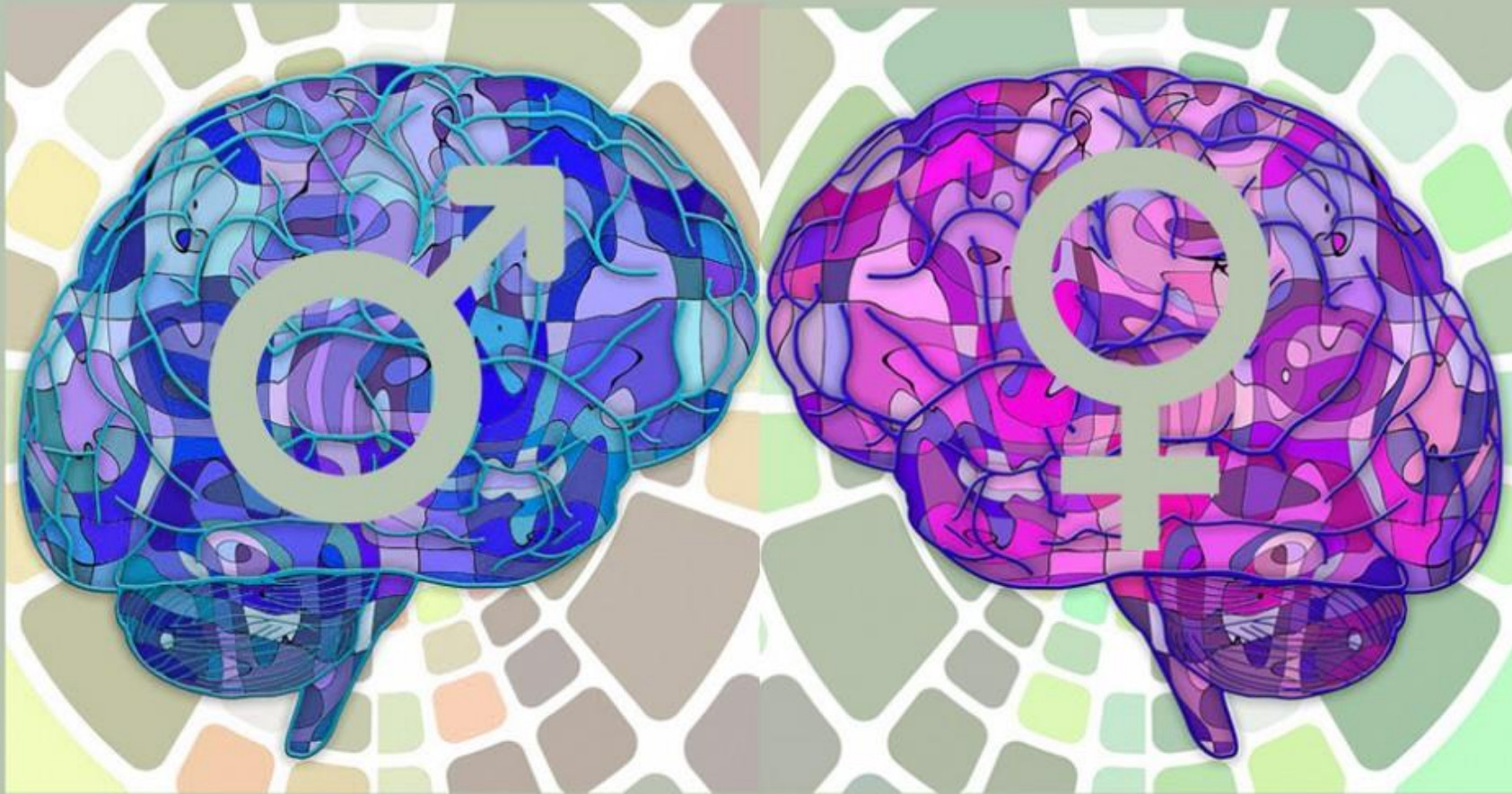


脳の性差とジェンダーダイノベーション



<https://sciencenewsjournal.com/male-female-brains-wired-differently/>

大隅典子（東北大学副学長・大学院医学系研究科教授）

WHO I AM?

2

1985年：東京医科歯科大学歯学部卒

大学院～助手の時代は顔面発生研究を専門

1989年：同大学歯学研究科博士課程修了、助手

1996年：国立精神・神経センター神経研究所室長

神経発生分野にシフト

1998年－：東北大学大学院医学系研究科教授

精神疾患モデル研究も開始

2004-2009年：CREST「脳学習」研究代表者

2007-2012年度：脳科学グローバルCOEリーダー

2016-2020年度：「個性」創発脳領域代表

2010-2011冬 プチサバティカル@ハーバード大学

2016年- Neuro Global国際共同大学院プログラムリーダー

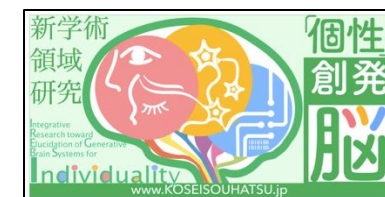
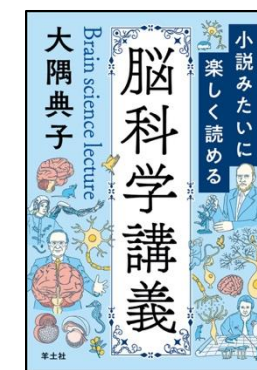
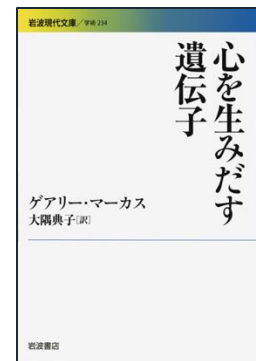
2018年-：東北大学副学長・附属図書館長

2022年：科学技術分野の文部科学大臣表彰

(理解増進部門)

第4回ジュン アシダ賞受賞 (東北大学として)

2023年-：内閣府健康・医療戦略参与



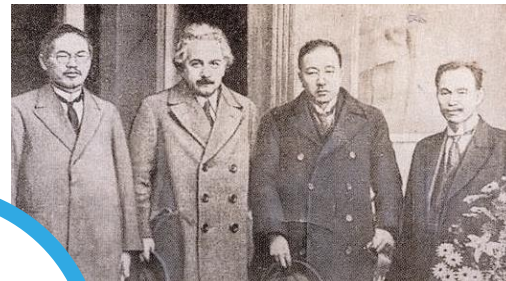
「社会とともにある大学」としての東北大学

3

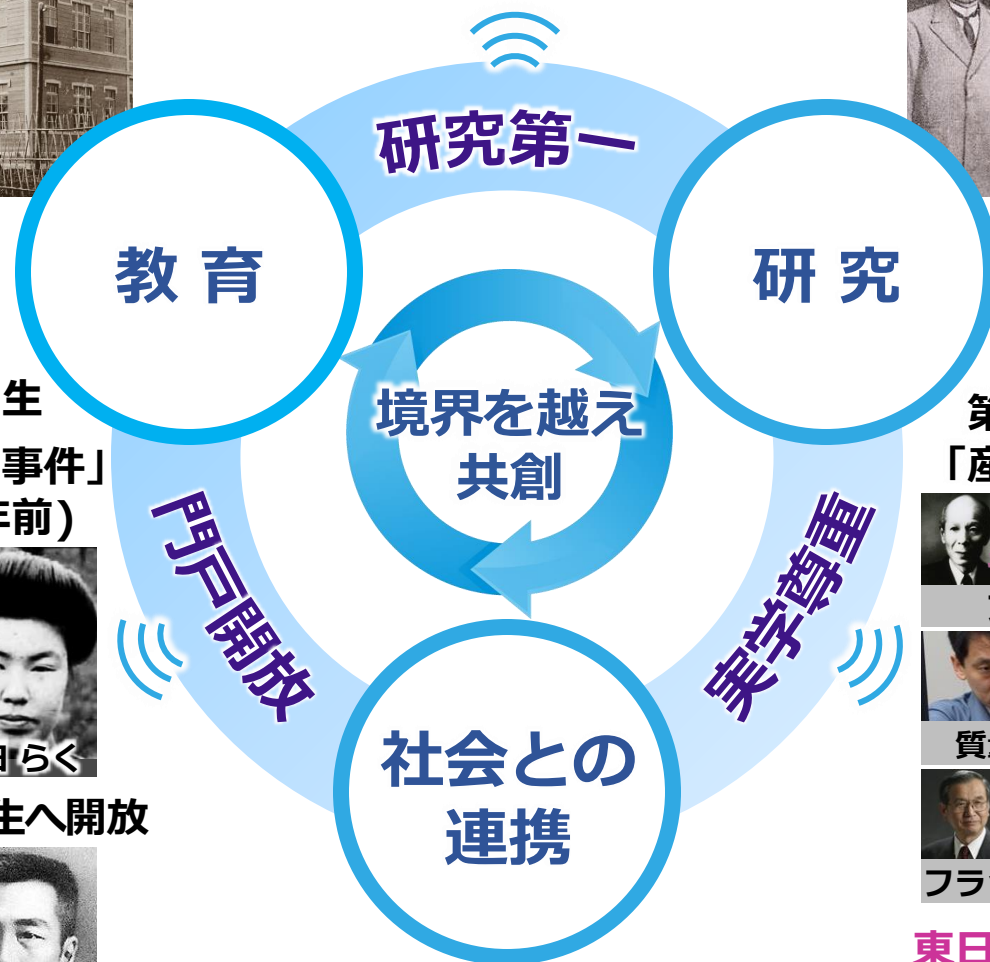
1907年 東北帝国大学の創立
三番目の帝国大学



「仙台は学術研究に最適な都市」
アインシュタイン, 1922



研究と教育は車の両輪



多様性を力に

日本初の女子大学生の誕生
「女子の帝大入学は重大事件」
文部省, 1913 (111年前)



専門学校・師範学校・留学生へ開放



社会価値を創造

第6代総長 本多光太郎
「産業は学問の道場なり」



東日本大震災からの復興へ
貢献、大学の社会的使命を
構成員が強く自覚, 2011~

THE WORLD
UNIVERSITY
RANKINGS

THE
世界大学ランキング
日本版

第1位

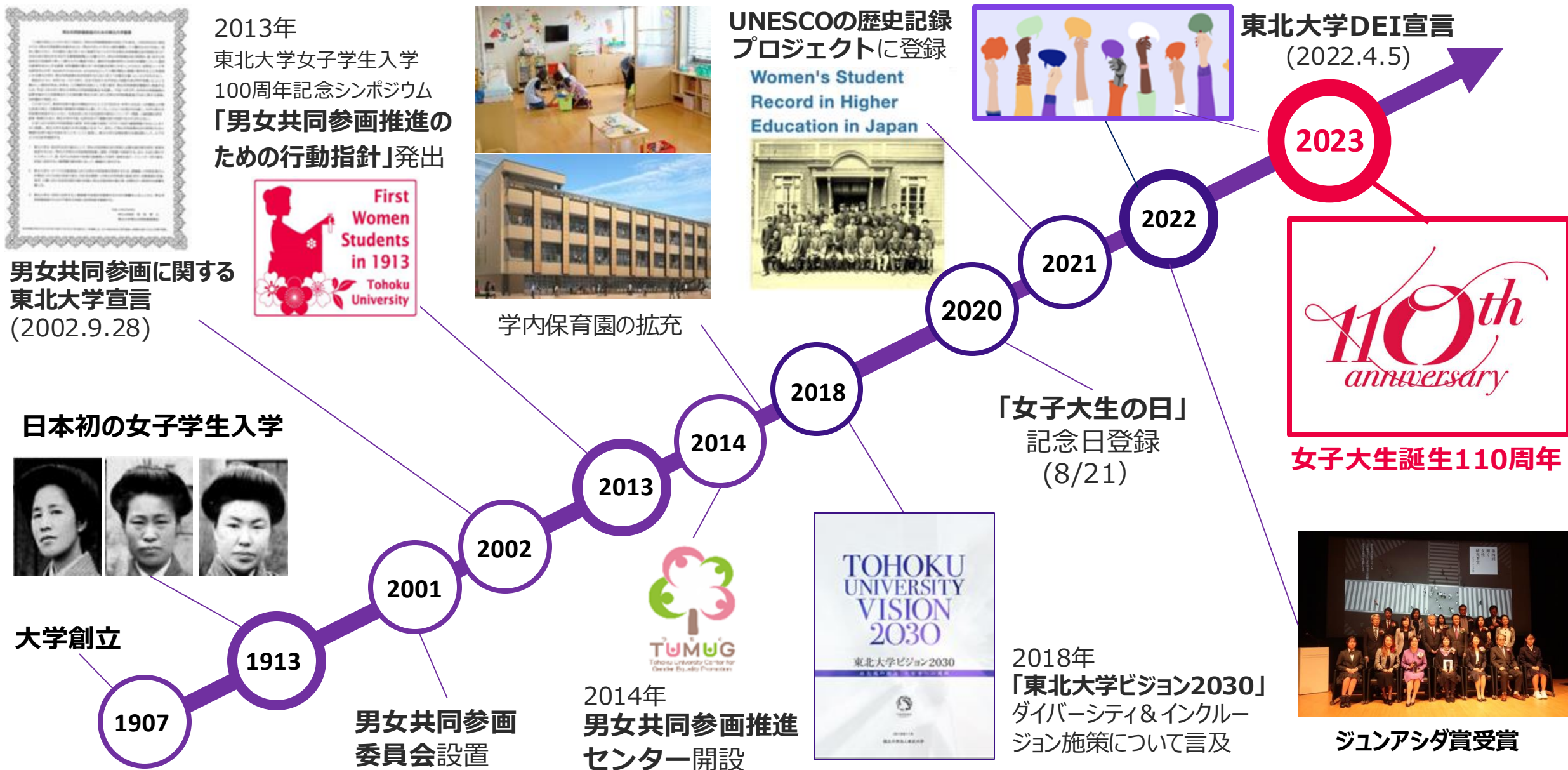
4年連続



高校からの評価

2006~2022年までで
総合1位を15回

東北大学におけるダイバーシティ推進の歴史



東北大学DEIシンポジウム Tohoku University DEI Symposium

ジェンダード・イノベーションが 切り拓くDEI

2024 11.17 日 SUN

日時 / 時間 ▶ 13:00~15:45

Date / Time : Sunday, November 17, 2024 / 13:00-15:45

「門戸開放」の理念を掲げた東北大学が、前例のない女子学生入学許可を断行してから110年以上が経過しました。本理念は、色あせることなく近年の共同歩調推進や女性研究者支援の取組等へと発展し、2022年のDEI推進宣言により、多様性を尊重する大学づくりを加速しています。今回は、研究に性差とジェンダーの視点を取り入れることによって新たな発見や革新の可能性を生み出す「ジェンダード・イノベーション」の提唱者であるLonda Schiebinger氏をお招きし、多様性を活かした社会のあり方について議論します。

ハイブリッド
開催 Hybrid

※同時通訳/文学情報会
#Simultaneous translation available
(English-Japanese)/Text Information Support

対面 In Person

東北大学川内北キャンパスマルチメディア教育研究棟2階
マルチメディアホール (仙台市地下鉄東西線「川内駅」南出口2よりすぐ)
会場周辺には駐車場はありませんので、地下鉄などの公共交通機関をご利用ください。

Kawauchi-Kita Campus, Multimedia Education and Research Complex, 2nd floor, Multimedia Hall (Short walk from South Exit 2 of Kawauchi Station on the Sendai City Subway Tzai Line)
There are no parking lots around the venue, so please use the subway or other public transportation.

オンライン Online

ZOOM
(ウェビナー)
Zoom (Webinar)

プログラム Program

Gendered Innovation Opens the Way to DEI

開会挨拶 Opening Remarks

東北大学総長 富永 健二 Teiji Tominaga
President, Tohoku University

基調講演 Keynote Speech

ジェンダード・イノベーション：
科学技術に付加価値を

Gendered Innovations: Adding Value to Science and Technology
スタンフォード大学歴史学科学ジョン・L・ハインズ科学史教授
[科学、医学、工学、薬学分野におけるジェンダード・イノベーション]
プロジェクト創設者
Londa Schiebinger

John L. Hinds Professor of History of Science, History Department, Director, Gendered Innovations in Science, Health & Medicine, Engineering, and Environment

講演 Speech

東北大学におけるDEI推進
～皆が輝ける大学を目指して～

DEI Promotion in Tohoku University
: Aiming For a University Where Everyone Shines
東北大学副理事 (DEI推進担当)、DEI推進センター長
田中 真美 Mami Tanaka

Associate Executive Vice President (for DEI), Tohoku University /
Director, Center for DEI

お問い合わせ

東北大学人事企画部 人事企画課DEI推進係
DEI Promotion Section, Human Resources and Planning Division, Tohoku University
TEL 022-217-6353 Mail dei@grp.tohoku.ac.jp

11月15日(金)仙台市と共催で「ジェンダード・イノベーションワークショップ」を開催予定 (講師:Londa Schiebinger)
Tohoku University will co-host a Gendered Innovation Workshop with Sendai City on Friday, November 15. (Lecturer: Prof. Londa Schiebinger)

休憩 Break (10分 10 min.)

パネル討論 Panel Discussions

多様性をイノベーションに活かす
Leveraging Diversity for Innovation

大阪大学社会技術共創研究センター 特任研究員 藤田 想人 Sota Tsuruta
(ファシリテーター Facilitator)
Osaka University Research Center on Ethical, Legal and Social Issues
Specialty Appointed Fellow

東北大学工学研究科 教授 /
ファイトケミカルプロダクツ株式会社 取締役 北川 尚美 Naomi Shibaesaki-Kitakawa
Graduate School of Engineering, Professor, Tohoku University /
Phytochem Products Inc. CTO

仙台市経済局スタートアップ支援課 異業連携係長 白川 裕也 Yuuya Shiraizawa
Startup Support Section, Economic Affairs Bureau, City of Sendai
Manager for Startup Ecosystem Development

株式会社仙台三越 代表取締役社長 小宮 仁奈子 Natsuko Kamiya
Sendai Mitukoshi Ltd. President

株式会社LITALICO
執行役員CQO/LITALICO研究所長 榎本 大貴 Daiki Enomoto
LITALICO Inc. Chief Quality Officer / LITALICO lab. Director

閉会挨拶 Closing Remarks

東北大学副学長 (広報・ダイバーシティ担当) 大隅 典子 Noriko Osumi
Vice President for Public Relations and the Promotion of Diversity, Tohoku University

申込方法 Application for participation

会場参加の申込み
はこちら

Onsite Participation

https://forms.gle/mBPyXhK8BkaGz07

※申込締切:11月8日(金)17:00 ※Application deadline: Friday, November 8th 17:00

オンライン参加の
申込みはこちら

Online Participation

https://zoom.us/join/register?WN_OB8gUvUQzR8Gz07NYW

無料託児所あり(事前申込制)
Free day care center available
(advance registration required)

対象:生後5ヶ月～就学前
※事前登録の場にお申込みください。
Target: 5 months old to preschool age
※Please apply at the time of pre-registration.

主催:東北大学 Organizer: Tohoku University

※掲載の様子をカメラなどで撮影し東北大学においてホームページなどの
広報用に使用する場合がありますのでご了承ください。また参加にあたり、
必要が重要な方々事前にご連絡ください。
※By participating, you consent to the recording of the event and its release,
publication, exhibition (and/or reproduction). If you require any assistance in
participating, please contact us in advance.

シービンガー先生ご講演



イベント報告記事：

基調講演を行ったシービンガー先生、富永総長、パネリストとともに

<https://dei.tohoku.ac.jp/news/36392/> (2025.1.21閲覧)

大隅研：発生発達神経科学分野研究室 マウスや細胞を使って脳がどのようにして 出来上がるのかを研究しています

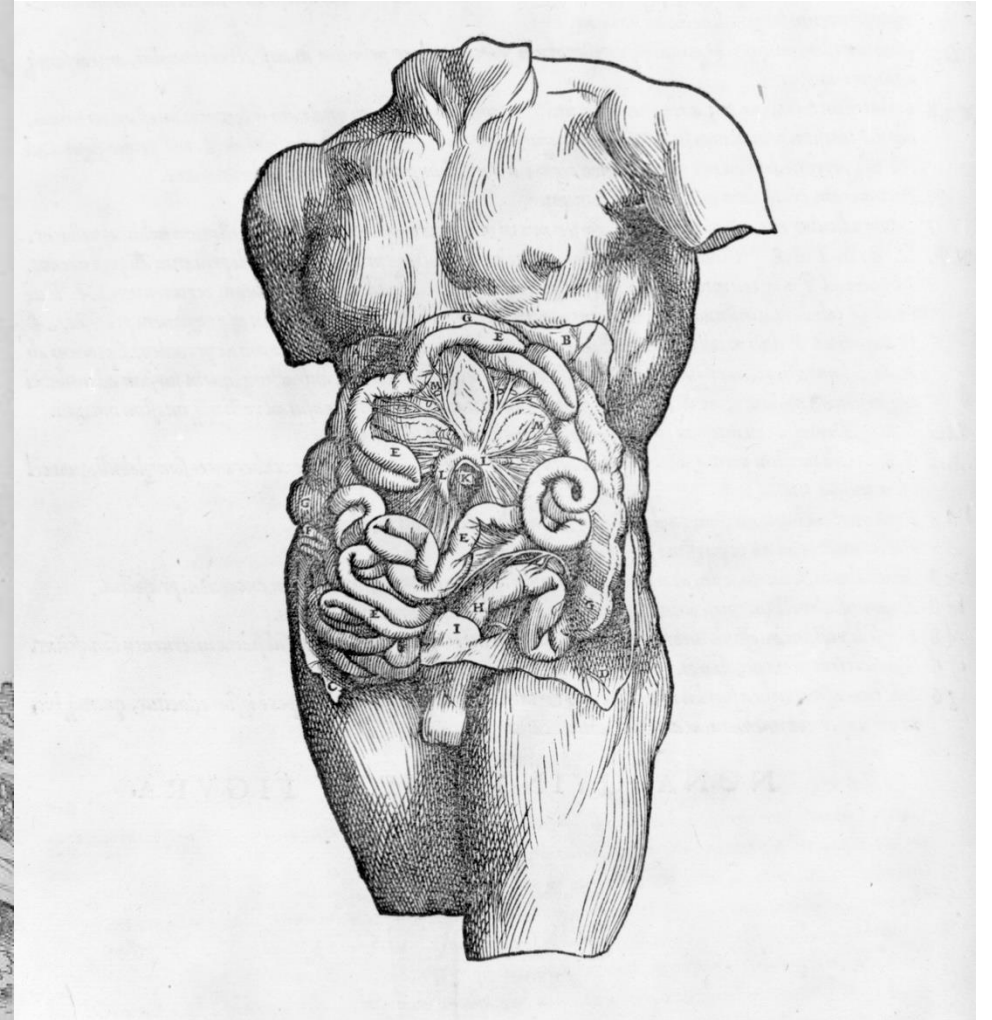
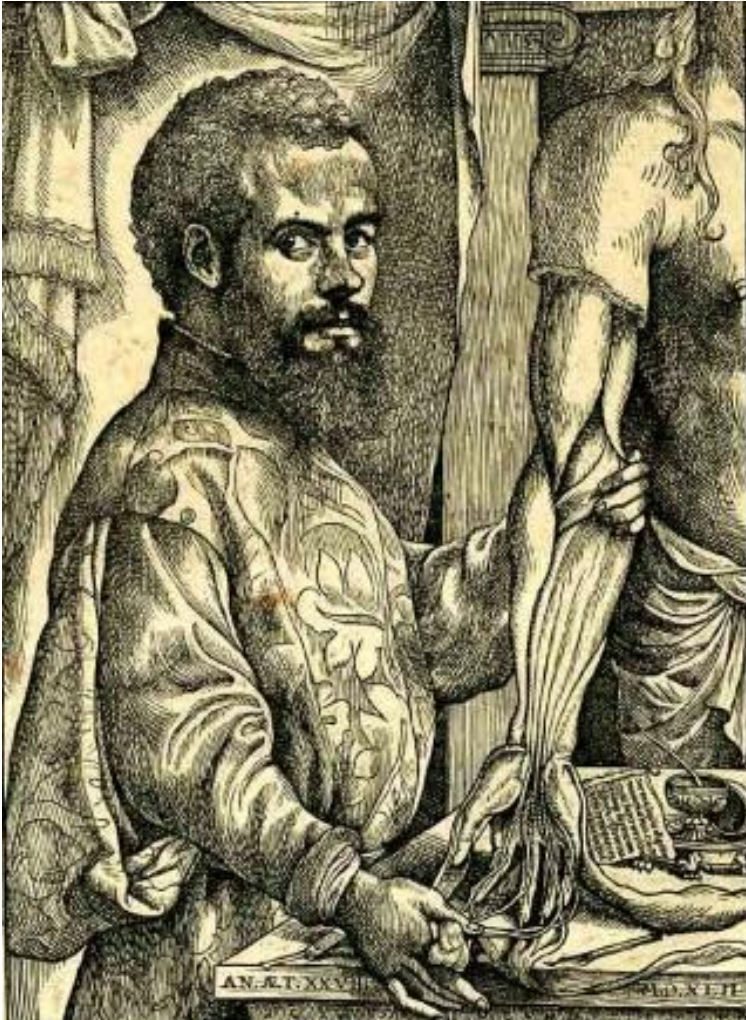


脳の発生や自閉症に関する一般書も執筆しています



近代科学はジェンダー中立ではなかった

7



<https://blogs.bl.uk/science/2018/10/andreas-vesalius-the-most-famous-belgian-you-have-never-heard-of.html>

<https://www.metmuseum.org/art/collection/search/358129>

近代科学はジェンダー中立ではなかった

8

- 16世紀：ヴェサリウスは男女の区別無し（男性で代用）
- 18世紀：女性性を強調
- 19世紀：男女の骨格図に各々その骨格の象徴となる動物の骨格図を添えて出版（1829年）
- 男性の骨格には、知性が高いとされた「馬」を添えた
- 女性の骨格には、……

19世紀以降のフェミニズム



シモーヌ・ド・ボーヴォワール（1908-1986）

「女性は女に生まれるのではない。女になるのだ」



- 「ジェンダー平等」という考え方
- 生物学的性差の否定

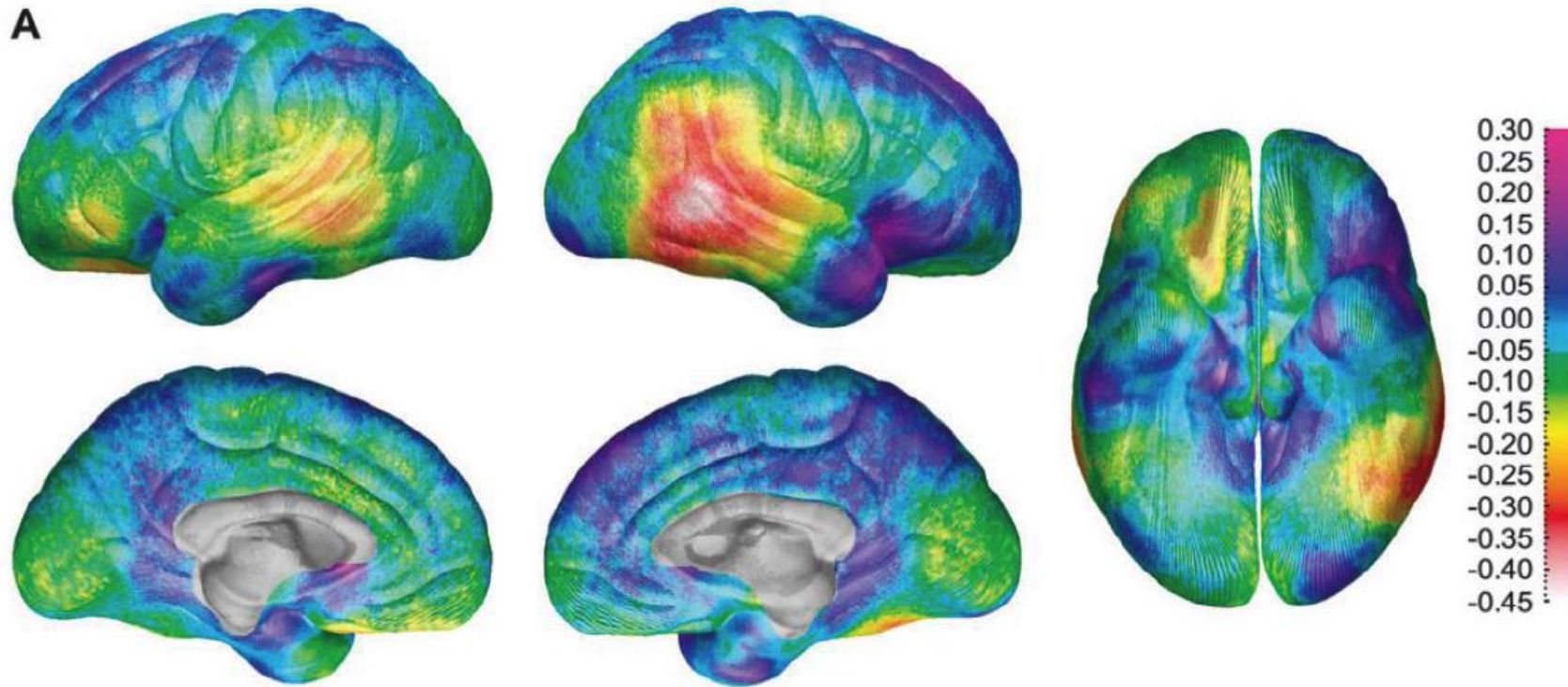
脳の性差？

10

男女の脳はどの程度
違いがあるのか？



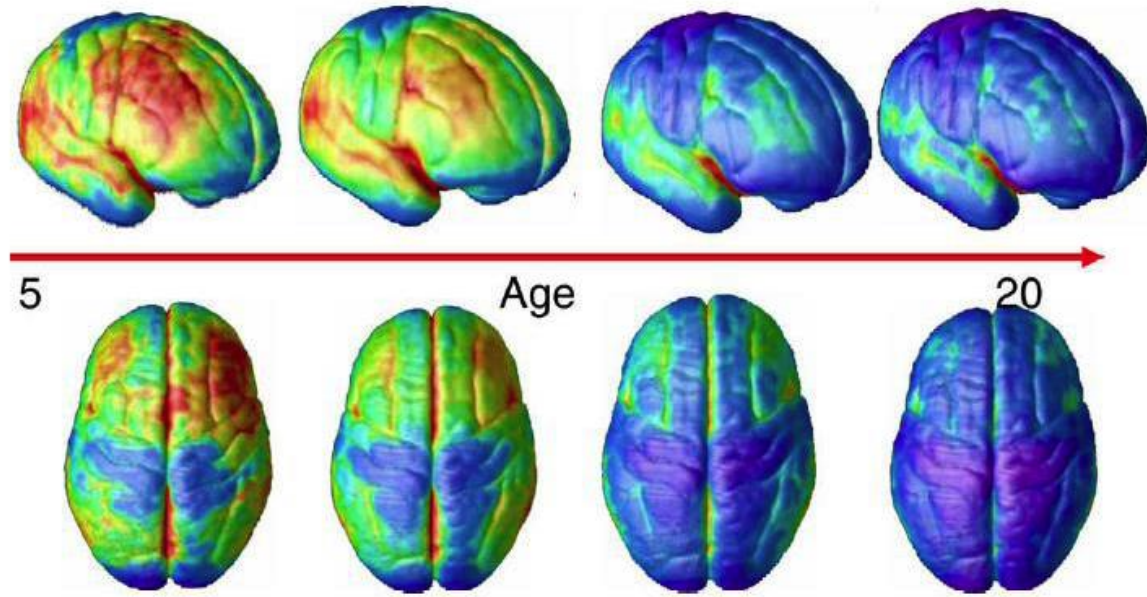
脳全体で神経細胞の存在する厚みの性差



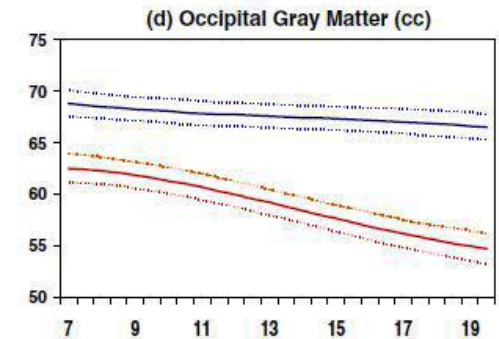
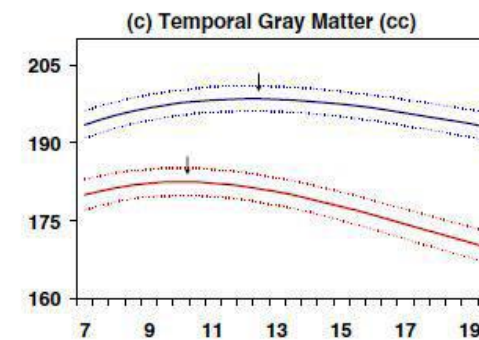
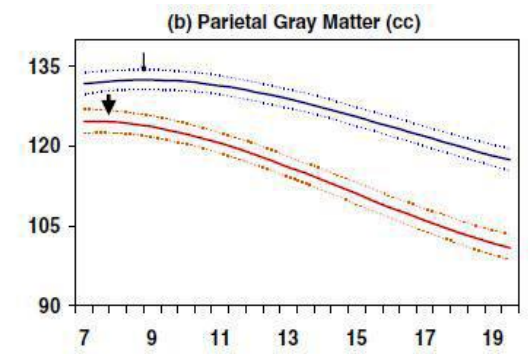
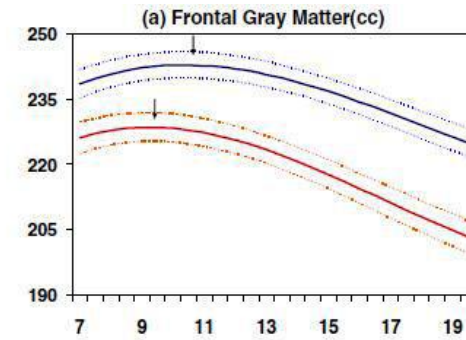
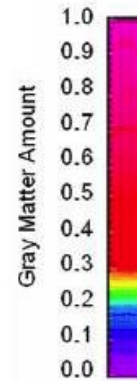
- 実体積、実皮質厚では、
 - 灰白質、白質とも有意に男性が多い
 - 女性＞男性の領域：側頭頭頂部、左下前頭回等（上図暖色系）
 - 男性＞女性の領域：前頭頭頂部、側頭葉底部内側～側頭極（上図寒色系）

脳の成熟は女子が男子より早い

12



赤：灰白質の厚みが厚い
青：灰白質の厚みが薄い



Gogtay et al., Brain & Cognition, 2010

神経回路レベルの性差

13

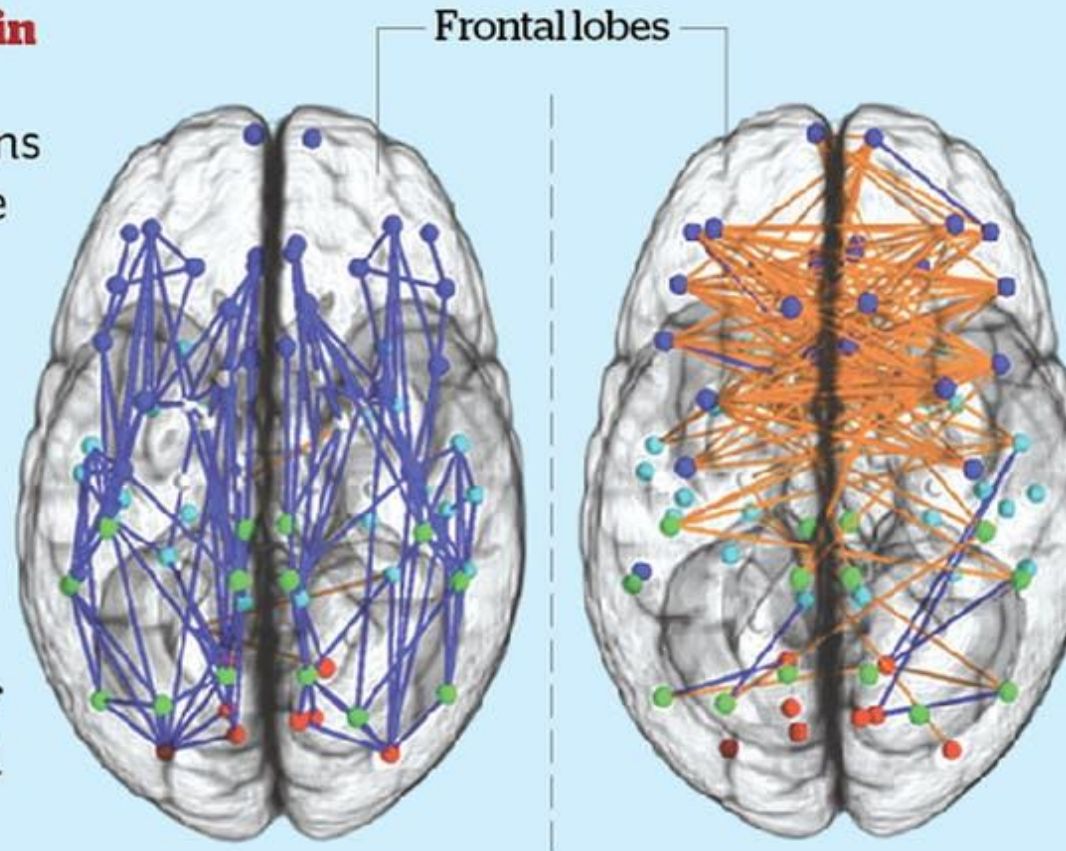
The male and female brain

<https://www.independent.co.uk/life-style/the-hardwired-difference-between-male-and-female-brains-could-explain-why-men-are-better-at-map-reading-8978248.html>

A new way of showing the connectivity of the brain – called “connectome” maps – reveals significant differences between men and women

Typical male brain (top view)

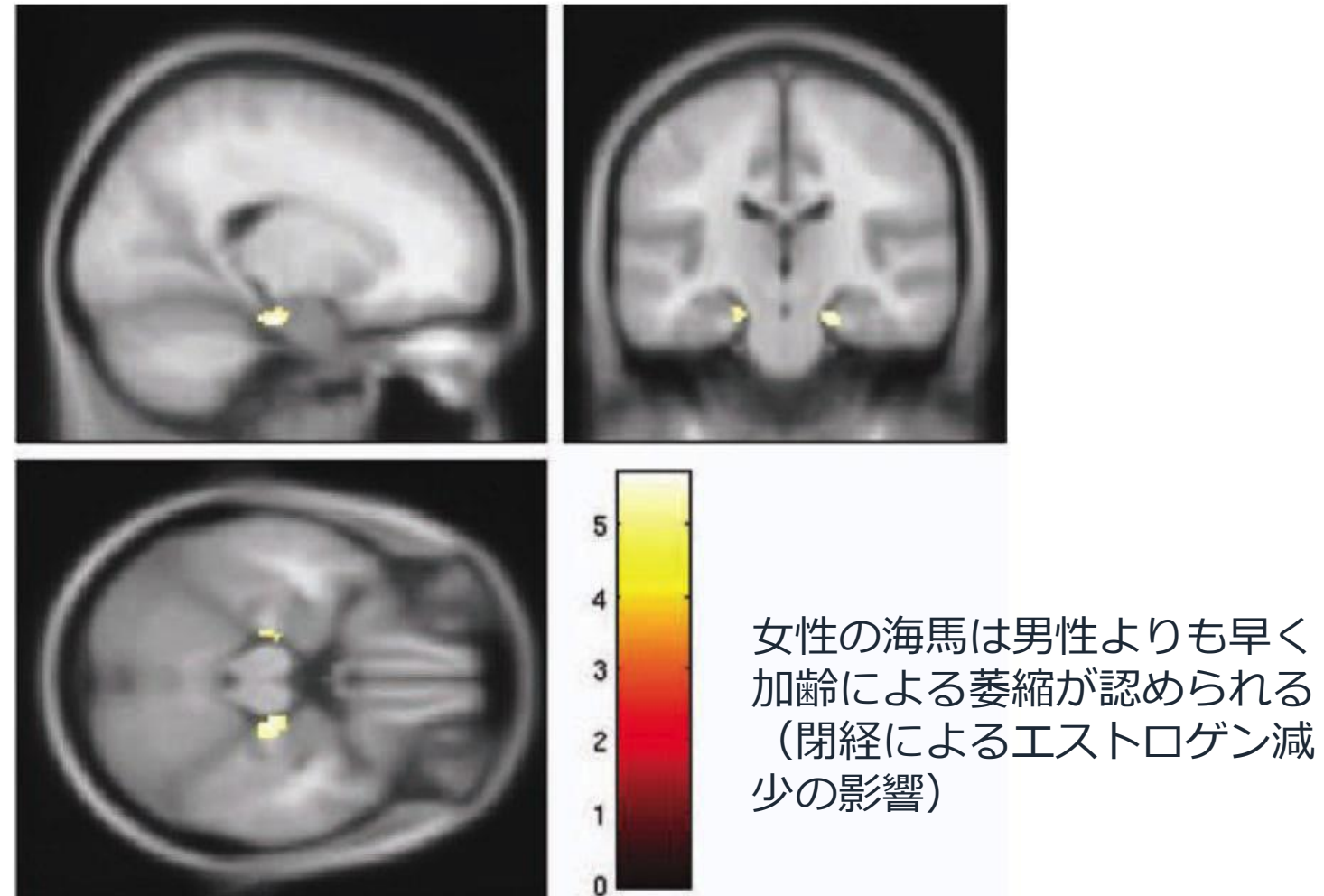
Most connections run between the front and back parts of the same brain hemisphere, which could account for the better spatial skills and motor (muscle) control in men



Typical female brain (top view)

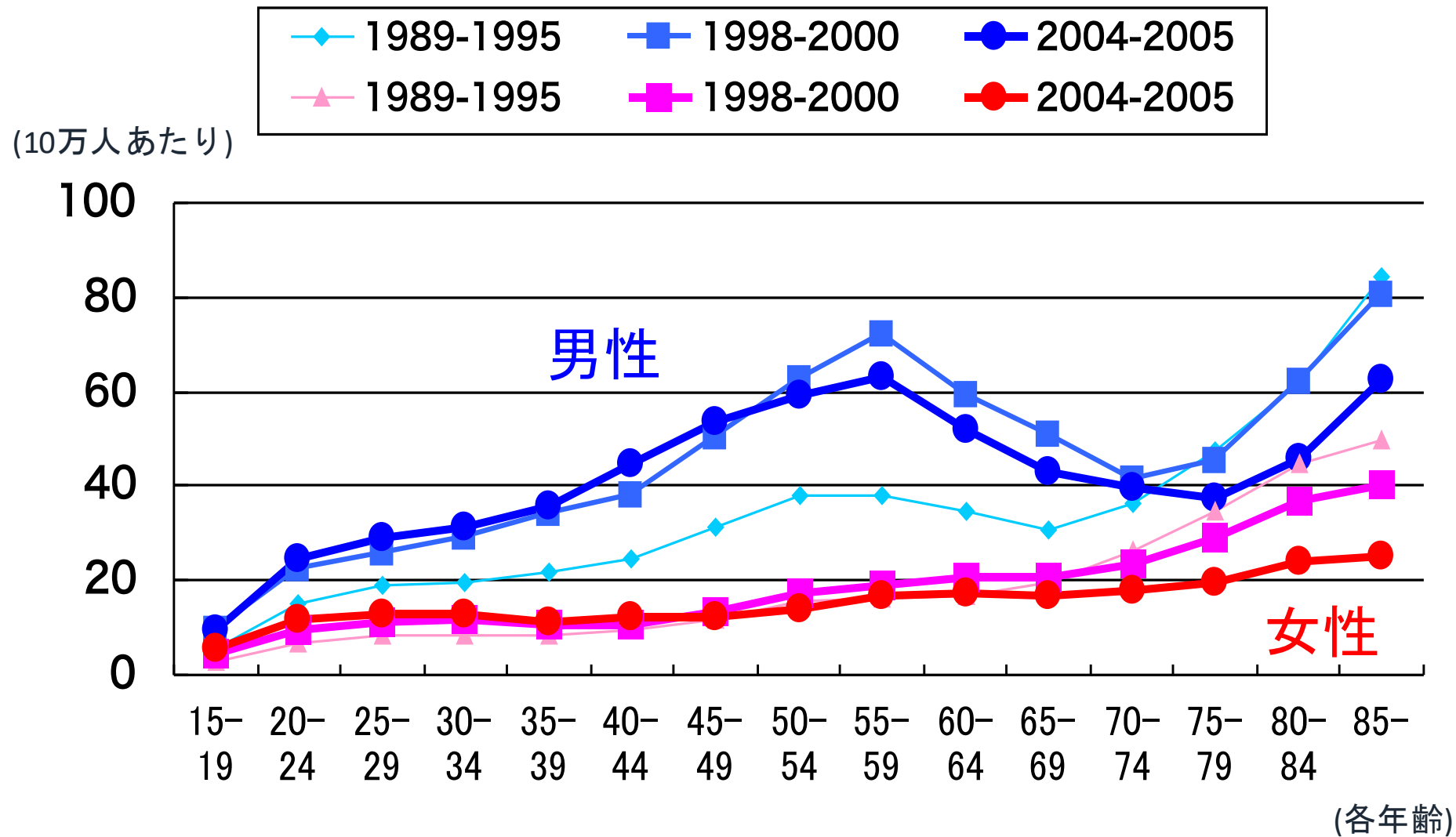
Many more neural connections go from side to side across the left and right hemispheres of the brain. Scientists say this could account for women's better verbal skills and intuitive abilities

脳灰白質体積萎縮の性差



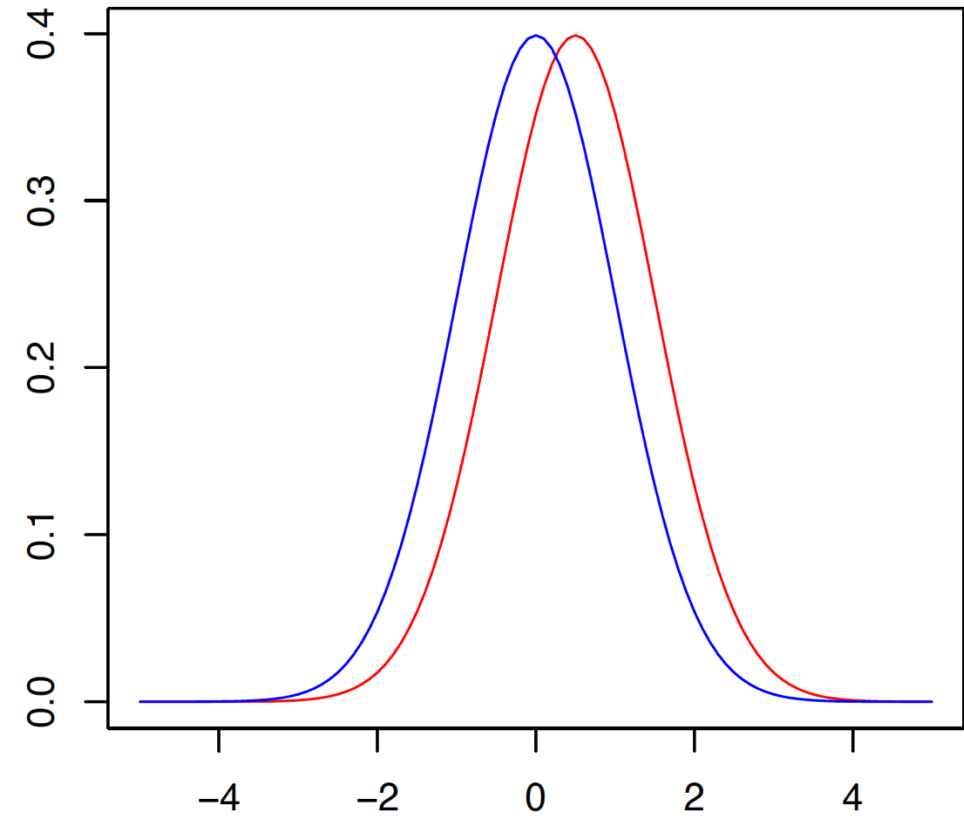
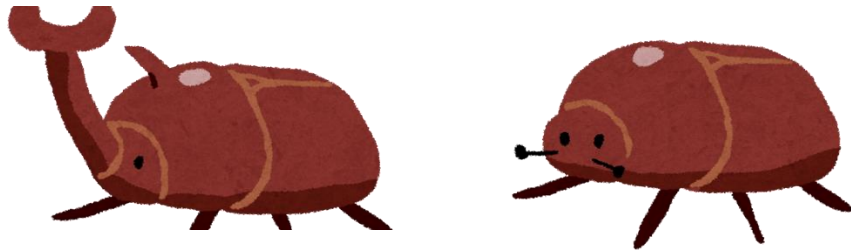
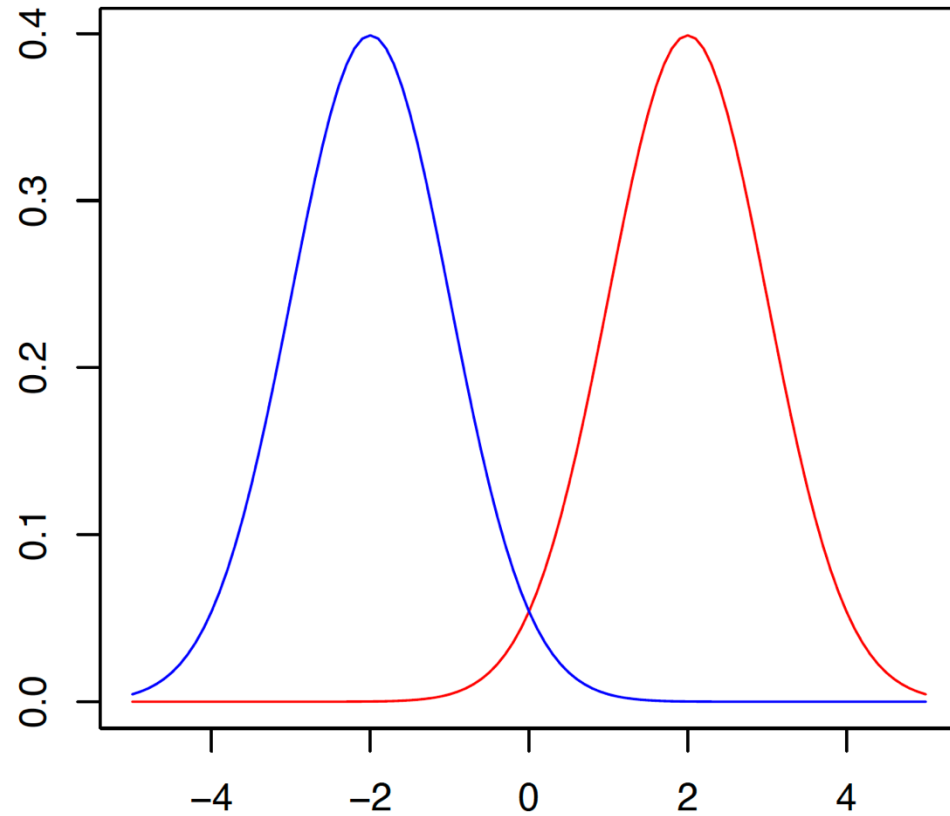
各年齢別自殺率の変化（日本全体）

15



性的二型と一般的な性差

16



平均値の差よりも
分散（ばらつき）
の方が大きい

理系 = 「システム化」が好き？ 女性は「共感化」が好き？

情報を集めて分類



物の仕組みを理解



膨大な数字を分析



現象や構造を説明



共感化



システム化

小さい時からの刷り込み

18

Girl toys vs boy toys:
The experiment –
BBC Stories



<https://www.youtube.com/watch?v=nWu44AqF0il>

小さい時からの刷り込み

19



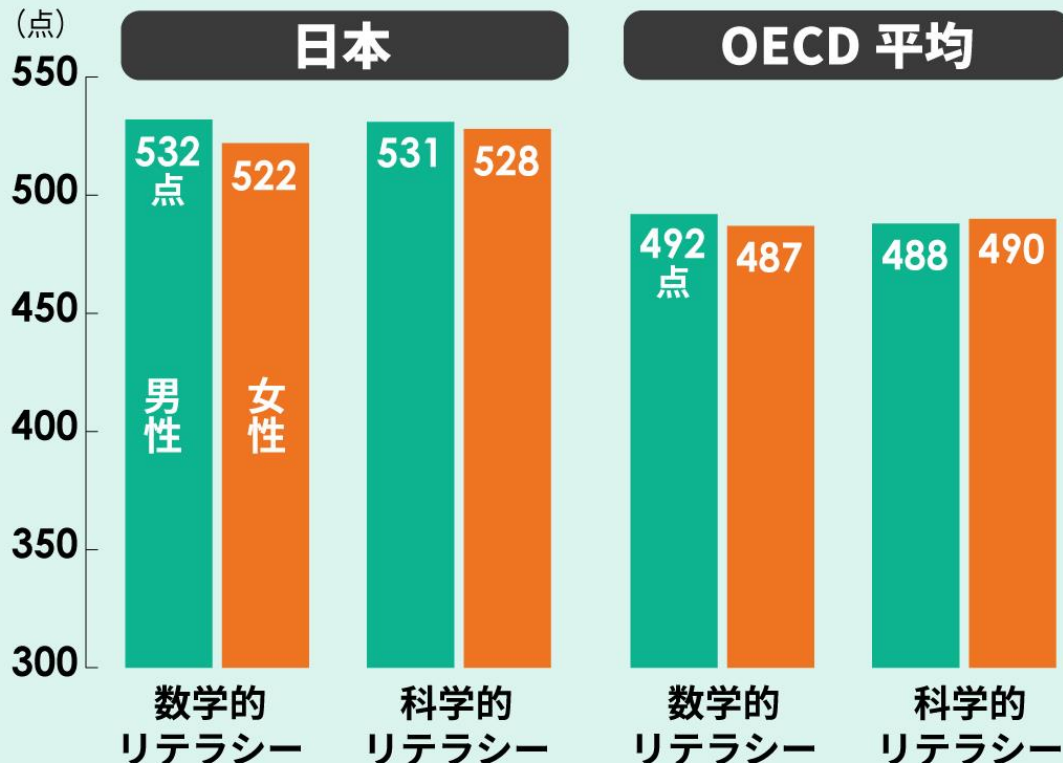
すべてAmazonのサイトより拝借

日本の女性の理系進学はきわめて少ないのは 生物学的性差ではなく無意識のバイアス

20

学習到達度調査（PISA）の 理系分野における男女別の得点

OECD が 15 歳を対象に実施。2018 年のデータより



PISA 2018 Results COMBINED EXECUTIVE SUMMARIES, OECDをもとにハフポスト日本版が作成

理工系進学者のジェンダーギャップ (高等教育機関)

日本 (2019 年)



OECD 平均 (2019 年)



女性割合はOECD加盟国のうち
比較可能な36カ国中で最下位

OECD.Stat のデータをもとにハフポスト日本版が作成

「ジェンダードイノベーション」が鍵！

21

ジェンダード・イノベーションとは

米スタンフォード大学のロンダ・シービンガー教授が2005年に提唱した概念。研究・開発のプロセスに、性差分析を組み込み、イノベーションにつなげる

本人提供



ジェンダード・イノベーションの例

課題

性差考慮の取り組み

動物実験



性周期のあるメスはデータが変動するため、多くでオスが使われてきた



メスも実験に使ったことで、病気の理解が進み、痛みの回路に性差があることなどもわかった

自動車の衝突試験



主に男性の人形が使われ女性の事故時のリスクが見過ごされてきた



女性やBMIが高い人、高齢者、子どもなどにモデルを拡張した

顔認証



男性より女性、白人より肌の色が濃い人の方が精度が低い



機械学習のデータセットを見直すことで精度を改善した

スタンフォード大学や欧州委員会などで作るプロジェクトのHPから



医学・薬学で見逃されてきた「性差」

22

Nature, 2013



Cell sex matters

Male and female cells can behave differently — it is time that researchers, journals and funders took this seriously, says Elizabeth Pollitzer.

- 樹立培養株は雌が多い（Hela、CHO、HEK239等）
- 2001年の調査では、**市場から撤退した薬剤の8割で男性に比べ女性に対する有害事象発生率が有意に高い**
- 2013年に**細胞の機能における性差**についてのNatureコメント
 - 研究に使われた動物・細胞の雌雄について75%が未確認
 - 体外受精によって得られた胚の生育や老齢時のテロメアの長さに男女
 - 性ホルモンによる影響では説明できない**細胞レベルの性差の重要性**
- 2015年にNIH勧告：**生命科学医学実験における性差への配慮**

Nature関連誌からの勧告

23

- 4つのNature 関連誌（*Nature Cancer*、*Nature Communications*、*Nature Medicine*、*Nature Metabolism*）が、査読過程で著者と査読者に対して、**性差分析**に関する今回の勧告を周知。
- これらの学術誌の論文で、性別やジェンダーの報告が既にどの程度、研究デザインやデータ収集・分析に組み込まれているかを広く啓発。
- 性別やジェンダーを考慮しない研究がまだ大半を占め、時には破滅的な結果をしている。
- 米国では、1997～2001年に10点の処方薬が使用中止、そのうちの8点は、男性よりも女性に重い副作用（この分類に該当しない人々が存在することは承知）。
- 差異が見過ごされた原因の1つはおそらく、**臨床試験での性差分析が不十分**あるいは不適切。

https://www.natureasia.com/ja-jp/ndigest/v19/n8/%E7%A0%94%E7%A9%B6%E3%81%AB%E6%80%A7%E5%B7%AE%E5%88%86%E6%9E%90%E3%82%92%E5%BC%B7%E3%81%8F%E6%B1%82%E3%82%81%E3%81%BE%E3%81%99/115396?utm_source=Article18&utm_medium=Collection03&utm_campaign=NDCollection



日本学術会議からの見解

24

現状及び問題点

- ・性別をめぐる科学的議論は多種多様になっているにも拘わらず、日本ではこれに対応する構造変革ができず、社会に歪みを生じ、この解決が社会の課題となっている。
- ・欧州を中心に世界では、科学技術・イノベーション推進のために性別を要因として特性を調べる科学研究があらゆる分野で進められるようになってきた。

見解のポイント

- (1) 性差を考慮した研究開発の推進
- (2) 性別に関する科学的知見の周知
- (3) 性別データの取得とジェンダー統計の充実
- (4) ジェンダー平等の推進

<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-25-k221110-abstract.html>

見 解

性差研究に基づく科学技術・イノベーションの
推進



令和4年（2022年）11月10日

日 本 学 術 会 議

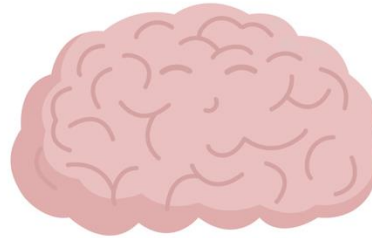
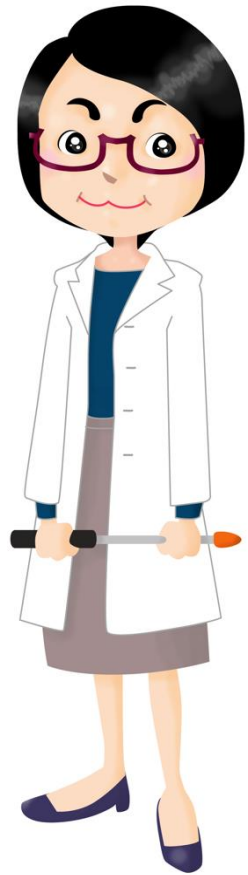
科学者委員会

男女共同参画分科会

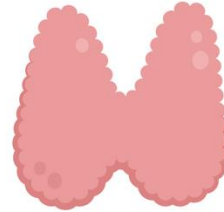
明らかな「性的二型」の無い臓器における性差？

25

More Gendered Research
is needed!



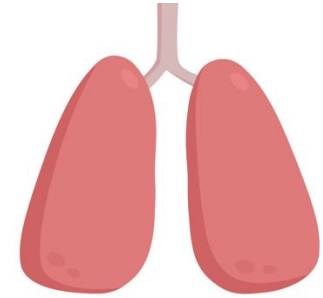
BRAIN



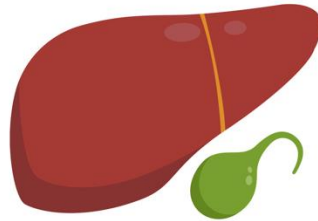
THYROID



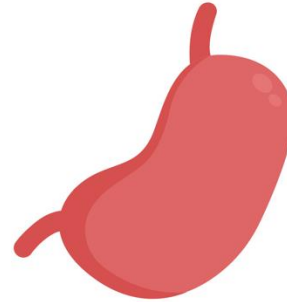
HEART



LUNGS



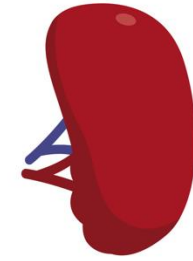
LIVER AND GALLBLADDER



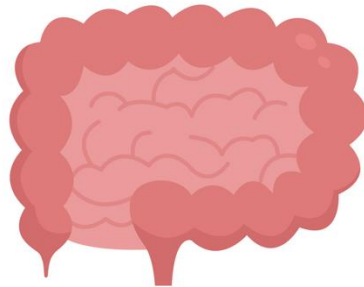
STOMACH



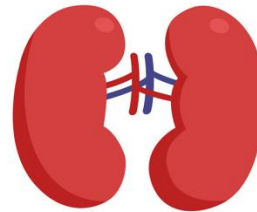
PANCREAS



SPLEEN



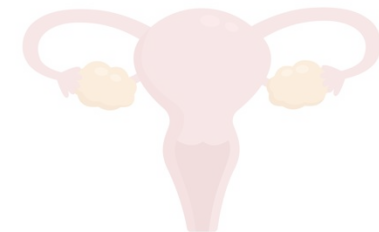
INTESTINE



KIDNEYS



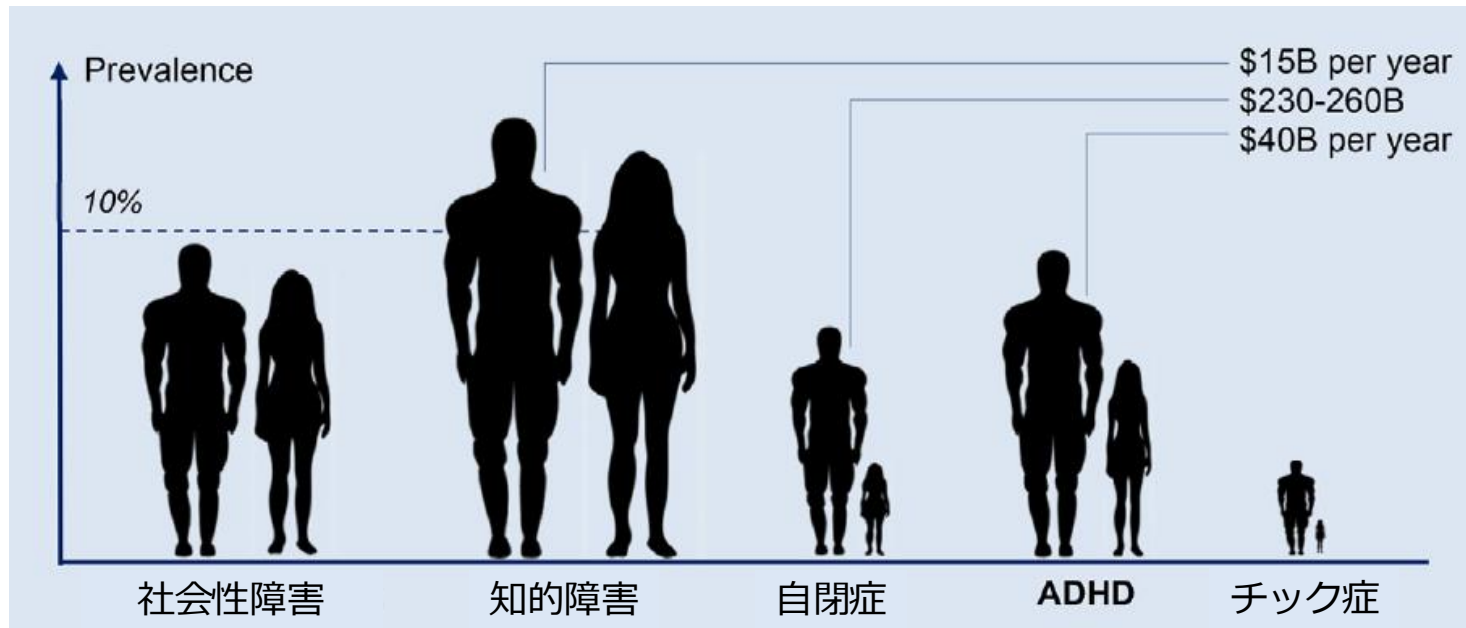
MALE / FEMALE REPRODUCTIVE SYSTEM



精神疾患・認知特性の性差

26

- 神経発達障害：男性 > 女性
- パーキンソン病：男性 > 女性
- うつ病：男性 < 女性
- アルツハイマー病：男性 < 女性

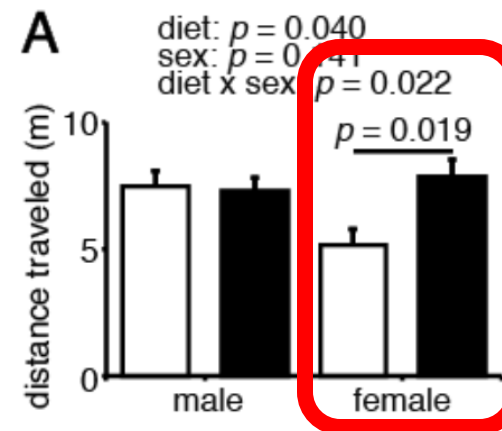
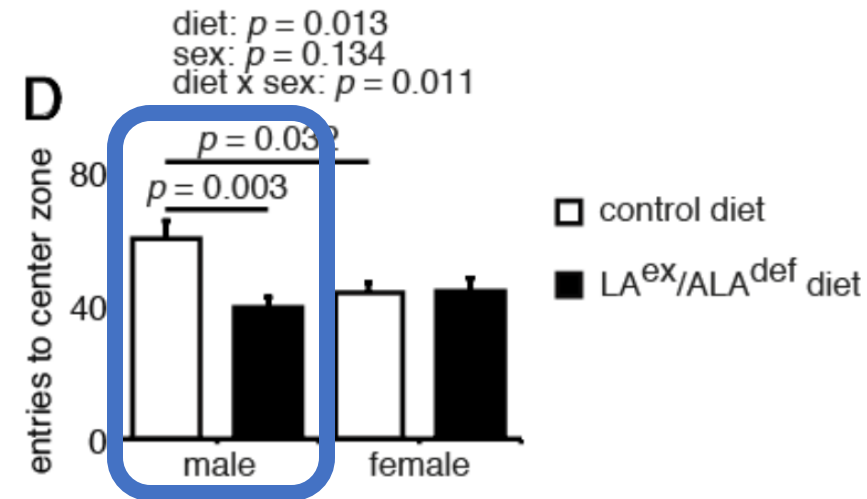
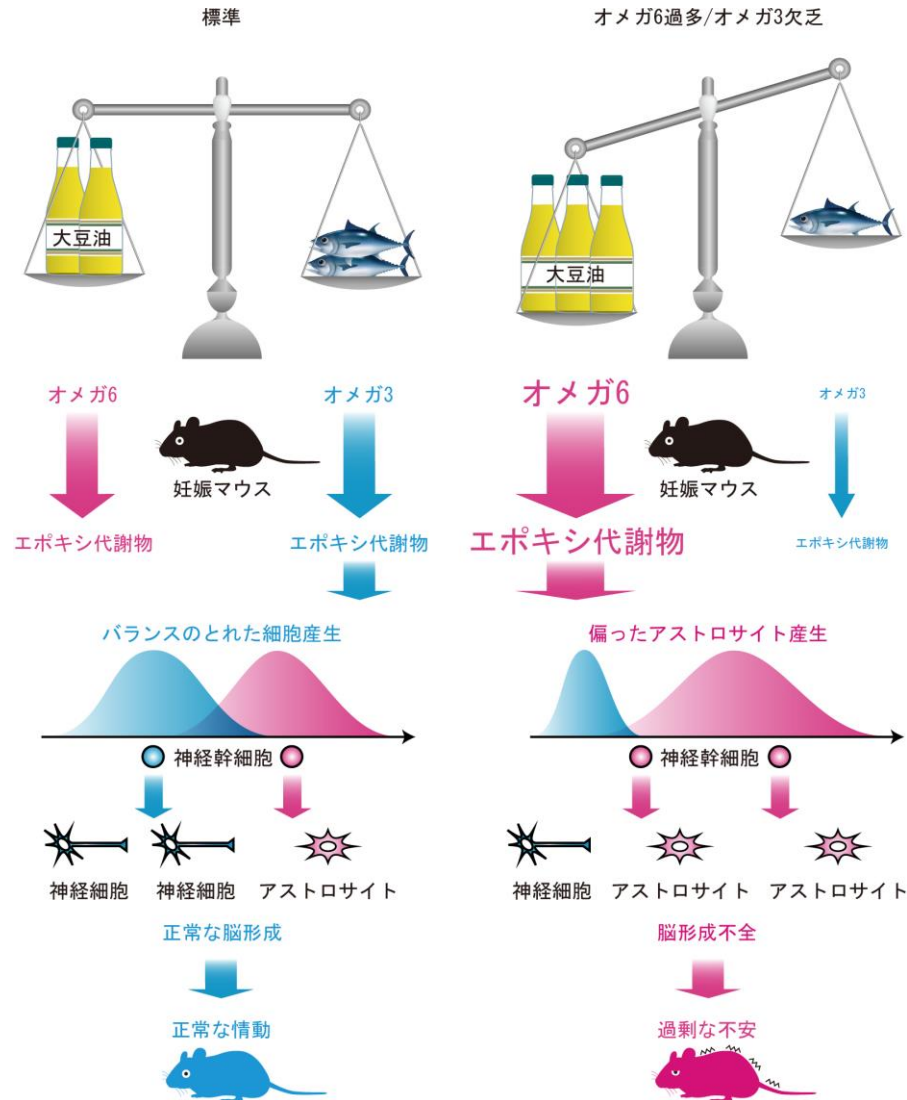


(Homberg et al., Neuroscience and Behavioral Review, 2016)

- 女性はVRゲームで"乗り物酔い"
→奥行き知覚の性差？
- VRゲームにおけるセクハラという
問題も.....



妊娠期の脂質摂取の偏りによる次世代仔マウスの行動異常： 雄では不安増強、雌では多動



酒寄信幸
(現広島大准教授)

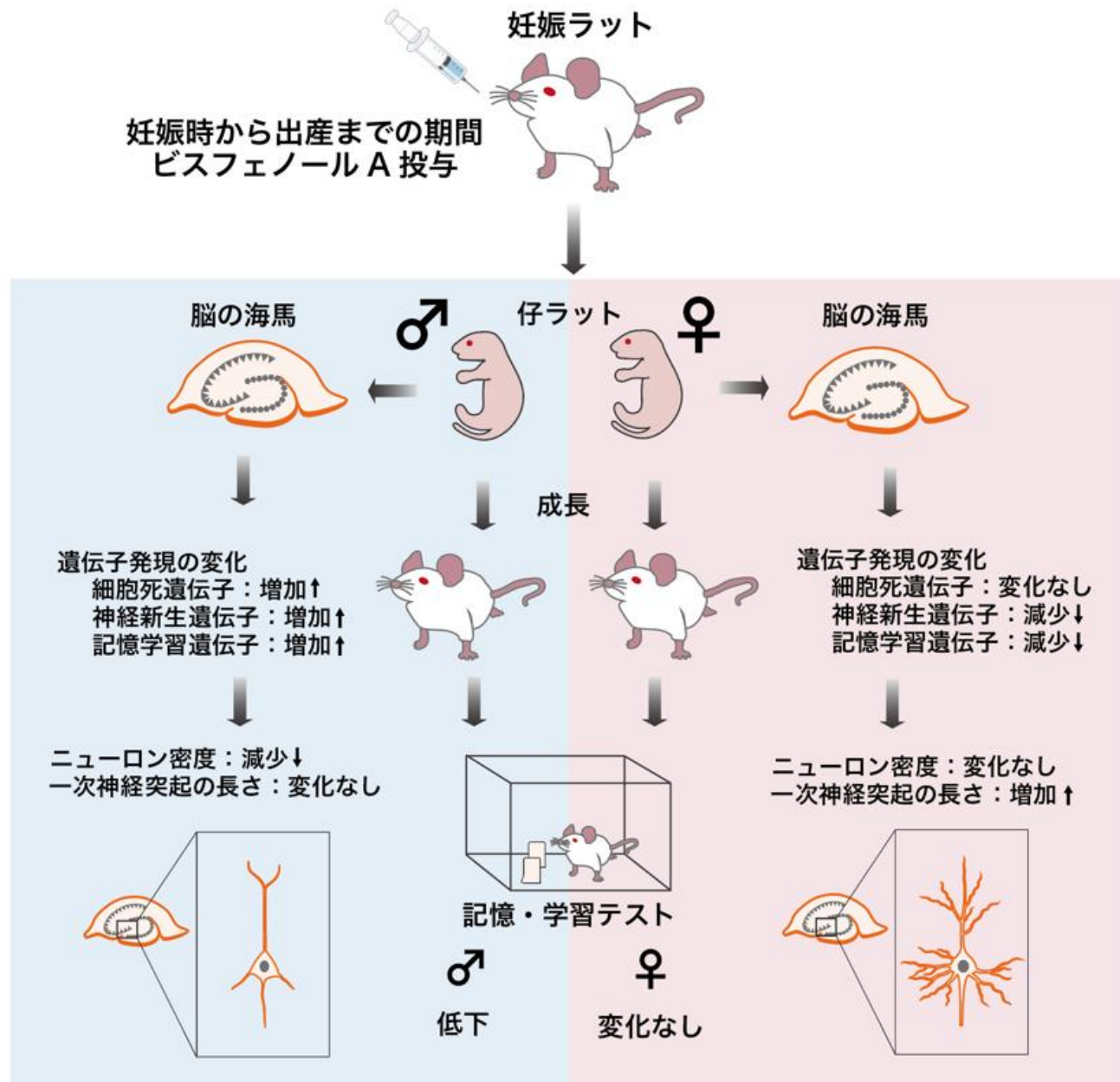
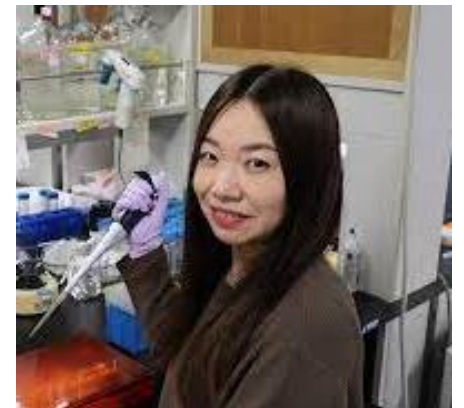


図 1. 妊娠期ビスフェノール A 投与による仔への影響には性差が生じる

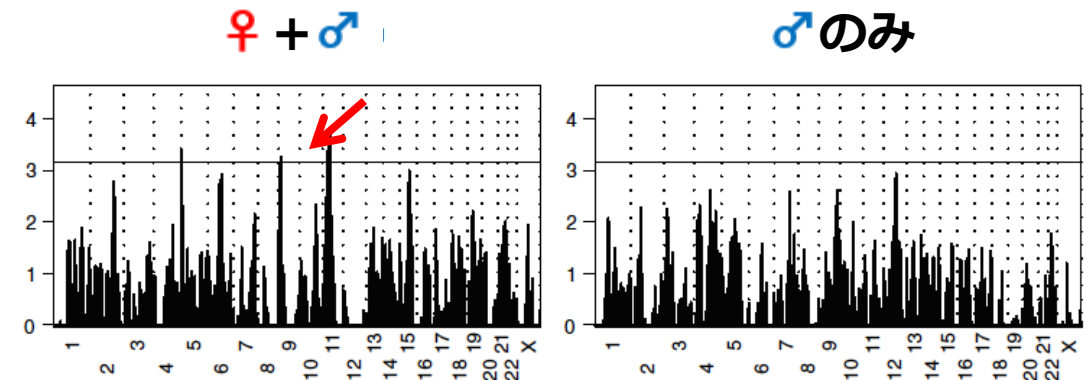
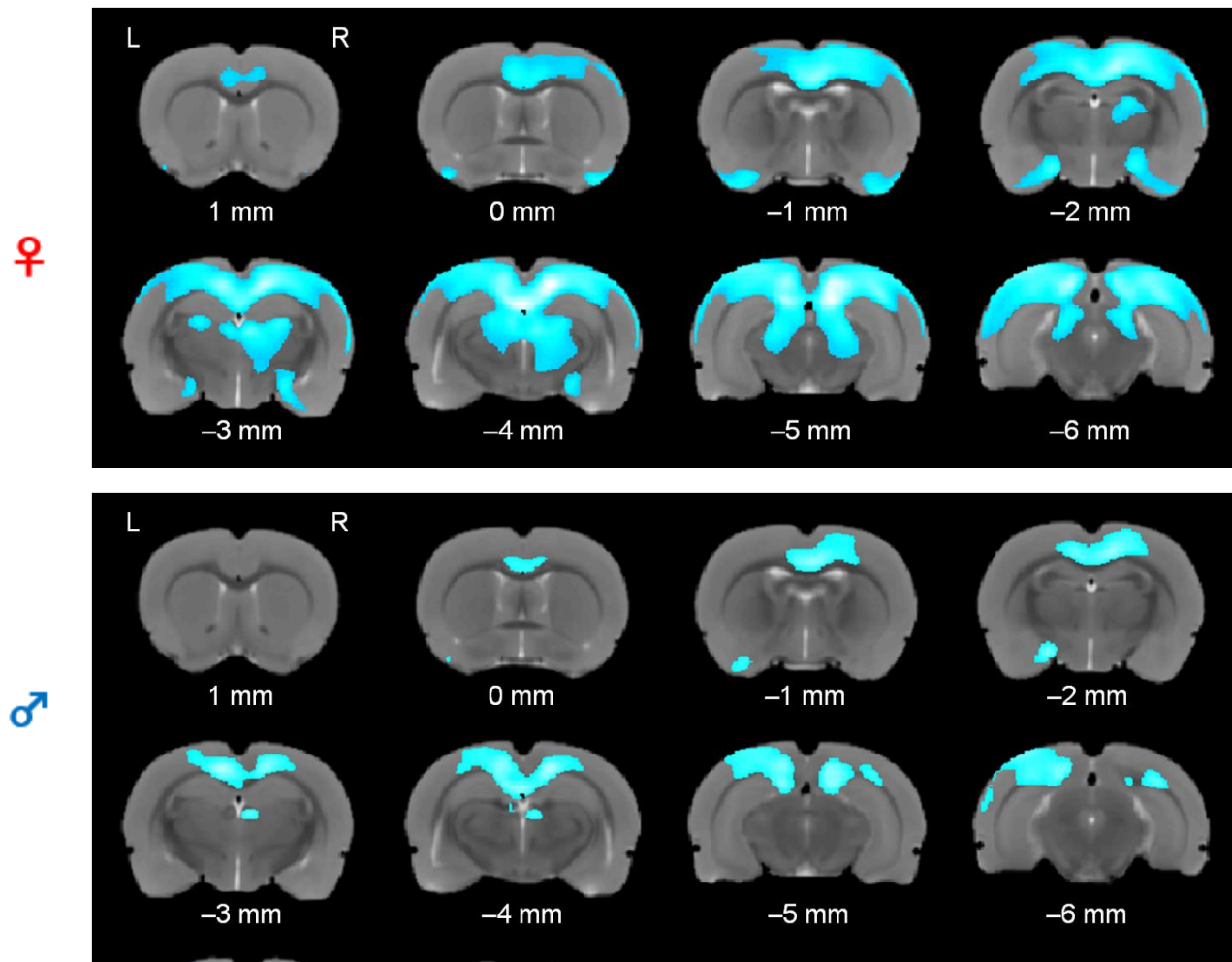
母体の環境ホルモン 暴露と自閉症 ♂のみに出現

Thongkorn et al., Sci Rep, 2021;
Kanlayaprasit et al., Int J Med Sci,
2021をもとにした概念図 (左)
Kanlayaprasit et al., Int J Med Sci,
2021; Kasitipradit et al., Sci Rep, 2025

吉川貴子講師



*Pax6*ハプロ変異による脳容積減少：♀の方が重篤



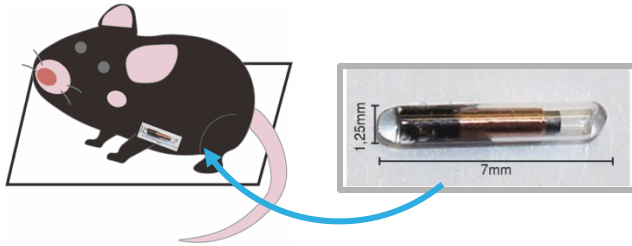
先駆的な自閉症のGWAS解析。女兒を含む解析では、高いオッズ比を示す11p13領域（矢印）に*PAX6*が位置する。（Autism Genome Project Consortium, Nat Genet, 2007）

*Pax6*変異ラットは野生型に比して脳の容積が減少する（水色の領域）が、その程度は、
雌（上）の方が雄（下）よりも著しい。
（Hiraoka et al., PLoS ONE, 2018）

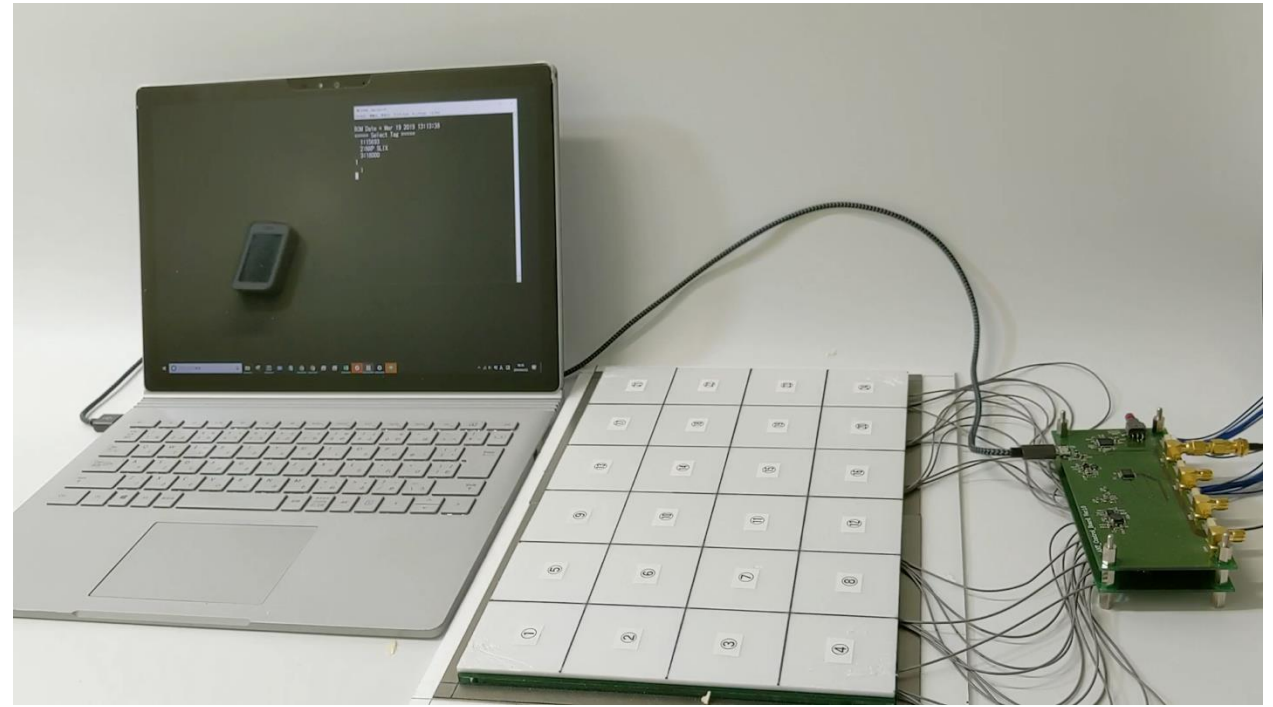
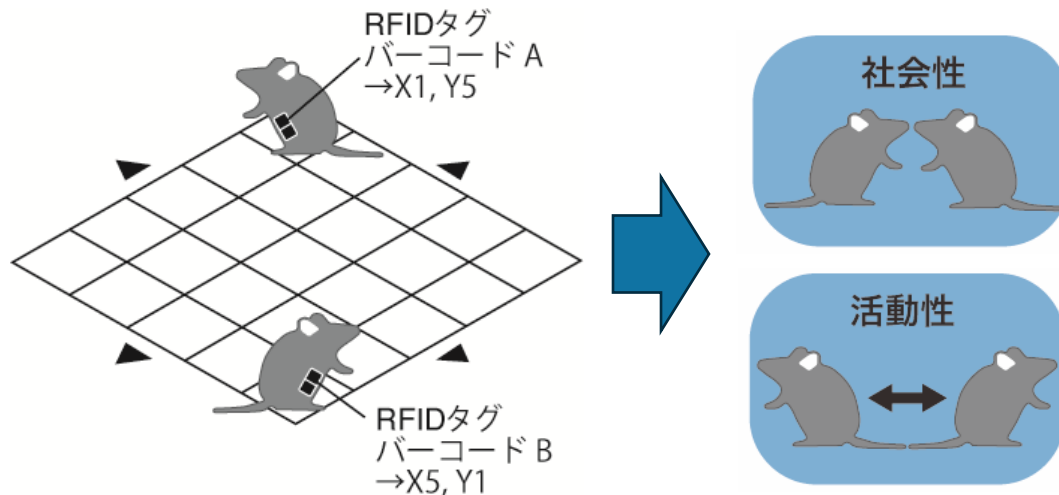
全自動行動表現型探索装置インテリプロファイラー

30

RFIDタグ: 7mm x 1.25 mm
皮下埋め込み



RFIDタグに異なるバーコード付与
→**個体識別**
底面のリーダーによりXY座標検出



(フェノバンス合同株式会社)

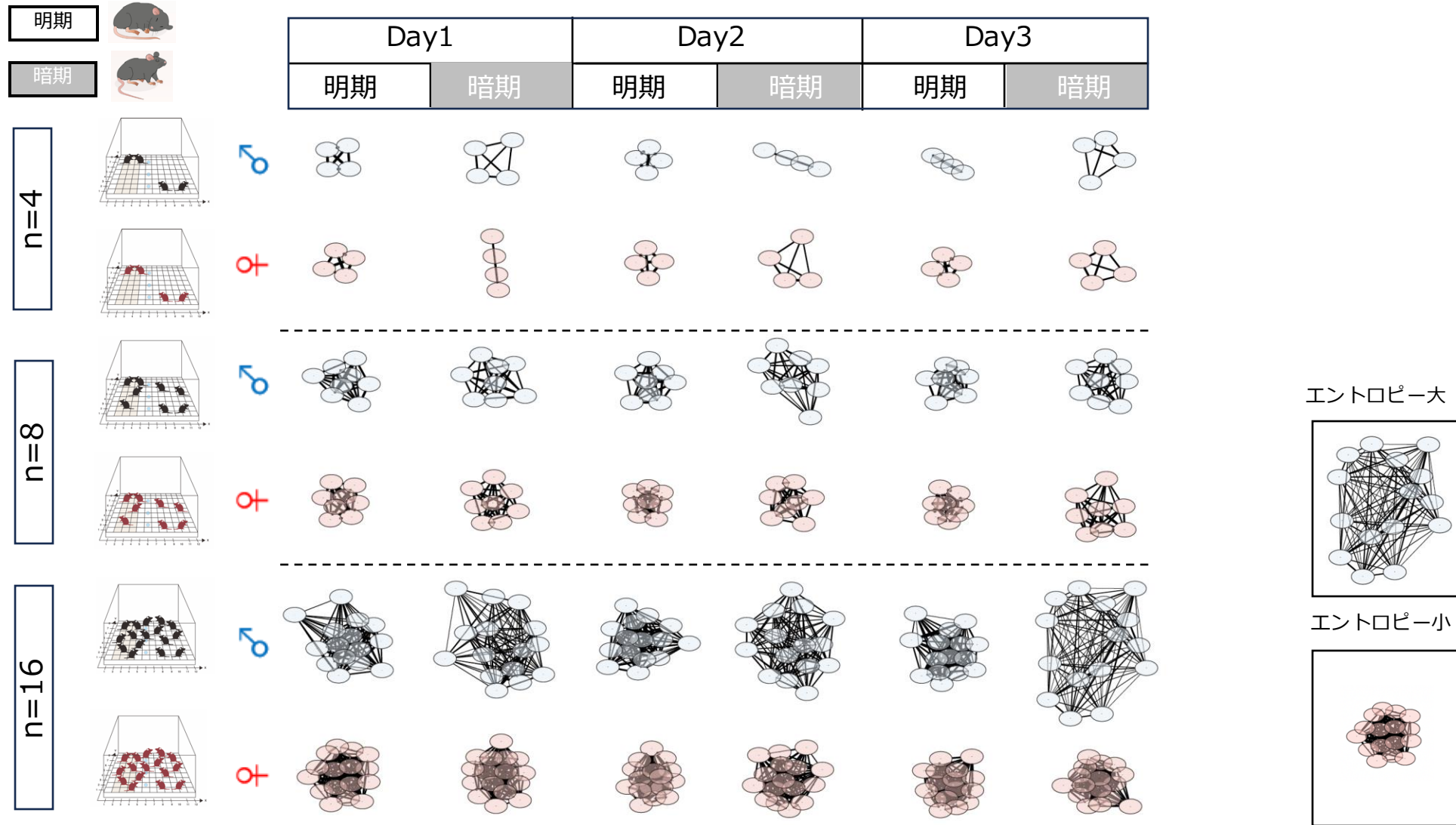
- **自然環境に近い社会性行動**
- 複数のマウスの**同時解析**（最大16個体）
- 24時間自動計測、**長期計測**
- 0.1秒間隔で**位置情報検出**
- 実験者の介入が少ない
- **ビッグデータ取得**



越智翔平
助教

マウス行動の雌雄差解析：♂の大集団の離反性が高い

31

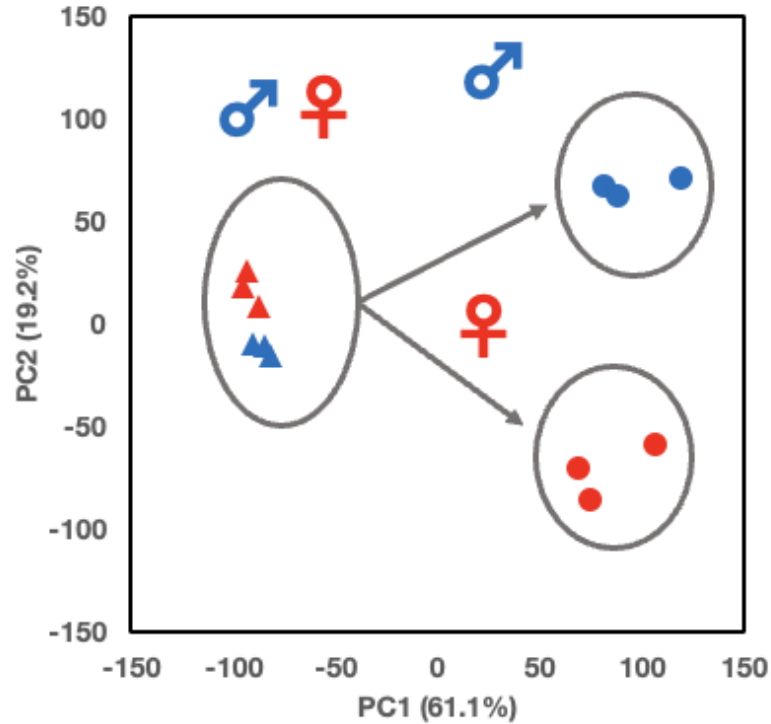


集団サイズが増えると雌雄集団の行動パターンの差異が際立つ

神経発生プログラムの雌雄差バイオフィン解析

32

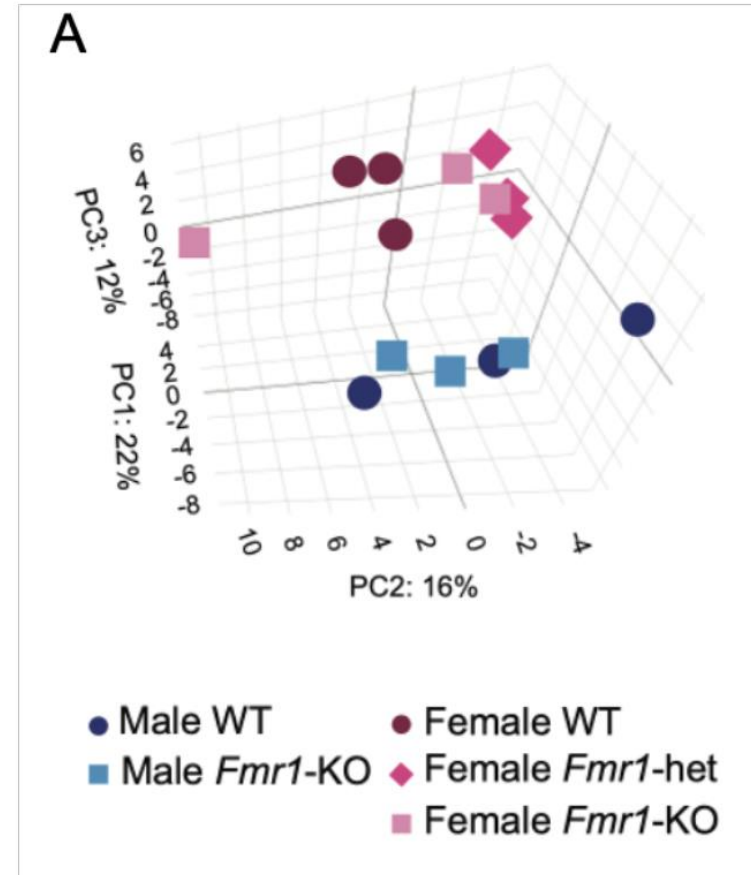
胎齡11.5日 14.5日



RNA-seqデータの主成分分析

胎齡14.5日脳で雌雄差が生まれる
(Ochi, Manabe et al., *Sci Data*, 2024)

胎齡14.5日終脳



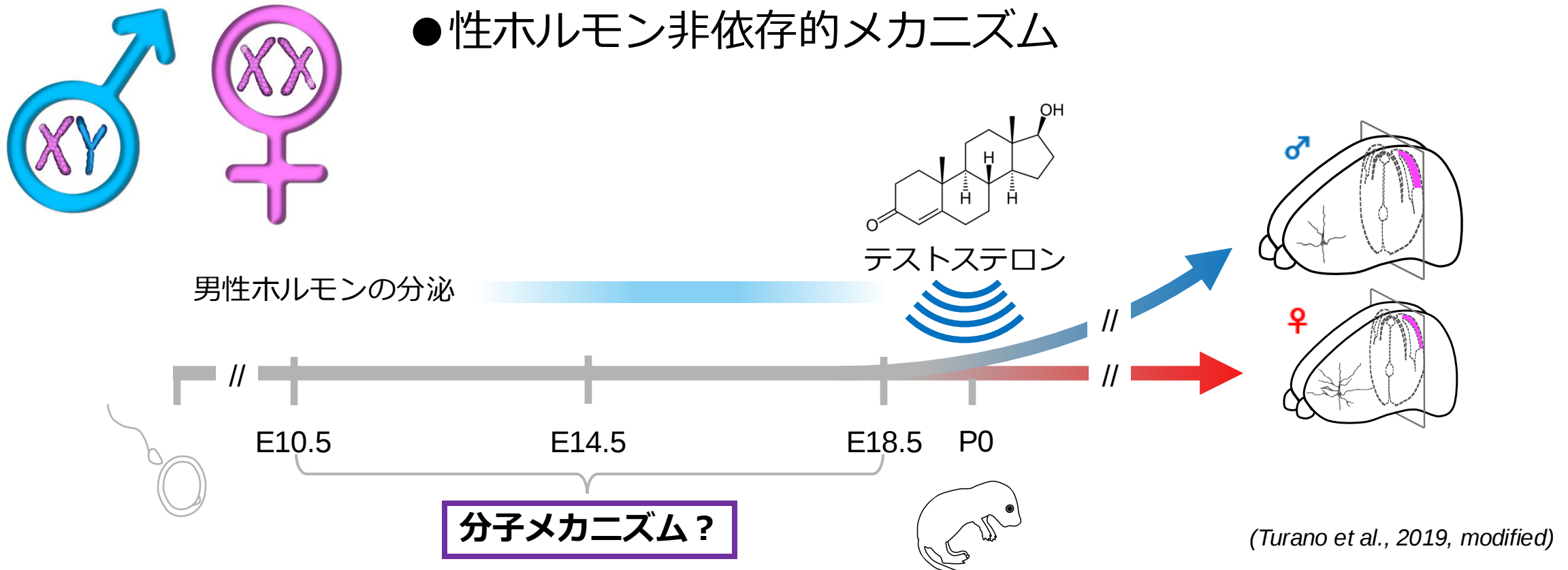
眞鍋 柊
(D3)



Sara Ebrahimazar
(D4)

脳の性差の起源？

- 性ホルモン依存的メカニズム
- 性ホルモン非依存的メカニズム



- ▼ 教科書的な「雌デフォルト説」からの脱却
- ▼ 「性別違和」のメカニズム等の理解へも

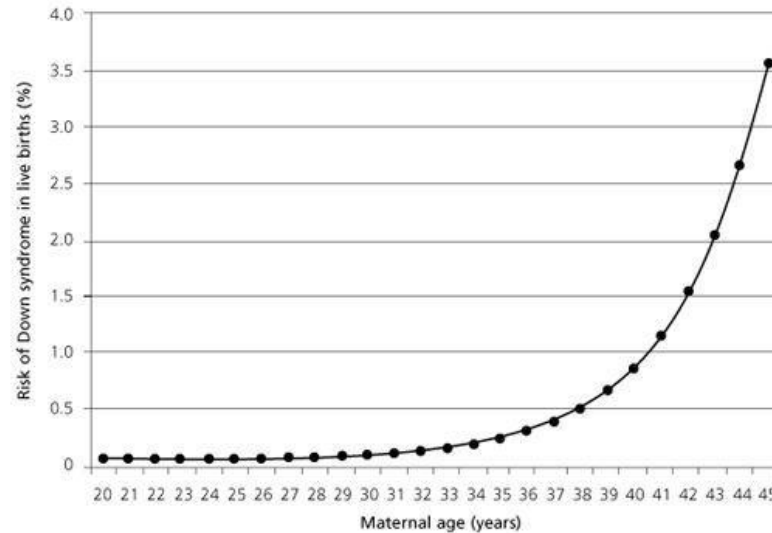
健康や疾病は親の世代にまで遡る

34

子宮環境の問題

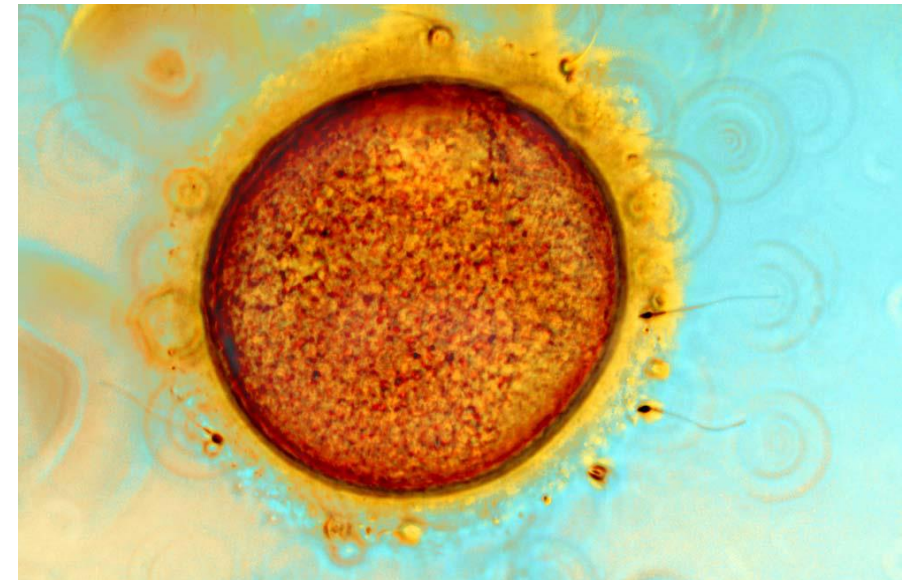


- 母体の感染
- 母体の低栄養
- 母体の薬物暴露
- 母親の年齢



母親の年齢とダウン症発症のリスク

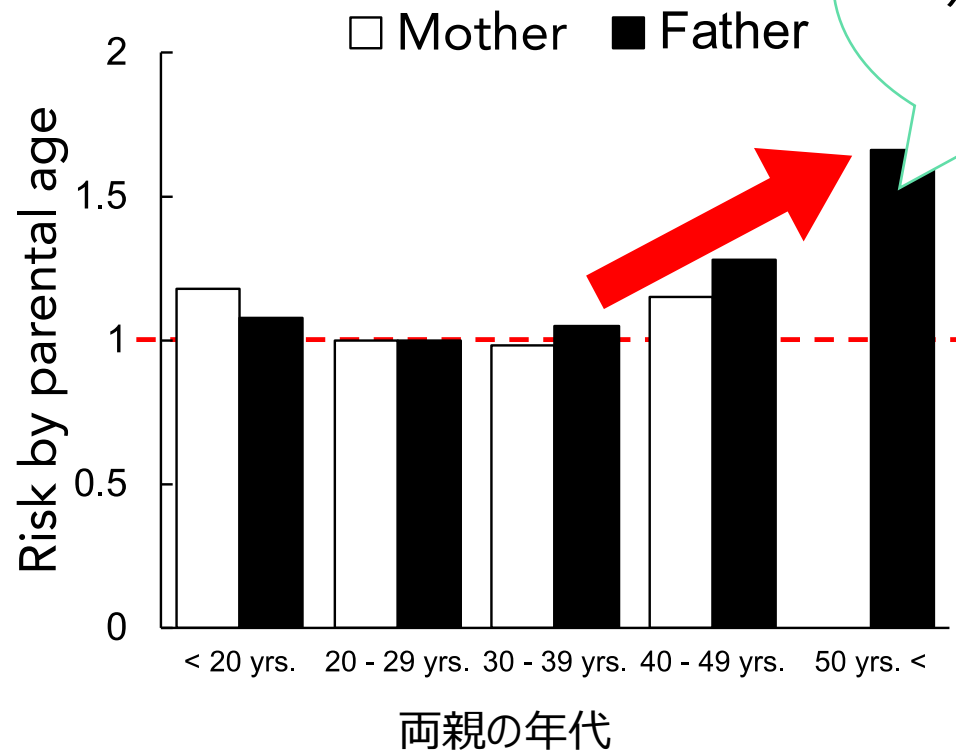
父親からの影響？



Cell Picture Gallery

父加齢による神経発達症増加

世界5カ国、5 766 794人のメタ解析による
父加齢による自閉スペクトラム症のリスク



Sandin et al., Mol Psychiat, 2016より

父親の高齢化

加齢マウス

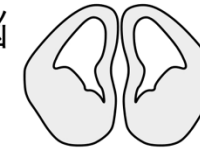
12ヶ月：ヒトの40代
後半～50代に相当



精子



胎児脳



胎齢14日目
(もっとも神経
細胞産生が盛
んな段階)

発達障害様行動異常

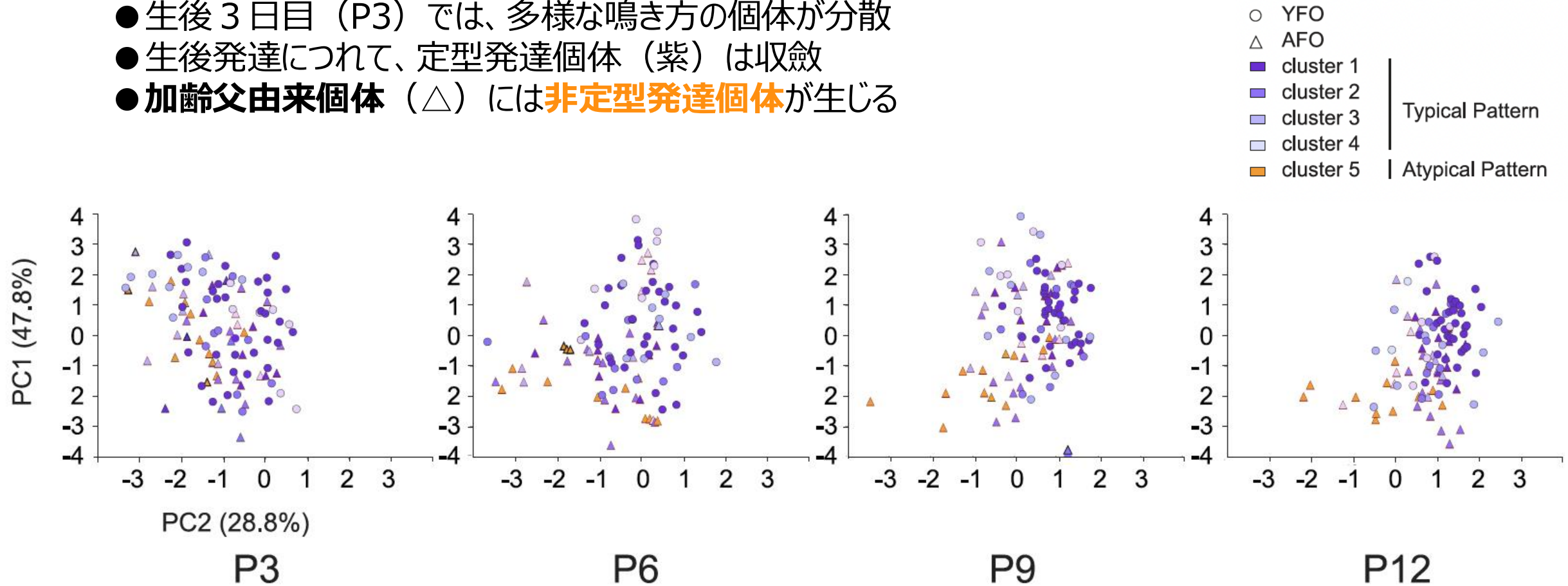


生後6日

加齢父由来仔マウス

父加齢の影響：非定型発達個体の増加

- 鳴き方の特徴を二次元プロット
- 生後3日目（P3）では、多様な鳴き方の個体が分散
- 生後発達につれて、定型発達個体（紫）は収斂
- 加齢父由来個体（△）には**非定型発達個体**が生じる

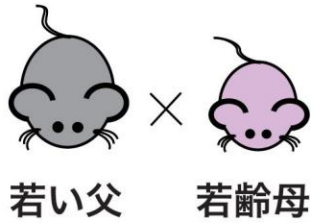


父加齡の影響：非定型発達個体の増加

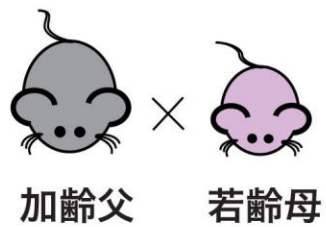
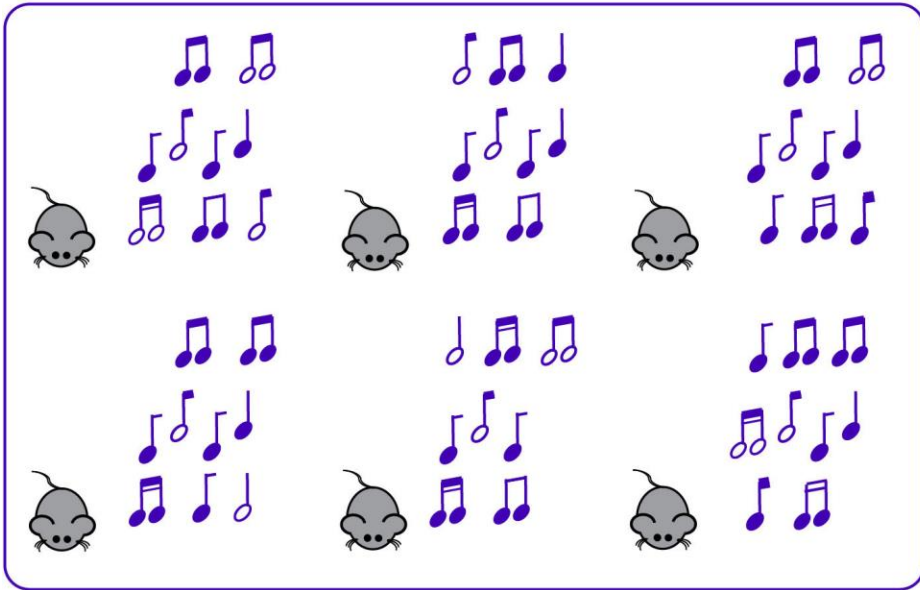
37



Dr. Lingling Mai



定型的音声発達



非定型的音声発達



Dr. Susan Pinker



Susan Pinker, The Risk of Having an Older Father.
Wall Street Journal, Sept 16

父性効果の例：早期卵巣不全（左）とADモデル（右）

38

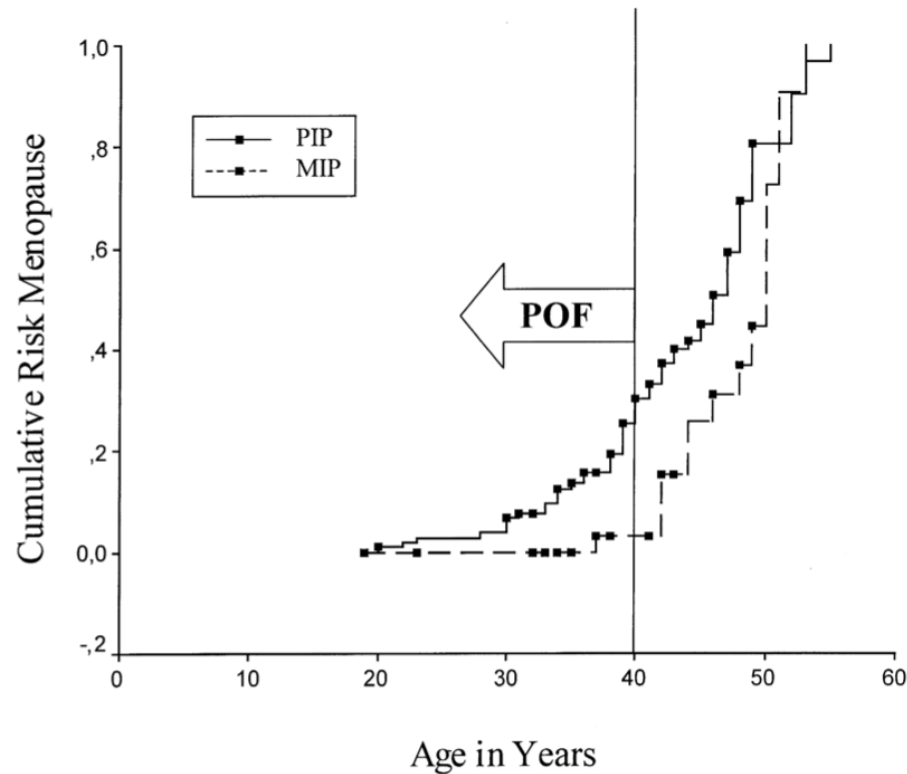
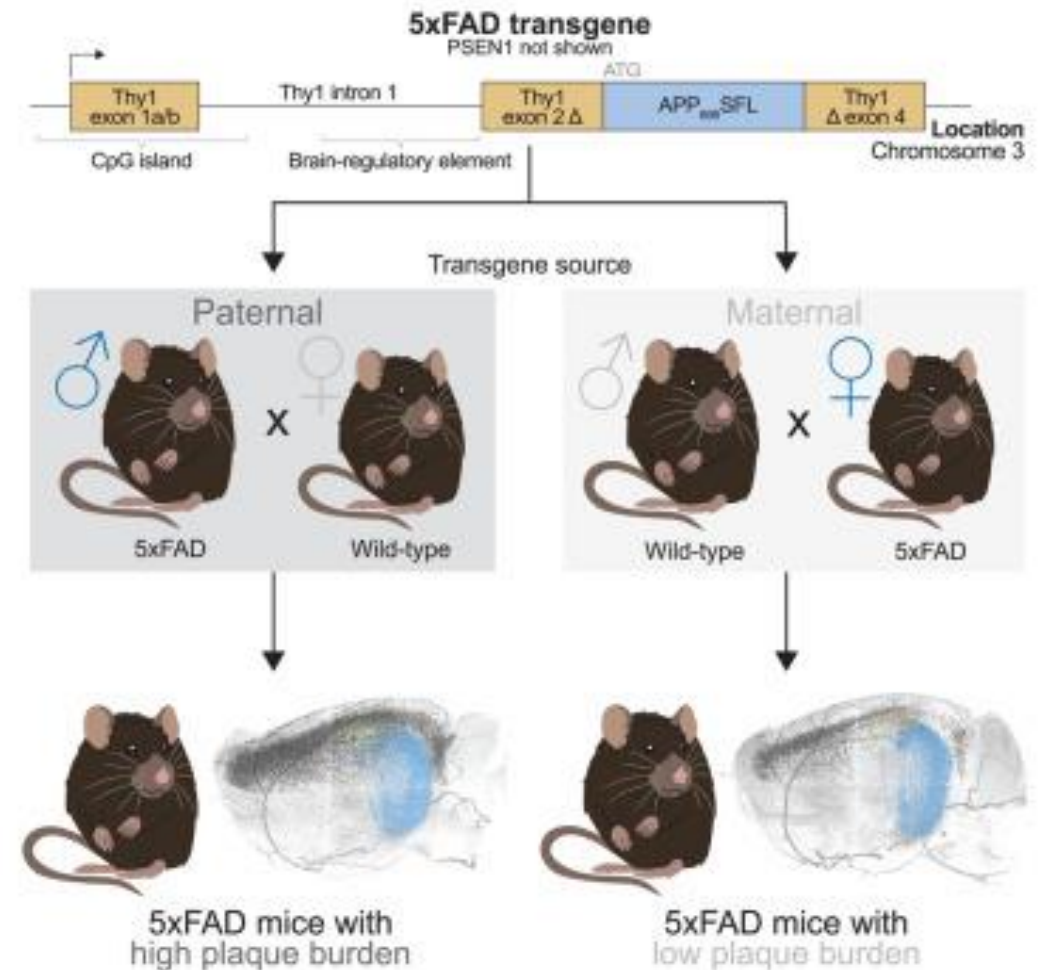


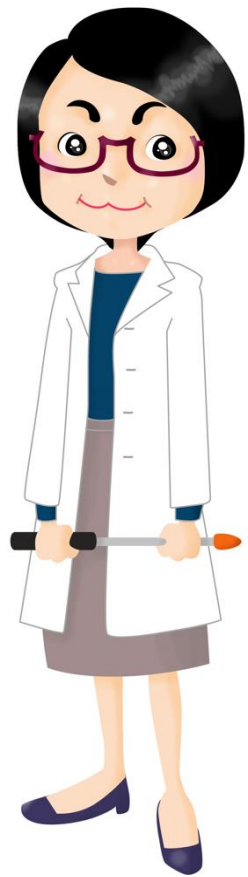
Figure 1 Cumulative risk of menopause in women with either a PIP (*unbroken line*) or a MIP (*dashed line*). Blackened squares denote the censored observations (last included informative data on women with either proved ovarian function or nonspontaneous cessation of menstruation).

Hundscheid *et al.*, *J Hum Genet*, 2000



Sasmita *et al.*, *Neuron*, 2025

Taking-home messages



性差への気付き

無意識のバイアスの
払拭

異なる視点の
重要性



参考サイト等



DEI推進センター
<https://dei.tohoku.ac.jp/>



週刊ダイヤモンド誌
 連載コラム



SNSを使った発信
 @sendaitribune

