

健康と温泉フォーラムin 豊富2023  
健康と温泉—伝統文化と近代科学

## 基調講演

# AI人工知能と温泉 癒やしを科学する

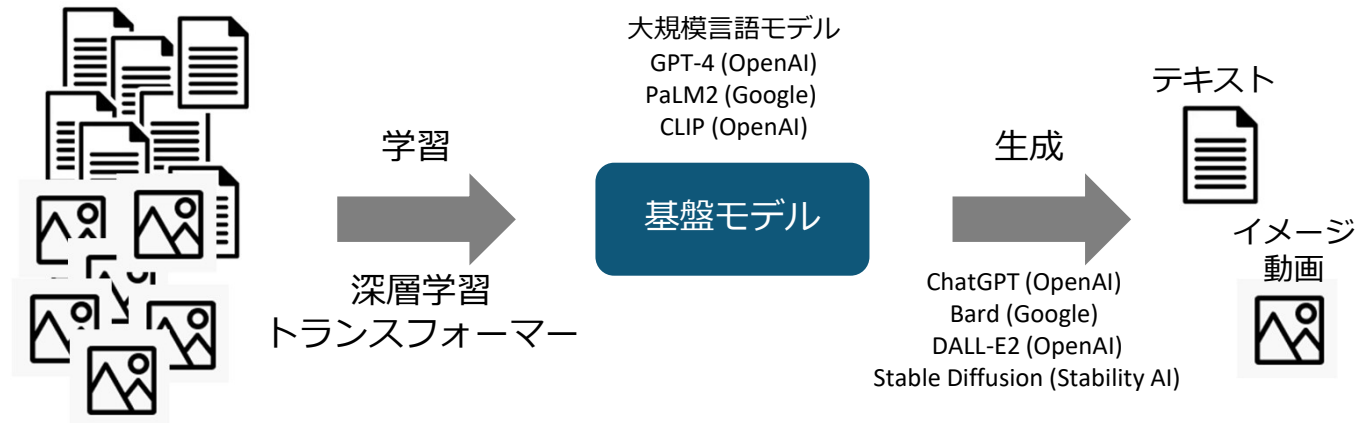
慶應義塾大学医学部  
大学院医学研究科  
拡張知能医学講座  
桜田一洋

私が取り組んでいる生命理論の抽象画による表現  
Image Creator (DALL-E)で作成



# 生成AIとは何か

# 大規模言語モデルと生成AI



## 言語モデル

- 文を構成する単語の意味は周辺の単語から理解できる（分布仮説）
  - 同じ文脈で出現する単語には同様の意味がある
    - I had a mug of **beer** after the workshop.
    - I had a glass of **wine** after the workshop.
  - 文章中の単語の生成順序や意味には制約がある。
  - この制約は確率で表現できる
    - $P(\text{飲んだ} | \text{私はビールを}) > P(\text{踏みつけた} | \text{私はビールを})$

# 温泉の癒しを科学的に説明してください

大規模言語モデル（基盤モデル） Open AI/GPT-4  
Microsoft Copilot

温泉には、人体に様々な効果があるとされています。温泉に含まれる鉱物質や微量元素が、肌や体内に吸収され、血行を促進したり、筋肉の緊張を和らげたり、免疫力を高めたりするとされています<sup>1</sup>。また、温泉に浸かることで、交感神経が抑制され、副交感神経が優位になるため、リラックス効果があるとされています<sup>2</sup>。さらに、温泉に含まれるマイナスイオンが、ストレスを軽減する効果があるとされています<sup>3</sup>。

1: 日本温泉科学会 2: 日本温泉気候物理医学会 3: 日本温泉気候物理医学会

# 温泉の温度と交感神経の作用を説明してください

大規模言語モデル（基盤モデル） Open AI/GPT-4  
Microsoft Copilot

温泉に浸かることで、交感神経が抑制され、副交感神経が優位になるため、リラックス効果があるとされています<sup>1</sup>。

一般的に、42°C以上の熱いお湯に入ると交感神経が高ぶり、興奮状態になるため、血圧は上がり、脈は早まり、汗をかき、筋肉は硬直します。また、逆に胃腸の動きは止まってしまいます。一方、40°C程度のぬる湯につかると、副交感神経が刺激されて心身がリラックスし、血圧は下がり、脈はゆっくり、汗もかかず、筋肉もゆるみます。胃腸は活発に動き、消化がよくなります<sup>23</sup>。

1: 日本温泉気候物理医学会

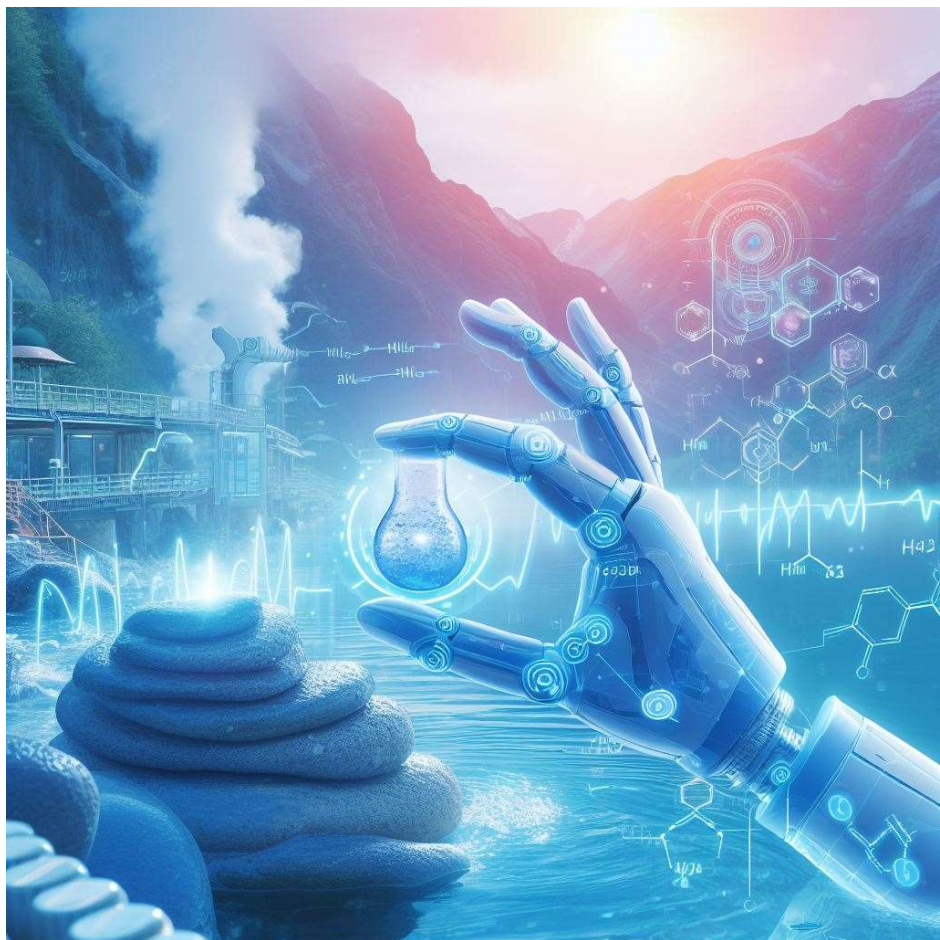
2: [allabout.co.jp](http://allabout.co.jp)

3: [plusq.life](http://plusq.life)

「温泉の癒しを人工知能を使って科学的に理解する」  
ということをイメージで描いて

生成AI (DALLE-3)で作成

# Chemistry (化学、客観)

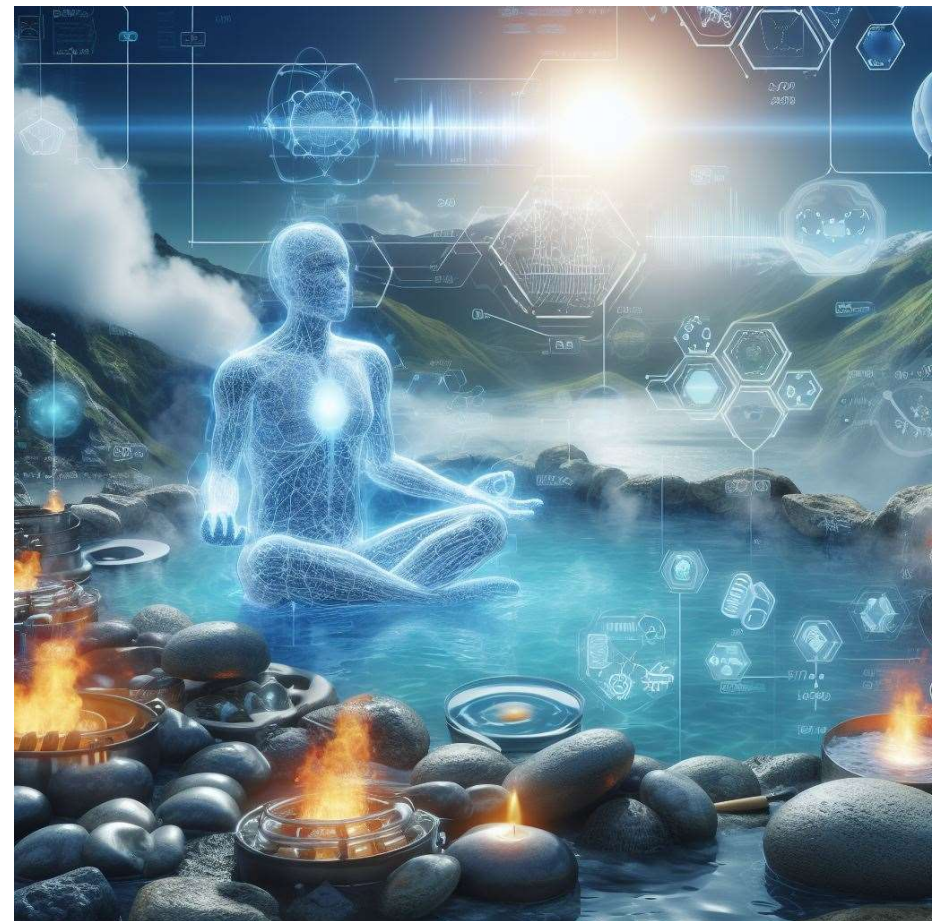
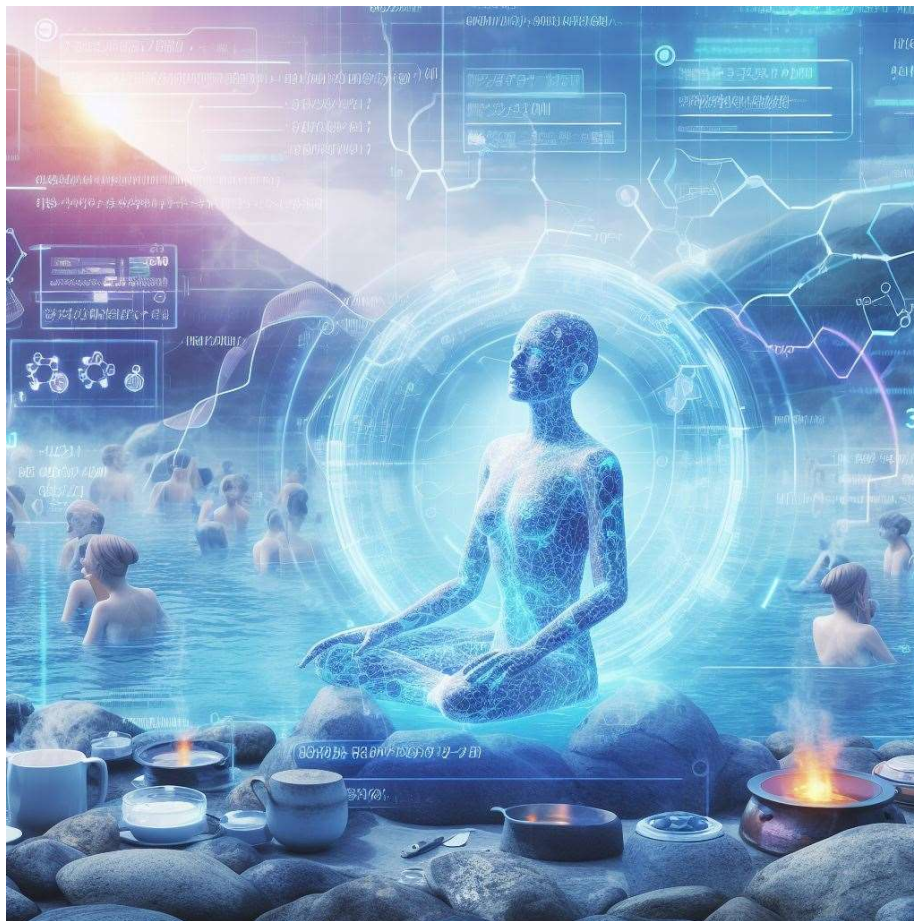


# Medicine (医学、客観)





# Healing (癒し、主観)



# 主観的な体験と客観的な説明

# Life

どのように訳しますか？

生命

自然科学

客観的な説明

形式知

人生

実世界

主観的な体験

感性

# 温泉の体験と温泉の科学

主観的な体験としての温泉

当事者によって発見され創出される価値

私にとっての温泉の楽しみ

客観的な介入としての温泉

形式知によって説明される価値

三人称で温泉の効果を説明

なぜ自然科学によって世界を  
客観的に表現することが必要なのか？

健康医療サービスや温泉の効果を客観的に示す

人に共通する効果

一人ひとり異なる効果

**医学（因果関係）を使う**

相手には見えない自分の主観的な体験を共有する

医師からは見えない自分の“病い”の体験

**言葉を使う**

## 知識とは客観的な説明

知識は、次の三つからから成り立っている。

### (1) 対象の識別

温泉によって、人によって効果が異なる

### (2) 対象間の関係

温泉の効果や副作用の原因を知りたい

### (3) 変化の規則

温泉に入るとどのように心と身体が変わるのか？

知能とは先人の知恵を「言語」によって知識化し、それを活用して新しい知識を生み出すこと。

## 言葉の問題

言葉と現実は一致していない。

同じ言葉が多様に解釈できる。

同じ現実が異なる言葉で表現される。

特別軍事作戦と戦争

主観的な体験を偽るのに言葉が使われる



言葉の不正確さ、不確実性は  
医療では深刻な問題を生み出す

誤った診断に基づいた治療  
副作用、無効

診断のあいまいさ  
効果のある治療の開発を阻む

# 人は現実を創作している

人の主観的判断が間違える理由

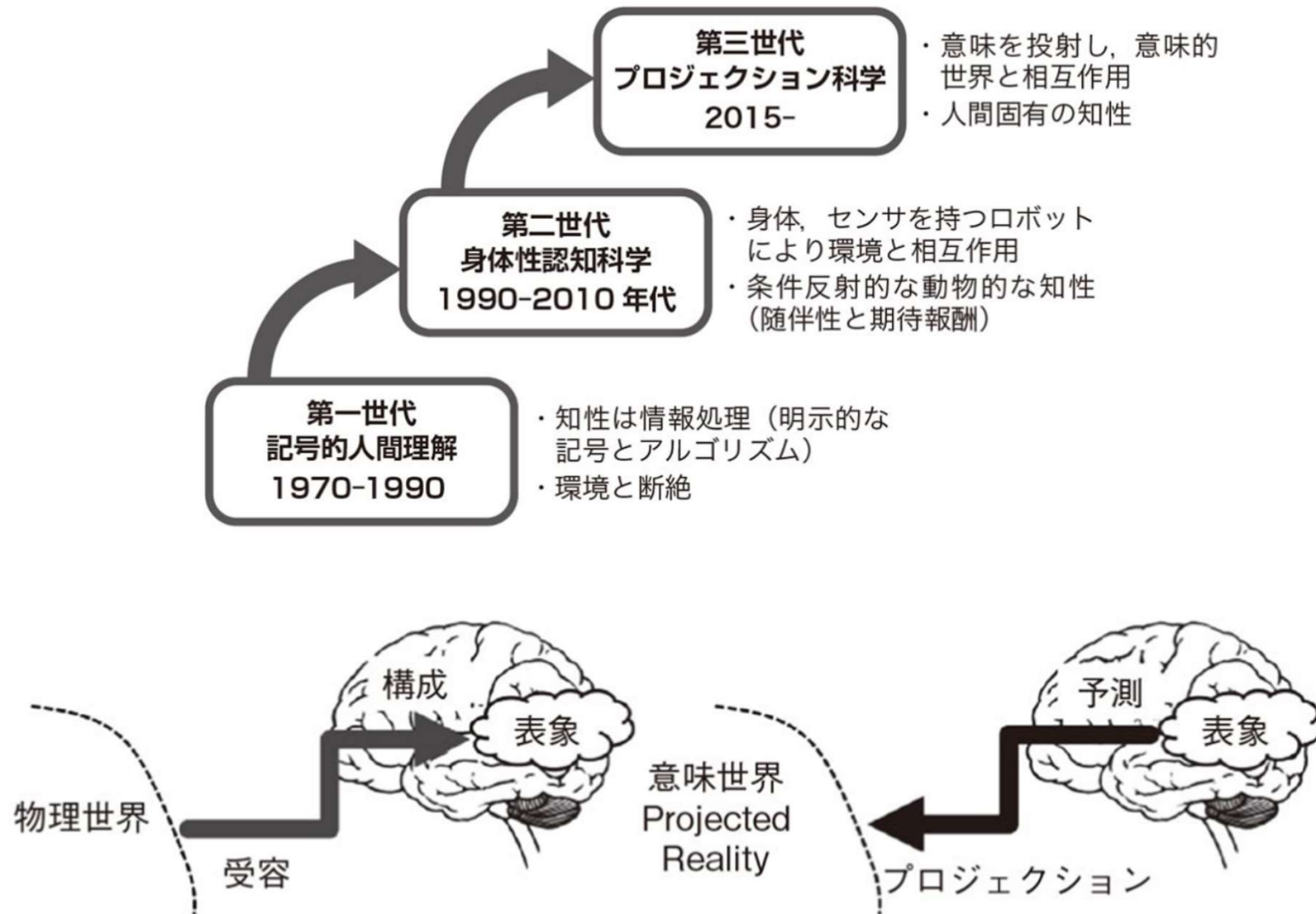
What color do you see ?



# Controversial



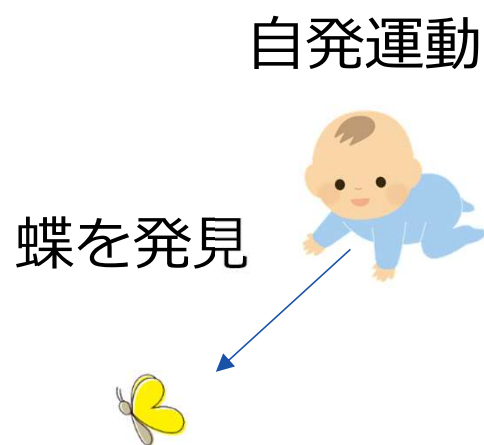
# 投影現実 Projected Reality



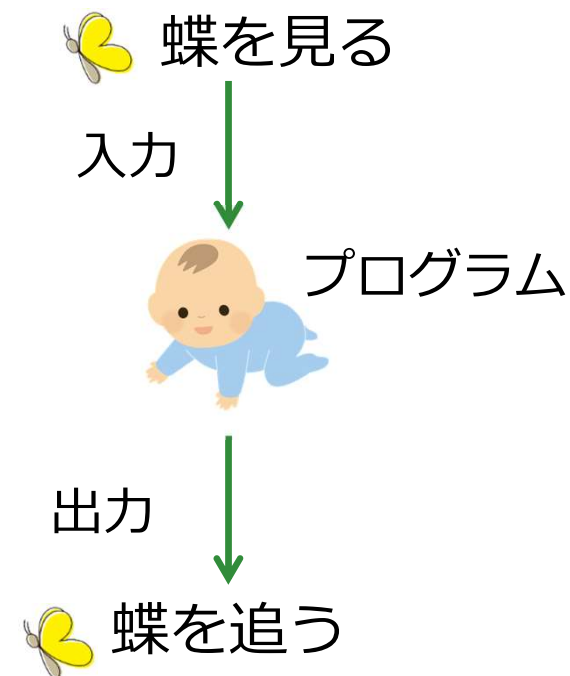
# 心はどのように生成するのか？

乳児期が大切なのは全く知らない世界に飛び込んだ赤ちゃんが、自ら行動することによって情報を収集し考え、自らの身体や自意識のようなものを造りこんでいく時期だからなのだと思います。小西行郎

## ■ 内部観測者視点



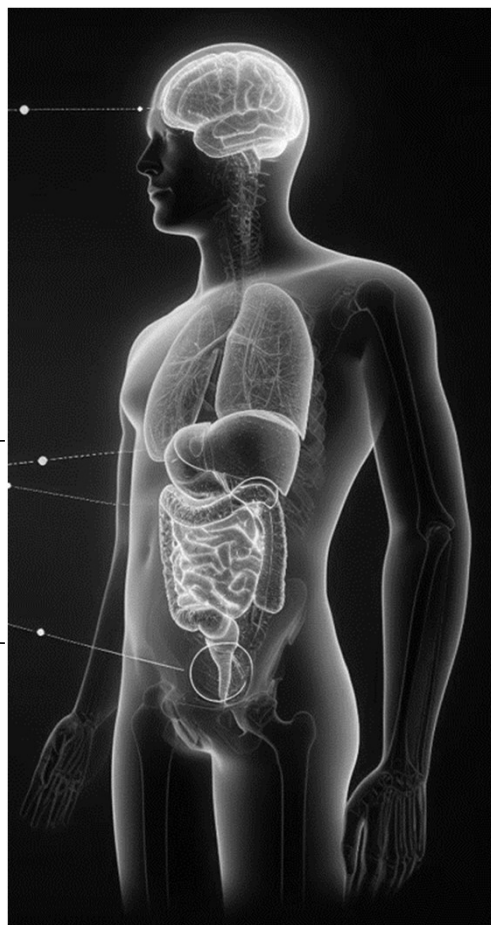
## ■ 外部観測者視点



# 現実の意味は多感覚統合によって生み出される

## 外受容感覚

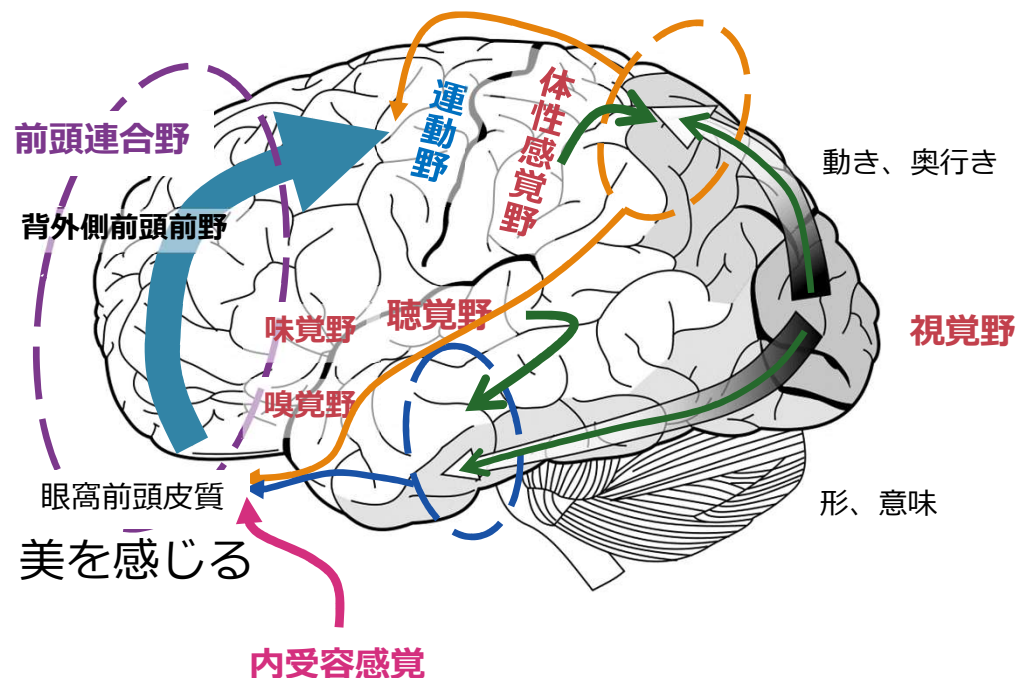
視覚  
聴覚  
触覚  
嗅覚



## 内受容感覚

### 固有感覚

自分の身体各部の位置  
や動き、力の入れ具合  
などを感じる感覚

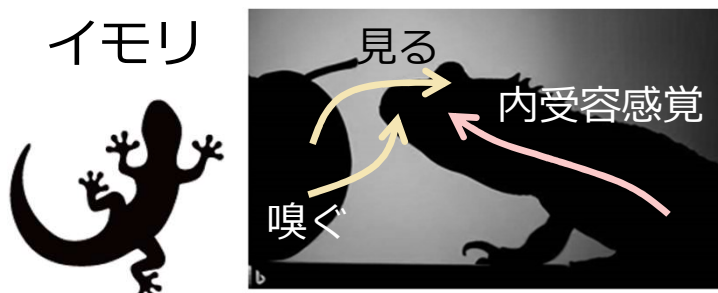


脳にとって美

身体にとって健康とは、  
多感覚の調和（同期）

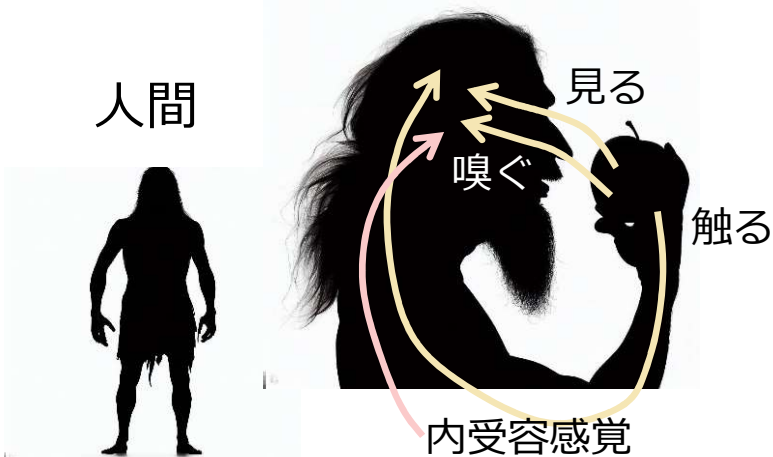
# 心の進化

## 一次投影



脳が出現したことで多感覚を統合できるようになり、単純な刺激応答を超えた行動が可能となった。

## 人間



座位、立位によって手が自由になると、手の触覚と他の感覚との統合が可能になる。脳が拡大し外受容感覚、内受容感覚、固有受容感覚が統合し複雑な投影現実（一次投影）が生成された。

## 二次投影

道具の使用から、自分の手足を道具のように見なす二次投影が生じた。これは、自分自身や自然環境を道具のように見なす自己客観化を生み出した。これが、論理（因果推論）の起源である。



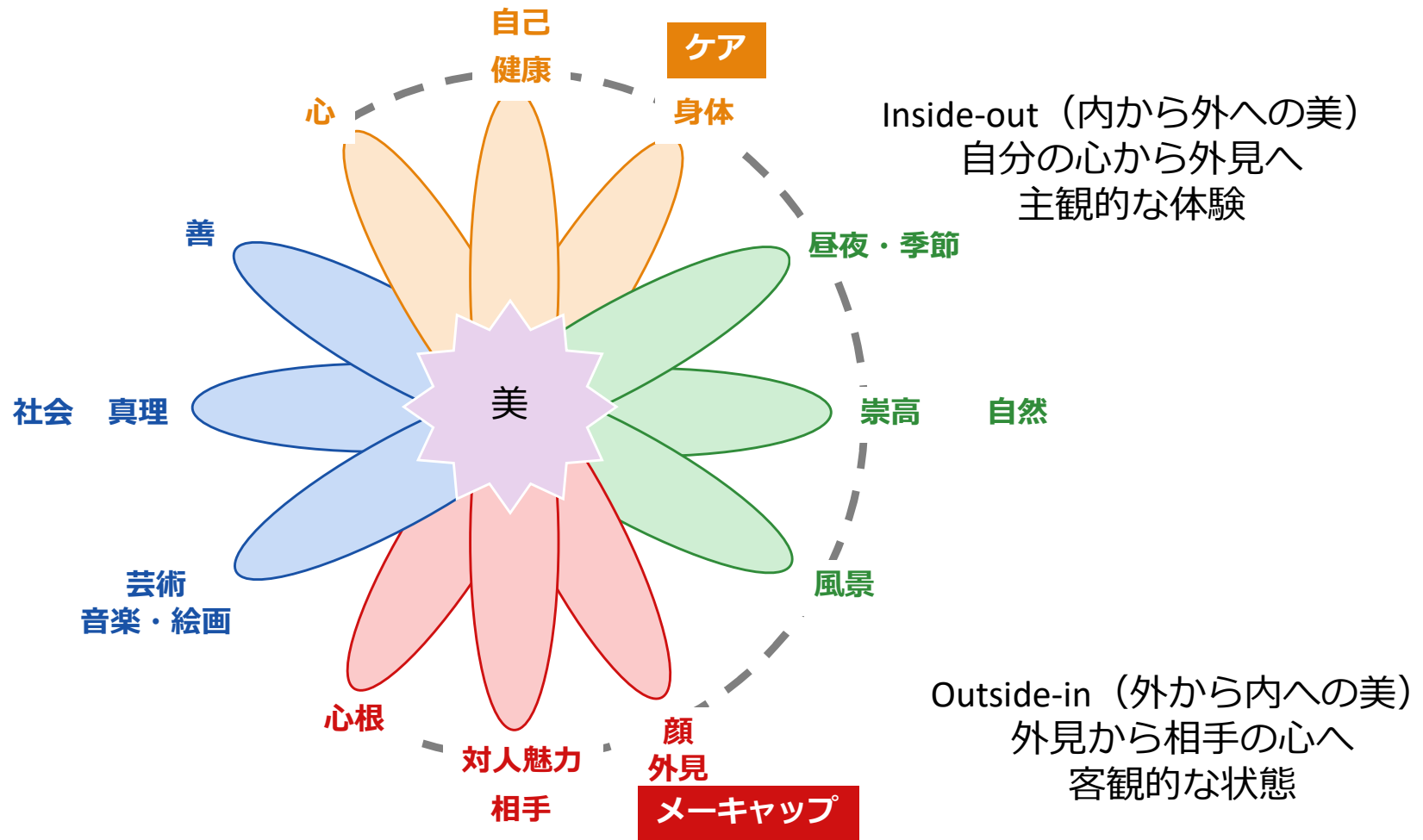
関連文献：Iriki A and Taoka M  
Phil. Tans. R. Soc. B 367,10-23 (2012)



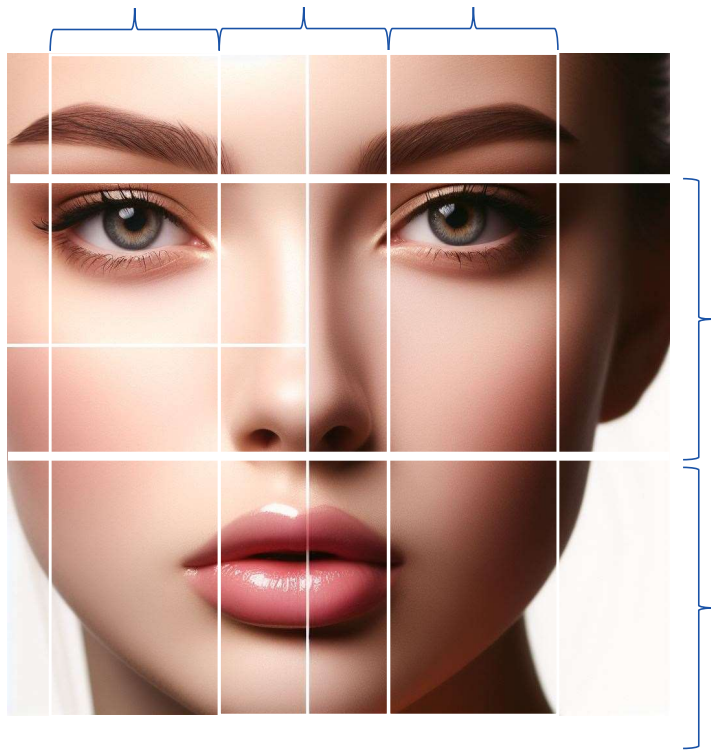
# 健康と美容の科学

AI・メディカルデータサイエンス

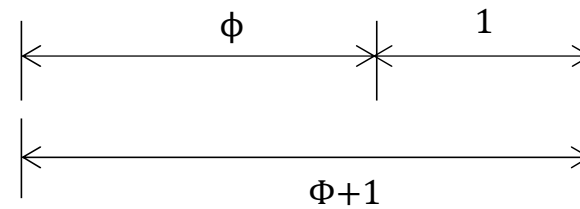
# 美 Outside-inとInside-out



# Outside-in 美しさと黄金比



黄金比  $\Phi=1.6180339887$



黄金比と薔薇



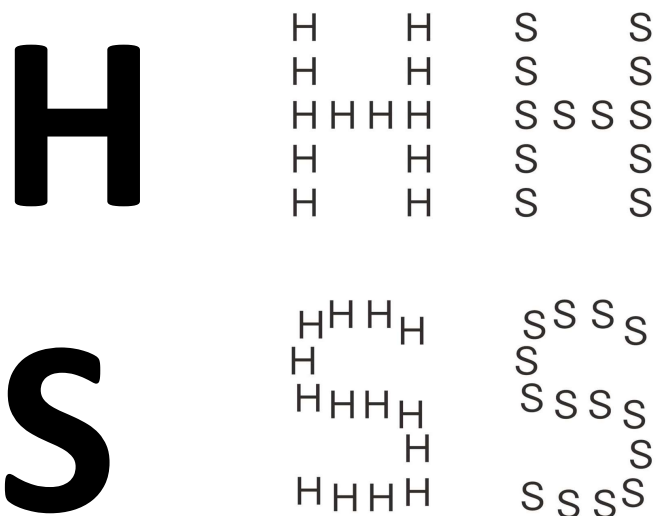
黄金比と銀河



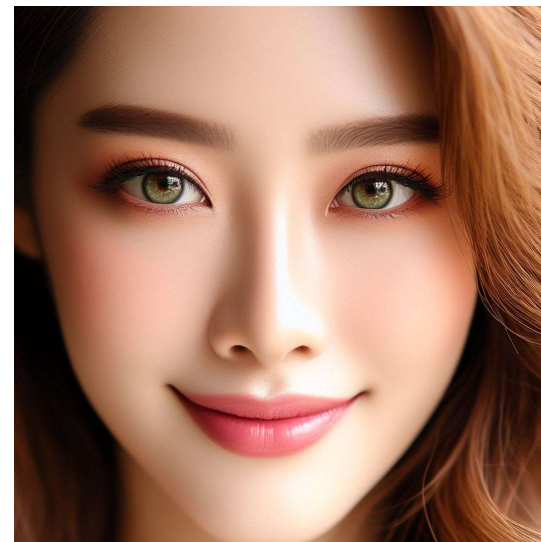
自己組織化 → フラクタル構造 → 黄金比

黄金比は、自然界に存在するものに顕れる共通のパターン

# Outside-in 複雑さの縮減と可愛さ



可愛さとは複雑性の低さ

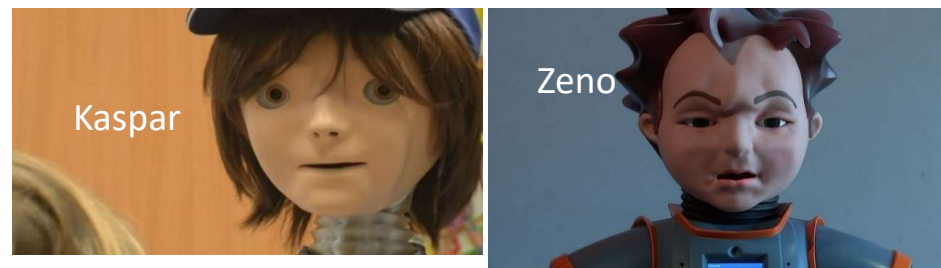


視覚過敏で情報過多だと、  
全体ではなく、部分が強調される。

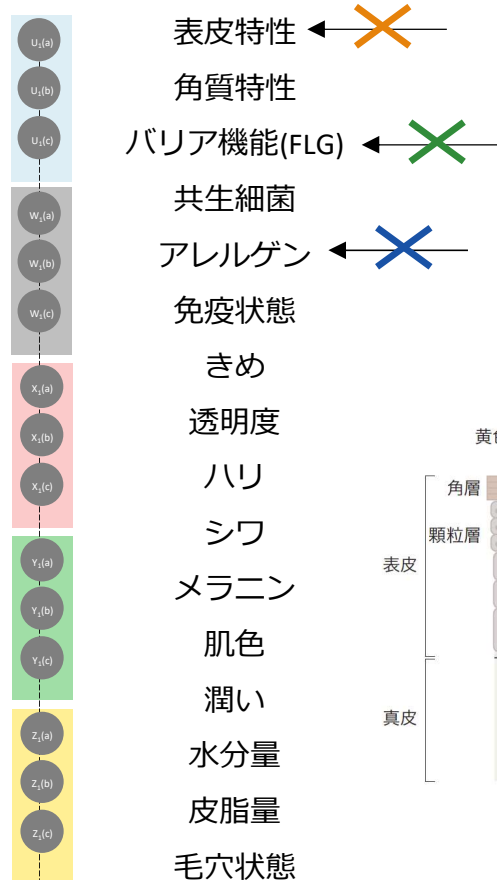
心を読みにくくなる

顔には膨大な情報がある

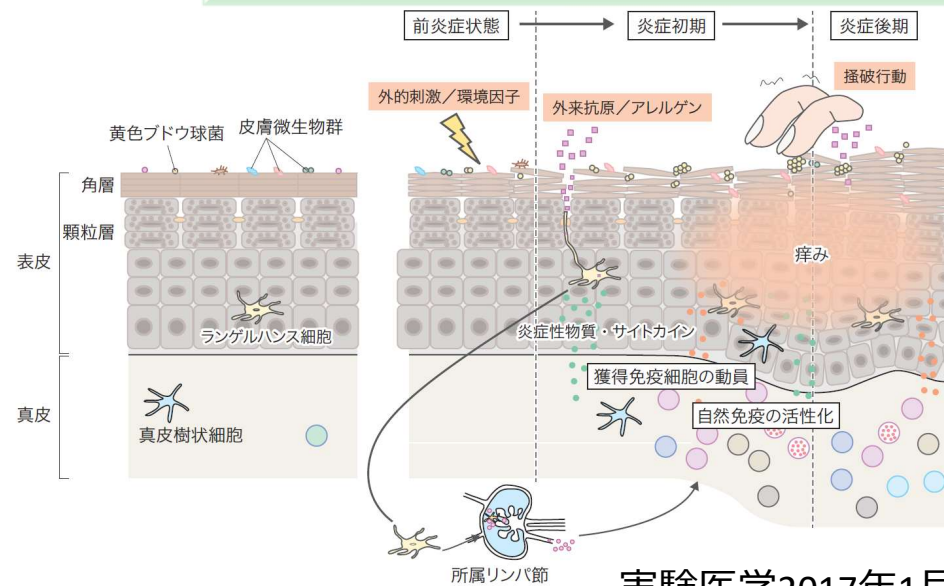
発達障害のケア



# Outside-in 知識ベースによる分類の限界



- 肌の様々な特徴間の相互作用
- 空間特性に加えて時間特性からの評価
- 身体（肌）と心の関係
- 肌の健康(A)とは「肌の特徴量に異常（B）がない」ことなのか？異常とはそもそも何なのか？

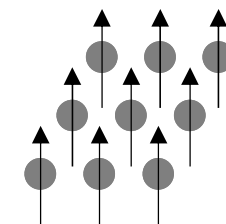
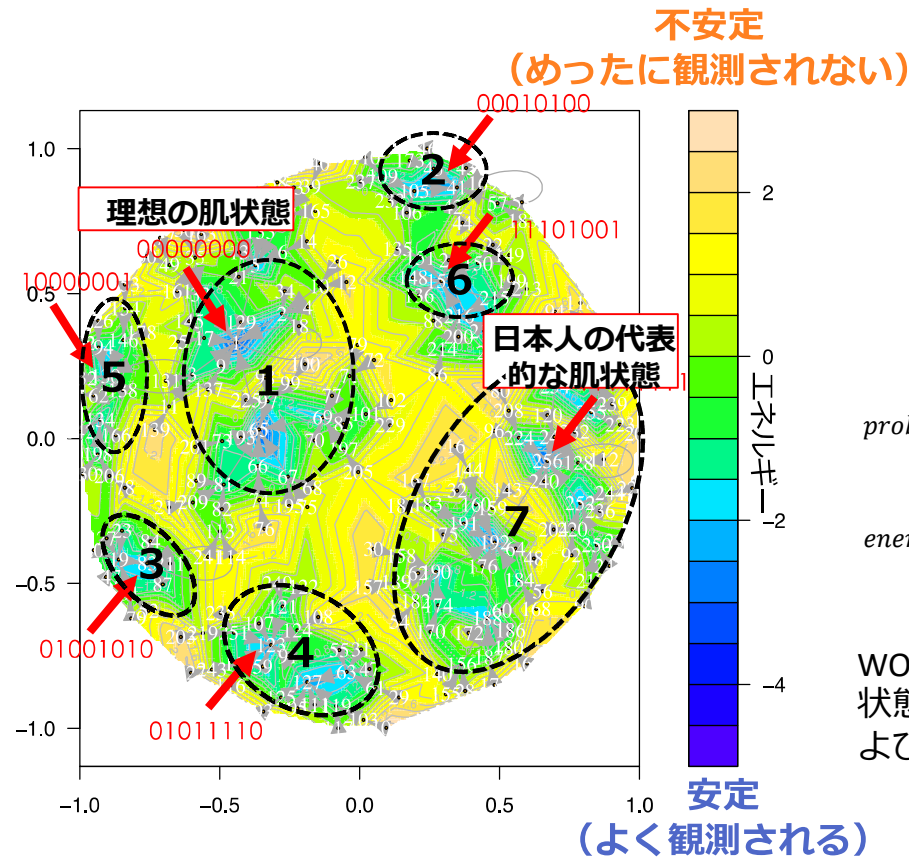


実験医学2017年1月

# 日本人の肌の状態を機械学習で割り振る

- $U_i(a)$
- $U_i(b)$
- $U_i(c)$
- $W_i(a)$
- $W_i(b)$
- $W_i(c)$
- $X_i(a)$
- $X_i(b)$
- $X_i(c)$
- $Y_i(a)$
- $Y_i(b)$
- $Y_i(c)$
- $Z_i(a)$
- $Z_i(b)$
- $Z_i(c)$

- 表皮特性
- 角質特性
- バリア機能(FLG)
- 共生細菌
- アレルギー
- 免疫状態
- きめ
- 透明度
- ハリ
- シワ
- メラニン
- 肌色
- 潤い
- 水分量
- 皮脂量
- 毛穴状態

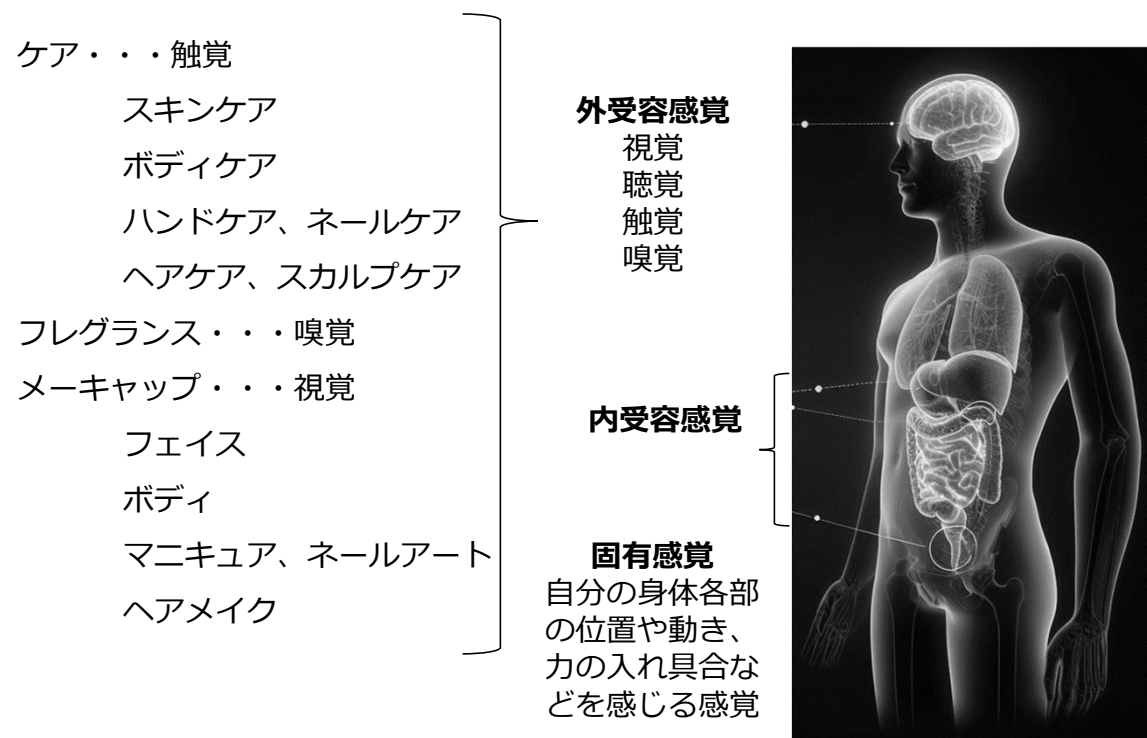


probability: 
$$P(\sigma|\mathbf{h}, \mathbf{J}) = \frac{\exp[-E(\sigma|\mathbf{h}, \mathbf{J})]}{\sum_{\sigma'} \exp[-E(\sigma'|\mathbf{h}, \mathbf{J})]}$$

energy: 
$$E(\sigma|\mathbf{h}, \mathbf{J}) = -\sum_{i=1}^N h_i \sigma_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N J_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

WO 2020/111109 A1  
 状態可視化装置、状態可視化法および状態可視化プログラム

# Inside-out 多感覚統合と美感



内受容感覚への介入を美容・健康サービスに導入する

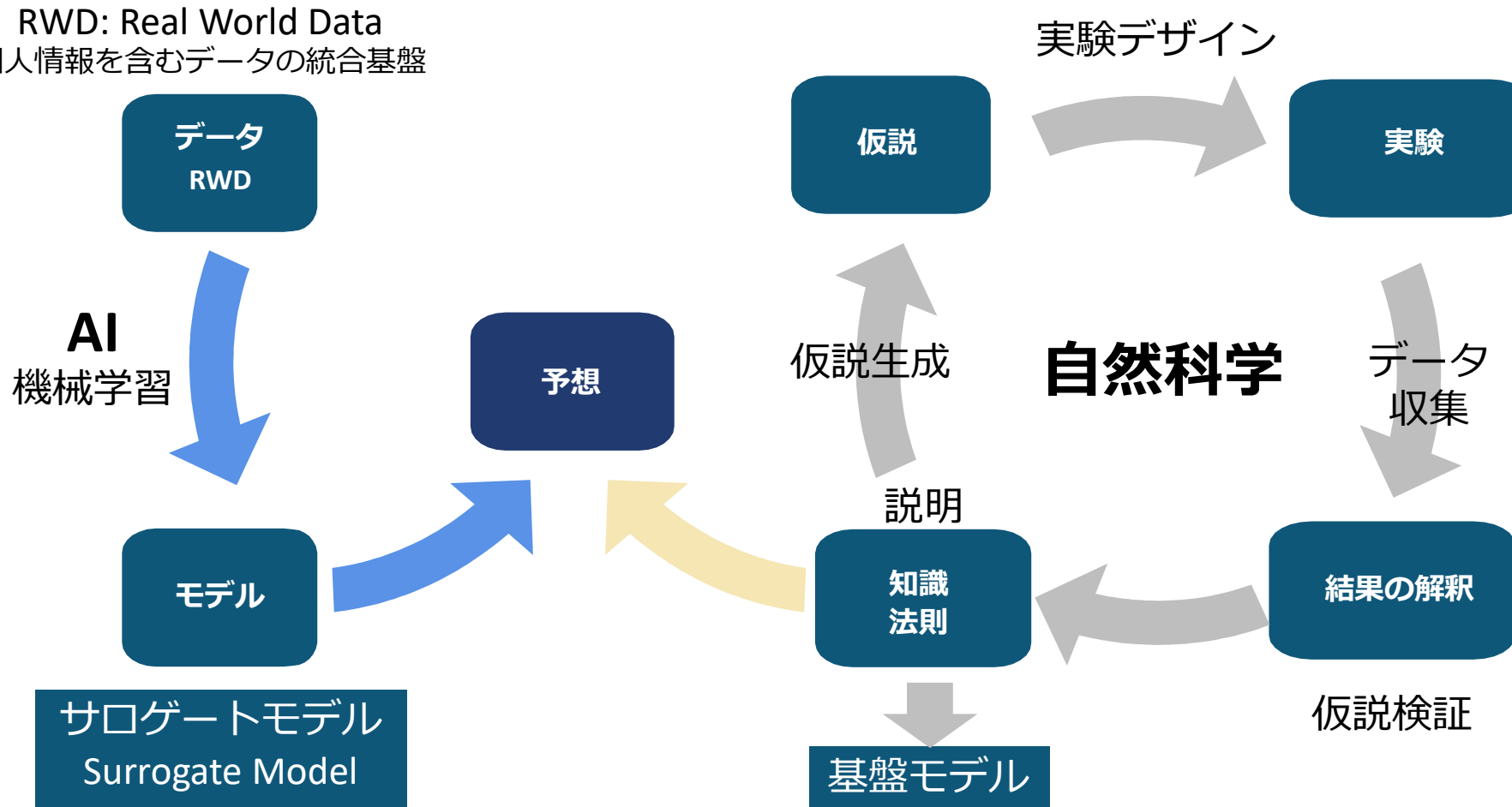
# 科学のためのAI

## AI for Science



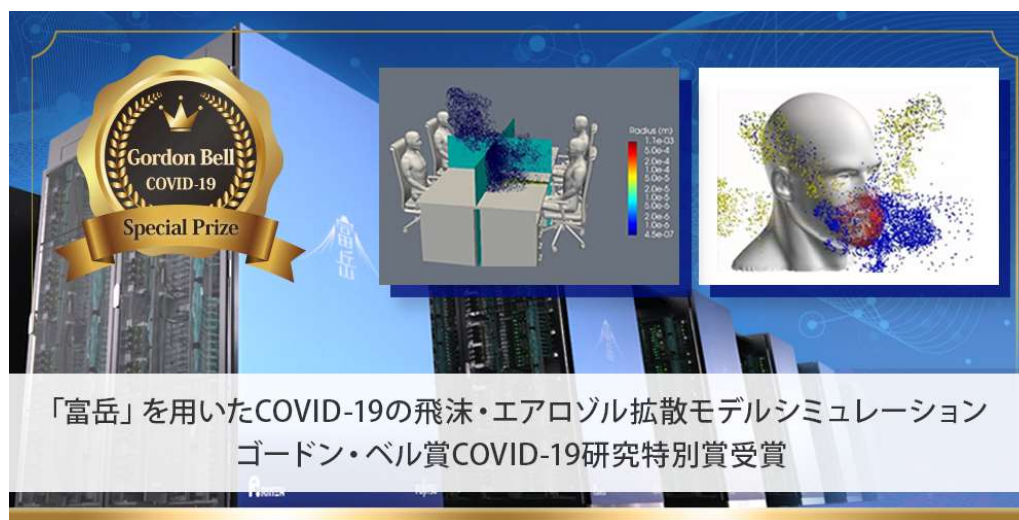
# 科学のためのA I の考え方

RWD: Real World Data  
個人情報を含むデータの統合基盤



# 医学のためのA I

理化学研究所計算科学研究センター（R-CCS）の取り組み



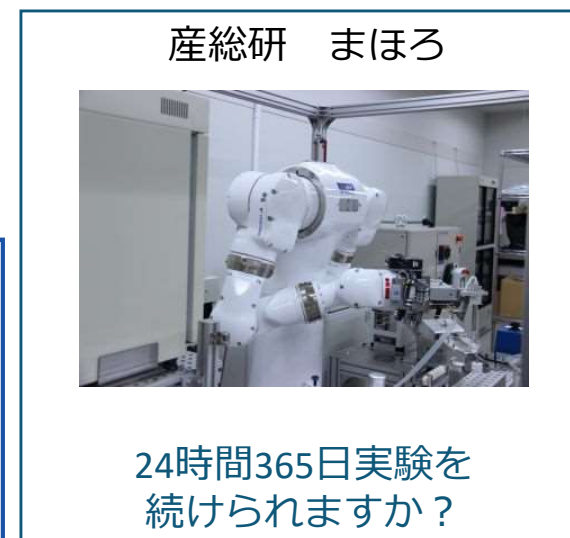
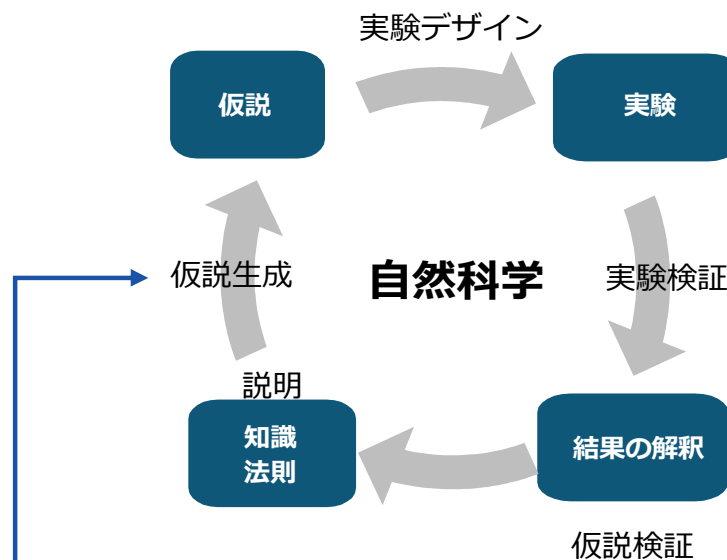
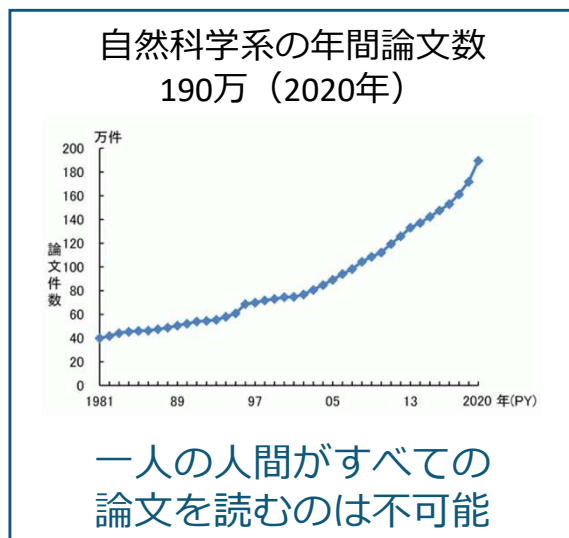
<https://arxiv.org/abs/2110.09769>

最初のプリプリントが公開されたのは2021年10月なので、GPT4の学習対象にはなっていない。

研究の目標を与えただけで、GPT-4は飛沫シミュレーション研究全体のアイデアやプロセスをほぼ再現し、かつ、スパコン用のシミュレーションのプログラムも自動生成した。

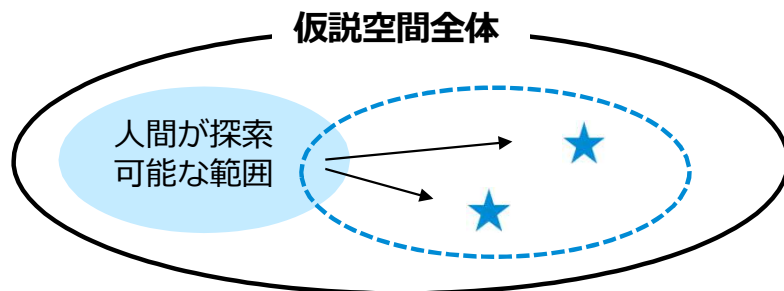
<https://shareg.pt/BW8IG7e>

# 医学のためのA I



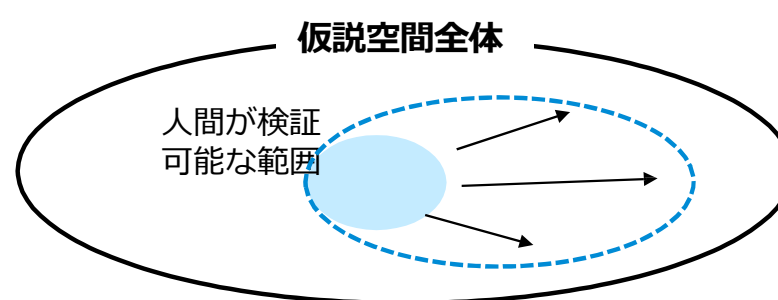
## 仮説生成・探索

人間の認知能力を超えた大規模・網羅的な仮説探索



## 実験検証・分析

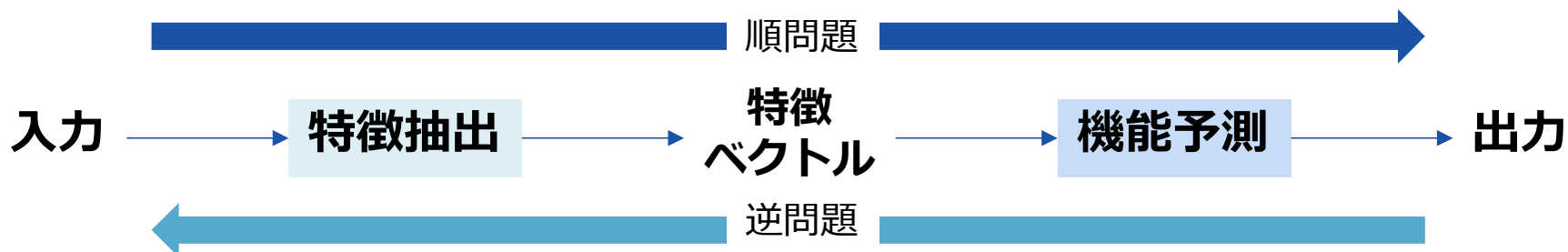
人間の身体能力を超えたハイスループットな仮説検証



# 基盤モデルからの生成（設計）

## 設計 = 逆問題

（順方向の予測モデルの逆写像により、目的の特性をもつ入力を予測する）



第11回基礎研究振興部会 CRDS 嶋田義皓フェロー 説明資料を引用し作成

アート画像データと説明を学習 → 説明を予測するモデル  
 求める説明に応じた新規アートの生成 ←

タンパク質の配列データと機能を学習 → 機能を予測するモデル  
 求める機能を持った新規分子の生成 ←

健康医療データと予後を学習 → 予後を予測するモデル  
 予防的介入法の生成 ←

# 見えないものの創作

# 北海道の豊富町にある温泉の風景

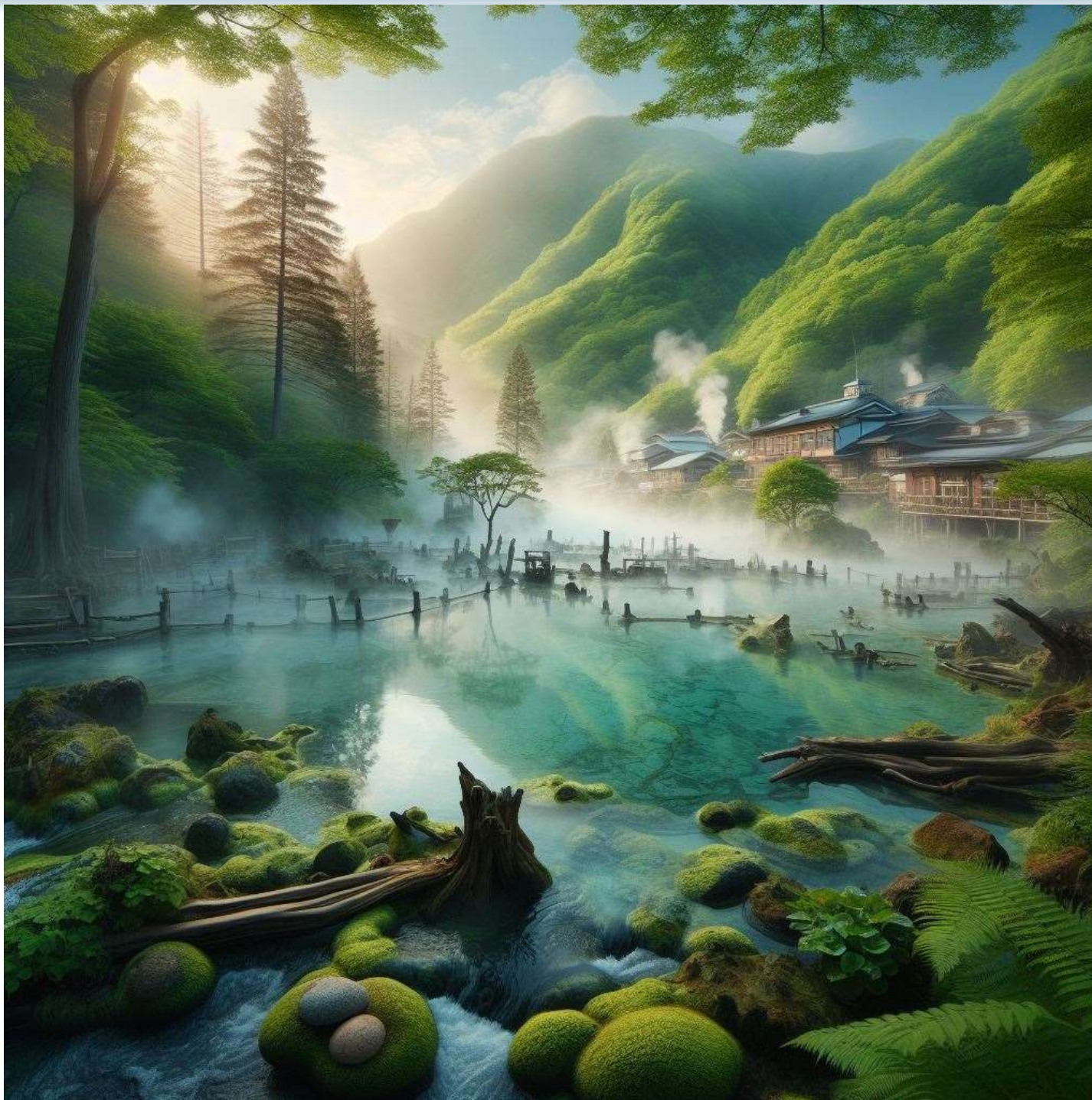
生成AI (DALLE-3)で作成











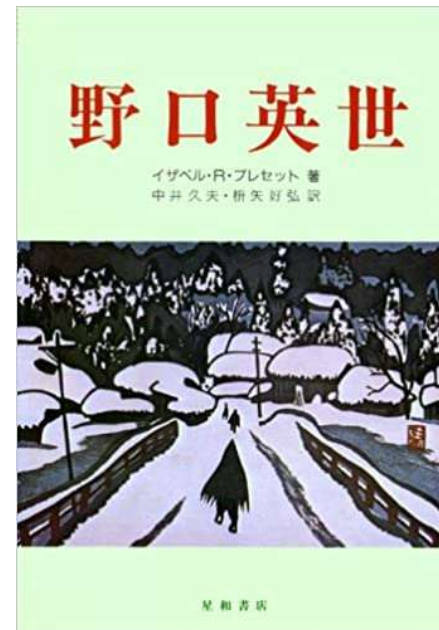
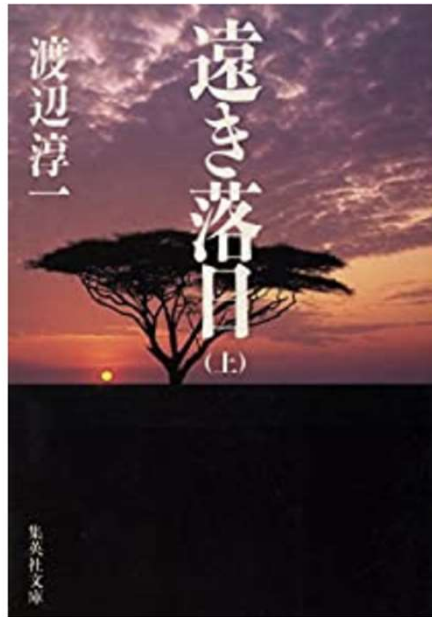
Fantasy & Reality

空想と現実

## 野口英世 1876 – 1928 捏造

- 1904年 ロックフェラー研究所に勤務開始。200編の論文発表。
- 1913年 進行性まひの原因を梅毒スピロヘータと同定
- 1918年 エクアドルで黄熱病の病原菌を発見
- 1928年 アフリカで黄熱病に感染し、死亡
- 多くの業績が現在までに否定されている
  - ポリオ（小児麻痺）、狂犬病、黄熱病の”病原菌”を同定。
  - これらはウイルス感染症。
- 黄熱病の仕事をproved beyond doubtと述べた
  - ワイル病の原因菌**レストスピラ・イクテロヘモラジア**を、**レストスピラ・イクテロイデス**と改名し、黄熱病の病原菌とねつ造した。
  - ハーバード大学のアンドルー・セラーズ、**マックス・タイラー**によって徹底的に反証される。
    - American Journal of Tropical Medicine 7;71-95, 369-381 (1927)
- 野口の論文はサイモン・フレクスナーの庇護のもとロックフェラー研究所の雑誌Journal of Experimental Medicineに査読なしで掲載

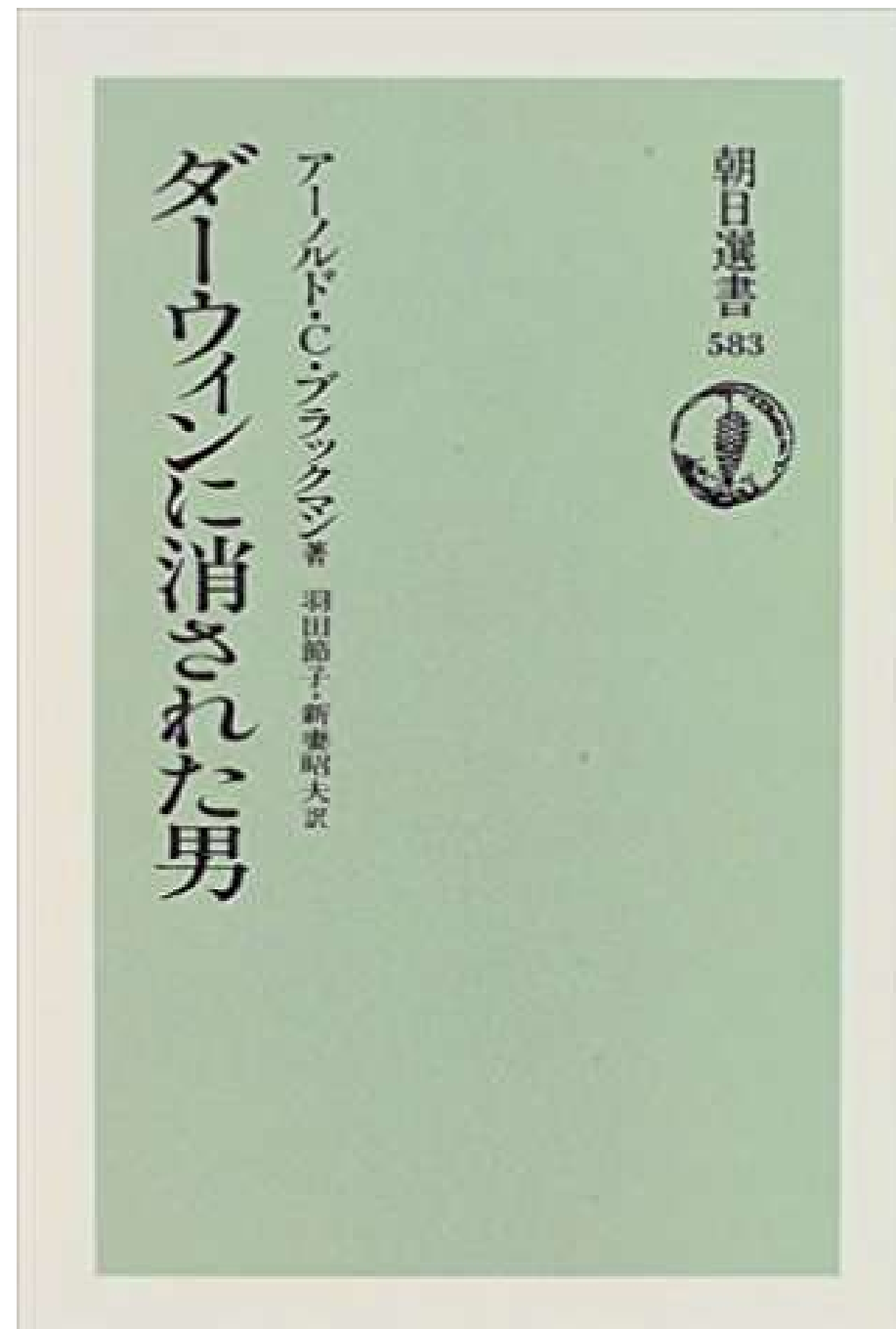
# 野口英世のねつ造に関する参考文献



山内保は1918年にインフルエンザウイルスを同定  
濾過性病原体（ウイルス）の概念は知られていた。

## チャールズ・ダーウィン 盗用

- アルフレッド・ウォーレス
  - ボルネオでの研究で自然選択説を発見
  - サラワク論文 1855年2月
  - テルナテ論文 1858年2月 ダーウィンに送る
- リンネ学会でウォーレスのテルナテ論文とダーウィンのノートと手紙が共同発表 (1858年7月1日)
  - ダーウィンの資料には自然選択による種の分岐の理論は記載されていない
  - 「ダーウィンは、ウォレスから送られた論文を見て自分の説明を完成させた」アーノルド・C・ブラックマン「ダーウィンに消された男」
- ダーウィン 種の起源 1859年11月



科学・技術

未来の先取り

作為・機械

真実

因果的説明

操作・制御

貪欲・自己利益の追求

不老不死



見えないものと融ける

# 禅

永遠の現在

存在それ自体

真如

直観

無我（客体への融合）

自己を捨てる（脱中心化）

儂さのなかに永遠を見る

そう云う中で白露が消えるように死んで行く母の、いかにもしずかな、雑念のない顔を見ると、恐いことも忘れられて、すうつとした、洗い浄められたような感情に惹き入れられた。それは悲しみには違いなかったが、一つの美しいものが地上から去って行くのを惜しむような、云わば個人的関係を離れた、一方に音楽的な快さを伴う悲しみであった。幸子達は、母がどうせこの秋は持ち越せないものと覚悟していたのではあったけれども、あの死顔があんなに美しくなかったならば、あの折の悲しみももつと堪え難いものだったであろうし、引いてはもつと暗い思い出が長く心に残ったであろう。

谷崎潤一郎 細雪



雪舟の水墨画



# 禅と科学・技術

永遠の現在

存在それ自体

真如

直観

無我（客体への融合）

自己を捨てる（脱中心化）

儚さのなかに永遠を見る

未来の先取り

作為・機械

真実

因果的説明

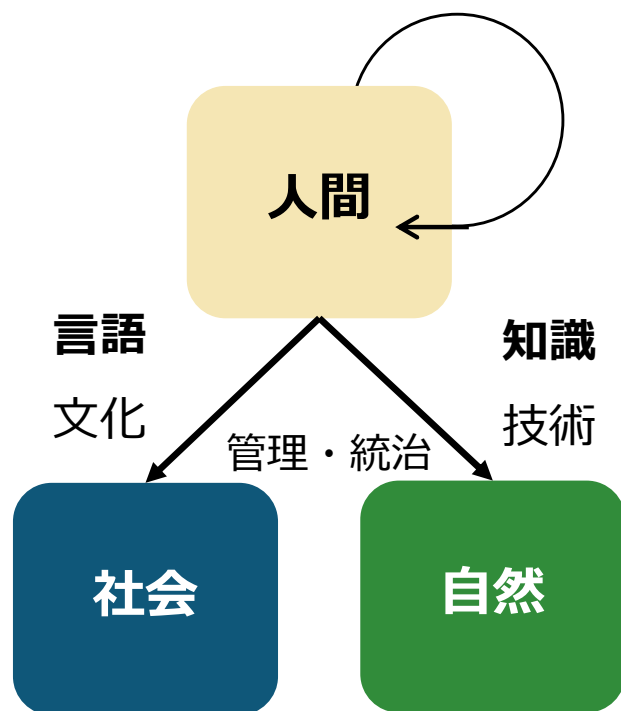
操作・制御

貪欲・自己利益の追求

不老不死

# サービスデザインの転換 One Health

**Personal Health**  
客体としての個人の健康  
ライフコース・ソリューション



外に在る社会と自然  
Being

**One Health**  
主体的な個人の健康を地球、  
自然、社会、家族と統合して  
考える



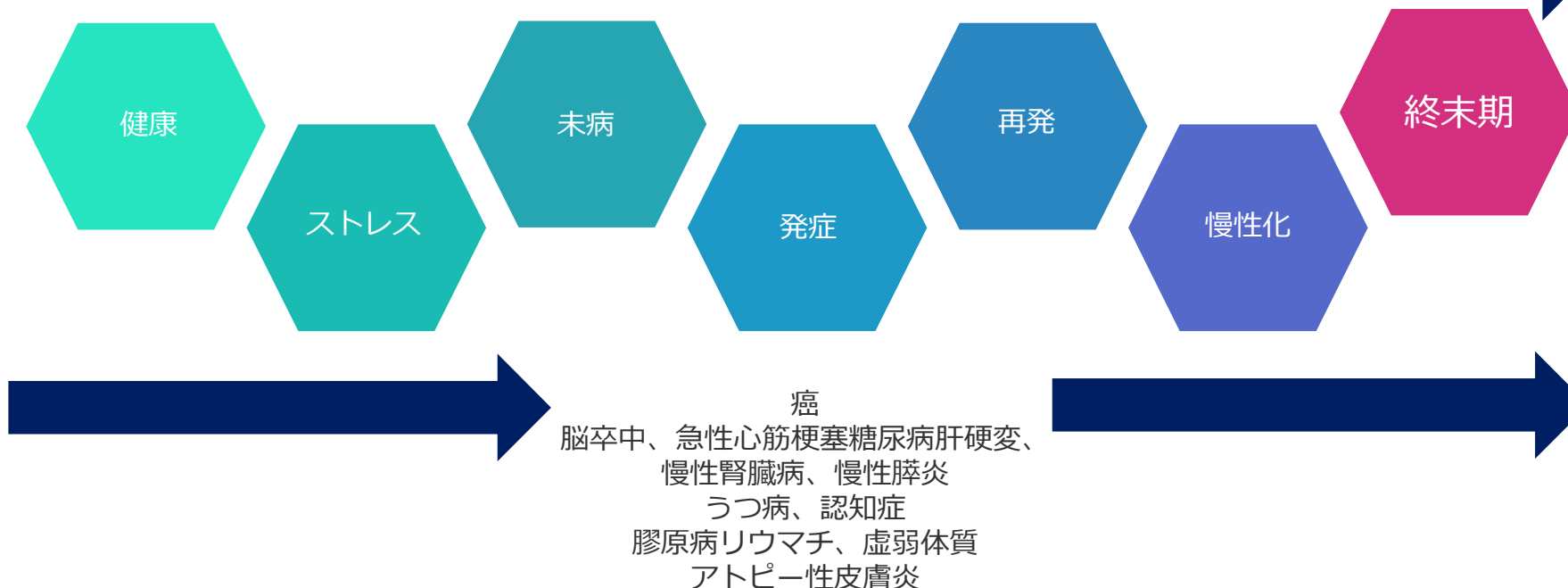
共に成る人間と自然  
Becoming

# ライフコース ソリューション プラットフォーム

人間の人生行路（ライフコース）の課題を予測し予防する新たな健康・美容サービス  
ライフステージごとの健康と美容の課題を把握する

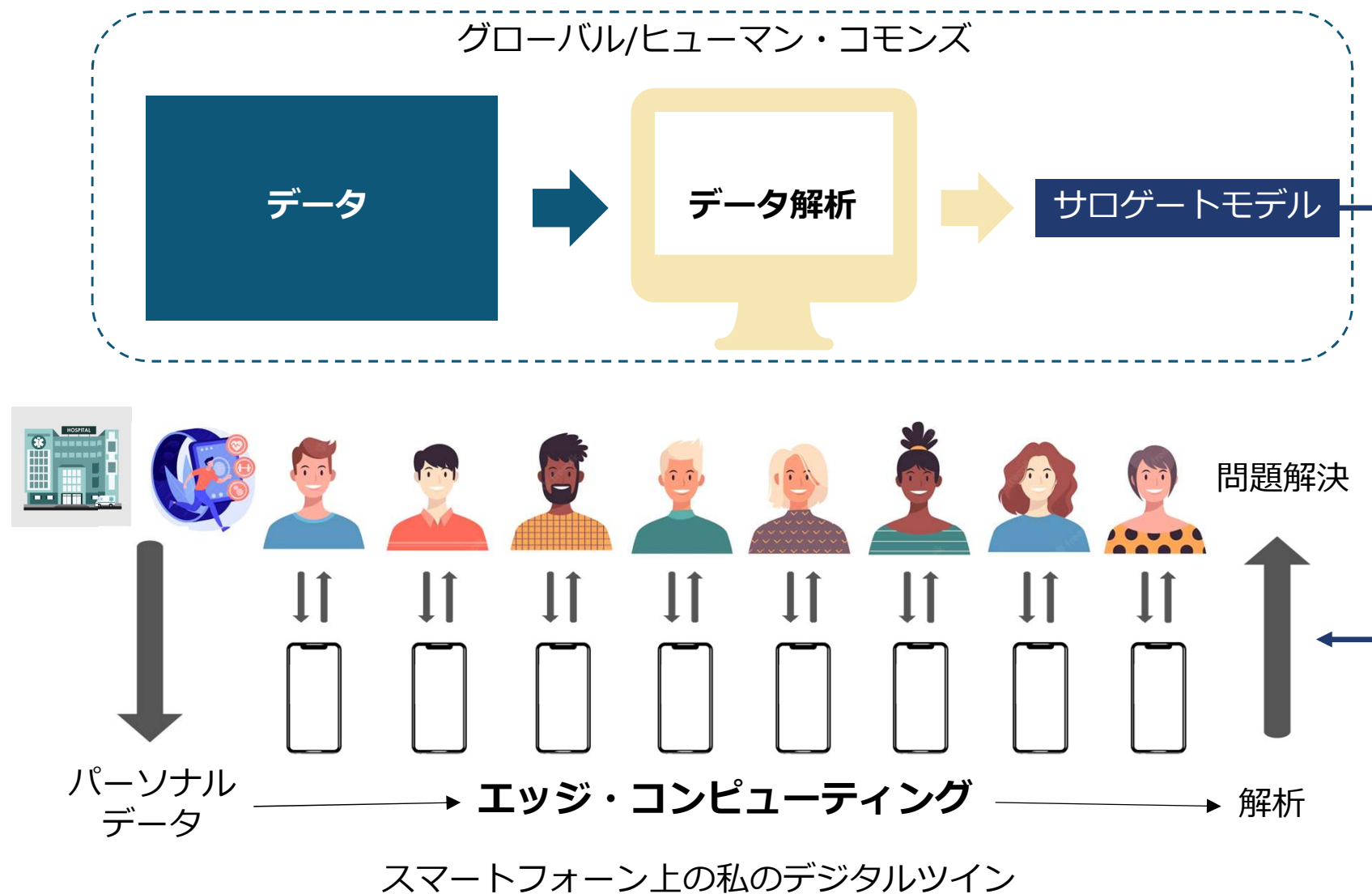


遺伝要因と環境要因の複雑な相互作用から生じる





# デジタルツイン



人間は人間をとおしてしか、  
満たされない。

近しい人に敬意を払い、感謝の気持ちを伝える。

相手の道具ではない。

創造的な対人関係をとおして、創造的に生き、創造的に  
発見を行う。

# End of Presentation

kzsakurada@keio.jp