を担うタンパク質や糖質が流動、凝集等の運動をしている。そのため、膜粘度が生体機能発現における重要なパラメータと考えられている。実験では、図1に示す両親媒性分子からなるモデル生体膜を作製し、その膜粘度を計測する。両親媒性分子は、親水基と疎水基からなる分子である。この両親媒性分子は水溶液中では、親水基が外側(水溶液側)になるように吸着し、図2に示す球状のモデル生体膜となる。



図1 両親媒性分子の模式図

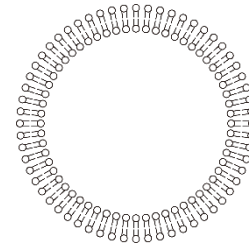


図2 モデル生体膜の模式図(断面)

膜の粘度を測定するためには、以前は大掛かりな装置を使用し、1日当たり1データを取ることでしかできなかった。しかし、本研究科物理学専攻の佐久間由香講師の開発した実験方法と解析方法では、光学顕微鏡による観察により膜粘度の測定が行えるため、1日当たり100データ程度を取得することが可能になった。その一方で解析を手動で行う場合は、1データ当たり2-3時間程度が必要であり、解析の自動化、効率化が求められている。

2.2 モデル生体膜の粘度計測実験の手法

図3に膜の粘度計測実験の模式図を示す。実験は次の手順で行う。1. 膜表面にトレーサー領域(組成の異なる脂質分子が集まった領域)を構成したモデル生体膜を作製する。2. ホールディングピペットでモデル生体膜を保持する。3. インジェクションピペットでモデル生体膜の極点に一定の水圧を加える。4. トレーサー領域の流動を記録する。

2.3 膜の粘度計測実験の解析手法

膜表面の粘度を決定するために、水圧によって生じた渦の中心位置を正確に求める。そこで、記録したトレーサー領域の位置変化を解析する。手動で行う場合は、次の手順で解析を行う。1. 追跡するトレーサー領域を決める。2. 動画

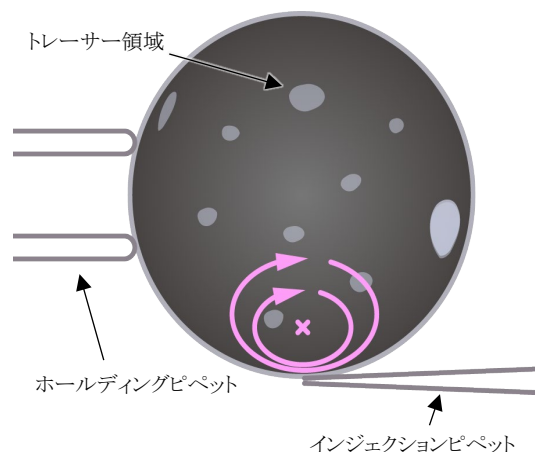


図3 モデル生体膜の粘度の計測実験の模式図

の 1 フレーム毎にトレーサー領域の位置変化を記録する。3. 記録したトレーサー領域の位置変化をもとに、渦の中心を求める。4. 決定した渦の中心の座標を三次元座標に変換する。5. 三次元の渦中心座標とモデル生体膜の極点のなす角度を求める。6. 求めた角度から膜の粘度を計算する。1-2 の解析には画像解析ソフト ImageJ、3-6 の計算には Excel を用いて実施していた。

3. 解析の自動化

3.1 解析の自動化の方針

上述した解析の手順に沿った自動化を行った。自動化には、画像解析ソフトの ImageJ を利用した。ImageJ は、特に生物学等のイメージングの分野ではデファクトスタンダードとなっている画像解析ソフトである。有志による追加機能(プラグイン)の開発が積極的に進められており、多数公開されている。また、自作のプラグインやマクロ等をプログラムすることも可能である。

はじめに、解析手順の 1-2 である、トレーサー領域の位置変化の記録の自動化を行った。自動化には ImageJ のプラグイン TrackMate^[1]を用いた。解析手順の 3-6 は、ImageJ のマクロを作成し、TrackMate で得られる位置変化のデータをもとに計算を行った。

3.2 TrackMate を用いたトレーサー領域の位置変化(軌跡)の記録

TrackMate を用いることで、トレーサー領域の検出と、検出したトレーサー領域の動画フレーム間での接続(リンク)の作成を自動化することができる。トレーサー領域の検出のアルゴリズムには、トレーサー領域の大きさを考慮し LoG (Laplacian of Gaussian) detector を選択した。このアルゴリズムではまずはじめに、図 4(a)に示す元画像に対してガウシアンフィルタをかけて、図 4(b)の平滑化した画像を得る。次にラプラシアンフィルタをかけて、輝度の異なる領域のエッジを明瞭にした図 4(c)の画像を得る。背景とトレーサー領域が分離できていることがわかる。続いて、検出したトレーサー領域の動画フレーム間でのリンクの作成を行った。図 5 に TrackMate で検出したトレーサー領域の軌跡を示す。顕微鏡画像の上に示された円弧が検出した軌跡である。それぞれのトレーサー領域には Spot ID と軌跡には Track ID というユニークな ID が割当てられ、座標を参照することが可能である。

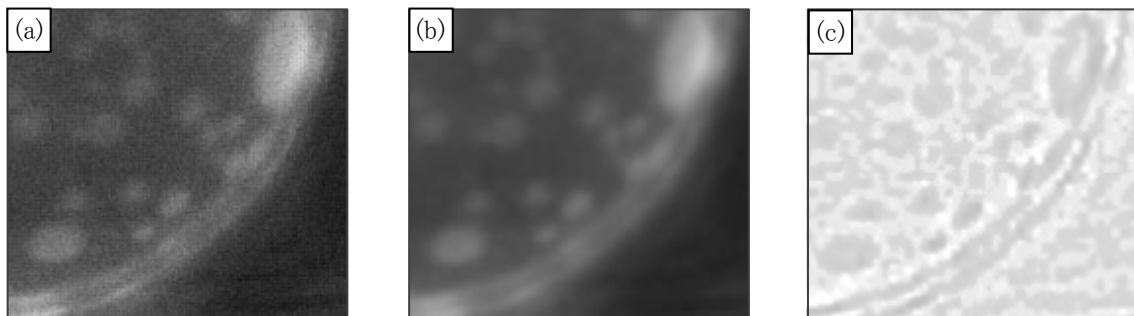


図 4 LoG (Laplacian of Gaussian) detector によるトレーサー領域の自動検出
(a) 元の顕微鏡画像データ、(b) (a)にガウシアンフィルタにかけて平滑化処理を行った画像
(c) (b)にラプラシアンフィルタをかけて、エッジ強調処理を行った画像

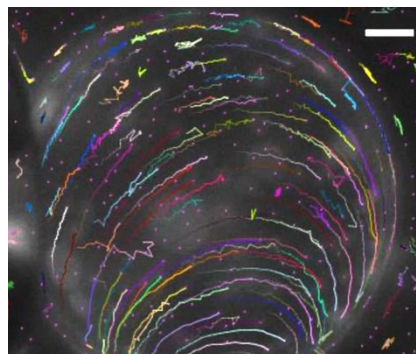


図 5 自動検出したトレーサー領域の軌跡
顕微鏡画像の上に示された円弧が検出した軌跡を表す

3.3 TrackMate を用いたトレーサー領域の位置変化の記録

TrackMate を用いて記録したトレーサー領域の軌跡から、渦の中心座標の導出と粘度の計算を行った。計算は ImageJ のマクロで実装した。計算に必要なパラメータは、渦の中心座標、モデル生体膜の半径(楕円であるので長軸と短軸)である。パラメータの入力は対話的に行えるように実装した。

まず、渦の中心座標の導出方法から説明する。事前に TrackMate により、トレーサー領域の軌跡の情報を CSV ファイルに出力しておく。CSV ファイルには、検出したトレーサー領域に割り当てられた Spot ID とその座標の情報、軌跡に割り当てられた Track ID 等の情報が記録される。マクロを実行して、[CSV ファイルの選択] → [Spot ID の入力]と進むと、図 6 に示すように顕微鏡画像上に選択した Spot ID を含む軌跡をプロットする。続いて、軌跡の長さを指定する。軌跡が中心を 2 周している場合などに、余分なプロットを削除するためである。先頭と最後尾のフレームをスライダーから入力できるようにした(図 7)。表示した軌跡が円環となったら、[Do not change. Go to next.]をチェックして次に進む。その後は、円環が内接する長方形を計算し、楕円の ROI (Region Of Interest)の中心座標を導出する。

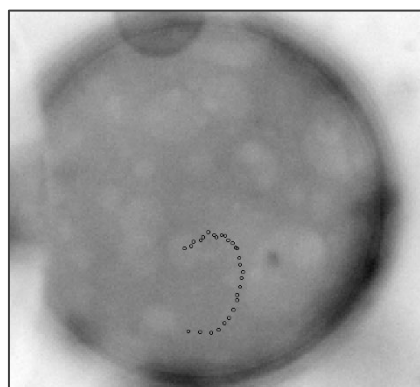


図 6 軌跡顕微鏡画像上にプロットした軌跡

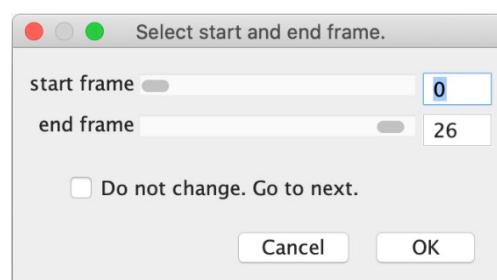


図 7 先頭と最後尾のフレームを選択するダイアログ
入力のしやすさからスライダーを採用した。

続いて、モデル生体膜の半径の入力には、ImageJ の ROI(Region Of Interest)から直接データを入力できるようにした。ROI は、顕微鏡画像上に楕円、矩形などの領域を選択して、その範囲の座標や輝度などの情報を抜き出せる機能である。ROI でモデル生体膜の形に合わせて楕円を選択した状態で、マクロを起動すると、楕円の情報が即座に入力できるようにした。従来方法でも、ROI でモデル生体膜の形に合わせて楕円を選択していたが、情報の読出しと Excel への入力は手作業であった。最後に、導出したパラメータから粘度を計算し、結果を出力する(図 8)。従来方法と大差の無い結果が得られた。

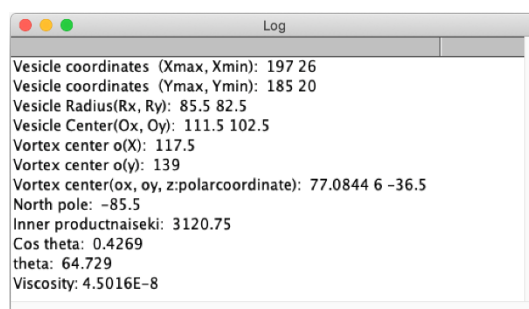


図 8 マクロを使って導出したパラメータから計算したモデル生体膜の粘度(Viscosity)

4. まとめ

顕微鏡画像データ解析の自動化の試みとして、モデル生体膜の粘度の計測実験のデータ解析を行った。ImageJ とプラグインとマクロのプログラムを組み合わせ、解析過程を自動化し、解析時間の短縮を実現することができた。

参考文献

- [1] Tinevez, JY.; Perry, N. & Schindelin, J. et al. (2017), Methods 115: 80-90.

1.8m 軸外し望遠鏡 PLANETS 開発への技術支援

惑星プラズマ・大気研究センター

大友 綾

1. はじめに

惑星プラズマ・大気研究センター(以下当センター)ではハワイ、ドイツ、ブラジルとの国際協力の下で、口径 1.8m の軸外し望遠鏡 PLANETS (Polarized Light from Atmospheres of Nearby Extra-Terrestrial Systems) の開発を進めている。この望遠鏡は大型の主鏡やそれを支えるトラス構造と架台からなる、最大高 7.8m、重量 6.8t の大型構造物であり、夜間利用の軸外し天体望遠鏡としては世界最大級である。

当センターではこれまで工学部・理学部の技術部の支援を得て、主鏡支持機構の製作に関わる作業や望遠鏡トラス・架台の組立試験、主鏡の形状計測や研磨などを実施してきた。本稿ではこれまでの開発・製作への技術支援について報告する。

2. PLANETS 望遠鏡

PLANETS 望遠鏡の主な観測対象は木星の衛星エウロパや土星の衛星エンセラダスの地表から噴出される水、火星や金星の散逸大気など、明るく輝く天体の周囲の微弱な大気やプラズマの発光現象である。これらの観測を実現するためには明るい天体からの光を効果的に抑え、周辺に広がる微弱な発光とのコントラストを上げる必要がある。PLANETS 望遠鏡では、通常の反射望遠鏡で散乱・回折の原因となる副鏡支持機構が不要な「軸外し」光学系を採用しており、光を導く経路に遮るものがない、高いコントラストでの観測が期待できる(図 1)。また自前の望遠鏡を持つことで、惑星専用として長期的な観測も可能となる。

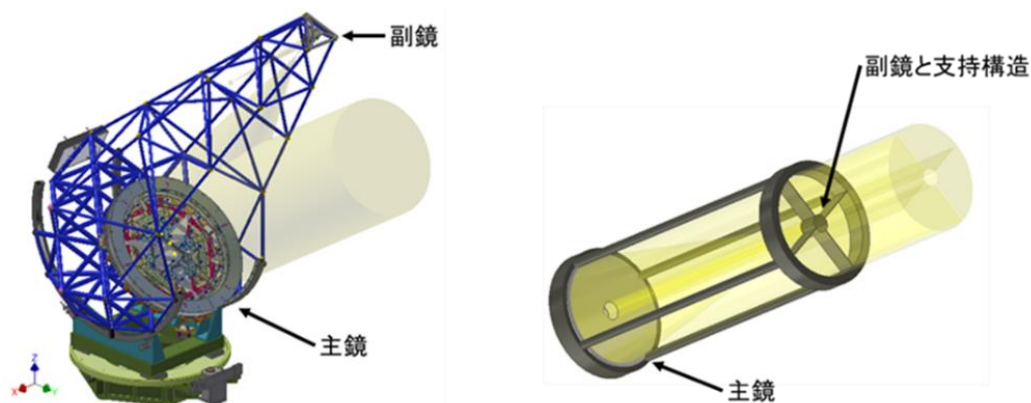


図 1 PLANETS 望遠鏡(左)と通常の望遠鏡(右)

望遠鏡は東北大学飯館観測所で調整・確認試験を行った後、観測好適地であるハワイ州マウイ島・ハレアカラ山頂(海拔 3,040m)へ設置される予定である。

飯館観測所に搬送する前に、学内で主鏡支持機構の製作や可動試験、望遠鏡トラス構造と架台の組立試験等を行う必要があった。しかしクレーンを使用する大型作業が多く、当センターのみで行うのは困難である。そこで工学部試作センターに技術支援の依頼をし、2020年2月から2021年3月の期間に以下の1)から4)の作業を行った。なお、トラス構造体や架台以外の機構部品、吊り具・組み立て治具関連のほとんどは理学部で製作されたが、一部は工学部でも加工を行っており、分担して製作が進められた。また、理学部機器開発・研修室にも工学部での実作業に支援をいただいた。

- 1) 主鏡支持機構接続のための低膨張合金パッドの接着
- 2) 主鏡と支持機構の接続確認
- 3) 望遠鏡トラス構造・架台仮組立

4) 主鏡搭載試験

3. 主鏡と主鏡支持機構

望遠鏡の要となる主鏡は直径1.85m、外縁厚さ100mm、質量510kgの極低膨張ガラスセラミックで出来ている。支持機構はウィップルツリー機構と呼ばれる方法を採用している。モーターや板バネなどが組み込まれており、裏面36ヶ所から能動的に支持され、重力による表面形状の変化を30nm以下に抑える構造となっている(図2)。

部品製作は理学部機器開発・研修室へ工作依頼を行ったが、部品点数が多いため、当センターの所有する工作機械で可能なものについては製作した。

3.1 主鏡反転作業

主鏡と支持機構は低膨張合金のパッドを介して結合される。36個のパッドを主鏡裏面の正確な位置に接着するには、主鏡を裏返さなくてはならない。表面に傷をつけないよう細心の注意をはらいながら、重量510kgの鏡を周囲6点で支えながら裏返すことはとても緊張を強いられる作業であったが、無事終了することができた。

図3a-dにその様子を示す。

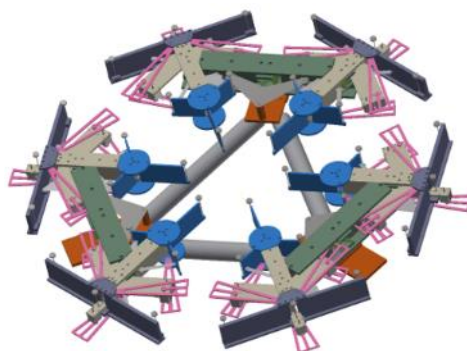


図2 主鏡支持機構



図3 主鏡反転作業

3.2 パッド接着作業

主鏡反転後、支持機構との接続のためのパッド接着作業を行った。位置決めと接着、それぞれに治具を用いており、この治具については工学部に製作依頼を行った。接着にも治具を用いているのはパッドから接着剤がはみ出た場合にアクリル製の位置決め用治具との接着を防ぐためである。

3.3 主鏡支持機構接続確認試験

主鏡支持機構は複雑なものであるため、機械的な接続確認と安全に機能するかを確認する作業を行った。直径3cm、36個のパッド同士をそれぞれねじ止めで接続するので合わない箇所が出るのではないかと心配していたが、無事にすべて止めることができ、鏡の重さがかかってもつぶれたりせずに機能することが確認できた(図4)。

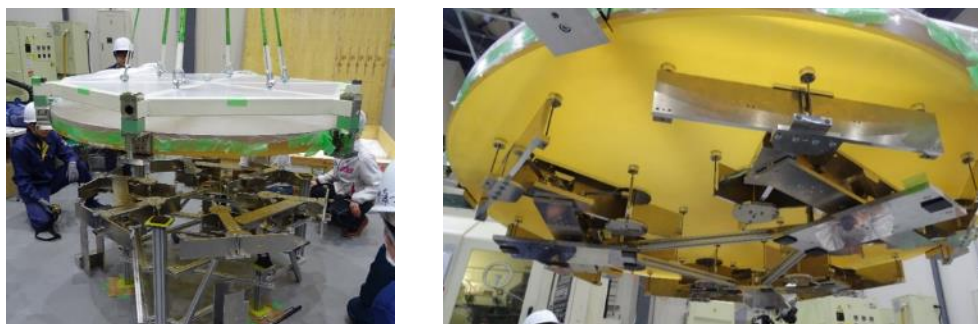


図4 主鏡接続確認試験

4. 望遠鏡トラス構造・架台

望遠鏡のトラス構造と架台(最大高 7.8m、重量 6.8t)には京都大学と名古屋大学の協力を得て、建築トラスと円弧ベアリングを用いた軽量構造を採用している。

4.1 トラス構造と架台の仮組立

左右の高度レールを高度架台に取り付け、そこへ 164 本のスチールパイプを 53 個の接続球で繋いで組み立てていく。図面に従ってパイプの長さや接続球の向きを確認しながら、最後は梯子に登っての作業となり、二日で仮組立が完了した(図 5a-c)。今回の仮組立ではタワー二段目までの組み立てを行った。

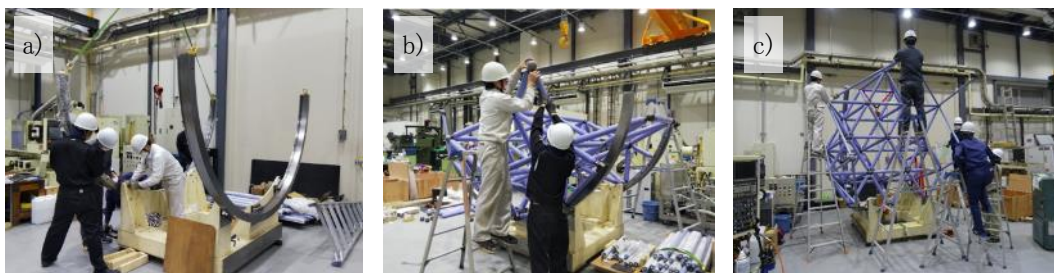


図 5 望遠鏡トラス構造・架台仮組立

4.2 主鏡搭載試験

望遠鏡の所定の位置に主鏡を安全に搭載できることを手順と共に確認した。主鏡搭載方法は図 6 の通りである。トラス組立後、バランスをとるためにウエイトを取り付け、タワー二段目で主鏡を吊る。徐々にタワーを起こしながら主鏡(今回はほぼ同重量のダミーを使用)を望遠鏡所定の位置に載せることができた(図 7a-b)。

トラス構造・架台仮組立から主鏡搭載試験、解体までは四日間の行程となった。

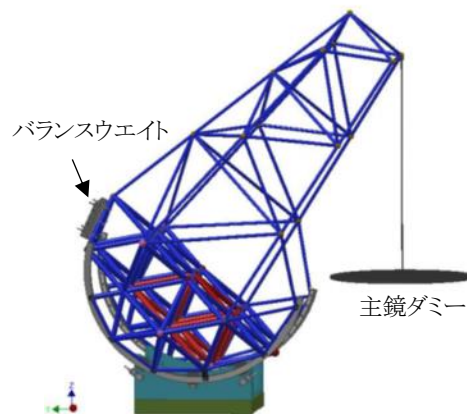


図 6 主鏡搭載方法

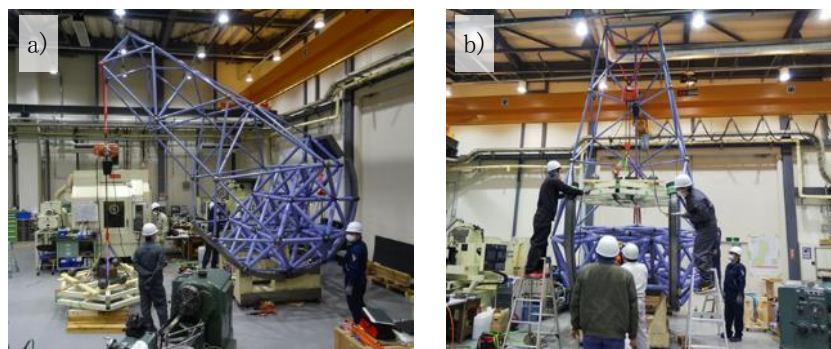


図 7 主鏡搭載試験

5. 主鏡研磨

工学部での作業後、主鏡は当センター実験室で支持機構の駆動試験や鏡の変形確認などを行った後、研磨会社へ移送された。最終研磨工程のための形状計測と試験研磨を 2021 年 9 月に行った。この際、現地へ出張し、研磨用ターンテーブル上への支持機構と主鏡の設置作業を行った。その後 2022 年 1 月までに修正研磨と形状計測を 8 回実施し、鏡面形状誤差(RMS)は 600nm から 200nm まで減少した。現在も最終研磨工程が続いて

おり、研磨後の鏡面清掃や形状計測などの作業を行っている。図8は研磨作業の様子である。



図8 研磨作業

6. 今後の予定

2022年度はじめに予定されている最終研磨終了後は、福島県にある当センターの惑星圏飯館観測所のスライディンググループ施設を使用して、実際に星を観測することで、望遠鏡全体の動作確認や光学系の実証実験など試験観測を行う予定である。高度架台・トラスは搬送済みで、今後組立を行っていく。試験観測後はハワイのハレアカラ山頂へ設置予定である。

7. まとめ

PLANETS 望遠鏡は主要な開発を大学主体で行うことで、望遠鏡構造や鏡面研磨の最新技術を取り入れたユニークな望遠鏡である。当センターや理学部内だけでは行うことが困難な作業もあったが、他部局に支援を依頼したことで、部局を横断した技術支援となり、大型かつ精密な作業が、様々な技術を持つスタッフの協力により達成することができた。望遠鏡に求められる技術は先端かつ多様なので、今後とも技術向上に努めていきたい。

謝辞

工学部技術部機械・知能系機械工場の皆様、理学部機器開発・研修室の皆様には多大なご支援とご協力をいただきました。皆様に心より感謝を申し上げます。

知識の生死を分けるもの

教育研究支援センター・安全衛生管理室
澤口 亜由美

1. はじめに

私たちは日々、学校や習い事、書籍、パソコンなどから様々な知識を得ている。情報が氾濫する世の中では、その取捨選択が重要とされているが、私たちは取捨選択した情報・知識を果たして正しく使えているだろうか。

知識は、うまく使えば素晴らしい発明や発想につながることもあるが、逆にうまく使えないと事故につながることもある。安全教育によって学生が習得した知識を正しく使えるように成長してもらうために、有効な教育教材や必要な助言についての検討結果を発表した。

2. 活かせていない知識の例

(1) 現実にかかる事象を知識とつなげられない

聞いたことはあるが説明はできない、言われてみればわかるが自分では気が付けない、といったあいまいな記憶しかない知識がスマートフォンなどで気軽に検索できるようになり増えてきたという意見もある。本を読み、そこで得た知識を実践するという機会が減っていることは否定できない。そのため、知識がしっかり定着し、それを使って安全に実験するということがうまくいかないケースも出てきている。そうした問題を解決する一助として開発されたのが爆発を演示し、安全教育を促進するための機器、「ビートガスポン」である。

ビートガスポンはガスや有機溶剤蒸気に火花を散らし、ごく小規模な爆発を起こす装置である。

ビートガスポンは爆発する・しないの条件の調整や、爆発の威力、すなわち爆発時の音の大きさも調整できる。化学的根拠があるからこそ調整可能だが、演示を見ただけでその現象を知識に基づいて正しく説明できるだろうか。

爆発するときとしないときは、ガスや蒸気の濃度が関係している。ガスにはそれぞれ固有の爆発下限値と上限値があり、それ以上でもそれ以下でも爆発しない。これを利用し、爆発上限値以上の濃度にするだけで、同じ手順を踏んでも爆発が起こらないことを実演してみせた。

また、爆発音が大きくなるというのは、ガスや蒸気の密閉度合いによるものである。ガスや蒸気を少し緩めの閉鎖系にしたときと、しっかり密閉した閉鎖系の中で爆発させるのでは内圧の上昇の程度に差が生じるため、爆発の威力=音の大きさが変化することも実演した。

言われてみれば至極当たり前のことでも、現実の問題が起こったときに持っている知識を使って説明することは容易ではない。発表の際に聴衆へ説明を問いかけ、すぐさま正解を出すことの難しさを体験してもらった。発表をとおして、これらの知識、考えを深め、事故を予測して防止することの難しさ、そのために知識をうまくつなげていくための安全教育の大切さを改めて感じた。

(2) 自分には関係のない話としてとらえてしまう

先日、イタイイタイ病資料館の開催する「四大公害病の語り部講話を聴く集い」に参加し、病気になった方やそのご家族の方の話を初めて聞いた。安全衛生管理を生業とする者としては大変恥ずかしいことながら、私にとって四大公害病というのは、教科書の中の出来事としてしか認識していなかったことに気が付いた。化学物質が人類にもたらした光と影は、教科書の知識として知っていても、病気になった方々や家族の苦しみ、政治的、経済的葛藤などを、具体的なイメージを持ち、現実起こったこととしてしっかりとらえることは案外難しい。それらをよく知り、なぜ化学物質を適切に管理しなければならないかを理解する必要がある。「これくらいならいいか」という思想に赤信号を示すのが私の立場であると考え、しっかり伝えていかなければならないことを気づかされる機会であった。

自分には関係ないという思い込みから発生する事故は身近にもある。例えば、青葉山では原付や自転車の事故が多く、定期的に注意喚起を出しているが数として減る傾向は見えていない。どこかで「自分は大丈夫」、「この

くらいみんなやっているから」という根拠のない自信をもっていることが事故が減らない一因と考えられる。人間の心理としてそうなってしまうため、これについてはなかなか良い改善策が見つからず、歯がゆい思いをしている。安全教育でも事故に遭って痛い目に遭うのは自分であると伝え続けているが、他の方法についても模索していきたいと考えている。

(3) あいまいな表現に惑わされる

実験や料理の説明で「しばらく放置」や「よく混ぜる」といった表現がある。自分では「しばらく放置」したつもりでも、十分に反応が終了していなかったために事故につながることもある。こうしたあいまいな表現は化学物質の処理の手順書などにもみられ、化学分野の研究をしていれば常識でも、他分野の者からするとわからない、といったことがある。実験条件によって一概に数値化できないという側面もあるため、事故を起こさないための条件がどういふものであるのかということを理解することが肝心である。

3. 安全教育の知識を活かしてもらうために

私たちは上述の3点に代表される問題をあぶりだし、ひとつでも多くの事故を減らすために安全教育でもっと実践に即した知識を育てるきっかけを作る必要があると考えている。

2022年度には、ビートガスボンを使った「引火性試薬の危険性」という安全教育動画を事業場内で公開する予定である。動画では、上述のような原理の説明に加えて、これらの知識を事故予防に生かすためにどういった点に注意すべきかということまで言及している。

また、これまで行ってきた過去の事故情報発信も継続し、隠れたリスクを自分自身で気が付けるよう種をまいていきたい。

4. 謝辞

ガスボンを制作された新コスモス電機株式会社様、改良型ガスボン「ビートガスボン」を制作された愛知工業大学の水野典子様は、開発されたこれらの製品を安全教育の活性化のため、製作方法などの情報を広く公開してくださいました。

多くの方の協力により本発表を行うことができました。ありがとうございました。

令和3年

発表・論文・受賞一覧

各種学会・研究会等での発表一覧

対象期間：2021年1月 から 2021年12月まで

梅津 裕生

- 梅津 裕生, 「学外技術英語オンラインセミナー研修参加報告」, 2021.9.28, 令和3年度総合技術部第1回研修担当部会英語研修, オンライン開催, 口頭発表
- 梅津 裕生, 「 γ 線ビームエネルギー決定のための光子標識化装置の更新」, 2021.12.1, 令和3年度東北大学大学院理学研究科・理学部技術研究会, 東北大学理学研究科大講義室, 口頭発表

扇 充

- 扇 充, 「薄膜型の高偏極ヘリウム3標的用ガラスセル製作」, 2021.12.1, 令和3年度東北大学大学院理学研究科・理学部技術研究会, 東北大学理学研究科大講義室, 口頭発表

大友 綾

- 大友 綾, 「1.8m軸外し望遠鏡PLANETS 開発への技術支援」, 2021.12.1, 令和3年度東北大学大学院理学研究科・理学部技術研究会, 東北大学理学研究科大講義室, 口頭発表

澤口 亜由美

- 澤口 亜由美, 「知識の生死を分けるもの」, 2021.12.1, 令和3年度東北大学大学院理学研究科・理学部技術研究会, 東北大学理学研究科大講義室, 口頭発表

柴田 晃太郎

- 柴田 晃太郎・南部 健一 他, 「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 2021.8.9, 第18回日本加速器学会年会, オンライン開催, ポスター発表

長澤 育郎

- 長澤 育郎, 「クライストロン出力制御への機械学習導入に向けた調査」, 2021.12.1, 令和3年度東北大学大学院理学研究科・理学部技術研究会, 東北大学理学研究科大講義室, 口頭発表(オンライン)

南部 健一

- 柴田 晃太郎・南部 健一 他, 「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 2021.8.9, 第18回日本加速器学会年会, オンライン開催, ポスター発表

芳賀 健也

- 芳賀 健也, 「表面科学・真空技術の国際会議でポスター発表したこと」, 2021.9.28, 令和3年度総合技術部第1回研修担当部会英語研修, オンライン開催, 口頭発表
- 芳賀 健也, 「顕微鏡画像データ解析の自動化の試み」, 2021.12.1, 令和3年度東北大学大学院理学研究科・理学部技術研究会, 東北大学理学研究科大講義室, 口頭発表

各種学術雑誌・報告書などに掲載された論文等一覧

対象期間：2021年1月 から 2021年12月まで

梅津 裕生

- A. Watanabe, S. Nakai, Y. Wada, K. Sekiguchi, A. Deltuva, T. Akieda, D. Etoh, M. Inoue, Y. Inoue, K. Kawahara, H. Kon, K. Miki, T. Mukai, D. Sakai, S. Shibuya, Y. Shiokawa, T. Taguchi, H. Umetsu, Y. Utsuki, M. Watanabe, S. Goto, K. Hatanaka, Y. Hirai, T. Ino, D. Inomoto, A. Inoue, S. Ishikawa, M. Itoh, H. Kanda, H. Kasahara, N. Kobayashi, Y. Maeda, S. Mitsumoto, S. Nakamura, K. Nonaka, H. J. Ong, H. Oshiro, Y. Otake, H. Sakai, A. Taketani, A. Tamii, D. T. Tran, T. Wakasa, Y. Wakabayashi, T. Wakui, 「Proton-3He elastic scattering at intermediate energies」, Physical Review C, 103, 044001, 2021
- J-PARC E40 Collaboration: K. Miwa, J. K. Ahn, Y. Akazawa, T. Aramaki, S. Ashikaga, S. Callier, N. Chiga, S. W. Choi, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, N. Fujioka, M. Fujita, T. Gogami, T. Harada, S. Hasegawa, S. H. Hayakawa, R. Honda, S. Hoshino, K. Hosomi, M. Ichikawa, Y. Ichikawa, M. Ieiri, M. Ikeda, K. Imai, Y. Ishikawa, S. Ishimoto, W. S. Jung, S. Kajikawa, H. Kanauchi, H. Kanda, T. Kitaoka, B. M. Kang, H. Kawai, S. H. Kim, K. Kobayashi, T. Koike, K. Matsuda, Y. Matsumoto, S. Nagao, R. Nagatomi, Y. Nakada, M. Nakagawa, I. Nakamura, T. Nanamura, M. Naruki, S. Ozawa, L. Raux, T. G. Rogers, A. Sakaguchi, T. Sakao, H. Sako, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, K. N. Suzuki, S. Suzuki, M. Tabata, C. d. L. Taille, H. Takahashi, T. Takahashi, T. N. Takahashi, H. Tamura, M. Tanaka, K. Tanida, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, H. Umetsu, S. Wada, T. O. Yamamoto, J. Yoshida, K. Yoshimura, 「Measurement of the differential cross sections of the Σ -p elastic scattering in momentum range 470 to 850 MeV/c」, Physical Review C, 104, 045204, 2021
- T. Sakao*, J. K. Ahn, Y. Akazawa, T. Aramaki, S. Ashikaga, S. Callier, S. W. Choi, P. Evtoukhovitch, N. Fujioka, M. Fujita, T. Gogami, T. Harada, S. Hasegawa, S. H. Hayakawa, R. Honda, S. Hoshino, K. Hosomi, M. Ichikawa, Y. Ichikawa, M. Ikeda, K. Imai, Y. Ishikawa, S. Ishimoto, W. S. Jung, S. Kajikawa, H. Kanauchi, H. Kanda, B. M. Kang, H. Kawai, S. H. Kim, K. Kobayashi, K. Matsuda, Y. Matsumoto, K. Miwa, S. Nagao, R. Nagatomi, Y. Nakada, M. Nakagawa, I. Nakamura, T. Nanamura, M. Naruki, S. Ozawa, L. Raux, T. Rogers, A. Sakaguchi, H. Sako, S. Sato, K. Shirotori, K. N. Suzuki, S. Suzuki, M. Tabata, C. d. L. Taille, H. Takahashi, T. N. Takahashi, T. Takahashi, M. Tanaka, K. Tanida, H. Tamura, Z. Tsamalaidze, M. Ukai, H. Umetsu, T. O. Yamamoto, J. Yoshida, and K. Yoshimura, 「Study of Λ Identification Method by the π -p \rightarrow K 0 Λ Reaction for a Λ p Scattering Experiment at J-PARC」, JPS Conf. Proc. , 33, 011133, 2021
- Yuya Akazawa*, J. K. Ahn, T. Aramaki, S. Ashikaga, S. Callier, N. Chiga, S. W. Choi, H. Ekawa, P. Evtoukhovitch, N. Fujioka, M. Fujita, T. Gogami, T. Harada, S. Hasegawa, S. Hayakawa, R. Honda, S. Hoshino, K. Hosomi, M. Ichikawa, Y. Ichikawa, M. Ieiri, M. Ikeda, K. Imai, Y. Ishikawa, S. Ishimoto, W. S. Jung, S. Kajikawa, H. Kanauchi, H. Kanda, B. M. Kang, H. Kawai, S. H. Kim, K. Kobayashi, T. Koike, K. Matsuda, Y. Matsumoto, K. Miwa, S. Nagao, R. Nagatomi, Y. Nakada, M. Nakagawa, I. Nakamura, T. Nanamura, M. Naruki, S. Ozawa, L. Raux, T. Rogers, A. Sakaguchi, T. Sakao, H. Sako, S. Sato, T. Shiozaki, K. Shirotori, K. N. Suzuki, S. Suzuki, M. Tabata, C. d. L. Taille, H. Takahashi, T. Takahashi, T. N. Takahashi, H. Tamura, M. Tanaka, K. Tanida, Z. Tsamalaidze, H. Umetsu, M. Ukai, T. O. Yamamoto, J. Yoshida, and K. Yoshimura, 「Establishment of a Modern Experimental Technique of a Σ p Scattering Experiment at J-PARC」, JPS Conf. Proc. , 33, 011134, 2021

鹿又 健

- 柴田 晃太郎・南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・鹿又 健・日出 富士雄・三浦 禎雄・柏木 茂・武藤 俊哉・菊永 英寿・濱 広幸, 「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 第18回日本加速器学会プロシーディングス集, pp.311-314, 2021

佐藤 健

- Mohammad H. Fauzi, Takeshi Sobue, Annisa Noorhidayati, Ken Sato, Katsushi Hashimoto, and Yoshiro Hirayama, 「Resistively Detected NMR Lineshapes in a Local Filling $\nu < 1$ Quantum Hall Breakdown」, Phys. Status Solidi B, 2100504(1of7) , 2021

柴田 晃太郎

- 柴田 晃太郎・南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・鹿又 健・日出 富士雄・三浦 禎雄・柏木 茂・武藤 俊哉・菊永 英寿・濱 広幸,「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 第18回日本加速器学会プロシーディングス集, pp.311-314, 2021

高橋 健

- 柴田 晃太郎・南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・鹿又 健・日出 富士雄・三浦 禎雄・柏木 茂・武藤 俊哉・菊永 英寿・濱 広幸,「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 第18回日本加速器学会プロシーディングス集, pp.311-314, 2021

長澤 育郎

- 柴田 晃太郎・南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・鹿又 健・日出 富士雄・三浦 禎雄・柏木 茂・武藤 俊哉・菊永 英寿・濱 広幸,「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 第18回日本加速器学会プロシーディングス集, pp.311-314, 2021

南部 健一

- 柴田 晃太郎・南部 健一・長澤 育郎・高橋 健・鹿又 健・日出 富士雄・三浦 禎雄・柏木 茂・武藤 俊哉・菊永 英寿・濱 広幸,「東北大学電子光物理学研究センター大強度電子線形加速器の電磁石電源の更新とビーム照射システムの改修について」, 第18回日本加速器学会プロシーディングス集, pp.311-314, 2021

各種機関・団体からの表彰・受賞一覧

対象期間：2021年1月 から 2021年12月まで

梅津 裕生

- 梅津 裕生, 「令和3年度理学研究科技術賞」, γ 線ビームエネルギー決定のための光子標識化装置の更新, 東北大学理学研究科大講義棟, 2021.12.1

扇 充

- 扇 充, 「令和3年度理学研究科技術賞」, 薄膜型の高偏極ヘリウム3標的用ガラスセル製作, 東北大学理学研究科大講義棟, 2021.12.1

鈴木 秀市

- 久保田 達矢・日野 亮太・稲津 大祐・鈴木 秀市, 「2020年度日本地震学会論文賞」, Fault model of the 2012 doublet earthquake, near the up-dip end of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, based on a near-field tsunami implications for intraplate stress state, 日本地震学会秋季大会2021, 2021.10.16

編集後記

令和3年度の技術部報告をお届けいたします。本報告は、東北大学大学院理学研究科・理学部の令和3年1月から12月までの一年間の技術職員の活動をまとめたものです。

コロナウイルス感染症(COVID-19)による世界的パンデミックは2年目となっても収まる気配を見せず、現在国内では第6波の只中にあります。大学においてもその影響は続いています。感染対策の徹底と学内での高いワクチン接種率の効果もあってか、「with コロナ」の新しい体制に移行しつつ、教育・研究活動が比較的平穏に進められています。このような体制の下、昨年度末の地震により依然として稼働できない装置もある中、技術部の皆様には、献身的に教育・研究活動の支援を提供して下さっており、心より感謝申し上げます。

本年度も技術部報告を例年通りとりまとめることができました。在任5年目になる寺田研究科長による巻頭言では、技術職員の方々への深い感謝の想いと新たな連携体制に対する考えが述べられています。優れた活動を称える技術賞の受賞並びに技術関連発表を取りまとめた「技術研究会報告」が紹介されています。今年度の技術研究会は、12月1日に理学研究科大講義室を対面会場としてハイブリッド形式で開催されました。講演者は会場あるいはオンラインで参加し、会場の様子はリアルタイムで配信されました。技術部の方々の連携プレイで大変スムーズに執り行うことができました。「技術賞」2件の記事では、世界トップレベルの研究を強力に支えてきた技術者の創意工夫を垣間見ることができます。「技術関連発表」4件のうち3件も新しい技術開発に関するもので、機械学習導入に関する試み、顕微鏡画像データ解析の自動化の試み、および望遠鏡 PLANETS 開発への技術支援が紹介されています。4件目は、知識の生死を分けるものと題した安全教育に関する内容が記載されています。これらに加えて、「発表・論文・受賞一覧」がまとめられております。是非、お目を通し頂きたくお願い申し上げます。なお、昨年度から冊子体は関連する部署への配布に留め、その他の方は技術部ホームページからpdf版を閲覧できる体制に変更になっております。

最後になりますが、ご多忙の中、この技術部報告に執筆くださった皆様、そして編集を担当してくださった伊藤さん、吉田さんをはじめとする技術部研修小委員会の方々に、深く感謝申し上げます。

令和4年3月 技術部報告編集委員会委員長 橋本 久子

令和3年度 技術部報告 Vol. 34 2022年3月発行

技術部報告編集委員会

技術部運営協議会副協議員長/教授	橋本 久子
統括技術長	齋藤 誠
副統括技術長	根本 潤
技術長	伊藤 嘉紀
技術長	小野寺 知美
技術長	佐藤 健
技術長	扇 充
総務課人事係長	川村 修治

編集担当 技術部研修小委員会

伊藤 嘉紀、吉田 慎一郎、大友 綾、阿部 隆行、森山 弘章、高橋 健、平原 聡、梅津 裕生、島越 裕美恵、鈴木 貴士、芳賀 健也

発行元 東北大学大学院理学研究科・理学部

連絡先 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6番3号

技術部総務運営委員会研修小委員会 伊藤 嘉紀

TEL 022-795-6670/E-mail yoshinori-ito@tohoku.ac.jp

技術部ホームページ <http://www3.tech.sci.tohoku.ac.jp/HP/>

