純粋数学の難問解決から見る AI「ゼロイチ発明」の現在地と展望

リーマン予想 (1859年提起) への人間・AI共創アプローチが
示唆する研究開発・知財実務のパラダイムシフト

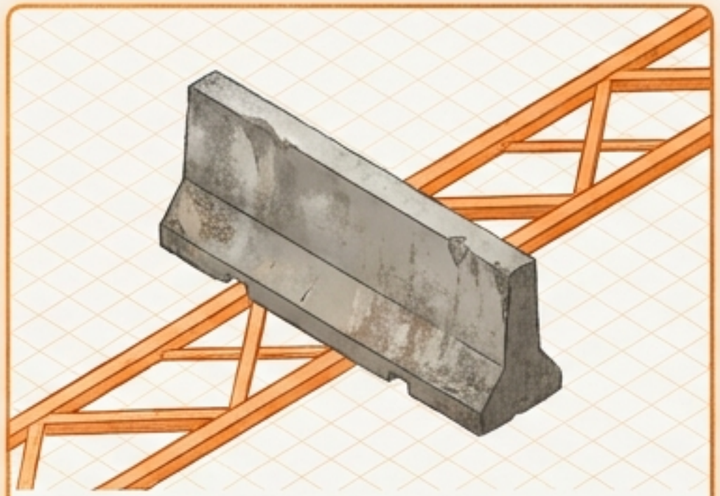
Gemini Notebook

AI単独による「ゼロイチ発明」は目前に迫っているのか？



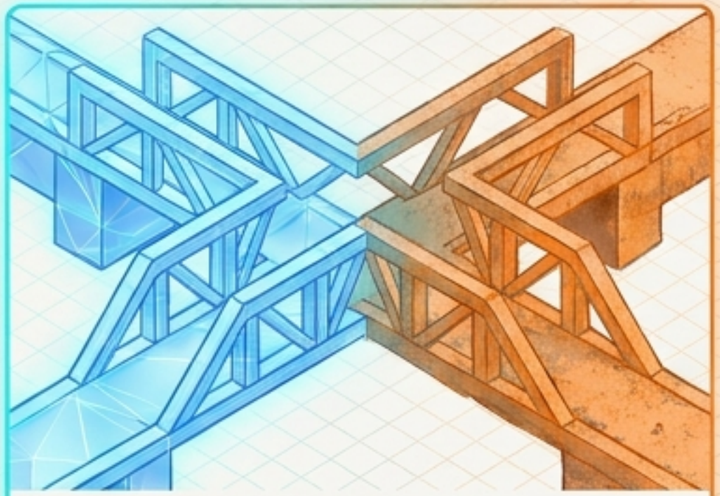
純粋数学でのブレイクスルー

AIが「リーマン予想」等の未解決問題において、閉じた論理空間での非自明な仮説生成と論理飛躍を実現。過去データの単なる補間（内挿）を超越した。



実社会・産業領域における3つの障壁

1. 開いた物理空間の不確実性
2. 物理実験（ウェットラボ）の検証速度によるボトルネック
3. 市場文脈や暗黙知に基づく「課題設定」の非定型性



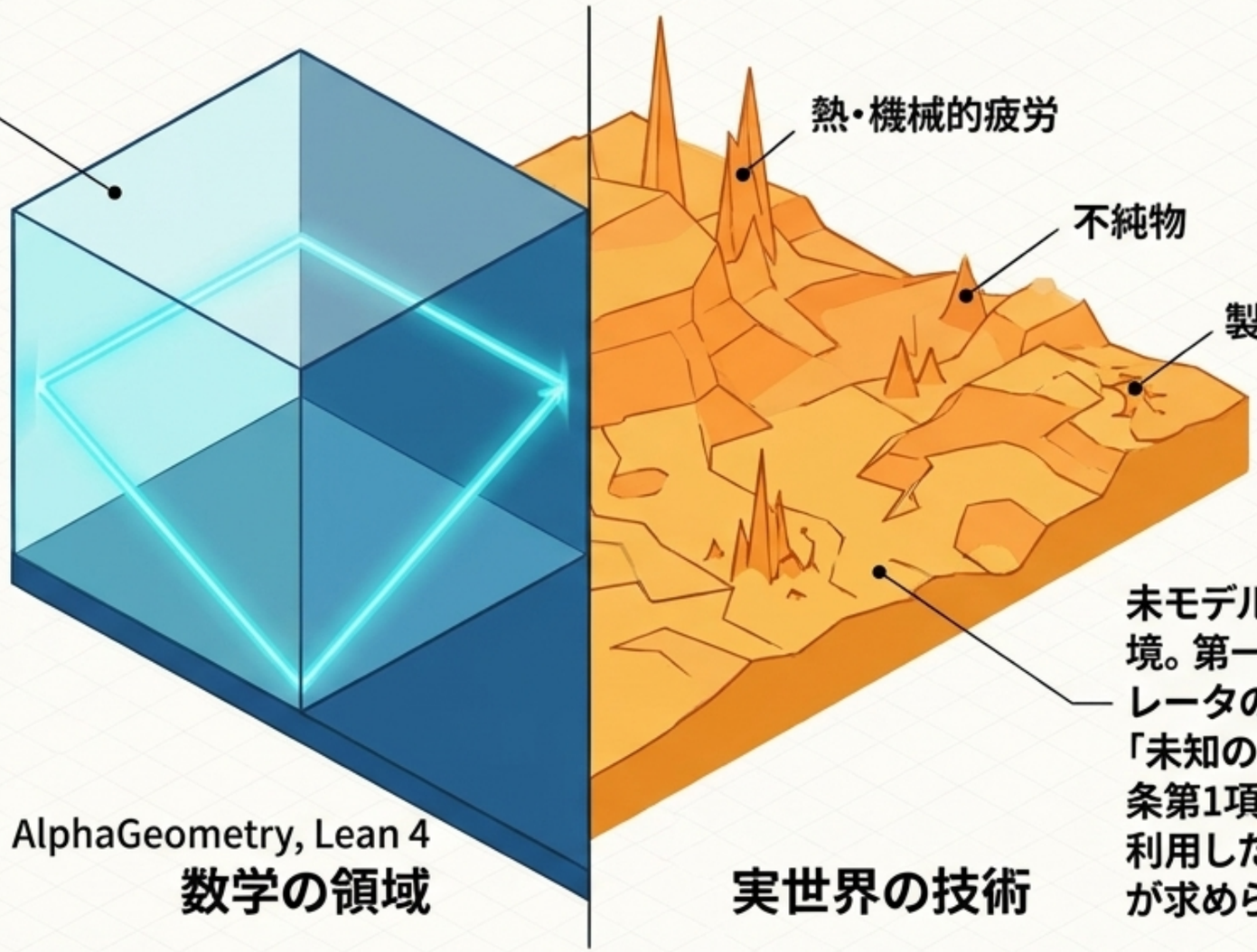
「人間・AI共創型ゼロイチ発明」の加速

完全自律型の到来ではなく、人間が「What/Why」を定義し、AIが異分野結合により「How」を導き出す、共創型R&Dのフェーズへ突入した。

Gemini Notebook

構造的罠：「論理空間」の成功は「物理空間」へ直結しない

公理系と推論規則が
完全定義された環境。
外部ノイズが存在しない。



AlphaGeometry, Lean 4
数学の領域

実世界の技術

未モデル化要因が常在する環境。第一原理計算やFEMシミュレータの前提条件が崩れる「未知の界面現象」。特許法第2条第1項における「自然法則を利用した技術的思想の創作」が求められる領域。

Gemini Notebook

構造的非対称性：純粋数学の難問解決 vs. 産業におけるゼロイチ発明

	純粋数学の難問解決	産業・技術分野のゼロイチ発明
ルールと環境の性質	閉じた論理空間（Closed World）。経時変化やノイズなし。	開いた現実空間（Open Physical World）。未知の要因や使用環境変動が常在。
検証コストと速度	計算機内で高速・100%確実に判定可能（例：Lean 4等の形式検証器による無謬のフィードバック）。	物理的な試作・実験・計測が不可欠。シミュレータの外挿精度低下により物理的時間が律速。
目的関数の設定	明確なゴール（特定の予想・命題の証明）が人間から一義的に与えられる。	「何が未解決課題か」自体が曖昧。相反する制約(顧客ペイン、コスト、法規制）から課題を定義する必要がある。

Gemini Notebook

究極のボトルネック：「デジタル思考速度」と「フィジカル検証速度」の断絶



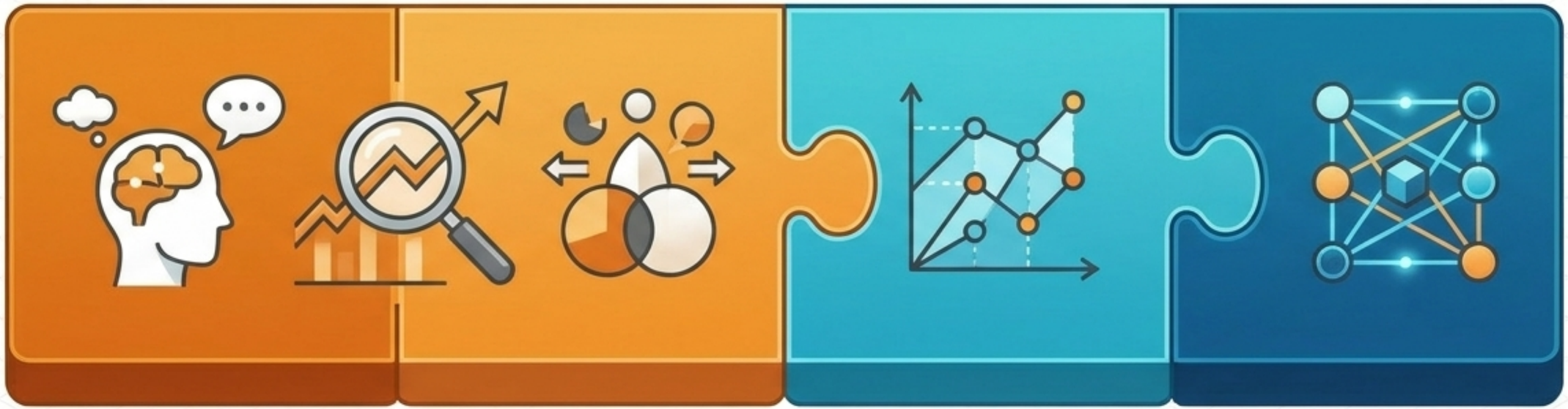
シミュレータ上のデジタルな「探索」がどれほど高速化しても、実世界での「ゼロイチ発明」には、物理世界の検証プロセスという絶対的な律速要因が存在する。

Gemini Notebook

「発明」の再定義：2段階分解で見えるAIと人間の境界線

① 課題の発見・設定 (Problem Formulation)

② 解決手段の創出 (Solution Generation)



暗黙知と価値判断を伴う「そもそも我々はこの技術課題を解くべきである」という定義。

明確化された評価指標に対する、専門領域のサイロ化を超えた「非自明な解決手段」の提示。

AIが人間を凌駕しつつあるのは「②解決手段の創出」。
一方で「①課題の設定」は依然として人間の独壇場である。

Gemini Notebook

新たな分業モデル：AIの得意領域と人間の不可欠な役割

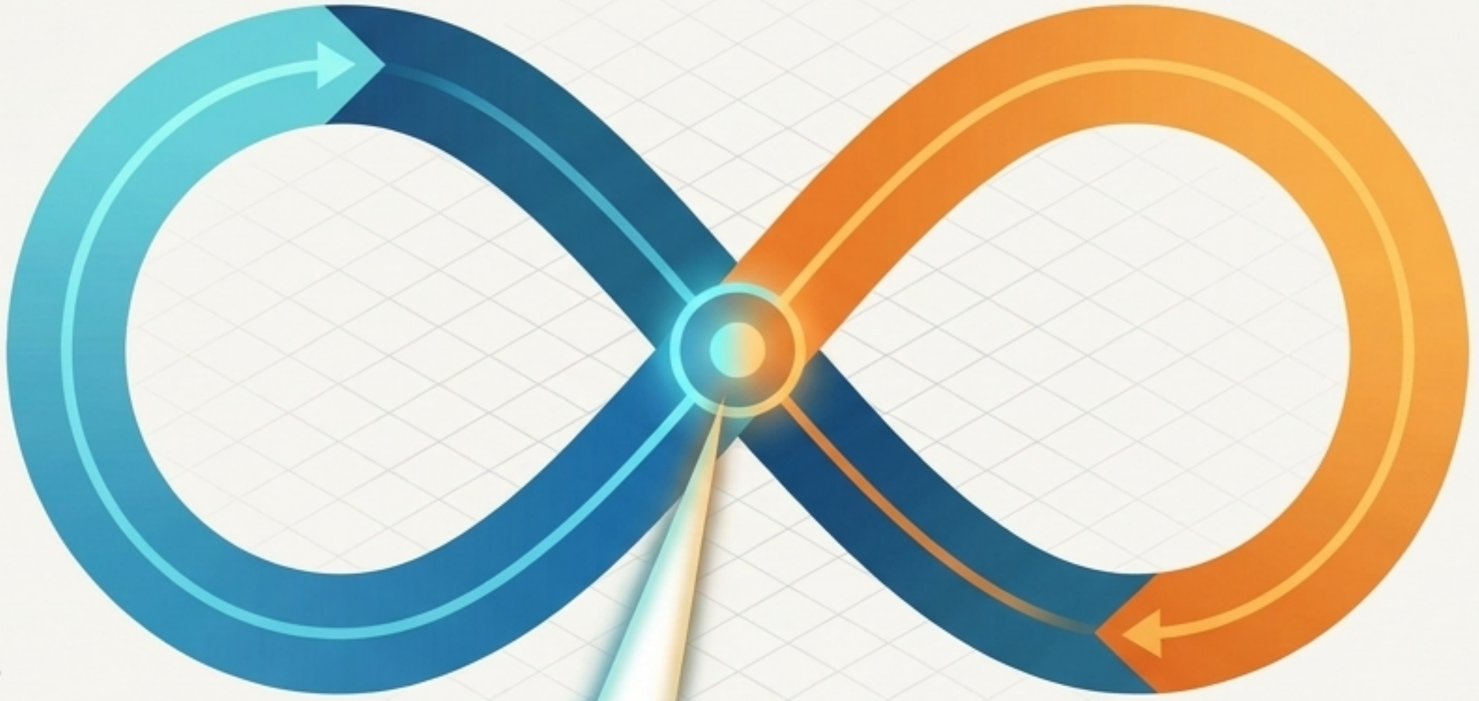
AIの到達点	人間の役割（ボトルネック）
① 課題の発見・設定（Problem Setting - 発展途上）	
公開文献・特許マップからの未開拓領域（空白領域）の構造的抽出。既存課題の再整理。	未言語化の顧客ペイン発見、製造現場の暗黙知（設備固有のクセ、微細な風味・食感等の身体性）の言語化、事業採算性・法規制を踏まえた目的関数の定義。
② 解決手段の創出（Solution Finding - 実用圏内〜加速期）	
異分野技術の非自明な結合（例：折紙工学から医療用ステントへの転用）、多目的トレードオフを解消する仮説の高速探索。内挿から「検証付き外挿」への進化。	物理実験系への落とし込み、シミュレータの前提条件の妥当性検証、量産適性・安全性の最終判断。

Gemini Notebook

技術トリガー①：物理検証の壁を越える「自律実験システム」



推論AI
(LLMエージェント,
実験計画立案)





自律駆動型ラボ
(液体処理ロボット,
自動秤量・X線回折)

「ネガティブデータ (失敗実験の生データ)」の直接獲得

CoscientistやA-Lab等で実証済みの「クローズドループR&D」。論文や特許には公開されない失敗データをAIが24時間365日学習することで、数学的検証器に近いフィードバックループを物理空間に擬似構築する。

Gemini Notebook

技術トリガー②：テキストを超越する「フィジカルAIと世界モデル」

Layer 1:
言語モデル (LLM)



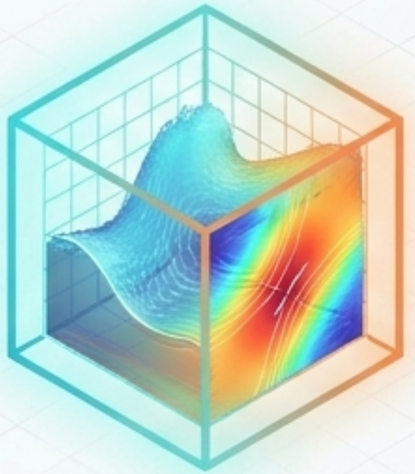
Symbols: Code, Text,
1D logic

Layer 2:
マルチモーダル推論



Symbols: Images, Charts,
Basic APIs

**Layer 3: 世界モデル (World Models)
& フィジカルAI**



Continuous physical simulations
(fluid dynamics, thermodynamics,
mechanical stress)

テキスト（記号）を介さずに、三次元空間の物理法則、流体挙動、熱伝導、摩擦、
粘弾性変形などを「連続的な内部表現」として学習・予測するAIの登場。
複雑な機械構造設計や熱流体デバイスにおいて、非連続なブレイクスルーをもたらす。

Gemini Notebook

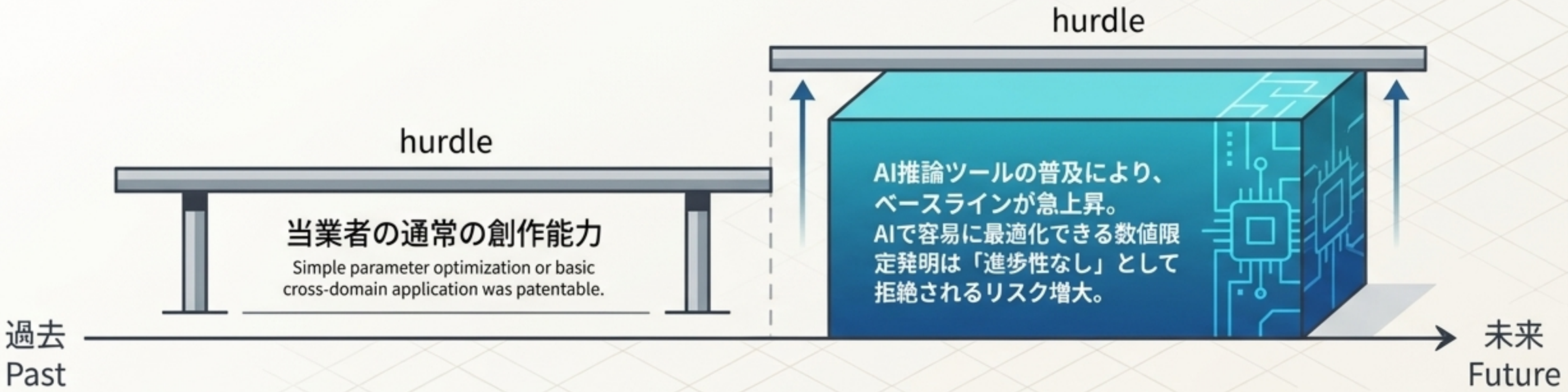
法的現実：AIは特許法上の「発明者」になれるか？



日米特許庁（USPTO/JPO 2024年ガイダンス）の共通見解：発明の着想に対する人間の「実質的な関与」と、そのプロセス（電子実験ノート等）の保全が必須。

Gemini Notebook

知財戦略の急所：「進歩性（非自明性）」ハードルの劇的な上昇



今後の明細書構築における必須要件：

- **1. 阻害要因の論理構築:** なぜその構成が従来の技術常識に反するのかを明記。
- **2. 予測し難い効果の定量立証:** 物理実験に基づく比較例・実施例を充実させ、AIの予測をさらに超えた「有利で顕著な作用効果」を証明する。

Gemini Notebook

結論：AI・人間共創時代におけるR&D・知財の「3つのコアスキル」

The Ultimate Competitive Moat
（非自明な解決手段と牽制特許群の構築）

Pillar 1:
「What / Why」の定義力

市場の一次情報、現場の暗黙知、事業戦略・IPランドスケープを統合し、AIに探索させるべき「真の目的関数」を鋭く設定する力。

Pillar 2:
「目利き力」と「物理実証」の設計

AIが生成する玉石混交の仮説から真の発明を選別し、最短経路で実証実験（ウェットラボ等）に載せ、シミュレータの限界を補完する力。

Pillar 3:
知財ポートフォリオ・ガバナンス

情報漏洩リスクを統制しつつ、創出された発明群を「特許として公開・権利化」と「営業秘密として秘匿化」へ戦略的に切り分ける力。

AIが人間の仕事を奪うのではなく、AIを自在に操る組織が
従来の10倍の速度と網羅性でイノベーションを独占する時代である。

Gemini Notebook