

## 国を越えた授業実践 － PCSHS での授業実践について－

やまもと しゅうへい  
山本 修平

**抄録：**今年度、タイのPCSHS（Princess Chulabhorn Science High School）との交流でアジアスタディの引率に行く機会をいただいた。引率教員は現地での授業は必須ではなかったが現地の生徒に授業をしてみた。現地の生徒に対して授業を組み立て、実践することで感じたことを記録した。

**キーワード：**オリガミクス、数学教育、幾何学、交流

### はじめに

本校はタイのPCSHSと姉妹校で9年前より交流を行っていた。私が本校に転勤してきた2020年からは世界的にコロナウィルスが蔓延していたので、2020年から2年間は交流はストップしていた。コロナウィルスのワクチンの導入やコロナ対策が世界的にもスタンダードになり、世界がコロナ以前の生活を取り戻しつつあったこともあり、タイのPCSHSとの交流が2022年度から再開された。PCSHSとの交流は12月にタイから10名程度の生徒が訪日し、本校の生徒がホームステイとしてタイの生徒を受け入れ、翌月の1月は本校からアジアスタディとして希望する生徒が訪タイする。本校の生徒がタイに行くときはタイでホームステイするのではなく、PCSHSの学校の敷地内に生徒用の寮に宿泊し、タイでの生活を送る。2023年度は私がアジアスタディの引率教員の1人だったのでその期間の記録、特に現地で授業をしたことの記録としてこの集録を執筆した。ぜひ来年度以降にアジアスタディの引率をされる方がいればこの集録を参考にしていただければ幸いです。

### 1. 現地での授業について

#### 1-1. 授業のきっかけ

私がPCSHSで授業をした理由の結論は『日本語の通じない生徒に、授業をすることは自分の経験につながる』と考えたからである。私たち教員がタイに行くのはあくまでも“アジアスタディの生徒の引率”が目的であり、現地の授業はマストではない。しかし、教員として海外の行事に引率出来る機会はなかなか巡ってこないもので、せっかくアジアスタディの引率としてタイに行くのであれば現地で授業をすることで自分の経験につなげたかった。

本校のコンタクトパーソン<sup>\*1</sup>の教員に授業をすることを伝えたときに、現地の授業時間や1クラスあたりの生徒数などはわかっていなかったが、タイの生徒のみを対象に授業をするのか、日本の生徒とタイの生徒の混合で授業をするのかは選択することが出来た。タイの生徒に授業をする以上は授業で使う言語はタイ語か英語になるが、当然私はタイ語も英語も話せない。授業案や発問を英語で準備したとしても授業中の生徒とのやりとりの全てを英語で準備するのは不可能である。私の英語が生徒に伝わらなかったときや、生徒の質問を理解できなかったときにその場に本校の生徒がいれば私は生徒に頼ってしまうと考えた。最初に申し上げたように、私がタイで現地の生徒に授業をする目的は『日本語の通じない生徒に授業をすることは自分の経験につながる』という部分なので、肝心のところで生徒に頼ってしまうと意味がないので授業対象者はタイの生徒のみにした。

#### 1-2. 授業の題材

タイでの授業では言葉の壁に不安はあったが、数学は世界共通なので「数式に壁はない」と自分に言い聞かせていた。しかし、肝心の題材選びはとても悩んだ。現地に行って1コマだけの授業をするので、①タイのカリキュラムでも履修済みの分野、②分かりやすく興味を持ちやすい内容、③出来れば日本ならではの題材、この3つを満たす題材を考えた。①のタイのカリキュラムはインターネットなどで調べてもわからず、こちらからの希望としては現地の高校2年生の生徒を対象にしたいという希望を出したが言葉の通じない相手に授業をするので幾何学の分野がいいのではないかとぼんやりと考えていた。授業の題材を日々模索しているときに附属中学の島橋先生が数学と折り紙を融合させた“オリガミクス”

というものを題材に本校で研究授業<sup>\*2</sup>をすることを  
知ったのでそのアイデアをお借りした。島橋先生は  
解析学の分野でオリガミクスを用いており、オリガ  
ミクスについて調べてみると幾何学の分野でも活用  
していたのでタイでの授業はオリガミクスを用いる  
ことにした。

### 1-3. ギリシャの三大作図問題

今回、タイの生徒を相手に授業をしたのはオリガ  
ミクスの中の“角の三等分”であるがその前にギリ  
シャの三大作図問題を紹介したい。1つ目は円と同  
じ面積を持つ正方形を作図する。2つ目は与えられ  
た立方体の体積の2倍の体積を持つ立方体を作図す  
る。3つ目は任意の角を3等分する。この3つは作  
図をすることが出来ないということが、1837年に  
フランス人数学者ピエール・ローラン・ヴァンツェ  
ルによって2つ目の立方体の倍積問題と3つ目の角  
の三等分が示された。それから45年後の1882年に  
ドイツ人数学者フェルディナント・フォン・リンデ  
マンによって1つ目の円積問題についてが示され  
た。これらが作図不可能であることの証明はニッセ  
イ基礎研究所のHP<sup>\*3</sup>のものが1番まとまっていたの  
で、それを引用させていただく。まず大前提として  
「作図」とはどのようなことだろうか。

ここでの作図とは、「定規とコンパスを使って作  
図」という意味である。現代であれば、コンピュ  
ータ等を使用して、簡単に作図できるが、「定規とコ  
ンパスを使って作図」ということになるとそうはい  
かなくなる。

「定規とコンパスを使って作図」とは、

- (1) 定規は2点を直線で結ぶ（目盛りは使わない）
- (2) コンパスは円を描く
- (3) あくまでも手順は有限回である

ということを意味している。

さらには、「作図可能」とは、全ての角において  
作図可能ということであり、例えば、直角(90°)の  
ような特定のケースだけ、作図可能であっても答え  
にはならない。

1つ目の円積問題が作図不可能な理由は、半径1  
の円の面積は $\pi$ （円周率）なので、この円と同じ面  
積を持つ正方形の1辺の長さは $\sqrt{\pi}$ となる。ここで、  
 $\pi$ は超越数といって、どんな有理係数の代数方程  
式の解にもならない数であることが先のリンデマン  
によって証明された。

2つ目の立方体倍積問題は、与えられた立方体の  
1辺の長さを1とすると、求めたい立方体の1辺の

長さ  $x$  は、

$$x^3 = 2$$

ということになるが、これは3次方程式であり、こ  
の方程式の解は有理数から始めて、四則演算と平方  
根をとる操作を有限回数繰り返すだけでは得られな  
いことが、体論の基本的な議論によって証明でき  
る。

3つ目の角の三等分線は、与えられた角を $\theta$ と  
すると、 $\cos \frac{\theta}{3}$  が分かれば、そこから直線を立てて、  
半径1の円との交点を求めることで、角を3等分で  
きることになる。

$A = \cos \theta$ ,  $x = \cos \frac{\theta}{3}$  とすると、 $\cos$  の3倍角の  
公式により、

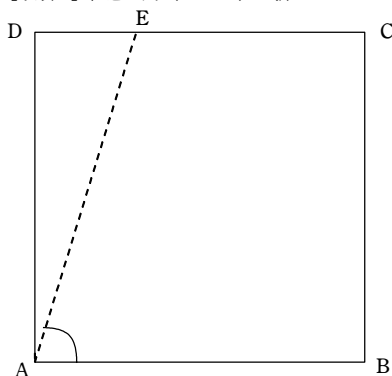
$$4x^3 - 3x - A = 0$$

となる。これも3次方程式であることから、立方体  
倍積問題と同様に作図不可能である。

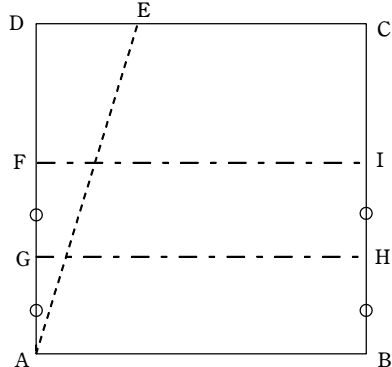
### 1-4. 折り紙を用いた角の三等分線

タイで行った授業は折り紙を用いて角の三等分線  
を折り、その角が角の3等分になっていることを証  
明せよ、という内容である。まずは角の三等分の折  
り方を紹介するので、手元に折り紙を用意し同じよ  
うに折ってみてほしい。

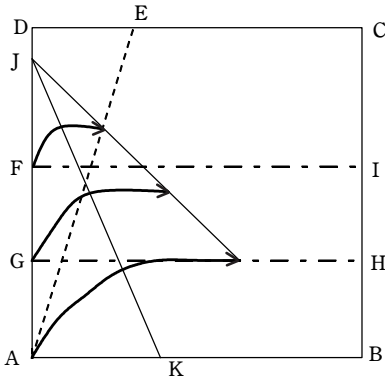
[手順1] 任意の角 ( $\angle BAE$ ) を折る



[手順2] 図のように横の辺が同じ長さ ( $AG=GF$ ,  $BH=HI$ ) になるように2回折る。

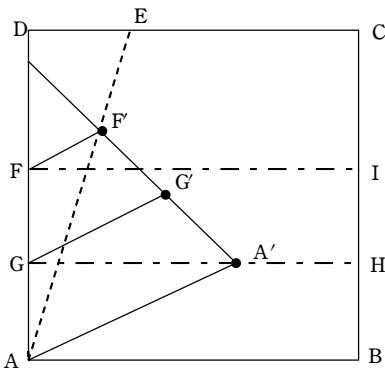


[手順3] 点Fが線分AE上、点Aが線分GH上になるように折る。



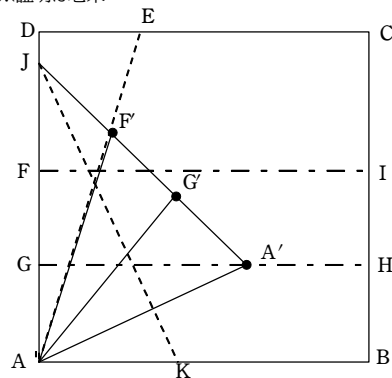
[手順4] [手順3]において

点Fから移動した点をF'、点Gから移動した点をG'、  
点Aから移動した点をA'とする。



[手順5] 点Aと点A', G'を結んだ線分が[手順1]で作った  
任意の $\angle BAE$ を三等分している。

※証明は巻末



## 2. 当日の授業について

### 2-1. 授業計画

事前の打ち合わせでは授業時間はタイの学校での1コマ分ということでお願いしており、それが日本と同じ50分ということで授業準備していたがPCSHSから送られてきた資料では100分での時間設定となっていた。さすがに英語で数学の授業を100分することは難しかったので、現地に到着した時に50分に変更をお願いし、それを了承していただいていた。当日の参加生徒は19人でPCSHSの数学の先生も

1人補助として参加してくれた。授業の内容は先ほど述べたように、ギリシャの三大作図問題の1つである角の三等分を題材として授業を実施した。

大まかな流れ（授業時間50分）は

- ・自己紹介 3分
- ・ギリシャの三大作図問題の紹介 5分
- ・角の三等分の実演 10分
- ・三等分になることの証明 15～20分
- ・解説（証明できた生徒がいれば説明してもらう）10分
- ・まとめ

で想定していた。

### 2-2. 授業実施（前半戦）

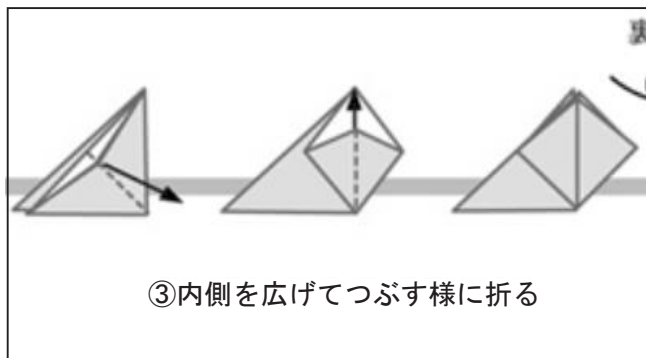
結論：授業としては全然上手くいかなかった。

これは「折り紙を折る」という認識が違っていたからである。日本では、「折り紙を折る」＝「折り目が付くように折る」、ということだが、タイの生徒が折り紙を折っても、折り目がついていない。もしくは折り目が薄くどこで折ったかがわからないような折り目だった。折り紙というのは折り目を付けてその折り目を目印として別の部分をその折り目に合わせて折っていくものである。しかし、折り目が薄い場合、その折り目が目印になっていないので次の作業からは徐々にずれていき、最終的には予定とずいぶん違うものが出来上がってしまう。その認識の違いに気づいたのは、折り紙を使って角の三等分になる折り方を実演したときに生徒たちの折り紙には折り目が全然付いていなかったときである。授業の途中で、“折り目が付くように指導する必要がある”と気づいたが、「折り目が付くように折る」を英語で表現するのは私には不可能だった。タイに行く前に同僚の英語の先生に折り紙を題材にした授業をすることを相談しており、その先生からは何かあれば「like this（こんな風に）」を言えばある程度は伝わるとアドバイスをもらっていたのでそこからは「like this」を連発した。ただ、授業のメインは角の三等分を折ることではなく、「なぜ三等分になるかを証明せよ」という部分だったので折り紙を用いて角の三等分を折り終えたときには予定時間を10分程度オーバーしていた。私の授業に参加してくれているタイの生徒も放課後の時間があるだろうし、授業時間を守ることに必死になっていたので、角の三等分になることを考えさせる時間があまりとれずに解説に移った。この証明は英語で準備しており、内容も数学なので言語の壁は大きくなく上手く伝えることが出来たと思うが50分の時間配分が上手くできなかったので手応えのない授業になってしまった。

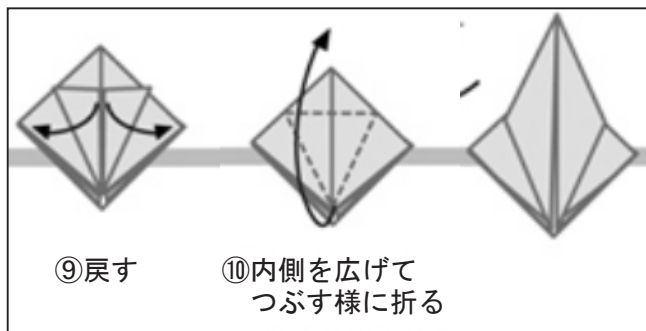
### 2-3. 授業実施（後半戦）

前項の授業実施（前半戦）でも述べたが「折り紙を折る」という認識が違っていたので、授業の途中に「折り紙を折る」ということの説明を加えてした。そのため予定していた時間配分での授業が出来なかった。そのときは想定していたような授業が出来ず焦っていたので正確に覚えていないが授業時間としては50分はしっかり守れたような気がする。最後にお礼の言葉を伝えて授業を終えようとする、PCSHSの数学の先生から「せっかくの機会だからこの子たちに鶴の折り方を教えてあげて欲しい」と言われた。今考えると授業時間を50分に変更を了承してもらえたと思っていたのは私であって、参加してくれた生徒や補助として入ってくれた先生には伝わっていなかったようだった。当然生徒たちは100分の授業を受ける気持ちで参加しているので、50分で終わると消化不良になるということで「鶴の折り方を教えてくれ」というのは補助の先生からの助け舟だったのである。ただ、私は自分が実践しようとしている授業内での発問や数学の用語を英文にする準備はしていたが、鶴の折り方を英語で説明する準備はしていない。個人的に初心者には鶴の折り方を教えるときにポイントになるのが以下の2つの部分だと思っている。

【鶴の折り方】（袋をつくって折る）



【鶴の折り方】（下の部分を上に持ってくる）



日本語で説明するのも難しいものをどうやって英語にしたらいいのだろうか。しかも即興で。これは私の経験した授業史上最も難易度の高いお題であった。結論としては英語の先生から伝授された「like this」や身振り手振り、即興の英語などを試行錯誤し全員が鶴を折ることに成功した。鶴の折り方も補助に入ってくれた先生から提案されたものでありPCSHSの生徒が求めているものではなかったと思うが、その時間があつたからか100分の授業後にPCSHSの数学クラブのような生徒たちが残ってくれてタイでは一般的なA-mathという数学のゲームと一緒に遊んだ。そういった時間をタイの生徒と一緒に過ごしたので、その後も校内を巡回しているときにPCSHSの生徒とすれ違っても授業に参加してくれた生徒がいれば、「PCSHSのその他の生徒」から「授業に参加してれた生徒の1人」として認識することが出来た。またそのときの生徒も私の姿を見たら反応があり、コミュニケーションをとることが出来た。今回はアジアスタディの引率としてタイに同行したが、私の本業は数学教員であるので現地で授業が出来たことはとても良い経験になった。

### 3. タイの生徒について

PCSHSはタイの王女様が立てた3つの国立高校（中学校）の1つということで学力もものすごく高いのではないかと、そうだとしたらどんな授業を準備すればよいかを悩んでいたが、実際は日本の生徒と変わらなかった。むしろ現地の生徒も日本から授業をしてくれる先生がいるのでその授業を受けたいという交流を目的としていたように思う。現地での授業でギリシャの三大作図問題を知っているか等をたずねたら角の三等分線について知っていたのが1人だけだった。学力水準は高いので英語は本校の生徒と同様に習得していたが少しだけ日本語を話せる生徒も数名いた。おそらく日本の漫画がきっかけで覚えたのだろう。私も授業の最初の自己紹介でドラゴンボール、ONE PIECE、NARUTOが好きでその中でも孫悟空、マルコ、はたけカカシというキャラクターが好きだということをお伝えしたらそれだけで盛り上がった。また日本の男性アイドル文化の影響で日本語を覚えたという女子生徒もいた。国は違っても中学生、高校生が興味を示すものはどの国でも一緒なのだと感じた。

また、本校の生徒が現地で交流しているときに校舎内を見学させてもらったがPCSHSの1クラスの生徒数は24人（タイのスタンダードな人数かは不明）だそうだ。日本の感覚で少人数クラスだと20人前後だと思うのでそれよりも少し多いぐらいだと感じた。現地の先生になぜ20人じゃないのかを聞く

と「24はマジカルナンバーだ」と返ってきた。24は2, 3, 4, 6, 8, 12で割ることが出来るのでグループワークをさせるときに便利だという理由である。ただの少人数ではなく、授業をするために最適な人数という意味で理論的に考えられていると納得させられた。余談ではあるが、小学校の学級編制の標準を5年間かけて計画的に40人から35人に引き下げる法律案（公立義務教育諸学校の学級編制及び教職員定数の標準に関する法律の一部を改正する法律案）が全会一致で可決、成立されたが、24の次のマジカルナンバーは36なので36人学級でもいいのではないかと感じた。

#### 4. タイの探究活動

最終日にPCSHSの探究活動でForensic science classという授業に参加させてもらった。日本でいうマörderミステリーゲームを題材にSTEAM学習をしたような授業で、ある村で殺人事件がおき4人の容疑者の中から誰が犯人かを探すという導入だった。その説明の後に隣の教室に移動すると実際の殺人現場の模倣したものが用意されていて、現場に残されていた道具から指紋を検出したり、3種類の薬品がありそれを水酸化ナトリウム水溶液に落とし、色の変化でシアン化物の検出をしたり、軍手を顕微鏡で覗いて花粉の有無を確認しながら犯人を探し出す授業であった。こんな授業があるのかと本当に驚いた。授業のクオリティもさることながら、この授業の発想が素晴らしいと思った。どういった取っ掛かりでこのような授業を思いついたのかを聞くと、タイでは名探偵コナンが大人気でそこでヒントを得たようだった。ただそれを授業レベルにまで引き上げる授業力は私は持っていないので、この授業をきっかけに自分の授業ももっと磨いていきたいという気持ちになった。授業を考えた先生に日本でも真似ていいかを確認し、授業のデータをいただくことが出来たのでいずれ本校でも実践してみたい。

#### 5. 引率を終えて

アジアスタディの引率の5日間は教師として経験したことのないことの連続だった。ただのタイ旅行ではなく、現地の先生、生徒に触れ、交流するというのはなかなか経験できることではない。1番驚いたのはタイのおもてなしに対する国民性だった。本校からは私を含め3名の教員が参加したが、常に2～3名の先生がアテンドしてくれた。1ヵ月前にPCSHSの生徒と教員が日本に来ていたが私はそこまでのおもてなしが出来なかったのが、次年度以降の交流ではぜひ今回のお礼も含めてサポートしたいと

思う。繰り返しになるが私が現地で授業をしたのはタイ滞在中の3日目だったが、授業をする前後では校内ですれ違う生徒が違ったように見えた。前述したように現地の生徒を“PCSHSのその他の生徒”から“授業に参加してれた生徒の1人”として認識し、校内で会う度にコミュニケーションをとることができたからだ。今後アジアスタディの引率に行かれる先生も是非現地での授業にチャレンジしてみたい。授業の題材選びや英語での構成など準備に時間はかかるが、それ以上の経験が返ってくる。

#### 注

- \*1 本校でPCSHSと連絡をとる教員
- \*2 島橋先生の研究授業については今年度の研究集録に記載されているのでぜひ目を通していただきたい。
- \*3 ニッセイ基礎研究所ホームページは巻末に記載

#### 主な参考文献・サイト

- 『折り紙を用いた数学教育の実践報告』灘紀要 河内一樹
- 『ニッセイ基礎研究所』<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=55978?site=nli>
- 『三輪の翁 稲垣』<https://miwaokina.com/blog/wordpress/?p=1931>
- [角の三等分の証明]  
 $AB \parallel GH$ より、 $\angle A'AB = \angle AA'G = \bullet \dots \textcircled{1}$   
 $A'$ は線分AFの垂直二等分線上にあるので  
 $\angle FA'G = \angle AA'G = \bullet \dots \textcircled{2}$   
 ここで [手順3] より点F'、点A'は線分JKに関して対称な点なので、  
 $JK \perp FF'$ 、 $JK \perp AA'$   
 よって、 $FF' \parallel AA'$ かつ $FA = F'A'$ より、台形FAA'F'は等脚台形である。  
 等脚台形の性質より $FA' = F'A$ なので  
 $\triangle FF'A \equiv \triangle F'FA'$   
 ここで線分FA'と線分F'Aの交点をLとすると  
 $\triangle FF'A$ と $\triangle F'FA'$ において、 $\triangle FF'L$ は共通なので  
 $\triangle FLA \equiv \triangle F'LA'$   
 よって $\triangle LAA'$ は二等辺三角形となり  
 $\angle FAA' = \angle F'AA' = 2 \times \bullet$   
 また $\triangle A'AG$ と $\triangle AA'G'$ において  
 点F'、点A'は線分JKに関して対称な点なので  
 $\angle JAA' = \angle JA'A$   
 仮定より $AG = A'G'$ 、AG共通より  
 $\triangle A'AG \equiv \triangle AA'G'$   
 よって $\angle GA'A = \angle G'AA' = \bullet$   
 以上より、線分AA'、AG'、AF'は $\angle BAF'$ を三等分する。

## Teaching Across Borders

— An Asia Study Exchange Program with PCSHS, Thailand —

YAMAMOTO Shuhei

**Abstract:** In the current year, I undertook the role of leading an Asia Study tour in collaboration with Princess Chulabhorn Science High School (PCSHS) in Thailand as part of an exchange program. While teachers were not obligated to engage fully in all exchange activities, I got the opportunity to impart my expertise to the students. This paper presents a reflection on my teaching experiences during this program.

**Key Words:** origamics, mathematics, geometry, alternating current