



Z世代に理科/理系分野の魅力を伝える取り組み ～実践例と課題～

門信一郎 (京大エネルギー理工学研究所・准教授)

専門：プラズマ理工学・核融合・分光学・理科教育・アウトリーチ活動

京大理卒→九大総理工院 (修士・博士)

→核融合研助手(3年)→東大准教授(途中改組・配置換え/計13年)→京大准教授 (任期付)

日本物理学会 物理教育委員会 委員(2012 - 2022FY)

日本物理学会 男女共同参画委員会 委員/委員長 (2022FY) / D&I 推進委員会に改名

I. 理科離れとは? 「ゆとり世代」「Z世代」

II. 「ゆとり世代」へのアウトリーチ活動

(スーパーサイエンス・高大連携) (理科の有用性・楽しさを)

III. 「Z世代」へのアウトリーチ:

デジタルコンテンツ、ソフトウェアの利用、男女差の解消へ

IV. 頼もしい高校生たち: 高校生シンポジウム・JRセッション、など

「ゆとり世代」と「Z世代」 (本講演にて、便宜上この呼称をお許し願いたい)

Z世代

	誕生年度	小1	小6	中1	中3	高1	大学	大学院	大学(現役)
	1984	1991	1996	1997	1999	2000	2003	2007	
	1985	1992	1997	1998	2000	2001	2004	2008	旧旧課程
	1986	1993	1998	1999	2001	2002	2005	2009	旧旧課程
	1987	1994	1999	2000	2002	2003	2006	2010	中学3以降ゆとり
	1988	1995	2000	2001	2003	2004	2007	2011	中学2以降ゆとり
	1989	1996	2001	2002	2004	2005	2008	2012	中学以降ゆとり
	1990	1997	2002	2003	2005	2006	2009	2013	ゆとり
	1991	1998	2003	2004	2006	2007	2010	2014	ゆとり
	1992	1999	2004	2005	2007	2008	2011	2015	ゆとり
	1993	2000	2005	2006	2008	2009	2012	2016	ゆとり
	1994	2001	2006	2007	2009	2010	2013	2017	中3理数脱ゆとり
Z	1995	2002	2007	2008	2010	2011	2014	2018	中2理数脱ゆとり
Z	1996	2003	2008	2009	2011	2012	2015	2019	中学理数脱ゆとり
Z	1997	2004	2009	2010	2012	2013	2016	2020	脱ゆとり
Z	1998	2005	2010	2011	2013	2014	2017	2021	脱ゆとり
Z	1999	2006	2011	2012	2014	2015	2018	2022	脱ゆとり
Z	2000	2007	2012	2013	2015	2016	2019	2023	脱ゆとり
Z	2001	2008	2013	2014	2016	2017	2020	2024	脱ゆとり
Z	2002	2009	2014	2015	2017	2018	2021	2025	脱ゆとり
Z	2003	2010	2015	2016	2018	2019	2022	2026	脱ゆとり
Z	2004	2011	2016	2017	2019	2020	2023	2027	脱ゆとり
Z	2005	2012	2017	2018	2020	2021	2024	2028	脱ゆとり
Z	2006	2013	2018	2019	2021	2022	2025	2029	新課程
Z	2007	2014	2019	2020	2022	2023	2026	2030	新課程
Z	2008	2015	2020	2021	2023	2024	2027	2031	新課程
Z	2009	2016	2021	2022	2024	2025	2028	2032	新課程
Z	2010	2017	2022	2023	2025	2026	2029	2033	新課程
Z	2011	2018	2023	2024	2026	2027	2030	2034	新課程
	2012	2019	2024	2025	2027	2028	2031	2035	新課程
	2013	2020	2025	2026	2028	2029	2032	2036	新課程

社会動向

2004大学法人化

2002 (高校)SSH

2010 「リケジョ」

2014 (高校)SGH

1999男女共同参画社会基本法
2002 物理学会男女共同参画委

学力低下への懸念

教員免許更新制度2009FY-

2015 SDGs採択

2015同性「パートナーシップ証明書」渋谷区

Z世代 ~ 「脱ゆとり」と概ね重なる

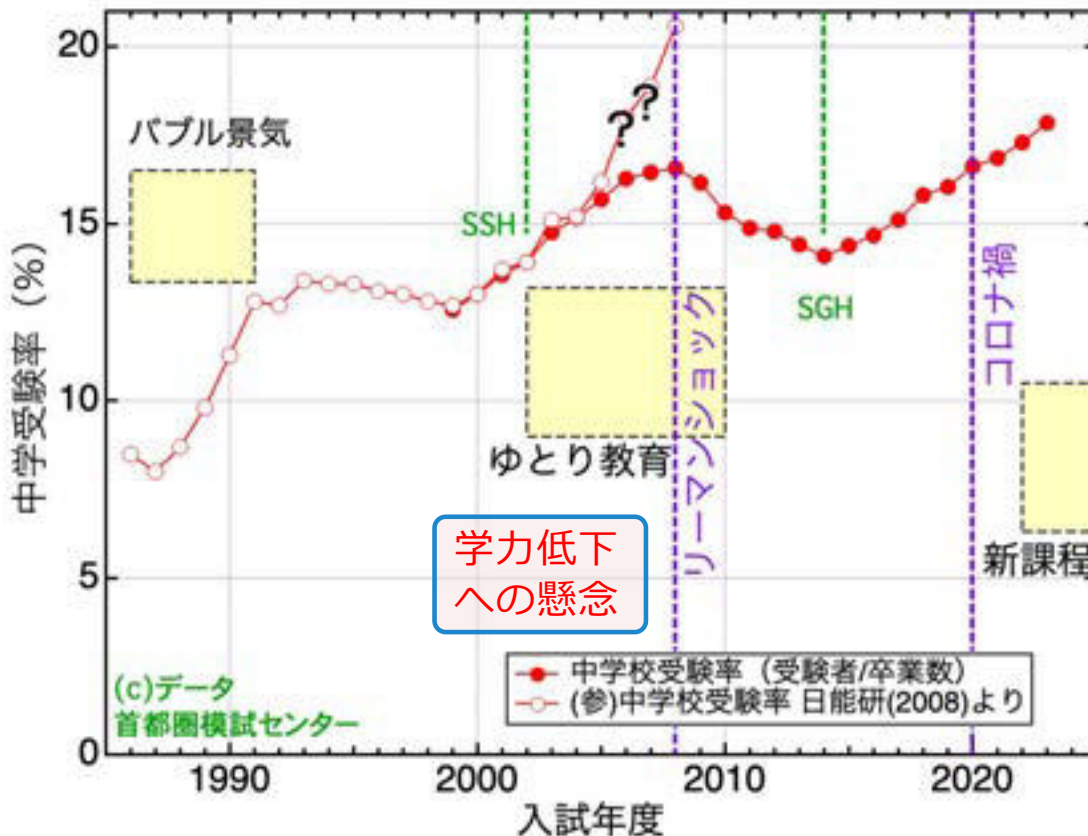
- デジタルネイティブ
- スマホ世代(iGen), ×電話, △メール, ○LINE
- YouTube, TikTok, Instagram, Twitter, × Facebook
- 教育ICT, GIGAスクール, オンライン授業, Zoomers
- 環境問題/ジェンダー問題等に敏感

現中高生は新課程で学ぶ

→ α世代へ?

首都圏の中学受験率

グローバル人材
→ 教育ICT、設備面への懸念？



- スーパーサイエンスハイスクール (SSH)、サイエンスパートナーシッププログラム(SPP) 2002 -
- 出前授業、高大連携が活発化

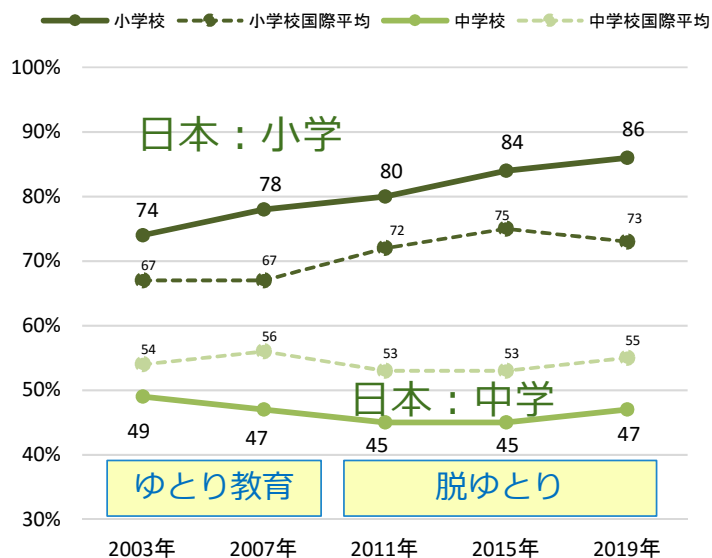
- スーパーグローバルハイスクール (SGH) 2014 -
- アクティブ・ラーニング
- 教育ICTの活性化

教育に最適解はなく (大人の思惑とは別の価値観)、模索しながら、工夫をしながら育てていく必要性を感じている

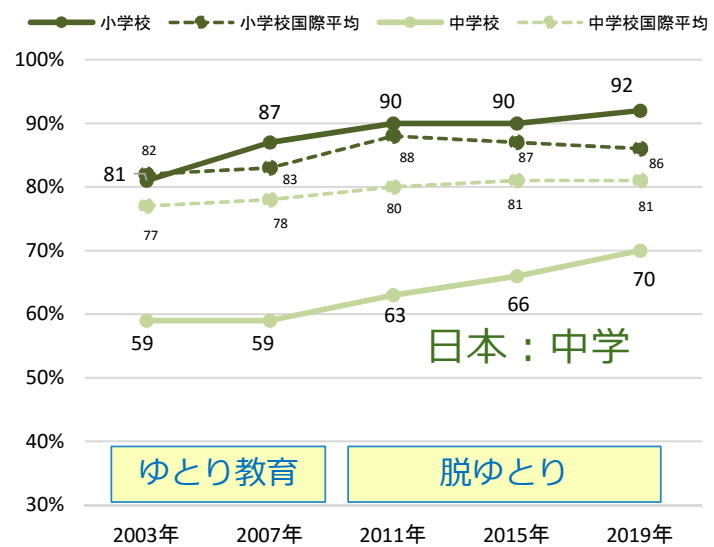
国際数学・理科教育調査 (TIMSS2019) 報告 (文科省) 理数：小4、中2 4年ごと

理科は得意だ

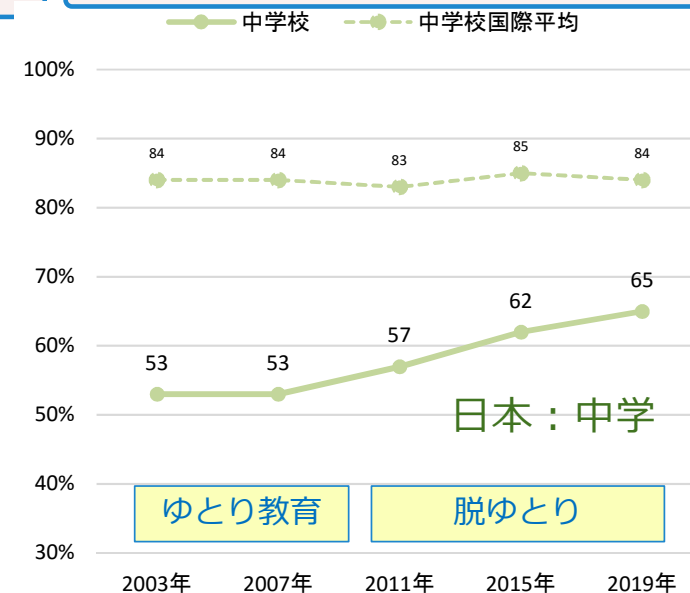
点線：国際平均



理科の勉強は楽しい(内発的動機付け)



理科は役に立つ(道具的動機付け)



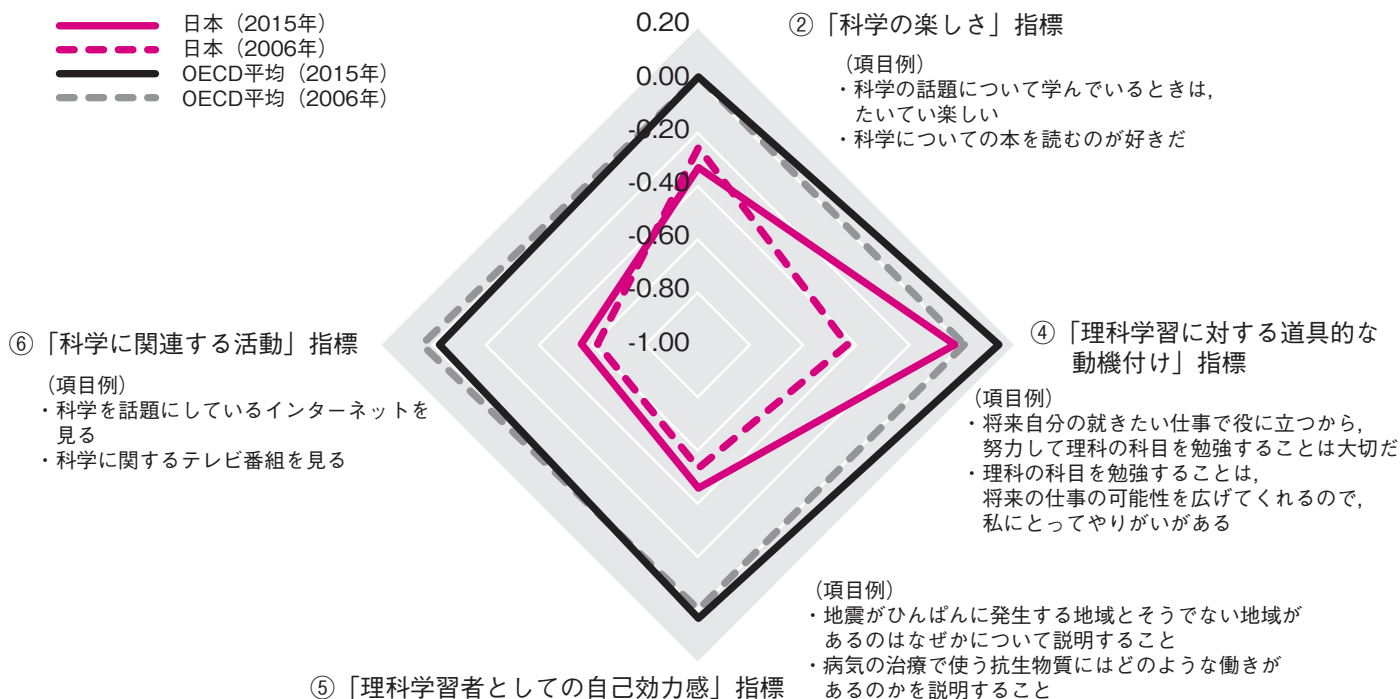
理科は楽しい、と答えた生徒の割合は国際平均に比べ少ないが、年次増加傾向。

- 理科離れ (学力低下) 対策 (→ 理科の重要性 ?)
- アウトリーチ活動・高大連携 (→ 理科の楽しさ ?) 多少は効果?

[<https://www.nier.go.jp/timss/>]

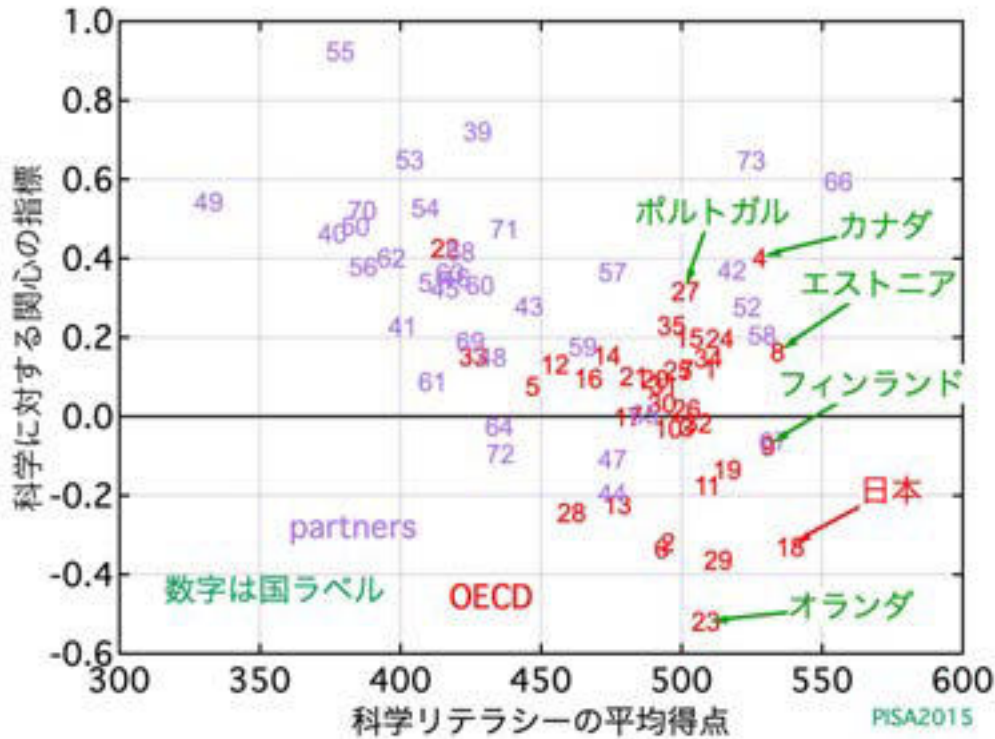
[https://www.mext.go.jp/content/20201208-mxt_chousa02-100002206-1.pdf]

図1 生徒の科学に対する態度



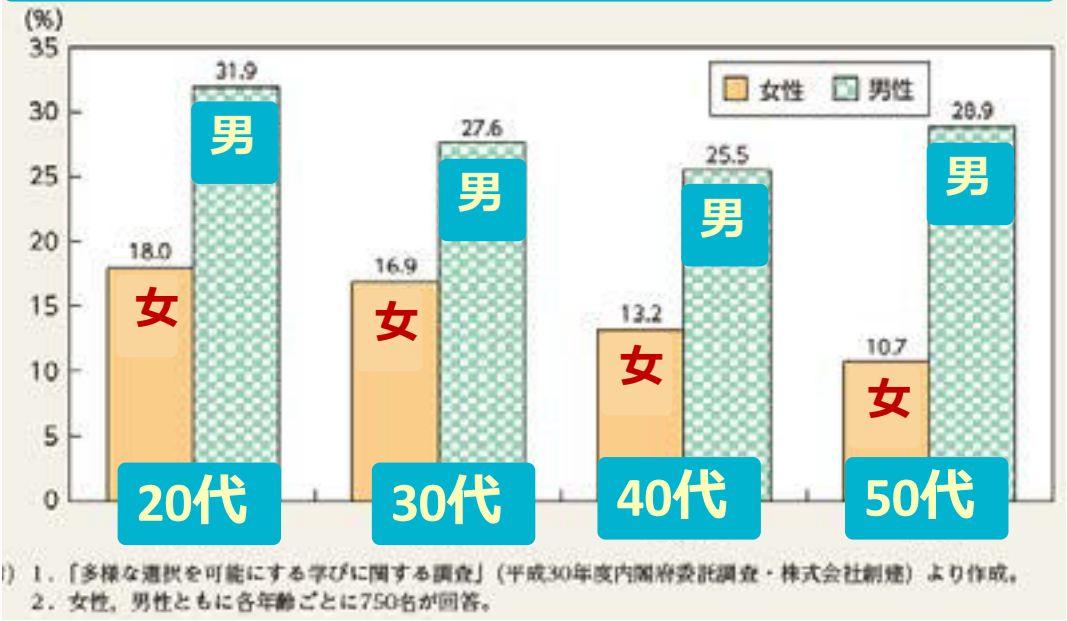
[*] OECD生徒の学習到達度調査 2015年調査国際結果の要約
平成 28(2016)年 12月 文部科学省 国立教育政策研究所 p12, 13

他国も概ね、科学的リテラシーと科学への興味は負相関（世界的傾向）



科学への関心高め(OECD)
 フィンランド、エストニア、
 ポルトガル、カナダ
 低め
 日本、オランダ

中学生の頃に理科が好きだった者の割合



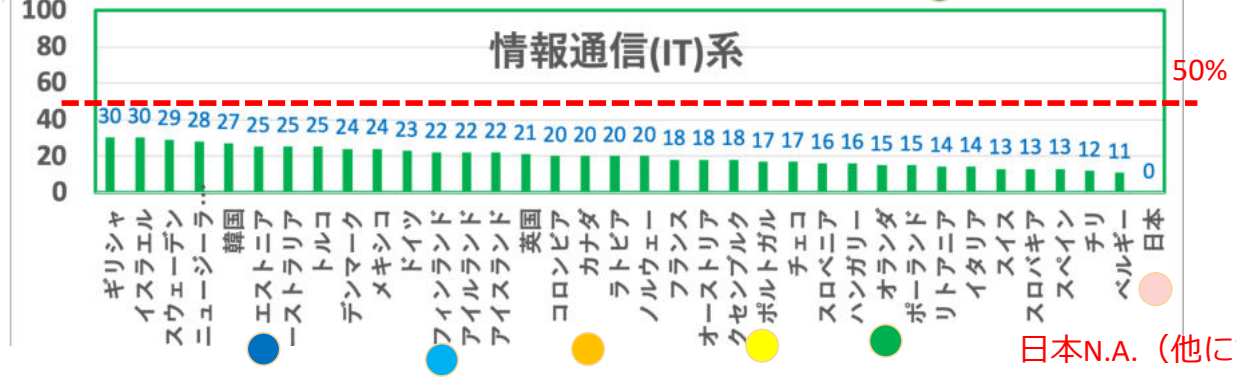
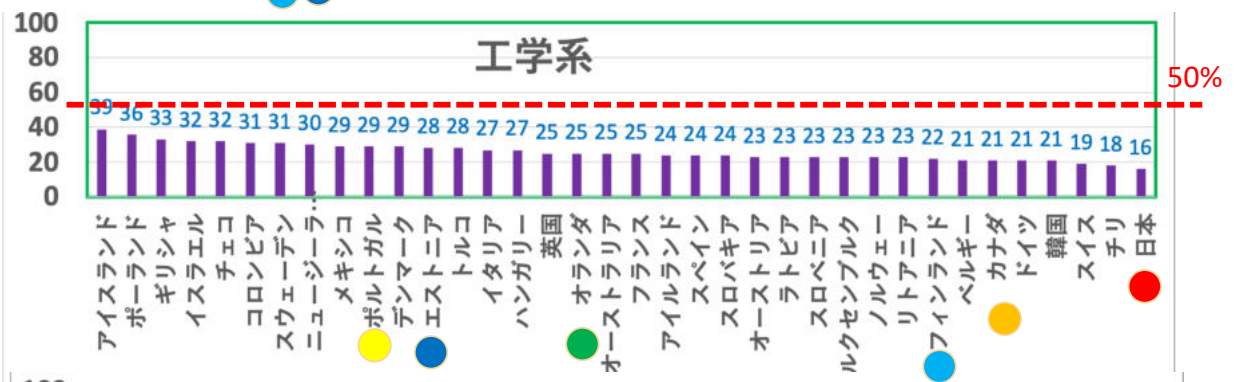
1) 「多様な選択を可能にする学びに関する調査」(平成30年度内閣府委託調査・株式会社創達)より作成。
 2) 女性、男性ともに各年齢ごとに750名が回答。

2018年調査
 20代 = 1988-1997生 (ゆとり)
 30代 = 1978-1987生
 40代 = 1968-1977生
 50代 = 1958-1967生

むしろ、大人世代、、、
 思ったより理科嫌いだったのでは？

専門分野別に見た大学等入学者女性割合 (OECD 国際比較)

OECD Statistics; 2022(R4).3現在



日本N.A. (他に計上)

再掲：科学への関心高め(OECD)
 フィンランド、エストニア、ポルトガル、カナダ
 低め
 日本、オランダ

日本は大学理工系への女子進学者が圧倒的に少ない！



理系の母親が少ない
 (母親は最も身近で影響力のあるロールモデル)

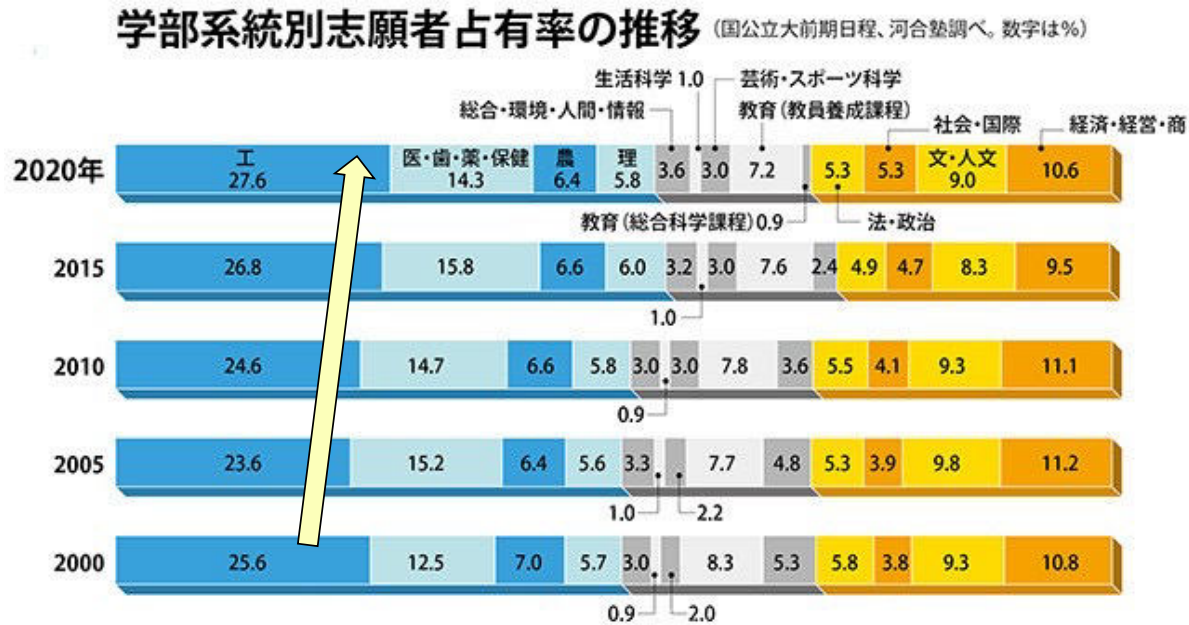


理系選択する女子生徒が増えない

(参考) ここ十数年、理系人気といわれているけれど、、、？

大学受験：ここ十数年は理系人気 特に工学部（国立）

2017年度一般入試募集人員



朝日新聞 EduA (2021.02.12)
<https://www.asahi.com/edu/article/14178940>

理系人気。。。と言っているときは、国公立を念頭に
 理系不足。。。と言っているときは、私立 OR 全体傾向

旧帝大	文系	理系
北海道大学	625人	1,801人
東北大学	603人	1,296人
東京大学	1,223人	1,737人
名古屋大学	465人	1,274人
京都大学	796人	1,862人
大阪大学	1,194人	1,774人
九州大学	536人	1,829人
合計	5,442人	11,573人

早慶上智	文系	理系
早稲田大学	3405人	1040人
慶應義塾大学	2820人	938人
上智大学	1576人	215人
合計	7801人	2193人

関関同立	文系	理系
関西大学	2578人	589人
関西学院大学	1777人	320人
同志社大学	2394人	608人
立命館大学	2284人	1011人
合計	9033人	2528人

学校ポータル(JS88.com) 調べ

II. アウトリーチ活動の実際： 「ゆとり世代」 対応 ～2011頃

Z世代

誕生年度	小1	小6	中1	中3	高1	大学	大学院	大学（現役）
1984	1991	1996	1997	1999	2000	2003	2007	
1985	1992	1997	1998	2000	2001	2004	2008	旧旧課程
1986	1993	1998	1999	2001	2002	2005	2009	旧旧課程
1987	1994	1999	2000	2002	2003	2006	2010	中学3以降ゆとり
1988	1995	2000	2001	2003	2004	2007	2011	中学2以降ゆとり
1989	1996	2001	2002	2004	2005	2008	2012	中学以降ゆとり
1990	1997	2002	2003	2005	2006	2009	2013	ゆとり
1991	1998	2003	2004	2006	2007	2010	2014	ゆとり
1992	1999	2004	2005	2007	2008	2011	2015	ゆとり
1993	2000	2005	2006	2008	2009	2012	2016	ゆとり
1994	2001	2006	2007	2009	2010	2013	2017	中3理数脱ゆとり
Z 1995	2002	2007	2008	2010	2011	2014	2018	中2理数脱ゆとり
Z 1996	2003	2008	2009	2011	2012	2015	2019	中学理数脱ゆとり
Z 1997	2004	2009	2010	2012	2013	2016	2020	脱ゆとり
Z 1998	2005	2010	2011	2013	2014	2017	2021	脱ゆとり
Z 1999	2006	2011	2012	2014	2015	2018	2022	脱ゆとり
Z 2000	2007	2012	2013	2015	2016	2019	2023	脱ゆとり
Z 2001	2008	2013	2014	2016	2017	2020	2024	脱ゆとり
Z 2002	2009	2014	2015	2017	2018	2021	2025	脱ゆとり
Z 2003	2010	2015	2016	2018	2019	2022	2026	脱ゆとり
Z 2004	2011	2016	2017	2019	2020	2023	2027	脱ゆとり
Z 2005	2012	2017	2018	2020	2021	2024	2028	脱ゆとり
Z 2006	2013	2018	2019	2021	2022	2025	2029	新課程
Z 2007	2014	2019	2020	2022	2023	2026	2030	新課程
Z 2008	2015	2020	2021	2023	2024	2027	2031	新課程
Z 2009	2016	2021	2022	2024	2025	2028	2032	新課程
Z 2010	2017	2022	2023	2025	2026	2029	2033	新課程
Z 2011	2018	2023	2024	2026	2027	2030	2034	新課程
2012	2019	2024	2025	2027	2028	2031	2035	新課程
2013	2020	2025	2026	2028	2029	2032	2036	新課程

いわゆる「ゆとり世代」の理科離れを食い止めた
い！ （高校側とも目標が一致？）

- 理科の楽しさ（日常現象における科学）
- 理科の有用性（教科書の重要性）
- 環境・エネルギー（社会との接点）

- 理科教師への啓発

- 教員免許更新制度：2009FY導入 - 2023FY末廃止

代表的内容

- ものづくり
- 先端科学の紹介
- 理科教科書の重要性

実験記録の多くは、「グラフ用紙」？

高等学校への出前授業(2002-), プラズマとは? なぜプラズマで核融合か?

高校への出張授業や研究室見学

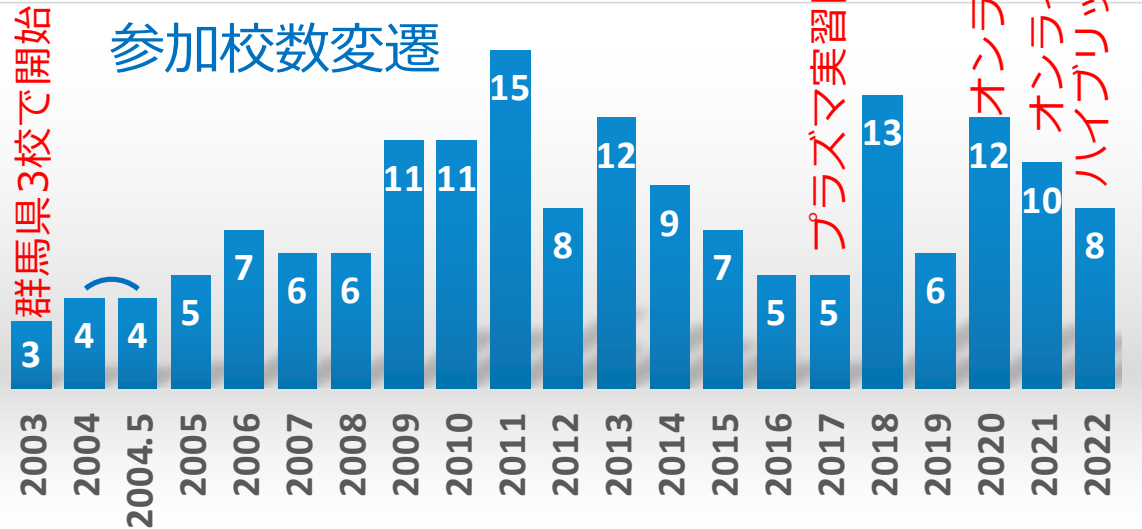


第一回高校生シンポジウム(2003)



プラズマ
物質の4態
電離過程 (放電)
発光 (分光)
.....

プラズマ・核融合学会



科学未来館での座談会(2002)

発表はプラズマに限らない



プラズマ課題同士の交流・ディスカッションが見応えあり!

当時（初期）の活動 (SSH, SPP)が紹介

スーパーサイエンスハイスクール(SSH)

井上 徳之, 毛利 衛 2003/10/1



先端科学
の紹介

p16

プラズマや光の性質を学ぶ高校生 (東京大学高温プラズマ研究センターにて)



ものづくり

p47

大学の研究者による分光の実習で興味を深める高校生

大学院生TAのモチベーションアップに！ 2003. 6.14 @前橋高校 SPP演習風景 13

グループ実験 (TA 4名 分散して資材運び)
IV部：午後実習：分光器を作ろう



梶田さん
現：東大教授

プラズマの動きをみよう



大石さん
現：東北大准教授

とびとびの波長と連続の波長のスペクトル



四竈さん
現：京大准教授

光の色（波長）をわかる仕組み



飯田さん
現：ITER

プラズマからの発光スペクトルを見よう

高校教科書を用いたプラズマ科学 (2008)

東京大学大学院 工学系研究科原子力国際専攻
(担当: 工学部システム創成学科環境エネルギーコース)

准教授 門 信一郎 (佐賀県立伊万里高校出身)

専門: プラズマ, 光, 核融合.

内容:

- きっかけ
- 高校教科書に出てくるプラズマ科学
- **教材「卓上プラズマ実験装置」**
- 言葉は言霊! 用語, 術語の重要性
- プラズマは物質第4の状態ですよ!

補足:

- 教科書格差 ここも格差社会?, 個性の尊重?
- **SSHに高校教科書を使ってみた** . . .

物質の3態 (中1)

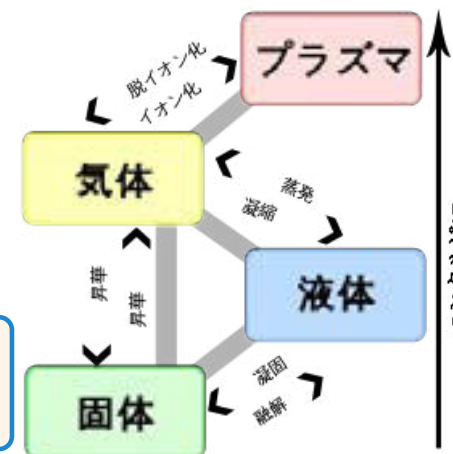
大日本図書 理科の世界中学1年
図23 p.101

大日本図書 理科の世界中学1年 図23 p.101

この先の興味, 好奇心は?

Wikipedia
: 物質状態

自主的に調べて
混乱しないか?



実践例(2007) : SSHに高校教科書を利用してみた(3-4時間)

■ 蛍光灯から核融合まで ～物質第4の状態「プラズマ」の身近な姿～

2007/6/02(土曜)13-16時 浦和第一女子高校 SSH

第1部 : プラズマとは? プラズマで地上の太陽, 核融合エネルギー
電離と再結合, 荷電粒子の性質, なぜ核融合にプラズマ?
プラズマを作るための条件: パッシェンの法則

第2部 : 装置見学, 簡単なプラズマ実験, プラズマはなぜ光る?
励起, 発光過程,
パッシェンの法則の実演
混合ガス放電
直流で蛍光灯をつけてみた.

第3部 : 蛍光灯の中は1万°Cのプラズマ. プラズマ座談会.
教科書の記述の曖昧な点を議論

キーワード (この用語の範囲で説明を試みた) :

エネルギー : 運動, 熱, 位置, 原子の中の位置 = 準位, 質量

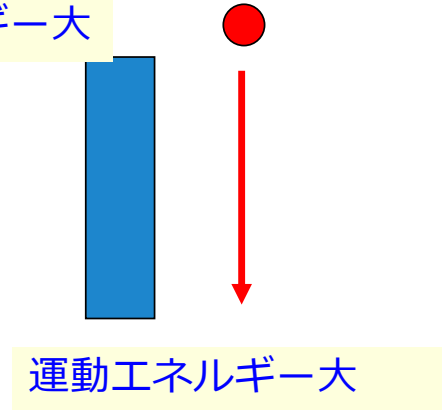
仕事 : 電界加速, 光を出す, 準位を上げる (衝突励起), 核反応
(結合エネルギーよりも, 核子1個あたりの質量と言うほうがよさそう)

(中3) 位置エネルギー：高ところにあるもののエネルギー

○高い=重力に逆らう方向に高い。

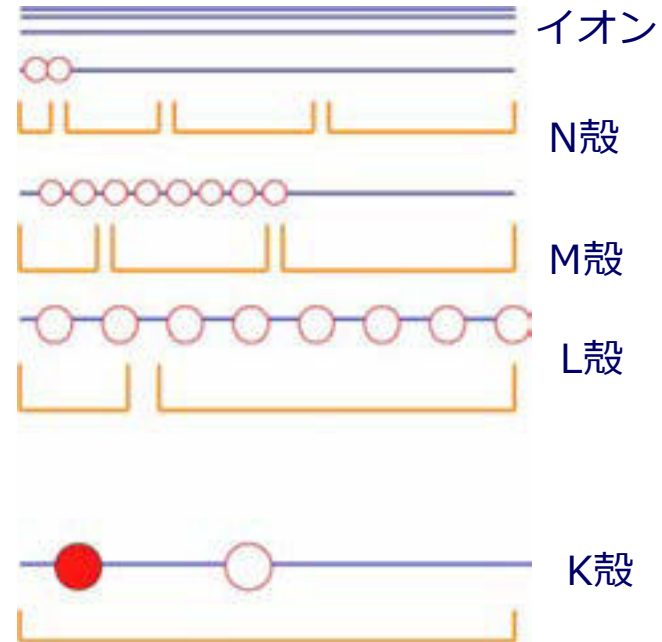
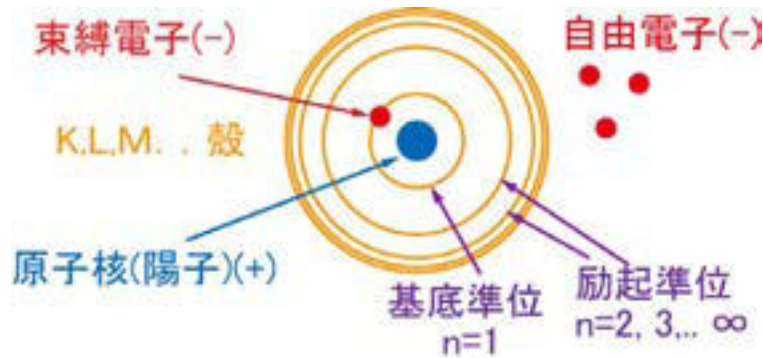
位置エネルギー大

位置が下がる時に運動エネルギーに変換



原子

原子核のまわりを電子がまわっている原子内 (物理モデル) では. . . .



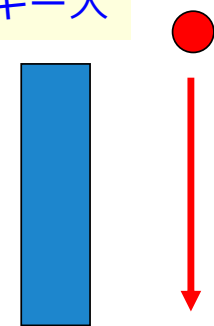
- 原子核 (+) と電子 (-) の引力に逆らう方向に高い
- 原子核から遠いほど位置エネルギーが高い

電子の位置が下がる時に何のエネルギーに変換されるだろうか？

(中3) 位置エネルギー：高ところにあるもののエネルギー

- 高いところから落ちると痛い.
- 高いところにある水が水車を回して発電する

位置エネルギー大

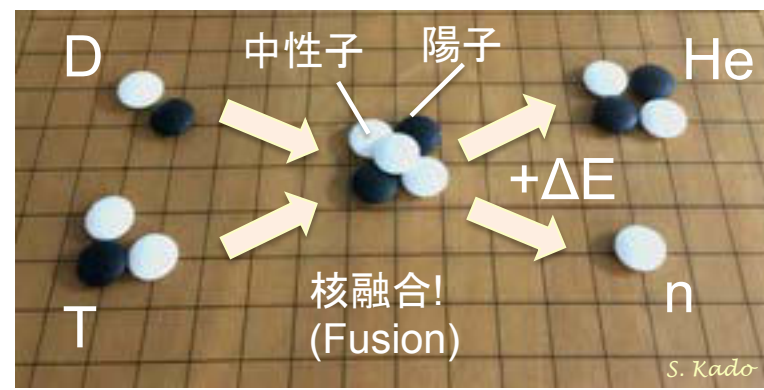


位置が下がる時に運動エネルギーに変換

運動エネルギー大

質量がエネルギーであれば。。。。

原子核



軽くなった分 (質量欠損) だけ
運動エネルギーに変換

中学理科「イオン」に関する学習指導要領の変遷

○平成元年3月（旧旧課程）：「イオン」については、帯電粒子であることを扱う程度とし、原子の構造には触れないこと。電解質水溶液の項目については、現象的に扱う程度とし、イオン化傾向は扱わないこと。

○平成10年12月（旧課程：ゆとり教育）：「エネルギーの出入り」については、定量的な扱いはしないこと。また、イオンについては扱わないこと。（→イオンの項目がなくなった）

○平成20年9月発行（現行課程：脱ゆとり教育）：原子が電子と原子核からできていることを扱うこと。その際、原子核が陽子と中性子からできていることにも触れること。イオン式で表されることにも触れること。（→イオンの復活）

さらに。。

真空放電（気体放電、グロー放電）や陰極線（クルックス管）もなくなる

真空放電の復活

文科省 「学習指導要領」他
例えば出版社：啓林館のwebサイト（中学）の系統図や新旧比較資料に詳しい

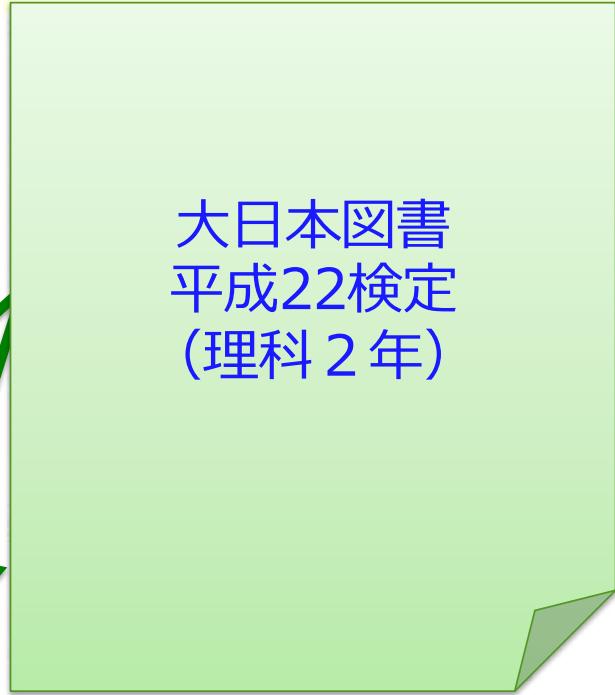
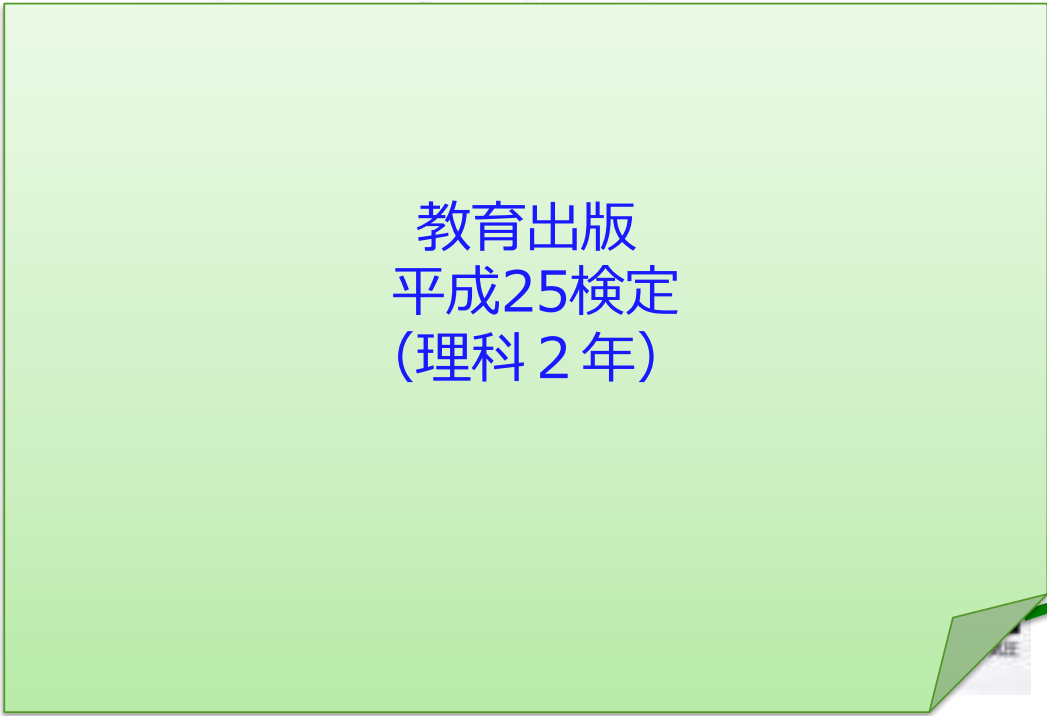
中学理科（2年）における真空放電の扱い（「脱ゆとり」で復活）

教育出版 平成25検定：新課程（理科2年）

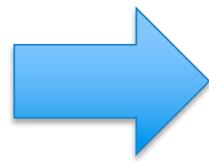
大日本図書平成22検定：新課程（理科2年）

真空放電； 現代：低圧気体放電/グロー放電

クルックス管（陰極線/電子線
現代：真空中の放電、電子ビーム



真空放電(歴史)というべきか、気体放電（現代用語）というべきか。
補足：昭和55(1980)検定：大日本図書理科1分野下
「放電管はクルックス管に比べて、はるかに多くの空気が残っているが、
この放電は真空放電といわれる。」と適切な記述であった。(kado)



アウトリーチにて放電・プラズマ現象を扱いやすくなった

NICT プレス ～太陽フレア～ 義務教育(中3)ではどう扱えるか

NICT 国立研究開発法人 情報通信研究機構

トップページ > 広報活動 > プレスリリース > 通常の1000倍の大型太陽フレアを観測

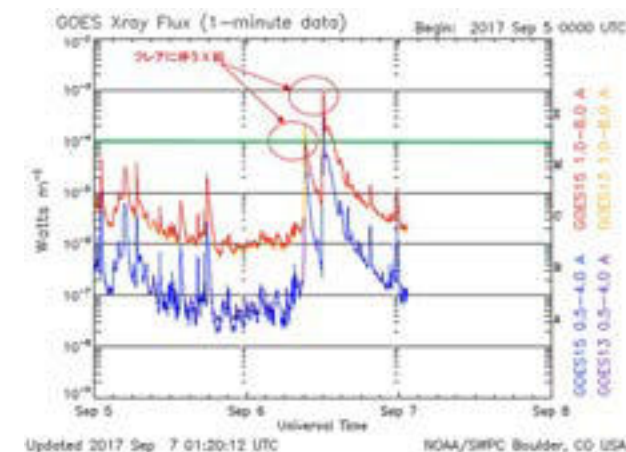
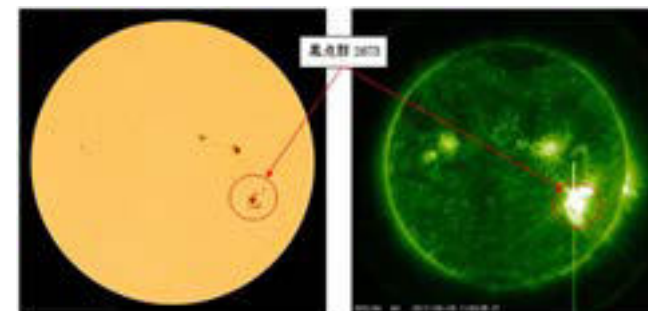
通常の1000倍の大型太陽フレアを観測

～11年ぶり、地球への影響は9月8日午後の見込み～

2017年9月7日
国立研究開発法人情報通信研究機構

国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT、理事長: 徳田 英幸）は、日本時間2017年9月6日（水）に、太陽面中央に位置する黒点群2673における2回の大型の太陽フレア現象の発生を確認しました。このうち、日本時間20時53分に発生した現象の最大X線強度は、通常の1000倍以上に及ぶ大型のものです。この現象に伴い、高温のコロナガスが地球方向に噴出したこと及び高エネルギーのプロトン粒子の増加が確認されました。コロナガスは日本時間9月8日（金）15時から24時ごろにかけて、到来することが予測されています。

この影響で、地球周辺の宇宙環境や電離圏、地磁気が乱れる可能性があり、通信衛星、放送衛星などの人工衛星の障害やGPSを用いた高精度測位の誤差の増大、短波通信障害や急激な地磁気変動に伴う送電線への影響などが生じる恐れがあり、注意が必要です。



理科 3年 (東京書籍)	太陽は非常に高温であるため、物質はすべて気体になっている。(中略)中心部で発生したエネルギーが表面に伝わり、光や熱として宇宙空間に放出されている。
理科 3年 (大日本図書)	太陽は高温の気体からできていて、多量の光を絶え間なく放出している。

いつからこうなのか？ (中学理科： 2013頃の調査 (Kado))

H23(2011)検定： 新しい科学 3年 (東京書籍)	太陽は非常に高温であるため、物質はすべて気体になっている。(中略)中心部で発生したエネルギーが表面に伝わり、光や熱として宇宙空間に放出されている。
H23(2011)検定： 理科の世界 3年 (大日本図書)	太陽は高温の気体からできていて、多量の光を絶え間なく放出している。 (トピックp214) 太陽の中心部分では、高い温度と圧力のため、水素がヘリウムに変わるといふ特別な反応が起こっている。
H17(2005)検定： 新しい科学 2分野下 (3年) (東京書籍)	太陽は非常に高温であるため、物質はすべて気体になっている。(中略)中心部で発生したエネルギーが表面に伝わり、主に光となって宇宙空間に放出され、その一部が地球に届き...
	調査中
S55(1970)検定： 理科 2分野上 (大日本図書)	太陽は、高温の気体からなりたっていて、多量の光を出している。

太陽は気体でできているが、その気体粒子 (太陽風) の記述がない
にもかかわらず、フレア、オーロラなどの言及がなされている。(Kado)

高校教科書 プラズマ現象に関する記述 → (出し惜しみでは?)

科学と人間生活 (啓林館302)	太陽風：コロナの中では水素やヘリウムの原子がイオンと電子に分かれており 電気を帯びたこれらの粒子 が加速されて宇宙空間に流れ出している(p160).
科学と人間生活 (啓林館302)	オーロラ： 電気を帯びた粒子 が大気中に入り，酸素や窒素などの分子や原子とぶつかって発光される(p161)
科学と人間生活 (数研303)	太陽風：コロナの中では、気体の原子が高温のため電子と原子核にわかれてばらばらな状態になっている。このような状態の気体を プラズマ という。(p147)
地学基礎 (啓林館303)	コロナの中では、水素やヘリウムの原子が太陽中心部と同様に イオンと電子に電離して いて、 これらの粒子 が加速され宇宙空間に流れ出している。
地学 (啓林館)	コロナから主に 陽子と電子 からなる プラズマ を吹き出している。
物理 (啓林館)	そのような* (*核融合条件の) 超高温では、物質はすべて完全に 電離 し、 プラズマ といわれる状態になる。
物理 (数研)	このような* (*核融合条件の) 高い温度では、原子は自由電子と原子核に完全に 電離 し、 高温のガス状態 (プラズマ) になっている。

次の改訂で、この2社の物理教科書からも「プラズマ」の用語が消えた (泣)

2017年9月の太陽フレアの記事の報道各社の表現

噴出したガス	(朝日)
電気を帯びた大量の粒子	(毎日)
コロナガス (電気を帯びた高エネルギーのガスの固まり)	(日テレ)
放射線や高エネルギー粒子	(時事通信)
高温のガス (プラズマ)	(読売)
電離したガス (プラズマ)	(産経)

報道もどう書いてよいのか混乱している様子 (^_^;)?

SPECTRUM Science GRADE 8

Lesson 2.5 Solid, Liquid, Gas, and Plasma

Current State Standards

Does a plasma TV really contain plasma?

three best known state → actually a fourth state that's more common

弱電離 から 完全電離へ

- 発光する。 蛍光灯 (プラズマ化して発光させる)
- 太陽・オーロラ・雷
- 恒星はすべて核融合からエネルギーを得たプラズマ状態

提案：プラズマ現象導入の問題点

例：太陽・太陽風とは。。。

現状



これではだめでしょうか？

中学

高温気体

プラズマと言われる電気を帯びた気体

高校概論

電気を帯びた粒子

(注：中学でイオンは学んでいる)

正イオンと電子に電離した
プラズマ状態(電離気体)

高校基礎

イオンと電子に電離

陽子と電子からなるプラズマ

高校発展

陽子と電子からなるプラズマ

太陽・太陽風とは何か、毎年変わる！



一貫した記述にしたい！！



豊島岡女子学園
中学校・高等学校

放電により切
断とは??

数研出版「改訂版化学」 p.117

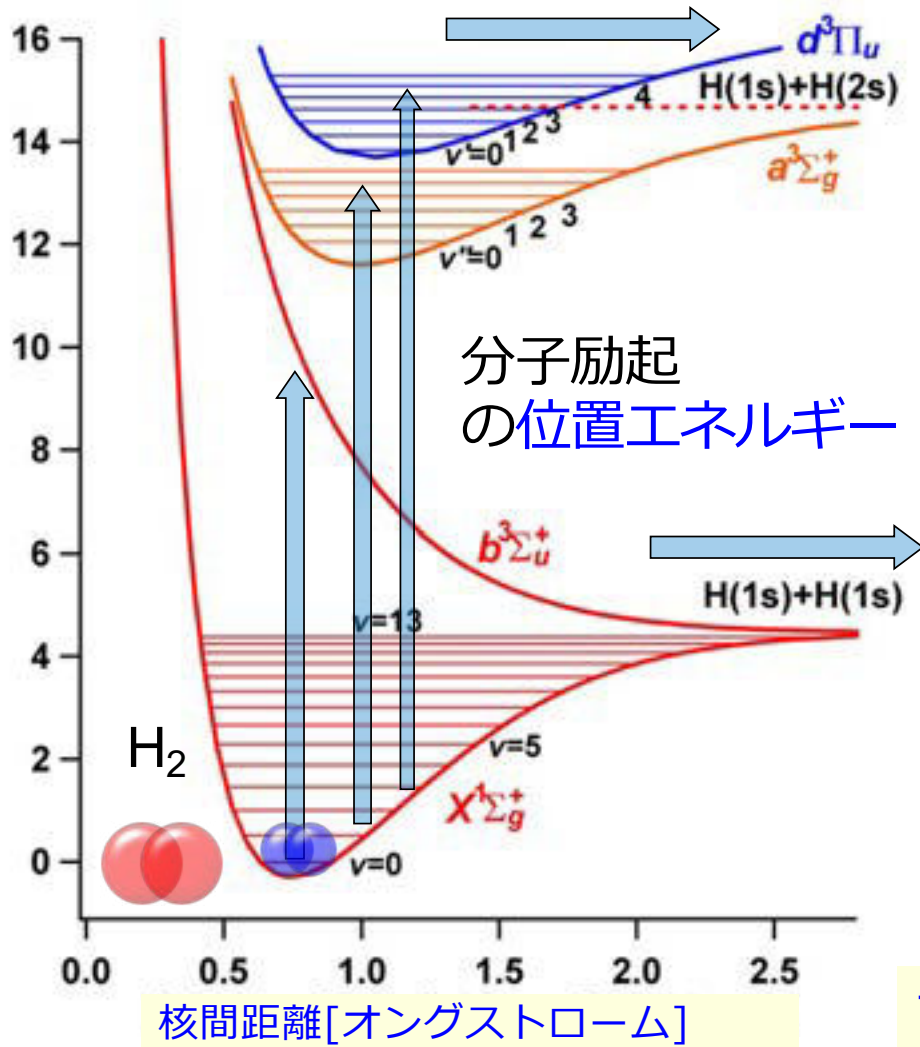
放電により励
起とは??

高校化学教科書にもプラズマの性質の記載が少なくない：ダイヤモンド合成、炎色反応、物質状態



分子解離の素過程 (水素分子 $H_2 \rightarrow$ 水素原子 $H + H$)

電子の位置エネルギー [eV]



励起原子

2019豊島岡女子校にて扱って
みた (化学教科書の発展)。

発光

運動
エネルギー

基底原子
 $H + H$

フランク・コンドン過程

きっかけは ?

III. アウトリーチ活動： 「Z世代」 対応 2013頃 ～

誕生年度	小1	小6	中1	中3	高1	大学	大学院	大学（現役）
1984	1991	1996	1997	1999	2000	2003	2007	
1985	1992	1997	1998	2000	2001	2004	2008	旧旧課程
1986	1993	1998	1999	2001	2002	2005	2009	旧旧課程
1987	1994	1999	2000	2002	2003	2006	2010	中学3以降ゆとり
1988	1995	2000	2001	2003	2004	2007	2011	中学2以降ゆとり
1989	1996	2001	2002	2004	2005	2008	2012	中学以降ゆとり
1990	1997	2002	2003	2005	2006	2009	2013	ゆとり
1991	1998	2003	2004	2006	2007	2010	2014	ゆとり
1992	1999	2004	2005	2007	2008	2011	2015	ゆとり
1993	2000	2005	2006	2008	2009	2012	2016	ゆとり
1994	2001	2006	2007	2009	2010	2013	2017	中3理数脱ゆとり
Z 1995	2002	2007	2008	2010	2011	2014	2018	中2理数脱ゆとり
Z 1996	2003	2008	2009	2011	2012	2015	2019	中学理数脱ゆとり
Z 1997	2004	2009	2010	2012	2013	2016	2020	脱ゆとり
Z 1998	2005	2010	2011	2013	2014	2017	2021	脱ゆとり
Z 1999	2006	2011	2012	2014	2015	2018	2022	脱ゆとり
Z 2000	2007	2012	2013	2015	2016	2019	2023	脱ゆとり
Z 2001	2008	2013	2014	2016	2017	2020	2024	脱ゆとり
Z 2002	2009	2014	2015	2017	2018	2021	2025	脱ゆとり
Z 2003	2010	2015	2016	2018	2019	2022	2026	脱ゆとり
Z 2004	2011	2016	2017	2019	2020	2023	2027	脱ゆとり
Z 2005	2012	2017	2018	2020	2021	2024	2028	脱ゆとり
Z 2006	2013	2018	2019	2021	2022	2025	2029	新課程
Z 2007	2014	2019	2020	2022	2023	2026	2030	新課程
Z 2008	2015	2020	2021	2023	2024	2027	2031	新課程
Z 2009	2016	2021	2022	2024	2025	2028	2032	新課程
Z 2010	2017	2022	2023	2025	2026	2029	2033	新課程
Z 2011	2018	2023	2024	2026	2027	2030	2034	新課程
2012	2019	2024	2025	2027	2028	2031	2035	新課程
2013	2020	2025	2026	2028	2029	2032	2036	新課程

Z世代

Z世代 ～「脱ゆとり」と概ね重なる

- デジタルネイティブ
- スマホ世代(iGen), ×電話, △メール, ○LINE
- YouTube, TikTok, Instagram, Twitter, × Facebook
- 教育ICT, GIGAスクール, オンライン授業, Zoomers
- 環境問題/ジェンダー問題等に敏感

デジタルコンテンツ

- 人物に着目
- オンライン演習：工夫
- 動画教材：スマートフォン（生徒も使いこなす）
- データベース利用：「雰囲気」から「定量化へ」
- スプレッドシート、画像解析、、、(教育ICT)

時事的トピック

- 核融合エネルギー (SDG's, 核不拡散)
- 新型コロナ感染症 (物理モデルと数理モデル)

リケジョ・物理女子（仮）を育むキャリアパス

男女共同参画委員会活動

継続課題

- 現状把握と周知 (大規模アンケート等)
- 世界動向への参画
- 女性賞の設立/奨励

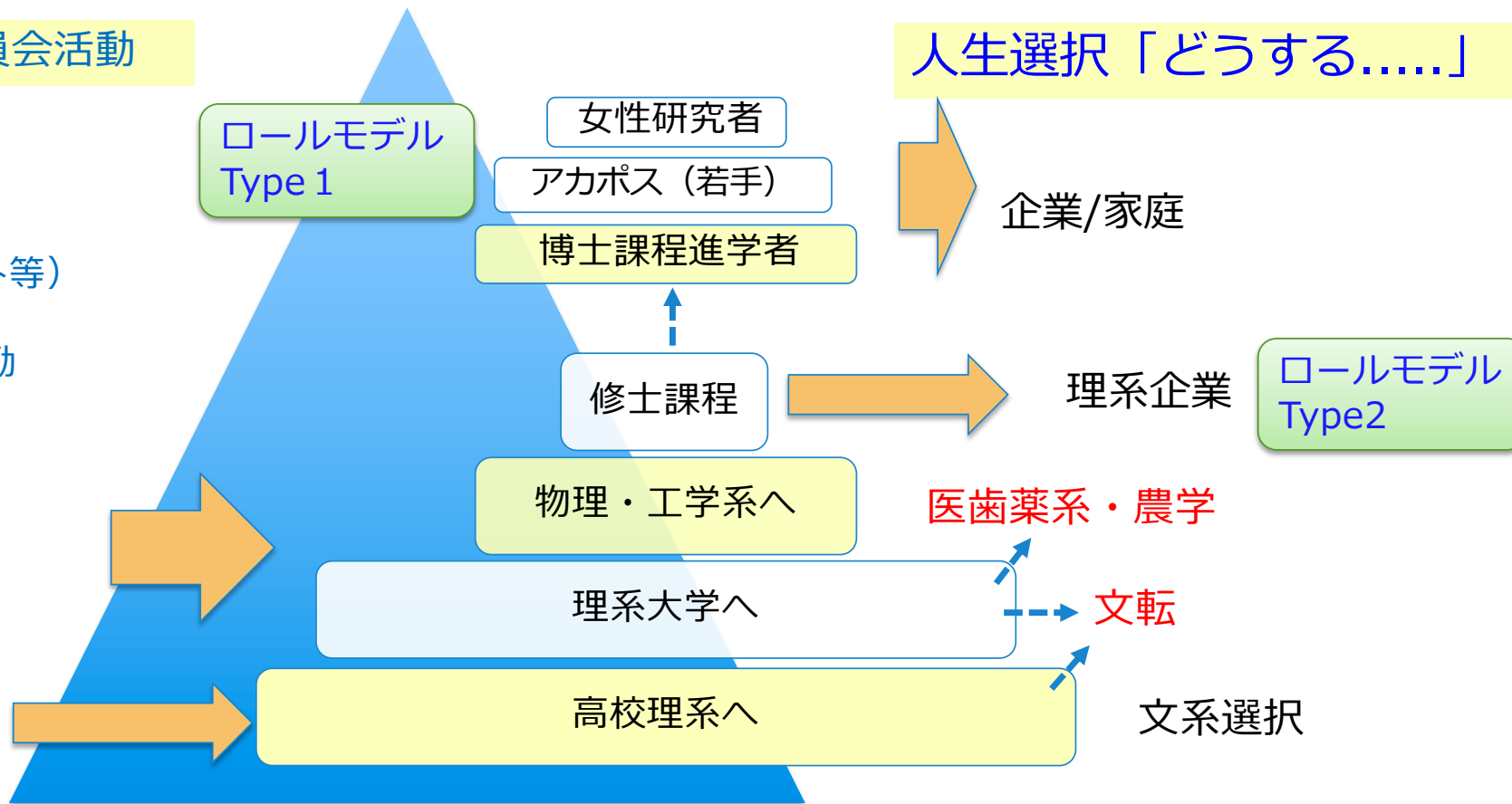
支援

- 学会での託児所

有効っぽい

アウトリーチ活動

- 夏の学校
- 関西科学塾

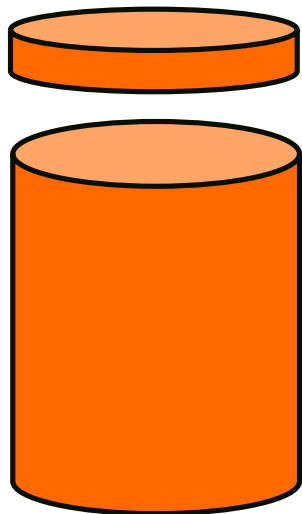


エントリポイント → 間口を広げる (科学を身近に、ロールモデルを身近に)
 クリティカルポイント → 意図しない離脱を選ばなくてよい環境 (社会/家族)

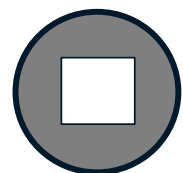


ふた
→スリット

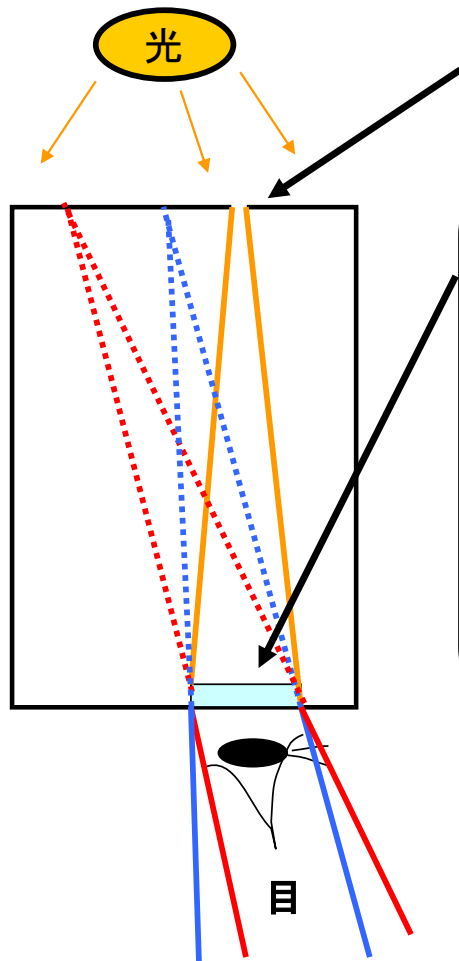
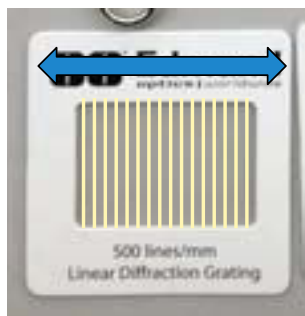
内部を黒くすると迷光が減る



底
→回折格子



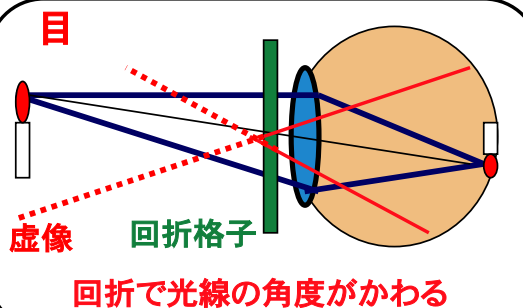
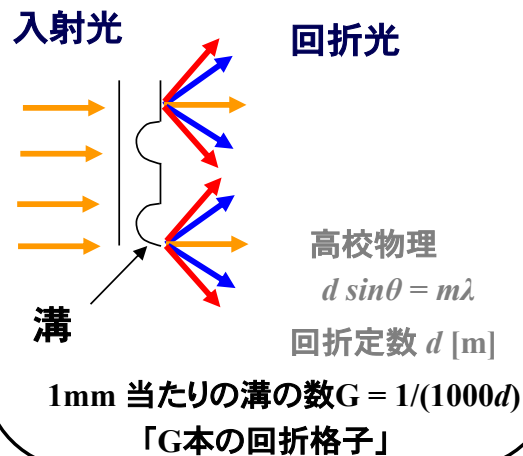
穴をあける



(c) S. Kado

スリット
光をシャープな像に切りだす

回折格子(グレーティング)



白熱灯



蛍光灯



白色LED



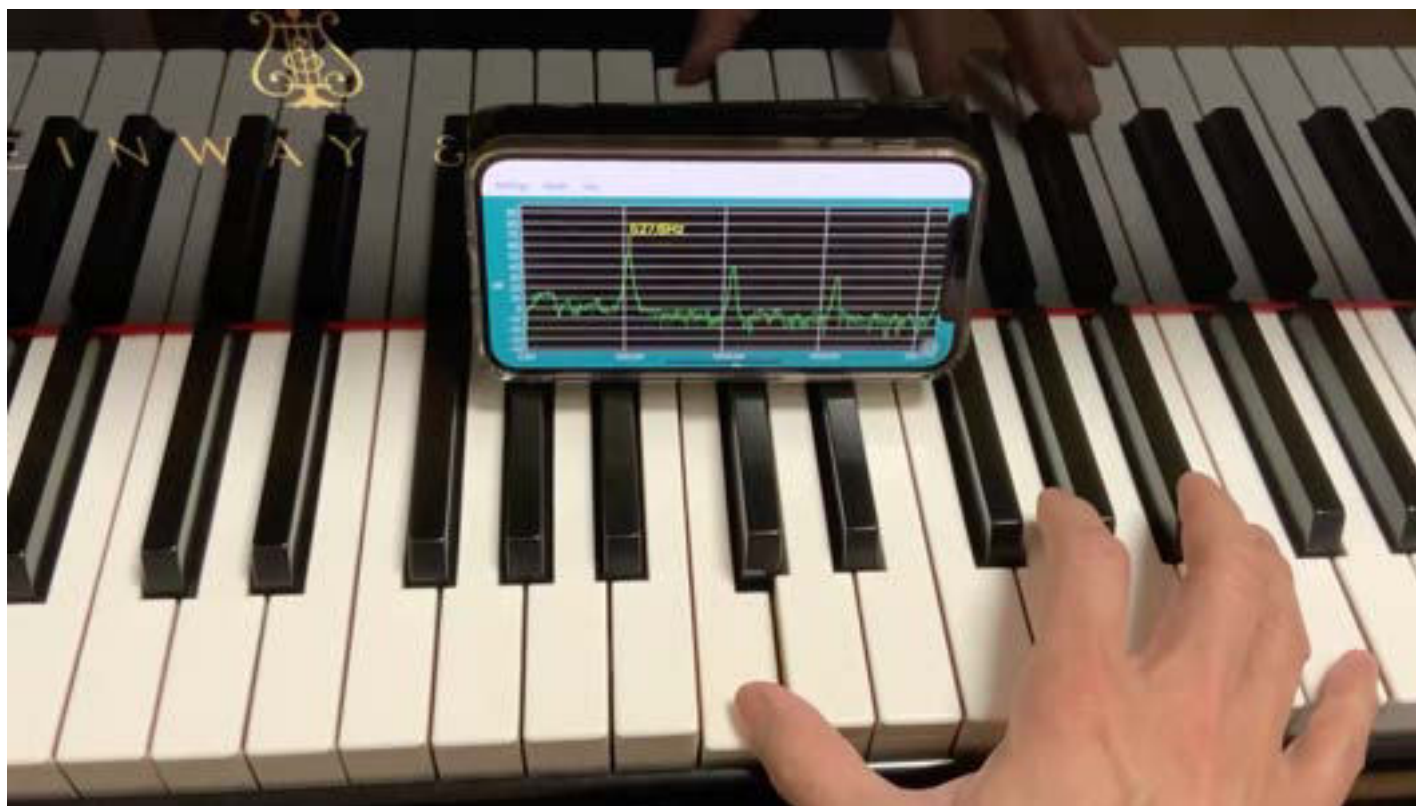
この類の「光り物」(分光実験)は印象的だが、やや流行りすぎかも...

音波：1オクターブ（黒鍵7+白鍵5 = 12）毎に振動数は2倍



身近なものを題材に、科学との関連を伝えたい！

- 楽器(ピアノ)とスマートフォンアプリで音波の周波数解析が可能



音波：聞こえる音は空気振動のほんの一部



88鍵盤=(白7+黒5) × 7 + (ラ, ラ#, シ, ド)



A0= 27.5 ← 55 ← 110 ← 220 ← 440 → 880 → 1760 → 3520 → C8=4186 Hz
4 オクターブ A4 (ラ) 3 オクターブ+4 (~4 kHz)

縦波

モスキート音 ~17 kHz

さらに2オクターブ
「可聴域 (かちょういき)」で検索
20Hz~20kHz

ピアノは身近な楽器の中で音域の幅最大
ラスボスはパイプオルガン。
低音は可聴域より低い。

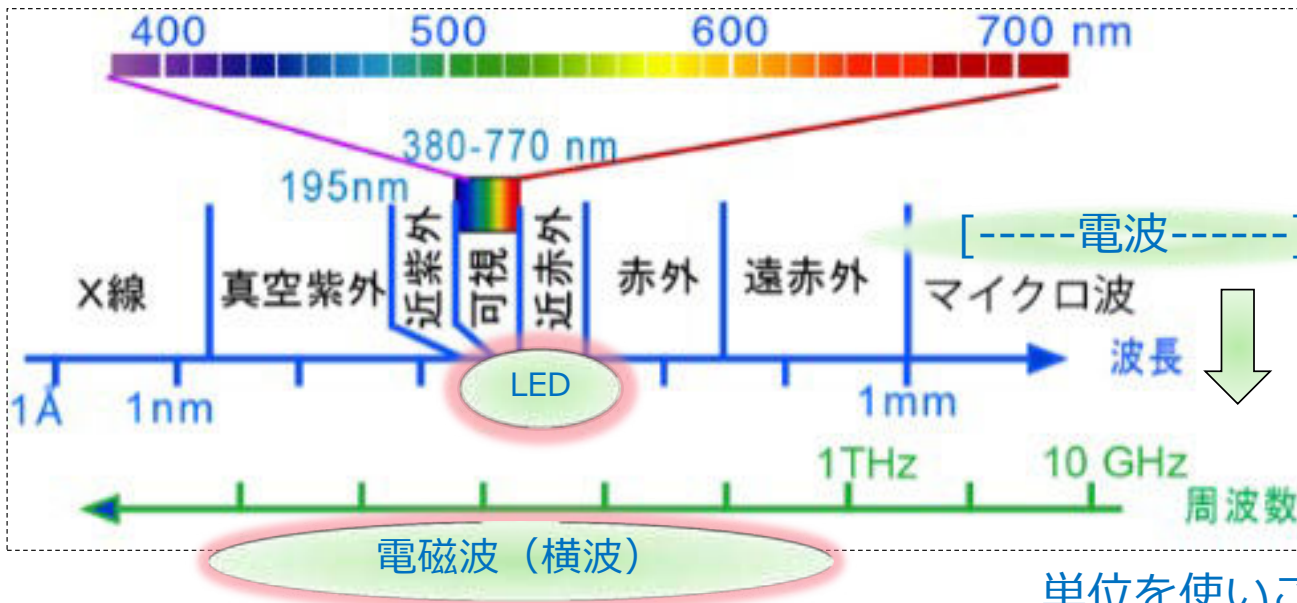


光波：目に見える光は電磁波のほんの一部



電磁波の波長と周波数

$$c \text{ (光速)} = f \text{ (周波数)} \times \lambda \text{ (波長)}$$



単位を使いこなす

n, μ, m, 1, k, M, G, T

代表：1 GHz = 10⁹ Hz
1 kHzの100万倍

	周波数(f)	波長(λ)
赤外線		770 nm以上
可視光線		380~770 nm
紫外線		380 nm以下
携帯で使用する電磁波	700 MHz ~28 GHz	

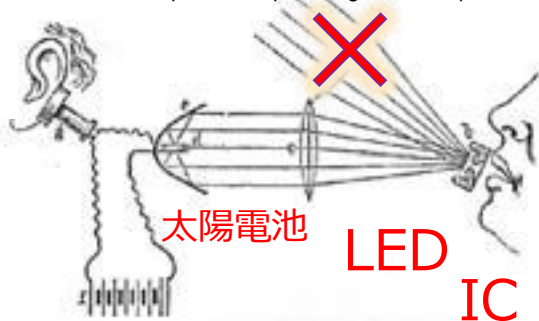


「光を聴く、音を光に乗せる」

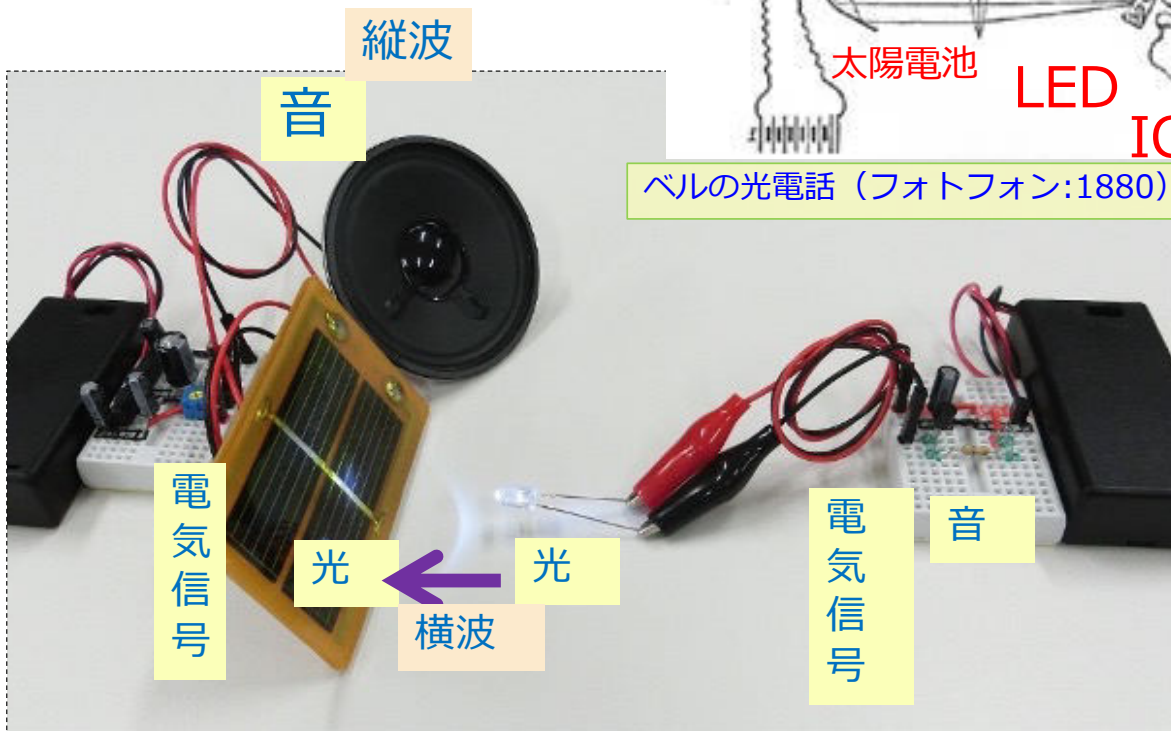
2022 実験D
(オンライン)

アンプ+
スピーカ

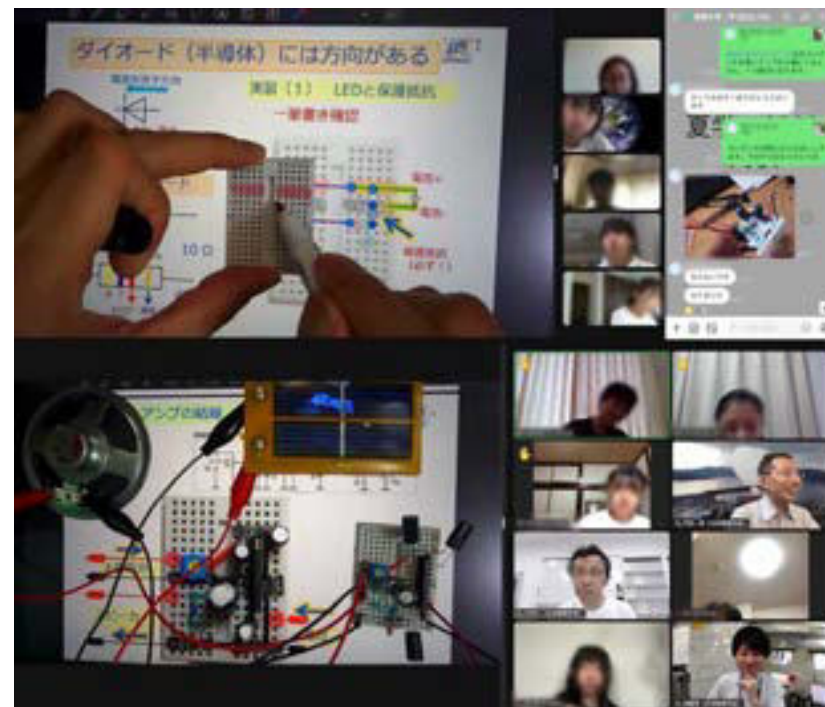
<https://en.wikipedia.org/wiki/Photophone>



ベルの光電話 (フォトフォン:1880)



2019までは対面で実施していた



- 演習中は一生懸命。楽しんでいる様子。
- 実習期間終了後のフォローアップを希望する生徒はほぼいない。(現実的/現世的?)

部活動の感覚に近い
個人が抜きん出るより、グループ活動
楽しむ > 成果



真空放電から核融合エネルギーへ

講師 門 信一郎 京都大学エネルギー理工学研究所・准教授



佐賀県伊万里市出身

伊万里小学校 → 伊万里中学校 → 伊万里高校
→ → → 京都大学理学部
→ 九州大学大学院 (博士号取得)

自然科学研究機構 核融合科学研究所 助手/助教 (3年)
東京大学 助教授 (准教授) (13年)
→ 京都大学エネルギー理工学研究所 (2013.2~)

高校生活： 合唱部 (ピアノ伴奏)、ギター部に没頭

大学生活： 体育会フィギュアスケート部 (現在部長)

- I. 自然界のプラズマ
- II. 人工的にプラズマを作る
- III. プラズマからの光を利用する
- IV. 核融合エネルギー

A B C シートの準備を !!

36

インタラクティブに進める一案

A B C

オンラインの方も選んだつもりで参加を



プラズマを知っていますか？

37

A: 説明できる

B: 言葉は聞いたことある

C: 初耳

インタラクティブに進める一案



人物と歴史：はじめて人工的に本格的なプラズマを作ったのは？



人物・歴史
と対応

(A) ベンジャミン・フランクリン(1706-1790)

(B) 平賀源内(1728-1780)

(C) マイケル・ファラデー (1791-1867)

雷の帯電 (1752年)
第9代：
徳川家重(いえしげ)

摩擦静電気発生器を復元 (1776年)
第10代：
徳川家納(いえはる)

1800年ボルタ電池発明
1831年電磁誘導の法則

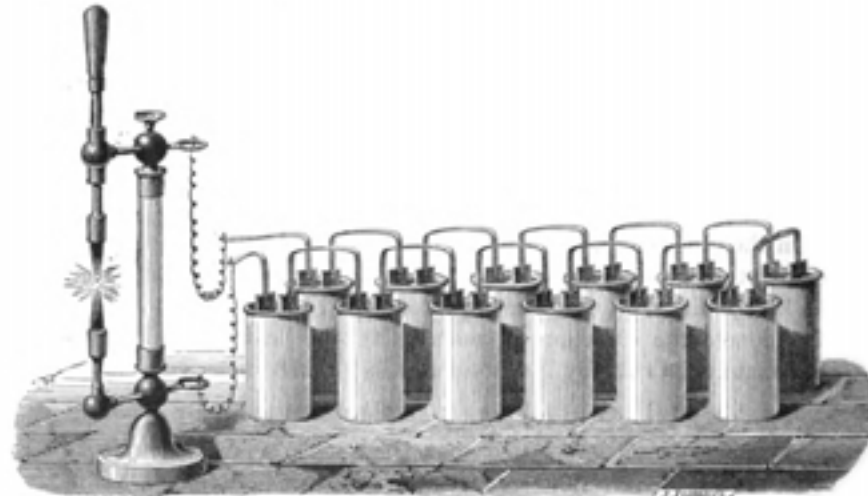
グロー放電中の暗部 (1833年)
第11代：
徳川家斉(いえなり)

(c)Photo from Wikipedia

デービーのアークランプ(1802年頃)



ボルタ電池(1.1V, 1800年
発明)が2000個必要！！



デービーの炭素アークランプと同タイプのもの

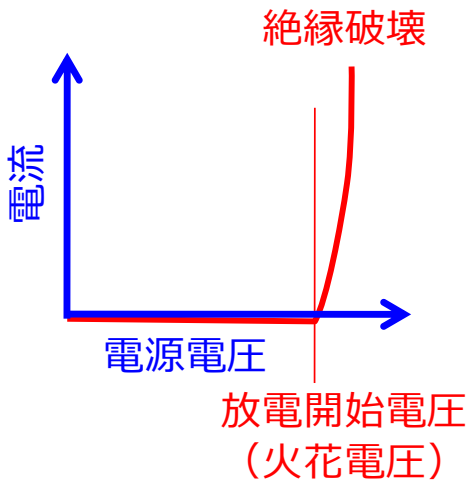
人物・歴史
と対応

学校で習う
ボルタ電池
換算。

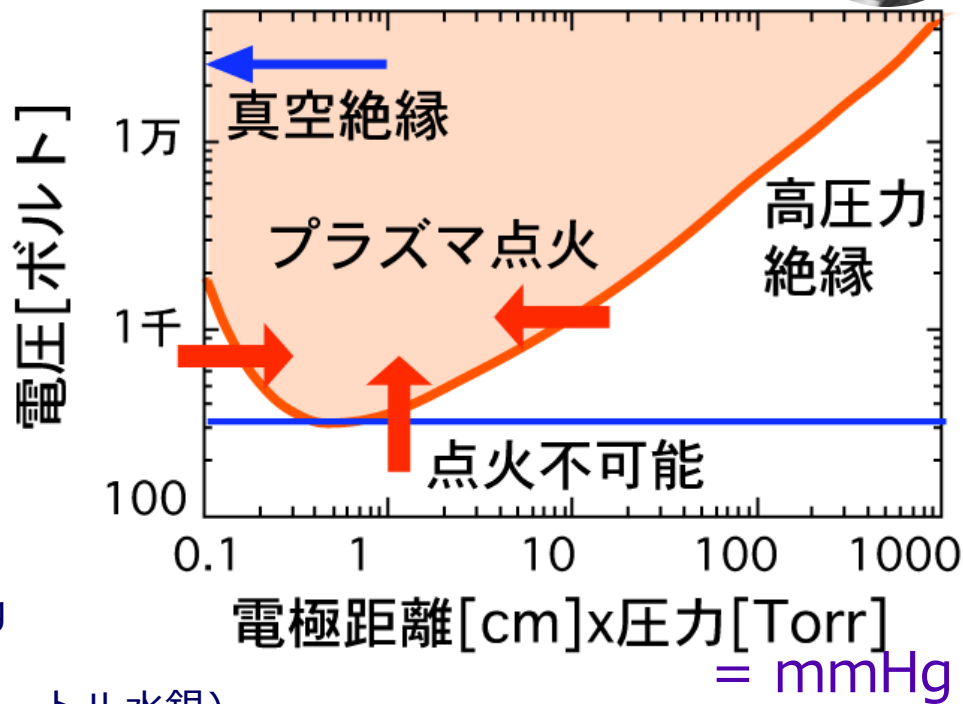
(c)Photo from Wikipedia

パッシェンの法則 ～放電を開始させる要素～

パッシェンの法則 (実験則) (Paschen, 1865-1947、ドイツ) (24歳)
～学生時代の実験 (学位取得)～
「火花電圧は気体の圧力(p)と電極間距離(d)の積で決まり、**極小値**を持つ」



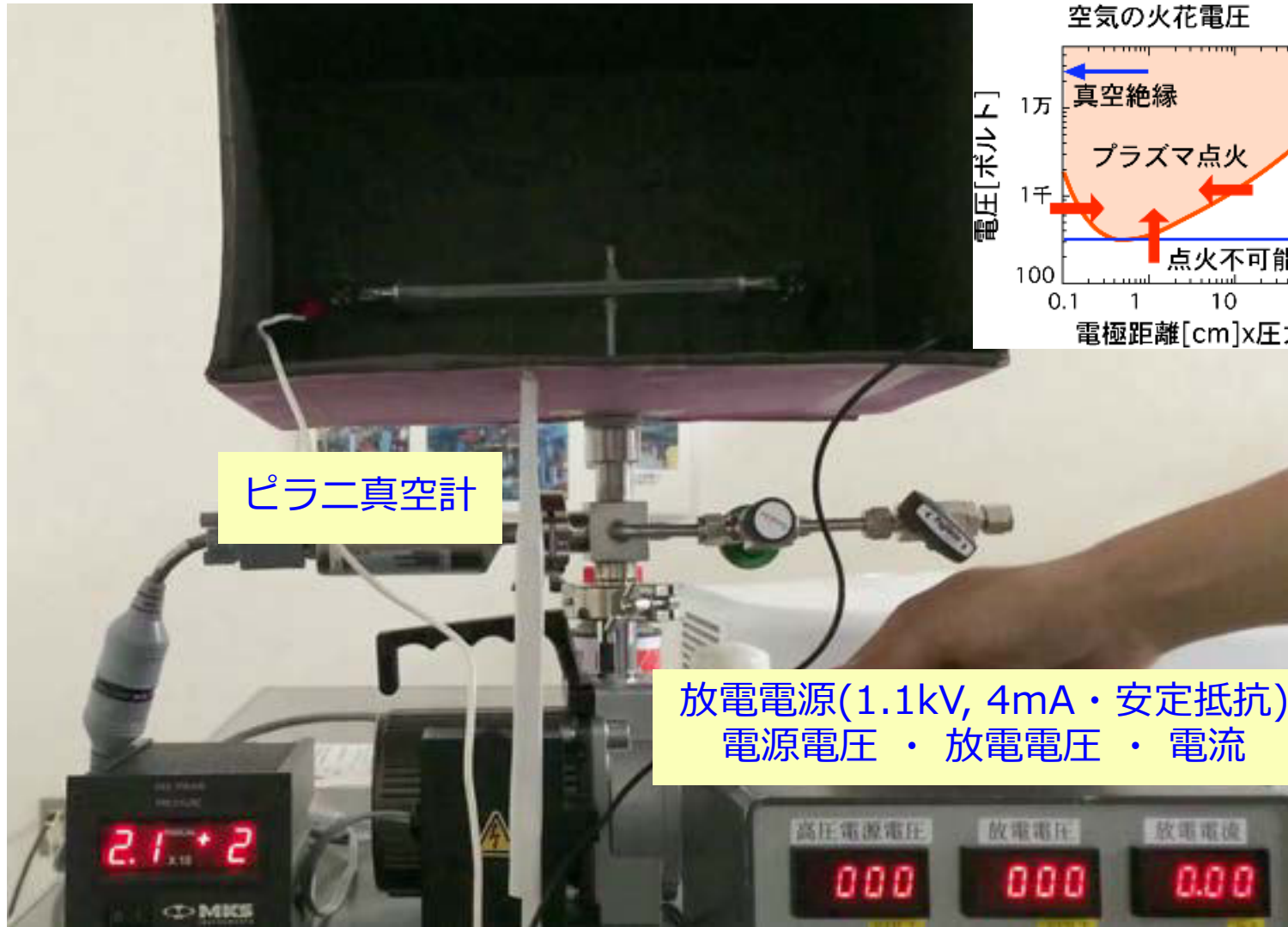
空気の火花電圧



圧力の単位いろいろ
 1気圧 = 1013 hPa = 760 mmHg
 hPa = 100 Pa (パスカル)
 Torr (トール) = mmHg (ミリメートル水銀)

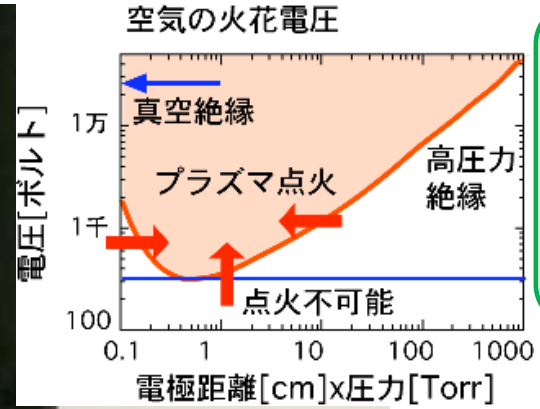
(c)Photo from Wikipedia

気体からプラズマへ ～パッシェンの法則～



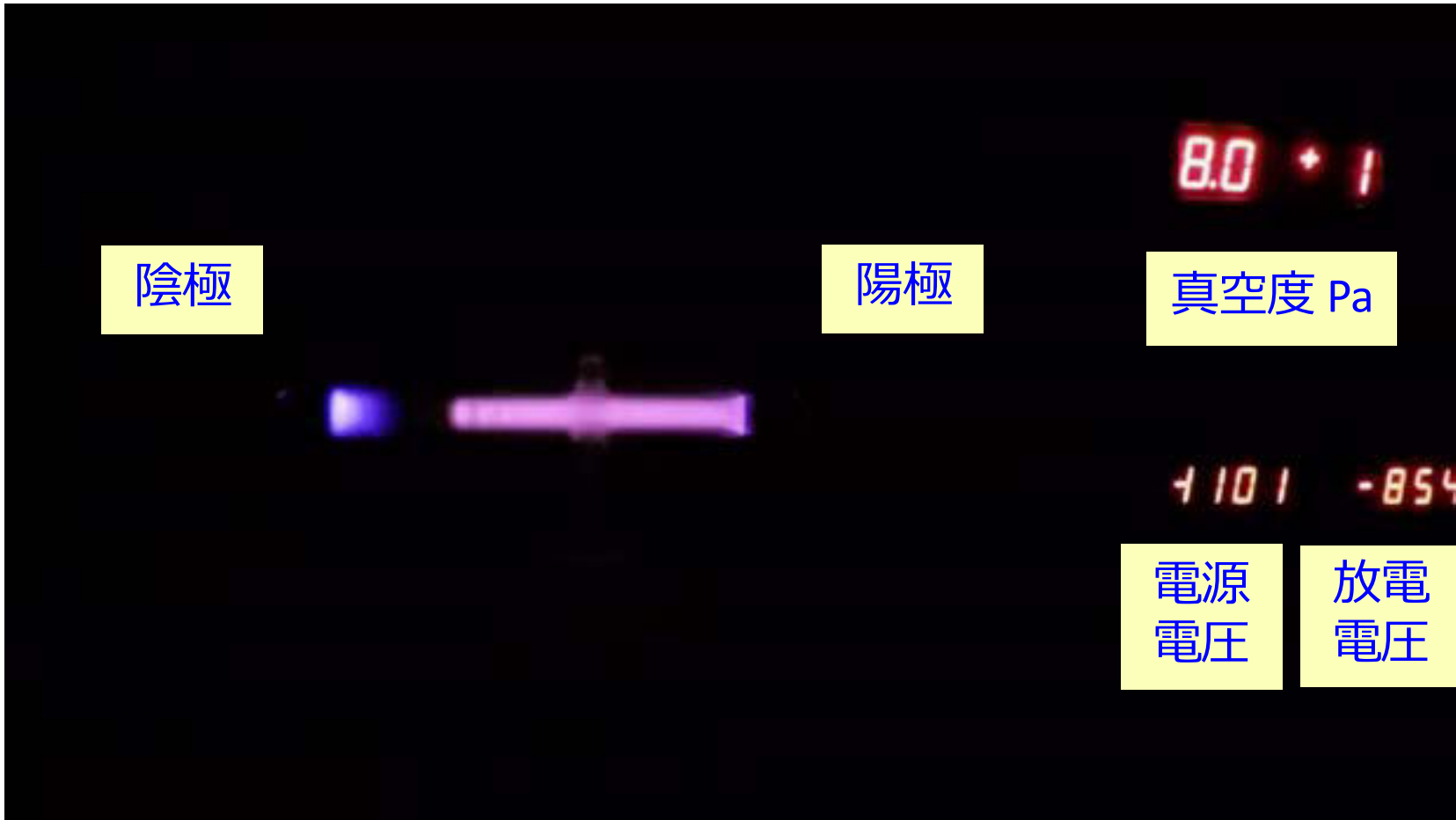
ピラニ真空計

放電電源(1.1kV, 4mA・安定抵抗)
電源電圧・放電電圧・電流



オンライン用に動画収録

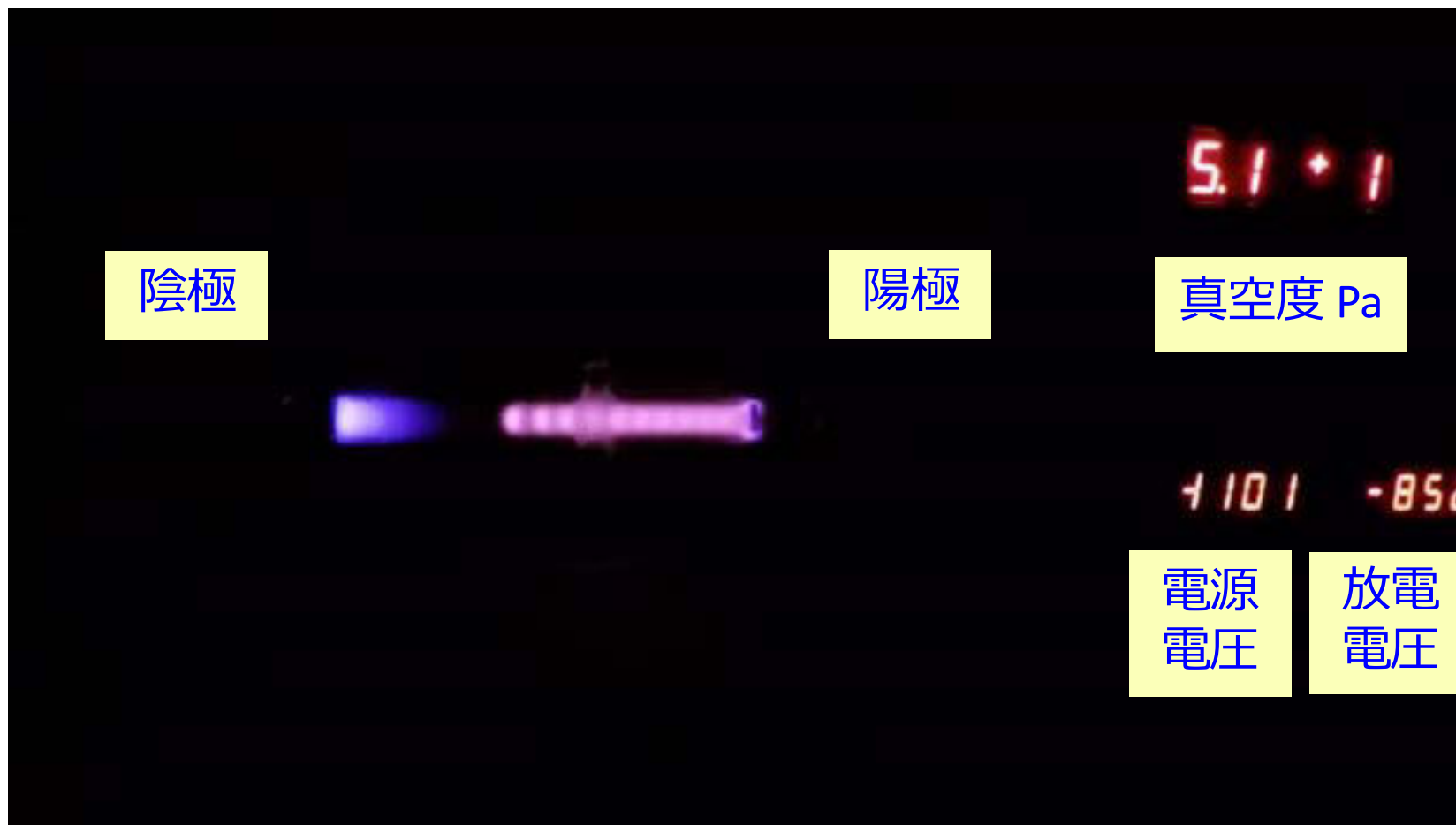
プラズマと磁場は仲がいい



オンライン用に動画収録

気体が変わると色が変わる。

形も変わる



オンライン用に動画収録

ピラニゲージ：メタン N₂ 読み値 x 0.63

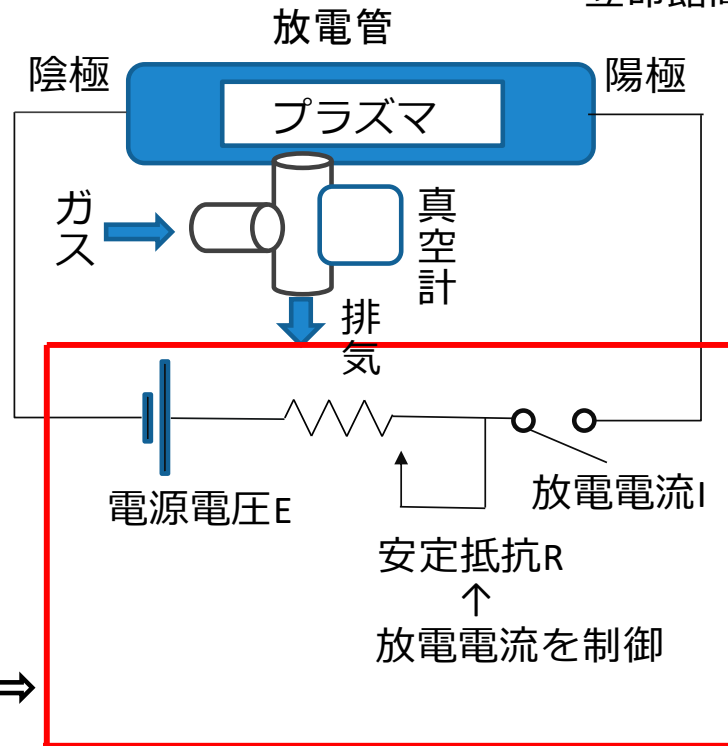
空気による低圧グロー放電中のプラズマの発光スペクトルの起因に関する研究 (2018FY)

立命館高等学校 2年 (池上・佐原)

ポスター発表優秀賞受賞



図4 実験装置全体図



可変安定抵抗
内蔵放電電源

- 真空装置組み立て体験
- 分光器較正 (エクセル)
- スペクトル同定
- データ解析

実際に研究者が行っているプロセスと同じ!!

分光器を用いてスペクトル計測

- 窒素分子 (2nd Positive; 2PS)
- 窒素分子 (1st Positive; 1PS)
- 窒素イオン (1st Negative; 1NG)

圧力 6.7×10 Pa
放電電圧 852 V
放電電流 1.37 mA



スペクトルからエネルギーを実感

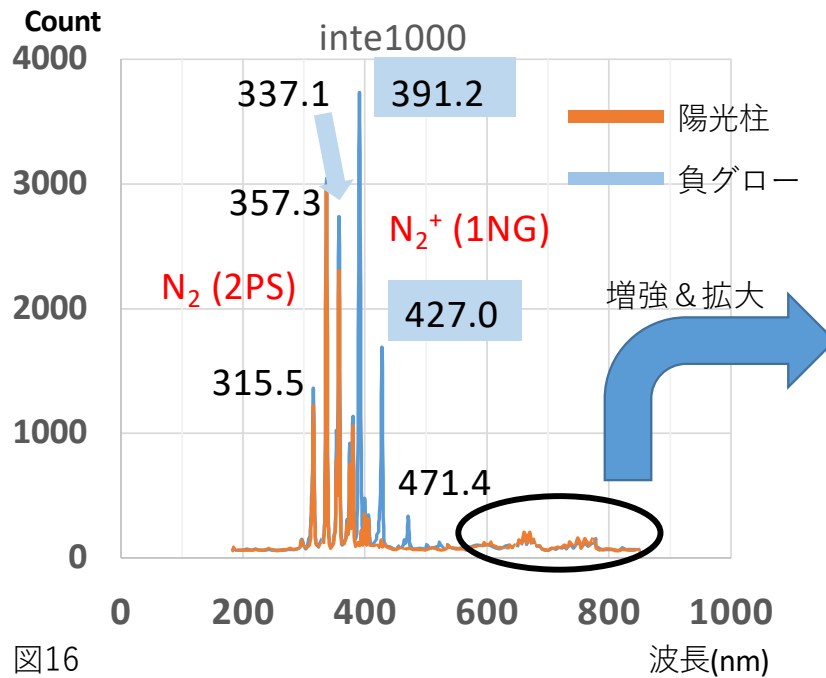


図16

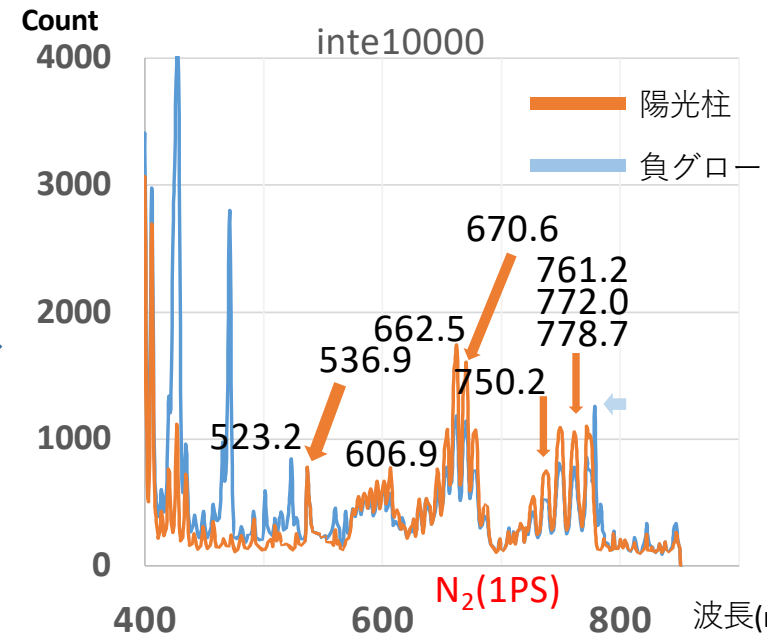


図17 図16の波長500~1000nmを露光時間を変え拡大



学校法人 大阪医科薬科大学

高槻中学校
高槻高等学校

IV. 高校生の活動例

プラズマ・核融合学会におけるアウトリーチ活動
高校生シンポジウム発表後のサポート

46

低気圧での熱とプラズマ光線の形状 (2022FY)

高槻高等学校2年 (2022年度)
金井・河内・酒井・清水・福田
アドバイザー (九州大学花田研究室)

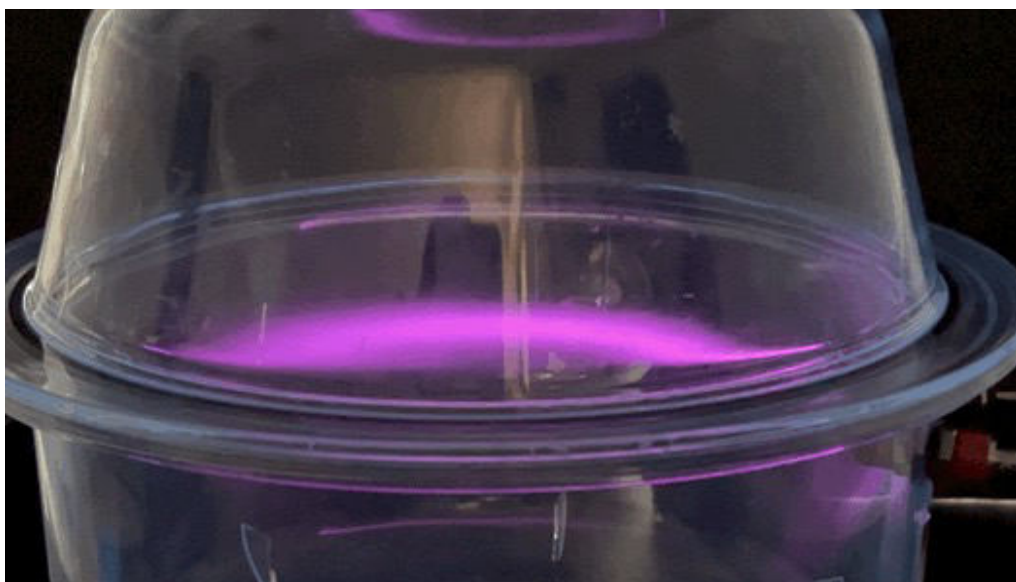
高気圧 (~ 1000 Pa) のグロー放電において放電路が上向きアーチ状になる現象の解明を目指す

温度が関係しているとの仮説

内部の温度計測など

最優秀発表賞受賞

後日：ディスカッションに来所



実験装置



デシケータ



誘導コイル



真空ポンプ・真空配管とピラニゲージ

部活動のように、先輩から後輩へ引き継いで、実験が進められているようである。かなり本格的！



水中コイン落としの研究 ～螺旋落下運動に着目して～

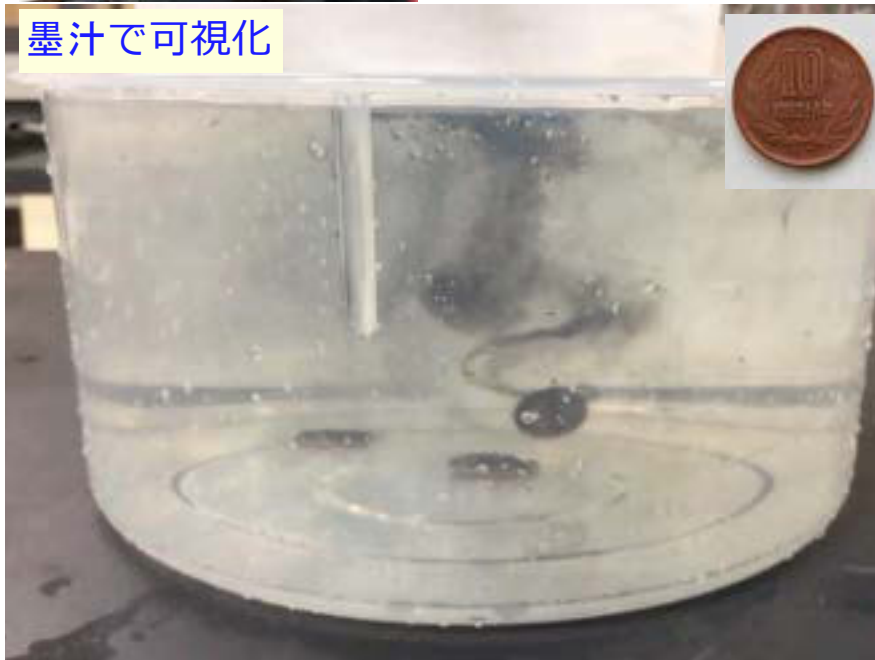
花園高等学校物理ゼミ 2年 石井・門 (奨励賞)



円運動の運動方程式より

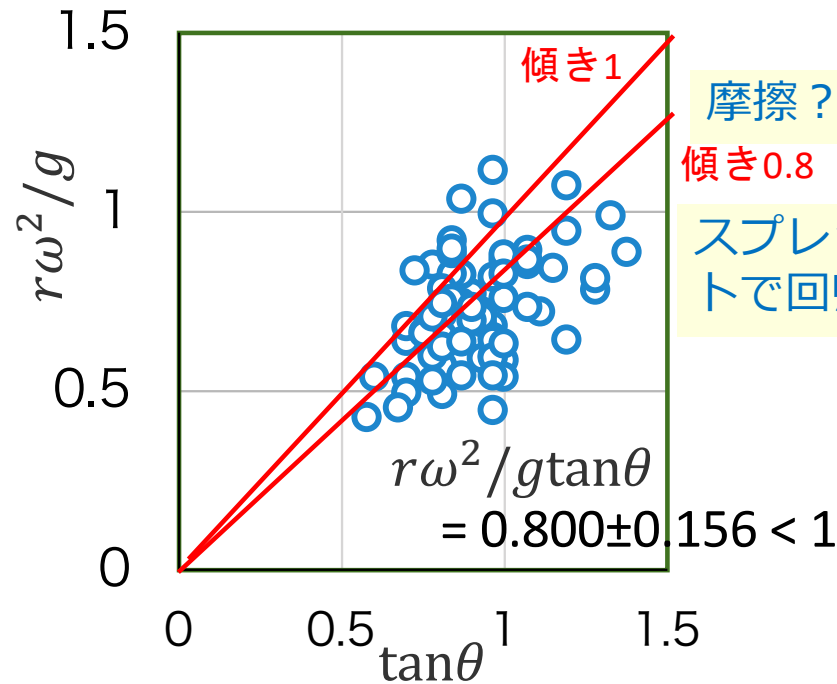
$$r\omega^2/g = \tan\theta$$

墨汁で可視化



実験動画のスナップショットからコインの
旋回半径 r 、角度 θ 、角速度 ω を正確に計測

鉛直に落ちる (成功する) 確率が上がる仕組みを推測
角度、水中で離す



スマートフォンを
物理実験に使いこ
なせる時代。

高校数学に基づく新型コロナウイルス感染症流行曲線の簡易分析

京都大学エネルギー理工学研究所 門 信一郎(Shinichiro Kado)

<動機> 新型コロナウイルス感染症

第1波：3密回避・行動変容（接触を8割削減）

第2～3波：「実効再生産数」

第4～5波：変異株（感染力→伝播力）

第6波：オミクロン株（世代時間の变化）

現在も状況が時々刻々変化。

学習指導要領（高等学校）：

「日常や社会の事象を数理的に捉え、分析・考察する題材」 → 「探求」や「研究活動」にも適する

日常や社会現象との関連性を意識した微分方程式：

冷却曲線からSIRモデルへ

エクセルシートの利用

将来の本格的な解析への動機づけ

専門（領域2）

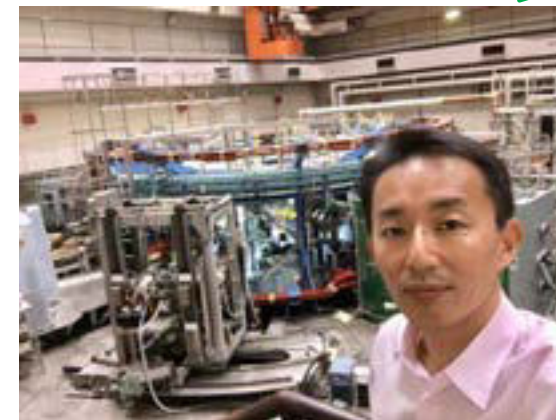
- プラズマ計測・核融合
- プラズマ分光・原子過程

理科教育

- 高大連携・アウトリーチ
- 物理学会 物理教育委員会委員

物理教育セッションに登壇

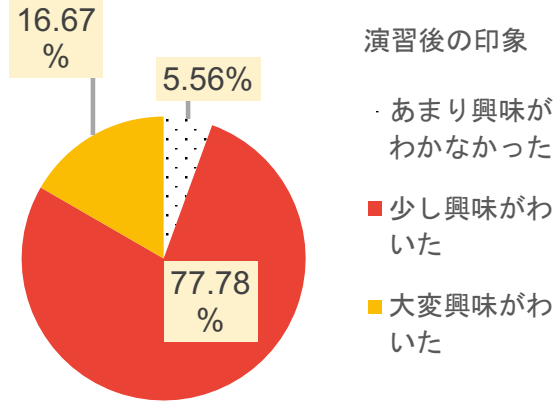
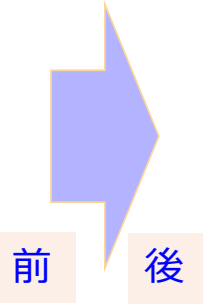
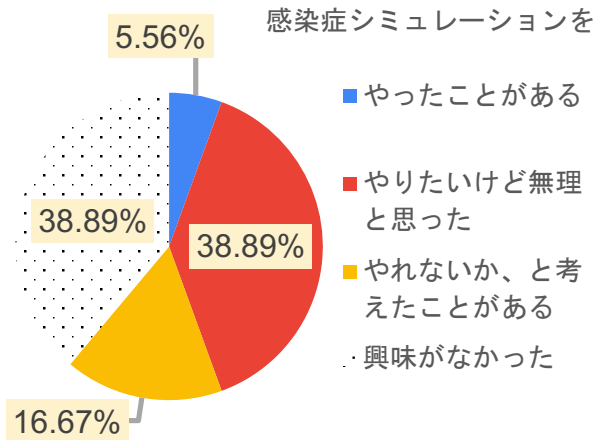
科学の有用性。社会との接点



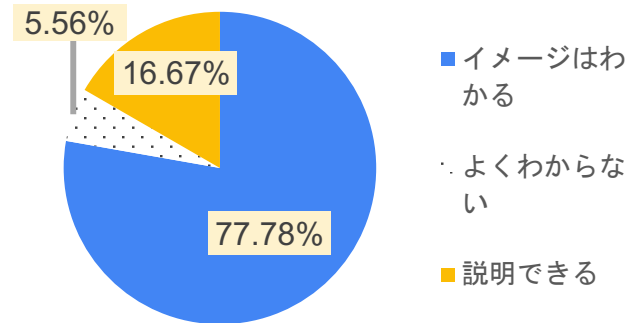
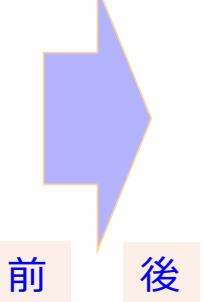
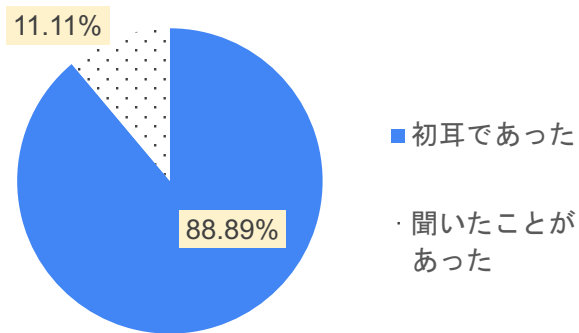
演習アンケート（高校3年生：回答18名; 2022.3.15）

「立命館大学付属校・提携校 高校3年生対象大学数学講座」

感染症シミュレーションを：



用語「実効再生産数」「世代時間」は：



（高校数III 相当）数物系に興味ある生徒、大学初年度の演習に扱えそう

導入例：ニュートン冷却曲線 からSIRモデルの類推へ



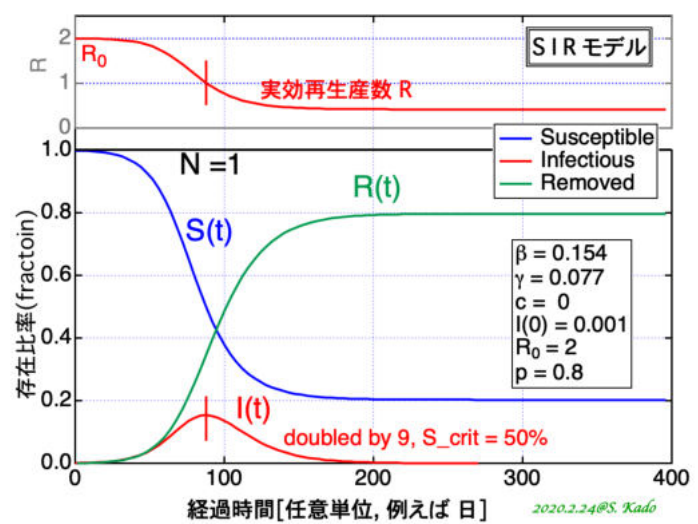
$$\frac{dT}{dt} = \text{加熱} - k(T(t) - T_{air})$$

定数 k 指数関数的性質

$$\frac{dQ}{dt} = mC \frac{dT}{dt} = P_{in} - \frac{kmC(T(t) - T_{air})}{P_{out}}$$

質量 比熱

冷却曲線

$$\frac{P_{in}}{P_{out}} \begin{cases} > 1 & \text{温まる} \\ = 1 & \text{保温} \\ < 1 & \text{冷める} \end{cases}$$


閉じた系

- 個体差、非均一性
- クラスタ発生
- などを無視・平均化

$$R_0 = \frac{N\beta}{\gamma} = \frac{[I] \text{半減期}}{\text{倍加時間}}$$

基本再生産数 感染力

$$R_t = \frac{S}{N} \frac{N\beta(1-c)}{\gamma}$$

実効再生産数

効果率 c
防護具
行動変容
ワクチン

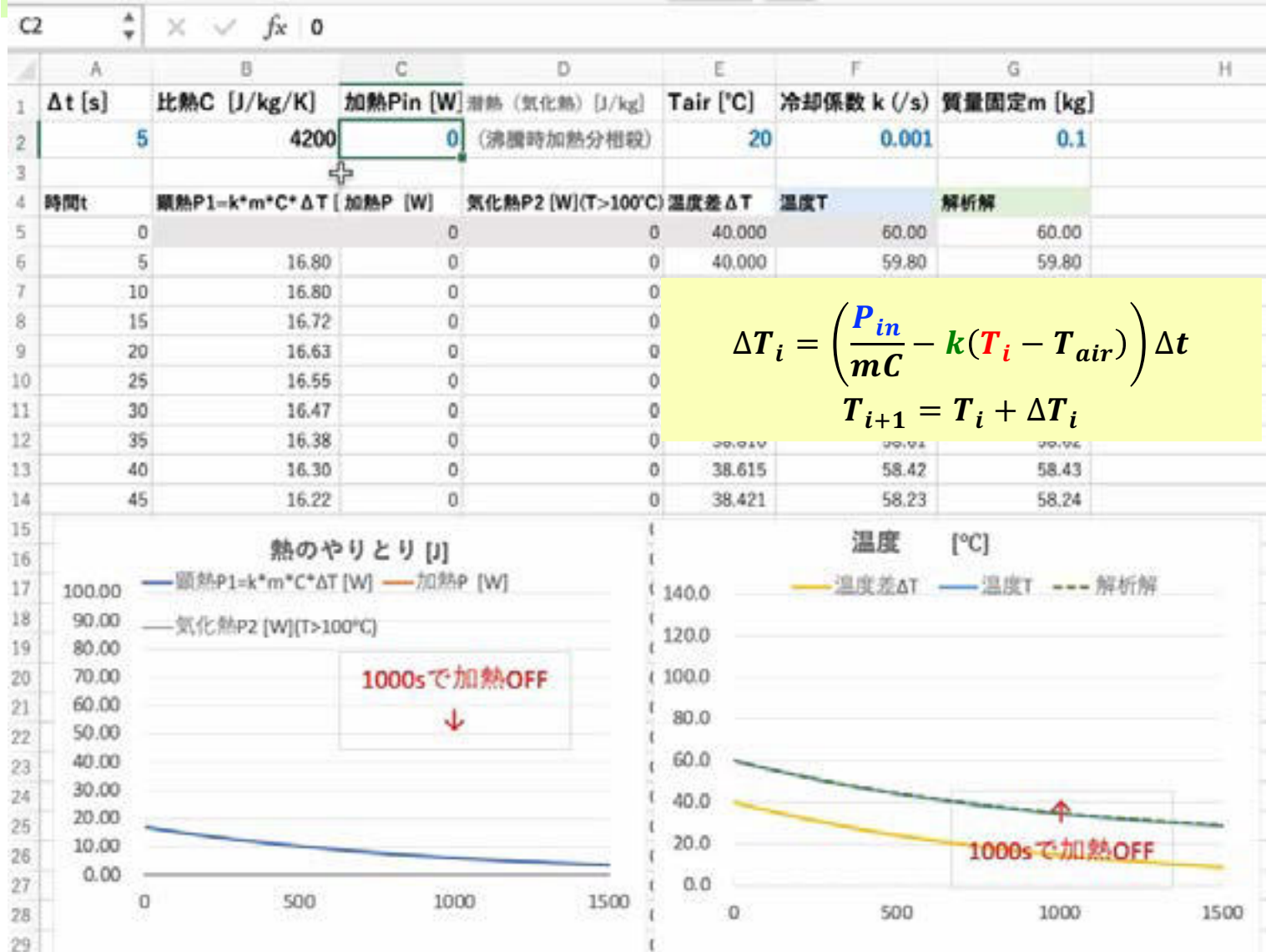
かかってない割合

流行曲線

$$R_t = \frac{s\beta}{\gamma} \begin{cases} > 1 & \text{拡大} \\ = 1 & \text{定常 (プラトー)} \\ < 1 & \text{収束} \end{cases}$$

実効再生産数

実装例-1 ~冷却曲線~ (エクセルシート操作動画)

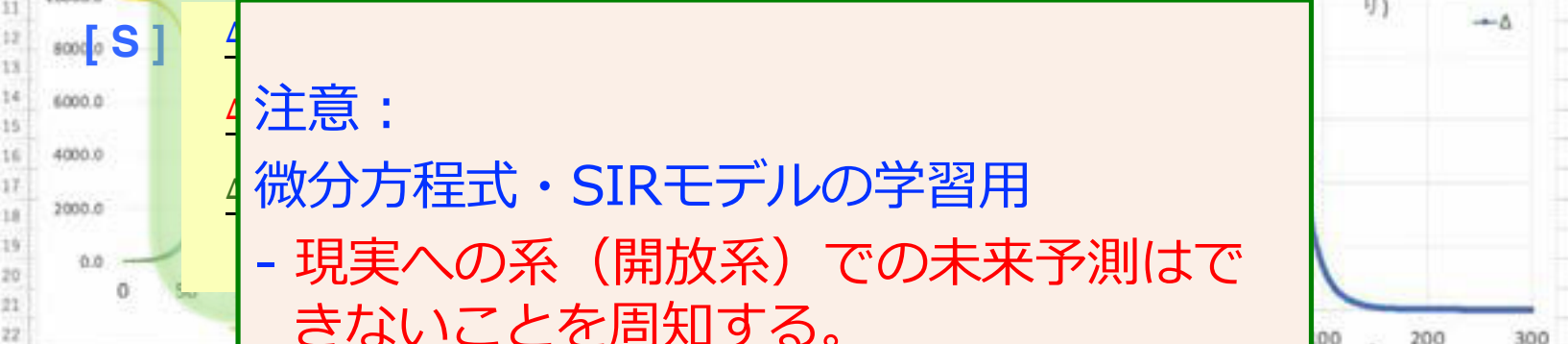


実装例ー2 ～ 単純なSIRモデル (操作動画)

B	C	D	E
倍加時間	半減期	感染確率(Nβ)	回復率γ
1	4	10	0.069

感染力 $R_0 = \frac{\text{半減期}}{\text{倍加時間}}$

時間t	ΔS	ΔI	ΔR	S	I	R	β	基本再生産数R0	行動変容(c1)	ワクチン効果(c2)	Rt	実効再生産数
0				9990.0	10.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	2.498
1	-1.73	1.04	0.69	9988.3	11.0	0.7	0.7	2.5	0.0	0.0	0.0	2.497

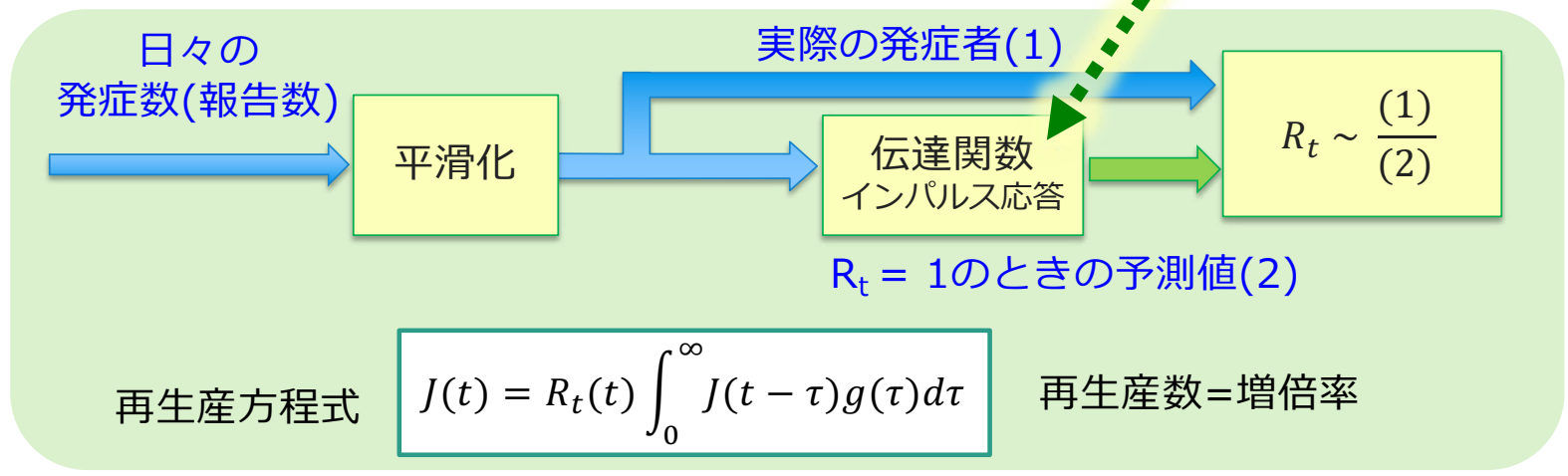
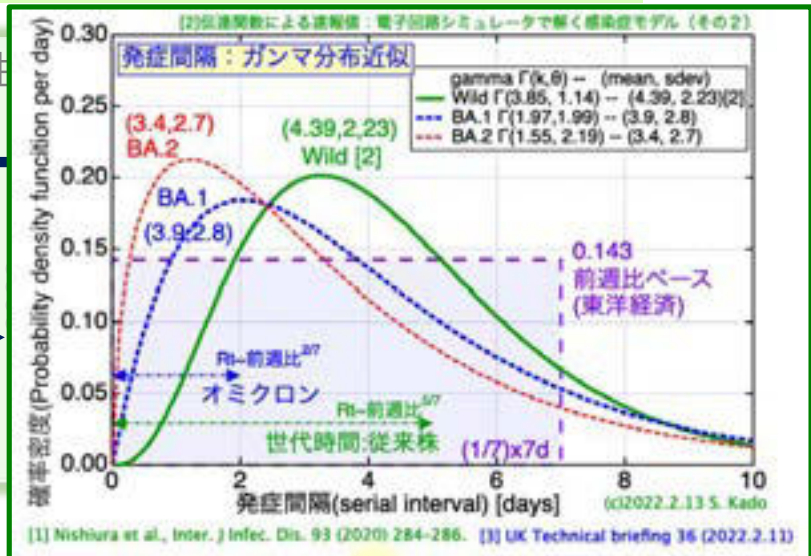
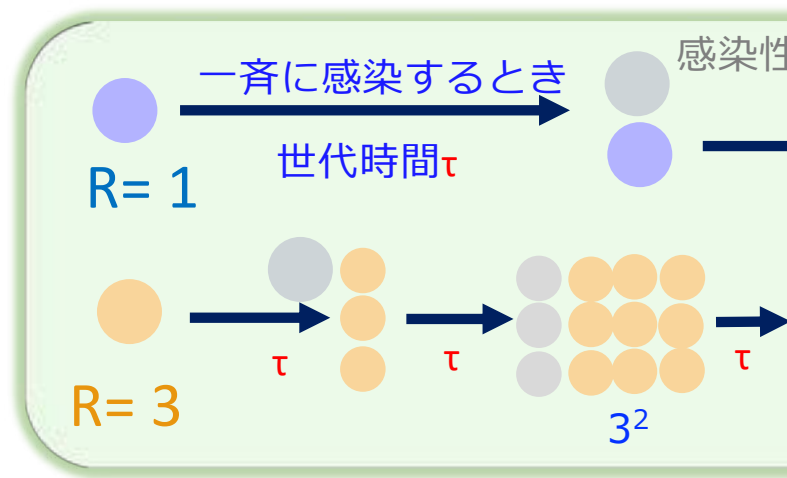


注意：
 微分方程式・SIRモデルの学習用

- 現実への系（開放系）での未来予測はできないことを周知する。
- 施策や行動の指針には役に立つ

t	ΔS	ΔI	ΔR	S	I	R	β	基本再生産数R0	行動変容(c1)	ワクチン効果(c2)	Rt	実効再生産数
22	-13.45	8.00	5.45	86.6	51.7	0.0	0.0	2.465				
23	-14.80	8.80	6.00	95.4	57.7	0.0	0.0	2.462				
24	-16.28	9.67	6.61	105.1	64.3	0.0	0.0	2.458				
25	-17.90	10.62	7.28	9812.7	115.7	71.6	0.0	2.453				
26	-19.67	11.65	8.02	9793.1	127.3	79.6	0.0	2.448				
27	-21.61	12.78	8.83	9771.4	140.1	88.4	0.0	2.443				
28	-23.73	14.01	9.71	9747.7	154.1	98.1	0.0	2.437				
29	-26.04	15.35	10.68	9721.7	169.5	108.8	0.0	2.430				

実効再生産数 R_t と世代時間 τ （ \equiv 発症間隔）



実装例-3 「現実の」実効再生産数導出が可能

SUM fx =SUMPRODUCT(E8:E23,K\$2:K\$17)

日	日付	陽性者数	累計感染者	新規感染者後方平均	伝達関数出力	Rt伝達関数	Rt東洋経済	感染齢	Serial interval	Serial interval 総和=1
1	2020/1/20	0	0	0.00	0.00	5.00	15	0.000460	0.000459415	
2	2020/1/21	0	0	0.00	0.00		14	0.000927	0.000927105	
3	2020/1/22	0	0	0.00	0.00		13	0.001843	0.001842416	
4	2020/1/23	0	0	0.00	0.00		12	0.003598	0.003596786	
5	2020/1/24	1	1	1.00	1.00		11	0.006875	0.006876416	
6	2020/1/25	0	1	0.14	0.24				0.012823225	
7	2020/1/26	0	2	0.14	0.21				0.023202669	
8	2020/1/27	0	2	0.14	0.21				0.040447673	
9	2020/1/28	0	2	0.00	0.19				0.067255973	
10	2020/1/29	0	2	0.00	0.19				0.105124431	
11	2020/1/30	1	3	0.00	0.19				0.150998657	
12	2020/1/31	0	3	0.00	0.19				0.19189171	
13	2020/2/1	0	3	0.00	0.19				0.200933879	
14	2020/2/2	0	3	0.00	0.19				0.147772138	
15	2020/2/3	0	3	0.00	0.19				0.045847508	
16	2020/2/4	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
17	2020/2/5	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
18	2020/2/6	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
19	2020/2/7	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
20	2020/2/8	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
21	2020/2/9	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
22	2020/2/10	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
23	2020/2/11	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
24	2020/2/12	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
25	2020/2/13	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
26	2020/2/14	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
27	2020/2/15	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
28	2020/2/16	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
29	2020/2/17	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
30	2020/2/18	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
31	2020/2/19	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
32	2020/2/20	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
33	2020/2/21	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
34	2020/2/22	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
35	2020/2/23	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
36	2020/2/24	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
37	2020/2/25	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
38	2020/2/26	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
39	2020/2/27	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
40	2020/2/28	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
41	2020/2/29	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
42	2020/3/1	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
43	2020/3/2	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
44	2020/3/3	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
45	2020/3/4	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
46	2020/3/5	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
47	2020/3/6	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
48	2020/3/7	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
49	2020/3/8	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
50	2020/3/9	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
51	2020/3/10	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
52	2020/3/11	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
53	2020/3/12	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
54	2020/3/13	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
55	2020/3/14	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
56	2020/3/15	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
57	2020/3/16	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
58	2020/3/17	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
59	2020/3/18	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
60	2020/3/19	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
61	2020/3/20	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
62	2020/3/21	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
63	2020/3/22	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
64	2020/3/23	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
65	2020/3/24	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
66	2020/3/25	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
67	2020/3/26	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
68	2020/3/27	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
69	2020/3/28	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
70	2020/3/29	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
71	2020/3/30	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
72	2020/3/31	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
73	2020/4/1	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
74	2020/4/2	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
75	2020/4/3	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
76	2020/4/4	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
77	2020/4/5	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
78	2020/4/6	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
79	2020/4/7	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
80	2020/4/8	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
81	2020/4/9	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
82	2020/4/10	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
83	2020/4/11	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
84	2020/4/12	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
85	2020/4/13	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
86	2020/4/14	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
87	2020/4/15	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
88	2020/4/16	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
89	2020/4/17	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
90	2020/4/18	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
91	2020/4/19	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
92	2020/4/20	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
93	2020/4/21	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
94	2020/4/22	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
95	2020/4/23	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
96	2020/4/24	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
97	2020/4/25	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
98	2020/4/26	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
99	2020/4/27	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
100	2020/4/28	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
101	2020/4/29	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
102	2020/4/30	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
103	2020/5/1	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
104	2020/5/2	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
105	2020/5/3	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
106	2020/5/4	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
107	2020/5/5	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
108	2020/5/6	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
109	2020/5/7	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
110	2020/5/8	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
111	2020/5/9	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
112	2020/5/10	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
113	2020/5/11	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
114	2020/5/12	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
115	2020/5/13	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
116	2020/5/14	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
117	2020/5/15	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
118	2020/5/16	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
119	2020/5/17	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
120	2020/5/18	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
121	2020/5/19	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
122	2020/5/20	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
123	2020/5/21	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
124	2020/5/22	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
125	2020/5/23	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
126	2020/5/24	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
127	2020/5/25	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
128	2020/5/26	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
129	2020/5/27	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
130	2020/5/28	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
131	2020/5/29	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
132	2020/5/30	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
133	2020/5/31	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
134	2020/6/1	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
135	2020/6/2	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
136	2020/6/3	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
137	2020/6/4	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
138	2020/6/5	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
139	2020/6/6	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
140	2020/6/7	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
141	2020/6/8	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
142	2020/6/9	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
143	2020/6/10	0	3	0.00	0.19				0.000000000	
144	2020/6/11	0	3							

(2) 発展：総実効再生産数積 Rt メータの提案

(拡大・収束時期の簡易予測)

1日あたりの倍率 $R_1 = (R_t)^{1/\tau}$

R_t が毎日変わるとき、ある基準のn日後に新規感染者がM倍 (初期倍率)

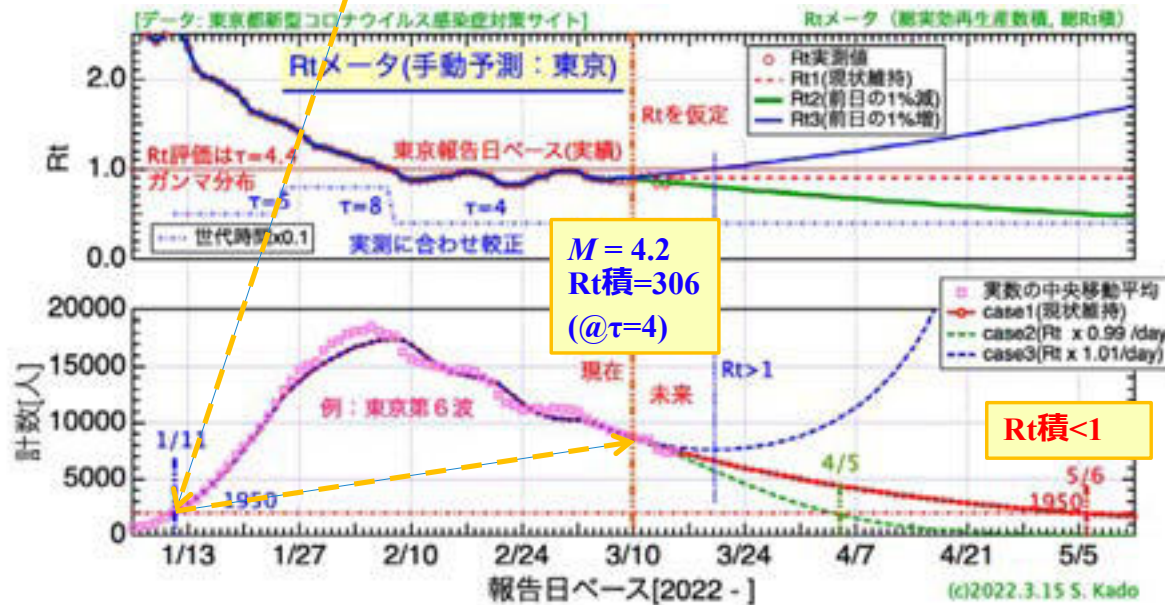
$$\prod_{i=1}^n R_1(i) = \left(\prod R_t(i) \right)^{1/\tau_1} \left(\prod R_t(i) \right)^{1/\tau_2} \dots = M$$

エクセルに実装可能

世代時間 τ が一定の区間では→

総実効再生産数積

$$M^\tau R_t(n+1) R_t(n+2) R_t(n+3) \dots \begin{cases} < 1? \\ > 1? \end{cases}$$

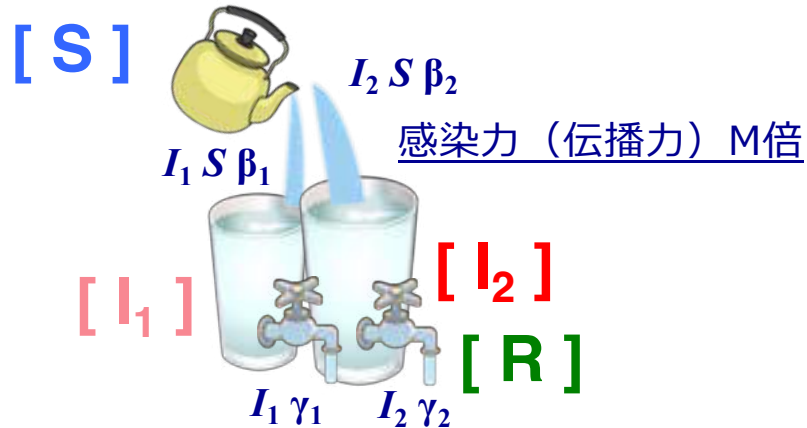


τ が変わる場合は...
-途中でリセット
or
-倍率Mを用いる

日々の手動予測

$$J(i+1) = J(i) \times R_t(i)^{1/\tau(i)}$$

(3) 発展：変異株感染力の簡易評価(Rtメータの応用)



2021.8.12 S. Kado

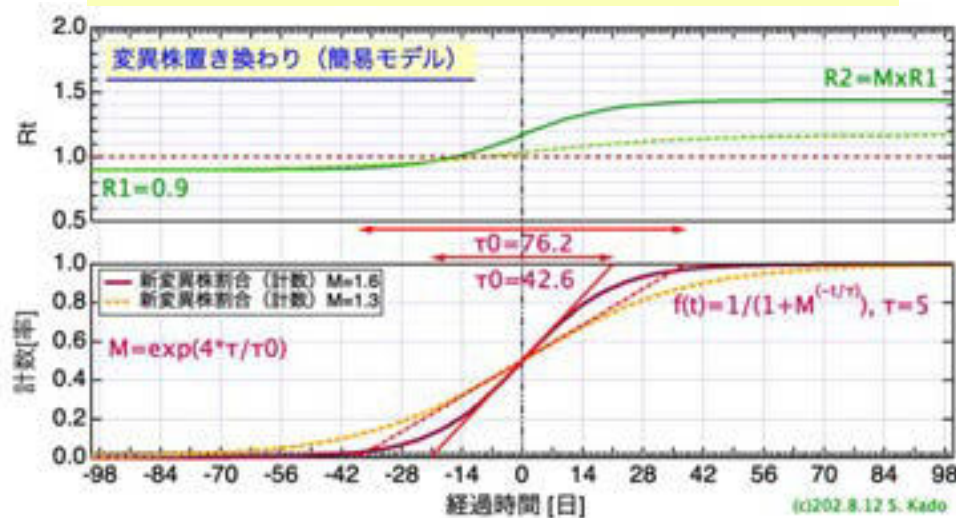
$$f(t) = \frac{R_2^{\left(\frac{t}{\tau}\right)}}{R_1^{\left(\frac{t}{\tau}\right)} + R_2^{\left(\frac{t}{\tau}\right)}} = \frac{1}{M^{\left(-\frac{t}{\tau}\right)} + 1}$$

半値時点を $t=0$ とすると簡易

再生産数比： $M = \frac{R_2}{R_1}$

$t = 0$ での勾配 $f'(0) = \frac{\ln(M)}{4\tau} \equiv \frac{1}{\tau_0}$

世代時間 (=発症間隔) τ は変わり得る
 → 不変を仮定すると伝播倍率Mが受け持つ。



(ロジスティック曲線といわれる関数型)

$$M = \exp\left(\frac{4\tau}{\tau_0}\right)$$

τ は発症間隔(serial interval)
 τ_0 は置き換わりの時定数 (全幅)

行動変容の効果率は一定と仮定
 ワクチン効果率cによる補正
 $\beta_2(1 - c_2) = M\beta_1(1 - c_1)$

$$M_{eff} = \frac{R_2 (1 - c_2)}{R_1 (1 - c_1)}$$

(本学会発表の) まとめ： 教材化における注意点

「立命館大学付属校・提携校 高校3年生対象大学数学講座」(60分x 2コマ; online)

- 1) 導入：ニュートン冷却曲線の実験と微分方程式 → 実験・座学後エクセルの配布
- 2) SIRモデルの概説とエクセル演習 (R_0 と c_1, c_2 を変化させた応答をみる)
- 3) 実用モデル (...までは扱わず)

感想例 (2022.3.15)

- コロナの収束する日みたいなのを計算によって分析したいです
- 数学と社会とのつながりに視点を置いた授業で、初めて聞く事柄が多く聞いていて面白かったです
- 「数学を現実と結びつける」というテーマの授業は初めて受けたが興味を引かれることが沢山あった
- 新しいことが多く苦勞した

数理モデル (数学の言葉で世の中を記述する)

○：国の施策、個人の行動変容を判断する材料になる

△：物理的意味の拡大解釈の恐れ

謝辞：笠巻 奈月 教諭 (立命館高校)

参考：

[1] 「この感染は拡大か収束か：再生産数 R の物理的意味と決定」 <https://bit.ly/RADIT21KD20200327> (2020.3.27)

[2] 電子回路シミュレータで解く感染症モデル (その1) ～SIRモデルを解こう～ <https://bit.ly/RADIT21KD2020071401> (2020.7.14)

[3] 電子回路シミュレータで解く感染症モデル (その2) ～実効再生産数 R_t を求めよう～ <https://bit.ly/RADIT21KD2020071402>

(2020.7.14) -- (凡ミスあり、改訂中2022/3/17以降の版を)

まとめ：Z世代に理科/理系分野の魅力を伝える取り組み ～実践例と課題～

- **理科離れ**とは？ 若者のせいとは言い難い
- **ゆとり世代**へのアウトリーチ：理科の有用性・楽しさ（最適解はない）。
- **Z世代**へのアウトリーチ：
デジタルコンテンツ、ソフトウェア、スマホアプリの利用
ものづくりへの回帰もやってくるだろうが、...
おそらく 3D-プリンタ、おそらく、メタバース、アバターかも...
→ アウトリーチを行う研究者が時代についていく必要あり（TAの啓発）。
- **キャリアパス。ロールモデル。**
個性的な成功例が注目されやすいが、多くの生徒は安定志向、現実的。

理科教育・人材育成の模索は続く。 ご清聴ありがとうございました m(_)_m

補足資料・サイト

<補足資料 講演者の記録>

1. 「すぐにわかるプラズマと核融合エネルギー」 国立大学共同利用・共同研究拠点協議会知の拠点セミナー（2021.1配信） → [youtu.be/YwkTx9W918Q]
2. 論考「理科教育の現場にプラズマ・核融合を」 [https://www.jspf.or.jp/Journal/PDF_JSPF/jspf2015_02/jspf2015_02-99.pdf]
3. 「理科教科書における光スペクトル再定義の提案」 日本物理学会概要(2015) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/70.1/0/70.1_3495/_pdf]
4. 「理科教育におけるプラズマ科学」 日本物理学会概要 (2016) [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.1/0/71.1_992/_pdf]
5. 「中学高校理科教科書における真空放電の位置づけと演示実験」 第64回応用物理学会 (2017)招待講演概要
[<https://confit.atlas.jp/guide/event-img/jsap2017s/15p-423-5/public/pdf?type=in>]
6. 「この感染は拡大か収束か：再生産数 R の物理的意味と決定」 <https://bit.ly/RADIT21KD20200327> (2020.3.27)
7. 電子回路シミュレータで解く感染症モデル（その1）～SIRモデルを解こう～ <https://bit.ly/RADIT21KD2020071401> (2020.7.14)
8. 電子回路シミュレータで解く感染症モデル（その2）～実効再生産数 R_t を求めよう～ <https://bit.ly/RADIT21KD2020071402> (2020.7.14)
- (凡ミスあり、改訂中2021/1/23以降の版を。。と書いて未改訂)

<学会のアウトリーチ>

1. 女子中高生夏の学校（夏学） <https://natsugaku.jp>
2. 女子中高生のための関西科学塾 <http://www.kansai-kj.org>
3. プラズマ・核融合学会 高校生シンポジウム 2003-2017 [<https://www.jspf.or.jp/introduction/koukai.html>]
4. プラズマ・核融合学会 高校生シンポジウム 2016- [<https://www.jspf.or.jp/koukousei/>]

<教育・政策>

1. TIMSS [<https://www.nier.go.jp/timss/>]
2. 文科省：TIMSS2019のポイント [https://www.mext.go.jp/content/20201208-mxt_chousa02-100002206-1.pdf]
3. 内閣府 Society 5.0の実現に向けた教育・人材育成に関する政策パッケージ 概要 [<https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/kyouikujinzai/index.html>]
4. 国立教育政策研究所 PISA <https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/>