

A proposal of Mathematics Instruction using Origami in Freshman Courses

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-04-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 坪井, 俊 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1501

折り紙を教材とする大学初年次数理科学教育の提案

A proposal of Mathematics Instruction using Origami in Freshman Courses

坪井 俊¹

Takashi Tsuboi

1 はじめに

武蔵野大学の教養教育において、「多様な価値観や多角的な視野を修得する」ことを目的とする「基礎セルフデベロップメント」という必修講義が2020年度までおこなわれてきた。2019年度、2020年度にこの講義を担当する機会を得て、「数理・情報」分野での専門知を題材に双方向型の授業をおこなうことになった。題材は自由に選べるということで、現在も数理学分野でも工学分野でも研究が進んでいる「折り紙」を題材とすることを決め、準備して講義を行った。

本稿は、将来の大学初年次の数理学分野の教養教育に生かすために、何をどのように用いて「折り紙」を題材とする授業をおこなったかを記録するものである。

2 「基礎セルフデベロップメント」の数学分野授業

武蔵野大学の「基礎セルフデベロップメント」の授業は非常に野心的な試みであった。大学の2020年度のホームページによれば、『基礎セルフデベロップメントは、学部学科の枠を超えたクラス編成で、「思想・芸術」、「国際・地域」、「社会・制度」、「人間・環境」、「物質・生命」、「数理・情報」の6分野を、それぞれの専門家による講義と討論を通して学びます。広い視野の獲得とすぐれた人格の形成を目指します。』とされていた。私が担当した2019年度、2020年度の実際の授業では、(少し学事暦が変更された2020年度第1学期を除いて)8週からなる1学期、3学期、4学期に、それぞれの学期の半分の4週で上述の6分野の1つの授業を行う。学生は3つの学期を合わせてこれらの6分野の授業を受ける。教員は各学期に4週90分2コマ続きの授業を2回行うのである。

大学初年次の数理学教育は、世界的に線形代数と微分積分を教授するものとなっている。それは現在の社会においてもっとも使われている数理科学的な内容ということであり、基礎を広く含む意味では、それらに関する授業を期待されているようにも考えられた。実際、これらの内容をある程度易しく教えることも考えたが、線形代数も微分積分も高等学校2年生、3年生における数学の履修と理解を前提にしなければ難しい。一方、「基礎セルフデベロップメント」

¹ 武蔵野大学数理工学センター員 / 武蔵野大学工学部数理工学科特任教授

の学部学科の枠を超えたクラス編成のもとでは、高等学校における微分積分までの履修を前提にすることはできない。高等学校における数学の必修科目は「数学 I」だけであり、中学における数学と高等学校 1 年生における「数学 I」の内容だけを前提として、4 週間で何らかの数理科学的内容を教授することを考えることとなった。

「折り紙」を用いた数理科学教育の試みは、選抜された高校生向けにおこなったことがあった ([2])。これは東京大学大学院数理科学研究科が高校生向けに企画する講義において金井雅彦教授の指導を受けつつ行ったものであった。この高校生向けの企画は、ちょうど中学と高校に入ったばかりの数学を前提とするものであった。特に中学において履修する平面幾何の用語が説明に使えることは講義を組み立てる上で助けになった。

この経験の上で「折り紙と数学」という題目で「基礎セルフデベロップメント」の授業を企画した。

3 数学から見た折り紙、工学から見た折り紙

数学における折り紙は ORIGAMI として世界に通用する言葉となっている。数学の対象として通常の折り紙は、平面の多角形から 3 次元空間への曲線の長さを保つ写像であり、通常は区分的に線形写像であるものである。2019 年度の数理工学センター紀要の論文 [3] でも説明しているように連続微分可能写像に対しては長さを保つ写像であることが定義される。ナッシュ・カイパーの定理により、リーマン計量をもつ向き付け可能な滑らかな曲面は、連続微分可能写像により 3 次元ユークリッド空間に長さを保って埋め込まれる。しかし、区分的に滑らかな写像については微分可能でない特異点集合についての条件は自明でなく、数学理論が整備されるにはもう少し時間がかかるように思われる。論文 [3] では、平坦トーラスは 2 次元のモジュラスで分類されるが、どのようなモジュラスを持つ平坦トーラスでも 3 次元ユークリッド空間に区分線形に折り紙埋め込みできることの概要を説明している。

工学においては、折り紙の有用性は早くから認識されており、わが国では三浦公亮、前川淳、川崎敏和、藤田文章、野島武敏、萩原一郎、三谷純、館知宏、そのほかの方々により、理論的、実用的な研究が進められてきている。国外でも、Jaques Justin, Robert Lang, Erik Demaine, Joseph O'Rourke, そのほかの研究者がいて、折り紙の科学国際会議が 1989 年 (Ferrara, Italy), 1994 年 (大津), 2001 年 (Monterey, USA), 2006 年 (Pasadena, USA), 2010 年 (Singapore), 2014 年 (東京), 2018 年 (Oxford, UK) で開催されている。近年の折り紙研究の特徴のひとつは、計算機科学との協働である。かつてユークリッド幾何における作図題は、定規とコンパスの使用を認めるものであったが、通常の折り紙操作を付加しての図形構成問題を定式化できる。また、3D グラフィックスを用いて折り紙設計、可動性の検証が可能になっている。

このような現代の折り紙研究を多少とも折り込んで、授業で取り上げる数理科学的内容を検討した。実際、多くの幾何的な考え方を折り紙を題材にして教授できることが期待できた。

4 4週間の授業設計

履修する学生の状況を考慮して「ひとたちぎりの定理」を4週の授業の目標とすることにした。「ひとたちぎりの定理」とは、どのような多角形でも、うまく紙を折って、1直線に沿って切ることで切り出せるというものである。簡単な図形に対しては初等幾何的に解が見つかるが、一般の多角形に対しては理論的考察が必要になる。実際、この主張の証明が完成したのは比較的最近であり、Bern-Demaine-Eppstein-Hayes [1] において与えられたと思われる。そういう事情で、「ひとたちぎりの定理」を目標に講義をおこなえば、様々な数理科学の考え方が織り込めるとともに学生の今後の学習への動機を与えることができると思われる。

大まかな構成は以下ようになった。折り紙を折ること自体の面白さを最初に導入に用い、折った折り紙を開いてもとの紙に戻したときの折り線の様子を観察する。ここには山折り線、谷折り線がでてくるが、それを意識してもらうように色分けして折り線となる線分を書き込んでもらう。折り紙自体とは少し離れるが、それらの線分のなす平面グラフを用いて、オイラー・ポアンカレ標数の説明をすることにした。折り紙に戻って、折り紙を平面に折り畳んで開いたときに、1点に集まる山折り線、谷折り線に関する定理である前川・ジュスタンの定理、川崎・ジュスタンの定理を取り上げる。前川・ジュスタンの定理は「ひとたちぎりの定理」の証明に必要となる。ひとたちぎりは、三角形、四角形、L字型について考えてもらい、直線骨格法を説明し、円板充填法による証明の概略を説明する。

より詳しくは、以下のような学生向けにアナウンスされるシラバスと教員がもつ授業計画4.1-4.4となった。

【シラバス・授業概要】 この授業では折り紙が持つ数理的側面を考えていきます。日常生活で折り紙が使われている場面、折り紙から得られる平面グラフの数理、山折りと谷折りの数理的問題、多角形を切り出す方法などを扱います。

【シラバス・到達目標】 折り紙という身近な対象にも数学の対象としての面白さがあることを理解し、それを通して数学的な視点を持つことの意味を考えること。

4.1 第1週 日常生活で出会う折り紙

【シラバス】 身のまわりにある「折り紙」を探してみます。切っても良い、糊を使っても良いとすると、いくらでも見つかります。演習として立体的な折り紙を扱います。

【授業計画】

- 次の演習を提示するために、社会における折り紙の使われ方について説明する (20分)。
【演習】 身のまわりにある「折り紙」を探してみましょう。切っても良い、糊を使っても良いとします。写真をとっても良いです。ネットで検索するのも良いです。できれば複数報告してください。

- 実習として2種類の箱（図1）を折り紙で作成（60分）。数枚の写真から折り方の手順を読みとる。
- 縦横にほぼ7等分するミウラ折りと縦横に長方形に7等分した用紙を沿って丁寧に折り畳む（30分）。畳んだり払げたりしてミウラ折りと等分した折り方の違いをみる（図2）。
- 7本の正弦曲線が描かれている紙を用い、曲線に沿って折れ目をつけ、曲線折りにより、六角柱のような造形を作る（30分）。
- 曲率が0の曲面上のどの点においても「その点を通る直線で曲面に含まれているもの」があること、その結果、曲率が0の曲面が局所的に分類されること。このような曲面に交わる平面を考え、平面が空間を手前側と向こう側に分けているとして、曲面の向こう側の部分を平面が鏡であると考えて、手前側に折り返すことで、曲線折りが実現できることを説明する（20分）。

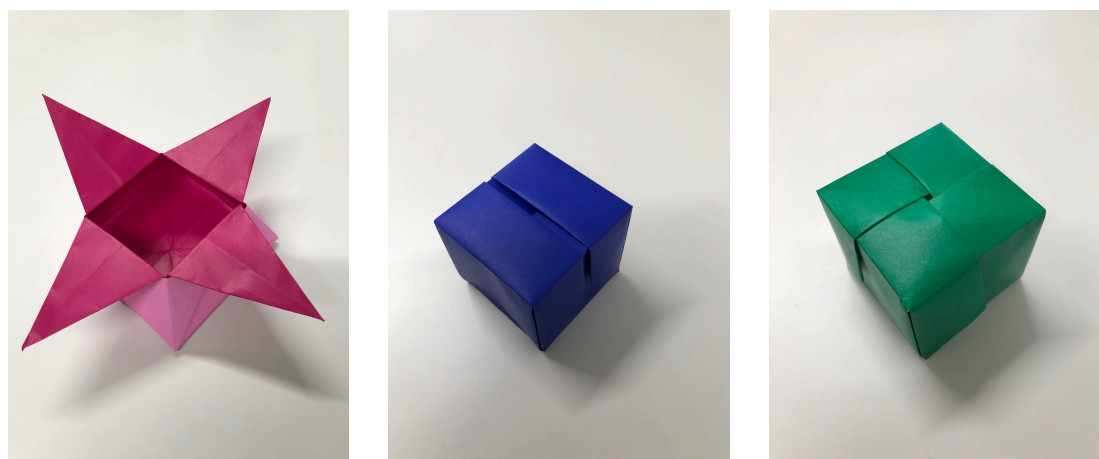


図1 2種類の箱

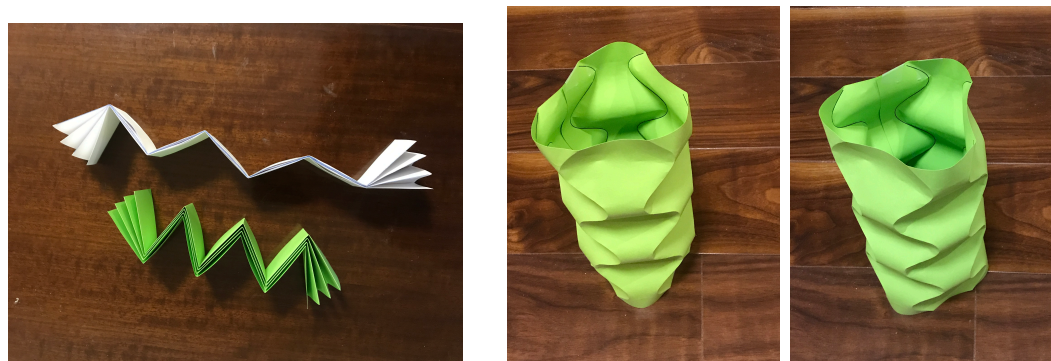


図2 長方形折り（左上）とミウラ折り（左下）。曲線折りの六角柱（右）

4.2 第2週 折り紙の数理 平面グラフ

【シラバス】 折り紙の数理を平面グラフの観点から調べる。オイラーの多面体定理を考察する。

【授業計画】

- 第1週で折った箱のひとつを折り、それを展開して戻した折り紙に、出来あがりの山折り線、谷折り線を書き込む (20分)。
- 折り鶴を羽を広げる前までおり、それを展開して戻した折り紙に、出来あがりの山折り線、谷折り線を書き込む (20分)。
- 折り線の交わっている点の様子を観察する。図3参照。
- 折り紙にある折り線を、正方形を多角形に分割している図にとらえ、多角形の頂点となる点の個数 v 、多角形の辺の個数 e 、多角形の個数 f を数え、表にする。 $\chi = v - e + f = 1$ になることを観察する (40分)。
- 平面連結グラフに関するオイラーの定理 $\chi = v - e + f = 1$ を証明する。数学的帰納法による証明を述べるが、自然数の定義および数学的帰納法についての説明をする (40分)。
- 凸多面体の定義を述べ、凸多面体に関してのオイラーの多面体定理の証明を平面連結グラフに関するオイラーの定理から導く (40分)。

4.3 第3週 山折りか谷折りか

【シラバス】 折り紙の山折り、谷折りについて、ひとつの頂点に集まる山折り線、谷折り線の性質を考える。ひとつの頂点に集まる山折り線、谷折り線の性質を定理にまとめ、証明する。

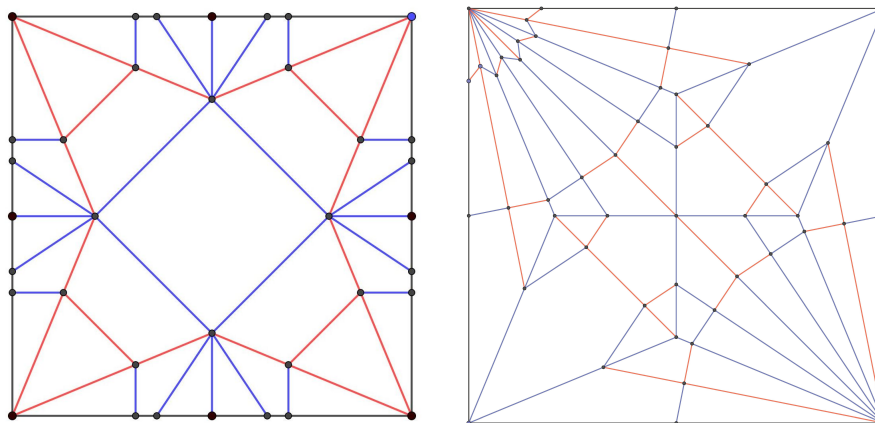


図3 箱と折り鶴の折り線

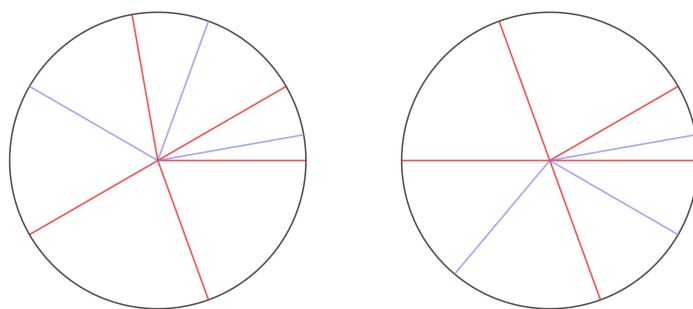


図4 平面に折り畳める $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ の内角をもつ8個の扇形への分割と折線

【授業計画】

- 円形折り紙の中心から山折り線、谷折り線を定めて平面に折り畳み、山折り線、谷折り線の個数、それらで区切られる扇型の角度を測り、1つおきの和を計算する (40分)。
- 前川・ジュスタンの定理 『一つの頂点の周りの山折りの個数を M , 谷折りの個数を V とすると、 $M + V$ は偶数であり、 $|M - V| = 2$.』を説明し、証明する (10分 + 40分)。
- 川崎・ジュスタンの定理 『各頂点の周りの辺に挟まれる角度を順に、 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{2k-1}, \theta_{2k}$ とすると、 $-\theta_1 + \theta_2 - \dots - \theta_{2k-1} + \theta_{2k} = 0$. すなわち、 $\theta_1 + \dots + \theta_{2k-1} = \theta_2 + \dots + \theta_{2k} = \pi$. 逆にこの関係式が成立するとき、(山折り、谷折りを定めて、) 平面に折ることができる。』を説明し、証明する (10分 + 40分)。
- 川崎・ジュスタンの定理の説明の後、円形折り紙を中心から、 $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ$ の内角をもつ8個の扇形に分割するように折線を定め、平面に折り畳むことを実習させる (20分)。図4参照。

4.4 第4週 ひとたちぎり

【シラバス】 折り紙を折ってはさみで一度だけまっすぐに切ると、どんな多角形になるか考える。どのような多角形でもひとたちぎりで得られることを説明する。

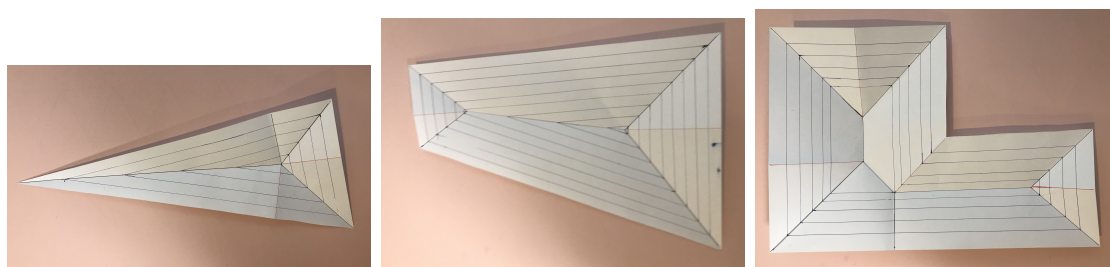


図5 三角形、四角形、L字型の直線骨格

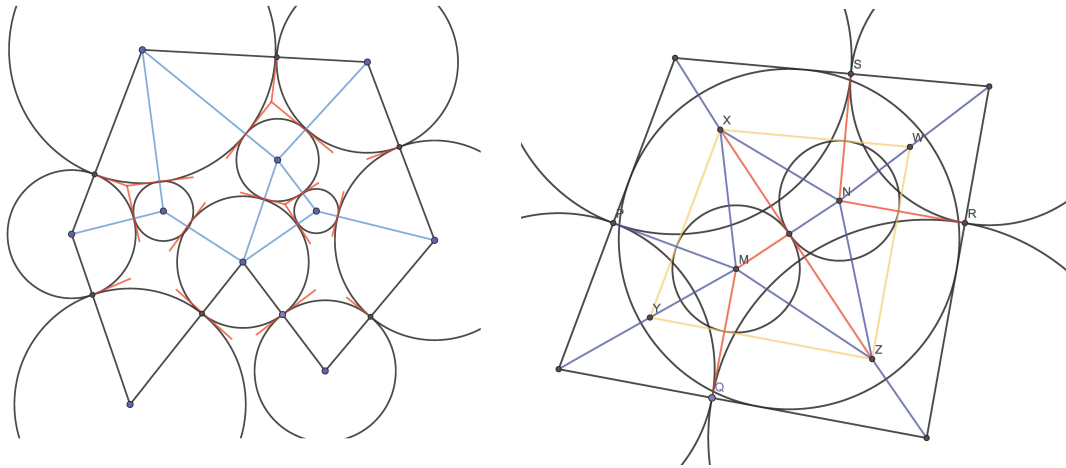


図6 円板充填と三角形、円に外接する四角形への分割 (左)。円に外接する四角形の折り方 (右)。

【授業計画】

- 「ひとたちぎりの定理：平面上の多角形は紙を平面上に折り畳んで、それを1つの直線で切ることにより切り出すことが出来る」と「任意の多角形を平面上に折り畳んで、多角形の辺が1直線上にあり、多角形の内部は半平面上にあるすることができる」が同値であることを説明する (10分)。
- 三角形がひとたちぎりで切り出せることを実習し、その理由を考える。角の2等分線が内心で交わることを説明する (20分)。
- 四角形がひとたちぎりで切り出せることを実習し、その理由を考える (20分)。
- 多角形の内側に辺を一定の距離だけ平行に移動することを考える。移動距離を変化させるときに頂点の軌跡として得られる線分からなる図形である直線骨格について説明する (20分)。図5参照。
- 長方形から、ひとつの角を共有する長方形を切り取りL字型をつくる。L字型がひとたちぎりで切り出せることを実習する (20分)。
- 多角形に円板を充填して、その中心を結ぶ分割が、三角形と円に外接する四角形からなる分割となることを説明する (10分)。図6参照。
- 円に外接する四角形のひとたちぎりの方法に自由度があることを実習する (20分)。
- 分割の辺の両端が境界上にあるとき、円板充填の円板の接点における共通接線を折る形で、多角形の辺を1直線上に折り畳むことができることを説明する (20分)。
- 一般の場合、辺に沿って切れ目を入れた多角形に対し、折り線を定め、切れ目部分については、前川・ジュスタンの定理に従って折り線を定めることができることを説明する (20分)。
- Mの形をひとたちぎりで切り出すことを課題とする。

4.5 評価と提出課題

この授業「基礎セルフデベロップメント」は必修であり、この授業の数理・情報分野の存在意義は、こういう分野への健全な興味を持たせることであると考えている。そこで、授業に意欲をもって取り組んだかどうかを評価することとし、そのために各回の授業で課題として提示したものについてのレポートの提出を求めた。

各週の提出課題は以下のようなものである。

- 第1週
 - 日常生活で使われている「折り紙」の例について、できれば複数報告してください。
 - 実習で作成した自分の折り紙作品（箱、三浦折り、曲線折り）の写真を数枚にまとめてアップロードしてください。
 - 実習で難しいと感じたこと、気づいたことなどがあれば書いてください。
- 第2週
 - 実習で折り紙を払げて、山折り線谷折り線を書きこんだものと、その頂点の個数、辺の個数、面の個数を数え、オイラー標数を求めた表を提出してください。
 - 平面の多角形に対するオイラーの定理を示す方法が数学的帰納法である理由を考察してください。
 - 図示してある5つの正多面体の頂点の個数、辺の個数、面の個数を数え、オイラー標数を求めた表を提出してください。オイラー標数が2にならない多面体を考えて図示してみてください。
- 第3週
 - 円形折り紙を使って行った実習について、円形折り紙の写真とその結果の表を提出してください。
 - 前川・ジュスタンの定理の証明、川崎・ジュスタンの定理の証明を、説明する図を自分で折った折り紙をもとに描き、必要な説明をつけたものを写真に撮って提出してください。
- 第4週
 - 実習で辺が一直線上に並ぶように折ったもの（三角形、台形、Lの形、円に外接する四角形）の写真をアップロードしてください。
 - ローマ字のMの形にひとたちぎりするための山折り線谷折り線を描き、折ってみてください。その折り線の図と折ったものの写真をアップロードしてください。

5 2019 年度授業

実際に 2019 年度に 4 週の授業を 6 回おこなった。授業では、授業のポイント、実習内容、レポート課題がわかるように、毎週 4 ページのプリントを配布した。また、教材として必要な折り紙、厚紙等は、すべて配布した。プリントは学修支援システムにアップロードしておき、レポート提出は学修支援システムへのファイルアップロードを授業後 1 週間以内に行うこととした。多くの場合、授業中にアップロードできる内容であり、課題の提出状況はおおむね良好であった。評価基準が取り組みを評価するものであり、この授業についての成績は基本的に 80 点以上、努力が認められるレポートに対して、90 点、100 点を与えた。

それぞれの週の実際の知見としては以下のものがある。

第 1 週では、クラスの数名は、学修支援システムへのファイルアップロードで戸惑っており、その多くは他のクラスメンバーからの手助けにより解決していたが、直接の指導も必要であった。折り紙をするのが初めてという学生は、留学生以外にもいて、全体で 1 割程度であった。こちらの希望するところでもあったが、近くに座った学生との間での助け合いはかなりあった。2 個目の箱、曲線折りは、ある程度難しく、達成感が感じられるようであった。これまでの折り紙の経験と実際の作品の出来はあまり相関していない。曲面をそれに交わる平面に沿って鏡映の位置に折り返すということは、かなり高度な内容であるが、2 割程度の学生には伝わっているようであった。

第 2 週では、第 1 週で折った箱のほかに折り鶴を教材として使ったが、折り鶴の折り方を知らない学生が 2 割程度いた。余談であるが、折り鶴の折り方は、小学校で級友の入院等に際し、クラスの全員で折り鶴を折るために教わったという学生がかなりいた。正多面体については多くの学生が知っていた。数学的帰納法に関しては、知っておいて損はない事柄として説明したが、あまり納得されていないようであった。数学的帰納法による証明を行っている理由については、正解があるものではないが、少し単純なものについて正しい場合に 1 ステップ複雑なものに対して議論できる場合の議論であることに注目させたいという意図で問題とした。

第 3 週では、分度器あるいはスマホの分度器アプリを用いて角度の測定を行わせた。作業が雑で非常に悪い測定を行う学生もかなり見られた。定理の成立を実験するものであるので、角度の測定に対する態度と有効数字の意味についての良い経験であったことを望みたい。前川・ジュスタンの定理、川崎・ジュスタンの定理については、配布したプリントには図を描かず、黒板で図を使って説明し、必要な図をレポートさせるものであった。トポロジーの議論を必要とするので、連続変形の図による説明のメリットがある程度理解されていたと思われる。

第 4 週では、最初に「星型」にひとたちぎりなどを見せて説明した。多くの学生は三角形、四角形については、自然に解を見いだせたようである。L 字型については、当然であるが、試行錯誤と直線骨格についての考察の必要を感じたようである。円に外接する四角形については、折り線をプリントして渡していたので、それを二通りに折ることは折れているがその意味を把握している学生は少なかった。ひとたちぎりの定理については、かなり高度な内容である

が、説明を聞いてくれている学生は多かったと思う。

学生に感想や内容についての評価を特に求めていないが、子供の時に遊びとして行っていた折り紙のなかに数学の要素が沢山あることへの驚きを述べたレポートもあった。

6 2020 年度授業

この章では、2年目の授業となり1年目の実践をもとに改良等を行ったことを書くものになるはずであった。

ところが COVID-19 の蔓延のために、授業開始予定の 18 日前に遠隔授業とすることになった。これに対し、基本的に授業で口頭で説明していた部分については文書化し、それを参照しながら実習等をしてもらい、それを本来の授業時間に ZOOM でサポートすることにして、授業での口頭説明に対応する部分の文書化を始めた。この時点では、教材とする折り紙、厚紙等は、配布または郵送できるのではないかという希望を持っていて、新入生の郵送先の情報を持っているはずの事務部にお願いをしたのだが、残念ながらこれは実現されないことになった。従って、2019 年度は配布していた教材も、学生に作成してもらうための教材作成指示書を作ることになった。

新入生への授業方法の連絡が可能になったのは、授業開始日の前日であり、授業方法の連絡とともに ZOOM によるサポートの情報の連絡をおこなった。

ZOOM によるサポートの時間の参加者は、最初は 4 割程度 1 学期後半でも 6 割程度であった。ZOOM のサポートに出席している学生の多くは良好な実家の Wifi 環境を持っているようであったが、数名はスマートフォンによる参加であるようであった。

実際ダウンロードし参照することを要請したファイルは、[4] にまとめてあるが、その説明ファイルは、12 個で 20MB になった。説明ファイルはスマートフォンでも楽に読めるように大きなフォントを使用した。

教室における授業でも、4 ページのプリントの説明を読んで、あるいはそれについての簡単な説明を聞いて、折り紙を完成させる学生が 1 割から 2 割いる。ZOOM によるサポートにおいても、同じように折り紙を完成できる学生もいた。教室においては、教員の助けを借りながらも折ることができた学生の周りの学生は、その様子を見たり、質問したりして折ることができるようになるが、ZOOM においては、このような学生同士の反応は皆無で、ひとり指導しておれるようになっても他の学生には全く伝わらなかった。教員の手元を写すようなシステムも考えられたが、間に合わなかった。教員側はシステム整備も可能であるが、学生の制作のモニターは難しく、対応は困難であった。また、教材を郵送できなかった第 1 学期は、教材を自作してもらったが、その図形の形の精度や紙の弾力や強度は必ずしも十分ではなく、学生に余分な労力を使わせることになった。

最も困ったことは、履修生と連絡をとる手段は学生が持っているアカウントあてのメールを書くことであったが、レポートの提出のない学生は、このアカウントのメールを読む習慣がないと思われることであった。

それでも1学期の授業については、45人のクラスで2～3人以外は履修させることができた。

夏が過ぎて、3学期、4学期の授業を前にして、再び事務部に教材の郵送について相談したところ、COVID-19への対応が一段落し、事務部にも余裕ができて、また一部授業を対面で行う検討も始まっており、必要な教材を送付してくれることになった。これにより、授業を受けるために学生が教材を自作する必要はなくなり、学生は授業の内容に集中できることになった。

配付するプリントとともに、必要な大きさ、強度をもつ折り紙等の用紙を送付した。Wifi環境が十分でない学生は、説明ファイルをダウンロードしてそれを参照し自習した結果を提出できることとし、授業時間にZOOMでサポートすることとした。ZOOMによるサポートにおいては、同じ教材を持っているということで、説明も非常によく伝わるようになった。ZOOMのサポートの途中で作業の進行具合を出席者全員に聞くことにした。顔を合わせていないクラスのメンバーの声を聴くという機会でもあるが、一人一人の様子を知るうえで非常に役立った。

一人の学生がうまく折れると周りの学生がうまく折れるということは起こらないが、説明の方法も多少進歩して、学生の作業が進みやすくなったようである。

ZOOMには、教員側はホストするPC以外に、手書き入力のできるPCで参加し、資料のファイル等に、さらに手書き入力で説明した。これにより、黒板で説明するのとほぼ同程度の形式になっていると思われる。ZOOMのチャット機能による質問はかなり多く、わからないと言われた部分を何度も説明し、わかりました、との返答を得ることも多い。この部分をオンラインのメリットという人もいるが、対面での情報量に比べると、伝えている情報量はまだまだ少ないと思う。

7 最後に

昨年、この授業を企画して始めたときには、「基礎セルフデベロップメント」という授業において、『折り紙と数学』というテーマでずっと続けることになるかと予想していた。大学の方針変更でこの「基礎セルフデベロップメント」という授業はなくなり、2021年度は違う形の授業を行うことになる。2019年、2020年と実践した『折り紙と数学』の経験の記録が、今後の教養の数学教育の検討に活かされることを期待したい。

参考文献

- [1] Marshall Bern, Erik Demaine, David Eppstein, and Barry Hayes, A Disk-Packing Algorithm for an Origami Magic Trick, in Origami3: Proceedings of the 3rd International Meeting of Origami Science, Math, and Education (OSME 2001), Monterey, California, March 9–11, 2001, pages 17–28, A K Peters.
- [2] 2018年度群馬県高校生数学キャンプ「折り紙を折る、切る、曲げる」
<https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/tambara/mathcamp-for-highschool/mc4h2018.html>

2013 年度群馬県高校生数学キャンプ「形を造る」

<https://www.ms.u-tokyo.ac.jp/tambara/mathcamp-for-highschool/mc4h2013.html>

[3] 坪井 俊, 平坦トーラスの折り紙埋め込み, 武蔵野大学数理工学センター紀要/The bulletin of Musashino University Musashino Center of Mathematical Engineering, **5** (2019), 44–57.

[4] 坪井 俊, 2020 年度基礎セルフデベロップメント『折り紙と数学』の授業ファイルのリンクのリスト, <http://tsuboiweb.matrix.jp/files/musashino/2020origami-files.pdf>

(原稿提出: 2020 年 12 月 1 日)