

第2編 研究の成果を表現する

研究成果は、世の中に「発表」して、始めてその価値が認められます。反対に、「発表」に際して、研究内容やその成果、成果のもつ有益性などを正しく世の中に伝える表現をしなければ、せっかくの研究成果が、誤解されたり、価値が過小に評価されたりします。従って、研究成果を正しく表現することが、課題研究を締めくくる重要な要素となります。一般に（というより「絶対に」）、研究成果は、「論文（研究論文）」の形で発表します。自分たちの研究やその成果の価値が正しく評価されるためには、どのように研究論文を作成すればよいのでしょうか。また、課題研究では、校内発表会にとどまらず、外部の発表会（各分野の学会、岡山県理数科合同発表会、SSH生徒研究発表会など）に参加し、研究論文をもとに、対面発表（口頭発表、ポスター発表）を実践的に行います。直接、発表を聴いてもらうためには、聴いてもらうための表現の工夫が必要になります。どのように工夫すれば、自分たちの研究やその成果に耳を傾けてもらえ、研究成果をアピールできるのでしょうか。研究論文の作成にも、口頭発表やポスター発表にも、人類の科学研究の歴史の中で培ってきた基本的な表現の「形」があります。まず、基本になる「形」を身につけ、自分たちの独創性を加味していきましょう。

第1章 研究論文を書く

幸いなことに科学の先人達が多くの研究論文を発表し、今やインターネットを使えば、比較的容易にさまざまな研究論文を検索することが可能です。なぜこのような手段で発表をするのでしょうか。明確な研究成果が得られ、その研究成果に有益性があると判断した研究者達は、一刻も速くその成果を世に発表したいと考えます。なぜなら「1番でなければならぬ」からです。研究論文には、「形（形式）」があります。なぜでしょうか。個々の研究者が、個々の表現形式で研究成果を発表したならば、どうでしょう。何をテーマにどのような研究を行い、どのような実験によって何が確かめられたのかを何度も読まないで理解できない場合も生じてきます。そこで、研究論文は「ここを読めば、これが分かる」という形式を設けています。この形式に従って研究論文を作成することで、研究成果を速く、正確に世の中に発信できるのです。ここでは、具体的にどのように「形」を作っていけばよいのかを学習します。

1. 研究論文とは

科学における事実とは何でしょうか。そもそもそれが分からないので研究します。誰が研究するのでしょうか。研究は、その「事実」を解き明かそうとする研究者（＝人間）が行います。どんな精度の高い研究を行っても、その成果が発表され認めてもらわなければ、研究した「事実」は研究した人たちだけの主観にとどまります。研究した事実を「事実」とするためには、その内容を発表することで世界の誰もが共有して、客観性（誰もが「その通りだ」と言えること）を担保する必要があります。そのアイテムとして研究論文が必要なのです。時として、「事実」は、次の研究論文によって、事実でなくなり新たな「事実」になる場合があります。研究論文の客観性をより強固にすることが研究の要です。

2. 研究論文の書き方

前述のように研究論文には、形式があります。一

般には、次のような内容が必要です。

- 1. タイトル Title** 研究内容を分かりやすく簡潔に網羅した「題名」です。
- ・ 一般的でなく、自分たちが行った研究成果について表現しましょう。
 - ・ 可能なら宣言的なタイトルにしましょう。
 - ・ 研究方法を盛り込むことも有効です。
 - ・ 動詞を用いる場合は、過去形で表現します。
 - ・ 研究キーワードで研究内容を明確にするとよいでしょう。
 - ・ 略語は避けましょう（DNA、pHなど略語や記号の方が分かりやすい場合は使用できます）。

例 理数科集録より

- ・ 風メガホンによる風力発電の効率化
- ・ 男子高校生対象エゴグラム質問紙の作成
- ・ リョクトウモヤシ芽生えの荷重による伸長成長の変化

- ・必要ならば、サブタイトルの付加も可能です。

2.執筆者Author 次の3つの項目をすべて満たす人の氏名をカウント(列挙)します。

- ・研究アイデアを出し、研究計画を立て、論文となる努力をした人。または、研究結果を支持する証拠を検証した人。
- ・論文を書き、論文の最終原稿まで目を通し、論文の書き直しに実際に参加している人。
- ・最終稿を確認している人。

※通常、研究チーム(研究グループ)の全てのメンバーが、この3項目を満たすはずです。

※列挙の順番は、グループに一任します。

※本校では、指導教員の氏名も記載します。

3.要旨、概要Abstract 研究内容全体の骨組みを要約します。次の内容が、基本部分として記述すべき必須内容と考えてください。

- ・**背景(Background)** (研究目的を含む) : なぜその研究に取り組んだか、どのような目標(目的)をめざしたのか。
- ・**実験、観察(Methods)** : どのような材料を用いて、どのような操作の実験を行ったのか(→問題解決のための適正に注意)。
- ・**結果(Results)** : 実験や観測について、どのような結果(客観的数値等)が得られたのか。
- ・**結論(Conclusions)** : 結果から、どのような考察、結論が導かれたのか(→背景の「目的」との整合性に注意)。

例 理数科集録より

小物体が受ける空気抵抗は極めて微小であり、一般には大掛かりな装置を用いて測定することが多い。私たちは、高校の物理実験室にある器具を工夫した空気抵抗の測定装置を開発した。これを用いた測定により、小球が受ける空気抵抗が風速と半径に比例することの検証に成功した。(鉄球が受ける空気抵抗に関する研究)

※2つの表現方法があります。

(ア)慣習的要旨:「見出し」なしで4項目を文中で説明(→今までの理数科集録に多いパターン)。

(イ)形式的要旨:「見出し」で区切って4項目をそれぞれ説明(→4項目の漏れがない)。

※どちらでもよいが、(イ)の書き出しをおこなってから、(ア)をつくと安全です。

形式的要旨の例

背景「ヒトの染色体数は48本であると認識されている。しかしながら、染色体を数えるのは困難である。なぜなら、染色体は凝集しやすく、互いに部分的に重なり合ったりしているからだ。そこで、本研究では、培養した細胞を溶液に浸し、染色体を互いに引き離すことによって数えやすくし、ヒトの染色体数を明らかにした。

実験「培養した胎児胚細胞をコルヒチンと低張液で処理した。」

結果「265個の有糸分裂を数えた結果、4例以外のすべてで染色体数は46本であった。」

結論「この結果から、ヒトの染色体数は48ではなく、46であると言えよう。」

(「うまい!と言われる科学論文の書き方」丸善株式会社より、)

例 理数科集録より (要旨は日本語と英語で作成)

In our research, we made our own “wind megaphones” and verified how to increase the efficiency of their wind power generation by measuring the power of a propeller’s rotation. The propeller was set up at the wind megaphone’s exit end. We investigated the shape of the wind megaphone when the power(in watts) was at a maximum. We also tried to observe the effects of the shapes of the wind megaphones on the propeller’s rotational speed. As a result, we measured different wind speed and found that the power of a propeller’s rotation was at a maximum when the wind hit the propeller equally.

(風メガホンによる風力発電の効率化)

※要旨は、日本語と英語の両方を作成します。

4.キーワードKeywords 要旨(概要)の中でポイントとなる語を列挙します。研究全体をもう一度見直し、精査することが必要です(→「この言葉に注目して欲しい」というものを選びましょう)。

例 理数科集録より

- ・流体抵抗, 運動方程式, 層流, 乱流
レイノルズ数
- ・空気抵抗, 揚力, 揚抗比, 迎え角
ジューコフスキー翼, 風洞

5.序論Introduction 本論で挙げる中心となる事柄について、簡単に主張し、**問題提起**をします。**仮説**を入れるならばここです。最後に一言付け加えるといいでしょう。すなわち、この研究がいかに素晴ら

しい研究であるかを主張します。

要旨(概要)との違いは、次の点を記載することです。

- ・研究に値する問題であることを主張。
また、検討すべき仮説を主張。
- ・本論で述べる主張や他の研究者に対する主張。
- ・研究方法の主な特徴。
- ・結論を主張しなくてよい

例 「大人の鼻血は、耳鼻咽喉科への緊急入院の原因の1つであるが、その症状を引き起こす原因はよく分かっていない(→問題提起)。しかし、鼻血と定期的なアルコールの多量摂取に相関があるあることが症例報告により示唆されている(→仮説)。そこで、鼻血の既往のある飲酒習慣のある大人群と、その対照群として他の耳鼻咽喉科的症状の治療を受けている大人群で対象実験を行った(→研究方法)。

(「うまい!と言われる科学論文の書き方」丸善株式会社より、)

6.本論(研究内容・実験方法) 序論の「仮説」や「主張」を裏付ける(検証する)ために行った具体的実験や観測内容を説明します。

- ・実験を行った順に書きますが、本来、論理に従った順番で実験を行うはずです。

例1 <1つの結論を導くために複数の異なる実験を行った場合>

実験1(目的→材料→方法・手順→結果) ⇔ 実験2(目的→材料→方法・手順→結果) ⇔ 実験3(目的→材料→方法・手順→結果)...

例2 <1つの実験操作の説明の場合>

「37℃で65~70時間静置してから、細胞の成長をコルヒチンを使って停止させた。」
(「しばらく静置」の操作が先→「薬品投与」の操作が後) ...手順を正確に表現すること

- ・実験原理を説明しておく方がよい場合があります(特に、新しい実験法や一般的な実験法の場合など)。
- ・新しい実験法の場合は、詳しく説明するとよいでしょう(詳しくすぎには注意です→指導の先生とよく相談する)。
- ・図や写真(実験装置の構成等)を有効に活用しましょう(説明を視覚的に表現し分かりやすくするもの)。
- ・図や写真には、番号つきキャプション(図表のタイトル)をつける(→図や写真の場合は下、表の場合は

上につけます)。

- ・図や写真の番号は、説明文中に一致させましょう(→「この説明の図は、この図を見て」が分かるようにします)。
- ・有効数字、精度、単位等に注意しましょう。
- ・対照実験や条件制御等の実験の基本が組み込まれた内容であることを必ず確認しましょう。

例 理数科集録より

3. 研究内容

<実験1>

まず、ボールが受けている垂直抗力を調べるためにばねばかりを使用し、接触幅に対する垂直抗力を測定した(図2、図3)。

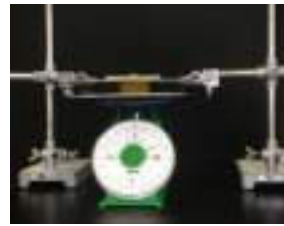


図2 接触幅に対する垂直抗力の測定①

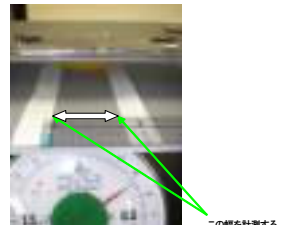


図3 接触幅に対する垂直抗力の測定②

<実験1の結果>

得られたデータを表1および図4に示す。さらに、接触幅Lと垂直抗力Nの関係の数式を算出し、式(1)のような近似式を得た。なお、測定点がn個のときにn-1次式で近似するのが一般的であるので、今回は6次式で近似した。

表1 垂直抗力Nと接触幅L

N	5	13	22	33	43	50	58
L	0.01	0.02	0.03	0.068	0.18	0.3	0.54

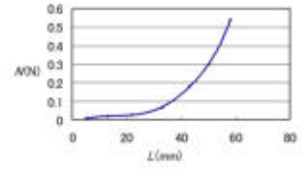


図4 N-Lグラフ

$$N = 2.0 \times 10^{-10} \times L^6 - 3.0 \times 10^{-8} \times L^5 + 2.0 \times 10^{-6} \times L^4 - 5.0 \times 10^{-5} \times L^3 + 5.0 \times 10^{-4} \times L^2 + 3.0 \times 10^{-4} \times L \dots (1)$$

<実験2>

次に約20cmの高さから水ボールを落とし、地面と衝突している様子をハイスピードカメラ(1コマ1200分の1秒)で撮影した。さらに、それをパソコンのディスプレイに映し、3コマ(400分の1秒)ごとに接触幅を0.5秒間、200箇所計測した(図5)。式(1)を用いて垂直抗力を算出し、時間と垂直抗力の関係のグラフを作成した。



図5 接触幅の計測

<実験2の結果>

水ボールを落とすと、上下に伸び縮みする運動が観察できた。実験結果より、接触幅と時間の関係のグラフを図6に示す。

(落下したボールの衝撃の吸収に関する研究)

7.結果result 実験や観察をとおして得られたデータをありのままに説明します。

- ・序論で述べた仮説を立証できる(根拠となる)データを厳選しましょう。
- ・データ(数量的)は、表やグラフにまとめます(→表やグラフの作り方の原則もありますが、個々には、担当の先生と相談しましょう)。
- ・データには、「実験操作とデータの関係」を表記しましょう(→文章中と図表下に明記します)。
- ・一連の複数実験による複数の結果がある場合、時系列(行った順)より、論理の順番で示します(→本来、論理的な順番に実験を行うので、時系列と論理的な順番は一致するはずです)。
- ※「実験方法」の中に「結果」を入れる場合もあります。

例 理数科集録より

実験 1. 揚力と迎え角の関係

<結果>

実験結果は以下のグラフのようになった。

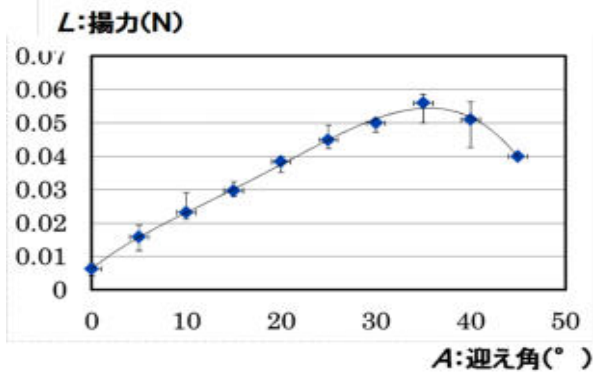


図 5 揚力と迎え角の関係

縦軸エラーバーは測定した揚力 L の最大値と最小値を、横軸エラーバーは迎え角の測定誤差と考えられる $\pm 1^\circ$ を示している。迎え角が増加するにつれて翼が受ける揚力が増加したが、迎え角が 35° を超えると揚力が減少した(揚力剥離)。このことからこの翼の剥離角は $30^\circ \sim 35^\circ$ であると考えられる。これは、一般的なジューコフスキー翼の剥離角が $25^\circ \sim 45^\circ$ であることに合致している。また、今回の実験においては、迎え角が 0° のときに揚力が 0N となっていないが、これは通常、翼は揚力を発生しやすい翼型となるように設計されているためである。さらにこの実験から、揚力が 0N となる迎え角(ゼロ揚力角)は -5° 付近になると予測される。

(揚力・空気抵抗の測定を行う風洞装置の開発)

8. 結論, 考察 Conclusion 研究結果をまとめます。

すなわち、仮説と実験結果との間をつなぐ説明をします。次のことを配置すると理想的です。

- **主張(Main message)** : 序論で提示した仮説に対する指示証拠の提示(→例 「結果に示す特徴的データは、……という仮説(論点)を支持するものとなった」)。
- **評価(Assessment)** : 研究デザインの短所、実験方法の限界、解析上の不備や、反対に仮説の妥当性等を自己評価(実験の精度と誤差を検討することも必要です)。
- **比較(Comparison)** : 先行研究(他の研究)との類似点や一致点と相違点・対立点について比較し、研究の妥当性をバックアップしたり、新たな研究の方向性をアシストする種とします(同様の研究や関連する研究を文献調査しておく必要があ

ります!少なくとも先輩の過去の研究は熟知しておきましょう)。

- **結論(Conclusion)** : 上記3点のことから、「序論で提案した仮説を立証した」こと評価し、今後の研究の方向性を示します。

例 理数科集録より

考察(結論)

実験2で得られた(6)式の切片と傾きそれぞれに最小二乗法を用いて算出した標準誤差を加えると、

$$y=(0.9\pm 0.2)x+(0.1\pm 0.2) \cdots (7)$$

となる。

(7)式は傾き、切片ともに正比例の式 $y=x$ を内包している。よって、水蒸気の割合の増加に伴って、音速も大きくなると示唆される。

したがって、仮説は正しいことが示唆された。

(湿度による音速の変化に関する研究)

- 研究で得られた知見や研究のオリジナリティを強調します。

例「本研究では、[目的を記述]について、[手段を記述]という方法・観点から調べた。その結果、[結果1, 結果2...]が分かった。この結果は、[仮説(モデル)]とよく一致する[:考察1]。これらの結果が得られた原因として、原因A, 原因B, 原因Cが考えられ...

※もう一度、「序論の仮説」との整合性、問題提起の問題解決になっていることを確認しましょう。

9. 謝辞 Acknowledgements 研究をサポートしてくれた人たちへの感謝の意を表しましょう。

- どう感謝しているかを具体的に書き表しましょう。
- 感謝する相手の名前は、フルネームで記載しましょう。
- 氏名の記載については、相手の同意を得ましょう(→論文内容への同意を求めることを意味します)。

※本校の担当教員には謝辞はいりません。

10. 参考文献 Reference 研究を行うため参考とした文献の著者名、書籍名、論文名、Webアドレス、Webタイトル等を明記します。

※参考文献の記載順には決まりがあります。

- ・基本的に、論文中で使用した(または出てきた)順に記載しましょう。
- ・書籍については、著者名→書籍名→出版社→参考ページ→出版年の順に記載しましょう。
- ・Webについては、アドレス→タイトル→使用、引用年等の順に記載しましょう。

例 理数科集録より

- ・大塚徳勝 著「そこが知りたい物理学」共立出版株式会社, 1999年
- ・臼井豊和:授業に役立ち理解を深める実験と教材 白金メッキしたステンレス茶こしを使った簡単な燃料電池. p21 (2007年)
- ・<http://www.jjasp.jp/academic/icn/column2.html>・Medical SARAYA

3. 研究論文作成上の注意点

論文の内容には、社会に対して責任があります。研究結果に責任をもって書くことです。

記載内容については、特に、次のような点に注意しましょう。

- ①データの改ざんやねつ造によって得られた結果から結論づけをしないこと。
- ②他の研究者(または研究グループ)の研究内容(部分であっても全体であっても)を無断で盗用しないこと。
- ③引用等で他者のデータや研究内容を使用する場合は、自分たちの研究範囲と他者の研究範囲との区別を明確に表現すること。
- ④法的、道義的に公表してはならない事柄は記載しないこと。
- ⑤著作権に関わるものは記載しないこと。
どうしてもやむを得ない場合は必ず記載の許諾をとること。

また、表現方法については、「無駄に長い表現」や「曖昧で不正確な表現」は避け、できるだけ「短く定量的な表現」をとることが必要です。研究論文は、自己完結で書いてはいけません。表現や内容をよく吟味し、「研究論文を読む相手がどう受け取るか」を考え、「読む相手が、研究論文の記述内容がすべて理解できる」ように記述することが必要です(→論文ループリック参照)。

4. 理数科集録について

課題研究の研究論文は、最終的には、理数科集録に記載し、全国の理数科設置校をはじめ、多くの学校や関係研究機関に送られます。前述のように、研究内容の質の高さも含め、表現や記述についても誰が読んでも理解しやすいものとしましょう。



図1 理数科集録
—全国の誰が読んでも「素晴らしい」ものを作りましょう—

次ページ(図2, 3)に理数科集録用の研究論文フォーマットを記しています。上記の「研究論文の書き方」に加え、フォント(文字)の種類や大きさ、行間の開け方、段落の付け方等の書式についての指定があります。これに従って作成します。

また、本年度は下記日程で研究論文の提出〆切りを設けています。提出日程に合わせた作成計画を立てましょう。

<研究論文提出〆切り>

平成26年12月12日(金) 17:00

(→電子データと紙媒体を各担当教員に提出)

※ 〆切り厳守すること

5. 論文のルーブリック (Rubric) 評価について

本校では、研究論文の質的評価をルーブリックによる指標を用いて行います (↓下表が論文ルーブリック)。

		十分(4)	おおむね十分(3)	やや不十分(2)	不十分(1)
① 探究プロセスに関するルーブリック	① 研究課題を決めるまでの道筋がはっきりと示されている	どのような事象に興味を持ったかが明確に述べられており、課題設定にあたりこれらの事象と課題との因果関係や関連性が根拠を基に明確に記述されている。	どのような事象に興味を持ったかが明確に述べられており、課題設定にあたりこれらの事象と課題との因果関係や関連性が示されている。	どのような事象に興味を持ったかが明確に述べられているが、課題設定にあたり、これらの事象と課題との因果関係や関連性が曖昧であったり、解決できそうにない高いレベルの課題が設定されている。	どのような事象に興味を持ったかが述べられているが、課題設定にあたり、これらの事象と課題との因果関係や関連性が示されていない。
	② 課題を明らかにするのに適した観察・実験を計画し、その観察・実験結果の見通しを述べている。	課題を解決するための観察・実験方法や手順が、科学的な根拠に基づいた目的と見通しとともに述べられている。(科学的な見通しが伴った観察・実験計画の記述)	課題を解決するための観察・実験方法や手順が、その目的と見通しとともに述べられている。(観察・実験計画の記述)	課題を解決するための観察・実験方法や手順が分かりやすく示されているが、その目的と見通しが述べられていない。	課題を解決するための観察・実験方法や手順が分かりやすく示されていない。
	③ 科学的客観性を持って観察・実験結果を収集できている。	観察・実験方法や機器の使用 방법이、科学的客観性を持ったものであることが分りやすく明確に述べられている。また、観察・実験から十分な範囲と量のデータが収集できている。	観察・実験方法や機器の使用 방법이、科学的客観性を持ったものであることが述べられている。また、観察・実験から適切なデータが収集できている。	観察・実験結果が得られているが、その手法や機器の使用 방법이、科学的客観性を持った結果を得るために適切であることが十分に述べられていない。	観察・実験結果が得られているが、その手法や機器の使用 방법이、科学的客観性を持った結果を得るために適切であることが全く述べられていない。
	④ 観察・実験の結果から論理的に考察して結論に至っている。	観察・実験の結果が十分に吟味されており、結論に至るまでの論理が矛盾がなく一貫性があるものになっており、分かりやすく明確に記述されている。	観察・実験の結果が十分に吟味されており、結論に至るまでの論理が矛盾がなく一貫性があるものになっている。	観察・実験の結果が吟味されているが、結論に至るまでの論理に飛躍があったり、一貫性に欠けている部分があったりする。	観察・実験の結果が十分に吟味されておらず、結論に至るまでの論理に飛躍があったり、一貫性に欠けていたりする。
② 基本的な概念、原理・法則などについての系統的な理解に関するルーブリック	① 研究のテーマについてこれまでにわかっていることを十分に調べ、序論で整理して述べている。	研究テーマについて、関連することや先行研究について、文献などの調査が十分に行われており、これまでに分かっていること、分かっていないことが整理して述べられている。また、これらのことに基づいて、研究テーマの意義が述べられている。	研究テーマについて、関連することや先行研究について、文献などの調査が十分に行われており、これまでに分かっていること、分かっていないことが整理して述べられている。	研究テーマについて、関連することや先行研究について、文献などの調査が行われているが、これまでに分かっていること、分かっていないことが曖昧で、整理した形で示されていない。	研究テーマについて、関連することや先行研究について、文献などの調査が行われていない。
	② 課題に関する既習事項を序論で取りあげ、研究に必要な専門用語や概念を十分に理解し、論文中で適切に用いている。	研究に関連した専門用語や概念について、その定義が初出の段階で分かりやすく明確に記述されており、文脈の中で矛盾なく適切に用いられている。	研究に関連した専門用語や概念について、その定義が十分に記述されており、文脈の中で矛盾なく適切に用いられている。	研究に関連した専門用語や概念について、その定義が十分に記述されていない。文脈の中で矛盾があったりする。	研究に関連した専門用語や概念について、その定義が全く記述されていない。文脈の中で矛盾があったりする。
	③ 観察・実験の目的を十分に理解し、適切に行っている。また、得られた結果・データの意味をよく理解している。	課題解決のプロセスの中での観察・実験の目的や意義が分かりやすく十分に述べられており、その結果・データの意味がよく吟味されて示されている。	課題解決のプロセスの中での観察・実験の目的や意義が十分に述べられており、その結果・データの意味が十分に示されている。	課題解決のプロセスの中での観察・実験の目的や意義が述べられ、その結果・データの意味が吟味されているが、それが不十分である。	課題解決のプロセスの中での観察・実験の目的や意義が述べられていなかったり、その結果・データの意味が示されていない。また、それが不十分である。
	④ 得られた研究結果から結論に至り、その科学的な意味を理解している。	得られた研究結果から結論を導き出すまでの過程が論理的に一貫性のあるものとなっている。また、その結論がどのような科学的な意味を持っているか分かりやすく明確に示されている。	得られた研究結果から結論を導き出すまでの過程が論理的に一貫性のあるものとなっている。また、その結論がどのような科学的な意味を持っているか示されている。	得られた研究結果から導き出された結論に、論拠や根拠が不十分であったり、飛躍があったりするところがある。	得られた研究結果だけを記述しており、結論が記述されていない。
③ 科学的な考察と処理能力に関するルーブリック	① 誤差や精度について配慮した実験データが示されている。	実験の回数や誤差について、統計的に処理されている。また、基本的な統計量が示されている。また、数値の扱い方について有効数字にも配慮がなされている。	実験の回数や誤差についての記述がある。また、数値の扱い方について有効数字にも配慮がなされている。	実験の回数や誤差についての記述が十分でなく、数値の扱い方について有効数字に配慮がないところがあったりする。	実験の回数や誤差についての記述が全くなく、数値の扱い方が不適切であったりする。
	② 得られた研究結果・データを適切な図表やグラフで表している。	図表・グラフの種類や形式が適切に選択されており、図表・グラフのキャプション、縦軸・横軸が示すものや単位が適切に分かりやすく明記されている。	図表・グラフの種類や形式が適切に選択されており、図表・グラフのキャプション、縦軸・横軸が示すものや単位が明記されている。	図表・グラフの種類や形式が適切に選択されているが、図表・グラフのキャプション、縦軸・横軸が示すものや単位の一部が欠けている。	図表・グラフの種類や形式が適切でなかったり、図表・グラフのキャプション、縦軸・横軸が示すものや単位が明記されていない。また、それが不十分である。
	③ 条件統一に留意し、必要ならば対照実験を行い、体系的に正確で十分な範囲のデータを収集している。	統一すべき条件がその理由とともに明確に述べられており、必要な対象実験が行われている。また、観察・実験が体系的に行われており、正確で十分なデータが得られている。	統一すべき条件がその理由とともに述べられており、必要な対象実験が行われている。また、観察・実験が体系的に行われている。	統一すべき条件がその理由とともに述べられており、必要な対象実験が行われている。しかしながら、必要かつ十分なデータが得られていない。	統一すべき条件とその理由が不明確で、必要な対象実験が行われていない。また、必要かつ十分なデータが得られていない。
	④ 得られた研究結果を科学的に分析し、考察している。	得られた研究結果を、科学の原理や法則などに基づいて適切に分析し、考察している。また、その過程が論理的に分かりやすく記述されている。	得られた研究結果を、科学の原理や法則などに基づいて適切に分析し、考察している。また、その過程が記述されている。	得られた研究結果を、科学の原理や法則などに基づいて適切に分析し、考察しているが、その過程の記述が十分ではない。	得られた研究結果の分析や考察が、科学の原理や法則などに基づいておらず、根拠が不明確である。
	⑤ 参考文献を適切に本文中に引用し、直接得られたデータとインターネットなどからの2次情報を区別して情報の質に注意を払っている。	「おおむね十分」の基準を満たすとともに、質の高い参考文献を活用するように心がけている。	参考文献の引用が行われており、直接得られたデータと、文献などから得られたデータとの区別がなされている。	参考文献リストはあるが、どの文献から引用したものか分からないところがあったり、直接得られたデータと文献などから得られたデータとの区別が曖昧なところがある。	参考文献リストがない。本文中のどの部分が引用部分かリスト番号等を使って示されていない。
④ 創造的な能力に関するルーブリック	① 課題の設定や問題の発見に独創性が見られ、その部分がわかりやすく示されている。	課題発見の着眼点に独創性が見られ、問題の発見から課題設定までのプロセスが科学的に丁寧に分かりやすく記述されている。	課題発見の着眼点に独創性が見られ、問題の発見から課題設定までのプロセスが記述されている。	課題発見の着眼点に独創的であるとは言えないが、問題の発見から課題設定までのプロセスが分かりやすく記述されている。	課題発見の着眼点に独創性は見られない。また、問題の発見から課題設定までのプロセスの記述が不明確である。
	② 観察・実験方法、探究方法に創意工夫が見られる。	観察・実験の方法や探究の方法に創意工夫が見られ、工夫した事柄が明確に示されている。	観察・実験の方法や探究の方法に創意工夫が見られ、工夫した事柄が記述されている。	観察・実験の方法や探究の方法の一部に創意工夫が見られるが、工夫した事柄が明確に記述されていない。	観察・実験の方法や探究の方法にあまり創意工夫が見られない。
	③ データ処理に創意工夫が見られる。	得られたデータを様々な切り口で整理し、もっとも適当な処理方法により、規則性や傾向を読み取るようとしている。また、その結果が説得力のある論拠となり得ている。	得られたデータを適切な方法で整理し、規則性や傾向を読み取ることができている。	得られたデータの処理方法が最適とは言えず、規則性や傾向を読み取るにはやや困難なところがある。	得られたデータの処理方法が不適切で、規則性や傾向を読み取ることはできない。
	④ 研究の価値を自己評価できている。	研究の成果がどのような意味を持つのか、また、課題として残っているのは何か明確に記述されている。また、研究を進展させるための方向性が示されている。	研究の成果と課題が適切に記述されている。また、今後の方向性に触れている。	研究の成果と課題の記述に不明確なところや、解釈に無理があるところが見られる。	研究の成果と課題が適切に記述されていない。

ルーブリック (Rubric) とは、達成度や成功の度合いを示すレベル (数値的な尺度) を、それぞれのレベルに見られる認識や行為の特徴を示した記述 (言葉で表現した内容) からなる評価指標です。客観テストでは判断が難しいパフォーマンス系 (思考・判断、スキルなど) の評価に長けています。

「論文ルーブリック」は、課題研究の研究論文について、①「探究プロセス (正しい道筋で研究がな

されているか)」、②「研究内容についての概念、原理や法則の系統的理解 (研究の根底に科学的概念がきちんとあるかどうか)」、③「科学的考察と処理能力 (実験・観測についてその操作やデータ処理が研究目的に則して適切に行われたか)」、④「創造的能力 (研究内容に独創性があるか)」の4カテゴリーについて、さらに詳細な観点を設け4段階のレベル設定をしています。

例 ①探究プロセスに関するルーブリック

①研究課題を決めるまでの道筋がはっきりと示されている

レベル4 (十分)	どのような事象に興味を持ったかが明確に述べられており、課題設定にあたり、これらの事象と課題との間の因果関係や関連性が <u>根拠を基に明確に</u> 記述されている。
レベル3 (おおむね十分)	どのような事象に興味を持ったかが明確に述べられており、課題設定にあたり、これらの事象と課題との間の因果関係や関連性が示されている。
レベル2 (やや不十分)	どのような事象に興味を持ったかが明確に述べられているが、課題設定にあたり、これらの事象と課題との間の因果関係や関連性が <u>曖昧であったり、解決できそうにない高いレベルの課題</u> が設定されている。
レベル1 (不十分)	どのような事象に興味を持ったかが述べられているが、課題設定にあたり、これらの事象と課題との間の <u>因果関係や関連性が示されていない</u> 。

例えば、①の①では、どのような興味・関心のもとにその研究を行ったかについて、明確な科学的根拠を示しながら論文中に述べられているかどうかを評価しています。各レベルの判断基準のポイントを上記下線部に示しています。

- ・レベル4とレベル3の違いは、課題設定における興味・関心をもった事象と研究テーマとの間の関連性に科学的根拠が明確に示されているか否かです。
- ・レベル3とレベル2の違いは、研究テーマ設定についての根拠の曖昧さや研究完成の可能性です。
- ・レベル2とレベル1との違いは、研究テーマの設定について、その根拠の有無です。

自分たちの論文を各項目について、自己評価してみましょう。自己評価に際しては、客観性 (この場合、メタ認知) が必要です。自らの論文を他者の視点でルーブリックに従って冷静に評価してみましょう。「研究論文」の形で表現された自分たちの研究について、「できている点」「できていない点」「足りなかった点」が見えてきます。

研究論文 (= 研究) を完成させるためには、この「できていない点」「足りなかった点」を補う必要があります。提出期限までに修正しましょう。

別の面では、「論文ルーブリック」は、課題研究の成績評価の指標のひとつとしても使用されることを承知しておいてください。また、進学にあたっては、推薦入試やAO入試において、研究活動の内容として、研究論文を提出する場合があります。課題研究の成果そのものを追究することも大切ですが、そのもととなる研究プロセスを意識して、より質の高い課題研究を目指しましょう。



図4 大学の先生による論文指導
— 研究論文の元となる研究自体を見直しましょう —

第2章 研究の成果を発表する

研究成果は、論文としてまとめ、学会での発表や科学雑誌掲載等により外部の評価を受けなければならないことを第1章で述べました。自分たちの行った研究の成果に価値があるかどうかは、外部の評価によるということです。従って、評価を行う外部の人たち（評価者）に対して、研究成果を分かりやすく、かつ、どこがどのように価値があるのかを明確にアピールする必要があります。また、研究成果の発表には、発表者側に、研究内容や結果、成果についての責任があります。特に、不確かなことを確実なことのように発表したり、先行研究で確認されていることを自分たちの研究であるかのように発表することは許されないことです。発表することによる社会的影響を十分考慮する必要もあります。

1. 研究成果を発表するとは

先に述べたように、研究成果の発表は、自分たちの研究成果の価値を、広く他者（外部の人たち）に評価してもらい、認めてもらうことに目的があります。そのためには、科学的論理に基づいた十分な研究と十分な検証データに基づいた明確な成果（結論づけ）が得られているのは勿論です。その上で、形式に則った論文表現力（→前章参照）といろいろな発表様式に対応し、研究の価値をアピールできる表現力を身につけることが求められます。

論文による発表については前章で紹介しましたので、ここでは、特に、論文で表現した研究内容や研究成果を直接、聴衆に対して発表するスタイルについて紹介します。

2. 研究発表のために必要なこと

研究発表に際して、必要なことは、次の3点です。

- ・研究論文が完成していること
- ・研究内容(研究成果)が自己評価されていること
- ・発表の場が確認できていること

意外にできていないのが、「自己評価」です。論文やスライドやポスターなどの発表アイテムが完成すれば、発表できると考えていませんか。自分たちの研究に発表する価値があるのか、研究内容に漏れや隙はないかなど、もう一度客観的な視点で「研究」を自己評価しておきましょう。

また、発表には「場」があります。学会や発表会など、「どのような分野」の発表の場が「いつ」「どこで」行われ、「誰が対象なのか」を必ず、自分たちで確認しましょう（→図1 2 参照）。

3. 発表の形式

発表様式には、大別して、「口頭発表・ステージ発表」と「ポスター発表」があります。いずれの場合

も、各発表会で定められた発表時間や形式がありますので、「発表要項」をよく確かめましょう。

<口頭発表、ステージ発表>

一般には、スライドを用いて発表する様式です。



図1 口頭発表の場面
—スライドを示しながら研究内容を説明します—

単に、発表用スライドを作成すれば発表できるものではありません。発表までには、次のような準備が必要です。

(1)発表内容の絞り込みと整理

高校生の発表では、多くの場合、7～10分程度の発表時間の設定となっています。研究内容のすべてを発表する訳にはいきません。発表時間に合わせた発表内容に絞る必要があります。

- 発表の主旨(どんな研究をしたのか)
- 研究のアピールポイント(どこが新しいことか)
- 研究方法(どのように検証したか)
- 検証結果(入力変数と出力変数との相関)
- 考察・結論と課題(仮説の正しさなど)

が絞り込む観点です。

(2)スライド作成

発表の時間制限内に納まるように構成します。スライド内容の構成は、研究内容（←研究論文）に従いますが、12～13枚のスライドで、次のようなスライド作成を提案します。

スライド1枚あたり1分前後と想定して、発表の

制限時間に合わせて構成や枚数を調整しましょう(→ 図2参照)。

①タイトル→②研究の背景・動機, 目的→③研究概要→④研究の基礎となる知識→⑤先行研究→⑥本研究の特徴→⑦先行研究との相違→⑧実験内容→⑨～⑪実験結果1～3→⑫考察・結論→⑬今後の課題等

または,

①タイトル→②研究の背景・動機(研究の必要性)→③目的または研究概要→④研究の基礎となる知識→⑤実験概要→⑥研究の特徴(新しい手法)→⑦実験内容→⑧～⑨実験結果1～2→⑩結果→⑪結果に対する評価(検定など)→⑫考察・結論→⑬今後の課題等

マイクロ波による光速の測定

岡山県立倉敷天城高等学校
○○○○ △△△△ □□□□ ××××

①タイトル

はじめに

本研究では、マイクロ波の速さは光速と等しいことを知り、マイクロ波の干渉を利用して光速を測定するための装置を製作した。

実験の目的

自作の実験装置により、マイクロ波を用いた光速の測定が可能であることを明らかにする。

マイクロ波を用いたよりよい光速の測定方法を検討する。

②研究の背景・動機, 目的

実験装置

図1: マイクロ波発生装置 (10GHz)
図2: 電圧計, 増幅器
図3: 二重スリット
図4: デテクター移動装置

③実験概要

実験① 理論

波の速さの公式: $v = \lambda f$... (1)
 v [m/s]: 波の速さ f [Hz]: 振動数 λ [m]: 波長

図1において
実線上の点についての式 ... (2)
破線上の点についての式 ... (3)

L [m]: それぞれのスリットから極大または極小の点までの距離

④実験1の基礎となる知識

実験① 方法

- ①実験装置を図6のように設置する。
- ②電圧計を見ながらディテクターをスリットに対して平行に移動させて極大、極小の位置に印をつける。
- ③ディテクターの位置をスリットからさらに離し、②と同様に測定する。
- ④ L_1, L_2 を測定する。
- ⑤式(1)(2)(3)を用いて光速を求める。

⑤実験1の内容

実験①結果

表1	波長の平均値[m]	光速の平均値[m/s]	標準偏差 [m/s]
極大	2.26×10^{-2}	2.26×10^8	0.04×10^8
極小	3.25×10^{-2}	3.25×10^8	0.06×10^8
全データ	2.87×10^{-2}	2.87×10^8	0.07×10^8

光速の文献値: 3.00×10^8 [m/s]

グラフ1: 求めた波長の値とデータ数

⑥実験1の結果

実験② 理論

波の速さの公式: $v = \lambda f$... (1)
 v [m/s]: 波の速さ f [Hz]: 振動数 λ [m]: 波長

図7において
ある極大(実線)から2つ隣の極大(実線)まで、またはある極小(破線)から2つ隣の極小(破線)までの長さ、つまり1波長分の長さを測定する。これで測定した λ を式(1)に代入して光速を求める。

⑦実験2の基礎となる知識

実験② 方法

- ①実験器具を図8のように設置する。
- ②電圧計を見ながらディテクターを移動させ極大極小の位置に印を付ける。
- ③極大から2つ隣の極大までの長さを測る。極小でも同様に測定する。
- ④③で求めた値の平均を求め、式(1)に代入して光速を求める。

⑧実験2の内容

実験②結果

表2	波長の平均値[m]	光速の平均値[m/s]	標準偏差 [m/s]
	2.94×10^{-2}	2.94×10^8	0.01×10^8

光速の文献値: 3.00×10^8 [m/s]

グラフ2: 波長の値とデータ数

⑨実験2の結果

マイクロ波発生装置の誤差

マイクロ波発生装置のメーカーに問い合わせた周波数の誤差の範囲
10.0~10.5[GHz]

仮に、光速を 3.00×10^8 [m/s]としたときの波長
2.86~3.00[cm]

実験①, ②ともに測定した波長はこの範囲に収まっている。

実験①の波長 2.87[cm]
実験②の波長 2.94[cm]

⑩結果に対する評価

結論

- 自作の装置を用いることにより、光速はマイクロ波を利用して測定することが可能である。
- 実験①より実験②の方が標準偏差が小さいので、実験②の方が精度が高い。

実験①の光速 $(2.87 \pm 0.07) \times 10^8$ [m/s]
実験②の光速 $(2.94 \pm 0.01) \times 10^8$ [m/s]

⑫考察・結論

今後の課題

より正確に光速を測定するために、さらに多くのデータを集めるとともに、測定装置による誤差を小さくする工夫が必要である。

参考文献

- ・ 國友正和 ほか10名(2012)『物理』数研出版株式会社, p.424 2013年1月発行
- ・ 用語監修 藤澤 皖, 用語解説 北村 俊樹; 英和学習基本用語辞典 物理, 株式会社 アルク (2009年)

⑬今後の課題等

図2 発表用スライドの例
—本文中の提案とおりではありませんが全体のストーリーは分かりやすい—

(3)発表練習

発表の時間制限に合わせる練習が必要です。多くの場合、スライドに合わせた「**発表原稿**」を用意します。時間制限内に納まるよう調整をしなければなりません。原稿の容量だけでなく、**喋る速さ**（理想的な喋る速さは 350 文字／分）や**間の取り方**などを練習をする中で整えていきます。

実際の発表の場で、**原稿を読むのはやめましょう**。発表の進行を確かめるためや質疑応答の際のデータ確認のために必要なので、発表の場に持ち込む必要はありますが、ひたすら原稿を読み続ける発表は、あまり格好良くは見えません。何をどのように発表するかは練習をすることで徹底的に頭の中に入れておきましょう。

また、グループ研究のため、発表内容の範囲をメンバーごとに分担する場合があります。入れ替わるタイミングも円滑に行えるよう実際の場面をイメージした練習が必要です。

ただし、入れ替わり立ち替わり発表するメンバーが変わると聞きづらくなる場合があります。できれば、**発表者は1人**にして、「**係分担**」（発表者、コンピュータ係、計時・進行確認係、資料提示係など）をする方が良いでしょう。

(4)発表態度の確認と「見せ方」の工夫

口頭発表の舞台は、発表会によってまちまちです。大きな場合は、何千人も入る会場のステージ上であったり（ステージ発表）、小さい場合、小教室や一定空間を仕切ったブース内での場合もあります。

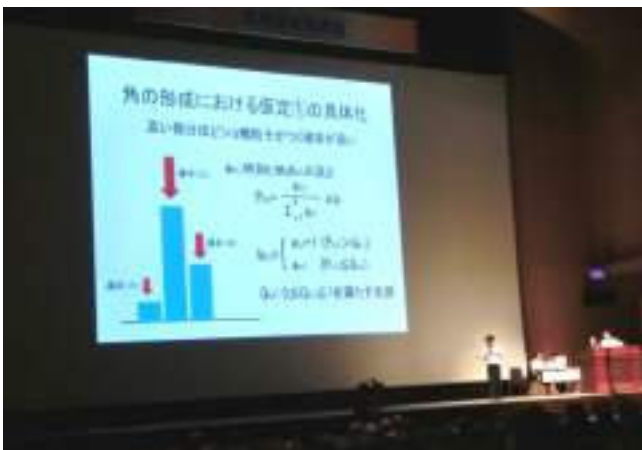


図3 ステージ発表
—大きな会場のステージ上での口頭発表—

いずれの場合も、発表態度は、聴衆に対して**誠実**、かつ**真摯**でなければなりません。また、自分たちが行った研究を自信を持って積極的にアピールする**情熱**を感じさせる発表を**演出**（「見せ方」）する必要があります。

まず、発表の場での服装や言葉づかいなど、「発表を聴いてもらう」にふさわしい印象づけに配慮しましょう。

・制服を整える

・「です」「ます」調が一般的で無難です

・「えーっと」「そのー」など自信なさそうな中継ぎ言葉を入れない

次に、魅力的な発表を演出しましょう。聞き手が身を乗り出して聴いてくれる発表とはどんな発表でしょうか。**研究内容そのものが重要（研究の目的や研究方法、研究成果が明確であること、先行研究との差別化が明確であること、検証データが正確で矛盾がないこと）**であることは勿論ですが、どんなに素晴らしい研究であっても、聴いてもらわなければ、素晴らしさを伝えることはできません。また、発表全体が同じ調子で発表していると聞き流されてしまうかもしれません。そこで、いくつかの工夫を取り入れましょう。

・疑問形を取り入れて、聴衆に問いかける

・顔を上げて聴衆とのアイコンタクトに努める

・場合によっては、スライドの前に出て、身振り手振りなどアクションで強調する



図4 引き込む演出の例
—原稿内容の棒読みではなくアクションでも訴えかける—

これらのことは、練習段階から取り入れ、自然にできるようにしておくことが大切です。

(5)想定問答

口頭発表の後には、必ず「質疑応答」の時間が設定されています。自分たちの発表内容に対して、どのような質問が投げかけられるかをあらかじめ想定し、それに対する回答を用意しておきましょう。

投げかけられるであろう質問の想定には、想像力が必要です。すなわち、自分たちの発表内容を「**聴衆（聞き手）の立場で客観的に**聞き直してみることで。特に、次のような項目について、自分ならどの

ような質問をするかを想定しておきましょう。

- ・発表中に出てくる専門用語(テクニカルターム)
- ・検証データのとり方について
- ・研究の理論について

練習段階で、他の研究グループのメンバーに意見をもらっておくのが効果的です。

(6)英語バージョンの用意

研究成果を誰に向かって発表(発信)するのでしょうか。発信対象は、校内に止まらず、全世界であることは言うまでもありません。同年代の高校生が集まる発表会であっても海外からの発表者が多数参加するケースが多くなってきました。また、自分たちのグループが海外で発表するケースも容易に想定さ

れます。このような状況の中、グローバルにコミュニケーションをとるためには、「英語」が活用できることが不可欠です。

研究発表のマテリアル(スライドやポスター)を英語バージョンとしても作成しておきましょう。ただし、科学研究の発表には、「科学英語」の知識が必要です。日本語でも、いわゆる「専門用語」があるのと同様、英語の場合も「テクニカルターム」や科学独特の言い回し等があります。単に、スライドやポスター(発表原稿も含め)を英語に直訳すれば良いという訳にはいきません。

余裕をもって、GSO や ALT の先生など科学英語の専門性の高い先生の指導を仰ぎましょう。

Research on air resistance acting on an iron ball
KURASHIKI AMAKI HIGH SCHOOL
KENTA NAKATSUKA

Introduction
When you go down a slope, you will get more air.
A balled up paper falls faster.

Rationale
The equation for air resistance for objects moving through a fluid at slow speed where there is no turbulence.
 $R=6p\eta rv$
R: Air Resistance, η : Viscosity, v: Velocity, r: Radius
(Ref. 溝口憲治「粘性抵抗と慣性抵抗」
http://spinman.phys.metro-u.ac.jp/Lecture/Mech/Viscosity/Viscosity.html)

Hypothesis
We exposed small iron balls to a slow wind. From the equation,
◆ Radius → constant
Air resistance is proportional to wind velocity.
◆ Wind velocity → constant
Air resistance is proportional to the radius of the iron ball.

Description of our apparatus
We made an apparatus as seen in Fig. 1.
fan, wind tunnel, pulley, spring, grid, Iron ball, Fig. 1

Description of our apparatus
grid: The grid makes the air flow constant.
pulley: We use a wheel of the car to reduce friction.

Procedures
(Experiment I)
1. We used the same iron ball (35mm) and measured air resistance at speeds of 2.2 m/s, 3.0 m/s, 4.0 m/s.
2. We drew a graph of the interrelation between air resistance and wind velocity.

Procedures
(Experiment II)
1. We exposed iron balls to air of the same speed (4.0m/s) and measured air resistance acting on iron balls with a radius of 15mm, 20mm, 25mm, 30mm, 35mm, 40mm.
2. We drew a graph of the interrelation between air resistance and the radius of the iron ball.

Result for experiment I
From the graph, air resistance is proportional to the square of wind velocity.

Result for experiment II
From the graph, air resistance is proportional to the radius of the iron ball.

Comparison to theoretical value
(Experiment I)
velocity(m/s), theoretical value(N), experimental value(N), Error percentage (total) 9.54 %
(Experiment II)
radius (mm), theoretical value(N), experimental value(N), Error percentage (total) 6.04 %

Conclusion
We proved the equation $R=6p\eta rv$ when we exposed small iron balls to a slow wind.

Challenges
◆ Since the numerical values indicated by the balance fluctuated, we are going to devise ways to reduce this fluctuation.
◆ We are going to examine the equation for air resistance for objects moving through a fluid at high speed.

図5 英語発表用スライドの例
ーバーストー校(海外姉妹校, アメリカ合衆国)での研究発表の1つですー

<ポスター発表>

一般には、ポスターを用いて発表する様式です。

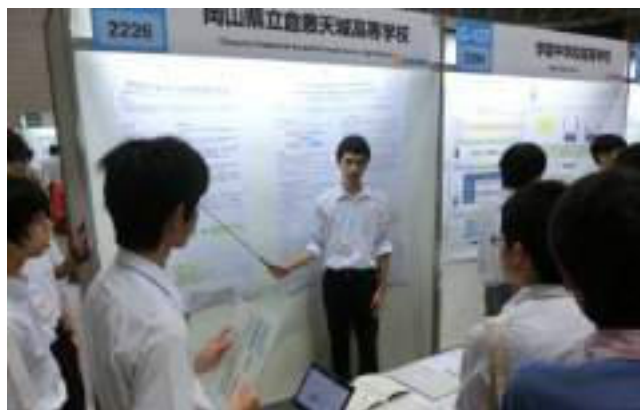


図6 ポスター発表
—発表者と聴衆との距離感が小さい—

準備から発表までの流れは、口頭発表と大きな相違はありませんが、以下の点でポスター発表の特徴があります。

- ・研究全体を一目で見られるポスターを作成し、このポスターにより発表を進行する。
- ・口頭発表に比べ、聴衆の人数が少ない。発表者と聴衆との距離も小さく、直接のやりとり(質疑応答)が可能である。

この特徴を活かせば、より効果的に研究成果を伝えることができます。

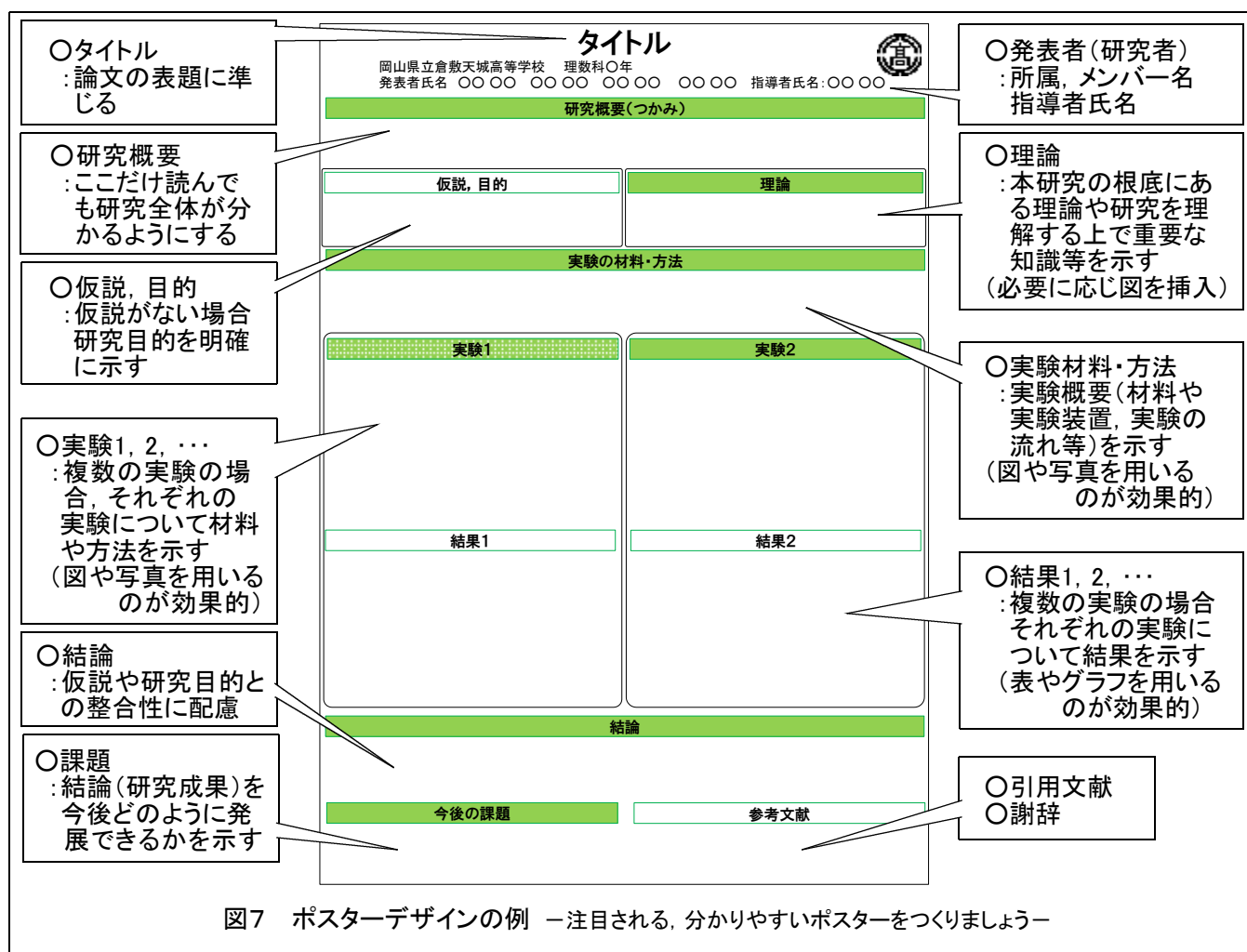
(1)ポスターの作成

色々な様式やデザインがありますが、現在、A0サイズを基本とする用紙に研究内容をまとめたものが主流となっています。ただし、ポスターサイズについては、各発表会によって決められていますから、発表要項をよく確かめることが大切です。また、枚数については、発表会場におけるポスター展示スペースを考慮すると1枚に集約して作成するのが無難です。

ポスターの内容は、スライド作成と同様に研究内容をすべて詳細に載せることは不可能ですし、ポスターとして効果的ではありません。

タイトル, 研究者, 研究概要, 仮説・目的, 研究理論, 実験概要, 実験, 結果, 結論(考察), 課題等, それぞれのアピールポイントを絞り, 研究全体のストーリーデザインを魅力的に視覚化します(図7, 図8)。

次に、ポスター作成について、少し詳しく基本事項についての説明をします。ここでは、岡山大学大学院自然科学研究科竹内栄先生の「Poster Presentations」からの引用をさせていただきました。



男子高校生対象エゴグラム質問紙の作成

岡山県立倉敷高等学校 理科数学科 職員氏名 ○○○○ △△△△ □□□□ ×××× ◇◇◇◇ ▼▼▼▼

1.はじめに

交流分析理論に基づいた心理検査であるエゴグラムの質問紙である「東京大学エゴグラム(以下:TEG II)」にはいくつかの問題点が指摘される。本研究では、男子高校生を対象にTEG IIを実施する場合に考えられる問題を指摘し、指摘された箇所を改善した男子高校生を対象としたエゴグラム質問紙(以下:自作質問紙)を作成する。

2.エゴグラムとは

心理検査の一種
CP, NP, A, FC, AC の5つの要素において点数化してグラフ化し、
自我状態の傾向を掴む。

3.研究目的

<TEG IIの問題点>
・高校によって質問が難しい
・ひとつでもないという回答項目があり、結果が不正確になる
・質問数が多い。
本研究では、上記の三点を改善した質問紙を作成することを目的とする。

4.研究手順

1. 各要素10項目からなる計50項目の予備質問紙を作成する。
2. 予備質問紙とTEG IIを、岡山県立倉敷高等学校2年生の男子生徒46名を対象に実施。(予備調査)
3. 予備質問紙の各要素の点数と、TEG IIの得点との相関を算出し、相関の高いものから質問を選び、各要素4項目からなる計20項目の自作質問紙を作成。
※因子分析とスパマンの順位相関係数を利用
4. TEG IIと自作質問紙を、岡山県立倉敷高等学校2年生の男子生徒28名を対象に実施。(本調査)
5. 本調査の結果から、TEG IIと自作質問紙の相関係数と有意確率を算出し、正の相関があり、有意であるならば、自作質問紙がエゴグラム質問紙として機能していることとみなす。

5.統計処理方法の説明

1. 予備質問紙の各項目に対して因子分析を行い、因子を抽出。
・因子分析
多変量データから因子(共通因子)を抽出する方法。
・因子(共通因子)
観測変数に対して影響を与えている潜在変数。
2. 抽出した各因子において因子負荷量の高い項目をまとめる。
・因子負荷量
各変数と各因子の相関を表し、0から±1の値をとる。
3. 2でまとめた項目とTEG IIの相関を調べ、相関の高い項目を選出する。

6.結果と考察

	CP	NP	A	FC	AC
相関係数	.607**	.648**	.533**	.594**	.585**
有意差(両側)	.001	.000	.003	.001	.001

表から、全ての要素についての相関があり、有意確率は1%水準で有意である。

自作質問紙はエゴグラム質問紙として機能している

7.関係式

予備調査のデータから、選出した項目のみの要素別合計得点を被験者別に算出した。その結果を独立変数(X_{ij})、TEG IIの要素別合計得点を従属変数(Y_{ij})として回帰分析を行い、回帰直線の回帰係数と定数項を求めた。

	CP	NP	A	FC	AC
回帰係数	0.341	-1.383	0.594	2.706	3.792
回帰定数	0.720	1.706	1.383	1.134	1.659

算出した関係式

$$Y_{CP} = 0.720 \times X_{CP} + 6.343$$

$$Y_{NP} = 1.706 \times X_{NP} + 1.383$$

$$Y_A = 1.372 \times X_A + 0.591$$

$$Y_{FC} = 1.134 \times X_{FC} + 2.706$$

$$Y_{AC} = 1.659 \times X_{AC} + 3.792$$

	CP	NP	A	FC	AC
TEG IIの得点	351	376	354	343	342
予測点数	315.124	357.068	311.528	311.84	350.049

8.今後の課題

今後は、よりTEG IIとの相関が高くなるように質問の内容を再検討し、精度の高い質問紙を作成したい。

9.参考文献

- 1) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 2) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 3) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 4) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 5) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)

Modified Egoqram Questionnaire for Male Senior High-School Students

Okayama Prefectural Kurashiki Amaki Senior High School
○○○○ △△△△ □□□□ ×××× ◇◇◇◇ ▼▼▼▼

1.Introduction

In our research, we pointed out the problems considered when using the "Tokyo University Egoqram New Ver. II." The questionnaire respondents in this research were only male high-school students, and we made a new Egoqram questionnaire which solved the problems.

2.Egoqram's theory

A type of psychological test
・To understand individual tendencies of the self-willed state, Egoqram uses five factors

3.Purpose

To make a new questionnaire for solving the problems related to the TEG II questionnaire and get better results:
The problems of the TEG II questionnaire:
・The questions are difficult for high-school students to understand and answer.
・TEG II can produce incorrect calculations for individual tendencies due to the answer "Neither"
・There are too many questions that take a lot of time to answer.

4. Research Method

- (1) Prepare a tentative questionnaire with 50 questions composed of 10 questions for each of the 5 factors (CP, NP, A, FC, AC) that Egoqram uses.
- (2) Ask 46 male students from Kurashiki Amaki Senior High School to answer the 50 tentative questions and the TEG II survey questions (as preliminary survey).
- (3) Calculate the correlation (using the Spearman's Rank Correlation Coefficient) of students' scores with the tentative questions and the TEG II survey questions, and select 20 questions (4 for each factor used by Egoqram) which have higher correlation (using factor analysis). Prepare a new questionnaire with the 20 questions selected.
- (4) Ask 28 male students from Kurashiki Amaki Senior High School to answer the new questionnaire with the 20 questions selected, and the TEG II survey questions (as finalized survey).
- (5) Calculate the correlation coefficient of the 20 questions selected and the TEG II survey questions. If they have a positive correlation and are statistically significant, the new questionnaire can be regarded as capable of getting better results.

5.Statistical Calculation Method

- (1) We performed the Factor Analysis for each factor used by Egoqram from the tentative questionnaire, and picked up several common factors (unobserved variables).
- (2) As for the selected factors, the questions from the tentative questionnaire with high factor loading were collected.
- (3) Calculate the correlation between the questions with high factor loading and TEG II questions.

・Factor analysis
A process extracting common factors from multivariate data.

6. Results and Discussion

	CP	NP	A	FC	AC
Correlation coefficient	.607**	.648**	.533**	.594**	.585**
Statistically significant	.001	.000	.003	.001	.001

It is evident from the results shown in the table that all correlation coefficients for the 5 Egoqram factors are statistically significant at the 1 percent level.

Our new, self-made questionnaire can function as a reliable Egoqram questionnaire alternative.

7.Relational Expression

From the data of the preliminary survey, we calculated the sum score of each Egoqram factor for each respondent (46 total respondents) selecting 20 questions from the 50 tentative questions in the preliminary survey. We also calculated the sum score of each Egoqram factor for each respondent (total 46 respondents) of the 50 TEG II questions. We performed a regression analysis using all the 5 Egoqram factor total scores of all 46 students for the 2 questionnaires. The regression coefficients and constant terms were calculated to make the relational expression using the regression line.

	CP	NP	A	FC	AC
Regression coefficient	0.341	-1.383	0.594	2.706	3.792
Constant term	0.720	1.706	1.372	1.134	1.659

Dependent variable: The sum score of each Egoqram factor

	CP	NP	A	FC	AC
Practice score	351	376	354	343	342
Calculated score	315.124	357.068	311.528	311.84	350.049

Relational Expressions

$$Y_{CP} = 0.720 \times X_{CP} + 6.343$$

$$Y_{NP} = 1.706 \times X_{NP} + 1.383$$

$$Y_A = 1.372 \times X_A + 0.591$$

$$Y_{FC} = 1.134 \times X_{FC} + 2.706$$

$$Y_{AC} = 1.659 \times X_{AC} + 3.792$$

8.Future research

We are going to review our questions to get a higher correlation between our self-made questionnaire and the TEG II questionnaire. We would also like to try making a better self-made questionnaire than the one we used in this experiment.

9. References

- 1) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 2) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 3) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 4) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)
- 5) 尾崎 幸、心療科の臨床実践 実践編-測定法(統計法)改訂版、全書出版(2007)

図8 ポスターの例
—スライドと同様に英語ポスター(右)もつくみましょう—

①ポスターの構成

- ・発表番号(場合によっては発表会場で分かる)
- ・タイトル
- ・発表者氏名と所属
- ・研究の背景と目的
- ・材料と方法
- ・結果
- ・結論, 考察
- ・謝辞(必要な場合のみ)
- ・引用文献(引用がある場合のみ)

②レイアウト(例 → 図7参照)

- ・まとめりにごとにグループ化
- ・説明の進行順に通し番号をつけるとよい
- ・フォント, 色の一貫性(強調部分を除く)
- ・フォントは太いものを使用する
- ・フォントサイズは統一的に変化させる

③タイトル

- ・基本は, 論文のテーマ(論文や論文概要を資料として事前配布する場合もある)
- ・主張したい結論や研究内容を端的に表現する

- ・短いフレーズで表現(できれば1行で表現)
- ・専門用語や略語を避け, 専門外の人にも分かりやすく表現
- ・ポスターの中で最大のフォントサイズで表現

④研究の背景・目的

- ・可能な限り短く, 簡潔に一つひとつの文も短く
- ・略語を使用する場合は, 始めに出たところでスペルアウトする
- ・引用は, 引用リストの番号を付ける
- ・行間をできるだけ広くする
- ・フォントサイズを大きく見やすくする

⑤各実験の結果

- ・可能な限り写真, グラフ, 図を使用する
- ・写真, グラフ, 図は, 遠くからでも見えるよう大きなものにする
- ・表は, 必要な場合のみでよい
- ・通し番号の横に結果をワンフレーズで記載する
- ・グラフなどの「凡例」は避け, 直接書き込む(矢印で示してもよい)
- ・図の説明文は, 実験方法(何をしたのか)と結果の解釈(ただし, 詳細は記載しない)

⑥色の使い方

- ・色の塗り分けは、目の前の複数の情報を素早く見分けて、互いに関連しているか異なっているかを瞬時に判断できる利点がある
- ・色覚の多様性に十分配慮する（情報が相手に正確に伝わらない場合もあることを考慮する）
- ・区別が必要な情報を、色情報だけで識別させないのが大原則である

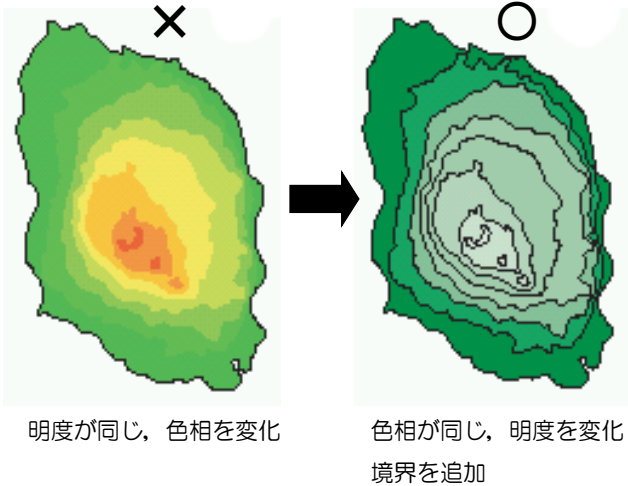
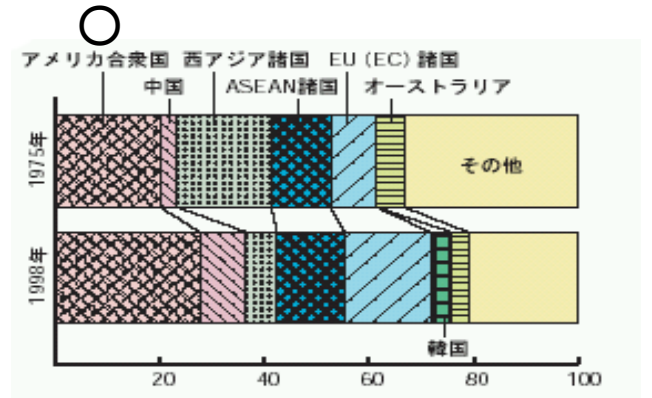
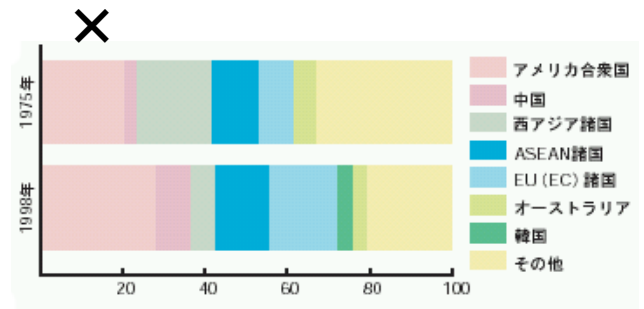
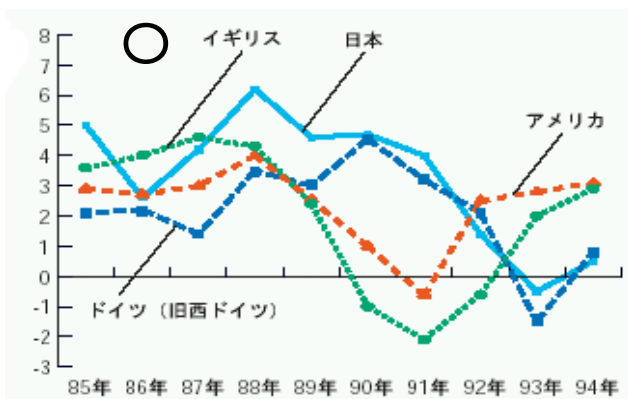
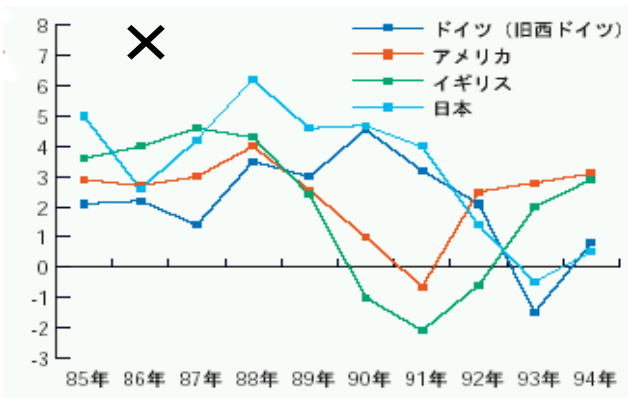


図9 図の例
—色の違いではなく明度の違いで表現—



輪郭線、上下のグラフを対応付ける線、ハッチングを追加。
図中に直接国名を書き込んだ
→ 色は情報を正確に伝える役割から開放され、バリアフリー上問題がなくなる

図11 グラフ例2
—色だけで区分しない—



- ・太線 → 見分けやすい
- ・線種とプロットシンボル → 様々な言葉で表現できる
- ・凡例ではなく書き込み → 線の意味が分かりやすい

図10 グラフ例1
—凡例は直感的に分かりにくい—

⑦結論、考察

- ・文章は短く簡潔にする（箇条書きで示すのもよい）
- ・可能な限り結果の記載を繰り返さない
- ・行間を十分とる
- ・フォントサイズを大きく見やすくする
- ・可能であればモデル図で表現し、簡単な説明文を付ける工夫をする

(2)発表

ステージ発表（スライド発表）と同様に、自分たちの発表内容に対して、どのような質問が投げかけられるかをあらかじめ想定し、それに対する回答を用意しておきましょう。ステージ発表とは異なり、発表途中に「どうしてそうなるの？」と質問される場合もあります。ポスターには示さない詳細なデータや付加的データ、実験方法をまとめたものを手元用意し、必要に応じて説明できるようにしておきましょう。

発表会にもよりますが、ゆっくりと話して3～5分程度に収まるよう発表するのがよいでしょう。グループ研究であっても、発表パートに分けて数人が入れ替わり立ち替わり発表するのは好ましくありません。グループ全員が発表内容のすべてを一通り発

表できるようにしておきましょう。また、次のような点にも注意しましょう。

- ・ポスターの左端に立つ（正面は不可）
- ・人がきたら会釈・挨拶をする
- ・話し掛けない（見る機会を与える）
- ・相手と目を合わせて話をする
- ・ゆっくりと明確に話す
- ・説明を求められたとき以外は詳細な説明をしない
- ・相手の質問を注意深く聞く
- ・質問が終わるまで待つ

- ・相手の質問を繰り返し、質問内容を確認する
- ・質問に対して答える
- ・質問に対する答えになっていたかを尋ねる
- ・質問者の名前・所属を名札をみて覚えておき、質問者が去った後に記録する
- ・質問や指摘された内容を記録する

4. 本年度の発表計画

本校では、サイエンスリレーの中で、主に次のような発表に参加しています（図12）。日程に合わせた発表準備を心がけましょう。

年度	平成23年度～平成24年度 課題研究Ⅰ・Ⅱ(平成22年度入学生)														
	予定・決定		実施日(発表日)		応募締め切り		大会名	主催等	会場			発表形式			
	年	月	日	曜日	年	月			日	曜日	県		市町村	会場	
平成23年度・2年次	終了	23	10	中旬～下旬		23	10	6	土	高校生科学技術チャレンジ(JSEC2011)	朝日新聞				論文審査
	終了	23	10	2	日	23	9	15	木	岡山ヤングサイエンティスト&エンジニアリングフェア(OYSEF)	児童生徒の科学研究協議会(玉島高校)	岡山	岡山市中区西川原255番地	岡山西川原プラザ	ポスター
	終了	23	11	19	土	23	6	3	金	「青少年のための科学の祭典2011」倉敷大会	岡山大学大学院教育研究科自然系教育講座(喜多雅一)	岡山	倉敷市福田町古新田940	ライパーク倉敷・倉敷科学センター	ポスター
	終了	23	11	20	日										
	終了	23	10	29	土	23	9	30	金	第3回女子生徒による科学研究発表交流会(集まれ!理系女子)	ノートルダム清心学園清心女子高等学校	広島	福山市丸の内1丁目2番40号	福山大学社会連携研究推進センター(宮地茂記念館8F9F)	ポスター
終了	24	2	4	土						第4回科学チャレンジコンテスト(科学Tryアングル岡山)	科学Tryアングル岡山	岡山	岡山市北区津島中1丁目1番1号	岡山大学創立五十周年記念館	ステージ ポスター
平成24年度・3年次	予定	24	13	00-16:00		24	3	23	金	中国四国地区生物系三学会合同大会 島根大会	生物系三学会	島根	松江市西川津町1060	島根大学	ポスター
	予定	24	14	30-16:45		24	6	15	金	応用物理学会・日本物理学会・日本物理教育学会各中国四国支部 2012年度支部学術講演会実行委員会	応用物理学会・日本物理学会・日本物理教育学会各中国四国支部 2012年度支部学術講演会	山口	宇部市常盤台2丁目16-1	山口大学宇部常盤台キャンパス(D講義棟)	口頭発表
	予定	24	9	00-16:00		24	5	31	木	第7回高校生・大学院生による研究紹介と交流の会	岡山大学大学院自然科学研究科	岡山	岡山市北区津島中1丁目1番1号	岡山大学創立五十周年記念館	ステージ ポスター
	予定	24	8	8, 9	水木	24	3	12	月	第14回中国・四国・九州地区理数科高等学校課題研究発表大会(島根大会)	中国・四国・九州地区理数科高等学校長会	島根	松江市殿町158	島根県民会館 中ホール	ステージ
	予定	24	8	8, 9	水木	24	6	第3週		平成24年度SSH 生徒研究発表会	文部科学省 JST	神奈川	横浜市西区みなとみらい1-1-1	パシフィコ横浜	ポスター
	予定	24	8	8, 9	水木										ステージ
予定	24	11	4	日	24	9	10	一次審査	第9回高校化学グランドコンテスト	大阪市立大学 大阪府立大学 読売新聞	大阪	大阪市住吉区杉本3-3-138	大阪市立大学 学術情報総合センター	ステージ ポスター	
予定	24				24	10			第56回日本学生科学賞(ISEC)	読売新聞				論文審査	

図12 スライド(口頭)発表
- 計画的に発表準備を行いましょー

5. 発表を聴く姿勢

研究発表は、ステージ発表でもポスター発表でも発表者と聞き手によって成立するコミュニケーションの場です。「研究発表に参加する」とは、聞き手の立場にもなるということです。前述のように、発表者は、聞き手を意識して、分かりやすく自分たちの研究の素晴らしさをアピールするように発表を行います。この際、聞き手がじっと黙って「聴くだけ」の態度をしていたらどうでしょうか？コミュニケーションは成立しません。

特に、ポスター発表では、聞き手側が積極的な態度で臨めば、発表者とのコミュニケーションをより「楽しむ」ことができます。そこで、次のような点に心がけてみましょう。

- ・興味や関心をもてそうなポスターを見つける
- ・発表者に積極的に声をかける
- ・積極的に質問をする
 - 「研究の前提となる理論や研究の展開」
 - 「理解できなかった理論や言葉」
 - 「具体的な調査方法や解析方法の質問」
 - 「論理の矛盾点や実験方法、分析の不備」
 - 「自分の発想との比較」
- ・素晴らしいと思う点や感想を言葉に出す

反対に好ましくない態度もあります。

- ×発表者を独り占めにする
- ×発表者にしか聞こえない声で質問する

×名を名のらない

×写真だけとって立ち去る

発表内容に対して、メモをとるのも「聴く」ための一つの方法です。質問や意見は発表の途中で、はさんでもかまいませんが、慣れないとタイミングがなかなかつかめません。発表が終わった時にどのような発表内容だったかをメモしておくで質問や意見を出しやすくなります。校内発表会では「評価・コメント用紙」（図14）で発表を評価しますが、コメント欄には、積極的に意見や質問を記述し、発表後に発表者に投げかけてみましょう。このことは、自分自身の発表にもフィードバックされます。



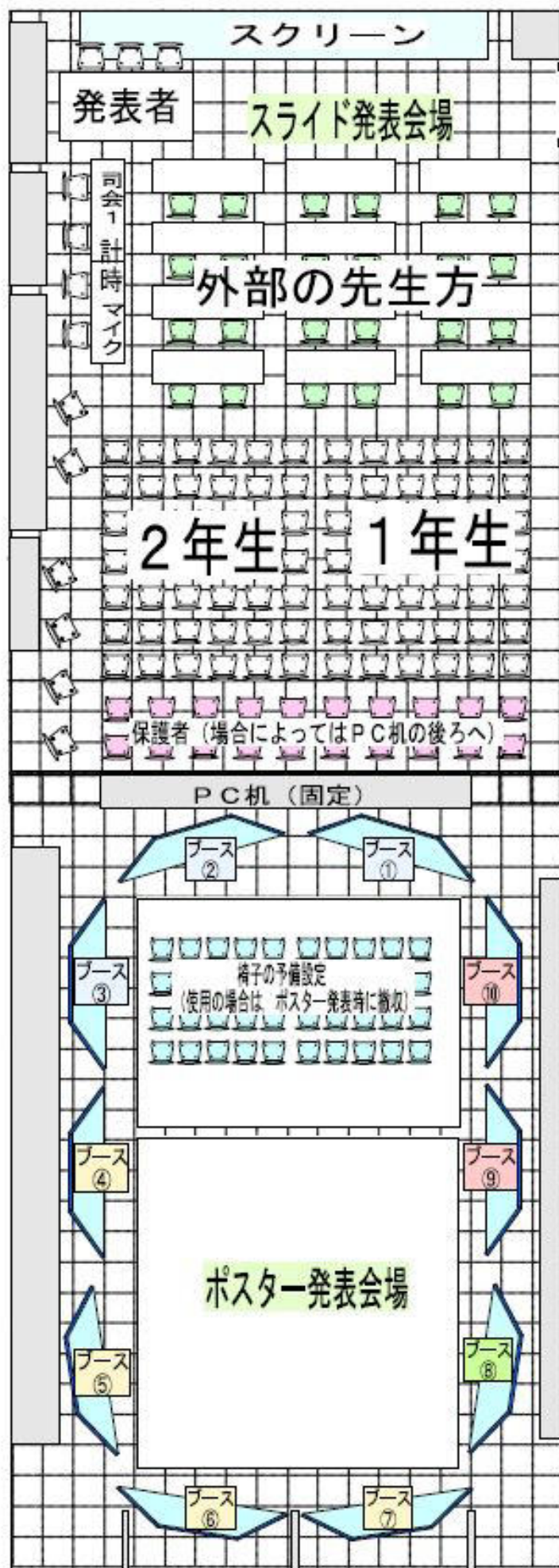
図13 聞き手側の姿勢
—積極的に質問や意見を返すことができるようにしよう—

評価・コメント用紙（課題研究 校内発表会用）

1	研究テーマ	分野<	>: タイトル		
評価	※観点に従って、④～①に○をしてください。				
	観 点		評 価		
	1. 目的や方法が明確である	④	③	②	①
	2. 結論やまとめが明確である	④	③	②	①
	3. テーマに関して知識を持っている	④	③	②	①
	4. 構成や内容が分かりやすい	④	③	②	①
	5. ポスターが工夫されている	④	③	②	①
	6. 話し方やふるまいがよい	④	③	②	①
7. 質問に対して明確な受け答えができる	④	③	②	①	
		④: かなりあてはまる	③: あてはまる	②: あまりあてはまらない	①: あてはまらない
コメント	研究内容				
	ポスター				
	発表態度				

図14 評価・コメント用紙
—発表を質問や意見をするを前提に聴きましょう—

※参考：校内発表会の会場図（サイエンス館の場合の例・・・発表をイメージしましょう）



<スライド発表の場面>

廊下

—課題研究生徒研究成果発表会—

（2年生1月末，1年生も参加）

○運営（司会進行など）は生徒が行います

○日程

- 13：50 開会挨拶
- 14：00 スライド発表
 - 14：00 発表①（物理代表）
 - 14：10 発表②（化学代表）
 - 14：20 発表③（生物代表）
 - 14：30 発表④（数学代表）
- 14：40 休憩，ポスター発表準備
- 14：50 ポスター発表
 - 14：50 奇数番
 - 15：05 偶数番
- 15：20 講評，コメント
- 15：25 生徒代表挨拶
- 15：30 閉会，片付け

廊下



<ポスター発表の場面>

卒業生コラム

○自己紹介



- ・三宅凌佑（平成25年卒）
- ・広島大学理学部数学科
- ・数学者



高校卒業しても仲良しの3人です

○高校時代の課題研究について

【テーマ】残留塩素の除去方法の評価

水道水中に含まれている塩素を除去するのにどのような手段があり、それらのどの方法が最も時間効率がよいか評価する。繰り返し何度も塩素を稀釈しそれを除去し濃度測定を行う作業が大変だった。

○課題研究が今の自分、将来の自分にどのように活きているか

課題研究の発表を様々な場で行った事で、今でも自分の考え、主張を伝えるのに自信が持てるし、将来恐らくそのような場はもっと増えてくるのでそれに活かせる。

○将来について

数学者や数学教師のように、勉強してきた数学の知識を活かし、それを教えるような職業に就きたい。

○現役生徒への伝えたいこと

自分の身の周りのたくさんの事に興味を持ち、それらを様々な角度から評価、考察するような勉強をして欲しい。

○自己紹介



- ・三宅新人（平成25年卒）
- ・東京農工大学工学部機械システム工学科
- ・読書好きのこどもだったので、いつの日か、自分も本に書かれている様な発見をして、自分の様な子供に尊敬されるような大人になろうと思っていました。

○高校時代の課題研究について

【テーマ】大富豪A1の考案

複数人で行う研究は、自分のやるべき仕事というものを理解していなければできません。

私も、課題研究では、メンバーとの意思疎通がうまくできていなかったのもので、他の人の負担を増やしてしまいました。これから研究に臨む人達には、メンバーとの情報交換を怠らないでください。

○課題研究が今の自分、将来の自分にどのように活きているか

研究レポートにまとめプレゼンを作り発表するという一連の流れをつかむことができ、研究者としての空気に慣れることができました。

○将来について

今でも、自分で大きな発見をしてやる、という意気込みはあるのですが、科学は年を経るごとに大きな発見をしにくくなります。わかりやすく、実際に目に見え、かつ役に立つという点で工学系

の道を選びましたが、なかなかビジョンが思い浮かびません。専門知識を仕入れてからの、それを生かした投資家として金を稼いでもいいかもしれない、と心が揺れています。

○現役生徒への伝えたいこと

学校での勉強というものは、極論を言えば大学に行く為のものです。授業や宿題といったシステムも、数ある勉強方法の一つでしかありません。そして、これさえやれば正解だ、という勉強方法もありません。人には相性というものがあります。どうか自分にあった勉強方法の模索を諦めないでください。

=====

○自己紹介



- ・遠藤 翼（平成25年卒）
- ・東京大学前期教養学部理科一類
- ・小さい頃は漠然と科学者になると言っていました。科学館によく行っていたためです。

○高校時代の課題研究について

【テーマ】大富豪A I の考案

特殊ルールを一切排したフラットな大富豪において動作するA I（人工知能）を設計し、ごく単純なA I に対する優位性を自動対戦と統計処理により示しました。

統計学の手法にはじめて触れました。最終的に論文に自分で書かなきゃいけませんからある程度の理解が必要で、その点苦労しました。データの取り方と統計処理からどこまでが言えてなにが言い過ぎなのかに注意して書きました。顧問の先生方にたいへんお世話になりました。

○課題研究が今の自分、将来の自分にどのように活かしているか

まず科学のある意味での面倒くささといいますか、ものの言えなさを学びました。科学は便利なツールというよりむしろ説得のために守るべきフォーマットでした。これは論文を書いてみないとわからないと思います。また、論文の基本フォーマットに慣れることは利点です。大学1年で「英語で論文を書く」必修講義があったのですが、日本語でも英語でも論文の基本構造はおおよそ同じですから、比較的スムーズにステップアップできたと思います。

○将来について

迷いがあります。元々比較的好意を寄せているのが物理ですが、上記のとおりプログラミングとやや縁のある人生を歩んでいます。いずれにしろ、公的研究機関に所属して専門分野の人になりつつ後続を育てようかと思っています。

○現役生徒への伝えたいこと

ガンガンやりましょう。中高でやっていたこと／やらなかったことは大学以降でクリティカルに効いてきます。全国レベル／トップレベルに触れましょう。自分の環境のレベルはどうでもいいです。情報を仕入れましょう。まわりの人じゃなくて、高水準環境を知ってる人を探して訊きましょう。まわりがやってなくても勝手にやりましょう。できれば巻き込んで、真似して、過去問を解いて大会に出しましょう。閉じた環境でやっても伸びないし腐ります。外の空気に触れましょう。そんであわよくば、トップ集団のコミュニティに所属できればナイスですね（それが新しい「まわりの人」になる）。協力してくれそうな人を見極めて、徹底的に頼りましょう。動き始めるチャンスは、コレを読んでいる今が最後かも……（動けなかった屍がこちらになります :-P)