

2015年度武蔵野大学 数理工学コンテスト

西川哲夫

●武蔵野大学工学部

友枝明保

●武蔵野大学工学部

1. はじめに

武蔵野大学では、2015年4月に工学部数理工学科が設立された。数理工学科の目的は、数理の力を駆使して持続可能な社会の構築に主体的に参加できる人材の育成にあり、数理モデルを用いて自然現象・社会現象に潜む謎を解明し問題解決へと導くことのできる人材や、ビッグデータから問題の本質を見抜くデータサイエンティストの育成を目指している。この数理工学科の立ち上げを記念して、武蔵野大学数理工学科では、2014年度より「数理工学コンテスト」を主催しており、その大きな目的は次の通りである。

- (1) 数理工学コンテストを中学・高校生向けに開催することによって、数理工学教育の普及・発展に貢献するとともに、本学数理工学科教育方針の認知度を高めること。
- (2) ビッグデータ時代の到来とともに進んでいる中学・高校の統計教育の指導要領改革のもとで、応募作品を通して中学・高校における数理工学教育の現状を知ること。
- (3) 中学・高校生の数理工学分野における興味・関心やリテラシーについての現状を知ること、数理工学教育推進に対して参考となる情報を得ること。

本稿では数理工学コンテストの特徴について述べた上で、2015年度に開催された第2回数理工学コンテストについて紹介する。なお、第1回の受賞作品等、詳細については、著者らの報告[1]にまとめてあるので、合わせてご覧いただきたい。

2. 武蔵野大学数理工学コンテストの特徴

数理工学コンテストの特徴について述べる前に、まず、国内における中学・高校生対象の科学関連コンテストの歴史と現状について、簡単に触れておこう。

長い歴史をもつコンテストとしては、「日本学生科学賞」や「全国学芸サイエンスコンクール」が挙げられる。前者は科学教育の振興・未来の優秀な科学者の創出を目的とし、後者は研究・アートおよび文芸の振興奨励と青少年の個性の育成を目的として、どちらも1957年に創設され、今年で60回目を迎える幅広い分野を対象としたコンテストである。2000年以降は、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)(2002年～)に代表される理科教育の重点化政策を反映して、さまざまな対象分野で数多くのコンテストが開始された。その中でも、数学を対象としたコンテストとしては、「高校生科学技術チャレンジ(JSEC)」(2007年～)がある。対象分野の一つとして数学を掲げており、魔法陣の研究や最短経路の研究など、数学分野における興味深い研究が見受けられる。そのほかにも、「算数・数学の研究作品コンクール」(2013年～)、「高校生によるMIMS現象数理学研究発表会」(2011年～)、「データビジネス創造コンテスト」(2013年～)、「データサイエンス・アドベンチャー杯」(2014年～)など、数学を対象としたコンテストは現在数多く開催されている。

さて、武蔵野大学数理工学科の教育方針は「数理モデル解析」と「統計解析」の両方をバランス良く指導することであり、この視点から上述したコンテストを振り返ることにしよう。

「算数・数学の研究作品コンクール」は、テーマが数学であり、身近な現象に対する数理モデル研究は含ま

れてはいるが、統計的な研究はほとんど含まれていない。また、「高校生による MIMS 現象数理学研究発表会」も現時点では数理モデルを用いた数学研究がメインであり、統計的な研究発表はほとんど含まれていない。一方で、「データビジネス創造コンテスト」と「データサイエンス・アドベンチャー杯」は、データサイエンスや統計学に特化しており、事前にデータが提供されるとともに、テーマがある程度限定されたものとなっている。

これらのコンテストの現状を踏まえ、「数理モデル解析」と「統計解析」の両立という教育方針と照らし合わせることで、数理工学コンテストでは、「数理モデル部門」「統計部門」の二つの部門を設定し、

ジャンル・テーマとして、身の回りの事項や社会的な問題に対して、

- (A) 数学や物理などの数理的な考え方をを用いて数式化を行い、対象や問題の性質を説明する。
- (B) 統計的なデータ分析を行い、問題を解決するための有益な情報を取り出す。あるいは興味深い解析結果を導く。

という形で、課題を提示した。

応募資格は、中学生・高校生・大学受験生の個人、もしくはグループとした。応募規定は、A4判縦長用紙に横書きで8枚以内とし、1. 研究の要約、2. 研究の動機と目的、3. 方法、4. 結果と考察、5. 結論と今後の課題および感想、からなるレポート原稿書式とし、それに合わせて「レポートの書き方」として、①データの説明、②解析の方法、③結果の記述、からなる詳細なレポートの書き方を示した。また、上記(A)、(B)それぞれに対して、研究テーマの選び方、議論の展開方法、考察や主張をまとめる方法の参考資料となるようなレポートを数理工学科の教員が実際に作成し提示した(レポートの実例、テーマ(A)：「行列の最適な並び方とは?」、テーマ(B)：「大相撲の決まり手の数と力士の体重の相関についての分析」)。

応募作品に与える賞としては、最優秀賞、優秀賞、

および奨励賞を用意し、受賞者(受賞グループ)については、武蔵野大学有明キャンパスで開催する授賞式に積極的に参加してもらうこととした。とくに、遠方であっても受賞者への負担がないように旅費は大学にサポートしていただく形をとった。

さらに、本コンテストでは教育的効果を考え、受賞作品だけでなく全応募作品に対して、作品の良い点と改善点および今後へのアドバイスを含んだ講評を送ることとした。

3. 2015年度の数理工学コンテストについて

2015年6月18日に第2回「数理工学コンテスト」の募集要領を武蔵野大学ホームページ[2]にて公開し、2015年9月1日(火)～2016年1月29日(金)を応募期間とした。コンテストのちらしを作成し、研究作品の具体的なイメージを喚起するために、ちらしの裏面に前述したレポートの実例をグラフとともに示した(図1)。また、『数学セミナー』や『高校生新聞』などでの告知や、個別の高校に対してのアナウンスも行った。



図1 数理工学コンテストのちらし

◎—3.1 応募作品の全体的な傾向

2015年度は、全部で52作品の応募があった。高校生が48作品、中学生が4作品であり、高校は10校、中学は1校であった。科学部などの部活動や授業の課題として応募したと思われる作品が大部分を占めた。

テーマ別にみると、数理モデルのテーマ(A)が10

作品、統計のテーマ(B)が42作品で、数理モデルの作品の数は全体としては少ないが、受賞作品でみれば8作品のうち4作品を占めている。

内容については、物理や化学、生物などの自然科学分野から日常的な統計やシミュレーションなど、非常にバラエティに富んでおり、数理工学の適用範囲の広さ、および応募者の興味関心の幅広さを反映していると感じられた。また2014年度に比べて、単にデータの相関をみたりモデル化するだけではなく、最終的な目標として効率や成果を最大化しようという最適化の考え方を導入している作品が増加していた。

レポートとしてのまとまりも、全体的に見ると2014年度よりも良くなり、データや方法の記述についてもよく書かれていたレポートが多く見受けられた。これは、2015年度のコンテストにおいては、ホームページで公開している「レポートの書き方」を、2014年度コンテストの応募作品の分析に基づいて大幅に加筆したことが良かったのかもしれない。

「レポートの書き方」では、表1に示すような内容を記述した。これは、2014年度の応募作品の分析から、研究レポートの書き方についての指導がこれまで学校では十分行われていないことが想定されたので、本コンテストへの応募をきっかけにレポートの書き方を学べるようにしようと考えたからである。この中で、相関係数の分析におけるデータ数の大きさの重要性については、最近高校の数学教科書に導入された「データの分析」においても十分記述されていないので、指導の現場で具体例をもとに丁寧に指導すべきであると思われた。

全体的にみると、レベルの高い作品が多く、審査においても大変苦勞した。

表1 ホームページで公開している「レポートの書き方」の内容

- (1) データについての説明の仕方を記述。
- (2) 解析の種類に応じた解析方法の書き方を記述。
- (3) データの記述について以下の留意点を記述。
 - ① データの内容・定義とデータ数の記述の徹底。
 - ② データ抽出単位とデータ分析範囲の明確化。
 - ③ 相関係数の分析におけるデータ数の大きさの重要性。
- (4) 図表の書き方についての詳細な説明を記述。

●— 3.2 受賞作品の分析

これら52作品の中から、最優秀賞1作品、優秀賞3作品、奨励賞4作品が受賞作品として選ばれた(表2、次ページ)。

最優秀賞の「ダイヤ改正による羽田空港への乗客シミュレーション」(東京大学教育学部附属中等教育学校・羽田野湧太さん)では、羽田空港へのアクセスにおける京急電鉄(以下、京急)と東京モノレールのシェアの比較を、現実を反映した設定とヒトの行動に対するモデルを考慮したシミュレーションによって行い、平成23年のダイヤ改正によって京急を利用する乗客のシェアがどのように変化したかを検証し、どうすればシェアを増加させることができるかという方法についてまで深く議論を行ったものである(図2)。

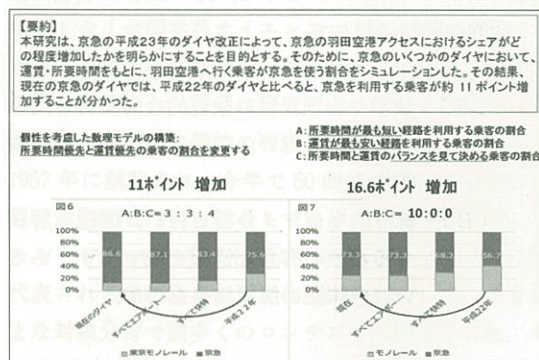


図2 最優秀賞「ダイヤ改正による羽田空港への乗客シミュレーション」(東京大学教育学部附属中等教育学校・羽田野湧太さん)の研究要約

本作品の第一のポイントは、運賃と到着時間の優先度が乗客によって異なるという乗客の個性を考慮した数理モデルを構築している点である。これに基づき、優先度の異なる乗客の割合をパラメータとして導入することにより、見通しの良い結果が得られている。

第二のポイントは、現実を反映させるに当たって、考慮する路線を限定するなどモデルから切り捨てた事項とダイヤや運賃など詳細にモデルに取り込んだ事項を明確に分けている点である。これによって、モデルの振る舞いや研究の次への展開に対する見通しが大変良くなっていると思われる。

次に優秀賞の3作品の評価ポイントについて紹介す

表2 受賞作品のリスト(学年は応募当時)

最優秀賞(1作品)				
作品タイトル	学年	作者名(○は代表者)	都道府県名	学校名
ダイヤ改正による羽田空港への乗客シミュレーション	中等学校4年	○羽田野湧太	東京都	東京大学教育学部 附属中等教育学校
優秀賞(3作品)				
作品タイトル	学年	作者名(○は代表者)	都道府県名	学校名
サクラの開花日と気象条件の関係性について2 — 気温を用いた開花・満開予想	高校2年	○博多 響 外村 剛 藤枝秀斗	熊本県	熊本県立 玉名高等学校
自由端の紐における定常状態の観察及び考察	高校2年	○望月友矢 植松勇斗 小野田祐也	静岡県	静岡県立 富岳館高等学校
イロハモミジの翼果の形状と落下時間についての研究	高校2年	○池田光里 宮河 愛 大野 和	愛媛県	愛媛県立 八幡浜高等学校
奨励賞(4作品)				
作品タイトル	学年	作者名(○は代表者)	都道府県名	学校名
ナノ粒子化した酸化チタン(IV)光触媒能と 自然エネルギーを利用した廃水の浄化	高校1年	○藤山大誠 塩谷 漸	長崎県	長崎県立 猶興館高等学校
Zip! de ボン! 必勝法 — 懸賞品を効率よく得るために	中学2年	○金井那奈 高矢怜菜	東京都	光塩女子学院
適切な結論を得るために求められる標本の大きさ	中学2年	○富田雅代	東京都	光塩女子学院
福島県の人口重心の経年変化	高校2年	○小澤 創 佐藤由輔 佐藤豪大	福島県	福島県立 福島西高等学校

る。

「サクラの開花日と気象条件の関係性について2— 気温を用いた開花・満開予想」(熊本県立玉名高等学校・代表:博多響さん)では、データの内容を吟味する姿勢が評価された。サクラの開花について、ある起点日から毎日の平均気温の積算温度が一定の温度に達した時点で開花するという「積算温度説」についての検証を行い、氷点下の平均気温になる日を計算から除くことによって、札幌でも積算温度説が成立することを発見し、高く評価された。

「自由端の紐における定常状態の観察及び考察」(静岡県立富岳館高等学校・代表:望月友矢さん)では、興味深くかつ難しい現象に対して自分たちの持てる知識を総動員してアプローチする姿勢が評価された。微分方程式を使わないと解けない「紐を鉛直方向に垂らして下端を自由端にして回転させると波の腹ができる現象」に対して、重力の影響を取り入れた開放端と固定端の波の式を組み合わせることで波の様子を再現することに成功した点が高く評価された。

「イロハモミジの翼果の形状と落下時間についての



図3 最優秀賞を受賞した羽田野くん(右)・薩摩順吉数理工学科長(左)

研究」(愛媛県立八幡浜高等学校・代表：池田光里さん)では、詳細な外れ値の解析が評価された。質量や形状がほとんど同じでも落下速度が異なる試料に着目し、それらの間で翼果の歪みの違いがあることを発見し、これが翼果の回転速度の違いを生じ落下速度が異なってしまうという仮説を考案し、実際に模型を作成して仮説を確かめている点が大変評価された。

◎— 3.3 受賞作品以外の作品について

いくつかの学校では、学校の授業の中でコンテストに対応していただいたようである。授業では、作業時間が多く取りにくいという問題があり、やはりそれは授業での作品が比較的分量が少なく分析も淡泊なものが多いことに現れているようである。ただ発想は面白い作品がいくつも見られた。例えば、熊本県立玉名高等学校の「イメージが現実に与える影響」(漫画などが競技者人口に与える影響)や「ゆるキャラの経済効果」

などのテーマは、巷で何となく言及されているが、実際どの程度成り立つのか分かっておらず、展開を工夫すれば質の高い作品に発展し得るのではと思われた。

コンテストに応募するために研究を行うことは、テーマの探索から計画立案、データの取得、分析、計画の修正を繰り返す「PDCA サイクル」の良い訓練になると思われる。また、多くはグループで研究を行うことが多いので、グループ内での協力と議論、グループ間での建設的な議論など、最近教育の場で推進されているアクティブラーニングを実践する絶好の機会になるであろう。

本コンテストが、このような数学や理科教育のアクティブラーニングの推進の一助になることを期待しており、授業の中で本コンテストをぜひ活用していただきたい。

羽田野湧太さんへのインタビュー

●数理工学コンテストに応募をしたきっかけは？

きっかけは、2年生のときの担任の先生から声をかけられたことでした。同時期に、「スポーツデータ解析コンペティション」というコンテストにグループで参加していて、プログラミングを使った研究をもっとしてみたいと思いました。

●今回の研究の動機と、売り(アピールポイント)は何ですか？ また、苦労した点は？

本研究は、京急のダイヤ改正前後のダイヤを用いて、「運賃」と「所要時間」(の2つのデータ)をもとに、空港アクセスのシェアをシミュレーションした物です。実際の乗客がこの2つの重みづけをどのように優先しているのかはわかりません。そこで、重みづけの割合をExcelの数理モデルに

組み込むことで、変更可能にして、さまざまなパターンを計算しました。その結果、本研究の条件では、京急のシェアが11%増加したという結果になりました。なお、プログラムの制作過程で、自分のプログラムの正当性を確かめることができないという点で苦労しました。

●今後はどのような研究をやりたいですか？ また、将来はどのような仕事に就きたいですか？

現在、学校の卒業研究で、今回の経験をもとに、「さらに効率のよいダイヤ」を研究しています。乗降客数や時刻表など、公共交通機関は、公表されているデータが多いので、研究をしやすいと思います。今後、就きたい仕事は決まっていますが、今回のコンテストで、自分の特技を生かせる新しいことを見つけられました。

[はたの ゆうた／東京大学教育学部附属
中等教育学校5年(高校2年)]

図4 コンテスト受賞作品の講評



図5 コンテスト作品の講評を真剣に聞く参加者



図6 授賞式後の懇談会での集合写真

●— 3.4 授賞式

2016年3月26日(土)に、武蔵野大学有明キャンパスにおいて入賞した中高生のみなさんを対象に授賞式を実施した。授賞式では、まず佐々木重邦氏より挨拶があり、その後、薩摩順吉氏より全体講評が行われた後、筆者によるスライドを用いた詳細な講評が行われた。授賞式後には、懇談会を開催した。生徒の教諭とご両親にも参加していただき、数理工学科の教員との間で、作品へのアドバイスや質問のやりとりなど穏やかで有意義な懇談が行われた。各受賞者に、研究の動機や今後についてのコメントを発表してもらった。「来年もここにきます」と力強く宣言する高校生もあり、本コンテストの今後への期待が感じられた。

4. 最後に

2016年度も武蔵野大学では、数理工学コンテストを開催する予定である。本誌での告知(p.101)や、本学ホームページ[2]においてもコンテストの詳細を公開しているので、中高生の読者はぜひともチャレンジしていただきたい!

謝辞 原稿執筆にあたり、多くの情報・アドバイスをいただいた武蔵野大学薩摩順吉氏にこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 西川哲夫, 友枝明保, 薩摩順吉, 「2014年度数理工学コンテスト応募レポートの分析に基づいた数理工学教育への示唆」, 『武蔵野大学数理工学センター紀要』No.1 (2016), 65-91.
- [2] 数理工学コンテストホームページ.
http://www.musashino-u.ac.jp/admission/faculty/mathematical_engineering_contest/

[にしかわてつお]
[ともえだあきやす]