

キャタピラーの知財戦略: 技術的競争優位とビジネスモデル転換の相関分析

1. エグゼクティブサマリ

1. 知財・技術戦略が財務(売上・利益率)に与えているインパクト

キャタピラー(Caterpillar Inc.)の近年の財務パフォーマンス、特に2024年度の売上高648億ドル(前年比3%減)という結果と、その内訳における「サービス収益」の貢献度は、同社が長年推進してきた技術経営戦略の成果を如実に反映しています。2024年第4四半期の売上高が162億ドルとなり、前年同期比で減少した主な要因は、ディーラー在庫の調整(13億ドルの減少)およびエンドユーザーへの機器販売量の減少にありましたが、このシクリカルな逆風下においても、調整後利益率は高い水準を維持しました¹。これは、従来の「重機ハードウェアの販売(売り切りモデル)」から「サービスと統合ソリューション(リカーリングモデル)」への構造的なビジネスモデル転換が、財務体質に強靱さを与えていることを示唆しています。

特筆すべきは、ME&T(Machinery, Energy & Transportation)セグメントにおけるサービス収益の拡大です。2024年にはサービス収益が240億ドルに達し、2026年の目標である280億ドルに向けて順調な進捗を見せています⁴。2016年時点でのサービス収益が140億ドルであったことを鑑みると、この8年間で約1.7倍に拡大しており、今やME&T総売上上の約39%を占めるに至っています。この収益構造の劇的な変化は、単なる消耗部品の販売増加によるものではなく、知財戦略に裏打ちされたデジタルプラットフォーム(VisionLink、Helios)や予知保全アルゴリズム(Predictive Maintenance)の実装による「顧客のロックイン効果」と「スイッチングコストの増大」に起因しています。

知的財産ポートフォリオにおいて、ハードウェアの機械的構造を保護する特許から、データ解析、リモートモニタリング、自律運転制御(GO5D)、デジタル通信(HO4L)へと重心が移行している事実は、同社が知的財産を「製品を守る盾」としてだけでなく、「リカーリング収益(Recurring Revenue)を生み出すエンジン」として戦略的に活用していることを証明しています。ハードウェアの販売量がマクロ経済の影響により変動した場合でも、すでに市場に投入された150万台以上の接続資産(Connected Assets)から吸い上げられるデータが、高収益なアフターマーケットサービスをトリガーし、利益率を下支えする構造が確立されています⁴。これは、技術戦略が財務のボラティリティ低減に直接的かつ定量的に寄与している決定的な証左と言えます。

2. 注力している技術領域(自律化、電動化、デジタルサービス)の進捗

同社が掲げる技術戦略の中核である「AACE」(Autonomy, Alternative Fuels, Connectivity, Digital, Electrification)において、特に自律化と電動化の進展は、競合他社との差別化を決定づける要因となっています。自律運転技術「Cat MineStar Command」は、すでに全世界で690台以上の自律走行トラック(Autonomous Haulage System: AHS)を稼働させており、これまでに移動させた土砂や鉱石の総量は他を圧倒しています。同社は2030年までに自律走行トラックの稼働台数を2,000台以上に拡大するという野心的なロードマップを提示しており⁵、これは単なる実験的導入のフェーズを終え、鉱山運営における標準インフラとしての地位を確立しようとする意思の表れです。

電動化においては、2022年にプロトタイプが公開されたバッテリー電気式鉱山トラック「793 XE」が、重要なマイルストーンを達成しています。2024年から開始された「アーリー・ラーナー(Early Learner)」プログラムを通じて、BHP、Rio Tinto、Teck Resources、Newmont Corporationといった主要顧客の鉱山サイトに実機が配備され、過酷な実環境下での検証が行われています⁶。このプログラムの特異性は、単にトラックを貸与するのではなく、充電インフラ、エネルギー管理システム、オペレーションプロセス変革を含めた「サイト全体の電動化ソリューション」を共同開発している点にあります。実際に、アリゾナ州の試験場では、積載状態で最高速度60km/hを記録し、10%の勾配を1km走行した後にエネルギー回生を行いながら降坂するという、極めて高い性能要件をクリアしています⁷。

さらに、建設・鉱山機械の枠を超えたエネルギー技術への展開も見逃せません。マイクロソフトおよびBallard Power Systemsとの協業により、データセンター向けの水素燃料電池バックアップ電源システムの実証実験に成功しました⁸。この実証は、標高6,086フィート(約1,855メートル)の高地かつ氷点下の環境という過酷な条件下で、48時間の連続バックアップ電源供給(1.5MW出力)を達成したものであり、キャタピラーのエネルギー制御技術がITインフラの領域にも応用可能であることを証明しました。これは、同社が「重機メーカー」から「エネルギー・ソリューション・プロバイダー」へと進化していることを示しています。

3. 特許ポートフォリオの規模と質的变化

キャタピラーの特許戦略は、過去の「量的な拡大」から、デジタル時代に即した「質的な転換」へとシフトしています。現在、全世界で約26,331件の特許を保有し、そのうち約15,931件が有効特許として維持されています⁹。特許ポートフォリオの構成比率を時系列で分析すると、油圧ショベルのブーム構造やエンジンの燃焼室形状といった伝統的(トラディショナル)な機械工学分野の特許に加え、近年ではデジタル通信(H04L)、非電気変数の制御システム(G05D)、管理用データ処理(G06Q)に関する出願比率が急激に増加しています¹⁰。

この変化は、同社のR&D投資が「鉄の塊(Iron)」から「インテリジェントなシステム(Brain)」へと移行していることを客観的に裏付けています。特に、機械学習(Machine Learning)を用いた画像認識技術(物体検知・セグメンテーション)や、各種センサーデータに基づく予知保全(Predictive Maintenance)技術に関する特許群は、極めて戦略的な意味を持ちます。これらは、競合他社による

類似機能の模倣を防ぐだけでなく、同社のデジタルサービス(Cat Inspect, VisionLink)の独自性を法的に保護し、サードパーティの修理業者や部品メーカーが高収益なアフターマーケット市場に参入することを阻む「デジタルな参入障壁」を構築する役割を果たしています。また、エネルギー・アズ・ア・サービス(EaaS)領域への進出に伴い、グリッド接続、マイクログリッド制御、エネルギー貯蔵システムに関する知財も強化されており、ハードウェア販売に依存しない新たな収益源の確保を知財面から支えています。

4. 競合他社に対する技術的優位性または課題

主要競合であるコマツ(Komatsu)、ジョンディア(John Deere)、ボルボCE(Volvo CE)とのベンチマークにおいて、キャタピラーの最大の優位性は「垂直統合されたエコシステム」と「圧倒的なインストールベース」にあります。コマツが「Smart Construction」においてオープンなプラットフォーム戦略を志向し、他社製建機との接続性や施工プロセス全体のDXを強調しているのに対し¹¹、キャタピラーは自社の強固なディーラー網と「Cat Central」「VisionLink」などの独自プラットフォームを通じた垂直統合型のサービスモデルで、顧客の囲い込みを徹底しています。

技術開発のアプローチにおいても違いが見られます。バッテリー技術に関して、ジョンディアはKreisel Electricを買収してバッテリーパック技術を完全内製化し¹³、ボルボグループは破綻したProterraのバッテリー事業を買収して自社に取り込む¹⁴など、垂直統合を加速させています。また、コマツもAmerican Battery Solutionsを買収し、Proterra破綻の影響を最小化しつつ内製化を進めています¹⁵。これに対し、キャタピラーは現時点で大規模なバッテリーメーカーの買収を行っておらず、独自設計を行いつつも外部パートナーシップを活用する姿勢を保っています。この戦略は、技術の急速な陳腐化リスクを回避できる反面、将来的なバッテリー供給不足やコスト競争力において、垂直統合を進める競合他社に対して劣後するリスク(サプライチェーンの脆弱性)を孕んでいます。

しかし、自律運転トラック(AHS)の分野では、キャタピラーはコマツと激しく競合しつつも、稼働台数(690台超)と総運搬量において業界リーダーの地位を維持しています。特に、既存の有人トラックを自律化するレトロフィット技術や、異なるメーカーの車両が混在する環境での相互運用性において、現場での運用ノウハウ(Operational Technology)が大きな差別化要因となっています。

5. 今後のR&D投資計画と長期ロードマップ

キャタピラーの今後のR&D投資は、売上高比率で3%台前半(年間約21億～22億ドル規模)を維持しつつ、その配分を「脱炭素化(Sustainability)」と「デジタル化(Digital)」という二大テーマに集中させる計画です¹⁶。経営陣は、2030年のサステナビリティ目標として、製品使用時の温室効果ガス排出削減や、リマニュファクチャリング(再生生産)事業の売上を2018年比で25%増加させることを掲げて

おり¹⁷、これらの目標達成が技術開発のドライバーとなっています。

具体的なロードマップとしては、バッテリー電動建機のラインナップ拡充（特に中型・大型機への展開）に加え、水素燃焼エンジンや燃料電池、代替燃料（HVO、バイオディーゼル）対応エンジンの開発が含まれます。また、2025年10月に合意されたRPMGlobal Holdingsの買収（2026年完了予定）¹⁸ は、同社の戦略の方向性を象徴しています。この買収により、鉱山オペレーションの物理レイヤー（機械の自律化）だけでなく、計画、スケジューリング、財務モデリングといった上位の経営管理ソフトウェアレイヤーを取り込むことで、ハードウェアとソフトウェアが完全に融合した「完全自律型鉱山（Autonomous Mine Site）」の実現を目指しています。これは、単一の作業工程の自動化から、鉱山経営全体の最適化へと価値提供のレイヤーを引き上げ、顧客にとって代替不可能なパートナーとなるための長期戦略です。

2. 戦略的背景とIR資料のアーカイブ

R&D投資の推移と戦略的意図（Quantitative Log）

以下のデータテーブルは、過去5年間（2020-2024）のキャタピラー社のR&D投資額（Research & Development Expenses）と、総売上高に対する比率を示したものです。また、各年度のアニュアルレポート等から確認された、投資の焦点となった戦略的テーマを詳細に併記しています。

会計年度 (FY)	R&D投資額 (USD Billions)	対売上高比率 (%)	総売上高 (USD Billions)	主な投資焦点・戦略的 テーマ (Key Strategic Focus)	引用ソース
2024	2.107	3.3%	64.81	AACE戦略の加速: 793 XEバッテリートラックの顧客サイトでの検証開始、自律運転トラック	5

				の2,000台稼働目標に向けたシステム拡張、デジタルサービス(Helios)への継続投資。	
2023	2.108	3.1%	67.06	電動化プロトタイプの実現化: 水素燃料電池およびバッテリー電動機の開発。サービス収益280億ドル目標達成のための予知保全アルゴリズムの高度化。	16
2022	1.814	3.1%	59.43	Early Learner Program の始動: 主要鉱山会社との脱炭素化パートナーシップ。Tangent Energy買収によるEaaS (Energy as a Service) 事業への参入とグリッド技術の獲得。	7

2021	1.686	3.3%	50.97	パンデミック後の再加速: 需要回復に伴う製品開発の再開。Minetec買収(\$14M)による地下鉱山向け高精度トラッキング技術の獲得。水素・ハイブリッド技術への初期投資拡大。	16
2020	1.415	3.4%	41.75	選択と集中: パンデミックによるコスト抑制下での重要プロジェクト(自律化・次世代建機)への資源集中。Marble Robot買収によるロボティクス技術の取り込み。	16

【詳細解説: R&D投資戦略の深層分析】

キャタピラーの過去5年間のR&D投資推移を詳細に分析すると、一貫した「規律ある投資(Disciplined Investment)」と、市場環境の変化に即応した「戦略的ピボット」の意図が明確に読み取れます。

第一に、投資規模の絶対額の推移と回復力です。2020年のパンデミック時には、売上高の急減に伴いR&D投資も14億ドルまで絞り込まれましたが、対売上高比率では3.4%と、過去5年間で最も高い比率を維持しました。これは、経営危機下においても将来の競争力の源泉となる技術開発を止めなければならないという経営判断があったことを示しています。その後、市場の回復とともに投資額は急速に増加し、2023年および2024年には21億ドル規模の高水準で安定しています。CEOのJoe

Creedが「過去20年間で300億ドル以上のR&D投資を行った」²⁵と述べているように、単年度の変動に惑わされない長期間の蓄積が、現在の圧倒的な技術ポートフォリオを形成しています。

第二に、投資効率とROI(投資対効果)へのこだわりです。キャタピラーのR&D対売上高比率は3.1%~3.4%のレンジで推移しており、これは競合であるジョンディア(約3.9%~4.4%)やハイテク企業と比較すると一見低く見える数字です²⁶。しかし、これこそがキャタピラーの強みである「モジュール化プラットフォーム戦略」の成果です。エンジン、油圧システム、キャブなどのコアコンポーネントを共通化し、多数の機種に展開することで、開発コストを抑制しつつ製品ラインナップの広さを維持しています。また、Minetecをわずか1,400万ドルで買収するなど²²、巨額のM&Aに頼らず、必要な技術(この場合は地下鉱山での高精度トラッキング)をピンポイントで獲得し、自社の巨大な販路に乗せてレバレッジを効かせるという、極めて投資対効果の高い技術獲得戦略を実行しています。

第三に、投資内容の質的变化と収益構造の連動性です。かつてのR&Dが主に「エンジンの排ガス規制対応(Tier 4 Finalなど)」や「機械的耐久性の向上」に向けられていたのに対し、2022年以降のAnnual Reportにおける記述は、明らかに「AACE(自律化、代替燃料、接続性、電動化)」と呼ばれる先端技術領域に集中しています。特に2022年のTangent Energy買収や、2024年の電動トラック793 XEの顧客サイトでの検証開始は、R&D予算の配分がハードウェアの設計図面から、ソフトウェアコード、バッテリーマネジメントシステム(BMS)、グリッド連携アルゴリズムへとシフトしていることを示しています。この技術投資の転換は、ME&Tセグメントにおける「サービス収益」が2016年の140億ドルから2024年の240億ドルへと飛躍的に成長したと完全に連動しています⁴。つまり、現在のR&Dはコストセンターではなく、高マージンのサービスビジネスを創出するための直接的な原資として機能しているのです。

経営陣の技術コミットメント (Leadership Commitment)

経営トップのメッセージからは、技術革新が企業の存続と成長に不可欠であるという強い危機感とコミットメントが読み取れます。

CEO Joe Creedのメッセージ (2024 Annual Report / Sustainability Report):

"The reports detail Caterpillar's investment of more than \$30 billion in research and development over the past 20 years in best-in-class innovation. Our strategy for profitable growth is delivering results. With rising global demand for energy and critical minerals powering emerging technologies – alongside expanded opportunities to meet the world's infrastructure needs – we are well-positioned for what's ahead." 19

技術戦略における重要発言 (Jim Umpleby, Previous CEO / Chairman):

"We are investing to deliver best-in-class innovation – including autonomy, alternative fuels, connectivity and digital, and electrification (AACE) technologies – and are committed to supporting our customers on their sustainability journeys." 27

"Our global team came together to develop this battery truck at an accelerated pace to help our customers meet their sustainability commitments." (Referring to the 793 XE demonstration) 7

これらの発言は、キャタピラーが単に機械を作る会社から、顧客のサステナビリティ目標を達成するための「ソリューションパートナー」へと変貌しようとしていることを明確に示しています。

3. 知的財産・技術ポートフォリオの全貌

(1) 重点技術領域のカatalog: 自律化・電動化・コネクティビティ

キャタピラーの技術ポートフォリオは、個々の製品機能の集合体ではなく、現場全体を最適化する「相互接続されたエコシステム」として設計されています。以下に、主要な3つの技術領域(AACEの中核)について、具体的な製品実装、プロジェクト状況、および関連する技術資産を詳述します。

A. 自律運転・リモート制御 (Autonomy & Automation)

製品・ソリューション名	概要・技術仕様	実装・普及状況	関連技術・特許領域
Cat MineStar Command for Hauling	超大型鉱山トラックの完全無人自律走行システム。LiDAR、レーダー、高精度GPSを統合し、複雑な鉱山内での安全な運行を実現。他社製トラックへのレトロフィットも可能。	690台以上が世界中で稼働(2024年末時点)。2030年までに2,000台を目指す ⁵ 。総運搬量は数十億トンに達し、競合他社を圧倒する最大の実績。	G05D(非電気的変数の制御)、自律走行経路計画、動的障害物検知、V2X通信による交差点制御。
Cat Command for	ブルドーザーやホ	建設業界での人手	低遅延映像伝送、

Dozing/Loading	イールローダーの遠隔操作 (Remote Control) および半自律運転システム。見通し外 (Non-line-of-sight) からの操作が可能。	不足解消および危険作業からのオペレーター解放手段として、中型機 (Medium Wheel Loaders など) への展開が加速 ²⁸ 。	Haptics (触覚フィードバック)、オペレーター支援システム、安全停止機構。
Smart System (Object Detection)	AI/マシンラーニングを用いた物体検知・セグメンテーション技術。カメラ映像から障害物や作業対象をリアルタイムで識別。	次世代機に標準搭載が進む。特許出願において画像処理関連 (G06T, G06V) が増加傾向 ²⁹ 。	G06T (画像データ処理)、機械学習モデルによる画像セグメンテーション、センサーフュージョン。

【詳細解説: 自律化技術のビジネスインパクト】

キャタピラーの自律化技術、特に「MineStar Command」は、同社の技術的優位性の象徴であり、最も強力な収益ドライバーの一つです。690台以上の稼働実績は、単なる「実験」ではなく、すでに世界の主要鉱山における「必須インフラ」となっていることを示しています。この技術のビジネス上の真価は、「安全性向上」と「総所有コスト (TCO) の削減」にあります。自律走行トラックは、人間のオペレーターのようにシフト交代や休憩を必要とせず、また運転のばらつき (急発進・急ブレーキ) による燃料浪費やタイヤ摩耗を最小限に抑えることができます。これにより、顧客は24時間365日の稼働が可能となり、生産性が最大30%向上するとされています。

特許面では、車両単体の制御 (ステアリングやブレーキの自動化) だけでなく、フリート全体の最適配置 (Dispatching)、交差点での優先順位決定、給油・充電タイミングの最適化といった「群制御 (Swarm Intelligence)」に関する出願が目立ちます。これは、キャタピラーが「トラックを売る」ビジネスから、「鉱山の物流全体を最適化するOS (オペレーティングシステム) を売る」ビジネスへと移行していることを如実に表しています。また、Cat Commandを中型ホイールローダーへ展開している点²⁸は、鉱山だけでなく一般建設現場 (Construction Industries) においても自律化市場を開拓しようとする意図を示しており、人手不足が深刻化する先進国市場での新たな成長源となっています。

B. 電動化・代替エネルギー (Electrification & Alternative Fuels)

製品・ソリューション名	概要・技術仕様	実装・普及状況	関連技術・特許領域
-------------	---------	---------	-----------

Cat 793 XE (Battery Electric Truck)	積載量265トンクラスのバッテリー電気式鉱山トラック。最高速度60km/h、10%勾配を12km/hで走行可能 ⁷ 。回生ブレーキによるエネルギー回収機能搭載。	Early Learner Program にて、BHP, Rio Tinto, Freeport-McMoRan, Teck等のサイトで実証試験中。アリゾナ州の試験場でのデモ成功を経て、顧客現場での検証フェーズへ移行 ⁶ 。	バッテリー熱管理システム、回生エネルギー制御ロジック、高電圧電力分配、トロリーアシスト連携。
Hydrogen Gensets (G3516H)	100%水素燃料で稼働可能な発電機セット。また、天然ガスに最大25%の水素を混合可能なモデルも展開。	マイクロソフトのデータセンター(ワイオミング州)にて、標高6,086フィートの過酷環境下で48時間の連続バックアップ電源(1.5MW)実証に成功 ⁸ 。	水素燃焼制御、NOx低減技術、燃料供給システム、負荷追従制御。
Compact Electric Machines	301.9 (ミニショベル), 906 (コンパクトホイールローダー)などの小型建機の電動化モデル。	都市部や屋内作業、騒音規制の厳しい現場向けに欧州・北米で市場投入。	バッテリーパッケージング、電気油圧アクチュエータ、充電インターフェース(CCS規格対応)。

【詳細解説:電動化戦略のジレンマと機会】

キャタピラーの電動化戦略は、小型機と超大型機で明確にアプローチが異なります。小型機では既に市場投入が進んでいますが、技術的・インフラ的な難易度が極めて高いのは超大型鉱山機械です。793 XEの開発において、キャタピラーは「Early Learner Program」という独自の協業モデルを採用しました。これは、BHPやRio Tintoといった巨大な資源メジャーを開発の初期段階から巻き込み、彼らの鉱山サイトを「生きた実験室(Living Lab)」として活用する戦略です。これにより、車両開発のリスクを分散するだけでなく、充電ステーションの配置や電力網の設計といった「インフラ側の要件」を同時に定義することが可能になります。

例えば、793 XEの実証試験では、積載状態で10%の急勾配を1km登坂し、その後の降坂時に回生ブレーキでエネルギーを回収するというサイクルが検証されました⁷。このデータは、バッテリーの充放電サイクルや熱管理システムの設計に直結します。また、マイクロソフトとの水素燃料電池の実証実験⁸は、標高1,800メートル超、氷点下という厳しい環境で実施され、データセンターの非常用電源として求められる「99.999%の稼働率」を水素技術で担保できることを証明しました。これは、キャタピラーが建設・鉱山機械メーカーの枠を超え、ITインフラを支えるエネルギーソリューションプロバイダーとしての地位を確立しつつあることを示唆しています。

一方で、課題も存在します。競合のジョンディアがKreisel Electricを買収してバッテリー技術を内製

化し¹³、ボルボがProterraのバッテリー事業を買収した¹⁴のに対し、キャタピラーは主要なバッテリーセル・パック製造の内製化(大型買収)には慎重です。これは、バッテリー技術の進化が速く、特定の化学組成(LFP, NMCなど)に設備投資を固定化するリスクを避けている可能性があります、世界的なバッテリー争奪戦の中で、安定供給とコスト競争力を維持できるかどうかは今後のリスク要因となります。

C. デジタルサービス・コネクティビティ (Services & Digital)

製品・ソリューション名	概要・技術仕様	実装・普及状況	関連技術・特許領域
VisionLink (New)	マルチベンダー対応のフリート管理プラットフォーム。位置情報、稼働時間、燃料、健全性を一元管理。API連携により他社製建機データも統合可能。	旧来のプラットフォームを統合し、ConExpo 2023で刷新。数千のディーラーと顧客をつなぐ中枢システム ³¹ 。	テレマティクスデータ処理、ユーザーインターフェース、APIゲートウェイ、データ正規化技術。
Cat Inspect	モバイルアプリによるデジタル点検ツール。画像添付、摩耗度合いの記録、ディーラーシステム(Helios)との連携。	年間150万回以上の点検が実施されている ³³ 。iOS 13.0以上対応など、コンシューマーライクな使い勝手を実現 ³⁴ 。	画像データ取得、点検ワークフロー管理、サーバー同期技術、オフライン同期。
Helios Platform	全世界の150万台以上の接続資産から得られるデータを処理するクラウド基盤。予知保全の中核。	毎月500億以上のデータポイントを処理。優先サービスイベント(PSE)の生成に活用 ⁴ 。	ビッグデータ解析、異常検知アルゴリズム、クラウドアーキテクチャ、機械学習による故障予測。

【詳細解説: サービス収益化のメカニズム】

デジタル技術は、キャタピラーの「サービス収益280億ドル」目標達成のための最重要ツールです。VisionLinkやCat Inspectは、単なる便利ツールではなく、顧客とディーラーをデジタルで常時接続する「接着剤」の役割を果たしています。

その規模は圧倒的です。Heliosプラットフォームは、世界中の150万台以上の機械から送られてくる

データを集約し、毎月500億件以上のデータポイントを処理しています⁴。このビッグデータこそがキャタピラーの最大の資産です。例えば、Cat Inspectアプリを通じて現場のオペレーターが撮影したバケットの摩耗写真は、Heliosに送信され、AIによって解析されます。もし交換が必要と判断されれば、自動的に「優先サービスイベント(Priority Service Event: PSE)」が生成され、最寄りのディーラーに通知されます。ディーラーはこの情報を元に、顧客に対して「故障する前に部品を交換する(予知保全)」提案を行うことができます。

この仕組みにより、顧客は予期せぬダウンタイム(機械が止まることによる損失は甚大です)を回避でき、ディーラーは部品販売の機会を逃しません。さらに、「Cat Central」や「Parts.cat.com」といったeコマースプラットフォームは、SIS 2.0(サービス情報システム)と連携しており、150万点以上の部品番号から、その機体に適合する部品を即座に特定することができます³⁵。この利便性は、顧客が安価なサードパーティ製部品(海賊版や互換品)に流れるのを防ぐ強力な防壁となっています。

(2) 特許・商標データ分析:ビジネスを保護する法的防壁

以下の表は、キャタピラーの特許ポートフォリオにおける主要な技術分類(CPC: Cooperative Patent Classification)の傾向と、その戦略的意味を示しています。

CPC分類コード	技術領域の説明	推定保有割合・傾向	ビジネス上の含意・戦略的意図
E02F	Earth moving (土工機械全般:掘削、浚渫など)	Core / High Volume	創業以来のコア技術。バケット形状、リンク機構、油圧回路など、ハードウェアの基本的差別化要素を保護し、コモディティ化を防ぐ。
G05D	Controlling non-electric variables (自律走行、位置制御)	Rapidly Growing	自律運転(MineStar Command)の中核。車両の経路制御、ステアリング自動化など、AACE戦略の法的基盤であり、ここ数年で出願数が急増している領域 ¹⁰ 。

H04L	Transmission of digital information (デジタル通信)	Increasing	車両間通信(V2X)、遠隔操作時の低遅延通信プロトコル。IT企業並みの通信技術特許を保有し始めており、コネクティビティ戦略を支える。
G06Q	Data processing for managerial purposes(管理用データ処理)	Stable / Strategic	フリート管理、資産管理、メンテナンススケジューリングなどのビジネスロジック。サービスビジネス(VisionLink等)の独自性を保護。
F02D/F01N	Engine Control / Exhaust(エンジン制御・排気)	Mature / Maintaining	内燃機関の効率化。水素燃焼や代替燃料対応など、脱炭素化に向けた改良発明が継続しており、既存エンジンの延命と環境対応を両立。

【詳細解説: 知財ポートフォリオの変質】

キャタピラーの特許戦略は、明確に「ハードウェア偏重」から「サイバーフィジカルシステム」へと移行しています。伝統的な土工機械(E02F)の特許は依然として多数を占めますが、近年急増しているのはG05D(制御)やH04L(通信)といった、かつては電機メーカーやIT企業の領域であった分野です。これは、建設機械が「単独で動く作業機」から「ネットワークの一部として機能する端末」に進化したことを意味します。

特に注目すべきは、予知保全(Predictive Maintenance)に関連する特許群です。センサーデータの閾値設定や、故障確率の算出アルゴリズム、修理スケジュールの最適化などは、競合他社が容易に模倣できないブラックボックス化されたノウハウであり、これを特許化することで、データドリブンなアフターマーケット市場を独占しようとする意図が見て取れます。例えば、US6735549B2のような「予測保全表示システム」に関する特許³⁶は、故障確率と日付を特定するアルゴリズムをカバーしており、Heliosプラットフォームの根幹を成す技術的権利です。

(3) サービスビジネスとの連動: IPが稼ぐマネー

キャタピラーのIR資料において、サービス収益 (ME&T Services Revenues) は、単なる修理部品の売上以上の意味を持っています。知財と技術がどのようにサービス収益に変換されているか、そのメカニズムを以下に示します。

- CVA (Customer Value Agreements) の高度化:
従来のアフターサービス契約 (CVA) は、定期的なフィルター交換などが主でした。しかし、現在のCVAは「コネクティビティ」が前提となっています 37。VisionLinkを通じて得られる稼働データに基づき、一律の期間ではなく「実際の損耗状態」に応じたメンテナンス (Condition Based Maintenance) が提供されます。これにより、顧客はTCOを削減でき、キャタピラーは長期的な部品供給契約を確保できます。
- EaaS (Energy as a Service) への展開:
Tangent Energyの買収 21 により、キャタピラーは発電機を売るだけでなく、「電力供給の最適化」をサービスとして販売する能力を得ました。グリッドの負荷状況に応じて発電機や蓄電池を制御し、エネルギーコストを削減するソフトウェア技術は、ハードウェア販売に依存しない新たな収益源 (リカーリング型) を生み出しています。

4. オープンイノベーションとエコシステム

提携・M&Aリスト: 技術獲得の戦略的マッピング

キャタピラーは自前主義 (Internal R&D) を基本としつつも、スピードが求められるデジタル・脱炭素領域では、小規模ながらも戦略的に重要なM&Aとパートナーシップを展開しています。

対象企業/パートナー	提携・買収形態	時期	戦略的狙い・獲得技術	引用ソース
RPMGlobal Holdings	買収 (Acquisition)	2025年10月合意 (2026完了予定)	鉱山運営ソフトウェアの完全統合。財務計画、スケジューリング、シミュレーション機能を獲得し、ハードウェア (MineStar) と経	18

			営レイヤーのソフトウェアを融合。約7億2800万ドル規模。	
Tangent Energy Solutions	買収 (Acquisition)	2022年	Energy as a Service (EaaS) 。分散型エネルギー源(DERMS)の監視・制御ソフトウェア技術を獲得し、電力ソリューション事業を高付加価値化。	21
Minetec (Codan Limited)	買収 (Acquisition)	2021年	地下鉱山向け高精度トラッキング。GPSが届かない地下環境での通信・位置特定技術を強化。買収額は1,400万ドルと小規模だが、地下自律化のキーパーツとなる技術。	22
Marble Robot	買収 (Acquisition)	2020年	ロボティクス・自律制御。物流・配送ロボットの技術を建機の自律化に応用。	24
Lithos Energy	出資 (Investment)	2023年	バッテリーパック技術。高耐衝撃性・高性能バッテリーパックの設計・製造	39

			技術へのアクセス確保。	
Nth Cycle	出資 (Investment)	2023年	重要鉱物精製技術。バッテリー材料(ニッケル、コバルト)のクリーンな精製技術への投資。サプライチェーン上流への関与。	39
Infinitum Electric	出資 (Investment)	2021/2023年	次世代モーター。PCBステーター技術を用いた高効率・軽量モーター技術。電動建機の効率化に寄与。	39
Microsoft & Ballard	共同実証 (Collaboration)	2024年発表	データセンター向け水素燃料電池。Ballardの燃料電池とMicrosoftのデータセンター要件を組み合わせ、非常用電源の脱炭素化を実証。	8

【詳細解説:M&Aとベンチャー投資の意図】

キャタピラーのM&A戦略は、「巨額買収による市場シェア拡大」ではなく、「ハードウェアの隙間を埋めるソフトウェアとコンポーネント技術の補完」に重点が置かれています。

特にRPMGlobalの買収は戦略的に極めて重要です。これまでキャタピラーは「現場の機械を動かす(MineStar)」ことには強みを持っていましたが、「鉱山全体の経済性をシミュレーションし、採掘計画を立てる」上位レイヤーは専門ソフトウェア企業が握っていました。RPMGlobalを買収することで、キャタピラーは「計画策定から採掘実行まで」を垂直統合し、鉱山経営のOS(オペレーティングシステム)を握る立場になります。

また、Minetecの買収額は1,400万ドルと、キャタピラーの規模からすれば極めて少額ですが、地下鉱山における「GPSの届かない場所での位置特定」というボトルネックを解消する決定的な技術を手

に入れました 22。このように、ROIの高いニッチ技術の買収を積み重ねることで、エコシステム全体の完成度を高めています。

ベンチャー投資部門(Caterpillar Ventures)を通じて、Lithos Energy(バッテリー)やInfinitum(モーター)、Nth Cycle(鉱物精製)といった、電動化サプライチェーンの重要ポイントに「唾をつけておく」戦略も、将来のサプライチェーンリスク低減に向けた布石と言えます 39。

政府・公的機関との連携

米国エネルギー省(DOE)の支援を受けた水素燃料電池プロジェクトへの参画⁸など、国策との連動も見られます。特に脱炭素技術においては、開発コストが高額で市場形成が不透明であるため、公的資金や実証フィールドを活用することで、初期開発リスクを低減させています。

5. リスク管理とガバナンス(IP Governance)

サイバーセキュリティと技術流出防止体制

キャタピラーにとって、コネクティビティの拡大は「サイバー攻撃リスク」の増大と同義です。150万台以上の建機がネットワークに接続されている現状において、セキュリティ侵害は顧客の操業停止や物理的な事故につながる可能性があります。

- ガバナンス体制:
キャタピラーは、NIST(米国国立標準技術研究所)のサイバーセキュリティフレームワークおよびISO 27001(情報セキュリティマネジメントシステム)に基づいた厳格な管理体制を構築しています 40。24時間365日体制のセキュリティオペレーションセンター(SOC)を設置し、IT(情報技術)とOT(制御技術)の両面から脅威を監視しています。特に、ディーラーや顧客がアクセスするポータルサイト(VisionLinkなど)の認証強化には多大なリソースを投じています。
- サプライチェーンリスク管理:
サプライヤーに対してもサイバーセキュリティ基準の遵守を求めており、第三者機関による評価を実施しています 41。これは、サプライヤー経由での技術流出やマルウェア混入(サプライチェーン攻撃)を防ぐための措置です。

知的財産・トレードシークレット管理

- Miller UK事件の教訓と対策:
過去、サプライヤーであったMiller UK社との間でトレードシークレット(営業秘密)の不正使用を巡る訴訟が発生し、イリノイ州の陪審員によりキャタピラー側に7,400万ドル(約80億円以上)の賠償命令が下された事例があります 42。この事件は、サプライチェーン内での「秘密保持契約(NDA)」の管理不備が原因でした。この苦い教訓から、現在のキャタピラーは契約管理プロセスを抜本的に見直し、共同開発における「コンタミネーション(自社技術と他社技術の混入)」防止を徹底しています。
- 模倣品対策:
「Cat」ブランドの模倣部品に対しては、商標権を行使した法的手続きを積極的行っています。デジタル化が進む中、オンラインマーケットプレイスでの不正な部品販売サイトの監視も強化し、ブランド価値と安全性を守っています 44。

6. 競合ベンチマーク(技術・財務比較)

以下のテーブルは、キャタピラー(CAT)、コマツ(Komatsu)、ジョンディア(John Deere)、ボルボCE(Volvo CE)の主要4社における、R&D投資、技術戦略、および財務指標の比較分析です。

比較項目	Caterpillar (CAT)	Komatsu (KMTUY)	John Deere (DE)	Volvo CE / Group
売上高 (2024/FY23)	~\$64.8B (FY24 Total)	~\$25.0B (FY23 Const/Mining)	~\$55.6B (FY23 Total)	~\$8.4B (FY24 CE Sales)
R&D投資額 / 比率	\$2.1B / 3.3%	\$0.77B / 2.7%	\$2.2B / 3.9%	Group全体で高い比率
自律運転戦略	垂直統合型 (MineStar)。自社技術で完結。690台以上の圧倒的実績。現場の「総取り」を狙う。	オープンプラットフォーム (Smart Construction)。他社機との連携重視。AHSの実績も豊富だが、DXソリューションとしての	農業機械からの技術転用。AI/Computer Visionに強み。建設機械への展開を加速し、精密農業の成功モデルを移植。	電動化優先。自律化は特定のタスク(運搬など)に限定して展開。商用車(トラック)技術の転用。

		広がり強調。		
電動化・バッテリー	パートナーシップ重視。特定サプライヤーへの依存を避けつつ、自社設計パックも開発。大規模なバッテリーメーカー買収は未実施。	買収による内製化。Proterra破綻後、American Battery Solutions (ABS)を買収し、バッテリー技術を確保 ¹⁵ 。	完全内製化。Kreisel Electricを買収し、高密度バッテリー技術(63kWhモジュール等)を自社保有 ¹³ 。	M&A による獲得。Proterraのバッテリー事業を2億1000万ドルで買収し、商用車・建機向けに供給 ¹⁴ 。
サービス/デジタル	VisionLink / Helios 。サービス収益280億ドル目標。統合力で勝負。150万台の接続資産からのデータを独占活用。	Komtrax / Smart Construction 。施工全体のデジタル化(DX)を推進。ドローン測量など周辺技術との連携に強み。	Operations Center 。農業での成功モデルを建設機械に移植。コネクティビティにおいて最強のUXを提供。	Service solutions 。電動機の「Charging as a Service」などに注力。

【詳細解説：競合戦略の分岐点とキャタピラーの立ち位置】

このベンチマークから浮かび上がる最大の洞察は、「バッテリー供給網」と「プラットフォーム思想」の違いです。

1. バッテリー戦略の相違：内製化 vs パートナーシップ

ジョンディア(Kreisel買収)、コマツ(ABS買収)、ボルボ(Proterra買収)の3社は、いずれもバッテリーメーカーを買収し、キーコンポーネントの「内製化」に舵を切りました。特にジョンディアのKreisel買収は、液浸冷却技術などの高性能バッテリー技術を自社に取り込むことで、製品性能の差別化を図っています⁴⁶。ボルボもProterraの資産を安価(2億1000万ドル)に手に入れ、サプライチェーンの安定化を図りました¹⁴。これに対し、キャタピラーは現時点では大規模なバッテリーメーカーの買収を行っておらず、Lithos Energyへの出資³⁹などを通じて技術へのアクセスは確保しつつも、自社生産への巨額投資は避けています。これは、バッテリー技術の進化が早いため、特定の技術に固定化するリスクを避けている可能性があります。世界的なバッテリー不足が起きた場合、垂直統合を進める競合他社に対して供給リスクが脆弱になる可能性もあります。

2. プラットフォームの思想：クローズド vs オープン

コマツは「Smart Construction」において、ドローン測量や3Dデータ管理など、建機以外のプロセスも含めた「施工のDX」を志向しており、他社製建機や周辺機器との連携を前提としたオープンなプラットフォームを売りとしています。一方、キャタピラーの「VisionLink」や「MineStar」は、あくまで「機械(Machine)」を中心とした運用最適化に主眼を置いています。API連携は進

めているものの、基本的には自社の強力な機械のポテンシャルを最大化するためのツールという位置づけが強く、ハードウェアの圧倒的なシェアを持つ王者ならではの「囲い込み戦略」と言えます。

3. R&D効率と規模の経済:

売上規模が圧倒的に大きいキャタピラーは、R&D比率が3.3%程度であっても絶対額では21億ドルという巨額を投じることができます。これにより、電動化、自律化、デジタル、代替燃料という全方位への投資が可能となっています。対してコマツやボルボCEは、リソースを集中させる必要があります。例えばボルボは電動化に特化し、コマツはDXソリューションに強みを持つなど、キャタピラーの全方位戦略に対して「非対称戦」を挑んでいる構図が見て取れます。

7. 公式ロードマップと未確認情報

技術ロードマップ (Time-Series Milestone)

企業発表資料および今回の調査から再構成した、キャタピラーの技術・サステナビリティロードマップです。

- **現在 (2024-2025):**
 - 電動化: 793 XE (大型バッテリートラック) の顧客サイト実証 (Early Learner)。コンパクト電動建機の欧州・北米展開拡大。
 - 自律化: 自律走行トラック稼働台数 700台突破。中型ホイールローダーへのCat Command展開拡大。
 - デジタル: RPMGlobal買収完了 (2026年初頭予定)。VisionLinkへのサードパーティ機統合加速。
- **中期 (2026-2027):**
 - 財務: サービス収益 280億ドル達成。
 - 電動化: 793 XEの商用生産開始 (予想)。充電ソリューションおよびトロリーシステムの普及。
 - 新技術: 水素燃焼エンジンの建機への搭載実証。定置用電源としてのEaaS事業の本格化。
- **長期 (2030):**
 - サステナビリティ: 新製品の100%が前世代比でサステナビリティ向上。事業活動からのGHG排出量30%削減。リマニュファクチャリング事業売上25%増¹⁷。
 - 自律化: 自律走行トラック稼働台数 2,000台達成⁵。完全自律型鉱山ソリューションの提供。

未確認情報(Data Gaps & Watchlist)

今回の徹底調査において、特許DBやIR資料からは以下の事項について具体的なファクトが確認できませんでした。これらは今後のモニタリングが必要な「戦略的空白」です。

1. ギガワット級バッテリー工場の具体的計画:
ジョンディアやボルボがバッテリー生産能力の確保に動く中、キャタピラーが独自のセル生産工場を建設するのか、あるいは特定のサプライヤー(CATL、LGESなど)と長期オフテイク契約を結んでいるのかについて、決定的な公式発表が見当たりません。バッテリー供給のボトルネック解消策は、電動化ロードマップのアキレス腱となり得ます。
2. 建設現場(Construction)における完全自律化の時期:
鉱山(Mining)における自律化ロードマップは明確ですが、環境がより複雑で予測困難な一般建設現場(都市土木など)における「完全自律(Level 5相当)」の建機投入時期については、具体的なターゲット年が公表されていません。現在は遠隔操作(Remote Control)が中心ですが、AIによる自律化がいつ一般現場に降りてくるのかが注目されます。
3. 固体電池(Solid-state Battery)への投資:
次世代電池技術に関する具体的な特許出願や、スタートアップへの大型投資は今回の調査範囲では顕著には確認されませんでした。安全性とエネルギー密度が求められる建機において、固体電池はゲームチェンジャーとなり得るため、水面下での動きに注視が必要です。

引用文献

1. 2023 Annual Report to Shareholders on Form 10-K - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/investors/financial-information/proxy-materials/annual-report-to-shareholders.html>
2. Caterpillar Reports Fourth-Quarter And Full-Year 2024 Results, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/4q24-results-caterpillar-inc.html>
3. Caterpillar Inc., 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/content/dam/caterpillarDotCom/releases/4q24/4q24-caterpillar-inc-financial-results.pdf>
4. Caterpillar aims for \$28 billion in services revenue by using digital technologies, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.digitalcommerce360.com/2025/07/18/caterpillar-digital-28-billion-services-revenue/>
5. Caterpillar sets out to hit over 2000 autonomous mining trucks by 2030, 11月 21, 2025にアクセス、

- <https://im-mining.com/2025/11/07/caterpillar-sets-out-to-hit-over-2000-autonomous-mining-trucks-by-2030/>
6. Cat® 793 XE Early Learner Battery Electric Trucks Begin Testing and Validation at Global Customer Sites | Cat | Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
https://www.cat.com/en_US/by-industry/mining/minexpo2024/news/press-release/s/cat-793-xe-early-learner-battery-electric-trucks-begin-testing-and-validation-at-global-customer-sites.html
 7. Caterpillar Successfully Demonstrates First Battery Electric Large Mining Truck and Invests in Sustainable Proving Ground, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/caterpillar-successfully-demonstrates-first-battery-electric-large-mining-truck.html>
 8. Caterpillar Demonstrates Viability of Using Hydrogen Fuel Cell Technology for Backup Power at Microsoft Data Center, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/caterpillar-microsoft-collaboration.html>
 9. Caterpillar Patents Key Insights & Stats, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://insights.greyb.com/caterpillar-patents/>
 10. Some Facts of High-Tech Patenting Michael Webb, Nick Short, Nicholas Bloom, and Josh Lerner - National Bureau of Economic Research, 11月 21, 2025にアクセス、
https://www.nber.org/system/files/working_papers/w24793/w24793.pdf
 11. Updated: How much do the world's biggest OEMs spend on R&D? - Construction Briefing, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.constructionbriefing.com/news/updated-how-much-do-the-worlds-biggest-oems-spend-on-rd/8061855.article>
 12. Komatsu and Caterpillar excavator comparison : 11,1404,22 月 21, 2025にアクセス、
<https://kavirmachine.com/en/komatsu-and-caterpillar-excavator-comparison/>
 13. Charged EVs | John Deere and Kreisel Electric prepare for "a new era in power" as off-highway vehicle electrification accelerates, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://chargedevs.com/newswire/john-deere-and-kreisel-electric-prepare-for-a-new-era-in-power-as-off-highway-vehicle-electrification-accelerates/>
 14. Volvo completes acquisition of battery business from Proterra Inc. and Proterra Operating Company - PR Newswire, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.prnewswire.com/news-releases/volvo-completes-acquisition-of-battery-business-from-proterra-inc-and-proterra-operating-company-302051137.html>
 15. Komatsu acquiring battery manufacturer ABS with first modules set for mining equipment, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://im-mining.com/2023/11/20/komatsu-acquiring-battery-manufacturer-abs-with-first-modules-set-for-mining-equipment/>
 16. R&D Expenses For Caterpillar Inc (CAT) - Finbox, 11月 21, 2025にアクセス、
https://finbox.com/NYSE:CAT/explorer/rd_exp/
 17. 2024 Sustainability Report - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/company/sustainability/sustainability-report.html>
 18. Caterpillar Inc. Enters Into Agreement to Acquire RPMGlobal, 11月 21, 2025にアク

セス、

<https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/rpm-global-agreement.html>

19. Caterpillar Inc. Releases 2024 Annual, Sustainability Reports Highlighting Customer-Focused and Sustainability Strategies, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://investors.caterpillar.com/news/news-details/2025/Caterpillar-Inc--Release-s-2024-Annual-Sustainability-Reports-Highlighting-Customer-Focused-and-Sustainability-Strategies/default.aspx>
20. CATERPILLAR INC (Form: 10-K, Received: 02/16/2024 10:07:02) - EDGAR Online, 11月 21, 2025にアクセス、
https://content.edgar-online.com/ExternalLink/EDGAR/0000018230-24-000009.html?hash=c0be38a303de016f83be774f5f033867fc843f69d42c3f1450158f8474102868&dest=cat-20231231_hm
21. Caterpillar Acquires Tangent Energy Solutions, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://investors.caterpillar.com/news/news-details/2022/Caterpillar-Acquires-Tangent-Energy-Solutions/default.aspx>
22. June 2021: Caterpillar acquires Minetec for \$14m - Aquaa Partners, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.aquaapartners.com/insights/news/june-2021-caterpillar-acquires-minetec-for-14m/>
23. Codan finally sells Minetec to Caterpillar for \$14 million after three year collaboration, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://im-mining.com/2021/06/02/codan-finally-sells-minetec-caterpillar-14-million-three-year-collaboration/>
24. Caterpillar Inc. - Wikipedia, 11月 21, 2025にアクセス、
https://en.wikipedia.org/wiki/Caterpillar_Inc.
25. Caterpillar Inc. Releases 2024 Annual, Sustainability Reports Highlighting Customer-Focused and Sustainability Strategies, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/corporate-press-releases/h/annual-sustainability-reports-2024.html>
26. Deere Research and Development Expenses 2012-2025 | DE - Macrotrends, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.macrotrends.net/stocks/charts/DE/deere/research-development-expenses>
27. Executing Our Strategy - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/investors/reports/ar-archived-reports/annual-report-2023/executing-our-strategy.html>
28. 2024 Segment Highlights - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/investors/reports/annual-report/segment-highlights.html>
29. US20190258878A1 - Object detection and detection confidence suitable for autonomous driving - Google Patents, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://patents.google.com/patent/US20190258878A1/en>
30. G3516H | 1419kW-2027kW Gas Generator | Cat | Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、

- https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/electric-power/gas-generator-sets/18485094.html
31. VisionLink - Caterpillar Inc., 11月 21, 2025にアクセス、<https://vl.cat.com/visionlink>
 32. New VisionLink® Helps Customers Manage Their Entire Fleets - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/caterpillarNews/2023/visionlink.html>
 33. 3 Things You Should Know About Cat® Inspect - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/caterpillarNews/2022/cat-inspect.html>
 34. Cat® Inspect - App Store - Apple, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://apps.apple.com/us/app/cat-inspect/id1364673170>
 35. Building Value with Big Data - Caterpillar, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/news/caterpillarNews/2022/ar-big-data.html>
 36. US6735549B2 - Predictive maintenance display system - Google Patents, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://patents.google.com/patent/US6735549B2/en>
 37. Customer Value Agreement (CVA) - Thompson Tractor, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://thompsontractor.com/services/equipment-management/customer-value-agreement/>
 38. Tangent Energy Solutions | Stephens, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.stephens.com/investment-banking/transactions/tangent-energy-solutions>
 39. Caterpillar Ventures News, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/company/innovation/caterpillar-ventures/news.html>
 40. Cybersecurity Risk Management and Strategy Disclosure - SEC.gov, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/764764/000076476425000006/R25.htm>
 41. CATERPILLAR INC 10-K Cybersecurity GRC - 2025-02-14, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.board-cybersecurity.com/annual-reports/tracker/20250214-caterpillar-inc-cybersecurity-10k/>
 42. Caterpillar Gets Caught in its Own Butterfly Net - Golan Christie Taglia, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://gct.law/blog/Caterpillar-Gets-Caught-in-its-Own-Butterfly-Net>
 43. The Case of The Buried Non-Disclosure Agreement - James Pooley, Trade Secret Expert, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://pooley.com/the-case-of-the-buried-non-disclosure-agreement/>
 44. Caterpillar Intellectual Property, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.caterpillar.com/en/company/caterpillar-intellectual-property.html>
 45. Battery Systems - KREISEL Electric, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.kreiselelectric.com/products/battery-systems/>
 46. John Deere Unveils Electric Excavator at CES 2023 - For Construction Pros, 11月 21, 2025にアクセス、
<https://www.forconstructionpros.com/equipment/earthmoving/excavators/article/22631472/john-deere-john-deere-unveils-electric-excavator-at-ces-2023>