

MIT Technology Review

Published by KADOKAWA / ASCII

Vol.

55

2023.11

ジェンダーと性 変わる境界線

News&Trends,Opinion

欧州、中国製EV調査の波紋
ザッカーバーグ寄稿：「病気の無い世界」へ

Interview

笹谷拓也 (東京大学)

003

特集

ジェンダーと性 変わる境界線

004

見落とされてきた「性差」
男女の違いは病気や治療に影響

011

出生前診断で性染色体異常、
親はその時どう行動するか

016

アニー・リュー
生殖労働の本質を暴くアーティスト

021

トランスジェンダー伝染説
疑惑の科学はいかに利用されたか

028

「世界を変える」テック企業が
ジェンダー問題で変われない理由

037

U35 イノベーターの軌跡 #07

笹谷拓也（東京大学）

Wi-Fiのような給電技術と「その先」を探る研究者

040

News&Trends

狙うは100mの世界新記録、短距離走向けロボット外骨格
「宇宙ゴミ放置」で初の罰金、デブリ除去市場活性化に期待も
世界覇者への道に暗雲、欧州が中国製EVを調査へ
炎症性腸疾患を早期発見、大腸菌入りの「飲む」センサー

Opinion

051

マーク・ザッカーバーグ寄稿：AIバーチャル細胞で目指す「病気のない世界」

●本PDFに収録した記事の情報は原則として、初出時の情報です。記事中の初出日をご確認ください。

●WebサイトのURLやソフトウェアのバージョン等は予告なく変更されている場合があります。

●本PDFは情報の提供のみを目的としています。本PDFを運用した結果について、著者およびMIT Technology Review Japan/株式会社角川アスキー総合研究所は一切の責任を負いません。

●本PDFに登場する会社名、商品名は該当する各社の商標または登録商標です。本PDFでは®マークおよびTMマークの表示を省略しています。

ジェンダーと性 変わる境界線

男か女か——これまで二元的に語られてきたジェンダーと性（セックス）をめぐる問題はどうか変わったのか。それが今回のテーマだ。社会に大きな影響力を持ちながらもジェンダー差別が横行していたテック業界にようやく変化の兆しが訪れ、医学界ではかつて考慮されていなかった生物学的な性差に目を向ける動きが注目されるようになった。一方で、不確かな科学論文が反トランス運動に利用されるなど、科学やテクノロジーが社会に新たな制約をもたらす側面も存在する。ジェンダーと性の現在を、さまざまな角度から考える記事をまとめた。

Julia Schwarz



ジェンダーと性 変わる境界線

見落とされてきた「性差」 男女の違いは病気や治療に影響

男女の免疫応答がどのように異なるか。その違いが病気や治療にどう影響するのか。長年、重要ではないと考えられてきた生物学的な性差をめぐる研究が、注目を浴びるようになってきた。

by Sandeep Ravindran (科学ジャーナリスト)

サブラ・クラインは、性別の重要性を深く認識している。ジョンズ・ホプキンス大学での博士研究で、クラインは性ホルモンが脳や行動に与える影響について学んだ。「私は素朴に、こう思っていました。ホルモンが代謝や心臓、骨密度など、多くの生理学的過程に影響を与える可能性があることは誰でも知っている。免疫系にも影響を与えているに違いない」と、クラインは言う。

しかし、1998年に博士課程を修了したクラインは、免疫系における性差が博士号取得後の研究に値するテーマであることを、他の人々に納得させるのに苦戦した。「性差を研究させてくれる微生物学者や免疫学者を見つけることができませんでした」と、現在はジョンズ・ホプキンス大学のブルームバーグ公衆衛生大学院で教授を務めるクラインは話す。

クラインは最終的に、自分の大学の論文審査委員会の、ある委員の研究室で、博士研究員の職を得ることができた。それから数年の間に彼女はブルームバーグ公衆衛生大学院で自分の研究室を立ち上げ、性染色体、性ホルモン、生殖組織などの生物学的属性によって定義される性が、実際に免疫反応に影響を与えていることを根気強く主張してきた。

クライン教授たちは、動物モデルやヒトでの研究を通じて、男性と女性の免疫系がインフルエンザ・ウイルス、HIV、および特定のがん治療に対して異なる反応を示す様子とその理由を明らかにしてきた。また、多くの女性がワクチンからより大きな保護効果を得る一方で、重度のぜん息や自己免疫疾患にかかりやすい理由も示した（それまでも知られてはいたが、具体的に免疫の違いに起因するとは考えられていなかった）。「クライン教授の研究室の研究成果は、男女のワクチン反応と免疫機能に関する私たちの理解を深めてくれました」と、テネシー州ナッシュビルにあるヴァンダービルト大学医療センターの免疫学者、ドーン・ニューカム助教授は言う。（この記事で人に言及する際、「男性」とはXY染色体、陰茎および睪丸を持ち、テストステロン優位の思春期を経る人々を指す略称、「女性」とはXX染色体および外陰部を持ち、エストロゲン優位の思春期を経る人々を指す略称として用いる。）

クライン教授は、自身の研究のほか、シンポジウムや会議の手配という地味な仕事も通じて、性差は重要ではないと長く考えられてきた免疫学の分野に変化をもたらす先鋒となってきた。歴史的に、ほとんどの臨

床試験は男性のみを被験者とし、公衆衛生や医学に非常に多くの、おそらくは数え切れないほどの結果を残してきた。この慣行が原因で、女性たちは、例えば、命を救う可能性のあるHIV治療を拒否されたり、男性と同じ量の薬やワクチンを投与され、重い副作用に耐えることになりやすかったり、といった事態に直面してきたのだ。

クライン教授らの努力、学術誌や政府資金提供機関の変化もあり、男女を含む免疫学研究の割合は2009年の16%から2019年には46%に増加した。コペンハーゲンにある南デンマーク大学のクリスティン・スタベル・ベン教授（国際保健学）は、「クライン教授は学会を組織し、学術誌の編集者にプレッシャーをかけ、データを性別またはジェンダーで階層化して示すよう要請しました」と話す。

既存の治療法をより安全で効果的なものにするだけでなく、免疫学における性差の根底にあるメカニズムを調べることで、新しい治療法への道が開ける可能性がある。多発性硬化症とぜん息に対する臨床試験では、すでに有望な結果が示されている。ジョンズ・ホプキンス大学医学部の免疫学・感染症研究者であるアイリーン・スカリー准教授は、「2つのグ

ループに違いがあるという状況は、発見の宝の山のようなものです」と言う。

しかし、人間は生物学的特徴だけで定義されるものではない。これらの免疫学的発見を最大限に活用するためには、科学者たちは健康に影響を与える社会文化的・環境的要因や、それらが生物学的な性と複雑に影響しあうことを考慮に入れる必要がある。「これは適確医療 (Precision Medicine=精密医療とも呼ばれる)、つまり適切な人に適切な治療を施すという考え方に向けた、より広範な取り組みの一部だと思います」(スカリー准教授)。

感染症や自己免疫疾患を患う経験は、男女で同じではない。女性は男性に比べて9倍も全身性エリテマトーデス (ループス) にかかりやすく、また、一部のインフルエンザ株では入院に至る率がより高かった。一方、男性は結核にかかる割合や、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) で死亡する割合が、女性よりもかなり高い。

1990年代の科学者たちは、しばしばこのような違いの原因を、性別 (セックス) というよりもジェンダーと結びつけた。免疫系の生物学的な違いではなく、社会的な規範、役割、関係性、行動、その他の社会文化的な要因のせいにしてきたのだ。

例えば、多発性硬化症にかかる女性の数は男性の3倍であるにもかかわらず、1990年代の免疫学者たちは、この差には生物学的根拠があるかもしれないという考えを無視したと、カリフォルニア大学ロサンゼルス校の神経免疫学者、ロンダ・ヴォスクール教授は話す。「『ああ、女性の方が不平を言うことが多いだけだ。ヒステリーみたいなもの』と言われ

ていました」と、ヴォスクール教授は言う。「それは主観的なものでも環境的なものでもなく、基本的な生物学の問題であることを、人々に納得させる必要がありました。苦しい戦いでした」。

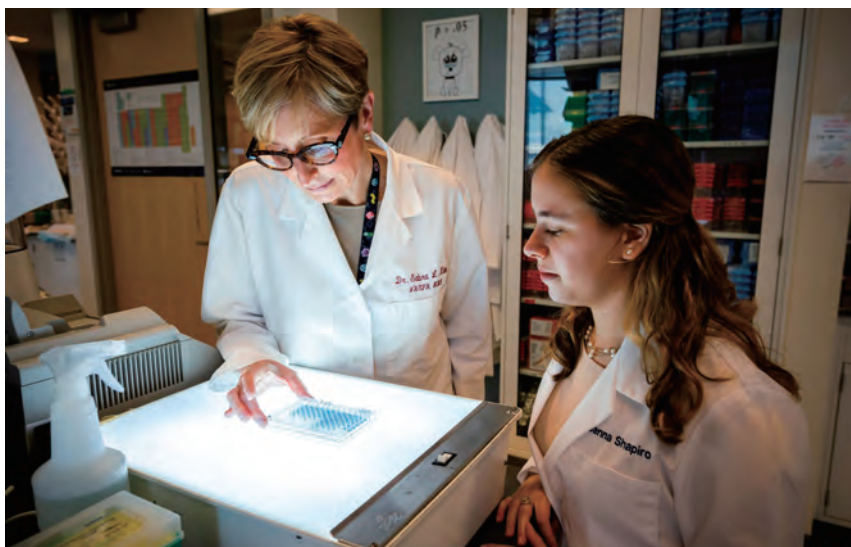
かつては「ビキニ医学」(ビキニの下に収まる部分以外、男女の間に大きな違いはないという考え方) という慣行があったものの、現在では、代謝、心臓、免疫系のどれにも、生物学的性差と社会文化的ジェンダー差の両方が存在することが分かっている。そして、その両方が病気への感受性 (かかりやすさ) に影響を与えている。例えば、男性の方が女性の2倍も結核にかかりやすい傾向にあるが、その一因は男性の免疫反応の違いであり、また別の一因は、男性の方が喫煙者や、肺の免疫防御機能を損なう恐れのある有毒物質にさらされる可能性が高い採掘・建設業従事者が多いという事実である。

性とジェンダーの影響を切り分けるには、どうすればよいのか？ そこで登場するのが、動物モデルであ

る。「ジェンダーは人間と関連付けられる社会的構成概念です。動物にはジェンダーはありません」と、米国立衛生研究所 (NIH) 女性健康研究室の基礎・トランスレーショナル研究担当副所長であるシェイレン・ハンターは言う。動物モデルと人間の両方で同じ影響が観察されることは、性別によって免疫反応に違いが起こるかどうか突き止めるための良い出発点となる。

しかし、片方の性しか研究していなければ、性差を見つけることはできない。クライン教授はある会合で、寄生虫の一種である線虫の研究者が、雌のマウスは感染しないので雄のマウスだけで実験したと話したことを覚えている。線虫が雌に感染しない理由を研究しようとは考えなかったことに、あきれ返ったという。「信じられない。大きな被害を引き起こす線虫の治療法が分かったかもしれないのに！」と思ったことを、クライン教授は思い出す。

1992年、米国食品医薬局 (FDA)



サブラ・クライン教授 (左) とジャナ・シャピロ。メリーランド州ボルチモアにあるジョン・ホプキンス大学のクラインの研究室にて。

ROSEM MORTON

は、アンビエン (Ambien) と呼ばれる睡眠導入剤を承認した。その後、この薬の有効成分であるゾルピデムが、深刻な合併症を引き起こす可能性があることが明らかになった。その中には、夢遊病に似ているが潜在的にははるかに危険な「夢遊運転病」も含まれていた。2013年までには実験室での研究と運転シミュレーションによって、ゾルピデムを摂取してから8時間後の時点で、女性は男性に比べ、運転能力を害し交通事故のリスクを高める量の薬が血中に残っている可能性が高いことが明らかになった。その年、FDAは女性への投与量を男性の半分に定めた。動物と人間の両方の研究で、女性はこの薬を代謝するのにより多くの時間がかかり、影響を受けやすいことが分かったのだ。

医薬品の承認前にこのような違いを無視すると、有害な、そして生命を脅かす可能性さえある影響のリスクを高めることになりかねない。ただし、そのような違いの研究を誰もしていなければ、そもそも話にならない。歴史的に見れば、大半の臨床試験の参加者は、主に男性である。そのため、女性はしばしば最悪の副作用に見舞われた。1997年から2001年の間にFDAが市場から回収した10種類の薬のうち、8種類で、女性に対しより大きな健康リスクをもたらすことが、承認後に判明している。「市場に出た薬は、まさに男性のためのものでした」と、ホプキンス大学のクライン教授の同僚の1人、ローズマリー・モーガン次席科学者は言う。

しばしば臨床試験の前段階として実施される前臨床動物試験でも、同様の良くない実績がある。ほんの5年前でも、げっ歯動物による薬物試

験の75%以上が雄だけを対象にしていたのだ。

動物の雌雄両方を対象に研究するには、より多くの労力、そして資金を要する可能性がある。雌のマウス、ラット、ハムスターは、遺伝子発現からホルモン・レベルまで、さまざまな特性において雄よりも変化が大きいということはなく、むしろ小さい場合もあることが研究で示されているにもかかわらず、多くの科学者は、生殖サイクルを考慮したくないという理由で雌の動物を避けている。また、雄は1つのケージに入れると喧嘩しやすいという理由で、雌だけを使う研究者もいる（クライン教授は、思春期前の雄を手に入れて数週間一緒に成長させることで、これを回避できるという）。

1990年代半ば、ヴォスクール教授は雌雄両方のマウスをうまく使って、雌の方がずっと、全身性エリテマトーデスや多発性硬化症などの自己免疫疾患にかかりやすい理由を研究した。多発性硬化症のマウスモデルはよく研究されていたが、雄はそれほど発症しないため、それまでほとんどの研究者が、雌のマウスにおける病気の進行状況だけに注目していた。ヴォスクール教授は、その違いに焦点を絞った。特に、片方の性別のマウスからもう片方の性別のマウスに免疫細胞を移植することで、雌由来の免疫細胞は雄由来の免疫細胞よりもこの病気を誘発しやすいことを発見したことは特筆すべきことだろう。

この発見が一助となり、生物学的性別も多発性硬化症に対する感受性に影響することが明らかになった（ジェンダーなどの他の要因も何らかの役割を果たしている可能性がある。例えば、一般的に女性は健康志

向が強いことなど）。「非常に基本的な生物学的差異が存在することが示されたのです」と、ヴォスクール教授は言う。このことは重要である。なぜなら、性別が一因であることを示すことは、免疫が作用している仕組みを研究するのに先立って必要な、前段階であるからだ。

1990年代半ばまでには、臨床試験の状況も改善されていた。1993年、米国議会は、米国立衛生研究所 (NIH) が資金を提供するすべての臨床研究において、女性も参加させることを義務付ける法律を成立させた。動物実験に関しては、2016年にNIHが「生物学的変数としての性」方針を制定し、脊椎動物やヒトを対象とする研究の助成金を申請する際には、企画・分析・報告時に性別を考慮することを義務付けた。同様の方針はカナダや欧州ですでに実施さ

「違いのある2つのグループが存在する。このような状況を手に入れたなら、それは宝の山のようなものです」

— アイリーン・スカリー准教授（ジョンズ・ホプキンス大学）

れていたが、NIHは生物医学研究における世界最大の公的資金提供者である。

しかし、これらの変化は、特に免疫学では始まりに過ぎなかった。2011年のレビューにおいて、発表論文で被験者や被験動物の性別を報告しているという点で、免疫学は10ある生物学分野のうち最下位の評価であった。

例えば、クライン教授は2010年に、長年にわたって高い効果を上げている黄熱のワクチンについて、公開されているデータを再分析した。公開データを作成した研究者たちは、性別について分析していなかった。クライン教授が分析し直したところ、ワクチンに対する免疫反応に、それまで発見されていなかった違いがあることに気づいた。女性の方により強い反応が起こっており、保護効果も高い可能性があったのだ。ベン教授は、「この分野への大きな貢献として傑出しています。まさに、性差によって層別化されたデータを解析する価値を示すものでした」と話す。「全体的にぼやけたような結果が、実は、男性と女性の間の反応における非常に大きな違いのいくつかを隠していたのです」。

同じ頃、クライン教授は、ある永遠の謎に狙いを定めていた。なぜ女性の方がインフルエンザ・ワクチンによる保護効果が高く、インフルエンザに対してより深刻な反応を示すのかという疑問である。クライン教授は、インフルエンザに感染した雌のマウスが、通常は雄よりも強い炎症を示し、より強く肺で組織損傷を起こし、全体としてより深刻な結果になることを発見した。「免疫反応に注目すると、雌のマウスは雄よりも有意に高い免疫反応を示します」

と彼女は言う。

クライン教授の研究は、そのような生物学的な性差が、私たちのウイルスに対する反応に影響を与えていると示唆している。女性においてはワクチン接種後により多くの有害事象が発生することが知られており、これは性別ではなく、ジェンダーによるものだと長い間考えられてきた。例えば、おそらく男性はそのような事象を報告したがないためであるとか、女性の方が痛みを訴える傾向が強いからなどといった考えである。しかし、クライン教授たちは2000年代後半までに、そのような違いとは別に、女性は男性よりもはるかに少ない量のワクチンで、男性と同じ抗体反応を示すことを明らかにした。

それらの発見は「まさに画期的」だったとベン教授は言う。「サブラ（クライン教授）による研究やほかの研究からも明らかのように、おそらく性差を考慮したワクチン接種プログラムが必要なのです」。

女性に投与するインフルエンザ・ワクチンの量を減らせば、効果を変えずに副反応を抑えられる可能性がある。女性がワクチン接種をためらう気持ちを軽減できるかもしれない。クライン教授は、多くの講演、インタビュー、科学論文でそのような方針を提唱しており、2009年にはニューヨーク・タイムズ紙に『女性にそれほど大量のインフルエンザ・ワクチンは必要か？』と題する論説を寄稿した。しかし、これまでのところ、この考えはほとんど支持を集めていない。

なぜこの考えが広まっていないのか。ベン教授はいくつかの考えられる理由を示す。同様の結果を導くために男女を区別して扱うことが、直感に反しているように思われる場合

赤ちゃんの命を守るために
高まる免疫反応が、
自己免疫疾患のリスクも高めている。

があるという事実も、その1つである。「研究者は、政策立案者が動き出すよりもずっと早く、このようなことについて合意できます。行政上は少し物事が複雑になる可能性があることも、ご存知の通りです」。

しかし、クライン教授は、すでに65歳以上の人には若い人よりも高用量のインフルエンザ・ワクチンが接種されており、それとそんなに変わらないだろうと指摘する。

性差を考慮したワクチン接種方針によって恩恵を受ける可能性があるのは、女性だけではない。クライン教授やモーガン次席科学者と共に博士課程を修めたジャナ・シャピロは、インフルエンザや新型コロナウイルスのワクチンを接種した高齢の男性は、高齢の女性よりも、ワクチンで誘導された免疫が時間とともに大幅に低下することを発見した。高齢の男性にとっては新型コロナウイルス・ワクチンの3回目の接種が特に

Insider Online限定

eムックはMITテクノロジーレビュー[日本版]の
有料会員限定サービスです。
有料会員はすべてのページ、バックナンバーを
ダウンロードできます。

ご購入はこちら



<https://www.technologyreview.jp/insider/pricing/>

No part of this issue may be produced by any mechanical, photographic or electronic process, or in the form of a phonographic recording, nor may it be stored in a retrieval system, transmitted or otherwise copied for public or private use without written permission of KADOKAWA ASCII Research Laboratories, Inc.

本書のいかなる部分も、法令または利用規約に定めのある場合あるいは株式会社角川アスキー総合研究所の書面による許可がある場合を除いて、電子的、光学的、機械的処理によって、あるいは口述記録の形態によっても、製品にしたり、公衆向けか個人用かに関わらず送信したり複製したりすることはできません。