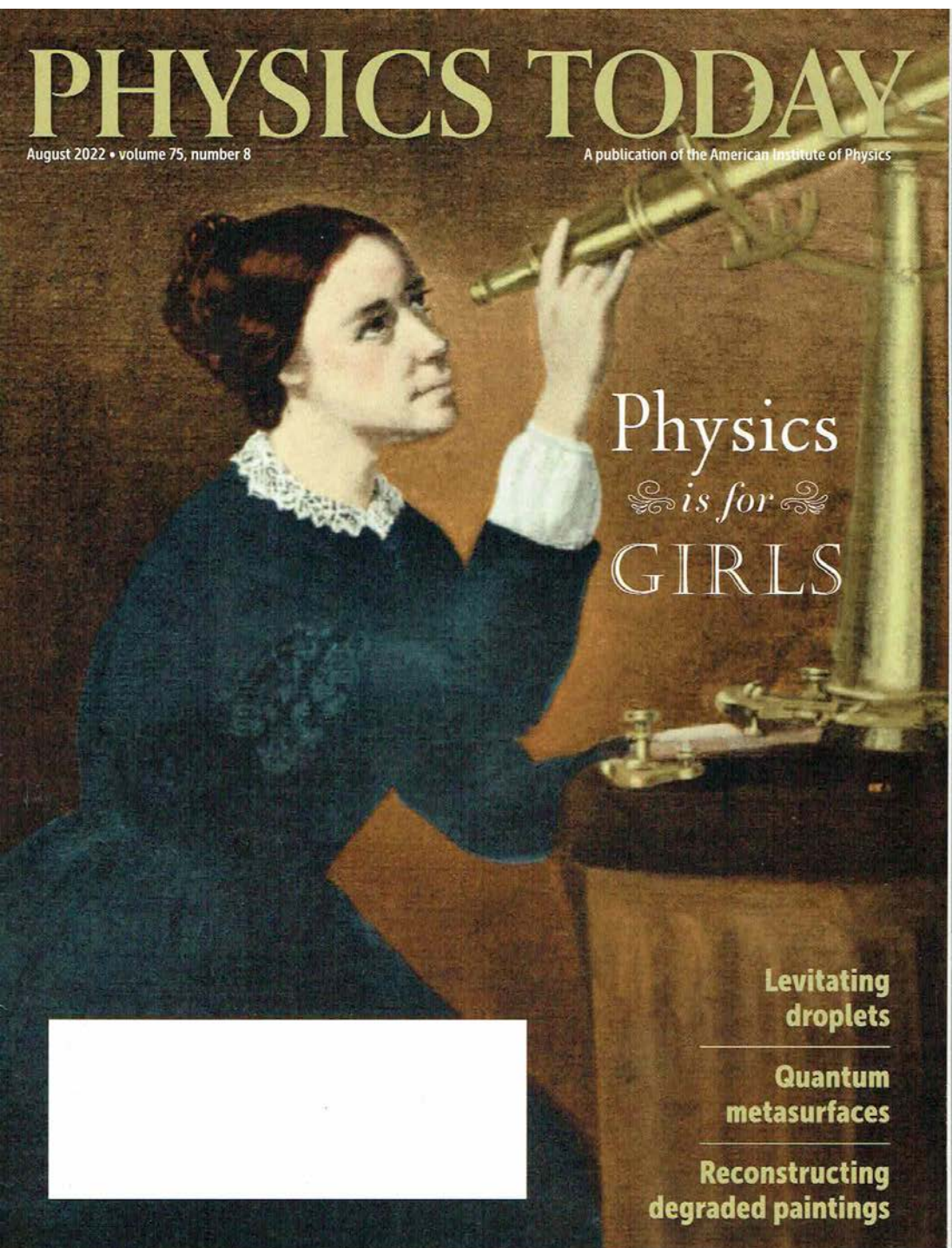


2023.01.11

物理学におけるジェンダーギャップの現状と対策・物理教育の役割
(於日本学術会議)

GENDER GAP IN PHYSICS — FROM PHYSICAL EDUCATION PERSPECTIVE

Shinnaga, Hiroko
Physics & Astronomy program, Kagoshima
University
Amanogawa Galaxy Astronomy Research Center
(AGARC)



OUTLINE

.....

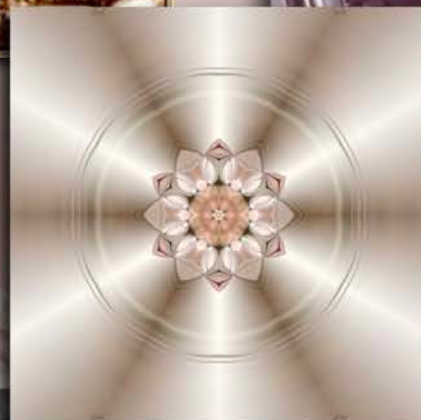
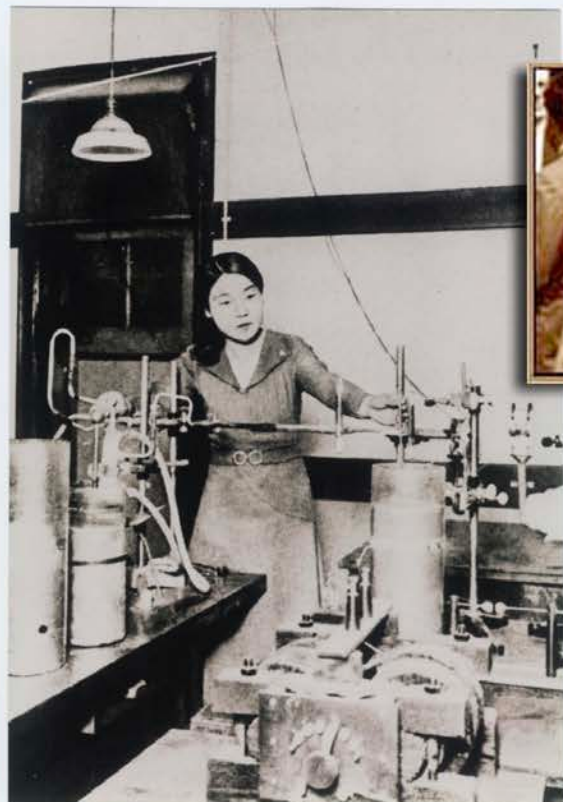
- Myth vs. female scientists in the history
- Historical background — examples in Japan & the U.S.
- Tendencies revealed by PISA data
- Data on physical education & STEM education at university
- Summary and future prospects

A Myth

“

boys outperform girls on high school science and maths scores because of genetic difference

*-Lawrence H. Summers
Harvard University President, 2005*



宇宙核物理を築いた女性研究者たち

Women Scientists Who Made Nuclear Astrophysics

Marie Salomea Skłodowska Curie

1867-1934

マリー・サロメア・スクウォドフスカ＝キュリー *Poland*

「皆さんの中から、この科学的な研究を引き継ぐ人が出てきてほしいと思います。そして、生涯をかけて科学に取り組むという野心と決意を持ち続けてほしいと、切に願っています。」

- マリー・キュリー

原子核物理と言えば、最初に名前が思い浮かぶのはポーランド出身の科学者マリー・スクウォドフスカ＝キュリーです。夫のピエールとともに、マリーは放射線の研究に取り組みました。マリーは、放射能の理論的研究、放射性同位体の分離技術、新元素ポロニウム (Po) とラジウム (Ra) の発見という偉大な業績を残しました。キュリー夫妻は1903年に共同でノーベル物理学賞を受賞しましたが、さらにマリーは1911年に単独でノーベル化学賞を受賞し、ノーベル賞を2回受賞した最初の人物となりました。1906年にピエールが事故による悲運の死を遂げたあとは、ピエールの後を継ぐ形でソルボンヌ大学の教授職に就きました。マリーは第1次世界大戦において兵士たちの生命を救った人道主義者でもありました。このとき、マリーは兵士たちのために発電機で駆動する可搬式のレントゲン装置を開発して自動車に搭載し、戦場へ向かう車列を整えました。そして、医師や看護師にレントゲン技術を指導するとともに、自らもそのうちの1台に乗り込んで戦場へ赴きました。また、マリーはワルシャワにラジウム研究所を設立しました。現在の医学研究における重要拠点であるパリのキュリー研究所は、マリーにちなんで名付けられました。マリーの卓越した業績と挑戦する姿勢は、多くの研究者に影響を与えてきました。そして、これからも将来の研究者の目標であり続けるに違いありません。

トリビア

- ✓ 原子番号96番の元素キュリウム (Cm) はマリー・キュリーと夫のピエールの業績にちなんで名付けられました。
- ✓ 1939年にベルギーのイクルで、フェルナン・リゴーによって発見された小惑星キュリー (小惑星7000) は、キュリー夫妻にちなんで名付けられました。



Cecilia Helena Payne Gaposchkin 1900-1979

U.K. —> U.S.A.

セシリア・ヘレナ・ペイン＝ガポシュキン

「若い人たち、とりわけ若い女性からよく助言を求められます。私からの助言は、名声や富のために科学者のキャリアを始めてはいけないということです。山を登るとだんだん地平線が開けてきますが、それが報酬なのです。その報酬が得られるのなら、他に何を望むと言うのでしょうか。」 - セシリア・ペイン＝ガポシュキン

セシリア・ペイン＝ガポシュキンは、イギリス育ちのアメリカ人の天文学者でした。セシリアは1919年にケンブリッジ大学に入学し、日食を用いた一般相対性理論の検証法に関するアーサー・エディントンの講義を聴いて天文学に感銘を受けました。その後アメリカに渡り、ハーバード大学ラドクリフ・カレッジで博士号を取得しました。博士課程では、恒星のスペクトル線強度が星の表面の元素組成だけではなく、その温度での電離度にも依存するという大発見をしました。さらに、恒星には水素とヘリウムがその他の元素よりも圧倒的に豊富に存在すると結論づけました。この考えは当時としてはあまりに革新的で、当初はこの結果の出版に対して否定的な意見がありました。1956年には、セシリアはハーバード大学教養学部で初めての女性教授となりました。その後、天文学科の学科長となり、ハーバード大学初の女性学科長となりました。

トリビア

- ✓ セシリア・ペイン＝ガポシュキンはハーバード大学天文台で「人間コンピュータ」といわれ、星の組成と温度を求めるために観測結果のガラス板に記録されたスペクトル線を正確に自分の目で読み取っていました。



Maria Goeppert Mayer

1906-1972

マリア・ゲッパート＝メイヤー

Germany —> U.S.A.

「マリア・メイヤーが元素の安定性の理解に果たした役割は、大きい。」
- マーク ティーエマンス (カリフォルニア大学サンディエゴ校)

原子核の性質や太陽系における元素存在比に影響を与える「原子核の魔法数」は、物理学者にとっての長年の謎でした。1949年にマリア・ゲッパート・メイヤーは、その謎を解く素晴らしい解決法、すなわち、原子核の内部における陽子と中性子のスピンの運動を軌道運動と組み合わせて考えれば良いということを見出しました。マリアは当初、数学を学んでいましたが、博士課程で物理の研究を始め、1930年に、ゲッチンゲン大学で博士号を取得します。その後結婚し、夫の働く米国・ジョン・ホプキンス大学に移りました。縁故採用を防ぐ厳しい規則があったため、マリアは正規教員となれず、助手として働きました。二人はコロンビア大学に異動し、そこでマリアは自分のオフィスを持つことができましたが、無給でした。その後、マリアはシカゴ大学・アルゴンヌ国立研究所で職を得て、マンハッタン計画のために有給で働くこととなりました。さらに1960年には、カリフォルニア大学サンディエゴ校にて教授となりました。原子核の殻構造に関する発見により、マリアは1963年にハンス・イェンゼン、ユージン・ウィグナーと共に、ノーベル賞を受賞しました。

トリビア

- ✓ マリアがノーベル賞を受賞したときの地元のニュースの見出しは、「サンディエゴの主婦、ノーベル賞受賞」でした。
- ✓ 2光子吸収断面積の単位は、マリアの博士論文研究に基づいて、ゲッパートメイヤー (GM) と名付けられました。

「私の父は、『女性になろうとするな』と言っていたが、彼の言う女性とは、何事にも興味を持たない主婦のことだった。」 - マリア・ゲッパート・メイヤー



Erika Helga Ruth Böhm-Vitense

1923-2017

Germany —> U.S.A.

エリカ・ヘルガ・ルース・ベーム-ヴィンテンス

エリカ・ベーム-ヴィンテンスは、星の内部の対流混合を正確に記述した最初の科学者でした。その手法は、半世紀が経過した現在でも広く用いられ、全ての星の進化の計算コードに用いられています。ドイツ語で書かれたエリカの1958年の論文は、星の対流の「混合距離」理論に対する極めて重要な貢献であり、70年経った2017年の時点で、1200回以上も引用されています。エリカは、ドイツのクラウに生まれ、1951年にキール大学で博士号を取得しました。1960年代と1970年代には、エリカは、ヘリウム星から超巨星、散開星団に至る多様な天体に関して、理論と天体観測を結びつける研究を行いました。1968年には、夫と共にアメリカ合衆国に移住し、ワシントン大学の研究員を経て、1971年に教授になりました。エリカは優れた研究成果により数々の賞を受賞しています。1965年にアメリカ天文学会からアニー・J・キャンノン賞を、2003年にドイツ天文学会からカール・シュバルツシルド・メダルを授与されました。

トリビア

- ✓ エリカは「星の天体物理入門」という全3巻の教科書を著しました。第1巻が「星の基本量」、第2巻が「星の大気」、第3巻が「星の内部」というタイトルです。



Toshiko Yuasa

湯浅 年子

Japan —> France —> Japan

1909-1980

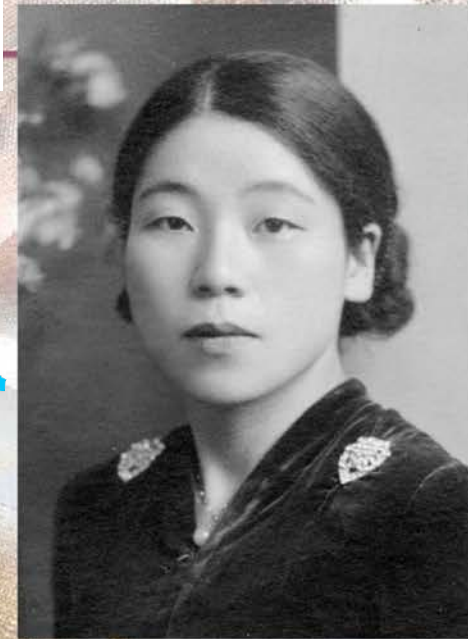
「科学の根本精神は、広い豊かな愛である。」 - 湯浅年子

湯浅年子は、日本初の女性の原子核物理学者として知られています。年子は、東京文理科大学で原子分光學を学び、1934年に卒業しました。1939年にフランス政府の奨学金を得て、パリへ渡航、フレデリック・ジュリオ=キュリー教授のもとで人工放射能の研究を始めます。1943年、年子は「人工放射性核から放出された β 線連続スペクトルの研究」により、フランス国家理学博士号を授与されました。しかし、すでに第二次世界大戦が勃発しており、日本人の年子は、翌1944年には戦時のパリからの退避を余儀なくされました。退避先のベルリンでは、世界初の二重焦点型 β 線分光器を開発し、終戦直前に日本へ帰国しました。そして、のちのお茶の水女子大学の教授として教育に尽力するとともに、理化学研究所仁科研究室で研究を再開しましたが、敗戦後の日本では、原子核物理の実験は禁止されてしまいました。年子は、フランス国立科学研究中心 (CNRS) で研究を続けるため、1949年、再び渡仏します。その後は、研究の幅を β 崩壊から核反応へと広げ、重要な論文を次々と発表しました。また、1956年には、ビキニ環礁での水爆実験と第五福竜丸被爆についての日本の資料を仏訳して雑誌に寄稿するなど、水爆実験の危険性を広く訴えました。お茶の水女子大学では、日仏共同事業「湯浅年子ラボラトリー* (TYL)」の協力を得て、2013年に「湯浅年子賞」を設立し、日本の女性研究者が国内外で活躍することを支援しています。

*日本の高エネルギー加速器研究機構 (KEK)、フランス原子核素粒子研究所 (CNRS/IN2P3)、フランス宇宙基礎科学研究所 (CEA/Irfu) が共同で運営している仮想研究所

トリビア

- ✓ 年子は再渡仏後、「放射能計測における計算則」と「ステレオカメラ」についての2つの特許を取得しました。
- ✓ 年子は、フランスで博士号を授与されてから19年後、京都大学からも β 崩壊に関する二つ目の博士号を授与されました。

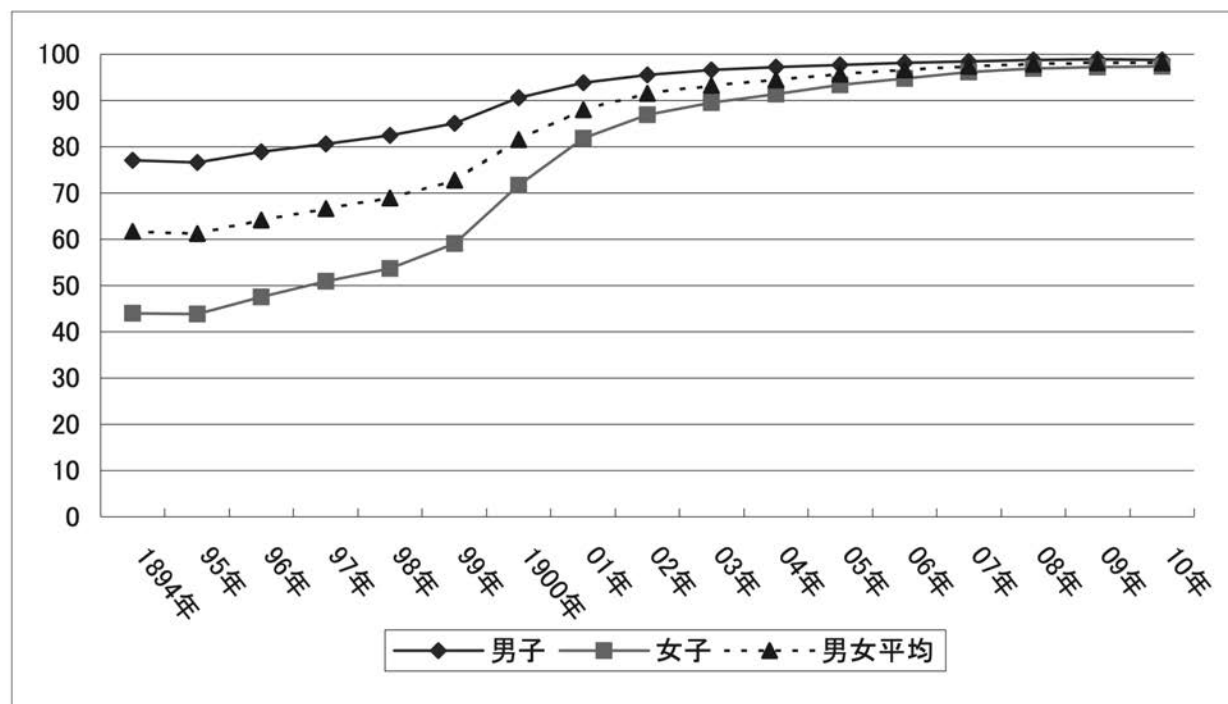


HISTORICAL BACKGROUND

.....

- ▶ Japan ... 1830年頃には急速に増加した寺子屋（江戸時代から続いた）で実質的教育が行われた。読み書きそろばん など。（菅野則子 1994）
- ▶ 尋常小学校が設立され、国民の就学率が高まっていった。

図3 明治後期における尋常小学校就学率の推移（1894～1910年）



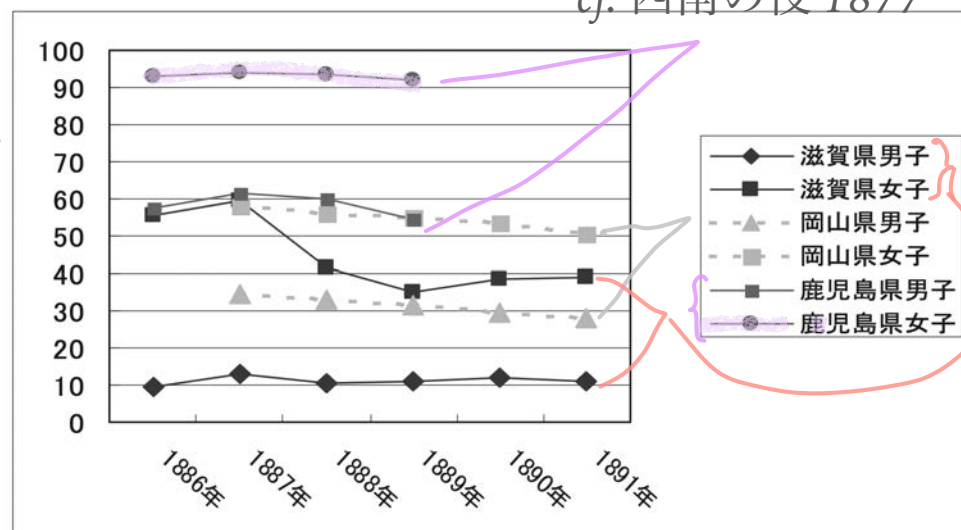
齊藤 泰雄 2012

HISTORICAL BACKGROUND

▶ 表2：戦後GHQにより調査が要請された全国の15歳～64歳の成人男女約17,000人を対象にした無作為抽出識字率調査。1948年（昭和23年）実施。

図1 自署の不可能な者の県別、男女別比率

cf. 西南の役 1877



<出典> 文部省『帝国文部省年報』各年度版から作成

滋賀県：京都に近く、通商、交通の要所（近江商人の本拠）

齊藤 泰雄 2012

表2 日本人の読み書き能力調査により非識字者と見なされた者の比率

	全国	15～19歳	20～24歳	25～29歳	30～34歳	35～39歳	40～44歳	45～49歳	50～54歳	55～59歳	60歳～
完全文盲	1.6	0.1	0.2	0.1	0.5	0.5	0.5	1.8	2.8	7.0	15.3
不完全文盲	2.1	0.2	0.2	0.3	0.7	0.8	1.1	2.7	4.0	9.9	18.3

<出典> 読み書き能力調査委員会『日本人の読み書き能力』 335～336頁

HISTORICAL BACKGROUND

.....

- U.S.A. ... ‘Natural philosophy’ had been a subject for girls in 19th century. By early 20th century, physics for boy’s subject. (Joanna Behrman 2022)
- “In 1830’s and 1840s, 84% of academies offered natural philosophy. “
- “ As Tolley’s comparison of competitive examination at 19 Boston schools in 1845 revealed, not only were female students taking the natural philosophy examinations in greater numbers than male students, but they were also outscoring the boys. “

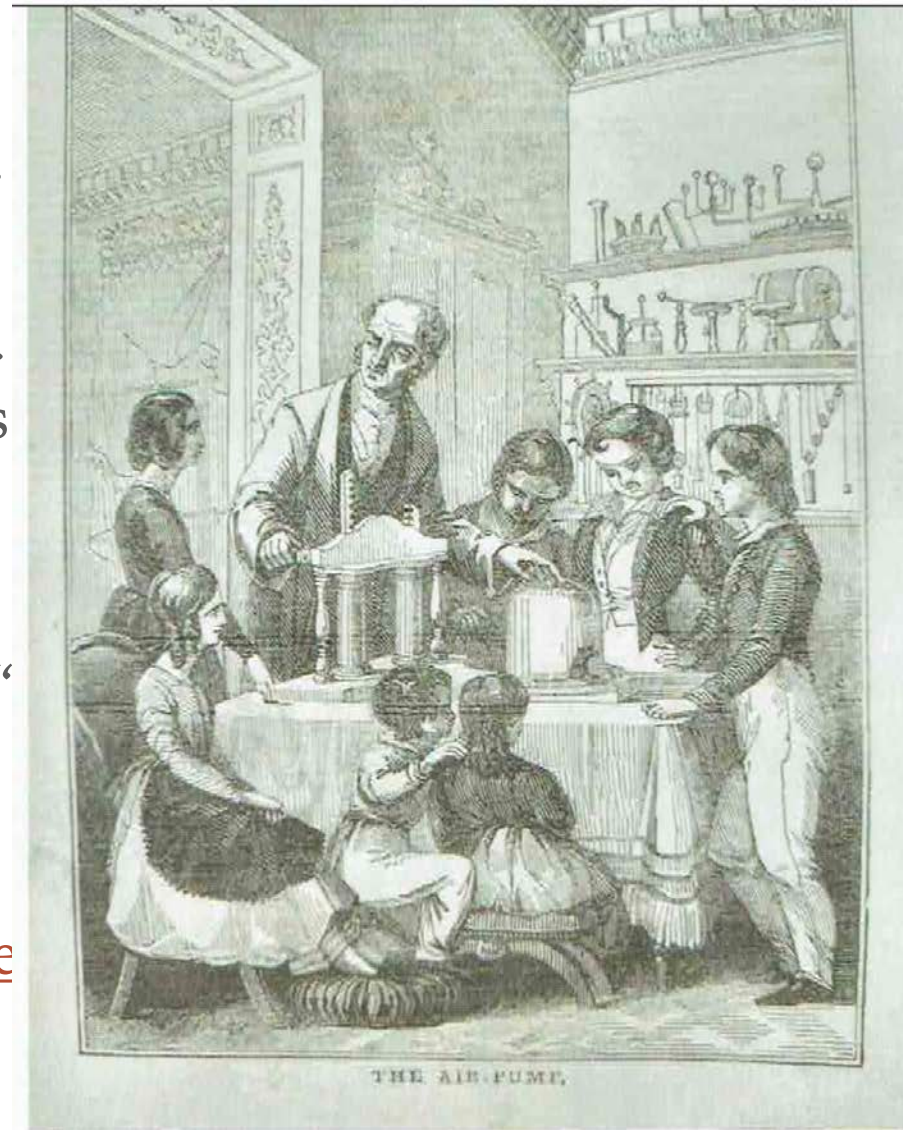
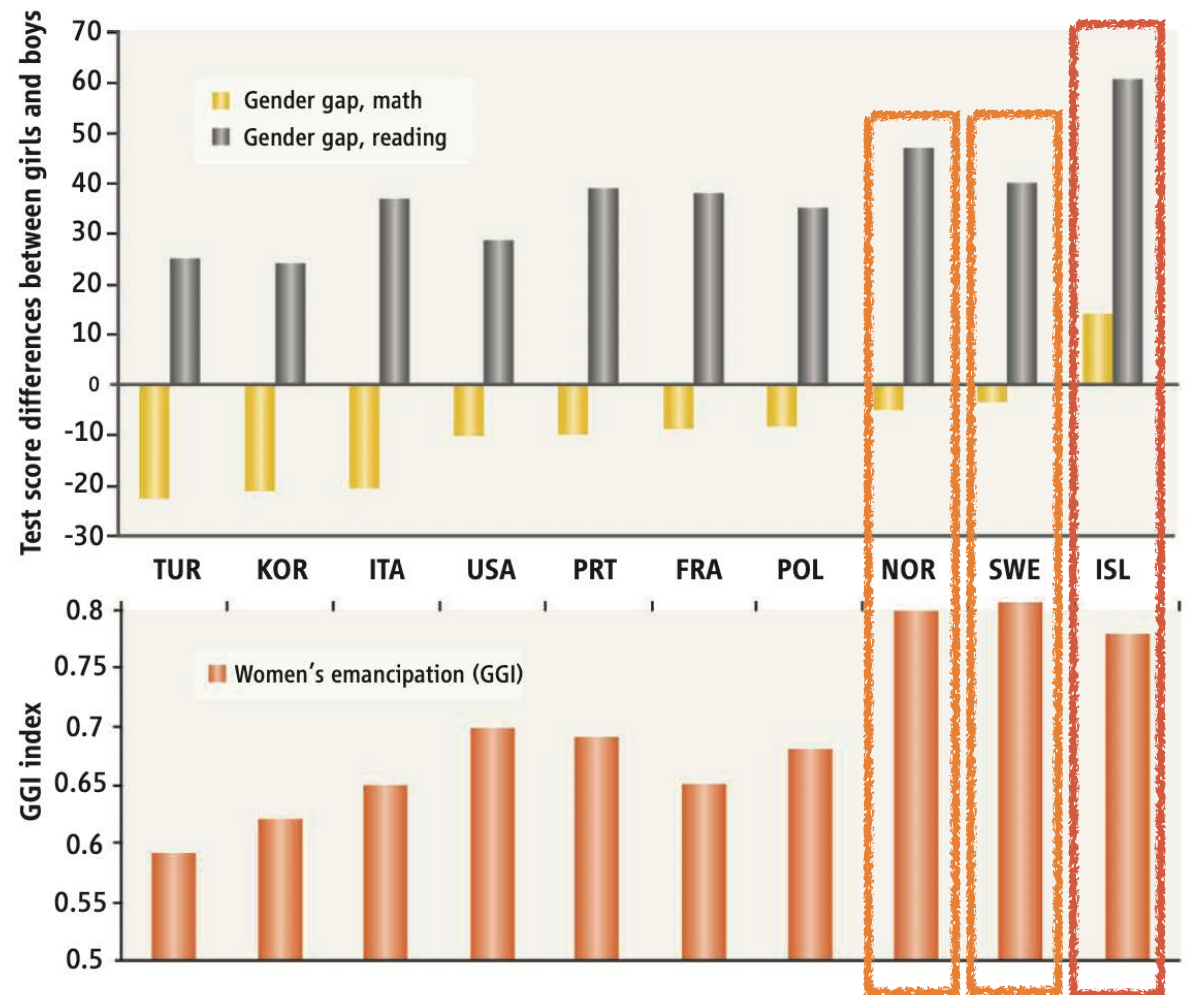


FIGURE 1. A FATHER demonstrates an air pump to his family in the parlor. Other natural philosophical apparatus sit arrayed on shelves in the background. Parlors were often sites of scientific demonstrations, discussions, and early childhood education. (From R. G. Parker, *First Lessons in Natural Philosophy. Designed to Teach the Elements of the Science. Abridged from the Compendium of School Philosophy*, A. S. Barnes & Co, 1848, frontispiece. From the author's collection.)

➤ Joanna Behrman 2022

GENDER GAP – MATH SCORES RELATIONSHIP WITH GENDER-EQUAL SOCIETY

- ▶ Analysis of PISA results suggests that the gender gap in math scores disappears in countries with a more gender-equal culture.
- ▶ PISA: 義務教育修了段階（15歳）において、これまでに身に付けてきた知識や技能を、実生活の様々な場面で直面する課題にどの程度活用できるかを測る。

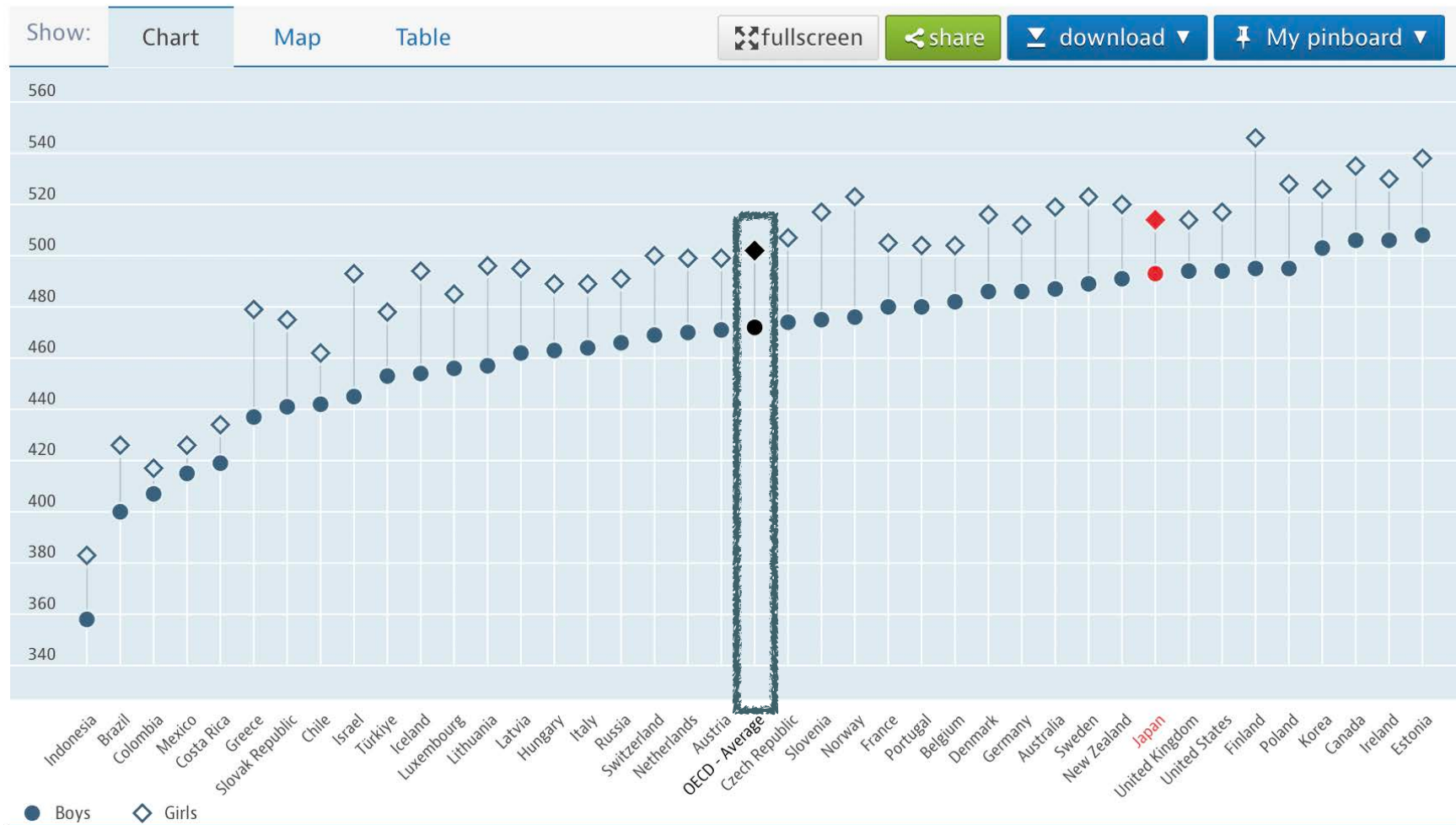


Guiso et al. 2008

READING SKILLS –GIRLS OUTSCORE BOYS IN ALL COUNTRIES

Reading performance (PISA) Boys / Girls, Mean score, 2018 or latest available

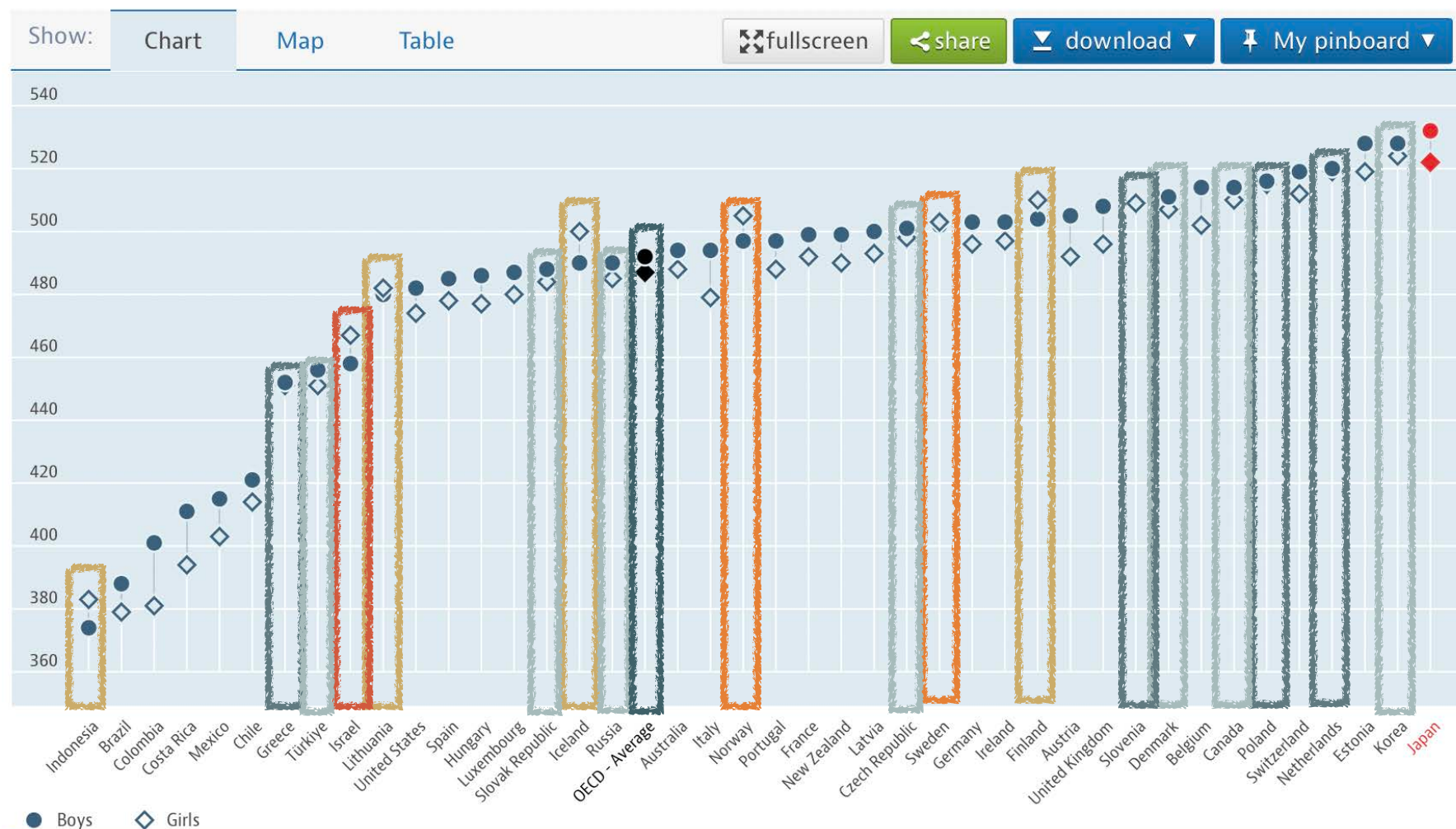
Source: PISA: Programme for International Student Assessment



- Reading performance, for PISA, measures the capacity to understand, use and reflect on written texts in order to achieve goals, develop knowledge and potential, and participate in society. The mean score is the measure.

MATH PERFORMANCE

Mathematics performance (PISA) Boys / Girls, Mean score, 2018 or latest available Source: PISA: Programme for International Student Assessment

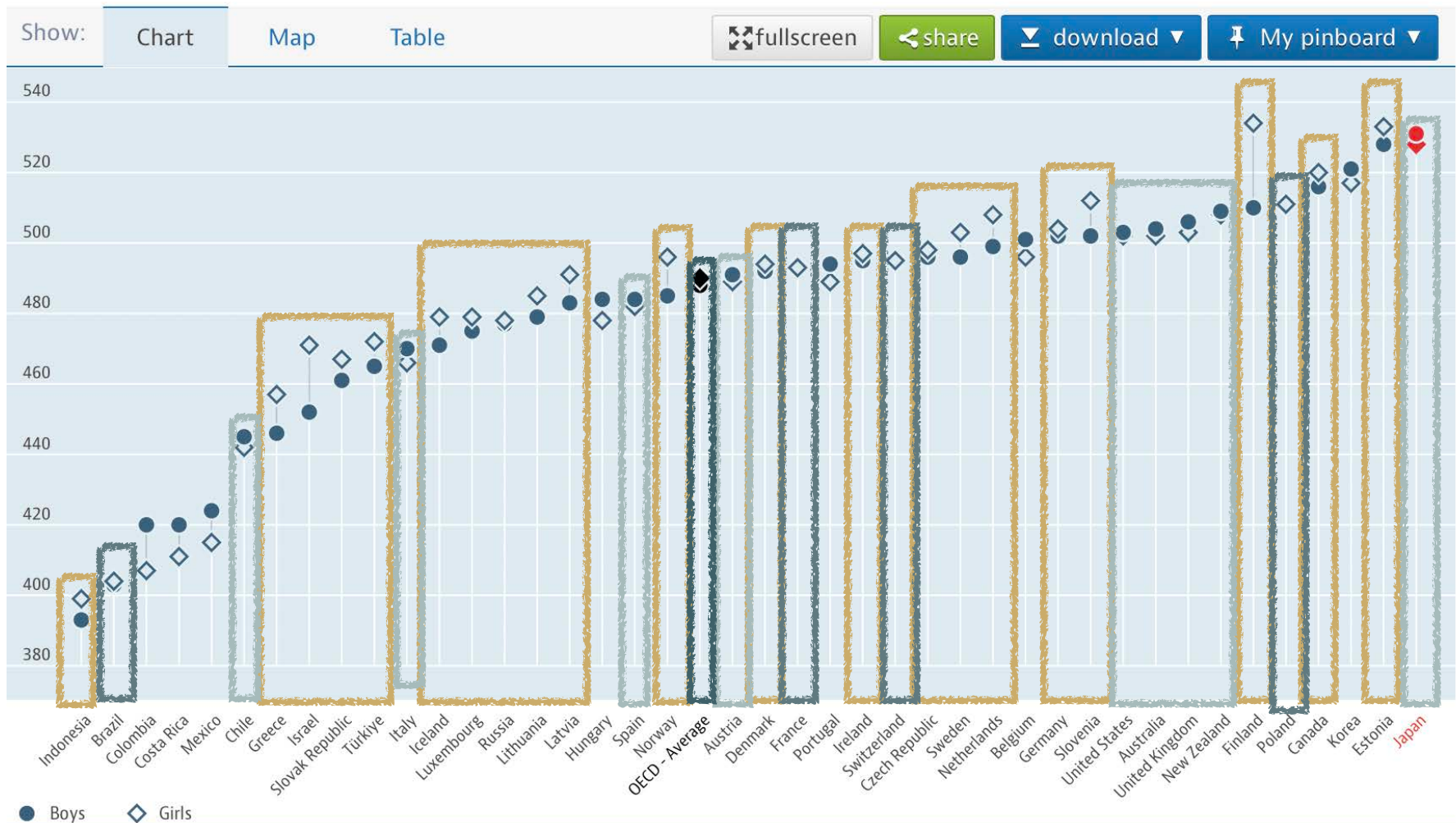


- Mathematical performance, for PISA, measures the mathematical literacy of a 15 year-old to formulate, employ and interpret mathematics in a variety of contexts to describe, predict and explain phenomena, recognising the role that mathematics plays in the world. The mean score is the measure. A mathematically literate student recognises the role that mathematics plays in the world in order to make well-founded judgments and decisions needed by constructive, engaged and reflective citizens.

SCIENCE PERFORMANCE

Science performance (PISA) Boys / Girls, Mean score, 2018 or latest available

Source: PISA: Programme for International Student Assessment



- Scientific performance, for PISA, measures the scientific literacy of a 15 year-old in the use of scientific knowledge to identify questions, acquire new knowledge, explain scientific phenomena, and draw evidence-based conclusions about science-related issues. The mean score is the measure.

大学での物理教育現場から

- ▶ 鹿児島大学の場合、物理科学科、または物理・宇宙プログラムの女子の割合は1割以上3割以下程度
- ▶ 鹿児島大学に限らず、私が教育に関わった大学（カリフォルニア工科大学、ハワイ大学ヒロ校を含む）において、物理課程において、女性に学習困難があるという事実は確認できない。
- ▶ 同僚の教員や他大学の共同研究者も全く同じ見解を持っている
- ▶ むしろモチベーションを持っているかどうかで決まる

当日共有します

大学での物理・理工学教育現場から

- ▶ 女子の大学院（博士課程前期）進学の場合は、進学者全体のうち、物理・宇宙は1割以上3割未満で推移
- ▶ 理工学研究科全体で見ると、ゼロだった年を除き5%から25%で推移

当日共有します

大学での理工学教育現場から

- ▶ 理工学系全体で見て、女子の博士後期課程への進学率は大きくばらつきがある。
(0から100%の年まであった)

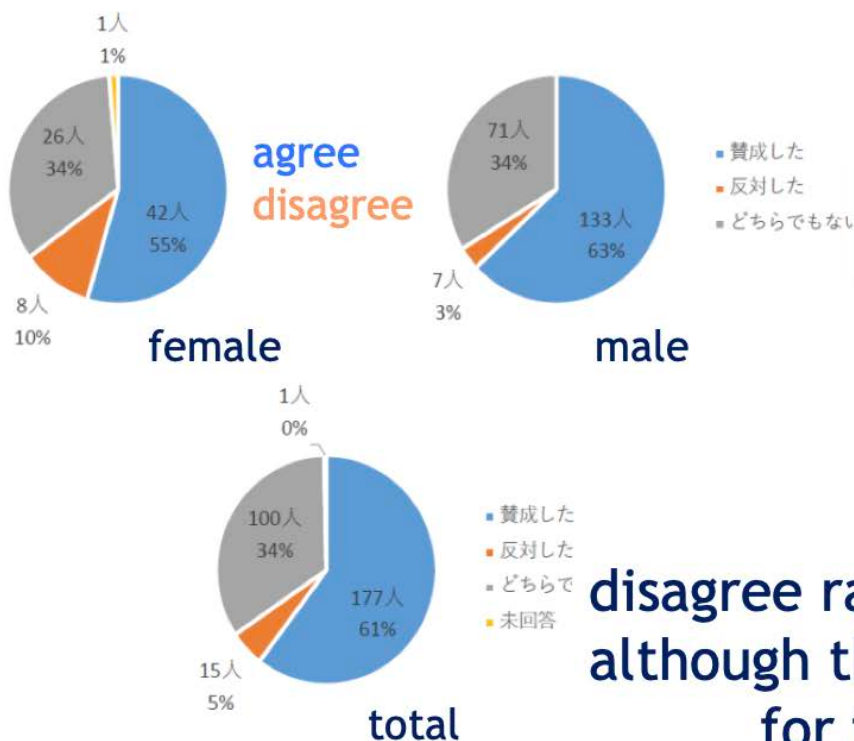
当日共有します

INVESTIGATION IN ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN

Difficulty to join Master course

What was your family's opinion when you joined master course ?

(6-1)あなたが大学院修士課程に進学するとき、ご両親（保護者の方）の反応はどうでしたか？



修士課程への進学			
	agree	disagree	でもない
female	52 %	19 %	31 %
male	56 %	0 %	44 %

回答数：女性49, 男性51
(加藤&池内, 天文月報 2000年)

20 years ago

disagree ratio becomes half for female although the situation is more difficult for female ...

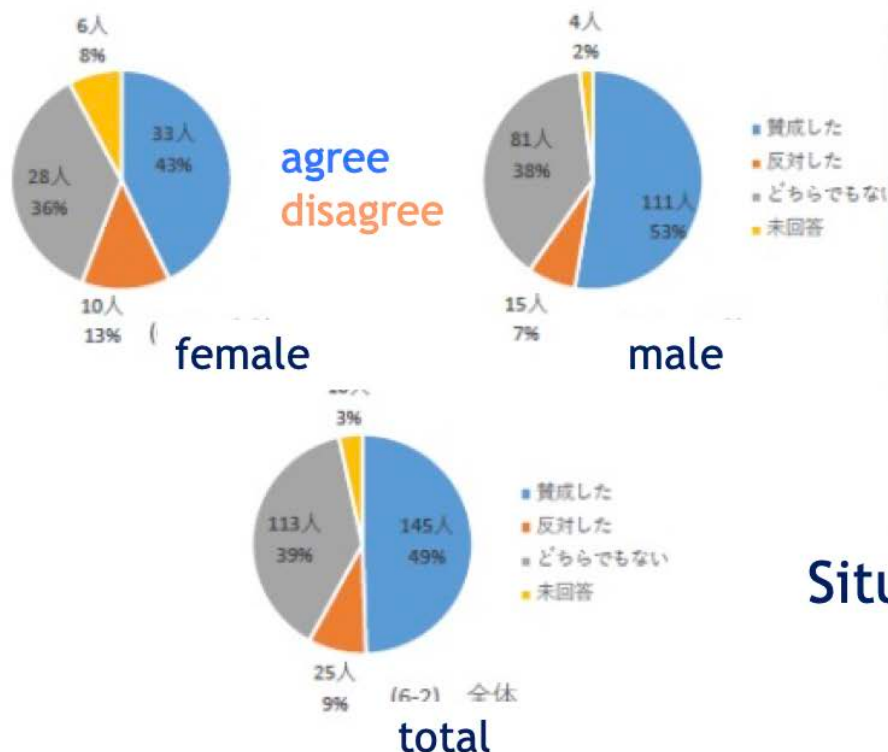
*Bamba et al. slides presented in 2019
published in 2021 (天文月報)*

INVESTIGATION IN ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN

Difficulty to join Doctor course

What was your family's opinion when you joined doctor course ?

(6-2) あなたが博士課程に進学するとき、ご両親（保護者の方）の反応はどうでしたか？



博士課程への進学			
	agree	disagree	でもない
female	46 %	11 %	43 %
male	48 %	6 %	46 %
回答数：女性49, 男性51			
(加藤&池内, 天文月報 2000年)			

Situation does not change
in these 20 years

*Bamba et al. slides presented in 2019
published in 2021 (天文月報)*

上野千鶴子さんによる東京大学 入学式祝辞 (2019)

- ▶ 不正入試問題に関連して：
- ▶ 文科省が全国81の医科大・医学部の全数調査を実施したところ、女子学生の入りにくさ、すなわち女子学生の合格率に対する男子学生の合格率は平均1.2倍と出ました。問題の東医大は1.29、最高が順天堂大の1.67、上位には昭和大、日本大、慶応大などの私学が並んでいます。1.0よりも低い、すなわち女子学生の方が入りやすい大学には鳥取大、島根大、徳島大、弘前大などの地方国立大医学部が並んでいます。
- ▶ 全国医学部調査結果を公表した文科省の担当者が、こんなコメントを述べています。「男子優位の学部、学科は他に見当たらず、理工系も文系も女子が優位な場合が多い」。ということは、医学部を除く他学部では、女子の入りにくさは1以下であること、医学部が1を越えていることには、なんらかの説明が要ることを意味します。

上野千鶴子さんによる東京大学 入学式祝辞 (2019)

- ▶ 事実、各種のデータが女子受験生の偏差値の方が男子受験生より高いことを証明しています。
- ▶ まず第1に女子学生は浪人を避けるために余裕を持って受験先を決める傾向があります。
- ▶ 第2に東京大学入学者の女性比率は長期にわたって「2割の壁」を越えません。今年度に至っては18.1%と前年度を下回りました。統計的には偏差値の正規分布に男女差はありませんから、男子学生以上に優秀な女子学生が東大を受験していることになります。
- ▶ 第3に、4年制大学進学率そのものに性別によるギャップがあります。2016年度の学校基本調査によれば4年制大学進学率は男子55.6%、女子48.2%と7ポイントもの差があります。この差は成績の差ではありません。「息子は大学まで、娘は短大まで」でよいと考える親の性差別の結果です。
- ▶ ノーベル平和賞受賞者のマララ・ユスフザイさんが日本を訪れて「女子教育」の必要性を訴えました。「どうせ女の子だし」「しょせん女の子だから」と水をかけ、足を引っ張ることを、aspirationのcooling downすなわち意欲の冷却効果と言います。マララさんのお父さんは、「どうやって娘を育てたか」と訊かれて、「娘の翼を折らないようにしてきた」と答えました。そのとおり、多くの娘たちは、子どもなら誰でも持っている翼を折られてきたのです。

大学での物理・理工学教育

▶ 記事より抜粋

- ▶ 『（女性で社会で指導的立場に立つ人が少なく）身近な手本の少なさ。将来の職種を想像しにくい』
- ▶ 『女子は物理や数学が苦手という無意識の思い込み』
- ▶ 『「女の子が理系で何するの」と言われ悔しい思いをした』
- ▶ 進路指導のときに無意識に女子は文系、男子は理工系を前提に話しをしていたことを気づく高校教員もいる

リケジョ

進学に思い込みの壁

子どものころから星を見るのが好きだった。鹿児島大学理学部の新永浩子准教授（物理・宇宙プログラマ）は、星の誕生と進化、死までを物理的に説明するため、サブミリ波という波長を使って宇宙空間にある温度が低く暗い物質を観測、研究している。「大変なことはあるが、面白が勝る」

埼玉県出身。大学で天文学に魅了され、研究者の道へ。台湾やアメリカなど海外を渡り歩き、国立天文台野辺山宇宙電波観測所などを経て、2014年鹿児島大学に赴任した。

博士号を取得後、27歳で結婚した。研究者の夫は今は四国におり、小学6年と1年の子どもと3人で暮らす。同学部で子育て中の女性研究者は珍しい。「仕事にプレッシャーをかける考えはないが時間は限られる。一方で子どもから多くを学んでいる」と笑顔を向ける。

理工系分野で学ぶ女性を「リケジョ」と呼ぶようになって久しい。だが、鹿児島でも女子の割合は理学部で約29%、工学部は約16%に

学は魅了され、研究者の道へ。台湾やアメリカなど海外を渡り歩き、国立天文台野辺山宇宙電波観測所などを経て、2014年鹿児島大学に赴任した。

博士号を取得後、27歳で結婚した。研究者の夫は今は四国におり、小学6年と1年の子どもと3人で暮らす。同学部で子育て中の女性研究者は珍しい。「仕事にプレッシャーをかける考えはないが時間は限られる。一方で子どもから多くを学んでいる」と笑顔を向ける。

理工系分野で学ぶ女性を「リケジョ」と呼ぶようになって久しい。だが、鹿児島でも女子の割合は理学部で約29%、工学部は約16%に

少ない手本

小中学校までは理科が好きで女子は多いのに、大学進学段階で理工系分野の志望はぐっと減る。背景にあるのは「女子は物理や数学が苦手」という無意識の思い込みや、身近な手本の少なさ。将来の職種を想像しにくいという指摘もある。



講座を続ける。「女子の可能性を広げたい。それが社会の活力につながる」との思いがある。

結晶を作る実験のほか、受講生は研究室の女子学生と懇談し、大学生活や理工系女性の多様な就職について学ぶ。講座は親子同伴。「子どもに楽しさを知ってほしい、親も理科好きになつて応援してほしい」

今年、受講生だった女子生徒から「理学部に合格しました」とうれしいメールが届いた。

■活躍

鹿児島市の錦江湾高校は、理数系教育に重点を置いて「実験つて楽しい」。錦江湾高校理数科の女子生徒たち

「白衣に憧れて志望した」という女子もいる。一方で、「女の子が理系で何するの」と言われ、悔しい思いをした生徒がいた。リケジョが特別な存在でなくなる日が待ち遠しい。

くスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定校。理数科の女子は3学年55人と男子の半数に満たないが、活躍は目覚ましい。2年の新名心さんは、竹の成分を活用した化粧品を鹿児島大学と共同研究する。2年の湯ノ口夢叶さんと榎田彩夏さんが考えたのはインクジェットプリンターを使った簡易で鮮明な指紋検出法。アイデアを知った警察関係者が訪ねてきたという。湯ノ口さんは「将来は物理工学を学びたい」と意欲を見せる。

大学での教育現場から

- ▶ 女子の方が系統的に成績が良い
- ▶ 物理に限らず、大学で学べる分野（法文学、教育学、理学、工学、医学、歯学、獣医学、農学、水産学など）において、女子の能力については、むしろ男子学生よりも高い

当日共有します

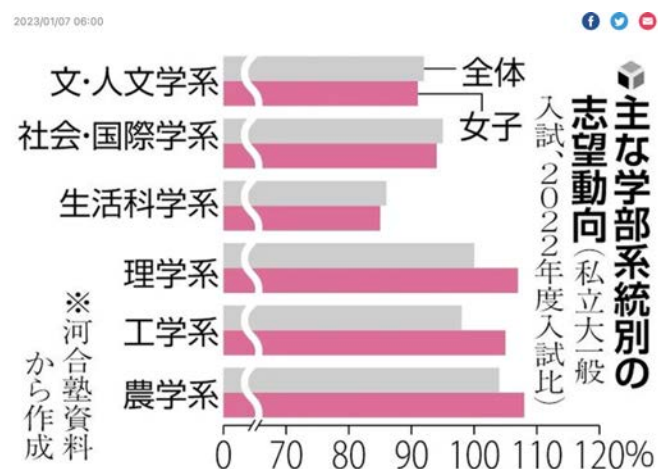
SUMMARY AND FUTURE PROSPECTS

- Girls are equally competent in STEM fields in schools and universities.
- Girls can make progresses in physics and other STEM fields along with boys.
- Education environments of Girls in Japan made tremendous progresses over ~140 years.
- Parents/teachers should refrain from cooling down girls' aspiration to go for STEM careers when it comes to choosing future professions of their children/students.
- Recent data clearly show more girls choose to learn STEM fields at universities.

主要大学の理系学部志願者数(前年比)からは女子の人気の高まりが目立つ	大学グループ	全体	女子
	北海道大、東北大、東京大、東京工業大、一橋大、名古屋大、京都大、大阪大、神戸大、九州大	99%	101%
	筑波大、東京都立大、千葉大、横浜国立大、新潟大、金沢大、大阪公立大、岡山大、広島大、熊本大	102	105
	早稲田大、慶応大、上智大、東京理科大	100	102
	明治大、青山学院大、立教大、中央大、法政大	105	106
	関西大、関西学院大、同志社大、立命館大	105	106
理系学部	千葉工業大、北里大、工学院大、芝浦工業大、東京工科大、東京電機大、東京都市大、東京農業大、麻布大、神奈川工科大(理系10大学)	98	103

※河合塾の資料を基に作成

2022年12月13日産経新聞



2023年1月7日読売新聞