

Genome Editing: The In-Vitro Creation #1

In the Bible, the book of Genesis states	聖書では、創世記に記されている
that God created plants, animals, and humans.	神が植物、動物、人間を創造したと
Traditionally, the ability to design and produce creatures	伝統的に、生き物を設計し生み出す能力は
has been considered to be divine power.	神の力だと考えられてきた
Besides the Bible,	聖書だけでなく
there are multiple versions of mythological fictions around the world	世界中に多くの神話的なフィクションがある
about the origin of creatures.	生き物の起源に関する
Today, however, Homo sapiens are acquiring this divine ability.	しかし今日、ホモ・サピエンスはこの神聖な能力を獲得しつつある
It has been 3.8 billion years	38億年が経つ
since the first organisms appeared on earth,	最初の生物が地球上に現れてから
and all of life has evolved following the principle of natural selection.	そしてすべての生命は自然淘汰の原則のもとで進化してきた
But for the first time in the history of biology,	しかし、生命の歴史上初めて
we are going to add a new rule to the game of life.	我々は生命の原理に新しいルールを追加しようとしている
With the exponential progress of gene editing technologies	遺伝子編集技術の加速度的な進歩によって
in recent years,	近年の
including CRISPR/Cas9,	クリスパー・キャス9などの
humanity is becoming able to modify the blueprint of life.	人類は生命の設計図を修正できるようになりつつある
This technology has the potential to eliminate genetic ailments,	この技術は遺伝疾患を排除する可能性を秘めている
increase agricultural production,	農業生産性を高め
and even upgrade human capabilities.	さらには人間の能力をアップグレードする（可能性を秘めている）
What kind of future will be brought by genome editing?	ゲノム編集によってどのような未来がもたらされるだろうか？

Genome Editing: The In-Vitro Creation #2

Geneticists had been longing for decades for a technology to precisely target and edit specific genomic sequences.	遺伝学者たちは技術を長年待ち望んでいた 正確に狙い撃ちして遺伝子配列を編集する（技術）
In 2012, a paper on the defense system of microbes called “CRISPR/Cas9” was published in Science magazine.	2012年に「クリスパー・キャス9」という微生物の防御システムに関する論文が 科学誌『サイエンス』に掲載された
It immediately sparked the imagination of biologists around the world.	それはすぐさま世界中の生物学者たちの想像力を掻き立てた
Some bacterial species have evolved a system to cut off the genomes of invading viruses to kill them.	仕組みを進化させた微生物種がいる 侵入してきたウイルスを、ゲノムを断ち切ることで殺す（仕組み）
The system recognizes the offender viruses by their DNA sequence.	その仕組みは、侵入者のウイルスをそのDNAの配列から認識する
The cuts are not delivered at random places, but at specific targeted sites in the virus’s DNA.	切断は無作為な場所に施されるのではなく ウイルスのDNAの特定の場所を狙い撃って行われる
Researchers found that this defense system consists of two critical components; “seeker” and “cutter.”	研究者たちは、この防御システムは2つの構成要素から成ることを発見した 「探索者」と「カッター」だ
The seeker is an RNA encoded in the bacterial genome that looks for the DNA sequence that matches itself in the viruses’ genome.	探索者はバクテリアのゲノムに暗号化されたRNAだ それは対応するDNA配列を、ウイルスのゲノムの中から探す
The cutter is a protein named Cas9.	カッターはキャス9と呼ばれるタンパク質だ
Once the seeker recognizes the virus as an enemy,	探索者がウイルスを敵だと認識すると
Cas9 is deployed to cut off the DNA at the spot specified by the seeker.	キャス9が（ウイルスの）DNAを探索者が指定した箇所で切断すべく動員される
To put it simply,	シンプルに言えば
the seeker finds the target spot and brings the cutter to the spot, and the cutter snips the targeted DNA.	探索者が標的となる場所を見つけてカッターを誘導し カッターが標的となるDNAをちょきんと切る
Researchers discovered	研究者たちは発見した
that we can edit genes with pinpoint accuracy by introducing two manipulations in this mechanism.	ピンポイントの精度で遺伝子を編集できることを このメカニズムに2つの操作を加えることで
First, we can change the target DNA sequence by replacing the seeker.	まず、探索者を入れ替えることで、標的となるDNAを変えることができる
Second, we can interfere in the recovery process of DNA.	2つ目に、DNAの修正プロセスに介入することができる
When DNA is cut open, it tries to recover the lost part, usually from the other copy of the gene in the cell.	DNAが切られると、失った部分を復元しようとする 普通は細胞内の遺伝子のコピーから
But if a cell is flooded with foreign DNA, then the gene accidentally copies the information from this external DNA, rather than from its backup.	しかし、細胞が外来のDNAで溢れていると 遺伝子は誤って外部から来たDNAの情報をコピーしてしまう 自分自身のバックアップからではなく
This works more easily, precisely, and efficiently than any other gene-editing methods ever existed.	これはより簡単に、正確に、効率よく機能する これまでに存在したあらゆる遺伝子編集の手法より

Genome Editing: The In-Vitro Creation #3

With the appearance of CRISPR technologies,	クリスパー技術の登場によって
we can edit genes precisely and efficiently with a lower cost.	我々は遺伝子をより正確に、効率的に、低コストで編集できる
In principle, a single letter of human DNA can be mutated to another letter,	原理的には、ヒトのDNAのたった一文字を他の文字に変えることが可能だ
leaving the 3.2 billion other bases of the genome largely untouched.	ゲノムの残り32億文字の塩基にほとんど影響を与えずに
The cost and efficiency are also important	コストや効率性も重要だ
as research funds and time are obviously limited.	言わずもがな、研究の資金も時間も限られているため
Since this new genome editing technology was unveiled in 2012,	2012年にこの新しいゲノム編集技術が公表されて以来
its various potential applications have been suggested.	その様々な応用可能性が示されてきた
One notable application is crop improvement.	顕著な応用例の1つは作物の改善だ
For instance, crops like high-yield rice, non-toxic potatoes, and less perishable tomatoes	たとえば、生産量の多い米、毒素のないジャガイモ、腐りにくいトマトなどの作物が
have already been created using CRISPR/Cas9.	すでにクリスパー・キャス9を用いて作られている
Given the climate change and food shortages caused by overpopulation,	気候変動や人口過多による食糧不足を踏まえると
genome editing for crop enhancement is going to be essential.	ゲノム編集による作物の強化は不可欠になるだろう
Also, genome editing can solve the problem of food allergies.	また、ゲノム編集は食物アレルギーの問題も解決し得る
Most allergens are specific proteins.	ほとんどのアレルゲンは特定のタンパク質だ
We can reduce allergens in food	食べ物のアレルゲンを減らすことができる
by removing genes associated with the production of allergenic proteins.	アレルゲンとなるタンパク質に関わる遺伝子を取り除くことで
There are already ongoing studies on genome editing in livestock animals,	家畜動物へのゲノム編集についてすでに研究が行われている
such as chickens that lay eggs with less allergen.	たとえばアレルゲンの少ない卵を産む鶏など
Another application of genome editing is, of course, in medicine.	もう1つのゲノム編集の応用は、もちろん医療分野だ
Genetic disorders like hemophilia and muscular dystrophy	血友病や筋ジストロフィー症などの遺伝疾患は
are caused by mutations in specific genes.	特定の遺伝子の変異によって引き起こされる
Hemophilia, for instance, is a condition	たとえば血友病は、次のような症状だ
where liver cells can't produce blood clotting factors properly	肝臓細胞が血液を凝固させる因子を適切に生み出せなくなる
and thus bleeding can't easily stop.	それによって出血が容易に止まらなくなる
By employing CRISPR technology,	クリスパー技術を活用することで
we can cut off the malfunctioning genes in liver cells	肝臓細胞の機能不全に陥った遺伝子を切り離すことができる
and insert the correct DNA sequence.	そして正しいDNA塩基配列を挿入することができる
There are various technical challenges that need to be solved,	解決すべき様々な技術上の問題が存在する
including off-target effects,	オフターゲット効果を含め
in which the tool falsely targets wrong sites and delivers unintended modifications.	ツールが標的を誤ることで意図しない箇所に編集を施してしまう
We are not there yet, but before long,	まだ実用化には届いていないが、しかし遠くない将来
we will gain the ability to purge thousands of diseases from our lives.	我々は何千もの病気を追放する能力を得るだろう

Genome Editing: The In-Vitro Creation #4

<u>While genome editing offers numerous potential benefits, it presents particularly significant ethical challenges.</u>	ゲノム編集は多くの恩恵をもたらす可能性がある一方でそれはとりわけ大きな倫理的な課題を突きつける
<u>One of the biggest concerns is that this technology could be used not only to cure disease but also to enhance human capabilities.</u>	最も大きな懸念の1つはこの技術が病気の治療に用いられ得るだけでなく人間の能力の強化にも（用いられ得る）
<u>There is no clear line that separates healing from enhancing.</u>	治療と強化を隔てる明確な境界線はない
<u>In most cases, medicine is first developed and approved to save people from falling below what is considered to be the standard.</u>	ほとんどの場合、医療は当初は開発され承認される一般認識での標準に満たない人々を救うところから
<u>However, the same tools can then be used to surpass the standard.</u>	しかし、同じ技術が標準を超えることにも使われ得る
<u>For example, plastic surgery was first developed during the First World War to treat soldiers whose faces got injured in battles.</u>	たとえば、整形外科は最初は第一次世界大戦の頃に開発された戦闘で顔面を損傷した兵士たちへの治療として
<u>When the war was over, surgeons realized that the same treatments could also turn healthy individuals more beautiful.</u>	戦争が終わると、外科医たちは気づいた同じ施術で健康な人間をより美しくすることもできると
<u>Today, plastic or cosmetic surgeons earn millions by upgrading the wealthy, and we take it for granted.</u>	今日、整形・美容外科は裕福な人々をアップグレードすることで大金を稼いでおり私たちはそれを当たり前と思っている
<u>Genome editing might follow the same path.</u>	ゲノム編集も同じ道をたどるかもしれない
<u>It will begin with parents who hope to eliminate fatal genetic ailments from their babies.</u>	それは親たちから始まるだろう赤ちゃんから致命的な遺伝疾患を取り除きたいと望む（親）
<u>But once it becomes possible to edit human DNA to replace deadly genes, we might start using the same mechanism to fix less fatal genes, such as ones responsible for autism and obesity.</u>	しかし、致死的な遺伝子を修正するために一度DNAの編集が可能になれば同じ仕組みをより致死性の低い遺伝子の修正にも使い始めるかもしれない自閉症や肥満に関わる遺伝子など
<u>Who would like their child to suffer from any of these?</u>	子どもがこれらに苦しむことを望む親などいるだろうか？
<u>Furthermore, if you are about to provide your child such treatments, wouldn't you want to give them a little more push by enhancing their memory, athletic ability, or immune system?</u>	さらに、あなたの子どもにそのような治療をするのであれば子どもをもう少し後押ししてあげたくならないだろうか？記憶力や運動能力、免疫系を強化したりすることで
<u>Even if you are personally against such upgradings, what if the neighbors are doing it for their children?</u>	あなたが個人的にそのようなアップグレードに反対だとしてももし隣人が子どもにそれを行っていたとしたら？
<u>Would you dare to have your child lag behind them?</u>	わざわざ自分の子どもに遅れを取らせようと思うだろうか？
<u>Any upgradings are initially justified as healing.</u>	どんなアップグレードも、当初は治療として正当化される
<u>But once it is approved, it may end up being unstoppable by moral discussions.</u>	しかし、一度承認されたら道徳的な議論では歯止めが効かなくなってしまうかもしれない

Genome Editing: The In-Vitro Creation #5

The caste system in Hinduism has divided people into four groups based on the family they were born into.	ヒンドゥー教のカースト制度は人々を4つのグループに分ける 生まれた家族に基づいて
They believe that individuals in higher caste groups were intrinsically superior, but this was pure fiction.	かれらは高いカーストに生まれた者は本来的に優れていると信じている しかしこれは作り話にすぎない
There is no biological difference between Brahmins and Shudras, Kshatriyas and Vaishyas.*	生物学的な違いはまるで存在しない
Brahmins insisted that they were naturally smarter than everyone else, but even after thorough examination of their DNA, we can never find any sequence unique to Brahmins.	バラモンとシュードラ、クシャトリヤとヴァイシャの間に バラモンは生まれながら他の者たちより賢いと主張した しかし、かれらのDNAをいくら調べても バラモンに特有の塩基配列などは決して見つけられない
Historically, social and economic disparities have not arisen from genetic differences. Rather, they have been the result of cultural and environmental factors which have been justified and amplified by fictions.	歴史的に 社会的・経済的格差は遺伝的な違いから生じるものではなかった むしろ、文化要因や環境要因の結果である それらは虚構によって正当化され増幅されてきた
However, with the advancement of genome editing, the nature of inequality may fundamentally change.	しかし、ゲノム編集の進歩によって 格差の本質が根本的に変わってしまうかもしれない
Once it becomes possible to upgrade Homo sapiens through genome editing, we will see real gaps in physical and cognitive abilities between an enhanced upper class and the rest of society.	ゲノム編集によるホモ・サピエンスのアップグレードが可能になると 身体的・認知的能力に本当の差が生まれるだろう 強化された上流階級とそれ以外の人々の間で
These upgraded superhumans will enjoy unprecedented health, abilities, and creativity, which will further accelerate inequalities.	アップグレードされた超人たちは前代未聞の健康、能力、創造性を享受するだろう それはさらに不平等を加速させるだろう
After hearing all of these, your reaction might be to hope that somebody will hit the brakes to stop it. But we may not be able to halt its progress.	これらを聞いたあなたの反応は次のようなものかもしれない 誰かがブレーキを押して止めてくれることを望む しかし進歩を止めることはできないだろう
In November 2018, a Chinese scientist had claimed to have created the world's first genome-edited babies. He used the CRISPR/Cas9 technology to modify the DNA of twin girls, making them resistant to HIV infection.	2018年11月、ある中国人の科学者が主張した 世界最初のゲノム編集が施された赤ちゃんを生み出したと 彼はクリスパー・キャス9技術を用いて双子の少女のDNAを修正した かれらにHIVへの耐性を与えた
Many scientists and organizations criticized the experiment for its potential impacts and violation of ethical guidelines. However, different nations have different moral codes.	多くの科学者や組織はこの実験を批判した 社会への影響や倫理的ガイドラインの違反に対して しかし、国が違えば倫理規範も異なる
If some countries use genome editing to produce geniuses that far outperform other citizens whose country forbids genetic engineering, will we know when to hit the brakes?	もしゲノム編集を用いて天才たちを産み出す国々が出てきて 遺伝子工学を禁じる他の国の市民の能力をはるかに凌駕したとすれば 我々は一体いつブレーキを踏めばよいのだろうか？

*バラモン（祭司）・クシャトリヤ（士族）・ヴァイシャ（平民）・シュードラ（隷属民）