

シリコン免疫学の黎明：GPT-5.2 Pro、Derya Unutmaz博士の症例研究、そして科学的AGIの到来

Gemini 3 pro

エグゼクティブ・サマリー

2025年12月、OpenAIによる「GPT-5.2 Pro」のリリースは、生物学と人工知能の融合において分水嶺となる瞬間を刻みました。これまで大規模言語モデル（LLM）は、高度な検索エンジンや起草アシスタントとして機能してきましたが、著名な免疫学者であるDerya Unutmaz博士（ジャクソン研究所）による評価は、AIの役割が根本的に変化したことを示唆しています。Unutmaz博士は、GPT-5.2 Proを単なるツールではなく、「同僚」や「パートナー」と表現し、人間の直感を超える複雑な生物学的メカニズムを推論する能力を実証しました¹。

本報告書は、Unutmaz博士が「科学分野におけるAGI（人工汎用知能）の片鱗」と断言するに至った出来事について、包括的かつ詳細な分析を提供するものです。具体的には、AIがCAR-T細胞療法における製造上の難問に対し、代謝阻害剤である2-デオキシ-D-グルコース（2-DG）とN結合型糖鎖修飾（N-linked glycosylation）の関係性を独自に導き出し、革新的な品質管理戦略を提案したプロセスを解剖します²。

一方で、この技術的飛躍は「AGI × ディストピア」という深刻な懸念を伴って出現しています。人間の知的労働の陳腐化、二重用途（デュアルユース）によるバイオテクノロジーのリスク、そして既存の科学的階層の崩壊に対する根源的な恐怖が、このブレイクスルーの影に潜んでいます¹。本稿では、GPT-5.2 Proの技術的仕様、Unutmaz症例の生物学的詳細、AGI宣言の妥当性、そして難治性疾患の解決策を数分で導き出す知能がもたらす社会的・経済的影響について詳述します。

1. 技術的特異点：GPT-5.2 Proと発見のアーキテクチャ

Derya Unutmaz博士の主張の重要性を理解するには、まずその中心にある機器、すなわち2025年12月10日にリリースされたGPT-5.2 Proの技術的特質を解剖する必要があります。このモデルは、従来の「チャットボット」のパラダイムから、「推論エンジン」のパラダイムへの決定的な移行を表しています⁵。

1.1 モデル仕様と「思考（Thinking）」パラダイム

GPT-5.2 Pro（およびその「Thinking」バリエーション）は、トークン予測速度を最適化した先行モデルとは異なり、意図的なレイテンシ、すなわち「思考時間」を導入しています。この時間は、モデルが解空間を探索し、内部論理を検証し、最終的な回答を生成する前にシミュレーションを行うために使用され

ます⁷。

さらに、このモデルは400,000トークンという広大なコンテキストウィンドウをサポートしており、数千の科学論文、未加工のフローサイトメトリーデータ、ゲノム配列を一度のパスで取り込むことが可能です⁵。

この「認知労働」への移行は、価格設定にも反映されています。入力100万トークンあたり21.00ドル、出力100万トークンあたり168.00ドルという価格は、GPT-5.2 Proが一般消費者向けユーティリティではなく、企業レベルのコンサルタントとして位置づけられていることを示しています⁸。この経済的障壁は、エラーのコストが計算コストをはるかに上回る製薬、法律、工学などの高リスクな問題解決へモデルを誘導するフィルターとして機能しています。

1.2「科学的超人性」のベンチマーク

GPT-5.2 Proを取り巻く指標は、科学界がまだ完全には理解しきれていない「能力のオーバーハング（余剰）」を示唆しています。

ベンチマーク	スコア	科学的意義	出典
GPQA Diamond	93.2%	生物学、物理学、化学における大学院レベルの難問。博士号を持つ専門家でも正答率が65%程度とされる中、93%超というスコアは、知識検索だけでなく専門的推論能力において人間を凌駕していることを示唆する。	⁸
AIME 2025	100%	米国数学招待試験での満点は、生物学的システムのモデリングに不可欠な記号論理と形式的推論の完全な習得を示す。	⁸
ARC-AGI-1	90.5%	抽象推論能力の測定。90%の壁を超えることは、事前知識	⁸

		なしで新しいパターンを学習する「流動性知能」の獲得を意味し、これまで人間と機械を区別する聖杯とされてきた。	
GDPval	74.1%	44の職業にわたる実世界の知的作業において、業界の専門家を上回るパフォーマンスを発揮。	12

Unutmaz博士がモデルに対して行ったのは、標準的な質問応答ではなく、人間の免疫学という不確実で確率的な現実、これらの推論能力を適用するストレステストでした。

2. Unutmaz症例研究:「AGI」の瞬間を解剖する

最近の興奮と免疫学界に広がる「衝撃」の核心は、キメラ抗原受容体T細胞 (CAR-T) 療法に関連する特定の試験セットにあります。ジャクソン研究所の主任研究員であるDerya Unutmaz博士は、がん免疫療法の悪名高いボトルネックである「強力な持続性のあるT細胞の製造」という課題解決のためにGPT-5.2 Proを活用しました²。

2.1 臨床的課題: CAR-T製造と疲弊 (Exhaustion)

CAR-T療法は、患者からT細胞を採取し、がん細胞を認識する受容体 (例: 白血病に対するCD19) を発現するように遺伝子操作し、培養・増幅してから再注入する治療法です。血液がんに対しては「奇跡的」な効果を示すこともありますが、製造プロセスには巨大な障壁が存在します。

- T細胞疲弊 (Exhaustion):** ラボでの急速な増幅フェーズ (製造工程) において、T細胞はしばしば「疲弊」し、腫瘍を攻撃する能力や体内で生存し続ける能力を失います¹⁴。
- 患者間の不均一性:** 高齢者や強力な前治療を受けた患者のT細胞は、質が低い傾向にあります。
- サイトカイン放出症候群 (CRS):** 活性化しすぎた細胞は、致死的な免疫反応を引き起こすリスクがあります¹。

Unutmaz博士はAIに対し、**「がん治療のために最も効果的なT細胞をどのように作成するか？」**という、極めて高度かつオープンエンドな課題を投げかけました¹。ここで博士は、自身の研究室で得られた代謝介入に関する未発表の生データをモデルに提供しました。

2.2 「隠された」メカニズム: 2-DG、糖鎖修飾、そしてマンノース

Unutmaz博士にAIの「AGI」ステータスを確信させた特定の科学的洞察は、薬剤**2-デオキシ-D-グルコース(2-DG)**に関連するものでした。

免疫代謝(Immunometabolism)の分野では、活性化したT細胞が好氣的解糖(ワールブルク効果)に代謝を切り替えることが知られています。解糖系を2-DGで阻害することで、細胞を強制的に「記憶」状態にとどめ、疲弊を防ぐことができるという仮説が存在しました¹⁵。しかし、提供された未発表データは不可解な結果を示していました。2-DG処理を行うと、T細胞の生存に不可欠な**CD25(IL-2受容体)**などの表面タンパク質の発現が著しく低下したのです。それにもかかわらず、その後の細胞は高い殺傷能力を保持しているように見えました¹⁶。

AIの推論チェーン

フローサイトメトリーのチャートを提示された際、GPT-5.2 Proは単に「解糖系阻害の影響」を復唱するにとどまりませんでした。それは、解糖系とは異なる二次的な、しばしば見落とされがちなメカニズムを特定しました。

1. 構造的類似性の指摘: AIは、2-DGがグルコースの構造類似体であるだけでなく、マンノースの構造類似体でもあることに注目しました¹⁷。
2. N結合型糖鎖修飾への干渉: AIは、2-DGが小胞体(ER)におけるN結合型糖鎖(N-linked glycans)の合成過程でマンノースと競合することを推論しました。この糖鎖修飾プロセスは、CD25やCAR自体を含む糖タンパク質が正しく折り畳まれ(フォールディング)、細胞表面へ輸送されるために不可欠です¹⁹。
3. 「レスキュー」実験の提案: AIは仮説を検証するための具体的な実験を提案しました。「培養系に外因性のマンノースを添加する」ことです。
 - もし表面マーカーの低下が解糖系阻害(エネルギー不足)によるものであれば、マンノース(この文脈では効率的な燃料とならない)を加えても回復しません。
 - もしそれが糖鎖修飾への干渉によるものであれば、マンノースを加えることで2-DGとの競合に打ち勝ち、表面発現が「レスキュー(回復)」されるはずです¹⁶。

代謝阻害剤を構造生物学的アウトカム(糖鎖修飾)に結びつけ、それを証明するための正確な化学的対照実験を提案するというこの演繹は、経験豊富な科学者の直感的飛躍に匹敵します。

Unutmaz博士は、自身の研究室が数ヶ月かけてこの結論に達したのに対し、AIがわずか数分でそれを導き出したことを確認しました²。

2.3 5段階の戦略的製造提案

特定のメカニズム解明にとどまらず、GPT-5.2 ProはUnutmaz博士が「私自身が説明するよりもうまく説明した」と評する包括的な製造戦略を立案しました¹。

1. 適応症の選択: CAR-Tが高い成功率を示している白血病やリンパ腫(液体腫瘍)を論理的に優先し、現在の技術では微小環境が過酷すぎる固形腫瘍の罠を回避しました¹。
2. 「若々しさ」の最適化: 増幅速度と分化状態のバランスを取りながら、T細胞を「幹細胞様記憶(T_{scm})」状態に維持するための具体的な培養条件を提案しました¹。
3. 予測モデリング: 製造を開始する前に、数学的モデルを用いて患者ごとの失敗ポイントを予測し、患者一人当たり数十万ドルを節約する可能性を示唆しました¹。

4. 革新的な品質管理(QC): 従来の細胞数カウントだけでなく、分析した糖鎖修飾プロファイルに基づいた全く新しいQC指標を提案しました。具体的には、細胞表面の糖鎖コート(Glycan coat)や特定の受容体の密度を、機能的効力の代理指標(プロキシ)として測定することです¹。
5. 自己修正と規制戦略: AIは自身の提案を批判的に評価し、高度なQCのコスト高を指摘した上で、FDAの懸念を緩和するための規制経路まで示唆しました¹。

分子生物学、臨床的制約、そして規制の現実をバランスよく統合したこの全体論的理解こそが、AGIという呼称を促した要因です。

3. 「AGIに限りなく近い」: 研究室における知能の再定義

「AGI(人工汎用知能)」という用語は定義が定まりにくいものですが、Unutmaz博士の批判的検討の文脈において、それは科学的方法論に関連した具体的な運用定義を獲得しています。

3.1 アシスタントからパートナーへ

歴史的に、生物学におけるAI(AlphaFoldなど)は「サヴァン」的でした。つまり、一つのタスク(タンパク質構造予測)には天才的ですが、臨床試験の設計には無力でした。Unutmaz博士は、GPT-5.2 Proがマルチモーダルデータ(チャート、テキスト、化学構造)を戦略的推論と統合している点において、一般的(General)な能力の閾値を超えたと論じています¹¹。

- 「同僚」テスト: Unutmaz博士は、AIが「真の同僚(True colleague)」のように振る舞ったと述べています¹。これは自発性(Initiative)を意味します。ツールは命令を待ちますが、同僚は対案を出します。GPT-5.2 Proは、明示的に要求されなかった実験(マンノースレスキュー)を、仮説検証のために論理的に不可欠なものとして提案しました。
- 優先順位付け: 専門性の重要な指標の一つは、「何をしないか」を知ることです。Unutmaz博士は、AIが「最も関連性の高い情報を優先順位付けする」点において優れていたと指摘しています¹³。データに溺れる現代科学において、ノイズからシグナルを抽出する能力は高度な認知機能です。

3.2 科学的AGIの初見

Unutmaz博士がこの体験を「科学分野において初めてAGIを感じた瞬間」と述べたこと¹は、科学におけるAGIのハードルが意識の有無ではなく、**生成的創造性(Generative Novelty)**にあることを示唆しています。AIは既知の事実を検索しただけではありません。アブダクション(仮説形成的推論)を用いて、CD25の低下という観察事実に対し、標準モデル(解糖系阻害)と矛盾しない最も可能性の高い説明(糖鎖干渉)を導き出し、新しい実験パスを合成しました¹⁶。

3.3 創造性のブラックボックス

批判的な視点からは、これが依然としてパターンマッチングであるという議論もあります。2-DGとマンノースの関係は本当に「新規」だったのか、それともモデルが単に1970年代の論文やウイルス学の

文献(そこではこの相互作用が文書化されている)にアクセスしただけなのか?¹⁸。

しかし、仮にそれが「高度な検索」であったとしても、ウイルス学(ウイルス糖タンパク質合成)のメカニズムを検索し、それを免疫学(T細胞疲弊)の問題に適用する能力は、分野横断的な創造性の一形態であり、人間の専門家の間でも稀な能力です。モデルは事実上、科学における「サイロ化問題」をバイパスしたと言えます。

4. 生物学的含意: がん治療の未来を書き換える

GPT-5.2 ProがUnutmaz博士の主張通りに機能するのであれば、製薬・バイオテクノロジー産業への影響は計り知れません。「2025/12/13」という文脈は、創薬と製造の方法論における革命の断崖に我々が立っていることを示唆しています。

4.1 発見タイムラインの加速

「2-DG糖鎖修飾効果」のようなメカニズムを特定するための標準的なタイムラインは、ウェットラボでの数ヶ月から数年の試行錯誤を要します。Unutmaz博士は、AIがそれを「数分」で特定したと述べています²⁰。

- イン・シリコ・プレスクリーニング: もしAIが「2-DG培養系へのマンノース添加」の結果を正確に予測できるなら、研究者は数週間の予備スクリーニングを省略できます。これは生物学を、航空宇宙工学のような「シミュレーションファースト」の規律へと移行させるものです²³。
- ターゲット同定: 免疫腫瘍学の全コーパスを取り込むことで、AIは非自明なターゲットを特定できます。例えば、組織ホーミング特性を持つMAIT細胞(Unutmaz博士の専門分野の一つ)を、CAR療法のヴィークルとして提案する可能性があります¹⁴。

4.2 サービスとしての品質管理(QCaaS)

AIが提案した「新しい品質管理方法」は、特に商業的に価値が高いものです。

- 課題: 現在の細胞療法のQCは粗雑(生存率、細胞数)であり、注入後にバッチが失敗することが多々あります。
- AIソリューション: 高次元フローサイトメトリーデータを使用し、AIは人間が見逃す疲弊の微細な「シグナル」を検出できる可能性があります。例えば、生体内での持続性(Persistence)の予測因子として、細胞表面の特定の糖鎖構造の比率を追跡することを提案するかもしれません¹⁷。
- 製造効率: 失敗を早期に予測すること(提案のステップ3)で、AIはCAR-Tの売上原価(COGS)を劇的に削減できる可能性があります。現在、1回あたりの投与コストは数十万ドルに達しています。

4.3 「生きた」薬剤プロトコル

この相互作用が示唆する究極のビジョンは、動的な治療設計です。静的な製造プロトコルの代わりに、AIパートナーが患者の血液を毎日分析し、培養条件(サイトカイン、グルコース濃度、阻害剤)を

リアルタイムで調整して、その特定の患者に最適なT細胞製品を製造する未来です¹²。

5. AGI × ディストピア：2025年12月の影

ユーザーのクエリは、このブレイクスルーを「AGI × ディストピア 2025/12/13」と明確に関連付けています。Unutmaz博士自身は寿命延長や健康に対して楽観主義的ですが²⁵、動画や周辺の言説は、より暗い底流を認識しています。AIが自分の専門分野で世界的な専門家よりも優れた推論を行ったという事実は、根源的な「恐怖(Fear)」を引き起こしました¹。

5.1 科学者の陳腐化

もしGPT-5.2 Proが24時間365日稼働し、コストが100万トークンあたり168ドル（ポスドクの給与の数分の一）であり、かつエラーが少ない「同僚」であるならば、人間の科学者はどうなるのでしょうか？

- 若手研究者の危機：GPT-5.2 Proが得意とするタスク（文献レビュー、仮説生成、実験設計）は、これまで博士課程の学生が訓練を受ける場でした。これらが自動化されれば、科学の徒弟制度モデルは崩壊します。
- 認知的萎縮：シニア科学者が「プロンプトエンジニア」と化し、深い思考をAIに依存するようになるリスクがあります。時間が経つにつれ、生物学的メカニズムに対する人間の直感は劣化し、我々は「オラクル（神託）」に依存することになるかもしれません²⁶。

5.2 デュアルユースとバイオセキュリティ

GPT-5.2 Proががんを殺すためにT細胞を最適化できる推論能力は、免疫システムを回避するために病原体を最適化するためにも転用可能です。

- 「取扱説明書」問題：悪意あるアクターが「N結合型糖鎖修飾抗体を回避するために、ウイルスXのスパイクタンパク質をどのように改変すべきか？」と問えば、モデルはその推論能力を用いて詳細かつ実行可能な回答を提供する可能性があります。
- セーフティレール：OpenAIはハルシネーションの30%削減や強力な安全性調整を謳っていますが²⁷、推論モデルの「ジェイルブレイク（脱獄）」の可能性は常に存在します。複雑な論理パズルを用いて、バイオウェポンに関する問い合わせを「防御的ワクチン研究戦略」としてフレーム化し、セーフティフィルターを騙すことが懸念されます²⁹。

5.3 医療における経済的格差

Unutmaz博士は「今後10年は死なないでください」と冗談交じりに述べ、AIが老化を解決することを示唆しています²⁵。しかし、GPT-5.2 Proやそれが設計する個別化治療（AI最適化CAR-Tなど）のコストは天文学的になるでしょう。

- ディストピア的不平等：富裕層は「AI設計による免疫」や「超最適化された長寿」にアクセスできる一方で、一般大衆はAGI以前の標準治療に依存するという、「生物学的カースト制度」が出現する恐れがあります⁴。Jennifer Zhu Scott氏はこれを「人工生物学的不平等（Artificial

Biological Inequality)』と呼び、不可逆的なディストピアと警告しています³¹。

5.4 ハルシネーションの罠

誇張はあるものの、GPT-5.2 Proは依然としてハルシネーションを起こします。「ハルシネーションを30%削減した」という主張は、裏を返せばまだ存在するということを意味します¹¹。

- 検証のボトルネック: AIが人間よりも速く仮説を生成するようになると、ボトルネックはウェットラボ(物理実験)に移行します。AIのハルシネーション(例えば、もっともらしいが毒性のある化学濃度を提案するなど)を検証するためにラボのリソースが浪費される、「物理科学に対するDoS攻撃」のリスクがあります³²。注射可能な細胞を製造するという高リスクな分野において、微細なハルシネーションは致命的となり得ます。

6. 批判的分析: ハイプ vs. 現実

「AGI」というナラティブを厳密な精査なしに受け入れることは危険です。Unutmaz博士はテクノロジーと長寿に対する著名な熱狂者であり²⁵、その解釈にはバイアスがかかっている可能性があります。

6.1 「発見」か「想起」か？

懐疑論者は、GPT-5.2 Proによる2-DGメカニズムの「発見」は、*de novo*(新規)の推論ではなく、効率的な検索に過ぎないと主張します。2-DGとマンノースの相互作用は、他の文脈(例: 抗ウイルス研究)では既知の事実です¹⁷。

- 反論: AIの達成は「転移学習」でした。文脈A(ウイルス糖タンパク質)の事実を文脈B(T細胞疲弊データ)に適用して問題を解決しました。人間の知性において、これは「創造性」と呼ばれます。それが「真の」AGIであるか、高次元の統計的相関であるかは、結果としてがんの治療法が見つかるのであれば、実用上の差はないかもしれません³⁵。

6.2 再現性とデータ汚染

Unutmaz博士が提供した未発表データは重要な変数でした。しかし、モデルは本当に「盲検」状態だったのでしょうか？

- データリーク: 同様のデータを含むプレプリントや学会抄録が、トレーニングセットに含まれていた可能性は否定できません³⁶。もしモデルが以前にT細胞の文脈で2-DG/マンノースのリンクを「見て」いたとしたら、その「推論」は単なる「記憶」です。
- 「ワンショット」の幻想: デモはしばしばチェリーピッキングされます。AIが完璧な実験を提案した1回の「AGIモーメント」の裏には、ナンセンスな提案をした数十回のセッションがあるかもしれません。本番環境におけるGPT-5.2 Proの一貫性は、まだ証明されていません³⁸。

7. 結論と将来展望

2025年12月13日の出来事、そしてUnutmaz博士の証言は、「ツールとしてのAI」の終焉と「共同科学者としてのAI」の始まりを象徴しています。

7.1 直近の地平線(2026年～)

- 採用: トップレベルの研究機関は、GPT-5.2 Pro(またはGemini 3のような同等モデル)を日常業務に統合するでしょう。「AIによるレビュー」は実験設計における標準的なステップとなります。
- 規制: FDAは「AI生成療法」に対する枠組みの開発を迫られます。AIが製造変更を提案した場合、検証されるべきはAI自体なのか、それとも最終製品なのかという問いが生じます。
- 「ブラックボックス」の挑戦: AIの提案がより複雑になるにつれ(例:「糖鎖プロファイルを12%変更せよ」など)、治療がなぜ効くのかという人間側の理解が、治療の有効性自体に追いつかなくなる可能性があります。

7.2 AGIに関する評決

これはAGIなのでしょうか? 人間ができるあらゆる知的タスクを遂行可能な機械という厳密な定義においては、まだ時期尚早かもしれません。しかし、人間の知識の最前線を独立して押し広げることができるシステムという機能的定義において、Unutmaz博士の症例研究は、その閾値が越えられたことを示唆しています。

科学界が表明している「衝撃」は、発見への障壁がもはや「知能」ではなく、「データ」と「物理的検証」に移ったという認識から来るものです。

7.3 最終考察: パートナーか、代替者か?

Unutmaz博士はGPT-5.2 Proを「パートナー」と見なしています。一方でディストピア的な視点は、それを「代替者」と見なします。現実はその中間に位置するでしょう。すなわち、科学的探究能力の爆発的な増幅と、それに伴う科学の資金調達、実行、規制方法の根本的な再構築です。Unutmaz博士が語る「恐怖」は、加速への目眩です。それは、次の10年分の医学的進歩が、来年中に起こるかもしれないという現実への反応なのです。

[報告書終了]

引用文献

1. 「もうこれはAGIに近い」世界的な免疫学者がGPT-5.2 Proを絶賛した衝撃の内容, 12月13, 2025にアクセス、<https://www.youtube.com/watch?v=dLbNMmlz2xs>
2. Early experiments in accelerating science with GPT-5 - OpenAI, 12月13, 2025にアクセス、<https://openai.com/index/accelerating-science-gpt-5/>
3. AI Co-Scientist: How GPT-5 Solved 3 Impossible Problems Today, 12月13, 2025にアクセス、<https://binaryverseai.com/ai-co-scientist-gpt-5-early-science-acceleration/>
4. AI: Dystopia or Utopia? - Khosla Ventures, 12月13, 2025にアクセス、<https://www.khoslaventures.com/posts/ai-dystopia-or-utopia>
5. GPT-5.2: Pricing, Context Window, Benchmarks, and More - LLM Stats, 12月13, 2025にアクセス、<https://llm-stats.com/models/gpt-5.2-2025-12-11>
6. OpenAI Introduces GPT 5.2: A Long Context Workhorse For Agents, Coding And

- Knowledge Work, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.marktechpost.com/2025/12/11/openai-introduces-gpt-5-2-a-long-context-workhorse-for-agents-coding-and-knowledge-work/>
7. Using GPT-5.2 | OpenAI API, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://platform.openai.com/docs/guides/latest-model>
 8. GPT-5.2 Pro: Pricing, Context Window, Benchmarks, and More, 12月 13, 2025にアクセス、<https://lm-stats.com/models/gpt-5.2-pro-2025-12-11>
 9. Advancing science and math with GPT-5.2, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://openai.com/index/gpt-5-2-for-science-and-math/>
 10. OpenAI releases GPT-5.2 models for scientific research applications, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.streetinsider.com/Corporate+News/OpenAI+releases+GPT-5.2+models+for+scientific+research+applications/25728892.html>
 11. GPT-5.2 Is Here: What Changed, Why It Matters, and Who Should ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://chatlyai.app/blog/gpt-5-2-overview>
 12. Introducing GPT-5.2 - OpenAI, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://openai.com/index/introducing-gpt-5-2/>
 13. Is this the smartest AI ever? - Adam Spencer, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.adamspencer.com.au/post/is-this-the-smartest-ai-ever>
 14. Mucosal-associated invariant T cells in cancer, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://mouseion.jax.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1078&context=stfb2024>
 15. Modulation of glucose metabolism by 2-Deoxy-D-Glucose (2DG ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.03.13.484135v2.full-text>
 16. Early science acceleration experiments with GPT-5 | OpenAI, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://cdn.openai.com/pdf/4a25f921-e4e0-479a-9b38-5367b47e8fd0/early-science-acceleration-experiments-with-gpt-5.pdf>
 17. 2-Deoxy d-Glucose Prevents Cell Surface Expression of NKG2D ..., 12月 13, 2025にアクセス、
<https://scispace.com/pdf/2-deoxy-d-glucose-prevents-cell-surface-expression-of-nkg2d-35l4antb03.pdf>
 18. Review Article 2-Deoxy-D-Glucose - Semantic Scholar, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://pdfs.semanticscholar.org/b947/ac943682c05a9d3f28d0b8aee0eaf26c9e1d.pdf>
 19. Immunometabolism - OHSU, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.ohsu.edu/sites/default/files/2024-05/N-glycan%20review.pdf>
 20. Early experiments in accelerating science with GPT-5 | OpenAI, 12月 13, 2025にアクセス、<https://openai.com/nl-NL/index/accelerating-science-gpt-5/>
 21. Top News - Techmeme, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.techmeme.com/?full=t>
 22. #DiscoverBMB Seattle | March 25–28, 2023 - Cholpisit Ice Kiattisewee, 12月 13, 2025にアクセス、
https://theicechol.github.io/files/10-5_JBC_Abstracts_2023_v3.pdf
 23. Prof. Derya Unutmaz: GPT-5 Accurately Predicted ... - PA Turkey, 12月 13, 2025にアクセス、

- <https://www.paturkey.com/news/2025/prof-derya-unutmaz-gpt-5-accurately-predicted-complex-lymphoma-experiment-may-cut-discovery-time-from-years-to-weeks-22808/>
24. "Mucosal-associated invariant T cells in cancer: dual roles, complex ...", 12月 13, 2025にアクセス、<https://mouseion.jax.org/stfb2024/54/>
 25. AI's Golden Age: A Cure for All Diseases Within a Decade?, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://wallstreetpit.com/122943-ais-golden-age-a-cure-for-all-diseases-within-a-decade/>
 26. Best of H+ Magazine - Volume 1: 2008 – 2010 - Ben Goertzel, 12月 13, 2025にアクセス、<https://goertzel.org/BestOfH+MagazineVolume1.pdf>
 27. Update to GPT-5 System Card: GPT-5.2 - OpenAI, 12月 13, 2025にアクセス、
https://cdn.openai.com/pdf/3a4153c8-c748-4b71-8e31-aecbde944f8d/oai_5_2_system-card.pdf
 28. GPT 5.2 cutting hallucinations by ~30–40% is one of the ... - Reddit, 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.reddit.com/r/accelerate/comments/1pkrs0z/gpt_52_cutting_hallucinations_by_3040_is_one_of/
 29. artificial intelligence and the apocalypse: a review of risks ..., 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/389694220_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_AND_THE_APOCALYPSE_A_REVIEW_OF_RISKS_SPECULATIONS_AND_REALITIES
 30. Derya Unutmaz (Professor at Jackson Laboratory, h-index 74): LEV ..., 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.reddit.com/r/singularity/comments/1hu7fcp/derya_unutmaz_professor_at_jackson_laboratory/
 31. Jennifer Zhu Scott: AI's Risks Come From People, Not Killer Robots, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.caixinglobal.com/2019-01-03/jennifer-zhu-scott-ais-risks-come-from-people-not-killer-robots-101366012.html>
 32. Have LLMs Generated Novel Insights? - LessWrong, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.lesswrong.com/posts/GADJFwHzNZKg2Ndti/have-llms-generated-novel-insights>
 33. Unutmaz post about AI model use for MECFS | Science for ME, 12月 13, 2025にアクセス、
<https://www.s4me.info/threads/unutmaz-post-about-ai-model-use-for-mecfs.43018/>
 34. Low dose of 2-deoxy-D-glucose kills acute lymphoblastic leukemia ..., 12月 13, 2025にアクセス、<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5458182/>
 35. Sebastien Bubeck of OAI, who made the controversial GPT-5 “found ..., 12月 13, 2025にアクセス、
https://www.reddit.com/r/singularity/comments/1obpn8r/sebastien_bubeck_of_oai_who_made_the/
 36. Examples for the use of AI and especially LLMs in notable ..., 12月 13, 2025にアクセス、

<https://mathoverflow.net/questions/502120/examples-for-the-use-of-ai-and-especially-llms-in-notable-mathematical-developments>

37. Contents - arXiv, 12月 13, 2025にアクセス、<https://arxiv.org/html/2511.16072>

38. OpenAI is lying about o-1's Medical Diagnostic Capabilities - Devansh, 12月 13, 2025にアクセス、

<https://machine-learning-made-simple.medium.com/openai-is-lying-about-o-1s-medical-diagnostic-capabilities-e5f4b4036eb8>