

HPC の世界における 7つの驚異

—
ハイパフォーマンス コンピューティング (HPC) が優れた
アイデアを一層強化し、無限の可能性を引き出し、
イノベーションを推進する方法

HPC が未来を再構築

目覚ましい数々の発見に支えられる

今日の技術の進化を多くの領域でけん引しているのは、デル・テクノロジーとAMDのHPCテクノロジーです。その結果もたらされた研究に基づく大きな発見は、HPCにより極めて短時間で行うことが可能になり、より良い未来の再構築が促されています。

今日の画期的な発見は、私たちの未来への鍵となります。健康の増進、環境の持続可能性、そして人類の進歩はすべて、エンジニアリングや科学におけるイノベーションを継続できるかどうかにかかっています。こうした領域

における向上は、エンジニアや科学者だけでなく、私たち一人ひとりにとっても大いに期待できるものです。

ここで登場するのが、データとテクノロジー、特にハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)におけるスーパーコンピューティングのカテゴリーです。HPCは、以前は想像でしかなかった可能性を実現し、私たち全員にとってより良い未来を創造できる斬新なイノベーションにつながります。

目次

- | | | | | | |
|---|-------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------|
| 1 | HPC が未来を再構築 ページ 1 | 2 | HPC スーパーコンピューティングのパワー ページ 2 | 3 | 宇宙の謎を解明 ページ 3 |
| 4 | 病気の治療法を発見 ページ 4 | 5 | 山火事の動きをモデル化 ページ 5 | 6 | 脳が情報を保存する仕組みの理解 ページ 6 |
| 7 | 材料科学の研究 ページ 7 | 8 | 計算生物学の研究 ページ 8 | 9 | 心血管疾患の解明 ページ 9 |



HPC スーパーコンピューティングのパワー

HPC とは

ハイパフォーマンス コンピューティング (HPC) は大量のデータを処理し、複雑な計算を複数のサーバーで高速に並列実行します。スーパーコンピューターは特別なクラス
の HPC であり、数千台のパソコンを連携させ、演算処理能力を増強して複雑なタ
スクを電光石火の速度で完了させるような仕組みになっています。

たとえば、4.2 GHz プロセッサーを搭載したパソコンは、1 秒あたり 42 億回の計算
を実行できます。HPC では、2022 年に 100 京単位に到達した後、1 秒あたり
少なくとも 1,000,000,000,000,000 回、つまり 10 の 18 乗回の計算を実行
できるようになりました。

HPC ソリューション

HPC ソリューションでは、3 つの構成要素であるコンピューティング、ネットワーク、ス
トレージが相互に依存しています。HPC アーキテクチャは、ノードと呼ばれる数百ま
たは数千台のサーバーで構成されるクラスターをネットワークで接続したものです。こ
れらのノードが並列動作し、ハイパフォーマンス コンピューティングの特徴である驚異
的な処理速度を実現します。

Dell HPC ソリューションは、オンプレミス、エッジ、クラウドに導入できます。つまり、
HPC テクノロジーでは、次世代の処理能力を実現する CPU や GPU などの最先
端のコンポーネントを、ストレージやネットワーク コンポーネントとともに利用してい
ます。

HPC のアプリケーションと業界

記録的なパフォーマンスを発揮する HPC は、AMD を利用して、世界でも有数の
複雑な問題の解決に利用され、データをインサイトに変換する時間を短縮していま
す。対象となる業界とアプリケーションは、研究、エネルギー、エンジニアリング、
医療、ファイナンス サービス、自動車、航空宇宙など多岐に渡ります。

HPC をさらに理解するために、HPC の稼働の実例を 7 つ取り上げ、その驚くべき
実情と、人類に与えた大きな影響を見てみましょう。

宇宙の謎を解明

私たちはどこから来てどこへ向かうのか、その疑問の解明を後押しします。

最近、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) と HPC のシミュレーションにより、銀河の形成に関する重要で予想外の発見がありました。現在、この発見が真実であることを検証する作業が進められています。JWST は、宇宙の黎明期に近い 135 億年前に遡り、6 つの新しい銀河を発見しました。そのすべてが、誰もが予想していたよりもはるかに成熟しており、大規模だったのです。

この驚くべき発見は、HPC がなければ不可能でした。宇宙の起源に関する壮大な疑問に取り組むには、膨大な演算処理能力が必要だからです。

ダーラム大学は、デル・テクノロジーズと AMD と連携し、Cosmology Machine (COSMA) を立ち上げ、これらの疑問の解明を始めました。COSMA は、Distributed Research utilizing Advanced Computing (DiRAC) の施設の一環として、ケンブリッジ大学、ダーラム大学、エジンバラ大学、レスター大学、UCL の 5 か所に導入されています¹。COSMA を使用することで、科学者は膨大な量のデータを処理し、大規模で詳細なシミュレーションを継続的に実行できます。そうすれば、JWST によって明らかになった手がかりを用いて、宇宙の起源と構造に関する極めて深いインサイトを得ることができます。

「HPC なら極めて詳細なシミュレーションを実行できるということです。望遠鏡の観測結果とのはるかに高度な比較が可能です」と語るのは、ダーラム大学の COSMA ハイパフォーマンス コンピューティング システムのテクニカル マネージャーである Alastair Basden 博士。「これにより、宇宙の意味、ダーク マター、ダーク エネルギー、そして宇宙の形成過程の理解が進むはずで、この試みは、私たちが生きている世界を根本的に理解するうえで、真に役立つでしょう」

¹ <https://www.itpro.co.uk/data-insights/big-data/369538/big-data-nasa-james-webb-space-telescope>



病気の治療法を発見

驚異的なスピードで患者ケアを変革し、人類の健康と幸福に影響を及ぼします。

人体の理解への探求は決して止むことはありません。複雑で動的な分子ネットワークの多くの側面は、謎に包まれたままです。しかし、人知を超えた人体の精巧さを説明するうえで役立つゲノム アプローチや最新の分析を可能にする HPC が、この状況を変えようとしています。科学者たちはこれによって、病気と闘い、生活の向上に役立つ新しいインサイトの発見に励んでいます。

ゲノム研究の核心となっているのが DNA シーケンシングです。研究の有効性を高めるために、世界中の何千もの家族から収集し匿名化された、膨大な量の DNA を使用します。この取り組みは、データを分析し、DNA と病気の相関関係を発見して、病気の予防と治療に役立てることを目的としています。こうした規模と速度でのデータ分析は、膨大な演算処理能力、つまり HPC がなければ不可能です。一例を挙げると、以前は 10 年かかっていた HPC を使用した DNA シーケンシングは、現在では 4 ~ 6 週間で行えるようになっています。

最近、サイモンズ財団の内部研究部門である、フラットアイアン研究所での HPC と DNA シーケンシングを併用した研究により、驚くべき相関関係が明らかになりました。新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 患者と糖尿病性腎症患者の腎臓細胞を研究する科学者たちが、どちらの患者にも同じような分子過程があることを発見しました²。この発見は、糖尿病患者が新型コロナウイルス感染症に対して特に脆弱である可能性を示唆しており、この 2 つの病気が合併すると致命的になり得る理由を示しています。さらにこの研究は、高血圧や糖尿病の治療薬が新型コロナウイルスの感染リスクを高めることはないだろうという、従来の考え方を覆しました。

そして、これは始まりに過ぎません。ヒトゲノムの解読は HPC で実現可能なことのほんの一例です。しかし、1 つ言えることは、HPC とゲノム研究の組み合わせにより、以前は不可能だったことが可能になりつつあるということです。将来、私たちは必ずその恩恵を受けるでしょう。

「HPC を使用すれば、迅速かつ正確に相関関係を見つけることができます。それ以外の方法では不可能です。例えば、私たちの DNA 研究では、ゲノム配列全体を調べることができるようになり、精度を高め、知識を拡大し、最終的には人々の生活に影響を与えられるようになっています」

Ian Fisk 博士、フラットアイアン研究所、サイエンティフィック コンピューティング コアの共同ディレクター

² <https://www.simonsfoundation.org/2020/10/23/molecular-processes-in-kidney-cells-may-prime-diabetics-for-covid-19-infection/>

山火事の動きをモデル化

山火事の影響を緩和し、人々の安全性を高め、環境をより優れた方法で維持する方法を把握することができます。

森林火災は悪化の一途をたどっています。世界資源研究所 (WRI) の調査によると、20 年前と比較して、現在では 2 倍近くの樹木被覆地が焼失しています³。

地球温暖化と気候変動により拍車がかかる森林火災は、その規模と深刻さが増大し続けると予測されています。気候のフィードバック ループにより、森林火災が増えるほど、森林火災の発生しやすい状況が生まれます。

カリフォルニア大学のサンディエゴ スーパーコンピューター センターは、人命、財産、森林をより適切に保護することを目的に、デル・テクノロジーズと AMD が提供する HPC を Expanse センターに導入し、山火事のモデル化に活用しています。HPC モデリングにより山火事がどのように広がるかを理解することができ、リアルタイムより速い予測を通じて、山火事の影響を軽減しやすくなります。

山火事は複雑であり、非常に動的で無計画な事象であるため、その動きを解釈するには HPC モデリングが最適です。風速、風向、湿度（可燃物の含水率を含む）に関する大気データを、地形、衛星データ、景観変化データなどの他の情報と組み合わせ、HPC の強力で洗練されたシミュレーションとモデリングの機能を使用して山火事の動きをモデル化します⁴。

「これは重要な作業です。世界中の地域社会で堅牢な未来を確実に築くには、山火事の影響を軽減することが不可欠だからです。HPC は、山火事が発生する前の、最も効果的に対処できるタイミングで、山火事の拡散の予測を可能にする手段です。情報を組み合わせることで、強力な成果が得られます」と、カリフォルニア大学サンディエゴ校のサンディエゴ スーパーコンピューター センター副ディレクターである Shawn Strande 氏は言います。

山火事のモデリングは、より健全な地球の実現に HPC が貢献できる事例の一つです。

³ <https://www.wri.org/insights/global-trends-forest-fires>

⁴ https://ral.ucar.edu/sites/default/files/public/file_attach/features/KosovicHPCUserForum2022-compressed.pdf





脳が情報を保存する仕組みの理解

学習に関する基本的な疑問を解明することは、より優れた人工知能の開発にもつながります。

記憶の中には忘れられないものがあります。私たちの脳が記憶を保持する方法について、科学者の理解は今まさに根本的な転換期を迎えています。長年支持されてきたのは、記憶は特定のニューロンとその結合シナプスに結びついているという考えです。フラットアイアン研究所の Center for Computational Neuroscience では、HPC と最近の調査により、新しい概念である「表象のドリフト」を指摘しています⁵。

近所を車で移動する場合、記憶を呼び起こす特定の想起ニューロンは、従来考えられていたように固定的ではなく、常に流動的であるという考えです。月曜日にはあるニューロングループが、火曜日には別のニューロングループが、運転を支援するのです。それが表象のドリフトであり、特定の細胞そのものではなく、常に変化する細胞間の関係性であるという概念です。このような動的な現象にもかかわらず、私たちの記憶や身に着けた行動が強く残ることがあります。科学者にとって、これは不可解な矛盾です。

デル・テクノロジーズと AMD は、表象ドリフトのモデリングにより、フラットアイアン研究所の科学者がその仕組みを解明できるよう支援しています。初期の所見から、変動する表象の作用の仕組みに関するインサイトを得ることができました。端的に言うと、シナプスの伝達に異常がある場合、神経表象は異なる経路の間をドリフトしますが、類似したパターンが保たれるため、記憶が持続するのです。

「脳の記憶に関する私たちの研究は、データ分析、理論、モデリング、シミュレーションなどの計算手法を通じて科学的研究を推進するという、フラットアイアン研究所の使命を体現しています。私たちの新しいモデルは基幹的なものですが、脳の仕組みを理解するにはまだ長い道のりがあります」と、フラットアイアン研究所のサイエンティフィック コンピューティング コアの共同ディレクターである、Ian Fisk 博士はコメントしています。「幸い、HPC により、私たちの研究は驚異的なスピードで前進しています」

脳は驚異であり、謎でもあります。HPC モデルは高速で強力な学習機能を提供し、私たちの脳、記憶、学習の仕組みについて、理解を深めるうえで役立ちます。

⁵ <https://www.simonsfoundation.org/2023/03/09/computational-model-uncovers-new-insights-into-how-our-brains-store-information/>

材料科学の研究

人類が一丸となってより良い未来の構築を目指す中で、私たちのエネルギー態勢を、迅速かつ責任ある、確実な方法で改善できるよう支えます。

常温超伝導体の開発が成功すれば、社会は大きく変わるでしょう。現在、室温超伝導体は物理学における究極の目標です。室温超伝導体を実現する方法の解明に、科学者たちは何十年もの間頭を悩ませてきました。この難関を突破するために生涯を捧げる人も少なくありません。この課題が解決されると、電気自動車や磁気浮上式鉄道システムなどの電力グリッドや交通機関を中心とした世界、そして皮肉なことに、スーパーコンピューティングそのものに大きな変化が生じることとなります。

今日、電気を伝える導体は効率が悪く、電力グリッドで発電されたエネルギーの約 6 ~ 10%が、電力グリッドを通過する際に散逸してしまいます⁶⁷。このため、消費者は毎年何十億ドルもの無駄なエネルギー生産コストを負担し、化石燃料への依存度を増しています。これに対し、超伝導体は摩擦のない電気を提供し、無駄な熱や余剰熱を発生せずに作動します。これまで、超伝導は -450°F などの超低温でのみ発生していましたが、最近の発見では、室温とも呼ばれる 59°F で超伝導を示す画期的な材料が期待されています。

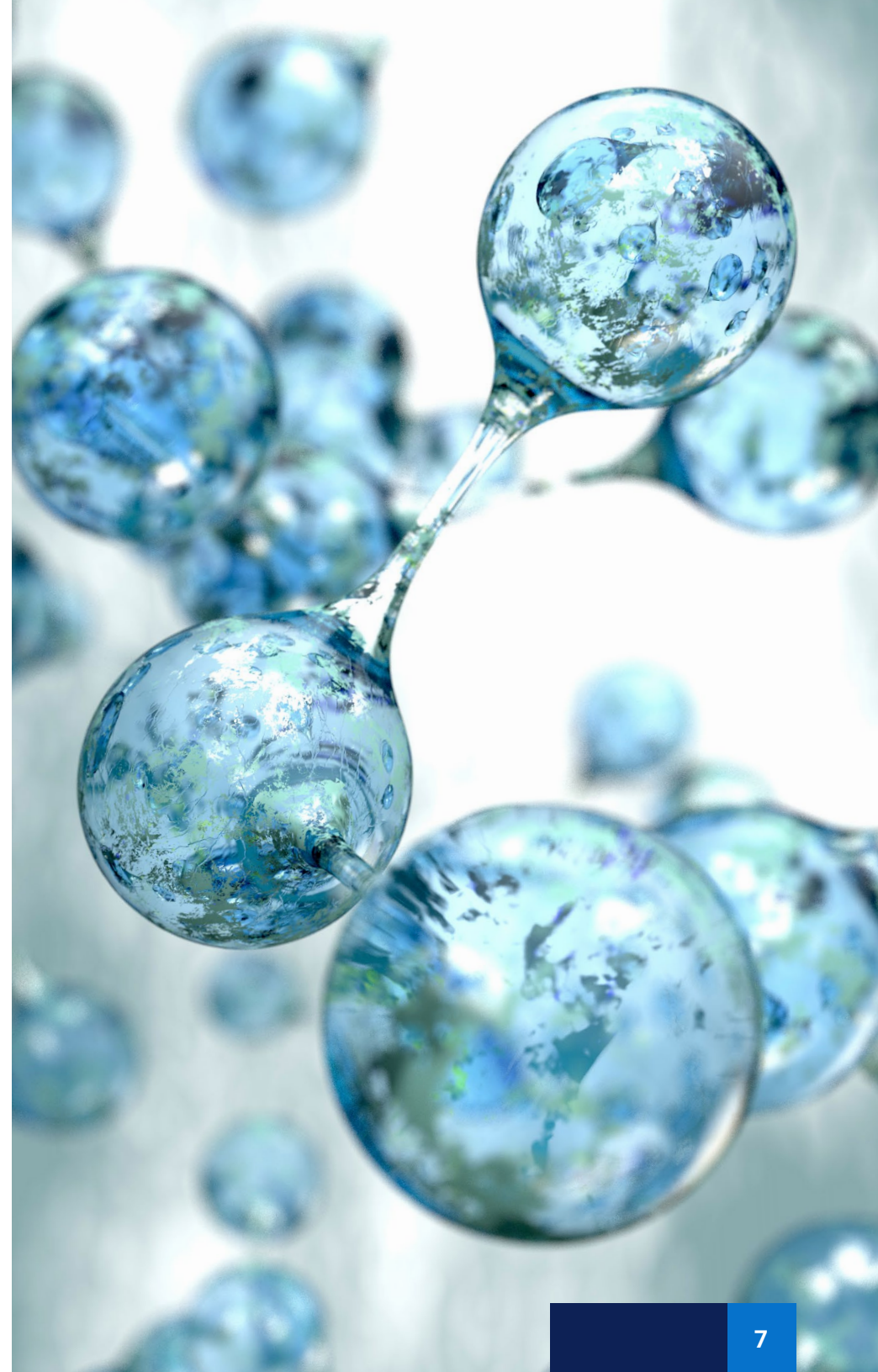
フラットアイアン研究所では、超電導の驚くべき可能性を切り開くために、デル・テクノロジーズと AMD が材料科学の研究を加速させています。調査対象の材料候補の数を急速に拡大できるシミュレーションの実現により、研究期間を数年単位で短縮し、見込みのない材料を素早く排除して、可能性の高い選択肢を特定しています。

「私たちの材料科学への取り組みには、大きな意味があります。以前のままであれば、1 万種類もの可能性のある材料や化合物を研究を、一人の科学者がそのキャリアを通して行っていたかもしれないからです。今日では、HPC を駆使した研究の深さと生産性により、1 万種類の材料を数か月以内に、しかも数パーセントといった高精度で分析することができます」と、フラットアイアン研究所のサイエンティフィック コンピューティング コアの共同ディレクターである Ian Fisk 博士は話します。

これは、私たちがエネルギーの革命を起こし、化石燃料の使用を止める道を加速度的に切り開いて、想像よりはるかに早くより良い未来を生み出せるかもしれないことを意味しています。

6 <https://www.vice.com/en/article/y3gdgw/ok-what-is-room-temperature-superconducting-and-will-it-change-everything>

7 <https://theconversation.com/a-tenth-of-all-electricity-is-lost-in-the-grid-superconducting-cables-can-help-199001>





計算生物学の研究

病気の治療法の発見を後押しします。

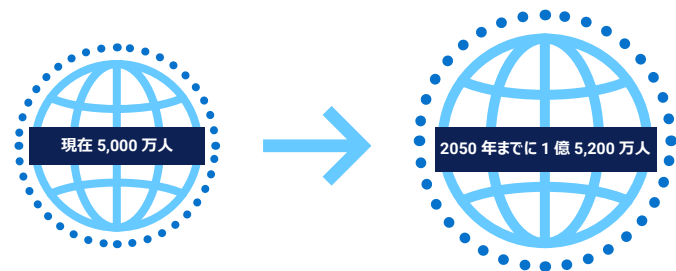
アルツハイマー病が蔓延しており、世界中の約 5,000 万人に影響を及ぼしています。この病を食い止める突破口を発見することは、最優先事項です。これを達成できなければ、2050 年までに 1 億 5,200 万人以上がアルツハイマー病の影響を受ける可能性があるのです。

サンディエゴスーパーコンピューターセンター (SDSC) の Expanse を活用した、治療方法の発見に向けた研究が現在進行中です*。カンサス大学の研究者たちは、計算生物学と SDSC の Expanse を利用して、家族性、つまり遺伝性のアルツハイマー病を研究し、重要な発見に辿り着きました。最先端の HPC シミュレーションにより、家族性アルツハイマー病の重要なタンパク質酵素である、 γ セクレターゼのメカニズムが史上初めて解明されました。 γ セクレターゼの相互作用と変異を理解することが、思考、言語、記憶をより適切に司る経路を明らかにするための鍵となります。

「アルツハイマー病への取り組みは崇高な目的であり、HPC スーパーコンピューターである Expanse だからこそ可能です。初期の研究結果は、現在進行中の個体群全体を対象とする治療法開発が大いに有望なことを示しています。私たちの科学者は、その助けとなる発見を精力的に追求しています」と、カリフォルニア大学サンディエゴ校の SDSC 副ディレクターを務める Shawn Strande 氏は述べています。

世界の人口が高齢化する中、アルツハイマー病のより効果的な治療法を解明する HPC を利用した研究は、個人、家族、地域社会にとって革命的なものとなるでしょう。

* この研究は、HPC と後援組織によって実現したものです。また、国立科学財団と国立保健研究所から資金提供を受けています。Expanse での計算時間には、NSF の Extreme Science and Engineering Discovery Environment から資金が提供されています。



現在 5,000 万人が
アルツハイマー病に罹患

2050 年までに 1 億 5,200 万人
以上が影響を受ける可能性がある

心血管疾患の解明

予防医療により、より健康に長く生きることが可能になります。

毎年、約 5,600 万の人々が死亡しています⁸。死因のトップは大差をつけて心血管疾患となっており、世界全体の死因の 33%以上を占めています。

さらに掘り下げると、人間の心血管系疾患の主な原因は動脈硬化です。アテローム性動脈硬化症の発症を早める重要な原因は、泡沫細胞の形成です⁹。そして、泡沫細胞形成の主な要因は脂肪滴です。脂肪滴は、脂質の貯蔵、脂質バランス、潜在的なタンパク質との結合を制御しています¹⁰。興味深いことに、脂質のアンバランスは、肥満、脂肪肝、2 型糖尿病、アルツハイマー病、がんなど、心血管疾患以外のさまざまな疾患と関係しています。そのため、脂肪滴に関するインサイトをj得ることで、非常に画期的な変化が生まれる可能性があります。

そこで、ユタ大学¹¹の研究者たちは、泡沫細胞の形成と脂肪滴の研究を行い、アテローム性動脈硬化症に取り組むことになりました。研究チームは、サンディエゴスーパーコンピューターセンターに設置されている AMD EPYC 搭載の Expanse を利用し、脂肪滴の相変化と泡沫細胞の形成に対するステロール エステルと非コード RNA の影響をモデル化しています。この科学分野が飛躍的に進歩すれば、世界中の何百万人もの人々の命を頻繁に奪う病気の影響の軽減に役立つ可能性があります。

「私たちの研究者は、ハイパフォーマンス コンピューティングとデータインテンシブ コンピューティングの先駆者である SDSC の HPC の可能性をいち早く追求しています。アテローム性動脈硬化症のような世界的に急増している疾患への取り組みを支援することで、HPC により私たちの世界で可能になることを明確に把握できます」と、カリフォルニア大学サンディエゴ校の SDSC 副ディレクターである Shawn Strande 氏は語っています。


8 <https://ourworldindata.org/causes-of-death>

9 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7961492/>

10 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6770496/>

11 <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.06.05.494869v1>





テクノロジーの能力を活用することで、私たちは世界で最も差し迫った重大な課題を解決し、イノベーションを推進して、かつてない方法で人類を支援するための突破口を切り開くことができます。

デル・テクノロジーズと AMD は、お客様の着想を加速し、イノベーションを推進するために、常に革新を続けています。

私たちはこのような形で協力し、すべての人により良い未来を構築しています。

**HPC の詳細や、固有のニーズについては、
Dell.com/HPCC をご覧ください。**