

# トップガンジャーナル



*Journal of TopGun*

令和6年3月11日 第94号

## 「トップガン卒業生による科学講座」

今年度新規の課外講座として、トップガン卒業生（中学生のときにトップガンの講座を受講した方）を講師とする講座を実施しました。今年度は、堀場幸也さん（慶応高等学校）、橋本恵一さん（東京大学大学院）、橋本智洋さん（東京大学大学院）の3名を講師として実施しました。講師の先生方は、学業との両立を図りながら先進的な科学分野の研究に取り組み活躍しておられ、講師を募集したところ自ら申し出てくださった方々です。

トップガン卒業生による課外講座は、来年度以降も継続予定です。楽しみにしてください。講師も募集しています。ご連絡をお待ちしています

第1回講座 「相対性理論とタイムマシンの作り方」 堀場幸也先生

### 【講師の先生の紹介】

講師：堀場幸也さん（慶応義塾高等学校）

2007年生まれ浜松市出身。慶應義塾高等学校在学・2年（トップガン2021年度卒）。トップガン在籍中より、惑星探査機の研究・開発をはじめ。物理・化学・数学・コンピュータサイエンス・統計・電気工学・システム科学など幅広く活動範囲を広げている。現在は、研究・勉強の傍ら子供たちへの指導を中心に理数系の学びの楽しさを伝える活動も行っている。

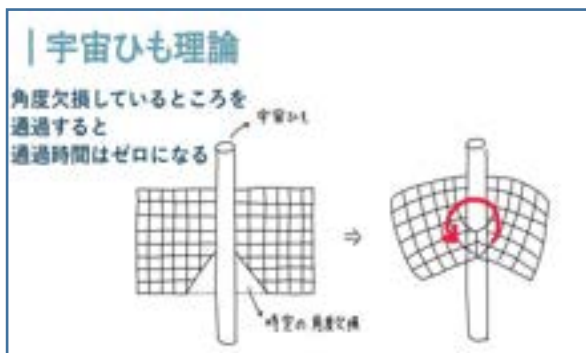
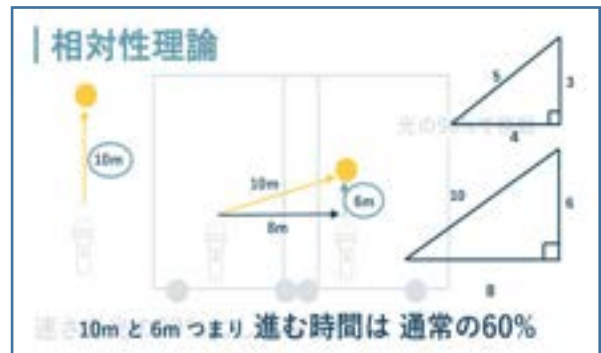
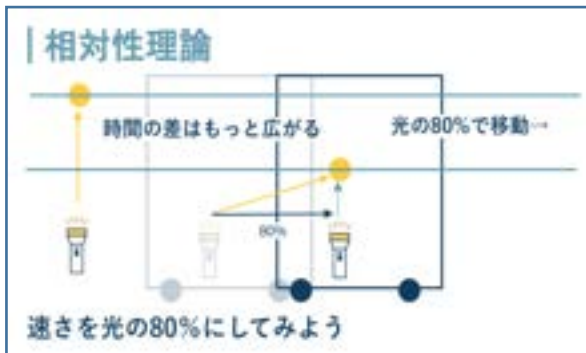
#### 【主な実績】

- ・小惑星の仮符号（第一発見者に贈呈される仮称）、4つ取得
- ・科学の甲子園ジュニア全国大会、科学部門2位
- ・日本情報オリンピック予選、敢闘賞
- ・国際標準オリンピック日本代表内定（2023年7月時点）

#### ◎講師の先生からのメッセージ

トップガンOBで慶應義塾高校2年の堀場幸也です。専門は宇宙探査機の研究開発ですが、趣味で“日曜物理屋”をやっています。物理は「よくわからない科目」として嫌われがちですが（塾高調べ）、相対性理論やタイムマシンなどを通して、学校で習う物理とは一味違う現代物理学の世界を覗いてみましょう！

【講演で提示された資料（抜粋）】



【受講者感想（抜粋）】

タイムマシンで、未来や過去に行ってみたいなと思っていました。でも、絶対に行けないだろうなとあきらめていたけど、「ワームホール」というものでは行けることが分かりました。また、ワームホールはまだできていないので、堀場さんのように、たくさんの研究、実験をして、ワームホールを生み出したいです。今日は、たくさんのお話をありがとうございました。家でも気になったことを調べたいです。

（静岡大学教育学部附属浜松小学校 5年 永井真奈）

ワームホール理論や宇宙ひも理論などは、材料があれば、できると思ったので、意外とタイムマシンは、現実的だと感じた。（でも、それは意外の条件もあった）タイムマシンの次は、どこでもドアなどの他のドラえもんの秘密道具のことの講座もやってほしい。

（浜松市立広沢小学校 5年 川合修司）

高校生なのに、科学者なのがすごいと思いました。知っていることもあったけど、知っていることをもっとくわしく聞けました。あらためて、タイムマシンをつくることは、難しいと思いました。もっと相対性理論に興味をもちました。ありがとうございました。

（浜松市立泉小学校 5年 中野太陽）

今回、相対性理論や宇宙ひも、ワームホール、タイムマシンの作り方を学んでみて、いろいろな理論を学んでみた中で、ワームホール理論は、今回聞いた中で、1番

つくりが難しいと思いました。とくに、エキゾチック物質を発見することを難しいのではないかと思いました。ワームホールに空気はあるのかな？

(静岡大学教育学部附属浜松小学校 6年 朝比奈遥杜)

今回の話を聞いて、自分が分かったことは少ししかなかったのですが、とてもすごい話を聞け、とてもよかった。相対性理論で、車の中で光をつけると(動いてる車)光の届く距離が、同じ時間でも変わってくるのが分かった。宇宙ひも理論や、ワームホール理論で昔に条件をそろえれば行くことができる？と分かった。未来に行くのは無理らしい。莫大なエネルギーやエキゾチック物質、最強の宇宙線など、今まだ見つからない物を見つけないといけないと分かった。本当にすごいお話だった。本当にありがとうございました。(静岡大学教育学部附属浜松中学校 1年 内山楓雅)

ぼくは、堀場先生の講義を受けてたくさんの知らないことを知ることができました。タイムマシンを作るにはすごいエネルギーが必要だったり難しいことが分かりました。ぼくはこの講座を受けて、エキゾチック物質に興味を持ちました。マイナスの重さを持っている物質は想像できないし、もし見つけて社会に役立ったりすることができるので、すごくおもしろく感じました。難しい内容でも、簡単に図や絵を使って分かりやすく説明をしてくれることで、なんとなく理解することができました。これからもっと理科について知っていきたいと思いました。

(静岡大学教育学部附属浜松中学校 1年 海老原伊織)

今までタイムマシンは作ることができないと思っていました。しかし、作るとは難しいが、理論上、可能であり、今は11個も仮説があることが今日の講座で分かりました。だから、これからはタイムマシンなどに調べたり、考えたりしてみようと思います。とても興味深く、素晴らしい講座をありがとうございました。

(静岡大学教育学部附属浜松中学校 1年 柴田凱地)

ご講演ありがとうございました。僕は、タイムマシンについて興味をもっていたので、興味深い話を聞いてよかったです。タイムワープするための材料は、今現時点では見つかっていないけれど、新たな発見があれば可能性があることが分かって良かったです。ぜひこれからの研究で新たな発見をタイムトラベルへの希望を見い出していだけることを願っています。

(静岡大学教育学部附属浜松中学校 1年 水野太雅)

今回の講座で、分かったこと、理解できたことは、とても少なかったです。しかし、世界には、まだ分かっていない事が山のようにあり、時代の流れとともに、様々なことが少しずつ分かっていくことが想像でき、自分も、そういう研究に参加してみたいと思いました。今回のテーマである、タイムトラベルでは、膨大なエネルギーともういくつかのものがあつたら、実現可能ということが分かり、今まで空想上のもの

だと思っていたものが現実身をおびてきてとても面白いと思った。まだ見つからない、エキゾチック物質やワームホールなどが見つかったら、より、私たちの生活は利便化していくと思う。堀場幸也さん、今日はとても興味深いお話ありがとうございました！  
(静岡大学教育学部附属浜松中学校 1年 澤柳水希)

私は光に近い速さで動くことで、未来に行くことができるということは知っていました。ですが、この未来に行くという行為には、三平方の定理ともかかわっていることを知り、とても興味がわきました。また、過去に行くことも、現実化することは不可能だが、理論上そのような行為は可能ということも知れました。話を聞くだけで、その意味を理解するのに少々時間がかかりましたが、来週の科学のジュニア甲子園につなげていきます。分かりやすい解説ありがとうございます。

(静岡県立浜松西高等学校中等部 1年 岸 章仁)

内容も良かったですが、説明の仕方がとても分かりやすかったです。最初の方に分かりやすいように、基礎知識を入れてくれて、しかもその数も少なかったのも、最後まで忘れることなく、聞くことができました。内容の方は、具体的な例が多くて、イメージがしやすく、分かりやすかったです。難しい話でも、具体的な例や、知っておくべきことを伝えるだけでこんなに分かりやすくなるのか！と実感することができました。ありがとうございます。  
(磐田市立磐田第一中学校 1年 矢嶋 航)

自分は受講前から物理に対する関心はありましたが、今回の相対性理論の話から、高速に近づくほど、時の進みが遅くなるというところにまた興味があふれてきました。特に関心をもったのは、ワームホール理論のところであがったエキゾチック物質です。なぜ質量が0よりも小さいにも関わらず利用することが可能なのだろうと思いました。自分もタイムマシンについて理解を深めることができるよう、努めていきたいです。これからの科学を担っていく存在だと思うので、先生にもがんばっていただきたいです。本日はありがとうございました。

(静岡大学教育学部附属浜松中学校 2年 川合恭太朗)

本日はお忙しい中、講演をしていただき、ありがとうございました。「相対性理論」と、言葉では聞いたことがありましたが、堀場さんの説明を聞くことでよく理解することができました。また、タイムマシンという、夢のようなものも、科学者たちは、作ろうと考え、そのための方法について考えているのだと知り、非常に面白いと思いました。私自身、物理はあまり得意ではなく、理解が追い付かないところもありましたが、今回の講演を通して、「物理のおもしろさ」に気づくことができました。本当にありがとうございました。

(静岡大学教育学部附属浜松中学校 3年 柴田一来)

相対性理論のしくみについてよくわかった。以前にも、相対性理論についての本などを読んだことはあったが、しっかりと理解できていなかった。今日この科学講座を受けて理論の求め方なども分かった。三平方の定理というシンプルな式で計算できると知ってとても驚いた。タイムマシンという SF な存在がより現実味を帯びていると学び現代科学、物理により関心がわいた。（磐田市立神明中学校 3年 小川暖仁）

本日は貴重なお話を聞かせてくださり、ありがとうございました。宇宙ひも、エキゾチック物質、時空の角度欠損など初めて触れる概念ばかりでとても興味深かったです。物理基礎を履修中なので、完全に理解できることはあまり多くなかったですが、新しい世界に触れる良いきっかけとなりました。

（静岡県立浜松北高等学校 1年 奥村律香）

アインシュタインの相対性理論という非常に難しい物事や、宇宙ひも理論、ワームホール理論というタイムトラベルの心躍る話を視覚的に、分かりやすく教えて下さり、非常に楽しませていただきました。本当にありがとうございました。私を含め、多くの方が今回の講座を通じて、アインシュタインの考えを学んでみたいと思います。又、今回の講座で新たな知識だけでなく、科学に対する感心や熱意を膨らませることができたと思います。（静岡県立浜松北高等学校 1年 土井勇來）

高校生からどんな話が聴けるんだろう？と今日はワクワクしながら会場に向かいました。私自身、学生の頃は「物理」は面白いと思ったことはありませんでした。この分野はほぼ高校までの知識しかありませんが、聞いていて話が理解しやすく、興味が持てました。この分野についてですが、「堀場さんはどうやって研究しているの？」「どういう学生生活を送ってきた（送っている）の？」「次は何の研究に取り組んでいくの？」という興味があります。応援したいです！！息子（小5）も物理が好きで……先輩の話を聞いて良かったと思います。素敵なお話を聴かせていただき、ありがとうございました。（保護者・一般 中野仁美）

実際にタイムマシンの理論が11個も有り、それぞれが理論として成り立っていることに驚きました。ただそれらのための材料が無理ゲーのアイテムということで、すこし笑えました。また、相対性理論はGPSの計算に使われているなど自分たちの身近で使われているということを知り、アインシュタインのすごさを再確認できました。難しい話を分かりやすく教えてもらいありがとうございました。

（保護者・一般 川合健司）

高校の先生が講師かと思っていたら、在學生ということで驚きました。自身の研究分野を確立されていて素晴らしいと思いました。相対性理論を分かりやすく説明してくれたこと、タイムトラベルの理論が11もあること、大変興味深かったです。ありがとうございました。（保護者・一般 小川奈穂）

講座のタイトルをみて、またお母さまから日頃のご活躍やお話を聞いていて、とても楽しみにしていました！ただ、理系、物理に苦手意識があり、相対性理論を自分で調べてもイメージしかなく、理解できるかな？とも感じての参加でしたが、楽しいお話の仕方と美しくとても分かりやすいスライドに引き込まれました！何とか理解できるかも！？と思わせるお話の仕方にあつという間でした。宇宙ひも、ワームホール共に、はじめて「おもしろそう」と分かった気が。シンプルなイラストが特によかったです。ただ、ワームホールの方、もう少し時間が長く聞ければ、より詳細に理解できたかも。聞いてみたかったです。分かりやすかったのは……シンプルな説明イラストに加えて各理論に必要なもの、きつともっと複雑に絡み合っているものをシンプルにリスト化して下さり、それぞれの説明が聞けたこと。エキゾチック物質など。また最後の陽子、中性子、電子のお話は、宇宙やタイムマシンと絡めてもう少し聞いてみたかったです。中高生からのいろいろな質問に優しく答えて下さっていて、とても楽しく貴重な機会だなあと思いました。ありがとうございました！

(保護者・一般 内藤由佳)

先生が月面VGV開発のどの領域を開発されているか興味深かったです。(マイコンのノイズ対策等)  $E=mc^2$ とありましたが、エネルギーから質量を生成する具体的な内容が知りたいです。熱力学第二法則から考えると、エネルギーの放出=質量の減少とありましたが、質量変化を伴う核融合はその逆という認識でよいですか？ Thank you for a very interesting presentation. We are so moved and impressive! Keep up the good work! LHC(Large Hadron Collider)の陽子衝突型加速器の活用等により、新しい物理理論の発見につながるかもしれませんね。理論物理学(抽象概念)を具体的な現象を交えて説明されると、もっと面白くなりそうです。

(保護者・一般 岸章太郎(工学博士))

### 【講座の様子】





第2回講座 「地球温暖化の物理とその予測」 橋本恵一先生

### 【講師の先生の紹介】

講師: 橋本恵一さん(東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻)

1999年生まれ浜松市出身。東京大学大学院在学・修士課程2年(トップガン2014年度卒)。トップガンでの磐田南高校訪問をきっかけとして、同校地学部にて中間圏の放電現象の観測に従事。東京大学には推薦入試(現 学校推薦型選抜)で合格し、熱帯の雲システムの組織化に関する研究を行った。現在は地球システムモデルにおいて陸上植生の表現が気候の内部変動に与える影響を調べている。海洋研究開発機構(JAMSTEC)環境変動予測研究センター研究生。認定NPO法人地下からのサイン測ろうかい理事。

メールアドレス [khashimoto@eps.s.u-tokyo.ac.jp](mailto:khashimoto@eps.s.u-tokyo.ac.jp)

#### 【主な実績】

- ・日本地球惑星科学連合2016年大会「高校生によるポスター発表」奨励賞
- ・JpGU-AGU Joint Meeting 2017「高校生によるポスター発表」優秀賞
- ・第13回日本物理学会 Jr.セッション 奨励賞
- ・第31回中国青少年科学技術イノベーションコンテスト  
国外代表チーム表彰 SECOND PRIZE

#### 【講師の先生からのメッセージ】

こんにちは、トップガン課外講座卒業生の橋本恵一です！私は現在、東京大学大学院理学系研究科の学生として、また海洋研究開発機構(JAMSTEC)の研究生として、地球温暖化の予測に関する研究に携わっています。今回の講座の前半では、地球温暖化の仕組みを数式でキチンと理解するところから始めて、2021年にノーベル物理学賞を受賞された真鍋淑郎先生の功績や、最先端のスーパーコンピュータを使った気象・気候シミュレーションの状況について皆さんにご紹介したいと思います。また講座の後半には、中学生時代にトップガンでお世話になった丹沢先生との対談が予定されています。理学・数学が大好きな中高生の皆さんの進路設計に役立つお話ができれば嬉しいです。

【講演で提示された資料（抜粋）】

わかったこと：

- ・二酸化炭素が増えたのが悪い。
- ・二酸化炭素は「温室効果」をもつ。
- ・これからも気温が上昇して、気候が変わって、いろいろ悪影響が出るらしい。

よくわからんこと：

- ・二酸化炭素がもつ「温室効果」とは？
- ・自然に発生することはないのか？
- ・「平均気温の上昇」と「気候の変化」は別の話？
- ・どうやって影響を予測するのか？

$E_{in} = 0.7 \times A_{\oplus} S_0 = 1.2 \times 10^{17} \text{ W}$

太陽 地球 6,400 km

3割は反射

太陽定数  $S_0 = 1.4 \times 10^8 \text{ W/m}^2$   
 地球の半径  $R_E = 6.4 \times 10^3 \text{ m}$   
 地球の断面積  $A_{\oplus} = 1.3 \times 10^{16} \text{ m}^2$

この世界で熱の伝わり方は3種類※：

顕熱  
潜熱  
放射

- ・複数の物体が触れ合っているとき、温かい物体から冷たい物体へと熱が伝導する。
- ・または、温かい流体と冷たい流体がかき混ぜられて熱が移動する（対流・乱流）。

※ 気象学の方です。普通の理科の教科書には伝導・対流・放射と書いてあると思います。

この世界で熱の伝わり方は3種類※：

顕熱  
潜熱  
放射

- ・水の蒸発・凝結を介して熱が伝わる。

※ 気象学の方です。普通の理科の教科書には伝導・対流・放射と書いてあると思います。

この世界で熱の伝わり方は3種類※：

顕熱  
潜熱  
放射

- ・電磁波（光や赤外線など）として熱が伝わる。

※ 気象学の方です。普通の理科の教科書には伝導・対流・放射と書いてあると思います。

黒体放射

- ・というわけで、地球も赤外線 の形でエネルギーを宇宙に放出している。
- ・黒体放射のエネルギーは温度の4乗に比例する。  
=シュテファン-ボルツマンの法則

$$I = \sigma T^4$$

- ・ここで  $I$  は  $1 \text{ m}^2$  あたり放射するエネルギー (W)、  
 $\sigma \sim 5.7 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  (定数)。
- ・温度  $T$  の単位は K (ケルビン)。  
・℃で測った数字に 273 を足せば K になる。

温室効果

- ・このように、大気は赤外線の一部を吸収することによって、さながら「温室」のように地表面の温度を高く保つ効果がある。  
=温室効果
- ・大気の赤外線吸収率が高くなると、地表面気温も高くなる。

宇宙  
大気  
地面

吸収スペクトル

- ・赤いリンゴは、太陽光の中の赤以外の成分を吸収し、赤だけを反射するから赤く見える。

吸収スペクトル

- ・二酸化炭素は  $15 \mu\text{m}$  付近に吸収帯をもつ。  
→ 大気の窓と地面の赤外放射に丸かぶり！
- ・このため、二酸化炭素濃度の増減は地表面気温への影響が極端に大きい。

Radiation Transmitted by the Atmosphere

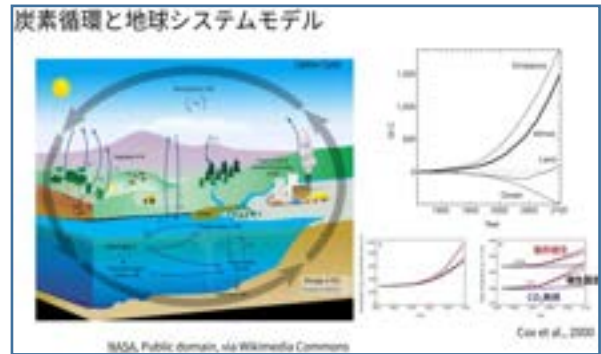
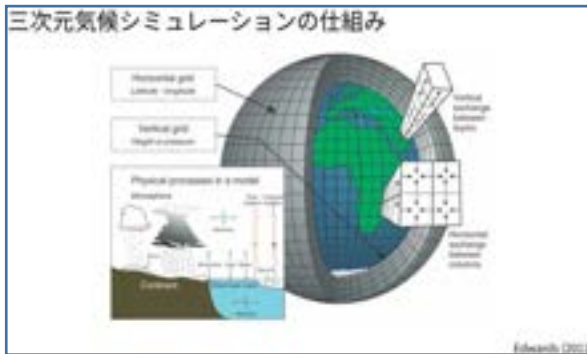
Robert A. Rohde, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons

実際の地球のエネルギー収支

with energy budget

SKGA, Public domain, via Wikimedia Commons

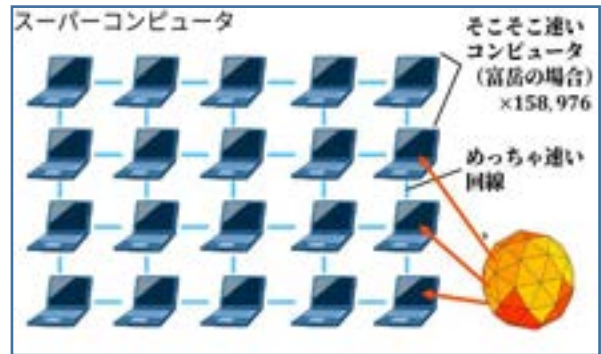




### スーパーコンピュータ

- MIROC6大気モデルの解像度と格子点数は、水平 1.4°, 256×128、鉛直 81 層。  
→ 全部で 256×128×81 = 2,654,208 点あるということになる。
- NICAM 3.5 km 間隔なら水平 41,943,042 点、鉛直 40 層など。41,943,042×40 = 1,677,721,680。  
このような大規模な計算、普通のパソコンでは不可能！  
→ 計算には**スーパーコンピュータ**を使う。

※ MIROCは水平離散化に格子点法でなくスペクトル法を用いています。ですのでこの数字はモデル自体の格子点数というよりは、格子データに変換したときのサイズだと思ってください。



### 時間離散化

• 時間も、 $\Delta t$  ずつ切って進めてやる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -g \frac{\partial h}{\partial x} \rightarrow u_{n+1} = u_n - g \frac{\partial h}{\partial x} \Delta t$$

時間の経過とともに方向が変わっていくが、 $\Delta t$  を十分小さくすればだいたい正確な軌道になるだろう。

- 二酸化炭素がもつ「**温室効果**」とは？
- 自然に発生することはないのか？
- 「平均気温の上昇」と「**気候の変化**」は別の話？
- どうやって影響を予測するのか？

- 温室効果とは、**地表からの赤外線**の吸収により大気の**エネルギーバランス**（平衡温度）を変える気体のはたらき。
- 自然界は二酸化炭素を吸収する機能があるが、**人類の排出ペースはそれを上回る**。
- 温暖化の影響は**緯度や地域によって異なる**。
- 微分方程式を離散化してスーパーコンピュータで時間発展させることで、**未来を予測**することができる。

## 【受講者感想（抜粋）】

地球温暖化のことを追求してすごいと思いました。研究式は少し難しかったけれど、良く分かりました。私は、この「地球温暖化の物理とその法則」を聞いて、これから私も興味を持ったことや不思議に思ったことを詳しく調べてみようと思いました。  
(浜松市立雄踏小学校 4年 飯尾明香里)

今日の「トップガン卒業生による科学講座」では、地球温暖化ができる原因、そのシミュレーションなど、興味がわく研究があり、面白かったのですが、難しい数学があり、計算が良く分かりませんでした。原因などが良く分かりました。  
(浜松市立城北小学校 5年 久保幸大)

地球温暖化、そう聞くと悲しい気持ちになります。なぜなら、温暖化によって（人間も含む）たくさんの生き物が困ってしまっているからです。でも今日の講演を聞いて、温暖化の原因が解明されつつあることが分かりました。そして地球温暖化を防ぐためにはどうしたらいいのかは私たちが考えていかなければいけないんだなと思いま

した。本日はまことに本当にありがとうございました。=THANK YOU・v^v

(磐田市立磐田中部小学校 5年 加藤紗來)

僕は、小3から「地球温暖化」の研究をしていて、とても興味がありました。スーパーコンピュータで地球温暖化の予測を分かりやすく説明していただいたため、「地球温暖化」についてより深く理解することができました。今回の講座で分かったことを頭でいつも考え、未来は地球が自然いっぱいであふれるような浜松をつくるように僕たちで頑張っていきたいです。(浜松市立雄踏中学校 1年 飯尾暁太)

トップガンの活動のほうには、今日はじめて参加させていただいたのですが、講演していただいた内容も、質問している内容もとてもレベルが高いと感じ、自分も小さいころからこのような活動に参加していたかったなあと感じました。今日は、私も所属している磐田南高等学校地学部の先輩である橋本さんの講演を聞くことができるということで参加しましたが、先輩が活躍している姿を直に見ることができ、私も将来このように活躍できるよう今からコツコツと頑張っていきたいと思いました。

(静岡県立磐田南高等学校 3年 馬淵彩花)

ハッシー(恵一先輩)の研究はとても難しい内容だと思いますが、今回の講演はとても分かりやすく、面白かったです。見やすいスライドやクイズ形式の問いかけなど、飽きさせない講演内容、地学に対する圧倒的な熱量や知識量が、ハッシーの講演の魅力だったと思います。自分の専攻とは違いますが、「こんな風に他の人に研究内容を話せたらいいな」と感じました。(静岡大学大学院修士 1年 鶴見実夏)

今回の講義では、研究における物理学の研究の形態を理解することができました。今まで僕が見てきた物理学というものは、力学や流体力学、熱力学、というような物理の中で区切られた学問領域に対して、それぞれを現実と比較したり、理論を拡張させたりしていくというものでした。また、物理内分野を多く用いていても、その研究においては確率的な結果が多く、あまり確定性はない、というような固定観念を抱いていました。しかし今回の講義ではそれらと対照的な物理を見た気がします。というのも、気候学では物理内分野が異なったあらゆる要素をそれぞれについて分析し、全体を鮮明化させていくというように、物理学全体を余すところなく用いていたからです。実際の地球環境では多様な構成要素によって成り、それを定量的に理解していくためにはその多様性を覆っていく必要があります。しかし、そのためには莫大な情報、条件量を扱わなくてはならないのも事実です。ではどのようにしてその問題を解決しているのか。ここにおいて、気づいたことが2点あります。まず一つは視点をコントロールしているということです。先ほど僕が述べた、学問領域ごとの研究では主にその分野に属する事象に関する疑問をもとに、事実を導き出し理論を深部まで積み重ねていくように構築するという手法が取られています。言い換えればマイクロな視点で物事を見つめ、細部まで解き明かしていくということを行なっているのです。しか

し、気候学ではミクロな視点だけでなく、マクロな視点まで場合に依じて巧みに使い分けていました。ミクロなほどその事実に辿り着く過程は長くなるため情報量はもちろん多くなります。マクロであれば細部はわからなくても全体としての事象の外観を捉えることができます。わかりやすい例では量子力学と古典力学の違いが挙げられます。普段の生活においてはマクロな視点で見つめた古典力学を用いても差し支えないほどに考察できます。しかし、その先を突き進めていくと、物質、分子、原子、素粒子とミクロになっていき、深く理解していくことはできますが今述べた過程全てが必要になり情報量が多いことは明確です。気候学では、実際にどのように活用していくかや、研究の目的をもとに視点をコントロールし、考察の幅を調整することによって分野の幅広い利用を実現しているのではないかと考えます。そして、もう一点はスパコンによるシミュレーションです。人間とコンピュータ、それぞれ得意不得意があり、研究では両者の得意を活かして行われています。コンピュータ(スパコン)の場合、驚異的な演算速度が得意点として挙げられるでしょう。講話では、そのスパコンを利用したシミュレーションについてのお話がありました。先ほども述べた通り、環境における要素、特に大気などはとても複雑です。これを手計算によって理解することは不可能です。そのために莫大な量の計算を行うことができるスパコンを利用して計算し、シミュレーションしていくそうです。これは情報量の削減、というよりも情報分析技術の活用、というべきでしょうか。現在、ムーアの法則というものがあるように情報機器の進歩は目覚ましく、計算能力も向上しています。これが実際に、研究の中で情報処理に大きく役立っているということを理解しました。気候学の研究はこれらの工夫によって莫大な情報処理を可能にし、複雑な気候という事象を扱っているのです。

最後にこれまでを踏まえて見出した、物理学の研究の形態を提示して締めさせていたただきたいと思います。物理学の研究の過程では、「分野を超えた幅広い視点と知識をもとに、目的に応じて考察の幅を調整したり、技術を活用したりして、事象全体をより効率的に理解している。」素晴らしい講義をしていただいた橋本恵一先生、並びに主催してくださったトップガンプロジェクトの皆様。本当にありがとうございました。とても貴重な経験となりました。(静岡県立浜松北高等学校 1年 三宅遼空)

スーパーコンピュータでシミュレーションを行うとき、なめらかにできず、時間や空間をパート分けして考えなければいけないという所が興味深かったです。特に正20面体は分割と重ねると球に近くなっていくという所が面白かったです。座談会を聞いて、子が色々な機会に出会えるように、アンテナを高くしていきたいと思いました。発表の場もあるとのこと、探してみたいと思いました。(保護者・一般 柴田亜樹子)

地球温暖化というテーマに対し、大変興味深く感じ、参加いたしました。橋本恵一先生のお話を伺い、地球温暖化の物理的側面を詳しく教えていただきました。対談についても、大変興味深い内容でした。ありがとうございました。

(保護者・一般 飯尾育子)

非常にわかりやすく、ていねいな説明で楽しかったです。また、地球温暖化は全世界で取り組む重要なテーマであり、そのようなテーマを研究されているのはとても素晴らしいと思います。これからも頑張ってください。先生との出会いの話は印象的でした。私も大学で良い先生に出会ったことが人生の転機で、研究に励むような人生になっていきました。今は企業で、理系の仕事をしています。子供にも良い出会いがあるように、いろいろな機会を用意したいと思います。（保護者・一般 海老原次郎）

### 【講座の様子】





第3回講座 「人工知能と機械学習」 橋本智洋 先生

**【講師の先生の紹介】**

講師:橋本智洋さん(東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻)

1999年生まれ浜松市出身。東京大学大学院在学・修士課程2年(トップガン2014年度卒)。附属浜松中学校在籍時、トップガンでの活動をもとに行った自由研究にて鈴木賞を受賞。浜松北高校卒業後、東京大学理科一類から工学部機械情報工学科に進学し、深層学習による三次元距離計測に関する研究を行った。現在は機械学習モデルの分散訓練に関する研究を行っている。東京大学知能社会国際卓越大学院プログラム生。

**【主な実績】**

- ・第60回 鈴木賞 正賞
- ・第27回 日本数学オリンピック Aランク

**【講師の先生からのメッセージ】**

このたびは、このような講演の機会をいただきましてありがとうございます。私にとってのトップガンプロジェクトは、好奇心旺盛な中学時代に、他では得られない貴重な知識や経験を得ることができる特別な場でした。

皆さんは「人工知能」と聞けば何を思い浮かべますか。将棋や囲碁のソフト?SiriやAlexaのようなAIアシスタント?それとも昨年から大流行のChatGPTでしょうか?人工知能は私たちの身近で暮らしをサポートしてくれています。講演ではその基本的な仕組みやいろいろな利用例をわかりやすくご紹介します。

いまや人工知能は私たち人類の能力を超えている分野もたくさんあります。私たちは、これからどのように人工知能と付き合っていくべきなのでしょう。講演を通して、一緒に考えてみましょう。

【講演で提示された資料（抜粋）】

AIってどんなもの？

### すごいぞAI活用例①：自然に会話できる

AIと会話ができる時代に

もうお喋りしたい、もっとお喋りしたいが喋りたいから

もちろん、誰でも大丈夫です！十分な訓練を食らったAIです。だから、お喋りしたい、お喋りさせて、お喋りしたいとお喋りしてください。お喋りしたい！

AIと人間を見分けることが困難に

【チューリングテスト】  
対話相手が人間なのか、AIなのかを当てる試験

“人間とAIを見分けられる確率は68%まで減少した”  
→ AI21 labs, 2023.05

AIってどんなもの？

### すごいぞAI活用例②：ゲームが強い

チェス、将棋、囲碁でプロ棋士に勝利

スマッシュブラザーズ (2017)

1997 DeepBlue (チェス)  
2013 ponanza (将棋)  
2016 AlphaGO (囲碁)  
2018 AlphaZero が全ての競技で既存のAIに勝利

人間のトッププレイヤー（世界70位から16位のうち10名）に勝ち越し  
AIの訓練期間は1週間程度と、とても短かった

AIってどんなもの？

### すごいぞAI活用例③：勉強ができる

さまざまな試験にて上位の成績を獲得 (2023)

テスト	点数	人間と比較した順位
アメリカ統一司法試験	298 / 400	上位10%
大学入学レベル数学試験	700 / 800	上位11%
大学卒業レベル数学試験	163 / 170	上位20%

新たな数学の定理を発見 (2021) | AI分野の発見にもAIが寄与 (2023)

- AIがたくさん仮説を生成
- 次々と仮説を検証
- 実際に、正しい式や、性能の良いアルゴリズムが発見された

結び目理論に関する新定理 | 最適化に関する新アルゴリズム

AIってどんなもの？

### AIの研究は急激に進歩中

AIに関連する論文数は10年間で2倍に

人工知能に関連した出版物数, 2010-21

AIは、なんでもできてしまうの？  
人間はAIに負けちゃうの？

そうじゃないぞ！  
長所と短所を正しく知って、  
上手に利用することが大事だ

AIってどんなもの？

### 私思う、いまのAIの課題

ハルシネーション (Hallucination, 幻覚)  
自信たっぷりなのに、間違った答えをしてしまうこと

共変量シフト (Covariate Shift) | ドメインシフト (Domain Shift)  
訓練していない状況下で、パフォーマンスを発揮できなくなる

グラウンディング (Grounding) が不十分  
物事のうしろにある、暗黙的 (論理的な) つながりを理解すること

これらを解決する重要な鍵があるはず

AIのしくみ

人間の脳のはたらき  
光 → 電気信号 → 発火パターン  
このパターンは犬だ

人間の脳のはたらきをまねたAIのはたらき  
光 → 数字 → 出力パターン  
カメラ (数字のあつまり) NN (ニューラルネットワーク)  
このパターンは犬ですよ

AIを作ってみよう！

### じゃんけんAIをつくろう！

遊びが楽なぞ！  
入力と出力のペアを満たすような、ニューラルネットの重みを求めてみよう！

入力: (x,y,z)	出力: (A,B,C)
(1,0,0) (グー)	(1,0,0) (グー)
(0,1,0) (チョキ)	(0,1,0) (チョキ)
(0,0,1) (パー)	(0,0,1) (パー)
(1,0,0) (グー)	(0,1,0) (チョキ)
(0,1,0) (チョキ)	(0,0,1) (パー)
(0,0,1) (パー)	(1,0,0) (グー)

ニューラルネットワークの訓練  
入力と出力のペアから、ニューラルネットの重みを求めること  
最近のAIでは、微分を使って効率よく重みを最適化できるようになっているぞ！

AIを使って遊んでみよう！

### 「Quick, Draw!」で遊んでみましょう

By Google

よくできました！

画像認識AIのゲーム  
自分で書いたスケッチが、訓練済みの画像認識AIにちゃんと認識されるかを試すゲームです！

Quick, Draw! & Animated Drawings : 仕組み

### 画像認識モデル

畳み込みモデル、多層モデル

- 画像は高次元データと呼ばれ、パラメータ効率の良いモデルが必要
- 畳み込み、正規化、ドロップアウトなど、様々なテクニックが考案された

ChatGPT & Stable Diffusion : 仕組み

### 大規模生成モデル

Transformer Model

- 入力の局所的な特徴だけでなく、全体を見渡せる構造
- GPT-3.5モデルは3550億パラメータ

Diffusion Model

- 少しずつノイズを加える / 除去する過程を学習
- Stable Diffusionモデルは8億6千万パラメータ

AIと私たちの今後

### AIとの関わりかた

私が体験した、種になったChatGPTの使い方

知らない英語フレーズ: "Consequences, Schmonsequences!"

結果: ? ? ?

ある単語と、"Schmo-"をつけたその単語を並べることで、その単語が話者にとって重要でないということを表す表現になる

「結果なんて、どうでもいいことだろ」という意味のイディオムと分かった

AIに〇〇してもらおう、自分は楽しよう、という使い方は✗

人生を豊かにしてくれるツールとしての使い方を心がける!

### メッセージ

みなさんへのメッセージ

アイデアを育む

- いろいろな友達/趣味をつくる
- 学校行事をがんばる
- 授業で積極的に発言する
- 好奇心のまま動く

誰とも関わらないこと

実行力を育む

- ちゃんと勉強する
- 学校行事をがんばる
- つらいことから楽しさを探す
- 負けず嫌いになる

誰とも関わりますが、実行するのは難しいこと

創造的な活動

## 【受講者感想（抜粋）】

今まで深く考えずに使ってきた人工知能だけど、AIのしくみを聞くと色々なものを組み合わせて1つのものができていることを知っておどろいた。あと、AIは何でもできるようにつくられている物だと思っていたから短所があることが分かって安心した。これからは、AIの短所もふまえて、学習に取り入れられたらいいなと思った。橋本先生ありがとうございました。

（静岡大学教育学部附属浜松小学校 6年 宮崎愛結花）

今回は、お忙しい中、おもしろいお話をありがとうございました。AIのメリットやデメリットをしっかりと知り、利用することが大切だと知ることができました。一人一つ自分用のAIをもつというのは、夢いっぱいいつそんなことが実現するのかワクワクします。ニューラルネットワークについてはよく分からないことがあったんですけど、とても興味をもったので今度調べてみたいと思いました。AIが発展したときに人間がAIにない部分で働けるように人間の能力ものばしていきたいと思いました。

（静岡大学教育学部附属浜松中学校 1年 柴田千歳）

AIに関して今までこんなに詳しく考えたことがなかったので、今日の講座はとても興味深かった。特に人間の脳のはたらきと人間の脳を真似たAIのはたらきの違いが面白かった。AIで遊べるアプリも初めて使ってみたが「Quick, Draw!」が楽しかった。

た。これからの時代はAIはもっと色々な所に普及すると思うので、AIとうまく関わっていけるようにしたいと改めて思った。今日は本当にありがとうございました。

(静岡県立浜松西高等学校中等部 1年 加藤莉子)

今回の講演で、よく聞くけど、あまり知らなかったAIについて、知ることができました。ニュートラルネットワークのところがおもしろかったです。また、対談もとてもこれから参考になると思います。学校生活のさまざまなことについて、胸のきりが晴れるような思いをしました。今日は、ありがとうございました。

(静岡県立浜松西高等学校中等部 2年 内山維吹)

自分がAIを用いた研究をしていることもあり、ニュートラルネットワークやAIの上手な使い方について詳しく知ることができたのでよかったです。今後の三次元物理空間において歩行動作研究に応用したいと思う。私は数学が好きでも苦手で、思うような点数が取れないのだが橋本さんの中学時代の話聞いて、自分も負けず嫌いの心でもう少し頑張ってみようと思った。将来は橋本さんと同じように大学、大学院に行って研究がしたい。橋本さんアドバイスありがとうございました！！

(静岡大学教育学部附属浜松中学校 3年 田中宏征)

今回の講話を通してAIのしくみ、人間との関わりといったものを知ることができました。日常生活でみるAIというのは、得体の知れないブラックボックス的存在でしたが、講話を通してできることできない、うまくできない事等を現状をもって知りました。今後、技術等の進歩によってAIは進化していくと思いますが、自分とAIの関わり理解を大切にしていきたいと思います。

(浜松日体高等学校 1年 藤原健太郎)

今一番熱いAIの講演で、興味深く聞かせて頂きました。私が学生時代の約20年前にもAIの研究はありましたが、ここ1年くらいの進展具合を考えるとある種のブレイクスルーが起きたのかなと思っています。ただ、小学5年生の息子にとっては理解が少し難しかったようですが、いつかこのときの話が約に立ったり、思い出すことがあればいいかなと思います。

(保護者・一般 久保和之)

面白かったです。最初受講している子供たちにひびくと(伝わる)いいなと思います…。最後の一番伝えたかった部分は本当に重要だと再確認しました。画像AIやリアルを作りだしてしまうAIはこわく、残念な事実ですが受け取る側も賢くないといけない。最近、特にイラストレーターが作品をコピーされて自分の作品をして発表されてしまうというゆゆしき問題があり、まねされないような自衛の方法が知りたい。また、開発されて欲しいです。

(保護者・一般 村岡由紀恵)



質問者の内容のレベルが高く驚いた。(小中高生とは思えない) 相山はついてゆけない。講義の内容は小中生には難しいと思ったがここに参加している小中生には問題ないとおもった。後半の対談も「どのような学生時代を送るべきか」の内容が参加者の参考になった。参加人数が少なすぎる！！もっと広報して高校生に強制させるくらいにすべき。内容がすばらしいのにもったいない。(高等学校教員 相山 信宏)

### 【講座の様子】

