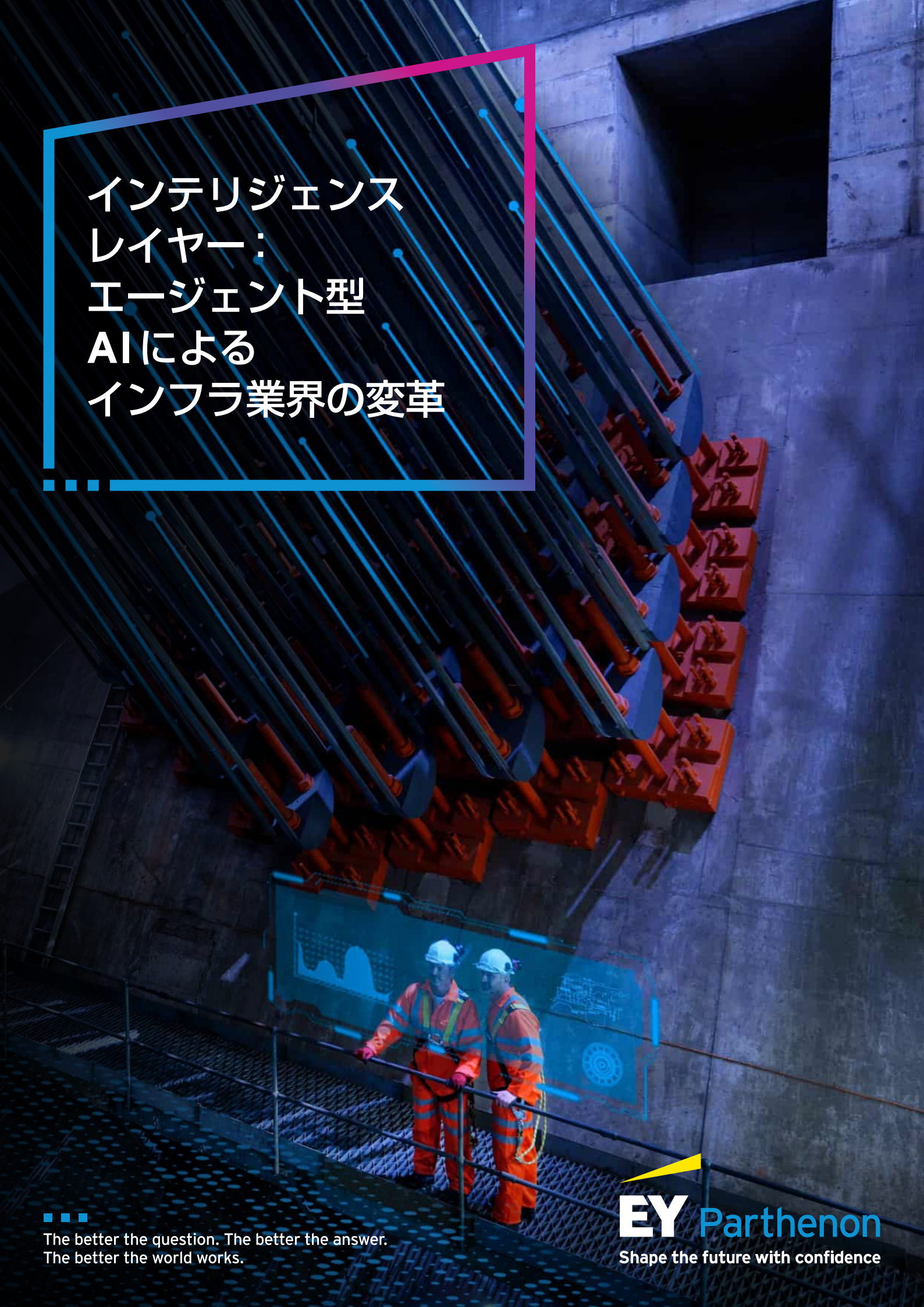




インテリジェンス レイヤー： エージェント型 AIによる インフラ業界の変革

■ ■ ■
The better the question. The better the answer.
The better the world works.

 **Parthenon**
Shape the future with confidence



Contents

はじめに	03
本レポートについて	04
01. インフラ・インテリジェンスレイヤー：将来像	06
02. 現状：なぜ個別施策は全体の成果につながらないのか	14
03. エージェント型 AI とは	18
04. インフラのライフサイクル全体にわたる エージェント型 AI ワークフロー EY Intelligent Capital Orchestrator	22 32
05. 導入・活用の前提条件：ガバナンス、契約、信頼	34
06. 将来環境：AI の多様な進化軌道を見据えて	38
07. 提言：インテリジェンスレイヤー構築に向けて	42
08. 結論：分断されたサイロから統合された インテリジェンスへ	46
執筆協力・謝辞	48
用語集	50
お問い合わせ先	51

にめじち

インフラはこれまでも常に、単なるアセット以上の価値を担ってきました。経済と社会の成長を引き出し、コミュニティをつなぎ、レジリエンスを高め、発展するための基盤を築いてきたのです。インフラのこの使命は現在、かつてないほど喫緊の課題となっています。世界各地において、インフラ領域のリーダー層は、よりスピーディーに大規模な成果の実現が求められる一方で、複雑性の増大、利益率の圧迫、リスクの変化、そして投資家・政府・一般社会からの期待の高まりにも対応する必要があります。

まさにこうした背景から、インフラ領域の次のステージはインテリジェンスによって形づくられていくと考えられます。デジタル化は進展しているものの、依然として多くの価値がシステム、業務機能、組織の間の分断によって失われています。データは豊富に存在する一方で、より良い意思決定に必要な情報は各所に分散されています。高い専門性は蓄積されているものの、領域を超えた連携は依然として容易ではありません。このような状況において、エージェント型AIは大きな可能性をもたらします。分断された情報の統合、ワークフローの高度なオーケストレーション、インフラプロジェクト遂行のライフサイクル全体にわたってより良い意思決定を支援する、インテリジェンスレイヤーとして機能し得るのです。

EYでは、この局面を、現在インフラセクターが直面する最も注目すべき機会の一つと捉えています。エージェント型AIを適切に活用すれば、組織は事後対応型から予測型へ、分断された状態から連携した状態へ、そして漸進な改善策から飛躍的なパフォーマンス向上へと移行できます。同様に重要なのは、インフラ領域の未来はこれからも確固として人間を中心に据えたものであり続けると私たちが考えている点です。エージェント型AIがより高度なインテリジェンスを提供することで、リーダー層やチームは長期的に重要となる価値の創出に直結する意思決定に注力できるようになります。

本レポートでは、今後の展開について、意欲的かつ実現可能なビジョンを示します。また、インフラ組織がこの新たなインテリジェンスレイヤーの可能性を最大限に引き出すために、どのように土台作りを進めていくべきかを考察します。本レポートに示された考えの形成にあたり、ご協力と知見をいただいたNVIDIA社、University of Cambridge工学部のLaing O'Rourke Centre for Construction Engineering and Technology、ならびにFuturity Systems社に深く感謝いたします。

エージェント型AIの可能性をいち早く取り入れようとするインフラ領域のリーダー層は、単にそこでもたらされる変化に適応するだけでなく、変化の方向性を形づくる存在となるでしょう。EYでは、インフラセクター全体のクライアントと連携し、この構想を明確な優先事項として捉え、実践的な意思決定、そして測定可能な成果へと転換する支援を行っています。また、複雑なシステム・オブ・システムズとしてのインフラへの対応を支援し、将来の実現に向けた適切なテクノロジーの土台作りを後押ししています。



Shane MacSweeney
Global Infrastructure Leader



Steve Lewis
Global Infrastructure Technology Leader

本レポートについて

ここ10年間でテクノロジーはインフラ領域全体に、継続的に導入が行われており、インフラ領域におけるデジタル化についてはすでに多くが語られてきました。こうしたテクノロジーへの投資は、確かな成果をもたらしてきたものの、その効果は局所的なものにとどまっており、今後も継続していく必要があります。一方で、それらの成果はセクター全体としての成果につながっていません。

テクノロジーへの投資は着実に増大しているにもかかわらず、生産性は停滞、または低下しています。これは個々のツールの品質に問題があるためではなく、それらをつなぐレイヤーが存在しないためです。レイヤーが存在しないことで、領域固有のデータがばらばらの経路を通じて大量に流入しているにもかかわらず、それらを統合させる仕組みがありません。

こうした状況がもたらす事業上の影響は重大です。Construction Industry Institute (CII) の業界ベンチマークによると、一般的なプロジェクトでは、手戻りだけでも総プロジェクトコストの最大15%を占めます¹。これを2030年までに年間投資額が7兆米ドル近くに達すると見込まれる全世界のインフラパイプラインで考えると、価値損失は毎年数千億米ドル規模にのぼります²。根本原因は同じです。業務機能、組織、システム間のインターフェースにおける連携不足です。

エージェント型AIの登場

エージェント型AIとは、専門AIエージェントが複数のソースから得たデータを基に推論し、相互に連携しながら、人間が定めたガードレールの範囲内でアクションを提案または実行する、目的指向型のシステムを指します。自律性と広範な行動範囲を備えたAIを活用し、複雑なプロジェクトをオーケストレーションするものです。

エージェント型AIを活用することで、インフラプロジェクトに関わるすべての組織、役割、システムを横断するインテリジェンスレイヤーが構築されます。重要なのは、従来から語られてきたように分断されたサイロを解体するのではなく、サイロ間の情報連携を高度化することを目指すものだという点です。インテリジェンスレイヤーは、サイロの上位層として位置します。インテリジェンスレイヤーのエージェントは各サイロにアクセスし、必要な情報を抽出し、それらを意味的に整合させた上で、提供先の利用者の必要に応じて統合されたインテリジェンスを提供します。これはデータ標準化とは根本的に異なるアプローチであり、現在、技術的に実現可能となっています。

本レポートでは、組織が人間のみのチームでは効率的に対応しきれない高度な複雑性に対し、どのようにエージェント型AIが支援を提供し、インフラ領域を変革し得るのかを掘り下げます。アセットのライフサイクル全体でのデータ量が増加する中、課題はもはやデータや情報へのアクセスではなく、それらをタイムリーかつ意思決定に活用可能なインテリジェンスへと転換することにあります。エージェント型AIは、この課題に十分なスピード感と規模感をもって対応できます。一方で、判断、監督、そして最も重要な意思決定に対する責任は、引き続き人間が担い続けます。インテリジェンスをいち早く統合する組織が、今後10年のインフラプロジェクト遂行における競争上のリーダーとなるでしょう。

1. Field Rework: Causes, Quantification, and Solutions by Construction Industry Institute (CII), University of Texas at Austin.

2. "Forecasting infrastructure investment needs and gaps", Infrastructure Outlook, <https://outlook.gihub.org/>

協力組織

本レポートはEY-Parthenonが執筆し、以下に示す方々の知見とご協力をいただいて作成されました。各組織からのインプットにより、エビデンスベース、ケース事例、将来を見据えた分析が強化されました。詳細は「ご協力いただいた皆さまと関係者への謝辞」に記載しています。



01

インフラ・ インテリジェンス レイヤー：将来像



次のようなインフラシステムを想像してみてください。

リーダー層は、変化の兆しが現れた時点で影響を把握できます。オーナーはポートフォリオへの影響をより早期に理解し、運用者はアセットのライフサイクル全体にわたってパフォーマンスを追跡できます。また、投資家、規制当局、プロジェクト遂行チームは、リスク、結果、機会をより包括的に捉えた上で対応できます。このようなシステムでは、インテリジェンスは計画、資金調達、設計、プロジェクト遂行、運用などの領域の境界でも滞ることはありません。領域を横断して機能し続けます。

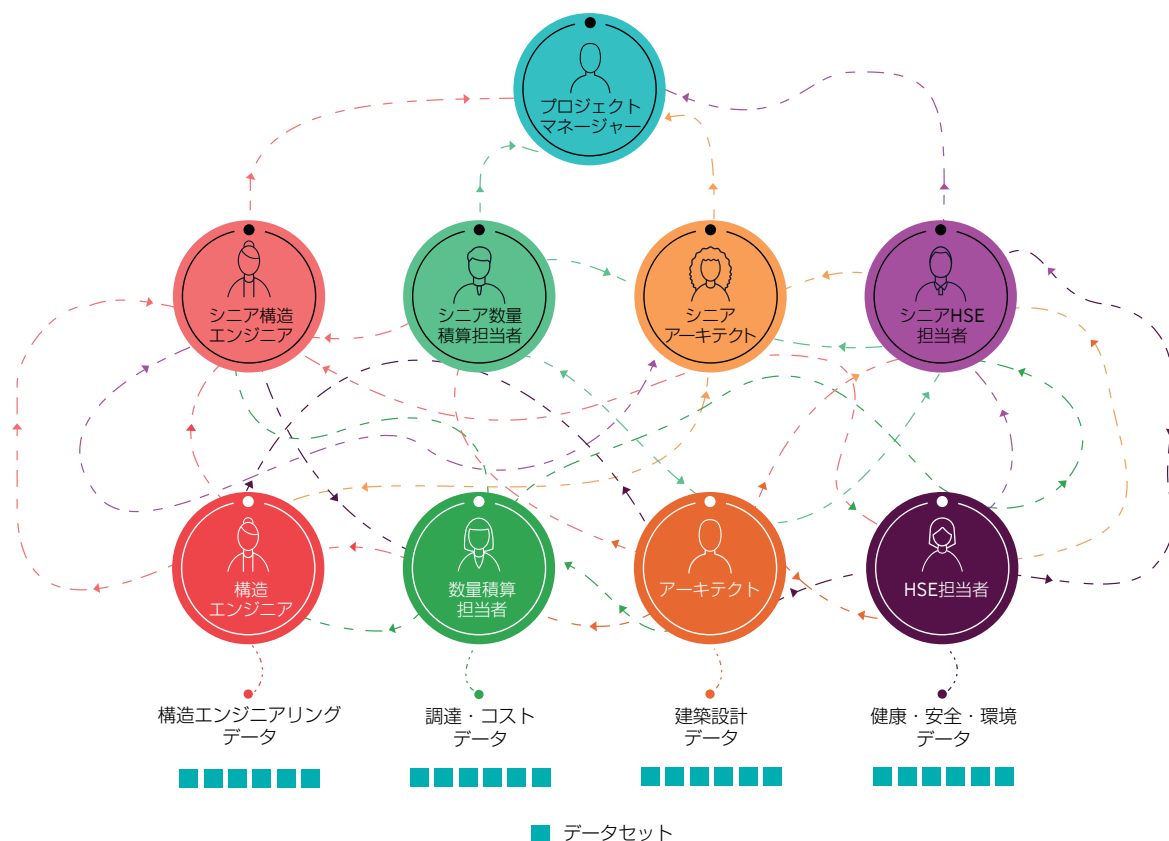
これが重要なのは、インフラ領域のガバナンスが、人間による連携・調整のみではますます困難になっているためです。データ量は増加し、相互依存関係は増大しています。また、意思決定の影響は、事業、技術、運用、公共性に関わる各領域に同時に及ぶようになっています。

図1は、既存のプロジェクト推進のモデルにおいて求められる、複雑な相互依存関係とインテリジェンスの流れを模式的に示したものです。

エージェント型AIは、インフラ領域が依拠するシステム、業務機能、組織間の境界を取り除くのではなく、インテリジェンスレイヤーを構築することで、分断された情報を整合させ、判断と意思決定を担う人々に意思決定に活用可能なインテリジェンスを届けることができます。これにより、各領域の境界を取り除くことなく、インフラプロジェクト遂行の新たな将来像を可能にします。システム全体で見れば、これはリスクの早期可視化、より迅速で十分な情報に基づく意思決定、資本規律の強化、運用のレジリエンス向上、そして組織、業務機能、ライフサイクルの各段階のそれぞれにおける連携不足によって失われる価値を低減できます。

図1

現在のプロジェクト推進は、分断されたデータセットおよび人手に頼った業務機能間の連携に依存しているため、可視性が制約されるだけでなく、領域横断的な意思決定を遅らせています。



インテリジェンスレイヤー： 従来とは異なるアプローチ

インフラセクターにおけるデジタルテクノロジーの活用は、数十年にわたり、サイロの解消という一貫した目標を追求してきました。しかし、こうしたサイロは偶然生まれたものではなく、むしろ領域ごとの専門性を保護するため、各専門領域の説明責任を明確化するため、インフラ領域の資金調達、設計、プロジェクト遂行、運用を支える事業上・組織上の境界を反映するために、合理的な理由があって形成されてきました。このような領域間の境界が、一朝一夕に解消され则认为るのは現実的ではありません。インフラのような大規模かつ複雑なセクターにおいて、解決すべき課題はサイロをなくすことではなく、サイロをまたいだ連携をより効果的に行うことです。

インテリジェンスレイヤーは、サイロを取り除くのではなく、サイロ間のつながりを、より自動化し、より拡張可能で、人間による連携作業への依存が少ないものにします(図2)。

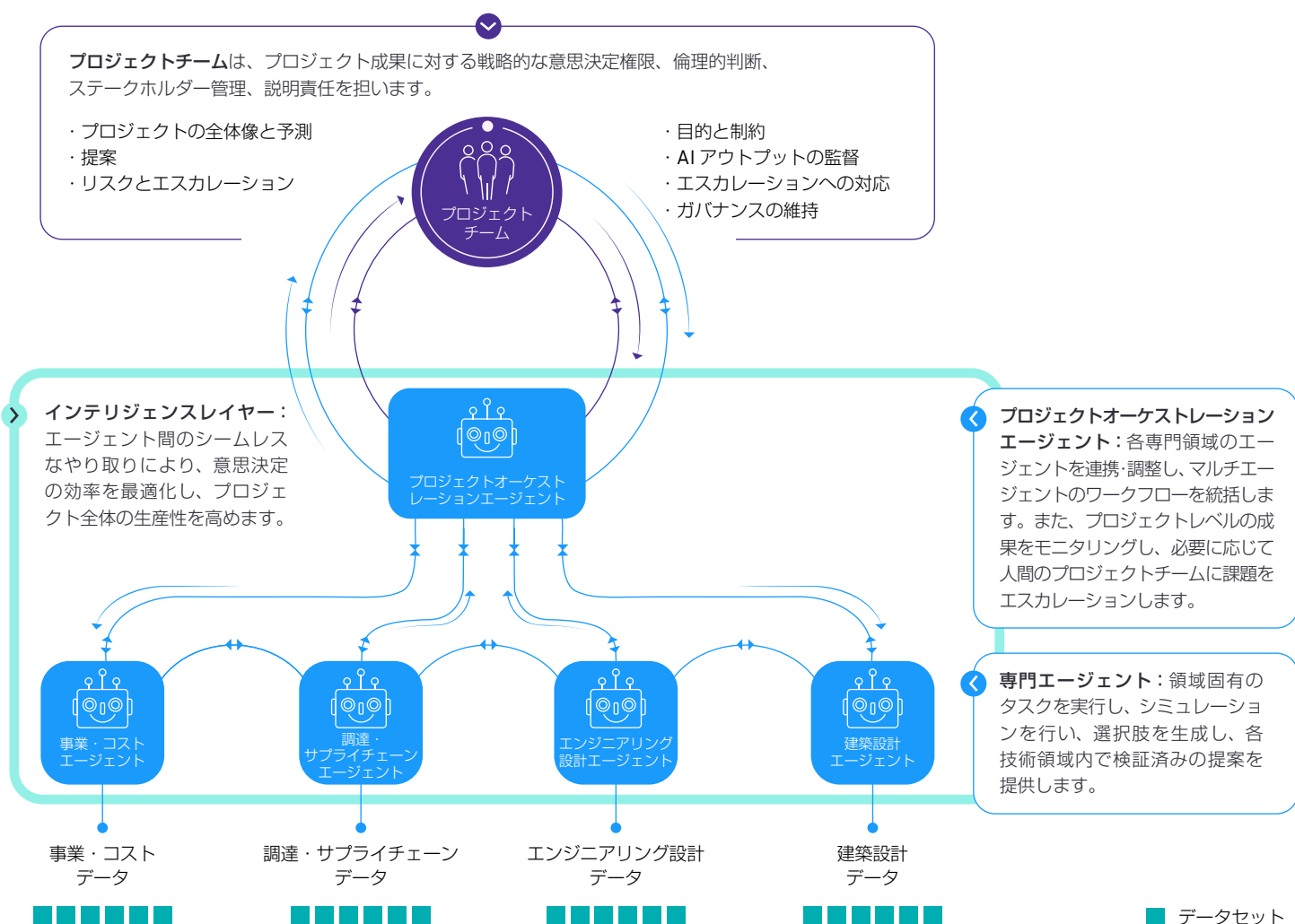
これにより、各サイロ内の専門チームは、他の各領域向けにアウトプットを調整したり、組織間の境界をまたいで情報を収集したり、自ら情報を業務機能横断的な文脈に合わせて統合する必要がなくなります。インテリジェンスレイヤーのエージェントは各サイロにアクセスし、必要な情報を抽出し、それらを意味的に整合させた上で統合され、利用者に応じたインテリジェンスを提供します。

重要なのは、これがデータ標準化とは異なるという点です。すべての組織が同じプラットフォームやフォーマットを採用する必要はありません。データや情報の変換はエージェントが担い、判断は人間が担います。

その影響は大きいものです。現在、人間が時間を大きく費やしているデータや情報の連携・調整の負担はエージェントに移行します。一方で、領域ごとの専門性、専門的判断、説明責任は人間が担い続けます。

図2

専門エージェントが分断されたプロジェクトデータを、インテリジェンスレイヤーを通じて連携し、統合されたインサイトを提供することによって、より迅速で十分な情報に基づく人間の意思決定を支援するエージェント型モデル



ワークフローから成果へ

インフラプロジェクト遂行は、人間による連携・調整作業を前提に設計されたワークフローによって成り立っています。しかし、このようなプロセスには大きな摩擦が伴い、プログラムまたはポートフォリオの規模で捉えると、その摩擦は大幅に増幅します(図3)。

ここで、インテリジェンスレイヤーが、運用上のロジックを転換します。エージェント型AIを活用した環境では、リーダー層が、求める成果、エージェントが行動できるガードレールの範囲、そしてどの場面で人間が意思決定権限を持つか定義します。エージェントは、連携・調整作業の負担を引き受け、システム全体のデータをリアルタイムで監視し、領域横断的に行った分析を統合し、構造化されたインテリジェンスを適切なタイミングで適切な人に届けます。

現在、プロジェクトチームは、領域横断的な影響のアセスメントに数週間を費やしていますが、将来的にはその結果を数時間で入手できるようになります。プログラムディレクターは、月次報告からしかプロジェクト横断的なリスクを検知できませんでしたが、今後は継続的かつエビデンスに基づくアラートを受け取れるようになります。ポートフォリオオーナーは、プロジェクト遂行パートナーのパフォーマンスを四半期ごとにベンチマークしていますが、今後は最新データに基づくリアルタイム比較を参照できるようになります。図4は、複数階層のインテリジェンスレイヤーを備えたエージェント型モデルのポテンシャルを示しており、このモデルによりプログラムおよびポートフォリオレベルのインテリジェンスを引き出せる可能性があります。

一方で、人間の役割が縮小するわけではありません。より重要な領域に集中するようになります。判断、創造性、交渉、倫理的理由付けや説明責任は、人間が担い続けます。

次のようなインフラシステムを想像してみてください。リーダー層は、変化の兆しが現れた時点で、その影響を把握できます。オーナーは、遅延が資本配分に影響する前にポートフォリオへの影響を理解できます。運用者は、アセットのパフォーマンスを、設計、プロジェクト遂行、維持管理に関する意思決定までさかのぼって追跡できます。また、投資家、規制当局、プロジェクト遂行チームは、リスク、結果、機会をより包括的に捉えた上で対応できます。このようなシステムでは、インテリジェンスは計画、資金調達、設計、プロジェクト遂行、運用などの各段階の間で滞ることはありません。領域を横断して機能し続けます。

これが、インテリジェンスレイヤーの将来像です。インフラ領域が依拠するシステム、機能、組織内の境界をセクター全体でなくする必要はありません。インテリジェンスレイヤーは、新たな機能を持った層としてこうした境界の上に横断的に構築され、分断された情報を領域横断的に整合させ、意思決定に活用可能なインテリジェンスを、判断を下し対応する責任者へ提供します。システム全体で見れば、これはリスクの早期可視化、より迅速で十分な情報に基づく意思決定、資本規律の強化、運用のレジリエンス向上、そして組織、業務機能、ライフサイクルの各段階における連携不足によって失われる価値を低減できます。

図3

従来のプロジェクト、プログラム、ポートフォリオの構造は、複数階層の人間による連携・調整が前提となっています。階層全体ではこの複雑性が高まり、報告に伴う摩擦、意思決定の遅れ、可視性をめぐる課題が相乗的に深刻化します。

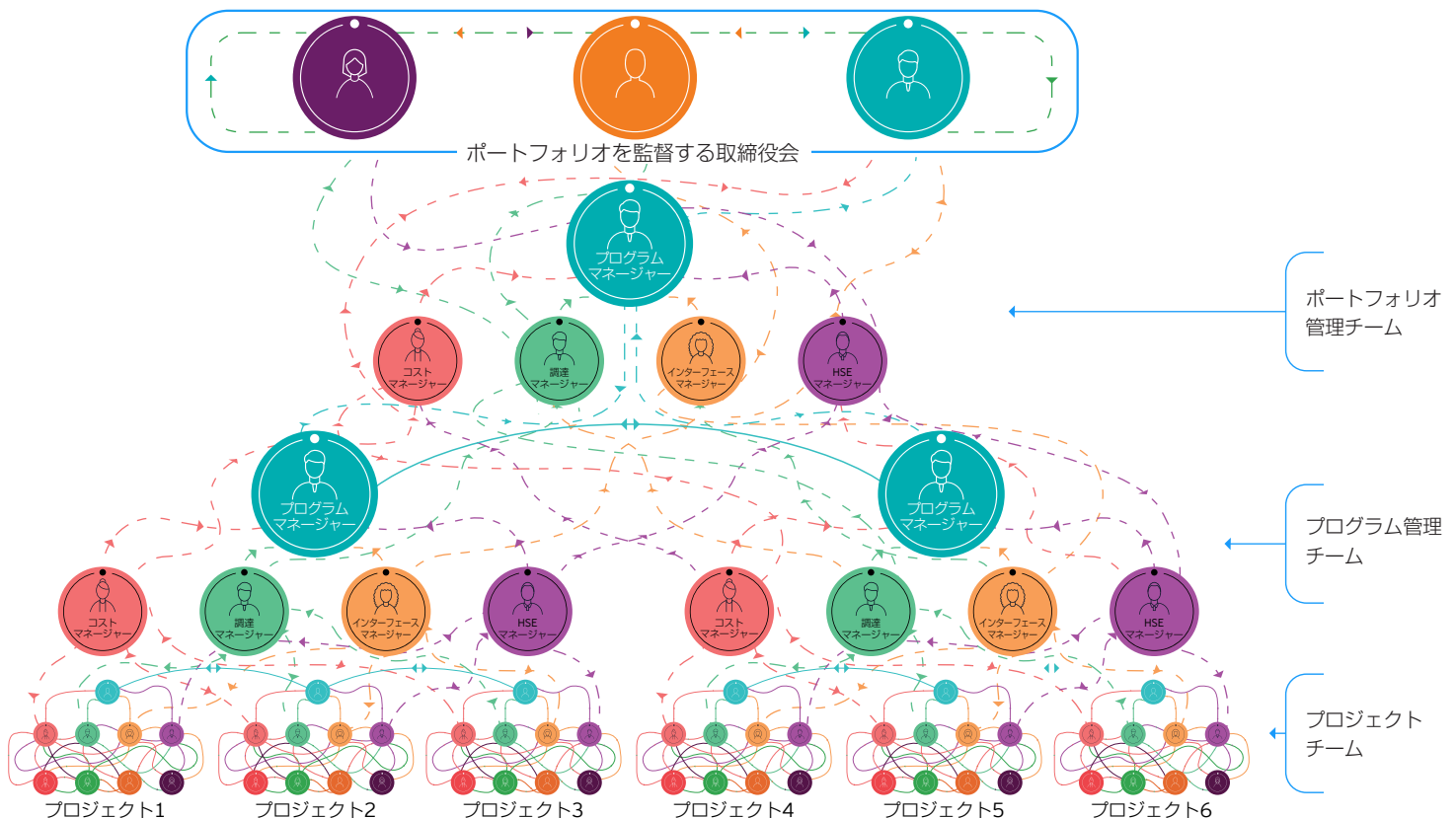
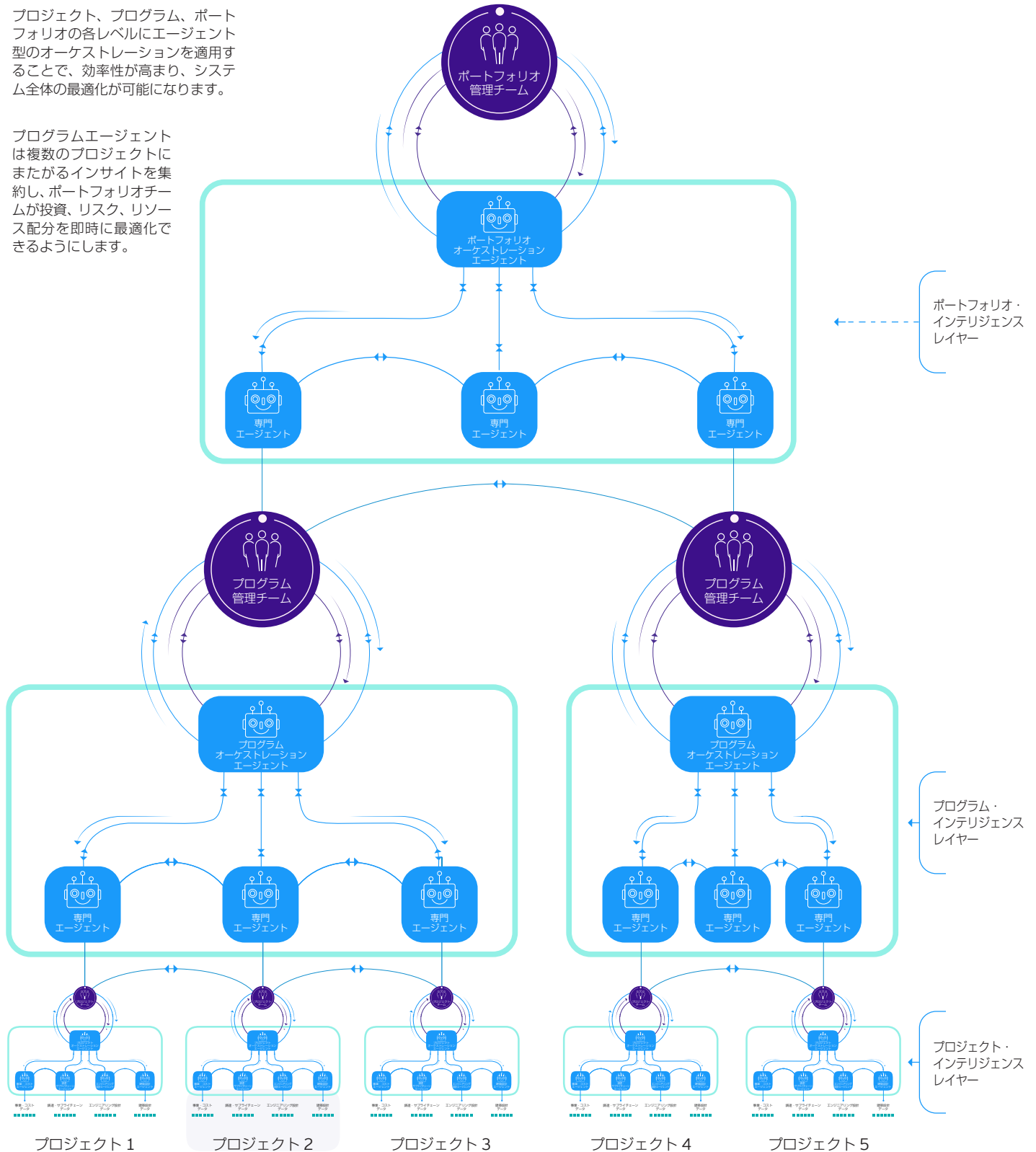


図 4

エージェント型AIは、プロジェクト、プログラム、ポートフォリオの各レベルに階層化されたインテリジェンスレイヤーを導入することで、既存の構造の中で機能しながら、より連携され、タイムリーかつシステム全体を見据えた意思決定支援を可能にします。

プロジェクト、プログラム、ポートフォリオの各レベルにエージェント型のオーケストレーションを適用することで、効率性が高まり、システム全体の最適化が可能になります。

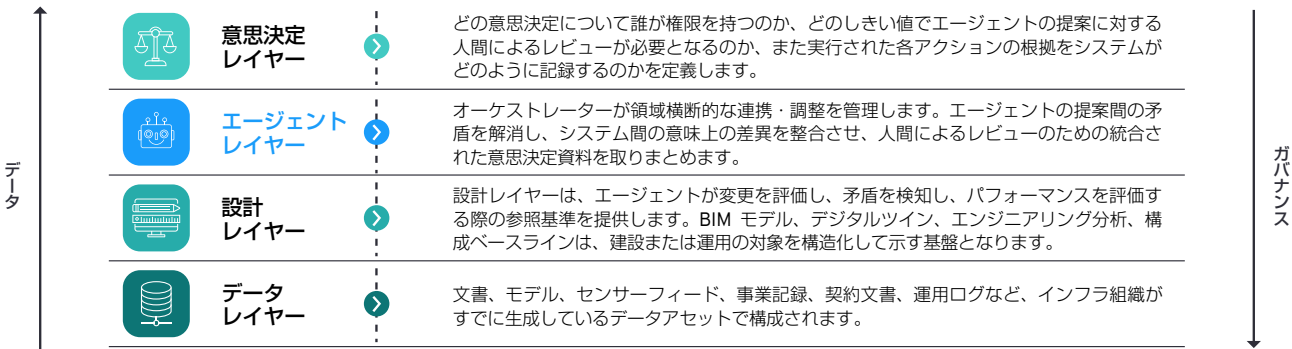
プログラムエージェントは複数のプロジェクトにまたがるインサイトを集約し、ポートフォリオチームが投資、リスク、リソース配分を即時に最適化できるようにします。



将来のリファレンスアーキテクチャー

エージェントによる連携・調整により、既存システムを置き換えるのではなく、その上に構築されるアーキテクチャーが可能になります。リファレンスアーキテクチャーは4つの機能層により構成されます（図5）。判断、創造性、交渉、倫理的理由付けや説明責任は、人間が担い続けます。

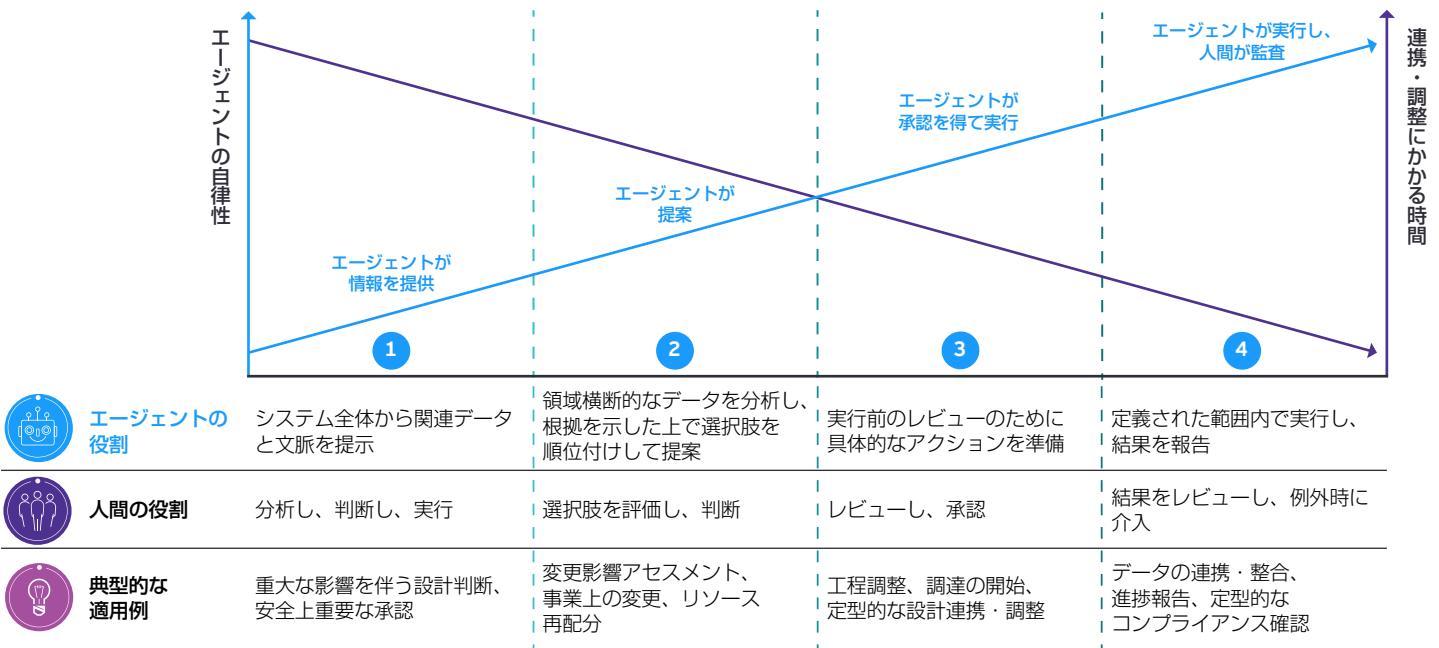
図5 分断されたデータを、意思決定に活用可能なインテリジェンスへと変換するためのリファレンスアーキテクチャー



階層化された自律性モデル

上記に示された将来のアーキテクチャーには、意思決定の種類に応じてエージェントに付与される権限の範囲を管理する、4段階の自律性フレームワークが組み込まれています（図6）。

図6 エージェントの自律的行動範囲が、情報提供から人間の監査下での実行へと高度化するにつれて、プロジェクト遂行チームでの人手に頼ったサイロ横断的な連携・調整にかかる時間は大幅に減少し、より付加価値の高い監督と意思決定業務へ工数を移行します。



ステークホルダー価値

インテリジェンスレイヤーは、インフラエコシステムのステークホルダー全員に価値をもたらしますが、その内容と程度は、役割、リスクの度合い、事業的なインセンティブによって異なります。

1

アセット
オーナー
および投資家

オーナーは、プログラムに対する管理を強化し、プロジェクトが投資計画通りに進んでいることについて、より高い確信を得られるようになります。また、後工程で想定外の問題発生を回避しやすくなります。

2

設計者および
コンサルタント

インテリジェンスレイヤーは、異なるサイロ間のコミュニケーションを支援し、連携・調整に要する時間を短縮し、プロジェクトのライフサイクル全体を通じて設計上の重要な意図が失われないようにします。設計者は創造面および技術面での権限を保持し、エージェントが機能間の連携・調整に伴う負担を担います。

3

請負事業者および
インフラプロジェクト
遂行組織

インテリジェンスレイヤーは、関連するすべての組織と機能が設計上の矛盾に、より早期に対処できるようにすることで、連携・調整の不足を解消します。さらに、継続的なモニタリング、意思決定の迅速化、安全上の強化も支援します。

実例：エージェントがエンドツーエンドで設計変更を管理

一般的なインフラプロジェクトでのシナリオを想定してみます。建設中に重大な設計変更が発生するケースです。この例では、通常どこに時間がかかるのか、複数の組織や機能をまたいで連携・調整の負担がどのように蓄積するのか、そして人間による監督を取り除くことなく、インテリジェンスレイヤーが意思決定サイクルをどのように短縮し得るかが示されています。

トリガーとなる事象の発生

橋梁（きょうりょう）の建設中に、新たな地盤調査データによって、設計段階で想定されていたものとは大きく異なる地質条件が明らかになりました。

これにより、より深い杭打ちと、杭頭部の設計見直しを反映した新たな計画が必要となりました。この設計変更のため、構造設計、排水ルート、仮設工事、施工計画書、コスト、スケジュールなどに影響が及びます。また、関連情報は複数の関係者にまたがって保持されており、各関係者による対応が必要です。

従来のモデル

従来のモデルでは通常、順を追って対応が進められます。まずは構造エンジニアが設計への影響を確認し、変更通知を作成します。その後、設計機能のトップが設計変更の影響を受ける各機能に意見や情報提供を依頼します。各機能はこれを確認し、それぞれの優先順位と業務負担を踏まえて回答を提出します。コストとスケジュールへの影響は別々に評価されることが多く、設計変更の全体像が確定する前に行われます。その後、プロジェクトマネージャーがさまざまなインプットを整合させ、連携・調整のための会議を招集し、クライアントレビュー用の意思決定資料を取りまとめます。意思決定が行われると、その影響を受ける各関係者が人手によって後続の関連システムを更新します。

- **対応結果の典型例**：意思決定サイクルが長期化します。その遅れの多くは、技術的な複雑性だけではなく、引き継ぎ、分断された情報、待機時間、そして意思決定に活用可能な対応案を人手によって取りまとめることから生じます。
- **連携・調整の負担**：意思決定が可能になる前に、必要な意見や情報を収集し整合を図り、複数の組織や機能の足並みをそろえるために、多大な工数が費やされます。
- **手戻りリスク**

将来のエージェント型モデル

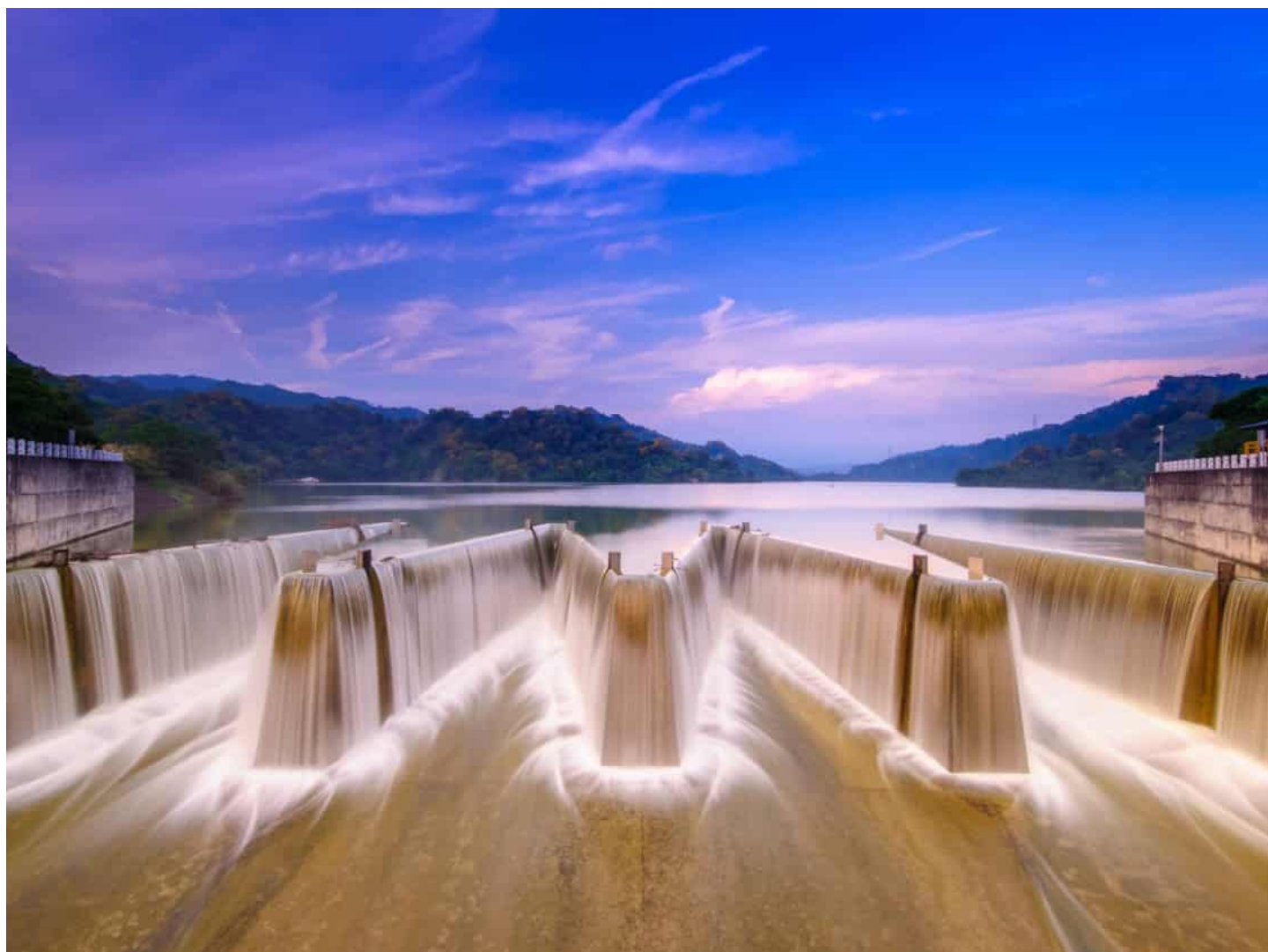
エージェント型AIが全面的に活用される将来環境では、同一の事象に対して、相互接続されたシステムが連携しながら並行的に評価を実施します。データ取り込みエージェントが、当初の設計前提から乖離している点を特定し、オーケストレーターに通知します。オーケストレーターは、関連する領域を横断して同時に影響のアセスメントを開始し、その結果得られた分析を統合し、矛盾点を解消します。そして、事前に定義されたしきい値と権限レベルに基づき、意思決定のための構造化された資料を適切な意思決定者に提供します。意思決定者による承認後、関連する後続アクションがガバナンス要件に従って開始または更新されます。併せて、モニタリングエージェントが結果を追跡し、将来の提案精度の向上につなげます。

- **想定される対応結果**：意思決定サイクルが大幅に短縮されます。人間は、情報収集や整合性の確認ではなく、技術的な検証、専門的判断、承認に重点的に工数を割くことができます。
- **連携・調整の負担**：領域横断的な分析が並行して行われ、意思決定者に届く前に情報が統合されるため、負担は軽減されます。

- **運用面の効果**：プロジェクトチームは管理権限と説明責任を維持しながら、足元の課題とその影響について、より包括的で体系的な理解に基づいて対応できるようになります。

内容を確認し、妥当性を検証し、判断を下すのは、引き続きプロジェクトチームです。ただし、より全体像を把握した上で対応することができます。第4章で紹介するEY **Intelligent Capital Orchestrator (ICO)** は、現在稼働中のプログラムにおいて、すでにこうしたレベルのインサイトを提供しています。

判断は人間が担い続けながら、サイロを横断して連携・調整を行うインテリジェンスレイヤーの将来像は、**EY ICO** などを通じて、すでに現れ始めています。しかし、業界全体ではデータ、意思決定、連携・調整には依然として分断が残っています。本レポートの次章では、こうした業界全体のより広範な実態に目を向け、領域や機能単位の漸進的な改善施策が、なぜシステム全体で成果になりにくいのか、そしてこの実態が今後の展開では何を意味するかについて説明します。



02

現状：なぜ個別施策は
全体の成果に
つながらないのか



インフラセクターは、テクノロジー導入に取り組んでこなかったわけではありません。

しかし、新たなセンサー、スケジュール管理ツール、コンピュータビジョンシステムなどが導入されるたびに、すでにデータで飽和している環境に、さらにデータが上乗せされていきます。テクノロジー投資はこの10年間で着実に増加しているにもかかわらず、生産性は横ばい、もしくは低下しています。こうした矛盾の原因は、個々のツールの品質に問題があるためではなく、より広範なシステムの性質にあります。

以下に示す見解は、本稿の執筆にご協力いただいたUniversity of Cambridgeの研究に大きく基づいています。同大学の研究は、なぜ生産性向上が実現しにくい状況が続いてきたのか、デジタル投資がどこでパフォーマンスにつながり、またつながってこなかったのか、そして建設ライフサイクル全体のどこに改善の可能性があるのかを理解するための、確かな根拠を提供しています。

インフラプロジェクト遂行は単に入り組んでいるのではなく、複雑性を伴います。

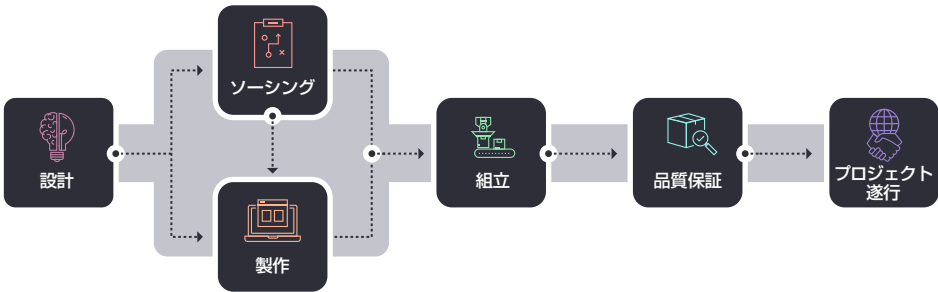
システムには、入り組んでいても予測可能なものもあります。例えば、製造業でのシステムには多くの不確定要素がありますが、それらの相互作用は管理された環境の中で生じ、多くは一方通行で、反復かつコントロール可能です(図7上段でこの概念を模式的に示しています)。このようなシステムでは因果関係が概ね予測可能であることから、その工程は自動化に適しています。

インフラプロジェクト遂行の場合は異なります(図7下段)。インフラプロジェクト遂行の複雑性は、変化し続ける条件や複数の相互依存関係によって成果が左右され、それらが予測しにくく、循環的なかたちで作用し合う点にあります。ある領域での変更が、他の複数の領域にわたって連鎖的に影響を引き起こすことがあり、その影響はしばしば当初から明らかではないのです。

図 7

現代の製造業のプロセスは入り組んではいるものの、管理され、反復可能な一連の流れに沿っています。しかし、インフラプロジェクト遂行はそうではありません。インフラプロジェクト遂行は、技術、経済、社会、政治、環境の各領域にまたがる循環的な相互作用を伴う、複雑なシステム・オブ・システムズです。

製造業システム



建設プロジェクト管理システム

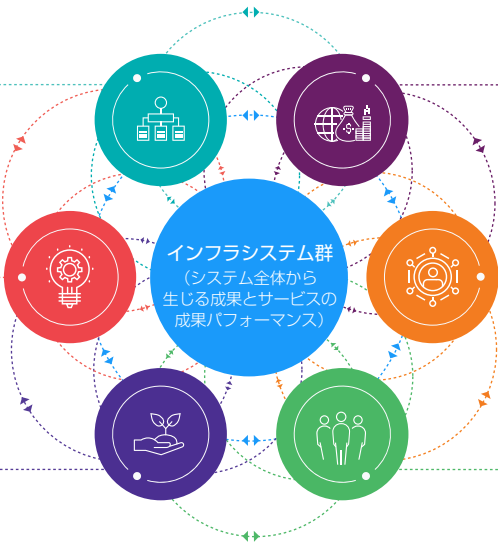
- エンジニアリング設計とバリューマネジメント
- 施工管理、プログラム管理、変更管理
- サービス提供の重要な基盤

テクノロジー

- 技術的能力、イノベーション、統合
- データ要件、データ可用性、管理

環境

- 生物多様性、天然資源、気候への影響に関するサステナビリティ
- 気候レジリエンスに対するレジリエンス



こうした理由から、インフラセクターでは、他のより反復性の高い業界のように、デジタル導入による生産性向上が見られていません。課題は、個別のタスクを自動化することだけではありません。むしろ、

機能、組織、インターフェースの領域にまたがって存在する最大のリスクや非効率を、システムを横断して連携・調整しなければならないことです。

実務上、この複雑性は、インフラ領域の資金調達、計画、プロジェクト遂行、そして管理のあり方を今なお形づくっている、複数の構造的特徴に表れています。

相互依存関係は非線形である：

ある領域での変更が、同時に他の複数の領域にわたって影響を及ぼすことがあります。例えば、地政学的な事象によって、プロジェクトの事業性に影響を及ぼし、調達戦略が見直され、投資判断が遅れることがあります。他にも、設計変更によって、承認、プロジェクト遂行の行程、コスト予測、長期的な運用パフォーマンスに影響が出ることもあります。一見すると局所的な問題に見える問題も、多くの場合は全体に影響を及ぼします。

問題はインターフェースで発生：

単一の原因により、遅延、コスト超過、パフォーマンス上の問題が生じることがほとんどありません。多くの場合、こうした問題は、ある機能や領域では合理的であったはずの意思決定が、他の機能や領域で下された意思決定とぶつかることで発生します。例えば、資金調達上の前提がプロジェクト遂行の実態と合わない場合、設計上の重要な意図や前提が建設段階まで引き継がれない場合、あるいは運用上の要件がプロジェクトの意思決定に十分に反映されていない場合などです。

すべてのプロジェクトはそれぞれの状況に左右される：

インフラは、現実世界における物理的、規制的、政治的、事業上の環境の中で実現されます。何が実現可能かは、資金調達環境、ステークホルダーの期待、用地上の制約、規制制度、アセットの重要度によって左右されます。他のプロジェクトに教訓を生かすことはできますが、まったく同じ方法で管理できるプロジェクトはありません。

多くの意思決定では後戻りが困難：

十分な情報がそろそろ前に継続的に意思決定をしなければならないケースがしばしばあります。後々変更される可能性のある前提条件に基づいて資本構成が決まり、契約が締結され、設計が確定し、アセットの運用が開始されます。こうした意思決定がいったん組み込まれると、方針を変更するのはコストがかかるだけでなく、プロジェクト進行に支障をきたし、政治的にも難しいこともあります。

インフラプロジェクトは多くのステークホルダーに分散して進められる：

大規模なインフラプログラムは、長期にわたり、複数の組織、システム、契約関係に依存します。投資家、オーナー、設計者、請負事業者、運用者、規制当局は、それぞれ全体像の一部しか把握していません。その結果、プロジェクトの過程に限らず、アセットのライフサイクル全体において連携・調整そのものが大きな摩擦要因となります。

テクノロジー面での課題は明確です。インフラセクターにデジタルツールが不足しているわけではありません。領域・機能個別に生じたデジタル化の成果を、システム全体のパフォーマンスへと転換する力が不足しているのです。University of Cambridgeの研究によると、英国における Building Information Modeling (BIM) の認知度が2011年の10%から2020年には70%超へと上昇し、セクターの資本ストックに占めるITハードウェアおよび計上済み無形資産の割合も1997年の6%から2020年には14%へと増加したにもかかわらず、生産性はおおむね横ばいにとどまりました³。

分断がもたらすコスト

こうした状況の事業上の影響は重大です。The Laing O'Rourke Centreが2023年に実施した建設分野の生産性に関する108件の研究をレビューした結果、このような分断がもたらすコストは、繰り返し発生する3つの価値損失の形態によって説明できます⁴。

意思決定の遅れとそれに伴う

遅延：

スケジュールに関連する要因が31件の研究で重要な課題として特定されており、作業員の待機時間や運用上の遅延が継続的に損失を生んでいることが示されています。こうした遅延は、多くの場合、プロジェクトをまたぐ連携・調整が十分に行われていないために起こります。

手戻りと品質不良：

手戻りの影響とコストは18件の研究で検証されています。手戻りの発生割合と発生時期はいずれも労働生産性に影響を及ぼし、累積していくことで大きな負担となり得ます。変更が遅い段階で行われるほど、やり直す作業も増えるため、手戻りに伴うコストは高くなります。

連携・調整の負担：

労務関連の要因は、コストを押し上げる大きな要因として特定されています。作業班の構成、下請構造の複雑さ、職種間の調整といった課題が、47件の研究で指摘されています。従来の生産性測定では、このような大規模な連携・調整にどれほどの負担や労力が必要なのかを、正確に示すことは容易ではありません。

インフラセクターにおける 機会の規模

業界ベンチマークでは、手戻りコストは総プロジェクト支出の最大15%に上るとされています。また、CIIの研究では、その割合は現場で直接発生する手戻りだけでも平均5%に達することが示されています⁵。スケジュール遅延、手戻りに伴う請求、変更管理に伴う連携・調整の負担などの間接コストを含めると、この割合はさらに高くなります。Global Infrastructure HubとOECDは、世界のインフラ領域には2030年までに年間7兆米ドル近い投資が必要になると推計しています⁶。世界のインフラパイプライン全体で見ると、控えめに見積もっても毎年数千億米ドル規模の価値が失われています。



4. Rathnayake, A., & Middleton, "Systematic Review of the Literature on Construction Productivity.", Journal of Construction Engineering and Management, March 2023, via Laing O'Rourke Centre for Construction Engineering and Technology, University of Cambridge.

5. Field Rework: Causes, Quantification, and Solutions by Construction Industry Institute (CII), University of Texas at Austin.

6. "Forecasting infrastructure investment needs and gaps", Infrastructure Outlook, <https://outlook.gihub.org/>.

03

エージェント型 AIとは



エージェント型AIは、インフラセクターがすでに活用しているテクノロジーと、次の3つの点で異なります(図8)。

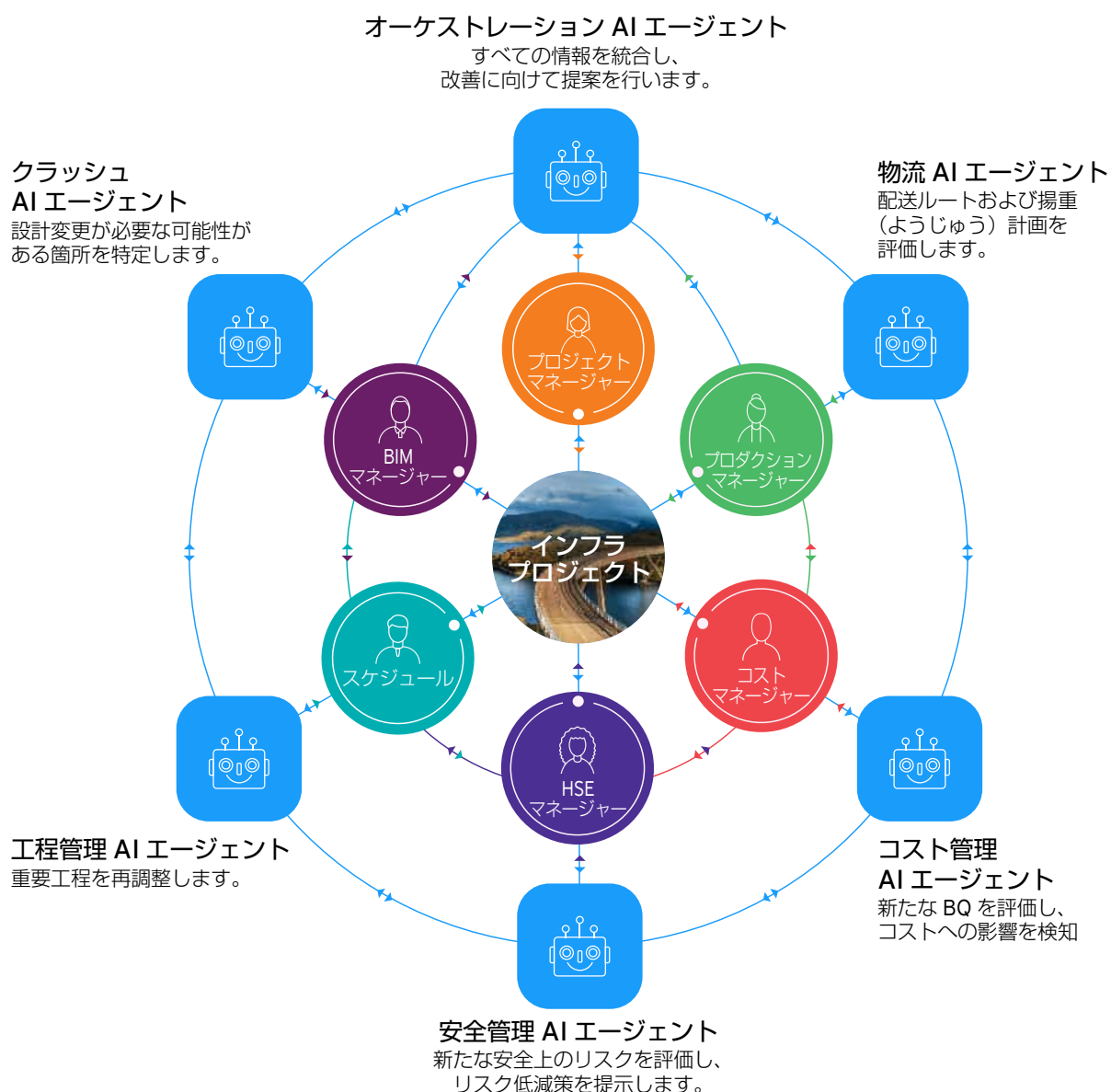
- エージェント型AIは、単なる自動化ではありません。自動化は、定義された範囲内で、あらかじめ定められたプロセスを加速するものです。一方で、領域横断的な影響を考慮したり、過去的意思決定を記憶したり、他のツールと連携したりする点には限界があります。エージェント型AIは、境界を越えてインテリジェンス、ワークフロー、実行をオーケストレーションします。
- エージェント型AIは、単なる会話型インターフェースではありません。チャットシステムとして導入される大規模言語モデル(LLM)

は、依然として受け身の運用にとどまり、プロンプトに応答した後、次の指示を待ちます。これに対し、エージェント型AIは、推論、計画、ツールの使用、調整を含む、より広範なアーキテクチャーの一要素として言語モデルを活用します。

- エージェント型AIは、単一の予測モデルではありません。エージェント型AIは、複数の領域をまたいで連携します。リスクの兆候を取り込み、領域横断的な影響を推論した上で、統合された分析を、実行する権限を持つ人間に提供します。

図8

エージェント型AIは、専門エージェントによる協調ネットワークとして機能します。各エージェントが領域をまたいでインテリジェンスを提示、分析、共有し、オーケストレーターがインサイトを統合して、人間の意思決定者に提供します。



エージェント型 AI の中核コンポーネント

エージェント型 AI は、アーキテクチャーを構成する 5 つのコンポーネントによって支えられています。それぞれが固有の機能を担いますが、真の価値はそれらが統合されることで生まれます。

これらのコンポーネントが組み合わさることで、単独の自動化を超える有用性が生まれます。エージェント型システムは、文脈を解釈し、ルールを適用し、関連情報を活用しながら、連携の取れた形で対応を支援できます。

インフラ領域では、機能、システム、ライフサイクル段階の間で価値が失われることが少なくありません。適切に構築されたエージェント型スタックは、こうした摩擦の低減、情報の一貫性の向上、意思決定支援の強化に寄与し、組織が知識を長期にわたって保持・活用しやすくする可能性があります。

1

推論と高度なオーケストレーション：

オーケストレーターは、複雑な問題をより単純なタスクに分解し、それらを専門エージェントに割り当てた上で、各エージェントの分析結果を整合し人間によるレビューに適した統合分析としてまとめます。このような分散型のアプローチは、Anthropic 社が自社のマルチエージェント研究システムを対象に実施したエンジニアリング研究でも有効性が示されています。同研究では、定義された範囲とツールアクセスを持つ専門サブエージェントに複雑な分析を分散させることで、単一の AI モデルによるアプローチよりも信頼性の高い分析結果を得られることが示されています⁷。

2

マルチエージェント連携：

複雑なシステムでは、独立して動作するエージェントが全体目標と矛盾する結果を生み出す可能性があり、これが継続的な課題となります。この課題には、共有された情報環境、明示的な制約、人間の意思決定者に到達する前に矛盾を解消する能動的なロジックを組み合わせて対応できます。

3

記憶と文脈：

インフラプログラムは数年にわたって実行されます。短期・長期の双方にわたってインサイトを取得するエージェントを活用することで、過去データを失わずに保持できます。これにより、システムが生成する知見は、使用を重ねるにつれて向上します。

4

ツール統合：

エージェント型 AI のエージェントは、定義されたインターフェースを通じて、BIM プラットフォーム、スケジュール管理エンジン、コストデータベース、文書管理システム、センサーネットワークと連携します。従来型の統合は、固定スキーマや事前にコード化されたマッピングに大きく依存します。これに対し、エージェント型システムは、セマンティック（意味的）な整合機能を用いて、構造や語彙が異なるシステム間の情報を動的に解釈し、整合させることができます。

5

ガバナンスとポリシー統制：

エージェント型システムによるすべてのアクションは、追跡可能かつ監査可能であり、帰属が明確でなければなりません。ガバナンス統制は、エージェントが使用できるデータソース、実行できるアクション、提案ごとにシステムが根拠を記録する方法を定義します。

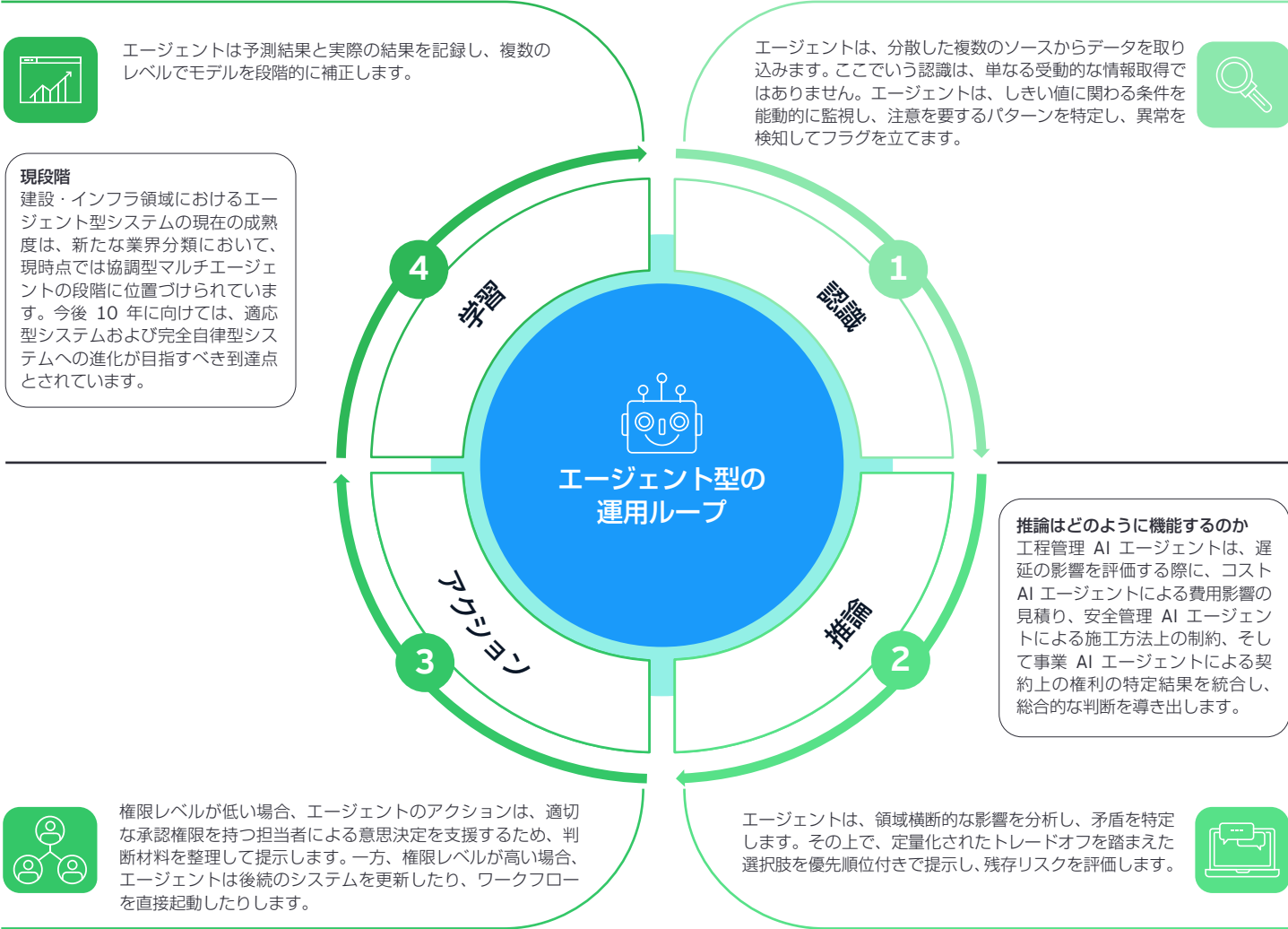
7 “How we built our multi-agent research system”, Anthropic website, anthropic.com/engineering/multi-agent-research-system.

エージェント型の運用ループ

エージェント型システムは、4つのフェーズから成る継続的なサイクルを通じて動作します。このサイクルは、インフラプロジェクト遂行のあらゆる領域に適用できます。また、その継続性により、現在の多くのプロジェクト意思決定の前提となっている、定期的なレポートを起点としたサイクルとは一線を画します (図9)。

図9

エージェント型の運用ループは、エージェントが継続的にデータを取り込み、領域をまたいで推論し、制約された範囲で行動し、結果から学習するプロセスを示しています。これにより、現在のプロジェクト遂行モデルにはない、動的な意思決定サイクルが形成されます。



運用ループが重要なのは、知見を具体的な成果へと結び付ける点にあります。単一の答えを生成してそこで終わるのではなく、状況の把握が対応に反映され、対応がフィードバックを生み、さらにそのフィードバックが将来のパフォーマンス改善につながる継続的なサイクルを形成します。

これは、条件が時間とともに変化し、新たな情報が明らかになるたびに意思決定を見直す必要があるインフラ領域において、特に重要です。その結果として生まれるのは、単なる自動化の拡大ではなく、人間の判断、システムの学習、組織に蓄積された知識が相互に補強し合う、より適応力の高い運用モデルです。

04

インフラのライフ サイクル全体にわたる エージェント型 AIワークフロー



インフラのライフサイクル全体でインテリジェンスレイヤーがどのように機能するかをより具体的に示すため、本章では、5つの典型的なワークフローシナリオにおける適用例を紹介します。これらの例は、単一機能内の自動化では実現できない形で、エージェント型AIが機能、システム、組織をまたいでどのように連携し得るかを示しています。

各例において、インテリジェンスレイヤーは、インフラセクターで既に活用されている各種ツールの上に位置し、それらを協調的な運用ループによって接続します。既存システムを置き換えるのではなく、設計、プロジェクト遂行、事業、安全、運用といった各領域にまたがる情報を整合することを支援します。これにより、チームは、より迅速に、かつ人手による作業を抑えながら、意思決定に活用可能な知見を得ることができます。

これらの例はあくまで例示的なものですが、その基盤となる構成要素は仮説上のものではありません。本章では、共同執筆者であるNVIDIA社が提供する実際のテクノロジー事例を随所に取り上げ、このアーキテクチャーを構成する要素が、現時点ですでに導入可能であることを示しています。これらの事例は、本稿で論じるインフラ領域のユースケース全体を網羅するものではありませんが、本モデルの主要なコンポーネントが、実環境ですでに技術的に実現可能であることを示しています。



シナリオ 1 設計変更の高度なオーケストレーション

最初のワークフローシナリオ例では、第1章で取り上げた設計変更のシナリオに立ち戻ります。この例は、インフラプロジェクト遂行の中心にある調整上の課題を示しています。単一の変更イベントであっても、設計、建設、スケジュール、コスト、事業上のリスクの度合い、後続の運用にまで、即時に影響を及ぼす可能性があります。しかし、現在のモデルでは、こうした影響は通常、個別に評価された後、人手により統合されます。

エージェント型モデルでは、この調整サイクルが直ちに開始されます。トリガーとなる事象が特定されると同時に、運用ループ（認識・推論・実行・学習のサイクル）が作動し、オーケストレーターが専門エージェントを並行して起動します。事業エージェントは契約上の影響を特定し、他のエージェントは設計への影響、スケジュールへの支障、プロジェクト遂行への影響、潜在的な運用上の影響を評価します。各機能が順番にレビューを完了するのを待つのではなく、インテリジェンスレイヤーが関連するサイロを同時に横断し、論点に対する構造化された分析結果を組み立てます。

その結果、人間がプロセスから排除されるのではなく、より包括的な全体像があらかじめ整理された段階で、関与できるようになります。エンジニア、プロジェクトリーダー、事業チームは、分断されたシステム間でインプットを収集するのではなく、検証、判断、意思決定に注力できるようになります。

ケーススタディ 1: NVIDIA Omniverse DSX Blueprint : デジタルツイン主導による AI インフラ設計・最適化

概要

NVIDIA Omniverse DSX Blueprint は、設計、シミュレーション、運用を単一の環境に統合したインタラクティブなデジタルツインを構築するためのリファレンスアーキテクチャーです。ギガワット規模の AI ファクトリーにおける設計から運用までの一連のプロセスを加速することを目的としています。この Blueprint は、Omniverse と OpenUSD を基盤として構築されています。大量のデータを効率的に処理するためのスケーラブルなデータ交換基盤として設計されており、多様なシーンデータを取り込めるだけのオープン性も備えています。

カスタマイズされた Blueprint を活用することで、プロジェクトチームは、実際の施設整備に着手する前に、複数の選択肢を構成し、シナリオを検証し、その結果を比較することができます。同時に、インフラ設計において、よりスケーラブルで効率的、持続可能かつ統合的なアプローチによるメリットを享受できます。構成、シミュレーション、運用上のインサイトを単一の環境に統合することで、カスタマイズされた Blueprint は、パフォーマンス最適化の高度化と、より十分な情報に基づく意思決定を支援します。

エージェントの主な機能

- 物理データと運用データを、設計、シミュレーション、計画に活用できる共有デジタルツインへ統合します。
- 代替構成を比較し、パフォーマンス、効率性、サステナビリティ、コストへの影響を可視化します。
- 建設または変更に先立ち、熱・電気シミュレーションを含む「what-if (仮説)」シナリオを実行します。
- 共有された OpenUSD アセットを活用し、エンジニアリング、運用、サプライヤー間の多分野連携を支援します。
- AI 主導の信頼性向上、予知保全、ワークロードまたはアセット最適化を通じて、運用領域への展開を支援します。

インフラ業界への適用可能性

DSX は AI ファクトリーに焦点を当てたものですが、その基盤となるアプローチは、より広範なインフラ領域にも応用可能です。具体的には、設計、エンジニアリング、運用上の制約を 1 つのデジタルツインに取り込み、意思決定が行われる前に、エージェントがより適切な選択肢を検証し、取りまとめるという考え方です。

想定される適用例は以下のとおりです。

- **エネルギーセンター共同設計エージェント**は、詳細設計が確定する前に、プラント、冷却、電気、レイアウトの選択肢を比較します。
- **鉄道車両基地または駅レイアウトエージェント**は、設備配置、旅客または運行サービス、建築設備を 1 つのモデル上で統合的に検証します。
- **空港または物流ハブ構成エージェント**は、処理能力とレジ



シナリオ2 設計管理

2つ目のワークフローシナリオでは、個別の変更イベントから、日々のプロジェクト遂行管理へと焦点を移します。現在の大規模プロジェクトにおける管理は、多くの場合、複数のシステムからデータを抽出し、人手によって集約した上で、事後的にレビューする定期的な報告サイクルに依存しています。そのため、マネジメントの注意が向けられるのは、問題がすでに顕在化し、影響が広がった後になることが少なくありません。

エージェント型モデルは、この定期的な報告サイクルを継続的な調整へと置き換えます。スケジュール管理エージェントは最新のプログラムに対する進捗を追跡し、生産性エージェントは実績を計画上の生産指標と比較します。また、リソースエージェントは、作業面全体にわたる労務、設備、資材の投入状況を監視します。遅延や乖離が生じた場合、関連するエージェントは単にそれを報告するだけではありません。隣接する作業への影響を評価し、他工程の前倒しや加速によりその影響を吸収できるかを検証し、想定されるコスト影響を定量化します。

その後、オーケストレーターが意思決定に向けた選択肢を取りまとめ、次回の報告サイクルを待つのではなく、数時間以内にプログラムディレクターまたはプロジェクト管理責任者へ提示します。これにより、プロジェクト遂行管理は、人間のチームが意思決定権限を保持したまま、過去を振り返る報告中心のアプローチから、将来を見据えた介入型のアプローチへと移行します。

シナリオ3 安全とリスク管理への介入

3つ目のワークフローシナリオ例は、エージェント型の連携が安全・リスク管理をどのように支援し得るかを示しています。インシデントは、単一の障害によってではなく、複数の条件が同時に重なり合い、相互に作用することで発生するケースが少なくありません。実務上、こうしたシグナルは、異なるシステムや機能に分散していることが多く、1

ケーススタディ 2 : NVIDIA Blueprint for video search and summarization (VSS)

概要

企業内動画のうち、インサイト抽出のためにレビューされているものは1%未満にとどまります。建設現場やインフラの制御室など、カメラに依存する業界にとって、これは、インシデントが見逃され、点検が人手に依存し、対応時間が長期化する可能性があることを意味します。NVIDIA 社の VSS Blueprint 上に構築された AI エージェントは、こうした状況を変えつつあります。VSS Blueprint は、動画分析 AI エージェントを構築するためのリファレンスアーキテクチャーです。ライブ動画または録画動画を自然言語で検索、要約、問い合わせできるようにし、リアルタイム処理およびバッチ処理、アラート、イベントレビュー、検証、物体追跡を支援します。この Blueprint は、動画をリアルタイムの100倍の速度で要約することができ、1時間分の動画を1分未満で処理できます。また、数百の動画ストリームを同時に処理する能力も備えています。

VSS を単なる動画分析ツール以上のものにしてしているのは、そのエージェント型アーキテクチャーです。エージェントは、単に検索を行うだけではありません。自律的に推論し、検証し、要約し、必要なアクションを実行します。安全エージェントは、単にインシデントを検知するだけではありません。人間の介入を待たずに、インシデントレポートを生成し、アラートを検証し、関連チームに通知します。

エージェントの主な機能

- リアルタイム処理モードおよびバッチ処理モード
- 高度な動画検索
- 動画要約
- 対話型質問応答 (QA)
- アラートおよび VLM-as-a-Judge によるアラート検証
- エージェント型イベントレビューおよび検証
- 物体追跡
- NVIDIA Cosmos Reason VLM を活用したマルチモーダルモデル融合

インフラ業界への適用可能性

- **安全カメラ点検エージェント**は、現場映像をレビューし、安全上の懸念事項を検知し、インシデントの要約を作成します。
- **橋梁点検ドローンエージェント**は、ドローン動画をレビューし、欠陥や異常を特定し、点検メモを作成します。
- **制御室動画検索エージェント**は、アーカイブ映像を検索し、複数のカメラ映像を横断して確認されるインシデントを説明します。
- **空港運用エージェント**は、防犯カメラをレビューし、インシデントを即時に特定・対応することで、旅客の待機時間を最適化します。
- **スマートシティエージェント**は、動画ストリームを分析し、重要な問題をリアルタイムで要約します。

シナリオ 4

事業・契約インテリジェンス

4つ目のワークフローシナリオ例では、インフラプロジェクト遂行の中でも特に文書と判断への依存度が高い領域の一つである、事業・契約管理に焦点を当てます。大規模プロジェクトでは、複数の契約および契約相手方にまたがって、支払義務、契約上の権利関係、通知要件、変更、請求発生リスクの度合いを継続的に追跡する必要があります。多くの場合、基礎となる情報は存在しています。しかし、チームはそれを依然として人手により取りまとめる必要があり、しかも対応が遅すぎることも少なくありません。

インテリジェンスレイヤーにより、事業エージェントは契約上の履行状況をほぼリアルタイムで監視します。事業エージェントは、出来高を追跡し、当初の事業上の前提とのずれを検知するとともに、契約上の対応が必要となる可能性のある条件を特定します。契約遵守エージェントは通知要件や期限リスクを特定し、変更管理エージェントは関連契約やワークパッケージにまたがる変更の後続的な影響を追跡します。

これを単なる分析ではなくエージェント型の仕組みにしているのは、より広範なプロジェクト遂行システムと接続されている点です。オーケストレーターは、事業エージェントを設計、プロジェクト遂行管理、安全管理の各エージェントと連携させます。これにより、設計変更やプロジェクト遂行上の支障が発生した際、事業上の影響が技術的な影響とあわせて評価されます。事業チームは、文脈に即して構造化されたインテリジェンスを受け取ることで、より早い段階で、より確かな根拠に基づいて行動できるようになります。

ケーススタディ 3 : NVIDIA Nemotron と NeMo Retriever による文書インテリジェンス

概要

業界では、多様かつ急速に増加する文書の中に埋もれた重要な知見を見つけ出すことに苦慮するケースが少なくありません。その結果、チームは時間のかかる人手によるレビュー業務や、複雑な文脈におけるニュアンスを捉えきれない断片化されたツールに依存せざるを得ない状況にあります。NVIDIA Nemotron LLM と NeMo Retriever は、大量の企業コンテンツを対象とした文書インテリジェンスエージェントを構築するためのリファレンスアプローチを提供します。NeMo Retriever は、非構造化データ (PDF、DOCX、HTML、CSV、TXT など) の取り込みを加速し、テキスト、チャート、グラフ、表などの情報を抽出して、分析や活用に向けて参照可能な形にします。一方、Nemotron モデルは、抽出されたコンテンツ全体にわたって、根拠に基づく検索、推論、回答生成を可能にします。このスタックは、構造化抽出を担う Nemotron Parse に加え、テキスト、表、チャート、画像を横断するマルチモーダル検索、最適な検索・推論モデルを選択するためのモデルルーティング、ならびに根拠に基づく回答を支える組み込みの追跡可能性で構成されています。これらは合わせて、NVIDIA 社のエンタープライズ RAG およびエージェント型 AI スタックの基盤を形成しています。このスタックは、大規模ナレッジシステムにおいて、データ処理および検索効率を 10 倍以上向上させる効果を実現しているとされています。

エージェントの主な機能

- 大量の構造化文書および非構造化文書を取り込みます。
- テキスト、表、チャート、画像からコンテンツを抽出し、構造化します。
- 関連箇所を検索し、追跡可能性を備えた回答を生成します。
- 文書を入力情報として活用し、エージェント型ワークフローを支援します。

業界への適用可能性

インフラ領域では、複数のリポジトリから人手により回答を取りまとめているような文書量の多いワークフローに対して、インテリジェンスレイヤーを提供できる可能性があります。同様のアプローチは、エンジニアリングサービスにおいてすでに導入されており、単一の AI アシスタントを通じて 10 万件を超える技術文書へのアクセスを統合しています。

- **事業インテリジェンスエージェント**は、契約、変更記録、通信文書をレビューし、義務、リスク、クレームリスク、事業上の打ち手を特定します。
- **契約インテリジェンスエージェント**は、個別に設計された契約一式を横断して質問に回答し、関連する条項、別

シナリオ5

エージェント型AIを活用した運用

5つ目のワークフローシナリオ例は、プロジェクト完了後の運用領域に焦点を当てたものです。運用は、長期的な価値が大きく失われやすい領域でもあります。プロジェクト完了からアセット運用への移行は、一般に、重要な情報が断片化しやすいタイミングです。運用者は不完全な記録を引き継ぎ、維持管理に関する前提は実態から乖離し、主要な設計またはプロジェクト遂行上の意思決定の背景にある判断根拠は容易にたどれなくなります。こうした情報損失に伴うコストは、アセットのライフサイクル全体を通じて蓄積していきます。

エージェント型AIは、ライフサイクル全体にわたるインテリジェンスを、構造化され、検索可能な形で保持・接続することにより、この課題に対応します。運用エージェントは、センサーデータ、維持管理スケジュール、設計パラメーター、実際の使用パターンを横断して連携できます。構造ヘルスマニタリングエージェントは、設計エージェントが記録した当初の前提を参照できます。また、建設エージェントが記録した逸脱事項、品質に関する事象、引き継ぎ記録のログは、さらなる文脈を補完します。

これにより、設計・プロジェクト遂行から運用へと続く、より連続的なつながりが生まれます。引き継ぎを、不完全な情報の一度限りの移転として捉えるのではなく、インテリジェンスレイヤーが文脈を将来にわたって継承することを支援します。これにより、運用者は、維持管理、パフォーマンス、レジリエンス、長期コストに関して、より適切な意思決定を行うことができます。



ケーススタディ 4: NVIDIA Intent-Driven RAN Energy Efficiency Blueprint

概要

NVIDIA Intent-Driven RAN Energy Efficiency Blueprintは、サービスパフォーマンスを損なうことなく、運用者がエネルギー使用量を削減できるよう支援するエージェントを構築するためのリファレンスアーキテクチャーです。自然言語で記述された運用上の意図を説明可能なアクションに変換し、シミュレーションで検証した上で、ライブ環境への変更適用を検討する前に、その結果を報告します。

エージェントの主な機能

- 運用者の意図を解釈します（例：最低限のサービス水準を維持しながらエネルギー使用量を削減します）。
- 運用データを取り込み、構造化することで、一貫した分析を可能にします。
- 明確で監査可能な意思決定ロジックを生成します。
- 設備または運用能力を削減、復元、もしくは現状維持すべきかを提案します。
- 実行前に、提案されたアクションをサービス水準の基準値に照らして検証します。
- アクションの前後におけるパフォーマンスを報告し、結果を継続的な改善に反映する仕組みを構築します。

業界への適用可能性

現在のBlueprintは無線ネットワーク向けに構築されていますが、その運用モデルは、エネルギー集約型インフラ全般に適用可能です。カスタマイズにより、需要、レジリエンス、エネルギー使用量のバランスを継続的に取る必要があるインフラ運用全体において、より広範なインテリジェンスレイヤーとして機能する可能性があります。

想定される適用例は以下のとおりです。

- **データセンターエネルギー最適化エージェント**は、レジリエンスやサービスパフォーマンスに影響を与えることなく、冷却、コンピューティング、バックアップ容量を削減できる時間帯を特定します。
- **鉄道・駅運用エージェント**は、サービスパターン、利用状況、運用条件に基づき、照明、換気、その他の影響度の低い設備の稼働を調整します。
- **スマートビルエネルギーエージェント**は、快適性と運用要件を維持しながら、HVAC、照明、設備機器の使用量を削減するタイミングを提案します。
- **ユーティリティ管理エージェント**は、運用に支障をきたすことなくエネルギー需要を削減するため、設備の出力抑制、一時停止、または稼働スケジュール変更が可能なタイミングを評価します。
- **制御室計画エージェント**は、ライブ運用で適用する前に、提案された省エネルギーアクションをシミュレーション環境で検証します。



ワークフローから稼働するシステムへ

ここまでに取り上げた5つの例は、エージェント型AIの価値が、各機能をわずかに効率化することだけにあるのではないことを示しています。その価値は、インフラプロジェクトが現在、時間、資金、情報を失っているインターフェースをまたいで調整を行うことにあります。インテリジェンスレイヤーは、断片化されたシグナルを、構造化された領域横断的なインテリジェンスへと変換することを支援します。これにより、ライフサイクル全体を通じて、より迅速かつ十分な情報に基づく意思決定が可能になります。

だからこそ、これは単なる自動化にとどまりません。自動化は、定義された範囲内で既存のワークフローを改善するものです。一方、エージェント型AIは、部門横断的で高度なオーケストレーションをより継続的かつスケーラブルなものとし、人手による整合作業への依存を減らすことで、インフラセクターが従来抱えてきた、連携・調整作業の負担が高い多くのワークフローの必要性を低減し得ます。ワークフローの重要性は依然として変わりませんが、それらを支える運用の仕組みそのものが変化し始めています。



Intelligent Capital Orchestrator™

資本プロジェクトを支えるエージェント型オーケストレーション

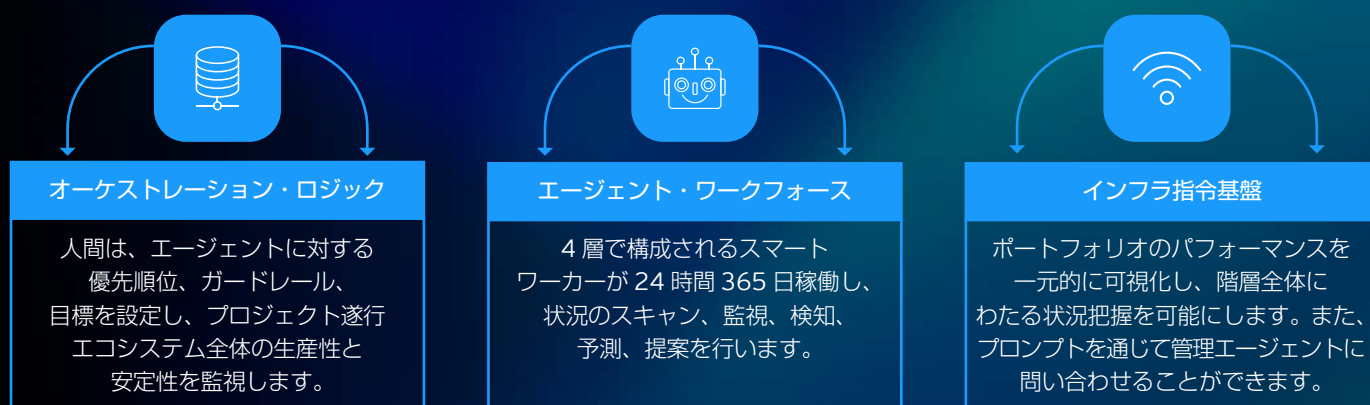
ICO とは？

Intelligent Capital Orchestrator (ICO) は、NVIDIA を活用したエージェント型 AI により、資本プロジェクト全体の意思決定、インサイト、ワークフローを連携・統合する、EY のモジュール型ソリューション群です。ICO は、データ構造の再編を必要とせずに既存システムとシームレスに統合でき、人間と AI エージェントが安全かつ透明性の高い形で協働できる、適切なガバナンスを備えた環境を提供します。

ICO は、専門エージェントを通じてプロジェクトデータを継続的に監視し、リスクの兆候を特定、シナリオ分析を実行した上で、最適化に向けたアクションを提案するとともに、反復的な管理・レポート業務を自動化します。その目的は、従来の管理機能を置き換えることではなく、説明可能で既存環境に負担をかけにくいインテリジェンスレイヤーを加えることで、ステークホルダー間の整合性を高め、既存の管理機能を強化することにあります。

ICO は、すでに世界各地の実際のインフラプロジェクトで活用されており、効率性、先見性、プロジェクト遂行の確実性の向上において有望な成果を示しています。モジュール型のアーキテクチャーにより、クライアントは段階的な導入が可能であり、既存のプロジェクト環境に高度な AI 機能を直接組み込むことができます。

ICO の主要コンポーネント



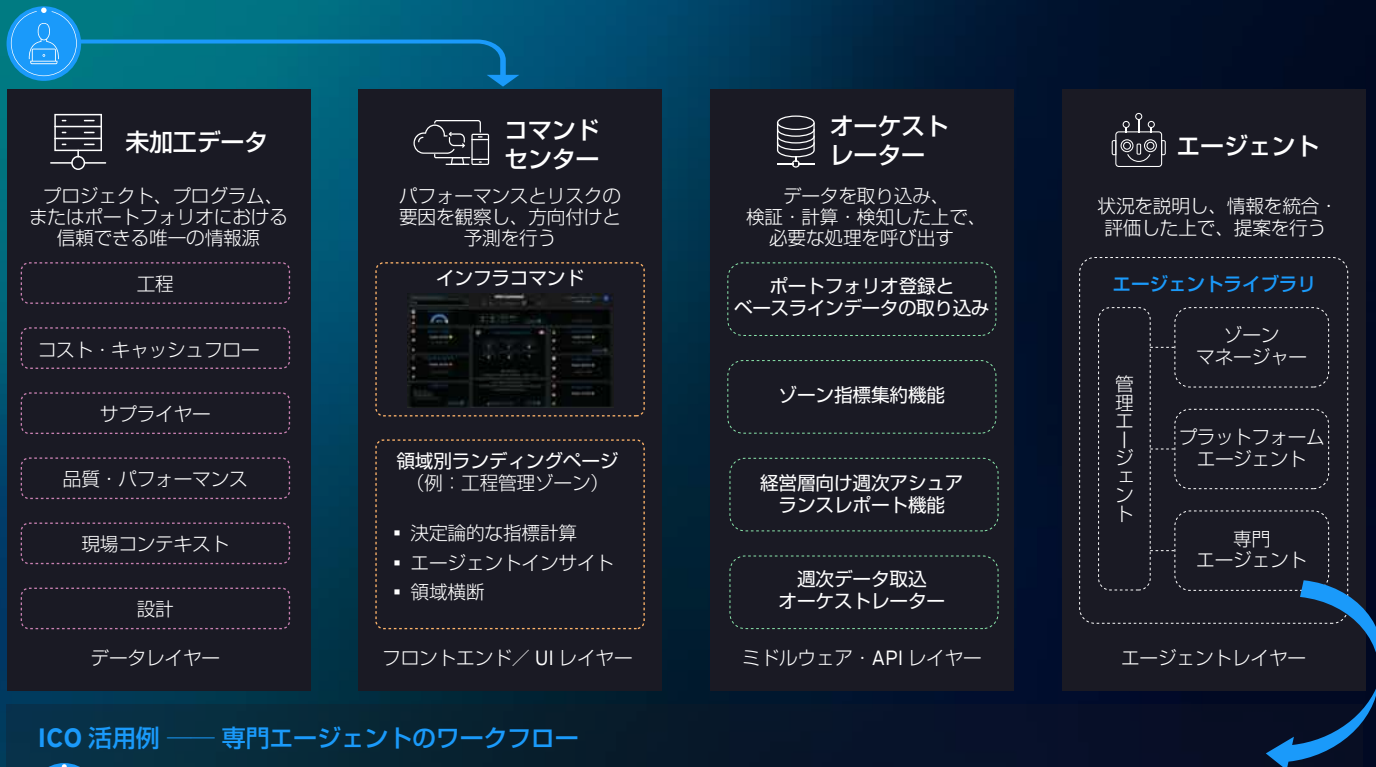
ICO における AI の役割



ICO はどのように機能するのか

プロジェクト担当者は、コマンドセンターを通じて以下を行います。

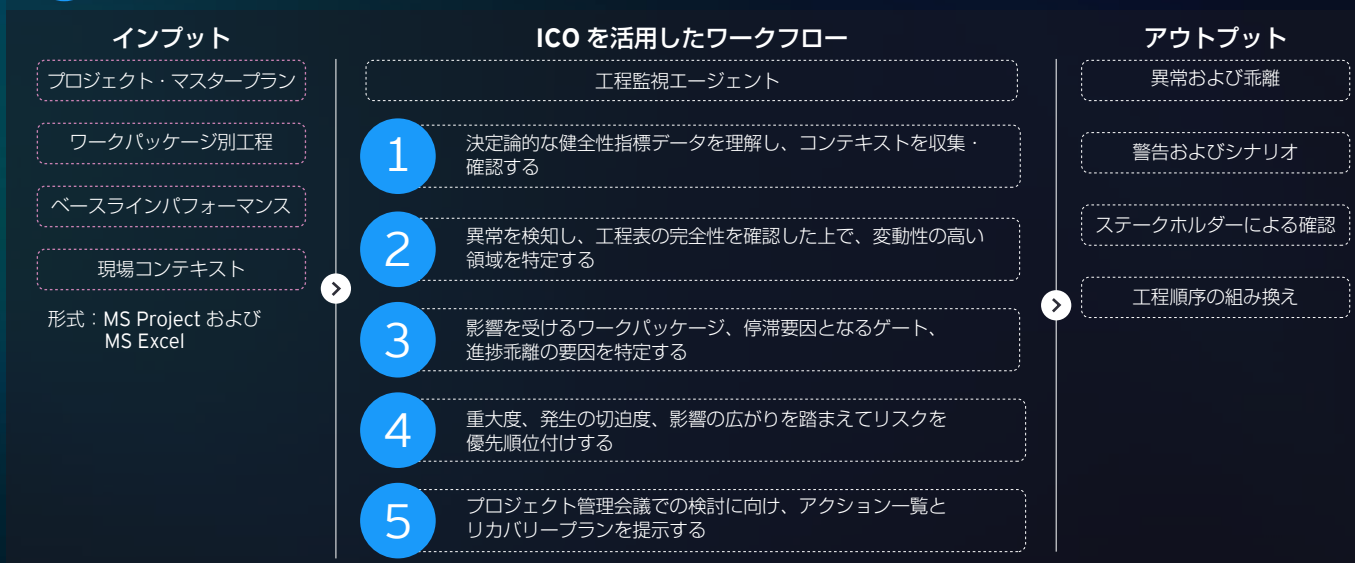
- ・ エージェントの優先順位、ガードレール、目標を設定する。
- ・ エージェントが提示するサマリーや提案を確認し、次を取るべきアクションを判断する。



ICO 活用例 —— 専門エージェントのワークフロー



工程監視エージェント



05

導入・活用の
前提条件：
ガバナンス、契約、信頼



インフラ領域では、技術的な実現可能性が主要な制約要因となることはほとんどありません。むしろ多くの場合、問題はデジタルツールそのものではなく、それらが実際に運用される事業上、契約上、組織上の環境にあります。エージェント型AIが有効に機能するには、エージェントが組織内の境界をまたがり、本来は分離されたまま運用されることを前提に設計された複数の情報源を、横断して推論できなければなりません。これを可能にする適切なガバナンスを整備する必要があります。

5つの重要なガバナンス領域

本章の基礎となるガバナンスフレームワークは、ケンブリッジ大学の研究を踏まえ、幅広いステークホルダーとの協議を通じて策定されたものです。5つの重要なガバナンス領域は以下の通りです。

1. 説明責任と法的責任

説明責任と法的責任に関わる課題には、全面的な改革を行わなくとも、以下の3つの実務的な仕組みによって対応できます。

- **契約の段階的な試行**：既存の契約の枠組みの中に、適切な監督下でエージェントによる限定的な実行を認める具体的な条項を試験的に導入できます。
- **明確に定義された権限の範囲**：エージェントは明示的に承認された範囲内のみで提案、草案作成、連携・調整を行うことができます。
- **監査可能性と責任所在の明確化**：エージェントによるすべての提案とアクションは、どの情報源、どのようなシステムの状態、どの人間の承認権限に基づくものであるか、帰属が明らかでなければなりません。

新たに整備されつつある規制の枠組みにより、ガバナンス構造化の必要性が一層強まっています。EU AI法では、AIシステムがリスクレベル別に分類されており、重要インフラの管理に関するものは高リスクのカテゴリーに属しています。英国の主要なインフラ領域では、セクター別の規制上の取り組みが進んでいます。これは、AIを活用した意思決定について、説明責任を担保する仕組みの義務化へと世界的に移行しつつあることを示しています。

2. 透明性と説明可能性

透明性は、以下の3つの原則によって担保されます。

- **推論過程の追跡可能性**：組織は、エージェントがどの情報源を使用し、どのような前提

- **人材の再定義**：エージェント型AIは、人の役割をなくしてしまうものではなく、再定義するものであるため、組織には、この変化に対応できる人材を育成し、研修する責任があります。
- **バイアスとデータの偏り**：過去データで学習したコスト見積もりエージェントは、新たな地域におけるコストを少なく見積もる可能性があります。こうしたケースを防ぐためには、多様なベースラインに照らした継続的なモニタリングと、影響の偏りが生じ得るエージェントの提案に対して、人間によるレビューを義務付けるガバナンスプロトコルが必要です。

5. システム全体のレジリエンス

システム全体のレジリエンスとは、相互に接続されたシステム、データ、モデルが想定とは異なる動きをした場合に、インテリジェンスレイヤーが不具合を封じ込め、運用の継続性を保ち、人間による効果的な介入を支援できることを指します。

エージェントが活用される環境において、この点は重要です。不十分なインプットや誤ったアウトプットは、適切に抑制されないと関連する意思決定に急速に影響を及ぼす可能性があるためです。したがって、レジリエンスは最初から設計に組み込む必要があります。局所的な問題がシステム全体の問題へと広がることを防ぐ、明確なセーフガードを備えておく必要があります。

重要となる点は、以下の3点です。

- **不具合の封じ込め**：データ、モデル、オーケストレーション・ロジックにおけるエラーは早期に検知され、影響がシステム全体へ広範・連鎖的に波及することを防がなければなりません。
- **運用の継続性**：インテリジェンスレイヤーの一部が利用できない場合でも、組織は従来のプロセスや代替ワークフローに切り替えられるようにしておかなければなりません。
- **人間による介入を前提とした設計**：事前に定義されたしきい値を外れる状況となった場合は、人間がアウトプットを停止し、妥当性を検証し、上書きできなければなりません。

インテリジェンスレイヤーに対する信頼は、通常時に何をできるだけでなく、条件が整わない場合にもどれだけ確実に機能するかに左右されます。

これらのガバナ



06

将来環境： AIの多様な進化軌道を 見据えて



インフラ領域において、AIがもたらす将来に備えるとは、単一の予測のみを前提として、それに基づいて計画を立てることではありません。より現実的な課題は、不確実ながらも複数想定される将来において、持続的に価値を発揮できる意思決定を今行うことにあります。特にインフラ領域では、アセット、プロジェクト遂行モデル、投資判断が長期的に影響を及ぼすため、この点の重要性が一層高まります。

こうした不確実性に向き合うための補完的な視点は、大きく二つあります。EYの「Four Futures of AI」フレームワークは、AIの異なる進化軌道が、2030年以降に向けてビジネス環境をどのように形成し得るのかを検証するための枠組みです。本レポートの執筆にご協力いただいたFuturity Systems社は、体系的なフォーサイトを通じて、この視点をさらに拡張しています。具体的には、エージェント型システムがインフラ領域をどのように再構築し得るのか、どのような新たな価値が創出され得るのか、そしてリーダー層が今から注視すべきシグナルは何かを探求しています。これら二つの視点を組み合わせることで、想定される複数のAIの将来像においても有効であり続ける投資と、インフラ領域のリーダー層が今から備えるべき仕事、能力・スキル、制度・プロセスにおける長期的な変化の双方を見極めることが可能となります。

本章の残りでは、これら二つの視点を順に適用します。まず、EYのFour Futures フレームワーク（図10）を用いて、異なるシナリオがイ

ンフラ領域のステークホルダーにとっての優先事項、ガバナンスの選択、短期的な投資判断にどのような影響を与えるのかを整理します。次に、フォーサイトを方法論として取り上げ、Futurity Systems社のアプローチと、それがより長期的な思考をどのように支えるのかを説明します。最後に、このフォーサイトの視点を一つの事例に適用し、エージェント型システムの成熟に伴い、人・アセット・インテリジェンスの接点がどのように進化し得るかを示します。

インフラ領域における「Four Futures of AI」の適用

EYの「Four Futures of AI」フレーム

こうしたシナリオの目的は、単一の道筋を示すことではありません。むしろ、異なる将来像の下でも価値を発揮し続ける組織能力、ガバナンス上の選択、投資をリーダー層が見極められるようにすることにあります。

4つの将来像すべてに共通する結論は1つです。導入のスピードや形は異なっても、エージェント型AIに関する中核的なアジェンダは変

わりません。データおよび情報の基盤、相互運用可能なシステムとインターフェース、強固なガードレール、監督とガバナンス、そして人材のスキルは、いずれのシナリオにおいても価値を持ち続けます。変わるのは、これらの重要性そのものではありません。その価値がどの程度の速さで顕在化するのか、そしてどの程度の緊急性で拡大展開する必要があるのかです。

インフラセクターのステークホルダーへの影響

以下の表は、各将来シナリオに対するステークホルダー別の優先事項を整理したものです。単一の行動方針を示すことが目的ではなく、いかなる状況においても価値を持ち続ける投資を明らかにすることを

目的としています。テクノロジーと並行して、ガバナンスの枠組みおよびプロフェッショナルな能力強化を進める組織は、あらゆるシナリオにおいて戦略的柔軟性を維持することが可能となります。

		成長	変革	制約	崩壊
ステークホルダー	アセットオーナー	価値が累積するデータ基盤を構築する	飛躍的な能力向上に備えたガバナンスを整備する	監督機能を差別化要因として位置づける	ベンダー中立のアーキテクチャーへ投資する
	プロジェクト遂行組織	段階的に導入を進め、成果を蓄積する	プロフェッショナル育成に重点的に投資する	ガバナンス遵守を明示する	

この点が重要なのは、可能性の広がり、単一のシナリオで捉えられる範囲を大きく超えているためです。インフラ領域においては、例えば、意思決定者向けに設計資料を整理・取りまとめることや、チーム間でモデルのバージョンを同期するといった、比較的付加価値の低い調整タスクの自動化から、アセットのライフサイクル全体にわたる、適応的な維持管理、用途転換、さらにはロボティクスの活用に至るまで、多様な可能性が広がっています。

あらゆる可能性を網羅的に列挙することを目的とするのではなく、次のセクションでは、その一例をより詳しく取り上げます。これは予測ではなく、人間・アセット・インテリジェンスの接点が時間とともにどのように進化し得るのかを示すものです。

短期的な取り組みの先に：進化する インテリジェンス・インターフェース

長期的な方向性を考える一つの視点として、エーエージェント型コンパニオンという概念があります。これは、インフラシステム全体にわたりプロフェッショナルを支援する、継続的かつ文脈認識型のエーエージェントを指します。この役割は、特定の一つの職務に限定されるものではありません。ポートフォリオリスクを見直すアセットオーナーや、アセットの状態を評価する運用者、現場状況に対応するプロジェクト責任者、契約上の義務を管理する事業チーム、コンプライアンスの根拠資料を確認する規制当局など、さまざまな主体への支援が可能です。いずれの場合も、エーエージェントは既存の情報源からインテリジェンスを提示するだけにとどまりません。従来のワークフローでは捉えられてこなかったデータや情報を取得し、保存することも可能にします。

07

提言： インテリジェンス レイヤー構築に向けて



インテリジェンスレイヤーの必要性は戦略的なものですが、その対応は実践的でなければなりません。多くの組織にとって問われているのは、完全なエージェント型連携へ直ちに移行すべきかどうかではありません。むしろ、価値を創出し、信頼を築き、時間の経過とともに準備態勢を強化していく形で、次の一步をどのように踏み出すかです。現在の優先事項は、関心から行動へと移ることです。すなわち、最初に取り組むべき適切なユースケースを特定し、必要な基盤を整え、プロジェクト遂行を妨げることなく組織としての能力を構築することが求められます。

そのためには、目指す到達点を明確に描くことも必要です。エージェント型AIから最大の価値を引き出す組織は、互いに連携しない実証実験を延々と繰り返すような組織ではありません。インテリジェンスが時間の経過とともにビジネス全体でどのように機能すべきかに

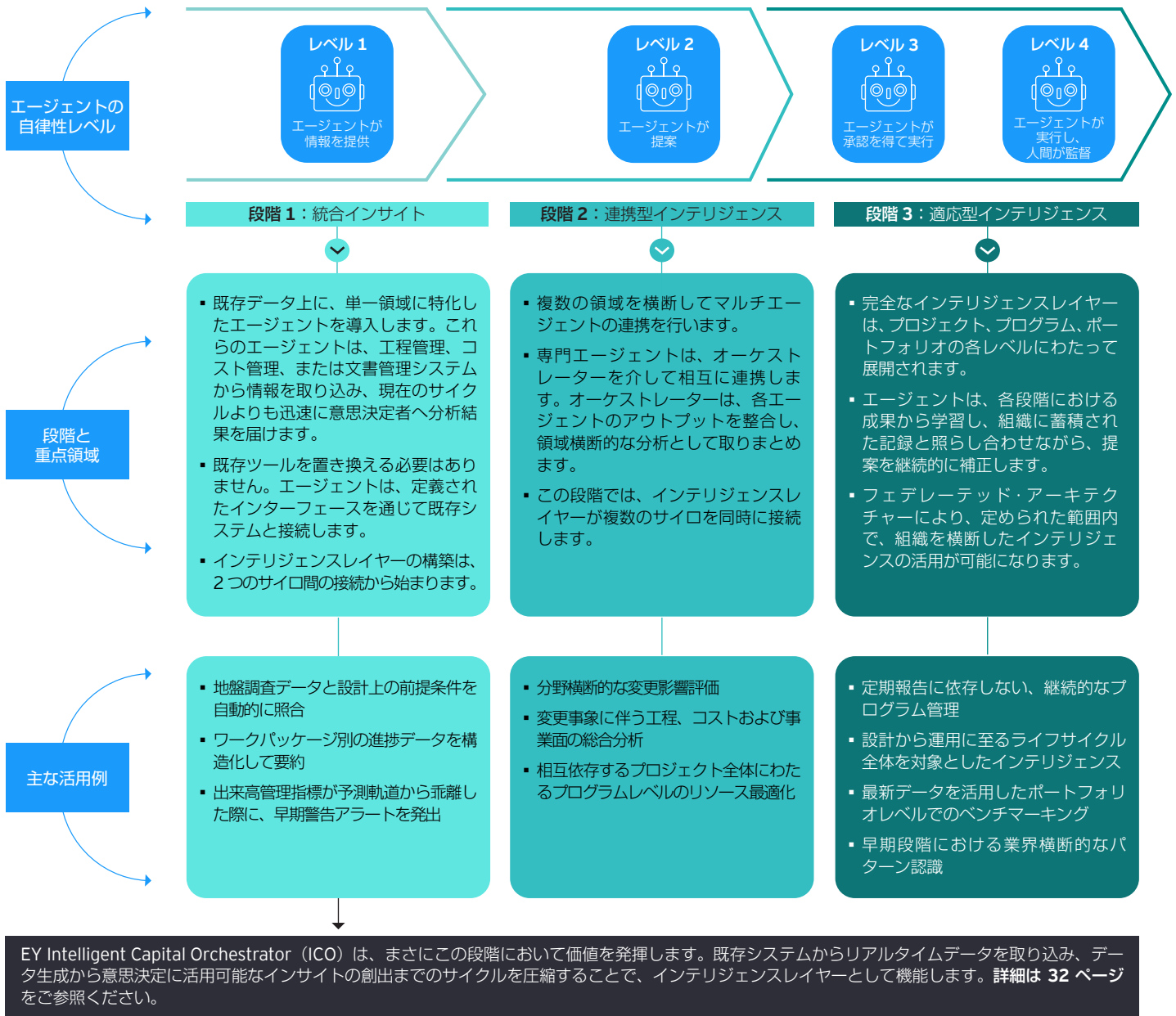
ついて明確なビジョンを定め、その方向性に沿って投資、ガバナンス、テクノロジーに関する選択を整合させる組織です。実務上、これは現在のユースケースを導入するだけでなく、現在の意思決定が将来の拡大展開を制約しないようにすることを意味します。



成熟度モデル

以下の成熟度モデルは、短期的かつ低リスクな導入から、エージェント型AIのより本格的なアーキテクチャーへと進むための実践的な道筋を示しています。各ステージでは、人材や組織能力への投資を段階的な自律性フレームワークに対応づけており、次のシンプルな原則を反映しています。組織は、すべてを一度に変革する必要はありません。既存システムを活用した対象を絞ったユースケースから始め、特定の領域で価値を実証し、ガバナンス、信頼、組織としての能力が成熟するにつれて、そこから段階的に対象領域を広げていくことができます(図 11 参照)。

図 11 エージェント型AIの実践的な導入モデル。段階的な人材や組織能力への投資を自律性の高度化に対応づけ、組織が対象を絞ったユースケースからポートフォリオレベルのインテリジェンスへと発展していく道筋を示すものです。



ここで重要なのは、成熟度が、導入したテクノロジーの分量だけで決まるわけではないという点です。成熟度は、組織がデータ、ガバナンス、人間による監督、業務への定着をどれだけ適切に組み合わせられるかによって決まります。早期導入で最も成果を上げる組織は、ステージ1を一回限りの実証実験としてではなく、より広範な能力構築の旅の出発点として捉える組織です。

業界横断的なアクション

以下の7つのアクションは、第6章で取り上げたすべてのステークホルダーグループに共通して当てはまり、あらゆるシナリオにおいて有効です。これらのアクションを組み合わせることで、関心の段階から実装へと移行するための実践的なアジェンダが得られます。

- **明確な長期的ビジョンを設定する**：インテリジェンスが運用モデルにおいて長期的に果たすべき役割を定義します。
- **エージェント対応を前提としたシステム設計を行う**：当初から、相互運用性、追跡可能性、ガバナンスを備えたエージェント型ワークフローを前提として構築します。
- **データを戦略的アセットとして扱う**：プロジェクトやプログラム全体で、データ品質、アクセシビリティ、説明責任を向上させます。
- **既存のワークフローに統合して導入する**：既存システムを置き換えるのではなく、まずは現行システム間の連携に伴う摩擦を減らすことから着手します。
- **セマンティック相互運用性の強化に投資する**：システム同士がデータだけでなく、その意味まで共有できる仕組みを確保します。
- **ガバナンスを並行して構築する**：導入と並行して、意思決定権、説明責任、監査可能性を成熟させます。</

08

結論：分断された サイロから統合された インテリジェンスへ



インフラセクターに不足しているのは、ツールやデータ、あるいは高度な専門人材ではありません。不足しているのは、最も価値が失われやすい接点において、それらを一貫して結びつける仕組みです。意思決定の遅延、連携・調整の負担、そして組織の縦割り構造の中に埋もれた情報は、グローバルなインフラプロジェクトの遂行において、依然として多大な労力と予算を消費しており、その規模は年間で数千億米ドル規模に達するとみられます。

インフラセクターのリーダー層が、限られた経営資源の中で、これまで以上の成果を求められている今、この点は極めて重要です。求められているのは、追加投資を確保することだけでなく、すでに存在する資本からより大きな価値を引き出すことです。エージェント型AIは、その実現に向けた実践的なアプローチを、既存のプロジェクト遂行の枠組みの中で提供します。これは、人間の判断を代替するのではなく、回避可能な価値損失を抑え、生産性を向上させ、同じ投資からより高いインフラ提供力、レジリエンス、そして長期的なリターンを引き出すためのインテリジェンスレイヤーを構築することで実現されるものです。

本質的な転換点は、孤立した自動化から、相互につながったインテリジェンスへの移行にあります。過去10年間、インフラセクターにおけるテクノロジー投資の多くは、一定の範囲内で同じ業務をより速く処理することに主眼を置いてきました。一方、次に訪れる機会はそれとは異なります。サイロはそのまま

執筆協力・謝辞

本レポートは、多くの方々の深い知見、専門的見識、そしてご協力により成り立っています。皆さまから寄せられた多様な視点は、本レポートの考察を深め、その礎をより確かなものとする上で、大きな力となりました。ここに、共同でご寄稿・ご尽力くださった皆さまに、心より深く感謝申し上げます。

University of Cambridge, Laing O’Rourke Centre for Construction Engineering and Technology and Centre for Smart Infrastructure and Construction

ケンブリッジ大学による、建設分野の生産性、デジタル技術の導入、ならびに責任あるAI活用に関する査読付き研究は、本レポートの根拠となるエビデンスを提供しています。108件に及ぶ生産性研究の概観、デジタル投資が測定可能な生産性向上へと十分に結び付いてこなかった要因の分析、建設ライフサイクル全体にわたるデジタルソリューションの整理、そして建築・建設環境における責任あるAI活用のためのガバナンスフレームワークの提示は、いずれもケンブリッジ大学の公表された研究プログラムに直接基づいています。これらの知見は、本レポートの中核的な主張を学術的厳密性のもとに裏づけるとともに、その提言が独立して検証された確かなエビデンスに基づくものであることを示しています。主な協力者・協力機関は以下の

EY-Parthenon Infrastructure Advisory チームが提供する支援

インフラセクターに不足しているのは、ツールやデータ、あるいは高度な専門人材ではありません。不足しているのは、最も価値が失われやすい接点で、それらを一貫して結びつける仕組みです。意思決定の遅延、連携・調整の負担、そして組織の縦割り構造の中に埋もれた情報は、グローバルなインフラプロジェクトの遂行において、依然として多大な労力と予算を消費しており、その規模は年間で数千億ドル規模に達するとみられます。

私たちは、公共または民間の資金調達、プロジェクト収益、助成金を伴うプロジェクトについて、財務計画やプロジェクト遂行アプローチの策定・比較を支援するとともに、それらの計画の実行を支援します。

EY-Parthenon Infrastructure Advisory チームの主な支援領域は以下のとおりです。

- **スマートモビリティおよび都市開発** —— 都市におけるモビリティの実現に向け、炭素排出量の削減と持続可能な交通ソリューションの推進に重点を置きながら、地方・地域政府を支援します。
- **インフラ戦略立案および政策策定** —— 脱炭素戦略やグリーンインフラプロジェクトなど、持続可能性を重視した施策の策定を支援します。
- **インフラ調達およびトランザクションアドバイ**

用語集

略語	正式名称	定義
AI	人工知能	推論、学習、意思決定など、通常は人間の知能を必要とするタスクを実行できるシステムの構築に関わる、コンピューターサイエンスの広範な分野
API	アプリケーション・プログラミング・インターフェース	異なるソフトウェアアプリケーションが相互に通信し、データをやり取りすることを可能にする一連のプロトコル
BIM	ビルディング・インフォメーション・モデリング	デジタルツールを活用し、建築アセットの物理的および機能的特性の表現を生成・管理するプロセスで、設計・施工・運用における意思決定に活用される
CDE	共通データ環境	プロジェクトの参加者全体で情報を収集、管理、共有するための共通デジタル空間
CII	Construction Industry Institute	米国テキサス大学オースティン校を拠点とし、資本プロジェクト業界の競争力向上に取り組む研究機関
COBie	Construction Operations Building Information Exchange	施設所有者および運営者へのアセットデータ提供に焦点を当てた、BIM データの一部を受け渡すためのデータ形式
CSaP	Centre for Science and Policy	ケンブリッジ大学に設置された、政策立案者と学術研究者をつなぐ研究センター
DSX	Data Center Scalable Exchange	Omniverse および OpenUSD を活用し、世代を超えた拡張性とギガワット規模に対応する AI ファ

お問い合わせ先

政府・インフラ領域のリーダー層との対話をご希望の場合は、以下までお問い合わせください。
government.publicsector@ey.com

Global

Shane MacSweeney
Infrastructure Leader

Steve Lewis
Infrastructure Technology Leader

ASEAN

Lynn Tho

Canada

Tim Philpotts

Europe Central

Elisabeth Hegglov

Europe West

Anne Herbein

Greater China

Linda Shen
Alex Zhu
Steve Lewis

EYは、「Building a better working world ～より良い社会の構築を目指して」をパーパス（存在意義）としています。クライアント、人々、そして社会のために長期的価値を創出し、資本市場における信頼の構築に貢献します。

150カ国以上に展開するEYのチームは、データとテクノロジーの実現により信頼を提供し、クライアントの成長、変革および事業を支援します。

アシュアランス、コンサルティング、法務、ストラテジー、税務およびトランザクションの全サービスを通して、世界が直面する複雑な問題に対し優れた課題提起 (better question) をすることで、新たな解決策を導きます。

All in to shape the future with confidence.

EYとは、アーンスト・アンド・ヤング・グローバル・リミテッドのグローバルネットワークであり、単体、もしくは複数のメンバーファームを指し、各メンバーファームは法的に独立した組織です。アーンスト・アンド・ヤング・グローバル・リミテッドは、英国の保証有限責任会社であり、顧客サービスは提供していません。EYによる個人情報の取得・利用の方法や、データ保護に関する法令により個人情報の主体が有する権利については、ey.com/privacyをご確認ください。EYのメンバーファームは、現地の法令により禁止されている場合、法務サービスを提供することはありません。EYについて詳しくは、ey.comをご覧ください。