

一刀切りを題材にした数学探究コンテスト

— H26ふくい理数グランプリ (中学・数学) の実践報告 —

福井大学教育地域科学部 西村 保三
福井県教育庁義務教育課 岸上 尚毅

福井県では、平成20年度より中高生を対象とする理数系科目の競技大会「ふくい理数グランプリ」を実施している。このグランプリでは、実生活に関連した理科や数学の課題に取り組むことによって、中高生の理数系科目への興味関心を喚起するとともに、科学的な思考力・判断力・表現力などを育成することを目的としている。平成26年度のふくい理数グランプリ (中学・数学) 本選では、「一刀切り」を題材にして、3人1組のチームで数学の探究課題に取り組む競技大会を開催した。本稿では、その実践報告に沿って、一刀切りの教材化の考察を行う。

キーワード： 数学的活動, 問題解決学習, 一刀切り, 折り紙, 平面幾何

1. はじめに

近年、中高生を対象とする理数系科目の競技大会が、全国各地で行われている。福井県でも「理数好きの裾野を広げ、トップを伸ばす」のスローガンの下、平成20年度より「ふくい理数グランプリ」を開催している (石井他2009, 西村他2014)。当グランプリは、中高生を対象に、実生活に関連した理数の課題に取り組むことによって、数学・理科や科学技術に対する興味や関心を喚起するとともに、科学的な思考力・判断力・表現力などを育成することを目的としている。大会は、大きく中学と高校の部に分かれており、中学の部は数学と理科の2つの部門、高校の部は、数学・物理・化学・生物・地学の5つの部門に分かれ、それぞれ教科名を冠して「〇〇グランプリ」と呼称している。また、平成25年度より本大会は、科学探求の全国大会「科学の甲子園Jr.」の福井地区予選を兼ねることになった (中学1~2年生のみ)。平成26年度の中学の部の参加者は、数学が399名、理科729名の合計1128名と、過去最高の参加者数を記録して、本事業が県内の学校に周知されてきた様子が伺える。大会の運営方法は、年によって異なるが、平成26年度のふくい理数グランプリ中学部門は、次のような方式を採用した。

- ・エントリーは理科と数学に分かれて、原則3人1組のチームで行うが、個人の部のみの参加も認める。
- ・8月2日開催のチャレンジステージ (予選) では、個人で筆記問題に取り組み (理科では一部チームで筆記問題に取り組む)、チームの合計点で各部門上位10チームを本選通過させる。
- ・8月24日開催の本選ではチームで探究課題に取り組む。
- ・チャレンジステージの結果で、個人の部を表彰する。
- ・チャレンジステージに参加した1~2年生の各部門上位30位までの60人は、9月20日開催の「科学の甲子園

Jr. 最終予選会」に選抜されて、理数混合の筆記問題に取り組み、上位6人で全国大会に出場する福井チームを結成する。

- ・表彰は、団体の部と個人の部の両方でを行い、最優秀賞、優秀賞、奨励賞を設けて賞状を贈る。

平成26年度の中学の部・数学グランプリ本選では、問題解決型の探究活動として、「一刀切り」をテーマとした。一刀切りとは、紙を折ってハサミで1回だけ直線に切って、様々な形を切り出す遊びであるが、数学の研究対象としても注目されている (Hu11 2005; 2章, ドメイン2009; 17章, オルーク2012など)。本稿では、数学グランプリの実践報告に沿って、一刀切りの教材化の考察を行う。

2. グランプリ本選

数学グランプリ本選は、8月24日に福井大学文京キャンパス総合研究棟Iの大会議室で開催され、チャレンジステージの上位10チーム30名が参加した。本選に出場した10チームの所属する中学校は、陽明、中央、至民、明倫、永平寺、明道、成和、小浜、朝日、小浜第二 (以下小浜二) の10校で、以下チームは中学校名で呼称する。数学グランプリ本選のタイムスケジュールを表1に示す。

表1：グランプリ本選

時 間	内 容
9:40~10:00	受 付
10:00~10:20	開会式 (理科と合同)
10:20~12:20	本 選 (2 h)
12:20~13:00	昼食・休憩
13:00~13:30	発表準備
13:30~14:30	発 表
14:30~15:20	講評・休憩
15:20~15:40	表彰式・閉会式

始めに、数学グランプリ・アドバイザーの西村が前に出て、一刀切りについて20分ほどで簡単な説明を行った。「一刀切り」とは、紙を折り畳んだ後に、ハサミで1回だけ切って様々な形を切り出す遊びである（山本2004, 伊藤2014）。図1のように紙を折った後、紙を（一刀とは限らず）様々に切って、対称な図形を切り出す「紋切り」も似た遊びであり、誰でも子供の頃に1度は経験したことがあると思う（Houdini 1922, 笠原1981）。

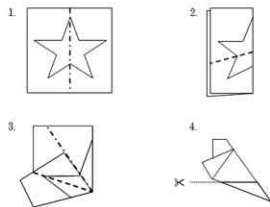


図1：星形の一刀切り

そう説明しながら、星形やハート形など、簡単な図形を幾つか一刀切りで切り出して見せた後に、「準備体操」と称して次の問題を出した。このとき、各班には、正六角形と三角形が印刷された用紙と折り紙を何枚か配って、自由に考えてもらった（図3）。

【準備体操】

- ①正方形の用紙から、正六角形を一刀切りせよ。
- ②図の三角形を一刀切りせよ（図2）。

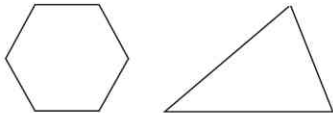


図2：正六角形と三角形



図3：準備体操に取り組む生徒の様子

10分程度考えさせたところ、ほとんどのチームは正六角形の一刀切りには成功していた。三角形は、まだ全てのチームはできていない状態だったが、ここで準備体操の解答を行った。正六角形は、プリントの図を使えば容易に一刀切りできるが、解説では図が描かれていない折り紙を使って、60°を折り紙で作図して正六角形を一刀切りする方法（山本2004, 笠原1981）を紹介した（図4）。

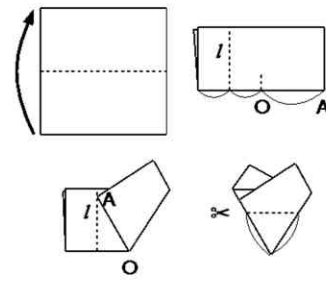


図4：正六角形の一刀切り

この作図法は、8月2日に行われたチャレンジステージ（筆記）でも、封筒を折った後にハサミで切って膨らませて正四面体を作る問題として登場しており、この問題の伏線になっていた。

三角形は、それぞれの角の2等分線で山折りして、それらの交点から、1つの辺に下した垂線を谷折りすれば、三角形の辺が全て一直線に重なるように折りたたんで、一刀切りができる（図5）。ここでは、三角形の角の2等分線は常に1点で交わり、その交点が「内心」と呼ばれることなどは説明せずに、この方法で一刀切りできるという事実のみを述べた。

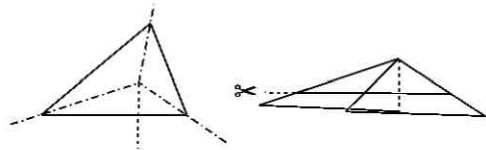


図5：三角形の一刀切り

以上の「準備体操」で、一刀切りについての簡単な予備知識を説明したところで、本選課題を発表した。

【本選課題】

- ①図の四角形を一刀切りする方法を示せ（図6）。
- ②長方形の用紙から「恐竜」を一刀切りで切り出せ。長方形の縦横比は自由とし、恐竜のデザインはオリジナルでよい。

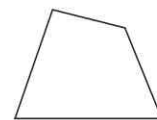


図6：四角形

本選の課題①では、三角形の次に簡単な図形として、不等辺の凸四角形を出題した。四角形は一般の図形を考える際の最初のステップとなる図形であり、課題②の取っ掛かりにしてももらう意図もある。課題②は、明確な答えがないのはもちろんであるが、図形さえ与えられていないので、問題設定から自分たちで考える必要がある。図形の題目を「恐竜」としたのは、福井の名物に因んだ。課題に取り組む時間は、約1時間半で、12:20に「答案」

を提出する。その後は、昼食と発表準備の時間とし、13:30から実物投影機とプロジェクターを使って、どう考えたかを発表してもらい、その優劣で評価を行うことなどを説明した。本選課題にはどのチームも熱心に取り組んでいた(図7)。



図7：本選課題に取り組む生徒の様子

生徒の様子を観察すると、四角形については約半数のチームは比較的早い段階で一刀切りに成功していたようで、プレゼンに向けて、考えた方法をどう数学の言葉で説明するかが議論の中心になっていた。一方、「恐竜」については、どのチームも苦戦している様子だったが、おおよそ次のような思考過程をたどっているようだった。

1. 恐竜をデザインして、多角形に単純化する。
2. 一刀切りの折り方を考える。
3. うまくいかない場合は、図形を修正して、デザインをやり直す。
4. 成功した場合は、方法を数学的に説明して、答案を作成する。

この思考過程をチャート図で表すと図8のようになる。

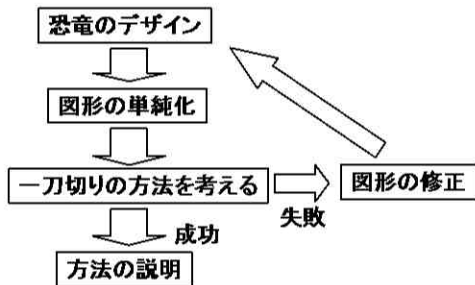


図8：課題②の思考過程

12時20分に、答案を提出させて、昼食休憩と発表準備に入った。提出させた答案は、コピーを取って原本はただちに返却し、実行委員はコピーを元に、答案の採点と評価を行った。ここで答案を提出させる意味は、第1に発表の順番で有利不利がないようにすること(提出された答案の内容以外を発表することは無効とした)。第2に論理的でわかりやすい答案作成の能力を評価すること。第3にプレゼンの参考資料とすることである。各チームの答案を見たところ、課題①は10チーム中7チームが正しく解答できていた。課題②では、一応「恐竜」の形ができていたのは7チームで、全く手を付けていないチームもあった。ただし切り出した恐竜の形をそのまま提出しただけの答案もあり、恐竜の折り方に何らかの説明を付けていたのは4チームであった(図9)。

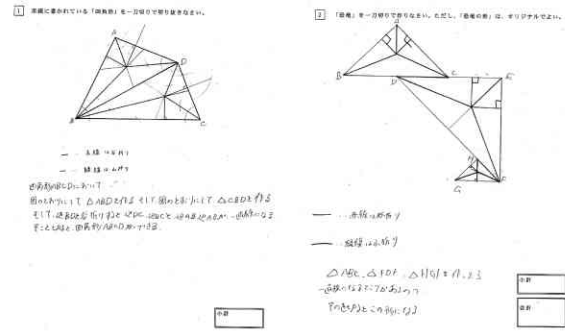


図9：課題②の答案例(小浜中)

13時30分より、プレゼンテーションを開始した。生徒たちは、用意した原稿を元に、実物投影機とプロジェクターを使って発表を行う。順番はくじで決定した。発表の持ち時間は5分として、質疑応答の時間も設けた。多くのチームは、実際に四角形や恐竜を一刀切りするところを実演して、発表に工夫を凝らしていた(図10)。

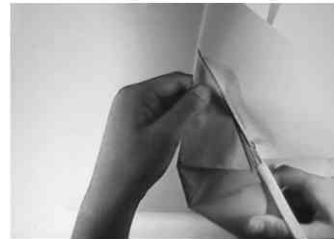


図10：一刀切りの実演

課題①の四角形の一刀切りでは、生徒からは大きく2通りの考え方が見られた。1つは、四角形を対角線で2つの三角形に分割して考える方法で、もう一つは四角形のそれぞれの角で2等分線を引き、その交点から垂線を引く方法である。どちらも準備体操で解説した三角形の一刀切りを応用・発展させた方法といえる(図11左・右)。小浜・小浜二・明倫の3校は前者の方法で、朝日・至民・中央・陽明の4校は後者の方法で一刀切りを行っていた。三角形の「内心」という言葉を使って一刀切りを説明していたチームもあった。なお、四角形の一刀切りには、他にも幾つかの方法が考えられる。ロバート・ラングが提唱した「マチ分子」は、四角形の一刀切りの重要な別法の一つで、これを組み合わせることで、より複雑な図形の一刀切りを設計することが可能になる(Hu11 2005, 2章)。

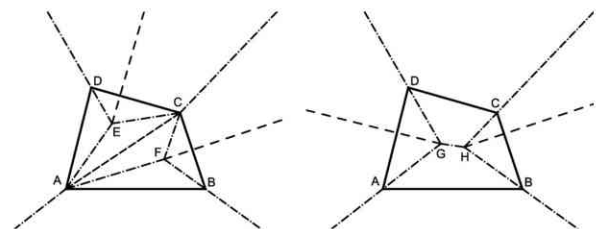


図11：四角形の一刀切り2種

図11左の方法では、四角形の4辺と対角線の1本が一直線に重なるので、対角線の一部が切れてしまうことがある(図12)。小浜中の発表時にこの現象が起こったことで、質疑応答時に、朝日中から、その方法では対角線が切れるので駄目なのではないか?という意見が出た。さらにそれに対して明倫中から、「うちのチームはこのやり方で対角線が切れない方法を見つけた」という意見が出て、活発な議論になった(図13)。

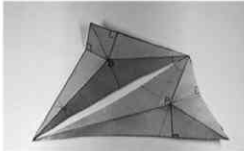


図12：対角線で切れた四角形

この議論に対しては、結論は保留して、次のチームの発表を続けることにした。なお、図11左の点A,Cの外側の山折り線は、対角線ACの延長ではなく、角A,Cの2等分線でなければならないが、これを指摘したチームは皆無で、どのチームも図形外部の折り線にはあまり注意を払っていない様子であった。



図13：質疑応答の様子

課題②の恐竜の一刀切りでは、7チームが何らかの形で、「恐竜」を切り出していた。本稿ではそのうち幾つかを紹介する(図14)。

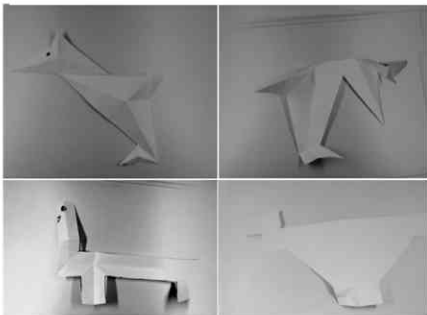


図14：一刀切りされた恐竜

小浜中は、直角二等辺三角形3つを組み合わせた恐竜をデザインして、それぞれの三角形を図5の方法で折り畳んで一刀切りを行ったと説明した(図9右, 図14左上)。初めから切り抜かれた図形を平坦に折り畳むだけであればその説明で十分だが、一刀切りで難しいのは、むしろ図形外部の折り線である(この場合、例えば図15のように折る必要がある)。発表時に一刀切りの実演があったので、生徒たちが実際に一刀切りする折り方を考えたことは間違いないが、外部の折り線をどう設計したのかは

説明がなく、よくわからなかった。図形外部の折り線に関する説明の不十分さは、今回のグランプリを通して、全てのチームで共通して見られた特徴である。

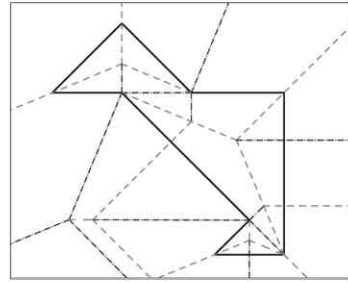


図15：小浜中による恐竜の折り線例

小浜二中は、10チーム中、最も複雑な恐竜をデザインした(図14右上)。背中中の直線を長方形の紙の境界線に合わせることで、切る必要のある線分を減らして効率を高めている(足の裏も境界線と合わせている)。解答例としてこちらが事前に準備していた図も、同様の節約を行っており、むしろこのような答案を想定していたが、他に境界線を利用したチームは少なく、一部の審判からは紙の境界線を利用する是非について疑問が出た。小浜二中は、折り方においても論理的でわかりやすい説明をしていたが、やはり外部の折り線については注目していなかった。図16は、提出された答案を元に推定した全体の折り線図である。

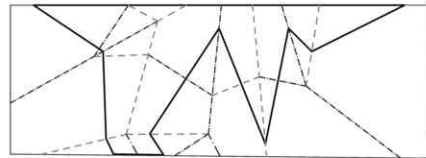


図16：小浜二中による恐竜の折り線例

朝日中は、長方形を組み合わせた「直交多角形」で恐竜をデザインした。この図形は、角が直角しかないので、折り線が縦横・斜め45度の直線だけとなる上に、長方形の紙の境界線を利用しやすく、比較的簡単に考えることができる(図17)。なお、提出された答案と、発表時の図では首の太さに若干の違いがあった。

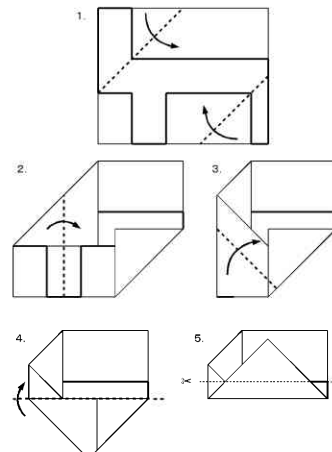


図17：朝日中による恐竜の一刀切り

中央中も朝日中と同様に、直交多角形による単純な恐竜のデザインを採用していたが、図17よりもさらに単純化して、一刀切りしやすい対称形の「H」の形を恐竜に見立てていた(図18)。なお「H」の一刀切りの方法は、山本(2004)や伊藤(2014)などに記載されている方法と同じである。多くのチームで、切り出した図形に目や顔を描いていたが、単純な図形でも顔を描くとそれだけで恐竜に見えてくる。プレゼンでは、初め複雑だった恐竜のデザインが、H形にまで単純化される過程が発表された。

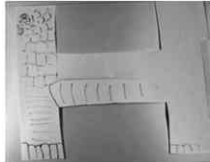


図18：中央中によるH形の恐竜

縦横の直線のみで構成される直交多角形で、「H」や「h」などを恐竜に見立てるチームが現れることは予想していたが、実際にはそのような発想は少なく、3チームが無答だったのは残念な結果だった。今回、時間の都合で出題を見送ったが、打合せ段階では、課題①と②の間に、福井に囚んだ文字である「F」や「井」などの縦横の直線のみで表せる図形を出題する案もあった。もしもその問題を出題していたら、恐竜の形を直交多角形で作ろうとするチームはもっと多かったのではないと思う。

【講評・解説・表彰】

発表の後、数学グランプリ・アドバイザーの西村が、30分ほどで講評と解説を行い、その間に他の実行委員は評価と表彰チームの選定を行った。講評では、まず図5を再掲して、三角形の一刀切りで、内心と内接円の性質を説明した。次に、折り紙の数学研究で知られている、紙が平坦折りできるために折り線が満たすべき局所条件を幾つか紹介した(オルーク2012, Hull 2005; 3章)。

定理1. 折り線に沿って紙を平坦に折りたためるとき、折り線の任意の頂点のまわりで、次の条件が満たされなければならない。

- (1) 頂点の次数は偶数である。(偶数次数定理)
- (2) 各頂点のまわりで、山折りと谷折りの本数の差は2である(前川・ジュスタン定理)。
- (3) 折り線で挟まれた角が、両隣の角より小さい場合は、山折りと谷折りで区切られている(局所最小定理)。
- (4) 折り線で挟まれた角の交代和は0(川崎・ジュスタン定理)。

一刀切りの折り線を設計する際、少なくとも上記の条件は各頂点のまわりで満たされるようにする必要がある。

ただし、これらは局所的な必要条件であって、一般の折り線の平坦折り可能性を判定することは非常に難しく、NP困難であることが証明されている。

次に、課題①の解答として、図11右を使って四角形の一刀切りを解説した。与えられた多角形に対して角の2等分線で作られるグラフを「直線骨格」と呼ぶ。四角形が内接円を持つ場合は、直線骨格は次数4の頂点が1つの放射状のグラフとなり、直線骨格を折り線とすれば一刀切りできる。内接円を持たない一般の四角形の直線骨格は、次数3の頂点が2つの「Y」形のグラフとなる。次に直線骨格の2頂点から四角形の辺の垂線を1本ずつ下して、折り線に加えれば四角形も一刀切りすることができる(図11右)。この方法は、凹四角形でも通用する。さらに、多角形が凸であれば(一般に直線骨格が木構造であれば)数学的帰納法によって、何角形に対してもこの方法を適用することができる。しかし、凸でない図形の場合は複雑で、この考え方で一刀切りの証明を行うことは五角形の場合ですら容易ではない(廣澤2013)。

定理2. (1) 任意の四角形を一刀切りできる。
(2) 任意の凸多角形を一刀切りできる。

任意の図形が一刀切り可能であることを数学的に初めて証明したのは、エリック・ドメインで、若干19歳のときである。ドメインによる直線骨格に基づく最初の証明は、例外的な図形ではうまくいかないことがわかり、ベルンらによってディスクパッキングを利用した完全な証明が、2002年に与えられた(ドメイン2009, 17章参照)。一刀切りの数学研究の歴史的経緯を紹介するとともに、10日程前の8月10~13日に、東京で「第6回折り紙の科学・数学・教育の国際会議」が開催されており、折り紙の数学が国際的に研究されていることや、ドメインが来日していたことにも触れた。

定理3. (ドメイン2000, ベルン2002). 任意の多角形の集まりを一刀切りすることができる。

定理3は、より一般の図形—任意の線分の集まり—について証明されている。ただし、奇数次数の頂点がある場合、平面を図形で囲まれた内部と外部に分けられないので、折り目上の線分をハサミがなぞって幅0で切ることになる。実は、図11左の対角線はこのケースであり、厳密には、図11左は四角形に対角線を加えた図形で、四角形とは区別すべきだが、「幅0で切る」は現実では誤差の問題もあって「切らない」とも解釈できるため、この方法を多角形の一刀切りとして認める立場もあり得る。このような形で質疑応答時に保留した問題について説明を補足した。

ディスクパッキング法によって、任意の図形が理論的に一刀切りできることはわかったが、与えられた図形を

一刀切りする方法を具体的に見つけるには、直線骨格法の方が有効である。生徒が考えた恐竜それぞれについて講評を行い、事前に準備しておいた解答例を幾つか紹介して、一刀切りを実演した。さらに参加した生徒全員に、それらの折り線図をプレゼントとして配布した（図19・20・21）。

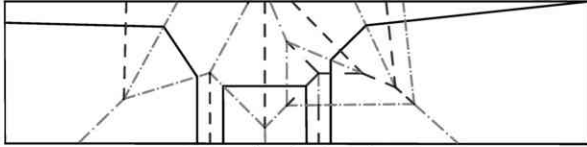


図19：ブラキオサウルス

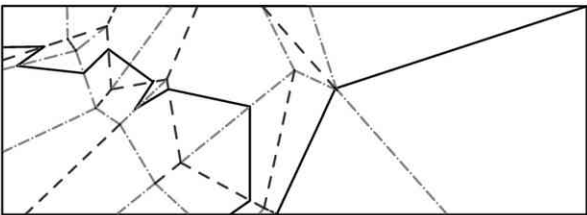


図20：ティラノサウルス

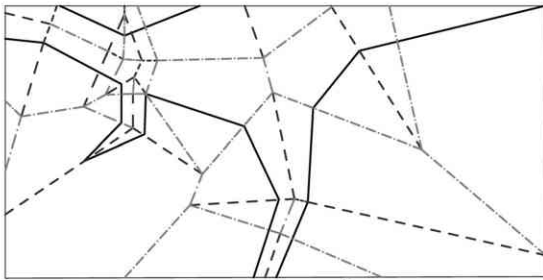


図21：フクイラプトル

なお図19と20の恐竜は、図16同様、背中を長方形の境界線と一致させている。初めに紙を半分に折って、それを背中として一刀切りを行えば、左右の半身が対称で、背中がつながった腹割り形に恐竜を切り出すこともできる。

プレゼンテーションの評価は、5つの観点で行い、論理的な説明であるか、簡潔・明瞭な説明であるか、独創性、話す速さ・声の大きさ、チームワークの5つとした。これに活動中のチームワークと、提出された答案を元に、実行委員10名がそれぞれに評価を行い、合計点で1～3位を表彰する。採点競技の常として、評価は各審判の主観に任されている部分があり、それが妥当なものといえるかどうかは検討課題であるが、今回の採点については、ほとんどの審判が同様の評価を行っていた。表彰チームを表2に示す。入賞した小浜二中と中央中は2年生チーム、朝日中は3年生チームである。

表2：団体の部表彰チーム

賞	学校	名前
最優秀	小浜二中	久保健太, 中村駿斗, 堀田悠翔
優秀	朝日中	橋本渚, 御嶽彩乃, 松村まり
奨励	中央中	大南恭太郎, 浜田恵伍, 田賀新之助

同時に、チャレンジステージの成績で、個人の部の表彰も行われた。個人の部の表彰者は筆記試験の得点上位9人（最優秀2・優秀2・奨励5）で、うち6人はチームとして本選に参加していた。なお個人入賞者9人のうち、4人は2年生、1人は1年生であった。特筆すべきは、個人入賞者2名を有して予選トップだったチームが、団体の部の本選では入賞できなかった一方で、個人入賞者がいない朝日中が団体の部では2位に入ったことである。このことは、筆記問題を個人で解く能力と、チームで共同して課題に取り組んで発表を行う能力が同じでないことを示している。なお入賞者は、名前と写真入りで、大会の報告と一緒に、翌日の新聞に掲載された（福井新聞2014）。

<アンケート>

本選参加者のアンケート（自由記述・無記名）に記されていた感想を幾つか紹介する。

- ・問2は苦労した中での作品だっただけに、完成した恐竜を見ると愛着がわいてきた。
- ・今日は身近な遊びの中にも数学を感じることができました。恐竜は最初難しいのを考えすぎてだんだんと簡単にしていきましたが、それでも無理だと新しいアイデアを考え出すことができよかったです。
- ・3人で協力して問題に取り組むことができ1人ではできないことも3人ならできました。まさに「3人よればもんじゅのちえ」だと感じることができました。3人で楽しみながら問題を解くことができすごく楽しかったです。数学がより好きになりました。
- ・内心や内接円など、新しい言葉を知れてとても勉強になりました。一刀切りはとても楽しかったけど、頭を使い大変でした。
- ・僕達のチームは1問も答えることができませんでした。でもいろんな人のプレゼンや解説を聞いていてとても勉強になったし楽しかったです。
- ・最初は全然わかりそうにない難しい問題だと思いましたが、やっていくと分かっていきました。自分達で考えて恐竜を作ることは難しかったけど面白かったです。
- ・知らない人の前でプレゼンテーションするのは初めてで、緊張しましたが、しっかり話すことができよかったです。
- ・こういうグループでしたり話し合いができるのはとてもいい形だと思いました。グループで行うものにはもっと参加したいです。
- ・図形は数学の中で一番苦手だったけど、これに参加して楽しみを味わうことができたのでよかったです。
- ・難しい。図形だけで面白くなかった。

グループで共同して実技的な課題に取り組み、考えたことを発表するという競技形式に対して、多くの参加者が楽しい・面白いと感想を述べている。一刀切りを考え

るのは皆、初めての経験で、難しかったけど楽しかったと答えた生徒が多かった。否定的な意見として、「図形だけで面白くなかった」という意見が1人からあった。確かに今回のテーマには、「数の計算」の要素がなく、普段の学習内容とも直結しない一面もあり、計算問題を中心とする従来型の問題が好きな生徒にとっては、逆に面白くなかったかもしれない。

3. まとめ

ふくい理数グランプリの数学部門に、団体戦による実技競技を導入してから3年目になる。本グランプリでは、知識量や計算技術だけではなく、考える力、協働する力、表現する力（プレゼンテーション能力）を要求している。今回の一刀切りによる探究課題は、まさにそれらの能力に焦点を当てている。また、日常的な課題で、数学への興味関心を高めるという点についても、アンケートを見る限り、そのような効果は挙がっていると評価できると思う。

一刀切りは、昔からある遊びであるが、最近まで数学的な研究はほとんどなされていなかった。そのため、学校教育における一刀切りの利用は、紋切りの1種として、小学校における「線対称な図形」の導入などの算数レベルに限定されており、中学～高校の数学における教材化はほとんど試みられていないようである。一刀切りに現れる数学は、専門的なものを除くと、線対称、角の2等分、垂線、内心・内接円、傍心・傍接円、作図など、中学～高校（数学A）の平面図形の領域にまたがっており、中高の学習においても活用できる場面はある。一刀切りを設計するために必要な予備知識は少ないが、知識を活用して、頭をひねらなければならないので、今回のような探究活動の競技大会や、課題研究には向いていると思われる。今回は、一刀切りについて教材化を行ったが、競技形式であるため、通常の授業とは異なる面がある。選拔された生徒によるグランプリ本選という点を考慮すると、やや程度の高い課題を設定する必要がある一方で、教員の支援なしにチームで自立して課題がこなせなくてはならない。また、全く課題ができていない状態で発表

を行わせることもできないので、理解が不十分であっても、ある程度の課題はできて、発表が行えるような課題でなくてはならない。そのためには、初めに行った「準備体操」のように、事前に必要な予備知識をある程度説明することが必要であり、また「恐竜」をデザインするというような自由度の高い課題設定にすることも重要な点だといえる。一刀切りは、理数グランプリのような数学探究コンテストには適した題材だと思われるが、理数グランプリで、毎年よい題材を見つけることは難しく、本選の問題設定が運営側の最大の課題である。

引用文献

- 石井恭子, 油谷泉, 小島敏弘, 葛生伸 (2009), 科学的探究を競う中高生のイベント「ふくい理数グランプリ」, 応用物理教育33(2), pp. 75-80.
- 西村保三, 入羽弘之, 牧田進一, 塚崎覚, 杉本直人, 朝倉正顕 (2014), 高校生を対象とした数学探究コンテスト—H25ふくい理数グランプリ (高校・数学) の実践報告—, 福井大学教育実践研究39, pp. 1-9.
- Thomas Hull編集, 川崎敏和監訳 (2005), 折り紙の数理と科学, 森北出版. pp. 17-38.
- エリック・D・ドメイン, ジョセフ・オルーク著, 上原隆平訳 (2009), 幾何的な折りアルゴリズム, 近代科学社.
- ジョセフ・オルーク著, 上原隆平訳 (2012), 折り紙のすうり, 近代科学社.
- 山本厚生(2004), ひと裁ち折り紙, 萌文社.
- 伊藤信太郎(2014), 孫と一緒に遊ぼう!!ワンカット折り紙, 竹書房.
- Houdini H.(1922), Houdini's Paper Magic, Fredonia Books, p. 176.
- 笠原邦彦 (1981), 紙とおろ紙 (小学館学習百科図鑑35), 小学館.
- 廣澤佑香 (2013), 一刀切り問題について, 福井大学教育地域科学部卒業論文.
- 福井新聞 (2014), 理数G P, 2014年8月25日.

Investigation contest of mathematics based on fold-and-cut

—A report of "H26 The Fukui Science Grand Prix (Junior high school, Mathematics)"—

Yasuzo NISHIMURA, Naoki KISHIGAMI

Keywords: mathematical activity, problem-solving-learning, fold-and-cut, origami, plane geometry

