

Suggestions on mathematical engineering (ME) education based on analyses of submitted reports in 2014 ME contest.

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-08-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 西川, 哲夫, 友枝, 明保, 薩摩, 順吉 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/255

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

Suggestions on mathematical engineering (ME) education

based on analyses of submitted reports in 2014 ME contest.

西川 哲夫¹
Nishikawa Tetsuo
友枝 明保²
Tomoeda Akiyasu
薩摩 順吉³
Satsuma Junkichi

¹ 工学部数理工学科特任教授

² 工学部数理工学科准教授 / JST CREST

³ 工学部数理工学科長

1. 要旨

数理工学における中高生の関心分野やリテラシーについての現状を知ること、数理工学教育の推進に貢献することを目的として、武蔵野大学で 2014 年度に開催した第 1 回数理工学コンテストの応募研究レポートに対して、研究分野や分析方法などの観点で分析を行なった。コンテストでは、1) 数理的な考え方による数式化と 2) 統計的なデータ分析の二つのテーマ設定で募集が行われ、全国の中高校生から応募された 117 件の研究レポートが分析に用いられた。分析によって、中学・高校生の数理工学的な関心分野と数理工学リテラシー、及び数理工学教育についての現状の一端を知ることができた。これらを基にいくつかの数理工学教育推進への示唆が得られた。

2. 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、自然現象・社会現象をモデル化し、それをシステム設計に応用することができる人材や、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などを育成することを目指している。数理工学科の立ち上げを記念して、2014 年度に第 1 回数理工学コンテストを開催した。本コンテストでは、本学数理工学科の数理工学教育方針に沿った形で、1) 数理的な考え方による数式化と 2) 統計的なデータ分析の二つのテーマ設定で募集を行った結果、全国各地の中学生、高校生から 117 件の応募を得た。本コンテスト開催の目的は、以下のとおりである。

- 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、数理工学の普及や数理工学教育の発展に貢献すると共に、本学数理工学科教育方針の認知度を高める。
- ② ビッグデータ時代の到来と共に進んでいる中学・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。中学・高校生の数理工学の関心分野やリテラシーについての現状を知ること、数理工学における教育推進に対して参考となる情報を得る。

本報告では、上記の②の目的に沿って行った数理工学コンテストの応募作品の分析結果について述べる。まず、主に高校生を対象とした国内の科学コンテストの現状について調査を行い、それを基に本コンテストの位置付けを行った結果について述べ、その上で実施した数理工学コンテストの概要について述べる。次に、応募作品の内容の分析によって、中学・高校生の数理工学的な関心分野と解析方法の傾向について調べた結果を述べ、それに基づいた中学・高校における数理工学教育について得られた示唆について述べる。

3. 数理工学コンテストの位置付けと実施概要

主に高校生を対象にした国内の科学研究関連のコンテストについてその概要と特徴について調べ、それを基に数理工学コンテストの位置づけを行った上で、数理工学コンテストを実施した。

3. 1 数理工学コンテストの位置付け

数理工学コンテストを開催するに当たって、コンテストのテーマを決定するために、数理工学コンテストの位置付けを行った。そのために、主に高校生を対象とした国内の科学コンテストの現状について調査を行った。付録 7. 1 に、調査結果を示す。

付録 7. 1 に示すように、高校生を対象とした国内の科学コンテストは、約半世紀前から、科学の全分野を網羅する 2 つのコンテストが続いてきたが、2000 年以降インターネットの普及と共に、新たに 10 以上のコンテストが開催され、2010 年以降は最近の理科教育の重点化政策やビッグデータ出現に伴うデータサイエンス教育の振興策などに触発されて、数学・数理工学やデータサイエンスをメインテーマとしたコンテストがいくつか現れてきた。その中には、「算数・数学の研究作品コンクール」のように、テーマが数学や数理科学であり、統計的な研究はほとんど含まれていないものや、「データビジネス創造コンテスト」のように、データサイエンスや統計学に特化しているものなど、数理解析と統計解析の一部をカバーするコンテストが増えてきているが、両方をカバーするようなコンテストはこれまでに開催されていない状況であることがわかった。

我々の数理工学科の教育方針は、数理解析と統計解析をバランス良く指導するというものである。そこで、この教育方針に合致し、かつ従来のコンテストで行われてきていない両者のテーマを含んだ形のテーマをコンテストのテーマとして考えることとした。これによって、本コンテスト開催の目的として挙げた、中学・高校生の幅広い数理工学的な関心分野と解析方法の傾向について調べることが可能になり、数理工学における教育推進に対して参考となる情報を得ることが可能になると考えられる。

3. 2 数理工学コンテストの実施概要

ここでは、上記で決定したテーマに従って実施した数理工学コンテストの概要を示す。付録 7. 2 には、コンテストの詳細を示している。

1) 募集要項

前章での考察に基づき、以下の 2 つのテーマを設定した。
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、

- 1) 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。
- 2) 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。

研究レポートの具体的な書き方についての参考情報として、レポートの実例をテーマ 1 とテーマ 2 それぞれについて作成して示した。

2) 応募状況と受賞作品

全部で 117 件（高校数 20、中学数 2）の応募があった。内訳は、高校生が 82 件、中学生が 35 件であり、高校数は 20 校、中学数は 2 校である。これら 117 件の研究レポートを対象に以後の解析を行った。今回、授業の課題として応募してきたと思われる学校が 3 つ、高校 2 校（39 レポートと 17 レポート）、中学 1 校（34 レポート）か

らあった。付録 7. 2 に示すように、関東以西からほぼ均等に応募があった。高校数 20 の内、8 校はスーパーサイエンスハイスクール (SSH) に指定されており、SSH の成果の発表が本コンテストへの応募の動機となっていると考えられた。受賞作品として、優秀賞が 4 件、奨励賞が 8 件、ジュニア奨励賞 (中学生対象) が 3 件決定された。付表 2、付表 3、付表 4 に優秀賞、奨励賞、及びジュニア奨励賞の研究レポートのリストを示す。

4. 応募作品の分析に基づいた数理工学教育への示唆

「研究」を特徴付ける主要な要素は、「研究分野」、「データの取得方法」、「分析方法」、及び「研究テーマ」であると考え、応募作品をこの 4 つの観点で分類し、応募された研究レポートがどのようなタイプであるかを明らかにすることを試みた。まず応募者の関心のある分野の傾向について知るために、117 件の応募作品の内容を「研究分野」によって分類した。また、測定や計算シミュレーションなど「データの取得方法」によって応募作品を分類した。さらに、応募者が数学や統計などの解析の方法をどの程度知っており、習熟しているか、またどのような方法が用いられているかを見るために、117 件の応募作品で用いられた「分析方法」を分析しその分類を行った。最後に、「研究テーマ」として知りたいことがどのような型であるのかを分類し、分析方法との関係について調べた。これらの分類、及び分類の組み合わせについて分析を行なう過程で、応募者の傾向や陥りがちな分析・分析方法の不十分な点などを見出すことができた。これらに対して、高校、大学での指導の際に留意した方が良い点などについて述べる。

4. 1 研究分野の分類

表 1 に示すように、研究の対象分野に対して 4 段階の階層的な分類を行った。第 1 段階の階層として、「自然現象」か「人間の活動」かで分類した (分類 1)。第 2 段階の階層として、「自然現象」は、「生物」、「物理」、「地学」に分類した (分類 2)。

今回「化学」をテーマとしたレポートがなかったため、分類に入れなかった。「人間の活動」は、「スポーツ、娯楽関連」、「人文・社会」、「人間の能力・属性」、「技術・工学」の 4 つに分類した。以下、第 2 段階の分類項目をそれぞれ第 3 段階の階層 (分類 3)、第 4 段階の階層 (分類 4) に、表 1 に示すように分類した。

この分類階層に従って、117 のレポートの分類を行った。階層深度はまちまちである。分類 3 の「スポーツ」と「生活」、「文化」に対しては、分類 4 までの分類を行った。分類の方針としては、第 1、第 2 の上位階層はある程度普遍的な階層を考え、その下の階層としては集まってきたレポートが属する階層を追加していくという方法をとった。表 1 の右端の列に、分類した各項目に属するレポート数を示す。図 1 に、表 1 中の上から 2 段階の分類項目に対する研究レポート数の頻度分布グラフを示す。

表1 研究対象分野の4段階の階層的な分類方法と分類結果

分類1	分類2	分類3	分類4	レポート数
1.自然現象				16
	11.生物			8
	12.物理			3
	13.地学			5
2.人間の活動				101
	21.スポーツ、娯楽関連			16
		211.スポーツ		13
			2111.野球	4
			2112.バスケ	2
			2113.テニス	1
			2114.陸上	1
			2115.サッカー	3
			2116.水泳	1
			2117.その他(スポーツ)	1
		212.ゲーム		2
		213.玩具		1
	22.人文・社会			67
		221.商業活動		6
		222.生活		28
			2221.ネット、ゲーム関連	5
			2222.文房具	3
			2223.人間関係	2
			2224.食品関係	4
			2225.乗り物、通勤・通学	4
			2226.健康	4
			2227.その他(生活)	6
		223.社会問題・社会活動		15
		224.文化		14
			2241.映画	3
			2242.音楽	2
			2243.演劇	1
			2244.TV	3
			2245.活字文化	5
		225.歴史・考古学		4
	23.人間の能力・属性			15
		231.視力		4
		232.記憶力、認識力		4
		233.身長、体重など		4
		234.寿命		3
	24.技術・工学			3
		241.地球環境問題		2
		242.グラフィクス		1

総計

117

全体的に「自然現象」よりも「人間の活動」を対象としたものが多いことがわかる。「人間の活動」の中では、「人文・社会」が最も多く、次に「スポーツ・娯楽関連」と「人間の能力・属性」が多く、「技術・工学」は自然現象と同程度の数となっている。図2に、表1中の上から3段階の分類項目に対する研究レポート数の頻度分布グラフを示す。図2より、人文・社会の中でも「生活・社会活動」が特に多いことがわかる。

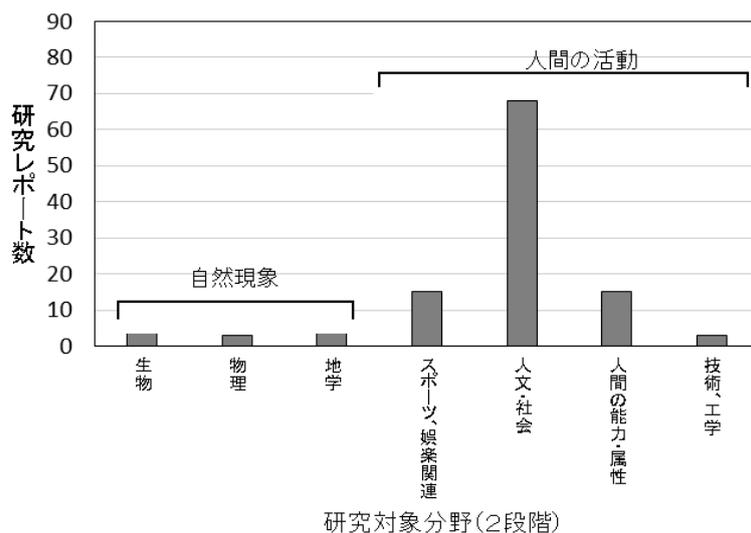


図1 研究対象分野(2段階)の頻度分布

このように研究対象は多岐にわたっているが、どのようにして研究対象を選ぶかは中学・高校における数学教育のカリキュラムや実際の指導の方法、形態（授業や科学クラブ等）などに依存するものと考えられる。先述した授業の課題の一環としてレポートを作成してきたと思われる学校をA高校、B高校、C中学として、これらの学校ごとのレポートには、それぞれの授業の特徴が表れていると考えられるので、この3校とその他の学校群（その他の高校）の4つに分けて研究分野の頻度分布を見てみた。ここで「その他の高校」からの27レポートの内、12はSSH指定校からの応募であった。

図3に、2段階までの研究対象分野における研究レポート数を、学校分類ごとに示した。図3から、自然現象では、「その他の高校」からの投稿が多いことがわかる。これは、「その他の高校」にはSSH指定校が多いことに起因していると考えられる。また、「人間の活動」の内、「スポーツ・娯楽関連」は「その他の高校」から、「人文・社会」はA高校、B高校とC中学から、「人間の能力・属性」に関してはC中学からの投稿がそれぞれ多いことがわかる。図4に、「人文・社会」の分野について、3段階までの研究対象分野における研究レポート数を、学校分類ごとに示した。図4より、「生活」の分野と「文化」の分野ではB高校とC中学が多く、「社会問題・社会活動」ではA高校が多いという特徴が明確に出ていることがわかる。このように同じ授業からの投稿レポートでも、それぞれに対象分野の特徴が明確に表れていることがわかる。

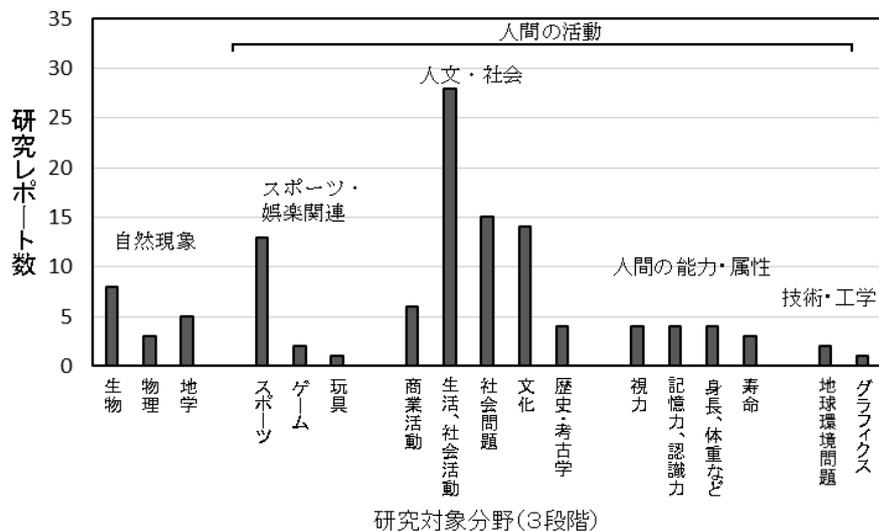


図2 研究対象分野(3段階)の頻度分布

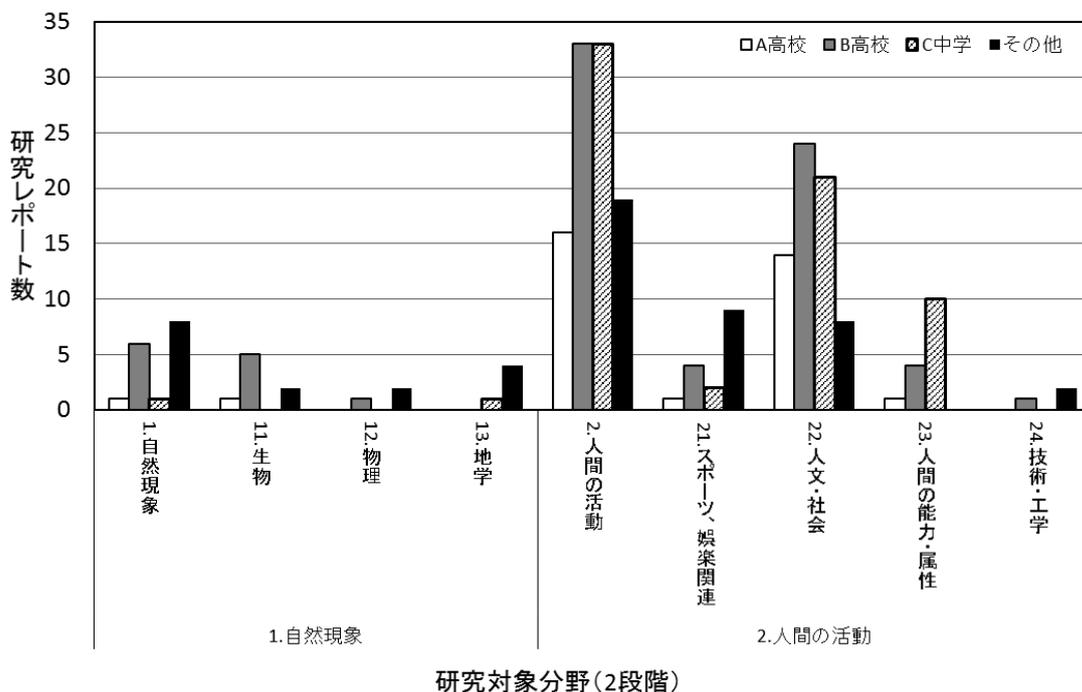


図3 研究対象分野(2段階)の頻度分布の学校依存性

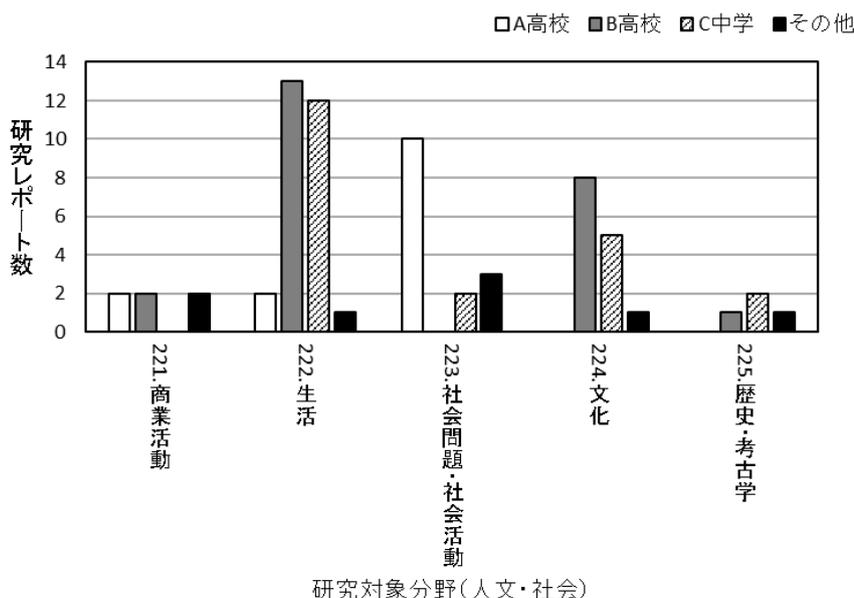


図4 研究対象分野(人文・社会)の頻度分布の学校依存性

4. 2 データの取得方法及び分析方法の分類

1) データの取得方法の分類

表2に示すように、データの取得方法に対して1段階の重なりを許す分類を行った。「測定」、「計算・シミュレーション」、「アンケート等」、「既知情報」の4つのタグを、各レポートに付与することで分類を行った。レポートによっては複数のタグを付与した。「計算・シミュレーション」のタグは、「シミュレーション(確定的)」、「シミュレーション(確率的)」、「計算」「計算、シミュレーション(確率的)」の4つに分類して付与を行った。表2の右端の列に、分類した各項目に属するレポート数を示す。図5に表2の頻度分布を示す。表2、図5から「既知情報」は61レポートで、データの取得方法として最も多く用いられていることがわかる。「測定」が35レポートでその次に多く、「アンケート等」が22レポート、「計算・シミュレーション」が13レポートと続いている。

表2 データの取得方法の分類と頻度分布

データの取得方法		数
測定		35
計算・シミュレーション	シミュレーション(確定的)	6
	シミュレーション(確率的)	3
	計算	3
	計算、シミュレーション(確率的)	1
アンケート等		22
既知情報		61

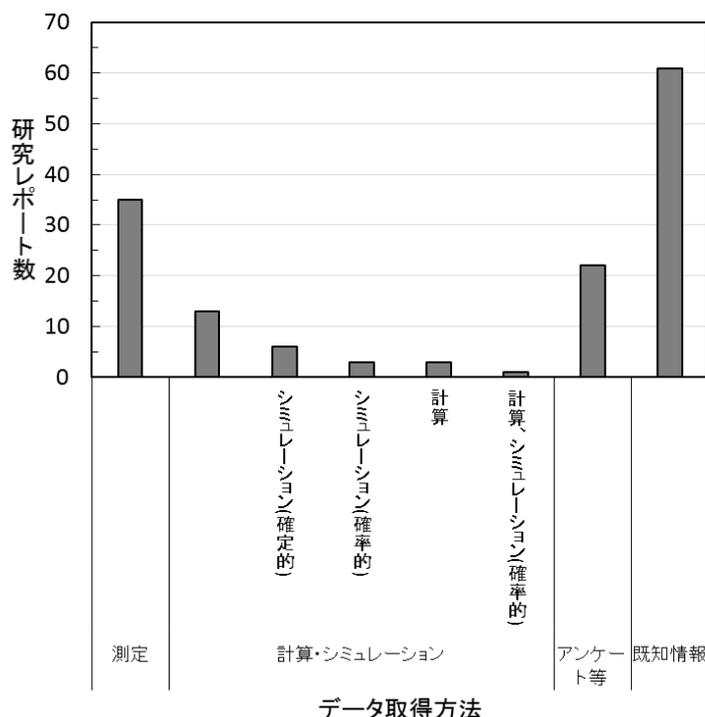


図5 データの取得方法の頻度分布

表3に、データの取得方法間の同時使用頻度分布を示す。この表から、各取得方法単独で取得している研究レポートが、それぞれの方法の約半分以上を占めており、特に既知情報については、7割以上が単独で用いられていることがわかる。単独の方法を用いているレポートは全体で91であり、全体の8割以上を占めている。一方で、複数の手法を組み合わせ用いているものも一定数存在する(117-91=26)。「既知情報」は、他のどの3つの方法とも組み合わせ用いられている。これは「既知情報」による、自ら得たデータの検証の意味があるものと考えられる。「アンケート」は、「既知情報」とのみ組み合わせ用いられていることがわかる。表4に、受賞作品の各種分類結果を示す。この表のデータの取得方法の分類の箇所を見ると、上述した複数個の方法を用いてデータを取得しているレポートが多く約半分を占めている(15レポート中7件)ことがわかる。

表3 データの取得方法間の同時使用頻度分布

	総計	単独 使用	同時使用頻度			
			測定	計算・シミュレーション	アンケート等	既知情報
測定	35	27	3	0	6	
計算・シミュレーション	13	6	3	0	5	
アンケート等	22	14	0	0	8	
既知情報	68	50	6	5	8	

表4 受賞作品の各種分類結果

作品名	テーマ		研究分野の分類			データの取得方法の分類				データの分析方法の分類							
	テーマ	相関の種類	分類1	分類2	分類3	測定	シミュレーション、計算	アンケート等	既知情報	プロファイル分析	度数分布	基本統計量	散布図	相関係数	回帰分析	時系列分析	検定
優秀賞																	
遺跡のモモ核の分類から日本のモモのルーツにせまる	相関取得	定量-定量	2.人間の活動	22.人文・社会	225.歴史・考古学	測定			既知情報			基本統計量	散布図	相関係数	回帰分析		検定
月食から求める月の大きさと月までの距離	数値取得		1.自然現象	13.地学		測定	計算		既知情報			基本統計量				時系列分析	
万華鏡のずれを探る	数値取得		2.人間の活動	21.スポーツ、娯楽関連	213.玩具	測定	シミュレーション(確定的)			プロファイル分析							
サクラの開花日と気象条件の関係性について	相関取得	定量-定量	1.自然現象	11.生物					既知情報			基本統計量	散布図	相関係数	回帰分析		
奨励賞																	
ババ抜き の公平性	数値取得		2.人間の活動	21.スポーツ、娯楽関連	212.ゲーム		シミュレーション(確率的)					基本統計量					
植林の未来を数学で考える	最適化		2.人間の活動	24.技術、工学	241.地球環境問題		シミュレーション(確定的)		既知情報								
本当にクラスの中に同じ誕生日の人がいる確率は90%なのか	数値取得		2.人間の活動	22.人文・社会	222.生活		シミュレーション(確率的)			なし	度数分布	基本統計量					
プロ野球選手から見た部活動におけるソフトボール解析	相関取得	定量-定量	2.人間の活動	21.スポーツ、娯楽関連	211.スポーツ				既知情報					相関係数			
台風の上陸数と漁獲高の関係	相関取得	定量-定量	1.自然現象	13.地学					既知情報	プロファイル分析	度数分布		散布図	相関係数		時系列分析	
コンビニエンスストアと人口の相関関係及び大手3社の都道府県ごとの店舗数の相関関係	相関取得	定量-定量	2.人間の活動	22.人文・社会	221.商業活動				既知情報		度数分布		散布図	相関係数			
Excelを使ってシミュレーション～大台ヶ原の森林衰退～	最適化		1.自然現象	11.生物			シミュレーション(確定的)									時系列分析	
「Science of Destruction」～逆問題への数学的アプローチ～	数値取得		1.自然現象	12.物理		測定	計算、シミュレーション(確率的)				度数分布		散布図		回帰分析		
ジュニア奨励賞																	
色と記憶力の関係	相関取得	定性-定量	2.人間の活動	23.人間の能力・属性	232.記憶力、認識力	測定					度数分布	基本統計量					
アニメ「黒子のバスケ」登場人物と実際のバスケット選手の比較	相関取得	定量-定量	2.人間の活動	21.スポーツ、娯楽関連	211.スポーツ			アンケート等	既知情報		度数分布		散布図				
マクドナルドが得をしているかについて調べる	数値取得		2.人間の活動	22.人文・社会	221.商業活動		シミュレーション(確定的)		既知情報	プロファイル分析		基本統計量				時系列分析	

2) データの取得方法と研究分野との関係

次に、データの取得方法が研究分野によってどのように異なっているかを分析した。図6に研究対象分野（2段階）の頻度を、データの取得方法毎に示した。このデータの内容は累積ではないが、見やすさのため累積表示で示している。図6より「既知情報」は、どの分野でも半数近くの割合を占めていることがわかる。また、「アンケート等」は、特に「人文・社会」の分野で用いられていることがわかる。「測定」と「計算・シミュレーション」は、どの分野でも多くはないが一定数用いられていることがわかる。

頻度数の最も多い「人文・社会」の分野について、3段階目の分類での頻度分布をデータの取得方法毎にみたのが図7である。図7より、「既知情報」は「人文・社会」の中のどの分野においても3割以上を占め、特に「社会問題・社会活動」では9割以上を占めていることがわかる。これは、「社会問題・社会活動」を考えるに当たって、インターネットなどの「既知情報」に頼ることがほとんどであることに由来していると考えられる。一方、「アンケート等」は、「生活」と「文化」の分野で主に用いられ、「生活」では4割程度を占めていることがわかる。これは、「生活」と「文化」では、身の回りの人に直接インタビュー可能なテーマが多いことに起因していると考えられる。「測定」につ

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（西川, 友枝, 薩摩）
 いても、「生活」と「文化」が多いのは、直接測定しやすい身の回りのテーマが多いため
 と考えられる。

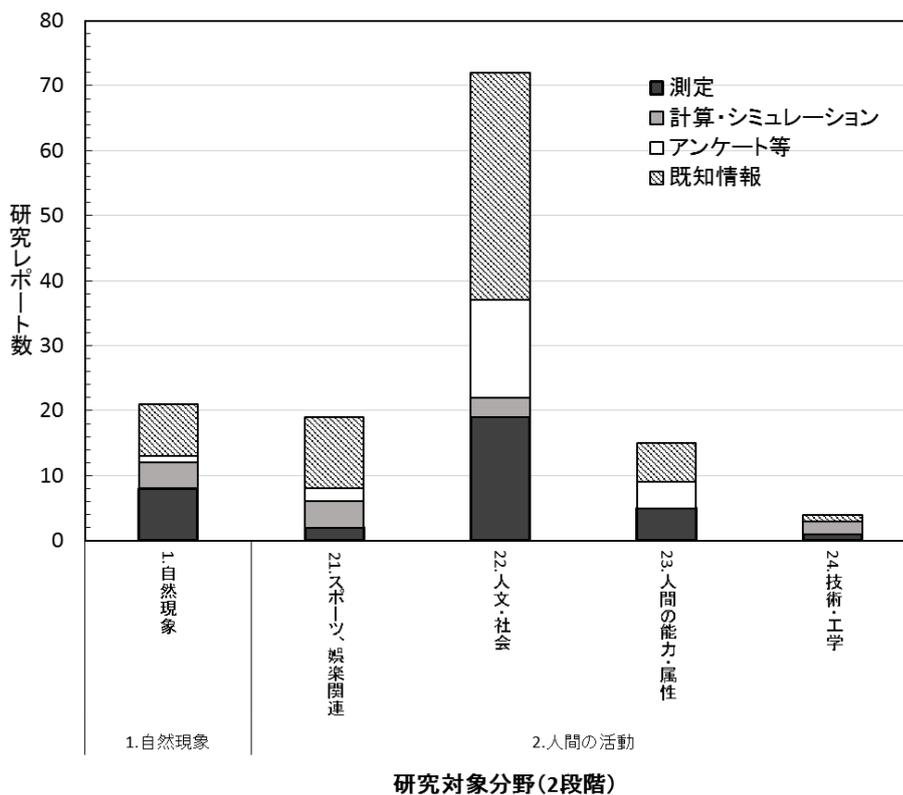


図6 データの取得方法毎の研究対象分野(2段階)の頻度分布

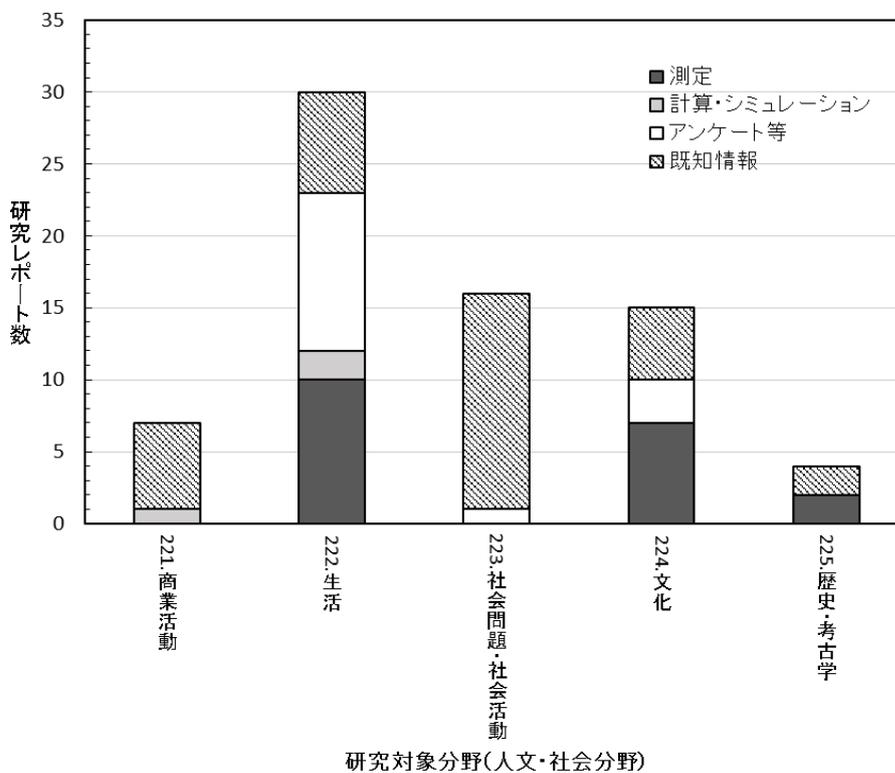


図7 データ取得方法毎の研究対象分野(人文・社会分野)の頻度分布

3) 分析方法の分類

分析方法に対して1段階の重なりを許す分類を行った。「プロフィール分析」、「度数分布」、「基本統計量」、「散布図」、「相関係数」、「回帰分析」、「時系列分析」、「検定」の8つのタグを、各レポートに付与することで分類を行った。レポートによっては複数のタグを付与した。「プロフィール分析」とは、定性的な変数の値毎に数値の変化パターンを分析する方法とし、「基本統計量」は、頻度分布の平均や分散、中央値など分布を特徴付ける量を用いた分析方法とした。表4には、受賞作品の分析方法の分類結果を、他の全ての項目の分類結果と共に示している。図8に、各分析方法の頻度を研究対象分野ごとに分けて表示した。「人文・社会」分野では、「度数分布」、「基本統計量」、「時系列分析」が多く用いられていることがわかる。また、相関関係を分析する「散布図」、「相関係数」は、「自然現象」や「スポーツ・娯楽」、「人文・社会」で同じように用いられていることがわかる。

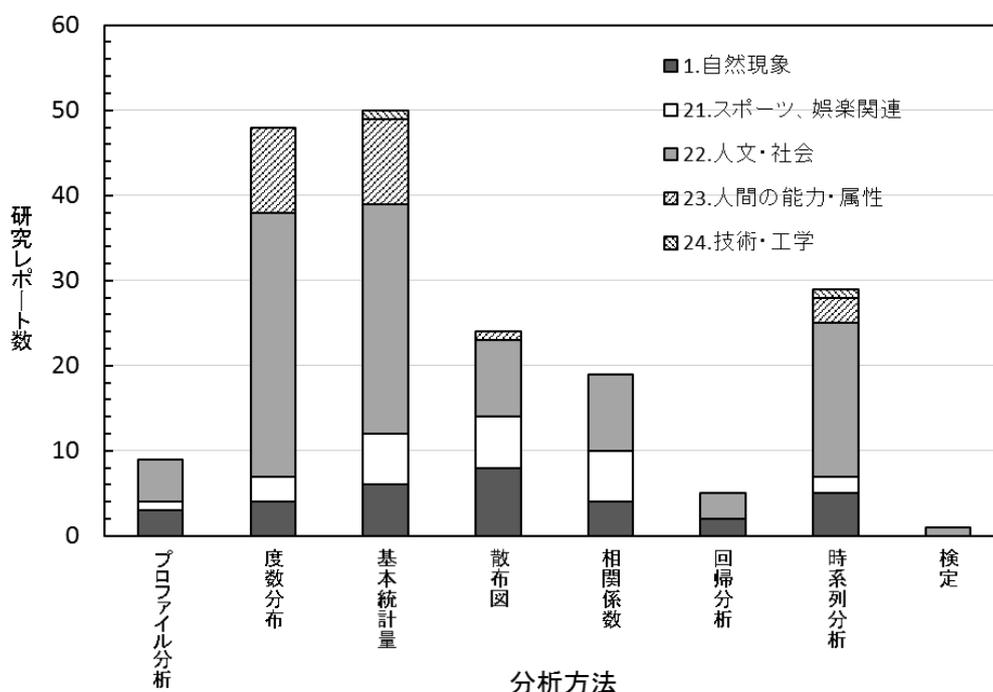


図8 研究対象分野(2段階)毎のデータ分析方法の頻度分布

4. 3 研究テーマの分類と分析方法との関連

1) 研究テーマの分類

各研究レポートのテーマは、どういったことをしたいのか、すなわち、着目した異なる変数間の相関を知りたいのか、興味のある変数の数値を知りたいのか、あるいは数値を知りたい場合でも、ある目的を達成するための変数の最適値を知りたいのか、という3つのカテゴリーに分類できると考え、「相関取得」、「数値取得」、「最適化」という3種類のテーマについてのタグを各研究レポートに付与した。表5に、研究テーマの研究対象分野(2段階)毎の頻度を示す。これを頻度分布図にしたものを図9に示す。これら

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（西川，友枝，薩摩）より、「相関取得」と「数値取得」は、全分野で、またどの分野においても、全体のほぼ50%を占めているが、「最適化」は全体で3例しかないことがわかる。

表5 研究テーマの研究対象分野(2段階)毎の頻度

分類1	分類2	相関取得	数値取得	最適化
1.自然現象	1.自然現象	10	5	1
2.人間の活動	21.スポーツ、娯楽関連	8	8	0
	22.人文・社会	33	33	1
	23.人間の能力・属性	11	4	0
	24.技術・工学	0	2	1
全分野		62	52	3

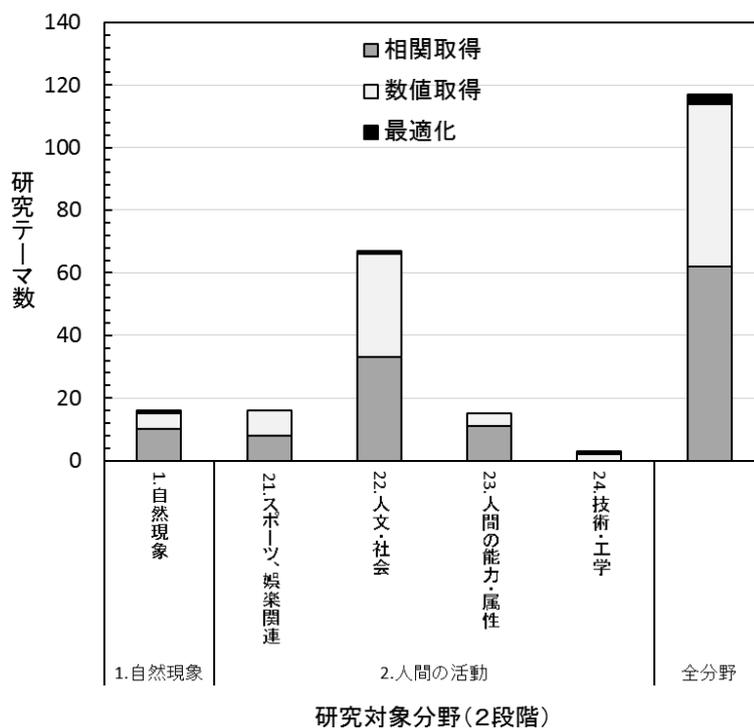


図9 研究テーマの研究対象分野(2段階)毎の頻度分布

2) 「相関取得」の研究テーマと「分析方法」との関係

次に、研究テーマのうち「相関取得」に着目し、その分析方法として相関関係を調べるための方法である「散布図」と「相関係数」に着目した。「相関取得」のテーマには、身長と体重のような定量的な変数間の相関を調べる場合と、性別と身長のような定性的な変数と定量的な変数間の相関を調べる場合がある。これを「定量-定量相関」と「定性-定量相関」と名付け、「相関取得」のテーマをさらにこの二つに分類しそれぞれのタグを付けた。このうち、「定量-定量相関」のタグが付いた研究レポートの中で、「散布図」のタグと「相関係数」のタグが付いているものをそれぞれカウントした。相関関係についての教育は現在高校1年の「データの分析」で行われており、中学では行われていないので、以上の分類を中学生と高校生の応募者に分けて行なった。分類の結果を図10

に示す。全研究レポート 117 の内、高校生のレポートが 82 件、中学生のレポートが 35 件であった。

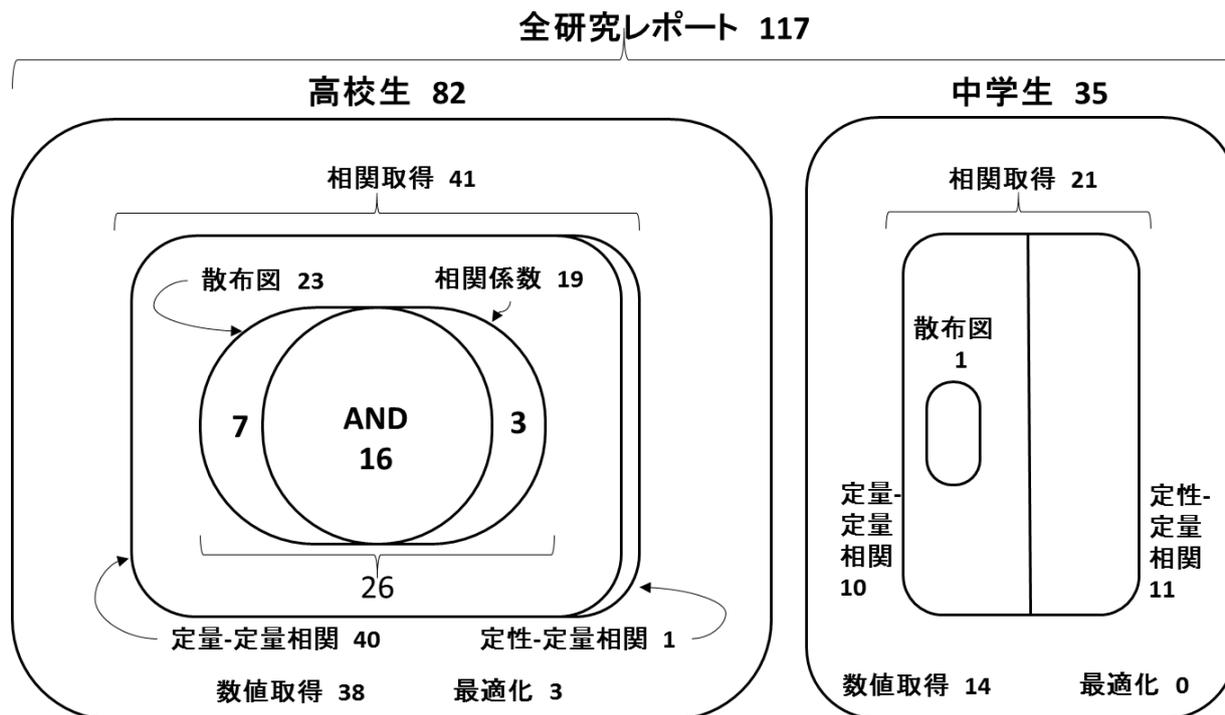


図10 「相関取得」の研究テーマの分析方法

① 高校生のレポートの分析

高校生のレポート 82 件のうち「相関取得」が 41 件、「数値取得」が 38 件、「最適化」が 3 件であった。「相関取得」41 件の内、「定量-定量相関」が 40 件、「定性-定量相関」が 1 件であった。「定量-定量相関」の中で「散布図」を用いているものは 23 件、「相関係数」を用いているものは 19 件であった。「散布図」と「相関係数」の両方を用いているものは 16 件、「散布図」のみ、「相関係数」のみの場合がそれぞれ 7 件と 3 件であった。「散布図」と「相関係数」のどちらかを用いて分析を行なっているのは、26 件となり、「定量-定量相関」をテーマとしたレポートの半分強が「散布図」か「相関係数」の手法を用いていることになる。残りの半分弱 (15 件) は、「定量-定量相関」をテーマとしているにも関わらず、「散布図」と「相関係数」のどちらも用いていない。その内訳をしてみると、二つの変数の時系列的な変化やその他の変数の変化に伴う変化の共通性を相関関係の指標にしている場合が多いことがわかった。

② 中学生のレポートの分析

中学生のレポート 35 件のうち「相関取得」が 21 件、「数値取得」が 14 件、「最適化」が 0 件であった。「相関取得」21 件の内、「定量-定量相関」が 10 件、「定性-定量相関」が 11 件であった。「定量-定量相関」の中で「散布図」を用いているものは 1 件、「相関係数」を用いているものは 0 件であった。

（1）「相関取得」テーマへの興味

中学校では、二つの変数間の相関関係については学んでいないにも関わらず、研究テーマとしては全体の 60%が「相関取得」を選んでいる。これは、相関の考え方が年齢に関係なく認知されており、中学生の年代においても二つの事象の間関係を捉えることに大変興味を抱いていることを示唆する。「相関取得」の中で、「定量-定量相関」と「定性-定量相関」がほぼ半々なのは、どちらの分析手法も学んでいないため、興味の対象の割合がそのまま反映されたものと考えられる。

（2）相関関係を見るための工夫

10 件の「定量-定量相関」のうち、1 件のみが授業で学んでいない散布図を用いて非常に有効な分析を行っていた（「アニメ「黒子のバスケ」登場人物と実際のバスケット選手の比較」、ジュニア奨励賞受賞、表 4）。

残りの 9 件の相関を見るためのアプローチはほぼ次の 3 つに分かれた。

- i) ケースごとの、二つの変数の値の表を作成して観察する。
- ii) 個人毎や、時間毎に二つの変数の変化を並べて、変化の共通性に着目する。
- iii) 一方の変数を区間に分けて、区間ごとにもう一方の変数の分布を作成し比較する。

ii) の方法（3 件あった）は、高校生のレポートでも見られた方法であり、歴史的には散布図が用いられる以前にはこの方法で比較が行なわれていたといわれている。散布図が発明（1765 年に気温－水分蒸発率相関図が散布図として初めて作成された）されるまでには数百年以上の長い期間を要したとされている⁶⁾。従って、散布図の概念が教えられていない状況では、この方法を用いようとするのは賢く自然であると考えられる。

iii) の方法を用いたレポートは 1 件あり、片方の変数を区間に分けることで、「定性-定量相関」で用いられる分布間の比較を使用できるように工夫されており、しっかりと分析が行われていた（「ゲームをする人としらない人の勉強時間」、表 4）。総じて、相関を見たいのだがやりかたがよくわからないというレポートも多かったが、上記の ii) や iii) のケースにみられるような相関をみるための工夫が良くなされているレポートがいくつかあった。

以上のことからいえることは、中学生は相関関係に非常に興味を持っているにも関わらず、その分析方法を学んでいないため、できる範囲の分析方法を工夫して行っているということである。

3) 相関係数の評価について

① 相関係数の検定

相関係数を用いているレポートは 19 件あるが、相関係数はコンピュータを用いて簡単にその値が計算できる反面、その解釈については注意深く行う必要がある。通常、以下のような相関係数の解釈が便宜的に行われている⁷⁾。

- 1.0 ～ 0.7 強い正の相関がある
- 0.7 ～ 0.4 中くらいの正の相関がある
- 0.4 ～ 0.2 弱い正の相関がある

- 0.2 ~ -0.2 ほとんど相関がない
- 0.2 ~ -0.4 弱い負の相関がある
- 0.4 ~ -0.7 中くらいの負の相関がある
- 0.7 ~ -1.0 強い負の相関がある

しかし、これは、データ数 n が非常に大きいときに成り立つ解釈であり、 n が小さくなるとたまたま大きな相関係数の値 r が出現する確率が大きくなってくる。どれぐらいの n の時にどれぐらいの r が有意になるのかを評価するために、母相関係数 $\rho = 0$ を帰無仮説、 $\rho \neq 0$ を対立仮説とした検定が行われる⁸⁾。データ数 n と相関係数 r が与えられたとき、有意水準 α で $\rho = 0$ が棄却されるためには、以下の不等式が成り立つ必要がある。ここで、 $t(n-2, \alpha)$ は自由度 $n-2$ の t 分布表から求めた有意水準 α における t 分布の値である。

$$|r| \geq \frac{t(n-2, \alpha)}{\sqrt{n-2 + t(n-2, \alpha)^2}} \quad (1)$$

- 有意水準 5% で、これより上の領域において $\rho=0$ が棄却される。
- 有意水準 1% で、これより上の領域において $\rho=0$ が棄却される。
- 研究レポートで取得された相関係数の絶対値と n

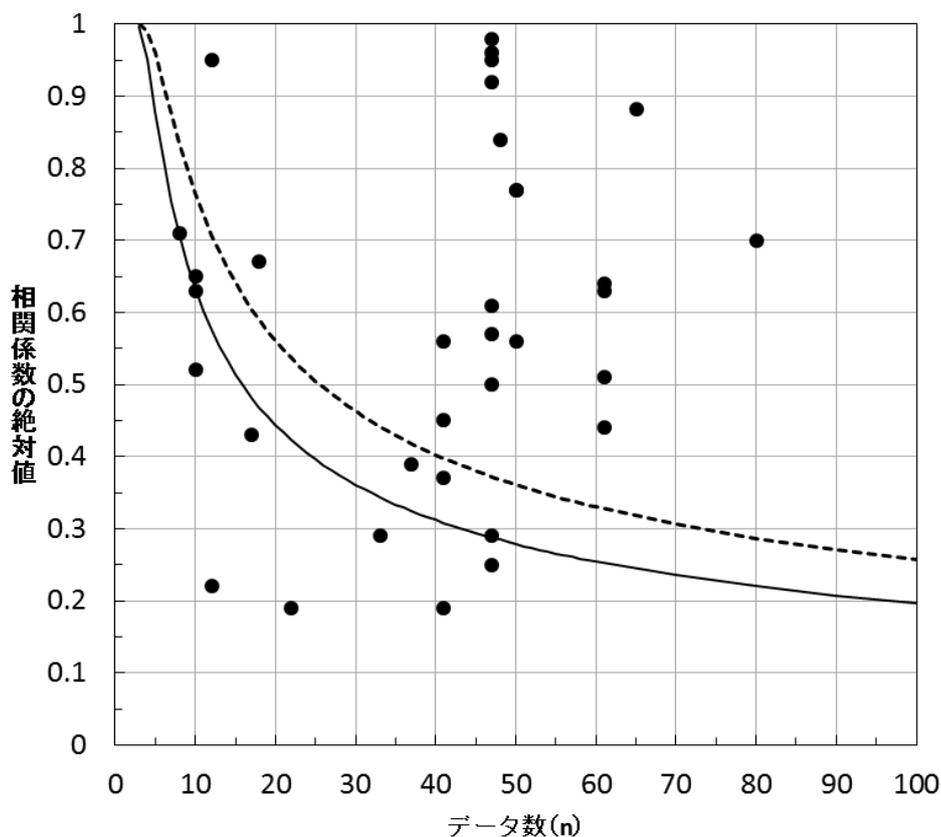


図11 「母相関係数 $\rho=0$ 」を棄却可能な相関係数の絶対値のデータ数 (n) 依存性、及び研究レポートで取得された相関係数の絶対値と n

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（西川，友枝，薩摩）

式①の等号の曲線を、有意水準 $\alpha = 5\%$ と $\alpha = 10\%$ の場合に、図 11 の $n - |r|$ 平面上に示す。これらの曲線より上の領域に観測値 $(n, |r|)$ が位置する場合に、それぞれの有意水準で $p = 0$ が棄却される。すなわち統計的に有意に $p = 0$ ではないと判断される。

② レポートの相関係数の評価

上述した 19 件のレポートで得られた相関係数がこの検定条件を満たしているかどうかを判定するために、各レポートで用いた n 値と得られた $|r|$ 値を抽出し、図 11 に●でプロットした。 n 値の記載がないレポートについては散布図よりカウントして取得し、 n 値が取得できた 18 件のレポートから総計 34 個の n 値と $|r|$ 値の組を取得してプロットした。

図 11 より、有意水準5%の検定閾値付近を含めてそれ以下に 11 件のレポートが位置しており、これらの場合には $p = 0$ の可能性を否定できないことがわかる。特に $n = 20$ 以下で $|r|$ が 0.4 以上の 5 件のレポートについては、通常は中程度の相関があるとみなされる場合であるが、グラフより中程度の相関があるとはいえないことがわかる。図 11 より、 $|r|$ の値が 0.5 程度の相関係数を信頼性高く得ようとするには、 n として 30～50 程度が最低限必要であるといえる。このように、本コンテストのレポートでは、不十分なデータ数で相関係数を取得して評価している場合がある程度見られることがわかる。実際、このような相関係数の信頼性について議論しているレポートはなかった。

4. 4 数理工学教育への示唆

本コンテストの応募研究レポートを審査し、また様々な観点から分類・分析を行った過程を通して、中学生や高校生が研究レポートを作成する過程で陥りがちな改善すべき点や、中学・高校の指導、あるいは大学での指導に反映させたほうが良いと思える点などがいくつか明らかになった。それらについて以下にまとめる。

1) 「最適化」の教育について

先述したように「最適化」のテーマは全体で 3 例と少なかった。このことは、高校までの数学や物理学の教育では、個々の問題では最適化が扱われることはあるが、概念として、あるいは単元として最適化が指導されていないことが関係している可能性があると思われる。世の中の現象は、自然においても社会においても、最適化が関係してくる場合が多い。機械や建物、システムなどの設計には多くの最適化が必要であるし、意思決定の際にも最適化の考え方が多くの場合で用いられている。従って、中学・高校の段階から最適化の考え方に馴染ませるような教育が必要ではないかと思われる。また、大学教育においても、「最適化」の詳細にすぐに入るのではなく、「最適化」概念の入門的な指導が重要ではないかと思われる。

2) 「相関関係」の教育について

① 高校生の場合

(1) 散布図と相関係数を同時に見ることについて

「散布図」と「相関係数」は常に同時に用いてこそ、定量的かつ定性的に正確な理解につながると思われる。今回、先述したように、「定量・定量相関」の65%のレポート(16件)でそれが行えていることがわかった。一方、相関係数だけの分析が3件見られた。「相関係数」のみを使うのは、多くの相関係数を取得するような場合に起こりがちである。しかし相関係数の値は、散布図をみながら一つ一つその信頼性をチェックしていく必要がある。そうしなかった場合、信頼性の低いデータを用いることになり間違った結論を導きかねない結果となる。高校数学Iの教科書⁹⁾でも、外れ値の影響で相関係数の値が変動することが説明されている。しかし、恐らくそれだけでは不十分で、実際の具体的な事例を用いた説明が必要ではないかと思われる(大学教育においても同様に思われる)。

(2) 相関係数の解釈について

前節で母相関係数の検定を用いて、19件のレポートで得られた相関係数の評価を行った。 $n = 20$ 以下で $|r|$ の値が0.4以上の5件のレポートについては、通常は中程度の相関があるとみなされるが、この $|r|$ の値から中程度の相関があるとはいえないことがわかる。実際に、 $n = 10$ で $r = -0.63$ の値が得られて、それをもとに推論を組み立てていったが、 n としてより多くのデータを集めてみると小さな r の値の値しか得られないケースがあった。全体的に、相関係数を扱ったレポートにおいて、 n の大きさに注意を払っているレポートはほとんどなかった。これは、高校数学Iの教科書⁹⁾において、相関係数の大小の評価については説明があるが、データ数の影響については全く触れていないことが関係していると考えられる。理論的な説明はできなくても、 n の大きさについて注意すべきであるということ、高校数学Iで触れた方がよいように思われる。これは大学における統計教育においても、具体例をもとに丁寧に指導すべき事項であると思われる。後で具体的に述べるが、2015年度のコンテストの「レポートの書き方」において相関係数におけるデータ数の影響について詳しく述べて注意喚起を行った。

② 中学生の場合

(1) 散布図の指導について

先述したように、中学生は相関関係に非常に興味を持っているにも関わらず、その分析方法を学んでいないため、できる範囲の分析方法を工夫して行っているということがみられ、場合によっては、散布図を独学で用いている例もある。中学校の指導要領¹⁰⁾では、ヒストグラムや平均値、中央値、最頻値などの代表値、相対度数など一つの変数の分布の特徴を表す方法にとどまっているが、このような状況を考えれば、散布図の概念は今よりも早い時期、例えば中学校で指導することも十分可能ではないかと思われる。平成元年3月の学習指導要領では、中学第3学年で相関図(現在の散布図)と相関表の見方を扱っていた¹¹⁾ということもあるうえに、世の中が益々ビッグデータの分析に依存するようになって、今後相関関係の理解が益々必須となってくると考えられるので、相関や散布図の概念をより速い段階で導入することのメリットは大きいのではないかと思われる。

（2）散布図にかわる方法の指導について

先述したように、相関を見たいのだが方法を教わっていないので、片方の変数を区間に分けることで、「定性-定量相関」で用いられる分布間の比較を使用できるように工夫したようなレポートがあった。このやり方は、度数分布を学習してすぐの段階にある中学生が相関関係の考え方にアプローチするためには、学習した内容をそのまま生かすことができるので、有効な方法であると思われる。この方法についても2015年度のコンテストの「レポートの書き方」において説明を行った。

3）研究レポートの分析結果の「レポートの書き方」への反映

上記の応募研究レポートの分析を通して得られたことを中学生・高校生向けに公開する一つの手段として、2015年度の本コンテストの応募要領で公開している「レポートの書き方¹²⁾」にこれらのことを反映させた版を作成した。新しい「レポートの書き方」には、応募レポートで書き方が不備であった点や注意すべきであった点なども記載した。以下にその内容の概略を示す。

① データの説明

データについての記述は、全体的に大変不足していたので、データの出典や具体的にどこから何を取得したかを記述するようにする。

② 解析の方法について

解析の方法について、モデル構築、実験・計算機シミュレーション、及びデータ分析に分けて、それぞれ詳細に書き方を記述した。特にデータ分析については、分析方法と共にデータの記述について次の留意点を指摘した。

- （1）データの内容・定義とデータ数を必ず記述するようにする。
- （2）データを抽出する単位とデータを分析する範囲を明確にする。
- （3）データ数については、高精度で相関関係を評価できるためには、1）データ数が少ない場合（例えば15以下）、2）データ数が比較的多い場合（例えば、50以上）、3）上記二つのケースの中間的な場合（データ数が20～40程度の場合）に分けて、どの程度の相関係数の値が必要かを説明した。
- （4）中学生では、相関係数を用いずに一方の分布の値の区間をいくつか分割し、それぞれの区間毎にもう一方の分布のヒストグラムを作成して、ヒストグラムどうしを比較する方法があることを紹介した。

③ 結果の記述

図表の書き方について詳細に説明した。

5. 結言

中学・高校生の数理工学の関心分野やリテラシーについての現状を知ることで、中学・高校の数学教育や数理工学教育推進に生かすことを目的として、これまでに開催されて

いない数理解析と統計解析の両方をカバーするテーマで 2014 年度第 1 回数理工学コンテストを開催し、その応募作品を分析することによって以下のことが得られた。

1) 研究分野の分類、データの取得方法及び分析方法の分類

研究分野を「自然現象」か「人間の活動」で分けた後、全部で 4 段階の階層分類を行った結果、「人間の活動」の中で「人文・社会」、「スポーツ・娯楽関連」の分野が多いことがわかった。データ取得方法に関して、「測定」、「計算・シミュレーション」、「アンケート等」、「既知情報」の 4 つのタグを付加する分類を行った結果、「既知情報」が最も多かった。「既知情報」はどの分野でも用いられ、特に「社会問題・社会活動」では 9 割以上であった。「アンケート等」は、「人文・社会」、特に「生活」の分野で多かった。また単独の方法を用いているレポートが 8 割以上を占めていた。8 つのタグによる分析方法の分類を行った結果、「散布図」と「相関係数」は、「自然現象」や「スポーツ・娯楽」、「人文・社会」で同じように多く用いられていた。

2) 研究テーマの分類と分析方法との関連

研究テーマを「相関取得」、「数値取得」、「最適化」という 3 種類に分類した結果、「相関取得」と「数値取得」がほぼ半々で「最適化」は 3 件と少なかった。これは、高校までの数学や物理学の教育で最適化がまとまって扱われることがないことに関係していると考えられた。「相関取得」のうち「定量-定量相関」と「散布図」や「相関係数」との間の関係に着目し、高校生と中学生に分けて分析を行なった結果、高校生では、「定量-定量相関」をテーマとしたレポート (40 件) の半分強 (26 件) が「散布図」か「相関係数」の手法を用いており、相関係数だけの分析が 3 件見られた。相関係数を用いた 19 件の高校生のケースで、母相関係数の検定を用いて相関係数の評価を行った結果、有意水準 5% の検定閾値付近以下に 11 件のレポートが位置し、 $n=20$ 以下での場合で、相関係数の値が 0.4 以上であっても中程度の相関があるとはいえない場合があることがわかった。このような相関係数の信頼性について議論しているレポートはなかった。

中学生では、全 35 件のうち約 60% (21 件) が「相関取得」、そのうち 10 件が「定量-定量相関」をテーマとしていた。このうち「散布図」を用いたレポートが 1 件あり、その他のレポートでは、時系列での 2 変数の比較や、片方の変数を区間に分けて分布間の比較を行うなどの工夫を行っていた。

3) 数理工学教育への示唆

上記の分析から得られた数理工学教育への示唆について以下にまとめる。

① 「最適化」の教育について

「最適化」のレポートが少ないのは、「最適化」の概念を中学高校で十分教育していないことが一因であると考えられる。早い段階から最適化の考え方に馴染ませるような教育の必要性が示唆された。

② 「相関関係」の教育について

高校生の場合、定量-定量相関を見る際に「相関係数」のみではなく、常に「相関係数」と「散布図」を同時に観察するように指導することの重要性が示唆された。

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（西川，友枝，薩摩）

また、少ないデータ数（ $n=10\sim 20$ ）で、相関係数の信頼性を考慮することなく議論を展開しているケースが多くあったのは、高校数学でデータ数の影響について指導されていないことが影響していると考えられた。高校、大学の統計教育において、データ数の影響について具体例をもとに丁寧に指導すべき必要性が示唆された。

中学生の場合、相関関係に非常に興味を持っているにも関わらず、その分析方法を学んでいないため、できる範囲の分析方法を工夫して行っていることがわかった。散布図の概念をより速い段階で導入することのメリットは大きいことが示唆された。また、散布図にかわる方法の指導も有効であることが示唆された。

③ 研究レポートの分析結果の「レポートの書き方」への反映

2015 年度の本コンテストの応募要領で公開している「研究レポートの書き方」に、以上のことを反映させた。

6. 文献

- 1) スーパーサイエンスハイスクール(SSH), <https://ssh.jst.go.jp/>
- 2) 学校における統計教育の位置づけ, <http://www.stat.go.jp/teacher/c3index.htm>
- 3) レポート（テーマ1）の実例「行列の最適な並び方とは？」, http://www.musashino-u.ac.jp/admission/pdf/faculty/mathematical_engineering_contest/mec_sample_report1.pdf
- 4) レポート（テーマ2）の実例「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」, http://www.musashino-u.ac.jp/admission/pdf/faculty/mathematical_engineering_contest/mec_sample_report2.pdf
- 5) 数理工学コンテスト第1回（2014年度）受賞作品, http://www.musashino-u.ac.jp/admission/faculty/mathematical_engineering_contest/index2.html#TOP
- 6) 本川裕, 「統計データはおもしろい！」, -相関図の始まり-, 技術評論社, 248-249
- 7) 相関係数の意味と解釈, http://rplus.wb-nahce.info/statsemi_basic/sokankeisu.html
- 8) 熊原 啓作, 渡辺 美智子, 「身近な統計」, -相関係数の有意性の検定と解釈-, 放送大学教育振興会, 226-227
- 9) 高橋陽一郎編, 「高校数学I」, -散布図と相関係数-, 啓林館, 194-195
- 10) 現行中学校学習指導要領（平成20年3月）第2章各教科第3節数学, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/su.htm
- 11) 中学校学習指導要領（平成元年3月）第2章各教科第3節数学, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/old-cs/1322463.htm
- 12) レポートの書き方, http://www.musashino-u.ac.jp/admission/pdf/faculty/mathematical_engineering_contest/guidelines_on_how_to_write_report.pdf

7. 付録

7. 1 主に高校生を対象とした国内の科学コンテストの現状

付表1に、高校生を対象にした国内の科学研究関連の13のコンテストをまとめた表を示す。付表1は、コンテスト名称、ウェブサイトのURL、対象、分野、開始年度、

提出物・発表、審査方法、応募統計（2014年度）、作品情報の公開、著作権等、主催の各項目について、ウェブサイトより情報を取得し表に記載したものである。

1) 2000年以前のコンテスト

歴史的に伝統のあるコンテストは二つあり、一つは「日本学生科学賞」で、もう一つは「全国学芸サイエンスコンクール」である。どちらも1957年以来60年近く続いている。「日本学生科学賞」は読売新聞が主催で、物理、化学、生物、地学、広領域（複数分野）、情報技術の6分野が対象である。対象は高校生・高専生、中学生で、研究レポート（5000～8000字）を提出し、地方審査、中央予備審査を経て、中央最終審査がポスターによる対面審査で行われる。応募数約6万から約50の賞が選定される。

「全国学芸サイエンスコンクール」は、旺文社が主催で、サイエンスジャンルと学芸ジャンルに分けて小学生・中学生・高校生を対象としており、400字詰原稿用紙で20枚以上のレポートを提出する。

2) 2000年以降のコンテスト

この二つ以外の11のコンテストは全て2000年以降、そのうち7つのコンテストは2010年以降の開始である。2000年以降にコンテスト数が増加してきたのは、インターネットの普及と共にウェブサイト上で募集し結果を公開することが可能となったことと関係していると考えられる。また2010年以降のコンテストが急増しているのは、スーパーサイエンスハイスクール（SSH）¹⁾（2002年～）に代表される最近の理科教育の重点化政策や、ビッグデータ出現に伴うデータサイエンス教育の振興策（例えば、平成21年の新学習指導要領公示で統計教育が中学高校教育に導入されたこと²⁾などが関係していると考えられる。2000年代に開始した、神奈川大学主催の「神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞」や朝日新聞主催の「高校生科学技術チャレンジ（JSEC）」、筑波大学主催の「科学の芽」賞など、多くは科学全般にわたって対象にしているが、大阪市立大学などが主催する「高校化学グランドコンテスト」のように、特定分野に特化したものもある。2010年以降、明治大学先端数理科学インスティテュート主催の「高校生によるMIMS現象数理学研究発表会」、筑波大学主催の「つくば Science Edge」や株式会社リバネス主催の「サイエンスキャッスル」など、学会発表形式をとるコンテストが増加している。これは、作品応募をしやすくすることで、コンテストをより普及させようという傾向の表れと考えられる。

3) 数学や数理工学、データサイエンスをテーマとしたコンテスト

数学や数理工学を対象にしたコンテストとしては、2007年開始の「高校生科学技術チャレンジ（JSEC）」が科学19分野の中で対象分野の一つとして数学を掲げている。このコンテストでは、「日本学生科学賞」と共に、入賞者の一部を国際的な科学技術コ

付表1 主に高校生を対象にした国内の科学研究関連コンテスト一覧

コンテスト名称 URL	対象	分野	開始 年度	提出物・発表	審査方法	応募場估計(2014年度)	作品情報の公開	著作権等	主催
日本学生科学賞 http://event.yomiuri.co.jp/essa/pdf/how.pdf	高校生・高専生・中学生	6分野(物理、化学、生物、地学、広領域(複数分野)、情報技術) 数学含まれない	1957	研究レポート(5000~8000字)	●地方審査(都道府県毎に中学、高校各3点ずつ選定) ●中央予備審査(研究レポートを提出。中学、高校各15点と、入選作品を決定) ●中央最終審査(ホスターによる対面審査)	●2014年応募数(中学、高校毎)に全63,000→168 ●168→15+入選(1等7点、2等10点、1等12点) ●15→内閣総理大臣賞他各賞に分配	●入賞、入選作品の題目、氏名と所属を年度毎にリストとして公開 ●データベースで検索可能(現在5331件) http://www.jssar.net/search.php ●作品内容は、本サイトで公開されていない。⇒お茶の水女子大学「理科目自由研究データベース」(http://sec-dlib.cfocba.ac.jp/)で第55回以降の入賞、入選(一部除く)作品は一部公開(282件、PDF)。	記載なし。但し、「特許取得申請は、発表後半年以内に行うよう」などの記載がある。で、本人帰属と思われる	読売新聞社
全国学芸サイエンスコンクール http://gakukon.obunsha.co.jp/about.html	小学生・中学生・高校生・海外日本人学校含む	サイエンスジャンル(理科系・社会科学系)の各研究分野)と学芸ジャンル(アート・文芸I・文芸II・環境の各分野)	1957	自然科学研究部門では、枚数は400字語で20枚以上	記載なし		●サイトでは、受賞者名のみ公開 ●過去金賞入賞作品のインターネット公開終了。2015.6.15 ●第59回金賞作品集は、有料(400円分切手)で配布	旺文社に譲渡	旺文社
神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞 http://sp.kanagawa-u.ac.jp/community/essa/yl/	高校生、個人、グループ可	理科・科学に関する研究や実験、観察、調査の結果。例)数学、物理、化学、地学、生物、情報、自然、技術などの各分野	2002	論文(5部)のほか所定の応募票、論文要旨、論文要旨データと指導教諭の推薦状	●選考委員6名による審査	【応募総数】98編【応募高校数】45校	●入賞作品の題目、氏名と所属 ●作品内容は、出版物で公開 ●受賞作品『未来の科学者との対話』には、審査委員の講評、大賞・優秀賞・努力賞の論文および受賞者・指導教諭のコメントとそれに対する本学教員からのメッセージが収録 ●最終審査作品と入賞作品の題目、氏名と所属を公開 ●作品内容は、出版物(印刷あり) ●作品内容は、出版物で公開(受賞作品集『高校生・化学宣言』)ニュースで受賞作の要約を配信	学校法人神奈川大学に帰属	学校法人神奈川大学
高校化学グランプリコンテスト http://www.gracon.jp/gracon2015/	高校生、高専生、個人、グループ可	化学を基盤とした実験・調査研究に関する発表	2004	1次審査資料(研究レポート(A4用紙4枚))	●1次審査 ●最終選考会(口頭発表、ホスター発表) ●審査委員15名による審査	口頭発表10課題 ポスター発表60課題		記載なし	大阪市立大学、大阪府立大学、読売新聞大阪本社
高校生科学技術チャレンジ(JSEO) http://www.asahi.com/s-himbun/jsec/	高校生、高専生	科学19分野(数学含む) 科学ジャンルの自由研究を幅広いカテゴリーから募集。学術的な研究のみならず、フィールド調査や実験レポート、実験装置の試作、製品開発など	2007	レポート(10ページ以内)要約(600字)	●予備審査 ●一次審査 ●最終審査会(ホスター発表形式によるプレゼンテーション審査)	応募数→50~60 50~60→30 30→グラントワード等12、優秀賞18		知的財産権は、提出者ご帰属 特許の申請は自由	朝日新聞社、テレビ朝日
「科学の芽」賞 http://www.tsukuba.ac.jp/community/kagakuno-me/	高校生、高専生、小中学校3年生~個人若しくは団体	朝永先生の言葉のように自然現象の不思議を発見し、観察・実験して考えたことをまとめる。素直な疑問、発見があるものを募集	2007	レポート用紙A4判10枚以内、手書き、ワード可	筑波大学教員、筑波大学附属学校教員及び後援団体関係者、本学大学院生が審査協力	国内の学校150校、海外10か国、2,050件の応募 「科学の芽」賞、奨励賞、学校努力賞、学校奨励賞 10周年記念として最も優れた作品に「学長特別賞」	「科学の芽」賞のみ、作品PDF、講評を公開	記載なし	朝永記念「科学の芽」賞実行委員会

付表1 主に高校生を対象にした国内の科学研究関連コンテスト一覧

コンテスト名称 URL	対象	分野	開始 年度	提出物・発表	審査方法	応募締切(2014年度)	作品情報の公開	著作権等	主催
つば Science Edge http://www.ftbbwt.com/ ScienceEdge/	高校生・高 専生・高校 中学生	科学・技術に関するアイデアを、オーラルプレゼンテーション、ポスターセッション(日本語・英語)で	2010	●オーラルプレゼンテーションは、アイデアを提出 ●ポスターセッションはタイトルの提出	●選ばれたチームがリポートポイントによるオーラルプレゼンテーションを行う。 予備審査なし。筑波大学教員・大学院生が審査員として参加。研究内容をプレゼンテーションを総合的に評価。「科学研究発表会」という位置付けで、審査そのものよりも質疑応答に重点。	●オーラルプレゼンテーション8チームは、要約とコメントが公開 ●ポスターは発表者とタイトルを公開 http://www.ftbbwt.com/ScienceEdge/report/	記載なし	つば ScienceEdge e2015実行 委員会(筑 波大学)	
つば科学研究コンテスト http://gfest.tsukuba.ac.jp/contest/	小学生・中 学生・高校 生	高校生の部 物理、化学、生物、地学、 数学、工学、情報 中学生の部 SS コースの部	2011	用紙 A4-1 枚 ポスター発表	予備審査なし。筑波大学教員・大学院生が審査員として参加。研究内容をプレゼンテーションを総合的に評価。「科学研究発表会」という位置付けで、審査そのものよりも質疑応答に重点。	●発表者リスト ●発表者全ての要旨を PDF で公開 ●一つのファイルに複数要旨を収録	記載なし	筑波大学	
高校生による MIMS 現象数理学研究発表会 http://www.mims.meiji.ac.jp/seminars/another/2015/20151011.html	高校生	●「身の回りの現象を数理の目で見ると」というテーマの研究発表会 ●現象数理学の奨励、普及が目的	2011	●口頭発表 ●ポスターセッション	1 次審査合格 8 件の口頭発表 14 件のポスター発表		記載なし	明治大学 先端数理 科学インス ティテュート (MIMS)	
サイエンスキャスル http://s-castle.com/	中学生、高 校生	科学に関するすべての活動が発表対象。活動形態やジャンルは問わない。教員同士の情報交換の場(準教員もコメント)	2012	●口頭発表 A4-5枚程度 ●ポスター発表 所属氏名のみ (テーマ未定可)	口頭発表は、審査あり	●口頭発表 24 件、●ポスター発表 92 件 受賞 8 件	記載なし	株式会社リ ハネス	
算数・数学の研究 作品コンクール http://www.nimes.or.jp/research/3rd.html	高校生・高 専生、中学 生、小 学生	日常生活や社会で感じた疑問を算数・数学の力を活用して解決、算数・数学の学びを発展させた新たな数理的課題を探究する中で、気づいたことやわかったこと、自らの解決の方法をレポートにまとめる。	2013	レポート (A4判 の用紙(片面) で10枚以内)	●小学校低学年の部・ 小学校高学年の部・中 学校の部・高等学校の 部の4部門 ●各地域(ブロック)で 選考した後、中央審査 を経て、受賞作品決定	●各賞の受賞者と作品名はサイト上で公開 ●最優秀賞と優秀賞は、サイト上で作品の PDF を公開 ●奨励賞は、出版物で公開	受賞作品の著作権 は、主催者に帰属	一般財団 法人、理数 教育研究 所	
デーダシネシス創造コンテスト http://dim-labofc.leio.ac.jp/digai/	高校生、大 学生・大 学 院 生 (社会人経 験者除く)	各企業提供の購買に関する多様なデータの分析結果から導き出される新サービスの開発アイデアの創出(2015年度)	2013	●分析結果レポ ート ●最終プレゼン	●事前選考 ●最終プレゼン	●応募 102 チーム(高校生8チームを含む) ●ファイナリスト 9 チーム ●受賞 6 チーム	●応募者本人に帰属 ●主催者が広報・宣伝の目的において使用・複製することは無償で認められる	慶應義塾 大学 SFC 研究所デー ダシネシス 創造・ラボ 科学技術 振興機構	
デーダシネシス・アドベンチャー杯	高校生以上	JST 科学技術データ等を利用して、柔軟な発想で	2014	●1. 分析概要 (Word 形式)400	●参加チームが多い場合は、予選(書類選考、	●ファイナリストのプレゼンパワーポイント ●審査員のコメント	●応募者本人に帰属 ●主催者が広報・宣伝の目的において使用・複製することは無償で認められる	慶應義塾 大学 SFC 研究所デー ダシネシス 創造・ラボ 科学技術 振興機構	

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（西川，友枝，薩摩）コンテストである Intel ISEF に日本代表として派遣している。2010年以降は、数学・数理工学やデータサイエンスをメインテーマとしたコンテストが現れてきた。一般財団法人理数教育研究所主催の「算数・数学の研究作品コンクール」（2013年開始）、先述した「高校生による MIMS 現象数理学研究発表会」（2011年開始）、慶應義塾大学 SFC 研究所主催の「データビジネス創造コンテスト」（2013年開始）、科学技術振興機構報主催の「データサイエンス・アドベンチャー杯」（2014年開始）などである。

4) 数理解析と統計解析の観点からみたコンテスト

我々の数理工学科の教育方針は数理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るから、この観点でこれらの数学やデータサイエンスをテーマとしたコンテストについて考察する。

「算数・数学の研究作品コンクール」は、テーマは数学であり、身近な現象に対するモデル化的研究、すなわち数理解析的研究も含まれてはいるが、多くは数学自体の研究が大半を占めており統計的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」も数学と数理工学的研究がメインであり、統計的研究はほとんど含まれていない。一方、「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、データ自体も提供されテーマがある程度限定されたものである。前者は企業や自治体などから提供されるデータを用いて、与えられた問題の解決策や新しい提案を行うものであり、後者は JST 科学技術データ等を利用して、科学技術に関する統計・データ分析などを行うものである。また、応募対象者も大学生がメインであり高校生部門は別途設けられておりメインなものではない。

このように、我々数理工学科の教育方針である数理解析と統計解析の一部をカバーするコンテストは増えてきているが、両方をカバーするような高校生を主な対象としたコンテストはこれまでに開催されていない状況である。

7. 2 数理工学コンテストの実施状況

実施した数理工学コンテストの募集要項の概要、及び応募状況と受賞作品について述べる。

1) 募集要項

以下のようなテーマを設定した。

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、

- ① 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。
- ② 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。

応募資格としては、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。応募規定としては、A4判縦長用紙に横書きで8枚以内とし、「レポートの書き方」として、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

今後の課題及び感想からなる簡単な書き方の説明を示した。また、レポートの実例をテーマ1とテーマ2それぞれについて作成して示すことにより、研究レポートの具体的な書き方についての参考情報を、テーマの選び方から議論の展開の仕方、まとめ方にいたるまで示した。

- ①テーマ1は、友枝准教授による「行列の最適な並び方とは？」と題した最も速く移動できる行列の間隔の取り方を求めたレポートであり³⁾、
- ②テーマ2は、西川教授による「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」と題した大相撲の力士の体重と決まり手の数の関係を相関関係を調べ、体重として入門当時の体重をとることで決まり手の数との間で大きな相関が得られることを示したものである⁴⁾。

応募期間としては、平成26年10月1日～平成27年1月30日として、賞としては、最優秀賞、優秀賞、及び奨励賞を与えることとした。

2) 応募状況と受賞作品

全部で117件の応募があった。内訳は、高校生が82件、中学生が35件であり、高校は20校、中学は2校である。今回、授業の課題として多数の生徒から応募してきたと思われる学校が3つ、高校2校(39レポートと17レポート)と中学1校(34レポート)からあった。代表者が男子生徒であるレポートが42件、女子生徒のレポートが75件であった。授業からの応募を除くと27レポートとなり、代表者が男子生徒であるレポートが19件、女子生徒のレポートが8件となった。

地方別に応募レポートを分類すると、九州が61レポート(学校数4校)、中国・四国が5レポート(学校数3校)、近畿が5レポート(学校数3校)、東海が4レポート(学校数3校)、関東・甲信越が42レポート(学校数8校)であった。学校数で見ると関東・甲信越が一番多く、関東以西からはほぼ均等に応募があったことがわかる。高校数20の内、8校はスーパーサイエンスハイスクール(SSH)に指定されており、SSHの成果の発表が本コンテストへの応募の動機となっていると考えられる。

受賞作品の選考委員は以下のとおりである。

寺崎 修 武蔵野大学学長
佐々木 重邦 武蔵野大学工学部長
薩摩 順吉 武蔵野大学工学部 数理工学科長
西川 哲夫 武蔵野大学工学部 数理工学科教授
友枝 明保 武蔵野大学工学部 数理工学科准教授

受賞作品の選考は選考委員による話し合いによって行われ、優秀賞が4件、奨励賞が8件、ジュニア奨励賞が3件決定された。ジュニア奨励賞は中学生の応募から選ばれた。受賞結果はホームページにて公開した⁵⁾。付表2、付表3、付表4に優秀賞、奨励賞、及びジュニア奨励賞の研究レポートのリストを示す。受賞作品のうち優秀作品についてはPDFファイルで公開した。

付表2. 優秀賞研究レポートのリスト

作品名	代表者 グループ名	全氏名	学校名 代表者学年
遺跡のモモ核の分類から日本のモモのルーツにせまる	鶴田昂平 探究生物遺跡の桃核班	鶴田昂平、野口輝、藤麗咲、森裕司、吉川悠	奈良県立青翔高等学校 2年生
月食から求める月の大きさと月までの距離	東直実 TEAM KAGUYA	東直実、井坂瑠華、吉田奈々花	岐阜県立加茂高等学校 2年生
万華鏡のずれを探る	原幸子 福岡県立城南高等学校物理部	原幸子、船津実里	福岡県立城南高等学校 1年生
サクラの開花日と気象条件の関係性について	澤村淳 熊本県立玉名高等学校科学部	澤村淳、岩下侑太郎、上田響 今村俊太、原田陽道	熊本県立玉名高等学校 1・2年生

付表3. 奨励賞研究レポートのリスト

作品名	代表者 グループ名	全氏名	学校名 代表者学年
パパ抜きの公平性	阿部浩太郎 数楽研究会	阿部浩太郎、鈴木健梧	桐蔭学園中等教育学校 4年生
植木の未来を数学で考える	古閑友紀 チーム古閑・木下	古閑友紀、木下海	福岡工業大学附属城東高等学校 1年生
本当にクラスの中に同じ誕生日の人がいる確率は90%なのか	望月達人	望月達人	東海学園東海高等学校 2年生
プロ野球選手から見た部活動におけるソフトボール解析	浅見梨花 埼玉県立熊谷女子高等学校 SSC	浅見梨花、山本舞子	埼玉県立熊谷女子高等学校 2年生
台風の上陸数と漁獲高の関係	東方涼介 屋代数学チーム	東方涼介、長山慧、田中悠	長野県屋代高等学校 2年生
コンビニエンスストアと人口の相関関係及び大手3社の都道府県ごとの店舗数の相関関係	早坂友亨 チーム5	早坂友亨、大淵隼弥、牧山知生、松田寛也、山本哲平	熊本県立玉名高等学校 1年生
Excelを使ってシミュレーション～大台ヶ原の森林衰退～	辻本純平 辻本純平・中原欣輝班	辻本純平、中原欣輝	奈良県立青翔高等学校 2年生
「Science of Destruction」～逆問題への数学的アプローチ～	金田和子 Kobe Fractal Team	金田和子、荒牧孝洋、岡村みのり、下村侃、鳥居真人、平林大輝、宮本悠史	兵庫県立神戸高等学校 2年生

付表4. ジュニア奨励賞研究レポートのリスト

作品名	代表者 グループ名	全氏名	学校名 代表者学年
色と記憶力の関係	斎藤夏鈴 team Carrot	斎藤夏鈴、滝川麻友、前田明優名	お茶の水女子大学附属中学校 1年生
アニメ「黒子のバスケ」登場人物と実際のバスケット選手の比較	田内涼穂 バスダン	田内涼穂、伊藤朝美、中山晴香、佐藤優奈	お茶の水女子大学附属中学校 1年生
マクドナルドが得をしているかについて調べる	村松波	村松波	東京大学教育学部附属中等教育学校、3年生

(原稿提出: 2015年12月21日; 修正稿提出: 2016年1月24日)