

# アクティブ・ラーニング式 数学自主勉強会“ますぴた!” ～対面からオンラインへ、そして 対面以上のクオリティに向けて～

ラーニング・アシスタント 谷口陽聖

(生命医科学研究科 医工学・医情報学専攻 博士前期課程)

ラーニング・アシスタント 池田翔

(生命医科学研究科 医工学・医情報学専攻 博士前期課程)

学習支援・教育開発センター 准教授 澤宏司

## 1. はじめに

本稿では、ラーニング・コモンズ (LC) で開催された「ますぴた!」について報告する。ますぴた!とは、LCの教職員、学生スタッフの方々から協力を受けながら、本稿の筆者である京田辺ラーニング・アシスタント (LA) の谷口 (生命医科学研究科前期2年) と池田 (生命医科学研究科前期1年) によって企画・実行されたアクティブ・ラーニング式数学自主勉強会である。ますぴた!は、2019年7月に初開催され、2022年3月現在までに全34回開催された。ここで、LCにおけるアクティブ・ラーニング式数学自主勉強会の開催は、ほとんど前例がなく、効果的な実施方法や運営方法は不明瞭であった。そのため、勉強会を進めながら、運営サイドのみならず、参加者サイドの意見も真摯に受け入れ、全体として効果的な勉強会となるように試行錯誤を繰り返した。本稿では、その挑戦における成果や課題、解決に向けて模索した過程を報告する。

## 2. ますぴた! 実施内容の歴史

### 2.1 ますぴた! 開催の経緯

ますぴた!が開催された経緯には、筆者である谷口が大学入学直後に大学数学に挫折した経験が大きく影響している。大学数学は高校以前の数学とは難易度や考え方が

大きく異なり、高校以前は数学が得意であった者でも、大学数学の講義についていくことが困難となり、なんとか単位を取るための勉強を行うのが精一杯、となることは少なくない。また、大学数学の教科書は抽象性や一般性が高い記述が多い傾向があり、教科書のみで独学するのは困難である。そこで谷口は、講義で扱われる教科書のみでなく、自分の感覚に合った参考書を図書館で何冊も読み漁り、時には友人と議論を交わすことで、学習を進めてきた。これにより、大学数学の理解を深めることができ、「数学は面白い!」、「数学は便利だ!」と、数学に対してポジティブな印象を持つことができた。しかしながら、このような学習を進めるのは、非常に時間がかかり、数学が苦手な学生にとっては苦痛であり、ポジティブな印象を抱く前に、頓挫してしまう可能性が高いだろう。また、大学数学に関する相談や議論を気軽にできる環境は、誰にでもどこにでもあるものではない。そこで、今後数学の面白さや便利さに気づく前に、大学数学の学習に挫折してしまう人を減らすべく、数学に対して苦手意識がある学生を対象に、数学における悩みや面白さなどを気軽に自由に共有できる環境を提供したいと考えた。

それと同時期に澤は本学生命医科学部の伊藤利明教授らと、自発的な学習を学生同士で相互に教え合い、議論するといった、LCが提供する学習環境を効果的に利用した勉強会の検討をしていた。その内容は、京田辺LCに頻繁に相談が寄せられる、理系基礎科目や専門科目、プログラミングが候補であった。谷口と澤の目標が合致し、アクティブ・ラーニング式数学自主勉強会「ますびた!」を開催するに至った。ここで、「ますびた!」は「Hospitality Program for Mathematics」や「あなたにピッタリあった数学」などを意味する。

## 2.2 2019年度実施（対面での自由な議論）

まず、2019年6月に澤らが「Wolfram|Alpha Pro を活用しよう!」というイベントを開催し、大学数学を学習する際に、Wolfram|Alpha Pro を活用することで、自身で解決できない問題を効率的かつ効果的に乗り越えられることを紹介した（澤ほか2019）。このとき、学生や教員・職員など約50名が参加し、その際のアンケートから、谷口、澤が想定していたように、数学に対して苦手意識があるが、気軽に相談や議論ができる環境がなく困っているという学生がいることがわかった。またそのアンケートに、どのような勉強会を望むかを記述してもらい、勉強会運営のヒントとした。

勉強会では、図1のように参加者が向き合うように円形に座り、数学の面白いところや難しいところ、悩んでいるところなどを自由に発言する形式とした。ここで、当

時学部4年生であった谷口が進行役を務めた。これは教員が進行・解説をする形式では通常の講義と同様になり、標榜した自由な議論から乖離すると判断したためである。谷口も運営サイドであるため、いずれは参加学生の中でより自主的に議論を深めることを目指した。

2019年7月8日開催の第1回ますぴた!では、9名の参加者が集まった。趣旨や形式の説明を行った後、各個人が数学で面白いと思ったことや、悩んでいることを中心に今後扱いたい分野や内容を発表した。2019年7月15日開催の第2回、2019年7月22日開催の第3回では、それぞれ第1回で特に話題に挙がった「微分の定義」、「微分と積分の関係」をテーマに議論を行った。このとき、図1のようにWolfram|Alphaを投影したプロジェクタ、可動式のホワイトボードなどを使用し、微分を用いる例、微分や積分の直感的な解釈などを相互に意見を述べ合った。参加者からは次の機会では線形代数学も扱いたいといった感想が寄せられ、2019年度秋学期も継続して、毎週昼休みに30分程度開催することができた。

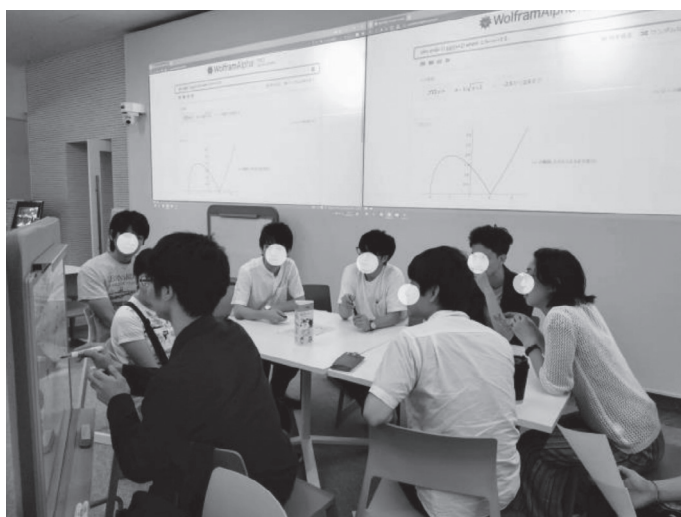


図1 ますぴた!開催の様子

### 2.3 2020年度実施（オンラインでの発表者によるプレゼンを基にした議論）

2019年度春学期、秋学期と好評を得たますぴた!は、2020年度も数学に対して苦手意識のある学生を救うべく、4月からのスタートダッシュを企てていた。しかし、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響を受け、LCは閉室を余儀なくされていた。互いに寄り添って数学の悩みを解決することを目指すますぴた!は、図1のよう

な密状態での議論を行っており、開催するためには様々な工夫を凝らす必要があった。ますぴた！をオンラインで開催する計画の中で、最も障壁となったのは「参加者の表情がわからないこと」であるとする。ますぴた！はもともと数学に対して苦手意識がある学生を対象としており、わからない箇所を積極的に質問することに抵抗がある学生や、そもそもわからない箇所がわからず質問もできない学生が数名いた。このような学生を救うために、運営サイドが参加者の表情を読み取り、理解できていなさそうな参加者がいれば、丁寧にヒアリングを行い、遅れる参加者を出さないように注力した。しかし、オンラインになると、カメラオンの状態でも表情が読み取りにくくなる上に、カメラオンの強制はできないため、カメラオフの学生が多くなると考えられる（実際に半強制的にカメラオンを促していた授業でも、オフにしたままの学生が過半数であった経験がある）。このような環境で従来のように議論を進めると、ついてこれない学生を発見することができずに、より数学を嫌いになり参加しなくなってしまう危険があった。そのため、従来の完全に自由な議論は取りやめ、以下の流れでますぴた！をオンライン開催することとした。

- ① 発表者を1名決め、自身が「数学のここがおもしろい！」や「数学のここがよくわからない…」と感じたことをテーマに、スライド1枚程度にまとめる。
- ② まとめたスライドを基に、Microsoft Teams（以下、Teams）の会議を通して発表する。
- ③ 参加者は、発表中や発表後に、Teamsのチャットやマイクを用いて質問や意見を述べ、発表者との議論に発展させる。

実際に議論されたテーマを表1にまとめ、例として第1回の谷口の発表で用いたスライドを図2に示す。

表1 2020年度ますぴた！オンラインの議論一覧（※学年は当時のもの）

タイトル	所属・学年	氏名
ニュースでよく見たあのグラフは 大学1,2年生の知識でシミュレートできる!	生命医科学研究科前期1年	谷口 陽聖
大学生の1%も知らないかもしれない 数学の世界	生命医科学部3年	中島 大介
にわか微分で経済しよ?～前編～	経済学研究科前期1年	棚橋 玲花
にわか微分で経済しよ?～中編～	生命医科学研究科前期1年	谷口 陽聖
にわか微分で経済しよ?～後編～	経済学研究科前期1年	棚橋 玲花
三角関数っていつ使うん?	理工学部3年	黒田 悠真
化学の公式を楽しもう!!	理工学研究科後期1年	奥田 耕平

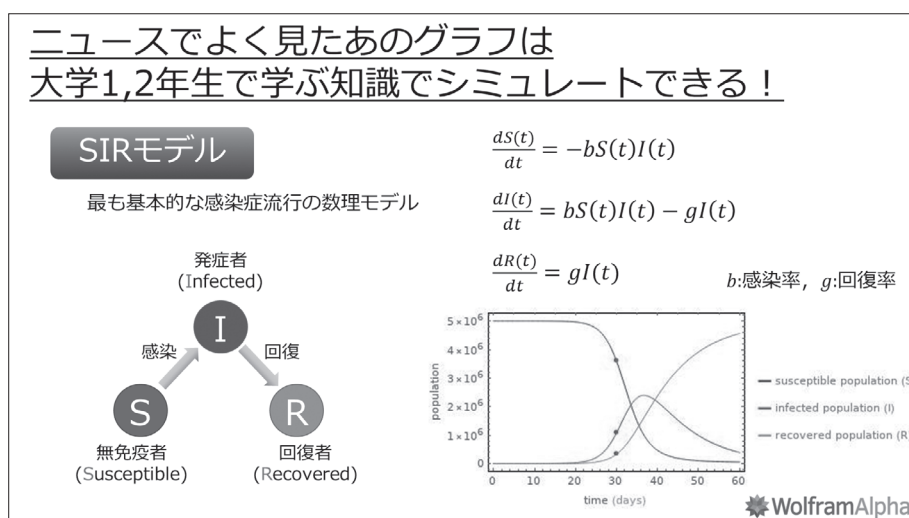


図2 ますぴた！オンライン発表スライド例

谷口は図2のスライドを用いて、SIRモデルに関する発表を行った。SIRモデルをテーマに掲げたのは、個人的に「数学のおもしろさ」を感じた内容であるからのみでなく、「コロナ禍中、感染症に関する発表を行うことで興味が引けること」、「大学1～2年生、もしくは補足をすれば高校生でも理解ができる内容であること」、「Wolfram Alphaで「SIR model」と入力すれば、自在にパラメータを変更し、図2のグラフに示すようなシミュレーションができること」などが理由である。



「にわか微分で経済しよ？」シリーズが3編構成となっているのは、経済学で数学を駆使する面白さを伝えるためには、経済学部以外の学生が理解できるようにするための経済の知識の補足と、文系学生が理解できるようにするための数学の知識の補足をするためである。このように自由に構成を立て、しっかりと理解できる段階を構築できるのも、この開催形式の良い点であるといえる。

## 2.4 2021年度春学期実施（オンラインでの大学数学の基礎的な学習方法の紹介を基にした議論）

2021年度春学期を迎えるにあたって、ますびた！オンラインでまたも新たな挑戦を目指すこととなった。2020年度のますびた！オンラインの初開催は10月であり、学部1年生も大学数学にある程度慣れてきた段階で開催されたこともあり、数学が世間どのように応用されているかを中心に議論を行った。しかし、数学の基礎的な理論で躓いている学生を救う形式にはなっていないことが懸念点として挙げられた。大学の授業をほとんど受けていない学部1年生の4月に、いきなり応用の議論を行うことは困難であると考え、大学数学の基礎的な理論を納得して理解できる環境をますびた！で構築することを目指した。大学基礎数学の中でも、高校数学で扱わない線形代数学の「行列」に焦点を当て、表2に示す議論を行った。ここで、教員から学生に向けた一方向の従来の講義とならないように、学生に質問や意見を求め、扱う数値を実験的に変更しながら試行錯誤を行うようにした。その中で、参加者から特に好評だった点として、手書きによる計算を交えた説明と、Wolfram|AlphaやMATLABなどのツールを用いた、視覚的な説明が挙げられる。図3に示すような実際に問題を解く姿を見せることで、どのような考えを持って問題に挑めばいいのかわかることが評価されたようだ。また、図4に示すように視覚的に示すことで、ただ数値を算出するだけの勉強ではなく、意味を持った計算であることを理解しやすいと評価されたようだ。このようにして、高校数学を指導される時とは異なる、大学数学の学習に適した学習方法を定着させることを目指した。

しかし様々な工夫は凝らしたものの、第1～5回の開催において、発表者を教師、参加者を生徒としたような授業形式に近くなっていたことは否めない。そこで、ここまで議論した行列は、実世界でどのように応用され、役立っているのか議論することを目指した。そのときに発表者を買って出てくれたのが、柚木慎太郎（文化情報学研究科前期2年）と中島大介（生命医科学部4年）である。発表者を立てるという形式は以前までと同様であるが、行列の簡単な演算は知っている前提で、どのように応

用するかを議論するため、参加者も質問や意見を投げかけやすく、アクティブ・ラーニングを活性化させることができた。このように応用の議論に挑戦できたのは、以前に基礎的な内容を押さえる議論があつてこそだと考える。

表2 2021年度春学期ますぴた！オンラインの議論一覧（※学年は当時のもの）

タイトル	所属・学年	氏名
行列ってなに？～簡単な演算～	生命医科学研究科前期2年	谷口 陽聖
行列ってなに？～基本変形～	生命医科学研究科前期1年	池田 翔
行列で一次変換やってみた	生命医科学研究科前期2年	谷口 陽聖
図形からみた/代数からみた逆行列	生命医科学研究科前期2年	谷口 陽聖
行列式の役割って何なん？	生命医科学研究科前期1年	池田 翔
行列によるデータ分析	文化情報学研究科前期2年	柚木慎太郎
旅する数学～写像を追っていく～	生命医科学部4年	中島 大介

【応用カバツグン！？】回転行列！！

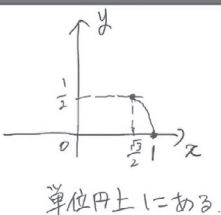
➤その名の通り、回転を表せます！

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

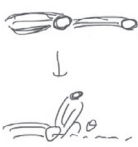
•  $\frac{\pi}{6}$  だけ回転させてみよう！

$$\cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2}x - \frac{1}{2}y \\ \frac{1}{2}x + \frac{\sqrt{3}}{2}y \end{pmatrix}$$


単位円上にある。



発展

- ロボット工学
- データ分析 etc.

図3 ますぴた！オンラインの共有画面例（手書きによる計算の説明）

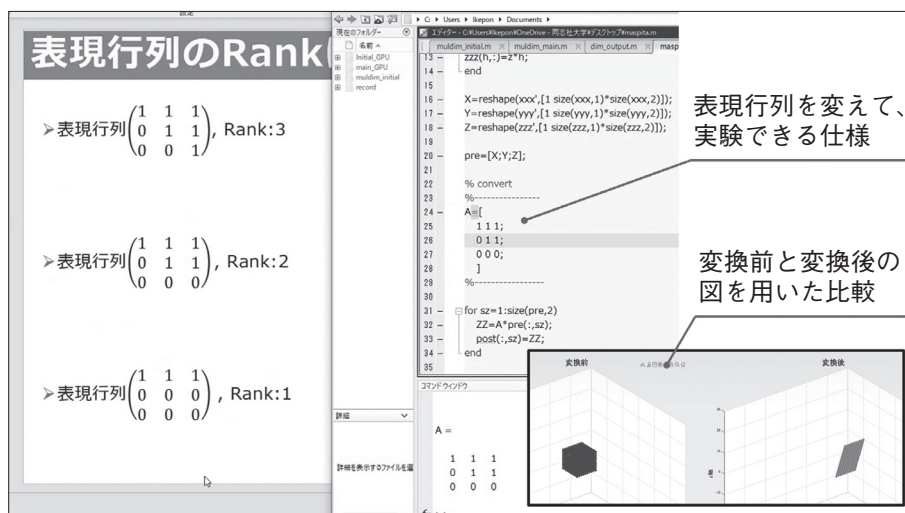


図4 ますぴた！オンラインの共有画面例（MATLABを用いた図形的説明）

## 2.5 2021年度秋学期実施（オンラインでの自由な議論）

2021年度春学期のますぴた！オンラインでは、学部1年生が大学数学の基礎的な理論の学習に慣れるために、線形代数学の「行列」をテーマに議論をしてきた。秋学期となり、おおかたの学生が大学数学の学習方法に慣れてきたと判断し、2021年度秋学期のますぴた！オンラインでは、発表者を用意せず、2019年度に対面で行っていた時のように自由な議論を繰り広げることを目指した。より自由な議論こそがアクティブ・ラーニングの真の姿ととらえ、2019年度のような議論をオンライン環境でも可能にすることを目指した。そのために、司会と書記を明確に定め、オンラインでの議論が円滑に進むようにした。司会と書記を中心に、参加学生が当日に話したいテーマを自由に発言し、そのテーマについて参加者全員で意見交換をし、解決を目指した。表3は議論したテーマの一覧であり、実は意味を考えずに使われがちな基本的な定義の考え方や数学を応用した学問などについて、当日の参加者の疑問を率直に話し合った。

オンラインでの議論では、話し合いが硬直する、フリーライダーが出る、また話が逸れた際に修正できないといったことが、対面でのアクティブ・ラーニングよりも頻発することが考えられる。司会役には、このようなことに留意して議論を円滑化することが求められる。ここで、話が逸れるというのは悪いことでないことも多く、一見関係ないような話が数学の理解度を高めるファクターとなることも予測し、修正の判断をしなければならず、司会としての腕が試された。

数学の議論において、数式や図、グラフを描画し、共有することは必要不可欠である。



しかし、対面でのアクティブ・ラーニングでは、書記は存在せず、特に必要ともされていなかった。それは、対面ではLCのプレゼンテーションコートに配置される、移動式のホワイトボードを自由に用いることができ、その話をしている人が思うままに描画すれば良かったからである。Teamsにもホワイトボード機能はあるが、学生の中でホワイトボードや紙のようにスムーズに分かりやすく描画できるオンライン環境を整えられている人はごくわずかである。そのため、タブレット・スタイラスペンを有する参加者が、他の参加者の説明や質問を的確に理解し、それをより明快にすべく数式、図、グラフを描画することで補うこととした。そのため書記には、発言者の意図をリアルタイムで理解し、言語を図式化するという能力が問われた。

表3 2021年度秋学期ますぴた！オンラインの議論一覧

議論の中心テーマ	司会	書記
なぜ行列の積はあんな計算をするのか？	池田 翔	谷口 陽聖
化学で使う数学→群論とは？	池田 翔	谷口 陽聖
行列の積の解釈→いろいろな積	池田 翔	谷口 陽聖
いろいろな積の深掘り	池田 翔	谷口 陽聖

### 3. 成果と今後の課題

2章で述べたように、対面での自由な議論（2019年度）、オンラインでの発表者によるプレゼンを基にした議論（2020年度）、オンラインでの大学数学の基礎的な学習方法の紹介を基にした議論（2021年度春学期）、オンラインでの自由な議論（2021年度秋学期）と、様々な実施形式でアクティブ・ラーニング式数学自主勉強会の開催に挑戦した。大学基礎数学に悩む学生を救うべく試行錯誤した成果と今後の課題を以下に述べる。

#### 3.1 成果

##### 3.1.1 様々な所属・学年の学生の交流

「現地に行かなくても参加できるようになったこと」は、ますぴた！がオンライン開催された中で最大のメリットと言っても過言でない。実際に対面方式を採用してい

た際には、参加学生は全員京田辺キャンパスの学生であったが、オンライン移行後は今出川キャンパスの学生も積極的に参加し、発表者としても参加していた。また表1の通り、様々な分野のテーマを扱うことができ、参加者、発表者の双方にポジティブな影響があると考えられる。参加者が自身の専門以外の発表を聞くことで、幅広い知識が得られ、教養が深まるだけでなく、自身の専門での考え方や研究の刺激になると考えられる。また発表者は、初学者が理解できるように簡単に説明することを目指すことで、初心に返り、自身の理解の穴を発見することに役立つはずである。Kuhn(1962)は、「本質的な発見によって新しいパラダイム転換を成し遂げる人間のほとんどが、年齢が非常に若い、或いはその分野に入って日が浅いかのどちらかである」としている。初学者の純粋な質問、意見が凝り固まった考え方を打破し、本質的な発見につながることも望める。

### 3.1.2 アーカイブによるリアルタイム外の参加

前節では場所の自由度が高まったことを記述したが、オンライン化に伴い、時間の自由度も高まった。リアルタイムでの議論をベースにしているため、実施時間帯に授業が入っているなど、時間の制約で参加できないという学生が一定数いた。リアルタイムでの議論に入り込むことはできないが、Teamsの録画機能を用いれば、あとから議論を確認することができる。対面実施の様子をビデオで録画し確認するよりも、もとの参加者もPC越しに議論を交わしているため、議論についていきやすいと考える。また、議論の内容をポスターにまとめ、LCが運営する「おうち De LC ポータル」にアップロードしている。当日に参加できなかった人に内容を確認してもらえただけでなく、LCの壁面などに掲示することで、ますぴた！の認知度を高める効果も見込める。

### 3.1.3 質問・意見交換の簡便化

従来の授業では、教員に直接質問や相談に行くことに抵抗のある学生は少なくない。しかし、ますぴた！は主催も学生であるため、より気軽に議論を行うことができるようになっている。また、オンライン化したことで、Teamsのチャットを活用して、さらに気軽に質問や意見交換ができるようになった。しかし、チャットでは伝えたい内容が上手く伝わらなかったというケースも散見されたため、図の描画を積極的に取り入れるなど、オンライン上でも伝えたいことが正確に伝わるような工夫が必要であることも判明した。

## 3.2 今後の課題

### 3.2.1 参加者の状況把握の困難さ

ますぴた！をオンライン化することで様々なメリットを得られたが、解決すべき課題も多かった。まず参加者の状況把握の困難さである。2.3節でも述べたが、カメラオフの状態では参加者の反応を把握できず、困っている参加者を発見することや、詳しく説明すべき内容を察することが困難であった。気軽にカメラオンにできる環境を作ることや、アバターを使用して参加すること、「いいね！」などのリアクションを活発に使用することなど、参加者の反応を読み取れ、よりその場の雰囲気を読み取った勉強会を目指す。

### 3.2.2 参加者の求める内容の差異

参加者ごとに参加の目的は異なり、高校数学から理解が芳しくなく、大学基礎数学の授業について行けるようになるために参加している学生もいれば、より高度な数学を駆使して実世界に応用していくための議論をしたい学生もいる。この両者が同席した勉強会は、お互いに目的を達成できずに不満を残して終了してしまう可能性が高い。それぞれのニーズを満たすためには、様々な形式の勉強会を開催することが重要であると考え。現在までに様々な形式でますぴた！を実施した経験から、参加者の要望を満たすように臨機応変に形式を工夫できるようにしたい。また3.1.1節で述べたような、自身と異なるバックグラウンドを持つ人との交流のメリットについても十分に説明することも重要であると考え。

### 3.2.3 運営サイドの負担の大きさ

運営サイドの仕事は、実施形式により大きく異なる。2019年度に実施した、対面での自由な議論では、議論についてこられない参加者のフォローなどは行ったが、基本的に事前準備は必要なく、当日もほとんど一般の参加者と同じ感覚で議論に参加することができた。しかし、オンラインでの発表者によるプレゼンを基にした議論を行う場合、発表者の準備は不可欠であり、議論の中心も発表者が担う。オンラインでの大学数学の基礎的な学習方法の紹介を基にした議論も同様で、毎回授業を1本作る労力が必要となる。従来の授業ではなく、計算ツールや話し合いを組み込んだ授業を作成するため、時間でいえば、従来の授業準備の数倍かかると考えられる。オンラインでの自由な議論に関しては2.5節で述べたが、司会と書記は実施時の負担が大きく、

実際に2021年度秋学期に務めた我々筆者も、上手く振る舞えたか自信がありません。オンラインでの開催でも、メモ共有アプリや計算ツールを簡単に活用できるように工夫し、各参加者自身で伝えたい内容を詳しく説明できるようにする必要があると考える。

## 4. おわりに

ますびた！が初開催されてから約3年経つが、求められる内容や与えられる環境の変化が激しく、いまだに実施方法は確立できていない。本稿で紹介した4つの実施形式は一長一短である。今後は理想の実施方法の確立を目指すのではなく、その時々柔軟に対応できるようにし、様々な数学に関する悩みを持つ人を救っていききたい。そのために、環境の変化に苦しみながらも実際に開催してみて、運営サイドで議論するだけでなく、参加者全員の意見を組み込む工夫をし、全体でよりよい勉強会に作り上げていきたい。また、ますびた！開催における試行錯誤が、今後対面で行っていたイベントをオンラインに移行する際の一助となれば幸いである。

## 謝辞

ますびた！の企画や実行、告知においてご協力いただきました趙智英先生、寺島紀衣先生はじめ、LCの教職員、学生スタッフの皆さまに心より感謝いたします。

## 文献

澤宏司ほか，2019，「ラーニング・コモンズにおける基礎数学勉強会の試行」『2019年度情報処理学会関西支部支部大会予稿集』E-101.

Thomas S. Kuhn, 1962, The Structure of Scientific Revolutions, Chicago: The University of Chicago.(=1971, 中山茂訳, 『科学革命の構造』, みすず書房.)