

「感じる数学 Tangible Math ～ガリレイからポアンカレまで～」

数学みえる化プロジェクト

東北大学大学院理学研究科

正宗 淳

2022 年の夏に北海道大学で数学展示が開催されました。この展示を主催したプロジェクトを代表して展示についてご報告いたします。

1 概要

札幌近郊の高校の数学教員や北海道大学（以下、「北大」と書く）に由来のある数学教員、北大の学生らが集まって「数学みえる化プロジェクト」と称するプロジェクトを起し、数学の啓蒙を目的とする展示を以下のとおり開催しました。

【展示】感じる数学 Tangible Math ～ガリレイからポアンカレまで～

【会場】北大総合博物館 1 階企画展示室

【会期】2022 年 7 月 30 日（土）～2022 年 9 月 25 日（日）

【入場料】無料

【主催】北大総合博物館、数学みえる化プロジェクト

【協力】北大大学院理学研究院数学部門、北海道算数数学教育会高等学校部会研究部
数学教育実践研究会、株式会社エーアイテック、株式会社くいんと、ほか

展示会場には、ガリレイからポアンカレまでの数学が発展してきた歴史の一端を説明する 35 枚の解説パネル、その歴史に関する、来場者が自由に触れることができる 20 個の展示制作物、また、展示制作物に関する動画を映す 4 個のデジタルサイネージを設置しました。事前研修を受けたボランティアとプロジェクトメンバーが来場者を案内し、展示制作物の遊び方やその歴史的意義、背景の数学について解説をしました。また、北大の数学教員らによる「解説ツアー」を定期的に行いました。関連する活動として、展示と同名の書籍を共立出版から刊行し、講演会「人々へ届け！ 数学の手触り」（講演者：秋山仁氏、石井恵三氏、ヨビノリたくみ氏）を 9 月 17 日に開催しました（後援：日本数学会）。

会期中の累計来館者数は 43000 人以上、本展示のアーカイブの YouTube 動画の再生数は 23 万回以上（2023 年 3 月時点）。来場者のアンケートは好意的なものが大半を占め、

ボランティアからは「様々な交流があり、とても有意義な体験であった」という感想を多く聞きました。この展示に参加した子どもが、関連する題材で夏休みの自由研究を行った、などの教育に対する波及効果を示す報告が多々ありました。本展示に参加した方からプロジェクトが依頼を受け、同様の内容の展示を、2022年12月17・18日に「サイエンスフェスタ 2022 北海道大学×チ・カ・ホ」（会場：札幌地下歩行空間、主催：北大）、2023年1月8日に「学生の科学展 2023」（会場と主催：旭川市科学館）にて開催しました。

2 準備と会場の様子

2.1 なぜ展示？

学ぶことが本来もつ楽しさ、学問の広大さを子どもたちに感じて欲しくて、それを伝えるために、体験型の数学展示をすることにしました。後で知りましたが、科学イベントは子どもが科学に関心を持つための有効な手段だそうです。

この展示の目標は「数学に対する好奇心を刺激し、また、専門家を唸らせる」です¹。そのため、ガリレイからポアンカレまでの歴史のなかで、我々、作り手側が特に面白いと思う発見を紡いで、挫折と栄光のダイナミックなストーリーを前面に打ち出しました。ガリレイが切り開いた細い道をホイヘンスやニュートンが引き継いで遙か先まで到達した、いわゆる「巨人の肩の上に立つ」人のつながりや、三体問題で一度は失敗したポアンカレが諦めることなく研究を続けた結果、誰も想像だにできなかった大発見をするといった、挑戦者を勇気づける事実がこのストーリーの核でした。そして、驚きで目が離せない実験で来場者を惹きつけ、「この宇宙は数学で記述される」というガリレイや「数学は現象を正確に予想するための大変有効な手段である」というフェルマーの哲学を紹介しました。サイクロイド振り子の等時性とサイクロイド滑り台の最速降下性を例に、一見異なる現象が数学を用いると統一的に理解できることを伝え、オイラーの多面体定理を萌芽とする新しい数学が科学の大問題にてブレイクスルーを起こしたことを例に、イノベーションは想定外から生まれたことなども伝えました。

展示の準備にあたり、数学の啓蒙に関する二つの施設を参考にしました。一つ目は、東京の神楽坂にある東京理科大学の数学体験館です。館長の秋山仁氏からは、数学啓蒙に

¹以前、札幌のとある優秀な高校に、北大の数学以外の先生たちとグループで出前出張をしたとき、ダントツで人気があったのが数学の講義でした。講演後は質問も多くとても盛り上がりましたが、進路アンケートでは大半の学生が「医学部進学希望」とあり、がっかりしました。この経験以降、高校生を相手にしては遅すぎるのではないかと考えるようになりました。

関するご自身の経験を基にした貴重なアドバイスや、講演会に助手を伴って駆けつけていただくなど、大変なご尽力をいただきました。ここでは特に、会場の立地と解説員の重要さを学びました。二つ目は米国ニューヨークにある国立数学博物館です。こちらは、子どもが好きそうなことと数学をダイレクトに繋ぐなど、ターゲットに興味を持たせるための徹底した工夫が印象的でした。これら二つの施設では、数学の広い範囲から題材を選んでいるのに対して、我々の展示は先に述べたストーリーに沿うことが特徴だと思います。ちなみに、入場料は、数学体験館は無料で、ニューヨークの国立数学博物館は大人が25ドル、学生と子供、シニアは20ドルです。正直、値段が高いと感じましたが、それでも、私が行った冬休みにそこそこの人が来館していました。我々の展示は、北大総合博物館の予算や企業の協力・協賛を受けることで、無料でした。

2.2 展示内容

展示会場は、北大総合博物館の企画展示室（縦横の長さは約10メートル×14メートル）をお借りしました。北大総合博物館は立地が大変よく、博物館の方が札幌市時計台より訪問者数が多い、と博物館の先生から伺いました。そこに、次の展示制作物と解説パネル、デジタルサイネージを併せて展示しました。

- ガリレイの振り子とホイヘンスの振り子（等時性）
- 4つの異なる形の滑り台（最速降下曲線，等時性）
- 3Dプリンタによる形状最適化オブジェ（最適化理論の応用）
- デュドニの三角形オブジェ（不変量）
- 多面体（トポロジーの萌芽）
- 二重振り子（三体問題とカオス）
- ゴルトンボード（中心極限定理）

展示制作物の後に記載したカッコ内がその展示制作物のテーマです。これら以外に「微積分」もテーマでしたが、解説パネルのみ制作しました。

展示内容に関わる数学を学ぶため、2018年から月一回の勉強会を北大数学で開催しました。展示のテーマが確定した後は、テーマごとに担当するチームを作り、担当チームはテーマを掘り下げて関わる歴史を調査し、また、展示制作物のアイデアを考案しました。展示制作物の制作については、提案及び設計は二重振り子以外の全てをプロジェクトが担当し、制作は地元の木工業者、また、協賛の企業（(株) エーアイテック）とプロジェクトが協力して担当しました。二重振り子の設計図は、この活動に利用を限定す

るという条件で、デザイナーの Nathan Kandus 氏からご厚意で頂きました。3D プリンタで制作した形状最適化オブジェは、山田崇恭氏（東京大学工学部）と（株）くいんと様からご提供いただきました。ポスターとパネル、書籍のデザインはグラフィックデザイナーの岡田善敬氏にご担当いただきました。デジタルサイネージで映した動画は北大総合博物館のスタッフとプロジェクトが制作しました。

2.3 ボランティアと解説ツアー

展示制作物の扱い方を説明したり、その背景にある数学を来場者に解説するため、会場にはフロア担当と解説担当のボランティアをほぼ常時、3～6 人配置しました。ボランティアはプロジェクトメンバーがそれぞれ所属する機関にて募集したり、札幌市に募集をかけてもらったりして、高校生や大学生、大学院生、教員を中心に総勢約 50 人で構成されました。また、北大博物館のミュージアム マイスター認定コースにもご協力いただきました。同コースの教材を今回のイベントに合うように修正をしてボランティアに配布し、同コースの担当の先生にボランティアを指導していただきました。解説員には関連本と解説の解説動画を用いて準備をしていただきました。

来場者はボランティアの説明を受けて展示物で実験をしたり、解説員から背景にある数学に関する説明を受けたり、また、逆に専門家の来場者から解説員が関連する数学を教えてもらうなど、来場者と運営側の間で数学を中心にした様々な交流があったようです。

北大の数学教室の先生方にもご協力いただき、45 分程度の「解説ツアー」を夏休み期間は毎日、それ以降は土日で開催しました。15 名の先生方にそれぞれ 1, 2 回程、ご担当いただきました。ツアーの日時と担当者の名前をインターネットと博物館で告知し、毎回 20～30 人くらいの人が参加して熱心に聞き入っていたようです。一口に数学者といっても、異なる背景と専門をもつゆえ、解説も多彩であったようで、解説ツアーに何回も参加する方もいたそうです。

3 会場外での活動

3.1 書籍『感じる数学 ～ガリレイからポアンカレまで～』

展示に合わせて、書籍『感じる数学 ～ガリレイからポアンカレまで～』（著者 数学みえる化プロジェクト）を共立出版社から刊行しました。原稿の大部分はそれまで調査してきた内容をまとめたものです。各章は、数式がなくて日本語のみで読める部分、それに続いて、高校程度の数学の知識があれば読める部分に分かれており、前半部分を読む

と、先に述べたストーリーが理解できるように書かれています。原稿を数学好きな高校生や博物館関係者など、数学者以外にも読んでもらうことで、高校生や数学を普段していない方でも読めるように工夫しました。各章の扉には数学者のイラストと名言を入れ、親しみをもってもらえるようにしました。展示に合わせて刊行を迎えましたが、会期中に版元品切れになってしまい、急遽増刷となりました。また、この本を購入され、疑問があると展示会に何回も足を運んでいただき、解説員にいくつも質問をした方が何人もいたそうです。

3.2 講演会「人々へ届け！ 数学の手触り」とアーカイブ動画

講演会「人々へ届け！ 数学の手触り」を9月17日に開催して、秋山仁氏（東京理科大学名誉教授）、石井恵三氏（(株)くいんと会長）、ヨビノリたくみ氏（YouTuber）の3名にご講演いただきました。300人の予約席が2、3日で埋まるなど、我々の想定以上に人々の関心が高かったため、急遽、会場を大きなところにかえてもらい、さらに、当初は予定されていなかったオンライン配信を追加しました。

ヨビノリたくみ氏に本展示を取材していただき、展示のアーカイブ動画を制作していただきました。この動画はYouTubeで見ることができます。当初の予定では、この動画は展示が終了してから公開することになっていましたが、たくみ氏側のご厚意と頑張りで、展示期間中に公開していただきました²。

4 インパクト

4.1 参加者の声

子どもからお年寄りまで幅広い年齢層の方にご来場いただきました。来場者の男女の比率に差はあまりなかった印象です。累計43000人以上、多い日は1200人を超える来館者がありました。50人も入ると一杯の会場でしたので、会場に入れず待ついただくこともありましたが、それでも、来場者のアンケートは「最高に楽しかった」「解説の方が丁寧に教えてくださり、よく理解できました」「数学が好きになりました」など、非常に好意的でした。来場者の約半分以上が道外から来られた方で、中にはこの展示に参加するために飛行機で来られた方もいました。ボランティアからは「さまざまな交流をすることができて大変有意義でした」など、有意義な体験であったという意見を多く聞きました。

²たくみ氏の機転で、動画の内容はたくみ氏と主催側と一緒に展示会場を回ることになり、その場に居合わせた私対話のお相手をするようになりました。ぶっつけ本番で要領を得ない私の受け答えをたくみ氏のスタッフが上手に編集して形にしてくださいました。

ヨビノリたくみ氏に取材いただいた本展示のアーカイブ動画は YouTube で 23 万回以上再生されています (2023 年 3 月時点)。この動画の公開後、「もっと事前に宣伝してくれたら、行けたのに」という電話が博物館にかかってきたり、インターネットでの書き込みがあったそうです。

また、本展示に参加した子どもの夏休みの課題が市や道レベルで表彰されたり、実験をして動画に撮ってインターネットに載せたなどの報告を受けました。

4.2 他のイベントへの協力

本展示に参加した方の声をきっかけに、本プロジェクトが展示協力した例を紹介します。

4.2.1 サイエンスフェスタ 2022 北海道大学×チ・カ・ホ

北大主催のイベント「サイエンスフェスタ 2022 北海道大学×チ・カ・ホ」から参加依頼を受けて、札幌駅と大通駅をつなぐ地下歩行空間にて、展示制作物の一部（振り子 2 点・滑り台 6 点・二重振り子・ゴルトンボード）を展示しました（2022 年 12 月 17・18 日）。ここは人が忙しく行き交う場所柄、イベントに関心をもってもらうのが難しいと事前に注意されていましたが、当日は学生が解説員として活躍してくれ、予想に反して、多くの方が立ち止まって数学展示に参加しました。また、このイベントでは数学を含むいくつかのプレゼンが企画されていましたが、数学のプレゼンにはとりわけ多くの観客が集まり、立ち見が出るほど大盛況でした。

4.2.2 学生の科学展 2023

旭川市科学館主催のイベント「学生の科学展」から参加依頼を受け、協力しました（2023 年 1 月 8 日）。これは、北大の展示に参加した旭川市在住の一般の方、北海道教育大学の学生、旭川市科学館ボランティアから「感じる数学展」を地元で開催して欲しいという声が旭川市科学館に集まり、依頼を受けました。

展示制作物をトラックで北大から旭川市科学館へ移動し、札幌からプロジェクトメンバー数名が旭川に駆けつけ、旭川のプロジェクトメンバーと合流して、旭川市科学館と地元の高校生のボランティアと協力する体制を組みました。ボランティアは女性の参加が多く、これまでの展示に比べて華やかな雰囲気でした。また、北海道教育大学の学生がコンテンツを制作して参加しました。このイベントは旭川市科学館におけるメインイベントで毎回大勢の人が集まるそうですが、今回、我々が参加した日に過去最大の来場者があったそうです。

4.3 個人的な雑感

この展示の準備にあたり、数学関係者及び数学関係者以外の方々とも協力して一つのものを作り上げる貴重な経験をさせてもらいました。この場をお借りして、ご協力いただいた全ての方に感謝申し上げます。ガリレイの切れ味鋭い議論やホイヘンスの天才など初めて知ることも多く、大きなアイディアを学びました³。ただ、一番嬉しかったのは、展示会場で子どもが興奮しながら「すごい楽しい！」と叫んだことでした。来場した同僚からは「よかった」「すごい」「普通に楽しかった」と褒めてもらうことはあっても「唸った」とは誰も言わなかったので、当初の目標は半分達成というところでしょうか。

この展示をすることになったきっかけは、私が北大に勤務していた時に同僚だった神保秀一氏から勧められて参加した高校の先生方との懇親会での「我々は数学の面白さを十分に伝えていない。これはいかん」という声でした。その後、展示の前に北大を去ったため、札幌にいるメンバーに大学などの諸組織との調整から展示の現場監督まで、全てこなしていただきました。とりわけ、取りまとめをしていただいた古畑仁氏には負担が大きくなり、深くお詫びと感謝を申し上げます。解説ツアーなど、快く協力してくださった北大の数学教室の皆様、また、兼業を認めてくださった東北大学に感謝いたします。最後になりましたが、この度、展示について『数学通信』へ投稿するきっかけを作ってくださった福泉麗佳氏、それをお許しくださり、丁寧にお導きくださった『数学通信』編集委員会 委員長 田口雄一郎氏に感謝申し上げます。

³昔参加した、I. シンガー氏の誕生日のお祝いの研究集会にて、M. アティヤ氏が「最近の数学は技巧的で細分化されすぎている。数学者は、もっと大きなアイディアに触れることが重要だ。アインシュタインのような」といった趣旨のスピーチをされたことを思い出しました。（その直後に、S.T. ヤウ氏が非常に技巧的かつ見事な講演をしました。）