

# 数学教室だより：アウトリーチ編

編集部では、各教室で行われているアウトリーチ活動のなかでも、コンテストに注目し、その取り組みについて紹介することにいたしました。その第一弾を武蔵野大学数理工学科にお願いしました。

「数学通信」編集部

\* \* \* \* \*

## 武蔵野大学数理工学コンテストの歩み

武蔵野大学大学院数理工学研究科

西川 哲夫

### 1. はじめに

武蔵野大学数理工学科では、2014年以來8回の数理工学コンテストを実施し、今年で第9回目のコンテスト募集を開始したところである[1]。図1、2に第1回および第8回数理工学コンテストの様子を示す。数理工学コンテストの目的は、中学生・高校生に、身近な興味深い事象を数理の力で解き明かして発表する機会を設けることで、数理・データサイエンス教育の普及に貢献することである。そのために、数理工学科の方針である「「数理モデル」化の能力と「統計」分析の能力をバランスよく育てること」に対応して、「数理モデル」と「統計」の2つのテーマ設定をしている。これまで、2つの雑誌[2]、[3]に数理工学コンテストについての記事を書いており、コンテストの特徴と受賞作品の大きな特徴を報告してきたが、ここでは、それぞれについてより詳細にお伝えしたいと思います。



図1 第1回コンテストでの薩摩教授(2015年当時)による全体講評の様子



図2 第8回コンテスト表彰式での懇親会の様子

### 2. 数理工学コンテストの特徴

#### 2-1) 数理工学コンテストの位置付け

中学生・高校生向け数理・データサイエンス関連コンテストに関する情報を調べた範囲で収集し、表1にリストで示した。武蔵野大学数理工学コンテストと表中の他のコンテストと比べた特徴は、テーマの対象分野が自由であること、及び方法がモデル化と統計の両方を対象としている点にある。表で示すように、多くのコンテストは、対象分野が社会、ビジネ

ス、スポーツ、科学など指定されているものが多いが、数理工学コンテストでは、分野に制限は設けていない。科学分野のコンテストには、歴史があるものが多く、自然分野を対象に実験や観測、理論を駆使してアプローチするが、近年では、社会やビジネス、スポーツ分野などで、データを統計的に分析するデータサイエンス的なアプローチのコンテストが増加している。また、数理の分野では、明治大学先端数理科学インスティテュートが主催する「高校生のための現象数理学入門講座と研究発表会」があるが、これは現象数理の分野で主に現象のモデル化と数理的な解析が中心である。

表1 中学生・高校生向け数理・データサイエンス関連コンテスト

分野	開始年度	コンテスト名称	主催	対象	アウトプット	データ提供
社会	1953	統計グラフ全国コンクール	統計情報研究開発センター	小学生 中学生 高校生以上	ポスター	なし
社会	2017	統計データ分析コンペティション	総務省統計局、統計センター、日本統計協会	高校生部門 大学生・一般部門	レポート	オープンデータ
社会	2017	和歌山県データ活用コンペティション	和歌山県	高校生部門 大学生部門	予選：プレゼン資料 本選：発表会	なし
社会	2018	地方創生☆政策アイデアコンテスト	内閣府地方創生推進室 経済産業省	高校生・中学生以下の部、大学生以上一般の部、地方公共団体の部	予選：プレゼン資料 本選：発表会	なし
ビジネス	2014	データビジネス創造コンテスト	慶應義塾大学sfc研究所 データビジネス創造・ラボ	高校生 大学生、大学院生	予選：プレゼン資料 本選：発表会	企業の非公開データ
ビジネス	2021	中学生・高校生データサイエンスコンテスト	神戸大学	中学生 高校生	プレゼン動画	企業の非公開データ
ビジネス	2021	WOMAN IN DATA SCIENCE HIROSHIMA	広島県、広島大学、ひろしま自動車産学連携推進会議等 日本統計協会	チーム内の半数が女性であること	提案書	企業の非公開データ
スポーツ	2014	中学生スポーツデータ解析コンペティション2021	日本統計学会統計教育分科会	中学生 高校生	ポスター	企業の非公開データ
科学	1957	日本学生科学賞	読売新聞	中学生 高校生	書類審査とプレゼンテーション審査	なし
科学	2003	JSEC（高校生・高専生科学技術チャレンジ）	朝日新聞、テレビ朝日	高校生・高専生	予備審査：レポート 1次審査：レポート 最終プレゼン	なし
科学	2015	全国高校生理科・科学論文大賞	神奈川大学	高校生	論文	なし
科学	2018	グローバルサイエンティストアワード	グローバルサイエンティストアワード“夢の翼”実行委員会	小学生 中学生 高校生	プレゼン	なし
現象数理	2011	高校生のための現象数理学入門講座と研究発表会	明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS)	高校生	レポート	なし
数理工学全分野テーマ(モデル化と統計)	2014	数理工学コンテスト	武蔵野大学数理工学科	中学生 高校生	レポート	なし

一方、我々の数理工学コンテストでは、分野に制限を設けず、また方法についても、現象数理学や物理学などのモデル化から出発する方法と、データの分析に基づく統計的な方法の両方を応募テーマとして募集している。データのソースとしても、制限を設けていないので、実験データ、観察データ、アンケートデータやオープンデータなど、あらゆるタイプのデータを用いた作品が集まっている。これらの特徴は、我々が「数理工学とは、数学を現実の問題に適用して課題解決を目指すもの」というより広い考え方に立っていることを反映している。

## 2-2) 応募資格と応募規定、レポート作成の支援

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[1]、レポートはA4判縦長用紙に8枚以内とした。「レポートの書き方」と称する詳細な報告書の書き方をA4

で2枚の資料として示した[1]。また、2つのテーマに対して、応募者が研究を進めレポートを書く際に参考となるような作品例（レポートの実例）を、数理工学科の教員が作成して公開した。現在は、テーマ1）に対して、「ランダムウォークを利用した蟻の帰巣メカニズムの検証」を、テーマ2）に対して、「2）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」を公開している[1]。

1) では、蟻が地面に残したフェロモンの濃度勾配方向に進むというモデルと確率的シミュレーションによって、蟻の帰巣のコンピュータ実験が可能であることを示している。2) の内容は、近年大相撲の技の多彩さが失われ、それは力士の体重増加と関係があるという新聞記事をきっかけとして、それを定量的に確かめてみたものであり、世の中の言説は本当かという視点を出発点とした研究スタイルを示したものである。具体的には、大相撲のデータベースをもとに、大相撲の各力士の決まり手の数が、力士の体重、特に初土俵時の体重と強い相関にあることを幕内力士の分析から示すとともに(図3)、この関係が一人の力士の時系列推移の中でも成り立つことを示しており(図4)、多面的な分析の例として示したものである。

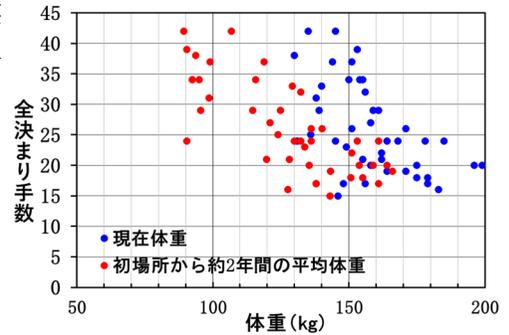


図3 幕内力士の体重と決まり手数の散布図

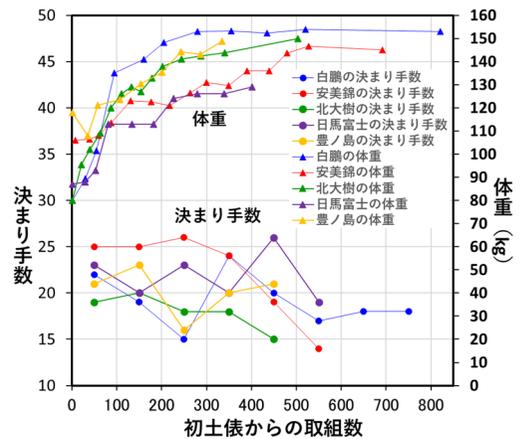


図4 5人の幕内力士の決まり手数と体重の推移

### 2-3) 表彰式と講評

表彰式では、最優秀賞、優秀賞、奨励賞、選考委員賞、ジュニア奨励賞の作品を表彰しており、他の受賞者の作品をお互いに理解してもらうために、教員がスライドで受賞作品の内容を詳細に紹介し、また受賞者へのフィードバックのために、詳しい講評を述べている。ホームページでは、最優秀賞と優秀賞の作品 PDF と全受賞者への講評を公開している。

## 3. 数理工学コンテストの作品紹介

### 3-1) 2021年度数理工学コンテスト

全部で67作品の応募があった(表2)。最優秀賞を受賞したのは、選挙の投票方法について、状況によって結論が変わる確率を計算機シミュレーションを用いて計算した作品であり、投票方法の合理性という非常に社会的に重要な判断に、数理的手法が活用できることを

示した。優秀賞は、「掃除の効率化」、香川県民のうどんの咀嚼回数を計測した「うどんの噛む回数と健康問題」、洗濯物の「生乾き臭がしない室内干し条件を探る」の3つの研究が受賞した。これらは、それぞれ、モデル化による最適化研究、観測データを用いた統計分析、実験データを用いた統計分析の手法を用いて、丁寧に課題を迫及している。特に「生乾き臭がしない室内干し条件を探る」では、臭いの測定系を独自に整備し再現性の高い1000種類以上の実験条件での測定を完了し、興味深い実験・分析結果を得ている。全体的にレポートとしてのレベルは高く審査には苦勞した。受賞結果はホームページで公開し[1]、表2には、作品タイトル、学校名と共に分野、方法、データソースについて分類を行った結果を示した。受賞作品には、分野では「社会」が多いこと、方法では「統計」が多いが「モデル化」も一定数あること、データソースでは「測定データ」と「オープンデータ」の両方があることがわかる。

表2 2021年度数理工学コンテストの受賞作品

年度	賞	作品タイトル	学校名	分野	方法	データソース
2021	優秀賞	投票の仕方でごんごんに違う！投票の数学理論	啓明学院高等学校	社会	モデル化 シミュレーション	なし
2021	優秀賞	掃除の効率化	広島大学附属高等学校	社会	モデル化 シミュレーション 最適化	測定データ 観察データ
2021	優秀賞	うどんの噛む回数と健康問題	香川県立高松商業高等学校	社会	統計 相関分析	測定データ 観察データ
2021	優秀賞	生乾き臭がしない室内干し条件を探る	光塩女子学院中等科	社会	統計 記述統計	測定データ 実験データ
2021	奨励賞	減圧に伴う表面張力の低下	愛知県立明和高等学校	物理	統計 記述統計	測定データ 実験データ
2021	奨励賞	火災発生時の避難シミュレーションによる避難誘導の研究	山口県立山口高等学校	社会	モデル化 シミュレーション 最適化	なし
2021	奨励賞	東京国際空港におけるパードストライクリスク要因分析	筑波大学附属駒場中学校	社会	統計 相関分析	オープンデータ 譲渡データ
2021	奨励賞	インソールの着用による身体動揺の減少と、自分に最も合ったインソールを見つける方法	豊徳義塾高等学校	社会	統計 記述統計	測定データ 観察データ
2021	奨励賞	待ち行列理論を用いたエレベーターの渋滞緩和	広尾学園中学校	社会	モデル化 数式化 最適化	測定データ 観察データ
2021	選考委員賞	感情認識を目的とした音声波形のフーリエ解析	広尾学園高等学校	情報	統計 クラスターリング	測定データ オープンデータ
2021	選考委員賞	脇川あらしの統計的データ分析	愛媛県立大洲高等学校	地学	統計 相関分析	測定データ フィールド調査データ
2021	選考委員賞	線形回帰分析を用いたプロ野球チームの成績予測	筑波大学附属駒場高等学校	スポーツ	統計 重回帰分析	オープンデータ
2021	選考委員賞	カリうどんの軌と軌の軌道	広島大学附属高等学校	社会	統計 記述統計	測定データ 実験データ
2021	ジュニア奨励賞	より多くの人のために使いやすい公衆トイレを探る	光塩女子学院中等科	社会	統計 相関分析	測定データ アンケートデータ
2021	ジュニア奨励賞	日本の電車は本当に正確なのか？	光塩女子学院中等科	社会 交通	統計 記述統計	測定データ フィールド調査データ
2021	ジュニア奨励賞	大変な落葉掃除を効率よく行う	光塩女子学院中等科	社会	モデル化 数式化 最適化	オープンデータ
2021	ジュニア奨励賞	新型コロナウイルス感染症の国別感染者数に影響を与える因子の研究	筑波大学附属駒場中学校	社会	統計 相関分析	オープンデータ
2021	ジュニア奨励賞	世界各国の平均身長から考察する「身長と幸福度・環境・食事」との関係性	サンロベルトインターナショナルスクール	社会	統計 相関分析	オープンデータ

### 3-2) 全8回の数理工学コンテスト作品の特徴

次に、これまでの8回のコンテスト作品について振り返る。図5に8回のコンテストの参加校数の推移を中学と高校に分けて示す。この数年でほぼ倍増してきたが、特に中学校数が増加してきた。これは、中学校の指導要領の改正が2021年度に全面実施され、従来高校の範囲であった四分位範囲や箱ひげ図が新しく中学に導入されたことと関連があるかもしれない。

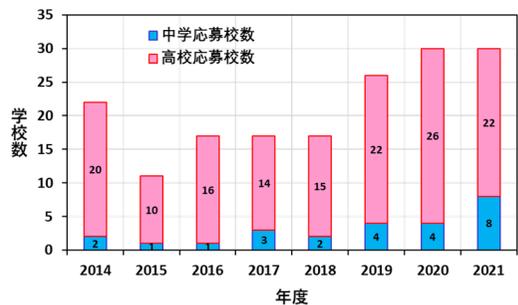


図5 中学と高校の参加校数の推移

#### 1) 分類の方法

各作品には、分野、データソース、方法の各観点で分類のフラグを付けた。

①分野の分類フラグとしては、まず「自然科学」、「情報」、「社会」、「ビジネス」、「人文」（文学や歴史など）の5つのどれかを付けた。「自然科学」が付いた作品には、さ

らに「物理」，「生物」，「化学」，「地学」の4つのどれかを付けた。「社会」が付いた作品には、「交通」と「交通以外」のどちらかを付けた。

②データソースの分類フラグとしては、まず公開されているデータを利用する「オープンデータ」と、自らデータを取得する「測定データ」，および「データなし」を考えた。「オープンデータ」と「測定データ」は重複を許して付けられるようにし、どちらも付かない場合は、「データなし」を付けた。「測定データ」が付いた作品には、「実験データ」，「観察データ」，「フィールド調査データ」(屋外の観察データ)，「アンケートデータ」の4つを、重複を許して付けた。

③方法の分類フラグとしては、「モデル化」と「統計」の2つを、重複を許して付けた。「モデル化」が付いた作品には、「シミュレーション」，「数式化」，「数値計算」のどれかを付けた。「シミュレーション」あるいは「数式化」が付いた作品には、さらに「最適化」のフラグを付けることができるようにした。これは、「最適化」のためには、「シミュレーション」あるいは「数式化」が前提として必要になるからである。「統計」が付いた作品には、「相関分析」，「記述統計」，「回帰分析」，「テキストマイニング」，「時系列解析」，「クラスタリング」の6つを、重複を許して付けた。

これまでの8回のコンテスト全ての受賞作品(115作品)に対して、上記のフラグ付けを行い、分類観点毎に以下のように分析を行った。

## 2] 分野の分類

図6に「分野」のフラグで分類した結果を示す。「自然科学」・「情報」と「社会」が51と46で同等の作品数であり、「ビジネス」，「人文」分野では、年に一つ程度の作品数であることが分かる。「社会」分野の中では、「交通」分野が16作品と多く、年に2つ程度の作品が受賞している。図7に分野毎(「自然科学」・「情報」と「社会」)の受賞作品数の8年間の推移を示す。当初、「自然科学」・「情報」分野の作品数の方が多かったが、次第に「社会」分野の割合が増加していることが分かる。これは、文部科学省の「数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム[4]」でも謳われているように、データサイエンスによる社会課

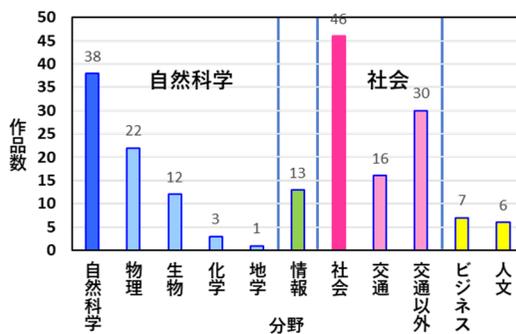


図6 分野毎の作品数の分布

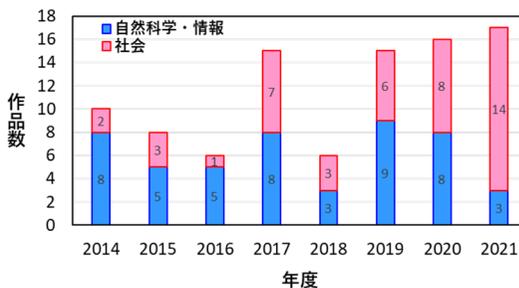


図7 分野毎の作品数の推移

題の解決が、重要な課題として認識されてきていることの反映かもしれない。

### 3] データソースの分類

図8に「データソース」のフラグで分類した結果を示す。「オープンデータ」, 「測定データ」がそれぞれ43と60作品で、約2:3の作品数であり、「測定データ」の内訳は、「実験データ」, 「観察データ」, 「フィールド調査データ」(屋外の観察データ)でほとんどが占められており、「アンケートデータ」の作品は少ない。

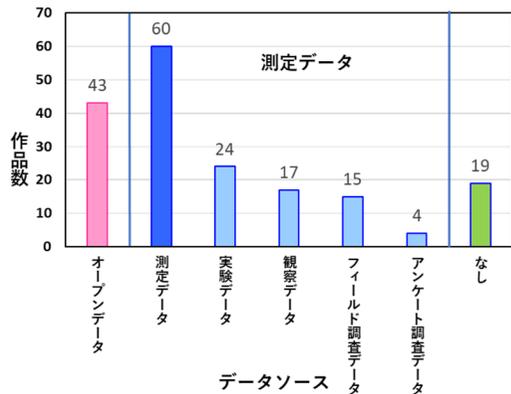


図8 データソース毎の作品数の分布

「データソース」の質は、その後の分析・結果の質を決定するので、非常に重要である。特に「フィールド調査データ」では、屋外でしか得られない情報を、足を使い丹念に集めた力作が多く見られた。表3に「フィールド調査データ」の作品からいくつか選んで示した。1, 2の作品は、駅周辺の公園のゴミ箱の配置や大型商業施設の人の出入りを野外調査したデータをもとに、シミュレーションや数式化を行い、ゴミ箱の配置数や核店舗の配置を最適化したものである。3, 4は交通データを現場で収集して、輸送効率や発車時刻の正確性を分析した例、5, 6は生き物(猫とセミ)の生態情報をユニークな視点から集めて分析した例、7は野球の飛球のデータを球場で集めて安全な観戦場所を求めた例である。

表3 「フィールド調査データ」をデータソースに用いた作品例

no	年度	賞	作品タイトル	学校名	分野	方法	データソース
1	2020	最優秀賞	渋谷駅周辺地域におけるゴミ箱設置の最適化	豊島岡女子学園高等学校	社会	モデル化 数式化 最適化	測定データ フィールド調査データ オープンデータ
2	2016	優秀賞	大型商業施設における「核店舗」の最適な配置～売上アップのために其の回遊性を高める～	東京大学教育学部附属中等教育学校	ビジネス	モデル化 シミュレーション 最適化	測定データ フィールド調査データ
3	2019	最優秀賞	エスカレーター両側立ちにおける輸送効率と危険性の考察	東京都立三田高等学校	社会 交通	統計 時系列	測定データ フィールド調査データ オープンデータ
4	2021	ジュニア奨励賞	日本の電車が本当に正確なのか?	光塩女子学院中等科	社会 交通	統計 記述統計	測定データ フィールド調査データ
5	2020	選考委員賞	野良猫に遭遇できる確率と天候についての分析	桐蔭学園高等学校	生物	統計 相関分析	測定データ フィールド調査データ
6	2020	奨励賞	セミの鳴き声による気温の推察	須磨学園高等学校	生物	統計 相関分析	測定データ フィールド調査データ
7	2016	奨励賞	東京ドームの巨人戦におけるファウルボールの解析～より安全に楽しく観戦するために～	光塩女子学院	スポーツ	統計 記述統計	測定データ フィールド調査データ

図9にデータソース毎(「オープンデータ」と「測定データ」)の受賞作品数の8年間の推移を示す。当初から「オープンデータ」と「測定データ」の比率は約2:3と変わっていない。オープンデータに関する国内の状況は、2012年「電子行政オープンデータ戦略」の策定以後、公共データのオープン化が急速に進んでおり、現在、全都道府県及び71%の市町村がオープンデータ化を進めている[5]。こういう状況においても、「測定データ」を用いた作品が多くを占めているのは、データを自ら取りに行く応募者の積極性が表れているのかもしれない。

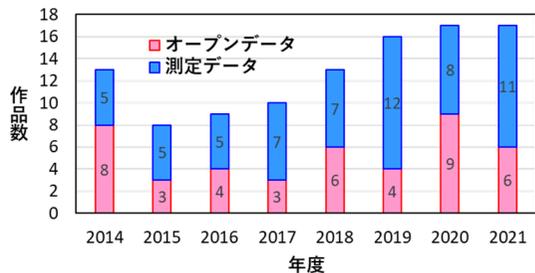


図9 データソース毎の作品数の推移

#### 4) 分析方法の分類

図 10 に分析方法毎の作品数の分布を示す。

「モデル化」と、「統計」は、それぞれ 44 と 71 作品である。「モデル化」の「シミュレーション」は、19 作品、「数式化」は 23 件であり、「数値計算」は 2 件と少ない。「モデル化」と「シミュレーション」それぞれの約半数には「最適化」のフラグが付いている。図には示していないが、「シミュレーション」の「最適化」10 作品の内、8 作品が社会分野を対象としており、それらの作品を表 4 に示す。このうち半分の 4 作品が交通を対象分野とした作品である。

「統計」では、「相関分析」と「記述統計」が 28, 31 作品とメインを占めており、より高度な方法ではあるが、昨年までの高校の指導要領に入っていない残りの 4 つの方法については、数件ずつの少数の作品に留まっている。表 5 にこれらの作品を示す。人文分野にはテキストマイニングの方法が多く用いられている。今年、これらの方法も情報 1 の必修項目に入っており、今後のこれらの方法を用いた作品の増加が期待される。図 11 に分析方法毎の作品数の推移を示す。「モデル化」の作品数はほぼ一定で、「統計」の作品数が増加傾向にある。これも、前述した近年のデータサイエンスやオープンデータ化の推進[4, 5]と関連している可能性がある。

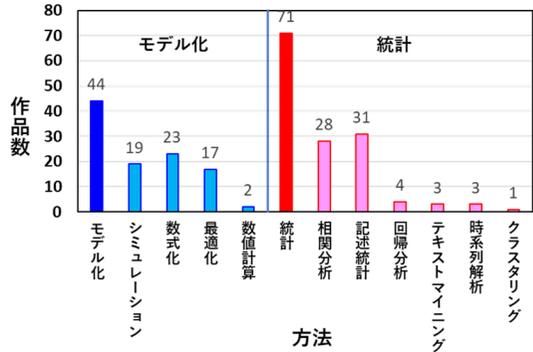


図 10 分析方法毎の作品数の分布

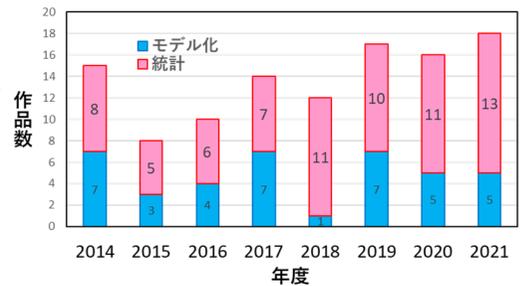


図 11 分析方法毎の作品数の推移

表 4 シミュレーションと最適化を分析方法に用いた社会分野の作品 (8 作品)

年度	賞	作品タイトル	学校名	分野	方法	データソース
2021	優秀賞	掃除の効率化	広島大学附属高等学校	社会	モデル化 シミュレーション 最適化	測定データ 観察データ
2021	奨励賞	火災発生時の避難シミュレーションによる避難誘導の研究	山口県立山口高等学校	社会	モデル化 シミュレーション 最適化	なし
2020	奨励賞	渋谷スクランブル交差点における信号制御の最適化	金沢大学附属高等学校 開成高等学校	社会 交通	モデル化 シミュレーション 最適化	測定データ フィールド調査データ
2019	奨励賞	学校における物品移動の最適化	金沢大学人間社会学域学校 教育学類附属高等学校	社会 交通	モデル化 シミュレーション 最適化	測定データ 観察データ
2019	選考委員賞	川崎市における開設不要型応急給水拠点の設置順序の最適化	豊島岡女子学園高等学校	社会	モデル化 シミュレーション 最適化	オープンデータ
2019	選考委員賞	放射線状路の効果	東京都立戸山高等学校	社会 交通	モデル化 シミュレーション 最適化	なし
2017	最優秀賞	ドローンによる効率的な被災者の探索のシミュレーション	広島大学附属高等学校	社会 交通	モデル化 シミュレーション 最適化	なし
2017	奨励賞	奨学金の戻	奈良県立青翔高等学校	社会	モデル化 シミュレーション 最適化	なし

表 5 統計の中で、回帰分析、テキストマイニング、時系列解析、クラスタリングを用いた作品 (10 作品)

年度	賞	作品タイトル	学校名	分野	方法	データソース
2021	選考委員賞	線形回帰分析を用いたプロ野球チームの成績予測	筑波大学附属駒場高等学校	スポーツ	統計 重回帰分析	オープンデータ
2020	優秀賞	重回帰分析を用いた特殊詐欺の都市部、地方における構造的違いの発見とそれぞれの要因分析	東京都立白鷗高等学校	社会	統計 重回帰分析	オープンデータ
2019	最優秀賞	エスカレーター両側立ちにおける輸送効率と危険性の考察	東京都立三田高等学校	社会 交通	統計 時系列	測定データ フィールド調査データ オープンデータ
2018	選考委員賞	暖房器具で 1 番お得なのはどれ?	明治大学付属明治中学校	ビジネス	統計 時系列	オープンデータ
2018	選考委員賞	形態素解析データの統計的手法による太宰治の小説の分析	渋谷教育学園幕張高等学校	人文	統計 テキストマイニング	オープンデータ
2018	ジュニア奨励賞	夕食のちりめんご飯から見たこと	光塩女子学院中等科	社会	統計 時系列	測定データ 観察データ
2017	奨励賞	校歌の表現特性	島根県立松江南高等学校	人文	統計 テキストマイニング	オープンデータ
2017	奨励賞	夏季における気候変化と人々の服装変化	東京都立戸山高等学校	社会	統計 重回帰分析	測定データ フィールド調査データ
2016	奨励賞	統計を利用した小説文の分析—芥川賞と直木賞の特徴—	広島大学附属高等学校	人文	統計 テキストマイニング	オープンデータ
2021	選考委員賞	感情認識を目的とした音声波形のフーリエ解析	広尾学園高等学校	情報	統計 クラスタリング	測定データ オープンデータ

#### 4. おわりに

本稿では、武蔵野大学数理工学コンテストのコンテストとしての特徴、すなわち「数理モデル」と「統計」の2つのテーマを募集し対象分野も自由であることや、作品例を公開していることなどをまず説明した。その上で、分野、データソース、方法に関する分類フラグを全8年間の各受賞作品につけて、フラグによる分類とその推移を分析した。分析により、時代のトレンドに従い、社会分野のテーマやオープンデータを用いた統計的なテーマが増えてきたが、シミュレーションや数式化を用いたモデル化の作品が一定の割合で受賞していることを示した。今後の課題としては、フラグをつけたデータをデータベース化することで、過去の作品事例を様々な角度から検索可能な事例データベースを構築することなどがあげられる。これにより、数理・データサイエンス教育への貢献が期待できる。

#### 5. 参考文献

[1] 数理工学コンテストホームページ

[https://www.musashino-u.ac.jp/academics/faculty/engineering/mathematical\\_engineering/mathematical\\_engineering\\_contest.html](https://www.musashino-u.ac.jp/academics/faculty/engineering/mathematical_engineering/mathematical_engineering_contest.html)

[2] 西川哲夫, 友枝明保, 数学セミナー, 659号9月号, p.40-45, 2016

[3] 西川哲夫, 大学時報, No. 404-05, p.108-109, 2022

[4] 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム シンポジウム

<http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/2021symposium.html>

[5] 地方公共団体におけるオープンデータの取組状況

[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/information/field\\_ref\\_resources/44070308-9a2b-404a-8339-beefac9e3d2/opendata\\_lg\\_rate\\_20211012%20%281%29.pptx](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/information/field_ref_resources/44070308-9a2b-404a-8339-beefac9e3d2/opendata_lg_rate_20211012%20%281%29.pptx)