

2024 年度  
(令和 6 年度)

東京理科大学 教育支援機構  
理数教育研究センター

活動報告書

東京理科大学 教育支援機構  
理数教育研究センター

---

# 目 次

1. 巻頭言	
理数教育研究センター長挨拶	2
2. 理数教育研究センターの沿革	3
3. 理数教育研究センターの概要と構成	6
4. 理数教育研究センター活動報告	
4-1. 理数教育研究センター運営委員会開催日程・議案	8
4-2. 各部門の活動報告	
4-2-1. 数学教育研究部門	10
4-2-2. 事業推進部門	15
4-2-3. 理科教育研究部門	26
4-3. 数学体験館	42
5. 関連規程	
5-1. 東京理科大学教育支援機構規程	65
5-2. 東京理科大学理数教育研究センター規程	68
6. 理数教育研究センター構成員	
6-1. 理数教育研究センター本務教員	70
6-2. 理数教育研究センター併任教員	70
6-3. 理数教育研究センター客員教員	71
6-4. 理数教育研究センター運営委員会委員	71
7. 理数教育研究センター構成員の自己評価（研究業績）	72
8. 理数教育研究センター客員教員による研究紹介	92
8-1. 竹之内 芳文	
8-2. 松永 清子	
8-3. 吉見 奈緒子	

---

## 1. 巻頭言

### この一年の活動を振り返って

理数教育研究センター長  
眞田 克典

理数教育研究センター長を前センター長伊藤稔先生から引き継いで二年になります。引き続き、本センターの要である、数学教育研究部門、事業推進部門、理科教育研究部門の3部門の各種活動が今年度も滞りなく運営されてきたことに、それらに携わって来られた関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

2024年度も様々な取り組みが行われました。正に多種多彩と言って良い活動が本報告書で紹介されていますので、ぜひご覧になっていただきたいと思います。

ここでは、そのうち、11月30日(土)に開催された科学コミュニケーションセミナー「数学を視覚化するーNHK『笑わない数学』プロデューサー 井手真也さんを迎えてー」をご紹介します。この会は対面オンライン併用で開催され、参加者は合計308名でした。メインテーマは「数学を視覚化する」、会場はほぼ満員で、多くの関心を持たれた会となりました。秋山 仁先生による特別講演「視覚化、体験化で数学を愛でる人を増やしたいー数学体験館の11年」、井手 真也氏(NHK エグゼクティブ・プロデューサー)による基調講演「『笑わない数学』の作り方」、そして、清水 克彦先生(東京理科大学 名誉教授)「定理が動くー数学教育におけるコンピュータによる視覚化ー」、桜井 進先生(サイエンスナビゲーター®)「見えない数学を観る」と、いずれも正に数学の視覚化が主題です。井手氏は、誰もが絵画を鑑賞できるように、数学を鑑賞できるようにできないか、と話されていました。数学の奥深さはそれを真に理解している人(数学者)しか知ることができないとは確かに真実だと思います。しかしそれは専門家だけのものである必要はなく、見たり体験したりすることによって、数学が芸術作品のように直接自身に訴えてくるものがあったとしても良いのではないかと思います。うまく表現できませんが、奥深い数学だからこそ、多くの人々がそれを望んでいるということかと思えます。

この会に留まらず、本センターの様々な取り組みは、科学はこんなにおもしろい、そんな科学に関心を持ってもらいたい、との思いを持つ関係者の努力によって支えられています。本センターの関係者をはじめ、学部学科の教員・学生のみなさん、事務局の支援があってこそ実現しているものであり、改めまして、この場をお借りして関係された皆様、そして参加して下さった皆さんにお礼申し上げます。

本年度の理数教育研究センター活動報告書は、これらの活動をすべて網羅したものであり、加えてセンター構成員の教育研究活動、センター客員教員による研究紹介が掲載されています。本センターの活動全般を紹介する資料としてご活用いただければ幸いです。

今後もよりいっそうのご協力を賜りたく、どうぞよろしく願い申し上げます。

---

## 2. 理数教育研究センターの沿革

理数教育研究センターは、「中等教育における理数教育に関する調査及び研究を総合的に  
行い、中等教育と高等教育との間にある各種課題に取り組み、その成果を学内外に広く発  
信すること」を目的とした組織として2011年10月1日付で設置された。それまで本  
学には、教育支援に係る組織として、教育開発センター及び教職支援センターが設置され  
ていたが、それぞれ個別・独立して発足した経緯があり、相互に有機的な連携が必ずしも  
図られてこなかった。教育開発センターは「高等教育」の範疇における教育の支援（教育  
活動の改善・改革：FD活動）に、教職支援センターは「中等教育」までの範疇における教  
育の支援（数学又は理科の中高教員免許取得・教員志望学生への支援）に、それぞれ関係  
する組織であるが、この2つの教育の範疇を円滑に接続する必要があった。また、理数系  
分野の教育方法について研究し、実践の場に還元する機能を充実させることで、近年の「理  
科離れ」に伴う学力の多様化や、新学習指導要領の実施等といった今日的課題に対して、  
本学がその特色を活かして取り組んでいくことが求められていた背景もあり、理数教育研  
究センターが設置されることとなったのである。

同時に、本学における組織的な教育活動の支援、活性化及び質的向上を図るとともに、  
理数系分野の教育方法及び教育指導方法に関する研究とその実践及び成果の発信を通じ  
て、我が国の科学技術知識普及の進展に寄与することを目的に、「総合教育機構」が設置  
された。その組織下に、理数教育研究センターのほか、教育開発センター、教職支援セン  
ター及び情報教育センター（2012年4月情報科学教育・研究機構より改組）が配置され、  
本学における教育の支援を横断的、総括的に集約することで、他の教育支援関係の組織と  
も、同一の機構内で有機的に連携できる体制を整備したのである。

なお、理数教育研究センターの設置にあたって、その前身となった組織が、総合研究機  
構内の「数学教育研究部門」（2004年10月設置）であった。これは、2004年6月に「数  
学理科教育研究所に係る検討委員会」が組織され、数学教育の研究を行い、その成果を中  
学・高等学校あるいは本学の教育現場に還元することを活動目的とした「東京理科大学数  
学理科教育研究所」の設置について検討した結果として、設置されたものである。しかし、  
その活動内容は、教育の研究が主たるものであり、本学における研究組織の活性化を図る  
ことを目的とする総合研究機構に所属していることは馴染まなかったため、独立したセン  
ター組織となる必要性があった。そのこともあり、数学教育研究部門を発展的に改組する  
とともに、上記のようにその活動内容を広げる形で理数教育研究センターの設置に至った  
のである。

2013年10月には、理数教育研究センターに中核的な教育施設として数学体験館が設置  
された。数学体験館の目的は、高校までの理解不足を補う補習教育の強化、大学での数学  
の初年次教育の充実、そこから能動的な学習意欲を引き出すための独自の教育活動を実践  
することにある。これらを通して、本学学生の大学入学後の数学への学習意欲を一層高め、  
特に数学教員を志望する学生たちに豊かな教育力を身につけてもらうことを期待してい  
る。また、中学生及び高校生や、現職の中学校及び高等学校教員などを対象とし、体験的  
学習を通して、算数や数学の抽象的概念を分かりやすく伝えるための教具・教材等を開発  
し、その成果を学内外に広く発信する機能を持っている。

---

また、理数教育研究センターにおいて、文部科学省の2012年度私立大学教育研究活性化設備整備費補助金事業に採択され、数学体験館にNCルーターを始めとする、約1,500万円の機器・備品が整備された。このことにより、専門の技術員が数学体験館の作品物を制作する以外にも、中学校や高等学校の授業で使用する教具をつくりたいと希望する全国各地の現職数学教員等に、専門の技術員の指導のもとで作品づくりが可能となった。本学で実施する教員免許更新講習や各種数学教育研究会においても、数学教具の作り方を解説しており、現職数学教員はその教具を学校現場の教育に役立てている。

2014年度には、独立行政法人科学技術振興機構（JST）が実施する事業「グローバルサイエンスキャンパス（GSC）」に本学が採択され、2017年度までの4年間に亘って実施した。本学では、自然科学の主要な分野である「数学」「情報」「物理」「化学」「生物」の5分野について、各分野の繋がりや関わりを理解させる分野融合を基礎とした、受講生の個性や志向を重視する対話型の学習を重視した教育プログラムを実施して、国際レベルの理数力を育成することを目的とした。本センターにおいては、構成員の半数以上がGSCで開講された5教科の講義及び実験等において中心的な役割を担い、高大連携のための企画、立案及び運営に携わった。また、理科教育研究部門が主催するシンポジウムでは、GSC受講生が国際科学オリンピックメダリストの生の声を聴くことができ、本学GSCが目標とする「受講生が創出する成果」における目標達成の契機とすることができた。

2019年4月には、本学が各キャンパスに有する教育施設を連携させることを目的として組織改編が行われ、これまで理数教育研究センターの付置施設であった数学体験館は、大学直下の組織である近代科学資料館の下に位置付けられることとなった。数学体験館は、近代科学資料館、サイエンス道場、並びに、2019年6月に野田キャンパスに新設されたほど科学体験館と連携し、社会貢献のためにより一層の活用が進められた。理数教育研究センターにおいては、引き続きこれらの施設との連携をとり、理数教育の推進に寄与している。

2020年1月より世界的に流行した新型コロナウイルス感染症の影響により、理数教育研究センターの活動についても中止や延期を余儀なくされた。そのような中、2020年7月以降は、Zoomウェビナー等のオンラインシステムを活用し、公開講座「坊っちゃん講座」や現職教員向け研究会を開催することで活動を継続した。オンライン開催により、今まで参加できなかった地域からの参加もあり、日本全国や海外から参加者を集めた。

2023年9月、理数教育研究センターが中心となり、国立研究開発法人科学技術振興機構事業「さくらサイエンスプログラム」により、ドミニカ共和国から10名の数学教育関係者(共和国児童・青少年図書館数学体験館、教皇庁カトリカ・マドレ・マエストラ大学、サロメ・ウレーニャ教員養成大学、ドミニカ共和国教育省数学オリンピック委員会の教員・研究者)を招へいし、「数学教育インストラクター養成研修～数学のおもしろさを分かりやすく伝える～」を実施した。これは2017年に東京理科大学の協力により創設したドミニカ共和国の数学体験館を中心として、同国の数学レベルの更なる向上を図ることとあわせて、数学教育を積極的に進めたい意向を持っていることから実現した。

社会と科学がスムーズにコミュニケーションする道を考えるセミナーとして、2021年度より「科学技術コミュニケーションセミナー」を開始した。

---

---

2023年11月には、「女性研究者に聞く仕事と人生」をテーマに、日本社会の問題点とともにその変化を考察した。2024年11月には、NHK『笑わない数学』のプロデューサー 井手真也さんを迎えて、「数学を視覚化する」をテーマに、なぜ大きな情熱を持って数学を伝えるのかを掘り下げた。

---

### 3. 理数教育研究センターの概要と構成

#### 3-1. 目的と活動内容

理数教育研究センターは、「中等教育における理数教育に関する調査及び研究を総合的にを行い、中等教育と高等教育との間にある各種課題に取り組み、その成果を学内外に広く発信すること」を目的としており、以下4点を主な活動内容としている。

- (1) 理科、数学等の教科（以下「理数教科」という。）の教育方法の研究
- (2) 理数教科の教科書、教材等の研究及び開発
- (3) 理数教科の学力測定に関する調査及び研究
- (4) 理数教科の教育方法に関する研修会、講習会その他の実施

#### 3-2. 部門の設置

前1の内容を推進するため、センターのもとに「数学教育研究部門」、「事業推進部門」及び「理科教育研究部門」の3部門を設置している。

「数学教育研究部門」では、中学・高等学校の現職数学教員と本学教員の数学教育に関する情報交換の場として、共同研究を通して教育方法の調査研究及び教材開発や数学の学力調査等を行い、その成果を中学・高等学校に提供している。中でも高校生の理数系進学希望者に対して行う数学の基礎学力調査については、センター発足前（総合研究機構所属時）の2005年度から毎年実施している。

「事業推進部門」では、センターにおける活動成果を学内外に広く発信、普及させ、社会に還元することを主たる活動としており、そのための機関紙の発行等を行っている。また、才能ある若者を鍛えるために、文部科学省の高等学校の新カリキュラムにおいても、“数学活用”として大いに取り入れられている離散数学の国際会議（JCDCG<sup>3</sup>）を一年に一度開催している。

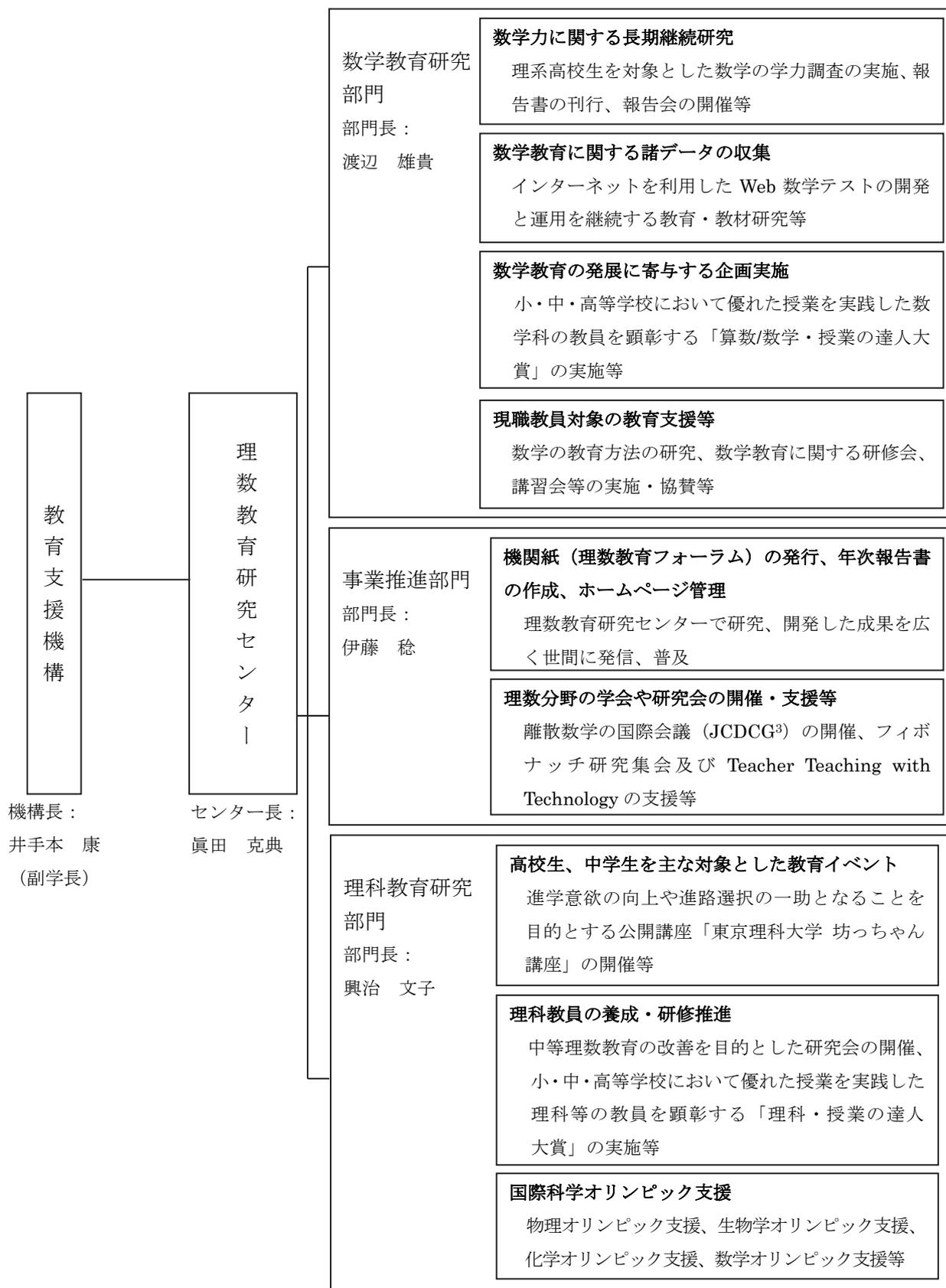
「理科教育研究部門」は、2013年度に部門化され、将来の理数教育の更なる発展に資すること、また、学内外の中等高等学校教員等を始めとする多くの理数教育関係者へ広く情報発信することを主たる活動としている。我が国の科学的才能の育成及び開発の一助として、高校生、中学生を主な対象とした教育プログラムの開講や、理科教員の養成・研修推進（教員養成研究会等）を行っている。

#### 3-3. 運営委員会の設置

理数教育研究センターに、以下のメンバーをもって組織される「理数教育研究センター運営委員会」を置き、センターの運営方針の企画及び立案に関する事項、センターの活動に関する事項、各部門において検討した事項についての連絡調整に関する事項、その他センターの運営に関する重要事項等について審議することとしている。

- (1) 理数教育研究センター長
- (2) 部門長
- (3) センター所属（本務教員又は併任教員）の専任の教授、准教授又は嘱託（非常勤扱いの者を除く）の教授及び専門職員のうちからセンター長が学長との協議の上指名した者若干人

### 3-4. 理数教育研究センター構成図



## 4. 理数教育研究センター活動報告

### 4-1. 理数教育研究センター運営委員会開催日程・議案

2024年度の理数教育研究センター運営委員会の開催日程及び議案は下表のとおりである。

開催年月日		議題
2024年5月13日	審議	1 理数教育研究センター2023年度決算及び2024年度予算について
	審議	2 2025年度理数教育研究センター予算申請について
	審議	3 第17回 算数/数学、第3回 理科・授業の達人大賞について
	審議	4 科学ジャーナリストによる「伝える文章の書き方」講座について
	審議	5 高校生のためのサイエンスプログラム－あたなも1日大学生－について
	審議	6 細胞培養講習会および微生物培養講習会について
	報告	1 2024年度会議日程について
	報告	2 各部門の2024年度活動計画について
	報告	3 理数教育フォーラム第46号について
	報告	4 2024年度 公開講座「坊っちゃん講座」について
	報告	5 2024年度 東京都教職員研修センター「専門性向上研修」について
	報告	6 第21回 統計・データサイエンス教育の方法論ワークショップ開催報告
	報告	7 中高生のための理科大探検プログラムの開催報告および実施計画について
2024年7月16日	審議	1 理数教育研究センター2025年度予算申請について
	審議	2 科学コミュニケーションセミナーについて
	審議	3 公開講座「坊っちゃん講座」の見逃し配信について
	報告	1 理数教育フォーラム第47号について
	報告	2 各部門の活動内容の中間報告について
2024年11月19日	審議	1 教育支援機構 理数教育研究センター 客員教授の委嘱について
	審議	2 2024年度 理数教育研究センター活動報告書の作成について
	報告	1 理数教育フォーラム第48号について
	報告	2 2024年度予算の執行状況について
	報告	3 高校生のためのサイエンスプログラムの開催報告について（創域理工学部 情報計算科学科 編）
報告	4 科学コミュニケーションセミナーの開催について	
報告	5 第17回 算数/数学・授業の達人大賞、第3回 理	

	報告	6	科・授業の達人大賞 授賞式と模擬授業の開催について
	報告	7	高校生のためのサイエンスプログラムの開催について（工学部 建築学科 編）
	報告	8	高校生と高校理科教員のための「細胞培養講習会」、高校生と高校理科教員のための「微生物培養講習会」の開催について
	報告	8	中高生のための理科大探検プログラムの開催報告と今後の実施予定について
2025年1月16日	審議	1	2025年度会議日程について
	審議	2	理数教育研究センター併任教員の委嘱について
	審議	3	理数教育研究センター運営委員会委員の委嘱について
	審議	4	理数教育研究センター理科教育研究部門長の委嘱について
	審議	5	教育支援機構 理数教育研究センター客員研究員の委嘱について
	報告	1	理数教育フォーラム第49号について
	報告	2	各部門の2024年度活動報告について

---

## 4-2. 各部門の活動報告

### 4-2-1. 数学教育研究部門

数学教育研究部門長 渡辺雄貴

部門メンバー

渡辺雄貴、眞田克典、伊藤稔、加藤圭一、功刀直子、清水克彦、横田智巳、大山口菜都美、中川裕之、瀬尾隆、伊藤弘道、佐古彰史、佐藤隆夫、宮岡悦良、下川朝有、赤倉貴子、馬場蔵人、大浦弘樹、矢部博

数学教育研究部門は、中学・高等学校の現場教員と本学教員の数学教育に関する情報交換の場として、共同研究を通して教育方法の調査研究及び教材の開発や数学の学力調査などを行い、その結果を中学・高等学校に提供するとともに大学初年次教育に役立て、我が国の学校教育に寄与することを目的としている。以下に 2024 年度の活動内容を掲載する。

#### 1. 2024 年度「理数系高校生のための数学基礎学力調査」

本調査は 2005 年度から毎年実施しており、今年度で第 20 回になる。問題作成・評価委員会には、本学教員とともに、本学名誉教授 2 名、現職及び元高等学校教員 8 名、他大学の教員 1 名が参加し、教育現場の実態に合わせた調査を行っている。毎回の調査結果は、おおよそ 2 月に「理数系高校生のための数学基礎学力調査」報告書（中間）として報告される。

調査は 9 月下旬から 10 月上旬にかけて実施し、本年度は、参加校 34 校、参加者 2,850 名にご協力いただき、重要なデータを得ることができたと考えている。

今回も引き続き、教師に対する質問紙を設け、教師の数学教育に対する考え方や価値観を調査し、今後の指導に対する示唆を得ることとした。調査で設けている回答と回答に対する自信の程度（1. 自信がある 2. あまり自信がない 3. 全く自信がない）の関係は、学力の定着度を探る指標として重要な手がかりとなるものと思われる。

これらの結果は「高校生の数学力 NOW XX」として 2025 年 10 月に刊行される予定である。

また、2023 年度に実施した「理数系高校生のための数学基礎学力調査」の報告をまとめた「高校生の数学力 NOW XIX」を、2024 年 10 月に刊行した。





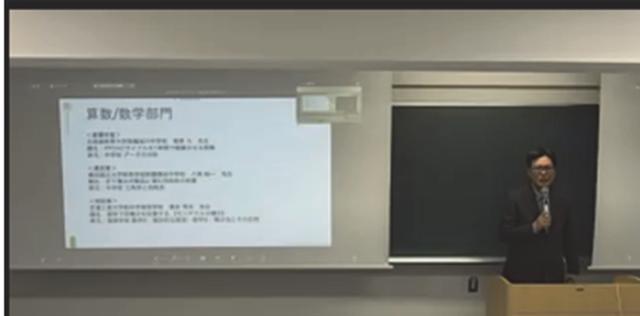
---

<優良賞>

横浜国立大学教育学部附属横浜中学校 八神 純一 先生

題名：折り畳み式製品に潜む四角形の性質

単元：中学校 三角形と四角形

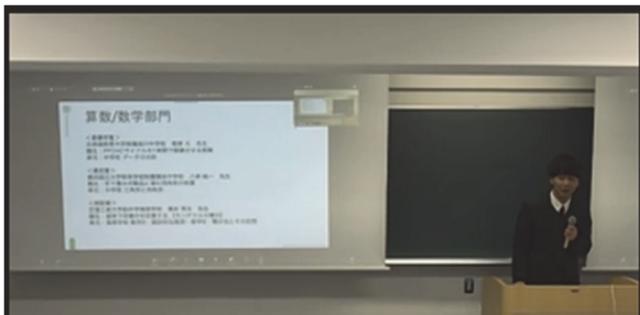


<奨励賞>

芝浦工業大学柏中学高等学校 橋本 秀太 先生

題目：確率で定積分を計算する. 【モンテカルロ積分】

単元：高等学校 数学B：統計的な推測・数学Ⅲ：積分法とその応用



[選考の経緯・過程]

近年では、ICTを活用した実践や、高等学校の学習指導要領に新たに加わった統計分野の内容など、個性豊かな授業も多くご応募いただきました。小学校から高等学校まで、ベテランの先生の「技」の活かされた授業から、若い先生の「熱意」のこもった授業まで、審査会も白熱して議論が続きました。今年度は、最優秀賞、優良賞、奨励賞が選ばれました。いずれの授業も、生徒と向き合い、どのように数学を伝えるかを真剣に考えた授業実践でした。

**3. 東京都教職員研修センター専門性向上研修「数学【Ⅱ】（東京理科大学で学ぶ数学の世界）」**

教員が数学の専門的知識・理解を深め、数学的に考える資質・能力の育成に向けた指導力の向上を図ることを目的として、東京都教職員研修センターからの依頼を受け、東京理科大学との連携のもと、専門性向上研修を神楽坂キャンパスAL教室および数学体験館で実施した。

---

研修名：専門性向上研修 数学Ⅱ（中・高・特）

タイトル：数学体験館ってどんなところ？

－数学的に考える資質・能力を育成する指導の充実－

主催：東京都教職員研修センター

協力：東京理科大学 教育支援機構 教職教育センター・理数教育研究センター

日時：2024年8月30日（金）13：30～16：30

対象：東京都の現職教員 各日25名（中学校・高等学校・特別支援学校教員）

講師：東京理科大学 名誉教授 秋山 仁

東京理科大学 理数教育研究センター 教授、近代科学資料館長 伊藤 稔

東京理科大学 理学部第一部 数学科 嘱託教授 清水 克彦

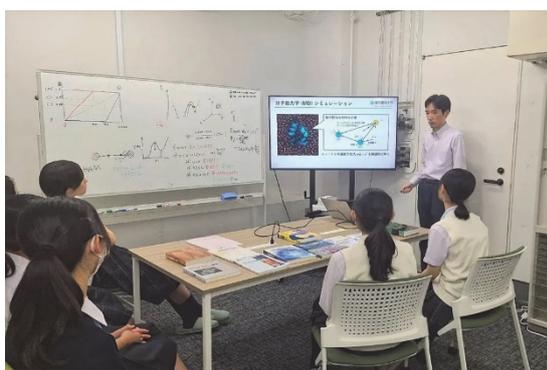
東京理科大学 数学体験館 テクニカルディレクター 山口 康之

#### 4. 「中高生のための理科大探検プログラム」試行

高大連携の取り組みの一環として、中学生・高校生を対象としたキャンパス見学の試行的取り組みを実施した。本センターでは、高校生を対象とした「高校生のためのサイエンスプログラム」を2019年から実施しており、参加者には大変好評である。本年度は、これを参考にして、教職教育センター主催・理数教育研究センター共催として、中学生・高校生を対象とした「中高生のための理科大探検プログラム」を計4回実施した。

本プログラムは、学部・学科・研究室の協力のもと、中学生・高校生に、理科大の様々な学科や研究室の教育・研究を実際に見て、聞いて、体験してもらい、自身の興味関心を高め、将来の学びについて考えるきっかけにしてもらうための企画である。この体験にあわせて、理科大の図書館や食堂などの他、「近代科学資料館」、「数学体験館」（以上、神楽坂キャンパス）、「なるほど科学体験館」（野田キャンパス）、「理科大サイエンス道場」（葛飾キャンパス）などの施設を見学するなどして、キャンパスの雰囲気や直に触れられるようにするとともに、キャンパスで学んでいる理科大生との対話など、交流の機会も設けている。

理科大探検プログラムの様子（共立女子高等学校）





---

## 4-2-2. 事業推進部門

事業推進部門長 伊藤稔

部門メンバー

伊藤稔、眞田克典、清水克彦、大山口菜都美、中川裕之、瀬尾隆、伊藤弘道、佐古彰史、佐藤隆夫、宮岡悦良、関陽児、興治文子、渡辺雄貴、矢部博

### 1. 第 26 回 JCDG<sup>3</sup> 2024 の開催報告 (秋山 仁)

第 26 回 日本計算・離散幾何学国際会議 (JCDG3 2024) が東京理科大学神楽坂キャンパスにおいて、東京理科大学理数教育研究センターの共催で 2024 年 9 月 10 日(火)～12 日(木)に行われました。この会議は 1997 年から、ほぼ毎年開催されております。そして本年は、下記の 5 名の招待教授より発表がありました。

Invited Speakers

- Erik D. Demaine (MIT, USA), *New Results in Computational Origami*
- David Eppstein (University of California, Irvine, USA), *Computational Complexities of Folding*
- Stefan Langerman (ULB, Belgium), *Computing with Tilings*
- János Pach (Rényi Institute, Hungary and IST, Austria), *Covering the Complete Geometric Graph with Plane Subgraphs*
- Ikuro Sato (Miyagi Cancer Center, Japan), *Representation theory for  $n$ -polytopes*



Erik D. Demaine



David Eppstein



Stefan Langerman



János Pach

#### Conference Co-chairs

- Jin Akiyama (Tokyo University of Science, Japan)
- Akifumi Sako (Tokyo University of Science, Japan)

#### Program Committee

- Shinya Fujita (Yokohama City University, Japan)
- Michitaka Furuya (Kitasato University, Japan)
- Hiro Ito (UEC, Japan; Chair)
- Michael Lampis (University Paris Dauphine, France)
- Maarten Loffler (Utrecht Univ., Netherlands)
- Jayson Lynch (MIT, USA)
- Yasuko Matsui (Tokai University, Japan)
- Chie Nara (Meiji University, Japan)
- Hirofumi Ono (Nagoya University, Japan)
- Kenta Ozeki (Yokohama Natl. University, Japan)
- Irene Parada (UPC BarcelonaTech, Spain)
- Toshinori Sakai (Tokai University, Japan)
- Ryuhei Uehara (JAIST, Japan)
- Yushi Uno (Osaka Met. University, Japan)

#### Organizing Committee

- Shinya Fujita (Yokohama City University, Japan)
- Michitaka Furuya (Kitasato University, Japan)
- Hiro Ito (UEC, Japan)
- Takako Kodate (Tokyo Woman's Christian University, Japan)
- Keiko Kotani (Tokyo University of Science, Japan)
- Yasuko Matsui (Tokai University, Japan)
- Atsuki Nagao (Ochanomizu University, Japan)
- Natsumi Oyamaguchi (Tokyo University of Science, Japan)
- Toshinori Sakai (Tokai University, Japan; Chair)
- John Yoshi Takenovic (University of Guam, USA)
- Xuehou Tan (Tokai University, Japan)
- Shin-ichi Tokunaga (Tokyo Medical and Dental University, Japan)
- Yushi Uno (Osaka Metropolitan University, Japan)

オープニングアドレスにて第1回目から現在に至るまでの学会歴史を紹介しました。



第1回学会 集合写真

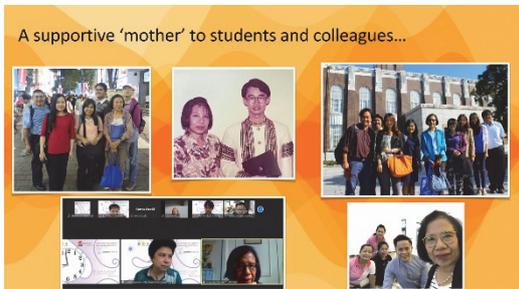


論文冊子と発表者たち



2001年マニラ・アテネオ大学開催（ハラリー教授と）2023年インドネシア・バンドン工科大学

また、この学会の貢献者である、昨年に亡くなった教授 Wanida Hemakul を偲び、哀悼の意を表し、オープニングアドレスにて彼女の業績を披露しました。



---

Group Photo



最後になりましたが、いろいろな側面から絶大なる支援をしていただいた本学に心から感謝申し上げます。

**Sponsored by**  
Tokyo University of Science



## 2. 広報活動

本センターの機関誌である「理数教育フォーラム」が以下のように刊行されました。

また、本学理数教育研究センターホームページに各種イベントの案内、成果を紹介し、その普及に努め、各年度末に年間の活動を報告書に纏めて発行しています。

### ■第46号 2024年6月発行



- 国際数学オリンピック紹介冊子の新機軸  
理数教育研究センターアドバイザー 高橋真理子
- 発想豊かな途上国の高校生が野田・神楽坂キャンパスで学習!!  
国際化推進センター長 牧内博幸
- NHK 大人の教養「3か月でマスターするシリーズ」に出演  
東京理科大学栄誉教授 秋山仁
- 「坊っちゃん講座」今後の開催日程  
参加申込方法
- 連載企画「なるほど納得ゼミナール」その46  
『黄金比を利用して螺旋を描こう』  
数学体験館テクニカルディレクター 山口 康之

### ■第47号 2024年10月発行



- 女子中高生の理工系進学支援「夏学」と女子学部生の大学院進学支援「サマーキャンプ」について  
理学部第一部数学科准教授  
理数教育研究センター併任教員 大山口 菜都美
- 数学体験館の来館者が10万人を突破!!  
理数教育研究センター教授  
数学体験館館長 伊藤 稔
- 連載企画「なるほど納得ゼミナール」その47  
『2つの折り紙を裁ち合わせて1つの正方形を作ろう』  
数学体験館テクニカルディレクター 山口 康之

■第 48 号 2025 年 1 月発行



- リスクコミュニケーションと科学コミュニケーション  
理数教育研究センターアドバイザー 高橋真理子
- 「数学を視覚化する」をテーマに盛り上がった科学コミュニケーションセミナー  
教職教育センター教授  
理数教育研究センター数学教育研究部門長  
渡辺 雄貴
- 高校生のためのサイエンスプログラム  
—あなたも1日大学生—  
「データが解き明かす未来の医療：統計学と情報学から見るライフサイエンス」実施報告  
創域理工学部 情報計算科学科教授 田畑 耕治
- 連載企画「なるほど納得ゼミナール」その 48  
『定幅車輪ワゴン』  
数学体験館テクニカルディレクター 山口 康之

■第 49 号 2025 年 3 月発行



- 物理教育と科学コミュニケーション  
教職教育センター教授  
理数教育研究センター理科教育研究部門長  
興治 文子
- 第 17 回 算数/数学・授業の達人賞、  
第 3 回 理科・授業の達人賞 授賞式と模擬授業  
開催報告  
教職教育センター教授  
理数教育研究センター数学教育研究部門長  
渡辺 雄貴
- 教職教育センター教授  
理数教育研究センター理科教育研究部門長  
興治 文子
- 高校生のためのサイエンスプログラム  
—あなたも1日大学生—  
「建築の用・強・美を考える」実施報告  
計画（工学部 建築学科 准教授 熊谷 亮平）  
環境（工学部 建築学科 教授 野中 俊宏）  
構造（工学部 建築学科 教授 伊藤 拓海）
- 連載企画「なるほど納得ゼミナール」その 49  
『誤り修正マジック』  
数学体験館テクニカルディレクター 山口 康之

---

### 3. 数学教育支援活動

#### ◆さくらサイエンス

JSTの主催によるさくらサイエンスプログラムとして、2024年4月16日（火）午後中国、フィリピン、ブータン、ガーナ、ザンビア、ナイジェリアの高校生67名、引率者9名、総勢76名が訪問され、秋山教授の授業『Thanks to Math!』で位相幾何学、誤り修正符号理論などを受講され、数学体験館と近代資料館を見学しました。



秋山仁先生の講義



#### ◆NHK出演

オトナになってから学ぶ楽しい数学の世界をテーマにした「3か月でマスターする数学」のNHK数学教育番組に横山明日希先生、ヨビノリたくみ先生と共に秋山先生が出演しました。テキスト編集を終え、5月末から8月中旬まで数学体験館にて収録を行いました。6月26日から9月25日までの毎週水曜日にEテレで放映されました。秋山先生は第4回、第5回の数学的思考法その1・2と最後の回、そして5分コーナーJIN-JINの部屋を担当しました。また、年末には12月28日～30日深夜に一举再放送されました。

- #1 JIN-JINの部屋「数学でアート」
- #2 JIN-JINの部屋「美を生み出す黄金比」
- #3 JIN-JINの部屋「エレガントな証明」
- #4 数学的思考法その1
- #5 数学的思考法その2
- #6 JIN-JINの部屋「酒屋さんの知恵」
- #7 JIN-JINの部屋「三角形に帰着させよ」
- #8 JIN-JINの部屋「正多面体のフシギ」
- #9 JIN-JINの部屋「巴戦は公平か？」
- #10 JIN-JINの部屋「関数の力でフラットに」



#11 JIN-JIN の部屋「見える素因数分解」  
 #12「私の“押し” 数学」



◆昨年に引き続き、秋山先生による本巢市との共同開催「大人のための数学教養講座」計5回を実施しました。数学体験館と岐阜県本巢市の会場をオンラインで結び、体験館のアーカイブ室には毎回聴講者10数名が配布されたテキストに従って秋山先生の講義を受講されました。

講座1回目：11/16（土）

「封筒からあなた独自のタペストリーを探そう！名刺1枚で作る「湧き出す泉」」

講座2回目：12/14（土）

「正方形の裁ち合わせ 職人さんの知恵」

講座3回目：1/18（土）

「シャーロックホームズになろう コロンボ刑事に挑戦（ニセコイン問題）」

講座4回目：2/15（土）

「すもうの巴戦は控え力士が不利雑音を消す方法」

講座5回目：3/1（土）

「鳥かごに入れられた王様 逆上する豚 変身図形を創ろう！」

本巢市数学のまちづくり事業

**世界の秋山仁先生による  
大人のためのオンライン講座** 18歳以上

**大人の数学講座『秋山仁ワールド』**

**受講生募集** 定員  
40名

期間：令和6年1月～令和7年3月  
講師：秋山 仁 先生（東京理科大学栄誉教授）  
（本巢市数学のまちづくり学術アドバイザー）  
会場：数学ワンダーランド（富有的センター内：本巢市上保1-1-1）  
時間：午前11時～12時（各回共通）

**東京理科大学『数学体験館』とオンラインでつなぐ！！**

<p>【開催日】令和6年1月16日（土）</p> <p><b>1 封筒からあなた独自のタペストリーを探そう！ 名刺1枚で作る「湧き出す泉」</b></p>	<p>【開催日】令和7年1月18日（土）</p> <p><b>3 シャーロックホームズになろう コロンボ刑事に挑戦（ニセコイン問題）</b></p>
<p>【開催日】令和6年12月14日（土）</p> <p><b>2 正方形の裁ち合わせ 職人さんの知恵</b></p>	<p>【開催日】令和7年3月1日（土）</p> <p><b>5 鳥かごに入れられた王様 逆上する豚 変身図形を創ろう！</b></p>
<p>【開催日】令和7年2月15日（土）</p> <p><b>4 すもうの巴戦は控え力士が不利雑音を消す方法 車は四角の車輪で走れるか？</b></p>	

生涯勉強、それが人生の充実！大人としての教養を身に付けたい！  
 数学大好き！憧れの秋山先生の講座を受けたい！  
 小さい頃、算数に苦手意識が・・・一躍一躍の講座なら、求めます。  
 子どもには算数が大切というけれど・・・自分も学んで、胸を張って！

申込み方法 ※全講座を受講しても、希望の講座を選択してもOKです。  
 どちらかの方法で申込みください。  
 ①二次元コード ②電話申込み 本巢市教育委員会社会教育課 ☎058(323)7764  
 申込みフォーム ③氏名  申込み履歴番号  電話番号  住所  年齢  
 をお返しくください。

数学ワンダーランド

【問合せ】本巢市教育委員会 社会教育課  
 058(323)7764  
 富有的センター内（本巢市上保1-1-1） 開館時間 9:00～17:00 月曜休館日（祝日の場合は翌日）



◆秋山先生による理科大オープンカレッジのワークショップが飯田橋セントラルプラザで開催されました。

4月27日(土) 13:00~15:00 35名の方が受講され、配布キットに楽しく取り組まれていました。特にトランプを配って、数当てマジックを行なった際は大いに盛り上がりました。

◆東京都教職員研修センター 令和6年度専門性向上研修が8月30日(金)に行われました。4グループ編成で、数学体験館に於いて、山口康之職員の教具解説、伊藤稔先生講義、秋山仁先生講義が実施され、清水克彦先生の講義が8号館で行われました。

修了後のアンケートの一例です。

- ・秋山先生による講義において、三平方の定理の証明は感動した。現在担当している数学の授業で活用したい。また、勤務校の数学科教員にも伝えたい。
- ・これから取り組む予定の楕円や双曲線、サイクロイドについて、社会でどのように使われているかなど知ることが出来た。
- ・本研修を通して、数学科におけるICTの活用方法を学び、自身の授業でも取り入れていこうと思った。また、数学体験館では、数学を視覚的に見て、楽しみながら興味や関心を高められることがわかった。私も、自校の生徒に数学を楽しんでもらえるよう、自己研鑽を努めていこうと思いました。
- ・総合的な探究の時間で、統計データを使ってのデータ分析を行いたいと思った。

◆体験館にて秋山先生の講義を受けられました。

8月21日(水)に韓国鄭英先生と学生たち10名が来館、受講しました。



算数・数学ふしぎ探検隊

飯田橋駅 RAMLA (オープンカレッジ)

2024年4月27日

講師：秋山 仁

キット制作と工作指導：山口 康之

テキスト編集：大室 まり

**目次**

1. 名探偵は血させずに疑石を治す (探偵、二重風船)	1~3
2. 数とトランプのマジック	
a) あなたが消した数を当てましょう。	4~5
b) シェヘラザード数	6
c) トランプを切っても当てられます	9
d) 12345678のかけ算はふしぎ	9~10
e) 一筆書きを利用したトランプマジック	11~14
3. 正牌隠しと修学旅行	15~16
4. 赤いマジックと合衆メロウスの難題検査	17~20
5. 輪の2等分	21~24
a) 0個ヒネリ b) 1個ヒネリ c) 2個ヒネリ d) 3個ヒネリ	
6. エンジェルフィッシュへ変身!	25~26
7. 数体動物の不思議	27~28

---

8月22日（木）、延岡「ジュニア科学者の翼」主催で高校生12名が研修しました。



8月26日（月）、ガーナ高校生19名、土佐高校生・麻生高校生各10名が1号館にて研修を受けました。



---

◆国際協力機構（JICA）の基礎教育チームが本学数学体験館を訪問しました。

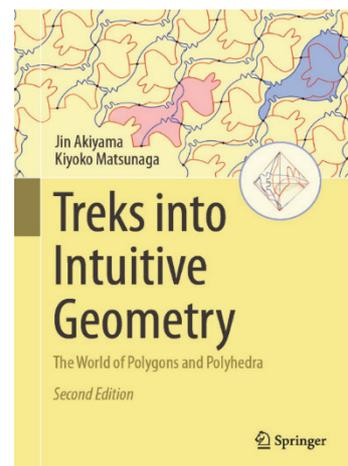
2024年7月24日、独立行政法人国際協力機構（JICA）の基礎教育グループの関係者、国際協力専門員の方々16名が本学数学体験館を訪問されました。秋山仁栄誉教授の特別講義を受講するとともに、同館の展示物の説明を受け、数学の基礎教育のあり方についての理解を深めました。



◆Treks into Intuitive Geometry 第2版が Springer より 7月に出版されました。

2015年に出版された第1版に新たに得られた定理を追加し、英文専門書としてまとめ上げ、編集しました。

- Chapter1. Art From Tiling Patterns
- Chapter2. The Tile-Maker Theorem and Its Applications to Art and Designs
- Chapter3. Offshoots of the Fascinating Characteristics of Möbius Bands and Tori
- Chapter4. Patchwork
- Chapter5. Reversible Pairs of Figures
- Chapter6. Reversibility and Foldability of Conway Tiles
- Chapter7. Platonic Solids
- Chapter8. Cross-Sections of Polyhedra
- Chapter9. Symmetry of Platonic Solids
- Chapter10. Double Duty Solids
- Chapter11. Nets of Small Solids with Minimum Perimeter Lengths
- Chapter12. Tessellation Polyhedra
- Chapter13. Universal Measuring Boxes
- Chapter14. Wrapping a Box
- Chapter15. Bees, Pomegranates and Parallelohedra
- Chapter16. Reversible Polyhedra
- Chapter17. Elements of Polygons and Polyhedra
- Chapter18. The Pentadron



### 4-2-3. 理科教育研究部門

理科教育研究部門長 興治文子

部門メンバー

興治文子、川村康文、井上正之、山口順之、太田尚孝、武村政春、関陽児

理科教育研究部門は、科学オリンピックを含む才能開発の推進、中高生、大学生及び一般社会人向けの公開講座の開講、高校「科学と人間生活」、「理数探究」に導入可能な実習教材開発のための実験講習会の実施、さらに学校教育を支援する理科才能開発、持続可能な開発のための教育の推進、科学リテラシーの推進などを目標に活動を行っている。以下に2024年度の活動内容を述べる。

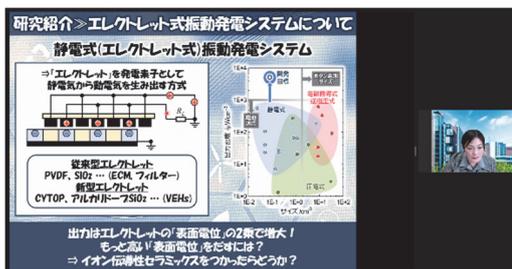
#### 1. 公開講座「坊っちゃん講座」の開催

本年度も日本各地や海外から参加できるというオンラインでの利点を活かし、オンライン開催で全12回の講座を行った。

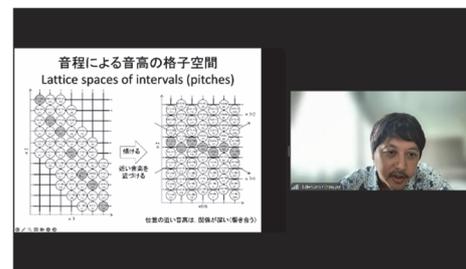
また、本講座開始から7年が経過し、72回実施・累計参加者数9,958名になり、幅広い層から支持を得ている。

	日程	講演者、タイトル	参加者数
1	4月20日(土)	理学部第一部 物理学科 教授 川村康文 「みんなが知りたい エネルギーと環境のお話」	127
2	5月18日(土)	茨城大学 理工学研究科 物質科学工学領域 助教 長川遥輝 「太陽光のエネルギーで水素を作り出す」 ※工学部 工業化学科卒業生、 理窓博士会第17回学術奨励賞受賞者	124
3	6月8日(土)	創域理工学研究科 国際火災科学専攻 教授 柳田信也 「我動くゆえに我あり ～健康から火事場まで幅広くつなぐ行動生理学～」	118
4	6月22日(土)	経営学部 ビジネスエコノミクス学科 教授 安藤晋 「高等数学からマシンラーニングへ」	130
5	7月20日(土)	創域理工学部 情報計算科学科 講師 大村英史 「計算によって創られる音楽」	202
6	9月14日(土)	先進工学部 物理工学科 教授 木下 健太郎 「学習する液体 ～AI デバイスの作り方」	127
7	10月5日(土)	薬学部 薬学科 教授 佐藤 嗣道 「因果関係とは何か：疫学による医薬品評価の実際」	140
8	10月26日(土)	教養教育研究院 神楽坂キャンパス教養部 助教 竹本芽依 「西洋絵画に込められたメッセージを読む」	126

9	11月9日(土)	工学部 工業化学科 准教授 田中優実 「イオンを運ぶセラミックス： 未来のエネルギーを担う見えない動きの秘密」	86
10	12月21日(土)	創域理工学部 機械航空宇宙工学科 教授 小笠原宏 「流れ星はなぜ光る？：高速飛行のおはなし」	125
11	1月25日(土)	理学部第二部 化学科 教授 佐竹彰治 「超分子化学～分子でロボットが作りたい！」	102
12	3月15日(土)	工学部 電気工学科 教授 山口 順之 「電気代が0円になった日 ～我が家の場合と未来の電力システム」	132



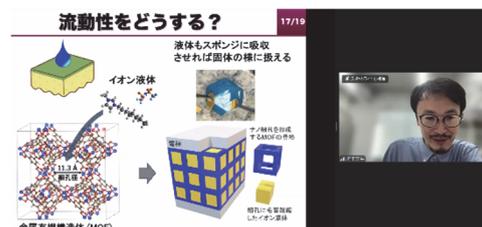
田中 優実 先生



大村 英史 先生



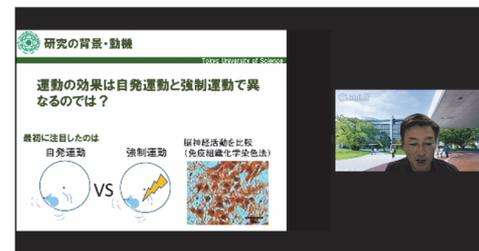
竹本 芽依 先生と伊藤 稔 先生



木下 健太郎 先生



佐竹 彰治 先生と松田 良一 先生



柳田 信也 先生

## 2. 国際科学オリンピック支援

物理オリンピック事業は、神楽坂キャンパス 1 号館 13 階に事務局を置く公益社団法人物理オリンピック日本委員会によって推進されている。運営には、理事長として渡辺一之名誉教授、副理事長として本学理学部第一部物理学科の徳永英司教授（渉外担当）、教職教育センターの興治文子教授（財務担当）がかかわっている。

---

・国内選抜「物理チャレンジ」について

物理オリンピック事業の国内選抜「物理チャレンジ」は、2005年に始まって以来毎年開催されている。

2024年の第20回物理チャレンジは、応募数は1,061名（昨年は1,125名）であり、男子870名、女子191名であった。

実験レポートの題目は「身のまわりの運動を調べてみよう」であり、901名（昨年は988名）からの提出があった。

理論試験は2020年度に自宅でのオンライン試験へと変更し、今年度もオンライン試験を行った。マークシート方式であり、理論試験の参加者は905名（昨年は950名）、理論・実験ともに参加した者は827名（昨年は901名）であった。総合成績をもとに108名を「第2チャレンジ参加者」として選出した。実験レポートは例年通り、内容について詳細な評価を付して成績の通知を行った。

例年3泊4日で行っている「第2チャレンジ」は、8月20日から23日の日程で実施した。会場は兵庫県のSPring-8であり、97名の参加者と委員はSPring-8内の宿舎に宿泊した。

8月20日には従来通り5時間の実験問題コンテスト、8月21日には5時間の理論問題コンテストを行った。8月22日にはサイエンスツアーとしてSPring-8を訪問し、施設の見学と研究者の交流が行われた。また、研究者や企業による物理実験のブース（フィジックスライブ）などの物理普及のイベントも行われた。最終日の8月23日には表彰式が行われた。

参加者97名の構成は、中学生3名（昨年0名）、高校1年生3名（昨年9名）、2年生38名（昨年29名）、3年生51名（昨年67名）、既卒生2名（昨年0名）だった。高校2年生以下の成績優秀者12名（昨年12名）を2025年のアジア物理オリンピック・サウジアラビア大会および国際物理オリンピック・フランス大会の日本代表候補に選出した。内訳は中学生0名（昨年0名）、高校1年生1名（昨年5名）、2年生11名（昨年7名）。12名のうち、10名が私立高校、2名が国公立高校の在校生だった。今年度は、女子生徒は選拔されなかった。

・国際物理オリンピック派遣事業について

2023年8月の「第2チャレンジ」で選出された代表候補12名に対し、2024年3月23日から26日に大学セミナーハウス（東京都八王子市）において開催されたチャレンジファイナル（春合宿）で最終試験を実施し、8名のアジア物理オリンピックの日本代表選手、5名の国際物理オリンピック日本代表選手を選抜した。

・第24回アジア物理オリンピックについて

2024年6月3日から10日の日程で、アジア物理オリンピック（主催国マレーシア）が開催された。参加国数は27か国・地域であり、参加選手は208名であった。日本代表選手8名と問題翻訳等を行う役員5名が参加した。結果は、金メダル1個、銅メダル7個であった。

・第54回国際物理オリンピック/第8回ヨーロッパ物理オリンピックについて

2024年7月にイランにて開催予定の第54回国際物理オリンピックへ日本代表選手5名を派遣予定であったが、中東の情勢悪化のため、外務省の渡航中止勧告に従い派遣を中止した。一方で、代替え大会としてジョージアで開催された第8回ヨーロッパ物理オリ

---

---

ンピックへ日本代表選手5名と同行役員を派遣した。2024年7月15日から19日に、ヨーロッパ物理オリンピックの実験試験と理論試験が行われた。54か国・地域から256名の代表選手が参加し、金メダル1個、銀メダル2個、銅メダル1個を受賞した。

・第55回国際物理オリンピックについて

2024年8月に開催された「第2チャレンジ」で選出された2025年アジア物理オリンピックおよび国際物理オリンピック代表候補者12名に対して、9月21日から23日に軽井沢研修所にてキックオフミーティングを実施した。以後、候補者に対し通信教育を行っている。12月20日から23日まで八王子セミナーハウスでの冬合宿で実験研修と講義を行い、2025年3月22日から25日の春合宿（チャレンジファイナル）で日本代表選手を決定する予定である。

・普及活動について

ジュニアチャレンジの実施：小学生と父母を対象に物理の楽しさを伝える活動「ジュニアチャレンジ」を、7月14日に東北大学（宮城県仙台市）、7月27日に岡山県生涯学習センター人と科学の未来館サイピア（岡山県岡山市）において実施した。

プレチャレンジの実施：高校生と教員に対する研修「プレチャレンジ」を、2025年3月22日に大田原高等学校主催にて開催した。また、2022年度よりオンラインでのプレチャレンジを本格的に実施し、2024年度は11月10日、12月15日、2025年1月12日、2月9日、3月13日の5回実施（および予定）した。

女子チャレンジの実施：2025年2月22日に宇都宮女子高校で実施した。

ファーストステップ研修：「第1チャレンジ」に参加したが、「第2チャレンジ」に選抜されなかった参加者を対象に、通信教育による研修の機会を与えている。30名（昨年85名）が参加している。

ステップアップ研修：「第2チャレンジ」に参加したが、物理オリンピック代表選手候補者になれなかった生徒に対し、通信教育による研修の機会を与えている。25名（昨年20名）が参加している。

チャレンジ研修：来年の第2チャレンジ参加を目指すという趣旨で第1チャレンジの成績等から、高校1年生以下30名を選抜し、そのうち20名（昨年は17名を選抜）が参加している。ファーストステップ研修は選択式だが、チャレンジ研修は記述式である。

出版活動：News Letter 40から42号、年次報告書を刊行。

### 3. 第3回 理科・授業の達人大賞

開催日時：2024年12月8日（日）14:00～16:00

開催形式：会場とオンラインのハイフレックス

主催：理数教育研究センター 理科教育研究部門

小・中・高等学校において、意欲的な実践・研究や創意あふれる指導により優れた授業を実践した理科の教員を顕彰するものである。2022年度から従来の「算数/数学・授業の達人大賞」に加え理科系にも拡げ、「理科・授業の達人大賞」を新設した。

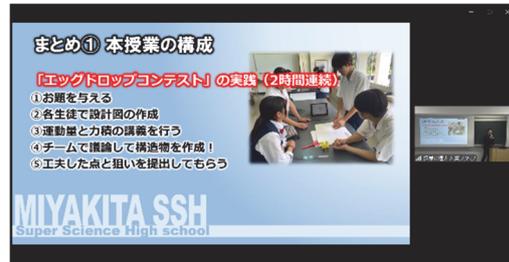
多くの応募の中から厳正なる審査の下、最優秀賞1名、優秀賞2名の受賞者を決定した。

<最優秀賞>

宮崎県立宮崎北高等学校 河野 健太 先生

題名：エッグドロップコンテスト！

単元：物理「運動量と力積」

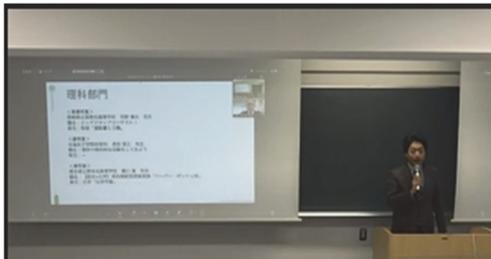


<優秀賞>

光塩女子学院初等科 長田 朋之 先生

題名：理科で探究的な活動をしてみよう

単元：－



熊本県立熊本北高等学校 橋口 嵩 先生

題名：【歴史×化学】教科横断型授業実践「ハーバー・ボッシュ法」

単元：化学「化学平衡」



[選考の経緯・過程]

STEAM の観点から教科横断型での理科の授業も対象とし、最優秀賞、優秀賞を受賞した先生方の授業では、校種も教育内容も全く異なるが、児童・生徒が探究し、自らの既有知識を基に考えを深めていく様子が見られた。それぞれ、高校・物理の運動量について、卵を割らないような構造物を作り落下実験を通して学ぶ授業、高校・化学と歴史を融合させ、ハーバー・ボッシュ法の功罪について考える授業、錯覚を題材に探究活動とは何かを小学生が学ぶ授業であった。様々な切り口で創意工夫された実践の応募があった。

---

表彰式当日は最優秀賞を受賞した河野健太先生による模擬授業が行われ、教員を目指す大学生・大学院生も多数参加した。

#### 4. 理科実験の開発を目的とした教員と生徒向けの実験講習会の企画・開催

##### 1) 高校生と高校理科教員のための細胞培養講習会

日時：2024年8月20日（火）と22日（木）各日13時～16時

場所：神楽坂キャンパス

対象：高校1～3年生 18名

高校理科教員 3名 合計21名

講師：松田良一（東京理科大学 客員教授（元教授）、東京大学 名誉教授）

坂下丈太（東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻 博士後期課程2年、  
東京学館浦安高校 非常勤講師）

私たちの身体は30兆個を超える多くの細胞から成ると言われている。細胞は生物体の基本単位であるが実際に生きた細胞を観た人は多くない。教室で先生に説明され、教科書を読んで細胞の存在を信じるだけである。

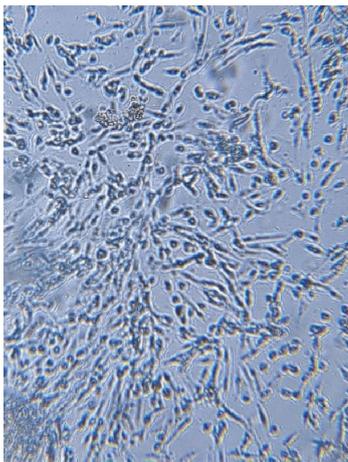
その生きた細胞を実際に観ることは生物学教育の第一歩だが、高校の教育現場で生きている細胞を観察することは難しい。培養や観察に必要な炭酸ガス培養器や倒立位相差顕微鏡は高額で、さらに細胞の扱いに技術を要するからだ。そこで私たちは、特殊な恒温器ではなく実習室にある恒温器でpH緩衝剤が入ったL-15培養液と培養フラスコを用いて細胞を培養し、倒立位相差顕微鏡の代わりに高校生にとって身近なスマートフォンのセルフィーレンズ部にDVDプレイヤーから取り出したレンズを貼り付けるだけで簡単に細胞を観察・撮影できる方法を開発した。

(<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11626-024-00906-2.pdf> 参照)

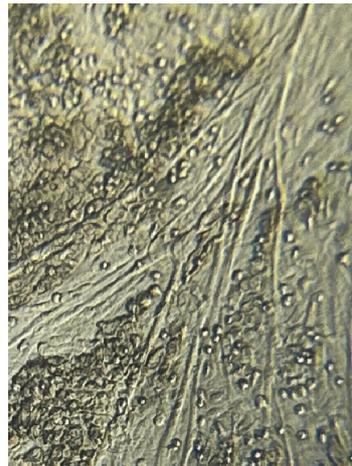
この方法を高校生や高校理科教員に普及させることを目指して、「高校生と高校理科教員のための細胞培養講習会」を開催した。

第一日目（8月20日）：参加者たちは雑菌の混入に気を付けながら、孵卵12日目のニワトリ胚胸筋を摘出し、組織片を生理食塩水の中でパスツールピペットの吸引排出を繰り返す（ピペッティング）ことで細胞を解離させた。それを培養液中で1000倍程度に希釈し、ゼラチンコートした培養フラスコ内で38℃培養した。

第二日目（8月22日）：スマホ顕微鏡の作製法について説明し、各自のスマートフォンとCDレンズを配布し、それを用いてスマホ顕微鏡を作った。培養中の細胞をスマホ顕微鏡を用いて観察し、撮影した。講習会終了後、参加者は細胞が生えている培養フラスコとCDレンズを持ち帰り、自宅や学校でさらに観察を続けた。（細胞は運搬の振動に耐えて培養フラスコに接着し続けた。以下の写真のスマホ倒立顕微鏡で撮影したニワトリ胚の骨格筋細胞の様子を参照）



スマホ倒立顕微鏡で撮影した  
ニワトリ胚の骨格筋細胞の様子  
(培養 2 日目)  
山形東高校 渋谷 律 先生撮影



スマホ倒立顕微鏡で撮影した  
ニワトリ胚の骨格筋細胞の様子  
(培養 4 日目)  
都立第四商業高校 山本 智義 先生撮影

[https://youtu.be/jrXTFuX4\\_5E](https://youtu.be/jrXTFuX4_5E)

ニワトリ胚由来心筋細胞の培養 10 日目のスマホ倒立顕微鏡による動画

## 2) 高校生と高校理科教員のための微生物培養講習会

日時：2024 年 8 月 21 日（水）と 23 日（金）初日 12 時～16 時、二日目 13 時～16 時

場所：神楽坂キャンパス

対象：高校 1～3 年生 16 名

高校理科教員 7 名 合計 23 名

講師：坂下丈太（東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻博士後期課程 2 年、  
東京学館浦安高校 非常勤講師）

松田良一（東京理科大学 客員教授（元教授）、東京大学 名誉教授）

一日目（8 月 21 日）は、班分け（3 名で班を構成）をし、実験Ⅰ「身近な微生物を確認してみよう！」 実験Ⅱ「薬味の殺菌作用を乳酸菌で調べる」もしくは「金属の殺菌作用を調べる」 実験Ⅲ「乳酸菌で太陽光の殺菌作用を調べる」の三つのテーマを各班でそれぞれに実験した。

二日目（8 月 23 日）は、各班で実験結果に対する考察・仮説等をディスカッションし、その結果を発表していただいた。ディスカッションに際しては、生徒自身がインターネットで検索をしたり、生徒同士で話し合う時間を十分に設定した。

実験Ⅰの結果から、生徒たちは目に見えない微生物の可視化で、身近な環境に多種多様な微生物が存在していることに、驚きをもって理解できたと思われる。

実験Ⅱの結果から、薬味として市販のチューブ入り生にんにく、生しょうが、本わさび、青じその、また金属として Al、Cu、Fe、Ag の殺菌作用の強弱を、乳酸菌をバイオアッセイとすることで明確に可視化できた、この実験で生徒たちは、薬味や金属の殺菌力が事前予

---

---

想と異なった結果に、興味・関心を示し、自発的な探求を誘起するきっかけになったと思われる。

実験Ⅲの結果から、太陽光の紫外線による殺菌作用を、バイオアッセイとしての乳酸菌のコロニー数の増減で知ることができた。この実験で生徒たちは太陽光が主に紫外線、可視光線、赤外線からなり、特に殺菌作用がある紫外線は UV-A、UV-B、UV-C から構成されていることを学んだ。これをきっかけに、紫外線の有効性と有害性に関して興味・関心を持つようになったと思われる。

以上より、本講習会では微生物（乳酸菌）をバイオアッセイとして活用することで、生徒自ら積極的に探究し学ぶ姿勢を養い、測定結果を積極的にディスカッションすることで、科学的洞察力の育成とコミュニケーション能力の向上への実践ができた。



微生物培養講習会の様子

### 3) 高校生と高校理科教員のための細胞培養講習会

日時：2024年12月23日（月）と25日（水）各日13時～16時

場所：神楽坂キャンパス

対象：高校1～3年生 16名

高校理科教員 6名

その他 1名 合計23名

講師：松田良一（東京理科大学 客員教授（元教授）、東京大学 名誉教授）

坂下丈太（東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻博士後期課程2年、

東京学館浦安高校 非常勤講師）

はじめに：細胞を実際に見た高校生はほとんどいないでしょう。細胞は生物体の基本単位であると教科書や教員に説明され、生徒たちはそれを信じるしかありません。生徒たちにも生きている細胞を見せたい。しかし、細胞を培養するには高校にはない高価で特別な機器（CO<sub>2</sub>インキュベーターと倒立位相差顕微鏡）が必要で、高校の理科教員には手が届きません。そこで私たちは、高校での細胞培養と観察を実現するため、高校実習室にある乾式恒温器を用いて細胞を培養し、生徒にとって身近なスマートフォンを用いて細胞を安価に観察・撮影できる方法を考案しました。これからの高校の生物教育には、細胞に関する実習の導入が望ましいと思います。

---

材料と方法：細胞の採取：まず、孵卵 12 日目のニワトリ胚を滅菌したハサミとピンセットで解剖し、その胸筋を摘出し、組織片を細切し、パストゥールピペットを用いて吸入吐出を繰り返してピペッティングすることで細胞を分離しました。さらにそれを培養液内に懸濁し、培養用フラスコ内で培養しました。培養液は L-15（富士フィルム）に最終濃度 10% ウマ血清、4% 胚抽出液、50 単位/mL ストレプトマイシン、50  $\mu\text{g}/\text{mL}$  ペニシリンを添加したものを使用しました。

スマホ顕微鏡の作成：細胞の観察には、故障して使わなくなった DVD プレイヤー用の CD レーザヘッドから取り出したプラスチックレンズをスマホのセルフィーレンズの真上に置き、レンズの枠を両面テープで貼り付けて固定したものを使用しました。他にもレンズはジュラロン工業株式会社（大阪府交野市郡津 2-51-8）から購入したのも利用可能でした。埼玉県立越谷北高校の石井遥さんはこの講習会中にレンズを 35 mm 培養プラスチック皿の蓋中央に置き、培養フラスコをその上に置くことで、単個細胞を観察できる方法（以後、「石井法」と呼ぶ）を編み出しました。この方法はレンズ上に培養フラスコを手で掲げなくても焦点を合わせられるので、細胞の観察をさらに容易にすることができました。

培養の開始：第一日目（12 月 23 日）：参加者たちは孵卵 12 日目のニワトリ胚を解剖し、胸筋から細胞を解離させました。上記培養液でおよそ 1000 倍程度に希釈し、ゼラチンコートした培養フラスコに入れて 38°C 乾式孵卵器内にて培養しました。

スマホ顕微鏡を用いた細胞の観察：第二日目（12 月 25 日）：受講者全員に CD レンズを配布し、スマホ顕微鏡を作りました。スマホには予め「シンプルカメラ」というアプリをダウンロードしました。培養中の細胞をこのスマホ顕微鏡を用いて観察し、撮影しました。

結果：講習会終了後、参加者は細胞が生えている培養フラスコと CD レンズを持ち帰りました。培養した筋細胞は運搬の振動に耐えて培養フラスコに接着し続けたので、生徒たちは自宅や学校でさらに観察を続けました。以下の写真 A、B は慶応義塾高校の関口周助さんが撮影したものです。写真 A は培養 3 日目。二つの細胞塊の間に発達した筋管細胞が認められます。写真 B は培養 4 日目のものです。ゼラチンコートした領域に多くの細胞が生育し、筋管細胞も良く形成されています。写真 C は培養 10 日目の細胞集団の様子（「石井法」にて松田撮影）です。生徒たちは冬休み中にこの細胞塊の観察を続けました。写真 A、B の画面上半分はゼラチンコートされていない領域です。ゼラチンは細胞外基質の一種コラーゲンの加水分解物で、写真 A、B からゼラチンは細胞の付着を促進することが確認されました。写真 C には対角線方向に走る太く発達した筋管細胞が認められました。

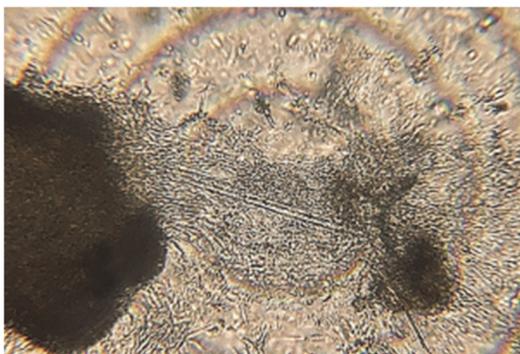


写真 A



写真 B



写真 C

考察：スマートフォンに CD レンズを付けるだけで、単細胞レベルで動物の細胞を見ると可能になりました。細胞は L-15 培養液で培養フラスコに密閉して 3 週間以上にわたり培養が可能でした。細胞の観察はどこでも可能となり、DIY(Do it yourself)で細胞生物学を学習することが可能となりました。これまで生命の基本単位である細胞は教科書で説明と写真があるのみで、その存在を信じるしかありませんでしたが、今回の簡易的培養法とスマホ顕微鏡の導入により、細胞がようやく、DIY で観察可能になった教育的意義は大きいと思われまます。

#### 4) 高校生と高校理科教員のための微生物培養講習会

日時：2024 年 12 月 24 日（火）と 26 日（木）初日 12 時～16 時、二日目 13 時～16 時

場所：神楽坂キャンパス

対象：高校 1～3 年生 10 名

高校理科教員 5 名 合計 15 名

講師：坂下丈太（東京理科大学 理学研究科 科学教育専攻 博士後期課程 2 年、  
東京学館浦安高校 非常勤講師）

松田良一（東京理科大学 客員教授（元教授）、東京大学 名誉教授）

一日目（12 月 24 日）は、班分けをし、冬至から間もないことから最初に「乳酸菌で太陽光の殺菌作用を調べる」を各班で実験しました。その後、「身近な微生物を確認してみよ

う！」で、各自で身の回りの付着菌を調べる実験をしました。また、「薬味の殺菌作用を乳酸菌で調べる」と「金属の殺菌作用を調べる」の実験は演示で行いました。

二日目（12月26日）は、各班で「乳酸菌で太陽光の殺菌作用を調べる」の実験結果に対する考察・仮説等をディスカッションし、その結果を発表してもらいました。また、「身近な微生物を確認してみよう！」で調べた身の回りの付着菌に関して各自に発表してもらいました。

「乳酸菌で太陽光の殺菌作用を調べる」実験の結果から、乳酸菌をバイオアッセイとして太陽光中の紫外線による殺菌作用の可視化と定量化に取り組みました。冬至から数日とあって太陽光の強さが不足気味だったため、想定通りの結果は得られませんでした。結果に対する考察力の重要性を体験できたと思います。また、この実験で受講者は太陽光が主に紫外線、可視光線、赤外線からなり、特に殺菌作用がある紫外線はUV-A、UV-B、UV-Cから構成されていることを学びました。これをきっかけに、紫外線の有効性と有害性に関して興味・関心を持つようになったと思います。

「身近な微生物を確認してみよう！」実験の結果から、受講者は目に見えない微生物の可視化で、身近な環境に多種多様な微生物が存在していることに、驚きをもって理解できたと思います。

「薬味の殺菌作用を乳酸菌で調べる」と「金属の殺菌作用を調べる」演示実験の結果から、薬味として市販のチューブ入り生にんにく、生しょうが、本わさび、青じそ、また金属としてAl、Cu、Fe、Agの殺菌作用の強弱を明確に可視化できました。この実験で受講者は、薬味や金属の殺菌力が事前予想と異なった結果に、興味・関心を示し、自発的な探究を誘起するきっかけになったと思います。

以上より、本研修では微生物（乳酸菌）をバイオアッセイとして活用することで、受講者自ら積極的に探究し学ぶ姿勢を養い、測定結果を積極的にディスカッションすることで、科学的洞察力の育成とコミュニケーション能力の向上への実践ができたと考えます。今後は日本の教育で遅れている紫外線予防教育を啓発する要素を強めていきたいと考えます。



微生物培養講習会の様子

## 5. 高校生のためのサイエンスプログラム —あなたも1日大学生—

本プログラムは、高校生に世の中にある様々な事象を扱う研究に目を向ける機会を提供し、大学での「学び」を体験するプログラムで、参加した高校生は、体感した分野の「なぜ？」に触れ、今後の進路選択の材料、ヒントを見つけてもらうことを目指して開催した。

- 
- 1) 11月2日(土)に野田キャンパスで、「データが解き明かす未来の医療：統計学と情報学から見るライフサイエンス」というタイトルで、創域理工学部情報計算科学科の講義を体験するプログラムを提供した。

※プログラムの内容

「深掘り『統計的推測』」 田畑 耕治 教授

「高次元統計解析：新しい統計学」 石井 晶 講師

「医療の発展に貢献する統計学」 安藤 宗司 講師

「医療データへの情報論的手法および統計的手法の適用」 佐藤 圭子 准教授

参加者からは、「実際の講義を受けて、大学生になったらこういうようなことを学べるのかととてもワクワクした。」「今回の研修に参加していっそう統計学が楽しいと思えた。2個目や4個目の講義などは高一の知識ではまだ出来ずにとっても悔しかったのもっと頑張ってお勉強して理解してやるというモチベーションができた。」「知りたかった高次元解析の大学、世界レベルのお話を聞けてとても刺激的だった。また、医療へのデータサイエンスの活用についてはあまり知らなかったのととても興味深かった。特にデータ量が膨大な遺伝子分野における情報解析はこれからの医療の進歩に大きく貢献すると思う。」などの感想が寄せられた。



アイスブレイク



田畑 耕治 教授



石井 晶 講師



安藤 宗司 講師



佐藤 圭子 准教授



受講証授与

2) 12月14日(土)に葛飾キャンパスで、「建築の用・強・美を考える」というタイトルで、工学部 建築学科の講義を体験するプログラムを提供した。

※プログラムの内容

「ガイダンス、学科紹介」今本 啓一 教授

「建築のデザインを考える —簡単な模型作りとプレゼンテーションを体験—」

熊谷 亮平 准教授、高 佳音 准教授、早川 亜希 助教、足立 壮太 助教

「建築の快適性を考える —音・空気・熱・光と快適性について探求—」

野中 俊宏 教授

「建築の安全・安心を考える —自然災害による建物の安全について探求—」

伊藤 拓海 教授、崎山 夏彦 助教

参加者からは、「今までイスの構造や免震構造、色の錯覚などを深く考えたことがなかったが、デザインから暮らしを守る、より充実した生活を送ることに繋がると分かりもっと深く勉強してみたいと思った。」「建築学科でどのようなことを学ぶのか、身を持って体感でき、進路に対するモチベーションが高まった。短い時間ではあったが、自分でアイデアを出し実際に模型を作るという体験ができてよかった。学食がおいしかったです。」「家具のデザインや設計にとっても興味があったので、実際にできてとても良かった。また、TAさんの丁寧な対応で作業ができたのが良かった。模擬講義も実験を通して、建築を多角的に見ることができたので良かったと思う。」などの感想が寄せられた。



今本 啓一 教授



模型制作の様子



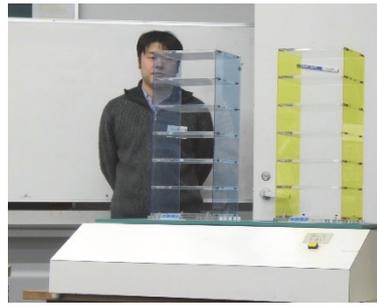
高 佳音 准教授



野中 俊宏 教授



伊藤 拓海 教授



免震構造実験の様子

## 6. 科学コミュニケーションセミナー「数学を視覚化する－NHK『笑わない数学』プロデューサー 井手真也さんを迎えて－」

今年度の科学コミュニケーションセミナーが、NHKの人気番組『笑わない数学』を制作した井手真也 NHK エグゼクティブ・プロデューサーを基調講演者に迎えて2024年11月30日（土）午後2時から開かれました。会場129名、オンライン179名の合計308名が参加し、会場の神楽坂キャンパス6号館の教室は満席になりました。

「数学を視覚化する」をメインテーマとして、4人の講演者が経験をもとにそれぞれにユニークな視点で語りました。その後の討論会も活発で、大変盛り上がったセミナーになりました。

渡辺雄貴・教職教育センター教授が開会挨拶をしたあと、秋山仁・東京理科大学名誉教授が登場しました。15分という限られた講演時間のなかで、教具を使いながら球の体積を出す公式を小学生にも直感的に理解してもらえるように解説しました。

井手真也さんは、番組の紹介映像や番組そのものの一部映像を提示しながら、難しい最先端の数学を誰でもが理解できるような形で伝える工夫の数々を披露しました。数学も、絵画や音楽などの芸術作品も、天才たちが生み出すという点では同じなのだから、音楽などと同様に最先端の数学を「鑑賞」する機会が子ども時代からあっていいはずという主張には、多くの人が共感したようです。

清水克彦・東京理科大学名誉教授は数学ソフトウェア「GeoGebra」を実際に動かしてみせて、数学教育にコンピューターを取り入れて視覚化する利点を説明しました。

最後に登壇したのは「サイエンスナビゲーター」として数学の感動を伝える活動をしている桜井進先生です。過去に出演したTV番組のビデオを映しながら、数学は本来「見えない」ものであると位置づけ、その難しさは絵画や音楽とは比べものにならないと述べました。

休憩をはさんで、討論と質疑応答の時間になりました。高橋真理子・理数教育研究センターアドバイザーの司会で、講演者同士の質疑応答のあと、会場からの質問を受けました。オ

---

オンライン参加者から書き込まれた質問もいくつか読み上げられ、講演者たちはどの質問にも丁寧に答えていました。

最後に、眞田克典・理数教育研究センター長が講演者と参加者に感謝の言葉を述べて、2時間半あまりに及んだセミナーは終了しました。全体の司会は、理学部第一部化学科 3 年の澁谷心さんが務めました。

終了後のアンケートには「全くの数学下戸ですが、数学を学びたくなる内容で、とてもわかりやすい言葉での説明が良かったです。どの講師からも数学愛を感じました」「とても面白いセミナーでした。教育学的な視点から数学を見つめ直したり、一般大衆向けの数学に関する議論がなされていて楽しかったです」「数学の可視化が、数学をよりよく知る一つの手段として有効であることがよく分かった」といった声が寄せられました。

秋山先生の実演については「分かりにくかった積分をとても感覚的に理解できて非常に面白かったです」「もっと長く聴きたかった」といった感想があり、「数学体験館に行きたくなった」と書いた参加者も複数いました。

井手さんには「芸術は鑑賞するのに数学にはそれがない、というお言葉が刺さりました」「『笑わない数学』を作った意図と苦悩が興味深かったです」、清水先生には「コンピューターを用いることで図形のイメージの涵養を図るというアプローチは今まであまり意識したことが無かったものだったので、とても良い気づきとなりました」、桜井先生には「理路整然とした、かつ情熱のこもった数学論に感銘を受けました」「円周率について、数、数字、数値の違いなど数学を解く以外での面白さに改めて、気づかされました」といった感想が寄せられました。



NHK エグゼクティブ・プロデューサー 井手真也さん



討論と質疑応答

左から、高橋 真理子	理数教育研究センターアドバイザー
桜井 進	サイエンスナビゲーター®
清水 克彦	東京理科大学 名誉教授
井手 真也	NHK エグゼクティブ・プロデューサー
秋山 仁	東京理科大学 名誉教授

---

### 4-3. 数学体験館

数学体験館館長 伊藤 稔  
数学体験館テクニカルディレクター 山口 康之

#### はじめに

2024年10月に、数学の理論を五感を通じて体験できる「数学体験館」が、近代科学資料館地下1階に建設されて11年が経過した。開設以降、来館者は毎年1万人以上で推移していたが、新型コロナウイルス感染症防止の影響で、2020年2月～2021年11月までは臨時休館、2021年11月～2023年5月までは事前予約制での見学となった。そのため上記期間中は来館者が例年と比べ減少した。

しかし、2023年5月から通常の開館となり、来館者数が大幅に増加した。そして2024年8月3日（土）には来館者数が10万人を超えた。

以下の項目順に、数学体験館の2024年度の活動報告を掲載する。

1. 日ごとの入館者数、累計、来館者内訳
2. 来館した団体（2024年4月1日～2025年3月31日迄）
3. 本年度の活動について
  - 3.1 出張講演補助
  - 3.2 岐阜県本巣市における「数学まちづくり」の協力
  - 3.3 ワークショップ
4. 報道された新聞、雑誌、TV
5. 図録販売状況
6. 数学工房

### 1. 日ごとの入館者数と累計、種別

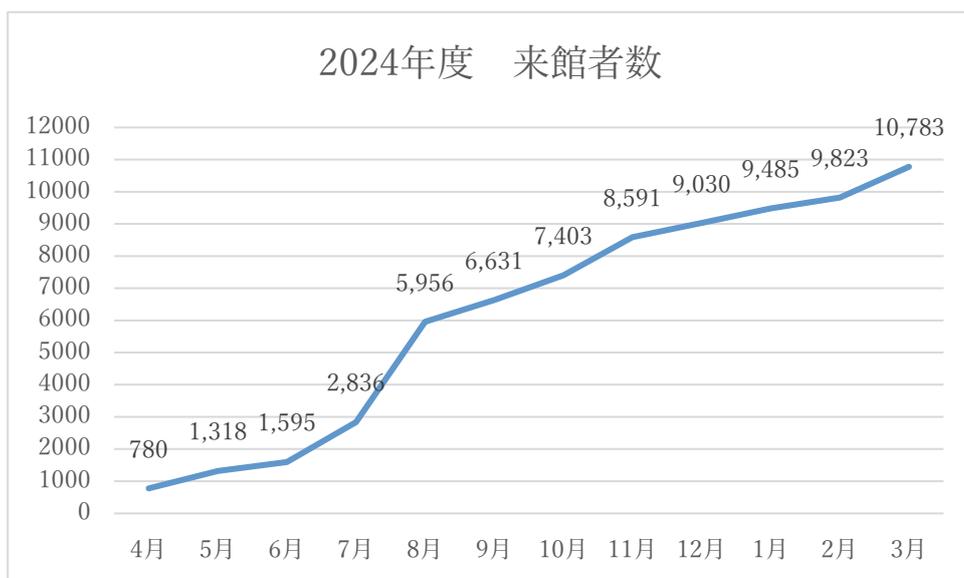
4月	760名
5月	558名
6月	277名
7月	1241名
8月	3120名
9月	675名
10月	772名
11月	1188名
12月	439名
1月	455名
2月	338名
3月	960名

種目別人数(2024年4月～2025年3月)		
計：10,783名		
一般	4,711名	
同窓生	81名	
理大教職員	31名	
教員	322名	
小学生・乳幼児	1,919名	
中学生	1,006名	
高校生	2,465名	
理大生	54名	
大学・短大・専門	194名	

### 来館者累計 (2024年4月～2025年3月まで)

(来館者累計/月別)

4月	760名
5月	1,318名
6月	1,595名
7月	2,836名
8月	5,956名
9月	6,631名
10月	7,403名
11月	8,591名
12月	9,030名
1月	9,485名
2月	9,823名
3月	10,783名



---

## 2. 来館した団体（2024年4月1日～2025年3月31日迄）

4/13	東京理科大学理学部第二部学生	150名
4/24	お茶の水女子大学	12名
5/18	東京都立小松川高等学校	12名
5/22	神奈川県立横浜国際高等学校	27名
5/24	東洋大学京北中学高等学校	20名
5/29	ヴィトフェルスカ高等学校	20名
6/7	神奈川学園中学校高等学校	23名
6/8	放送大学	16名
6/13	磐城緑陰中学校高等学校	19名
6/14	共立女子中学高等学校	21名
6/14	田園調布学園中等部高等部	19名
6/15	恵泉女学園中学高等学校	41名
6/20	東京インターハイスクール	18名
7/3	台湾教育団体	11名
7/3	香港聖安高等学校	31名
7/6	昭和女子大学附属昭和中学校高等学校	40名
7/10	筑波大学附属中学校高等学校	31名
7/11	宮城県仙台第一高等学校	34名
7/12	日本大学第一中学高等学校	16名
7/12	啓明学園中学校高等学校	16名
7/17	桜丘中学高等学校	116名
7/18	神奈川学園中学高等学校	21名
7/18	サレジアン国際学園世田谷中学高等学校	10名
7/18	関西学院千里国際中等部高等部	12名
7/19	共立女子中学高等学校	22名
7/19	お茶の水女子大学附属高等学校、東京都立戸山高等学校	14名
7/20	中町図書館の関係者様	12名
7/24	秀明大学	20名
7/25	横浜サイエンスフロンティア高等学校	22名
7/25	芝中学校芝高等学校	18名
7/31	サレジアン国際学園世田谷中学・高等学校	24名
7/31	フェリス女学院大学	12名
7/31	親和女子高等学校	20名
8/1	板橋区立西台中学校	13名
8/2	東京純心女子中学高等学校	15名
8/3	関西学院中等部高等部	18名
8/7	昭和薬科大学附属高等学校附属中学校	18名
8/8	逗子市立逗子中学校	27名
8/20	追手門学院教員研修	140名
8/21	韓国の団体	11名

---

---

8/22	埼玉高校数学の先生方	40名
8/22	ジュニア科学者の翼（宮崎県立延岡高等学校）	15名
8/23	東京都立小松川高等学校	10名
8/28	城東小学校	10名
8/30	東京都教職員研修	40名
8/31	千葉敬愛学園 敬愛学園高等学校	10名
9/19	富士見中学校高等学校	30名
9/20	独立行政法人 大学改革支援学位授与機構	10名
10/2	PTA 小松川高校	60名
10/1	鎌倉女学院中学校高等学校	20名
10/5	筑波大学付属視覚特別支援学校	20名
10/9	学校法人常磐大学 智学館中等教育学校	15名
10/18	日本体育大学荏原高等学校	21名
10/18	福島成蹊中学校高等学校	16名
10/19	子どもに博物館見学の楽しみを教える会	15名
10/26	和光高等学校	21名
10/26	北広島町教育委員会	6名
11/1	埼玉県立狭山緑陽高等学校	35名
11/2	広島国際学院高等学校	19名
11/2	三田国際学園中学高等学校	10名
11/6	晃華学園中学校高等学校	19名
11/8	群馬県立太田女子高等学校	28名
11/8	立教池袋中学高等学校	22名
11/9	清泉女学院中学高等学校	18名
11/13	日本大学高等学校中学校	20名
11/14	國學院大學久我山中学高等学校	25名
11/14	モロッコ団体	18名
11/14	東京農業大学第二高等学校	30名
11/15	株式会社インテージテクノスフィア	15名
11/22	香港スターウェイトトラベル	45名
11/30	こうよう会 神奈川支部	70名
12/4	清真学園高等学校・中学校	10名
12/4	相洋中学校高等学校	27名
12/6	淑徳中学高等学校	10名
12/14	光塩女子学院中等科高等科	11名
12/17	湘南白百合学園中学高等学校	30名
12/18	荒川区立第九中学校	10名
1/25	歴史散歩サークル団体	12名
1/30	白百合学園小学校	105名
1/31	新宿区立西新宿中学校	12名
1/31	世田谷区立緑丘中学校	10名
1/31	芝浦工業大学	17名

---

---

2/18	新宿区立津久戸小学校	32名
2/21	学習院女子中・高等科	16名
2/21	新宿区立津久戸小学校	31名
3/7	東京電機大学中学校高等学校	42名
3/8	清明学園中等部	16名
3/19	獨協中学高等学校	10名
3/26	日本大学第二中学校高等学校	16名
3/27	湘南学院高等学校	21名

---

### 3. 本年度の活動について

#### ・4月3日（水）～ 「図録 数学体験館」の改訂

数学体験館に展示されている教具を解説している「図録 東京理科大学数学体験館」を新しく発行し、4月3日（水）から販売を開始した。

従来の図録の内容をより充実したものとするために、紹介する教具を増やした上で、写真を大きくし解説の図を多く入れた。B5版80ページで、1冊1000円で受付にて販売している。

（※ 10月26日時点：300冊販売 11月6日に500冊増刷・入荷）



#### ・4月16日（火）JST事業「さくらサイエンス・ハイスクールプログラム」の訪日団受け入れ

4月16日（火）に「2024年度 さくらサイエンス・ハイスクールプログラム」の訪日団受け入れを行った。今回は、中国・フィリピン、ブータン、ガーナ、ザンビア、ナイジェリアからの高校生・引率者合わせて76名が参加した。当日は秋山仁本学名誉教授の講義のあと、数学体験館にて見学を行った。



---

・6月26日(水)～9月25日(水) NHK 3か月でマスターする数学の収録協力

2024年6月26日(水)午後9:30～10:00より、「3か月マスターする数学」シリーズ(#1～#12)の放送が始まりを迎えた。

「3か月でマスターするシリーズ」は全12回で6月26日(水)～9月25日(水)までのおよそ3か月間にわたって放送が行われている。出演は、東京理科大学栄誉教授の秋山仁先生、数学教育者の横山明日希先生、教育系 YouTuber のヨビノリたくみ先生、NHKの塚原愛アナウンサーである。

「3か月でマスターする数学」は基本的に、中学の数学の教科書から選定したもので、2、3人の数学教育のプロフェッショナルがそれぞれのアプローチで数学の楽しさをレクチャーしていくという内容構成となっている。

- 第1回目収録： 5月29日(水) #1、#2 秋山先生コーナー収録  
第2回目収録： 6月14日(金) #3、#4 秋山先生コーナー収録  
第3回目収録： 6月30日(日) #5、#6 秋山先生コーナー収録  
第4回目収録： 7月16日(火) #7、#8 秋山先生コーナー収録  
第5回目収録： 7月23日(火) #9、#10 秋山先生コーナー収録  
第6回目収録： 8月16日(金) #11、#12 秋山先生コーナー収録

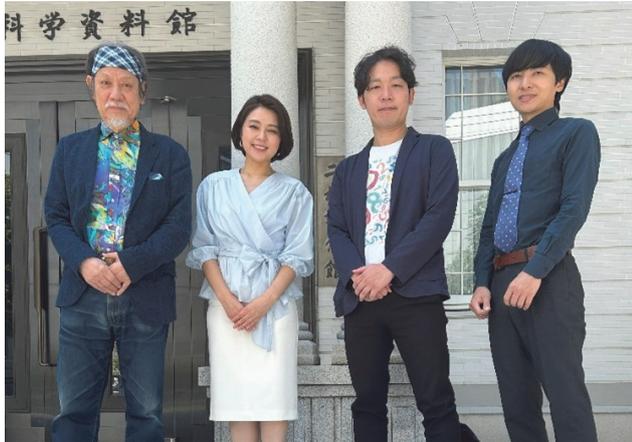
	放送日	タイトル	担当講師	秋山仁の数学コラム
第1回	6月26日	円周角の性質	横山先生	今日からあなたは芸術家
第2回	7月3日	平方根・無理数	横山先生	黄金比が美を生み出す
第3回	7月10日	三平方の定理	たくみ先生	江戸の和算家のアプローチ
第4回	7月17日	数学的思考法1	秋山先生	なし
第5回	7月24日	数学的思考法2	秋山先生	なし
第6回	8月14日	不定方程式	横山先生	酒屋さんの知恵
第7回	8月21日	平面図形	たくみ先生	三角形に注目せよ!
第8回	8月28日	立体図形	たくみ先生	正多面体のフシギ
第9回	9月4日	確率	横山先生	“巴戦”は公平か?
第10回	9月11日	関数	横山先生	関数でノイズを消せ
第11回	9月18日	倍数・約数	たくみ先生	素因数分解と暗号
第12回	9月25日	私の“推し”数学	全先生	なし

【メディア】

- ・NHK Eテレ編集部「塚原愛アナが徹底的に質問 納得するまで食い下がる」
- ・PRTimes 大好評シリーズ第2弾! NHK「3か月でマスターする 数学」6月19日発売
- ・3か月でマスターする数学「オトナが学ぶからおもしろい」「数学って意外といいやつだ」
- ・教育コンパス(2024年6月15日 信濃毎日新聞)
- ・東京理科大学メディア(公式HP、X、Facebook)

---

・収録風景（#1～#12）



秋山仁先生、塚原愛アナウンサー  
横山明日希先生、ヨビノリたくみ先生



秋山仁先生  
横山明日希先生、ヨビノリたくみ先生



#4 数学的思考法 1  
塚原アナウンサー、秋山仁先生



#4 数学的思考法 1（メビウスの輪）  
塚原アナウンサー、秋山仁先生



#10 関数  
塚原アナウンサー、秋山仁先生  
岩城英俊インストラクター



#12 私の“押し数学”  
塚原アナウンサー、秋山仁先生  
横山明日希先生、ヨビノリたくみ先生

---

・7月24日（水）国際協力機構（JICA）の基礎教育チームが数学体験館を訪問

2024年7月24日（水）、独立行政法人国際協力機構（JICA）の基礎教育グループの関係者、国際協力専門員の方々、合わせて16名が本学数学体験館を訪問され、秋山仁栄誉教授の特別講義を受講するとともに、同館の展示物の説明を受け、数学の基礎協力のあり方について理解を深めた。



・8月9日（金） 数学体験館の来館者10万人突破セレモニーの開催

2024年8月3日（土）に 東京理科大学 数学体験館への来館者が10万人を突破した。

10万人目の来館者に認定書を贈呈するセレモニーが8月9日の午後に、オープンキャンパスで賑わう体験館で開催された。

セレモニーでは、伊藤稔館長の挨拶のあと、石川正俊学長と浜本隆之理事長がお祝いの言葉を述べ、10万人目の来館者となった矢ヶ崎 葵さん（山脇学園高等学校2年）に伊藤館長が認定書と記念品を贈呈した。矢ヶ崎さんがくす玉を割ると「祝！10万人突破！！」の垂れ幕が下がり、これを囲んで記念写真を撮影した。体験館の創始者である秋山仁栄誉教授のセレモニーに参加し、終了後の体験館内の一室で「数学体験館10年の歩みと未来への展望」と題したミニレクチャーを行った。



集合写真



伊藤稔館長による認定書授与



10万人突破セレモニーの様子

東京理科大学プレスリリース : [https://www.tus.ac.jp/today/archive/20240806\\_1020.html](https://www.tus.ac.jp/today/archive/20240806_1020.html)

山脇学園中学・高等学校 HP : [https://www.yamawaki.ed.jp/blog/2024\\_science\\_0809/](https://www.yamawaki.ed.jp/blog/2024_science_0809/)

・9月20日(金)～9月21日(土) 本巣市まちづくり事業の協力(秋山仁栄誉教授講演補助)

2024年9月20日(金)～9月21日(土)に本巣市まちづくり事業の協力で本巣市民ホールにて秋山仁栄誉教授の講演補助「遊んで楽しむ」が行われた。講義内容には、NHK番組「3か月でマスターする数学」で放送された「ノイズキャンセリング」「コロボ刑事はどのようにしてニセコインを突き止めたか」などの項目も含まれている。

### 秋山仁先生の遊んで楽しむ算数・数学教室

日付 : 2024年9月21日  
講義場所 : 岐阜県 本巣市  
講師 : 秋山 仁

#### 目次

- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| 1. 名医は出血させずに結石を治す            | 1～3   |
| 2. 雑音を消すには?                  | 4～5   |
| 3. ミウラ折りを作ろう                 | 6～7   |
| 4. 今日からあなたは芸術家               | 8～9   |
| 5. 変身図形を作ろう                  | 10～11 |
| 6. どの数消した?                   | 12    |
| 7. コロボ刑事はどのようにしてニセコインを突き止めたか | 13    |
| 8. メビウスの輪の悪占いおみくじ            | 14～16 |

#### 講演用資料

秋山仁先生の 令和6年度 本巣市数学のまちづくり講演会

# 遊んで楽しむ 算数・数学教室

入場無料

3枚の名刺で何ができる?  
ねじれた輪の不思議  
変身図形を作ろう!  
雑音を消すには?

★黄銅螺旋を回転すると?  
★コロボ刑事はどのようにしてニセコインを突き止めたか

講師 **秋山 仁先生**  
本巣市数学のまちづくりアドバイザー  
●東京理科大学栄誉教授  
●東京理科大学応用数学科卒業後、ミシガン大学数学委員研究員、東海大学教育開発研究所長、文部省教育課程審議会委員など歴任  
●グラフ理論、離散幾何学など百数編の論文を専門誌に発表、NHKテレビやラジオなどで、数学の魅力をわかりやすく伝授  
●ドミニカ共和国の数学振興など世界各国でご活躍

2024年  
日時 **9月21日(土)**  
13:30開演(13:00開場)

会場 **本巣市民文化ホール**  
(本巣市軽海718番地)

入場整理券配布  
8月6日(火)～500席

配布場所・配布時間  
●教育委員会社会教育課  
平日 8:30～17:15 ※土日祝日は閉庁  
●市内各公民館・本巣市民文化ホール  
火～日 9:00～16:00 ※月・祝日および休館

お問い合わせ 本巣市教育委員会 社会教育課 ☎058-323-7764

#### 秋山仁先生の遊んで楽しむ算数・数学教室 ポスター

---

・10月18日（金）葛飾産業フェアの出展に参加

10月18日（金）に葛飾区産業フェアが開催された。

第40回葛飾区産業フェア・工業・商業・観光展（会場：テクノプラザかつしか）において本学のブース内に「数学体験コーナー」が設けられた。

本学には葛飾キャンパスがあり、葛飾区の産業に深く関わりがあることから、広報活動の一環で葛飾区産業フェアには毎年参加している。

今回は、花びら取りゲーム、正方形の詰め込み問題、缶の詰め込み問題、二項分布パチンコ、一刀切りなどの展示を行った。

10/18（金）は葛飾区の複数の小学校の社会科見学があり、本学のブースも大変賑わっていた。



← 葛飾産業フェアのブース

・11月19日（火） Jackniel 氏、数学体験館へ再来館

約1年前に行われたドミニカ共和国数学教育支援活動「数学教育インストラクター養成研修」で数学体験館に来られた Jackniel 氏が、2024年11月19日（火）、ドミニカ共和国の学生とともに再来館された。Jackniel 氏と学生は、ドミニカ共和国とホストタウン事業（異文化交流活動）において密接に関わりをもつ 広島県北広島町に滞在し、日本滞在中に数学体験館も来館された。

当日は、約60分の滞在中、秋山仁栄誉教授と数学体験館のインストラクターによる ESWL（風船割実験）とメビウスの輪のしくみの講義が行われた。



メビウスの輪の説明をするインストラクター



集合写真

・12月25日（月）～12月29日（日） NHK「3か月でマスターする数学」 再放送

全12回を年末（12/28（土）、12/29（日）、12/30（月））に一律再放送した。

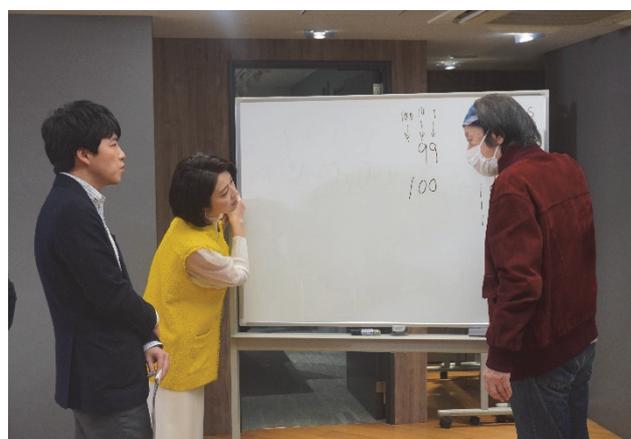
	放送日	時間	タイトル
第1回～第4回	12月28日（土）	0:45～2:45	円周角の性質、平方根・無理数、三平方の定理、数学的思考法1
第5回～第8回	12月29日（日）	1:00～3:00	数学的思考法2、不定方程式、平面図形、立体図形
第9回～第12回	12月30日（月）	0:45～2:45	確率、関数、倍数・約数、私の“押し”数学

・2月7日（日） NHK「3か月でマスターする数学」春期講習・探検！数のワンダーランドの収録

放送日：3月15日（土） 22:00～22:45 （誤り修正符号理論、目付字）

再放送：3月17日（月） 13:10～13:55 （誤り修正符号理論、目付字）

題目は、たくみ先生「2025年度はすごい！」横山先生「フォー・フォーズ」、秋山先生「マジック2本立て」。3月15日（土）に放送日となり、3月17日（月）に再放送となる。



---

・数学体験館ニュース投稿数（全 13 回）

- 4/13 新しい図録が出来ました！
- 6/20 NHK 番組「3 か月でマスターする数学」が放送されます！
- 7/4 NHK 番組「3 か月でマスターする数学」が放送されています！
- 8/1 国際協力機構（JICA）の基礎協力チームが本学数学体験館を訪問されました。
- 8/7 結び目の数学のワークショップが行われました！
- 8/10 数学体験館の来館者が 10 万人を超えました！
- 9/3 ワークショップが行われました！
- 9/7 ガーナの学生、日本の学生の団体が来館されました
- 10/18 第 40 回 葛飾区産業フェアに参加しました！
- 11/16 第 1 回 秋山仁先生の大人のためのオンライン数学講座が開催されました！
- 11/19 Jackniel 氏、数学体験館に再来館
- 1/25 本学 校友父母課発行の会報「浩洋 1 月号」に数学体験館の取材記事が掲載されました。
- 3/12 元数学体験館のインストラクター 鎌田斗南助教 快挙！！

### 3.1 出張講演補助

- 4/27 (土) オープンカレッジ (RAMLA)
- 7/30 (火) きらめき未来塾思考道場 (富山県)
- 9/21 (土) 秋山先生の出張講演 (岐阜県本巣市)
- 10/14 (月) 品川区図書館講演
- 11/7 (木) 光英 VERITAS 中学・高等学校 講演
- 12/18 (水) 東京都立竹早高等学校 講演
- 3/22 (土) 第2回数学教育フェス2025 講演

#### 算数・数学ふしぎ探検隊

飯田橋駅 RAMLA (オープンカレッジ)

2024年4月27日

講師：秋山 仁

キット制作と工作指導：山口 康之

テキスト編集：犬室 まり

目次	
1. 名画は出血させずに絵巻を治す (EPR、二重風船)	1~3
2. 数とトランプのマジック	4~5
a) あなたが選んだ数を当てよう。	4~5
b) シェヘラザード数	6
c) トランプを切っても当てられます	8
d) 12345679 のかけ算はふしぎ	9~10
e) 一筆書きを利用したトランプマジック	11~14
3. 花押印しと修学旅行	15~16
4. 面白いマジックと合体メビウスの連続検査	17~20
5. 輪の2等分	21~24
a) 0回ヒネリ b) 1回ヒネリ c) 2回ヒネリ d) 3回ヒネリ	
6. エンジェルフィッシュへ変身!	25~26
7. 数珠動物の不思議	27~28

4/27 (土) 算数・数学ふしぎ探検隊 (オープンカレッジ)

#### 令和6年度 きらめき未来塾 思考道場

公益財団法人 富山県ひとつくり財団

2024年7月30日

講師：秋山 仁

キット制作と工作指導：山口 康之

目次	
1. 名画は出血させずに手帳を治す (EPR、二重風船)	1~3
2. あなたが選んだ数を当てよう	4
3. 花押印しと修学旅行	5~7
4. 面白いマジックと重文メビウスの連続検査	8~12
5. 輪の2等分	12~15
a) 0回ヒネリ b) 1回ヒネリ c) 2回ヒネリ d) 3回ヒネリ	
6. 数珠でとらえよう	16~17
7. ノイズキャンセラーと西典車輪の小さい輪型	18~20
8. 封筒タイム	21

7/30 (火) きらめき未来塾 思考道場 (富山県ひとつくり財団)

秋山仁先生の 令和6年度 本巣市数学のまちづくり講演台

## 遊んで楽しむ 算数・数学教室

3枚の名刺で何ができる? **入場無料**

ぬしれた輪の不思議 **変身図形を作ろう!**

数珠を消すには? **入場無料**

★異形紙を回転すると? **★コロナ対策はどのようにしてコロナを克服したか?**

日時 **9月21日(土)** 13:30開演 (13:00開場)

会場 **本巣市民文化ホール** (本巣市本巣7-18番地)

講師 **秋山 仁先生** (本巣市教育委員)

入場料 500円 (税込) **8月6日(火) ~500席**

配布場所：配布時間

●教育委員会社会教育課 平日 8:30~17:15 ※土日祝日は受付

●市内各公民館・本巣市民文化ホール 水~日 9:00~16:00 ※水・木・金・土・日・祝日は休館

【持ち物】 切り・はさみ・セロテープ

【お問い合わせ先】 本巣市教育委員会 社会教育課 ☎058-323-7764

9/21 (土) 秋山仁先生の講義 (岐阜県本巣市)

品川図書館秋の講演会 共催 一般財団法人 六行会

## おもしろ算数・数学サーカス・ショー

長年NHKラジオ・テレビ 講演講師を務められ、数学の有用性や魅力をわかりやすく伝授されている数学者の講師をお招きして、体験型の講演会を開催します。

あきやま じん 講師 **秋山 仁先生**

日時：10月14日 (月・祝) 午後2時~3時30分 (開場：午後1時30分)

会場：六行会ホール (北品川2-32-3)

※品川図書館と同じビルです。入場無料・手話通訳付。

申込：往復ハガキまたは品川区電子申請サービスで受付

定員：248名 (応募多数の場合は抽選)

対象：小学生以上 **9月24日(火) (必着)**

■送付先 〒140-0001 北品川2-32-3

品川図書館「品川図書館秋の講演会」申し込み

往復ハガキに、全員の氏名・ふりがな・電話番号と代表者の住所を記載 (1枚2名まで) 「手話通訳希望」等印する場合はご記入ください。

問い合わせ先 TEL 03-3471-4667 品川区立図書館

品川図書館 FAX 03-3740-4014 ホームページ

10/14 (月) おもしろ算数・数学サーカスショー (品川図書館)

### 3.2 岐阜県本巣市における「数学まちづくり」の協力

・本巣市との大人のための数学オンライン講座

	参加人数
・ 11/16 (土) 封筒からあなた独自のタペストリーを探そう！ 名刺1枚で作る「湧き出す泉」	5名
・ 12/14 (土) 正方形の裁ち合わせ、職人さんの知恵	12名
・ 1/18 (土) シャーロックホームズになろう、 コロンボ刑事に挑戦 (ニセコイン問題)	7名
・ 2/15 (土) すもうの巴戦は控え力士が不利、雑音を消す方法 車は四角の車輪で走れるか	9名
・ 3/1 (土) 鳥かごに入れられた王様、逆上がりする豚 変身図形を創ろう！	13名

世界の秋山仁先生による  
大人のためのオンライン講座 18歳以上

大人の数学講座『秋山仁ワールド』  
受講生募集 定員40名

【開催日】令和6年11月16日(土)  
封筒からあなた独自のタペストリーを探そう！  
名刺1枚で作る「湧き出す泉」

【開催日】令和6年12月14日(土)  
正方形の裁ち合わせ  
職人さんの知恵

【開催日】令和7年1月18日(土)  
シャーロックホームズになろう  
コロンボ刑事に挑戦 (ニセコイン問題)

【開催日】令和7年2月15日(土)  
すもうの巴戦は控え力士が不利  
雑音を消す方法  
車は四角の車輪で走れるか？

【開催日】令和7年3月1日(土)  
鳥かごに入れられた王様  
逆上がりする豚  
変身図形を創ろう！

申込方法 ※会場費を要しても、希望の講座を選択してOKです。  
お申し込みは下記まで  
数学ファンダラント 058(323)7764  
申込フォーム



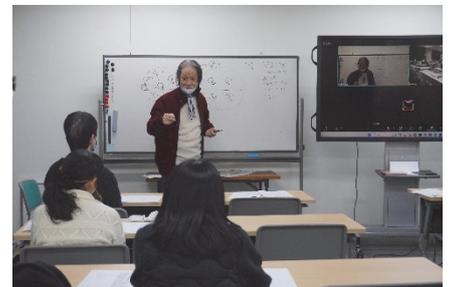
第1回目



第2回目



第3回目



第4回目



第5回目

大人の数学講座  
「秋山仁ワールド」ポスター

---

### 3.3 ワークショップ

#### ・本学教授によるワークショップ（全2回）

8月3日（土） 東京理科大学 理学部第一部 数学科 大山口 菜都美 准教授  
「結び目の数学のワークショップ」

8月24日（土） 東京理科大学 理学部第一部 物理学科 川村 康文 教授  
「分光つつでSDGsを考えよう」



結び目の数学のワークショップ



分光つつでSDGsを考えよう

#### ・城東小学校サイエンス部にむけてのワークショップ（全3回）

8月28日（水） 城東小学校 4年生 ワークショップ 「7セグメントディスプレイ」

12月7日（土） 城東小学校 5年生 ワークショップ 「プログラミング講座」

3月26日（水） 城東小学校 6年生 ワークショップ 「2進数マジカルカードを作ろう！」

## 4. 報道された新聞、雑誌、TV

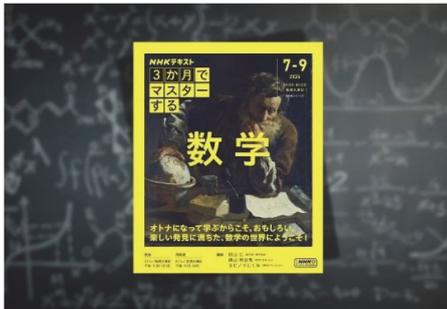
### 1. 3か月でマスターする数学 SNS、TV (NHK E テレ)



大好評シリーズ第2弾！ NHK『3か月でマスターする 数学』6月19日発売

苦手克服 数学がもっと身近に、好きになる！

株式会社NHK出版 2024年6月18日 10時00分



今年4月に放送がスタートしたNHK「3か月でマスターする」シリーズ。第2弾7～9月のテーマは「数学」です。テキスト（2024年6月19日/NHK出版刊）では、円周角の性質、三平方の定理、確率、図形……など、中学・高校数学でつまづきがちなテーマをわかりやすく解説。さらに、日常で役立つ数学的思考法も紹介。苦手だった人も数学と仲よくなる1冊です。



「数学って意外といいやつだ」大人のための学習講座 秋山 仁インタビュー

公開:2024年6月20日(木)午後3:00 | 更新:2024年6月20日(木)午後3:00  
NHK

【放送予定】6月26日(水)放送スタート！  
毎週(水)[Eテレ]午後9:30～9:59

今や、自動車やスマホ、経済から医学、音楽まで、世界は「数学」に支えられている！？  
数学に苦手意識がある方も、数学を学び直したい方も、この機会に「数学という山」にもう一度登ってみませんか？

番組の見どころを、数学者・理学博士の秋山 仁さん(東京理科大学栄誉教授)、勝間田晋之プロデューサー(以下、勝間田P)に聞きました。



我々先生は、「できる人」を対象としているわけではありません。むしろ難しいと思っている人たち、理解できないと思っている人たちの味方です。先生はそうでなければいけないと思うんです。私だって小さいころは、数学は好きでしたがよくできたわけではありませんでした。たまにひどい成績をとって母ちゃんに叱られることもありました。でも、やっぱり好きだったんですね。そういった「好き」という気持ちになって楽しんでくれる人が増えたいいな、と番組を通して伝えたいですね。

そのためには、自分のペースでひとつずつ納得していくことが大事だと思います。わからないところをわかったつもりでいてはいけません。数学は積み重ねなので、合点がいて、ふに落ちることが大切で、面倒でもさかのぼって納得していくことが大切なんです。番組では、数学が大の苦手な塚原 愛アナウンサーが、徹底的に質問を重ね、講師の方々がその都度立ち止まって解決してくれます。一緒に楽しみながら学び直しをしていきましょう。

#### ココが見どころ！

数学を分かりやすく魅力的にお届けするには…？ 番組ならではの工夫を、勝間田Pに聞きました！

#### ▼ 数学の本質に触れていただくために



勝間田P:数学のいいところは、だれもが中学生のころ学んだ経験があることです。社会とのつながりや歴史的な背景なども紹介しながら、かつて一度学んだことを思い出していただけるよう工夫しています。たとえば第1回では、ある身近なものを使って角度を測り、「円周角の性質」のおもしろさを改めて感じていただきます。また視覚的な理解が必要な部分ではCGも駆使。番組では問題をどンドン解いていくのではなく、数学の最も本質的な部分に触れられるよう、題材を厳選しています。

## 2. 数学体験館の来館者 10 万人突破セレモニー



2024.08.27

サイエンス

2024年8月9日（金）に東京理科大学「数学体験館」で行われた「来館者10万人突破記念セレモニー」に参加しました。  
数学の魅力に触れ、これからも理系分野への興味関心を持ってくれると思います。



山脇学園中学・高等学校 HP : [https://www.yamawaki.ed.jp/blog/2024\\_science\\_0809/](https://www.yamawaki.ed.jp/blog/2024_science_0809/)



# 120年前に提案のパズル解法、ついに解決 日米チームが証明



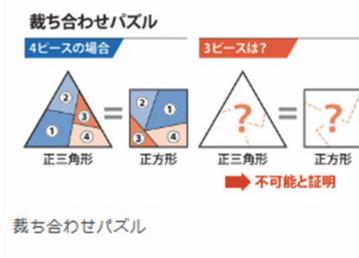
「世界初！120年以上未解決だった難解パズルの証明に成功」記者発表  
裁ち合わせパズルの証明に成功したと発表した北陸先端科学技術大学院大の鎌田斗南助教（中央）、上原隆平教授（右）と秋山仁・東京理科大学栄誉教授＝東京都港区で2025年3月10日、松本光樹撮影

正三角形をなるべく少ないピースに切り分け、並べ替えて正方形にする。約120年前に提案された「デュードニーの裁ち合わせ」として知られるパズルで、3ピース以下の解が存在しないことを証明したと、北陸先端科学技術大学院大と米マサチューセッツ工科大の研究チームが10日、発表した。

このパズルは1902年、英国のパズル作家ヘンリー・デュードニーが雑誌のパズル欄で出題した。多数の解答が寄せられたが、ただ一人が正三角形を4ピースに切り分けて

正方形に組み替える解法を提案し賞金が贈られた。しかし、これが最適な解法か、つまりより少ない3ピース以下で解くことができるか否かははっきりせず、これまで未解決問題とされていた。

北陸先端大の鎌田斗南（となん）助教（数学）らの研究チームは、18年ごろから3ピースでは解けないことを証明する研究に取りかかった。分割のパターンが無限にあるために全てを試してみることは難しかったが、3分割する線のつながり方に基づいてグループ分けし、図形の辺の長さや位置に注目した独自の方法を考案した。



そして無限に見えるパターンを37通りまで絞り込んだ。3ピースで解けると仮定した場合、それぞれのパターンで「隣り合うべき辺が隣り合わない」などの矛盾が生じることを突き止め、仮定が矛盾することを示して証明する「背理法」を用いて証明に成功した。

これまでさまざまな解法が提案されてきたが、「3ピースでは不可能」と数学的に証明するのは難しいとされてきた。鎌田助教の指導教員だった東京理科大学の秋山仁栄誉教授は「非常に工夫を凝らした研究」と評し、今回の手法を応用して別のパズルでも不可能性を証明できる可能性があるという指摘。宇宙にソーラーパネルを運ぶ際にコンパクトに収納するなど、形を変形させたい場合の研究開発に役立つ可能性も秘めているという。

鎌田助教は「デュードニーのパズルを見て感動したが、それを理論で説明しているものがあまりにも少なく、『自分の言葉で説明できるようになりたい』と研究を始めた」といい、「今回、言語化できたので、これからは別の課題の解決にも役立てていきたい」と語った。

毎日新聞  
2025/3/10

## 5. 図録販売状況（2024年4月～2025年3月末迄）

売り上げは本学会計に入金している。



図録「数学体験館」日本語  
(2024年4月～販売図録  
単価 1,000円)



図録「数学体験館」英語  
(単価：1,000円)

### ・図録関係費用

●図録	： 327冊	(単価：1,000円)	総額： 327,000
●英文図録	： 43冊	(単価：1,000円)	総額： 43,000
合計	370冊		総額： 370,000

### ・ワークショップ3回開催

城東小学校サイエンス部（7セグメントディスプレイ、プログラミング講座、2進数マジカルカードを作ろう）

### ・月別販売量

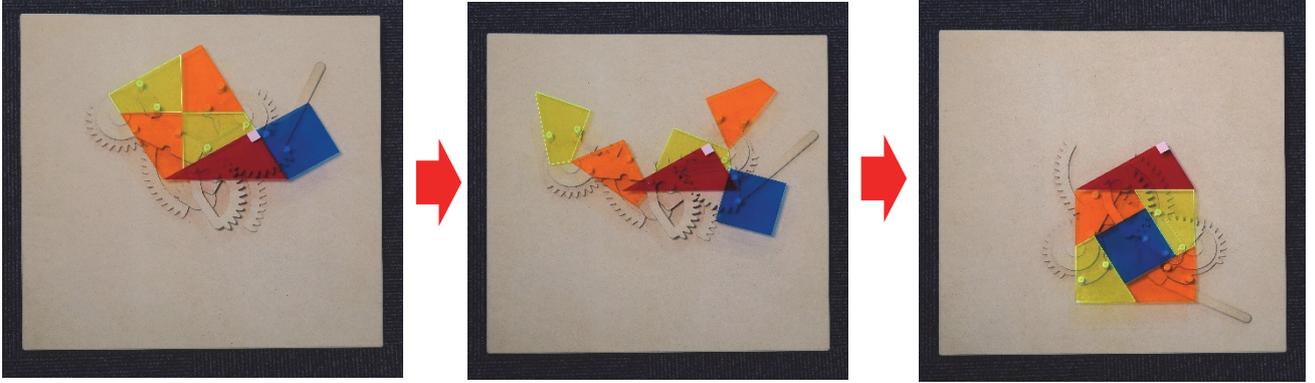
日本語版図録	英語版図録
4月： 18冊	5月： 5冊
5月： 12冊	6月： 8冊
6月： 19冊	7月： 11冊
7月： 39冊	8月： 5冊
8月： 92冊	9月： 1冊
9月： 23冊	10月： 3冊
10月： 29冊	12月： 4冊
11月： 29冊	1月： 2冊
12月： 12冊	2月： 1冊
1月： 13冊	3月： 3冊
2月： 8冊	
3月： 33冊	
	計 43冊
計 327冊	

---

## 6. 数学工房

制作した作品：NHK で放送された作品

### 1. Perigal の三平方の定理証明



---

## 5. 関連規程

### 5-1. 東京理科大学教育支援機構規程

平成 23 年 11 月 10 日

規程第 82 号

(趣旨)

第 1 条 この規程は、東京理科大学学則（昭和 24 年学則第 1 号）第 62 条第 4 項の規定に基づき、東京理科大学教育支援機構（以下「機構」という。）に関し必要な事項を定めるものとする。

(目的)

第 2 条 機構は、全学的な教育方針の策定並びに教育施策及び教育課程の企画を行うことで、東京理科大学（以下「本学」という。）の学長（以下「学長」という。）の教育に係る政策の決定及び推進を支援するとともに、各学部及び研究科における教育の充実に寄与すること、また、本学における学修・教育活動の支援、デジタル技術を活用した教育への変革による質的転換並びに理数系分野の教育方法及び教育指導方法に関する教育研究とその実践及び成果の発信を通じて、我が国における科学技術知識の普及の進展に寄与することを目的とする。

(センター)

第 3 条 機構に、次に掲げるセンター（以下「センター」という。）を置く。

- (1) 教育 DX 推進センター
- (2) 教職教育センター
- (3) 理数教育研究センター

2 センターに関する事項は、この規程に定めるもののほか、別に定める。

(機構長)

第 4 条 機構に、東京理科大学教育支援機構長（以下「機構長」という。）を置き、機構長は、本学の学長の命を受けて、機構の運営に関する事項を掌理する。

2 機構長は、本学の副学長のうちから学長が決定し、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。

(センター長)

第 5 条 センターに、それぞれセンターの長（以下「センター長」という。）を置き、センター長は、機構長の命を受けて、センターに関する事項を掌理する。

2 センター長の資格、任期等については、別に定める。

(会議)

第 6 条 機構に、機構の運営に関する事項を審議するため、教育支援機構会議（以下「会議」という。）を置く。

2 会議は、次に掲げる事項を審議する。

- (1) 教育方針の策定に関する事項
  - (2) 教育施策及び教育課程の企画に関する事項
  - (3) 教育に関する全学的な調整に関する事項
  - (4) 図書館の教育的活用に係る方針に関する事項
  - (5) センターの設置及び改廃に関する事項
-

- 
- (6) センターの事業計画に関する事項
  - (7) 機構及びセンターの人事に関する事項
  - (8) 機構及びセンターの予算及び決算に関する事項
  - (9) 機構及びセンターに関する諸規程等の制定及び改廃の発議に関する事項
  - (10) その他機構及びセンターの管理・運営に関する事項

3 会議は、次に掲げる委員をもって組織し、学長がこれを委嘱する。

- (1) 機構長
- (2) 副学部長又は学科主任のうちから各学部の学部長が指名する者 各1人
- (3) 副院長又はキャンパス教養部長のうちから教養教育研究院の院長が指名する者 1人
- (4) 各センター長のうちから機構長が指名する者
- (5) 大学図書館長
- (6) 本学の専任教授のうちから学長が指名する者 若干人

4 前項第6号に規定する委員の任期は、2年以内とし、再任を妨げない。ただし、補欠による後任者の任期は、前任者の残任期間とする。

5 会議は、機構長が招集し、その議長となる。ただし、議長に事故のあるときは、議長があらかじめ指名した委員がその職務を代理する。

6 議長が必要と認めるときは、会議に委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

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

(小委員会の設置)

第6条の2 会議の下に、前条第2項に規定する審議事項を専門的に検討するため、必要に応じて、小委員会を設けることができる。

2 小委員会の運営に関して必要な事項は、別に定める。

(本務教員)

第7条 機構に、センターを本務とする専任又は嘱託の教育職員（以下「本務教員」という。）を置くことができる。

2 本務教員は、機構長が会議に諮って学長に推薦し、学長の申出により理事長が委嘱する。

(併任教員)

第8条 センターに、併任の教育職員（以下「併任教員」という。）を置くことができる。

2 併任教員は、本学の専任又は嘱託の教授、准教授、講師及び助教のうちから充てる。

3 併任教員は、センター長が前項の教育職員が所属する学部等の学部長等の同意を得て機構長に申し出、機構長は会議に諮って学長に推薦し、学長の申出により、理事長が委嘱する。

4 併任教員の任期は、2年とし、再任を妨げない。ただし、嘱託である者については、嘱託としての委嘱期間内とする。

(専門職員)

第9条 機構に、センターを本務とする専任又は嘱託の専門職員（以下「専門職員」という。）を置くことができる。

2 専門職員は、センター長が機構長に申し出、機構長は会議に諮って学長に推薦し、学長の申出により理事長が委嘱する。

---

---

(客員教授等)

第 10 条 センターに、学外の教育研究機関等から招へいする客員教授、客員准教授及び客員研究員(次項において「客員教授等」という。)を置くことができる。

2 客員教授等の資格、選考手続等は、東京理科大学客員教授等規則(昭和 53 年規則第 5 号)の定めるところによる。

(受託研究員及び共同研究員)

第 11 条 センターに、受託研究員及び共同研究員を受け入れることができる。

2 受託研究員及び共同研究員は、学外の教育機関等を本務とする者につき選考するものとし、その手続等は、東京理科大学受託研究員規程(昭和 43 年規程第 7 号)及び学校法人東京理科大学共同研究契約取扱規程(平成 21 年規程第 7 号)の定めるところによる。

(報告義務)

第 12 条 センター長は、当該年度における活動経過及び次年度における事業計画を機構長に報告しなければならない。

(事務)

第 13 条 機構の運営に関する事務は、学務部学務課において処理する。

2 センターの運営に関する事務は、それぞれのセンターに関する規程において定める。

附 則

この規程は、平成 23 年 11 月 10 日から施行し、平成 23 年 10 月 1 日から適用する。

附 則

この規程は、平成 24 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 25 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

(施行期日)

1 この規程は、平成 26 年 1 月 1 日から施行する。

(経過措置)

2 第 4 条第 3 項の規定にかかわらず、この規程の施行日以降に初めて就任する教育機構長の任期については、平成 26 年 9 月 30 日までとする。

附 則

この規程は、平成 27 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 28 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、平成 30 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 3 年 4 月 1 日から施行する。

附 則

この規程は、令和 4 年 4 月 1 日から施行する。

---

## 5-2. 東京理科大学理数教育研究センター規程

平成 23 年 11 月 10 日

規程第 83 号

(趣旨)

第 1 条 この規程は、東京理科大学教育支援機構規程（平成 23 年規程第 82 号）第 3 条第 2 項の規定に基づき設置する東京理科大学理数教育研究センター（以下「センター」という。）に関し必要な事項を定める。

(目的)

第 2 条 センターは、中等教育における理数教育に関する調査及び研究を総合的に行い、中等教育と高等教育との間にある各種課題に取り組み、その成果を学内外に広く発信することを目的とする。

(活動)

第 3 条 センターは、前条の目的を達成するために、次の活動を行う。

- (1) 理科、数学等の教科（以下「理数教科」という。）の教育方法の研究に関すること。
- (2) 理数教科の教科書、教材等の研究及び開発に関すること。
- (3) 理数教科の学力測定に関する調査及び研究に関すること。
- (4) 理数教科の教育方法に関する研修会、講習会その他の実施に関すること。

(部門)

第 4 条 センターに、前条の活動を実施するため、必要に応じて部門を置くことができる。

(センター長)

第 5 条 センターに、センター長を置く。

- 2 センター長は、東京理科大学教育支援機構長（以下「機構長」という。）の命を受けて、センターに関する事項を掌理する。
- 3 センター長は、東京理科大学（以下「本学」という。）の学長（以下「学長」という。）が本学の専任又は嘱託（非常勤扱の者を除く。）の教授のうちから機構長と協議の上選出し、東京理科大学教育研究会議の議を経て決定し、理事長に申し出て、理事長が委嘱する。
- 4 センター長の任期は、2 年とし、再任を妨げない。ただし、補欠による任期は、前任者の残任期間とする。

(部門長)

第 6 条 第 4 条に規定する部門（以下「部門」という。）それぞれに、部門長を置く。

- 2 部門長は、部門の活動を統括する。
- 3 部門長は、センター長がセンター所属（本務教員又は併任教員）の専任の教授、准教授又は嘱託（非常勤扱いの者を除く）の教授のうちから選出した候補者について、第 7 条に規定する東京理科大学理数教育研究センター運営委員会（以下「運営委員会」という。）に諮って決定し、学長がこれを委嘱する。
- 4 部門長の任期は、2 年とし、再任を妨げない。ただし、補欠による任期は、前任者の残任期間とする。

(運営委員会)

第 7 条 センターに運営委員会を置き、次の事項について審議する。

- (1) センターの運営方針の企画及び立案に関する事項
-

- 
- (2) 第3条に規定するセンターの活動に関する事項
  - (3) 各部門において検討した事項についての連絡調整に関する事項
  - (4) その他センターの運営に関する重要事項

2 運営委員会は、次に掲げる委員をもって組織する。

- (1) センター長
- (2) 部門長
- (3) センター所属（本務教員又は併任教員）の専任の教授、准教授又は嘱託（非常勤扱いの者を除く）の教授及び専門職員のうちからセンター長が学長と協議の上指名した者若干人

3 運営委員会の議長は、センター長をもってこれに充てる。

4 運営委員会が必要と認めたときは、委員以外の者の出席を求め、その意見を聴くことができる。

（事務処理）

第8条 センターに関する事務は、学務部学務課において処理する。

附 則

この規程は、平成23年11月10日から施行し、平成23年10月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成25年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成25年11月25日から施行し、平成25年10月1日から適用する。

附 則

この規程は、平成27年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成28年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成30年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成31年4月1日から施行する。

## 6. 理数教育研究センター構成員

### 6-1. 理数教育研究センター本務教員

所 属	職名	氏 名	選出区分	任期	備考
教育支援機構 理数教育研究センター	教 授	伊藤 稔	第 7 条	2024年4月1日～2025年3月31日	事業推進部門長 数学

「選出区分」は東京理科大学教育支援機構規程による。

### 6-2. 理数教育研究センター併任教員

所 属	職名	氏 名	選出区分	任期	備考 (担当部門)
教育支援機構 教職教育センター	教 授	眞田 克典	第 8 条	2024年4月1日～2025年3月31日	理数教育研究センター長 数学 事業推進
理学部第一部 数学科	教 授	加藤 圭一	第 8 条	2023年10月1日～2025年9月30日	数学
理学部第一部 数学科	教 授	功刀 直子	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	数学
理学部第一部 数学科	嘱託教授	清水 克彦	第 8 条	2024年4月1日～2025年3月31日	数学 事業推進
理学部第一部 数学科	教 授	横田 智巳	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	数学
理学部第一部 数学科	准教授	大山口 菜都美	第 8 条	2023年7月1日～2025年3月31日	数学 事業推進
理学部第一部 数学科	准教授	中川 裕之	第 8 条	2023年7月1日～2025年3月31日	数学 事業推進
理学部第一部 物理学科	教 授	川村 康文	第 8 条	2024年4月1日～2025年3月31日	理科
理学部第一部 化学科	教 授	井上 正之	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	理科
理学部第一部 応用数学科	教 授	瀬尾 隆	第 8 条	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
理学部第二部 数学科	教 授	伊藤 弘道	第 8 条	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
理学部第二部 数学科	教 授	佐古 彰史	第 8 条	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
理学部第二部 数学科	教 授	佐藤 隆夫	第 8 条	2023年4月1日～2025年3月31日	数学 事業推進
理学部第二部 数学科	嘱託教授	宮岡 悦良	第 8 条	2024年4月1日～2025年3月31日	数学 事業推進
理学部第二部 数学科	准教授	下川 朝有	第 8 条	2023年4月1日～2025年3月31日	数学
工学部 電気工学科	教 授	山口 順之	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	理科
工学部 情報工学科	教 授	赤倉 貴子	第 8 条	2023年4月1日～2025年3月31日	数学
創城理工学部 数理科学科	准教授	馬場 蔵人	第 8 条	2023年4月1日～2025年3月31日	数学
教養教育研究院 神楽坂キャンパス教養部	教 授	太田 尚孝	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	理科
教養教育研究院 神楽坂キャンパス教養部	教 授	武村 政春	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	理科
教養教育研究院 野田キャンパス教養部	教 授	関 陽児	第 8 条	2023年4月1日～2025年3月31日	理科 事業推進
教育支援機構 教職教育センター	教 授	興治 文子	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	理科教育研究部門長 事業推進
教育支援機構 教職教育センター	教 授	渡辺 雄貴	第 8 条	2024年4月1日～2026年3月31日	数学教育研究部門長 事業推進
教育支援機構 教職教育センター	准教授	大浦 弘樹	第 8 条	2023年4月1日～2025年3月31日	数学
データサイエンスセンター	教 授	矢部 博	第 8 条	2024年4月1日～2025年3月31日	数学 事業推進

「選出区分」は東京理科大学教育支援機構規程による。

### 6-3. 理数教育研究センター客員教員

所 属	職名	氏 名	選出区分	任期	備考
教育支援機構 理数教育研究センター	客員研究員	竹之内 芳文	第10条	2024年4月1日～2025年3月31日	
教育支援機構 理数教育研究センター	客員研究員	松永 清子	第10条	2024年4月1日～2025年3月31日	
教育支援機構 理数教育研究センター	客員研究員	吉見 奈緒子	第10条	2024年4月1日～2025年3月31日	

「選出区分」は東京理科大学教育支援機構規程による。

### 6-4. 理数教育研究センター運営委員会委員

所 属	職名	氏 名	選出区分	任期	備考 (担当部門)
教育支援機構 教職教育センター	教 授	眞田 克典	第7条第2項第1号	2024年4月1日～2025年3月31日	理数教育研究センター長 数学 事業推進
教育支援機構 理数教育研究センター	教 授	伊藤 稔	第7条第2項第2号	2024年4月1日～2025年3月31日	事業推進部門長 数学
理学部第一部 応用数学科	教 授	瀬尾 隆	第7条第2項第3号	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
理学部第二部 数学科	教 授	伊藤 弘道	第7条第2項第3号	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
理学部第一部 数学科	准教授	大山口 菜都美	第7条第2項第3号	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
理学部第一部 数学科	准教授	中川 裕之	第7条第2項第3号	2023年10月1日～2025年9月30日	数学 事業推進
教養教育研究院 神楽坂キャンパス教養部	教 授	武村 政春	第7条第2項第3号	2023年10月1日～2025年9月30日	理科
教養教育研究院 野田キャンパス教養部	教 授	関 陽児	第7条第2項第3号	2023年4月1日～2025年3月31日	理科 事業推進
教育支援機構 教職教育センター	教 授	興治 文子	第7条第2項第2号	2024年4月1日～2026年3月31日	理科教育研究部門長 事業推進
教育支援機構 教職教育センター	教 授	渡辺 雄貴	第7条第2項第2号	2024年4月1日～2026年3月31日	数学教育研究部門長 事業推進

「選出区分」は東京理科大学理数教育研究センター規程による。

---

## 7. 理数教育研究センター構成員の自己評価（研究業績）

### 眞田 克典【教育支援機構教職教育センター 教授】

#### ① 著書

1. 薄井裕樹、大浦宏樹、岡田憲治、荻野大吾、金森千春、小林徹也、眞田克典、澤田利夫、清水克彦、下川朝有、中川裕之、須田学、新井田和人、半田真、牧下英世、渡邊博史、渡辺雄貴：  
高校生の数学力 NOW XIX、  
科学新興新社／フォーラム・A、2024 年 10 月

#### ② 学会活動

日本数学教育学会代議員

### 伊藤 稔【教育支援機構理数教育研究センター 教授】

#### ① 招待講演

- ・ Minoru Itoh ‘Workshop on Joy of Mathematics’, Febrero 5-7, 2025 ; ISFODOSU (Instituto Superior De Formación Docent Salomé Ureña ; サローメ・ウレーニャ高等教員養成研究所) Dominican Republic; ドミニカ共和国、教員養成大学や附属の小学・中学・高校でのワークショップ研修会等) 2025 年 2 月 5-10 日 (4 日間)、サントドミンゴ市とサンチアゴ市

#### ② 社会活動

- ・ 科学教育に関する講演等
- ・ Minoru Itoh ‘Enjoy mathematics: The number guessing game based on the hamming Code’, Philadelphia Convention Center in USA, Mar. 27th, 2025.
- ・ 伊藤稔、野田市立みずき小学校出前授業（2025 年 1 月 23 日、みずき小学校体育館、小学 1 年生全員 117 名を対象に「地球と宇宙のひろさのお話」）
- ・ 伊藤稔、東京理科大学野田キャンパスと流山市との地域連携事業「親子で学ぶ楽しい算数・数学講座（2025 年 1 月 18 日、流山市文化会館）
- ・ 伊藤稔、千葉県立薬園台高校 10 名出前授業（2024 年 11 月 30 日、野田キャンパス「なるほど科学体験」）
- ・ 伊藤稔、江戸川学園取手中学校・高等学校 32 名出前授業（2024 年 11 月 20 日、野田キャンパス「なるほど科学体験館」）
- ・ 伊藤稔、野田キャンパス、ジュニアカレッジ出前授業、流山市・野田市の地域在住の小中学生 70 名参加（2024 年 6 月 15 日、野田キャンパス 11 号館会議室）

#### ③ その他

2024 年度千葉県社会福祉法人青葉会監事

---

---

2024年度千葉県野田市教育委員会教育長職務代理者  
2024年6月まで日本数学教育学会理事

**加藤 圭一【理学部第一部数学科 教授】**

① 学術論文

1. Non-smoothness of the fundamental solutions for Schrödinger equations with super-quadratic and spherically symmetric potential, Keiichi Kato, Wataru Nakahashi and Yukihide Tadano, J. Math. Phys., 65(2024) no.7, Paper No. 071506, 17 pp. (査読有)
2. Non-smoothness of the fundamental solutions for Schrödinger equations with super-quadratic and radially symmetric potential in two dimensions, Keiichi Kato, Wataru Nakahashi and Yukihide Tadano, SUT J. Math., 60(2024), No.2, 79-96. (査読有)
3. Remarks on estimates in modulation spaces and Wiener amalgam spaces for Schrödinger equations with sub-quadratic potentials, Kosuzu Hamaoka, Keiichi Kato and Shun Takizawa, J. Math. Anal. Appl., 547(2025) no. 2, Paper No. 129312. (査読有)

② 招待講演

優2次ポテンシャルをもつシュレーディンガー方程式の基本解の非正則性について，加藤圭一，筑波大学数学域談話会，筑波，2024.

**切刀 直子【理学部第一部数学科 教授】**

① 学術論文

1. Relative stable equivalences of Morita type and Morita equivalences for blocks of finite groups, 切刀直子, 鈴木香一, 数理解析研究所講究録 2287, pp.94 - 98, (2024) (査読無)
2. Lifting of relative stable equivalences of Morita type for blocks of finite groups, Naoko Kunugi and Kyoichi Suzuki, Proceedings of the 56th Symposium on Ring Theory and Representation theory, pp.70-74, (2025) (査読無)

**清水 克彦【理学部第一部数学科 嘱託教授】**

① 学術論文

1. GeoGebra Classroom を用いた実験数学教材の検討：ヴァンオーベルの定理を題材にした探究活動を通して，松本昌也，清水克彦，京都大学数理解析研究所講究録「数

- 
- 学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」, 2273 巻 pp.11-22, 2024
2. 情報科指導法における「問題解決」の指導についての実践的検討, 清水克彦, 中川裕之, 田巻公貴, 近藤孝樹, 東京理科大学教職教育研究, 9 巻 pp.43-54, (査読あり)
  3. 情報科教育法におけるロボットプログラミングの効果の検討 - 「情報科」教員志望者への影響-, 清水克彦, 中川裕之, 田巻公貴, 近藤孝樹, 日本情報科教育学会 第 17 回全国大会講演論文集, 17 巻, pp.32-33.2024
  4. 理数探究に向けた 3 つの幾何を中心とした実験数学指向型 Web 教材の開発, 清水克彦, 教育工学会研究報告集, 4 号, pp.129-136 2024,  
[https://doi.org/10.15077/jsetstudy.2024.4\\_129](https://doi.org/10.15077/jsetstudy.2024.4_129)

② 招待講演

1. 初等幾何における動的幾何ソフトウェアによる新しいアプローチの導入 —図形の退化と複数のアプローチに着目して—, 清水克彦, 京都大学数理解析研究所 RIMS 研究集会「数学ソフトウェアとその効果的教育利用」, 京都, 2024  
(略)

③ 学会発表

1. 情報科教育法におけるロボットプログラミングの効果の検討 - 「情報科」教員志望者への影響-, 清水克彦, 中川裕之, 田巻公貴, 近藤孝樹, 第 17 回日本情報科教育学会全国大会, 2024
2. 理数探究に向けた 3 つの幾何を中心とした実験数学指向型 Web 教材の開発, 清水克彦, 日本教育工学会 2024 第 4 回研究会, 2024,

④ 広報 (模擬講義・出張講演)

1. 晃華学園出張講義, 25/7/2024
2. 東京都教職員研修「数学Ⅱ」30/08/24
3. 桜丘中学・高等学校出張講義, 19/10/2024
4. 相洋中学・高等学校模擬講義, 04/12/2024
5. 聖徳学園中学・高等学校模擬講義, 12/02/2025

**横田 智巳【理学部第一部数学科 教授】**

① 学術論文

1. Regularizing effect in a Keller-Segel system with density-dependent sensitivity for  $L^p$ -initial data of cell density, Yuya Sugawara, Yuya Tanaka, Tomomi Yokota, Journal of Mathematical Analysis and Applications, 540, No.1, 1-16, 2024 (査読有)

---

② 招待講演

1. Global existence in a chemotaxis system with double chemical diffusion, Tomomi Yokota, Seminary on Parabolic Problems and Applications, University of Cagliari (Italy), 2024 年 9 月 6 日

**大山口 菜都美【理学部第一部数学科 准教授】**

① 学術論文

Goeritz matrices of spatial graphs related to Dehn colorings with alternating vertex conditions, Kanako Oshiro and Natsumi Oyamaguchi, Kobe Journal of Mathematics, 41, pp.1-32, 2024. (査読有)

② 社会活動

春季講演会 講師, 大阪私学数学教育研究会, 2024 年 5 月 31 日.

総会・研究協議会 講師, 福島県高等学校教育研究会数学部会, 2024 年 9 月 26 日.

朝日新聞プロフェッサービジット 出張講義「結び目を通して学ぶ柔らかい幾何学」, 昭和学院高等学校, 2024 年 11 月 25 日.

数学探究特別授業 講師「数学の魅力」, お茶の水女子大学附属高等学校, 2025 年 1 月 14 日.

③ その他

サイエンスへの招待「結び目と数学」, 科学フォーラム第 41 巻 4 号, 東京理科大学, 2024 年 8 月.

コッホ島の海岸線の長さは無限!?, 数学教育, 明治図書, 2025 年 1 月.

**中川 裕之【理学部第一部数学科 准教授】**

① 学術論文

1. 知識構成における類比の可能性を確認することで類推を評価する方法について 一類推した推測を評価する Euler の手法を手がかりとして-, 中川裕之, 日本数学教育学会誌数学教育学論究, 104 巻 120 号, pp.3-17 (査読有)
2. 情報科指導法における「問題解決」の指導についての実践的検討, 清水克彦, 中川裕之, 田巻公貴, 近藤孝樹, 東京理科大学教職教育研究, 9 号, pp.43-54 (査読有)
3. 情報科教育法におけるロボットプログラミングの効果の検討-「情報科」教員志望者への影響-, 清水克彦, 中川裕之, 田巻公貴, 近藤孝樹, 日本情報科教育学会第 17 回全国大会講演論文集, 17 巻, pp.32-34 (査読無)
4. 類推における適応をアブダクションから捉える試みー適応を抽象化から捉える研究との比較による特徴の抽出-, 中川裕之, 日本数学教育学会第 57 回秋期研究大会発表集録, 57 巻, pp.45-52 (査読有)

---

② 著書

1. 数学教育学の軌跡と展望 研究のためのハンドブック, 全国数学教育学会編 (編集委員会委員長 清水紀宏), 近藤裕, 中川裕之, 和田信哉, ナカニシヤ出版, pp.175-190, 2025

③ 招待講演

1. 個別最適な学びと協働的な学びの往還で大切にしたいこと, 中川裕之, 第 78 回九州算数・数学教育研究大会, 大分, 2024

**川村 康文【理学部第一部物理学科 教授】**

① 著者

- ア. 「100%ムックシリーズ マインクラフトでわかる超スゴすぎる科学のふしぎ図鑑」  
晋遊舎 川村康文 127 2024.5
- イ. 「今日から楽しい科学実験図鑑」 ソフトバンク 川村康文 160 2024.7

② 論文

- ア. 「保育園や幼稚園において継続的な STEAM 教育実験の実施を可能にする方法論の研究」 東京理科大学教職教育研究 2025 年 3 月 第 10 巻 90 - 100 頁 共著/川村康文・小林尚美・月僧秀弥
- イ. 「科学館の新規展示物に関連して 実施するミニ実験教室の方法 ―北九州市科学館スペース LABO での実践から―」 立命館産業社会論集 2025 年 3 月 第 10 巻 81 - 90 頁 共著/川村康文・小林尚美

③ 学会発表

- ア. これまでのエネルギー環境教育の実践 川村康文 エネルギー環境教育学会 第 18 回全国大会 滋賀大学附属中学校 2024 年 8 月 5 日
- イ. 楽しくって面白い理科大好き実験教室 2024 川村康文 日本理科教育学会 第 74 回全国大会 滋賀大学 2024 年 9 月 7 日

④ 社会活動

- ア. 神戸国際展示場 スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会 川村康文 2024 年 8 月 6 日～8 日
- イ. 京都府立桃山高校学校 スーパーサイエンスハイスクール実験実習講座 講師 川村康文 2024 年 12 月 9 日

---

**井上 正之【理学部第一部化学科 教授】**

① 学術論文

1. Novel photochromic system using methylene blue reduction with l-ascorbic acid, Takahiro Suzuki, Fuka Nakamura, Kanon Ie, Masaaki Fujii, Masayuki Inoue, RSC Advances, 14 卷 53 号, pp 39708-39714, 2024 (査読有)
2. エステルの合成と呈色反応による検出, 井上正之, SCIENCE FORUM 科学フォーラム, 443 卷 10 号, pp 54-55, 2024 (査読無)

② その他

学会発表 (口頭発表 5 件, ポスター発表 5 件)

学会活動: 日本化学会関東支部副支部長, 化学教育協議会議長

**瀬尾 隆【理学部第一部応用数学科 教授】**

① 学術論文

1. Simultaneous Tests for Mean Vectors and Covariance Matrices with Three-Step Monotone Missing Data, Remi Sakai, Ayaka Yagi, Takashi Seo, Journal of Statistical Theory and Practice, 18(2024), 1. (査読有)

② 著書

1. 理工系のための入門数理統計学演習, 瀬尾 隆 (監修), 下川 朝有 (著), 八木 文香 (著), 宮岡 悦良 (著), 東京図書, 224 ページ, 2024.

③ 招待講演

1. 多変量解析におけるいくつかの検定統計量の分布に対する漸近展開, 瀬尾 隆, 統計関連学会連合大会, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 2024 年 9 月 4 日

④ 受賞

1. 瀬尾 隆, 日本統計学会賞, 一般社団法人日本統計学会, 2024

⑤ その他 (学会発表)

1. Sphericity test on variance-covariance matrices with monotone missing data for a multi-sample problem, 佐藤 哲也, 八木 文香, 瀬尾 隆, 日本数学会, 大阪大学, 2024 年 9 月 6 日
2. A Bartlett-type correction of the test statistics for sub-mean vector with two-step monotone missing data, 細沼 璃玖, 川崎 玉恵, 瀬尾 隆, 日本数学会, 大阪大学, 2024 年 9 月 6 日
3. 総合研究院統計科学研究部門の取り組み, 瀬尾 隆, 統計関連学会連合大会, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 2024 年 9 月 3 日

- 
4. Some transformations on testing equality of two mean vectors with two-step monotone missing data, Tamae Kawasaki, Takashi Seo, Bernoulli-IMS 11th World Congress in Probability and Statistics 2024, Ruhr University Bochum (ドイツ・ボーフム), 2024年8月14日
  5. 2-step 単調欠測データの下での一般化多変量尖度検定について, 佐藤 亜弓, 八木 文香, 瀬尾 隆, 応用統計学会, 九州大学医学部 百年講堂, 2024年5月9日
  6. 多標本問題における単調欠測データの下での分散共分散行列に関するスフェリシティ検定, 佐藤 哲也, 八木 文香, 瀬尾 隆, 応用統計学会, 九州大学医学部 百年講堂, 2024年5月9日
  7. 単調欠測データの下でのスフェリシティ検定における検定統計量の帰無分布に対する漸近展開, 佐藤 哲也, 八木 文香, 瀬尾 隆, RIMS 共同研究(グループ型A)による研究会「確率モデルと統計的推測」, 京都大学数理解析研究所, 2024年3月7日

### 伊藤 弘道【理学部第二部数学科 教授】

#### ① 学術論文

1. Forward and inverse problems for creep models in viscoelasticity, Hiromichi Itou, Victor A. Kovtunenکو, Gen Nakamura, Philosophical Transactions of the Royal Society A, Volume 382 Issue 2277 (2024), 20230295 (査読有)

#### ② 著書

1. Non-smooth variational problems and applications in mechanics (Philosophical Transactions of the Royal Society A, Volume 382, Issue 2277), Victor A. Kovtunenکو, Hiromichi Itou, Alexander M. Khludnev, Evgeny M. Rudoy (Eds.), The Royal Society Publishing, 2024.

#### ③ その他

1. 国際研究集会 11th International Conference "Inverse Problems: Modeling and Simulation" (IPMS2024) 国際プログラム委員
  2. 国際研究集会 Finland-Japan Workshop in Industrial and Applied Mathematics 組織委員
  3. The Eurasian Association on Inverse Problems (EAIP) 運営委員会委員
  4. 日本応用数理学会 代表会員
  5. 日本応用数理学会 JSIAM Letters の編集委員 (論文担当) (英文担当)
  6. 国際雑誌 Mathematical notes of NEFU の編集委員
  7. 国際雑誌 Mathematical Inverse Problems の編集委員
  8. 国際雑誌 Applications in Engineering Science の編集委員
  9. 国際雑誌 SUT Journal of Mathematics の編集委員
-

---

**佐古 彰史【理学部第二部数学科 教授】**

① 論文

1. "Ricci Curvature of Cayley Graphs for Dihedral, Generalized Quaternion and Cyclic Groups." Iwao Mizukai, Akifumi Sako, Geometry, Integrability and Quantization vol28.1314-3247,51-79 (2024)
2. "Relationship between  $\Phi^4$ -matrix model and N body harmonic oscillator or Calogero-Moser mode." Harald Grosse, Naoyuki Kanomata, Akifumi Sako, Raimar Wulkenhaar. Journal of Physics: Conference Series vol.2912, 012014, 1742-6596 (2024)
3. "Lie Algebra and Quantization in Quantum World." Akifumi Sako, Lie Theory and Its Applications in Physics. LT 2023. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, vol473, 557-566(2025)

② 招待講演

1. "Relationship between Grosse-Wulkenhaar model and N-body harmonic oscillator or Calogero model." Akifumi Sako, ESI Workshop: Exactly Solvable Models, Vienna, ESI(University of Vienna), 2024年7月25日
2. "Lie algebra as quantization in quantum world and its classical limit." Akifumi Sako, Non Commutative Geometry & Higher Structures, Thessaloniki, Aristotle University of Thessaloniki, 2024年9月20日
3. "Scalar  $\Phi^4$  theory on noncommutative spaces as a Kontsevich type matrix model and quantum integrable systems." Akifumi Sako, THE UNIVERSITY OF HONG KONG, DEPARTMENT OF PHYSICS SEMINAR, Hong Kong, 2025年2月27日

**佐藤 隆夫【理学部第二部数学科 教授】**

① 学術論文

1. On unstable twisted rational cohomology groups of the automorphism groups of free groups, Takao Satoh, Journal of Topology and Analysis, <https://doi.org/10.1142/S1793525324500237>, Pages 1-37, 2024 (査読有)

② 招待講演

1. The Andreadakis conjecture for the McCool groups, 佐藤隆夫, 第50回変換群論シンポジウム, タイムズ岡山タカシマヤ1階 NPD 貸会議室, 2024年11月22日.
2. The Andreadakis conjecture for the McCool groups, 佐藤隆夫, Hyperbolic Manifolds and Geometric Group Theory, 大阪大学大学院理学研究科, 2024年12月8日.

---

**宮岡 悦良【理学部第二部数学科 嘱託教授】**

① 学術論文

1. Kaseda K, Asakura K, Shintani Y, Okami J, Toyooka S, Sato Y, Watanabe SI, Chida M, Suzuki H, Miyaoka E, Yoshino I, Date H (2024)  
“Surgically resected sarcomatoid carcinoma of the lung: a nationwide retrospective study in 2010.”  
BMC Cancer. 2024 Aug 2;24(1):938. doi: 10.1186/s12885-024-1272
2. Hishida T, Okami J, Asamura H, Miyaoka E, Shintani Y, Kadokura M, Endo S, Chida M, Suzuki H, Yoshino I, Date H(2024)  
“Clinicopathological Features and Survival Outcomes of Resected Lung Adenosquamous Carcinoma: Results From a Nationwide Japanese Registry Data.”  
Clin Lung Cancer. 2024 Sep;25(6):519-528.e3. doi: 10.1016/j.clcc.2024.05.010. Epub 2024 May
3. Tane S, Okami J, Maniwa Y, Shintani Y, Ito H, Ohtsuka T, Toyooka S, Mori T, Watanabe SI, Chida M, Endo S, Nakanishi R, Kadokura M, Suzuki H, Miyaoka E, Yoshino I, Date H;(2024)  
“Clinical outcomes of left upper segmentectomy vs. lobectomy for early non-small-cell lung cancer: a nationwide database study in Japan.”  
Surg Today. 2024 Apr 18. doi: 10.1007/s00595-024-02844-8.

**下川 朝有【理学部第二部数学科 准教授】**

① 学術論文

1. Detecting differentially expressed genes from RNA-seq data using fuzzy clustering, Yuki Ando, Asanao Shimokawa, International Journal of Biostatistics, 20 巻(2), pp 407-417, 2024 (査読有)
2. An approach based on clustering for detecting differentially expressed genes in microarray data analysis, Yuki Ando, Asanao Shimokawa, Communications for Statistical Applications and Methods, 31 巻(5), pp 571-584, 2024 (査読有)

② 著書

1. 理工系のための入門数理統計学演習, 瀬尾 隆 (監修), 下川 朝有 (著), 八木 文香 (著), 宮岡 悦良 (著), 東京図書, 224 ページ, 2024.

---

## 山口 順之【工学部電気工学科 教授】

### ① 学術論文

1. Yudai Kawasaki, Nobuyuki Yamaguchi, “Reduction method for short-circuit capacity by unit commitment with network topology optimization,” Sustainable Energy Grids & Networks, Vol. 38, June 2024, 101398, DOI: 10.1016/j.segan.2024.101398 (査読有)
2. 大河原 翔希・山口 順之・真鍋 勇介：「発電機起動停止計画を用いた我が国における連系線増強と需要立地誘導の効果の分析」, 電気学会論文誌 B, 144 巻 7 号, DOI: 10.1541/ieejpes.144.399 (2024) (査読有)
3. Fangyuan Xu, Shun-ichi Azuma, Koichi Kobayashi, Nobuyuki Yamaguchi, Ryo Ariizumi, Toru Asai, “Default detection in demand response based on block-sparse structure,” INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS, Vol. 162, 110304, DOI: 10.1016/j.ijepes.2024.110304 (査読有)
4. 小室 拓翔・山口 順之・真鍋 勇介・大竹 秀明：「PV/風力変動モデルを用いた積雪による PV 予測誤差の電力需給への広域的影響評価」, 電気学会論文誌 B, 145 巻 2 号, DOI: 10.1541/ieejpes.145.1 (2024) (査読有)

### ② 国際会議

1. Yuna Oishi, Shoki Okawara, Takuto Komuro, Yusuke Manabe, Nobuyuki Yamaguchi, “Analysis of Hydrogen Storage for Seasonal Leveling of Renewable Energy Generation in Scenarios of Japan's Generation Mix,” The 2024 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Europe (ISGT Europe), Dubrovnik, Oct., 2024. (査読有)

### ③ 受賞

1. 電気学会 2024 (令和 6) 年度 電力・エネルギー部門大会 YOC 奨励賞：時系列 PV/風力変動モデルを用いた積雪による PV 出力予測誤差の電力需給への広域的影響評価, 受賞者：小室 拓翔, 著者：小室 拓翔・山口 順之・真鍋 勇介・大竹 秀明

### ④ その他

1. 山口順之：「電力系統から見た脱炭素社会に向けた ZEB への期待」, システム／制御／情報, 第 69 巻第 1 号, 2025 年 1 月 (解説)

## 赤倉 貴子【工学部情報工学科 教授】

### ① 学術論文

1. Development of an onomatopoeia learning support system for congenital visually impaired individuals using haptic devices, Toru Kano, Takako Akakura, Journal of Information Processing, Vol.33, pp. 259-263, 2025 (査読有)
-

- 
2. 特許法条文学習支援システムにおける Error-Based Simulation のための論理回路を使った条文表現の検討, 赤倉貴子, 加納徹, 東本崇仁, 加藤浩一郎, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.388, pp.59-64, 2025 (査読無)
  3. 知的財産法学習支援システムのための大規模言語モデルによる法律条文の並列構造解析, 帖佐宗浩, 加藤浩一郎, 赤倉貴子, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.388, pp.84-89, 2025 (査読無)
  4. 細胞培養作業の学習を対象とした手指動作の可視化と重畳表示が可能な VR システムの開発, 中村修也, 櫻井信豪, 赤倉貴子, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.388, pp.129-132, 2025 (査読無)
  5. 安全キャビネットに空調の可視化機能を備えた培地交換 VR 教育システムの開発, 中島彰彦, 櫻井信豪, 中村修也, 赤倉貴子, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.246, pp.1-6, 2024 (査読無)
  6. AI チャットボットと共有コメント機能を備えた講義復習用 Web システムの試作と試用, 横田裕之, 古池謙人, 赤倉貴子, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.246, pp.14-17, 2024 (査読無)
  7. 細胞培養の学習支援システムにおける AR マーカーを用いた機材同士の接触判定手法の精度評価, 長田慧, 櫻井信豪, 中村修也, 赤倉貴子, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.246, pp.18-23, 2024 (査読無)
  8. e-Testing における手書き数字認識の結果を活用した筆者識別法の検討, 辰川力駆, 川又泰介, 赤倉貴子, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.124, No.246, pp.29-34, 2024 (査読無)

② 国際学会プロシーディングス

1. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF THE INTELLECTUAL PROPERTY LAW LEARNING SUPPORT SYSTEM BY ENGINEERING STUDENTS: EXAMINING FUTURE LEARNING SUPPORT SYSTEMS BY COMPARING BEFORE, DURING, WITH, AND AFTER COVID-19, Takako Akakura, Proceedings of 19th International Technology, Education and Development Conference, pp.3957-3965, 2025 (査読有)
  2. Proposal of a data Collection Method for Realizing Feedback in a Program Tracing Exercise System, Yuichiro Tateiwa, Tomohiro Mogi, Takahito Tomoto, Takako Akakura, Proceedings of 2024 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE2024), pp.1-7, 2024 (査読有)
  3. EVALUATING LEARNING SUPPORT SYSTEM BASED ON LEARNING ATTRIBUTES IN A 4-DIMENSIONAL LEARNING STYLE MODEL, Takako Akakura, Proceedings of 17th annual International Conference of Education, Research and Innovation, pp.5629-5637, 2024 (査読有)
  4. Proposal for a 4-Dimensional Learning Style Model to Optimize Learning Support Systems, Takako Akakura, Proceedings of 2024 IEEE 13rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.665-667, 2024 (査読有)
-

- 
5. Writer Verification Using Cluster Search Trees for e-Testing, Taisuke Kawamata, Takako Akakura, Proceedings of 2024 IEEE 13rd Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp.110-111, 2024 (査読有)
  6. Proposal of a Method for Generating C Program Tracing Tasks, Yuichiro Tateiwa, Tomohiro Mogi, Takahito Tomoto, Takako Akakura, Proceedings of IEEE Frontiers in Education 2024, 2024 (査読有)
  7. Visualization of ESG-related Information in Integrated Report Using Text Mining and Usefulness as Teaching Material, Mizuki Nakamura, Takako Akakura, Human Interface and the management of Information: LNCS, HIMI 2024 Held as Part of the 26th HCI International Conference HCII 2024, Proceedings Part II, pp.83-94, 2024 (査読有)

③ 国内学会

1. 熟達者の手指モデルを用いた細胞培養における AR 学習支援システムの効果検証, 長田慧, 櫻井信豪, 中村修也, 赤倉貴子, 日本教育工学会 2025 年春季全国大会(第 46 回大会) 講演論文集, pp.337-338, 2025
2. 慣性式モーションキャプチャを用いた細胞培養における初学者と熟達者の身体動作の比較分析, 湊祐太郎, 中村修也, 櫻井信豪, 古池謙人, 赤倉貴子, 日本教育工学会 2025 年春季全国大会(第 46 回大会) 講演論文集, pp.339-340, 2025
3. Error-based Simulation の拡張による知的財産法の学習支援システムの提案, 中村美月, 古池謙人, 赤倉貴子, 電子情報通信学会 2025 年総合大会ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, p.JSPO-58, 2025
4. 複数物体の複雑な運動を学習するために視点移動を取り入れた VR Error-Based Simulation の開発と評価, 徳田勇真, 古池謙人, 赤倉貴子, 電子情報通信学会 2025 年総合大会ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, p. JSPO-77, 2025
5. コードをブロック分割し仮説検証を繰り返すデバッグ学習支援手法の提案, 森下舜一, 古池謙人, 赤倉貴子, 電子情報通信学会 2025 年総合大会ジュニア&学生ポスターセッション予稿集, p. JSPO-102, 2025
6. 経営系専門職大学院における知的財産教育の現状について, 加藤浩一郎, 赤倉貴子, 経営情報学会 2024 年全国研究発表大会, pp.201-203, 2024
7. 銀行業界の統合報告書の ESG 関連情報のテキストマイニングによる可視化, 中村美月, 赤倉貴子, 日本知的資産経営学会 2024 年度全国大会予稿集, p.6, 2024
8. AR を用いた細胞培養における汚染リスク検出手法の提案と学習支援システムの評価, 長田慧, 櫻井信豪, 赤倉貴子, 日本教育工学会 2024 年秋季全国大会(第 45 回大会) 講演論文集, pp.245-246, 2024
9. 学習者の作成したプログラムを用いたトレース課題自動生成システムの評価, 茂木誠拓, 立岩佑一郎, 東本崇仁, 赤倉貴子, 教育システム情報学会第 49 回全国大会, pp.257-258, 2024

④ 受賞

1. 赤倉貴子, 関東工学教育協会賞(論文・論説賞), 関東工学教育協会, 2024
-

---

⑤ 学生受賞

1. 辰川力駆（上記、学術論文 8 に対して「電子情報通信学会教育工学研究会研究奨励賞」）
2. 湊祐太郎（上記、国内学会 2 に対して「学生セッション優秀発表賞」）

**馬場 蔵人【創域理工学部数理科学科 准教授】**

① 学術論文

1. Kurando Baba and Osamu Ikawa, Double Satake Diagrams and Canonical Forms in Compact Symmetric Triads, International Electronic Journal of Geometry 17 (2024), 466—495 (with referee)
2. Kurando BABA, ON INSTABILITY OF  $F$ -YANG-MILLS CONNECTIONS, Modern Approaches to Differential Geometry and its Related Fields, 97-109 (with referee)
3. Kurando Baba, On instability of  $F$ -Yang-Mills connections over irreducible symmetric  $R$ -spaces, accepted (with referee)

② 招待講演

1. Toward a construction of special Lagrangian submanifolds of the Atiyah-Hitchin manifold, Submanifold Geometry, Lie Group Action and Its Applications to Theoretical Physics 2024, 24, November, 2024 (Invited Talk)
2. Atiyah-Hitchin 多様体内の特殊 Lagrange 部分多様体の構成について, 筑波大学微分幾何学セミナー, 2024 年 10 月 7 日 (招待講演)
3. 重複度付き対称三対と二重佐武図形, 千歳幾何学研究集会, 2024 年 8 月 6 日 (招待講演)

③ その他

1. 追手門学院大手前高等学校の夏期プログラムにて講師, 2024 年 8 月 23 日
2. 茨城県立竜ヶ崎第一高等学校・附属中学校主催の SSH にて指導助言, 2024 年 10 月 13 日~10 月 14 日
3. 芝浦工業大学柏中学高等学校の SSH にて指導助言, 2025 年 1 月 9 日

**太田 尚孝【教養教育研究院神楽坂キャンパス教養部 教授】**

① 論文

マイクロスケール法による野菜の廃棄部位からのデンブンの抽出実験, 佐藤陽子, 太田尚孝, 鎌倉女子大学紀要, 31, 115-119, 2024

② 学会発表

キッチンサイエンスによるマイクロスケール実験 - 緑茶葉と梨からのミニ乾燥梨紅茶作り -, 佐藤陽子, 太田尚孝, 日本化学会第 104 春季年会 (日本大学船橋キャンパス), 講演番号

---

---

A1456-1am-02, 2024

(備考：2024年3月18日発表)

キッチンサイエンスによる時短調理 - アルファ化米粉を用いた小型の無加糖ミキ作り -  
佐藤陽子, 太田尚孝, 日本理科教育学会第74回全国大会発表論文集(滋賀大会), 23,  
421, 2024

(備考：2024年9月8日発表)

キッチンサイエンス - 小型調理家電で作るミニ湯葉・ミニ豆腐・ミニ豆花の対比 -,  
佐藤陽子, 太田尚孝, 日本ベジタリアン学会 第24回大会(大阪), 6, 2024

(備考：2024年11月17日発表)

キッチンサイエンス - タレビンを用いたミニバター作り -, 佐藤陽子, 太田尚孝,  
日本化学会第105春季年会(関西大学千里山キャンパス), 講演番号 C301-4am-01,

(備考：2025年3月29日発表)

## 武村 政春【教養教育研究院神楽坂キャンパス教養部 教授】

### ① 学術論文

1. Continuous year-round isolation of giant viruses from brackish shoreline soils. Motohiro Akashi, Masaharu Takemura, Seiichi Suzuki. *Front. Microbiol.* 15, 1402690, 2024.
2. Complete genome sequence of Tornadovirus japonicus, a relative of Pacmanvirus, isolated from the Tamagawa River in Japan. Daniel Waschestjuk, Kazuyoshi Murata, Masaharu Takemura. *Microbiol. Resources Announc.* 13, e00265-24, 2024.
3. 高校生物における環境ウイルスを題材とした教材開発～PCR法による水環境に存在するT4様ファージの検出. 内山智枝子, 武村政春. *科学教育研究* 48, 157-163, 2024.
4. Subnanometer structure of medusavirus capsid during maturation using cryo-electron microscopy. Ryoto Watanabe, Chihong Song, Masaharu Takemura, Kazuyoshi Murata. *J. Virol.* 98, e0043624, 2024.
5. 生物教育におけるウイルス教材研究の現状と展望. 武村政春. *生物教育* 66, 2-10, 2024.
6. ウイルス教育におけるウェブツールを用いたバイオインフォマティクスの活用. 武村政春, 山本果奈. *生物教育* 66, 34-41, 2024.
7. Visualization of giant Mimivirus in a movie for biology classrooms. Kanako Morioka, Ayumi Fujieda, Masaharu Takemura. *J. Microbiol. Biol. Edu.* 25, e00138-24, 2024.

### ② 著書

1. DNAとはなんだろう. 武村政春. 講談社ブルーバックス, 2024.8.
2. 分子生物学15講[基礎編]. 東中川徹ほか編. オーム社, 2024.10. (分担執筆)

---

③ 招待講演

1. 武村政春. ウイルスと鬼～鬼滅の刃を事例に～. 帝京大学シンポジウム「妖怪×デジタルサイエンス～不可視のものを可視化する営為」, 東京, 2024.5.9.
2. Masaharu Takemura. Aquatic world of giant viruses, which infect to amoebozoia. IMB Seminar, Academia Sinica, Taipei, Taiwan, 2024.7.16.
3. Masaharu Takemura. Host-virus interaction in giant virus communities. 6th Glycoscience Frontier Seminar, Online, Japan, 2024.12.24.

④ その他

1. (雑誌取材) ハカセの謎を追え! 第5回, ETHICS for YOUTH 2024 年春号 (No.5) .
2. (雑誌監修) 人体ではたらく細胞のすべて, Newton 別冊, 2024 年 10 月.

**関 陽児【教養教育研究院野田キャンパス教養部 教授】**

① 学術論文

1. 学校教育で活用容易な津波観察装置の開発 - 押し出し式造波器を用いた小型簡便な実験器 -, 関 陽児・小泉治彦, 東京理科大学教職教育研究, 10 号, 43-52 (査読有)
2. 利根運河の河岸湧水群の水質, 関 陽児, 東京理科大学教養教育研究院紀要教, 3 号, 23-38 (査読有)

**興治 文子【教育支援機構教職教育センター 教授】**

① 論文

1. 大腸菌をバイオアッセイとして活用した紫外線の殺菌作用を可視化するための教材開発, 坂下丈太, 松田良一, 興治文子, 生物教育, 65, 126-134 (2024) (査読有).
2. 小学生の加減速運動に対する気づきにおける平均速度概念介入の実態と影響, 林康成, 興治文子, 物理教育, 72, 109-114 (2024) (査読有).
3. Bringing cell biology into classroom: tips to culture and observe skeletal muscle cells in high school and college, Ryoichi Matusda, Fumiko Okiharu, In Vitro Cellular & Developmental Biology - Animal, 60, 740-747 (2024) (査読有).

② その他

1. 公益社団法人 物理オリンピック日本委員会 副理事長/常務理事
  2. コンピュータ利用教育学会 副会長理事
  3. 日本物理学会「大学の物理教育」編集委員
  4. 日本物理学会 代議員
  5. 日本物理学会 次世代人材育成・社会連携委員会委員
  6. 東京理科大学消費生活協同組合 理事長
  7. 新潟県の高校教員研修
-

---

---

**渡辺 雄貴【教育支援機構教職教育センター 教授】**

① 学術論文

1. 高等学校数学科における学習者特性が生産的失敗による指導に与える影響, 樋口翔太, 渡辺雄貴, 科学教育研究, 48 巻 4 号 pp408-425 (査読有)
2. インストラクショナルデザインの学修が授業設計・TPACK および数学指導不安感に与える影響, 中村謙斗, 御園真史, 渡辺雄貴, 日本教育工学会論文誌, 48 巻 3 号 pp 457-472 (査読有)

**大浦 弘樹【教育支援機構教職教育センター 准教授】**

① 学会発表 (国際)

1. Oura, H., Mochizuki, T., Chinn, C. A., Yamaguchi, E., & Lin, Q. (2024). The Role of Instruction in Shaping Reasoning about Bodies of Evidence: An Experimental Comparison. In Lindgren, R., Asino, T. I., Kyza, E. A., Looi, C. K., Keifert, D. T., & Suárez, E. (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2024 (pp. 1263-1266). International Society of the Learning Sciences.
2. Yamaguchi, E., Chinn, C. A., Oura, H., & Mochizuki, T. (2024). Do Undergraduates Use the Criterion of Fit with Multiple Lines of Evidence When Evaluating Conflicting Scientific Claims?. In Lindgren, R., Asino, T. I., Kyza, E. A., Looi, C. K., Keifert, D. T., & Suárez, E. (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2024 (pp. 2145-2146). International Society of the Learning Sciences.
3. Mochizuki, T., Chinn, C. A., Oura, H., & Yamaguchi, E. (2024). Recognizing Cherry-Picked Data in Scientific Information: Epistemic Challenge toward Understanding Comprehensive Evidence. In Lindgren, R., Asino, T. I., Kyza, E. A., Looi, C. K., Keifert, D. T., & Suárez, E. (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2024 (pp. 1243-1246). International Society of the Learning Sciences.
4. Chinn, C. A., Mochizuki, T., Oura, H., Yamaguchi, E., Lin, Q., Jhala, R. (2024). Resolving Expert Disagreement by Evaluating Misrepresentations. In Lindgren, R., Asino, T. I., Kyza, E. A., Looi, C. K., Keifert, D. T., & Suárez, E. (Eds.), Proceedings of the 18th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2024 (pp. 2515-2516). International Society of the Learning Sciences.
5. Oura, H., Yoshikawa, R., Mitsunaga, F., Kondo, T., Fushikida, W., & Kato, H. (2024). Supporting Joint Attention for Hybrid Groupwork With Multi-Image and Cursor Sharing in University Classes. In Clarke-Midura, J., Kollar, I., Gu, X., & D'Angelo, C. (Eds.), Proceedings of the 17th International Conference on Computer

② 学会発表（国内）

1. 大浦弘樹, 伏木田稚子, 近藤孝樹, 光永文彦, 吉川遼, 加藤浩 (2025) ハイフレックス授業の参加形態別にみる授業への関与と認識の違い, 日本教育工学会 2025 年春季全国大会講演論文集, 99-100:成城大学.
2. 大浦弘樹, 光永文彦, 吉川遼, 近藤孝樹, 伏木田稚子, 加藤浩(2024)ハイブリッドなグループワークにおける共同注視の確立を支援する画像・カーソル共有に対する学生視点の評価, 日本教育工学会 2024 年秋季全国大会講演論文集, 131-132:東北学院大学.
3. 大浦弘樹, 山口悦司, 望月俊男, クラーク A. チン(2024)大学生の証拠評価リテラシー調査と教授法の開発:チェリーピッキングに着目して, 日本科学教育学会年会論文集 48, 281-282: 函館工業高等専門学校.

**矢部 博【データサイエンスセンター 教授】**

① 学術論文

Hiroshi Yabe and Hiroshi Yamashita,

Convergence to a second-order critical point by a trust-region SQP method with a nonsmooth merit function,

Journal of the Operations Research Society of Japan, 68 (2025), pp. 1-20. (査読有)

② 著書

矢部博「工学基礎 最適化とその応用 (第2版)」, 数理工学社, 269 頁, 2024 年 6 月 25 日.

③ 講演

1. 矢部博「東京理科大学のデータサイエンス教育・研究の取り組み」、2024 年度統計関連学会連合大会、東京理科大学神楽坂キャンパス、2024 年 9 月 3 日。(企画セッション)
2. 矢部博「データサイエンス分野の産学連携・社会人教育の取り組み」、第 4 回統計エキスパート育成に向けたワークショップ、統計エキスパート人材育成コンソーシアム、統計数理研究所 (オンライン)、2024 年 9 月 9 日。(招待講演)

④ その他

(学会関係)

1. 日本オペレーションズ・リサーチ学会 代議員
2. Optimization and Engineering (Kluwer Academic Publishers) 編集委員
3. Mathematical Reviews (アメリカ数学会) の reviewer

---

---

高橋 真理子【嘱託専門員、理数教育研究センター アドバイザー】

① 講演等

1. リベラルアーツの会「日本一役に立たない！？教養講座」講師「女性研究者の語りから見えてくる日本社会の移り変わりーアエラドットのインタビュー連載を終えて」  
(2024年3月16日)
2. 読売・日本テレビ文化センター・サイエンス読書カフェ「科学に魅せられてー女性研究者という生き方」(2024年11月13日)
3. ジュンク堂書店池袋本店・清水明『統計力学の基礎I』刊行記念トークイベント「基礎からきちんと理解して応用する」に聞き手として登壇(2024年11月28日)

② 執筆記事等

1. 「アエラドット」の連載記事「科学に魅せられて～女性研究者に聞く仕事と人生」  
熱帯病対策専門家 一盛和世さん(2024年1月2日)  
性差薬学者 黒川洵子さん(2024年1月16日)  
数学者 小谷元子さん(2024年1月30日)
2. 日本評論社から「科学に魅せられてー女性研究者という生き方」を刊行(2024年10月)

まえがき

序章

孤立無援から栄光へ、「中立説」に対抗する進化学説の長い道のり

太田朋子さん(集団遺伝学)

第1章 生物・生命科学

カボチャの種を研究し続け、つかんだ大学教授への道

西村いくこさん(植物細胞生物学)

「生物を丸ごと研究したい」学会を新たに作って初志貫徹

長谷川真理子さん(進化生物学)

乾燥に耐える植物の仕組みを解明し、夫と共同で学士院賞

篠崎和子さん(植物分子生理学)

「好きに生きる」遺伝子と行動の関係を線虫で探る

森 郁恵さん(神経科学)

科学コミュニケーション副専攻をつくった生命科学者の突破力

野口範子さん(生命科学)

妻が教授、夫が助教授の「家庭内アフターマティブアクション」

糸昭苑さん(細胞生物学)

「家族は一緒に暮らす」を貫き、アメリカと日本で「生命の起源」研究

鈴木志野さん(地球生命科学)

第2章 数学・物理学

結婚してから家で論文を書き、世界的数学者に

石井志保子さん(代数幾何学)

大学からも政府からも頼りにされ、数学研究も研究運営も全力投球

小谷元子さん(離散幾何解析学)

---

「心身がガタガタだった」三十代からの大いなる復活

大竹淑恵さん（中性子物理学）

ウジウジ悩みながら五百人の国際チームを率いた

市川温子さん（素粒子実験）

女性初の南極越冬隊員の経験が大学業務に生きる

坂野井和代さん（地球物理学）

日本では味わえない解放感をデンマークで知る

御手洗菜美子さん（生物物理）

数学の世界にダイバーシティとインクルージョンを

佐々田慎子さん（確率論）

### 第3章 化学・工学

四十二歳で大学院へ、主婦から教授になった緑地デザインの開拓者

石川幹子さん（都市環境学）

大学が女性に冷たかった時代を生き抜いた化学者の自負

西川恵子さん（物理化学）

高卒扱いでの就職から「かわいい工学」を創始するまで

大倉典子さん（感性工学）

週末は子供のスポーツ活動を全力支援、金属学者の心意気

梅津理恵さん（金属学）

データベースで新材料開発 「研究と子育ては完全につながっている」

桂 ゆかりさん（材料科学）

世界を放浪して都市工学者になったシングルマザーの意欲満々

小野 悠さん（都市工学）

### 第4章 医学・心理学ほか

「多動」をパワーに大学を改革し、「司法面接」を広めた心理学者

仲 真紀子さん（法と心理学）

熱帯病・フィラリアの撲滅に「命をかけてきた」元WHO統括官

一盛和世さん（国際公衆衛生）

親と意見が合わず三年間引きこもりから、研究と社会をつなぐ仕事へ

堀口逸子さん（公衆衛生学）

学問の壁を乗り越え探究、引け目を脱して経済学に新風を吹き込む

小林佳世子さん（行動経済学）

「男女差の研究を薬に活かしたい」 出産で固まった決意

黒川洵子さん（性差薬学）

遠距離結婚でワンオペ育児も苦にせず、神経難病の薬開発を目指す

村松里衣子さん（神経薬理学）

### 終章

文化勲章は「日本古来の思想」を表す／女性たちの語りから日本社会の変化がくっきり見えた／猿橋勝子さんが果たした大きな役割／家庭でのタスク分担における意識革命

---

本書の書評／紹介記事は、しんぶん赤旗（2024/10/27）、日本経済新聞（2024/11/23）、北日本新聞（2025/1/18）、陸奥新報（2025/1/18）、北羽新報（2025/1/18）、河北新報（2025/2/2）、山形新聞（2025/2/9）、「読者アンケート 2024 識者が選んだ、この一年の本」（みすず書房）などに掲載された。

### ③ 社会活動

1. 令和 7 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰委員
2. 日立財団評議員（2021 年 11 月～）
3. 公益財団法人仁科記念財団評議員
4. 自然科学研究機構経営協議会委員（2024 年 8 月まで）
5. 情報・システム研究機構（ROIS）経営協議会委員（2023 年度～）
6. 量子科学技術研究開発機構（QST）アドバイザーカウンスル委員（2024 年 3 月～）
7. JST 社会技術研究開発センター（RISTEX）運営評価委員
8. 公益財団法人山階鳥類研究所「山階芳麿賞」選考委員
9. 高度情報科学技術研究機構選定委員会委員（2024 年 4 月～）
10. 国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）電波に関するコミュニケーション委員会委員（2024 年度～）
11. 日本科学技術ジャーナリスト会議（JASTJ）副会長
12. JASTJ 第 22 期科学ジャーナリスト塾長（2024 年 9 月～2025 年 2 月）
13. ミレニアム・サイエンス・フォーラム運営委員
14. 一般財団法人 INSTeM 理事

### ④ 学内活動

1. 「科学文化概論」5 回分を担当。
2. 数学体験館 10 万人突破セレモニーの司会（2024 年 8 月 9 日）
3. 科学ジャーナリストによる「伝える文章の書き方」講座全 3 回（9 月）
4. 科学コミュニケーションセミナー「数学を視覚化するーNHK『笑わない数学』プロデューサー井手真也さんを迎えて」（2024 年 11 月 30 日）の企画およびパネル討論司会
5. 理数教育フォーラム第 46 号へ寄稿「国際数学オリンピック紹介冊子の新機軸」
6. 理数教育フォーラム第 48 号へ寄稿「リスクコミュニケーションと科学コミュニケーション」

---

## 8. 理数教育研究センター客員教員による研究紹介

### 8-1. Canonical form for the zero-one matrix induced by the Markov map

客員研究員 竹之内 芳文

Contributions to Mathematics  
[www.shahindp.com/locate/cm](http://www.shahindp.com/locate/cm)

Contrib. Math. 11 (2025) 8–13  
DOI: 10.47443/cm.2025.015

Research Article

#### Canonical form for the zero-one matrix induced by the Markov map

Yoshifumi Takenouchi\*

Division of Mathematics and Computer Sciences, College of Natural and Applied Sciences, University of Guam, UOG Station Mangilao, Guam, USA

(Received: 15 February 2025. Received in revised form: 8 March 2025. Accepted: 10 March 2025. Published online: 17 March 2025.)

© 2025 the author. This is an open-access article under the CC BY (International 4.0) license ([www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/](http://www.creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

#### Abstract

A condition ensuring the invariance of the “digital” entropy of a cyclic permutation under refinement of the interval partition is established. Also, a “canonical form” for the 0-1 matrix induced by a Markov map is introduced, which provides a structured representation that captures and elucidates the dynamics of the map on the interval.

**Keywords:** “digital” entropy; canonical form; 0-1 matrix; Markov maps; spectral radius; cyclic permutations; characteristic polynomial.

**2020 Mathematics Subject Classification:** 15A21, 37E05.

#### 1. Introduction

For any given permutation  $\theta$  of  $m+1$  objects, we define the canonical  $\theta$ -linear map  $L_\theta$ , also known as the “connect-the-dots” map of  $\theta$ . This map  $L_\theta : I \rightarrow I$  is defined such that  $L_\theta = \theta$  on the discrete set  $T = \{0, 1, \dots, m\}$  and is linear on each subinterval  $I_i = (i, i+1)$  for  $i = 0, 1, \dots, m-1$ , where  $I = [0, m]$ . Together,  $L_\theta$  and  $T$  induce a 0-1 matrix  $A$  of size  $m$ . In [3], Fisher demonstrated that if  $\theta$  is a cyclic permutation of length  $m+1$ , then the coefficients of the characteristic polynomial  $\det(\lambda I_m - A)$  of  $A$  must all be odd. Also, in [4], Swanson and Volkmer demonstrated that if  $\theta$  is a unimodal cyclic permutation, then every coefficient of the characteristic polynomial  $\det(\lambda I_m - A)$  of  $A$  must be either  $-1$  or  $1$ . Then, in [5], the present author introduced the concept of “digital” entropy,  $T(\theta)$ , for a unimodal cyclic permutation  $\theta$ , defined as

$$T(\theta) = \tau(\varepsilon_1) \tau(\varepsilon_2) \tau(\varepsilon_3) \cdots$$

where the function  $\tau(\varepsilon_i)$  is given as follows:

$$\tau(\varepsilon_i) = \begin{cases} 2 & \text{if } i < m+1 \text{ and } \varepsilon_i = -1, \\ 0 & \text{if } i < m+1 \text{ and } \varepsilon_i = +1, \\ 1 & \text{if } i \geq m+1. \end{cases}$$

Here, the coefficients  $\varepsilon_i$  are derived from the characteristic polynomial of  $A$ , expressed as:

$$\det(\lambda I_m - A) = \lambda^m + \varepsilon_1 \lambda^{m-1} + \varepsilon_2 \lambda^{m-2} + \cdots + \varepsilon_{m-1} \lambda + \varepsilon_m.$$

Our primary concern is whether the “digital” entropy  $T(\theta)$  of  $\theta$  remains invariant under any refinement  $S$  of  $T$ . This question is addressed through an examination of the behavior of elements in  $S \setminus T$  under  $L_\theta$ . Propositions 2.1 and 2.2 of this article suggest that  $T(\theta)$  is preserved if all elements in  $S \setminus T$  converge to  $T$  under  $L_\theta$ ; otherwise, it is not necessarily preserved.

On the other hand, in [2], Byers and Boyarsky demonstrated that the spectral radii of two matrices,  $A$  and  $Z$ , induced by  $f$  with  $T$  and by  $f$  with  $S$ , respectively, are the same. Here,  $f$  is any given piecewise-continuous Markov map with respect to the partition point  $T$ , and  $S$  is any refinement of  $T$ . The propositions presented in this article build upon and provide further details of the work done in [2]. In the proofs of these propositions, we use  $V_\ell$ , a matrix of change of bases, which is given in [3]. Compared to  $Z$ , both  $V_\ell Z V_\ell^{-1}$  and  $P V_\ell Z V_\ell^{-1} P^{-1}$  offer much more insight into the dynamics of  $f$  on  $S$ , where  $P$  is a proper permutation matrix. In this context, the matrix  $P V_\ell Z V_\ell^{-1} P^{-1}$ , introduced in this article, can be seen as a “canonical form” of the 0-1 matrix  $Z$  induced by the given Markov map  $f$  with respect to the set  $S$ .

---

\*E-mail addresses: [takenouchiy@triton.uog.edu](mailto:takenouchiy@triton.uog.edu), [jytakenovich@gmail.com](mailto:jytakenovich@gmail.com), [jytakenovich2006@yahoo.co.jp](mailto:jytakenovich2006@yahoo.co.jp)



## 2. Statements of the main results

We begin by presenting a few definitions that are used in the rest of this article. Most of these concepts are well-established in the literature, and we refer the reader primarily to [1, 2, 5] for their origins and context.

**Definition 2.1.** Let  $I = [0, m]$  be a closed interval, and let  $T = \{0, 1, \dots, m\}$  be a set of partition points of  $I$ . Consider  $f : I \rightarrow I$ , a piecewise-continuous Markov map with respect to the partition points  $T$ . Specifically,  $f$  satisfies the following conditions:

- (i)  $f$  is strictly monotonic and continuous on each subinterval  $I_i = (i, i + 1)$  for  $i = 0, 1, \dots, m - 1$ ;
- (ii) The following limits exist and are elements of  $T$ :

$$f(0^-) = \lim_{x \rightarrow 0^-} f(x),$$

$$f(i^+) = \lim_{x \rightarrow i^+} f(x) \text{ and } f(i^-) = \lim_{x \rightarrow i^-} f(x) \text{ for } i = 1, \dots, m - 1, \text{ and}$$

$$f(m^-) = \lim_{x \rightarrow m^-} f(x).$$

**Definition 2.2.** Let  $A = [a_{ij}]_{m \times m}$  be the 0-1 matrix induced by  $f$  with  $T$ . Let  $S = T \cup U$ , where  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  satisfies  $0 < u_1 < u_2 < \dots < u_n < m$ ,  $T \cap U = \emptyset$ , and  $S$  is a partition of the interval  $[0, m]$ . Additionally,  $S$  is a refinement of  $T$  (that is,  $T \subset S$ ), and  $f$  with  $S$  induces a 0-1 matrix  $Z = [z_{ij}]_{(m+n) \times (m+n)}$ . We define the length from  $u \in U$  to  $T$  under  $f$  to be  $k$ , where  $k \in \mathbb{N}$  is the smallest positive integer such that  $f^0(u), f^1(u), \dots, f^{k-1}(u) \in U$  and  $f^k(u) \in T$ .

**Definition 2.3.** Let  $J$  be a subinterval on which  $f$  is strictly monotonic. We denote  $J$  by  $J^+$  (respectively,  $J^-$ ) if  $f$  is monotone increasing (respectively, monotone decreasing). The sign of the slope of the tangent line to  $y = f(x)$  at  $(u, f(u))$  is defined as positive (respectively, negative) if  $u$  is contained in a subinterval  $J^+$  (respectively,  $J^-$ ). In this case, we write  $\text{sgn}(f'(u)) = +1$  (respectively,  $\text{sgn}(f'(u)) = -1$ ), noting that  $f$  is not necessarily differentiable at  $u$ . We say that  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  forms the orbit of a (+)-signed  $n$ -cycle (respectively, a (-)-signed  $n$ -cycle) if  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} = \{f^s(u_i) \mid s \geq 0\}$  for any  $i = 1, 2, \dots, n$ , and  $\prod_{i=1}^n \text{sgn}(f'(u_i)) = +1$  (respectively,  $\prod_{i=1}^n \text{sgn}(f'(u_i)) = -1$ ).

Now, we are ready to state the main results of this article.

**Proposition 2.1.** Suppose that  $U$  consists of  $n$  points  $u_1, u_2, \dots, u_n$  such that the length from every  $u_i$  to  $T$  under  $f$  is a finite value  $k_i \in \mathbb{N}$ , for  $i = 1, 2, \dots, n$ . Then, the characteristic polynomial  $Ch_Z(\lambda)$  of  $Z$  is expressed as the product of the characteristic polynomial  $Ch_A(\lambda)$  of  $A$  and  $\lambda^n$ , that is,

$$Ch_Z(\lambda) = Ch_A(\lambda) \lambda^n.$$

**Proposition 2.2.** Suppose that  $U$  consists of the orbit of a ( $\pm$ )-signed  $n$ -cycle. Then,

$$Ch_Z(\lambda) = Ch_A(\lambda) (\lambda^n \mp 1).$$

As a corollary of Proposition 2.1, we obtain the following result:

**Corollary 2.1.** Let  $\theta$  be any given unimodal cyclic permutation with length  $m + 1$ , and let  $T(\theta)$  denote the digital entropy of  $\theta$ . Then  $T(\theta)$  remains invariant under a refinement of the partition of the interval if all  $n$  newly added points are eventually periodic points that converge to  $T$ , the orbit of the  $(m + 1)$ -cycle of type  $\theta$ .

**Proof.** Let  $Ch_A(\lambda) = \lambda^m + \varepsilon_1 \lambda^{m-1} + \varepsilon_2 \lambda^{m-2} + \dots + \varepsilon_{m-1} \lambda + \varepsilon_m$ . Then  $T(\theta) = \cdot \tau(\varepsilon_1) \tau(\varepsilon_2) \tau(\varepsilon_3) \dots$ . On the other hand, by Proposition 2.1,

$$Ch_Z(\lambda) = Ch_A(\lambda) \lambda^n = \lambda^{m+n} + \varepsilon_1 \lambda^{m-1+n} + \varepsilon_2 \lambda^{m-2+n} + \dots + \varepsilon_{m-1} \lambda^{1+n} + \varepsilon_m \lambda^n.$$

Thus,  $T(\theta)$ , as computed from  $Ch_Z(\lambda)$ , is also  $\cdot \tau(\varepsilon_1) \tau(\varepsilon_2) \tau(\varepsilon_3) \dots$ . □

### 3. A lemma

In [3], Fisher introduces a matrix of change of bases, defined as follows:

**Definition 3.1.** For any  $\ell \geq 2$ , let  $V_\ell$  be the  $\ell \times \ell$  matrix with 1's on and above the diagonal and 0's below the diagonal. Then  $V_\ell^{-1}$  is the inverse of  $V_\ell$ , and it has 1's on the diagonal,  $-1$ 's on the super-diagonal, and 0's elsewhere.

It is evident that  $V_\ell$  satisfies the properties given in the next lemma.

**Lemma 3.1.** Let  $M$  be any given  $\ell \times \ell$  square matrix. Then the following statements hold.

- (i) The  $i$ -th row of  $V_\ell M$  is the sum of the  $i$ -th row, the  $(i + 1)$ -th row,  $\dots$ , and the  $\ell$ -th row of  $M$ , for any  $1 \leq i \leq \ell$ . In particular:
  - (ii) If the  $j$ -th column and the  $(j + 1)$ -th column of  $M$  are identical, then the  $j$ -th column and the  $(j + 1)$ -th column of  $V_\ell M$  are also identical, for any  $1 \leq j \leq \ell - 1$ .
- (iii) The 1st column of  $MV_\ell^{-1}$  is the 1st column of  $M$ , and the  $j$ -th column of  $MV_\ell^{-1}$  is the negative of the  $(j - 1)$ -th column of  $M$  plus the  $j$ -th column of  $M$ , for any  $2 \leq j \leq \ell$ . In particular:
  - (iv) If the  $(j - 1)$ -th column and the  $j$ -th column of  $M$  are identical, then the  $j$ -th column of  $MV_\ell^{-1}$  is the zero column vector  $\mathbf{0}_{\ell \times 1}$ , for any  $2 \leq j \leq \ell$ .

Using Lemma 3.1, we proceed to prove Proposition 2.1 and Proposition 2.2 in the subsequent sections.

### 4. Proof of Proposition 2.1

**Proof.** Let  $I = [0, m]$ ,  $T = \{0, 1, \dots, m\}$ , and  $f : I \rightarrow I$  be a piecewise-continuous Markov map with respect to  $T$ . Let  $A = [a_{ij}]_{m \times m}$  be the 0-1 matrix induced by  $f$  with  $T$ . Then,  $Ch_A(\lambda) = Ch_A(\lambda) \lambda^0$  is obviously true. We reorder the  $n$  points  $u_1, u_2, \dots, u_n$  in  $U$  by their distance to  $T$ , and relabel them as follows:

$$\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = \{u_{(1,1)}, u_{(1,2)}, \dots, u_{(1,k_1)}, u_{(2,1)}, u_{(2,2)}, \dots, u_{(2,k_2)}, \dots\}$$

where  $u_{(l,1)}, u_{(l,2)}, \dots, u_{(l,k_l)}$  are the  $k_l$  points at distance  $l$  from  $T$ , for  $l = 1, 2, \dots$ , and  $k_1 + k_2 + \dots = n$ . We then relabel the points as follows:

$$u_{(1,1)}, u_{(1,2)}, \dots, u_{(1,k_1)}, u_{(2,1)}, u_{(2,2)}, \dots, u_{(2,k_2)}, \dots$$

becoming

$$v_1, v_2, \dots, v_{k_1}, v_{k_1+1}, v_{k_1+2}, \dots, v_{k_1+k_2}, \dots$$

Let  $P = [p_{ij}]_{(m+k) \times (m+k)}$  be the 0-1 matrix induced by  $f$  with  $T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ . Suppose that

$$Ch_P(\lambda) = \det(\lambda I_{m+k} - P) = Ch_A(\lambda) \lambda^k \text{ (inductive hypothesis).}$$

Let  $Q = [q_{ij}]_{(m-k+1) \times (m+k+1)}$  be the 0-1 matrix induced by  $f$  with  $T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_k, v_{k+1}\}$ . Denote  $T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$  as

$$\{w_0, w_1, \dots, w_{m-k+1}\}, \text{ where } 0 = w_0 < w_1 < \dots < w_{m-k+1} = m.$$

Since  $v_{k+1} \in (w_{i_{k+1}}, w_{i_{k+1}+1})$  for some  $0 \leq i_{k+1} \leq m + k$ ,  $v_{k+1}$  divides the subinterval  $(w_{i_{k+1}}, w_{i_{k+1}+1})$  into two new subintervals  $(w_{i_{k+1}}, v_{k+1})$  and  $(v_{k+1}, w_{i_{k+1}+1})$ . Therefore, the addition of the  $(i_{k+1} + 1)$ -th row and the  $(i_{k+1} + 2)$ -th row of  $Q$  corresponds to the  $(i_{k+1} + 1)$ -th row of  $P$ .

Also, since the  $x$ -coordinates of the intersection points of the horizontal line  $y = v_{k+1}$  and the graph  $y = f(x)$  are not in  $T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_k, v_{k+1}\}$ , the  $(i_{k+1} + 1)$ -th column and the  $(i_{k+1} + 2)$ -th column of  $Q$  are identical, and both correspond to the  $(i_{k+1} + 1)$ -th column of  $P$ .

Thus, by Lemma 3.1.(i) and (ii), striking out the  $(i_{k+1} + 2)$ -th row and the  $(i_{k+1} + 2)$ -th column of  $V_{m+k+1}Q$  results in a matrix identical to  $V_{m+k}P$ . Additionally, the  $(i_{k+1} + 1)$ -th column and the  $(i_{k+1} + 2)$ -th column of  $V_{m+k+1}Q$  are identical.

Thus, by Lemma 3.1.(iii) and (iv), striking out the  $(i_{k+1} + 2)$ -th row and  $(i_{k+1} + 2)$ -th column of  $(V_{m+k+1}Q) V_{m+k+1}^{-1}$  results in a matrix identical to  $(V_{m+k}P) V_{m+k}^{-1}$ . Moreover, the  $(i_{k+1} + 2)$ -th column of  $(V_{m+k}P) V_{m+k}^{-1}$  is the zero column vector.

Let  $P_{\sigma_{k+1}}$  be the permutation matrix of the cyclic permutation  $\sigma_{k+1}$ :

$$\sigma_{k+1} = (i_{k+1} + 2, i_{k+1} + 3, \dots, m + k + 1)$$

represented as

$$\sigma_{k+1} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \cdots & i_{k+1} + 1 & i_{k+1} + 2 & i_{k+1} + 3 & \cdots & m + k & m + k + 1 \\ 1 & 2 & \cdots & i_{k+1} + 1 & i_{k+1} + 3 & i_{k+1} + 4 & \cdots & m + k + 1 & i_{k+1} + 2 \end{pmatrix}.$$

Using the cofactor expansion along the  $(m + k + 1)$ -th column and the inductive hypothesis, we obtain

$$\begin{aligned} Ch_Q(\lambda) &= \det \left( \lambda I_{m+k+1} - P_{\sigma_{k+1}} (V_{m+k-1} Q V_{m+k+1}^{-1}) P_{\sigma_{k+1}}^{-1} \right) \\ &= \begin{vmatrix} \lambda I_{m+k} - V_{m+k} P V_{m+k}^{-1} & \mathbf{0}_{(m+k) \times 1} \\ [* * \cdots *]_{1 \times (m+k)} & \lambda \end{vmatrix}_{(m+k+1) \times (m+k+1)} \\ &= \det (\lambda I_{m+k} - V_{m+k} P V_{m+k}^{-1}) \lambda \\ &= Ch_P(\lambda) \lambda \\ &= (Ch_A(\lambda) \lambda^k) \lambda \\ &= Ch_A(\lambda) \lambda^{k+1}. \end{aligned}$$

Since both the base step and the inductive step have been proven, we conclude that, for any  $k \geq 0$ ,  $Ch_P(\lambda) = Ch_A(\lambda) \lambda^k$ , where  $P = [p_{ij}]_{(m+k) \times (m+k)}$  is the 0-1 matrix induced by  $f$  with  $T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ . In particular,

$$Ch_Z(\lambda) = Ch_A(\lambda) \lambda^n,$$

where  $Z = [z_{ij}]_{(m+n) \times (m+n)}$  is the 0-1 matrix induced by  $f$  with  $S = T \cup \{u_1, u_2, \dots, u_n\} = T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ . □

### 5. Proof of Proposition 2.2

**Proof.** First, we relabel  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  as follows:

$$\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = \{v_1, v_2, \dots, v_n\},$$

where  $f(v_1) = v_2, f(v_2) = v_3, \dots, f(v_{n-1}) = v_n$ , and  $f(v_n) = v_1$ . (For convenience, we may denote  $v_1$  as  $v_{n+1}$  if necessary). Then, the mapping  $f : [0, m] \rightarrow [0, m]$  with  $S = T \cup U$  induces the matrix

$$Z = [z_{ij}]_{(m+n) \times (m+n)}.$$

Then,  $f(v_1) = v_2$  in the graph  $y = f(x)$  is expressed in  $Z$  as either

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},$$

at the  $i_1$ -th and  $(i_1 + 1)$ -th rows, and the  $i_2$ -th and  $(i_2 + 1)$ -th columns, respectively, if the slope of the graph  $y = f(x)$  at  $x = v_1$  is positive or negative, for some  $1 \leq i_1, i_2 \leq m + n - 1$ , and  $i_1$  may also be denoted as  $i_{n+1}$  if necessary.

Inductively,  $f(v_k) = v_{k+1}$  ( $k = 2, 3, \dots, n - 1$ ) in the graph  $y = f(x)$  is expressed in  $Z$  as either

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},$$

at the  $i_k$ -th and  $(i_k + 1)$ -th rows, and the  $i_{k+1}$ -th and  $(i_{k+1} + 1)$ -th columns, respectively, if the slope of the graph  $y = f(x)$  at  $x = v_k$  is positive or negative, for some  $1 \leq i_{k+1} \leq m + n - 1$ .

Finally,  $f(v_n) = v_1$  in the graph  $y = f(x)$  is expressed in  $Z$  as either

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},$$

at the  $i_n$ -th and  $(i_n + 1)$ -th rows, and the  $i_1$ -th and  $(i_1 + 1)$ -th columns, respectively, if the slope of the graph  $y = f(x)$  at  $x = v_n$  is positive or negative.

We recall that the sign of the  $n$ -cycle is defined as the product of the signs of the slopes of the graph  $y = f(x)$  at  $x = v_k$  for  $k = 1, 2, \dots, n$ . Notice that the  $x$ -coordinates of the intersection points of the horizontal line  $y = v_{k+1}$  and the graph  $y = f(x)$  are not in  $S = T \cup \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ , except for the  $x$ -coordinate of the intersection point  $(v_k, v_{k+1}) = (v_k, f(v_k))$  for  $1 \leq k \leq n$ . Consequently, the  $i_{k+1}$ -th column and the  $(i_{k+1} + 1)$ -th column of  $Z$  are identical, except at the  $i_k$ -th row and the  $(i_k + 1)$ -th row. Thus, by Lemma 3.1.(i) and (ii), the  $i_{k+1}$ -th column and the  $(i_{k+1} + 1)$ -th column of  $V_{m+n}Z$  are identical, except at the  $(i_k + 1)$ -th rows. Notice that

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix},$$

at the  $i_k$ -th and  $(i_k + 1)$ -th rows, and the  $i_{k+1}$ -th and  $(i_{k+1} + 1)$ -th columns in  $Z$  has been transformed into

$$\begin{bmatrix} p_k & p_k \\ p_k - 1 & p_k \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} q_k & q_k \\ q_k & q_k - 1 \end{bmatrix},$$

at the same position in  $V_{m+n}Z$ , for some  $p_k \in \mathbb{Z}^+$  or for some  $q_k \in \mathbb{Z}^+$ , respectively.

Thus, by Lemma 3.1.(iii) and (iv), the  $(i_{k+1} + 1)$ -th column of  $(V_{m+n}Z)V_{m+n}^{-1}$  is the zero column vector except at the  $(i_k + 1)$ -th row. Notice that

$$\begin{bmatrix} p_k & p_k \\ p_k - 1 & p_k \end{bmatrix}, \text{ or } \begin{bmatrix} q_k & q_k \\ q_k & q_k - 1 \end{bmatrix},$$

at the  $i_k$ -th and  $(i_k + 1)$ -th rows, and the  $i_{k+1}$ -th and  $(i_{k+1} + 1)$ -th columns in  $V_{m+n}Z$  has been transformed into  $+1$ , or  $-1$ , at the  $(i_k + 1, i_{k+1} + 1)$ -th entry of  $(V_{m+n}Z)V_{m+n}^{-1}$ , respectively.

Let  $\{r_1, r_2, \dots, r_m\} = \{1, 2, \dots, m, \dots, m+n\} \setminus \{i_1 + 1, i_2 + 1, \dots, i_n + 1\}$  where  $r_1 < r_2 < \dots < r_m$ . Let

$$\sigma = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \cdots & m & m+1 & m+2 & \cdots & m+n \\ r_1 & r_2 & \cdots & r_m & i_1 + 1 & i_2 + 1 & \cdots & i_n + 1 \end{pmatrix},$$

and let  $P$  be the permutation matrix corresponding to  $\sigma$ . Then

$$PV_{m+n}ZV_{m+n}^{-1}P^{-1} = \begin{bmatrix} (\overline{Z}_{11})_{m \times m} & (\overline{Z}_{12})_{m \times n} \\ (\overline{Z}_{21})_{n \times m} & (\overline{Z}_{22})_{n \times n} \end{bmatrix}_{(m+n) \times (m+n)}$$

where

$$(\overline{Z}_{12})_{m \times n} = O_{m \times n}$$

and

$$(\overline{Z}_{22})_{n \times n} = \begin{bmatrix} \omega_{11} & \omega_{12} & \cdots & \cdots & \omega_{1n} \\ \omega_{21} & \omega_{22} & \cdots & \cdots & \omega_{2n} \\ \vdots & \vdots & & & \vdots \\ \omega_{n1} & \omega_{n2} & \cdots & \cdots & \omega_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \pm 1 & \ddots & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & \cdots & 0 & \pm 1 \\ \pm 1 & 0 & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix}_{n \times n}$$

where the sign of  $\omega_{(k)(k+1)}$  corresponds to the sign of the slope of the graph  $y = f(x)$  at  $x = v_k$  for  $1 \leq k \leq n - 1$ , and the sign of  $\omega_{n1}$  corresponds to the sign of the slope of the graph  $y = f(x)$  at  $x = v_n$ .

Next, we consider  $(\overline{Z}_{11})_{m \times m}$ . First, notice that the  $(i, j)$ -th entry (where  $1 \leq i, j \leq m$ ) of  $V_m A$  is given by the number of intersection points of any horizontal line  $y = y_0$  where  $j - 1 < y_0 < j$  and the graph  $y = f(x)$  on  $[i - 1, m]$ . Similarly, the  $(r_i, r_j)$ -th entry of  $V_{m+n}Z$  is also given by the number of intersection points of any horizontal line  $y = y_0$  where  $j - 1 < y_0 < j$  and the graph  $y = f(x)$  on  $[i - 1, m]$ . Therefore, the  $(i, j)$ -th entry of  $V_m A$  is the same as the  $(r_i, r_j)$ -th entry of  $V_{m+n}Z$ .

Furthermore, if  $r_{j+1}$  is not directly after  $r_j$ , then the  $(r_i, r_j)$ -th entry, the  $(r_i, r_j + 1)$ -th entry, the  $(r_i, r_j + 2)$ -th entry,  $\dots$ , the  $(r_i, r_{j+1} - 1)$ -th entry of  $V_{m+n}Z$  are all the same.

Thus, by Lemma 3.1.(iv), the  $(i, j)$ -th entry of  $(V_m A)V_m^{-1}$  is the same as the  $(r_i, r_j)$ -th entry of  $(V_{m+n}Z)V_{m+n}^{-1}$ . In other words,  $(V_{m+n}Z)V_{m+n}^{-1}$ , when excluding the  $(i_1 + 1)$ -th,  $(i_2 + 1)$ -th,  $\dots$ ,  $(i_n + 1)$ -th, rows and columns, is the same as  $(V_m A)V_m^{-1}$ . Therefore,

$$(\overline{Z}_{11})_{m \times m} = V_m A V_m^{-1}.$$

Consequently, we obtain

$$\begin{aligned} Ch_Z(\lambda) &= \det(\lambda I_{m+n} - Z) \\ &= \det(\lambda I_{m+n} - PV_{m+n}ZV_{m+n}^{-1}P^{-1}) \\ &= \begin{vmatrix} \lambda I_m - V_mAV_m^{-1} & O_{m \times n} \\ -(\overline{Z}_{21})_{n \times m} & \lambda I_n - (\overline{Z}_{22})_{n \times n} \end{vmatrix}_{(m+n) \times (m+n)} \\ &= \det(\lambda I_m - V_mAV_m^{-1}) \det(\lambda I_n - (\overline{Z}_{22})_{n \times n}) \\ &= Ch_A(\lambda) (\lambda^n \pm 1), \end{aligned}$$

where the sign of  $\pm 1$  depends on the sign of the  $n$ -cycle. Specifically, if the sign of the  $n$ -cycle is given as  $(-1)^l (+1)^{n-l}$  for some  $0 \leq l \leq n$ , where  $l$  is the number of negative slopes, then

$$\begin{aligned} \det(\lambda I_n - (\overline{Z}_{22})_{n \times n}) &= \operatorname{sgn}(l) \lambda^n + \operatorname{sgn} \begin{pmatrix} 1 & 2 & \cdots & n-1 & n \\ 2 & 3 & \cdots & n & 1 \end{pmatrix} (+1)^l (-1)^{n-l} \\ &= \lambda^n + (-1)^{n-1} (+1)^l (-1)^{n-l} \\ &= \lambda^n + (-1)^{l+1}. \end{aligned}$$

Here,  $(-1)^{l+1} = +1$  (respectively  $-1$ ), if and only if  $l$  is odd (respectively, even), which corresponds to the sign of the  $n$ -cycle:  $(-1)^l (+1)^{n-l}$  being negative (respectively, positive).

This completes the proof of Proposition 2.2. □

### 6. Canonical form of the 0-1 matrix induced by the Markov map

By combining Proposition 2.1 and Proposition 2.2, we obtain the following result:

**Proposition 6.1.** *Suppose that  $U$  consists of  $n_0$  points converging to  $T$ , and the remaining  $n - n_0$  in  $U$  consist of  $n_i$  of  $(-)$ -signed  $l_i$ -cycles ( $i = 1, \dots, j$ ), and  $n_i$  of  $(+)$ -signed  $l_i$ -cycles ( $i = j + 1, \dots, k$ ), where*

$$n_0 + \sum_{i=1}^k n_i l_i = n.$$

Then,

$$Ch_Z(\lambda) = Ch_A(\lambda) \lambda^{n_0} \prod_{i=1}^j (\lambda^{l_i} + 1)^{n_i} \prod_{i=j+1}^k (\lambda^{l_i} - 1)^{n_i}.$$

**Remark 6.1.** *Conversely, consider a 0-1 matrix  $Z$  of size  $\ell$  induced by a Markov map  $f$  with  $S = \{0, 1, 2, \dots, \ell\}$ . Starting with  $Z$ , we decompose  $S$  into  $T$  and  $U$ . Naturally,  $T$  is chosen to include both endpoints  $0$  and  $\ell$  of the interval  $I = [0, \ell]$ , as well as every point where the slope of  $f$  is undefined, ensuring  $f(T) \subseteq T$ . The remaining points form  $U = S \setminus T$ . If necessary,  $U$  is further decomposed into subsets  $U_0, U_1, U_2, \dots$  by analyzing the dynamics of  $f$  on  $U$ . Through this decomposition of  $S$  into  $T, U_0, U_1, U_2, \dots$ , a proper permutation  $\sigma$  and its corresponding permutation matrix  $P$  are obtained. With these, we construct  $PV_\ell ZV_\ell^{-1}P^{-1}$ . While  $Z$  and  $PV_\ell ZV_\ell^{-1}P^{-1}$  are similar matrices, the latter provides a far richer representation of the dynamics of  $f$  on  $S$ . In this sense,  $PV_\ell ZV_\ell^{-1}P^{-1}$ , as introduced above, can be regarded as a “canonical form” of the 0-1 matrix associated with the given Markov map  $f$  and the set  $S$ .*

### References

[1] G. Baldwin, Generalizations of a theorem of Sarkovskii on the orbit of continuous real-valued functions, *Discrete Math.* **67**(2) (1987) 111–127.  
 [2] W. Byers, A. Boyarsky, Markov maps and the spectral radius of 0-1 matrices, *SIAM J. Algebraic Disc. Methods* **8**(3) (1987) 364–374.  
 [3] D. C. Fisher, Characteristic polynomials of Straffin digraphs, *Linear Algebra Appl.* **218** (1995) 103–111.  
 [4] R. Swanson, H. Volkmer, Invariants of weak equivalence in primitive matrices, *Ergod. Theory Dyn. Syst.* **20**(2) (2000) 611–626.  
 [5] Y. Takenouchi, “Digital” entropy induced by unimodal cyclic permutations, *Bull. Malays. Math. Sci. Soc.* **41**(2) (2018) 565–595.

---

## 竹之内芳文【数理教育研究センター客員研究員】

### ① 学術論文

Canonical form for the zero-one matrix induced by the Markov map, Yoshifumi Takenouchi, Contrib. Math. 11 (2025) 8-13 (査読有)

### ② 社会活動

数学特別講師として、2024年7月30日（火曜日）31日（水曜日）に、フリースクール「東京ワイズビー学園」の小4から高3まで、およそ30人を対象に、秋山仁先生の数学体験館の展示物や、先生のご著書「3か月でマスターする数学」を参考に、自分のネタも加えて以下、「刑事コロンの偽金貨」「トーナメントで優勝校を決めるには何試合すれば良いか?」「1対1対応と無限大」「ヒルベルトの無限ホテルのパラドックス」「無限銀行から毎年お金を借り続けて永遠に働かずに暮らす方法」「最後の林檎は毒林檎」「錠剤のシート、何回折ればいいの?」「数の概念の拡張と1対1対応の不思議」「花びら取りゲーム」「数当てゲーム」などの問題を子どもたちと楽しみました。

数学特別講師として、2025年1月14日（火曜日）15日（水曜日）にも、フリースクール「東京ワイズビー学園」の小4から高3まで、およそ30人を対象に、2024—25年度のグアム大学理学部数学科の Math Day のゲストスピーカーであった自由の森学園の数学教諭松元大地先生が、グアム大学の学生や現地の日本人学校の生徒に披露して下さった「逆ピラミッドの計算」「タコ星人・カニ星人と仲良くなるには?」などの問題を拝借して、子どもたちと楽しみました。

## 実学

特別講師：竹之内 芳文氏

グアム大学理学部数学科  
Assistant Professor





---

## 8-2. 2024 年度 研究活動報告書

客員研究員 松永 清子

2024 年度、離散幾何学の研究にも、数学教材開発にも精力的に取り組みました。

研究活動の成果として、特に、秋山教授との共著書「Treks into Intuitive Geometry, 2nd edition」がようやく出版され、また、秋山教授、Stefan Langerman 教授と共著で執筆した論文「Unveil the Secret Hidden in the Haberdasher's Puzzle」が専門誌 Lecture Notes in Computer Science 14364, Springer に掲載されることが決定しました。この論文の概要を以下に記します：

**Abstract** A reversible transformation (reversibility) is defined as a generalization of the hinged-transformation between a square and an equilateral triangle in the famous Haberdasher's puzzle by Henry E. Dudeney. In the article, we trace various achievements relating to the research on reversibility. The hidden relations between reversibility and other topics such as tile-makers, appropriate superimposition of two tilings, foldability for Conway tiles are unveiled.

## $k+l$ モールトンコンフィギュレーション

—  $l > k+1$  の場合の必要条件 —

客員研究員 吉見奈緒子

### 0.1 はじめに

天体力学の一分野にセントラルコンフィギュレーション（以下 c.c. とする）というものがある。いくつかの天体が系全体の重心を中心に、互いの距離の比を全く変えずにそれぞれの運動を続けるものという。物体の運動から、(加速度)  $\times$  (質量) = (物体に働く力) という微分方程式が得られる<sup>1</sup>が、これをニュートンの運動方程式と呼ぶ。面白いことに、 $n$  体問題におけるニュートンの運動方程式に  $\mathbf{q}(t) = \mathbf{c} + \phi(t)(\mathbf{q} - \mathbf{c})$  という式<sup>2</sup>を代入して計算すると、 $\phi(t)$  に関する微分方程式と  $\mathbf{q}$  に関する代数方程式に分かれる。c.c. は、この代数方程式を使って天体の配置について考えていく問題である。

c.c. の代表格は、オイラーの 3 体直線解 (1767) とラグランジュの正三角形解 (1772) だ。ニュートンの運動方程式を満たす 3 つの天体が直線上に並び得ることをオイラー (1707-1783) が示し、ラグランジュ (1736-1813) はそれに加えて運動する 3 体が常に正三角形を形作る解を示した。後にこの正三角形解を応用して発見されたのがトロヤ群と呼ばれる小天体の一群である。太陽、木星、トロヤ群が正三角形を成し、それを保ったままそれぞれの運動を続けている。その後、1910 年にはモールトン (1872-1952) がオイラーの 3 体による直線解を拡張し、 $n$  体直線解の存在を示した。

モールトンが導き出したことから、 $n$  体直線解をモールトンコンフィギュレーション (Moulton configuration, 以下、M.c. とする) とも呼ぶ。計算上はこの配置の存在が証明されたが、実世界では仮に  $n$  個の天体が直線上に並んだとしてもわずかな時間でその配置は崩壊することもわかっている<sup>3</sup>。

M.c. は与えられた  $n$  体の天体のそれぞれの質量とそれらが並ぶ順序に対してそれぞれの位置を求める問題であり、一方で Alain Albouy と Richard Moeckel は与えられた  $n$  体の位置に対してそれぞれの質量が決まることを証明した (2000)<sup>4</sup>。これらの研究を受けて筆者は、質量と位置の両方を求める問題として  $k+l$  モールトンコンフィギュレーション（以下、 $k+l$ -M.c. とする）を考えた。

すなわち、初めに  $k$  個の天体が M.c. となるように直線上に配置されていたとする。ここに別の  $l$  個の天体を加える。このようにある直線配置に新たな天体を加えれば、全体のバランスを保つために初めの  $k$  個の天体が左右に移動するか、あるいはバランスを崩してその配置が崩壊することが想像できる。が、与えられた  $k$  体の配置とその運動を全く変えることなく新たに  $l$  体を加えることがで

---

<sup>1</sup>加速度は位置ベクトル  $\mathbf{q}(t)$  を時間  $t$  で 2 回微分することで得られるため、微分方程式になる。

<sup>2</sup> $\mathbf{c}$  は系の重心、 $\phi(t)$  は  $t$  による実数値関数、 $\mathbf{q}$  は定ベクトルを表す。

<sup>3</sup>柴山允瑠著『重点解説 ハミルトン力学系可積分系と KAM 理論を中心に』(2016) サイエンス社 などを参照のこと

<sup>4</sup>Albouy, A., Moeckel, R.: *The Inverse Problem For Collinear Central Configurations*, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* **77**, 77-91 (2000)

きないだろうか。これが筆者がたてた問いである。この度、この問いに対して、一般解の全てを示す見通しがたった。本稿では、その前半部、質量に関する考察について述べることとする。

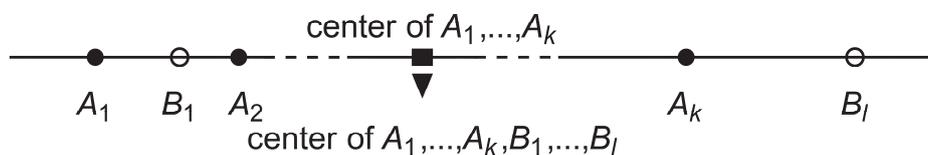


図 1:  $k + l$  Moulton configuration

本稿第 1 節では  $k + l$ -M.c. の定義とそこから得られたもの (定理 1, 定理 2) を示し、第 2 節では  $k + l$ -M.c. の方程式を質量についてときながら、どのような場合に解が存在し得るのかを探っていく。数学を専門にしないかたにも読んでいただけるような内容にしたため、逆に数学に精通しているかたは不満を感じられることであろう。より詳細な内容を求めるかたは、拙著『Positive Mass of  $k + l$ -Moulton Configuration』<sup>5</sup>を参考にさせていただきたい。

## 1 $k + l$ モールトンコンフィギュレーションとその方程式

### 1.1 $k + l$ モールトンコンフィギュレーション

$k + l$ -M.c. の一般解は、 $l$  の大きさによって 3 つに分けることができる。一つ目は  $l$  が  $k$  以下の場合、二つ目は  $l$  が  $k + 1$  と等しい場合、三つ目は  $l$  が  $k + 1$  より大きい場合である。つまり、 $l = k + 1$  が複数ある一般解の境界線と言える。以下の定理は、本誌の 2023 年度版に掲載したものだが、改めてここに記す。

**定理 1** 初めに与えられた  $k$  体の M.c. に対して、

- (I)  $l < k + 1$  の場合、**質量ゼロの解**、つまり加えられた  $l$  体全ての質量がゼロである解だけが存在し、
  - (i)  $k$  体で区切られたそれぞれの区間に加えられる数は、最大で一体であり、
  - (ii) 加えられた  $l$  体の位置はそれぞれ一意に決まり、その一つひとつを別のものと見なせば、 $k + l$ -M.c. は全部で  $(k + 1)k(k - 1) \cdots (k + 2 - l)$  通りある。
- (II)  $l = k + 1$  の場合、質量ゼロの解のほかに**質量正の解**、つまり加えられた  $l$  体の質量が全て正である解が存在し、
  - (i) その配置は、初めに与えられた  $k$  体と後から加えた  $l$  体が交互に並んだもののみであり、
  - (ii) 加えられた  $l$  体のそれぞれの位置が一意に決まり、
  - (iii) それぞれの質量はパラメータ  $t \geq 0$  に比例する。

<sup>5</sup>Yoshimi, N.: *Positive Mass of  $k + l$ -Moulton Configuration*. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, (2024)136:27

---

(III) 質量ゼロの解において加えられる天体の最大数は、 $k+1$ である。

ここで言う「質量ゼロ」とは質量が全くないということではなく、ないと考えても差し支えないくらい小さいということだ。例えば、太陽と比べて地球の質量は30万分の1であり、地球の質量が太陽の運動に与える影響は至極小さい。このような場合、その天体の質量をゼロとして扱う。蛇足だが、質量がゼロであれば、運動方程式などの計算が楽になるというメリットがある。実際、先にあげた三体直線解と正三角形解は3体のうち1体の質量をゼロと考えて見出された解だ。

質量がゼロであれば、無限個の天体を $k$ 体 M.c. に置くことができるのではないかと想像するが、実はその数には上限がある。初めに与えられた直線上の $k$ 体によって区切られる区間は、全部で $k+1$ だ。意外なことにそれぞれの区間に置ける質量ゼロの天体は、ただ1体である。なぜなら、質量ゼロの天体同士が隣り合うと、互いに同じ位置を占めようとして衝突が起きるからだ。したがって、質量ゼロの天体だけを加える場合、その最大値は $k+1$ である。

それでは、加える天体の質量が正になることはないのだろうか。 $l = k+1$ の場合方程式を解くと、加える天体の質量がパラメータに比例する。パラメータがゼロなら加える天体の質量もゼロになることは当然のことだが、パラメータが正の値を取ったとしても加える天体の全ての質量が正になるかどうかは判然としない。だが、全ての区間に一体ずつ加えることを仮定して求められる値の符号を調べると、どれも正になることが明らかになった。つまり、 $k+1$ の天体を全ての区間に一体ずつ加えるとき、初めてその質量が正となることが許される。

そしてこの度、以下の定理で示すように、新たに $l$ が $k+1$ より大きい場合の解が明らかになった。

**定理 2** 下の条件を満たした全ての配置に対して $k+l$ モールトンコンフィギュレーションの解が存在する。

- (i) 初めの $k$ 体によって区切られたそれぞれの区間に少なくとも一つ正の質量をもつ天体を加える
- (ii) ある区間に天体を複数加えるときには、そのうちのいくつかの質量がゼロであることが許されるが、質量ゼロの天体同士が隣り合ってはいけない
- (iii) 加えられる天体の位置は、それぞれが属する区間の中で決まる

補足すると、(i)は、初めに与えられた $k$ 個の天体によって区切られた $k+1$ の区間の全てに正の質量を持った天体を置く必要があるということだ。仮に天体を加えない区間が一つでもあれば、 $l$ 体全ての質量がゼロになるか、 $l$ 体のうち少なくともどれか一つの質量が負になってしまう。これは $k+l$ -M.c.の条件に反するので、このような場合は解なしとなる。

(ii)は、(i)を満たした上で質量ゼロの天体をさらに加えることができるが、すでに述べたように質量ゼロの2体を隣り合うように置いてはいけないことを表している。

## 1.2 $k+1$ -モールトンコンフィギュレーションの方程式

本稿に必要な記号を定義する。初めに与えられた天体の一つひとつを $A_1, A_2, \dots, A_k$ で表し、それを一括りにして集合 $A$ とする。一方、後から加える天体を $B_1, B_2, \dots, B_l$ で表し、その集合を $B$ とする。

---

また、それぞれの天体の位置を  $q_{A_1}, q_{A_2}, \dots, q_{A_k}, q_{B_1}, q_{B_2}, \dots, q_{B_l}$ , その質量を  $m_{A_1}, m_{A_2}, \dots, m_{A_k}, m_{B_1}, m_{B_2}, \dots, m_{B_l}$  で示し、例えば  $\mathbf{q}_A$  と書いたときには、ベクトル  $(q_{A_1}, q_{A_2}, \dots, q_{A_k})$  を表す ( $\mathbf{q}_B, \mathbf{m}_A, \mathbf{m}_B$  についても同じ)。配置に関しては、常に  $q_{A_1} < q_{A_2} < \dots < q_{A_k}$  が成り立ち ( $\mathbf{q}_B$  についても同じ)、集合  $A$  の元の質量はどれも正の値であるが、集合  $B$  の元の質量はどれも非負、つまりゼロ以上とする。また、場面に応じて  $k+l$  体を  $A_i$  ( $1 \leq i \leq k$ ) や  $B_j$  ( $1 \leq j \leq l$ ) の区別をつけずに左から通し番号を振って、その位置や質量を  $\mathbf{q} = (q_1, q_2, \dots, q_{k+l})$ ,  $\mathbf{m} = (m_1, m_2, \dots, m_{k+l})$  と表すこともある。これらを使って、 $k+l$ -M.c. の定義を以下に述べる。

**定義 1** ( $k+l$ -Moulton configuration)  $k+l$ -M.c. とは、M.c. を成す  $k$  体の集合  $A$  に対して新たに  $l$  体の集合  $B$  を加えたとき、以下の条件を満たすものをいう。

- (i)  $\mathbf{q}$  と  $\mathbf{m}$  が M.c. であり、このときの  $(\mathbf{m}_A, \mathbf{q}_A)$  が集合  $B$  を加える前と等しい。
- (ii) 集合  $A$  の運動が集合  $B$  を加える前の運動と全く変わらない。

M.c. の運動は、系の重心とその角速度<sup>6</sup>で決まる<sup>7</sup>。よって、上の (ii) は、集合  $B$  を加えた時の系の重心と角速度が集合  $A$  だけの時のそれと同じであることを求めている。

この定義にしたがって、 $A$  の元と  $B$  の元を同一直線上に並べた時の M.c. の方程式を書き換えていくと以下のような方程式が得られる。本稿では、これを解くことで  $k+l$ -M.c. が計算上存在するのかを考察する<sup>8</sup>。

$$\mathbf{H}_1 {}^t \mathbf{m}_B + \mathbf{H}_2 {}^t \mathbf{m}_A + \lambda {}^t \mathbf{q}_B = \mathbf{0}, \quad (1)$$

$$\mathbf{H}_3 {}^t \mathbf{m}_B = \mathbf{0}. \quad (2)$$

$\mathbf{H}_1, \mathbf{H}_2, \mathbf{H}_3$  はいずれも行列である。 $\mathbf{H}_1$  は  $l$  行  $l$  列、 $\mathbf{H}_2$  は  $l$  行  $k$  列、 $\mathbf{H}_3$  は  $k$  行  $l$  列だ。 $\mathbf{H}_1$  は歪対称行列<sup>9</sup>、 $\mathbf{H}_2$  と  $\mathbf{H}_3$  は、 $\mathbf{H}_2 = -{}^t \mathbf{H}_3$  という関係である。つまり転置して  $-1$  をかけると相手の行列となる。本稿の最大の関心事は、この方程式を満たす  $(\mathbf{m}_B, \mathbf{q}_B)$  の組みが存在するかどうかである。

### 1.3 行列 $\mathbf{H}_3$ と配置行列

ここでは、(2) 式の行列  $\mathbf{H}_3$  と **定理 2** の証明で必要となる配置行列について述べる。ここからは、読者の理解を助けるために具体例を用いて  $\mathbf{H}_3$  について述べる。

**例 1** 初めに 3 体  $A = \{A_1, A_2, A_3\}$  が与えられていて、そこに 6 体  $B = \{B_1, \dots, B_6\}$  を下のよう  
に並べることを仮定する。

$$B_1, A_1, B_2, B_3, B_4, A_2, B_5, A_3, B_6.$$

このとき位置ベクトル  $\mathbf{q}$  は

$$(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9) = (q_{B_1}, q_{A_1}, q_{B_2}, q_{B_3}, q_{B_4}, q_{A_2}, q_{B_5}, q_{A_3}, q_{B_6}). \quad (3)$$

<sup>6</sup>各速度とは物体が回転運動をするときの回転の速さを、単位時間の回転角で表したものをいう

<sup>7</sup>Moulton, F. R.: *The Straight Line Solutions of the Problem of  $N$  Bodies*. *Annals of Mathematics* **2**(12), 1-17 (1910), *The Inverse Problem For Collinear Central Configurations* (前掲書) を参照のこと

<sup>8</sup>方程式の詳細については、本誌の 2023 年度版を参照のこと

<sup>9</sup>歪対称行列とは、 $\mathbf{H}_1 = -{}^t \mathbf{H}_1$  で書ける正方行列をいう。対角成分が全てゼロで、ほかの成分は全て  $h_{ij} = -h_{ji}$  である

$\mathbf{H}_3$  は、下記のように行列の縦に  $q_{A_1}$  から  $q_{A_k}$  を、横に  $q_{B_1}$  から  $q_{B_l}$  を順に並べて、縦横が交差する場所の成分が  $(q_{A_i} - q_{B_j})^{-2}$  となるような行列である。例 1 の場合は、

	$q_{B_1}$	$q_{B_2}$	$q_{B_3}$	$q_{B_4}$	$q_{B_5}$	$q_{B_6}$
$q_{A_1}$	$(q_{A_1} - q_{B_1})^{-2}$	$(q_{A_1} - q_{B_2})^{-2}$	$(q_{A_1} - q_{B_3})^{-2}$	$(q_{A_1} - q_{B_4})^{-2}$	$(q_{A_1} - q_{B_5})^{-2}$	$(q_{A_1} - q_{B_6})^{-2}$
$q_{A_2}$	$(q_{A_2} - q_{B_1})^{-2}$	$(q_{A_2} - q_{B_2})^{-2}$	$(q_{A_2} - q_{B_3})^{-2}$	$(q_{A_2} - q_{B_4})^{-2}$	$(q_{A_2} - q_{B_5})^{-2}$	$(q_{A_2} - q_{B_6})^{-2}$
$q_{A_3}$	$(q_{A_3} - q_{B_1})^{-2}$	$(q_{A_3} - q_{B_2})^{-2}$	$(q_{A_3} - q_{B_3})^{-2}$	$(q_{A_3} - q_{B_4})^{-2}$	$(q_{A_3} - q_{B_5})^{-2}$	$(q_{A_3} - q_{B_6})^{-2}$

これに (3) を代入すると

	$q_1$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_7$	$q_9$
$q_2$	$(q_2 - q_1)^{-2}$	$(q_2 - q_3)^{-2}$	$(q_2 - q_4)^{-2}$	$(q_2 - q_5)^{-2}$	$(q_2 - q_7)^{-2}$	$(q_2 - q_9)^{-2}$
$q_{A_6}$	$(q_6 - q_1)^{-2}$	$(q_6 - q_3)^{-2}$	$(q_6 - q_4)^{-2}$	$(q_6 - q_5)^{-2}$	$(q_6 - q_7)^{-2}$	$(q_6 - q_9)^{-2}$
$q_{A_8}$	$(q_8 - q_1)^{-2}$	$(q_8 - q_3)^{-2}$	$(q_8 - q_4)^{-2}$	$(q_8 - q_5)^{-2}$	$(q_8 - q_7)^{-2}$	$(q_8 - q_9)^{-2}$

となる。これをより簡単な表記にするために  $h_{ij} = (q_i - q_j)^{-2}$  と決めるが、もう一工夫して  $i > j$  の場合は  $-h_{ji}$  と表すことにする。例えば、 $(q_2 - q_4)^{-2} = h_{24}$  だが、 $(q_2 - q_1)^{-2} = h_{21} = -h_{12}$  となる。よって、上の表から、

$$\mathbf{H}_3 = \begin{pmatrix} -h_{12} & h_{23} & h_{24} & h_{25} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{38} & -h_{48} & -h_{58} & -h_{78} & h_{89} \end{pmatrix}$$

と表現できる。この行列  $\mathbf{H}_3$  に対して以下のことがわかる。

**系 1** 上下の成分の符号が同じであれば、上の成分より下の成分のほうが大きい。

例えば、一行目の  $-h_{12}$  と  $-h_{16}$  を比べると、下の成分にあたる  $-h_{16}$  のほうが大きい。さらに  $-h_{16}$  と  $-h_{18}$  を比べると、下の成分にあたる  $-h_{18}$  のほうが大きい。また、最後の行は全て正の数だが、各成分の大きさは、 $h_{29} < h_{69} < h_{89}$  だ。

次に  $\mathbf{H}_3$  の成分からそのエッセンスを取り出した作った配置行列  $\mathbf{d}_n = (d_{ij})$  ( $1 \leq i, j \leq n$ ) を以下のように定義する。

**定義 2** 以下の条件を全て満たす  $n$  次正方行列を配置行列と呼ぶ。

- (a)  $i < j$  であれば、 $d_{ij}$  は正の数
- (b)  $i > j$  であれば  $d_{ij}$  は負の数
- (c) 対角成分<sup>10</sup>のうち、左上から  $r$  ( $0 \leq r \leq n$ ) 番めまでは負の数、 $r + 1$  番めから  $n$  番めまでは正の数
- (d) 上下の成分の符号が同じであれば、上の成分より下の成分のほうが大きい

配置行列の行列式に関して、次の命題が成り立つ。

<sup>10</sup>対角成分とは、正方行列の左上から右下までの対角線上の成分、つまり  $d_{ii}$  ( $1 \leq i \leq n$ ) で表すことができる成分をいう

**命題 1** 配置行列の対角成分の負の数が奇数であれば、その行列式は負の値であり、逆に偶数であればその行列式は正の値になる。

この命題の証明は、紙数の関係で割愛するが、これは配置行列が逆行列を持つことを意味する。

## 2 質量問題

ここからは具体的に方程式を解いていく。先に示した定理 1 の (II) に示したとおり、 $l = k + 1$  の場合、初めに与えられた天体で区切られる各区間に一つずつ新たに加えた配置のみが、 $k + l$ -M.c. の解になる。これを出発点として、 $l > k + 1$  の場合にどんな解が存在するのかを考察する。

### 2.1 ある区間に複数の天体を置いた場合

まず初めに、 $k + 1$  の区間の一つに 2 以上の天体を置き、ほかの  $k$  の区間に一つずつ置いた場合を考える。分かりやすさのために、例 1 を使って (2) 式を質量について解いていく。(2) 式を、この例の場合で書き下すと

$$\mathbf{H}_3^t \mathbf{m}_B = \begin{pmatrix} -h_{12} & h_{23} & h_{24} & h_{25} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{38} & -h_{48} & -h_{58} & -h_{78} & h_{89} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} = \mathbf{0}.$$

$3 \times 6$  行列を  $3 \times 3$  の正方行列にするために、これを下のよう書き直す。

$$\begin{pmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{78} & h_{89} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} h_{23} & h_{24} & h_{25} \\ -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} \\ -h_{38} & -h_{48} & -h_{58} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_3 \\ m_4 \\ m_5 \end{pmatrix} = \mathbf{0}. \quad (4)$$

ここでポイントとなるのが、一つの区間に一つずつ置いた  $B_1, B_5, B_6$  の質量を表す  $m_1, m_7, m_9$  を第一項に、第二区間に置かれた  $B_2, B_3, B_4$  の質量を表す  $m_3, m_4, m_5$  を第二項にしたことだ。こうすると、初めの行列は配置行列となり、2 番目の行列は各行の成分の符号がどれも同じになる。

さらに第二項を移行すると

$$\begin{pmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{78} & h_{89} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} h_{23} & h_{24} & h_{25} \\ -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} \\ -h_{38} & -h_{48} & -h_{58} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_3 \\ m_4 \\ m_5 \end{pmatrix}.$$

左辺の正方行列は配置行列なので逆行列を持つ。したがって、両辺の左側からこの逆行列をかける。

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{78} & h_{89} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} h_{23} & h_{24} & h_{25} \\ -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} \\ -h_{38} & -h_{48} & -h_{58} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_3 \\ m_4 \\ m_5 \end{pmatrix}.$$

次に、クラメールの公式を使ってこの右辺を計算したものを簡略化して次のように表す。

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} = -\frac{1}{D} \begin{pmatrix} D_{11}m_3 + D_{12}m_4 + D_{13}m_5 \\ D_{21}m_3 + D_{22}m_4 + D_{23}m_5 \\ D_{31}m_3 + D_{32}m_4 + D_{33}m_5 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

詳述すると、 $D = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{78} & h_{89} \end{vmatrix}$  は (4) の第一項の行列の行列式、 $D_{11} = \begin{vmatrix} h_{23} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{36} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{38} & -h_{78} & h_{89} \end{vmatrix}$

は  $D$  の第一行を (4) の第二項の第一行と取り替えたもの、 $D_{12} = \begin{vmatrix} h_{24} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{46} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{48} & -h_{78} & h_{89} \end{vmatrix}$  は同じく  $D$  の

第一行を (4) の第二項の第二行と、 $D_{13} = \begin{vmatrix} h_{25} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{56} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{58} & -h_{78} & h_{89} \end{vmatrix}$  は第二項の第三行と取り替えたもの。

$$D_{21} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{23} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{36} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{38} & h_{89} \end{vmatrix}, D_{22} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{24} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{46} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{48} & h_{89} \end{vmatrix}, D_{23} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{25} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{56} & h_{69} \\ -h_{18} & -h_{58} & h_{89} \end{vmatrix},$$

は  $D$  の第二行をそれぞれ (4) の第二項の第一行、第二行、第三行と取り替えたもの。同様に、

$$D_{31} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{23} \\ -h_{16} & h_{67} & -h_{36} \\ -h_{18} & -h_{78} & -h_{38} \end{vmatrix}, D_{32} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{24} \\ -h_{16} & h_{67} & -h_{46} \\ -h_{18} & -h_{78} & -h_{48} \end{vmatrix}, D_{33} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{25} \\ -h_{16} & h_{67} & -h_{56} \\ -h_{18} & -h_{78} & -h_{58} \end{vmatrix}.$$

ここで知りたいのは、(5) の左辺の  $m_1, m_7, m_9$  が正の値になるか、負の値になるかだ。これを調べるために先の**命題 1**を使う。 $D$  が配置行列であることは先に述べたが、対角行列の負の数が一つなので  $D$  は負の値である。では、 $D_{11}$  はどうだろうか。これも**定義 2** の条件を全てを満たしているので配置行列であり、対角成分に負の数が無い。従って、 $D_{11} > 0$ 、同様に  $D_{12} > 0$ 、 $D_{13} > 0$  がわかる。 $D_{21}$  も同様に配置行列であり、対角成分の負の数が偶数なので  $D_{21} > 0$ 、同様に  $D_{22} > 0$ 、 $D_{23} > 0$  がわかる。最後に  $D_{31}$  だが、一見すると配置行列とは思われない。そこで、第二行と第三行を入れ

替えて  $D_{31} = - \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{23} & h_{27} \\ -h_{16} & -h_{36} & h_{67} \\ -h_{18} & -h_{38} & -h_{78} \end{vmatrix}$  と書き直す。これは**定義 2** の条件を全てを満たしているので

配置行列であり、対角成分に負の数が3つ、更に行列式の前にマイナスがあるので、 $D_{31} > 0$  が得られる。同様に  $D_{32} > 0$ 、 $D_{33} > 0$  である。これを (5) にあてはめるとき、 $m_3, m_4, m_5$  が正の数であれば、 $m_1, m_7, m_9$  も正の値となることがわかる。

これまで (5) 式に現れる行列式の符号を一つひとつ見てきたが、この結果から

**命題 2**  $k+1$  の区間の一つに2以上の天体を置き、ほかの  $k$  の区間に一つずつ置いた場合、 $\mathbf{H}_3 \mathbf{m}_B = \mathbf{0}$  から生成される  $-1/D \times D_{st}$  ( $1 \leq s, t \leq k$ ) は、正である。

が得られる<sup>11</sup>。つまり、 $D$ がプラスなら全ての $D_{st}$ はマイナス、 $D$ がマイナスなら全ての $D_{st}$ はプラスになる。証明は省くがこの命題は、 $k+1$ ある区間の一つに2以上の天体を置き、ほかの $k$ の区間に一体ずつ置いた場合であればいつでも成り立つ。よって、この場合には必ず「後から加えた天体の質量を全て正にすることができる」と言える。また、同じ区間に複数の天体を置いたもののうち、いくつかの質量をゼロにすることも可能だ。例1であれば、 $B_2, B_3, B_4$ のうちどれか1体の質量を正にして、ほかの2体の質量をゼロにすることも、逆にどれか2体の質量を正にして、残りの1体の質量をゼロにすることもできる。ただし、質量がゼロのもの同士を隣り合わせるができないので、2体の質量をゼロにするのであれば、その間に正の質量のものを置かなければならない。

## 2.2 複数の区間のそれぞれに複数の天体を置いた場合

複数の区間に複数の天体を置いた場合、例1の場合と同様に後から加えた天体の全ての質量が正になると言えるだろうか。

例2 例1と同様に初めに3体 $A = \{A_1, A_2, A_3\}$ が与えられているとして、そこに7体の $B = \{B_1, \dots, B_7\}$ を下のように並べることを仮定する。

$$B_1, A_1, B_2, B_3, B_4, A_2, B_5, B_6, A_3, B_7.$$

このとき位置ベクトル $\mathbf{q}^{12}$ は

$$(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9, q_\alpha) = (q_{B_1}, q_{A_1}, q_{B_2}, q_{B_3}, q_{B_4}, q_{A_2}, q_{B_5}, q_{B_6}, q_{A_3}, q_{B_7}). \quad (6)$$

(2) 式を、この例の場合で書き下すと

$$\mathbf{H}_3^t \mathbf{m}_B = \begin{pmatrix} -h_{12} & h_{23} & h_{24} & h_{25} & h_{27} & h_{28} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} & h_{67} & h_{68} & h_{69} \\ -h_{19} & -h_{39} & -h_{49} & -h_{59} & -h_{79} & -h_{89} & h_{9\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_7 \\ m_8 \\ m_9 \end{pmatrix} = \mathbf{0}.$$

さらに先の例と同様に、これを下のように書き直す。

$$\begin{pmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{19} & -h_{79} & h_{9\alpha} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} h_{23} & h_{24} & h_{25} & h_{28} \\ -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} & h_{68} \\ -h_{39} & -h_{49} & -h_{59} & -h_{89} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_8 \end{pmatrix} = \mathbf{0}. \quad (7)$$

<sup>11</sup>ここで $k$ としたのは一般的な $k+l$ -M.c.の場合である。例1では $1 \leq s, t \leq 3$ 。

<sup>12</sup>下の左辺のベクトルにある下付きの $\alpha$ は10番目を表す。 $q_{10}$ は具合が悪いので $\alpha$ を代用している

ここで注目すべきは、初めの行列は例1と同じく配置行列だが、2番目の行列は例1と違って各行の成分の符号が最後の行だけ違うことだ。例1と同様に第二項を移行してから両辺の左側から左辺の行列の逆行列をかけると、

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{19} & -h_{79} & h_{9\alpha} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} h_{23} & h_{24} & h_{25} & h_{28} \\ -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} & h_{68} \\ -h_{39} & -h_{49} & -h_{59} & -h_{89} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_8 \end{pmatrix}.$$

この右辺を計算したものを、簡略化して次のように表す。

$$\begin{pmatrix} m_1 \\ m_7 \\ m_9 \end{pmatrix} = -\frac{1}{D} \begin{pmatrix} D_{11}m_3 + D_{12}m_4 + D_{13}m_5 + D_{14}m_8 \\ D_{21}m_3 + D_{22}m_4 + D_{23}m_5 + D_{24}m_8 \\ D_{31}m_3 + D_{32}m_4 + D_{33}m_5 + D_{34}m_8 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

$D_{14}, D_{24}, D_{34}$  以外は先の例と同様に  $D < 0, D_{11}, D_{12}, D_{13}, D_{21}, D_{22}, D_{23}, D_{31}, D_{32}, D_{33} > 0$ 。一方、

$$D_{24} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{28} & h_{29} \\ -h_{16} & h_{68} & h_{69} \\ -h_{19} & -h_{89} & h_{9\alpha} \end{vmatrix} < 0, \text{ だが、 } D_{14} = \begin{vmatrix} h_{28} & h_{27} & h_{29} \\ h_{68} & h_{67} & h_{69} \\ -h_{89} & -h_{79} & h_{9\alpha} \end{vmatrix} \text{ と } D_{34} = \begin{vmatrix} -h_{12} & h_{27} & h_{28} \\ -h_{16} & h_{67} & h_{68} \\ -h_{19} & -h_{79} & -h_{89} \end{vmatrix}$$

は配置行列の条件を満たしていない。そこで、一計を案じる。ここで狙っているのは、どの場合でも後から加えた天体の質量がゼロ以上になる、ということだ。仮に  $D_{i4}m_8$  ( $i = 1, 2, 3$ ) がゼロ以下であっても、その値が小さければ全体としては  $m_1, m_7, m_9$  を正の値にできる。 $D_{i4}$  の値は判然としない一方、 $m_8$  はパラメータなのでこちらで自由に決めることができる。よって、 $m_3, m_4, m_5$  を正の値、それに対して  $m_8$  を十分小さな正の数またはゼロにすれば、目的の質量  $m_1, m_7, m_9$  は正になる。

これらの例題でわかるように、加える天体を一つ増やすとパラメータが一つ増え、それに付随して行列式が  $k$  だけ増える (例2では、 $k = 3$ )。が、先に述べたようにパラメータを十分小さく取れば、求める天体の質量が正の値になることが担保される。

### 2.3 天体を加えない区間がある場合

ここまで、 $k + 1$  の全ての区間に少なくとも一つ、 $B$  の元を加えることを考えてきたが、もし、一つも加えない区間があったらどうなるだろうか。

**例3** 例1の並びから  $B_5$  を  $A_3$  の右側に移動させる。つまり、下記のように  $A_2$  と  $A_3$  の間は空っぽになり、 $A_3$  の右側に  $B_5$  と  $B_6$  を配置する。

$$B_1, A_1, B_2, B_3, B_4, A_2, A_3, B_5, B_6.$$

このとき位置ベクトル  $\mathbf{q}$  は

$$(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6, q_7, q_8, q_9) = (q_{B_1}, q_{A_1}, q_{B_2}, q_{B_3}, q_{B_4}, q_{A_2}, q_{A_3}, q_{B_5}, q_{B_6}). \quad (9)$$

---

したがって、方程式 (2) は、

$$\mathbf{H}_3 \mathbf{m}_B = \begin{pmatrix} -h_{12} & h_{23} & h_{24} & h_{25} & h_{28} & h_{29} \\ -h_{16} & -h_{36} & -h_{46} & -h_{56} & h_{68} & h_{69} \\ -h_{17} & -h_{37} & -h_{47} & -h_{57} & h_{78} & h_{79} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \\ m_8 \\ m_9 \end{pmatrix} = \mathbf{0}.$$

これを書き下すと、

$$\begin{aligned} -h_{12}m_1 + h_{23}m_3 + h_{24}m_4 + h_{25}m_5 + h_{28}m_8 + h_{29}m_9 &= 0, \\ -h_{16}m_1 - h_{36}m_3 - h_{46}m_4 - h_{56}m_5 + h_{68}m_8 + h_{69}m_9 &= 0, \\ -h_{17}m_1 - h_{37}m_3 - h_{47}m_4 - h_{57}m_5 + h_{78}m_8 + h_{79}m_9 &= 0. \end{aligned}$$

この 3 本の方程式の下の 2 本の両辺をそれぞれ引き算すると、

$$\begin{aligned} (-h_{16} + h_{17})m_1 + (-h_{36} + h_{37})m_3 + (-h_{46} + h_{47})m_4 \\ + (-h_{56} + h_{57})m_5 + (h_{68} - h_{78})m_8 + (h_{69} - h_{79})m_9 = 0. \end{aligned}$$

系 1 で示した通り、 $\mathbf{H}_3$  は、上下の成分の符号が同じであれば下の成分の方が大きい。それを利用すると、上式の括弧内の値はいずれも負であることがわかる。よって、この方程式が満たされるためには、 $m_i$ , ( $i = 1, 3, 4, 5, 8, 9$ ) のいずれかが負の値であるかあるいはその全てがゼロである必要がある。しかし、後から加える天体の質量はゼロまたは正であることが  $k+l$ -M.c. の条件だ。さらに、隣り合う二つの天体の質量がゼロであってはいけないことは先に示した。よって、この配置は、 $k+l$ -M.c. の解とは言えない。このことは、例 3 のように空っぽの区間があるどの場合でも同様である。したがって、 $k+l$ -M.c. の解であるためには、全ての区間に天体を加える必要がある。

### 3 終わりに

これまで方程式 (2) について考察してきたので、ここからは、もう一つの方程式 (1) について考えていくのだが紙数の関係で、この先は次年度の活動報告書に譲ることとする。最後まで読んでくださった読者の皆様にはこころより御礼申し上げます。

理数教育研究センターの皆様が客員研究員として快く迎え入れてくださったことで、安心して研究活動に励むことができました。加えて、毎年の活動報告書を執筆することで研究内容を整理し、より平易な言葉でそれを伝える機会を得られました。関係のかたがたに心より御礼申し上げます。

末筆になりましたが、この 10 年という長い年月、本研究が実を結ぶために指導激励して下さった東京理科大学 名誉教授 吉岡朗先生に幾重にも感謝し、こころより御礼申し上げます。

---

2024年度（令和6年度）東京理科大学教育支援機構  
理数教育研究センター活動報告書

発行・編集：東京理科大学教育支援機構理数教育研究センター  
発行月：2025年6月